FPV UKF V NITRE

FPV UMB V BANSKEJ BYSTRICI

ŠTUDENTSKÁ VEDECKÁ KONFERENCIA 2020

ZBORNÍK RECENZOVANÝCH PRÍSPEVKOV

Študentská vedecká konferencia 2020

Fakulty prírodných vied UMB v Banskej Bystrici

a

Fakulty prírodných vied UKF v Nitre

Zborník recenzovaných príspevkov

Editori:	prof. RNDr. Ján Spišiak, DrSc. Ing. Slavka Račáková, PhD.
Vydavateľ:	Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici Fakulta prírodných vied, Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre
Technická úprava:	Ľubomír Suja
Vydanie:	prvé
Rozsah strán:	494

ISBN 978-80-557-1733-3

Vedeckí garanti
prof. RNDr. Ján Spišiak, DrSc.
prof. RNDr. Radoslav Omelka, PhD.

Editori
prof. RNDr. Ján Spišiak, DrSc.
Ing. Slavka Račáková, PhD.

Organizačný výbor konferencie na FPV UKF v Nitre
prof. RNDr. Radoslav Omelka, PhD.
PaedDr. Katarína Zverková
Bc. Mária Maťková
RNDr. Ramona Babosová, PhD.
Mgr. Jana Vojteková, PhD.
Mgr. Juraj Obonya
Mgr. Jan Francisti
Mgr. Veronika Bočková
Mgr. Matej Močko
Mgr. Marcel Rozsival

Organizačný výbor konferencie na FPV UMB v Banskej Bystrici
prof. RNDr. Ján Spišiak, DrSc.
Ing. Slavka Račáková, PhD.
doc. RNDr. Zuzana Melichová, PhD.
doc. Ing. Ján Tomaškin, PhD.
Ing. Ján Pavlovkin, PhD.
RNDr. Miroslav Melicherčík, PhD.
Prof. RNDr. Vladimír Janiš, CSc.
MSc. Ing. Juraj Švajda, PhD.
prof. RNDr. Stanislav Holec, PhD.
RNDr. Tatiana Mintálová, PhD.
Mgr. Tomáš Valent

Recenzenti
PaedDr. Patrik Voštinár, PhD.
RNDr. Miroslav Melicherčík, PhD.
Mgr. PaedDr. Vladimír Siládi, PhD.
Ing. Dana Horváthová, PhD.
RNDr. Martina Škodová, PhD.
Mgr. Michaela Žoncová, PhD.
Mgr. Richard Pouš, PhD.
RNDr. Matej Masný, PhD.
doc. RNDr. Miroslav Medveď, PhD.
RNDr. Šimon Budzák, PhD.
Mgr. Barbora Tirčová, PhD.
doc. Ing. Ľubomír Švorc, PhD.
Mgr. Viera Šimonová, PhD.
Mgr. Vladimír Kobza, PhD.
prof. Ing. Ján Kurucz, PhD.
doc. Ing. Ján Tomaškin, PhD.
RNDr. Martin Morovič,PhD.,
RNDr. Barbora Matejovičová, PhD.
RNDr. Branislav Kolena,PhD.
prof. RNDr. Juraj Hreško, CSc.
doc. PaedDr. Stanislav David, PhD.
prof. Mgr. Ivan Baláž, PhD.
doc. RNDr. Peter Mederly, PhD.
doc. Ing. Viera Petlušová, PhD.
RNDr. Jana Némethová, PhD.
RNDr. Daša Oremusová, PhD.
RNDr. Magdaléna Nemčíková, PhD.
doc. RNDr. Alfred Krogmann, PhD.
RNDr. Miroslava Trembošová, PhD.
RNDr. Katarína Vilinová, PhD.
RNDr. Hilda Kramáreková, PhD.
RNDr. Lucia Šolcová, PhD.
doc. RNDr. Gabriela Lovászová, PhD.
doc. Ing. Štefan Koprda, PhD.
prof. RNDr. Mária Vondráková, CSc.
Mgr. Miroslava Šidlovská, PhD.
doc. PaedDr. Janka Schlarmannová, PhD.
PaedDr. Viera Michaličková, PhD.
doc. Ing. Igor Štubňa, CSc.
Ing. Marcela Korenková, PhD.
PaedDr. Milan Maroš, PhD.
Mgr. Michal Ševčík, PhD.
prof. RNDr. Ľubomír Zelenický, CSc.
RNDr. Ramona Babosová, PhD.
RNDr. Ján Skalka, PhD.
PaedDr. Martin Magdin, Ph.D.
PaedDr. Júlia Záhorská, PhD.
Mgr. Peter Lauro, PhD.
RNDr. Kitti Páleníková, PhD.
doc. Ing. Melánia Feszterová, PhD.
doc. Ing. Mária Porubská, PhD.
RNDr. Viliam Ďuriš, PhD.
RNDr. Tomáš Húlan, PhD.
doc. PaedDr. Zita Jenisová, PhD.
doc. RNDr. Roman Kuna, PhD.
RNDr. Vladimíra Mondočková, PhD.
doc. RNDr. Ľudmila Illášová, PhD.
Mgr. Jana Braniša, PhD.
doc. RNDr. Beáta Piršelová, PhD.
Mgr. Veronika Piscová, PhD.
PaedDr. Júlia Záhorská, PhD.

Rukopisy neprešli jazykovou korektúrou. Za jazykovú úpravu príspevkov zodpovedajú autori.

© Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici
© Fakulta prírodných vied, Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre

Obsah

PREDSLOV 8

BIOLÓGIA 9

Fyziologické a biochemické aspekty tolerancie ovsa siateho (*Avena sativa* L., cv. Václav) na ióny kadmia
Veronika Kubová 10

Analýza vplyvu prírodného a syntetického vápnika na štruktúru osteoporotickej kosti s využitím animálneho modelu
Martina Bábiková, Ramona Babosová, Veronika Kováčová 14

Vplyv kadmia na morfologické a fyziologické charakteristiky rastlín ovsa
Petra Bublavá 20

Porovnanie kvality *in vitro* produkovaných blastocýst získaných z vitrifikovaných a čerstvých bovinných oocytov
Linda Dujíčková, Lucia Olexiková. 27

Labyrint ľudského tela
Terézia Fabianová 32

Vplyv selénu na viabilitu osteoblastov *in vitro*
Miroslava Sotoňáková, Vladimíra Mondočková, Jana Blahová 39

Štúdium osteoklastogénneho potenciálu monocytov pacientov s axiálnou spondyloartritídou v in vitro podmienkach
Eva Šebová, Patrik Škubica 46

EKOLÓGIA A ENVIRONMENTALISTIKA **51**

Hodnotenie pôdnej reakcie a redox potenciálu pôdy pozdĺž toku rieky Orava
Nikola Benková, Jozef Varga, Eduard Lukáč 52

Zmeny vegetácie na vybraných štítoch subniválneho stupňa Vysokých Tatier
Andrej Sedlák, Veronika Piscová 59

Priestorové rozšírenie eróziou ohrozených pôd v západnej časti Zálužianskej pahorkatiny (Nitrianska pahorkatina)
Mikuláš Kňazovický. 64

Vplyv vojenskej činnosti vo Vojenskom obvode Záhorie na diverzitu vážok
Zuzana Šíblová 71

Prvé výsledky analýzy rastlinných makrozvyškov z lokality Hradisko Neštich
Natália Hurajtová 77

Návrh riešení úspory energií pre vybrané budovy UKF v Nitre
Marek Moravčík 83

Hodnocení míry antropogenní fragmentace krajiny Slovenska pomocí indikátoru effective mesh size na úrovni krajů
Ivo Dostál 90

Manažmentové opatrenia hodnotných prírodných a kultúrnych lokalít na príklade mestskej časti Ružomberok – Vlkolínec
Ingrid Krajňáková. 97

Pozoruhodné nálezy pavúkovcov na Slovensku ako dopad medzinárodného transportu
Natália Ondrejková, Pavol Purgat 105

Potrava myšiarok ušatých (Asio otus) v intraviláne obce Lužianky
Patrik Drug 109

GEOGRAFIA, REGIONÁLNY ROZVOJ A GEOLÓGIA 115

Fytogeografia inváznych antropofytov lesných a nelesných biotopov s výrazným antropickým vplyvom v krajine a prognóza variability fytocenóz
Lukáš Wittlinger, Lucia Petrikovičová 116

Využitie virtuálnej reality pri výučbe geografie
Karina Pitoňáková 124

Predpoklady cestovného ruchu v MAS Malokarpatské partnerstvo
Kristína Silná 128

Sprievodca po obci Veľké Lovce
Stela Boriková 137

Potenciál rozvoja cestovného ruchu mikroregiónu MAS SVORNOSŤ
Filip Adamkovič 146

Zaujímavosti mesta Krásno nad Kysucou ako motív rozvoja cestovného ruchu
Nina Jakubcová 154

Bezobalové obchody v Nitre
Viktória Zeťáková 163

Diaspor ako indikátor tepelnej úpravy korundov
Daniela Horvátová 171

Odvetvie automotive v okrese Nitra
Viktória Holecová 179

Variabilita drahých kameňov vo vybratých náramkových hodinách a ich gemologická charakteristika
Viktória Ušáková 187

Rozvoj cestovného ruchu v obciach na trase navrhovaného Náučného chodníka prof. M. Lukniša
Dávid Šorman, Nikola Hubinová 195

Ichtyofauna rieky Rajčianka a Kuneradského potoka
Adriána Ďurinková, Lucia Petrikovičová 203

Vybrané špecifiká krajín V4 a ich vplyv na geopolitické postavenie v EÚ
Samuel Červeňanský 211

Kriedový vulkanizmus Západných Karpát: vývoj v priestore a čase
Alexandra Matušková, Ján Spišiak 218

Staré a nové maloobchodné lokality v meste Nitra
Pavel Forgáč 223

INFORMATIKA 230

Možnosti rozšírenej reality v kombinácii s geolokačnými hrami
Kristián Fodor 231

Aplikácia virtuálnej reality na liečbu vybranej fóbie
Martin Mitter, Dana Horváthová 237

Moderné trendy vo výučbe programovania
Miroslav Virág 243

Spôsoby využitia zariadení na sledovanie pohybu očí
Michal Šrobár..... 251

Porovnanie implementácií algoritmov násobenia matíc na GPGPU s použitím CUDA a OpenACC
Ján Šimonides, Miroslav Melicherčík..... 258

Využitie Raspberry Pi na spracovanie obrazu
Branislav Kysucký..... **266**

Využitie prilby Emotive pre ovládanie Arduino Uno
Anna Mandrichenko, Aleksandr Mandrichenko 274

Vytváranie počítačovej hry v Unity3D
Tobiáš Kubovič 280

Aplikácia VR Interactivity pre HTC Vive
Martin Bako 285

Implementácia mikrokontroléra do vzdelávania na základných a stredných školách.
Roman Krnáč, Martin Cápay..... 290

MATEMATIKA/FYZIKA/CHÉMIA 295

Triangulárne normy na špeciálnom type zväzu
Michaela Bruteničová. 296

Elastic fields in unbounded anisotropic plane with cracks
Dmytro M. Nosov, Leonid Filshtinskii..... 304

Meranie Stefanovej – Boltzmannovej konštanty
Goran Bulatovič 310

Využitie odpadového skla ako prímesi k illitu a kaolínu
Peter Pőss..... 316

Merabue difúzneho koeficientu expandovaného polystyrénu
Marek Mánik 321

Možnosti použitia ovčej vlny na zníženie obsahu dusičnanov vo vode
Marcel Cvik 325

Výpočty NMR konštánt bojovej otravnej látky sarinu
Ema Mačušová, Miroslav Iliaš..... 331

Štúdium adsorpcie niklu na vybrané prírodné sorbenty
Matej Šuránek, Zuzana Melichová..... 340

Príprava a charakterizácia vybraných luminiscenčných zlúčenín pre použitie v OLED technológii
Denisa Valyuchová..... 346

Pozitívny/negatívny nález psychotropných a omamných látok na minciach a bankovkách
Michaela Barlášová. 353

Príprava nitrocelulózy z lacných vstupných materiálov
Viktória Živická 361

ODBOROVÁ DIDAKTIKA 367

Využitie matematicko-štatistických metód a umelej inteligencie pri riadení kreditného rizika
Michaela Štubňová 368

Možnosti rozvoja tvorivého a kritického myslenia v téme kostrová sústava človeka v 7. ročníku základných škôl
Slavomíra Palajová 373

Rozvíjanie tvorivého a kritického myslenia pri vyučovaní dýchacej sústavy
Kristína Baráthová 380

Vyučovanie nervovej sústavy (centrálna nervová sústava) s využitím metód kritického myslenia
Bibiána Jurčová 387

Skúsenosti z overovania modelov vyučovacích hodín z biológie človeka na gymnáziách
Andrea Jakubíková 392

Aplikácia aktivizujúcich metód vo vyučovaní tematického celku Hormonálna regulácia na gymnáziách
Terézia Hodálová 399

Matematika je aj tam, kde ju vôbec nečakáme
Katarína Laššová 406

Námety na aktivity rozvíjajúce kritické a tvorivé myslenie žiakov v tematickom celku Reprodukčná sústava človeka na gymnáziách
Daniela Sádovská 414

Kritické myslenie a jeho aplikácia vo vyučovaní tematického celku Tráviaca sústava na gymnáziách
Nikoleta Lásková 421

Lokálne informačné zdroje mikroregiónu Kľakovská dolina a ich význam vo vyučovaní (nielen) geografie miestnej krajiny
Kristína Lásková 428

Učebné štýly žiakov
Erika Kaffková 436

Ozobot vo vyučovaní informatiky alebo programovanie farbami
Miroslav Blšák 443

Možnosti využitia Minecraft: Education Edition vo vzdelávaní
Jakub Šajben 448

Anglický jazyk v matematike bilingválnych žiakov
Simona Szabová 456

Outdoorová edukácia v primárnom stupni vzdelávania
Sofia Šolcová 463

Návrh náučného chodníka obcami Bošáca a Zemianske Podhradie
Alexandra Hladká 471

Experimenty s netradičným meraním z tematickej oblasti Periodické deje
Vladislav Pavlús 479

Moodle online testy zo stredoškolskej chémie
Kristína Masnicová, Vladimíra Pretzová, Miroslav Iliaš 486

Predslov

Študentská vedecká konferencia (ŠVK) pomáha otvárať „brány vedy“ aj pre začínajúcich vedcov – študentov. Na našich fakultách jej venujeme zvýšenú pozornosť a preto sme sa rozhodli, že aj napriek tomu, že sa ŠVK 2020 fyzicky nekonala (z dôvodu pandémie covid-19), budeme výsledky vedeckej práce študentov publikovať v predloženom zborníku. Študenti, ale aj ich školitelia, vynaložili veľkú energiu pri príprave týchto prác a bola by škoda túto námahu, ale aj originálne zistenia nepublikovať. Publikované príspevky študentov predstavujú prvé výsledky ich vedeckej práce a zároveň si v nich otestujú správnu odbornú terminológiu a postup pri písaní vedeckých prác.

Tento rok bol plánovaný štvrtý ročník spoločnej Študentskej vedeckej konferencie Fakulty prírodných vied UKF v Nitre a Fakulty prírodných vied UMB v Banskej Bystrici, ktorý sa mal konať v Nitre. Študenti bakalárskeho, magisterského a prvého ročníka doktorandského štúdia odovzdali celkove 71 prác. Práce sme rozdelili podľa zamerania do 8 sekcií: Biológia, Ekológia a environmentalistika, Geografia, geológia a regionálny rozvoj, Informatika, Fyzika, Chémia, Matematika, Odborová didaktika. Všetky práce prešli následne recenzným konaním a boli opravené podľa pripomienok recenzentov.

Napriek tomu, že sa ŠVK 2020 nekonala, vysoké počty odovzdaných prác svedčia o tom, že študenti majú o vedeckú prácu záujem a táto práca je komplementárnou súčasťou ich štúdia. Chceme poďakovať všetkým študentom, garantom sekcií, recenzentom, školiteľom ako aj členom organizačného výboru za energiu a čas, ktorý venovali v prospech tohto podujatia. Všetkým želáme veľa úspechov do ďalšej tvorivej, vedeckej práce.

prof. RNDr. Ján Spišiak, DrSc.
prodekan pre vedu a výskum, FPV UMB v Banskej Bystrici

prof. RNDr. Radoslav Omelka, PhD.
prodekan pre vedu a výskum, FPV UKF v Nitre

Biológia

Fyziologické a biochemické aspekty tolerancie ovsa siateho (*Avena sativa* L., cv. Václav) na ióny kadmia

Physiological and biochemical aspects of cadmium tolerance in oat (*Avena sativa* L., cv. Václav)

Veronika Kubová[1]
Školiteľ: Beáta Piršelová[2]
[1,2]Katedra botaniky a genetiky, FPV UKF, Nábrežie mládeže 91, 949 74 Nitra
[1]veronika.kubova@student.ukf.sk, [2]bpirselova@ukf.sk

Abstrakt
V našej práci hodnotíme vplyv rôznych koncentrácií iónov kadmia (5, 10, 20 a 50 mg Cd/kg pôdy) na rast a vybrané fyziologické a biochemické parametre výhonkov ovsa siateho (*Avena sativa* L., cv. Václav) s cieľom odhaliť mechanizmy tolerancie tejto plodiny na Cd.

Vplyvom testovaných dávok Cd sme poukázali na vysokú toleranciu tejto plodiny na Cd. Nezaznamenali sme žiadne vizuálne symptómy toxicity, ani zmeny v dĺžke výhonkov, v obsahu chlorofylu *b* ani zmeny pomeru chlorofyl *a* / chlorofyl *b*. Pokles chlorofylu *a* (o 15,5 %) a karotenoidov (o 15,6 %) sme zaznamenali iba vplyvom dávky 5 mg/kg pôdy. Mierny nárast relatívneho obsahu vody nebol štatisticky významný. Na základe zmien v aktivite celkových glukanáz predpokladáme určitý význam tohto enzýmu v obrane ovsa voči Cd.

Hlbšie molekulárno-biologické prístupy môžu prispieť k odhaleniu mechanizmov tolerancie danej plodiny voči iónom kadmia.

Kľúčové slová: ovos, kadmium, fotosyntéza, relatívny obsah vody, glukanázy

Abstract
In our work we evaluated the effect of different concentrations of cadmium ions (5, 10, 20 and 50 mg Cd/kg of soil) on growth and selected physiological and biochemical parameters of oat shoots (*Avena sativa* L., cv Václav) to reveal the crop´s mechanisms of tolerance to Cd.

Our results pointed to high tolerance of this crop to Cd. We observed no visual signs of toxicity, nor any changes in shoot length, chlorophyll *b* content or chlorophyll *a* / chlorophyll *b* ratio. Decreases in chlorophyll *a* (by 15,5 %) and carotenoids (by 15,6 %) were only observed due to the 5 mg/kg soil dose. The slight increase in the relative water content was not statistically significant. Based on the changes in total glucanase activity, we assume some importance of this enzyme in the defense of oat against Cd.

Deeper molecular-biology approaches can contribute to revealing mechanisms of tolerance of the given crop to cadmium ions.

Key Words: oat, cadmium, photosynthesis, relative water content, glucanases

Úvod

Rastliny pre svoj rast a vývin potrebujú optimálny pomer vzájomného pôsobenia exogénnych faktorov ako i geneticky podmienených nárokov na určitú kvalitu prostredia. V prírode sú jednotlivé pôsobiace činitele od seba navzájom neeliminovateľné, preto sú často navodzované stavy, kedy ich negatívny vplyv zasahuje do rastovej či metabolickej aktivity rastlinného organizmu, ktoré sa označujú pojmom stres [1].

Medzi stresové faktory prostredia patrí rizikový obsah ťažkých kovov v pôdnom substráte kultivovaných rastlín. Medzi takéto kovy sa radí aj kadmium (Cd). Jeho neoptimálna koncentrácia v pôde negatívne vplýva na rast mnohých rastlín, čo môže mať v konečnom dôsledku dopad aj na zdravie človeka. Poznanie škály tolerancie jednotlivých rastlín na určité množstvo tohto prvku by znížilo pravdepodobnosť takéhoto rizika [2].

Súčasné poznatky poukazujú na nutnosť pristupovať k problematike kontaminácie pôd ťažkými kovmi a pestovaniu plodín globálne a komplexne. Je preto potrebné jednotlivé kovy a ich účinky špecifikovať pri rozličných podmienkach. Rastliny si počas evolúcie vytvorili určité mechanizmy, ktoré im umožňujú adaptovať sa na nepriaznivé faktory prostredia. Glukanázy sú enzýmy zo skupiny PR bielkovín (z angl. *pathogenesis related*), ktoré katalyzujú hydrolytické štiepenie väzieb 1,3-ß-glukánu, významnej zložky bunkovej steny rastlín a húb. Ich zvýšená akumulácia v pletivách rastlín bola

pozorovaná nielen pri pôsobení patogénov, ale aj ťažkých kovov. Ich úloha v procese obrany rastlín voči kovom doteraz nie je celkom preskúmaná [3].

Prvotným záujmom rastlinných biotechnológov a šľachtiteľov je pochopiť mechanizmy, ktorými rastliny tolerujú ťažké kovy vo svojich pletivách, s cieľom ich využitia vo fytoremediačných programoch.

V našej práci sa venujeme posúdeniu vplyvu rôznej škály koncentrácie iónov kadmia na vybrané fyziologické a biochemické charakteristiky ovsa siateho s cieľom odhaliť mechanizmy odolnosti tejto plodiny voči iónom kadmia.

1 Materiál a metódy

Semená ovsa siateho (*Avena sativa* L., cv. Václav) boli zasiate (35 semien/variant) do pôdneho substrátu (AGRO – ZÁHRADNÍCKY SUBSTRÁT S AKTIVNÝM HUMUSOM, zloženie v Tabuľke 1) obohateného o ióny Cd v nasledovných dávkach: 0 (kontrola), 5, 10, 20 a 50 mg/kg pôdy. Boli použité menšie plastové nádoby (150 g pôdy/nádoba). Počas rastu boli rastliny pravidelne zalievané vodou maximálne v dávkach 3/4 objemu celkovej sorpčnej kapacity pôdy. Rastliny boli pestované v podmienkach skleníka (priemerná denná a nočná teplota: 23,0 °C). Po 17 dňoch rastu boli hodnotené rastové (dĺžka výhonku), fyziologické parametre (obsah fotosyntetických pigmentov, pomer Chl *a* / Chl *b*, relatívny obsah vody = RWC) a biochemické parametre (aktivita celkových glukanáz v listoch).

Tabuľka 1 Fyzikálne a chemické vlastnosti použitého pôdneho substrátu

Fyzikálne a chemické vlastnosti	Hodnota
Vlhkosť v %, max.	65
Spáliteľné látky v %, min.	70
Hodnota pH (vodný výluh)	5,0-7,0
Elektrická vodivosť vo vodnom výluhu v $mS.cm^{-1}$, max.	1,2
Obsah častíc nad 20 mm v %, max.	5,0
Obsah celkového draslíka ako K_2O v sušine v %, max.	0,9
Obsah celkového fosforu ako P_2O_5 v sušine v %, max.	0,5
Obsah celkového dusíka ako N v sušine v %, max.	1,9

Obsah rizikových prvkov neprekračuje zákonom stanovené limity v mg/kg hnojiva platné v HU.

1.1 Hodnotenie rastových a fyziologických parametrov

Dĺžka výhonkov a koreňov bola stanovená pomocou pravítka. Obsah fotosyntetických pigmentov (Chl *a*, Chl *b* a karotenoidov) bol stanovený podľa Lichtenthaler a Wellburn (1983) zo 100 mg čerstvého rastlinného listového materiálu (3. plne vyvinutý list), ktorý bol zhomogenizovaný s morským pieskom a 5 ml 80% acetónu v trecej miske. Získaný extrakt bol kvantitatívne prenesený do kalibrovanej skúmavky cez sklený pórovitý filter S-3 (napojený na vodnú vývevu) a premývaný 80% acetónom do výsledných 10 ml roztoku. Následne bol extrakt prenesený do sklenej kyvety a bola zmeraná jeho absorbancia (vlnové dĺžky: 470 nm, 646 nm a 663 nm) v spektrofotometri (Model V-M5, VIS). Na základe absorbancie bol stanovený obsah pigmentov (mg/l) podľa vzorcov [4]:

$$c\text{Chl } a = 12{,}21 \text{ x } A\,663 - 2{,}81 \text{ x } A\,646 \quad (1)$$

$$c\text{Chl } b = 20{,}13 \text{ x } A\,646 - 5{,}03 \text{ x } A\,663 \quad (2)$$

$$c\text{Karotenoidov} = \frac{(1\,000 \text{ x } A\,470 - 3{,}27 \text{ x } c\text{Chl } a - 104 \text{ x } c\text{Chl } b)}{229} \quad (3)$$

Obsah (c - koncentrácia) farbív bol prepočítaný na mg/g čerstvej hmotnosti (FW) listov. Počet opakovaní, pre jednotlivé varianty experimentu bol nastavený na tri. RWC pre daný experiment bol vypočítaný na základe čerstvej hmotnosti (FW), turgidnej hmotnosti (TW) a hmotnosti sušiny listov (DW) podľa vzorca:

$$RWC = \frac{(FW - DW)}{(TW - DW)} x100 \quad (4)$$

1.2 Detekcia celkových glukanáz na polyakrylamidových géloch

Aktivitu jednotlivých izoforiem celkových β-1,3-glukanáz sme stanovili po elektroforetickej separácii hrubého proteínového extraktu z listov na denaturovaných polyakrylamidových géloch [5, 6]. Intenzitu proteínových pásov (bandov) na polyakrylamidovom géle zodpovedajúcej miere akumulácie β-1,3-glukanáz sme vizualizovali vo fotodokumentačnom prístroji UVP Bio Doc-It System (Ultra-Violet Products Ltd, UK). Zmeny v aktivite glukanáz boli hodnotené z jedného opakovania experimentu.

1.3 Štatistické spracovanie výsledkov

Získané údaje boli vyhodnotené pomocou programu MS Excel, určenými základnými štatistickými profilmi, t.j. aritmetický priemer a smerodajná odchýlka. Štatistická významnosť rozdielov medzi súbormi dát bola vyhodnocovaná pomocou Studentovho t-testu pri štatistických hladinách $p < 0,05$ a $p < 0,01$.

2 Výsledky a diskusia

2.1 Vplyv kadmia na dĺžku výhonkov, obsah fotosyntetických pigmentov a relatívny obsah vody v listoch ovsa siateho

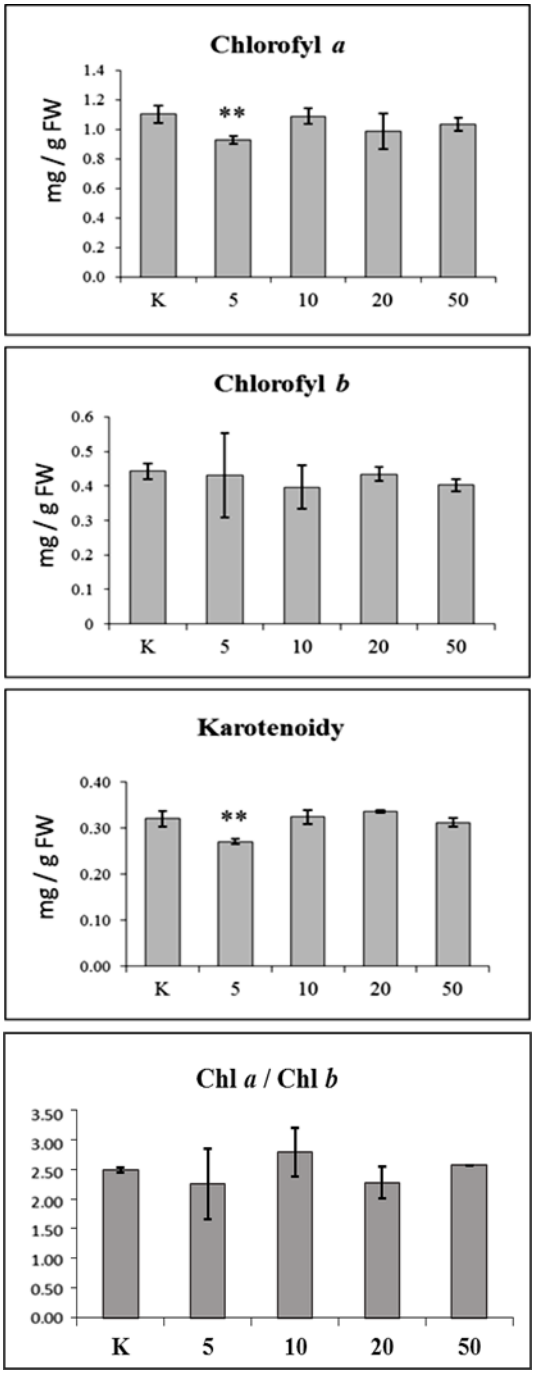
V rámci našej práce sme nezaznamenali žiadne vizuálne zmeny na výhonkoch ovsa vplyvom testovaných dávok kadmia. Zaznamenali sme mierny pokles dĺžky výhonkov a nárast relatívneho obsahu vody, tieto zmeny neboli štatisticky významné (Tabuľka 2). V prípade obsahu fotosyntetických pigmentov došlo iba k miernemu poklesu Chl *a* (o 15,5 %) a karotenoidov (o 15,6 %) vplyvom najnižšej aplikovanej dávky Cd (Obr. 1).

Tabuľka 2 Vplyv rôznych koncentrácií kadmia - Cd ($mg.kg^{-1}$) na dĺžku výhonkov a relatívny obsah vody v listoch ovsa siateho.

	Dĺžka výhonkov (cm)	Relatívny obsah vody (%)
K	16,91 ± 1,95	72,74 ± 5,37
Cd 5	16,76 ± 1,68	72,33 ± 2,52
Cd10	17,36 ± 1,63	73,45 ± 1,29
Cd 20	16,91 ± 1,85	77,44 ± 0,44
Cd 50	16,05 ± 1,55	78,44 ± 4,54

Údaje predstavujú aritmetický priemer ± SDEV.

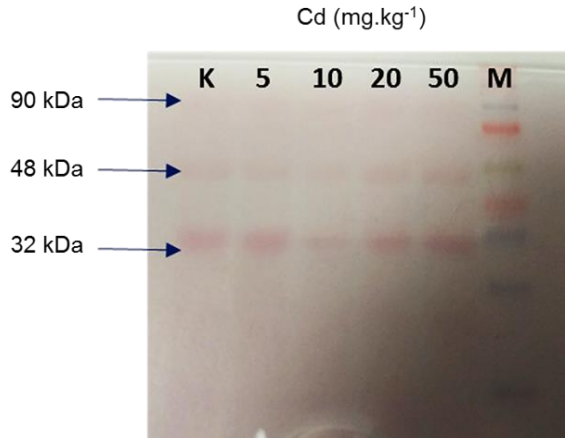
Naše výsledky sú v súlade s výsledkami Tuma a kol. [7], ktorí taktiež poukázali na minimálne zmeny v hmotnosti výhonkov ovsa (*Avena sativa* L., cv. Atego). Taktiež nezaznamenali rozdiely v obsahu fotosyntetických pigmentov ako aj v miere transpirácie vplyvom dávok Cd 2 a 20 mg Cd kg^{-1} pôdy napriek zvýšenej akumulácii kadmia v koreňoch. Vyššia akumulácia kadmia bola popritom pozorovaná v spodných (starších) listoch, čo predstavuje určitý obranný mechanizmus smerujúci k zamedzeniu akumulácii kadmia v metabolicky aktívnejších pletivách [8]. Nami zistené výsledky RWC sú však v rozpore s výsledkami iných autorov, ktorí zaznamenali zníženie RWC vplyvom kadmia vo výhonkoch kapusty [9] a pšenice [10].



Obr. 1 Vplyv rôznych koncentrácií kadmia 5-50 mg/kg pôdy na obsah fotosyntetických pigmentov a pomer chlorofylu *a* / chlorofylu *b* (Chl *a* / Chl *b*). K – kontrola. Údaje predstavujú aritmetický priemer ± SDEV. ** - štatisticky významný rozdiel oproti kontrole pri $p < 0,01$.

2.2 Vplyv kadmia na aktivitu celkových glukanáz v listoch ovsa siateho

V listoch ovsa sme detegovali tri izoformy glukanáz. Na základe predbežných zistení predpokladáme určité zmeny v aktivite týchto izoforiem vplyvom iónov kadmia (Obr. 2). Presnejšie závery budeme môcť vysloviť po zhodnotení výsledkov z viacerých opakovaní experimentu.



Obr. 2 Vplyv kadmia na aktivitu celkových glukanáz v listoch ovsa siateho. K- kontrola. M-marker.

Doterajšie štúdie poukázali na zmeny v aktivite glukanáz vplyvom ťažkých kovov v koreňoch a výhonkoch viacerých plodín [3]. Ich úloha v obrane rastlín doteraz nie je celkom objasnená. Predpokladá sa ich úloha v sekundárnej obrane voči patogénom. Zvýšená degradácia ß-glukánu (kalózy) glukanázami v pletivách môže predstavovať ďalšiu stratégiu v obrane rastlín založenej na báze zmien depozitov tohto polysacharidu.

Záver

Výsledky našich experimentov poukázali na vysokú toleranciu ovsa siateho na ióny kadmia. Nezaznamenali sme významnejšie rozdiely v sledovaných parametroch oproti kontrole. Predpokladáme určitý význam glukanáz v obrane ovsa voči kadmiu, daný predpoklad je však nutné preveriť ďalšími experimentmi.

Hlbšie molekulárno-biologické prístupy môžu prispieť k poznaniu mechanizmov tolerancie testovanej plodiny voči iónom kadmia. Taktiež odhalenie princípu spomínaných procesov by znamenalo výrazný posun vo fytoremediačných technológiách.

Poďakovanie

Touto cestou by som chcela poďakovať mojej školiteľke doc. RNDr. Beáte Piršelovej, PhD. a RNDr. Patrikovi Mészárosovi, PhD. za ich odborné rady, postrehy a pomoc pri realizácii experimentov. Práca bola podporená projektom APVV-18-0154.

Použitá literatúra

[1] Cramer G.R., Urano K., Delrot S., et al. (2011) BMC Plant Biol. 11, p. 163
[2] Cuypers A., Smeets K., Ruytinx J. (2011) J. Plant Physiol. 168(4), p. 309
[3] Piršelová B. a Matušíková I. (2011) Aktuální kapitoly z fyziologie rostlin a zemědělského výskumu 2011, Sborník recenzovaných příspěvků z mezinárodní konference, Praha, ČR, p. 256
[4] Lichtenthaler H. K. a Wellburn A. R. (1983) Biochem. So. Trans. 1, p. 591
[5] Pan S.Q., Ye X.S., Kuć J. (1991) Phytopathology. 81, p. 970-974
[6] Laemmli U. K. (1970) Nature. 227, p. 680
[7] Tuma J., Skalický M., Tumová L., et al. (2014) J. Elem. 19(3), p. 795
[8] De Maria S., Puschenreiter M., Rivelli A.R. (2013) Plant Soil Environ. 59(6), p. 254
[9] Shiyab S. (2015) J. Food Agric Environ. 13(2), p. 262
[10] Moussa H.R. a El-Gamal S.M. (2009) Acta Agron Hung. 57(3), p. 321

Analýza vplyvu prírodného a syntetického vápnika na štruktúru osteoporotickej kosti s využitím animálneho modelu

The Analysis of the Effect of Natural and Synthetic Calcium on Osteoporotic Bone Structure Using an Animal Model

Martina Bábiková[1] – Ramona Babosová[2] – Veronika Kováčová[3]
Školiteľ: Radoslav Omelka[4]
[1,4]Katedra botaniky a genetiky, FPV UKF, Nábrežie mládeže 91, 949 74 Nitra
[2,3] Katedra zoológie a antropológie, FPV UKF, Nábrežie mládeže 91, 949 74 Nitra
[1] martina.babikova@.ukf.sk, [2] rbabosova@ukf.sk,[3] vkovacova@ukf.sk, [4]romelka@ukf.sk

Abstrakt
Cieľom našej práce bolo zistiť vplyv prírodného a syntetického vápnika na štruktúru osteoporotickej kosti s využitím modelu laboratórnych potkanov. Zvieratá boli rozdelené do nasledovných skupín: simulovane operované kontroly (SHAM, 1. sk.), ovariektomované neliečené (OVX, 2. sk.), liečené OVX syntetickým uhličitanom vápenatým (SCa, obsah Ca 1,3%, 3.sk.), liečené OVX prírodným vápnikom Calcii carbonas ex testae ovi vo forme tbl. (PCa, Biomin H, obsah Ca 1,3%, 4. sk.). 3D analýza preukázala, že prírodný vápnik bol asociovaný so signifikantne vyšším relatívnym objemom špongióznej kosti v porovnaní s OVX skupinou. Na základe výsledkov 2D analýzy sme pri skupine SCa a PCa zistili intenzívnejšiu vaskularizáciu v porovnaní so skupinou OVX. Histomorfometrická analýza odhalila najintenzívnejšiu remodeláciu kompaktného kostného tkaniva pri skupine OVX. Identifikovali sme vazodilatáciu krvných ciev v Haversových kanálikoch a zväčšenie veľkosti sekundárnych osteónov pri skupine PCA v porovnaní so skupinou SCa. Z uvedených výsledkov môžeme konštatovať, že pri liečbe a prevencii postmenopauzálnej osteoporózy zohráva prírodný vápnik dôležitejšiu úlohu ako syntetický vápnik.
Kľúčové slová: osteoporóza, vápnik, kompaktná kosť, potkany

Abstract
Our study was aimed to reveal the effect of natural and synthetic calcium on the structure of osteoporotic bone using rats as an animal model. The animals were divided into the following groups: sham- operated controls (SHAM, group 1), ovariectomized untreated rats (OVX, group 2), treated with OVX synthetic calcium carbonate (SCa, Ca content 1.3%, group 3). , treated with OVX natural calcium Calcium carbonas ex testae ovi in the form of tbl. (PCa, Biomin H, Ca content 1.3%, group 4). 3D analysis has shown that natural calcium was associated with a significantly higher relative volume of spongy bone compared to OVX group. Based on the results of 2D analysis, we found more intensive vascularization in SCa and PCa groups compared to OVX groups. Histomorphometric analysis revealed the most intense compact bone remodeling in OVX group. We identified vasodilatation of blood vessels in the Haversian canals and increased secondary osteon size in PCa group compared to SCa group. From these results, it can be concluded that natural calcium plays a more important role in the treatment and prevention of postmenopausal osteoporosis than synthetic calcium.
Key Words: osteoporosis, calcium, compact bone, rats

Úvod

Osteoporóza (OP) je metabolické ochorenie kostí, pri ktorom dochádza k zníženiu kvality kostí a vyššiemu výskytu zlomenín. Výskum vzťahov medzi osteoporózou v kontexte s potenciálnym terapeutickým účinkom prírodných a syntetických produktov je dôležitým zámerom z pohľadu výživy ľudí, ako aj humánnej medicíny. Z hľadiska výživy sa pozornosť sústreďuje najmä na tzv. funkčné potraviny a doplnenie stravy zložkami, ktoré sú v nej nedostatočne zastúpené. Funkčné potraviny majú okrem svojich prirodzených nutričných hodnôt aj zdravotné benefity a pôsobia preventívne voči ochoreniam [1,2]. Súčasné poznatky naznačujú, že v nich zastúpené aktívne zložky (tzv. nutraceuticals) majú tiež schopnosť modifikovať enzymatickú aktivitu a

meniť expresiu dôležitých génov, kritických pre ľudské zdravie [3].

V poslednom období sa do popredia dostávajú preparáty s obsahom prírodného vápnika (Ca), ktoré obsahujú aj iné dôležité biologicky aktívne látky a minerály. Jednou z možností suplementácie stravy prírodnou formou kalcia sú preparáty získané z vaječných škrupín. Vaječné škrupiny okrem Ca obsahujú celý rad minerálnych prvkov ako P, Mg, Cu, Li, Mn a viacero biologicky prospešných látok, ktoré vytvárajú prostredie na lepšie využitie Ca v organizme v porovnaní s umelo pripraveným Ca (syntetickým vo forme uhličitanu vápenatého). Prípadné rozdiely v účinku prírodného a syntetického Ca na štruktúru kostného tkaniva zatiaľ neboli exaktne skúmané, a práve preto bolo cieľom našej práce analyzovať vplyv uvedených látok na štruktúru osteoporotickej kosti s využitím experimentálneho modelu laboratórnych potkanov.

1 Materiál a metodika

Do analýzy boli zahrnuté ako modelové organizmy ovariektomované samice potkanov, chované na Ústave experimentálnej farmakológie a toxikológie SAV v Bratislave (Oddelenie toxikológie a chovu laboratórnych zvierat, Dobrá Voda). Zvieratá (kmeň Sprague Dawley) boli kŕmené kŕmnou zmesou (KKZ) v dávke 10g na 100g živej hmotnosti a boli rozdelené do nasledovných skupín (8ks/sk.): simulovane operované kontroly (SHAM, 1. sk.), ovariektomované neliečené (OVX, 2. sk.), liečené OVX syntetickým uhličitanom vápenatým (SCa, Centralchem, obsah Ca 1,3%, 3. sk.), liečené OVX prírodným vápnikom Calcii carbonas ex testae ovi vo forme tbl. (PCa, Biomin H, Biomin a.s., Cífer; obsah Ca 1,3%, 4. sk.).

Po uplynutí 8 týždňov boli potkany usmrtené a ich stehnové kosti boli odobraté na mikroskopickú analýzu. Kvantitatívne 3D charakteristiky kompaktného a špongiózneho kostného tkaniva boli stanovené pomocou počítačovej tomografie (µCT 50, Scanco Medical). V rámci kompaktného kostného tkaniva sme merali nasledovné parametre: relatívny objem kompaktnej kosti (%) a povrch kompaktnej kosti (mm^2).Kosť bola podrobená analýze v oblasti 12,5 mm od konca rastovej platničky v distálnej epifýze s dĺžkou 2,0 mm. Špongiózne kostné tkanivo bolo podrobené analýze v oblasti 2,9 mm od konca rastovej platničky v distálnej epifýze s dĺžkou 2,00 mm. V tejto oblasti sme merali nasledovné parametre: relatívny objem špongióznej kosti (%), počet trabekúl (1/mm), hrúbku trabekúl (mm), povrch špongióznej kosti [4].

Následne sme zhotovili histologické preparáty podľa metodiky Martiniakovej *et al*. [5], ktoré sme pozorovali polarizačným mikroskopom (Leica DM 2000+). Fotodokumentáciu sme realizovali prostredníctvom počítačového softvéru LAS EZ (Leica Microsystems). Kvalitatívne 2D charakteristiky kompaktného kostného tkaniva sme určili na základe medzinárodne akceptovaných klasifikácií [6,7]. Kvantitatívne charakteristiky sme zistili pomocou počítačového softvéru Motic Images Plus 2.0 ML (Motic China Group Co., Ltd.) v rámci 4 pozorovaných oblastí (*anterior, posterior, medialis, lateralis*), pričom sme merali plochu ($µm^2$), obvod (µm) Haversových kanálikov a sekundárnych osteónov. Zistené hodnoty sme vyjadrili ako aritmetický priemer ± smerodajná odchýlka. Signifikantné rozdiely medzi jednotlivými skupinami boli stanovené pomocou Tukeyho testu a Games-Howellovho testu ($p<0,05$).

2 Výsledky a diskusia

Výsledky kvantitatívnej 3D analýzy meraných parametrov kompaktného a špongiózneho kostného tkaniva potkanov zo všetkých analyzovaných skupín sú uvedené v tab. 1.

Nezistili sme výskyt štatistických významných rozdielov v relatívnom objeme kompaktnej kosti, povrchu kompaktnej kosti medzi všetkými analyzovanými skupinami. Avšak identifikovali sme signifikantné rozdiely pri relatívnom objeme špongióznej kosti, povrchu špongióznej kosti, hrúbke a počte trabekúl medzi skupinou SHAM a zvyšnými troma skupinami (OVX, SCa a PCa). Navyše skupina PCA disponovala signifikantne vyšším relatívnym objemom špongióznej kosti v porovnaní so skupinou OVX. Avšak hodnota relatívneho objemu špongióznej kosti pri skupine PCa sa ani zďaleka nepribližovala ku skupine SHAM. Uvedené rozdiely by mohli byť zapríčinené rozdielnym mechanizmom remodelácie v prípade kompaktného a špongiózneho kostného tkaniva a to nielen z dôvodu rozdielnych metabolických aktivít, vyplývajúcich z rozdielnej štruktúry, ale aj z dôvodu odlišnej dĺžky jedného remodelačného cyklu [8,9]. Je známe, že u ovariektomovaných zvierat sa úbytok kompaktnej kosti nezhoduje s úbytkom špongióznej kosti, čo je v súlade s našimi výsledkami. Podľa Ferrettiho *et al*. [10] sa pri OVX potkanoch kostná hmota sa odbúrava rýchlejšie v špongióznej kosti v porovnaní s kompaktou. Podľa Liu a Kalu [11] to môže súvisieť so zvýšeným počtom osteoblastov v endosteálnej oblasti kompaktného kostného tkaniva.

Diafýzy femurov potkanov zo skupiny SHAM mali nasledovnú mikroštruktúru (obr. 1). Endostálna a periostálna hranica boli formované prevažne bezcievnatým kostným tkanivom (najmä v posteriórnej oblasti) a primárne cievnatým radiálnym kostným tkanivom. Ojedinelý výskyt primárnych a sekundárnych osteónov sme zaznamenali najmä v stredových častiach kompakty, s výnimkou *pars lateralis*, kde sme identifikovali aj výskyt nepravidelného Haversového kostného tkaniva. Uvedené výsledky sú v súlade s prácami Enlowa a Browna [6], Treutinga a Dintzisa [12] a Martiniakovej *et al*. [13]. Hoci sme zaznamenali výskyt niekoľkých sekundárnych osteónov, dôkaz pravej Haversovej kostnej remodelácie u týchto jedincov absentoval. Je všeobecne známe, že u adultných potkanov a myší chýba pravá Haversova kostná remodelácia za fyziologických podmienok, ale remodelačná aktivita v špongióze pretrváva [14,15].

Potkany zo skupiny OVX vykazovali podobnú mikroštruktúru ako potkany zo skupiny SHAM (obr. 1). Identifikovali sme však vyšší počet sekundárnych osteónov, ktoré tvorili nepravidelné Haversové kostné tkanivo. Uvedená skutočnosť môže byť zapríčinená absenciou estrogénov, v dôsledku ktorej sa zvyčajne urýchľuje remodelácia kostí [16].

Pri experimentálnych skupinách SCa a PCa sme zaznamenali intenzívnejšiu vaskularizáciu kostí (obr. 1), a vyšší výskyt primárne cievnatého radiálneho kostného tkaniva v porovnaní so skupinou OVX. Súčasťou angiogénnej signalizačnej kaskády je oxid dusnatý (NO), ktorý sa všeobecne považuje za hlavného induktora angiogénnej odpovede, pretože inhibícia NO významne znižuje účinky angiogénnych rastových faktorov [17]. Na produkciu NO je podľa Grumbacha *et al*. [18] dôležitá správna koncentrácia iónov Ca^{2+} v bunke. Výsledky našej práce preukázali asociáciu medzi zvýšenou koncentráciou Ca po ovariektomií a angiogénnou odpoveďou. V rámci experimentálnej skupiny PCa sme však identifikovali vyšší počet sekundárnych osteónov s menšími vzdialenosťami medzi sebou v porovnaní so skupinou SCa. Raeisi Najafi *et al*. [19] uvádzajú, že čim je menšia vzdialenosť medzi osteónmi (väčšia hustota osteónov), tým je viac limitované šírenie mikrotrhlín. Môžeme teda konštatovať, že v rámci prevencie osteoporotických fraktúr zohráva prírodný vápnik dôležitejšiu úlohu ako syntetický vápnik.

V rámci kvantitatívnej histologickej 2D analýzy sme pri všetkých skupinách celkovo odmerali 404 Haversových kanálikov a 404 sekundárnych osteónov (tab. 2).

Z tabuľky 2 vyplýva, že potkany zo skupiny OVX disponujú signifikantne väčšími Haversovými kanálikmi s porovnaní so skupinou SHAM, zatiaľ čo potkany zo skupiny SCa disponujú preukazne menšími Haversovými kanálikmi oproti skupinám SHAM a OVX. V rámci experimentálnej skupiny PCa sme zaznamenali menšiu veľkosť Haversových kanálikov v porovnaní so skupinou OVX a zároveň ich signifikantné zväčšenie oproti skupine SCa. Uvedené výsledky nebolo možné porovnať s doposiaľ publikovanými údajmi z dôvodu ich absencie. Alterácie vo veľkosti Haversových kanálikov nám naznačujú, že potkany zo skupiny OVX disponujú najväčšou remodeláciou a potkany zo skupín SCa a PCa nižšou remodeláciou kompaktného kostného tkaniva, keďže veľkosť Haversovho kanálika je považovaná za index remodelácie kompaktnej kosti. V rámci skupiny PCA sme zaznamenali vazodilatáciu krvných ciev v Haversových kanálikoch v porovnaní so skupinou SCa. Z uvedeného dôvodu naše výsledky poukazujú na priaznivé účinky prírodného vápnika v súvislosti s vaskularizáciou kompaktnej kosti.

V prípade sekundárnych osteónov sme identifikovali signifikantné zväčšenie ($p<0,05$) ich veľkosti pri potkanoch zo skupiny OVX v porovnaní so skupinou SHAM. Podľa Vondrákovej [20] sa na stavbe sekundárneho osteónu podieľajú kolagénové vlákna, stmelené amorfnou hmotou, v ktorej sú uložené kostné minerály. Niektoré štúdie udávajú znížený obsah minerálov v osteoporotických kostiach [21] zatiaľ čo iné poukazujú na zvýšenie obsahu minerálov v takýchto kostiach [22]. Domnievame, sa že nedostatok estrogénov môže zapríčiniť zmeny v procese mineralizácie tkaniva a viesť k mechanoregulačnej odpovedi [23]. Van der Linden *et al*. [24] uskutočnili počítačové simulácie adaptácie kostí a zistili, že ,,tuhšie“ tkanivo je neoddeliteľnou súčasťou osteoporotickej kosti. Keďže skupina OVX disponovala najhoršou kvalitou špongióznej kosti v porovnaní s ostatnými skupinami, je možné, že v rámci adaptačnej odpovede došlo k zvýšeniu kvality kompaktnej kosti. DePaula *et al*. [24] uvádzajú, že nakoľko zvýšená mineralizácia kosti je asociovaná s vyššou pevnosťou kosti, kostné tkanivo ošetrené liečivom by malo byť pevnejšie ako kostné tkanivo bez liečiva. Naša štúdia to však nepotvrdzuje, keďže sme zaznamenali signifikantné zmenšenie veľkosti sekundárnych osteónov pri skupinách SCa a PCA v porovnaní so skupinou OVX. Avšak, kontrolnej skupine SHAM sa najviac približovala skupina PCA. Zároveň sme zistili signifikantné zväčšenie veľkosti sekundárnych osteónov pri skupine PCA v porovnaní so skupinou SCa.

Môžeme teda konštatovať, že prírodný vápnik podporuje tvorbu kryštálikov hydroxyapatitu a prispieva k väčšej pevnosti kompaktného kostného tkaniva kosti v porovnaní so syntetickým vápnikom.

Záver

V rámci liečby a prevencie osteoporózy má prírodný vápnik pozitívnejší efekt na štruktúru kompaktného kostného tkaniva v porovnaní so syntetickým vápnikom. Na základe našich výsledkov možno však konštatovať, že samotná suplementácia vápnikom pri liečbe osteoporózy nie je postačujúca. Z uvedeného dôvodu sa v klinickej praxi často využíva kombinácia Ca s vitamínom D3, prípadne aj s vitamínom K2.

Poďakovanie

Práca bola koncipovaná s podporou projektu VEGA 1/0444/20.

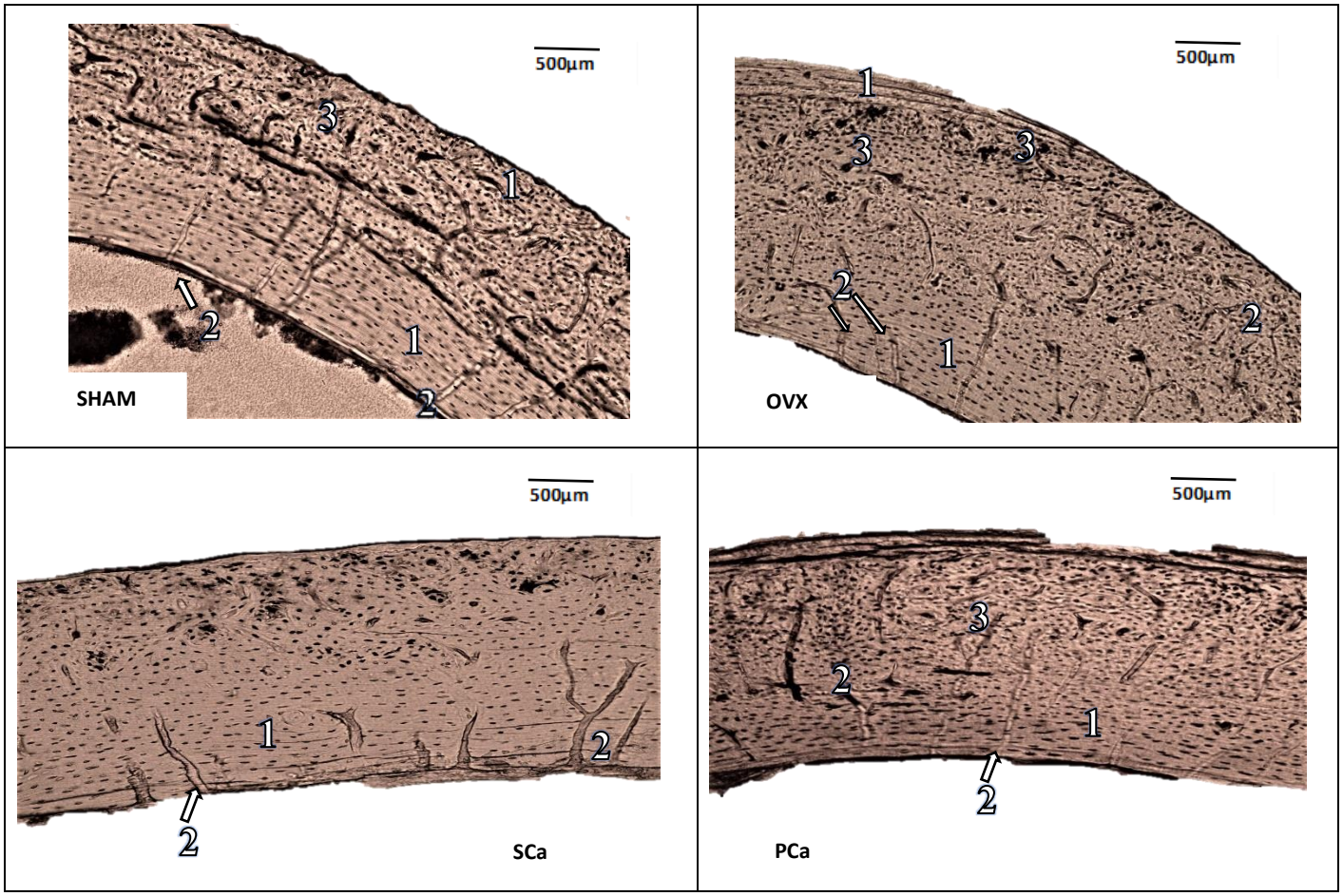
Použitá literatúra

[1] Alkhatib A., Tsang C., Tiss A., et al. (2017) Nutrients. 9(12), p.1310
[2] Muhammad A., Mada S.B., Malami I., et al. (2018) Biomed. Pharmacother.107, p.571
[3] Santini A., Tenore G. C., Novellino E. (2017). Eur. J. Pharm. Sci. 1, p. 53
[4] Bouxsein M. L., Boyd S. K., Christiansen B. A., et al. (2010) J. Bone Miner. Res. 25, p. 1468
[5] Martiniaková M., Omelka R., B. Grosskopf A., et al. (2008) Acta. Vet. Scand. 50, p. 15
[6] Enlow D. H., Brown S. O. (1956) Tex. J. Sci. 8, p. 405
[7] Ricqlés A. J., De, Meunier F. J., Castanet J., et al. (1991) Bone 3, Bone Matrix and Bone Specific Products. CRC Prees, Boca Raton, p. 1
[8] Eriksen E. F. (2010) Rev. Endocr. Metab. Disord. 11, p. 219
[9] Li J., Bao Q., Chen S., et al. (2017) J. Orthop. Res. 35(4), p. 812
[10] Ferretti M., Bertoni L., Cavani F., et al. (2010) J. Anat. 217 (1), p. 48
[11] Liu C. C., Kalu D. N., (1990) J. Bone. Miner. Res. 5, p. 973
[12] Treuting P. M., Dintzis S. M. (2012) Comparative Anatomy and Histology. A Mouse and Human Atlas. Oxford: Elsevier Inc, p. 65
[13] Martiniaková M., Šarocká A., Babosová R. et al. (2017) Osteoporos. Int. 28, p. 1042
[14] Lelovas P. P., Xanthos T. T., Thoma S. E. et al. (2008) Comp. Med. 58, p. 424
[15] Reim N. S., Breig B., Stahr K. et al. (2008) J. Bone Miner. Res. 23(5), p. 694
[16] Jilka R. L., Weinstein R. S., Bellido T. et al. (1998) J. Bone Miner. Res. 13(5), p. 793
[17] Prior B. M., Yang H. T., Terjung R. L. (2004) J. Appl. Physiol. 97, p. 1119
[18] Grumbach I. M., Chen W., Mertens S. A., et al. (2005) J. Mol. Cell. Cardiol. 39(4), p. 595
[19] Raeisi Najafi A., Pourakbar Saffar A. R., Arshi E., et al. (2011) Akademeia. 1, p. 103
[20] Vondráková M. (2001) Kostné tkanivo. In: Uhrín V., Stollár Š., Vondráková M., Jančová A., Schlarmannová J. Histológia. Nitra: FPV, p. 104
[21] Gadeleta S. J., Boskey A. L., Paschalis E., et al. (2000) Bone. 27(4), p.541
[22] McNamara L. M., Ederveen A. G., Lyons C. G., et al. (2006) Bone. 39, p. 392
[23] Lee S. H., Park Y. S., Hwang B., et al. (2002) J. Med. Crop. Sci. 10, p. 109
[24] Van der Linden J. C., Day J. S., Verhaar J. A., et al. (2004) J. Biomech. 37, p. 367
[25] DePaula C. A., Abjornson C., Pan Y., et al. (2002) J. Biomech. 35, p. 355

Tab. 1 Základné matematicko-štatistické ukazovatele 3D analýzy kompaktného a špongiózneho kostného tkaniva potkanov zo skupín SHAM, OVX, SCa a PCA

Skupina potkanov		n	BV/TV (%) kompakty	BV/TV (%) špongiózy	Tb.N. (1/mm)	Tb.Th. (mm)	BS. (mm^2) kompakty	BS. (mm^2) špongiózy
SHAM	1	8	60±3	31±3,8	4,52±0,399	0,08±0,004	5,77±2,22	161,6±31,85
OVX	2	8	62±2	4,4±2	1,14±0,295	0,07±0,004	5,13±0,86	23,7±13,355
SCa	3	8	60±2	7±3,7	1,23±0,289	0,07±0,05	6,08±1,52	41,5±18,72
Pca	4	8	61±2,8	9±2,8	1,56±0,429	0,076±0,003	5,22±0,96	52,1±20,75
Tukey/Games-Howellov test			**NS**	**1:2***;1:3***; 1:4***;2:4****	**1:2***;1:3***;1:4*****	**1:2**;1:3***;1:4***	**NS**	**1:2***;1:3***; 1:4*****

NS - nesignifikantné rozdiely; BV/TV – relatívny objem kosti; Tb. N. - počet trabekúl; Tb. Th. - hrúbka trabekúl; Bs. - povrch komapaktnej a špongióznej kosti; n-počet jedincov; P<0,05



Obr. 1 Mikrofotografie kompaktného kostného potkanov zo skupín SHAM, OVX, SCa, PCa: 1- bezcievnaté kostné tkanivo; 2- primárne cievnaté radiálne kostné tkanivo; 3- nepravidelné Haversove kostné tkanivo

Tab. 2 Základné matematicko-štatistické ukazovatele Haversových kanálikov a sekundárnych osteónov potkanov zo skupín SHAM, OVX, SCa, PCa

Skupina potkanov		n	Haversove kanáliky		Sekundárne osteóny	
			Plocha (μm^2)	Obvod (µm)	Plocha (μm^2)	Obvod (µm)
SHAM	1	110	43,51±9,16	23,55±2,53	494,19±229,14	78,44±17,3
OVX	2	128	53,08±15,85	25,89±3,79	671,89±319,89	90,79±21,03
SCa	3	62	37,42±7,57	22,03±2,13	332,21±97,46	65,52±9,75
PCa	4	104	49,822±23,59	25,01±4,87	513,80±265,76	78,98±20,43
Games-Howellov test			**1:2***;1:3***;2:3***; 3:4*****	**1:2***;1:3***;1:4*; 2:3***;3:4*****	**1:2***;1:3***, 2:3***;2:4***;3:4*****	**1:2***;1:3***;2:3***; 2:4***,3:4*****

n-počet meraných štruktúr; P<0,05

Vplyv kadmia na morfologické a fyziologické charakteristiky rastlín ovsa

Effect of cadmium on the morphological and physiological characteristics of oat plants

Petra Bublavá[1]
Školiteľ: Roman Kuna[2]
[1,2]Katedra botaniky a genetiky, FPV UKF, Nábrežie mládeže 91, 949 74 Nitra
[1] petra.bublava@student.ukf.sk, [2] rkuna@ukf.sk

Abstrakt

Kadmium (Cd) je vďaka svojej schopnosti vyvolať toxický účinok už pri nízkych koncentráciách v organizmoch považované za jeden z najtoxickejších ťažkých kovov. Podľa viacerých štúdií pri prebytku Cd v rastlinách dochádza z fyziologického hľadiska k poruchám fotosyntézy, transpirácie a dýchania. Rôzne rastlinné druhy a odrody vykazujú rôznu schopnosť absorbovať, akumulovať a tolerovať Cd. Jarná pšenica, jačmeň, ovos a kukurica obvykle dosahujú v suchom zrne, koncentrácie Cd nižšie ako 0,10 $mg.kg^{-1}$. V našich experimentoch sme testovali oveľa vyššie koncentrácie kadmia v pôdnom substráte (5 – 100 $mg.kg^{-1}$) na mladých rastlinách ovsa siateho (*Avena sativa* L. cv. Václav). Vyhodnotili sme morfologické a fyziologické charakteristiky, s cieľom poukázať na znaky, ktoré by mohli odlišovať citlivé alebo tolerantné rastliny. Z morfologických znakov má čiastočne najväčšiu výpovednú hodnotu parameter počtu prieduchov na jednotku plochy (1 mm^2). Za preukaznejšiu výpovednú hodnotu považujeme škálu reakcií stresovaných rastlín v produkcii peroxidu vodíka, ktorý sme jednoznačne detegovali v prieduchoch.

Kľúčové slová: kadmium, ovos, stres, prieduchy, peroxid vodíka

Abstract

Cadmium (Cd) is considered to be one of the most toxic heavy metals due to its ability to produce a toxic effect even at low concentrations in organisms. According to several studies, in plants with an excess of Cd from a physiological point of view, photosynthesis, transpiration and respiratory disorders occur. Different plant species and varieties show different ability to absorb, accumulate and tolerate Cd. Spring wheat, barley, oats and maize usually contain in dry grains, Cd concentrations below 0,10 $mg.kg^{-1}$. In our experiments we tested much higher concentrations of cadmium in soil substrate (5 – 100 $mg.kg^{-1}$) on young oat plants (*Avena sativa* L. cv. Václav). We evaluated morphological and physiological characteristics to show signs that could distinguish sensitive or tolerant plants. Of the morphological features, the parameter of the number of stomata per unit area have a partly the higher informative value. We consider to be more conclusive, the range of reactions of stressed plants in the production of hydrogen peroxide, which we have clearly detected in the stomata

Key Words: cadmium, oat, stress, stomata, hydrogen peroxide

Úvod

Kadmium je rozšírený ťažký kov, ktorý patrí medzi neesenciálne stopové prvky. Vyznačuje sa silnou toxicitou voči živým organizmom a vysokou pohyblivosťou v životnom prostredí, do ktorého sa uvoľňuje väčšinou prostredníctvom antropogénnej činnosti (elektrárne, vykurovacie systémy, kovopriemysel, spaľovne odpadu, mestská doprava, cementárne, vedľajší produkt výroby fosfátových hnojív) ale aj prostredníctvom procesov mineralizácie hornín [1, 2].

Pôdy znečistené kadmiom sú potenciálnym zdrojom kontaminácie podzemných vôd, rastlín, potravín a krmív pre zvieratá, častokrát aj pri nízkych úrovniach znečistenia. Vďaka jeho schopnosti vyvolať toxický účinok už pri nízkych koncentráciách v organizmoch, je považované za jeden z najtoxickejších ťažkých kovov. V smernici Európskeho parlamentu a rady EU 2006/11/ES ktorá bola schválená 15. februára v roku 2006 sú v prílohe uvedené zlúčeniny kadmia a kadmium samotné ako látky charakterizované vysokou toxicitou, stálosťou a tendenciou k bioakumulácii [2, 3].

Podľa viacerých štúdií, pri prebytku Cd v rastlinách dochádza z fyziologického hľadiska k poruchám

fotosyntézy, transpirácie a dýchania. Kadmium sa opakovane vstrebáva koreňovým systémov odkiaľ sa transportuje do iných častí rastlín. Najvyššie hladiny Cd bývajú zaznamenané v koreňových systémoch, menšie množstvá sú v nadzemných častiach rastliny. Obsah Cd v rastline môže byť modifikovaný rôznymi faktormi ako sú napríklad vlastnosti pôdy, množstvo živín v pôde. Medzi najčastejšie prejavy toxického účinku kadmia na rastliny patria: hnednutie koreňových vláskov, pokles biomasy, znížená klíčivosť, znížená alebo naopak zvýšená tvorba bočných koreňov, skrúcanie listov, chlorózy, zmeny v architektúre a štruktúre koreňa [2, 3].

Kadmium sa môže hromadiť v ľudskom tele v priebehu času pri požívaní potravín obsahujúcich Cd, čo vedie k riziku vzniku chronickej toxicity. Môže poškodiť obličky, spôsobovať pokles vápnika v tele čo vedie k vzniku osteoporózy. A tiež sa považuje za možný karcinogén. Z tohto dôvodu sa skúmalo šľachtenie rastlín ako možná metóda znižovania akumulácie Cd v rôznych druhoch plodín [4, 5].

Rôzne rastlinné druhy a odrody vykazujú rôznu schopnosť absorbovať, akumulovať a tolerovať Cd. Zvýšené hodnoty napríklad lepšie znášajú rastliny z čeľade *Solanaceae*, naopak, veľmi negatívne reagujú rastliny z čeľade *Fabaceae*. Jarná pšenica, jačmeň, ovos a kukurica obvykle obsahujú v zrnách koncentrácie Cd nižšie ako 0,10 mg kg^{-1} [3, 4].

U ovsa je tiež známe, že tu kadmium zvyšuje peroxidáciu lipidov. Ďalší výskum sa uskutočnil s cieľom určiť hlavnú formu Cd v jedlých častiach dôležitých plodín a ukázal, že v koreňoch ovsa bol potvrdený transport Cd z cytosolu do vakuoly cez tonoplast prostredníctvom antiportovej aktivity Cd^{2+}/H^{+}. Po absorpcii ťažkého kovu rastlinami sa ukladá a hromadí v kompartmentoch rastlinných pletív a buniek [6, 7].

Jednou zo základných odpovedí rastlín na rôzne formy stresu je tvorba a akumulácia reaktívnych foriem kyslíka (ROS). Tvorba a akumulácia peroxidu vodíka v rôznych pletivách rastlín, ako reakcia na viaceré biotické ale aj abiotické činitele, je veľmi známym a často diskutovaným a tiež skúmaným faktorom v odpovedi atakovaných rastlín. Pri napadnutí patogénmi je jednou z prvých udalostí v obrannej reakcii rastlín práve produkcia reaktívnych foriem kyslíka (ROS), vrátane peroxidu vodíka a superoxidu.

Na jednej strane nadmerné množstvo ROS spôsobuje oxidačné poškodenie proteínov, DNA a lipidov. Na druhej strane ROS tiež pôsobia ako signálne molekuly na reguláciu vývinu a stresových reakcií [8].

Existujú rôzne druhy ROS v rastlinách vrátane singletového kyslíka ($^1O_2$), superoxidu ($\cdot O_2^-$), H_2O_2 a hydroxylového radikálu (OH^-). Medzi nimi je H_2O_2 považovaný za relatívne stabilný a najpravdepodobnejšou signálnou ROS zlúčeninou regulujúcou vývinové a stresové reakcie, aj preto je asi najštudovanejšou ROS zlúčeninou. Presnú kvantifikáciu H_2O_2 v rastlinných orgánoch je ťažké dosiahnuť, hlavne kvôli vysokej metabolickej aktivite, s polčasom aktivity iba 1 ms v rastlinách. Najčastejšie používané chemikálie na lokalizáciu H_2O_2 v rastlinách sú 3,3-diaminobenzidín (DAB), chlorid ceričitý ($CeCl_3$) a 2,7-dichlórfluorescín diacetát (H2DCF-DA). DAB je oxidovaný peroxidom vodíka v prítomnosti niektorých proteínov obsahujúcich hém, ako sú napr. peroxidázy alebo katalázy, za vzniku tmavohnedej zrazeniny. Táto zrazenina sa využíva ako stopa na detekciu prítomnosti a distribúcie peroxidu vodíka v rastlinných bunkách [9, 10].

V rámci našej práce sa venujeme tolerancii a štruktúrnym zmenám ovsa siateho (*Avena sativa* L.) na rôzne zvýšené koncentrácie kadmia.

1 Materiál a Metódy

Osivo ovsa siateho (*Avena sativa* L.) odr. Václav boli zasiate v počte 35 ks do pôdneho substrátu, konkrétne išlo o komerčný záhradnícky substrát značky Agro, ktorý bol obohatený o ióny Cd v koncentráciách 5, 10, 20, 50, 70, 100 mg.kg^{-1}. Ako zdroj kadmia bol použitý roztok dusičnanu kademnatého, $Cd(NO_3)_2.4H_2O$. Okrem toho bol urobený aj výsev bez obsahu kadmia, ako kontrola. Na pokus boli použité štandardné plastové pestovateľské nádoby. V každej nádobe bolo 150 g pôdneho substrátu. Jednotlivé rastliny boli pestované v skleníkových podmienkach kde bola priemerná denná teplota 23 °C. Rastliny boli pravidelne zalievané vodou v dávkach ktoré zodpovedali ¾ objemu celkovej sorpčnej kapacity pôdy. Roztok kadmia bol aplikovaný 1x hneď pri výseve.

Rastliny sme pestovali v dvoch experimentoch. Pri prvom pokuse boli použité koncentrácie kadmia (K(0), 5, 10, 20, 50 mg.kg^{-1}) a pri druhom to boli koncentrácie (K(0), 50, 70, 100 mg.kg^{-1})

Pri prvom pokuse sme vyhodnotili rastliny po 25 dňoch rastu a pri druhom pokuse po 18 dňoch. Na všetky vyhodnocované parametre sme použili vždy prvé, plne diferencované listy na steble. Na stanovenie počtu, veľkosti prieduchov a pokožkových buniek v listoch sme vyhotovili tri preparáty (z troch prvých listov) pomocou odtlačkovej metódy. Pri odtlačkovej metóde sme na povrch listu pokusnej rastliny naniesli

bezfarebný lak, po zaschnutí sme na lak priložili priehľadnú lepiacu pásku. Pásku sme mierne pritlačili a následne sme odtlačok stiahli a prilepili na podložné sklíčko. Odtlačky sme odoberali z vrchnej (adaxiálnej) strany listu.

Pripravené preparáty sme pozorovali pod mikroskopom s objektívom 20x a s okulárom O15x. Z každého preparátu sme vyhodnotili 3 zorné polia, kde sme počítali počet prieduchov a pokožkových buniek. Zaznamenané hodnoty sme použili na výpočet stomatálneho indexu (SI). Ten sa vyjadruje pomocou vzťahu: SI = S/(E+S) x 100, kde S je počet prieduchov a E je počet pokožkových buniek. Veľkosť prieduchov sme merali pomocou okulárového mikrometra alebo pomocou počítačového softvéru ToupView x64, v3.7.3031 (ToupTek, P. R. China) a digitálnej kamery SCMOS.02000KPA. Z každej koncentrácie sme vyhodnotili veľkosť 50 resp. 100 prieduchov. Výsledky sledovaných parametrov sme spracovali pomocou programu Microsoft Excel, použitím Studentovho t-testu (nepárového).

Rovnaký materiál (tzn. prvý list na steble) sme použili aj na vyhodnotenie fyziologických prejavov pokusných rastlín ovsa, ovplyvňovaných kadmiom. Zamerali sme sa na kvalitatívne vyhodnotenie peroxidovej reakcie v listoch po 25 resp. 18 dňoch pestovania s pridaním kadmiových iónov. Na tento účel sme použili detekciu peroxidu vodíka pomocou diaminobenzidínu (3, 3´-Diaminobenzidín, pH 3,4). Použili sme modifikovanú metodiku podľa práce Thordal-Christensen [11]. Roztok DAB s koncentráciou 1 mg/ml sme aplikovali na nastrihané kúsky listov (asi 0,7 – 1 cm dlhé). Tieto listy sme pred aplikáciou DAB „vybielili“ s použitím 96 % etanolu, ktorý sme nechali pôsobiť pribl. 24 hod, aby sme vzorky zbavili chlorofylu. Roztok DAB sme nechali pôsobiť a vzorky sme vyhodnocovali priebežne pod svetelným mikroskopom s digitálnou kamerou. Dostatočná doba pôsobenia roztoku DAB je 2 – 4 hod; po tomto čase sa objavuje pozitívna reakcia na H_2O_2 vo forme tmavo škoricovo-hnedého zafarbenia. Fotodokumentáciu sme vyhotovili s použitím digitálnej kamery a softvéru ToupView.

2 Výsledky a Diskusia

V našej práci sme sa venovali vplyvu kadmia v rôznych koncentráciách na štruktúru listov ovsa. Konkrétne sme pozorovali počet prieduchov a pokožkových buniek a merali veľkosť (dĺžku) prieduchov. Rastliny sme vyhodnotili v dvoch experimentoch. Pri prvom sme pozorovali preparáty z listov ovsa po 25 dňoch rastu a pri druhom po 18 dňoch rastu. V týchto znakoch sme očakávali kontinuálny vplyv na morfologické znaky s cieľom poukázať na citlivosť resp. toleranciu rastlín ovsa na záťaž vyvolanú ťažkým kovom v substráte.

2.1 Vplyv kadmia na veľkosť prieduchov

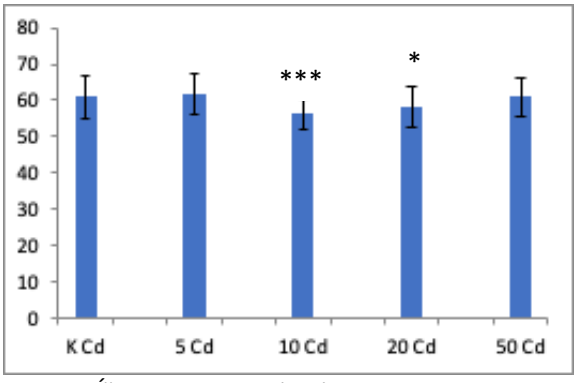
Pri prvom pokuse sme vyhodnotili veľkosť 50 prieduchov pri koncentráciách K(0), 5, 10 , 20, 50 Cd $mg.kg^{-1}$. Pri druhom 100 prieduchov pri koncentráciách K(0), 50, 70, 100 Cd $mg.kg^{-1}$.

V prvom prípade sme merali jednotlivé prieduchy pomocou okulárového mikrometra, pri ďalšom sme použili počítačový softvér ToupView x64, v3.7.3031 a digitálnu kameru SCMOS.02000KPA. Na obr. 1 vidíme výsledky prvého experimentu, kde sme zaznamenali štatisticky vysoko preukazný rozdiel vo veľkosti prieduchov pri koncentrácii kadmia 10 $mg.kg^{-1}$ pôdy a štatisticky preukazný vplyv sme zaznamenali aj pri koncentrácii 20 $mg.kg^{-1}$.

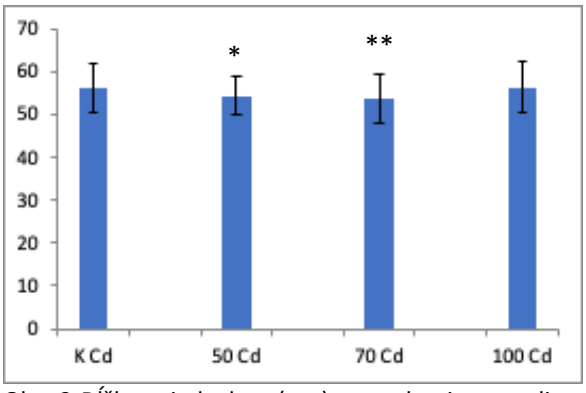
V druhom experimente sme zaznamenali štatisticky preukazný vplyv kadmia pri koncentrácii 70 $mg.kg^{-1}$ pôdy, menší inhibičný vplyv kadmia respektíve štatisticky menej významný sme tiež zaznamenali pri koncentrácii 50 $mg.kg^{-1}$ pôdy (Obr. 2).

Z obidvoch experimentov nám vyplýva, že veľkosť prieduchov je pomerne premenlivým znakom. Kadmium vplýva na veľkosť prieduchov iba pri učitých koncentráciach a veľkosť prieduchov neklesá z rastúcov koncetráciou Cd ako sa predpokladalo.

Rastliny reagujú veľmi individuálne, napríklad v prvom experimente sme nezaznamenali štatisticky významný údaj pri koncentrácii kadmia 50 $mg.kg^{-1}$, zatial čo v druhom experimente sme pri tejto koncentrácii už zaznamenali štatisticky preukazný rozdiel. Tendenciu mierneho poklesu tohto rozmeru s rastúcou koncentráciou kovu, ktorú prezentujú pri bôbe Dobroviczká a kol. [12], podľa našich zistení môžeme potvrdiť len čiastočne. Dôvodom nestálosti tohto udája može byť čiastočne aj metodický prístup (zatiaľ čo v prvom prípade boli jednotlivé prieduchy merané pomocou mikrometra v dielikoch a následne prepočítané na mikrometre, v druhom sme už použili počítačový softvér s priamym meraním veľkosti v mikrometroch). A tiež pri prvom experimente sme vyhodnotili 50 a pri druhom už veľkosť 100 prieduchov.



Obr. 1 Dĺžka prieduchov (µm) na vrchnej strane listov ovsa siateho; štatistická významnosť rozdielov: P < 0,05 *, P < 0,001 ***, dávky Cd sú uvedené v mg.kg^{-1} pôdneho substrátu



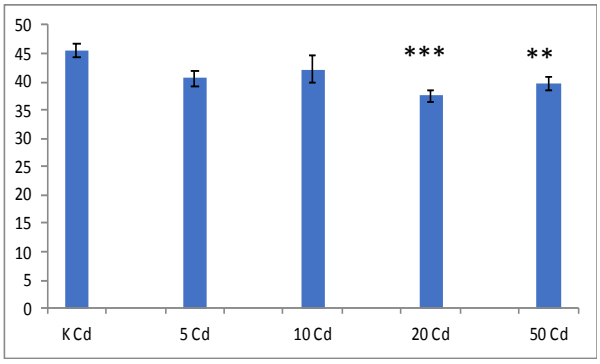
Obr. 2 Dĺžka prieduchov (µm) na vrchnej strane listov ovsa siateho; štatistická významnosť rozdielov: P < 0,05 *, P < 0,01 **, dávky Cd sú uvedené v mg.kg^{-1} pôdneho substrátu

2.2 Vplyv kadmia na počet prieduchov

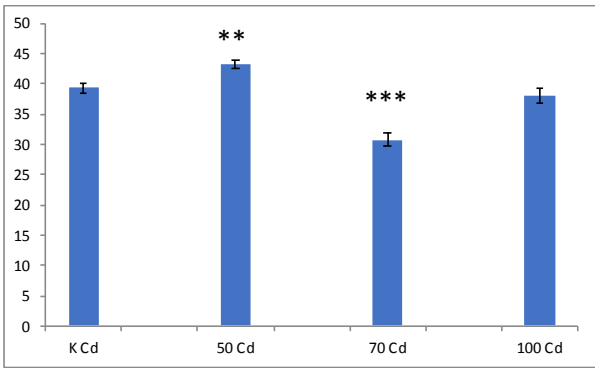
Pri obidvoch experimentoch sme z každej koncentrácie urobili 3 preparáty a z každého preparátu sme vyhodnotili 3 zorné polia.

Z prvého experimentu vyplýva že štatisticky najvýznamnejší vplyv kadmia bol zaznamenaný pri koncentrácii 20 mg.kg^{-1} pôdy a tiež štatisticky významný vplyv sme zaznamenali pri koncentrácii 50 mg.kg^{-1} pôdy (Obr. 3).

V druhom experimente bol štatisticky vysoko preukazný vplyv kadmia na pokles počtu prieduchov pri koncentrácii 70 mg.kg^{-1} pôdy, ale naopak pri koncentrácii 50 mg.kg^{-1} pôdy bol počet prieduchov na jednotku plochy (mm^2) vyšší v porovnaní s kontrolou (Obr. 4). Z týchto experimentov vyplýva že štatisticky významný pokles v počte prieduchov bol zaznamenaný pri koncentráciách kadmia 10, 20 a 70 mg.kg^{-1} pôdy. Aj pri tomto experimente sú veľmi zaujímavé výsledky pri koncentrácii kadmia 50 mg.kg^{-1}, kým pri prvom experimente pôsobí kadmium inhibične, tak pri druhom skôr stimulačne.



Obr. 3 Počet prieduchov (ks) na jednotku plochy (1 mm^2) na vrchnej strane listov ovsa siateho; štatistická významnosť rozdielov: P < 0,01 **, P < 0,001 ***, dávky Cd sú uvedené v mg.kg^{-1} pôdneho substrátu



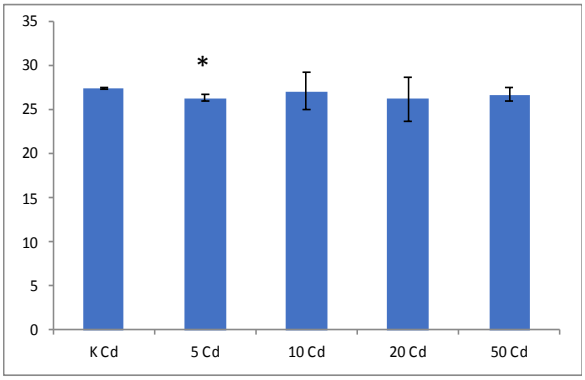
Obr. 4 Počet prieduchov (ks) na jednotku plochy (1 mm^2) na vrchnej strane ovsa siateho; štatistická významnosť rozdielov: P < 0,01 **, P < 0,001 ***, dávky Cd sú uvedené v mg.kg^{-1} pôdneho substrátu

Pri oboch charakteristikách je zaujímavé, že najvyššia koncentrácia kadmia (100 mg.kg^{-1}) nemá zásadný vplyv ani na veľkosť, ani na počet prieduchov. Žiadne významné rozdiely v tomto parametri pod vplyvom kadmia neboli zaznamenané napríklad pri bôbe obyčajnom [12]. Rastliny ovsa v týchto experimentoch hodnotíme ako pomerne vysoko tolerantné, resp. sa pri nich prejavuje aj hormetický efekt. Pri voľnom pohľade na rastliny v čase vyhodnotenia experimentov, nie je zrejmý žiadny významný vplyv na rast pokusných rastlín (Obr. 5)

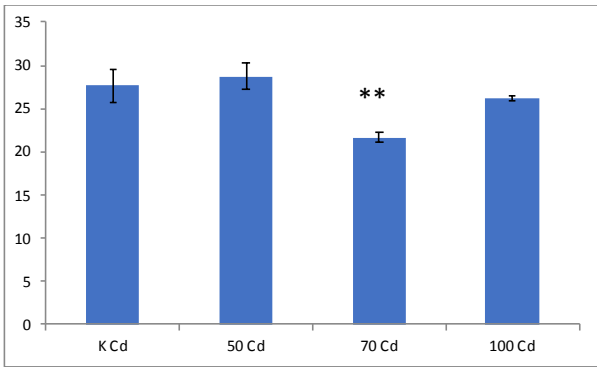
Obr. 5 Rastliny ovsa siateho cv. Václav na 21. deň pestovania v kadmiových substrátoch; K – kontrolná vzorka

2.3 Stomatálny index

Pri každej koncentrácii kadmia sme okrem prieduchov počítali aj pokožkové bunky. Tieto údaje sme použili na vypočítanie stomatálneho indexu**.** Pri prvom experimente sme menší štatisticky významný rozdiel zaznamenali len pri koncentrácii kadmia 5 $mg.kg^{-1}$ pôdy (Obr. 6). V druhom experimente sme zaznamenali štatisticky významný výsledok pri koncentrácii 70 $mg.kg^{-1}$ pôdy (Obr. 7). Tieto výsledky naznačujú, že parameter stomatálneho indexu nemá silnú výpovednú hodnotu, považujeme ho za veľmi premenlivý a nestabilný znak. Naše výsledky (1. pokus) sa čiastočne podobajú zisteniam Dobroviczkej a kol. [12] , kde autori zaznamenali nevýznamne rastúcu tendenciu v hodnote SI pri listoch bôbu obyčajného. V prípade druhého pokusu sa naše zistenia už líšia výraznejšie. Z pozorovaní môžeme len poznamenať, že vizuálne boli pokožkové bunky v listoch rastlín pestovaných pri vyšších koncentráciách kadmia užšie a viac pretiahnuté.



Obr. 6 Stomatálny index na vrchnej strane listov ovsa siateho; štatistická významnosť rozdielov: P < 0,05*, dávky Cd sú uvedené v $mg.kg^{-1}$ pôdneho substrátu



Obr. 7 Stomatálny index na vrchnej strane listov ovsa siateho; štatistická významnosť rozdielov: P < 0,01 **, dávky Cd sú uvedené v $mg.kg^{-1}$ pôdneho substrátu

2.4 Fyziologické charakteristiky

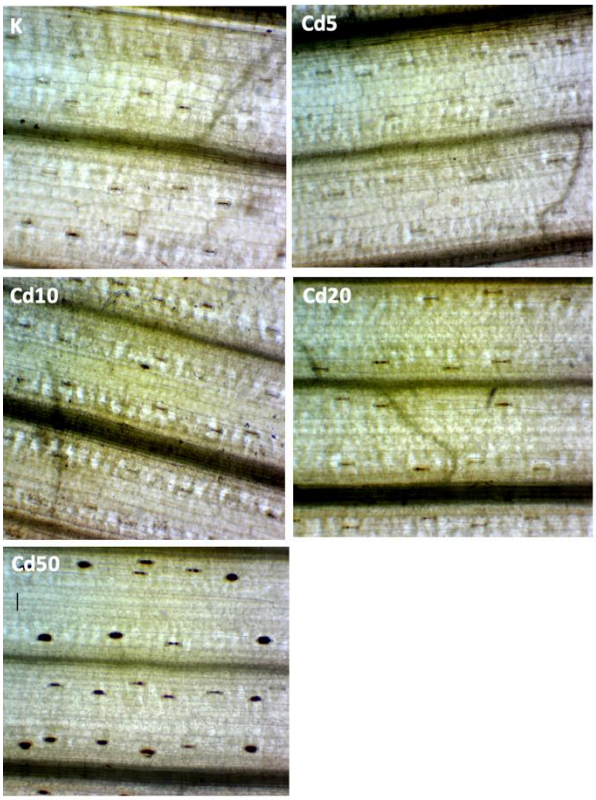
V ďalšej časti našich experimentov sme sa sústredili na zhodnotenie vplyvu zvýšenej koncentrácie kadmia v substráte na odpoveď rastlín ovsa v podobe prítomnosti reaktívnych kyslíkových radikálov, konkrétne peroxidu vodíka, ktorý patrí medzi spoľahlivé indikátory záťaže. My sme sa zamerali na detekciu prítomnosti H_2O_2 v prvých listoch mladých rastlín ovsa. Ako je známe, peroxid vodíka sa vo zvýšenej miere objavuje vo veľmi rôznych pletivách rastlín, ale aj ich v ich biotických patogénoch, vyvolávajúcich stresové reakcie. Subcelulárnu lokalizáciu H_2O_2 v rastlinách a jeho akumuláciu v papilách potvrdzuje aj práca Thordal-Christensen a kol. [11]. Autori opisujú hypersenzitívnu odpoveď počas interakcie rastlín jačmeňa a hubovej infekcie *Podosphaera fusca*. V rovnakej práci autori potvrdzujú akumuláciu H_2O_2 pomocou polymerizácie DAB vo vodivých pletivách ako aj preukaznú škálu peroxidázových reakcií v listoch jačmeňa pri rôznej koncentrácii pridaného H_2O_2 v podobe výrazného zafarbenia vaskulárnych štruktúr. Procesy rôznej intenzity suberinizácie bunkových stien v koreňoch fazule pod vplyvom pôsobenia rôznych koncentrácií kadmia opisujú vo svojej práci Głowacka a kol. [1].

V závislosti od hostiteľského a patogénneho druhu zahŕňajú tieto ROS generujúce mechanizmy NADPH oxidázy plazmatickej membrány alebo peroxidázy bunkovej steny. Výskumy Bindschedler a kol. [13] naznačujú, že významnú úlohu pri tvorbe H_2O_2 počas obrannej reakcie u *Arabidopsis,* pri tvorbe rezistencie voči širokému spektru patogénov, zohrávajú peroxidázy. Rovnako pestré sú aj prejavy reakcií na abiotickú záťaž. V koreňoch fazule je zdokumentované, že lokalizácia ROS a vaskulárneho tkaniva pôsobením

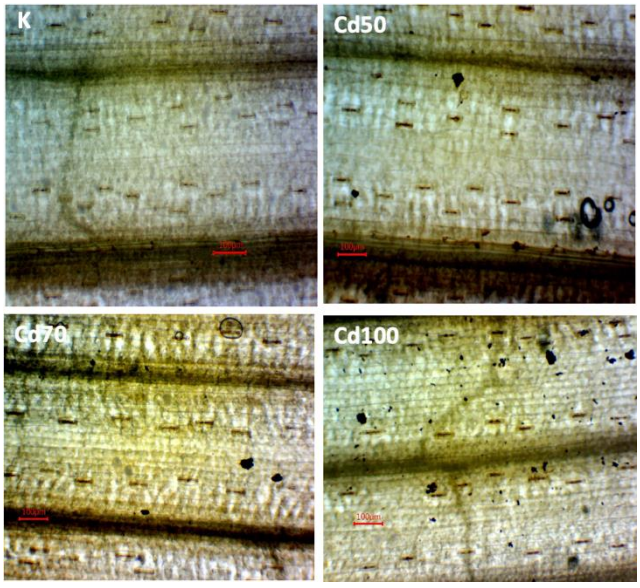
50 µM Cd ukázala rozdiely medzi Cd-ošetrenými a kontrolnými koreňmi, čo naznačuje, že peroxidázy bunkovej steny sú dôležitým zdrojom ROS v procese lignifikácie. V našich experimentoch sme očakávali, podobne, najvýraznejšie prejavy záťaže v spojitosti s vodivými pletivami, resp. v spojitosti s rôznou intenzitou lignifikácie pri rôznych koncentráciách kadmia v substráte. V tomto znaku sa skúmané rastliny v podstate neodlišovali. Intenzita zafarbenia ciev v listoch bola vo všetkých skúmaných listoch a koncentráciách veľmi podobná bez významných rozdielov. Aj z pohľadu časového faktora sa tento znak nemenil.

Oveľa výraznejší efekt peroxidácie sme však zaznamenali pri prieduchoch. Tu sme zaznamenali intenzívnu polymerizáciu činidla DAB jednak zodpovedajúcu škále (rastúcej) koncentrácie kadmia v substráte ako aj z hľadiska časového. Pri vyšších koncentráciách kadmia (50 $mg.kg^{-1}$ a viac) sa činidlo v reakcii na prítomnosť H_2O_2 zvýrazňovalo niekde už po 1 – 2 hod (Obr. 8). Pri nižších koncentráciách, resp. pri kontrolných vzorkách sa tento rozdielny efekt ešte zvýraznil po 4 h. V druhom experimente sme rastliny vyhodnotili po 20 dňoch pestovania. Tu boli použité tri vyššie koncentrácie kadmia a trend z prvého experimentu sa potvrdil. Rastliny reagujú preukazne na záťaž a produkcia H_2O_2 bola pri všetkých vzorkách veľmi výrazná už počas prvých dvoch hodín pôsobenia činidla (Obr. 9).

Tieto zistenia si vysvetľujeme rôznou peroxizomálnou aktivitou v pletivách a bunkách listov skúmaných rastlín. V stresových podmienkach sa peroxizómy stávajú nevyhnutnými pre prežitie. Peroxizomálna kataláza sa podieľa na odstraňovaní väčšiny peroxidu vodíka, ktorý sa vytvára ako reakcia na pôsobenie stresových faktorov (ako sú svetlo, soľ a ozón) [14]. Fahy a kol. [15] zase zistili, že zatiaľ čo po 5-hodinovej expozícii NaCl bola pozorovaná významná proliferácia peroxizómov v listoch (a prieduchových bunkách) divého typu *Arabidopsis*, u mutantov fry1-6, sos1-14 a sos1-15 citlivých na zasolenie sa nezistila žiadna proliferácia peroxizómov. Podobne sa aktivita SOD a askorbát peroxidáz významne zvyšuje počas stresu zo sucha. V súlade s týmto je zistenie, že rezistentné druhy rajčiakov odolné voči zasoleniu a odrody pšenice odolné voči suchu obsahujú menej H_2O_2 a vykazujú vyššiu aktivitu katalázy, SOD a askorbát peroxidázy, Mittova a kol. [16].



Obr. 8 Príklad pozitívnej reakcie DAB v listoch ovsa po 2 h pôsobenia činidla a jeho manifestácia v prieduchoch; dôkaz v listoch po 30 dňoch experimentu (zväčšenie 60x)



Obr. 9 Príklad pozitívnej reakcie DAB v listoch ovsa po 1,5 h pôsobenia činidla a jeho manifestácia v prieduchoch; dôkaz v listoch po 20 dňoch experimentu (mierka 100 µm)

Záver

Na základe našich aktuálnych zistení môžeme konštatovať že rastliny ovsa sú pomerne vysoko tolerantné a niekedy sa u nich prejavuje hormetický efekt vo vzťahu k záťaži spôsobenej kadmiom. Rastliny reagovali veľmi individuálne, čo sme zaznamenali hlavne pri koncentrácii kadmia 50 $mg.kg^{-1}$ pôdy. Na druhej strane, pri koncentrácii 100 $mg.kg^{-1}$ pôdy sme nezaznamenali zásadnejší vplyv kadmia ani na veľkosť ani na počet prieduchov. Z anatomicko-morfologických charakteristík považujeme hustotu prieduchov za znak s vyššou výpovednou hodnotou v porovnaní s ďalšími znakmi. Väčšiu významnosť prikladáme fyziologickým prejavom, z ktorých sme sa v tejto práci zamerali na akumuláciu peroxidu vodíka v listoch. V tomto jave bola reakcia rastlín ovsa jednoznačnejšia a aplikované koncentrácie kadmia v pôde (50 $mg.kg^{-1}$ a vyššie) nám potvrdili vnímavosť rastlín na túto záťaž.

Naše výsledky považujeme za prvotné overenie vhodnosti vybraných metodických prístupov pre vyhodnotenie citlivosti resp. tolerancie rôznych kultivarov ovsa siateho v podmienkach stresovej záťaže vyvolanej prítomnosťou kadmia v substráte/pôde.

Poďakovanie

Touto cestou by som sa chcela poďakovať môjmu školiteľovi doc. RNDr. Romanovi Kunovi, PhD., za cenné rady a odborné vedenie. Táto práca bola podporená riešením projektu APVV-18-0154.

Použitá literatúra

[1] Glowacka K., Zróbek-Sokolnik A., Okorski A., et al. (2019). Plants. 8(10), p. 413
[2] Rolka E. (2015). J. Elementol. 20(4), p. 975
[3] Boleček P., Piršelová B., Lengyelová L. (2019). Vliv abiotických a biotických faktorů na vlastnosti rostllin 2019**,** Hodnotenie rastu repy cukrovej (*Beta vulgaris*. cv. Tatry) v pôdach kontaminovaných iónmi kadmia, Praha, ČR, p. 8
[4] Grant C. A., Clarke J. M., Duguid S., et al. (2008). Sci. Total Environ. 390(2-3), p. 301
[5] Tanhuanpää P., Kalendae R., Schulman A.H., et al. (2007). Genome. 50(6), p. 588
[6] Astolfi S., Zuchi S., Passera C. (2004), Biol. Plant. 48, p. 413
[7] Prasad M. N. (1995). Expt. Bot. 35, p. 525
[8] Apel K., Hirt H. (2004). Annu. Rev. Plant Biol. 55, p. 373
[9]Van Breusegem F., Bailey-Serres J., Mittler R. (2008). Plant Physiol. 147, p. 978
[10] Petrov V. D., Van Breusegem, F. (2012). AoB plants. 2012, p. 014
[11] Thordal-Christensen H., Zhang Z., Wei Y., et al. (1997). Plant *J*. 11, p. 1187
[12] Dobroviczká T., Piršelová B., Matušíková I. (2010). Mladí vedci 2010, Reakcia listov bôbu obyčajného (Vicia faba l. Cv. Aštar) na ióny kadmia, Nitra: UKF, p. 30
[13] Bindschedler L. V., et al. (2006). Plant J. 47 (6), p. 851
[14] Willekens H., Chamnongpol S., Davey M., et al. (1997). Embo J. 16(16), p. 4806
[15] Fahy D., Sanad M. N., Duscha K., et al. (2017). Sci Rep. 7, p. 39069
[16] Mittova V., Guy M., Tal M., et al. (2004). J. Exp. Bot. 55, p. 1105

Porovnanie kvality *in vitro* produkovaných blastocýst získaných z vitrifikovaných a čerstvých bovinných oocytov

Quality comparison of *in vitro* produced blastocysts obtained from vitrified and fresh bovine oocytes

Linda Dujíčková[1,2], Lucia Olexiková[2]
Školiteľ: Alexander Makarevič[2]
Konzultant: František Strejček[1]
[1]Katedra botaniky a genetiky, FPV UKF, Nábrežie mládeže 91, 949 74 Nitra
[2]NPPC – Výskumný ústav živočíšnej výroby, Hlohovecká 2, 951 41 Lužianky
[1] linda.bedeova@ukf.sk, [2]alexander.makarevic@nppc.sk

Abstrakt

Cieľom práce bolo porovnať kvalitu embryí produkovaných *in vitro* z vitrifikovaných a čerstvých oocytov, ktoré dosiahli štádium blastocysty na 7. alebo 8. deň, za účelom zlepšenia efektivity metódy kryokonzervácie.

Oocyty získané z vaječníkov porazených kráv, boli maturované 21 hod. v podmienkach *in vitro*. Po maturácii boli inkubované 12 min. v ekvilibračnom médiu (M199, 10% FBS, 3% EG), 25 sek. vo vitrifikačnom médiu (M199, 10% FBS, 30% EG, 1M sacharózy) a vitrifikované na elektron mikroskopických sieťkach. Po rozmrazení boli oocyty oplodnené a kultivované *in vitro* počas 8 dní, kedy bol sledovaný vývoj do štádia blastocysty, celkový počet buniek, percento apoptotických a mŕtvych buniek.

Podiel blastocýst získaných z vitrifikovaných oocytov bol preukazne nižší v porovnaní s blastocystami z čerstvých oocytov (17,3% vs. 25,5%), avšak rozdiel v celkovom počte buniek, apoptotických a mŕtvych buniek nebol významný.

Môžeme konštatovať, že kvalita blastocýst z vitrifikovaných oocytov bola porovnateľná s kvalitou v skupine z čerstvých oocytov.

Kľúčové slová: hovädzí dobytok, oocyt, blastocysta, vitrifikácia

Abstract

The aim of this work was to compare quality of *in vitro* produced embryos from vitrified and fresh oocytes, which reached blastocyst stage on day 7 or 8, in order to improve efficiency of the cryopreservation method.

Oocytes were obtained from ovaries of slaughtered cows from local abattoir and matured 21 hours in *in vitro* conditions. After maturation they were incubated 12 minutes in equilibration medium (M199, 10% FBS, E% EG), 25 seconds in vitrification medium (M199, 10% FBS, 30% EG, 1M sucrose) and vitrified on electron microscopy grids. After thawing, oocytes were fertilized and culture *in vitro* during 8 days, following development to blastocyst stage, total cell number, apoptotic and dead cell rate.

Blastocyst rate from vitrified oocytes was significantly lower compared to blastocyst rate from fresh oocytes (17.3% vs. 25.5%), however no significant difference was found in total cell number, apoptotic and dead cell rate.

We can conclude that quality of *in vitro* produced blastocysts obtained from vitrified oocytes was comparable to blastocysts from fresh oocytes.

Key words: oocyte, bovine, blastocyst, vitrification

Úvod

Dlhodobé uschovávanie genetického materiálu pre budúce využitie predstavuje dnes dôležitú úlohu v oblasti reprodukcie. Neustále sú vyvíjané nové metódy pre zvýšenie úspešnosti mrazenia gamét a embryonálneho vývoja. Jednotná metóda pre zabezpečenie vysokej úspešnosti vývoja doposiaľ neexistuje a výsledky vo svete sú veľmi variabilné.

Pri vitrifikácii dochádza k zníženiu tvorby intracelulárnych kryštálov, rýchlejšiemu obnoveniu objemu oocytov, zvýšenému prežívaniu a zachovaniu štruktúry vretienka v porovnaní s pomalým zmrazovaním [1]. Avšak, pri vitrifikácii sú potrebné oveľa vyššie koncentrácie kryoprotektantov ako pri pomalom zmrazovaní, čo môže pri nesprávnom metodickom postupe alebo príliš dlhej expozícii pôsobiť toxicky pre bunky. No aj napriek týmto úskaliam vitrifikácia zvyšuje prežívanie po rozmrazení ako aj počet morfologicky normálnych buniek [2].

Kryokonzervácia oocytov hovädzieho dobytka má však stále nízku úspešnosť vývoja po rozmrazení, čo je spôsobené najmä vysokou citlivosťou na tvorbu intracelulárnych kryštálov ľadu, obsahom lipidových kvapôčok v cytoplazme [3] a menším pomerom povrchu voči objemu [4]. Počas samotného procesu dochádza k abnormálnej distribúcii mitochondrií, degenerácie cytoplazmy [5], cytoskeletu či zhluku mikrotubulov [6], čoho výsledkom je zvýšený výskyt apoptotických a mŕtvych buniek vo vyvíjajúcich sa embryách. Toto sa následne odzrkadlí na zhoršenej kvalite *in vitro* produkovaných (IVP) embryí. Množstvo faktorov pri kryokonzervácii ovplyvňuje schopnosť vývoja oocytov po oplodnení do blastocysty a tvorbu nového jedinca.

Predmetom tejto štúdie bolo porovnať kvalitu IVP embryí, získaných z vitrifikovaných a čerstvých oocytov, ktoré dosiahli štádium blastocysty buď na 7. alebo 8. deň. Kvalita blastocýst bola hodnotená na základe celkového počtu buniek, ako aj počtu apoptotických a mŕtvych buniek.

1 Materiál a metódy

Vaječníky pre pokusy boli získané z porazených kráv z lokálneho bitúnku. Oocyty boli aspirované z folikulov o veľkosti 2-8mm. Iba vhodné kumulus-oocytárne komplexy (COCs) a to s homogénnou cytoplazmou a neporušenou vrstvou kumulárnych buniek boli vybraté na *in vitro* maturáciu (TCM199 (Gibco), 0,25mmol.l^{-1} pyruvátu sodného, 50mg.ml^{-1} gentamycínu, 10% fetálneho bovinného séra (FBS) a 1/1 I.U FSH/LH (Pluset)) pri 5% CO_2 a 38,5°C počas 21 hodín v prípade pokusnej skupiny pozostávajúcej z embryí získaných z vitrifikovaných oocytov. Kontrolná skupina z čerstvých oocytov bola maturovaná *in vitro* počas 23 hodín.

1.1 Vitrifikácia a rozmrazenie oocytov

Pokusná skupina oocytov bola po 21h *in vitro* maturácii ekvilibrovaná počas 12 minút v ekvilibračnom médiu (M199, 10% FBS, 3% etylén glykol-EG). Ekvilibrované oocyty boli následne premyté 25 sekúnd vo vitrifikačnom médiu (M199, 10% FBS, 30% EG, 1M sacharózy), umiestnené po 10-15 oocytov na vitrifikačný držiak z elektrón-mikroskopovej sieťky (Obr. 1); prebytočné médium bolo zospodu odsaté použitím filtračného papiera a sieťky sa ihneď vložili do tekutého dusíku. Takto zmrazené sieťky s oocytami boli vložené do kryotúb (2 ml) pre lepšiu manipuláciu a skladované v kontajneri s tekutým dusíkom po dobu minimálne jeden týždeň.

Oocyty boli rozmrazené vložením sieťok do rozmrazovacieho média (M199, 0,5M sacharózy, 10% FBS, 10µl/ml gentamycínu) po dobu 1 min. pri 37°C. Rozmrazené oocyty boli premývané v médiách so znižujúcou sa koncentráciou sacharózy (0,25; 0,125; 0,625M) po 3 min. Na záver boli premyté v médiu bez kryoprotektív (M199-HEPES+ 10%FBS) a inkubované 2 hod. v maturačnom médium pri 5% CO_2 a 37°C.

Obr. 1 Vitrifikačný nosič – sieťka pre elektronovú mikroskopiu s držiakom z alobalu

1.2 *In vitro* oplodnenie a kultivácia embryí

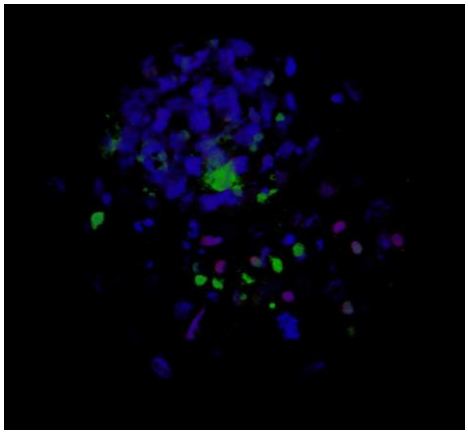
Oocyty vybraté pre *in vitro* oplodnenie boli premyté v IVF-TALP (Tyrode-Albumin-Lactate-Pyruvate roztok s obsahom 10µg/ml heparínu, 50µg/ml gentamycínu) a vložené do oplodňovacích kvapiek prekrytých 850µl minerálneho oleja, do ktorých bolo pridaných 3µl roztoku PHE (20µM penicillamín, 10µM hypotaurín a 1µM epinefrín) a suspenzia spermií (2 x 10^6/ml). 18 hod. po *in vitro* fertilizácii boli predpokladané zygoty očistené od prebytočných kumulárnych buniek a vnesené do *in vitro* kultivačného systému pozostávajúceho z B2 Menezo média (obohatenie o 10% FBS, 10mg/ml BSA, 35µl/ml bikarbonátu sodného a 50µg/ml gentamycínu) v ko-kultúre s BRL (Buffalo Rat Liver) bunkami pri 38,5°C a 5% CO_2. Počas nasledujúcich 8 dní bol sledovaný vývoj *in vitro* do vyšších embryonálnych štádií.

1.3 Analýza embryí

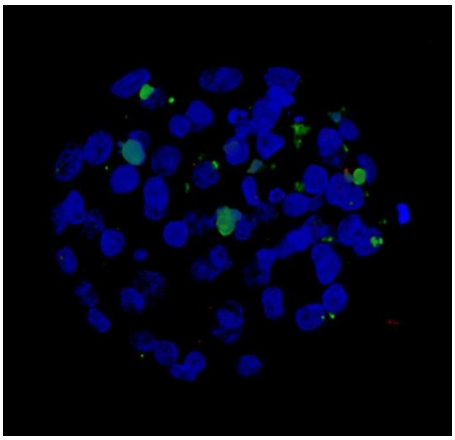
Vybraté blastocysty na 7. a 8. deň kultivácie boli spracované jadrových fluorescenčným farbením DAPI (Vector Laboratories, Burlingame, CA, USA) pre zistenie celkového počtu buniek. Počet mŕtvych buniek bol hodnotený červeným fluorescenčným farbivom propidium jodid (PI; BD Pharmingen™), a Terminal deoxynucleotidyl transferáza (TdT) dUPT Nick-End značenie (TUNEL; Promega, USA) bolo použité pre detekciu apoptotických buniek.

Blastocysty boli inkubované 5 min. pri 37°C v kvapke s PI (25µg.ml^{-1}). Následne boli premyté 3-krát po 3 min. v PBS s 0,6% polyvinylpirolidonu (PVP), fixované v 4% roztoku formalínu 10 min. a opäť premyté v PBS/PVP. Permeabilizované boli 1 hod.

v 0,1% Triton X-100 pri izbovej teplote. Následne inkubované 1 hod. v TUNEL zmesi (45µl ekvilibračného pufru, 5µl mixu nukleotidov a 1µl enzýmu rTdT) vo vlhkej komôrke pri 37°C. Blastocysty boli potom premyté 3-krát v PBS/PVP, vložené na podložné sklíčko, prekryté kvapkou Vectashieldu obsahujúceho DAPI fluorochróm a zamontované krycím sklíčkom. Takto značené blastocysty boli hodnotené pomocou fluorescenčného mikroskopu (Obr. 2-3).



Obr. 2 Expandovaná blastocysta z čerstvého oocytu na 7. deň so značením celkového počtu buniek (modrá), apoptotických (zelená) a mŕtvych (červená) buniek.



Obr. 3 Blastocysta na 7. deň z vitrifikovaného oocytu so značením celkového počtu buniek (modrá), apoptotických (zelená) a mŕtvych (červená) buniek.

1.4 Štatistické hodnotenie

Výsledky z jednotlivých pokusov pozostávali zo 6 opakovaní. Zistené údaje boli spracované vo forme tabuliek a vyhodnotené programom SigmaPlot 11.0. Podiel delenia a percento blastocýst boli vyhodnotené pomocou Mann-Whitney U testu. Hodnoty apoptotických a mŕtvych buniek boli získané ako podiely z celkového počtu buniek. Rozdiely medzi počtom buniek, apoptotických a mŕtvych buniek medzi 7. a 8. dňovými blastocystami v testovaných skupinách boli vyhodnotené Študentovým t-testom. Hladina významnosti testov bola stanovená pri $p > 0,05$.

2 Výsledky a diskusia

Výsledky z našej práce boli získane z 503 vitrifikovaných-rozmrazených oocytov, z ktorých bolo vybratých morfologicky vhodných 376 kusov na *in vitro* oplodnenie, čo naznačuje 75% prežívateľnosť po rozmrazení. Z kontrolných, čerstvých oocytov bolo 400 vhodných pre *in vitro* oplodnenie.

Na druhý deň odo dňa oplodnenia (D2) bolo hodnotené percento delenia embryí a na 7. deň (D7) alebo 8.deň (D8) bol vyhodnotený podiel blastocýst. Výsledné hodnoty (D7+D8) sú uvedené v tabuľke 1, pričom bol zistený významný rozdiel medzi kontrolnou a vitrifikovanou skupinou.

Sieťky pre elektronovú mikroskopiu, ako vitrifikačný nosič, taktiež využili niektorí autori [7, 8, 9], pričom na základe ich výsledkov je úspešnosť získania blastocýst veľmi variabilná (3,61-20%). Existuje však aj štúdia [10], kde použitie elektron mikroskopovej sieťky nebolo úspešné v získaní blastocýst po vitrifikácii oocytov.

Naša metodika, čo sa týka procesu vitrifikácie-rozmrazenia, typu a koncentrácie kryoprotektantov, sa najviac približuje k nedávnej štúdii [11], ktorí získali vyššie percento blastocýst z vitrifikovaných oocytov (23,3%). Je však ťažké na základe úspešnosti rôznych štúdií objektívne porovnávať výsledky, keďže každá metodika sa v niečom odlišuje, čím vzniká výrazná variabilita medzi výsledkami.

Tabuľka 1. Vývoj embryí produkovaných *in vitro* z čerstvých a vitrifikovaných bovinných oocytov

Skupiny	Počet oocytov	Delenie n (%)	Blastocysty n (%)
Kontrola	400	282 (70,72)[a]	102 (25,54)[a]
Vitrifikované	376	244 (64,98)[b]	65 (17,3)[b]

rozdielne indexy značia významné rozdiely pri $p>0,05$

Výsledky parametrov kvality 7.- a 8.- dňových blastocýst testovaných skupín sú zobrazené v tabuľke 2. Embryá, ktoré dosiahli štádium blastocysty na 7. deň (D7), obsahovali viac buniek (103,75–108,5) než tie čo dosiahli štádium blastocysty na 8. deň (D8; 90,5 –95,08) jak v kontrolnej, tak v pokusnej skupine. Podobné výsledky s počtom buniek (84,3–98,1)

publikovali niektoré štúdie [12, 13] u D7 blastocýst z vitrifikovaných oocytov. V štúdii [14] získali autori vyšší celkový počet buniek (129±24.3) pri použití rovnakého kultivačného média (B2) a podmienok (5% CO_2 pri 38,5°C), no hodnotené boli blastocysty až na 8. deň, čo mohlo spôsobiť nárast celkového počtu buniek oproti naším údajom. Údaje o celkovom počte buniek sú často nekonzistentné, keďže niektorí autori uvádzajú celkový počet buniek všetkých získaných blastocýst, iní [15] zas naopak rozdeľujú výsledky podľa štádia blastocýst, na normálne a expandované.

Tabuľka 2. Kvalita D7 a D8 blastocýst testovaných skupín

Skupina	Hodnotené Blastocysty n	Celkový počet buniek	TUNEL index (%)	PI index (%)
Kontrola D7	26	108 ± 5.033[a]	7.23 ± 0.825[a]	3.92 ± 0.745[a]
Kontrola D8	24	90.5 ± 5.238[b]	8.44 ± 0.859[a]	4 ± 0.667[a]
Vitrifik. D7	12	103.75 ± 7.408[a]	7.3 ± 1.215[a]	5.19 ± 0.94[a]
Vitrifik. D8	14	95.08 ± 7.117[b]	9.87 ± 1.402[a]	5.74 ± 1.054[a]

Rozdielne indexy značia významné rozdiely pri p>0,05. Hodnoty sú - priemer ± štandardná chyba priemeru.

Medzi kontrolnou a pokusnou skupinou nebol zistený významný rozdiel u D7 blastocýst v celkovom počte buniek, apoptotických a mŕtvych buniek. Podobné výsledky boli aj u D8 blastocýst. Toto pozorovanie naznačuje, že kvalita blastocýst získaných z vitrifikovaných oocytov bola porovnateľná s blastocystami z čerstvých oocytov.

Významný rozdiel medzi celkovým počtom buniek u D7 a D8 blastocýst naznačuje, že D7 blastocysty majú lepšiu proliferáčnú aktivitu ako pomalšie sa vyvíjajúce D8 blastocysty, nakoľko u týchto blastocýst bol zistený významne nižší počet buniek. Počet apoptotických a mŕtvych buniek bol síce vyšší ako u D7 blastocýst, ale rozdiel nebol preukazný.

Zastúpenie apoptotických buniek u D7 blastocýst z oboch skupín sa pohybovalo okolo 7%, čo bolo porovnateľné so štúdiou [16]. V štúdii [17] zaznamenali nižšie percento apoptotických buniek (4%) než v našej štúdii (7,23%). Štúdia [18] popisuje oveľa vyššie percento apoptotických buniek u blastocýst z čerstvých oocytov (12.1%) a zároveň po ich vitrifikácii a rozmrazení, pozorovali významné navýšenie apoptotických buniek (22.3%).

Percento mŕtvych buniek (PI-index) sa rovnako ako počet apoptotických buniek významne nelíšilo medzi kontrolnou a vitrifikovanou skupinou, i keď je evidentný mierny nárast mŕtvych buniek v pokusnej skupine oproti kontrolnej. Naše výsledky sú porovnateľné s výsledkami štúdie [19] a zároveň sme dosiahli nižšie percento mŕtvych buniek v porovnaní so štúdiou [20] (4% vs. 9,8%).

Záver

Na záver, z našich výsledkov je evidentné, že podiel blastocýst získaných z vitrifikovaných oocytov bol preukázateľne nižší ako podiel blastocýst z čerstvých oocytov, preto je potrebné zefektívniť metódu vitrifikácie, vďaka ktorej bude možné získať väčší počet morfologicky normálnych blastocýst Avšak na základe vybraných testovaných parametrov kvality sme preukázali, že blastocysty získané z vitrifikovaných oocytov sú porovnateľné k tým z čerstvých oocytov. Pre podrobnejšie vyhodnotenie kvality *in vitro* produkovaných embryí z vitrifikovaných oocytov je však potrebné hľadanie ďalších markerov kvality a analýz.

Poďakovanie

Práca vznikla z finančnej podpory Agentúry na podporu výskumu a vývoja (grant APVV-15-0196).

Použitá literatúra

[1] Martínez-Burgos, M. Herrero, L., Megías, D., Salvanes, R., Montoya, M.C., Cobo, A.C., Garcia-Velasco, J.A. (2011) Fertil. Steril. 95(1), p. 374

[2] Valojerdi, M.R., Eftekhari-Yazdi, P., Karimian, L., Hassani, F., Movaghr, B. (2009) J. Assist. Reprod. Gen. 26(6), p. 347

[3] Sprícigo, J., Diógenes, M., Leme, L., Guimareas, A., Muterlle, C., Silva, B.D.M., Sola-Oriol., D., Pivato, I., Silva, L. P., Dode, M. (2015) PLoS ONE. 10(6), p. 1

[4] Fabri, R., Porcu, E., Marsella, T., Primavera, M., Rocchetta, D., Ciotti, P., Flamigni, C. (2000) Mol. Cell. Endocrinol. 169(1-2), p. 39

[5] Sprícigo, J.F.W., Morais, K., Ferreira, A.R., Machado, G.M., Gomes, A.C.M., Rumpf, R., Franco, M.M., Dode, M.A.N. (2014) Cryobiology. 69, p. 256

[6] Diez, C., Duque, P., Gómez, E., Hidalgo, C.O., Tomargo, C., Rodríguez , A., Fernández, L., Varga, S., Fernández, A., Facai, N., Carbajo, M. (2005) Theriogenology. 64(2), p. 317

[7] Hajarian, H., Wahid, H., Rosnina, Y., Daliri, M., Dashtizad, M., Kamashibankareh, H., Manzi, O.A. (2011) Arq. Bras. Med. Vet. Zoo. 63(1), p. 67
[8] Martino, A., Songsasen, N., Leibo, S.P. (1996) Biol. Reprod. 54(1), p. 1059
[9] Kim E.Y., Kim, N.H., Yi, B.K., Yoon, S.H., Park, S.P., Chung, K.S., Lim, J.H. (1998) Korean Jornal of Fertility and Sterility. p. 71
[10] Matsumoto, H., Jiang, J.Y., Tanaka, T., Sasada, H., Sato, E. (2001) Cryobiology. 42(2), p. 139
[11] Ishii, T., Tomita, K., Sakakibara, H., Ohkura, S. (2018) J. Reprod. Develop. 64(1), p. 95
[12] Kim, D.-H., Park, Y.-S., Kim, S.-W., Hwang, I.-S., Yang, B.-Ch., Im, G.-S., Chung, H.-J., Seong, H.-W., Moon, S.-J., Yang, B.-S. (2007) J. Reprod. Develop. 53(4), p. 843
[13] Phongnimitr, T., Liang, T., Srirattana, K., Panyawai, K., Sripunya, N., Treetampinich, C., Parnpai, R. (2013) J. Anim. Sci. 84(11), p. 719
[14] Knitlova, D., Hulinska, P., Jeseta, M., Hanzalova, K., Kempisty, B., Machatkova, M. (2017) Theriogenology. 102, p. 16
[15] Mori, M., Otoi, T., Suzuki, T. (2008) Reprod. Domest. Anim. 37(3), p. 181
[16] Fouladi-Nashta, A.A., Alberio, R., Kafi, M., Nicholas, B., Campbell, K.H., Webb, R. (2005) Reprod. Biomed. Online 10(4), p. 497
[17] Neuber, E., Luetjens, C.M., Chan, A.W.S., Schatten, G.P. (2002) Theriogenology. 57, p. 2193
[18] Paschoal, D.M., Sudano, M.J., Schwarz, K.R.L., Maziero, R.R.D., Guastali, M.D., Crocomo, L.F., Magalhaes, L.C.O., Martins, A., Leal, C.L.V., Landim-Alvarenga, F.C. (2017) Theriogenology 87, p. 108
[19] Huang, J.Y., Chung, J.-T., Tan, S.L., Chian, R.-C. (2007) Reprod. BioMed. Online. 14 (4), p. 464
[20] Hellmold, H., Teuteberg, D., Tetens, J., Blaschka, C. (2019) Reprod. Fert. Develop. 32(2), p. 168

Labyrint ľudského tela

The Labyrinth of Human Body

Terézia Fabianová[1]
Školiteľ :Anna Sandanusová[2]
[1]Katedra zoológie a antropológie, FPV UKF, Nábrežie mládeže 91, 949 74 Nitra
[1] terezia.fabianova@student.ukf.sk, [1]gianatet@gmail.com [2]anna.sandanusova@gmail.com

Abstrakt

Cieľom nášho príspevku je predložiť námet na výučbu obsahovo jazykovo integrovaného vyučovania metódou CLIL v predmete Biológia, v tematickom celku Nervová sústava. Modelová hodina, ktorú predstavujeme je určená pre žiakov štvrtého ročníka gymnázia, ktorí v maturitnom ročníku navštevujú predmet Seminár z biológie.

Naším úmyslom je snaha o prenesenie metódy CLIL a EUR do vyučovania predmetu Biológia, konkrétne tému Centrálna nervová sústava.

Návrh modelu vyučovacej hodiny má štruktúru trojfázovej stratégie EUR. V aktivitách hodiny je využívaná metóda CLIL, pri ktorej sa uplatňujú medzipredmetové vzťahy.

V prvej časti hodiny, v evokačnej diskusii ide o riadené diskutovanie so žiakmi na biologickú tému a zároveň ide o prehlbovanie ich doterajších základných vedomostí, využívajúc odbornú terminológiu v slovenskom aj anglickom jazyku.

Vo fáze uvedomenia si významu sa predkladajú aktivity podporujúce kritické myslenie, rozvíjajúce kreativitu a kognitívne schopnosti žiakov.

V poslednej fáze hodiny, v časti reflexia ide o zosumarizovanie si myšlienok, spätnú väzbu a vyjasnenie nedorozumení.

Kľúčové slová: metóda CLIL, kritické myslenie, vyučovacie metódy, stratégia EUR, čitateľská gramotnosť, nervová sústava človeka.

Abstract

The aim of the Paper is to provide the suggestion for Content and Language Integrated Learning CLIL, in Biology lessons, teaching the topic of Nervous system. Our model lesson is designated for students of 4th grade of Secondary Grammar School, who are preparing for school leaving exams as well as attending classes of the lesson Biology seminar.

Our purpose is the effort of applying the CLIL Method to teaching a science lesson, Biology, specifically the Central Nervous System.

The suggestion for teaching is based on 3-stages of EUR Method. In activities we apply to our model lesson, is practiced the usage of CLIL Method thanks to the between-subject relationships.

In the first part - "the evocative discussion", there is a guided classroom speaking along with the extension of students´ basic information by using scientific terminology in English and Slovak language.

In the second part - "awareness", there are put forward the activities supporting critical thinking together with developing creativity as well as cognitive students´ abilities.

In the final part - "Reflection", there is a summarization of students´ thoughts, ideas.

Key Words: CLIL Method, Critical Thinking, EUR Strategy, Teaching Methods, Reading Literacy. Nervous System of Humans.

Úvod

V súčasnom trende zavádzania rôznych paliet cudzích jazykov do škôl je potrebné zaradiť cudzie jazyky aj do samotného vyučovacieho procesu v materinskom jazyku. Je to práve preto, aby sa cudzí jazyk postupne vnášal do oblastí predmetov, ktoré samotná vyučovacia hodina anglického jazyka nestihne poskytnúť. V našom prípade ide o zavádzanie angličtiny do biologickej témy Nervová sústava človeka, prostredníctvom trojfázového modelu metódy EUR (E = evokácia, U = uvedomenie si významu, R = reflexia).

Ide hlavne o špecifickú slovnú zásobu z odborného „súdka" biológie. Metóda CLIL (Content and Language Integrated Learning / Obsahovo a jazykovo integrované vyučovanie) je fantastickým príkladom zavádzania angličtiny do predmetového vyučovania. Jedná sa o nenásilné, príjemné aplikovanie cudzojazyčných pojmov do vyučovania nervovej sústavy človeka, ktoré obohatia hodiny biológie a posunú ich na iný level.

Avšak pozor na možné nedorozumenia o CLIL-e ako takom. *„CLIL je potrebné odlíšiť od bilingválneho vyučovania. Hlavný rozdiel je v tom, že vyučovací jazyk je pre žiaka cudzím jazykom, ktorým má možnosť komunikovať len v triede, ale nie mimo nej, pretože*

daný jazyk nie je prirodzeným komunikačným jazykom v danej komunite alebo spoločnosti. V našom kontexte sa o bilingválnom vyučovaní hovorí aj vtedy, ak viac ako 50 % vyučovacieho času prebieha v cudzom jazyku" [1].

Námet na vyučovaciu hodinu, ktorý je prezentovaný v tomto článku sa opiera o trojfázové členenie stratégie EUR. *„Vyučovanie a učenie v súlade s rámcom EUR patrí medzi konštruktivistické prístupy. Ide o trojfázový model vyučovania a učenia – evokácia, uvedomenie a reflexia. Z pohľadu vyučovania fyziky ponúka stratégia EUR iný pohľad na prevedenie žiackych experimentov a rozvíjanie spôsobilosti vedecky pracovať."* [2].

1 Labyrint ľudského tela

Návrh modelovej hodiny biológie človeka na tému Centrálna nervová sústava je aplikáciou metódy CLIL za pomoci trojfázovej stratégie EUR vo vyučovaní.

Model hodiny je postavený na princípe veľmi dôležitej evokačnej diskusie so žiakmi, počas ktorej si prehĺbia doterajšie znalosti o mozgu a mieche.

Aktivitami v časti uvedomenie si významu predkladáme súbor takých činností, ktoré rozvíjajú kritické myslenie, kreativitu a kognitívne schopnosti žiakov.

Poslednú časť tvorí záverečná diskusia, v ktorej sa vydiskutujú nejasnosti vzniknuté počas hodiny.

Uvádzame návrh modelu vyučovacej hodiny.

1.1 Centrálna nervová sústava

Centrálnu alebo ústrednú nervovú sústavu človeka tvoria dva piliere. Jedným z pilierov je mozog (cerebelum, encephalon), v ktorom sa nachádza labyrint šiestich oddielov a dominuje zložitým stupňom organizovanosti. Druhý podstatný pilier CNS sa nazýva chrbticová miecha (medulla spinalis). Je to 40-50 centimetrov dlhý povrazec umiestnený v chrbticovom kanáli. [3].

1.2 Evokácia – diskusia

Hlavnou úlohou tejto časti je motivácia a osvieženie pamäti žiakov, čo si doposiaľ pamätajú o ústrednej nervovej sústave. Riadenou diskusiou by sme chceli dosiahnuť upevnenie a oživenie vedomostí u žiakov.

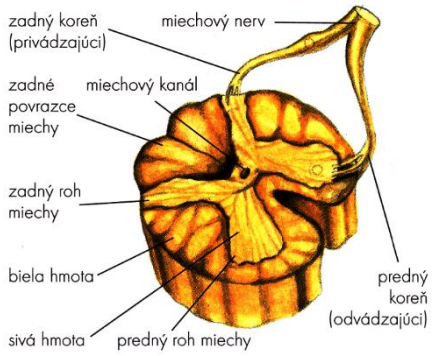
Otázky:

1.) **Diskutujte, aké prostredie tvorí CNS?**
2.) **Vnútorné prostredie CNS tvorí tekutá hmota. Definujte, ako sa nazýva.**
3.) **Analyzujte čo tvorí „motýlie krídla" na priereze chrbticovej miechy.**
4.) **Môže likvor vypĺňať miesta aj v mozgu? Ak áno, aké miesta vypĺňa?**
5.) **Uveďte aký vzťah má miecha k chrbticovému kanálu**

Z diskusie by malo vyplynúť:

Centrálna nervová sústava sa môže označovať aj ako ústredná. Jej vnútorné prostredie tvorí špecifická tekutina zvaná likvor. Likvor je mozgovomiechový mok, v ktorom sa mozog a miecha spoločne vznášajú. Tento mok má takisto aj obrannú funkciu, pretože chráni mozog a miechu pred nárazmi a navyše vypĺňa aj štyri mozgové komory a miechový kanál. Na začiatok si priblížime chrbticovú miechu ako časť CNS. [4]

Medulla spinalis, chrbticová miecha, meria približne 45 centimetrov a teda siaha od prvého krčného stavca až po druhý driekový stavec. Je uložená v chrbticovom kanále, ktorý je vyplnený mozgovomiechovým mokom. V mieche sú uložené všetky centrá nepodmienených funkcií ako napríklad kontrola napätia svalov, stien ciev, vylučovanie potu a vyprázdňovanie konečníka a močového mechúra.



Obrázok 1 [5]

Stavbu chrbticovej miechy môžeme rozdeliť nasledovne:

- Predné miechové rohy (odstredivé, motorické)
- Zadné miechové rohy (dostredivé, senzitívne)
- Miechový nerv
- Miechový kanál
- Biela hmota (tvoria ju výbežky neurónov, ktoré vytvárajú nervové dráhy spájajúce miechu s mozgom)
- Sivá hmota (vytvára motýlie krídla) [6]

V diskusii so žiakmi pokračujeme ďalej otázkami :

6.) **Analyzujte z koľkých častí sa skladá mozog človeka.**

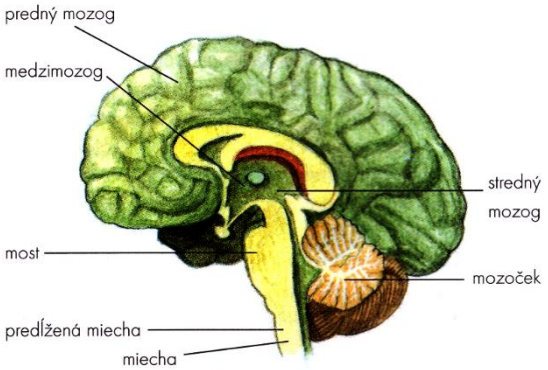
7.) **V pokoji sa usaďte, zatvorte oči a analyzujte aký reflex vykonáva Vaše telo bez toho, aby ste mu dali príkaz. Ide o podmienený alebo o nepodmienený reflex?**

8.) **V medzimozgu (diencephalon) sa zoskupujú informácie pochádzajúce z kože o chlade, teple, či bolesti. Zdôvodnite, prečo sa miestečko v medzimozgu nazýva tzv. „brána vedomia“?**

9.) **Keďže sme spomínali „bránu“, môže sa v mozgu nachádzať aj „strom života“? Ak áno, kde by ste „strom života“ hľadali?**

Analyzujte prečo sa otočíte za zvukom? Ktorý oddiel je patrónom tohto reflexu?

Diskusia pokračuje:



Obrázok 2 [7]

Ďalšou dôležitou časťou CNS je mozog – cerebelum, encephalon. Mozog človeka sa vyznačuje veľmi zložitou organizovanosťou a pritom váži približne 1 300 gramov. Jeho oddiely sa rozdeľujú do šiestich významných častí, a to:

1. Predĺžená miecha (medulla oblongata)
    - Je to pokračovanie chrbticovej miechy.
    - Sivá hmota je na povrchu a biela vo vnútri (rozdiel medzi predĺženou a chrbticovou miechou).
    - Centrum životne dôležitých funkcií a nepodmienených reflexov – dýchanie, činnosť srdca a ciev, trávenie, potravových reflexov ako cicanie, slinenie, hltanie, ale aj obranných reflexov – kašeľ a dýchanie.
    - Retikulárna formácia – sieťovité zoskupenie neurónov, ktoré vytvára sivá hmota zasahujúca a spájajúca všetky oddiely od chrbticovej miechy až po mozgovú kôru.
2. Most/Varolov most (pons)
    - Spája miechu s vyššími oddielmi mozgu.
3. Stredný mozog (mesencephalon)
    - Krátky oddiel vytvárajúci štvorhrbolie.
    - Významný pre udržanie vzpriamenej polohy tela, obranných reflexov, zrakových a sluchových nervov.
    - Odvrátenie hlavy pri silnom svetle a otočenie sa za zvukom.
4. Mozoček (cerebellum)
    - Vytvára dve hemisféry.
    - V jeho bielej hmote sa vytvára na priereze špecifická kresba zvaná strom života.
    - Zastrešuje funkciu rovnováhy a koordináciu tela.
5. Medzimozog (diencephalon)
    - Zložený z dvoch častí – lôžko a podlôžko.
    - Lôžko (thalamus) spája mozgovú kôru s nižšími oddielmi a tvorí tzv. „bránu vedomia“. Do tejto časti prichádzajú informácie o chlade, teple a bolesti.
    - Podlôžko (hypothalamus) sa pýši titulom najdôležitejšieho nadradenejšieho koordinačného centra. Okrem endokrinnej funkcie riadi činnosť vnútorných orgánov, hladkých svalov a ciev. Je taktiež centrom spánku, termoregulácie, pocitov hladu a nasýtenia. Činnosť autonómnych nervov je pod palcom podlôžka tiež.
6. Koncový/veľký/predný mozog (telencephalon)
    - Rozdeľuje sa na dve hemisféry spojené svorovým telieskom.

- Bielu hmotu tvoria zoskupené vlákna neurónov tvoriace svorové teliesko.
- Nachádza sa tu najdôležitejší oddiel CNS – kortex (sivá hmota) tvoriaca plášť mozgu. Zasahuje do hĺbky hemisfér kde tvorí bazálne gangliá.
- Delí sa na štyri laloky
    i. Čelový (motorické funkcie, reč čuch)
    ii. Temenný (chuť)
    iii. Záhlavový (zrak)
    iv. Spánkový (sluch, polohové centrum)

Na mozgu a mieche sa nachádzajú aj obaly, ktoré možno roztriediť do troch skupín :1. Tvrdá plena, 2. Pavúčnica (neobsahuje cievy), 3. Cievnatka (bohato prekrvená) [8].

1.3 Uvedomenie si významu

Modelové aktivity:

AKTIVITA 1 – „brain trivia“ je kreatívna aktivita rozvíjajúca kritické myslenie u žiakov, pretože majú samostatne rozhodnúť o dôležitosti a relevancii sformulovania vlastnej otázky na kartičke. Ide o žiacke učenie sa medzi sebou navzájom. Na základe dôležitej evokačnej diskusie žiaci postupujú vo výbere informácie, ktorú chcú „znovu“ naučiť spolužiakov. [9]

Úloha: Aktivita s názvom „Brain trivia“ bude úlohou pre žiakov. Ich úlohou je rozdeliť sa do malých skupín a vytvoriť aspoň 20 kariet, na ktoré napíšu otázku a na druhú stranu odpoveď k danej otázke. Otázky týkajúce sa centrálnej nervovej sústavy na kartách sa následne pozbierajú, zamiešajú a rozdelia do skupín. Podmienkou je otázka položená v anglickom jazyku. Skupina, ktorá správne zodpovie si kartu ponechá. Ktorá skupina bude mať najviac kariet, tá vyhráva.

Where are located the centres of unconditional reflexes? *(Kde sú uložené centrá nepodmienených reflexov ?)*	Centrá nepodmienených reflexov sú uložené v chrbticovej mieche.

Poznámka k úlohe:

Táto úloha je zameraná na rozvoj komunikačných schopností žiakov a upevnenie si vedomostí. Žiaci si samostatne vyprofilujú otázky na tému centrálnej nervovej sústavy, ktoré sú podľa nich dôležité.

Aktivita sľubuje odstránenie stresu u žiakov, pretože jej prostredníctvom sa sami navzájom učia. Žiaci majú samozrejme právo na konzultáciu s vyučujúcim, ak potrebujú pomôcť s formuláciou otázky, ktorá je podmienečne v anglickom jazyku. Keďže žiaci už majú anglický jazyk niekoľko rokov, nemalo by im robiť problém skonštruovať otázku.

Odpovedať môžu po slovensky alebo po anglicky. Pri odpovedi je dôležitá správnosť obsahu týkajúceho sa CNS. Táto aktivita má rozsah 20 – 25 minút.

AKTIVITA 2 – aktivita založená na texte z internetovej stránky [9]**, ktorý bude prečítaný na hodine nahlas a následne sa preloží do slovenského jazyka. „Farebný svet“ – aktivita ilustruje paletu farieb a každá farba reprezentuje danú charakteristiku. Žiaci si prehlbujú svoje komunikačné schopnosti pracujúc v skupinách. V našom prípade ide o farebné zobrazenie centier mozgu, ktoré za niečo zodpovedajú. Spolupráca s internetovou stránkou (**https://www.dkfindout.com/uk/human-body/brain-and-nerves/brain/)[7]**, ktorá krásne zvýrazní časť mozgu, ktorá zodpovedá za určitú schopnosť človeka. Farebným odlíšením sa žiakom lepšie upevní predstava kde sa nachádza aké to centrum v mozgu.** [10]

Úloha: Aktivita s názvom „Farebný svet“. Úlohou žiakov je pozorne si všímať farby zvýrazňujúce zodpovedné centrum mozgu za určitú schopnosť a vybrať si jednu farbu predstavujúcu danú schopnosť mozgu, ktorá je podľa nich najdôležitejšia a zdôvodniť vlastný názor.

Poznámka k úlohe:

Táto aktivita si vyžaduje interaktívnu tabuľu s pripojením na internet. V rámci tejto úlohy sa pracuje s uvedenou stránkou, ktorá je po anglicky. Už v predchádzajúcej úlohe pracovali žiaci z textom z tejto konkrétnej stránky.

Keďže žiaci už z evokačnej diskusie si zopakovali jednotlivé oddiely mozgu, budú vedieť určiť o ktorú časť ide a pomenovať ju v slovenskom jazyku. Pre lepšie upevnenie informácií budú vizuálne vidieť farebné ohraničenie oblasti mozgu, ktorá za niečo zodpovedá. Potom si vyberú jednu časť, ktorá je pre nich

najdôležitejšia a odprezentujú svoje nápady. Aktivita má trvanie 15-20 minút.

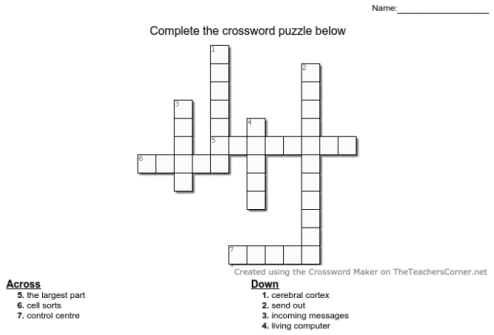
AKTIVITA 3 – aktivita sa opiera o hravosť a preto aplikujeme krížovku - crossword. V krížovke sú kľúčové pojmy ľahko zistiteľné z prezentovaného textu (viď aktivita 2), ak by bola pre niekoho krížovka náročná, nakoľko je v anglickom jazyku.

Úloha: Crossword alebo krížovka je ďalšou úlohou. Tejto aktivite na rozvoj anglického jazyka na tému mozgu ako jedného z hlavných orgánov CNS predchádza prečítanie si krátkeho anglického textu:

The brain [11]

„The brain is the body´s control centre. It is a complicated organ that works very quickly, a bit like a brilliant, living computer. Inside the brain, billions of nerve cells sort and store incoming messages, and send out the instructions that keep your body working normally. The largest part is the cerebrum (telencephalon). Its wrinkly outer surface is made up of a thin layer of nerve cells known as the cerebral cortex. This layer is vital, because it is where you feel, see, think, imagine, and remember. It also controls your body movements.

If your wrinkly cerebral cortex was laid out flat, it would cover the same area as a pillowcase."



Obrázok 4 crossword [12]

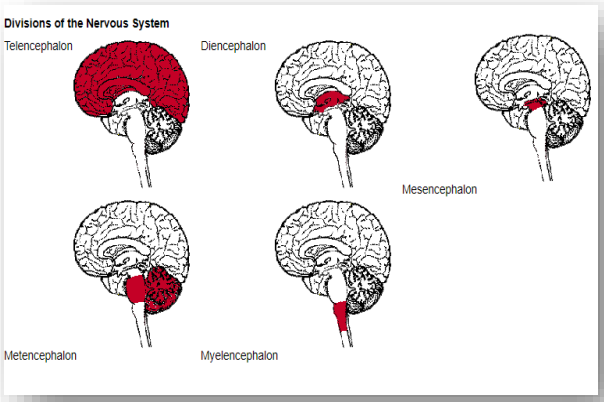
„Mozog [13]

Mozog je riadiacim centrom tela. Je to komplikovaný orgán pracujúci rýchlo ako briliantný, živý počítač. Vnútri mozgu bilióny nervových buniek triedia a uskladňujú prichádzajúce informácie, ktoré sú poslané s inštrukciami dodržujúce normálne fungovanie tela. Najväčšia časť mozgu sa nazýva cerebrum (telencephalon) koncový mozog. Jeho vráskčitý povrch je tvorený vrstvou nervových buniek, označovaný ako kortex, teda mozgový plášť. Táto vrstva je vitálna, pretože vďaka nej cítime, vidíme, rozmýšľame, predstavujeme si a pamätáme. Takisto riadi pohyby tela.

Keby sa vráskovitý, rozbrázdený mozgový plášť rozložil vyrovnane, pokryl by plochu rovnako ako obliečka vankúša."

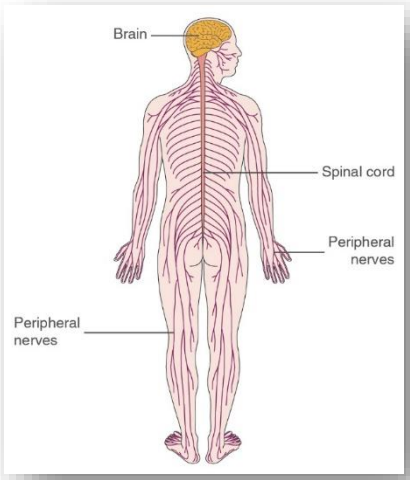
AKTIVITA 4 – Táto aktivita hravého brainwritingu úzko spolupracuje s obrázkami, v ktorých sú zakotvené kľúčové pojmy nervovej sústavy. Takisto poslúžia na doplnenie chýbajúcich písmen do pojmov zobrazených obrázkami v úlohe číslo 1. [14]

Úloha: Na základe ilustrácií a príslušných pojmov doplňte správne písmená do slova a preložte do slovenského jazyka.



Obrázok 5 [15]

- *Telencephalon*
- *Diencephalon*
- *Mesencephalon*
- *Metencephalon (*the corresponding part of the adult brain composed of the cerebellum and pons)
- *Myelencephalon*



Obrázok 6 [16]

- *Brain - mozog*
- *Spinal cord - miecha*
- *Peripheral nerves – periférne nervy*

- *_ _a i n .....*
- *S _ _ _ _ _ c o r d.....*
- *T_ _ _n c _ _ _ a_ o n.....*
- *_ _ _ n _ e p h a _ _ _.....*
- *N _ _ _ o u s _ _ s t e m.....*
- *P _ _ _h e r _ _ n _ _ _ _ s.....*
- *C_ _ _ r a _ n _ _ v_ u_ s_ s_ _e.....*

Poznámka k úlohe

Táto úloha na je aktivitou hravého brainwritingu, kde majú žiaci doplniť do jednoduchej tajničky správne písmená a dané slovo preložiť. Keďže obrázky na ilustráciu im boli poskytnuté, táto úloha si na motiváciu žiakov nevyžaduje viac ako 5 minút.

Žiakom bude poskytnutý náhľad obrázkov 5, 6 majúcich popis v anglickom jazyku. Úlohou žiakov je všímať si anglické pomenovania jednotlivých častí nervovej sústavy, pretože tieto pojmy budú aplikovať do tajničky. Doplnia chýbajúce písmena a ich vytvorený pojem preložia.

Ak nebudú vedieť slovenský ekvivalent, v tom prípade majú k dispozícií obrázky, na ktoré sa pozrú a dedukciou prídu na slovenský ekvivalent. Obrázky im poslúžia ako jednojazyčný obrázkový slovník Žiaci majú za úlohu k anglickému pomenovaniu časti mozgu priradiť slovenský názov časti mozgu.

1.4 Reflexia

Reflexia je posledná časť trojfázovej stratégie EUR, na ktorej aplikujeme model navrhnutej hodiny biológie človeka, použitím metódy CLIL.

Táto posledná fáza je priestorom pre postrehy žiakov zaznamenané počas vyučovacej hodiny. Takisto v tejto časti miesto pre spätnú väzbu od žiakov pre učiteľa. Samozrejme, môžu sa pridať doplňujúce otázky žiakov v prípade, že niečomu počas hodiny neporozumeli alebo by chceli v najbližšom čase ešte raz vysvetliť učivo Centrálnej nervovej sústavy, ktorá je labyrintom ľudského tela.

2 Výsledky a diskusia

Úmyslom nášho príspevku je zaviesť metódu CLIL do vyučovania biológie a poukázať na netradičnú formu vyučovania témy Centrálna nervová sústava obohatenú o aktivizujúce aktivity.

Výsledkom príspevku, ktorý predkladáme je model vyučovacej hodiny Biológia v predmete Seminár z biológie pre žiakov štvrtého ročníka gymnázia.

Záver

Cieľom, ktorý sme si stanovili bolo predstaviť návrh modelu vyučovacej hodiny Biológia v téme Nervová sústava a v podtéme Centrálna nervová sústava človeka, v ktorom aplikujeme metódy CLIL a EUR.

Trojfázovým modelom sa snažíme štrukturovať vyučovaciu hodinu v zmysle, aby žiaci čo najefektívnejšie poňali problematiku.

Evokačnou diskusiou nielen zisťujeme aktuálne vedomosti žiakov na tému, ale aj prehlbujeme ich znalosti.

Vo fáze „Uvedomenie si významu“ pracujeme s aktivitami, ktoré podmieňujú kritické myslenie u žiakov. Takisto naše aktivity stimulujú čitateľskú gramotnosť, ponúkajú osvojenie si odbornej slovnej zásoby aj v anglickom jazyku. Rozvíjame kreativitu žiakov a ich kognitívne schopnosti.

Reflexia ponúka žiakom spätnú väzbu s možnosťou konzultácie s vyučujúcim. Ak by bolo niečo žiakom nejasné, potrebovali by niečo nabudúce zopakovať alebo vysloviť svoje komentáre a pripomienky k danej téme.

Poďakovanie

Touto cestou by som chcela poďakovať pani školiteľke PaedDr. Anne Sandanusovej, Ph.D. za pomoc, konzultácie, pripomienky, odborné rady a hlavne čas s trpezlivosťou pri písaní predkladaného príspevku.

Práca je súčasťou projektu APVV-15-0368 Prax v centre didaktiky, odborová didaktika v centre praktickej prípravy

Použitá literatúra

[1] Gondová, D. (2013) Aktívne učenie sa žiakov v CLIL-e: Metodicko-pedagogické centrum, 2013, s. 7

[2] Ústav fyzikálnych vied [4.3.2020] <https://ufv.science.upjs.sk/_projekty/smolenice/pdf_14/37_velmovska.pdf>

[3] Ušáková, K. a kol. (2015) Biológia pre gymnáziá 6: Biológia človeka, Evolúcia a vznik života na Zemi, s. 53

[4] Boleček P. a kol (2010) Biológia: Pomôcka pre maturantov a uchádzačov o štúdium na vysokých školách, s. 333

[5] Obrázok 1 <*https://encyklopediapoznania.sk/clanok/6461/miecha-miechove-nervy*>

[6] Benešová M. a kol (2006) Zmaturuj z Biológie, s. 164

[7] Obrázok 2 <*https://encyklopediapoznania.sk/clanok/6419/mozog-encephalon-cerebrum*>

[8] Pospíšil M. a kol (2001) Biológia človeka 1: Univerzita Komenského Bratislava, s. 176

[9] https://asklistenlearn.org/games/brain-trivia/

[10] Čapek R. (2015) Moderní didaktika: Lexikon výukových a hodnotících metod, s 213

[11] https://www.dkfindout.com/uk/human-body/brain-and-nerves/brain/

[12] *https://www.dkfindout.com/uk/human-body/brain-and-nerves/brain/* prekladanané a citované [12.3.2020]

[13] Obrázok 4 a stránka tvorby tajničky <https://www.crossword-compiler.com/>

[14] Lengyelová J. (2012) Inovatívne metódy vo vyučovaní slovenského jazyka a literatúry, s. 10

[15] Obrázok 5 <*https://faculty.washington.edu/chudler/nsdivide.html#pns*>

[16] Obrázok 6 <*https://www.macmillan.org.uk/cancer-information-and-support/brain-tumour/the-brain*>

Vplyv selénu na viabilitu osteoblastov *in vitro*

Effect of Selenium on the Viability of Osteoblasts *in vitro*

Miroslava Sotoňáková[1] , Vladimíra Mondočková[2], Jana Blahová[3]
Školiteľ: Veronika Kováčová[4]
[1,4]Katedra zoológie a antropológie, Nábrežie mládeže 91, 949 74 Nitra
[2,3]Katedra botaniky a genetiky, Nábrežie mládeže 91, 949 74 Nitra
[1]miroslava.sotonakova@student.ukf.sk, [2] vmondockova@ukf.sk, [3] jana.blahova@ukf.sk, [4] vkovacova@ukf.sk

Abstrakt
Selén (Se) je esenciálnym stopovým prvkom, ktorý má nezanedbateľné účinky na organizmus zvierat aj ľudí. V závislosti od množstva a formy prijatého selénu, môže preukazovať v organizme pozitívne alebo negatívne účinky. Je známe, že selén hrá významnú úlohu v zdraví kostí. Cieľom našej práce bolo analyzovať účinok selénu na viabilitu myších osteoblastov v *in vitro* podmienkach. Bunky sa izolovali zo stehnových kostí myší samičieho pohlavia prostredníctvom enzymatickej metódy izolácie. Selén bol aplikovaný v koncentráciách 5, 10 a 50 µM. Na porovnanie výsledkov bola zostavená kontrolná skupina (K) bez aplikácie selénu. Na vyhodnotenie životaschopnosti myších osteoblastov po 48-hodinovej expozícii selénom sme použili MTT test. Výsledky našej práce naznačujú, že administrácia selénu v najvyššej koncentrácii spôsobuje signifikantné zníženie viability osteoblastov. Na druhej strane, najnižšia a stredná koncentrácia Se nemali štatisticky významný vplyv na životaschopnosť týchto buniek. Z uvedeného vyplýva, že účinok selénu na mladé kostné bunky je od dávky závislý.

Kľúčové slová: selén, osteoblasty, viabilita

Abstract
Selenium is an essential trace element that has significant effects for organism, humans and animals. Depending on form and amount of the obtained selenium it can cause positive or negative effect on organism. Selenium is known to play an important role in bone health. The aim of this study was to analyze the effect of selenium on the viability of mouse osteoblasts. Cells were isolated from femur bones of a female mouse through enzymatic isolation methods. Selenium was added to osteoblasts at concentrations 5, 10, 50 µM for 48 h. The cells of the control group (K) were left untreated. The viability was measured by MTT test. The results suggest that osteoblasts's viability was significantly decreased at the highest concentration of selenium. On the other hand, the lowest and intermediate Se concentrations did not have an effect on the viability of these cells. Thus, the effect of selenium on young bone cells is dose-dependent.

Key Words: selenium, osteoblasts, viability

Úvod

Selén (Se) je stopovým prvkom, ktorý má v organizme veľmi dôležité funkcie, spojené najmä s jeho antioxidačnými účinkami, nakoľko predstavuje významnú súčasť antioxidačných enzýmov (napr. glutatión peroxidázy, tioredoxín reduktázy, selenoproteínu P a mnohých iných)[1]. V roku 1972 bol tento prvok identifikovaný ako súčasť významného enzýmu glutatión peroxidázy [2].

Selén sa bežne nachádza v skalách a pôde. Se v jeho čistej podobe predstavujú kovovo šedé až čierne kryštály, pričom v prostredí môže meniť formy [3]. Prevažná časť pôd Slovenska obsahuje podpriemerné hladiny Se s hodnotami 0,2 - 0,33 mg/kg. Na druhej strane, nachádzajú sa tu pôdy aj s nadpriemernou hodnotou Se (0,34 - 0,79 mg/kg), tých je však veľmi málo [4]. Priemerný denný príjem selénu na Slovensku predstavuje len 38 µg/deň [5]. Priemerný odporúčaný denný príjem predstavuje 55 µg/deň [6]. U vegetariánov bol zistený podpriemerný status Se, s čím úzko súvisí jeho nízky obsah v ich rastlinnej strave [7]. Strava (najmä para orechy [8], mäso, strukoviny, obilniny, huby, vajcia, ryby [5]) obsahuje rôzne dávky a formy Se, množstvo z nich je viazaných kovalentnými väzbami k uhlíku v organických molekulách, ako sú napríklad selenometionín (SeMet, ktorý vo všeobecnosti v strave dominuje [9]), selenocysteín (SeCys) a Se-metylselenocysteín (SeMSC). Najväčšie zastúpenie v tele má selén v kostrových svaloch, kostiach, mozgu, srdci, pankrease, slezine a v pečeni [10]. Z tohto dôvodu, jeho deficit môže spôsobiť akútne ale aj chronické ochorenia kardiovaskulárneho, svalového, kostrového a imunitného systému, avšak prebytok Se

môže taktiež mať rôzne negatívne dôsledky. Medzi symptómy otravy selénom patria únava, poruchy spojivového tkaniva, taktiež aj kardiovaskulárneho, gastrointestinálneho, nervového a dýchacieho systému. Účinok selénu na organizmy závisí najmä od jeho formy. Boli zistené zreteľné rozdiely medzi organickými a anorganickými zlúčeninami [1]. V Číne, v oblastiach s vysokou koncentráciou selénu v pôde, bola zaznamenaná choroba s názvom selenóza. Selenózu vyvoláva priemerný denný príjem selénu v strave v množstve najmenej 0,016 mg/kg/deň u 55 kg vážiaceho jedinca. Naopak, v niektorých oblastiach chudobných na Se, nachádzajúcich sa v Číne boli detegované ochorenia v dôsledku nedostatku Se, napr. Keshanova (postihuje srdce) [4] a Kashin-Beckova choroba (postihuje kosti a kĺby)[11].

Vo všeobecnosti je totiž známe, že Se predstavuje významný prvok potrebný pre zdravie kostí [6], nakoľko niektoré druhy selenoproteínov, exprimovaných v kostných bunkách, hrajú dôležitú úlohu v metabolizme kostí [12]. Na druhej strane, vo vyšších koncentráciách môže byť toxický [13]. Chung et al. [11] uvádzajú, že seleničitan sodný indukuje apoptózu zrelých osteoklastov, navyše Se spôsobuje smrť buniek podobným osteoblastom. Taktiež subchronická perorálna expozícia selénom negatívne ovplyvňuje makroskopickú aj mikroskopickú štruktúru kostného tkaniva potkanov [13].

Cieľom našej práce bolo analyzovať viabilitu myších osteoblastov v *in vitro* podmienkach po aplikácii troch rôznych koncentrácií selénu a následne výsledky porovnať s kontrolnou skupinou (K) bez aplikácie selénu.

1 Materiál a metodika

1.1 Izolácia myších osteoblastov

Biologický materiál (2 adultné myši samičieho pohlavia vo veku 3 mesiacov) pochádzal zo schváleného chovného zariadenia UP v Krakove. Osteoblasty sa izolovali zo stehnových kostí podľa optimalizovanej metodiky Taylor et al. [14]. Získané stehnové kosti sme rozdelili na fragmenty vo veľkosti 2 - 3 mm a umiestnili ich do 5 ml skúmavky. Následne sme ich premývali a vortexovali v roztoku PBS (Alfa Aesar) kvôli odstráneniu nežiaduceho mäkkého tkaniva. Kostné fragmenty sme inkubovali v trypsíne (1 ml/zviera; HyClone) pri 37 °C po dobu 10 minút. Trypsínový roztok sme odstránili a kostné fragmenty premyli v roztoku kultivačného média αMEM (Lonza). Ďalším krokom bola inkubácia fragmentov v roztoku 0,2 % kolagenázy (1 ml/1 zviera; Sigma Life Science) počas 30 minút pri 37 °C. Následne bola kolagenáza odstránená a nahradená čerstvým roztokom 0,2 % kolagenázy (1 ml/1 zviera) po dobu jednej hodiny pri 37 °C. Finálnu kolagenázu sme ponechali a preniesli do 15 ml centrifugačnej skúmavky. Zvyšné kostné fragmenty sme premyli v kultivačnom médiu αMEM (5 ml) a následne sme pridali uvedený roztok do konečnej kolagenázy. Finálny roztok sme centrifugovali počas 5 minút pri 1 500 g. Po centrifugácii sme supernatant odstránili a k peletu bol pridaný 1 ml kultivačného média αMEM, v ktorom sme peletu rozpipetovali. Následne sme odpipetovali 10 µl média s bunkami a pridali trypánovú modrú (NanoEnTek) v objeme 10 µl. Pipetou sme premiešali roztok. Vzorku sme rozdelili na 2 x 10 µl a napipetovali do komôrok po oboch stranách sklíčka (EVE™ Cell counting slide, NanoEnTek). Následne sme skúmali viabilitu a počet buniek prostredníctvom automatického čítača buniek Countess (Invitrogen). Do T25 kultivačnej fľašky sme pridali 6 ml roztoku kultivačného média αMEM a potom bunkovú suspenziu (1 x 10^4 buniek na cm^2, 500 000 buniek/ fľaša). Bunky sme nechali rásť v inkubátore v podmienkach 37 °C, 95 % relatívna vlhkosť, 5% CO_2 (oxid uhličitý), kým neboli konfluentné približne na 80 % (3 - 4 dni).

1.2 Expozícia selénom

V priebehu exponenciálnej rastovej fázy sme exponovali osteoblasty selénom, v tom čase boli bunky v tretej pasáži. Bunky boli sadené do 96 jamkovej kultivačnej platničky s hustotou 1 x 10^4 buniek na jamku. Osteoblasty boli po 24 hodinách kultivácie adherované a v proliferačnej fáze. Následne sme do pripravených kultivačných médií pridali rôzne koncentrácie selénu (selenit sodný, čistota ≥ 98%, Sigma Life Science). Prvú skupinu predstavovalo kultivačné médium s označením ,,Se5“, kde sme aplikovali 5 µM selénu, do druhého kultivačného média ,,Se10“ sme pridali 10 µM selénu a do tretieho kultivačného média ,,Se50“ sme aplikovali 50 µM. Štvrtá skupina bez aplikácie selénu predstavovala kontrolu ,,K“.

1.3 Hodnotenie viability osteoblastov

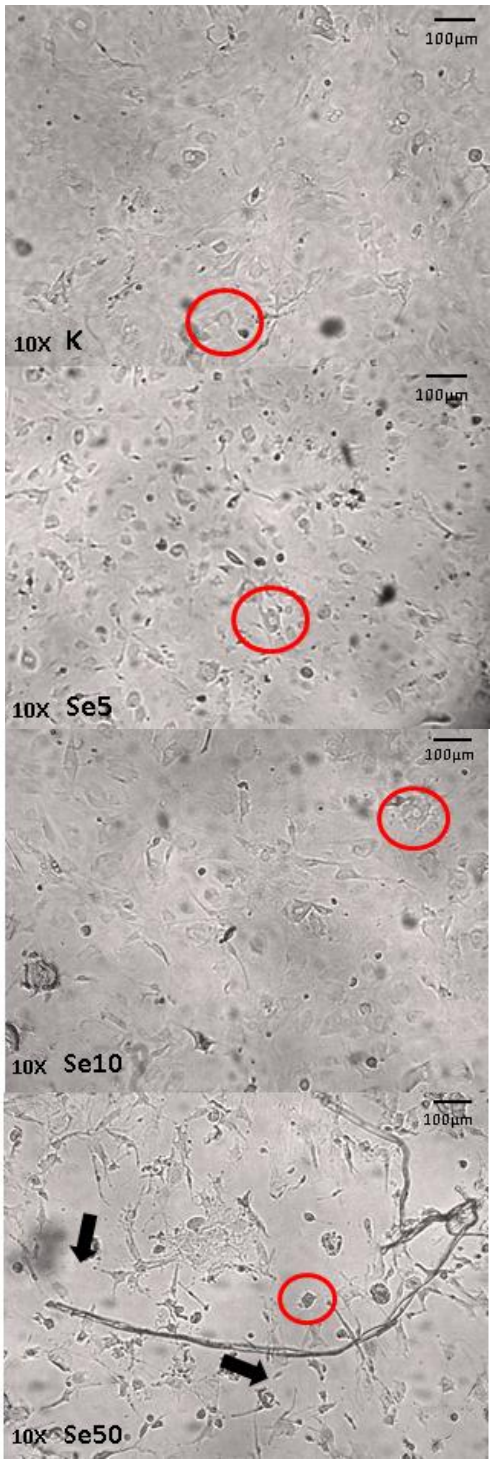
Po 48 hodinách expozície selénom sme uskutočnili MTT test (Promokine) bunkový proliferačný test kit IV zabezpečujúci jednoduchú metódu na stanovenie množstva buniek. MTT test je založený na štiepení rozpustnej žltej MTT-tetrazóliovej soli na nerozpustné purpurové MTT-formazánové kryštály za účasti

metabolicky aktívnych vitálnych buniek. Výsledkom je citlivý test s kolorimetrickým signálom úmerným k počtu buniek. Do každej jamky obsahujúcej bunky (bez a s aplikáciou Se) sme pridali 10 µl MTT roztoku, ktorý sme rozmiešali pipetovaním. Platničku s bunkami a roztokom MTT sme inkubovali v tmavom prostredí (bez prítomnosti svetla), počas štyroch hodín pri teplote 37 °C. Po uplynutí časového obdobia sme do každej jamky pridali 200 µl DMSO a niekoľkokrát sme pipetou premiešali obsah jamky za účelom rozpustenia formazánových solí. Finálny objem jamky bol 310 µl. Absorbanciu sfarbeného roztoku sme hodnotili kvantitatívne pomocou spektrofotometra (Thermo Scientific) pri vlnových dĺžkach 570 nm (absorbancia signálu) a 630 nm (absorbancia pozadia). V záujme získania hodnôt normalizovanej absorbancie sme odčítali absorbanciu pozadia od signálnej absorbancie (OD570 - OD630). Životaschopnosť buniek v jednotlivých vzorkách sme stanovili ako pomer OD ku kontrole, pričom životaschopnosť kontrolnej skupiny sme považovali za 100 %.

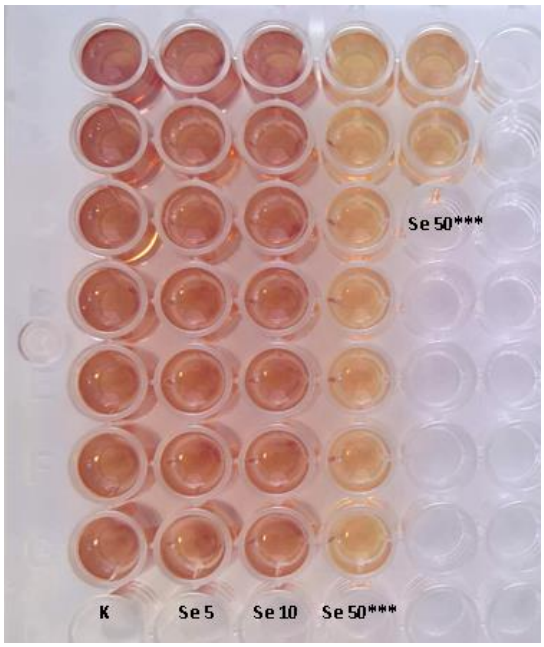
Fotodokumentácia vzoriek sa uskutočnila pomocou inverzného mikroskopu (Motic AE 2000, Binocular). Na vytvorenie štatistickej analýzy sme použili softvér SPSS 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA). Experiment sme uskutočnili triplicitne so šiestimi opakovaniami. Použili sme test analýzy variácií (One Way ANOVA) a post hoc test (Tukeyho test). Za štatisticky významné sme považovali rozdiely stanovené na hladine významnosti $\alpha = 0,05$.

2 Výsledky a diskusia

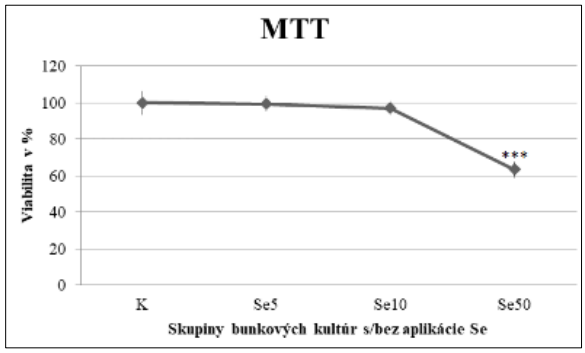
Výsledky našej práce preukázali cytotoxické účinky selénu v najvyššej koncentrácii (50 µM) na životaschopnosť osteoblastov (63,48 %; $P<0,001$) v porovnaní s kontrolnou skupinou (100 %). Na druhej strane, pri skupinách Se5 a Se10 (99,43 % a 97,09 %) nebol zaznamenaný signifikantný rozdiel vo viabilite buniek (Obr. 1, 2; Graf 1.) Z uvedeného vyplýva, že účinok selénu na viabilitu osteoblastov je od koncentrácie závislý.



Obr. 1 Fotodokumentácia vzoriek osteoblastov po administrácii selénom v koncentráciách 5, 10, 50 µM. Prvá snímka „K“ bez aplikácie selénu. V červených krúžkoch sú vyznačené mladé kostné bunky - osteoblasty. Na poslednej snímke šípky naznačujú prázdne miesta, spôsobené vplyvom vysokej koncentrácie Se



Obr. 2 Výsledné sfarbenie vzoriek osteoblastov po aplikácii selénu v rôznych koncentráciách MTT testom
P<0,001 (***)



Graf 1 Grafické znázornenie klesajúcej viability kultúry myších osteoblastov v %
P<0,001 (***)

Vo všeobecnosti, bunky ošetrené vysokými koncentráciami selénu zvyčajne vykazujú zmeny v ich proliferácii a diferenciácii. Ren et al. [15] skúmali vplyv Se na apoptózu osteoblastov potkanov. Autori uvádzajú, že Se v koncentráciách 0,01 až 0,1 µM zvyšuje životaschopnosť buniek, zatiaľ čo koncentrácie 5 až 10 µM viedli k poklesu viability týchto buniek. Selén pri koncentrácii 1 x 1 µM/l počas 48 hodín spôsobil signifikantný pokles životaschopnosti myších osteoblastov. Pri vyšších koncentráciách Se (5 x 10 až 100 µM/l) bunky vykazovali zjavne zníženú viabilitu v porovnaní s kontrolnou skupinou. Aplikácia seleničitanu sodného v koncentráciách 5 a 10 µM po dobu trvania šiestich hodín na osteoklasty indukovala apoptózu buniek, čo sa prejavilo morfologickými zmenami, fragmentáciou internukleozomálnej DNA, aktiváciou kaspázy-3 a vytvorením superoxidového aniónu. Tieto zistenia naznačujú, že selén môže indukovať apoptózu cez mitochondriálnu dráhu v zrelých osteoklastoch [10].

Cieľom štúdie Shi et al. [16] bolo analyzovať účinok Se na proliferáciu a apoptózu ovčích spermatogoniálnych kmeňových buniek (SSC) *in vitro*. Bunky boli ošetrené piatimi koncentráciami Se (0; 2; 4; 8; 16 µM/l média) počas 96 hodín. Autori zistili, že relatívne vyššie koncentrácie Se (8 a 16 µM/l média) vykazovali vyššie percento apoptických buniek a zvýšené hladiny proteínov P53, P21, P27 a BAX (predstavujú regulátory a aktivátory apoptózy) v porovnaní s kontrolnou skupinou. Na druhej strane, aplikácia Se v koncentráciách 4 a 8 µM/l média neviedla k zmene rýchlosti proliferácie buniek SSC. Vyššia rýchlosť proliferácie a nižšia miera apoptózy bola zaznamenaná vo vzorke Se s koncentráciou 2 µM/l média, čo naznačuje, že relatívne nižšie koncentrácie Se môžu viesť k inhibícii bunkovej apoptózy a k podpore proliferácie buniek SSC.

Rybie pečeňové bunky vystavené pôsobeniu seleničitanu sodného (pri koncentráciách ≥ 10 µM) podliehali apoptóze a nekrotickým zmenám. Expozícia seleničitanom bola spojená s významným zvýšením aktivity kaspázy-3 (predstavuje kľúčový enzým pri vykonávaní apoptózy) [17], čo naznačuje indukciu bunkovej smrti – apoptózy [18]. Pri vysokých koncentráciách (≥ 10 µM) a dlhších expozičných časoch (≥ 20 h) indukovala administrácia selénom zvýšenú produkciu ROS (reaktívne formy kyslíka), ktoré sú spojené s bunkovou smrťou [5]. Z výsledkov Selvaraj et al. [19] vyplýva, že signifikantné zmeny v miere prežitia rybích pečeňových buniek boli pozorované v skupinách s administráciou Se v koncentráciách ≥ 10 - 100 µM, kde bola viabilita buniek výrazne znížená.

V štúdii Siegel et al. [20] boli býčie spermie pred zmrazením ošetrené 1 µg Se/ml. Po rozmrazení vzorky neboli zaznamenané žiadne rozdiely v životaschopnosti spermií. Seleničitan sodný v koncentráciách 1 a 2 µg/ml média taktiež neovplyvnil životaschopnosť spermií. Avšak, suplementácia spermy vysokými koncentráciami Se (8 µg/ml média) mala škodlivé účinky na parametre spermií (napr. poškodenie fyziologickej oxidácie alebo bunkového dýchania v mitochondriách). Z uvedeného vyplýva, že

funkcia spermií môže byť narušená prebytkom Se [21]. Proliferácia hovädzích endotelových buniek sa zvýšila pri koncentrácii 5x0,1 µM Se. Pri koncentráciách Se vyšších/alebo rovných 1 µM došlo k progresívnej inhibícii rastu buniek spojivového tkaniva [22].

Viaceré štúdie poukazujú na protinádorové vlastnosti selénu. V prípade rakovinových buniek spôsobili vyššie koncentrácie selénu zvýšenie generácie ROS v týchto bunkách, čo viedlo k ich nekróze [23]. Z uvedeného dôvodu boli *in vitro* analýzy realizované aj na nádorových bunkách. Primerané koncentrácie Se môžu mať funkciu nádorových liečiv [24]. Yang et al. [25] uvádzajú, že koncentrácie seleničitanu sodného >10 µM počas 3 hodín inkubácie signifikantne znížili viabilitu buniek ľudského synoviálneho sarkómu (SW982). Taktiež toxické koncentrácie (> 17,7 µM) počas 24 hodín administrácie seleničitanu sodného významne inhibovali viabilitu uvedených buniek. Seleničitan sodný indukoval apoptózu v nádorových bunkách SW982 zvýšením expresie proteínov Casp-3 (kaspáza-3), PARPp85 a Bax (podieľajú sa na zahájení aktivácie apoptózy).

Chen et al. [26] aplikovali seleničitan sodný na ľudské prostatické nádorové bunky (PC-3 bunky) v koncentráciách 0,1; 0,5; 1; 10; 50 a 100 µM/l počas 24 hodín. Viabilita bola detegovaná CCK-8 testom. Rast PC-3 buniek nebol ovplyvnený seleničitanom sodným pri koncentráciách ≤ 5 µM/l. Na druhej strane, autori zaznamenali inhibíciu rastu uvedených buniek v koncentráciách Se vyšších ako 8 µM/l. Seleničitan sodný pri nízkej koncentrácii 2,5 µM (koncentrácia tolerovaná v normálnych zdravých urotelových bunkách UROtsa) potláčal rast a proliferáciu testovaných rakovinových buniek prostredníctvom indukcie oxidačného stresu. Seleničitan sodný ďalej zmenil mitochondriálne funkcie - znížil sa mitochondriálny membránový potenciál bunky, zvýšila sa produkcia superoxidu a zredukovala syntéza ATP. Navyše, bolo zaznamenané aj narušenie lyzozomálnych membrán a aktivácia autofágie. Tieto zmeny v bunkách exponovaných seleničitanu nakoniec viedli k ich zániku v dôsledku nekrózy a iným spôsobom bunkovej smrti [27].

Aplikácia kyseliny metylselenínovej (MSeA; kyselina obsahujúca vo svojej štruktúre Se) v koncentrácii 5 µM inhibovala viabilitu a rast nádorových buniek mliečnej žľazy (TM6 bunky) vo fáze G1 bunkového cyklu. Ošetrenie TM6 buniek metyleselenocysteínom (MSC; koncentrácia 50 µM) spôsobilo apoptózu týchto buniek po 48 hodinách, zatiaľ čo koncentrácia 50 µM MSeA vyvolala apoptózu už po 16-tich hodinách. Vysoká koncentrácia metylselenolu taktiež indukuje apoptózu, časový rozdiel účinku oboch látok môže byť spôsobený pomalou premenou MSC na metylselenol [28].

Je známe, že najmenej deväť druhov selenoproteínov sa exprimuje v ľudských fetálnych osteoblastoch. Predpokladá sa, že ich expresia v kostných bunkách prispieva k ich ochrane pred oxidačným stresom, nakoľko nadmerné hladiny intracelulárnych ROS prispievanú k poruchám kostného metabolizmu inhibíciou osteoblastickej diferenciácie stromálnych buniek kostnej drene (BMSC). Zvýšenie oxidačného stresu dosiahnutého experimentálne - buď zvýšením vnútrobunkových ROS alebo pridaním exogénneho H_2O_2 (peroxid vodíka) v mikromolárnych koncentráciách inhibuje rast širokej škály cicavčích buniek. Oxidačný stres súvisiaci s ROS indukuje zastavenie bunkového cyklu, apoptózu alebo aj nekrotickú smrť buniek. Pri vyšších intracelulárnych hladinách ROS poškodzujú organely, najmä mitochondrie, čo môže viesť k vyčerpaniu energie, akumulácii cytotoxických mediátorov a bunkovej smrti. Udržiavanie intracelulárnej redoxnej homeostázy je závislé na komplexnosti antioxidačných faktorov zahŕňajúcich molekuly s nízkou molekulovou hmotnosťou (napr. glutatión a tioredoxín) a proteínové antioxidanty (napr. určité selenoproteíny). BMSC kultivované v prítomnosti nízkych koncentrácií Se (0,005 - 0,010 µM) poukazujú na zníženú expresiu glutatión peroxidázy (GPX), tioredoxín reduktázy a iných selenoproteínov, čo poukazuje na zníženú ochranu buniek pred účinkami ROS. Avšak, tento efekt môže byť zvrátený podávaním seleničitanu v množstve 0,1 µM, čo vedie k normálnej expresii selenoproteínov a opätovnému nadobudnutiu bunkovej ochrany [5].

Záver

Z výsledkov našej práce vyplýva, že najnižšia a stredná koncentrácia Se nemali signifikantný vplyv na viabilitu myších osteoblastov. Na druhej strane, Se v najvyššej koncentrácii (50 µM) inhibuje životaschopnosť skúmaných buniek v podmienkach *in vitro*. Tieto výsledky naznačujú, že vysoké koncentrácie Se môžu mať negatívny vplyv na kosť v podobe zníženia formácie kostného tkaniva a tým zníženia hustoty kostí. Uvedené zmeny v štruktúre kostí v konečnom dôsledku prispievajú k ich krehkosti a zvýšenému riziku vzniku fraktúr.

Poďakovanie
Tento článok bol vytvorený realizáciou projektu VEGA 1/0505/18.

Použitá literatúra

[1] Kiełczykowska M., Kocot J., Paździor M., Musik I. (2018), Selenium- a fascinating antioxidant of protective properties, In: Advances in Clinical and Experimental Medicine, 27, p. 245

[2] Sunde R. A., O'Dell B. L. (1997) Handbook of Nutritionally Essential Mineral Elements. In: Sunde R. A. Chapter 18 –Selenium, Library of Congress Cataloging -in- Publication Data, Marcel Dekker, Inc., New York, USA, p. 493

[3] ATSDR (Agency for toxic substances and disease registry): Toxicological profile for Selenium. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, USA [Citované: 28. február 2020] <https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp.asp?id=153&tid=28>

[4] Chovancová D., Lesný J. (2006), Nova Biotechnologica *et* Chimica *VI-I*, Súčasný stav výskytu selénu na Slovensku, p. 126

[5] Mosnáčková J., Kováčiková E., Pastorová J., Košická M., Vojtaššáková A., Holčíková K., Simonová E. Selén v potravinách [Citované: 7. marec 2020] <http://www.vup.sk/index.php?mainID=1&navID=42#Sel%C3%A9nov%C3%BD>

[6] Zeng H. (2013), Selenium in Bone Health: Roles in Antioxidant Protection and Cell Proliferation, [Citované: 7. marec 2020] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3571640/>

[7] Gergeľová A. (2010) Bravčové mäso obohatené organickým selénom a jeho vplyv na selénový status u ľudí. (Diplomová práca) Fakulta agrobiológie a potravinových zdrojov, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Nitra

[8] Thomson C. D., Chisholm A., McLachlan S. K., Campbell J. M. (2008) Brazil nuts: an effective way to improve selenium status [Citované: 28. február 2020] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18258628>

[9] Tinggi U. (2008) Selenium: its role as antioxidant in human health, [Citované: 5. marec 2020] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19568888>

[10] Zachara B.A., Pawluk H., Bloch-Boguslawska E., Sliwka K.M., Korenkiewicz J., Skok Z., Ryc K. (2001.) Tissue level, distribution, and total body selenium content in healthy and diseased humans in Poland [Citované dňa 14. marec 2020] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11777029>

[11] Chung Y. W., Kima T. S., Lee S. Y., Lee S. H., Choi Y., Kimd N., Min M. B., Jeong D. W., Kima I. Y. (2005) Selenite-induced apoptosis of osteoclasts mediated by the mitochondrial pathway [Citované dňa 18. marec 2020] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378427405001931>

[12] Ebert R., Jakob F. (2013) Selenium deficiency as a putative risk factor for osteoporosis [Citované: 18. marec 2020] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0531513106005425>

[13] Martiniaková M., Boboňová I, Omelka R., Grosskopf B., Stawarz R., Toman R. (2013) Structural changes in femoral bone tissue of rats after subchronic peroral exposure to selenium [Citované: 15. marec 2020] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3598879/>

[14] Taylor S. E. B., Shah M., Orriss I. R. (2014), Generation of rodent and human osteoblasts [Citované: 4. marec 2020] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4230189/>

[15] Ren G., Ali T., Chen W., Han D., Zhang L., Gu X., Zhang S., Ding L., Fanning S., Han B. (2016) The role of selenium in insulin- like growth factor I receptor (IGF-IR) expression and regulation of apoptosis in mouse osteoblasts, [Citované: 5. marec 2020] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26595309>

[16] Shi L., Duan Y., Yao X., Song R., Ren Y. (2020) Effects of selenium on the proliferation and apoptosis of sheep spermatogonial stem cells *in vitro* [Citované dňa 14. marec 2020] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378432019304658?via%3Dihub>

[17] Lossi L., Castagna C., Merighi A. (2018) Caspase-3 Mediated Cell Death in the Normal Development of the Mammalian Cerebellum [Citované dňa 15. marec 2020] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6321612/>

[18] Crowley L. C., Waterhouse N. J. (2016) Detecting Cleaved Caspase-3 in Apoptic Cells by

Flow Cytometry [Citované dňa 15. marec 2020] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27803251>

[19] Selvaraj V., Tomblin J., Yeager Armistead M., Murray E. (2013) Selenium (Sodium selenite) causes cytotoxicity and apoptotic mediated cell death in PLHC-1 Fish cell line through DNA and mitochondrial membrane potential damage. [Citované dňa 13. marec 2020] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23158585>

[20] Siegel R. B., Murray F. A., Julien W. E., Moxon A. L., Conrad H. R. (1980) Effect of *in vitro* selenium seupplementation on bovine sperm motility [Citované dňa 14. marec 2020] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16725505>

[21] Dorustkar K., Alavi- Shoushtari S. M., Mokarizadeh A. (2012) Effects of *in vitro* selenium addition to the semen extender on the spermatozoa characteristics before and after freezing in water buffaloes (*Bubalus bubalis*) [Citované dňa 14. marec 2020] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Effects+of+in+vitro+selenium+addition+to+the+semen+extender+on+the+spermatozoa+characteristics+before+and+after+freezing+in+water+buffaloes+(Bubalus+bubalis)>

[22] Wei X., Wright G. C. Jr., Sokoloff L. (1986), The effect of sodium selenite on chondrocytes in monolayer culture [Citované: 8. marec 2020] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/3718556>

[23] Sonkusre P., Cameostra S. S. (2017) Biogenic selenium nanop articles induce ROS- mediated necroptosis in PC-3 cancer cells through TNF activation [Citované dňa 15. marec 2020] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28592284>

[24] Fakih C., Cao S., Durrani F. A., Rustum Y. M. (2004) Selective Modulation of the Therapeutic Efficacy of Anticancer Drugs by Selenium Containing Compounds against Human Tumor Xenografts Shousong Cao, Farukh A. Durrani, and Youcef M. Rustum [Citované dňa 15. marec 2020] <https://sci-hub.tw/10.3816/ccc.2005.n.026>

[25] Yang L., Cai Y. S., Xu K., Zhu J. L., Li Y. B., Wu X. Q., Sun J., Lu S. M., Xu P. (2018) Sodium selenite induces apoptosis and inhibits autophagy in human synovial sarcoma cell line SW982 *in vitro* [Citované dňa 8. marec 2020] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5928638/>

[26] Chen P., Wang L., Li N., Liu Q., Ni J. (2013) Comparative proteomics analysis of sodium seleniteinduced apoptosis in human prostate cancer cells [Citované dňa 8. marec 2020] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/?term=Comparative+proteomics+analysis+of+sodium+seleniteinduced+apoptosis+in+human+prostate+cancer+cells>

[27] Soukupová K., Rudolf E. (2019) Suppression of proliferation and activation of cell death by sodium selenite involves mitochondria and lysosomes in chemoresistant bladder cancer cells [Citované dňa 12. marec 2020] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30732900>

[28] Sinha R., Unni E., Ganther H. E., Medina D. (2001) Methylseleninic acid, a potent growth inhibitor of synchronized mouse mammary epithelial tumor cells *in vitro* [Citované dňa 13. marec 2020] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11172735>

Štúdium osteoklastogénneho potenciálu monocytov pacientov s axiálnou spondyloartritídou v *in vitro* podmienkach

Study of osteoclastogenic potential of monocytes in patients with axial spondyloarthritis under *in vitro* conditions

Eva Šebová[1] - Patrik Škubica[2]
Školiteľ: Pavlína Daňková[3]
[1,2,3]Katedra antropologie a genetiky člověka, PřF UK, Viničná 7, 128 43 Praha 2,
[1] sebovae@natur.cuni.cz, [2] patrik.skubica@natur.cuni.cz,[3] pavlina.dankova@natur.cuni.cz

Abstrakt

Táto štúdia sa zaoberá osteoklastogénnym potenciálom monocytov pacientov s axiálnou spondyloartritídou (axSpA), ktorí sú postihnutí zvýšeným rizikom osteoporózy. Za kostnú resorpciu sú zodpovedné osteoklasty vznikajúce fúziou monocytov za prítomnosti cytokínov (RANKL, M-CSF) tým, že produkujú enzýmy schopné rozrušiť kosť. Cieľom práce je objasniť, či prostredie zápalového séra pacientov s axSpA ovplyvňuje proces osteoklastogenézy monocytov pacientov, v porovnaní so sérom zdravých jedincov.

Monocyty separované z periférnej krvi 9 pacientov s axSpA boli 14 dní kultivované pod vplyvom RANKL, M-CSF a zároveň stimulované sérom 5 pacientov a paralelne sérom 5 vekom a pohlavím zodpovedajúcich zdravých darcov. Osteoklasty boli vyhodnotené ako mnohojadrové, TRAP pozitívne bunky. Ich počty boli štatisticky spracované.

Osteoklastogénny potenciál zápalového séra pacientov s axSpA bol vyšší priemerne o 18,1% ($P<0,05$) v porovnaní so sérom zdravých jedincov. Výsledky štúdie naznačujú, že prítomnosť zápalových agens v sére pacientov má významný vplyv na proces osteoklastogenézy.

Kľúčové slová: zápal, monocyt, axiálna spondyloartritída, osteoklastogenéza, osteoporóza

Abstract

The role of this study is to clarify osteoclastogenetic potential of monocytes in axSpA patients who are at increased risk of osteoporosis. Osteoclasts, cells formed by fusion of monocytes in presence of cytokines (RANKL, M-CSF) are responsible for bone resorption by production of enzymes, which are able to disrupt the bone. The aim of this research is to find out if inflammatory serum from axSpA patients affects process of osteoclastogenesis, compared to healthy controls serum.

Monocytes separated from peripheral blood of 9 patients with axSpA were cultured for 14 days with RANKL, M-CSF and stimulated with serum of 5 patients with axSpA and serum of 5 age- and sex-matched healthy individuals, respectively. Osteoclasts were evaluated as multinucleated, TRAP positive cells. Their numbers were statistically processed.

The osteoclastogenic potential of the inflammatory serum of axSpA patients was 18,1% higher ($P<0,05$) compared to serum of healthy subjects. The results of the study suggest that the presence of inflammatory agents in the serum of patients has a significant effect on the osteoclastogenesis process.

Key Words: inflammation, monocyte, axial spondyloarthritis, osteoclastogenesis, osteoporosis

Úvod

Axiálna spondyloartritída je termín, ktorým sú označované viaceré zápalové ochorenia postihujúce chrbticu. Patria sem ochorenia ako ankylozujúca spondylitída (AS), nerádiografická axiálna spondyloartritída, ale aj spondyloartritída spojená so zápalovým ochorením čreva a nediferencovaná spondyloartritída [1].

Prevalencia axSpA v svetovej populácii je v intervale od 0,2% až po 1,61%, v závislosti od demografických charakteristík, pričom v Európe dosahuje v maxime až 1,4% [2, 3].

Pacienti, ktorí sú najmä mladého a stredného veku, sú zasiahnutí chronickými bolesťami a stuhnutosťou predovšetkým dolnej časti chrbtice a panvy, ale zasiahnutá môže byť ktorákoľvek iná časť chrbtice.

Typická je bolesť chrbta, spôsobená zápalom, ktorá je klinicky definovaná a pre jej klasifikáciu boli vyvinuté špecifické kritériá. Prítomný zápal a jeho dôsledky, ktoré sa prejavia na axiálnom skelete, môžu spôsobiť štrukturálne poškodenie chrbtice, čo vedie až k reštrikcii mobility [4, 5 ,6].

Najčastejšími periférnymi prejavmi ochorenia sú artritída a entezitída, ktoré sa môžu vyvinúť kedykoľvek v priebehu ochorenia. Uveitída je veľmi frekventovaným extra-artikulárnym prejavom ochorenia, menej často sú to psoriáza a zápalové ochorenia čriev. Na základe manifestácie príznakov sa kvantifikuje aktivita ochorenia pomocou indexu (BASDAI) alebo skóre aktivity ochorenia (ASDAS) [6, 7, 8].

Okrem toho, že axSpA je komplexným a pomerne závažným ochorením, predstavuje aj jedinečný model porúch remodelácie kostí, kde zároveň prebiehajú dva protichodné patologické procesy. Na jednej strane je patologická novotvorba kosti, na druhej strane je resorpcia kosti, ktorej dôsledkom je vyššie riziko rozvoja osteoporózy a vzniku zlomenín, typického pridruženého prejavu axSpA [9].

Zaujímavou skutočnosťou je aj fakt, že novotvorba a resorpcia nie sú v rámci axSpA miestne oddelené. K výraznému poklesu kostnej hmoty teda dochádza aj na miestach, kde zároveň prebieha tvorba osteofytov. S najväčšou pravdepodobnosťou je základným rozdielom, že zatiaľ čo je novotvorba kosti miestne špecifická, resorpcia a úbytok kosti sa zdajú celosystémové [10].

Hlavnú rolu vo fyziologickej aj patologickej resorpcii kosti hrajú mnohojadrové osteoklasty vznikajúce fúziou jednojadrových monocytov, makrofágov, alebo ich prekurzorov. Pri procese osteoklastogenézy sú dôležité cytokíny ligand pre receptor-aktivátor jadrového faktoru kappa B (RANKL) a makrofágové kolónie stimulujúci faktor (M-CSF). Po stimulácii receptorov týchto cytokínov dochádza k fúzii jednojadrových monocytov, makrofágov a ich prekurzorov, expresii charakteristických génov a produkcii lyzozomálnych enzýmov tartrát rezistentnej kyslej fosfatázy (TRAP) a katepsínu K (CTSK), zodpovedných za rozrušenie kostnej hmoty [11].

V patologických stavoch, medzi ktoré patrí práve systémový zápal, vstupujú do procesu osteoklastogenézy ďalšie faktory. Dlhotrvajúci extenzívny výskum sa zaoberá rolou prozápalových cytokínov a záverom mnohých štúdií je nezanedbateľný význam zápalového prostredia pri diferenciácii osteoklastov. Preto nie je prekvapením, že s vysokým rizikom rozvoja osteoporózy sa stretávame u mnohých chronických zápalových a autoimunitných chorôb, bez výnimky reumatických ochorení [12, 13].

Proces osteoklastogenézy a kostnej resorpcie je v porovnaní s ostatnými zápalovými chorobami u axSpA málo preskúmaný, napriek tomu, že je jedinečným modelom porúch remodelácie kosti. Dôležitosť tejto štúdie spočíva v objasnení roly zápalového séra v procese diferenciácie osteoklastov.

Nové poznatky môžu byť podkladom pre špecifickejší výskum patologických faktorov v zápalovom sére pacientov a ich úloh v procese osteoklastogenézy.

Pochopenie týchto procesov a ich mechanizmov významne prispeje vývinu cielenej liečebnej terapie pre pacientov s axiálnou spondyloartritídou.

1 Materiál a metódy

Východiskovým materiálom pre experiment bola ľudská krv. V prvej časti bola krv odoberaná na sérum. Zo sér boli vytvorené dva reprezentatívne pooly pre pokrytie interindividuálnej variability. Prvý pool tvorilo sérum z krvi pacientov s axSpA (n=5), ktorí boli vyberaní na základe protokolu vytvoreného Reumatologickým ústavom v Prahe, kde im bola krv odoberaná.

Druhý pool pozostával zo séra zdravých jedincov (n=5), ktorí vekom a pohlavím zodpovedali pacientom v prvom poole. Zdraví jedinci boli zaradení do štúdie len v prípade, ak nemali komplikácie, ktoré by sa mohli negatívne prejaviť na účinku séra. Tieto informácie boli zisťované dotazníkovým šetrením, ktoré takýchto jedincov vylúčilo.

Pacienti aj zdraví darcovia boli pred samotným odberom zoznámení so štúdiou, s ktorou súhlasili podpísaním informovaného súhlasu.

V druhej časti boli z periférnej krvi 9 pacientov s axSpA separované mononukleárne bunky (PBMC) gradientovou centrifugáciou pomocou Ficoll-Paque, následne nasadené v počte 8×10^5 na jamku, v 96-jamkovej doštičke v kultivačnom médiu DMEM, suplementovanom L-glutamínom a antibiotikami (penicilín, streptomycín).

Po dvoch hodinách v inkubátore (5% CO_2, 37° C) a oplachu, boli získané adherentné monocyty. Tieto monocyty boli 24 hodín predstimulované cytokínmi M-CSF a RANKL.

Na posúdenie vplyvu séra na osteoklastogenézu monocytov pacientov bolo do média okrem cytokínov

pridaných 10% ľudského séra. Na monocytoch každého z deviatich pacientov prebiehali v tripletoch tri druhy kultivácií. A to kultivácia s 10% séra pacientov s axSpA, s 10% séra zdravých darcov a kontrolná kultivácia s 10% fetálneho bovinného séra (FBS). Médiá so sérom a cytokínmi boli vymieňané každé 3 dni, počas celej 14 dňovej *in vitro* kultivácie, ktorej výsledkom boli mnohojadrové osteoklasty.

Osteoklasty boli zafixované 4% paraformaldehydom, zafarbené komerčným Acid Phosphatase, Leukocyte (TRAP) Kitom (Sigma-Aldrich, Saint Louis, USA) a následne spočítané pomocou mikroskopu. V jamkách boli spočítané všetky osteoklasty, identifikované ako 3 a viac jadrové TRAP pozitívne bunky, ležiace v zornom poli pri posuve cez strednú, najširšiu časť jamky pri 320-násobnom zväčšení pomocou invertovaného fluorescenčného mikroskopu IX71 (Olympus).

Počty osteoklastov boli prevedené do relatívnych čísel, kde 100% tvoril súčet priemerov jednotlivých tripletov. Takýmto spôsobom boli analyzované výsledky kultivácií monocytov od 9 pacientov s axSpA a dáta z nich boli spracované v štatistickom programe GraphPad Prism 8 kde bol použitý Tukey's multiple comparisons test a one way ANOVA. Hodnoty sú uvedené ako priemer (SD).

2 Výsledky a diskusia

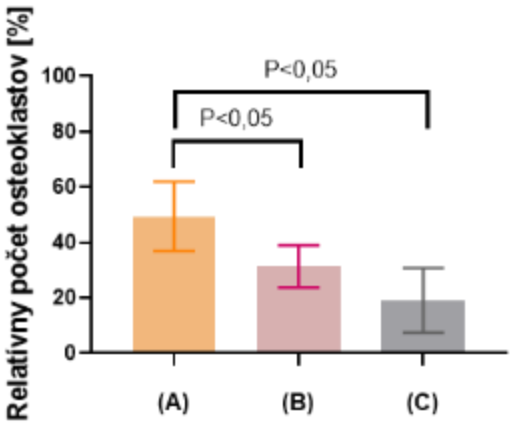
Vizualizácia osteoklastov prebehla pomocou kitu, ktorý je určený na farbenie buniek obsahujúcich TRAP. Keďže jednou z charakteristík osteoklastov je práve produkcia tohto enzýmu, pod mikroskopom sú viditeľné ako mnohojadrové bunky zafarbené na fialovo (Obr. 1).

One way ANOVA a Tukey's multiple comparisons test v programe GraphPad Prism 8 priniesli výsledky *in vitro* kultivácii monocytov 9 axSpA pacientov, ktoré sú zobrazené na Grafe 1.

Do kultivácie s cytokínmi M-CSF a RANKL bolo vždy pridané buď ľudské sérum (pool sér od 5 jedincov s axSpA, alebo od 5 zdravých jedincov), alebo FBS. Použité séra sú zobrazené na osi x: (A) pool sér pacientov s axSpA, (B) pool sér zdravých darcov, (C) kontrolná kultivácia s FBS. Na osi y sú relatívne počty osteoklastov uvedené v percentách. V zápalovom prostredí poolu (A) bol priemerný počet diferencovaných osteoklastov 49,5% (12,5), pri použití poolu (B) 31,4% (7,4) a z kultivácie s FBS sa diferencovalo 19,1% (11,7) z celkového počtu osteoklastov v kultiváciách monocytov 9 pacientov s axSpA.

Obr. 1 Vizualizácia mnohojadrových osteoklastov TRAP farbením pomocou invertovaného fluorescenčného mikroskopu IX71, zväčšenie 320×
Zdroj: [14]

Použitie ľudského séra viedlo k rozdielom v počte osteoklastov oproti kontrolnej kultivácii s FBS. Pri použití séra zdravých jedincov bol počet vyšší o 12,3%, avšak iba sérum pacientov stimulovalo monocyty štatisticky významne viac, pretože došlo k diferenciácii o 30,4% viac osteoklastov ako pod vplyvom FBS ($P<0,05$).



Graf 1 Percentuálny podiel osteoklastov diferencovaných v prostredí séra axSpA (A), séra zdravých kontrol (B) a FBS (C)

Prostredie zápalového séra pacientov signifikantne zvýšilo podiel osteoklastov aj oproti prostrediu séra zdravých jedincov ($P<0,05$). Osteoklastov diferencovaných v podmienkach (A) bolo o 18,1% viac ako osteoklastov, ktoré vznikli v prostredí (B).

Korkosz a kolektív sa vo svojej štúdii venovali vplyvu séra pacientov s axSpA a séra zdravých darcov na monocyty zdravých jedincov. Kultivácia so sérom axSpA priniesla štatisticky významne vyšší počet osteoklastov oproti kultivácii so sérom zdravých jedincov [15]. Výsledky sa zhodujú s našimi a podporujú hypotézu o nezanedbateľnom vplyve zápalového séra pacientov na diferenciáciu monocytov na osteoklasty.

Perpétuo a kolektív v roku 2017 publikovali výsledky štúdie, v ktorej testovali, či zvýšená osteoproliferácia pri AS nemôže byť čiastočne spôsobená zníženou schopnosťou prekurzorov osteoklastov diferencovať sa na osteoklasty. Monocyty pacientov a zdravých darcov boli kultivované na kostných rezoch bez použitia ľudského séra. V závere bol viditeľný trend napovedajúci o nižšom počte osteoklastov diferencovaných z monocytov pacientov v porovnaní s osteoklastami diferencovanými z monocytov zdravých kontrol [16].

Obdobne zameraný výskum z roku 2018 sa zaoberal osteoklastogénnym potenciálom monocytov mužov s diagnózou AS [17]. Caparbo a kolektív kultivovali na kultivačnom plaste monocyty pacientov s AS a zdravých kontrol, opäť bez použitia ľudského séra. Výsledné počty osteoklastov potvrdzujú zníženú schopnosť diferenciácie monocytov pacientov s AS v porovnaní so zdravými kontrolami (P=0,014) [17] a zhodujú sa tak so závermi predchádzajúcej štúdie [16]. Perpétuo a Caparbo na základe ich výsledkov dospeli k predpokladu, že monocyty pacientov s diagnostikovanou AS majú nižšiu efektivitu diferenciácie, ak sú diferencované v definovanom prostredí za použitia FBS.

Predkladaná práca však skúma osteoklastogénny potenciál monocytov pacientov axSpA v prostredí, ktoré má modelovať prirodzené prostredie monocytov zdravých jedincov (B) vs. patologické prostredie pacientov axSpA (A). S ohľadom na odlišný výstup teda môžeme špekulova, že monocyty pacientov sa správajú rozdielne v prostredí ľudského séra a FBS, a že záleží na zdravotnej kondícii ľudského séra. Ukazuje sa, že monocyty, či už pacientov alebo zdravých jedincov, sú stimulované zápalovými faktormi prítomnými v sére pacientov axSpA natoľko, až sa diferencuje väčší počet osteoklastov, čo môže mať za následok celosystémové zvýšenie kostnej resorpcie. Za diskrepantný nález v našej práci v porovnaní s [16] a [17] však môžu byť zodpovedné aj samotné bunky, pretože tieto štúdie skúmali bunky pacientov s AS, zatiaľ čo my sme vo výskume nerozlišovali formu, resp. stupeň ochorenia; na kultivácie sme využili bunky pacientov s diagnózou axSpA, kde bola zahrnutá ako nerádiografická, tak rádiografická forma ochorenia. I keď výskumy [18, 19] naznačujú, že ide o rovnaké ochorenie v rôznom štádiu, je pravdepodobné, že sú medzi nimi prítomné rozdiely nie len v procese kostnej novotvorby, ale aj v procese osteoklastogenézy.

Záver

Zistenie, že zápalové prostredie séra pacientov s axSpA pôsobí stimulačne na osteoklastogénny potenciál monocytov pacientov s týmto ochorením, je jedným z možných vysvetlení patologickej resorpcie kosti, ktorá môže viesť až k osteoporóze.

Výsledky tejto práce prinášajú celý rad otázok:

Ako zápalové prostredie modelované sérom axSpA pacientov ovplyvní schopnosť monocytov zdravých darcov diferencovať v osteoklasty?

Ktoré zápalové faktory v sére pacientov majú preosteoklastogénne účinky?

Budú sa účinky séra a schopnosť maturácie monocytov v osteoklasty líšiť medzi dvomi formami ochorenia, nerádiografickou a rádiografickou axSpA?

Pochopenie mechanizmu rozvoja osteoporózy u pacientov s axSpA by mohlo prispieť k jej prevencii a liečbe, ktoré by pomohli zlepšiť kvalitu života pacientov s axiálnou spondyloartritídou.

Poďakovanie

Táto práca bola vypracovaná v spolupráci s Reumatologickým ústavom v Prahe a finančne bola podporená grantom MZ ČR 00023728 a grantom MŠMT ČR Progres Q43.

V prvom rade musím poďakovať RNDr. Pavlíne Daňkovej Ph.D., za vedenie, poskytnutie odborného dohľadu a možnosť realizácie tejto práce v Laboratóriu molekulárnej antropológie na Katedre antropológie a genetiky človeka Prírodovedeckej fakulty Univerzity Karlovej.

Vďaka patrí aj Mgr. Patrikovi Škubicovi za cenné rady a postrehy týkajúce sa výskumu.

Poďakovať by som sa chcela aj MUDr. Markéte Hušákovej Ph.D. (Reumatologický ústav 1. Lekárskej fakulty, Univerziy Karlovej v Prahe), za klinický dizajn štúdie a výber pacientov spĺňajúcich kritériá požadované pre túto štúdiu a organizáciu odberov krvi pacientov.

Použitá literatúra

[1] Wang R., Ward MM. (2001) Curr. Opin. Rheumatol. 30(2), p. 137

[2] Stolwijk C., van Onna M., Boonen A., van Tubergen A. (2016) Arthritis Care. Res. 68(9), p. 1320

[3] Zlatkovic-Svenda M.I., Stojanovic R.M., Sipetic-Grujicic S.B., Radak-Perovic M.M., Damjanov N.S., Guillemin F. (2015) Ann. Rheum. Dis. 74(10), p. 1940

[4] Hušáková M.(2018) Farmakoterapeutická revue, 3, p.1

[5] Sieper J., van der Heijde D., Landewé R., Brandt J., Burgos-Vagas R., Collantes-Estevez E., Dijkmans B., Dougados M., Khan M. A., Leirisalo-Repo M., van der Linden S., Maksymowych W.P., Mielants H., Olivieri I., Rudwaleit M. (2009) Ann. Rheum. Dis. 68(6), p. 784

[6] Sieper J., Poddubnyy D., (2017) The Lancet 390, p. 73

[7] Garrett S., Jenkinson T., Kennedy L. G., Whitelock H., Gaisford P., Calin A. (1994) J Rheumatol. 21(12), p2286

[8] Machado P., Landewé R., Lie E., Kvien T. K., Braun J., Baker D., van der Heijde D.; Assessment of SpondyloArthritis international Society. (2011) Ann. Rheum. Dis. 70(1), p. 47

[9] Briot K., Roux C. (2015) RMD Open. 1(1) e000052

[10] Klingberg E., Lorentzon M., Göthlin J., Mellström D., Geijer M., Ohlsson C., Atkinson E. J., Khosla S., Carlsten H., Forsblad-d'Elia H. (2013) Arthiritis Res. Ther. 15(6), R179.

[11] Boyle W.J., Simonet W.S., Lacey D.L. (2003) Nature. 423(6937), p. 337

[12] Amarasekara D. S., Yun, H., Kim S., Lee, N., Kim H., Rho J. (2018) Immune Netw. 18(1), e8

[13] Amarasekara D.S., Yu J., Rho J. (2015) J. Immunol. Res. 832127, p. 1

[14] Škubica P. (2018) Vliv vybraných zánětlivých agens na proces osteoklastogeneze. (Diplomová práca) Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Praha

[15] Korkosz M., Czepiel M., Guła Z., Stec M., Węglarczyk K., Rutkowska-Zapała M., Gruca A., Lenart M., Baran J., Gąsowski J., Błyszczuk P., Siedlar M. (2018) BMC Musculoskelet Disord. 9(1):434.

[16] Perpétuo I. P., Caetano-Lopes J., Vieira-Sousa E., Campanilho-Marques R., Ponte C., Canhão H., Ainola M., Fonseca J. E. (2017). Front Med. 4:5.

[17] Caparbo V.F., Saad C.G.S., Moraes J.C., de Brum-Fernandes A.J., Pereira R.M.R. (2018) Osteopors. Int. 29(11):2565-2573

[18] Sieper J., Poddubnyy D. (2017) Lancet. 390(10089):73-84

[19] Deodhar A., Strand V., Kay J., Braun J. (2016) Ann Rheum Dis. 75(5):791-4

Ekológia a environmentalistika

Hodnotenie pôdnej reakcie a redox potenciálu pôdy pozdĺž toku rieky Orava

Assessment of soil reaction and soil redox potential along the Orava River

Nikola Benková[1] – Jozef Varga[2] – Eduard Lukáč[3]
Školiteľ: Radoslava Kanianska[4]
[1,2,3,4]Katedra životného prostredia, FPV UMB, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica,
[1]nikola.benkova@umb.sk, [2]jozef.varga@umb.sk, [3]elukac@studenti.umb.sk, [4]radoslava.kanianska@umb.sk

Abstrakt
Práca sa zameriava na hodnotenie pôdnej reakcie a redox potenciálu ako významných chemických pôdnych charakteristík. Záujmovou lokalitou je tok rieky Orava, v rámci ktorého bolo odobraných 11 pôdnych vzoriek pôdneho typu fluvizem, 1 vzorka kambizeme odobraná z neďalekého svahu a 2 vzorky technozeme zo skládky Široká lokalizovanej na svahu mimo alúvia toku, ale s možným nepriamym kontaminačným vplyvom na okolité prostredie. Pôdne vzorky boli odoberané z dvoch hĺbok (0 – 0,1 m a 0,2 – 0,3 m).

V prípade pôdnej reakcie sme zisťovali aktívnu aj výmennú pôdnu reakciu. Na fluvizemiach sa hodnoty pH/H_2O v prvej hĺbke pohybovali od 6,76 do 7,81, čo zodpovedá rozsahu neutrálnej až slabo alkalickej pôdnej reakcie. Na svahu, na kambizemi, sme zistili slabo kyslú pôdnu reakciu s pH/H_2O 6,53. Na skládke Široká naopak hodnoty pH/H_2O dosiahli oblasť stredne alkalickej pôdnej reakcie v rozsahu 7,90 – 8,10. Hodnoty redox potenciálu poukázali na prevahu slabo redukčných pomerov v pôdnom prostredí.
Kľúčové slová: pôda, pôdna reakcia, redox potenciál, tok rieky Orava

Abstract
The work is focused on the evaluation of soil reaction and redox potential as important chemical soil characteristics. The area of interest is the Orava River, in which were taken 11 soil samples of the soil type Fluvisol, 1 sample of Cambisol located at slope and 2 samples of Technosol from the Široká landfill. The landfill is located on a slope outside the alluvium, but with a possible indirect contaminating effect on the surrounding environment. Soil samples were taken from two depths (0 – 0.1 m and 0.2 – 0.3 m).

In the case of soil reaction we determined both active and exchange soil reaction. The pH/H_2O values in the first depth ranged in Fluvisols from 6.76 to 7.81, corresponding to a range of neutral to slightly alkaline soil reaction. On the slope, in Cambisol, we found a weakly acidic soil reaction with pH/H_2O 6.53. In the landfill, pH/H_2O values reached the medium alkaline soil reaction area in the range 7.90 – 8.10. The redox potential values indicated the prevalence of weakly reducing conditions in the soil environment.
Key Words: soil, soil reaction, redox potential, Orava river flow

Úvod

Štúdia je zameraná na hodnotenie pôdnej reakcie a redox potenciálu pôdy pozdĺž toku rieky Orava.

Pôdna reakcia a redox potenciál patria medzi významné chemické charakteristiky pôdy, ktoré prebiehajú medzi jednotlivými fázami pôdy, a to predovšetkým medzi koloidnou časťou pôdy a pôdnym roztokom, ako aj medzi koreňovou sústavou rastlín a pôdou. Chemické vlastnosti sú výsledkom zložitých, neustále prebiehajúcich reakcií [1].

Pôdnu reakciu vyjadruje hodnota pH predstavujúca záporný dekadický logaritmus koncentrácie vodíkových iónov v pôdnom roztoku ($pH = -\log[H^+]$) a má veľký význam pri celkovej stabilite a využiteľnom potenciáli pôdy a následne môže ovplyvňovať aj jej ďalšie charakteristiky a vlastnosti [2], ktorými sú pôdotvorný proces, štruktúra pôdy, dostupnosť živín, zloženie a aktivita pôdneho edafónu, dostupnosť iónov, prípadne zlúčenín toxicky pôsobiacich na rastliny [3]. Podľa Čurlíka a Jurkoviča (2012) pôdna reakcia tiež vplýva na potenciál pôdnej úrodnosti, mobilizačné látkové procesy či rôzne možnosti kontaminácie iných zložiek životného prostredia [4]. Pôdnu reakciu rozlišujeme:

- **aktívnu** – určite sa vo vodnom výluhu a je zapríčinená voľnými iónmi vodíka v pôdnom roztoku,
- **výmennú** – možno ju definovať ako schopnosť pôdy meniť pH roztoku neutrálnych solí, dôležitými sú viazané ióny vodíka/ hliníka na pevný koloidný komplex (PKK), prípadne na pevnú časť pôdy [3].

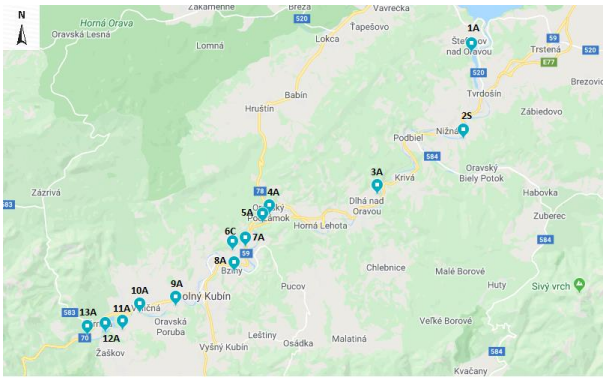
Hodnotený bol aj redox potenciál Eh (oxidačno-redukčný potenciál) určujúci schopnosť roztoku pôsobiť ako oxidačné alebo redukčné činidlo. Jednotkou pre meranie Eh je milivolt (mV). Obsah vody, koncentrácia kyslíka a pH sú faktory vplývajúce na oxidačno-redukčný potenciál. Nakoľko sa Eh a pH vzájomne ovplyvňujú, je dôležité podotknúť, že zmena oxidačno-redukčných podmienok môže značnou mierou ovplyvňovať pôdnu reakciu [5]. V priebehu roka môžu hodnoty pôdnej reakcie kolísať v závislosti od neustále prebiehajúcich procesov, ktorými sú napríklad kolísanie hladiny podzemnej vody či glejových pôdnych procesov. Výskumy potvrdzujú, že oxidačné pôdne procesy spúšťajú proces poklesu hodnôt pôdnej reakcie, redukčné sa podieľajú na zvyšovaní pH [6].

Cieľom práce je štúdium pôdnej reakcie a redox potenciálu na alúviu rieky Orava. Ide o významné chemické pôdne charakteristiky majúce vplyv na toxicitu potenciálne toxických prvkov (PTP), reguláciu ich mobility či reguláciu kontaminácie prostredia.

1 Materiál a metodika práce

Záujmovým územím je tok rieky Orava, počínajúc odberovým miestom v obci Štefanov nad Oravou a končiac lokalitou pri obci Párnica. Celková vzdialenosť prvého a posledného odberového miesta predstavuje takmer 50 km, v rámci ktorej bolo odobraných 14 pôdnych vzoriek (Obr. 1) z dvoch hĺbok (0 – 0,1 m a 0,2 – 0,3 m). Nadmorská výška odberových lokalít sa pohybovala v rozmedzí od 589 m n. m. (najvyššie položená lokalita) do 451 (najnižšie položená lokalita) m n. m.

Základné údaje o záujmových lokalitách uvádza Tab. 1.



Obr. 1 Znázornenie záujmových lokalít pozdĺž toku rieky Orava
Zdroj: [7]

Tab. 1 Odberové miesta pozdĺž toku rieky Orava s uvedením GPS a pôdneho typu
(*vysvetlivky*: A – alúvium, S – svah, C – kontaminovaná lokalita, FM – fluvizem, KM – kambizem, TZ – technozem)

Odberové miesto	GPS	Pôdny typ
1A	N49˚21,347 E19˚32,575	FM
2S	N49˚18,268 E19˚32,129	KM
3A	N49˚16,272 E19˚27,396	FM
4A	N49˚15,563 E19˚21,446	FM
5A	N49˚15,263 E19˚21,102	FM
6-1C	N49˚14,262 E19˚19,416	TZ
6-2C	N49˚14,262 E19˚19,416	TZ
7A	N49˚14,390 E19˚20,143	FM
8A	N49˚13,505 E19˚19,524	FM
9A	N49˚12,284 E19˚16,288	FM
10A	N49˚12,021 E19˚14,311	FM
11A	N49˚11,422 E19˚13,360	FM
12A	N49˚11,327 E19˚12,424	FM
13A	N49˚11,215 E19˚11,421	FM

Boli odobrané pôdne vzorky troch pôdnych typov, a to pôdneho typu fluvizem (11 pôdnych vzoriek), 1

vzorka kambizeme odobraná z neďalekého svahu a 2 vzorky technozeme zo skládky Široká (register environmentálnych záťaží – časť B: DK(003)/ Medzihradie nad Oravou, STKO Dolný Kubín-Široká) lokalizovanej na svahu mimo alúvia toku.

Pôdne vzorky boli následne homogenizované a sušené pri izbovej teplote. Dôležitými faktormi boli pravidelné vetranie a prehrabávanie vzoriek podporujúce ich dôkladné vysušenie.

Po nevyhnutnej predúprave vzoriek nasledoval proces drvenia, v rámci ktorého boli vzorky drvené, následne homogenizované za účelom odstránenia skeletu, korienkov a ďalších prítomných častí rastlín. Takto pripravené vzorky boli preosiate sitom na požadovanú veľkosť 2 mm (frakcia jemnozem). Z každej takto pripravenej pôdnej vzorky bolo navážených 40 g na meranie:

- pH/H_2O, pH/KCl – hodnotenie aktívnej a výmennej pôdnej reakcie,
- Eh/H_2O, Eh/KCl – hodnotenie redox potenciálu.

Pre účely merania pH a Eh bol využitý prístroj Multi 3420 (WTW). Pre stanovenie aktívnej pôdnej reakcie bola využitá stupnica USDA (Tab. 2).

Tab. 2 Hodnotenie aktívnej pôdnej reakcie pH/ H_2O podľa stupnice USDA
Zdroj: [8]

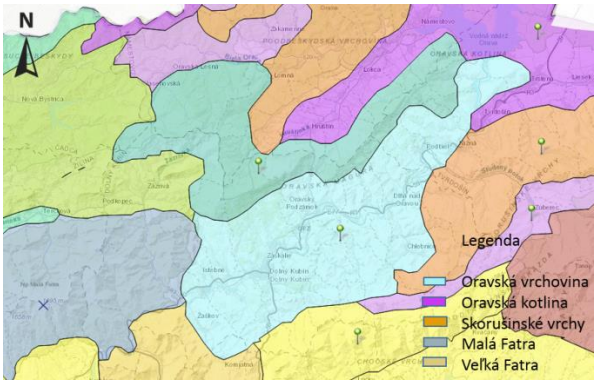
pH/ H_2O	Hodnotenie aktívnej pôdnej reakcie
< 3,5	veľmi kyslá
3,5 – 4,4	extrémna kyslá
4,5 – 5,0	veľmi silne kyslá
5,1 – 5,5	silne kyslá
5,6 – 6,0	stredne kyslá
6,1 – 6,5	slabo kyslá
6,6 – 7,3	neutrálna
7,4 – 7,8	slabo alkalická
7,9 – 8,4	stredne alkalická
8,5 – 9,0	silne alkalická
> 9,0	veľmi silne alkalická

Na základe vyššie uvedenej stupnice boli vyhodnotené výsledky meraní pôdnej reakcie pôdnych vzoriek pozdĺž toku rieky Orava (Tab. 3 a 4).

1.1 Charakteristika skúmanej lokality

Z geomorfologického hľadiska spadá záujmové územie z prevažnej časti pod celok Oravská vrchovina, ktorý je súčasťou oblasti Stredné Beskydy spadajúcu pod Alpsko-himalájsku sústavu, v rámci podsústavy Karpaty, provincie Západné Karpaty a subprovincie Vonkajšie Západné Karpaty [9].

Ďalšími geomorfologickými celkami, pod ktoré spadá záujmové územie, avšak len pomerne menším podielom, sú Oravská kotlina, Skorušinské vrchy, Malá a Veľká Fatra (Obr. 2). Menované pohoria sa vyznačujú charakteristicky hornatinovým až vysočinovým reliéfom [9].



Obr. 2 Geomorfologické zaradenie záujmového územia
Zdroj: [10]

Oravská vrchovina tiahnuca sa v smere JZ – SV sa rozprestiera po oboch stranách rieky Orava. Oblasť má členitý reliéf vyznačujúci sa rozmanitým geologickým podkladom, na ktorom zložení sa podieľajú predovšetkým flyšové súvrstvia kombinované horninami bradlového pásma [9].

Veľká čas povrchu bola postupne v rámci pôdneho fondu zmenená na ornú pôdu, aj pozdĺž toku rieky Orava. Tieto pôdy sú v súčasnosti značnou mierou obhospodarované, čo je spojené s ich zhutnením v dôsledku ťažkých mechanizmov. Okrem polí využívaných na produkciu a pestovanie sa v záujmovom území nachádzajú lúky a pasienky a vo vyšších nadmorských výškach lesy. Záujmové územie sa zaraďuje medzi chladné klimatické oblasti [9].

2 Výsledky a diskusia

Prehľad nameraných hodnôt v odobraných pôdnych vzorkách znázorňujú Tab. 3 a 4.

Na fluvizemiach v prvej hĺbke sa hodnoty pH/H_2O pohybovali od 6,76 do 7,81, čo zodpovedá rozsahu neutrálnej až slabo alkalickej pôdnej reakcie. Hodnoty pH/KCl sa pohybovali od stredne kyslej (5,95) po slabo alkalickú (7,39) pôdnu reakciu. Na svahu, na kambizemi, sme zistili slabo kyslú pôdnu reakciu

s pH/H_2O 6,53. V prípade výmennej pôdnej reakcie sme namerali hodnotu 5,81 zodpovedajúcu stredne kyslej pôdnej reakcie. Na skládke Široká naopak hodnoty pH/H_2O dosiahli oblasť stredne alkalickej pôdnej reakcie (7,90 – 8,10), ktorá však pri výmennej pôdnej reakcie zo stredne alkalickej (7,95) prechádzala do slabo alkalickej (7,82).

Medzi dvomi sledovanými hĺbkami sme nezaznamenali výrazne rozdiely. pH v prvej hĺbke dosiahlo vyšší aritmetický priemer (7,43) v porovnaní s druhou hĺbkou (7,39). Aritmetický priemer nameraných hodnôt spadá pod slabo alkalický. Aj v prípade výmennej pôdnej reakcie je v priemere nameraných hodnôt minimálny rozdiel (6,95 a 6,93), avšak uvedené priemery je už možné klasifikovať ako neutrálne. Namerané hodnoty však potvrdili, že na pôdnu reakciu má vplyv ako pôdny typ, tak aj hĺbka pôdy a spôsob jej využívania.

Nakoľko je pôda ako celok dynamickým a komplexným systémom, akékoľvek zmeny vnútorných fyzikálno-chemických vlastností (v našom prípade zmena pH a Eh) vplývajú na širokú škálu procesov. Jedným z nich je transport znečisťujúcich látok a PTP v pôdnom systéme [11]. Do úvahy je nutné brať aj skutočnosť, že Eh je hodnota nestabilná, značne kolísavá, závisiaca od množstva zrážok, od druhu pestovanej plodiny ale aj od spôsobu obrábania pôdy.

Tab. 3 Hodnoty pH a Eh v prvej hĺbke (0 – 0,1 m) (*vysvetlivky*: A – alúvium, S – svah, C – kontaminovaná lokalita, x̄ – aritmetický priemer, ± SO – smerodajná odchýlka)

Označenie	pH/H_2O	Eh/H_2O (mV)	pH/KCl	Eh/KCl (mV)
1A	6,76	19,20	5,95	67,80
2S	6,53	29,30	5,81	73,60
3A	7,81	-43,40	7,37	-18,00
4A	7,38	-19,10	7,10	-1,90
5A	7,77	-40,40	7,39	-19,00
6-1C	7,90	-48,40	7,95	-50,50
6-2C	8,10	-58,80	7,82	-43,70
7A	7,30	-14,30	6,72	20,90
8A	7,47	-21,00	6,82	14,10
9A	6,91	9,60	6,04	60,60
10A	7,63	-33,50	7,16	-5,60
11A	7,58	-29,60	7,17	-5,10
12A	7,51	-25,10	7,18	-6,30
13A	7,34	-15,50	6,78	17,20
x̄ ± SO	**7,43 ± 0,43**	**-20,79 ± 24,59**	**6,95 ± 0,63**	**7,44 ± 36,93**

Tab. 4 Hodnoty pH a Eh v druhej hĺbke (0,2 – 0,3 m) (*vysvetlivky*: A – alúvium, S – svah, C – kontaminovaná lokalita, x̄ – aritmetický priemer, ± SO – smerodajná odchýlka)

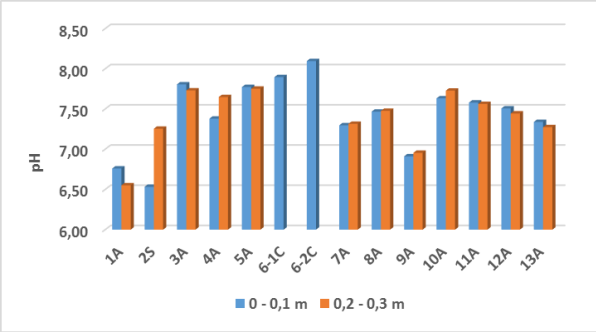
Označenie	pH/H_2O	Eh/H_2O (mV)	pH/KCl	Eh/KCl (mV)
1A	6,55	32,80	5,65	84,00
2S	7,26	-10,40	7,02	3,60
3A	7,73	-39,00	7,38	-18,30
4A	7,65	-35,00	7,31	-12,60
5A	7,75	-37,50	7,35	-13,60
6C	-	-	-	-
7A	7,32	-15,20	6,73	19,80
8A	7,48	-23,20	6,96	7,80
9A	6,96	6,10	6,33	43,20
10A	7,73	-38,30	7,29	-13,20
11A	7,56	-29,30	7,13	-2,60
12A	7,44	-22,00	7,15	-4,70
13A	7,27	-11,50	6,82	14,70
x̄ ± SO	**7,39 ± 0,34**	**-18,54 ± 20,33**	**6,93 ± 0,48**	**9,01 ± 28,15**

V prípade oboch hĺbok (0 – 0,1 m a 0,2 – 0,3 m) sa hodnotila pôdna reakcia pH aktívna aj výmenná. V prípade aktívnej pôdnej reakcie pH/H_2O v hĺbke 0 – 0,1 m bol zistený aritmetický priemer (x̄) 7, 43 spadajúci pod slabo alkalickú hodnotu pH. Najnižšou nameranou bola hodnota 6,53 (slabo kyslá) pri lokalite 2S a hodnota 8,10 (stredne alkalická) pri lokalite 6-2C bola najvyššou nameranou. Pri meraní hodnôt výmennej pôdnej reakcie pH/KCl bol x̄ 6,95, ktorý podľa stupnice USDA spadá pod neutrálnu hodnotu pôdnej reakcie. Namerané hodnoty pôdnej reakcie sa pohybovali v rozmedzí od 5,81 (stredne kyslá) pri lokalite 2S do 7,95 (stredne alkalická) pri lokalite 6-1C.

Pri pôdnych vzorkách odobraných z hĺbky 0,2 – 0,3 m v rámci hodnotenia pôdnej reakcie nastali len minimálne rozdiely a výkyvy pri nameraných priemeroch. V prípade aktívnej pôdnej reakcie predstavoval x̄ hodnotu 7,39 (slabo alkalická). Rozsah nameraných hodnôt bol 6,55 – 7,75. Priemer 6,93 bol nameraný pri pH/KCl (5,65 – 7,38). Porovnanie hodnôt aktívnej pôdnej reakcie oboch sledovaných hĺbok znázorňuje Graf 1.

Pôdna reakcia dosahuje hodnoty blízke hodnotám neutrálnym, ktoré sú pre výživu rastlín najviac prospešné. Neutrálne pH pôd vyhovuje väčšine rastlín a zabezpečuje optimálne podmienky ich existencie. S narastajúcou hĺbkou stúpa predpoklad prechodu neutrálnych hodnôt do kyslejších, nakoľko

povrchový horizont môže byť ovplyvňovaný procesom vápnenia, a tým nastáva zvyšovanie pôdnej reakcie k hodnotám neutrálnym, ktoré sú pre poľnohospodársku produkciu kľúčové.



Graf 1 Porovnanie nameraných hodnôt aktívnej pôdnej reakcie jednotlivých lokalít v dvoch sledovaných hĺbkach

Z hľadiska zastúpenia pôdnych typov bola najvyššia priemerná hodnota pH 8,00 (rozsah 7,90 – 8,10) dosiahnutá pri technozemi odobranej zo skládky Široká (lokality 6-1C a 6-2C). Pri 11 vzorkách pôdneho typu fluvizem sa namerané hodnoty pohybovali v rozmedzí 6,76 až 7,81, pričom ich aritmetický priemer predstavoval hodnotu 7,41. Z pôdneho typu kambizem bola odobraná jedna vzorka (lokalita 2S), pri ktorej pH/H_2O dosahovalo hodnotu 6,53. Technozem bola odoberaná len z hĺbky 0 – 0,1 m, nakoľko odber z druhej hĺbky 0,2 – 0,3 m nebol možný z dôvodu plytkého povrchu skládky. Hodnoty pH/H_2O pri FM sa v druhej hĺbke pohybovali v rozsahu 6,55 až 7,75 ($\bar{x}$ 7,40). Pri KM je možné sledovať prechod pôdnej reakcie zo slabo kyslej k neutrálnej, nakoľko pri druhej hĺbke bola nameraná hodnota pH/H_2O 7,26.

Namerané hodnoty výmennej pôdnej reakcie pH/KCl sa líšili od dosiahnutých hodnôt aktívnej pôdnej reakcie v oboch sledovaných hĺbkach. Pri prvej hĺbke je vo všeobecnosti možné sledovať pokles hodnôt pôdnej reakcie. Pri FM sa namerané hodnoty pohybovali v rozsahu stredne kyslej (5,95) až slabo alkalickej (7,39) pôdnej reakcie, pričom aritmetický priemer predstavoval hodnotu 6,88 zastupujúcu neutrálnu hodnotu pôdnej reakcie. Nameraná hodnota pri lokalite 2S (KM) spadala pod stredne kyslú pôdnu reakciu (5,81). Slabo alkalické (7,82) až stredne alkalické (7,95) rozmedzie hodnôt bolo namerané pri pôdnom type TZ. Pokles hodnôt v druhej hĺbke možno sledovať pri pôdnych vzorkách FM, ktoré sa pohybovali v rozsahu 5,65 (stredne kyslá) – 7,38 (slabo alkalická), avšak výsledný $\bar{x}$ (6,92) spadá pod neutrálnu pôdnu reakciu. Pri pôdnom type KM však možno pozorovať nárast hodnoty pH, ktorá zo stredne kyslej v prvej hĺbke prešla do neutrálnej (7,02) v hĺbke druhej.

Ďalšou meranou chemickou pôdnou charakteristikou bol redox potenciál Eh (oxidačno-redukčný potenciál) vyjadrujúci dominanciu prebiehajúcich oxidačných, prípadne redukčných procesov. Vo všeobecnosti je možné konštatovať, že výsledky analyzovaných pôdnych vzoriek v oboch sledovaných hĺbkach poukazujú na dominanciu redukčných procesov (záporné namerané hodnoty).

Priemer Eh/H_2O v hĺbke 0 – 0,1 m predstavoval hodnotu -20,79 mV. Dominujú redukčné procesy, okrem 3 výnimiek pozorovaných pri lokalitách 1A, 2S a 9A, pri ktorých boli namerané kladné hodnoty poukazujúce na prebiehajúce oxidačné procesy. Kladný aritmetický priemer nameraných hodnôt 7,44 mV bol dosiahnutý pri meraní Eh/KCl. Hodnoty sa pohybovali v rozsahu od -50,50 (6-1C) do 73,60 (2S) mV.

V druhej sledovanej hĺbke sa rozsah nameraných hodnôt v prípade Eh/H_2O pohyboval od -39,00 do 32,80 mV. Dosiahnutý $\bar{x}$ (-18,54 mV) poukazuje na prevládajúce redukčné procesy, oxidačné procesy sa preukázali len v prípade lokalít 1A a 9A. V prípade Eh/KCl boli oxidačné a redukčné procesy vyrovnané (počet kladne nameraných hodnôt sa rovnal počtu záporných). Priemer predstavoval hodnotu 9,01 mV reprezentujúcu dominanciu oxidačných procesov v hĺbke pôdy 0,2 – 0,3 m.

Rovnako aj v prípade redox potenciálu je zaujímavé porovnanie nameraných hodnôt z pohľadu pôdneho typu. V prípade Eh/H_2O možno pri všetkých pôdnych typoch pozorovať záporné priemery nameraných hodnôt, ktoré poukazujú na dominanciu redukčných procesov. Výnimkou je KM v prvej hĺbke, v ktorej hodnota Eh predstavuje 29,30, a tým pádom prezentuje priebeh oxidačných procesov v pôdnom prostredí. Pri FM boli v oboch sledovaných hĺbkach dosiahnuté podobné priemery (-19,37 a -19,28). Zaujímavé je porovnanie hodnôt pri lokalite 2S, na ktorej boli pôdne vzorky odoberané zo svahu nad obcou Nižná. Hodnota Eh/H_2O v prvej hĺbke bola kladná (29,30), a teda poukazuje na prebiehajúce oxidačné procesy, nakoľko pri druhej hĺbke možno pozorovať prechod ku zápornej hodnote (-10,40) hovoriacej o redukčných procesoch. Pri vzorkách TZ je možné pozorovať priebeh redukčných procesov ako v prípade Eh/H_2O ($\bar{x}$ -53,60), tak aj v prípade Eh/KCl ($\bar{x}$ 47,10).

Pri FM je zaujímavé porovnanie Eh/H_2O a Eh/KCl. Priemer nameraných hodnôt Eh/KCl poukazuje na dominanciu priebehu oxidačných procesov v prvej (11,34) aj druhej (9,50) sledovanej hĺbke. Priebeh oxidačných procesov sa preukázal aj v prípade KM, opäť v oboch sledovaných hĺbkach ($\bar{x}$ 73,60 a 3,60).

Výsledky nameraných hodnôt aktívnej pôdnej reakcie indikujú slabo alkalickú pôdnu reakciu, pri ktorej v sorpčnom pôdnom komplexe prevažujú bázické katióne v pomere k iónom vodíka [4]. Podľa Šimanského a kol. (2017) alkalická pôdna reakcia je očakávateľná predovšetkým v aridných a semiarídnych oblastiach s vysokým stupňom nasýtenia bázickými katiónmi. Naopak, kyslejšie hodnoty pH možno zaznamenať v humídnych oblastiach s vyšším podielom zrážok, ktoré sú jedným z faktorov podporujúcich proces vymývania podstatného množstva výmenných bázických katiónov [3].

Nakoľko hodnota Eh v značnej miere závisí od pH pôdneho roztoku, je možné využiť ukazovatele rH_2 a DpH, ktoré pomáhajú získať porovnateľné hodnoty Eh pri rôznej pôdnej reakcie (Tab. 5). Pre výpočty menovaných ukazovateľov boli využité nasledovné vzorce:

$DpH = pH/H_2O – pH/KCl$

$rH_2 = Eh/30 + 2pH$

Tab. 5 Hodnoty faktorov DpH a rH_2

Lokal.	DpH		rH_2	
	1. hĺbka	2. hĺbka	1. hĺbka	2. hĺbka
1A	0,81	0,90	14,16	14,19
2S	0,72	0,24	14,04	14,17
3A	0,44	0,35	14,17	14,16
4A	0,28	0,34	14,12	14,13
5A	0,38	0,40	14,19	14,25
6-1C	-0,05		14,19	
6-2C	0,28		14,24	
7A	0,58	0,59	14,12	14,13
8A	0,65	0,52	14,24	14,19
9A	0,87	0,63	14,14	14,12
10A	0,47	0,44	14,14	14,18
11A	0,41	0,43	14,17	14,14
12A	0,33	0,29	14,18	14,15
13A	0,56	0,45	14,16	14,16
$\bar{x}$	**0,48**	**0,47**	**14,16**	**14,16**

Napriek tomu, že ide o fluvizeme, ktoré sú desaťročia uskladnené na povrchu a dalo by sa očakávať, že oxického charakteru, faktor $rH_2 < 20$ naznačuje, že pôdy sú málo prevzdušnené [12]. V dobre prevzdušnených pôdach hodnoty rH_2 faktora kolíšu v rozmedzí 28 – 34 [12]. Toto zistenie korešponduje aj s hodnotami Eh < 118, ktoré špecifikujú takého pôdy ako anoxické [13]. Ukazovateľ rH_2 potvrdzuje, že sa jedná o pôdy značne zhutnené a málo prevzdušnené, až na jednu výnimku v prípade lokality 5A, kde bola pôda kyprejšia a prevzdušnenejšia vďaka procesu orby.

S výnimkou jednej vzorky (6-1C) s hodnotou -0,05 v prvej hĺbke sú všetky hodnoty DpH faktoru v oboch sledovaných hĺbkach kladné. Podľa McNeilla (1992) pozitívne hodnoty indikujú výskyt pôdnych koloidov s negatívnym nábojom. Tieto koloidy vytvárajú vhodné podmienky pre sorpciu rôznych katiónov ťažkých kovov, takže limitujú ich migračné schopnosti, a tak následne aj ich únik do okolitej krajiny, čím prispievajú k zníženiu environmentálneho rizika [14].

Podľa Čurlíka a Jurkoviča (2012) dochádza k zníženiu úrod poľnohospodárskych plodín pri poklese pH pod 5,6. Jedná sa o proces acidifikácie, pri ktorom sa znižuje katiónová sorpčná kapacita pôd, v dôsledku ktorej sú z pôdy vynášané dôležité katióny (Ca, Mg). Na strane druhej narastá aniónová sorpčná kapacita, ktorá vedie k fixácii napr. fosfátových iónov. Vo všeobecnosti pre územie SR platí rozmedzie hodnôt pH 4 – 8,5 [4].

Hodnota pH pôd sa značnou mierou podieľa na mobilite toxických prvkov v pôde. Udržiavanie optimálnych hodnôt pH je jednou z možných alternatív zamedzenia vstupu PTP z pôdneho profilu do rastlinného systému, ktorý je spúšťačom ďalších reakcií s negatívnymi dopadmi na životné prostredie ako celok (fixácia PTP v rastlinnom organizme môže smerovať k procesom bioakumulácie a biomagnifikácie) [15; 16].

Ako uvádza Správa o stave životného prostredia Slovenskej republiky v roku 2018 [17], výmery poľnohospodárskych pôd s neutrálnou pôdnou reakciou klesajú (- 16,6 %). Výsledky monitorovacieho cyklu (2012 – 2017) na strane druhej poukazujú na nárast zastúpenia poľnohospodársky využívaných pôd s pôdnou reakciou alkalickou (+ 1,4 %), kyslou (+6,1 %), prípadne slabo kyslou (+ 9,1 %) [17]. Skutočnosť poklesu zastúpenia poľnohospodárskych pôd s neutrálnou pôdnou reakciou sa aj do budúcna môže javiť ako značne problémová, nakoľko neutrálne hodnoty pH sú pre rozvoj a produkčný pôdny potenciál kľúčovým aspektom.

Aj zhodnotenie stavu životného prostredia Slovenskej republiky z predošlého roka (2017) potvrdzuje vyššie uvedené skutočnosti poukazujúce na

pokračujúci trend nárastu rozmery pôd s kyslou pôdnou reakciou. Percentuálne vyjadrenie pre slabo kyslú alebo kyslú pôdnu reakciu predstavuje takmer 60% [18].

Záver

Cieľom práce bolo zhodnotenie pôdnej reakcie a redox potenciálu pozdĺž toku rieky Orava.

Výsledky meraní pH a Eh v dvoch sledovaných hĺbkach môžu byť východiskom pre ďalší plánovaný výskum zameraný na vzťah a vplyv pôdnych vlastností na obsah a mobilitu PTP. Medzi ukazovateľmi pH a Eh je veľmi úzky vzťah, vzájomne na seba vplývajú a dokážu sa podieľať na náhlych zmenách v celom pôdnom profile, ktoré môžu byť ovplyvnené škálou ďalších faktorov.

Študované pôdy majú v prípade FM zväčša slabo alkalický charakter, ktorý vo väčšine prípadov znižuje mobilitu PTP. Sú pomerne zle prevzdušnené a pôdne koloidy sa vyznačujú negatívnym povrchovým nábojom, ktorý uľahčuje sorpciu katiónov a ich imobilizáciu, čím limituje šírenie PTP do krajinných zložiek (pôdy, vody, rastlín).

Poďakovanie

Chcela by som sa poďakovať svojej školiteľke doc. Ing. Radoslave Kanianskej, CSc. za jej odborné konzultácie a cenné rady.

Použitá literatúra

[1] Kanianska R. a kol. (2016) Ekosystémové služby. Belianum, Banská Bystrica, s. 104
[2] Kutílek M., Nielsen D. R. (2015) Soil: The Skinf of the Planet Earth. Springer Dordrecht Heidelberg, New York, London, p. 13
[3] Šimanský V. a kol. (2017) Návody na cvičenia z pôdoznalectva. Slovenská poľnohospodárska univerzita, Nitra, s. 129
[4] Čurlík J., Jurkovič Ľ. (2012) Pedogeochémia. Bratislava, Univerzita Komenského v Bratislave, s. 120
[5] Čurlík J. (2011) Potenciálne toxické stopové prvky a ich distribúcia v pôdach Slovenska. Suma print, Bratislava, s. 164
[6] Alloway B. J. (1999) Schwermetalle in Boden. Springer, Verlag Berlin, p. 125
[7] Google maps [Citované: 30. január 2020] <https://www.google.com/maps/@49.4532447,19.7169085,9z>
[8] Soil Survey Division Staff (1993) Soil Survey Manual. USDA Handbook 18, U.S. Government Printing Office, Washington, DC, p. 17
[9] Regionálny územný systém ekologickej stability okresu Dolný Kubín [Citované: 4. február 2020] <https://www.minv.sk/swift_data/source/miestna_statna_sprava/okres_dk/oszp/tlaciva/krajina/RUSES_DK_text.pdf>
[10] Geomorfologické členenie Slovenska [Citované: 3. február 2020] <http://www.arcgis.com/apps/OnePane/storytelling_basic/index.html?appid=e0c88243b9464987b91f2e7b5d669c18&fbclid=IwAR3RqjvpeFNNdSJVQGWs1alDm_xpnRKPQN0gLm_W7Oo3V1pOXDf-dHuF2hY>
[11] Chuan M. C., Shu G. Y., Liu J. C. (1996) Water Air Soil Poll 90 (3-4), p. 543
[12] Richter R., Hlůšek J. (2003) Půdní úrodnost. Praha, Ministerstvo zemědelství, s. 23
[13] Alloway B. J. (1992) Heavy Metals in Soils. Environmental Pollution, Blackie Academic & Professional, p. 230
[14] McNeill J. D. (1992) SSSA SPEC PUBL 30, p. 210
[15] Orolínová M. (2009) Chémia a životné prostredie. Trnava, Trnavská univerzita v Trnave, s. 67
[16] Fargašová A. (2008) Environmentálna toxikológia a všeobecná ekotoxikológia. Bratislava, Orman, s. 23
[17] Správa o stave životného prostredia Slovenskej republiky v roku 2018. Bratislava, Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky
[18] Správa o stave životného prostredia Slovenskej republiky v roku 2017. Bratislava, Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky

Zmeny vegetácie na vybraných štítoch subniválneho stupňa Vysokých Tatier

Changes of vegetation on selected peaks of subnival level of High Tatras

Andrej Sedlák[1] – Veronika Piscová[2]
Školiteľ: Juraj Hreško[3]
[1, 3]Katedra ekológie a enviromentalistiky, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra
[2]Ústav krajinnej ekológie SAV, pobočka v Nitre...
[1]andrej.sedlak@ukf.sk, [2]veronika.piscova@savba.sk, [3]jhresko@ukf.sk

Abstrakt

Vysoké Tatry sú dobývané horolezcami od 15. storočia dodnes. Pod vplyvom neustáleho využívania horolezeckých trás, klimatických zmien, ale aj diaľkovému prenosu dusíkatých, fosforečných látok v ovzduší a dochádza k zmenám vo floristickom zložení okolitej vegetácie. Medzi posledné práce venujúce sa floristickému zloženiu vegetácie okolia lezeckých trás v subniválnom vegetačnom stupni Vysokých Tatier patrí práca Paclovej [1]. Cieľom výskumu bolo floristické snímkovanie vegetácie v okolí lezeckých trás na vybraných štítoch, vyhodnotenie zmien vo floristickom zložení v priebehu časových období rokov 1955 – 1969 a 2011 – 2013 a zaznamenanie maximálnej výšky výskytu jednotlivých taxónov. Floristické snímkovanie prebiehalo počas letných sezón v rokoch 2011, 2012 a 2013 na siedmych vybraných štítoch. V priebehu časových období sa floristické zloženie vegetácie zmenilo v rozmedzí od úbytku až po nárast druhov vyšších rastlín. V subniválnom vegetačnom stupni sme zaznamenali pokles maximálnej výšky výskytu taxónu u prevažnej väčšiny druhov.

Kľúčové slová: subniválna vegetácia, lezecké trasy, Vysoké Tatry, floristické zmeny

Abstract

The High Tatras have been conquered by climbers since the 15th century until today. Due to the constant use of climbing routes as well as climate changes, but also the long-range transport of nitrogenous, phosphorous substances in the air there are changes in the floristic composition of their surrounding vegetation. The work of Paclová [1]counts among the last pieces of work devoted to the floristic composition of the vegetation surrounding climbing routes in High Tatras, where the author mainly focused on the subnival vegetation level. The aim of the research are floristic mapping in the surrounding of climbing routes on selected peaks, evaluation of changes in the floristic composition during the time periods 1955 - 1969 and 2011 - 2013 and recording the maximum incidence of individual taxa. Floristic mapping took place on seven selected peaks during the summer seasons of 2011, 2012 and 2013. Over time, the floristic composition of vegetation has varied from a decrease to an increase species of higher plants. In the subnival vegetation level, we observed a decrease in the maximum height of the taxon in the vast majority of species.

Key words: subnival vegetation, climbing routes, High Tatras, floristic changes

Úvod

Vysoké Tatry lákajú horolezcov už od 15. storočia. Pioniermi horolezeckých prvovýstupov boli poľskí goralskí pytliaci poľujúci na kamzíky. Na mnohé vrcholy neskôr vystúpili pastieri, poľovníci, baníci, dobrodruhovia hľadajúci zlato či poklady. Horolezectvo bolo spočiatku spojené s cestovateľstvom, vojenskými účelami a podobne. Ako odvetvie športu sa začalo rozvíjať od 19. storočia. Vysoké Tatry sú na území Slovenska jediným horstvom presahujúcim nadmorskú výšku 2300 m n. m., čo je dolná výšková hranica subniválneho vegetačného stupňa, ktorý pre Vysoké Tatry vyčlenil B. Pawlowski [1], ktorý zaberá plochu približne 9,6 km². Terén tohoto stupňa je skalnatý, pokrytý prevažne machmi a lišajníkmi, cievnaté rastliny sa tu vyskytujú iba roztrúsene, na miestach s potrebnou vrstvou pôdy. Vyskytujú sa ojedinele v skalných štrbinách a medzi balvanmi, kde vytvárajú pionierske porasty. Toto jedinečné rastlinstvo študovala vo

Vysokých Tatrách v rokoch 1955 – 1969 L. Paclová [1]. Nakoľko jej výskumy v subniválnom vegetačnom stupni Vysokých Tatier patria medzi posledné, zopakovali sme výskum floristického zloženia vegetácie v okolí lezeckých trás rovnakou metodikou.

Metodika

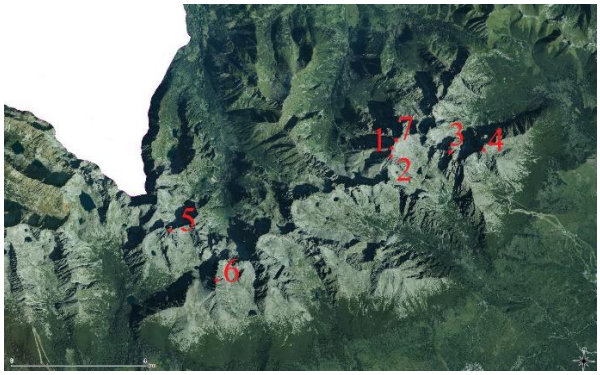
Pri výbere lokalít a voľbe metodických postupov vychádzame z práce Paclovej[1]. Z celkového počtu 68 štítov uvedených v práci sme sa zamerali na sedem z nich. Výber štítov závisel od ich rozmiestnenia a orientácii voči svetovým stranám, v snahe zachytiť čo najväčšiu rôznorodosť územia Vysokých Tatier. Skúmané horolezecké trasy spĺňajú kritérium nedostupnosti pre turistov, dostupnosti pre lezcov, vybraté boli výstupové i zostupové trasy.

Floristické zápisy sme zhotovovali iba v subniválnom vegetačnom stupni, teda v rozmedzí nadmorských výšok od 2 300 m n. m. po vrchol skúmaného štítu. Vegetáciu sme mapovali do vzdialenosti 3 m od lezeckej trasy na každú stranu, pričom sme zohľadňovali členitosť terénu a charakter trasy. Nadmorskú výšku výskytu taxónov, ohraničenia trasy v subniválnom vegetačnom stupni a orientáciu voči svetovým stranám sme zameriavali GPS prístroja značky Garmin Dakota 20.

Pre vyhodnotenie zmien biodiverzity rastlinstva v sledovaných úsekoch horolezeckých trás sme použili floristické zápisy z rokov 1955 – 1969 [1] a nami zhotovené floristické zápisy z rokov 2011 – 2013. Názvoslovie a systematické poradie jednotlivých druhov rastlín uvádzame podľa práce [2]. Nakoľko názvoslovie v práci [1] sa uvádza podľa práce [3], názvy taxónov boli zosúladené podľa práce [2]. Kategórie ohrozenia druhov vyšších rastlín v okolí vybraných lezeckých trás uvádzame podľa práce [4].

Záujmové územie

Záujmové územie sa nachádza v Tatranskom národnom parku. Vybraných 7 lezeckých trás vedie najvyššími hrebeňmi a štítmi pohoria Vysoké Tatry (obr. 1), ktoré presahujú nadmorskú výšku 2500 m n. m., skúmané úseky trás sú situované v rozpätí nadmorskej výšky 2 300 – 2 627 m n. m.



Obr. 1: Záujmové územie Vysoké Tatry.
Zdroj: GoogleMaps.

Zoznam skúmaných štítov:

1. Ľadový štít (2 627 m n. m.);
2. Malý Ľadový štít (2 602 m n. m.);
3. Malý Pyšný štít (2 590 m n. m.);
4. Kežmarský štít (2 558 m n. m.);
5. Vysoká (2 547 m n. m.);
6. Končistá (2 537 m n. m.);
7. Zadný Ľadový štít (2 507 m n. m.);

2 Výsledky a diskusia

Diverzita rastlín skúmaných štítov sa od roku 1955 výrazne zmenila. Na skúmaných štítoch dochádza v okolí lezeckých trás k strhávaniu uvoľnených kusov horniny a vegetácie a obnažovaniu povrchu podložia, kde nastupujú erózne procesy, uchytáva sa nová vegetácia. Zaznamenali sme porovnaním s [1] zmeny nielen vo floristickom zložení, ale aj v maximálnej výške výskytu jednotlivých taxónov.

1. Ľadový štít (2 627 m n. m.)

Na Ľadovom štíte smeruje pohyb rastlinných druhov v okolí lezeckej trasy za obdobie rokov 1958 – 2011 do nižšej nadmorskej výšky. Najväčší pokles sme zistili v prípade druhov kostrava ovčia (Festuca ovina), zvonček alpínsky (Campanula alpina), chlpaňa gaštanová (Luzula alpinopilosa) a lomikameň machovitý (Saxifraga bryoides). Ďalej sa znížila nadmorká výška druhov kôprovníček jednoduchý (Ligusticum mutellinoides), horec ľadový (Gentiana frigida), rozchodník alpínsky (Sedum alpestre), rožec jednokvetý (Cerastium uniflorum), vŕba bylinná (Salix herbacea) a maximálna výška výskytu kamzičníka chlpatého (Doronicum stiriacum). Maximálna výška výskytu dvoch druhov

stúpla, a to u druhu všivec praslenatý (Pedicularis verticillata) a hôľnička dvojradová (Oreochloa disticha). Z Ľadového štítu v okolí lezeckej trasy sa počas obdobia 1955 – 2011 vytratili druhy podbelica alpínska (Homogyne alpina), sitina trojzárezová (Juncus trifidus), iskerník ľadovcový (Ranunculus glacialis) a ďalšie. V roku 2011 sme zaznamenali na štíte aj príromnosť nových druhov pakrálik alpínsky (Leucanthemopsis alpina) a lipnica alpínska (Poa alpina).

2. Malý Ľadový štít (2 602 m n. m.)

Pohyb rastlinných druhov v okolí lezeckej trasy za obdobie rokov 1956 – 2011 smeruje do nižšej nadmorskej výšky aj na Malom Ľadovom štíte. Najväčší pokles maximálnej výšky druhov sme zistili v prípade druhov kostrava ovčia (Festuca ovina) a horec ľadový (Gentiana frigida), ďalej u druhov iskerník ľadovcový (Ranunculus glacialis), rožec jednokvetý (Cerastium uniflorum), rozchodník alpínsky (Sedum alpestre) a lipnica alpínska (Poa alpina). Z Malého Ľadového štítu sa počas obdobia 1956 – 2011 vytratili druhy piesočnica brvitá (Arenaria tenella), lyžičník tatranský (Cochlearia tatrae), podbelica alpínska (Homogyne alpina) a mnohé ďalšie. V roku 2011 sme zaznamenali na štíte aj príromnosť nového druhu pakrálika alpínskeho (Leucanthemopsis alpina).

3. Malý Pyšný štít (2 590 m n. m.

Na Malom Pyšnom štíte smeroval pohyb rastlinných druhov v okolí lezeckej trasy za obdobie rokov 1957 – 2011 taktiež do nižšej nadmorskej výšky. Najväčší pokles maximálnej výšky druhov sme zistili v prípade druhov zvonček alpínsky (Campanula alpina) a silenka bezbyľová (Silene acaulis). Medzi ďalšie druhy s klesajúcou maximálnou výškou výskytu patria pakrálik alpínsky (Leucanthemopsis alpina), iskerník ľadovcový (Ranunculus glacialis), ostrica sadzová (Carex fuliginosa) a všivec praslenatý (Pedicularis verticillata), kostrava ovčia (Festuca ovina) a starček sivý kranský (Senecio incanus subsp. carniolicus) a hôľnička dvojradová (Oreochloa disticha). Z Malého Pyšného štítu sa počas obdobia 1957 – 2011 vytratili druhy rožkovec trojčnelkový (Dichodon cerastoides), prvosienka najmenšia (Primula minima), lomikameň pochybkový (Saxifraga androsacea) a mnohé ďalšie. V roku 2011 sme zaznamenali na štíte aj príromnosť nových druhov hadovník živorodý (Bistorta vivipara), horec bodkovaný (Genriana punctata), lipnica žulová (Poa granitica), veronika alpínska (Veronica alpina) a mnohé ďalšie.

4. Kežmarský štít (2 558 m n. m.);

Za obdobie rokov 1951 – 2011 na Kežmarskom štíte smeruje pohyb rastlinných druhov v okolí lezeckej trasy opäť do nižšej nadmorskej výšky. Najväčší pokles maximálnej výšky druhov sme zistili v prípade druhov horec ľadový (Gentiana frigida) a podbelica alpínska (Homogyne alpina). Maximálna výška výskytu klesla aj u druhov zvonček alpínsky (Campanula alpina), vŕba bylinná (Salix herbacea) a kuklica horská (Oreogeum montanum). U niektorých druhov však maximálna výška ich výskytu vzrástla, a to u druhov kostrava ovčia (Festuca ovina) a hôľnička dvojradová (Oreochloa disticha) a u druhu chlpaňa gaštanová (Luzula alpinopilosa). Z Kežmarského štítu sa počas obdobia 1951 – 2011 vytratili napr: rožkovec trojčnelkový (Dichodon cerastoides), prvosienka najmenšia (Primula minima), lomikameň pochybkový (Saxifraga androsacea) a mnohé ďalšie. V roku 2011 sme zaznamenali na štíte aj príromnosť nových druhov horec bodkovaný (Genriana punctata), lipnica žulová (Poa granitica) a veronika alpínska (Veronica alpina).

5. Vysoká (2 547 m n. m.);

Tiež rastlinné druhy na štíte Vysoká smerujú v okolí lezeckej trasy za obdobie rokov 1958 – 2011 do nižšej nadmorskej výšky. Najväčší posun druhov sme zistili v prípade druhov podbelica alpínska (Homogyne alpina) a rozchodník alpínsky (Sedum alpestre), išlo o pokles ich výšky maximálneho výskytu oproti roku 1958. Veľký pokles sme zaznamenali aj pri druhu kuklica horská (Oreogeum montanum). Maximálna výška výskytu klesla aj u ďalších viacerých druhov: kamzičník chlpatý (Doronicum stiriacum) a hôlnička dvojradová (Oreochloa disticha); pakrálik alpínsky (Leucanthemopsis alpina). Z Vysokej sa počas obdobia 1958 – 2013 vytratili druhy horec ľadový (Gentiana frigida), plesnivček nízky (Omalotheca supina), vŕba bylinná (Salix herbacea) a mnohé ďalšie. V roku 2011 sme zaznamenali na štíte aj príromnosť druhov kostrava pestrá (Festuca versicolor) a kôprovníček bezobaľový (Ligusticum mutellina).

6. Končistá (2 537 m n. m.);

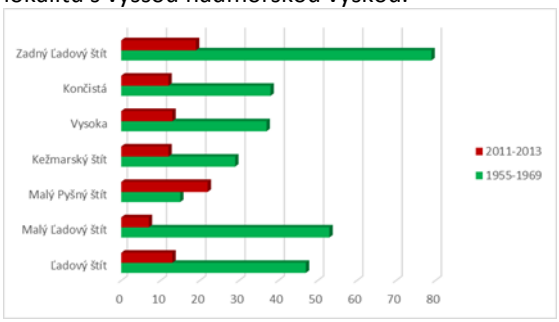
Do nižšej nadmorskej výšky klesajú aj rastlinné druhy na Končistej v okolí lezeckej trasy za obdobie rokov 1958 – 2012. Najväčší pokles maximálnej výšky druhov

sme zistili v prípade druhov vŕba bylinná (Salix herbacea), iskerník pahorský (Ranunculus pseudomontanus), horec ľadový (Gentiana frigida) a starček sivý kranský (Senecio incanus subsp. carniolicus). Medzi ďalšie druhy, u ktorých došlo k poklesu maximálnej výšky výskytu patria: silenka bezbyľová (Silene acaulis), kamzičník chlpatý (Doronicum stiriacum) a chlpaňa gaštanová (Luzula alpinopilosa), plesnivček nízky (Omalotheca supina) a hôľnička dvojradová (Oreochloa disticha) o 37 výškových metrov (2 520 – 2 483 m n. m.), kuklica horksá (Oreogeum montanum) a kostrava pestrá (Festuca versicolor). Maximálna výška výskytu ďalších dvoch druhov naopak stúpla, a to kostrava ovčia (Festuca ovina) a lipnica alpínska (Poa alpina). Z Končistej sa počas obdobia 1958 – 2012 vytratili druhy zvonček tatranský (Campanula tatrae), kurička Gerardova (Minuartia gerardii), lomikameň karpatský (Saxifraga carpatica) a mnohé ďalšie. V roku 2012 sme zaznamenali na štíte aj prírodnosť druhov tomka alpínska (Anthoxanthum alpinum), sitina trojzárezová (Juncus trifidus), pakrálik alpínsky (Leucanthemopsis alpina), chlpaňa klasnatá premenlivá (Luzula spicata subsp. mutabilis) a všivec praslenatý (Pedicularis verticillata).

7. Zadný Ľadový štít (2 507 m n. m.);

Pokles najvyššieho výskytu druhov sme zaznamenali aj na Zadnom Ľadovom štíte, kde v priebehu rokov 1958 – 2011 došlo aj k najväčšiemu úbytku druhov zo všetkých štítov (graf č. 1). Najväčší pokles sme zistili v prípade druhov horec ľadový (Gentiana frigida), silenka bezbyľová (Silene acaulis), klinček ľadovcový (Dianthus glacialis) a všivec praslenatý (Pedicularis verticillata). Menší pokles maximálnej výšky výskytu druhu sme zaznamenali u druhov kostrava ovčia (Festuca ovina), hôľnička dvojradová (Oreochloa disticha), lomikameň machovitý (Saxifraga bryoides) a starček sivý kranský (Senecio incanus subsp. carniolicus). Pri štyroch druhoch ich maximálna výška výskytu stúpla, a to pri pochybku tupolistom (Androsace obtusifolia), lipnici alpínskej (Poa alpina), tomke alpínskej (Anthoxanthum alpinum) a pri druhu rožec jednokvetý (Cerastium uniflorum). Zo Zadného Ľadového štítu sa počas obdobia 1958 – 2011 vytratili druhy zvonček tatranský (Campanula tatrae), chudôbka vždyzelená (Draba aizoides), kuklička plazivá (Novosieversia reptans) a mnohé ďalšie. V roku 2011 sme zaznamenali na štíte aj prírodnosť druhov psinček skalný (Agrostis rupestris), zvonček alpínsky (Campanula alpina) a pakrálik alpínsky (Leucanthemopsis alpina).

Viaceré publikované práce potvrdzujú rýchle zmeny rastlinstva a vegetačného krytu vysokohorských štítov. Od roku 1890 sa zvýšilo druhové zastúpenie na štítoch vysokých pohorí Európy takmer päťnásobne [5]. Zrýchlenie nárastu druhového zastúpenia bolo zvlášť výrazné počas posledných 20 – 30 rokov. Pred päťdesiatimi rokmi (od roku 1957 do roku 1966) miera rastu počtu druhov dosahovala priemerne 1,1 druhov za desaťročie, zatiaľ čo počas posledného desaťročia (2007 až 2016) to bolo v priemere až 5,4 druhov. Miestne štúdie však naznačujú, že spásanie zverou a časté narúšanie vegetácie horolezcami môžu potláčať nárast počtu druhov alpínskych rastlín v spolupôsobení s klimatickým otepľovaním. Niektoré zo zistení naznačujú, že migrácia druhov v horách sa vyskytuje takmer v synchronizácii s klimatickým otepľovaním [6]. Zatiaľ čo iné štúdie poukazujú na silné oneskorenie v rozptýlení, usadzovaní a zániku, ktoré sa očakávajú u mnohých druhov vysokohorských rastlín. Podľa [7] má na alpínske druhy vyšších rastlín veľký vplyv, okrem iného, slnečná radiácia. Rastliny, ako primárni producenti, sú plne závislé od slnečného žiarenia [8], svetlo je ich zdrojom energie, riadenia fotosyntézy a riadenia funkcií rastlín. Nie je pravdepodobné, že by slnečné žiarenie spôsobilo vážne poškodenie väčšiny rastlín. Rastliny však cítia kvalitu, intenzitu, trvanie a smer svetla. Každá rastlina má vlastné "adaptácie" účinne využívať slnečné žiarenie bez poškodenia. Doterajšie výskumy alebo poznatky predpokladajú, že vysokohorská flóra sa prispôsobila životu vo vysokých výškach a úzko s tým súvisí aj presúvanie druhov do iných nadmorských výšok [7], [9]. Jednou s príčin posunu rastlín do nižšej nadmorskej výšky môže byť mechanické poškodenie miesta výskytu. Poškodenie je spôsobené prírodnými a antropogénnymi činiteľmi vplývajúcimi na jednotlivé rastliny. To zníži maximálnu výšku výskytu a rastlina už nemusí dokázať obsadiť lokalitu s vyššou nadmorskou výškou.



Graf č.1: Úbytok počtu rastlinných druhov na jednotlivých štítoch.
Zdroj: Autor

Záver

Vysokohorské ekosystémy sú obzvlášť citlivé na ekologické zmeny a v súčasnosti zažívajú jedno z najrýchlejších otepľovaní v rámci antropogénne podmienenej zmeny klímy [5]. Túto skutočnosť potvrdil aj náš výskum. Floristické zloženie vegetácie v okolí skúmaných lezeckých trás sa v priebehu rokov 1955 – 2013 zmenilo. Najväčší úbytok rastlín sme zaznamenali na Zadnom ľadovom štíte (2 507 m n. m.), počet druhov vyšších rastlín klesol. Druhý najväčší úbytok druhov sme zaznamenali na Malom ľadovom štíte (2 602 m n. m.). Značný počet druhov sa vytratil aj z Ľadového štítu (2 627 m n. m.), z Vysokej (2 547 m n. m.), a z Končistej (2 537 m n. m.). Na Malom Pyšnom štíte (2 590 m n. m.) došlo v rokoch 1955 – 2013 k nárastu počtu druhov vyšších rastlín. V porovnaní s úbytkom druhov je však nárast oveľa menší. Okrem zmeny počtu druhov sa mení aj maximálna výška výskytu druhov zaznamenaných na štítoch v rokov 1955 – 2013. Maximálna výška výskytu klesla do nižších nadmorských výšok u druhov podbelica alpínska (Homogyne alpina), rozchodník alpínsky (Sedum alpestre), klinček ľadovcový (Dianthus glacialis), turica jednoúborová (Erigeron uniflorus) a iných. Nájdu sa však aj druhy, u ktorých maximálna výška ich výskytu v priebehu rokov 1955 – 2013 stúpla, sú to napr. druhy sitina trojzárezová (Juncus trifidus), vŕba Kitaibelova (Salix kitaibeliana), tomka alpínska (Anthoxanthum alpinum).

Na štítoch s nadmorskou výškou od 2 500 m n. m. výška priemerného maximálneho výskytu rastlinných druhov klesá. Tento posun maximálnej výšky výskytu druhov platí aj pre plošný výskytov zo všetkých svetových strán štítu. Najväčší pokles priemernej maximálnej výšky výskytu druhov sme zaznamenali na Malom Pyšnom štíte (2 590 m n. m.). Pokles priemernej maximálnej výšky výskytu druhov sme zistili aj na ostatných štítoch s nadmorskou výškou nad 2 500 m, a to na Vysokej (2 547 m n. m.), na Zadnom Ľadovom štíte (2 507 m n. m.) na Končistej (2 537 m n. m.), na Ľadovom štíte (2 627 m n. m.) a na Malom Ľadovom štíte (2 602 m n. m.).

Z komplexného pohľadu na subniválny vegetačný stupeň tvrdíme, že v priebehu rokov 1955 – 2013 došlo vo floristickom zložení vegetácie subniválneho vegetačného stupňa, ako aj v maximálnych výškach výskytov druhov k výrazným zmenám. Považujeme za potrebné rastlinstvo opakovane monitorovať a zisťovať skutočnosti, prečo k týmto zmenám dochádza.

Poďakovanie

Tento príspevok vznikol s podporou projektu VEGA 1/0207/17 Vývoj a zmeny vysokohorskej krajiny Tatier.

Použitá literatúra

Paclová L. (1977) Rastlinstvo subniválneho stupňa Vysokých Tatier. I. časť. Zborník prác o Tatranskom národnom parku. Osveta, Martin, 19, p. 169 – 256
Dostál, J., Červenka, M., 1992: Veľký kľúč na určovanie vyšších rastlín II. SPN, Bratislava, 792 p.
Dostál, J. 1958: Klíč k úplné květeně ČSR. Nakladatelství ČSAV, Praha. 982 p.
Eliáš, P. jun., Dítě, D., Kliment J., Hrivnák, R. & Feráková, V., 2015: Red list of ferns and flowering plants of Slovakia, 5th edition (October 2014). Biologia 70 (2): 218-228 + príloha.
Steinbauer, M. J. et al., 2018: Accelerated increase in plant species richness on mountain summits is linked to warming. Nature, p 231 – 234.
Bertrand R., Lenoir J., Piedallu C., Riofrío-Dillon G., de Ruffray P., Vidal C., Pierrat JC., Gégout JC. (2011) Changes in plant community composition lag behind climate warming in lowland forests. Nature 479, p. 517-520.
Körner CH., 2003: Alpine Plant Life - Functional Plant Ecology of High Mountain Ecosystems XI, 2. ed., 344 p.
Heijde, M., Ulm, R., 2012: UV-B photoreceptor-mediated signalling in plants. Trends in Plant Science 17, 4 p.
Solovchenko, A. E., Merzlyak, M. N., 2008: Screening of visible and UV radiation as a photoprotective mechanism in plants. Russian J. of Plant Physiol. 55, 6, p. 719 - 737.
Šamaj, F., 2010: Podnebí, Tatry, příroda. Baset, Praha, p. 255 – 264.

Priestorové rozšírenie eróziou ohrozených pôd v západnej časti Zálužianskej pahorkatiny (Nitrianska pahorkatina)

Spatial distribution of erosion-endangered soils in western part of Zálužianska pahorkatina upland (Nitrianska pahorkatina upland)

Mikuláš Kňazovický
Školiteľ: Peter Petluš
Katedra ekológie a environmentalistiky, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra,
mikulas.knazovicky@student.ukf.sk, mikulas.kazovicky.gik@gmail.com

Abstrakt

V príspevku sme sa zamerali na vzťah priestorovej distribúcie eróziou ohrozených pôd, vybraných vlastností prostredia a na využívanie poľnohospodárskej krajiny. Výskum prebiehal v katastrálnom území obce Šalgočka. Iniciálne kroky štúdie pozostávali z modelovania USLE modelu v prostredí QGIS 3.10.0, ktorého výsledky boli verifikované sériami terénnych výskumov. Vzájomná závislosť nevhodne manažovaného reliéfu s akcelerovanou pôdnou eróziou bola potvrdená konvexnými a lineárnymi najsilnejšie erodovanými svahmi a konkávnymi svahmi so silnými horizontami akumulovanej pôdy. Mocnosť akumulovanej pôdy na úpätiach svahov vypovedá o dynamickom procese človekom akcelerovanej pôdnej erózie. Výsledky poukazujú na závažný negatívny vplyv nedbalého manažovania na poľnohospodársku pôdu.

Kľúčové slová: vodná erózia, poľnohospodárska pôda, pôdne horizonty, USLE

Abstract

In the article, we focused on the relation of the spatial distribution of soils endangered by erosion, human activities in the landscape and properties of the environment. The study was conducted in the municipality of Šalgočka. Initial steps consisted of creating USLE model in QGIS 3.10.0 environment, which was then verified by series of on spot investigations. The interdependence of relief with improper management and accelerated soil-erosion was strongly confirmed with the convex and linear landforms being the most eroded areas and concave landforms being the areas with the strongest horizonts of accumulated sediment. Accelerated erosion was also confirmed by large quantities of accumulated sediment at the base of the slopes. The results show a significant negative impact of negligent management on the agricultural landscape.

Key Words: water erosion, agricultural soil, soil horizons , USLE

Úvod

Erózia pôdy znamená vo všeobecnosti, takú činnosť eróznych činiteľov (vody, vetra, ľadu, človeka, atď.), ktorej výsledkom je rozrušovanie vrchnej vrstvy pôdy, transport uvoľnených pôdnych častíc a akumulácia transportovaných pôdnych častíc v iných polohách, najčastejšie vo forme nánosov (Antal, Streďanský, 2013).

Formy vodnej erózie možno klasifikovať podľa STN 75 0142 na základe rozmerov vzniknutých eróznych útvarov, podľa ich možného negatívneho vplyvu na krajinu a podľa možnosti ich likvidácie bežnými agrotechnickými operáciami na: ronovú, jarčekovú, brázdovú, ryhovú, výmoľovú a polymorfnú eróziu.

Vlastnosti ktoré pôdu predurčujú k väčšej alebo menšej erodovatelnosti zatiaľ nie sú definitívne vymedzené, no v súčasnosti dva najdôležitejšie, eróziu podmieňujúce sú jej textúra a stabilita pôdnych agregátov (Coles, Moore 2001).

So zvyšujúcim sa obsahom prachových častíc a piesku sa zvyšuje aj miera erodovatelnosti a so zvyšujúcim sa obsahom ílu sa táto miera zasa znižuje (Wischmeier, Mannering 1969; McFarlane et al. 1991).

Georeliéf v sebe nesie tri hlavné, eróziu podmieňujúce, faktory ktorými sú sklon svahu, dĺžka svahu a forma svahu. Uhol sklonu svahu je dôležitý faktor ovplyvňujúci rozrušovanie pôdnych agregátov a eróziu podmienenú kinetickou energiou dažďových kvapiek (Ellinson 1944). Je všeobecne platné tvrdenie že erózia pôdy vzrastá so zvyšujúcim sa uhlom sklonu exponenciálne (Hudson, 1981). Miera erózie pôdy sa

zvyšuje so vzrastajúcou dĺžkou svahu. Dĺžka svahu je korelujúca so spádovou oblasťou, preto vzrast dĺžky svahu vedie k zväčšeniu odtokového objemu a v konečnom dôsledku k zvýšeniu miery pôdnej erózie (Davies, McFarlane 1987; Hauck, Coles 1991; Coles 1993). Na dlhých svahoch dochádza k akumulácií väčšieho odtokového objemu, väčšej rýchlosti a hĺbke, čo vedie k erózií ktorá by na kratšom svahu nenastala (Hudson 1981). Pod formou svahu rozumieme tvar svahu, jeho horizontálnu členitosť. Je to charakteristika ktorú chápeme ako rozčlenenie svahu konvexnými, konkávnymi a rovnomernými formami. Miera horizontálnej členitosti reliéfu ovplyvňuje energetickú náročnosť procesov na danom území a tak znižuje alebo zvyšuje bariérny efekt georeliéfu (Minár, Machová, (2010).

Cieľom príspevku je zistiť potenciálnu priemernú ročnú stratu poľnohospodárskej pôdy a overiť priestorovú distribúciu eróziou ohrozených plôch poľnohospodárskej pôdy vo vzťahu k vybraným vlastnostiam krajiny vo vybranej časti Záluzianskej sprašovej pahorkatiny. Vychádzame z hypotéz, že zmeny tvarov a vlastnosti reliéfu ako aj spôsob využívania krajiny budú zachytené v mocnosti humusového horizontu pôd.

1 Materiál a metodika

1.1 Materiál

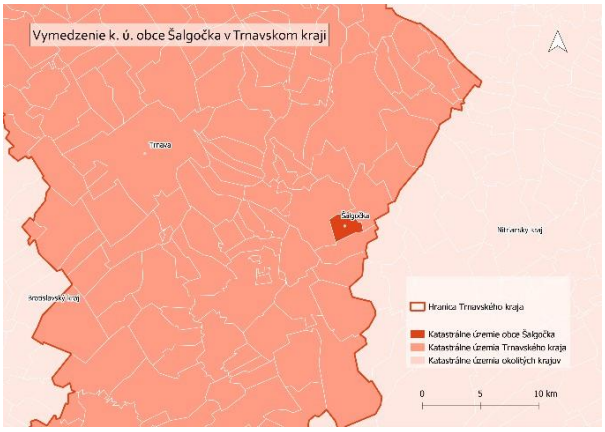
Krajinnoekologická charakteristika

Vymedzenie územia

Záujmové územie je vymedzené hranicou katastrálneho územia obce Šalgočka okr. Galanta. Celková rozloha územia je 474,7 ha. (Obr. 1)

Charakteristiky prírodných pomerov

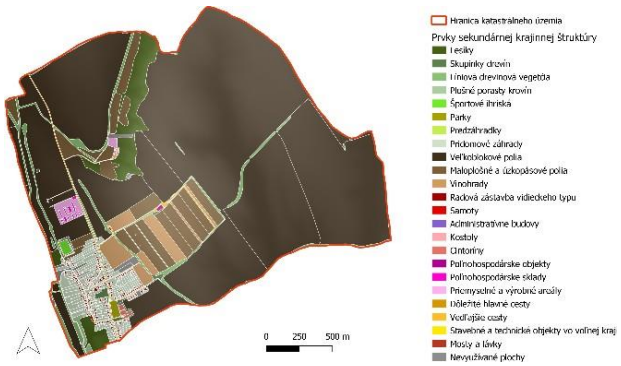
Reliéf má charakter mierne členitej pahorkatiny (Tremboš, Minár, 2002). Geomorfologicky patrí do provincie západopanónskej panvy, subprovincie malej dunajskej kotliny, oblasti podunajskej nížiny, podcelku Nitrianskej pahorkatiny a časti Záluzianskej pahorkatiny. V rámci orientácie svahov prevláda juho-západná orientácia, ktorá zaberá 27,53% plochy územia. Prevládajúcou kategóriou sklonitosti svahov v študovanom území je 3° - 7°, ktorá zaberá41,26% územia. Z tvarov reliéfu územia získaných kombináciouhorizontálnych a vertikálnych krivostí sa vyskytujú prevažne lineárno-lineárne tvary (OO) na 27,63% územia.



Obr. 1 Administratívne začlenenie skúmaného územia (Geoportal.sk) Zdroj: Autor

Územie leží na eolických sedimentoch (spraše, piesčité spraše, vápnité a nevápnité sprašové hliny), ktoré sú lemované fluviálnymi sedimentami. Hlavné pôdne jednotky v skúmanom území sú fluvizeme typické karbonátové, hnedozeme typické na sprašiach, hnedozeme erodované na sprašiach a najdominantnejšie zastúpené sú černozeme typické, karbonátové na sprašiach (32,78 %), regozeme a černozeme erodované v komplexoch na sprašiach (25,53 %) a černozeme hnedozemné na sprašiach (21,19 %) (portal.vupop.sk, 2020). Z hľadiska klimatických pomerov územie podľa Lapina a kol. (2002) leží na rozhraní dvoch klimatických okrskov ktorými sú: teplý, suchý s miernou zimou a teplý, mierne suchý s miernou zimou. Priemerný úhrn zrážok v januári 47,6 mm a júli 56,3 mm (SHMU). Územím preteká potok Jarčie.

Krajina obce má poľnohospodársky charakter s prevahou poľnohospodárskej pôdy. Sekundárna krajinná štruktúra (Obr. 2) pozostáva z piatich skupín krajinných prvkov, ktorými sú: skupina prvkov lesnej a nelesnej drevinovej vegetácie (súvislé lesy, lesíky, skupinky drevín, líniová vegetácia, plošné porasty krovín)– 8,30%, prvkov poľnohospodárskych kultúr (veľkoblokové polia – 73,07%, maloplošné a úzkopásové polia – 8,05%, vynohrady – 2,68%) – 83,81%, sídelných prvkov a rekreačných priestorov (radová zástavba vidieckeho typu, samoty, kostoly, administratívne budovy, poľnohospodárske sklady, technické objekty, prídomové záhrady, cintoríny, športové ihriská, parky, predzáhradky) – 5,67%, technických prvkov (poľnohospodárske objekty, priemyselné výrobné areály, nevyužívané plochy) – 1,35% a skupina prvkov dopravy (hlavné cesty, vedľajšie cesty, mosty a lávky) – 0,84%.



Obr. 2 Sekundárna krajinná štruktúra skúmaného územia
Zdroj: Autor

1.2 Metodika

Modelovanie vodnej erózie

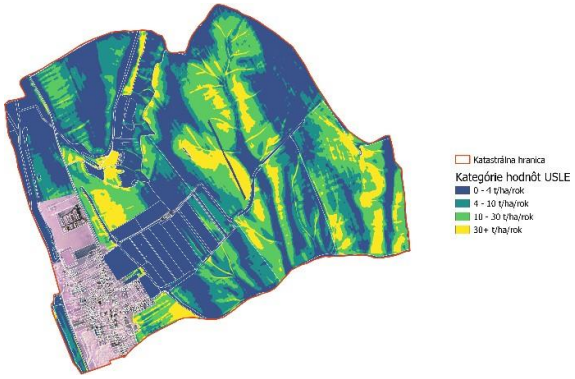
Plochy v študovanom území, potenciálne ohrozené vodnou eróziu, boli určené rovnicou pre výpočet dlhodobej straty pôdy vodnou eróziou – USLE podľa Wischmeiera a Smitha (1978) v prostredí QGIS.

$$G = R * K * L * S * C * P$$

V ktorej G predstavuje priemernú dlhodobú stratu pôdy ($t.ha^{-1}.rok^{-1}$); R faktor eróznu účinnosť dažďa; K factor predstavuje erodovateľnosť pôdy (t.MJ-1); L faktor dĺžku svahu – vyjadruje vplyv neprerušenej dĺžky svahu na veľkosť straty pôdy vodnou eróziou; S faktor sklonu svahu, vyjadrujúci vplyv sklonu svahu na veľkosť straty pôdy vodnou eróziou; C faktor ochranný vplyv vegetačného krytu s hodnotami podľa publikácie Antal, Streďanský (2013), ktorých poloha im je priradená na základe jednotlivých krajinných prvkov modelu sekundárnej krajinnej štruktúry; P faktor účinnosť protieróznych opatrení (Petlušová a kol. 2016). Pre účel modelovania bol využitý digitálny model reliéfu (DMR5 - Zdroj produktov LLS: ÚGKK SR) z ktorého boli interpretovaná základné morfopolohové vlastnosti reliéfu v prostedí QGIS 3.10.0.

Cieľom je identifikovať eróziou potenciálne najrizikovejšie lokality v území. Model dlhodobej straty pôdy vodnou eróziou – USLE – vznikal v prostredí QGIS (Obr. 3). Hodnoty jednotlivých vrstiev tvoriacich tento model boli získané nasledovne. Hodnota R faktora 37,52 (MJ.ha-1.rok-1) (Ilavská, Jmbor & Lazúr, 2005), predstavuje hodnotu **R faktora** najbližšej zrážkomernej stanice k študovanému územiu. **K faktor**, ktorého distribúcia hodnôt v študovanej oblasti vychádza z rozloženia hlavných pôdnych jednotiek v území, má pre hlavné pôdne jednotky, v oblasti v ktorej prebehol terénny výskum, nasledovné hodnoty: černozeme typické, karbonátové na spraši – 0,40; regozeme a černozeme erodované v komplexoch na spraši – 0,40; černozeme typické a černozeme hnedozemné na spraši – 0,51; hnedozeme typické na spraši – 0,51. Použité hodnoty K faktora vychádzajú z publikácie Antal, Streďanský (2013).

Pri tvorbe vrstvy **LS faktoru**, bol použitý digitálny model reliéfu DMR5 (citácia) a nástroj SAGA GIS LS-factor field-based s nastavením výpočtov LS kalkulácie Wischmeier & Smith 1978, lokálnym typom svahu a účinnou dĺžkou toku špecifickej spádovej oblasti – jeho hodnoty pre študované územie sú v rozmedzí od 0,001 do 297,167. Hodnoty **C faktora** boli priradené jednotlivým krajinným prvkom v rámci modelu sekundárnej krajinnej štruktúry. V oblasti terénneho výskumu sú to hodnoty: 0,24 pre repku; 0.005 pre drevinový porast. Ich hodnoty pochádzajú z publikácie Antal, Streďanský (2013). V území sa taktiež nachádza protierózne opatrenie v podobe pásu s viacročnými trávami s hodnotou **P faktoru** 0,005.

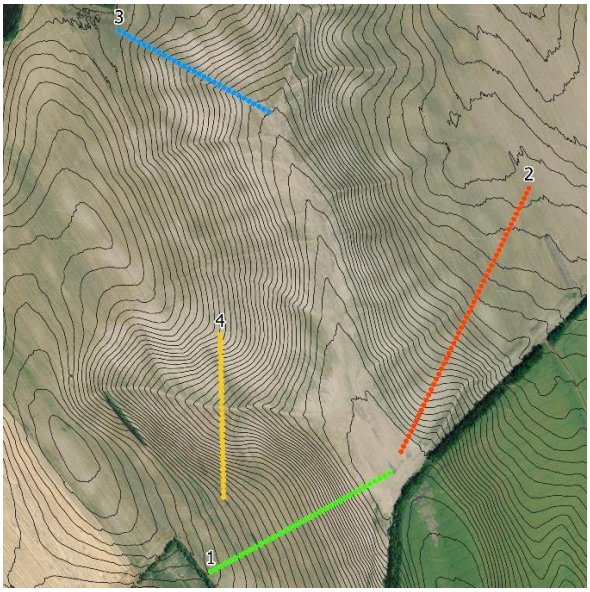


Obr. 3 Model potenciálnej dlhodobej straty pôdy vodnou eróziou
Zdroj: Autor

Verifikácia priestorovej distribúcie eróziou ohrozených plôch

Výsledky digitálneho modelu dlhodobej straty pôdy vodnou eróziou – USLE boli verifikované terénnym prieskumom v severnej časti skúmaného územia. Terénny prieskum spočíval v meraní mocnosti humusového horizontu na 4 líniách prechádzajúcich kolmo na vrstevnice s rozostupom jednotlivých sond 10 m (Obr. 4). Línie sú navrhnuté tak aby objektívne zachytávali zmenu mocnosti humusového horizontu na svahoch s lineárnou, konvexnou a konkávnou vertikálnou krivosťou. Celkový počet sond v rámci línií 1 - 4 je 150 z čoho línia č. 1 je 37, č. 2 - 52,č. 3 - 31 a č.4 - 30 sond. Línia č. 1, dlhá 370 m, vedie naprieč svahom s prevažne lineárnou vertikálnou krivosťou. Línia č. 2, dlhá 520 m, leží na svahu, na ktorom je možné

charakterizovať dve časti a to časť s lineárnou vertikálnou krivosťou a časť s konvexnou vertikálnou krivosťou. Línia č. 3, dlhá 310 m, je situovaná vo svahu s konkávnou vertikálnou krivosťou. Línia č. 4, dlhá 300 m, pozostáva z dvoch protiľahlých svahov prevažne konkávnej vertikálnej krivosti. V každom zo 150 bodov bola za pomoci sondy vizuálne posúdená mocnosť humusového horizontu, ktorej hodnota sa neskôr interpretovala vo vzťahu k modelu USLE.



Obr. 4 Línie 1 – 4 (Mapy.cz)
Zdroj: Autor

2 Výsledky a diskusia

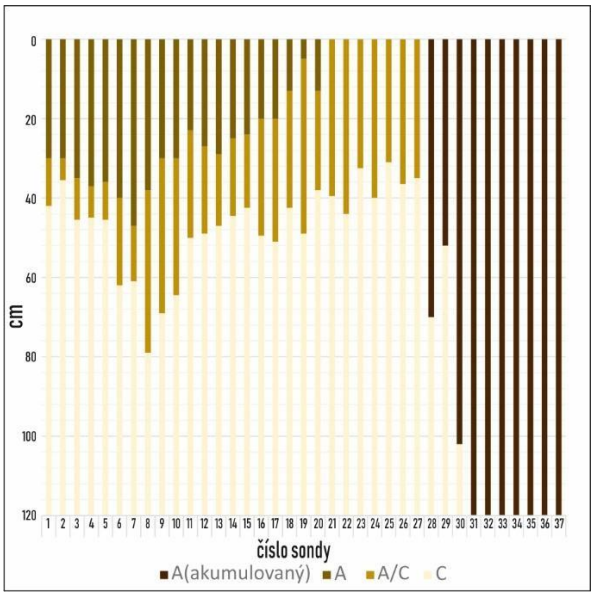
Potenciálna priemerná ročná strata pôdy

Výsledky modelu USLE boli re-klasifikované do 4 kategórií potenciálnej straty pôdy podľa Petlušová kol. (2016): žiadna až slabá (0 – 4 t/ha/rok), stredná (4 – 10 t/ha/rok), vysoká (10 – 30 t/ha/rok) a extrémna (>30 t/ha/rok). Zastúpenie týchto kategórií v rámci katastrálneho územia je nasledovné: žiadna až slabá 44,74%; stredná 22,10%; vysoká 23,01%; extrémna 10,15%. V rámci študovaného veľkoblokového poľa klesá zastúpenie kategórie žiadna až slabá – 37,45% a stredná – 18,99% a stúpa podiel kategórií vysoká – 30,94% a extrémna – 12,62%.

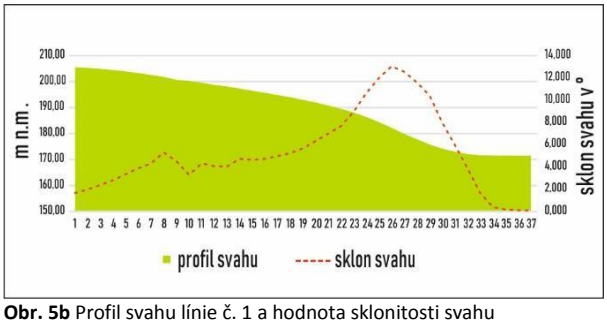
Priestorová distribúcia eróziou ohrozených plôch

Cieľom je verifikovať reálny stav erózie na vybraných líniách vo vzťahu k modelu potenciálnej priemernej ročnej straty pôdy a vybraným vlastnostiam reliéfu. Vychádzali sme z hypotéz, že zmeny tvarov a vlastnosti reliéfu ako aj spôsob využívania krajiny budú zachytené v mocnosti humusového horizontu pôd.

Uvedené hypotézy boli sledované na štyroch líniách. **Línia číslo 1** (Obr. 5a, 5b), dlhá 370 m s orientáciou na severovýchod, s prevažne lineárnou vertikálnou krivosťou, horizontálna krivosť má na väčšej časti svahu (bod 1 - 26) lineárno-konvexný charakter a ďalej prechádza cez konkávnu časť (bod 27 - 32) do lineárnej. Sklonitosť svahu sa pohybuje v rozmedzí od 0,08° do 13,03° (Medián 4,64°). Mocnosť humusového horizontu kopíruje vlastnosti reliéfu (Obr. 5a), línia začína na černozemi erodovanej (ČMe) s mocnosťou humusového horizontu od 25 – 47 cm (bod 1 až 14) s výnimočným výskytom černozeme modálnej (ČMm) (bod 7), s humusovým



Obr. 5a Mocnosť pôdnych horizontov na línii č. 1 (Vysvetlivky: A(akumulovaný) akumulát/deluviát; A preorávaný humusový horizont; A/C prechodný horizont; C substrát)
Zdroj: Autor

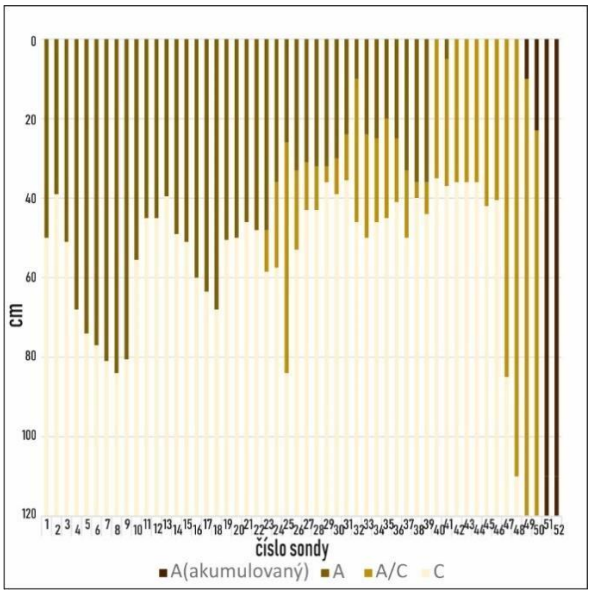


Obr. 5b Profil svahu línie č. 1 a hodnota sklonitosti svahu
Zdroj: Autor

horizontom 47 cm, a regozeme (RM) (bod 11), s humusovým horizontom 23 cm. Nadväzuje sekcia dvanástich bodov na RM s humusovým horizontom o mocnosti 0 – 24 cm, v rámci týchto bodov sa vyskytuje najvyššia sklonitosť zo všetkých bodov línie 1

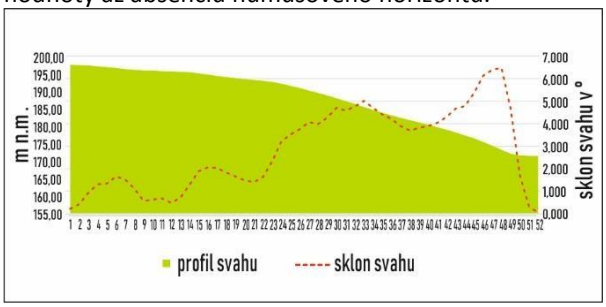
– 13,57° (bod 27) (Obr. 5b). Zmenou konvexnej horizontálnej krivosti na konkávnu a znižujúcim sa sklonom – z 11,51° na 0,08° – na nasledujúcich deviatich bodoch, pribúda černozem akumulovaná (ČMak). Strata pôdneho krytu, v oblastiach s kategóriami potenciálnej straty pôdy 3, 4, bola týmto prieskumom potvrdená nakoľko v týchto oblastiach humusový horizont buď absentuje alebo je jeho mocnosť významne redukovaná.

Línia číslo 2 (Obr. 6a, 6b), dlhá 520 m s orientáciou na juhozápad, do bodu 35 s lineárnou vertikálnou a prevažnou lineárnou horizontálnou krivosťou a od bodu 36 s konvexnou vertikálnou a prevažnou lineárnou horizontálnou krivosťou. Sklonitosť svahu sa pohybuje v rozmedzí od 0,05° do 6,47° (Medián 2,76°).



Obr. 6a Mocnosť pôdnych horizontov na línii č. 2 (Vysvetlivky: A(akumulovaný) akumulát/deluviát; A preorávaný humusový horizont; A/C prechodný horizont; C substrát)
Zdroj: Autor

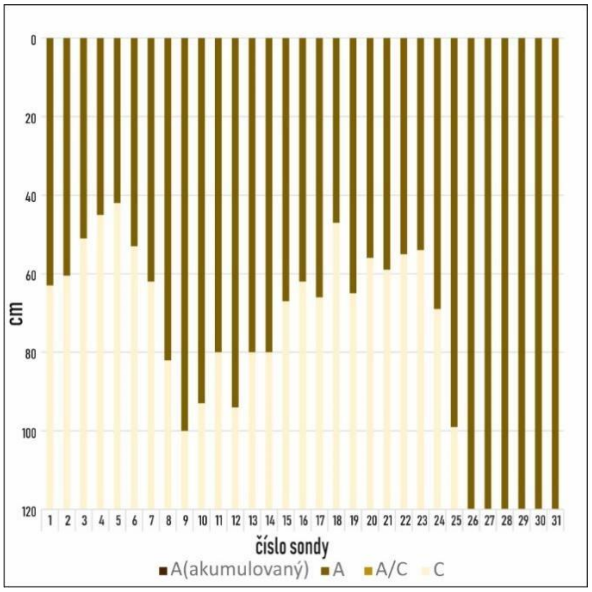
Začína sériou 23 bodov na ČMm s mocnosťou humusového horizontu od 45 – 84 cm s výnimočným výskytom ČMe (body 2, 13) s mocnosťou humusového horizontu 39 a 40 cm. Nadväzuje sekcia bodov (24 – 30) na ČMe s rozsahom mocnosti humusového horizontu od 26 – 36 cm. Nasledujúcich osemnásť bodov, s rozsahom hodnôt sklonu od 3,69° - 6,47° (Obr. 6b) čo sú najvyššie hodnoty sklonu na línií 2, sa nachádza na RM s mocnosťou humusového horizontu od 0 – 25 cm s priebežným výskytom ČMe (body 37 – 39) s humusovým horizontom 33 – 36 cm. Posledné 4 body, s humusovým horizontom o mocnosti 10 – 110 cm predstavujú ČMak. Vypovedajú o hromadení sedimentu v spodných častiach svahu. Body 22 – 49 sa nachádzajú v oblasti potenciálnej ročnej straty pôdy kategórie 2 – 3. V rámci tejto sekcie dochádza k trom výrazným zmenám v sklonitosti svahu a to zvyšovanie sa sklonitosti od bodu 22 – 32 za súčasného klesania mocnosti humusového horizontu, pokles sklonitosti od bodu 33 – 39 za narastania mocnosti humusového horizontu a opätovný nárast od 40 – 49, dosahujúc maximum v bode 48 s 6,47°, spôsobujúci zanedbateľné hodnoty až absenciu humusového horizontu.



Obr. 6b Profil svahu línie č. 2 a hodnota sklonitosti svahu
Zdroj: Autor

Spolu s týmito zisteniami o akcelerovanej pôdnej erózii na línií číslo 2 vypovedajú tiež mocnosti akumulátu v spodných častiach svahu.

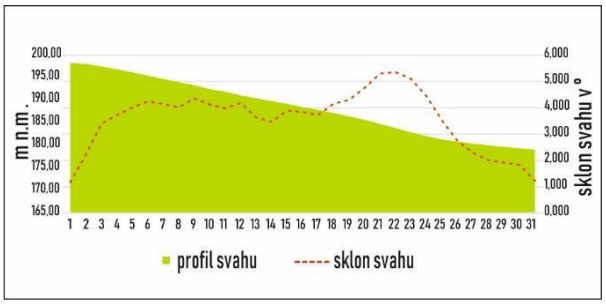
Línia číslo 3, (Obr. 7a, 7b) dlhá 310 m s orientáciou na východ, je po celej svojej dĺžke situovaná na svahu s konkávnou vertikálnou a meniacou sa konkávnou a lineárnou horizontálnou krivosťou.



Obr. 7a Mocnosť pôdnych horizontov na línii č. 3 (Vysvetlivky: A(akumulovaný) akumulát/deluviát; A preorávaný humusový horizont; A/C prechodný horizont; C substrát)
Zdroj: Autor

V dôsledku tejto skutočnosti sú po celej dĺžke línie mocné humusové horizonty. Sklony v rámci tejto línie

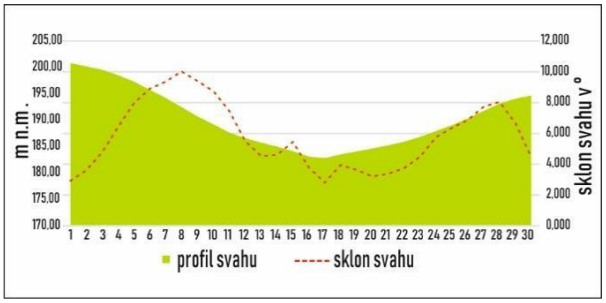
sa pohybujú v hodnotách od 1,17° - 5,35° (Medián 3,89°). Prevažná časť bodov tejto línie leží na ČMm (body 1 – 25). V rámci tejto sekcie dochádza k výrazným zmenám mocnosti humusového horizontu vo vzťahu ku sklonitosti. V bodoch 1 – 5 za stúpajúcich hodnôt sklonitosti (z 1,75° na 4,01°) klesá mocnosť humusového horizontu, zo 63 cm na 42 cm, v piatom bode, kde sa vyskytuje až do ČMe. S približne konštantnými hodnotami sklonu



Obr. 7b Profil svahu línie č. 3 a hodnota sklonitosti svahu
Zdroj: Autor

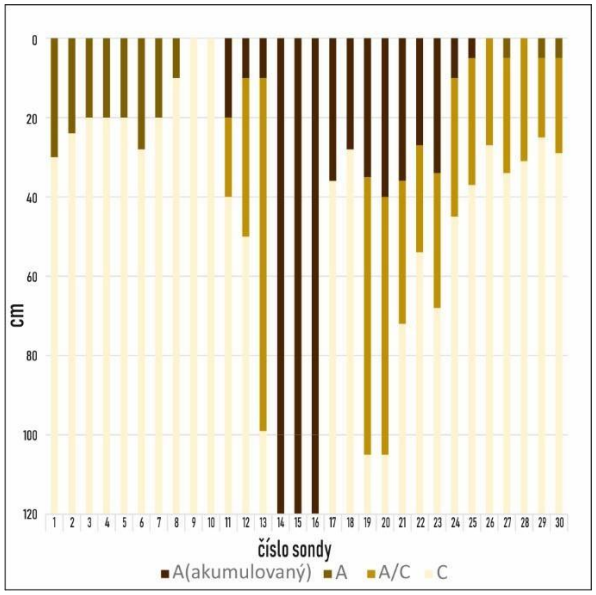
v nasledujúcich štyroch bodoch výrazne stúpa mocnosť humusového horizontu s rozmedzím hodnôt od 53 – 100 cm. Od bodu 10 – 23 začína opäť výrazne stúpať sklonitosť, v bode 22 dosahujúc maximum 5,35°, a spolu s ňou klesať mocnosť humusového horizontu v rozmedzí od 94 – 54 cm. Od bodu 24 sklonitosť výrazne klesá ž kým nedosiahne minimum danej línie (1,17°) s postupne zvyšujúcim sa horizontom akumulátu – nástup ČMak – v rozmedzí hodnôt od 69 – 112 cm. 27 z 30 bodov leží v oblasti 2 – 4 kategórie potenciálnej straty pôdy. Akcelerovaná pôdna erózia je na tomto, konkávno-lineárnom až konkávno- konkávnom, svahu dokázaná najmä silnými humusovými horizontami a silnými horizontami akumulátu v spodných častiach svahu.

Línia číslo 4 (Obr. 8a, 8b) dlhá 300 m orientovaná na



Obr. 8b Profil svahu línie č. 4 a hodnota sklonitosti svahu
Zdroj: Autor

juh, pozostáva z dvoch protiľahlých svahov s prevažne konkávnou vertikálnou krivosťou končiac v oblasti s konvexnou vertikálnou krivosťou a v rámci horizontálnej krivosti dochádza k obmieňaniu prevažne konvexnej (body 1 – 6, 24 – 27) a lineárnej (body 9 – 21).



Obr. 8a Mocnosť pôdnych horizontov na línii č. 4 (Vysvetlivky: A(akumulovaný) akumulát/deluviát; A preorávaný humusový horizont; A/C prechodný horizont; C substrát)
Zdroj: Autor

Hodnoty sklonov sa pohybujú v rozmedzí od 2,80° - 10,02° (Medián 5,47°). Každý z bodov tejto línie je situovaný v oblasti s potenciálnou ročnou stratou pôdy kategórie 2 – 4. Prvých desať bodov je na RM s mocnosťou humusového horizontu od 0 cm do 30 cm a v rámci celej línie 2 najvyšším sklonom 10,02°. Na RM nadväzuje sekcia pätnástich bodov s akumulovaným humusovým horizontom od 5 – 100 cm, predstavujúc ČMak na ktorú, so stúpajúcou sklonitosťou hore protiľahlím svahom od 6,87° - 8,05°, opäť nadväzuje RM s mocnosťou humusového horizontu 0 – 5 cm.

28 z 30 sond tejto línie leží v oblasti vysokej až extrémnej potenciálnej ročnej straty pôdy (10 – 30+ t/ha/rok), ktorá bola na svahoch potvrdená silne erodovaným až absentujúcim humusovým horizontom. Presun pôdneho krytu dole svahom potvrdzujú tiež vysoké horizonty deluviátu (akumulovaná černozem) v spodných častiach svahov.

Záver

Cieľom príspevku bolo zistiť potenciálnu priemernú ročnú stratu poľnohospodárskej pôdy a overiť priestorovú distribúciu eróziou ohrozených plôch poľnohospodárskej pôdy vo vzťahu k vybraným vlastnostiam krajiny. Vychádzame z hypotéz, že zmeny tvarov a vlastnosti reliéfu ako aj spôsob využívania

krajiny budú zachytené v mocnosti humusového horizontu pôd.

Zo 150 realizovaných pôdnych sond je 106 (70,66%) v priamom vzťahu k akcelerovanej pôdnej erózií - 27 na ČMe, 42 na RM a 37 na ČMak. Viac ako 50% týchto pôdnych jednotiek sa nachádza v oblastiach potenciálnej ročnej straty pôdy kategórie 3 – 4 (vysokej až extrémnej).

Z celkovej plochy študovaného územia spadá do kategórie potenciálnej dlhodobej straty pôdy 3 – vysoká: 23,01% a 4 – extrémna: 10,15%. Vysoký až extrémny potenciálny odnos na ornej pôde bol potvrdený sondami dokazujúcimi ČMe a RM s významne redukovaným až absentujúcim humusovým horizontom.

Potvrdili sme výrazný vzťah vlastností reliéfu s mocnosťou humusového horizontu. Veľmi hlboké pôdy v kat. ČMm sa nachádzali na plošinách v horných častiach svahov. Erodované pôdy v kategórií ČMe a RM s plytkým až stredne hlbokým humusovým horizontom sa nachádzajú prevažne v konvexných častiach svahov. V extrémnych polohách sme zaznamenali iba RM v podobe preorávanej spraše.

Vo všetkých častiach konkávnych tvarov s nižším sklonom v dolných častiach svahov je prítomný akumulát ČMak často s mocnosťou viac ako 120 cm.
Na veľkej časti územia sa nachádza preorávaná spraš (ČMe a RM) s nižšou bonitou pôdy, ktorú je z hľadiska poľnohospodárskej produkcie možné kompenzovať agrochemikáliami.

Dovoľujeme si konštatovať, že momentálne využitie územia (najme v polohách s vyšším stupňom sklonov svahov) neakceptuje protierózne odporúčania obrábania poľnohospodárskej pôdy. Z hľadiska zníženia rizika odnosu pôdy je napr. z osevných postupov dôležité vylúčiť riedkosiate plodiny. V sezóne 2019/2020 je na veľkej časti územia pestovaná kapusta repková – repka).

Použitá literatúra

[1] Antal et al. (2013) Ochrana a zúrodňovanie pôdy, Vydavateľstvo SPU, Nitra, p. 19, 30, 33, 34, 35, 37, 38

[2] Coles, N.A. (1993). Soil factors affecting runoff in the south west of Western Australia, Ph.D thesis School of Agriculture, University of Western Australia, Nedlands, Western Australia, p. 346

[3] Davies, J.R. and McFarlane, D. J. (1987), Estimation of runoff volumes for ungauged catchments in the agricultural areas of Western Australia, Western Australian Department of Agriculture Division of Resource Management Technical Report No. 43

[4] Ellinson,W.D. (1944). Studies of raindrop splash. American Engineering 25, p. 131

[5] Hauck, E.J. and Coles, N. (1991). Role of soils in the surface hydrology of smal l agricultural catchments. In 'Hydrology and water resources symposium'. Perth Institute of Engineers Australia.

[6] Hudson, N.W. (1981), 'Soil conservation', 2nd edition, Cornell University Press, Ithaca, New York

[7] Ilavská, B., Jambor, P., Lazúr, R. (2005) metodická príručka. Identifikácia ohrozenia kvality pôdy vodnou a veternou eróziou a návrhy opatrení.

[8] Lapin a kol. (2002), Klimatické oblasti 1 : 1 000 000, Atlas krajiny Slovenskej republiky, Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, Bratislava, p. 95

[9] McFarlane, D.J., Delroy, N. and van Vreeswyk, S. (1991). Australian Journal of Soil and Water Conservation 4, p. 33

[10] Nell A. Coles, Geoff Moore (2001), Soil Guide: A Hand Book for Understanding and Managing Agricultural Soils, Department of Agriculture and Food WA, p. 234

[11] NPPC-VÚPOP [Citované: 11. marec 2020] https://portal.vupop.sk/portal/apps/webappviewer/index.html?id=d89cff7c70424117ae01ddba7499d3ad

[12] Petlušová et al. (2016), Identifikácia procesov vodnej erózie v poľnohospodárskej krajine, UKF, Nitra, p. 31, 50

[13] Pucherová a kol. (2007), Druhotná krajinná štruktúra (Metodická príručka k mapovaniu), UKF, Nitra, p. 31, 32, 33, 34, 35

[14] STN 75 0142 (2011), Vodné hospodárstvo. Názvoslovie protieróznej ochrany pôdy

[15] Tremboš, Minár (2002), Morfologicko-morfometrické typy reliéfu 1 : 500 000, Atlas krajiny Slovenskej republiky, Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, Bratislava, p. 90

[16] Učebné texty z geomorfológie Minár, Machová [Citované: 11. marec 2020] https://fns.uniba.sk/geomorfoskripta/

[17] Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy. Bratislava. 52 s. ISBN 80-89128-22-X

[18] Wischmeier, W.H. and Mannering, J.V. (1969). Relation of soil properties to soil erodibility. Soil Science Society of America Proceedings 33, p. 131

[19] Zdroj produktov LLS: ÚGKK SR

Vplyv vojenskej činnosti vo Vojenskom obvode Záhorie na diverzitu vážok

The impact of military activity in the Záhorie Military District on the diversity of dragonflies

Zuzana Šíblová[1]
Školiteľ: Milena Moyzeová[2]
[1]Katedra ekológie a environmentalistiky, Fakulta prírodných vied, Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, Trieda A. Hlinku 1, 949 74 Nitra,
[2]Ústav krajinnej ekológie SAV, Štefánikova 3, P. O. Box 254, 814 99 Bratislava
[1] zuzana.siblova@savba.sk, [2] milena.moyzeova@savba.sk

Abstrakt
Územia vojenských výcvikových priestorov poskytujú vďaka svojej izolovanosti a veľkej rozlohe cenné biotopy pre mnohé druhy rastlín a živočíchov. Vedci sa však dodnes snažia objasniť, aký vplyv má samotná vojenská činnosť na jednotlivé skupiny organizmov obývajúcich tento typ prostredia. V našej práci sme sa zamerali na výskum vážok, pričom sme sledovali prípadné rozdiely v druhovom zložení na lokalitách nachádzajúcich sa na území Vojenského obvodu (VO) Záhorie a lokalitách mimo neho. Pre porovnanie sme vybrali 6 lokalít nachádzajúcich sa na území VO Záhorie a 6 lokalít mimo neho. Po uskutočnení terénneho odonatologického výskumu sme vyhodnotili získané dáta pomocou indexov diverzity (Shannon-Wienerov index diverzity, Ekvitabilita, Menhinickov index druhového bohatstva). Na základe nich sme porovnali obe oblasti aj jednotlivé lokality. Naša hypotéza bola, že lokality nachádzajúce sa vo VO budú mať minimálne podobné ak nie lepšie hodnoty indexov druhového bohatstva ako tie mimo neho.

Kľúčové slová: VO Záhorie, Borská nížina, mokraďný biotop, Odonata, biodiverzita

Abstract
Due to their isolation and large area, military training areas provide valuable habitats for many species of plants and animals. However, scientists are still trying to clarify how military activity has an impact on individual groups of organisms inhabiting this type of environment. In our work, we focused on the research of dragonflies, while observing possible differences in species richness at sites located in the territory of the Military District (MD) of Záhorie and sites outside it. For comparison we have selected 6 sites located in the territory of Záhorie and 6 sites outside it. After the field odonatological research, we evaluated the obtained data using diversity indices (Shannon-Wiener diversity index, Equitability, Menhinick index of species richness). Based on them we compared both areas and individual sites. Our hypothesis was that sites located in MD will have at least similar if not better values of species richness indices than those outside it.

Key Words: Záhorie MD, Borská nížina lowland, wetland habitat, Odonata, biodiversity

Úvod

V dôsledku narastajúceho úbytku prirodzených biotopov sa v posledných rokoch začala pozornosť upriamovať aj na sekundárne biotopy, ktoré sú často výrazne ovplyvnené (alebo priamo vytvorené) ľudskou činnosťou. Mnohé vedecké štúdie potvrdili, že aj tieto biotopy majú veľký potenciál z hľadiska biodiverzity. V prípade vážok, ktoré sme si vybrali ako modelový indikátor biodiverzity, je rozhodujúce zastúpenie rôznorodých habitátov a ich sukcesných štádií, na ktoré sa jednotlivé druhy viažu rozmnožovaním. V takom prípade môžu z hľadiska druhovej početnosti aj lokality vytvorené alebo ovplyvnené ľudskou činnosťou konkurovať tým prirodzeným [1], [2].

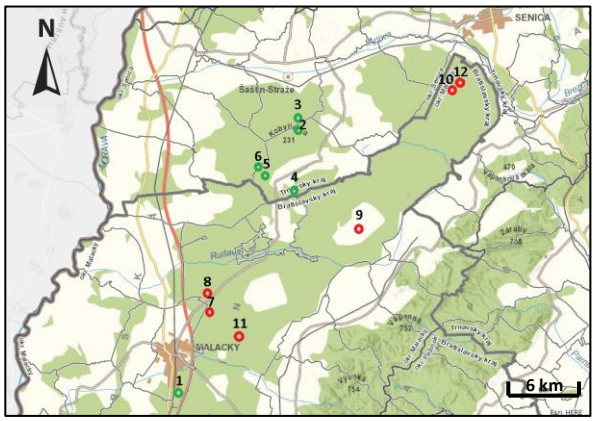
Otázku, aký vplyv má vojenská činnosť na biotu vo vojenských obvodoch si kládlo už viacero vedcov po celom svete. V Austrálii porovnávali [3] výskyt rôznych druhov stavovcov (najmä vtákov) v zásahovej a mimozásahovej zóne vojenského výcvikového priestoru Beecroft Weapons Range. Skúmali nie len priame vplyvy disturbancií ako sú hluk či požiare, ale aj vplyvy sekundárne. Tými môžu byť napríklad zmeny v rozložení vegetácie po vzniknutých požiaroch alebo mechanickom poškodzovaní vojenskou technikou. Ich výskum preukázal, že z pohľadu celkovej biodiverzity sa porovnávané lokality významne nelíšili. K rozdielom v abundancii dochádzalo skôr na úrovni niektorých

druhov, pričom niektoré preferovali mimozásahové územie ale iné zase boli hojnejšie zastúpene v zásahovej zóne. V zásahovej zóne bol zároveň potvrdený výskyt aj ekosozologicky významných druhov. Z toho vyplýva, že napriek, alebo práve vďaka pravidelným disturbanciám vytvorených vojenskou činnosťou môžu byť vojenské výcvikové územia považované za vysoko hodnotné z hľadiska biodiverzity a majú veľký potenciál pre ochranu prírody. Ako píšu vo svojej práci [4], veľkou výhodou týchto území je ich veľká rozloha s takmer nulovou mierou urbanizácie a ich izolovanosť. Vojenská činnosť častokrát napomáha vytvárať a udržiavať také typy habitátov, ktoré v okolitej krajine už zanikli alebo sú ohrozené.

Našim záujmovým územím bol Vojenský obvod (VO) Záhorie s rozlohou 27 650 ha, ktorý sa rozprestiera na území Borskej nížiny. Tá je špecifická výskytom rozsiahlych piesočných dún a mokradí vypĺňajúcich medzidunové depresie. Na tieto typy biotopov sú viazané mnohé vzácne spoločenstvá a druhy fauny a flóry, z ktorých viaceré sú zároveň aj predmetom ochrany. Pre VO Záhorie sa uvádza výskyt až 19 biotopov európskeho významu a 6 biotopov národného významu. Vojenská technika tu napomáha zachovávať vzácne xerotermné spoločenstvá na viatych pieskoch tým, že mechanickým narušovaním zabraňuje ekologickej sukcesii a nástupu náletových drevín. Bez tohto typu disturbancie by viate piesky postupne zarástli najmä borovicou lesnou (*Pinus sylvestris*), z expanzívnych tráv smlzom kroviskovým (*Calamagrostis epigejos*). Pri tejto činnosti miestami vznikajú priehlbiny, ktoré sa zachytávaním zrážkovej vody premieňajú na periodické mláky aj trvalé vodné plochy. Tie potom poskytujú útočisko pre mnohé sladkovodné organizmy. Vo vojenskom obvode sa nachádza aj vysoké zastúpenie prirodzených mokraďových biotopov vypĺňajúcich medzidunové depresie. Niektoré z týchto biotopov sa stali predmetom ochrany a v celom VO Záhorie už bolo vyhlásených 10 území európskeho významu a 3 územia boli navrhnuté [5]. Vďaka značnej izolovanosti územia VO vyplývajúcej priamo zo zákona o vojenských obvodoch (č. 281/1997 Z. z.), nie sú tieto ekosystémy negatívne ovplyvňované pôsobením ľudskej činnosti. Pohyb civilistov je tu obmedzený a podlieha určitým pravidlám, čo vylučuje nadmerný turizmus. Niektoré zóny sú permanentne neprístupné. Taktiež tu nedochádza k žiadnej výstavbe. Práve tento faktor je veľmi podstatný, pretože práve kvôli výstavbe priemyselných objektov zanikli rozsiahle mokraďové biotopy v okolí neďalekého mesta Malacky.

1 Metodika

Cieľom nášho výskumu bolo porovnanie druhového zloženia vážok na 6 vybraných lokalitách nachádzajúcich sa v rôznych častiach VO Záhorie a na 6 lokalitách mimo neho. Snahou bolo vybrať lokality podobného charakteru tak, aby boli v oboch skupinách rovnomerne zastúpené lokality prirodzené aj antropogénne, chránené aj bez územnej ochrany, veľké aj maloplošné a izolované aj ovplyvňované ľudskou činnosťou. Všetky lokality sa nachádzajú na území Borskej nížiny ležiacej na západe Slovenska. Charakteristika týchto lokalít sa nachádza v našich predošlých prácach [6], [7], z ktorých pochádza aj časť použitých dát. Poloha lokalít je zobrazená na obrázku. Zelenou farbou sú označené lokality nachádzajúce sa mimo VO Záhorie: 1 – Liahnisko pre obojživelníky (LI), 2 – NPR Zelienka (ZE), 3 – PR Vanišovec (VA), 4 – PR Jasenácke (JA), 5 – Horné Valy (HV) a 6 – Dolné Valy 1 (DV1).Červenou farbou sú označené lokalityb, ktoré sa nachádzajú v VO: 7 – PR Orlovské vŕšky (OV), 8 – CHA Mešterova lúka (ML), 9 – Bežnisko (BE), 10 – CHA Kotlina 1 (K1), 11 – Kramárka (KR) a 12 – CHA Kotlina 3 (CH3).



Obr. 1 Poloha záujmových lokalít VO Záhorie. Zdroj: https://zbgis.skgeodesy.sk (dostupné: 12. 3. 2020)

Odonatologický výskum sme na nich uskutočnili počas sezóny od mája do augusta v rokoch 2017 a 2018. Určovali sme len imága, ktoré sme odchytávali pomocou entomologickej sieťky a určovali ich pomocou určovacieho kľúča [8]. Získané dáta sme vyhodnotili pomocou indexov diverzity a druhového bohatstva .

Pre výpočet druhovej diverzity sme použili Shannon-Wienerov index [9], ktorý vie zachytiť aj malé zmeny a veľkosť vzorky ho do značnej miery neovplyvňuje. Čím je hodnota vypočítaná týmto

indexom vyššia, tým vyššia je druhová diverzita daného územia. Pre výpočet indexu sme použili vzorec (1), kde **pi = ni/N** predstavuje pomer počtu jedincov ktoréhokoľvek druhu (ni) a počtu všetkých jedincov tvoriacich danú zoocenózu (N). Interval hodnôt, ktoré môže nadobudnúť je <1; InS>, pričom **In** predstavuje logaritmus naturalis a **S** celkový počet druhov. Logaritmus z počtu druhov predstavuje maximálnu hodnotu indexu H(sw).

$$H(sw) = -\Sigma\, pi \,.\, In\, pi \qquad (1)$$

S týmto indexom úzko súvisí ekvitabilita, ktorá hovorí o vyrovnanosti početného zastúpenia druhov v zoocenóze. Čím je jeden alebo viac druhov početnejších oproti ostatným, tým je hodnota tohto indexu nižšia. Nadobudnúť môže hodnoty v intervale <0;1>. Pre výpočet sme použili vzorec (2), kde $\mathbf{H_{(SW)}}$ predstavuje hodnotu Shannon – Wienerovho indexu, **In** logaritmus naturalis a **S** celkový počet druhov [9].

$$E_H = H_{(SW)} / In \,.\, S \qquad (2)$$

Pre výpočet druhového bohatstva sme použili Menhinickov index (D) pomocou vzorca (3), kde **S** predstavuje celkový počet druhov a **N** celkový počet jedincov danej lokality [10].

$$D = S / \sqrt{N} \qquad (3)$$

2 Výsledky a diskusia

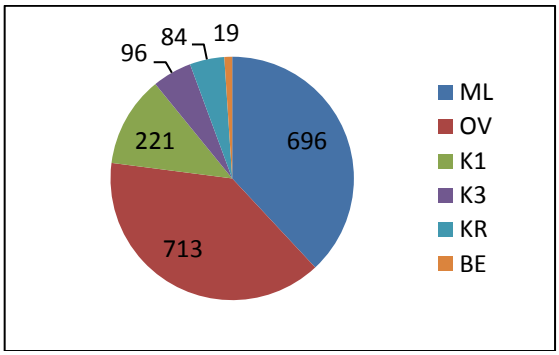
V našom výskume sme porovnávali rozdiely v druhovom zložení na lokalitách nachádzajúcich sa na území Vojenského obvodu Záhorie a na lokalitách mimo neho. Jedným z výsledkov nášho výskumu bolo potvrdenie pre územie Borskej nížiny pomerne vzácneho druhu *Orthetrum brunneum*. Zmienka o jeho výskyte v tejto oblasti nebola publikovaná posledných 20 rokov. My sme jeho výskyt zaznamenali na dvoch lokalitách, pričom obe sa nachádzali priamo vo VO. Z nášho výskumu sa domnievame, že bol prítomný aj počas dávnejšieho obdobia. Vyskytol sa však na lokalitách, ktoré nie sú bežne prístupné. Ide o lokality CHA Bežnisko a CHA Kotlina 1. Obe lokality sú zároveň aj súčasťou území európskeho významu. V prípade prvej lokality (CHA Bežnisko) sa potvrdila hypotéza, že disturbancie vzniknuté vojenskou činnosťou môžu mať priaznivý vplyv na biotu. Vďaka pravidelným prejazdom ťažkej vojenskej techniky časťou danej lokality dochádza k systematickému prehlbovaniu vodnej plochy a zabráneniu nástupu sukcesie. Tým sa zvýšila celková pestrosť biotopov na lokalite, ktorá vďaka tomu poskytuje útočisko pre širšie spektrum vodných organizmov, vrátane vážok. Jedným z hlavných problémom v ochrane sladkovodných biotopov nachádzajúcich sa vo vojenských tréningových priestoroch je paradoxne zánik vojenskej aktivity [4]. Tieto činnosti totiž v dnešnej dobe nahrádzajú kedysi prirodzene vznikajúce disturbancie a bez ich pôsobenia by mnoho biotopov zaniklo vplyvom nástupu sukcesie.

Druhá lokalita (CHA Kotlina 1) má celkom iný charakter. Je tvorená mimoriadne významným a zachovalým prírodným rašeliniskom. Môžeme hodnotiť, že pre tento typ biotopu má najpriaznivejší vplyv práve izolovanosť. Nenachádza sa priamo v dopadovej časti strelnice a vplyv ľudskej činnosti je tu minimálny. V rokoch 2007-2008 bola lokalita súčasťou revitalizačného projektu LIFE WETREST – Obnova mokradí Záhorskej nížiny. Po uskutočnení manažmentových opatrení vykonaných s cieľom obnoviť prirodzený vodný režim bola lokalita ponechaná na samovývoj. Aj po 10 rokoch od realizácie môžeme považovať aktuálny stav za priaznivý, čo potvrdilo aj výskyt ekosozologicky významných druhov vážok.

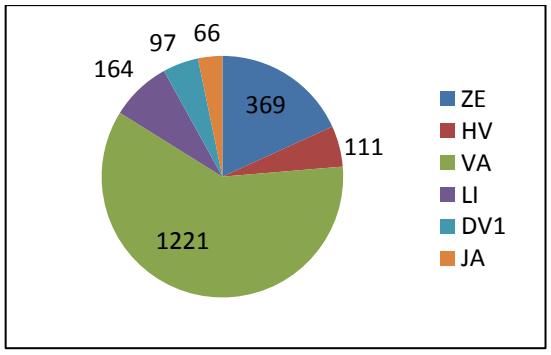
Ďalej sme zistili, že aj na lokalitách silne ovplyvnených vojenskou činnosťou sa nachádzali ekosozologicky mimoriadne významné druhy vážok. Príkladom toho boli pomerne veľké lokality CHA Mešterova lúka (n = 15) a Orlovské vŕšky (n = 12), ktoré sa stali útočiskom druhu európskeho významu *Leucorrhinia pectoralis*. Potvrdili sme jeho výskyt aj na lokalitách nachádzajúcich sa za hranicami VO - NPR Zelienka (n = 7) a PR Vanišovec (n = 54). V prípade tohto druhu je hlavným kritériom jeho výskytu prítomnosť vhodného biotopu. Je to takmer výhradne tyrfofilný druh vyžadujúci prítomnosť kombinácie litorálnej vegetácie s vyššou vegetáciou v okolí vodnej plochy a tiež dostatočného zastúpenia otvorenej vodnej hladiny [11]. Lokality, kde sme ho zaznamenali spĺňali tieto ekologické nároky najmä vďaka realizácii už vyššie spomínaných revitalizačných opatrení, ktoré napomohli obnoviť prirodzený vodný režim. Ďalším faktorom je aj stupeň územnej ochrany, pod ktorý všetky spomínané lokality spadajú. Okrem legislatívnej ochrany prispieva aj vyššia miera izolovanosti (nedostupnosti) týchto území. Z týchto dôvodov usudzujeme, že výskyt tohto druhu nie je priamo ovplyvnený alebo viazaný na vojenské aktivity prebiehajúce vo VO Záhorie.

Z ekosozologicky významných druhov sme ďalej potvrdili výskyt aj 7 druhov národného významu –

Anaciaeshna isosceles, *Anax imperator*, *Brachytron pratense*, *Libellula fulva*, *Orthetrum coerulescens*, *Somatochlora flavomaculata* a *Sympecma fusca*. Všetky tieto druhy majú rôzne ekologické nároky a vyskytovali sa na lokalitách mimo aj vo vnútri VO. Z toho vyplýva, že z hľadiska prítomnosti ekosozologicky významných druhov sa porovnávané územia výrazne nelíšia. Keď sa pozrieme na lokality z hľadiska počtu jedincov (graf 1, graf 2) vidíme, že najväčší vplyv zohráva veľkosť danej lokality. Veľký vplyv malo na celkové výsledky aj zachytenie obdobia liahnutia rodu *Sympetrum* sp. div. na lokalite PR Vanišovec (VA), čo výrazne zvýšilo celkové počty jedincov pre túto lokalitu. Preto nie je možné územia porovnávať len na základe týchto základných údajov.

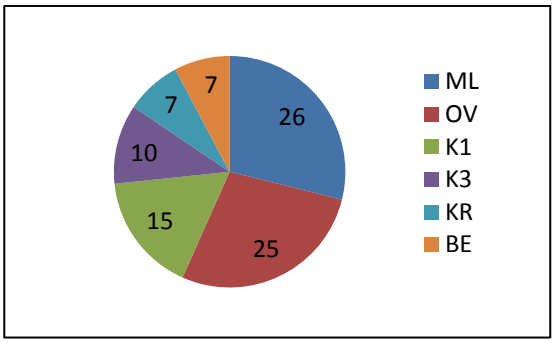


Graf 1 Počet jedincov na lokalitách vo VO Záhorie

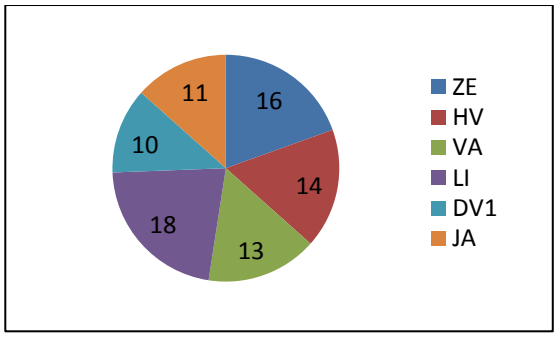


Graf 2 Počet jedincov na lokalitách mimo VO Záhorie

Keď porovnáme počty druhov jednotlivých lokalít (graf 3, graf 4) vidíme, že rovnomernejšie sú rozložené v prípade územia mimo VO. V prípade vážok má na počet druhov významný vplyv heterogenita ich habitátu, keďže každý druh má trochu iné ekologické nároky. Preto lokality s výskytom väčšieho počtu rôznych sukcesných štádií majú aj vyšší počet druhov. To môžeme vidieť aj na príklade lokality Liahnisko pre obojživelníky (LI), ktorá má najvyšší počet druhov z lokalít na území mimo VO Záhorie. Lokalitu tvoria paradoxne antropogénne vytvorené liahniská pre obojživelníky nachádzajúce sa v tesnej blízkosti priemyselného areálu IKEA Components. Vznikli však v pomerne nedávnej dobe a na piesčitom substráte aktívne prebiehajú iniciálne štádia sukcesie. Nachádzajú sa tam liahniska rôzne hlboké, široké, zarastené aj s otvorenou vodnou plochou. Tieto všetky faktory spolu s blízkou polohou voči chránenému územiu Marhecké rybníky dávajú predpoklad vyššiemu počtu druhov vážok v porovnaní aj s významnejšími prírodnými lokalitami. Keďže sme sledovali výskyt len dospelých jedincov, nemôžeme objektívne zhodnotiť do akej miere šlo o autochtónne alebo len zalietavajúce druhy. Pre ďalší výskum by sme sa zamerali aj na určovanie exúvií a lariev, ktoré by potvrdili autochtónnosť pozorovaných druhov.



Graf 3 Počet druhov na lokalitách vo VO Záhorie

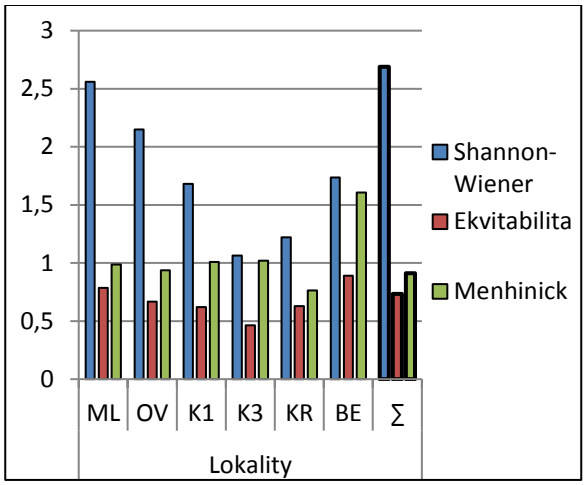


Graf 4 Počet druhov na lokalitách mimo VO Záhorie

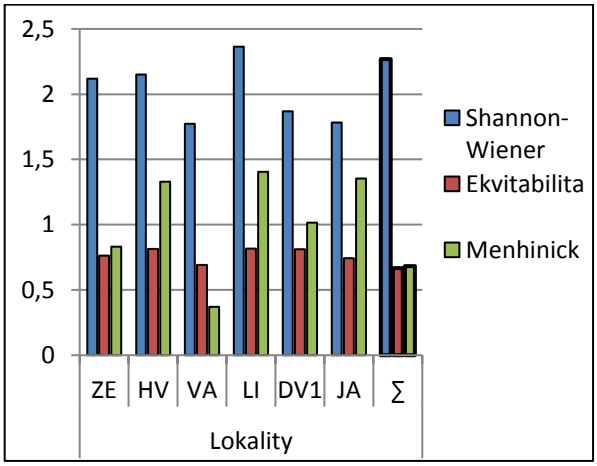
Odchýlky sme zaznamenali po vypočítaní indexov diverzity a druhového bohatstva, ktoré nám umožnili porovnávať celé zoocenózy. Keď porovnáme individuálne jednotlivé lokality (graf 5, graf 6) pôsobí to na prvý pohľad, akoby vyššie hodnoty nadobúdali tie, ktoré sa nachádzajú mimo VO. Z hodnôt Shannon-Wienerovho indexu vidíme, že najvyššia diverzita bola zaznamenaná na väčších lokalitách (ML, OV, ZE, HV)

poskytujúcich rôznorodejšie typy habitátov pre vážky. Výnimkou je už spomínané liahnisko pre obojživelníky, ktoré napriek menšej rozlohe dosahuje tiež pomerne vysokú hodnotu. Ekvitabilita, čiže vyrovnanosť druhov je pre všetky lokality podobná. Dá sa povedať, že čím bližšie je k číselnej hodnote 1, tým menej druhov dominuje oproti ostatným na danej lokalite. V prípade, že by hodnota ekvitability bola presne 1, znamenalo by to, že na tejto lokalite sú všetky druhy zastúpené rovnakým počtom jedincov. Najnižšiu sme vypočítali pre lokalitu Kotlina 3 (K3). Ide o antropogénne vytvorenú požiarnu vodnú nádrž vo VO. Počet druhov aj jedincov bol pre tak malú lokalitu pomerne vysoký, ale z nízkej hodnoty ekvitability vidíme, že výrazne dominoval jeden druh nad ostatnými (*Coenagrion puella*).

Menhinickov index druhové bohatstva je pomerne jednoduchý na výpočet, ale na rozdiel od Shannon – Wienerovho indexu diverzity je ovplyvnený veľkosťou vzorky (intenzitou výskumu). Keďže pri jeho výpočte sa berie do úvahy len celkový počet druhov a jedincov danej lokality, môže byť mierne zavádzajúci. Napríklad ak sa na dvoch lokalitách nachádza rovnaký celkový počet druhov aj jedincov neznamená to, že sú jednotlivé druhy aj rovnako početné. Vybrali sme si ho však pre vyjadrenie druhového bohatstva. Zo vzorca vieme odvodiť, že Menhinickov index vyjadruje pomer počtu taxónov k druhej odmocnine veľkosti vzorky. V prípade, že by sme na všetkých lokalitách zaznamenali rovnaký počet jedincov, hodnota indexu by klesala spolu s počtom druhov. To znamená, že najnižšia hodnota by bola vypočítaná pre lokalitu s najnižším počtom druhov. Počet jedincov bol však na našich lokalitách výrazne premenlivý. Závisí to samozrejme aj od veľkosti skúmanej plochy. Z nášho výskumu môžeme zhodnotiť, že nižšie hodnoty indexu dosahujú lokality, kde sme k počtu druhov zaznamenali násobne viac jedincov, ako na iných lokalitách s podobným počtom druhov. Príkladom sú lokality Kramárka (KR) a Vanišovec (VA). Stredné hodnoty dosiahli lokality s vyšším počtom druhov aj pomerne vysokým počtom jedincov (OV, ML, ZE). Najvyššie hodnoty sme vypočítali pre lokality, ktoré síce mali rôzne počty druhov, ale k tomu počtu podobný pomer jedincov (BE, JA, LI, HV). Nedá sa preto jednoznačne určiť, či s klesajúcou hodnotou Menhinickovho indexu rastie druhové bohatstvo. V prípade nášho výskumu považujeme za najpriaznivejšie hodnoty blízke 1, kedy bol zaznamenaný vyšší počet druhov aj jedincov. Viac takýchto lokalít bolo práve z územia vo VO.

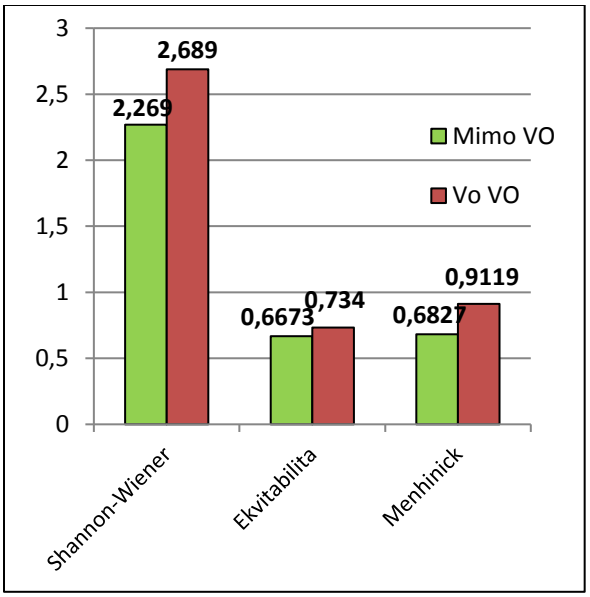


Graf 5 Porovnanie indexov diverzity a druhovej bohatosti lokalít vo VO Záhorie



Graf 6 Porovnanie indexov diverzity lokalít mimo VO Záhorie

Keď porovnáme len sumárne dáta z oboch oblastí (graf 7) vidíme, že index druhového bohatstva aj indexy diverzity dosahujú priaznivejšie hodnoty práve na území vo VO. Z toho vyplýva, že lokality priamo či nepriamo ovplyvňované vojenskou činnosťou nielen že majú druhovú rozmanitosť porovnateľnú s lokalitami mimo územia VO, ale v niektorých prípadoch možno aj väčšiu.



Graf 7 Porovnanie indexov diverzity a druhovej bohatosti lokalít mimo a vo VO Záhorie

Záver

Cieľom nášho príspevku bolo dokázať, že územia vo vojenských výcvikových priestoroch môžu byť zdrojom hodnotných biotopov a vysokej druhovej diverzity. Zisťovali sme, či a aký vplyv môže mať vojenská činnosť na výskyt vážok. Hodnotili sme na základe výskytu ekosozologicky významných druhov, indexov diverzity a indexu druhového bohatstva. Porovnávali sme 6 lokalít nachádzajúcich sa v okolí VO Záhorie a 6 lokalít nachádzajúcich sa priamo na území VO. Obidve skupiny lokalít boli tvorené lokalitami podobného charakteru a veľkosti. Na základe odonatologického prieskumu sme zistili, že výsledky sú porovnateľné pre obe porovnávané územia. Vyššia druhová rozmanitosť aj podiel zastúpenia ochranársky významnejších druhov bol skôr viazaný na charakter biotopu ako samotnú prítomnosť či absenciu vojenskej činnosti. Tá však v niektorých prípadoch napomáha takéto biotopy vytvárať, či udržiavať. Vďaka pravidelným zásahom ťažkej vojenskej techniky vznikajú častokrát nové biotopy vhodné pre rozmnožovanie vážok. Tento druh disturbancie tiež zabraňuje ich výraznejšej premene či zániku kvôli napredujúcej sukcesii. Priaznivý vplyv má tiež celková veľkosť vojenského obvodu, ktorý je zároveň kvôli prísnym bezpečnostným opatreniam pomerne dobre izolovaný od iných ľudských vplyvov (nadmerná turistika, rôzne zdroje znečistenia, urbanizácia). Na základe uvedeného môžeme skonštatovať, že VO Záhorie je z pohľadu odonatológie mimoriadne hodnotný a má veľký potenciál z hľadiska ochrany prírody.

Poďakovanie

Ďakujem RNDr. Jaromírovi Šíblovi, PhD. za pomoc pri terénnom výskume a determinácii materiálu, mojej školiteľke RNDr. Milene Moyzeovej, PhD. za pomoc pri písomnej finalizácii práce a Doc. PaedDr. Stanislavovi Davidovi, PhD. za odborné rady.

Použitá literatúra

[1] Simaika J. P., Samways M. J., Frenzel P. P. (2016) Biodivers. Conserv. 25, p. 1921
[2] Mazzacano C., Paulson D., Abbott J. (2014) Backyard ponds: Guidelines for creating and managing habitat for dragonflies and damselflies. OR. Migratory dragonfly partnership, Portland, p.22
[3] Lindenmayer D. B., MacGregor Ch., Wood J., Westgate M. J., Ikin K., Foster C., Ford F., Zentelis R. (2016) Biol. Conserv. 204, p. 276
[4] Harabiš F., Dolný A. (2017) Biol. Conserv. 217, p. 28
[5] Sands BROZ [Citované: 6. Marec 2020] http://www.sands.broz.sk/zahorie/sk/zakladne-informacie.html
[6] Šíblová Z. (2017) Fauna vážok (Odonata) mokradí Borskej nížiny. (Bakalárska práca) Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského, Bratislava
[7] Šíblová Z. (2019) Vážky (Odonata) mokradí Borskej nížiny. (Diplomová práca) Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského, Bratislava
[8] Waldhauser M., Černý M. (2014) Vážky České republiky – Příručka pro určování našich druhů a jejich larev. Český svaz ochránců přírody Vlašim, Vlašim, p. 184
[9] Losos B., Gulička J., Pelikán J. (1984) Ekologie živočichů. SPN, Praha, p. 316
[10] Spellerberg I. F. (2005) Monitoring Ecological Change. Cambridge University Press, New York, p. 391
[11] Dolný A., Bárta D., Waldhauser M., Holuša O., Hanel L., et al. (2008) Vážky České republiky: Ekologie, ochrana a rozšírení. Vlašim: Český svaz ochránců přírody Vlašim, Vlašim, p. 672

Prvé výsledky analýzy rastlinných makrozvyškov z lokality Hradisko Neštich

The first Results of Plant Macroremains Analysis in Neštich Hillfort

Natália Hurajtová[1]
Školiteľ: Ľuboš Halada[2]
[1]Katedra ekológie a environmentalistiky, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra,
[2]Ústav krajinnej ekológie SAV, Akademická 2, 949 10 Nitra
[1] natalia.hurajtova@ukf.sk, [2] lubos.halada@savba.sk

Abstrakt
Archeologická lokalita, Hradisko Neštich, nachádzajúca sa nad mestom Svätý Jur ponúka veľké možnosti štúdia vzťahu človeka a prírody v minulosti a to aj vďaka dlhoročnému výskumu, ktorý sa sústreďuje aj na odber archeobotanických vzoriek.

Prvé výsledky výskumu poukazujú na podobnosti s inými lokalitami ako sú Mikulčice na Morave alebo hradisko Bojná v Považskom Inovci. Sortiment pestovaných rastlín je typický pre obdobie včasného stredoveku. Dokladajú ho nálezy prosa, jačmeňa, raže, pšenice a ovsa.

Najpočetnejšie zastúpenie z obilnín má vo Svätom Jure proso siate. V nižšej miere je zastúpený jačmeň a v najnižšej miere pšenica. Zo strukovín je na lokalite zdokumentovaná iba šošovica jedlá.

Kľúčové slová: rastlinné makrozvyšky, Svätý Jur, stredovek

Abstract
The archaeological site located above the city of Svätý Jur offers a great opportunity to study the relationship between man and nature in the past thanks to long-term research, which also focuses on the collection of archaeobotanical samples.

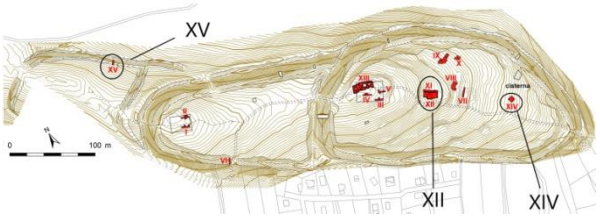
The first results point to similarities with other sites such as Mikulčice in Moravia or Bojná in Považský Inovec Mts.. The assortment of cultivated plants is typical for the early Middle Ages. There is a evidence of millet, barley, rye, wheat and oats.

In Svätý Jur millet ocucupies the dominant position. Barley appears less frequently and wheat has a lowest quantity. There are only lentils, of the legume family, documented on the site.

Key Words: plant macroremains, Svätý Jur, middle age

Úvod

Výšinné hradisko vo Svätom Jure je veľmi významnou archeologickou lokalitou. Lokalita je situovaná na horskom výbežku v Chránenej krajinnej oblasti Malé Karpaty [1]. Valové opevnenie, ktoré je pre Hradisko charakteristické, ho rozdeľuje do troch areálov (obr. 1)[2].



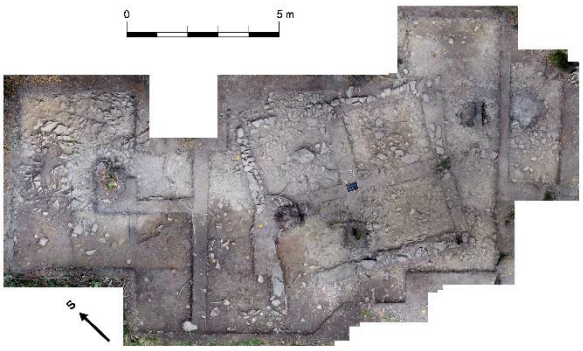
Obr. 1 Rozmiestnenie sond a plán náleziska
Zdroj: Upravené podľa Vavák,2019

Prvý systematický výskum na lokalite vykonávalo Slovenské národné múzeum, konkrétne tím pod vedením Ľ. Kraskovskej v rokoch 1957, 1958 a 1962 [3]. Od roku 2006 do dnešnej doby skúma lokalitu Malokarpatské múzeum v Pezinku pod vedením J. Vaváka. Už pri prvých výskumoch bolo zistené osídlenie z doby halštatskej, z 13. – 14. storočia, ale najmä z 9. - 10. storočia [1]. Počas výskumu Malokarpatského múzea boli odoberané archeobotanické vzorky s cieľom zachytiť „ekofakty“ pomocou ktorých by bolo možné stanoviť hlavné pestované plodiny alebo planorastúce buriny, ktoré by umožnili rekonštruovať agrotechnické postupy alebo charakter konkrétnych biotopov [4]. V tejto práci prinášame prvé výsledky spracovania rastlinných makrozvyškov (ďalej len RMZ) zo spomínanej lokality.

1 Materiál a metódy

Počas niekoľkých rokov boli systematicky ale aj cielene odoberané archeobotanické vzorky *(Vavák, pers. comm)*. Prvé vzorky, ktoré sme preplavili pochádzali

z posledných rokov výskumu (2017, 2018, 2019), kedy boli systematicky skúmané sondy XII, XIV a XV.
Sonda XII sa vyznačuje najmä výskumom stavby z 9. storočia (obr. 2) a jej okolia, ktorá svojimi nálezmi naznačuje prítomnosť miestnej elity. Už pri terénnom výskume boli identifikované RMZ v jednom z oválnych objektov zachytených pri stavbe.



Obr. 2 Sonda XII
Zdroj: [3]

Sonda XIV bola skúmaná na základe predchádzajúceho nálezu orientálnej mince - dirhamu, jej výskumom sa potvrdil predpoklad, že miesto slúžilo ako dieľňa remeselníka. Sonda XV predstavovala výskum valu Hradiska [3,5].

1.1 Zber a terénne spracovanie vzoriek

Vzorky boli odoberané po sektoroch a štvorcoch v rozhraní 100 x 100 cm (*Vavák, pers. comm)*. Pri vzorkovaní sa dodržiaval približne konštantný objem uloženiny 5 litrov. Následne sa zaznamenali všetky potrebné informácie. Pri ďalšom terénnom spracovaní – preplavovaní sme najskôr odmerali objem každej uloženiny a prepísali všetky informácie do preplavovacieho denníka. Následne boli vzorky preplavené kombináciou flotačnej metódy a ručného premývania s použitím sít s priemerom očiek 0,25 mm [6]. Z dôvodu možných archeologických ale aj archeobotanických nálezov vo zvyšnom sedimente, bol tento ešte prezretý pomocou pinzety. Preplavené vzorky boli po usušení prebalené do plastových vrecúšok.

1.2 Laboratórna analýza vzoriek

Práca v laboratóriu pokračovala odmeraním objemov preplavenej frakcie. Pod stereoskopickým mikroskopom (Zeis 4x – 25x) boli vyberané uhlíky (> 2 mm), semená, iné časti vegetácie, kosti, malakofauna, rybie šupiny a iné živočíšne zvyšky.
Semená rastlín boli identifikované pomocou atlasov [7,8,9,10,11].

2 Výsledky a diskusia

Z celkového množstva 50 preplavených vzoriek bolo doteraz analyzovaných 15 (30 %) s celkovým objemom uloženiny 70,5 l. Tri vzorky reprezentujú sondu XII, ktorá bola archeologicky determinovaná ako obytný priestor so zahĺbenými objektami, ktoré pravdepodobne slúžili na skladovanie potravín. Sondu XIV determinovanú ako dieľňa klenotníka reprezentuje 9 vzoriek. Rez valu skúmaný v roku 2019 reprezentujú tri vzorky.
Analýzou RMZ bolo identifikovaných 5 958 zuhoľnatených diaspór. Z tohto množstva sme 5 737 identifikovali ako semená pestovaných druhov a 172 ako semená planorastúcich druhov.
Po prvotnej analýze je zrejmé, že sa jednotlivé vzorky z rozdielnych sond od seba odlišujú počtom pestovaných ale aj planých druhov, avšak vidíme aj rozdiely medzi vzorkami v sonde XII (tabuľka 1).

Tabuľka 1 Zastúpenie RMZ v jednotlivých sondách a sektoroch
Zdroj: Autor

Sonda	XII	XII	XIV	XIV	XIV	XV
Sektor	I,F	B	A,B	A,B,E,E	C,D,E	varia
Vzorky ∑	2	1	2	4	3	3
Obilniny	**91**	**5614**		**13**	**15**	**1**
Strukoviny	**3**					
Plané	**4**	**160**			**5**	**3**
Iné	**6**	**13**	**1**	**22**	**2**	**5**
N	4	6	144	724	146	115

V Sonde XIV sa nachádzajú tri vzorky s podobným zložením RMZ a to v sektoroch C, D, E, kde je okrem 15 semien obilnín prítomných aj 5 diaspór planých druhov. V 4 vzorkách zo sektorov A, B, E sa nachádzajú semená pestovaných plodín avšak je tu absencia planých druhov. Pri dvoch vzorkách neboli zaznamenané ani semená planých ani pestovaných rastlín.

Sonda XV predstavujúca rez valom bola celkovo najchudobnejšia. V troch vzorkách bola prítomná jedna diaspóra obilniny a tri semená planých druhov.
Najzaujímavejšia situácia je v **sonde XII**, z ktorej sa analyzovali tri vzorky z troch rôznych sektorov. Dve vzorky zo sektorov I a F sú charakterom nálezov podobné, vzorka zo sektoru B sa od nich odlišuje väčším počtom identifikovaných zŕn obilnín a taktiež absenciou strukovín.

2.1 Výsledky pestovaných rastlín

Z obilnín mali najpočetnejšie zastúpenie semená prosa siateho (*Panicum miliaceum)*, kde sa nálezy aspoň jedného zrna nachádzali v 11 vzorkách (obr. 3).
Proso malo najväčšiu početnosť v sonde XII, pričom najväčšie množstvo obsahovala vzorka zo sektoru B a menej nálezov bolo vo vzorkách zo sektorov I a F.

Obr. 3 *Panicum miliaceum*
Zdroj: Autor

Hordeum vulgare, jačmeň siaty, sa nachádzal iba v sonde XII, pričom podobne ako pri prose sa jeho prítomnosť vo väčšej miere vyskytovala v sektore B.
Raž siatu (*Secale cereale)* sme identifikovali iba v jednej vzorke zo sondy XII, v sektore B.
Pšenicu siatu (*Triticum aestivum)* ako najkvalitnejšiu chlebovú obilninu [4] sme identifikovali v štyroch vzorkách, najpočetnejšie zastúpenie mala taktiež v sonde XII v sektore B, okrem tejto sondy sa jedna diaspóra nachádzala aj v sonde XIV. Podobné zastúpenie mali aj semená identifikované ako pšenice bližšie neurčené (*Triticum sp.*). Zaujímavým nálezom je pšenica dvojzrnová (*Triticum diccocon*). Síce sme ju zaznamenali iba jedným nálezom (obr. 4) v sonde XII, sektore B ale jej prítomnosť by mohla naznačovať zásah do vrstiev prezentujúcich staršie osídlenie. Na potvrdenie tejto možnosti je potrebný ďalší výskum.

Obr. 2 *Triticum diccocon, laterálne*
Zdroj: Autor

Sektor B v sonde XII sa taktiež odlišoval nálezmi semien rodu *Setaria*, ktoré sa v iných sektoroch ani sondách nenachádzali.
Avena sp., ako ďalšia z pestovaných obilnín bola prítomná v troch vzorkách, v sonde XII v sektoroch I (zaznamenaná dvomi semenami), B (najpočetnejšia – 38 zŕn) a v sonde XIV v sektore E v zastúpení jedného zrna.
V celom skúmanom súbore neboli zaznamenané žiadne plevy alebo iné zuhoľnatené zvyšky obilnín.
Strukoviny reprezentujú nálezy troch semien šošovice jedlej (*Lens culinaris*). Všetky tri diaspóry boli zaznamenané v sektore I sondy XII (príloha 1).

2.2 Výsledky spracovania semien planých druhov rastlín

Semená planých druhov rastlín, ktoré sa nám podarilo zaradiť aspoň do čeľade sa vyskytovali v 9 vzorkách. Najpočetnejšie (160 semien) v sonde XII, sektore B.
Ďalej v sonde XIV (sektory C,D,E) v počte 5 semien a v sonde XV boli zaznamenané tri semená v tejto kategórií (tabuľka 1).
Čo sa týka druhového zastúpenia planých rastlín (tabuľka 2) najpočetnejšie boli nálezy semien identifikovaných ako *Echinochloa/Digitaria* (v zaznamenanom počte 100 semien) a viacero druhov rodu *Galium* (*Galium spurium* 36 diaspór a ostatné druhy v zastúpení 7 semien). K ďalším početnejším nálezom patria semená rodu *Rumex*, z toho *Rumex crispus/obtusifolius* v počte 5 nálezov a dve semená iných druhov. Všetky spomenuté druhy planých rastlín sa bežne vyskytujú ako poľné buriny [12,13,14] a mohli sa k obilninám dostať počas pozberových úprav. Ostatné semená sú zastúpené iba jednou zuhoľnatenou diaspórou.
Sonda XIV je z hľadiska planých druhov omnoho chudobnejšia, identifikovali sme tu dve semená bazy *Sambucus ebulus* (v sektoroch C,D) a tri nálezy semien

vyhodnotené ako hrab obyčajný (*Carpinus betulus)*. Oba tieto druhy mohli byť účelovo zbierané. Látková 2019 naznačuje, že prítomnosť zuhoľnatených fragmentov semien hrabu obyčajného by mohla súvisieť s jeho využívaním na výrobu oleja [4]. V sonde XV boli nájdené iba dve semená identifikované ako *Echinochloa/Digitaria* a jeden nález určený ako *Xanthium strumarium*.

Tabuľka 2 Planorastúce druhy
Zdroj: Autor

Sonda	XII	XII	XII	XIV	XIV	XIV	XV	XV
Sektor	I 6-8	F 6-8	B 0-2	C 4-6	D 2-4	E 0-2	0-2	4-6
Planorastúce								
Carpinus betulus						3		
Echinochloa /Digitaria			100				2	
Echinochloa crus galli cf.		1						
Galium sprium	1		36					
Galium cf. rotundifolium			3					
Galium cf. boreale			3					
Galium sp.			1					
Chenopodium album			1					
Chenopodium hybridum			1					
Chenopodium sp.			3					
Lycopus europaeus			2					
Rumex crispus / obtusifolius			5					
Rumex cf. acetosella			1					
Rumex cf. acetosa			1					
Sambucus ebulus				1	1			
Saponaria officinalis	1							
Stachys cf. arvensis			1					
Xanthium strumarium								1
Bromus sp.			1					
Poaceae	1		1					
Indet	6	2	15	1	1			5

2.3 Diskusia

Sortimentu rastlín pestovaných na poliach v období včasného stredoveku podľa dostupnej literatúry dominuje: jačmeň siaty (*Hordeum vulgare*), raž siata (*Secale cereale*), pšenica siata (*Triticum aestivum/ compactum/ durum*), proso siate (*Panicum miliaceum*) a v menšej miere ovos siaty (*Avena sativa*) [15]. Najčastejšie zastúpenou strukovinou bol v tomto období hrach siaty a šošovica jedlá [16].

Vo Svätom Jure je najpočetnejšou skupinou proso siate za ním nasleduje jačmeň, raž, ovos a najmenej početná je pšenica. Zo strukovín sme zaznamenali iba šošovicu jedlú (*Lens culinaris*).

V Mikulčiciach je situácia z pohľadu strukovín podobná. Najväčšie zastúpenie má šošovica jedlá. Aj napriek tomu, že v obilí v Mikulčiciach taktiež dominuje proso podobne ako na Hradisku Neštich, výskyt pšenice je výraznejší a výskyt jačmeňa naopak menej výrazný ako pozorujeme my na Hradisku. Proso sa v Mikulčiciach pokladá za statusovú plodinu, vyplývajúcu z kultúrnej tradície, čím sa vysvetľuje jeho dominancia vo vzorkách [17]. Výsledky archeobotanického výskumu v Bojnej priniesli podobné výsledky aké sme zaznamenali my. Semená prosa sa vyskytovali najčastejšie, menej výrazne zastúpenou obilninou bol jačmeň. Aj tu sledujeme rozdiely medzi zastúpením pšenice a raže medzi Bojnou a Neštichom. Treťou najpočetnejšou obilninou bola pšenica, ktorá sa u nás vyskytovala v najmenšej miere. A najmenej zastúpenú plodinu prezentovala v Bojnej raž [18]. Je zjavné, že proso tvorilo v období včasného stredoveku veľmi dôležitú časť stravy miestneho obyvateľstva. Rozdiely v zastúpení ostatných pestovaných druhov, možno pripísať aj spracovaniu malého množstva vzoriek z výskumu na lokalite vo Svätom Jure, lepší obraz o situácii a rozdieloch alebo podobnostiach medzi podobnými lokalitami získame až ďalším výskumom.

Záver

Na základe prvotnej analýzy sme zistili podobnosti zloženia vzoriek v sonde XIV a XV. V sonde XII sme sledovali dve odlišné situácie. Sektory I a F sa prezentujú podobnými vzorkami a môžeme teda uvažovať o jednej archeologickej situácií. Sektor B sa odlišuje všetkými pozorovanými údajmi. Absencia pliev a prítomnosť semien burín môže naznačovať, že ide o uskladnenú zásobu, ktorá nebola úplne vyčistená. Taktiež nález pravekej pšenice dvojzrnovej v tej istej vzorke môže naznačovať, že táto uloženina nepochádza z obdobia včasného stredoveku, ale práve zo staršieho osídlenia lokality. Aj napriek malému množstvu zatiaľ získaných údajov je možné pozorovať sortiment pestovaných plodín z územia Svätého Jura v minulosti, z ktorého najviac prevládalo proso siate, ďalej jačmeň, raž a v neposlednom rade pšenica a ovos.

Poďakovanie

Výskum bol podporený projektom VEGA (2/0018/19) – Ekologické analýzy akulturácie krajiny Slovenska od mladšieho praveku dodnes.

Zároveň by som chcela poďakovať môjmu školiteľovi RNDr. Ľubošovi Haladovi, CSc. a konzultantke doc. Mgr. Márií Hajnalovej, PhD. za odborné konzultácie, ktoré mi pomohli pri písaní práce. V neposlednom rade poďakovanie patrí aj

Malokarpatskému múzeum v Pezinku za poskytnutý materiál a PhDr. Júliusovi Vavákovi, PhD. za odborné rady a pomoc.

Použitá literatúra

[1] Vavák J. (2015) Historika 2015 (1), p. 4
[2] Čambal R. (2015) Zborník odborných príspevkov o hradiskách a ich obyvateľoch, Hradiská – svedkovia dávnych čias, Dolná Mariková, SR, p. 55
[3] Vavák, J. (2019) Pevnosť v Malých Karpatoch: Vznik, význam a úloha výšinného centra vo Svätom Jure. Malokarpatské múzeum, Pezinok, p. 11
[4] Látková M. (2019) Rostliny a výživa velkomoravských Mikulčic. Archeologický ústav AV ČR, Brno, p. 32
[5] Vavák J. (2018) Pam. a múz. 67 (2), p. 2
[6] Hajnalová M., Hajnalová E. (1998) Informátor SAS pri SAV, Preplavovanie - metóda získavania rastlinných makrozvyškov z archeologických objektov a vrstiev. Nitra, p. 6
[7] Anderberg A. L. (1994) Atlas of seeds and small fruits of Northwest-European plant species with morphological descriptions. Part 4. Resedaceae – Umbelliferae. Swedish Museum of Natural History, Stockholm, Sweden, p.137
[8] Berggen G. (1981) Atlas of seeds and small fruits of Northwest-European plant species with morphological descriptions. Part 3. Salicaceae – Cruciferae. Swedish Museum of Natural History, Stockholm, Sweden, p. 69
[9] Identification of cereal remains from archaeological sites (2nd edition) [citované: 25. marec 2020] https://duw.unibas.ch/fileadmin/user_upload/duw/IPNA/PDF_s/PDF_s_in_use/Cereal_Id_Manual_engl.pdf
[10] Bojňanský, V. Fargašová, A. (2007) Atlas of Seeds anf Fruits of Central and East-European Flora: The Carpathian Mountains Region. Springer, Dordrecht, Netherlands, p. 36
[11] Lange E. (1979) Archäo-Physika 8, p. 191
[12] GALIUM SPURIUM L. – svízel pochybný / lipkavec pochybný [Citované: 10. marec 2020] https://botany.cz/cs/galium-spurium/
[13] ECHINOCHLOA CRUS-GALLI (L.) P. B. – ježatka kuří noha / ježatka kuria [Citované: 10. marec 2020] https://botany.cz/cs/echinochloa-crus-galli/
[14] RUMEX CRISPUS L. – šťovík kadeřavý / štiavec kučeravý [Citované: 10. marec 2020] https://botany.cz/cs/rumex-crispus/
[15] Hajnalová E. (1993) Obilie v archeobotanických nálezoch na Slovensku. Archeologický ústav Slovenskej akadémie vied na Slovensku, Nitra, p. 96
[16] Hlavatá J. (2015) Archeobotanické nálezy rastlín a ich vypovedacia schopnosť vo vzťahu k poľnohospodárstvu včasného stredoveku. In: Borzová Z. Interdisciplinárne o poľnohospodárstve včasného stredoveku. Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, Nitra, p. 9
[17] Látková M. (2017) The Archaeobotany of Mikulčice. Food Supply to the Early Medieval Stronghold. Archeologický ústav AV ČR, Brno, p. 47
[18] Mihályiová, J. (2017) Rastlinné makrozvyšky z objektov a vrstiev hradiska Bojná I. In: Pieta K., Robak Z., Bojná 2. Archeologický ústav SAV, Nitra p. 359

Príloha1 Početnosť zaznamenaných druhov rastlín

Sonda	XII	XII	XII	XIV	XIV	XIV	XIV	XIV	XIV	XIV	XIV	XIV	XV	XV	XV
Sektor	I 6-8 m	F 6-8 m	B 0-2 m	A 2-4	A 0-2 m	B 4-6	B 4-6 m	C 4-6	D 2-4	E 0-2	E 4-6 m	E 4-6 m	0-2 m	7-8 m	4-6 m
Štvorec	S	S	S	S	J	J	S	Z	J	V	V	J	J	V	J
Objem AB l	5	5	3	5	4	5	5,5	5	2	5	6	5	5	5	5
Objem FF (ml)	150	200	225	300	150	250	300	400	175	350	500	300	300	350	400
Podiel	1/1	1/1	1/2	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1	1/1
Obilniny															
PM	42	34	4956		2		2	9	3	1	6	1			1
HV	3	1	165												
SI			84												
Tsp	2	1	9							1					
SC			62												
TA	2	1	8							1					
TD			1												
A	2		38								1				
Cere	5	1	219							1	1				
Strukoviny															
LC	3														
Plané															
Plane Z suma	8	2	173			1	17	2	2	3	2	3	2		6
Plane N suma	2	2	6	72	69	72	215	79	5	62	328	112	29	75	11

Návrh riešení úspory energií pre hlavnú budovu UKF v Nitre

Energy Efficiency Proposals for the Main Building of UKF in Nitra

Marek Moravčík[1]
Školiteľ: Henrich Grežo[2]
[1,2]Katedra ekológie a environmentalistiky, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra,
[1] marek.moravcik2@student.ukf.sk, [2] hgrezo@ukf.sk

Abstrakt

V našej práci sme sa zamerali na posúdenie vhodnosti lokality vybraných budov Univerzity Konštantína Filozofa v Nitre na základe geografickej lokality, klimatických podmienok a poveternostných podmienok. Následné pozorovanie a vyhodnotenie spotreby vybraných budov UKF v Nitre.

Údaje získané energetickým auditom sme využili na dimenzovanie a návrh malej fotovoltickej elektrárne na streche vybraných budov UKF ako jedno z možných riešení úspor z dlhodobého hľadiska, výber najvhodnejšieho systému a následný opis a návrh komponentov On-Grid systému, ktorý dodáva elektrickú energiu pre vybrané budovy. V prípade nadbytku dodáva elektrickú energiu do siete.

Je to začiatok postupného prechodu na trvalo udržateľné a obnoviteľné zdroje energií.

Kľúčové slová: elektrická energia, obnoviteľné zdroje, solárna energia, úspora energií

Abstract

In our work we focus on assessment of the suitability of the location the selected buildings of Constantine the Philosopher University in Nitra based on geographical location, climatic conditions and weather conditions. Afterwards observation and evaluation of consumption on the Main Buildings of UKF in Nitra.

The data which we have gained through the energetic audit we have applied for design and sizing small photovoltaic power plant on the roof of the chosen buildings of UKF, as one of a possible savings' solutions with a long-term perspective. The choice of the most suitable system and subsequent characterization and draft of components of On-Grid system, which supplies chosen buildings with electric energy.

In the case of the excess, it supplies with electric energy into the mains.

It is the beginning of the transition to sustainable and renewable energy sources.

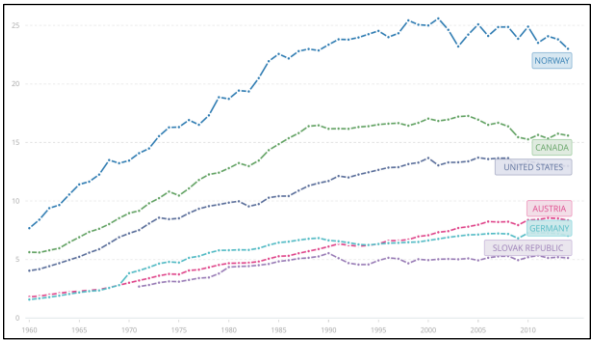
Key Words: electricity, energy saving, renewable energy resources, solar energy

Úvod

V modernej spoločnosti ľudia vyžívajú energiu nielen pre to aby dokázali žiť, ale pre mnoho rozličných dôvodov ako je pohyb ľudí a tovaru, výroba a priemysel alebo zabezpečenie bežnejších vecí ako je ohrev teplej úžitkovej vody, vykurovanie a svietenie. Táto energia môže byť pomenovaná ako dodatková. Zákon zachovania energie zároveň hovorí o tom že energia nevzniká ani nezaniká, iba mení svoju podobu.

Od priemyselnej revolúcie je spoločnosť založená na schopnosti ľudí meniť energiu z jednej formy na inú. Tie najvyspelejšie krajiny majú dnes najvyššiu spotrebu energie na jedného obyvateľa podľa grafu č. 1. Vo svete je trend stúpajúcej spotreby energie.

Ako základnú surovinu na premenu energie používa ľudstvo fosílne palivá. Spaľovanie fosílnych palív má negatívny dopad na životné prostredie. Preto je potrebné aby ľudstvo začalo využívať iný zdroj energie, ktorý je udržateľný a je možné ho dlhodobo využívať.



Graf 1 Spotreba elektrickej energie v kWh na obyvateľa
Zdroj: [1]

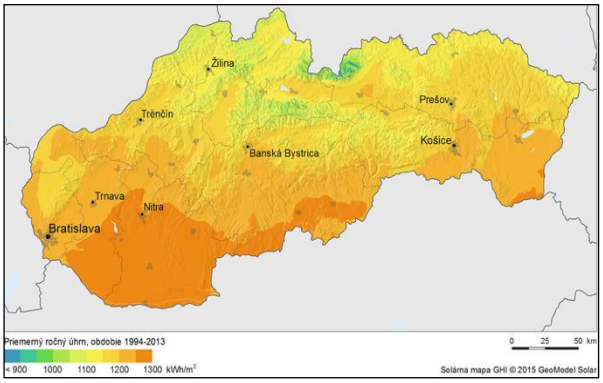
Slnko je zdrojom energie pre takmer všetky procesy na planéte. Jeho základným zdrojom energie je termojadrová fúzia. Priame slnečné žiarenie je biele a vzniká kombináciou zložiek elektromagnetického svetelného žiarenia rôznych farieb, t. j. rôznych vlnových dĺžok. Priemerné množstvo mimozemského

slnečného žiarenia, ktoré dopadá na zemskú atmosféru pred jeho oslabením samotnou atmosférou je označované ako slnečná konštanta. V súčasnosti je jej hodnota podľa dostupnej literatúry 1 361 W/m^2. [2]

Energia dopadajúceho slnečného žiarenia na osvetlenú stranu zemskej pologule je niekoľko tisícnásobne väčšia ako spotreba ľudstva. Preto má Slnko výborný potenciál ako zdroj energie v budúcnosti pre ľudstvo. Pri súčasných technológiách je ročný úhrn globálneho horizontálneho žiarenia na Slovensku podľa obrázku č.1, dostatočný na inštaláciu zariadení na premenu slnečnej energie.

Na využitie dopadajúcej energie na Zem sa dnes v praxi pri malých riešeniach používajú dve zariadenia na premenu energie.

Slnečný kolektor, ktorý ohrieva v ňom cirkulujúce médium a tým zohrieva najčastejšie TÚV (teplú úžitkovú vodu), alebo fotovoltické panely, ktoré fotoelektrickým javom vytvárajú elektrickú energiu, ktorú je možné jednoducho transformovať a využiť.



Obr.1 Ročný úhrn globálneho horizontálneho žiarenia na Slovensku
Zdroj: [3]

Cieľom našej práce je vytvoriť návrh malej fotovoltickej elektrárne (FVE), umiestnenej na streche vybraných budov UKF, ako jedno z možných opatrení na úsporu elektrickej.

Rozlišujeme tri základne možnosti riešení fotovoltických systémov. Ostrovné systémy označované ako Off-Grid ktoré sú nezávislé na rozvodnej. Sú používané tam, kde nie je k dispozícii rozvodná sieť alebo nie je ekonomické budovať elektrickú prípojku. Vybrané budovy UKF disponujú prípojkou k rozvodnej sieti a tak toto riešenie je pre nás nezaujímavé.

Sieťové systémy On-Grid sa využívajú hlavne v oblastiach s vysokou hustotou elektrických sietí. Tieto systémy produkujú elektrickú energiu výhradne pre distribučnú sieť. Sú výhodné pri vyšších výkupných cenách el. energií.

Hybridné systémy sú najprijateľnejším riešením, keďže pri ňom môžeme využívať vlastnú vyrobenú energiu a v prípade nadbytku výroby elektrickej energie ju môžeme dodávať do siete. Solárny systém je zapojený za hlavný elektromer distribučnej spoločnosti. Tento typ hybridného systému je pre náš návrh ideálny. Jeho časti a dimenzovanie volíme pri ďalšom vypracovaní [10].

1 Postup návrhu malej FVE

Pri návrhu malej fotovoltickej elektrárne sme postupovali podľa špecificky vytvoreného metodického postupu.

1. Výber hlavnej budovy UKF bol podmienený jej priaznivou orientáciou voči svetovým stranám, možnosťou jednoduchého a cenovo efektívneho upevnenia fotovoltických panelov, zatienenia reliéfom a okolitými objektami a dostupnosťou odberového diagramu. Následné vyhodnotenie energetického auditu vybraných budov UKF na základe odberového diagramu, poskytnutého administratívou UKF. Ktorého výsledkom je rozhodnutie o vhodnosti použitia navrhovaného hybridného systému On-Grid.
2. Určenie a posúdenie lokality pomocou dostupnej online aplikácie Solargis.com. Umiestnenie fotovoltických článkov a výpočet orientácie, sklonu pomocou interaktívneho nastroja Európskej komisie PVGIS-(CMSAF) a to na základe geografickej lokality, klimatických podmienok a poveternostných podmienok.
3. Návrh malej FVE. Výber vhodných fotovoltických článkov s dôrazom na kvalitu, výkon a celkovú cenu systému a navrhnutie potrebného počtu kolektorov.
4. Výpočet potenciálneho solárneho výkonu FVE podľa údajov od výrobcov komponentov FVE a informácií o globálnom horizontálnom úhrne žiarenia GHI (z angl. Global horizontal index), z roku 2016 a satelitnej databázy PVGIS-CMSAF. Zhodnotenie navrhnutej multivalentnej sústavy.

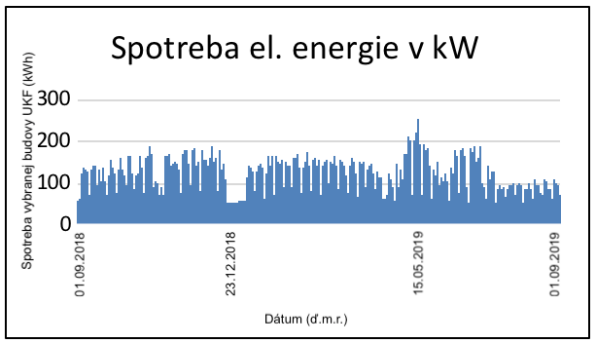
2 Výsledky a diskusia

2.1 Vyhodnotenie energetického auditu

Energetický audit ukázal, že celková spotreba elektrickej energie na vybraných budovách UKF za jeden rok medzi 1.9.2018 - 1.9.2019 je 663,44 MWh. Pre porovnanie, priemerný rodinný dom na Slovensku má spotrebu 2,7 MWh za rok. [4] Spotreba elektrickej

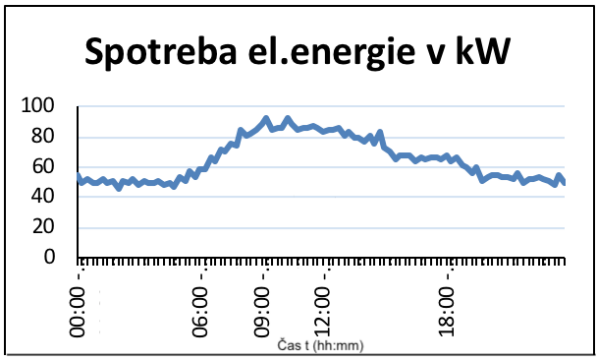
energie počas jedného roka bola zaznačená na grafe č.2. Priemerná hodinová spotreba je 75,74 kWh. Maximálny nameraný odber v jednom momente bol 255,16 kWh a minimálny odber 39,67 kWh.

Priemerná spotreba počas pracovnej doby medzi 06:00 až 18:00 je 91,33 kW. Priemerná spotreba mimo pracovnú dobu (18:00-06:00) je 60,15 kW.

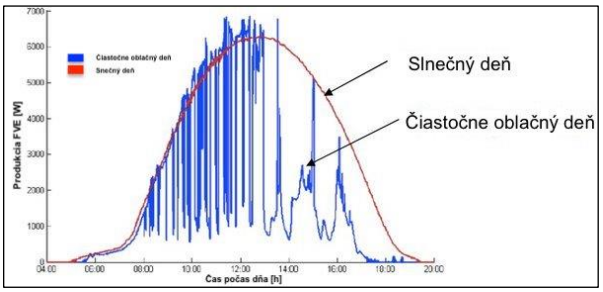


Graf 2 Spotreba el. energie na vybraných budov počas jedného roka
Zdroj: Autor

Z grafu č. 3 spotreby el. energie počas dňa 21.06.2019 môžeme vidieť rastúcu tendenciu ráno od 6:00 do 9:00. Od 9:00 do 12:00 dosahuje spotreba svoje maximum a následný pokles sa ustáli o 19:30. Zvýšená spotreba energie je počas pracovných hodín s takmer dvojnásobným maximom.



Graf 3 Spotreba el. energie na vybraných budovách počas dňa 21.06.2019, trendová krivka odberu.
Zdroj: Autor



Graf 4 Typická denná produkcia elektrickej energie zo solárnych panelov
Zdroj [9]

Z charakteristiky výroby elektrickej energie prostredníctvom fotovoltických panelov podľa grafu č. 4 predpokladáme možné uplatnenie fotovoltickej elektrárne na streche hlavnej budovy, ktorá by z časti pokrývala spotrebu objektu počas pracovnej doby, a tým by znížila prevádzkové náklady na elektrickú energiu.

2.2 Určenie a posúdenie lokality, umiestnenie fotovoltických článkov, ich orientácia a nastavenie sklonu

Hlavné faktory, ktoré ovplyvňujú množstvo dopadajúceho žiarenia sú geografická lokalita, klimatické podmienky, poveternostné podmienky a poloha solárneho panela.

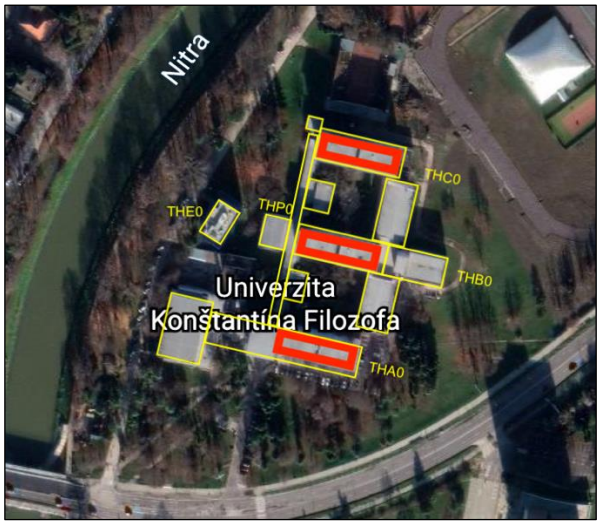
Geografická lokalita

Vybrané budovy sú zároveň hlavnou budovou UKF pozostávajúcou z blokov THA0, THB0 a THC0 na ktorých budú umiestnené fotovoltické panely (obr.3). Laboratóriá- THE0 a prednášková miestnosť - THP0 sú pripojené na spoločné odberné miesto. Hlavná budova sa nachádza v centre mesta Nitra, ktoré je situované v Podunajskej pahorkatine na rieke Nitra pri južnom okraji pohoria Tribeč, obr.2.

Obr. 2 Poloha mesta Nitra na Slovensku s údajom o priemernom ročnom horizontálnom úhrne solárneho žiarenia.
Zdroj: [5]

Údaje o množstve dopadajúcej slnečnej energie na zvolený povrch v danej lokalite sa dajú získať buď pomocou priamych pyranometrických meraní, alebo zložitým analytickým výpočtom, ktorého výsledky môžu byť premietnuté ako mapa s globálnym slnečným žiarením.

Zemepisná šírka a dĺžka je podľa GPS: S 48° 18´ 25´´, V 18° 5´ 11´´. Hlavná budova UKF v Nitre je v nadmorskej výške 140 m. n. m. V mieste predpokladanej inštalácie na horizontálnu strechu budov nie je žiadny tieniaci objekt alebo reliéf terénu, obr. 3.[6]



Obr. 3 Náhľad na vybrané budovy UKF v Nitre s vyznačenými možnosťami umiestenia fotovoltických panelov.
Zdroj: [7]

Klimatické a poveternostné podmienky

Územie Nitry patrí do teplej klimatickej oblasti s priemernou ročnou teplotou 9,7 °C, pričom reálne hodnoty priemernej teploty majú vzostupnú tendenciu a za posledné roky stúpajú o +0,5 až +0,8 °C.

Ročný úhrn zrážok dosahuje 561 mm s deficitom -60 až -90 mm zrážok.

Nitra patrí medzi najveternejšie regióny. Prevládajú S a SZ vetry. Poveternostné podmienky v meste Nitra sú ovplyvnené Podunajskou nížinou [12].

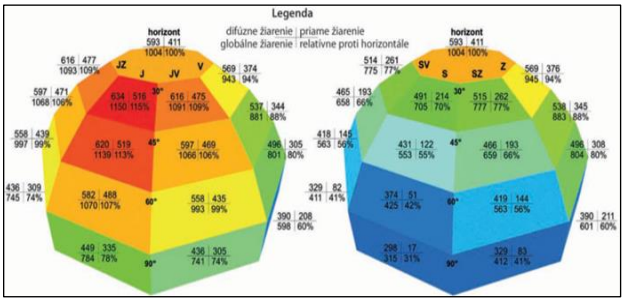
Na základe poveternostných podmienok sme zvolili pevnú rámovú konštrukciu v profile A, uchytenú skrutkovým systémom o strechu budovy.

Nitra je teda teplý, nížinný a suchý región [6].

Poloha solárnych panelov

Fotovoltické články budú umiestnené na vrchu vybraných budovách UKF. Rozdelenie do 12 stringov zabezpečí konštantnú produkciu el. energie aj v prípade zatienenia alebo iného javu. Pôjde o plošnú konštrukciu umiestnenú na rovnej streche budovy. Takáto konštrukcia využíva Á-čkovú konštrukciu z nerezovej ocele uchytenú o strechu. Vypočítaný sklon konštrukcie pre vybrané podmienky je 36° a deklinácia je -2° na JV podľa modelu PVGIS-CMSAF.

Na obrázku č.4 je možné overiť že pre nami vybraný sklon a orientáciu je dostupné takmer najväčšie množstvo slnečného žiarenia pri vybraných sklonoch a orientáciách.

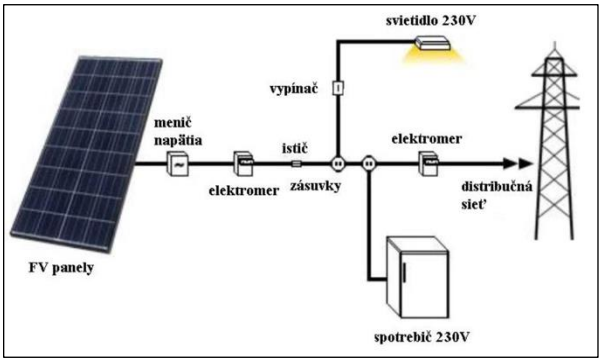


Obr. 4 Množstvo dostupného slnečného žiarenia, pre vybrané sklony a orientácie.
Zdroj: [8]

2.3 Návrh malej FVE

Pre našu aplikáciu je ideálny hybridný systém, pri ktorom vieme využívať vyrobenú elektrickú energiu a v prípade nadbytku výroby elektrickej energie ju môžeme dodávať do siete.

Hybridný systém znázornený na obrázku č.5 malej fotovoltickej elektrárne, pozostáva zo základných komponentov a tými sú: fotovoltické moduly/panely, meniče fotovoltickej energie a elektromer fotovoltického zariadenia. Tieto časti sú zapojené na samostatné ističe a prepäťovú ochranu, v prípade poruchy je navrhnutý mechanický vypínač panelov (total stop). Nasleduje rozvádzač, regulátor (wattrouter) a polovodičové relé. Elektronické prvky sú spojené fotovoltickou kabelážou podľa pokynov výrobcu.



Obr. 5 Hybridný systém pre vlastnú výrobu a predaj nadbytku energie do siete
Zdroj: [10]

Navrhnuté komponenty fotovoltického systému:

1. ***Fotovoltické panely***
   Fotovoltické články sú vybrané s dôrazom na výrobnú kvalitu, servis, garantovaný výkon počas dlhodobej prevádzky a celkovú cenu pri potrebnom počte článkov.
   Vybrali sme 174ks Fotovoltických panelov VIESSMANN Vitovolt 290Wp. Jedná sa o kvalitné nemecké fotovoltické panely s účinnosťou 17,5% a 12 ročnou zárukou Inštalovaný výkon systému bude 50,46 kWp a plocha fotovoltických panelov 287,55 m^2. Orientačná cena panelov je 20 010€ bez DPH.
2. ***Hybridný solárny menič***
   Výkon hybridného solárneho meniča navrhujeme o 20% vyšší ako inštalovaný výkon fotovoltických panelov. Výsledný výkon pre navrhovaný systém je 60 kW. Medzi ďalšie parametre patrí dostatočný počet stringov (min 10 stringov), vysoká európska účinnosť pri 380/400V, stupeň krytia IP 65 a prepäťové ochrany pre AC a DC prúd. Orientačná obstarávacia pre takýto hybridný menič je 3 950€ bez DPH.
3. ***Rozvádzač AD a DC, RH FVE ističe a napäťové ochrany RH AC a DC 50 kW***
   Obstarávacia cena 4 250€ bez DPH.
4. ***Kabeláž AC/DC do 100m inštalačný materiál***
   Obstarávacia cena 3 750€ bez DPH.
5. ***Trapézová konštrukcia – montážny systém pre 50 kWp***
   Montážny systém VIESSMANN na pevnú strechu. Orientačná obstarávacia cena 3 900€ bez DPH.
6. ***Inštalácia konštrukcie a FV panelov 50 kWp***
   Cena práce odhadnutá na 3 800€ bez DPH.
7. ***Elektroinštalácia FVZ 50kw***
   Elektroinštalácia FVE, inštalácie kabeláže a rozvádzačov, zapojenie meniča napätia na FV pole. Odhadovaná cena elektroinštalácie 3 850€ bez DPH.
8. ***Administratíva pre LZ FVE***
   Kompletná administratíva pre distribučnú spoločnosť (ZSE) a pre ÚRSO. Predpokladaná cena za vypracovanie 500€ bez DPH.
9. ***Projektová dokumentácia***
   Zahŕňa (RPD) Realizačná projektová dokumentácia, (DSV) Dokumentácia skutočného vyhotovenia stavby, (MPP) Miestne prevádzkové predpisy. Odhadovaná cena za vypracovanie projektovej dokumentácie v danom období 450€ bez DPH.
10. ***Smart Power Sensor***
    Trojfázový 100A smart meter senzor. Orientačná obstarávacia cena 106 € bez DPH.
11. ***Smart dongle – WLAN***
    Zariadenie na pripojenie a monitoring prostredníctvom siete WLAN a príslušnej aplikácie. Obstarávacia cena 70 € bez DPH.
12. ***Doprava materiálu***
    Doprava materiálu a réžia 580 € bez DPH.

Predpokladaná celková suma inštalácie 50,46 kWp fotovoltickej elektrárne je 45 040,00 € bez DPH a 54 048 € s DPH.

Energetické zhodnotenie solárneho systému na základe klimatickej oblasti:

1. Výpočet inštalovaného výkonu 174 panelov.

$$Pmpp = A.\eta.1kW.m^{-2}$$

Kde: *A* – plocha fotovoltických panelov, (m^2).
P_{mpp} – inštalovaný výkon FVE, (Wp).
η – účinnosť FV panelov, (%).
Inštalovaný výkon je teda 50,46kWp.

2. Ročná výroba FV systému

$$E = GZ.Pmpp.PR$$

Kde: *E* – ročné množstvo vyrobenej energie (kWh),
GZ – ročný úhrn globálneho žiarenia ($kWh.m^{-2}$).
PR–charakteristika pomeru výkonu (z angl. Performance ratio) (%).

Fotovoltický systém podľa výpočtov vyrobí počas prvého roku prevádzky 46 632,57 kWh. Potenciálny solárny výkon počas každého mesiaca si môžeme pozrieť vo vypočítanej tabuľke (tab. 1) a v priloženom grafe (graf 5).

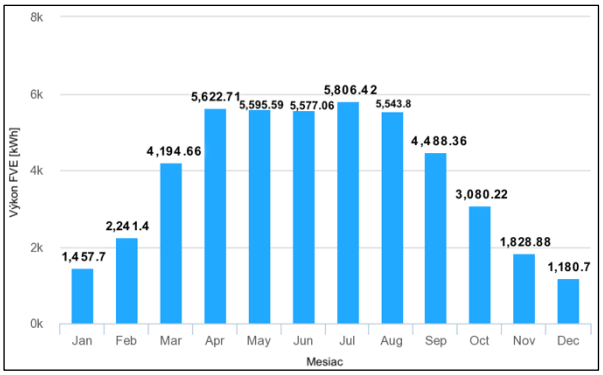
Fixný systém: uhol=36°	Denne	Mesačne
Priemerná produkcia elektrickej energie	E_d(kWh)	E_m(kWh)
Január	48,4	1457,7
Február	74,49	2241,40
Marec	139,77	4194,66
Apríl	187,80	5622,71
Máj	186,93	5595,59
Jún	186,40	5577,06
Júl	194,10	5806,42
August	185,29	5558,84
September	149,69	4488,36

Október	102,62	3080,22
November	60,78	1828,88
December	39,21	1180,70
Ročný priemer	129,49	3884,79
Celkovo za rok	46 632,54 kWh	

Tab. 1 Ročný predpoklad výroby solárnej energie (PVGIS, 2020)
Zdroj: [11]

Z výkonového hľadiska je oblasť Nitry vhodnou na inštaláciu malej FVE. Dôvodom je, že v tejto oblasti dopadá za deň dostatočne množstvo slnečného žiarenia.

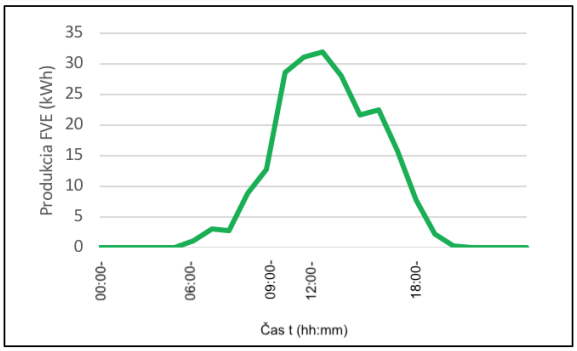
Podľa grafu č.5 je počas siedmich mesiacov od marca do septembra predpoklad výroby FVE viac ako 4 194,66kWh priemerne mesačne, čo je 175,44 kWh priemerne denne. V období od októbra do februára je predpokladaný priemerný mesačný výkon 1 957,78 kWh a priemerný denný výkon 65,25 kWh.



Graf 5 Potenciálny solárny výkon z dopadajúceho slnečného žiarenia inštalovanej FVE v priebehu roka
Zdroj: [11]

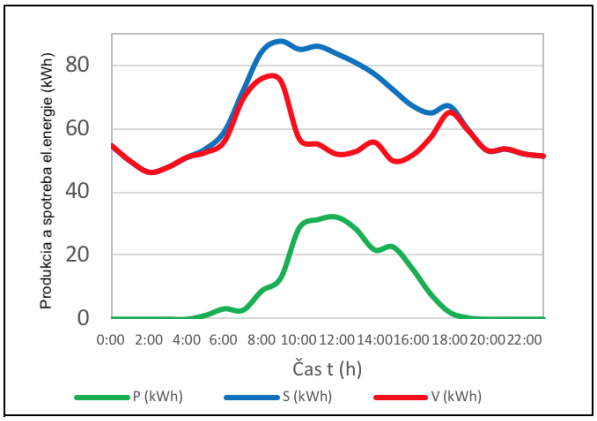
Graf č.6 znázorňuje simulovaný priebeh predpokladanej dennej produkcie elektrickej energie, z 50,46 kWp fotovoltickej elektrárne na streche vybraných budov UKF dňa 21.6.2016 podľa výpočtov PVGIS (2020).

Fotovoltaická elektráreň začína dodávať elektrický prúd o 4:00 hodine ráno, maximálnu produkciu dosahuje medzi 10:00 – 13:00 hodinou s hodnotou cez 30 kWh a následne produkovaný výkon klesá. Koniec výroby nastáva o 19:00.



Graf 6 Predpokladaná denná produkcia elektrickej energie z FVE na hlavnej budove UKF v Nitre.
Zdroj: Autor

Podľa predpokladov sa priebeh výroby podobá priebehu odberu vybraných budov UKF čo môžeme vidieť na grafe č. 7. Tým dochádza k efektívnemu využívaniu vyrobenej elektrickej energie a nemusí sa elektrická energia dodávať do distribučnej siete. Takto navrhnutý systém z časti vyrovnáva odberovú krivku vybraných budov.



Graf 7 Výsledný graf produkcie el. energie z FVE (P) a spotreby vybraných budov UKF (S) s predpokladaným zníženým výsledným odberom (V).
Zdroj: Autor

Medzi výhody tohto systému patrí nielen nižší odber budovy z distribučnej siete, ale aj vznik vlastného zdroja elektrickej energie, ktorý v prípade výpadku energie z distribučnej siete môže dodávať elektrickú energiu pre vybrané spotrebiče, ako sú serverovne alebo chladiace zariadenia laboratórií.

Nevýhody sa dajú rozdeliť na fyzikálne a ekonomické. Medzi fyzikálne patrí nízka hustota slnečnej energie na Zemi, jej časová nestabilita a značne nerovnomerná distribúcia [2]. Ekonomické

nevýhody sú cenová náročnosť na úrovni 54 048€ a dlhšia návratnosť investície.

Aj napriek niektorým nevýhodám je investícia do obnoviteľných zdrojov energií dobrým riešením, nielen pre súčasné ale aj budúce generácie.

Záver

Vybudovaním malej fotovoltickej elektrárne o inštalovanom výkone 50,46 kWp na streche hlavnej budovy UKF je možné optimalizovať odber elektrickej energie počas pracovného dňa. Cena vyrábanej elektrickej energie je nižšia ako cena v prípade odberu energie zo siete, a tým ponúka priestor pre výpočet návratnosti investície.

Hybridný systém On-Grid ponúka hospodárne možnosti využitia el. energie v prípade nadbytku. Pre náš návrh malej FVE, je ideálnym systémom.

Podstatnejším zistením je, že takýto zdroj obnoviteľnej energie môže vytvoriť multivalentný systém. Takýto systém ponúka nielen finančnú úsporu, ale ponúka hlavne investíciu do budúcnosti pri prechode na obnoviteľné zdroje energií, ktoré nie sú závislé na uhoľnej a jadrovej energetike.

Školské zariadenia ako vychovávatelia a nositelia budúcnosti by mohli byť s podporou štátu prostredníctvom grantov ako Ekoobec 2018, príkladom zodpovednej produkcie a spotreby elektrickej energie.

Na koniec sa ponúka otázka, koľko eur z jednej kWh sme ochotní investovať do krajiny, ktorá je viac zelená ako šedá?

Poďakovanie

Poďakovanie za technické pripomienky patrí školiteľovi a konzultantovi práce Mgr. Henrichovi Grežovi PhD.

Použitá literatúra

[1] The World Bank [Citované: 8.3.2020] http://www.worldbank.com
[2] Janíček F.,Cerman A., motyčák Š., (2013) Energetické zdroje, Bratislava, s.15
[3] Niekoľko zaujímavých údajov o slnečnom žiarení [Citované: 7.3.2020] https://e-energia.sk/niekolko-zaujimavych-udajov-o-slnecnom-ziareni/
[4] Ročné náklady na palivo a energiu pre rodinný dom vrátane investícií v € [Citované: 7.3.2020] file:///Users/mikemac/Downloads/2350_Rocne_naklady_DOM_januar_2017.pdf
[5] Solargis [Citované: 8.3.2020] https://solargis.info/
[6] Supuka J., Bihuňová M., Štěpánková R., (2005) ACTA ENVIRONMENTALICA UNIVERSITATIS COMENIANAE (BRATISLAVA), Vol.13, s. 137
[7] GoogleEarth [Citované: 10.3.2020] https://earth.google.com/web/@48.30763986,18.09108116,138.10863703a,729.20051254d,35y,0.00000001h,59.99881004t,0r
[8] Integrácia fotovoltických systémov do budov [Citované: 7.3.2020] https://www.asb.sk/stavebnictvo/technicke-zariadenia-budov/fotovoltaika/integracia-fotovoltaickych-systemov-do-budov
[9] Wander S Wadman (2012) Study Group Mathematics with Industry - SWI 2012, A Case Study in the Future Challenges in Electricity Grid Infrastructure, NL, p. 4
[10] Moravčík M. (2016) Návrh solárnej nabíjačky pre elektrický automobil. (Bakalárska práca) Technická fakulta, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Nitra
[11] Photovoltaic Geographical information system [Citované: 20.3.2020] https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/
[12] Regionálna Geografia [Citované: 20.3.2020] https://www.pulib.sk/web/kniznica/elpub/dokument/Michaeli1/subor/4.pdf

Hodnocení míry antropogenní fragmentace krajiny Slovenska pomocí indikátoru effective mesh size na úrovni krajů

Assessment of anthropogenic landscape fragmentation rate in Slovakia using the effective mesh size indicator at the region level

Ivo Dostál[1]
Školiteľ: František Petrovič[2]
[1,2] Katedra ekológie a environmentalistiky, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra
[1] ivo@darksnest.cz [2] fpetrovic@ukf.sk

Abstrakt
V článku jsou prezentovány možnosti numerického vyjádření míry antropogenní fragmentace krajiny, přičemž území Slovenska bylo hodnoceno podle administrativních jednotek na úrovni kraje. K hodnocení s využitím intenzit dopravy z aktuálního Celostátního sčítání dopravy 2015 byl využit indikátor efektivní velikosti oka m_{eff}, včetně srovnání jeho hodnot při zohlednění či nezohlednění přeshraničních vazeb. Zjištěné hodnoty míry fragmentace potvrdily odhad, že výrazně více je fragmentována západní část území, zejména kraje Trnavský a Bratislavský. Naopak nejnižší míru fragmentace vykazuje kraj Prešovský. Celková míra fragmentace liniovou dopravní infrastrukturou však není na Slovensku doposud natolik vysoká jako v SRN a je nižší i než v ČR.
Klíčová slova: fragmentace krajiny, efektivní velikost oka, Slovensko, dopravní infrastruktura

Abstract
The paper presents the possibilities of numerical expression of the anthropogenic fragmentation degree with the territory of Slovakia being evaluated according to administrative units at the regional level. The assessment based on the transport intensities from the National Transport Census 2015 using an indicator of the effective mesh size (m_{eff}) was performed, including a comparison of its values (not) taking into account cross-border links. Fragmentation rates confirmed the estimate that the western part of the territory is significantly more fragmented than eastern one. The regions with highest degree of fragmentation are Bratislavský and Trnavský while least fragmented is Prešovský region. However, the general fragmentation rate in Slovakia is not yet as high as in Germany and is even lower than in the Czech Republic.
Key Words: landscape fragmentation, effective mesh size, Slovakia, transport infrastructure

Úvod
Činnost člověka a s ní spojená fragmentace patří k nejvýznamnějším trendům ovlivňujícím dnešní evropskou krajinu [1]. Rozšiřování zástavby sídel i budování nové liniové dopravní a technické infrastruktury představují zásadní ohrožení volné krajiny navzdory nesporným krokům, které se v rámci managementu krajiny a jejího využívání povedlo v posledních letech provádět [2].

Bariérový efekt je považován za nejvýznamnější z pětice primárních ekologických efektů fragmentace krajiny dopravní infrastrukturou [3]. Je představován obtížně průchodnou, či úplně neprůchodnou, liniovou infrastrukturou, která krajinu parceluje na stále menší a menší plochy, což vede k snížení, či dokonce přímo ztrátě schopnosti poskytovat určité ekosystémové služby, zejména schopnost hostit populace určitých druhů. Negativně ovlivňuje dynamiku populací a může vést až k jejímu úplnému zániku. Nejvíce jsou z tohoto pohledu ohroženy takové druhy, jež mají vysoké nároky na zachovalé přírodní prostředí, velikost domovského okrsku a často jsou pro ně typické i migrační pohyby na velmi dlouhé vzdálenosti [4]. Ve střední Evropě patří mezi představitele této skupiny druhů zejména medvěd hnědý (*Ursus arctos*), vlk obecný (*Canis lupus*), rys ostrovid (*Lynx lynx*), jelen lesní (*Cervus elaphus*) a los evropský (*Alces alces*). Považujeme je za tzv. deštníkové druhy: budou-li zajištěny jejich požadavky na vhodné prostředí, lze tvrdit, že jsou s velkou pravděpodobností uspokojeny také druhy méně náročné [5]. Vedle svého stavebně-technického uspořádání (fyzická bariéra) může komunikace působit jako bariéra behaviorální, vyvolaná antropogenním rušením z provozu (hluk, světelné znečištění apod.)

Převážná část území Slovenska patří do Karpatského regionu. V něm složité orografické podmínky předurčují nejvhodnější trasy pro vedení

Obr. 1a,b. Ukázka vývoje fragmentace v údolí Váhu jihozápadně od Bytče (okolí obcí Predmier a Plevník). Zároveň tato oblast představuje součást migrační trasy propojující populace šelem ve Strážovských vrších a v Javorníkách [20].

a) rok 1949 – údolím prochází vedle řeky pouze železnice a původní silnice I/61 s intenzitou provozu 706 resp. 462 vozidel/24h [7]; po pravém břehu Váhu je vedena ještě silnice II/507 s intenzitou provozu 114 voz./24h. Zdroj: Topografický ústav Banská Bystrica

b) rok 2018 – výrazně se rozrostla zástavba všech obcí, místy dochází k jejich srůstání do jednoho sídla; železnice byla přebudována na moderní trať s rychlostí až 160 km/h; silnice I/61 je trasována v nové stopě mimo intravilány obcí (intenzita provozu 5 442 resp. 4 025 voz./24h [8]); intenzita na silnici II/507 stoupla na 4 032 voz./24h dalšími úplně novými antropogenními bariérami v údolí jsou dálnice D1 (intenzita provozu 22 379 voz./24h) a Hričovský kanál včetně vodní nádrže Mikšová. Zdroj: Eurosense

dopravních sítí. Jejich směr byl dán hlubokými údolími hlavních řek dělících horská pásma, což způsobilo zvýšenou pravděpodobnost vzniku kumulovaných liniových bariér, jež zvyšují míru fragmentace krajiny pro mnohé druhy živočichů [6]. Ukázka procesu kumulace bariér je prezentována na obr. 1 příkladem z údolí Váhu.

Základy dopravní sítě na území dnešního Slovenska byly položeny v polovině 19. století, kdy Uherské království přijalo koncepci rozvoje moderní dopravní infrastruktury za účelem zlepšení ekonomického, sociálního a politického stavu země [9]. Síť železnic dosáhla svého vrcholu na počátku I. světové války, avšak její význam začal brzy upadat ve prospěch rozvíjející se dopravy silniční, která převzala roli hlavního dopravního módu v průběhu 60. let 20. století. Trend růstu silniční dopravy pak akceleroval po roce 1990 v důsledku zvyšujícího se stupně motorizace a výstavby sítě dálnic a rychlostních silnic. Zatímco v roce 1990 bylo na území Slovenska jen 192 km silnic dálničního typu [6], v roce 2018 dosáhla jejich síť již 764 km [10].

1 Indikátory fragmentace

Pro popis míry a analýzu vývoje antropogenní fragmentace krajiny se používají zejména dva rozdílné přístupy, z nichž každý má odlišný účel a vypovídající význam:

(a) vymezení nefragmentovaných území

Dle předem daného algoritmu mapově vymezujeme takové části krajiny, které nejsou doposud fragmentovány. Výhodnou tohoto přístupu je následné využití v procesech územního plánování, neboť lze s ochranou nefragmentovaných území počítat obdobně jako s jinými limity využívání území (pásma ochrany vodních zdrojů, velko- a maloplošná chráněná území apod.) Typickým představitelem této skupiny indikátorů je UAT (Unfragmented Area by Traffic) vymezující nefragmentovaná území o ploše nejméně 100 km^2, což představuje minimální domovský areál pro skupinu velkých savců [11,12]. Na číselný indikátor je pak lze převést např. jako podíl vymezených ploch na rozloze celého území.

(b) číselné vyjádření míry fragmentace

Jde o postup výpočtu číselné hodnoty indikátoru vycházející z geometrických nebo pravděpodobnostních modelů území. Využívají se zejména pro hodnocení časového vývoje míry antropogenní fragmentace a pro srovnání různých území mezi sebou.

V této skupině indikátorů je nejčastěji využívaným přístupem výpočet tzv. efektivní velikosti oka (m_{eff} – Effective mesh size). Jde o hodnotu vyjadřující v km² průměrný stupeň fragmentace úměrný pravděpodobnosti, že dva náhodně vybrané body nacházející se v řešené oblasti, leží po rozřezání plochy fragmentační geometrií stále ve stejné oblasti. Převádí se tak nestejnoměrná struktura krajiny na vypočtený průměr velikosti nefragmentovaného území ve tvaru čtverce a při zohlednění nejen velikosti všech podprostorů, ale také struktury fragmentace celé posuzované oblasti. Platí, že vyšší hodnota indikátoru znamená lepší stav z pohledu míry fragmentace [12,13].

Matematicky lze efektivní velikost oka vyjádřit pomocí vztahu:

$$m_{eff} = \frac{1}{A_{total}} * \sum_{i=1}^{n} {A_i}^2 \quad (1)$$

kde:

- m_{eff} efektivní velikost oka
- A_{total} celková plocha studovaného území
- n počet dílčích polygonů
- A_i plocha i-tého dílčího polygonu

Takto definovaný indikátor je vhodný pro posouzení míry fragmentace na úrovni velkých celků. Nezohledňuje totiž fakt, že hranice řešeného území je obvykle definována administrativní hranicí, nikoliv existující fragmentační bariérou. Proto Moser et al. [14] přinesli úpravu původně navržené definice indikátoru m_{eff} když zohlednili možnost přeshraničních vazeb (CBC – Crossboundary connections):

$$m_{eff}^{CBC} = \frac{1}{A_{total}} * \sum_{i=1}^{n} A_i * A_i^{compl} \quad (2)$$

kde

- m_{eff}^{CBC} efektivní velikost oka CBC
- A_{total} celková plocha řešeného území
- n počet dílčích polygonů
- A_i plocha i-tého dílčího polygonu spadající do řešené oblasti
- A_i^{compl} velikost kompletního i-polygonu (tj. včetně mimo řešenou oblast)

Evropská environmentální agentura [1] využívá pro srovnání místo m_{eff} indikátor efektivní hustoty oka (s_{eff} – Effective mesh density) vyjadřující počet (hustotu) jednotlivých ok na 1000 km²:

$$s_{eff} = \frac{1}{m_{eff}} * 1000 \quad (3)$$

kde:

- s_{eff} efektivní hustota oka
- m_{eff} efektivní velikost oka

Indikátor s_{eff} podává shodnou informaci o území jako m_{eff}, avšak byl upřednostněn, neboť s rostoucí mírou fragmentace roste i jeho hodnota a naopak.

Geometrie prvků fragmentujících krajinu pro definici jednotlivých polygonů fragmentovaného území je definována souborem následujících pravidel:

- urbanizovaná území
- silnice s RPDI 1000 vozidel / den
- provozní železnice dvoukolejné a elektrifikované jednokolejné
- umělé vnitrozemské vodní cesty kategorie IV a vyšší
- plocha letišť byla zařazena do urbanizovaných oblastí
- z geometrie se vyřazují fragmentační hrany tvořené tunely délky větší než 1000 m

Výše uvedená pravidla pro konstrukci fragmentační geometrie vycházejí z definice indikátorů využívané v SRN [15], kde jsou oba uvedené reprezentativní indikátory (UAT i m_{eff}) dlouhodobě využívány pro srovnání míry fragmentace na úrovni jednotlivých spolkových zemí.

2 Metodika

K vlastnímu výpočtu hodnocení míry fragmentace byl využit výpočet výše uvedeného indikátoru m_{eff} s úpravou dle procedury CBC (viz vztah 2). Z toho důvodu pro získání informací o polygonech přesahujících hranice SR bylo nutné pro získání fragmentační geometrie pracovat také s bariérami na území ležícím v sousedících zemích.

Definice fragmentační geometrie za silniční dopravu proběhla na základě výsledků Celostátního sčítání dopravy (CSD) 2015 za Slovensko [8] a Polsko [23] a za ČR CSD 2016 [22]. Za Maďarsko byly k dispozici jen textové výsledky CSD 2015 [24], proto byla využita geometrie z projektu Open Street Map (OSM) [21]: převzaty SHP vrstvy silniční infrastruktury ze serveru geofabrik.de a vyčleněny kategorie motorway, primary road, secondary road (výsledná síť tak odpovídá dálnicím a silnicím I. a II. třídy) se zohledněním známých intenzit ve sčítacích bodech definovaných výsledky sčítání. Za Ukrajinu a Rakousko nebylo sčítání dopravy k dispozici a proto byla využita také pouze geometrie z OSM.

Dotčené úseky železniční sítě byly převzaty z vlastní dlouhodobě připravované vrstvy železniční sítě ČR, SR zpracované na základě služebních pomůcek

Správy železnic a Železnic Slovenské republiky. Prostorový průběh tratí byl digitalizován s využitím aktuálních ortofotomap. Za ostatní státy (Polsko, Ukrajina, Maďarsko a Rakousko) byla využita data z projektu OSM společně s odvozeným projektem Open Railway Map [16].

V SR se nachází jediná plně umělá vodní cesta – plavební kanál Gabčíkovo – ručně zdigitalizováno středem plavební dráhy podle aktuálních ortofotomap. Kanály na Vážské kaskádě nejsou doposud splavné a navíc by vystavěné části plnily požadavky pouze pro plavební cestu třídy III.

Provozní tunely nad 1000 m se v železniční síti Slovenska v současnosti nacházejí pouze dva (Bujanovský, Turecký vrch) na relevantních typech tratí. Ostatní se totiž leží na jednokolejných neelektrifikovaných tratích, které nejsou do fragmentační geometrie zařazeny. Aktuálně jsou v SR pouze tři silniční tunely příslušné délky. V geometrii však byl zohledněn pouze tunel Branisko, neboť tunel Sitina se nachází v urbánní oblasti a tunel Považský Chlmec nebyl v roce 2015 ještě v provozu.

Urbanizovaná území pro území EU byla definována na základě vrstvy z Corine Land Cover pro rok 2018 [17] jako soubor všech antropogenních ploch definovaných kódem kategorie „1xx“. Za území Ukrajiny byla využita vrstva k roku 2012 poskytnutá ukrajinskou pobočkou WWF, jež byla využita ve studii Angelstam et al. [18].

Jednotlivé součásti fragmentační geometrie byly zpracovány v prostředí geografického informačního systému ESRI ArcGIS 10.5. Po jejich sloučení byly definovány plochy jednotlivých nefragmentovaných oblastí. Od vypočtené plochy pro každý dílčí polygon byla odečtena plocha urbanizovaných oblastí. Takto upravené polygony byly protknuty správní strukturou Slovenska a následně mohl být vypočítán indikátor pro jednotlivé kraje dle vztahů (1) a (2).

3 Výsledky a diskuze

Z fragmentační geometrie byla vyčleněna všechna urbanizovaná území s rozlohou nad 2 km² do samostatných polygonů, menší urbanizované celky byly zohledněny v rámci výpočtu plochy jednotlivých polygonů. Celkem tak vzniklo 1255 polygonů, které alespoň zčásti zasahují na území Slovenska. Z nich jen 125 (10 %) má rozlohu větší než 100 km² a 879 (70 %) nedosáhlo ani 10 km².

Z výsledků výpočtu prezentovaných v tabulce 1 vyplývá, že výpočet dle původní definice indikátoru, kde i administrativní hranice posuzovaného regionu je geometricky považována za bariéru, výrazně zkresluje hodnotu indikátoru m_{eff}. V některých případech je rozdíl vyšší než 50 %.

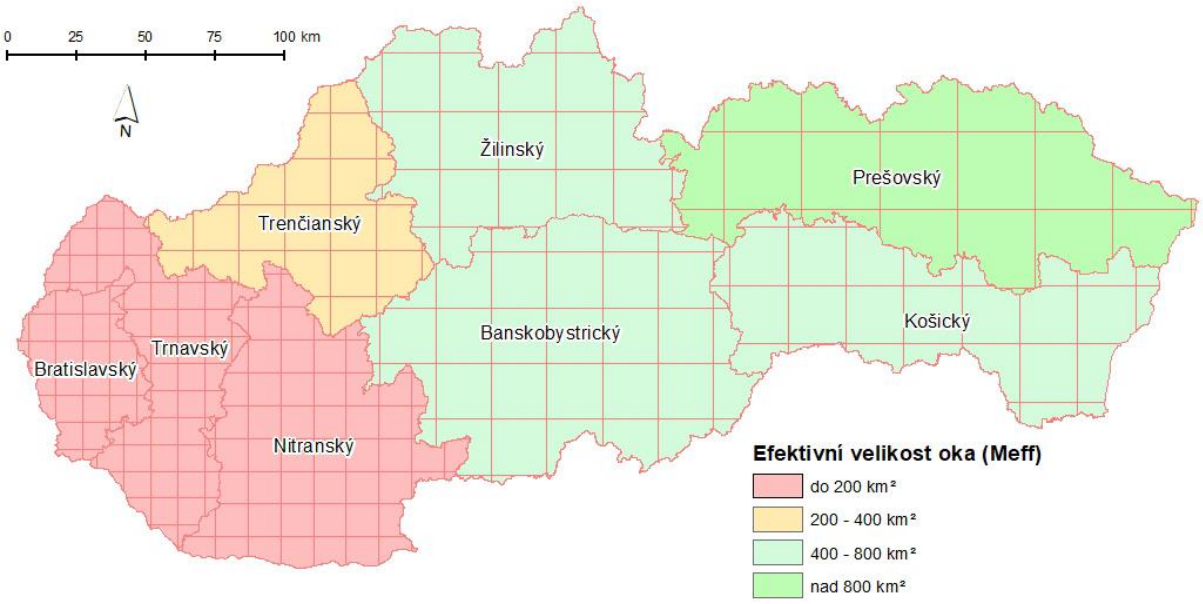
Kraj	Plocha [km²]	m_{eff} [km²]	m_{eff} – CBC [km²]
Banskobystrický	9 454,4	403,3	513,7
Bratislavský	2 052,5	87,7	124,2
Košický	6 754,5	424,0	559,9
Nitranský	6 343,8	135,1	180,2
Prešovský	8 973,9	576,4	1 011,7
Trenčianský	4 502,0	227,0	348,8
Trnavský	4 146,6	69,0	122,0
Žilinský	6 808,7	341,1	547,7
Celá SR	**49 036,4**	**423,7**	**508,4**

Tab. 1 Indikátor m_{eff} k roku 2015 pro kraje Slovenska stanovený jak dle původního přístupu dle vztahu (1) tak i se zohledněním přeshraničních vazeb (2).

Grafické znázornění výsledků na obr. 2 odhaluje výrazně vyšší míru antropogenní fragmentace krajiny v krajích ležících v západní polovině Slovenska, zatímco kraje na východě země mají míru fragmentace výrazně nižší. Rozdíl v hodnotě indikátoru je až osminásobný.

Srovnání s výsledky výpočtu míru fragmentace od jiných autorů naráží na metodický problém rozsahu bariér zahrnutých do výpočtu a zohlednění či nezohlednění přeshraničních vazeb. Ne vždy bývají v rámci reportingu uváděné všechny potřebné údaje pro interpretaci a srovnání. I přes tyto rozpory lze konstatovat, že míra fragmentace území Slovenska je výrazně nižší oproti západní Evropě, ve které je výrazně vyšší hustota silnic s vysokou intenzitou provozu [19].

Dostupné údaje za SRN udávají pro rok 2015 [15] hodnotu indikátoru m_{eff} pro jednotlivé spolkové země v rozsahu 18,5 km² (Saarland) až po 160,3 km² (Mecklenburg-Vorpommern). Ne všechny spolkové země však hodnotu indikátoru reportují a tudíž nemohly být do srovnání zahrnuty. Výsledky však jednoznačně ukazují na vyšší míru fragmentace v SRN než na Slovensku, nejvíce fragmentované kraje Bratislavský a Trnavský dosahují ve srovnání s německými spolkovými zeměmi nadprůměrných hodnot.



Obr. 2 Efektivní velikost oka v regionech Slovenska se zohledněním přeshraničních vazeb. Červeným šrafováním je vizualizována průměrná velikost polygonu samostatně pro každý kraj. Zdroj: vlastní zpracování.
Zdroj: Autor

Za území České republiky byly souborně publikovány hodnoty m_{eff} pro jednotlivé kraje k roku 2005 včetně historického vývoje (1980, 1985, 1990, 1995, 2000) a predikce k roku 2040 [12]. Hodnoty však jsou vypočtené dle původní metodiky bez zohlednění přeshraničních vazeb. Minimální hodnotu indikátoru m_{eff} dle výše uvedeného zdroje 43,6 km² má Hlavní město Praha, maximem je 463,7 km² v Karlovarském kraji, přičemž hodnota za celou ČR dosáhla 216,2 km². Lze však předpokládat s ohledem na pokračující rozvoj dopravní infrastruktury i rostoucí intenzity provozu, že v současnosti budou již hodnoty nižší.

Kraj	s_{eff} [ok / 1000 km²]	s_{eff} – CBC [ok / 1000 km²]
Banskobystrický	2,5	1,9
Bratislavský	11,4	8,1
Košický	2,4	1,8
Nitranský	7,4	5,5
Prešovský	1,7	1,0
Trenčianský	4,4	2,9
Trnavský	14,5	8,2
Žilinský	2,9	1,8
Celá SR	**2,4**	**2,0**

Tab. 2 Indikátor s_{eff} k roku 2015 přepočtený dle (3)

Hodnota indikátoru s_{eff} dosáhla pro celé území 28 evropských zemí k roku 2009 hodnoty 1,75 oka/1000 km² s využitím přístupu CBC [1]. Stanovení fragmentační geometrie však v této práci nezohledňovalo silnice nižší než II. třídy, i když je na nich intenzita provozu vyšší než 1000 vozidel / 24 h, stejně jako přeshraniční vazby mimo území EU (tj. na území Ukrajiny, kde se nachází velké nefragmentované území s přesahem do Polska a do Prešovského kraje). Území EU je však velmi heterogenní: země Beneluxu dosáhly hodnoty $s_{eff} > 50$ považované za vysokou míru fragmentace, naopak skandinávské země nedosahují ani $s_{eff} = 0,5$. Hodnoty $s_{eff} < 1,5$ jsou považovány na velmi nízké a rozmezí $1,5 < s_{eff} < 10$ za nízké hodnoty.

Jak vychází ze zjištění v Moser et al. [14], tak s růstem podrobnosti členění území na menší řešené celky (okresy nebo dokonce i obce) klesá vypovídací hodnota původní verze indikátoru m_{eff} / s_{eff}, neboť velikost oka je omezena rozlohou každé jednotky zkoumaného území. Proti tomu stojí fakt, že velké územní celky na úrovni státu nebo kraje mohou vykazovat značnou heterogenitu. Je tedy nasnadě využívat především modifikovanou verzi indikátoru zohledňující přeshraniční vazby v území i přes nesporně vyšší náročnost sběru a zpracování vhodných datových podkladů o území. Další výhodu této verze výpočtu indikátoru je možnost práce s dalšími typy klasifikace území vycházející nikoliv z administrativního členění, ale z přírodních nebo

socioekonomických charakteristik území či z pravidelné čtvercové sítě pokrývající řešené území.

Závěr

Antropogenní fragmentace krajiny patří k významným trendům, jež negativně ovlivňují současnou krajinu a nevyhýbá se ani Slovensku. Proto je nezbytné sledovat pomocí vhodných indikátorů její míru, včetně časového vývoje. Prezentovaný výpočet testuje možnost využití indikátoru efektivní velikosti oka, který patří k metodám ověřeným již v několika státech Evropy, zejména v SRN. Zjištěná míra fragmentace pro Slovensko je významně nižší než v zemích západní Evropy s rozvojem další dopravní infrastruktury lze očekávat její zvyšování. Pro využití indikátoru v rámci analýz udržitelného rozvoje území a v procesu územního plánování je třeba využívat pouze verzi výpočtu m_{effCBC} zohledňující přeshraniční vazby v území. Bude však nezbytné nejprve analyzovat míru fragmentace i na menších jednotkách (okresy, obce), jiných typech klasifikace území (např. ve vztahu k přírodním podmínkám) a zejména připravit delší časovou řadu hodnot založených na shodné metodice, aby bylo možné vzájemné porovnání, případně i predikce do budoucna.

Použitá literatura

[1] EEA (2011). *Landscape fragmentation in Europe. EEA report 2/2011*. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 92 pp. ISBN 978-92-9213-215-6. doi:10.2800/78322.

[2] EEA (2019). The European environment — state and outlook 2020 : Knowledge for transition to a sustainable Europe. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 499 pp. ISBN 978-92-9480-090-9. doi: 10.2800/96749.

[3] Iuell, B., Bekker, G. J., Cuperus, R. et al. (2003). *Wildlife and Traffic: A European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions*. Brussels: KNNV Publishers, 176 pp. ISBN 978-9050111867.

[4] Anděl, P., Gorčicová, I., Hlaváč, V., Miko, L., Andělová H. (2005). *Hodnocení fragmentace krajiny dopravou. Metodická příručka*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 99 s.

[5] Anděl, P., Mináriková, T et Andreas, M. (2010). *Ochrana průchodnosti krajiny pro velké savce*. Liberec: Evernia, 137 s. ISBN 978-80-903787-5-9.

[6] Hlaváč, V., Anděl, P., Matoušová, J., Dostál, I., Strnad, M. et al. (2019). *Wildlife and Traffic in the Carpathians. Guidelines how to minimize the impact of transport infrastructure development on nature in the Carpathian countries*. Danube Transnational Programme TRANSGREEN project, Part of Output 3.2. Banská Bystrica: Štátna ochrana přírody SR, 225 pp. ISBN 978-80-8184-068-5.

[7] SZKÚ (1951). Sčítání dopravy na státních silnicích v Československé republice v letech 1949-50. Soubor map v měřítku 1:200 000. Praha: Státní zeměměřičský a kartografický ústav. 1951.

[8] SSC (2015). Celoštátne sčítanie dopravy 2015. Bratislava: Slovenská správa ciest. 2016.

[9] Oszter (2017). Transport policies in Hungary - historical background and current practice for national and regional level. *European Transport Research Review*, 9: 20. doi:10.1007/s12544-017-0236-x.

[10] ŠÚ SR (2019). *Ročenka dopravy, pôšt a telekomunikácií 2019*. Bratislava: Štatistický úrad SR, 118 s. ISBN 978-80-8121-706-7.

[11] Gawlak, Ch. (2001). Unzerschnittene verkehrsarme Räume in Deutschland 1999. *Natur und Landschaft*, 76(11):481-484.

[12] Anděl, P., Petržílka, L., Gorčicová, I. (2010). *Indikátory fragmentace krajiny : metodická příručka*. Liberec: Evernia, 62 s. ISBN 978-80-903787-7-3.

[13] Jaeger J. (2000). Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landscape Ecology*, 15: 115-130. doi:10.1023/A:1008129329289.

[14] Moser, B., Jaeger, J.A.G., Tasser, E., Eiselt, B., Tappeiner, U. (2007). Modification of the effective mesh size for measuring landscape fragmentation to solve the boundary problem. *Landscape Ecology* 22:447–459. doi:10.1007/s10980-006-9023-0

[15] LiKi (2020). Länderinitiative Kernindikatoren. B1 Landschaftszerschneidung. [cit. 2020-03-09]. https://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=13&aufzu=2&mode=indi.

[16] Matheisen, A. (2020). Open Railway Map. [cit. 2020-03-09]. https://www.openrailwaymap.org/

[17] EEA (2019). The Corine Land Cover 2018 [cit. 2020-01-15]. https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018

[18] Angelstam, P., Yamelinets, T., Elbakidze, M., Prots, B., Manton, M. (2017). Gap Analysis as a Basis for Strategic Spatial Planning of Green Infrastructure: A Case Study in the Ukrainian

Carpathians. *Ecoscience,* 24(1-2):41-58. doi:10.1080/11956860.2017.1359771.

[19] Selva, N., Kreft, S., Kati, V. et al. (2011). Roadless and low-traffic areas as conservation targets in Europe. *Environmental Management,* 48(5):865-877. doi:10.1007/s00267-011-9751-z.

[20] Immerová, B., Kadlečík, J., Koubek, I., Strnad, M., Thompson, T., (editors), Bartošová, D., Dostál, I., Drengubiak, P., Hlaváč, V., Kalaš, M., Machciník, B., Skuban M., Václavová, Z. (2019). Catalogue of Measures. Beskydy – Kysuce cross-border pilot area (the Czech Republic, Slovakia). Danube Transnational Programme TRANSGREEN Project, Danube Transnational Programme TRANSGREEN Project, Part of Output 4.1. SNC SR, Banská Bystrica, 135 pp.

[21] OSM contributors (2019). OpenStreetMap Data Extracts. Dostupné online z < http://download.geofabrik.de/ > (cit. 2019-11-13).

[22] ŘSD (2016). Celostátní sčítání dopravy 2016. Dostupné online z < http://scitani2016.rsd.cz/pages/informations/default.aspx > (cit. 2017-09-27)

[23] GDDKiA (2016). Generalny Pomiar Ruchu w roku 2015. Dostupné online z < https://www.gddkia.gov.pl/pl/2551/GPR-2015 >. (cit. 2019-11-21)

[24] Magyar Közút (2016). A 2015. évi országos közúti keresztmetszeti forgalomszámlálás eredményei. Dostupné online z < https://internet.kozut.hu/kozerdeku-adatok/orszagos-kozuti-adatbank/forgalomszamlalas/ > (cit. 2019-11-21).

Manažmentové opatrenia hodnotných prírodných a kultúrnych lokalít na príklade mestskej časti Ružomberok – Vlkolínec

Management of valuable natural and cultural sites on the example of Ružomberok - Vlkolínec

Ingrid Krajňáková[1]
Školiteľ: Eva Pauditšová[2]
[1]Katedra ekológie a environmentalistiky, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra,
[2]Katedra krajinnej ekológie, PriF UK v Bratislave, Ilkovičova 6, 842 15 Bratislava 4
[1] ingrid.krajnakova@ukf.sk, [2] eva.pauditsova@uniba.sk

Abstrakt
Vytváranie manažmentových opatrení hodnotných kultúrnych a prírodných lokalít je špecifické a musí byť prispôsobované ku každému takémuto celku zvlášť. Riešené územie, Vlkolínec, je vyhlásené za Pamiatkovú rezerváciu ľudovej architektúry, zapísané do Zoznamu svetového kultúrneho dedičstva UNESCO.

Manažmentové opatrenia sú navrhnuté tak, aby zahŕňali odporúčania, ktoré zlepšia kvalitu životného prostredia, zlepšia podmienky pre hospodárske aktivity v lokalite, život obyvateľov a zabezpečia vyšší komfort návštevníkov lokality. Opatrenia a aktivity riešia problematiku komplexne v súlade s obmedzeniami vyplývajúcich z ochrany prírody a krajiny a z kultúrno-historickej hodnoty územia, s cieľom podporiť, rozvinúť a zabezpečiť udržateľnosť tejto vzácnej lokality. Jednotlivé návrhy vychádzajú z dôkladnej analýzy územia a SWOT analýzy.

Kľúčové slová: manažment, opatrenia, prírodné a kultúrne dedičstvo, udržateľný rozvoj

Abstract
The creation of management measures of valuable cultural and natural territory is specific and must be adapted to each such unit separately. The area of interest Vlkolínec has been declared Reservation of Folk architecture and a UNESCO World Heritage Site.

Management measures are designed to include recommendations that will improve the quality of the environment, improve the conditions for economic activities in the site, the citizens' lives and ensuring visitors' greater comfort. The measures and activities address the issue in a comprehensive way, in accordance with the constraints arising from the protection of nature and landscape and the cultural-historical value of the territory in order to promote, develop and ensure the sustainability of this precious site. Individual proposals are based on a thorough analysis of the territory and SWOT analysis.

Key Words: managemet, measures, natural and cultural heritage, sustainable developmet

Úvod

Pamiatková rezervácia ľudovej architektúry (PRĽA) Vkolínec je národným klenotom, pýšiacim sa zápisom v Zozname svetového kultúrneho dedičstva UNESCO. Na mieste, kde sa rozprestiera Vlkolínec (okres Ružomberok) je krajina človekom dlhodobo pretváraná a kultivovaná. Pestovanie plodín, pasenie, zakladanie extenzívnych ovocných sadov, remeslá, zachovávanie tradícií bolo pre ľudí každodenným rituálom, zdrojom obživy a náplňou dní. Dnes na tomto území nachádzame už len posledné zvyšky tohto dedičstva.

Príspevok je zameraný na návrh opatrení, ktoré riešia strety záujmov ochrany (ochrana pamiatková a ochrana prírodných hodnôt) a potenciálov jedinečného územia tak, aby ich realizáciou prišlo na jednej strane k primeranému rozvoju územia a zároveň, aby bol zachovaný genius loci. Na základe detailného krajinnoekologického a čiastočne historického prieskumu oblasti [1] sa v príspevku zameriavame na vytvorenie súboru opatrení a aktivít, ktoré na jednej strane prispejú k obnove foriem tradičného hospodárenia v území a na strane druhej k rozvoju cestovného ruchu vrátane služieb s tým spojených, t.j. vznik nových prevádzok, výrobní tradičných produktov, ktoré prispejú k návratu charakteristického vzhľadu územia. Významnú súčasť návrhov predstavujú opatrenia orientované na vzdelávacie aktivity.

Všetky návrhy sú spracované v súlade s obmedzeniami a limitmi vyplývajúcimi z ochrany prírody a krajiny ako aj z územnoplánovacích regulatívov. Vytvorené opatrenia a navrhnuté aktivity sú tiež v súlade s požiadavkami a nárokmi lokality zapísanej v Zozname svetového kultúrneho dedičstva UNESCO. Znovuzavedenie a osveta v oblasti tradičného hospodárstva pre obyvateľov a návštevníkov lokality by mala znamenať pozitívny prínos, a to minimálne z dvoch hľadísk: zvýšenie poznatkovej bázy a zlepšenie ekonomickej situácie v lokalite.

1 Udržateľný rozvoj špecifických území

Zosúlaďovanie ochrany prírody a turizmu najmä v chránených územiach spočíva v tom, že každé takéto územie vzniká z vonkajšieho rozporu medzi hospodárskym a kultúrnym využívaním a zároveň je ohrozené na základe vnútorného rozporu medzi turizmom a ochranou prírody a krajiny [2].

Ochranu prírody a krajiny podľa zákona č. 543/2002 Z. z. v znení neskorších predpisov realizujeme v územiach usmerňovanými zásahmi a konkrétnymi obmedzeniami, pričom sa tieto procesy realizujú s podporou a spoluprácou mnohých odborných organizácií, štátnych inštitúcií a samospráv [3]. Územie, ktoré je predmetom výskumu, je vyhlásené za kultúrnu pamiatku. Jej ochranou sa rozumie nielen identifikácia, výskum a zachovanie kultúrnych hodnôt, ale aj obnova, reštaurovanie, využívanie a prezentácia týchto hodnôt [4].

Územia, kde sa stretávajú záujmy ochrany krajiny z prírodného a kultúrno-historického hľadiska majú prirodzene zložitejšie podmienky pre návrh manažmentu krajiny. V snahe riešiť dlhodobé problémy vyplývajúce zo synergie viacerých rozvojových limitov vznikajú mnohé dohovory a stratégie s cieľom vytvárania takých podmienok, ktoré budú zárukou zachovania prírodných a kultúrno-historických hodnôt, zlepšenia stavebno-technického stavu pamiatkovo chránených objektov ako aj vhodného využívania či zachovania pamiatok pre ďalšie generácie [5].

Vlkolínec okrem vysokej kultúrnej hodnoty je však dodnes živá dedina so stálym obyvateľstvom, a preto zachovanie tejto lokality v určitom zmysle znamená aj rozvoj vidieckeho prostredia a upriamenie pozornosti na sociálne potreby obyvateľov.

2 Materiál a metódy

Práca má aplikačný charakter. Po prvotnom zoznámení sa so záujmovou lokalitou sme pristúpili k rešeršnému spôsobu spracovania údajov. Informácie sme čerpali z monografií, odbornej literatúry, príručiek, metodík, výskumných prác a odborných časopisov, ktoré poskytli široký náhľad na problematiku hospodárskeho potenciálu a spôsobu manažovania záujmového územia PRĽA Vlkolínec a jej ochranného pásma [1]. Rekognoskácia terénu zahŕňala zoznámenie sa so skúmanou lokalitou, prieskum biotických prvkov a mapovanie ovocných drevín [6], [7].

Dôležitými zdrojmi údajov pre tvorbu opatrení a manažmentových návrhov boli výstupy sociologického šetrenia – riadených rozhovorov s obyvateľmi Vlkolínca, v rámci ktorých boli zisťované názory a skúsenosti na život a hospodárenie v špecifickej lokalite.

Po sumarizácii vstupných údajov a informácií bola aplikovaná SWOT analýza, ako jeden z nástrojov územného plánovania (na úrovni obce). Na základe tejto analýzy sme definovali prioritné ciele, pri plnení ktorých sa využívajú pozitívne predpoklady a vývojové podnety. Na druhej strane bolo potrebné na účely zostavenia manažmentových návrhov identifikovať problémy, ktoré je potrebné eliminovať a zároveň znížiť hrozbu potenciálnych rizík. SWOT analýza sa často využíva pri tvorbe stratégií cestovného ruchu, hodnotení silných a slabých stránok obcí, alebo pri zostavovaní národných stratégií v oblasti udržateľného rozvoja územia. Základným princípom je definovanie slabých a silných stránok, príležitostí a ohrození. Mnohokrát sa stáva, že analyzovaný faktor je chápaný z rôznych pohľadov inak a je v danom zámere jednak príležitosťou a hrozbou zároveň [8].

Cieľom prieskumu je na základe výsledkov SWOT analýzy vytvoriť zoznam manažmentových opatrení, akceptujúcich všetky limity vyplývajúce zo záujmov ochrany prírody a kultúrno-historického dedičstva jedinečného územia.

3 PRĽA Vlkolínec

Národný klenot, miesto, kde zastal čas, dedičstvo ponechané pre nás a ďalšie generácie. Všetky spomenuté prívlastky nachádzame v mnohých publikáciách opisujúcich malebný kraj s osadou posadenou pod vrcholom hory Sidorovo – Vlkolínec.

Vlkolínec sa nachádza na severe Slovenskej republiky v Žilinskom kraji. Je to jedna z mestských častí okresného mesta Ružomberok. Zastavané územie Vlkolínca sa nenachádza na hlavnej urbanizačnej osi. Ide o marginálne územie, ku ktorému vedie jediná prístupová cesta cez mestskú časť Ružomberok – Biely potok a cez Trlenskú dolinu [9].

Obr. 1 Vstup do osady Vlkolínec, v pozadí kopec Sidorovo

3.1 Legislatívna ochrana územia

Riešená lokalita má v zmysle legislatívy najvyššiu formu ochrany v znení zákona č. 49/2002 Z. z. o ochrane pamiatkového fondu. V roku 1977 bol tento jedinečný krajinno-sídelný architektonický komplex vyhlásený uznesením vlády SR za Pamiatkovú rezerváciu ľudovej architektúry s cieľom chrániť kultúrne hodnoty lokality.

Obr. 2 Chránené územie a ochranné pásmo lokality UNESCO Vlkolínec vymedzené pri Zápise do Zoznamu svetového dedičstva UNESCO v roku 1993
Zdroj: http://whc.unesco.org/en/list/622 [10]

Celkovo je v zozname pamiatkového fondu zapísaných z danej lokality 73 objektov, pričom podstatnú časť tvoria drevenice, respektíve hospodárske dvory [11].

Unikátnosť tohto miesta potvrdzuje aj jeho zápis do Zoznamu svetového kultúrneho a prírodného dedičstva UNESCO ako jedinečného krajinno-sídelno-architektonického komplexu. Výbor svetového dedičstva rozhodol o zapísaní PRĽA Vlkolínec na 17. zjazde v decembri roku 1993 v kolumbijskej Cartagene [12].

3.2 Prírodné pomery lokality

Z hľadiska geomorfologického členenia Slovenskej republiky patrí oblasť Vlkolínca do provincie Západné Karpaty, subprovincie Vnútorné Západné Karpaty a oblasti fatransko – tatranskej [13]. Oblasť zaraďujeme skôr k horským okresom. Nachádzajú sa tu lesné typy horstiev a pohorí. Z pôdnych typov sa na území okresu Ružomberok vyskytujú prevažne fluvizeme, rendziny, kambizeme a podzoly [14].

Klimatické pomery sú prirodzene podmienené najmä reliéfom a nadmorskou výškou. Najnižšie polohy sa prejavujú charakterom kotlinovej klímy, zatiaľ čo pre najvyššie polohy je typická horská klíma. Skúmané územie spadá do mierne chladného klimatického okrsku [15].

Charakter súčasnej vegetácie je do výraznej miery ovplyvnený činnosťou človeka, ktorý vytvoril mozaiku ornej pôdy, trvalých trávnych a krovinových porastov. Z hľadiska nelesnej vegetácie sa v území vyskytujú biotopy: nížinné a podhorské kosné lúky, mezofilné pasienky a spásané lúky, suchomilné travinno – bylinné krovinové porasty na vápnitom substráte a mezofilné lemy. Z hľadiska potenciálnej prirodzenej vegetácie sú pre záujmové územie typické bukové a jedľovo-bukové lesy a smrekovo-borovicové lesy a ostrevkové spoločenstvá [6].

4 Výsledky – Návrh opatrení pre udržateľný rozvoj

Súbor opatrení, ktorých realizáciou by bolo možné docieliť rozvoj regiónu a zabezpečiť udržateľnosť skúmanej oblasti sme z hľadiska prehľadnosti rozdelili do 5 skupín.

A	Opatrenia pre manažment PRĽA Vlkolínec a jeho ochranného pásma
B	Opatrenia pre rozvoj cestového ruchu v zmysle podpory miestnych tradícií a diseminácie poznatkov o Vlkolínci a jeho okolí
C	Opatrenia na podporu tradičných foriem hospodárenia
D	Opatrenia na zvýšenie informovanosti o tradičnom spôsobe života a možnostiach tradičného hospodárenia
E	Opatrenia na zvýšenie úrovne ponuky služieb a vybavenosti

Tab. 1 Skupiny opatrení pre potreby manažmentu územia

Jednotlivé opatrenia vznikli ako výsledok podrobného prieskumu územia, na základe konzultácií s expertmi, s obyvateľmi a na základe SWOT analýzy.

4.1 SWOT analýza územia Vlkolínca

SWOT analýza je analytická technika, ktorá sa zameriava na zhodnotenie interných faktorov (silné a slabé stránky) a externých faktorov (príležitosti a ohrozenia), ktoré ovplyvňujú priaznivý rozvoj územia či ohrozujú účinnosť ochrany chránených lokalít [16].

Z identifikovaných slabých a silných stránok, príležitostí a ohrození sme v nasledujúcich tabuľkách uviedli tie najvýznamnejšie z nich [6].

Územie s vysokou prírodnou hodnotou
Územie kultúrneho a prírodného dedičstva
Diverzita vidieckej krajiny
Uchovávanie zvykov a tradícií
Rozvoj cestovného ruchu
Marginálne územie
Rozvoj hospodárstva a remesiel

Tab. 2 Identifikované silné stránky územia Vlkolínca

Absentuje prenos informácií mesto – mestská časť - občan
Chýba občianska vybavenosť
Pokles počtu obyvateľov s trvalým bydliskom
Nedostatočná infraštruktúra
Nevysporiadanie vlastníckych vzťahov
Neefektívne využívanie poľnohospodárskej pôdy
Intenzívna statická doprava

Tab. 3 Slabé stránky územia Vlkolínca

Atraktívna geografická poloha
Potenciál pre ekologické poľnohospodárstvo
Udržiavanie manažmentu kosením lúk a pasienkov
Vzdelávanie miestneho obyvateľstva
Tvorba nových pracovných príležitostí
Vysporiadanie vlastníckych vzťahov
Potenciál rozvoja vidieckeho turizmu

Tab. 4 Príležitosti, ktoré ponúka Vlkolínec a jeho okolie

Sukcesia, rozširovanie pásma lesa
Chátranie zrubových dreveníc
Zlé dopravné spojenie
Odliv mladých ľudí
Nepriaznivé legislatívne a finančné zaťaženie obyvateľov
Zakladanie nelegálnych stavieb
Strata známky UNESCO

Tab. 5 Najvýznamnejšie ohrozenia pre Vlkolínec a jeho okolie

4.2 Návrhy manažmentu zóny Vlkolínec

Opatrenia zo skupiny A pre manažment PRĽA Vlkolínec a jeho ochranného pásma sú ekonomického a administratívneho zamerania a považujeme ich pri tvorbe ďalších opatrení a implementácie nasledujúcich návrhov z ostatných skupín za kľúčové.

A1 – vytvorenie mestského podniku, ktorý bude v budúcnosti zabezpečovať výkon, plánovanie a dohľad nad schválenými finančne podporovanými opatreniami priamo vo Vlkolínci a jeho okolí, po odsúhlasení mestským zastupiteľstvom.

A2 – vytvorenie značky Vlkolínec, logo, ktorým budú označené všetky výrobky, produkty, prevádzky tradičného hospodárenia, remesiel a života v oblasti.

A3 – celoročné zabezpečenie možnosti objednania si profesionálneho sprievodcu so slovným komentárom pre veľké aj malé skupiny turistov v niekoľkých svetových jazykoch a doplňujúce informácie ponúkať prostredníctvom mobilnej aplikácie, respektíve informačných letákov.

A4 – vybudovanie prevádzok, v ktorých návštevníci uvidia a vyskúšajú si tradičné remeslá, prípravu tradičných jedál s celoročnou a sezónnou expozíciou podľa aktuálneho obdobia v roku (napr. jeseň – dozrievanie plodín, ukážky spracovania a uskladňovania ovocia).

A5 - príprava žiadostí o finančnú podporu na rozvoj lokality cez projekty a granty.

A6 – odkúpenie pozemkov a budov, tvorí základ pre plnenie opatrení s podporou k obnove tradičného hospodárenia v lokalite.

A7 – udržiavanie dobrého kontaktu medzi lokalitami UNESCO na Slovensku a v zahraničí, zvýšiť záujem obyvateľov Vlkolínca a ukázať im pozitívne príklady v podobe exkurzií do podobných lokalít, za účelom poukázať na možnosti využitia potenciálu lokality UNESCO, PRĽA v oblasti podnikania, či rozvojom primeraného cestovného ruchu.

Zodpovednosť za tieto opatrenia by mala byť na meste Ružomberok, ktoré by prípadne vytvorilo na tieto účely nový Mestský podnik.

4.3 Návrhy opatrení pre rozvoj cestovného ruchu

Rozvoj cestovného ruchu je jednou z perspektívnych možností, ktoré lokality, akou je aj Vlkolínec, poskytujú a považujeme ho za zásadný faktor. Je nutné však poznamenať, že sa nemôže rozvíjať bez presne stanovených noriem, a preto v lokalite jednoznačne podporujeme regulovaný turizmus, ktorý bude prihliadať na celkovú únosnosť územia. Na túto problematiku sme sa zamerali pri tvorbe opatrení skupiny B.

V druhej skupine opatrení (B) sú navrhnuté:

B1 – vytvorenie typovo vhodných, jednotných a dizajnovo vyhovujúcich panelov s informáciami.

B2 – vytvorenie panelu pri vstupe obsahujúceho pravidlá správania sa v chránenej oblasti, vytvorenie brožúry v niekoľkých svetových jazykoch v spolupráci mesta Ružomberok, Krajského pamiatkového úradu v Žiline a Štátnej ochrany prírody SR – Správa národný parku Veľká Fatra.

B3 – obnova a vylepšenie informačných tabúľ (minimálne 3 – nad a pod osadou a v jej centre) o špecifikách lokality a pravidlách správania sa vo viacerých jazykoch v rovnakom znení.

B4 – vytvorenie novej informačnej tabule s informáciami o Vlkolínci ako lokalite UNESCO v spolupráci s Krajským pamiatkovým úradom v Žiline.

B5 – vypracovanie informačných letákoch o možnostiach rekreačných aktivít priamo v osade a jej okolí.

B6 – vybudovanie turistických trás nadväzujúcich na PRĽA a zastavanú časť územia, pričom trasy mimo zastavaného územia je nutné konzultovať s pracovníkmi Správy Národného parku Veľká Fatra.

B7 – vypracovanie štúdie na identifikáciu aktuálnych pozorovacích bodov.

B8 – identifikovať vyhliadkové body a manažment na týchto lokalitách prispôsobiť ich funkcii (kosenie, vykášať nálety, v prípade potreby spevniť plochu, navrhnúť odpočinkové miesta).

B9 – dobudovanie detského ihriska nachádzajúceho sa v oblasti po konzultácií s Krajským pamiatkovým úradom v Žiline.

B10 – vytvorenie mobilnej aplikácie za účelom poskytovania informácií o prírodných a kultúrnych zaujímavostiach vo Vlkolínci a jeho okolí.

B11 – vybudovanie parkoviska pre autobusy a osobné automobily pre zachovanie rázu krajiny v podzemí a sociálnych zariadení s vyššou kapacitou.

B12 – rozšírenie prístupovej cesty s dôrazom na bezpečnosť dopravy a ochrany územia pred eróziou.

Obr. 3 Informačná tabuľa Národného parku Veľká Fatra s prelepeným a poškodeným plagátom s informáciami o výskyte medveďa hnedého pri vstupe do Vlkolínca

4.4 Návrhy obnovy tradičného hospodárenia

Návrhy zo skupiny C reprezentujú potrebu zachovania tradičného hospodárenia v tradičnej liptovskej krajine, ktorú v minulosti tvorili najmä maloblokové polia, lúky a pasienky[17]. Zároveň aj tieto navrhnuté opatrenia sú v súlade s princípmi PRĽA či UNESCO. Cieľom je na základe realizácie nasledujúcich opatrení zachovať charakteristický krajinný ráz.

Špecifickú krajinnú mozaiku v dnešnej dobe udržuje najmä poľnohospodárske družstvo Ludrová, ktoré obhospodaruje pasienky a lúky v extraviláne. Tieto priaznivé zásahy (kosenie, pasenie) zabezpečujú vysokú druhovú diverzitu aj napriek tomu, že v posledných rokoch je na územia veľký tlak inváznych druhov.

Tradičná pre túto lokalitu je výroba sena, jeho sušenie (na zemi a na sušiakoch) a následne skladovanie v senníkoch, najmä tých, ktoré boli lokalizované v extraviláne a do ktorých bolo seno v minulosti dovážané záprahmi kráv [18].

Poľnohospodárske družstvo Ludrová zabezpečuje na časti územia pasenie, ktoré považujeme z hľadiska zachovania krajinnej mozaiky v okolí za zásadné manažmentové opatrenie. Plochy, ktoré v dnešnej dobe už nie je možné obhospodarovať mechanizmami družstvo ponúka na prenájom. Avšak bez prístupu k týmto odľahlým plochám je šanca prenajať dané miesta minimálna. V súvislosti so zlým prístupom na mnohé lokality je tiež potrebné spomenúť, že aj pozorovacie (vyhliadkové) body sú dlhodobo zanedbané. Je potrebná ich identifikácia a následné vizuálne odkrytie pohľadov priamo v teréne.

C1 – vysporiadanie vlastníckych vzťahov pôdy v celom ochrannom pásme PRĽA a potreba vyhotovenia projektu pozemkových úprav mestom Ružomberok.

C2 – systematické odstraňovanie náletovej vegetácie a postupujúcej sukcesie na pozemkoch PD Ludrová a mesta Ružomberok.

C3 – obnova pasienkárstva na vlastnícky vysporiadaných pozemkoch (potrebný súhlas vlastníka), spracovanie produktov z mlieka, dobudovanie objektov pre potreby tohto opatrenia na mieste zhorených budov z roku 1944, čo je v súlade s historickým zástavbovým plánom a dizajnom schváleným Krajským pamiatkovým úradom v Žiline.

C4 – obnova a revitalizácia terasových polí v blízkosti obývanej zóny.

Obr. 4 Letecká snímka Vlkolínca z roku 1949 s viditeľnou zachovanou mozaikou pásových polí v okolí Vlkolínca
Zdroj: https://mapy.tuzvo.sk/HOFM/ [19]

C5 – vytvorenie ukážkovej záhrady s ovocnými stromami, nová výsadba vysokokmenných stromov.

C6 – obnova vybraných senníkov v okolí Vlkolínca.

C7 – revitalizácia záhrad, zvýšenie vitality vysokokmenných ovocných stromov za konzultácie s pomológom.

C8 – vybudovanie oplotenia okolo pozemkov na ochranu zdravia a majetku obyvateľov po jednotnej dohode s Krajským pamiatkovým úradom v Žiline z dôvodu zjednotenia už existujúcich oplotení a zabráneniu turistom k prístupu na súkromné pozemky.

C9 – podpora výrobných aktivít: produktov z dreva, ľanu a ľanového plátna, potravinových produktov, produktov z ovčej vlny, tkanie kobercov, spracovávanie ľanu, modrotlač, vyšívanie, háčkovanie a tradičné spracovanie a konzervovanie výrobkov – možný obchod z dvora.

C10 – vytvorenie podmienok pre takzvaný predaj z dvora.

4.5 Podpora zachovávania tradícií

Manažmentové opatrenia zaradené do skupiny D sa v prvom rade týkajú obyvateľov Vlkolínca. Je dôležité zvýšiť ich environmentálne povedomie a tiež podporiť ich hrdosť a záujem o udržiavanie tradícií. Všetky navrhnuté opatrenia je možné plniť v súlade s rozvojovými plánmi a podporou mesta Ružomberok.

D1 – workshopy pre domáce obyvateľstvo, chalupárov a nadšencov za účelom zvýšenia environmentálneho povedomia obyvateľov.

D2 – vybudovanie vzorovej drevenice s cieľom jej prenajímania na minimálne 3 mesiace za účelom vyskúšania si bývania a hospodárskeho života v lokalite.

D3 – motivačný program na podporu mladých rodín s cieľom prilákania nových obyvateľov.

D4 – edukačné semináre pre podnikateľov a prevádzkovateľov pôsobiacich v území na témy podnikateľských možností, podnikania a pod.

Obr. 5 Workshop obyvateľov a chatárov pre získanie zručností obhospodarovania ovocného sadu a jeho revitalizácia vysádzaním nových jedincov
Zdroj: Bašáry, 2019 (miestny chalupár)

4.6 Zvýšenie kvality služieb

Opatrenia, ktoré spadajú do skupiny E úzko súvisia s rozvojom cestovného ruchu, podporou tradičného hospodárenia, zlepšením ekonomickej situácie v regióne, no v neposlednom rade sa zaoberajú aj kontrolnými mechanizmami manažmentu územia a aktivít, ktoré v lokalite vzniknú.

Do tejto skupiny sme zaradili nasledovné opatrenia:

E1 – obmedzenie parkovania v intraviláne Vlkolínca na miestach, ktoré sú prístupné turistom (prepojenie na opatrenie B11).

Obr. 6 Parkovanie áut domácich obyvateľov a chatárov počas hlavnej turistickej sezóny priamo v intraviláne zóny PRĽA Vlkolínec

E2 – kontrolovanie nelegálneho parkovania v Trlenskej doline a zriadenie informačnej tabule o možnostiach legálneho parkovania v oblasti.

E3 – zjednotiť a zlepšiť kvalitu vyberania poplatkov za vstup do lokality (v dnešnej dobe duálne platenie).

E4 – zabezpečiť kultúrne stravovacie zariadenia, potreba kontrolnej činnosti hygieny.

Obr. 7 Bufet jediná reštauračná jednotka v lokalite s prevádzkou len na vonkajšej terase

E5 – ponúkanie preferenčne domácich potravinových produktov, tradičných liptovských jedál, ako aj iných produktov (napr. suveníry, bylinky, produkty z ľanu), prepojenie s opatreniami C9 a C10.

E6 – vytvorenie obchodnej jednotky s potravinami .

E7 – zamedzenie vzniku nelegálnych podnikateľských činností, zamedzenie šírenia zlého mena Vlkolínca za účasti kontrolných úradov.

5 Diskusia

Návrh nami vytvorených opatrení sa v prvom rade opiera o predpoklad, že v budúcnosti dôjde k principiálnej zmene v prístupe k manažmentu Vlkolínca ako jedinečnej chránenej lokality spolu s jej ochranným pásmom.

Vzhľadom na to, že Vlkolínec je lokalitou zapísanou v zozname UNESCO, ktoré majú byť finančne podporované štátom [4], vidíme možnosť zlepšenia situácie z hľadiska manažmentu, ochrany územia a udržateľnosti do budúcna nielen týmito finančnými prostriedkami, ale taktiež aktívnym zapojením sa mesta Ružomberok do rôznych grantových schém (granty EHP a Nórska) podporujúcich územný rozvoj, ochranu pamiatok či ochranu prírody. V dnešnej dobe sa rozvoj územia hradil z veľkej časti s podporou Mesta Ružomberok a z poplatkov za vstup do oblasti.

Jedným z hlavných dokumentov, ktorý sa venuje rozvoju Vlkolínca a manažmentu jeho okolia je územnoplánovacia dokumentácia mesta Ružomberok a zóny Vlkolínec. Počas posledných rokov boli tieto rozvojové dokumenty upravované a do dnešného dňa na tejto úrovni evidujeme dve zásadné dokumentácie:

1. Územný plán zóny Ružomberok – Vlkolínec z roku 1996 [20],
2. Územný plán mesta Ružomberok z roku 2012 [14].

Jednotlivé návrhy a opatrenia v týchto dokumentoch sú formulované stručne, mnohokrát nesystematicky a úspešnosť ich realizácie je veľmi nízka.

Ďalšími dokumentami, ktoré sa venujú lokalite Vlkolínec z hľadiska manažmentu sú:

1. Manažmentový plán Pamiatkovej rezervácie ľudovej architektúry Vlkolínec z roku 2009 [21],
2. Stratégia cestovného ruchu Ružomberok z roku 2010 [22].

Napriek tomu, že sa vo všetkých vyššie uvedených dokumentáciách určité opatrenia opakujú a sú jednoznačne identifikované, nie je ich priemet v krajine zrejmý, a teda nie je možné hovoriť o úspešnom územnom rozvoji v súlade so záujmami ochrany prírody či kultúrno-historických pamiatok.

Nami zostavené manažmentové opatrenia sú spracované detailnejšie. Ich klasifikácia do tematických okruhov je výsledkom systémového prístupu k riešeniu skúmanej oblasti, v rámci ktorého boli uplatnené poznatky z terénneho prieskumu, zo sociologického šetrenia a z riadených rozhovorov s obyvateľmi ako aj predstaviteľmi samosprávy.

Záver

Slovenská republika má v Zozname svetového dedičstva UNESCO zapísaných spolu 7 kultúrnych a prírodných pamiatok a lokalít. Vlkolínec, ktorý je súčasťou tohto zoznamu, je unikátnym sídelným komplexom, kde sú prírodné a kultúrno-historické hodnoty v symbióze. Takéto miesta je potrebné chrániť, aby aj v budúcnosti mohli byť dôkazom kultivovaného využívania krajinných potenciálov človekom, v súlade so záujmami udržateľného rozvoja územia a zachovania jedinečnosti a atraktívnosti tejto lokality. Vlkolínec je

miesto, ktoré poukazuje na zručnosť a obetavosť našich predkov, reprezentované ľudovou architektúrou, využívaním pôdy a zachovávaním tradícií, ktoré sú neodmysliteľnou časťou každej kultúry.

Cieľom práce bolo zostaviť súbor opatrení, ktoré sú z nášho pohľadu nielen dôležité, ale aj nutné pre udržateľný rozvoj záujmového územia, a to v rámci všetkých obmedzení, ktoré vyplývajú z mnohých právnych predpisov a koncepčných materiálov.

Výsledky našej práce boli spracované v podobe Krajinnej štúdie – Vlkolínec [6], ktorá zachytáva historické súvislosti vývoja záujmového územia a jeho súčasný stav v kontexte návrhov manažmentových opatrení.

Poďakovanie

Príspevok vznikol vďaka projektu INTEREG V-A SK-CZ/2016/2 "Památky světového dědictví UNESCO v životě obcí, měst a regionů – UNESCO – VlaMI" (09/2017 – 06/2019).

Použitá literatúra

[1] Krajňáková I. (2019) Návrh manažmentových opatrení pre Vlkolínec, lokalitu UNESCO (Diplomová práca), Prírodovedecká fakulta, Univerzita Komenského, Bratislava

[2] Papánek F. (1978) Antropické pôsobenie v národnom parku z hľadiska rekreácie a ochrany prírody a krajiny. Osveta, Martin, s. 51

[3] Zákon NR SR č. 543/2003 Z. z. o ochrane prírody a krajiny

[4] Zákon NR SR č. 49/2002 Z. z. o ochrane pamiatkového fondu v znení neskorších predpisov

[5] Ministerstvo kultúry Slovenskej republiky, Stratégia ochrany pamiatkového fondu na roky 2017 – 2022 [Citované: 20. apríla 2020] http://www.culture.gov.sk/ministerstvo/dokumenty/strategicke-materialy-ministerstva-129.html

[6] Pauditšová E., Kozová M. a kol. (2019) Krajinná štúdia – Vlkolínec. Verbum, Ružomberok, s. 101

[7] Pauditšová E., Hammerová M., Krajňáková I. (2018) 25. výročie zápisu lokality Vlkolínec do Zoznamu svetového dedičstva UNESCO, Pamiatky svetového dedičstva UNESCO v živote obcí, miest a regiónov, Ružomberok, s. 101

[8] Papula J., Papulová Z. (2009) Strategický manažment, teoretické východiská alebo jadro vedomostí. Kartprint, Bratislava, s. 11

[9] Dzuriak K., Ďuriška Z., Svrček P., Šavrnoch J. (2014) Biely Potok, Vlkolínec. Ján Šindléry – TESFO, Ružomberok, s. 14

[10] World Heritage Convention, UNESCO [Citované: 20. marca 2020] http://whc.unesco.org/en/list/622

[11] Pamiatkový úrad SR (2008) Národné kultúrne pamiatky na Slovensku – okres Ružomberok. SLOVART, spol. s.r.o., Bratislava, s. 127

[12] World Heritage Convention, UNESCO, World Heritage List No 522 rev [Citované: 20. marca 2020] http://whc.unesco.org/en/list/622/documents/

[13] Mazúr E., Lukniš M. (1986) Geomorfologické členenie SSR a ČSSR. Časť Slovensko. 1: 500 000. Slovenská kartografia, Bratislava

[14] Ružomberok.sk [Citované: 18. apríl 2020] https://www.ruzomberok.sk/uzemne-plany/ll/1/sm/147176/h/147187/.html

[15] Lapin M. a kol. (2002) Klimatické oblasti. In Atlas krajiny SR, SAŽP, B. Bystrica, s. 95

[16] Scolozzi R., Schirpke U., Morri E., Amato R., Santoliny R. (2014) Jour. of Env. Man. 146, p. 543

[17] Maglocký, Š., 2002: Potenciálna prirodzená vegetácia. In Atlas krajiny Slovenskej republiky. MŽP SR, Bratislava, SAŽP, Banská Bystrica, s. 115.

[18] Džavan V., Kendera V., Lichner M. (2005) Slovensko v klenotnici UNESCO. RAX, s.r.o., Bratislava, s.117

[19] Historická ortofotomapa Slovenska [Citované: 24. marca 2020] http://mapy.tuzvo.sk/HOFM/

[20] Berková A. a kol. (1996) Územný plán zóny Ružomberok – Vlkolínec. Pamiatková rezervácia ľudovej architektúry – svetové kultúrne dedičstvo. Návrh ÚPN. Sprievodná správa. Slovenská agentúra životného prostredia, Banská Bystrica, s. 91

[21] Hudeková Z., Bašáry J., Belčáková I., Hudek V., Huba M., Jaňak P., Kapina G. (2009) Manažmentový plán Pamiatkovej rezervácie ľudovej architektúry Vlkolínec, s. 76

[22] Ružomberok.sk [Citované: 18. apríl 2020] https://www.ruzomberok.sk/download_file_f.php?id=1145521

Pozoruhodné nálezy pavúkovcov na Slovensku ako dopad medzinárodného transportu

Remarkable findings of arachnids in Slovakia as the impact of international transport

Natália Ondrejková[1] – Pavol Purgat[1,2]
Školiteľ: Zuzana Krumpálová[1]
[1,3]Katedra ekológie a environmentalistiky, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra,
[2] Ústav krajinnej ekológie, SAV, Akademická 2, 949 01 Nitra
[1] natalia.ondrejkova@ukf.sk, [1,2]pavol.purgat@ukf.sk, [3]zkrumpalova@ukf.sk

Abstrakt

Význam antropickej činnosti a jej dopad na zavlečenie nepôvodných druhov je zrejmý. Konkrétne údaje o prítomnosti takýchto „cudzích" druhov častokrát absentujú. Vplyv medzinárodnej logistiky, obchodu a transportu tovaru priniesol zaujímavé výsledky aj z hľadiska arachnológie. V spoluprácu s logistickým centrom v Seredi popri monitorovaní výskytu nášho najväčšieho pavúka, strehúňa škvrnitého (*Lysosa singoriensis*), sme v októbri a novembri 2019 získali živé zaujímavé exotické jedince pavúkovcov. Boli to - pavúk z rodu *Zorop*sis ako prvonález pre Slovensko (s ojedinelými nálezmi bol zaznamenaný aj v susedných krajinách); ďalej to bol adultný pavúk – krásne zafarbený vtáčkar z čeľade Theraphosidae - *Chilobrachys fimbriatus* (Pocock, 1899) (s pôvodným rozšírením v Indii) ale aj populárny v súkromných chovoch. Tento druh vtáčkara patrí medzi toxicky významné druhy. Prekvapivým nálezom bol škorpión rodu *Euscorpiu*s (rod rozšírený v Európe, s najbohatšou druhovou diverzitou v oblasti Balkánu).

Kľúčové slová: synantropná fauna, urbánne prostredie, pavúky, pavúkovce

Abstract

This paper points out the importance of human activity and its impact on the introduction of non-native species. Specific data on the presence of such "alien" species are often absent. The impact of international logistics, trade and transportation of goods has brought interesting results from arachnology point of view. In cooperation with the logistics center in Sereď town, in addition to monitoring the occurrence of our largest wolf spider *Lysosa singoriensis*, in october and november 2019 we captured a very intereting individuals of arachnids. The finding were - a spider of the genus *Zoropsis*, for the first time to be found in Slovakia so far (with the unique finds and records in neighboring countries); furthermore, the most surprising finding was an adult bird spider from the family Theraphosidae, *Chilobrachys fimbriatus* (Pocock, 1899), commonly known as the Indian violet (with the original distribution in India); but also popular in private farms. This species of bird belongs to the toxically important species. The last and also surprising finding was a scorpion of the genus *Euscorpius* (widespread in Europe, with the richest diversity in the Balkans).

Key Words: synantropic fauna, urban directory, spiders, arachnids

Úvod

Štúdium synantropnej fauny takmer vždy prináša nové a zaujímavé poznatky. Synantropné prostredie ponúka útočisko pre mnohé druhy ktoré tu našli vhodnejšie podmienky ako vo voľnej prírode a dokázali sa novému prostrediu prispôsobiť. Ľudská činnosť zasahuje a rapídne ovplyvňuje faunu v jej okolí. Tento článok poukazuje na významnosť ľudskej činnosti pri introdukcii nepôvodných druhov, konkrétne vplyv obchodu a (nielen) medzištátnej logistiky. Zdá sa, že takéto prevádzky sú zdrojom nových zaujímavých poznatkov. Vplyvom obchodu na introdukciu pavúkov sa zaoberali [1], kde potvrdili priamy vplyv zrýchľujúceho sa globálneho obchodu a prepravy tovaru na introdukciu pavúkov do Európy. Vzhľadom na pomerne intenzívnu introdukciu pavúkov do Európy, s kombináciou so zmenami klímy sa predpokladá trvalý nárast cudzích druhov pavúkov v Európe [1]. Netreba však opomenúť že nepôvodné exotické pavúkovce sú často len náhodným nálezom. Niektoré zavlečené druhy sa však prispôsobia, stanú sa synantropnými, a tak sú schopné vytvárať na novom území životaschopné populácie, resp. aj expandovať (napr. *Brigittea civica* [2]). Špecializáciou a vedeckým zameraním na pavúkovce, sme na katedre ekológie a enviromentalistiky sporadicky kontaktovaní laickou

verejnosťou, ktorá prejaví záujem o tieto živočíchy z ich okolia. Výnimkou nie je spolupráca a monitorovanie bioty s veľkými nadnárodnými výrobnými podnikmi, či logistickým centrami. V druhej polovici roka 2019 nás niekoľkokrát kontaktovali z environmentálneho oddelenia v logistickom centre v Seredi so zaujímavými, dokonca exotickými nálezmi pavúkovcov.

Metodika a materiál

Materiál bol získavaný individuálnym zberom z logistického centra v Seredi (48.277410, 17.710222). Pracovníci environmentálneho oddelenia v logistickom centre nás oslovili a požiadali o spoluprácu. Jedince boli vždy odchytávané živé, a umiestnené v chovných zariadeniach na ďalšie pozorovanie, na determináciu a sledovanie schopnosti adaptácie v našich podmienkach.

2 Výsledky a diskusia

***Zoropsis* sp.** (Zoropsidae) - živý jedinec bol odchytený 26. 10. 2019 v logistickom centre. Jednalo sa o dospelú samicu. Zástupcovia rodu *Zoropsis* doposiaľ nebol na území Slovenska zaznamenaní, je to nový rod a druh pre faunu Slovenska, hoci o jeho adaptabilite v rámci strednej Európy prebieha vedecká diskusia.
Rod *Zoropsis* z čeľade *Zoropsidae*, zahŕňa osem druhov. Z pavúkov tohto rodu sú významné nálezy *Z. spinimana* z krajín susediacich do Slovenskom [3]. V prípade Českej republiky, je však otázne, či tam vytvára stálu populáciu alebo sa jedná o náhodné zanesenie jedinca spolu s prepravovaným tovarom [4]. Podobné zanesenie pavúka s tovarom treba vziať do úvahy aj v prípade nami odchyteného jedinca. Tento jedinec bude v budúcnosti podrobený determinácii na úroveň druhu.

Opis druhu: Pomerne veľký a nápadný pavúk. Veľkosť sa pohybuje od 10mm - 19mm, pričom samice sú väčšie a mohutnejšie ako samce. Zoropsis je obvykle hnedo-žltej farby s tmavou čiernou kresbou. Pavúky rodu Zoropsis sú aktívne lovce pohybujúce sa na zemi. Pôvodné stanovištia tvoria otvorené lesy, ale čoraz častejšie sú nachádzané v synantropných podmienkach, najmä mimo pôvodnej hranice rozšírenia. Vzhľadom na pomerne veľké chelicery, je uhryznutie pri strete človeka s týmto pavúkom možné, avšak tento druh nie je pre človeka toxicky významný.

Obr. 1 Zoropsis spinimama, adultná samica
Zdroj: [8]

Chilobrachys fimbriatus (Theraphosidae) - exotický pavúk bol odchytený 21. 10. 2019 v Seredi, v logistickom centre. Jednalo sa o dospelú samicu, ktorá bola presunutá do chovného zariadenia. Pavúk je považovaný za toxicky významný druh pre človeka. Jedná sa o veľmi ojedinelý prípad zavlečenia zástupcu z čeľade *Theraphosidae* prostredníctvom transportu tovaru. Predpokladáme, že bol druh privezený zo zahraničia priamo z oblasti jeho výskytu, alebo sa jedná o neúspešnú obchodnú zásielku novému chovateľovi. Vzhľadom na skrytý a nenápadný spôsob života vo voľnej prírode, sa prikláňame k druhej možnosti. Zavlečením nepôvodných exotických živočíchov vzrastá potenciálne riziko ohrozenia zdravia toxicky významnými druhmi.
Chilobrachys fimbriatus (Pocock, 1899) je endemický druh vtáčkara zo západnej Indie z oblastí Maharashtra a Karnatka, vyskytujúci sa od 200 m až po 1200 m n. m. Obýva suché listnaté lesy, ale aj stále zelené vlhké lesy kde si buduje hlboké nory [5]. Patrí medzi menej ohrozené druhy, avšak fragmentácia a narúšanie pôvodného biotopu a odchyt jedincov z voľnej prírody pre záujemcov a chovateľov môže pôvodné populácie ohroziť [5].

Opis druhu: Veľkosť dospelej samice sa môže pohybovať od 12 do14cm. Samce bývajú omnoho menšie. Samice sú hnedej až hnedo-oranžovej farby. S bledším karapaxom a s čiernym „V“ vzorom tvoreným úzkymi pásmi na abdomene. V prírode obýva dutiny poprípade si vyhlbuje nory medzi koreňmi stromov. Medzi chovateľmi tohto druhu sa traduje že ide o pomerne defenzívneho a rýchleho pavúka, ktorý sa pri vyrušení stavia do obranného postoja. Tento druh disponuje pomerne silným jedom preto môže byť

prípadné uhryznutie sprevádzané komplikáciami. Preto sa považuje za toxicky významný druh.

Obr. 3 Pavúk Ch. fimbriatus zistený na Slovensku
Zdroj: [9]

***Euscorpius* sp.** (Euscorpiidae) - živý jedinec škorpióna bol odchytený 28. 11. 2019. Na Slovensku doposiaľ nie je známa žiadna populácia škorpiónov (Scorpionidaea). Živý jedinec bol umiestnený do súkromného chovu.

***Euscorpius* sp.** je malý druh škorpióna, patriaceho do najbežnejšieho európskeho rodu. Pre Európu je centrum druhovej diverzity rodu *Euscorpius* balkánska oblasť. Najsevernejšia hranica rozšírenia v Európe je v Rakúsku, kde je prítomný druh *Euscorpius germanus* (C. L. Koch, 1837) [6]. (Gantenbein a kol., 2000). Významným faktorom v ďalšom rozširovaní týchto druhov po Európe je antropický vplyv, napr. introdukcia druhu *Euscorpius tergestinus* (C. L. Koch, 1837) v Čechách (Kovařík & Fet 2003) [7].

Opis druhu: Euscorpius je drobný cca 2-3cm dlhý zástupca škorpiónov. Sfarbenie je od bledo-hnedej až po tmavo-hnedú. V rámci rodu sú habitatové preferencie podmienok pomerne pestré a jednotlivé druhy majú iné nároky. Šťúry rodu Euscorpius sú pre človeka neškodné. Prípadné uštipnutie môže spôsobiť len lokálny problém.

Obrázok 3. Škorpión z rodu *Euscorpius* zistený na Slovensku
Zdroj: [10]

Záver

Nepopierateľný význam ľudskej činnosti, konkrétne vplyv obchodu a nielen medzištátnej logistiky na introdukciu druhov, je téma ktorá môže neustále prinášať nové výsledky. Neustávaúci obchod prostredníctvom medzištátnej a aj medzikontinentálnej dopravy, významne vplýva aj na pavúkovce. V októbri a novembri 2019 nám bol poskytnutý ojedinelý zaujímavý materiál. Takéto nálezy sú pomerne vzácne a sporadické. Určite je potrebné venovať pozornosť tomuto procesu, pri ktorom sa transportom dostanú na územie nové druhy, častokrát veľmi adaptabilné. Nález pavúka rodu *Zorop*sis, ktorý doposiaľ nebol na Slovensku zaznamenaný, ale je rozšírený v susedných štátoch (napr. Česká republika), si zaslúži zvýšenú pozornosť. Vzhľadom na okolité krajiny je predpoklad že môže ísť o ustálenú, no zatiaľ nepozorovanú, populáciu. Najviac zaujímavý a prekvapujúci bol nález adultného vtáčkara z čeľade *Theraphosidae*, *Chilobrachys fimbriatus* (Pocock, 1899). Tento pavúk patrí medzi toxicky významné druhy, a tak pre človeka predstavuje potenciálne zdravotné ohrozenie. Posledným a tiež významným nálezom bol drobný škorpión rodu *Euscorpius*, ktorý je rozšírený v Európe, s najbohatšou diverzitou v oblasti Balkánu. Napriek jeho Stredomorskému domovu, sa jedince tohto rodu prispôsobujú podmienkam strednej Európy a severná hranica jeho rozšírenia je posunutá už do Rakúska (*Euscorpius germanus*). Spolu s dovlečením nepôvodných exotických živočíchov vzrastá potenciálne riziko stretu s toxicky významnými druhmi.

Poďakovanie

Ďakujeme školiteľke, doc. RNDr. Zuzane Krumpálovej, PhD., za odborné vedenie. Výskum bol čiastočne podporený projektom VEGA 1/0604/20.

Použitá literatúra

[1] Kobelt M., Nentwig W. (2008) Alien spiders introductions to Europe supported by global trade. Diversity and Distributions 14(2): 273-280

[2] Purgat P., Ondreková N. (2019) Nepôvodný pavúk Brigittea civica ako významny prvok mestskej araneofauny. In: Študentská vedecká konferencia 2019, Zborník recenzovaných príspevkov. FPV UMB Banská Bystrica a FPV UKF Nitra ISBN 978-80-558-1433-9

[3] Araneae, Spiders of Europe [Citované: 15. máj 2019] https://www.araneae.nmbe.ch

[4] Dolejš P., Prudek M. (2019) *Zoropsis spinimana* in the Czech Republic? Pavouk, 46: 5.

[5] The IUCN Red List of Threatened Species [Citované: 15. máj 2019] https://www.iucnredlist.org

[6] Gantenbein B., Fet V., Barker M., Scholl A. (2000) Nuclear and mitochondrial markers reveal the existence of two parapatric scorpion species in the Alps: Euscorpius germanus (C. L. Koch, 1837) and E. alpha Di Caporiacco, 1950, stat. nov. (Euscorpiidae). Revue Suisse de Zoologie, 107: 843-869.

[7] Kovařík F. & Fet V. 2003: Scorpion Euscorpius (Euscorpius) tergestinus (Scorpiones: Euscorpiidae) in central Bohemia. Acta Societatis Zoologicae, 67: 189-192.

[8] https://commons.wikimedia.org/[Citované: 15. máj 2019]

[9] https://www.flickr.com/[Citované: 15. máj 2019]

[10] https://cs.m.wikipedia.org/[Citované: 15. máj 2019]

Potrava myšiarky ušatej v intraviláne obce

Diet of the long-eared owl in urban area village

Patrik Drug
Školiteľ: Filip Tulis
Katedra ekológie a environmentalistiky, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra
Patrik.Drug@student.ukf.sk , ftulis@ukf.sk

Abstrakt

Práca pojednáva o zložení potravy myšiarok ušatých zimujúcich a hniezdiacich v intraviláne obce Lužianky v období rokov 2016/2017. Praktická časť výskumu pozostávala zo zberu vývržkov na zimovisku a spod hniezdneho stromu myšiarky ušatej (*Asio otus*). Získané vývržky boli spracované v 5% roztoku NaOH. Zo získaného osteologického materiálu sme determinovali jednotlivé druhy koristi. V mimohniezdnom období sme v potrave myšiarky ušatej determinovali 2158 jedincov koristi, 11 druhov cicavcov, 12 druhov vtákov. Cicavce tvorili v potrave podiel 98, 6%, vtáky 1,4%. V potrave dominoval hraboš poľný (88,6%). Alternatívnymi druhmi koristi boli ryšavka krovinná (5,3%) a myš (*Mus* sp.) (2,8%). V hniezdnom období sme determinovali 55 jedincov koristi. Aj v hniezdnom období v potrave dominoval hraboš poľný (76,4%), ryšavka krovinná (14,6%) a myš (*Mus* sp.) (9,1%).

Kľúčové slová: *Asio otus*, obec Lužianky, zimovisko, hniezdne obdobie, vývržky

Abstract

The study deals with the diet composition of the Long-eared Owl nesting and wintering in urban area of Lužianky village. Practical part of the research consisted of pellets collecting under the winter - roosts and nesting trees of the Long-eared owls (*Asio otus*). Pellets were processed in 5% NaOH solution. From acquired osteological material we have determined individual prey species. In non-breeding period we have determined 2158 individuals of prey, 11 mammal species and 12 bird species. Mammals made up 98.6%, of the diet, birds 1.4%. The Common Vole was dominant part of the diet (88.6%). The alternative prey species were Wood Mouse (5.3%) and mouse (*Mus sp*.) (2.8%). In the breeding period the Common Vole was also a dominant part in the diet (76.4%), Wood Mouse (14,6%) and mouse (*Mus sp*.) (9.1%).

Key Words: *Asio otus*, Lužianky village, breading season, winter – roost, owlpellets

Úvod

Dravce a sovy tvoria neoddeliteľnú zložku prírody, ich význam pri udržiavaní ekologickej rovnováhy je výrazný. Prispievajú k vykonávaniu prirodzenej selekcie, čím posilňujú populáciu loveného druhu [1]. Myšiarka ušatá patrí k lovcom hlodavcov, najmä hrabošov a myší a má veľký hospodársky význam, ako aj ostatné sovy, ktoré prispievajú k znižovaniu strát na poľnohospodárskych plodinách a lesných kultúrach, taktiež zabraňujú šíreniu rôznych infekčných a parazitárnych chorôb [1].

Zimoviská sú lokalizované prevažne v intraviláne miestna cintorínoch, záhradách rodinných domov, sídliskách, námestiach, v areáli škôl, okolí kostolov, zdravotných strediskách a parkoch [2]. Z extravilánu sú známe zimoviská v lesných porastoch [3]. Myšiarka ušatá hniezdi v stromami riedko porastenej, prevažne otvorenej krajine, na lesných okrajoch, vetrolamoch, hájoch, príležitostne v parkoch a mestskej zeleni [4].

Cieľom práce bolo získanie poznatkov o zložení potravy myšiarok ušatých zimujúcich a hniezdiacich v intraviláne obce Lužianky období rokov 2016/2017.

1 Metodika

V priebehu zimy 2016/17 sme v pravidelných mesačných intervaloch (november, december, január, február) zbierali vývržky myšiarok ušatých na zimovisku v intraviláne obce Lužianky. Počas hniezdneho obdobia boli v priebehu júna vývržky zbierané pod hniezdnym stromom na rovnakej lokalite.

Získané vývržky sme spracovali v 5% roztoku NaOH, ktorý oddelil osteologický materiál od ostatných častí vývržku. Následne sme z osteologického materiálu roztriedili *mandibully* a *maxilly* cicavcov a *rostrum*, *humerus*, *metacarpus* a *tarsometatarsus* vtákov. Cicavce sme determinovali podľa kľúča [5] a vtáky boli determinované pomocou porovnávacej zbierky.

Zmeny v zložení potravy sme sledovali pomocou troch hlavných kategórii koristi (*Microtus arvalis*, *Muridae*, *Aves*) Na vyhodnotenie diverzity potravy sme použili Shannonov index diverzity. Porovnanie

rozdielov v diverzite potravy sme testovali pomocou diversity t-test v programe Past 3.0. [6]. Údaje o výške snehovej pokrývky za sledované obdobie, so stanice Janíkovce boli získané z www. ogimet.com.

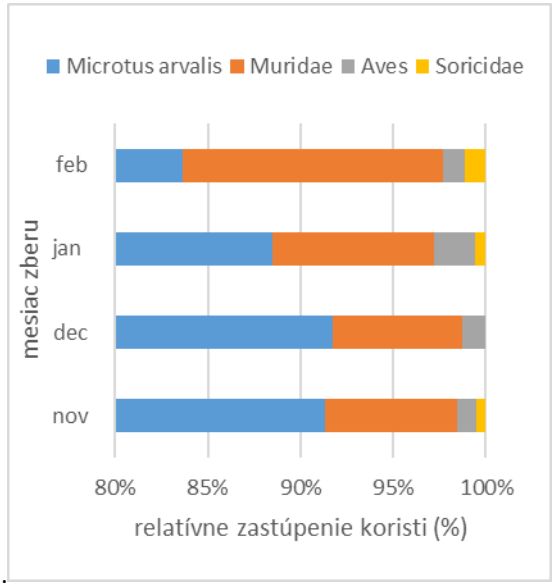
2 Výsledky a diskusia

2.1 Potrava myšiarok ušatých v mimohniezdnom období

Vo vývržkoch myšiarky ušatej zo zimy 2016/2017 z obce Lužianky sme determinovali 2158 jedincov koristi, 11 druhov cicavcov a 12 druhov vtákov. Celkovo bol dominantným druhom v potrave hraboš poľný (88,6%). Ďalšími početnými druhmi koristi boli ryšavka krovinná (5,3%) a myš *Mus* sp. (2,8%). Celková diverzita potravy počas zimy bola 0,6 (Shannonov index).

Na základe pravidelných mesačných zberov vývržkov sme sledovali zmeny v zložení potravy myšiarok ušatých v priebehu zimy (príloha 1).

Zastúpenie hraboša poľného v potrave bolo v mesiacoch november a december vyrovnané (91,3% resp. 91,8%), v ďalších mesiacoch došlo k poklesu jeho zastúpenia (január: 88,2%, február: 83,6%). Tento pokles bol kompenzovaný zvýšeným zastúpením druhov čeľade *Muridae* (obr. 1)

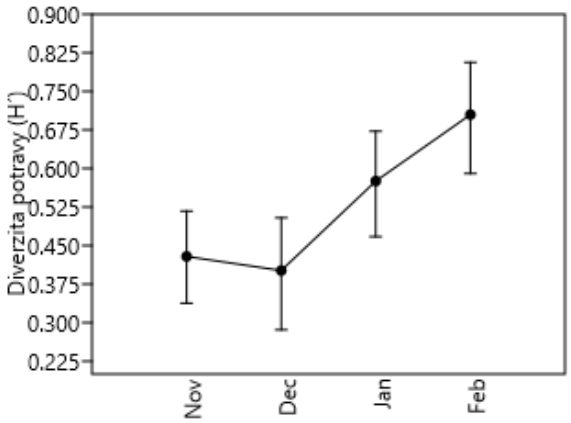


Obr. 1 Zmeny v zastúpení hlavných skupín koristi myšiarky ušatej v zime 2016/17 na zimovisku v obci Lužianky. (nov –november, dec – december, jan – január, feb – február)
Zdroj: Autor

Zastúpenie vtákov počas všetkých štyroch mesiacov bolo minimálne s maximom v mesiaci január (2,2%). Tieto zmeny v zložení potravy sa prejavili v diverzite potravy (obr. 2), kde vidíme nárast diverzity potravy práve v mesiacoch s poklesom hraboša poľného (január, február). Medzi diverzitou potravy v jednotlivých mesiacoch (Shannon index) sme zaznamenali štatistickú významné rozdiely (Tab. 2) medzi jednotlivými mesiacmi.

	nov	dec	jan
dec	t=0,38 df=882,7		
Jan	t=-2,17 df= 1225,4*	t=-2,42 df= 977,66*	
feb	t=-3,79 df= 1057,5**	t=-3,89 df= 913,39**	t=-1,54 df= 1145,5

Tab. 1 Porovnanie rozdielov v diverzite potravy (Diverzity t test) medzi jednotlivými mesiacmi (*p < 0,05; **p<0,001), (nov –november, dec – december, jan – január, feb – február)
Zdroj: Autor

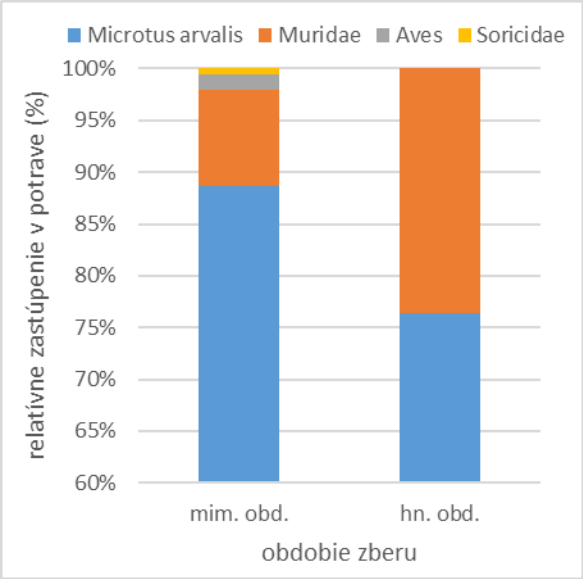


Obr.2 Zmeny v diverzite potravy myšiarky ušatej v zime 2016/17 na zimovisku v obci Lužianky (Nov –november, Dec – december, Jan – január, Feb – február)
Zdroj:[6]

2.2 Potrava myšiarok ušatých v hniezdnom období

Vo vývržkoch myšiarky ušatej z rovnakej lokality sme v hniezdnom období 2017 determinovali 55 jedincov koristi, 3 druhov cicavcov. Celkovo dominantným druhom v potrave bol hraboš poľný (76,4%). Ďalšími druhmi koristi boli ryšavka krovinná (14,6%) a myš

(*Mus* sp.) (9,1%) (obr. 3). Celková diverzita v potrave v mesiaci jún bola 0,7.



Obr. 3 Zmeny v zastúpení hlavných skupín koristi myšiarky ušatej v hniezdnom a mimohniezdnom období v roku 2016/17 v obci Lužianky, (mim. obd.- mimohniezdne obdobie, hn. obd.- hniezdne obdobie) Zdroj: Autor

2.3 Porovnanie potravy myšiarky ušatej v hniezdnom a mimohniezdnom období

V mimohniezdnom období i v hniezdnom období v potrave myšiarok ušatých prevládal hraboš poľný. V hniezdnom období bolo jeho zastúpenie v potrave nižšie, naopak zvýšilo sa zastúpenie čeľade Muridae (23,6%) (obr. 3). V hniezdnom období sme však vtáky v potrave nezaznamenali. Medzi celkovou diverzitou potravy v mimohniezdnom období a diverzitou potravy v hniezdnom období sme nezaznamenali preukazné rozdiely v zložení potravy (Diversity t- test: t = -1,2687, df = 62,9, p = 0,21).

3 Diskusia

Myšiarka ušatá je potravný špecialista, zameriavajúci sa na jeden druh koristi [3]. Čo sa korešponduje s výsledkami našej práce, kde v potrave dominoval hraboš poľný v mimohniezdnom aj v hniezdnom období.

Hraboš poľný je spomedzi cicavcov najpočetnejším druhom otvorenej poľnohospodárskej krajiny [7]. Čo v súvislosti s výsledkami práce nadväzuje na poznatok, myšiarka ušatá preferuje otvorené územia, čo z hadiska potravnej ponuky v tomto type biotopu vedie k zníženej diverzite jej potravy [3]. Dominanciu hraboša poľného v potrave zaznamenali aj Tome [8] pre územie Slovinska, Winjandts [9] pre územie Holandska, Szép et al. [10] pre územie Maďarska , Tulis [3] pre okolie mesta Partizánske.

Alternatívnou korisťou myšiarky ušatej boli myšovité (*Muridae*) cicavce, z toho ryšavka krovinná bola zastúpená podielom 5,33%, *Mus* sp. 2,83%. K zvýšeniu zastúpenia *Muridae* v potrave došlo v mesiacoch, kde došlo k poklesu zastúpenia hraboša poľného. Dôležitosť ryšaviek ako alternatívnej koristi uvádzajú viacerí autori [3,8,9,10,11].

Myšiarka ušatá svoju primárnu korisť loví v závislosti od jej dostupnosti [12]. Vysoké zastúpenie hraboša poľného v potrave v mesiacoch november 91,3%, december 91,8% mohlo byť spôsobené jeho dostupnosťou, pretože sledované územie, nebolo v týchto mesiacoch súvislo pokryté snehovou prikrývkou [13]. S nástupom snehovej prikrývky dochádza k zníženiu dostupnosti hraboša poľného, ktorý sa pohybuje pod ňou [14].

V nasledujúcich mesiacoch, január a február došlo k nárastu zastúpenia myšovitých. Zvýšenie výskytu myšovitých v potrave je častokrát spojené s obdobím snehovej prikrývky, počas ktorého sa myšovité pohybujú po jej povrchu [14].

Rovnako však platí, že so zvýšeným úhrnom zrážok a klesajúcou teplotou sa šírka potravnej niky myšiarky ušatej rozširuje [15].

Snehová prikrývka a nižšie teploty majú na potravu významný vplyv, pričom podiel primárnej koristi so znižujúcou sa teplotou a zvyšujúcou sa snehovou prikrývkou klesá a podiel alternatívnej koristi stúpa [16]. Čo sa čiastočne odráža v našich výsledkoch na znížením zastúpení primárnej koristi, a následným zvýšeným zastúpením alternatívnej koristi v mesiacoch s výskytom snehovej prikrývky (január, február) a nižšími priemernými dennými teplotami (január).

Avšak Borghi [15] uvádza, že zmeny počasia v zimnom období nemali žiadny alebo mali len malý vplyv na zmeny jednotlivých druhov koristi. Autor dopĺňa, že zloženie potravy môže závisieť od sezónnosti podľa aktivity koristi a výberu koristi myšiarkou. V chladnom daždivom počasí sa mení aj lovná stratégia, kedy sa letová aktivita myšiarky znižuje a nevyhľadávajú korisť aktívne počas letu ,ale čakajú na stromoch na okraji lesov, kde lovia ryšavky a iné lesné druhy.

Pri nedostatku dostupného hraboša poľného na lovisku myšiarka ušatá mení lovnú stratégiu a loví aj inak menej lovené druhy [8,16,17,18].

Vo výsledkoch práce je v hniezdnom období percentuálne zastúpenie hraboša poľného v potrave v porovnaní s mimohniezdnym obdobím nižšie. Alternatívne druhy koristi boli v potrave v pomerne veľkom zastúpení. *Apodemus sylvaticus* (14,5%) a *Mus* sp. 9,1%. Čo je v rozpore s výsledkami Romanowskeho [16], ktorý evidoval, že percentuálne zastúpenie hraboša poľného v potrave je značne vyššie v jarnom a letnom období než v jesennom a zimnom období. Zvýšené zastúpenie hraboša poľného v potrave počas jarného obdobia zaznamenali aj Tulis et al., [19] avšak na niektorých sledovaných lokalitách bolo percentuálne zastúpenie hraboša v potrave významne nižšie, čo autor odôvodňuje poklesom početnosti jeho populácie. Nižšie zastúpenie hrabošov v potrave myšiarky ušatej v súvislosti s jeho zníženou abundanciou uvádza aj Village [20], kde v rokoch s vysokou abundanciou hrabošov tvoril ich podiel v potrave 89 – 93% a v rokoch s poklesom abundancie 63 - 74%.

Záver

V mimohniezdnom období 2016/2017 v priebehu mesiacov november – február sme sledovali potravu myšiarky ušatej na zimovisku v intraviláne obce Lužianky. Počas všetkých mesiacov bol v potrave výrazne dominantný hraboš poľný. Od mesiaca január došlo k poklesu zastúpenia hraboša poľného v potrave a k nárastu zastúpenia alternatívnej koristi ryšavky krovinnej. V tomto období došlo k celkovému zvýšeniu diverzity potravy, rovnako bolo v potrave zaznamenaných vyššie zastúpenie vtákov. Práve v tomto období došlo k nárastu snehovej pokrývky v sledovanom území, čo môže čiastočne vysvetľovať nárast diverzity potravy. Pri snehovej pokrývke sa totiž znižuje dostupnosť hraboša poľného a naopak sa zvyšuje dostupnosť myšovitých. V hniezdnom v potrave opäť dominoval hraboš poľný, avšak jeho zastúpenie v porovnaní so zimnými mesiacmi bolo nižšie a zastúpenie alternatívnej koristi sa oproti zimnému obdobiu výrazne zvýšilo. Rozdiely v diverzite potravy sme pri porovnaní oboch období nezaznamenali. Výsledky našej práce tak naznačujú, že hlavnou korisťou myšiarok ušatých v našich prírodných podmienkach je hraboš poľný tak v nidifikačnom ako aj mimo hniezdnom období. V budúcnosti by bolo potrebné sa zamerať funkčné odozvy zloženia potravného spektra v závislosti od meniacich sa meteorologických podmienok.

Poďakovanie

Rád by som sa poďakoval školiteľovi Mgr. Filipovi Tulisovi, PhD. za venovaný čas, ochotu, podporu a odborné rady počas písania práce.

Použitá literatúra

[1] KRIVJANSKÝ, T. 2009: SOKOLIARSTVO – 2. diel: Naše dravce a sovy. Ružomberok: EPOS, 2009. 336 s. ISBN 978-80-89791-83-81

[2] NOGA, M. 2007: Zimoviská a potravná aktivita myšiarky ušatej (Asio otus) na juhozápadnom Slovensku: diplomová práca. Bratislava : Univerzita Komenského v Bratislave, 2007. 102s
Filozofa v Nitre, 2010, ISBN 978-80-80-8094-742-2, s. 286-292

[3] TULIS, F. 2010: Potrava myšiarky ušatej (Asio otus, Linnaeus 1758) z dvoch odlišných typov zimovísk na hornom Ponitrí. In Zborník vedeckých prác, mladých vedeckých a pedagogických pracovníkov „Mladý vedci 2010“ . Nitra: Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, 2010, ISBN 978-80-80-8094-742-2, s. 286-292.

[4] DANKO, Š., DAROLOVÁ, A., KRIŠTÍN, A.2002. Rozšírenie vtákov na Slovensku. Veda Bratislava, 2002, ISBN 80-224-0714-3, s. 374-378

[5] VESELOVSKÝ, T., TULIS, F., BALÁŽ, I. 2012: *Kľúč na určovanie drobných cicavcoc na základe kraniologických znakov.* Nitra : Fakulta prírodných vied, Univerzita Konštantína Filozofa, 2012. 68 s. ISBN 978-80-558-0164-3.

[6] Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. Palaeontologia Electronica 4(1): 9pp. http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm

[7] BALÁŽ, I., AMBROS, M. 2005. Drobné cicavce (*Insectivora, Rodentia*) chráneného areálu Dropie a jeho blízkeho okolia (Podunajská rovina). In *Výskum a ochrana cicavcov na Slovensku VII* : Banská Bystrica, Štátna ochrana prírody, 2006, ISBN 80-89035-71-X, p. 187-196.

[8] TOME, D., 2003: Functional response of the Long-eared Owl (*Asio otus*) to changing prey numbers: a 20- year study. In *Ornis Fennica*. ISSN 0030-5685, vol. 80, p. 63-70

[9] WIJNANDTS, H. 1984: Ecological energetic of the long eared owls (*Asio otus*). In Ardea, ISSN 0373-2266,vol. 72. ,p. 1-92 s.

[10] SZÉP, D., BOCZ, R., PURGER, J., 2018: Weather-dependent variation in the winter diet of urban

roosting Long- eared Owls (*Asio otus*) in Pécs (Hungary). In *Avian bilogy research*. ISSN 1758-1559, vol. 11, no. 1, p. 1-6.

[11] KITOWSKI, I., 2013: Winter diet of the barn owl (*Tyto alba*) and the long-eared owl (*Asio otus*) in Eastern Poland. In *North-western journal of zoology*. ISSN 1584-9074, vol. 9, no. 1, p. 16-22

[12] CANOVA, L., 1989: Influence of snowcover on prey selection by Long-eared Owl *Asio Otus*. In *Ethology Ecology & Evolution*. ISSN 03894-9370, vol.1, no.1, p. 367-372.

[13] BALLESTER, V. 2018: Ogimet Weather Information Service, dostupné na internete: http://www.ogimet.com/ranking.phtml.en

[14] JEDRZEJEWSKI, W., JEDRZEJEWSKA, B. 1993: Predation on rodents in Bialowieza primeval forest, Poland. In *Ecography 16*: 47-64.

[15] BORGHI, S., PIROVANO, A., RUBOLINI, D. 2003: Influence of seasonality, temperature and rainfall on the winter diet of the long-eared owl, *Asio otus*. In *Foolia Zoologica*. ISSN 0139-7893, vo.52, no.1, p 67-76.

[16] ROMANOWSKI, J., ŻMIHORSKI, M., 2008: Effect of season, weather and habitat on diet variation of a feeding- specialist: a case of study of the long eared owl, *Asio otus* in Central Poland. In *Foolia Zoologica*. ISSN 0139-7893, vol57, no. 4, p. 411-419.

[17] SHARIKOV, A., MAKAROVA, T., 2014: Weather conditions explain variation in the diet of the Long-eared Owl at winter roost in central part of European Russia. In *Ornis Fennica*. ISSN 0030-5685, vol. 91, p. 100-107.

Prílohy

[18] TULIS, F. , JAKAB I., SLOBODNÍK, R., Hudec M., 2015: *Land units composition of homeranges and changing of winterroosts of long-eard owl Asio otus* in Ekológia (Bratislava), 34(2): 147-154

[19] TULIS, F., SLOBODNÍK, R., NECHALOVÁ, M. 2010: Breeding diet composition of long-eared in Prievidzká kotlina – basin (central Slovakia), Nitra, Univerzita Konštantína Filozofa, p. 197-204.

[20] VILLAGE, A. 1981: The diet and breeding of Long-eared Owls in relation to vole numbers. In Bird study. [online]. 2009, vol.28, no. 3, p. 214-224. [cit. 5.4.2018]. Dostupné na internete: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00063658109476726 . ISSN 1944-6795.

Príloha 1 Zloženie potravy myšiarky ušatej na zimovisku Lužianky v zime 2016/2017

	november		december		január		február		mimohniezdne obdobie spolu	
Druh	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Microtus arvalis	536	91,31	367	91,75	570	88,24	439	83,62	1912	88,60
M. subterraneus	0	0,00	0	0	1	0,15	0	0,00	1	0,05
Myodes glareolus	0	0,00	0	0	1	0,15	0	0,00	1	0,05
Apodemus sylvaticus	19	3,24	17	4,25	37	5,73	42	8,00	115	5,33
Apodemus flavicollis	1	0,17	0	0	2	0,31	7	1,33	10	0,46
Apodemus uralensis	1	0,17	0	0	0	0,00	3	0,57	4	0,19
Apodemus agrarius	0	0,00	0	0	1	0,15	0	0,00	1	0,05
Micromys minutus	2	0,34	4	1	2	0,31	1	0,19	9	0,42
Mus sp.	19	3,24	7	1,75	14	2,17	21	4,00	61	2,83
Crocidura leucodon	3	0,51	0	0	4	0,62	3	0,57	10	0,46
Crocidura suaveolens	0	0,00	0	0	0	0,00	3	0,57	3	0,14
Passeriformes	4	0,68	0	0	1	0,15	1	0,19	6	0,28
Passer domesticus	0	0,00	1	0,25	2	0,31	2	0,38	5	0,23
Passer montanus	0	0,00	2	0,5	2	0,31	0	0,00	4	0,19
Pyrhulla pyrhulla	0	0,00	0	0	1	0,15	0	0,00	1	0,05
Carduelis carduelis	0	0,00	0	0	1	0,15	2	0,38	3	0,14
Carduelis chloris	0	0,00	0	0	2	0,31	0	0,00	2	0,09
Parus major	1	0,17	1	0,25	2	0,31	0	0,00	4	0,19
Parus montanus	0	0,00	0	0	0	0,00	1	0,19	1	0,05
Cyanistes caeruleus	0	0,00	1	0,25	0	0,00	0	0	1	0,05
Turdus merula	0	0,00	0	0	1	0,15	0	0	1	0,05
Sylvia communis	0	0,00	0	0	1	0,15	0	0	1	0,05
Carduelis cannabina	1	0,17	0	0	0	0,00	0	0	1	0,05
Passeriformes	0	0	0	0	1	0,15	0	0	1	0,05
Celkom	587	100	400	100	646	100	525	100	2158	100
Mammalia	581	98,98	395	98,75	632	97,83	519	98,86	2127	98,56
Aves	6	1,02	5	1,25	14	2,17	6	1,14	31	1,44
Diverzita (H´)	0,429		0,402		0,586		0,705		0,563	

Geografia, regionálny rozvoj a geológia

Fytogeografia inváznych antropofytov lesných a nelesných biotopov s výrazným antropickým vplyvom v krajine a prognóza variability fytocenóz

Phytogeography of invasive anthropophytes of forest and non-forest habitats with significant human impact to the landscape and prognosis of phytocoenoses variability

Lukáš Wittlinger[1]
Lucia Petrikovičová[2]
[1,2] Katedra geografie a regionálneho rozvoja, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra
[1]lukas.wittlinger@student.ukf.sk, [2]lpetrikovicova@ukf.sk

Abstrakt
Článok je zameraný na mapovanie rastlinných spoločenstiev lesných a nelesných biotopov na území Lovinobanskej brázdy s výskytom inváznych druhov rastlín. Podrobná fytogeografia inváznych antropofytov v krajine s výrazným antropickým vplyvom umožňuje pochopiť časovo-priestorové zákonitosti rozšírenia týchto taxónov a prognózovať variabilitu fytocenóz na lokalitách, ktoré podliehajú antropogénnym zmenám vplyvom hospodárskej činnosti človeka. V súčasnosti môžu tieto druhy priamo prispieť k poklesu výskytu pôvodných druhov rastlín až na úroveň ohrozenia ich existencie a tak ohroziť biologickú diverzitu územia. Hlavným cieľom je analýza, charakteristika a lokalizácia vybraných druhov inváznych rastlín so zameraním na vývoj diverzity flóry. Výsledkom výskumu je fytogeografické rozšírenie na území Lovinobanskej brázdy, syntaxonómia a prognóza variability fytocenóz.

Kľúčové slová: Antropofyty, Fytocenóza, Lovinobanská brázda, Antropofytizácia

Abstract
The article is focused on mapping of plant communities of forest and non-forest habitats in the area of Lovinoban furrow with the occurrence of invasive plant species. The detailed phytogeography of invasive anthropophytes in a country with a significant anthropic influence allows us to understand the spatio-temporal patterns of the distribution of these taxa and to predict the variability of phytosenosis in localities subject to anthropogenic changes due to human economic activity. Currently, these species can directly contribute to reducing the occurrence of indigenous plant species up to the level of threat to their existence and thus jeopardizing the biodiversity of the area. The main objective is to analysis, characteristic and locate selected species of invasive plants with a focus on the development of flora diversity. The results of the research are phytogeographic distribution in the area of Lovinobanská brázda, syntaxonomy and prognosis of phytocoenoses variability.

Keywords: Anthropophytes, Phytocoenosis, Lovinobanská brázda, Anthropophytization

Úvod

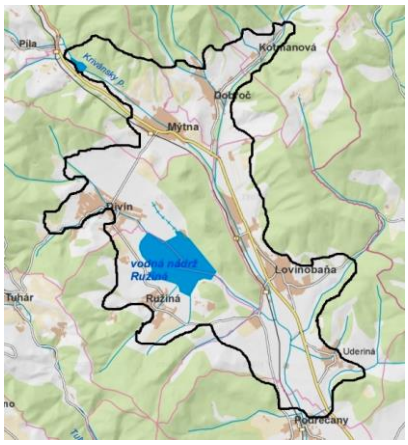
Problematika inváznych druhov rastlín sa stáva čoraz viac diskutovanou témou v našej spoločnosti. Introdukcia nepôvodných rastlinných druhov z iných kontinentov na územie Európy má výrazný vplyv na našu pôvodnú flóru. Zmeny v rastlinných spoločenstvách a vytláčanie našich pôvodných druhov vzbudzujú obavy Európskej únie a vlády Slovenskej republiky. Preto je nevyhnutné zabezpečiť ochranu prírody aj na legislatívnej úrovni. V Slovenskej republike je to zákon č. 543/2002 Z. z. o ochrane prírody a krajiny. Európska legislatíva sa zaoberá problematikou inváznych druhov rastlín na medzinárodnej, resp. európskej úrovni. A to práve Nariadením Európskeho parlamentu a Rady (EÚ) č. 1143/2014 z 22. októbra 2014 o prevencii a manažmente introdukcie a šírenia inváznych nepôvodných druhov [1]. Preto je nevyhnutné identifikovať lokality s výskytom inváznych antropofytov, ktoré majú výrazný vplyv na našu pôvodnú flóru a biotopy, v ktorých sa prirodzene vyskytujú.

1 Vymedzenie územia

Územie Lovinobanskej brázdy (obr. 1) sa nachádza v západnej časti Revúckej vrchoviny a rozdeľuje na dve časti podcelok Cinobanské predhorie. Rozkladá sa na hornom toku Krivánskeho potoka a v oblasti

jeho prítokov, Budínskeho a Dobročského potoka. V strednej časti je vybudovaná vodná nádrž Ružiná a celá oblasť patrí do povodia rieky Ipeľ. Lovinobanskú brázdu obklopuje severozápadne pohorie Ostrôžky, severne susedí Sihlianska planina (podcelok Veporských vrchov), severovýchodne aj Málinské vrchy (podcelok Stolických vrchov). Údolie Krivánskeho potoka pokračuje južným smerom do Lučenskej kotliny, kde ležia Novohradské terasy a Poltárska pahorkatina [2].
Patria sem obce Divín, Lovinobaňa, Mýtna, Podrečany, Ružiná, Dobroč, Kotmanová a Píla.

Územie predstavuje typickú ukážku biocenóz ovplyvnených antropogénnou činnosťou. Medzi hlavné činnosti, ktoré majú výrazný vplyv na charakter územia patrí hospodárska činnosť človeka v krajine (poľnohospodárstvo, lesné hospodárstvo, vodohospodárstvo a ťažba dolomitu). Novým faktorom, ktorý vplýva na charakter krajiny je výstavba rýchlostnej cesty R2 v smere Zvolen – Košice.



Obr. 1 Lovinobanská brázda [1,2]
Zdroj: tematické spracovanie Wittlinger, 2019

Geografická charakteristika územia

Územie Lovinobanskej brázdy budujú molasové sedimenty a vulkanity terciéru, zakryté sedimentami kvartéru. Predterciárne útvary sú zastúpené v dvoch tektonických jednotkách - gemerikum a veporikum. Na základe regionálneho geologického členenia Západných Karpát a severných výbežkov panónskej panvy patrí územie Lovinoabnskej brázdy do štruktúrnej zóny Veporského pásma a Kohútskej zóny [3].

Lovinobanská brázda predstavuje mierne veľkú kotlinovitú zníženinu v severozápadnej časti Cinobanského predhoria, ktorá vznikla erózno-dedunačnými procesmi ako výrazne vyhĺbená forma reliéfu [2].

Územie Lovinobanskej brázdy je zastúpené hlavne dvomi pôdnymi druhmi: piesočnato-hlinitými a hlinitými. Pôdnu pokrývku tvoria štyri pôdne typy z rôznych skupín pôd, iniciálne – fluvizem (FM), ilimerické – luvizem (LM), kambické hnedé lesné pôdy – kambizem (KM) a podzolové – Podzol (PZ) [4].

Dotknuté územie i jeho okolie môžeme z hľadiska klimatických pomerov zaradiť do teplej klimatickej oblasti, okrsku teplého, okrsku mierne teplého a okrsku mierne chladného [5].

Podľa mapy inžiniersko-geologickej rajonizácie územia Slovenska [6] skúmané územie patrí do regiónu jadrových pohorí, subregiónu kryštalinika, rajónu pieskovcovo-zlepencových hornín.

Podľa mapy hlavných hydrogeologických rajónov patrí záujmové územie do hydrogeologického rajónu č. 89 – kryštalinikum Revúckej vrchoviny a Stolických vrchov v povodí Ipľa [7].

Diverzita flóry študovaného územia je rôznorodá a je výsledkom činnosti geologických procesov, reliéfu a je daná najmä geografickou polohou územia. Na základe dlhotrvajúcej pôsobnosti týchto činiteľov možno začleniť územie z hľadiska fytogeografického členenia Európy do oblasti Holarktis, podoblasti Eurosibírskej, provincie atlanticko-európskej a ponticko-panónskej. Z fytocenologického hľadiska patrí riešené územie do zóny dubovej, podzóny horskej, oblasti kryštalicko-druhohornej, okresu Revúcka vrchovina a podokresu Lovinobanské predhorie [8].

Pôvodnú potenciálnu prirodzenú vegetáciu územia Lovinobanskej brázdy by bez značnej činnosti človeka tvorili vŕbovo-topoľové lužné lesy a jelšové lesy slatinné *(Salicion albae, Alnetea glutinose)*, dubovo-brestovo-jaseňové lužné lesy *(Ulmenion)*, dubovo-hrabové lesy panónske *(Querco robori-Carpinenion betuli)* a dubovo-cerové lesy *(Quercetum petraeae-cerris)* [9].

2 Teoreticko-metodické východiská práce

Pôvod slova **introdukcia** pochádza z latinčiny *introduction* a znamená predstavenie, vsunutie. Pri **invázií** nepôvodných druhov rastlín (ďalej len IDR) odkazuje na zavedenie (zavlečenie) druhu do novej oblasti, alebo jeho pohyb, či pohyb nižšieho taxónu, vrátane akejkoľvek rozmnožovania schopnej časti mimo svoj prirodzený areál (pôvodný, alebo aktuálny) [10]. Ako inváznu označujeme druh agresívne sa šíriaci, spôsobujúci značné environmentálne a ekonomické škody, alebo zdravotné problémy [11].

U rastlín sa používajú termíny **antropofyty** (rastliny introdukované ľuďmi), ktoré sa členia ďalej na **hemerofyty** (rastliny úmyselne introdukované ľuďmi) a **xenofyty** (rastliny neúmyselne introdukované ľuďmi). Xenofyty sa v staršej klasifikácii delila na archeofyty (rastliny neúmyselne introdukované

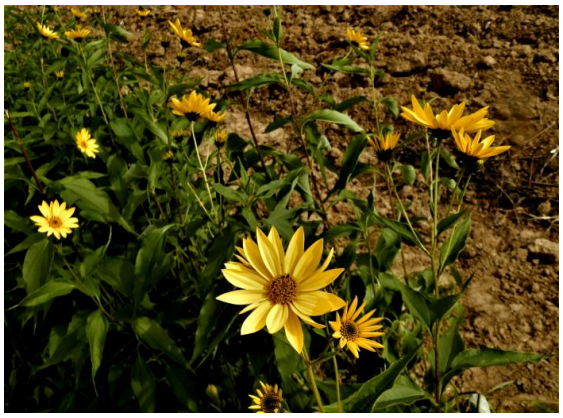
po roku 1500) a neofyty (rastliny neúmyselne introdukované do roku 1500), ale v rámci novej klasifikácie sa archeofyty a neofyty vzťahujú aj na úmyselne introdukované rastliny [12].

Invázne taxóny a ich asociácie:
Problematika introdukovaných taxónov inváznych antropofytov ako nových resp. nepôvodných taxónov, ktoré predstavujú alochtónne druhy je v našich podmienkach nová téma, ktorou sa v súčasnej dobe začína zaoberať viac odborníkov z dôvodu viditeľných zmien, ktoré nastávajú v krajine. Predovšetkým ide o rastliny, ktoré sa nenachádzajú vo svojich prirodzených areáloch, ale boli dovezené najmä zo Severnej Ameriky a Ázie ako okrasné a medonosné rastliny. Na území Lovinobanskej brázdy sa šíria predovšetkým vegetatívnym a generatívnym rozmnožovaním *(Helianthus tuberosus)* (obr. 2), anemochóriou *(Solidago canadensis),* hydrochóriou hlavne pozdĺž tokov Krivánskeho potoka, potoka Salajka a Budínskeho potoka *(Fallopia janponica, Impatiens glandulifera)* a antropochóriou (vysádzanie okrasných druhov).

Medzi hlavné faktory, ktoré ovplyvňujú úspešnosť invázie nepôvodných druhov rastlín radíme v záujmovom území klímu, ktorá predstavuje teplú a mierne teplú oblasť s vlhkým vzduchom, ale aj vietor, ktorý napomáha k šíreniu semien v krajine. Morfografický typ georeliéfu – brázda a jej morfometrické vlastnosti (nadmorská výška, sklon, expozícia a pod.). Pôdu v závislosti od povahy materskej horniny, pôdotvorných procesov, pôdnych druhov a typov a prirodzenej úrodnosti pôdy t.j. obsahu humusu a ekológiu, ktorá je závislá od schopnosti taxónu adaptovať sa na nové prostredie.

Počas terénneho výskumu sme komplexne monitorovali biotopy na území Lovinobanskej brázdy, na ktorých bol nami potvrdený výskyt IDR. Ďalej sme sa zamerali na šírenie týchto taxónov, ich pôvod a dopad na krajinu.

Tejto problematike na území Lovinobanskej brázdy sa venovali aj Wittlinger a Šolcová [13]. Pričom predmetom ich výskumu bola antropogénna zmena reliéfu na lome Hrby - Mýtna. Ťažbou môžu vzniknúť extrémne stanovištia (exponované dolomitové steny a bralá), ktoré osídľujú vápnomilné xerotermné spoločenstvá. Takáto ťažba odkryje hlbšie horniny, ktoré môžu mať kyslý charakter a tak ovplyvniť chemizmus pôdy, čo bude mať za následok možnosť šírenia sa nových až nepôvodných - inváznych druhov rastlín.


Obr. 2 *Helianthus tuberosus*
Zdroj: Wittlinger, 2018

3 Metodika

Fytocenologický výskum sme realizovali počas vegetačného obdobia, ale ja mimo neho v rokoch 2017-2019. Sledované územie Lovinobanskej brázdy sme vymedzili na základe súradníc GPS. Výskum sme realizovali globálne v rámci celého územia, pričom sme si vytypovali lokality, ktoré sú typické pre výskyt introdukovaných inváznych antropofytov ako napr. lúky, polia a vodné toky. Práca v teréne sa začínala voľbou homogénnej plochy, ktorú sme skúmali. Táto musí mať podľa možnosti rovnaké ekologické podmienky ako celá asociácia. Veľkosť zvolenej plochy býva rôzna, závisí od terénu a charakteru sledovaného spoločenstva. Plocha má byť teda homogénna, má súhlasiť ekologicky, druhovo, reliéfom a pôdou s neporušeným príslušným porastom fytocenózy [14]. Pri terénnom výskume sme použili metodiku zürišsko-montpellierskej školy [15, 16]. Veľkosť plochy pri fytocenologických zápisoch sme volili podľa fyziognómie porastov. Pri lokalizovaní jednotlivých plôch zápisov sme zaznamenávali nadmorskú výšku, expozíciu a sklon. Názvoslovie rastlinných taxónov uvádzame v zmysle prác Marholda a Hindáka [17]. Všetky zápisy skúmaného spoločenstva sme zostavili do spoločnej tabuľky, ktorú však pre veľké množstvo získaných dát neuvádzame. Určili sme takto jednotlivé druhy a spoločenstvá, ktoré sme zaradili do syntaxonomického prehľadu.

Pri syntaxonomickej klasifikácii sme používali prehľad vegetačných jednotiek Slovenska a Českej republiky z Ústavu botaniky a zoologie, Přírodovědeckej fakulty Masarykovy univerzity v Brně [18], v niektorých prípadoch sme výskum korigovali v zmysle kódu fytocenologickej nomenklatúry. Pri určovaní jednotlivých taxónov sme využili kľúč na určovanie rastlín Rothmaler - Exkursionsflora von Deutschland, Gefapflanzen: Atlasband [19]. Pri určovaní tráv sme použili mikroskop a botanickú mikrolupu.

4 Fytocenologický zápis

Fytocenologický zápis pozostáva zo záhlavia, ktoré obsahuje prírodné pomery vrátane nadmorskej výšky, expozície, sklonu, dátum, číslo plochy a bližší opis lokality. Obsahuje aj zoznam druhov zistených v poraste s údajmi o ich kvantitatívnom zastúpení, podľa vopred určenej stupnice pokryvnosti, ako aj etáž (v % zastúpení). Druhy uvádzame latinskými názvami. Zoznam druhov je najdôležitejšia časť zápisu (tab. 1). Pri odhade pokryvnosti sa používa Braun-Blanquetova stupnica [16], ktorá pozostáva zo 7 stupňov (pokryvnosť sme určovali odhadom): **5** 75 – 100 %, **4** 50 – 75 %, **3** 25 – 50 %, **2** 5 – 25 %, **1** menej ako 5 %, **+** druhy so zanedbateľnou pokryvnosťou a **r** roztrúsené a ojedinelé druhy. Stálosť druhov (S) sa zaznamenáva podľa stupnice: **V** 100 – 81 %, **IV** 80 – 61 %, **III** 60 – 41 %, **II** 40 – 21 % a **I** 20 – 1 %.

Z tejto stupnice sledujeme charakteristické druhy a druhy s vysokou stálosťou (V, IV). Za najvýznamnejší znak je pokladaná prítomnosť určitého druhu, za menej významná jeho dominancia alebo jeho funkcia v štruktúre spoločenstva (obr. 3).

Obr. 3 Spoločenstvo so *Solidago canadensis*
Zdroj: Wittlinger, 2019

Fytocenologický zápis obsahuje mapovanie rastlinných spoločenstiev na úrovni taxonomických jednotiek, vymedzenie štvorca, určenie nadmorskej výšky, určenie expozície voči svetovým stranám, sklon svahu, určenie etáží (E0, E1, E2, E3), abundancia - pokryvnosť, geologický podklad, pôdne typy a druhy, na klimatické a hydrologické podmienky a výskyt živočíšnych spoločenstiev.

5 Výsledky výskumu

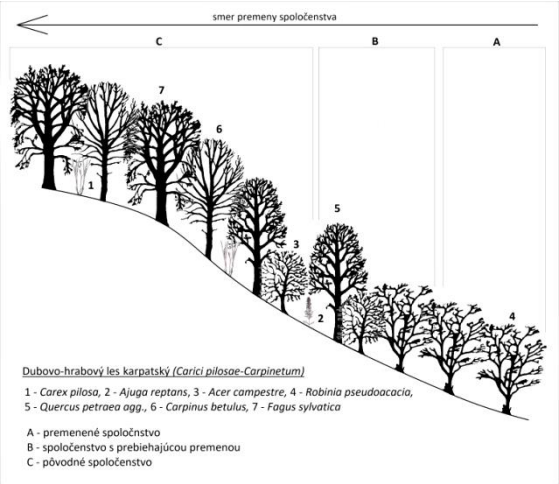
Mapované antropofyty a ich syntaxonómia [20]:

- **hviezdnik ročný** *(Stenactis anuua* (L.)) Nees.), čeľ. *Asteraceae*, rad *Asterales*, podtr. *Asteridae* Trieda *Galio-Urticetea* Passarge ex Kopecký 1969, Zväz *Aegopodion podagrariae*, Asociácia *Asteretum lanceolati* Holzner et al. 1978
- **zlatobyľ kanadská** *(Solidago canadensis* (L.)), čeľ. *Asteraceae*, rad *Asterales*, podtr. *Asterida* Trieda *Artemisietea vulgaris Lohmeyer et al. ex von Rochow 1951*, Zväz *Dauco carotae-Melilotion* Görs ex Rostański et Gutte 1971*,* Asociácia *Rudbeckio laciniatae-Solidaginetum canadensis* Tüxen et Raabe ex Anioł-Kwiatkowska 1974
- **slnečnica hľuznatá** *(Helianthus tuberosus* (L.)), čeľ. *Asteraceae*, rad *Asterales*, podtr. *Asteridae* Trieda *Galio-Urticetea* Passarge ex Kopecký 1969, Zväz *Aegopodion podagrariae*, Asociácia *Oenothero biennis-Helianthetum tuberosi* de Bolòs et al. 1988
- **durman obyčajný** *(Datura stramonium* (L.)), čeľ. *Solanaceae*, rad *Solanales*, podtr. *Asteridae* Trieda XB *Stellarietea mediae* Tüxen et al. ex von Rochow 1951*,* Zväz *Veronico-Euphorbion,* Asociácia *Mercurialietum annuae* Kruseman et Vlieger ex Westhoff et al. 1946 (obr. 4 a 9)

Obr. 4 Asociácia *Mercurialietum annuae*
Zdroj: Jäger, et al., 2017; upravené Wittlinger, 2020

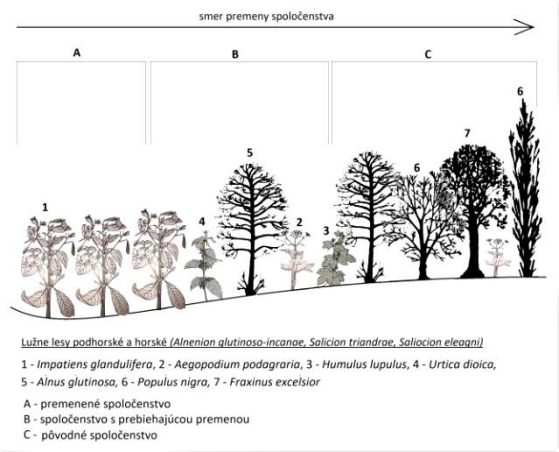
- **javorovec jaseňolistý** *(Negundo aceroides* Moench*),* čeľ. *Aceraceae*, rad *Sapindales,* podtr. *Rosidae* Trieda KB *Rhamno-Prunetea* Rivas Goday et Borja Carbonell ex Tüxen 1962, Zväz *Aegopodio podagrariae-Sambucion nigrae* Chytrý 2013 all. nova hoc loco, Asociácia *Sambuco nigrae-Aceretum negundo* Exner in Exner et Willner 2004
- **orgován obyčajný** *(Syringa vulgaris* (L.)), čeľ. *Oleaceae*, rad *Scrophulariales*, podtr. *Asteridae* Jednotka nemá fytocenologické vymedzenie.
- **sumach pálkový** *(Rhus typhina* (L.)*),* čeľ. *Anacardiaceae,* rad *Sapindales,* podtr. *Rosidae* Jednotka nemá fytocenologické vymedzenie.
- **agát biely** *(Robinia pseudoacacia* (L.)*),* čeľ. *Fabaceae*, rad *Fabales*, podtr. *Rosidae* Trieda KB *Rhamno-Prunetea* Rivas Goday et

Borja Carbonell ex Tüxen 1962, Zväz *Chelidonio majoris-Robinion pseudoacaciae* Hadač et Sofron ex Vítková in Chytrý 2013 all. nova hoc loco, Asociácia *Chelidonio majoris-Robinietum pseudoacaciae* Jurko 1963 (obr. 5)



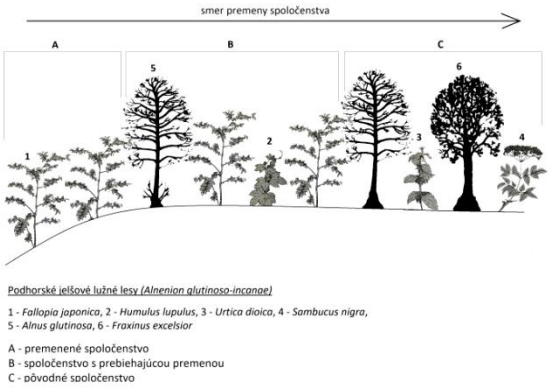
Obr. 5 Variabilita fytocenóz s *Robinia pseudoacacia*
Zdroj: Jäger, et al., 2017; upravené Wittlinger, 2020

- **netýkavka žliazkatá** *(Impatiens glandulifera* Royle), čeľ. *Balsaminaceae,* rad *Geraniales*, podtr. *Rosidae* Trieda *Galio-Urticetea* Passarge ex Kopecký 1969, Zväz *Senecionion fluviatilis,* Asociácia *Calystegio sepium-Impatientetum glanduliferae* Hilbig 1972 (obr. 6 a 8)



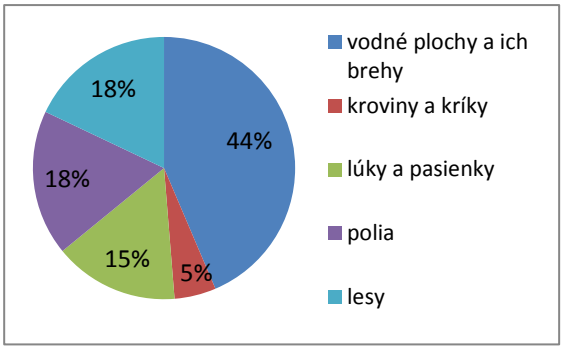
Obr. 6 Variabilita fytocenóz s *Impatiens glandulifera*
Zdroj: Jäger, et al., 2017; upravené Wittlinger, 2020

- **pohánkovec japonský** *(Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decr.), čeľ. *Polygonaceae*, rad *Polygonales*, podtr. *Caryophyllidae,* Trieda *Galio-Urticetea* Passarge ex Kopecký 1969, Zväz *Aegopodion podagrariae*, Asociácia *Reynoutrietum japonicae* Görs et Müller in Görs 1975 (obr. 6)



Obr. 7 Variabilita fytocenóz s *Fallopia japonica*
Zdroj: Jäger, et al., 2017; upravené Wittlinger, 2020

Z hľadiska biotopov prevládajú spoločenstvá s inváznymi antropofytmi na vodných tokoch a ich brehoch čo je až 44% lokalít s výskytom IDR, podobne sú zastúpené polia a lesy (36%), pričom výrazne vplýva práve aktivita človeka a hospodárska činnosť (graf 1).



Graf 1 Výskyt jednotlivých zmapovaných antropofytov podľa biotopov v Lovinobanskej brázde
Zdroj: Wittlinger, 2019

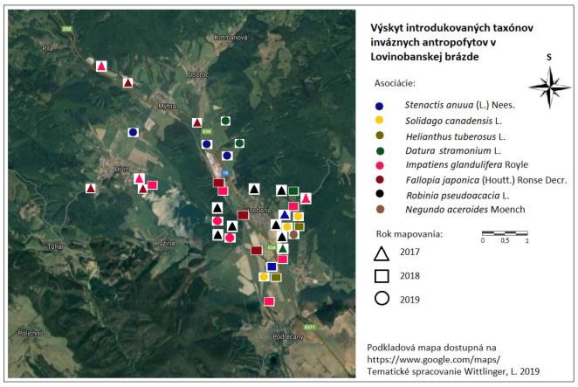
Obr. 8 *Impatiens glandulifera*
Zdroj: Wittlinger, 2017

Obr. 9 Spoločenstvo s *Datura stramonium*
Zdroj: Wittlinger, 2019

číslo zápisu	1	2	
dátum	15.7. 2018	17.7. 2018	
plocha (m^2)	15	15	
nadmorská výška (m)	264	264	
sklon (°)	14	5	
Expozícia	JZ	JV	
etáž E0	0	0	
etáž E1	100	50	
etáž E2	0	10	
etáž E3	0	40	
počet druhov v zápise	15	10	stálosť (S)
Solidago canadensis	5	5	V
Alnus glutinosa	.	4	IV
Stenactis annua	2	1	III
Salix alba	.	3	III
Robinia pseudoacacia	.	2	II
Galium aparine	2	.	II
Arctium lappa	r	.	I
Achillea millefolium	+	.	I
Agrimonia eupatoria	r	.	I
Symphytum officinale	r	.	I
Mentha longifolia	1	.	I
Plantago major	1	.	I
Acetosa pratensis	+	+	I
Acetosella vulgaris	+	r	I
Thlaspi arvense	r	.	I
Urtica dioica	+	+	I
Humulus lupulus	.	r	I
Aegopodium podagraria	+	.	I
Ranunculus repens	r	.	I
Elytrigia repens	.	+	I

Tab. 1 Ukážka fytocenologického zápisu (Spoločenstvo so *Solidago canadensis* L.)
Zdroj: Wittlinger, 2018

Lokality zápisov:
1 - Nad Loviňou
2 - Šiadovo



Mapa 1 Fytogeografia inváznych antropofytov
Zdroj: Wittlinger, 2019

Inváznе druhy rastlín ľahšie prenikajú a obsadzujú ekosystémy (biotopy) vytvorené, pozmenené alebo narušené činnosťou človeka, opustené a nevyužívané plochy, plochy, kde došlo k zmenám chemizmu (eutrofizácia) a plochy s chudobným druhovým zložením. Inváznе druhy najčastejšie „sprevádzajú“ komunikácie (okraje ciest, krajnice s priekopami, železničné násypy, prístavy), smetiská, skládky, haldy, opustené ťažobné jamy, priemyselné a poľnohospodárske objekty (manipulačné plochy, okolie budov, pozdĺž oplotenia ich areálov), sídla (nevyužívané priestranstvá, parky, záhrady, cintoríny), neobrábanú ornú pôdu (poľné úhory), nevyužívané lúky a pasienky, vodné toky a vodné diela (sprievodná vegetácia tokov, protipovodňové hrádze), okraje lesných porastov, lesné cesty a rúbaniská [21].

Problémy spôsobené inváznymi antropofytmi:

- zdravotné – alergie, kožné ochorenia
- hospodárske – ekonomická záťaž pri manažmente krajiny, škody na poľnohospodárskych, lesohospodárskych a vodohospodráskych úsekoch (t.j. škody na poľnohospodárskej produkcii, zmeny v štruktúre drevinovej skladby, sťažujú manažment vodných tokov a vodných nádrží)
- biologické – zmena štruktúry fytocenóz, vytláčajú autochtónne druhy
- geografické – zmena krajinnej pokrývky, krajinného rázu

4 Záver

Krajinná pokrývka v Lovinobanskej brázde je rôznorodo diferencovaná. Z hľadiska nášho výskumu sme sa na fyzickogeografické pomery krajiny zamerali hlavne na lokalitách, kde sa vyskytovali introdukované taxóny inváznych antropofytov. Terénnym výskumom v študovanom

území s inváznymi antropofytmi sme zistili 39 lokalít, na ktorých sme mapovali druhové zloženie fytocenóz. Výskum sme realizovali pomocou fytocenologických zápisov. Vo všetkých 39 zápisoch bolo spolu zaznamenaných 83 druhov rastlín. Fyziognómia týchto lokalít predstavuje prevažne monodominantné porasty inváznych druhov, pričom floristická skladba obsahuje len malé množstvo ostatných druhov. Ide predovšetkým o diagnostické druhy asociácií, ktoré sa vyskytujú v spoločenstvách s inváznymi antropofytmi. Z fytocenologických zápisov vyplýva, že väčšia časť ostatných druhov je identická v iných spoločenstvách.

Hrozbu v študovanom území predstavuje výskyt viacerých inváznych druhov v jednom spoločenstve a ich nekontrolovateľné šírenie cez prechodné spoločenstvá do okolitých spoločenstiev s vytláčaním prirodzene sa vyskytujúcich druhov rastlín. Do oblastí holorubov sa dostáva anemochóriou *Solidago canadensis*, kde svojim zatienením zabraňuje rastu mladého porastu *Carpinus betulus, Fagus sylvaticus* a *Quercus sp*. Viditeľné sú aj zmeny v štruktúre pôdy, kde prevládajú erózno-denudačné procesy v degradačnej fáze. Pozdĺž vodných tokov sa nekontrolovateľne šíri *Fallopia japonica* a *Impatiens glandulifera*. Najčastejšie vytvárajú rozsiahle husté porasty, pod ktorými nedokážu existovať iné druhy rastlín. Hydrochóriou hrozí rozšírenie týchto druhov aj do iných častí územia v okrese Lučenec. Do poľnohospodárskej krajiny najčastejšie zasahuje *Solidago canadensis, Stenactis anuua* a *Helianthus tuberosus,* ktoré môžu ovplyvňovať úrodu. *Datura stramonium* sa nachádza predovšetkým na zakrmovacích polochách pre voľne žijúcu zver a poľovných zariadení. Najtypickejšie druhové zastúpenie introdukovaných taxónov inváznych antropofytov ruderálnych rastlinných spoločenstiev v území Lovinobanskej brázdy predstavujú druhy: *Stenactis anuua, Solidago canadensis, Helianthus tuberosus, Datura stramonium, Impatiens glandulifera, Fallopia japonica, Robinia pseodoacacia, Negundo aceroides, Syringa vulgaris, Rhus typhina.*

Fyzickogeografické a v súčasnosti aj humánnogeografické faktory sa vo veľkej miere podieľajú na priestorovom rozmiestnení spoločenstiev v území. Ďalšia prognóza výskytu a rozšírenia predpokladá, že vplyvom neustáleho pôsobenia človeka sa budú tieto spoločenstvá v území rozširovať. V študovanom území nikto nevenuje pozornosť odstraňovaniu inváznych antropofytov. Celkovo tento stav môžeme označiť ako nekontrolovateľnú antropofytizáciu diverzity ekosystémových štruktúr fytocenóz introdukovanými antropofytmi na území Lovinobanskej brázdy. Navrhujeme celkovú reguláciu a likvidáciu výskytu inváznych druhov rastlín za pomoci chemických a mechanických metód odstraňovania. Ako napr. postrek, injektáž herbicídnych roztokov priamo do rastlín, intenzívne kosenie, spásanie hospodárskymi zvieratami, poprípade vykopávanie *(Fallopia sp.*), ktorá sa reprodukuje vegetatívnym spôsobom a musí byť odstránená celá rastlina, bez akéhokoľvek zvyšku resp. časti rastliny.

V našom príspevku sme charakterizovali vybrané rastlinné spoločenstvá Lovinobanskej brázdy (Revúcka vrchovina) a zaradili ich do fytocenologického systému na základe princípov zurišskomontpellierskej školy. V študovanom území sme zaznamenali aj výskyt chránených druhov rastlín - *Orchis purpurea, Cephalanthera damasonium*, *Cephalanthera longifolia, Cephalanthera rubra*, *Epipactis helleborine*, *Epipactis pontica*, *Epipactis microfila*, *Caltha palustris* a *Silene coronaria.* Tieto druhy sa vyskytujú v spoločenstvách, ktoré sú ohrozené a negatívne ovplyvňované zmenami ekologických podmienok biotopov. V študovanom území sme sa zamerali na spoločenstvá tried: **3x** Trieda *Galio-Urticetea* Passarge ex Kopecký 1969, **3x** Zväz *Aegopodion podagrariae*, **1x** Asociácia *Asteretum lanceolati* Holzner et al. 1978, **1x** Asociácia *Oenothero biennis-Helianthetum tuberosi* de Bolòs et al. 1988, **1x** Asociace *Reynoutrietum japonicae* Görs et Müller in Görs 1975. **2x** Trieda *Rhamno-Prunetea* Rivas Goday et Borja Carbonell ex Tüxen 1962, **1x** Zväz *Chelidonio majoris-Robinion pseudoacaciae* Hadač et Sofron ex Vítková in Chytrý 2013 all. nova hoc loco, **1x** Asociácia *Chelidonio majoris-Robinietum pseudoacaciae* Jurko 1963, **1x** Zväz *Aegopodio podagrariae-Sambucion nigrae* Chytrý 2013 all. nova hoc loco, **1x** Asociácia *Sambuco nigrae-Aceretum negundo* Exner in Exner et Willner 2004. **1x** Trieda *Artemisietea vulgaris Lohmeyer et al. ex von Rochow 1951*, **1x** Zväz *Dauco carotae-Melilotion,* Asociácia *Rudbeckio laciniatae-Solidaginetum canadensis* Tüxen et Raabe ex Anioł-Kwiatkowska 1974. **1x** Trieda *Stellarietea mediae* Tüxen et al. ex von Rochow 1951*,* **1x** Zväz *Veronico-Euphorbion,* **1x** Asociácia *Mercurialietum annuae* Kruseman et Vlieger ex Westhoff et al. 1946. **1x** Trieda Trieda *Galio-Urticetea* Passarge ex Kopecký 1969, **1x** Zväz *Senecionion fluviatilis,* **1x** Asociácia *Calystegio sepium-Impatientetum glanduliferae* Hilbig 1972.

Použitá literatúra

[1] Štátna ochrana prírody SR, Banská Bystrica. *Inváze druhy rastlín Slovenskejr republiky.* [online] http://www.sopsr.sk/invazne-web/?page_id=61(2020.02.21)
[2] Kočický, D. - Ivanič, B. (2014) *Geomorfologické členenie Slovenska* [online]. Bratislava: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 2014. Dostupné na internete: http://apl.geology.sk/temapy(2020-02-21)
[3] Vass, D. - Elečko, M. (1992) *Vysvetlivky ku geologickej mape Lučenskej kotliny a Cerovej vrchoviny.* Bratislava: ŠGÚDS, 1992, M: 1: 50 000. ISBN 80-85314-13-4
[4] Výskumného ústavu pôdoznalectva a ochrany pôdy, Bratislava. *Pôdne mapy.* https://www.vupop.sk/(2020.02.21)
[5] Kočický, D. - Ivanič, B. (2014) *Klimatickogeografické typy* [online]. Bratislava: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 2014. Dostupné na internete: http://apl.geology.sk/temapy(2020-02-18)
[6] Hrašna, M. - Klukanová, A. (2014) *Inžinierskogeologická rajonizácia*, M 1:500 000 [online]. Bratislava: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, 2014. Dostupné na internete: http://apl.geology.sk/temapy (2020-02-20)
[7] Malík, P. - Švasta, J. (2002) *Hlavné hydrogeologické regióny* [online]. Bratislava: In : Atlas krajiny SR. 2002. Hrnčiarová, T. red. Bratislava: MŽP, Dostupné na internete: https://geo.enviroportal.sk/atlassr/ (2020-02-18)
[8] Plesník, P. (2002) *Fytogeograficko-vegetačné členenie.* mierka 1 : 1 000 000. In: Atlas krajiny SR. Hrnčiarová, T. red. Bratislava : MŽP; Banská Bystrica : SAŢP. 2002. 344 s. ISBN 80-88833-27-2
[9] Michalko, J. et al. (1986) *Geobotanická mapa* ČSSR. Bratislava: Veda, 1986.
[10] Cvachová, A. - Gojdičová, E., (2004) *Inváze druhy rastlín na Slovensku 1*. Banská Bystrica : ŠOP SRSR.http://www.sopsr.sk/publikacie/invazne/doc/invazne1.pdf(2020-02.21)
[11] Keller, R. P., et al. (2011) *Invasive species in Europe: ecology, status, and policy.* Halle, Germany: Environmental Sciences Europe, Environmental Sciences Europe, 2011. doi: 10.1186/2190-4715-23-23.
[12] Pyšek, P. et al. (2004) Alien plants in checklists and floras: towards better communication between taxonomists and ecologists. In: Taxon 53 (1), febr. 2004 s. 131-143.
[13] Wittlinger, L. - Šolcová, L. (2018) *Geografická charakteristika územia so zameraním na vybrané antropogénne vplyvy ťažby*. Katedra geografie a regionálneho rozvoja FPV UKF v Nitre, In: Geografické informácie. 2018, 563 s. ISSN 1337-9453
[14] Šolcová, L. - Štrba, P. (2007) *Charakteristika rastlinných spoločenstiev mokraďovej vegetácie tried Oxycocco - Sphagnetea a Montio - Cardaminetea na Martinských holiach (Malá Fatra)*. In VIII. vedecká konferencia doktorandov a mladých vedeckých pracovníkov : zborník príspevkov, Nitra : UKF, 2007. s. 414 – 419. ISBN978-80-8094-106-2
[15] Braun-Blanquet, J. (1964) *Pflanzensoziologie*. 3. Aufl. Wien: Springer Verlag, 1964. 865 s.
[16] Moravec, J. a kol., 1994. *Fytocenologie*. Academia, Praha 1994, 404 s.
[17] Marhold, K. – Hindák, F. (2020) Zoznam nižších a vyšších cievnatých rastlín Slovenska. http://ibot.sav.sk/checklist/index.php?lang=sk&doc=about(2020.02.20)
[18] Ústav botaniky a zoologie, Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity v Brně. *Vegetace České republiky. 2005. Pracovní skupina pro výzkum vegetace.* http://www.sci.muni.cz/botany/vegsci/vegetace.php?lang=cz&fbclid=IwAR1EzmD0NI55ke1JSpeHGbOkKTNtnzWPBaBssoz5ygwaQWwUiyVxeiqVgq4 *(2020-02-21)*
[19] Jäger, E. J. et al. (2017) Rothmaler - Exkursionsflora von Deutschland, Gefapflanzen: Atlasband. 13. Aufl. Berlin: Springer Spektrum Akademischer Verlag, 2017. 822 s ISBN 978-3-662-49709-8
[20] Wittlinger, L. (2020) *Botanické výskytové dáta mapovateľa*. Banská Bystrica : Štátna ochrana prírody Slovenskej republiky In: Komplexný informačný a monitorovací systém - ŠOP SR. 2018. https://www.biomonitoring.sk/(2020-02-01)
[21] Franc, V. - Malina, R. - Škodová, M. (2015) *Základy biogeografie a ekológie*. Banská Bystrica: FPV UMB, 2015. 173 s. ISBN 978-80-557-0891-1

Využitie virtuálnej reality pri výučbe geografie

Use of virtual reality in teaching geography

Karina Pitoňáková
Školiteľ: Jana Vojteková
Katedra geografie a regionálneho rozvoja, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra,
karina.pitonakova@student.ukf.sk, jvojtekovakf.sk

Abstrakt

V príspevku sa zameriavame na využitie virtuálnej reality vo výučbe geografie. V úvode sme sa orientovali na celkovú charakteristiku virtuálneho vyučovanie a na perspektívy, ktoré poskytuje.

Ďalej sme sa venovali stručnej charakteristike virtuálnej reality, čím sme chceli poukázať na jej flexibilnosť a využiteľnosť vo vyučovacom procese. Definovali a charakterizovali sme jednotlivé platformy, ktoré slúžia na tvorbu videa vo virtuálnej realite. V príspevku sa zaoberáme aj zhotovením vlastného edukačného videa vo virtuálnej realite, zamerané na miestnu krajinu, resp. regionálnu geografiu Slovenska.

Cieľom príspevku bolo poukázať na využiteľnosť virtuálnej reality, jej dostupnosť a prístupnosť vo výchovno-vzdelávacom procese, ako aj poukázať na výučbový materiál, ktorý sa dá vytvoriť pomocou virtuálnej reality.

Kľúčové slová: virtuálna realita, virtuálne vyučovanie, edukačný proces, virtuálne videá

Abstract

The paper focuses on the use of virtual reality in teaching geography. In the introduction, we focused on the overall characteristics of virtual education and the perspectives it provides.

Furthermore, we focused on the brief characterization of virtual reality, by what we wanted to point out its flexibility and usefulness in the teaching process. Subsequently we have defined and characterized various platforms that are used to create video in virtual reality. In the paper we also deal with creation of our own educational video in virtual reality, focusing on the local landscape, respectively regional geography of Slovakia.

The aim of the paper was to point out the usability of virtual reality, its availability and accessibility in the educational process, as well as to point out educational material that can be created using virtual reality.

Key Words: virtual reality, virtual education, educational process, virtual videos

Úvod

Informačno-komunikačné technológie (IKT) prenikli do všetkých sfér života. Ich existencia ovplyvnila vzdelávací proces vo všetkých jeho oblastiach, zmenila aktuálne nastavenie vzdelávacieho procesu a pretvorila ho, čo môžeme pozorovať hlavne pri vzdelávaní, ktoré je podporované elektronickými vyučovacími materiálmi. Tradičné metódy vzdelávania sa menia: univerzity strácajú privilegované pozície ako primárny zdroj informácií, vzdelávanie v tzv. ,,kamenných inštitúciách'' nadobúda nové dimenzie hlavne kvôli technológiám, internet a mobilná komunikácia menia ľudský život už v prvotných štádiách, nakoľko deti prichádzajú do styku s IKT už na základných školách. [1]

V súčasnosti sa do popredia dostáva virtuálna realita (VR) a samotný virtuálny svet sa stáva súčasťou vyučovacieho procesu. Virtuálna realita sa stáva populárnou technológiou, ktorá zosobňuje najnovšie poznatky v oblasti počítačových technológií, počítačovej grafiky, senzorovej a ergonomickej technológie, ale aj teórie interakcie medzi človekom a počítačom. [2]

Virtuálna realita predstavuje syntézu reality, ktorá sa snaží vytvoriť interakciu medzi človekom a virtuálnym svetom. Rovnako tak poskytuje priestor pre užívateľa, ktorý sa vo virtuálnom svete snaží splniť nedosiahnuteľné ciele, ktoré by v reálnom svete neboli možné. [3]

Základným znakom virtuálnej reality je snaha o vytvorenie čo najvernejšej modelovej situácie alebo scény v reálnom čase, kde je možný nielen pohyb vo vyprodukovanom trojrozmernom priestore, ale aj manipulácia sním. [4]

Či už sa jedná o interaktívnosť, variabilitu alebo experimentovanie, dôvodov prečo majú IKT, a teda aj virtuálna realita významné postavenie vo svete edukácie je hneď niekoľko. Dá sa predpokladať, že trend využívanie IKT vo vzdelávacom procese bude ešte narastať.

1 Využitie virtuálnej reality v edukácií

S nárastom záujmu o virtuálnu realitu dochádza k nárastu dostupných materiálov vhodných pre virtuálnu realitu. V súčasnej technologickej dobe preto nie je časovo, ani finančne náročné vyhľadať a zabezpečiť rôzne edukačné materiály a vhodné priestory na výučbu vo VR. Aj napriek tomu, že 3D virtuálne svety sú relatívne nové, môžu poskytnúť pedagogickú podporu pre rast konštruktivistického vzdelávacieho prostredia.

1.1 Tvorba virtuálneho laboratória

Vo vzdelávaní vo virtuálnom svete ide hlavne o prepojenie teórie a praxe. Na uskutočnenie virtuálneho vzdelávania je potrebný priestor, ktorý na to bude vybavený a vhodný. Takýto priestor sa nazýva virtuálne laboratórium (VRL).

Pri navrhovaní samotného laboratória je potrebné určiť si požiadavky, ktoré by dané VRL malo spĺňať a mať. Jednou z hlavných požiadaviek je **dostupnosť**, kedy sa hľadí predovšetkým na dostupnosť vo finančnej sfére, ale aj dostupnosť produktov.

Ďalšou požiadavkou je **kvalita**. Napriek faktu využiť čo najmenšie finančné zdroje, využitie zdrojov čo najefektívnejším spôsobom je prvoradým faktorom pri generovaní VRL.

Ďalším prvkom, ktorým by malo VRL disponovať je **bezpečnosť**. Táto požiadavka je jednou z hlavných požiadaviek hlavne preto, že počas využívanie VRL ide o bezpečnosť a zdravie učiteľa a žiaka zároveň. Kvalitné zariadenia, usporiadaný nábytok, ale aj poriadok a otvorený priestor sú kritériami, ktoré pri využívaní VRL musia byť splnené (Obr. 1).

Obr. 1 Návrh virtuálneho laboratória

1.2 Tvorba videa vo VR

V súčasnosti je na webe niekoľko stránok a aplikácií, ktoré umožňujú žiakovi zažiť virtuálnu realitu. Pre nás bola smerodajnou hlavne stránka ***Google for education***, ktorá je dostupná na webovej stránke www.edu.google.com.

Jedným z užitočných zdrojov bola aplikácia ***Expedície***, ktorá je voľne dostupná či už na Google Play Store alebo na App Store. Táto aplikácia ponúka množstvo ,,expedícií'', ktoré učiteľ môže pre svojich žiakov viesť a žiaci ako prieskumníci, sú schopní počas jednej vyučovacej hodiny byť na niekoľkých miestach na svete naraz.

Dôležitým prvkom pri využívaní materiálov VR je aj aplikácia ***Cardboard***, ktorá je takisto voľne dostupná. Táto aplikácia je potrebná pre nastavenie prehliadača, pričom sa Cardboard prepojí s aplikáciou, ktorá poskytuje edukačné materiály, či už sa jedná o už spomínanú aplikáciu Expedície alebo rôzne videá z Youtube a daný materiál transformuje do formátu a formy, ktorá sa vyžaduje pri VR.

Aj aplikácia ***NYT VR*** je vhodným zdrojom materiálu a informácií. Táto aplikácia bola vytvorená americkou spoločnosťou The New York Times Company, ktorá vlastní aj NY Times noviny. Práve noviny NY Times transformujú vlastné reportáže do formátu VR, čím lákajú viac mladých a zatraktívňujú články pre mladších čitateľov. Mnoho reportáži sa týka geopolitického diania vo svete, čo môže mať pozitívny dopad na žiakov a dokáže pritiahnuť ich pozornosť na aktuálne globálne udalosti.

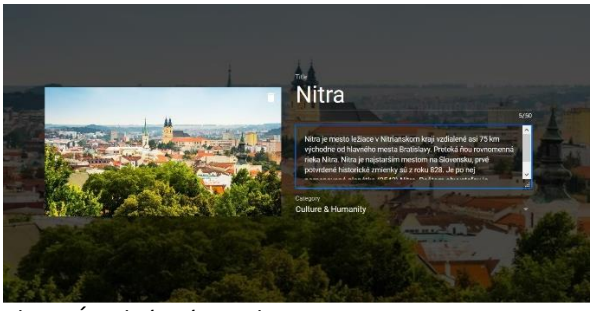
Stránka ***www.poly.google.com*** takisto poskytuje mnoho materiálu využiteľného v edukačnom procese. Na stránke sú zverejnené rôzne scény, ktoré sú zoradené do jednotlivých kategórií, ako napríklad prehliadky, umenie, kultúra a ľudstvo, príroda, miesta a scény alebo cestovanie a voľný čas a mnohé iné. Po vybratí určitej kategórie si môže užívateľ zvoliť vybranú položku, pomocou Cardboard viewer ju transformovať do formátu VR a sledovať vybranú položku na svojom zariadení.

Či už si účastník vyberie aplikáciu so scénami, 360° videá publikované na internete alebo iný edukačný materiál, je isté že zážitok, ktorý mu virtuálna realita ponúka je neporovnateľný s klasickým neinteraktívnym vyučovaním. Veľkým plusom je aj to, že virtuálna realita neposkytuje virtuálny zážitok iba zo súčasnosti a iba na Zemi, ale poskytuje aj zážitky z minulosti alebo z mimo planetárnych telies.

2 Výsledky a diskusia

V príspevku sme sa zamerali na tvorbu videa vo VR, ktoré môžu pedagógovia využiť pri výučbe miestnej krajiny, alebo pri výučbe regionálnej geografie Slovenska. Konkrétne sme si pre naše video zvolili historické, ale aj súčasné pamiatky v meste Nitra. Na výrobu videa sme si zvolili program Tour Creator od spoločnosti Google. Tento program poskytuje možnosť nahratia vlastných 360° záberov alebo možnosť vybrať si z už nasnímaných záberov z Google Street View. V našom videu sme si vybrali zábery urobené cez Google Street View, nakoľko poskytujú možnosť pohybovať sa nielen v horizontálnom smere ako pri klasickom 360° zábere, ale aj vo vertikálnom smere, čo dodáva videu autentickosť.

Na obrázku 2 je vidieť, že hneď v úvode pri zadávaní názvu videa je možné vložiť aj krátky popis. V tomto prípade sme vložili informácie o histórií mesta Nitra, o prvej písomnej zmienke, ale aj o fyzickogeografickej polohe.



Obr. 2 Úvodná scéna videa vo VR
Zdroj: [5]

Na začiatok bolo potrebné zhodnotiť a vybrať pamiatky, ktoré zahrnieme do videa, a tie boli následne vložené do videa ako samostatné scény. Napriek tomu, že Tour Creator poskytuje neobmedzené množstvo týchto scén, my sme si pre naše video zvolili 5 scén (Svätoplukovo námestie, Kalvária Nitra, Kostol sv. Ladislava, Synagóga v Nitre, Drážovský kostolík). V každej scéne sme zahrnuli niekoľko, či už prírodných alebo kultúrnych pamiatok, ktoré sa nazývajú ‘‘bod záujmu‘‘ a v scénach sú označené písmenom ‘‘i‘‘ v krúžku (napr. Divadlo Andreja Bagara, Nitriansky hrad, Mestský dóm, apod.). Príslušná scéna s jednotlivými bodmi záujmu je zobrazená na obrázku 3.

Obr. 3 Ukážka scény vo VR s príslušnými bodmi záujmu
Zdroj: [5]

Pri každom bode záujmu je možné vložiť krátky popis s limitovaným počtom znakov. Na obrázku 4 je vidieť, že tento popis sa pri kliknutí na ‘‘i‘‘ zobrazí pre užívateľa, ktorý momentálne s videom pracuje. To, či sa vybraná informácia o danom objekte objaví, o tom rozhoduje učiteľ, ktorý celú prehliadku riadi. Učiteľ disponuje, tzv. action button, ktorý stlačí, ak chce, aby sa daná informácia objavila na displeji žiakov.

Obr. 4 Ukážka popisu objektu vo VR videu
Zdroj: [5]

Po vytvorení všetkých scén a bodov záujmu dochádza k transformácií vytvoreného videa do VR kliknutím na symbol okuliarov, pričom mobilný telefón sa vloží do zariadenia VR, kde sa scéna premieta vo VR.

Video sa následne premieta cez zariadenia, ktoré sú pripojené na rovnaké Wi-Fi ako učiteľ. V tomto momente vstupuje do prezentácie aplikácia Expedície. Video, ktoré sme si vytvorili v Tour Creator od Google cez užívateľské konto sa po prihlásení do aplikácie Expedície (takisto od spoločnosti Google) automaticky zaradí medzi tzv. ,,Moje prehliadky‘‘, pretože všetky dcérske divízie spoločnosti Google sú navzájom

prepojené. Stačí sa len prihlásiť do triedy, ktorú učiteľ vopred pripravil a žiaci si môže naplno užiť zážitok z VR.

Samotné video je dostupné na URL adrese https://poly.google.com/creator/tours?dmr=0&pli=1/creator/tours/t/p/0KzE2pmtC1Z.

Záver

V príspevku sme sa zaoberali charakteristikou virtuálnej reality a jej využitia v edukácii. Našou snahou bolo, čo najdôkladnejšie spracovať získané údaje a následne tieto údaje sprostredkovať.

Príspevok sprostredkúval teoretické poznatky o virtuálnej realite a virtuálnom vyučovaní. Analyzovali sme a selektovali informácie, ktoré sa týkali dostupných materiálov a aplikácií. Zistili sme, že virtuálna realita má pri geografickom vyučovaní širokospektrálne využitie, a to hlavne kvôli pestrosti dostupných materiálov a interaktívnosti, ktorú poskytuje. Pri virtuálnej realite je možné využiť veľké množstvo materiálov, ktoré v súčasnosti nevyžadujú obrovské finančné zdroje, a čo je hlavné, sú voľne dostupné na mnohých internetových stránkach.

Využitie virtuálnej reality pri vyučovaní geografie nemusí byť náročné, či už z hľadiska techniky, financií alebo zručností.

Ďalej sme uviedli tvorbu vlastného videa vo virtuálnej realite, čím sme poukázali na to, že tvorba podobného videa nevyžaduje žiadne špeciálne technické schopnosti a zručnosti, práve naopak je veľmi jednoduchá a rýchla. Využitie podobného videa v praxi je inovatívne, dokáže upútať žiakovu pozornosť, ba dokonca žiaci si dokážu lepšie a rýchlejšie zapamätať nové učivo.

Virtuálna realita dokáže žiakovi sprostredkovať vizuálny zážitok, ktorý dokáže žiaka zaujať a ktorý mu napomôže lepšie si zapamätať vybrané učivo.

Poďakovanie

Touto cestou by som chcela poďakovať mojej školiteľke Mgr. Jane Vojtekovej, PhD. za jej odborné vedenie, metodickú pomoc, usmernenie a informácie, ktoré mi poskytla pri vypracovávaní príspevku. V neposlednom rade jej ďakujem za jej cenné rady a ochotu.

Použitá literatúra

[1] DUGAS, J., KRŠÁK, B., SEŇOVÁ, A. (2013) Social and behavioral sciences. 116 p. 1293.

[2] TANG, X. (2012) Virtual reality – Human computer interaction. InTech, Rijeka, Chroatia. p. 318

[3] ZHIHAN, L., XIAOMING, L., WENBIN, L. (2017) Neurocomputing. 254 p. 71

[4] BURDEA,G., COIFFET, P. (2003) Virtual reality technology. John Wiley & Sons, Inc., New Jersey,USA. p. 45

[5] GOOGLE VR. [Citované: 25.3.2020] https://vr.google.com/

GOOGLE FOR EDUCATION. [Citované: 25.3.2020] https://edu.google.com/?modal_active=none

GOOGLE STREET VIEW. [Citované: 25.3.2020] https://mapstreetview.com/

Predpoklady cestovného ruchu v MAS Malokarpatské partnerstvo

Tourism assumptions in LAG of the Small Carpathian Partnership

Kristína Silná[1]
Školiteľ: Hilda Kramáreková[2]
[1,2]Katedra geografie a regionálneho rozvoja, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra
[1]kristina.silna@student.ukf.sk , [2]hkramarekova@ukf.sk

Abstrakt

V posledných rokoch stúpa záujem o miestny cestovný ruch. Ľudia už primárne nevyhľadávajú zahraničné atraktivity, skôr sa orientujú na vlastnú krajinu.

Cieľom článku je upozorniť na prírodné i kultúrnohistorické zaujímavosti lokalizované v MAS Malokarpatské partnerstvo, ktoré zvyšujú atraktívnosť územia.

Prvá kapitola sa orientuje na základné informácie o samotnej MAS Malokarpatské partnerstvo. Ďalšie kapitoly analyzujú lokalizačné a realizačné predpoklady cestovného ruchu, ako všeobecných, tak aj aplikovaných na región MAS.

Z hľadiska metodiky vzniku práce bola hlavnou metódou metóda vysvetľujúceho opisu, ktorá bola použitá pri poskytnutí podstatných skutočností vzťahujúcich sa k záujmovému územiu. Historicko-geografickú metódu sme využili pri analyzovaní kultúrnohistorických atraktivít územia. Pre lepšiu predstavivosť je článok obohatený o tabuľky, v ktorých sú spracované štatistické údaje a o obrázky. Na zaznamenanie atraktivít územia sme použili terénny výskum a následne kartografickú metódu. Systémovú metódu sme použili na analýzu a syntézu získaných informácií a ich rozčlenenie do jednotlivých logicky usporiadaných kapitol.

Kľúčové slová: MAS Malokarpatské partnerstvo, cestovný ruch, Smolenický zámok, jaskyňa Driny, Záruby

Abstract

In last years, interest in local tourism has increased. People no longer primarily seek out foreign attractions, but rather focus on their own country.

The aim of the article is to draw attention to the natural and cultural-historical points of interest located in the Small Carpathian Partnership LAG, which increase the attractiveness of the area.

The first chapter focuses on the basic information about the Lesser Carpathian Partnership LAG itself. The following chapters analyse the localization and implementation prerequisites for tourism, both general and applied to the LAG region.

From the point of view of the methodology of work creation, the main method was the method of explanatory description, which was used to provide essential facts relating to the area of interest. We used the historical-geographical method to analyse the cultural-historical attractions of the area. For better imagination, the article is enriched with tables in which statistical data and pictures are processed. To record the attractiveness of the area, we used field research followed by a cartographic method. The system method was used to analyse and synthesize the information obtained and to divide it into individual logically organized chapters.

Keywords: LAG of the Small Carpathian Partnership, tourism, Smolenice Castle, Driny Cave, Záruby

Úvod

Geografické vnímanie potenciálu cestovného ruchu krajiny možno chápať ako spôsobilosť územia poskytnúť podmienky pre rozvoj cestovného ruchu.

Predpoklady cestovného ruchu sa členia na tri skupiny: lokalizačné, selektívne a realizačné predpoklady. V článku sa zameriame na lokalizačné a realizačné predpoklady.

Lokalizačné predpoklady klasifikujú potenciál cestovného ruchu z hľadiska pôvodu podmienok, čiže na prírodný potenciál a potenciál vytvorený činnosťou spoločnosti, čiže na kultúrnohistorický potenciál.

Realizačné predpoklady zabezpečujú fungovanie cestovného ruchu, neustále sa menia. Ich dostatok či nedostatok a kvalita služieb priamo ovplyvňujú návštevnosť územia. Delia sa na komunikačné predpoklady a materiálno-technickú základňu.

Potenciál krajiny sa vzťahuje aj na jednotlivé formy cestovného ruchu, napríklad na turistiku, poznávanie kultúrnych i historických pamiatok a podobne [1].

Prírodné i kultúrne trasy v MAS sú tiež jedným z predpokladov pre rozvoj cestovného ruchu.

Cieľom článku je upozorniť na prírodné i kultúrnohistorické zaujímavosti ako aj na materiálno-technickú základňu v MAS Malokarpatské partnerstvo (MAS MP), ktoré zvyšujú atraktívnosť územia.

1 Teoreticko-metodické východiská

V úvode príspevku sme všeobecne analyzovali problematiku potenciálu cestovného ruchu na základe publikácie od Mariota [1].

V prvej kapitole sme získali informácie o MAS MP z ich oficiálnej webovej stránky [2], stratégií MAS [12], [13] a údaje o jednotlivých obciach a ich obyvateľoch z webovej stránky Štatistického úradu SR [3].

Nosná časť práce bola vytvorená prostredníctvom viacerých internetových stránok. Najdôležitejším zdrojom bolo webová stránka MAS MP [2]. Podrobnejšie informácie sa nachádzali na jednotlivých stránkach atrakcií cestovného ruchu. O chránených územiach sme vyhľadali informácie na portáli Štátneho zoznamu osobitne chránených častí prírody SR [4]. O jednotlivých lokalitách sme sa dozvedeli na portáli CHKO Malé Karpaty [5] a Planet Slovakia [6]. Fakty o jaskyni Driny sme získali z webu Správy slovenských jaskýň [7]. Poznatky o Smolenickom zámku sme nadobudli pomocou internetových portálov Muzeum.SK [8] a oficiálnej stránky Smolenice [9]. Stránka Slovenského národného múzea bola využitá na zozbieranie faktov o kaštieli v Dolnej Krupej [10].

Informácie o realizačných predpokladoch sme získali prostredníctvom oficiálnej webovej stránky MAS MP [2], Stratégie CLLD – MP [12] a webových stránok Malokarpatská vínna cesta [15], TERRA PARNA [17], Motokáry Dlhá [18] a Lukostrelecký klub Suchá nad Parnou [19].

Pri spracovávaní príspevku sme vychádzali z rôznych oficiálnych webových stránok obcí či Štatistického úradu SR. Primárnou fázou bola práca s informačnými zdrojmi, a to zhromažďovanie, preštudovanie a podľa terénneho výskumu výber a komparácia vhodných informácií o predmetnom území. Ďalšími fázami boli spracovanie a interpretácia získaných informácií.

Vychádzajúc z publikácie Dubcová a i. [11] sme pri písaní práce použili viaceré metódy. Z hľadiska metodiky vzniku práce bola hlavnou metódou metóda vysvetľujúceho opisu, ktorá bola použitá pri poskytnutí podstatných skutočností vzťahujúcich sa k záujmovému územiu. Nasledoval terénny výskum, pomocou ktorého sme overili stav atraktivít územia. Historicko-geografická metóda bola využitá pri analýze kultúrnohistorických atrakcií cestovného ruchu. V kapitole Základné informácie o MAS MP sme využili aj údaje zo Štatistického úradu Slovenskej republiky. Pomocou kartografickej metódy a programu ArcGis 10.4. sme spracovali mapové výstupy územia. Systémovú metódu sme použili na analýzu a syntézu získaných informácií a ich rozčlenenie do jednotlivých logicky usporiadaných kapitol.

V záverečnej fáze sme spracovali informácie do konečnej podoby a zhrnuli sme význam a výsledky našej práce.

2 Základné informácie o MAS MP

Miestna akčná skupina Malokarpatské partnerstvo (MAS MP) sa nachádza v západnej časti Slovenska, v Trnavskom kraji. Rozprestiera sa na ploche 380,29 km^2 [12].

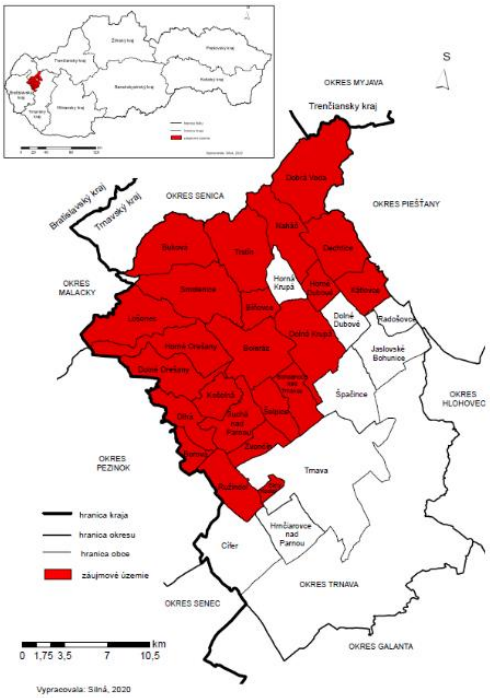
Západná časť územia je vymedzená krajskou hranicou. V rámci Bratislavského kraja územie susedí s okresom Malacky a Pezinok. Časť severovýchodnej hranice je tiež tvorená krajskou hranicou, a to Trenčianskym krajom. V rámci neho susedí s okresom Myjava. Na severe susedí s okresom Senica, na východe s okresom Piešťany.

Územie sa nachádza v severnej časti okresu Trnava (zaberá 51,3 % jeho plochy). Na juhu susedí s obcami okresu Trnava: Cífer, Hrnčiarovce nad Parnou, Trnava, Špačince, Dolné Dubové, Jaslovské Bohunice a Radošovce.

MAS MP pozostáva z 23 obcí (mapa 1) – Biely Kostol, Bíňovce, Bohdanovce nad Trnavou, Boleráz, Borová, Buková, Dechtice, Dlhá, Dobrá Voda, Dolná Krupá, Dolné Orešany, Horné Dubové, Horné Orešany, Kátlovce, Košolná, Lošonec, Naháč, Ružindol, Smolenice, Suchá nad Parnou, Šelpice, Trstín a Zvončín [2].

MAS MP vznikla 16. 6. 2007 v súlade so zákonom č. 83/1990 Zb. o združovaní občanov v znení neskorších predpisov. Pôvodnými zakladateľmi bolo 25 obcí, z toho 23 súčasných a Dolné Dubové a Horná Krupá.

Primárnym cieľom MAS MP bolo úsilie členov o kvalitnejší rozvoj svojho územia a bližšiu spoluprácu medzi obcami a miestnym podnikateľským sektorom, nielen medzi obcami navzájom.



Mapa 1 Územné vzťahy MAS Malokarpatské partnerstvo

Od svojho založenia a aj v súčasnosti sa zúčastňuje MAP MP na výstavách zameraných na vidiecky turizmus, šport, kultúru a ľudové remeslá na Slovensku i v Českej republike s cieľom propagácie územia MAS MP a hľadania nových partnerov.

Momentálne sa MAS MP zameriava aj na pomoc pri príprave individuálnych projektov jednotlivých členov MAS, podieľa sa na príprave i realizácii viacerých kultúrno-spoločenských podujatí.

MAS spolupracuje s Univerzitou sv. Cyrila a Metoda v Trnave, ARGE Biogasanlagen vo Schwandorfe, MAS Kyjovské Slovácko v pochodu. V rámci regionálneho rozvoja má aktívne partnerstvá s Trnavským samosprávnym krajom i Bratislavským samosprávnym krajom [2].

V oblasti MAS MP sa rozvoj cestovného ruchu realizuje v súlade s ochranou životného prostredia, efektívnym využitím prírodného potenciálu a podporovaním cykloturistiky.

Cestovný ruch sa v MAS rozvíja v podobe udržania a rozvoja historického, kultúrneho a prírodného dedičstva územia, ako aj vytvorením atraktívneho prostredia v oblasti cestovného ruchu (informácie pre turistov, náučné chodníky, cykloturistické značenie...) a podporou podnikania v cestovnom ruchu [12].

Hranice MAS MP na severozápade územia vymedzuje hrebeň Malých Karpát. Väčšina územia má pahorkatinový charakter, len v najjužnejšej časti územia prechádza povrch do Podunajskej nížiny. Najvyšším bodom územia je zároveň aj najvyšší vrch Malých Karpát – Záruby (obec Buková), ktorých výška dosahuje 768 m n. m.

Podľa Štatistického úradu SR je rozloha celého územia 380,29 km^2 (tab. 1). Najväčšou obcou MAS MP je Trstín (26,19 km^2) a najmenšou obcou z je Biely Kostol (2,41 km^2).

Z hľadiska počtu obyvateľov k 31. 12. 2018 najobývanejšou obcou jel Boleráz (2 344 obyvateľov). Najmenej obyvateľov sa nachádza v obci Horné Dubové (382 obyvateľov).

Najhustejšie obývanou obcou je Biely Kostol (841,12 obyvateľov/km^2) a najredšie obývanou je Lošonec (22,19 obyvateľov/km^2).

obec		rozloha (km^2)	počet obyvate-ľov	hustota obyvateľ-stva
1.	Biely Kostol	2,41	2 113	841,73
2.	Bíňovce	7,79	677	87,12
3.	Bohdanovce nad Trnavou	11,48	1 457	125,07
4.	Boleráz	25,45	2 344	91,24
5.	Borová	5,91	452	76,20
6.	Buková	24,29	653	27,05
7.	Dechtice	19,46	1 842	94,87
8.	Dlhá	11,81	435	36,84
9.	Dobrá Voda	32,98	794	24,20
10.	Dolná Krupá	24,63	2 302	92,50
11.	Dolné Orešany	17,90	1 321	73,34
12.	Horné Dubové	7,28	382	71,23
13.	Horné Orešany	21,57	1 918	88,35
14.	Kátlovce	11,70	1 141	98,19
15.	Košolná	9,59	795	83,07
16.	Lošonec	23,71	525	22,19
17.	Naháč	19,67	404	20,82
18.	Ružindol	14,71	1 664	112,57
19.	Smolenice	28,97	3 385	116,82
20.	Suchá nad Parnou	14,38	2 150	148,81
21.	Šelpice	10,17	888	87,85
22.	Trstín	26,19	1 439	55,13
23.	Zvončín	8,24	831	99,41
SPOLU		380,29	29 912	111,94

Tab. 1 Rozloha, počet a hustota obyvateľstva v MAS Malokarpatské partnerstvo k 31. 12. 2018
Zdroj: [3]

3 Zhodnotenie predpokladov cestovného ruchu v MAS MP

Cestovný ruch je zložito fungujúci systém založený na interakcii troch skupín predpokladov – lokalizačných, selektívnych a realizačných.

Lokalizačné predpoklady určujú miesta výskytu cestovného ruchu. Ich analýzou môžeme zistiť, aká forma cestovného ruchu je v území zaujímavá. Podľa genézy sa lokalizačné predpoklady delia na prírodné a kultúrnohistorické.

Prírodné lokalizačné predpoklady sú tvorené reliéfom, klímou, vodstvom, rastlinstvom a živočíšstvom.

V stredoeurópskych podmienkach, a teda aj na Slovensku, je hlavným prvkom atraktivity reliéf. [1]. Na územie MAS MP zasahuje Chránená krajinná oblasť (CHKO) Malé Karpaty, vyhlásená v roku 1978 s 2. stupňom ochrany krajiny. Výmera celého územia predstavuje 72 842 ha a výmera ochranného pásma 110 162 ha. CHKO Malé Karpaty sa rozprestierajú na území 10 obcí Malokarpatského partnerstva: Dlhá, Dolné a Horné Orešany, Lošonec, Smolenice, Buková, Trstín, Naháč, Dechtice a Dobrá Voda. Pohorie pokrývajú prevažne listnaté lesy tvorené bukom, javorom, jaseňom, hrabom či brestom. Zaujímavosťou CHKO sú zväčša skalné útvary, doliny a krasové javy. V území sa vyskytuje 8 krasových útvarov, z toho 2 na území MAS MP (Smolenický kras a Dobrovodský kras).

Najvyšším vrchom Malých Karpát sú Záruby (768 m n. m.) [5]. Najzaujímavejšia trasa na Záruby vedie zo Smoleníc. Po modrej trase sa dá dostať do doliny Hlboča, kde sa nachádza vodopád, ktorý tečie, iba ak je dostatok vody. Hlavným negatívom Zárub je zarastený vrchol, preto nie je vidno na okolie. Avšak vo vzdialenosti 1,6 km (30 min. chôdze) na západ sa nachádza zrúcanina hradu Ostrý Kameň (555 m n. m.), z ktorého je výhľad na vodnú nádrž Buková, Záhorskú nížinu i na moravskú Pálavu. Malé Karpaty ponúkajú pekný výhľad aj z vrchov Skalnatá, Vysoká či Vápenná [6].

Súčasťou oblasti MAS sú aj maloplošné chránené územia (tab. 2).

Ochrana krajiny lesných spoločenstiev bola dôvodom ochrany v prírodných rezerváciách. Iba v PR Katarína je dôvodom ochrany samotná zrúcanina kláštora sv. Kataríny zo 17. storočia. Dôvodom ochrany NPR Záruby sú zastúpenia rôznych lesných typov i sutinových rastlinných spoločenstiev a chránených a vzácnych druhov rastlín a živočíchov.

chránené územie	obec	výmera územia (v ha)
PP Ľahký kameň	Dobrá Voda	12,4
PR Bolehlav	Dolné Orešany	93,57
PR Buková	Buková	94,49
PR Čierna skala	Lošonec	29,71
PR Lošonský Háj	Horné Orešany	24,26
PR Katarína	Dechtice	18,00
PR Klokoč	Lošonec	21,59
PR Slopy	Dobrá Voda	153,87
PR Skalné okno	Buková	12,2
PR Vyvieračka pod Bachárkou	Dobrá Voda	3,47
NPP Driny	Smolenice	11,70
NPR Hlboča	Smolenice	123,07
NPR Záruby	Buková, Smolenice	299,99
CHA Všivavec	Horné Orešany, Boleráz	34,11

Tab. 2 Maloplošné chránené územia v MAS Malokarpatské partnerstvo
Zdroj: [4]

V Smolenickom krase, juhozápadne od Smoleníc, sa nachádza NPP jaskyňa Driny (obr. 1). Predmetom jej ochrany sú podzemné priestory s príslušným povrchovým ochranným vegetačným krytom.

Obr. 1 Jaskyňa Driny
Zdroj: [9]

Jaskyňa je dlhá 680 m a hlboká 40 m. Driny je jedinou západoslovenskou sprístupnenou jaskyňou Slovenskej správy jaskýň. Vchod do jaskyne je v nadmorskej výške 399 m na západnom svahu vrchu Driny vystupujúceho z juhozápadného úbočia Cejtacha (obec Smolenice). Zároveň je aj jednou z hlavných turistických atrakcií Malých Karpát. Spomedzi ostatných slovenských jaskýň vyniká sústavou užších puklinových chodieb (Chodba spolupracovníkov, Bešeňovského chodba) a sieňových priestorov (Sieň slovenskej speleologickej spoločnosti) s kvapľovou výzdobou. Ďalej sú tu zastúpené aj sintrové vodopády, náteky, stalagmity a rôzne formy stalaktitov, sintrové jazierka, ktoré sú napĺňané presakujúcou

atmosférickou vodou. Relatívna vlhkosť vzduchu sa pohybuje v rozmedzí 92 – 97 %, čo je výhodou najmä pre turistov s respiračnými problémami. V interiéri jaskyne žije 11 druhov netopierov, najviac zastúpený je podkovár malý *(Rhinolophus hipposideros).*[7].

Súčasťou významnej archeologickej lokality NPR Hlboča je aj hradisko Molpír z doby hallstatskej. CHA Všivavec bol vyhlásený z dôvodu ochrany spoločenstiev a skalných odkryvov predhoria Malých Karpát [4].

V západnej, centrálnej a severovýchodnej časti územia MAS MP sú lokalizované aj chránené územia európskeho významu (tab. 3).

chránené územie	obec	výmera územia (v ha)
ÚEV Biele hory	Buková, Doľany, Dolné Orešany, Horné Orešany a Lošonec	10 146,07
ÚEV Bolerázske sysľovisko	Bohdanovce nad Trnavou a Klčovany.	56,637
ÚEV Nad vinicami	Horné Orešany, Smolenice	0,48
ÚEV Brezovské Karpaty	Dobrá Voda	2671,06
ÚEV Buková	Buková	9,43

Tab. 3 Územia európskeho významu v MAS MP
Zdroj: [4]

Najväčšie územie, ÚEV Biele hory, sa rozprestierajú na ploche 10 146,07 ha, v obciach Buková, Doľany, Dolné Orešany, Horné Orešany a Lošonec. Dôvodom ochrany sú 3 biotopy – nížinné a podhorské kosné lúky, lipovo-javorové sutinové lesy a lužné vŕbovo-topoľové a jelšové lesy.

Predmetom ochrany ÚEV Bolerázske sysľovisko je syseľ pasienkový *(Spermophilus citellus)*. Predmetom ochrany ÚEV Nad vinicami, ÚEV Buková a ÚEV Brezovské Karpaty je ochrana biotopov (najmä trávinnobylinných a krovinových porastov na vápencovom podloží a biotopov nížinných a podhorských kosných lúk) i organizmov.

Súčasťou MAS MP je aj chránené vtáčie územie Malé Karpaty, konkrétne v obciach Trstín, Dechtice, Buková, Smolenice, Lošonec, Smolenická Nová Ves, Horné Orešany, Dolné Orešany a Dlhá.

Kultúrno-správne lokalizačné predpoklady sú geneticky odlišné od prírodných predpokladov, sú viazané na človeka, resp. dokumentujú umelecké schopnosti našich predkov. Rozdeľujú sa na kultúrne pamiatky a centrálne inštitúcie. Centrálne inštitúcie sú podnetom pre zamestnanecký cestovný ruch (služobný, kongresový cestovný ruch). Kultúrne pamiatky sú atraktívne pre obyvateľstvo, ktoré preferuje odpočinkové formy cestovného ruchu. Pamiatky sa podľa podstaty delia na hmotné a nehmotné. Hmotné kultúrne pamiatky sa delia na hnuteľné (v múzeách) a nehnuteľné (sakrálne – kostoly, kaplnky, kláštory; svetské – hrady, zámky, opevnenia, radnice atď.). Medzi nehmotné kultúrne pamiatky patrí ľudová slovesnosť a folklór [1].

Z kultúrno-správnych atrakcií je azda najvýznamnejší Smolenický zámok (obr. 2) na severe územia Smoleníc. V 15. storočí bol centrom i sídlom smolenického panstva. Dnešná podoba zámku sa začala budovať na začiatku 20. storočia, a to vďaka vtedajšiemu majiteľovi grófovi Jurajovi Pálffymu. Po druhej svetovej vojne sa majiteľom zámku stal štát. Od roku 1953 sa stal sídlom Slovenskej akadémie vied, resp. kongresovým centrom. Z toho dôvodu je verejnosti prístupný denne iba v letných mesiacoch a v mesiacoch apríl, máj a september iba v nedeľu. Aj keď interiér zámku pozostáva zo štýlovo upravených salónov a chodieb, nenachádzajú sa tu žiadne historicky cenné artefakty či vybavenie [8].

Obr. 2 Smolenický zámok
Zdroj: [9]

Nad obcou Dobrá Voda je situovaný Dobrovodský hrad (obr. 3), ktorý je obkolesený Dobrovodským krasom. Z hradu sa zachránili zvyšky opevnenia, múrov i veží, ktoré sú prerastené flórou [2].

Obr. 3 Dobrovodský hrad
Zdroj: [16]

Ďalšou významnou pamiatkou územia je kaštieľ v Dolnej Krupej (obr. 3) zo 16. storočia. Výstavba kaštieľa je spojená s rodinou Brunsvikovcov. Momentálne kaštieľ patrí medzi najkrajšie stavby vidieckej klasicistickej architektúry na Slovensku. Kaštieľ preslávil najmä Ludwig van Beethoven, ktorú na tomto mieste napísal svoje najznámejšie dielo, a to Sonátu mesačného svitu. V 20. storočí tento objekt navštívil aj nositeľ Nobelovej ceny za literatúru Romain Roland, ktorý zbieral materiály na biografiu o Beethovenovi [10].

Obr. 3 Kaštieľ v Dolnej Krupej
Zdroj: [10]

Okrem zámkov a kaštieľa sa nachádza v MAS MP aj zrúcanina hradu z 13. storočia – Ostrý Kameň (obr. 4). V minulosti slúžil ako pohraničná pevnosť, jeho hlavnou úlohou bolo chrániť Českú cestu. Napriek faktu, že sa hrad začal rozpadávať už koncom 18. storočia, zachovali sa z neho kamenné múry, bašty, zvyšky hospodárskych stavieb a renesančná zdvojená konzola.

K zrúcanine vedie turistická trasa z obce Buková alebo z obce Smolenice, resp. zo Smolenického zámku. Z hradného vrchu je výhľad na Malé Karpaty i Záhorskú nížinu [2].

Obr. 4 Ostrý Kameň
Zdroj: [14]

Na prepojenie prírodných a kultúrnohistorických predpokladov slúžia trasy.

Západnou časťou územia MAS (Dlhá, Dolné Orešany, Ružindol, Smolenice a Suchá nad Parnou) prechádza Malokarpatská vínna cesta. V tejto oblasti sa dobre darí viniču. Z bielych odrôd sa pestuje najmä Rizling rýnsky, z červených Frankovka modrá a Modrý portugal [15].

Najmä na severe územia sú lokalizované turistické trasy vhodné nielen na pešiu turistiku, ale aj na jazdeckú turistiku či cykloturistiku. Cez MAS MP prechádza Malokarpatská cyklomagistrála dlhá 105,17 km, ktorá poskytuje výhľad na Malé Karpaty. Vďaka začiatočnému bodu tejto cyklomagistrály, Vysokej pri Morave, ktorá je situovaná na hranici s Rakúskom, je regionálna cykloturistika napojená na medzinárodné cyklotrasy nielen do Rakúska, ale aj do Českej republiky. Trasa pokračuje cez oblasť MAS MP, a to cez obec Buková, Trstín, Naháč a Dechtice s možnosťou odbočiť na Dobrovodský hrad. Trasa končí v Novom meste nad Váhom. [2].

Až existencia *realizačných predpokladov* zabezpečuje fungovanie cestovného ruchu. Rozdeľujú sa na: komunikačné predpoklady (textúra a štruktúra komunikačnej siete a dostupnosť územia) a materiálno-technickú základňu (ubytovacie zariadenia, stravovacie a zábavné zariadenia, dopravné zariadenia a iné zariadenia MTZ).

K dôležitým realizačným predpokladom cestovného ruchu patrí poloha, resp. dostupnosť územia. Územie celej MAS má výbornú dostupnosť z hľadiska cestnej i železničnej dopravy. Územím prechádza cesta I. triedy 51 (Holíč – Hronská Breznica), a to obcami Šelpice, Boleráz, Bíňovce a Trstín – táto cesta má aj medzinárodný význam, prostredníctvom nej sa dá dostať do Českej republiky (vzdialenosť medzi Trstínom a ČR je 48,9 km). Z hľadiska železničnej dopravy prechádza trať č. 116 (Kúty – Trnava) územím obcí: Šelpice, Boleráz, Bíňovce, Smolenice a Buková. V obci Boleráz sa vyskytuje vnútroštátne letisko Štefana Baniča. Sídlo MAS MP sa nachádza v obci Kátlovce (19 km severne od Trnavy).

Materiálno-technickú základňu tvoria ubytovacie, stravovacie, zábavné a iné zariadenia cestovného ruchu.

Z ubytovacích zariadení (tab. 4) dominujú najmä penzióny, ktoré plnia nielen ubytovaciu, ale aj stravovaciu funkciu.

Najväčšiu kapacitu lôžok ponúka zariadenie s chatami Záruby Resort – 110 lôžok. Rekreačné stredisko ZÁRUBY – JAHODNÍK rovnako pozostáva

z chatiek, v ktorých sa celkovo nachádza 100 lôžok. Vzhľadom na veľkú kapacitu lôžok, obe zariadenia sa dajú využiť na tábory, školy v prírode, semináre, firemné akcie či svadby.

ubytovacie zariadenie	obec	kapacita
Zaruby Resort	Smolenice	110 lôžok
Rekreačné stredisko ZÁRUBY - JAHODNÍK	Smolenice	100 lôžok
Penzión Pod zámkom	Boleráz	33 lôžok
Penzión Villa Agnes	Smolenice	20 lôžok
Penzión Rosenthal	Ružindol	16 lôžok
Penzión 7 DIVOV	Dolná Krupá	12 lôžok
Penzión Čmelák	Boleráz	10 lôžok

Tab. 4 Vybrané ubytovacie zariadenia v MAS MP
Zdroj: [20]

V stravovacích zariadeniach prevládajú pizzerie a vinárstva. V Smoleniciach sa nachádza PIZZERIA & RESTAURANT HALENÁR, v Šelpiciach Cardone Pizza, v Suchej nad Parnou Restaurant & Pizzeria Šrámek a na Borovej Pizza IVONITA, ktorá poskytuje svoje služby iba formou donášky jedla do domu.

Vzhľadom na fakt, že územím prechádza Malokarpatská vínna cesta, zo stravovacích zariadení zaujmú v tejto oblasti skôr miestne vinárstva (tab. 5).

Najväčšie úspechy malo a má vinárstvo Terra Parna, ktoré získalo za svoje vína aj medaily – 2008 Rizling rýnsky (bronzová medaila – Víno Bojnice 2010), 2017 Modrý portugal (strieborná medaila - Portugieser Du Monde 2017) a Svätovavrinecké (zlaté medaily – Vienále Topoľčianky a International Galicja Vitis 2015) [17].

vinotéka	obec
Vinox B&J Šaštinský	Dlhá
Mysterium fructus vitis - Ing. Matúš Dobšovič, PhD.	Dolné Orešany
VINAS	Dolné Orešany
Vinárstvo Dobrý pocit	Ružindol
Vinárstvo Rosenthal	Ružindol
Farmár Družstvo - Cisár Gabriel	Smolenice
Vinotéka Galéria	Smolenice
Rodinné vinárstvo Magula	Suchá nad Parnou
Terra Parna	Suchá nad Parnou

Tab. 5 Vinárstva Malokarpatskej vínnej cesty v MAS Malokarpatské partnerstvo
Zdroj: [15]

Z voľnočasových zariadení odporúčame Motokáry Dlhá, kde sa nachádza 1100 metrov dlhý profesionálny motokárový okruh. Jazde predchádza základná inštruktáž. Požičovňa motokár je otvorená každý deň od 11:00 do 21:00 [18].

V Suchej nad Parnou je lukostrelecký klub Lukostrelbasnp, ktorý ponúka možnosť vyskúšať si streľbu z olympijského luku. Záujemcovia sa môžu prísť pozrieť na tréningy (utorok a piatok 17:00 – 19:00) alebo v prípade bližšieho záujmu (napr. za účelom členstva) kontaktovať klub. Voľnočasová aktivita tohto druhu by mohla byť zaujímavá aj pre firemné akcie [19].

Iné alternatívy turistických atraktivít možno nájsť na miestach: Bowling Motel Horné Orešany alebo v podobe wellness pobytov: Penzión Čmelák a Penzión 7 DIVOV.

4 Výsledky a diskusia

MAS MP spĺňa predpoklady kvalitného cestovného ruchu. Má zastúpené nielen lokalizačné – prírodné a kultúrnohistorické (mapa 2) ale aj realizačné predpoklady (mapa 3).

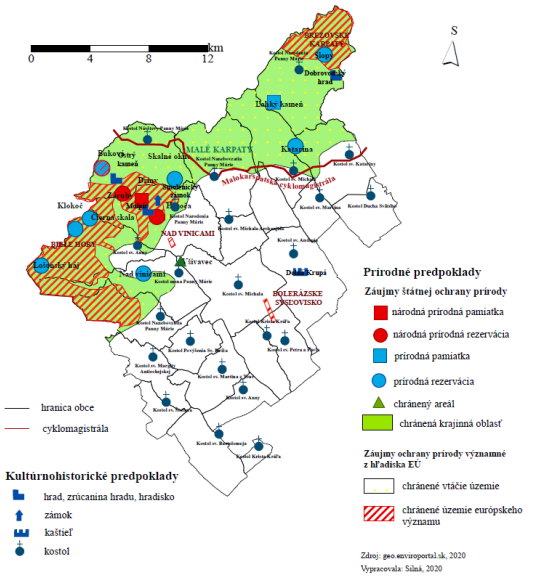
Z prírodných lokalizačných predpokladov je zastúpený najmä reliéf, a to prostredníctvom CHKO Malé Karpaty, či krasovými útvarmi (Dobrovodský a Smolenický kras) s dominantou jaskyňa Driny.

Z kultúrnohistorických predpokladov sú zastúpené najmä kultúrne pamiatky, resp. hrady, zámky či kaštiele. Najväčšou turistickou atrakciou v tejto oblasti je Smolenický zámok, potom kaštieľ v Dolnej Krupej, Dobrovodský hrad a hrad Ostrý Kameň.

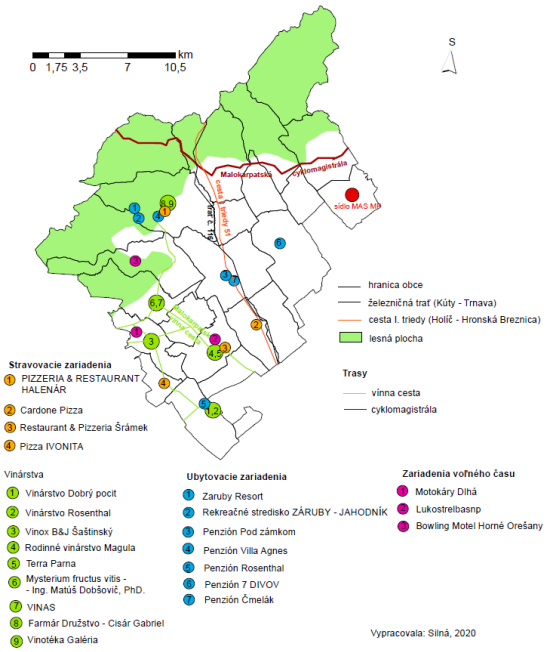
Cyklochodníky sú v súčasnosti veľkým trendom. Sú prepojením športu, poznávania a ekologickosti. Aj z toho dôvodu sa v nasledujúcich rokoch majú realizovať priame cyklochodníky z Bohdanoviec nad Trnavou, Bieleho Kostola a aj Ružindola do Trnavy. Pre aktívnych turistov je pravdepodobne najzaujímavejšia Malokarpatská cyklomagistrála.

Pre pasívnych turistov je atraktívnejšia Malokarpatská vínna cesta, ktorá pokračuje smerom na Modru, Pezinok a Bratislavu. Možnosť voľby tejto trasy je vhodnejšia skôr na jeseň, v čase vinobrania, v dni otvorených pivníc alebo cez samotnú akciu Malokarpatskej vínnej cesty. Výhodou takýchto akcií je začiatočný poplatok, za ktorý každý účastník dostane vínový pohár a mapu s okolitými vinárstvami.

Vďaka výbornej geografickej polohe má územie predpoklady pre kvalitný rozvoj najmä letného turizmu i poznávacej turistiky. Rozvoj zimného turizmu nie je možný z dôvodu absencie lyžiarskych stredísk a najmä nevyhovujúcich podmienok pre tento druh cestovného ruchu. Z toho dôvodu je aj počas zimy možná turistika.



Mapa 2 Lokalizačné predpoklady rozvoja cestovného ruchu v MAS Malokarpatské partnerstvo



Mapa 3 Realizačné predpoklady rozvoja cestovného ruchu v MAS Malokarpatské partnerstvo

Záver

Cestovný ruch na Slovensku stále rastie. Ľudia čoraz viac vyhľadávajú lokality, ktoré nie sú až tak známe. MAS MP ponúka na spoznávanie nielen prírodné ale aj kultúrnohistorické lokality i materiálno-technickú základňu.

Jednotlivé lokality sú zaujímavým tipom nielen na rodinný výlet, ale aj na školské exkurzie, ktorým vyhovujú realizačné predpoklady (najmä ubytovacie kapacity) v severozápadnej časti územia MAS MP.

Zaujímavou možnosťou sú trasy (Malokarpatská cyklomagistrála a Malokarpatská vínna cesta), ktoré spájajú jednotlivé lákadlá cestovného ruchu.

Poďakovanie

Ďakujem mojej školiteľke RNDr. Hilde Kramárekovej, PhD. za rady a odbornú pomoc pri zostavovaní článku.

Použitá literatúra

[1] MARIOT, P. 1983. Geografia cestovného ruchu. 1983. Bratislava : Veda, 1983. 218 s.
[2] Malokarpatské partnerstvo. Miestna akčná skupina. [Citované: 22. február 2020] https://www.mpmas.sk/
[3] Štatistický úrad Slovenskej republiky. [Citované: 28. február 2020] https://slovak.statistics.sk
[4] Štátny zoznam osobitne chránených častí prírody SR. [Citované: 23. február 2020] http://uzemia.enviroportal.sk/
[5] CHKO Malé Karpaty. [Citované: 5. marec 2020] http://chkomalekarpaty.sopsr.sk/#
[6] Planet Slovakia. [Citované: 5. marec 2020] https://www.planetslovakia.sk/priroda/16-zaruby
[7] Správa slovenských jaskýň [Citované: 6. marec 2020] http://www.ssj.sk/sk/jaskyna/8-driny
[8] Muzeum.SK. [Citované: 6. marec 2020] https://www.muzeum.sk/smolenicky-zamok.html
[9] Smolenice. [Citované: 6. marec 2020] https://smolenice.com/navstevnik/turistika/smolenicky-zamok/
[10] Slovenské národné múzeum. [Citované: 23. február 2020] https://www.snm.sk/?kastiel-v-dolnej-krupej-historia-muzea
[11] DUBCOVÁ, A. – CHRASTINA, P. - KRAMÁREKOVÁ, H. 2003. Vademecum literárnej a vedeckej činnosti geografa. 3. vyd. Nitra : SPN, 2003. 38 s.
[12] Stratégia CLLD – Malokarpatské partnerstvo [Citované: 11. marec 2020] https://www.mpmas.sk/dokumenty
[13] Integrovaná stratégia rozvoja územia Malokarpatského partnerstva [Citované: 11. marec 2020] https://www.mpmas.sk/dokumenty
[14] SME. [Citované: 13. marec 2020] https://mypezinok.sme.sk/g/119051/hrad-ostry-kamen?photo=p4030297
[15] Malokarpatská vínna cesta. [Citované: 14. marec 2020] https://mvc.sk/mvc/historia-mvc-v-kocke

[16] TRAVEL IN SLOVAKIA. [Citované: 20. marec 2020] https://slovakia.travel/dobrovodsky-hrad
[17] TERRA PARNA. [Citované: 21. marec 2020] https://www.terraparna.sk/sk
[18] Motokáry Dlhá. [Citované: 21. marec 2020] http://www.motokarydlha.sk/
[19] Lukostrelecký klub Suchá nad Parnou. [Citované: 21. marec 2020] http://www.lukostrelbasnp.sk/
[20] TravelGuide. [Citované: 25. marec 2020] https://www.travelguide.sk/svk/ubytovanie/rekreacne-stredisko-zaruby-jahodnik_51673_0_1.html

Sprievodca po obci Veľké Lovce

A guide to village of Veľké Lovce

Stela Boriková[1]
Školiteľ: Hilda Kramáreková[2]
[1,2]Katedra geografie regionálneho rozvoja, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra,
[1]stela.borikova@student.ukf.sk, [2]hkramarekova@ukf.sk

Abstrakt

Jednou z obcí mikroregiónu Termál sú aj Veľké Lovce. Nachádzajú sa neďaleko obce Podhájska, ktorá je výnimočná geotermálnou vodou s priaznivými účinkami. Vďaka nej Podhájsku navštevuje veľký počet turistov. Obce sú prepojené cestnou komunikáciou III/5802.

Cieľom článku je oboznámiť čitateľa s obcou Veľké Lovce, ktorá má prírodný i kultúrno-historický potenciál pre rozvoj cestovného ruchu. Budeme sa zaoberať charakteristikou obce - jej históriou (uvedieme udalosti, ktoré formovali obec do dnešnej podoby) a zaujímavosťami, ktoré pre svojich obyvateľov i návštevníkov poskytuje.

Počas vypracovania tohto príspevku boli použité viaceré metódy, napr. metóda vysvetľujúceho opisu, terénny výskum, rozhovory (so starostom obce, obyvateľmi i predstaviteľom Domu ľudového bývania) a systémová metóda.

Kľúčové slová: obec Veľké Lovce, história, zaujímavosti, cestovný ruch, Mikroregión Termál

Abstract

One of the villages of the Termál microregion is also Velké Lovce. It is located near the village Podhájska whose geothermal water has beneficial effects.

Thanks to it Podhájska is visited by a large number of tourists. The municipalities are connected by road .The aim of the article is to acquaint the reader with the village of Veľké Lovce, which has natural and cultural-historical potential for the development of tourism. We will deal with the characteristics of the village - its history (we will mention the events that shaped the village to its present form) and the attractions it provides for its residents and visitors. During the elaboration of this paper several methods were used, e.g. method of explanatory description, field research, interviews (with the mayor, residents and representatives of the House of Folk Housing) and system method.

Keywords: village Veľké Lovce, history, attractions, tourism, microregion Termál

Úvod

Problematika rozvoja cestovného ruchu Slovenskej republiky je jednou z významných a preferovaných oblastí regionálneho rozvoja Slovenska [13].

V súčasnosti rastie záujem o lokálne informácie, rastie počet monografii, brožúr, letákov a budujú sa turistické a náučné chodníky.

V článku sme sa zamerali na obec, ktorá je súčasťou mikroregiónu Termál, konkrétne obec Veľké Lovce.

Cieľom článku je oboznámiť čitateľa s obcou Veľké Lovce, ktorá má prírodný i kultúrno-historický potenciál pre rozvoj cestovného ruchu. Návštevníkov môže prilákať viacero prírodných, kultúrno-historických pamiatok a najmä bohatý kultúrny život. Tieto atribúty prispievajú k zviditeľneniu a rozvoju cestovného ruchu.

1 Teoreticko – metodické východiská problematiky

Základné Informácie o obci Veľké Lovce a jej histórii sme čerpali z dokumentu Program hospodárskeho a sociálneho rozvoja obce Veľké Lovce na roky 2014-2020 [1] a z knihy Veľké Lovce v premenách času [7]. Údaje o obyvateľstve sme prevzali z webovej stránky Štatistického úradu SR [2], charakteristiku symbolov obce z knihy Veľké Lovce v premenách času [7] a jej oficiálnej webovej stránky [3].

Vybrané zaujímavosti obce sme získali z oficiálnej webovej stránky obce [3], knihy Veľké Lovce v premenách času [7], Turistického pasu návštevníka regiónu Termál-Podhájska [12], z článku Vnímanie cestovného ruchu v mikroregióne Termál [13] a vlastným terénnym výskumom.

Doplnkové informácie o dome ľudového bývania, obci a zaujímavostiach obce sme získali z rozhovorov so starostom i obyvateľmi obce a predstaviteľom Domu ľudového bývania, zo stránky Matice slovenskej [5], z článku od Rusnáka [14] a topografickej mapy [17].

V kapitole Rok v obci sme informácie čerpali z oficiálnej webovej stránky obce [3] a stránky Matice slovenskej [5].

Článok sme spracovali metódou vysvetľujúceho opisu. Viaceré údaje sme vizualizovali pomocou

obrázkov, tabuliek a máp, ktoré sme prevzali od iných autorov. Článok sme systémovou metódou rozčlenili na kapitoly a podkapitoly.

2 Vymedzenie územia obce Veľké Lovce

Obec sa nachádza v okrese Nové Zámky v jej severovýchodnej časti, tiahne sa zo severovýchodu na juhozápad. Susedí s obcami Podhájska a Pozba na severe a na východe s obcou Dedinka. Na juhu susedí s obcami Čechy, Semerovo a Branovo, na juhozápade s obcou Bešeňov a na západe s obcou Dolný Ohaj. Na severozápade susedí s obcou Radava a Hul (mapa 1).

Mapa 1: Užšie územné vzťahy obce Veľké Lovce
Zdroj: [11]

3 Vitajte v obci

3.1 Z histórie obce

Územie obce Veľké Lovce bolo pravdepodobne osídlené už počas doby bronzovej alebo i skôr tak, ako to naznačuje aj vývoj okolitých obcí, avšak konkrétne dôkazy o osídlení pochádzajú až z 10. stor. v podobe pohrebiska belobrdskej kultúry [1].

Prvá písomná zmienka o obci sa datuje v roku 1236. V roku 1334 obec patrila zemanom z Veľkých Loviec. Od roku 1506 sa stáva súčasťou panstva Levice, v roku 1512 patrila kláštoru Mariánska čeľaď. Pod verejnú správu sa dostáva po zrušení reholí. Územie bolo ovplyvnené vojenskými vpádmi v období stredoveku, hlavne v období tureckých vojen v 17. storočí. Cisárske jednotky pod vedením Karola Lotrinského v roku 1685 ukončili tureckú nadvládu. V 18. storočí bola obec opäť osídľovaná obyvateľmi z okolia a Moravy. V tomto období sa obyvateľstvo živilo poľnohospodárstvom.

V roku 1601 sa v obci nachádzalo 22 domov, neskôr sa počet domov zvýšil na 108 a počet obyvateľov v roku 1828 dosiahol 707.

V roku 1866 vypukla v obci cholera, ktorá mala na svedomí mnoho ľudských životov. Za jeden deň pochovali troch až štyroch ľudí. Vápnom dezinfikovali znečistené priestory a mali nariadené piť prevarenú vodu, ako prevenciu využívali aj alkohol a cesnak. Veľmi obávaný bol aj detský záškrt. V tomto období nebol taký medicínsky pokrok ako dnes a domáce liečiteľstvo malo len zriedkakedy úspech.

Obec v 18. storočí pozostávala z dvoch častí - Veľký Lót a Malý Lót. Spoločný názov Nový Lót získala v roku 1899, keď skoro celá obec vyhorela. Požiar zničil takmer všetky domy, zničil aj kostol a školu. Ako jediný sa zachoval reformovaný kostol, ktorý bol postavený mimo dediny.

V roku 1918, koncom prvej svetovej vojny, mnoho ľudí podliehalo na nákazlivú chorobu H1 takzvanú „španielku“. Hoci prvý prípad bol zaznamenaný v Spojených štátoch amerických, napriek tomu je táto chrípka známa ako „španielska“. Keďže v rovnakom čase pokračovala vojnová mašinéria, všetky zúčastnené strany svetového konfliktu uplatňovali tvrdú cenzúru tlače. O rozsahu ochorenia a počtoch obetí sa teda veľa nevedelo. Až španielska tlač ako prvá otvorene informovala, že dve tretiny obyvateľov Madridu v priebehu troch dní ochoreli na chrípku neznámeho pôvodu. Obyvatelia Francúzska, Veľkej Británie a USA netušili, že ich vojaci, ako aj ich nepriatelia, vo veľkom počte umierajú v zákopoch na rovnaké ochorenie [14]. Ak sa vyskytli komplikácie, bola veľmi nebezpečná. Samotný vírus nebol ten pravý dôvod dramatického prejavu, spojeného s rozpadom tkanín, krvácaním a vykašliavaním krvi. Tieto symptómy spôsobuje baktéria, ktorá je bežne prítomná v hornej časti dýchacieho traktu a oslabením prirodzenej obranyschopnosti organizmu sa táto začne množiť a spôsobuje zápal pľúc [14]. Zomierali na ňu väčšinou mladí ľudia, podľa záznamov sa obeťami tejto choroby v obci stalo 18 ľudí.

Okolo roku 1920 veľa obyvateľov odišlo do cudziny hlavne kvôli práci. Mali namierené najmä do Ameriky, Kanady, Argentíny. Najviac obyvateľov však odišlo do Francúzska. Mnohí dúfali, že si zvýšia životnú úroveň, ale tí, ktorí sa vracali z Argentíny, boli ešte chudobnejší.

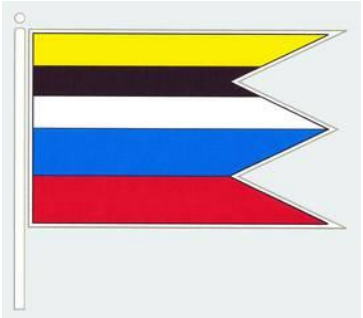
Vývoj počtu obyvateľstva bol ovplyvnený aj maďarizačným útlakom slovenského obyvateľstva. Tento vplyv bol zrušený po I. svetovej vojne rozpadom Rakúsko-Uhorska a vznikom prvej Československej republiky. Obec bola v rokoch 1938 - 1945 násilne pripojená k Maďarsku. Do konca druhej svetovej vojny sa vo Veľkých Lovciach nachádzala aj menšia komunita židov.

V roku 1948 bola obec premenovaná na Veľké Lovce. Postupne nastala obnova zničeného hospodárstva a poľnohospodárskych podnikov. Ďalším významným

obdobím bol pád komunistického režimu v r. 1989, ktorý mal vplyv na prechod z centrálne riadeného hospodárstva na trhové hospodárstva a vznik súkromného sektoru [1].

Symbolmi obce sú erb (obr. 1), zástava (obr. 2) a pečať (obr. 3). Erb obce vypovedá o názve, histórii, prírodných danostiach a o spôsobe života obyvateľstva. Erby u nás patrili napr. zemianskym a šľachtickým rodom. Podoba súčasného erbu pramení z histórie obce. Objavuje sa na ňom žltou farbou symbolika poľnohospodárstva, ktorú znázorňujú dve steblá obilia, symetricky v strede poľa. Luk spolu so šípom v erbe predstavuje symboliku pre poľovníctvo a les vyjadrenú čiernou farbou. Ďalej sa na ňom vyskytuje biely kláštor Mariánska čeľaď. Jedna polovica erbového poľa je modrá, ktorá predstavuje rímskokatolícke náboženstvo slovenskej národnosti a druhá polovica je červená, ktorá predstavuje reformované náboženstvo maďarskej národnosti. Farby v zástave tiež reprezentujú jednotlivé symboly (obr. 2). Podobná symbolika sa nachádza tiež na pečati obce (obr. 3).

Obr. 1 Erb obce Veľké Lovce
Zdroj: [3]



Obr. 2 Zástava obce
Zdroj: [3]

Obr. 3 Pečať obce
Zdroj: [3]

3.2 Z geografie obce

V obci Veľké Lovce žije 1865 obyvateľov (k 31.12.2018) na rozlohe 25,85 km².

Územie patrí do Podunajskej pahorkatiny, ktorá je celkom Podunajskej nížiny. Samotná Podunajská pahorkatina je zastúpená oddielom Hronská pahorkatina, ktorého západná časť zasahujúca na územie je označovaná ako Bešianska pahorkatina. Dominuje tu reliéf nížinných pahorkatín, ktoré sú na území mierne až stredne členité a ich nadmorské výšky sa pohybujú v rozpätí 128 - 287 m. Zastúpené sú prevažne širokými plochými chrbtami, oddelenými úvalinovitými dolinami. Budované sú v podloží treťohornými ílmi, pieskami a pieskovcami, na ktorých sú uložené štvrtohorné spraše a sprašové hliny. Vzhľadom na geologickú stavbu je územie chudobné na nerastné suroviny [1].

Najvyšším bodom v obci je Dlhý vrch s nadmorskou výškou 287 m a najnižší bod má výšku 195 m n. m.

Obec leží v teplej klimatickej oblasti v mierne suchej podoblasti v teplom mierne suchom okrsku s miernou zimou, s teplotou v januári -3 °C. Z klimatickogeografického hľadiska je územie zaradené do subtypu prevažne teplej nížinnej klímy s priemernou teplotou v januári -1,5 °C až -4 ˚ °C, s priemernou teplotou v júli 19,5 °C až 18,5 °C a priemernými ročnými zrážkami 650 až 700 mm.

V obci sa nachádzajú dva vodné toky - Lovčiansky potok a potok Lagáň. Vodná nádrž Branovo je vybudovaná na Lovčianskom potoku, leží v juhozápadnej časti územia Veľkých Loviec a v severnej časti susednej obce Branovo. Vodná nádrž pokrýva asi 2,8 ha územia Veľkých Loviec. Využíva sa hlavne na účely poľnohospodárskeho zavlažovania, ale aj na športový rybolov.

Z pôdnych typov zaberajú najvyššie položené časti územia hnedozeme modálne erodované na spraši a luvizeme modálne, kultizemné, pseudoglejové zo sprašových hlín. Na ne nadväzujú v nižších častiach hnedozeme modálne na spraši a sprašových hlinách. Centrálne a južné časti obce vypĺňajú černozeme hnedozemné a černozeme čiernicové, ktoré vznikli prevažne zo spraší a karbonátových nivných

sedimentov. Na okolie vodných tokov sa viažu fluvizeme glejové. Dominantný pôdny druh sú hlinité pôdy [1].

Obec je obklopená lesmi zo severnej, ale tak isto aj z východnej strany. Vyskytuje sa tu viac ako 300 druhov rastlín, veľa z nich je chránených. Zastúpené je živočíšstvo lesa, polí, lúk a brehov vodných tokov.

Nachádzajú sa tu chránené územia, ktoré majú aj európsky význam. V centrálnej časti obce je chránené územie európskeho významu (ÚEV) NATURA 2000 s názvom Bagovský vrch, má rozlohu 222,65 ha. Predmetom ochrany sú biotopy xerotermných krovín, karpatské a panónske dubovo-hrabové lesy, eurosibírske dubové lesy na spraši a piesku a panónsko-balkánske cerové lesy. Zo živočíšnych druhov je predmetom ochrany predovšetkým roháč obyčajný.

V severnej časti obce je na hranici s obcou Podhájska ďalšie chránené územie európskeho významu (ÚEV) NATURA 2000 pod názvom Osminy. Predmetom ochrany sú biotopy xerotermných krovín, karpatské a panónske dubovo-hrabové lesy, eurosibírske dubové lesy na spraši a piesku a panónsko-balkánske cerové lesy. Územne je tiež obec z veľkej časti zaradená do Chráneného vtáčieho územia Dolné Považie [1].

Podľa tabuľky č. 1 môžeme vidieť, že v rokoch 2012 - 2018 klesol počet obyvateľov o 82 na hodnotu 1865.

Rok	Počet obyvateľov
2012	1947
2013	1944
2014	1930
2015	1910
2016	1895
2017	1874
2018	1865

Tab. 1 Vývoj počtu obyvateľov obce Veľké Lovce v rokoch 2012 - 2018
Zdroj: [2]

Takmer 86 % obyvateľov je slovenskej národnosti. V obci je početná aj maďarská národnosť, ktorá sa na populácii obce podieľa 8,95 %. K rómskej národnosti sa hlásilo 49 obyvateľov obce, pričom Rómovia sa pri udávaní národnosti častokrát prikláňajú k národnosti majority. Minority (Česi, Poliaci, Moravania) sú zastúpení podielom 0,15%. Podiel nezistenej národnosti je 4,60 % obyvateľov obce, poukazuje na možné vyššie zastúpenie jednotlivých národností v obci. V obci prevláda rímskokatolícke vyznanie, ku ktorému sa hlási 80,31 % populácie obce. Reformovaná kresťanská cirkev je zastúpená 9,31 %. Evanjelickú vieru augsburského vyznania vyznáva 0,61 % obyvateľov. Nezisteného vierovyznania je u 6,24 % obyvateľov obce.

Poľnohospodárska pôda predstavuje 15 17,2 ha. V štruktúre využitia pôdneho fondu za poľnohospodárskou pôdou nasleduje lesná pôda s rozlohou 895,60 ha. Vodná plocha zaberá 22,28 ha, zastavanú plochu a nádvoria tvorí 128,59 ha, ostatná plocha zaberá 20,9 ha. Z poľnohospodárskej pôdy najviac zaberá orná pôda 1 327,80 ha. Zvyšok sú trvalé trávnaté porasty 34,4 ha, vinice 104 ha, záhrady 40,90 ha a ovocné sady 0,33 ha. [2]

Tradičným odvetvím je poľnohospodárstvo, ktorého význam je podstatný pre zachovanie ekonomickej stability obce. Rastlinnou a živočíšnou výrobou sa zaoberajú najmä samostatne hospodáriaci roľníci. V západnej časti obce je poľnohospodársky dvor využívaný pre chov ošípaných samostatne hospodáriacim roľníkom Stanislavom Rapavým. Súčasťou hospodárskeho dvora sú tiež sklady rastlinnej výroby. Poľovnícky spolok Prátel Veľké Lovce sa orientuje na umelý odchov pernatej zveri, bažantov, jarabíc a bažantov kráľovských. Spoločnosť AGRO-ŽIV, s. r. o. Veľké Lovce sa orientuje na zmiešané poľnohospodárstvo. Poľnohospodársku výrobu spestruje pestovanie hrozna v juhozápadnej časti obce, ktoré je z väčšej časti spracovávané spoločnosťou Predium, s. r. o. Bratislava, prevádzka Veľké Lovce. Priemyselnú výrobu zastupuje Mlyn, v.o.s. Veľké Lovce, ktorého výrobným zameraním je mletie obilia a výroba vysoko kvalitnej múky. Firma AAA ZIMKLÍMA, so sídlom v Bratislave, je obchodná spoločnosť zameraná na výrobu kovových výrobkov pre klimatizačné zariadenia a vzduchotechniku.

Rozvoj obce ovplyvňuje aj podnikateľská činnosť jej obyvateľov, ktorá ponúka pracovné príležitosti vo viacerých oblastiach hospodárstva. Väčšina podnikateľských aktivít prebieha v rámci terciárneho sektora s výrazným zastúpením maloobchodných služieb, reštauračných a pohostinských služieb ako aj drobných remeselných prác, ako sú napr. maliarske a natieračské práce, stolárske práce, klampiarske a zámočnícke práce a pod. [1].

Stravovacie služby ponúka reštaurácia Vináreň Cabernet a stravovanie predovšetkým pre dôchodcov ponúka obecná kuchyňa, ktorá patrí obci.

Cez územie obce prechádza iba cestná komunikácia III/5802.

3.3 Zaujímavosti obce

V obci sa nachádza množstvo kultúrno-historických zaujímavostí s potenciálom pre cestovný ruch. Patrí

sem Dom ľudového bývania, miestna knižnica, miestne múzeum, zrúcanina starého kláštora, kostoly a pomník.

Dom ľudového bývania (obr. 4) bol postavený v roku 1794. Zrekonštruovaný bol v roku 2004 a sprístupnený pre verejnosť v roku 2006. Vlastníkom gazdovského hlineného domu je Jozef Galbavý, ktorý v tomto dome vyrástol. Vlastnými rukami a remeselným majstrovstvom stolára zrekonštruoval tento muzeálny skvost podľa pôvodných techník. Brána, ktorou sa dnu vchádza, je z agátového dreva. Stĺpy sú na vrchole v tvare lipového listu. Lipa predstavovala symbol Slovanov. Ľudový gazdovský dom je jednopodlažný, dlhý 56 metrov. Zrekonštruovaný je v štýle 2. polovice 19. storočia, čo nasvedčuje aj sedlová strecha obitá doskami. Dom je tvorený viacerými časťami. Do prvej časti sa vstupuje cez takzvaný výpustok, ktorý slúžil obyvateľom ako ochrana pred požiarom. Cez výpustok sa dostaneme do pitvora, ktorý bol rozdelený na dve časti. Jedna časť slúžila ako kuchyňa a druhá bola vstupná časť, z ktorej sa vchádzalo do prednej a zadnej izby. V pitvore je pec s otvoreným ohniskom, dva špóraky - jeden pre matku a druhý pre nevestu. V tomto období neboli kredence a tak sa taniere vešali na stenu. Prvá predná izba sa používala veľmi málo – napr. len v čase návštev, hodov, narodenia nového člena rodiny, svadby alebo ak niekto v rodine zomrel. V tejto izbe sú zachované tradičné prvky, starodávne postele, skrine i hlinená podlaha, ktorá bola typická pre chudobných ľudí. Strop spevňuje majstrovská hrada, ktorá slúžila ako polička. Nachádzali sa na nej veci, ktoré deti nesmeli dočiahnuť. V zadnej izbe sa odohrával rodinný život. Nachádza sa tu pec, pomocou ktorej vykurovali izbu a na ktorej sa aj spávalo. Druhá bytová jednotka je situovaná v štýle medzivojnového obdobia. Majiteľ chcel poukázať na vývoj ľudovej architektúry. Okná sú tu väčšie, nenachádza sa tu pitvor, ale už len kuchyňa so železným špórakom takzvaným transportom, ktorý mohli podľa potreby prenášať. Súčasťou domu je hospodársky dvor, ktorý je dlhý približne 200 metrov. Nachádzajú sa tu hospodárske objekty, chlievy, plevinec, včelín, vínna pivnica maštaľ a stodola. V každom priestore sa nachádza aj náradie, ktoré používali. Taktiež je tu možnosť prezrieť si vývoj včelárstva. Na konci dvora sa nachádza ďalšia brána, ktorou sa chodilo do chotára [5].

Konajú sa tu rôzne kultúrne podujatia (tab. 2). Ľudový dom je sprístupnený širokej verejnosti. Kontakt na majiteľa a informácie sú na oficiálnej webovej stránke obce, na Facebooku i v Turistickom pase návštevníka regiónu Termál [12].

Obr. 4 Dom ľudového bývania
Zdroj: [3]

V kultúrnom dome sa nachádza aj **miestna knižnica**, ktorá bola znovuotvorená v roku 2013. V knižnici sa nachádza viac ako 8 000 výtlačkov kníh. Otvorená je v utorok (12.00 - 16.00), štvrtok a sobotu (14.30 – 18.30).

Miestne múzeum vo Veľkých Lovciach vzniklo 28. apríla 1996. Muzeálna expozícia sa nachádza v priestoroch kultúrneho domu (obr. 5, 6).

Obr.5 Kultúrny dom
Zdroj: [3]

Obr. 6 Kroj v miestnom múzeu
Zdroj: [3]

Múzeum sa delí na tri časti. V prvej časti sa môžeme dozvedieť o zvykoch bývania našich predkov koncom 19. a v prvej polovici 20. storočia. V obytnej časti sa nachádzajú skrine, maľovaná truhlica, posteľ pre kútnicu (matku s dieťaťom), kolíska, obrazy svätých. V kuchyni si môžeme prezrieť potreby na pečenie

chleba, spracovanie mlieka, mäsa a zariadenie kuchyne. Tiež sú tu krosná, kolovraty, praslica, motovidlá a iné predmety, čo sa používali na tkanie konopného plátna cez zimné mesiace.

V druhej časti sa nachádza poľnohospodárske náradie ako sečkovnice, jarmá, moržovačka, ďalej košikárske výrobky, trlice, česáky, drevené výrobky, remeselnícke potreby pre obuvníka a včelára a iné (obr. 7).

Tretia časť je venovaná písomnostiam, fotodokumentáciám a makete bývalého kostola a kláštora pavlínov Mariánska čeľaď, z ktorej je už len zrúcanina. [3]

Miestne múzeum navštevujú hlavne žiaci základnej školy v rámci regionálnej výchovy, ale i deti materskej školy a študenti stredných škôl. Múzeum nemá stanovenú otváraciu dobu, v prípade záujmu je možné prehliadku múzea dohodnúť telefonicky na Obecnom úrade vo Veľkých Lovciach (+421 35 6589 121). Informácie o miestnom múzeu môžeme nájsť na oficiálnej webovej stránke obce.

Obr. 7 Poľnohospodárske nástroje v miestnom múzeu
Zdroj: [3]

Na území obce sa nachádza zrúcanina **starého kláštora.** Mal mnoho mien, napr. Solad, Chalád, Zalad, Zala, Ófalva. Obyvatelia obce toto miesto poznajú pod názvom Máriačalád či Mariánska čeľaď. Kláštor je spomínaný v listine kráľa Gejzu I. z roku 1075. V tomto období bol majetkom benediktínskeho opátstva v Hronskom Beňadiku, neskoršie patril Ostrihomského arcibiskupstvu. V kláštore sídlil rad pavlínov. Rehoľným odevom bol biely habit opásaný šnúrou. Ľudia nazývali pavlínov aj bieli mnísi. Po vydaní dekrétu Jozefa II. v roku 1786 bolo fungovanie rádu pavlínov zrušené. V súčasnosti je z veľkolepej stavby už len zrúcanina (obr. 8, 9).

Obr. 8 Kresba kláštora
Zdroj: [4]

Obr. 9 Zrúcanina kláštora
Zdroj: [6]

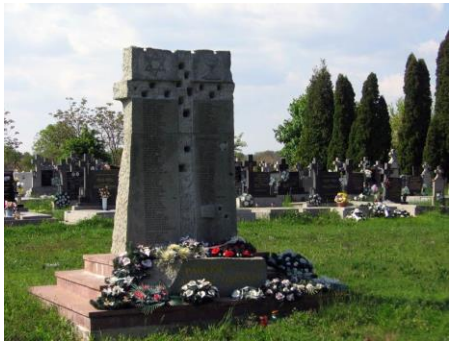
O obci sa traduje **viacero povestí** a najznámejšia o bielom volovi. Na území stála od nepamäti stará dedina, bývali v nej remeselníci a čeľadníci. V jeden deň sa kováčovi narodilo biele teliatko, ktoré ako jediné z dobytka prežilo po napadnutí Tatármi. Kováčova žena sa ujala mladého teliatka, ktoré vyrastalo spolu s jej synmi. Raz počas pasenia začal byť vôl nepokojný. Najmladší z kováčových detí sa ho snažil upokojiť. Zrazu ho vôl nabral na rohy a niesol do húštiny. Za nejaký čas bolo počuť, že dedinu napadli Tatári. Jediný, kto prežil, bol chlapec a vôl, ktorých prichýlili v susednej dedine. Po nejakom čase, keď začal vôl dupotať, obyvatelia hneď vedeli, že Tatári prichádzajú, a tak sa skryli. Aj potom ako biely vôl uhynul, sa občanom zjavoval a varoval dedinčanov pred nebezpečenstvom. Povesti sú publikované v knihe Veľké Lovce v premenách času.

Z ďalších pamiatok je v obci zaujímavý **rímsko-katolícky Kostol Materstva Panny Márie** (obr. 10) zasvätený Panne Márii z r. 1907, pri ktorom sa nachádza baroková socha Panny Márie v nadživotnej veľkosti sem prenesená v r. 1956 z niekdajšieho zrúcaného kostola paulínov. Ďalej je to **kostol reformovanej cirkvi** z roku 1882 (obr. 11). Do kostolov sa dá pozrieť počas omší alebo dohodnúť si stretnutie s farárom. Bližšie informácie si môžete pozrieť na stránke obce alebo farského úradu.

Obr. 10 Kostol Materstva Panny Márie
Zdroj: [10]

Obr. 11 Kostol reformovanej kresťanskej cirkvi
Zdroj: [3]

Pomník na pamiatku obetiam 1. a 2. svetovej vojny (obr. 12) bol postavený na rímskokatolíckom cintoríne v roku 1994. Autorom je akademický sochár Jozef Kliský.



Obr. 12 Pomník obetiam 1. a 2. svetovej vojny
Zdroj: [3]

Územie budeme môcť preskúmať pomocou navrhovaného náučného chodníka obce Veľké Lovce (obr. 13), ktorého cieľom je spoznať miestnu krajinu. Dĺžka náučného chodníka je 3,19 km a pozostáva z 8 zastávok - prvá zastávka (centrálna zóna obce), druhá (rímskokatolícky kostol), tretia (kríž na Zákostolí), štvrtá (dom ľudového bývania), piata (kostol reformovanej cirkvi, šiesta (športovo-kultúrny areál), siedma (miestne múzeum) a posledná ôsma (Mariánska čeľaď). [16]

Obr. 13 Navrhovaný náučný chodník obcou Veľké Lovce
Zdroj: [16]

V rámci združenia mikroregiónu Termál bol zrealizovaný projekt, výstupom ktorého je Turistický pas návštevníka regiónu Termál-Podhájska (obr. 14). V ňom sa nachádzajú všetky obce mikroregiónu, pričom z každej boli vybrané 4 najzaujímavejšie miesta, ktoré môže turista navštíviť. V prípade obce Veľké Lovce to boli Dom ľudového bývania, miestne múzeum, športový areál a krížová cesta. Turistický pas návštevníka regiónu Termál-Podhájska je možné získať na obecnom úrade.

Obr. 14 Turistický pas návštevníka mikroregiónu Termál – Podhájska
Zdroj: [12]

4 Rok v obci

V obci sa každoročne konajú rôzne akcie - dátum ich konania a informácie o nich môžeme nájsť na oficiálnej webovej stránke obce Veľké Lovce. Občania sú o akciách informovaní aj prostredníctvom rozhlasu, a plagátov, na ktorých sú bližšie informácie o type podujatia, o mieste a čase jeho konania. Na aktivitách sa zúčastňujú i viaceré spolky a združenia.

Vo Veľkých Lovciach sú zachované tradičné zvyky našich predkov. Medzi najznámejšie podujatia patrí **prehliadka ľudových zvykov a tradícií na fašiangy, spojená s verejnou obecnou zabíjačkou** (obr. 15).

Obr. 15 Plagát Fašiangov
Zdroj: [3]

Organizátormi podujatia sú Miestny odbor Matice slovenskej, obec a Dom ľudového bývania Veľké Lovce. Na začiatku tohto podujatia symbolicky pochovajú basu a tým ukončia obdobie veselíc a hodovania. Fašiangy zvyčajne pripadajú na marec. Prehliadka fašiangových zvykov prebieha už v priestoroch Domu ľudového bývania. Návštevníci tu môžu ochutnať z domácich regionálnych fašiangových špecialít. Predstavenie sa začína typickým zvykom – holenie drevenou britvou gazdu chystajúceho sa na muziku. Spev folklórnych súborov je sprevádzaný ozembuchom a harmonikou. Práve gajdy sprevádzajú celý ďalší program. Na tejto udalosti vystupujú aj tri domáce folklórne skupiny - detská folklórna skupina Fialka, Folklórna skupina Radosť a folklórna skupina Lóťanská dolina.

Najvýraznejšou obecnou kultúrnou akciou **sú Lóťanské folklórne slávnosti,** ktoré sa konajú každý rok v auguste. Odohrávajú sa v areáli domu ľudového bývania a návštevníci sa môžu tešiť na bohatý kultúrny zážitok, účinkujú tu rôzne profesionálne folklórne skupiny a súbory.

Hody patria k tradičným sviatkom snáď každej slovenskej obce. Oslavujú sa ako deň hojnosti, zábavy a blahobytu. Termín miestnych hodov je spojený s termínom vysvätenia Kostola Materstva Panny Márie vo Veľkých Lovciach. Z tohto dôvodu sa usporadúvajú vždy 2. októbrovú nedeľu. Pri príležitosti hodových slávností je pre všetkých občanov a návštevníkov pripravený bohatý kultúrny program [3].

V obci sa konajú aj rôzne iné podujatia ako napr.: Ples „Zídení ako rodina“, Ples ZRPŠ, Oslavy Sv. Urbana, Stavanie mája, Výročie sobášov, Tanečná zábava Senzus, Country búrka, Rozprávkový les, Slávnosť vinobrania, Štefanská zábava a iné (tab. 2).

Na jednotlivých aktivitách sa zúčastňujú aj viaceré spolky a združenia – Matica slovenská, Slovenský červený kríž, Zväz zdravotne postihnutých, Záhradkársky zväz, Telovýchovná jednota Veľké Lovce, Poľovnícky spolok, Spevácko-tanečný súbor a pod. [1]

Mesiac	Podujatie
Január	Ples Zídení ako rodina
Február	Fašiangy
	Ples ZRPŠ
Marec	-
Apríl	-
Máj	Oslavy Sv. Urbana
	Stavanie mája
Jún	Výročie sobášov
Júl	Tanečná zábava Senzus
August	Country búrka
	Lóťanské folklórne slávnosti
September	Rozprávkový les
	Slávnosť vinobrania
Október	Hodové slávnosti
November	-
December	Štefanská zábava

Tab. 2 Podujatia v obci Veľké Lovce
Zdroj: [3]

Záver

Obec Veľké Lovce má pre rozvoj cestovného ruchu značný najmä kultúrno-historický potenciál. Svoje si tu nájdu milovníci histórie, ale aj kultúry a prírody. Dom ľudového bývania určite patrí medzi najatraktívnejšie miesta, hlavne v letných mesiacoch. Konajú sa tu aj rôzne kultúrne podujatia. Historicky je významná zrúcanina starého kláštora, ktorá bola v pôvodnej podobe majestátnou stavbou. Na rímskokatolíckom

cintoríne sa nachádza pomník na pamiatku obetiam 1. a 2. svetovej vojny.

Turistov taktiež zaujme miestne múzeum s jeho zbierkou. V obci sa nachádzajú dva kostoly, rímsko-katolícky Kostol Materstva Panny Márie a kostol reformovanej cirkvi.

Najvýraznejšou kultúrnou akciou sú Lóťanské folklórne slávnosti, účinkujú tu rôzne profesionálne folklórne skupiny a súbory. Medzi ďalšie známe podujatia patrí i prehliadka ľudových zvykov a tradícií na fašiangy, spojená s verejnou obecnou zabíjačkou. V obci sa konajú aj rôzne iné podujatia.

Zaujímavosťou poznávania územia obce je aktuálne aj Turistický pas návštevníka regiónu Termál-Podhájska a v budúcnosti to bude pripravovaný náučný chodník obce Veľké Lovce.

Poďakovanie

Za podporu pri vzniku tohto článku ďakujem mojej školiteľke RNDr. Hilde Kramárekovej, PhD.

Použitá literatúra

[1] Dubcová A., Kramáreková Oremusová D. (2015). Program hospodárskeho a sociálneho rozvoja obce Veľké Lovce na roky 2014-2020. 59 s.
[2] Štatistický úrad SR [Citované: 19. február 2020] http://datacube.statistics.sk/
[3] Oficiálna stránka obce Veľké Lovce [Citované: 19. február 2020] http://www.velkelovce.sk/
[4] Hrady zámky a zrúcaniny na Slovensku [Citované: 20. február 2020] https://www.hrady-zamky.sk/
[5] Matica Slovenská [Citované: 19. február 2020] https://matica.sk/
[6] Skryté poklady Slovenska [Citované: 19. február 2020] https://www.pokladyslovenska.sk/
[7] Orša J., Pavlatovská T. (2008). Veľké Lovce v premenách času. AZ Print, s.r.o., Nové Zámky. 70 s.
[8] Strategický a marketingový plán rozvoja cestovného ruchu v NSK na roky 2014 – 2020. [Citované: 19. február 2020] https://www.unsk.sk/zobraz/sekciu/strategicky-a-marketingovy-plan-rozvoja-cestovneho-ruchu
[9] Oficiálna stránka obce Podhájska http://www.obecpodhajska.sk/ [Citované: 19. február 2020]
[10] Farnosť Veľké Lovce [Citované: 19. február 2020] http://velkelovce.fara.sk/
[11] Mapy google [Citované: 19. február 2020] https://www.google.com/maps/
[12] Turistický pas návštevníka regiónu Termál - Podhájska. [Citované: 19. február 2020] http://www.visitpodhajska.sk/
[13] Oremusová, D. (2009). Vnímanie cestovného ruchu v mikroregióne Termál, Geografické štúdie, roč. 13, č. 1, s. 59-68.
[14] Rusnák, M. (2018).Pandémia španielskej chrípky v r. 1918 - viac než vojna roznášal smrť tichý zabijak H1, Historická revue č.6, s. 44 – 47.
[15] NATURA 2000 [Citované: 19. február 2020] http://www.sopsr.sk/natura/
[16] Mizia P. (2019). Navrhovaný náučný chodník obcou Veľké Lovce.
[17] Topografická mapa [Citované: 19. február 2020] https://www.arcgis.com/home/webmap

Potenciál rozvoja cestovného ruchu v mikroregióne MAS SVORNOSŤ
Potential of tourism development in LAG SVORNOSŤ

[1]Filip Adamkovič
[2]Školiteľ: Hilda Kramáreková
[1, 2]Katedra geografie a regionálneho rozvoja, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra
[1]filip.adamkovic@student.ukf.sk; [2]hkramarekova@ukf.sk

Abstrakt

Cestovný ruch mikroregiónu MAS SVORNOSŤ poskytuje pre občanov a turistov prírodné bohatstvo, históriu územia a bohaté kultúrne dedičstvo. Špecifikom mikroregiónu je jeho rôznorodosť krajinnej štruktúry a podmienky pre aktívny relax a oddych miestnych obyvateľov i návštevníkov.

Cieľom príspevku je poukázať na možnosti rozvoja územia mikroregiónu a jeho ďalšie smerovanie v oblasti cestovného ruchu na báze relatívne čistého prírodného prostredia a atraktívnych zaujímavostí v podobe Oponického hradu a siedmych kaštieľov, ktoré sú základným portfóliom pre pritiahnutie návštevníkov do územia a rozvoj vidieckeho cestovného ruchu mikroregiónu MAS SVORNOSŤ.

Pri písaní článku sme využili najmä metódu zhromažďovania informačných zdrojov, historicko-geografickú metódu, metódu vysvetľujúceho opisu, komparatívnu metódu a systémovú metódu.

Prvá časť príspevku charakterizuje mikroregión z pohľadu fyzickej a humánnej geografie.

Druhá časť sa zaoberá súčasnými aktivitami mikroregiónu. Vo výsledkoch a diskusii sme prostredníctvom SWOT analýzy zhodnotili súčasný stav mikroregiónu MAS SVORNOSŤ z hľadiska silných a slabých stránok.

Kľúčové slová: cestovný ruch, potenciál rozvoja cestovného ruchu, mikroregión MAS SVORNOSŤ

Abstract

Tourism of the microregion LAG SVORNOSŤ provides citizens and tourists with natural wealth, history of the territory and a rich cultural heritage. The specificity of the microregion is its diversity of landscape structure and conditions for active relaxation and rest of local residents and visitors.

The aim of the paper is to point out the possibilities of the development of the microregion and its further direction in the field of tourism on the basis of relatively clean natural environment and interesting attractions such as Oponice Castle and seven mansions concord.

When writing the article we used mainly the method of gathering information sources, historical-geographical method, method of explanatory description, comparative method and system method.

The first part of the paper characterizes the microregion in terms of physical and human geography. The second part deals with the current activities of the microregion. In the results and discussion, we evaluated the current state of the LAG SVORNOSŤ microregion mainly in terms of strengths and weaknesses by means of SWOT analysis.

Key words: tourism, tourism development potential, microregion LAG SVORNOSŤ

Úvod

Územie mikroregiónu MAS SVORNOSŤ tvorí v súčasnosti 14 obcí – Belince, Čermany, Čeľadince, Dvorany nad Nitrou, Horné Obdokovce, Chrabrany, Kamanová, Kovarce, Ludanice, Nitrianska Streda, Oponice, Preseľany, Solčany a Súlovce. Každá obec ponúka turistom niečo iné – historické informácie o vzniku obci, významné archeologické náleziská, historické pamiatky a pamätihodnosti či jedinečnosti prírody.

Medzi výhody územia nesporne patrí prírodné bohatstvo, bohaté kultúrne dedičstvo a história územia, ktorú prezentujú zachované zvyky a tradície. Špecifikom mikroregiónu je jeho rôznorodosť krajinnej štruktúry a podmienky pre aktívny relax a oddych miestnych obyvateľov i návštevníkov. Jeho poloha a lokalizácia je výhodou z hľadiska dostupnosti a možností ekonomického rozvoja. Na území mikroregiónu sa nachádzajú 3 náučné chodníky, ktoré vznikli vďaka Združeniu mikroregiónu MAS SVORNOSŤ v spolupráci s LEADER. Základnou líniou prístupu LEADER je výhradne podpora rozvoja

vidieckych oblastí. Ide o taký prístup myslenia, ktorý predstavuje mobilizáciu a realizáciu rozvoja vidieka.

Zámerom mikroregiónu MAS SVORNOSŤ je podporovať obyvateľov vidieka, aby na základe vzájomnej spolupráce rozhodovali o svojej budúcnosti, aby rozmýšľali nad potenciálom a smerovaním rozvoja oblastí, v ktorých žijú, a aby spoločne realizovali „vysoko kvalitné“ a originálne rozvojové stratégie. Miestna akčná skupina je pomenovanie špecifického typu vzájomnej spolupráce zástupcov verejnej správy, podnikateľov, miestnych spolkov a združení.

Cieľom príspevku je poukázať na možnosti rozvoja územia mikroregiónu a jeho ďalšie smerovanie v oblasti cestovného ruchu.

1 Teoreticko-metodické východiská problematiky

Naším prvým krokom bola práca s dokumentom Integrovaná stratégia rozvoja územia Združenia mikroregiónu SVORNOSŤ [1], kde sme využili metódu zhromažďovania informačných zdrojov. Tento dokument nám poskytol najväčšie množstvo informácií o mikroregióne.

Dôležité informácie ohľadom počtu obyvateľov obcí mikroregiónu sme získali zo Štatistického úradu Slovenskej republiky [2]. Pracovali sme i s oficiálnou stránkou mikroregiónu MAS SVORNOSŤ [3], ktorá nás oboznámila z celou históriou mikroregiónu – od jeho prvých krokov založenia až po súčasnosť, kde sme využili historicko-geografickú metódu.

Užitočné poznatky o Oponickom hrade [4], múzeu [4], náučných chodníkoch [5, 6, 7] a predovšetkým vybavenosť obcí sme spracovali vďaka oficiálnym stránkam obcí [8, 9, 10, 11, 12

Získané údaje a fotografie sme triedili a spracovali. Metódu vysvetľujúceho opisu sme uplatnili pri vymedzení územia mikroregiónu. Komparatívnu metódu sme použili vo SWOT analýze, kde sme charakterizovali silné a slabé stránky mikroregiónu. Zásluhou systémovej metódy sme vytvorili logický súvislý text.

2 Vymedzenie a základná charakteristika mikroregiónu MAS SVORNOSŤ

Mikroregión sa nachádza na severe Nitrianskeho kraja, v okrese Topoľčany s rozlohou 179,54 km^2. Na severe regiónu leží okresné mesto Topoľčany, juhozápadným smerom krajské mesto Nitra. MAS SVORNOSŤ tvorí 14 obcí, kde žije 14 210 obyvateľov (k 31.12.2019) [2].

Územie sa nachádza na rozhraní Panónskej panvy a Karpát. Panónska panva zasahuje do územia oblasťou Podunajskej pahorkatiny, ktorá zasahuje z juhu dvomi oddielmi – Nitrianskou pahorkatinou a Nitrianskou nivou. Z juhu a juhovýchodu predstavuje horskú obrubu pohoria Tribeč. Toto pohorie je tvorené prevažne veľmi odolnými horninami, z ktorých v jadre prevládajú granodiority a ruly, s obalmi z odolných karbonátových hornín - dolomitov a vápencov.

Toto územie zaraďujeme do mierneho kontinentálneho podnebia. Ročne spadne v území priemerne 600 – 800 mm zrážok, pričom najviac zrážok pripadá na letné obdobie (približne 60%) [1].

V Nitrianskej pahorkatine dominujú spraše a sprašové hliny. Z pôdnych typov sa preto na území obcí vyskytujú v prevažnej miere hnedozeme. Na Nitrianskej nive zasa dominujú fluvizeme.

Územie MAS možno považovať za prevažne vidiecky región. Viac ako 64% územia tvorí poľnohospodárska pôda a 27% lesné pozemky, spestrením sú plochy viníc a ovocných sadov. Necelé 2 % tvoria vodné plochy - rieka Nitra, miestne toky a vodné nádrže Horné Obdokovce a Bodok [3].

Do uvedeného priestoru zasahuje viacero chránených území lesostepnej teplomilnej ponticko – panónskej flóry a fauny. Časť územia, do ktorého patria obce Oponice, Súlovce, Nitrianska Streda a Solčany, je účasťou veľkoplošného chráneného územia CHKO Ponitrie.

V mikroregióne sa nachádzajú 4 maloplošné chránené územia [1]:

1) Národná prírodná rezervácia Hrdovická - obec Nitrianska Streda,
2) Prírodná rezervácia Solčiansky háj - obec Solčany,
3) Prírodná pamiatka Belanov kút – obec Čeladince, Chrabrany a Kovarce,
4) Prírodná pamiatka Čermiansky močiar – obec Čermany.

Sústavu chránených území členských krajín Európskej únie (EÚ) reprezentuje NATURA 2000. Jej hlavným cieľom je zachovanie prírodného dedičstva, ktoré je významné nielen pre príslušný členský štát, ale najmä pre EÚ ako celok. Sústavu NATURA 2000 tvoria v mikroregióne tieto typy území [1]:

1) chránené vtáčie územie Tribeč
2) územia európskeho významu Hôrky

Výhodou z hľadiska polohy a lokalizácie je rozloženie územia MAS SVORNOSŤ medzi mestami Topoľčany a Nitra. Územie je prepojené s okresným mestom Topoľčany a krajským mestom Nitra štátnou

cestou I/64, ktorá spája mestá Žilina a Komárno, ďalej cestou II. triedy č. 593 (spájajúcou mestá Nitra a Partizánske) a železničnou traťou č. 140 Nové Zámky – Prievidza.

V polovičnej miere podhorský (územie pod Tribečom) a z druhej polovice nížinný charakter územia (pozdĺž povodia rieky Nitry) s dlhodobou tradíciou poľnohospodárstva a lesníctva, s perspektívou rozvoja vidieckeho cestovného ruchu patrí nesporne medzi výhody mikroregiónu. Od rieky Nitra sa odvíjajú zaujímavé zákutia v území – mŕtve ramená, ktoré slúžia ako chovné a lovné rybárske revíry. Pohorie Tribeč poskytuje mnoho príležitostí pre lov raticovej zveri v lesných revíroch a možnosti oddychu a relaxácie v prírodnom prostredí CHKO Ponitrie. Najväčšou nevýhodou v súčasnosti je nadmerné zaťaženie územia nákladnou a osobnou dopravou, najmä v obciach, cez ktoré prechádza cesta I/64. Na druhej strane poloha územia v blízkosti krajského mesta eliminuje záujem obyvateľov o vnútorný spoločenský život v území, čo má negatívny dopad na rôzne rozvojové aktivity (nezáujem obyvateľov) [1].

3 Z histórie vzniku mikroregiónu

Prvé kroky k vytvoreniu verejno-súkromného partnerstva sú datované od roku **1993**, kedy sa zástupcovia obcí Chrabrany, Ludanice, Dvorany nad Nitrou, Kamanová, Belince, Preseľany, Hrušovany a Koniarovce začali stretávať za účelom riešenia spoločných problémov. Vzájomná spolupráca týchto ôsmich obcí dospela k tomu, že založia občianske združenie.

O tomto kroku sa rozhodlo **12.4.1999** na schôdzi za účasti všetkých volených zástupcov jednotlivých obcí, ktorí samostatne za každú obec schválili vstup obce do Združenia mikroregiónu SVORNOSŤ (obr. 1) a stanovy tohto združenia. Zápisnica a uznesenia z tejto schôdze boli podkladom k registrácii združenia na Ministerstve vnútra SR. Najvyšším orgánom bola členská schôdza a ďalšími orgánmi v zmysle stanov boli predsedníctvo a združenie navonok zastupoval predseda.

Obr. 1 Logo združenia Mikroregiónu Svornosť
Zdroj: [3]

Dňa **13.05.1999** pod č. VVS/1-900/90-15015 bolo združenie mikroregiónu SVORNOSŤ registrované v zmysle zákona SNR č. 83/1990 Zb. o združovaní občanov.

Proces budovania partnerstva sa začal od roku **2001** prostredníctvom rozsiahlej činnosti a aktivít združenia. V roku **2003** sa rozrástlo združenie o obec Čermany a obec Horné Obdokovce. Významným medzníkom vo formovaní partnerstva bol rok **2006**, keď za členov združenia boli prijatí zástupcovia neziskového, občianskeho, podnikateľského sektora a fyzické osoby.

Pokračovanie línie združenia spoločne sa podieľať na rozvoji mikroregiónu sa premietlo do naštartovania aktivít smerujúcich k zapojeniu sa do prípravy na integrovaný rozvoj vidieka. Na základe tejto iniciatívy sa 17. marca **2006** stretli zástupcovia združenia s volenými zástupcami obcí mikroregiónu Západný Tribeč za účelom spoločného postupu pri príprave na prístup LEADER. Výstupom tohto stretnutia bolo rozhodnutie obecných zastupiteľstiev zúčastniť sa na spoločnom projekte „Stratégie rozvoja vidieka a príprava miestnych odborných kapacít prístupom LEADER“, ktorý bol financovaný z rozpočtu Nitrianskeho samosprávneho kraja. Po ukončení tohto projektu v roku **2008** vstúpili obce mikroregiónu Práznovce, Krnča, Solčany, Nitrianska Streda, Čeľadince, Oponice a Súlovce do Združenia mikroregiónu SVORNOSŤ a zároveň sa členmi združenia stali aj ďalší zástupcovia podnikateľského a neziskového sektora. V takomto zložení sa uchádzali o finančné prostriedky Európskej únie z Programu rozvoja vidieka SR na roky 2007 – 2013.

Cesta k vytvoreniu mikroregiónu, ktorého cieľom je rozvíjať svoje územie a napredovať, bola dlhá a náročná. Svojím aktívnym prístupom všetkých členov, vzájomným rešpektom, dôverou a toleranciou sa podarilo realizovať európsky prístup LEADER, teda zodpovedne rozhodovať o projektoch, ktoré budú prínosom pre občanov regiónu [3].

4 Špecifiká mikroregiónu

Základ portfólia cestovného ruchu predstavuje *Oponický hrad* (obr. 2). Hrad sa nachádza na západnom výbežku pohoria Tribeč nad obcou Oponice.

Obr. 2 Oponický hrad – súčasný stav
Zdroj: [13]

Prvá písomná zmienka o hrade pochádza z roku 1300. Za zakladateľov a prvých vlastníkov hradu sa považujú Čákovci. Hrad bol veľmi dobre opevnený, dominantou bola jeho mohutná veža Tereš, ktorá počas tureckých vojen slúžila ako „trezor", svoje cennosti si sem ukladali zemania zo širokého okolia. Turkom sa Oponický hrad nikdy nepodarilo dobyť. Jeho osud však spečatil v prvej polovici 18. storočia sám cisár, ktorý ho dal, podobne ako mnoho iných slovenských hradov, po skončení uhorských stavovských povstaní vážne poškodiť, aby sa nemohol stať útočiskom odbojnej šľachty. V 19. storočí sa stal vďačným námetom spisovateľov, básnikov či maliarov, ktorí tu nachádzali pokoj a inšpiráciu. Po druhej svetovej vojne bol sporadicky udržiavaný asi do 60. rokov. Konali sa tu oponické majálesy, ale postupne sa upustilo aj od týchto podujatí, hrad začal chátrať a zarastať náletovými kríkmi a drevinami. Na lepšie časy začalo hradu svitať v roku 2000, kedy skupina nadšencov založila v Oponiciach *Občianske združenie Apponiana*, ktorého cieľom bola záchrana Oponického hradu ako dominanty Oponíc a tohto regiónu. Odvtedy sa podarilo hrad vyčistiť od stoviek náletových drevín a stromov, ktoré vyrastali z hradných múrov, spomaliť deštrukciu muriva a pravidelným kosením a likvidovaním týchto škodlivých drevín zabrániť pokračujúcej deštrukcii hradného areálu. Dobrovoľníkom sa dokonca podarilo dobudovať vežu Tereš, kedysi významnú dominantu hradu. Zrúcanina Oponického hradu je dnes obľúbeným cieľom turistov [4].

V rámci projektu MAS SVORNOSŤ *„Spoznávame krásy našich regiónov"* boli v septembri 2014 vybudované 3 náučné chodníky [3].

Prvým z nich je **Náučný chodník na Oponický hrad** - vedie z obce Oponice na hrad. Jeho trasa je dlhá 3,3 kilometra a má tri zastávky s informačnými panelmi. Poskytujú informácie nielen o faune a flóre pohoria Tribeč, ale aj o kultúrno – historickom dedičstve obce Oponice. Umiestnené sú na 3 miestach [5]:

1. pri Apponyiho múzeu – veľká tabuľa o hrade v 3 jazykoch, kde turisti dostanú prvotné informácie o tejto dominante,
2. pri Oponickom potoku,
3. pri čerešňovom sade.

Trasa náučného chodníka (obr. 3) vedie po zelenej turistickej značke a končí na Oponickom hrade.

Obr. 3 Trasa náučného chodníka na Oponický hrad
Zdroj: [14]

Druhým z nich je **Náučný chodník Nitrianska Streda – Dvorany nad Nitrou – Ludanice.** Začína v obci Nitrianska Streda, pred obecným úradom a vedie po hrádzi rieky Nitra. Celkovú dĺžku má 11,5 km. Obsahuje 6 zastávok s informačnými panelmi, tematicky zameranými na prírodné bohatstvo, faunu a flóru Nitrianskej nivy a poľovníctvo. Trasa chodníka vedie zákutiami rieky Nitra smerom k rybníku v Dvoranoch a končí v areáli poľovníckej strelnice v Ludaniciach. V obci Nitrianska Streda pôsobí Klub slovenských turistov Borina Nitrianska Streda, ktorý organizuje rôzne turistické podujatia a pravidelné výstupy na národnú prírodnú rezerváciu Hrdovická, Mišov vrch, Javorový vrch a iné. Organizujú zimné a letné zrazy turistov. Na hranici území obcí Solčany a Nitrianska Streda, vo východnej časti, vedie *modrá turistická trasa* v smere Solčany – Dekanova chata - Medvedí vrch – Malý Tribeč. Po hrebení pohoria Tribeč, na hranici obcí Nitrianska Streda a Velčice, vedie *červená turistická trasa*, Ponitrianska magistrála – Nitra (Zobor) – Veľké Pole – Handlová [6].

Tretí náučný chodník slávnostne otvorilo Združenie MAS SVORNOSŤ 1. septembra 2014 v obci Solčany (obr. 4). Trasa **náučného chodníka, ktorý vedie zo Solčian na Veľký Tribeč,** pozostáva zo šiestich informačných tabúľ (za domom kultúry, pri starej horárni, pri ovocnom sade, na Polesí, pri Dekanovej chate, a posledná informačná tabuľa je pri „zástavke") o faune a flóre, prírode lesov v území. Náučný chodník vedie po existujúcej turistickej trase po *modrej turistickej značke*. Východiskovým bodom je kultúrny dom v Solčanoch [5].

Obr. 4 Informačná tabuľa v obci Solčany
Zdroj: [7]

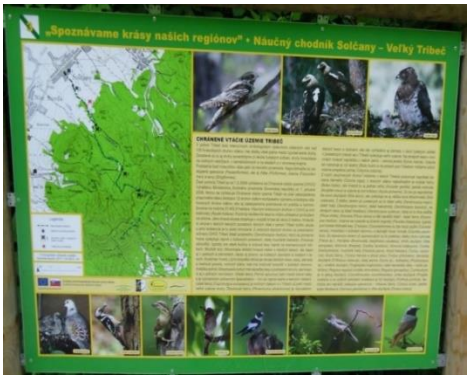
Prvá informačná tabuľa (Chránená krajinná oblasť Ponitrie) objasňuje názov chráneného územia od roku 1985 na rozlohe 37 655 ha. Zahŕňa pohorie Tribeč a Vtáčnik. Hlavným predmetom ochrany sú súvislé lesné porasty, ktoré sú v južnej časti CHKO veľmi bohaté na teplomilné dreviny. Územie CHKO Ponitrie je svojimi jedinečnými prírodnými pomermi a pestrou druhovou skladbou výnimočnou ukážkou vývoja fauny a flóry v Karpatskom oblúku. Rastie tu viac ako 1200 druhov vyšších rastlín, zo živočíchov tu bolo zistených viac ako 55 000 druhov. A práve pre tieto neoceniteľné prírodné hodnoty bola podstatná časť územia CHKO Ponitrie zaradená do zoznamu navrhovaných území európskeho významu, ktoré sú súčasťou budovanej súvislej európskej siete chránených území NATURA 2000.

Druhá informačná tabuľa popisuje chránené územia na náučnom chodníku.

Tretia informačná tabuľa (obr. 5) venuje pozornosť Chránenému vtáčiemu územiu Tribeč. Predmetom ochrany sú nasledovné druhy vtákov: ďateľ prostredný *(Dendrocopos medius),* hrdlička poľná *(Streptopelia turtur)*, krutihlav hnedý *(Jynx torquilla),* lelek lesný *(Caprimulgus europaeus),* muchár sivý *(Muscipapa striata),* muchárik bielokrký *(Ficedula albicollis),* orol kráľovský *(Aquila heliaca),* penica jarabá *(Sylvia nissoria),* prepelica poľná *(Coturnix coturnix),* včelár lesný *(Pernis apivorus),* výr skalný *(Bubo bubo)* a žltochvosta hôrneho *(Phoenicurus phoenicurus)*.

Štvrtá informačná tabuľa popisuje rastlinstvo a posledné dve, piata a šiesta, charakterizujú výskyt živočíchov na území [7].

Zaujímavosťou mikroregiónu je aj kaštieľ v Oponiciach. Z pôvodnej kamennej stavby vznikalo v 16. a 17. storočí majestátne sídlo starého uhorského šľachtického rodu Apponyi.



Obr. 5 Informačná tabuľa - Chránené vtáčie územie Tribeč
Zdroj: [7]

Je to jediný luxusný historický hotel s 20tisícovou barokovou knižnicou na Slovensku, ktorý sa pýši nielen bohatou históriou s množstvom osobností, ale aj svojím „povstaním z popola ruín" v rokoch 2007 – 2011. Apponyiovci boli významným uhorským rodom a v časoch osvietenstva a vlády Márie Terézie patrili k najvýznamnejším a najbohatším rodom v Uhorsku. V prípade záujmu tento kaštieľ ponúka návštevníkom sezónnu gastronómiu, moderné vybavenie, ubytovanie, športové aktivity, wellness centrum (obr. 6) či jedinečnú knižnicu, ktorá prenesie v čase do dávnej minulosti [4].

Mikroregión MAS SVORNOSŤ disponuje aj viacerými materskými školami, základnými školami či športovými a kultúrnymi oddielmi. V obciach vyvíjajú svoje aktivity aj dobrovoľné občianske združenia ako napríklad miestny klub Slovenský orol v Ludaniciach. (obr. 7)

Obr. 6 Wellness centrum v Oponickom kaštieli
Zdroj: [4]

Obr. 7 Miestny klub Slovenský orol v Ludaniciach
Zdroj: [8]

Slovenský orol v Ludaniciach je samostatným dobrovoľným a nepolitickým občianskym združením dospelých, detí a mládeže bez vekového obmedzenia, zameraným na telovýchovu, športovú a turistickú činnosť doplnenú o kultúru, osvetovú činnosť s dôrazom na kresťanskú orientáciu, tradície sv. Cyrila, sv. Metoda a sv. Gorazda. V činnosti majú svoje pevné a neodmysliteľné miesto cyklopúte, ktoré sú prameňom duchovných milostí - napríklad cyklopúť do Nitrianskej Blatnice na Rotundu sv. Juraja, cyklopúť do obce Dražovce na vigíliu Sv. Ducha, cyklopúť do Nitry na sviatok sv. Cyrila a Metoda, cyklopúť do Topoľčianok, výstup na Tribeč na sviatok Sedembolestnej Panny Márie [8].

V obci Nitrianska Streda pôsobí ženská spevácka skupina Streďanka, v obcí pôsobí od roku 1985 a v súčasnosti má 14 členov. Ženská spevácka skupina (obr. 8) sa zúčastňuje okresnej prehliadky speváckych skupín okresu Topoľčany. Svojimi programami obohacuje a spestruje kultúrny život v obci, zachováva ľudové tradície v piesni i slove a účinkuje na kultúrnych podujatiach v okolitých obciach [9].

Obr. 8 Ženská spevácka skupina Streďanka
Zdroj: [9]

Veľkou zaujímavosťou v obci Preseľany je divadelný súbor Rondo. Prvá zmienka o dedinskom divadle v Preseľanoch pochádza z roku 1920. Divadelný súbor založil Vojtech Šašváry, rodák zo Solčian. Prvé predstavenie súboru sa uskutočnilo dňa 26. decembra 1920, bola to hra s názvom Vykopaná žena. Do roku 1960 bolo odohraných 100 čisto len premiérových predstavení pod vedením niekoľkých režisérov. V roku 1955 sa na divadelnej skúške hry Škriatok v Preseľanoch, objavil vtedy režisér NKD Pavol Haspra, ktorý pomohol stvárniť postavy a dodal perspektívu ku ďalšej práci. V roku 1996 vznikol ochotnícky divadelný súbor Rondo. V spolupráci s TV LUX sa natočil nízkorozpočtový film Pán Ježiš na návšteve, kde si hlavnú úlohu zahrali Milan Ondrík a Zuzana Moravcová. [10].

Folklórny súbor Krnčianka (obr. 9) v obci Krnča má v súčasnosti 25 členov, učinkujúci vystupujú v pôvodnom krnčianskom kroji a používajú identické rekvizity [11].

Obr. 9 Folklórny súbor Krnčianka
Zdroj: [11]

Najúspešnejší futbalový odiel mikroregioónu je obecný futblový klub Hrušovany, ktorý vznikol v roku

1951. Od roku 1958 klub začal hrať oficiálnu sútaž. Od svojho vzniku má OFK Hrušovany za sebou bohatú históriu, počas ktorej sa vňom vystriedalo veľa funkcionárov, predsedov, trénerov ale i hráčov. OFK Hrušovany je klubom, ktorý vychoval mnoho dobrých futbalistov, ktorí hrávali i v najvyšších súťažiach republiky. Vrchol futbalu v Hrušovanoch boli deväťdesiate roky minulého storočia, kedy Hrušovany bojovali o postup do III. ligy [12].

Informácie o aktivitách mikroregiónu, o dianí v jednotlivých obciach a postupných krokoch, ktoré uskutočnuje v súvislosti s realizáciou rozvojového strategického programu typu Leader, informuje Občasník Združenia mikroregiónu SVORNOSŤ [3]. Občasník nájdeme na oficialnej stránke združenia http://www.mrsvornost.sk/index.php/obcasnik/. Ďalšie informácie o MAS sa nachádzajú na webovej stránke Úradu Nitrianskeho samosprávneho kraja www.unsk.sk/leader.

5 Projekty spolupráce

Významným projektom tohto združenia bol projekt spolupráce „Z Oponíc až na Tolštejn“ , ktorý sa realizoval od 1. januára 2012 do 6. júna 2013.V rámci realizácie projektu bolo uskutočnených niekoľko aktivít:

1. Spoločný seminár „Tvorba turistických balíčkov regiónu – vytváranie produktu, cenotvorba, ponuka“ v termíne 3. - 4. 5. 2012 v Ludaniciach.
2. Príprava a spracovanie 10 nových balíčkov turistických produktov vo forme spoločného katalógu turistických produktov (5 balíčkov turistických produktov MR SVORNOSŤ + 5 balíčkov turistických produktov MAS Šluknovsko).
3. Príprava a spracovanie spoločnej prezentácie regiónov.
4. Prezentácia turistických produktov na výstave Agrokomplex v Nitre (23. - 26.8.2018), animačné podujatie Stredovek na Oponickom hrade v termíne 28. - 30.9.2012 v Oponiciach a Súloviach.
5. Príprava propagačných materiálov turistických produktov – spoločný turistický sprievodca, spoločenská hra upozorňujúca na atraktivity regiónov, turistické mapy, drobné propagačné predmety – pečiatky, zriadenie turisticko-informačného centra v Oponiciach – získanie potrebných informácií ako vybudovať IC.
6. Záverečná konferencia projektu nadnárodnej spolupráce „Z Oponíc až na Tolštejn“ sa uskutočnila 8. - 10.4.2013 v Oponiciach.
7. Koordinácia spoločnej implementácie projektu – v rámci realizácie projektu boli uskutočnené dve koordinačné stretnutia, prvé v termíne 4. - 5.4.2012 v Solčanoch a druhé v dňoch 4. - 5.2.2013 vo Varnsdorfe [3].

Výsledky a diskusia

Prostredníctvom SWOT analýzy bol súčasný stav mikroregiónu MAS SVORNOSŤ charakterizovaný z hľadiska silných a slabých stránok. SWOT analýza bola kontinuálne spracovávaná vo viacerých intervaloch v rokoch 2003, 2006, 2008 a 2013. Základom bola informačná kampaň pre obyvateľov mikroregiónu s cieľom naštartovať „záujem obyvateľov“, aby sa vyjadrili k súčasnému a želanému stavu.

Medzi silné stránky mikroregiónu možno zaradiť bohatú históriu územia spojenú s významnými šľachtickými rodmi, významné kultúrnohistorické pamiatky a výrazné zastúpenie fungujúcich spoločenských organizácií. Zaraďujeme sem i prírodné prostredie s 3 náučnými chodníkmi a výborné dopravné prepojenie medzi okresným mestom Topoľčany a krajským mestom Nitra.

Slabými stránkami mikroregiónu je nedostatok viacúčelových športovísk, detských ihrísk a nevyhovujúci technický stav obecných budov a objektov spoločenského významu (domov smútku, hasičských zbrojníc, amfiteátrov), rovnako tak aj neudržiavané verejné priestranstvá, parky, či lávky [1].

Záver

Územie MAS SVORNOSŤ charakterizuje niekoľko typických znakov – lokalizácia mimo významných dopravných tranzitov, dlhodobá tradícia poľnohospodárskej prvovýroby a lesníctva a „závislosť“ na ponuke pracovných príležitostí v blízkych mestách. Na druhej strane nespornou výhodou je atraktivita prírodného prostredia, množstvo zaujímavých kultúrnych pamiatok spojených s históriou šľachtických a zemianskych rodín a dodnes zachované ľudové zvyky a tradície. Územie je svojím charakterom vhodné pre rozvoj vidieckeho cestovného ruchu s pokračovaním rozvíjania tradičných poľnohospodárskych činností.

Územie MAS SVORNOSŤ tak predstavuje atraktívne územie, ktoré disponuje ponukou oddychu a relaxu v prostredí pohorí Považský Inovec, Tribeč, Strážovské vrchy, po oboch stranách rieky Nitra [1].

Poďakovanie
Touto cestou ďakujem mojej školiteľke RNDr. Hilde Kramárekovej, PhD., za jej podporu pri písaní príspevku.

Použitá literatúra

[1] Integrovaná stratégia rozvoja územia Združenia mikroregiónu SVORNOSŤ [Citované: 29. február 2020] http://www.mrsvornost.sk/tl_files/download/Strategia/ISRU_MR_SVORNOST.pdf
[2] Štatistický úrad Slovenskej republiky [Citované: 3. marec 2020] https://slovak.statistics.skAZwqgiE!/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/
[3] Oficiálna stránka – MAS SVORNOSŤ [Citované: 8. marec 2020] http://www.mrsvornost.sk/index.php/zdruzenie-mikroregionu-svornost/
[4] Oficiálna stránka – Chateauappony.sk [Citované: 12. marec 2020] https://www.chateauappony.sk/hotel/okolie
[5] Topolcany.dnes.24.sk [Citované: 12. marec 2020] https://topolcany.dnes24.sk/radost-pre-turistov-nove-naucne-chodniky-na-velky-tribec-aj-oponicky-hrad-185388
[6] Územný plán obce Nitrianska Streda [Citované: 12. marec 2020] https://www.nitrianskastreda.sk/download_file_f.php?id=903771
[7] Oficiálna stránka – Náučné chodníky.sk [Citované: 12. marec 2020] http://naucnechodniky.eu/naucny-chodnik-solcany-velky-tribec/
[8] Oficiálna stránka - obec Ludanice [Citované: 12. marec 2020] http://www.obecludanice.sk/slovensky-orol.html
[9] Oficiálna stránka – obec Nitrianska streda [Citované: 12. marec 2020] https://www.nitrianskastreda.sk/zenska-spevacka-skupina-stredanka/ll/1/sm/39076/.html
[10] Divadlo Preseľany. [Citované: 12. marec 2020] http://www.divadlopreselany.szm.com/onas.html
[11] Folklórny súbor Krnčianka. [Citované: 15. marec 2020] http://www.jankohrasko.sk/folklorc/911/folklorne-subory/1778/folklorny-subor-krncianka/
[12] Oficiálna stránka – Obec Hrušovany [Citované: 15. marec 2020] http://www.hrusovany.sk/obecny-futbalovy-klub.html
[13] Internetový zdroj. [Citované: 27. marec marec 2020] http://www.vypadni.sk/sk/oponicky-hrad
[14] Internetový zdroj. [Citované: 26. marec 2020] http://www.spoznaj.eu/na-hrad-oponice-vylet

Zaujímavosti mesta Krásno nad Kysucou ako motív rozvoja cestovného ruchu

Attractions of Krásno nad Kysucou as a motiv of tourism development

Nina Jakubcová[1]
Školiteľ: Hilda Kramáreková[2]
[1,2]Katedra geografie a regionálneho rozvoja, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra,
[1] nina.jakubcova@student.ukf.sk, [2] hkramarekova@ukf.sk

Abstrakt

Zaujímavosti mesta Krásno nad Kysucou sú jedným z impulzov rozvoja cestovného ruchu v tejto oblasti. Cieľom článku je informovať o atraktivitách najmladšieho mesta mikroregiónu Bystrická dolina ako motívu rozvoja cestovného ruchu.

V prvej kapitole článku charakterizujeme teoreticko-metodické východiská problematiky a v druhej v stručnosti históriu a geografiu mesta. Najzaujímavejší most, najväčší kostol, najmodernejší športový areál a iné zaujímavosti mesta sú spracované v tretej kapitole.

V rámci každej kapitoly bola použitá metóda vysvetľujúceho opisu. Získané informácie sú vizualizované formou mapy, obrázkov a tabuľky. Vzhľadom na to, že článok sa zaoberá pamiatkami, kultúrnym dedičstvom, novopostavenými objektami i prírodnými zaujímavosťami, boli využité aj metódy terénneho výskumu. Celá práca bola systémovou metódou rozdelená na kapitoly a podkapitoly.

Kľúčové slová: Krásno nad Kysucou, Bystrická dolina, história, geografia, zaujímavosti

Abstract

The attractions of the town Krásno nad Kysucou are one of the impulses of tourism in this area. The aim of the article is to inform about the attractiveness of the youngest town in the Bystrická dolina microregion. In the first chapter of the article we describe the theoretical and methodological basis of the problem and in the second chapter briefly history and geography of the town. The most interesting bridge, the largest church, the most modern sports complex, and other attractions are elaborated in the third chapter.

A method of explanatory description has been used in each chapter. The obtained information is visualized in the form of a map, pictures and a table. Given that the article deals with monuments, cultural heritage, newly built objects and natural attractions, we also used methods of field research. The whole work was divided by system method into chapters and subchapters.

Keywords: Krásno nad Kysucou, Bystrická dolina history, geography, interesting facts

Úvod

Mesto Krásno nad Kysucou je jedným zo štyroch miest na Kysuciach (Kysucké Nové Mesto, Čadca, Turzovka) a je považované za vstupnú bránu do Bystrickej doliny. Prvá zmienka o obci, neskôr meste, sa datuje v roku 1325, kedy neobývané územie patrilo dedičnému richtárovi Jánovi Petzoldovi, ktorý ho dostal od krajinského sudcu a kastelána považsko-bystrického hradu Alexandra Héderváriho.

Od roku 1325 až do súčasnosti prešlo mesto viacerými zmenami. V roku 2001 dostala obec štatút mesta a v tomto období už mesto zaznamenalo prudký rozvoj. Začalo sa s výstavbou nových bytových jednotiek, domov, parkovísk, ihrísk, námestia, priemyselných závodov, ktoré zvýšili reprezentatívnosť mesta. Do mesta sa sťahovalo čoraz viac rodín a Krásno nad Kysucou po dlhom čase mohlo hovoriť o celkovom prírastku obyvateľstva. Avšak ako sa spomína nižšie v texte, posledných desať rokov zaznamenávame čoraz vyšší úbytok obyvateľstva v dôsledku nízkeho počtu pracovných miest.

Cieľom článku je informovať o atraktivitách najmladšieho mesta mikroregiónu Bystrická dolina ako motívu rozvoja cestovného ruchu.

1 Teoreticko-metodické východiská problematiky

Prvým krokom k vypracovaniu článku bolo zhromaždenie printových a elektronických zdrojov, z ktorých sme čerpali informácie. Printové zdroje sme

získali v Mestskej knižnici Krásno nad Kysucou. Základné informácie o meste sme získali zo zdrojov [12] a [19].

Podkapitola s názvom Z histórie obce bola spracovaná z knihy Krásno nad Kysucou – prechádzky storočiami [9]. Symboly obce sme získali priamo z oficiálnej internetovej stránky mesta [5]. Pri spracovaní podkapitoly o geografii obce sme čerpali informácie z dvoch dokumentov, tzn. z územného plánu mesta [2] a z dokumentu Program hospodárskeho a sociálneho rozvoja mesta Krásno nad Kysucou na roky 2007 - 2016 [1]. Príručka pre používanie máp bonitovaných pôdno-ekologických jednotiek [8] nám pomohla identifikovať jednotlivé pôdy územia. Výskyt fauny a flóry sme spracovali podľa Atlasu krajiny Slovenskej republiky [11], Katalógu biotopov Slovenska [3] a Európsky významných biotopov na Slovensku [4]. Vývoj počtu obyvateľov sme spracovali prostredníctvom internetovej stránky Štatistického úradu SR [12]. Naj ... zaujímavosti mesta boli získané z knihy Krásno nad Kysucou – prechádzky mestom [10]. Na spracovanie informácií o najmodernejšom športovom komplexe sme využili oficiálnu stránku areálu [7]. Podkapitola o sútoku Kysuce s Bystricou bola spracovaná z internetovej stránky Natura 2000 [16]. Informácie o Čertovej skale spracovala Ľubica Podoláková v knihe Prechádzky osadami Krásna nad Kysucou [17]. Obrázky, tabuľka a mapy v článku boli prevzaté z viacerých internetových zdrojov [5, 6, 12, 13, 14, 15, 16]. V závere článku sme využili informácie súvisiace s cestovným ruchom od Michniaka [18].

Po získaní všetkých potrebných informácií sme ich spracovali do článku. Najviac využívanou bola metóda vysvetľujúceho opisu, ktorá je použitá v každej kapitole. Pri návšteve mesta boli využité aj metódy terénneho výskumu a metódy pozorovania.

Systémovou metódou bol článok rozdelený na kapitoly a podkapitoly.

2 Vitajte v meste Krásno nad Kysucou

Krásno nad Kysucou (obr. 1), s počtom obyvateľov 6 790 (k 31.12.2018) [12], leží na severe Slovenska v okrese Čadca v Žilinskom kraji. Mesto je hospodárskym, kultúrnym a obchodným centrom MAS Bystrická dolina, ktorá má 8 obcí vrátane Krásna nad Kysucou.

Mesto hraničí na severovýchode s dedinou Oščadnica, na severozápade s okresným mestom Čadca, na juhu s obcami Dunajov, Kysucký Lieskovec a Ochodnica a na východe s obcou Zborov nad Bystricou a Klubina (mapa 1). Krásno nad Kysucou leží na sútoku riek Kysuca a Bystrica, na úpätí pohoria Kysucké Beskydy zo severnej strany, Javorníkov z juhozápadu a Kysuckej vrchoviny z juhu. Celková rozloha územia dosahuje 2 777 ha. Nadmorská výška stredu mesta je 384 m n. m. V porovnaní s hustotou Slovenska (111,23 obyvateľa/km^2) patrí k silno zaľudneným mestám, pretože priemerná hustota obyvateľstva je 244,5 obyvateľov/km^2. V súčasnosti je mesto rozdelené na 4 mestské časti – Blažkov, Kalinov, Krásno nad Kysucou stred a Zákysučie [19].

Mapa 1 Lokalizácia mesta Krásno nad Kysucou
Zdroj: [14]

Obr. 1 Mesto Krásno nad Kysucou
Zdroj: [15]

2.1 Z histórie mesta

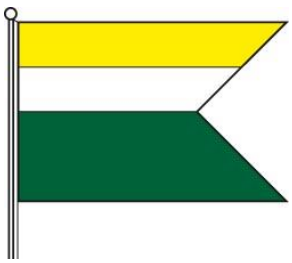
Krásno nad Kysucou patrí medzi najstaršie obce na Kysuciach a istý čas bolo aj obcou najväčšou. Prvá písomná zmienka o obci sa datuje v roku 1325. V tomto roku dostal Ján Petzold do dedičnej dražby opustenú dedinu Krásno od krajinského sudcu a kastelána považsko-bystrického hradu.

Názov mesta prešiel mnohými zmenami. Na Slovensku existuje niekoľko obcí, ktoré vo svojom názve nesú základ Krás- (Krásn-), napr. Krásno pri Nitre, Krásnohorské Podhradie, Krásna Lúka, Krásna Hôrka

a v neposlednom rade aj samotné Krásno nad Kysucou. Historici sa domnievajú, že pojem Krásno vznikol z toho, že išlo naozaj o krásne územie, s množstvom kopcov, stromov a s krištáľovo čistou riekou Kysuca s prítokom Bystrice. Latinčina, maďarčina a slovenčina zanechala v názve svoje stopy. V prvej písomnej zmienke (1325) je uvádzaná obec ako Krasna. Neskôr v roku 1352 sa píše ako Crassna. Potom je to mnoho iných názvov, ako Krasno (1508), Krászno (1773), Kraszan (1786). V 19. storočí je zaznamenaných najviac zmien – v roku 1808 Kiszuca-Krászno, Ujkrászno (1873). Súčasný názov sa začal používať až v roku 1927. [9]

Medzi symboly mesta patrí erb (obr. 2), vlajka (obr. 3) a pečať (obr. 4). Erb tvorí zelený štít, kde sa pod zlatým polmesiacom nachádza strieborný vzlietajúci holub v zlatej zbroji, stojaci na zlatej, perlami a rubínmi zdobenej korune. Koruna je ovenčená sprava troma zlatými klasmi a zľava zlatou lipovou vetvičkou. V dostupnej literatúre, či už v printovej alebo v elektronickej, sa nenachádza presný popis, čo erb znamená. Uvádza sa len, že základom pre jeho vznik bola pečať z roku 1752. Vlajka mesta pozostáva z troch pozdĺžnych pruhov vo farbách žltej, bielej a zelenej. Vlajka má pomer strán 2:3 a ukončená je tromi cípmi. Pečať má tvar kruhu, uprostred ktorého sa nachádza mestský erb a kruhopisom znázornený názov mesta Krásno nad Kysucou. [5]

Obr. 2 Erb mesta Krásno nad Kysucou
Zdroj: [5]



Obr. 3 Vlajka mesta Krásno nad Kysucou
Zdroj: [5]

Obr. 4 Pečať mesta Krásno nad Kysucou
Zdroj: [5]

Prelomovým rokom pre mesto bol rok 2001, kedy Krásno nad Kysucou oficiálne vyhlásili za mesto. Dňa 14. júna 2001 sa poslanecký zbor NR SR rozhodol, že na Slovensku od 1. septembra pribudnú dve nové mestá, a to Krásno nad Kysucou a Šaštín-Stráže.

2.2 Z geografie mesta

Geologický podklad okolo rieky Kysuca tvoria nivné sedimenty. V ostatných územiach mesta (aj na celom území Kysúc) prevláda flyšové pásmo s premenlivým podielom pieskovcov, ílovcov a slieňovcov vo vnútrokarpatskom paleogéne v Magurskej a Račianskej jednotke. Pre flyšové pásmo sú typickými negatívnymi javmi zosuvy a erózia pôdy.

Z hľadiska geomorfologického členenia Slovenska možno územie Krásna nad Kysucou zaradiť do oblasti Slovensko-moravských a Stredných Beskýd, ktoré sú súčasťou provincie Západných Karpát. Centrálna časť mesta leží v Krásňanskej kotline, do severnej časti Kalinova (po rieku Bystrica) zasahujú Kysucké Beskydy podcelkom Rača, južná časť Kalinova, ako aj Blažkov a Drozdov patria do podcelku Vojenné a Zákysučie v Javorníkoch je rozdelené medzi Rakovskú hornatinu na severe a Ochodnickú vrchovinu na juhu [1].

Na klimatické pomery mesta vplýva najmä geografická poloha a nadmorská výška. Územie je súčasťou širšej oblasti ležiacej na rozhraní oceánskeho a kontinentálneho podnebia. Rozdiely medzi letom a zimou zmierňuje oceánske prúdenie, ktoré má za následok aj zvýšený výskyt hmiel, spôsobuje väčšiu oblačnosť a väčšie množstvo zrážok. Mesto patrí do mierne teplej, veľmi vlhkej až chladnej oblasti. Priemerná teplota vzduchu v júli dosahuje 16 – 18 °C a naopak priemerná teplota v januári zväčša klesne pod 0 °C, resp. -4 až -5 °C. Ročný úhrn zrážok predstavuje 850 - 1000 mm a priemerná maximálna výška snehovej pokrývky je do 50 cm.

Z hydrologického hľadiska môžeme povedať, že mesto patrí k povodiu Kysuce. Územie je odvodňované riekou Kysuca a jej prítokom – riekou Bystrica. Oba toky sa vyznačujú vysokými, ale nevyrovnanými odtokmi vzhľadom na intenzívny povrchový odtok z územia. Údolná niva Kysuce má z hydrologického hľadiska veľký

význam, pretože má veľmi dobrú až dobrú pórovitú priepustnosť. Zvyšok územia, ktorý je tvorený flyšovými horninami s veľmi slabou puklinovo-vrstvovou priepustnosťou, má malý význam [2].

Z pôdnych typov sú typické fluvizeme, ktoré sa nachádzajú v širšom území okolo rieky Kysuca, kde sa voda nachádza dlhodobo v hĺbkach. Fluvizeme sa vytvorili na aluviálnych náplavoch a fluviálnych štrkopieskoch. Na severovýchod, ale v určitej časti aj na východe od vodného toku Kysuca, sa na minerálne bohatých zvetralinách flyša vytvorila kambizem. Z pôdnych druhov treba spomenúť najmä stredne ťažké pôdy hlinité, ktoré tvoria kambizeme na flyši a v južnej časti mesta tvoria aj fluvizeme. Druhým pôdnym druhom sú stredne ťažké pôdy – piesočnatohlinité, ktoré predovšetkým tvoria kambizeme typické na minerálne bohatých zvetralinách flyša [1,8].

Z fytogeografického hľadiska patrí územie mesta do oblasti Stredných Beskýd, celku Kysucká vrchovina, oddielu Krásňanská kotlina. Oblasť mesta je z väčšej časti zalesnená. Jeho východná časť patrí do CHKO Kysuce. V okolí vodného toku rieky Kysuca nájdeme najmä horské jelšové lužné lesy so zastúpením najmä jelše sivej *(Alnus incana)*. Zo zoogeografického hľadiska sa v týchto lesoch vyskytujú najmä druhy ako piskor obyčajný *(Sorex araneus)*, piskor malý *(Sorex minutus)*, sviňa divá *(Sus scrofa)*, kuna lesná *(Martes martes)*, hrdlička poľná *(Streptopelia turtur)*, sova lesná *(Strix aluco)*. Osobitne sú cenné vodné biotopy so zisteným výskytom viacerých druhov rýb európskeho významu, napr. pĺž zlatistý *(Sabanejewia aurata)*, hlaváč bielobruchý *(Cottus gobio)*, hlavátka podunajská *(Hucho hucho)*. Zo semiterestrických živočíchov treba spomenúť najmä vydru riečnu *(Lutra lutra)*. Západne a východne od vodného toku sa nachádzajú kyslomilné bukové lesy, kde sa vyskytujú najmä druhy ako buk lesný *(Fagus sylvatica)*, jastrabník lesný *(Hieracium murorum)*, paprať ostnatá *(Dryopteris carthusiana)*, smrek obyčajný *(Picea abies)* a i. Zo živočíchov sú typické jeleň lesný *(Cervus elaphus)*, srnec hôrny *(Capreolus capreolus)*, diviak lesný *(Sus scrofa)*, jašterica zelená *(Lacerta viridis)*, užovka stromová *(Zamenis longissimus)*, holub plúžik *(Columba oenas)*, haja červená *(Milvus milvus)* [3, 4].

Podľa Štatistického úradu SR [12] má vývoj počtu obyvateľov v poslednom desaťročí klesajúcu tendenciu (tab. 1). Mesto začalo tento problém riešiť výstavbou nových rodinných domov a bytových jednotiek v mestskej časti Zákysučie (obr. 5). Taktiež sa začalo s výstavbou nových priemyselných závodov a parkov, ktoré zvýšia počet pracovných miest v meste.

Obr. 5 Bytové jednotky v mestskej časti Zákysučie
Zdroj: [15]

Rok	Počet obyvateľov
2009	6961
2010	6962
2011	6922
2012	6884
2013	6851
2014	6834
2015	6820
2016	6808
2017	6795
2018	6790

Tab. 1 Vývoj počtu obyvateľov v meste Krásno nad Kysucou v rokoch 2009 - 2018
Zdroj: [12]

Sociálnu infraštruktúru mesta predstavujú služby nekomerčných (administratíva, školstvo a zdravotníctvo) i komerčných zariadení (obchod, stravovacie a ubytovacie zariadenia). Administratívne zariadenia reprezentujú mestský úrad s matrikou a katastrom nehnuteľností, farským úradom, poštou. Zdravotnícke zariadenia sú situované v jednej budove zdravotného strediska, ktoré sú zastúpené dvomi ambulanciami všeobecného lekára, jednou ambulanciu otorinolaryngológa, gynekologickou ambulanciou, zubnou technikou a dvomi ambulanciami stomatológa. Lekári zabezpečujú zdravotnú starostlivosť nielen obyvateľom Krásna nad Kysucou, ale aj ľuďom z okolitých obcí. Vzdelávacie zariadenia sú reprezentované dvomi škôlkami. MŠ Prvosienka sa nachádza v centre mesta, avšak v tichej lokalite obklopenej zeleňou a s kapacitou 189 miest. Druhá škôlka, resp. jedna trieda MŠ je situovaná v budove bývalej ZŠ v mestskej časti Kalinov s kapacitou 25 miest. Ďalším vzdelávacím zariadením je základná škola s 1. –

9. ročníkom, ktorá je najväčšou základnou školou v rámci Bystrickej doliny s aktuálnym počtom žiakov 810. V meste sa nachádza aj jedna stredná škola SOŠ drevárska a stavebná, ktorá ponúka množstvo študijných odborov. V Krásne nad Kysucou je 1 ubytovacie zariadenie – turistická ubytovňa v rámci športového areálu s kapacitou 55 lôžok. Taktiež je možnosť ubytovať sa v záhradkárskej osade Hackovci a v rekreačných chalupách postavených na kopaniciach. V budúcnosti sa plánuje výstavba ďalších ubytovacích zariadení, ktoré budú súvisieť s výstavbou diaľnice. V centre mesta je 11 stravovacích zariadení s 1134 miestami, napr. Gazdovský šenk, Tomazzo Pizzeria, U gazdu, Reštaurácia Pod vežou a iné.

Napriek intenzívnym civilizačným premenám si prírodné prostredie v Krásne nad Kysucou zachovalo vysokú kvalitu – severovýchodná časť zasahuje do CHKO Kysuce, v západnej časti a juhovýchodnej časti sa nachádzajú biocentrá regionálneho významu s výraznými biologickými a estetickými prvkami prírody. Územie osád Hackovci, Jarabicovci, Maslákovci, Lastovicovci, Kulijoskovci majú pomerne dobrú väzbu ku komplexnému stredisku rekreácie a cestovného ruchu Oščadnica – Veľká Rača (asi 6 km ku vrcholovej stanici lyžiarskych vlekov na Veľkej Rači). Osady Grapovci, Rafajovci, Gavlasovci a Šustkov vrch majú väzbu k stredisku rekreácie a cestovného ruchu Husárik (asi 4 km od spodnej stanice lyžiarskeho vleku). Prírodné prostredie okolo spomenutých ale i ostatných osád v meste sa nevyznačuje významnými atraktivitami, ale poskytuje dobré podmienky pre nenáročné prechádzky a zber lesných plodov v lete a lyžiarske športy v zime. [1]

Mesto nerozvíja len terciérny sektor (služby, cestovný ruch a pod.), ale napreduje aj v rozvoji sekundárneho sektora budovaním priemyselných parkov, stavbou nových domov a bytov.

Vďaka svojej výhodnej polohe je Krásno nad Kysucou významným dopravným uzlom. Mestom prechádza rýchlostná cesta E75, ktorá na Slovensku začína na hraničnom prechode Svrčinovec a pokračuje až do Žiliny, kde prechádza na trasu I/67, zároveň je súčasťou výstavby diaľnice D3. Západný okraj lemuje železničná trať Čadca - Žilina.

Vzhľadom na to, že mesto je známe najmä ťažbou dreva a drevospracujúcim priemyslom, funguje v meste niekoľko závodov, ktorých predmetom činnosti je drevárska prvovýroba – piliarska výroba a drevárska druhovýroba – výroba stavebno-stolárska, napr. Drevotrend Slovakia, Kysucké píly (zánik v roku 2018) a iné. Tieto závody ponúkajú niekoľko desiatok pracovných miest. V súčasnosti však drevospracujúci priemysel zamestnáva minimum pracovníkov v dôsledku vzniku konkurencie v podobe priemyselného závodu – Eliastech, s. r. o. v meste, ktorý zamestnáva 280 zamestnancov.

Poľnohospodárska pôda v meste zaberá 1 216,9 ha z celkovej výmery územia (k 31. 12. 2018). Táto pôda sa vo všeobecnosti rozdeľuje na ornú pôdu, trvalé trávnaté porasty a trvalé kultúry. Najväčšiu plochu zaberajú trvalé trávne porasty (1 008,5 ha), orná pôda zaberá 166,0 ha a trvalé kultúry sa rozkladajú na ploche 226,3 ha. V meste je poľnohospodárstvo zastúpené 3 poľnohospodárskymi subjektmi. Beskyd Orava spol. s.r.o., Bystričanka Krásno nad Kysucou, spol. s.r.o. a Poľnohospodárske podielnícke družstvo Krásno sú firmy, ktoré poskytujú služby v poľnohospodárstve, v záhradníctve, v lesníctve, v oblasti starostlivosti o hospodárske zvieratá a taktiež sa zameriavajú na predaj nespracovaných poľnohospodárskych surovín.

Nepoľnohospodárska pôda sa v meste rozprestiera na 1561,4 ha. Z tejto pôdy pripadá 1206,3 na lesnú pôdu, vodná plocha je 69,3 ha a zastavaná plocha sa rozkladá na 227,5 ha [12].

3 Naj... zaujímavosti mesta

3.1 Najväčší kostol na Kysuciach

Farský kostol svätého Ondreja je najväčším kostolom na Kysuciach (obr. 6). Stavbu začali stavať v roku 1861 a dokončená bola v roku 1867. Tento kostol by v Krásne nad Kysucou nestál, keby vtedajší miestny farár netúžil po obrovskom kostole. Po meste sa traduje legenda, ktorá hovorí, že farár opil stavebného inžiniera, ktorý doniesol plány na stavbu. Plány boli dva, keďže v tom čase sa mal začať stavať kostol aj v Novej Bystrici. Farár však zamenil plány kostolov, a tak sa stalo, že v Krásne nad Kysucou stojí najväčší kostol Kysúc. Naopak v Novej Bystrici stojí podstatne menší kostol, ktorý bol pôvodne určený pre krasňanskú faru.

Neorománsky kostol má jednoloďový priestor. Kostol je 52 m dlhý, 18 m široký a 18 m vysoký v strede klenby. Veža má výšku 34 m. V kostole sa nachádza aj najvzácnejšia pamiatka Kysúc – gotická Madona s dieťaťom (obr. 7). Neskorogotická socha je 113 cm vysoká a je dielom neznámeho autora z 15. storočia. V roku 2009 - 2010 bola akademickým sochárom Jozefom Mundierom zreštaurovaná do dnešnej podoby.

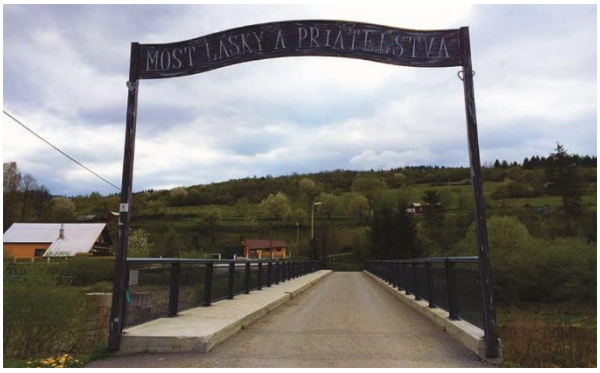
Obr. 6 Kostol svätého Ondreja v Krásne nad Kysucou
Zdroj: [6]

Obr. 7 Gotická Madona s dieťaťom
Zdroj: [6]

3.2 Most s najzaujímavejším posolstvom

V súčasnosti sú častým problémom povodne, ktoré vznikajú vďaka rýchlo sa meniacemu počasiu. Mesto zastihlo niekoľko veľkých povodní - v roku 1689 nastala po povodni veľká bieda, v roku 1813 prišla tak veľká povodeň, že odnášala so sebou aj rakvy so zosnulými alebo v roku 1925 povodeň zaplavila všetky cesty vedúce do mesta.

V novodobej histórii mesta bola za najväčšiu záplavu považovaná tá, ktorá sa nastala 7. septembra 2007. Voda rieky Bystrice v mestskej časti Kalinov vzala časť mosta a spôsobila mestu miliónové škody – most bol zničený a bolo treba postaviť nový. Primátor mesta spolu s mestským zastupiteľstvom získali finančné prostriedky zo schváleného rozpočtu mesta na stavbu nového, pevného a moderného mosta. Názov mosta je inšpirovaný menom mosta v Paríži cez rieku Seinu – „Most lásky a priateľstva“ (obr. 8). Most je veľkým lákadlom ako pre miestne obyvateľstvo tak i pre turistov. Ľudia si tu môžu zámkom „uzamknúť“ svoju lásku. Hovorí sa, že kto raz zámok na most zamkne a kľúčik chodí do rieky Bystrica, toho láska a priateľstvo vydrží naveky. V súčasnosti sa na moste nachádza už niekoľko desiatok zámkov.



Obrázok 8 Most lásky a priateľstva v meste Krásno nad Kysucou
Zdroj: [6]

3.3 Drevár - folklórny súbor s najvýraznejším temperamentom

Súbor založili v roku 1976 Rudolf Kuljovský a Tomáš Sýkora s myšlienkou zachovať tradície kysuckého i slovenského folklóru. Túžili po tom, aby ich zámer a úsilie našlo pokračovateľov a aby krásu ľudového tanca a spevu v podaní Drevára spoznali v mnohých krajinách sveta.

Dnes po 44 rokoch možno povedať, že ich sen sa naplnil a čo je potešujúce – neustále sa napĺňa. Folklórny súbor účinkoval na mnohých domácich i zahraničných festivaloch aj na nespočetných kultúrno-spoločenských podujatiach v regióne. Drevár svoj talent predviedol vo viacerých štátoch, napr. Turecko, Chorvátsko, Poľsko, Česká republika, Švédsko, Francúzsko. Najväčším úspechom bolo pozvanie a reprezentácia Kysúc na svetových festivaloch v Južnej Afrike (1997) a v Mexiku (2004). V súčasnosti je súbor pod vedením Jozefa Murína a má okolo 40 členov (obr. 9).

Obr. 9 Folklórny súbor Drevár
Zdroj: [13]

3.4 Najmodernejší športový a oddychový komplex - MM Aréna

Novopostavený komplex zimného štadióna, veľkolepého fitness a štýlového wellness centra nájdeme v športovom areáli (obr. 10).

Najmodernejšia a najlepšie vybavená MM aréna (odvodené od iniciálok majiteľa – Miroslav Martykán) ponúka výnimočné služby pre profesionálov i amatérov, moderné zázemie, rozľahlé priestory, cvičenie pre deti, mládež i dospelých. Návštevníci majú k dispozícii zaujímavé výhody od bezplatného parkovania, bezbariérový prístup až po občerstvenie. Pre návštevníkov je pripravených množstvo aktivít, napr. korčuľovanie na ľadovej ploche, rôzne druhy tanečných kurzov, fitness kurzov, box, tréningy s profesionálnymi fitness trénermi, oddych vo wellness alebo výborné jedlo v špičkovej reštaurácii.

Hokejová hala disponuje ľadovou plochou s medzinárodnými parametrami. Športovci a návštevníci môžu ľadovú plochu využívať bez prestávky - aj v lete, kedy sa viaceré ľadové plochy zatvárajú. Návštevníci arény obľubujú aj verejné korčuľovanie, ktoré je pre obyvateľov Krásna nad Kysucou zdarma. K dispozícii je aj trenažér pre hokejistov, tzv. Skatemill a suchý ľad. Vďaka rôznym projektom sa profesionálni tréneri venujú hráčom bez ohľadu na klub a vek. V MM Aréne sú pre nich vytvorené komplexné podmienky na rozvoj pohybových zručností počas kempov, tréningov, zápasov i turnajov.

V aréne taktiež nájdeme fitness, funkčnú zónu a box na jednom mieste. Vo fitness je kardiozóna s bežiacimi pásmi, veslovací trenažér i bicykel. V boxerni s tatami podlahou (mäkké puzzle podlahy, ktoré tlmia pád) sú boxovacie vaky, ring, aj stena a klietka pre tréningy MMA. Priestor s gumovou podlahou je prispôsobený na behanie, skákanie, hádzanie či lezenie. Sú tu workout konštrukcie (sane, vzpieracie pódium, laná, lezecká stena) i špeciálne stroje (bicykel, trenažér na veslovanie a lyžovanie, kruhy, hrazdy, sandbagy). Vo fitness centre pracujú kvalifikovaní tréneri, ktorí ponúkajú individuálne i skupinové tréningy.

Z bohatej ponuky arény sú na výber aj tanečné kurzy. Cvičia sa tanečné športy s vlastným telom, napr. Pole Dance, Aerial Hoop, Aerial Silks. Všetky tieto vzdušné športy uvoľnia telo, zlepšia ladnosť, pružnosť, ale posilnia aj psychiku, dodajú odvahu a sebavedomie. Tancuje sa v skupinách alebo individuálne.

Vo wellnesse sú k dispozícii návštevníkom štyri priestranné sauny: fínska a parná sauna, liečivá infrasauna a biosauna. Návštevníci môžu využiť aj ochladzovaciu zónu s kaďou a vodou. Po namáhavom tréningu majú návštevníci možnosť využiť masáž od vysoko kvalifikovaných a skúsených masérov. MM Aréna má v ponuke aj prenájom celej zóny wellnessu pre uzavretú spoločnosť, firemné eventy alebo súkromné akcie.

V športovom komplexe nájdeme aj priestor na občerstvenie, ktorý ponúka naraz gurmánsky aj športový zážitok. Cez priehľadnú stenu, ktorá sa tiahne pozdĺž celej reštaurácie, môžeme sledovať ľadovú plochu. V ponuke jedál nájdeme klasické jedlá v modernom štýle. Kuchári nepoužívajú polotovary, dokonca aj žemle i chlieb si pečú sami.

Obr.10 MM Aréna v Krásne nad Kysucou
Zdroj: [6]

3.5 CHKO Kysuce a sútok Kysuce s Bystricou

Mesto Krásno nad Kysucou nemá žiadne prírodné pamiatky, avšak východná časť mesta patrí do Chránenej krajinnej oblasti (CHKO Kysuce), vyhlásenej v roku 1984 na výmere 65 462 ha. Je situovaná na severozápade Slovenska, pričom ju tvoria dve samostatné, od seba navzájom oddelené časti: západná - javornícka a východná - beskydská. Územie CHKO patrí do 6 okresov (Čadca, Žilina, Dolný Kubín, Bytča, Považská Bystrica, Púchov) a 2 krajov (Žilinský, Trenčiansky). Najvyšším bodom územia je Veľká Rača, ktorá sa nachádza v susednej dedine Oščadnica (1 236 m n. m.). Viac ako polovicu územia pokrývajú lesy. Vďaka klimatickým a geologickým pomerom má územie bohatú sieť tokov, množstvo prameňov, prechodných rašelinísk a slatinných lúk. V území bolo dosiaľ zistených 205 druhov stavovcov. Predstavuje západnú hranicu rozšírenia všetkých veľkých šeliem Slovenska – vlka dravého *(Canis lupus)*, medveďa hnedého *(Ursus arctos)*, rysa ostrovida *(Lynx lynx)*. Zo vzácnych druhov vtákov tu žije napr. výr skalný *(Bubo bubo)*, bocian čierny *(Ciconia nigra)*, rybárik riečny

(Alcedo atthis), vzácny je tetrov hlucháň *(Tetrao tetris)* a orol skalný *(Aquila chrysaetos)*. Vyskytuje sa tu i vydra riečna *(Lutra lutra)*, z glaciálnych reliktov pôtik kapcavý *(Aegolius funereus)*, kuvičok vrabčí *(Glaucidium passerinum)*, ďubník trojprstý *(Picoides tridactylus)* a myšovka vrchovská *(Sicista betulina)*. Na viacerých miestach prežíva karpatský endemit mlok karpatský *(Triturus montandoni)*[16].

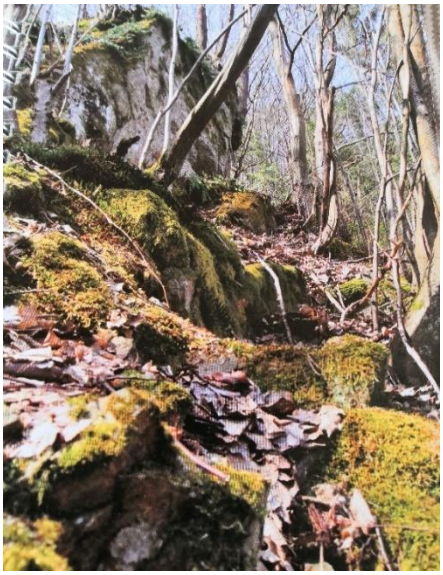
Podľa Natura 2000 je sútok Kysuce s Bystricou významné územie európskeho významu (obr. 11). Rozloha chráneného územia je 44,89 ha. Z biotopov, ktoré sú predmetom ochrany, sem patria vlhkomilné vysokobylinné lemové spoločenstvá na poriečnych nivách od nížin do alpínskeho stupňa a lužné vŕbovo-topoľové a jelšové lesy. S výskytom biotopov súvisí aj výskyt chránených druhov - hlaváč bieloplutvý (*Cottus gobio*), hlavátka podunajská (*Hucho hucho*), kunka žltobruchá (*Bombina variegata*), plž zlatistý (*Sabanejewia aurata*) a vydra riečia (*Lutra lutra*).

Obr. 11 Sútok Kysuce s Bystricou
Zdroj: [16]

3.6 Čertova skala pod osadou Gavlasov

Čertových skál je na Slovensku viacero. Tento prívlastok získali zvláštne, záhadné skalné útvary, pretože ľudia si mysleli, že sú dielom „čerta“, keďže stoja často na nebezpečných miestach. Niektoré sa vyskytujú v podobe skalných hríbov, iné ako veľké skalné bloky. Skaly sú obľúbeným miestom turistov, skalolezcov a všetkých, ktorí hľadajú niečo nevídané.

Čertova skala pod osadou Gavlasov je prírodný úkaz vysoký skoro štyri metre, ktorý je tvorený zo zmesi arkózových, kremenných a drobových pieskovcov. Je obrastený machom a je pomerne strmý (obr. 12).


Obr. 12 Čertova skala pod osadou Gavlasov
Zdroj: [17]

Je jedinou skalou, ktorú strážia bukové stromy. Všade navôkol je smrekový les. Pod horou v minulosti bolo prírodné futbalové ihrisko, ktoré využívali najmä žiaci počas branných cvičení. Od roku 1978, po zániku školy v osade Gavlasov, nie je využívané. Nad skalou sa nachádza miesto, ktoré nesie názov Hradisko. Historici predpokladajú, že sa tu nachádzala drevená strážna veža, keďže tadeto v minulosti prechádzala cesta. Slúžila vojakom v 2. svetovej vojne na prechod cez vrch Kýčera až do mesta Krásno nad Kysucou. Na konci vojny bola cesta zničená.

Čertovu skalu je možné navštíviť pešo po turistickom chodníku alebo na bicykli, keďže v jej blízkosti je vybudovaná cyklotrasa pre horské bicykle. Bližšie informácie nájdeme na webovej stránke, slúžiacej pre turistov, ktorí chcú navštíviť niekoľko zo 16 osád v meste. [6]

Záver

Z článku je zrejmé, že mesto disponuje nielen naj... v minulosti, ale má naj... aj v súčasnosti. Zaujímavosti mesta rozvíjajú a zvyšujú cestovný ruch, ktorý je pre mesto veľmi dôležitý.

Zvýšený počet návštevníkov by uvítali aj obyvatelia Krásna nad Kysucou, čo sme zistili z rozhovorov s nimi. Pri otázke, čo by podľa nich prilákalo viac návštevníkov, sa takmer všetci zhodli v tom, že výstavba novej diaľnice D3 by určite pomohla pri rozvoji cestovného ruchu. Taktiež dodávajú, že keď bude diaľnica, budú aj návštevníci a v konečnom dôsledku sa vytvorí aj viac pracovných príležitosti v službách a mesto bude rásť aj ekonomicky.

Podľa Michniaka [18] cestovný ruch patrí k dynamicky sa rozvíjajúcim odvetviam ekonomiky v celosvetovom meradle. Neustále narastá počet turistov, vďaka čomu rastie počet zamestnancov v tomto odvetví a taktiež aj celkové príjmy z cestovného ruchu. Aj na Slovensku zohráva cestovný ruch dôležitú úlohu v ekonomike a rozvoji jednotlivých regiónov. Dôležitá je aj dobrá dostupnosť regiónu, s ktorou súvisí kvalitná dopravná infraštruktúra.

Cez mesto Krásno nad Kysucou prechádza cesta I. triedy 11 (E75), na ktorú bude napojená diaľnica D3. Výstavba začala v roku 2016 a predpokladané ukončenie stavby je naplánované na koniec roka 2020. D3 bude spájať 3 štáty – Slovenskú republiku, Českú republiku a Poľskú republiku. Obyvatelia mesta predpokladajú, že keď bude tento cestný úsek hotový, vzrastie aj návštevnosť mesta.

V súčasnosti sa vo všetkých médiách skloňuje pojem zdravý životný štýl. Preto si ďalší respondenti myslia, že cestovný ruch narastie aj kvôli najmodernejšiemu športovému komplexu na Slovensku.

Poďakovanie

Ďakujem mojej školiteľke RNDr. Hilde Kramárekovej, PhD. za aktívnu podporu pri vzniku tohto článku.

Použitá literatúra

[1] SCARABEO, s. r. o. (2007) Plán hospodárskeho a sociálneho rozvoja mesta Krásno nad Kysucou na roky 2007-2014. Banská Bystrica, Scarabeo, p.9
[2] Toman, R. (2005) Územný plán mesta Krásno nad Kysucou. Žilina, p.8
[3] Valachovič, M., Stanová, V. (2002) Katalóg biotopov Slovenska. DAPHNE – inštitút aplikovanej ekológie, Bratislava, p.87
[4] Polák, P., Viceníková, A. (2003) Európsky významné biotopy na Slovensku. DAPHNE – inštitút aplikovanej ekológie, Banská Bystrica, p.108
[5] Oficiálna stránka mesta Krásno nad Kysucou [Citované: 19. február 2020] https://www.mestokrasno.sk/
[6] Oficiálna stránka Krásňanské osady [Citované: 21. február 2020] https://osady.mestokrasno.sk/
[7] Oficiálna stránka MM Aréna [Citované: 22. február 2020] https://www.mmarena.sk/
[8] Pôdny portál [Citované: 19. február 2020] http://www.podnemapy.sk/portal/verejnost/bpej/bpej.aspx
[9] Podoláková, Ľ. (2006) Krásno nad Kysucou – prechádzky storočiami. Magma, Čadca, p. 14
[10] Podoláková, Ľ. (2011) Krásno nad Kysucou – prechádzky mestom. Magma, Čadca, p. 9
[11] Atlas krajiny Slovenskej republiky [Citované: 20. február 2020] https://geo.enviroportal.sk/atlassr/
[12] Štatistický úrad SR [Citované: 19. február 2020] http://datacube.statistics.sk/
[13] Oficiálna facebook stránka folklórneho súboru Drevár [Citované: 21. február 2020] https://www.facebook.com/83681817445/photos/a.10150647354542446/10154840627152446/?type=1&theater
[14] Mapy Google [Citované: 25. február 2020] https://www.google.com/maps/place/023+02+Kr%C3%A1sno+nad+Kysucou/@49.3885074,18.806323,13z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x471441148f41240d:0x714e905cd6b8495f!8m2!3
[15] Fotografie mesta [Citované: 2. marec 2020] https://www.mojekysuce.sk/turistika/mesta-a-obce/krasno-nad-kysucou#galleryad1c1ab0de-3
[16] Natura 2000 [Citované: 2. marec 2020] http://www.sopsr.sk/natura/index1.php?p=4&sec=5&kod=SKUEV0833
[17] Podoláková, Ľ. (2019) Prechádzky osadami Krásna nad Kysucou. Mesto Krásno nad Kysucou, p. 12
[18] Michniak, D. (2010) Vplyv dostupnosti na rozvoj cestovného ruchu vo vybraných regiónoch na Slovensku, Geographia Cassoviensis 4, Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach, Košice, p. 114
[19] Bazálne enviromentálne informácie o sídlach Slovenska [Citované: 11. apríl 2020] http://www.beiss.sk/

Bezobalové obchody v Nitre

Bulk stores in Nitra

Viktória Zeťáková[1]
Školiteľ: Hilda Kramáreková[2]
[1, 2]Katedra geografie a regionálneho rozvoja, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra,
[1]viktoria.zetakova@student.ukf.sk, [2]hkramarekova@ukf.sk

Abstrakt

Filozofia Zero waste sa čoraz viac dostáva do povedomia ľudí. Je tomu tak kvôli snahe jednotlivcov znížiť produkciu odpadu v domácnosti a tým znížiť svoju uhlíkovú stopu. Týmto správaním sa ľudia snažia spomaliť následky globálneho otepľovania a chrániť životné prostredie. Filozofia Zero Waste sa stala aktuálnym životným štýlom, až trendom dnešnej spoločnosti.

Cieľom príspevku je na základe informácií o filozofii Zero Waste a zásad 5R poskytnúť výsledky z terénneho výskumu v meste Nitra. Ten bol realizovaný metódou dotazníkov v troch bezobalových predajniach v Nitre, pričom sme tiež uskutočnili rozhovory s majiteľmi týchto predajní. Výsledky sú vizualizované prostredníctvom grafov.

Kľúčové slová: zero waste, domácnosť bez odpadu, bezobalové predajne, nákupné správanie

Abstract

The philosophy of Zero waste is being acknowledged by increasingly more people. This is due to the individuals' efforts to reduce the household waste and, by extension, to reduce their carbon footprint. The thought behind it is to slow down the effects of global warming and protect the environment. Nowadays, the philosophy of Zero waste has become a lifestyle, even a current trend.

The aim of this paper is to provide results from field research in Nitra city based on information about Zero waste philosophy and methods of 5R's. The research was carried out using the questionnaire method in three bulk stores in Nitra, and interviewing owners of said stores. The results of the research are visualized in graphs.

Key words: zero waste, household without waste, bulk stores, shopping behaviour

Úvod

Filozofia Zero Waste je aktuálne často diskutovanou témou ako v zahraničí, tak aj na Slovensku. Vydáva sa množstvo kníh s tipmi ako presadzovať túto filozofiu v každodennom živote. Na internete taktiež nájdeme mnoho blogov, článkov, videí a iných zdrojov o tomto životnom štýle. Usporadúvajú sa aj prednášky, workshopy ale aj konferencie. Čoraz častejšie sa otvárajú maloobchodné prevádzky aj na Slovensku [1].

Cieľom príspevku je na základe informácií o filozofii Zero Waste a zásad 5R poskytnúť výsledky z terénneho výskumu v meste Nitra – nakupujúcich i majiteľov bezobalových predajní.

1 Teoreticko-metodické východiská problematiky

Prvým podstatným krokom pri plnení cieľa príspevku bolo štúdium literatúry, či už domácej alebo zahraničnej. Študovali sme ich v tlačenej forme, ale aj z online časopisov ako sú Cleaner production [2, 3] a Waste management [4] a taktiež sme čerpali informácie z videí a z interaktívnej mapy [1].

Sústredili sme sa nielen na tému Zero Waste, ale naštudovali sme si aj informácie súvisiace s maloobchodom [5]. V slovenskej odbornej literatúre sme autorov, ktorí by sa venovali problematike Zero Waste ako súčasti maloobchodu súčasne, nenašli.

Inštitút cirkulárnej ekonomiky (INCIEN) na úrovni samospráv a firiem vyvíja a integruje riešenia, ktoré implementujú Zero waste do ich každodenného života. Jeden z projektov INCIENu je spolupráca s festivalmi, ktorým pomáhajú minimalizovať množstvá odpadu [6].

Aby sme získali potrebné údaje pre našu prácu, vytvorili sme dotazník, s 15 povinnými a 4 nepovinnými otázkami, ktorého úlohou bolo zistiť dôvody, kvôli ktorým respondenti nakupujú v bezobalových predajniach a či súvisí miesto ich bydliska s výberom predajne. Dotazník bol vytvorený v online verzii, ale bol dostupný v predajniach aj v papierovej forme. Jeho výsledky sme štatisticky spracovali a následne graficky vizualizovali.

Taktiež sme si pripravili 12 otázok na majiteľov vybraných predajní a následne sme s nimi viedli rozhovor. Takýmto spôsobom sme získali ďalšie údaje,

ktoré sme mohli použiť v našej práci. Išlo o kvalitatívny výskum.

2 Filozofia Zero Waste

Zero Waste, nulový odpad alebo teda domácnosť bez odpadu, je spôsob správania sa, ktorý vychádza z rozhodnutí jednotlivca zmenšiť objem odpadu, ktorý dennodenne produkuje [7].

2.1 Vznik Zero waste

Predtým ako sa Bea Johnsonová so svojou rodinou rozhodla zminimalizovať svoj odpad, žila bežný americký život, hoci pochádzala z Francúzska.

Napriek tomu, že chodili dvakrát ročne na zahraničnú dovolenku, boli súčasťou súkromných klubov a rôznych večierkov, stále mali pocit, že im niečo chýba. Keď sa presťahovali do menšieho domu s rozlohou 130 m^2 a začali s vyraďovaním nepotrebných vecí, jedným z ich záujmov sa stala ekológia.

Vtedy sa Prečítali si knihy *In defence of food* od Michaela Pollana (2008), *Cradle to Cradle* od Michaela Braungarta, (2002) a pozreli si dokumenty *Earth* alebo *Home*. Až vtedy pochopili, aké ďalekosiahle sú dopady nezdravého jedla a nezodpovednej spotreby.

Na výraz nulový odpad (Zero waste) narazila Johnsonová pri hľadaní alternatívnych produktov. Výraz pôvodne označoval priemyselné praktiky.

Aby urobila ďalší krok k nulovému odpadu, začala skúmať, čo končí v košoch a nádobách na recyklovateľné odpadky. Každý obal, ktorý našla, sa snažila nahradiť produktom v bezobalovej verzii.

Jej manžel si urobil podrobnú analýzu domácich výdavkov, kde porovnal výdavky z roku 2005 a z roku 2010. Ročne ušetrili na výdavkoch takmer 40%. Okrem ekologických a finančných výhod taktiež postrehli zlepšenie zdravia a veľkú úsporu času.

Johnsonová zdôrazňuje, že jej kniha, *Zero Waste Home* (2016) nie je odborná. Nie je expertom na štatistiky a dáta. Uvádza autorov, ktorí sa tejto problematike zaoberajú, resp. zaoberali ešte pred ňou. Edward Humes v knihe *Garbology* (2013) odhaľuje nepríjemné pravdy o našom probléme s odpadom a Rick Smith s Bruceom Louriem v knihe *Slow Death by Rubber Duck* (2011) upozorňujú na toxicitu predmetov každodenného života.

2.2 Zásady 5R

Filozofia Zero waste sa opiera o päť zásad**.**

Refuce (odmietnuť) je prvou z piatich zásad ako znížiť produkovanie odpadu na minimum. Obmedzenie spotreby má obrovský podiel na znížení objemu odpadu. Dôležité je zamietnuť nepriamu spotrebu ako sú letáky a iné reklamné alebo nepotrebné predmety.

Reduce (zredukovať) je účinnou zásadou, ako dosiahnuť stavu, kedy budete vlastniť len veci, ktoré naozaj potrebujete a sústrediť sa na kvalitu namiesto kvantity a na zážitky namiesto vecí.

Reuse (opäť použiť/zužitkovať). Johnsonová približuje túto zásadu pomocou troch krokov. Odstrániť zbytočnú spotrebu, zmierniť čerpanie zdrojov a predlžovať životnosť vecí.

Recycle (recyklovať) je zdanlivo najjasnejšia zásada. Mnoho ľudí si myslí, že domácnosť bez odpadu je založená na recyklácii. Pritom recyklácia nastáva až vtedy, keď produkty, ktoré spotrebúvame, nemôžeme odmietnuť, zredukovať a zužitkovať. Vo filozofii Zero Waste sa človek snaží recyklovať čo najviac vyprodukovaného odpadu, ale zároveň zabrániť vzniku takéhoto odpadu v prvom rade.

Rot (kompostovať) zvyšok, je poslednou zásadou 5R. Autorka v knihe uvádza aj porovnanie rôznych druhov kompostov [8].

3 Výsledky prieskumu

Prieskum súvisiaci s témou príspevku sme sa rozhodli realizovať v meste Nitra, kde sú celkovo 4 bezobalové predajne. Tri predajne sú zamerané na predaj potravín bez obalu (Špajza, Dobromysel, Gramovo) a jedna predajňa je zameraná na predaj čapovanej drogérie (Bez obalu). Predajne Špajza a Dobromysel taktiež ponúkajú čapovanú drogériu, ale v menšom množstve a v predajni Dobromysel je možnosť kúpiť aj balené produkty, keďže tovar na váhu (bez obalu) je len doplnkovým tovarom. Prieskum sme realizovali v troch predajniach vzhľadom na to, že predajňa Gramovo čoskoro ukončí svoju prevádzku a spolupráca s ňou nebola možná.

Dotazník pre zákazníkov bol realizovaný v čase od 3. 3. do 7. 3. 2020. V predajni Bez obalu boli dotazníky realizované papierovou formou po dobu štyroch dní. V predajni Špajza sme realizovali výskum dňa 4. 3. 2020 po dobu štyroch hodín (14:00-18:00). V predajni Dobromysel sme taktiež realizovali výskum osobne dňa 5. 3. 2020 v rovnakých hodinách, ale dotazníky v papierovej forme boli dostupné na predajni do 7. 3. 2020.

Osobné rozhovory s majiteľmi sme uskutočnili počas návštevy vybraných predajní, v prípade predajne Bez obalu to bolo dňa 7. 3. 2020.

3.1 Rozhovory s majiteľmi predajní

Predajňa Bez obalu sa nachádza na Štefánikovej triede 27/43, v mestskej časti Staré mesto, v Nitre. Zameriava sa na predaj čapovanej drogérie, kozmetiky, produktov ústnej hygieny a predaja doplnkového tovaru. Firmu No pack s. r. o. vlastnia traja majitelia (Ing. Pavol Krempa, Ing. Ján Olšiak, Ing. Andrej Šille - nebol prítomný) a s dvomi z nich sme realizovali krátky rozhovor [9].

Ako vyzerala vaša práca predtým, ako ste sa rozhodli vydať touto cestou? Traja majitelia sme preto, lebo každý z nás má svoje zamestnanie popri vedeniu tohto obchodu. Ja (P. Krempa) pracujem v oblasti vodohospodárstva a tu prítomný kolega (J. Olšiak) robí v potravinárstve.

Snažíte sa presadiť alebo presadzujete Zero Waste filozofiu aj v osobnom živote? Áno, minimálne v tých ľahko dostupných veciach, ako sú potraviny. Nepoužívam mikroténové vrecká na pečivo alebo ovocie a zeleninu. Je to tak hlavne z časového hľadiska, pretože kým skončím v práci a následne aj tu v obchode, tak sú bezobalové obchody dávno zatvorené. Následne doma recyklujeme alebo používame obaly viackrát. Samozrejme, ak je to možné.

Prečo by mal človek uprednostniť nakupovanie u vás a nie v klasických predajniach? **J**e to hlavne kvôli šetreniu plastov, obalov. Obal po prvom použití z drogistického tovaru je len na začiatku svojej životnosti. Kvalitou sme na rovnakej, ak nie aj na vyššej úrovni s výrobkami, ako ich poznáme v klasických obchodoch. Taktiež, etiketu dostane len ten, kto si o ňu požiada a aj tým šetríme materiál na grafické práce.

Viete, aký pôvod majú produkty, ktoré je možné u vás zakúpiť? Áno, áno. Vieme ich pôvod aj zloženie. Navštívili sme aj výrobcov a rozprávali sme sa s nimi, aké je zloženie ich výrobkov a prečo by sme mali zobrať tovar práve od nich. Pravidelne sa rozprávame s dodávateľmi z Talianska, kde sme už niekoľkokrát boli, a aj s dodávateľmi zo Slovenska a Švédska.

Čo všetko možno vo vašom obchode nakúpiť? Je možné spraviť bežný nákup bez toho, aby človek musel navštíviť ešte „klasickú" drogériu? Čo sa týka domácnosti aj osobnej hygieny, tak áno. Dajú sa tu zakúpiť aj mydlá, čistiace prostriedky pre domácnosť, pracie gély, aviváže ale aj zubný prášok, resp. tablety, ktoré sú zo Slovenska. Samozrejme sú veci, ktoré zatiaľ nemáme v ponuke, ale taký bežný nákup drogérie je u nás možný

Stalo sa vám, že ste museli nejaké produkty vyhodiť a vytvoriť tak odpad? Nie, také sa nám nestalo. Keď dostaneme tovar, tak je produkt deň, dva starý. Máme vratné nádoby, takže u nás je odpad len minimálny.

Myslíte si, že v Nitre je dostatok ľudí s tak otvorenou mysľou, aby ste sa na nich dokázali zacieliť? Určite sme neoslovili všetkých ľudí v Nitre, ale každý týždeň príde niekto, kto povie, že o nás vôbec nevedel. A to fungujeme už dva roky. Nárast zákazníkov máme stály.

Aké formy marketingu používate? Keď sme začínali, tak sme mali článok v novinách, kontaktovali nás z rádia. Taktiež sme mali plagáty v MHD. Naďalej využívame sociálne siete, hoci sme poslednú dobu poľavili od propagácie. Ono sa to šíri samé, vo firmách kam distribuujeme náš tovar. Taktiež máme pre zamestnancov týchto firiem vytvorený zľavový systém a tým sú motivovaní k nám chodiť na nákup.

Je v súčasnosti bezobalový obchod, podľa vášho názoru, konkurencie schopný voči veľkým obchodným reťazcom? Čo sa týka pokrytia sortimentu, tak áno. Myslím si, že ani cenovo nie sme výrazne vyššie.

Snažíte sa konkurovať aj ostatným bezobalovým obchodom v Nitre alebo sa naopak podporujete? Momentálne sme jediná predajňa zameraná na čapovanú drogériu v Nitre. Ale v minulosti sme s druhou predajňou nijako nesúperili. Ale vždy je zdravá konkurencia nutná, aj keby sa otvorila v budúcnosti nejaká predajňa. Určite by sme na to reagovali rozšírením sortimentu. Ale ak by sme vedeli, že oni majú niečo, čo my nemáme, tak by sme ich zákazníkom odporučili. A my radi podporíme myšlienku, keď vieme, že sa niekde ten produkt čapuje, tak ho nepošleme do DM-ka. Čo sa týka iných bezobalových predajní, tak Špajzu sme odporučili už veľkému množstvu ľudí a taktiež oni chodia nakupovať k nám. Dokonca aj predavačky z DM-ka.

Čo by ste odkázali svojim potenciálnym klientom? Nech sa neboja. Nech sa prídu pozrieť, ako to u nás funguje. Pokojne nech si to ohmatajú, ovoňajú, pretože je to dobrá alternatíva ku klasickému nakupovaniu. Človek sa tak neponáhľa, ale sa zastaví, aj porozpráva.

Predajňa Dobromysel sa nachádza na ulici Priehradná 1, v mestskej časti Staré mesto, v Nitre. Zameriava sa na predaj bio potravín, potravín na váhu, byliniek a liečiv, prírodnej kozmetiky, ekologickej drogérie (aj na váhu) a produktov do ekologickej domácnosti. Rozhovor sme absolvovali s majiteľkou obchodu, PhDr. Miriam Latečkovou [10].

Ako vyzerala vaša práca predtým, ako ste sa rozhodli vydať touto cestou? Keď prišlo na trh O2, tak som tam robila manažérku, neskôr som robila v zábavnom priemysle, kde som viedla sieť kasín a potom som sa

začala venovať bylinkárstvu až vznikla Babičkina záhrada a následne Dobromysel.

Snažíte sa presadiť alebo presadzujete Zero Waste filozofiu aj v osobnom živote? Áno, presadzujem úplne! Bez toho to ani nejde.

Prečo by mal človek uprednostniť nakupovanie u vás a nie v klasických predajniach, resp. iných bezobalových predajniach? Som za nakupovanie aj v iných bezobalových obchodoch. Dobre sa poznáme s majiteľkou Špajze a nikdy sme nešli proti sebe. Oproti klasickým predajniam má u nás zákazník výhodu, že podporuje hlavne lokálnych predajcov a nie nadnárodných.

Viete aký pôvod majú produkty, ktoré je možné u vás zakúpiť? Samozrejme, vieme. Preferujeme najmä slovenské a české suroviny. Tie, ktoré sa u nás nepestujú (napríklad mango), odoberáme z krajín, ktoré sú typické pre pestovanie tejto plodiny. Ale pôvod poznáme vždy.

Čo všetko možno vo vašom obchode nakúpiť? Je možné spraviť bežný nákup bez toho, aby človek musel navštíviť ešte „klasické" potraviny/drogériu? Pri drogérii máme väčšie zastúpenie, lebo tam sme začínali. Kúpiť si môžete naozaj všetko. Od tuhého deodorantu, cez šampón na vlasy, mydlo až po dekoratívnu kozmetiku. Taktiež ponúkame čapovanú drogériu. Čo sa týka potravín, tam sme sa rozhodli ponúkať bežný základ ktorý sa používa v každej domácnosti.

Stalo sa vám, že ste museli nejaké produkty vyhodiť a vytvoriť tak odpad? Stalo sa, lebo potraviny, ktoré ponúkame sú náchylné na mole a rôzne červíky. Dostali sme už takto kontaminovaný tovar, ktorý sme následne vrátili dodávateľovi. V rámci zákona využívame to, že darujeme potraviny po záruke, ktoré nie sú vyslovene „pokazené". Cez takéto dobroslužby si človek môže zobrať tovar a vyskúšať ho. Spolupracujeme aj s krízovým centrom v Nitre „Podaj mi ruku". Takže ničím neplytváme.

Myslíte si, že v Nitre je dostatok ľudí s tak otvorenou mysľou, aby ste sa na nich dokázali zacieliť? Myslím, že ľudia to majú na Instagrame, ale reálnu námahu si nedajú. A neviem, či sa to vôbec stihne zmeniť. Je možné, že tento bezobalový životný štýl je len veľký boom rovnako ako iné boomy predtým. Rýchlo prišli a rýchlo odišli.

Aké formy marketingu používate? Štandardne sociálne siete, ale spoliehame sa na už vytvorenú komunitu. Poznáme sa s nimi po mene a máme osobný prístup.

Je v súčasnosti bezobalový obchod podľa vášho názoru konkurencie schopný voči veľkým obchodným reťazcom? Nevieme konkurovať cenou. Vieme však konkurovať kvalitou tovaru, dohľadaním pôvodu, informáciami o samotnom malom výrobcovi, jeho výrobku alebo spôsobe práce. Prinášame benefity v rámci osvety ako prednášky a workshopy. Všetko toto si veľký reťazec nemôže dovoliť. Rovnako predávame lokálne výrobky domáceho výrobcu, ktorý nemá na to, aby si dal vyhotoviť k výrobkom čiarový kód. Taktiež zbierame prebytočné detské plienky pre n. o. Centrum Slniečko. U nás je to viac o osobnom prístupe, o komunite.

Snažíte sa konkurovať aj ostatným bezobalovým obchodom v Nitre alebo sa naopak podporujete? Podporujeme sa, v pohode vychádzame. Špajza od nás objednáva produkty, ktoré vyrábame (sviečky z včelieho vosku).

Čo by ste odkázali svojim potenciálnym klientom? Jedna vec, ktorá ma trápi je, že ľudia hovoria o tom, že v Nitre sa nič nedeje a označuje sa ako čierna diera. Pritom veľmi často organizujeme rôzne prednášky a workshopy, no tie sa stretnú s malou účasťou a potom prednášajúci nemajú chuť k nám chodiť. Priala by som si, keď kričia, že chcú, aby sa tu niečo dialo, tak aby to podporovali aj skutkami, nie len rečami.

Predajňa Špajza sa nachádza na Štefánikovej triede 15, v mestskej časti Staré mesto, v Nitre. Zameriava na predaj potravín na váhu. Taktiež je tu možnosť zakúpiť si niektoré potraviny v recyklovateľnom alebo znovu použiteľnom obale. Takýmto spôsobom je predávaná kozmetika a iný doplnkový sortiment. Taktiež je tu možnosť kúpy bezobalovej drogérie, ale variabilita je nízka. Rozhovor nám poskytla majiteľka predajne, Mgr. Zuzana Knollová [11].

Ako vyzerala vaša práca predtým, ako ste sa rozhodli vydať touto cestou? Predtým, než som založila Špajzu, som pracovala v Agropoisťovni.

Snažíte sa presadiť alebo presadzujete Zero Waste filozofiu aj v osobnom živote? Áno, je to už taká samozrejmosť.

Prečo by mal človek uprednostniť nakupovanie u vás a nie v klasických predajniach, resp. iných bezobalových predajniach? U nás máme priestor povedať zákazníkovi o pôvode, priestor na rozhovor. Taktiež môže zákazník výrobky ovoňať, ochutnať, čo v klasických predajniach možné nie je. Dávame priestor najmä dodávateľom z regiónu. Čo sa týka iných bezobalových predajní, nevidím dôvod, prečo by mal zákazník uprednostniť našu alebo inú predajňu. Máme predsa spoločný cieľ.

Viete aký pôvod majú produkty, ktoré je možné u vás zakúpiť? Áno, poznáme pôvod všetkých produktov. Snažíme sa uprednostniť najmä miestnych výrobcov. Potom nasledujú slovenské a české výrobky (slovenský mak, český hrach) a v prípadoch kde túto možnosť nemáme, vyberáme výrobcu, ktorý je k nám bližšie. Napríklad uprednostníme tovar z Turecka pred rovnakým tovarom z Kanady.

Čo všetko možno vo vašom obchode nakúpiť? Je možné spraviť bežný nákup bez toho, aby človek musel navštíviť ešte „klasické" potraviny? Záleží od typu kuchyne, ale určite je potrebné doplniť ovocie a zeleninu.

Stalo sa vám, že ste museli nejaké produkty vyhodiť a vytvoriť tak odpad? Áno, stalo sa to. Ak príde tovar kontaminovaný, máme možnosť ho vrátiť späť dodávateľovi. Ak však máme tovar po dátume spotreby, buď ho sami využijeme, alebo ak nie je dobrý, dáme to sliepkam.

Myslíte si, že v Nitre je dostatok ľudí s tak otvorenou mysľou, aby ste sa na nich dokázali zacieliť? Ľudí by aj bolo, ale je to už na nich, ako sa rozhodnú.

Aké formy marketingu používate? Využívame najmä sociálne siete (Instagram, Facebook). Mali sme aj článok v Nitrianskych novinách, taktiež sme boli v regionálnej televízii. Nechýbali ani plagáty a boli sme spomenutí aj na plagátoch Kam do mesta. Stále je však čo zlepšovať.

Snažíte sa konkurovať aj ostatným bezobalovým obchodom v Nitre alebo sa naopak podporujete? Ako som spomínala vyššie, podporujeme sa.

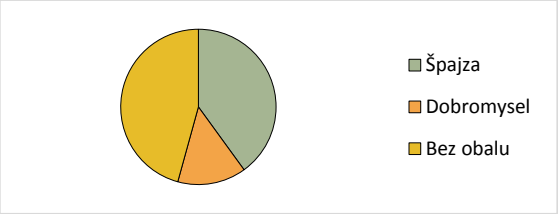
Čo by ste odkázali svojim potenciálnym klientom? Aby sa každý snažil ísť krôčik po krôčiku k životu bez odpadu a nebol na seba tvrdý. Niekto by mohol aj na mňa povedať, že nie som 100% Zero Waste. Chcem len povedať, aby sa každý snažil v tejto činnosti udržateľného rozvoja tak, ako je to v jeho silách.

Predajňa Gramovo sa nachádza ulici 7. pešieho pluku 1415/2, v areáli tržnice. Zameriava sa na predaj potravín na váhu. Majitelia rozhovor neposkytli z dôvodu blízkeho ukončenia prevádzky [12].

3.2 Výsledky dotazníkového prieskumu nakupujúcich

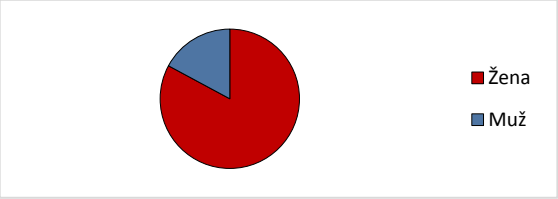
Dotazník pre nakupujúcich obsahoval časť venovanú charakteristike respondenta a 12 otázok súvisiacich s jeho nakupovaním v bezobalových obchodoch.

Najväčší počet respondentov (16) bol v predajni Bez obalu (graf 1). Z predajne Špajza sme mali 14 respondentov a z predajne Dobromysel iba 5 respondentov z dôvodu variability tovaru v tejto predajni. Tovar na váhu je len doplnkovým tovarom.



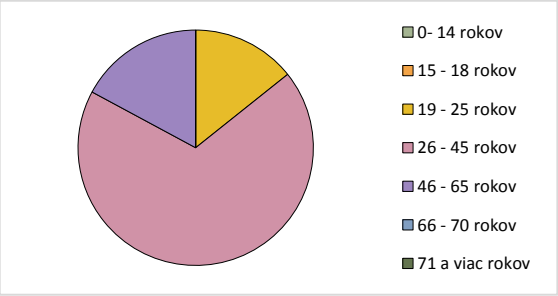
Graf 1 Štruktúra respondentov podľa predajní

Počet respondentov ženského pohlavia bol 29, čo predstavuje 83% z celkového počtu. Zvyšných 17% tvorilo 6 mužov (graf 2). V každej z predajní sú zastúpení muži aj ženy.



Graf 2 Štruktúra respondentov podľa pohlavia

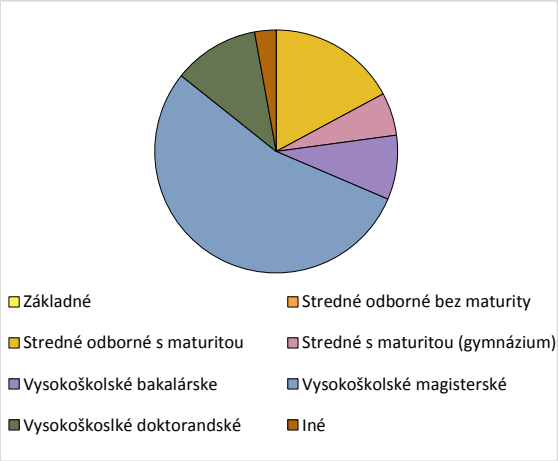
V počte 24 respondentov je zastúpená veková skupina 26 – 45 rokov (69%). Po nej nasleduje veková skupina 46 – 65 rokov s počtom 6 respondentov a s takmer rovnakým počtom (5) veková skupina 19 – 25 rokov (graf 3). Ostatné vekové skupiny neboli zastúpené.



Graf 3 Štruktúra respondentov podľa veku

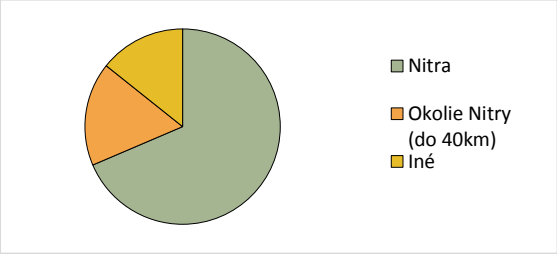
Najpočetnejšou skupinou sú respondenti s vysokoškolským magisterským vzdelaním. Predstavujú 54% (19) podiel z celku (graf 4). Druhou najpočetnejšou skupinou sú respondenti so stredným odborným vzdelaním s maturitou, s podielom 17% (6). Osoby s ukončeným vysokoškolským vzdelaním predstavujú 77% (27). Z tohto možno usudzovať, že ľudia s ukončeným vysokoškolským vzdelaním častejšie

prechádzajú na životný štýl Zero Waste a preto prevažujú nad ostatnými zákazníkmi.



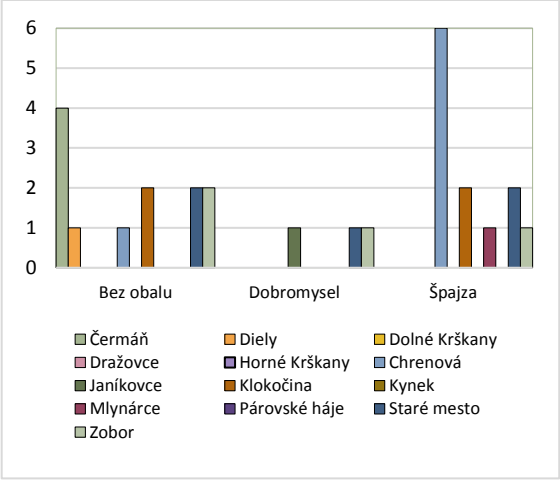
Graf 4 Štruktúra respondentov podľa najvyššieho ukončeného vzdelania

Podiel respondentov z mesta Nitra je 69% (24). Trvalý pobyt v okolí Nitry do 40 km má 17% (6) respondentov. Zvyšných 14% (5) má trvalý pobyt v iných obciach na Slovensku (graf 5). Z nich má 80% (4) prechodný pobyt v Nitre a 20% (1) v okolí Nitry.



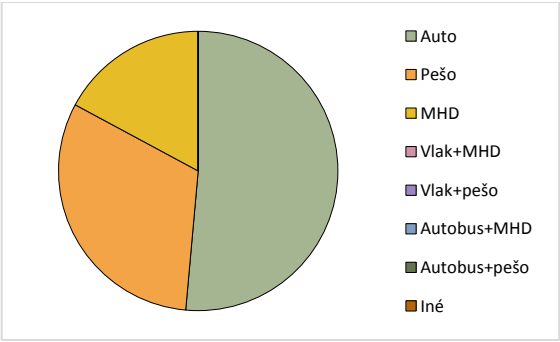
Graf 5 Štruktúra respondentov podľa miesta trvalého bydliska

Zastúpenie respondentov z mestských častí sa líši v každej predajni. Z celkového počtu 27, je najviac respondentov z mestskej časti Chrenová 26% (7) (graf 6). Po nej je naviac zastúpená mestská časť Staré mesto, 19% (5), následne mestské časti Čermáň, Klokočina a Zobor, každá reprezentovaná 4 respondentmi. Najviac respondentov z mestskej časti Chrenová bolo zaznamenaných v predajni Špajza (6).



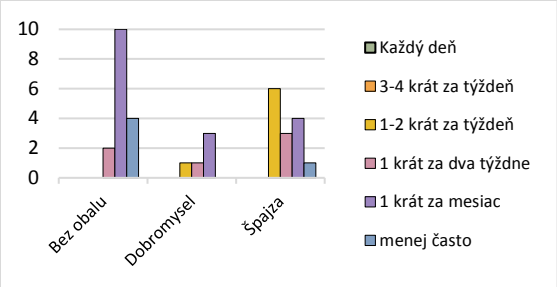
Graf 6 Štruktúra respondentov podľa mestských častí v Nitre

Najviac zákazníkov príde do predajní autom (graf 7). Ich podiel je 51% (18). Pešo príde 31% (11) podiel zákazníkov. Najviac ľudí príde z MČ Staré mesto (5) a Chrenová (3). MHD využije 17% (6) respondentov. Využívajú ju zákazníci z rôznych mestských častí. Všetci respondenti z okolia Nitry prichádzajú na nákup autom.



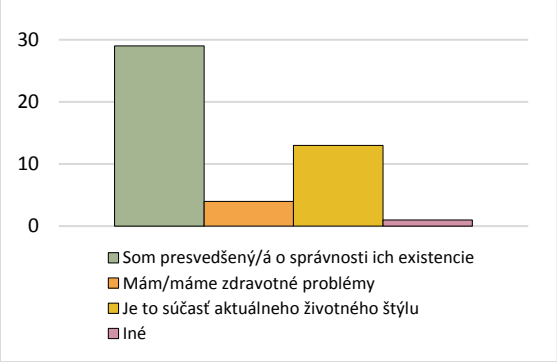
Graf 7 Štruktúra respondentov podľa spôsobu prepravy do predajne

Najväčšiu frekvenciu návštevnosti zaznamenávame v predajni Bez obalu. Najviac respondentov navštívi predajňu raz za mesiac (10), alebo menej často (4) (graf 8). Je to z dôvodu, že zákazníci chodia na väčšie nákupy drogistického tovaru menej často ako na nákup potravín. Predajňu Špajza navštevuje najviac respondentov 1-2 krát za týždeň (6) alebo naopak 1 krát za mesiac (4). V predajni Dobromysel nemožno rozlíšiť frekvenciu návštevnosti, kvôli veľkej variabilite odpovedí a malej vzorke respondentov.



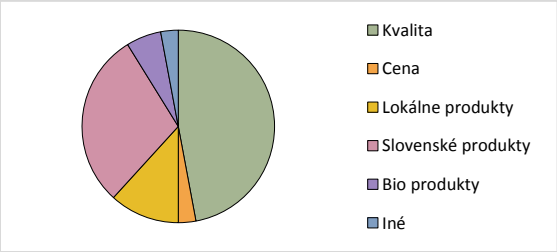
Graf 8 štruktúra respondentov podľa návštevnosti

Najviac respondentov je presvedčených o správnosti existencie bezobalových predajní (29). Druhá najzastúpenejšia odpoveď bola, že je to súčasť aktuálneho životného štýlu (13) (graf 9).



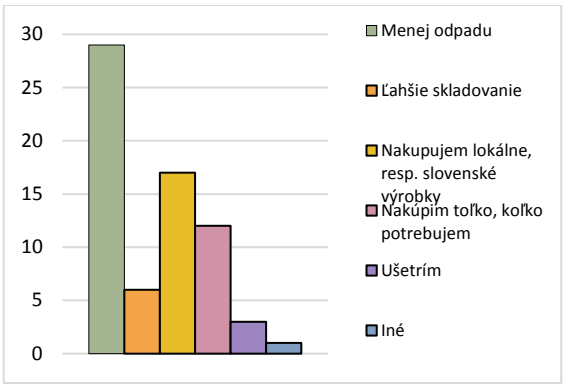
Graf 9 Štruktúra respondentov podľa dôvodov nakupovania v bezobalovom obchode

Najdôležitejšou vlastnosťou tovaru, podľa oslovených zákazníkov, je kvalita. Uviedlo ju 46% (16) opýtaných. Druhou najviac zastúpenou vlastnosťou je slovenský pôvod tovaru, ktorú uviedlo 29% (10) (graf 10).



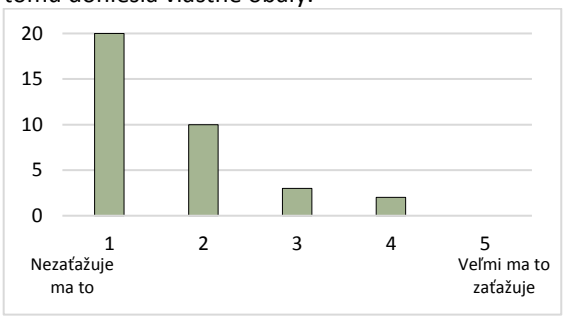
Graf 10 Štruktúra respondentov podľa rozhodujúcej vlastnosti pri výbere tovaru

Najčastejšou uvedenou výhodou bolo menej odpadu s počtom 29. Ďalšími častými výhodami boli nákup slovenských, resp. lokálnych výrobkov (17) a nákup potrebného množstva (12) (graf 11).



Graf 11 Štruktúra respondentov podľa uvedených výhod nakupovania do vlastných obalov

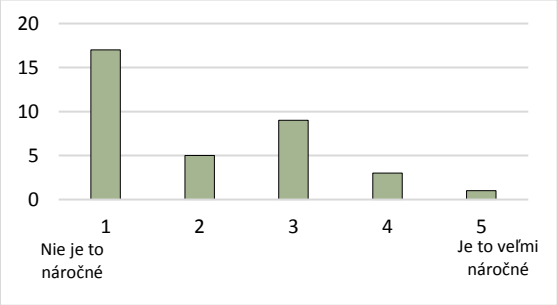
20 opýtaných odpovedalo, že ich nosenie obalov vôbec nezaťažuje. 10 respondentov si na škále od 1 do 5 zvolili možnosť 2 a teda ich to stále nezaťažuje ale má to nejaké malé nevýhody (graf 12). Dôležité je podotknúť, že zákazník si nemusí priniesť vlastné obaly. Zadarmo sú mu ponúknuté obaly od predajcu (papierové vrecúška alebo už použité a vyčistené nádoby od drogérie). Väčšina zákazníkov si napriek tomu doniesla vlastné obaly.



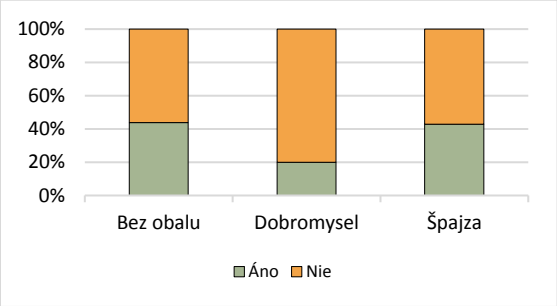
Graf 12 Štruktúra respondentov podľa názoru na záťaž nosenia vlastných obalov

Najviac respondentov (17) uviedlo, že nakupovanie v bezobalových obchodoch nie je náročnejšie ako nakupovanie v „klasických“ obchodoch. 9 respondentov zvolilo možnosť 3. Štyria respondenti uviedli možnosť 4 alebo 5 (graf 13). Ako dôvod uviedli, že potrebujú čas, aby si nachystali a následne priniesli vlastné nádoby, alebo, že majú problém s parkovaním.

Dve tretiny respondentov uviedlo, že nenakupujú v iných bezobalových predajniach (graf 14). V predajni Bez obalu uviedli všetci respondenti (7), že navštevujú predajňu Špajza a jeden dodal aj predajňu Gramovo. V predajni Dobromysel uviedol jeden respondent, že navštevuje predajňu Špajza. V predajni Špajza zákazníci uviedli predaju Bez obalu (3) a Dobromysel (2).



Graf 13 Štruktúra respondentov podľa názoru na náročnosť nakupovania v bezobalových obchodoch



Graf 14 Štruktúra respondentov podľa návštevnosti iných bezobalových predajní

Záver

V príspevku sme nahliadli do problematiky bezobalových obchodov v meste Nitra – prostredníctvom rozhovorov s majiteľmi obchodov i odpovedí nakupujúcich.

Z analýzy odpovedí majiteľov bezobalových obchodov vyplýva niekoľko záverov:

- v ich predajniach dostáva zákazník osobný prístup,
- nákupom v ich obchodoch podporuje zákazník lokálnych, resp. slovenských výrobcov,
- na propagáciu využívajú najmä sociálne siete.

Dotazníky nakupujúcich v bezobalových obchodoch priniesli niekoľko nasledovných zaujímavých zistení:

- na nákup chodia najmä ženy vo veku 26 - 45 rokov,
- osoby s ukončeným vysokoškolským vzdelaním predstavujú až 77% (27); z toho možno usudzovať, že ľudia s ukončeným vysokoškolským vzdelaním častejšie prechádzajú na životný štýl Zero Waste,
- najviac zákazníkov je z mestskej časti Chrenová, napriek tomu, že predajne sa nachádzajú v Starom meste,
- až 51% respondentov príde na nákup autom,
- najviac opýtaných uprednostňuje pri nákupe kvalitu,
- takmer dve tretiny respondentov uviedlo, že ich nosenie vlastných nádob vôbec nezaťažuje.

Veríme, že získané výsledky budú dobrým východiskom pre možné ďalšie prieskumy a taktiež pomôžu majiteľom týchto bezobalových obchodov.

Poďakovanie

Ďakujem mojej školiteľke, RNDr. Hilde Kramárekovej za prejavenú podporu v neprebádanej téme, za rady, usmernenia a najmä trpezlivosť pri spolupráci na tejto práci.

Za spoluprácu a poskytnuté rozhovory ďakujem Ing. Pavlovi Krempovi, Ing. Jánovi Olšiakovi, Ing. Andrejovi Šillemu, PhDr. Miriam Latečkovej a Mgr. Zuzane Knollovej, majiteľom bezobalových predajní v Nitre.

Použitá literatúra

[1] Bezodpadová mapa [Citované: 26. 2. 2020] https://bit.ly/33dI6Qr
[2] K. Schanes, K. Dobernig, B. Gözet (2018) Journal of Cleaner Production. 182, p. 978
[3] Q. Song, J. Li, X. Zeng (2015) Journal of Cleaner Production. 104, p. 199
[4] Pietzsch N., J. L. Duarte Ribeiro, J. F. De Medeiros (2017) Waste Manag. 67, p. 324
[5] Trembošová M. (2012) Geografické aspekty maloobchodnej siete mesta Nitra. Fakulta prírodných vied UKF v Nitre, Nitra, p. 157
[6] Ivana Maleš [Citované 5. 3. 2020] https://bit.ly/2wmOFVb
[7] Ratia C. (2019) Bez odpadu. Mladá fronta, Český Těšín, p. 13
[8] Johnsonová B. (2017) Domácnost bez odpadu. PeopleComm s. r. o., Praha, p. 13
[9] Obchodík [Citované: 9. marec 2020] https://bit.ly/2ILxfnm
[10] Sortiment [Citované: 9. marec 2020] https://bit.ly/2w5rnCX
[11] Občas nečas [Citované: 9. marec 2020] https://bit.ly/2TNNMxM
[12] Gramovo [Citované: 11. 3. 2020] https://bit.ly/39Lwrep

Diaspor ako indikátor tepelnej úpravy korundov

Diaspore as an indicator of heat treatment of corundum

Daniela Horvátová[1]
Školiteľ: Ján Štubňa [2]
[1,2] Katedra geografie a regionálneho rozvoja, FPV UKF, Nábrežie mládeže 91, 949 74 Nitra
[1] daniela.horvatova2@student.ukf.sk, [2] janstubna@gmail.com

Abstrakt

Korund (Al_2O_3) je všeobecne známy svojimi drahokamovými odrodami ako rubín či zafír. Ich vzhľad často zhoršujú prítomné inklúzie. Jeden typ inklúzie sa líši od ostatných, konkrétne sa jedná o diaspor (AlOOH). Diaspor sa vyskytuje aj ako samostatný raritný minerál patriaci medzi drahé kamene. Je jedinečný tým, že je jediným hydroxidom, ktorý je vhodný ako priamy predchodca korundu. Táto skutočnosť vyplýva z vysokého obsahu vody v diaspore. Tepelnou úpravou korundu sa inklúzie diasporu rozplynú, keďže diaspor ľahko dehydruje na korund. V našej práci sme sa zamerali na diaspor ako indikátor tepelnej úpravy korundov. Na identifikáciu tepelnej úpravy sme použili Ramanovu a infračervenú spektroskopiu. Pozorovali sme zmenu hmotnosti vzoriek diasporu pred a po tepelnej úprave. Tepelnú úpravu sme vykonali pri teplotách 300, 400, 500, 600, 700, 800, 950 a 1150 °C. Tepelná úprava vzoriek diasporu ukázala zníženie hmotnosti o zhruba 16 %. Vzorky viditeľne stratili vodu a tým došlo k ich rozpadu.

Kľúčové slová: diaspor, indikátor, tepelná úprava, korund

Abstract

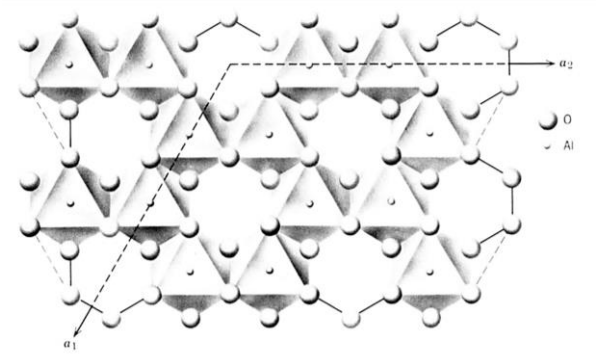
Corundum (Al_2O_3) is commonly known for its gemstone varieties like ruby or sapphire. Their appearance is often degraded by the inclusions that are present. One type of inclusion is different from others, and that is diaspore (AlOOH). Diaspore occurs as individual rare mineral that falls in the category of precious stones. It's unique because it's the only hydroxide that is suitable as a direct precursor of corundum. This, in fact, is due to the high-water content in diaspore. By heat treatment of corundum diaspore inclusions dissolve because diaspore easily dehydrates to corundum. In our work we focused on diaspore as indicator of heat treatment of corundum. For identification of heat treatment, we used Raman and infrared spectroscopy. We observed a change in weight of the diaspore samples before and after the treatment. The heat treatment was carried out at 300, 400, 500, 600, 700, 800, 950 a 1150 °C. Heat treatment of diaspore samples showed a decrease in weight by about 16 %. The samples visibly lost water and by that they disintegrated.

Key Words: diaspore, indicator, heat treatment, corundum

Úvod

Korund (Al_2O_3) patrí do triedy oxidov. Kryštalizuje v trigonálnej sústave [1]. Vytvára tabuľkovité kryštály podľa {0001} alebo prizmatické kryštály podľa {11-20}, často súdočkovité hexagonálne dipyramídy s hlbokým horizontálnym ryhovaním, menej časté sú romboédrické kryštály. Kryštály korundu sú väčšinou nedokonale vyvinuté, tento minerál sa vyskytuje aj ako celistvý hrubo- až jemnozrnný [2]. Vyznačuje sa tvrdosťou **T** 9 na Mohsovej stupnici tvrdosti a hustotou **h** 4 – 4, 10. Štiepateľnosť nemá. Lom je sklený až diamantový niekedy perleťový, vryp je biely [1]. Je priehľadný až priesvitný. Jeho farba je premenlivá, vyskytuje sa v odtieňoch hnedej, ružovej, modrej, bezfarebný alebo inak sfarbený. Sfarbenie drahokamovej odrody korundu červenej farby – rubínu, je spôsobené stopovým množstvom chrómu, u modrej drahokamovej odrody – zafíru, je sfarbenie spôsobené stopovým množstvom železa a titánu [2].

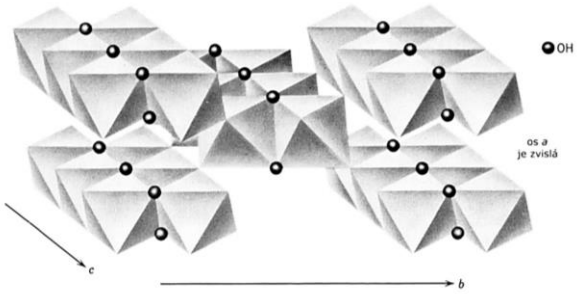
Korund je tvorený z 52,9 % Al a zo 47,1 % O. Jeho štruktúra je založená na čo najtesnejšom hexagonálnom usporiadaní iónov kyslíka. Len 2/3 oktaédrických pozícií sú u neho zaplnené katiónmi Al^{3+}. Toto zaplnenie je dané podmienkou elektroneutrality štruktúry a elektrostatickej valencie väzieb $Al^{3+} – O^{2-}$. Zvyšná 1/3 je prázdna. [2].



Obr. 1 Bazálne oktaédrické siete v korunde. Na každé dva oktaédre s katiónom Al^{3+} pripadá jeden prázdny oktaéder
Zdroj: [2]

V prírodnom korunde sa nachádza vodík spolu s kyslíkom vo forme (OH) v rôznych koncentráciách, ktoré sú nízke, majú 2 – 20 ppm [3]. Zaintegrovaním vody do kryštálovej štruktúry Al_2O_3 vznikajú hydroxidy hlinité, ktoré môžu existovať ako monohydrát AlOOH [4].

Diaspor (α-AlOOH) patrí spolu s böhmitom (γ-AlOOH), gibbsitom (γ -$AlO(OH)_3$) a beyeritom (α -$AlO(OH)_3$) do radu minerálov hydroxidu hlinitého. Rozdiel v týchto mineráloch závisí od tlaku a teploty kryštalizácie pri ich vzniku. Böhmit a diaspor sú dve polymorfné modifikácie, ktorých rozdiel spočíva vo viazaní kyslíka [5]. Diaspor má relatívne dokonalú kryštalickú štruktúru [6]. Anióny kyslíka a $(OH)^-$ sú v ňom usporiadané v najtesnejšom hexagonálnom usporiadaní a katióny Al^{3+} oktaédricky. Oktaédre $Al(O,OH)_6$ tvoria dvojité reťazce rovnobežné s osou c. V týchto reťazcoch sa oktaédre spájajú hranami a reťazce sa prepájajú vo vrcholoch priľahlých oktaédrov [2].



Obr. 2 Štruktúra diasporu. Dvojité reťazce $AlO_3(OH)_3$ sú rovnobežné s osou c. Vyznačené sú len skupiny OH, ostatné vrcholy oktaédrov sú obsadené aniónmi kyslíka
Zdroj: [2]

Böhmit má tiež katióny v oktaédrickej koordinácii, ale ich usporiadanie je odlišné od štruktúry diapsoru. Oktaédre böhmitu sa spájajú vrcholmi do reťazcov, ktoré sa spájajú hranami do zvlnených oktaédrických vrstiev [5].

Diaspor (AlOOH) patrí do triedy hydroxidov. Kryštalizuje v rombickej sústave, jeho kryštály sú väčšinou tenké tabuľky s dominantnými plochami {010}, niekedy pozdĺžne podľa [001] [2]. Strany kryštálov majú obvykle pruhy a ich zakončenia môžu byť pri ostrých a tupých uhloch v tvare obráteného „V“, alebo môžu byť naklonené len s jednou hranou. Kryštály môžu byť dvojito zakončené a zriedkavo môžu vytvárať dvojčatá v tvare písmena „V“. Mnohé kryštály sú plne vykryštalizovnané na oboch koncoch, pretože vznikli ako plaváky bez kontaktných bodov [7]. Diaspor môže byť lupeňovitý, šupinkovitý, masívny alebo rozptýlený. Vyznačuje sa dokonalou štiepateľnosťou podľa {010}, tvrdosťou **T** 6,5 – 7 a hustotou **h** 3,35 – 3,45. Je priesvitný až priehľadný, má sklený lesk, na štiepnych plochách perleťový. Môže mať bielu, sivú, žltkastú alebo zelenkastú farbu. Oplýva optickými vlastnosťami (+), α = 1,702, β = 1,722, γ = 1,750 [2].

Diaspor sa vyznačuje vysokým obsahom vody [6]. Skladá sa z 85 % Al_2O_3 a z 15 % H_2O [2]. Môže sa nachádzať v korunde ako zložka vodnej minerálnej inklúzie, častica v mriežke alebo v skupinách umiestnených vo vrstvách medzi deliacimi rovinami [3]. Diaspor je jediný oxo-hydroxid, ktorý je vhodným priamym predchodcom α-Al_2O_3 [6]. Ľahko dehydruje na α-oxid hlinitý [8]. Diaspor patrí do systému Al_2O_3 – H_2O, ktorý sa stáva stabilným minerálom namiesto korundu za vysokých tlakov s klesajúcou teplotou. Z tohto dôvodu sa diaspor môže nachádzať ako sekundárny alebo dcérsky minerál a taktiež ako inklúzia v kryštáloch korundu [5]. AlOOH sa pôsobením vysokých teplôt vždy zmení na α-Al_2O_3 [4]. Z reakcie dehydratácie diasporu vyplýva, že strata vody predstavuje 15 % [9].

$$2\alpha - AlOOH \rightarrow \alpha{-}Al_2O_3 \qquad [9]$$

Zmena diasporu na korund môže byť spájaná s podobnosťami v štruktúre α-oxidu hlinitého a diasporu, keďže oba majú hexagonálne uzavreté štruktúry [8]. V praktickom využití to znamená, že v dôsledku tepelnej úpravy korundov sa tieto kamene stávajú kvalitnejšími a čistejšími a tým sa zvyšuje aj ich hodnota, keďže teplo spôsobí únik vody zo

štruktúry kameňov, ktorá v nich vytvárala viditeľné inklúzie [3].

Výskyt diasporu sa spája s korundom v smirkových horninách [2]. Vyskytuje sa hlavne ako nízkotlakový, nízkoteplotný produkt minerálov a hornín bohatých na hliník [10]. Nachádza sa v dolomitoch a chloritových svoroch, ako jemnozrnný je súčasťou mnohých bauxitov. Konkrétne sa vyskytuje v Mugle (Turecko), na ostrove Naxos (Grécko) a Postmasburg (Juhoafrická republika), na lokalite Chester (Massachussets), na Mt. Robinson, Rosite Hills (Collorado) a aj na Slovensku v Banskej Štiavnici (štôlňa Ferdinand v Banskej Belej) [2].

Diaspor patrí medzi raritne sa vyskytujúce minerály [6]. Diaspory drahokamovej kvality vyznačujúce sa alexandritovým efektom sú komerčne označované ako *zultanite* a *csarite*. Vyskytujú sa na jedinečnom nálezisku, v oblasti Milas v provincií Mugla v juhozápadnom Turecku [11].

Ohľadom tepelnej úpravy diasporu na korund boli v predchádzajúcich výskumoch popísané postupy s presnou teplotou, dĺžkou trvania tepelnej úpravy aj hmotnosťou a pôvodom vzoriek [6, 3, 12, 5, 13]. V diaspore sú prítomné inklúzie, podľa Kamala [14] vlastnosti minerálov závisia do veľkej miery od ich štruktúry a povahy nečistôt v nich prítomných. Diaspor je tvorený prevažne oxo-hydroxidom hlinitým ale môže obsahovať aj aj iné hliník obsahujúce minerály ako bauxit, gibbsit alebo böhmit spolu s minerálmi obsahujúcimi prvky ako Cr, Fe, Si, Ca, Mg [14].

Účelom našej práce bolo skúmanie správania sa diasporu počas tepelnej úpravy pri teplotách 300, 400, 500, 600, 700, 800, 950 a 1150 °C. Z dôvodu veľkej štruktúrnej podobnosti medzi diasporom a korundom a skutočnosti, že diaspor je priamym predchodcom korundu, poukazuje naša tepelná úprava aj na to, čo sa stane, ak je tepelne upravený korund, v ktorom sa nachádza AlOOH vo forme inklúzie. V dnešnej dobe je úprava drahých kameňov rutinnou záležitosťou, ktorou sa vylepšuje ich vzhľad, a lepší vzhľad rovná sa vyššia cena. Korundy nie sú žiadnou výnimkou. Tieto úpravy častokrát nie je ľahké odlíšiť, preto je pre odlíšenie prírodných neupravených od prírodných upravených kameňov dôležité skúmať zmeny spôsobené rôznymi druhmi úprav a sústrediť sa na prípadné dôkazy niekdajšej existencie inklúzií.

1 Materiál a metodika

Objektom skúmania našej práce je raritný minerál diaspor. Na experimenty sme použili vzorky diasporu pochádzajúce z Ilbirských hôr, ktoré sa nachádzajú v oblasti Mendereského masívu v juhozápadnom Turecku. Diaspor zo Slovenska sme nepoužili z dôvodu jeho nízkej dostupnosti, repsektíve nedostupnosti. Použité vzorky predstavovali odpilky diasporu drahokamovej kvality rôznych tvarov s hmotnosťou od 0,6452 – 1,23 g.

Obr. 3 Príklad vzoriek diasporu pred tepelnou úpravou
Zdroj: [Autor]

Na zistenie správania sa diasporu vo forme inklúzie v korunde sme použili dve vzorky brúsených prírodných rubínov, jeden bol bez úpravy a druhý bol po tepelnej úprave. Prvú vzorku predstavoval jasno ružový rubín briliantového výbrusu s priemerom 2 mm (Obr. 4 vľavo). Druhou vzorkou bol slaboružový rubín okrúhleho briliantového výbrusu s priemerom 2 mm (Obr. 4 vpravo).

Obr. 4 Rubíny: vľavo prírodný a tepelne upravený, vpravo prírodný a neupravený
Zdroj: [Autor]

Identifikáciu vzoriek sme realizovali pomocou optickej mikroskopie. Použili sme trinokulárnu gemologickú lupu Motic GM-171 s digitálnou zrkadlovkou CANON 750D a sledovali sme vzorky v temnom poli.

Hmotnosť vzoriek pred a po tepelnej úprave sme zisťovali pomocou analytických váh. Pre tento druh váh sme sa rozhodli z dôvodu ich vysokej citlivosti a presnosti. Použili sme model analytických váh KERN ABT 120-5DM

Tepelnú úpravu vzoriek sme realizovali v muflovej peci. Muflovu pec sme zvolili z toho dôvodu, že je možné teplotu v nej dobre regulovať a je možné v nej dosiahnuť široký rozsah teplôt. Pri našich experimentoch sme použili na tepelnú úpravu diasporu muflovu pec VEB ELEKTRO BAD FRANKENHAUSEN typ LM 212.11 s maximálnou teplotou 1200 °C.

Pri získavaní výsledkov sme použili metódu termogravimetrie. Jedná sa o analytickú metódu na štúdium straty hmotnosti vzoriek spôsobenej pôsobením tepla. Táto metóda zachytáva počiatočnú a konečnú teplotu straty hmotnosti a množstvo stratenej hmotnosti pri určitých teplotách. Diferenčná termoanalýza (DTA) je metóda na zhodnotenie zmeny energie v materiály počas tepelnej úpravy. Koncept tejto metódy spočíva v porovnaní zmeny energie medzi inertným a dobre známym referenčným materiálom (materiál, ktorý nemá žiadne fyzické ani chemické zmeny). Vzorky sú zahrievané s rovnakou stúpajúcou teplotou v rovnakej peci. Keď dôjde k zmene fázy vo vzorke, napríklad k topeniu, nameraná teplota vzorky bude mať oneskorenie, ako dôsledok absorpcie energie vzorky – jedná sa o endotermickú reakciu. Výsledok sa ukáže na krivke DTA [15]. Termogravimetria bola realizovaná na prístroji DSC/DTA aparatúra Netzsch DSC 404F3 na meranie tepelnej kapacity alebo na termickú diferenčnú analýzu v teplotnom intervale 20°C – 1400°C s možnosťou použitia rôznej atmosféry. Práškové vzorky 50 mg. Termografia bola robená na Katedre fyziky, na fakulte prírodných vied UKF v Nitre.

Za účelom zistenia presného zloženia vzoriek diasporu a pozorovania zmien v ich zložení po tepelnej úprave, sme pred a po tepelnej úprave vzorky analyzovali pomocou Ramanovej spektroskopie. Princíp Ramanovej spektroskopie spočíva v tzv. „Ramanovom jave“, ktorý predstavuje neelastický rozptyl žiarenia. Počas tohto javu dochádza k posunu vlnových dĺžok (a tým k zmene frekvencie žiarenia) a na základe vzniknutého posunu je možné danú látku charakterizovať. Pri rozptyle fotóny strácajú alebo prijímajú energiu, a to sa prejaví zmenou vlnovej dĺžky. Ramanove spektrum poskytuje informácie o vibračných a rotačných pohyboch molekúl. Posun vznikajúci Ramanovým javom je stanovený energiou medzi vibračným a základným stavom molekuly alebo je stanovený na základe primárnych a vyžiarených fotónov [16]. Na analýzu vzoriek sme použili spektrometer GL Gem Raman PL532 so zeleným laserom o vlnovej dĺžke 532 nm a maximálnym výkonom 300 mW. Spektrometer využíva diódový laser Nd-YAG, ktorý pracuje na vlnovej dĺžke 1064 nm a detektor Toshiba TCD1304AP (CCD 3648 pixel, 8 µm x 200 µm). Spektrálny rozsah je 100 – 5440 cm^{-1} s rozlíšením 10 cm^{-1}. Veľkosť skúmaného bodu je 10 – 15 µm pri 10-násobnom zväčšení. Na vyhodnotenie spektier sme použili softvér Spekwin32 verzia 1.716.1 [17]. Ramanova spektroskopia vzoriek diasporu bola robená na Katedre geografie, na fakulte prírodných vied UKF v Nitre.

Ramanova spektroskopia a infračervená spektroskopia sa veľmi dobre dopĺňajú, keďže látky, ktoré sú v Ramanovom spektre inaktívne, sú v infračervenom spektre aktívne a naopak. Dôvodom pre toto fungovanie sú rozdielne vibrácie molekúl [16]. Infračervená spektroskopia FT-IR je zkratka z angl. Fourier transform infrared (spectroscopy) a označuje spektroskopickú techniku. Metóda je založená na absorpcií infračerveného žiarenia pri prechode vzorkou, pri ktorej sa uskutočnia zmeny rotačno-vibračných energetických stavov molekuly v závislosti na zmenách dipólového momentu molekuly. Výsledné infračervené spektrum je funkčnou závislosťou energie, ktorá je väčšinou vyjadrená v percentách transmitácie alebo jednotkách absorbancie na vlnovej dĺžke dopadajúceho žiarenia [18]. Infračervená spektroskopia bola robená na spektrometri FT-IR Nicolet 6700 Thermo. FT-IR diasporu bola realizovaná na katedre chémie, na fakulte prírodných vied UMB v Banskej Bystrici. FT-IR vybrúsených rubínov bola vykonaná v Laboratorium Gemmologiczne, Wydział Nauk o Ziemi, Uniwersytet Śląski v Poľsku.

Vzorky diasporu boli pred tepelnou úpravou zvážené na analytických váhach a bola na nich realizovaná Ramanova spektroskopia. Potom boli diaspory vložené do keramického kelímku a zabalené do alobalu. Takto pripravené vzorky sme vložili do pece na 1 hodinu a teplotu sme nastavili na 300, 400, 500, 600, 700, 800, 950 a 1150 °C. Po vykonaní tepelnej úpravy sme vzorky vybrali a nechali ochladiť na izbovú teplotu. Vzorky sme vybrali z alobalu zvážili na analytických váhach a vykonali na nich Ramanovu spektroskopiu.

2 Výsledky a diskusia

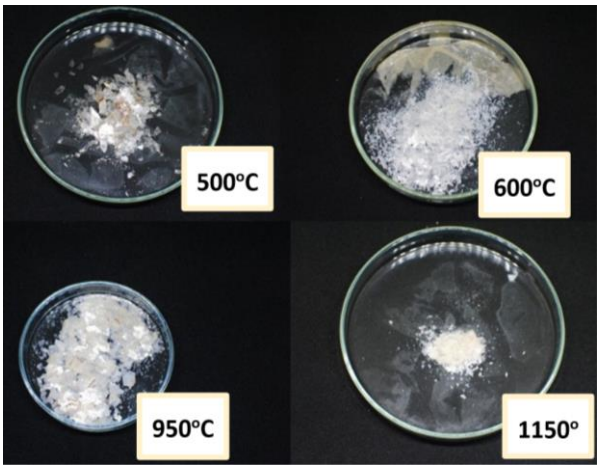
Prostredníctvom analýzy výsledkov po uskutočnení experimentov sa potvrdila strata vody vo vzorkách diasporu zapríčinená tepelnou úpravou nad 600, 700, 800, 950 °C. Zo štruktúry vzoriek diasporu unikla voda a nastala tým ich dehydratácia, ktorá spôsobila zmenu diasporu na korund. Dehydratácia zapríčinila veľkú zmenu v štruktúre diasporu, ktorá mala za následok aj vedľajší prejav a to rozpad vzoriek

diasporu. Táto strata vody zo štruktúry sa odrazila aj na znížení hmotnosti vzoriek, v priemere predstavovala strata ich hmotnosti 16,06 % (Tabuľka 1).

Vzorka č.	Hmotnosť pred úpravou (g)	Hmotnosť po úprave (g)	Rozdiel hmotnosti (g)	Rozdiel hmotnosti (%)
1	0,9930	0,8300	0,163	16,41 %
2	1,2300	1,0345	0,1955	15,89%
3	1,0202	0,8555	0,1647	16,14 %
4	0,9452	0,7958	0,1494	15,80 %

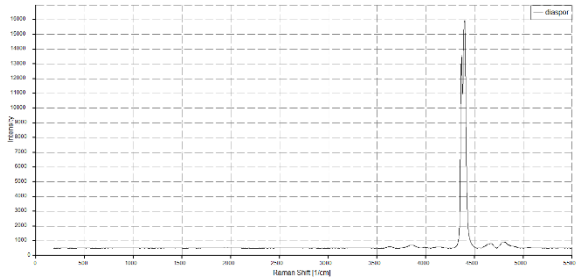
Tabuľka 1 Hmotnosť vzoriek diasporu pred a po tepelnej úprave

Vychádzame z toho, že vzorky pri tepelnej úprave nedosiahli teplotu tavenia a tým, že zo štruktúry odišla voda nastal spomínaný rozpad vzoriek na tenké šupinky.



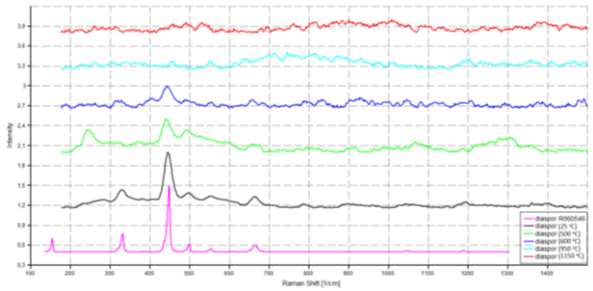
Obr. 5 Príklady vzorkiek diasporu po tepelnej úprave a ich rozpad
Zdroj: [Autor]

Pomocou Ramanovej spektroskopie sme sledovali zmenu chemického a štruktúrneho zloženia diasporu zapríčineného jeho premenou na korund. V dôsledku výraznej luminiscencie vzoriek sa nám nepodarilo zaznamenať Ramanove spektrum korundu (Obr 6).



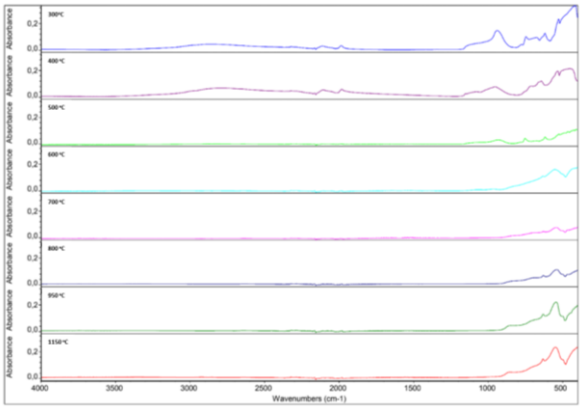
Obr. 6 Záznam Ramanovej spektroskopie disporu po tepelnej úprave (1150 °C) s detekovateľným chromoforom Cr^{3+}
Zdroj: [Autor]

Preto sme sa zamerali na detekovateľnosť diasporu vo vzorkách po tepelnej úprave pomocou Ramanovej spektroskopie.



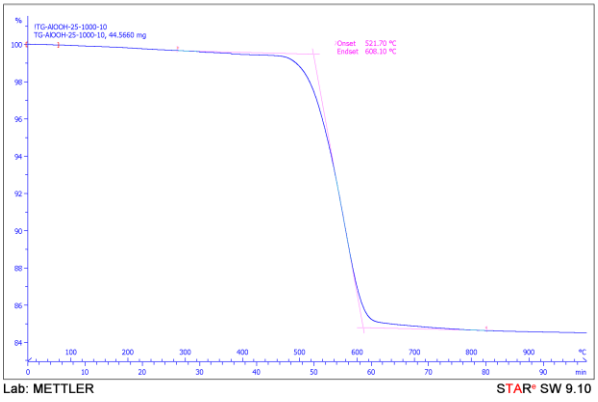
Obr. 7 Porovnanie ramanových spektier diasporu pred a po tepelnej úprave s porovnaním spektra diasporu z databázy RRUFF
Zdroj: [Autor]

Diaspor charakterizovalo 8 maxím a to 192, 331, 447, 498, 552, 665, 1047, 1189 cm^{-1}. Najvýraznejšie vibrácie boli zaznamenané na hodnotách 331, 447 a 498 cm^{-1}, ktoré prislúchajú vibráciám Al-O. Tieto vibrácie boli detekovateľné z materiálu s izbovou teplotou a z materiálu, ktorý prešiel tepelnou úpravou 500 až 600 °C. Pri teplotách 950 až 1150 °C tieto vibrácie už neboli detekovateľné (Obr. 7).



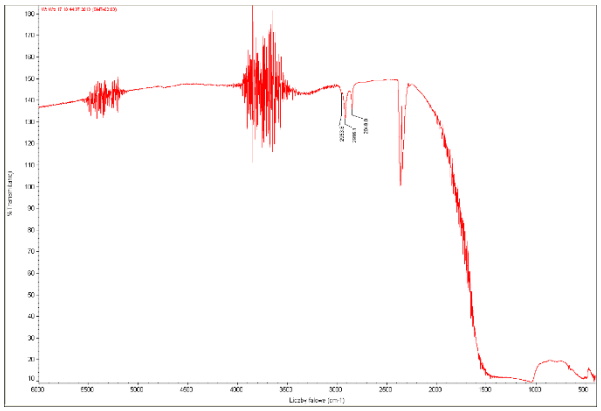
Obr. 8 Porovnanie spektier diasporu prostredníctvom infračervenej spektroskopie pri teplotách 300, 400, 500, 600, 700, 800, 950 a 1150 °C a ich zmena v závislosti od teploty
Zdroj: [Autor]

Porovnanie spektrier diasporu ukázalo prítomnosť vody v štruktúre pri teplotách 300 a 400 °C. Pri vyšších teplotách 500, 600, 700, 800, 950 a 1150 °C prítomnosť vody už pozorovateľná nebola (Obr. 8).

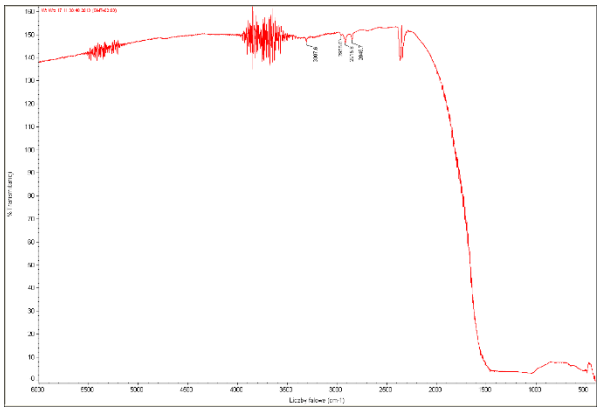


Obr. 9 Termogravimetria diasporu znázorňujúca počiatočnú a konečnú teplotu dehydratácie diasporu
Zdroj: [Autor]

Začiatok zmeny úbytku hmotnosti diasporu sme zaznamenali pomocou termogravimetrie pri teplote 521,70 °C a koniec pri teplote 608,10 °C. Na osi y môžeme pozorovať stratu hmotnosti diasporu, ktorá sa pohybuje medzi 15 až 16 % (Obr. 9). Táto hodnota sa zhoduje s hodnotami rozdielu hmotnosti vzoriek po tepelnej úprave v Tabuľke 1, ktoré boli vypočítané na základe zváženia vzoriek pred a po tepelnej úprave.

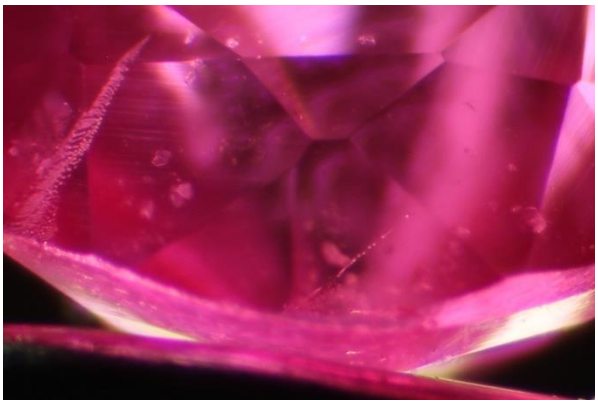


Obr. 10 FT-IR spektrum prírodného neupraveného rubínu s inklúziami AlOOH
Zdroj: [Autor]

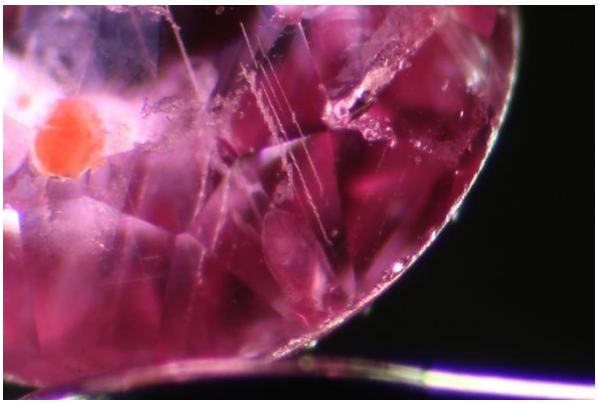


Obr. 11 FT-IR spektrum prírodného upraveného rubínu s inklúziami AlOOH
Zdroj: [Autor]

Vo všetkých vzorkách rubínov sme pomocou infračervenej spektroskopie identifikovali inklúzie AlOOH, na základe oblastí 2849, 2916, 3079 cm^{-1}, ktoré sú pre tieto inklúzie typické (Obr. 10 a 11). U jednej vzorky bola oblasť 3309 cm^{-1} nedostatočne výrazná. To znamená, že vzorka bola vystavená teplotám spôsobujúcim stratu vody zo štruktúry inklúzií diasporu. Keďže diaspor dehydruje na korund, tak v rubíne ostal po diaspore len rovnorodý materiál (Obr. 11). Túto stratu vody a teda aj inklúzií diasporu sme pozorovali trinokulárnou gemologickou lupou.



Obr. 12 Prerušovaná retiazková inklúzia v prírodnom, tepelne upravenom rubíne
Zdroj: [Autor]



Obr. 13 Celistvé inklúzie AlOOH v prírodnom, tepelne neupravenom rubíne
Zdroj: [Autor]

V prírodnom rubíne, ktorý prešiel tepelnou úpravou je v dolnej časti obrázka viditeľná prerušovaná retiazková inklúzia, nie je ale veľmi výrazná (Obr. 12). Táto inklúzia je pozostatkom po prítomnosti hydroxidu hlinitého v rubíne. V prírodnom tepelne neupravenom rubíne sú inklúzie AlOOH celistvé a výraznejšie (Obr. 13).

Záver

Zistili sme že tepelnou úpravou diasporu nastala vo vzorkách strata vody a tým došlo aj k úbytku ich hmotnosti. Nameraný úbytok hmotnosti sa pohyboval v rozmedzí od 15,80 do 16,41 %. Zmena bola na vzorkách viditeľná voľným okom, keďže došlo k ich rozpadu na tenké šupinky v smere štiepateľnosti {010} v dôsledku dehydratácie, a keďže nedosiahli teplotu tavenia nepretavili sa a neprekryštalizovali do celistvého tvaru.

Tepelne upravené vzorky nad 600°C vykazovali vysokú luminiscenciu, čo prekrylo Ramanove spektrá nového minerálu (korundu). Na dokázanie alebo vyvrátenie prítomnosti diasporu vo vzorkách sme pozorovali Ramanove spektrum diasporu,. Ukázalo sa, že pri teplotách 600 až 1150 °C diaspor už detekovateľný nebol. Porovnaním ramanových spektrier diasporu pri teplotách 300 – 1150 °C sme zistili prítomnosť vody v štruktúre pri teplotách 300 a 400 °C. Pri vyšších teplotách prítomnosť vody už pozorovateľná nebola. Pomocou termogravimetrie sme stanovili začiatok zmeny úbytku hmotnosti diasporu pri teplote 521,70 °C a koniec pri teplote 608,10 °C. Výsledná neidentifikovateľnosť prítomnosti diasporu po tepelnej úprave znamená, že sa v daných vzorkách už nenachádzal. Z toho vyplýva, že premena diasporu na korund bola úspešná.

Pomocou infračervenej spektroskopie sme na základe oblastí 2849, 2916, 3079 cm^{-1} charakteristických pre inklúzie AlOOH vo všetkých vzorkách rubínov identifikovali tento druh inklúzií,. U jednej vzorky bola oblasť 3309 cm^{-1} nedostatočne výrazná, v dôsledku vystavenia vzorky teplotám spôsobujúcim stratu vody zo štruktúry, v tomto prípade inklúzií, diasporu. Keďže diaspor dehydruje na korund, tak v rubíne ostal po diaspore len rovnorodý materiál. Túto stratu vody a teda aj inklúzií diasporu sme pozorovali trinokulárnou gemologickou lupou. V prírodnom, tepelne upravenom rubíne je viditeľná prerušovaná retiazková inklúzia, ktorá však nie je výrazná. Jedná sa o pozostatok prítomnosti inklúzie AlOOH. V prírodnom tepelne neupravenom rubíne sú prítomné inklúzie hydroxidu hlinitého celistvé a výrazne nápadnejšie.

Experimenty tepelnej úpravy diasporu a inklúzií v rubínoch dokázali, že tepelnou úpravou sa inklúzie v korundoch rozplynú a tým sa stávajú čistejšími, teda aj kvalitnejšími a v neposlednom rade aj na pohľad krajšími [Themelis 2018, Štubňa 2015, Štubňa 2017]. Avšak pri podrobnejšom pozorovaní a skúmaní, napríklad ako v našom prípade gemologickou trinokulárnou lupou, je možné tepelnú úpravu korundov identifikovať na základe zmeny morfologickej štruktúry.

Z toho vyplýva, že aj keď sa drahé kamene ako korundy upravujú, identifikácia týchto úprav je možná. Z praktického hľadiska má využitie týchto poznatkov význam pri certifikovaní drahých kameňov a ich správnom oceňovaní.

Poďakovanie

Chcem poďakovať katedre chémie patriacej do fakulty prírodných vied UMB v Banskej Bystrici za možnosť realizácie FT-IR diasporu.

Chcela by som poďakovať za FT-IR rubínov Laboratorium Gemmologiczne v Uniwersytet Śląski v meste Sosnowiec v Poľsku. Bez ochoty poskytnutia spomínaného prístrojového vybavenia týchto univerzít by nebolo možné vykonať potrebné analýzy pre našu prácu.

Za odborné vedenie, cenné rady, podporu a usmernenie by som chcela poďakovať svojmu školiteľovi PaedDr. Jánovi Štubňovi, PhD.

Použitá literatúra

[1] Price M., et al. (2013) Horniny a minerály. 2. vyd. Preložila Patricie Frecerová. Slovart, Praha, Česká republika, p. 224

[2] Klein C. (2006) Mineralógia. Oikos – Lumon, Bratislava, Slovensko, p. 403

[3] Themelis T. (2018) The Heat Treatment of Ruby and Sapphire. Themelis, Bangkok, Thajsko, p. 294

[4] Shirai T., et al. (2009) Výročná správa výskumného centra pre keramiku 2009, Structural Properties and Surface Characteristics on Aluminum Oxide Powders, Nagoya, Japonsko, p. 23

[5] Štubňa J. (2017) Gemologický spravodajca 1(7), p. 14

[6] Hatipoğlu M., et al. (2010) Physica B 405(7), p. 1729

[7] Treasuremountainmining.com [Citované: 08.03.2020] https://www.treasuremountainmining.com/index.php?route=pavblog/blog&id=103

[8] Kloprogge, J. T., et al. (2002) Journal of Materials Science. 37(6), p. 1121

[9] Yang, H., et al. (2004) Journal of Central South University of Technology. 11 (2). p. 173

[10] Pawley, A. R., et al. (1996) American Mineralogist. 81, p. 335

[11] Altingoz M., et al. (2019). The Extractive Industries and Society. P. 1

[12] Štubňa, J., et al. (2015). Mineralogicko-petrologická konferencia Petros. P.62

[13] Canimoglu, A., et al. (2014). Spectroscopy Letters: An International Journal for Rapid Communication. 47 (4), p. 292

[14] Kamal, M. A., et al. (2015) Journal of Basic & Applied Sciences. 11, p. 143

[15] Wanthanachaisaeng, B. (2007) The influence of heat treatment on the phase relations in mineral growth systems. (Dizertačná práca) Fakulta prírodných vied, Johannes-Gutenberg-Universität, Mainz

[16] Gregor, M. et al., (2011) Spravodaj SSS. 8(1), p. 5

[17] Menges, F. (2012) "Spekwin32 - optical spectroscopy software", Version 1.716.1, http://www.effemm2.de/spekwin

[18] Šimkovič, I. (2017) Chemické Listy. 111, p. 22

Odvetvie automotive v okrese Nitra

Automotive industry in the district of Nitra

Viktória Holecová[1]
Školiteľ: Alfred Krogmann[2]
[1,2]Katedra geografie a regionálneho rozvoja, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra
[1]viktoria.holecova@student.ukf.sk, [2]akrogmann@ukf.sk

Abstrakt

Rozvoj automobilového priemyslu je v okrese Nitra v posledných rokoch zapríčinený príchodom spoločnosti Jaguar Land Rover, ktorá je od roku 2018 hlavným predstaviteľom odvetvia automotive v predmetnom území.

Cieľom príspevku je poukázať na pozíciu odvetvia automotive v okrese Nitra. Prostredníctvom anketového šetrenia budeme zisťovať vnímanie lokalizácie závodu Jaguar Land Rover obyvateľmi dotknutých obcí.

Keďže na lokalizáciu priemyselných výrobných závodov vplýva veľa činiteľov, v treťej kapitole sme zisťovali, ktoré faktory ovplyvňujú lokalizáciu výrobných podnikov odvetvia automotive na Slovensku. V štvrtej kapitole analyzujeme odvetvie automotive a dodávateľské spoločnosti okresu Nitra ako aj zhrnieme výsledky dotazníkového šetrenia, ktoré sme získali metódou terénneho výskumu. Metódu vysvetľujúceho opisu sme aplikovali pri vysvetľovaní základných informácií týkajúcich sa odvetvia automotive. Pri kvantitatívnom spracovaní štatistických údajov, ktoré sme vložili do tabuliek a grafov bola použitá matematicko-štatistická metóda. Systémová metóda bola uplatnená pri analyzovaní a syntéze získaných informácií do jednotlivých celkov.

Kľúčové slová: odvetvie automotive v okrese Nitra, dodávateľské firmy, vnímanie, Jaguar Land Rover

Abstract

The development of the automotive industry in the district of Nitra in recent years is due to the arrival of the company Jaguar Land Rover, which is the main representative of the automotive industry in the territory concerned since 2018.

The aim of the paper is to point out the position of the automotive industry in the Nitra district, Through a survey we have find out the perception of the location of the plant Jaguar Land Rover by inhabitans of the affected municipalities.

Since many factors influence the localization of industrial production plants, in the third chapter we have investigated which factors influence the localization of manufacturing companies in the automotive industry in Slovakia. In the fourth chapter we have analyzed the automotive industry and the supply companies of the Nitra district as well as we have summarize the results of the questionnaire survey, which we have obtained by the method of field research. We have used the explanatory method to explain bacis information about the automotive industry. The mathematical-statistical method was used for quantitative processing of statistical data that we have put into tables and grapfs. The system method was applied in the analysis and synthesis of the information obtained into individual units.

Key Words: automotive industry in the district of Nitra, supply companies, perception, Jaguar Land Rover

Úvod

Automobilový priemysel sa nielen vo svete ale aj na Slovensku veľmi rýchlo a prudko rozvíja. Nárast produkcie automobilov ovplyvňuje rast a tvorbu pracovných pozícií aj v iných oblastiach hospodárstva, ktoré súvisia s týmto odvetvím.

Hlavným cieľom nášho príspevku je charakterizovať a lokalizovať odvetvie automotive a jeho dodávateľov v okrese Nitra. Zisťovali sme, na výrobu akých komponentov sa jednotlivé dodávateľské firmy orientujú, ako aj to, ktorí dodávatelia spolupracujú s automobilkou Jaguar Land Rover.

Našim ďalším cieľom bolo zistiť vplyv výrobného závodu automobilky Jaguar Land Rover na obyvateľov dotknutých obcí. Zaujímalo nás, ako vnímajú príchod a produkciu spoločnosti. Dôležitou súčasťou nášho článku je preto dotazníkový prieskum, v ktorom sme zisťovali názor ľudí bývajúcich v Nitre, mestských častiach Dražovce, Zobor a Mlynárce, ako aj v obciach Lužianky, Zbehy a Čakajovce.

1 Prehľad literatúry

Pri písaní tohto príspevku sme vychádzali z viacerých odborných publikácií z Univerzitnej knižnice Univerzity Konštantína Filozofa v Nitre a tiež z niekoľkých elektronických zdrojov.

Kapitolu Faktory ovplyvňujúce odvetvie automotive v okrese Nitra sme vychádzali z diplomovej práce Automobilový průmysl v České republice - analýza výrobců komponentů a ukotvení tématu v kurikulu [1] a z publikácie Humánna geografia I [2].

Charakteristiku pojmu a odvetvia automotive v prvej podkapitole kapitoly Výsledky a diskusia sme získali na základe internetovej stránky [3] a skrípt Geografia Slovenska [4]. Výrobný reťazec odvetvia automotive sme získali z práce [5]. Charakteristiku spoločnosti Jaguar Land Rover sme písali podľa internetovej stránky [6] a databázy [7]. Informácie o automotive spoločnostiach a dodávateľských firmách v tabuľkách 1, 2 a 3 sme získali z online databázy [7] a z internetovej stránky ŠÚSR [8]. Tabuľku 9 sme spracovali na základe obchodného registra dostupného na internete [9]. Podkapitolu kapitoly 4, Dotazníkový výskum, sme spracovali pomocou bakalárskej práce [10]. Štatistické údaje v závere sme získali z medzinárodnej online databázy OICA [11] a informácie o dotáciách pre Jaguar Land Rover sme nadobudli z článku zverejneného na webovej stránke [12].

2 Metodika práce

Hlavnou fázou pri písaní článku bola činnosť s internetovými zdrojmi (novinové články, štatistické údaje), ktoré sme zhromaždili a vybrali z nich len relevantné informácie.

Metódou terénneho výskumu sme pozorovali, mapovali a získali priame informácie od rezidentov dotknutých obcí pomocou dotazníkového prieskumu. Použili sme tlačenú formu a samotný výskum sme vykonávali na území, do ktorého katastrálne zasahuje podnik Jaguar Land Rover, teda v obciach Zbehy a Čakajovce, v Nitre a v jej mestských častiach Dražovce, Zobor, Mlynárce a Lužianky. V každej tejto obci sme zozbierali 20 odpovedí. Keďže sme nemali dostatočný počet vyplnených dotazníkov, výskum sa uskutočnil aj na sídliskách Chrenová a Klokočina, kde sme získali ďalších 16 odpovedí. Dotazník bol realizovaný v poobedňajších hodinách na autobusových zastávkach a v obchodoch. V tejto fáze sme zabezpečili fotodokumentáciu hustoty dopravy, obce Dražovce aj závodu Jaguar Land Rover.

3 Faktory ovplyvňujúce odvetvie automotive v SR

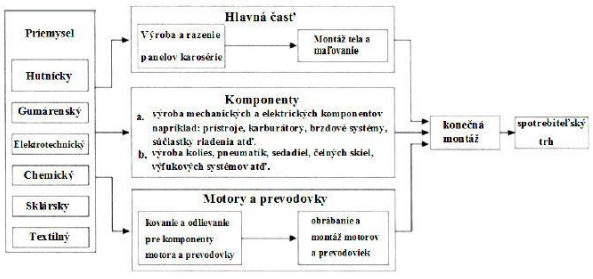
Na lokalizáciu odvetvia automotive vplýva množstvo faktorov, ktoré predstavujú požiadavky, aby na určitom mieste boli v dostatočnej miere k dispozícii určité podmienky. Jednotlivé faktory sú premenlivé v čase a nepôsobia selektívne [1]. Priestorové rozmiestnenie je podmienené výhodnou geografickou polohou, stupňom zabezpečenia krajiny ako celku a jej jednotlivých oblastí, zdrojom pracovnej sily, úrovňou rozvoja jednotlivých foriem spoločenskej organizácie produkcie, vedecko-technickej revolúcie, historickým rozmiestnením priemyslu, hustotou sídiel a dopravným spojením, ako aj ďalšími.

Na umiestnenie automobilového priemyslu najviac vplýva pracovná sila a prepravné náklady [2].V okrese Nitra podmienila prilákanie investora a výstavbu výrobného podniku Jaguar Land Rover pracovná sila, dotácie štátu a investorov, rozvinutá infraštruktúra, informácie, životné prostredie, globalizácia a rozvinutá dodávateľská sieť.

4 Výsledky a diskusia

4.1 Odvetvie automotive v okrese Nitra a dodávateľské firmy

Automotive (ang.) je odvetvie priemyslu, ktoré zahŕňa organizácie a podniky, ktorých náplňou je návrh, vývoj, výroba a predaj motorových vozidiel, ako aj ich súčiastok [3]. Toto odvetvie na seba viaže dodávateľské firmy viac ako iné odvetvia priemyslu [4]. Rozvoj dodávateľskej siete podporuje výrobu v ďalších odvetviach, ako elektrotechnický, textilný, chemický, gumárenský, sklársky a kožiarsky priemysel. Výrobný reťazec odvetvia automotive zobrazuje obrázok 1.



Obrázok 1 Odvetvie automotive a vzťahy medzi jeho jednotlivými zložkami
Zdroj: [5]

V minulosti nebolo odvetvie automotive v okrese Nitra rozvinuté. Jeho rozvoj spôsobil až s príchod a lokalizácia automobilky Jaguar Land Rover, ktorá otvorila nový výrobný závod a vytvorila tak pracovné

pozície. Umiestnenie výrobného podniku pri Nitre pritiahla aj ďalších investorov, čím vznikla rozvinutá sieť výrobných závodov a dodávateľských spoločností, ktoré však dodávajú komponenty a súčiastky aj ďalším producentom, či už v rámci Slovenska alebo krajín V4.

Jaguar Land Rover je britská automobilová spoločnosť, ktorá patrí pod indickú materskú spoločnosť Tata Motors Limited sídliacu v Bombaji [6]. Slovenská pobočka Jaguar Land Rover Slovakia s.r.o. s obchodným sídlom v Bratislave sa zameriava na výrobu motorových vozidiel a výrobu karosérií pre motorové vozidlá. Výrobný závod (obrázok 2) etablovaný od roku 2018 je umiestnený v Priemyselnom parku Nitra Sever - Mlynárce. Závod sa špecializuje na produkciu modelov Land Rover Discovery a Land Rover Defender s ročnou výrobnou kapacitou 150 tisíc automobilov ročne [7].

Obrázok 2 Výrobný závod Jaguar Land Rover v Priemyselnom parku Nitra Sever - Mlynárce

V súčasnosti sídli v priemyselnej zóne Nitra Sever - Mlynárce okrem spomínanej automobilky Jaguar Land Rover ďalších 7 spoločností (tabuľka 1), ktoré sa orientujú na výrobu komponentov pre odvetvie automotive. Spoločnosť Jaguar Land Rover v Priemyselnom parku Nitra Sever - Mlynárce je posledná, ktorá tam otvorila svoj výrobný závod. Všetky ostatné spoločnosti, ktoré tu majú výrobné závody, sú staršie.

Odvetvie automotive sa však nesústreďuje len na Priemyselný park Nitra Sever - Mlynárce, je rozvinuté aj v iných častiach okresu Nitra. V rámci tohto okresu evidujeme 21 spoločností (tabuľka 2), ktorých hlavným predmetom podnikania je výroba dielov a príslušenstva pre automotive. Zoznam firiem je uvedený v tabuľke 2.

	Názov spoločnosti	Sídlo	Deň zápisu do ORSR	Kategória NACE
1	GU SLOVENSKO, s.r.o.	Priemyselný park Nitra-sever, Dolné Hony 24/1085, 951 41 Lužianky	04.08.2000	výroba zámkov a pántov
2	STEEP PLAST Slovakia, s.r.o.	Dolné Hony 26, 951 41 Lužianky	08.01.2005	výroba ostatných dielov a príslušenstva pre motorové vozidlá; výroba ostatných plastových výrobkov
3	Keller Automotive Technologies Slovakia k.s.	Dolné Hony 9, 949 01 Nitra	30.04.2005	maloobchod s počítačmi, periférnymi jednotkami a softvérom v špecializovaných predajniach
4	Giesecke & Devrient Slovakia, s.r.o.	Dolné Hony 727/11, 949 01 Nitra	28.07.2005	výroba ostatných plastových výrobkov
5	ICS Industrial Cables Slovakia, spol. s.r.o.	Dolné Hony 25, 949 01 Nitra	23.12.2005	výroba ostatných elektronických a elektrických drôtov a káblov
6	FARGUELL NITRA, s.r.o.	Dolné Hony 8, 949 01 Nitra	27.04.2007	kovanie, lisovanie, razenie a valcovanie kovov; prášková metalurgia
7	GESTAMP NITRA, s.r.o.	Dvořákovo nábrežie 4, 811 02 Bratislava	14.08.2014	výroba ostatných dielov a príslušenstva pre motorové vozidlá
8	Jaguar Land Rover Slovakia s.r.o.	Vysoká 2/B, 811 06 Bratislava	11.09.2015	výroba motorových vozidiel

Tabuľka 1 Spoločnosti sídliace v Priemyselnom parku Nitra Sever - Mlynárce
Zdroj: [7], [8]

Z celkového počtu firiem (21) zameraných na odvetvie automotive v okrese Nitra viac ako polovica (52 %) sídli priamo v Nitre (11 firiem) a 18 % sa nachádza vo Vrábľoch (4 firmy). 2 spoločnosti (10 %) sídliace v Bratislave majú v okrese Nitra svoje výrobné závody. Vo Veľkom Záluží majú sídlo 2 firmy (10 %). V Čabe je lokalizovaná 1 firma.

Spoločnosť Jaguar Land Rover bola zapísaná do ORSR v roku 2015, z čoho vyplýva, že väčšina ostatných firiem v okrese Nitra zameraných na odvetvie automotive vznikla pred tým. Po roku 2015 vznikli len 3 spoločnosti, a to AUTOPLACHTY NITRA s.r.o., G-TEKT Slovakia, s.r.o. so sídlom v Nitre a Auria Solutions Slovakia s.r.o. sídliaca vo Vrábľoch.

Štruktúra výrobných závodov odvetvia automotive v okrese Nitra (tabuľka 3) je pomerne pestrá. Z celkového počtu firiem 21 sa 9 z nich sústredí na hutnícky priemysel. Elektrotechnickému priemyslu sa venujú 4 spoločnosti. 3 firmy sa zameriavajú na výrobu z oblasti chemického priemyslu a 2 spoločnosti možno zaradiť do textilného priemyslu. Na gumárenský priemysel je zameraná 1 firma.

	Názov spoločnosti	Sídlo (okres NR)	Deň zápisu do ORSR
1	RISBOCAR, a.s.	Levická cesta 3, 949 01 Nitra	01.05.1992
2	MATADOR Automotive Vráble, a.s.	Staničná 1045, 952 12 Vráble	26.03.2014
3	AUTOPLACHTY NITRA s.r.o.	Jakuba Haška 3, 950 47 Nitra	15.09.2018
4	G-TEKT Slovakia, s.r.o.	Na Pasienkoch 9, 949 01 Nitra	20.09.2017
5	Auria Solutions Slovakia s.r.o.	Hlavná 1792/58 A, 952 01 Vráble	17.06.2017
6	Autopia s.r.o.	Staničná 502, 952 01 Vráble	21.09.2012
7	PARAGAN SK s.r.o.	Zlatomoravecká cesta, 949 01 Nitra	22.06.2005
8	STEEP PLAST Slovakia, s.r.o.	Dolné Hony 26, 951 41 Lužianky	08.01.2005
9	HUMERY Slovakia s.r.o.	Piesková 1276, 951 35 Veľké Zálužie	07.12.2004
10	Bourbon AP Nitra s.r.o.	280, 951 24 Čab	15.04.2004
11	Cavo Automotive Slovakia s.r.o.	Dolné Hony 9, 949 01 Nitra	23.07.2003
12	SE Bordnetze - Slovakia s.r.o.	Novozámocká 67, 949 05 Nitra	03.01.1996
13	Kongsberg Automotive, s.r.o.	Hlavná 48, 952 01 Vráble	09.06.1995
14	SLUŽBA NITRA, s.r.o.	Pražská 33, 949 01 Nitra	17.12.1955
15	ICS Industrial Cables Slovakia, spol. s.r.o.	Dolné Hony 25, 949 01 Nitra	23.12.2005
16	FARGUELL NITRA, s.r.o.	Dolné Hony 8, 949 01 Nitra	27.04.2007
17	Giesecke & Devrient Slovakia, s.r.o.	Dolné Hony 727/11, 949 01 Nitra	28.07.2005
18	GU SLOVENSKO, s.r.o.	Priemyselný park Nitra-sever, Dolné Hony 24/1085, 951 41 Lužianky	04.08.2000
19	Jaguar Land Rover Slovakia s.r.o.	Vysoká 2/B, 811 06 Bratislava	11.09.2015
20	GESTAMP NITRA, s.r.o.	Dvořákovo nábrežie 4, 811 02 Bratislava	14.08.2014
21	Keller Automotive Technologies Slovakia k.s.	Dolné Hony 9, 949 01 Nitra	30.04.2005

Tabuľka 2 Odvetvie automotive v okrese Nitra
Zdroj: [7], [8]

Celkovo má väčšina automotive spoločností sídliacich v okrese Nitra zahraničný pôvod. Len 4 firmy majú súkromné tuzemské vlastníctvo, a to RISBOCAR, a.s., AUTOPLACHTY NITRA s.r.o., Autopia s.r.o. a SLUŽBA NITRA, s.r.o.

Najväčší počet zahraničných firiem má pôvod v Nemecku (5 firiem), nasleduje Veľká Británia (3 firmy) a Francúzsko (3 firmy). 2 spoločnosti majú španielsky pôvod. V Rakúsku má pôvod 1 firma, rovnako aj v Turecku, Nórsku a v Českej republike. Informácie sú zobrazené v tabuľke 4.

	Názov spoločnosti	Kategória NACE
1	RISBOCAR, a.s.	výroba karosérií pre motorové vozidlá; výroba návesov a prívesov; oprava a údržba motorových vozidiel
2	MATADOR Automotive Vráble, a.s.	výroba ostatných dielov a príslušenstva pre motorové vozidlá
3	AUTOPLACHTY NITRA s.r.o.	výroba ostatných dielov a príslušenstva pre motorové vozidlá; tkanie textilu
4	G-TEKT Slovakia, s.r.o.	výroba motorových vozidiel
5	Auria Solutions Slovakia s.r.o.	výroba ostatných dielov a príslušenstva pre motorové vozidlá
6	Autopia s.r.o.	výroba motorových vozidiel, motorov
7	PARAGAN SK s.r.o.	výroba karosérií pre motorové vozidlá; výroba návesov a prívesov; oprava strojov
8	STEEP PLAST Slovakia, s.r.o.	výroba ostatných dielov a príslušenstva pre motorové vozidlá; výroba ostatných plastových výrobkov
9	HUMERY Slovakia s.r.o.	výroba ostatných dielov a príslušenstva pre motorové vozidlá; výroba kovových konštrukcií a ich častí
10	Bourbon AP Nitra s.r.o.	výroba ostatných dielov a príslušenstva pre motorové vozidlá; výroba ostatných plastových výrobkov
11	Cavo Automotive Slovakia s.r.o.	výroba ostatných dielov a príslušenstva pre motové vozidlá
12	SE Bordnetze - Slovakia s.r.o.	výroba ostatných dielov a príslušenstva pre motorové vozidlá
13	Kongsberg Automotive, s.r.o.	výroba ostatných dielov a príslušenstva pre motorové vozidlá
14	SLUŽBA NITRA, s.r.o.	výroba elektrických a elektronických prístrojov pre motorové vozidlá
15	ICS Industrial Cables Slovakia, spol. s.r.o.	výroba ostatných elektronických a elektrických drôtov a káblov
16	FARGUELL NITRA, s.r.o.	kovanie, lisovanie, razenie a valcovanie kovov; prášková metalurgia
17	Giesecke & Devrient Slovakia, s.r.o.	výroba ostatných plastových výrobkov
18	GU SLOVENSKO, s.r.o.	výroba zámkov a pántov
19	Jaguar Land Rover Slovakia s.r.o.	výroba motorových vozidiel
20	GESTAMP NITRA, s.r.o.	výroba ostatných dielov a príslušenstva pre motorové vozidlá
21	Keller Automotive Technologies Slovakia k.s.	maloobchod s počítačmi, periférnymi jednotkami a softvérom v špecializovaných predajniach
	VYSVETLIVKY	
	hutnícky priemysel	
	gumárenský priemysel	
	elektrotechnický priemysel	
	chemický priemysel	
	textilný priemysel	

Tabuľka 3 Štruktúra automotive závodov v okrese Nitra
Zdroj: [7], [8]

Dodávateľskú sieť automobilky Jaguar Land Rover v rámci okresu Nitra tvorí: MATADOR Automotive Vráble, a.s., G-TEKT Slovakia, s.r.o., Auria Solutions Slovakia s.r.o., Bourbon AP Nitra s.r.o., Kongsberg Automotive, s.r.o. a GESTAMP NITRA, s.r.o.

	Názov spoločnosti	Vlastníctvo
1	RISBOCAR, a.s.	súkromné tuzemské
2	MATADOR Automotive Vráble, a.s.	zahraničné (Nemecko)
3	AUTOPLACHTY NITRA s.r.o.	súkromné tuzemské
4	G-TEKT Slovakia, s.r.o.	zahraničné (Veľká Británia, Japonsko)
5	Auria Solutions Slovakia s.r.o.	zahraničné (Veľká Británia)
6	Autopia s.r.o.	súkromné tuzemské
7	PARAGAN SK s.r.o.	zahraničné (Česká republika)
8	STEEP PLAST Slovakia, s.r.o.	zahraničné (Francúzsko)
9	HUMERY Slovakia s.r.o.	zahraničné (Francúzsko)
10	Bourbon AP Nitra s.r.o.	zahraničné (Francúzsko)
11	Cavo Automotive Slovakia s.r.o.	zahraničné (Turecko)
12	SE Bordnetze - Slovakia s.r.o.	zahraničné (Nemecko)
13	Kongsberg Automotive, s.r.o.	zahraničné (Nórsko)
14	SLUŽBA NITRA, s.r.o.	súkromné tuzemské
15	ICS Industrial Cables Slovakia, spol. s.r.o.	zahraničné (Rakúsko)
16	FARGUELL NITRA, s.r.o.	zahraničné (Španielsko)
17	Giesecke & Devrient Slovakia, s.r.o.	zahraničné (Nemecko)
18	GU SLOVENSKO, s.r.o.	zahraničné (Nemecko)
19	Jaguar Land Rover Slovakia s.r.o.	zahraničné (Veľká Británia, India)
20	GESTAMP NITRA, s.r.o.	zahraničné (Španielsko)
21	Keller Automotive Technologies Slovakia k.s.	zahraničné (Nemecko)

Tabuľka 4 Druh vlastníctva automotive závodov v okrese Nitra
Zdroj: [9]

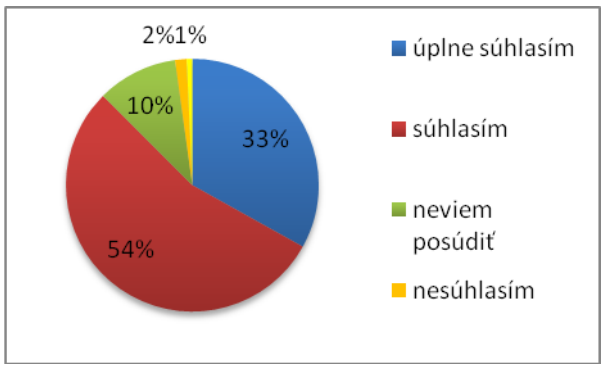
4.2 Dotazníkový výskum

Cieľom dotazníkového šetrenia bolo získať čo najdôveryhodnejšie informácie od obyvateľov jednotlivých dotknutých obcí a následne ich porovnať.

Výskumu sa celkovo zúčastnilo 136 respondentov, z toho 59 % tvorili ženy a 41 % muži. Z celkového počtu zúčastnených bolo najviac respondentov vo veku 26 - 35 rokov. Pri odpovedi si respondenti mohli vybrať z 5 možností, a to: úplne súhlasím, súhlasím, neviem posúdiť, nesúhlasím a úplne nesúhlasím. Jednotlivé otázky sme rozoberali v rámci nasledujúcich piatich podkapitol. Odpovede respondentov sú znázornené graficky.

4.2.1 Lokalizácia podniku Jaguar Land Rover spôsobila zvýšenie pracovnej migrácie

Z celkového počtu respondentov väčšina odpovedala na túto otázku kladne. S tvrdením „úplne súhlasilo“ 24 % opýtaných, „súhlasilo“ 24 % opýtaných. Možnosť „neviem posúdiť“ zvolilo 10 % respondentov. S názorom „nesúhlasili“ 2 % opýtaných a „úplne nesúhlasilo“ len 1 %. Odpovede respondentov sú podrobnejšie zobrazené v grafe 1.



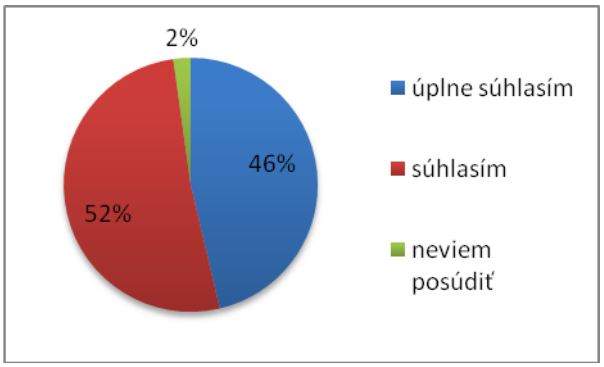
Graf 1 Vplyv lokalizácie podniku Jaguar Land Rover na zvýšenie pracovnej migrácie
Zdroj: [10]

Na otázku, ktorá vyjadruje zvýšenie pracovnej migrácie vplyvom podniku Jaguar Land Rover odpovedala väčšina respondentov kladne. Najviac respondentov z iných mestských častí Nitry (14 osôb) a z Mlynáriec (8 osôb) „úplne súhlasilo“ s týmto predpokladom. Najmenej respondentov „úplne súhlasilo“ v Lužiankach, Zbehoch a Čakajovciach, kde v každej obci vyjadrili takýto názor 4 osoby. S výrokom „súhlasilo“ najviac obyvateľov v Čakajovciach (16 osôb), v Lužiankach (14 osôb) a v Zbehoch (14 osôb). Naopak, najmenší počet respondentov zvolilo možnosť „súhlasím“ v iných mestských častiach Chrenová a Klokočina (2 osoby) a mestskej časti Zobor (6 osôb). K výroku sa nevedelo vyjadriť najviac respondentov v mestskej časti Zobor (6 osôb), v Dražovciach (4 osoby) a v Lužiankach a Zbehoch rovnaký počet - 2 osoby. S tvrdením, že lokalizácia podniku Jaguar Laand Rover spôsobila zvýšenú pracovnú migráciu „nesúhlasilo“ najviac ľudí v mestskej časti Zobor (2 osoby) a rovnako v tejto mestskej časti 1 osoba „úplne nesúhlasila“. Na otázku či je obec respondentov pripravená na príchod zahraničných robotníkov, odpovedala väčšina „nie“ (85 %). Zvyšných 15 % respondentov z mestskej časti Zobor a iných mestských častí odpovedalo „áno“. Na otázku či majú respondenti vo svojich obciach ubytovaných zahraničných robotníkov odpovedalo 20 % z iných mestských častí Nitry „áno“. 70 % opýtaných osôb

odpovedalo „nie“ a zvyšných 10 % sa nevedelo k otázke vyjadriť. Respondenti, ktorí odpovedali kladne vedeli, že zahraniční robotníci pochádzajú zo Srbska, Gruzínska a Ukrajiny [10].

4.2.2 Lokalizácia podniku Jaguar Land Rover spôsobila zvýšenie hustoty dopravy

S alternatívou, či ***umiestnenie podniku Jaguar Land Rover spôsobilo zvýšenie hustoty dopravy*** sa stotožnili všetci respondenti. Celkovo odpovedalo kladne 98 % obyvateľstva, z toho 46 % „úplne súhlasilo“ a 52 % „súhlasilo“. Len 2 % respondentov „nevedelo posúdiť“ výrok, čo je zobrazené v grafe 2.



Graf 2 Vplyv lokalizácie podniku Jaguar Land Rover na zvýšenie hustoty dopravy
Zdroj: [10]

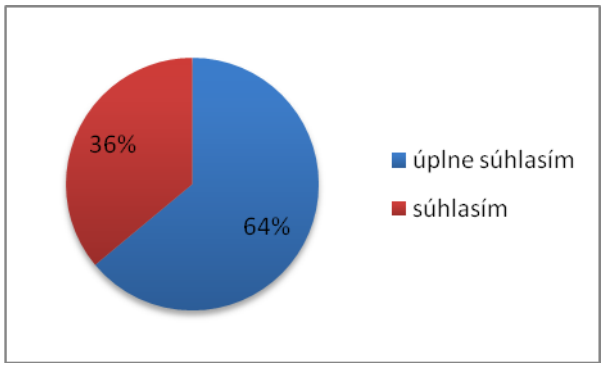
Najviac respondentov vzhľadom na odpovede v jednotlivých obciach „úplne súhlasilo“ v Mlynárciach (13 osôb), v Zbehoch (13 osôb) a v Lužiankach (11 osôb). Najmenej odpovedí „úplne súhlasím“ bolo v iných mestských častiach Nitry (3 osoby) a v mestskej časti Zobor (4 osoby). Najviac účastníkov výskumu, 13 osôb, ktorí označili odpoveď „súhlasím“ bolo v Čakajovciach, v mestskej časti Zobor ako aj v iných mestských častiach. Dražovčania označili túto možnosť 8-krát, obyvatelia Lužianok 9-krát a 7-krát respondenti z Mlynáriec a Zbehov. Len 3 opýtaní nevedeli posúdiť dané tvrdenie [10].

Na obrázku 3 môžeme pozorovať frekventovanejšiu premávku v čase 14:30 zo smeru Dražovce - Nitra.

Obrázok 3 Hustota dopravy na trase Dražovce - Nitra v čase 14:30

4.2.3 Lokalizácia podniku Jaguar Land Rover a príchod firmy zníži nezamestnanosť v tejto oblasti ako aj na Slovensku

Z celkového počtu odpovedí mali všetky pozitívny charakter. 64 % respondentov „úplne súhlasilo“ a 36 % „súhlasilo“ s tvrdením, že ***príchod podniku a jeho umiestnenie na Slovensku ako aj v regióne Nitry zníži nezamestnanosť***. Lepší prehľad odpovedí obyvateľov je zobrazený v grafe č. 3.



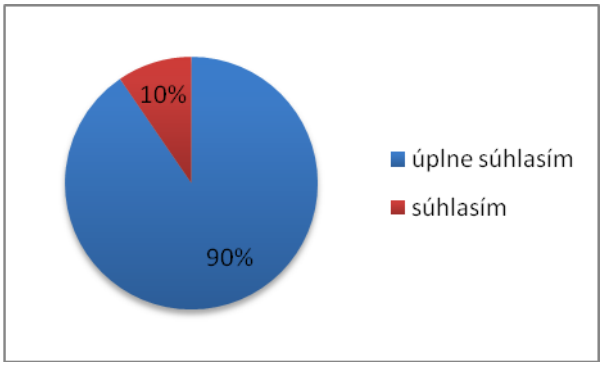
Graf 3 Vplyv lokalizácie a príchodu podniku Jaguar Land Rover na zníženie nezamestnanosti v tejto oblasti aj na Slovensku
Zdroj: [10]

Najviac respondentov, ktorí „úplne súhlasili“ s predpokladom, že príchod podniku Jaguar Land Rover zníži nezamestnanosť nielen v Nitrianskom samosprávnom kraji ale aj na Slovensku bolo v Zbehoch (15 osôb) a v Dražovciach, Mlynárciach a v mestskej časti Zobor, kde takto odpovedalo 14 osôb. Najmenší počet ľudí, ktorí „úplne súhlasili“ bol v Čakajovciach (6 osôb). Môžeme však konštatovať, že rozdiely v odpovediach medzi jednotlivými obcami neboli veľké. Respondentov, ktorí „súhlasili“ s daným predpokladom bol najviac v Čakajovciach (14 osôb). V ostatných obciach a mestských častiach bolo v rozmedzí 7 (Lužianky) až 5 (Zbehy) [10].

4.2.4 Lokalizácia podniku Jaguar Land Rover spôsobila zvýšenie cien nehnuteľností

Na otázku, či ***umiestnenie podniku Jaguar Land Rover spôsobilo zvýšenie cien nehnuteľností*** odpovedali takmer všetci respondenti kladne, z toho 90 % opýtaných „úplne súhlasilo“ a 10 % „súhlasilo“.

Pri pohľade na tvrdenie podľa jednotlivých obcí najviac respondentov „úplne súhlasilo“ v Mlynárciach a v mestskej časti Zobor, kde zvolili túto možnosť všetci opýtaní. Táto odpoveď dosahovala v každej obci alebo mestskej časti vždy 75 % alebo viac. Možnosť „súhlasím“ zvolilo 5 respondentov v Dražovciach, 4 respondenti v Zbehoch, 2 v Lužiankach a aj v Čakajovciach. Odpovede sú zobrazené v grafe 4.

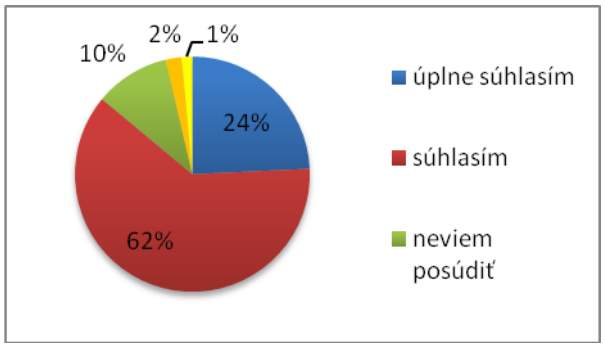


Graf 4 Vplyv lokalizácie podniku Jaguar Land Rover na zvýšenie cien nehnuteľností v tejto oblasti
Zdroj: [10]

Pri pohľade na tvrdenie podľa jednotlivých obcí najviac respondentov „úplne súhlasilo“ v Mlynárciach a v mestskej časti Zobor, kde zvolili túto možnosť všetci opýtaní. Táto odpoveď dosahovala v každej obci alebo mestskej časti vždy 75 % alebo viac. Možnosť „súhlasím“ zvolilo 5 respondentov v Dražovciach, 4 respondenti v Zbehoch, 2 v Lužiankach a aj v Čakajovciach [10].

4.2.5 Lokalizácia podniku Jaguar Land Rover ohrozuje životné prostredie

Celkovo 86 % respondentov s výrokom, že ***umiestnenie podniku Jaguar Land Rover ohrozuje životné prostredie*** súhlasilo, resp. úplne súhlasilo. Možnosť „neviem posúdiť“ zvolilo 10 %, „nesúhlasím“ 2 % a „úplne nesúhlasím“ len 1 %. Odpovede respondentov sú uvedené v grafe č. 5.



Graf 5 Vplyv lokalizácie podniku Jaguar Land Rover na ohrozenie životného prostredia
Zdroj: [10]

Ak sa pozrieme na odpovede z pohľadu jednotlivých obcí, najviac osôb „úplne súhlasilo“ s tvrdením, že umiestnenie podniku Jaguar Land Rover ohrozuje životné prostredie zo Zbehov (9 osôb),z Dražoviec (8 osôb) a z Čakajoviec (5 osôb). Najmenej opýtaných „úplne súhlasilo“ v mestskej časti Zobor (1 osoba), z iných mestských častí Nitry (3 osoby) a z Lužianok (3 osoby). Najviac respondentov, ktorí zvolili možnosť „súhlasím“ bolo v Čakajovciach (15 osôb), v Lužiankach (14 osôb), v Mlynárciach (13 osôb) a v iných mestských častiach (13 osôb). Najmenej respondentov „súhlasilo“ z mestskej časti Zobor (6 osôb). Najpočetnejšie zastúpenie respondentov, ktorí danú problematiku „nevedeli posúdiť“ bolo v mestskej časti Zobor (8 osôb), v Mlynárciach (3 osoby) a v Lužiankach (3 osoby). S daným výrokom „nesúhlasili“ len obyvatelia Zobora (3 osoby). Rovnako obyvatelia tejto mestskej časti ako jediní s výrokom „úplne nesúhlasili“ (2 osoby). Pri otázke ako ohrozuje Jaguar Land Rover životné prostredie sa zhodli všetci respondenti s kladne hodnotenými odpoveďami vo všetkých ponúknutých možnostiach (intenzita dopravy, hlučnosť, znečistenie ovzdušia, záber poľnohospodárskej pôdy, znečistenie vôd a prašnosť). 3 respondenti uviedli v možnosti „iné“ odstránenie prirodzenej vegetácie a odstránenie zelene [10].

Záver

Odvetvie automotive je neodmysliteľnou súčasťou hospodárstva našej krajiny, o čom svedčí aj fakt, že v tomto odvetví je na Slovensku zamestnaných najväčšie množstvo ľudí. Ďalším dôkazom je svetové prvenstvo Slovenska v ročnej produkcii osobných automobilov v prepočte na 1000 obyvateľov. V roku 2018 bol tento počet 202 vozidiel [11].

Na umiestnenie automobilových výrobných závodov, ako aj ostatné priemyselné výrobné podniky, vplývajú lokalizačné činitele. Na Slovensku má najväčší

vplyv na lokalizáciu automotive podnikov kvalifikovaná a hlavne lacná pracovná sila, výhodná dopravná poloha a hustá sieť dodávateľských spoločností. Okrem toho na umiestnenie automobiliek v našej krajine vplýva aj výhodná štátna finančná pomoc. Jaguar Land Rover dostal formou štátnej ekonomickej pomoci 125 miliónov eur, zvyšných 1,4 miliardy eur platil investor, indický koncern Tata Motors Limited, pod ktorý spoločnosť Jaguar Land Rover patrí ako jedna z dcérskych spoločností [12].

Výstavba a spustená výroba však nemali vplyv len na štátnu ekonomiku a investora, ale aj na životné prostredie a život obyvateľov. Aj preto podstatnú časť nášho článku tvoril dotazníkový prieskum, pomocou ktorého sme sa snažili zistiť postoj obyvateľov tejto oblasti voči automobilovému výrobnému závodu spoločnosti Jaguar Land Rover. Zistili sme, že obyvatelia okolitých obcí ako aj Nitry všeobecne považujú príchod automobilky do blízkosti ich domovov negatívne, aj napriek dostatočnému množstvu informácií, ktoré sú o spoločnosti dostupné a obyvatelia sú s nimi oboznámení. Obyvatelia považujú automobilku za narušiteľa či už okolitej prírody, biotopu ale aj ich domovov. Za negatívny považujú napríklad príchod cudzincov a zhustenie dopravy, ktorá súvisí so zvýšením pracovnej migrácie. Pozitívne vnímajú vytvorenie nových pracovných pozícií, čo znižuje nezamestnanosť v tejto oblasti, aj prilákanie nových investorov a dobrú reklamu na Slovensko.

Poďakovanie

Na tomto mieste by som sa rada poďakovala svojmu školiteľovi, doc. RNDr. Alfredovi Krogmannovi, PhD., za trpezlivosť, odbornú pomoc a užitočné rady.

Použitá literatúra

[1] Hanicová, A. (2017) Automobilový průmysl v České republice - analýza výrobců komponentů a ukotvení tématu v kurikulu. (Diplomová práca) Pedagogická fakulta, Masarykova univerzita, Brno
[2] Korec, P. (1994) Humánna geografia I. PF UK, Bratislava
[3] Co je to? [Citované: 9. marec 2020] https://cojeto.superia.cz/ruzne/automotive.php
[4] Dubcová, A. a kol. (2008) Geografia Slovenska [online]. [Citované: 9. marec 2020] http://www.kgrr.fpv.ukf.sk/GSR/
[5] Blotevogel, V. (2003).: Weltwirtschaftsgeographie
[6] Rokovania [Citované: 9. marec 2020] https://rokovania.gov.sk/
[7] FinStat [Citované: 9. marec 2020] https://finstat.sk/databaza-firiem-organizacii
[8] Štatistický úrad Slovenskej republiky [Citované: 9. marec 2020] https://slovak.statistics.sk/wps/portal/ext/Databases/register_organizacii/!ut/p/z1/jY_BDoIwEEQ_qVNbLB4XI6WGEFstYi-mJ9NE0YPx-1XiVWBvk7yXmWWBdSz08ZUu8Znufbx-8iksz2St3ddtC90uShjBNRrvgVKx4wBYZfKi4IS8cRuYA-2020oOmbEwxx8Bvj7-HOHnrzVVUtVAXusMhirvVlYIkJjXP1Iw6YcBGVsw9cPj5r3vkN7pj02T/dz/d5/L2dJQSEvUUt3QS80TmxFL1o2X1ZMUDhCQjFBMDgxVjcwSUZTUTRRVU0xR1E1/
[9] Obchodný register na internete [Citované: 9. marec 2020] http://www.orsr.sk/
[10] Holecová, V. (2019) Automobilový priemysel v Slovenskej republike na príklade podniku Jaguar Land Rover. (Bakalárska práca) Fakulta prírodných vied, Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, Nitra
[11] OICA [Citované: 9. marec 2020] http://www.oica.net/category/production-statistics/2018-statistics/
[12] ETREND [Citované: 9. marec 2020] https://www.etrend.sk/trend-archiv/rok-2018/cislo-39/slovensko-je-aj-vdaka-jaguaru-dobrou-adresou-pre-automotive.html?split=all

Variabilita drahých kameňov vo vybratých náramkových hodinách a ich gemologická charakteristika

Variability of the gemstones in selected watches and their gemmological characteristics

Viktória Ušáková[1]
Školiteľ: Ján Štubňa[1]
[1]Gemologické laboratórium, Katedra geografie a regionálneho rozvoja, FPV UKF, Nábrežie mládeže 91, 949 74 Nitra
[1] viktoria.usakova@student.ukf.sk, [2] janstubna@gmail.com

Abstrakt
Hodiny prešli dlhým historickým vývojom, keď z funkcie merania času, sa stali až šperkom. Drahé kamene v hodinách majú dve funkcie a to mechanickú a ozdobnú. Kamene sa vyskytovali na číselníku, puzdre a remienku. Cieľom príspevku je identifikácia drahých kameňov na povrchu hodín. Na identifikáciu sme použili nedeštruktívne metódy ako je optická mikroskopia, tepelná vodivosť, zistenie optického charakteru (index lomu) a Ramanova spektroskopia. V strojčekoch hodín sme identifikovali korund (rubín). Ako ozdobné kamene sme identifikovali diamant, sklo a kubická zirkónia. Hodinové sklíčka boli vyrobené zo skla a korundu (zafír). Na číselníku sme identifikovali perleť. Potvrdili sme správnosť údajov o hodinkách, ktoré uvádzajú výrobcovia.

Kľúčové slová: náramkové hodiny, rubín, diamant, sklo, zafír, kubická zirkónia, Ramanova spektroskopia

Abstract
The clock has undergone a long historical evolution, starting with the function of measuring time to being a piece of jewellery. Precious stones in watches have both, mechanical and decorative function. The stones appeared on the dial, case and on the strap. The aim of this work is the identification of precious stones on the surface of watches. For the identification we used non destructive methods such as optical microscopy, thermal conductivity, optical characterization (refractive index) and Raman spectroscopy. We have identified corundum (ruby) in the mechanism of the watches. We identified diamond, glass and cubic zirconia being used as decorative stones (materials). The watch glasses were made of glass or corundum (sapphire). We identified mother-of-pearl being used on the dial. We confirmed that the watch information provided by the producers is correct.

Keywords: watches, ruby, diamond, glass, sapphire, cubic zirconia, Raman spectroscopy

Úvod

Ľudia nosili šperky už oddávna. V našom príspevku sa zameriame na trocha netradičný šperk a to hodinky. Tento šperk bol najprv obľúbený skôr medzi pánmi. V minulosti si bežný ľudia nemohli dovoliť nosiť hodiny. Nosiť ,,čas“ bol v minulosti luxus. Nestačilo im rozdelenie na deň a noc. Hľadali rôzne spôsoby ako zmerať čas. Ako prvé prišli pánske vreckové hodiny. Vreckové hodiny sa nosili na vnútornej strane saka a boli najmä mužskou doménou [1]. Medzi najznámejšie značky patrili: A. LANGE & SÖHNE - Glasshütte (nemecká značka), PRIM (česká značka), RUHLA (nemecká značka), DOXA (švajčiarska značka), GENEVA (švajčiarska značka), IWC-Schaffhausen (švajčiarska značka), PATEK PHILIPPE (švajčiarska značka), VACHERON CONSTANTIN (švajčiarska značka).

Málokto z nás si uvedomuje že hodiny – prístroj na meranie a udávanie času – prešli za uplynulé storočia úžasným vývojom. Od prastarých slnečných, či presýpacích hodín až po vežové a neskôr aj prvé vreckové hodinky, či interiérové – kyvadlové až po dnešné veľmi moderné náramkové hodinky [2].

Doslova revolúciu priniesli do vývoja hodín a hodiniek 19. a 20. storočie. Mechanizmy sa zmenšovali, objavovali sa nové druhy pohonu, vznikali časomerače určené na konkrétny účel, ale aj kuriózne hodinové stroje. Už v roku 1800 uzreli svetlo sveta prvé náramkové hodinky. Ich autorom bol parížsky zlatník a hodinár Marie Etienne Nitot, jeho vynález bol, ale ešte príliš krehký na to, aby sa ujal. K rozmachu náramkových hodiniek, tak došlo až na začiatku 20. storočia [3].

Ako prvé zdobenie hodín bolo na číselníkoch na pánskych hodinkách, kde boli namiesto čísiel indexy z kameňov. Tieto kamene spĺňajú funkciu dekoračnú

Najtypickejší výbrus týchto kameňov je okrúhly briliantový. Málo používane tvary drahých kameňov sú štvorcové alebo obdĺžnikové. Okrem toho sú kamene, ktoré sa nachádzajú vo vnútri strojčeka tzv. ložiskové kamene. Tieto majú funkciu mechanickú. Tieto kamene sa neopotrebujú, to znamená, že sa ložisko nevychodí, a tak môžeme vravieť o nekonečnej životnosti ložiska, vďaka tvrdosti kameňa. Cieľom príspevku je identifikácia drahých kameňov na vybranej vzorke náramkových hodín.

1 Materiál a metodika

Pre splnenie cieľa tohto príspevku, boli vybrané modely, ktoré obsahovali drahé kamene. Vybrali sme hodinky, tak aby obsahovali najväčšiu variabilitu šperkových materiálov. Všetky modely sú zo strednej a vyššej kategórie náramkových hodín od quartzových až po automatické. Znamená to, že tieto hodiny sú už vyrábané z ocele a teda nekorodujú a neobsahujú nikel. Sú to hodinky od kvalitných dodávateľov a predajcov.

Obr. 1 Vybrané modely: 1) Festina automatic, 2) Festina Diamond, 3) Bering Charity, 4) Bering s perleťou, 5) Telstar
Zdroj: Autor

V príspevku sme sa zamerali na niekoľko popredných značiek (Obr. 1). Medzi prvými sme vybrali značku BERING, lebo majú v ponuke najviac hodín s drahými kameňmi. Je to holandská značka s dánskym dizajnom. Tieto hodiny sú ultra tenké, pýšia sa svojou ľahkosťou a jemnosťou. Dobre sa nosia a niektoré modely sú zaoblené, dobre sedia na ruke, čo znamená, že vytvárajú dokonalý náramok. Väčšina modelov od tejto značky Bering má zafírové sklíčko, čo znamená nepoškriabateľné a niektoré modely sú aj vodotesné. Konkrétne pri červených Beringoch s diamantom je vytvorená zbierka (samotný názov hodín je CHARITY) a je to zbierka na záchranu ľadových medveďov, preto je to aj limitovaná edícia.

Ďalšia veľmi známa značka, ktorú poznáme z cyklistických pretekov, je FESTINA. Je to švajčiarska značka, ktorá sa vyrába v Španielsku. Väčšina modelov je vodotesných so športovým dizajnom. U tejto značky je samozrejmosťou, že prichádza každý rok s novými kolekciami. Niektoré modely majú zafírové sklíčko a niektoré majú titánové puzdro a remienok.

Nakoniec posledná nami vybraná značka je TELSTAR. Nie je to moc známa značka, tá už svoju slávu zažila. Majú zaujímavú kolekciu, každé hodiny sú výnimočné.

U týchto hodín a značiek sme skúmali jednotlivé kamene. Najskôr sme robili mikroskopické pozorovanie. Pre lepšiu viditeľnosť a posúdenie daného kameňa sme použili gemologickú trinokulárnu lupu Motic GM-171 so zväčšením 7,5 - 50x a s digitálnou zrkadlovkou CANON EOS 750D, pretože ľudské oko nedokáže, vidieť detaily niekoľko násobné zväčšene. Nafotili sme a určili veľkosť jednotlivých kameňov. Ďalej sme sa zamerali na povrch, resp. sklíčko. Sklo na hodinkách sme identifikovali pomocou prístroja na tepelnú a elektrickú vodivosť Presidium duotester. Následne sme zmerali aj index lomu na prístroji Presidium refractive index meter, ktorým sa zisťuje optická hustota minerálov. Index lomu je diagnostická vlastnosť minerálov, pretože závisí okrem charakteru použitého svetla na chemickom zložení, štruktúre a agregátnom stave minerálu. V našom prípade to znamená, že dokážeme zistiť pomocou indexu lomu, či sa jedná o normálne bežné sklo (minerálne sklo) alebo zafírové sklíčko. Prístroj na meranie indexu lomu je jeden zo základných prístrojov používaných v gemológií [4]. Nakoniec sme použili Ramanovu spektroskopiu na identifikáciu drahých kameňov ako na povrchu, tak aj na číselníku. Ramanova spektroskopia využíva tzv. Ramanov jav, ktorý je možné zjednodušene charakterizovať ako neelastický rozptyl svetla (žiarenia). Pri neelastickom rozptyle žiarenia dochádza k posunu vlnových dĺžok a na základe vzniknutého posunu je možné danú látku charakterizovať. Ramanove spektrum poskytuje neoceniteľné informácie o danom materiáli, ktoré sa týkajú hlavne vibračných a rotačných pohybov molekúl. Podstatná časť žiarenia, prechádzajúceho transparentným materiálom, podlieha elastickému rozptylu, ktorý je označovaný aj ako Rayleighov

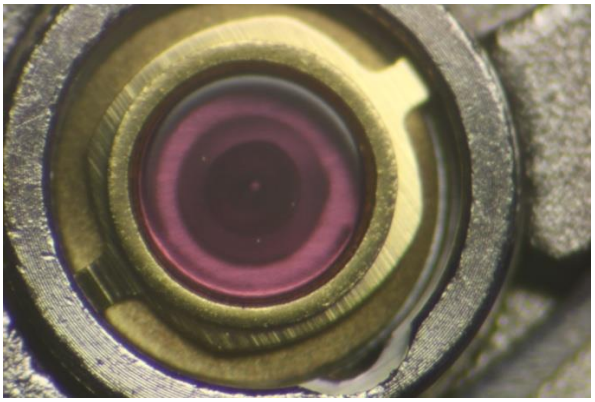
rozptyl. Zjednodušene počas rozptylu neprichádza k zmene frekvencie žiarenia (žiarenie neprijíma a ani nestráca energiu počas rozptylu) a tým pádom sa jeho vlnová dĺžka nemení. V rámci Rayleighovho rozptylu teda nastáva interakcia primárneho fotónu a molekuly. Nasledovne dochádza k polarizácii elektrónového obalu, ktorý prechádza do excitovaného stavu. Doba excitovaného stavu je ale extrémne krátka a molekula následne prechádza do základného stavu, pričom vyžiari fotón, ktorého energia je totožná s primárnym fotónom [5]. Na analýzu vzoriek sme použili spektrometer GL Gem Raman PL532 so zeleným laserom o vlnovej dĺžke 532 nm a maximálnym výkonom 300 mW. Spektrometer využíva diódový laser Nd-YAG, ktorý pracuje na vlnovej dĺžke 1064 nm a detektor Toshiba TCD1304AP (CCD 3648 pixel, 8 µm x 200 µm). Spektrálny rozsah je 100 – 5440 cm-1 s rozlíšením 10 cm-1. Veľkosť skúmaného bodu je 10 – 15 µm pri 10-násobnom zväčšení. Na vyhodnotenie spektier sme použili softvér Spekwin32 verzia 1.716.1 [6]. Ramanovu spektroskopiu sme robili na Katedre geografie, na fakulte prírodných vied UKF v Nitre.

2 Výsledky a diskusia

V tejto sekcii by sme radi predstavili svoje výsledky merania. Začali sme mikroskopickým pozorovaním a jednotlivým meraním. U každých hodín sme zopár kameňov premerali. Vonkajšie kamene sa dali zmerať pomocou posuvného meradla a lupy.

Skoro najväčšie kamene sa nachádzajú na vonkajšej strane puzdra u hodín značky Festina o veľkosti 1,65mm (Obr. 2). Pri automatoch je nezvyčajné skoro raritné vidieť vnútro strojčeka. U týchto hodín je vidieť vo vyrezanej časti číselníka jeho štyri rubíny ako vnútro strojčeka (Obr. 3 a 4). Jeho hlavný kameň nazývaný aj ako incablok kameň má veľkosť 1,10mm. Zaujímavosťou je, že sa skladá z dvoch kameňov. Vŕtaný rubín je osadený na pevno v mosadzi a druhý kameň je voľne prikrytý na vŕtanom kameni. Celé to drží pokope incablokové perko.

Obr. 2 Festina automatic, vonkajšie kamene zo skla (zväčšenie 7,5x)
Zdroj: Autor

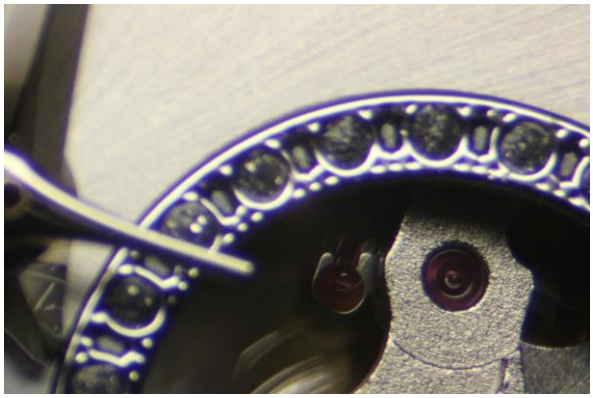


Obr. 3 Festina automatic, incablok (hlavný kameň z rubínu, zväčšenie 20x)
Zdroj: Autor

Obr. 4 Festina automatic, syntetické rubíny (zväčšenie 7,5x)
Zdroj: Autor

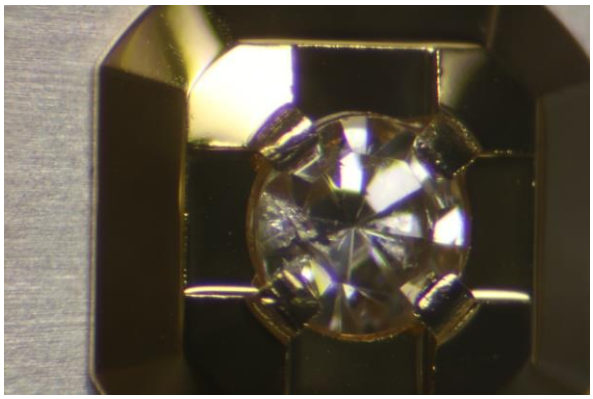
Ďalej tam môžeme vidieť ďalší syntetický rubín o veľkosti 1,20mm, ktorý sa nachádza na kotve (Obr.

5), ktorá je taktiež súčasťou strojčeka. Vidno je tam aj tretí, či štvrtý rubín, ktorý je na ramenách kotvy. Tieto rubíny, sú vložené do kotvy ako palety, sú neustále v pohybe a preto sa žiaľ zmerať nedajú. O tomto typu strojčeka môžeme hovoriť ako o najviac početnom, pretože v tomto strojčeku sa nachádza najviac syntetických rubínov. Ide o strojček mechanický so samonáťahom tzv. automatic.



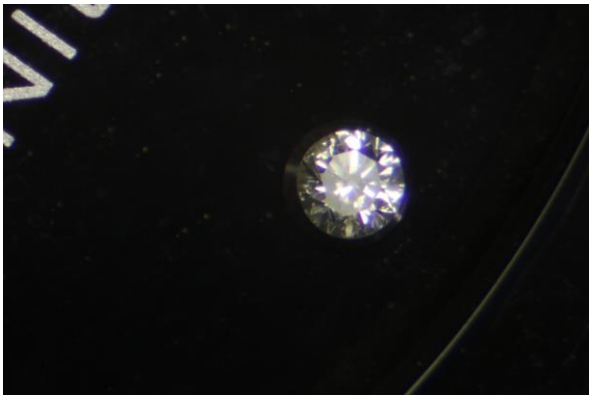
Obr. 5 Festina automatic, kotva a 2 palety (zväčšenie 7,5x)
Zdroj: Autor

Budeme pokračovať ďalšími hodinami od značky Festina, ktoré majú namiesto indexu číslo 12 kameň. Jedná sa o diamant o veľkosti 1,20mm (Obr. 6). Pri niekoľko násobnom zväčšení môžeme spozorovať inklúziu, ktorá sa nachádza na povrchu a zasahuje do vnútra kameňa.



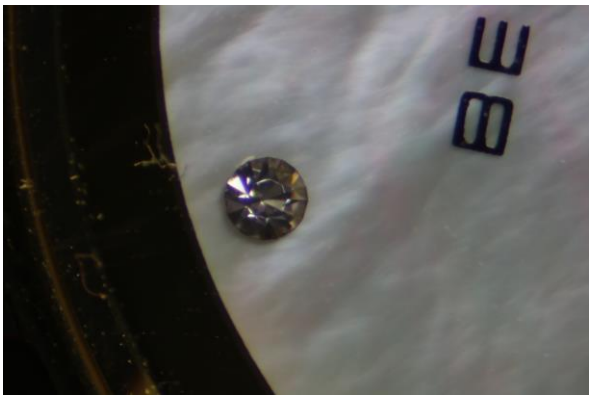
Obr. 6 Festina Diamond, inklúzia v diamante (zväčšenie 20x)
Zdroj: Autor

Presunieme sa k značke Bering, kde taktiež jedny hodiny majú na číselníku diamant. Diamant je úplne čistý bez inklúzií s veľkosťou 1,40mm (Obr. 7). Keďže sa nachádza na tmavom podklade, diamant má šancu krásne vyniknúť. Ich puzdro zdobí keramika, ktorá v tomto prípade nie je až tak viditeľná. Keramika a taktiež číselník je čierny, splýva.



Obr. 7 Bering Charity, diamant (zväčšenie 7,5x)
Zdroj: Autor

Hodinky Bering s perleťou na číselníku (Obr. 8), ukazujú nádhernú vrstevnatú štruktúru perlete. Dámske modely u značky Bering zdobia kamene na číselníku miesto číslic. Jedná sa o kamene s označením Swarovski. Ich zvyčajná veľkosť je 1mm (Obr. 8).



Obr.8 Bering, swarovski kamene a perleť na číselníku (zväčšenie 7,5x)
Zdroj: Autor

Pokračujem značkou Telstar. Tieto hodinky upútajú nejedno oko, možno je to práve tou kubickou zirkóniou. Kamene na týchto hodinách sú pomerne dosť veľké. Okolo číselníka sa nachádzajú kamene s veľkosťou 2,35mm a na náramku sú ešte väčšie, tam sa jedná o kameň veľkosti 3,25mm (Obr. 9). Tieto kamene sú aj osádzané do krapní. U ostatných značiek sú kamene nalepené.

Obr. 9 Telstar, porovnanie kameňov (zväčšenie 7,5x)
Zdroj: Autor

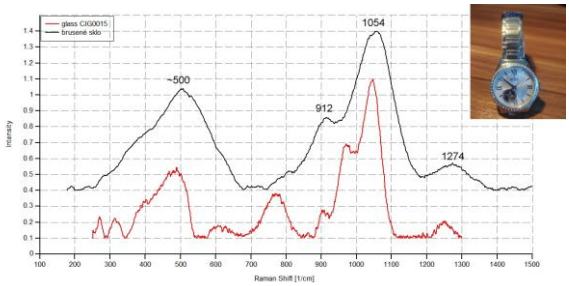
Na týchto hodinách môžeme lepšie vidieť farby perlete, ktoré hrajú rôznymi farbami (Obr. 10)

Obr. 10 Telstar, perleť (zväčšenie 7,5x)
Zdroj: Autor

Overovali sme údaje uvedené výrobcom pomocou tepelnej vodivosti a indexu lomu. Najprv sme merali prístrojom na tepelnú a elektrickú vodivosť. Pri značke Bering výrobca udáva zafírové sklíčko a kamene Swarovski. Pri tejto značke sa v obidvoch prípadoch potvrdilo zafírové sklíčko. Zafírové sklíčko mali aj automaty od značky Festina, práve tie s rubínmi. Značka Festina má aj modely s minerálnymi sklíčkami, čo sa potvrdilo pri hodinách s diamantom. Pri značke Telstar sa taktiež potvrdilo minerálne sklo.

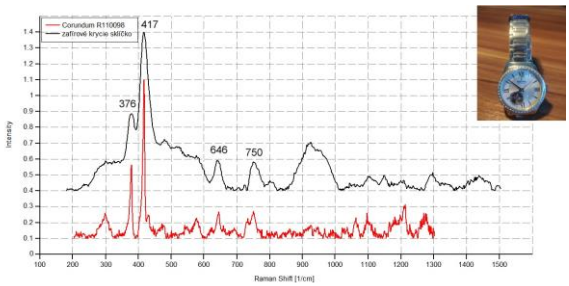
Merali sme aj index lomu. Na niektorých hodinách to ale bohužiaľ zmerať nešlo. Pri hodinkách značke Telstar krapne boli vyššie ako sklo. U značky Festina s diamantom bol index lomu 1,541. Meraný index lomu skla sa hýbe od 1,460 do 1,700. U ostatných modelov sa potvrdilo zafírové sklíčko. Zafírové sklíčko spĺňalo tabuľkové hodnoty od 1,736 do 1,768.

U hodín značky Festina automatic sme pomocou Ramanovej spektroskopie identifikovali ozdobné kamene na puzdre hodín ako sklo. Sklo charakterizuje 4 vrcholy a to 500, 912, 1054 a 1274cm^{-1} (Obr. 11).



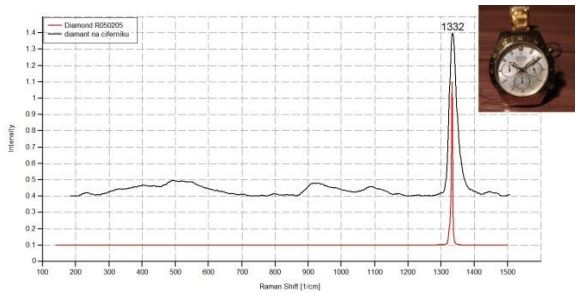
Obr. 11 Porovnanie nameraného Ramanového spektra skla v hodinkách Festina automatic so spektrom z databázy rruff.info
Zdroj: Autor

U hodín značky Festina automatic sme pomocou Ramanovej spektroskopie identifikovali sklo hodín ako zafír. Zafír charakterizuje 4 vrcholy a to 376, 417, 646 a 750cm^{-1} (Obr. 12).



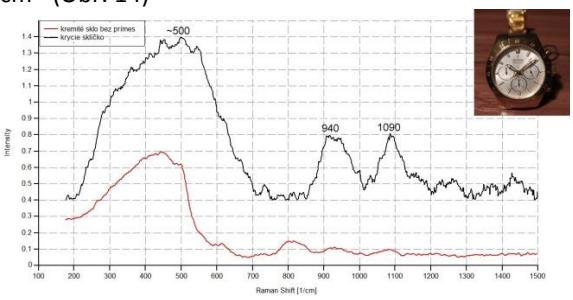
Obr. 12 Porovnanie nameraného Ramanového spektra zafíru v hodinkách Festina automatic so spektrom z databázy rruff.info
Zdroj: Autor

U hodín značky Festina Diamond sme pomocou Ramanovej spektroskopie identifikovali na číselníku diamant. Diamant charakterizuje 1 vrchol a to 1332cm^{-1} (Obr. 13).



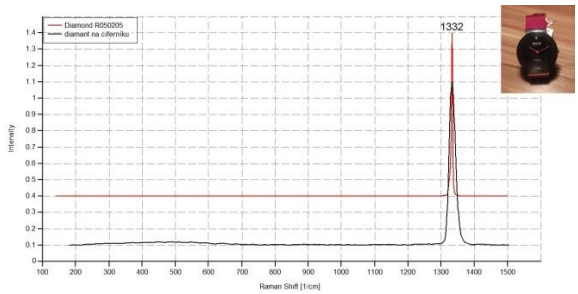
Obr. 13 Porovnanie nameraného Ramanového spektra diamantu v hodinkách Festina Diamond so spektrom z databázy rruff.info
Zdroj: Autor

U hodín značky Festina Diamond sme pomocou Ramanovej spektroskopie identifikovali sklo hodín ako sklo. Sklo charakterizuje 3 vrcholy a to 500, 940 a 1090cm^{-1} (Obr. 14)



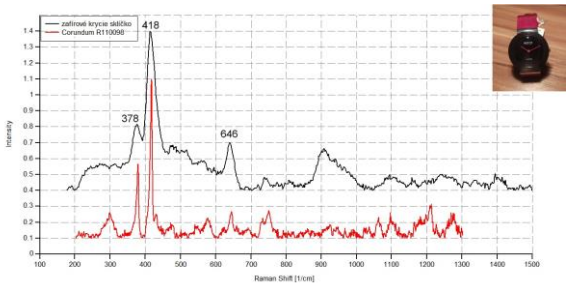
Obr. 14 Porovnanie nameraného Ramanového spektra skla v hodinkách Festina Diamond so spektrom z databázy rruff.info
Zdroj: Autor

U hodín značky Bering Charity sme pomocou Ramanovej spektroskopie identifikovali na číselníku diamant. Diamant charakterizuje 1 vrchol a to 1332cm^{-1} (Obr. 15).



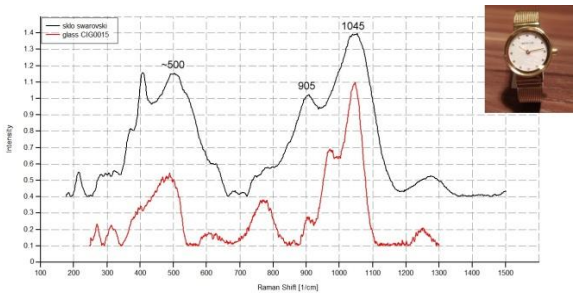
Obr. 15 Porovnanie nameraného Ramanového spektra diamantu v hodinkách Bering Charity so spektrom z databázy rruff.info
Zdroj: Autor

U hodín značky Bering Charity sme pomocou Ramanovej spektroskopie identifikovali sklo hodín ako zafír. Zafír charakterizuje 3 vrcholy a to 378, 418 a 646cm^{-1} (Obr. 16).



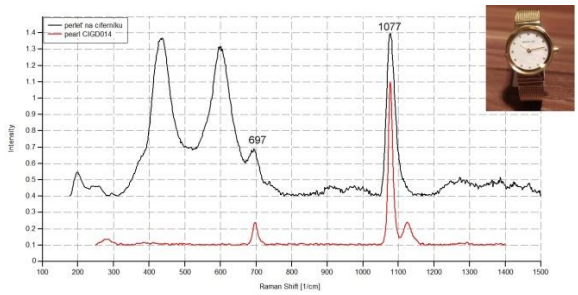
Obr. 16 Porovnanie nameraného Ramanového spektra zafíru v hodinkách Bering Charity so spektrom z databázy rruff.info
Zdroj: Autor

U hodín značky Bering sme pomocou Ramanovej spektroskopie identifikovali na číselníku sklo (Swarovski). Sklo charakterizuje 3 vrcholy a to 500, 905 a 1045cm^{-1} (Obr. 17).



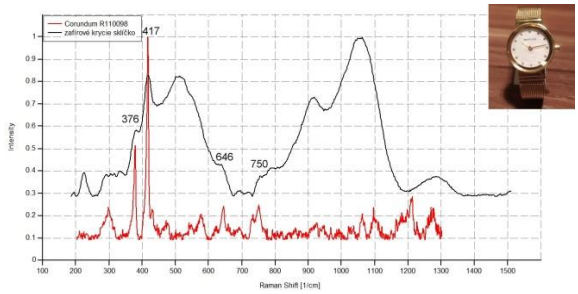
Obr. 17 Porovnanie nameraného Ramanového spektra skla (Swarovski) v hodinkách Bering so spektrom z databázy rruff.info
Zdroj: Autor

U hodín značky Bering sme pomocou Ramanovej spektroskopie identifikovali na číselníku perleť. Perleť charakterizuje 2 vrcholy a to 697 a 1077cm^{-1} (Obr. 18).



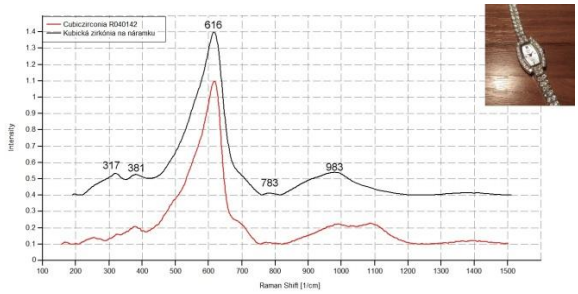
Obr. 18 Porovnanie nameraného Ramanového spektra perlete ($CaCo_3$) v hodinkách Bering so spektrom z databázy rruff.info
Zdroj: Autor

U hodín značky Bering sme pomocou Ramanovej spektroskopie identifikovali sklo hodín ako zafír. Zafír charakterizuje 4 vrcholy a to 376, 417, 646 a 750cm^{-1} (Obr. 19)



Obr. 19 Porovnanie nameraného Ramanového spektra zafíru v hodinkách Bering so spektrom z databázy rruff.info
Zdroj: Autor

U hodín značky Telstar sme pomocou Ramanovej spektroskopie identifikovali ozdobné kamene na puzdre a náramku hodín ako kubickú zirkóniu. Kubická zirkónia charakterizuje 5 vrcholov a to 317, 381, 616, 783 a 983cm^{-1} (Obr. 20).



Obr. 20 Porovnanie nameraného Ramanového spektra kubickej zirkónií v hodinkách Telstar so spektrom z databázy rruff.info
Zdroj: Autor

Záver

Cieľom nášho príspevku bolo identifikovať drahé kamene a potvrdiť, či vyvrátiť predpísané informácie o hodinkách. V gemológii platí pravidlo, že jedna metóda nestačí na identifikovanie drahého kameňa [7, 8].

Všetky metódy, ktoré sme použili na identifikáciu drahých kameňov v hodinkách boli nedeštruktívne. Vzorky boli zapožičané z predajne a po meraní nesmeli mať známku poškodenia, a preto sme použili na identifikáciu optickú mikroskopiu, tepelnú vodivosť, meranie indexu lomu a Ramanovu spektroskopiu [9, 10]. Ramanova spektroskopia má niekoľko výhod pre identifikáciu drahých kameňov v hodinkách. Medzi jej nesporné výhody patrí, že vzorky si nevyžadujú žiadnu špecifickú prípravu, Ramanova spektroskopia patrí medzi nedeštruktívne metódy, časovo nenáročná metóda, je možné merať aj vzorky za sklom [5]. U všetkých metódach sa potvrdil popis uvádzaný výrobcom, čo znamená, že dané informácie od výrobcov pri týchto značkách sú pravdivo uvedené. Touto prácou sme chceli priblížiť a ukázať, využitie rôznych metodík na identifikovanie drahých kameňov v šperkoch, ktoré nepatria medzi tradičné a to hodinky.

Poďakovanie

Ďakujem môjmu školiteľovi PaedDr. Ján Štubňa, PhD., za pomoc pri vypracovaní našej práce, potom mojej mame ohľadne odbornej znalosti a tiež firme Hodinárstvo Emili za poskytnutie výskumných vzoriek.

Použitá literatúra

[1] Šperk, ktorý akceptuje každý muž [Citované: 5. marca 2020] ‹https://kosicednes.sk/styl-ine/sperk-ktory-akceptuje-kazdy-muz/›
[2] Dámske hodinky – skutočný šperk či len praktický doplnok? [Citované: 5. marca 2020] ‹http://www.recenzia.info/damske-hodinky-skutocny-sperk-ci-prakticky-doplnok/›
[3] Tri, dva, jedna, polnoc! Ľuďom trvalo stáročia, kým dokázali určiť presný čas [Citované: 5. marca 2020] ‹https://zivot.pluska.sk/zaujimavosti/urcenie-presneho-casu-trvalo-starocia›
[4] Štubňa J. (2019) Gemologické praktikum

[5] Gregor M., Lukianenko Ľ. (2011) Spravodaj Slovenskej Spektroskopickej spoločnosti, s. 4
[6] Menges F. (2012) "Spekwin32 - optical spectroscopy software", Version 1.716.1, http://www.effemm2.de/spekwin
[7] Štubňa J. (2017). Diamant, 96 s.
[8] Illášová Ľ, Tirpák J., Štubňa J, Kraus I. (2014). Drahé kamene a drahé kovy, 132 s.
[9] Štubňa J. (2019). Gemologický spravodajca. 9 (2). S. 5
[10] Štubňa J. (2017). Gemologický spravodajca. 8 (1). s 12

Rozvoj cestovného ruchu v obciach na trase navrhovaného Náučného chodníka prof. M. Lukniša

The tourism development in municipalities on the proposed Educational Trail of prof. M. Lukniš

Dávid Šorman[1] – Nikola Hubinová[2]
Školiteľ: Hilda Kramáreková[3]
[1,2,3]Katedra geografie a regionálneho rozvoja, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra,
[1]david.sorman@student.ukf.sk, [2]nikola.hubinova@student.ukf.sk, [3]hkramarekova@ukf.sk

Abstrakt
Cestovný ruch predstavuje významné odvetvie, ktoré môže priniesť obciam značný prínos. Ľudia radi cestujú a spoznávajú nové regióny a oblasti. Pri dobrej propagácii a návštevnosti dochádza k ich ďalšiemu rozvoju a rastu. Vznikajú a rastie počet ubytovacích a stravovacích zariadení. Tie predstavujú výraznú časť príjmov pre obec a vytvárajú nové pracovné miesta.

Príspevok je rozdelený do dvoch častí. Cieľom prvej časti je oboznámiť o zaujímavostiach nachádzajúcich sa v obciach na trase navrhovaného Náučného chodníka prof. M. Lukniša a o možnostiach ubytovania a o stravovacích zariadeniach. V druhej časti sme sa perspektívami cestovného ruchu do budúcnosti. Pre jeho plné využitie je potrebné zlepšiť aj propagáciu územia.

Využité boli najmä metóda vysvetľujúceho opisu, komparatívna metóda a terénny výskum. Pomocou nich sme vyhodnotili rozvoj cestovného ruchu v obciach na trase navrhovaného náučného chodníka, ktorý má značný potenciál do budúcnosti.

Kľúčové slová: náučný chodník, prof. Lukniš, cestovný ruch, mikroregión Tribečsko

Abstract
Tourism is an important industry that may bring the municipalities significant benefits. People like to travel and explore new regions and areas. With good promotion and visitation, they develop and grow. Accommodation and catering facilities are also being built and expanded. They represent a significant part of the income for the municipality and create new jobs.

The paper is divided into two parts. The aim of the first part is to introduce the attractions located in the municipalities along the route of the proposed Educational Trial of prof. M. Lukniš and inform about accommodation and catering facilities located there. In the second part we dealt with the possible future development and perspectives of the tourism. For the full exploitation, it is necessary to improve the promotion of the territory, too.

The most used methods were the method of described explanation, the comparative method and the field research. Using them, we evaluated the development of tourism in municipalities along the route of the proposed educational trail, which has a considerable potential for the future.

Key words: educational trial, prof. Lukniš, tourism, microregion Tribečsko

Úvod

Existuje viacero definícií cestovného ruchu. Mariot ho pokladá za „spoločenskú aktivitu, ktorá podmieňuje premiestňovanie obyvateľstva do častí krajinnej sféry, charakterizovaných interakciami krajinných prvkov, schopnými vyvolať dočasnú zmenu miesta pobytu [1].“ Podľa Gúčika je cestovný ruch súbor činností, ktorých cieľom je odpočinok, poznávanie, zdravie, rozptýlenie, zábava, kultúrne i športové vyžitie, služobné cesty a získanie komplexného zážitku [2].

Navrhovaný Náučný chodník prof. M. Lukniša sa nachádza v severnej časti okresu Zlaté Moravce. Prechádza obcami, ktoré sú zväčša menej známe a majú teda slabý, skoro až neexistujúci cestovný ruch. Na druhej strane obec Topoľčianky a mesto Zlaté Moravce patria z tohto hľadiska v regióne medzi dominantné.

Cieľom príspevku je oboznámiť čitateľov o zaujímavostiach územia a zhodnotiť stav stravovacích a ubytovacích zariadení v obciach nachádzajúcich sa na trase navrhovaného Náučného chodníka prof. M. Lukniša. Ide o obce Zlatno, Lovce, Žikava, Topoľčianky, Žitavany a mesto Zlaté Moravce. Zároveň poukazuje na možnosti ďalšieho rozvoja cestovného ruchu do budúcnosti. Priestor pre zvýšenie počtu a skvalitnenie ubytovacích a stravovacích zariadení, ako aj propagácie územia, je totiž značný.

1 Teoreticko-metodické východiská problematiky

Poznatky k článku sme získali z viacerých printových a elektronických zdrojov. Vedomosti o cestovnom ruchu sme čerpali od Mariota [1] a Gúčika [2]. Informácie o obciach boli prevzaté z programov hospodárskeho a sociálneho rozvoja obcí Zlatno, Lovce, Žikava a Topoľčianky [3, 4, 5, 6] a monografií obcí Topoľčianky, Žitavany a Zlaté Moravce [7, 8, 9]. Fyzickogeografickú charakteristiku sme doplnili informáciami z Atlasu krajiny Slovenskej republiky [10 a 11], Klimatického atlasu SR [12] a Pôdnej mapy Slovenska [13]. Využili sme aj Súpis pamiatok na Slovensku [14]. Pre rozvoj cestovného ruchu sú potrebné aj finančné dotácie, preto sme sa oboznámili so schválenými dotáciami Úradu Nitrianskeho samosprávneho kraja na podporu cestovného ruchu za rok 2019 [15]. Významným propagačným materiálom územia je Turistický sprievodca mikroregiónom Tribečsko [16]. Zrealizované projekty v území sme analyzovali z internetovej stránky Projektu Leader Nitrianskeho samosprávneho kraja [17]. Fotografie z terénu sme ešte doplnili ďalšími získanými zo zborníka ŠVK z roku 2017 a z internetových stránok Katedry regionálnej geografie, ochrany prírody a krajiny UK v Bratislave, obce Lovce a z farnosti v Žitavanoch [18, 19, 20, 21]. Informácie o propagácii jednotlivých obcí sme získali z webových stránok mesta Zlaté Moravce [22] a obcí Zlatno [23], Lovce [20], Žikava [24], Topoľčianky [25] a Žitavany [26].

V práci sme využili niekoľko metód, a to metódu vysvetľujúceho opisu a komparatívnu metódu. Prvú metódu sme použili pri charakteristike cestovného ruchu v obciach a meste na trase navrhovaného Náučného chodníka prof. M. Lukniša a pri perspektívach rozvoja cestovného ruchu v tejto oblasti. Komparatívnu metódu sme využili pri porovnávaní získaných informácií z rôznych zdrojov. Dôležité informácie sme nadobudli aj terénnym výskumom.

2 Cestovný ruch v obciach na trase navrhovaného Náučného chodníka prof. M. Lukniša

Obce, ktorými prechádza navrhovaný Náučný chodník prof. M. Lukniša, sa nachádzajú v juhozápadnej časti Slovenskej republiky, v Nitrianskom kraji, v okrese Zlaté Moravce. Ide o 5 vidieckych obcí (Zlatno, Lovce, Žikava, Topoľčianky, Žitavany) a mesto Zlaté Moravce.

2.1 Obec Zlatno

V obci Zlatno sa začína Náučný chodník prof. M. Lukniša, ktorý prechádza cez obce Lovce, Žikava, Topoľčianky, Žitavany až do Zlatých Moraviec ku Gymnáziu Janka Kráľa, v ktorom prof. Lukniš študoval.

Podľa geomorfologického členenia Slovenskej republiky patrí obec do geomorfologického celku Tribeč [10]. Podnebie obce je mierne teplé a na juhu teplé [11]. Priemerná ročná teplota vzduchu za obdobie 1961 – 2010 bola 8,7°C. Za obdobie 1981 - 2010 bola priemerná hodnota ročných zrážok 746,6 mm a sezónny počet dní so snehovou pokrývkou 58 [12]. Dominantným pôdnym typom sú kambizeme [13]. Z hľadiska ochrany prírody a krajiny patrí severná časť obce do Chránenej krajinnej oblasti Ponitrie (2. stupeň ochrany). Časť obce patrí k Chránenému vtáčiemu územiu Tribeč v rámci Európskej sústavy chránených území NATURA 2000.

Maloobchodnú sieť obce Zlatno tvoria dve zariadenia – predajňa so zmiešaným tovarom COOP SD Nitra (od r. 1965), v súčasnosti mimo prevádzky a pohostinstvo. V obci sa nenachádzajú sociálne zariadenia. Zdravotné aj vzdelávacie zariadenia musia obyvatelia obce využívať v Zlatých Moravciach s výnimkou žiakov 1. stupňa ZŠ, ktoré navštevujú školské zariadenie v Martine nad Žitavou [3].

V obci sa nachádza múzeum (obr. 1), ktoré mapuje život a úspechy známeho slovenského geografa - prof. RNDr. Michala Lukniša DrSc. (obr. 2). Bol priekopníkom slovenskej geografie a geomorfológie a zároveň aj prvým predsedom Slovenskej geografickej spoločnosti.

Obr. 1 Múzeum prof. Lukniša v obci Zlatno
Zdroj: [Šorman, 2019]

Ďalším významným rodákom z obce Zlatno bol prof. RNDr. Michal Zaťko, CSc. (obr. 3)

V rokoch 1974 - 1981 viedol Katedru ekonomickej geografie Prírodovedeckej fakulty Univerzity Komenského v Bratislave, neskôr Katedru fyzickej

geografie a geoekológie na tej istej fakulte (1981 – 1998). Svoju profesionálnu kariéru ukončil na Katolíckej univerzite v Ružomberku. Najskôr začínal ako geomorfológ, neskôr zmenil svoje vedecké zameranie na hydrogeografiu. Významné sú viaceré jeho diela, napr. monografia Niektoré otázky geografie podzemných vôd Slovenska z roku 1968 alebo kapitoly o geomorfologickej problematike pri spracovaní Vysvetliviek k prehľadnej geologickej mape ČSSR 1 : 200 000 [18].

Obr. 2 Prof. M. Lukniš
Zdroj: [19]

Obr. 3 Prof. M. Zaťko
Zdroj: [18]

Pre rozvoj cestovného ruchu v obci môže slúžiť aj zrúcanina Čierneho hradu nachádzajúceho sa cca 2,5 km severozápadne od obce Zlatno (obr. 4). V minulosti hrad prešiel kompletnou rekonštrukciou a v súčasnosti (rok 2020) je rekonštrukcia ukončená.

Obr. 4 Zrúcanina Čierneho hradu týčiaca sa severozápadne od obce Zlatno
Zdroj: [Šorman, 2020]

Územím obce prechádza viacero turistických trás. Z najvýznamnejších spomenieme napr. Ponitriansku magistrálu označenú červenou farbou, ktorá je dlhá 35 km. Spravuje ju Klub slovenských turistov a vedie z Nitry cez Zlatno až do obce Veľké Pole. Z cyklotrás ide napr. o cyklotrasu Sľažany - Zlatno – Solčany (28 km). Obec je známa aj náučným partizánskym chodníkom Zlatno – Skýcov. Užívateľom trás však chýba potrebná infraštruktúra.

2.2 Obec Lovce

Lovce sú v poradí druhá obec na trase náučného chodníka prof. M. Lukniša.

Podľa geomorfologického členenia patrí obec do geomorfologického celku Tribeč [10]. Z hľadiska podnebia zaraďujeme celé územie obce do mierne teplej oblasti [11]. Priemerná ročná teplota vzduchu za obdobie 1961 – 2010 bola 9,1°C. Za obdobie 1981 - 2010 bola priemerná hodnota ročných zrážok 668,1 mm a sezónny počet dní so snehovou pokrývkou 49 [12]. Dominantným pôdnym typom na území obce je kambizem nasýtená a subtyp kambizem pseudoglejová nasýtená [13].

Na území obce zasahuje Chránená krajinná oblasť Ponitrie. Nachádza sa tu Topoľčianska zubria zvernica, kde sa ako v jedinej lokalite na Slovensku chovajú najväčšie európske cicavce - zubry hrivnaté (*Bison bonasus*), inak nazývané aj zubry európske (obr. 5).

Obr. 5 Zubry hrivnaté - najväčšie európske cicavce
Zdroj: [Šorman, 2020]

V obci sú v prevádzke dve predajne potravín (obr. 6, 7) a aj pohostinstvo s názvom ,,Krčma U Šimunáka“, ktoré susedí s potravinami COOP Jednota (obr. 8).

Obr. 6 Predajňa potravín Kečkeš v obci Lovce
Zdroj: [20]

Nenachádza sa tu základná škola ani stredná škola, ktoré musia žiaci navštevovať v Zlatých Moravciach. Obec nemá zdravotné ani sociálne zariadenie, ani lekáreň. Zdravotnú starostlivosť občanom poskytujú ambulancie a nemocnica v Zlatých Moravciach. V obci sa vykonáva rozvoz obedov pre seniorov a základné sociálne poradenstvo [4].

Obr. 7 Predajňa COOP Jednota v obci Lovce
Zdroj: [20]

Obr. 8 Pohostinstvo v obci Lovce
Zdroj: [20]

2.3 Obec Žikava

Obec Žikava predstavuje tretiu obec v poradí na trase náučného chodníka prof. M. Lukniša.

Z hľadiska geomorfologického členenia patrí obec do geomorfologického celku Tribeč [10]. Územie obce z hľadiska podnebia zaraďujeme do mierne teplej oblasti [11]. Priemerná ročná teplota vzduchu za obdobie 1961 – 2010 bola 9,1°C. Za obdobie 1981 - 2010 bola priemerná hodnota ročných zrážok 654,26 mm a sezónny počet dní so snehovou pokrývkou 48 [12]. Prevládajúcim pôdnym typom je kambizem nasýtená a subtyp kambizem pseudoglejová nasýtená [13].

Sociálna infraštruktúra v obci je tvorená maloobchodnou sieťou, kultúrnymi zariadeniami a predškolským zariadením. Maloobchodnú sieť obce tvorí predajňa so zmiešaným tovarom COOP SD Nitra a CAFÉ BAR. Z predškolských zariadení sa v obci nachádza materská škola, základnú školu deti navštevujú v obci Topoľčianky a strednú školu v Zlatých Moravciach [5].

V obci sa nachádza kostol. sv. Karola Boromejského (obr. 9). Tento klasicistický kostol bol postavený v roku 1804 a prestavaný v roku 1949 [14].

Obr. 9 Kostol sv. Karola Boromejského v obci Žikava
Zdroj: [Šorman, 2019]

2.4 Obec Topoľčianky

Ďalšou lokalitou na trase je obec Topoľčianky. Podľa geomorfologického členenia SR patrí severná časť Topoľčianok do celku Tribeč a južná časť do celku Podunajská pahorkatina [10]. Zasahujú sem dve klimatické oblasti, teplá na juhu a mierne teplá na severe [11]. Priemerná ročná teplota vzduchu za obdobie 1961 – 2010 bola 9,4°C. Za obdobie 1981 - 2010 bola priemerná hodnota ročných zrážok 637 mm a sezónny počet dní so snehovou pokrývkou 43 [12]. V odlesnenej časti územia dominujú hnedozeme a pri vodných tokoch sú to fluvizeme. Vo väčšej zalesnenej časti prevažujú kambizeme, čo podmienilo výskyt teplomilných dubových a dubovo-cerových lesov, karpatských dubovo-hrabových lesov alebo javorovo-lipových lesov. Pozdĺž vodných tokov ich striedajú dubovo-brestovo-jaseňové lesy a vŕbovo-topoľové lesy [6].

Obec Topoľčianky má bohatú históriu. Nachádza sa tu niekoľko významných a zaujímavých historických

budov. Najznámejšou z nich je renesančno-klasicistický kaštieľ v Topoľčiankach (obr. 10), ktorého klasicistické krídlo je považované za jeden z najčistejších a najkrajších prejavov klasicizmu na Slovensku. V roku 1970 bol vyhlásený za národnú kultúrnu pamiatku. Priestory sú v súčasnosti prevažne využívané na ubytovacie a stravovacie účely. Avšak podstatnú časť tvorí múzeum dobového interiéru s expozíciou vzácneho nábytku a bytových doplnkov. Kaštieľ je situovaný v rozsiahlom anglickom parku, ktorý patrí k najvýznamnejším prírodno-krajinárskym parkom na Slovensku.

Obr. 10 Kaštieľ v Topoľčiankach
Zdroj: [Hubinová, 2019]

Ďalšia historická budova, ktorú tu nájdeme, je poľovnícky zámok (obr. 11) vybudovaný v secesnom štýle z roku 1910. Dali ho postaviť poslední majitelia Topoľčianok, Habsburgovci. Taktiež slúži na ubytovacie účely [7].

Obr. 11 Poľovnícky zámok v Topoľčiankach
Zdroj: [Hubinová, 2019]

Medzi ďalšie atrakcie patrí Národný žrebčín Topoľčianky s hipologickým múzeom, Národopisné múzeum a Vinárske závody Topoľčianky. Ubytovacie a reštauračné služby poskytuje aj hotel Hradná stráž, hotel Národný dom a penzión Gazdovský hostinec. Ďalšími stravovacími zariadeniami sú pizzeria, závodné stravovanie Koprda a niekoľko pohostinstiev a rýchlych občerstvení.

Maloobchodnú sieť tvoria predajne s potravinami, lekáreň, drogéria, predajňa nábytku, predajňa textilu, predajne chovateľských potrieb, predajne kvetov, predajňa železiarstva a predajňa farby a laky.

Kultúrne zariadenia obce majú svetský (napríklad Kaštieľ v Topoľčiankach) a cirkevný charakter (napríklad Kostol sv. Kataríny Alexandrijskej). Súčasné ubytovacie a stravovacie kapacity všetkých týchto zariadení sú dostačujúce [6].

2.5 Obec Žitavany

Východná časť Žitavian patrí do celku Pohronský Inovec a západná časť obce do celku Podunajská pahorkatina [10].

Zasahujú sem dve klimatické oblasti, teplá na západe a mierne teplá na východe [11]. Priemerná ročná teplota vzduchu za obdobie 1961 – 2010 bola 9,5°C. Za obdobie 1981 - 2010 bola priemerná hodnota ročných zrážok 654,3 mm a sezónny počet dní so snehovou pokrývkou 45 [12]. Z pôdnych typov sú v obci dominantné kambizeme, ktoré dopĺňajú hnedozeme a fluvizeme [13]. Vo vyšších polohách ich pokrývajú spoločenstvá bučín, ktoré tvorí buk lesný, javor poľný, javor mliečny a iné dreviny. Nižšie oblasti patria do dubového stupňa, kde prevažujú dub zimný, dub letný, hrab obyčajný a iné dreviny [9].

Žitavany vznikli spojením dvoch obcí - Kňažice a Opatovce nad Žitavou. Prvá písomná zmienka o Kňažiciach pochádza už z roku 1075, kedy bola spomenutá ako majetok benediktínskeho kláštora v Hronskom Beňadiku. Postupom času občania začali rozlišovať Dolné Kňažice a Horné Kňažice, pričom Horné patrili opátstvu a neskôr získali pomenovanie Opatovce nad Žitavou. Dolné patrili k panstvu Hrušova i pánom z Topoľčianok a zachovali si pomenovanie Kňažice. O tomto rozdelení vieme už v roku 1407. V období rokov 1975 - 2002 boli Žitavany zlúčené s mestom Zlaté Moravce, po roku 2002 nadobudli samostatnosť [8].

Obec toho veľa neponúka. Zaujímavosťou je však rímskokatolícky kostol Narodenia Panny Márie (obr. 12) z druhej polovice 18. storočia.

Obr. 12 Kostol Narodenia Panny Márie v Žitavanoch
Zdroj: [21]

Ubytovacie služby v obci nikto neposkytuje. Najbližšie sú v meste Zlaté Moravce a obci Topoľčianky. Z oblasti stravovania je otvorené iba pohostinstvo.

2.6 Mesto Zlaté Moravce

Prevažnú západnú časť Zlatých Moraviec zaraďujeme do celku Podunajská pahorkatina a východnú do celku Pohronský Inovec [10].

Zasahujú sem dve klimatické oblasti, teplá na západe a mierne teplá na východe [11]. Priemerná ročná teplota vzduchu za obdobie 1961 – 2010 bola 9,6°C. Za obdobie 1981 - 2010 bola priemerná hodnota ročných zrážok 616,4 mm a sezónny počet dní so snehovou pokrývkou 40 [12]. Z pôdnych typov sú dominantné hnedozeme, ktoré dopĺňajú kambizeme a fluvizeme [13]. Väčšina územia je už odlesnená. Rozšírený je dub zimný, dub letný, hrab obyčajný a iné dreviny.

Prvá písomná zmienka pochádza už z roku 1075 z listiny Gejzu I. Prívlastok „zlaté“ získalo neskôr, až v období novoveku. Bolo to vďaka náleziskám zlata v meste a v jeho v okolí [9].

Mesto ponúka veľa zaujímavostí. Podobne ako v Topoľčiankach, tiež sa tu nachádza kaštieľ – kaštieľ Migazziovcov (obr. 13). Je národnou kultúrnou pamiatkou a v súčasnosti sídlom Mestského strediska kultúry a športu.

Obr. 13 Kaštieľ v Zlatých Moravciach
Zdroj: [22]

Ďalej v centre mesta nájdeme mauzóleum rodiny Migazzi, župný dom, farský kostol sv. Michala archanjela, či pamätný dom Janka Kráľa. Zaujme aj pamätník Janka Kráľa, neologický židovský cintorín, kalvária sv. Anny, socha sv. Jána Nepomuckého a pod. O výnimočnostiach Zlatých Moraviec sa môžeme dozvedieť viac aj vďaka Náučnému turistickému chodníku Zlatými Moravcami. Pozostáva z 13 zastávok a jeho dĺžka predstavuje len cca 6 km.

Ubytovacie služby poskytujú tri zariadenia, a to hotely Vion a Eminent a penzión Byron. Stravovacích zariadení je tu pomerne viac s rôznym charakterom, pričom väčšina sa nachádza v centre mesta.

3 Perspektívy rozvoja cestovného ruchu a Náučného chodníka prof. M. Lukniša

Navrhovaný náučný chodník ma značné rezervy predovšetkým z hľadiska propagácie zaujímavostí, jednak na jeho trase ako aj na úrovni obcí, ktorými prechádza. Viacerým obciam chýba aj základná infraštruktúra pre návštevníkov.

Turistický sprievodca mikroregiónom Tribečsko, kam patria jednotlivé obce chodník, vyšiel v roku 2011 [16]. Nevyužitým potenciálom, čo sa informovanosti aj návštevnosti týka, disponuje AJ Topoľčianska zubria zvernica, ktorá je na Slovensku jedinečným unikátom.Čiastočne pomáha aj grantová schéma Úradu Nitrianskeho samosprávneho kraja na podporu rozvoja cestovného ruchu, napr. Topoľčianskej zubrej zvernici na území obce Lovce bola v roku 2019 schválená dotácia na informačné materiály [15].

Z dôvodu nedostatku finančných prostriedkov jednotlivých obcí na trase náučného chodníka prof. M. Lukniša by bolo vhodné na vybudovanie aspoň základnej infraštruktúry požiadať o príspevok z Európskych štrukturálnych a investičných fondov.

Ďalším dôvodom pre rozvoj stravovacích a ubytovacích zariadení môže byť práve atraktívne prírodné prostredie a množstvo cyklotrás a peších turistických trás, napr. na zrúcaninu Čierneho hradu, náučný partizánsky chodník Zlatno - Skýcov, Topoľčianska zubria zvernica a pod.

Záver

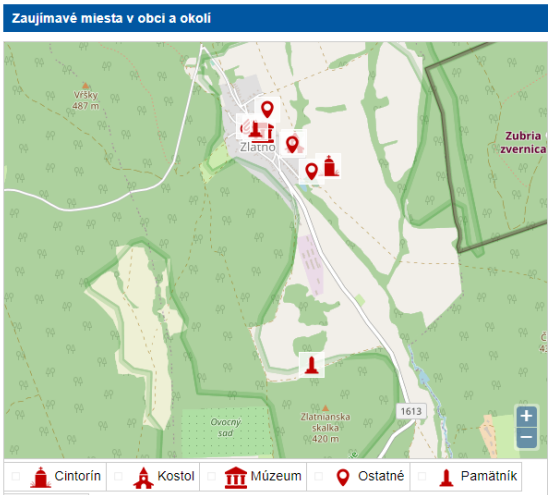
Chodník, navrhovaný autormi tohto príspevku, má 11 zastávok (Zlatno – múzeum, Zlatno - Dvanásta tabla, Lovce - Topoľčianska zubria zvernica, Lovce - kremencová skalka Člnok, Lovce – kostol, Žikava - kostol, Topoľčianky – kaštieľ, Topoľčianky - národný žrebčín, Topoľčianky - národopisné múzeum; Žitavany - pohľad na Požitavsko a Gymnázium Janka Kráľa v

Zlatých Moravciach). Trasa cca 30 km dlhého chodníka je vhodná pre všetkých, ktorí zvládajú mierne prevýšenie v teréne a dlhšie trasy, absolvovanie celého však nie je vhodné pre deti.

Zároveň poskytuje rad zaujímavostí – prírodných i kultúrnohistorických, avšak len minimálnu infraštruktúru. Riešením by bolo zabezpečiť aspoň v obci Zlatno základnú službu - dotovaním kamennej predajne potravín štátom vo verejnom záujme tak, ako sa to uskutočňuje aj v iných krajinách Európskej únie (Česko, Maďarsko, Poľsko) a zároveň aj iné rôzne formy doplnkového predaja v obciach. Čerpanie európskych štrukturálnych a investičných fondov je v malých obciach v podstate nereálne, grantová schéma Úradu Nitrianskeho samosprávneho kraja pre rozvoj cestovného ruchu poskytuje iba malé dotácie, napr. na propagáciu územia.

V minulosti boli v rámci prístupu LEADER Nitrianskeho samosprávneho kraja vypracované rôzne projekty, napr. v roku 2019 vydanie turistického sprievodcu Spoznaj Topoľčianky - Sprievodca po Topoľčiankach a okolí [17].

Obec Zlatno už zlepšilo svoju propagáciu. Na webovej stránke obce je sprístupnená mapa zaujímavostí pre turistov v Zlatne a okolí (obr. 14). Okrem toho je k dispozícii publikácia Zlatno v náručí hôr od Emila Benčíka z roku 2014.



Obr. 14 Zaujímavosti pre turistov v Zlatne a okolí
Zdroj: [23]

Na webovej stránke obce Lovce v časti Zaujímavosti o obci nachádzajú informácie o objektoch, ktoré môžu návštevníci v obci a jej okolí navštíviť, napr. Topoľčianska zubria zvernica, kaplnky a kríže, rybník a takisto aj rozhľadňa nad obcou [20].

Zároveň existuje turistický sprievodca Srdcom po záhrade Európy, Mikroregión podtribečských obcí, ktorý je dostupný na webovej stránke obce Žikava [24].

Topoľčianky majú propagáciu veľmi dobrú. Okrem spomínanej publikácie Spoznaj Topoľčianky - Sprievodca po Topoľčiankach a okolí [17] sa dajú v miestnom kaštieli kúpiť rôzne knihy, napr. o národnom žrebčíne, atď. Obci renomé vytvárajú aj vinárske závody [25].

V obci Žitavany nie je propagácia dostačujúca, keďže obec neinformuje na svojej webovej stránke o žiadnych aktivitách [26].

Zlaté Moravce informujú na svojej webovej stránke o svojich aktivitách a možnostiach trávenia voľného času v sekcii Návštevník [22].

Na základe vyššie uvedených informácií je možné konštatovať, že propagácia územia má značný, v súčasnosti dostatočne nevyužitý potenciál. Je tak symbolické, že informačná kancelária v Zlatých Moravciach je natrvalo uzatvorená.

Poďakovanie
Ďakujeme našej školiteľke, RNDr. Hilde Kramárekovej, PhD., za jej trpezlivosť, odborné pripomienky a rady počas písania článku.

Zoznam informačných zdrojov

[1] Mariot P. (1983) Geografia cestovného ruchu. Veda, Bratislava, p. 14
[2] Gúčik M. (2000) Základy cestovného ruchu. Ekonomická fakulta UMB v Banskej Bystrici, Banská Bystrica, p. 7
[3] Dubcová A., Kramáreková H., Nemčíková M. (2015) Program hospodárskeho a sociálneho rozvoja obce Zlatno na roky 2016 – 2020. Zlatno, p. 25
[4] Program hospodárskeho rozvoja a sociálneho rozvoja obce Lovce na roky 2016 - 2020 s výhľadom do roku 2023. (2016) Lovce, p. 40
[5] Dubcová A., Kramáreková H., Nemčíková M. (2015) Program hospodárskeho a sociálneho rozvoja obce Žikava na roky 2016 – 2020. Žikava, p. 25
[6] Dubcová A., Kramáreková H., Nemčíková M., Trembošová M. (2014) Program hospodárskeho a sociálneho rozvoja obce Topoľčianky na roky 2014-2020. Topoľčianky, p. 9
[7] Hudík P. (2010) Topoľčianky. Sprint dva, Bratislava, p. 12
[8] Cibira J. (2000) Žitavany a ich korene. Mesto Zlaté Moravce, Zlaté Moravce, p. 5

[9] Bátora M., Zaťko M. a kol. (1998) Zlaté Moravce. Mestský úrad Zlaté Moravce, Zlaté Moravce, p. 38
[10] Mazúr E., Lukniš M. (1986) Geomorfologické jednotky 1 : 500 000. Atlas krajiny Slovenskej republiky. MŽP SR, Bratislava, s. 54
[11] Lapin M. a kol. (2002) Klimatické oblasti 1 : 1 000 000. Atlas krajiny Slovenskej republiky. MŽP SR, Bratislava, s. 95
[12] Klimatický atlas [Citované: 10. marec 2020] http://klimat.shmu.sk/kas/
[13] Pôdna mapa Slovenska 1 : 400 000 [Citované: 18. marca 2020] http://www.podnemapy.sk/poda400/viewer.htm
[14] Güntherová-Mayerová A. (1969) Súpis pamiatok na Slovensku. Slovenský Ústav Pamiatkovej Starostlivosti a Ochrany Prírody, Bratislava
[15] Schválené dotácie na podporu rozvoja cestovného ruchu na rok 2019, Úrad Nitrianskeho samosprávneho kraja [Citované: 24. marca 2020] https://www.unsk.sk/Zobraz/Obsah/10897
[16] Dubská M., Žabenský M. (2011) Turistický sprievodca mikroregiónom Tribečsko. p. 42
[17] Projekty LEADER Nitriansky samosprávny kraj [Citované: 25. marca 2020] https://www.leadernsk.sk/projekty-leader-nsk-2019.html
[18] Hubinová N., Šorman D. (2017) Obec Zlatno - rodisko dvoch významných geografov. Študentská vedecká konferencia 2017, zborník recenzovaných príspevkov, Nitra, p. 220
[19] Katedra regionálnej geografie, ochrany prírody a krajiny Univerzity Komenského v Bratislave. [Citované: 17. marca 2020] http://www.regionalnageografia.sk/index.php?p=641222255
[20] Obec Lovce [Citované: 1. marca 2020] https://www.obeclovce.sk/
[21] Farnosť Žitavany [Citované: 1. marca 2020] http://farnostzitavany.sk/index.html
[22] Mesto Zlaté Moravce [Citované: 1. marca 2020] https://www.zlatemoravce.eu/
[23] Obec Zlatno [Citované: 17. apríla 2020] https://www.obeczlatno.eu/pre-turistov.html
[24] Obec Žikava [Citované: 17. apríla 2020] https://www.obec-zikava.sk/e_download.php?file=data/editor/44sk_1.pdf&original=brozura_web.pdf
[25] Obec Topoľčianky [Citované: 17. apríla 2020]
[26] Obec Žitavany [Citované: 17. apríla 2020] http://www.zitavany.sk/

Ichtyofauna rieky Rajčianka a Kuneradského potoka

Ichthyofauna of river Rajčianka and Kuneradský stream

Adriána Ďurinková[1] – Lucia Petrikovičová[2]
[1,2]Katedra geografie a regionálneho rozvoja, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra
[1]adriana.durinkova@student.ukf.sk, [2]lpetrikovicova@ukf.sk

Abstrakt
Článok je zameraný na terénny biogeografický výskum a monitorovanie ichtyofauny na vybraných úsekoch vodných tokov Rajčianka a Kuneradský potok. Ichtyologický výskum územia je realizovaný za účelom spracovania environmentálno-geografickej charakteristiky a vybraných antropogénnych vplyvov územia, ktoré výrazne vplývajú na diverzitu ichtyofauny. Počas terénneho výskumu, ktorý bol uskutočnený v období apríl – máj 2019, sme detailne zmapovali súčasný stav početnosti jednotlivých druhov rýb. Dôraz je kladený aj na druhy, ktoré sú chránené alebo sú druhmi európskeho významu. Práve tieto druhy je potrebné prioritne chrániť a uplatňovať tak ekosozologické kritériá ochrany prírody a krajiny. Výsledky výskumu sú potrebné pre implementáciu Rámcovej smernice o vode.
Kľúčové slová: Ichtyofauna, Rajčianka, Kuneradský potok, Rámcová smernica o vode 2000/60/ES

Abstract
The main focus of this paper is field biogeographic research and monitoring of ichthyofauna on selected sections of the Rajčianka and Kuneradský stream. Ichthyological research of the area is carried out for the purpose of processing environmental-geographical characteristics and selected anthropogenic impacts of the area, which significantly affect the diversity of ichtyofauna. During the field research, which was carried out in April - May 2019, we have mapped the current quantity of fishes in detail, with the target species . Further the emphasis is put on species that are protected fishes or are of European importance. There is a high importance of protecting these species as well as treating as a matter of priority and applying the ecososological criteria of nature and landscape protection. The results of the research serves to implement the Water Framework Directive.
Keywords: Ichtyofauna, Rajčianka, Kuneradský stream, Water Framework Directive 2000/60/ES

Úvod

Súčasný stav životného prostredia sa výrazne líši od predošlých období a to hlavne vplyvom človeka, ktorý svojou činnosťou pretvára krajinu, čo má negatívny dopad na voľne žijúce organizmy. Preto je dnes nevyhnutné zabezpečiť všetky opatrenia, ktoré by predchádzali akejkoľvek environmentálnej záťaži. V našom príspevku sa venujeme ichtyologickému výskumu, ktorý je potrebný pre implementáciu Rámcovej smernice o vode (RSV). Bola prijatá Európskym parlamentom a Radou ako smernica 2000/60/ES, ktorá vstúpila do platnosti dňa 22. 12. 2000 a ktorá ustanovuje rámec pôsobnosti spoločenstva v oblasti vodnej politiky. Podľa Výskumného ústavu vodného hospodárstva Rámcová smernica o vode ustanovuje rámec ochrany vnútrozemských povrchových vôd, brakických vôd, pobrežných vôd a podzemných vôd, ktorý má zabrániť ďalšiemu zhoršovaniu, chrániť a zlepšiť stav vodných ekosystémov s ohľadom na ich potrebu vody či zabezpečiť postupné znižovanie znečistenia podzemnej vody a zabrániť jej ďalšiemu znečisťovaniu. Rámcová smernica o vode bola prebraná do slovenskej legislatívy, konkrétne do zákona č. 364/2004 Z. z. o vodách [1].

1 Vymedzenie územia

Rieka Rajčianka pramení na juhovýchodnom svahu vrchu Strážov (1 213 m n. m.) v Strážovských vrchoch juhozápadne od obce Čičmany v nadmorskej výške 956 m n. m. Tečie prevažne severným a severovýchodným smerom. Celková dĺžka toku je 47,5 km a plocha povodia 359,059 km^2 [2]. Spolu s jej prítokmi odvodňuje priľahlé svahy Strážovských vrchov a Malej Fatry. Z pravej strany do Rajčianky pritekajú vodné toky Žilinská, Ráztoka, Suchý potok, Bročkov potok, Rybná, Lesnianka, Kamenný potok, Kľače, Porubský potok, Kuneradský potok, Stránsky potok, Medzihorský potok, Turiansky potok a Bytčický potok. Ľavostrannými prítokmi sú vodné toky

Čierňanka, Jasenovský potok, Medník, Svinianka, Lietavka, Bitarovský potok a Bradová. Rajčianka sa tiahne z Čičmianskej doliny až do mestskej časti Žiliny, do Strážova, kde sa pod železničným mostom v nadmorskej výške 325 metrov vlieva do Váhu. Je jeho ľavostranným prítokom.

Vodný tok Rajčianka spolu s vybranými skúmanými lokalitami vidíme na obrázku 1.

Obr. 1 Vodný tok Rajčianka
Zdroj: [3]

Vodný tok Kuneradský potok (Obr. 2) pramení v pohorí Malá Fatra na južnom svahu vrchu Veľká lúka v nadmorskej výške 1426 m n. m. Od prameňa sa tiahne smerom na západ a juhozápad, a v časti Nad majerom sa stáča smerom na severozápad a pokračuje západným smerom. V blízkosti Kuneradského kaštieľa sa do Kuneradského potoka vlieva jeho ľavostranný prítok Bystrička. Z tohto miesta Kuneradský potok pokračuje smerom na severozápad a prechádza intravilánom obce Kunerad. Z intravilánu obce Kunerad prechádza v severozápadnom smere do intravilánu obce Rajecké Teplice, kde sa pri jazere v Parku Rajecké Teplice vlieva do Rajčianky [3].

Obr. 2 Vodný tok Kuneradský potok
Zdroj: [3]

Geografická charakteristika územia

Na základe Regionálneho geologického členenia Slovenska patrí územie, ktorým preteká Rajčianka do oblasti jadrových pohorí a do podoblasti Strážovských vrchov, do oblasti vnútrokarpatského paleogénu a do podoblasti Žilinsko-rajeckej kotliny, do oblasti bradlového pásma a pribradlovej oblasti a do podoblasti varínskeho úseku. Kuneradský potok patrí do oblasti jadrových pohorí, podoblasti Malej Fatry a do geologickej jednotky III. rádu – Lúčanskej Fatry, do oblasti vnútrokarpatského paleogénu a podoblasti Žilinsko-rajecká kotlina a do oblasti vnútrokarpatského paleogénu, podoblasti Žilinsko-rajeckej kotliny a do geologickej jednotky III. rádu – Rajeckoteplický ostrov. Horniny, ktoré sa podieľajú na stavbe podložia koryta Rajčianky a Kuneradského potoka majú rôznorodý charakter. Prevažne ide o horniny pochádzajúce z obdobia kvartéru a mezozoika, avšak vyskytujú sa tu aj terciérne horniny. Medzi najhlavnejšie stavebné horniny patria holocénne fluviálne sedimenty: litofaciálne nečlenené nivné hliny, alebo piesčité až štrkovité hliny dolinných nív a nív horských potokov [4].

Na základe Geomorfologického členenia Slovenska Rajčianka spadá do Fatransko-tatranskej oblasti a do štyroch geomorfologických celkov (Malá Fatra, Strážovské vrchy, Súľovské vrchy, Žilinská kotlina). Kuneradský potok patrí do geomorfologických celkov Malá Fatra a Žilinská kotlina. V povodí Rajčanky, do ktorej spadá aj Kuneradský potok sa v Malej Fatre najviac prejavuje vysočinový a hornatinový, na hrebeni aj veľhorský typ reliéfu. V najvyššej časti povodia Rajčianky je typický aj reliéf eróznych brázd. V Strážovských vrchoch úplne prevažuje hornatinový reliéf. V Rajeckej a Žilinskej kotline prevláda reliéf kotlinových pahorkatín, v malej miere reliéf riečnych nív, ktorý je v dolnej časti údolia Rajčanky [5].

Rajčianka spolu s Kuneradským potokom zasahujú do viacerých klimatických oblastí. Pre vodný tok Rajčianka je typická chladná horská, mierne chladná horská, mierne chladná kotlinová a mierne teplá kotlinová klíma. Kuneradský potok zasahuje do veľmi studenej horskej klímy v blízkosti jeho prameňa, studenej horskej, chladnej horskej, mierne chladnej horskej, mierne chladnej kotlinovej a mierne teplej kotlinovej klímy [6].

Rajčianka má dažďovosnehový režim odtoku, s priemerným ročným prietokom 3,95 m^3 /s, s akumuláciou v mesiacoch december až február, najvyšším vodným stavom v marci a najnižšou v septembri. Priemerný ročný elementárny odtok Rajčianky je 7,5 - 10 l/s/km^2 , špecifický odtok z povodia Rajčianky je 16,22 l/s/km^2 a priemerný prietok 4 m^3 /s [7].

Územie vodných tokov Rajčianka a Kuneradský potok je zastúpené pôdnym typom fluvizem, ktorá sa tu nachádza v pôdnych subtypoch - fuvizeme modálne (kultizemné) karbonátové, fluvizeme glejové (kultizemné glejové) a fluvizeme modálne (kultizemné) [8].

Na území nachádzajú pôdne druhy hlinité a ílovito-hlinité [9].

Pôvodnú potenciálnu prirodzenú vegetáciu územia by tvorili lužné lesy nížinné *(Ulmenion)* a lužné lesy podhorské a horské *(Alnenion glutinoso-incanae, Salicion triandrae p. p., Salicion eleagni)* [10].

Reálna vegetácia je tvorená pozdĺž vodných tokov typickými drevinami ako jelša lepkavá *(Alnus glutinosa)*, krušina *jelšová (Frangula alnus)*, vŕba biela *(Salix alba)*, vŕba krehká *(Salix fragilis)*, topoľ

biely *(Populus alba)*, topoľ čierny *(Populus nigra)*, v bylinnej etáži sa nachádzajú hygrofilné a nitrofilné druhy bylín: napr. príhľava dvojdomá *(Urtica dioica)*, chmeľ obyčajný *(Humulus lupulus)*, záružlie močiarne *(Caltha palustris)*, papraď hrebenatá *(Dryopteris cristata)* a ostrica *predĺžená (Carex elongata).*

V rámci zoogeografickej rajonizácie územia Slovenska podľa limnickej fauny patria sledované vodné toky do Pontokaspickej provincie, Podunajského okresu, stredoslovenskej a západoslovenskej časti [11].

2 Teoreticko-metodické východiská práce

Environmentálna geografia je disciplínou geografie, ktorá sa zaoberá priestorovými aspektmi interakcií medzi prírodnou a socioekonomickou zložkou [12].

Ichtyológia je samostatnou vednou disciplínou v rámci zoológie. Predmetom štúdia ichtyológie sú ryby (podľa gréckeho Ichthys = ryba, logos = veda) [13]. Biogeografia je vedná disciplína, ktorá študuje areály rastlín a živočíchov, rastlinných a živočíšnych spoločenstiev ako aj biogeografickú regionalizáciu [14].

Individuálna druhová ochrana znamená zákaz lovu alebo usmrcovania jedincov vo vyhradenom čase, o ktorom hovorí Vyhláška Ministerstva životného prostredia Slovenskej republiky, ktorou sa vykonáva zákon č. 216/2018 Z. z. o rybárstve [15].

V rámci terénneho prieskumu sme použili niekoľko metód. Hlavnou metódou, ktorá sprevádzala celý priebeh monitoringu bola metóda terénneho výskumu, ktorá mala dva kroky. V prvom kroku sme vykonali terénny výskum, ktorý pozostával z odberu vzoriek vody z Rajčianky a Kuneradského potoka za účelom zistenia hodnoty pH, obsahu fosfátov, dusitanov, amoniaku a dusičnanov, ktoré sú veľmi dôležité pri zistení environmentálnych zaťažení a pre implementáciu Rámcovej smernice o vode. Vzorky boli odobraté na začiatku (apríl 2019) a na konci (september 2019) pstruhovej sezóny, počas ktorej sa realizovalo monitorovanie vodných tokov na nami vybraných úsekoch. Druhý krok terénneho výskumu predstavoval samotný odchyt vzoriek rýb pomocou rybárskych techník lovu, tzv. muškárenie a prívlač. Podstatou odchytu bolo zvolenie najvhodnejších pomôcok, materiálu a odevu. Na začiatku každého terénneho výskumu bolo dôležité zapísať si návštevu daného rybárskeho revíru do rybárskeho povolenia so všetkými potrebnými údajmi a skontrolovať si potrebnú rybársku výbavu. Vybrané úseky vodných tokov sme monitorovali od 16. apríla 2019 do 30. septembra 2019. Rajčianku sme pomyselne rozdelili na dolný, stredný a horný úsek, ktoré sme vymedzili riečnymi kilometrami. Dolný úsek predstavoval 0-11,2 rkm, stredný úsek 11,2-22,2 rkm a horný úsek 22,2-47,5 rkm. Nami vybrané úseky Rajčianky sa nachádzali v rozmedziach riečnych kilometrov 1,5-2,6; 4-4,5; 7,6-10; 10,7-11,2; 13,1-13,6; 13,7-16,6; 17,5-19,2; 26-27,5; 27,8-29,75; 33,7-34,7 rkm. Kuneradský potok sme monitorovali na riečnom kilometri 0-0,9 a 5,4-6,5 rkm. Pri samotnom odchyte sme zaznamenávali dátum, čas, druh, dĺžku a hmotnosť tela ulovenej ryby. Súčasťou terénneho výskumu bola tvorba fotodokumentačného materiálu. Analytickú metódu sme použili pri celkovom vyhodnotení ulovených druhov z hľadiska ich miesta výskytu.

3 Výsledky výskumu

Monitoring vodných tokov

Ichtyologický výskum vybraných úsekov Rajčianky a Kuneradského potoka bol vykonaný v priebehu celej pstruhovej sezóny 2019, ktorá je vyhradená dátumami 16. 4. 2019 – 30. 9. 2019. Na jednotlivých úsekoch sa sledovala aktuálna zostava ichtyofauny, prítomnosť chránených a ohrozených druhov spolu s ich vybranými parametrami. Na odber vzoriek boli použité najvhodnejšie techniky a metódy lovu rybárskym prútom. Celkovo bolo zaznamenaných 10 druhov rýb. Na základe získaných údajov sme zistili, že v jednotlivých mesiacoch sú značné rozdiely v aktivite rýb a teda aj v počte chytených druhov. Z hľadiska počtu zastúpených druhov možno Rajčianku a Kuneradský potok charakterizovať nasledovne:

Pre horný úsek Rajčianky spadajúci do pstruhového pásma je typické dominantné postavenie pstruha potočného *(Salmo trutta morpha fario)* (Obr. 3), hlaváča bieloplutvého *(Cottus gobio)* a čereble pestrej *(Phoxinus phoxinus).* Hlaváč bieloplutvý *(Cottus gobio)* je veľmi citlivý na znečistenie vody, a preto ho považujeme za indikátor čistých vôd. Jeho výskyt bol potvrdený iba v hornom úseku Rajčianky, kde sme spolu s ním zaregistrovali aj výskyt raka riečneho *(Astacus astacus)*, ktorý takisto obýva výlučne čisté vody. Stredný úsek je charakteristický hlavne zastúpením lipňa tymiánového *(Thymallus thymallus)*, pstruha potočného *(Salmo trutta morpha fario)* a čereble pestrej *(Phoxinus phoxinus).* Pre dolný úsek sú typické druhy ako lipeň tymiánový *(Thymallus thymallus)*, pstruh potočný *(Salmo trutta morpha fario)*, belička európska *(Alburnus alburnus)*, jalec hlavatý *(Leuciscus cephalus)*, čerebľa pestrá *(Phoxinus phoxinus)* a v blízkosti ústia do Váhu (približne vo vzdialenosti 3 km od ústia) je už pozorovaný aj výskyt mreny severnej *(Barbus barbus)*, podustvy severnej *(Chondrostoma nasus),* nosáľa sťahovavého *(Vimba vimba).* Zaujímavosťou je zistenie, že druh obývajúci najmä dolný úsek rieky, belička európska *(Alburnus alburnus)*, bola spozorovaná aj na strednom úseku a to v obci

Rajecké Teplice. Osobitnou kategóriou zaznamenaných druhov je pstruh dúhový *(Salmo gairdneri)*, ktorého považujeme za neprirodzeného obyvateľa vodných tokov na Slovensku. Do vodných tokov ako aj do Rajčianky je umelo vysadzovaný vo veku 2 roky v lovných veľkostiach od 25 do 40 cm. Pre rybárov má hlavne hospodársky význam.

Druhové spektrum Kuneradského potoka je výrazne nižšie ako v Rajčianke. Na základe zistení sme celkovo určili výskyt jedného druhu a to pstruha potočného *(Salmo trutta morpha fario)*, prirodzeného obyvateľa horských potokov.

Z druhov európskeho významu sa nám podarilo zaznamenať mrenu severnú *(Barbus barbus)*, lipňa tymiánového *(Thymallus thymallus)* a hlaváča bieloplutvého *(Cottus gobio)*. Potvrdil sa aj výskyt druhov nachádzajúcich sa na Červenom zozname rastlín a živočíchov Slovenska. Celkovo sa v ňom nachádza 7 ulovených druhov, z ktorých má každý vlastný názov stavu ohrozenia. Čerebľa pestrá *(Phoxinus phoxinus)* je zaradená do sekcie ohrozený druh. Menej ohrozenými druhmi sú mrena severná *(Barbus barbus),* nosáľ sťahovavý *(Vimba vimba*), podustva severná *(Chondrostoma nasus),* jalec hlavatý *(Leuciscus cephalus),* lipeň tymiánový *(Thymallus thymallus)* a pstruh potočný *(Salmo trutta morpha fario).*

Vo svete sa nachádza približne 25 000 druhov rýb, na Slovensku 79 z nich a v sledovanom území sme zaznamenali 10. V rámci ekosozologických kategórií je kriticky ohrozených 7 druhov, ohrozených 8 druhov, zraniteľný je 1 druh, menej ohrozených 22 druhov, údajovo nedostatočné sú 2 druhy a žiadne nehodnotené druhy. Na Slovensku ohrozených 40 druhov rýb [16].

Obr. 3 *Salmo trutta morpha fario*
Zdroj: Autor

Antropogénny vplyv na ichtyofaunu

Ichtyofaunu ovplyvňujú prírodné a antropogénne činitele. Prírodnými faktormi sú napríklad zmena teploty vody, pH, parazitizmus a pod. Z hľadiska antropogénneho vplyvu majú dopad na ichtyofaunu rôzne formy ľudského zásahu do vodných tokov. Predovšetkým ide o regulácie vodných tokov, umelo vytvorené bariéry, malé vodné elektrárne (MVE) alebo čističky odpadových vôd [13]. Na vybraných úsekoch vodných tokov Rajčianka a Kuneradský potok sme zaznamenali niekoľko prípadov, kedy človek zasiahol do prirodzeného stavu vodných tokov.

Antropogénne zásahy do vodných tokov spôsobujú zmeny hydromorfologických parametrov vodných tokov a tým zasahujú do vodných ekosystémov. V dôsledku opevnenia dna a brehov toku dochádza k zvýšenému prehrievaniu vody [13]. Regulovanie vodných tokov prebieha hlavne v obývaných častiach obcí. Na Kuneradskom potoku sa v nami sledovanom úseku od ústia do Rajčianky v dĺžke 0,9 km nachádza úplná regulácia. Na základe Výskumného ústavu vodného hospodárstva sme zistili presnú lokalizáciu umelo vytvorených bariér vodného toku Rajčianka, ktoré tvoria:

- Priečne stavby – stupne:

-rkm 5,960, stupeň, h = 0,8 m, bariéra priechodná len pre zdatnejšie druhy a jedince rýb resp. počas väčších prietokov; rkm 2,760, stupeň, h = 0,7 m, bariéra čiastočne priechodná; rkm 3,056, stupeň, h = 0,7 m, bariéra čiastočne priechodná; rkm 3,280, stupeň, h = 0,6 m, bariéra čiastočne priechodná; rkm 3,658, stupeň, h = 0,4 m, bariéra čiastočne priechodná; rkm 4,080, stupeň, h = 0,9 m, bariéra úplne nepriechodná pre všetky tunajšie druhy rýb; rkm 4,860, stupeň, h = 0,8 m, bariéra čiastočne priechodná; rkm 5,160, stupeň, h = 0,8 m, bariéra čiastočne priechodná; rkm 5,600, stupeň, h = 0,5 m, bariéra čiastočne priechodná; rkm 5,788, stupeň, h = 0,9 m, bariéra úplne nepriechodná pre všetky tunajšie druhy rýb; rkm 6,310, stupeň, h = 0,9 m, bariéra čiastočne priechodná; rkm 6,856, stupeň, h = 0,3 m, bariéra čiastočne priechodná; rkm 7,127, stupeň, h = 0,6 m, bariéra čiastočne priechodná; rkm 22,214, stupeň, h = 0,5m, bariéra čiastočne priechodná

- Opevnenie brehov:

- kamennou dlažbou alebo betónovými tvárnicami, kamennou rovnaninou, prípadne vŕbové rezky, zatrávnenie, vŕbový plôtik

Obojstranné opevnenie:

-rkm 0,0-6,5 kamenná dlažba, oporné múry, zatrávnenie; rkm 6,5-7,235; rkm 14,838-15,248; rkm 15,749-16,250; rkm 18,205-18,675; rkm 19,471-22,900;

Ľavostranné opevnenie:

-rkm 7,878-8,444; rkm 10,005-10,108; rkm 14,765-14,838; rkm 15,248-15,357;

Pravostranné opevnenie:

-rkm 7,978-8,444; rkm 16,622-16,880,

- Nábrežné múry

-rkm 7,878-7,900 (Lietavská Lúčka), ľavá strana;
-rkm 7,878-8,020 (Lietavská Lúčka), pravá strana;
-rkm 15,749-16,250 (Rajecké Teplice), pravá strana;
-rkm 22,650-22,900 (Rajec), obojstranné;
-rkm 0,360-0,578 (Strážov), obojstranné;
-rkm 2,760-2,925 (Závodie), obojstranné [17].

- Malé vodné elektrárne

Malé vodné elektrárne ovplyvňujú ichtyofaunu hlavne pri procese migrácie. Pri prechode rýb turbínami dochádza k rôznym zraneniam a zvýšenému úhynu [13]. V rámci monitorovania Rajčianky sme zistili výskyt jednej malej vodnej elektrárne, nachádzajúcej sa na 5,400. rkm.

- Čističky odpadových vôd

Čistiareň odpadových vôd, ktorej výskyt sme zaznamenali na vodnom toku Rajčianka, zabezpečuje čistenie priemyselných a splaškových odpadových vôd z aglomerácie Rajec. Odpadové vody pretekajú cez jemné hrablice a cez čerpaciu stanicu do lapača piesku a neskôr do biologického stupňa. Prietok, ktorý dosahuje vyššiu hodnotu ako maximálny možný prietok sa čerpá do dažďových nádrží. Ak dôjde k ich naplneniu, mechanicky vyčistená odpadová voda preteká do tzv. recipientu (prijímača) spolu s vyčistenými odpadovými vodami. V aktivačných nádržiach sa odstraňuje znečistenie biologického charakteru spolu s dusíkom a fosforom. V dosadzovacích nádržiach dochádza k oddeľovaniu vyčistenej vody od kalu a tá následne odtečie do rieky Rajčianka [18].

Chemický potenciál vodných tokov

V našej práci bol zrealizovaný aj monitoring vodného toku zameraný na chemizmus. Vzorky vody sme odobrali z jednotlivých úsekov Rajčianky (dolný, stredný, horný) a z Kuneradského potoka v dvoch mesiacoch. Prvý odber vzoriek a ich analýza prebehol v apríli 2019 a druhý v septembri 2019. Medzi týmito dvoma meraniami nastali minimálne zmeny z hľadiska obsahu chemických látok vo vode, ale väčšie zmeny v hodnote pH.

Po preskúmaní výsledkov z jednotlivých meraní sme zistili, že v obidvoch mesiacoch disponovali všetky 4 oblasti odberu vzoriek nulovou hodnotou obsahu fosfátov a dusičnanov vo vode. Dusitany sa nachádzali vo všetkých vzorkách v rozmedzí 0 – 0,02 mg/l. Obsah amoniaku bol takmer vo všetkých vzorkách v hodnote 0,2 mg/l, avšak v apríli sme ho v strednom úseku zaznamenali v množstve 1,0 mg/l. Optimálny obsah spomínaných prvkov vo vode vzhľadom na požiadavky Nariadenia vlády č. 269/2010 Z. z., nebol prekročený.

Hodnota pH sa od vzoriek pochádzajúcich z apríla 2019 od vzoriek zo septembra 2019 líšila. Na dolnom úseku sa v priebehu roka zvýšila z hodnoty 7 na hodnotu 8, na strednom úseku z hodnoty 7 takisto na hodnotu 8, na hornom úseku z hodnoty 7 na hodnotu 9 a na Kuneradskom potoku bolo pH vyššie o 1 stupeň, a to hodnota stúpla z hodnoty 6 na hodnotu 7.

Stav v rámci RSV

Vodné toky Rajčianka a Kuneradský potok sú výrazne ovplyvnené antropogénnou činnosťou, čo spôsobuje zmeny hydromorfologických parametrov vodných tokov a čo negatívne vplýva na stav vodných ekosystémov. Predovšetkým ide o reguláciu vodných tokov, umelo vytvorené bariéry (strata migračného potenciálu, resp. zvýšené nároky na migráciu vodných organizmov, znemožnený transport sedimentov), priečne stavby, opevnenie brehov, nábrežné múry, malé vodné elektrárne a čističky odpadových vôd – priemerný stav.

Vodné toky vykazujú vážne zmeny hodnôt biologických prvkov kvality, pre dané typy útvarov povrchových vôd, pričom sa výrazne líšia od prirodzených vodných tokov v nenarušených podmienkach. Antropogénna činnosť podstatne narušuje optimálny stav.

Chemické hodnoty a ich koncentrácie nepresahujú stanovené normy požiadaviek na kvalitu povrchovej vody, čo spĺňa environmentálne normy kvality. Zaznamenali sme iba mierne zvýšenú hodnotu pH, ktorá v hornom úseku Rajčianky nespĺňala najlepšiu hodnotu prírodného prostredia. Tento stav môžeme označiť za dobrý [19].

Zloženie a početnosť druhov rýb sa v priemere líši od populácie rýb špecifickej pre daný typ útvaru, čo možno pripísať antropogénnym vplyvom, fyzikálno-chemickým alebo hydromorfologickým prvkom kvality. Tento stav môžeme na základe Rámcovej smernice o vode považovať za priemerný.

Analýza parametrov odchytených druhov

Počas ichtyologického výskumu ktorý sme vykonávali v čase pstruhovej sezóny, t.j. od 16. apríla do 30. septembra 2019, sme ulovili spolu 10 druhov rýb na vodnom toku Rajčianka a 1 druh ryby na vodnom toku Kuneradský potok.

Parametre niektorých odchytených druhov nebolo možné zaznamenať, nakoľko sa v danom čase nachádzali v individuálnej ochrane. Pri takomto neúmyselnom ulovení ryby je rybár podľa zákona č. 216/2018 Z. z. o rybárstve povinný rybu ihneď pustiť do vody, bez ďalšej manipulácie s ňou.

Na začiatku pstruhovej sezóny (apríl 2019) bolo na rieke Rajčianka zaznamenaných 5 druhov rýb, medzi ktoré patrí lipeň tymiánový, pstruh potočný, pstruh dúhový, hlaváč bieloplutvý a čerebľa pestrá. Najviac lipňov tymiánových bolo ulovených na strednom úseku v počte 42 kusov. Na dolnom úseku sme zaznamenali 25 kusov. V hornom úseku výskyt lipňa tymiánového nebol pozorovaný. Pstruh potočný sa vyskytol na všetkých monitorovaných úsekoch, a to na dolnom úseku v počte 12 kusov (10-30 cm), strednom úseku v počte 15 kusov (11-32 cm) a na hornom úseku v počte 13 kusov (10-27 cm). Ulovili sme aj nepôvodný druh, pstruha dúhového v

počte kusov na dolnom úseku 2 (30 a 35 cm), strednom úseku 2 (30 a 34 cm). Na hornom úseku sme výskyt pstruha dúhového v mesiaci apríl nezaznamenali. Na hornom úseku bol pozorovaný aj výskyt hlaváča bieloplutvého v počte 2 kusy a čereble pestrej v počte 3 kusy. Zaujímavosťou je, že väčšina pôvodných druhov rýb (lipeň tymiánový a pstruh potočný) bola v tomto období prostredím pre parazitovanie pijavice, chobotnatky pstruhovej *(Cystobranchus respirans)*, ktorú považujeme za ektoparazita rýb. Ich parazitizmus pretrvával približne iba do konca mája v závislosti od zvyšovania sa teploty vody v letných mesiacoch.

Mesiac máj bol špecifický zväčšenou aktivitou všetkých druhov rýb z dôvodu postupného zvyšovania teploty vody. U ulovených lipňov tymiánových bol počet zvýšený z 25 na 28 kusov (dolný úsek), zo 42 na 55 kusov (stredný úsek). U pstruha potočného bol počet 8 kusov (dolný úsek), 29 kusov (stredný úsek) a 18 kusov (horný úsek). V tomto období sa často podarí uloviť aj tie najväčšie exempláre. Nám sa podarilo uloviť napríklad 38 centimetrového pstruha potočného. Výskyt pstruha dúhového sme spozorovali na dolnom (3 kusy, 31-36 cm) a strednom úseku (3 kusy, 31-38 cm). Takisto sme strednom úseku ulovili čerebľu pestrú v počte 2 kusy.

Jún sa vyznačoval o niečo menšou aktivitou rýb z dôvodu vyššej teploty vzduchu a vody a vysokého tlaku rybárov. Na dolnom úseku sme ulovili 27 kusov lipňa tymiánového (20-35 cm), 7 kusov pstruha potočného (13-26 cm). Na strednom úseku 33 kusov lipňa tymiánového (16-36 cm), 16 kusov pstruha potočného (12-32 cm) a na hornom úseku 15 kusov pstruha potočného (15-32 cm). Na všetkých úsekoch boli ulovené aj pstruhy dúhové v počte 12 kusov (30-35 cm). Okrem týchto druhov sme zaznamenali na strednom úseku aj výskyt jalca hlavatého (1 kus, 32 cm) a na hornom úseku hlaváča bieloplutvého (1 kus). Zaujímavosťou je, že v období na konci mája až začiatkom júna sa rojí podenka škvrnitokrídla *(Ephemera danica)* tzv. májovka, ktorá je obrovským lákadlom pre rôzne druhy rýb. Preto sme v tomto období používali na lov lipňa tymiánového a pstruha potočného účinné nástrahy - veľké suché mušky, najviac pripomínajúce tento druh podenky.

V mesiaci júl dochádza k vysokému stúpaniu teploty ovzdušia a vody, čo negatívne vplýva na aktivitu rýb. Všeobecne je známe, že v týchto mesiacoch je ryba aktívna väčšinou len skoro ráno a večer (vtedy je aj teplota vody o niečo nižšia). Zaznamenali sme nižší počet ulovených druhov. Na dolnom úseku sme ulovili 17 kusov lipňa tymiánového (13-33 cm), 7 kusov pstruha potočného (15-26 cm), 2 kusy jalca hlavatého (15 a 25 cm) a 2 kusy beličky európskej (10 a 12 cm). Na strednom úseku bolo zaevidovaných 22 kusov lipňa tymiánového (15-32 cm), 14 kusov pstruha potočného (12-32 cm), 1 kus jalca hlavatého (32 cm) a na hornom úseku 20 kusov pstruha potočného (10-33 cm), 7 kusov lipňa tymiánového, avšak len s menšou dĺžkou tela ako v dolnom a strednom úseku (11-20 cm). Pstruh dúhový v počte 9 kusov bol zaregistrovaný na všetkých 3 úsekoch.

August je podobne veľmi teplým mesiacom, kedy je minimálna výška vodnej hladiny, počasie charakterizuje minimum zrážok a teda pozorujeme slabšiu aktivitu rýb. Lov je možný hlavne včas ráno alebo neskoro večer. Naše úlovky tvorilo spolu 6 druhov rýb. Na dolnom úseku sme zaznamenali výskyt lipňa tymiánového (10 kusov, 15-33 cm), pstruha potočného (6 kusov, 13-25 cm), pstruha dúhového (1 kus, 33 cm), jalca hlavatého (1 kus, 27 cm), podustvy severnej (1 kus, 30 cm) a beličky európskej (4 kusy, 12-15 cm). Stredný úsek disponoval 4 druhmi. Ulovili sme lipňa tymiánového (16 kusov, 17-33 cm), pstruha potočného (6 kusov, 15-30 cm), pstruha dúhového (2 kusy, 31 a 32 cm) a belička európsku (1 kus, 15 cm). Na hornom úseku sa nám podarilo uloviť iba dva druhy rýb, a to pstruha potočného (7 kusov, 13-28 cm) a lipňa tymiánového (10 kusov, 12-25 cm).

Začiatkom jesene (obdobie septembra) teplota vody klesá a aktivita rýb naopak stúpa. Prebieha rojenie rôznych druhov podeniek iného menšieho hmyzu, tzn. lov je úspešný hlavne pri nástrahách typu suchých mušiek. Pstruh potočný sa pripravuje na neresenie a teda viac prejavuje svoje teritoriálne správanie a takisto agresivitu, na základe čoho útočí aj na menšie ryby svojho druhu. Zaznamenali sme ich zvýšený počet na dolnom úseku (10 kusov), na strednom úseku 18 kusov a na hornom úseku počet kusov 19. U lipňa tymiánového sme takisto spozorovali zvýšený počet ulovených kusov na dolnom (13 kusov, 20-30 cm) a strednom (33 kusov, 15-39 cm) úseku. Na hornom úseku sme zaznamenali výskyt 8 kusov vo veľkosti 13-25 cm. V tomto mesiaci sa nám podarilo uloviť už aj nové dva druhy rýb, a to mrenu severnú (1 kus, 28 cm) a nosáľa sťahovavého (1 kus, 21 cm) na dolnom úseku Rajčianky.

Kuneradský potok nebol na počet zistených druhov bohatý. Podarilo sa nám zaregistrovať iba jeden vyskytujúci sa druh, ktorým je pstruh potočný. V apríli sme zaznamenali 5 kusov (10-20 cm), v máji 8 kusov (10-23 cm), v júni 14 kusov (10-26 cm), v júli 18 kusov (10-30 cm), v auguste 21 kusov (12-25 cm) a v septembri 16 kusov (15-23 cm). Iné druhy na vybraných úsekoch Kuneradského potoka počas nášho terénneho výskumu zaevidované neboli.

Záver

Práca je zameraná na ichtyologický výskum vybraných úsekov vodných tokov Rajčianka a Kuneradský potok, ktorý by mohol pomôcť pri implementácii Rámcovej smernice o vode. Účelom Rámcovej smernice o vode je klasifikácia ekologického stavu vôd na základe prvkov živej prírody, teda aj ichtyofauny. Monitorovanie prebiehalo v rámci pstruhovej rybárskej sezóny od 16. apríla 2019 do 30. septembra 2019. Rajčianku sme rozdelili na dolný, stredný a horný úsek, v ktorých sme si riečnymi kilometrami vyhraničili nami skúmané úseky. Celková dĺžka skúmaných úsekov bola na dolnom toku Rajčianky 4,5 km, na strednom úseku 5,1 km a na hornom úseku sme preskúmali spolu 4,5 km dlhý úsek. Kuneradský potok sme monitorovali spolu v dvojkilometrovom úseku. Celkovo sme zaznamenali 10 druhov ulovených rýb, medzi ktoré patria aj Druhy európskeho významu a druhy, ktoré sú zapísané v Červenom zozname rastlín a živočíchov Slovenskej republiky. Z 10 ulovených druhov je jeden druh, pstruh dúhový *(Salmo gairdneri)*, nepôvodný, tzn. v rieke sa vyskytoval len v dôsledku jeho umelého vysadenia. Pôvodnými ulovenými druhmi boli pstruh potočný *(Salmo trutta morpha fario),* lipeň tymiánový *(Thymallus thymallus)*, hlaváč bieloplutvý *(Cottus gobio),* čerebľa pestrá *(Phoxinus phoxinus),* jalec hlavatý *(Leuciscus cephalus),* podustva severná *(Chondrostoma nasus),* nosáľ sťahovavý *(Vimba vimba),* belička európska *(Alburnus alburnus)* a mrena severná *(Barbus barbus).* Faktormi, ktoré vplývajú na vysoký rozdiel v počte zaznamenaných druhov medzi Rajčiankou a Kuneradským potokom sú rozdiely v teplote vody (Kuneradský potok disponuje nižšími teplotami vody počas roka, nakoľko Kuneradský potok preteká jeho väčšou dĺžkou horským prostredím), vo výške vodnej hladiny (Kuneradský potok má počas roka nižšie vodné stavy), a takisto dôležitým faktom je, že Kuneradský potok má užšie koryto ako Rajčianka. Na základe údajov z Výskumného ústavu vodného hospodárstva sme zadefinovali a presne lokalizovali prvky antropogénneho vplyvu, ktoré vo všeobecnosti ovplyvňujú ichtyofaunu vodných tokov. V prieskume sme sa zamerali aj na vyhodnotenie chemického potenciálu vody 4 lokalít (dolný, stredný a horný úsek Rajčianky a Kuneradský potok), ktoré sme uskutočnili na začiatku a na konci ichtyologického prieskumu. V porovnaní prvého a druhého merania došlo k zmene pH, resp. k jeho zvýšeniu vo všetkých 4 lokalitách. Dôležitou zistenou informáciou je, že hlaváč bieloplutvý *(Cottus gobio)* obýva výlučne čisté vody, a jeho výskyt sme spozorovali len na hornom úseku rieky Rajčianka, kde v niektorých úsekoch jeho výskyt sprevádzal výskyt raka riečneho *(Astacus astacus).* Takisto špecifický výskyt mreny severnej *(Barbus barbus)*, podustvy severnej *(Chondrostoma nasus)* a nosáľa sťahovavého *(Vimba vimba)* sa viaže na dolný úsek Rajčianky, vo vzdialenosti približne do 3 kilometrov od jej ústia do Váhu, v dôsledku typu dna, ktoré tvoria predovšetkým ploché štrkové lavice, týmito druhmi obľúbené.

Použitá literatúra

[1]Výskumný ústav vodného hospodárstva [Citované: 2. marec 2020] http://www.vuvh.sk/rsv2

[2] Lukniš, M. (1972) Slovensko. 2 - príroda. Obzor, Bratislava, s. 917

[3] Úrad geodézie, geografie a katastra [Citované: 2. marec 2020] https://zbgis.skgeodesy.sk/mkzbgis

[4] D. Vass a kol. (1988) Regionálne geologické členenie Slovenska. M 1 : 500 000. [Citované: 2. marec 2020] http://apl.geology.sk/temapy/

[5] Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky, [Citované: 2. marec 2020] https://www.minzp.sk/files/sekcia-vod/vah_suhrn

[6] Kočický, D. - Ivanič, B (2014) Klimatickogeografické typy [online]. Bratislava: Štátny geologický ústav Dionýza Štúra, [Citované: 2. marec 2020] http://apl.geology.sk/temapy

[7] Obec Stránske [Citované: 2. marec 2020] http:///C:/Users/Adri%C3%A1na%20%C4%8Eurink

[8] Hraško, J. a kol. (1993) Pôdna mapa Slovenska. M: 1 : 400 000. [Citované: 2. marec 2020] http://www.podnemapy.sk/poda400/viewer.htm

[9] Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôd [Citované: 2. marec 2020] www.podnemapy.sk/ portal/verejnost/bpej/priruckaBPEJ.pdf

[10] Michalko, J. a kol. (1986) Geobotanická mapa ČSSR. Veda, Bratislava

[11] Kováč, Ľ. (2017) Zoogeografia. PF UPJŠ v Košiciach, Košice, s. 134

[12] Dubcová, A. a kol. (2012) Mikrogeografia - krajina okolo nás. FPV UKF v Nitre, Nitra, s. 185

[13] Knižnica Prešovskej univerzity [Citované: 2. marec 2020] https://www.pulib.sk/web/kniznica /elpub/dokument/Kosco2

[14] HORNÍK, S. a kol. (1986) Fyzická geografia II. SPN, Praha, s. 320

[15] Zákon č. 216/2018 Z. z. o rybárstve [Citované: 2. marec 2020] https://www.zakonypreludi.sk/zz/ 2018-216

[16] Pucherová, Z. (2008) Kvalita životného prostredia a environmentálny monitoring v Slovenskej republike. FPV UKF Nitra, Nitra, s. 203

[17] Ministerstvo vnútra slovenskej republiky, [Citované: 2. marec 2020] https://www.minv.sk/ swift_data/source/miestna_ statna_sprava/

[18] Obec Rajec [Citované: 2. marec 2020] http://www.rajec.info/article/default/2258

[19] Nariadenie vlády č. 269/2010 Z. z [Citované: 2. marec 2020] https://www.epi.sk/disk/zz /file/2010/2010c106z0269p01a.pdf?fbclid=IwAR0

Vybrané špecifiká krajín V4 a ich vplyv na geopolitické postavenie v EÚ

Selected particularities of the V4 countries and their impact on the geopolitical position in the EU

Samuel Červeňanský
Školiteľ: Tibor Madleňák
Katedra Geografie a geológie, FPV UMB, Tajovského, 40, 974 01 Banská Bystrica,
[1] samuel.cervenansky@studenti.umb.sk, [2] tibor.madlenak@umb.sk

Abstrakt
Táto práca sa venuje krajinám Vyšehradskej štvorky a ich vybraným špecifikám. Cieľom práce je analýza vybraných špecifických fenoménov, ktoré ovplyvňujú súčasný obraz krajín V4 v rámci EÚ. Práca je zameraná na základné črty a body, ktoré stredoeurópsky priestor vymedzujú, hlavne v porovnaní so západnou Európou. Práca hodnotí význam viacerých fenoménov, ako je napríklad migrácia, sekularizácia alebo vnímanie spolupráce a vzťahov v rámci V4 ich občanmi . Práca sa dotýka historických súvislostí a udalostí, ktoré najviac ovplyvnili formovanie súčasných postojov krajín V4. V článku sa vyskytujú nie len knižné zdroje, ale aj internetové články a odkazy, ktoré dotvárajú celistvý obraz politiky krajín Vyšehradu.

Kľúčové slová: Vyšehrad, stredná Európa, Európska únia, migrácia

Abstract
This work deals with the Visegrad Four countries and their selected particularities. The aim of the work is the analysis of the selected specific phenomena that affect the current image of the V4 countries within the EU. The work is focused on the basic features and points that define the Central European area, mainly in comparison with Western Europe. The work evaluates the significance of several phenomena, such as migration, secularization or the perception of cooperation and relationships within the V4 by their citizens. The work touches the historical context and events influenced the formation of the V4 countries the most. The article contains not only book sources, but also internet articles and links that complete the overall image of the policy of the Visegrad countries.

Key Words: Visegrad, Europe union, migration, Central Europe

Úvod
V tejto práci sa budeme venovať Vyšehradskej štvorke a jej vybraným špecifikám. Zameriame sa na štáty strednej Európy, konkrétne na Česko, Slovensko, Poľsko a Maďarsko. Cieľom práce je analýza vybraných špecifických fenoménov, ktoré môžu ovplyvňovať súčasné geopolitické postavenie krajín V4 v rámci EÚ. Vo vzťahu k vybraným oblastiam načrtneme, v ktorých otázkach majú štáty Vyšehradu jednotný pohľad, a v ktorých majú zase rozdielne postoje.

Najprv sa pozrieme do minulosti a oboznámime sa so stručnou históriou. Veľmi dobre nám poslúži syntetické dielo Dejiny Uhorska od Petra Kónyu (2013). V tejto kapitole sú naznačené najdôležitejšie historické udalosti a momenty, ktoré ovplyvnili vývoj stredoeurópskych krajín. V rámci tejto kapitoly sú zhrnuté aj udalosti z novších dejín, ako bol pád komunizmu, znovu oživenie myšlienky V4 a neskôr integrácia do európskych organizácií.

Ďalším dôležitým fenoménom je migrácia, pri ktorej sa ukázal rozdielny postoj európskych krajín. Bližšie si tak priblížime historické skúsenosti s migráciou - napríklad v krajinách západnej a južnej Európy v porovnaní so strednou Európou. Ďalším fenoménom, ktorý je v štátoch V4 citlivo vnímaný ale zároveň ovplyvňuje ich postoje a vzťahy s EÚ, je sekularizácia.

Na záver sa pozrieme na vnútorný obraz krajín V4. Priblížime si, komu najviac krajiny V4 dôverujú, informovanosť obyvateľstva o tomto spoločenstve, ale aj oblasti spolupráce, ktoré tieto krajiny najviac spájajú.

V práci sa budeme opierať o dielo Gyáfrašovej a Mesežnikova (2016) a Kónyu (2013). Pri kapitole migrácia nám poskytla dôležité informácie publikácia Phantom Menace : The Politics and Policies of Migration in Central Europe pod taktovkou dvojice editorov Kucharczyk a Mesežnikov (2018). Informácie

boli čerpané aj zo spravodajských denníkov, ako napríklad Denník N alebo denník SME.

1 Vybrané historické špecifiká krajín V4

Stredná Európa je špecifický priestor, ktorý sa nachádza v centre Európy. Kultúrne aj historicky sa značne odlišuje od ostatných častí Európy a taktiež tvorí významnú križovatku západnej, severnej, východnej a južnej Európy. Preto sa dá tento priestor vyčleniť ako samostatný región, hoci jeho hranice boli z hľadiska historického vývoja veľmi dynamické. Jadrom strednej Európy sú krajiny, ktoré v súčasnosti tvoria združenie s názvom Vyšehradská štvorka.

Počiatky Vyšehradskej štvorky siahajú až do roku 1335. Stalo sa tak na podnet kráľa Karola I., ktorý zorganizoval stretnutie troch panovníkov vo Vyšehrade nad Dunajom (Kónya, 2013, s. 99). Okrem neho sa ho zúčastnil aj český kráľ Ján Luxemburský a poľský kráľ Kazimír III. Piastovský. Cieľom tejto dohody mala byť vzájomná pomoc proti akémukoľvek nepriateľovi. Taktiež sa tu podpísali ďalšie obchodné zmluvy, ktoré mali urýchliť ekonomický rast krajín (Kónya, 2013, s. 100). Dá sa zhodnotiť, že tento geopolitický posun bol dôležitým medzníkom v ďalšom vývoji strednej Európy, pretože myšlienka V4 sa objavila opäť po páde komunizmu, keď si jednotlivé krajiny vzájomne pomáhali pri integrácii do Európskej únie.

Ďalším významným momentom v dejinách Vyšehradu, bolo začlenenie Českého a Uhorského kráľovstva do Habsburskej monarchie v roku 1526. Severnejšie existovala Poľsko-litovská únia, ktorá sa neskôr rozdelila medzi Prusko, Rusko a Habsburskú monarchiu. Štáty V4 tak spája geopolitický tlak zo strany Nemecka a Ruska, ktorému museli v rámci svojho historického vývoja čeliť (Daniš, 2019).

Počas „Jari národov“ síce čelila Habsburská monarchia vnútorným tlakom, ale úsiliu menších národných štátov o sebaurčenie, dokázala odolať. Tento stav trval do konca 1. svetovej vojny, keď sa rozpadlo Rakúsko-Uhorsko a taktiež došlo k vytvoreniu nových národných štátov (Johnson, 2014, s. 26-27). V strednej Európe vznikla Československá republika a Poľsko, a okrem toho tu figurovala Maďarská republika, ktorá ale už stratila väčšie časti svojho územia (Kónya, 2013, s. 755-757). Tento politický stav sa nezmenil ani po 2. svetovej vojne. K úpravám hraníc došlo v Poľsku, ktoré stratilo východné územia Halíča a časť Východného Pruska získalo od Nemecka. Podkarpatská Rus zase prešla do vlastníctva Sovietskeho zväzu.

Ďalším dôležitým medzníkom vo vývoji V4 bol komunizmus, ktorý sa ujal vo všetkých štyroch štátoch (vtedy stále len troch). Komunistická minulosť je faktor, ktorý spája stredoeurópske krajiny a vyčleňuje ich od Rakúska, s ktorým do 1. svetovej vojny zdieľali krajiny V4 historické osudy. Začiatky komunizmu v krajinách V4 musíme hľadať už krátko po skončení 2. svetovej vojny (Drulák, 2009, s. 217-218). Zmluvy medzi západným blokom (Veľká Británia, Spojené štáty americké a Francúzsko), a Sovietskym zväzom zapríčinili bipolárne rozdelenie Európy a sveta. Európa sa tak rozdelila medzi dve veľmoci - USA a ZSSR, čím vznikla železná opona. Stredná Európa sa týmto krokom rozdelila medzi západnú a východnú Európu a krajiny V4 sa na Západe začali označovať už ako východná Európa.

V krajinách V4 sa po druhej svetovej vojne konali viac-menej demokratické voľby, kde už ale mali silný vplyv komunistické strany. Neskôr sa tak nedemokraticky cez demokratický systém komunisti chopili moci a stredná Európa tak bola približne na 40 rokov orientovaná na ZSSR.

Zlom prišiel až v 80. rokoch 20. storočia, kedy sa dostal na čelo Sovietskeho zväzu Michail Sergejevič Gorbačov. Pod vplyvom Gorbačovej perestrojky a glasnosti, sa vo viacerých krajinách bývalého východného bloku konali prvé slobodné voľby, v ktorých uspeli prevažne demokraticky a prozápadne orientované strany. Avšak krajiny V4 sa nevysporiadali razantnejším spôsobom s bývalým režimom, čo im neskôr počas prvých rokov slobodnej existencie, spôsobilo komplikácie. Viacerí bývalí členovia komunistických strán sa neskôr dostali na dôležité posty v krajinách V4, a neskôr zaujali miesto aj v inštitúciách Európskej únie (Palko, 2019, s. 14-17). Do značnej miery si krajiny V4 preniesli viaceré problémy, ako bola korupcia alebo nefungujúce hospodárstvo, ktoré nebolo prispôsobené v dostatočnej miere na západný typ trhovej ekonomiky - na kapitalizmus. Stredoeurópske krajiny dúfali v úplné začlenenie sa do západného bloku. Aj práve preto bola jedným z dôležitých faktorov spolupráce krajín V4, respektíve v tej dobe krajín V3, spoločná integrácia do EÚ a NATO. Výrazne tomu napomohlo stretnutie vo Vyšehrade v roku 1991, kde spolu konzultovali o blízkej budúcnosti československý prezident Václav Havel, maďarský premiér József Antall a poľský prezident Lech Walesa (Gyárfášová, Mesežnikov, 2016, s. 7).

Spočiatku tak V4 získala obraz vzorového modelu regionálnej spolupráce (Gyárfášová, Mesežnikov, 2016, s. 7). Česká republika, Poľsko a Maďarsko vstúpili do NATO už v roku 1999, na rozdiel od Slovenskej republiky, ktorá vstúpila do aliancie až v roku 2004. Dá sa povedať že vstup do NATO sa odohral

v pomerne rovnakom čase a krajiny V4 sú v Severoatlantickej aliancii novými členmi. Preto je prekvapivé, ako sa geopolitika niektorých štátov, hlavne Maďarska, začala v posledných rokoch orientovať na východ Európy, k Rusku.

Krajiny V4 síce nevstúpili do NATO naraz, ale do Európskej únie už áno. V roku 2004 bola stredná Európa zaradená do EÚ.

2 Migrácia a stredná Európa

V tejto časti práce si priblížime migráciu, ktorá výrazne ovplyvňuje Stredoeurópanov. Aj keď by si otázka migrácie zaslúžila osobitný článok, v tejto práci sa zameriame iba na hlavné postoje k migrácii v stredoeurópskom priestore. Nadpis kapitoly môže navodzovať, že sa pozrieme iba na súčasné otázky spojené s týmto problémom, ale pre komplexnejšiu analýzu otázky migrácie je potrebné uviesť aj niekoľko historických súvislostí.

Jedným z dôvodov, prečo je stredoeurópsky priestor do značnej miery uzavretý voči migrácii môže byť, že národné štáty strednej Európy nikdy nekolonizovali svet. Na rozdiel od Francúzov, Britov, Španielov a Portugalcov, sa monarchie, ktorých súčasťou boli stredoeurópske národy v 16. a 17. storočí, nepokúšali o väčšie kolonizovanie sveta. Zámorská kolonizácia bola totiž doménou západných európskych štátov. Po dvoch storočiach kolonizácie sa pre tieto krajiny stal multikulturalizmus prirodzeným.

O tom, že bolo miešanie kultúr v západných krajinách prirodzené hovorí aj fakt, že počas 1. svetovej vojny bojovalo na strane Francúzov niekoľko oddielov Maročanov, ktorí dokonca zachránili katedrálu v meste Remeš (Johnson, 2014, s. 46). V tomto priestore tak boli iné etniká prirodzenou súčasťou daného národa. Veď predsa aj krátko po 2. svetovej vojne dochádzalo k migrácii z území kolónií do materských štátov. Viditeľným príkladom je francúzska futbalová reprezentácia, ktorá hrala na posledných majstrovstvách sveta, a jej reprezentanti sa neskladali z väčšej časti z europoidnej rasy, ale práve z negroidnej. Aj to svedčí o tom, ako sa Francúzsko vyrovnalo s multikulturalizmom. Preto aj dnes otázka migrácie nie je pre Francúzov takým veľkým problémom (Trnovec, 2018). To isté sa dá povedať aj o Španielsku, kde v súčasnosti nájdeme početné percento obyvateľov pochádzajúcich z Južnej Ameriky, teda bývalých španielskych kolónií.

Na druhej strane, ako už bolo spomenuté vyššie, tu máme stredoeurópsky priestor. Východoeurópska nížina predurčuje svoj priestor pre početnú migráciu z "východu" - teda z oblasti Uralu, Kaukazu či strednej Ázie. Práve tieto priestory boli kedysi využívané ako "spojky", cez ktoré sa otváral migrujúcim etnikám priestor do strednej Európy. Na západe Európy je totiž prirodzenou bariérou Atlantický oceán. Vo východnej časti Európy ale takáto hranica neexistuje. Preto aj kráľovstvá a monarchie, ktoré vznikli v stredoeurópskom priestore, museli byť viac ostražitejšie voči rôznym inváziám či už z východu ale aj z juhu - teda z Balkánu.

Kvôli otvorenosti Východoeurópskej nížiny museli vládnuce vrstvy týchto krajín dávať väčšie výdavky na obranu. Kontakt v týchto oblastiach s novými etnikami tak bol zväčša len vojenský. Ako príklady spomenieme sťahovanie národov v 4. – 6. storočí, inváziu Mongolov do strednej Európy, príchod Turkov z Balkánu a koniec koncov aj príchod Slovanov a Maďarov do oblasti Panónskej panvy. Stredoeurópske krajiny tak majú rozdielnu mentalitu v porovnaní so západnou Európou. Kontakt s novými etnikami tu bol prevažne negatívny.

Už spomenutým príkladom bola invázia Turkov do Habsburskej monarchie. Uhorsko počas útokov Turkov stratilo väčšie časti svojho územia. Ich kontakt s Osmanskou ríšou bol veľmi intenzívny. Kontakt s Osmanmi malo aj územie Slovenska a v čase svojho rozkvetu aj Poľsko-Litovská únia. Turecká hrozba sa stala zjednocujúcim prvkom pre Habsburskú monarchiu a Poľsko, ako to bolo vidieť pri obliehaní Viedne.

V 21. storočí zažilo Maďarsko opätovnú skúsenosť, keď sa početné etnikum nekontrolovateľne "prevalilo" cez ich územie. Maďarská verejnosť vnímala početnú migráciu na ich území veľmi citlivo, nakoľko historická skúsenosť Maďarov s inváziami z juhu nebola takmer nikdy pozitívna (Kucharczyk, Mesežnikov, 2018, s. 243-244). Preto aj reakcia Viktora Orbána mala svoje opodstatnenie, i keď pri takomto tvrdení sa dostávame na veľmi tenký ľad. Aj keď sme si konkrétnejšie priblížili len postoj Maďarska, ktoré najvýraznejšie ovládlo mediálny priestor v Európe, zvyšné krajiny V4 k otázke migrácie zaujali rovnaký postoj.

Postoj viacerých Stredoeurópanov voči migrácii v rokoch 2010 až 2019 bol rozdielny od postoja štátov západnej Európy. Migrácia tu, na rozdiel od zvyšku krajín Európskej únie, nenašla vo verejnom priestore podporu, čo dostatočne referovali aj niektoré politické strany krajín V4. Populizmus sa tak stal ďalším špecifikom, nakoľko dané politické subjekty neprejavili žiaden verejný záujem o riešenie tohto problému. Skôr iba referovali bez kritického úsudku emócie v

spoločnosti a prekrývali tým vlastné problémy krajiny. Zneužívali totiž strach ako politický nástroj v politickom boji.

3 Sekularizácia v kontexte štátov V4

Vstupom do európskeho spoločenstva boli obyvatelia krajín V4 hlbšie konfrontovaní s otázkou sekularizácie. Západoeurópske krajiny v historickom vývoji nasledovali postupný trend odlúčenia cirkvi od štátu. Nemôžeme tvrdiť, že by v krajinách ako Francúzsko, Taliansko a Nemecko platili rovnaké zákony a bolo rovnako definované postavenie cirkvi. Vplyvom Veľkej Francúzskej revolúcie, sa Francúzsko najradikálnejšie vymedzilo voči cirkvi, a na štátnych základných školách sa náboženská výchova nevyučuje (Hanesová, 2006, s. 34). Na druhej strane má Nemecko odlišné zákony ako Francúzsko. V Nemecku medzi štátom a cirkvami bolo uzavretých množstvo zmlúv a taktiež tu funguje vzťah úzkej spolupráce (Hanesová, 2006, s. 92).

Spomenutý komunizmus ovplyvnil stredoeurópsku mentalitu. V týchto krajinách bolo počas diktatúry náboženstvo vytlačené na okraj spoločnosti. Ľudia, ktorí praktizovali svoju vieru, boli perzekvovaní. Cirkev tu bola istým spôsobom prenasledovaná, ale na Západe sa mohla slobodne rozvíjať (Krastev a Stephen, 2019). Preto po páde komunizmu krajiny V4 mohli opäť naplno využívať náboženskú slobodu.

Naproti tomu je tu západná Európa, ktorá nezažila náboženské obmedzenia v takej miere ako krajiny V4. Liberálny prístup v týchto krajinách mal skôr tendenciu ľudí postupne vzďaľovať od cirkvi aj kvôli vymoženostiam a blahobytu, ktoré počas druhej polovici 20. storočia zažili. Aj tento prvok je silným nástrojom, ktorý formoval krajiny V4 a tvorí ich identitu. Po vstupe do Európskej únie krajiny V4 nemali, a stále nemajú rovnakú mentalitu, aká je v krajinách, ktoré nemajú skúsenosť s komunizmom. Je prirodzené, že negatívna skúsenosť so sekularizáciou počas komunizmu dokázala vytvárať obavy v predstavách občanov postkomunistických krajín, už pri akejkoľvek zmienke o sekularizácii. Po vstupe do Európskej únie niektoré politické subjekty vytvorili dojem, že členstvo v EÚ znamená väčšiu sekularizáciu. Samozrejme, treba dodať, že aj miera sekularizácie a postavenia cirkvi je v jednotlivých štátoch V4 veľmi odlišná. Príkladom je oddelenie cirkvi od štátu v Českej republike a v Poľsku, pretože tieto krajiny sa v historickom kontexte vyvíjali, vo vzťahu ku katolíckej cirkvi, úplne odlišne.

4 Vnímanie spolupráce a vzťahov v rámci V4 ich občanmi

Po oboznámení sa s niektorými významnými faktormi, ktoré podmienili formovanie postojov v štátoch V4, by sme sa pozreli na niekoľko štatistík, ktoré naznačujú povedomie obyvateľov stredoeurópskeho priestoru. Najväčšie znalosti o Vyšehradskej štvorke, podľa verejného prieskumu z roku 2015, majú Slováci - zhruba 54% opýtaných dokázalo reagovať na pojem V4. Ďalej nasledovala Česká republika (37%), Maďarsko (26%) a na poslednom mieste so 17% sa umiestnilo Poľsko (Gyárfášová, Mesežnikov, 2016, s. 5). Pri Poľsku je pozoruhodná najväčšia rezervovanosť voči V4, čo môže byť podmienené čiastočne aj ich veľkosťou. Na druhej strane je v Slovenskej republike vysoké povedomie, čo sa dá čiastočne vysvetliť najmenšou rozlohou tejto krajiny a snahou slovenských politikov o väčšiu spoluprácu so susednými krajinami.

Zároveň, spoluprácu Vyšehradu považuje za užitočnú a zmysluplnú 70% respondentov zo Slovenska, v Česku 50% opýtaných, a rovnaký podiel (40%) majú maďarskí a poľskí respondenti (Gyárfášová, Mesežnikov, 2016, s. 5).

Zaujímavý je aj pohľad krajín V4 na Severoatlantickú alianciu a Ruskú federáciu. Aj keď sú všetky štyri krajiny súčasťou NATO, môžeme nájsť rozdielne pohľady v oblasti dôvery k NATO a Rusku. Najväčšiu dôveryhodnosť v NATO má Poľsko (50% respondentov), a najnižšiu dôveru k NATO majú Slováci (27%). Na druhej strane prežíva najväčšiu nedôveru k Rusku poľská verejnosť, ale na Slovensku platí opak - totiž Slováci prejavujú najvyššiu dôveru k Rusku v rámci V4. Pri Poľsku si vieme hlbokú nedôveru vysvetliť historickou skúsenosťou, ako bol napríklad Katynský masaker. Prečo však slovenská verejnosť dôveruje viac Ruskej federácii, než svojim spojencom v NATO, je komplexnejší problém. Faktom, ktorý k tejto nedôvere prispieva, je aj rétorika politikov. Práve emóciu nedôvery voči našim spojencom v NATO dokážu niektoré politické subjekty využiť, čím sa príklon k Ruskej federácii považuje v očiach občanov za prejav vzdoru voči Európskej únii a Spojeným štátom americkým. Ruská federácia sa tak vplyvom populizmu vykresľuje ako vhodnejšia alternatíva. Pozoruhodným je k tejto otázke aj postoj Viktora Orbána, nakoľko aj pri jeho politickom angažovaní vidíme príklon k Rusku. V Českej republike je však spoločnosť viac rozdelená v pohľade na Ruskú federáciu. Príklon k Ruskej federácii vidíme napríklad u prezidenta Miloša Zemana, ale iná časť obyvateľstva demonštruje hlbokú nedôveru

voči Rusku, čo dokazuje aj odstránenie sochy sovietskeho maršala Koneva.

Poďme si ďalej priblížiť oblasti spolupráce, ktoré podľa obyvateľov krajín V4 považuje verejnosť za dôležitejšie. Pri týchto otázkach nám pomôže nasledujúca tabuľka (Tab 1).

Tabuľka 1: „Podľa vás, ktoré oblasti sú pre vyšehradskú spoluprácu najdôležitejšie? Vyberte najviac tri najdôležitejšie." (v %)

	Česi	Maďari	Poliaci	Slováci
Ekonomická a obchodná spolupráca	67	53	53	66
Spolupráca v oblasti obrany a bezpečnosti	45	37	38	44
Zastupovanie a presadzovanie spoločných záujmov v rámci EÚ	44	39	27	40
Spolupráca v oblasti dopravy a rozvoja energetickej infraštruktúry	34	27	21	37
Cezhraničná regionálna spolupráca	27	28	22	36
Spolupráca v otázkach zahraničnej politiky, napr. vzťahy ku krajinám Východného partnerstva	27	30	20	27
Kultúrna a vedecká spolupráca	18	22	30	22

Tab 1 Najdôležitejšie oblasti spolupráce krajín V4
Zdroj: [Gyárfášová, Mesežnikov, 2016, s. 12]

Z nasledujúcej tabuľky môžeme zistiť, že názory z oblasti spolupráce v krajinách V4, sú rovnaké iba v otázke ekonomickej a obchodnej spolupráce. Otázku spolupráce a bezpečnosti považujú za druhú dôležitú Poliaci, Česi a Slováci. Pri zastupovaní a presadzovaní spoločných záujmov v rámci EÚ sa dokázali zhodnúť Slováci a Česi. Maďarskí respondenti považovali spoločný postup v EÚ za druhú najdôležitejšiu oblasť. Poliaci zase ako tretiu najdôležitejšiu otázku považujú spoluprácu vo vede a kultúre, čo je na druhej strane vo zvyšných troch krajinách najmenej dôležitá oblasť.

Pocit dôveryhodnosti krajín V4 odráža taktiež zaujímavé výsledky (Gyárfášová, Mesežnikov, 2016, s. 20-21). Poľská verejnosť prejavuje najviac dôvery v krajiny V4 (Slováci 69%, Česi 61% a Maďari 61%). Slováci dôverujú najviac Čechom (78%), potom Rakúšanom a na treťom mieste sú Poliaci (40%). Maďarsko je v očiach Slovákov až na 9. mieste (30%). Respondenti Českej republiky prejavili najväčšiu dôveru Slovákom (79%), Francúzom (59%). S rovnakým hodnotením po 58% nasleduje Anglicko, Rakúsko a Poľsko, pričom až na 9. mieste sa umiestnilo Maďarsko (37%). Maďarsko je v otázke dôveryhodnosti taktiež kladná ku krajinám V4. Aj keď dôverujú najviac Nemecku (62%), tesne za Nemeckom sa umiestnilo Poľsko (58%) a na štvrtom a piatom mieste so 40% sa umiestnili Česi a Slováci. Otázka dôveryhodnosti nám potvrdzuje historické, kultúrne a mentálne rozdiely medzi krajinami V4. Príkladom môže byť Maďarsko, ktoré pred 2. svetovou vojnou malo čulé kontakty s Hitlerovou Treťou ríšou. Na druhej strane malo Československo čulé kontakty s Francúzskom, pretože aj s jeho pomocou mohla vzniknúť prvá republika Slovákov a Čechov. Historické sklamanie z európskych krajín zažívajú Poliaci, ktorí najviac dôverujú práve krajinám V4. Na tento fakt mala vplyv 2. svetová vojna, pretože si susedné Nemecko a Sovietsky zväz rozdelili Poľsko, a ich spojenci (Francúzsko a Veľká Británia) im v tomto konflikte nepomohli. Dôležitým faktom sú maďarsko-slovenské vzťahy, ktoré sa aj s pomocou integrácie do Európskej únie za posledné roky ustálili.

5 Výsledky a diskusia

V tejto práci sme sa venovali analýze vybraných špecifických fenoménov, ktoré ovplyvňujú súčasný obraz krajín V4 v rámci EÚ. Vybrali sme si viaceré oblasti, ako bola migrácia, sekularizácia, vnímanie spolupráce a vzťahov v rámci V4 a historické súvislosti, ktoré nám pomohli dotvoriť obraz V4. Európska únia nie je jednotným homogénnym priestorom. Každý európsky štát má svoje špecifiká a heslo EÚ, "jednotní v rozmanitosti", skutočne vystihuje Európsku úniu. Aj kvôli týmto rozdielom môžeme tvrdiť, že stredoeurópsky priestor je odlišný v porovnaní so západnou, severnou a južnou Európou. Rozdielny historický vývin sa odzrkadľuje aj na dnešnom dianí.

Medzi prvý fenomén špecifickosti krajín V4 patrí história. Tieto krajiny boli až do 1. svetovej vojny zväčša súčasťou väčších mocenských celkov, resp. mnohonárodných monarchií. Po rozpade konštitučných monarchií vzniklo viacero národných štátov. Preto sú národné štáty strednej Európy stále pomerne mladé, na rozdiel od západnej, severnej a južnej Európy, kde národnouvedomovací proces začal o niečo skôr. Preto aj v pamäti a spoločnosti týchto národov môžeme nájsť prvky tzv. utláčateľského syndrómu. Tento fenomén tak vytvára mentálne hranice medzi krajinami V4, ako napríklad slovensko-maďarské vzťahy, kde sa medzi slovenskou populáciou dodnes reflektuje téza o tisícročnom útlaku Maďarov.

Medzi ďalšie špecifiká, ktoré oddeľujú krajiny V4 od zvyšku Európy, patrí spoločná skúsenosť s komunizmom. Tieto krajiny, spolu s východnou a juhovýchodnou Európou, zažili komunistickú totalitu a priniesli si tak po páde režimu do Európskej únie viaceré negatívne faktory, ako bola vysoká korupcia a nefungujúce hospodárstvo. Počas procesu začleňovania do Európskej únie krajiny V4 zistili, že proces integrácie neznamená len náboženskú slobodu, ktorá im bola počas totality odopretá, ale aj nové

výdobytky západoeurópskej demokracie. Príkladom môže byť otázka postavenia cirkvi v štáte. Aj keď Európska únia nediktuje striktné požiadavky v otázke vzťahu cirkvi a štátu, Stredoeurópania môžu aj v kontexte skúseností, ktoré zažili počas komunizmu, vnímať citlivejšie otázku sekularizácie. Populistické politické subjekty to dokázali nejedenkrát zneužiť pri diskusiách o tzv. kultúrno-etických otázkach.

Migrácia je jeden z najvýraznejších faktorov, ktorý spája postoje krajín V4 v súčasnosti. Štáty, ktorých súčasťou boli tieto krajiny v minulosti, nekolonizovali svet. Ich kontakt s novými etnikami bol zväčša len defenzívny (príkladom je mongolská inváziа), nie expanzívny, ako to bolo pri kolonizovaní Ameriky a Afriky inými európskymi národmi. Aj z týchto dôvodov boli postoje krajín V4 rozdielne od západoeurópskych krajín. Samozrejme, aj tu by sa dalo poukázať na fakt, že ani krajiny ako Švédsko a Dánsko nekolonizovali svet a predsa sa s migráciou dokázali vyrovnať. To je samozrejme pravda, ale na druhej strane stredoeurópsky priestor bol aj v minulosti dôležitou spojkou, cez ktoré sa migrujúce obyvateľstvo dostalo hlbšie do Európy. Navyše, početné populistické politické subjekty krajín V4 dokázali zneužiť tému migrácie vo svoj vlastný prospech a namiesto verejnej diskusie len nekriticky posilňovali negatívnu emóciu v spoločnosti. Istým spôsobom sa tak krajiny V4 vyčlenili od postoja zvyšných krajín Európskej únie. Postoj týchto krajín voči povinným kvótam bol jednoznačný, aj keď migrujúce obyvateľstvo smerovalo do krajín západnej a severnej Európy.

Ako sme mohli vnímať aj v dôsledku posledného prideľovania postov v EÚ, krajiny európskeho spoločenstva dokážu mať niekedy protichodné postoje a názory. Krajiny V4 zaujali spoločný postup pri prideľovaní postov po posledných eurovoľbách, nakoľko uprednostnili blokovanie niektorých významných kandidátov na tieto posty. Smutným výsledkom je, že krajiny Vyšehradu napokon nezískali žiaden významnejší post v EÚ.

Na druhej strane tu však máme faktory, ktoré rozdeľujú postoje krajín V4. Medzi prvý z takýchto fenoménov patrí otázka dôveryhodnosti občanov V4 voči iným krajinám. Z odpovedí respondentov uvedeného výskumu sme zistili, že občania krajín V4 nemajú voči sebe až tak hlbokú dôveru. Aj keď poľskí respondenti vyjadrili krajinám Vyšehradu najväčšiu dôveru, zvyšné tri štáty prechovávali zväčšenú nedôveru voči sebe. Taktiež je zaujímavá aj štatistika znalostí o Vyšehradskej štvorke, nakoľko najhoršie výsledky v nej dosiahli poľskí respondenti. Z daných výsledkov vidíme, že V4 netvorí jednotnejší politický subjekt.

Pri otázkach spolupráce označili respondenti za najdôležitejšiu ekonomickú a obchodnú spoluprácu. Ďalej sa pomerne vysoko umiestnila spolupráca v otázkach bezpečnosti a obrany. Dôležité je dodať, že krajiny V4 nikdy nevytvorili súvislejší spoločný obranný mechanizmus, nakoľko sú súčasťou NATO. Respondenti sa rozchádzajú v otázke spoločného postupu v EÚ, pretože túto oblasť pokladali za druhú najdôležitejšiu len slovenskí a českí respondenti. Pri zvyšných otázkach už nepanovala väčšia zhoda. Štatistiky spolupráce poukazujú na fakt, že o väčšej spolupráci krajín V4 sa dá hovoriť jedine v otázke ekonomiky a bezpečnosti. Dovolíme si tvrdiť, že širšia spolupráca Vyšehradu, ktorá by mohla prerásť do väčších politických ambícií, je veľmi nepravdepodobná.

Rozdielny je aj postoj k Ruskej federácii, ktorý plynie z historických skúseností jednotlivých krajín V4. Aj keď môžeme vidieť istý obrat niektorých politických subjektov smerom k Ruskej federácii, jedná sa skôr len o lokálne záležitosti. Tak ako aj pri migrácii je téma Ruska len výsledok zneužívania verejnej emócie niektorými politickými subjektmi. Pozoruhodné boli návštevy Andreja Danka v ruskej dume, niektoré verejné vyhlásenia Viktora Orbána a českého prezidenta Miloša Zemana. Absolútne protichodný postoj k Rusku má Poľsko, ktorý plynie z komplikovaných vzťahov, hlavne v minulom storočí. Preto sa zdá byť tento "obrat" niektorých politických subjektov len otázkou času a nemusí sa jednať o jasné špecifikum Vyšehradu, nakoľko politici reflektovali len názory istej časti verejnosti.

Záver

V tejto práci sme sa venovali špecifickým fenoménom krajín V4, ktoré ovplyvňujú súčasný obraz týchto štátov v rámci EÚ. Ako sme si uviedli v kapitole Výsledky a diskusia, krajiny V4 spája predovšetkým otázka vonkajšej bezpečnosti, nakoľko tieto krajiny zaujali jednotné stanovisko v otázke migrácie a povinných kvót. Taktiež má stredoeurópsky región spoločnú historickú skúsenosť, ktorá však nevyústila do vytvorenia spoločnej federácie. História taktiež naznačuje, že práve integrácia do Európskej únie napomohla týmto krajinám ustáliť vzájomné napätie medzi jednotlivými národmi - príkladom sú komplikované slovensko-maďarské vzťahy. Taktiež krajiny Vyšehradu spájala spoločná skúsenosť s komunistickou totalitou, ktorá sa čiastočne odzrkadľuje aj pri debate o sekularizácii. Tieto krajiny

zároveň spája populizmus, nakoľko pri otázkach migrácie bolo najvýraznejšie vidieť verejné zneužívanie tejto problematiky. Krajiny V4 taktiež spájajú otázky ekonomických záujmov a spolupráce.

Popri špecifikách krajín V4 sme však poukázali aj na nejednotné, niekedy až protichodné postoje krajín V4. Medzi hlavné špecifiká, v ktorých nepanuje jednota, patria otázky vzťahu k Ruskej federácii, vnímanie možností pre vzájomnú spoluprácu, a taktiež otázka dôvery občanov voči iným krajinám Vyšehradu.

Faktory, ktoré sme uviedli, považujeme za dôležité východiská pre postavenie krajín V4 v rámci EÚ. Týchto faktorov je však omnoho viac a bezpochyby sme nevyčerpali ich obsah. Otázne je, nakoľko tieto špecifiká spájajú, alebo rozdeľujú krajiny V4, a či má spolupráca štátov Vyšehradu zmysel. Podľa nášho názoru je spolupráca krajín V4 veľmi dôležitá, keďže sa jedná o našich najbližších susedov a susedské vzťahy sú vždy veľmi potrebné. Po odchode Británie z EÚ navyše krajiny Vyšehradu stratili dôležitého spojenca v EÚ. Na druhej strane však vidíme, že Francúzsko začalo prejavovať záujem o stredoeurópsky priestor. Aj napriek komplikovaným vzťahom poskytuje Európska únia stále jednotu v rôznorodosti a priestor pre spoluprácu.

Poďakovanie

Ďakujem vedúcemu práce pánovi RNDr. Tiborovi Madleňákovi, PhD. za jeho cenné poznatky, rady a pripomienky, ktorými mi bol nápomocný pri tvorbe tejto práce.

Použitá literatúra

[1] KÓNYA, P. a kol. 2013. Dejiny Uhorska : (1000-1918). Prešov : Vydavateľstvo Prešovskej univerzity, 2013, s. 99, 100, 755-757

[2] DANIŠ, M. (2019). *Mongolské korene Ruského impéria. Ako sa z Moskvy stala mocnosť.* In: Podcast Historická revue, Denník SME [Online]. Dostupné na: https://domov.sme.sk/c/22278365/mongolske-korene-ruskeho-imperia-ako-sa-z-moskvy-stala-mocnost.html [cit: 2019-12-8]

[3] DRULÁK, P. 2009. Metafory studené války : interpretace politického fenoménu. 1. vyd. Praha : Portál, 2009, s. 217-218

[4] PALKO, V. 2019. Levy prichádzajú : prečo Európa a Amerika smerujú k novej tyranii. 2. vyd. Bratislava : Postoj media, 2019, s. 14-17

[5] GYÁRFÁŠOVÁ, O., MESEŽNIKOV, G. 2016. 25 rokov V4 očami verejnosti. Bratislava : Inštitút pre verejné otázky, 2016, s. 5, 7, 12, 20-21

[6] JOHNSON, P. 2014. Dějiny dvacátého století. Praha : Rozmluvy, 2014, s. 26-27, 46

[7] TRNOVEC, S. (2018). *Od ľudskej ZOO neuplynulo ani 100 rokov. Ako sa prejavuje rasizmus : Ako to bolo s africkou migráciou.* In: Podcast Historická revue, Denník SME [Online]. Dostupné na: https://domov.sme.sk/c/20974315/ako-rasisticki-francuzi-vytvorili-ludi-druhej-kategorie.html [cit: 2018-12-2]

[8] KUCHARCZYK, J., MESEŽNIKOV, G. 2018. Phantom Menace : The Politics and Policies of Migration in Central Europe. Bratislava : Institute for Public Affairs, 2018, s. 243-244

[9] HANESOVÁ, D. 2006. Náboženská výchova v Európskej únii. 1. vyd. Banská Bystrica : Pedagogická fakulta UMB, 2006, s. 34, 92

[10] KRASTEV, I., STEPHEN, H. (2019). *Východná Európa, jej imitácia Západu a jej dnešná nespokojnosť.* In: Denník N [Online]. Dostupné na: https://dennikn.sk/1496629/vychodna-europa-jej-imitacia-zapadu-a-jej-dnesna-nespokojnost/ [cit: 2019-6-22]

Kriedový vulkanizmus Západných Karpát: vývoj v priestore a čase

Cretaceous alkali volcanic rocks from the Western Carpathians: space distribution

Alexandra Matušková, Ján Spišiak
Školiteľ: Richard Kopáčik
Katedra geografie a geológie, FPV UMB, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica
alexandra.matuskova@student.umb.sk

Abstrakt
Cieľom tejto práce je priniesť aktualizované poznatky o vývoji Západných Karpát v období kriedy. Zamerali sme sa hlavne na distribúciu a zloženie magmatických hornín a ich zmenu v priestore a čase. Napriek tomu že mezozoický vulkanizmus nemá v Západných Karpatoch veľký plošný rozsah, majú vulkanity kľúčový význam pre definovanie geotektonických podmienok v období ich vzniku. Podrobne sme zosumarizovali a zhodnotili geologickú pozíciu vulkanitov, ich chemické a minerálne zloženie a vekové zaradenie.

Kľúčové slová: Západné Karpaty, vulkanizmus, alkalické bazalty, Krieda

Abstract
The aim of this work is to bring acknowledge about the development of the Western Carpathians in the Cretaceous period. We focused on the distribution and composition of igneous rocks and their change in space and time. Although Mesozoic volcanism does not have a large area in the Western Carpathians, this volcanites are of key importance for defining geotectonic conditions at the time of their origin. We have summarized data about geological position of volcanites, their chemical and mineral composition and age.

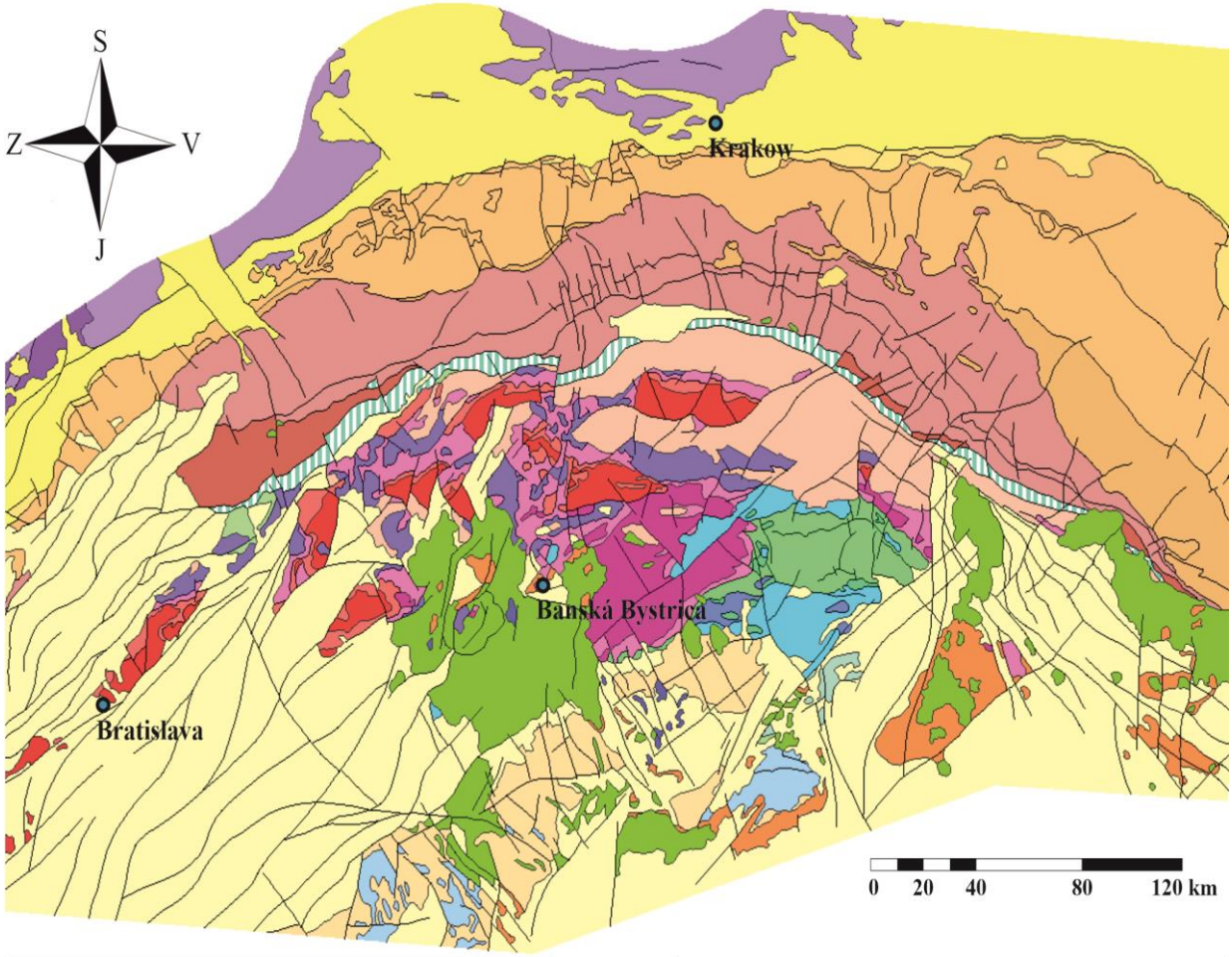
Key words: Western Carpathians, volcanism, alkali basalt, Cretaceous

Úvod

Vulkanizmus patrí k dominantným fenoménom v celej geologickej histórii našej Zeme. Preto určenie typu a charakteru vulkanizmu je základným predpokladom úspešnej rekonštrukcie paleo-gegografie a paleodynamiky útvarov v ktorých sa vulkanizmus vyskytuje. V tejto práci sa chceme venovať zloženiu a charakteru vulkanických hornín v Kriede Západných Karpát. Kriedový vulkanizmus je známy z rôznych tektonických jednotiek Západných Karpát. Pôvodne bol opísaný ako dve samostatné, nesúvisiace vulkanické provincie a to tešinitová [1] vo vonkajších Západných Karpatoch a augitit-limburgitová [1, 2] v Centrálnych Západných Karpatoch. Ďalšie štúdiá zistili rozšírenie kriedového vulkanizmu do všetkých jednotiek centrálnych Západných Karpát a aj do bradlového pásma [2, 3, 4, 5, 6]. Z geochemického hľadiska patria kriedové vulkanity Západných Karpát k alkalickým bazaltom, resp. alkalickým lamprofýrom.

Alkalické bazalty a ich geotektonické postavenie

Všeobecne rozdeľujeme bazalty na základe chemického zloženia a geotektonickej pozície do 3 skupín: tholeiitové ktoré vznikajú v oceánskych chrbtoch (MORB), alkalicko-vápenaté sú typické pre oblasti subdukcie a alkalické bazalty (rifting). Alkalické bazalty a príbuzné vulkanické horniny (bazanity, lamprofýry atď.) sa zvyčajne interpretujú ako magmy generované vo vnútroplatňových podmienkach, anorogénnych (t. j. v neskorých post-orogénnych alebo pre-orogénnych) tektonických prostrediach [7]. Zvyčajne sú spájané s extenzívnymi tektonickými režimami a vyskytujú sa v kontinentálnych aj oceánskych oblastiach, ale majú osobitný význam v oblastiach s kontinentálnou litosférou. Generovanie alkalických magiem pochádzajúcich z plášťa zostáva Nejasný, mohli by byť produktom lokálnych plášťových diapírov (mantle plume) vo vrchnom plášti, alebo vznikali ako produkt pasívneho vydúvanie plášťa smerom nahor v dôsledku rozťahovania a stenčovania litosféry. V Západnej a Strednej Európe je mafický alkalický vulkanizmus bežný, hoci spravidla nie objemný. Vyskytoval sa prerušovane počas celého Fanerozoika, ale je sústredený hlavne v dvoch časových intervaloch – v Kriede a neskorom Kenozoiku.



Vonkajšie Západné Karpaty
- Čelná karpatská a alpská predhlbeň
- Krosenská skupina príkrovov flyšového pásma
- Magurská skupina príkrovov flyšového pásma

Centrálne Západné Karpaty
- Pieninské bradlové pásmo
- Kryštalinikum tatrika
- Sedimentárny obal tatrika
- Fatrikum (krížanský príkrov)
- Hronikum (chočský príkrov)
- Kryštalinikum veporika
- Sedimentárny obal veporika
- Gemerikum

Vnútorné Západné Karpaty
- Meliatikum
- Turnaikum
- Silicikum
- Kryštalinikum a obal zemplinika
- Bükkikum a dinarikum

Popríkrové formácie
- Neovulkanity
- Neogénne až kvartérne panvy
- Vnútrokarpatská paleogénna panva
- Budínska paleogénna panva
- Gossauská, Myjavská a Hričovská skupina

Mimokarpatské jednotky
- Predpolie Álp a Karpát

Obr. 1 Geologická mapa Západných Karpát

Neskoro kenozoická epizóda môže byť považovaná za post-orogénnu a je rozšírená v rôznych regiónoch konsolidovaných počas Fanerozoika, vrátane mladých alpských orogénov. Na druhej strane stredno- a vrchnokriedový magmatizmus sa formoval počas post-orogénneho obdobia v regiónoch konsolidovaných počas variských a starších orogénov. Vzácnejšie sa však vyskytuje aj ako predorogénny v oblastiach, ktoré boli neskôr neskoršie zahrnuté do alpínsky prepracované.

Geologická pozícia kriedového vulkanizmu v Západných Karpatoch

Ako sme už spomenuli vulkanizmus v Kriede Západných Karpát je viazaný na rôzne tektonické jednotky v Externých a Centrálnych Západných Karpatoch (Obr. 1).

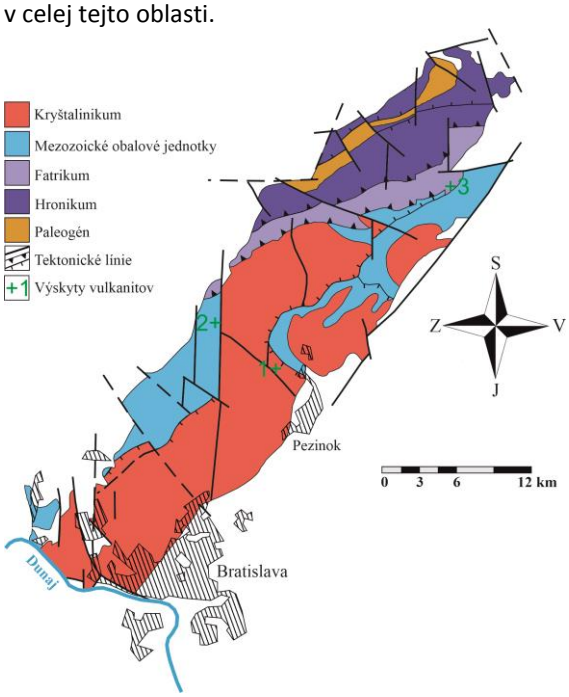
Externé Západné Karpaty [8] zahŕňajú tri pásma: pásmo karpatskej predhlbiny, Sliezko-krosenské pásmo, Magurské pásmo. Vulkanity mezozoického veku sa primárne vyskytujú len v Sliezko-krosenskom pásme. Geograficky sú mezozoické magmatity známe z oblasti Moravskosliezkych Beskýd, Podbeskydskej pahorkatiny severnej Moravy a priľahlých oblastí flyšových Karpát územia Poľska. Produktmi magmatickej aktivity sú intruzívne, efuzívne a extruzívne typy hornín. Najčastejšími intruzívnymi formami vystupovania sú silly a pravé žily. Pri silloch pozorovať zväčšovanie zrnitosti od okraja do stredu. Sedimenty v okolí bývajú kontaktne metamorfované. Typickými efuzívnymi horninami sú telesá s pillow textúrami. Okrem toho sa vyskytujú aj väčšie masy celistvých hornín, ktoré sa striedajú s pyroklastikami, alebo rôzne druhy láv s aglomerátovou a mandľovcovou textúrou. Extruzívne typy vystupujú prevažne vo forme hyaloklastitov, resp. autoklastických brekcii. Na základe práce Šmída [1] môžeme rozdeliť horniny tešinitovej asociácie do 4 základných skupín: pikrity, bazalty, tešinity, mochiquity. Najvyššie modálne obsahy olívinu sú v pikritoch, kde olivín zriedka dosahuje až 73% objemu horniny. Stupeň premeny olivínu je spravidla veľmi vysoký. Klinopyroxény sú determinujúcimi tmavými minerálmi hornín tešinitovej asociácie. Zachovávajú sa často aj vtedy, keď ostatné primárne minerály sú silne alterované. Medzi pyroxénmi prevládajú rôzne variety diopsidov (diopsid s.s., Ti-augit, Fe-augit a pod.). Lokálne bývajú okolo fenokrystov diopsidu, príp. augitu vyvinuté lemy egirínu. Amfiboly tvoria ojedinele porfyrické výrastlice, častejšie sú však prítomné ako mikrolity v základnej hmote horniny. Skupina monchiquitov zahrňuje veľmi pestrú asociáciu hornín líšiacich sa minerálnym zložením, zrnitosťou, ako aj štruktúrnym vývojom. Základnými minerálnymi fázami sú olivín, Ti-augit, kaersutit a biotit. Charakteristickými minerálmi kriedových alkalických vulkanitov sú aj alkalické živce a foidy. Tieto často tvoria vejárovité útvary v matrix a je pre ne typická zonálna stavba. Zložitá zonalita poukazuje na nerovnovážne podmienky počas ich vzniku. Často sa v nich vyskytuje vysoký obsah BaO a SrO [9]. Geochemicky odpovedajú horniny alkalickým bazaltom až bazanitom. Dostál a Owen [10] tieto horniny zaradili k alkalickým lamprofýrom. Aj keď zaradenie k žilným horninám na základ niektorých charakteristík je správne, prítomnosť efuzívnych (pilow lávy) ale aj extruzívnych (zriedkavejšie aj intruzívnych typov – pikrity) typov toto zaradenie spochybňuje. Vekové zaradenie týchto hornín na základe geochronologických údajov je 110 až 120 Ma [11, 12] a ďalší.)

Centrálne Západné Karpaty zahŕňajú [8] štyri pásma: považsko-pieninské, tatransko-fatranské, veporské a gemerské pásmo. Kriedové alkalické vulkanity sa primárne vyskytujú len v považsko-pieninskom a tatransko-fatranskom pásme.

V považsko-pieninskom pásme boli kriedové vulkanity opísané len v poslednej dobe. Na lokalite Biała Woda v poľskej časti Pieninského bradlového pásma bol nájdený olistolit bazaltu s priemerom pár metrov v kriedových konglomerátoch formácie Jarmuta. Tento bazalt má alkalický charakter a geochemicky odpovedá vnútroplatňovým bazaltom. Autori [3] predpokladajú, že bol derivovaný Czorsztynského chrbta. K-Ar datovanie dvoch vzoriek poskytlo vek 110,6 ± 4,2 Ma a 120,3 ± 4,5 Ma [4]. Podobne v bradlovom pásme na lokalite Vršatec [6] a Hanigovce [5] boli opísané menšie telesá, resp. olistolity alkalických bazaltov. Vekové zaradenie je podobné ako u predchádzajúcich (105 – 115 Ma).

Tatransko-fatranské pásmo zahrňuje jadrové pohoria (Malé Karpaty, Považský Inovec, Tríbeč, Strážovské vrchy, Malá Fatra, Veľká Fatra, Nízke a Vysoké Tatry) t.j. pohoria s tatrickým kryštalickým fundamentom a subtatranskými príkrovmi [8]. Alkalické vulkanity kriedového veku sa tu vyskytujú v pozíciách: dajky vulkanitov prenikajúce kryštalický fundament (hlavne granity), vulkanity v obalových mezozoických súvrstviach tatrika, vulkanity v krížanskom príkrove - fatrikum, vulkanity v chočskom príkrove - hronikum. V jednotlivých jadrových pohoriach sa môžu vyskytovať v rôznych pozíciách, napr. v Malých Karpatoch (Obr. 2) sa vyskytujú ako dajky v granitoch, v obalovej sérii a aj v krížňanskom príkrove. Minerálne zloženie ale aj geochemická charakteristika hornín sú podobné. Podobne je zhodné aj vekové zaradenie. Čo sa týka priestorového rozšírenia kriedových alkalických vulkanitov tak sú najhojnejšie v krížňanskom príkrove, menej v obalových jednotkách (len Malé

Karpaty a Vysoké Tatry – Osobitá) a úplne zriedkavé sú v chočskom príkrove. Jediný výskyt bol opísaný z oblasti Poník [13, 14]. Z vekové zaradenia vulkanitov je zrejmé, že všetky telesá vznikli pred presunom subtatranských príkrovoch a teda vulkanizmus prebiehal v pôvodných sedimentačných bazénoch týchto jednotiek. Keďže alkalické bazalty na základe chemického zloženia (inkluzíve izotopov) sú geneticky spájané s vrchnoplášťovými zdrojmi muselo byť zloženie vrchného plášťa vo všetkých sedimentačných bazénoch podobné. Zároveň aj výstup alkalických bazaltov/bazanitov musel byť pomerne rýchli, aby nedošlo k diferenciácii, prípadne kontaminácii okolnými horninami. Podobné minerálne, ale aj chemické zloženie majú aj bazalty z ďalších oblastí tethydnej Neoeurópy [15, 16].To poukazuje aj na zhodné zloženie vrchného plášťa počas celej Kriedy v celej tejto oblasti.



Obr. 2 Geologická mapa Malých Karpát

Záver

- Alkalické bazalty vrchnokriedového veku vystupujú v rôznych tektonických jednotkách Západných Karpát (Externé aj Centrálne Západné Karpaty).
- Tvoria väčšinou žilné telesá, pričom ich styk s okolnými horninami je pomerne ostrý a pozorovať len malé kontaktné účinky. Toto tiež svedčí o rýchlom výstupe magma na povrch. Okrem žilných telies sa zriedkavejšie vyskytujú lávové prúdy a intruzívne typy (pikrity).
- Minerálne zloženie horní je podobné. Je pre ne charakteristická prítomnosť olivínu, klinopyroxénu a amfibolov (kaersutit). Z ostatných minerálov je prítomný biotit (vysoké obsahy Ti), Cr-spinel a minerály zo skupiny foidov (leucit, nefelín).
- Geochemicky patria tieto bazalty a vnútroplatňových alkalickým bazaltom. Na takéto zaradenie poukazuje aj izotopové zloženie (Sr/Rb, Sm/Nd a pod.)
- Pôvodné predstavy niektorých autorov o dvoch fázach vulkanizmu (85 Ma, 110 Ma), založené na stratigrafickej pozícii niektorých telies, sa nepotvrdili. Novšie geochronologické údaje dávajú vek vulkanizmu medzi 105 a 120 Ma.
- Dokázaná predpríkrovová pozícia týchto vulkanitov a ich prítomnosť v rôznych pôvodných sedimentačných bazénoch dokumentuje ich podobný geotektonický vývoj (krátkodobý rifting) a zároveň poukazuje na podobné zloženie vrchného plášťa (z ktorého sa generovali).

Poďakovanie

Práca vznikla v rámci projektu VEGA 1/0237/18. Ďakujeme kolegovi Mgr. Richardovi Kopáčikovi za pomoc pri zhotovovaní geologických máp.

Použitá literatúra

[1] ŠMÍD, B. 1962: Přehled geologie a petrografie hornin těšinitové asociace na severním úpatí Beskyd. Geol. práce, Zoš. 63, Bratislava, s. 53 – 60.

[2] HOVORKA D. and SPIŠIAK J. (1988) – Mesozoic volcanism of the Western Carpathians (in Slovak with English summary). Veda, Bratislava, 263 s.

[3] BIRKENMAJER K. and LORENC M. W. (2008) – Lower Cretaceous exotic intraplate basaltoid olistolith from Biała Woda, Pieniny Klippen Belt, Po land: geochemistry and provenance. Stud. Geol. Pol., 131: 237–246.

[4] BIRKENMAJER K. and PÉCSKAY Z. (2000) – Early Cretaceous K-Arage of a large basalt olistolith at Biała Woda, Pieniny K

[5] SPIŠIAK J. and SÝKORA M. (2009) – Geochemistry and mineralogy of the Hanigovce basalts – the Proč beds (in Slovak). In: Geochémia 2009 (eds. Ľ. Jurkovič, I. Slaninka and O. Ďurža): 106–109. Konf., Symp., Sem., State Geol. Inst. D. Stur, Bratislava.

[6] SPIŠIAK J., PLAŠIENKA D., BUČOVÁ J., MIKUŠ T. and UHER P.(2011) – Petrology and palaeotectonic setting of Cretaceous alkaline basaltic volcanism in the Pieniny Klippen Belt (Western Carpathians, Slovakia). Geol. Quart.,55 (1): 27–48.

[7] WILSON, M. & DOWNES, H. 1991: Tertiary-Quaternary extension-related alkaline

magmatisms in Western and Central Europe. J. Petrol., 32, 811-849.
[8] PLAŠIENKA, D. 1999: Tektonochronológia a paleotektonický model jursko-kriedového vývoja centrálnych Západných Karpát. Veda, Bratislava, 127 s.
[9] SPIŠIAK, J. 2007: Vulkanizmus v mezozoiku Západných Karpát – mineralógia, geochémia a geotektonické aspekty, práca k DrSc. Bratislava, SAV, 236 p.
[10] DOSTAL, J. & OWEN, J.V. 1998: Cretaceous alkaline lamprophyres from northeastern Czech Republic: geochemistry and petrogenesis. Geol. Rundsch., 87, s. 67-77.
[11] LUCINSKA-ANCZKIEWICZ, A., VILLA, I.M., ANCZKIEWICZ, R., SLACZKA, A. 2002: $^{39}Ar/^{40}Ar$ dating of the alkaline lamprophyres from the Polish Western Carpathians. Geologica Carpathica, 53, 1, s. 45-52.
[12] GRABOWSKI, J., KRZEMINSKI, L., NESTIERUK, P., SZYDLO, A., PASZKOWSKI, M., PÉCSKAY, Z., WOJTOWICZ, A. 2003: Geochronology of teschenitic intrusion in the Outer Western Carpathians of Poland – constrains from $^{40}K^{40}Ar$ ages and biostratigraphy. Geologica Carpathica, 54, 6, s. 385-393.
[13] HOVORKA D. and SLAVKAY M. (1966) – Picrite from Poniky (in Slovak with English summary). Geol. práce, Správy, 39: 41–51.
[14] SPIŠIAK J. and HOVORKA D. (2000) – Picrite rocks in the vicinity of Banská Bystrica (Krížna unit, Western Carpathians). Slov. Geol. Mag., 6: 419–429.
[15] HARANGI, Sz., SZABÓ, Cs., JÓZSA, S., SZOLDÁN, Zs., ÁRVA-SÓS, E., KUBOVICS, I. 1996: Mesozoic igneous suites in Hungary: Implications for genesis and tectonic setting in the northwestern part of tethys. Int. Geol. Review, 38, p. 336-360
[16] TROMMSDORFF, V., DIETRICH, V., FLISCH, M., STILLE, P. & ULMER, P. l990: Mid-Cretaceous primitive alkaline magmatism in he Northern Calcareous Alps: Significance for Austroalpine geodynamics. Geol. Rdsch., 79, s. 85-97

Staré a nové maloobchodné lokality v meste Nitra

Old and new retailś locations in Nitra

Pavel Forgáč
Školiteľ: RNDr. Miroslava Trembošová, PhD.
Katedra geografie a regionálneho rozvoj, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra
pavel.forgac@student.ukf.sk, mtrembosova@student.ukf.sk

Abstrakt

Mestské prostredie so sústredeným vyšším počtom ľudí spravidla plní mesto-obslužné funkcie a tvorí ústredné centrum obchodu aj pre svoje zázemie. Z hľadiska historického vývoja podliehajú urbanizované sídla dynamickým a rýchlym zmenám. Podobný vývoj môžeme sledovať aj v štruktúre a rozmiestnení mestskej maloobchodnej siete. Realizácia a výstavba nových maloobchodných lokalít vytvára zmenu obrazu mestskej krajiny, zmenu funkčných urbanizačných štruktúr a vznik nových stredísk maloobchodných subjektov. Dôležitý v tomto procese je činiteľ dopravnej siete, pretože nové lokality maloobchodu sú situované zväčša v zónach s výhodnou dostupnosťou, zohľadňujúc najstaršie marketingové heslo: lokalita, lokalita, lokalita. .V príspevku venujeme pozornosť zmenám maloobchodných lokalít v meste Nitra, poukážeme na presun maloobchodných služieb z tradičných zón do nových lokalít, ktoré už nadobúdajú scenár komerčnej suburbanizácie. V úvode predstavíme mesto Nitra a zadefinujeme pojem „maloobchod“. Jadro práce tvorí kapitola venovaná rozmiestneniu maloobchodných subjektov na úrovni mestských častí. Najpodstatnejšia je kapitola staré a nové lokality v meste Nitra vystihujúca zmenu lokalizácie maloobchodu v roku 1992 a 2019, ktorá je hlavným cieľom tohto príspevku. Snažili sme sa zhromaždiť čo najviac relevantných údajov ohľadom maloobchodnej siete a historických zmien mesta.

Kľúčové slová: maloobchod, maloobchodná sieť, plošný parameter - PAFS, Nitra.

Abstract

The City environment with a concentrated higher number of people usually fulfills city-serving functions and creates a central business center for its background. From the historical development point of view, urbanized settlements are subjects with dynamic and rapid changes. Similar development can be observed in the structure and deployment of the urban retail network. Implementation and construction of new retail sites creates a change in the image of the urban landscape, a change in functional urban structures and the formation of new centers of retail entities. Important factor in this process is the transport network agent, because new retail sites are mostly located in good-availability zones, taking into account the oldest marketing motto: location, location, location. In the contribution we pay attention to the changes of retail locations in Nitra, we will point out to the transfer of retail services from traditional zones to the new locations, which are already taking the scenario of commercial suburbanization. At the beginning we will introduce the Nitra city and define the term of „retail“. The core of this work is a chapter devoted to the distribution of retail subjects at the level of city districts. The most important is the chapter of old and new localities in the Nitra city describing the change of localization of retail in 1992 and 2019, which is the main aim of this contribution.

We tried to gather as much relevant data as possible about the retail network and historical changes in the city.

Key Words: retail, retail network, area parameter – PAFS, Nitra

Úvod

Urbanistický vývoj mesta Nitra prešiel od začiatku 20. storočia značnými zmenami, ktoré prirodzene menili obraz mesta. Najzávažnejšie zmeny nastali po 2. svetovej vojne, počas ktorej bola zničená veľká časť historických budov mesta. Ďalšie zmeny nastali pod vplyvom meniacich sa potrieb spoločnosti, či už 40 ročnej socialistickej éry alebo 30 ročného demokratického systému.

Maloobchod (ďalej MO) patrí k dynamickým odvetviam hospodárstva, ktoré flexibilne reagujú na zmeny v spoločnosti a zároveň svojimi novými formami dosť výrazne menia obraz miest. Máme namysli výstavbu obchodných centier, ktoré úplne zmenili pôvodnú tvár mesta, podmienili stagnáciu tradičných

MO zón, ale ovplyvnili aj zmenu nákupného správania zákazníkov aj v oblasti trávenia voľného času. Vyznačujú sa viacerými znakmi - výstavba na zelenej lúke alebo v lokalitách priemyselných brownfieldov, relokácia významných MO predajní z centra mesta do svojich priestorov a tým oslabili obchodnú funkciu pešej zóny, voľakedajšiu tradičnú maloobchodnú zónu mesta Nitra.

V príspevku sa budeme venovať zmenám maloobchodnej siete v meste Nitra, ktoré boli spôsobené spoločenskými zmenami a dynamickým vývojom maloobchodu.

1 Prehľad literatúry

Formálnu stránku práce sme spracovali na základe Vademeca literárnej a vedeckej činnosti geografa (Dubcová, Chrastina, Kramáreková, 2003) [4]. V úvode sme definovali pojem maloobchod podľa Križana, red. [5]. Následne sme využili údaje zo Štatistického úradu [7] na popis vývoja počtu obyvateľov v meste Nitra a vývoj počtu mestských častí.

V kapitole staré a nové lokality mesta Nitra nám bola nápomocná literatúra do Trembošovej [8, 9]. Zároveň sme do tejto kapitoly čerpali aj historické poznatky z publikácii od Bártu [2,3]. Historické a súčasné fotografie častí mesta Nitra sme získali od autora Uhlárika [10]. Počas spracovania príspevku nám bol nápomocný koncept práce Mulíčka [6].

2 Metodika práce

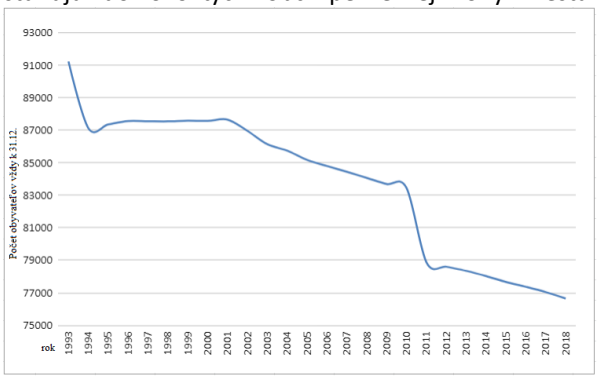
Počas spracovávania práce sme využili viacero metód. Základnou bola metóda terénneho výskumu, prostredníctvom ktorej sme získali relevantné, aktuálne údaje o stave maloobchodnej sieti na úrovní mestských častí. Ďalšou nemenej dôležitou metódou bolo zhromaždenie a najmä štúdium relevantných literárnych zdrojov, ktoré sme získali nielen v univerzitnej knižnici UKF v Nitre, ale aj na internete. V práci sme taktiež využili štatisticko-matematickú metódu, ktorá bola dôležitá pri spracovávaní údajov a zobrazovacie metódy programov Excel a GIS. Pre vypracovanie práce bola nenahraditeľná systémová metóda, ktorej základom je chápanie študovaného problému a znalosť postupnosti prác. Táto metóda nám slúžila na usporiadanie informácií a spracovaných dát, ktoré musia na seba logicky nadväzovať. Okrem absolútnych početností predajní a ich klasifikácie podľa sortimentu sme sa zamerali na vyjadrenie tzv. plošného parametra (PAFS), ktorý vyjadruje veľkosť predajnej plochy na 1000 obyvateľov istej priestorovej jednotky a patrí k základným ukazovateľom MO siete.

3 Maloobchodná sieť mesta Nitra

Maloobchod (ďalej MO) môžeme definovať ako súhrn všetkých činností, ktoré súvisia s bezprostredným predajom výrobkov alebo služieb spotrebiteľom na ich osobné použitie. Toto odvetvie patrí k najdynamickejšiemu v hospodárstve keďže sa vyznačuje rýchlym rozvojom a vlastnosťou flexibilných zmien. Predajne - základné miesta kde sa MO prevádzkuje sa podľa veľkosti rozdeľujú na maloplošné a veľkoplošné – hranicou je predajná plocha 400 m².

3.1 Vývoj mesta Nitra medzi rokmi 1992 - 2019

Mesto Nitra má v súčasnosti (od roku 2003) 13 mestských častí, v ktorých žilo 76 655 obyvateľov (k 31.12.2018). Nebolo tomu tak vždy. Do roku 1993 malo mesto Nitra 15 mestských častí, ale už v tomto roku sa na základe referenda osamostatnila mestská časť Lužianky. V roku 2002 mesto prišlo o ďalšiu mestskú časť Štitáre, ktorá sa taktiež osamostatnila. Straty týchto mestských častí zapríčinili deurbanistický pokles počtu obyvateľov. V roku 1993 žilo v Nitre 91 227 obyvateľov a o rok neskôr už len 87 127 obyvateľov. Výrazný vplyv na vývoj počtu obyvateľov mal aj proces suburbanizácie, ktorý prebieha v meste dones. Ten zapríčiňuje postupný pokles počtu obyvateľov, ktorí sa sťahujú do okolitých obcí periférnej zóny mesta.



Graf 1 Vývoj počtu obyvateľov v meste Nitra počas rokov 1993 – 2018
Zdroj: ŠÚSR, 2020

3.2 Priestorová štruktúra maloobchodnej siete mesta Nitra v roku 2019

Podľa dát z terénneho výskumu realizovaného v letných a jesenných mesiacoch roku 2019, v meste Nitra fungovalo 705 MO subjektov. Najväčšia koncentrácia MO predajní je v mestskej časti (ďalej MČ) Staré Mesto, kde našlo lokalitu pre svoje podnikanie 403 subjektov. Táto časť mesta má tradične vysokú koncentráciu a patrí k najdôležitejšej maloobchodnej MČ. Zároveň sa tu nachádzajú veľkoplošné predajne -

nákupné centrá OC Mlyny a OC Galéria typu edge of centre, ktoré spolu koncentrujú veľké množstvo predajní. Vysoká koncentrácia MO subjektov je na dôležitých uliciach Štefánikova trieda, Farská, Mostná a Coboriho.

Druhú najvyššiu koncentráciu MO subjektov vykazuje MČ Chrenová, kde sa ich nachádza 111 MO predajní. Podobne ako v predchádzajúcej mestskej časti aj tu našli priestor pre svoje podnikanie dve nákupné centrá ZOC Max a OC Centro. Tieto obchodné centrá sa nachádzajú mimo centra mesta (typ out of centre), a tak nekoncentrujú toľko obchodov ako napríklad OC Mlyny.

V MČ Čermáň sa nachádza 58 subjektov MO sféry, ktoré sú situované prioritne na uliciach Cabajskej, Golianovej a Dolnočermánskej. V týchto zónach je MO prevádzkovaný len v maloplošných predajniach. Vyššiu koncentráciu MO má aj MČ Klokočina, kde je situovaných 50 predajní. Situované sú najmä na uliciach Jurkovičová, Hviezdoslavová a Škultétyho.

V MČ Dolné Krškany podnikalo v MO 45 subjektov. Obchody sú koncentrované hlavne na Novozámockej ulici, ktorou prechádza dôležitá dopravná komunikácia smerujúca z Nitry na juh do mesta Nové Zámky. Menšia koncentrácia MO subjektov je v susednej MČ Horné Krškany, kde sa ich nachádza 24. Podobne ako pri predchádzajúcej MČ, tak aj tu sú obchody koncentrované na Novozámockej ulici.

V MČ Mlynárce je situovaných 17 MO subjektov, ktoré patria do veľkoplošných nad 400 m². Väčšina obchodov je koncentrovaná na Bratislavskej, Pražskej a Rastislavovej ulici.

V susednej MČ Kynek sa nachádza 16 subjektov MO sféry. Väčšina obchodov je situovaná na Hlohoveckej a Trnavskej ulici. V tejto MČ sa nachádza aj jeden obchod s veľkou predajnou plochou, ktorá sa dá porovnať s obchodnými centrami. Týmto obchodom je Metro Cash and Carry, ktoré predáva produkty hlavne pre malých podnikateľov.

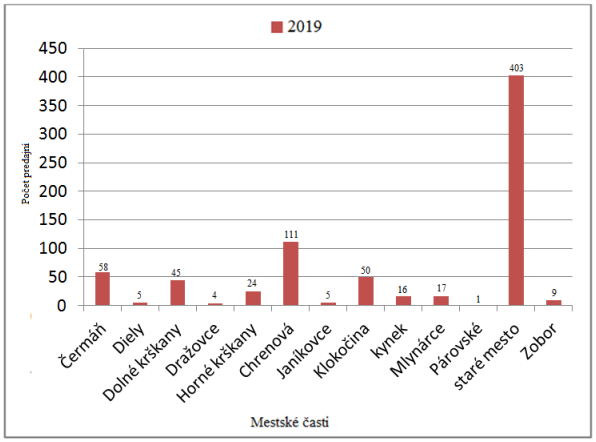
Prevažne maloplošné predajne s potravinami sa nachádzajú v MČ Zobor, kde je ich situovaných 9. Obchody nie sú koncentrované na jednom mieste, ale rozptýlené aby boli čo najbližšie k zákazníkom, na Dolnozoborskej, Jeleneckej, Moskovskej, Chmeľovej a Svätourbanskej ulici.

V MČ Diely sa nachádza 5 MO subjektov, ktoré sú orientované hlavne na predaj potravín. Obchody sú koncentrované na ulici Na Hôrke.

Zhodne 5 MO predajní sa nachádza v MČ Janíkovce. Zaujímavosťou je, že majú rôznorodé zameranie a iba 1 z nich je orientovaný na predaj potravín. Obchody sú situované na Hlavnej, Dlhej, Krížnej a Dvorskej ulici.

V MČ Drážovce sa nachádzajú 4 MO subjekty. Až na jeden z nich sú všetky orientované na predaj potravín. Obchody sú situované na Topoľčianskej a Sčanského ulici.

V poslednej počtom obyvateľov najmenšej MČ časti Párovské Háje je situovaná len jedna predajňa potravín na Hajníckej ulici.

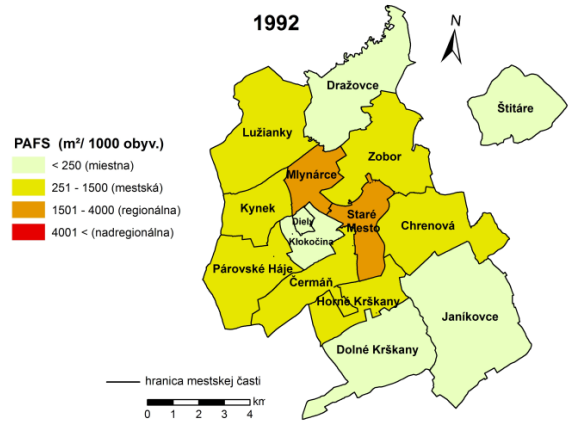


Graf 2 Počet predajní v jednotlivých mestských častiach Nitry v roku 2019
Zdroj: Terénny výskum, Forgáč, 2019

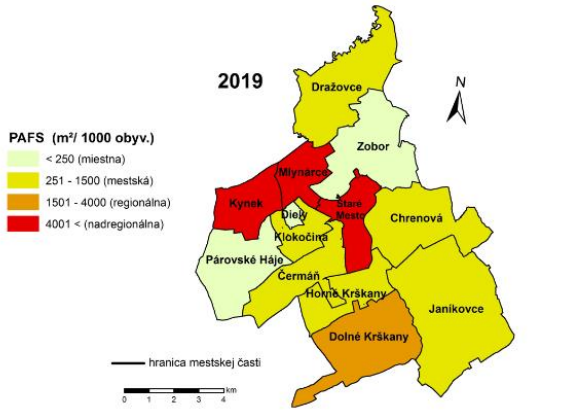
4 Staré a nové lokality v meste Nitra

Vývoj maloobchodnej siete v meste Nitra prešiel medzi rokmi 1992 a 2019 značnými zmenami. Výrazne sa zmenilo hlavne postavenie jednotlivých mestských častí v rámci podielu predajnej plochy na 1000 obyvateľov. Jadrová zóna maloobchodnej siete, ktorú v roku 1992 tvorili mestské časti Staré Mesto a Mlynárce si aj v roku 2019 zachovali svoje postavenie. Okolité mestské časti (Lužianky, Kynek, Párovské Háje, Čermáň, Horné Krškany, Chrenová, Zobor) mali medzi sebou vyrovnané postavenie. Vo vzťahu k jadrovej zóne mali tieto oblasti podradené postavenie. Toto sa však v roku 2019 zmenilo. Jadrová zóna maloobchodnej siete sa rozšírila o mestskú časť Kynek. Presunula sa tak z tradičného centra mesta aj do jeho okrajovej zóny. Významné postavenie získala aj mestská časť Dolné Krškany, ktorá patrila v roku 1992 k okrajovým najmenej významným mestským častiam z hľadiska maloobchodu. Rozvoj nastal aj v mestskej časti Klokočina, ktorá sa dostala o jednu úroveň vyššie ako v roku 1992. V tejto časti sa rozvíjal hlavne maloobchod s potravinami, keďže v tejto mestskej časti žije najviac ľudí (18 638 k 31.12.2018). Nie v každej časti nastal rozvoj. Úpadok nastal v dvoch mestských oblastiach Párovské Háje a Zobor. Je to spôsobené tým, že malé

prevádzky nedokázali ustáť konkurenciu väčších reťazcov v jadrovej zóne mesta. Taktiež tieto mestské časti ležia mimo hlavných dopravných tepien, a tak sú navštevované prevažne miestnym obyvateľstvom.



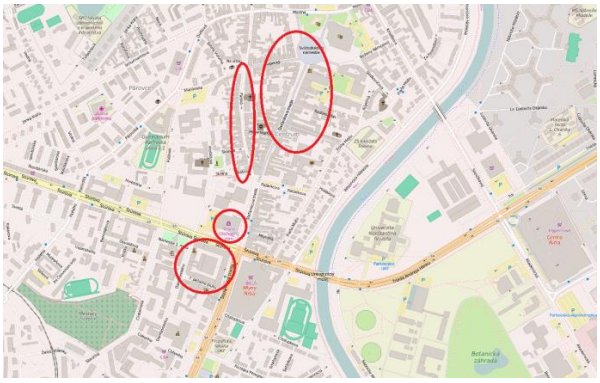
Mapa 1 PAFS v mestských častiach Nitry v roku 1992



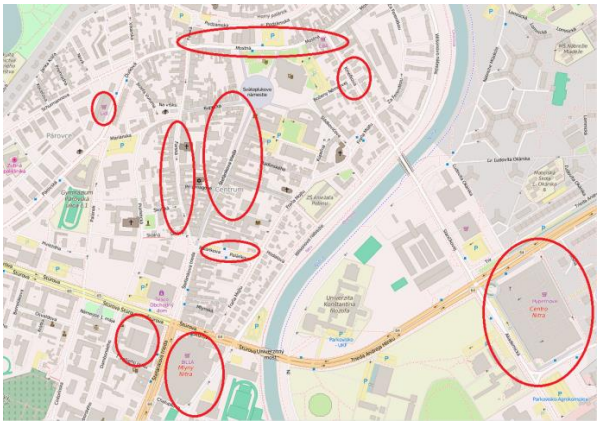
Mapa 2 PAFS v mestských častiach Nitry v roku 2019

Staré nákupné lokality v meste Nitra boli situované najmä v historickom centre. Maloobchod bol koncentrovaný hlavne na dnešných uliciach Štefánikova trieda, Farská a Kupecká ulica. V roku 1930 boli bývalé kasárne prestavané na tržnicu a tento objekt tomu slúži dodnes. Zároveň tým vznikla lokalita s výraznou koncentráciou maloobchodu a predajných stánkov. V roku 1974 bol v meste otvorený obchodný dom Prior (neskôr Tesco). Nachádza sa na rozhraní ulíc Štefánikova trieda a Štúrova ulica.

Súčasné nákupné lokality sa zachovali aj v starých nákupných lokalitách, ale zároveň sa najväčšia koncentrácia maloobchodných subjektov presunula do obchodných centier Mlyny a Centro. Dnes je však uzavretý bývalý obchodný dom Prior (neskôr Tesco), ktorý v súčasnosti prechádza prestavbou. Maloobchod sa vo väčšej miere rozšíril aj do okrajových ulíc v okolí centra mesta. Najviac na Mostnú, Kmeťovu, Palárikovu, Radlinského a Ďurkovu ulicu.



Obr. 1 Staré nákupné lokality v centre mesta Nitra
Zdroj: Autor



Obr. 2 Súčasné nákupné lokality v centre mesta Nitra v roku 2019
Zdroj: Autor

Najväčšiu zmenu v lokalizácii maloobchodnej siete spôsobili výstavby veľkoplošných obchodných domov, v súčasnosti obchodných centier. Výraznú zmenu centra mesta spôsobil už spomínaný obchodný dom Prior (neskôr Tesco). Kvôli jeho výstavbe bolo zničených viacero historických budov v centre mesta Nitra. Fotky lokality pred výstavbou a po výstavbe obchodného domu môžeme vidieť na obrázku 3 a 4.

Obr. 3 Pohľad na rozhranie ulíc Štefánikova trieda a Štúrova na začiatku 20. storočia
Zdroj: Uhlárik, 2017

Obr. 4 Pohľad na rozhranie ulíc Štefánikova trieda a Štúrova v súčasnosti
Zdroj: Uhlárik, 2017

Výrazné zmeny, ktoré ovplyvnili tvár mesta a zároveň rozmiestnenie maloobchodu sa udiali aj v posledných rokoch. Centrum mesta najvýraznejšie pozmenila výstavba najmladšieho obchodného centra Mlyny, ktoré bolo otvorené v roku 2009. V minulosti sa na tomto mieste nachádzali historické budovy bývalých mestských mlynov, ktoré boli kvôli výstavbe obchodného centra zbúrané. Charakter miesta pred výstavbou a po výstavbe môžeme vidieť na obrázku 5, 6,7 a 8.

Obr. 5 Pohľad na historické budovy bývalých mestských mlynov pred výstavbou obchodného centra
Zdroj: Uhlárik, 2017

Obr. 6 Pohľad na súčasnú budovu obchodného centra Mlyny
Zdroj: Uhlárik, 2017

Obr. 7 Pohľad na historické budovy bývalých mestských mlynov aj s vlakovou vlečkou
Zdroj: Uhlárik, 2017

Obr. 8 Pohľad na súčasnú budovu obchodného centra Mlyny
Zdroj: Uhlárik, 2017

Výrazné zmeny sa dotkli aj častí mesta, kde neprebehla výstavba obchodných centier a supermarketov. Na obrázku 9 a 10 môžeme vidieť ako sa zmenila tvár časti Farskej ulice. Z obrázkov vyplýva, že na tejto časti ulice chýba niekoľko historických budov, ktoré boli zničené zrejme počas bombardovania mesta sovietskou armádou počas 2. svetovej vojny.

Obr. 9 Farská ulica na začiatku 20. storočia
Zdroj: Uhlárik, 2017

Na prvej historickej fotografii môžeme na pravej strane vidieť predajňu s názvom auto. V súčasnosti sa na tomto mieste nachádza predajňa s názvom Nábytok u Bruckera.

Obr. 10 Farská ulica v súčasnosti
Zdroj: Uhlárik, 2017

Záver

Cieľom tohto článku bolo poukázať na dynamické zmeny prebiehajúce v jednotlivých lokalitách mesta Nitra, ktoré zároveň ovplyvňujú lokalizáciu maloobchodnej siete. Taktiež maloobchodná sieť vplýva na zmenu štruktúry mesta a jeho celkovej tváre.

V meste Nitra dodnes prebieha proces suburbanizácie, čo má za následok pokles počtu obyvateľov z 91 227 obyv. v roku 1992 na 76 655 obyv. v roku 2019. Tento pokles bol spôsobený aj osamostatnením dvoch mestských častí Lužianky v roku 1993 a Štitáre v roku 2002.

Prevažná časť maloobchodnej siete je dnes situovaná v mestských častiach Staré Mesto, Chrenová a Mlynárce. Zároveň sa maloobchod koncentruje v obchodných centrách, ktoré sú situované v častiach Staré Mesto a Chrenová. Maloobchod sa postupne presúva do okrajových častí mesta.

Od začiatku 20. storočia sa tvár mesta Nitra výrazne zmenila. V minulosti Staré Mesto tvorila kompaktná časť historických budov, z ktorý sa dodnes zachovalo len málo. Veľká časť bola zničená počas bombardovania mesta sovietskymi jednotkami na konci 2. svetovej vojny. Ďalšia časť historických budov bola zničená kvôli novej výstavbe, na ktorej sa podieľal aj bývalí obchodný dom Prior (neskôr Tesco) a obchodné centrum Mlyny. Mesto Nitra tak bohužiaľ stratilo svoju historickú tvár, ktorá bola nahradená modernými stavbami. S presunom predajní do OC Mlyny Nitra stratila aj tradičné maloobchodné centrum na pešej zóne.

Poďakovanie

Touto cestou sa chcem poďakovať mojej školiteľke RNDr. Miroslave Trembošovej PhD. za pomoc a cenné rady pri písaní tohto článku.

Použitá literatúra

[1] Baran, V., Bašovský, O. (1998) Geografia obyvateľstva a sídiel. Banská Bystrica : FPV UMB, 1998. 170 s. ISBN 80-8055-182-0

[2] Bárta, V. (2016) Nitra ako si ťa pamätáme. Slovenská Ľupča: AB ART press, 2016, 128 s. ISBN 978-80-89850-62-4

[3] Bárta, V. (2017) Nitra ako si ta pamätáme 2. Slovenská Ľupča: AB ART press, 2017. 128 s. ISBN 978-80-89850-30-3

[4] Dubcová, A., Chrastina, P., Kramáreková, H. (2003) Vademecum literárnej a vedeckej činnosti geografa. 3. vyd. Nitra : SPN, 2003. 38 s. ISBN 80–8050–273–0

[5] Križan, F. red. (2017) Maloobchod a špecifiká časovo-priestorového správania spotrebiteľov. Bratislava: UK Bratislava, 2017, 285 s. ISBN 978-80-223-4434-0

[6] Mulíček, O. (2007) Prostorové aspekty současného vývoje Brnenské maloobchodní síte. In: Urbanizmus a územní rozvoj. Brno: Masarykova Univerzita Brno, 2007, 14 - 19 s. ISSN 1212-0855

[7] Štatistický úrad Slovenskej republiky (Citované 10. marec 2020) http://datacube.statistics.sk/TM1WebSK/TM1WebLogin.aspx

[8] Trembošová, M. (2012) Geografické aspekty maloobchodnej siete v meste Nitra. Nitra: UKF v Nitre, 2012, 157 s. ISBN 978-80-558-0105-6

[9] Trembošová, M. a kol. (2016) Geografické aspekty maloobchodnej siete mesta Trnava a nákupné správanie jej obyvateľstva. Nitra: UKF v Nitre, 2016, 175 s. ISBN 978-80-558-1103-1

[10] Uhlárik, J. (8. marec 2020) https://www.pluska.sk/regiony/zapadne-slovensko/matka-miest-zmenila-sat-premeny-nitry-z-historie-po-sucasnost-nitra-kedysi-dnes-pri-pohlade-jej-premenu-si-mnohi-iba-p.html?forward=sk_mobil_clanok.jsp

Informatika

Možnosti rozšírenej reality v kombinácii s geolokačnými hrami

Possibilities of augmented reality in combination with geolocation games

Kristián Fodor[1]
Školiteľ: Ján Skalka[2]
[1,2]Katedra informatiky, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra
[1] kristian.fodor@student.ukf.sk, [2] jskalka@ukf.sk

Abstrakt
Článok prezentuje možnosti rozšírenej reality pri používaní aktuálnych softvérových a hardvérových technológií. V úvode popisuje kategórie a funkcionality rozšírenej reality. Súčasne sa zaoberá hlavnými výhodami a základnými funkciami a všíma si dnešné výzvy pre technológiu rozšírenej reality.
Hlavnou ideou článku je prezentácia možností rozšírenej reality pre tvorbu štandardných aplikácií. Možnosti sú prezentované v podobe počítačovej hry, ktorá je navyše rozšírená o prvky geolokačnej hry, čím spája vrstvu reálneho a virtuálneho sveta a dáva používateľom pocit, že digitálne objekty okolo nich sú lokalizované v reálnom svete.
Počítačová hra prezentuje jednotlivé prvky v troch rôznych úrovniach: príbehovej, úrovni jednoduchého zobrazovania virtuálnych objektov na základe značiek a zobrazovania virtuálnych objektov na základe pozície v reálnom svete.

Kľúčové slová: rozšírená realita, geolokačné hry, mobilné hry, Unity

Abstract
The article presents the possibilities of augmented reality in the use of current software and hardware technologies. The introduction describes the categories and functionalities of augmented reality. At the same time, it looks at the main benefits and core features and notes today's challenges for the technology of augmented reality.

The main idea of the article is to present the possibilities of augmented reality for creating standard applications. The possibilities are presented in the form of a computer game, which is additionally extended with elements of geolocation, bringing together a layer of real and virtual world and gives users the feeling that digital objects around them are located in the real world.

The computer game presents individual elements at three different levels: storyline, the level of simple visualization of virtual objects based on markers, and visualization of virtual objects based on real-world position.

Key Words: augmented reality, geolocation games, mobile games, Android, Unity

Úvod

Zapojiť sa do rozšírenej reality nemusí nevyhnutne znamenať, že na hlave musíme mať nasadené technologicky vyspelé okuliare. Zariadenia, ktoré používame každý deň, môžu patriť do najzákladnejších kategórií rozšírenej reality. Myš, ktorú používame, je predĺžením ruky a zvyšuje našu schopnosť interakcie s počítačom alebo prenosným počítačom. Dotykové obrazovky používajú špeciálne senzory na detekciu pohybu ruky, aby na základe jej pohybu dovolili pohybovať prvkami na obrazovke tak, ako by sme nimi manipulovali v skutočnosti. Čoraz častejšie vidíme reálnu aplikáciu aktivít, ktoré sme doposiaľ videli len v sci-fi filmoch (napr. Iron Man).

V mnohých nových typoch inteligentných telefónoch sú optické senzory schopné sledovať pohyby očí, aby zariadenie dokázalo identifikovať, čo robí používateľ alebo čo bude robiť ďalej. Videohry sú jednou z prvých oblastí, ktorých sa týka rozšírená realita a kde táto technológia sa už používa [1].

Aplikácia rozšírenej reality je často spájaná s geolokáciou, virtuálne objekty sú umiestňované do reálneho sveta a možno ich vyhľadávať prostredníctvom mapy či pohybu v reálnom priestore. Najvýznamnejšie mobilné hry, ktoré priniesli revolúciu vo využívaní lokalizačných údajov na vytvorenie rozšírenej reality sú Harry Potter: Wizards Unite, Pokémon GO a Ingress. Všetky tieto hry boli vytvorené spoločnosťou Niantic.

V hre Harry Potter: Wizards Unite hráči navštevujú miesta v reálnom svete, pričom budú vrhať kúzla, objavovať tajomné artefakty a stretávať sa s ikonickými

postavami a legendárnymi príšerami zo sveta Harryho Pottera [2].

Pokémon GO, ktorá má milióny ľudí potulujúci v prostredí fyzického sveta. Ich cieľom je zachytiť virtuálne postavy. Hra umožnila, aby sa rozšírená realita prelínala so skutočnosťou a umožnila znásobovať zážitok z hry. Hráči Pokémon GO vidia svoje avatary putujúce po teréne v reálnom svete pomocou mapy. Príšery sú chytané pomocou Pokeballov a cieľom je zachytiť 151 pôvodných Pokémonov [3].

V Ingress sa dozvieme, že exotická hmota neznámeho pôvodu preniká do nášho sveta všade okolo nás, ale iba tí, ktorí majú správne nástroje, môžu vidieť a využiť jej moc. Portály, ktoré sú kľúčovým prvkom celej hry, sú zamaskované ako každodenné predmety na celom svete. Portály často nájdeme na miestach verejného umenia, ako sú sochy a pamiatky, jedinečná architektúra, vonkajšie nástenné maľby, historické budovy a iné ukážky ľudského úspechu [4].

1 Rozšírená realita

Pojmy virtuálnej reality (VR) a kyberpriestoru sa stali veľmi populárnym v posledných dvoch desaťročiach. Sci-fi filmy, ako napríklad Star Trek ovplyvnili výskumnú komunitu viac, než je komunita ochotná priznať.

Väčšina z nás spája tieto pojmy s technologickými možnosťami ponoriť sa do úplne syntetického, počítačom vytvoreného sveta – niekedy označovaného ako virtuálne prostredie. Vo virtuálnom prostredí sú naše zmysly, ako je videnie, sluch, chmat, čuch atď., riadené počítačom, zatiaľ čo naše činy (akcie) ovplyvňujú vzniknuté podnety.

Rovnako ako v prípade virtuálnej reality, existuje niekoľko formálnych definícií a klasifikácií pre rozšírenú realitu (AR). Najčastejšie používaná definícia je nasledovná: „Rozšírená realita je vylepšená verzia reality, v ktorej existujú priame alebo nepriame zobrazenia fyzického prostredia v reálnom svete a sú rozšírené o počítačom generované obrazy nad vrstvou pohľadu používateľa na skutočný svet, čím sa zvyšuje súčasné vnímanie reality“ [5].

Niektorí definujú AR ako zvláštny prípad VR, iní zas tvrdia, že AR je všeobecnejší pojem a vidia VR ako zvláštny prípad rozšírenej reality. Faktom je, že na rozdiel od tradičnej VR, v AR je prítomné aj skutočné prostredie a môže hrať aj dominantnú úlohu. Namiesto ponorenia osoby do úplne syntetického sveta, AR sa pokúša vložiť syntetické doplnky do reálneho prostredia (alebo do živého videa reálneho prostredia). To vedie k zásadnému problému: skutočné prostredie je oveľa ťažšie ovládateľné ako virtuálne (syntetické).

S týmito myšlienkami by bola televízna obrazovka, ktorá zobrazuje vysielané rozprávky tiež rozšírenou realitou. Väčšina z nás by povedala, že nie je. Je zrejmé, že ide o viac, rozšírené informácie musia byť oveľa silnejšie prepojené na skutočné prostredie. Toto prepojenie je väčšinou priestorovým vzťahom medzi augmentáciou a skutočným prostredím [5].

1.1 Funkcionalita rozšírenej reality

Pre AR je možné použiť určitý rozsah údajov (obrázky, animácie, videá, 3D modely) a spojiť ich umiestnením a premietnutím pohľad na výsledok prirodzeného aj syntetického sveta. Tiež si musíme uvedomiť, že sa nachádzame v reálnom svete, ktorý je rozvinutý počítačovou víziou, na rozdiel od VR. AR sa môže zobrazovať na rôznych zariadeniach: obrazovky, okuliare, vreckové zariadenia, mobilné telefóny, displejová súprava na hlavu. Zahŕňa technológie ako S.L.A.M. (súčasná lokalizácia a mapovanie), sledovanie hĺbky (údaje senzorov, ktoré vypočítavajú vzdialenosť od objektov) a nasledujúce komponenty:

1. Kamery a snímače – zhromažďovanie údajov o interakciách používateľov a ich odoslanie na spracovanie. Kamery na zariadeniach skenujú okolie a pomocou týchto informácií zariadenia nájdu fyzické objekty a generujú 3D modely,
2. spracovanie – AR zariadenia by sa mali správať ako malé počítače (čo najčastejšie zabezpečujú moderné smartphony),
3. projekcia – zvyčajne ide o miniatúrny projektor umiestnený na smartfóne alebo napr. na slúchadlách AR, ktorý prenáša dáta zo snímačov a projektuje digitálny obsah (výsledok spracovania) na zobrazený povrch. V skutočnosti použitie projekcií v AR nie je primárne určené na to, aby sa používalo v komerčných produktoch alebo službách,
4. reflexia – niektoré AR zariadenia majú zrkadlá, ktoré pomáhajú ľudským očiam zobrazovať virtuálne obrazy. Cieľom reflexie je vykonať správne prispôsobenie obrazu v prostredí a pre oči používateľa.

1.2 Typy rozšírenej reality

Existuje niekoľko kategórií technológií rozšírenej reality, z ktorých každá má rozdielne ciele a aplikačné prípady použitia. Nižšie uvádzame rôzne typy technológií, ktoré tvoria rozšírenú realitu:

1. AR na báze značiek (Marker-based AR), ktorá je tiež označovaná ako rozpoznávanie obrázkov, pretože vyžaduje špeciálny vizuálny objekt a

fotoaparát, ktorý ich skenuje. Obsahom skenovania môže byť čokoľvek, od tlačeného QR kódu až po špeciálne znaky. AR zariadenia v niektorých prípadoch vypočítajú pozíciu a orientáciu značky na umiestnenie obsahu. Značka tak zvyčajne iniciuje digitálne animácie, ktoré si môžeme prezerať, a tak sa obrazy v časopise môžu zmeniť na 3D modely.

Obr. 1 Marker-based AR
Zdroj: [6]

2. AR bez značiek (Markerless AR) – rozšírená realita na báze pozície a otočenia, ktorý využíva GPS, kompas, gyroskop a akcelerometer na poskytovanie údajov na základe polohy používateľa. Tieto údaje potom určujú, aký obsah AR nájdeme alebo sme dostali v určitej oblasti. Vďaka dostupnosti inteligentných telefónov tento typ AR zvyčajne vytvára mapy, trasy a informácie ohľadom podnikov v okolí. Aplikácie zahŕňajú udalosti a informácie, vyskakovacie okná obchodných reklám a navigačnú podporu.
3. AR na báze prekrytia (Superimposition-based AR) – nahradí pôvodný pohľad rozšíreným, úplným alebo čiastočným spôsobom. Kľúčovú úlohu zohráva rozpoznávanie objektov, bez ktorého by bola celá koncepcia nemožná. Typickým príkladom je rozšírená realita v aplikácii IKEA Catalog, ktorá umožňuje používateľom umiestniť do svojich izieb virtuálne predmety svojho katalógu nábytku.
4. AR na báze projekcie (Projection-based AR) – predstavuje projektovanie syntetického svetla na fyzické povrchy a v niektorých prípadoch umožňuje aj interakciu s nimi. Výsledkom môžu byť hologramy, ktoré bolo možné vidieť v sci-fi filmoch, ako Star Wars. Pri ovplyvňovaní obrazov sa zisťuje sa interakcia používateľa s projekciou [7].

Obr. 2 Projection-based AR
Zdroj: [8]

1.3 Dnešné výzvy pre AR

Správna a dôsledná syntéza medzi syntetickými augmentáciami (zvyčajne trojrozmerné grafické prvky) a skutočným prostredím je jednou z najdôležitejších úloh pre rozšírenú realitu. Napríklad, dosiahnutie tohto cieľa pre pohyblivého používateľa vyžaduje od systému priebežné určovanie jeho pozície v prostredí, čo definuje problém sledovania a registrovanie pohybu.

Presné, rýchle a robustné sledovanie pozorovateľa, rovnako ako aj spojenie skutočných a virtuálnych objektov v rámci AR je dôležité na vytvorené presvedčivých aplikácií. Vo všeobecnosti môžeme rozlišovať medzi „outside-in“ a „inside-out“ sledovaním, ak je to absolútne sledovanie v rámci globálneho súradnicového systému.

Prvý typ „outside-in“ odkazuje na systémy, ktoré používajú pevné snímače v prostredí, ktoré vysielajú stopy na pohyblivé ciele. Druhý typ, „inside-out“, používa snímače, ktoré sú pripojené k pohyblivým cieľom. Tieto snímače sú schopné určovať svoje polohy vzhľadom na fixované namontované žiariče v prostredí.

Zvyčajne sa tieto dva typy sledovania nepoužívajú len na klasifikáciu prístupov založených na kamere - ale sú vhodné aj na popis iných technológií sledovania.

2 Geolokačná hra

Ako typický príklad AR aplikácie sme vyvinuli hru, ktorá sa odohráva vo svete Yu-Gi-Oh! a má tri hlavné časti. Prvá časť je story mód tzv. Journey. Hráč v nej hrá ťahovú strategickú hru, kde príbeh je podporovaný dialógmi. Táto časť obsahuje 6 úrovní.

Ďalšia časť je tzv. Summon. Ak hráč má vo svojej zbierke fyzické kópie vybraných kariet, tak ich môže vyvolať a na karte sa objaví 3D model príšery, ktorá je zobrazená na karte.

Tretia časť aplikácie sa nazýva Discover a táto časť je geolokačná. Hráč má nájsť objekty na mape v meste

Nitra, ktoré sa zobrazia iba vtedy, ak je hráč dostatočne blízko nich.

Po kliknutí objektu, hráč má nájsť rovnaké puzzle v reálnom svete cez prednú kameru zariadenia. Inštrukcie, kde sa približne nachádza objekt sa mu zobrazujú na obrazovke. Ak objekt nájde a klikne naň, tak bude mať možnosť otočiť jednu náhodnú kartu, ktorá sa pridá do jeho zbierky. Nájdene objekty následne zmiznú z mapy. Cieľom tejto časti hry je naplniť zbierku príšer.

Na to, aby sme vedeli sledovať zbierku hráča a to, kde sa nachádza v príbehu, sa hráč musí do systému prihlásiť. Na prihlásenie používame Google Sign-in a údaje o hre v súvislosti s hráčom sú uložené v databázach Firebase. Hráčov rozoznávame pomocou ich Google ID a okrem toho máme uložené iba ich meno a priezvisko. Databáza väčšinou obsahuje boolean-ovské hodnoty, aby si zistili, či hráč odomkol niektoré časti hry.

2.1 Vyvolanie príšer

Vyvolanie príšer je časť aplikácie, kde sme ukázali, ako funguje rozšírená realita na báze značiek. Na vyvolanie príšer sme potrebovali rozšírenie Vuforia. Vuforia je súprava na vývoj softvéru s rozšírenou realitou (SDK) pre mobilné zariadenia, ktorá umožňuje vytváranie aplikácií s rozšírenou realitou. Využíva technológiu počítačového videnia na rozpoznávanie a sledovanie rovinných obrazov (obrazových cieľov) a jednoduchých 3D objektov, ako sú napríklad krabice, v reálnom čase. Schopnosť registrácie obrazov umožňuje vývojárom polohovať a orientovať virtuálne objekty, ako sú napríklad 3D modely a ďalšie médiá, vo vzťahu k objektom v reálnom svete, keď sú prezerané kamerou mobilného zariadenia.

Virtuálny objekt potom sleduje polohu a orientáciu obrazu v reálnom čase, takže perspektíva diváka na objekte zodpovedá perspektíve v cieľovom obrázku. Zdá sa teda, že virtuálny objekt je súčasťou scény v skutočnom svete. Vuforia poskytuje aplikačné programovacie rozhrania (API) v jazykoch C ++, Java, Objective-C++ a jazykov .NET prostredníctvom rozšírenia herného enginu Unity. Týmto spôsobom podporuje SDK natívny vývoj pre systémy iOS a Android a zároveň umožňuje vývoj aplikácií AR v Unity, ktoré sú ľahko prenosné na obe platformy.

Na stránke Vuforia sme vytvorili nový licenčný kľúč pre našu aplikáciu a hneď potom sme vytvorili aj novú databázu, kde sme vložili obrázky, ktoré používame, ako značky v aplikácií rozšírenej reality. Naša AR hra bola vytvorená podľa známej kartovej hry a anime rozprávky Yu-Gi-Oh!, preto prvý nahratý obrázok je jedna z legendárnych kariet v tejto hre. Následne sme vytvorenú databázu importovali do našej aplikácie.

Obr. 3 Prvá nahratá značka v databáze Vuforia
Zdroj: Autor

Kým v skorších verziách Unity bolo potrebné doplnok Vuforia inštalovať osobitne, aktuálne je tento balík súčasťou základných inštalácií Unity a je potrebné len ho aktivovať na karte Package Manager. V tomto kroku sme mohli na internete nájsť a stiahnuť 3D Model draka, ktorého vidíme na obrázku. Tento model sme použili neskôr.

V Unity sme vytvorili novú scénu, do assetov sme umiestnili vytvorenú databázu a 3D model draka, následne sme scénu uložili.

Aby sme mohli vytvoriť AR scénu, potrebovali sme pridať AR kameru a ImageTarget z GameObject-ov. V konfigurácií sme nastavili licenčný kľúč a umiestnili 3D model na ImageTarget. Následne sme vhodne nastavili veľkosť a rotáciu modelu.

Následne bolo možné vyskúšať, či sa 3D model naozaj objaví v reálnom svete. Po kliknutí Summon sa aktivuje kamera a keď zachytí kartu, ktorú máme uložené v databáze, tak 3D model by sa mal objaviť na karte. S otáčaním karty sa otáča aj model príšery.

Obr. 4 Predvolaná príšera cez webkameru v Editore
Zdroj: Autor

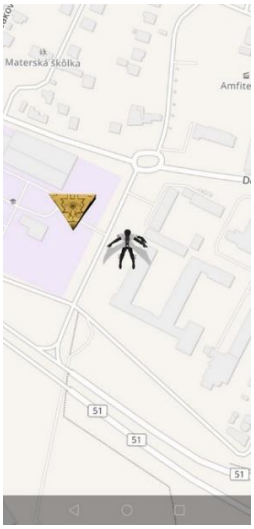
2.2 Pohyb v prostredí

V tejto časti hry zisťujeme polohu hráča. Ak identifikácia polohy v zariadení nie je povolená používateľom, tak sa objaví text na obrazovke, ktorý poučí používateľa, aby ju zapol, kým hra čaká.

Na vykreslenie mapy použijeme Mapbox. Mapbox je platforma vývojárov, ktorá sa používa v rôznych odvetviach na vytváranie vlastných aplikácií, ktoré riešia problémy s mapami, údajmi a priestorovou analýzou. Nástroje Mapboxu sú stavebnými kameňmi, ktoré podporujú každú časť procesu tvorby webových a mobilných máp.

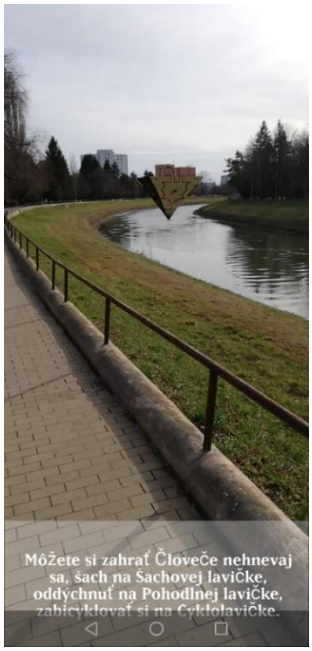
Na scéne je 3D model, ktorý reprezentuje aktuálnu polohu hráča. Na zabezpečenie zmeny polohy sa využíva identifikácia pozície v GPS a tieto údaje sa konvertujú (zemepisná dĺžka a šírka) na karteziánske súradnice, ktoré sa aplikujú do mapy.

Cieľom tejto časti hry je nájsť kúsky puzzle, ktoré obsahujú nové karty, ktoré hráč môže pridať do svojej zbierky.



Obr. 5 Hráč a puzzle na mape
Zdroj: Autor

V prípade, že hráč našiel puzzle na mape a klikol naň, dostane sa na ďalšiu scénu, kde puzzle má nájsť v reálnom svete cez zadnú kameru zariadenia. Ako pomôcku má k dispozícií krátky text na obrazovke.



Obr. 6 Puzzle pri netradičných lavičkách v Nitre
Zdroj: Autor

3 Výsledky a diskusia

Zistili sme, že sú dostupné kvalitné technológie na vývoj aplikácií rozšírenej reality v kombinácií s geolokačnými prvkami.

Použili sme rôzne súpravy na vývoj softvéru, ako napríklad Mapbox SDK na zobrazenie interaktívnej mapy, kde sme mali možnosť mapu graficky upravovať. Na zobrazenie virtuálnych objektov na presných miestach v reálnom svete sme použili technológie ako AR Core a AR Foundation.

Na demonštráciu rozšírenej reality na báze značiek sme použili technológiu Vuforia, kde sme vytvorené značky vložili do databázy, na ktorú sa pripája aplikácia.

Záver

Článok prezentuje základné pojmy, súčasný stav v oblasti rozšírenej reality a jej hlavné rysy.

V úvode boli popísané aktuálne riešenia rozšírenej reality v hernom priemysle a následne ich aplikácia do konkrétnej hry. Ako téma hry bola vybraná známa kartová hra a animovaná rozprávka Yu-Gi-Oh!, ktorá už v roku 1996 ukázala, ako by sa dala využiť virtuálna realita, avšak vtedy ešte neexistovali dnešné

technológie pomocou ktorých by ju bolo možné zrealizovať.

V samostatnej kapitole bola predstavená vytvorená hru rozšírenej reality v kombinácií s geolokáciou pre mobilné zariadenie s operačným systémom Android a súčasne boli opísané niektoré z technológií, ktoré sú k dispozícii na vývoj takejto aplikácie.

Geolokačné hry sú navrhnuté tak, aby sa mohli hrať vonku v rýchlom tempe v rušnom meste. Namiesto toho, aby sa musel hráč celý čas pozerať na obrazovku, môže sa slobodne pozerať na svoje okolie. Hry takéhoto typu zvyšujú socializáciu medzi ľuďmi a zvyšujú návštevy verejných parkov, múzeí a historických pamiatok. Kvôli tomu, že hráči musia ísť na tieto miesta, zvyšujú takto aj ich fyzickú aktivitu.

Použitá literatúra

[1] Augmented reality present in our lives today [Citované: 11. február 2020] https://www.maxxor.com/blog/augmented-reality-mobile-development/

[2] Niantic, Inc. and Warner Bros. Interactive Entertainment announce partnership for Harry Potter: Wizards Unite, an augmented reality mobile game inspired by J.K. Rowling's wizarding world [Citované: 11. február 2020] https://nianticlabs.com/press/2017/wizardsunite/

[3] Reality Check: The Technology Behind "Pokemon Go" [Citované: 7. jún 2019] https://kwhs.wharton.upenn.edu/2016/08/pokemon-go-technology-behind-merging-digital-physical-world/

[4] Hry v rozšířené realitě dobývají svět [Citované: 6. mája 2019] http://www.markething.cz/ingress-hry-v-rozsirene-realite-dobyvaji-svet

[5] Bimber, O., Raskar. (2005) R. Spatial Augmented Reality. A K Peters/CRC Press, p. 1–6

[6] Marker-based AR [Citované: 23. január 2019] https://dev.to/theninehertz/what-is-augmented-reality--types-of-ar-and-future-of-augmented-reality--1en0

[7] What is Augmented Reality (AR) and How does it work [Citované: 23. január 2019] https://thinkmobiles.com/blog/what-is-augmented-reality/

[8] Projection-based AR [Citované: 23. január 2019] https://www.youtube.com/watch?v=qMGVCMucrsc

Aplikácia virtuálnej reality na liečbu vybranej fóbie

Virtual reality application for treating chosen phobia

Martin Mitter[1] – Dana Horváthová[2]
Školiteľ: Dana Horváthová[2]
[1,2]Katedra informatiky, FPV UMB, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica,
[1] martin.mitter@studenti.umb.sk, [2] dana.horvathova@umb.sk

Abstrakt
V súčasnosti, keď žijeme v dobe digitálnych technológií, je úplne prirodzené, že virtuálna realita (VR) svoje uplatnenie nachádza aj v medicíne. Významný pokrok, ktorý sa dosiahol v posledných rokoch možno ľahko pozorovať vo viacerých aspektoch, ako sú grafika, hardvér alebo detekcia pohybu. To všetko sú dôvody, prečo sa zvýšil záujem o využívanie VR na liečbu fóbií. Moderné zariadenia poskytujú nízke riziko nevoľnosti, čo umožňuje realizovať dlhšie sedenia počas liečby, avšak stále je potrebný starostlivý návrh riešenia. Po rozhovoroch s psychoterapeutom sme zistili, že VR vníma ako skvelú technológiu, ktorú by mohol využívať na tvorbu scenárov reálneho života s cieľom liečiť fóbie. Preto naším cieľom bolo vyvinúť VR aplikáciu na liečbu arachnofóbie so zameraním sa na interaktivitu a zapojenie pacienta do liečebného procesu. V tomto článku uvádzame aj výsledky výskumu pomocou dotazníkovej metódy.
Kľúčové slová: virtuálna realita, virtuálne prostredie, interaktívna VR aplikácia, Unity 3D, liečba fóbií

Abstract
Nowadays we live in an era of digital technologies, it is completely natural that virtual reality (VR) finds its use even in medicine. Significant progress has been recently achieved and can be observed in multiple aspects, for example graphics, hardware or motion detection. This all are reasons, why we can observe rising interest in using VR for treatment of phobias. Modern equipment provide low risk of nausea, which enables longer therapies, but we always have to remember a responsible attitude towards proposed solutions. After dialogues with psychotherapist we find out that VR is considered to be a brilliant technology. It could be used for production scenarios of real life with a purpose to treat phobias. Which is why our goal was to develop VR application to treat arachnophobia, focusing on interaction and involvement of the patient in the therapy. In this publication we state the results of a questionnaire survey.
Key Words: virtual reality, virtual environment, interactive VR application, Unity 3D, phobia treatment

Úvod

VR ponúka jedinečný osobný zážitok, ktorý mení vnímanie prostredia okolo nás. Aj napriek mnohým mechanickým obmedzeniam súčasných dátových prilieb, je vnorenie dostatočne silné na dosiahnutie pocitu prítomnosti [1]. O pojmoch ako „prítomnosť“ a „imerzia“ sa diskutuje v širokej oblasti vedcov. „Prítomnosť“ sa obvykle vzťahuje na pocit „byť tam“ alebo ako subjektívny jav, akým je pocit existencie vo virtuálnom prostredí. „Imerzia“ je miera, do akej sú zmysly zapojené do sprostredkovaného prostredia alebo objektívny opis aspektov systému, ako je zorné pole a rozlíšenie displeja [2].

V súvislosti s VR sa pojem imerzie používa pre opis emočnej reakcie používateľa na virtuálny svet z hľadiska pocitu, akoby bol skutočne súčasťou virtuálneho sveta [3].

Sherman a Craig v knihe Understanding Virtual Reality opisujú VR ako médium pozostávajúce z počítačových simulácií, ktoré vytvárajú u používateľa pocit prítomnosti [4]. Inými slovami, ide o úplne virtuálny svet generovaný počítačom, v ktorom používateľ interaguje iba s virtuálnymi objektmi.
Virtuálno-realitné technológie tradične pozostávajú z ťažkopádne vytvorených prostredí, ktoré často vyžadujú, aby používateľ na sebe nosil komplexné senzory slúžiace na interakciu s prostredím. Vývoj v oblasti VR headsetov posúva túto technológiu do komerčnej (spotrebiteľskej) sféry [5].

Po desaťročiach experimentovania s VR, ktoré sa začali koncom osemdesiatych rokov, sú hardvér, softvér a spotrebiteľské zmýšľanie konečne pripravené na pôsobivé zážitky s VR, o ktorých snívali prví vizionári [6].

Na začiatku nášho výskumu sme aj my na katedre informatiky UMB v Banskej Bystrici mali sen – pomôcť psychoterapeutom a pacientom zdolávať fóbie. Z tohto dôvodu sme sa začali viac zaujímať o technológiu VR.

Ide o oblasť využitia VR na zdravotnú starostlivosť. Skúsenosti z viacerých výskumov [7], [8], [9], [10], [11], [12] poukazujú na úspešnosť a účinnosť liečby niektorých fóbií pomocou VR. V tomto článku sa sústredíme na liečbu jednej z najbežnejších špecifických fóbií, akou je arachnofóbia – chorobný strach z pavúkov. Aplikácia je navrhnutá tak, aby bola ovládateľná nielen pacientom, ale aj psychoterapeutom. Týmto spôsobom má terapeut celý proces pod kontrolou. Počas niekoľkých posledných mesiacov sme aplikáciu testovali a získali spätnú väzbu prostredníctvom online dotazníka. V spolupráci s terapeutom sme taktiež vykonali samotnú terapiu, ktorú považujeme za veľký úspech, pretože aplikácia sa stala použiteľnou na účel, pre ktorý bola navrhnutá.

1 Liečba fóbií pomocou virtuálnej reality

Klinická psychológia opisuje fóbie ako úzkostnú poruchu, ktorá sa vyznačuje silným iracionálnym strachom z určitých objektov alebo situácií. Toto nadmerné množstvo strachu nezodpovedá potenciálnej nebezpečnosti podnetu. Napriek tomu ľudia trpiaci fóbiou zažívajú intenzívne psychické príznaky (úzkosť, strach, strata kontroly) a vegetatívne symptómy (zvýšený tep, potenie, problémy s dýchaním) atď. [10], [11], [12].

Vo všeobecnosti môžeme fóbie rozdeliť do troch hlavných kategórií: agorafóbie, sociálne fóbie a špecifické fóbie [13].

1.1 Aplikácia Arachnofóbia

Nami navrhnutá a vyvinutá VR aplikácia pre platformu HTC Vive sa zameriava na liečbu jednej z najrozšírenejších špecifických fóbií, podľa ktorej dostala aj svoje meno Arachnofóbia, čo znamená chorobný strach z pavúkov. Účelom aplikácie je zefektívniť priebeh terapie a poskytnúť nástroje na prispôsobenie celého procesu podľa konkrétnych požiadaviek pacienta alebo psychoterapeuta.

Na začiatku projektu slúžiaceho na liečbu fóbie sa bolo treba zamyslieť nad tým, ktorú z veľkého množstva fóbií by bolo vhodné liečiť prostredníctvom VR a taktiež, ktorá by sa dala adekvátne implementovať pre priestorovú formu VR, akou je napríklad aj nami zvolená platforma HTC Vive. Práve arachnofóbia sa nám javila ako fóbia, pri ktorej sa najviac ukáže sila priestorovej VR – interakcia s virtuálnym prostredím pomocou ovládačov.

1.2 Použité technológie

Vytváranie aplikácie prebiehalo na výkonnom počítači s označením VR Ready, do ktorého bola zapojená zostava HTC Vive. Počas jej tvorby bolo využitých viacero softvérových produktov, avšak jadro aplikácie beží na hernom engine Unity 3D vo verzii 2019.1.14f1 (64-bit) s využitím knižnice VIVE Input Utility (ďalej len VIU). Na modelovanie dodatočných objektov sme používali Blender 2.80, úpravu textúr sme vykonávali v Adobe Photoshop CC 2019. Tvorba grafiky, tlačidiel prebiehala v Adobe Illustrator CC 2019 a editácia, či strih zvuku v Audacity 2.3.2. Na programovanie aplikačnej logiky sme zvolili objektovo orientovaný jazyk C# a vývojové prostredie Microsoft Visual Studio 2019. Celkovú logiku projektu riadi 16 vzájomne prepojených skriptov, ktoré sú priradené určitým objektom v scéne. Ide o skripty na náhodný pohyb pavúka, vyhýbanie sa prekážkam, riadenie animácií, interakciu s objektmi, zobrazovanie času stráveného vo virtuálnom prostredí, ovládanie prvkov grafického používateľského rozhrania (GUI) a podobne.

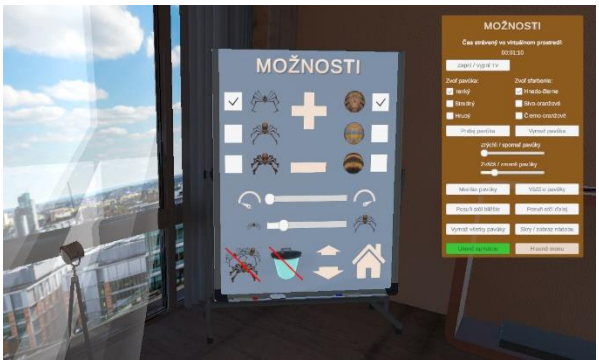
1.3 Interaktivita

Po otvorení aplikácie sa zobrazí hlavné menu (pozri obr. 1), v ktorom máme niekoľko možností: spustenie hlavnej časti aplikácie (načítanie scény), zobrazenie ovládacích prvkov, nastavenia (voľba pohlavia, zmena hlasitosti), informácie o aplikácii a jej autorovi a taktiež prosté ukončenie aplikácie. Menu je tiež obohatené o model animovaného pavúka, ktorého úlohou je skôr vyčariť úsmev na tvári, než vyvolať fóbické stavy.

Obr. 1 Hlavné menu VR aplikácie Arachnofóbia
Zdroj: [autor]

Aplikáciu sme navrhli tak, aby ju dokázal ovládať nielen pacient, ale aj psychoterapeut (viď obr. 2). Takýmto spôsobom má psychoterapeut celý priebeh liečby pod kontrolou. V prípade pacienta je interaktivita zabezpečená párom HTC Vive ovládačov, ktorých pohyb sa do počítača prenáša pomocou dvojice

vysielačov s názvom Lighthouse. Psychoterapeut dokáže do aplikácie zasahovať pomocou klávesnice a myši. Ovládanie aplikácie sme naprogramovali tak, aby bolo čo najjednoduchšie a intuitívne pre používateľa. Pôvodné modely ovládačov, ktoré so sebou prináša knižnica VIU sme nahradili za realisticky vyzerajúce modely rúk. Tie obsahujú animácie nečinnosti, dotyku, chytenia a zovretia ruky do päste. Z programového hľadiska sme tieto pohyby pretvorili do funkčnej interakcie s okolitými objektmi. Na dotknutie sa objektu sme použili stlačenie tlačidla trackpad, na chytenie a následné pustenie sme sa rozhodli použiť tlačidlo grip, nakoľko je to najprirodzenejšie tlačidlo pre tento úkon. Zabíjanie pavúkov a potvrdzovanie voľby sme namapovali na trigger. Posledným funkčným tlačidlom je tlačidlo menu, ktorým sa aktivuje a deaktivuje laserové ukazovátko.

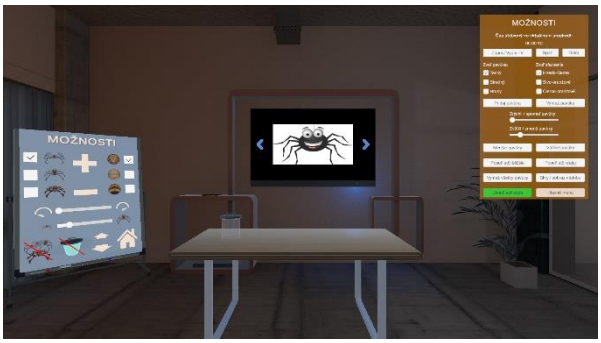


Obr. 2 Vľavo rozhranie pre pacienta, vpravo pre psychoterapeuta
Zdroj: [autor]

1.4 Ovládanie pre pacientov a psychoterapeutov

Používateľské rozhranie aplikácie je rozdelené na dvojdimenzionálne a trojdimenzionálne rozhranie. Dvojdimenzionálne (non-diegetic UI) sa zobrazuje len na monitore počítača. Slúži psychoterapeutovi na ovládanie prvkov prostredia pomocou klávesnice a myši, podľa vlastného uváženia a reakcií pacienta. Trojdimenzionálne rozhranie (diegetic UI) majú možnosť vidieť obaja, avšak len pacient môže prostredníctvom neho modifikovať objekty prostredia. Výhodou takto rozdeleného používateľského rozhrania je, že pacient môže aplikáciu využívať aj v pohodlí svojho domova, čím sa môže proces liečby výrazne skrátiť, nehovoriac o ušetrených finančných prostriedkoch za sedenia u psychoterapeuta.

Kliknutím na tlačidlo „Štart“ v hlavnom menu sa pacient ocitne vo virtuálnom prostredí, ktorého cieľom je navodiť pokojnú atmosféru a eliminovať stres. Priamo oproti pacientovi sa nachádza televízor, na obrazovke ktorého sa pacientovi zobrazujú obrázky pavúkov, od malého kresleného pavúka až po skutočnú fotografiu tarantuly. Táto interaktívna prezentácia môže slúžiť ako počiatočná fáza terapie (viď obr. 3). Jednotlivé úrovne sa používajú preto, aby sme eliminovali nežiadúce, či prehnané reakcie pacienta. Vtipným začiatkom terapie povzbudíme pacienta, aby sa nebál pokračovať do ďalších úrovní. Výhodou je, že v prípade potreby, napríklad pri adaptácii aplikácie na iný typ fóbie, dokážeme tieto obrázky jednoducho vymeniť za iné.



Obr. 3 Počiatočná fáza terapie so stupňujúcim sa stresorom
Zdroj: [autor]

Po ľavej strane môže pacient vidieť tabuľu, na ktorej sa nachádzajú prvky používateľského rozhrania. Sú tu umiestnené ikony, zaškrtávacie tlačidlá a posuvníky. Tieto prvky slúžia na pridávanie rôznych druhov pavúkov na stôl, výber ich sfarbenia, odoberanie, zväčšovanie, zmenšovanie, menenie rýchlosti pohybu, posúvanie stola k pacientovi a od pacienta, skrytie a následné zobrazenie priehľadnej nádoby, návrat do hlavného menu alebo v prípade impulzívnej reakcie pacienta, je tu možnosť odstránenia všetkých pavúkov naraz. Ukladanie inštancií pavúkov sme implementovali do dátovej štruktúry zásobník (LIFO). Každý model pavúka má priradenú náhodnú animáciu pomocou stavového automatu v systéme Mecanim a príslušného skriptu. Náhodným generovaním sme zabezpečili, aby sa každý pavúk správal v danom okamihu inak, čím sme dosiahli väčšiu prirodzenosť. Tieto modely pavúkov, ako aj priehľadná nádoba, sú pre pacienta ľahko uchopiteľné, čo mu umožňuje skúmať a pozorovať dané objekty z viacerých uhlov pohľadu. Na obr. 4 je znázornená interaktivita v aplikácii Arachnofóbia.

Obr. 4 Interaktivita vo VR aplikácii Arachnofóbia
Zdroj: [autor]

Vizuálnu stránku aplikácie dopĺňajú zvukové efekty, ktoré prispievajú k lepšiemu vnoreniu pacienta do virtuálneho prostredia, čo následne pomáha zvýšiť účinnosť liečby.

Samotnú aplikáciu zatraktívňujú aj prvky gamifikácie, ktoré ju posúvajú na vyššiu úroveň. Herné prvky sme sa rozhodli zakomponovať, aby bol proces liečby zaujímavejší, interaktívnejší a pútavejší. Ďalším dôvodom je príťažlivejšia forma liečenia, podpora aktívnej účasti a zapojenia, čo umožňuje priamejšiu a okamžitejšiu spätnú väzbu. Informácia o tom, ako sa pacientovi počas terapie darilo (počet dotknutých, chytených a zabitých pavúkov) ho motivuje k postupnému zlepšovaniu, čím dospeje k svojmu cieľu zbaviť sa neopodstatneného strachu.

1.5 Testovanie aplikácie

Testovanie aplikácie sa uskutočňovalo v laboratóriu virtuálnej reality a skúmania používateľského zážitku v priestoroch FPV UMB na katedre informatiky v Banskej Bystrici na vzorke 39 respondentov, avšak šesť z nich nevyplnilo alebo neodoslalo nami vytvorený elektronický dotazník. Dotazník pozostával z nasledovných sekcií: základné informácie o účastníkoch, fyziologické hľadisko, psychologické hľadisko, ovládateľnosť aplikácie, vizuálne hľadisko a iné. Najväčšiu skupinu respondentov tvorili študenti stredných škôl, ktorí sa zúčastnili dňa otvorených dverí (pozri obr. 5) alebo vysokoškolskí študenti v rámci prednášok predmetu Virtuálna realita a taktiež študenti študijného programu Forenzná a kriminalistická chémia. Veľmi dôležitým respondentom bol samotný psychoterapeut pán Mgr. Ján Záskalan a jeho 12-ročná dcéra, ktorá trpí arachnofóbiou. Z týchto 33 osôb bolo 24 mužov a 9 žien vo veku od 12 do 65 rokov, pričom najpočetnejšie vekové zastúpenie bolo 21 - 25 rokov. Išlo o pomerne dobre vyváženú vzorku subjektov trpiacich arachnofóbiou (21,21 %), klaustrofóbiou (9,09 %), sociálnou fóbiou (3,03 %), bližšie nešpecifikovanou fóbiou (6,06 %) a úplne zdravých jedincov (60,61 %). Skoro polovica z nich (45,45 %) mala skúsenosť s určitým typom technológie VR. Dĺžka testovania aplikácie nebola vopred určená, ale v priemere každý subjekt strávil vo virtuálnom prostredí približne 16 minút (v rozsahu od 8 do 80 minút).

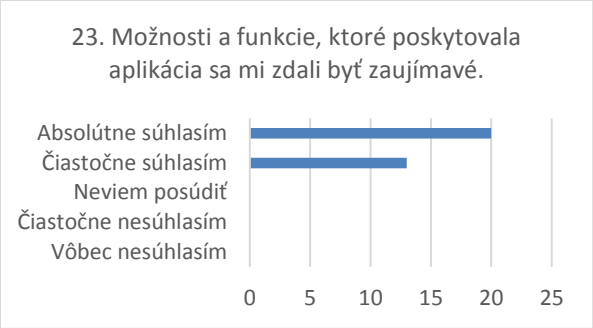
Obr. 5 Testovanie aplikácie študentom počas DOD UMB
Zdroj: [autor]

Hardvérová zostava, na ktorej sme vykonávali tento experiment pozostávala z procesora Intel Core i9-9900K, 32 GB operačnej pamäte RAM a grafickej karty NVIDIA GeForce GTX 1060 6GB. Na zostave bol nainštalovaný 64-bitový operačný systém Windows 10 Education. Počítačová zostava prenášala výstupný obraz aplikácie do headsetu HTC Vive prostredníctvom bezdrôtového adaptéra. Súčasťou HTC Vive bola taktiež dvojica ovládačov. Pre voľný pohyb sme mali k dispozícii priestor s rozmermi 2,5 m x 2,5 m (6,25 m^2).

2 Výsledky a diskusia

Majoritná časť používateľov sa úplne (57,58 %) alebo čiastočne (39,39 %) zhodla na tom, že grafické používateľské rozhranie (GUI) bolo pre nich prehľadné a intuitívne. Vo všeobecnosti sa im interakcia a manipulácia s virtuálnym prostredím javila ako prirodzená. Pozitívne hodnotili aj možnosti a funkcie, ktorými aplikácia disponuje (viď graf 1).

Pocit prítomnosti dosiahol pomerne vysokú úroveň (48,48 % subjektov absolútne súhlasilo a 45,45 % čiastočne súhlasilo s tým, že sa cítili byť pohltení virtuálnym prostredím, ktoré ich úplne zapojilo do procesu simulácie). Túto domnienku potvrdzuje aj otázka týkajúca sa vizuálneho aspektu virtuálneho interiérového prostredia, ktoré 51,52 % opýtaných považuje za realistické a 48,48 % za priemerné.



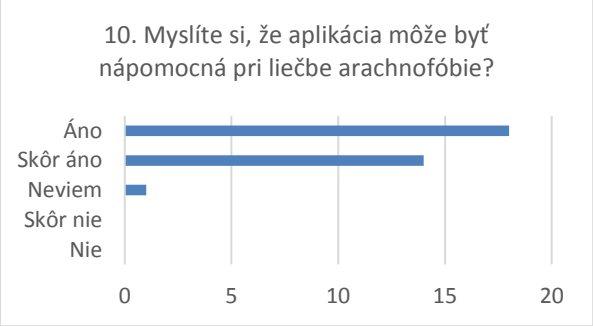
Graf 1 Vyhodnotenie dotazníka – otázka č. 23
Zdroj: [autor]

Nevoľnosť z VR sa meria obťažne, nakoľko jej účinky nepôsobia na každého rovnako a nedá sa zmerať pomocou jedného parametra. Štandardným nástrojom na meranie nevoľnosti je dotazník o nevoľnosti zo simulátora (SSQ) [14]. Najčastejšie problémy boli spojené so zrakom (problém so zaostrením 48,48 %, rozmazané videnie 48,48 %, námaha očí 39,39 %) a celkovým pocitom nepohodlia 33,33 %.

Vystavenie sa obávaným objektom, v našom prípade pavúkom vyvolalo u jednotlivých účastníkov rôzne reakcie. Zdravým jedincom tieto objekty nespôsobovali žiadny stres ani napätie.

Pre ľudí trpiacich arachnofóbiou používanie aplikácie znamenalo čeliť svojmu strachu. Zo zistených údajov môžeme skonštatovať, že 3D modely pavúkov pohybujúcich sa po stole spôsobovali väčší strach (36,36 % kladných odpovedí), než 2D obrázky pavúkov zobrazené na televíznej obrazovke (24,24 % kladných odpovedí). Stretli sme sa taktiež s respondentmi, ktorí úplne odmietli akúkoľvek interakciu s pavúkmi (dotyk alebo chytenie pavúka do rúk).

Výsledky získané z tohto výskumu poukazujú na obrovský potenciál VR v liečbe špecifických fóbií, konkrétne arachnofóbie (viď graf 2).



Graf 2 Vyhodnotenie dotazníka – otázka č. 10
Zdroj: [autor]

Až 84,85 % respondentov by bolo ochotných podstúpiť liečbu fóbie takouto formou. Analyzovali sme taktiež to, či by túto aplikáciu odporučili psychoterapeutom a ich pacientom. Väčšina respondentov (90,91 %) by ju odporučila. Majoritná časť používateľov si pochvaľovala interakciu s objektmi a možnosť chytania pavúkov do rúk. Iní zasa vyzdvihli kreatívnosť nápadu a samotné spracovanie projektu. Boli nadšení z toho, ako ich simulované prostredie dokázalo vnoriť do iného sveta.

Do budúcna sa nám naskytá možnosť rozšírenia aplikácie o ďalšie druhy fóbií. Jednoduchou výmenou modelov zvierat a ich animácií môžeme vytvoriť napríklad aplikáciu na liečbu niektorej zo zoofóbií: musofóbia, ofidiofóbia, katsaridafóbia, atď. Rovnako je tu možnosť zacielenia aj na iné platformy VR.

Záver

V oblasti zdravotnej starostlivosti sme urobili malý krok smerom k liečbe fóbií. Náš terapeut zahájil liečbu so skutočnými pacientmi a zatiaľ sa mu darí dobre. Je to však veľmi zložitý a dlhodobý proces, preto výsledky nemôžme tak skoro očakávať. Používanie VR headsetov a bezdrôtových ovládačov (alebo rukavíc) je pre niektorých používateľov (najmä pre tých, ktorí trpia fóbiou) nepríjemné, avšak doterajší výskum naznačuje, že tento pocit je lepší než dotýkať sa skutočného objektu ich fóbie. Z toho vyplýva, že prispôsobenie sa objektu fóbie prostredníctvom VR je jednoduchšie a nie je tak frustrujúce.

Poďakovanie

Tento príspevok vznikol za podpory Nadácie Tatra banky – grantový program E-Talent.

Touto cestou by som sa chcel poďakovať psychoterapeutovi Mgr. Jánovi Záskalanovi za jeho cenné pripomienky a návrhy na zlepšenie kvality nášho výskumu.

Použitá literatúra

[1] Hodgkinson G. (2016) Journal of Arts and Imaging Science 3(4), p. 10
[2] Hodgkinson G. (2015) Journal of Arts and Imaging Science
[3] Jennett C., Cox A. L., Cairns P., Dhoparee S., Epps A., Tijs T., Walton A. (2008) Int. J. Hum.-Comput. St. 66(9), p. 641
[4] Schmalstieg D., Höllerer T. (2016) Augmented Reality: Principles and Practice. Addison-Wesley, Boston, USA, p. 528

[5] Carter L., Potter L. E. (2016) SIGMIS-CPR '16: Proceedings of the 2016 ACM SIGMIS Conference on Computers and People Research, Designing Games for Presence in Consumer Virtual Reality, New York, USA, p. 141
[6] Stein C. (2016) MediaTropes eJournal, 6(1), p. 52
[7] Rizzo A. S., Shilling R. (2017) Eur. J. Psychotraumato. 8(sup5)
[8] Bernardo A. (2017) World Neurosurg. 106(1), p. 1015
[9] Stetina B. U., Felnhofer A., Kothgassner O. D., Lehenbauer M. (2012) Games for Health: Have Fun with Virtual Reality!. In: Eichenberg C. (ed.) Virtual Reality in Psychological, Medical and Pedagogical Applications. IntechOpen, Rijeka, HR, p. 65
[10] Horváthová D., Siládi V. (2016) Open Computer Science 6(1), p. 138
[11] Heretik A., a kol. (2007) Klinická psychológia. Psychoprof, spol. s r. o., Nové Zámky, SK, p. 217
[12] Grenier S., Forget H., Bouchard S., Isere S., Belleville S., Potvin O., Rioux M.-È., Talbot M. (2015) Int. Psychogeriatr. 27(7), p. 1217
[13] Medzinárodná klasifikácia chorôb – MKCH [Citované: 4. marec 2020] http://www.nczisk.sk/Standardy-v-zdravotnictve/Pages/Medzinarodna-klasifikacia-chorob-MKCH-10.aspx
[14] Kennedy R. S., Lane N. E., Berbaum K. S., Lilienthal M. G. (1993) Int. J. Aviat. Psychol. 3(3), p. 203

Moderné trendy vo výučbe programovania

Modern trends in teaching programming

Miroslav Virág[1]
Školiteľ: Martin Cápay[2]
[1,2]Katedra informatiky, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra,
[1]miroslav.virag@student.ukf.sk, [2]mcapay@ukf.sk

Abstrakt

Článok popisuje systém, ktorý sme navrhli ako pomôcku pri výučbe programovania. Systém pozostáva z hry pre mobilné zariadenie a webovej databázovej aplikácie.

Prostredníctvom hry si žiaci nevedome precvičujú logické a analytické myslenie, priestorovú orientáciu a učia sa používať základné algoritmické konštrukcie. Údaje z hry sú odosielané do databázy a následne sprostredkované webovou aplikáciou učiteľovi, čo umožňuje individuálny prístup k žiakom.

Pri práci sme použili množstvo nástrojov, z nich najhlavnejšími sú: herný engine Unity určený na tvorbu hier, framework pre tvorbu webových aplikácií Laravel a na základe neho založený micro-framework Lumen.

Hlavným cieľom práce bolo vytvoriť pútavú hru, ktorá bude odosielať údaje na server za účelom ich analýzy.

Kľúčové slová: gamifikácia, výučba programovania, Unity, Laravel

Abstract

The article describes system developed as a tool for support of programming learning. System consists of game for mobile device and web database application.

Pupils are unconsciously developing their logical and analytical thinking, spatial orientation and are learning to use basic algorithmic constructions. The data collected from game are sent to database and presented to teacher by web application which provides individual approach to pupils.

We have used many tools during the development, the most important are: game engine Unity, web application framework Laravel and micro-framework based on Laravel called Lumen.

The main objective of our work was to develop eye-catching game which will be collecting and sending data to server in order to further analysis.

Key Words: gamification, teaching programming, Unity, Laravel.

Úvod

Štúdie uvádzajú, že videohry môžu pozitívne vplývať na schopnosti riešenia problémov, širšie získavanie znalostí a motiváciu. Výučba formou hry je veľmi vhodná, z dôvodu, že nepôsobí ako povinná aktivita [1]. Na základe tohto faktu bolo vytvorených množstvo hier na vzdelávanie z rôznych odvetví, z ktorých najpopulárnejšie sú hry na výučbu programovania.

Najväčšou inšpiráciou pre našu prácu bol projekt Robot Emil pod vedením prof. Ivana Kalaša, ktorý nám ho bol predstaviť osobne na workshope, ktorý sa konal na našej univerzite (fotogaléria workshopu dostupná na: https://www.eteacher.sk/fotogaleria/workshop-programovanie-na-prvom-stupni-zs-je-fantasticka-prilezitost-podme-ho-robit-poriadne#). Robot Emil je hra vytvorená v hernom engine Unity doplnená pracovnými zošitmi. Zameriava sa na výučbu programovania a rozvoj logického myslenia u žiakov 3. a 4. ročníka ZŠ a vyvíjajú sa aj prostredia pre predškolský ročník materskej školy.

Žiaci na základe zadania v pracovnom zošite riešia v tímoch a nikdy nie osamote rôzne úlohy v hre a následne prebieha diskusia o riešeniach s ostatnými tímami a učiteľom. Týmto sa rozvíjajú aj komunikačné schopnosti, tímová práca, argumentácia a schopnosť prezentovať vlastné názory.

Projekt ďalej vyvíjajú v spolupráci s učiteľmi práve na základe spätnej väzby žiakov, pričom kladú dôraz na schopnosť riešiť dané problémy tak, aby ďalšie úrovne neboli príliš jednoduché, ale aby stále z hľadiska náročnosti zostali atraktívne [2]. Viac informácií o projekte Robot Emil môžete získať na oficiálnej stránke projektu: https://www.robotemil.com/sk/.

My sme v našej práci zautomatizovali získavanie spätnej väzby tým, že aplikácia odosiela výsledky z hry – žiak musí mať stály prístup na internet, ktoré môžeme analyzovať a urýchliť tak vývoj úrovní potrebnej náročnosti, prípadne získať podnet na upravenie príliš náročných úrovní. Toto riešenie taktiež umožňuje učiteľovi, aby jednoducho na základe jednotlivých výsledkov identifikoval žiaka, ktorý má problémy pochopiť princíp konkrétnych prvkov

a individuálne sa mu venoval, alebo naopak objavil nadaného žiaka.

1 Unity

Je najpoužívanejší herný engine určený na tvorbu 2D a 3D hier na svete. V súčasnosti je 50% všetkých mobilných hier a 60% všetkých aplikácií pre rozšírenú a virtuálnu realitu vytvorených v Unity[3].

Najväčšou výhodou tohto prostredia je portabilita aplikácií, ktoré sú v ňom vytvorené na množstvo rôznych platforiem. Medzi hlavné platformy, na ktoré možno exportovať vytvorenú aplikáciu patria: Windows, Mac, Linux, Android a iOS. V prípade, že v kóde aplikácie nie sú využívané špecifické hardvérové prvky konkrétnej platformy (senzory na smartfónoch, vstup z klávesnice na počítači), je možné zmeniť cieľovú platformu pre vytvorenú aplikáciu bez akýchkoľvek zmien v kóde iba jednoduchými nastaveniami v rámci Unity[4].

Unity sa stále vyvíja a pribúdajú stále ďalšie prvky na zrýchlenie vývoja. K systémom zabezpečujúcim fungovanie fyziky, zvuku, networkingu, grafiky, ale aj mnohým iným, pribudol počas obdobia našej práce s týmto prostredím manažér nainštalovaných verzií Unity s názvom Unity Hub. Unity Hub umožňuje prehľadné spravovanie projektov a verzií vývojového prostredia. Pri inštalácií Unity je možné zvoliť všetky vývojové nástroje na rôzne platformy takže nie je nutná ich samostatná inštalácia.

Pre nás bolo významným prínosom doplnenie editora na vytváranie grafiky na základe „tilesetov“ keďže sme nemuseli využívať externé nástroje. **Tileset** je súbor 2D grafických prvkov šírený väčšinou ako jeden obrázok, ktorý sa následne po stiahnutí rozdelí pomocou editora na jednotlivé kusy a vytvorí sa z nich paleta. Ukladaním častí grafiky z palety do mriežky sa tvorí mapa úrovne.

Vývoj hier v Unity je postavený na troch základných stavebných blokoch: trieda GameObject, trieda Component, a Premenná [5].

1.1 Trieda GameObject

Každý objekt, ktorý sa v hre vyskytuje ako napríklad postavy, svetlá, špeciálne efekty, patrí pod základnú triedu `GameObject` [5].

1.2 Trieda Component

Prvky odvodené z triedy `Component` definujú a kontrolujú správanie tried `GameObject`, na ktorých sú pripnuté. Najbežnejšie sú: `Transform` – definuje pozíciu, rotáciu a veľkosť objektu, ktorý patrí pod triedu `GameObject`, `RigidBody` – zabezpečuje fyzikálne vlastnosti, `Colider` – umožňuje detekciu kolízií.

1.3 Skript

Patrí pod triedu `Component` a teda sa rovnako pripína na `GameObject`. Používa sa na implementáciu hernej logiky a v kombinácií s ostatnými prvkami, ktoré sú odvodené od triedy `Component` zabezpečuje celkové fungovanie hry.

Unity sa zameralo hlavne na podporu programovacieho jazyka C# a je inštalované spolu s vývojovým prostredím Visual Studio. Ešte pred dvoma rokmi Unity defaultne využívalo vývojové prostredie MonoDevelop a bolo možné si jednoducho zvoliť spomedzi troch programovacích jazykov: C#, UnityScript – veľmi podobný JavaScriptu a najmenej používaný bol jazyk Boo.

2 Laravel

Laravel je php framework na tvorbu webových aplikácií, ktorý zľahčuje vývojový proces zjednodušením repetitívnych úkonov vyskytujúcich sa vo väčšine dnešných webových aplikáciách čo zahŕňa napríklad smerovanie, autentifikáciu, kešovanie a sedenia [7]. Na zobrazovanie údajov využíva Laravel takzvaný Blade, ktorý na rozdiel od iných podobných nástrojov neobmedzuje vo view-och používanie programovacieho jazyka php.

2.1 Model-view-controller

Laravel je založený na návrhovom vzore Model-view-controller v skratke MVC, ktorý predstavili s objektovo-orientovaným programovacím jazykom Smalltalk’80 Krasner a Pope a ktorý sa následne po publikácií koncom osemdesiatich rokov začal hromadne používať a boli na základe neho tvorené ďalšie návrhové vzory[8].

Podstatou MVC je rozdelenie aplikácie na tri hlavné vrstvy: Model, View a Controller. Model má za úlohu získavať a ukladať údaje do databázy. View slúži na zobrazovanie informácií používateľovi. Controller vybavuje požiadavky používateľa, využíva údaje, ktoré mu poskytuje Model a prostredníctvom View-u ich používateľovi zobrazuje [9].

2.2 Eloquent

Je objektovo-relačný mapovací nástroj. Definuje štandard, akým sa v rámci Laravel projektu pristupuje k údajom uloženým v databáze. Umožňuje z databázy získavať údaje prostredníctvom príkazov

programovacieho jazyka php namiesto SQL, ale umožňuje aj ich kombináciu [10].

2.2 Artisan

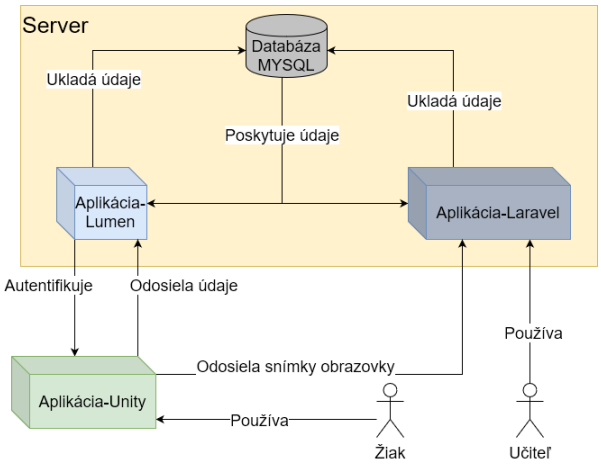
Je názov rozhrania príkazového riadku, ktoré Laravel obsahuje [11]. V ňom je možné jedným príkazom vytvoriť v projekte funkcionalitu, ktorá zabezpečuje autentifikáciu a sedenia. Ďalšími príkazmi je možné vytvoriť napríklad migrácie alebo seedy. Migrácie sú súbory, ktoré reprezentujú tabuľky databázy a po ich následnom nakonfigurovaní je možné jedným príkazom na základe migrácií vytvoriť na serveri celú databázu, čím zabezpečujú jednoduché verzionovanie štruktúry databázy v kombinácií s nástrojom GitHub. Prostredníctvom seedov je možné obdobným spôsobom naplniť databázu údajmi.

3 Lumen

Dokáže spracovávať až 1900 požiadaviek za sekundu, čo ho robí jedným z najrýchlejších dostupných micro-frameworkov. Keďže je založený na frameworku Laravel obsahuje niektoré rovnaké prvky ako napríklad Eloquent, validáciu či smerovanie [12]. Lumen je určený na micro-services a rýchle vybavovanie API volaní a preto neobsahuje Laravel Blade a teda nie je vhodný na zobrazovanie informácií. Avšak projekt vytvorený vo frameworku Lumen je v prípade potreby možné preniesť do frameworku Laravel prekopírovaním kódu bez akýchkoľvek zmien [12].

4 Vytvorený systém

Pozostáva z troch aplikácií a jednej MYSQL databázy. Na serveri spolu s databázou bežia dve aplikácie, ktoré s ňou komunikujú. Prvá je vytvorená vo frameworku Laravel a druhá v Lumen. Tretia aplikácia je výučbová hra, komunikujúca prostredníctvom internetu s aplikáciami vytvorenými v Laravel a Lumen. Diagram logiky nášho systému vytvorený v online programe draw.io môžete vidieť na obrázku 1.



Obr. 1 Diagram systému
Zdroj: Autor

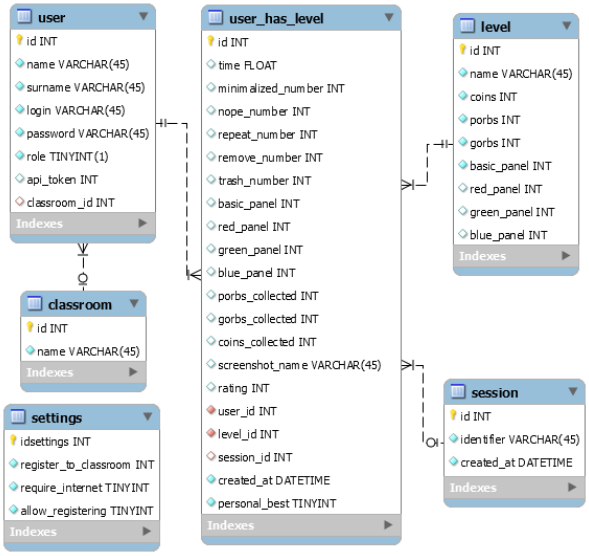
Aplikácia vytvorená vo frameworku Laravel slúži ako webové rozhranie pre učiteľov na zobrazovanie výsledkov a štatistík žiakov, základné nastavovanie hry a tiež na správu účtov žiakov a tvorenie tried. Žiaci do nej nemajú prístup.

Aplikácia vytvorená vo frameworku Lumen komunikuje s hrou vytvorenou v Unity, slúži na autorizáciu žiakov, poskytovanie nastavení a ukladanie výsledkov a registrácií, ktoré sú jej posielané z hry do databázy.

Na tvorbu hry je použitý herný engine Unity, hra je určená pre mobilné zariadenia s operačným systémom Android.

4.1 Databáza

Pozostáva zo šiestich tabuliek jej návrh vytvorený v programe MySQL Workbench môžete vidieť na obrázku 2.



Obr. 2 Databáza systému
Zdroj: Autor

Tabuľka user slúži na ukladanie prihlasovacích a identifikačných údajov žiakov a učiteľov, riadok role rozlišuje či ide o učiteľa (hodnota 1), alebo žiaka (hodnota 0). Obsahuje cudzí kľúč tabuľky classroom, ktorý určuje, do ktorej triedy žiak patrí. Riadok api_token slúži ako unikátny identifikátor na autorizáciu žiakov kedy po každom prihlásení žiaka do vytvorenej hry je vygenerovaný nový api_token.

Tabuľka level nesie informácie o všetkých úrovniach, vytvorených v hre.

User_has_level obsahuje údaje o konkrétnych pokusoch žiaka prejsť danú úroveň. Pričom každý záznam obsahuje aj cudzí kľúč tabuľky session, ktorá nesie údaje o sedení hry. Pri každom spustení hry sa vygeneruje a uloží identifikátor nového sedenia, ktoré sa následne priradí ku každému pokusu, aby bolo možné identifikovať koľko úrovní prešiel žiak naraz.

5 Hra

Cieľom hry je vytvoriť postupnosť krokov z príkazov vo forme ikon, po ktorej vykonaní sa hlavný hrdina dostane do portálu. Hrdina spolu s hernými panelmi na ukladanie príkazov predstavuje jednoduché vývojové prostredie kedy pri zadaní príkazu, ktorý nie je možné vykonať, sa príslušné pole vysvieti na červeno, hrdina zastane a zamávaním rúk dá žiakovi najavo, že niekde nastala chyba.

Hra bola vytvorená na základe voľne dostupných grafických (tilesety a ostatné grafické prvky [13], spritesheet na animáciu hrdinu [14], ikony použité v príkazoch a tlačidlách [15], [16], [17], font písma [18]) a zvukových prvkov [19].

Prvé úrovne sú veľmi jednoduché určené na zoznamovanie sa s prostredím a funkcionalitou. Hra obsahuje jeden hlavný panel, ktorý sa nachádza v hornej časti obrazovky a základné príkazy na ovládanie pohybu hrdinu (obrázok 3), ktoré do panelu žiak ukladá a následne sa vykonajú.

Obr.3 Úroveň 6
Zdroj: Autor

V prvej úrovni hra poskytuje iba príkaz choď, aby si žiak osvojil ukladanie príkazov do hlavného panelu, mazanie príkazov a spúšťanie sekvencie. Počet príkazov a funkcionalita hry sa postupne rozširujú v graficky rozmanitých dvadsiatich úrovniach, pričom na začiatku každej úrovne s novými prvkami, je žiak oboznámený s ich fungovaním prostredníctvom video-návodu, ktorý je v prípade potreby možné prehrať znovu, kliknutím na tlačidlo informácie. Príkazy je možné ukladať do hlavného panelu dvoma spôsobmi:

- formou drag and drop, teda ťahania a púšťania na určité miesto,
- ťukaním na príkazy pričom tie sa defaultne zobrazia v aktívnom paneli na najbližšom voľnom mieste zľava, v prípade, že má hráč k dispozícii viac panelov, môže zvoliť panel, do ktorého chce ukladať príkazy ťukaním, ťuknutím do panelu, pričom takýto panel má mierne jasnejšiu farbu.

Do hry postupne pribúdajú možnosti zbierať mince, povinnosť otvárať portál aktivovaním orbu alebo viacerých orbov príslušnej farby, ďalší farebne odlišný portál s príslušnými orbami, špeciálny orb, ktorý otvára oba portály a prídavné panely, kde je možné tvoriť modifikácie metód a slučiek. Orby, mince, portály a všetky pohyby hlavného hrdinu sú animované. Ukladanie príkazov, zbieranie objektov a otváranie a zatváranie portálov je sprevádzané zvukmi.

Na obrázku 4 môžeme vidieť poslednú úroveň hry kde sú obsiahnuté všetky prvky, s ktorými sa počas hry žiak stretne. Špeciálne príkazy slučka a metóda, ktoré sú v paneli pre výber príkazov bielej farby, sa využívajú uložením do poľa červenej, zelenej alebo modrej farby. Každá farba má príslušné polia vo vysúvacom paneli, ktorý je viditeľný na obrázku 4. Po uložení špeciálneho príkazu z jedného z 3 farebných polí do hlavného panelu sa v prípade, že príde na rad, vykoná sekvencia v poliach príslušnej farby, nachádzajúcich sa v prídavnom vysúvacom paneli. V teórií programovania reprezentuje tento panel podprogramy.

Obr. 4 Úroveň 20
Zdroj: Autor

Špeciálne príkazy je možné kombinovať, pričom sme kládli dôraz, aby bola dodržaná sekvenčná logika reálnych programovacích jazykov. Je možné rekurzívne volať metódy a vnárať do seba slučky a metódy.

Po úspešnom prejdení úrovne dostane žiak spätnú väzbu vo forme počtu hviezdičiek s maximálnym počtom 3. Na získanie maximálneho počtu hviezdičiek musí žiak obsadiť príkazmi čo najmenej polí v paneloch a získať pri tom čo najviac mincí. Hranice maximálneho počtu zaplnených polí a potrebných získaných mincí na získanie určitého hodnotenia sú preddefinované pre každú úroveň.

5.1 Zber údajov

Aby bolo možné zbierať údaje o hre, je nutný stály prístup na internet. Po spustení hry sa vyžaduje prihlásenie žiaka. Ak žiak nemá vytvorený účet, je možné sa prostredníctvom hry registrovať, v prípade že to bolo povolené vo webovom rozhraní. Následne si hra pamätá prihlásenie, takže prihlasovanie stačí vykonať iba raz. Hra samozrejme poskytuje možnosť odhlásenia, aby bolo možné prihlásiť iného hráča.

K odosielaniu údajov dochádza v dvoch prípadoch: po každom spustení sekvencie a po úspešnom prejdení úrovne. Po spustení sekvencie sa odosiela čas strávený v hre, počet príkazov v paneloch a dokonca aj počet minimalizovaní hry. Po úspešnom prejdení hry sa k týmto údajom ešte pridá hodnotenie, počet nazbieraných mincí, počet nazbieraných orbov a snímka obrazovky, kde je možné vidieť celé riešenie úrovne.

6 Webové rozhranie

Vizuálna časť rozhrania bola vytvorená na základe voľne dostupnej Bootstrap šablóny s názvom AdminLTE [20], ktorá poskytuje množstvo nástrojov pripravených na priame využitie. Z nich sme využili tabuľky, validácie, grafy a navigáciu.

Po prihlásení rozhranie poskytuje učiteľom prehľad o výsledkoch žiakov v hre. V úvodnej obrazovke (obrázok 5) zobrazuje žiaka s najlepším a najhorším priemerom hodnotení a žiaka, ktorý aplikáciu minimalizoval najviac krát zo všetkých, čím sa môže odhaliť žiak, ktorý podvádza alebo nemá záujem o takúto formu výučby. Tieto informácie umožňujú odhalenie problémových alebo výnimočných žiakov, ktorým sa učiteľ následne môže individuálne venovať. Na tejto obrazovke je možné vidieť aj základné štatistiky ako sú počty sedení počas roka, priemerný počet pokusov v jednotlivých úrovniach, priemerný čas prejdenia jednotlivých úrovní a priemerné hodnotenie jednotlivých úrovní. Na základe týchto štatistík vieme určiť či vytvorená úroveň bola náročnosťou vhodná pre zvolenú skupinu žiakov, prípadne konkrétne úrovne upraviť alebo vytvoriť nové úrovne.

Prechody medzi obrazovkami zabezpečuje okrajová lišta. V hornej časti obrazovky sa nachádza ďalšia lišta, ktorá umožňuje prístup k nastaveniam hry a odhlásenie.

Na obrazovke nastavenia učiteľ určuje, do ktorej triedy budú patriť všetci novo registrovaní žiaci, povoľuje registrácie, prípadne môže zrušiť vyžadovanie internetového pripojenia a hru bude možné hrať aj bez prihlásenia a internetového pripojenia.

V ďalších obrazovkách má učiteľ možnosť vytvárať triedy, do ktorých sú žiaci priraďovaní a ďalšie účty žiakov a učiteľov.

6.1 Tabuľky

Ako môžeme vidieť na obrázku 5, do hlavných tabuliek Žiaci, Úrovne, Triedy, ktoré rozhranie obsahuje, je umožnený prístup z okrajovej lišty. Nad všetkými tabuľkami je možné vykonávať rovnaké operácie aké vidíme na obrázku 6 a to sú: filtrovanie riadkov tabuľky podľa abecedy na základe údajov v každom stĺpci, určovanie počtu zobrazených riadkov, vyhľadávanie

riadkov tabuľky na základe zadaného slova a prechody medzi stranami tabuľky.

Tabuľka **Žiaci** (obrázok 6) obsahuje údaje o všetkých žiakoch a to sú: meno, priezvisko, prihlasovacie meno, priemerné hodnotenie a trieda, do ktorej patrí. V tabuľke je možné upraviť údaje a odstrániť žiaka alebo prejsť na ďalšie tabuľky: všetky prejdené úrovne a všetky sedenia zvoleného žiaka. Po kliknutí na tlačidlo zobraziť prejdené úrovne sa zobrazí tabuľka s úrovňami, ktoré žiak prešiel a hodnoteniami za konkrétne úrovne. Z tejto tabuľky je možné zobraziť všetky pokusy žiaka o prejdenie úrovne alebo výlučne úspešné pokusy, tieto tabuľky obsahujú údaje zbierané z hry a v prípade, že bol pokus úspešný, ponúkajú možnosť zobraziť snímku obrazovky konkrétneho pokusu.

Tabuľka **Úrovne** zobrazuje charakteristiky všetkých úrovní a je možné cez ňu zobraziť všetkých žiakov, ktorí prešli zvolenú úroveň. Zobrazená tabuľka obsahuje základné údaje o žiakoch, hodnotenie za zvolenú úroveň a opäť poskytuje možnosť zobraziť úspešné a všetky pokusy o prejdenie úrovne.

V tabuľke **Triedy** vidí učiteľ názov triedy, priemer hodnotení žiakov patriacich do tejto triedy, s možnosťou ich zobrazenia v ďalšej tabuľke identickej s tabuľkou Žiaci.

7 Výsledky a diskusia

Prostredníctvom popísaných technológií sme vytvorili systém na podporu výučby programovania, ktorý pozostáva z 20 úrovňovej hry určenej pre mobilné zariadenia s operačným systémom Android, ktorá odosiela údaje zbierané počas hry na server, aplikácie, ktorá tieto údaje ukladá do dazabázy a webovej aplikácie, ktorá poskytuje učiteľom prehľad o výsledkoch žiakov.

Automatická spätná väzba v podobe odosielania údajov z hry umožňuje získavať informácie aj o žiakoch, ktorí sa nezúčastnia prezenčnej výučby a poskytuje vhodný odrazový mostík pre tvorenie ďalších a optimalizáciu už vytvorených úrovní.

Záver

Vytvorený systém môže v praxi slúžiť ako doplnok výučby programovania a na rozvoj logického a analytického myslenia v piatom až siedmom ročníku základných škôl.

Na základe štúdií, ktoré sme pri našej práci objavili sme zistili, že výučba formou hry môže byť veľmi atraktívna, motivujúca a úspešná z dôvodu jej nepovinného pôsobenia.

Vytvorený systém je pripravený na pridanie nových funkcionalít ako napríklad: možnosť vytvárať nové úrovne priamo v hre alebo vo webovom rozhraní, odosielanie reťazcov všetkých použitých príkazov za účelom komplexnej analýzy dát či implementácia databázy do hry za účelom offline zbierania dát a následnej synchronizácie s online databázou.

Poďakovanie

Ďakujem môjmu školiteľovi Mgr. Martinovi Cápayovi, PhD. a konzultantovi doc. Mgr. Martinovi Drlíkovi, PhD. za cenné rady pri písaní tohto článku.

Použitá literatúra

[1] Perrotta, C., Featherstone, G., Aston, H. and Houghton, E. (2013). Game-based Learning: Latest Evidence and Future Directions (NFER Research Programme: Innovation in Education). Slough: NFER. [Citované: 9.marec 2020]

[2] Prof. Ivan Kalaš: Emil prináša zmenu. Nie len na Slovensku [Citované: 9.marec 2020] https://www.ucn.sk/vzdelavanie/prof-ivan-kalas-emil-prinasa-zmenu-nie-len-na-slovensku

[3] Public Relations [Citované: 9.marec 2020] https://unity3d.com/public-relations

[4] Porting a Project Between Platforms [Citované: 9.marec 2020] https://docs.unity3d.com/520/Documentation/Manual/HOWTO-PortingBetweenPlatforms.html

[5] Scripting in Unity for experienced programmers [Citované: 9.marec 2019] https://unity.com/how-to/programming-unity

[6] Web application development with Laravel PHP Framework version 4 [Citované: 10.marec 2020] https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/74052/Author.pdf

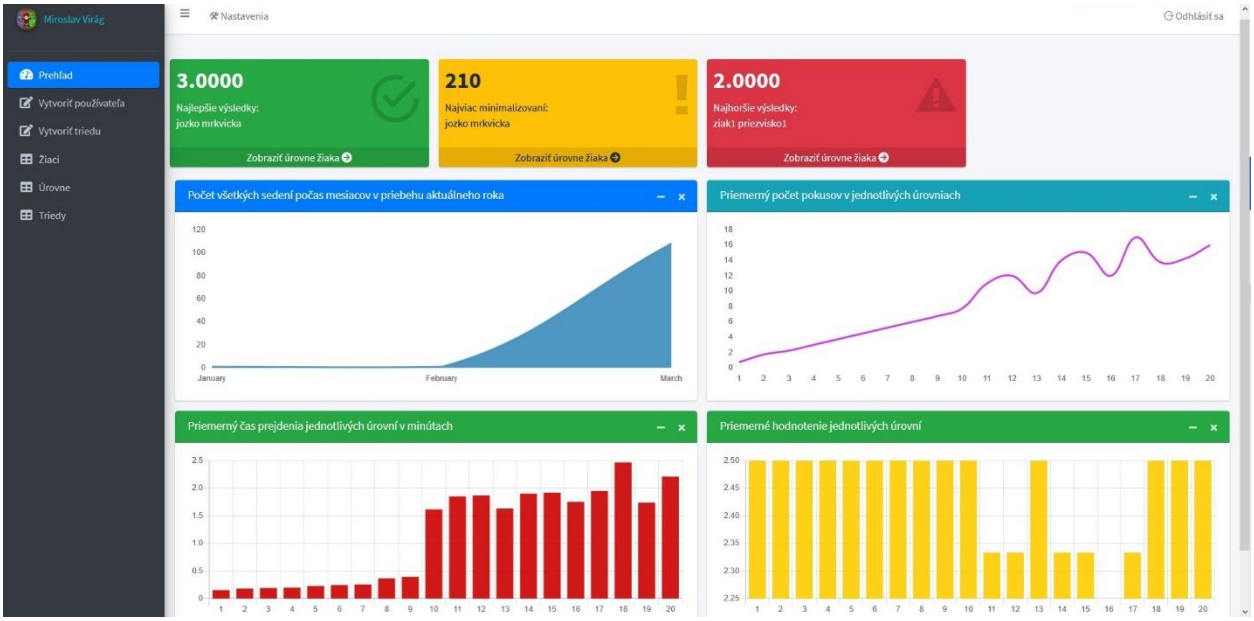
[7] Blade Templates [Citované: 10.marec 2020] https://laravel.com/docs/5.8/blade

[8] A Journey Through the Land ofModel-View-* Design Patterns [Citované: 10.marec 2020] http://homepage.lnu.se/staff/daweaa/papers/2014WICSA.pdf

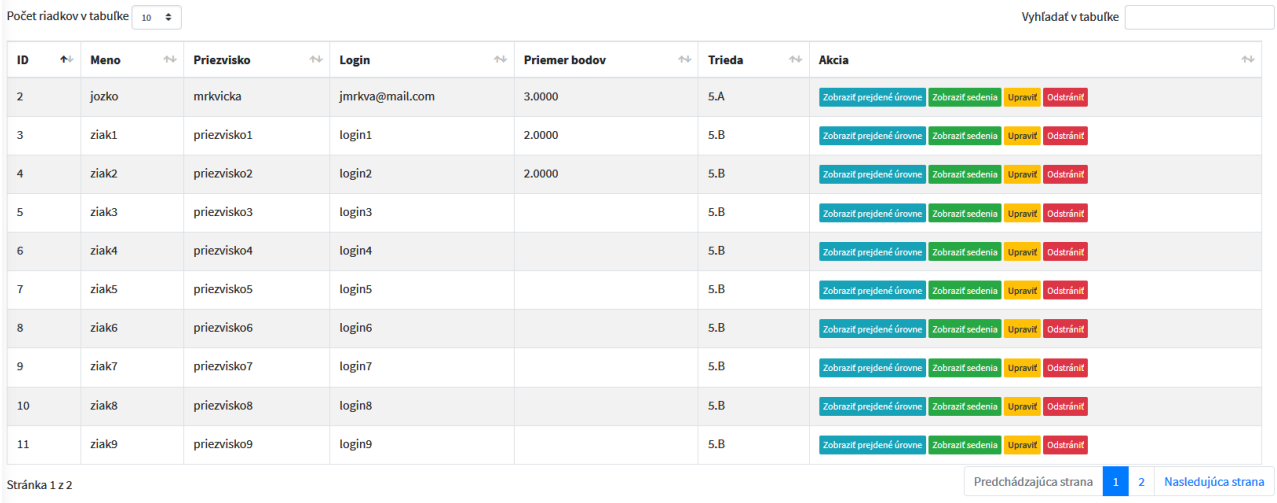
[9] Web development using C# MVC and ExtJS [Citované: 10.marec 2020] https://repository.stcloudstate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1006&context=csit_etds

[10] Eloquent [Citované: 10.marec 2020] https://laravel.com/docs/5.8/eloquent#eloquent-model-conventions

[11] Artisan Console [Citované: 10.marec 2020] https://laravel.com/docs/5.1/artisan
[12] Lumen [Citované: 10.marec 2020] https://lumen.laravel.com/
[13] Open game art [Citované: 26.marec 2020] https://opengameart.org/
[14] Character generator [Citované: 26.marec 2020] http://gaurav.munjal.us/Universal-LPC-Spritesheet-Character-Generator/#
[15] Kenney [Citované: 26.marec 2020] http://kenney.nl/assets/game-icons
[16] Flaticon [Citované: 26.marec 2020] https://www.flaticon.com/
[17] Icons 8 [Citované: 26.marec 2020] https://icons8.com/
[18] Font [Citované: 26.marec 2020] https://www.fontspace.com/dieter-steffmann/devinne-swash
[19] Freesound [Citované: 26.marec 2020] https://freesound.org/
[20] AdminLTE [Citované: 26.marec 2020] https://adminlte.io/



Obr. 5 Úvodná obrazovka webového rozhrania
Zdroj: Autor



Počet riadkov v tabuľke 10

Vyhľadať v tabuľke

ID	Meno	Priezvisko	Login	Priemer bodov	Trieda	Akcia
2	jozko	mrkvicka	jmrkva@mail.com	3.0000	5.A	Zobraziť prejdené úrovne Zobraziť sedenia Upraviť Odstrániť
3	ziak1	priezvisko1	login1	2.0000	5.B	Zobraziť prejdené úrovne Zobraziť sedenia Upraviť Odstrániť
4	ziak2	priezvisko2	login2	2.0000	5.B	Zobraziť prejdené úrovne Zobraziť sedenia Upraviť Odstrániť
5	ziak3	priezvisko3	login3		5.B	Zobraziť prejdené úrovne Zobraziť sedenia Upraviť Odstrániť
6	ziak4	priezvisko4	login4		5.B	Zobraziť prejdené úrovne Zobraziť sedenia Upraviť Odstrániť
7	ziak5	priezvisko5	login5		5.B	Zobraziť prejdené úrovne Zobraziť sedenia Upraviť Odstrániť
8	ziak6	priezvisko6	login6		5.B	Zobraziť prejdené úrovne Zobraziť sedenia Upraviť Odstrániť
9	ziak7	priezvisko7	login7		5.B	Zobraziť prejdené úrovne Zobraziť sedenia Upraviť Odstrániť
10	ziak8	priezvisko8	login8		5.B	Zobraziť prejdené úrovne Zobraziť sedenia Upraviť Odstrániť
11	ziak9	priezvisko9	login9		5.B	Zobraziť prejdené úrovne Zobraziť sedenia Upraviť Odstrániť

Stránka 1 z 2

Predchádzajúca strana 1 2 Nasledujúca strana

Obr. 6 Tabuľka Žiaci
Zdroj: Autor

Spôsoby využitia zariadení na sledovanie pohybu očí

Methods of using eye tracking devices

Michal Šrobár[1]
Školiteľ: Patrik Voštinár[2]
Katedra informatiky, FPV UMB, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica,
[1] michal.srobar@student.umb.sk, [2] patrik.vostinar@umb.sk

Abstrakt

Práca sa zaoberá spôsobmi využitia zariadení, ktoré sledujú pohyb očí a hlavy. Sledovanie pohybu očí a hlavy patrí k novším technológiám a má sa v čom ešte zdokonaľovať, ale už teraz je súčasťou moderných áut, inteligentných telefónov a počítačov, kde môže poslúžiť namiesto klasickej myšky a pohyb na monitore sa dá ovládať pomocou pohybu očí a hlavy.

Práca sa skladá z 2 častí. Teoretická časť práce sa zaoberá opisom technológií na sledovania pohybu očí. Praktická časť sa venuje ukážke použitia senzora Tobii Eye Tracker 4C v aplikácií, ktorú sme vytvorili. Aplikácia využíva senzor na sledovanie očí pre hranie hry, v ktorej je potrebné za čo najdlhší čas nazbierať najviac bodov. Hlavným cieľom práce je oboznámenie s technológiou sledovania očí a vytvorením praktickej ukážky – aplikácie, využívajúcej senzor na sledovanie očí pre ovládanie pohybu.

Kľúčové slová: sledovanie očí, eye tracker, eyetracking, C#, Unity, Tobii

Abstract

The work deals with the use of devices that monitor eye and head movement. Eye and head tracking is one of the newer technologies and has yet to be improved, but it is already part of modern cars, smartphones and computers, where it can be used instead of a classic mouse and movement on the monitor can be controlled by eye and head movement.

This project consists of 2 parts. The theoretical part deals with the description of technologies for tracking eye movement. The practical part is devoted to the demonstration of using the Tobii Eye Tracker 4C in the application we created. The application uses an eye tracking sensor to play the game in which you need to collect the most points in the longest time. The main aim of the work is to familiarize with the technology of eye tracking and to create a practical demonstration - an application using the eye tracking sensor to control movement.

Key Words: Eye tracker, eyetracking, C#, Unity, Tobii

Úvod

Náš svet sa zdokonaľuje každým dňom a technológie sa stále vyvíjajú. Medzi takéto technológie určite patria aj zariadenia na sledovanie očí. Myšlienka vznikla už pred vyše 100 rokmi, keď výskumníci chceli zistiť ako ľudia čítajú. Neostalo to iba pri tom a technológiu zdokonaľovali a vylepšovali tak, že dnes máme možnosť ovládať niektoré zariadenia práve pomocou tejto technológie. Napríklad počítač môžu ovládať aj zdravotne postihnutí, pretože namiesto klasickej myšky im stačí hýbať očami. Taktiež sa zvýšila bezpečnosť v automobiloch, kde merajú senzory vodičovu pozornosť a to či sa pozerá na vozovku, čím sa znížila nehodovosť.

1 Technológia na sledovanie pohybu očí a hlavy

Myšlienka sledovania pohybu očí sa prvýkrát objavila pri pozorovaní čitateľov a toho ako čítajú texty. V roku 1879 si Louis Emile Javal všimol, že ľudia nečítajú plynulo, ale skôr prerušovane a niektoré slová preskakujú, aby rýchlejšie prečítali text.

Neskôr Edmund Huey postavil prístroj, ktorý sa používal na sledovanie pohybu očí pri čítaní a publikoval viacero svojich vynálezov v knižke The Psychology and Pedagogy of Reading.

Pokrok vývoja v technológii sledovania očí nastal, keď Charles H. Judd vyvinul kameru na sledovanie očí, ktorá zaznamenávala pohyby očí na filme, čo umožňovalo vykonávať podrobné štúdium pohybu očí.

Guy Thomas Buswell spolu s Charles H. Judd študovali a analyzovali pohyby očí pri čítaní na ľuďoch v rôznom veku a na rôznych úrovniach vzdelania. Buswellové štúdiá viedli k mnohým pozitívnym skokom v oblasti vzdelávania a gramotnosti.

V roku 1931 bol vytvorený oftalmograf a metronoskop. Boli to zariadenia používané na zaznamenávanie pohybu očí pri čítaní a považovali sa za nástroje, ktoré ľudí naučili efektívnejšie čítať. Čitateľ naskenoval niekoľko slov a na chvíľu ich

pozastavil, aby si ich prečítal a pochopil, potom naskenoval ďalšie a takto sa postup opakoval.

Mnoho rokov sa sledovanie očí používalo ako nástroj vo vzdelávacom výskume, avšak bola to drahá technológia. Až neskôr sa stala prístupnejšou a našla si nové uplatnenie na trhu a to u obchodníkov.[1]

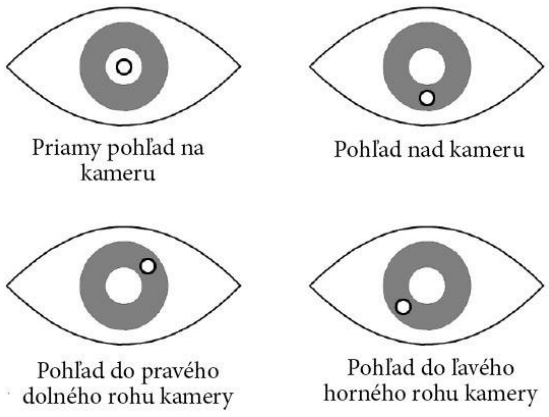
1.1 Definícia digitálneho sledovania očí

Sledovanie očí sa týka procesu merania. Tieto merania sa vykonávajú pomocou sledovačov očí (senzorov), ktoré zaznamenávajú polohu očí a ich pohyby.

Infračervené svetlo je nasmerované do stredu očí (zrenice), čo spôsobuje zistiteľné odrazy v zrenici aj v rohovke. Tieto odrazy - vektor medzi rohovkou a zrenicou - sú sledované infračervenou kamerou. Takto funguje optické sledovanie rohovkových odrazov.

Infračervený zdroj svetla a aj metóda detekcie je nevyhnutná, pretože presnosť merania smeru pohľadu je závislá od jasného vymedzenia a detekcie zreničky, ako aj od detekcie odrazu rohovky. Normálne svetelné zdroje nie sú schopné zabezpečiť taký kontrast, čo znamená, že bez infračerveného svetla je možné dosiahnuť primeranú mieru presnosti oveľa ťažšie.

Svetlo z viditeľného spektra pravdepodobne vytvára nekontrolované zrkadlové odrazy, zatiaľ čo infračervené svetlo umožňuje presnú diferenciáciu medzi zreničkou a dúhovkou - zatiaľ čo svetlo priamo vstupuje do zreničky a odrazí dúhovku. Okrem toho, keďže infračervené svetlo nie je pre človeka viditeľné, nespôsobuje žiadne rozptyľovanie počas sledovania očí.[2][3]



Obr. 1 Rozdiel v umiestnení centra zreničky a rohovkového odrazu umožňuje odvodenie smeru pohľadu
Zdroj: [5]

1.2 Analýza zariadení pre sledovanie očí

Na základe požiadaviek a účelu sú zariadenia na sledovanie očí zvyčajne nosené na hlave v podobe okuliarov alebo na diaľku ako samostatný snímač. Okuliare na sledovanie očí, sú vhodnejšie pre účely používania, v ktorých sa fyzicky pohybujete, napríklad vykonávanie úloh v reálnom živote alebo vo virtuálnych prostrediach. Vzdialené zariadenia ako samostatné snímače, ktoré sú už dnes zmenšené na veľkosť malých panelov, ponúkajú menej rušivý zážitok a sú vhodné napríklad pri sedení za počítačom a pozeraní sa na monitor.

Najbežnejšie zariadenia na sledovanie očí zvyčajne zahŕňajú dve hlavné zložky: infračervený alebo takmer infračervený zdroj svetla a fotoaparát. Svetlo je nasmerované na oko a kamera sníma odrazy, aby vypočítala rotáciu očí a smer pohľadu. Zariadenia na sledovanie očí tiež zachytávajú ďalšie činnosti, ako napríklad frekvenciu žmurkania a zmeny priemeru očnej zrenice.

Zhromaždené údaje sa potom odosielajú do algoritmov a softvérov, ktoré zisťujú podrobnosti o očiach používateľa a v odrazových obrazcoch interpretujú tok obrazu, aby vypočítali očný pohľad/polohu používateľa na obrazovke zariadenia, napríklad monitore.[2][3]

1.2.1 Samostatný snímač očí

Vyžaduje, aby používateľ sedel pred monitorom a mal interakciu s obsahom na obrazovke. Aj keď tieto zariadenia sledujú oči iba v určitých medziach, sloboda pohybu je stále dostatočne veľká na to, aby bol používateľ relatívne neobmedzený.[2]

Obr. 2 Samostatný snímač očí
Zdroj: [6]

1.2.1 Okuliare pre sledovanie očí

Je to prenosné zariadenie a umožňuje používateľovi voľný pohyb, čo je veľké plus. Nevýhodou je, že okuliare sa môžu počas používania potenciálne posúvať ak dochádza k veľkému pohybu, napríklad pri športe.[2]

Obr. 3 Okuliare pre sledovanie očí
Zdroj: [7]

1.2.1 Web kamera pre sledovanie očí

Tieto zariadenia nemajú špeciálny hardvér ako senzory a kamery pre sledovanie očí. Sú zabudované napríklad v notebooku a pre sledovanie očí využívajú iba špeciálne prispôsobený softvér. Príkladom sú notebooky Alienware, ktoré majú túto technológiu v sebe zabudovanú v spolupráci s Tobii Aware.[4]

Obr. 4 Alienware 13 R3 s Tobii Aware
Zdroj:[8]

2 Analýza a ukážka hry Eyes ball hunter

Pre možnosť použitia senzoru na sledovanie očí sme sa rozhodli vytvoriť jednoduchú hru, ktorá bude využívať senzor na sledovanie očí na ovládanie hry.

V prvom kroku sme si zadefinovali niekoľko základných pravidiel, ktoré by mala hra spĺňať. Hra by mala byt kompatibilná s operačným systémom Windows 10, mala by byť spustiteľná bez inštalácie a aby fungovala v spolupráci so zariadením Tobii Eye Tracker 4C. Hra by mala mať jednoduchú navigáciu a aj samotné ovládanie a hranie hry by nemalo byť zložité.

Navrhli sme koncept hry, v ktorej je úlohou nazbierať čo najväčší počet objektov, za ktoré sú pripočítané body za čo najdlhší čas hrania. V hre sa mení náročnosť hrania, ktorá sa zvyšuje s pribúdajúcim časom. Aby to nebolo až také jednoduché, tak sú v hre dva druhy objektov. Zelená gulička, ktorá pripočíta bod a červená gulička, ktorá znamená koniec hry.

Proces tvorby hry sme rozvrhli na prípravu grafických prvkov, programovanie funkcionalít a testovanie funkčnosti. Pre samotnú tvorbu sme potrebovali mať nainštalovaný program Unity vo verzii 2019.2.12f, Tobii Eye Tracking Core Software a vytvorený nový Unity 2D projekt s naimportovaným Tobii Unity SDK.

2.1 Zariadenie Tobii Eye Tracker

Aplikáciu sme testovali na zariadení Tobii Eye Tracker 4C od spoločnosti Tobii, ktorá sa považuje za jednotku na trhu v technológií sledovania očí.

2.3 Vývojové nástroje

Pre vývoj aplikácií bol zvolený program Unity. Je to tzv. cross-platform engine čo znamená, že pomocou neho vieme vypracovať a exportovať aplikáciu pre viacero zariadení. V programe je možné vytvárať 3D a 2D scény, prípadne pracovať s VR, AR, MR.

Aby aplikácie vedeli využiť sledovacie zariadenie, musí sa pri vývoji implementovať do Unity špeciálne SDK rozšírenie[1].

Podrobný postup je dostupný na oficiálnej stránke [2]predajcu zariadenia Tobii.

Pre správne fungovanie zariadenia v aplikáciách, je potrebné si nainštalovať na počítač Tobii Eye Tracking Core Software[3] vo verzii 2.16.5 a zvoliť možnosť Tobii eyetracking.

Po jeho úspešnom nainštalovaní, je potrebné pripojiť zariadenie na sledovanie očí pomocou USB konektora do počítača a následne spraviť kalibráciu zariadenia. Kalibrácia sa spustí po kliknutí na vytvorenie nového profilu v menu programu Tobii. Samotná kalibrácia prebehne rýchlo a jednoducho v pár krokoch. Po úspešnom kalibrovaní je zariadenie pripravené na používanie.

2.3 Priebeh vypracovania hry

Pri návrhu vzhľadu sme sa zamerali na minimalizovanie objektov a jednoduchosť grafických prvkov.

2.3.1 Úvodná scéna

Začali sme s úvodnou scénou, ktorá sa zobrazí po zapnutí aplikácie.
Hneď na začiatku bolo potrebné nastaviť kameru, aby jej projekcia bola ortografická a zamerala sa na obrazovku 1. Vytvorili sme hlavnú hraciu plochu

[1] https://developer.tobii.com/tobii-unity-sdk
[2] http://developer.tobiipro.com/unity/unity-getting-started.html
[3] https://gaming.tobii.com/getstarted/

Canvas, do ktorej sme následne pridávali prvky ako textové polia pre nadpisy a rôzne informácie, tlačidlá pre spustenie alebo zavretie hry a keďže úvodná scéna obsahuje aj informácie o tom, že pri hraní sa má získať najvyšší počet bodov, pre pochopenie sme pridali aj samotné guličky, aby bolo hneď jasné, ktorú z nich má hráč zbierať. Aby fungoval eyetracking, musí byť ešte pridaný na objekty jeden špeciálny komponent GazeAware z Tobii SDK.

Tlačidlá okrem svojej vstavanej funkcionality, že po kliknutí myškou zavolajú nejakú funkciu, musia fungovať aj s eye trackingom. Preto sme naprogramovali skript, ktorý sme pridali ako komponent na tlačidlá. Tento skript zaznamenáva, na ktorý objekt je zameraný gaze point a ak sa na objekt pozeráte a žmurknete približne na 2s, podľa mena objektu sa zavolá funkcia.

Ukážka kódu, ktorý zachytáva čas pozerania sa na objekt:

```
var gazePoint = TobiiAPI.GetGazePoint();
EyesClosed =
TobiiAPI.GetUserPresence().IsUserPresent() &&
(Time.unscaledTime - gazePoint.Timestamp) > 0.2f;
```

Kód pre získanie objektu na ktorý sa hráč pozerá:

```
GameObject focusedObject =
TobiiAPI.GetFocusedObject();
```

Funkcionalita, ktorá skontroluje, či hráč žmurkol, ak áno, tak sa nastaví premenná:

```
if (EyesClosed)
{
  isClosed = 1;
}
```

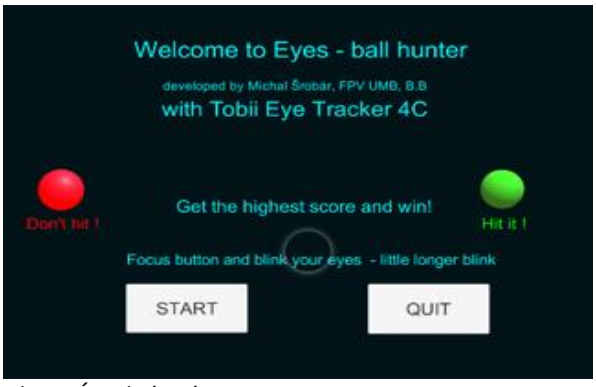
Následne ak sú splnené podmienky, že sa hráč pozerá na objekt a žmurkol, porovná sa názov objektu a zavolá sa priradená metóda, ukážka kódu pre tlačidlá:

```
if (null != focusedObject && isClosed == 1)
{
  if (focusedObject.name == "startEye" ||
focusedObject.name == "start")
  {
    StartGame();
  }
  if (focusedObject.name == "quitEye" ||
focusedObject.name == "quit")
  {
    ExitGame();
  }
}
```

Funkcia StartGame() obsahuje vynulovanie premennej a zavolanie novej scény, v tomto prípade hracej úrovne a funkcia ExitGame() ukončí spustenú aplikáciu. Ukážka kódu:

```
  public void StartGame()
{
  isClosed = 0;
  SceneManager.LoadScene("level_1");
}
public void ExitGame()
{
  isClosed = 0;
  Application.Quit();
}
```

Po spustení hry sa zobrazí úvodná obrazovka (obr. 5), ktorá obsahuje popis aplikácie a dve tlačidlá „Start“ a „Quit“.



Obr. 5 Úvodná scéna

2.3.2 Scéna hracej úrovne

Keďže samotná hra je o zbieraní bodov za určitý čas, je potrebné tieto informácie aj zobrazovať. Pridali sme ich preto do horného panelu, kde sa okrem toho nachádza aj tlačidlo, pomocou ktorého sa dá dostať na úvodnú scénu.

Obr. 6 Horný panel hry - skóre

Pod horným panelom sa nachádza hracia plocha. Pri spustení sa objaví na ľavej strane monitora modrá guličkа, ktorá sa ovláda pomocou eye trackeru a z pravej strany prichádzajú červené a zelené guličky, ktorým sa generuje náhodná súradnicová pozícia y.

Obr. 7 Hracia plocha

Postupom času sa rýchlosť guličiek zrýchľuje, aby to mal hráč ťažšie. Pre efektívnosť hry, je zabezpečené ničenie objektov guličiek po prejdení mimo obrazu, narazia do zadefinovaného panelu a zničia sa, tým sa šetrí výkon aplikácie.

Zrýchľovanie pohybu guličiek je v skutočnosti zrýchľovanie pohybu kamery, pre ktorú sme naprogramovali skript, v ktorom sa po určených časových intervaloch, zvyšuje jej rýchlosť. Aktuálne sa vždy po 10-tich časových jednotkách navýši rýchlosť o 0,01. Ukážka kódu:

```
if (EyeHit.isPlaying == 1)
{
   if (EyeHit.timerInt > 10)
   {
      speed = 0.03f;
   }

   if (EyeHit.timerInt > 20)
   {
      speed = 0.04f;
   }

   if (EyeHit.timerInt > 30)
   {
      speed = 0.05f;
   }
}

transform.position = new
Vector3(transform.position.x + speed, cameraY,
cameraZ);
```

Pre generovanie guličiek sme naprogramovali skript, do ktorého sa v inšpektore nastaví červená, zelené guličkа a min-max čas pre ich vytvorenie. Ukážka kódu:

```
private GameObject SpawnObject;
public GameObject[] SpawnObjects;

public float timeMin = 0.1f;
public float timeMax = 0.2f;

void Start()
{
   Spawn();
}

void Spawn()
{
   if (EyeHit.isPlaying == 1)
   {
      //generate random y position
      SpawnObject = SpawnObjects[Random.Range(0,
SpawnObjects.Length)];
      float y = Random.Range(-3f, 3f);
      GameObject go = Instantiate(SpawnObject,
this.transform.position + new Vector3(0, y, 0),
Quaternion.identity) as GameObject;
   }
   Invoke("Spawn", Random.Range(timeMin,
timeMax));
}
```

Náhodne sa vyberie jedna guličkа z poľa dostupných guličiek (červená, zelená), vygeneruje sa náhodná súradnica y, vytvorí sa nový objekt (guličkа) so zadanými súradnicami. Ako posledný krok sa v náhodnom časovom rozmedzí v zadaných hodnotách min max opätovne zavolá funkcia Spawn() a generuje ďalšiu guličku. Tento proces sa opakuje, až kým hráč nezoberie červenú guličku a tým jeho hra skončí.

Aby bola aplikácia optimalizovaná a nenastal stav, kedy by bolo vytvorených zbytočne veľa guličiek, ktoré sú mimo hracej plochy, je hneď za koncom obrazovky panel so skriptom pre ničenie už nevyužívaných guličiek. Tie sa ničia pri dotyku s nim. Ukážka kódu:

```
void OnTriggerEnter(Collider col)
{
   if (col.gameObject.name == "pipe_green" ||
col.gameObject.name == "pipe_green(Clone)" ||
col.gameObject.name == "pipe_red" ||
```

```
        col.gameObject.name == "pipe_red(Clone)")
  {
    Destroy(col.gameObject); //destroy object
  }
}
```

Najdôležitejší skript, ktorý sme naprogramovali pre hraciu scénu sa stará o meranie času, pripočítavanie bodov a pri skončení hry o zobrazenie dosiahnutej štatistiky v hre.

Pri štarte sa vynuluje čas, deaktivuje sa vrstva o ukončení úrovne a nastaví sa premenná, ktorá informuje o tom, či prebieha hranie hry.

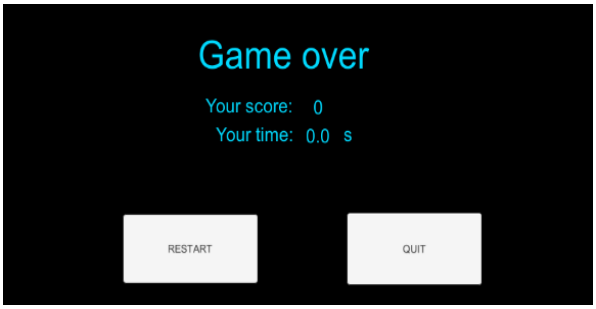
```
void Start()
{
  timerInt = 0.0f;
  GameObject.Find("GazePlot").SetActive(true);
  gameEnd.SetActive(false);
  isPlaying = 1;
}
```

Ďalej sa počas hry aktualizuje čas a počet bodov, ktoré sa zvyšujú potom, ako opticky prejde hráčova modrá guličkа po zelenej guličke, tým sa vlastne hráč pozrie na objekt zelenej guličky a vykoná sa požadovaná akcia. Ukážka kódu:

```
GameObject focusedObject =
TobiiAPI.GetFocusedObject();

if (isPlaying == 1)
{
  timerInt += Time.deltaTime;
  timer.text = timerInt.ToString("F2");
}

if (null != focusedObject && isPlaying == 1)
{
  if(focusedObject.name == "pipe_green" ||
focusedObject.name == "pipe_green(Clone)" &&
focused == 0)
  {
    //+1point

focusedObject.GetComponent<Renderer>().enabled =
false;
    focused = 1;
    DestroyBall(focusedObject);
     }

    if(focusedObject.name == "pipe_red"
```

```
|| focusedObject.name ==
"pipe_red(Clone)" || focusedObject.name
== "block" )
  {
    //reset
    focused = 1;
    isPlaying = 0;

    scoreEnd.text = scoreInt.ToString();
    timerEnd.text = timerInt.ToString("F2");

    gameEnd.SetActive(true);
    focused = 0;
  }
}
```

Ak sa hráč pozrie na červenú guličku, hra preňho končí a aktivuje sa vrstva, kde sa nachádzajú údaje o tom, ako dlho hru hral a koľko bodov získal. Hráč môže hru reštartovať alebo ukončiť aplikáciu.



Obr. 8 Koniec hry - obrazovka

2.3.3 Analýza na respondentoch s ich odozvou

Hra bola testovaná 15-timi osobami. Pri troch osobách sa vyskytol problém s úvodnou kalibráciou zariadenia a z toho jednej sa nepodarilo nakalibrovať zariadenie.

Zo začiatku hodnotili ovládanie a pohybovanie sa ako ťažké, pretože nebolo zvyknutí na ovládanie pomocou očí, čo sa však po pár odohraných hrách (kolách) zmenilo a nakoniec ovládanie ohodnotili ako veľmi jednoduché a praktické.

Celkové hodnotenie hry malo odozvu ako veľmi dobré a 13-ti by si chceli podobnú hru zahrať aj na mobile, čo však momentálne z dôvodu technológie nie je možné.

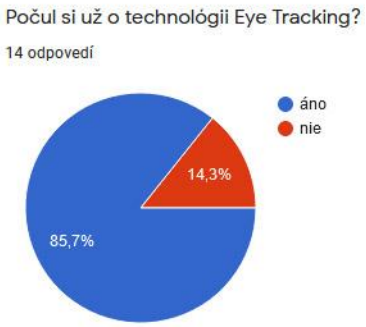
Výsledky a diskusia

Pre získanie ďalšej odozvy od osôb, ktoré hru testovali, sme vypracovali online formulár s 9-timi otázkami

a priestorom na dodatočné vyjadrenie svojho názoru, prípadne diskusiu.

Dotazník vyplnilo zatiaľ 14 respondentov, chceli sme testovať na väčšej vzorke, ale kvôli aktuálnej situácií s pandémiou Covid-19 to bohužiaľ nie je možné, nakoľko málokto doma vlastní zariadenie na sledovanie očí.

Na otázku či už počuli o technológii Eye Tracking, odpovedala väčšina, že áno, pričom na ďalšiu otázku, či už niekedy skúšali Eye Tracking odpovedala väčšina, že nie.



Na otázku, čo sa im páčilo na hre, odpovedali respondenti: ovládanie pomocou očí, potvrdzovanie žmurknutím je zaujímavé, grafické prevedenie a aj samotne hranie, bolo to niečo nové pre mňa.

Na otázku, čo sa im nepáčilo na hre, odpovedali respondenti: pri zlej kalibrácii sa ťažko zameriava, malé ikonky, po určitom čase sa už prestala hra zrýchľovať, nezaznamenáva históriu skóre.

Z dotazníka vyplýva, že by sme mali pridať skóre, zväčšiť ikonky, možno zvýšiť zrýchľovanie. Problémy so zlou kalibráciou ovplyvniť nevieme.

Záver

Cieľom tejto práce bolo zanalyzovať a získať poznatky o technológií sledovania očí, ktoré sme následne využili pre tvorbu hry a aplikácie s využitím zariadenia Tobii Eye Tracker 4C.

V práci je vysvetlená história sledovania očí a taktiež novodobé princípy digitálneho sledovania očí a jeho využitia v rôznych odboroch.

Pri tvorbe hry a aplikácie bolo využívané prostredie programu Unity a implementované Tobii SDK pre komunikovanie a využívanie funkcionality Tobii Eye Trackera. Celý priebeh tvorby je opísaný aj s ukážkami kódu pre lepšie pochopenie funkcionalít.

Vytvorená hra je vhodná pre ľudí, ktorí chcú vyskúšať nový druh ovládania počítača a môže tiež byť základom pre ďalšie aplikácie, napr. pre aplikácie, ktoré môžu využívať zdravotne postihnuté osoby, ktoré sú odkázané iba na pohyb očí a preto musí byť pre nich ovládanie počítača prispôsobené práve technológiou sledovania očí.

Poďakovanie

Príspevok bol spracovaný ako súčasť projektu KEGA č. 003TTU-4/2018 „Interaktívne aplikácie pre vyučovanie matematiky na základných školách.“

Použitá literatúra

[1] The history of Eye tracking [Citované: 5. marec 2020] https://www.academia.edu/10634700/The_history_of_Eye_tracking

[2] How do Tobii Eye Trackers work [Citované: 3. marec 2020] https://www.tobiipro.com/learn-and-support/learn/eye-tracking-essentials/how-do-tobii-eye-trackers-work

[3] About Eye Tracking [Citované: 4. marec 2020] https://www.sr-research.com/about-eye-tracking

[4] Alienware Creates World’s First Intelligent Notebook with Tobii Eye Tracking [Citované: 4. marec 2020] https://www.tobii.com/group/news-media/press-releases/2016/9/alienware-creates-worlds-first-intelligent-notebook-with-tobii-eye-tracking

[5] https://www.researchgate.net/profile/Ismail_EL_Haddioui/publication/233969486/figure/fig2/AS:300135717326848@1448569339134/Glint-position-changing-according-to-point-of-regard.png

[6] https://mb.cision.com/Public/2874/2645515/8739177c836adaae_800x800ar.jpg

[7] https://www.tobiipro.com/imagevault/publishedmedia/x7t7koih2w2r1nupd3or/TobiiPro_Glasses_2_Eye_Tracker_side_2_1.jpg

[8] https://help.tobii.com/hc/en-us/article_attachments/208560145/LargePNG.png

Porovnanie implementácií algoritmov násobenia matíc na GPGPU s použitím CUDA a OpenACC

Comparison of matrix multiplication algorithm implementation on GPGPU with CUDA and OpenACC

Ján Šimonides, Miroslav Melicherčík
Školiteľ: Miroslav Melicherčík
Katedra informatiky, FPV UMB, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica
jan.simonides@studenti.umb.sk, miroslav.melichercik@umb.sk

Abstrakt

Článok sa zaoberá porovnaním algoritmov násobenia matíc s použitím GPGPU medzi dvomi programovacími modelmi CUDA a OpenACC. Venuje sa princípom fungovania modelu GPGPU, kde je vhodné jeho použitie a spôsoby využitia. V článku sme sa zamerali na porovnanie rýchlosti prenosu údajov medzi hlavnou pamäťou RAM a pamäťou zariadenia GPGPU, ktorý predstavuje v mnohých implementáciách kritické miesto algoritmu. Na základe testu sme zistili, že s použitím OpenACC je možné dosiahnuť rovnakú rýchlosť prenosu dát a teda výkon aplikácií využívajúcich OpenACC nie je znevýhodnený prenosom údajov v porovnaní s CUDA implementáciou. Pri algoritme násobenia matíc s optimalizáciou prenosu údajov sme na základe porovnania implementácií algoritmu došli k záveru, že model OpenACC dosahoval približne 56 % výkon oproti CUDA.

Kľúčové slová: GPGPU, OpenACC, CUDA , násobenie matíc

Abstract

This paper is dedicated to the comparison of matrix multiplication algorithm implementation on GPGPU with CUDA and OpenACC. We describe basic principle of GPGPU programming models. We compare speed of data transfer between RAM memory and device memory, which is an important part of GPGPU computing. As a result of the test, we found that OpenACC achieves the same transfer speed and thus the performance of OpenACC applications is not limited by data transfer. By comparison of matrix multiplication algorithm with optimized data transfer implementations, we conclude that model OpenACC achieved approximately 56 % performance of CUDA performance.

Key words: GPGPU, OpenACC, CUDA, matrix multiplication

Úvod

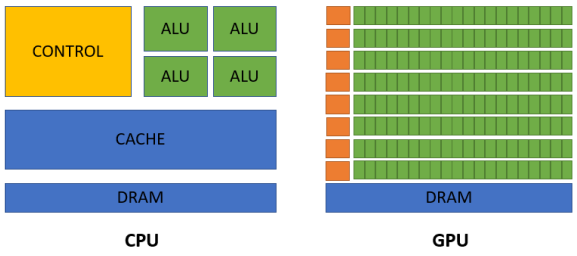
Operácie s maticami sú vo svete vedeckých výpočtov veľmi bežne používané. Jednou z nich je operácia násobenia matíc, ktorej výpočtová zložitosť je $O(n^3)$, čo býva často kritickým miestom výpočtu obzvlášť pri maticiach s väčšou dimenziou. Pre efektívne vykonávanie takýchto funkcií na viacjadrových procesoroch existujú knižnice BLAS (Basic Linear Algebra Subroutines). GPGPU (General-Purpose computing on Graphics Processing Units) poskytuje vysoký paralelný výpočtový výkon, ktorý je možné použiť na vykonávanie takýchto výpočtovo náročných operácií. Avšak úskalím použitia kombinácie CPU a GPGPU na výpočty je nevyhnutnosť prenosu spracovávaných údajov uložených v hlavnej pamäti RAM do pamäte zariadenia GPGPU a naopak. Tento fakt je často limitujúci pri použití hybridného výpočtu (program vykonávaný na CPU s použitím knižnice CUBLAS na GPGPU). Preto sme v CUDA implementovali algoritmus násobenia matíc na GPGPU s optimalizovaným prenosom údajov, ktorý je efektívnejší v porovnaní so štandardnou funkciou cublasDgemm. Pre používanie CUDA je však potrebné poznať isté zákonitosti programovania, pretože sa jedná o nízko úrovňový programovací jazyk. Alternatívou je použitie OpenACC, ktorý bol predstavený v roku 2011 ako GPGPU model určený pre vedcov, ktorí majú záujem preniesť vedecké kódy na širokú škálu heterogénnych hardvérových HPC platforiem s oveľa menším programovacím úsilím a vysokou mierou prenositeľnosti. Model OpenACC využíva direktívy pre kompilátor na rozparalelnenie programu pre grafické akcelerátory. Direktívy alebo pragmy, ktoré OpenACC používa sú písané na vyššej úrovni oproti programovaciemu jazyku CUDA, čo má za výhodu jednoduchšie použite. Zatiaľ čo CUDA podporuje iba grafické karty od výrobcu NVIDA, OpenACC je možné spustiť na grafických kartách od

viacerých výrobcov. Nevýhoda spočíva v nižšom výkone oproti CUDA. Našou snahou je zistiť, do akej miery je možné navrhnutý algoritmus násobenia matíc s optimalizáciou prenosu údajov implementovať efektívne práve s použitím OpenACC. Popri tom chceme porovnať rýchlosť prenos údajov medzi hlavnou pamäťou RAM a pamäťou zariadenia GPGPU v medzi spomínanými modelmi programovania GPGPU.

1 GPGPU výpočty s využitím OpenACC

GPGPU je prostriedok ako využiť paralelne výpočty na grafických akcelerátoroch, ktoré so stovkami až tisícami jadier patria medzi to najlepšie, čo môžeme využiť vo vysokovýkonnom počítaní. GPGPU je základom pre mnohé najmodernejšie výpočtové technológie, vedecké a priemyselné aplikácie. Medzi výhody patrí nízke náklady, vysoký výkon, kompaktná veľkosť [1].

CPU a GPGPU majú pomerne veľký rozdiel vo svojej architektúre. CPU je primárne určené na univerzálne využitie k výpočtom rôzneho druhu. GPGPU je od základu určená pre rýchle výpočty spojené so zobrazovaním grafiky. Je navrhnutá tak, že má veľký počet prúdových procesorov, ktoré majú prístup ku svojej vyhradenej pamäti a všetky môžu súčasne vykonávať inštrukcie, zatiaľ čo moderné CPU bežne obsahujú najviac desiatky jadier. Podľa Flynnovej taxonómie, najznámejšej klasifikácie paralelných systémov, sa GPGPU radí do SIMD architektúry, t. j. jeden tok inštrukcií a viacnásobný tok dát. Všetky procesory vykonávajú tú istú inštrukciu nad rôznymi dátami.



Obr. 1 Porovnanie architektúry CPU a GPU
Zdroj: [2]

Základným stavebným prvkom architektúry GPGPU sú prúdové multiprocesory (SM – Stream Multiprocessor). Viacero SM je zoskupených do väčších blokov. Takýchto blokov obsahuje GPGPU niekoľko. Každý SM je tvorený viacerými prúdovými procesormi (SP – Stream Processor), ktoré majú spoločnú riadiacu jednotku, inštrukčnú cache a relatívne malú zdieľanú pamäť s kapacitou niekoľko kB [2]. Vhodným príkladom použitia GPGPU je spracovanie jednej úlohy nad väčším množstvom dát. Pri poliach, bežný procesor CPU musí v cykle prejsť každý prvok a vykonať požadovanú inštrukciu. GPGPU rozdelí úlohu medzi výpočtové procesory, pričom každé z jadier vykoná operáciu s určeným počtom prvkov poľa alebo v cykle, ktorý však bude mať oveľa menej iterácií a zároveň prebieha výpočet na všetkých z nich súčasne.

Program písaný pre GPGPU sa začne vykonávať ako bežný sekvenčný kód písaný pre CPU. V kóde môžu byť zadefinované funkcie, ktoré sú vykonávané na grafickom akcelerátore. Existujú dva typy uvedených funkcií. Kernel je prvý typ funkcie, po jeho zavolaní sa spustí výpočet na GPU. Takýchto kernelov môžeme počas vykonávania programu zavolať aj niekoľko. Zatiaľ, kým sú kernely vykonávané na zariadení GPGPU, zvyšok programu je vykonávaný ďalej na CPU [2]. Okrem toho môžeme použiť funkcie pre device (zariadenie). Takéto funkcie sa môžu zavolať len v rámci kernelu.

Spúšťanie kernelov si vyžaduje určiť, na koľkých vláknach a blokoch budú spustené. Pri tomto kroku je dôležité si uvedomiť, ako sa spúšťajú a správajú jednotlivé vlákna a bloky. Vlákna sú organizované v jedno-, dvoj-, alebo trojdimenzionálnom priestore do väčších celkov označovaných ako bloky vlákien, čo umožňuje prirodzené mapovanie vlákien na jednotlivé prvky údajových štruktúr [2]. V súčasnosti je maximálny počet vlákien obmedzený na 1024 vlákien. Ak by sme nemali možnosť využiť viac blokov, maximálna veľkosť vektora počítaného na GPU by mohla byť 1024 prvkov. Keďže aj bloky majú svoju maximálnu veľkosť, mapujú sa do Gridov.

Gridy rovnako ako bloky a vlákna majú jedno-, dvoj-, alebo trojdimenzionálny rozmer. Poradové číslo vlákna sa následne vypočíta pomocou premenných na to určených a závisí od určenej veľkosti gridu, bloku a počtu vlákien. Každé vlákno v bloku má k dispozícii svoju lokálnu pamäť. Každý blok vlákien má k dispozícii zdieľanú pamäť, s ktorou môže pracovať ktorékoľvek vlákno z daného bloku [2]. Údaje sa ukladajú aj do globálnej pamäte, ktorá má väčšiu kapacitu, avšak je s pomalším prístupom. Podľa Nvidie, jedného z výrobcov je latencia (doba odozvy) zdieľanej pamäte 100-krát nižšia ako pamäte globálnej [3].

1.1 OpenACC

OpenACC podporuje 3 programovacie jazyky a to C, C++ a Fortran. Ako sme spomenuli v úvode tento model využíva direktívy pre kompilátor, ktoré majú za úlohu paralelizovať kód. Takto upravený kód sa následne

spustí na grafickom akcelerátore. Direktívy sa aktivujú prepínačom prekladača -acc v príkazovom riadku pre prekladač PGI alebo -fopenacc pre prekladač GCC [4].

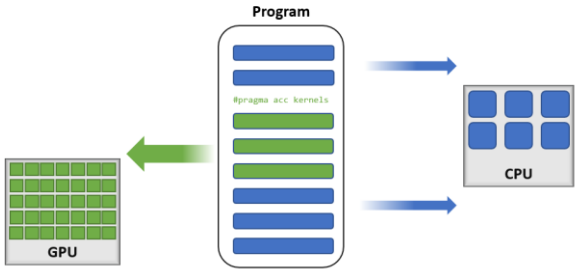
V prípade, že štandardný programovací jazyk nepodporuje potrebné funkcie, direktívy pre prekladač môžu poskytnúť rôzne ďalšie možnosti využitia. Direktívy vo forme pragma v C a C++ a komentáre pri programovacom jazyku Fortran, poskytujú dodatočné informácie pre prekladač o tom, ako má byť zdrojový kód vykonaný alebo optimalizovaný. Pri použití uvedených direktív môže programátor napísať kód s vysokým stupňom prenositeľnosti medzi prekladačmi a architektúrami. Takéto pragmy pre prekladač, ktoré OpenACC využíva, sú písané na vyššej úrovni kvôli jednoduchosti a prenositeľnosti, čo znamená, že výkon môže byť nižší oproti funkciám písaným na nižšej úrovni ako napríklad s použitím CUDA, kde sú dostupné optimalizačné prostriedky, ktoré však nemôžu byť použité na vyššej úrovni [5]. Záleží na rozhodnutí programátora, či zvýšenie miery prenositeľnosti je pre neho výhodnejšie za cenu nižšieho výkonu.

OpenACC definuje abstraktný výpočtový model pre akcelerátory. Tento model podporuje viac úrovní paralelizmu, ktorý sa môže objaviť na procesore, ako aj na sústave pamätí s odlišnou rýchlosťou. Cieľom tohto modelu je zabezpečiť použiteľnosť na viac ako jednu architektúru a prenositeľnosť medzi všetkými výpočtovými architektúrami dostupnými v súčasnosti, ako aj v budúcnosti [5]. Jadro OpenACC podporuje presun výpočtov z hostiteľského zariadenia na zariadenia GPGPU v prípade, že systém disponuje osadenými akcelerátormi. Uvedené zariadenia môžu mať úplne odlišnú architektúru, ako napríklad CPU hostiteľ a GPGPU akcelerátor. Tieto dve zariadenia môžu mať taktiež jeden spoločný alebo osobitný pamäťový priestor. V prípade, že dve zariadenia majú odlišné pamäte, OpenACC kompilátor analyzuje kód a spracuje prenos dát medzi hostiteľom a zariadením.

OpenACC je navrhnuté ako nezávislá platforma pre programovanie akcelerátorov. Jeden zdrojový kód môže byť skompilovaný a spustený na rôznych zariadeniach a dosahovať dobrý výkon. Jednoduchosť a prenositeľnosť, ktorú programovací model poskytuje niekedy uberá na výkone [5]. Pri prechádzaní medzi OpenACC a inými rozhraniami, ako napríklad OpenCL a CUDA, kde premenné jedného objektu sa zvyknú reprezentovať osobitne podľa toho, v ktorej pamäti sa nachádzajú, napríklad pre host_a a device_a, je dôležité si uvedomiť, že v OpenACC by mal byť takýto objekt zadefinovaný jednou premennou bez ohľadu na to, v akej pamäti sa práve nachádza z dôvodu dodržania prenositeľnosti. Ako bolo vyššie spomenuté, pri GPGPU kernel je funkcia, po zavolaní ktorej sa spustí výpočet na grafickom akcelerátore a je potrebné určiť, v koľkých vláknach, blokoch a gridoch sa má spustiť. V OpenACC sa takéto funkcie vytvárajú na to určenou pragmou kernels. Pri zavolaní uvedenej pragmy kompilátor analyzuje oblasť, v ktorej došlo k volaniu a určí cykly bezpečné pre rozparalelnenie a následne ich zrýchli. Pri analyzovaní kontroluje nezávislosť cyklov v rámci kódu, ich prípadný vplyv na ďalšie cykly.

OpenACC kompilátor si dokáže sám nastaviť hierarchiu potrebných gridov, blokov a vlákien. Keďže uvedené hodnoty sa určia až po analyzovaní kódu, napr. podľa veľkosti vektora alebo matice, sú bezpečné a majú relatívne slušný výkon. Programátor dokáže veľkosti jednotlivých prvkov nastaviť aj sám pomocou direktívy pragma. Uvedeným spôsobom dokáže optimalizovať existujúci kód, avšak menej skúsení programátori môžu mať problém, aby boli nimi určené hodnoty bezpečné voči tomu, čo sa má vykonať a dosiahnutiu požadovaného zrýchlenia programu. OpenACC kompilátor si dokáže poradiť aj s tým, ak v kóde pevne nastavíme len niektoré hodnoty a zvyšok si dopočíta sám.

Podobná direktíva pragma, ktorá slúži na rozparalelnenie cyklov sa nazýva loops. Tieto dve na pohľad podobné pragmy sú rozdielne v tom, že pri použití loops vravíme prekladaču, v ktorej časti kódu nastane paralelizácia, zatiaľ čo pragma kernels poskytuje prekladaču omnoho väčšiu voľnosť pri optimalizácií a paralelizovaní danej časti kódu. Inak povedané, pragma kernels naznačuje prekladaču, kde by mohol využiť paralelizáciu. Oba prístupy sú rovnako správne a môžu dosahovať rovnaký výkon [6]. Po ich zavolaní sa presunie výpočet na grafický akcelerátor.



Obr. 2 Priebeh vykonávania GPGPU programu
Zdroj: [6]

Skôr než sa spustia kernely je dôležité, aby sa v pamäti GPU nachádzali potrebné dáta. Ak by to tak nebolo, dostali by sme namiesto zrýchlenia mnohonásobné spomalenie spôsobené neustálym

prenosom dát medzi RAM pamäťou a grafickým akcelerátorom. V pamäti GPU alokujeme potrebné miesto pre údaje, s ktorými budeme pracovať a následne na vyhradené miesto presunieme dáta z RAM pamäte hostiteľa – presun takýmto smerom sa nazýva HostToDevice. Opakom je DeviceToHost presun, kde po dokončení výpočtu na grafickom akcelerátore je zase potreba presunúť výsledky naspäť do RAM pamäte hostiteľa. OpenACC pomocou direktívy #pragma acc data definuje v kóde dátovú oblasť, v rámci ktorej sú dáta dostupné na GPU [7]. Na začiatku oblasti sa alokuje pamäť a môžu sa alebo nemusia kopírovať dáta. Na konci oblasti sa dáta zmažú, ak nepoužijeme direktívu pre presun dát do RAM pamäte. Prekladač niekedy nedokáže určiť veľkosť poľa, a preto musí byť explicitne určená [7]. V jazyku C napríklad #pragma acc data copyin(a[0:pocetPrvkov]). Uvedený príklad môžeme použiť aj v prípade, ak chceme pracovať len s určitou časťou poľa.

2 Porovnanie rýchlosti prenosu dát medzi OpenACC a CUDA

Rýchlosť prenosu údajov zohráva kľúčovú úlohu pre efektívne vykonávanie programov s použitím akcelerátorov. V tejto kapitole porovnáme tieto dva programovacie štandardy. Konkrétne sa zameriame na porovnanie rýchlosti prenosu dát medzi hlavnou pamäťou a pamäťou GPGPU s použitím CUDA a OpenACC. Na začiatku si podrobnejšie predstavíme ako funguje dátový prenos medzi hostiteľskou pamäťou a pamäťou zariadenia. Ďalej na základe programu, ktorý využíva prenos dát odmeriame dobu prenosu jednotlivých údajov a porovnáme naše dosiahnuté výsledky.

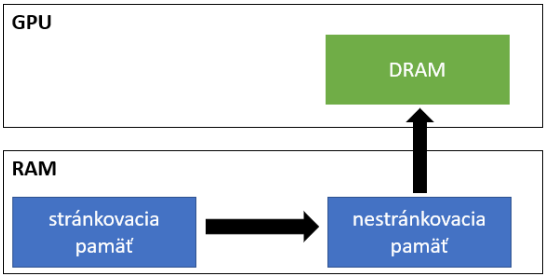
2.1 Prenos dát medzi hlavnou pamäťou RAM a pamäťou zariadenia GPGPU

Presun dát medzi hlavnou RAM pamäťou počítača a pamäťou na grafickom akcelerátore je časovo drahá operácia. Prenos z a do GPU pamäte sa vykonáva cez PCI-e (Peripheral Component Interconnect Express) zbernicu [9]. PCI-e zbernica je rozhranie, ktoré sa používa na pripojenie rozširujúcich kariet do základnej dosky počítača, v našom prípade grafickej karty. Pripojená karta prijíma a odosiela dáta prostredníctvom PCI-e liniek. V súčasnosti sa najčastejšie používa verzia PCI-Express 3.0 (PCI-e 3.0). PCI-e 3.0 linka prenáša dáta v oboch smeroch súčasne a má obojsmernú priepustnosť približne 2 GB/s (1 GB/s na jeden smer) [10]. Grafické karty majú obvykle osadených 16 takýchto liniek, čo vo výsledku dáva obojsmernú priepustnosť 32 GB/s (16 GB/s na jeden smer). Ak uvedenú hodnotu porovnáme s celkovou priepustnosťou pamäte bežne dostupnej grafickej karty Nvidia GTX 1060 192 GB/s vidíme, že dátový prenos môže ovplyvňovať celkový výkon aplikácie.

Keďže kopírovanie dát z a do GPU pamäte je najpomalším pohybom dát v rámci GPGPU počítania, je vhodné premyslieť si každý jeden prenos. Všeobecné pokyny pre prácu s dátovými prenosmi podľa [8]:

- minimalizovanie počtu dátových prenosov,
- dosiahnutie vyššej priepustnosti použitím nestránkovacej pamäte (pinned memory),
- spájanie viacerých menších prenosov do jedného väčšieho je lepšie z dôvodu ušetrenia režijných nákladov jednotlivých prenosov,
- prenos dát medzi hlavnou pamäťou a pamäťou zariadenia prekryť s výpočtom.

Alokácia pamäti na hostiteľskom zariadení je predvolene nastavená v stránkovateľnej časti pamäte, to znamená, že jednotlivé stránky môžu byť dočasne presunuté na pevný disk a na ich miesto sa nahrajú iné stránky. Takéto správanie je nevhodné v tom, že GPGPU nemá priamy prístup do takejto pamäte. Keď nastane dátový prenos z takejto pamäte do pamäte grafického akcelerátora, ovládač CUDA musí najskôr alokovať miesto v dočasne nestránkovacej pamäti, presunúť do nej dáta zo stránkovacej pamäte a až potom môže kopírovať údaje do pamäte GPGPU [8].



Obr. 3 Dátový prenos zo stránkovacej pamäte
Zdroj: [8]

Ako môžeme vidieť podľa obrázku 3, použitie stránkovacej pamäte stojí čas navyše. Programátor môže využiť priamo nestránkovateľnú pamäť, a tým zvýšiť výkon. Pri prekrývaní dátového prenosu so spustenými kernelmi neskrátime čas potrebný na prenos dát. Využijeme ho však na to, aby počas prenosu mohol grafický akcelerátor ďalej nezávisle vykonávať

výpočet. Aby to bolo možné, GPU musí podporovať takúto vlastnosť.

2.2 Praktická časť testu

Test sme vykonali na počítačovej zostave, ktorá sa skladá zo 4 jadrového procesora Intel® Xeon® Processor E3-1220 v6, grafickej karty Nvidia GeForce GTX 1080ti 11GB a veľkosťou pamäte RAM 64 GB. Výsledky sme zisťovali pomocou profileru nvprof a Visual Profiler od Nvidie.

Použili sme program na sčítanie dvoch matíc, ktoré sú reprezentované vo forme vektorov. Prvky matice sú typu double. Pri meraní nám nešlo o rýchlosť celkového výpočtu ani dobu vykonania kernelu. Zamerali sme sa na dobu prenosu dát z hlavnej RAM pamäte do pamäte grafického akcelerátora a naopak. Použili sme 2 zdrojové kódy osobitne pre CUDA a pre OpenACC. Meranie prebehlo v piatich krokoch, od veľkosti štvorcovej matice 1000 až po 10 000. Pamäť sme alokovali priamo do nestránkovateľnej pamäte, aby sme predišli nepresným výsledkom merania spôsobenými stránkovaním. V oboch programoch sme použili funkciu cudaMallocHost a na konci cudaFree na uvoľnenie pamäte. V CUDA programe bolo potrebné alokovať pamäť aj na grafickej karte pomocou funkcie cudaMalloc().

Ďalší krok bol prenos dát. V OpenACC sme použili direktívu #pragma acc data copyin (copyout). Direktíva copyin má za úlohu alokovať a preniesť dáta na grafický akcelerátor. Pragma copyout slúži na alokovanie miesta a presun dát z pamäte grafického akcelerátora do RAM pamäte. Tu môžeme vidieť prvý rozdiel medzi modelmi. V CUDA sme museli explicitne použiť funkciu na alokáciu pamäte, zatiaľ čo OpenACC implicitne alokoval miesto v pamäti. CUDA používa na kopírovanie dát funkciu cudaMemcpy, kde parameter určuje, či pôjde o HostToDevice alebo DeviceToHost prenos. Merali sme čas potrebný na HostToDevice prenos vstupných matíc A a B do pamäte GPU spolu aj jednotlivo a čas na DeviceToHost prenos výslednej matice C do pamäte RAM. Zaznamenávali sme čas od presunutia prvej časti matice až po poslednú a čistý čas kopírovania.

Podľa zistených hodnôt v tabuľke 1 môžeme konštatovať, že prenos údajov pri použití OpenACC je rovnako rýchly ako pri použití CUDA. Pri prenose z hlavnej RAM pamäte do pamäte zariadenia dosiahli oba modely zhodné časy. Pri opačnom prenose, teda z pamäte zariadenia do pamäte RAM programovací jazyk CUDA dosiahol o 5% lepšie výsledky, čo nepredstavuje významný rozdiel.

Na začiatku testu sme chceli merať aj čas medzi prenosom prvej a druhej matice a zistiť tak réžiu potrebnú pri zmene prenášaných dát. Po uskutočnení testu sme prišli na to, že táto réžia je takmer minimálna a nemá vplyv na celkový čas prenosu dát.

Tento test bol zameraný na konkrétnu časť GPGPU aplikácií a to prenos dát jednotlivými pamäťami. Výsledok je pre OpenACC veľmi dobrý, keďže prenos dát je dôležitou súčasťou GPGPU počítania a zároveň najpomalším miestom počas toku dát. Na záver môžeme potvrdiť, že celkový výkon OpenACC oproti CUDA nie je obmedzený prenosom dát.

3. Algoritmu násobenia matíc s optimalizáciou prenosu údajov

Pre porovnanie sme si vybrali algoritmus násobenia matíc s optimalizáciou prenosu údajov, ktorý bol implementovaný podľa práce [11]. Základom algoritmu je rozdelene matíc v prvom kroku na podmatice podľa schémy používanej v Strassenovom algoritme pre násobenie matíc. Časová zložitosť uvedeného algoritmu je $O(n^{\lg 7})$. Hodnota lg 7 leží niekde medzi 2,80 a 2,81, môžeme tvrdiť, že tento algoritmus je rýchlejší ako klasický spôsob násobenia. Následne sú jednotlivé podmatice prenášané z hlavnej pamäte do pamäte zariadenia postupne počas vykonávania výpočtov na GPGPU, čo vedie k úspore času potrebného na prenos údajov.

3.1 Opis Strassenovho algoritmu

Postup algoritmu vyzerá nasledovne

1. Rozdelenie vstupných matíc A a B a výstupnej C na podmatice veľkosti n/2 x n/2 prostredníctvom indexovania podľa riadkov a stĺpcov s časovou zložitosťou O(1).
2. Vytvorenie 10 matíc S1, S2, ..., S10, každá o veľkosti n/2 x n/2, do ktorých sa uloží súčet alebo rozdiel matíc z prvého kroku. Všetky matice vieme vytvoriť s časovou zložitosťou O(n2).

S1 = B12 – B22
S2 = A11 + A12
S3 = A21 + A22
S4 = B21 – B11
S5 = A11 + A22
S6 = B11 + B22
S7 = A12 - A22
S8 = B21 + B22
S9 = A11 - A21
S10 = B11 + B12

3. Pomocou matíc vytvorených v krokoch 1 a 2 vypočítam sedem produktov P1, P2, .., P7, kde každá matica bude o veľkosti n/2 x n/2.

$$P1 = A11 * S1$$
$$P2 = S2 * B22$$
$$P3 = S3 * B11$$
$$P4 = A22 * S4$$
$$P5 = S5 * S6$$
$$P6 = S7 * S8$$
$$P7 = S9 * S10$$

4. Výpočet konkrétnej podmatice vo výslednej matici sčítaním alebo odčítaním produktov získaných v kroku 3.

$$C11 = P5 + P4 – P2 + P6$$
$$C12 = P1 + P2$$
$$C21 = P3 + P4$$
$$C22 = P5 + P1 – P3 – P7$$

4 Výsledky a diskusia

Porovnávali sme implementácie vyššie uvedeného algoritmu v CUDA a v OpenACC. Merali sme dobu potrebnú na vynásobenie 2 matíc, ktorá sa skladala z prenosu dát na grafický akcelerátor Nvidia GeForce GTX 1080ti 11GB, spustenia kernelov potrebných na výpočet a prenesenie výsledkov naspäť do pamäte RAM. Testovanie sme vykonali 10-krát so začiatkom na dimenzii matice 1000 a každým krokom sme zvýšili dimenziu o 1000.

Po dokončení testov v tabuľke 2 sa ukázalo, že implementácia algoritmu v OpenACC dosahovala celkový výkon na úrovni 56 % oproti implementácií v CUDA. Pri posledných dvoch meraniach s rozmermi matice 9000 a 10000 bol výkon zhruba o 10% vyšší a teda približne 65%. Priebeh oboch implementácii môžeme vidieť v prílohe na obrázkoch 4 a 5.

Na násobenie podmatíc sme použili našu funkciu písanú v OpenACC, ktorá bola po rozmer matice 5000 rýchlejšia ako funkcia cublasDgemm. Najväčším spomalením implementácie OpenACC bol spôsob, akým prenáša dvojrozmerné polia, v našom prípade podmatice medzi pamäťou RAM a pamäťou grafickej karty. Prenos prebieha v cykloch a dáta sa posielajú po každom riadku a nie naraz ako v prípade CUDA a funkcie cudaMemCpy2D.

V budúcnosti by mohla byť táto implementácia upravená tak, aby pracovala s maticami uloženými vo vektoroch, ktoré - ako vieme z kapitoly 2 - dosahujú rovnakú rýchlosť prenosu.

Potvrdili sme výsledky práce [12], podľa ktorej OpenACC dosahuje približne 50 % výkon, avšak niektoré aplikácie dokážu dosiahnuť až 98 % výkonu modelu CUDA.

Záver

Cieľom článku bolo zistiť, či vysokoúrovňový programovací model OpenACC je vhodná alternatíva ku nízkoúrovňovému programovaciemu jazyku CUDA. V prvom teste zameranom na dátový prenos sme zistili, že dosahujú rovnakú rýchlosť prenosu údajov. Týmto zistením sa ukázalo, že pri programoch písaných v OpenACC nedochádza ku strate výkonu spôsobenej pomalším prenosom dát medzi pamäťou RAM a pamäťou grafického akcelerátora.

Hlavným bodom článku bolo porovnanie algoritmu násobenia matíc s optimalizáciou prenosu údajov implementovaného v oboch programovacích modeloch. Model OpenACC dosiahol približne 56% výkon oproti implementácii v CUDA.

Na záver konštatujeme, že model OpenACC je dobrá alternatíva pri GPGPU počítaní, výhodami ktorého sú široká prenositeľnosť, podpora grafických akcelerátorov od viacerých výrobcov a jednoduchosť použitia. Pridaním pár riadkov k existujúcemu sekvenčnému kódu dokážeme získať mnohonásobne vyšší výkon, spôsobený presunutím výpočtu na grafický akcelerátor a paralelizovaním programu. Cenou za jednoduchosť použitia je nižší výkon v porovnaní s programom napísaným v CUDA.

Poďakovanie

Touto cestou by som chcela poďakovať môjmu školiteľovi, RNDr. Miroslavovi Melicherčíkovi, PhD., za cenné rady a odborné vedenie.

Použitá literatúra

[1] ZHOU, B., YEH, C. ,TANG, J. 2011. GPGPU Accelerated Fast Convolution Back-Projection for Radar Image Reconstruction. Tsinghua Science & Technology. In TSINGHUA SCIENCE AND TECHNOLOGY, roč. 5, 2011, č. 16. ISSN 1007-0214, s. 256 – 263. Dostupné na internete: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6077997>

[2] MELICHERČÍK, M., PITOŇÁK, M., NEOGRÁDY, P. 2019. *Úvod do paralelného programovania.* Banská Bystrica: Belianum, Vydavateľstvo Univerzity Mateja Bela. 176 s. ISBN 978-80-557-1659-6.

[3] Using Shared Memory in CUDA C/C++ [Online] [Rok: 2013] Dostupné na internete: <https://devblogs.nvidia.com/using-shared-memory-cuda-cc>

[4] OpenACC getting started guide [Online] [Rok: 2019] Dostupné na internete: <https://www.pgroup.com/resources/docs/18.10/pdf/openacc18_gs.pdf>

[5] OpenACC Programming and Best Practices Guide [Online] [Rok: 2015] Dostupné na internete: <https://www.openacc.org/sites/default/files/inline-files/OpenACC_Programming_Guide_0.pdf>

[6] LARKIN, J., Getting Started with OpenACC [Online] [Rok: 2013] Dostupné na internete: <http://on-demand.gputechconf.com/gtc/2013/presentations/S3076-Getting-Started-with-OpenACC.pdf>

[7] OpenACC Tutorial - Data movement [Online] [Rok: 2017] Dostupné na internete: <https://docs.computecanada.ca/wiki/OpenACC_Tutorial_-_Data_movement>

[8] How to Optimize Data Transfers in CUDA C/C++ [Online] [Rok: 2012] Dostupné na internete: <https://devblogs.nvidia.com/how-optimize-data-transfers-cuda-cc/>

[9] CUDA Streams,Events and asynchronous memory copies [Online] [Rok: 2017] Dostupné na internete: <https://www.fz-juelich.de/SharedDocs/Downloads/IAS/JSC/EN/slides/cuda/09-cuda-streams-events.pdf?__blob=publicationFile>

[10] How PCI Express Works [Online] [Rok: 2005] Dostupné na internete: <https://computer.howstuffworks.com/pci-express.htm>

[11] MELICHERČÍK, M., KOVÁČ, M.: *Implementácia algoritmu násobenia matíc na GPGPU s optimalizáciou prenosu údajov*. In: Prírodovedec 2016, Zborník príspevkov zo ŠVK 2016. April 14, 2016, Banská Bystrica : FPV UMB, 2016. s. 16-27. ISBN 978-80-557-1127-0

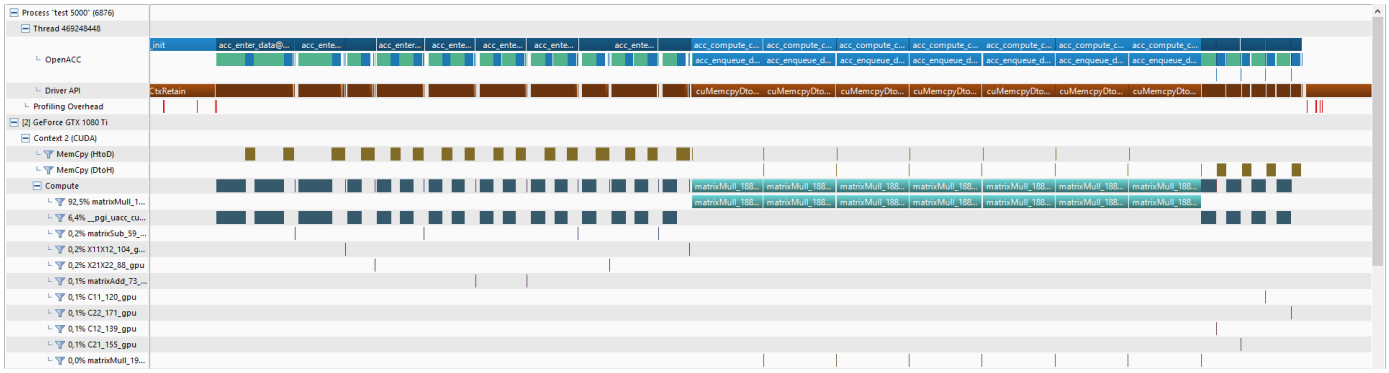
[12] HOSHINO T., MARUYAMA N., MATSUOKA S., TAKAKI R. 2013. CUDA vs OpenACC: Performance Case Studies with Kernel Benchmarks and a Memory-Bound CFD Application. 13th IEEE/ACM International Symposium on Cluster, Cloud, and Grid Computing, Delft, roč. 2013, s. 136 – 143. 4.

Tabuľka č. 1 Výsledky merania doby prenosu dát medzi pamäťami (hodnoty v ms)

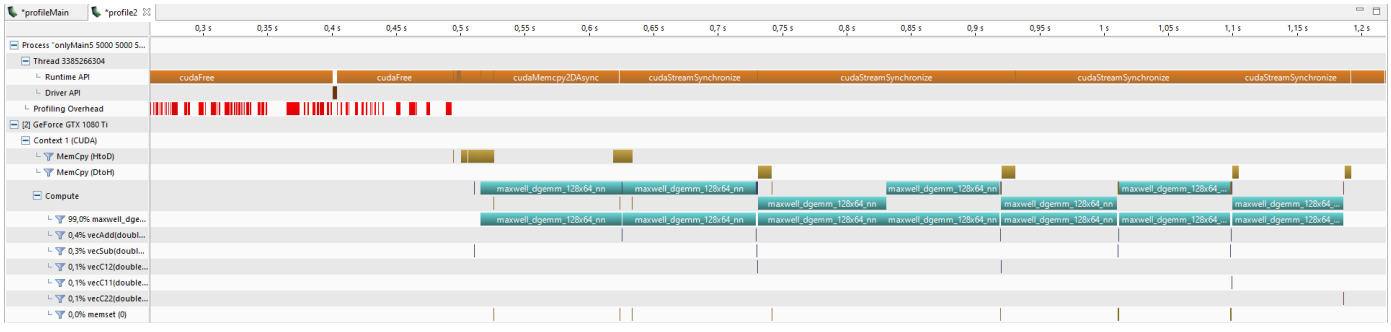
Matica	Prenos	Počet prvkov a veľkosť matice									
		1000 = 8 MB		3000 = 72 MB		5000 = 200 MB		7000 = 392 MB		10 000 = 800 MB	
		Cuda	ACC	Cuda	ACC	Cuda	ACC	Cuda	ACC	Cuda	ACC
A	HtD	0,61	0,61	5,51	5,61	15,25	15,29	29,93	30,01	61,48	61,17
B	HtD	0,61	0,62	5,53	5,53	15,29	15,36	29,94	29,97	61,10	61,24
A+B prenos	HtD	1,22	1,23	11,03	11,14	30,54	30,65	59,87	59,98	122,58	122,41
A+B	HtD	1,27	1,26	11,09	11,15	30,61	30,66	59,95	59,99	122,60	122,42
C	DtH	0,60	0,63	5,41	5,70	15,00	15,72	29,71	30,77	62,71	62,87

Tabuľka č. 2 Porovnanie výkonu implementácií algoritmu násobenia matíc (hodnoty v sekundách)

Rozmer matice	1000	2000	3000	4000	5000	6000	7000	8000	9000	10000
CUDA	0,20	0,26	0,37	0,55	0,94	1,30	1,98	2,75	3,81	5,17
OpenACC	0,33	0,45	0,78	1,24	1,83	2,54	3,30	4,70	5,94	7,93



Obr. 4 Profil algoritmu násobenia matíc pomocou OpenACC
Zdroj: Vlastný obrázok



Obr. 5 Profil algoritmu násobenia matíc pomocou CUDA
Zdroj Vlastný obrázok

Využitie Raspberry Pi na spracovanie obrazu

Using Raspberry Pi for image processing

Branislav Kysucký [1]
Školiteľ: Martin Vozár [2]
[1,3]Katedra informatiky, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra,
[1] branislav.kysucky@student.ukf.sk, [2]mvozar@ukf.sk

Abstrakt
V práci sa venujeme problematike zameranej na detekciu ľudskej tváre v obraze. Detekcia a rozpoznávanie ľudskej tváre zohrávajú v dnešnej dobe dôležitú úlohu v mnohých odvetviach. V našej práci sme priniesli prehľad o najpoužívanejších metódach a ich algoritmoch. V nasledujúcej praktickej časti sme na základe teoretického rozboru implementovali detektor Viola-Jones na mikropočítač Raspberry Pi s využitím programovacieho jazyka Python a knižníc OpenCV. V praxi ide o najpoužívanejšiu metódu na detekciu tváre v reálnom čase, čo bolo aj dôvodom zamerať sa najmä na tento algoritmus. Vytvorili sme komplexnú aplikáciu, ktorá po detegovaní aj rozpoznávala ľudské tváre. Kľúčovou časťou na detekciu tváre bol už spomínaný algoritmus od Viola-Jones, presnejšie Haarov kaskádový klasifikátor a na trénovanie a rozpoznávanie sme použili lokálne binárne histogramy (LBP). Tento algoritmus vyniká nad ostatnými tým, že nie je citlivý na svetelné podmienky, a preto dokáže zaručiť presnejšie výsledky. V závere bol program otestovaný a vyhodnotený.
Kľúčové slová: Detekcia tváre, Rozpoznávanie tváre, Raspberry Pi, OpenCV, Python.

Abstract
The focus of the thesis is the issue of human face detection. Detection and recognition of the human face nowadays play an important role in many fields. Our thesis brings a summary about the most common methods and their algorithms. Based on the theoretical analysis, in the following practical part we implemented detector Viola-Jones to the microcomputer Raspberry Pi using the programming language Python and OpenCV libraries. Our focus on this particular algorithm was based on the consideration of it being the most used method of real-time face detection in practice. We created a complex application, which also recognized human faces after the initial detection. The key part for the face detection was before-mentioned Viola-Jones algorithm, specifically Haar cascade classifier, and for training and recognition the local binary patterns (LBP) were employed. This algorithm surpasses the others by its lack of light-sensitivity which guarantees more accurate results. The thesis' conclusion focuses on testing and evaluation of the program.
Key Words: Face Detection, Face Recognition, Raspberry Pi, OpenCV, Python.

Úvod

Problematikou detekcií tvárí a ich následným rozpoznaním sa odborníci zaoberajú už od 60. rokov 20. storočia. Detekcia tváre sa využíva ako prvotný krok pri rozpoznávaní tváre, zatiaľ čo samotné rozpoznávanie sa dá využiť v mnohých oblastiach. V súčasnosti žijeme vo vysoko technologickom prostredí. Umelá inteligencia sa stáva jedným z dôležitých technologických aspektov dnešného sveta. Detekcia a následne rozpoznávanie tváre – ako biometrická autentifikačná technika – je dôležitým aplikačným prvkom umelej inteligencie. Jej hlavnou výhodou je fakt, že na rozdiel od iných biometrických techník, ako sú prstové odtlačky, rozpoznávanie dúhovky a pod., sa nevyžaduje proces získavania osobných údajov [1].

V dnešnej dobe nie je zložité si takýto systém vytvoriť. Na testovacie účely sa často využíva mikropočítač Rasbperry Pi, ktorý bol vytvorený výhradne na komerčné a akademické účely. A tak hocikto na svete s dostatočným nadšením a dychtivosťou učiť sa nové veci môže sám vyvíjať softvér a dokonca celý integrovaný systém v reálnom čase, ktorý s modernými hardvérovými špecifikáciami je schopný spracovať obrazy. Medzi popredné výhody, ktoré zaisťuje implementácia detekcie tváre na platforme Raspberry Pi, sú menšie rozmery samotného mikropočítača, a v tej súvislosti aj ľahšia manipulovateľnosť a v poslednom rade aj nižšia cena [2].

1 Detekcia tváre

Detekcia tváre nám určuje pozíciu tváre v obraze. Ide o rozvíjajúce sa smerovanie rozpoznávania vzoriek a kľúčovú technológiu pri získavaní informácií o ľudskej tvári. Primárnym cieľom algoritmov detekcie tváre je

určiť, či sa v obraze nachádza tvár, alebo nie. Revolúcia v tejto oblasti nastala príchodom algoritmu Viola-Jones, ktorý prichádza s detektorom tváre v reálnom čase. Ten je schopný detegovať tváre v reálnom čase s vysokou presnosťou. Detekcia tváre je prvý a najdôležitejší krok pri rozpoznávaní tváre a používa sa na detekciu tvárí v obraze. Yang, Kriegman a Ahuja predstavili klasifikáciu metód detekcie tváre. Tieto metódy sú rozdelené do štyroch kategórií a algoritmy detekcie tváre môžu patriť do dvoch alebo viacerých skupín [3].

Tieto kategórie sú nasledovné:

- metódy založené na znalostiach,
- rysovo nemenné prístupy/invariantné rysy,
- metódy porovnávania šablón,
- metódy založené na vzhľade [4].

1.2 Metódy založené na znalostiach

Tvár sa hľadá na základe definovaných pravidiel, ktoré popisujú „typickú tvár“. Pravidlá väčšinou vyjadrujú vzťahy medzi časťami tváre. Táto metóda vyžaduje veľmi precíznu lokalizáciu a popis jednotlivých príznakov, čo vedie k nutnosti použiť zložité a robustné algoritmy. Z tohto dôvodu sa prostredníctvom týchto metód spravidla nedajú dosiahnuť požadované výsledky [5].

1.3 Rysovo nemenné prístupy/invariantné rysy

Detekcia na základe všeobecne platných rysov ľudskej tváre, ktoré nepodliehajú zmeneným podmienkam osvetlenia alebo natočeniu tváre. Tieto rysy môžu buď tvárové príznaky (oči, nos atď.), tvarová textúra, resp. farba tváre. Výhodou týchto metód je jednoduchá a rýchla implementácia s kvalitnými výsledkami [5].

1.4 Metódy porovnávania šablón

Ide o hľadanie na základe korelácie obrazu s prednastavenými šablónami, buď celej tváre, alebo jej častí. Nevýhodou tohto prístupu je nutnosť vytvoriť a mať uložené v pamäti jednotlivé šablóny, ktoré väčšinou treba vytvoriť ručne, čo je veľmi prácne a časovo náročné [5].

Táto metóda používa preddefinované alebo parametrizované tvárové šablóny na lokalizáciu alebo detekciu tvárí koreláciou medzi šablónami a vstupnými obrázkami. Ľudská tvár môže byť rozdelená medzi oči, kontúry tváre, nos a ústa. Taktiež model tváre môže byť vytvorený okrajmi len pomocou metódy detekcie okrajov. Tento prístup je síce jednoducho implementovateľný, ale nie je dostatočný na detekciu tváre. Napriek tomu boli navrhnuté deformovateľné šablóny na riešenie týchto problémov [3].

1.5 Metódy založené na vzhľade

Modely tváre sú získané učením z trénovanej množiny, ktorá obsahuje rôzne vzory tváre. Detekcia prebieha porovnávaním častí obrazu s týmto modulom. Opäť je tu nutnosť vytvoriť modely tváre, aj keď učenie väčšinou prebieha poloautomaticky. Metódami založenými na tomto prístupe sa dosahujú veľmi dobré výsledky [5]. Modely tváre sú tvorené trénovaním algoritmov, čo znamená, že pomocou algoritmov na trénovanie sa môže systém učiť, ako taká tvár vyzerá. Metódy založené na vzhľade preukázali vynikajúci výkon v porovnaní s ostatnými. Dokázali detegovať tváre pri rôznych pózach a rotáciách. Až doteraz má detektor tváre Viola-Jones najväčší vplyv na výskum detekcie tváre počas uplynulého desaťročia. Široko sa využíva v originálnych aplikáciách, ako sú digitálne kamery a softvér na správu digitálnych fotografií. V dnešnej dobe sa metódy založené na vzhľade zaraďujú k najúspešnejším a najviac využívaným metódam detekcie tváre [6].

1.5.1 Detektor Viola-Jones

Ide o detektor objektov pracujúci so šedo-tónovými obrazmi, ktorý sa skladá z troch základných častí: integrálneho obrazu, Haarových filtrov a klasifikačného algoritmu AdaBoost. Výhodou tohto detektora je rýchlosť, dostatočná spoľahlivosť a značná nezávislosť od osvetlenia a od veľkosti sledovaného objektu [7].

Všeobecný detekčný algoritmus je založený na výpočte informatívnych symptómov, na základe ktorých sa rozhoduje o existencii objektu v obraze. Klasifikátor je jediný perceptrón. Detektor Viola-Jones používa Haarové filtre ako príznaky. Hľadanie špecifických filtrov Haar, z ktorých sa vypočítavajú príznaky, je proces nazývaný trénovanie. Trénovanie sa uskutočňuje pomocou algoritmu AdaBoost. Tento algoritmus má schopnosť exponenciálne znižovať chybu výsledného klasifikátora a dokáže produkovať v relatívne krátkom trénovanom čase klasifikátory s veľmi malou chybou, a to aj za použitia len veľmi jednoduchých, slabých klasifikátorov. Princíp detekcie všeobecného objektu spočíva vo výbere podobrazu zo vstupného obrazu, z ktorého sú vypočítané príznaky a podobraz je klasifikovaný buď ako hľadaný objekt, alebo pozadie. Následne sa vyberajú ďalšie podobrazy, ktoré sú klasifikované až vtedy, keď sa prehľadá celý vstupný obraz. Veľkosť vybraného podobrazu zodpovedá veľkosti objektu vo vstupnom obraze. Ak chceme nájsť v obraze objekt so všeobecným

rozmerom, musíme niekoľkokrát zmeniť rozmer podobrazu detektora. Veľkosť vybraného podobrazu zodpovedá veľkosti objektu vo vstupnom obraze [8].

Ak by sme chceli zistiť z nejakého obrazu, kto sa tam nachádza a komu patrí daná tvár, museli by sme na tento cieľ použiť existujúcu procedúru, ktorá je rozdelená do troch krokov: detekcia tváre, extrakcia funkcií a rozpoznávanie tváre [9].

Existujú rôzne metódy rozpoznávania tváre. Z globálneho hľadiska ich delíme do dvoch základných skupín. Tieto skupiny sa nazývajú: metódy založené na šablónach, ktoré obsahujú niekoľko prístupov, a metódy založené na geometrii. Metódy založené na geometrických vlastnostiach extrahujú geometrické informácie z obrazov tváre. V metódach založených na šablónach/vzhľade sú funkcie buď extrahované z celej tváre, alebo zo špecifických oblastí na snímkach tváre. Z dôvodu väčšej efektívnosti je výhodnejší prístup založený na vzhľade [10].

2 Praktická časť

V práci sme využili Raspberry Pi 3 Model B+, ktorý svojím hardvérovým vybaveným patrí k tým najvýkonnejším. Ide o mikropočítač vo veľkosti kreditnej karty, ktorý zvládne základne aplikácie

Takisto sme použili modul Pi Camera, ktorý sa využíva na tvorbu videí a fotografií, ktoré sa snímajú prostredníctvom kamery.

Na vytvorenie programu sme využívali programovací jazyk Python, pretože je jednoduchý a má dobre čitateľný syntax. Verzia nášho operačného systému ho už mala primárne predinštalovaný, takisto Python je aj vysoko interaktívny, obsahuje množstvo balíčkov a knižníc. Použili sme verziu Pythonu 3.

Z knižníc sme najviac využívali OpenCV. Ide o open-source knižnicu programovacích funkcií, zameranú hlavne na počítačové videnie v reálnom čase.

2.1 Vytvorenie programu na detekciu tváre

V našom programe sme na detekciu tváre využili Haar kaskádový klasifikátor. Ako sme už v teoretickej časti spomenuli, je to efektívna metóda detekcie objektov navrhnutá Paulom Violom a Michaelom Jonesom. Ide o prístup založený na strojovom učení, kde kaskádová funkcia je vyškolená z množstva pozitívnych a negatívnych obrázkov. Potom sa používa na detekciu objektov na iných obrázkoch. Spočiatku algoritmus potrebuje veľa pozitívnych obrázkov (obrázkov tvárí) a negatívnych obrázkov (obrázky bez tvárí) na trénovanie klasifikátora. Následne musíme z neho extrahovať funkcie. Kaskádový klasifikátor načítame v našom programe ako súbor XML.

V samotnom programe na detekciu tváre využívame knižnicu cv2 a takisto aj NumPy, o ktorej sme si už písali pri inštalácii knižnice OpenCV. Následne si vytvoríme objekt na zachytávanie videa, ktorý sa nazýva *Videocapture*. Parameter v tejto metóde určuje ID zariadenia pre kameru, ktorá ma zvyčajne hodnotu 0. Tento objekt už obsahuje predpripravené metódy na prácu s video súbormi a komunikáciu s kamerou.

```
cap = cv2.VideoCapture(0)
cap.set(3,800)
cap.set(4,600)
```

Napríklad v našom prípade sme použili metódu set(int propId, double value), ktorá umožňuje nastaviť rozlíšenie obrazovky. Prvým parametrom určujeme, akú vlastnosť kamery budeme nastavovať, a druhý parameter predstavuje už samotné nastavenie veľkosti obrazovky, ktorá bude mať 800 × 600 pixelov. Pre nás to bolo najoptimálnejšie rozlíšenie, ktoré naše hardvérové vybavenie bolo schopné zvládať. Pri vyššom rozlíšení boli už farby tmavšie a obraz mierne sekal. Prvý parameter môžeme zadať ako číselné hodnoty, ktoré sú už prednastavené na hodnotách 3 a 4, a to kvôli zjednodušeniu kódu. Alebo môžeme použiť celý kód, ktorý má nasledovný tvar.

```
video_capture.set(cv2.CAP_PROP_FRAME_WIDTH,800)
video_capture.set(cv2.CAP_PROP_FRAME_HEIGHT, 600)
```

Pokiaľ nám metóda *set* vráti hodnotu *True*, tak môžeme začať pracovať s kamerou. Na zachytávanie obrázkov použijeme metódu *read*. Táto metóda kombinuje dve metódy *grab()* a *retrieve()*. Výsledkom je fakt, že metóda *grab()* nám vráti hodnotu *True* v prípade, že sa podarí úspešne zachytiť obrázok z kamery, následne sa vyvolá metóda *retrieve()*, ktorá zachytí a dekóduje obrázok, ktorý si uložíme do premennej, aby sme ho mohli následne ďalej spracovať. Na konverziu farieb používame funkciu *cv2.cvtColor (vstupný obraz, príznak)*, kde príznak určuje typ konverzie. Na konverziu šedej používame príznaky *cv2.COLOR_BGR2GRAY.* Pred použitím detektora tváre je nutné previesť zachytený obrázok do stupnice šedej, aby sa dosiahla správna citlivosť celého spektra viditeľného svetla.

Potom musíme vyvolať funkciu nášho kvalifikátora, aby sme mu mohli nastaviť niekoľko parametrov, ako napríklad mierku, počet susedov a minimálnu veľkosť detegovanej tváre. *Gray* pritom predstavuje vstupný obrázok, ktorý je v odtieňoch sivej, *scaleFactor* je

parameter, ktorý nám bude určovať, o koľko bude zmenšená veľkosť obrázka v každej mierke. Využitie to má pri vytváraní pyramídovej mierky. Ďalší parameter je *minNeighbors*, ktorý slúži na určovanie počtu susedov – tzn., koľko susedov by mal mať každý kandidátsky obdĺžnik, aby sa zachoval. Čím je vyššie číslo, tým sú nižšie falošné pozitíva. A parameter *minSize* predstavuje minimálnu veľkosť obdĺžnika, ktorú považujeme za tvár.

```
  face_function =
faceCascade.detectMultiScale(
          gray,
          scaleFactor=1.2,
          minNeighbors=5,
          minSize=(20, 20)
      )
```

Následne hľadáme tváre v obraze. Ak sa nájdu tváre, vrátia sa polohy zistených tvárí ako obdĺžnik obrázku nazývaný *Rect (x, y, w, h)*. O to sa stará nižšie uvedená funkcia, ktorá po nájdení tváre vracia polohy detegovaných tvári, ako je obdĺžnik s ľavým horným rohom (x,y), w ako šírka, a h ako jeho výška. Na vykreslenie sa používa konkrétna funkcia *rectangle,* ktorá má nasledujúce parametre *(img, pt1, pt2, color)*, pričom prvý parameter predstavuje vrchol obdĺžnika, druhý vrchol obdĺžnika oproti bodu pt1 a posledný parameter predstavuje farbu daného tvaru, ktorý sa vykresľuje.

```
for (x,y,w,h) in face_function:
cv2.rectangle(img,(x,y),(x+w,y+h),(
255,0,0),2)
roi_gray = gray[y:y+h, x:x+w]
roi_color = img[y:y+h, x:x+w]
```

Len čo dostaneme tieto miesta, môžeme vytvoriť *ROI* (nakreslený obdĺžnik) na tvár a prezentovať výsledok s funkciu *imshow()*.

2.2 Vytvorenie programu na rozpoznávanie tváre

Rozpoznávanie tváre je zložitý proces, ktorý sa skladá z troch dôležitých fáz. Prvá a tá najhlavnejšia je detekcia tváre, po detegovaní tváre sa vytvorí niekoľko obrázkov, ktoré sú uložené v datasete, respektíve v našej databáze tvárí. Druhá fáza predstavuje trénovanie našich dát a finálna tretia už prináša samotné rozpoznávanie, keď program už na základe vytvoreného datasetu, a natrénovanej množiny dokáže detegovať ľudskú tvár a následne určiť, o akú osobu ide.

2.2.1 Vytvorenie datasetu

V tejto časti pracujeme s knižnicou *cv2* a *OS*, kde posledná menovaná nám poslúži na ukladanie súborov. Rovnako, ako aj pri detekcii tváre, využívame objekt *Videocapture*, ktorý nám uľahčuje komunikáciu s kamerou. Takisto musíme znovu importovať kaskádový klasifikátor. Pri vytváraní datasetu je potrebné uložiť konkrétne ID používateľa prostredníctvom vstupu, čo nám umožňuje vykonávať nižšie uvedenú časť kódu. Vždy zapisujeme celočíselné hodnoty. Pod daným ID sa budú neskôr ukladať obrázky z nášho datasetu. Premennú počítadla inicializujeme na počiatočnú hodnotu = 0, ktorá bude slúžiť na uloženie čísla vzorky.

```
input_faceId = input('\n Zadajte ID
používateľa a stlačte <enter> ==>
')
```

Následne, ak dostaneme hodnotu *True,* tak spustíme hlavnú slučku, odoberieme 50 vzoriek z kamery a uložíme ich do svojho priečinka s názvom dataset, ktorý sme si už vytvorili manuálne. Znovu pritom využívame funkciu *rectangle,* ktorú sme si podrobne opísali pri detekcii tváre. V tejto časti využívame veľkú časť kódu z detekcie tváre a len pridáme ukladanie obrázkov z nasnímaných obrázkov na základe daného ID používateľa. Ukladáme ich do svojho adresára, o čo sa stará funkcia *imwrite*, ktorá má nasledovnú štruktúru *imwrite(filename, img[, params])*, kde filename je názov súboru, kam sa obrázok bude ukladať, img je názov obrázku, ktorý sa bude ukladať, a parameter je už konkrétny typ. Ukladáme v datasete, konkrétne ID, ale aj počet, čo v praxi znamená, že druhá snímka pre používateľa s ID 1 bude mať takýto formát 1.2.jpg.

```
cv2.imwrite("dataset/User." +
str(input_faceId) + '.' +
str(count) + ".jpg",
gray[y:y+h,x:x+w])
```

V takomto prípade by sa nám snímali obrázky donekonečna, preto je to ošetrené poslednou podmienkou, že ak *count* prekročí hodnotu 50, ukončí sa to pomocou funkcie *brake*. Počet obrázkov v datasete je ľubovoľný, ale platí pravidlo, že čím je ich viac, tým lepšie. Ak si dobre vytvoríme svoju databázu, tak program neskôr dokáže efektívnejšie rozpoznávať daných používateľov. Naša slučka je už hotová, stačí už len uvoľniť kameru a zavrieť okno pomocou metód *release()* a *destroyAllWindows()*.

2.2.2 Trénovanie

V druhej fáze nášho programu je potrebné odobrať údaje z nášho datasetu a školiteľa OpenCV. To sa vykonáva pomocou špecifickej funkcie, ktorú obsahuje OpenCV. Naším výstupom bude *.yml* súbor, ktorý sa ukladá v našom trénovanom adresári. V tejto časti sme

pracovali s viacerými knižnicami ako *cv2, NumPy, OS a PIL*, ktorá slúži na jednoduchú manipuláciu s obrázkami, napríklad, ak chceme orezať alebo zmeniť veľkosť. Trénovanie je uložené v samostatnom adresári, ktorý nesie názov trénovanie, kde sa bude ukladať náš systém rozpoznávania z obrázkov po tréningu.

Ako systém rozpoznávania budeme používať LBPH (lokálne binárne vzory histogramu), ktorý už obsahuje OpenCV. Ako aj iné klasifikátory, tak aj LBPH musí byť vyškolený. Spôsob extrakcie tohto systém rozpoznávania z obrázkov je nasledovný. Všetky časti LBPH sleduje naraz – na 9 pixelov (3 × 3), zvlášť na pixel umiestnený v strede okna. Následné porovnáva centrálnu hodnotu pixelov s hodnotou pre každého suseda pod oknom 3 × 3. Každému susednému pixelu, ktorý je väčší alebo sa rovná stredovému pixelu, nastaví svoju hodnotu 1 a pre ostatné 0. Potom prečíta upravené hodnoty pixelov, ktoré budú tvoriť binárne číslo. Následne toto číslo konvertuje na desatinné, ktoré bude obsahovať novú hodnotu stredového pixelu. V ďalšej fáze konvertuje všetky hodnoty blokov na histogram. Na záver zreťazí tieto blokové histogramy tak, aby vytvorili jeden znakový vektor pre jeden obrázok, ktorý obsahuje všetky funkcie, ktoré nás zaujímajú. Inicializovanie systému rozpoznávania a detektoru tváre vyzerá nasledovne.

```
  recognizer =
cv2.face.LBPHFaceRecognizer_create(
)
  detector =
cv2.CascadeClassifier("haarcascade_
frontalface_default.xml");
```

Teraz potrebujeme vytvoriť funkciu, ktorá nám umožní zachytávať tréningové obrázky z datasetu a tiež dostávať zodpovedajúce ID obrázka z daného názvu.

```
def getImagesAndLabels(path):
```

Vo vyššie uvedenej funkcii budeme vykonávať nasledujúce operácie. Načítavanie tréningových obrázkov z datasetu, ako to už bolo vyššie spomenuté. Taktiež potrebujeme zachytiť tváre a prislúchajúce ID z trénovaných obrázkov, pridať ich do vytvoreného poľa zoznamov identifikačných kľúčov a *faceSamples*.

Následne vytvoríme slučku obrázkov pomocou cesty obrázkov a načítame tieto obrázky a ID a priradíme ich do svojich zoznamov.

```
  for imagePath in imagePaths:
          PIL_img =
Image.open(imagePath).convert('L')
          img_numpy =
np.array(PIL_img,'uint8')
          id =
int(os.path.split(imagePath)[-
1].split(".")[1])
```

Využívame metódu *Image.open().convert()*, ktorá nám pomôže otvoriť obrázok a následne ho prekonvertovať na stupnicu šedej. Potom je potrebné premennú *PIL_img* previesť na pole NumPy. Aby sme získali ID, rozdelili sme si cestu k obrázku. Zoberieme si prvý z poslednej časti (-1), a to predstavuje názov obrázka súboru. Rozdelením dostaneme 3 tokeny v zozname "User", "Id", "SampleNumber". Aby sme získali Id, vyberieme prvý index (index začína od 0). Potom musíme použiť detektor na extrahovanie tvári a ich pridanie do zoznamu faceSamples s Id. Po skončení musíme túto hodnotu vrátiť.

```
  faces =
detector.detectMultiScale(img_numpy
)
          for (x,y,w,h) in faces:

faceSamples.append(img_numpy[y:y+h,
x:x+w])
              ids.append(id)
      return faceSamples,ids
```

Nakoniec už len stačí vyvolať túto funkciu a odoslať dáta do programu rozpoznávania z obrázkov, aby sme mohli spustiť trénovanie.

```
  faces,ids =
getImagesAndLabels(path)
  recognizer.train(faces,
np.array(ids))
  recognizer.write('trainer/trainer
.yml') # recognizer.save()
```

Metody *write()* a *save()* nám zabezpečia vytvorenie súboru na trénovanie, ktorý neskôr využijeme v poslednom programe, ktorý už bude mať na starosti samotné rozpoznávanie.

2.2.3 Rozpoznávanie

V záverečnej fáze už budeme detegovať a rozpoznávať dané tváre, ktoré sú zachytené pomocou kamery, v prípade ak už daná osoba mala svoju tvár zachytenú v datasete a následne aj vyškolenú.

Znovu využívame knižnicu *cv2*, *NumPy* a *OS*. Prvým krokom je vytvorenie systému na rozpoznávanie pomocou knižnice OpenCV a načítanie trénovaných údajov. Takisto je potrebné znovu načítať kaskádový kvalifikátor na detekciu tváre. Vpisovanie mena rozpoznanej osoby sa vykonáva pomocou funkcie *FONT_HERSHEY_SIMPLEX,* ktorá predstavuje normálnu veľkosť písma typu sans-serif. Opäť budeme využívať objekt na zachytenie videa pomocou metódy

VideoCapture(). Potrebujeme si takisto inicializovať počítadlo pre ID a vytvoriť pre-menu, do ktorého budeme ukladať mená na základe daného ID. Počítanie je nastavené od 0, čiže prvé meno v poli predstavuje hodnotu ID = *0*.

Hlavná slučka vykonáva nasledujúce kroky, ak nám metóda *set* vráti hodnotu *True*. Snímanie obrázkov z kamery, konvertovanie na stupnicu šedej, rozpoznávanie a extrahovanie obrázkov, použitie programu na rozpoznávanie ID používateľa a vloženie mena na detegovanú tvár. O to sa stará nasledujúca časť.

```
  while True:
      ret, img =cam.read()
      img = cv2.flip(img, -1)
      gray =
cv2.cvtColor(img,cv2.COLOR_BGR2GRAY
)

      face_function =
faceCascade.detectMultiScale(
          gray,
          scaleFactor = 1.2,
          minNeighbors = 5,
          minSize = (int(minW),
int(minH)),
         )
      for(x,y,w,h) in
face_function:
          cv2.rectangle(img, (x,y),
(x+w,y+h), (255,131,0), 2)
          id, confidence =
recognizer.predict(gray[y:y+h,x:x+w
])
```

Väčšinu kódu sme si vysvetlili v predchádzajúcich častiach, no teraz sa zameriame na najdôležitejšiu funkciu.

```
  id, success =
recognizer.predict(gray portion of
the face)
```

Tu program na rozpoznávanie s funkciou *predict* zoberie zachytenú časť analyzovanej tváre a uvedie, kto je na danej snímke. Pričom uvedie svoje ID a takisto aj *success* k tejto zhode.

```
  if (success < 100):
              id = names[id]
              success = "Zhoda
{0}%".format(round(success))
          else:
              id = "Neznama osoba"
              success = "
".format(round(100 - success))
```

Úspešnosť nám určuje mieru, teda nakoľko program dokázal správne identifikovať dané tváre.

3 Výsledky a diskusia

Dosiahnuté výsledky sme si interpretovali formou testovania, ktoré sa uskutočnilo automaticky vytvorením algoritmom, ktorý oznámil percentuálnu úspešnosť rozpoznania daných objektov. Veľkú časť testu zohrávalo manuálne testovanie, kde sme výsledky posudzovali subjektívne.

Po spustení nášho programu sme si najskôr vytvorili dataset pre dve osoby, ktoré sme neskôr natrénovali. Databáza tvárí v našej práci obsahovala 100 obrázkov. Tento počet si môžeme voliteľne nastaviť. Obidva datasety sme si nastavili na 50 fotografií.

Obr. 1 Výstup po detekcii a rozpoznávaní dvoch vopred natrénovaných osôb
Zdroj: Autor

Výsledkom nášho programu bolo, že rozpoznávací program rozpoznal dve tváre v reálnom čase. Urobili sme test aj s treťou osobou na fotografii, ktorá nebola natrénovaná a nemala vytvorený dataset. Takýto obrázok vyhodnotil program ako neznámu osobu, ako to môžeme vidieť na nasledujúcich screenoch z danej obrazovky.

Obr. 2 Výstup po detekcii a rozpoznávaní dvoch osôb, kde jedna osoba nie je natrénovaná
Zdroj: Autor

Pri rozpoznávaní tváre bola použitá metóda LBP (histogramy lokálnych binárnych vzorov), ktorá je

pomerné rýchla a dokáže v krátkom čase natrénovať a rozpoznať dané tváre. Samozrejme, do istej miery to bolo ovplyvnené aj tým, že naša databáza obsahuje len 50 obrázkov pre jednu osobu, ktorú sme si zadefinovali na začiatku. V oboch prípadoch bola dosiahnutá pomerne vysoká miera zhody. Tieto výsledky sú podmienené aj tým, že tvár bola nasnímaná z malej vzdialenosti, pretože pri väčšej vzdialenosti už program vyhodnocuje o niečo menšiu mieru zhody. Prvá osoba s menom Braňo dosiahla úspešnosť 85 %, druhá osoba, ktorá bola na fotografii s menom ALI, až 89 %, čo je vysoká miera zhody úspešnosti pri rozpoznávaní danej tváre. Rozdiel v úspešnosti medzi prvou a druhou skúmanou osobou spočíva v tom, že druhá osoba na fotografii bola bližšie postavená ku kamere, a preto program dokázal lepšie identifikovať danú osobu. To znamená, že aj vzdialenosť nasnímanej osoby hrá dôležitú úlohu pri rozpoznávaní ľudských tvárí. Pri detekcii detektorom Viola-Jones sa takýto problém nevyskytol, keďže tento detektor patrí medzi najspoľahlivejšie a najefektívnejšie detektory a vzdialenosť v tomto prípade nehrá významnú rolu.

Pri testovaní bolo odhalených aj niekoľko nedostatkov. Napríklad pri rozpoznávaní musí byť tvár rovnobežne s kamerou a nesmie byť zakrytá napríklad okuliarmi, pretože v tomto prípade náš program nedokáže tváre dobre rozpoznať a môže sa stať, že identifikuje nesprávnu osobu alebo danú tvár vyhodnotí ako neznámy objekt, a to aj napriek tomu, že sme si ju už predtým natrénovali. Takýto príklad môžeme vidieť na obrázku 3 v pravej časti. Občas sa stane, že daná tvár je vyhodnotená správne, no tieto informácie nie sú vždy pravdivé. Detekcia v tomto prípade prebehla v poriadku.

Obr. 3 Detekcia a rozpoznávanie tváre pri použití slnečných okuliarov
Zdroj: Autor

Testovanie ovplyvňuje aj rozličná poloha tváre. Najväčší problém pri identifikovaní tvárí z takýchto obrázkov nastal vtedy, keď boli odfotografované z profilu alebo tak, že veľká časť tváre bola zakrytá. Pri obrázkoch osôb odfotených z čelného pohľadu sa tento problém nevyskytoval.

Obr. 4 Detekcia tváre, keď je časť tváre zakrytá, alebo je odfotografovná z profilu
Zdroj: Autor

Náš použitý algoritmus deteguje tvár najmä pomocou nájdenia pixelov očí, nosa, úst, preto ak niektoré časti budú zakryté, tak algoritmus často zlyhá. Najlepším riešením na tento problém by použitie algoritmu, ktorý by bol založený na neurónových sieťach. Takéto algoritmy využívajú geometrické dáta na identifikáciu človeka.

Na nasledujúcom obrázku môžeme vidieť detekciu viacerých osôb, pri ktorých program nedokázal detegovať všetky osoby naraz.

Obr.5 Nedostatočná detekcia a falošne pozitívna detekcia na priloženej fotografií hokejistov
Zdroj: Autor

Môžeme to označiť za jeden z najväčších nedostatkov pri detekcii tvárí s využitím metódy založenej na Haarových príznakoch, pretože algoritmus nie je schopný detegovať veľké množstvo tvárí v obraze naraz. Prioritne berie tie tváre, ktoré sú bližšie postavené ku kamere. Počas testovania daného

algoritmu sme objavili aj niekoľko falošne pozitívnych detekcií, ako možno vidieť na vyššie zobrazenej fotografii viacerých osôb, keď program vyhodnotil ako tvár určitý objekt, ktorý za danú tvár považovať nemôžeme.

Záver

Algoritmy na rozpoznávanie a detekciu tváre boli dôkladne preštudované s použitím niekoľkých testov. Všetky uvedené práce boli vyhotovené v reálnom čase. Miera úspešnosti použitého algoritmu bola uvedená počas rozpoznávania tváre, miera úspešnosti bola pri rôznych obrázkoch odlišná, a to v závislosti od vonkajších faktorov. Celková miera úspešnosti pri rozpoznávaní pri priaznivých podmienkach neklesla pod 80 %. Použitý detektor od Viola-Jones zaznamenal veľmi presné výsledky v oblasti detekcie tak, ako sme to od neho očakávali. Najväčšie nedostatky boli zaznamenané len v prípade, že celé časti tváre boli zakryté určitými predmetmi. V prípade použitých okuliarov, keď boli zakryté len oči, taký problém nenastal. Nedostatky sme zaznamenali pri detekcii viacerých osôb, pretože občas program vykazoval falošne pozitívne detekcie. Tento problém v dnešnej dobe riešia neurónové siete.

Poďakovanie

Veľmi rád by som sa chcel poďakovať svojmu školiteľovi, pánovi Mgr. Martinovi Vozárovi, PhD., za jeho pomoc, odborné rady, veľkú ochotu ale hlavne čas, ktorý mi venoval počas písania mojej práce.

Použitá literatúra

[1] Mark D'Esposito, "Journal of Cognitive Neuroscience," 2018.

[2] S. Gong, Alexandra Psarrou, and S. J. McKenna, *Dynamic Vision: From Images to Face Recognition (Image Processing)*. Imperial College Pr (May 15, 2000), 2000.

[3] D. Dwivedi, "Face Detection For Beginners," 2018. [Online]. Available: https://towardsdatascience.com/face-detection-for-beginners-e58e8f21aad9. [Accessed: 01-Sep-2019].

[4] I. Kim, J. H. Shim, and J. Yang, "Face detection," *stanford*, 2014. [Online]. Available: https://web.stanford.edu/class/ee368/Project_03/Project/reports/ee368group02.pdf. [Accessed: 02-Jan-2019].

[5] J. Vlach and J. Prinosil, "Lokalizace obličeje v obraze s komplexním pozadím," *Vysoké učení technické v Brně*, 2007. [Online]. Available: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=4&ved=2ahUKEwj8zP3Zlp3gAhWEalAKHfOIDGcQFjADegQIABAC&url=http%3A%2F%2Fwww.elektrorevue.cz%2Fcz%2Fdownload%2Flokalizace-obliceje-v-obraze-s-komplexnim%2F&usg=AOvVaw3iNtMHHJrba6EYznz-aVO-. [Accessed: 02-Feb-2019].

[6] M. Chauhan and M. Sakle, *Study & Analysis of Different Face Detection Techniques*. International Journal of Computer Science and Information Technologies, 2014.

[7] J. Přinosil and M. Krolikowski, *Využití detektoru Viola-Jones pro lokalizaci obličeje a očí v barevných obrazech*. 2008.

[8] T. Malach, P. Bambuch, and J. Malach, "Detekce obličeje vobraze svyužitím prostředí MATLAB®," 2017. [Online]. Available: https://www2.humusoft.cz/www/papers/tcp11/078_malach.pdf. [Accessed: 02-Feb-2019].

[9] Wei-Lun Chao, "Face Recognition," *GICE, National Taiwan University*, 2010. [Online]. Available: http://disp.ee.ntu.edu.tw/~pujols/Face Recognition-survey.pdf. [Accessed: 23-Feb-2019].

[10] R. Hablani, N. Chaudhari, and S. Tanwani, "Recognition of Facial Expressions using Local Binary Patterns of Important Facial Parts," *International Journal of Image Processing*, 2013. [Online]. Available: http://cse.vnit.ac.in/people/narendraschaudhari/wp-content/uploads/sites/15/2014/10/028-IJIP-738-Facial-Expressions-using-Local-Binary-Patterns.pdf. [Accessed: 13-Jan-2019].

Využitie prilby EMOTIVe pre ovládanie ARDUINO UNO

Using EMOTIVe headset to control ARDUINO UNO

Anna Mandrichenko[1] – Aleksandr Mandrichenko[2]
Školiteľ: Patrik Voštinár[3]
Katedra informatiky, FPV UMB, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica,
[1] anna.mandrichenko@studenti.umb.sk, [2] aleksandr.mandrichenko@studenti.umb.sk, [3] patrik.vostinar@umb.sk

Abstrakt
Schopnosť prijímať signály elektroencefalogramu (EEG) z mozgu otvorila ďalšie vyhliadky na použitie tejto technológie na riadenie externých zariadení. To bolo umožnené vďaka počítačovým rozhraniam (BCI), ktoré dokážu zachytiť signály generované fyzikálnymi procesmi v mozgu a konvertovať ich na rôzne príkazy.

V našej práci sme sa rozhodli demonštrovať interakciu medzi človekom a strojom pomocou moderných zariadení na rozpoznávanie mozgových signálov, konkrétne EMOTIV EPOC a EMOTIV INSIGHT, a pomocou dosky vytvorenej spoločnosťou ARDUINO.

Hlavným cieľom práce je vývoj aplikácie, ktorá dokáže prijímať a spracovávať informácie získané zo zariadení EMOTIV a používať ich na ovládanie dosky ARDUINO. Táto aplikácia umožňuje používateľovi ovládať zariadenia s vopred vyškolenými mentálnymi príkazmi.

Kľúčové slová: EEG, BCI, EMOTIV EPOC, EMOTIV INSIGHT, ARDUINO

Abstract
The ability to receive electroencephalogram (EEG) signals from the brain has opened up further prospects for using this technology to control external devices. This was made possible by computer interfaces (BCI), which can capture signals generated by physical processes in the brain and convert them into various commands.

In our work, we decided to demonstrate human-machine interaction using modern brain signal recognition devices, namely EMOTIV EPOC and EMOTIV INSIGHT, and a board created by ARDUINO.
The main goal of the work is to develop an application that can receive and process information obtained from EMOTIV devices and use them to control the ARDUINO board. This application allows the user to control devices with pre-trained mental commands.

Key Words: EEG, BCI, EMOTIV EPOC, EMOTIV INSIGHT, ARDUINO

Úvod

V súčasnosti neinvazívne neurokomputerové rozhrania (BCI) prešli veľkým vývojom. Najobľúbenejšou oblasťou použitia rozhraní neurokomputerov v ľudskom živote je ich použitie ako nástroja na čiastočnú rehabilitáciu ľudí so zdravotným postihnutím pri interakcii s prostredím. V tejto oblasti sa uskutočnilo veľa výskumov, v ktorých sa používalo drahé lekárske vybavenie EEG, ktoré nie je vhodné na použitie v každodennom živote.

Za posledných 10 rokov sa na svetovom trhu objavilo pomerne veľké množstvo prenosných zariadení, ktoré sú schopné prijímať rôzne druhy bioelektrických signálov z ľudského tela vrátane elektroencefalografických (EEG) a prenášať ich do rôznych zariadení.

Medzi najpoužívanejšie zariadenia patria prilby od spoločnosti EMOTIVE – EPOC a INSIGHT.

1 Brain-computer interface

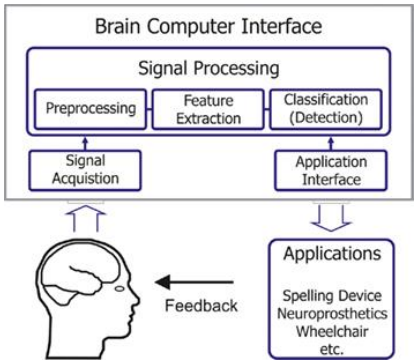
Brain-computer interface (BCI) je moderná technológia, ktorá monitoruje a interpretuje charakteristické formy elektrickej aktivity mozgu v reálnom čase a vysiela ich do pripojeného zariadenia, ktoré vydáva príkazy súvisiace s prijatými mozgovými signálmi.[1]

1.1 Ako funguje BCI?

Náš mozog je plný buniek nazývaných neuróny. Neuróny sú bunky, ktoré tvoria nervový systém, inými slovami, nervové bunky. Najdôležitejšou funkciou neurónov je prijímať informácie a prenášať ich prostredníctvom elektrických impulzov cez všetky komunikačné kanály v celom nervovom systéme. Zakaždým, keď niečo myslíme, pohneme sa, cítime alebo si pamätáme, fungujú naše neuróny. Táto práca sa vykonáva pomocou biochemických a elektrických signálov. Tieto signály je možné detegovať a interpretovať pomocou technológie elektroencefalografie (EEG). EEG dokáže čítať signály z ľudského mozgu a posielať ich do zosilňovačov. Zosilnené signály sú potom interpretované

počítačovým programom BCI, ktorý tieto signály používa na ovládanie zariadenia.[2][3]

Obrázok 1 ukazuje, ako funguje BCI: získavanie signalu → predspracovanie → extrakcia funkcií → klasifikácia (detekcia) → aplikačné rozhranie → aplikácie → spätná väzba.



Obr. 1 Schéma fungovania BCI
Zdroj: [4]

2 EMOTIVE prilby

V rámci výskumu sme mali možnosť používať dva typy prilieb od spoločnosti EMOTIV – EPOC a INSIGHT.

EMOTIV EPOC (EMOTIV System's products are the EMOTIV), ktorá je znázornená na obrázku 2, je nezaťažená BCI. Objavila sa v roku 2013. Má dve ramená elektród (arms), z ktorých každé obsahuje 9 miest (7 senzorov + 2 štandardy). Dva senzory sú už nainštalované na dvoch miestach senzorov (M1 / M2), pretože sú alternatívnymi pozíciami pre predvolené úlohy (P3 / P4). Snímače sú pasívne a mokré. Na dosiahnutie lepšieho kontaktu je potrebné navlhčenie špeciálnou tekutinou (tzv. mokré rozhranie). Zariadenie je kompatibilné so všetkými softvérovými produktmi EMOTIV. EMOTIV EPOC má dvojosí gyroskop na meranie rotácie hlavy.

Obr. 2 Prilba EMOTIV EPOC
Zdroj: [5]

Prilba EMOTIV INSIGHT, obrázok 3**,** bola uvedená na trh v roku 2015. V súčasnosti je EMOTIV INSIGHT jediným zariadením na trhu, ktoré má 5 senzorov EEG a 2 senzory, ktoré pokrývajú kľúčové oblasti mozgovej kôry: frontálny kortex (výkonné funkcie), parietálne-časové zóny (sluchové, priestorové / koordinačné funkcie) a tylový lalok (vizuálne funkcie).

Obr. 3 Prilba EMOTIV INSIGHT
Zdroj: [6]

Prístroj používa špeciálne polosuché polymérne senzory, ktoré poskytujú väčšiu elektrickú vodivosť mozgových signálov. Zariadenie je bezdrôtové a samostatné, ale batéria vydrží až 8 hodín. Vzorkovacia frekvencia dosahuje 128 Hz.

3 Softvér EMOTIVBCI

Rozhranie Brain Computer Interfaces (BCI) je systém, ktorý umožňuje ovládať zariadenia pomocou príkazov iba z mozgu bez pomoci zariadení na ovládanie, ako sú napr. myš, klávesnica, dotyková obrazovka alebo hlas. Technológia EMOTIV prevádza mozgové vlny na digitálne signály, ktoré je možné použiť na ovládanie nekonečného počtu digitálnych výstupov, ako sú hry, zariadenia IoT, komunikačné zariadenia a zvukový / vizuálny obsah. EMOTIVBCI je desktopová aplikácia pre Mac a Windows, ktorá nám umožňuje prezerať a trénovať dátové toky z prilby EMOTIV EPOC a EMOTIV INSIGHT používané pre BCI. Tieto dátové toky sú nasledujúce:

- **Mental Commands** – mentálne príkazy umožňujú ovládať pomocou konkrétnych myšlienok, ktoré sme naučili systému rozpoznať. Na každý tréningový profil môžeme trénovať až 4 príkazy s neobmedzeným počtom profilov.
- **Performance Metrics** – metriky výkonnosti umožňujú pasívnu a nepretržitú kontrolu na základe kognitívneho stavu v reálnom čase, vrátane meraní zamerania, vzrušenia, záujmu, zapojenia, stresu a relaxácie. Nevyžaduje sa žiadny výcvik.

- **Facial Expressions** – výrazy tváre spúšťajú udalosti pohybmi tváre a očí. Nevyžaduje sa žiadne školenie, môžeme však trénovať niektoré výrazy, aby boli presnejšie a prispôsobené.
- **Motion Sensors** – snímače pohybu zachytávajú pohyby hlavy, ktoré môžeme použiť na pohyb myši alebo spustenie iných príkazov.[7]

4 ARDUINO

ARDUINO je mikrokontrolér, ktorý sa používa na navrhovanie elektronických zariadení (elektronických konštruktorov), ktoré interagujú užšie s fyzickým prostredím ako štandardné osobné počítače, ktoré v skutočnosti neprekračujú virtuálnych rámec. Jedná sa o fyzickú počítačovú platformu s otvoreným zdrojovým kódom, postavenú na jednoduchej doske s moderným prostredím na písanie softvéru.

Mikrokontrolér na doske sa programuje pomocou jazyka ARDUINO (na základe programovacieho jazyka Wiring) a vývojového prostredia ARDUINO IDE (na základe prostredia Processing). ARDUINO sa používa na vytváranie elektronických zariadení so schopnosťou prijímať signály z rôznych digitálnych a analógových senzorov, ktoré sú k nemu pripojené, a na riadenie rôznych akčných členov. Projekty zariadení založené na ARDUINO môžu pracovať nezávisle alebo interagovať so softvérom v počítači (napr. Flash, Processing, MaxMSP).[8]

4.1 ARDUINO UNO R3

ARDUINO UNO R3 je momentálne narozšírenejšia verzia ARDUINO UNO so vstavaným čipom prevodníka USB CH340 USB. Obsahuje skupinu kolíkov (4x GND, 2x5 V, 2x3,3 V, 1x RX / TX, 1x SCL / SDA) a tiež vonkajšie otvory pre kolíky, ktoré umožňujú spájkovanie kolíkových konektorov.

Technické vlastnosti:

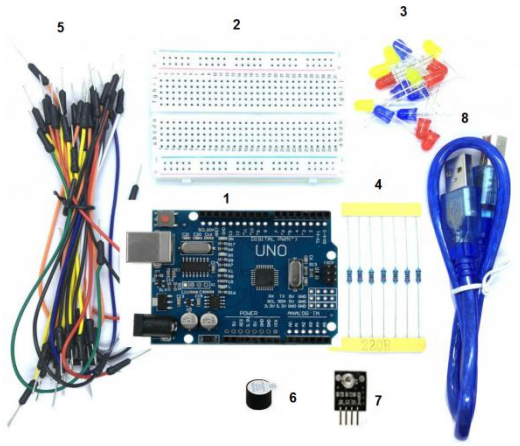
- Typ: ATmega328
- Frekvencia: 16 MHz
- Pamäť: 32KB, 0,5 KB rezervované bootloaderom
- SRAM: 2 kB
- EEPROM: 1 kB

Vstupy a výstupy:

- 14 digitálnych vstupov/výstupov
- 6 analógový vstupov

Pre túto prácu máme k dispozícií školiacu súpravu «MINI ARDUINO KIT», z ktorého budeme používať nasledujúce zariadenia (obrázok 4 zobrazuje zariadenia číslované nižšie.):

1. ARDUINO UNO, Klon
2. Breadboard 400pin
3. LED 5mm
4. Sada odporu
5. Kábliky 10 a 20 cm
6. Aktívny bzučiak
7. RGB LED
8. USB kabel



Obr. 4 Zariadenia ARDUINO, ktoré budeme používať

5 Návrh aplikácie *Control ARDUINO UNO*

Myšlienka aplikácie je jednoduchá: vyvinúť rozhranie, ktoré poskytuje ovládanie LED (dióda) a buzzer (bzučiak) na doske ARDUINO pomocou zariadení EPOC a INSIGHT. Aplikácia môže slúžiť ako základ pre ďalší výskum ovládania zariadení pomocou prilieb EMOTIVE napr. pre zdravotne postihnutých ľudí. Budeme sa riadiť tým, že používateľmi aplikácie môžu byť ľudia, ktorí sa nemôžu hýbať a nemôžu zdvíhať svaly tváre. Preto budeme na riadenie aplikácie používať iba mentálne príkazy: *Push*, *Pull*, *Left*, *Right*. Vďaka aplikácii *Control ARDUINO UNO* budú ľudia schopní ovládať svetlo LED (zapínať a vypínať) a tiež prehrávať dva druhy zvuku (jednoduchý signál a signál SOS).

Vytvorený program je napísaný v jazyku Python, vo verzii 3.6.

5.1 Použité knižnice

- **Cortex service** [1]– je knižnica, ktorú spoločnosť EMOTIV vyvinula pre prácu so svojimi zariadeniami EPOC a INSIGHT.
- **ARDUINO-python 3** [2]– je knižnica, ktorá umožňuje odosielať akékoľvek príkazy na dosku ARDUINO, pripojenú cez USB v reálnom čase.

[1] https://github.com/EMOTIV/cortex-v2-example
[2] https://pypi.org/project/ARDUINO-python3/

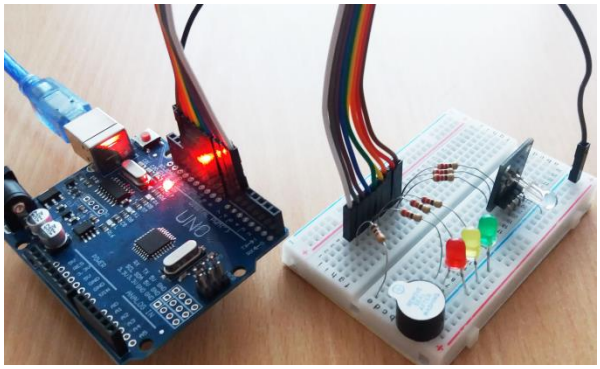
- **wxPython**[3] – knižnica pre GUI.

5.2 Schéma zapojenia ARDUINO

Na ovládanie mikrokontroléra ARDUINO musíme pripraviť (pozapájať LED, bučiak, odpor) dosku ARDUINO, tak ako je znázornené na obrázku 5 (pripojiť súčiastky na nasledovné PIN):

- bzučiak – pin č. 5
- červená LED –pin č. 7
- žltá LED – pin č. 8
- zelená LED – pin č. 9
- RGB LED – pin č. 11-13

Všetko pripojené na spoločnú zem GND (mínusový pól).



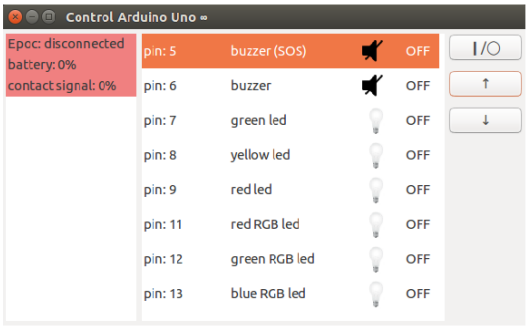
Obr. 5 Schéma zapojenia ARDUINO

5.3 Rozhranie aplikácie *Control ARDUINO UNO*

Aplikácia *Control ARDUINO UNO* má jedno hlavné okno, zobrazené na obrázku 6, ktoré obsahuje niekoľko komponentov:

- Zobrazenie informácií o stave pripojenia, nabitia batérie, úrovne signálu kontaktov zariadení EMOTIV.
- Výstup názvu signálov, ktoré sa dajú rozpoznať.
- Zoznam portov a zariadení na nich dostupných pre správu: *buzzer (SOS), buzzer, green led, yellow led, red led, red RGB led, green RGB led, blue RGB led.*
- Zoznam obrázkov zodpovedajúcich zariadení, ktoré sa menia v závislosti od stavu zariadenia.
- Stavy povoľovania zariadenia zodpovedajúce každému zariadeniu: *ON, OFF*.
- Tlačidlá na ovládanie aplikácie: zmeniť stav – «(on) **I** /(off) O», posunúť sa hore – «↑», posunúť sa nadol – «↓».

[3] https://pypi.org/project/wxPython/



Obr. 6 Rozhranie aplikácie *Control ARDUINO UNO*

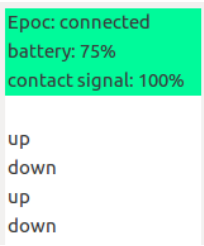
5.4 Výstup signálu zo zariadení EMOTIV

Ďalej pod čiarami o rôznych stavoch pripojeného zariadenia EMOTIV zobrazujeme názvy signálov, ktoré sme dokázali rozpoznať. Akceptujú sa hodnoty: *up, down, click, exit*.

Po naučení 4 mentálnych príkazov si programovo vyžiadame údaje z každého z týchto príkazov od softvéru EMOTIVBCI, tieto údaje pridáme do kódu a porovnávame ich s príkazmi na ovládanie aplikácii. V našom prípade ide o pohyb ovládacích tlačidiel zhora nadol a ich stlačenie.

Príkaz *exit* otvorí okno aplikácie, ktoré je o úroveň vyššie a zatvorí okno poslednej úrovne. V našom prípade má aplikácia *Control ARDUINO UNO* jednu úroveň. Preto tento príkaz uzavrie našu aplikáciu.

Pri používaní aplikácie používateľ začne mentálne reprodukovať naučené príkazy. Akonáhle je príkaz rozpoznaný aplikáciou, zapíšeme ho. Používateľ môže v aplikácii vidieť, ktorý príkaz sa vykonáva, ako je to znázornené na obrázku 7.



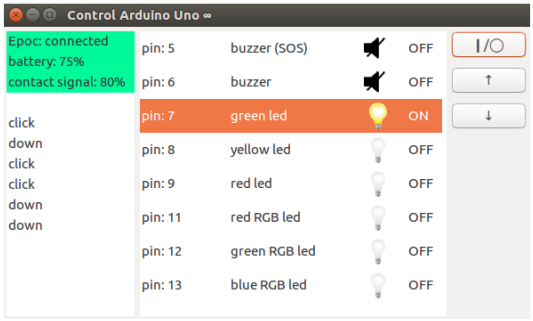
Obr. 7 Výstup signálu zo zariadení EMOTIV

5.5 Ovládanie *Control ARDUINO UNO*

Aby sme mohli spravovať pripojené zariadenia (LED a buzzer) k ARDUINO, musíme urobiť nasledujúcu postupnosť krokov:

1. Používateľ sa musí najprv naučiť 4 mentálne príkazy pomocou ktoréhokoľvek zo zariadení EMOTIV EPOC alebo EMOTIV INSIGHT.
2. Ďalej je potrebné pripojiť zariadenie EMOTIV k aplikácii *Control ARDUINO UNO*.
3. V zdrojovom kóde aplikácie porovnávame už naučené 4 mentálne príkazy, na ktoré používateľ myslí s príkazmi na ovládanie tlačidiel v aplikácii, ktoré priamo ovládajú LED a buzzer.
4. Pripojíme ARDUINO k počítaču pomocou USB.
5. Spustíme našu vytvorenú aplikáciu *Control ARDUINO UNO*.
6. Používateľ so zariadením na hlave EMOTIV si pripomína a snaží sa reprodukovať predtým naučené mentálne príkazy.
7. LED a buzzer sa zapínajú alebo vypínajú v závislosti od prijatého príkazu.

Spustená aplikácia bude vyzerať ako na obrázku 8. Vidíme, že používateľ zapol *green* LED a stav sa zmenil z OFF na ON.

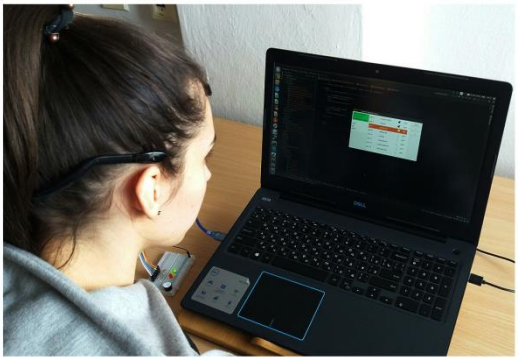


Obr. 8 Spustená aplikácia *Control ARDUINO UNO*

5.6 Testovanie

Aplikácia je určená na testovanie zariadení EMOTIV a v prípade úspechu môže byť použitá pre ľudí so zdravotným postihnutím. Žiaľ zatiaľ sme aplikáciu testovali iba na troch používateľoch. Pri dobre preškolených príkazoch pomocou zariadenia EMOTIV EPOC a EMOTIV INSIGHT sa pohyb tlačidiel pohyboval rýchlo. Obrázok 9 zobrazuje testovanie aplikácie. Na obrázku vidíme, ako používateľ testuje zariadenie EMOTIV INSIGHT na zapnutie *yellow* LED.

V prevádzke zariadení EMOTIV je nepatrný rozdiel. Keďže zariadenie EMOTIV EPOC obsahuje viac senzorov, je výcvik mentálnych príkazov rýchlejší ako tréning so zariadením EMOTIV INSIGHT. Je to spôsobené skutočnosťou, že úroveň signálu snímačov na EPOC zariadení je vyššia a počas používania sa nemení. Preto je spravovanie aplikácie pohodlnejšie so zariadením EMOTIV EPOC. Keď používame EMOTIV INSIGHT, trávime veľa času pokusmi o zlepšenie úrovne signálu zo senzorov.



Obr. 9 Testovanie aplikácie *Control ARDUINO UNO*

6 Výsledky a diskusia

Výsledkom našej práce je aplikácia, ktorá môže pomôcť ľuďom so zdravotným postihnutím mentálne ovládať pomocou zariadení EMOTIV rôzne zariadenia pripojené k mikrokontroléru ARDUINO.

Proces učenia sa mozgu je na oboch zariadeniach od značky EMOTIV rovnaký. Avšak, ako je uvedené v príspevku, zariadenie EMOTIV EPOC má viac senzorov, proces učenia je teda rýchlejší, pretože úroveň signálu je vždy v rozsahu od 80 do 100%. Oproti tomu v zariadení EMOTIV INSIGHT musíme hľadať najlepšie umiestnenie senzorov na našej hlave. Asi najväčšou nevýhodou prilby EMOTIV INSIGHT je, že počas celého tréningu môže úroveň signálu prudko klesnúť na 0%, a potom sa musíme absolvovať odznovu príkazy na vykonávanie činnosti.

Výdrž batérie na EMOTIV EPOC je približne 6 hodín práce, zatiaľ čo na EMOTIV INSIGHT je to približne iba 4 hodiny.

Pripojenie oboch zariadení k aplikácii je rovnaké z hľadiska zložitosti a času. Ak majú obe zariadenia EMOTIV vysoký signál, vynikajúco prijímajú a vysielajú signály na riadenie aplikácie. Kvalita signálu je však priamo úmerná kvalite riadenia aplikácie. Pretože zariadenie EMOTIV INSIGHT má nestabilnú úroveň signálu, ovplyvňuje to prerušenie posielania signálov do aplikácie. A to má vplyv na ovládanie aplikácie, pretože v súčasnosti nie je možné ju mentálne ovládať.

Avšak zariadenie EMOTIV INSIGHT je vďaka menšiemu počtu senzorov (má ich iba 5) lepšie nositeľná – sedí pohodlne na hlave a má menší tlak na pokožku. Vďaka tomu je hlava menej unavená a prístroj umožňuje bezbolestné používanie dlhšie.
Nasledujúca tabuľka 1 ukazuje poradie výsledkov na základe vyhodnotenia predchádzajúcich kritérií.

	EMOTIV EPOC	EMOTIV INSIGHT
Kvalita signálu snímača	80 – 100%	45 – 80%
Rýchlosť učenia príkazov	10 min	10 – 20 min
Výdrž batérie	6 hodín	4 hodiny
Rýchlosť pripojenia k aplikácii	Vysoká	Vysoká
Pohodlie na hlave	nepohodlne	komfortne

Tabuľka 1 Porovnanie zariadení EMOTIV EPOC a EMOTIV INSIGHT

Z týchto výsledkov môžeme vyvodiť záver, že medzi dvoma použitými zariadeniami EMOTIV je EMOTIV EPOC pohodlnejší na každodenné použitie.

Záver

Vďaka aplikácii, ktorá používa zariadenia EMOTIV EPOC a EMOTIV INSIGHT, je možné ovládať zariadenia ARDUINO pomocou mentálnych príkazov. Táto technológia sa dá použiť na ovládanie inteligentného domu: napríklad na ovládanie svetla, Wi-Fi, klimatizácie a ďalších zariadení. Dúfame, že táto aplikácia bude jedným z malých krokov do budúcnosti, kde bude veľa elektronických vecí - pomocníkov ovládaných silou myslenia. Vďaka tomu sa bude každá postihnutá osoba vo svojich konaniach cítiť menej bezmocné a obmedzené.

Poďakovanie

Príspevok bol spracovaný ako súčasť projektu KEGA č. 003TTU-4/2018 „Interaktívne aplikácie pre vyučovanie matematiky na základných školách.“

Použitá literatúra

[1] Picik E. N., Maksimenko V. A., Nedajvozov V. O., Chramov A. E., (2018) Školský seminár „Wave phenomena v heterogénných médiách“ (Waves-2018)., Rozhranie mozog-počítač na hodnotenie psychofyziologického stavu osoby, Mozhaysk, RF, p. 1 http://uzmu.phys.msu.ru/file/2018/6/1860404.pdf

[2] Funkcie neurónov: ako fungujú a akú úlohu vykonávajú [Citované: 27. február 2020] https://blog.cognifit.com/ru/что-такое-нейрон-функции-нейронов/

[3] The Introductory Guide to BCI (Brain-Computer Interface) [Citované: 12. Marec 2020] https://www.EMOTIV.com/bci-guide/

[4] The brain-computer interface: translating thoughts into movement) [Citované: 14. Marec 2020]http://italiaxlascienza.it/main/2016/06/linterfaccia-cervello-computer-tradurre-i-pensieri-in-movimento/

[5] EMOTIV EPOC+ [Citované: 14. Marec 2020] https://www.EMOTIV.com/EPOC/

[6] EMOTIV INSIGHT 5 Channel Mobile Brainwear [Citované: 14. Marec 2020] https://www.EMOTIV.com/product/EMOTIV-INSIGHT-5-channel-mobile-eeg/

[7] EMOTIVBCI [Citované: 15. Marec 2020] https://EMOTIV.gitbook.io/EMOTIVbci/

[8] ARDUINO.ru [Citované: 18. Marec 2020] http://ARDUINO.ru/

Vytváranie počítačovej hry v Unity3D

Creating computer game in Unity3D

Tobiáš Kubovič[1]
Školiteľ: Patrik Voštinár[2]
[1,2]Katedra informatiky, FPV UMB, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica
[1] tkubovic@studenti.umb.sk, [2] patrik.vostinar@umb.sk

Abstrakt
V dnešnej dobe už nie je neznámy fakt, že videohry zaujali plnohodnotné miesto v oblasti zábavného priemyslu. Mladšia veková kategória ľudí dokonca videohry uprednostňuje pred klasickými spôsobmi zábavy ako sú filmy alebo knihy.

Práve preto sa táto práca venuje konkrétne počítačovej hre a jej programovaniu. Táto hra bola vytvorená za pomoci vývojového prostredia Unity 3D a naprogramovaná pomocou programovacieho jazyku C#. Ide o hru, ktorá je zameraná na istú cieľovú skupinu ľudí. Táto skupina ľudí vyhľadáva extrémne náročné hry. Takýto typ hier núti hráča neustále sa zlepšovať, rozvíjať si svalovú pamäť a zlepšovať reflexy.

Hru, ktorej sa venuje táto práca, je možné prejsť len v prípade, že hráčove schopnosti (reflexy, svalová pamäť, atď.) dosiahnu konkrétnu úroveň, bez ohľadu na čas. Niekto to zvládne za hodinu, inému to zaberie hodiny.
Kľúčové slová: videohra, extrémna náročnosť, zlepšovanie schopností

Abstract
Nowadays, it is a fact well known that video games have taken a full place in the entertainment industry. The younger age category of people even prefers video games to the classic ways of entertainment such as movies or books.

Therefore, this paper takes a particular interest in a computer game and its programming. The game was created with the help of a cross-platform game engine Unity 3D and programmed using a programming language C#. The focus of the game is a particular target group of people. This group of people is interested in extremely challenging games. Such types of games force the players to constantly improve, develop their muscle memory and reflexes.

The game analysed in the paper is constructed in a way that makes it impossible for the player to pass it unless his/her skills (e.g. reflexes, muscle memory, etc.) have reached certain level, regardless of the time spent playing. Some may an hour, some a couple.
Keywords: video game, extreme difficulty, improving skills

Úvod

Programovanie počítačových hier v domácom prostredí už nie je tak zložité ako tomu bolo v minulosti. Za pomoci vývojových prostredí ako je napríklad herný engine Unity 3D a programovacích jazykov ako je C# si môže každý so základmi programovania vytvoriť vlastnú počítačovú hru.

Obsahom tejto práce je extrémne náročná, platformová počítačová hra. Platformovka, alebo plošinovka, je žáner videohry. Úlohou hráča je dostať sa z jedného miesta na druhé. Cestu mu znepríjemňujú rôzne pasce a protivníci. V niektorých hrách tohoto typu sa musí hráč protivníkom vyhýbať alebo naopak s nimi bojovať. Cestou hráč zbiera rôzne predmety, ktoré mu môžu pomôcť. Hry sú väčšinou žánrového typu arkáda – obťažnosť sa postupne stupňuje a zvyšuje sa počet prekážok [1].

V tejto práci je náročnosť zabezpečená najmä vďaka obmedzenej viditeľnosti. Príbeh hry je zasadený do neznámeho sveta, kde vyhaslo svetlo a nastala temnota. Jedno z mála svetiel, ktoré sa v tomto svete nachádzajú, vyžaruje charakter za ktorý hráč hrá. Tento charakter vyžaruje len obmedzený rádius svetla, ktorý sa navyše zmenší zakaždým, keď hráč zlyhá (umrie). Vďaka tomuto faktoru je množstvo skákačiek, ktorými táto hra disponuje, extrémne náročné a zároveň slúži k precvičovaniu krátkodobej pamäte vzhľadom na to, že hráč je nútený pamätať si pozície objektov, ktoré v tme nevidí.

Na základe rebríčkov predajnosti hier je možné si všimnúť, že počítačové hry ako aj táto hra, o ktorej je táto práca môžu mať uplatnenie nie len v oblasti zábavy, ale tak isto aj v oblasti rozvoja a vývinu.

Na obrázku 1 je zobrazená úvodná pozícia hráča po spustení hry.

Obr. 1 Úvodná pozícia hráča po spustení hry
Zdroj: Autor

1 Teoretické východiská

Pri vytváraní hry bolo použitých viacero nástrojov – herný engine Unity, aplikácia SAI na vytváranie grafiky. V tejto kapitole budú opísané teoretické východiská potrebné pre vytváranie tejto hry.

1.1 Engine

Je to softvérový „framework“ navrhnutý na tvorbu hier. V princípe je to balík programov a súborov, ktoré hovoria ako sa má hra za daných okolností správať. Základné funkcie väčšinou zahŕňajú „renderovací engine“ slúžiaci na vykresľovanie a konverziu objektov do scény spoločne s osvetlením a inými nastaveniami, „engine“ pre počítanie fyziky, detekciu a odozvu kolízie, zvuky, animácie, umelú inteligenciu, správa pamäte, sieť a ostatné, aby sa tvorca mohol sústrediť na obsah hry a neriešiť interné zákonitosti. Každý „engine“ je niečím iný, žiaden neobsahuje rovnaký kód, či „herné zákony“ [2].

1.2 Herné vývojové prostredie

Ide o špecializované integrované vývojové prostredie pre tvorbu video hier, ktoré poskytuje množstvo prvkov, funkcií a nástrojov pre prácu umiestnených v grafickom používateľskom rozhraní. Mnohé herné vývojové prostredia sú prispôsobené aby pracovali s jedným špecifickým „enginom“. V podstate je to program pre tvorbu hier s vlastnými špecifikáciami, nie moc odlišný od iných programov. Avšak niektoré herné vývojové prostredia ako napríklad Unity majú zakomponovaný „engine“ priamo v sebe [2].

1.3 Unity

Unity je unikátny multiplatformový nástroj pre efektívnu tvorbu hier a interaktívnych aplikácii, kombinujúci v sebe oceňovaný Unity „engine“, nástroj pre správu herného obsahu a 3D editor herného vývojového prostredia, v ktorom sa vytvára celá herná scéna. Táto kombinácia „enginu“, hry a vývojového prostredia robí z Unity nedoceniteľný nástroj pre tvorbu hier a aplikácií na rôznych platformách. Spojenie mnohých nástrojov dokopy v návrhovom prostredí a prepojenie s „enginom“ a samotnou hrou umožňuje spätnú väzbu, čím uľahčuje a zrýchľuje tvorbu vďaka spätnej reakcii po odskúšaní. Ďalšou výhodou je podpora „multiplayer“ módu, takže ani jednoduché aplikácie nie sú obmedzené jedným hráčom, ale je možné virtuálne prostredie využívať vo väčšom počte [2].

1.4 Engine a script

„Engine“ pracuje s vymodelovanými objektmi, terénmi, svetlami, animáciami, zvukmi, rôznymi efektmi a ich programovaním. Doprogramovať je možné prakticky čokoľvek, nové vlastnosti a nastavenia objektu, posun osvetlenia v závislosti od času, rýchlosť a smer projektilov, vetra a pohyblivých objektov. Možnosti a funkčnosť aplikácie je obmedzená iba schopnosťami „developera“. Unity „engine“ sa postará o zobrazenie, počíta fyziku, prehráva zvuk v 3D scénach, aby sa tvorca mohol sústrediť na obsah aplikácie. Priamo v Unity je možné danú aplikáciu spustiť, otestovať a doladiť všetky požadované parametre [2].

1.5 SAI

SAI je nenáročná aplikácia pre maľovanie. Používateľské rozhranie umožňuje otváranie viacerých dokumentov súčasne. Práca môže byť vykonaná na samostatných vrstvách, ktoré môžu byť zoskupené a majú krycie masky. Okrem toho môžu byť vrstvy maskované ich prichytením na spodnú vrstvu [3].

2 Vytváranie hry

Potom, čo bol vybratý herný engine a nástroj na vytváranie grafiky bolo možné začať vytvárať hru v hernom engine Unity.

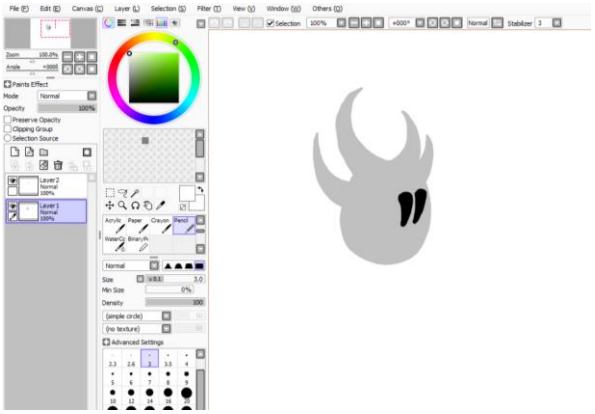
2.1 Grafický návrh

V prvom rade bolo nutné vytvoriť nejaký grafický návrh, alebo inak povedané navrhnúť ako bude hra vyzerať. Na to aby mohla práca pristúpiť k ďalšiemu kroku, muselo byť pripravených niekoľko obrázkov, ktoré by

sa použili ako takzvané „sprite“, vzhľady jednotlivých herných objektov v Unity.

Všetky tieto obrázky boli nakreslené na kresliacom tablete, v prostredí SAI.

Na obrázku 2 sa nachádza prostredie aplikácie SAI spolu s hlavou nášho „hrdinu“.

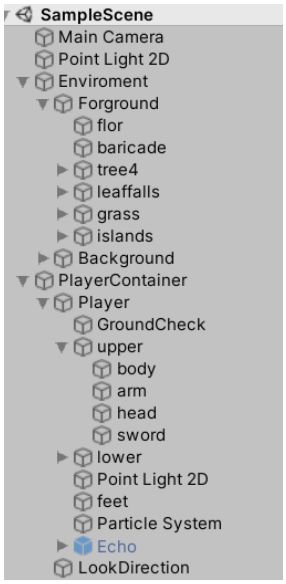


Obr. 2 Ukážka programu SAI
Zdroj: Autor

2.2 Vytváranie herných objektov v Unity

Každá jedna vec čo sa v hre nachádza, je herný objekt. Kľúčom bolo všetky objekty logicky porozdeľovať do stromov, nastaviť im takzvanú „sortinglayer“, ktorá určuje ktorý objekt bude v popredí a pridať hernému objektu „sprite“.

Na obrázku 3 je zobrazené rozdelenie objektov do stromov v našom projekte.



Obr. 3 Ukážka rozdelenia objektov do stromov
Zdroj: Autor

2.3 Level design

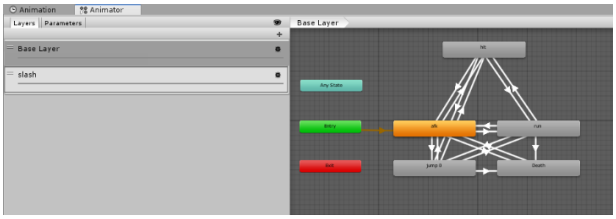
Level design je jednou z najdôležitejších vecí pri vytváraní počítačovej hry. Ide vlastne o rozmiestnenie všetkých herných objektov do herného poľa tak, aby sa docielil požadovaný efekt. V prípade tejto práce to bola extrémna náročnosť dokončiť hru, ale zároveň muselo byť možné ju dokončiť. Tento efekt nie je možné dosiahnuť iným spôsobom ako neustále hru testovať a upravovať vzdialenosť a umiestnenie objektov.

2.4 Animácie

Vytváranie animácií sa robí priamo v Unity pomocou vstavanej funkcie. Ako je vidieť na obrázku 4, na časovú os sa naniesli body s extrémami polôh objektu. Všetky polohy medzi nimi už herný engine Unity vypočítalo automaticky.

Obr. 4 Ukážka vytvárania animácií
Zdroj: Autor

Prechody medzi jednotlivými animáciami sa nastavujú v „Animátore“, ktorý je zobrazený na obrázku 5. Tieto prechody sa potom volajú priamo v scripte.



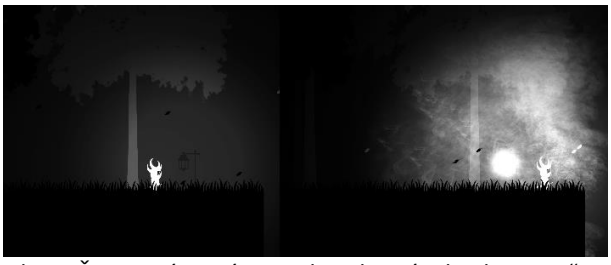
Obr. 5 Animátor
Zdroj: Autor

2.5 Particle system

Particle system alebo časticový systém funguje ako herný objekt. Z miesta, kde je umiestnený, vylučuje častice rôznej veľkosti, rôznou rýchlosťou, počas nejakej doby (obsahuje aj veľa iných nastavení).

V tejto práci bol použitý na viacerých miestach ako napríklad dym pri dosiahnutí kontrolného bodu (tzv. „checkpointu“), alebo pri porazení oponenta.

Obrázok 6 zobrazuje postavu v našej hre po dosiahnutí kontrolného bodu.



Obr. 6 Časticový systém pri dosiahnutí „checkpointu“
Zdroj: Autor

3 Programovanie scriptov

V tejto kapitole je vybratých zopár konkrétnych úsekov skriptu, ktoré sú podrobnejšie rozobraté. Kvôli rozsiahlosti programu nie je možné rozobrať celý obsah všetkých scriptov.

3.1 Dosiahnutie kontrolného bodu (tzv. „checkpointu“)

Na obrázku 7 je zobrazená metóda, ktorá sa vykoná v prípade, že nejaký iný objekt bude kolidovať s objektom kontrolného bodu. Ďalej bola použitá podmienka, ktorá kontroluje, či kolidujúci objekt sa volá „Player“, a zároveň pomocou „bool“ premennej, či sa nasledujúci kód vykonáva prvýkrát. V prípade, že podmienka platí, vykonajú sa všetky efekty a animácie aby bolo hráčovi jasné, že dosiahol kontrolný bod. Okrem toho je potrebné získať prístup do druhého scriptu(kamera) a prepísať základnú pozíciu „respawnu“ na pozíciu kontrolného bodu.

```
private void OnTriggerEnter2D(Collider2D other)
{
    if((other.tag == "Player") && CheckPointReached == false)
    {
        Particles.SetActive(true);
        animator.SetTrigger(lightHash);
        cameraScript.respawnPoint = gameObject.transform.position;
        CheckPointReached = true;
        StartCoroutine(light());
        IEnumerator light()
        {
            yield return new WaitForSeconds(1.5f);
            light2.SetActive(true);
        }
    }
}
```

Obr. 7 Zdrojový kód „checkpointu“
Zdroj: Autor

3.2 Útok nepriateľa

Zdrojový kód útoku nepriateľa funguje podobne ako predchádzajúci kód. Hlavný rozdiel je v tom, že samotný script nie je umiestnený na nepriateľovi, ale na malom objekte pred ním. Ten slúži ako detektor, či je hráč v dosahu. Ďalší rozdiel je, že kód sa môže vykonať len každých 1.5 sekundy vďaka premennej „TimeBtwAttack“, ktorá sa mení v závislosti od času a funguje ako odpočet. Samotný zásah sa uskutoční len v prípade, že hráč bude s detektorom v kolízii po dobu 0.2 sekundy. Ak by kolidoval kratšie, tak by sa nesplnila podmienka „inRange“ (hráč by sa útoku stihol vyhnúť).

Na obrázku 8 sa nachádza vytvorený zdrojový kód útoku nepriateľa.

```
void Update()
{
    TimeBtwAttack -= Time.deltaTime;
}

private void OnTriggerEnter2D(Collider2D other)
{
    if ((other.tag == "Player") && TimeBtwAttack <= 0)
    {
        animatorEnemy.SetTrigger(enemyslashHash);
        inRange = true;
        TimeBtwAttack = StartTimeBtwAttack;
        StartCoroutine(wait());
        IEnumerator wait()
        {
            yield return new WaitForSeconds(0.2f);
            if (inRange == true)
            {
                player.transform.parent.transform.position = cameraScript.respawnPoint;
                animatorCamera.SetTrigger(respawnHash);
            }
        }
    }
}

private void OnTriggerExit2D(Collider2D other)
{
    if (other.tag == ("Player"))
    {
        inRange = false;
    }
}
```

Obr. 8 Zdrojový kód útoku nepriateľa
Zdroj: Autor

Obrázok 9 zobrazuje, ako vyzerá útok hráča.

Obr. 9 Útok hráča
Zdroj: Autor

3.3 Úhyb hráča

Úhyb hráča („dash“) je schopnosť vďaka ktorej je možné sa dostať na miesta, kde by sa za použitia obyčajného skoku nebolo možné dostať. Zároveň môže slúžiť na úhyb pred útokom nepriateľa.

Kód zobrazený na obrázku 10 začína podmienkou, ktorá kontroluje či bolo stačené príslušné tlačidlo alebo či kód ešte neprebieha z minulého spustenia. Následne bude vykonávať časť „else“ až dovtedy, kým nevyprší čas úhybu. Ten je na začiatku väčší ako nula. Počas tohto úhybu sa hráč bude posúvať v smere v akom je otočený niekoľkonásobne rýchlejšie ako pri bežnom pohybe, a zároveň bude za sebou nechávať tiene (echo).

Po uplynutí času úhybu sa začne vykonávať „if“ časť kódu. V tej sa v podstate všetko vynuluje a proces môže začať odznova.

```
public void dash()
{
    if (Input.GetMouseButtonDown(1) || inDash == 1)
    {
        if (dashTime <= 0)
        {
            dashTime = startdashTime;
            rb.velocity = Vector2.zero;
            inDash = 0;
            animator.SetTrigger(dashHash);
            animatorCamera.SetTrigger(dashShakeHash);
        }
        else
        {
            inDash = 1;
            dashTime -= Time.deltaTime;
            rb.velocity = Vector2.right * dashspeed * direction;
            Echo.SetActive(true);
            GameObject instance = (GameObject)Instantiate(Echo, transform.position, Quaternion.identity);
            Destroy(instance, 0.5f);
            doublejump = 1;
            dashParticles.GetComponent<ParticleSystem>().Play();
        }
        Echo.SetActive(false);
        dashParticles.GetComponent<ParticleSystem>().Stop();
    }
```

Obr. 10 Zdrojový kód úhybu hráča
Zdroj: Autor

Na obrázok 11 je zobrazený úhyb hráča v tejto práci.

Obr. 11 Úhyb hráča
Zdroj: Autor

4 Výsledky a diskusia

Vytvorená aplikácia by mala byť v blízkej budúcnosti zverejnená na hernej platforme „Steam“ v takzvanej „beta“ verzii, z dôvodu získania spätnej väzby od hráčov po celom svete. Taktiež bude použitý štruktúrovaný dotazník. Na základe získanej spätnej väzby bude možné hru doladiť, vylepšiť a postupovať správnym smerom pri dokončovaní hry v plnú verziu.

Záver

V tomto príspevku bol opísaný vývin počítačovej hry. Takisto bol vysvetlený priaznivý účinok hrania počítačových hier takéhoto typu v zmysle rozvíjania mechanických schopností a reflexov.

Hra momentálne ešte nie je vo finálnej verzii, z toho dôvodu nie je zatiaľ nikde publikovaná. Po dokončený je v pláne jej publikácia na hernom obchode Steam, za účelom získať spätnú väzbu od hráčov po celom svete.

Poďakovanie

Rád by som poďakoval môjmu školiteľovi PaedDr. Patrikovi Voštinárovi, PhD. za cenné rady a odbornú pomoc, ktorú mi poskytol pri tvorbe tejto práce.

Použitá literatúra

[1] Plošinovka [Citované: 26. marec 2020] https://cs.wikipedia.org/wiki/Plo%C5%A1inovka
[2] UNITY 3D – TVORBA VÝUČBOVÝCH MATERIÁLOV [Citované: 24. marec 2020]. https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/11025/21446/1/Kuzelovsky.pdf
[3] Paint Tool SAI [Citované: 26. marec 2020.] https://en.wikipedia.org/wiki/Paint_Tool_SAI
[4] Blackthornprod. Blackthornprod - Youtube [Citované: 3. november 2018] https://www.youtube.com/channel/UC9Z1XWw1kmnvOOFsj6Bzy2g

Aplikácia VR Interactivity pre HTC Vive

VR Interactivity app for HTC Vive

Martin Bako
Školiteľ: Dana Horváthová
Katedra informatiky, FPV UMB, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica,
mbako@student.umb.sk, dana.horvathova@umb.sk

Abstrakt

Táto práca sa venuje vytvoreniu aplikácie virtuálnej reality, založenej na operačnom systéme Windows, ktorá využíva zariadenie HTC Vive.

Cieľom aplikácie je demonštrovať možnosti interaktivity vo virtuálnej realite. V práci je opísaný postup vytvorenia aplikácie a jej funkcionalita. Aplikácia má charakter hry, ktorá umožňuje používateľovi pohyb v rôznych virtuálnych prostrediach a umožňuje mu v nich robiť rôznorodé aktivity. Vďaka virtuálnej realite môžeme prenášať ľudí do sveta, ktorý vytvára pocit vnorenia do takmer reálneho sveta. Aplikácia sa podobne pokúša túto predstavu zrealizovať tak, aby mal hráč pocit, že sa nachádza v skutočnom svete a že dokáže robiť to, čo robí v bežnom svete.

Kľúčové slová: Windows, virtuálna realita, HTC Vive, aplikácia, interaktivita, Unreal Engine

Abstract

This work is about creating a virtual reality application based on Windows operating system that uses HTC Vive.

The aim of the application is to demonstrate the possibilities of interactivity in virtual reality. The work describes the process of creating an application and its functionality. The application has the character of a game that allows the user to navigate in different virtual environments and allow them to do a variety of activities. Thanks to virtual reality, we can bring people into a world that creates a sense of immersion in an almost real world. Similarly, the app attempts to realize this idea so that the player feels that he is in the real world and can do what he does in the normal world.

Key Words: Windows, virtual reality, HTC Vive, application, interactivity, Unreal Engine

Úvod

Vývoj techniky a pokrok v oblasti digitalizácie za posledné roky neúprosne ide vpred. Je nemožné si predstaviť, že niekto pred desiatkami rokov dokázal používať osobné počítače, ktoré boli veľké ako niekoľko miestností, telefóny, ktoré fungovali na kábel a iné vymoženosti, ktoré by táto doba priamočiaro hodila do odpadkového koša. Tieto vynálezy sú súčasťou systému riadenia štátu, inštitúcií, slúžia pre vedu, výskum, vzdelávanie, zdravotníctvo a priemysel. Okrem toho otvárajú aj nekončený priestor na vyplnenie voľnočasových aktivít. Vo voľnom čase mnohí frčia na internetových stránkach alebo využívajú rôznorodé aplikácie vo svojich osobných telefónoch, počítačoch, notebookoch, tabletoch, či herných konzolách.[5]

Momentálne v médiách rezonuje téma, ktorá sa stala fenoménom a zasiahla svetovú populáciu - virtuálnou realitou alebo aj skrátene VR. Táto fascinujúca téma bola populárna už aj v minulom tisícročí. V tejto dobe VR príslušenstvo nemalo taký výpočtový výkon, bolo gigantické, nekompaktné a teda táto myšlienka napokon upadla do zabudnutia. Tak ako plynul čas, výkon, výpočtové možnosti a prostriedky sa posunuli na takú úroveň, kedy sa táto téma opäť stala zaujímavou a aktuálnou. Veľa predajcov vytvára vlastné súpravy pre virtuálnu realitu. Tieto periférie pozostávajú z rôznych heliem, rukavíc, opaskov, bežiacich pásov, okuliarov, tenisiek, ovládačov, zbraní a podobne. Zariadenia sa stávajú čím ďalej, tým viac finančne dostupnými a teda nemá problém sa k ním dostať už aj bežný smrteľník. Otázkou pre ľudstvo teda je, ako ďaleko dokážeme zájsť? Kde je hranica skutočnosti a neskutočného sveta? Je možné vytvoriť reálne vyzerajúce virtuálne prostredie, v ktorom by mal používateľ pocit, že nedokáže rozoznať, čo je klam a čo pravda?

1 Teoretické východiská

Predtým ako sa vrhneme na tvorbu aplikácie, musíme sa oboznámiť s teoretickou problematikou a svedomito si ju naštudovať. Tieto nadobudnuté informácie, ktorými sa necháme obohatiť nám budú slúžiť ako stavebný kameň v nasledujúcich kapitolách tejto práce.

1.1 VR

Za virtuálnu realitu sa považuje prostredie, ktoré je vymodelované objektami počítača. Tie simulujú skutočnosť, do ktorej je používateľ vnorený. Vytvorené prostredie slúži k vytváraniu vizuálneho zážitku, ktorý sa zobrazuje na obrazovke počítača alebo cez špeciálne stereoskopické zariadenia. V menej častých prípadoch sú stimulované aj rôzne iné zmysly, medzi ktoré patrí sluch, hmat a čuch. Na interakciu s používateľom sa bežné využívajú periférne zariadenia počítača ako je klávesnica a myš alebo špeciálne prispôsobené zariadenia ako okuliare vytvárajúce dojem trojrozmernosti, oblečenie snímajúce pohyb a stimulujúce hmat, viackanálový zvuk a iné. Prostredie virtuálnej reality dokáže vytvoriť predstavu skutočného sveta pri nácviku boja, učení pilotovania, chytania rýb, strieľania z ručných zbraní, prípadne sa od neho výrazne líšiť pri hraní rôznych hier. Momentálnymi technickými možnosťami je skutočne veľmi náročné

Obr. 1 Virtuálna realita
Zdroj:[6]

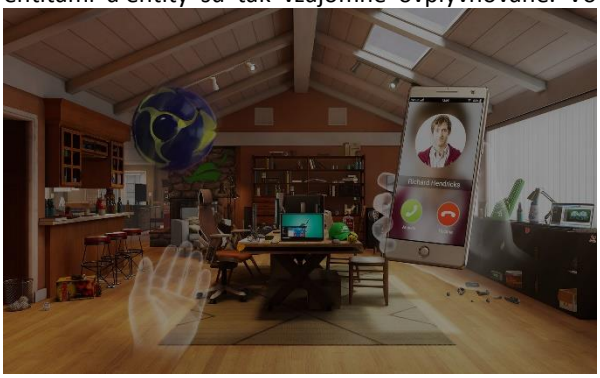
vytvoriť „skutočnú“ virtuálnu realitu. Už teraz je jasné, že časom budú tieto prekážky prekonané vďaka modernizácií a zmenšovaniu rôznych súčiastok. [2]

1.2 Unreal Engine

Unreal Engine je multiplatformový herný *engine* vyvinutý spoločnosťou Epic Games, ktorý bol prvýkrát predstavený v júni 1998 v akčnej hre z pohľadu prvej osoby Unreal. Hoci bol pôvodne vyvinutý pre hry, v ktorých sa strieľalo z pohľadu prvej osoby, dnes sa úspešne používa v rôznych herných žánroch, vrátane plošinoviek, bojových hier, MMORPG[1]a iných RPG[2]. Kód je písaný v programovacom jazyku C++ a aj vďaka tomu ponúka Unreal Engine vysoký stupeň presnosti a tento nástroj využíva veľa herných vývojárov. Najnovšia verzia, ktorá je momentálne dostupná je Unreal Engine 4, ktorá bola vydaná v roku 2014. Unreal Engine môže byť použitý na vytváranie dvojrozmerných a trojrozmerných hier, zároveň ponúka primárne skriptovacie rozhranie API v jazyku C, ako aj simulácie pre mnohé platformy ako je Windows, macOS, Linux, HTML5, iOS, Android, Nintendo Switch, Playstation 4, Xbox One atď.[1]

1.3 Interaktivita vo VR

Interaktivita alebo aj vzájomné pôsobenie je určitá závislosť medzi entitami, že pohybom jednej entity zapríčiníme pohyb druhej alebo opačne. Výsledkom je teda vzájomné pôsobenie, ktoré funguje medzi oboma entitami a entity sú tak vzájomne ovplyvňované. Vo



Obr. 2 Interaktivita
Zdroj:[7]

virtuálne realite dochádza k interakcií, keď vonkajším vplyvom docielime zmenu vo virtuálnom prostredí. Jednať sa môže o pohyb rôznych končatín, hlavy, žmurknutie a podobne. Vďaka interakcií dokážeme vo virtuálnom prostredí manipulovať s predmetmi, prostredím a podobne.

Z toho vyplýva, že za určitých podmienok môže osoba, ktorá sa nachádza vo virtuálnej realite nadobudnúť pocit, že sa nachádza v skutočnom svete. Pokiaľ sa vzhľad prostredia virtuálnej reality podobá na náš svet, fungujú tu fyzikálne zákony a pravidlá, je niekedy zložité posúdiť, čo je skutočné a čo virtuálne.

[1] Hra na hrdinov pre masy hráčov
[2] Hra na hrdinov

2 Vytvorenie aplikácie a jej testovanie

V tejto časti sa pozrieme bližšie na samotné vytváranie aplikácie, jej funkčnosť, inštaláciu a testovanie.

2.1 Projekt v Unreal Engine

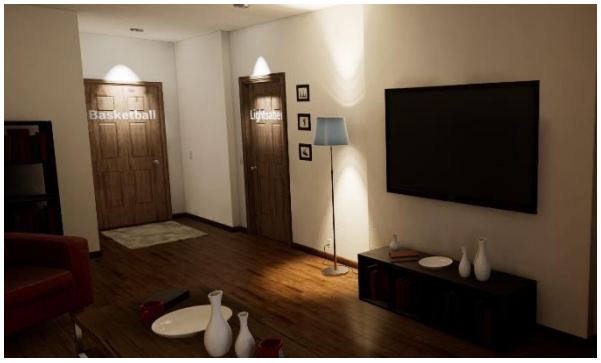
Vzhľadom na to, že som s týmto herným *enginom* v živote už párkrát pracoval, veľa vecí som už poznal. Aj napriek tomu som sa venoval samoštúdiu množstva odbornej literatúry alebo sledovaniu vzdelávacích videí. Po načerpaní vedomostí som mal požadované znalosti. Vytvoril som nový projekt, ktorý bol v 3D priestore pre virtuálnu realitu a pomenoval som ho VR Interactivity.

Toto 3D prostredie bolo možné plne ovládať a vkladať doňho objekty, meniť prostredie, svetelné podmienky, vytvárať *blueprinty*, upravovať nastavenia projektu a podobne. Pred samotným tvorením hry som musel môj novovytvorený projekt nastaviť tak, aby zodpovedal vopred zadefinovaným požiadavkám. Hlavne sa jednalo o nastavenie hardvéru na HTC Vive a operačného systému na Windows 10. Ďalej som upravil ikonku hry, ktorá sa bude zobrazovať na zariadení.

Na vytvorenie kvalitných materiálov, textúr, modelov a iných vizuálnych prvkov som využíval program pre 3D grafiku Cinema 4D R20 a Photoshop CC 2019. Následne som používal aj objekty a animácie z Mixama [3] a assety, ktoré Unreal Engine poskytuje zadarmo [4].

2.2 Prostredie

Ako prvú vec, ktorú treba vyriešiť je skonštruovanie prostredia. Tu som sa rozhodol, že vytvorím 4 rôzne prostredia, pričom každé bude zobrazovať iný svet a umožňovať iný spôsob interaktivity.



Obr. 3 Obývačka v Hong Kongu
Zdroj: autor

Prvé prostredie predstavuje herné menu. To vyzerá ako prepychový byt v Hong Kongu. Po miestnosti sa dokáže voľne pohybovať za pomoci tlačidla na hernom ovládači. Kam sa hráč pozrie, tým smerom sa bude hýbať. V miestnosti sú rôzne predmety, ktoré hráč dokáže uchopiť, položiť, prípadne ich rozbiť.

Nachádza sa tu aj trojica dverí. Po vstúpení do dverí s nápisom Volleyball sa používateľ presunie na plážový ostrov, ktorý sa nachádza v Severnom Tichom oceáne, pričom v pozadí hrá havajská hudba. Okrem volejbalového ihriska sa na plážovom ostrove nachádzajú aj dekoračné sochy, stolík a dvere na návrat do obývačky. Pomocou tlačidla na ovládači môže používateľ vytvoriť novú volejbalovú loptu, dokáže ju zodvihnúť a následne stlačením tlačidla spevniť ruku. Potom stačí iba udrieť do lopty a tak prehodiť na druhú stranu. Ak lopta preletí za sieť a dopadne na susedné ihrisko, systém udelí body za úspešné podanie. Tieto body sa zobrazia nad hracou plochou.

Obr. 4 Pláž a volejbal
Zdroj: autor

Druhé dvere s nápisom Lightsaber prenesú hráča do Jedi jaskyne na planéte Tatooine, v pozadí hrá akčná hudba. Tu sa nachádza robot, nepriateľský vojak, ktorý strieľa smerom k hráčovi. Vedľa neho sa nachádza veľký kameň s dvoma laserovými svetelnými mečmi. Hráč dokáže zobrať meč do ruky a následne stlačením tlačidla na ovládači ho zapnúť. Potom dokáže odrážať strely pomocou laserového svetelného meča. Za úspešné odrazenie sa na meči prirátajú kladné body. Farba svetla z meča môže byť rôzna a dokonca môže hráč držať aj obojstranný svetelný meč.

Posledné a tretie dvere s nápisom Basketball teleportujú používateľa do basketbalovej arény v Chicagu. Na podlahe sú rozhádzané basketbalové lopty a pred hráčom je basketbalový kôš a v pozadí hrá športová hudba ako na zápase. Hráč dokáže uchopiť loptu pomocou ovládača. Po správnom švihu, smere a správnom pustení ovládača, je možné hodiť loptu do

basketbalového koša. Ak je hod úspešný, na obrazovke sa pripíšu úspešné body.

Každé prostredie obsahuje aj dvere. Po otvorení týchto dverí sa používateľ znova vráti do obývačky v Hong Kongu.

2.3 Hráč

Hráč dokáže používať 3 druhy pohybu. Jeden poukazuje na to, ako môže virtuálna realita spôsobovať aj nevoľnosť.

Základom prvého pohybu je to, že akým smerom sa používateľ pozerá, tým smerom sa začne hýbať po stlačení tlačidla. Akonáhle otáča hlavou, smer pohybu sa mení a to môže spôsobovať aj negatívne pocity, ba až závrate, či stratu rovnováhy.

Druhý pohyb využíva pohýb rúk vedľa tela. Tento pohyb sa nazýva *swinging arm*. Princípom tohto pohybu je to, že používateľ musí pre pohyb začať hýbať rukami vedľa tela, tak ako to robí prirodzene pri chôdzi, či behu. Tým sa znižuje percentuálna šanca nevoľnosti, lebo je tento pohyb prirodzenejší ako len stáť a približovať sa nejakým smerom.

Tretí pohyb využíva teleportáciu. Hráč stlačí tlačidlo na ovládači a ovládač nasmeruje na plochu, kde by sa chcel presunúť. Tento pohyb je šetrný a nespôsobuje nevoľnosť, avšak osoba nenadobúda pocit, že by bola v skutočnom svete. Tento pohyb nie je totiž veľmi reálny.

Ako bolo spomínané, v obývačke je veľa predmetov, ktoré je možné uchopiť. Pokiaľ používateľ tieto veci hodí o zem s dostatočnou silou, môžu sa rozbiť. Každá vec sa pritom inak odráža. Napríklad lopta začne skackať, pričom, taká váza ostane rozbitá ležať na zemi. Rovnako po stlačení tlačidla na ovládači sa dá ruka v päsť a dokáže rozbiť a odraziť okolité predmety.

2.4 Inštalácia

Akonáhle všetko fungovalo, aplikáciu som skompiloval ako *standalone* a teda nie je nutná žiadna inštalácia. Jediné požiadavky sú pomerne výkonný výpočtový stroj a HTC Vive.

3. Výsledky a diskusia

Vo výsledku boli splnené všetky mnou definované požiadavky a aplikácia vyzerá podľa predstáv. Hlavné menu nevykazuje žiadne chyby, dvere prenesú hráča do príslušných úrovní, hudba hrá na pozadí, fyzikálne zákony platia ako v reálnom svete. Každá úroveň je unikátna a vernosť grafiky môže spôsobiť, že miestami človek zabudne, že sa nenachádza v skutočnom svete.

Aplikáciu VR Interactivy som dal testovať aj môjmu vernému kamarátovi Jankovi, ktorý je zanietený fanúšik virtuálnej reality a výpočtovej techniky, ktorá ho fascinuje už od útleho detstva. Po nasadení prilby bolo na ňom vidieť, že má strach. Z jeho slov možno usúdiť, že to bol jeho prvý kontakt s virtuálnou realitou a zmocnili sa ho obavy, aby mu nebolo zle alebo aby do niečoho nenarazil. Po pár minútach skúšania aplikácie svoje obavy prekonal a začal sa adaptovať s prostredím virtuálnej reality. Janko vyskúšal rôzne pohyby a sledoval ich vplyv na jeho telo. Pri teleportácií necítil nevoľnosti, ale vedel, že nie je v skutočnom svete. Pri držaní tlačidla pociťoval miernu nevoľnosť vzhľadom na pasívne telo, ktoré nič nerobilo. Najviac sa mu páčil pohyb *swinging arm,* kedy nepociťoval nevoľnosť a miestami sa cítil, že to, čo vidí je skutočné. Z miestností sa mu najviac páčil paradoxne ten so svetelnými mečmi, ktorý využíva moderné vynálezy. Po vrátení sa do normálneho sveta si potreboval Janko na chvíľu sadnúť, ale pri ďalších pokusoch už to bolo lepšie.

Obr. 5 Testovanie aplikácie
Zdroj: autor

Záver

Táto práca bola pre mňa životná výzva a o to väčšia, že som ju využil aj pri tvorbe svojej prvej bakalárskej práce. Ak by som mal všetko zhrnúť do jedného slovného spojenia, práca bola náročná. Pri tvorení aplikácie mi nestačili len poznatky zo štúdia a teda musel som preskúmať rôzne zdroje. Tie mi umožnili aplikáciu priviesť do stavu, ktorý môžem považovať za finálny.

Po zvládnutí tejto náročnej úlohy cítim, že ako človek som sa posunul niekde vpred. Nie len, že som sa naučil rôzne zaujímavé poznatky, ale rovnako prispel svojou „kvapkou“ do mora histórie ako jeden z tvorcov VR aplikácií.

Práca sa mi natoľko páčila, že už teraz viem, že týmto tento príbeh neskončí. Už v tomto momente viem, že minimálne aplikácia môže pomôcť začínajúcim tvorcom so zvládnutím problematiky. Na záver by som chcel v tvorbe VR aplikácií pokračovať a vytvoriť raz dielo, ktoré by sa stalo svetovo známe.

[1]Unreal Engine [Citované: 1. marec 2020] https://en.wikipedia.org/wiki/Unreal_Engine
[2]Virtuálna realita [Citované: 1. marec 2020] https://sk.wikipedia.org/wiki/Virtu%C3%A1lna_realita
[3]Mixamo [Citované: 1. marec 2020] https://www.mixamo.com/#/?page=1&type=Motion%2CMotionPack
[4]Unreal Engine Marketplace [Citované: 1. marec 2020] https://www.unrealengine.com/marketplace/en-US/store
[5] Študentská vedecká konferencia 2019 [Citované: 1. marec 2020] https://konferencie.ukf.sk/public/conferences/10/2019/SVK2019_zbornik_final.pdf
[6] Virtual reality [Citované: 1.marec 2020] https://www.sjpl.org/virtual-reality
[7] Interactive VR [Citované: 1.marec 2020] https://rewind.co/services/interactive-vr/

Implementácia mikrokontroléra do vzdelávania na základných a stredných školách.

Implementation of microcontroller in education at primary and secondary schools.

Roman Krnáč[1] – Martin Cápay[2]
Školiteľ: Štefan Koprda[3]
[1,2,3]Katedra informatiky, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra,
[1] roman.krnac@ukf.sk, [2] martin.capay@ukf.sk, [3] stefan.koprda@ukf.sk

Abstrakt
V nasledujúcom článku sa budeme venovať problematike programovania informatiky, konkrétne programovaniu fyzických zariadení. Predstavíme si používané fyzické Arduino, Raspberry Pi a novšie zariadenie BBC micro:bit. Uvedieme prehľad výsledkov zahraničných a domácich výskumov, ktoré boli zamerané na problematiku programovania a na základe získaných skutočností vyhodnotíme, či je v dnešnej dobe vhodnejšie používať už existujúce riešenia, ktorými sú Arduino či Raspberry Pi alebo naopak sa BBC micro:bit javí ako vhodnejšia a jednoduchšia forma vzdelávania programovania žiakov na základných a stredných školách. V článku sú vysvetlené výhody týkajúce sa programovania fyzických zariadení a jednoduché opisy zariadení Arduino, Raspberry Pi a BBC mico:bit spolu s porovnaním ich hardvérových možností.

Kľúčové slová: BBC micro:bit, physical computing, education

Abstract
In the following article we will deal with the issue of computer science programming, specifically programming of physical devices. Imagine used physical Arduino, Raspberry Pi and newer BBC micro: bit. We will give an overview of the results of foreign and domestic research, which were focused on programming issues and on the basis of the facts we evaluate whether it is better to use already existing solutions such as Arduino or Raspberry Pi or vice versa BBC micro: bit seems better form of education of pupils' programming in primary and secondary schools. The article explains the benefits of physical device programming and the simple descriptions of Arduino, Raspberry Pi, and BBC mico: bit, along with a comparison of their hardware.

Key Words: BBC micro:bit, physical computing, education

Úvod

Programovanie fyzických zariadení - Physical computing - zahŕňa návrh a realizáciu interaktívnych objektov a inštalácií a umožňuje tak študentom vyvíjať konkrétne a hmatateľné produkty v reálnom svete, ktoré vychádzajú z ich predstavivosti. Týmto spôsobom programovania sa zapája v učení študentov konštruktívny level učenia sa a umožňuje im spájať si virtuálne vnemy s hmatateľnými objektami.
Fyzické programovanie rozvíja niekoľko základných kľúčových kompetencií študentov. Patrí medzi ne- porozumenie počítačovým systémom, schopnosť presne formulovať problémy, porozumenie organizácii a analýze dát.
Na Slovensku sa programovanie na Informatike stáva v poslednej dobe negatívnym fenoménom. Zo strany žiakov je často jasný odpor voči Informatike ako predmetu a za hlavný dôvod môžeme z veľkej časti predpokladať programovanie.
V nasledujúcom článku sme sa rozhodli uviesť porovnanie aktuálne používaných zariadení ktorými sú Arduino a Raspberry Pi a BBC micro:bit. Prvé dve zo spomínaných zariadení sú na Slovensku používané na vyučovanie programovania na väčšine stredných a základných škôl.

Keďže vyučovanie programovania by podľa nášho názoru malo začínať skôr a to už na základnej škole naozaj kvalitným spôsobom, rozhodli sme sa uviesť niekoľko výsledkov výskumov zo zahraničia i zo Slovenska, ktoré podľa nás jednoznačne robia z BBC micro:bita jednu z veľmi kvalitných edukačných pomôcok.

1.1 Arduino

v roku 2005 vzniklo ako prototyp zariadenia pod rukami Massima Banziho a jeho kolegov za účelom vytvoriť jednoduchú a ľahko prístupnú platformu pre obyčajných ľudí. Keďže autori sú zástancami voľne šíriacich sa licencií softvéru a hardvéru, tak i toto zariadenie má voľne šíriteľné všetky svoje podklady [1].

Filozofiou zariadenia je podľa Cuartiellesa myšlienka, že elektroniku a jej ovládanie by sme sa mali učiť od prvého dňa používania zariadenia a nie dlhými hodinami študovania odbornej literatúry[2].

Môžeme konštatovať, že podľa slov autorov toto zariadenie bolo vytvorené hlavne pre potreby elektroniky a domácich majstrov, ktorí si radi vytvárajú vlastné produkty či zdieľajú rozsiahlejšie projekty v komunite, ktorá sa okolo Arduina časom vytvorila.

Pomocou Arduina je možné vytvárať jednoduché projekty ale i nteligentné oblečenie či ovládať 3D tlačiareň. V školách je zariadenie najčastejšie využívané ako "slave" otrok, ktorého vstupy a výstupy ovládajú zariadenia v reálnom svete[3].

Candelas a kol. [4] tvrdia, že pred vznikom samotného zariadenia boli prototypy softvéru a hardvéru príliš komplikované a nákladné. Viacero univerzít preto začalo vyvíjať vlastné lacnejšie alternatívy. Ich riešenia však neboli všeobecné a ani populárne mimo inštitúcií, kde boli používané. Arduino sa tak vďaka svojej jednoduchosti, relatívne nízkej cene a hlavne všeobecnosti začalo zavádzať vo vzdelávaní od roku 2005.

1.1 Raspberry Pi

je charitatívnou organizáciou, ktorej myšlienka stojí na udržaní výpočtového výkonu a digitálnej tvorby v rukách ľudí. Poskytuje široké spektrum produktov tak, aby bola digitálna pripojenosť v čo najväčšom spektre spoločnosti. Spoločnosť Raspberry Pi začala vytvárať vzdelávacie pomôcky a podklady na vzdelávanie z vlastnej iniciatívy, produkty sú rozšírenie v oblastiach školení, pedagogickej činnosti či domáceho kutilstva [5].

Podľa Jánošíkovej [6] je zariadenie veľmi podobné hore spomínanému Arduino. Ku jeho výhodám však zaraďuje možnosť pripojiť si pomocou portu monitor či TV a štandardné rozhranie myši a klávesnice. Programovať zariadenie je možné s predošlými vedomosťami Python či Scratch. Pomocou zariadenia je možný prístup na internet, hranie hier či pozeranie videí vo vysokom rozlíšení. Pěnkava [7] zastáva rovnaký názor a zaraďuje Raspberry medzi kvalitné edukačné pomôcky avšak poukazuje na potrebné predošlé programátorské zručnosti.

Do porovnávaní sme zariadenia zaradili na základe vlastných skúseností s programovaním fyzických zariadení na ZŠ a SŠ, jeho funkcionalite sa však venovať nebudeme.

BBC micro:bit

BBC micro:bit je mikrokontrolér, kódovateľné fyzické počítačové zariadenie navrhnuté tak, aby bolo používateľsky príťažlivé.Má vstavaný displej, tlačidlá, senzor pohybu, snímač teploty a svetla a podporuje bezdrôtovú komunikáciu. Je programovateľné pomocou počítača, notebooku alebo tabletu s webovým prehliadačom. Programovacie prostredie pozostáva z editovateľných blokov podobných Scratch-u, programovania pomocou jazyka MicroPython či JavaScript [8].

BBC [9] sa rozhodlo v roku 2016 vytvoriť edukačnú pomôcku, ktorú následne bezplatne distribuovalo po celom Spojenom kráľovstve.

Tab. 1 Porovnanie edukačných hardvérových technológií.
Zdroj: Autor

Parameter	**Arduino**	**Raspberry Pi**	**BBC micro:bit**
Procesor	ATmega328P	BCM2387B0	Nordic nRF51822
Vstavané LED	4x (1 pwm)	4x (1 pwm)	25xLED-displej
Digitálne PIN	14	26	13
Analógové PIN	6	0	3
Vstavaná BLE Anténa	Nie	Áno	Áno
Pamäť	2Kb	1Gb	16Kb
Resetovacie tlačidlo	Áno	Áno	Áno
Programovateľné tlačidlá	Nie	Nie	2x
USB port	Ano	Nie	Nie
Micro USB port	Ano	Ano	Ano
HDMI port	Nie	Ano-mini	Nie

Vstavané senzory	Nie	Nie	Ano
Programovaci jazyk.	Wiring	C, C++, Java, Python, Bash	Micro Python Javascript Blokový jazyk

Z porovnania v tabuľke vyplýva, že BBC micro:bit je z troch spomínaných a na Slovensku aktuálne najviac sa vyskytujúcich zariadení pre výučbu základov programovania najvhodnejší. Micro:bit v sebe integruje sadu senzorov okamžite použiteľných bez nutnosti zapájania hardvéru cez prepolovacie polia a káble. Jeho možnosti je však možné rozšíriť pripojením do tzv. shieldu, čím sa micro:bit stane konkurenciou aj pre Arduino.

Vďaka možnosti programovania v blokovom jazyku, ale v aj plnohodnotnom scriptovacom jazyku MicroPython, je micro:bit použiteľný na základných ale aj stredných školách. Ponúkajú sa nám možnosti tvorby jednoduchej, rýchlej hry, kde žiaci držia hardvér v dlani, ale aj možnosti tvorby komplexného automatizovaného projektu, kde micro:bit na základe vstupov so senzorov ovláda rôzne prídavné zariadenia.

BBC micro:bit vo krajinách EU

V Anglicku sa po prvom roku používania prístup učiteľov a žiakov k programovaniu výrazne zlepšil. Až 90% študentov využívajúcich micro:bit v informatike zlepšilo svoje zručnosti. Z celej výskumnej vzorky 88% respondentov súhlasilo s tým, že programovanie BBC micro:bita bolo omnoho jednoduchšie, ako si predtým mysleli. Takmer polovica respondentov (45%) chce pokračovať v štúdiu informatiky v budúcnosti. Záver výskumu dokonca zdôraznil, že záujem dievčat o programovanie sa zvýšil až o 23% v porovnaní s predchádzajúcimi hodinami, keď žiaci nepoužívali zariadenie, a na konci výskumu sa tento počet zvýšil na 70%. Učitelia tiež zaujali pozitívny postoj a až 75% učiteľov plánuje používať BBC micro:bit vo svojej triede. Z celkových výsledkov 85% respondentov uviedlo, že programovanie sa pre nich stalo oveľa atraktívnejším a 80% respondentov uviedlo, že programovanie pre nich nebolo také zložité, ako si mysleli potom čo spoznali BBC micro:bit [9].

Jedným z prvých, ktorý na Slovensko priniesol BBC micro:bit, bol Marek Mansell [10], ktorý ako jeden zo spoluzakladateľov projektu založil občianske združenie SPy o.z. a zaoberá sa programovaním hardvéru. Cieľom projektu nie je profesionalizovať všetkých študentov informatiky, ale naučiť každého aspoň základné pojmy z oblasti informatiky a elektroniky, aby ich mohli použiť pri programovaní a využívať ich v praxi. Projekt ako taký podporuje algoritmické a logické myslenie žiakov a vedie ich k sebevzdelaniu a tvorivosti. Pripravuje ich na trhovú orientáciu na základe konceptov internetu vecí alebo inteligentného mesta. Materiály, ktoré organizácia vypracovala, nie sú určené na to, aby nahrádzali súčasné učebné osnovy, ale ich obohacovali a viac zapájali žiakov, podporovali ich experimentálne a výskumné činnosti a rozvíjali zručnosti v riešení problémov v tímoch.

Jeden z niekoľkých výskumov na Slovensku, ktorý overil úroveň motivácie a autoevaluácie v programových záležitostiach, vykonali Krnáč, Klimová a Cápay [11]. Výskum uskutočnený na základnej škole kniežaťa Pribinu v Nitre, ktorý trval 12 hodín, prispel k zvýšeniu úrovne programovacích znalostí. Na základe prieskumu sme zistili, že žiaci mali radi micro:bit a chceli naďalej programovať na hodinách informatiky podľa tohto zariadenia. Samotní žiaci vyjadrili oveľa pozitívnejší postoj k vyučovaniu informatiky po tom, čo mali možnosť používať zariadenie. Samotní žiaci vyjadrili, že pociťujú oveľa lepší pocit z vedomostí informatiky a programovania.

Na maďarskej základnej škole, kde sa informatika vyučuje raz týždenne a žiaci nemali žiadne skúsenosti s programovaním BBC micro:bit sa uskutočnil výskum v roku 2018. Žiaci v nižších ročníkoch (3 až 4 ročníky) nemali žiadne skúsenosti s programovaním a vo vyšších ročníkoch (5-8 stupňov programovali pomocou Imagine a blokového programovania v Scratch jazyku. Do výskumu boli zapojení všetci študenti v škole a jediným predpokladom bola manipulácia s myšou a klávesnicou. Výsledky študentov boli zhrnuté podľa pohlavia a hľadal sa štatistický rozdiel medzi programovacími zručnosťami a pohlavím.

Podľa výsledkov Czékmana a Kisza [12] nebol žiadny významný rozdiel vo výsledkoch medzi pohlaviami (chlapci: 47,14%, dievčatá 49,79%). Postoj študentov k BBC micro: bit bol pozitívny a viac ako 90% študentov sa počas programovania „cítilo dobre“, 57% študentov považovalo programovanie za „ľahké“ a viac ako 80% študentov uviedlo, že je užitočné riešiť problémy. Vedľajším nálezom výskumu bola korelácia medzi „použitím počítača“ a pozitívnou odpoveďou vo forme „Chcem byť neskôr programátorom“.

V Severnom Írsku (NL) sa uskutočnil výskum využívania BBC micro: bitov na dvoch základných školách. Štúdia zahŕňala prácu výskumných pracovníkov, ktorí vytvorili skupiny aktivít a implementovali ich do triedy, aby mohli žiaci úspešne

dokončiť úlohy. Po ukončení aktivít boli žiaci požiadaní o spätnú väzbu vo forme dotazníka. Podľa autorov Gibsona a Bredleyho[13] je táto štúdia v tejto oblasti veľmi dôležitá, pretože sa domnievajú, že ide o jediný výskum, ktorý sa uskutočnil v NL a zamerala sa na vnímanie žiakov pomocou mikrokontroléra BBC: bit.
Výsledky, ktoré zhromaždili, zahŕňali učiteľov a žiakov z oboch základných škôl. Pred začiatkom výskumu boli zorganizované stretnutia, podľa ktorých boli dohodnuté podmienky tak, aby žiaci neboli zaťažení a ani nemali hodiny nad rámec ich rozvrhu. Žiaci ani učitelia nemali žiadne predchádzajúce skúsenosti so zariadením. Výsledkom bolo, že v prvej polovici dňa bol pre výskum stanovený časový blok medzi 9 až 12 hodinou.

Získané údaje ukazujú, že takmer všetci žiaci, ktorí sa zúčastnili na výskume, zdôraznili, aké „ľahké" je používanie BBC micro: bit, pričom len veľmi málo žiakov uviedlo, že jeho použitie je „ťažké". Zistilo sa, že použitie BBC micro: bita podporuje všeobecnú myšlienku, že zariadenie „je veľmi jednoduché a nevyvoláva v užívateľovi dojem strachu". Väčšina žiakov, ktorých sa pýtali uviedlo, že: „programovanie BBC micro:bita sa im páčilo a bavilo ich". Naopak, veľmi malá skupina respondentov tvrdí, že programovanie bolo „nudné". Takmer všetci žiaci identifikovali zariadenie ako užitočné pri riešení problémov s programovaním a boli schopní vytvoriť zadania na riešenie problémov v reálnom svete. Žiaci boli tiež schopní nadviazať spojenie medzi zariadením a predmetmi STEM, takmer všetky z nich dokázali nájsť spojenie s matematikou.

Diskusia a záver

Na základe jednoduchého porovnávania fyzických zariadení v tabuľke sme zhodnotili že v závislosti od náročnosti a obstarávacích nákladov na zariadenia je pre nás najrozumnejšou voľbou micro:bit. V súvislosti s náročnosťou sme vyhodnocovali podmienku zariadení, ktorou bolo ovládanie prídavných zariadení či už pomocou senzorov, motorčeka a pod. Zariadenie BBC micro:bit ako jediné z uvádzaných má už v základnej výbave vstavané všetky potrebné senzory, ktoré sú nevyhnutné na vyučovanie programovania na ZŠ.

Jeho ďalšou možnosťou je vytváranie programov, ktoré reagujú na aktuálne dáta získané zo svojho vlastného okolia (teplota, vlhkosť, pohyb) a vhodným spôsobom s nimi pracujú.

Aj z týchto dôvodov sme sa rozhodli, že micro:bit bude predmetom nášho záujmu a budeme sa mu venovať v našich výskumoch. Pozitívom využívania programovateľného hardvéru je možnosť prepájať ho s inými predmetmi a vytvárať medzipredmetové projekty. Táto vlastnosť nám otvára veľké možnosti v tvorbe metodík a podkladov pre nasledujúce výskumy.

Použitá literatúra

[1] Kushner (2011) The making of Arduino [Citované: 16. marec 2020] http://web.eecs.umich.edu/~prabal/teaching/resources/eecs582/kushner11arduino.pdf

[2] Cuartielles (2005) Arduino [Citované: 16. marec 2020] http://david.cuartielles.com/

[3] Sobota J., Pišl R., Balda P., Schlegel M. (2016) Raspberry Pi and Arduino in control education In: European Centre of Excellence, NTIS - New Technologies for Information, Society Faculty of Applied Sciences, University of West Bohemia in Pilsen, Czech Republic, p.7

[4] Candelas F.A., Garcia G.J., Puente S., Pomares J., Jara C.A., Pérez J., Mira D., Torres F. (2015) In: University of Alicante, Carretera de San Vicente del Raspeig, Alicante, Spain, p.105

[5] Raspberry Pi foundation [Citované: 10. marec 2020] https://www.raspberrypi.org/about/

[6] Jánošíková (2016) StartitUp [Citované: 12. marec 2020]https://www.startitup.sk/raspberry-pi-pocitac-ktory-by-mal-patrit-medzi-zakladne-skolske-pomocky/?download-ical=294931

[7] Peňkava V. (2018) Využití jednodeskových počítačů ve výuce (Bakalárska práca) Pedagogická fakulta, Univerzita Karlova, Praha

[8] Sentance S., Waite J., Hodges S., Macleod E., Yeomans L.E., (2017). Symposium on Computer Science Education: SIGCSE 2019, "Creating Cool Stuff" - Pupils' experience of the BBC micro:bit, Portland, USA, p.531

[9] BBC Media centre [Citované: 14. marec 2020] https://www.bbc.co.uk/mediacentre/latestnews/2017/microbit-first-year

[10] Učíme s hardvérom. [Citované 15. marec 2020] https://www.ucimeshardverom.sk/microbit/

[11] Krnáč R., Klimová N., Cápay M. (2019) BBC micro:bit na vyučovaní v základnej škole. Študentská vedecká konferencia, 2019, Banská Bystrica, p.436

[12] Czékmán, B., Kiss, J. (2018) European Conference on Educational Research 2018, HERJ

Hungarian Educational Research Journal: Coding without (Age)Limits? Experiences with BBC Micro: Bit in Primary School.,Debrecen, HU, p.112

[13] Gibson, S., Bradley, P. (2017) A study of Northern Ireland key stage 2 pupils' perceptions of using the BBC micro:bit in STEM education, The STeP Journal Student Teacher Perspectives. Cumbria, p.15

Matematika, Fyzika, Chémia

Triangulárne normy na špeciálnom type zväzu

Triangular norms on a special type of a lattice

Michaela Bruteničová[1]
Školiteľ: Vladimír Janiš[2]
[1,2]Katedra matematiky, FPV UMB, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica
[1]michaela.brutenicova@gmail.com, [2]vladimir.janis@umb.sk

Abstrakt

Reťazce sa využívajú na reprezentáciu viachodnotových logík, kde sú všetky prvky porovnateľné, a triangulárne normy, skrátene t-normy, sa využívajú ako model konjunkcie. Zameriame sa na zväzy, kde existujú aj neporovnateľné prvky. Vybrali sme si zväz zložený z dvoch reťazcov s atómom a koatómom.

Cieľom práce je skúmať existenciu t-noriem na vybranom type zväzu. Ak je to možné, tak určiť aj ich počet a postup konštrukcie. V prvej kapitole vysvetľujeme základné pojmy. V druhej kapitole zhrnieme doterajší výskum na podobných typoch zväzu a odvodíme počty t-noriem s danými vlastnosťami. V tretej kapitole sa zameriame na existeniu smooth t-noriem na vybranom type zväzu.

Kľúčové slová: t-norma, zväz, atóm, koatóm, smooth t-norma

Abstract

Chains are used to represent multi-valued logic, where all elements are comparable, and triangular norms, called t-norm, are used as a conjunction model. We will focus on lattices where there are also incomparable elements. We chose a lattice composed of two chains with an atom and a coatom.

The aim of this work is to investigate the existence of t-norms on a selected type of a lattice. If possible, to determine their number and construction procedure. The first chapter explains the basic terms. In the second chapter we summarize the current research on similar types of lattices and deduce the numbers of t-norms with given properties. The third chapter focuses on the existence of smooth t-norms on the selected type of a lattice.

Key words: t-norm, lattice, atom, coatom, smooth t-norm

Úvod

Triangulárne normy (t-normy) na jednotkovom intervale majú praktické využitie vo fuzzy logike. Na jednotkovom intervale existuje nekonečne veľa t-noriem. Objektom záujmu sa však stali aj triangulárne normy na reťazcoch, ktoré prezentujú viachodnotovú logiku. V prípade konečného reťazca existuje konečný počet t-noriem, čomu sa venovali De Beats a Mesiar v roku 1999 ([1]), kde pomocou výpočtovej techniky určili počty pre reťazce s menej ako 14 prvkami. Objektom vedeckého záujmu sa stali aj t-normy na ďalších štrukrúrach, a to na čiastočne usporiadaných množinách a na zväzoch. V bakalárskej práci [2] sme sa venovali počtu t-noriem na špeciálnych typoch zväzov. Tejto téme sa venujeme aj naďalej a prichádzame s ďalšími novými výsledkami.

1 Základné pojmy

V tejto kapitole sa sústredíme na poznatky potrebné k pochopeniu tejto práce.

1.1 Zväzy

Zväzy sú vo všeobecnosti čiastočne usporiadané množiny s určitými vlastnosťami.

Definícia 1 ([3]) *Dvojicu $(A; \preccurlyeq)$ nazveme čiastočne usporiadanou množinou, keď A je neprázdna množina a $\preccurlyeq$ je relácia, ktorá pre ľubovoľné $a, b, c \in A$ spĺňa nasledujúce vlastnosti:*

- *reflexívnosť: $a \preccurlyeq a$,*
- *antisymetrickosť: $a \preccurlyeq b \wedge b \preccurlyeq a \Rightarrow a = b$,*
- *tranzitívnosť: $a \preccurlyeq b \wedge b \preccurlyeq c \Rightarrow a \preccurlyeq c$.*

Ďalej budeme používať nasledujúce pojmy. Nech $(A; \preccurlyeq)$ je čiastočne usporiadaná množina a $a, b \in A$. Priesek prvkov a a b definujeme ako

$$a \wedge b := inf\{a, b\},$$

ak $inf\{a, b\}$ existuje. Spojenie prvkov a a b definujeme ako

$$a \vee b := sup\{a, b\},$$

ak $sup\{a, b\}$ existuje. Teraz môžeme uviesť definíciu zväzu.

Definícia 2 ([3]) *Čiastočne usporiadanú množinu, kde každé dva prvky majú spojenie a priesek, nazývame zväzom. Označujeme ho $(L, \wedge, \vee)$. Zväz je ohraničený, ak existujú také prvky $0, 1 \in L$, že $1 \wedge x = x$ a $0 \vee x = 0$ pre všetky $x \in L$.*

Najjednoduchším typom zväzu je reťazec. Existujú však aj zväzy, kde nie sú všetky prvky porovnateľné. Pre zväz budeme používať označenie L. V tejto práci budeme uvažovať len ohraničené zväzy, teda také, kde existuje najmenší a najväčší prvok. Najmenší prvok zväzu sa zvykne označovať 0 a najväčší prvok 1.

1.2 Triangulárne normy

Triangulárne normy sa využívajú ako model konjunkcie vo viachodnotových logikách. Sú skúmané najmä v spojitosti s jednotkovým intervalom, kde sú definované ako zobrazenia $[0; 1] \times [0; 1] \to [0; 1]$, ktoré sú asociatívne, komutatívne, monotónne v oboch súradniciach a existuje pre ne neutrálny prvok 1 ([4]). Avšak má zmysel skúmať triangulárne normy aj na iných štruktúrach. Definícia triangulárnej normy na zväze znie nasledovne.

Definícia 3 ([1]) *Nech L je zväz. Potom triangulárnou normou na L (t-normou) nazývame zobrazenie $T : L \times L \to L$, ktoré spĺňa nasledujúce podmienky pre ľubovoľné $\alpha, \beta, \gamma \in L$:*

- *neutrálny prvok 1: $T(\alpha, 1) = \alpha$,*
- *monotónnosť: ak $\alpha \leq \beta$, tak $T(\alpha, \gamma) \leq T(\beta, \gamma)$,*
- *komutatívnosť: $T(\alpha, \beta) = T(\beta, \alpha)$,*
- *asociatívnosť: $T(\alpha, T(\beta, \gamma)) = T(T(\alpha, \beta), \gamma)$.*

Z algebraického hľadiska zväz s t-normou tvorí monotónny abelovský monoid. Podobne ako na jednotkovom intervale, tak aj na zväzoch rozlišujeme významné t-normy, napr. drastický súčin T_D a minimovú t-normu T_{min}.

$$T_{min}(\alpha, \beta) = min\{\alpha, \beta\},$$

$$T_D(\alpha, \beta) = \begin{cases} min\{\alpha, \beta\} & ak\ max\{\alpha, \beta\} = 1, \\ 0 & inak. \end{cases}$$

Pre t-normy vo všeobecnosti platí

$$T_D \leq T \leq T_{min}.$$

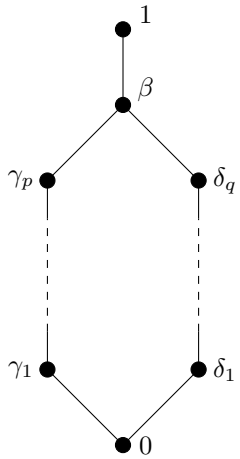
Rozlišuje sa viacero vlastností t-noriem. My budeme skúmať smooth t-normy.

Definícia 4 ([5]) *Nech L je reťazec $\{0, \alpha_1, \ldots, \alpha_p, \alpha_{p+1} = 1\}$ a $T : L \times L \to L$ je t-norma na L. Povieme, že t-norma T je smooth, ak pre ľubovoľnú dvojicu indexov $(i, j) \in \{1, \ldots, p+1\}^2$ platí, že ak $T(\alpha_i, \alpha_j) = \alpha_r$, tak $T(\alpha_{i-1}, \alpha_j) = \alpha_p$ a $T(\alpha_i, \alpha_{j-1}) = \alpha_q$, kde $(r-1) \leq p$ a zároveň $q \leq r$.*

Pojem smooth t-normy rozšírime aj na iné typy zväzov. Pred uvedením definície potrebujeme definovať nasledujúce pojmy. Nech L je ľubovoľný zväz a $\alpha, \beta \in L$. Povieme, že α pokrýva β, ak $\beta < \alpha$ a zároveň neexistuje taký prvok $\gamma \in L$, aby $\beta < \gamma < \alpha$. Môžeme tiež povedať, že β je pokryté α. Môže sa stať, že nielen jeden prvok pokrýva β.

Príklad 1 *Uvažujme zväz L z obrázku 1, ktorý nazývame horizontálna suma reťazcov s koatómom.*

Obr. 1: Zväz L – horizontálna suma reťazcov s koatómom



Vidíme, že γ_p je pokryté β, pričom β pokrýva dva prvky, γ_p a δ_q. Ďalej si môžeme všimnúť, že 0 je pokryté dvoma prvkami, γ_1 a δ_1.

Definícia 5 *Nech L je zväz a $T : L \times L \to L$ je t-norma na L. Povieme, že t-norma T je smooth, ak pre ľubovoľné prvky $\alpha, \beta \in L$ platí, že ak $T(\alpha, \beta) = \gamma$ a zároveň*

- *α pokrýva δ, tak $T(\delta, \beta) = \gamma$ alebo $T(\delta, \beta)$ je pokryté γ, ozn. $\gamma \succeq T(\delta, \beta)$,*
- *β pokrýva δ, tak $T(\alpha, \delta) = \gamma$ alebo $T(\alpha, \delta)$ je pokryté γ, ozn. $\gamma \succeq T(\alpha, \delta)$.*

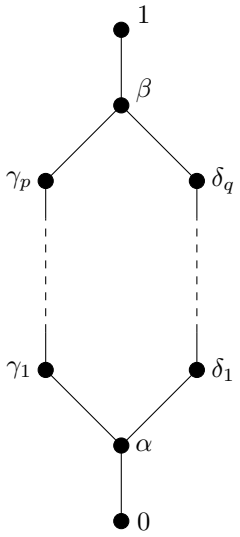
Pre reťazce sú definície 4 a 5 ekvivalentné.

2 Počet triangulárnych noriem na vybranom type zväzu

V tejto kapitole sa zameriame na jeden typ zväzu z obrázku 2 a budeme na ňom skúmať počet t-noriem.

Najmenší nenulový prvok nazývame atóm a najväčší prvok rôzny od 1 nazývame koatóm.

Obr. 2: Zväz L



Vo zväze z obrázku 2 je atóm α a koatóm β. Ďalej budeme rozoberať rôzne prípady pre $T(\alpha, \alpha)$ a $T(\beta, \beta)$.

2.1 Prípad $T(\alpha, \alpha) = \alpha$

Uvažujme horizontálnu sumu reťazcov s koatómom β z obrázku 1 a t-normu T na tomto zväze. Rozšírime t-normu T na zväz L z obrázku 2. Keďže

$$T(\alpha, \alpha) \leq T(\alpha, \gamma_i) \leq min\{\alpha, \gamma_i\} = \alpha,$$

tak $T(\alpha, \gamma_i) = \alpha$ pre $i \in \{1, \ldots, p\}$. Analogicky sa ukáže, že $T(\alpha, \delta_j) = \alpha$ pre $j \in \{1, \ldots, q\}$. Podobne $T(\alpha, \beta) = \alpha$. Teda t-normu T na horizontálnej sume reťazcov s koatómom β z obrázku 1 vieme jednoznačne rozšíriť na t-normu T na zväze L z obrázku 2, kde $T(\alpha, \alpha) = \alpha$.

Teda pre možnosť $T(\alpha, \alpha) = \alpha$ platia výsledky z práce [6], kde je skúmaný typ zväzu z obrázku 1.

Majme reťazec $C = \{0, \alpha_1, \alpha_2, \ldots, \alpha_p, 1\}$. Potom p vyjadruje počet prvkov α_i v reťazci C medzi prvkami 0 a 1 a P_p je príslušný počet t-noriem pre reťazec C.

Zavedieme nasledujúce označenia

$$C_1 = \{0, \gamma_1, \ldots, \gamma_p, \beta, 1\},$$

$$C_2 = \{0, \delta_1, \ldots, \delta_q, \beta, 1\}.$$

Nech T je t-norma,

$$A_i = \{T : C_i \times C_i \to C_i \mid T(\beta,\beta) = \beta\}$$

pre každé $i \in \{1,2\}$.

Veta 1 ([6]) *Počet t-noriem na zväze L z obr. 1 je*

$$|A_1||A_2| + P_{p+1} + P_{q+1} - |A_1| - |A_2| - 1.$$

Pre $C_1 = \{0,\gamma_1,\ldots,\gamma_p,\beta,1\}$ a $p \leq 8$ je hodnota $|A_1|$ vypísaná v tabuľke nižšie. Ide o výpočtovo získané hodnoty, nie je známa všeobecná formula.

p	$\lvert A_1\rvert$
1	3
2	11
3	48
4	236
5	1278
6	7502
7	47303
8	318885

2.2 Prípad $T(\alpha,\alpha) = 0$

Nech $T(\beta,\beta) = 0$. Jedinou t-normou v takomto prípade je očividne drastický súčin T_D.

Ďalej nech $T(\beta,\beta) = \alpha$. Pri konštrukcii takýchto t-noriem budeme využívať pomocné tvrdenia.

Lemma 1 *Nech L je zväz z obrázku 2 a T je triangulárna norma na L, kde $T(\alpha,\alpha) = 0$ a $T(\beta,\beta) = \alpha$. Potom $T(\alpha,\varepsilon) = 0$ pre ľubovoľný prvok $\varepsilon \in L \setminus \{1\}$.*

Dôkaz. Nech L je zväz (obr.2) a T je t-norma na L. Podľa predpokladov pre $\varepsilon \in \{0,\alpha\}$ dokazovaný vzťah platí .

Vďaka monotónnosti T platí

$$0 = T(\alpha,\alpha) \leq T(\alpha,\gamma_i) \leq T(\beta,\beta) = \alpha,$$

teda $T(\alpha,\gamma_i) \in \{0,\alpha\}$ pre nejaké $i \in \{1,\ldots,p\}$. Bez ujmy na všeobecnosti predpokladajme $T(\alpha,\gamma_2) = \alpha$. Ďalej z monotónnosti vyplýva

$$\alpha = T(\alpha,\gamma_2) \leq T(\gamma_2,\gamma_2) \leq T(\beta,\beta) = \alpha,$$

teda $T(\gamma_2,\gamma_2) = \alpha$. Potom

$$T(\alpha,T(\gamma_2,\gamma_2)) = T(\alpha,\alpha) = 0,$$

$$T(T(\alpha,\gamma_2),\gamma_2) = T(\alpha,\gamma_2) = \alpha,$$

čo je v spore s asociatívnosťou T. Analogicky sa to ukáže pre $T(\alpha,\delta_j)$ pre nejaké $j \in \{1,\ldots,q\}$ a $T(\beta,\beta)$.

Teda z toho vyplýva, že $T(\alpha,\varepsilon) = 0$ pre ľubovoľný prvok $\varepsilon \in L \setminus \{1\}$. □

Lemma 2 *Nech L je reťazec s prvkami $\{0,\alpha,\gamma_1,\ldots,\gamma_p,\beta,1\}$ a T je t-norma na L, kde $T(\alpha,\alpha) = 0$ a $T(\beta,\beta) = \alpha$. Potom na reťazci L existuje $2^{p+1}-1$ t-noriem.*

Dôkaz. Nech L je reťazec s prvkami $\{0,\alpha,\gamma_1,\ldots,\gamma_p,\beta,1\}$. Potom t-norma bude s využitím Lemmy 1 spĺňať:

T	0	α	γ_1	$\ldots$	γ_p	β	1
0	0	0	0	$\ldots$	0	0	0
α	0	0	0	$\ldots$	0	0	α
γ_1	0	0					γ_1
$\vdots$	$\vdots$	$\vdots$		$\ddots$			$\vdots$
γ_p	0	0					γ_p
β	0	0		$\ldots$		α	β
1	0	α	γ_1	$\ldots$	γ_p	β	1

Potrebujeme vhodne doplniť štvorec s rozmermi $(p+1)\times(p+1)$ bez dolného pravého prvku α, ktorý je daný z predpokladov. Dosádzame 0 alebo α, pričom musí byť zachovaná komutatívnosť a monotónnosť. Kombinatorickými úvahami sa ukáže, že existuje $2^{p+1}-1$ možností.

Nech $p = 1$. Potom existujú takéto trojuholníkové časti tabuliek pre monotónne zobrazenia:

$$\begin{array}{cc} \alpha & \alpha \\ & \alpha \end{array} \qquad \begin{array}{cc} 0 & \alpha \\ & \alpha \end{array} \qquad \begin{array}{cc} 0 & 0 \\ & \alpha \end{array}$$

$$\begin{array}{cc} 0 & 0 \\ & 0 \end{array}$$

Pre $p = 1$ existujú

$$1 + 2^0 + (2^1 - 1) = 2^2 - 1 = 3 \;\; (= 2^{p+1} - 1)$$

monotónne zobrazenia, kde sa v dolnom pravom rohu nachádza α.

Nech $p = 2$. Potom:

$$\begin{array}{cccccccccccc}
\alpha & \alpha & \alpha & 0 & \alpha & \alpha & 0 & 0 & \alpha & 0 & 0 & 0 \\
 & \alpha & \alpha & & \alpha & \alpha & & \alpha & \alpha & & \alpha & \alpha \\
 & & \alpha & & & \alpha & & & \alpha & & & \alpha \\
 & & & & & & 0 & 0 & \alpha & 0 & 0 & 0 \\
 & & & & & & & 0 & \alpha & & 0 & \alpha \\
 & & & & & & & & \alpha & & & \alpha \\
 & & & & & & & & & 0 & 0 & 0 \\
 & & & & & & & & & & 0 & 0 \\
 & & & & & & & & & & & \alpha \\
 & & & & & & & & & 0 & 0 & 0 \\
 & & & & & & & & & & 0 & 0 \\
 & & & & & & & & & & & 0
\end{array}$$

Pre $p = 2$ existuje

$$1 + 2^0 + 2^1 + (2^2 - 1) = 2^3 - 1 = 7 \ \ (= 2^{p+1} - 1)$$

monotónnych zobrazení, kde sa v dolnom pravom rohu nachádza α. Doplnením zvyšnej časti tabuľky symetricky podľa diagonály získame aj komutatívne zobrazenie.

Indukciou sa dá ukázať, ze pre $p \in \mathbb{N}$ existuje $2^{p+1} - 1$ komutatívnych monotónnych zobrazení. Potrebujeme ešte overiť asociatívnosť. Uvažujme ľubovoľnú trojicu prvkov $(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3)$ reťazca $L \setminus \{1\}$. Potom

$$T(\varepsilon_1, T(\varepsilon_2, \varepsilon_3)) = \begin{cases} T(\varepsilon_1, 0) = 0, \\ T(\varepsilon_1, \alpha) = 0. \end{cases}$$

Podobne sa ukáže, že $T(T(\varepsilon_1, \varepsilon_2), \varepsilon_3) = 0$. Ďalej

$$T(\varepsilon_1, T(\varepsilon_2, 1)) = T(\varepsilon_1, \varepsilon_2),$$

$$T(T(\varepsilon_1, \varepsilon_2), 1) = T(\varepsilon_1, \varepsilon_2).$$

Je zjavné, že zobrazenie T je asociatívne. Existuje teda $2^{p+1} - 1$ t-noriem. □

Uvažujme zväz L z obrázku 2 a t-normu T_1 na reťazci $\{0, \alpha, \gamma_1, \ldots, \gamma_p, \beta, 1\}$ a t-normu T_2 na reťazci $\{0, \alpha, \delta_1, \ldots, \delta_q, \beta, 1\}$, kde

$$T_1(\alpha, \alpha) = T_2(\alpha, \alpha) = 0,$$

$$T_1(\beta, \beta) = T_2(\beta, \beta) = \alpha.$$

Chceme skonštruovať t-normu T na L. Časť tabuľky pre t-normu T bude vyzerať nasledovne:

T	0	α	γ_1	$\ldots$	γ_p	δ_1	$\ldots$	δ_q	β	1
0	0	0	0	$\ldots$	0	0	$\ldots$	0	0	0
α	0	0	0		0	0		0	0	α
γ_1	0	0	T_1		T_1				T_1	γ_1
$\vdots$	$\vdots$			$\ddots$					$\vdots$	$\vdots$
γ_p	0	0	T_1		T_1				T_1	γ_p
δ_1	0	0				T_2		T_2	T_2	δ_1
$\vdots$	$\vdots$						$\ddots$		$\vdots$	$\vdots$
δ_q	0	0				T_2		T_2	T_2	δ_q
β	0	0	T_1	$\ldots$	T_1	T_2	$\ldots$	T_2	α	β
1	0	α	γ_1	$\ldots$	γ_p	δ_1	$\ldots$	δ_q	β	1

Potrebujeme ešte určiť hodnoty pre $T(\gamma_i, \delta_j)$, kde $i \in \{1, \ldots, p\}$ a $j \in \{1, \ldots, q\}$. Už vieme z výskumu vedúcich dvojíc v bakalárskej práci [2], že existuje $\binom{p+q}{p}$ možností na určenie zvyšnej časti tabuľky.

Overíme ešte asociatívnosť. Uvažujme trojicu ľubovoľných prvkov $(\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3)$ zväzu $L \setminus \{1\}$. Ako sme už ukazovali v dôkaze Lemmy 2, tak

$$T(\varepsilon_1, T(\varepsilon_2, \varepsilon_3)) = T(T(\varepsilon_1, \varepsilon_2), \varepsilon_3) = 0.$$

Ľahko sa ukáže aj rovnosť

$$T(\varepsilon_1, T(\varepsilon_2, 1)) = T(T(\varepsilon_1, \varepsilon_2), 1) = T(\varepsilon_1, \varepsilon_2).$$

Dokázali sme nasledujúcu propozíciu.

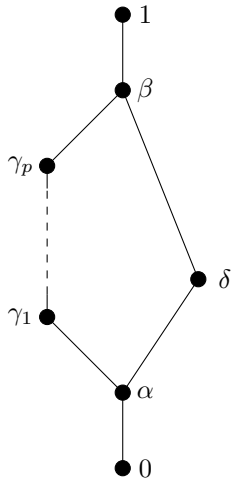
Propozícia 1 *Nech L je zväz na obrázku 2. Potom existuje*

$$\binom{p+q}{p}(2^{p+1} - 1)(2^{q+1} - 1)$$

t-noriem T na L, kde $T(\alpha, \alpha) = 0$ a $T(\beta, \beta) = \alpha$.

Teraz budeme skúmať prípad $\alpha < T(\beta, \beta) < \beta$. Uvažujme typ zväzu L na obrázku 3.

Obr. 3: Zväz L



Nech T je t-norma na L, kde $T(\beta,\beta) = \delta$. Je zrejmé, že tentoraz nemôžeme uvažovať zúženia T_1 na $\{0,\alpha,\gamma_1,\ldots,\gamma_p,\beta,1\}$ a T_2 na $\{0,\alpha,\delta,\beta,1\}$, z ktorých by sme skonštruovali t-normu T na zväze L, pretože nebude splnené $T_1(\beta,\beta) = \delta$. Postup konštrukcie t-normy T je nasledovný.

Z monotónnosti máme rad nerovností

$$0 \le T(\alpha,\gamma_i) \le T(\gamma_i,\gamma_i) \le T(\gamma_i,\gamma_{i+1}) \le T(\beta,\beta) = \delta$$

pre nejaké $i \in \{1,\ldots,p\}$. Z tohto vyplýva, že $T(\alpha,\gamma_i)$, $T(\gamma_i,\gamma_j)$ a $T(\gamma_i,\beta)$ pre $i,j \in \{1,\ldots,p\}$ môžu nadobúdať len hodnoty 0 a α.

Ďalej uvažujme hodnoty $T(\alpha,\gamma_i)$, kde $i \in \{1,\ldots,p\}$. Nech $T(\alpha,\gamma_1) = \alpha$. Potom

$$T(T(\alpha,\gamma_1),\gamma_1) = T(\alpha,\gamma_1) = \alpha$$

$$T(\alpha,T(\gamma_1,\gamma_1)) = \begin{cases} T(\alpha,0) = 0, \\ T(\alpha,\alpha) = 0. \end{cases}$$

To je v spore s asociatívnosťou T. Teda $T(\alpha,\gamma_i) = 0$ pre ľubovoľné $i \in \{1,\ldots,p\}$.

Teraz budeme uvažovať t-normy na $\{0,\alpha,\delta,\beta,1\}$. Nech $T(\alpha,\beta) = \alpha$. Potom z asociatívnosti

$$\alpha = T(\alpha,\beta) = T(T(\alpha,\beta),\beta) = T(\alpha,T(\beta,\beta)) = T(\alpha,\delta).$$

Podobne sa ukáže, že z predpokladu $T(\alpha,\beta) = 0$ vyplýva $T(\alpha,\delta) = 0$. Existujú štyri vhodné t-normy.

T_1	α	δ	β	T_2	α	δ	β
α	0	0	0	α	0	0	0
δ	0	0	0	δ	0	0	α
β	0	0	δ	β	0	α	δ
T_3	α	δ	β	T_4	α	δ	β
α	0	0	0	α	0	α	α
δ	0	δ	δ	δ	α	δ	δ
β	0	δ	δ	β	α	δ	δ

Nech $T(\alpha,\beta) = \alpha$. Platí, že

$$\alpha = T(\alpha,\beta) \le T(\gamma_i,\beta) \le \alpha,$$

teda $T(\gamma_i,\beta) = \alpha$ pre ľubovoľné $i \in \{1,\ldots,p\}$.

Keďže $T(\alpha,\delta) = \alpha$, tak vďaka monotónnosti $T(\gamma_i,\delta) = \alpha$ pre $i \in \{1,\ldots,p\}$. Potom

$$0 = T(\gamma_j,\alpha) = T(\gamma_j,T(\gamma_i,\delta)) = T(T(\gamma_i,\gamma_j),\delta).$$

Rovnosť bude splnená, ak $T(\gamma_i,\gamma_j) = 0$ pre každé $i,j \in \{1,\ldots,p\}$. Existuje jediná taká t-norma T na L, kde $T(\alpha,\beta) = \alpha$.

T	0	α	γ_1	$\ldots$	γ_p	δ	β	1
0	0	0	0		0	0	0	0
α	0	0	0	$\ldots$	0	α	α	α
γ_1	0	0	0		0	α	α	γ_1
$\vdots$		$\vdots$		$\ddots$				$\vdots$
γ_p	0	0	0		0	α	α	γ_p
δ	0	α	α		α	δ	δ	δ
β	0	α	α		α	δ	δ	β
1	0	α	γ_1	$\ldots$	γ_p	δ	β	1

Teraz uvažujme $T(\alpha,\beta) = 0$. Existujú tri t-normy na $\{0,\alpha,\delta,\beta,1\}$. Nech $i \in \{1,\ldots,p\}$. Ďalej nech $T(\gamma_i,\beta) = \alpha$. Potom

$$T(\alpha,\beta) = T(T(\gamma_i,\beta),\beta) = T(\gamma_i,T(\beta,\beta)) = T(\gamma_i,\delta).$$

Keď $T(\gamma_i,\beta) = 0$, tak

$$T(0,\beta) = T(T(\gamma_i,\beta),\beta) = T(\gamma_i,T(\beta,\beta)) = T(\gamma_i,\delta).$$

Teda $T(\gamma_i,\delta) = 0$ pre každé $i \in \{1,\ldots,p\}$.

Zostáva nám ešte určiť hodnoty $T(\gamma_i,\gamma_j)$ a $T(\gamma_i,\beta)$ pre $i,j \in \{1,\ldots,p\}$. Môžeme postupovať ako v dôkaze Lemmy 2, kde sme dosadzovali len prvky

0 a α a mali sme pevnú hodnotu $T(\beta,\beta)$. Je splnený vzťah $T(\alpha,\varepsilon)=0$ pre $\varepsilon\in\{\gamma_1,\ldots,\gamma_p,\beta\}$, čo sme využili v dôkaze. Teda je $2^{p+1}-1$ možností ako určiť hodnoty $T(\gamma_i,\gamma_j)$ a $T(\gamma_i,\beta)$ pre $i,j\in\{1,\ldots,p\}$.

Spolu existuje

$$3(2^{p+1}-1)$$

t-noriem T na zväze L , kde $T(\alpha,\beta)=0$.

Ak uvážime aj t-normu kde $T(\alpha,\beta)=\alpha$, tak sme dokázali nasledujúcu propozíciu.

Propozícia 2 *Nech L je zväz z obrázku 3. Potom existuje*

$$3\cdot 2^{p+1}-2$$

t-noriem T takých, že $T(\beta,\beta)=\delta$.

Zostáva ešte prípad, kde $T(\beta,\beta)=\beta$, čo je predmetom budúceho výskumu.

3 Existencia smooth t-noriem

Na reťazci s p prvkami existuje 2^p smooth t-noriem. Skúmali sme existenciu smooth t-noriem aj na zväze L z obrázku 2.

Veta 2 *Na zväze L z obr. 2, kde $p\geq 2$ alebo $q\geq 2$, neexistuje smooth t-norma.*

Dôkaz. Predpokladajme, že $p\geq 2$ a $q\in\mathbb{N}$. Nech na danom zväze L (obr. 2) existuje smooth t-norma. Pre $T(\beta,\beta)$ rozlíšime tri možnosti.

Nech $T(\beta,\beta)=\beta$. Potom $T(\gamma_p,\beta)=\gamma_p$, čo je ale v spore s predpokladom, že T je smooth, keďže $T(\gamma_p,\delta_q)$ je najviac α a medzi prvkami γ_p a α je aspoň jeden ďalší prvok.

Nech $T(\beta,\beta)=\gamma_p$. Keby t-norma T bola smooth, tak $T(\beta,\delta_q)\in\{\gamma_{p-1},\gamma_p\}$, čo však nie je možné, keďže to je v spore s $T(\beta,\delta_q)\leq min\{\beta,\delta_q\}$. Analogicky sa ukáže, že nemôže nastať ani $T(\beta,\beta)=\delta_q$ pre $q\geq 2$.

Nech $q=1$. Predpokladajme $T(\beta,\beta)=\delta$. Potom pre smooth t-normu T musí platiť $\delta\succeq T(\gamma_p,\beta)$, teda $T(\gamma_p,\beta)=\alpha$. Ďalej $T(\gamma_p,1)=\gamma_p$, teda $\gamma_p\succeq T(\gamma_p,\beta)$, z čoho vyplýva $T(\gamma_p,\beta)\in\{\gamma_p,\gamma_{p-1}\}$, čo je v spore s $T(\gamma_p,\beta)=\alpha$.

Teda pre tento zväz neexistuje smooth t-norma. □

Teda smooth t-normy existujú len pre taký zväz L z obrázku 2 kde $p=q=1$.

Nech $\gamma_1=\gamma$ a $\delta_1=\delta$. Existuje 15 smooth t-noriem. Uvádzame časti tabuliek pre $T(\beta,\beta)\in\{\gamma,\beta\}$ a pre $T(\beta,\beta)=\delta$ sa časti tabuliek odvodia podľa tabuliek pre $T(\beta,\beta)=\gamma$.

T_1	α	γ	δ	β
α	0	0	0	0
γ	0	0	0	α
δ	0	0	α	α
β	0	α	α	γ

T_2	α	γ	δ	β
α	0	0	0	0
γ	0	0	0	α
δ	0	0	0	α
β	0	α	α	γ

T_3	α	γ	δ	β
α	0	α	0	α
γ	α	γ	α	γ
δ	0	α	0	α
β	α	γ	α	γ

T_4	α	γ	δ	β
α	α	α	α	α
γ	α	γ	α	γ
δ	α	α	α	α
β	α	γ	α	γ

T_5	α	γ	δ	β
α	α	α	α	α
γ	α	α	α	α
δ	α	α	α	α
β	α	α	α	γ

T_6	α	γ	δ	β
α	0	0	0	α
γ	0	α	α	γ
δ	0	α	α	δ
β	α	γ	δ	β

T_7	α	γ	δ	β
α	α	α	α	α
γ	α	α	α	γ
δ	α	α	δ	δ
β	α	γ	δ	β

T_8	α	γ	δ	β
α	α	α	α	α
γ	α	γ	α	γ
δ	α	α	α	δ
β	α	γ	δ	β

T_9	α	γ	δ	β
α	α	α	α	α
γ	α	γ	α	γ
δ	α	α	δ	δ
β	α	γ	δ	β

T_{10}	α	γ	δ	β
α	α	α	α	α
γ	α	α	α	γ
δ	α	α	α	δ
β	α	γ	δ	β

4 Záver

V článku sme opísali niekoľko konštrukčných postupov t-noriem na vybranom type zväzu, určili sme aj počty t-noriem s danými vlastnosťami. Zostáva ešte priestor pre ďalší výskum, napr. pre určenie počtu t-noriem T na zväze L z obrázku 2, kde $T(\beta,\beta)=\beta$. Taktiež môžeme skúmať typ zväzu

s atómom a koatómom, ktorý by vznikol z viac ako dvoch reťazcov.

Špeciálne sme sa zamerali aj na smooth t-normy, ktoré vďaka svojej vlastnosti nemenia až tak výrazne svoje funkčné hodnoty pri malej zmeme argumentu, čo sa dá prirovnať k spojitosti reálnych funkcií. Môže to byť žiadúca vlastnosť pre využitie v praxi. V budúcnosti sa však dá zamerať aj na t-normy s inými vlastnosťami, napr. na archimedovské alebo deliteľné t-normy.

Poďakovanie

Na tomto mieste chcem poďakovať Carlosovi Bejinesovi za jeho aktivitu v spoločnom výskume a taktiež za jeho úsilie, vďaka ktorému už je článok [6] prijatý. Taktiež chcem poďakovať zvyšným autorom článku [6].

Literatúra

[1] De Beats B., Mesiar R. (1999) Triangular norms on product lattices. *Fuzzy Sets and Systems.* 104(1), p. 61-75.

[2] Bruteničová M. (2018) Rezy zobrazení s hodnotami v čiastočne usporiadaných množinách. (Bakalárska práca) Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela, Banská Bystrica

[3] Birhoff G. (1967) Lattice Theory. American Mathematical Society, Providence, R.I., p. 418

[4] Mesiar R., et al. (2000) Triangular norms. Boston/London/Dordrecht: Kluwer Academic Publishers. 406 p.

[5] Godo L., Sierra C. (1988) A new approach to connective generation in the framework of of expert systems using fuzzy logic. In *The Eighteenth International Symposium on Multiple-Valued Logic.*Palma de Mallorca, Spain. p. 157-162

[6] Bejines C., Bruteničová M., et al.: The number of t-norms on some special lattices. *Fuzzy Sets and Systems*, accepted.

Elastic fields in unbounded anisotropic plane with cracks

Dmytro Nosov[1]-Leonid Filshtinskii[2],
Supervisor: Anton Trnik[3]
[1,3]Department of Physics, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra
[2]Sumy State University, Rymskogo-Korsacova 2, 40007 Sumy, Ukraine
[1]dmytro.nosov@ukf.sk, [2]leonid.mphis@pom.sumdu.edu.ua, [3]atrnik.@ukf.sk

Abstract

The problem of cracks in some area of unbounded anisotropic plane is considered. The fields were written in therms of Airy functions potentials, which are represented by the means of the Cauchy-type integrals. Due to the written boundary value problem, solution was reduced to system of singular integral equations (SIE). The fields in structure with ckracks have been written as functionals on vector density function, which was obtained from the numerical solution by quadrature method of SIE. The result represents stresses field values around given configuration of cracks in the structure.

Anisotropy, Singular integral equations, cracks, elastic stress fields.

Key words: Anisotropy, Singular integral equations, cracks, elastic stress fields

Introduction

The research represents application of the developed analytic algorithm [1], [2] to investigate the deformation-stress state at every point of the cracked body. With application of the numerical methods have been obtained the solution of the boundary value problem of the theory of elasticity for multiple cracks located in some bounded area of anisotropic plane. The alternative solutions of the problems with cracks in homogeneous and composite anisotropic media have been considered in [3]-[6]. The stress intensity factors and energy flows at the crack tips with using of this method and numerical experiments for multiple cracks are provided by authors in [2]. The numerical experiment in present paper consists on investigation of the elastic fields resulting of interaction with cracks in the structure.

The problem statement

Consider elastic anisotropic plane, related with Cartesian axis x_1, x_2 and weakened in some finite area by cracks $\Gamma_n, n = \overline{1, M}$. It is assumed that $\bigcap \Gamma_n = \emptyset$ and Γ_n are the Lyapunov's arcs. On the banks of cracks is acting bursting normal pressure p_n. At "infinity" are distributed the unifold field of normal and tangential stresses σ_{ij}^{∞}. The basic relations for the model of plane stressed state of anisotropic media [1], [7]. The Hook's law

$$\begin{aligned} e_{11} &= s_{11}\sigma_{11} + s_{12}\sigma_{22} + s_{16}\sigma_{12} \\ e_{22} &= s_{12}\sigma_{11} + s_{22}\sigma_{22} + s_{26}\sigma_{12} \\ 2e_{12} &= s_{16}\sigma_{11} + s_{26}\sigma_{22} + s_{66}\sigma_{12} \\ e_{ij} &= (\partial_i u_j + \partial_j u_i)/2; \quad (i,j = 1,2,3) \\ \partial_i &= \partial/\partial x_i \quad z_k = x_1 + \mu_k x_2 \end{aligned} \tag{1}$$

where s_{ij} are the deformation complience coefficients, $u_j, (j = 1, 2)$ – components of the elastic dislocations vector, σ_{ij}, e_{ij} – components of stress and

deformation tensors.
For the complex field representation introduce Airy functions

$$\{\sigma_{11},\sigma_{12},\sigma_{22}\}=2Re\sum_{k=1}^{2}\{\mu_k^2,-\mu_k,1\}\Phi_k(z_k);$$
$$\{u_1,u_2\}=2Re\sum_{k=1}^{2}\{p_{1k},p_{2k}\}\varphi_k(z_k);$$
$$\Phi_k(z_k)=\frac{d}{dz_k}\varphi_k(z_k); \quad (2)$$
$$p_{1k}=s_{11}\mu_k^2+s_{12}-s_{16}\mu_k;$$
$$p_{2k}=s_{12}\mu_k+s_{22}/\mu_k-s_{26};$$

Constants μ_k here are the simple roots of the algebraic equation of fourth degree.

$$s_{11}\mu^4-2s_{16}\mu^3-(2s_{12}-s_{16})\mu^2-$$
$$2s_{26}\mu+s_{22}=0; \quad (3)$$
$$\Im\mu_1>0,\Im\mu_2>0,\mu_3=\overline{\mu_1},\mu_4=\overline{\mu_2}$$

The upper line means the sign of complex conjugation. The dislocations, stresses and deformations in the body are expressed through two functions $\varphi_k(z_k)$ which are analytical in their affine regions.

The boundary conditions

The boundary conditions on the entire bound of the area have the form.

$$2Re\sum_{k=1}^{2}\{\mu_k,-1\}a_k(\psi)\Phi_k(z_k)=\{X_{1n},X_{2n}\}; \quad (4)$$

where $a_k(\psi)=\mu_k cos(\psi)-sin(\psi)$, ψ – angle between outer normal vector $\vec{n}$ and ray Ox_1 axis. X_{1n} and X_{2n} – are the components of the vector of stresses acting on the entire boundary of the body $\Gamma=\bigcup\Gamma_n$.

System of integral equations

In solution of the boundary value problem use the technique of the generalized Cauchi type integrals and singular integral equations [8]. Complex potentials are represented in form

$$\Phi_k(z_k)=A_k+\frac{1}{2\pi}\int_\Gamma\frac{\omega_k(\zeta)}{(\zeta_k-z_k)}ds$$
$$z=x_1+ix_2,z_k=Rez+\mu_k Imz, \quad (5)$$
$$\zeta_k=Re\zeta+\mu_k Im\zeta,\zeta\in\Gamma$$

where z, z_k and ζ_k – affine imageries of the complex variables z and ζ correspondingly, ds is element of the arc in physical plane, A_k – constants provides the uniform field σ_{ij} at infinity.
With equality $d\zeta_k=a_k ds$ (5) are transformed into.

$$\Phi_k(z_k)=A_k+\frac{1}{2\pi}\int_\Gamma\frac{\omega_k(\zeta)}{a_k(\psi)(\zeta_k-z_k)}d\zeta_k \quad (6)$$

The traces of functions $\Phi_k(z_k)$ on Γ obtained with using the Sokhotskii-Plemelj formulas [9]. Apply to (6)

$$\{\Phi_k(z_k)\}^{\pm}_{z\to\zeta_0\in\Gamma}=\pm\frac{i\omega_k(\zeta_0)}{2a_k(\psi_0)}+$$
$$\frac{1}{2\pi}\int_\Gamma\frac{\omega_k(\zeta)}{\zeta_k-\zeta_{0k}}ds+A_k;$$
$$\zeta_{0k}=\Re\zeta_0+\mu_k\Im\zeta_0 \quad (7)$$

And the upper sign corresponds to the case, when $z\leftarrow\zeta_0\in\Gamma=\bigcup\Gamma_n$ from the region which during the movement Γ_n (from its beginning to the end). The integral is considered as the principal value by Cauchi. After substitution (7) into the boundary conditions (4) find

$$2\Re\sum_{k=1}^{2}\{\mu_k,-1\}a_k(\psi_0)\{\pm\frac{i\omega_k(\zeta_0)}{2a_k(\psi_0)}$$
$$+\frac{1}{2\pi}\int_\Gamma\frac{\omega_k(\zeta)}{\zeta_k-\zeta_{0k}}ds\}=\{X_{1n},X_{2n}\} \quad (8)$$

The system consists of two algebraic and two singular integral equations of the first kind with Cauchi kernel.

$$\Im\sum_{k=1}^{2}-\omega_k(\zeta)=0;\ \Im\sum_{k=1}^{2}\mu_k\omega_k(\zeta)=0;$$
$$2\Re\sum_{k=1}^{2}\{\mu_k,-1\}\frac{a_k(\psi_0)}{\pi}\int_\Gamma\frac{\omega_k(\zeta)}{\zeta_k-\zeta_{0k}}ds= \quad (9)$$
$$\{N_1(\zeta_0),N_2(\zeta_0)\}$$

$$N_1(\zeta_0)=-p\cos(\psi_0)-2\Re\sum_{k=1}^{2}\mu_k a_k(\psi_0)A_k;$$
$$N_2(\zeta_0)=-p\sin(\psi_0)+2\Re\sum_{k=1}^{2}a_k(\psi_0)A_k;$$
$$p=\{p_n,\zeta\in\Gamma_n\}$$

According to existing of the fields (2), (3) at infinity should satisfy the equalities

$$2\Re\sum_{k=1}^{2}A_k=\sigma_{22}^{\infty};\quad 2\Re\sum_{k=1}^{2}\mu_k A_k=-\sigma_{12}^{\infty};$$
$$2\Re\sum_{k=1}^{2}\mu_k^2 A_k=\sigma_{11}^{\infty}; \quad (10)$$

Then redefine the right part of the system

$$2\Re\sum_{k=1}^{2}\mu_k A_k=\sigma_{11}^{\infty}\cos\psi_0+\sigma_{12}^{\infty}\sin\psi_0;$$
$$2\Re\sum_{k=1}^{2}-A_k=\sigma_{12}^{\infty}\cos\psi_0+\sigma_{22}^{\infty}\sin\psi_0; \quad (11)$$

In purpose to reduce system to only integral equations introduce the real vector-function $q(\zeta)$

$$q(\zeta)=R\omega(\zeta),\ \omega(\zeta)=R^{-1}q(\zeta)$$
$$\omega(\zeta)=\{\omega_1,\omega_2\}^T,\ q(\zeta)=\{q_1,q_2\}^T,$$
$$R=\begin{pmatrix}\mu_1 & \mu_2\\ -1 & -1\end{pmatrix} \quad (12)$$

Inversion of the system gives

$$\omega(\zeta)=(-1)^k\frac{q_1+\varepsilon_k q_2}{\mu_2-\mu_1},\quad \varepsilon_1=\mu_2,\quad \varepsilon_2=\mu_1,$$

The final integral equations now can be represent in the following matrix form

$$\frac{1}{\pi}\int_\Gamma K(\zeta,\zeta_0)q(\zeta)ds=N(\zeta_0), \quad (13)$$

$$K(\zeta,\zeta_0)=\Re\left[R(G(\zeta,\zeta_0))R^{-1}\right]$$
$$G(\zeta,\zeta_0)=diag\{\frac{a_1(\psi_0)}{\zeta_1-\zeta_{01}},\frac{a_2(\psi_0)}{\zeta_2-\zeta_{02}},\frac{a_3(\psi_0)}{\zeta_3-\zeta_{03}}\},$$

$$a_k(\psi_0)=\mu_k\cos\psi_0-\sin\psi_0$$
$$q(\zeta)=(q_1(\zeta),q_2(\zeta))^T,\quad q_k(\zeta)=\{q_k^n(\zeta),\ \zeta\in\Gamma_n\},$$
$$\zeta_0\in\Gamma=\bigcup_1^M\Gamma_n,\quad (k=1,2;\ n=\overline{1,M})$$

Solution of the matrix integral equation (13) is necessary to find in compliance with additional conditions of single-valuedness of dislocations. Obtain after integrating (5)

$$\varphi_k(z_k)=A_k z_k-\frac{1}{2\pi}\int_\Gamma\omega_k(\zeta)\log(\zeta_k-z_k)ds,$$
$$\varphi_k'(z)=\Phi(z) \quad (14)$$

Increment of function $\varphi_k(z_k)$ in case of full path tracing of the crack Γ_n obtain from (12)

$$\Delta\varphi_k(z_k)=-i\int_{\Gamma_n}\omega_k(\zeta)ds \quad (15)$$

Involve formulas (2) and taking into account (13) obtain conditions of single valuedness of the field of displacements in plate in form

$$\Im\sum_{k=1}^{2}p_{1k}\int_{\Gamma_n}\omega_k(\zeta)ds=0;$$
$$\Im\sum_{k=1}^{2}p_{2k}\int_{\Gamma_n}\omega_k(\zeta)ds=0;\ (n=\overline{1,M}) \quad (16)$$

Then have

$$\Im\sum_{k=1}^{2}\frac{(-1)^{k-1}p_{1k}}{\varepsilon_2-\varepsilon_1}=s_{11}\Im(\mu_1+\mu_2),$$
$$\Im\sum_{k=1}^{2}\frac{(-1)^{k-1}\varepsilon_k p_{1k}}{\varepsilon_2-\varepsilon_1}=s_{11}\Im(\mu_1\mu_2)$$
$$\Im\sum_{k=1}^{2}\frac{(-1)^{k-1}p_{2k}}{\varepsilon_2-\varepsilon_1}=-s_{22}\Im\left(\frac{1}{\mu_1\mu_2}\right), \quad (17)$$
$$\Im\sum_{k=1}^{2}\frac{(-1)^{k-1}\varepsilon_k p_{2k}}{\varepsilon_2-\varepsilon_1}=-s_{22}\Im\left(\frac{\mu_1+\mu_2}{\mu_1\mu_2}\right)$$

The single-valuedness conditions with using (17) and (11) are yield the next form

$$s_{11}\{\Im(\mu_1+\mu_2)\int_\Gamma q_1(\zeta)ds-$$
$$\Im(\mu_1\mu_2)\int_{\Gamma_n}q_2(\zeta)ds\}=0; \quad (18)$$

$$s_{22}\{-\Im\left(\frac{1}{\mu_1+\mu_2}\right)\int_\Gamma q_1(\zeta)ds$$
$$+\Im\left(\frac{\mu_1+\mu_2}{\mu_1\mu_2}\right)\int_{\Gamma_n}q_2(\zeta)ds\}=0;$$

at that $s_{22}=s_{11}|\mu_1\mu_2|^2$.
As the determinant of this homogeneous system is not equal to zero, and finally obtain

$$\int_\Gamma q_k(\zeta)ds=0,\quad (k=1,\ 2;\ n=\overline{1,\ M}) \quad (19)$$

The algorithm is reduced to solution of the system of matrix singular integral equation of the first kind (13) simultaneously with additional conditions (19). This conditions are fixed the single-valuedness of solution of the system in class of functions unbounded at the ends of arcs Γ_n, $(n=\overline{1,\ M})$ [9].

Results

In order to apply the numerical method was used parametrization of contour Γ_n:

$$\zeta=\zeta(\beta);\ \zeta_0=\zeta(\beta_0);\ a=\zeta(-1), b=\zeta(1);$$
$$\zeta,\zeta_0\in\Gamma=\cup\Gamma_n;\quad -1\le\beta,\beta_0\ge 1 \quad (20)$$

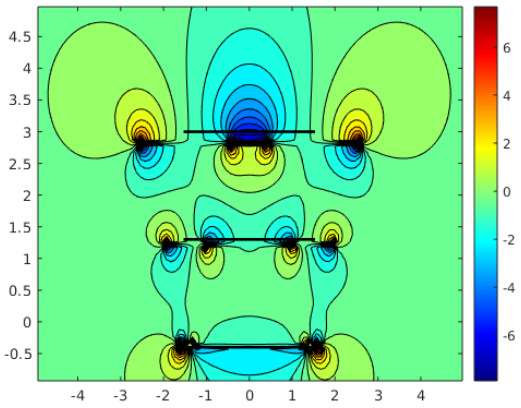


Figure 1: Field σ_{11} in plane, stress component $\sigma_{22}^{\infty}=1$ Pa is applied to the structure

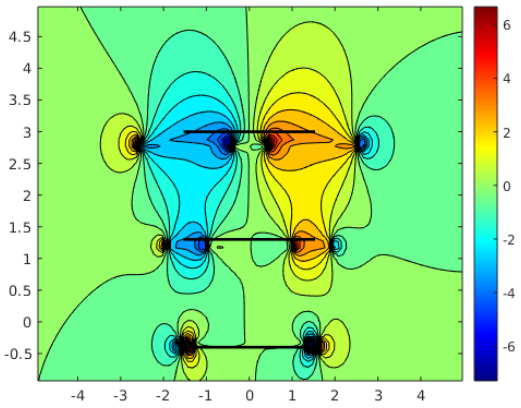


Figure 2: Field σ_{12} in plane, stress component $\sigma_{22}^{\infty}=1$ Pa is applied to the structure

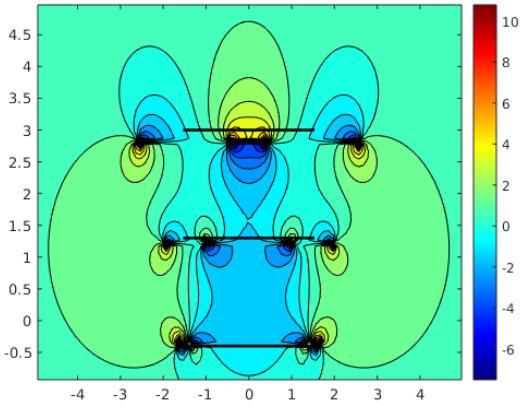


Figure 3: Field σ_{22} in plane, stress component $\sigma_{22}^{\infty} = 1$ Pa is applied to the structure

The modelled material coeficients were taken for alluminium crystall [3]: $s_{11} = 15.9$, $s_{12} = -5.8$, $s_{13} = -5.8$, $s_{22} = 15.9$, $s_{66} = 35.2$.
The coeficients, which are not in list do not represent interest for model or are equal to zero.

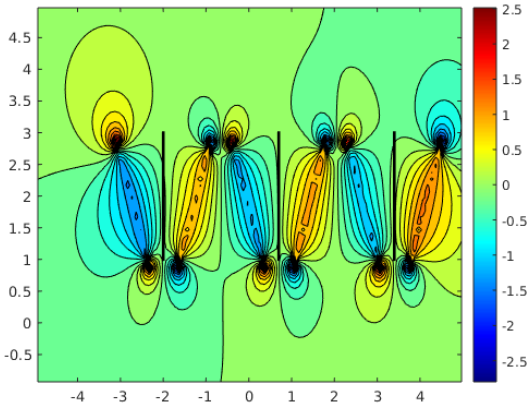


Figure 4: Field σ_{11} in plane, shear stress $\sigma_{12}^{\infty} = 1$ Pa is applied to the structure

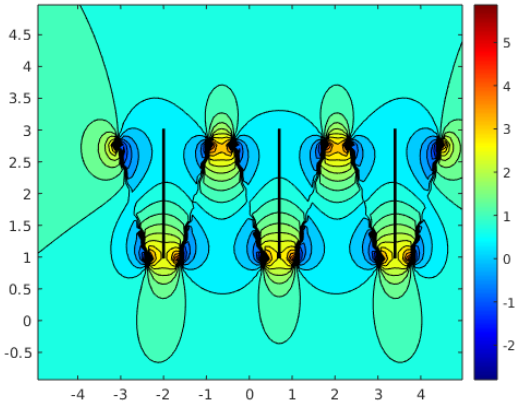


Figure 5: Field σ_{12} in plane, shear stress $\sigma_{12}^{\infty} = 1$ Pa is applied to the structure

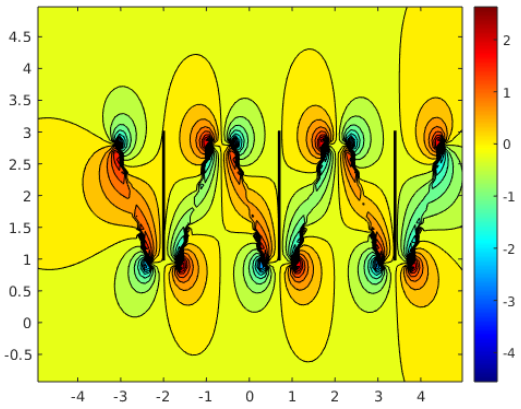


Figure 6: Field σ_{22} in plane, shear stress $\sigma_{12}^{\infty} = 1$ Pa is applied to the structure

The next results shows field distribution, weakened by straight cracks. Considered cases for longitunal and shear stress fields, acting and infinity. The cracks configuration is drawn on the plots

Conclusion

As we can see the acting components provided appearing in the structure of another stress components. The fields, as could be predicted, are mostly concentrated close to cracks contours. Due to fields deflection can be investigate the interaction between cracks.
The results shows possibility of application of the method to larger crack problems.

References

[1] Grigolyuk E.I., Filshtinsky L.A. (1994) Regular Piece-Homogeneous Structures with defects, Fiziko-Matematicheskaja Literatura, Moscow (In Russian).

[2] Filshtinskii L. A., Shramko Y. V., Nosov D. M. (2018) Statistical characteristics of the distraction parameters in the unbounded anisotropic plane weakened by multiple random cracks, Trends in Mathematics, Volume PartF2, p. 101-11

[3] Denda M. (2001), Mixed Mode I, II and III analysis of multiple cracks in plane anisotropic solids by the BEM: a dislokation and point force approach, Engineering Analysis with Boundary Elements, 25, 267-278.

[4] Ikeda T., Nagai M., Yamanaga K., Miyazaki N. (2006) Stress intensity factor analyses of interface cracks between dissimilar anisotropic materials using the finite element method, Engineering Fracture Mechanics, 73, pp. 2067-2079.

[5] Rejwer E., Rybarska-Rusinek L., Linkov A. (2014) The complex variable fast multipole boundary element method for the analysis of strongly inhomogeneous media, , Engineering Analysis with Boundary Elements, 43, 105-116.

[6] Snyder M.D., Cruse T.A. (1975) Boundary-integral equation analysis of cracked anisotropic plates, International Journal of Fracture, 11, pp. 315-328.

[7] Lekhnitskii S.G. (1968) Anisotropic plates, Gordon and Breach Science Publishers, New York , p. 355.

[8] Filshtinskii L.A. (1976) Elastic equilibrium of anisotropic medium, weakened bu random curveliniar cracks. Limiting process to isotropic medium, Izv. ANSSSR: mech. tw. tela., 5, pp. 91-97.

[9] Muskhelishvili, N.I. (1968) Singular Integral Equations, Nauka, Moscow (in Russian)

Meranie Štefanovej – Boltzmannovej konštanty

The Stefan – Boltzmann Constant Measurement

Goran Bulatovič[1]
Školiteľ: Svetozár Malinarič[2]
[1,2]Katedra fyziky, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra
goran.bulatovic@student.ukf.sk[1], smalinaric@ukf.sk[2]

Abstrakt
Štefanova – Boltzmannova konštanta figuruje v Štefanovom– Boltzmannovom zákone. Jej teoretická hodnota bola stanovená koncom 19 storočia integráciou Planckovej rozdelovacej funkcie. Odvtedy sa vykonalo viacero meraní na potvrdenie hodnoty konštanty s rozličným stupňom experimentálnej náročnosti.

V tejto práci sme sa zaoberali meraním Štefanovej – Boltzmannovej konštanty pre potreby bakalárskeho štúdia fyziky na FPV UKF. Snažili sme sa navrhnúť také metódy merania Štefanovej – Boltzmannovej konštanty, ktoré možno vykonať pomerne jednoducho a v dvojhodinovom časovom intervale. Navrhli sme a úspešne overili dve metódy merania konštanty. Podstatou obidvoch metód je použitie infračerveného pyrometra na zistenie teploty povrchu žiariaceho telesa.

Kľúčové slová: žiarenie, infračervený pyrometer, emisivita, prenos tepla, straty tepla, vedenie, prúdenie, nekonečný valec.

Abstract
The Stefan – Boltzmann constant figures in the Stefan – Boltzmann law. The theoretical value was calculated by integrating Planck's distribution function at the end of 19th century. Since then a number of measurements, varying in degree of complexity, has been done to verify the constant's value.

This work is concerned with measuring the constant within the confines of undergraduate lab studies conducted at FPV UKF. Thus, we tried to come forth with methods of measuring the constant that can be done relatively simply and within the two-lesson time format. We devised and tested two methods of measuring the constant based on the use of an infrared thermometer.

Keywords: radiation, infrared thermometer, emisivity, heat transfer, heat loss, conduction, convection, infinite cylinder.

Úvod

Cieľom práce bolo navrhnúť metódu merania Štefanovej – Boltzmannovej konštanty pre potreby laboratórnych meraní uskutočňovaných v poslednom ročníku bakalárskeho štúdia fyziky na FPV UKF.

Návrhy na meranie konštanty vychádzajú zo Štefanovho – Boltzmannovho zákona, ktorý hovorí, že pre celkovú intenzitu žiarenia čierneho telesa, ktoré sa nachádza v stave tepelnej rovnováhy platí [1,2]

$$E_{\check{c}} = \sigma \cdot T^4, \qquad (1)$$

kde σ je Štefanova – Boltzmannova konštanta, $\sigma = 5{,}67 \cdot 10^{-8}$ W·m^{-2}·K^{-4}. Celková intenzita žiarenia, ktorú teleso vyžaruje v stave tepelnej rovnováhy je úmerná štvrtej mocnine termodynamickej teploty.

Pre všetky ostatné telesá platí vzťah, ktorý započítava emisný koeficient $\varepsilon(T)$ závislý od teploty

$$E = \varepsilon(T) \cdot \sigma \cdot T^4. \qquad (2)$$

Teleso s iným povrchom ako čiernym, pri rovnakej teplote ako čierne teleso, vyžiari menšie množstvo energie lebo má emisný koeficient menší ako jedna rovnajúci sa podielu vlastnej intenzity žiarenia a intenzity žiarenia maximálneho žiariča – čierneho telesa

$$\varepsilon = \frac{E}{E_{\check{c}}}\,. \qquad (3)$$

Inak povedané, čierne teleso sa zo všetkých telies najlepšie chladí.

Existujúca laboratórna metóda merania Štefanovej – Boltzmannovej konštanty [3,4] využíva elektrickú metódu merania, ktorá zahŕňa stanovenie konštanty z nameraného elektrického výkonu P a nameranej teploty žiariaceho telesa

$$\sigma'(T) = \frac{P}{S \cdot T^4}\,, \qquad (4)$$

kde S je plocha povrchu telesa pri čom

$$E = \frac{P}{S} . \quad (5)$$

Na stanovenie teploty žeravého vlákna existujúca laboratórna metóda používa spektrálny pyrometer. Spektrálny pyrometer, s premenlivým jasom porovnávacieho zdroja, porovnáva intenzitu žiarenia meraného objektu s intenzitou žiarenia porovnávacieho zdroja. Porovnanie sa realizuje ľudským okom. Presnosť s akou pristroj nameria teplotu veľmi závisí od šikovnosti a skúsenosti experimentátora a preto je náchylná na chyby. Ďalej metóda, ako vidieť z rovnice (4), meria pozmenenú Štefanovu – Boltzmannovu konštantu σ' a na stanovenie hodnoty Štefanovej – Boltzmannovej konštanty potrebuje poznať priebeh emisivity žeravého vlákna v závislosti od teploty

$$\sigma = \frac{\sigma'(T)}{\varepsilon(T)} . \quad (6)$$

Vzhľadom na tieto nevýhody, sa ukázala potreba prísť s iným postupom, ako merať Štefanovu – Boltzmannovu konštantu.

1 Vzorky a metódy merania

1.1 Vzorky

Ako žiariace teleso boli použité keramické kapiláry s hmotnostným obsahom 60 percent korundu. Zvyšok zloženia kapilár je neznámy. Kapiláry boli v tvare valca, Obr. 1, so štyrmi symetrickými dierami na oboch koncoch.

Obr.1 Keramická vzorka v tvare valca.

Dĺžka valcov sa pohybovala okolo 50 mm, priemer okolo 8,6 mm. Štyrmi dierami sa štyrikrát natiahol kanthalový drôt o priemeru 0,35 mm a dĺžke 210 mm (po odstrihnutí). Oba konce keramickej kapiláry boli zapuzdrené kamenárskym tmelom, aby sa zabránilo oxidácií a následnému trhaniu drôtu. Táto úprava prispela k zväčšeniu povrchu valca *S*. Potom sme drôt pripojil k zdroju napätia. Postupne prúd v drôte ohrieval valec, ktorý následne začal vyžarovať teplo. Teplotu povrchu valcov sme merali infračerveným pyrometrom Testo 845. Prístroj je osadený laserovým zameriavačom a meria teploty do 950 °C. Chyba merania teploty nad 100 °C je výrobcom uvádzaná ∓ 0,75 % nameranej hodnoty teploty.

1.2 Metóda ohrievania telesa elektrickým prúdom a meranie teploty infračerveným pyrometrom so zanedbaním strát tepla vedením a prúdením

Spojením rovníc (3) a (4) a vyjadrením výkonu *P* ako súčinu napätia a prúdu pre *σ* dostávame

$$\sigma = \frac{U \cdot I}{\varepsilon(T) \cdot S \cdot T^4} . \quad (7)$$

V prípade použitia infračervenej pyrometra s nastaviteľnou emisivitou možno emisivitu umelo nastaviť na jednotku, $\varepsilon' = 1$, [5]. Potom pyrometer bude merať inú teplotu *T'*, ktorá bude menšia ako skutočná teplota *T* lebo

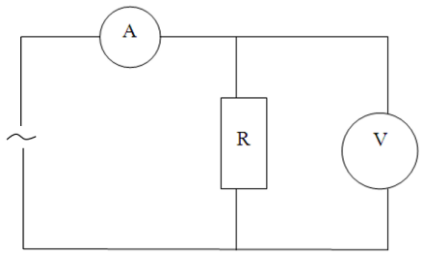
$$\varepsilon T^4 = \varepsilon' T'^4 . \quad (8)$$

Ak vyjadríme *T* z rovnice (8) a dosadíme do rovnice (7) dostaneme

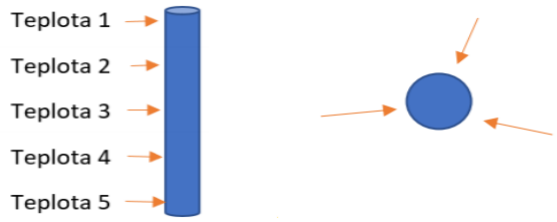
$$\sigma = \frac{U \cdot I}{S \cdot T'^4} . \quad (9)$$

Z rovnice (9) vyplýva, že Štefanovu – Boltzmannovu konštantu možno merať bez toho aby sme poznali emisivitu. Keďže rovnica (9) neberie do úvahy straty tepla vedením a prúdením, je nutné robiť meranie pri vysokých teplotách kde straty tepla vedením a prúdením možno zanedbať. Pri takto vysokých teplotách možno zanedbať aj žiarenie prostredia pri izbovej teplote.

Pri metóde merania podľa rovnice (9) sme očakávali vyššie namerané teploty a preto sme použili striedavý zdroj napätia, aby sme zaistili dostatočný výkon. Valec bol umiestnený zvislo o stojan. Infračerveným pyrometrom sa merala teplota valcov v piatich rovinách z troch strán, Obr.3. Prúd a napätie sme merali voltampérmetrom, Obr. 2.



Obr. 2 *Schematické zapojenie merania*



Obr. 3 Meranie teplôt valca infračerveným pyrometrom v piatych rovinách z troch strán.

1.3 Metóda ohrievania telesa elektrickým prúdom a meranie teploty infračerveným pyrometrom so započítaním strát tepla vedením a prúdením

Vo všeobecnosti výkon prúdu pri ohrievaní vzorky sa rozdelí na tri zložky vedenie, prúdenie a žiarenie tepla (odpočítané od žiarenia prostredia)

$$U \cdot I = h_{ved} \cdot S \cdot (T - T_0) + h_{prud}\,(T, \vec{v}, iné) \cdot S \cdot (T - T_0) + \sigma \cdot S \cdot (\varepsilon(T) \cdot T^4 - \varepsilon_o T_o^4)\,, \quad (10)$$

kde T_0 je izbová teplota a ε_o je emisivita telesa pri izbovej teplote. Koeficient prenosu tepla vedením h_{ved} pre väčšinu materiálov sa málo mení s teplotou a v rovnici (10) je uvedený ako nezávislý na teplote. Koeficient prenosu tepla prúdením h_{prud} vo všeobecnosti závisí od teploty ale na dostatočne malých teplotných rozdielov sa dá považovať za teplotne nezávislý. Koeficient prenosu tepla prúdením h_{prud}, avšak, veľmi závisí od rýchlosti a smeru prúdenia, od povahy prúdenia (laminárne, turbulentné) a ďalších faktorov (*iné*).

Vychádzajúc z rovnice (10) sme prišli s modelom, ktorý zjednocuje straty tepla vedením a prúdením

$$U \cdot I = S \cdot \left[h \cdot (T' - T_0') + \sigma \cdot (T'^4 - T_o'^4)\right], \quad (11)$$

kde η je koeficient zjednocujúci koeficienty straty tepla vedením a prúdením. Pre potreby merania infračerveným pyrometrom rovnicu (11) môžeme pomocou rovnice (8) prepísať na

$$U \cdot I = S \cdot \left[h \left(\frac{T'}{\sqrt[4]{\varepsilon(T)}} - \frac{T_0'}{\sqrt[4]{\varepsilon_0}}\right) + \sigma \cdot (T'^4 - T_o'^4)\right]. \quad (12)$$

V prípade, že emisivita sa s teplotou nemení, $\varepsilon = \varepsilon_o$, rovnicu (12) môžeme prepísať na

$$U \cdot I = S \cdot \left[\eta \cdot (T' - T_0') + \sigma \cdot (T'^4 - T_o'^4)\right], \quad (13)$$

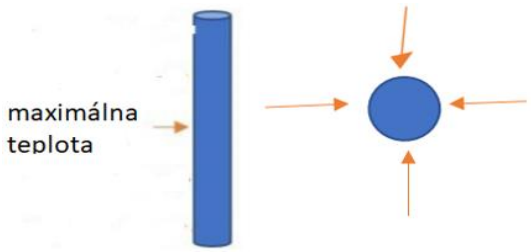
kde je η zjednocujúci faktor

$$\eta = \frac{h\,(T, \vec{v}, iné)}{\sqrt[4]{\varepsilon_0}}\,. \quad (14)$$

Použitím rovnice (13) na úseku teplôt kde h a ε sa nemenia, možno dvoma alebo viacerými meraniami U, I, T' a T_0' stanoviť veľkosť Štefanovej – Boltzmannovej konštanty.

Pri tejto metóde merania, podľa rovnice (13), je možné vykonávať merania pri nižších teplotách, preto sme na dodanie elektrického výkonu použili stabilizovaný zdroj jednosmerného napätia. Po skúsenostiach s prvou metódou, kde valec bol umiestnený zvisle o stojan, sme sa tentokrát rozhodli umiestniť valec vodorovne o stojan. Týmito dvoma opatreniami sme chceli dosiahnuť menšie kolísanie teplôt na povrchu valca. Ako dôsledok zavesenia valca o stojan do polohy vodorovnej sa menšil vplyv tepelného prúdenia a teploty povrchu vzorky začali vykazovať väčšiu pravidelnosť - teplo sa šírilo od stredu valca ku jeho dvom koncom. To nám umožnilo zaviesť **model nekonečného valca**, ktorý odstránil potrebu merať teploty inde ako v strede valca.

Model nekonečného valca spočíva v tom, že valec má nekonečné rozmery a všade rovnakú teplotu. Keďže náš valec mal konečné rozmery, len maximálna teplota v strede valca zodpovedala teplote nekonečného valca. To, že v našom konečnom valci teplota postupne ku koncom valca klesala bolo vykompenzované tým, že ako povrch valca sa nebral jeho celý povrch ale len povrch jeho plášťa. Vzhľadom na model nekonečného valca sme teplotu merali v jednej rovine (stred valca) zo štyroch strán, Obr.4.



Obr. 4 Meranie maximálnej teploty valca infračerveným pyrometrom zo štyroch strán.

2 Výsledky a diskusia

2.1 Metóda ohrievania telesa elektrickým prúdom a meranie teploty infračerveným pyrometrom so zanedbaním strát tepla vedením a prúdením

Pri našich vzorkách sa ukázalo, že je potrebne zohriať valec na teploty nad 750 °C aby sa dostatočne potlačili straty tepla vedením a prúdením. Tiež sa ukázalo, že teploty značne kolísali na povrchu valca so stupujúcou teplotou o to viac. Najviac kolísali teploty na koncoch valcov (teploty 1 a 5, Obr. 2) a ich meranie vyžiadavalo zvýšenú opatrnosť experimentátora. Niektoré merania museli byť pozastavené kvôli veľkému kolísaniu meraných prúdov a napätí. Kolísanie prúdov a napätí bolo čiastočne spôsobenie kolísaním napätia v striedavom zdroji napätia (kvôli kolísaniu napätia v sieti) a kvôli reakciám, ktoré prebiehali vo vzorke (prepaľovanie alebo stenčovanie kanthalového drôtu). Občas, pri vyšších teplotách dochádzalo k pretrhnutiu kanthalového drôtu.

Napriek technickým nedostatkom, pri dostatočnej trpezlivosti experimentátora a pri dostatočnom opakovaní meraní teplôt, metóda dala dobré výsledky. Boli vykonaných viacero meraní. Reprezentatívny príklad je uvedený v Tab. 1.

Tabuľka 1 Nameraná hodnota Štefanovej– Boltzmannovej konštanty σ v závislosti od teploty

$\frac{T'}{\mathrm{C}^o}$	562	636	751	799	833
$\frac{\sigma \cdot 10^{-8}}{\mathrm{Wm^{-2}K^{-4}}}$	6,80	6,34	6,06	5,84	5,76

Ako vidieť z Tab. 1, podľa očakávaní, so stúpajúcou teplotou sa nameraná hodnota Štefanovej – Boltzmannovej konštanty blížila teoretickej hodnote σ = 5,67 · 10^{-8} W·m^{-2}·K^{-4}. So stúpajúcou teplotou prenos tepla žiarením potláčal straty tepla vedením a prúdením. Pri teplotách nad 750 °C sa nameraná hodnota konštanty dostatočne blížila teoretickej hodnote a pri teplote okolo 830 °C sa nameraná hodnota veľmi blížila teoretickej, Tab. 1. K vyšším teplotám sme už nešli, keďže neistoty merania teplôt stúpali (kvôli stúpajúcemu kolísaniu teplôt a kolísaniu prúdov a napätí) a kvôli trhaniu kanthalového drôtu vo vnútri valca.

Treba si uvedomiť, že hodnoty teplôt uvádzané v státi 2 sú teploty povrchu vzorky namerané infračerveným pyrometrom T' pri prednastavenej emisivite jedna. To znamená, že skutočné teploty povrchu vzorky T sú vyššie o násobok $1/\sqrt[4]{\varepsilon}$, ako vyplýva zo vzorca (8) kde ε je emisivita vzorky, ktorú sme my pre potreby meraní nemuseli poznať.

2.2 Metóda ohrievania telesa elektrickým prúdom a meranie teploty infračerveným pyrometrom so započítaním strát tepla vedením a prúdením

Na účel spracovania výsledkov sme rovnicu (13) upravili na tvar

$$\frac{U \cdot I}{S \cdot (T\prime - T_o')} = \sigma \frac{T'^4 - T_o'^4}{T\prime - T_o'} + \eta \,, \qquad (15)$$

tak, aby predstavovala rovnicu priamky

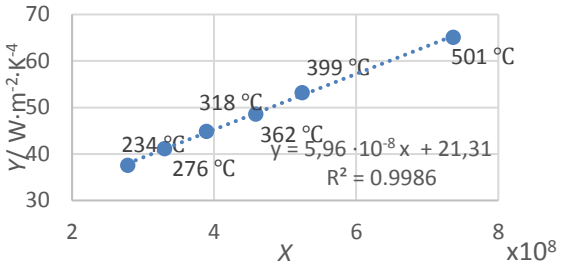
$$Y = \sigma X + \eta \,, \qquad (16)$$

kde

$$Y = \frac{U \cdot I}{S \cdot (T\prime - T_o')} \,, \qquad (17)$$

$$X = \frac{T'^4 - T_o'^4}{T\prime - T_o'} \,. \qquad (18)$$

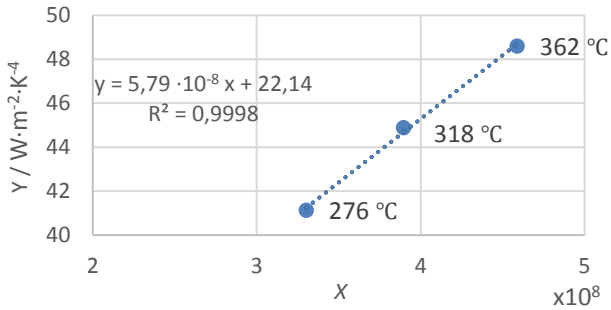
Meraním hodnôt U, I, T' a T_0' sme dostali priamkovú závislosť (16) z ktorej sme určovali hodnotu Štefanovej – Boltzmannovej konštanty σ. Bolo vykonaných viacero meraní z ktorých vyplynulo, že na úseku teplôt 270 °C až 370 °C sme dostali hodnoty veľmi blízke teoretickej hodnote σ = 5,67 · 10^{-8} W·m^{-2}·K^{-4}. Na tomto mieste uvedieme príklad jedného merania na úseku teplôt 230 °C až 500 °C.



Obr. 5 Znázornenie rovnice (16) pre 6 meraní v rozsahu teplôt 230 °C až 500 °C.

Ako vidieť z Obr. 5, hodnota Štefanovej – Boltzmannovej konštanty pre šesť meraní na úseku teplôt 230 °C až 500 °C vyšla σ = 5,96 · 10^{-8} W·m^{-2}·K^{-4}.

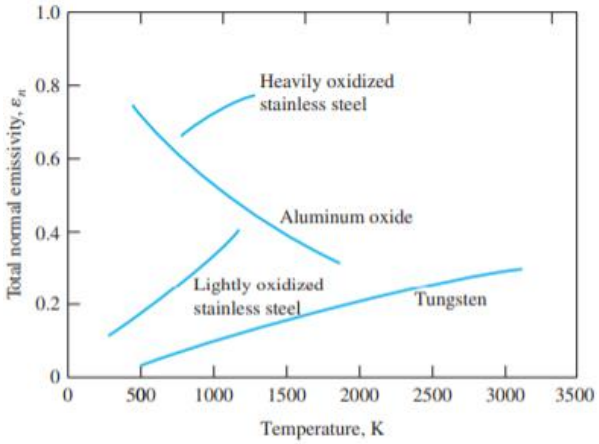
Avšak, ak vymedzíme úsek na 270 ℃ až 370 ℃, dostávame lepšiu hodnotu σ = 5,79 · 10^{-8} W·m^{-2}·K^{-4}, Obr. 6.



Obr. 6 Rovnaké meranie ako na Obr.5 s tým, že teplotný úsek sa vymedzil na 270 ℃ až 370 ℃.

Opakovanými meraniami sa ukázalo, že hodnoty meraní sa najviac blížia teoretickej hodnote σ = 5,67 · 10^{-8} W·m^{-2}·K^{-4} na úseku teplôt 270 ℃ až 370 ℃. To, že na nejakom úseku namerané hodnoty Štefanovej – Boltzmannovej konštanty vyjdú lepšie než na inom sa dalo čakať – z povahy použitej metódy. Faktor η ako vidieť zo vzťahu (14) je konštanta na úseku teplôt kde h a ε sa nemenia.

Vo fyzikálnej literatúre sa ale uvádza, že korund, ktorý je základnou zložkou našich vzoriek, mení svoju emisivitu v závislosti od teploty.



Obr 7 Závislosť emisivity korundu (Aluminium oxide) od teploty. Zdroj [6].

Z Obr.7 je vidno, že korund mení emisivitu značne v celom úseku meraných teplôt uvedených na Obr. 6. Keďže korund činí 60 % hmoty našich vzoriek, je predpoklad, že aj vzorky na tomto teplotnom úseku menia emisivitu. Z toho vyplýva, že pre faktor η by nemal platiť vzťah (14) ale mal by platiť vzťah zahrňujúci teplotné zmeny emisivity. Modelom vyjadreným rovnicou (13) sme predpokladali, že na danom teplotnom úseku sa emisivita nemení. Prečo model, napriek novému predpokladu meniacej sa emisivity dal dobre výsledky, nie je úplne jasné. Na objasnenie by bolo treba na danom teplotnom úseku vykonať merania emisivity vzoriek, poprípade vykonať merania Stefanovej – Boltzmannovej konštanty na vzorkách vyrobených z materiálu, ktorého teplotný priebeh emisivity poznáme.

Záver

Obidve použité metódy merania Štefanovej – Boltzmannovej konštanty sa ukázali ako pomerne presné. V obidvoch metódach sme využili na meranie teplôt infračervený pyrometer a takto sa vyhli potrebe poznať emisivitu vzoriek. Pri metóde kde sa nezapočítavali straty tepla vedením a prúdením, bolo treba zohriať vzorku k vyšším teplotám, z čoho vznikali praktické problémy opísané v odseku 2.1. Pri metóde, kde sa započítavali straty tepla vedením a prúdením, nebolo treba zohriať vzorku k vyšším teplotám ale bolo treba nájsť interval teplôt, kde straty tepla vedením a prúdením a zmeny emisivity dostatočne presne spĺňali rovnicu (13).

Pre potreby laboratórnych meraní bakalárskeho štúdia sa metóda kde netreba zohriať vzorku k vyšším teplotám javí z praktického hľadiska ako jednoduchšia s tým, že študenti nebudú stanovovať teplotný interval, na ktorých platí rovnica (13) ale tento údaj im je dopredu oznámený.

Nakoniec treba uviesť, že obidve metódy merania Štefanovej – Boltzmannovej konštanty uvedené v tomto článku nie sú fundamentálne lebo využívajú infračervený pyrometer, ktorý funguje na základe rovnice (2) a stanovuje teploty na základe výpočtu zahrňujúceho veľkosť Štefanovej – Boltzmannovej konštanty.

Použitá literatúra

[1] John R. Howell, M. Pinar Menguc, Robert Siegel, Thermal Radiation Heat Tranfer, 6th edition, CRC, 2016
[2] Donald Pitts, Leighton Sissom, Schaum's Outline of Heat Transfer, 2nd edition, McGraw Hill, 1998
[3] Elektrotechnicka fakulta
[4] Arpád Kecskés, Svetozár Malinarič, Libor Vozár Fyzikálne praktikum (Elektrina, magnetizmus a atómová fyzika), FPV UKF, 1994
[5] Chudý Vladimír, Meranie technických veličín, Slovenská technická univerzita, 1999
[6] Yunus Cengel, Heat And Mass Transfer, 5th edition, McGraw Hill, 2015

Využitie odpadového skla ako prímesi k illitu a kaolínu

Use of waste glass like addition to illite and caoline

Peter Pős[1]
Školiteľ: Filip Obert[2]
[1,2]Katedra fyziky, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra,
[1]peter.pos@ukf.sk, [2]filip.obert@ukf.sk

Abstrakt

Keramika je často používaný materiál v mnohých odvetviach priemyslu. Rôzne prímesi sú pridávané na docielenie požadovaných vlastností hotových (alebo finálnych) výrobkov a tiež ako plnivo. V druhom prípade ide o to, aby sa vlastnosti zmenili len minimálne a bol využitý lacnejší, napr. recyklovaný materiál. Cieľom článku je analyzovať vplyv nahrádzania základných surovín tradičnej keramiky odpadovým sklom. Pre tento účel boli pripravené vzorky ílových minerálov – kaolínu a illitu s premenlivým obsahom odpadového skla (0 – 20 hm. %). Surové vzorky boli podrobené termickým analýzam do teploty 1100 °C v statickej atmosfére vzduchu.

S rastúcim podielom odpadového skla v materiáli zmraštenie v zmesiach narastá o ~ 2 %. Na základe výsledkov analýz je zrejmé, že sklo je vďaka svojim vlastnostiam vhodné pre použitie ako plnivo v keramike s teplotou výpalu do ~ 900 °C.

Kľúčové slová: keramika, kaolín, illit, odpadové sklo,

Abstract

Ceramics is a frequently used material in many industries. Various additives are added to achieve desired properties of products and also as fillers. In second case, the properties shold change minimally with the aim of using cheaper alternatives, e.g. recycled materilal. The aim of this article is to analyze the effect of replacing the basic raw materials of traditional ceramics by waste glass. For this purpose the samples of clay minerals – illite and kaolin, with variable weight content of glas (0 – 20 wt. %) , were prepared. Green samples were subjected to thermal analyses up to 1100 °C in a static air atmosphere.

With increasing portion of waste glass in the material mixtures, the relative shrinkage isincreasing ~ 2 %. According to the results, the glass isdue to its properties suitable for use as a filler in ceramics with the firing temperature up to ~ 900 °C.

Key Words: ceramics, kaolin, illite, waste glass

Úvod

V dnešnej dobe je keramika využívaná v mnohých odvetviach. Použitie keramiky v jednotlivých odvetviach sa líši na základe požadovaných finálnych vlastností. Ide teda o zmesi materiálov, zmiešaním ktorých je možné docieliť konkrétne vlastnosti. Ako príklad uvedieme pórobetón využívaný v stavebníctve, kde je ako plnivo používaný buď kremičitý piesok, alebo elektrárenský popolček.

Obdobným spôsobom, teda pridaním inej látky do keramiky, je možné recyklovať aj iné, ťažšie recyklovateľné materiály. Príkladom je pridanie sklenej časti autoskla.

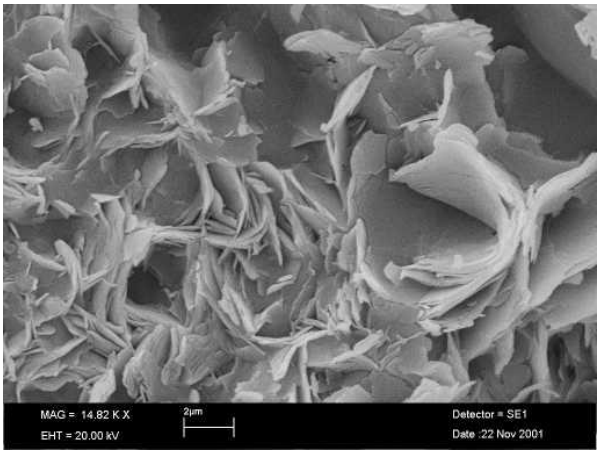
V tomto článku je analyzovaný vplyv pridaného skla do tradičnej keramiky.

1. Skúmané materiály

V tejto práci využívame kombináciu skla s materiálmi tradičnej keramiky - illitom a kaolínom, čo sú minerály zo skupiny fyllosilikátov.

1.1 Illit

Illit je radený medzi fyllosilikáty – hlinitokremičitany s vrstevnatou štruktúrou, pozri Obr. 1. Hlavnými zložkami illitu sú K, Al, Si, H a O [1]. Nájsť ho môžeme väčšinou ako jemnozrný, bielej až krémovej farby s veľkosťou pod 1 mikrometer. Môže vznikať viacerými spôsobmi, napríklad zvetrávaním živca v chladnom prostredí [2].

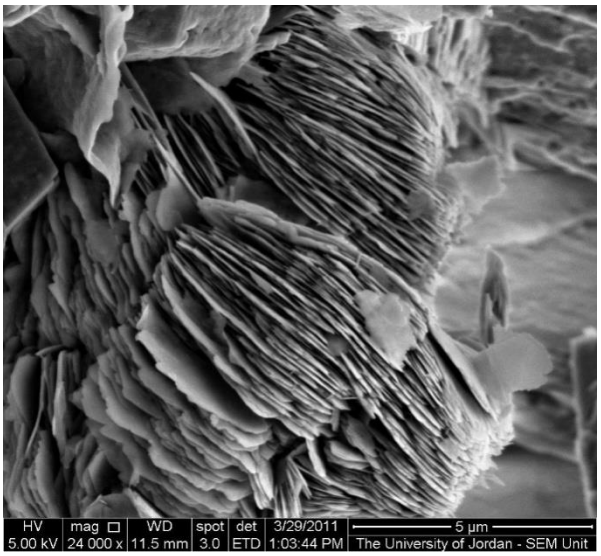


Obr. 1 Snímka illitu elektrónovým mikroskopom
Zdroj: [3]

1.2 Kaolín

Kaolín je usadená, hornina bielej alebo krémovej farby. Hlavnou zložkou je minerál kaolinit, ktorý patrí do skupiny ílových minerálov [4]. Štruktúra kaolinitu je zobrazená na Obr. 2.

V našom prípade sme pracovali s plaveným kaolínom s 88 – 94 hm. % zastúpením kaolinitu.



Obr. 2 Snímka kaolinitu elektrónovým mikroskopom
Zdroj: [5]

1.3 Sklo

Sklo je anorganická amorfná látka. Vzniká riadeným chladením taveniny. Bežné sklá tvoria tuhé roztoky zlúčenín kremíka a ďalších prvkov ako sodík, vápnik, olovo alebo draslík. V sklách je možné nájsť aj prídavné látky aby plnili farbiacu, odfarbovaciu alebo kaliacu funkciu [6].

Nami používané sklo patrí k sodno-vápenatým sklám.

2 Výroba vzoriek

Kaolín bol pred samotnou výrobou vzoriek sušený, mletý na guľovom mlyne a následne sitovaný na požadovanú veľkosť častíc. Pri skle bolo možné sušenie vynechať, lebo sklo vodu neviaže. Ďalšími krokmi bolo, podobne ako pri kaolíne, mletie a sitovanie.

2.1 Príprava materiálu

Sušenie kaolínu a illitu prebiehalo vo vysokoteplotnej peci pri 110°C po dobu jednej hodiny, kvôli odstráneniu vlhkosti.

Sušenie nebolo u skla nutné, avšak najskôr sme museli sklo oddeliť od fólie, na ktorej bolo nalepené. Toto oddeľovanie bolo riešené mechanicky – kladivom. Do skla sme opakovanie udierali, čo spôsobilo oddelenie.

Nasledujúcim krokom bolo mletie, ktoré bolo realizované na guľovom laboratórnom mlyne PM100. Použitý bol mlecí program s trvaním 5 minút pri 450 otáčkach za minútu. Počas programu bol menený smer rotácie v dvojminútových intervaloch.

Na sitovanie boli použité analytické sitá. Namletý materiál z mlecej nádoby bol vysypaný na sito s otvormi 5×5 mm. Pracovali sme ale len s materiálom, ktorý prepadol sitom s veľkosťou otvorov 100×100 µm.

2.2 Príprava vzoriek

Z pripravených materiálov sme vytvorili zmesi v požadovaných pomeroch na laboratórnych váhach. Zmesi boli označované pre illit IGxx a pre kaolín KGxx, kde xx je percentuálne zastúpenie skla v zmesi. Sklo bolo pridávané v množstve 5, 10, 15 a 20 hm. %. Pre porovnanie boli illit a kaolín merané i bez prímesi skla.

Zmesi bolo potrebné homogenizovať, kvôli dobrému rozptýleniu čiastočiek skla. Na tento proces bol použitý znova guľový laboratórny mlyn, kde bol použitý program trvajúci 5 minút pri 300 ot./min. Aby sme predišli zmene pomerov, bola mlecia nádoba pred každým mletím umytá demineralizovanou vodou a vysušená.

Po homogenizácii sme do jednotlivých zmesí pridali demineralizovanú vodu, aby vznikla hmota správnej konzistencie. Množstvo pridanej vody sa pohybovalo v rozmedzí 27 – 34 hm.%

Hmota bola následne vtláčaná do suchej sádrovej formy. Vtláčanie hmoty do formy bolo čo možno

najprecíznejšie, aby bol minimalizovaný vznik vzduchových bubliniek, čiže porúch. Kvôli zamedzeniu rozpraskania vzoriek rýchlym sušením, sme vzorky prikryli plastovým vrecúškom, aby vzorky schli pomalšie.

Po vybratí suchých vzoriek z formy nasledovalo brúsenie a skrátenie na požadovanú veľkosť.

3. Termické analýzy

Pod pojmom termické analýzy sa skrývajú všetky merania, ktoré skúmajú zmenu stavu skúmanej vzorky pri zmene teploty okolia. Nami použité analýzy boli termodilatometria (DIL), termogravimetria (TG) a diferenčná termická analýza (DTA). Na DIL mali vzorky rozmery ~ 25×10×10 mm, na TG a DTA mali vzorky veľkosť ~ 16×10×10 mm a do jednej z podstáv bola navŕtaná diera s priemerom 4 mm a dĺžkou 8 mm. Tento otvor je potrebný pre nasunutie vzorky na termočlánok v prístroji. Pre všetky termické analýzy bol zvolený teplotný program s rýchlosťou ohrevu 5 °C/min.

3.1 Termodilatometria (DIL)

Jednou zo základných termických analýz je termodilatometria. Táto analýza sleduje zmeny rozmerov vzorky v jednom smere v závislosti od zmeny teploty.

Tieto zmeny sú charakterizované koeficientom lineárnej teplotnej rozťažnosti (α). Tento koeficient môžeme vyjadriť vzťahom (1),

$$\alpha = \frac{\mathrm{d}l}{l_0 \mathrm{d}T} \qquad (1),[7]$$

kde l_0 vyjadruje počiatočnú dĺžku vzorky d*l*/d*T* zmenu dĺžky vzhľadom na zmenu teploty [7].

3.2 Termogravimetria (TG)

Táto metóda plynule sleduje hmotnosť skúmanej vzorky pri rovnomernom zvyšovaní alebo znižovaní teploty. Sledovaná zmena hmotnosti je funkciou teploty počas kontrolovaného teplotného programu.

3.3 Diferenčná termická analýza (DTA)

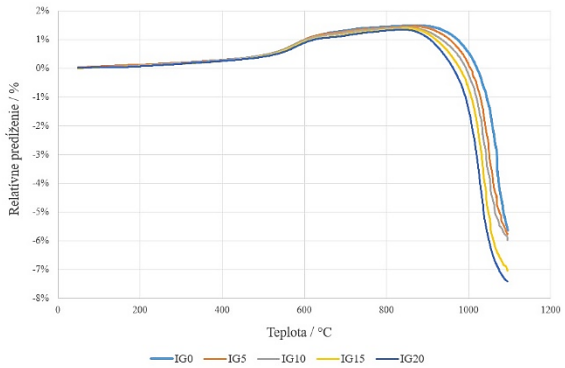
Pri tejto metóde je sledovaný rozdiel teplôt meranej a referenčnej vzorky pri kontrolovanom teplotnom programe. Keďže vieme, že v referenčnej vzorke procesy neprebiehajú, touto metódou vieme určiť, aké procesy prebiehajú vo vzorke meranej.

4 Výsledky a diskusia

Namerané hodnoty boli spracované a vynesené do grafov.

4.1 Termodilatometria

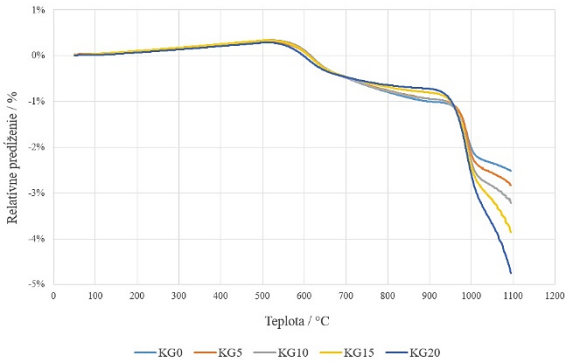
Namerané hodnoty boli zaznamenávané počítačom a vykreslené do grafu, z ktorého bolo možné určiť, či meranie prebehlo v poriadku. Merania boli realizované v statickej vzduchovej atmosfére pri normálnom atmosférickom tlaku.



Graf 1 DIL zmesí IG

Ako je možné na Grafe 1 vidieť, vzorky sa rozpínali do ~ 850 °C. Od tejto do konečnej teploty 1100 °C prebieha zmrašťovanie, ktoré je následkom spekania.

Z nameraných hodnôt vyplýva, že maximálne zmraštenie vzoriek rastie so zvyšujúcim sa množstvom pridaného skla. Keďže je sklo tavenina, podporuje celkové spekanie zmesi.



Graf 2 DIL zmesí KG

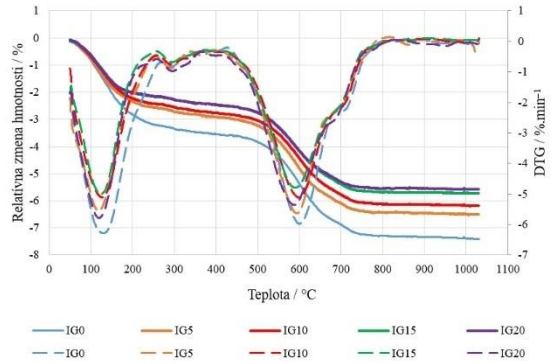
V prípade kaolínu je taktiež možné rozdeliť priebeh na rozpínanie a zmraštenie. V tomto prípade sa vzorky rozpínajú do ~ 550 °C, po tejto teplote začal proces zmrašťovania. Výraznejšie rozdiely je možné

pozorovať pri teplotách nad 1000 °C. Je možné ich vidieť na Grafe 2.

Aj v tomto prípade platí, že maximálne zmraštenie rastie s množstvom pridaného skla.

4.2 Termogravimetria

Termogravimetrická analýza bola realizovaná na prístroji Derivatograph 1100° simultánne s DTA. Merania boli realizované v statickej vzduchovej atmosfére pri normálnom atmosférickom tlaku.



Graf 3 TG a DTG zmesí IG

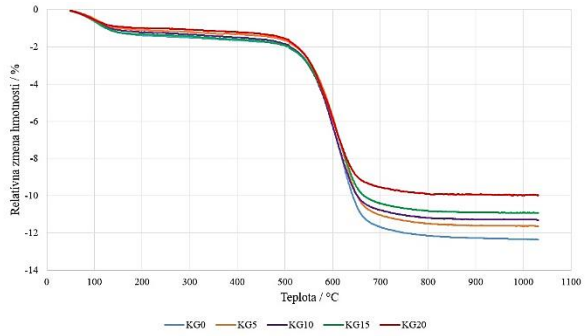
Plné čiary na Grafe 3 znázorňujú krivky TG a prerušované deriváciu TG podľa času (DTG).

Pri teplotách do ~ 300 °C môžeme pozorovať dehydratáciu, pri ktorej dochádza k poklesu hmotnosti od 2,2 do 3,5 %.

V intervale od ~ 450 °C do ~ 750 °C prebieha dehydroxylácia, ktorá prebieha ako dvojstupňová, čo možno vidieť z DTG kriviek.

Pri teplotách od ~ 750 °C do 1050 °C možno z kriviek TG a DTG povedať, že v tomto intervale nedochádza k žiadnym procesom, ktoré výrazne ovplyvňujú hmotnosť.

So zväčšujúcim sa množstvom skla sa znižuje hmotnostný úbytok.



Graf 4 TG zmesí KG

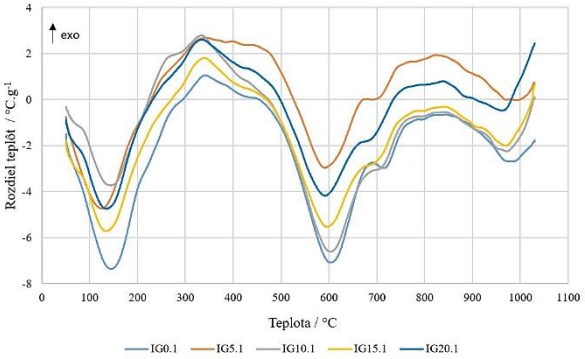
Výraznejšie zmeny hmotnosti je možné na Grafe 4 vidieť do ~ 150 °C, teda pri dehydratácii a následne pri dehydroxylácii, kde nastáva pokles o ~ 9 – 11 % hmotnosti.

Aj pri TG zmesí kaolínu a skla je evidentné, že hmotnostný úbytok klesá so zvyšujúcim sa množstvom pridaného skla.

4.3 Diferenčná termická analýza

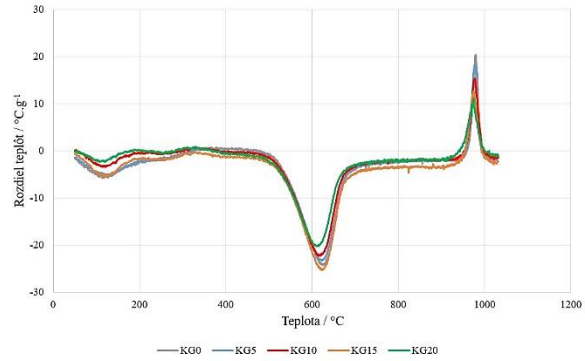
Ako bolo spomenuté vyššie, DTA bola meraná simultánne s TG na prístroji Derivatograph 1100° pri normálnom atmosférickom tlaku a statickej vzduchovej atmosfére.

Každá vzorka bola meraná dvakrát. Prvé meranie bolo realizované na surovej vzorke, zatiaľ čo druhé, tzv. blank, bol meraný na už vypálenej vzorke. Za pomoci údajov z merania blanku bolo možné odstrániť vplyv aparatúry.



Graf 5 DTA zmesí IG

Na Grafe 5 je pri ~ 150 °C evidentný endotermický pík, ktorý odpovedá dehydratácii fyzikálne viazanej vody. Druhý endotermický pík prislúcha dehydroxylácii a je možné ho pozorovať od teploty ~ 450 °C do ~ 650 °C pre prvý a od ~ 650 °C do ~ 750 °C pre druhý krok dehydroxylácie.



Graf 6 DTA zmesí KG

Aj pri zmesiach kaolínu a skla je možné pozorovať dva endotermické píky, prvý, menej výrazný, pri teplotách do ~ 200 °C, ktorý prislúcha dehydratácii a druhý, od ~ 400 °C do ~ 750 °C, prislúchajúci dehydroxylácii. Pri dehydroxylácii nastáva i zmena štruktúry a to z kaolínu na metakaolín.

Tretí, tentokrát už exotermický, začínajúci od ~ 900 °C ukazuje ďalšiu zmenu štruktúry, konkrétne ide o premenu metakaolínu na spinel.

4.4 Diskusia

Na základe meraní môžeme konštatovať, že pridaním skla do illitu a kaolínu spôsobuje väčšie finálne zmraštenie (pri finálnej teplote 1100 °C), v prípade illitu je rozdiel medzi zmesou IG0 a IG20 ~ 2 % a v prípade kaolínu, medzi KG0 a KG20 taktiež ~ 2 %. Pri illite nastávajú výraznejšie rozdiely od ~ 900 °C, pri kaolíne až od ~ 1000 °C.

TG ukazuje, že relatívna zmena hmotnosti zmesí IG pri 1050 °C sa líši až o 2%. Pri zmesiach KG je rozdiel obdobný. Výraznejšia zmena hmotnosti nastáva až ku koncu dehydroxylácie. Tento výsledok je očakávaný, keďže sklo vodu neviaže. Je teda logické, že čím viac skla je v zmesi, tým menej chemicky viazanej vody je vo finálnom materiáli.

Výsledky DTA sú neusporiadané. Je pravdepodobné, že to je spôsobené rôznou vlhkosťou vkladaných vzoriek. Avšak krivky majú veľmi podobný trend, na ktorom sú evidentné píky jednotlivých prebiehajúcich procesov.

Záver

Na skúmanie vplyvu odpadového skla ku keramickým hlinám boli použité analýzy DIL, TG a DTA. Získané výsledky je možné zhrnúť do nasledujúcich bodov:

- Väčší podiel skla spôsobuje väčšie zmraštenie až o ~ 2 % v zmesiach IG od ~ 900 °C a v zmesiach KG od ~ 1000 °C.
- Zmena relatívnej hmotnosti do ~ 2 % pri zmesiach IG aj KG, z dôvodu obsahu chemicky viazanej vody v illite a kaolíne.
- Energia potrebná na priebeh procesov pri DTA by mohla byť teoreticky určená a porovnaná inou metódou napríklad výpočtom a porovnaním plochy pod krivkou.
- Odpadové sklo sa javí ako vhodná prímes do tradičnej keramiky, pri ktorej je potrebná teplota výpalu do ~ 900 °C, avšak pred použitím v praxi je potrebné preskúmať aj ďalšie vlastnosti daných zmesí ako napríklad mechanická pevnosť.

Poďakovanie

Za odbornú pomoc a rady pri písaní tohto článku chcem poďakovať školiteľovi Mgr. Filipovi Obertovi.

Použitá literatúra

[1] G. R. Grim a a kol., „The mica in agrillaceous sediments,“ *The American Mineralogist,* pp. 813-829, 1937.

[2] J. K. Mitchel a K. Soga, Fundamentals of soil behavior, New Jersey: John Wiley and Sons, Inc., 2005.

[3] Illit pod elektrónovým mikroskopom. [Online]. Available: http://www.geogallery.de/Europa/REM6.html. [Cit. 11 Marec 2020].

[4] R. Sokolář, Keramika, Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, 2006.

[5] Kaolinit pod elektrónovým mikroskopom. [Online]. Available: https://www.flickr.com/photos/fei_company/5643602139. [Cit. 11 Marec 2020].

[6] J. Bártl, Technológia skla, Bratislava: Vysoká škola výtvarných umení, 1984.

[7] M. Jankula a et al, „Typical problems in push-rod dilatometry analysis,“ *Építönyag,* pp. 11-14, 2013.

Meranie difúzneho koeficientu expandovaného polystyrénu

Measurement of diffusion coefficient of expanded polystyrene

Marek Mánik[1],
Školiteľ: Tomáš Húlan[2]
[1,2]Katedra Fyziky, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra
[1]marek.manik@ukf.sk, [2]thulan@ukf.sk

Abstrakt

Expandovaný polystyrén (EPS) je často využívaný v stavebnom priemysle. Jedným z jeho najbežnejších použití je tepelná izolácia budov. V tomto prípade je materiál umiestnený na rozhraní dvoch prostredí - obvodové murivo a okolité prostredie. To znamená, že po stranách polystyrénového panelu sa nachádzajú prostredia s rôznymi relatívnymi vlhkosťami, teda vlhkosť prúdi cez polystyrén. Technická norma EN 12086 opisuje tento dej ako difúziu a navrhuje príslušný merací postup, v ktorom meraná veličina je hmotnostný tok vodnej pary. Cieľom tejto práce je opísať spomínané meranie a vykonať matematickú a technickú analýzu procesu difúzie v tomto konkrétnom prípade.

Kľúčové slová: difúzny koeficient, expandovaný polystyrén, vodná para

Abstract

Expanded polystyrene (EPS) is largely used in the building industry. One of its most frequent applications is thermal insulation of buildings. In this case, a material is located at the interface of two different conditions – inside of the building and the surrounding environment. This means that there are different relative humidities on the sides of an EPS panel and, therefore, moisture flows through EPS. Technical norm EN 12086 describes this process as diffusion and suggests the corresponding measurement process in which the measured parameter is a mass flow of water vapour. The purpose of this paper is to describe the measurement and mathematically and technically analyze the process of diffusion in this specific case.

Key words: diffusion coefficient, expanded polystyrene, water vapour

Úvod

Expandovaný polystyrén je syntetický materiál využívaný v mnohých odvetviach. Základnou surovinou na jeho výroby je styrén. Styrén patrí do skupiny nenasýtených aromatických uhľovodíkov. Vzniká pri tepelnom rozklade ropy bez prítomnosti vzduchu. Tento proces sa nazýva pyrolýza. Ten prejde polymerizáciou, pri ktorej vzniká guličkový granulát. Ten sa potom napení v 3 stupňoch [1]. Výsledný produkt je tvorený z 98 % vzduchom. Zvyšné 2 % tvoria napenené polystyrénové zrná. Hustota materiálu sa pohybuje v rozmedzí od 10 kg/m^3 do 35 kg/m^3. Spojitosti medzi priemerom zŕn a hustotou výsledného výrobku sa venujú autori článku [2].

Vďaka jeho nízkej tepelnej vodivosti sa EPS často využíva v stavebnom priemysle, kde plní úlohu tepelného izolátora pri zatepľovaní budov. V takejto situácii sa nachádza na rozhraní dvoch odlišných prostredí - obvodového muriva a v exteriéri. Vďaka tomu v ňom vznikajú rôzne gradienty, ktorými sa vyrovnávajú rozdiely príslušných veličín. Jeden z týchto gradientov súvisí s rozdielnou vlhkosťou na oboch

stranách EPS izolácie. Tejto problematike sa venuje technická norma EN 12086, v ktorej je opísaný spôsob merania difúznej vodivosti, resp. difúzneho odporu [3]. Tieto dve veličiny sú charakterizované príslušnými koeficientami. Táto práca je zameraná na podrobnejší rozbor tohto merania a spôsob výpočtu difúzneho koeficientu z nameraných veličín.

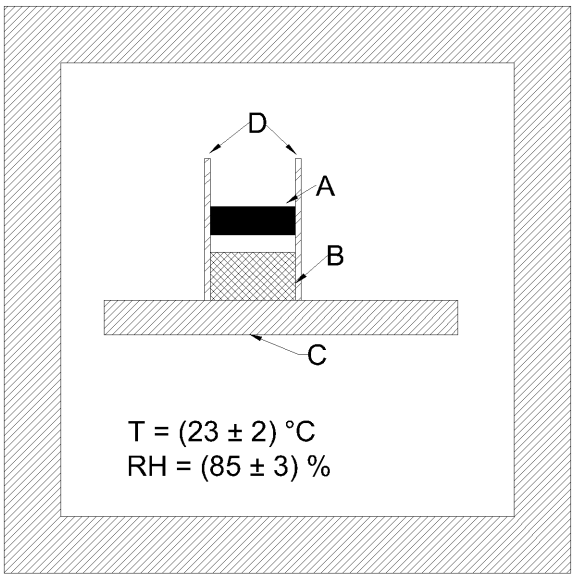
1 Opis experimentu

Difúzia je proces samovoľného rozptyľovania častíc v priestore. Látky majú tendenciu prechádzať z prostredia s vyššou koncentráciou do prostredia s nižšou. Mikroskopicky je difúzia spôsobená náhodným pohybom častíc. Pokiaľ častice majú možnosť pohybovať sa voľne v priestore, po určitom čase vyplnia celý priestor a v každej jeho časti vyrovnajú koncentráciu. Tento fakt vyplýva z druhého termodynamického zákona [4].

Experimentálne určenie difúzneho koeficientu opísané v technickej norme STN EN 12086 je založené na meraní hmotnostného toku vodnej pary cez vzorku. Vzorka je vložená do neprievzdušnej nádoby z plastu alebo kovu a spoje nádoby so vzorkou sú utesnené silikónom. Vnútri nádoby (pod vzorkou) je umiestnené sušidlo, ktoré na seba viaže všetku vlhkosť v nádobe. Takáto nádoba aj so vzorkou je umiestnená do klimatizačnej komory. Sústava je zobrazená na Obr. 1. Počas merania musia byť dodržané určité podmienky. Tie sú v komore nastavené na konštantné hodnoty vlhkosti $RH = 85(3)$ % a teploty $T = 23(2)$ °C. Celá sústava, t.j. nádoba, vnútri ktorej sa nachádza sušidlo a vzorka, sa váži v pravidelných intervaloch 24 hodín. Hmotnosť sa zvýši podľa toho, koľko vodnej pary z okolia pretečie vzorkou, resp. koľko vlhkosti sušidlo absorbuje. Hmotnostný tok sa určí ako podiel celkového prírastku hmotnosti a času, za ktorý sa tento prírastok uskutočnil. Do úvahy sa berú hodnoty v ustálenom stave. Za ten sa považuje stav, kedy 5 po sebe idúcich meraní hmotnostného toku, t.j. 6 vážení, neprekročí rozdiel 5 % od ich priemernej hodnoty.

Na Obr. 1 je zobrazené usporiadanie experimentu, pomocou ktorého je možné merať hmotnostný tok vodnej pary. Sústava sa nachádza v klimatizačnej komore, ktorá počas celého experimentu reguluje a udržiava konštantné okrajové podmienky. Hodnoty okrajových podmienok sú uvedené v obrázku. Sústava pozostáva z troch hlavných súčastí - vzorka (A), sušidlo (B) a neprievzdušná nádoba (D). Podložka (C) je tam kvôli umiestneniu nádoby so vzorkou do priestoru komory a nie na jej spodný okraj. V tomto prípade je použitá valcová vzorka s priemerom d približne 100 mm a hrúbkou h približne 50 mm. Ako sušidlo bol použitý kryštalický chlorid vápenatý $CaCl_2$. Nakoľko sušidlo na seba chemicky viaže vlhkosť z okolitého prostredia, relatívnu vlhkosť vnútri nádoby, t.j. pod vzorkou v okolí sušidla, možno považovať za nulovú. Sústava vzorky, nádoby a sušidla sa váži v pravidelných intervaloch každých 24 hodín, z čoho je následne možné určiť hmotnostný tok.

Obr. 1: Usporiadanie experimentu. A - vzorka, B - sušidlo, C - podložka, D - nádoba.



1.1 Matematický aparát

Matematicky difúziu opisuje prvý Fickov zákon, ktorý má tvar

$$J = -D\nabla c, \tag{1}$$

kde J [kg/m^{2}s] je hustota toku skúmaného plynu cez materiál, D [m^2/s] je difúzny koeficient a ∇c [kg/m^4] je gradient koncentrácie. Záporné znamienko vyjadruje, že plyn tečie v opačnom smere oproti gradientu koncentrácie. Táto práca sa zameriava na jednorozmerný prípad difúzie, preto je možné zanedbať záporné znamienko a tiež zvyšné rozmery. Uvedená rovnica sa potom zjednoduší na tvar

$$J = D\frac{\mathrm{d}c}{\mathrm{d}x}. \tag{2}$$

V tomto prípade J vyjadruje hmotnostný tok vodnej pary cez vzorku. Matematicky sa to dá zapísať ako

$$J = \frac{\Delta m}{A\Delta t}, \tag{3}$$

kde Δm [kg] je prírastok hmotnosti za dobu Δt [s] a A [m^2] je plocha, cez ktorú tento tok prebiehal. Nakoľko sú koncentrácie na oboch stranách vzorky po celú dobu merania konštantné, gradient koncentrácie je možné zapísať ako podiel rozdielu koncentrácií Δc a hrúbky materiálu h

$$\frac{\mathrm{d}c}{\mathrm{d}x} = \frac{\Delta c}{h}. \tag{4}$$

Po dosadení vyššie uvedených zjednodušení do pôvodnej rovnice získame rovnicu, ktorá charakterizuje proces difúzie v podmienkach skúmaných v tejto práci

$$\frac{\Delta m}{A\Delta t} = D\frac{\Delta c}{h}, \tag{5}$$

odkiaľ už možno jednoducho vyjadriť vzťah pre výpočet v tvare

$$D = \frac{\Delta m}{\Delta t}\frac{h}{A}\frac{1}{\Delta c}. \tag{6}$$

Nech ρ_p je absolútna vlhkosť v [kg/m^3], p_p parciálny tlak vodnej pary vo vzduchu, p_s parciálny tlak vodnej pary v nasýtenom vzduchu, T_k a T_C teplota v kelvinoch, resp. stupňoch Celzia. Relatívna vlhkosť RH bude v celom ďalšom výpočte figurovať v tvare desatinného čísla $RH = 0{,}85$. Potom

$$RH = \frac{p_\mathrm{p}}{p_\mathrm{s}} \rightarrow p_\mathrm{p} = RH \cdot p_\mathrm{s} \tag{7}$$

$$\rho_\mathrm{p} = \frac{p_\mathrm{p}}{R \cdot T_\mathrm{k}} = \frac{RH \cdot p_\mathrm{s}}{R \cdot T_\mathrm{k}} \tag{8}$$

Tetensova rovnica vyjadruje vzťah pre výpočet p_s [5]

$$p_\mathrm{s} = 0,61094 \cdot \exp\left(\frac{17,27 \cdot T_\mathrm{C}}{T_\mathrm{C} + 237,3}\right) \tag{9}$$

$$\rho_\mathrm{p} = \frac{RH \cdot 0,61094}{R \cdot T_\mathrm{k}} \exp\left(\frac{17,27 \cdot T_\mathrm{C}}{T_\mathrm{C} + 237,3}\right) \tag{10}$$

a po dosadení do rovnice difúzie, kde rozdiel koncentrácií Δc nahradíme absolútnou vlhkosťou ρ_p získame vzťah pre výpočet difúzneho koeficientu

$$D = \frac{\Delta m}{\Delta t}\frac{h}{A} \cdot \frac{R \cdot T_\mathrm{k}}{0,61094 \cdot RH} \cdot \exp\left(-\frac{17,27 \cdot T_\mathrm{C}}{T_\mathrm{C} + 237,3}\right) \tag{11}$$

2 Priebeh a výsledky experimentu

Vzorka z expandovaného polystyrénu bola vyrezaná do tvaru valca s priemerom približne 100 mm a hrúbkou približne 45 mm (Obr. 2). Do neprievzdušnej nádoby bol nasypaný kryštalický chlorid vápenatý s hmotnosťou 150 g. Následne bola do nádoby vložená vzorka z EPS. Miesta, v ktorých sa vzorka dotýka steny nádoby boli vzduchotesne uzavreté pomocou sanitárneho silikónu.

Týmto spôsobom sa zamedzilo prieniku vlhkosti z okolia do vnútra nádoby cez miesta mimo vzorky. Po vytvrdnutí silikónu bola nádoba spolu so vzorkou vložená do klimatizačnej komory. Podmienky v komore boli nastavené na hodnoty $T = 23$ °C a $RH = 85$ %. V tomto stave bol experiment ponechaný po dobu siedmych dní, až kým sa systém neustálil v rovnovážnom stave. Za rovnovážny stav považujeme stav, kedy vzorkou prúdi vlhký vzduch z komory rovnomerne, t.j. hmotnosť nádoby so vzorkou rastie lineárne s časom. Po ustálení systému sa nádoba vážila v pravidelných intervaloch každých 24 hodín. Toto váženie sa vykonalo 6-krát, teda bolo sledovaných 5 zmien v daných časových intervaloch. Hmotnostný tok bol určený ako priemer z týchto piatich rozdielov vztiahnutý na jednotku času. Rozmery vzorky a nameraný hmotnostný tok boli dosadené

Obr. 2: Použité pomôcky. Zľava nádoba, valcová vzorka z EPS a sušidlo $CaCl_2$.

do rovnice (11) a bol vypočítaný difúzny koeficient. Presné hodnoty sú uvedené v Tab. 1.

Tab. 1: Parametre vzorky a výsledky

Veličina	Hodnota
relatívna vlhkosť RH	85 %
teplota T	23 °C = 296,16 K
hrúbka h	0,043 m
plocha A	0,0053 m^2
hmotnostný tok $\frac{\Delta m}{\Delta t}$	$1{,}63{\cdot}10^{-9}$ kg/s
difúzny koeficient D	$1{,}34{\cdot}10^{-4}$ m^2/s

3 Záver

Technická norma EN 12086, ktorá sa venuje priepustnosti vlhkosti okolia cez tepelnoizolačné materiály, za vhodný parameter určuje faktor difúzneho odporu μ, resp. ekvivalentnú difúznu hrúbku s_d. Experiment, ktorý je v nej opísaný, sa však zameriava na difúziu. Preto je možné týmto spôsobom merať aj ďalšie veličiny, ktoré ju charakterizujú. Pre fyzikov je najdôležitejší parameter práve difúzny koeficient, keďže vyjadruje pomer medzi tokom cez materiál a gradientom koncentrácie v jeho vnútri.

V tejto práci je podrobne opísaná metóda merania difúzie podľa EN 12086. Ďalej je odvodený výpočet difúzneho koeficientu s použitím výsledkov merania touto metódou. Vo výpočte difúzneho koeficientu je použitý Tetensov model, ktorý je najvhodnejší pri daných okrajových podmienkach [5]. Kapitola 2 je venovaná konkrétnemu experimentu a v Tab. 1 sú zobrazené reálne hodnoty zistené počas experimentu.

Ako pokračovanie tejto práce je v pláne preskúmať závislosť difúzneho koeficientu na hustote materiálu za použitia rôznych druhov EPS. Takisto je v pláne skúmať závislosť difúzneho koeficientu EPS na rôznych okrajových podmienkach, konkrétne rôznej vlhkosti okolitého prostredia.

Poďakovanie

Touto cestou ďakujem organizácii Technický a Skúšobný Ústav Stavebný, n. o. za poskytnutie priestorov a zariadení na vykonanie experimentu.

Literatúra

[1] Výroba EPS [Citované: 4. marec 2020] `https://www.isover.sk/vyroba-eps`

[2] Vaitkus S., Laukaitis A., Gnipas I., et al. (2006) Materials Science (Medžiagotyra). 12(4), p. 323

[3] STN EN 12086 (2013) Tepelnoizolačné výrobky pre stavebníctvo. Stanovenie priepustnosti vodnej pary

[4] Philibert J. (2004) Diffusion Fundamentals. 2.

[5] Anyadike R. N. C (1984) Arch. Met. Geoph. Biocl. 33, p. 239

Možnosti použitia ovčej vlny na zníženie obsahu dusičnanov vo vode

Possibility of sheep wool using to decrease nitrate content in water

Marcel Cvik[1]
Školiteľ: Jana Braniša[2]
[1]Katedra chémie, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra,
[1] marcelcvik@gmail.com, [2] jbranisa@ukf.sk

Abstrakt
Prírodná a chemicky modifikovaná ovčia vlna boli testované ako adsorbenty na zníženie obsahu dusičnanov vo vodnom prostredí. Aplikované modifikátory boli kyselina citrónová a kyselina chlorovodíková s rôznymi koncentráciami. Stanovené hodnoty bodu nulového náboja preukázali, že celkový povrchový náboj vlny sa modifikáciou zmenil zo záporného na kladný, čo o 10% zvýšilo adsorpciu dusičnanov oproti prírodnej vlne. Zistilo sa, že účinnosť odstránenia dusičnanov z roztoku závisí od počiatočnej koncentrácie dusičnanového aniónu v roztoku a od použitej koncentrácie modifikátora. Maximálna účinnosť bola dosiahnutá pri vlne modifikovanej s 0,01 molárnou kyselinou chlorovodíkovou. Pôsobenie koncentrovanejších kyselín malo na sorpčnú schopnosť adsorbenta negatívny účinok. Výsledky poukazujú, že chemicky modifikovaná ovčia vlna je relatívne účinným a lacným adsorbentom vhodným pre čistenie kontaminovaných vôd.

Kľúčové slová: ovčia vlna, chemická modifikácia, dusičnanový anión, adsorpcia.

Abstract
Natural and chemically modified sheep wool was tested as an adsorbent to reduce nitrate content in the aqueous solution. The citric acid and hydrochloric acid at various concentrations were applied as modifiers. The value of point zero charge showed, that the total surface charge of the wool has changed by modification, from negative charge to positive charge. Nitrate adsorption increased by 10% compared to natural wool. It was found that the removal of nitrates from the solution depends on the initial concentration of the nitrate anion in the solution and the concentration of the modifier used. Maximum efficiency was achieved with a wool modified with 0,01 molar hydrochloric acid. Chemical treatment with more concentrated acids had a negative effect on the adsorption efficiency of the adsorbent. The results show that chemically modified sheep wool is a relatively effective and inexpensive adsorbent suitable for the treatment of contaminated water.

Key words: sheep wool, chemical modification, nitrate anion, adsorption.

Úvod

Kontaminácia vodných zdrojov zlúčeninami obsahujúcich dusík, ako sú napríklad dusičnany, dusitany, amoniak, je častokrát spôsobená nadmerným používaním hnojív alebo nesprávnou likvidáciou ľudského a živočíšneho odpadu [1]. Vďaka svojej dobrej rozpustnosti a stabilite je dusičnan pravdepodobne najrozšírenejším kontaminatom v podzemných vodách [2]. Bežne používanou metódou úpravy vody je biologická denitrifikácia. Pri tejto metóde anaeróbne baktérie redukujú dusičnany alebo dusitany na neškodný plynný dusík v neprítomnosti kyslíka. Proces je zdĺhavý najmä pri čistení priemyselných odpadových vôd s vysokou koncentráciou dusičnanov. Nie je účinný ani pri úprave

zdrojov podzemných vôd, kde je teplota nižšia ako 7°C [3, 4]. Iné konvenčné technológie založené na fyzikálno-chemických procesoch sú finančne náročné na prevádzku a tiež málo účinné [3, 5]. Reverzná osmóza má vysoké prevádzkové náklady, pri katalytickej redukcii vznikajú vedľajšie produkty ako dusitan alebo amoniak a pri iónovej výmene sa vyžaduje obnova drahých iónomeničových živíc a likvidácia odpadovej soľanky [6]. V porovnaní s vyššie uvedenými technológiami sa adsorpcia považuje za atraktívnejšiu metódu na odstránenie dusičnanov z hľadiska bežnej dostupnosti, obnoviteľnosti a nenáročnosti na prevádzku [5, 7]. Viacero autorov testovalo rôzne druhy odpadových materiálov, ako napr. modifikované a nemodifikované aktívne uhlie [2, 4, 8] drevené uhlie [9] alebo biouhlie [6] ako vhodné adsorbenty pre odstránenie dusičnanových aniónov z roztoku. Biouhlie, ktoré je produktom pyrolýzy biomasy bez prístupu kyslíka, má v porovnaní s aktívnym uhlím lepšiu adsorpčnú schopnosť ako komerčne pripravované aktívne uhlie [6]. Je prekvapujúce, že všetky tieto štúdie testovali iba vzorky rastlinného pôvodu. Použitie keratínových materiálov, ktorých najrozšírenejším predstaviteľom je ovčia vlna, na tento účel zatiaľ neboli študované vôbec. V nadväznosti na to zámerom našej práce bolo porovnať účinnosť odstránenia dusičnanov z vodného roztoku prírodnou a chemicky modifikovanou ovčou vlnou.

1. Materiál a metodika práca

1.1. Chemikálie

Tetrahydrát dusičnanu vápenatého $Ca(NO_3)_2.4H_2O$ p.a., dodaný spoločnosťou Centralchem., (Banská Bystrica, Slovensko) bol použitý ako NO_3^- - sorbát. Na sorpčné experimenty boli použité roztoky NO_3^- v deionizovanej vode s koncentráciami (20-40-60-80-100) mg.dm^{-3}. NaOH, HCl a KCl, všetky analytickej čistoty, dodané spoločnosťou Slavus Ltd. (Bratislava, Slovensko), boli použité na úpravu pH roztokov.

1.2 Čistenie ovčej vlny

Vzorka ovčej vlny pochádzala z jarného strihu z kríženca ovčieho plemena Suffolk-Cigája, chovaného na západnom Slovensku. Po striži bola potná vlna zbavená väčších nečistôt (krmiva, trusu, bodľačia) viacnásobným vypláchaním vo vlažnej vode, až pokým voda nezostala číra a materiál bol zbavený hrubých nečistôt. Na odstránenie ostatných nečistôt a vlnotuku bol použitý ultrazvukový kúpeľ s vodovodnou vodou temperovanou na 40 °C a trojnásobnou výmenou vody po každom 10-minútovom pracom cykle. Následne bola vlna premytá deionizovanou vodou a voľne dosušená počas 3 dní.

1.3 Chemická modifikácia ovčej vlny

Vysušená ovčia vlna bola pred sorpčnými experimentmi modifikovaná rôznymi spôsobmi. Prvý modifikátor bola 0,01 alebo 0,1 molárna HCl, druhý bola 0,1 alebo 0,2 molárna kyselina citrónová. 30 gramov vlny bolo zaliatych s 3000 cm^3 modifikátora. Kontakt vlny s kyselinou bol 24 hodín, z čoho sa 6 hodín vzorka trepala na trepačke a zvyšných 18 hodín bola v statickom režime. Po uplynutí 24 hodín sa modifikovaný materiál prefiltroval a nechal sa voľne presušiť pri laboratórnej teplote. Podmienky modifikácie biosorbentu sú uvedené v Tab. 1.

Tab. 1 Prehľad podmienok modifikácie ovčej vlny

Označenie vzoriek	Aplikovaná chemická látka	Koncentrácia modifikačného roztoku (*mol.dm^{-3}*)	Doba kontaktu (*hod.*)	
			dynamický režim	statický režim
VM 1	KC	0,1	6	18
VM 2	KC	0,2	6	18
VM 3	HCl	0,01	6	18
VM 4	HCl	0,1	6	18

Legenda: KC - kyselina citrónová, VM - vlna modifikovaná

1.4 Spektrálne merania

UV spektrometria (Specord 50 Plus, Analytikjena, Nemecko, 1 cm kremenná kyveta) bola použitá na

stanovenie zvyškového obsahu NO_3^- v kúpeli. Na analýzu bolo použité meranie absorbancie pásu pri λ=232 nm. Kalibračná krivka bola pripravená vo vodnom extrakte z modifikovanej vlny s pomerom vlna : voda = 1 : 100 za podmienok zhodných so sorpčnými experimentmi. Do prefiltrovaného vodného extraktu sa navážili vypočítané množstvá $Ca(NO_3)_2.4H_2O$ zodpovedajúce koncentráciám použitým na sorpciu.

1.5 Sorpčné experimenty

Do série uzatvárateľných pohárikov bolo navážené po 0,2 g vzorky, ku ktorej sa pridalo 20 cm^3 roztoku NO_3^- s príslušnou koncentráciou. Vlna s roztokom sa nechala v kontakte 24 h, pričom prvých 6 hodín sa pretrepávala v trepačke pri 100 ot/min. Po 24 h (čas vopred určený na dosiahnutie rovnováhy) sa zmes sorbent/sorbát prefiltrovala. Absorbancia filtrátu bola zmeraná pomocou UV spektrometra oproti slepej vzorke, ktorou bola vždy vlna s rovnakou chemickou úpravou po 24 h kontakte s deionizovanou vodou za zhodných podmienok ako meraná vzorka. Z nameraných absorbancií a rovnice lineárnej regresie sa následne vypočítali zvyškové koncentrácie dusičnanových iónov vo filtráte. Hodnoty účinnosti odstraňovania dusičnanového aniónu z roztoku boli vypočítané podľa vzťahu (1):

$$RE = \frac{x_0 - x_1}{x_0} \cdot 100\ \% \qquad /1/$$

kde RE vyjadruje percentuálnu účinnosť odstránenia aniónu z roztoku, x_0 je koncentrácia príslušného pridaného iónu v roztoku (mol.dm^{-3}), x_1 je zvyšková koncentrácia príslušného iónu v roztoku po kontakte so vzorkou vlny (mol.dm^{-3}).

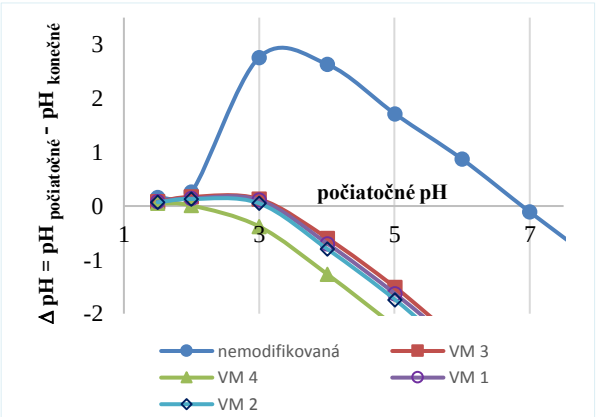
1.6 Bod nulového náboja

Bod nulového náboja bol stanovený pridaním 0,2 g biosorbentu do 20 ml vodného roztoku a 0,05 molárneho KCl s rôznymi počiatočnými hodnotami pH (1,5-10). Hodnota pH roztoku bola upravovaná s NaOH a HCl s koncentráciou 0,1 mol.dm^{-3}. Po 24 hodinách bolo pH roztoku KCl opätovne zmerané a stanovená jeho zmena oproti nastavenej hodnote [10].

2. Výsledky a diskusia

2.1 Hodnota pH bodu nulového náboja

Dôležitou charakteristikou adsorbenta je hodnota pH bodu nulového náboja (pH_{BNN}). Bod nulového náboja (BNN) označuje hodnotu pH, pri ktorej adsorbent ponorený v elektrolyte vykazuje nulový čistý elektrický náboj na povrchu [10]. V tomto bode krivka pretína os x a priesečník zodpovedá ΔpH = 0. Výsledky získané stanovením pH_{BNN} sú zobrazené na obr. 1. Z grafu je zrejmé, že pôsobenie slabých koncentrácií oboch kyselín na vlnu bolo dostatočné na to, aby spôsobilo zmeny náboja na povrchu adsorbenta.



Obr. 1 pH_{BNN} nemodifikovanej a modifikovanej ovčej vlny

Modifikátory spôsobili posunutie pH_{BNN} u všetkých štyroch modifikovaných vzoriek vlny k nižším hodnotám pH. Pre modifikovanú vlnu bol BNN určený v rozpätí od 2 do 3,3 a pre nemodifikovanú približne 6,9 jednotiek pH.

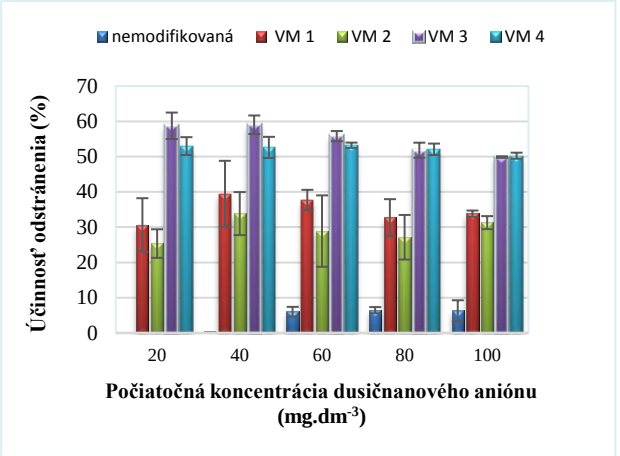
Chemickou modifikáciou sa aktívne miesta, najmä amínové skupiny $–NH_2$ nachádzajúce sa v horných vrstvách vlákna, protononizovali a povrch vlny sa vďaka svojmu pozitívnemu náboju stal vhodným pre adsorpciu aniónov.

U nemodifikovanej ovčej vlny bola situácia opačná. Pri sorpčných experimentoch, kde pH roztoku bolo vyššie ako hodnota pH_{BNN}, bol povrch nemodifikovanej vlny vo vodnom roztoku záporne nabitý. Adsorpcia aniónov bola inhibovaná v dôsledku elektrostatického odpudzovania medzi aniónom a záporne nabitým povrchom vlákna. Tento výsledok bol i očakávaný, pretože viaceré publikované práce dokázali, že náboj na povrchu vlny nie je rovnomerne rozložený a čistý povrchový náboj je negatívny [11, 12]. V tomto prípade bola ovčia vlna skôr vhodným adsorbentom pre kladne nabité častice – katióny kovov.

2.2 Efekt počiatočnej koncentrácie dusičnanov na účinok sorpcie

Vplyv koncentrácie dusičnanov na účinnosť odstránenia z roztoku nemodifikovanou i modifikovanou ovčou vlnou bol študovaný s koncentráciami 20-40-60-80-100 $mg.dm^{-3}$, pričom ostatné parametre zostali nezmenené (pH, návažok sorbentu, objem sorbátu, kontaktný čas). Z obr. 2 je zrejmé, že ani v jednom prípade sa nedosiahlo úplné odstránenie iónu NO_3^- z roztoku.

U nemodifikovanej vlny sa účinnosť takmer nemenila. Pri nízkych koncentráciách (20 a 40 $mg.dm^{-3}$) účinnosť bola nulová, pri zvyšných troch len 6% (60 $mg.dm^{-3}$ ≈ 6,0 %; 80 $mg.dm^{-3}$ ≈ 6,5 %; 100 $mg.dm^{-3}$ ≈ 6,3 %). Vzorka vlny, ktorá bola aktivovaná 0,01 molárnou HCl, vykazovala najlepšiu adsorpčnú schopnosť spomedzi všetkých testovaných vzoriek. Účinnosť odstraňovania dusičnanov vlnou modifikovanou HCl bola približne 1,6-krát vyššia v porovnaní s vlnou modifikovanou KC.



Obr. 1 Účinnosť odstraňovania NO_3^- $mg.dm^{-3}$ nemodifikovanou a modifikovanou ovčou vlnou

Najvyššie percento odstránenia NO_3^- sa dosiahlo u modifikovaných vzoriek len do koncentrácie 40 $mg.dm^{-3}$. Pri vyšších koncentráciách účinnosť odstránenia iónu z roztoku začala klesať, najvýraznejší pokles bol u vlny modifikovanej 0,01 molárnou HCl a to z 59% na 49%. Pri porovnávaní sorpčnej účinnosti bolo poradie rôzne modifikovaných biosorbentov nasledovné: nemodifikovaná vlna < VM 2 < VM 1 < VM 3 < VM 4. Očakávali sme, že vzorky modifikované koncentrovanejšou kyselinou dosiahnu lepšie odstránenie kontaminantu z roztoku. Pozorovali sme však opak a to, že čím bola koncentrácia kyseliny použitej na modifikáciu vlny silnejšia, tým bola účinnosť nižšia.

Domnievame sa, že na mieru účinnosti odstránenia dusičnanov z roztoku adsorbentmi významne vplýva samotný modifikačný proces. Podrobnejšie vysvetlenie poskytuje viacero publikovaných výskumov, ktoré sa zaoberali účinkom chemických reagentov na štruktúru keratínových biosorbentov. Bolo dokázané, že dlhodobý kontakt s chemikáliami môže zväčšiť sorpčnú plochu [13] alebo spôsobiť rozštiepenie disulfidových mostíkov v keratínovej štruktúre. Ich následnou oxidáciou sa generujú nové funkčné skupiny, ktoré sú miestami pre interakciu so sorbátom [14]. Ak je však pôsobenie aktivačného činidla dlhodobejšie, alebo sa pôsobí látkou so silnejšou koncentráciou, môže dôjsť k

degradácii keratínových vlákien, i keď na prvý pohľad nie je možné tieto zmeny zaregistrovať [15, 16].

Získané dáta môžu byť zlepšené hľadaním iných optimálnych podmienok modifikácie vlny a dávajú priestor pre ďalšie skúmanie.

Záver

Výsledky ukázali, že kyselinou modifikovaná ovčia vlna má potenciál adsorbovať dusičnanové anióny z vodného roztoku. Účinnosť adsorpcie je, okrem iného, funkciou aplikovanej koncentrácie dusičnanu, ale i koncentrácie použitých modifikačných činidiel tak, aby nedošlo až k degradácii štruktúry vlákna. Preto bolo odstránenie dusičnanu z roztoku účinnejšie u adsorbentov modifikovaných kyselinami so slabšou koncentráciou. Modifikáciou sa zmenil povrchový náboj ovčej vlny v dôsledku protonizácie funkčných skupín $–NH_2$ nachádzajúcich sa na povrchu vlákna, čo bolo podstatnou podmienkou pre priaznivú interakciu $-\mathrm{NH_3^+} \cdot \mathrm{NO_3^-}$. Zlepšenie adsorpčnej aktivity modifikovanej vlny o 10% oproti vlne prírodnej dáva námet na ďalší výskum.

Poďakovanie

Moje poďakovanie patrí mojej školiteľke, zároveň konzultantke Jane Braniša. Osobe, bez ktorej pomoci, odborných rád a venovaného času, by tento článok nenadobudol hodnôt, ktoré dosahuje.

Použitá literatúra

[1] Rakshitha R., Yashas S.R. (2017) Removal of nitrate from water by chitosan, clay and activated carbon as adsorbents. In: A mini review, vol. 7, no. 5, p. 46-54.

[2] Zanella O., Tessaro I.C., Feris L.A. (2015) Nitrate sorption on activated carbon modified with $CaCl_2$: equilibrium, isotherms and kinetics. In*: Chem. Ind. Chem. Eng,* vol. 21, no. 1, p. 23-33.

[3] CHatterje S., Woo S.H. (2009) The removal of nitrate from aqueous solutions by chitosan hydrogel beads. In: Journal of hazardous materials, vol. 164, p. 1012-1018.

[4] Demiral H., Gunduzoglu G. (2010) Removal of nitrate aqueous by activated carbon prepared from sugar beet bagasse. In: Biosource technology , vol. 101, p. 1675-1680.

[5] Bhatnagar A., Kumar E., Sillanpaa M. (2010) Nitrate removal from water by nano-alumina: Characterization and sorption studies. In: Chemical engineering journal, vol. 163, p. 317-323.

[6] Hafshejani L.D., Hooshmanda A., Naseri A.A., Mohammadi A.S., Abbasi F., Bhatnagar A. (2016) Removal of nitrate from aqueous solution by modified sugarance bagasse biochar. In: Ecological engineering, vol. 95, p. 101 - 111.

[7] Pan J., Gao B., Song W., Xu X., Yue Q. (2020) Modified biogas residues as an eco-friendly and easily-recoverable biosorbent for nitrate and phosphate removals from surface water. In: Journal of hazardous materials, vol. 383, p. 121073.

[8] Bhatnagar A., Ji M., Choui Y.H., Jung W., Lee S.H., Kim S.J. (2008) Removal of nitrate from water by adsorption onto zinc chloride treated activated carbon. In: Separation science and technology, vol. 43, no. 4, p. 886-907.

[9] Mishra P.C., Patel R.K. (2009) Use of agricultural waste for the removal of nitrate-nitrogen from aqueous medium. In: Journal of environmental managment, vol. 90, no. 1, p. 519-522.

[10] Braniša J., Kleinová A., Jomová K., Malá R., Morgunov V., Porubská M. (2019) Some proberties of electron beam - irradiated sheep wool linked to Cr(III) sorption. In: Molecules, vol. 24, no. 23, p. 2-15.

[11] Porubská M., Kleinová A., Hybler P., Braniša J., (2018) Why natural electron irradiated sheep wool show arnomalous sorption of higher concentrations of copper(II). In: Molecules, vol. 23, no. 12, p. 2-15.

[12] Zimmerman B., Chow J., Abbot A.G., Ellison M.S., Kennedy M.S. (2011) Variation of surface along the surface of wool fibers assessed by high -

resolution force spectroscopy. In: J. Eng. Fiber. Fabr, vol. 6, no. 2, p. 61-66.

[13] Nurmiyanto A., Adyandana J. Satrania M., Lady E.A., Artha Y.A., Yulianto A. (2014) Chicken feather waste as biosorbent for chromium (VI) removal from aqueous solution. In: Third international conference on suitable built enviroment. Yogyakarta, Indonesia. 2014, ISBN: 978-602-98397-4-6.

[14] Porubská M., Hanzlíková Z., Braniša J., Kleinová A., Hybler P., Fulop M., Ondruška J., Jomová K. (2015) The effect of electron beam on sheep wool. In: Polymer degradation and stability, vol. 111, p. 151-158.

[15] Asheh S.A., Banat F., Rousan D.A. (2003) Beneficial reuse of chicken feathers in removal of heavy metals from wastewatter. In: Journal of cleaner production, vol. 11, p. 321-326.

[16] Tan T.C., Chia C.K., Teo C.K. (1985) Uptake of metal ions by chemically treated human hair. In: Water Res, vol. 19, no. 2, p. 157-162.

Výpočty NMR konštánt bojovej otravnej látky sarínu

Calculations of NMR constants of sarin chemical warfare agent

Ema Mačušová[1] – Miroslav Iliaš[2]
Školiteľ: Miroslav Iliaš[2]
[1,2]Katedra chémie, FPV UMB, Tajovského 40, 974 01 , Banská Bystrica
[2]Prievidzská chemická spoločnosť, M. Hodžu 10/16, 971 01 Prievidza, Slovenská republika
[1]emacusova@student.umb.sk, [2]Miroslav.Ilias@umb.sk

Abstrakt
V súčasnosti sa väčšina výpočtov elektrónovej štruktúry vykonáva práve pomocou DFT metód. Pre účely možnej detekcie a analýzy mnohých chemických bojových látok sa táto práca zameriava na kvantovochemické výpočty NMR chemických posunov pre atómy v molekule bojovej otravnej látky sarín, a to metódami metóda funkcionálu hustoty GIAO-DFT a MP2, berúc do úvahy aj efekty rozpúšťadla. Tieto metódy patria medzi základné metódy používané na výpočty NMR tieniacich konštánt. Riešením je elektrónová hustota základného stavu, získaná riešením tzv. Kohnových-Shamových rovníc a energie základného stavu. Dôležitým faktorom je výber vhodnej referenčnej látky, metódy a parametre výpočtov.

Výsledky potvrdzujú zhodu s predchádzajúcimi publikovanými výpočtami NMR chemických posunov a korešpondujú aj s publikovanými nameranými dátami.

Kľúčové slová: NMR chemické posuny, sarín, kvantovochemické výpočty

Abstract
Currently, most of the electron structure calculations are performed using DFT methods. For the purposes of the possible detection and analysis of many chemical warfare agents, this work focuses on quantum chemical analysis of NMR chemical shifts of sarine fighting poisoning atoms by methods of functional electron density theory of GIAO-DFT and MP2, also taking into account solvent effects. These methods are among the basic methods used to calculate NMR shielding constants. The solution is the electron density of the ground state, obtained by the so-called solution. Kohn-Sham equations and ground state energy. An important factor is the selection of a suitable reference substance, methods and calculation parameters.

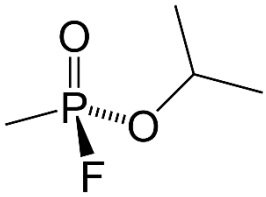
The results confirm consistency with previously published calculations of NMR chemical shifts and correspond with published measured data.

Key Words: NMR, chemical shifts, sarin, quantum-chemical calculations

Úvod

Nervovoparalytické látky patria medzi bojové chemické látky, ktoré vo svojej štruktúre obsahujú organofosfáty. Vo všeobecnosti patria medzi najtoxickejšie chemikálie známe ľudstvu [1] [2] [3] [4] [5].

Táto práca sa zameriava nervovoparalytický plyn sarín (GB) zo série G podľa notácie NATO [6]. Ide o Izopropylmetylfluorfosfonát alebo inak (RS)-2-(Metylfluorfosfonyloxy)propán podľa IUPAC, so sumárnym vzorcom $C_4H_{10}FO_2P$, viď Obr. 1. Jeho molekulová hmotnosť je len 140,094, $g.mol^{-1}$, čiže je to relatívne malá molekula, zložená len z 18 atómov.



Obr.1 Štruktúrny vzorec molekuly sarínu
Zdroj: [7]

Sarín je chemická otravná (bojová) látka, spadajúca do kategórie nervovoparalytický, kvôli svojím paralyzujúcim účinkom na nervovú sústavu. Pomenovaný je po objaviteľoch Schrader, Ambros, Ritter a von der Linde [8]. Sarín pôsobí ako ireverzibilný inhibítor organofosfátovej cholínesterázy [9]. Patrí do skupiny organofosfátov, uplatňujúci svoj toxický účinok fosforyláciou katalyticky aktívneho serínu v aktívnom mieste acetylcholínesterázy a zabránením jej

katalyzovať rozklad acetylcholínu v neuromuskulárnom spojení.

Sarín bol prvýkrát syntetizovaný ako potenciálny insekticíd v roku 1938 Schraderovou skupinou v I.G. Farben v Nemecku [11].

Počas druhej svetovej vojny sa sarín neskôr vyvinul ako chemický bojový prostriedok spolu s cyklosarínom a inými bojovými chemickými látkami. Nedávne použitie sarínu na Blízkom východe proti vojenským a civilným cieľom [12] a teroristickým skupinám v Japonsku [13] poukázalo na hrozbu chemických bojových látok proti civilnému obyvateľstvu. Nie je však vystavené iba riziku vystavenia sarínu, ktorý armáda používa ako nervové činidlo, ale ohrozuje ho aj vystavenie fosfátovým pesticídom, ktorý je ľahko dostupný po celom svete [14].

V nedávnej práci od autorského kolektívu Bhakhou, Rhyman a Ramasami [15] sa teoreticky (kvantovo-chemickými výpočtami) skúmajú molekulové vlastnosti štyroch chemických otravných bojových látok-novičok (A234), sarín (GB), yperit (HD) a VX. Pre naše účely bola podstatná práve tá časť, v ktorej vykonávali výpočty atómov ^{1}H, ^{13}C, ^{31}P and ^{19}F NMR chemických posunov (angl. NMR shielding constants) sarínu.

Pre sarín je k dispozícii aj jedinečná odtajnená experimentálna práca, obsahujúca NMR chemické posuny v autorstve austrálskeho ministerstva obrany [16], kde aplikovali kvantitatívnu protónovú NMR spektroskopiu na chemické bojové látky, konkrétne na sarín, VX a yperit.

Ďalšia experimentálna práca, ktorú máme k dispozícii, je správa o výskume o overení dohovoru o chemických zbraniach zo Zariadenia nórskeho obranného výskumného ústavu, zameraná na vývoj postupov overovania údajného použitia chemických bojových látok [17]. Z tejto správy sú dostupné experimentálne údaje z meraní uskutočnených pomocou analytických metód ako MS, IR, NMR, GC, TLC a údaje z experimentálnych testovaní, lokalizácie oblasti, postup odberu vzoriek a analýzy z laboratórií.

K dispozícii sú aj ďalšie experimentálne práce, v ktorých vykonávali štúdiu hydrolýzy sarínu [18]. V ďalšej práci zase skúmali reakciu nervových činidiel s fosfátovým pufrom pri pH=7 [19] a v poslednej vykonali kvantitatívnu analýzu sarínu za použitia ^{31}P-NMR [20].

1 Použité metódy

V nasledujúcej časti podrobnejšie popíšeme použité teoretické (počítačové) metódy. Tieto metódy sme v našej práci použili jednak pre optimalizovanie geometrie molekuly, a jednak – v optimalizovanej geometrii - pre výpočet NMR tieniacich konštánt.

1.1 Metóda silových polí

Z hľadiska fyzikálnych princípov najjednoduchšia („najprimitívnejšia“) metóda pre optimalizáciu geometrie je tzv. metóda silových polí (z angl. force fields, ff.). Je postavená na mechanistickom modeli atómov ako objektov interagujúcich klasickými silami, popísanými nafitovanými potenciálmi. Najjednoduchší systém je dvojatómová molekula s typickou potenciálovou krivkou. Čo najpresnejší tvar krivky sa získa rigoróznymi kvantovochemickými metódami a príslušné silové pole medziatómovej interakcie sa len jednoducho nafituje pre rôzne atómy a väzby. Samozrejme, pomocou zložitejších a presnejších kvantovochemických metód sa fitujú aj iné medziatómové interakcie (torzné atď.)

1.2 DFT

Naša základná kvantovochemická metóda pre teoretické výpočty NMR tieniacich konštánt je metóda funkcionálu hustoty, skratka DFT. Jej riešením o.i. je elektrónová hustota základného stavu, získaná riešením tzv. Kohnových-Shamových rovníc, energia základného stavu, ako aj sada molekulových Kohnových-Shamových orbitálov. Efektívnosť tejto metódy je daná skutočnosťou, že nepracuje s mnohoparametrovou elektónovou vlnovou funkciou, t. j. funkciou 3N súradníc elektrónov, ale s elektrónovou hustotou, čo je funkcia troch priestorových súradníc [21].

Pre výpočty NMR tieniacich konštánt pomocou metódy DFT sa využíva tzv. metóda lineárnej odozvy (angl. linear response), kde jedna porucha je magnetické pole a druhá porucha je magnetický moment. Čitateľ môže nájsť presnejšie informácie v literatúre [22]. Jednotlivé implementácie lineárnej odozvy pre použité softvéry sú citované nižšie.

Ďalším faktorom pre výpočet NMR tieniacich konštánt je odstránenie závislosti na tzv. kalibračnom počiatku (angl. gauge origin). V práci používané metódy využívajú tzv. GIAO implementáciu [23] (angl. gauge-independent atomic orbital, voľne preložené ako atómové orbitály zahrňujúce kalibračné počiatky).

1.4 MCSCF

Multikonfiguračná samostatná oblasť je metóda s prístupom úplného aktívneho priestoru (CASSCF), prípadne s prístupom obmedzeného aktívneho priestoru (RASSCF). MCSCF vlnová funkcia v predvolenom nastavení je optimalizovaná použitím spinovo adaptovanej konfigurácie (CSFs). Aproximácia multikonfiguračnej samostatnej teórie poľa (MCSCF, z angl. Multiconfigurational Self Consistent Field Theory) poskytuje rámec pre popis systému, pri ktorom zlyhá metóda SCF, t. j. pre tie, ktoré nie sú riadne opísané jedným slaterovým determinantom. Metóda MCSCF však nerieši efektívne účinky dynamickej korelácie, ale dobre zvláda účinky statickej korelácie (alebo takmer degenerácie). V metóde CASSCF sa molekulové orbitály rozdeľujú na tri priestory: neaktívny priestor, ktorý pozostáva z dvojnásobne obsadených orbitálov, aktívneho priestoru, v ktorom sa sledujú všetky obsadenia, a vonkajšieho priestoru, ktorý obsahuje neobsadené orbitály.

1.5 Optimalizácia geometrie a vibračné frekvencie

Metóda DFT poslúžila na optimalizáciu geometrie molekúl známym algoritmom, kedy sa minimalizuje celková energia systému v závislosti od súradníc všetkých atómov.

Po zoptimalizovaní geometrie nasledoval výpočet vibračných frekvencií, pričom všetky kladné frekvencie indikujú lokálne minimum, ktoré býva často aj minimom globálnym.

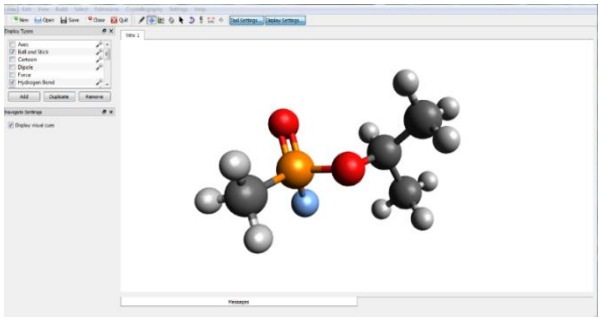
2 Softvéry

V práci na uskutočnenie optimalizácie geometrie do lokálneho minima, výpočtov vibračných frekvencií a výpočtov NMR izotropických tieniacich konštánt jednotlivých atómov sarínu a referenčných látok použijeme niekoľko softvérov, ktoré majú implementované vyššie zmienené metódy. Princíp týchto softvérov si vysvetlíme v nasledujúcom texte.

2.1 Avogadro

Softvér Avogadro [24] [25] je pokročilý editor molekúl a vizualizátor navrhnutý pre multiplatformové použitie vo výpočtovej chémii, v molekulovom modelovaní, bioinformatike, materiálovej vede a súvisiacich oblastiach. Ponúka flexibilné vysoko kvalitné vykresľovanie a výkonnú architektúru doplnkov.

Avogadro sme využili pre prvotnú optimalizáciu geometrie molekúl.



Obr. 2 Molekula sarínu v programe Avogadro
Zdroj: autori [25]

2.2 NWChem

Softvér NWChem [26] sme použili pre optimalizáciu geometrií, výpočty vibračných frekvencií a NMR tieniacich konštánt našich študovaných systémov. NWChem je otvorený softvérový balík výpočtovej chémie, ktorý obsahuje funkcie kvantovej chemickej a molekulárnej dynamiky. Kladie si za cieľ poskytnúť také nástroje výpočtovej chémie, ktoré by boli škálovateľné v ich schopnosti riešiť zložité vedecké problémy výpočtovej chémie a taktiež vo využití dostupných paralelných výpočtových zdrojov, od vysoko výkonných superpočítačov po konvenčné klastre pracovných staníc.

V NWChem-e sme využili metódu DFT.

2.3 Gaussian

Komerčný softvér Gaussian 16 [27] vychádza zo základných zákonov kvantovej mechaniky pre mnohoelektrónové systémy a predpovedá energie, geometrické štruktúry, vibračné frekvencie a molekulárne vlastnosti zlúčenín a reakcií v širokom spektre chemických prostredí. Gaussovské modely sa môžu uplatniť na stabilné zlúčeniny, ktoré je ťažké alebo nemožné pozorovať experimentálne, či už z dôvodu ich povahy (napr. toxicita, horľavosť, rádioaktivita) alebo ich prirodzenej prchavej povahy (napr. krátkodobé medziprodukty a prechodné štruktúry). Zo softvéru Gaussian sme využili metódu DFT.

2.4 Dalton

Počítačový program Dalton je program kvantovej chémie ab initio. Je schopný vypočítať rôzne molekulárne vlastnosti pomocou Hartree-Fockovej metódy, MP2, MCSCF a združenej klastrovej teórie. Okrem toho Dalton podporuje výpočty metódou teórie elektrónovej hustoty, DFT [28].

3 Výsledky a diskusia

Ako prvý krok sme urobili konformačnú analýzu sarínu pomocou silového poľa UFF, ktoré je implementované v softvéri AVOGADRO. Konformačné vyhľadávanie viedlo k 39 konformérom, z ktorých sme vybrali štyri s najnižšou energiou. Tieto štyri konformery sme znova optimalizovali metódou DFT za použitia funkcionálu B3LYP a bázy 6-311G**. Z nich sme vybrali konformér s najnižšou energiou, konkrétne konformér č. 26. Zoptimalizované geometrické štruktúry sme použili na výpočet chemických posunov a frekvencií sarínu s použitím tienenia trimetylsilánu (pre ^{1}H NMR a ^{13}C NMR), kyseliny fosforečnej (pre ^{31}P NMR) a trichlórfluórmetán (pre ^{19}F NMR).

Sarín (18 atómov – C,H,O,P,F) je relatívne jednoduchá molekula, vďaka čomu sa jednoducho našlo globálne minimum. Je to spôsobené reálnymi vibračnými frekvenciami.

Molekula sarínu sa vyskytuje dvoch enantiomérnych formách. Pre výpočty sme zobrali chirálnu konfiguráciu R-sarín. Vykonali sme porovnávací výpočet s S-sarínom. Na výpočet sme použili softvér Gaussian 16 a funkcionál B3LYP s bázou 6-311G**. Výsledky sú uvedené v Tab. 1.

Atóm	B3LYP/6-311G** (Gaussian16)	
	S-sarín	R-sarín
P1	32,3944	32,3978
F2	-80,2044	-80,1990
C5	80,7045	80,7053
C6	27,8865	27,5931
C7	27,5936	27,887
C8	15,9214	15,9201
H9	4,4792	4,4790
H10	0,6546	0,6570
H11	1,1014	0,9544
H12	0,8262	0,8163
H13	0,6570	0,6546
H14	0,9543	1,1015
H15	0,8164	0,8262
H16	0,7352	0,7485
H17	0,8138	0,8139
H18	0,7486	0,7351

Tab. 1 Hodnoty chemických posunov jednotlivých atómov oboch enantiomérov molekuly sarínu.
Zdroj: autori

Následne sme skúmali závislosť presnosti výpočtu chemických posunov na úrovni GIAO-DFT, a to ako funkcie výberu metódy, funkcionálu a kvality sady báz a tiež z výberu referencie na príklade organofosfátovej zlúčeniny, v našom prípade molekuly sarínu. Čo sa týka výberu referenčných látok, pri teoretických výpočtoch chemických posunov sme použili sekundárne referencie, ako kyselina fosforečná, trichlórfluormetán a trimetylsilán namiesto trimetylsilánu (TMS), pretože je to menšia molekula. Výberom týchto referenčných látok sme sa inšpirovali prácou [15], kde na výpočet chemických posunov použili práve tieto referenčné látky.

Ďalším dôležitým krokom bol výber optimálneho funkcionálu a bázy atómových orbitálov. V našej práci sme počítali s hybridnými funkcionálmi. Hybridné výmenno-korelačné funkcie sú obvykle konštruované ako lineárna kombinácia Hartree-Fockovej výmennej funkcie. Každý z uvedených funkcionálov sme použili v kombinácii so štyrmi základnými sadami báz, , a to 6-31G**, 6-311G** , cc-pVDZ, cc-pVTZ, pomocou ktorých sme vykonávali výpočty izotropických konštánt NMR tienenia atómov sarínu, aj uvedených referenčných látok. Od hodnoty izotropickej konštanty atómu referenčnej látky sme odpočítali príslušnú hodnotu daného atómu sarínu a získali sme hodnotu chemického posunu. Všetky výpočty sa vykonali s prihliadnutím na vplyv prostredia, v jednom prípade deuterovaného chloroformu a v druhom vody. V teoretických prácach boli použité ako rozpúšťadlá deuterovaný chloroform [16] a voda [15] a v experimentálnych prácach bol použitý deuterovaný chloroform [17], 2-propanol [29], metanol [18], D_2O [19] a acetonitril-d_3 [20].

3.1 NWChem

Geometriu molekuly sme skonvergovali s použitím kľúčového slova „grid fine“. Za účelom dosiahnutia presnejších výsledkov sme vibračné frekvencie v zoptimalizovanej geometrii nepočítali numericky ale analyticky, čo je presnejšie. Aby sme pri opakovaných výpočtoch nemuseli znova optimalizovať geometriu, kartézske súradnice sa pri každom výpočte uložili. Na skonvergovanie geometrie molekuly, výpočet jej frekvencií a vlastností tieniacich konštánt sme použili GIAO-DFT. Pre zložitejšie molekuly ako sarín bolo potrebné zvýšiť počet iterácií použitím kľúčového slova „maxiter“ s hodnotou počtom krokov 50. Ako funkcionál sme zvolili hybridný funkcionál B3LYP. Z Minnesotských funkcionálov, konkrétne použitie variantu M06-2X nebolo možné, nakoľko nimi zatiaľ nie sú v metóde NWChem podporované analytické druhé derivácie. Spomenutý funkcionál sme skombinovali s Popleovým setom báz 6-31G** a 6-311G** a bázami

cc-pVDZ a cc-pVTZ. Pri výpočtoch sme brali do úvahy prostredie rozpúšťadla, pomocou polarizovateľného kontinuálneho modelu (PCM), ktoré bolo v našom prípade deuterovaný chloroform. V experimentálnej práci bol použitý taktiež deuterovaný chloroform. $CDCl_3$ sa nenachádzal v zozname rozpúšťadiel pre metódu NWChem, preto sme použili nedeuterovaný chloroform, keďže dielektrické vlastnosti oboch rozpúšťadiel sú rovnaké. Na zahrnutie rozpúšťadla do výpočtu sme použili metódu COSMO [30] stanovením reakčného poľa rozpúšťadla samostatne v súlade s rozdelením náboja rozpustenej látky. Táto metóda je neobmedzená pre metódu Hartree-Fock a dá sa použiť pre DFT metódy použitím kľúčových slov: „cosmo solvent chcl3“. Rovnako sme počítali referenčné látky, kyselinu fosforečnú, trichlorflormetán a trimetylsilán. Odčítaním izotropických konštánt jednotlivých atómov referenčných látok od atómov sarínu sme získali hodnoty chemických posunov v ppm.

At.	NWchem/B3LYP/chloroform				Iné výpočty	Exp.
	6-31G**	6-311G**	cc-pVDZ	cc-pVTZ		
P1	31,84	36,79	38,53	-	39,94	71,5; 35,9; 38,8; 29,3
F2	-68,51	-84,18	-65,43	-69,17	-63,69	136
C5	73,66	81,93	74,58	80,48	78,82	77
C6	25,70	27,90	26,52	27,32	25,66	24
C7	26,06	28,04	27,08	27,04	26,78	11,8
C8	13,75	16,01	14,84	14,84	13,14	9,8
H9	4,74	4,53	4,39	4,71	4,65	4,9
H10	0,63	0,68	0,63	0,65	1,22	1,5
H11	0,90	0,94	0,81	0,93	1,51	1,5
H12	0,76	0,81	0,69	0,70	1,37	1,5
H13	0,65	0,69	0,65	0,69	1,26	1,5
H14	1,03	1,08	0,98	0,99	1,65	1,5
H15	0,83	0,85	0,76	0,74	1,36	1,5
H16	0,90	0,86	0,98	1,06	1,45	1,5
H17	0,94	0,89	1,01	1,09	1,53	1,5
H18	0,84	0,80	0,89	1,00	1,43	1,5

Tab. 2 Hodnoty chemických posunov jednotlivých atómov, vypočítaných softvérom NWchem s funkcionálom B3LYP v kombinácii s uvedenými bázami v prostredí chloroformu, v porovnaní s inými vypočítanými údajmi a experimentálnymi hodnotami [15], [17], [18], [19], [20] (hodnoty exp. údajov sú uvedené v poradí ako referencie).
Zdroj: autori

3.2 Gaussian

Ako ďalší softvér v našej práci sme použili Gaussian 16. Na výpočty sme použili DFT metódu a hybridný funkcionál B3LYP. Zo setu báz, ktoré sme využili boli najjednoduchšie Popleov set báz 6-31G** a 6-311G** a bázami konzistentnými s koreláciou cc-pVDZ a cc-pVTZ. Pri použití Peoplovej sady báz a bázy cc-pVTZ sme na konvergenciu geometrie sme použili „integral ultrafine“ pričom optimalizácia prebiehala bez problémov. Čo sa týka bázy cc-pVTZ, konvergenciu optimalizácie a výpočty frekvencie sme museli vykonať v jednom kroku a výpočet tieniacich konštánt v druhom kroku. V prvom kroku sme použili funkcionál B3LYP a bázu 6-311G**, pretože konvergencia optimalizácie geometrie s bázou cc-pVTZ nebola možná. Na konvergenciu geometrie sme použili „integral ultrafine“ na „tight“ geometriu a kľúčové slovo „SCF“. Riadiace fungovanie postupu SCF sa používa pri špecifikovanom správaní molekúl, pri alternatívnych algoritmov atď. Táto procedúra využíva kombináciu EDIIS a CDIIS bez tlmenia alebo Fermiho rozširovania [31]. Výpočet spočiatku zlyhával na limit výpočtových cyklov, čo sme opravili zvýšením počtu SCF iterácii na maximálnu hodnotu 100, kľúčovým slovom „MaxCycles“.

Pri výpočtoch sme brali do úvahy vplyv rozpúšťadla pomocou PCM. Model vytvára dutinu rozpustenej látky pomocou sady prekrývajúcich sa guľôčok [32]. Ako rozpúšťadlo sme zvolili chloroform, za účelom zreprodukovania výsledkov, ktoré máme k dispozícii z odtajnenej správy z ministerstva obrany od austrálskeho kolektívu [16]. V druhom kroku sme počítali NMR tieniace konštanty pomocou metódy GIAO-DFT, pričom sa optimalizovaná štruktúra vytiahla z predošlého kroku, zo súboru s príponou „.chk“. Aby sme dostali hodnoty chemického posunu, rovnaké výpočty sme museli vykonať aj u referenčných látok. Pri použití báz 6-31G**, 6-311G** a cc-pVDZ, sa optimalizácia geometrie konvergovala na tight geometriu s vplyvom rozpúšťadla $CHCl_3$. Optimalizácia a výpočet tieniacich konštánt prebiehal bez problémov. Konvergencia optimalizácie na „tight“ geometriu a na optimálnu konformáciu kyseliny fosforečnej s bázou cc-pVTZ bola problémová, pretože väzba OH a väzba P=O sa pre väčšiu vzdialenosť P-OH nedá dokonale usporiadať, výsledný potenciál ma tvar W. Sú to dve minimá oddelené bariérou a počas optimalizácie sa pravdepodobne prepína. Z tohto dôvodu nebola možná optimalizácia na „tight“ geometriu.

At.	Gaussian/B3LYP/chloroform				Iné výpočty	Exp
	6-31G**	6-311G**	cc-pVDZ	cc-pVTZ		
P1	27,46	32,40	33,02	29,16	39,94	71,5; 35,9; 38,8; 29,3
F2	-65,64	-80,20	-58,83	-66,36	-63,69	136
C5	72,83	80,71	73,53	80,58	78,82	77
C6	25,42	27,59	26,30	27,27	25,66	24
C7	26,04	27,89	26,97	27,47	26,78	11,8
C8	14,00	15,92	15,05	15,24	13,14	9,8
H9	4,70	4,48	4,34	4,59	4,65	4,9
H10	0,61	0,66	0,61	0,64	1,22	1,5
H11	0,91	0,95	0,80	0,91	1,51	1,5
H12	0,77	0,82	0,69	0,72	1,37	1,5
H13	0,63	0,65	0,61	0,66	1,26	1,5
H14	1,08	1,10	1,03	1,13	1,65	1,5
H15	0,83	0,83	0,74	0,75	1,36	1,5
H16	0,81	0,75	0,87	0,97	1,45	1,5
H17	0,88	0,81	0,91	1,04	1,53	1,5
H18	0,79	0,74	0,80	0,94	1,43	1,5

Tab. 3 Hodnoty chemických posunov jednotlivých atómov, vypočítaných softvérom Gaussian s funkcionálom B3LYP v kombinácii s uvedenými bázami v prostredí chloroformu, v porovnaní s inými vypočítanými údajmi a experimentálnymi hodnotami [15], [17], [18], [19], [20] (hodnoty exp. údajov sú uvedené v poradí ako referencie).
Zdroj: autori

At.	Gaussian/B3LYP/voda				Iné výpočty	Exp
	6-31G**	6-311G**	cc-pVDZ	cc-pVTZ		
P1	29,75	34,95	35,61	31,43	39,94	71,5; 35,9; 38,8; 29,3
F2	-66,51	-80,89	-59,56	-67,09	-63,69	136
C5	73,68	81,72	74,33	81,59	78,82	77
C6	25,49	27,67	26,33	27,35	25,66	24
C7	26,12	28,01	27,07	27,56	26,78	11,8
C8	13,95	15,94	15,01	15,30	13,14	9,8
H9	4,67	4,47	4,32	4,58	4,65	4,9
H10	0,65	0,70	0,65	0,68	1,22	1,5
H11	0,89	0,95	0,80	0,91	1,51	1,5
H12	0,78	0,83	0,70	0,74	1,37	1,5
H13	0,67	0,71	0,66	0,71	1,26	1,5
H14	1,03	1,06	0,98	1,08	1,65	1,5
H15	0,84	0,85	0,75	0,77	1,36	1,5
H16	0,85	0,79	0,92	1,01	1,45	1,5
H17	0,94	0,88	0,97	1,11	1,53	1,5
H18	0,85	0,81	0,87	1,01	1,43	1,5

Tab. 4 Hodnoty chemických posunov jednotlivých atómov, vypočítaných softvérom Gaussian s funkcionálom B3LYP v kombinácii s uvedenými bázami v prostredí vody, v porovnaní s inými vypočítanými údajmi a experimentálnymi hodnotami [15], [17], [18], [19], [20]. (hodnoty exp. údajov sú uvedené v poradí ako referencie).
Zdroj: autori

3.3 Dalton

Nasledovne sme sa pokúsili výsledky reprodukovať softvérom Dalton. Ako prvý testovací funkcionál sme zvolili B3LYP, ktorý sme kombinovali s rovnakými bázami ako v predošlých softvéroch. Softvér Dalton umožňuje nepriamo opísať vplyv rozpúšťadla pomocou dvoch rôznych modelov, modelu PCM alebo MCSCRF. Výpočty vykonáva na princípe formulácie integrálnej rovnice modelu polarizovateľného kontinua (IEF-PCM) [33], ktorý je v implementovaný Daltone. Je implementovaný pre metódy DFT, MP2 a MCSCF. Na výpočet molekulárnych vlastností pomocou MCSCF sa používa lineárna a kvadratická odpoveď IEF-PCM. Nakoľko model PCM v Daltone pre MCSCF nefunguje, ďalšie výpočty sme nevykonávali. Následne sme výpočty izotropických konštánt vykonali s modelom CASSCF, kde sme chceli porovnať výsledky bez a s použitím solventu. Čo sa týka výpočtov bez zahrnutia solvatačných efektov, testovací výpočet sme vykonali s funkcionálom B3LYP a kombináciou spomínaných báz. Do výpočtu sme zahrnuli 6 elektrónov z 37 dvojnásobne okupovaných elektrónov, ktoré sa mali pohybovať do 6 voľných orbitálov (CAS SPACE). Zistili sme, že chemické posuny atómov pri niektorých náročnejších bázach boli záporné. Následne sme experimentovali s rozšírením CAS SPACE na 12, 15, 18 a 19, pričom sme použili bázu, pri ktorej boli posuny ešte kladné. Model CASSCF pri zahrnutí solvatačných efektov zlyhal a tak sme následne experiment ukončili.

At.	CAS6/chloroform				Iné výpočty	**Exp**
	6-31G**	6-311G**	cc-pVDZ	cc-pVTZ		
P1	-69,08	-76,63	-		39,94	71,5; 35,9; 38,8; 29,3
F2	-16,97	-32,29	-24,13	-	-63,69	136
C5	34,53	90,20	-	-	78,82	77
C6	-7,22	46,34	-	-	25,66	24
C7	-7,51	45,81	-	-	26,78	11,8
C8	-19,44	34,31	-	-	13,14	9,8
H9	-3,94	5,93	-	-	4,65	4,9
H10	-7,79	2,38	-	-	1,22	1,5
H11	-7,20	2,91	-	-	1,51	1,5

H12	-7,35	2,81	-	-	1,37	1,5
H13	-7,83	2,33	-	-	1,26	1,5
H14	-6,95	3,13	-	-	1,65	1,5
H15	-7,35	2,77	-	-	1,36	1,5
H16	-7,56	2,53	-	-	1,45	1,5
H17	-7,57	2,55	-	-	1,53	1,5
H18	-7,61	2,49	-	-	1,43	1,5

Tab. 5 Hodnoty chemických posunov jednotlivých atómov, vypočítaných softvérom Dalton s funkcionálom B3LYP v kombinácii s uvedenými bázami v prostredí chloroformu, v porovnaní s inými vypočítanými údajmi a experimentálnymi hodnotami [15], [17], [18], [19], [20]. (hodnoty exp. údajov sú uvedené v poradí ako referencie).
Zdroj: autori

At.	Dalton/chloroform/6-311G**				Iné výpočty	Exp
	CAS 12	CAS 15	CAS 17	CAS 18		
P1	-22,52	-17,52	-18,60	-18,40	39,94	71,5; 35,9; 38,8; 29,3
F2	-28,75	-28,35	-28,07	-28,93	-63,69	136
C5	87,20	86,97	86,69	86,44	78,82	77
C6	43,26	42,90	42,70	42,36	25,66	24
C7	42,90	42,58	42,46	42,04	26,78	11,8
C8	30,74	30,39	30,17	29,78	13,14	9,8
H9	5,79	5,76	5,74	5,74	4,65	4,9
H10	2,17	2,13	2,11	2,11	1,22	1,5
H11	2,68	2,63	2,60	2,61	1,51	1,5
H12	2,56	2,52	2,49	2,49	1,37	1,5
H13	2,12	2,09	2,05	2,06	1,26	1,5
H14	2,89	2,86	2,83	2,83	1,65	1,5
H15	2,53	2,48	2,45	2,45	1,36	1,5
H16	2,35	2,30	2,28	2,28	1,45	1,5
H17	2,32	2,27	2,24	2,25	1,53	1,5
H18	2,29	2,24	2,22	2,23	1,43	1,5

Tab. 6 Hodnoty chemických posunov jednotlivých atómov, vypočítaných s rôznymi priestormi CASSCF v prostredí chloroformu, v porovnaní s inými vypočítanými údajmi a experimentálnymi hodnotami [15], [17], [18], [19], [20]. (hodnoty exp. údajov sú uvedené v poradí ako referencie).
Zdroj: autori

Záver

Vykonali sme výpočty izotropických konštánt, z ktorých sme dostali hodnoty chemických posunov. Na realizáciu výpočtov sme použili niekoľko softvérov ako NWchem, Gaussian a Dalton. Používali sme DFT funkcionál B3LYP, ktorý sme kombinovali so štyrmi bázami, a to 6-31G**, 6-311G**, cc-pVDZ a cc-pVTZ.

Na základe výsledkov vieme povedať, že žiadnym softvérom sme sa nepriblížili experimentálnym hodnotám chemických posunov pri atóme fluóru, no najbližšie k nim boli výsledky vypočítané softvérom NWchem, v prostredí chloroformu (viď Tab. 2).

Chemické posuny atómov vodíka, uhlíka a fluóru sa zhodovali s hodnotami iných výpočtov no mierne odlišovali s experimentálnymi hodnotami vo všetkých uskutočnených výpočtoch, okrem výpočtov chemických posunov fosforu, s ktorými sa takmer zhodovali. Aj vzhľadom na rozdielne použité rozpúšťadlá sa hodnoty môžu odlišovať.

Čo sa týka softvéru Gaussian, porovnávali sme výpočty, kde sa brali do úvahy dva typy rozpúšťadiel, chloroform a voda. Dospeli sme k záveru, že najbližšie hodnoty experimentálnym hodnotám boli tie, kde sme brali do úvahy prostredie vody (viď Tab. 3 a Tab. 4).

Zreprodukovať výsledky sme sa pokúsili aj so softvérom Dalton, no čo sa týka zahrnutia solvatačných efektov pomocou modelu PCM, zistili sme, že zrealizovanie takýchto výpočtov nie je možné, nakoľko Dalton túto funkciu nepodporuje. Ďalším spôsobom, akým by bolo možné zahrnúť solvatačné efekty je model MCSCRF, no Dalton taktiež túto funkciu nepodporuje. Výpočty sme takto uskutočnili bez ohľadu na prostredie.

Okrem metódy DFT sme vyskúšali aj metódu CASSCF. V nej bolo kľúčové nastavenie priestoru, resp. počtu orbitálov, v ktorých sa elektróny môžu pohybovať (CAS SPACE). Pri skúšobných výpočtoch s CAS SPACE= 6 (viď Tab. 5) bolo jasné, že tento model pre našu molekulu nefunguje dobre. Vzhľadom k tomu sme vyskúšali rozširovať tento priestor. Výpočty sme uskutočnili s bázou 6-311G**, pretože hodnoty chemických posunov boli najbližšie experimentálnym (viď Tab. 6). Hodnoty chemických posunov pri rôznych CAS priestoroch takmer rovnaké, no s inými výpočtami a experimentálnymi hodnotami sa vo veľkej miere odlišovali.

Celkovo z použitých metód bola pre nás najpraktickejšia metóda DFT so solvatačnými efektami, ako je implementované v otvorenom softvéri NWChem. CASSCF, patriaca medzi *ab-initio* metódy, sa ukazuje ako málo použiteľná pre jej výpočtovú náročnosť, prudko narastajúcu s veľkosťou aktívneho priestoru. K dispozícii sú ešte vysoko presné ab-initio metódy spriahnutých klastrov pre výpočty molekulových vlastností (napr. softvér CFOUR), no tie sú mimoriadne náročné na hardvér, a preto sme ich nepoužili.

Poďakovanie

Za odborné vedenie a cenné rady pri vypracovaní článku ďakujem doc. RNDr. Miroslavovi Iliašovi, PhD.
M. Iliaš ďakuje za podporu projektu KEGA 028/UMB-4/2019.

Použitá literatúra

[1] HOENIG, S.L. *Compendium of Chemical Warfare Agents*. Springer Science & Business Media, 2006. 232 s. ISBN 978-0-387-69260-9

[2] KURUCZ, J. *Chémia otravných látok*. Banská Bystrica: Belianum, 2014. 238 s. ISBN 978-80-557-0776-1

[3] C. MARRS, T. - L. MAYNARD, R. - R. SIDELL, F. *Chemical Warfare Agents: Toxicology and Treatment*. [online]. 2007. 738 s. ISBN 978-0-470-06003-2 Dostupné na internete: <10.1002/9780470060032>

[4] C. GUPTA, R. *Handbook of Toxicology of Chemical Warfare Agents*. [online]. Kentucky, USA: Academic Press, 2015. 1198 s. ISBN 978-0-12-800159-2 Dostupné na internete: <https://doi.org/10.1016/C2013-0-15402-5>

[5] COLEMAN, K. *A History of Chemical Warfare*. Springer, 2005. 224 s. ISBN 978-0-230-50183-6

[6] GARTHOFF, R.L. *The NATO Decision on Theater Nuclear Forces*. In Political Science Quarterly 1983. zv. 98, č. 2, s. 197–214

[7] *Sarin*. [online]. In Wikipedia2020. [cit. 2020-04-13]. Dostupné na internete: <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Sarin&oldid=946712864>

[8] EVANS, R.J. *The Third Reich at War*. Penguin Press, 2009. 964 s. ISBN 978-1-59420-206-3

[9] LAZAR, S. - EGOZ, I. - BRANDEIS, R. - CHAPMAN, S. - BLOCH-SHILDERMAN, E. - GRAUER, E. *Propagation of damage in the rat brain following sarin exposure: Differential progression of early processes*. In Toxicology and Applied Pharmacology 2016. zv. 310, s. 87–97

[10] BROWN, M.A. - BRIX, K.A. *Review of health consequences from high-, intermediate- and low-level exposure to organophosphorus nerve agents*. In Journal of Applied Toxicology 1998. zv. 18, č. 6, s. 393–408

[11] LUKEY, B.J. - JR, J.A.R. - ROMANO, J.A. - SALEM, H. - LUKEY, B.J. *Chemical Warfare Agents: Chemistry, Pharmacology, Toxicology, and Therapeutics, Second Edition*. CRC Press, 2007. 752 s. ISBN 978-1-4200-4662-5

[12] HAKEEM, O. - JABRI, S. *Adverse birth outcomes in women exposed to Syrian chemical attack*. In The Lancet Global Health 2015. zv. 3, č. 4, s. e196

[13] TOKUDA, Y. - KIKUCHI, M. - TAKAHASHI, O. - STEIN, G.H. *Prehospital management of sarin nerve gas terrorism in urban settings: 10 years of progress after the Tokyo subway sarin attack*. In Resuscitation 2006. zv. 68, č. 2, s. 193–202

[14] ABOU-DONIA, M.B. - SIRACUSE, B. - GUPTA, N. - SOKOL, A.S. *Sarin (GB, O-isopropyl methylphosphonofluoridate) neurotoxicity: critical review*. In Critical reviews in toxicology 2016. zv. 46, č. 10, s. 845–875

[15] BHAKHOA, H. - RHYMAN, L. - RAMASAMI, P. *Theoretical study of the molecular aspect of the suspected novichok agent A234 of the Skripal poisoning*. In Royal Society Open Sciencezv. 6, č. 2, s. 181831

[16] MCGILL, N.W. *Application of Quantitative Proton Nuclear Magnetic Resonance Spectroscopy to Chemical Warfare Agents*. [online]. Commonwealth of Australia: Human Protection and Performance Division, 2012. Dostupné na internete: <https://www.dst.defence.gov.au/sites/default/files/publications/documents/DSTO-TR-2748%20PR.pdf>

[17] JOHNSEN, B.A. - TØRNES, J.Aa. - OPSTAD, A.M. - ODDEN, E. *RESEARCH REPORT ON VERIFICATION OF A CHEMICAl WEAPONS CONVENTION DEVELOPMENT OF PROCEDURES FOR VERIFICATION OF ALLEGED USE OF CHEMICAL WARFARE AGENTS - PART VI*. Kjeller, Norway: NORWEGIAN OEFENCE RESEARCH ESTABLISHMENT, 1987.

[18] GUO, N. - ZHONG, J.-Y. - CHEN, S.-L. - LIU, J.-Q. - MIN, Q. - SHI, R.-X. *Experimental and theoretical studies of hydrolysis of nerve agent sarin by binuclear zinc biomimetic catalysts*. In Chemical Physics 2015. zv. 457, s. 70–77

[19] CREASY, W.R. - FRY, R.A. - MCGARVEY, D.J. *Reaction of Nerve Agents with Phosphate Buffer at pH 7*. In The Journal of Physical Chemistry A 2012. zv. 116, č. 27, s. 7279–7286

[20] MIYATA, Y. - ANDO, H. *Examination of an Internal Standard Substance for the Quantitative Analysis of Sarin Using 31P-NMR.* In JOURNAL OF HEALTH SCIENCE 2001. zv. 47, č. 1, s. 75–77

[21] BAND, Y.B. - AVISHAI, Y. *15. Density Functional Theory*. [online]. In Quantum Mechanics with Applications to Nanotechnology and Information Science Amsterdam: Academic Press, 2013. s. 871–889 [cit. 2020-04-16]. ISBN 978-0-444-53786-7 Dostupné na internete: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444537867000150>

[22] JENSEN, F. *Introduction to Computational Chemistry*. John Wiley & Sons, 2017. 519 s. ISBN 978-1-118-82599-0
[23] JENSEN, F. *Introduction to Computational Chemistry*. England: John Wiley & Sons, Ltd., 2007. 621 s. ISBN 978-0-470-01186-7
[24] HANWELL, M.D. - CURTIS, D.E. - LONIE, D.C. - VANDERMEERSCH, T. - ZUREK, E. - HUTCHISON, G.R. *Avogadro: an advanced semantic chemical editor, visualization, and analysis platform*. In Journal of Cheminformatics 2012. zv. 4, č. 1, s. 17
[25] *Avogadro: an open-source molecular builder and visualization tool. Version 1.XX*. [online]. Dostupné na internete: <http://avogadro.cc/>
[26] VALIEV, M. - BYLASKA, E.J. - GOVIND, N. - KOWALSKI, K. - STRAATSMA, T.P. - VAN DAM, H.J.J. - WANG, D. - NIEPLOCHA, J. - APRA, E. - WINDUS, T.L. - DE JONG, W.A. *NWChem: A comprehensive and scalable open-source solution for large scale molecular simulations*. In Computer Physics Communications 2010. zv. 181, č. 9, s. 1477–1489
[27] FRISCH, M.J. - KOL. *Gaussian 16, Revision C.01*. [online]. Wallingford CT: Gaussian, Inc., 2016. Dostupné na internete: <https://gaussian.com/citation/>
[28] AIDAS, K. - ANGELI, C. - BAK, K.L. - BAKKEN, V. - ÅGREN, H. - a kol.: *The Dalton quantum chemistry program system*. In Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Molecular Science 2014. zv. 4, č. 3, s. 269–284
[29] SHAN, X. - VINCENT, J.C. - KIRKPATRICK, S. - WALKER, M.D. - SAMBROOK, M.R. - CLARY, D.C. *A Combined Theoretical and Experimental Study of Sarin (GB) Decomposition at High Temperatures*. In The Journal of Physical Chemistry A 2017. zv. 121, č. 33, s. 6200–6210
[30] KLAMT, A. - SCHÜÜRMANN, G. *COSMO: a new approach to dielectric screening in solvents with explicit expressions for the screening energy and its gradient*. In Journal of the Chemical Society, Perkin Transactions 2 1993. č. 5, s. 799–805
[31] *SCF | Gaussian.com*. [online]. [cit. 2020-02-11]. Dostupné na internete: <https://gaussian.com/scf/>
[32] *SCRF | Gaussian.com*. [online]. [cit. 2020-02-11]. Dostupné na internete: <https://gaussian.com/scrf/>
[33] MIERTUŠ, S. - SCROCCO, E. - TOMASI, J. *Electrostatic interaction of a solute with a continuum. A direct utilizaion of AB initio molecular potentials for the prevision of solvent effects*. In Chemical Physics 1981. zv. 55, č. 1, s. 117–129

Štúdium adsorpcie niklu na vybrané prírodné sorbenty

Adsorption study of Nickel on selected natural sorbents

Matej Šuránek[1] - Zuzana Melichová[2]
Školiteľ: Zuzana Melichová[2]
[1,2]Katedra chémie, FPV UMB, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica
[1] matej.suranek@studenti.umb.sk, [2] zuzana.melichova@umb.sk

Abstrakt
Práca sa zaoberala štúdiom sorpcie niklu v závislosti od koncentrácie Ni^{2+} iónov na vybrané prírodné slovenské bentonity. Na sorpciu boli použité bentonity s rôznymi sorpčnými vlastnosťami z ložísk Hliník nad Hronom, Stará Kremnička – Jelšový Potok, Lieskovec a Stará Kremnička III. Všetky experimenty prebiehali v uzavretom systéme pri laboratórnej teplote. Z výsledkov nameraných pomocou atómovej adsorpčnej spektrometrie boli vypočítané kľúčové parametre, na základe ktorých boli zostrojené dva modely izoteriem a to Langmuirova a Freundlichova. Langmuirova adsorpčná izoterma lepšie vystihovala sorpčné vlastnosti použitých sorbentov. Ako najúčinnejšie sorbenty sa preukázali bentonity z lokality Stará Kremnička z ložísk Jelšový Potok a Stará Kremnička III.
Kľúčové slová: nikel, adsorpcia, bentonit, koncentrácia

Abstract
The work dealt with the study of nickel sorption in dependence on the concentration of Ni^{2+} ions on selected natural slovak bentonites. Bentonites with different sorption properties from deposits Hliník nad Hronom, Stará Kremnička – Jelšový Potok, Lieskovec and Stará Kremnička III were used in sorption experiments. All experiments were carried out in a closed system at room temperature. From the results measured by atomic adsorption spectrometry, the key parameters were calculated, based on which two models of isotherms were constructed - Langmuir and Freundlich. The Langmuir adsorption isotherm better reflected the sorption properties of the used sorbents. The most effective sorbent was bentonite from the Stará Kremnička – Jelšový Potok deposit.
Key words: nickel, adsorption, bentonite, concentration

Úvod

Masívny rozvoj priemyslu so sebou priniesol mnoho problémov. Jedným z nich je vznik odpadových vôd s obsahom najrôznejších znečisťujúcich polutantov, medzi ktoré patria okrem iného toxické kovy. Nárast koncentrácie toxických kovov v odpadových vodách je následkom hlavne hutníckeho, baníckeho, chemického či farmaceutického priemyslu. Odpadové vody znečistené toxickými kovmi, už pri nízkej koncentrácii, sa stávajú nebezpečné nie len pre človeka ale i pre všetky živé organizmy. Hoci je nikel pre človeka mikroesenciálnym prvkom, jeho zvýšená koncentrácia v organizme môže vyvolať závažné ťažkosti. Koncentrácia niklu v pitných vodách je určená Nariadením vlády SR č. 496/2010 Z. z., z ktorého jasne vyplýva, že koncentrácia vyššia ako 0,02 mg · dm^{-3} je neprípustná.

Na elimináciu kovov z odpadových vôd je dnes známych veľa metód, no mnohé z nich sú technologicky ťažko realizovateľné, neefektívne, neekologické alebo príliš nákladné. Legislatívne vstupujú do platnosti čoraz prísnejšie limity maximálnej koncentrácie toxických kovov a preto sa do praxe začínajú zavádzať cenovo dostupné, jednoduché a praktické metódy odstránenia polutantov z odpadových vôd. Jednou takou metódou je aj iónová výmena a adsorpcia na prírodné materiály.

Medzi uvedené metódy patrí aj použitie bentonitov. Bentonity sú ílové materiály s vysokým obsahom montmorillonitu, ktoré sú schopné pri styku s vodou rozšíriť svoje vrstvy a vytvoriť záporný náboj, ktorý sa pri výskyte vymeniteľných katiónov (Cu^{2+}, Pb^{2+}, Mg^{2+}, Ni^{2+}) kompenzuje. Výborné výsledky sú dosiahnuteľné i použitím syntetických sorbentov, no ich cena je veľmi vysoká.

Predkladaná práca sa venuje štúdiu sorpcie niklu na bentonity z vybraných slovenských ložísk s rôznou štruktúrou a chemickým zložením, s cieľom porovnať ich efektivitu adsorpcie vo vzťahu k rôznej koncentrácii niklu. Sledovaný je vplyv začiatočnej koncentrácie Ni^{2+} na priebeh sorpcie.

1 Súčasný stav riešenej problematiky

Ako uvádza vo svojej práci Vieira M. et al. [1] nikel je jedným z najbežnejšie sa vyskytujúcich ťažkých kovov, aktívne používaným na výrobu batérii, zliatin, mincí

a pod. Hoci je nikel v malej koncentrácii esenciálnym mikroprvkom, pomáhajúcim pri metabolizme proteínov a zúčastňuje sa pri procesoch hormonálnej regulácie ľudského tela, priame vystavenie organizmu vyšším koncentráciám elementárneho niklu spôsobuje napr. dermatitídu. Pri hodnotení vplyvu niklu na organizmus je, podobne ako pri väčšine prvkov, veľmi dôležitá jeho forma – nikel vo forme elementárneho prvku vs. nikel vo forme iónu. Niektoré zlúčeniny niklu, ako napríklad karbonyl niklu, sú karcinogénne, ľahko sa absorbujú pokožkou a následky ich expozície môžu byť až letálne. V dôsledku uvedeného je viac než potrebné efektívne znížiť koncentráciu toxických kovov v odpadových vodách, ideálna je však ich úplná eliminácia. Známych je mnoho účinných metód na odstránenie kontaminantov. Aktívne sa používa na odstraňovanie toxických kovov z vody a odpadovej vody niekoľko procesov vrátane chemického zrážania, adsorpcie, výmeny iónov, flotácie, membránovej filtrácie, elektrochemického spracovania či koagulácie. Konkurenčná výhoda adsorpcie a iónovej výmeny sa môže efektívne zvýšiť použitím lacných sorbentov, poprípade iónomeničov. Viacerí autori ([2]–[4]) sa vo svojich prácach venovali charakterizácii ílových materiálov, medzi ktoré sa zaraďuje aj bentonit, z dôvodu nespočetných výhod voči iným sorbentom (mimoriadne veľký účinný povrch, schopnosť vymieňať katióny, a pod.). Autori vo svojich príspevkoch upozornili aj na ekonomické výhody použitia bentonitu.[5]–[7]

1.1 Charakteristika vybraných sorbentov

Bentonit je ílový materiál zo skupiny smektitov. Majoritnú zložku tvorí montmorillonit na základe čoho možno bentonit charakterizovať ako montmorillonitický íl. Montmorillonit – $(Na, Ca)_{0,3}(Al, Mg)_2Si_4O_{10}(OH)_2 \cdot nH_2O$ je trojvrstvový minerál, ktorého zloženie je nestále a jeho charakteristickou vlastnosťou je izomorfia. Montmorillonit sa v prírode vyskytuje vo forme más s voskovým leskom a nerovným lomom. Môže byť rôzne sfarbený, najčastejšie sa stretávame s bielym, sivým až bielosivým. Menej časté sú zelenkasté, žltkasté, modrasté hnedasté a ružovkasté montmorillonity. Významnou schopnosťou montmorillonitu je schopnosť hydratácie a dehydratácie, čo ho predurčuje k tomu, aby bol efektívnym adsorbentom. [8]

Bentonit vzniká zvetrávaním vulkanických tufov v zásaditom prostredí. V prípade jeho charakteristiky hovoríme o mäkkom plastickom íle sivej až žltej farby s obsahom montmorillonitu viac ako 50 %, vďaka čomu má výbornú sorpčnú schopnosť, napúčavosť, plasticitu, väznosť a vysokú hodnotu výmeny katiónov.

Ložiská bentonitu na Slovensku sú zvyčajne produktami rozkladu najčastejšie ryolitových a andezitových vulkanoklastík vo vodnom prostredí. Najväčšie zásoby bentonitu majú ložiská na strednom a východnom Slovensku. Takýmito sú napríklad Stará Kremnička – Jelšový Potok, Bartošova Lehôtka, Lieskovec, Lutila a Hliník nad Hronom.

Na všetky nami uskutočnené experimenty sme použili bentonity s veľkosťou zrna < 250 µm z viacerých ložísk stredného Slovenska: Hliník nad Hronom (S), Jelšový potok – Stará Kremnička (JP), Lieskovec (L) a Stará Kremnička III (SK III). Chemické a mineralogické zloženie bentonitov je uvedené v Tab. 1 a 2.

Tab. 1 Chemické zloženie bentonitu (%)
Zdroj: [9]–[12]

	S	L	JP	SK III
SiO_2	70,8	63,4	67,4	56,5
Al_2O_3	17,5	22,3	21,3	18,2
Fe_2O_3	3,7	8,2	2,8	2,1
TiO_2	0,2	0,9	0,1	0,2
CaO	2,6	1,1	1,8	1,6
MgO	2,4	1,6	4,2	2,5
K_2O	1,6	1,7	1,0	1,4
Na_2O	0,5	0,5	0,4	0,3

Tab. 2 Mineralogické zloženie bentonitu (%)
Zdroj: [9]–[12]

	S	L	JP	SK III
Smektit	52,0	64,0	86,0	78,0
Kaolinit	1,0	9,5	2,5	1,0
Kremeň	1,5	9,5	6,0	4,0
Albit	2,0	0,5	2,0	-
Cristobalit	-	5,0	1,0	-
Biotit	1,0	2,0	1,0	-
Opál - C	21,0	-	-	-

1.2 Adsorpcia

Experimentálne uskutočnenie adsorpcie z kvapalnej fázy na tuhú je v porovnaní s adsorpciu iónov z plynnej fázy pomerne jednoduché. Stanovuje sa koncentrácia adsorbovanej látky v roztoku pred jeho uvedením do styku s adsorbentom a po ustálení adsorpčnej rovnováhy. Teoretické spracovanie adsorpcie z roztokov, vedúce k vhodnej forme adsorpčnej izotermy je však oveľa náročnejšie ako v prípade adsorpcie z plynnej fázy. Je to spôsobené následkom,

že tepelné pohyby molekúl a ich vzájomné pôsobenie v kvapalnej fáze nie je popísané tak podrobne ako analogická situácia vo fáze plynnej.
Adsorpcia z roztokov je výsledkom súťaženia najmenej dvoch zložiek o povrch adsorbentu.

Existuje viacero empirických a semiempirických vzťahov pre analytické vyjadrenie izoteriem, z ktorých sa najčastejšie v praxi používa Langmuirova a Freundlichova izoterma.

Langmuirova izoterma

$$q_e = \frac{q_m \cdot b \cdot c_e}{1 + b \cdot c_e} \quad (1)$$

resp.:

$$\frac{c_e}{q_e} = \frac{1}{b q_m} + \frac{1}{q_m} c_e \quad (2)$$

kde q_e je množstvo adsorbované na jednotku adsorbentu v rovnováhe (mg · g^{-1}), q_m udáva maximálnu mnohovrstvovú adsorpčnú kapacitu, c_e je rovnovážna koncentrácia kovového iónu v roztoku (mg · dm^{-3}), a b je rovnovážna konštanta závislá od sorpčnej energie.

Freundlichova izoterma

$$q_e = \mathrm{K}_F \cdot c_e^{\frac{1}{n}} \quad (3)$$

resp.:

$$\log q_e = \log \mathrm{K}_F + \frac{1}{n} \log c_e \quad (4)$$

kde K_F je konštanta vzťahovaná k adsorpčnej kapacite (hodnota klesá s rastúcou teplotou) a n je empirický parameter vyjadrujúci adsorpčnú afinitu adsorbátu, je závislý od teploty – s rastúcou teplotou sa hodnota približuje 1. [14]

Konštanty je potrebné zistiť experimentálne.

Langmuirova izoterma platí zvyčajne pre chemisorpciu alebo elektrostatickú adsorpciu, kedy sa na povrchu adsorbentu vytvorí len monomolekulová vrstva a všetky aktívne miesta na povrchu sorbentu sú si rovnocenné. Freundlichova izoterma nachádza svoje uplatnenie pri fyzikálnej adsorpcii a pri adsporpcii na heterogénnych povrchoch s rôznymi aktívnymi miestami.

1.3 Materiál a metódy

Všetky bentonity sme pred začatím experimentu vysušili v sušiarni pri teplote 105 °C po dobu 2 hodiny a po vysušení sme ich uchovávali v exsikátore. Experimenty prebiehali v uzavretých Erlenmayerových bankách pri laboratórnej teplote. Zásobné roztoky niklu boli pripravené z $NiSO_4 \cdot 7H_2O$ (p.a, Merck) a deionizovanej vody. V banke sa zmiešalo 0,2500 g bentonitu (frakcia < 250 µm) a 50 cm^3 roztoku niklu danej koncentrácie. Následne bol obsah baniek 2 hodiny pretrepávaný rýchlosťou 200 ot·min^{-1} v orbitálnej laboratórnej trepačke ES – 20/60 (bioSan) pri teplote 25 °C a po skončení trepania centrifugovaný (5 minút pri 4 000 ot·min^{-1}). Na stanovenie niklu bol použitý atómový absorpčný spektrometer AVANTA Σ s plameňovou atomizáciou (GBC Scientific). Ako zdroj žiarenia bola použitá výbojka s dutou katódou, s napájacím prúdom 4,00 mA, vlnovou dĺžkou 351,5 nm. Šírka štrbiny bola 0,50 nm, výška štrbiny NORMAL. Ako typ plameňa bol použitý vzduch/acetylén pri prietokoch acetylénu 1,10 dm^3·min^{-1} a vzduchu 11,50 dm^3·min^{-1}. Relatívne chyby meraní AAS boli menšie ako 5 %. Vyhodnotenie výsledkov ako aj obsluha prístroja bola uskutočnená softwarom GBC Avanta ver.2.0.

Na detailnejšiu kvalitatívnu analýzu použitých sorpčných materiálov boli na Odd. hydrosilikátov UACH SAV v Bratislave zaznamenané ich IČ spektrá (Obr. 1). Na vyhotovenie záznamu spektier sa použil infračervený spektrometer FT-IR NICOLET Magna 750. Spektrá boli zaznamenávané v strednej IČ oblasti (MIR, 4000 – 400 cm^{-1}). Ako detektor sa použil DTGS a KBr rozdeľovač lúča. Vzorky boli merané technikou lisovania KBr tabliet (1 mg vzorky bol homogenizovaný s 200 mg KBr). Každé spektrum bolo priemernou hodnotou zo 128 meraní pri rozlíšení 4 cm^{-1}. Meranie a vyhodnotenie IČ spektier sa vykonalo pomocou programu OMNIC (Thermo Electron Corporation).

Z nameraných hodnôt bola vypočítaná adsorpčná kapacita v rovnováhe (q_e) a percento účinnosti odstraňovania iónov Ni^{2+} z roztoku (Ads. %). Adsorpčná kapacita v rovnováhe sa vypočítala podľa vzťahu:

$$q_e = \frac{(c_0 - c_e) \cdot V}{m} \quad (5)$$

kde c_0 je začiatočná koncentrácia Ni^{2+} iónov v roztoku (mg · dm^{-3}), c_e je rovnovážna koncentrácia Ni^{2+} iónov v roztoku (mg · dm^{-3}), V je objem roztoku (dm^3) a m je hmotnosť pridaného adsorbenta (g).

Percento účinnosti odstraňovania Ni^{2+} iónov z roztoku bolo vypočítané podľa vzťahu:

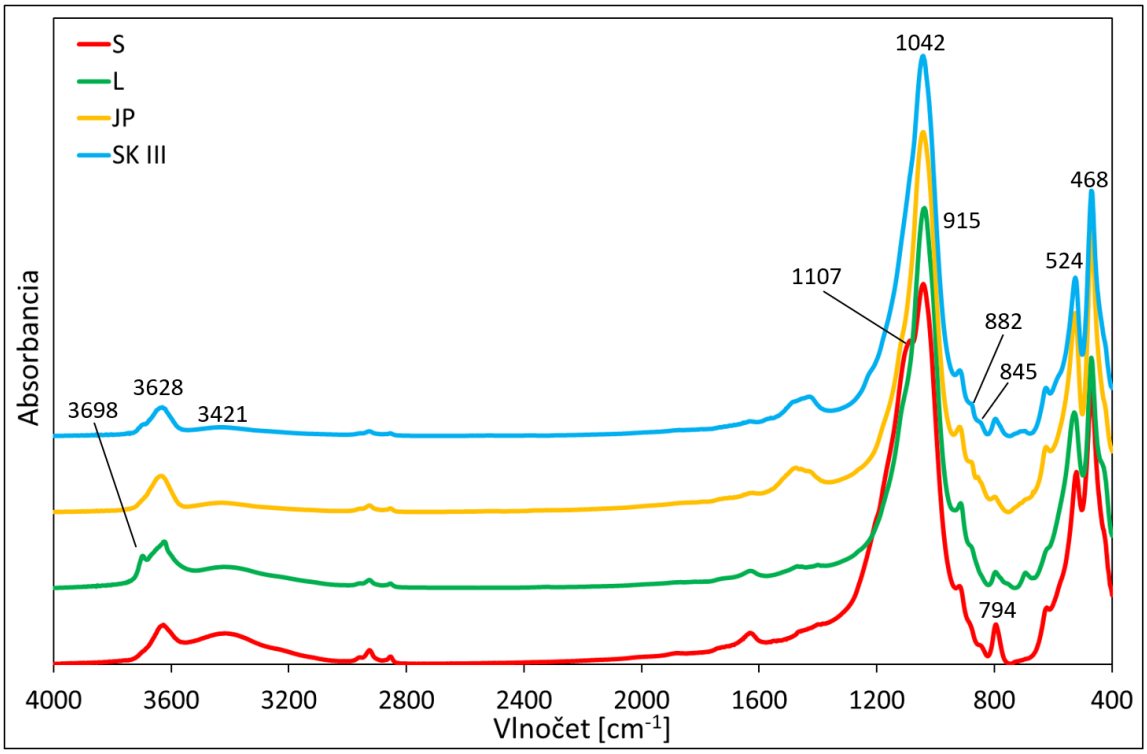
$$Ads.\,\% = \frac{(c_0 - c_e)}{c_0} \cdot 100 \quad (6)$$

2 Výsledky a diskusia

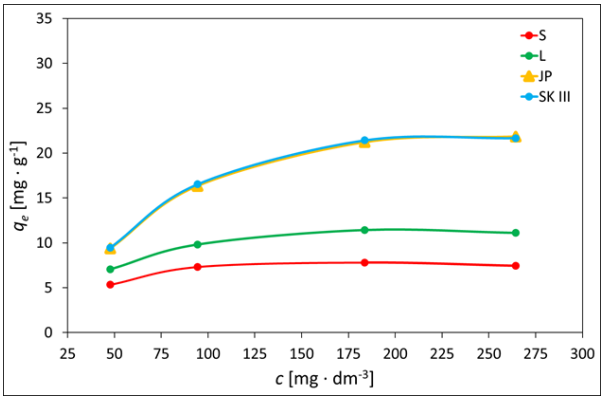
FTIR spektrá (Obr. 1) všetkých vzoriek bentonitu zobrazujú píky charakteristické pre vibrácie v štruktúre smektitov. Vibračné pásy v oblasti blízkej 3628 a 3421 cm^{-1} zodpovedali OH strečingu štrukturálnym OH skupinám a molekulám vody. Vibrácia v oblasti 3628 cm^{-1} bola typická pre dioktaédrický smektit - montmorillonit. Pík v oblasti 3698 cm^{-1}, badateľný v zázname IČ spektra bentonitu z ložiska Lieskovec, sa pripisoval OH strečingu kaolinitu vonkajšej OH skupiny. Oblasť OH bendingu bola charakterizovaná vlnočtami 915 cm^{-1} (AlAlOH), 845 cm^{-1} (AlMgOH) a inflexia v blízkosti 882 cm^{-1} (AlFeOH) hovorila, že oktaédricky koordinovaný Al v štruktúre smektitu bol čiastočne nahradený Mg, minoritne Fe. Intenzívne pásy pri vlnočte 1042 cm^{-1} boli spôsobené vibráciami Si—O, v tomto prípade hovoríme o Si—O strečingu. Vibrácie v oblastiach 524 cm^{-1} a 468 cm^{-1} zodpovedajú deformačným vibráciám Al—O—Si a Si—O—Si, v oboch prípadoch išlo o vibrácie typu bending. Píky v oblasti 1107 cm^{-1} a 794 cm^{-1}, najvýraznejšie vo vzorke Bentonitu S z ložiska Hliník nad Hronom, naznačovali prítomnosť SiO_2 a to buď vo forme kremeňa alebo amorfného SiO_2. [11]

2.1 Závislosť adsorpcie Ni^{2+} od začiatočnej koncentrácie

Proces adsorpcie Ni^{2+} iónov bol ovplyvnený veľkým množstvom faktorov. Jedným z nich bola aj začiatočná koncentrácia Ni^{2+} iónov v roztoku. Pri laboratórnej teplote 25 ˚C možno tvrdiť, že naadsorbované množstvo niklu s rastúcou koncentráciou iónov Ni^{2+} v roztoku na jednotku bentonitu (q_e) stúpa. Táto vlastnosť sa najvýraznejšie prejavila hneď pri dvoch adsorbentoch a to pri bentonitoch z ložísk Jelšový Potok (JP) a Stará Kremnička III (SK III). Pri bentonitoch z ložiska Lieskovec (L) sa táto závislosť prejavila len málo a pri bentonite z ložiska Hliník nad Hronom (S) sme pri koncentrácii vyššej ako 200 $mg \cdot dm^{-3}$ pozorovali opačný trend, a síce, že s nárastom koncentrácie Ni^{2+} iónov v roztoku sa naadsorbované množstvo iónov Ni^{2+} na jednotku sorbentu nepatrne znižovalo (7,82 $mg.g^{-1}$ pre koncentráciu 200 $mg \cdot dm^{-3}$ a 7,44 $mg.g^{-1}$ pre koncentráciu 300 $mg \cdot dm^{-3}$). Popisovaná závislosť je znázornená na Obr. 2. Ako vyplýva z Obr. 2, najvyššie rozdiely hodnôt q_e boli viditeľné pri bentonitoch z ložísk Jelšový potok (JP) a Stará Kremnička III (SK III).



Obr. 1 Zaznamenané IČ spektrá nami používaných prírodných sorbentov
Zdroj: Autor

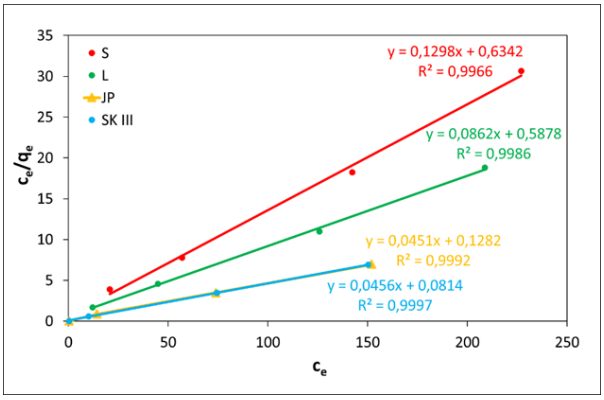


Obr. 2 Závislosť naadsorbovaného množstva niklu od začiatočnej koncentrácie Ni^{2+} pri 25 °C
Zdroj: Autor

2.2 Adsorpčné izotermy

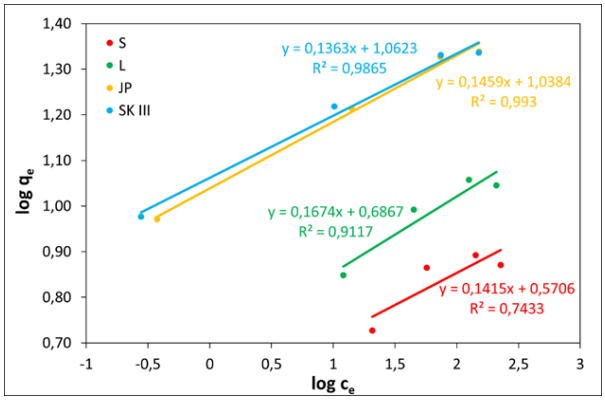
Adsorpčná rovnováha sa vyjadruje adsorpčnými izotermami. V našej práci sme využili na popis rovnovážneho stavu adsorpcie Langmuirovu (Obr. 3) a Freundlichovu (Obr. 4) izotermu. Obe adsorpčné izotermy sme sledovali v intervale pripraveného vodného roztoku $NiSO_4 \cdot 7\ H_2O$ s hm. koncentráciou v rozmedzí 50 – 300 mg · dm^{-3}.

Z nameraných hodnôt sme zostrojili izotermy pre laboratórnu teplotu 25 ˚C.



Obr. 3 Langmuirove adsorpčné izotermy pri 25 ˚C
Zdroj: Autor

Dosadením do vzťahov (1) a (3) sme vypočítali Parametre Langmuirovej a Freundlichovej izotermy pre sorpciu Ni^{2+} iónov na vybrané bentonity pri laboratórnej teplote (Tab. 3). Z porovnania korelačných koeficientov pre jednotlivé izotermy vyplynulo, že lepšie lineárne závislosti poskytovala Langmuirova izoterma, na čom sa zhodli i viacerí iní autori. [9], [10], [14]



Obr. 4 Freundlichove adsorpčné izotermy pri 25 ˚C
Zdroj: Autor

Tab. 3 Parametre Langmuirovej a Freundlichovej izotermy pre sorpciu Ni^{2+} iónov na bentonity pri teplote 25 ˚C
Zdroj: Autor

		S	L	JP	SK III
Langmuirove parametre	q_m [mg·g^{-1}]	7,70	11,60	22,17	21,93
	b [dm^3·mg^{-1}]	0,2047	0,1466	0,3518	0,5602
	R^2	0,9966	0,9986	0,9992	0,9997
Freundlichove parametre	K_f	3,7205	4,8607	10,9245	11,5425
	n	7,0671	5,9737	6,8540	7,3368
	R^2	0,7433	0,9117	0,9930	0,9865

Z vypočítaných hodnôt q_m sme usúdili, že najväčšiu adsorpčnú kapacitu alebo maximálne nasýtenie adsorbenta s predpokladom vytvorenia adsorpčnej monovrstvy na povrchu, vykazovali bentonity z lokality Stará Kremnička (JP a SK III) a najmenšiu bentonit z ložiska Hliník nad Hronom (S). Afinitu adsorbenta k Ni^{2+} iónom vyjadrovala Langmuirova konštanta b. Hodnota Langmuirovej konštanty rástla priamoúmerne s narastajúcou afinitou adsorbenta k Ni^{2+} iónom. Z vypočítaných hodnôt vyplynulo, že najväčšiu afinitu k iónom Ni^{2+} má bentonit z ložiska Stará Kremnička III.

Záver

Výsledky opísané v tejto práci poukazujú na to, ako vplýva začiatočná koncentrácia Ni^{2+} iónov na sorpciu uvedených iónov na bentonity – prírodné adsorbenty. Zistili sme, že so zvyšujúcou sa koncentráciou (50 – 300 mg · dm^{-3}) sa percento účinnosti odstraňovania iónov Ni^{2+} pri bentonite z ložiska Jelšový Potok (JP) znižuje od 99,21 % do 42,53 %, pri bentonite z ložiska Stará Kremnička III (SK III) od 99,42 % do 43,18 %, pri bentonite z ložiska Lieskovec (L) od 74,84 % do 21,04 % a pri bentonite z ložiska Hliník nad Hronom (S) od 56,59 % do 14,16 %. V nepriamej úmere s uvedeným trendom sa hmotnosť adsorbovaného kovu na hmotnostnú jednotku bentonitu zvyšuje (JP 9,37 – 21,83 mg · g^{-1},SK III 9,48 – 21,68 mg · g^{-1}, L 7,06 – 11,11 mg · g^{-1} a S 5,00 – 7,44 mg · g^{-1}).

Pre všetky adsorbenty sú zostrojené Langmuirove a Freundlichove adsorpčné izotermy. Z porovnania korelačných koeficientov jednotlivých izoteriem vyplýva, že model Langmuirovej adsorpčnej izotermy poskytuje lepšie lineárne závislosti. Z Langmuirovych adsorpčných izoteriem sme následne vypočítali maximálne adsorpčné kapacity jednotlivých adsorbentov q_m. Z hodnôt q_m sme zistili, že najlepším adsorbentom je bentonit z ložiska JP (22,17 mg · g^{-1}) a SK III (21,938 mg · g^{-1}). Bentonity L (11,60 mg · g^{-1}) a S (7,7042 mg · g^{-1}) sa ukázali byť pre adsorpciu Ni^{2+} iónov horšími.

Z uvedených výsledkov a vykonaných experimentov môžeme na záver konštatovať, že na adsorpciu Ni^{2+} iónov z roztokov je najvhodnejšie použiť ako sorbent bentonit z ložiska Jelšový Potok (JP) alebo bentonit z ložiska Stará Kremnička III (SK III), ktoré sú si v mnohých vlastnostiach podobné.

Víziou do budúcna je vypracovať kinetický model sorpcie iónov Ni^{2+}, vypočítať termodynamické parametre adsorpcie Ni^{2+} iónov a overiť závislosť adsorpcie od času a teploty.

Poďakovanie

Tento príspevok vznikol vďaka finančnej podpore projektov VEGA 1/0291/19 a KEGA 028UMB-4/2019.

Veľké poďakovanie patrí Mgr. Valérii Kurekovej, PhD. z Oddelenia hydrosilikátov, UACH SAV v Bratislave za zaznamenanie a vyhodnotenie IČ spektier a RNDr. Šimonovi Budzákovi, PhD. za ochotu a pomoc pri spracovaní výsledkov IČ spektroskopie.

Použitá literatúra

[1] Vieira M. G. A.,et al. (2010) J. Hazard. Mater. 177(1–3), p. 362
[2] Novaković T., et al. (2008) Chem. Eng. J. 137(2), p. 436
[3] Ouhadi V. R., et al. (2006) Eng. Geol.85(1–2), p. 102
[4] Stathi P., et al. (2007) J. Colloid Interface Sci. 316(2), p. 298
[5] Malamis S., Katsou E. (2013) J. Hazard. Mater. 252–253, p. 428
[6] Alakhras F., et al. (2018) Asian J. Chem., 30(5), p. 1147
[7] Vakili M., et al. (2020) Rev. Chem. Eng. https://doi.org/10.1515/revce-2019-0047
[8] Ďuďa R., et al. (2012) Minerály Slovenska.: Granit Praha, 103 s.
[9] Pivarčiová L., Galamboš M., et al. (2015) J. Radioanal. Nucl. Chem., 304(2), p. 851
[10] Krajňák A., et al. (2015) J. Radioanal. Nucl. Chem. 304(2), p. 587
[11] Osacký M., et al. (2019) Geol. Carpathica 70(5), p. 433
[12] Górniak K. et al. (2017) Mineralogia 48(1–4), p. 23
[13] Atkins P. W., De Paula J. (2013), Fyzikální chemie. Praha: VŠCHT v Praze, p.838
[14] Liu Z., Zhou S. (2010) Process Saf. Environ. Prot. 88(1), p. 62

Príprava a charakterizácia vybraných luminiscenčných zlúčenín pre použitie v OLED technológii

Preparation and characterization of selected luminescent compounds for use in OLED technology

Denisa Valyuchová[1]
Školiteľ: Šimon Budzák[2]
[1,2]Katedra chémie, FPV UMB, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica,
[1]Denisa.Valyuchova@studenti.umb.sk, [2]Simon.Budzak@.umb.sk

Abstrakt

Organické svetlo emitujúce materiály (OLED) umožnili rozvoj zobrazovacej techniky, s výraznou farebnosťou, malou spotrebou energie a možnosťou ohýbania displejov. Zelená farba je v mnohých OLED technológiách generovaná vďaka intenzívnej luminiscencii komplexu tris(8-hydroxychinolináto) hlinitého. V našej práci sme pripravili tri deriváty 8-hydroxychinolínu s vysokým výťažkom. Uskutočnili sme bromáciu, jodáciu a nitráciu 8-hydroxychinolínu, vždy do druhého stupňa, v polohách 5 a 7. Identita pripravených látok bola potvrdená infračervenou spektroskopiou, hmotnostnou spektrometriou a nukleárnou magnetickou rezonanciou. Následne boli ligandy využité pri syntéze hlinitých komplexov. Všetky pripravené komplexy vykazujú intenzívnu zelenú luminiscenciu s potenciálnym využitím v OLED technológiách. Prekvapujúcim zistením je minimálna zmena luminiscencie po zavedení elektrón akceptórnych nitro skupín.

Kľúčové slová: luminiscencia, OLED, 8-hydroxychinolín.

Abstract

Organic light-emitting materials (OLEDs) have allowed significant development of imaging technology, with distinctive color, low power consumption and the flexible displays. The green color is generated in many OLED technologies due to the intense luminescence of the aluminum tris (8-hydroxyquinolinate) complex. In our work we have prepared three derivatives of 8-hydroxyquinoline in a high yield. We performed bromination, iodination and nitration of 8-hydroxyquinoline, always to the second degree, in positions 5 and 7. The identity of the prepared compounds was confirmed by infrared spectroscopy, mass spectrometry and nuclear magnetic resonance. Subsequently, the ligands were used in the synthesis of aluminum complexes.

All prepared complexes show intensive green luminescence with potential use in OLED technologies. A surprising finding is the minimal change in luminescence upon introduction of electron-accepting nitro groups.

Key Words: luminescence, OLED, 8-hydroxyquinoline.

Úvod

Luminiscencia, nazývaná aj „studené svetlo“, je vo všeobecnosti definovaná ako svetlo z iných než tepelných zdrojov energie. Označenie luminiscencia prvýkrát použil v roku 1888 nemecký fyzik Eilhardt Wiedemann [1]. Odvodzuje sa z latinského ,,lumen“, čo znamená ,,svetlo“ [2]. Pri luminiscencii spôsobí určitý zdroj energie excitáciu elektrónu zo základného stavu (stav s najnižšou energiou) molekuly do vyššieho energetického stavu, odtiaľ následne elektrón emituje energiu vo forme svetla vo viditeľnej oblasti, pričom sa obnoví elektrónová konfigurácia základného stavu molekuly [3].

Existuje niekoľko druhov luminiscencie, z ktorých každá je pomenovaná podľa toho, čo je zdrojom energie pre excitáciu, prípadne aký je spúšťač luminiscencie:

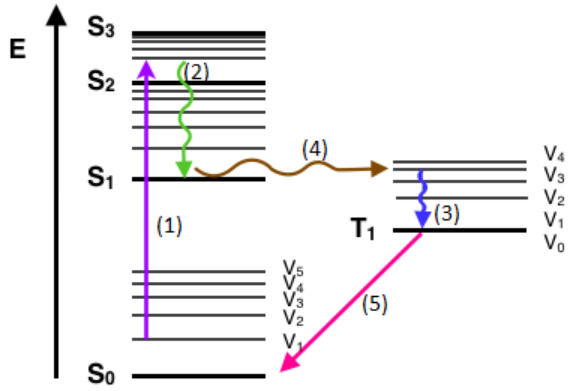
a) chemiluminiscencia: emisia svetla spojená s uvoľňovaním energie z chemickej reakcie
b) bioluminiscencia: známa aj ako ,,živé svetlo˝, produkovaná živými organizmami, zdrojom energie sú biochemické procesy
c) elektroluminiscencia (EL): svetlo vznikajúce vplyvom vonkajšieho elektrického poľa, ktoré je aplikované na určitý materiál, využíva sa vo svetelných diódach (LED)
d) fotoluminiscencia (PL): emisia svetla je výsledkom excitácie elektrónov pomocou

elektromagnetického žiarenia, fotónov. Zahŕňa fluorescenciu aj fosforescenciu [4].

Fotoluminiscenčné žiarenie sa rozdeľuje podľa dĺžky doby života τ_c. Dĺžka doby života je parameter, ktorý nám umožňuje klasifikovať proces fotoluminiscencie na [3]:

1. fluorescenciu, kde $\tau_c < 10^{-8}$ s
2. fosforescenciu, kde $\tau_c > 10^{-8}$ s

Procesy aktivácie a deaktivácie excitovaných stavov sú opísané pomocou Jablonského diagramu (Obr. 1).



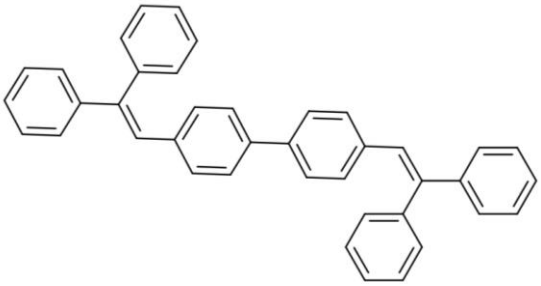
Obr. 1 Jablonského diagram, ktorý vysvetľuje fotofyzikálne procesy v molekulových systémoch: (1) absorpcia, (2) vnútorná konverzia, (3) vibračná relaxácia, (4) medzisystémový prechod, (5) fosforescencia.
Zdroj: [5]

Energetické hladiny základného stavu S_0 a najnižšieho singletového a tripletového stavu, S_1 a T_1, sú ďalej rozšírené existenciou vibračných stavov. Úvodným prechodom v rámci Jablonského diagramu je excitácia elektrónu zo základného stavu S_0 do stavu s vyššou energiou, ktorým môže byť prvý excitovaný stav S_1, alebo vyššie singletové stavy S_2 a S_3. Molekula vo vyššom excitovanom stave následne môže prejsť viacerými procesmi deaktivácie z Obr.1: (3) vibračná relaxácia, teda prechod z vyššej vibračnej hladiny na nižšiu vibračnú hladinu daného elektronického stavu, (2) vnútorná konverzia prechod medzi S_2 a S_1 , teda medzi rôznymi elektronickými stavmi s rovnakou multiplicitou. Pri deexcitácii zo stavu S_1 späť do základného stavu S_0, môže molekula emitovať fotón. Vyššie uvedený dej nazývame fluorescencia. Prechod z S_1 do S_0 je spinovo povolený prechod, preto je časový interval prechodu iba niekoľko nanosekúnd. Málo pravdepodobným, avšak tiež sa vyskytujúcim, javom je prechod zo singletového stavu S_1 do tripletového stavu T_1, medzisystémový prechod. Spomínaný jav patrí medzi najpomalšie procesy v Jablonského diagrame, je o niekoľko rádov pomalší ako fluorescencia. Následne dochádza k radiačnému prechodu z excitovaného tripletového stavu T_1 do základného stavu S_0, fosforescencii [6].
Organické, svetlo emitujúce diódy (OLED, Organic light emitting diodes), sú rozsiahlo aplikovanou technológiou pre výrobu plne farebných plochých displejov [7]. Na vytvorenie akéhokoľvek farebného obrazu na OLED displeji sú potrebné stabilné luminiscenčné materiály emitujúce červené/zelené/modré (RGB) svetlo vysokej čistoty [8,9]. OLED sú typom materiálu, ktorý je schopný generovať svetlo, keď ním prechádza elektrický prúd. V súčasnosti sa používajú najčastejšie ako obrazovky pre modernú elektroniku, ako sú mobilné telefóny a digitálne fotoaparáty. Na rozdiel od LCD (Liquid crystal display) alebo LED (Light emitting diodes – zvyčajne anorganické) displejov, ktoré sú pevné a tuhé, OLED môžeme vyrobiť tak, aby boli extrémne flexibilné až do takej miery, že by ich bolo možné úplne obaliť okolo valcovitého objektu bez poškodenia displeja.

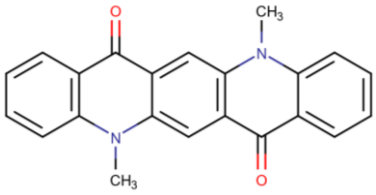
OLED obsahuje tri základné vrstvy: katódu, anódu a organickú vrstvu. Keď prechádza cez OLED elektrický prúd, generujú sa na katóde elektróny. Pri prechode emisnou vrstvou sa elektróny dostávajú do najnižšieho neobsadeného molekulového orbitálu (LUMO) emisného materiálu. Z anódy pochádzajúca vakancia (diera) odoberie z najvyššieho obsadeného molekulového orbitálu (HOMO) iný elektrón. Vďaka elektrickému prúdu vzniká excitovaný stav, ktorý sa deaktivuje vyžiarením svetla - elektroluminiscenčne.
OLED v súčasnosti rozdeľujeme do dvoch tried: OLED s malými molekulami (SMOLED), ktoré vo svojej organickej vrstve používajú malé organické molekuly a OLED s polymérmi (POLED), ktoré používajú organické polyméry. SMOLED ako triedu možno ďalej rozdeliť do dvoch podtried na základe toho, či sa svetlo generuje pomocou fluorescencie alebo fosforescencie [8]. To záleží od typu použitej emisnej vrstvy [9]. Elektroluminiscenčné organokovové komplexy sú cennými žiaričmi pre SMOLED. Vo všeobecnosti je ich výhodou najmä farebná čistota emisie [8,9]. Technológiu OLED nájdeme v množstve displejov v našom okolí, výskum smerom k vyššej kvalite a efektivite však stále pokračuje. V oblasti SMOLED plne farebných displejov sa zameriava hlavne na efektívne pokrytie celého farebného spektra adaptáciou rôznych mechanizmov luminiscencie [10].

Pre modré emitory je vzhľadom na vyššiu energiu excitovaných stavov nebezpečná akumulácia dlhšie žijúcich excitovaných stavov [11]. Emitory v červenej oblasti spektra sú pre malý energetický rozdiel medzi základným a excitovaným stavom náchylné na nežiarivú deaktiváciu a majú malý kvantový výťažok luminiscencie [12].

Bežne používané fluorescenčné materiály zahŕňajú napríklad DPVBi (4,4-bis(2,2-difenylvinyl)-1,1-bifenyl) na dosiahnutie modro sfarbeného svetla (Obr 2) a tris(8-hydroxychinolináto) hlinitý komplex dopovaný DMQA (*N*,*N*'-dimetylchinakridón) pre zeleno sfarbené svetlo (Obr. 3) [13].



Obr. 2 4,4-bis(2,2-difenylvinyl)-1,1-bifenyl DPVBi
Zdroj: Autor



Obr. 3 N,N'-dimetylchinakridón DMQA
Zdroj: Autor

Hlinitý katión je malý ión kovu (Lewisova kyselina) s vysokou hustotou náboja, ktorý uprednostňuje koordináciu s malými tvrdými Lewisovými bázami (OH^-, PO_4^{3-}, SO_4^{2-}, COO^-, ROH a RO^-) a viaže amíny ako súčasť multidentátneho ligandového systému. Tvorí silné komplexy s multidentátnymi aminokarboxylovými ligandmi. Vo väzbe Al^{3+} prevažuje elektrostatický charakter nad kovalentným, vďaka vysokému náboju a malému iónovému polomeru (53,5 pm). Jeho iónový polomer je najbližší k Fe^{3+} a Mg^{2+}. Hlinité katióny tvoria slabšie komplexy ako Fe^{3+} s výnimkou komplexov fluóru. Preferované koordinačné číslo pre hlinité katióny je 6, tvorí oktaédrické koordinačné komplexy. Hliník je amfotérny a správa sa aj ako Brønstedova kyselina a zásada. Pri pH < 5 sa v neprítomnosti iných ligandov tvorí komplex $[Al(H_2O)_6]^{3+}$. Ostatné druhy $Al(OH)^{2+}$, $Al(OH)_2^+$, $Al(OH)_3$, $Al(OH)_4^-$ prevažujú pri pH 5,5; 6; 6,2 a viac ako 6,2 [14].

Cieľom našej práce je pripraviť deriváty 8-hydroxychinolínu a následne ich komplexy s hliníkom. Keďže komplex $Al(8HQ)_3$ je dnes používaný v OLED technológiách, mohli by jeho deriváty predstavovať rovnako stabilné systémy, avšak emitujúce svetlo iných vlnových dĺžok, čo chceme kvalitatívne preskúmať. Existuje viacero stratégii ako zmeniť farbu emisie: jednou možnosťou je zaviesť do základného 8-hydroxychinolinového skeletu rôzne polárne substituenty. Inou stratégiou je posunúť sa smerom k červenej emisii zväčšením konjugovaného systému π elektrónov. Keďže poslednú zmieňovanú stratégiu uplatnili autori Montes, V.A. et al. [15], my sme sa rozhodli pre zavedenie rôzne polárnych substituentov.

1 Chemikálie a prístrojová analýza

1.1 Chemikálie

Pri jednotlivých syntézach sme použili nasledovné chemikálie: 8-hydroxychinolín (p.a., Lachema), nonahydrát dusičnanu hlinitého (p.a., Lachema), uhličitan sodný (p.a., Lachema), kyselina dusičná (>65 %, Kvant), jód (> 9,8 %, Centralchem), jodid draselný (>99,5 %, Kvant), hydroxid sodný (>98 %, Centralchem), metanol (>99,8%, Centralchem), kyselina chlorovodíková (>35 %, Centralchem), bromid draselný (>99 %, Lachema), bromičnan sodný (p.a., Lachema), dietyléter (p.a., Sklochem), deionizovaná voda bola pripravovaná na mieste v zariadení DEMIWA. Všetky uvedené chemikálie sme použili bez dodatočného čistenia.

1.2 Analýza pripravených látok

Priebeh syntéz a čistotu pripravených látok sme overovali pomocou tenkovrstvovej chromatografie (TLC), pričom ako eluent sme používali etanol. Ako porovnávaciu látku sme vždy dávkovali reaktant.
Na zaznamenávanie infračervených spektier bol použitý prístroj Nicolet iS50 so softvérovým vybaveným OMNIC. Pri každom meraní bolo uskutočnených 32 skenov, rozlíšenie zaznamenaného spektra bolo 4 cm^{-1} v rozsahu vlnočtov 4000-400 cm^{-1}. Vzorky sme merali pomocou techniky zoslabenia úplného odrazu (ATR).
V jednom prípade sme pre potvrdenie identity produktu použili ^1H NMR (nukleárnu magnetickú

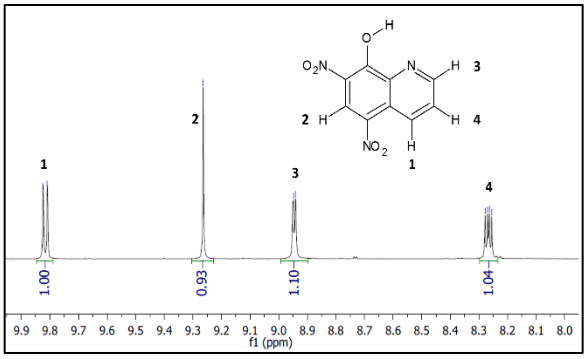
rezonanciu). Meranie bolo uskutočnené na PriF UK BA na prístroji VNMRS 300 MHz. Chemický posun uvádzame voči štandardu tetrametylsilánu.
Identitu halogénovaných ligandov sme potvrdili hmotnostnou spektrometriou po separácii na plynovej chromatografii. Bol použitý plynový chromatograf Agilent 7820A (GC) a hmotnostný spektrometer s elektrónovou ionizáciou a kvadrupólovým analyzátorom Agilent 5977E.

2 Príprava ligandov

Z literatúry je známe, že elektrofilné substitúcie na 8-hydroxychinolíne prebiehajú preferenčne v polohách 5 a 7 [16]. Rozhodli sme sa pripraviť vždy disubstituované deriváty 8HQ, konkrétne: dibróm, dinitro a dijód 8-hydroxychinolín. Pri syntézach ligandov sme používali rôzne modifikované postupy z literatúry. Každú syntézu sme opakovali aspoň dvakrát.

5,7-dibróm-8-hydroxychinolín: Pri príprave ligandu 5,7-dibróm-8-hydroxychinolínu sme adaptovali postup z literatúry [16]. 0,48 g (3,1 mmol) 8-hydroxychinolínu sme rozpustili v destilovanej vode, pridali koncentrovanú HCl a roztok okyslili na pH = 2. Za intenzívneho miešania sme následne pridali 1,96 g (16,55 mmol) bromidu draselného. Ďalším pridaním koncentrovanej HCl sa roztok vyčíril, pri pH = 2. Pridaním druhého reaktantu 0,76 g (3,31 mmol vo forme nasýteného roztoku) $NaBrO_3$ sa začala tvoriť objemná zrazenina. Zrazeninu sme následne odfiltrovali za zníženého tlaku. Výsledný produkt mal bledožltú farbu. Výťažok reakcie bol 0,93 g (93 %). Identitu produktu sme potvrdili pomocou infračervenej spektroskopie, zhodou s knižničným záznamom a GC-MS, pričom bola zaznamenaná dobrá zhoda s knižničným záznamom (zhoda 0.98, retenčný čas 9.1 min).

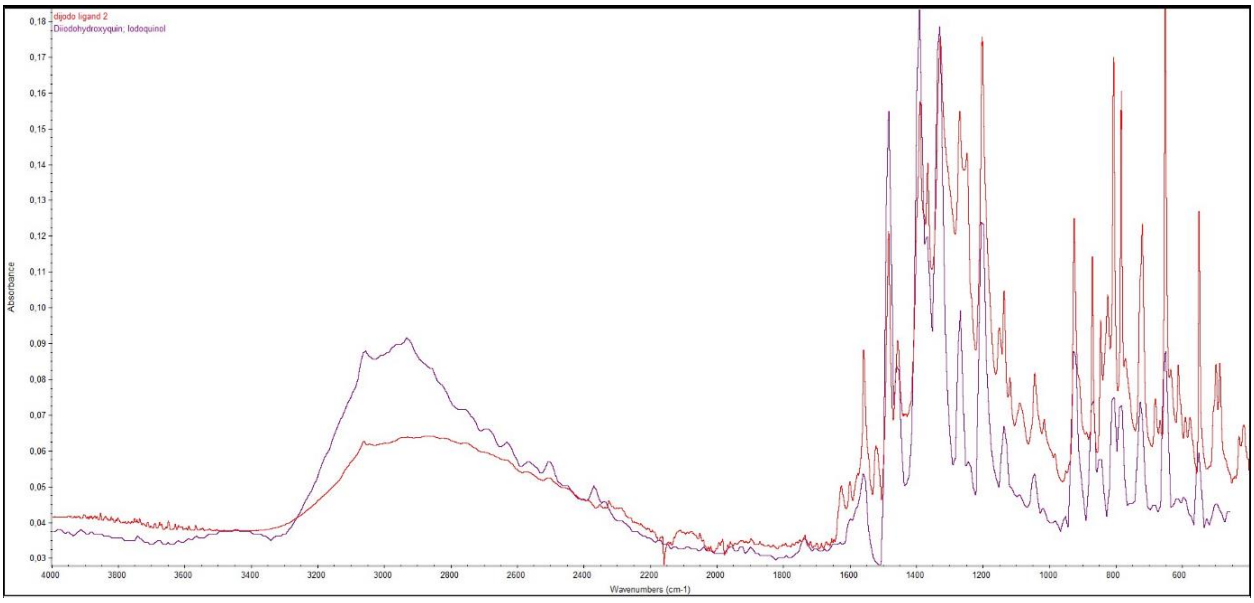
5,7-dinitro-8-hydroxychinolín: Pri príprave sme vychádzali z práce Clavier et al. [18]. K 50 ml roztoku 65 % kyseliny dusičnej schladenej ľadovým kúpeľom na 4 °C sme pridali po častiach 5 g (34,44 mmol) 8-hydroxychinolínu. Roztok sme intenzívne miešali po dobu 1 hodiny pri teplote 40 °C. Roztok sme následne naliali do nádoby s rozdrveným ľadom. Na dne nádoby sa začala tvoriť zelenkastá zrazenina, ktorú sme nechali úplne usadiť a odfiltrovali za zníženého tlaku, premyli destilovanou vodou a vysušili. Výsledný produkt bol zelenkastej farby. Výťažok reakcie bol 4,07 g (61 %).



Obr. 4 ^{1}H NMR spektrum pre ligand 5,7-dinitro-8-hydroxychinolín. Modrým hodnota integrálu pre daný signál, čierne čísla priradzujú jednotlivé atómy vodíka k NMR signálom.
Zdroj: Autor

Identitu produktu sme potvrdili pomocou infračervenej spektroskopie, zhodou s knižničným záznamom (0.76). Bola zjavná prítomnosť nitro skupín (1550 cm^{-1}) ale nebol jasný ich počet. Analýza ^{1}H NMR potvrdila (Obr. 4), že na 8-hydroxychinolínovom skelete sú iba štyri vodíky, čo automaticky implikuje dinitro štruktúru. Nitro substituenty musia mať medzi sebou jeden protón, keďže pozorujeme singletový signál s posunom 9.26 ppm. Doublet doubletu pozorujeme pri hodnote okolo 8.26 ppm, čo znamená, že protón 4 je obklopený inými dvoma neekvivalentnými protónmi. Hydroxylová skupina má labilný protón, preto ho nepočítame ani nebol v NMR zachytený.

5,7-dijód-8-hydroxychinolín: Pri syntéze sme vychádzali z práce Matsumura K [19]. V 500 ml Erlenmayerovej banke sme si pripravili roztok A rozpustením 8-hydroxychinolínu (2,2 g, 15,15 mmol) a hydroxidu sodného (0,6 g, 15,00 mmol) v 300 ml destilovanej vody za intenzívneho miešania. Roztok trijodidového aniónu (ďalej roztok B) sme pripravili rozotrením 7,62 g (30 mmol) jódu s viac ako 50 % nadbytkom jodidu draselného 7,62 g (45,90 mmol) a následným rozpustením v 30 ml destilovanej vody. Roztok B sme pridávali po dobu 1,5 hodiny za intenzívneho miešania do roztoku A. Na záver sme reakčnú zmes prefiltrovali za zníženého tlaku, premyli destilovanou vodou, horúcim etanolom a vysušili pod infralampou. Produkt bolo potrebné zbaviť nezreagovaného jódu, čo sme dosiahli opakovaným premytím dietyléterom a následne filtráciou za zníženého tlaku. Výsledný produkt bol tmavohnedej farby. Výťažok reakcie bol 4,78 g (77 %). Identitu



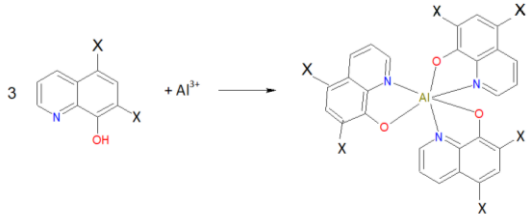
Obr. 6 Infračervené spektrum 5,7-dijód-8-hydroxychinolínu. Červená krivka predstavuje spektrum pripraveného produktu, fialová krivka spektrum látky z porovnávacej knižnice.

Zdroj: Autor

produktu sme potvrdili pomocou infračervenej spektroskopie (Obr. 6), zhodou s knižničným záznamom a GC-MS, pričom bola zaznamenaná dobrá zhoda s knižničným záznamom (zhoda 0.98, retenčný čas 10.2 min).

4 Príprava komplexov

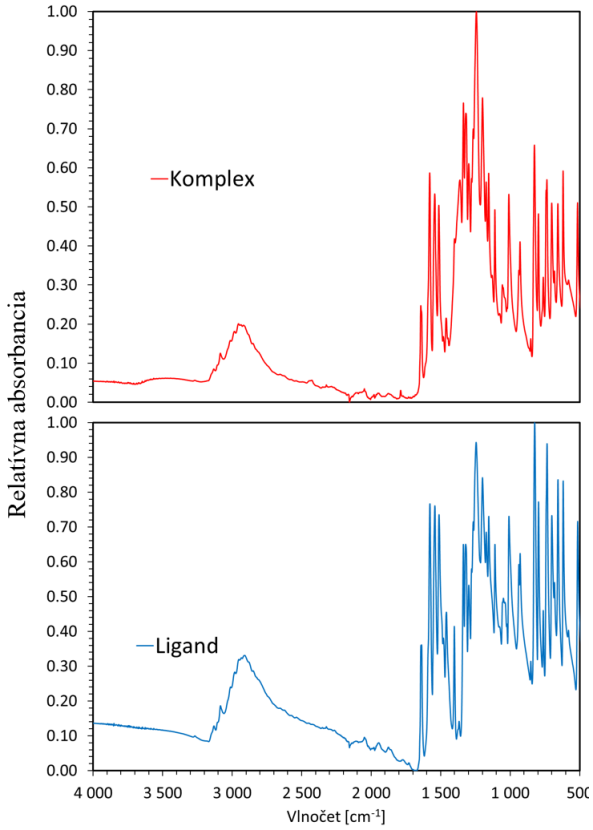
V literatúre sme nenašli postupy pre samostatnú syntézu jednotlivých komplexov pre pripravené ligandy. Vychádzali sme preto z postupu autorov Liu, Q. a Wang, S. [20] pre komplex 8-hydroxychinolínu (Obr. 5).



Obr. 5 Všeobecná schéma prípravy komplexu, kde X predstavuje jednotlivé atómy alebo skupinu atómov substituovaných na 8-hydroxychinolín
Zdroj: Autor

V 150 ml Erlenmayerovej banke sme rozpustili 6,88 mmol konkrétneho ligandu (roztok C) v približne 30 ml metanolu (množstvo použitého metanolu záviselo od rozpustnosti daného ligandu). V druhej Erlenmayerovej banke sme si pripravili ďalší roztok (roztok D) rozpustením 0,5 g (1,33 mmol) $Al(NO_3)_3.9H_2O$ v 70 ml destilovanej vody, ktorý sme pridali k roztoku C za intenzívneho miešania počas 5 minút. Skontrolovali sme pH roztoku, ktoré bolo zvyčajne slabo kyslé (pH = 5). Ďalej sme si pripravili roztok uhličitanu sodného rozpustením jeho 4 g (37,74 mmol) v 60 ml destilovanej vody, ktorý sme pridávali postupne k reakčnej zmesi pokým pH roztoku nedosiahlo hodnotu 8. Výsledný roztok sme intenzívne miešali 30 minút, prefiltrovali za zníženého tlaku, premyli malým množstvom metanolu a vysušili pod infralampou. Pripravené komplexy sa vždy dali odlíšiť od reagujúcich látok na základe fluorescencie, ktorú reaktanty nevykazovali.

Zaznamenali sme infračervené spektrá pripravených komplexov. Hlavnou odlišnosťou voči reagujúcim ligandom boli iba odlišné intenzity pásov oproti voľnému ligandu a potlačený pás zodpovedajúci OH stretchingu (Obr 7).

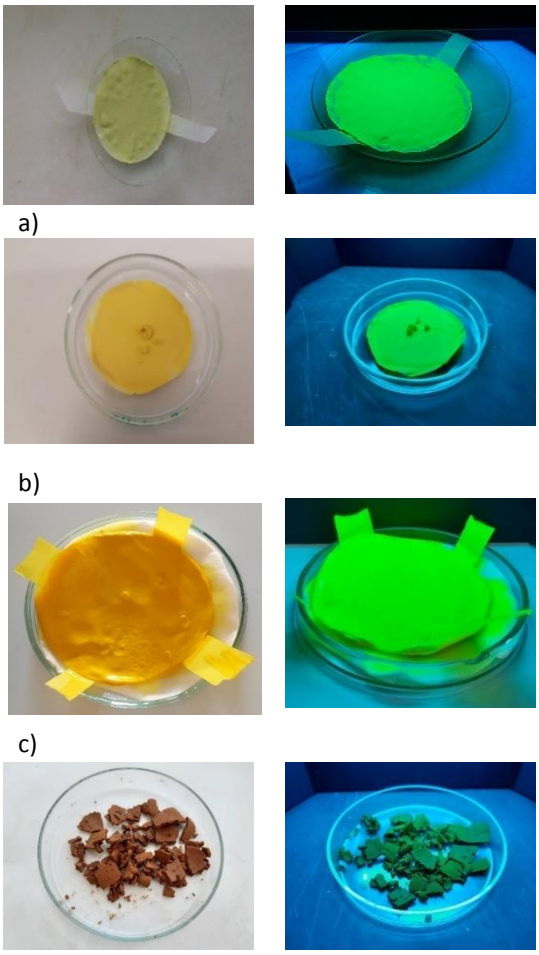


Obrázok 7 Infračervené spektrum ligandu 5,7-dijód-8-hydroxychinolínu (modrá) a jeho hlinitého komplexu(červená). Spektrá sú normalizované a spektrum komplexu je posunuté pre lepšiu prehľadnosť o 1 vyššie.
Zdroj: Autor

5 Diskusia

Na Obrázku 8 sú fotografie jednotlivých hlinitých komplexov na viditeľnom svetle a pod UV lampou (254 nm). Je zjavné, že vplyv substituentov v polohe 5 a 7 na výsledné fluorescenčné spektrum je malý. Dokonca ani substituent výrazným záporným indukčným a mezomérnym efektom (nitro skupina) neovplyvňuje farbu fluorescencie komplexu.

Aj keď je malý vplyv zmeny substituentov na fluorescenciu prekvapujúci, dá sa predpovedať už z absorpcie vo viditeľnej oblasti spektra. Podobná farba komplexov vo viditeľnej oblasti znamená, že pri rovnakom Stokesovom posune musí byť farba fluorescencie podobná. Pripravené komplexy substituovaného 8-hydroxychinolínu vykazujú intenzívnu fluorescenciu a dajú sa pripraviť s vysokým výťažkom. Ďalší výskum by mohol odhaliť, či OLED používajúce niektoré z týchto látok dokážu ponúknuť vyššiu svetelnosť, prípadne fotostabilitu oproti pôvodnému komplexu a stať sa tak jeho prípadnou náhradou. V tomto smere by bolo potrebné doplniť merania kvantových výťažkov a presné merania emisných spektier, keďže naše pozorovania sú kvalitatívne. Tiež upozorňujeme, že fluorescenciu sme pozorovali v pevnom skupenstve látok, keďže to najlepšie odráža predpokladanú aplikáciu. Pre samotné ladenie fluorescencie 8-hydroxychinolínového skeletu smerom k vyšším vlnovým dĺžkam je však zrejme potrebné skôr zväčšenie jeho konjugovaného systému.



Obr. 8 Pripravené látky pri dennom (vľavo) a UV(254 nm) svetle (vpravo). a) tris(8-hydroxychinolináto) hlinitý komplex, b) tris(5,7-dibróm-8-hydroxychinolináto) hlinitý komplex, c) tris(5,7-dinitro-8-hydroxychinolináto) hlinitý komplex, d) tris(5,7-dijód-8-hydroxychinolináto) hlinitý komplex.
Zdroj: Autor

Záver

V našej práci sme popísali postupy prípravy ligandov odvodených od 8-hydroxychinolínu. Produktmi boli hlinité komplexy 8-hydroxychinolínu vykazujúce intenzívnu zelenú luminiscenciu. Jednotlivé ligandy a komplexy sa nám podarilo úspešne identifikovať pomocou rôznych metód s vysokou zhodou s knižničným záznamom. Prekvapujúcim zistením v rámci nášho výskumu bolo, že zmena substituentu spôsobovala minimálnu zmenu farby fluorescencie. V budúcnosti by sme chceli v tejto práci pokračovať a dosiahnuť iné farby fluorescencie substitúciou základnej látky.

Poďakovanie

Náš príspevok vznikol vďaka podpore Kultúrnej a edukačnej grantovej agentúry Ministerstva školstva SR, číslo grantu 032UMB-4/2018.

Použitá literatúra

[1] Wiedemann, E. (1888) Ann. Phys. 270, p. 446
[2] Shionoya, A., Yen, W. (1999) Phosphor Handbook. CRC Press, Boca Raton, USA, p. 30
[3] Mckeever, S. (1985) Thermoluminescence of Solids. Cambridge University, Cambridge, p.20
[4] Šima, J. (2011) Fotochémia: Princípy a aplikácie. Bratislava: Nakladateľstvo STU v Bratislave.
[5] McEwen, J. (30. September 2019). Jablonski diagram. Dostupné na Internete: Chemistry LibreTexts: https://chem.libretexts.org/Bookshelves/Physical_and_Theoretical_Chemistry_Textbook_Maps/Supplemental_Modules_(Physical_and_Theoretical_Chemistry)/Spectroscopy/Electronic_Spectroscopy/Jablonski_diagram
[6] Tsutsui, T. (1999) Fundamentals of Luminescence, in: Shionoya, A. S., Yen, W. M., (Eds), Phosphor Handbook. CRC Press, Boca Raton, USA, p. 63
[7] Kelly, S. (2000) Flat Panel Displays: Advanced Organic Materials. RSC. Publishing, London, Great Britain, p. 134
[8] Hung, L. S., Chen, C. H. (2002) Mater. Sci. Eng. 39, p. 143
[9] Holder, E. B., Langeveld, M. W., Schubert, U. S. (2005) Adv. Mater. 17, p. 1109
[10] Wei, Q., et al. (2018) Adv. Opt. Mater. 6(20), p. 1800512
[11] Jiun-Haw, L., et al. (2019) J. Mater. Chem. C 7, p. 5874
[12] Ho, C. L., Li, H., Wong, W. (2014) J. Organomet. Chem. 751, p. 261
[13] Geffroy, BRP., Prat, C. (2006) Polymer Int. 55, p. 572
[14] Yokel, R. (2004) In: E. Merian, M. Anke, M. Ihnat & M. Stoeppler, ed. Elements and Their Compounds in the Environment-Occurence, analysis and biological relevance. Wiley-VCH, Berlin, p. 635
[15] Montes V., Pohl, R., Shinar J., Anzenbacher P. (2006) Chem. Eur. J. 12, p. 4523
[16] Acton, Q. A. (2012) Light Metals - Advances in Research and Application. ScholarlyEditions: Atlanta, Georgia, USA, p. 20
[17] Tarapčík, P. (2011/2012) Praktické úlohy z analytickej chémie. Chemická olympiáda - kategória A, 48.ročník, celoštátne kolo
[18] Clavier S., Rist Ø., et al. (2003) Org. Biomol. Chem. 1, 4248.
[19] Matsumura, K. (1927) J. Am. Chem. Soc. 49(3), p. 810
[20] Liu, Q., Wang, S. (2003) J. Chem. Educ. 80(12), p. 1474

Pozitívny/negatívny nález psychotropných a omamných látok na minciach a bankovkách

Positive/negative finding of psychotropic and narcotic drugs on coins and banknotes

Michaela Barlášová[1]
Školiteľ: Šimon Budzák[2], Jiří Zapletal[3]
[1,2,3]Katedra chémie, FPV UMB, Tajovského 40, 974 01, Banská Bystrica
[1]michaela.barlasova@student.umb.sk,[2] simon.budzak@umb.sk,[3]jiri.zapletal@umb.sk

Abstrakt
Mince a bankovky vďaka svojmu obehu medzi množstvom ľudí umožňujú monitorovať výskyt rôznych látok v populácii, vrátane zneužívania omamných a psychotropných látok (OPL). Jednou z najvýhodnejších metód pre analýzu sterov bankoviek a mincí je považovaná plynová chromatografia s hmotnostnou detekciou (GC-MS).
Cieľom našej práce bola analýza mincí s nominálnou hodnotou 1, 2, 5, 10 a 20 centov, 1 a 2 eurových mincí a napokon bankoviek s hodnotou 5, 10, 20 a 50 eur. Výsledky preukázali, že okrem nízkych obsahov ftalátov bol častým kontaminantom aj nikotín. Z OPL sme pri GC-MS analýze viacerých mincí zaznamenali výskyt stopových množstiev tetrahydrokanabinolu (THC), kanabidiolu (CBD) a kanabinolu (CBN), teda látok vyskytujúcich sa v rastlinách rodu *Cannabis*.
Výrazné zastúpenie metamfetamínu bolo potvrdené na 5 a 20 eurových bankovkách. Na 10 a 20 eurových bankovkách bola identifikovaná prítomnosť kokaínu.

Kľúčové slová: plynová chromatografia, hmotnostná spektrometria, tetrahydrokanabinol, kanabinol, kanabidiol, metamfetamín, nikotín, kokaín

Abstract
Coins and banknotes, thanks to their circulation among people, enable monitoring the presence of various substances in the population, including the abuse of illicit drugs (OPL). Gas chromatography with mass spectrometry (GC-MS) is one the most preferred method for analyzing banknotes and coins. The aim of the work was to analyze coins with nominal value of 1, 2, 5, 10 and 20 cents, 1 and 2 euro coins and finally banknotes with value of 5, 10, 20 and 50 euro. The results showed that besides low phthalate contents, nicotine was a frequent contaminant. In the GC-MS analysis of several coins, the occurrence of trace amounts of tetrahydrocannabinol (THC), cannabidiol (CBD) and cannabinol (CBN) was recorded, all substances found in plants of the genus *Cannabis.* A significant contamination by methamphetamine was confirmed on 5- and 20-euro banknotes. The presence of cocaine was identified on 10- and 20-euro banknotes.

Key Words: gas chromatography, mass spectrometry, tetrahydrocannabinol, cannabidiol, cannabinol, methamphetamine, nicotine, cocaine

Úvod

Pre rozhodnutia o protidrogovej politike sú potrebné presné údaje týkajúce sa užívania, distribúcie rôznych druhov omamných a psychotropných látok medzi populáciou. Medzi nelegálne omamné látky patria kokaín, rastliny rodu *Cannabis*, stimulanty amfetamínového typu, extáza, heroín a iné opioidy [1,2]. Podľa zákona č. 139/1998 Z.z. omamné látky sú látky vyvolávajúce návyk, psychickú a fyzickú závislosť ľudí charakterizovanú zmenami správania sa so závažnými zdravotnými a psychosociálnymi následkami, na ktoré sa vzťahuje medzinárodný dohovor, ktorým je Slovenská republika viazaná. Psychotropné látky sú látky ovplyvňujúce stav ľudskej psychiky pôsobením na centrálny nervový systém s menej závažnými zdravotnými a psychosociálnymi následkami [1].
Zdravotnícky systém poskytuje štatistické informácie o pacientoch liečených na látkové závislosti [3]. Tieto osoby sú však iba vrcholom pomyselného ľadovca. Iným spôsobom zisťovania rozšírenia OPL je dotazníkový prieskum. Respondenti odpovedajú na otázky o type, prípadne frekvencii užívania rôznych

látok. Táto metóda síce poskytuje odhad rozšírenia v celej populácií, avšak je výrazne zaťažená tzv. „self-reporting error“. Respondenti často neodpovedajú pravdivo, upravujú svoje odpovede podľa očakávaní okolia. Pri užívaní opiátov bola pravdivosť odpovede kontrolovaná voči testovaniu moču na úrovni 69 %[4]. Preto sa viaceré skupiny pokúsili v poslednom období využiť na monitoring iné, od respondenta nezávislé zdroje. Voči odberu biologického materiálu majú respondenti oprávnené výhrady, z tohoto dôvodu sa ako výhodné ukazuje monitorovanie odpadových vôd [5]. V prípade signifikantne vyššej konzumácie sa v odpadových vodách dajú nájsť samotné OPL prípadne ich metabolity [6]. Iným spôsobom je monitorovať platidlá keďže tieto, podobne ako odpadová voda, odrážajú látky na rukách a v peňaženkách mnohých ľudí [7].

V poslednej dobe sa kontaminácia potvrdila aj na eurobankovkách z rôznych krajín Európy, pričom napríklad koncentrácia kokaínu na španielskych bankovkách sa ukázala byť takmer stokrát vyššia v porovnaní s nemeckými bankovkami. Okrem toho Nemecko zaznamenalo nezvyčajné prípady praskania a dezintegrácie nemeckých eur. Po stiahnutí z obehu bolo preukázané, že príčina spočívala v dôsledku prítomnosti sulfátov používaných pri výrobe metamfetamínu zmiešaného s ľudským potom za vzniku kyseliny sírovej, ktorá rozkladá papier [8].

Keďže ide o sekundárnu kontamináciu takýmito látkami, nemožno vzorky mincí a bankoviek použiť ako priamy dôkaz pri objasňovaní kriminálnych činov. To znamená, že ľudia sú oveľa viac ochotní poskytovať informácie pre výskum.

Cieľom našej práce je kvalitatívna analýza platidiel získaných v stravovacích zariadeniach v Banskej Bystrici. Práca má charakter prieskumu s cieľom zistiť, či naše prostriedky umožňujú identifikáciu OPL na platidlách.

1 Použité chemikálie a prístroje

1.1 Chemikálie

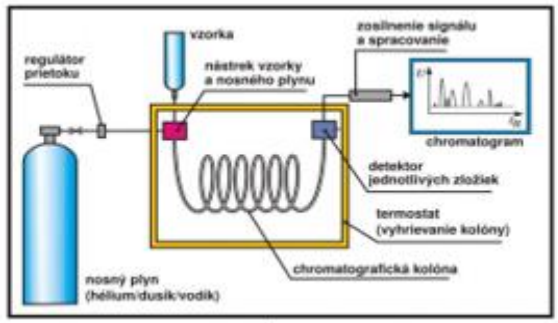
Počas analýzy sme použili chemicky čisté, aprotické rozpúšťadlo acetón (p.a., Centralchem). Po konzultácii s Kriminalistickým a expertíznym ústavom Policajného zboru (KEU PZ) v Slovenskej Ľupči sme vybrali acetón ako vhodný kompromis na rozpúšťanie nepolárnych látok typu THC a polárnejších OPL, ako je napríklad kokaín.

Keďže na identifikáciu látok sme použili hmotnostnú spektrometriu štandardy OPL látok sme neanalyzovali.

1.2 Prístrojové vybavenie

Plynová chromatografia (angl. *gas chromatography* – GC) je analytická separačná metóda, pri ktorej je mobilnou fázou plyn. Slúži na analýzu plynných zmesí alebo iných zlúčenín, ktoré je možné previesť do plynného skupenstva do teploty 450 °C. (Obr.1)

Princíp GC spočíva v tom, že vzorka sa privádza do injektora prostredníctvom Hamiltonovej ihly, ak ide o kvapalnú vzorku, v iných prípadoch používame plynový dávkovací ventil v závislosti od tlaku. Následne v injektore, ktorý je striktne temperovaný sa uskutočňuje zahrievanie vzorky, prípadne odparenie a tá je následne unášaná do kolóny prúdom nosného plynu. K samotnej separácii jednotlivých analytov zmesi dochádza podľa afinity: ako prvá vychádza zložka, ktorá má najvyššiu afinitu ku nosnému plynu. Látka, ktorá má najvyššiu afinitu voči povrchu kolóny a najnižšiu afinitu k nosnému plynu, opúšťa kolónu ako posledná. Výsledkom je elučná krivka – **chromatografický pík**.



Obr. 1 Schéma plynového chromatografu.
Zdroj: [18]

Hmotnostne - spektrometický detektor pre GC (angl. *mass spectrometry*) – meria počet a zisťuje druh iónov, ktoré sa vytvoria po ionizácii a rozpade molekúl analytu spolu s plynnou mobilnou fázou vystupujúcou z chromatografickej kolóny. Kombinuje sa proces ionizácie, izolácie a separácie iónov. Medzi elementárnu charakteristiku iónov patrí pomer ich hmotnosti a náboja (m/z). Na základe tejto charakteristiky vieme ovplyvniť dráhu iónov pomocou aplikovaného elektrického a magnetického poľa, separovať ich. Hmotnostná spektrometria (MS), ako detekčná technika má veľké uplatnenie v mnohých oblastiach chemických analýz [9].

Pri meraniach GC-MS sme použili nasledovné podmienky.

Kolóna: HP-5MS, 30 m, 0,250 mm, 0,25 µm, kat. č. 19091S-433, Agilent) 30 m, 0,250 mm, 0,25 mikrónov
Zakotvený plyn 5% difenyl-95 % dimetylpolysiloxán
Nosný plyn: hélium, prietok 1,0 ml/min
Tlak v kolóne 52,8 kPa, rýchlosť 36,40 cm/s (50 °C), celkový prietok 20 ml/min, 1,1 ml / min, konštantný prietok.
Nástrek: 60 °C (0,03 min) 600 °C/min do 280 °
Rozdeľovací pomer: solvent vent režim
Termostat: 50 °C (1 min) 30 °C/min 170 °C 15 °C/min do 290 °C, 3 min
Detektor: MSD 280 °C,
Injekcia: 5 µl, solvent vent režim
Pozorovali sme nasledovné poradie elúcie: metamfetamín, nikotín, kokaín, CBD, THC, CBN.

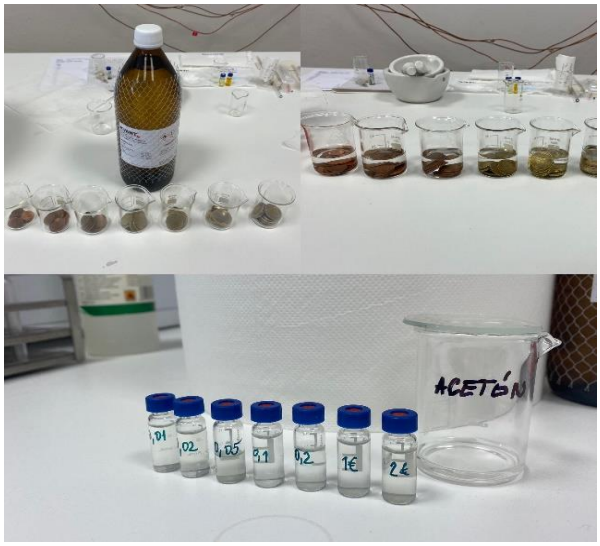
1.3 Príprava vzorky

Vzorky mincí sme upravovali nasledovne: do vopred označených kadičiek sme pre každú nominálnu hodnotu vložili počte 10 ks mincí a pridali sme 25 ml acetónu. Následne sme tieto vzorky podrobili ultrazvukovému čisteniu. Roztok z oplachu mincí sme zakoncentrovali izotermickým odparením rozpúšťadla na objem 2 ml. Roztoky sme dekantovali do označených vialiek o objeme 2 ml (Obr. 2). Vzorky mincí boli v tomto prípade pripravené na analýzu pomocou GC-MS.Vzhľadom na rozdielne veľkú povrchovú plochu platidiel (Tab. 1) existuje rozdiel medzi absolútnymi množstvami látok na rôznych platidlách. Naša štúdia bola iba kvalitatívna napriek tomu sme sa rozhodli aspoň približne korigovať náš postup na plochu platidla. Preto používame 10 kusov mincí, ale iba jeden kus bankovky. Najväčší rozdiel v ploche je medzi 1 centovými mincami (celkovo 5000 mm^2) a 50 € bankovkami (plocha 21000 mm^2).

Tabuľka 1 Prepočet plochy mincí a bankoviek

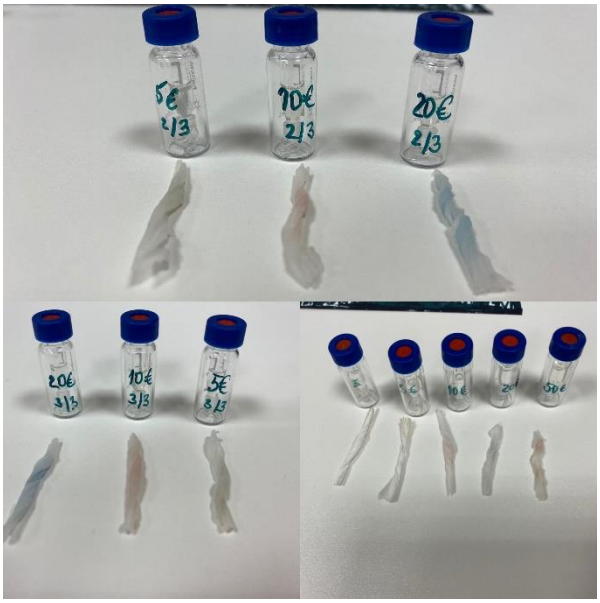
hodnota	dĺžka	výška	Plocha [mm^2]
0,01€	16,25	1,67	500
0,02€	18,75	1,67	651
0,05€	21,25	1,67	821
0,10€	19,75	1,93	732
0,20€	22,25	2,14	927
1€	23,25	2,33	1019
2€	25,75	2,2	1220
5€	120	62	14880
10€	127	67	17018
20€	133	72	19152
50 €	140	77	21560

Úprava vzorky pre bankovky: v snahe zabrániť poškodeniu bankoviek sme sa rozhodli pre metódu suchého steru. Z viacvrstvového papierového obrúska sme si zvolili najtenšiu vrstvu, ktorú sme následne nastrihali na približne rovnakú veľkosť 5x5 cm. Prostredníctvom takéhoto kúsku sme urobili ster nasledovným spôsobom: obrúsok sme si prehli na polovicu a nami vybranou stranou sme prešli povrch bankovky všetkými smermi. Kontaminovanú časť sme zahli do vnútra a čistou stranou sme prešli po povrchu druhej strany bankovky. Tento papierový obrúsok sme vložili do označenej vialky a začali sme preplach acetónom. Zaujímavosťou v tomto prípade bol fakt, že po suchom stere zostal zafarbený papierový obrúsok podľa sfarbenia bankovky (Obr. 3, 4).



Obr. 2 Príprava oplachov mincí

Obr. 3 Príprava sterov z bankoviek



Obr. 4 Pripravené stery bankoviek

1.4 Charakteristika skúmaných látok

Rastliny rodu *Cannabis* pestujú a konzumujú vo väčšine regiónov sveta. Je to jednoročná dvojdomá bylina, ktorá patrí do čeľade *Cannabacea*, rodu *Cannabis*.[1] Účinnou zložkou konope je **tetrahydrokanabinol** alebo THC (Obr. 5).

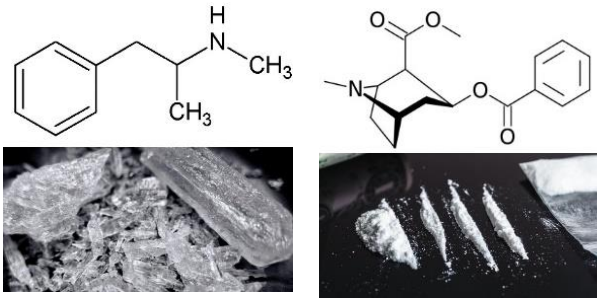
Obr. 5 THC/CBD.
Zdroj: [19]

Rastlina *Cannabis* obsahuje rôzne chemické zlúčeniny, vrátane terpénov, cukrov, uhľovodíkov, látok steroidnej povahy, flavonoidov a aminokyselín. Tieto látky sa nachádzajú v samotnej rastline, ako aj v produktoch z nej pripravených (hašiš a marihuana). GC-MS v rámci analýzy umožňuje identifikáciu zložiek rastlín *Cannabis* a zároveň poukazuje na ich rozdielne zastúpenie v rôznych vzorkách. Vzhľadom na rôzny podiel látok vo vzorkách je tak možné určiť región, prípadne oblasť, z ktorej pochádza. Produkty rodu *Cannabis*, napríklad hašiš a marihuana, sú najčastejšie konzumovanými nelegálnymi drogami na celom svete [10].

Kanabidiol (CBD, Obr. 5) je jednou z najvýznamnejších prirodzene sa vyskytujúcich kanabinoidných zložiek v rastlinnej konope. Na rozdiel od molekuly THC sa o CBD a jeho negatívnych účinkoch neustále vedú diskusie, pričom napríklad v USA je zo zoznamu OPL vyradený. Hoci CBD je len jedným z viac ako 60 kanabinoidov nájdených v *Cannabis sativa*, mnohé vedecké štúdie ukázali, že CBD má najväčší terapeutický potenciál všetkých kanabinoidov, napríklad pri liečbe anorexie [11].

Nikotín je alkaloid prirodzene sa vyskytujúci vo všetkých odrodách tabakových rastlín *Nicotiana tabacum*. Najčastejšie používaným biomarkerom príjmu nikotínu je kotinín, ktorý sa môže sledovať v krvi, moči, slinách, vlasoch alebo nechtoch. Súčasná optimálna hraničná hodnota plazmatickej hladiny kotinínu na odlíšenie fajčiarov od nefajčiarov vo všeobecnej populácii je 3 ng/ml [12].

Metamfetamín (Obr. 6) je vysoko návyková a nelegálna psychostimulačná látka podobná amfetamínu. Používa sa pre svoje silné euforické účinky, ktoré sú podobné účinkom kokaínu. Zvyšuje hladiny prirodzene sa vyskytujúceho dopamínu a norepinefrínu v mozgu. Účinok trvá dlhšie ako pri kokaíne. Z trhového hľadiska ide o lacnú drogu nenáročnú na výrobu, ktorú je možné ľahko vyrobiť pomocou bežne dostupných prísad. Väčšina metamfetamínu sa vyrába nelegálne a môže obsahovať kofeín, mastenec a ďalšie aj toxické, prídavné látky. Slangovo sa stretávame s názvami pervitín, péčko, piko, perník, parno, yayo, meth. Metamfetamín je neurotoxický a môže poškodiť dopamínové a serotonínové receptory v mozgu. Jeho používanie je spojené s vyššími frekvenciami nechráneného sexuálneho styku a násilného správania. Štúdie naznačujú, že to môže viesť k štrukturálnym a funkčným zmenám v mozgu spojeným s emóciami a pamäťou a niektoré z nich môžu byť ireverzibilné. Toxicita sa zvyšuje pri použití s alkoholom, kokaínom alebo opiátmi [13].

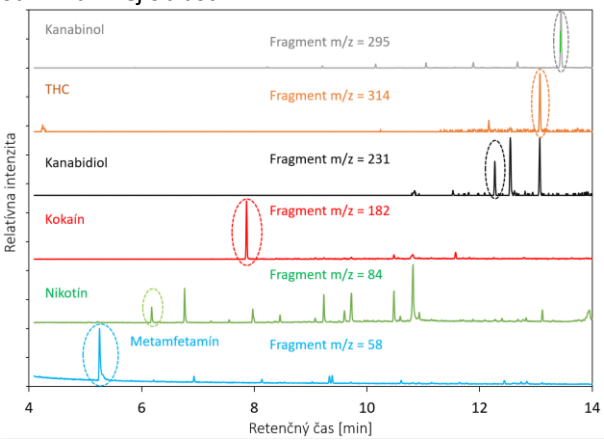


Obr. 6 Metamfetamín: štruktúrny vzorec(vľavo hore) a jeho kryštály (vľavo dole). Kokaín: štruktúrny vzorec(vpravo hore) a jeho kryštály (vpravo dole). Zdroje: vľavo [20], vpravo [21]

Kokaín (Obr. 6) bol použitý v roku 1884 rakúskym oftalmológom Karlom Kollerom ako anestetikum pri operácii očí. Do začiatku 20. storočia to bolo populárne a často používané anestetikum. Po preukázaní návyku bol vyradený z užívania v medicíne. Kokaín a jeho deriváty, crackový kokaín, sa však v súčasnosti užívajú ako nelegálne rekreačné drogy. Ide o alkaloid z juhoamerického kra koka pravá (*Erythroxylum coca).* Báza kokaínu „crack" vzniká zmiešaním s alkalickými činidlami, ako je sóda ($NaHCO_3$), ale používa sa napríklad aj vápno, extrahuje sa éterom alebo amoniakom a následne sa tepelne upravuje. Na výrobu 1 kg kokaínu je potrebných 100-170 kg lístkov. V práškovej forme zvyčajne pozostáva z hydrochloridu kokaínu zriedeného inými látkami, ako je lidokaín, iné lokálne anestetiká, ďalej obsahuje laktózu, inozitol a manitol. Tropánový alkaloid kokaín ma veľmi silný stimulačný účinok. Bráni dopamínu v návrate k neurotransmiteru, takže sa hromadí a pokračuje v odosielaní „príjemnej" správy do mozgu. Závislosť na kokaíne je vysoká a často končí fatálne [14].

2 Výsledky a diskusia

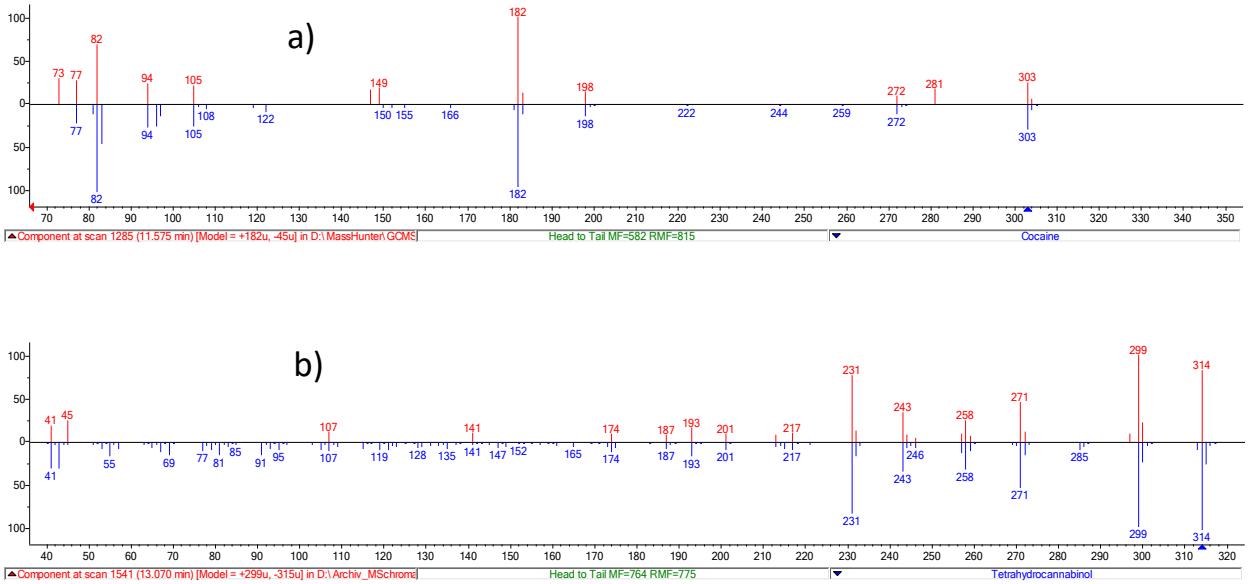
Komplexné zloženie extrahovaných zmesí a zodpovedajúce veľké množstvo informácii sme sa pokúsili analyzovať viacerými spôsobmi. V prvom kroku sme interpretovali chromatogram získaný pre extrakt z 2 EUR mincí v zobrazení TIC (Total Ion Current) teda celkové množstvo iónov získané z analytu prichádzajúceho v danom retenčnom čase. Tento typ mincí sme si vybrali na prvotnú analýzu, keďže majú najväčší povrch a teda zrejme budú niesť najvyššiu koncentráciu látok (Tab. 1). Okrem zmäkčovadiel plastov, ftalátov, sme identifikovali pík THC. Pri analýze ďalších vzoriek sme postupovali inak. Zostrojili sme chromatogramy pre najintenzívnejší fragment rôznych druhov drog a psychoaktívnych látok (SIM-selected ion monitoring, (Obr. 7). Do úvahy sme vzali aj odhadovaný retenčný čas a overovali sme už iba takto odhadnuté pozície. Vždy sme vyhľadali celé zaznamenané hmotnostné spektrum v knižnici spektier (NIST) a vyhodnotili zhodu. Na to aby sme považovali identifikáciu za pozitívnu sme očakávali prekryv s knižničným spektrom na úrovni 0,98 %. Signál daného píku v SIM spektre musel byť aspoň 10 krát vyšší než šum v blízkej oblasti.



Obr. 7 Chromatogramy pre vybrané molekulárne fragmenty. Bol použitý suchý ster z 5 EUR bankovky.

SIM chromatogram (Obr. 7) okrem iného ukazuje skutočnosť, že daný fragment nie je len znakom konkrétnej chemickej látky, ale môže byť zastúpený aj v hmotnostnom spektre inej organickej chemickej zlúčeniny. Malý fragment m/z = 84 je prítomný nielen u nikotínu, ale aj na iných pozíciách v látkach s iným retenčným časom.

Touto kvalitatívnou analýzou sme dokázali prítomnosť omamných a psychotropných látok na nami zvolených bankovkách a minciach. Konkrétne nálezy sú zhrnuté v Tabuľke 2. Najčastejším kontaminantom nami skúmaných platidiel bol nikotín. Nikotín nepatrí medzi zákonne vymedzené OPL, ale je veľmi silným jedom a vyvoláva závislosť. Nebol detegovaný iba na 2 € minciach, na všetkých ostatných platidlách bola jeho prítomnosť potvrdená. Takto výrazná kontaminácia pochádza zrejme od veľkého množstva fajčiarov v našej spoločnosti, na ktorých rukách sa nikotín štandardne nachádza. Je tiež známe, že deti fajčiarov často vykazujú prítomnosť metabolitov nikotínu v moči napriek tomu, že ich rodičia nefajčia v prítomnosti svojich detí. Nikotín sa k deťom zrejme dostáva cez kontakt pomocou rúk (rovnaké predmety chytá dieťa i rodič) a nie inhaláciou [15]. Rovnaký kontaktný mechanizmus zrejme vedie aj ku kontaminácii platidiel.



Obr. 8 Hmotnostné spektrá kokaínu (a) a THC (b) získaných z 20 EUR bankovky. Porovnanie s knižničným záznamom (červená naše meranie, modrá knižničný záznam). Záznam bol získaný v pri retenčnom čase 11,57 min (kokaín) a 13,07 min (THC).

Tabuľka 2: Prítomnosť OPL na platidlách

	Metamfetamín	Nikotín	Kokaín	CBD	THC	CBN
0,01 €	✓	✓			✓	✓
0,02 €		✓				✓
0,05 €		✓				✓
0,10 €		✓				
0,20 €		✓			✓	
1 €		✓		✓		
2 €					✓	✓
5 €	✓	✓	✓	✓	✓	✓
10 €		✓	✓			
20 €	✓	✓	✓		✓	✓
50 €		✓				

Kanabinol (CBN) bol druhou najčastejšie zastúpenou látkou, pričom sa vyskytoval na viac ako polovici skúmaných platidiel. CBN je produktom degradácie THC, v prípade, že rastlina je vystavená teplu, kyslíku. Rovnako sa CBN tvorí v procese starnutia rastlín *Cannabis*. Obsah CBN prezrádza vek konope, rovnako ako aj jeho kvalitu. S vyšším zastúpením CBN vo vzorkách sa priamoúmerne zhoršuje jeho kvalita. Je otázkou, či vyšší výskyt CBN na nami skúmaných platidlách znamená, že v našej populácii sa spotrebúvajú, v zimnom období, hlavne staršie a menej kvalitné zdroje THC. Iným vysvetlením môže byť premena THC na CBN na samotných platidlách, kde sa THC nachádza v prítomnosti rôznych (kovových) katalyzátorov, rozotreté na veľkom povrchu. Na naše prekvapenie sa THC nachádzalo na platidlách v nižšom percentuálnom zastúpení konkrétne na 45 % skúmaných platidiel. Ako pôvodcu THC môžeme považovať priamo rastliny rodu *Cannabis*, ktoré sa využívajú pre svoje psychotropné a omamné účinky prevažne v mladšej generácií. THC je až na jeden prípad vždy prítomný spolu s CBN. Z kanabinoidov je najmenej zastúpený kanabidiol (CBD), ktorý je dnes často prezentovaný, vzhľadom na jeho nízke omamné a psychotropné účinky, ako potenciálne liečivo. V mnohých komerčne dostupných produktoch (napr. masť Konopne mazanie) vychádzajúcich z rastlín rodu *Cannabis* sa vyskytuje vo väčších koncentráciách ako THC. Z tohto dôvodu sme očakávali jeho vyššie zastúpenie na platidlách, čo sa však nepotvrdilo. Pri záchyte na 1 € minciach sa našiel ako jediný kanabinoid čo by mohlo naznačovať jeho „legálny“ pôvod. Naopak vysoko kontaminovaná 5 € bankovka ho obsahovala spolu s THC a CBN, čo „legálne“ vysvetlenie sťažuje.

Metamfetamín a kokaín predstavovali 27 % zastúpenie, keď sme ich detegovali na 3 druhoch platidiel. Kým kokaín sa vyskytoval iba na bankovkách, metamfetamín sme prekvapujúco našli aj na platidlách s najmenšou nominálnou hodnotou 1 cent.

Najčastejším kontaminantom mincí a bankoviek je teda nikotín a CBN. Aj napriek tomu, ako intenzívne sa s bankovkami pracuje, v obehu môžu zotrvať 5-15 rokov, kým mince ešte viac (30-50 rokov). Mnohokrát

menia majiteľa a nikdy sa nedajú úplne vyčistiť. Peniaze trávia celú tú dobu putovaním napríklad z rúk uživateľa/dílera OPL, ako metamfetamínu, kokaínu a konope do rúk čašníkov a následne do rúk ďalšieho zákazníka. Práve takto môžeme uvažovať o obehu kontaminovaných bankoviek a mincí [16].

Vláknité povrchy papierových bankoviek euromeny nie sú zďaleka odolné, keďže predstavujú 25 %-ný podiel ľanu a 75 %-ný podiel bavlny. Z dôvodu, že tento materiál je absorpčný, zachytáva veľké množstvo stôp/látok.
Výroba eurových bankoviek je spoločnou úlohou národných centrálnych bánk a ECB. V záujme efektívnej výroby bankoviek sa zodpovednosť za tlač rozdeľuje medzi jednotlivé národné centrálne banky. Bankovky sa vyrábajú v 11 tlačiarňach s vysokým stupňom ochrany v rôznych častiach Európy [17]. Potom sa distribuujú medzi jednotlivé národné centrálne banky. Pre fyzikálne vlastnosti papiera (mechanické, elektrické a optické vlastnosti), ale aj pre funkčnosť papiera, jeho trvanlivosť je rozhodujúce chemické zloženie a morfologická štruktúra použitých surovín. Napríklad chemické zloženie používaných vláknin sa vyznačuje prevahou hydrofilných látok (celulóza, hemicelulóza). Hydrofilné látky sú polárne, preto je predpoklad že sa na nich budú ľahšie zachytávať polárne OPL. Naše výsledky však ukazujú relatívne rovnomernú distribúciu polárnych látok (nikotín, metamfetamín, kokaín) na bankovkách aj minciach. Z našich výsledkov rovnako nevyplýva, vyššia prítomnosť lipofilných látok, akou je THC na minciach voči bankovkám.
Prítomnosť OPL na platidlách je tak zrejme hlavne prejavom frekvencie ich zneužívania v spoločnosti.

Záver

Naša práca dáva ucelený pohľad na "záťaž" spoločnosti sledovanými látkami. Platidlá sú všeobecne kontaktnými indikátormi pre drogy zo "vstupnej" strany. Za výstupnú stranu môžeme považovať analýzu odpadových vôd. V našom prieskume sme ako veľmi často sa vyskytujúce látky identifikovali nikotín, niektoré kanabinoidy, vrátane THC, metamfetamín a kokaín. V tomto smere naša práca korešponduje so závermi analýz odpadových vôd v SR. Žiaľ preukázateľnosť látok, ktoré sa konzumujú v menších dávkach, ako napríklad syntetické kanabinoidy je omnoho komplikovanejšia, pre oba prístupy – analýzu platidiel aj odpadových vôd. Nastupujúce bezhotovostné transakcie, bezkontaktné platby mobilom, či hodinkami nás možno zbavia aj tohto fenoménu.

Poďakovanie

Poďakovanie patrí vedúcim práce RNDr. Šimonovi Budzákovi, PhD. a PharmDr. Jiřímu Zapletalovi za cestu, ktorou ma viedli počas vypracovaní tejto práce, za všetky cenné rady a odborné konzultácie. V neposlednom rade ďakujem aj členom Katedry chémie FPV UMB.
Tento príspevok vznikol vďaka podpore Kultúrnej a edukačnej grantovej agentúry Ministerstva školstva SR, číslo grantu 032UMB-4/2018.

Použitá literatúra

1. Zákon č. 139/1998 Z. z. (1998) Zákon o omamných látkach, psychotropných látkach a prípravkoch
2. Jenkins J. A. (2001) Forensic Sci. Int. 121(3), p. 189
3. Výročné správy [Citované: 25 marec 2020] https://www.infodrogy.sk/stranka/vyrocne-spravy
4. Rashidian H. et al. (2017) PLOS ONE 12(8), p. e0183017
5. van Nuijs A. L. N. et al. Sci. Total Environ. 409(19), p. 3564
6. Mackuľak T. et al. Sci. Total Environ. 494, p. 158
7. Laboratory of Earth Surface Processes, College of Urban and Enviromental Sciences, Peking 2017, p. 159-166
8. German euros 'full of cocaine' [Citované: 25 jún 2003] http://news.bbc.co.uk/2/hi/europe/3021194.stm
9. de Jong E. G., Keizers S., Maes R. A. A. (1990) J. Anal. Toxicol. 14(2), p. 127
10. Marijuana Statistics - Cannabis Use Statistics - Drug-Free World [Citované 25. marec 2020] https://www.drugfreeworld.org/drugfacts/marijuana/international-statistics.html
11. Bayer E. R. (2020) Journal of Cannabis Therapeutics 1(3-4), p. 5
12. Benowitz N. L., Hukkanen J., Jacob P. (2009) Handb. Exp. Pharmacol. 192, p. 29
13. Methamphetamine: Facts, effects, and health risks [Citované: 25 marec 2020]

https://www.medicalnewstoday.com/articles/309287

14. Cocaine: Effects, risks, and managing addiction [Citované: 25 marec 2020] https://www.medicalnewstoday.com/articles/234239
15. Mahabee-Gittens E. M., Merianos A. L., Matt G. E. (2018) Tob. Control 27(2), p. 217
16. Na španielskych bankovkách je najviac kokaínu [Citované: 25 marec 2020] https://euractiv.sk/section/ekonomika-a-euro/news/na-spanielskych-bankovkach-je-najviac-kokainu/
17. Do You Know How Dirty Your Money Is? [Citované 25 marec 2020] https://www.wisebread.com/how-dirty-is-your-money-really
18. Gas Chromatography [Citované 25 marec 2020] https://inakopratama.co.id/products/analyzer
19. Is it legal to drive after smoking CBD in Luxembourg? [Citované 25 marec 2020] https://today.rtl.lu/dossier/tdf/news/a/1396453.html
20. Pervitin – metamfetamin [Citované 25 marec 2020] https://vseodrogach.cz/stimulanty/meth/
21. Kokaín [Citované 25 marec 2020] https://www.prevcentrum.cz/informace-o-drogach/kokain/

Príprava nitrocelulózy z lacných vstupných materiálov

Low cost materials for preparation of nitrocellulose

Viktória Živická[1]
Školiteľ: Šimon Budzák[2]
[1,2]Katedra chémie, FPV UMB, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica,
[1]Viktoria.Zivicka@student.umb.sk, [2]Simon.Budzak@umb.sk

Abstrakt
Príspevok sa zaoberá rôznymi postupmi prípravy nitrocelulózy, pričom boli ako vstupný materiál použité lacné dostupné zdroje celulózy. Cieľom práce je opísať prípravu nitrocelulózy, následne overiť jej kvalitu pomocou infračervenej spektroskopie s Fourierovou transformáciou a pomocou skúšok horenia, kde sa sleduje percentuálne vyjadrenie nespálených zvyškov. Pre vyhodnotenie nameraných infračervených spektier sme vytvorili modelovú molekulu nitrocelulózy a realizovali teoretické výpočty jej vibračného spektra. Následne sme analyzovali polohu a priradenie vibrácií v infračervenom spektre. Na záver sme diskutovali o najvhodnejšom postupe nitrácie pre dosiahnutie požadovanej kvality nitrocelulózy. Porovnávame rozdiely pri voľbe vstupného materiálu, ktorý zohráva úlohu pri využití vzniknutej nitrocelulózy vo výbušninách. Práve celulóza obsiahnutá v ľahko dostupných materiáloch môže byť, po nitrácii, často zneužitá v improvizovaných výbušninách.

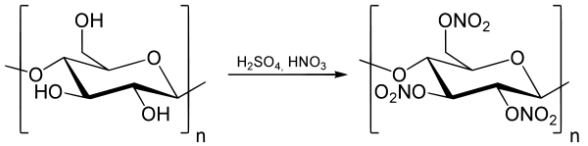
Kľúčové slová: nitrocelulóza, infračervená spektroskopia, nespálené zvyšky, výbušniny

Abstract
This contribution deals with various procedures for the preparation of nitrocellulose using cheap available cellulose sources as input materials. The main purpose of this work is to describe the preparation of nitrocellulose, whose quality can be subsequently verified by means of Fourier transform infrared spectroscopy and by burning tests, where the percentage representation of unburned residues was monitored. The measured data from the infrared spectroscopy were compared to theoretical calculations on a model of nitrocellulose, where we monitored the positions of different vibrations in infrared spectra. Finally, we discussed the most appropriate nitration procedure to achieve high quality of nitrocellulose. We compare the differences in the choice of input material, which plays a role in the use of formed nitrocellulose in explosives. The cellulose in commercially available materials can often be misused in improvised explosives after nitration.

Key words: nitrocellulose, infrared spectroscopy, unburied residues, explosives

Úvod

Od roku 1832, kedy Henri Braconnot pripravoval xyloidín, ako vtedy nazýval nitrocelulózu, pôsobením kyseliny dusičnej na škrob, [1] sa dodnes dosiahli rôzne medzníky v syntéze nitrocelulózy. Primárnym cieľom je vždy získať stabilnú, homogénnu látku a regulovať jej obsah dusíka. Nitrocelulóza, resp. nitrát celulózy sa získa nitráciou celulózy, pričom pôsobením kyseliny dusičnej, alebo silnej nitračnej zmesi dochádza k esterifikačnej reakcii. Nitrocelulóza a celulóza sú štrukturálne podobné. Obe makromolekuly majú lineárnu polymérnu štruktúru zloženú z *D*-glukopyranózových jednotiek spojených glykozidickými väzbami. V prípade nitrocelulózy sú hydroxylové skupiny nahradené nitroskupinami (Obr.1).



Obr.1 Nitrácia celulózy
Zdroj: [2]

Nitrocelulóza patrí medzi silné trhaviny a je náchylná na deflagračne-detonačný prechod. Pri horení môžeme pozorovať veľmi jasný žltý plameň bez zápachu a bez nespáliteľných zvyškov. [3,4]

Pri reakcii sa uvoľňuje veľké množstvo tepla, deflagračná tepelná vlna jedného gramu látky je zreteľná vo vzdialenosti dvoch metrov od vzorky. Použitie a aplikácie nitrocelulózy sú podmienené obsahom dusíka. [3]

Nitrocelulóza s nízkym obsahom dusíka sa okrem iného používala na výrobu fotografických filmov, tlačiarenských farieb, farieb a lakov, zatiaľ čo hlavnou aplikáciou nitrocelulózy s vysokým obsahom dusíka je príprava výbušných prípravkov (napr. dynamity a pohonné látky). Za hranicu medzi nízkym a vysokým obsahom dusíka sa považuje 12 %. [3]

Infračervená spektroskopia s Fourierovou transformáciou sa používa na kvalitatívne štúdium nitrocelulózy s vysokým a nízkym obsahom dusíka, ako aj nitrocelulózy obsiahnutej v bezdymových strelných prachoch.[3] Strelný prach zvykne obsahovať nitrocelúlózu s obsahom dusíka aspoň 12,5 %. Všetky bezdymové strelné prachy môžu byť zaradené do jednej z troch rôznych tried podľa chemického zloženia svojich primárnych energetických zložiek. Prášok s jednou bázou obsahuje nitrocelulózu, zatiaľ čo prášok s 2 bázami obsahuje nitrocelulózu a nitroglycerín. Energetické zložky v trojzložkových práškoch sú nitrocelulóza, nitroglycerín a nitroguanidín, ale pretože prášky s tromi bázami sa používajú predovšetkým vo veľkých kalibroch munície, je ťažké ich získať na otvorenom trhu. Bezdymový strelný prach je atraktívny na použitie v improvizovaných výbušných zariadeniach, pretože je ľahko dostupný a má potenciál silného výbuchu, keď sa prášok umiestni do uzavretej nádoby. V priebehu 90. rokov Národná rada pre výskum v Spojených štátoch amerických zaznamenala množstvo bombových útokov, ktoré sa týkajú bezdymového strelného prachu. Výbušniny založené na báze dusíka obsahujúce nitrocelulózu boli použité aj v roku 2005 pri niekoľkých teroristických útokoch v Londýne. [3,5,6]

V našom príspevku sa venujeme príprave nitrocelulózy z voľne dostupných lacných materiálov, ako sú drevené hobliny alebo hygienická vata. Prípravu nitrocelulózy sme verifikovali pomocou infračervenej spektroskopie a jej kvalitu sme overili pomocou horenia, kde sme sledovali percentuálny zostatok nespálených zvyškov. Pomocou molekulového modelovania sme overili priradenie vibračných módov v experimentálnom infračervenom spektre.

1 Použité chemikálie a prístroje

1.1 Chemikálie

Pri našich nitráciách sme použili nasledovné chemikálie: kyselina dusičná (65%, p.a., Kvant), kyselina sírová (96%, p.a, Kvant), acetón (p.a,Centralchem), uhličitan sodný (p.a,Centralchem). Diamantový povrch infračerveného spektrometra, na ktorom boli merané vzorky, bol čistený etanolom (denaturovaný, Kvant). Všetky chemikálie boli použité bez ďalšieho čistenia. Zdrojom celulózy bola hygienická vata (COOP Jednota) a hobliny boli získané z rôznych druhov dreva, konkrétne topoľ osika, dub lesný, orech čierny, buk lesný a agát biely.

1.2 Prístrojové vybavenie

Na zaznamenávanie infračervených spektier bol použitý prístroj Nicolet iS50 so softvérovým vybaveným OMNIC. Pri každom meraní bolo uskutočnených 32 skenov a výsledné spektrum malo rozlíšenie 4 cm^{-1} v rozsahu strednej IČ oblasti, ktorej zodpovedá vlnočet 4000-400 cm^{-1}. Vzorky sme merali pomocou techniky zoslabenia úplného odrazu (ATR).

Pri tejto technike ide o kontaktnú metódu vzorkovania, ktorá zahŕňa kryštál s vysoko refrakčným indexom. Kryštály využívané v ATR sú vyrobené z materiálov s vysokým indexom lomu ako napríklad Ge, ZnSe alebo diamant, aby došlo k vnútorným odrazom pri miernych uhloch dopadu. [7]

Pri meraní boli vzorky umiestnené priamo na povrch diamantu a medzi jednotlivými meraniami bol povrch čistený denaturovaným etanolom.

Výpočty vibračných spektier boli realizované pomocou B3LYP funkcionálu a 6-31G(d) bázy v softvéri Gaussian 16.

2 Výsledky a diskusia

Cieľom našej práce bolo zoptimalizovať postup prípravy stabilnej nitrocelulózy z ľahko dostupných zdrojov. Overiť jej kvalitatívny charakter pomocou infračervenej spektroskopie s Fourierovou transformáciou a následnou skúškou horenia zistiť percentuálne zastúpenie nespálených zvyškov pripravenej nitrocelulózy.

2.1 Nitrácia celulózy

V prvom postupe sme postupovali nasledovne. Hygienickú vatu sme sušili pri teplote 60 °C počas 25 minút. Zatiaľ sme vo väčšej kadičke pripravili na ľadovom kúpeli nitračnú zmes, ktorú tvorilo 150 ml koncentrovanej kyseliny sírovej a 150 ml koncentrovanej kyseliny dusičnej. Túto zmes sme v ľadovom kúpeli nechali ochladiť na 0 °C. Pripravili sme si nasýtený roztok uhličitanu sodného. Vysušenú vatu sme navážili po 0,5 gramov a rozdelili do 6 menších kadičiek. Vatu v každej kadičke sme zaliali 50 ml pripravenej nitračnej zmesi. Zmes sme nechali v každej kadičke reagovať rôzne dlho: 2, 5, 10, 15, 20, 30 minút. Zmes sme počas pôsobenia nitračnej zmesi miešali približne každú minútu. Následne sa nitračná zmes dekantovala a hygienická vata sa neutralizovala v nasýtenom roztoku uhličitanu sodného, pričom sme pozorovali intenzívne šumenie. Pripravenú nitrocelulózu sme vysušili medzi filtračnými papiermi a produkt sme nechali voľne dosušiť.

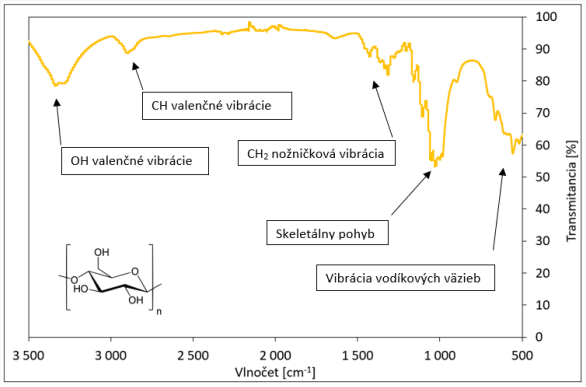
Druhý postup prípravy nitrocelulózy sa líšil oproti prvému len v pár krokoch. Opäť sme dali hygienickú vatu sušiť do sušičky na 60 °C na 25 minút. Pripravili sme si nitračnú zmes zloženú z 150 ml koncentrovanej H_2SO_4 a 150 ml koncentrovanej HNO_3. Zmes sme v ľadovom kúpeli nechali ochladiť na 4 °C. Vysušenú hygienickú vatu sme navážili po 0,25 gramov a rozdelili do 6 menších kadičiek. Navážené vzorky sme zaliali 50 ml pripravenej nitračnej zmesi. Zmes spolu s vatou sme nechali v každej kadičke reagovať počas 5, 10, 15, 20, 30, 45 minút. Počas pôsobenia nitračnej zmesi sme miešali hygienickú vatu približne každú minútu. Následne sa roztok dekantoval a preplachoval v destilovanej vode, dokým sme nedosiahli neutrálne pH. Každú vzorku sme ešte nitrocelulózu sme ešte 20 krát preprali pod prúdom tečúcej vody. Pripravenú nitrocelulózu sme nechali voľne sušiť, neskôr sme ju dosušili pri 40 °C počas 2 hodín.

V ďalšom kroku sme zvolili okrem hygienickej vaty iný zdroj celulózy, ktorým boli hobliny z 5 rozdielnych druhov dreva (topoľ osika, dub lesný, orech čierny, buk lesný a agát biely). Prírodný materiál môže okrem celulózy obsahovať rôzne živice, minerály a ďalšie látky, ktoré môžu znižovať výťažok nitrácie. Hobliny (2 g) sme extrahovali acetónom (100 ml) pod refluxom (56 °C) vždy 30 minút, následne ich oddelili filtráciou. Acetón sme regenerovali destiláciou. Vzorky hoblín sme nechali na vzduchu voľne dosušiť. Naväžili sme 0,25 gramu vysušených hoblín a nechali sme na ne pôsobiť nitračnú zmes po dobu 15 minút. Po uplynutí času nitrácie sme pomocou frity oddelili nitračnú zmes od hoblín dreva, teda už nami pripravenej nitrocelulózy. Následne sme ich premývali vodou do neutrálneho pH a nechali voľne dosušiť. Pred ďalšími testami sme ich sušili na 40 °C počas 2 hodín.

2.2 Overenie produktov pomocou FTIR

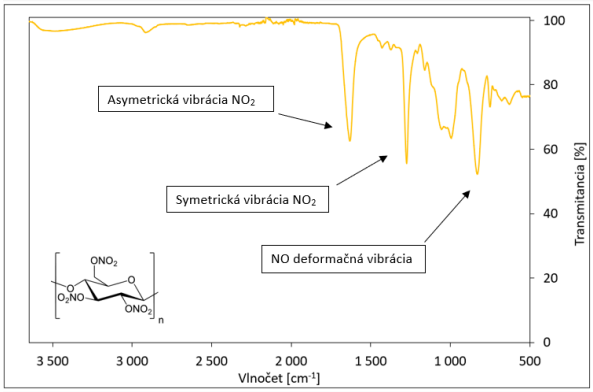
Pripravené vzorky nitrocelulózy z rôznych zdrojov sme zmerali pomocou infračervenej spektroskopie a získané spektrá sme následne analyzovali.

Zaznamenané infračervené spektrum (Obr. 2) zodpovedá celulóze pochádzajúcej z hygienickej vaty. V spektre môžeme vidieť charakteristické valenčné vibrácie hydroxylovej skupiny v oblasti okolo 3300 cm^{-1}. Tento pás je výrazne difúzny vďaka existencii veľkého množstva medzimolekulových vodíkových väzieb. Valenčné vibrácie CH skupín môžeme pozorovať v oblasti 2890 cm^{-1} a v oblasti 1430 cm^{-1} môžeme vidieť nožničkovú (deformačnú) vibráciu CH_2 skupín, ktorá patrí medzi deformačné vibrácie. Komplexný skeletálny pohyb vidíme v oblasti 1020 cm^{-1}. Valenčným vibráciám vodíkových väzieb zodpovedá oblasť s vlnočtom okolo 550 cm^{-1}.



Obr. 2 Infračervené spektrum celulózy
Zdroj: Autor

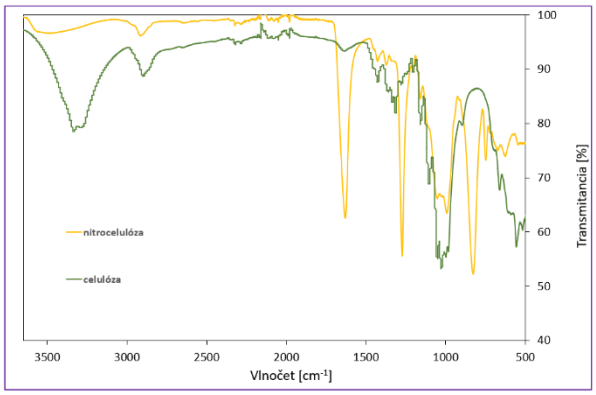
V infračervenom spektre nitrocelulózy (Obr. 3) môžeme vidieť výrazne zníženú intenzitu v oblasti zodpovedajúcej vibrácií hydroxylových skupín, ktoré boli nahradené nitro skupinou. Valenčná vibrácia CH skupín je zhodná s infračerveným spektrom celulózy. Intenzívne pásy môžeme vidieť v oblasti 1623 cm^{-1}, ktorej zodpovedá asymetrická valenčná vibrácia NO_2 skupiny a symetrickej valenčnej vibrácií NO_2 skupiny v oblasti 1273 cm^{-1}. V oblasti s vlnočtom 833 cm^{-1} zodpovedá deformačná vibrácia NO skupiny.



Obr. 3 Infračervené spektrum nitrocelulózy pripravenej postupom II, čas nitrácie 5 min.
Zdroj: Autor

V porovnaných infračervených spektrách (Obr. 4) nitrocelulózy pripravenej podľa postupu II vystavenej nitračnej zmesi 5 minút a celulózy z hygienickej vaty môžeme vidieť rozdiel v niekoľkých vibráciách. V infračervenom spektre celulózy môžeme vidieť valenčné vibrácie v oblasti okolo 3300 cm^{-1}, ktoré

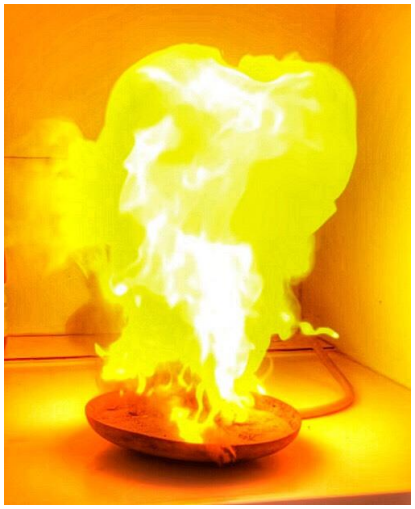
zodpovedajú hydroxylovým skupinám nachádzajúcim sa v štruktúre celulózy. Naopak v infračervenom spektre nitrocelulózy sú vibrácie hydroxylových skupín výrazne potlačené, pretože nitrocelulóza má vo svojej štruktúre hydroxylové skupiny nahradené nitro skupinami. Vibrácie nitro skupín môžeme sledovať v oblastiach okolo 1600 cm^{-1}, 1300 cm^{-1} a 800 cm^{-1}. Naopak v infračervenom spektre celulózy nepozorujeme intenzitu absorpčných pásov v týchto oblastiach. Vo valenčných vibráciách vodíkových väzieb v infračervenom spektre nitrocelulózy môžeme pozorovať zníženú intenzitu v porovnaní s infračerveným spektrom celulózy.



Obr. 4 Porovnanie infračerveného spektra nitrocelulózy pripravenej postupom II, čas nitrácie 5 min (žltá farba) a celulózy (zelená farba)
Zdroj: Autor

2.3 Overenie produktov pomocou horenia

Pre overenie kvality našich produktov sme využili vlastnosť nitrocelulózy, ktorou je prudké horenie sprevádzané jasným žltým plameňom (Obr.5) bez nespáliteľných zvyškov.



Obr.5 Horenie nitrocelulózy sprevádzané jasným žltým plameňom
Zdroj: Autor

Všetky vzorky sme pred a po zapálení odvážili na hodinovom sklíčku pomocou analytických váh. Údaje sme si zapísali a následne vyhodnotili.

Vo výsledkoch skupiny vzoriek pripravenej prvým postupom, v ktorom bol použitý na neutralizáciu uhličitan sodný, nepozorujeme logickú kontinuitu (Tabuľka 1). Vzorka, na ktorú pôsobila nitračná zmes po dobu 5 minút vykazovala najväčšie percentuálne zastúpenie nespálených zvyškov. Najmenej nespálených zvyškov mala nitrocelulóza, ktorá bola najdlhšie vystavená nitračnej zmesi, a to 30 minút. Podiely nespálených zvyškov vzoriek pripravených prvým postupom ukazujú nedostačujúci kvalitatívny charakter vyrobenej nitrocelulózy.

Tab. 1 Nespálené zvyšky niroceluózy pripravenej podľa prvého postupu nitrácie celulózy
Zdroj : Autor

Dĺžka nitrácie (min)	Pred (g)	Po (g)	Nespálené zvyšky (%)
2	0,0575	0,0199	34,6
5	0,0543	0,0426	78,4
10	0,0772	0,0100	12,9
15	0,0595	0,0148	24,9
20	0,0593	0,0233	39,3
30	0,0526	0,0022	4,2

Vzorky pripravené pomocou druhého postupu, kde sa produkt neutralizoval premývaním v destilovanou

vodou, ukazujú zlepšený kvalitatívny charakter. Percentuálne zastúpenie nespálených zvyškov je pri každej vzorke pod 10% nezávisle od doby vystavenie celulózy nitračnej zmesi. Najkvalitnejšie sa pri tomto postupe ukazovala doba nitrácie 30 minút a najviac nespálených zvyškov sa vyskytlo pri najkratšej dobe nitrácie a to 5 minút.

Tab. 2 Percentuálne vyjadrenie nespálených zvyšok podľa druhého postupu nitrácie celulózy
Zdroj : Autor

Vzorka (min)	Pred (g)	Po (g)	Nespálené zvyšky (%)
5	0,0602	0,0057	9,5
10	0,0608	0,0039	6,4
15	0,0619	0,0052	8,4
20	0,0612	0,0041	6,7
30	0,0618	0,0029	4,7
45	0,0609	0,0035	5,7

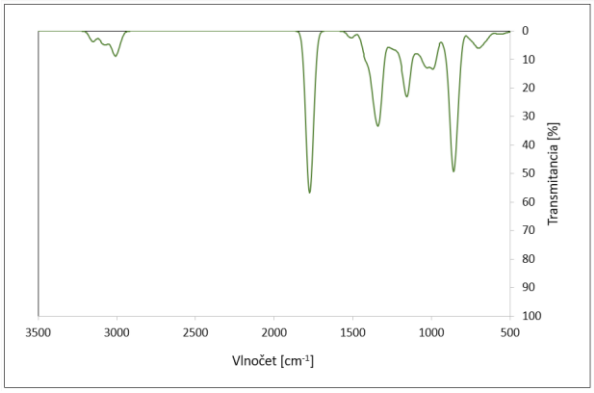
Hodnota nitrocelulózy vyrobenej z hoblín rôznych druhov dreva po zapálení sa nachádzala na úrovni medzi 16 až 22 %. Pre porovnanie sme spolu s touto skupinou vyrobili 1 vzorku nitrocelulózy vyrobenej z hygienickej vaty s dobou vystavenia nitračnej zmesi 15 minút, tak isto ako boli vystavené vzorky hoblín. Nitrocelulóza vyrobená z hygienickej vaty mala hodnotu nespálených zvyškov o polovicu menšiu v porovnaní s hodnotami nitrocelulózy vyrobenej z hoblín rôznych druhov dreva.

Tab. 3 Percentuálne zastúpenie nespálených zvyškov vzoriek nitrocelulózy pripravených z drevených hoblín
Zdroj : Autor

Vzorka	Pred (g)	Po (g)	Nespálené zvyšky (%)
dub lesný	0,0609	0,0101	16,6
orech čierny	0,0603	0,0104	17,2
agát biely	0,0594	0,0099	16,7
topoľ osika	0,0597	0,0097	16,2
buk lesný	0,0558	0,0120	21,5

2.4 Infračervené spektrum pre modelovú molekulu nitrocelulózy

Pre porovnanie nameraných dát sme vytvorili pomocou programu Chemcraft modelovú molekulu nitrocelulózy ($C_8N_3H_{13}O_{12}$). Infračervené spektrum modelovej molekuly sme porovnali s infračerveným spektrom nitrocelulózy zaznamenaním našim prístrojovým vybavením. V infračervenom spektre modelovej molekuly (Obr.6) sme sledovali vibrácie nitro skupín, ktoré sa nachádzali v oblasti vlnočtov 1776 cm^{-1}, 1341 cm^{-1} a 860 cm^{-1}. V porovnaní s nameranými spektrami ide o posun polôh vibrácií smerom k vyšším vlnočtom v prospech modelovej molekuly. Vibrácie hydroxylovej skupiny v oblasti vlnočtov okolo 3300 cm-1 pri modelovej molekule nepozorujeme.



Obr.6 Infračervené spektrum pre modelovú molekulu nitrocelulózy
Zdroj: Autor

Záver

V našej práci sme opísali viacero postupov prípravy nitrocelulózy z ľahko dostupných materiálov. Vzniknutú nitrocelulózu sme verifikovali pomocou infračervenej spektroskopie s Fourierovou transformáciou a jej kvalitu sme overili pomocou horenia, kde sme sledovali percentuálne zastúpenie nespálených zvyškov. Pomocou molekulového modelovania sme simulovali infračervené spektrum nitrocelulózy.

Z postupov, ktoré sme použili bol vhodnejší pre prípravu nitrocelulózy postup II, kde sme na neutralizáciu/premývanie použili destilovanú vodu namiesto uhličitanu sodného. Pomocou infračervenej spektroskopie sme sledovali zmeny vo vibráciách hydroxylových a nitro skupín. Aby bola vzorka účinná musela podliehať prudkému horeniu s jasným žltým plameň. Pri analýze nespálených zvyškov sme mohli najlepšie určiť kvalitu produktov. Pri prvom postupe sme pomocou nespálených zvyškov mohli sledovať nelogickú kontinuitu medzi dobou nitrácie. Jediný vhodný produkt bola nitrocelulóza z hygienickej vaty vystavená nitračnej zmesi po dobu 30 minút. Druhý postup, taktiež s hygienickou vatou, ukázal lepšiu kvalitu vzoriek, kedy nespálené zvyšky mali podiel pod

10%. Pri porovnaní vstupných materiálov, ktoré sme použili, sme pri analýze nespálených zvyškov mohli sledovať lepšiu kvalitu nitrocelulózy vzniknutej z hygienickej vaty v porovnaní s hoblinami pochádzajúcimi z rôznych druhov dreva, kde sa hodnota nespálených zvyškov pohybovala medzi 16-22%. Relatívne najvhodnejším dreveným materiálom na prípravu nitrocelulózy sa ukázal byť topoľ, resp. dub. Najmä v druhom prípade ide o dostupný druh dreva a jeho hobliny a piliny sú bežným odpadovým materiálom v drevárskom priemysle. Na prípravu nitrocelulózy dostatočnej výbušninárskej kvality by však bolo potrebné dosiahnuť vyšší stupeň nitrácie. Porovnanie spektier modelovej molekuly s reálnou vzorkou ukázalo, že oblasti vlnočtov sa zhodovali s miernymi odchýlkami. Pri tomto porovnaní spektier však musíme prihliadnuť na podmienky a prístrojové vybavenie, pomocou ktorých boli zaznamenané infračervené spektrá vzniknutých vzoriek nitrocelulózy.

Poďakovanie

Tento príspevok vznikol vďaka podpore Kultúrnej a edukačnej grantovej agentúry Ministerstva školstva SR, číslo grantu KEGA 028MB-4/2019.
Hlavné poďakovanie patrí RNDr. Šimonovi Budzákovi, PhD. za čas, odborné vedenie, ochotu a ústretovosť pri tvorbe vedeckej práce. Naše poďakovanie patrí aj Mgr. Jozefovi Pajonkovi z KTT FPV UMB za poskytnutie vzoriek použitých pri tvorbe tohto príspevku. Ďakujem aj svojim spolužiakom za pomoc pri vypracovaní tohto príspevku.

Použitá literatúra

[1] “Henri Braconnot | French chemist”, *Encyclopedia Britannica*. [Online]. Available at: https://www.britannica.com/biography/Henri-Braconnot. [Cit: 05-mar-2020].
[2][Online]. Available at: http://laurentsimon.com/Francis%20Sullivan.htm. [Cit: 07-mar-2020].
[3] M. Á. Fernández de la Ossa, M. López-López, M. Torre, a C. García-Ruiz, “Analytical techniques in the study of highly-nitrated nitrocellulose”, *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, roč. 30, č. 11, s. 1740–1755, dec. 2011, doi: 10.1016/j.trac.2011.06.014.
[4] J. Kurucz, *Chémia výbušnín*. FPV UMB Banská Bystrica, 2018.
[5] “The Manufacture of Smokeless Powders and their Forensic Analysis by Robert M. Heramb and Bruce R. McCord”, *FBI*. [Online]. Available at: https://www.fbi.gov/about-us/lab/forensic-science-communications/fsc/april2002/mccord.htm. [Cit: 06-mar-2020].
[6] T. Clonan, “All the hallmarks of a botched operation”, *The Irish Times*. [Online]. Available at: https://www.irishtimes.com/news/all-the-hallmarks-of-a-botched-operation-1.471733. [Cit: 10-mar-2020].
[7] P. Larkin, *Infrared and Raman Spectroscopy: Principles and Spectral Interpretation*. Elsevier, 2017.

Odborová didaktika

Využitie matematicko-štatistických metód a umelej inteligencie pri riadení kreditného rizika

Use of mathematical-statistical methods and artificial intelligence in credit risk management

Michaela Štubňová[1]
Školiteľ: Marta Urbaníková[2]
[1]Katedra matematiky, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra,
[2]Ústav ekonomiky a manažmentu, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1 91, 949 74 Nitra
[1] mstubnova@ukf.sk, [2] murbanikova@ukf.sk

Abstrakt
Tematika manažmentu rizík je v centre pozornosti predovšetkým finančných inštitúcií. Dôležitým nástrojom riadenia finančných rizík sú matematicko-štatistické metódy. V poslednej dobe sa do popredia dostávajú tiež metódy umelej inteligencie. Cieľom článku je analýza kreditného rizika bánk s využitím modelov neurónových sietí. Na elimináciu kreditného rizika, teda rizika potenciálnej straty v dôsledku nezaplatenia úveru dlžníkom alebo nesplnenia zmluvných záväzkov, je dôležitá analýza dostupných údajov o správaní klientov a ich správnej klasifikácii s cieľom identifikovať klientov s vysokým rizikom nesplácania svojich pohľadávok. Článok analyzuje klasifikačnú schopnosť navrhnutého modelu neurónových sietí pri identifikácii oneskorených kreditných platieb. Analyzujeme údaje o kreditných platbách klientov za šesť mesačné obdobie. Výsledky klasifikácie porovnávame s výsledkami modelov vytvorených využitím štatistických metód rozhodovacích stromov, diskriminačnej analýzy, logistickej regresie a metódy k-najbližších susedov. Navrhnutý model neurónových sietí dosiahol najvyššiu presnosť pri klasifikácii oneskorených platieb v nasledujúcom mesiaci.
Kľúčové slová: umelé neurónové siete, klasifikácia, kreditné riziko, oneskorená platba

Abstract
Risk management is in the focus of financial institutions in particular. Mathematical-statistical methods are an important tool for financial risk management. Recently, artificial intelligence methods have also come to the forefront. The paper aims to analyze the credit risk of banks using neural networks models. To eliminate credit risk, the risk of potential loss from a borrower's failure to repay a loan or meet contractual obligations, it is important to analyze available data on client behavior and their correct classification to identify clients at high risk of default. The paper analyzes the classification ability of the proposed neural network model in identifying default credit payments. We analyze client credit payment data for six months. We compare the results of the classification with the results of models developed using statistical methods of decision trees, discriminant analysis, logistic regression, and k-nearest neighbor method. The proposed neural network model achieved the highest accuracy in classifying default payments in the next month.
Key Words: artificial neural networks, classification, credit risk, default payment

Úvod

Medzi najvýznamnejšie riziká finančných inštitúcií radíme kreditné riziko, trhové riziko, riziko likvidity a operačné riziko. V článku sa zaoberáme riadením kreditného rizika. Nástrojom riadenia kreditného rizika inštitúcií poskytujúcich úverové produkty sú kreditné skóringové modely. Identifikovanie, analýza a monitorovanie kreditných rizík znižujú riziko potenciálnej straty z nesplácaných pohľadávok [1]. Analýza údajov o existujúcich klientoch umožňuje predpovedať nielen ich ochotu a schopnosť splácať svoje záväzky, ale aj ochotu a schopnosť splácania záväzkov potenciálnych budúcich klientov. V odbornej literatúre sa stretávame s viacerými štúdiami analyzujúcimi klasifikačné schopnosti rôznych metód pri analýze oneskorených platieb klientov. Štúdia [2] porovnáva klasifikačné schopnosti modelov logistickej regresie, diskriminačnej analýzy, aditívnych modelov, modelov náhodných lesov (Random Forest) a metódy AdaBoost a Support Vector Machines. Najpresnejšie výsledky skóringového procesu boli dosiahnuté použitím zovšeobecnených adaptívnych modelov, ktoré patria medzi neparametrické regresné modely.

Porovnanie klasifikačnej schopnosti logistickej regresie a diskriminačnej analýzy nájdeme v práci [3]. Autori dosiahli lepšie výsledky s použitím logistickej regresie. Modely logistickej regresie pre kreditný skóring boli tiež zostavené autormi [4, 5]. Autor [1] analyzoval schopnosť predikovať oneskorené platby klientov metódami strojového učenia a logistickou regresiou. Spomedzi analyzovaných metód dosiahol autor najlepšie výsledky s využitím metódy náhodných lesov pri aplikácii na veľké dátové súbory. Autori [6-11] zahrnuli do svojich štúdií aj umelé neurónové siete. Porovnanie klasifikačnej schopnosti 11-tich metód strojového učenia nájdeme v práci autorov [6]. Najlepšie výsledky boli dosiahnuté s využitím metódy Boosting, ktorá prekonala výsledky neurónových sietí aj neurónových sietí trénovaných na princípoch deep learning. Naopak v prácach autorov [7, 8] dokázali neurónové siete vykonávať klasifikáciu s vyššou presnosťou ako ostatné analyzované metódy (logistická regresia, diskriminačná analýza, Naïve Bayesian, metóda rozhodovacích stromov a metóda najbližšieho suseda). [9] uvádzajú ako vhodný nástroj pre spracovanie veľkého množstva prvotných údajov o klientoch deep learning modely, ktoré sú z týchto dát schopné odvodiť významné závislosti. Autori vo svojej práci navrhli modely rekurentných neurónových sietí schopných zachytiť časové závislosti v správaní klientov pri predikovaní možných oneskorených platieb. Modely umelých neurónových sietí tiež nájdeme v prácach autorov [10, 11]. [11] navrhol zlepšenie klasifikačnej schopnosti neurónových sietí aplikáciou hybridného modelu genetických algoritmov a neurónových sietí pri výbere premenných vstupujúcich do skóringového modelu.

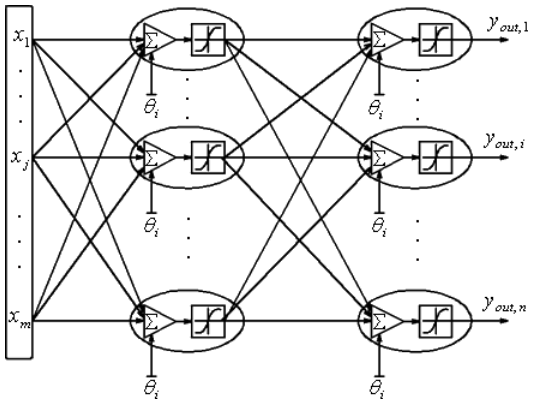
V práci porovnávame klasifikačnú schopnosť neurónových sietí pri identifikácii oneskorených platieb klientov. Schopnosť neurónovej siete správne klasifikovať porovnávame s výsledkami klasifikácie dosiahnutej s využitím štatistických metód – metód rozhodovacích stromov, diskriminačnej analýzy, logistickej regresie a metódy k-najbližších susedov.

1 Umelé neurónové siete

Inšpiráciou pre vznik umelých neurónových sietí bola neurofyziológia. Prvotnou snahou bolo pochopiť a modelovať spôsob ľudského myslenia a biologické procesy mozgu. Získané poznatky sú aplikované pri riešení problémov s príliš zložitými deterministickými závislosťami, ktoré nevieme analyticky identifikovať. Neurónovú sieť môžeme definovať ako „masívne paralelný procesor, ktorý má sklon k uchovávaniu experimentálnych znalostí a ich ďalšieho využívania“ [12]. Podobnosť s ľudským mozgom je najmä v procese učenia, v ktorom sú zozbierané poznatky a vo využití medzi neurónových spojení na ukladanie získaných vedomostí. Pomocou neurónových sietí vieme riešiť stále zložitejšie problémy z oblasti aproximácie funkcií, klasifikácie, predikcie, riadenia procesov, transformácie signálov, asociácie a simulácie pamäte.

Napriek tomu, že sú neurónové siete inšpirované biologickými procesmi ľudského mozgu, je štruktúra umelého neurónu podstatne zjednodušená. Samotný neurón nepostačuje na riešenie zložitých problémov. Jednotlivé neuróny sú preto organizované do vrstiev, čím vytvárajú sieť s pravidelnou štruktúrou schopnú paralelne spracovávať vstupné dáta. Neuróny sa delia na predsynaptické – zdrojové a postsynaptické – cieľové podľa toku signálu po orientovaných synaptických spojeniach. Každé takéto spojenie je ohodnotené synaptickou váhou (váhovým koeficientom) w_{ij}, kde i je indexom postsynaptického neurónu a j je indexom predsynaptického neurónu. Do neurónu vstupuje m reálnych výstupov predsynaptických neurónov $x_1, x_2, \dots, x_m$ Do každého neurónu vstupuje tiež prahový koeficient – bias θ_i, ktorý predstavuje vstup z vonkajšieho prostredia. Samotný vstup do neurónu potom predstavuje súčet výstupov zdrojových neurónov ohodnotených váhovými koeficientami a prahovej hodnoty. Aktivačná funkcia f transformuje vstupný signál na výstupný signál $y_{out,i}$, ten je potom predaný neurónom na ďalšej vrstve [12, 13].

Spojenia neurónov môžu byť realizované v rámci jednej vrstvy, alebo medzi rôznymi vrstvami. Neuróny vstupnej vrstvy spracúvajú signál z vonkajšieho prostredia. Vstupný signál predstavuje hodnoty nezávisle premenných. Neuróny skrytej vrstvy spracúvajú signál z predchádzajúcich vrstiev, neurónová sieť môže obsahovať viacero skrytých vrstiev. Signál spracovaný neurónmi výstupnej vrstvy je odpoveďou neurónovej siete, hodnotou závislej premennej zodpovedajúcou vstupným hodnotám nezávisle premenných. Podľa spôsobu šírenia signálu môžeme neurové siete rozdeliť na dopredné (feed-forward neural networks) a rekuretné (recurent neural networks). Na obrázku 1 je znázornená viacvrstvová dopredná neurónová sieť s jednou skrytou vrstvou. Signál sa v tejto neurónovej sieti šíri orientovanými spojeniami v jednom smere – dopredu.



Obr. 1 Architektúra viacvrstvovej doprednej neurónovej siete
Zdroj: Spracované autormi

Podstata neurónových sietí spočíva v ich schopnosti učiť sa a tým zlepšovať svoje výsledky. Učenie prebieha postupnou adaptáciou váh a prahových hodnôt neurónov. Získané znalosti sa ukladajú do synaptických váh spojení neurónovej siete. Pravidlá, na základe ktorých dochádza k ich adaptácii tvoria učiaci algoritmus. Pri trénovaní neurónovej siete môže byť použitých niekoľko učiacich algoritmov. V práci sme použili učiaci algoritmus Scaled Conjugate Gradient, ktorý je obmenou učiaceho algoritmu Backpropagation. Učenie prostredníctvom algoritmu Backpropagation prebieha v dvoch krokoch. V prvom kroku je signál šírený vrstvami neurónovej siete smerom dopredu. Rozdiel medzi očakávaným a skutočným výstupom neurónovej siete predstavuje chybový signál, ktorý je spätne šírený neurónovou sieťou. Počas spätného šírenia chybového signálu sú adaptované váhy a prahové hodnoty. Výkon neurónovej siete je optimalizovaný minimalizáciou chybového signálu prostredníctvom metódy gradientov [14]. Učiaci algoritmus Scaled Conjugate Gradient je založený na metóde konjugovaných gradientov, ktorá je vhodná pre úlohy väčšieho rozsahu. [15] uvádza podrobný popis výpočtov algoritmu.

2 Dáta a metodológia

Štúdia klasifikačnej schopnosti neurónových sietí je vykonaná s použitím dát z voľne dostupného repozitára pre strojové učenie Kalifornskej univerzity, ktorý je dostupný na internetovej stránke https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/default+of+credit+card+clients [7]. Dátový súbor obsahuje informácie o kreditných platbách klientov z Taiwanu. Obsahuje 30 000 pozorovaní charakterizovaných 23 nezávislými premennými. Výstupnou závislou premennou je kategorická premenná default, ktorej hodnota vyjadruje, či je nasledujúca októbrová platba klienta oneskorená. Charakteristiky premenných a ich možné nadobúdané hodnoty sú popísané v tabuľke 1.

Premenná	Popis	Hodnota
Y	Default	0 – nie, 1 – áno
X1	Úverový limit kreditnej karty v USD	Celé číslo
X2	Pohlavie	1 – muž, 2 – žena
X3	Vzdelanie	1 – postgraduálne, 2 – vysokoškolské, 3 – stredoškolské, 4 – ostatné
X4	Stav	1 – ženatý/vydatá, 2 – slobodný/á, 3 – ostatné
X5	Vek	Celé číslo
X6 – X11	Stav splatenia v apríli - septembri	-1 – načas, 1 – oneskorenie o 1 mes., 2 – oneskorenie o 2 mes., ... , 8 – oneskorenie o 8 mes., 9 – oneskorenie o 9 a viac mes.
X12 – X17	Čerpaný objem v apríli – septembri v USD	Celé číslo
X18 – X23	Výška splátky v apríli – septembri v USD	Celé číslo

Tab, 1 Charakteristika premenných modelu oneskorených platieb
Zdroj: Spracované autormi

Pred modelovaním oneskorených platieb sme pristúpili k úprave jednotlivých premenných. Kvantitatívne premenné X1, X5, X12 – X17 a X18 – X23 sme transformovali podľa vzorca:

$$Z = \frac{X-\mu}{\sigma}, \qquad (1)[16]$$

kde Z je normovaná premenná, X je pôvodná premenná, μ je stredná hodnota premennej a σ je štandardná odchýlka premennej. Kategorické premenné X2, X3 a X4 sú nahradené umelými dummy premennými. Ordinálne premenné X6 – X11 sú

ponechané v pôvodnej podobe. Po úprave sme získali 26 nezávisle premenných.

Model neurónovej siete je zostavený v programovom prostredí MATLAB R2019b. Dátovú množinu náhodne rozdelíme v pomere 70:10:20. Trénovaciu množinu tvorí 70 % dát, čo predstavuje 21 000 pozorovaní, validačnú množinu tvorí 10 % dát, čo predstavuje 3 000 pozorovaní a testovaciu množinu tvorí 20 % dát, čo je 6 000 pozorovaní. Modelujeme sieť ktorá obsahuje jednu skrytú vrstvu. Siete s jednou skrytou vrstvou a jedným neurónom výstupnej vrstvy minimalizujú výpočtový čas potrebný pre natrénovanie siete [10]. Optimálny počet neurónov skrytej vrstvy určíme experimentálne, pričom maximálny počet neurónov skrytej vrstvy určíme podľa vzťahu:

$$\max(n) = 2(m) + 2, \qquad (2)[17]$$

kde n je počet neurónov skrytej vrstvy a m je počet neurónov výstupnej vrstvy. Simulujeme 54 neurónových sietí s použitím učiaceho algoritmu Scaled Conjured Gradient. V procese trénovania jednotlivých neurónových sietí je optimalizovaná chybová funkcia CE (Cross Entropy Error):

$$CE = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}[y_i \cdot \ln(\hat{y_i}) + (1 - y_i) \cdot \ln(1 - \hat{y_i})], \qquad (3)$$

kde y_i sú očakávané výstupné hodnoty and $\hat{y_i}$ sú výstupné hodnoty.

Pre každú simulovanú neurónovú sieť zostrojíme chybovú maticu, v ktorej sledujeme úspešnosť klasifikácie pozorovaní z testovacej množiny. Kritériá pre voľbu siete s najlepšou klasifikačnou schopnosťou oneskorených platieb klientov sú: percento falošne pozitívnej klasifikácie (False Positive Rate) (4), falošne negatívnej klasifikácie (False Negative Rate) (5) a presnosť klasifikácie (ACCuracy) (6).

$$FPR = \frac{FP}{FP+TN} \cdot 100, \qquad (4)[18]$$

$$FNR = \frac{FN}{TP+FN} \cdot 100, \qquad (5)\ [18]$$

$$ACC = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \cdot 100, \qquad (5)\ [18]$$

kde FP je počet falošne pozitívne kategorizovaných pozorovaní, FN je počet falošne negatívne kategorizovaných pozorovaní, TP je počet správne pozitívne kategorizovaných pozorovaní a TN je počet správne negatívne kategorizovaných pozorovaní.

Výsledky klasifikácie pomocou neurónových sietí porovnávame so štatistickými metódami: metódou rozhodovacích stromov (Decission Trees), lineárnou diskriminačnou analýzou (LDA), kvadratickou diskriminačnou analýzou (QDA), logistickou regresiou a metódami k-najbližších susedov (KNN). Dáta sme náhodne rozdelili do trénovacej a testovacej množiny v pomere 80:20. Na pozorovaniach z testovacej množiny sledujeme hodnoty kritérií FPR, FNR a ACC.

3 Výsledky a diskusia

V tabuľke 2 vidíme hodnoty kritérií FPR, FNR a ACC, na základe ktorých vyhodnocujeme úspešnosť jednotlivých klasifikačných metód.

Klasifikačná metóda	FPR	FNR	ACC
Complex Decision Tree	5,01 %	64,13 %	81,92 %
Medium Decision Tree	4,52 %	65,34 %	82,03 %
Simple Decision Tree	3,94 %	67,52 %	82,00 %
LDA	11,64 %	51,85 %	79,47 %
QDA	27,07 %	34,89 %	71,20 %
Logistická regresia	3,25 %	74,83 %	80,92 %
Fine KNN	17,18 %	60,36 %	73,27 %
Medium KNN	5,31 %	69,56 %	80,48 %
Coarse KNN	4,28 %	71,44 %	80,87 %
Cosine KNN	5,76 %	68,65 %	80,33 %
Cubic KNN	5,29 %	69,86 %	80,43 %
Weighted KNN	8,22 %	64,05 %	79,43 %
Neurónová sieť	**17,40 %**	**27,64 %**	**81,55 %**

Tab, 2 Výsledky klasifikácie pozorovaní z testovacej množiny

Zdroj: Spracované autormi

Z tabuľky je zrejmé, že celková presnosť klasifikácií jednotlivých metód sa veľmi nelíši. Rozdiely sú signifikantné pri porovnaní percent falošne pozitívnej klasifikácie a percent falošne negatívnej klasifikácie. Charakteru riešeného problému vyžaduje úspešnosť klasifikácie v skupine oneskorených platieb (skupina 1) na čo najvyššej úrovni, pretože banku zaujímajú práve tí klienti, ktorí sa s platbou omeškajú. Túto úspešnosť nám vyjadruje percento falošne negatívnej klasifikácie FNR. Najnižšie hodnoty FNR a teda najvyššiu presnosť klasifikácie v skupine oneskorených platieb dosiahli neurónové siete.

Spomedzi štatistických metód dokázali správne klasifikovať oneskorené platby len metódy diskriminačnej analýzy a to lineárna diskriminačná analýza (LDA) a kvadratická diskriminačná analýza (QDA). Diskriminačná analýza pracuje pri klasifikácii s empirickými apriórnymi pravdepodobnosťami,

teda nepredpokladá rovnaké zastúpenie oboch predikovaných skupín. V našej dátovej množine predstavuje skupina 1 – oneskorená platba len 10,12 % pozorovaní.

Záver

Pri klasifikácii oneskorených platieb dosahovala neurónová sieť lepšie výsledky v porovnaní so štatistickými metódami. Neurónová sieť je schopná spracovať súbory veľkých rozsahov a objaviť pravidelnosti a zákonitosti v dátach. Je však potrebné venovať dostatočnú pozornosť procesu zostavenia modelu neurónovej siete. Je potrebné pracovať s vhodnou architektúrou siete pre konkrétny riešený problém. Výsledný model je vždy zvolený experimentálne s cieľom optimalizovať výkon neurónovej siete. V [19] sú uvedené niektoré výhody použitia neurónových sietí - ich schopnosť pracovať s neúplnými dátovými súbormi a ich vysoká úspešnosť pri predikciách. Autor tiež uvádza ich niektoré nevýhody – potreba rozsiahleho trénovacieho procesu pri komplexných systémoch neurónových sietí, výsledok závislý od presnosti dostupných údajov a chýbajúca metodika pre procesy trénovania a validácie neurónovej siete. Pri práci s neurónovými sieťami preto odporúčame venovať zvýšenú pozornosť ich architektúre a tiež posúdeniu vhodnosti ich aplikácie pre konkrétny problém. Dosiahnuté výsledky naznačujú vhodnosť použitia neurónových sietí pri klasifikačných problémoch a teda aj pri riadení kreditného rizika.

Poďakovanie

Článok bol podporený grantom Univerzitnej grantovej agentúry Univerzity Konštantína Filozofa v Nitre UGA č. VII/16/2019.

Chcem sa poďakovať svojej školiteľke doc. RNDr. Marte Urbaníkovej, CSc. za odborné vedenie, rady, pripomienky a čas, ktorý mi pri tvorbe práce venovala.

Použitá literatúra

[1] Kruppa J., Schwarz A., Arminger G., Ziegler A. (2013) Expert Syst Appl. 40(13), p. 5125
[2] Mushava J., Murray M. (2018) Expert Syst Appl. 111, p. 35
[3] Abid L., Masmoudi A., Zouari-Ghorbel S. (2018) J Knowl Econ. 9(3), p. 948
[4] Louzada F., Ferreira-Silva P. H., Diniz C. A. R. (2012) Expert Syst Appl. 39(9), p. 8071
[5] Ergeshidze A., (2017) 3rd Multidisciplinary Conference RSEP International Conferences on Social Issues and Economic Studies, E-Conference Book, Vieanna, AT, p. 1
[6] Hamori S., Kawai M., Kume T., Murakami Y., Watanabe C. (2018) Journal of Risk and Financial Management 11(1)
[7] Yeh I. C., Lien C. H. (2009) Expert Syst Appl. 36(2), p. 2473
[8] Pasha D. M., Fatima M., Dogar A. M., Shahzad F. (2017) International Journal of Computer Science and Network Security 17(3), p. 178
[9] Hsu T. C., Liou S. T., Wang Y. P., Huang Y. S. Che-Lin. (2019) 44th IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), Proceedings, Brighton, UK, p. 1572
[10] Khashman A. (2010) Expert Syst Appl. 37(9), p. 6233
[11] Oreski S., Oreski D., Oreski G. (2012) Expert Syst Appl. 39(16), p. 12605
[12] Sinčák P., Andrejková G. (1996) Neurónové siete: Inžiniersky prístup: 1. diel. ELFA, Košice, s. 3
[13] Dostál P. (2015) Soft computing v podnikatelství a verějné správě díl I. Akademické nakladatelství CERM, Brno, s.113
[14] Li J., Cheng J., Shi J., Huang F. (2012) Brief Introduction of Back Propagation (BP) Neural Network Algorithm and Its Improvement. In: Jin D., Lin S. (ed.) Advances in Computer Science and Information Engineering. Advances in Intelligent and Soft Computing. Springer, Berlin, Heidelberg, p. 553
[15] Møller M. F. (1993) Neural Networks 6(4), p. 525
[16] Prasad S. (2015) International Journal of Scientific Research & Management Studies 3(4), p. 2608
[17] Nguyên V. T. (2014) A New Conceptual Automated Property Valuation Model for Residential Housing Market. (Dizertačná práca) College of Engineering and ScienceVictoria University, Melbourne
[18] Chicco D., Jurman G. (2020) BMC Genomics 21(1)
[19] Ibrahim D. (2016) Procedia Comput Sci, 102, p. 34

Možnosti rozvoja tvorivého a kritického myslenia v téme kostrová sústava človeka v 7. ročníku základných škôl

Ways of evolving creative and critical thinking on the theme of human skeletal system for 7th year of elementary school

Slavomíra Palajová[1]
Školiteľ: Anna Sandanusová[2]
[1]Katedra zoológie a antropológie, FPV UKF, Nábrežie mládeže 91, 949 74 Nitra
[1]slavka.palajova@gmail.com [2]anna.sandanusova@gmail.com

Abstrakt
Príspevok prezentuje možnosti rozvoja tvorivosti a kritického myslenia v predmete biológia v 7. ročníku základných škôl. Zameriavame sa na to, ako by mala vyzerať škola 21. storočia z hľadiska edukácie. Dôraz kladieme na kritické myslenie, ako dôležitú súčasť vzdelávania. Majoritne využívame *Konštrukčné problémy, Zistíš čo som a Rotáciu produktu* ako nástroje kritického myslenia v kontexte témy vyučovacej hodiny kostrová sústava človeka. V druhej časti ponúkame krátku definíciu metód z trochu inej perspektívy a rozoberáme nevyhnutnosť používania rôznych metód pre dynamiku vyučovacej hodiny. V poslednej časti uvádzame vypracované modely dvoch vyučovacích hodín s použitím rôznych aktivít rozvíjajúcich kritické myslenie, ktoré sú modifikované pre zaktivizovanie žiakov a lepšie pochopenia učiva.
Navrhnuté modely vyučovacích hodín budú aplikované počas súvislej pedagogickej praxe.

Kľúčové slová: kostra končatín, osová kostra, tvorivosť, kritické myslenie

Abstract
The paper presents possibilities of developing creativity
The paper presents the possibilities of developing creativity and critical thinking in the subject of biology in the 7th year of elementary schools. We focus on what a 21st century school should look like in terms of education. We emphasize critical thinking as an important part of education. We mostly use *Construction Problems, Find Out What I am and Product Rotation* as a tool of critical thinking in the context of the lesson theme of the human skeletal system. In the second part we offer a short definition of methods from a slightly different perspective and discuss the necessity of using different methods for the dynamics of the lesson. In the last part we present elaborated models of two lessons using various activities developing critical thinking, which are modified for activativising pupils and for better understanding of the curriculum.
Suggested models of lessons will be applied during continuous teaching practice.

Key words: limb skeleton, axial skeleton, creativity, critical thinking

Úvod

Neustále sa stretávame s problémom klesajúceho záujmu žiakov o vyučovanie a učenie ako také. Je to zo značnej miery spôsobené práve nezáživným odovzdávaním vedomostí, stále tými istými nezaujímavými alebo neefektívnymi metódami. Žiaci sú neustále pohlcovaní novými poznatkami. Neraz sa stáva, že im ani nerozumejú, ale sú nútení si ich „nabifľovať“, zapísať bez možnosti dodatočného vysvetlenia, pretože učiteľ na to nemá čas, v horšom prípade sa mu ani nechce. Ak ale chceme, aby do spoločnosti vstupovali moderní, inovatívni a kriticky mysliaci jedinci, musíme najprv eliminovať tieto prvky výchovy a vzdelávania, a nahradiť ich modernou školou s množstvom aktivít, metód a didaktických prostriedkov.

Preto sa v príspevku zameriavame na vytvorenie modelov vyučovacích hodín, ktoré môžu slúžiť aj ako pomocná ruka či názorná ukážka pre učiteľov, ktorí nevedia, ako by bolo možné učiť modernejšie. Modely majú za úlohu priniesť do vyučovacej hodiny moderné a dynamické spracúvanie učiva v podobe aktivít, aby žiaci opäť nadobudli záujem získavať nové poznatky, vedomosti a schopnosti kriticky myslieť či tvoriť.

1 Moderná škola

Vzdelávací proces prešiel rôznymi vývojovými etapami. Od práce v samostatných dielňach na jednom projekte cez bifľovanie, dogmatizmus a dril učiva, kedy každá vyučovacia hodina bola odučená ako list prechádzajúci cez kopírku. Učiteľ sa chápal ako vládca, ktorý všetko

vie a ovláda a žiaci sú len jeho poslušnými ovečkami, ktoré si v tichosti zapisujú poznámky. Takýto model pretrváva roky, a práve kvôli neochote pedagógov sa ho veľmi ťažko zbavuje [1].

Práve pod pojmom moderná škola si môžeme predstaviť zavádzanie moderných prvkov do výučby, ktoré ponúka dnešná doba. Za pôvodcu modernej školy by sme mali považovať J. A. Komenského, pre ktorého didaktika predstavovala umenie vzdelávať všetkých o všetkom, zapojením viacerých zmyslov naraz [2]. Je ale dôležité, aby v škole 21. storočia, kedy by mali byť moderné stratégie samozrejmosťou, prevládala jeho myšlienka, aby škola bola hrou.

To však neznamená, že sa žiaci budú rozptyľovať zábavou. Predovšetkým ide o venovanie sa veciam, ktoré sú upriamené na ich záujmové činnosti, a jednak aj o veci, ktoré nie sú v ich záujmovom okruhu, a nie sú pre nich až tak atraktívne. Ale vďaka tomu pochopia dôležitosť, zmysluplnosť a užitočnosť [3].

Nie je nutné úplne vylúčiť tradičné stratégie, ale je potrebné ich obohacovať o inovatívne vyučovacie metódy, ktoré podporujú kritické myslenie, tvorivosť, aktivitu a kognitívne vlastnosti žiakov [3]. Práve inovatívne, aktivizujúce metódy sú akousi hybnou silou vo vyučovacom procese. Predstavujú impulz v žiackej mysli, ktorý ich núti bádať po nových poznatkoch, vedomostiach a následne aj riešeniach vynárajúcich sa problémov pri bádaní.

Moderná škola by však nemala byť spojovaná len so vzdelávaním, ale ja s výchovou jedinca. Výchova je dôležitou súčasťou vzdelávania, pretože učí disciplinovanosti, vedie k humánnosti, morálke, čiže správaniu sa v spoločnosti, v neposlednom rade k sebavýchove, ktorá je dôležitá aj po ukončení štúdia[4]. Vďaka týmto skutočnostiam by vzdelávanie nemalo význam bez výchovy, pretože nie vždy vzdelaný jedinec znamená aj múdry človek.

1.1 Dôležitosť kritického myslenia

Absencia kritického myslenia u ľudí dnešného sveta, kedy sú neustále obklopovaní novými a novými informáciami, je značne viditeľná. Denno-denný kontakt s informáciami a ich vyhľadávaním vedie k neschopnosti racionálne s nimi pracovať. Mnohí ľudia nevedia skutočne dôležité a pravdivé údaje triediť, filtrovať a rozoznávať. Kvôli uvedeným aj ďalším dôvodom, sa očakáva, aby bolo rozvíjané kritické myslenie už počas štúdia na základných a stredných školách.

Na to, aby učiteľ rozvíjal a viedol žiakov k tejto zručnosti mu z časti slúži pedagogický prístup, pod ktorým chápeme pôvodnú Bloomovu taxonómiu, a to sú konkrétne jej tri najvyššie úrovne – analýza, syntéza a hodnotenie, ktoré ju reprezentujú [7].

Avšak pokladať kritické myslenie za kritiku v pravom zmysle slova, kde jedinec hľadá chyby a vidí veci v negatívnom svetle je opodstatnene nesprávne. Hlavnou zložkou kritického myslenia je vytváranie si vlastného názoru a hľadanie iných ciest, nie len tých, ktoré sú podľa vyučujúceho správne [5]. Žiaka v tomto prípade teda môžeme chápať ako niekoho, kto zaujme svoj postoj k veci, nepreberá obraz sveta od druhých, ale vie si ho sám vytvoriť a nie je pasívnym strojom nasávajúcim informácie [6]. V zjednodušenej verzii by sme mohli povedať, že keď učiteľ pomáha žiakovi nadobudnúť schopnosť stať sa kriticky mysliacou bytosťou, v kvintesencií uplatňuje životnú múdrosť dôveruj, ale preveruj.

Kritické myslenie podlieha istým kritériám, ktoré pedagóg dodržiava nato, aby ho žiaci nadobudli. Mal by im dodať nevyhnutný čas a hlavne možnosť využívať ho pri učení a získavaní nových vedomostí. Taktiež by mal podporovať jedinečné nápady, myšlienky a názory každého žiaka [8]. K nadobudnutiu kritického myslenia žiakmi sú pre učiteľa hybnou silou moderné, aktivizujúce metódy.

2 Duša edukácie

Mnohí by tvrdili, že dušou edukácie je učiteľ a predovšetkým žiaci, pretože edukácia by nefungovala kebyže nemáme koho vzdelávať, i keď je v tomto tvrdení kus pravdy, nie je úplne presné. Za dušu edukácie považujeme ciele, prostriedky, stratégie a hlavne metódy, bez ktorých by tento proces nemohol prebiehať.

Existuje mnoho vyučovacích metód, napr. motivačné, expozičné, fixačné, diagnostické atď., pod ktoré spadajú ďalšie špecificky definované metódy. Poznávanie týchto a ďalších inovatívnych metód učiteľom je prvý úspešný krok k ich aplikácii vo vyučovaní a zdynamizovaniu vyučovacích hodín.

Metódy môžeme chápať ako rôznorodé cesty, ktoré dovedú študenta do nevyhnutného cieľa. Aby sa však zostalo na tej správnej trase, musí žiak prejsť cez ,,Fantazijná asociácia; Brainstorming, Konštrukčné problémy; Rotácia produktu“ [1] a ďalšie, ktoré obohatia výučbu nielen kostrovej sústavy človeka.

Fantazijnú asociáciu zaraďujeme medzi asociačné metódy. Spočíva v tom, že učiteľ zadá reálny, ale pre žiakov neznámy pojem. Na základe svojej predstavivosti, ktorej sa medze nekladú si žiaci začnú vytvárať obraz o neznámej veci, zvierati, rastline...

Následne úlohou žiaka je buď detailne popísať, čo si pod daným pojmom predstavuje, alebo v lepšom prípade svoju predstavu nakresliť [1].

Princíp *brainstormingu* je založený na vytváraní veľkého počtu predstáv, kde väčšinou jedna nadväzuje na druhú v spojitosti so zadanou témou, niekedy sa môžu zdať, že sú aj nesúvisiace. Je potrebné, nechať voľný priestor, bez hodnotenia a kritiky, na tvorbu nápadov, myšlienok [6].

Konštrukčné problémy sú charakteristické pre praktické cvičenia, tvorbu rôznych modelov i pre riešenie počítačových úloh. Čiže väčšinou sú ihneď využiteľné na konkrétnom modely. Môže ísť o skladanie, či vytváranie modelu, ale i nemusí [1].

*Rotácia produktu. Z*ákladom tejto metódy je prispôsobenie práce vo viacpočetných skupinách. Každá skupina dostane vlastný papier kde bude vlastné zadanie a za určitý čas na ňom pracuje. Keď prejde daný čas, začne rotácia papierov s neukončenou prácou v smere hodinových ručičiek k ďalšej skupine. V tom momente dostáva daná skupina novú prácu. Buď si môže všetky rozpracované veci ponechať, alebo nejaké škrtnúť a ďalej dopĺňať. Skupiny budú mať vlastnú farbu pera, fixky aby bolo možné rozoznávať, ktorá skupina ako pracovala [1].

3 Výsledky a diskusia

Je dôležité uvedomiť si, aký veľký význam má kostrová sústava pre život človeka. Práve preto sme si stanovili za cieľ nášho článku vytvoriť dva modely vyučovacích hodín pre žiakov 7. ročníku v téme Kostrová sústava človeka.

Modely budú štruktúrované podľa stratégie E-U-R, čiže evokácia, uvedomenie si významu a reflexia. V každej časti budú využívané rôzne vyučovacie metódy. Predkladané aktivity budú možnými alternatívami pre lepšie pochopenie učiva a rozvíjanie kritického a tvorivého myslenia.

3.1 Prvý model vyučovacej hodiny – Osová kostra

Evokácia

Zámerom v úvodnej časti hodiny je zistiť, či si žiaci pamätajú základné informácie týkajúce sa kostrovej sústavy z nižších ročníkov, prípadne z predchádzajúcich hodín. Úlohou bude zopakovať si pojmy, ktoré úzko súvisia s novým učivom, čím sa podnieti k motivácií. Eventuálne otázky:

1. Prečo označujeme živočíchy, ako sú napríklad pes, mačka, vták za stavovce?
2. Aký má význam kostrová sústava pre život stavovcov?
3. Na aké spôsoby života sú prispôsobené stavovce?

Dialóg vedený medzi učiteľom a žiakmi by mal dospieť k možným správnym odpovediam na položené otázky: Život živočíchov je spojený s pohybom, avšak ten by nebol možný bez formy a opory tela, ktorou je kostra. Tá chráni životne dôležité orgány ako je mozog, srdce, pľúca atď. Na to, aby sme mohli nazývať živočíchy stavovcami, musí ich telo obsahovať chrbticu, ktorá sa skladá zo stavcov. Ako pomôcku k tretej otázke učiteľ použije obrázkový materiál stavovcov, ako napríklad ryba, had, vták, žaba a podobne. Predložené obrázky motivujú žiakov k lepšiemu rozpamätaniu sa na spôsoby pohybov živočíchov na súši (napr. skákanie, plazenie, chôdza), vo vode (plávanie) a vo vzduchu (let) [15].

Potom pedagóg oboznámi žiakov s cieľmi a stručnou osnovou hodiny.

Uvedomenie si významu

Táto časť hodiny je hlavnou etapou, ktorá bude rozdelená na tri 10 –minútové časti. Žiaci budú pracovať na zadanej úlohe, vďaka čomu dôjde k ich zaktivizovaniu, rozvíjaniu tvorivého, kritického myslenia a k lepšiemu osvojeniu si novo preberaného učiva. Budú rozdelení do skupín, ktoré vzniknú na základe náhodného losovania čísiel. Ak by však vznikli skupiny s neprimerane rozloženými špecifickými potrebami a schopnosťami, bude kolektív upravený, aby sily boli vyrovnané.

V prvej časti hodiny, ktorá bude zameraná na kostru hlavy, budú žiaci rozdelení do dvoch skupín. Obe budú pracovať na aktivite *Zistíš čo som?.* Následne im bude rozdaných šesť kartičiek so stručnými popismi a dve kartičky, ktoré budú slúžiť ako doplnkové informácie. Za pomoci všetkých kartičiek žiaci musia zistiť, v ktorom prípade sa jedná o tvárovú a mozgovú časti lebky.

Najprv budú musieť pracovať bez pomoci učebnice či internetových zdrojov, len pomocou svojich vedomostí. Až po niekoľkých minútach im učiteľ oznámi, že si môžu pomôcť aj inými informačnými zdrojmi. Ako motivácia im bude slúžiť možnosť získania jednotky pre tú skupinu, ktorá vyrieši úlohu skôr.

Vďaka tejto úlohe sa rozvíja kritické myslenie, spolupráca a komunikačné schopnosti žiakov, pretože budú musieť zhodnotiť a vybrať relevantné informácie z prečítaných textov. Po vyriešení úlohy sa ich učiteľ spýta aj na názvy jednotlivých kostí lebky.

V jednej z mojich kostí sa nachádza otvor, ktorý slúži ako ´´brána´´ pre predĺženú miechu.	Moja kosť je ako jediná pohyblivá časť lebky pripojená kĺbom. Môj názov sa podobá názvu detského zimného vozidla pohybujúceho sa po snehu kĺzaním.
Moje dve kosti slúžia na drvenie potravy za pomoci ôsmych rezákov, dvanásť stoličiek, štyroch očných, ôsmych črenových tvrdých útvarov.	Moja párová, plochá kosť štvorcovitého tvaru nie je u novorodenca ešte zrastená. Miesto pevného spoja sa tam nachádza neskostnatené väzivo. Zrastá v dvoch rokoch života dieťaťa prerastením okolitých kostí.
Názov mojej kosti je ako názov stavu, ktorý predstavuje opozitum bdenia.	Moja párová štvoruholníková kosť definuje tvar horného dýchacieho orgánu.
Tvorím väčšiu časť ochranného puzdra najdôležitejšieho riadiaceho orgánu tvojho tela. Vznikám spojením sagitálneho, lambdového a šupinovitého švu medzi mojimi kosťami. Nazývam sa	Tvorím menšiu časť ochranného puzdra tvojho riadiaceho orgánu. Spojením mojich kostí, vzniká základňa pre identifikáciu v kriminalistike. Nazývam sa.....

Obr. 1 cvičenie – Zistíš čo som?

V druhej časti hodiny sa učiteľ zameria na hrudný kôš človeka. Žiaci zostávajú v skupinách, tak ako boli vytvorené.

Využije sa tu metóda konštrukčné problémy, kedy žiaci budú vytvárať röntgenový snímok hrudníka za pomoci plastelíny, ktorá slúžiť ako podklad, a vatových tyčiniek, poprípade vlny či šnúrky, z ktorých sa budú vytvárať kosti. Nebudú môcť využívať učebnice, internet či iné podobné zdroje. Buď budú bádať iba vo svojich vedomostiach, alebo im ako pomôcku môžete navrhnúť ich vlastné telo, kde hmatom spočítajú rebrá a zistia, kde sa nachádza hrudná kosť. Spojením s vedomosťami, ktoré už majú z kostrovej sústavy stavovcov vytvoria hrudný kôš. V skupine si môže potom vytvoriť vlastný „röntgen“ aj každý žiak, ale základom je tvoriť spoločne.

.

Obr. 2 Aktivita – Zjednodušený röntgenu hrudného košu [9]

Po vytvorení obe skupiny odprezentujú svoje práce jedna pred druhou. Objektívne ich zhodnotia na základe získaných informácií a hmatového odskúšania. Následne ešte pedagóg doplní otázku týkajúcu sa spojenia rebier s hrudnou kosťou, na ktorú už môže odpovedať celá trieda. Za pomoci tejto úlohy sa žiaci učia reflexii, sebareflexii a oceneniu práce druhých.

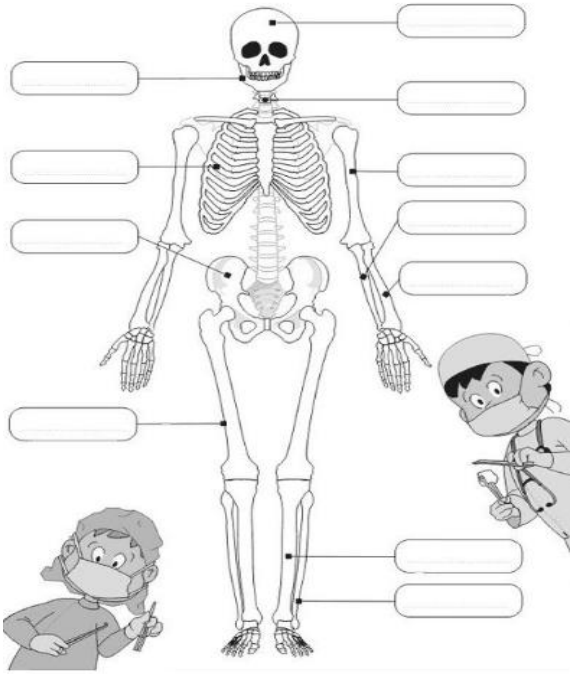
Pri tretej časti hodiny sa rozdelia študenti na štyri skupiny. Do každej učiteľ rozdá materiál na vytvorenie chrbtice. Konkrétne sa bude jednať o žlté krúžky, ktoré budú predstavovať medzistavcové platničky, nejakú šnúrku alebo špagát, na ktorý budú navliekať stavce pozostávajúce z vystrihnutých podložiek na vajíčka. Pri tvorení si môžu pomôcť učebnicou, aby sa vedeli čo najvierohodnejšie priblížiť originálu. Vďaka tomu, že si skúsia vytvoriť chrbticu, pri ktorej musia spolupracovať, sa rozvíjajú ich tvorivé a komunikačné schopnosti.

Obr. 3 Aktivita – Chrbtica [10]

Po dokončení úlohy sa učiteľ spýta či vedia ako správne má byť zakrivená chrbtica, na aké časti sa rozdeľuje a koľko stavcov pripadá každej časti. Ak budú vedieť správnu odpoveď, ukážu ju na svojom modely ak nie, učiteľ im pustí ľudové hudobné video [12], ktorým zodpovie otázky. Tým sa uplatní okrem vzdelávacej funkcie aj výchovná funkcia, ktorej cieľom je pôsobenie na hodnoty žiakov, čím sa docieli uchovávanie tradícií.

Reflexia

Posledná etapa hodiny slúži na zafixovanie doposiaľ získaných vedomostí a poznatkov z osovej kostry človeka. Na ich zopakovanie a overenie bude učiteľovi slúžiť *odpoveďový hárok*, ktorého stred bude tvoriť kostra človeka. Okolo nej budú bubliny smerujúce k jednotlivým kostiam, do ktorých žiaci zapíšu ich názov, avšak bude to mať jeden háčik, bublinky budú smerovať aj ku kostiam, ktoré sa na danej hodine nepreberali. Preto budú musieť byť žiaci pozorný a vyplniť len kosti osovej kostry.



Obr. 4 Cvičenie – Stavba osovej kostry [11]

Hodina sa ukončí otázkami: Ako by ste zhodnotili priebeh hodiny ? Čo sa vám najviac páčilo, a, naopak, čo sa vám nepáčilo?

3.2 Druhý model – Kostra končatín

Evokácia

Učiteľ sa v tejto časti hodiny zameria na motiváciu žiakov pomocou metódy *Fantazijná asociácia*, ktorá u nich vzbudí záujem a podporí ich kreativitu. Rovnako si prostredníctvom tejto aktivity overí získané vedomosti z predchádzajúcej hodiny na tému osová kostra človeka, ale aj nadviaže na nové učivo.

Na začiatok aktivity pedagóg napíše na tabuľu pojem *Kto sú stavbári tela?,* a dá žiakom pár minút na zamyslenie sa. Tento čas ich podnieti k zapojeniu fantázie, čím dospejú k vytváraniu obrazu o neznámej veci. Následne vyzve študentov, aby si: buď nakreslili na papier, aké rôzne veci si pod týmto pojmom predstavujú, alebo si môžu všetko, čo ich napadne v súvislosti s týmto pojmom spísať. V najlepšom prípade spoja obe možnosti a vytvoria si jednu alebo viacero didaktických kresieb. Tým, že sa im poskytne voľná ruka, je možné, že využijú široké spektrum medzipredmetových vzťahov, informácii a pod.

Žiaci, ktorí budú mať najlepšie spracovanú aktivitu predstúpia pred tabuľu a predstavia svoje práce, z ktorých by okrem iných, mali vyplynúť informácie z predchádzajúcej hodiny. Tie by sa mali týkať pojmov, ako napríklad lebka, hrudný kôš, chrupkovitý spoj, ktoré môžu byť asociačne spojené do nejakého príbehu s možnosťou využitia nových pojmov z nového učiva, (ako napr. : horná a dolná končatina, ramenná kosť, stehnová kosť), v tom prípade, ak majú určité informácie, okrem tých čo sa preberali minulú hodinu, o ľudskej kostre.

Uvedomenie si významu

Na vysvetlenie podstaty nového učiva využije učiteľ metódu *rotácia produktu*. Jej funkcia spočíva v rozvoji kritického myslenia, kedy sa žiaci naučia triediť a vyberať len tie najpodstatnejšie informácie a vďaka kooperácii rozvíjajú svoje komunikačné schopnosti.

Žiaci budú primerane rozdelení do štyroch skupín. Každá z nich dostane modely kostí, ak sú k dispozícii na škole, ak nie tak papierové kosti. Prvá skupina dostane kosti pletenca hornej končatiny, druhá pletenca dolnej končatiny, tretia voľnej časti hornej končatiny a štvrtá voľnej časti dolnej končatiny[15]. Následne si každá skupina zvolí svoju farbu pera/fixky tak, aby sa neopakovali, taktiež si vyberú papiere.

Po rozdaní kostí a rozdelení farieb učiteľ vysvetlí zadanie aktivity. Úlohou bude za pomoci internetu, učebnice, encyklopédie vyhľadať podstatné informácie, zaujímavosti o daných kostiach, avšak najprv musia zistiť o akú kosť sa jedná. Žiaci si v skupine môžu rozdeliť prácu na jednotlivých kostiach, ale informácie je nutné spísať na jeden spoločný papier skupinou zvoleným farebným perom. Na túto prácu budú mať žiaci asi 7 minút. Keď uplynie stanovený čas, rozpracovaný materiál sa posúva ďalšej skupine, ktorá akoby dostáva opäť novú prácu a dopĺňa už získané informácie, alebo môže nejaké, ktoré nepovažuje za vhodné, vyškrtnúť. Takto budú kolovať všetky papiere cez každú skupinu. Tým, že informácie sú zapísané farbou typickou pre danú skupinu je možné rozoznať, ako ktorá pracovala.

Hneď ako sa dostane do ruky pôvodný papier skupiny, aktivita sa ukončuje. Potom dôjde k prečítaniu

získaných informácií, zaujímavostí a pod., kedy ak sa v texte vyskytuje nejaká chyba, učiteľ vyzve najprv žiakov, či si všimli, kde sa nachádza, a ak, nie pomôže im ju opraviť, prípadne sa ešte spoločne doplnia chýbajúce informácie, ktoré sa žiakom nepodarilo objaviť.

Na uvedomenie si nesprávnej starostlivosti a následných zdravotných problémov o dolnú končatinu bude použité cvičenie na klenbu nohy. Žiaci si vytvoria vlastný odtlačok chodidla na papier za pomoci vodových či temperových farieb. Na základe získaných odtlačkov a obrázkového materiálu v prezentácií budú študenti s pomocou pedagóga vyhodnocovať, či sa jedná o normálnu, vysokú alebo nízku klenbu. Po ukončení vyhodnocovania budú oboznámení s prevenciou a riešením problému nesprávnej klenby.

Obr. 5 – Klenba nohy [13]

Reflexia

Zámerom tejto časti vyučovacej hodiny bude zosumarizovanie a zafixovanie získaných vedomostí o kostrovej sústave človeka. Učiteľovi na to bude slúžiť papierová kostra, ktorú budú musieť na základe preberaných učív žiaci vyskladať do správnej formy. Ak sa im to podarí na prvý pokus, dostanú plusové body.

Na záver hodiny sa pustí video o kostrovej sústave človeka[14], ktoré bude slúžiť nie len ako didaktický prostriedok, ale aj na uvoľnenie žiakov a plynulé ukončenie hodiny.

Záver

Inovatívnosť vo vzdelávaní sa v súčasnosti dostáva do popredia hlavne vďaka mladým učiteľov, ktorí sú k tomu vedení počas štúdia a po ukončení majú veľký entuziazmus. Využívajú aktivity, moderné metódy na efektívnejšie pochopenie učiva.

Práve kvôli tomu, že sa žiaci údajne „len hrajú“, sú často odsudzovaní svojimi staršími alebo lenivými kolegami, pretože takýmto spôsobom nie sú dostatočne pripravovaní na maturitu, prijímacie testy [1], a nie je možné takouto metódou získať potrebné vedomosti. Naším cieľom bolo vytvoriť modely vyučovacích hodín, v ktorých bude moderne spracované učivo. Využili sme aktivity a moderné metódy na témy kostra končatín a osová kostra. Žiaci väčšinou pracujú v skupinách a vytvárajú si, napríklad, svoje vlastné modely, či spracúvajú učivo, ktoré sme rozložili v časových intervaloch na celú vyučovaciu hodinu. Veríme, že sa nám podarilo obsiahnuť učivo v atraktívnejšej forme s podstatnými informáciami, ktoré budú pretavené do vedomostí. Nami navrhnuté modely pokladáme za prospešný materiál pre učiteľov, ktorí nevedia, ako inak poňať vyučovanie. Avšak pre zovšeobecnenie nášho tvrdenia považujeme za nevyhnutné realizovať ďalšie výskumné šetrenie.

Poďakovanie

Touto cestou chcem poďakovať mojej školiteľke, pani PaedDr. Anna Sandanusová, Ph.D. za cenné rady, pomoc a pripomienky, ktoré mi pomohli pri vypracovaní príspevku.
Príspevok je súčasťou projektu APVV-15-0368 Prax v centre didaktiky, odborová didaktika v centre praktickej prípravy.

Použitá literatúra

[1] Čapek, R. (2015) Moderní didaktika: Lexikon výukových a hodnotících metod. Grada Publishing, a.s., Praha, s. 17, 19, 21, 37, 125, 357, 408
[2] Turek, I. (2008) Didaktika. Iura Edition, Bratislava, s. 14
[3] Hanuliaková, J. (2015) Aktivizujúce vyučovanie. IRIS, Bratislava, s. 7, 10
[4] Turek, I. : za expertnú skupinu (1990) DUCH ŠKOLY, Návrh správy expertnej skupiny Ministerstva školstva, mládeže a telesnej kultúry Slovenskej republiky, UŠI, Bratislava
[5] Grófová, D. 2018. Kritické myslenie: Čo to je a prečo je dobré ho mať? [Citované: 11.februára 2020] https://www.ekariera.sk/magazin/kriticke-myslenie-co-to-je-a-preco-je-dobre-ho-mat/
[6] Metódy kritického myslenia a ich využitie v škole [Citované: 12.februára 2020]

https://eduworld.sk/cd/jaroslava-konickova/2651/metody-kritickeho-myslenia-a-ich-vyuzitie-v-skole?fbclid=IwAR0QnUNSWWXN1Y5GzbXT4EQ9azR9hd5SyScrOdaM9nwLKtoksNOIVOFG3dw

[7] Kosturková, M., Ferencová, J. (2019) Stratégie rozvoja kritického myslenia: kritické argumentovanie, debatovanie, písanie a organizovanie poznatkov. Wolters Kluwer SR.s.r.o., Bartislava, s. 12

[8] Hajrlová, M. 1/2016. Pedagogické rozhľady, s. 27

[9] https://diycandy.com/16-easy-halloween-crafts-for-kids/?pid=266#gallery

[10] https://nielsonschool.blogspot.com/2014/01/spinal-cord-model-with-egg-carton-and.html

[11] http://notjustamomwithboys.blogspot.com/2013/11/bear-cub-den-meeting-2-agenda-science.html?m=1

[12] https://www.youtube.com/watch?v=7iURQqSbgsY

[13] https://www.lyzakynamiru.cz/proces-vyroby/

[14] Vlastná produkcia

[15] Uhereková, M. (2017) Biológia pre 7. ročník základných škôl a 2. ročník gymnázia s osemročným štúdiom. Expol Pedagogika, Bratislava, s. 48, 49, 50

Rozvíjanie tvorivého a kritického myslenia pri vyučovaní dýchacej sústavy

Development of creative and critical thinking while teaching the respiratory system

Kristína Baráthová[1]
Školiteľ: Anna Sandanusová[2]
[1]Katedra zoológie a antropológie, FPV UKF v Nitre, Nábrežie mládeže 91, 949 74 Nitra
[1]kristina.barathova2@student.ukf.sk , [2]asandanusova@ukf.sk

Abstrakt

Hlavným cieľom nášho príspevku bolo vytvoriť portfólio obsahujúce modelové hodiny so zameraním na rozvoj tvorivého a kritického myslenia u študentov maturitného ročníka biológie s prioritným zameraním na dýchaciu sústavu. Prvou časťou bola charakteristika tvorivého a kritického myslenia, na ktoré sme orientovali našu prácu. Zároveň sme poskytli stručný náhľad na charakteristiku jednotlivých stratégií, ktoré sme neskôr využili pri tvorbe modelových hodín. Vzhľadom na to, že sme využili aj tvorivé myslenie, bola väčšina cvičení zameraná na samostatnú prácu žiakov. Práve druhá časť bola venovaná tvorbe modelových hodín, ktoré pozostávali z cvičení, prostredníctvom ktorých by sme rozvíjali spomínané myslenie u žiakov. Modelové hodiny, rozdelené do dvoch častí, boli zamerané na horné a dolné dýchacie cesty a na vonkajšie a vnútorné dýchanie. Jednotlivé cvičenia boli zostavené na základe využitia rozličných vyučovacích metód.

Kľúčové slová: tvorivé myslenie, kritické myslenie, modelové hodiny, horné a dolné dýchacie cesty, dýchanie

Abstract

The main objective of our contribution was to create the portfolio, mainly served for the biology students in the graduate year of study, which consisted of model lessons focused on the respiratory system. Since the main objective of our work was based on creative and critical thinking, in the first part we provided some characteristic features of those types of thinking. We provided a brief characteristic of individual strategies, which have been subsequently used in the process of creating concrete model lessons. Majority of our exercises has been focused on the students' individual work. Model lessons were in the second part composed of the exercises with the specific intention on the development of students‘ creative thinking. Model lessons were at the same time focused on upper and lower airways and on the external and internal respiration.

Key Words: creative thinking, critical thinking, model lessons, upper and lower airways, respiration

Úvod

V súčasnosti sa do popredia vo vyučovaní dostáva tvorivé a kritické myslenie. Pre ich využitie sa však vyžaduje zvýšený záujem učiteľa o vyučovaciu hodinu, vzhľadom na to, že práve on je subjektom, ktorý zostavuje svoj učebný plán.

Už samotný názov práce nám naznačuje hlavný cieľ príspevku, ktorým je vytvorenie portfólia zahrňujúceho tvorbu modelových hodín. Pomocou nami navrhnutých modelových hodín očakávame, že študenti sa budú aktívne zapájať na vyučovacej hodine, že ich pomocou našich cvičení dokážeme aktivizovať.

Súčasťou príspevku je aj stručná charakteristika tvorivého a kritického myslenia, na ktoré sa snažíme orientovať jednotlivé cvičenia.

Práca je v súlade so štátnym vzdelávacím programom ISCED 3A. Navrhnuté metodiky si chceme overiť počas pedagogickej praxe.

1 Kritické myslenie

Pojem kritické myslenie je v súčasnosti veľmi spomínaný. Často sa stretávame s tvrdeniami, že študenti nevedia kriticky myslieť. Čo sa však skrýva za týmto pojmom? Jeho definície sú rôzne.

Napríklad autori Schafritz, Koeppe a Soper (2016) definujú kritické myslenie ako „mentálny proces, ktorým jednotlivec získava a hodnotí rôzne informácie, pričom je schopný vyvodzovať logické a objektívne úsudky“.

Gavora (2016) rozumie pod pojmom kritické myslenie „nástroj, ktorý pomáha žiakovi prejsť od povrchového učenia k hĺbkovému, t. j. k odkrývaniu súvislostí, porozumeniu učiva a tvorbe vlastných záverov“ [3].

Dôležitou súčasťou kritického myslenia je aktívna účasť študentov na hodine, respektíve na učení, kedy dochádza k osvojovaniu nových poznatkov. Zároveň sa vyžaduje aplikovanie osvojených poznatkov v praxi, kedy si žiaci overia svoje vedomosti. Okrem iného je dôležitou súčasťou kritického myslenia rešpekt medzi učiteľom a triedou a študentmi ako jednotlivcami [3].

Pre kritické myslenie je charakteristické, že študenti zisťujú klady a zápory svojho myslenia, pričom ho zdokonaľujú. Pri danom druhu myslenia študenti musia analyzovať všetky poznatky, s ktorými prídu do styku [2].

Kritické myslenie nemožno chápať len ako cieľ vyučovacej hodiny, ale taktiež ako samostatnú a efektívnu vyučovaciu metódu [4].

1.1 Stratégia E-U-R

Nasledujúcu stratégiu sme zvolili na základe nižšie navrhnutých cvičení. Stratégia E-U-R predstavuje tri etapy. Písmeno E predstavuje evokáciu, písmeno U predstavuje uvedomenie si významu a písmeno R predstavuje reflexiu. Stratégiu možno charakterizovať ako všeobecnú, vzhľadom na to, že má využitie vo všetkých ročníkoch, vo všetkých vyučovacích predmetoch [3].

Prvú časť stratégie, evokáciu, možno prirovnať k motivácii. Učiteľ sa snaží vzbudiť záujem o učivo u študentov. Zároveň je učiteľovi umožnené v danej časti využívať rôzne vyučovacie metódy [4].

Učiteľ má usmerňovať chod vyučovacej hodiny. Nie on, ale práve študenti by mali čo najviac rozprávať. On len pomáha študentom vybaviť si poznatky, ktoré nadobudli predchádzajúcim štúdiom [5].

Pri druhej časti, uvedomení si významu, sa snažíme, v kontrastne s tradičným vyučovaním, dať väčší priestor študentom a ich samostatnej učebnej činnosti. Učiteľova činnosť spočíva len v ich usmerňovaní. Možno povedať, že predstavuje istú spojku medzi študentmi a novou informáciou [4].

V poslednej časti, reflexii, si študenti overujú svoje dosiahnuté vedomosti. Učiteľ má opäť významnú úlohu, kedy sa snaží medzi študentmi svojimi podnetmi vyvolať diskusiu. Prostredníctvom diskusie, kedy si študenti medzi sebou vymieňajú nadobudnuté informácie, si taktiež obohacujú svoje vedomosti [4].

1.2 Snowballing

Metódu Snowballing si môžeme preložiť aj ako metódu snehovej gule, kedy nabaľujeme nové vedomosti. Počas stanoveného času študenti najprv pracujú na zadanej úlohe samostatne.

Následne, opäť v časovom limite, pracujú vo dvojiciach. Nakoniec učiteľ vytvorí skupiny študentov, ktorých úlohou je opätovné diskutovanie na danú tému [4].

Učiteľ do samostatnej práce študentov, rovnako ako aj do ich skupinovej práce, nezasahuje. Má funkciu takzvaného koordinátora. Na záver, keď študenti predkladajú získané informácie, učiteľ len dopĺňa poznatky, prípadne opravuje študentov v ich chybných tvrdeniach [3].

Študenti sa prácou v skupinách učia vzájomnému rešpektovaniu názorov, vzájomnej kooperácii. Súčasne si vymieňajú získané informácie, čo má dobrý dopad na jednotlivcov, keďže každý študent môže považovať za dôležité niečo iné. Samozrejme, je dôležité aby si najpodstatnejšie poznatky zapísali na papier [3].

2 Tvorivé myslenie

Tvorivé myslenie môžeme charakterizovať ako zefektívnenie vyučovacieho procesu. Rovnako ako pri kritickom myslení sa stretávame s rôznymi pohľadmi na chápanie pojmu.

Zelina a Zelinová (2012) hovoria o tvorivosti: „Tvorivosť je taká interakcia subjektu s objektom, pri ktorej subjekt mení okolitý svet, vytvára nové, užitočné a pre subjekt referenčnú skupinu alebo populácie významné hodnoty.“ [4]

Weisberg (2012) tvrdí: „Tvorivé myslenie sa prejavuje vtedy, keď jedinec zámerne vytvára nový produkt, keď pracuje nad novými úlohami.“ [4]

Môžeme teda povedať, že tvorivosť by mala podnecovať k zvýšenej aktivite študentov, ku tvorbe nových nápadov, myšlienok.

Je dôležité, aby mal študent najprv vstupné vedomosti, až potom môže dôjsť k jeho kreatívnemu výstupu.

3 Materiál a metodika

Pri vypracovaní príspevku sme postupovali nasledovne. Po prečítaní príslušných zdrojov sme prešli k samotnej tvorbe modelových hodín na témy Horné a dolné dýchacie cesty, Vonkajšie a vnútorné dýchanie.

Dýchacia sústava ako taká, bola pre nás prvou voľbou, pretože žiakom robí často problémy pochopiť súvislosť medzi stavbou a funkciou dýchacej sústavy a tiež procesy spojené s dýchaním. Navrhnutý modul vyučovania tematického celku Dýchacia sústava budeme následne overovať a to bude aj súčasťou našej diplomovej práce.

Modelové hodiny sme odkonzultovali s našou školiteľkou.

4 Výsledky a diskusia

Výsledkom nášho príspevku sú dva modely vyučovacích hodín vytvorených na základe stratégie E-U-R. Modely sú navrhnuté pre maturitný ročník gymnázií a konkrétne sú orientované na dýchaciu sústavu človeka.

Oba modely majú tri časti: evokácia, uvedomenie si, reflexia. Keďže kritické myslenie je spojené aj s čítaním s porozumením, modely sme náležite tomu prispôsobili. Na oboch modelových hodinách má učiteľ pre študentov pripravenú prácu s textom prostredníctvom rôznych aktivizujúcich metód. Prácou s textom chceme u študentov podporiť čitateľskú gramotnosť. „Cieľom čitateľskej gramotnosti, v ktorej majú podľa mnohých testov žiaci značné rezervy, je prostredníctvom schopnosti čítať dôležité porozumieť textu, dokázať spracovať informácie, ako aj vedieť čítať medzi riadkami.“ [1]

Metódy využité v modeloch sú zamerané na rozvoj kritického a tvorivého myslenia. Snažili sme sa využiť samostatnú aj skupinovú prácu študentov. Práve pri skupinovej práci sme chceli docieliť kooperáciu medzi študentmi, zlepšenie ich komunikačných zručností.

4.1 Prvý model – Horné a dolné dýchacie cesty

Evokácia

Hlavným cieľom evokácie je nadviazať na predošlé vedomosti študentov. Učiteľ kladie žiakom nasledujúce otázky:

Aké ochorenie dýchacích ciest je charakteristické pre nasledovné príznaky?

Príznaky: škrabanie v hrdle, ťažkosti pri prehĺtaní, strata hlasu či kašeľ.

Hovorí sa, že nevieme poriadne dýchať, a dýchame plytko. Čo si pod spomínaným slovným spojením predstavujete?

Zoraď ženu, muža a novorodenca v závislosti od toho, kto má za minútu najväčší počet nádychov.

Z dialógu učiteľa so študentmi by malo vyplynúť nasledovné:

Dané príznaky sú charakteristické pre laryngitídu.

Plytké dýchanie znamená nedodýchavanie do plných pľúc.

Novorodenec sa nadýchne približne 40 – 50 krát, žena 20 krát a muž približne 16 krát za minútu [11].

Uvedomenie si významu

V nasledujúcej časti metodiky použijeme metódu **Snowballing**. V prvom rade rozdáme učebné texty žiakom.

Texty sú dva, jeden charakterizujúci horné dýchacie cesty a druhý charakterizujúci dolné dýchacie cesty. Triedu si rozdelíme na dve časti, najprv však budú študenti so svojimi textami pracovať samostatne. Ich samostatná činnosť, počas ktorej si majú text prečítať a porozumieť mu, by mala trvať približne 8 minút. Následne ich spojíme do dvojíc a na diskusiu im necháme 4 minúty.

Po uplynutí času ich spojíme do skupín, s rovnakým tematickým zameraním, a opäť im necháme 4 minúty na vzájomnú diskusiu.

Na záver hovorcovia z oboch skupín odprezentujú svoju časť témy, čo by malo trvať približne 14 minút. Celkové trvanie metódy by malo byť 30 minút [10].

Prvá časť

Učiteľ napíše na tabuľu tému vyučovacej hodiny a rozdá študentom učebné texty. Polovica triedy dostane text o horných dýchacích cestách, druhá polovica triedy dostane text o dolných dýchacích cestách. Študenti budú mať na prečítanie textu približne 8 minút. Počas danej časovej dotácie si budú musieť text prečítať a snažiť sa mu čo najlepšie porozumieť, vedieť ho prerozprávať.

Druhá časť

Počas nasledujúcej časti sa študenti spoja do dvojíc a vymenia si svoje poznatky, ktoré nadobudli počas samostatnej práce. Takto budú pracovať 4 minúty.

Tretia časť

Tretiu, predposlednú, časť môžeme charakterizovať aj ako skupinovú prácu, keďže dvojice študentov spojíme do skupín podľa rozdelenia dýchacích ciest na horné a dolné. Opäť im na prediskutovanie a vymenenie informácií učiteľ nechá 4 minúty.

Štvrtá časť

Počas poslednej časti si obe skupiny zvolia jedného hovorcu.

Hovorcovia skupín budú musieť na tabuľu napísať informácie nadobudnuté počas predchádzajúcich 16 minútach.

Na záver učiteľ doplní informácie, ktoré neboli spomenuté hovorcami jednotlivých skupín a zhodnotí prácu študentov.

Reflexia

Kľúčovým zámerov reflexie je overenie novonadobudnutých poznatkov v rámci novej témy: stavba dýchacej sústavy, charakteristika jednotlivých častí v dýchacej sústave.

Učiteľ bude dôležitým článkom vyučovacieho procesu, vzhľadom na to, že bude korigovať študentov a upresňovať nepresnosti.

V rámci reflexie použijeme metódu **cubing**. Pri tejto metóde je potrebné mať kocku, ktorou žiaci budú hádzať, pričom každá číslica označuje číslo otázky, ktorú má učiteľ v obálke.

Otázky sa majú začínať slovami: opíš, porovnaj, asociuj, analyzuj, aplikuj, argumentuj [3]. Znenie otázok a ich predpokladaných odpovedí [6]:

1,

a, Opíšte rozdelenie pľúc.

b, Opíšte stavbu hlasiviek.

2,

a, Porovnajte popľúcnicu a pohrudnicu.

b, Porovnajte rozvetvenie pravej a ľavej priedušky.

3,

a, Asociujte, čo vám napadne pri slovnom spojení nosová dutina.

b, Asociujte, čo vám napadne pri slovnom spojení základňa pľúc.

4,

a, Analyzujte horné dýchacie cesty. Z čoho sú zložené, aj po latinsky, ich charakteristika.

b, Analyzujte dolné dýchacie cesty. Z čoho sú zložené, aj po latinsky, ich charakteristika.

5,

a, Aplikujte –V akých situáciách môžete využiť vedomosti o dýchaní, pokiaľ nerátame vlastnú výmenu kyslíka a oxidu uhličitého?

b, Aplikujte –Predstavte si, že váš kamarát má vyrazený dych. Ako by ste mu pomohli, aby mohol opäť normálne dýchať?

6,

a, Argumentujte – Je pri behu lepšie dýchať ústami alebo nosom?

b, Argumentujte – Akým spôsobom postihuje fajčenie nefajčiarov?

Predpokladané odpovede:

1,

a, Pravé pľúca sú rozdelené na 3 laloky, ľavé na 2 laloky, pretože pod ľavými pľúcami je umiestnené srdce.

b, Je tvorená z pozdĺžnej hlasivkovej štrbiny a dvoch hlasivkových väzov.

Muži majú hrubší hlas ako ženy, čo je podmienené tým, že majú dlhšie hlasivky. Farba hlasu u všetkých ľudí závisí od veľkosti hrtanu, hltanu a vedľajších nosových dutín.

Mužom počas puberty rastie hrtan, k čomu dochádza vplyvom testosterónu. Tieto procesy majú v puberte charakteristickú črtu – zmena hlasu (mutácia) [8].

2,

a, Popľúcnica sa nachádza na povrchu pľúc a pohrudnica prechádza na vnútornú plochu hrudníkovej dutiny.

b, V pľúcach sa pravá prieduška vetví na tri lalokové priedušky a ľavá na dve. Lalokové priedušky sa ďalej vetvia na segmentálne priedušky, bronchioly, až vznikne bronchiálny strom.

3,

a, Otvory (nozdry/ nares), vyúsťuje do nosohltana zadnými nosovými otvormi, je rozdelená na dve dutiny, na jej sliznici sú dve oblasti (čuchová a dýchacia)...

b, Je to rozšírená časť pľúc, ktorá nasadá na bránicu.

4,

a, Horné dýchacie cesty tvoria nosová dutina (cavum nasi) a nosohltan (nasopharynx).

b, K dolným dýchacím cestám patrí : hrtan (larynx), priedušnica (trachea), priedušky (bronchi), priedušničky (bronchioly), pľúca (pulmo).

5,

a, Napr. pri umelom dýchaní v rámci prvej pomoci.

b, Dôležité je, aby sme danú osobu upokojili, posadili a podopreli jej chrbát [9].

6,

a, Dýchanie nosom je lepšie, nos nám filtruje nečistoty, ktoré sa zachytávajú na sliznici a riasinkovom epitely nosovej dutiny, pričom ústa nie.

Dýchanie ústami nám okrem iného vysušuje sliznicu a nepodieľa sa na nešpecifickej imunite tak ako nosová dutina.

b, Cigaretový dym v ovzduší vdychujú aj nefajčiari. Aj u nich sa môže dôsledkom vdychovania spomínaného dymu prejaviť rakovina pľúc. Cigaretový dym obsahuje nikotín, decht, oxid uhoľnatý.

4.2 Druhý model – Vonkajšie a vnútorné dýchanie

Evokácia

Dôležitou súčasťou prvej časti stratégie E-U-R je zistiť, aké znalosti si študenti prinášajú o danej téme. Učiteľ kladie študentom nasledujúce otázky:

Z akých troch procesov sa skladá vonkajšie dýchanie?

Aký význam zohráva pri vonkajšom a vnútornom dýchaní krv?

Aké obranné dýchacie reflexy poznáme?

Z rozhovoru by malo vyplynúť:

Vonkajšie dýchanie sa skladá z troch procesov: pľúcna ventilácia, distribúcia, difúzia.

Krv zohráva významnú úlohu, pretože predstavuje spojovací článok medzi vonkajším a vnútorným dýchaním.

Medzi základné obranné dýchacie reflexy patrí kašeľ (podráždenie sliznice hltanu, priedušnice a pľúc) a kýchanie (podráždenie nosovej sliznice).

Uvedomenie si významu

Keďže dôležitou súčasťou kritického myslenia je aj čítanie s porozumením, v nasledujúcej časti práve preto využijeme čitateľskú stratégiu **RAP**. Študentom rozdáme učebné texty na tému Vonkajšie a vnútorné dýchanie, ku ktorej pridáme aj Riadenie dýchacích pohybov a Obranné dýchacie mechanizmy. Ich úlohou bude text si prečítať a snažiť sa mu čo najlepšie porozumieť. Následne si pri každom odseku zaznačia, čo bolo hlavnou témou [3].

Vzhľadom na to, že učivo bude rozdelené na 5 odsekov, študentom necháme na každý odsek približne 5 minút. Na záver so študentmi budeme viesť krátku diskusiu, aby sme zistili, k čomu dospeli, a nakoľko bola zvolená metóda vhodná, alebo v opačnom prípade, nevhodná.

Zároveň si preveríme, nakoľko porozumeli učivu, a prípadné nezrovnalosti im vysvetlíme.

Prvá časť

V prvej časti napíšeme na tabuľu názov témy a študentom sprístupnime učebné materiály. Každý bude so svojim textom pracovať samostatne.

Ich úlohou bude čo najpozornejšie si prečítať odseky, vždy po jednom. Ku každému odseku sa budú vzťahovať nasledovné časti [3].

Druhá časť

Keď už budú mať študenti prečítaný prvý odsek, ich úlohou bude zamyslieť sa nad tým, čo bola najdôležitejšia informácia v ňom. Vytvoria si preto otázku na zásadnú myšlienku odseku.

Okrem primárnej myšlienky si všimnú aj detaily prislúchajúce k nej [3].

Tretia časť

V poslednej časti ich samostatnej práce bude vytvorenie odpovede na predchádzajúcu otázku. Je však dôležité, aby odpoveď nebola len citáciou z odseku. Študenti musia parafrázovať učebný text na vlastné slová.

Na zhrnutie získaných vedomostí si môžu urobiť napríklad aj pojmovú mapu, ktorá by im slúžila ako záchytný bod pri opakovaní učiva.

Učiteľ si už len overí, nakoľko študenti porozumeli jednotlivým súvislostiam v učebnom texte. Nezrovnalosti alebo nedostatočne pochopené pojmy učiteľ dovysvetlí [3].

Reflexia

Pre zopakovanie učiva sme zvolili nasledovné cvičenia.

Prvé cvičenie

V prvom cvičení sme si zvili hru s názvom **Pexeso**. Je dôležité, aby sme žiakov nepresýtili informáciami a novými poznatkami, a aby si počas hodiny mohli aj oddýchnuť. Práve preto je daná hra pre študentov oživením. Vytvoríme si kartičky s dôležitými pojmami, ktoré sa v učive nachádzajú (pľúcna ventilácia, dychový objem, minútová ventilácia, vitálna kapacita pľúc, spirometer, spirograf, distribúcia, difúzia, dýchacie centrum, kašeľ a kýchanie). Kartičiek s pojmami bude 10 a kartičiek s vysvetlivkami bude len 9 [6]. Pojem spirometer a spirograf sú synonymami. Chceme však zistiť, nakoľko dávali študenti pri čítaní pozor. Kartičky budú pripravené pre dvojice hráčov.

Obr. 1 Hra Pexeso

Zdroj: [7]

Druhé cvičenie

Ako druhé cvičenie sme si zvolili v rámci stratégie E-U-R metódu **Cinquain**.

Hlavnou úlohou tejto metódy je vytvoriť päťveršovú báseň. V každom riadku sa zvyšuje počet slov.

V prvom riadku je potrebné napísať jedno slovo, podstatné meno, ktoré vystihuje prebratú tému.

V druhom riadku študenti napíšu dve prídavné mená, ktorými tému opíšu.

V treťom riadku musia napísať tri činnostné slovesá (zakončené na –úci, -úca, -úce), ktoré budú vyjadrovať dej, dynamiku témy.

V štvrtom riadku napíšu hlavnú myšlienku prebratej témy pomocou štvorslovného výrazu.

V poslednom, piatom riadku sa bude, rovnako ako v prvom riadku, nachádzať jedno slovo. Malo by to byť synonymum, ktoré by vystihovalo hlavnú tému.

Prostredníctvom tejto témy si žiaci môžu jednoduchšie opakovať učivo aj doma, keďže k nej budú mať napísané kľúčové informácie [3].

Tretie cvičenie

Pre študentov sme si pripravili učebný text vyňatý z učebnice Biológia 6 pre gymnáziá. V texte sme pozmenili niektoré slová. Úlohou študentov bude nájsť a opraviť chybné údaje v texte. Učiteľ si súčasne overí, nakoľko študenti dávali pri čítaní pozor.

Chybný text, ktorý dostanú žiaci:

Vitálna kapacita pľúc je súčet dychových objemov pri pokojovom dýchaní za minútu, čo je 7 — 9 l vzduchu. Minútová ventilácia je dôležitou charakteristikou pľúcnej ventilácie. Je to objem vzduchu vytlačený z priedušiek maximálnym výdychom, ktorý nasleduje po maximálnom vdychu. Jej veľkosť závisí od zdravotného stavu organizmu, pohlavia, veku, polohy tela atď. U mužov sa pohybuje medzi 3 500 až 5 000 ml, u žien medzi 2 500 až 4 000 ml. Vitálnu kapacitu meriame spirometrom alebo spirografom.

Správne znenie textu(správne pojmy sú vyznačené tučným písmom) [6]:

Minútová ventilácia je súčet dychových objemov pri pokojovom dýchaní za minútu, čo je 7 — 9 l vzduchu. **Vitálna kapacita pľúc** je dôležitou charakteristikou pľúcnej ventilácie. Je to objem vzduchu vytlačený z **pľúc** maximálnym výdychom, ktorý nasleduje po maximálnom vdychu. Jej veľkosť závisí od zdravotného stavu organizmu, pohlavia, veku, polohy tela atď. U mužov sa pohybuje medzi 3 500 až 5 000 ml, u žien medzi 2 500 až 4 000 ml. Vitálnu kapacitu meriame spirometrom alebo spirografom.

Záver

Predpokladaným cieľom príspevku bolo vytvorenie modelových hodín. Vytvorili sme konkrétne dve modelové hodiny so zameraním na dýchaciu sústavu – Horné a dolné dýchacie cesty, Vonkajšie a vnútorné dýchanie. Prostredníctvom odbornej literatúry sme si bližšie preštudovali zásady tvorivého a kritického myslenia.

Zamerali sme sa predovšetkým na čítanie s porozumením, ktorému sa v súčasnej dobe venuje veľká pozornosť.

Našim zámerom bolo, aby študenti nepočúvali a nezapisovali si poznámky len mechanicky, ale aby sa aktívne podieľali na vyučovacom procese a samostatnou činnosťou získali nové poznatky.

V našich dvoch modelových hodinách sme využili rôzne metódy, v časti uvedomenia si poznatkov ako aj v reflexii. Obe modelové hodiny obsahujú tri časti, na základe využitia stratégie E-U-R. V prvej časti, evokácii, by sme si preverili, nakoľko si študenti pamätajú poznatky z predchádzajúceho štúdia. Zároveň sme poskytli náhľad predpokladaných odpovedí na zadané otázky. V ďalšej časti sme prešli k hlavnému cieľu, a teda novému učivu. Využili sme rôzne metódy, ako napríklad Snowballing či RAP. Sú to metódy, prostredníctvom ktorých by sme chceli aktivizovať žiakov. Na záver by sme si v reflexii zopakovali učivo. Opäť sme použili rôzne metódy, aby sme so žiakmi neopakovali klasickým dialógom.

Prostredníctvom využitých metód by sme chceli podnietiť študentov k ich tvorivej a samostatnej činnosti. Snažili sme sa zatraktívniť vyučovaciu hodinu rovnako pre študentov ako pre učiteľa.

Poďakovanie

Touto cestou by som sa chcela poďakovať mojej školiteľke PaedDr. Anne Sandanusovej, Ph.D. za jej pomoc, cenné rady a čas, ktorý mi venovala pri písaní príspevku.

Príspevok je súčasťou projektu APVV- 15-0368 Prax v centre didaktiky, odborová didaktika v Centre praktickej prípravy.

Použitá literatúra

[1] ASFEU (2014) Učiteľské noviny 42, s. 3

[2] Gavora P. a kol. (2008) Ako rozvíjať porozumenie textu u žiaka. Enigma, Nitra, s. 115

[3] Kosturková M. (2016) Rozvoj kritického myslenia žiakov stredných škôl. Vydavateľstvo Prešovskej univerzity, Prešov, s. 10

[4] Petlák E. (2012) Inovácie v edukačnom procese. Dubnický technologický inštitút v Dubnici nad Váhom, Dubnica nad Váhom, s. 79
[5] Turek I. (2008) Didaktika. Iura Edition, spol. s r. o., Bratislava, s. 255
[6] Ušáková K. a kol. (2010) Biológia 6 pre gymnáziá. Expol Pedagogika, Bratislava, s. 28
[7] Baráthová K. (2020), Pexeso
[8] Kočárek E. (2010) Biologie člověka 1. Nakladatelství Scienta, spol. s r. o., Praha, s. 122

WEBSTRÁNKY:
[9]Prvá pomoc pri vyrazenom dychu: Buchnát do chrbta nepomôže!
[11. február 2020]
https://www.pluska.sk/izdravie/liecba/prva-pomoc-pri-vyrazenom-dychu-buchnat-do-chrbta-nepomoze.html
[10]Snowballing – metóda snehovej gule v škole
[10. február 2020]
https://eduworld.sk/cd/jaroslava-konickova/2030/snowballing--metoda-snehovej-gule-v-skole
[11]Dýchacia sústava
[04. apríl 2020]
http://www.maturitneotazky.sk/default/biologie/28-dychacia-sustava

Vyučovanie nervovej sústavy (centrálna nervová sústava) s využitím metód kritického myslenia

Teaching the nervous system (central nervous system) using critical thinking methods

Bibiána Jurčová
Školiteľ: Anna Sandanusová
[1,2]Katedra zoológie a antropológie, FPV UKF, Nábrežie mládeže 91, 949 74 Nitra,
[1] bibianajurcova@gmail.com, [2] anna.sandanusova@gmail.sk

Abstrakt

Hlavným cieľom článku je navrhnúť možnosti vyučovania nervovej sústavy – časť centrálna nervová sústava, s využitím rôznych aktivít, ktoré rozvíjajú kritické a tvorivé myslenie žiakov. V príspevku sa nachádza jeden model vyučovacej hodiny, pretože si myslíme, že nervová sústava v učive gymnázia je obsahovo bohatá a náročná na žiacke pochopenie.

Aktivizujúce vyučovanie je obohatené o stratégiu *E*vokácia-*U*vedomenie si významu-*R*eflexia, ktorá podnecuje žiakov kognitívne myslieť. Centrálna nervová sústava je v modely rozdelená na tri základné časti, s ktorými žiaci budú pracovať vo forme diferencovaného skupinového vyučovania, ktoré učí žiakov spolupracovať a počúvať toho druhého.

Aktivity podporujú rozvoj tvorivého a kritického myslenia žiakov. Hlavná myšlienka pri zostavovaní aktivizujúcich metód a foriem učenia v tejto sústave je zatraktívniť biológiu človeka. Aktivizujúcimi metódami chceme žiakom priblížiť nervovú sústavu, ktorá patrí podľa nás, medzi menej obľúbené až obávané oblasti anatómie.

Kľúčové slová: Aktivizujúce vyučovanie, stratégia E-U-R, kritické a tvorivé myslenie, nervová sústava – centrálna nervová sústava

Abstract

The main aim of the article is to suggest the teaching possibilities of the nervous system - central part of the nervous system, using various activities that develop critical and creative thinking of pupils. There is one model of the lesson in the paper, because we think that the nervous system in the curriculum of the grammar school is rich in content and demanding for students' understanding.

Activising teaching is enriched with the Evocation-Awareness-Importance-Reflection strategy, which encourages pupils to think cognitively. The central nervous system is in models divided into three basic parts, with which pupils will work in the form of differentiated group teaching, which teaches pupils to cooperate and listen to each other.

The activities support the development of pupils' creative and critical thinking. The main idea in setting up activising methods and forms of learning in this system is to make human biology more attractive. By activising methods, we want to bring pupils closer to the nervous system, which we think is one of the less popular, or even feared areas of anatomy.

Key Words: Activising teaching, E-U-R strategy, critical and creative thinking, nervous system - central nervous system

Úvod

„Je to nudné“, ako učitelia to počúvame stále. Bez ohľadu na to, o aké predmety sa jedná, je do vysokej miery pravdepodobné, že v školách žiakom učitelia odovzdávajú kvantum faktov, ktoré sa im ťažko spracúvajú. Absentujú informácie, tzv. „pikošky“, ktorými vzbudíme záujem o dané učivo a istým spôsobom zaktivizujeme žiakov na vyučovaciu hodinu.

Prírodovedný predmet akým je biológia, je bohatá na informácie, no podľa nás, žiaľ mnohí učitelia pristupujú k tomuto predmetu striktne faktograficky až encyklopedicky. Takto pozornosť žiakov upadá a o záujme už nehovoriac. Preto hlavnou myšlienkou tohto príspevku je predložiť čitateľovi návrh, ako učiť inak, moderne, zaujímavo, tak, aby žiaci získavali nové poznatky a hľadali medzi nimi súvislosti sami a aktívne sa do procesu učenia zapájali. Žiakom nestačí len „suchý“ výklad. Lepšie si učivo zapamätajú, ak na hodine učiteľ využije názornosť – modely, plagáty, animácie, videá či schémy vďaka, ktorým si vedomosti z hodiny ľahšie a dlhodobejšie zapamätajú. Aktivitami taktiež stimulujeme žiakov k učeniu a počas celej vyučovacej hodiny sa snažíme udržať ich pozornosť, zvedavosť a záujem. Aktivizujúcimi metódami učiteľ dá

priestor žiakom pre ich vlastnú tvorbu. Podľa nás, práve takýmito schopnosťami má moderný učiteľ oplývať, byť kreatívny, priateľský, no zároveň mať rešpekt, vymýšľať akými spôsobmi odľahčiť atmosféru v triede, možno z ťažkej témy hodiny.

Model vyučovacej hodiny – Nervová sústava, bude v súlade s ISCED 3A aplikovaný počas súvislej pedagogickej praxe na gymnáziu.

Tento príspevok spolu so všetkými vyššie vymenovanými atribútmi učiteľa nám ukazuje, ako učiť inovatívne a atraktívne pre žiakov biológiu človeka na gymnáziách.

1 Aktivizujúce vyučovanie

Škola 21. storočia má byť inovatívna, motivujúca a realizovaná hravou formou, aby žiaci chodili do nej radi a nemali z nej strach, stres či odpor. Vieme, že v minulosti takéto vzdelávanie nebolo samozrejmosťou. V školstve kedysi absentovala aktivita a podpora tvorivého myslenia u žiakov. Nuda a strach spôsobovali u žiakov demotiváciu k učeniu. Tomu nepomáhal fakt, že častokrát ani rodinné prostredie nekládlo dôraz na vzdelanie. Pre deti sa tak škola stávala nepodnetným prostredím. Žiaci vystupovali ako automaty, ktoré len nasávali informácie bez toho, aby sa rozvíjala ich osobnosť. V minulosti absentovala motivácia k učeniu, interakcia medzi školou, rodičmi, učiteľmi a spolužiakmi [1].

V súčasnej dobe je na vzostupe aktivizujúce vyučovanie, aby sa vzdelanie stalo niečím atraktívnym. Hanuliaková (2015) zostavila nasledujúce prvky aktivizujúceho vyučovania: podnecovať, konštruovať, tvoriť, zaujať a prekvapovať [2]. Práve tieto vlastnosti robia aktivizujúce vyučovanie zaujímavým pre žiakov. Pri tomto type vyučovania sa dostáva do popredia využívanie didaktických pomôcok, rozvoj myslenia a kreativity u žiakov, sebapoznávanie, sebareflexia, vytváranie názorov a kreovanie osobnosti samotného žiaka [3]. Aktivizujúcimi metódami nám v triede vzniká pozitívna klíma, zvýšený záujem o dané učivo, lepšie zapamätávanie si učiva a vytvára sa priestor pre žiakov. Podnecujeme tým žiakov aj k samostatnej, skupinovej práci a rozvíjame ich kognitívne schopnosti.

Podľa Ginnisa (2015) aktivity podporujú a rozvíjajú najmä myslenie, emočnú inteligenciu, nezávislosť, vzájomnú závislosť, mnohozmyslové vnímanie, zábavu a radosť z práce, artikuláciu obsahu učenia sa [2].

Z vyššie uvedených charakteristík tohto typu vyučovania nám vyplýva, že aktivizujúce vyučovanie rozvíja tvorivé a kritické myslenie, na ktoré sa v súčasnosti kladie dôraz vo vyučovaní, aby sa zvýšil záujem o samotnú preberanú tému vyučovacej hodiny príslušného predmetu. Týmto spôsobom výučby môžeme pretaviť odkaz J. A. Komenského „škola hrou“.

1.1 Kritické myslenie

Definícií kritického myslenia máme veľa a niekedy je ťažko si vybrať tú správnu, aby sme jej rozumeli. Prvé definície vznikali už v starovekom Grécku vďaka filozofom. Týmto sa vytvorila filozofická línia chápania kritického myslenia. Súčasný filozof Lipman si myslí o tomto jave nasledovné: *„zručné a zodpovedné myslenie, ktoré uľahčuje dobrý úsudok, pretože sa opiera o kritériá, je citlivé na kontext so schopnosťou sebaregulácie*.“ [4]. Druhou líniou je psychologická, ktorá taktiež ináč vníma kritické myslenie. Ku hlavným predstaviteľom patria napríklad Dewey, Willingham či Ruisel. Podľa Willinghama je to *„nezaujaté uvažovanie, tvrdenie opierajúce sa o dôkazy so schopnosťou vyvodzovať závery a riešiť problémy.“* [4]. Poslednou líniou je pedagogický smer. Už samotná Bloomova taxonómia kognitívnych cieľov spracovala kroky kritického myslenia a tými sú analýza, syntéza a hodnotenie [3].

Tak prečo je kritické myslenie dôležité v škole? Žiaci z roka na rok nadobúdajú vedomosti, ktoré pre nich slúžia ako kľúč k otvoreniu brány do vyššieho ročníka. Tieto vedomosti využívajú v škole, ale aj v praktickom živote a keďže úlohou učiteľa je pripraviť zo žiakov „hotových“ občanov reguluje ich správanie a postoje. Práve pri vytváraní postojov je dôležité kriticky myslieť. Pri skonštruovaní názorov sú dôležité už nadobudnuté relevantné vedomosti, s ktorými žiak pracuje. [5] V školách sa na rozvoj kritického myslenia využívajú rôzne aktivity. Medzi najvyužívanejšie patrí brainstorming, brainwriting, cinquain, štyri kúty a iné.

Pre ucelenie vnímania javu ako je kritické myslenie si myslíme, žeby malo byť súčasťou každodenného života ľudí. Je to zručnosť, ktorá nám pomáha analyzovať, riešiť problémy, vytvárať pozitíva a negatíva. Vďaka tomuto všetkému nám vzniká vlastný postoj k danej veci alebo situácii. V dnešnej dobe je potrebné zdôrazniť, že bez kritického myslenia, by sme boli každý rovnaký a všetko by sme robili ako automaty. Kritické myslenia nás odlišuje od zvierat, odlišujeme sa ním aj navzájom, čo nás robí jedinečnými.

2 Materiál a metodika

Pri vypracovaní tohto článku sme pracovali s literatúrou, ktorá nebola staršia viac ako 6 – 7 rokov, aby informácie boli čo najaktuálnejšie. Zozbieraná literatúra sa týkala najviac aktivizujúcich metód a

kritického myslenia. Pri písaní príspevku sme využívali aj vedecké články z internetu či odborné články z učiteľských novín.

Čitateľovi predkladáme návrh modelu vyučovacej hodiny biológie človeka v 3. ročníku gymnázia. Tento model je zostavený ako príklad vyučovania prvej časti tematického celku Nervová sústava, ktorá je venovaná centrálnej nervovej sústave. Vieme, že táto sústava je obsahovo bohatá a pre žiakov náročná na pochopenie súvislostí , preto sa nedá vysvetliť celá za jednu hodinu. Je rozdelená na dve alebo tri časti. Prvou je už spomínaná centrálna nervová sústava, druhou je periférna nervová sústava a treťou sú choroby, ktoré postihujú túto sústavu. Je možné, aby sa tretia časť spojila s druhou, ak to časová dotácia hodiny dovolí.

V tomto modely je použitá stratégia E-U-R. Jednotlivé písmená predstavujú tri základné činnosti. *E* predstavuje evokáciu. Je to prvá fáza vyučovacej hodiny, kde učiteľ žiakom predstaví dnešnú tému, vyzve ich, aby na chvíľu samostatne popremýšľali, čo o nej vedia už z nadobudnutých vedomostí nižších ročníkov. Neskôr svoje myšlienky budú predávať spolužiakom. Touto fázou vzniká záujem o tému a podnecujeme ich zvedavosť. *U* predstavuje uvedomenie si významu, napríklad počas výkladu učiva alebo pri samostatnej práci s textom, ktorú majú žiaci danú. Po ukončení tejto fázy, by si žiaci mali vedieť odpovedať na otázky, ktoré mali na začiatku hodiny. Nadobúdavajú taktiež nové vedomosti, ktoré vedia prepojiť už s predchádzajúcimi. *R* predstavuje reflexiu, posledná fáza vyučovacej hodiny. Žiak si sumarizuje informácie, ktoré prijal, uvedomuje si zmysel toho, čo sa naučil a pýta sa, ak niečomu nepochopil. K poslednej fáze patrí aj replikovanie učiva vlastnými slovami, tým si učiteľ preverí ako žiak danej téme porozumel [6].

Vyučovacia hodina nervovej sústavy bude formou skupinového vyučovania. Každý skupina žiakov dostane časť témy, ktorú spracuje a tak oboznámi žiakov s informáciami, ktoré sa dozvedeli. Súčasťou hodiny budú aj aktivizujúce metódy ako brainstorming – slovný tenis, pexeso, tlesk a lusk a problémové úlohy.

2 Výsledky a diskusia

Výsledkom nášho článku je vytvorenie modelu vyučovacej hodiny na tému Nervová sústava v súlade s ISCED 3A. Aktivity žiakov sú zamerané najmä na rozvoj kritického a tvorivého myslenia prostredníctvom aktivizujúcich metód. V tomto modely využívame stratégiu E-U-R v rámci formy skupinového vyučovania. Pri tejto forme vyučovania sa žiaci zdokonalia v kooperácii, tolerancii a altruizme.

3.1 Prvý model – Centrálna nervová sústava

Evokácia

Hlavnou úlohou tejto fázy je u žiakov vzbudiť záujem o súčasnú preberanú tému a pripraviť ich na priebeh hodiny. Povinnosťou učiteľa je žiakov oboznámiť s hlavným cieľom hodiny a z neho vyplývajúcich čiastkových.

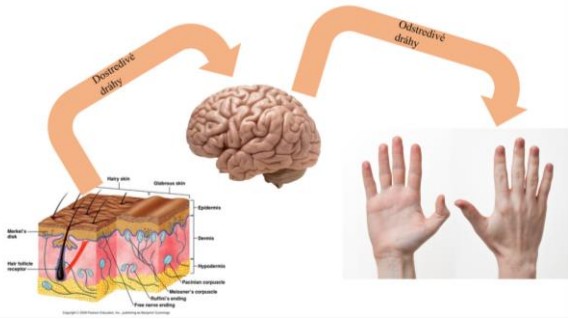
Aktivita: Slovný tenis. Pointa tejto hry je, že učiteľ predstaví názov učiva a žiaci budú musieť v krátkom čase (3 minúty) povedať čo najviac slov, ktoré ich napadnú pri danej téme. Pozor, všetky pojmy musia s ňou súvisieť. Ak niekto vykríkne a povie „á“ či „hmm“ vypadáva to, isté platí, ak sa slovo zopakuje alebo nebude súvisieť s témou. Týmto spôsobom musia byť žiaci pozorní, počúvať toho druhého a taktne zareagovať bez zaváhania [7].

Uvedomenie si významu

Metóda štyroch rohov (variácia 3 rohy): v tejto fáze učiteľ zadá do 3 rohov triedy časti učiva [8]. Prvý roh bude prezentovať úvod do nervovej sústavy, čiže základné pojmy a procesy. Druhý roh je venovaný častiam mozgu resp. centrálnej nervovej sústave. Tretí roh je zameraný na informácie o limbickom systéme nachádzajúcom sa vo veľkom mozgu a na retikulárnu formáciu. Žiaci si dané oblasti majú prečítať z vopred pripraveného textu. Vyberú si oblasť, ktorá ich najviac zaujme, ostanú v danom rohu a počkajú na ostatných spolužiakov ako sa rozhodnú. Postupne sa budú vytvárať skupiny. Každá skupina bude spracúvať informácie z inej oblasti, no zároveň všetky oblasti budú na seba nadväzovať. Jedná sa o diferencované skupinové vyučovanie. Každá skupina zavŕši svoj výklad vyriešením problémovej úlohy.

Prvá skupina bude mať za úlohu z učebnice biológie pre 3.ročník gymnázií spracovať časť textu: úvod do nervovej sústavy. To zahŕňa charakteristiku neurónu a jeho stavbu, prenos nervového vzruchu a reflexný oblúk – reflexy. Žiaci sa v tejto skupine pokúsia o vytvorenie schémy reflexného oblúka z obrázkov časopisov, ktoré im učiteľ rozdá.

Predpokladaná schéma reflexného oblúka



Obr.1 Reflexný oblúk
Zdroj: [9]

1. Problémová úloha: Vysvetlite, čo by sa stalo, ak by axón nebol obalený myelínovou pošvou?
Predpokladaná odpoveď: Myelínová pošva je lipoproteínového pôvodu. Ak by axón nebol neobsahoval túto pošvu, nedochádzalo by k prenosu nervových vzruchov, a tým pádom nevznikol by reflex na daný podnet.

Druhá skupina spracuje centrálnu nervovú sústavu, to sú časti mozgu (chrbticová miecha, predĺžená miecha, most, mozoček, stredný a koncový mozog, medzimozog). Funkcie častí mozgu budú mať zapísať do myšlienkovej mapy.

Predpoklad myšlienkovej mapy

Obr.2 Funkcie častí mozgu
Zdroj: [10]

2. Problémová úloha: Rozhodnite, o poruchu akej časti mozgu sa jedná, ak správanie pacienta vykazuje známky nestability rovnováhy, nekoordinovanosti pohybov, agresivity / veselosť, zníženie rozlišovacej schopnosti?
Predpokladaná odpoveď: Jedná sa o poruchu mozočku. Spomalí sa činnosť mozgu – odstaví sa činnosť mozočku, preto ak to niekto preženie s alkoholom nevie udržať rovnováhu tela.

Tretia skupina si pripraví informácie o limbickom systéme, retikulárnej formácií a obaloch centrálnej nervovej sústavy (cievnatka, tvrdá a mäkká plena). Obaly charakterizujú prostredníctvom obrázka, ktorý si majú nájsť na internete alebo môžu urobiť náčrt.

3. Problémová úloha: Popremýšľajte, aký bude mať následok autonehoda či pád na retikulárnu formáciu?
Predpokladaná odpoveď: Dôjde k poškodeniu retikulárnej formácii, človek sa dostane do stavu bezvedomia až dlhotrvajúcemu spánku.

Čas na spracovanie vopred vybraných častí textu je približne 14 minút. Priebežne učiteľ bude chodiť pomedzi skupiny, pomáhať im či ich korigovať.

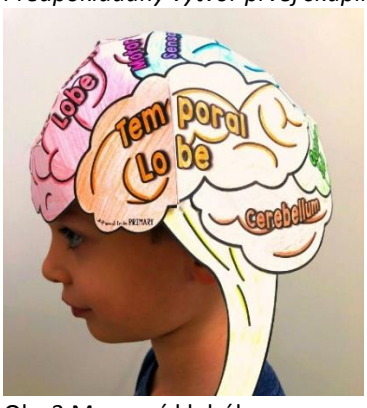
Po spracovaní informácií nastáva čas, kedy sa postupne jednotlivé skupiny postavia pred tabuľu a začnú viesť výklad svojej časti učiva. Pri výklade učiva budú môcť použiť obrázky, ktoré si sami vytvorili či videá, ktoré našli na internete. Na výklad každej skupiny je stanovený čas 6 minút. Učiteľ počas žiackeho výkladu môže doň zasahovať, vysvetľuje prípadné nepresnosti, dopĺňa dôležité poznatky, ktoré jednotlivé skupiny neprezentovali.

Reflexia

Hlavným cieľom tejto fázy je to, aby si učiteľ preveril vedomosti žiakov, ktoré nadobudli počas výkladu. Žiaci ostanú rozdelení stále na 3 skupiny.

Prvej skupine učiteľ dá spraviť model oddielov centrálnej nervovej sústavy. Pre žiakov sú pripravené výkresy, farbičky, fixky a podobne. Na základe tohto si žiaci budú môcť precvičiť priestorovú orientáciu, kde sa aká časť mozgu nachádza. Celé to bude vyzerať ako „mozgový klobúk“.

Predpokladaný výtvor prvej skupinky



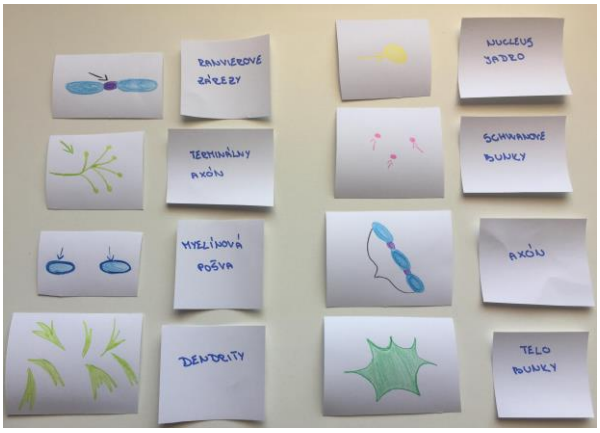
Obr.3 Mozgový klobúk
Zdroj: [11]

Druhá skupina žiakov si overí svoje vedomosti z výkladu tretej skupiny spolužiakov a to metódou Tlesk a lusk [8]. Pointou hry bude, že si spomedzi svojej skupiny vyčlenia vodcu a ten bude čítať pojmy prislúchajúce limbickému systému (tlesknú) a retikulárnej formácii (lusknú). Ak danú charakteristiku žiak – vodca prečíta škrtne si ju a pokračuje ďalej v hre.

Tlesk	Lusk
Dlhodobé pamäťové stopy	Sieťovitá štruktúra
Emócie	Bezvedomie
Alzheimerova choroba	Aktivácia pri prebudení
Hippocampus	2 typy dráh

Obr.4 Aktivita Tlesk a lusk
Zdroj: [12]

Učiteľ tretej skupinke dá na overenie ich vedomostí pexeso z informácií, ktoré pre nich pripravila prvá skupinka. *Aktivita: Pexeso* bude zameraná na stavbu neurónu. Učiteľovi sa v tejto hre ukáže, či žiaci boli pozorní a budú vedieť k pojmu vyhľadať aj príslušný obrázok.



Obr. 5 Pexeso – stavba neurónu
Zdroj: [13]

Na tieto aktivity budú mať žiaci čas 10 – 15 minút. Pred skončením hodiny učiteľ zadá domácu úlohu z učebnice biológie, strana 61 – úlohy 1-6. [13]

Záver

Hlavným cieľom, ktorý sme si dali pri začiatku písania príspevku bolo ukázať ako môžeme kritické a tvorivé myslenie pretaviť do vyučovania biológie s inovatívnymi prvkami ako sú aktivizujúce metódy. V takomto duchu sme sa začali štruktúrovať náš model. Rozhodli sme sa využiť stratégiu E-U-R, ktorá podnecuje rozvoj kritického myslenia a spojili sme to s formou diferencovaného skupinového vyučovania. To všetko sme doplnili o aktivity, ktoré mali cieľ zvýšiť záujem a držať pozornosť žiakov. Pri hrách sme dali žiakom priestor pre ich vlastnú fantáziu a kreativitu. Učiteľ využil v tomto modely aj prácu s textom, ktorá je podľa nás atribútom kritického myslenia. Súbor aktivít, ktoré sme zostavili pri tomto modely odporúčame využívať pri výučbe biológie človeka – Nervová sústava.

Poďakovanie

Poďakovanie by som venovala PaedDr. Anne Sandanusovej, Ph.D. za odborné rady a korigovanie pri písaní tohto článku.
Práca je súčasťou projektu APVV-15-0368 Prax v centre didaktiky, odborová didaktika v centre praktickej prípravy.

Použitá literatúra

[1] Vasiľová I. (2014) Učiteľské noviny (40). p. 30.
[2] Hanuliaková J. (2015) Aktivizujúce vyučovanie. Iris, Bratislava, p. 7.
[3] Kotrba T., Lacina L. (2015) Aktivizační metody ve výuce – Příručka moderního učitele. Barrister & Principal, Brno, p. 44.
[4] Kosturková M., Ferencová J., (2019), Stratégie rozvoja kritického myslenia – Kritické argumentovanie, debatovanie, písanie a organizovanie poznatkov. Wolters Kluwer, Bratislava, p. 10.
[5] Kritické myslenie potrebuje pre život každý z nás [9. február 2020] https://eduworld.sk/cd/lucia-brezovska/2970/kriticke-myslenie-potrebuje-pre-zivot-kazdy-z-nas
[6] Čapek R. (2015), Moderní didaktika – lexikon výukových a hodnoticích metod. Grada Publishing, Praha, p. 465.
[7] Paterson K. (2015), Pembroke Publishers, Praha, p. 160.
[8] Čapek R. (2015), Moderní didaktika – lexikon výukových a hodnoticích metod. Grada Publishing, Praha, p. 405.
[9] Jurčová B. (2019), Reflexný oblúk
[10] Jurčová B (2020), Funkcie častí mozgu
[11] Growth Mindset Activities for Elementary Students: Stop Hearing "I Can't!" [11. február 2020] https://proudtobeprimary.com/growth-mindset-activities/
[12] Jurčová B. (2020), Aktivita Tlesk a lusk
[13] Jurčová B. (2020), Pexeso – stavba neurónu
[14] Ušáková K. (2015), BIOLÓGIA 6 gymnáziá – Biológia človeka. Vznik života na Zemi a evolúcia., p.61

Skúsenosti z overovania modelov vyučovacích hodín z biológie človeka na gymnáziách

Experience from validation of Models of Teaching Lessons of Human Biology at Grammar Schools

Andrea Jakubíková[1]
Školiteľ: Anna Sandanusová[2]
[1]Katedra zoológie a antropológie, FPV UKF, Nábrežie mládeže 91, 949 74 Nitra
[1] ajakubikova13@gmail.com, [2] anna.sandanusova@gmail.com

Abstrakt
Náš článok je orientovaný na overenie modelov vyučovacích hodín a vedomostí žiakov 3. ročníka na gymnáziách, na rozvíjanie kritického a tvorivého myslenia žiakov a na zefektívnenie a zmodernizovanie vyučovacieho procesu biológie na gymnáziách. Prvá teoretická časť je orientovaná na charakteristiku kritického myslenia a didaktických testov. Praktická časť obsahuje tri overené modely vyučovacích hodín z tematického celku Obehová sústava človeka. V rámci modelov sú využité digitálne technológie, demonštrácie, didaktické hry a široké spektrum vyučovacích metód a foriem určených na rozvoj kritického a tvorivého myslenia vo všetkých troch fázach vyučovacieho procesu. Hlavným zámerom našej práce je u žiakov pomocou modelov čo najviac priblížiť odbornú terminológiu súvisiacu s Obehovou sústavou človeka a pomocou vhodných vyučovacích metód u žiakov rozvíjať kritické a tvorivé myslenie. Efektívnosť získaných vedomostí a rozvoj kritického myslenia a tvorivosti bola u žiakov vyhodnotená didaktickým testom.
Kľúčové slová: Kritické myslenie. Tvorivosť. Obehová sústava. Model. Didaktický test. Vyučovacia hodina.

Abstract
Our work is based on reviewing models of teaching lessons and knowledge of third grade high school students, on developing a critical and creative mindset of the students and for increasing the efficiency and modernization of the biology teaching process on high schools. The first theoretical part is based on characterizing critical thinking and didactic tests. The practical part is constructed from three credible lesson models of the Human circulatory system topic whole. Digital technologies, demonstrations, didactic games and a wide variety of teaching methods and forms intended for developing critical and creative thinking in all three phases of the teaching process are implemented within the lesson models. The main focus of our work is to bring student closer to the expert terminology of their field relevant to the Human circulatory system topic with the help of suitable teaching techniques improve critical and creative thinking in students. The effectiveness of the students gained knowledge and improvement in critical thinking and creativity was evaluated by a didactic test.
Keywords: Critical Thinking. Creativity. Circulatory System. Model. Didactic test. Lesson.

Úvod

Kritické myslenie je proces, ktorý umožňuje žiakom selektovať a hodnotiť veľké množstvo informácií. U žiakov sa pri kritickom myslení rozvíja spôsobilosť hodnotiť veci a javy, ale taktiež aj schopnosť hodnotiť seba a iných. Kritické myslenie patrí medzi dôležité kognitívne schopnosti človeka, resp. žiakov.

V poslednej dobe môžeme zaznamenať väčší záujem o problematiku podpory a rozvoja kritického myslenia žiakov slovenských škôl. K zvýšeniu záujmu došlo po zverejnení výsledkov medzinárodných meraní OECD PISA, ktoré prebiehali v roku 2015 a pre Slovensko v porovnaní s ostatnými krajinami dopadli tieto merania nepriaznivo. V slovenskom školstve je dlhodobým problémom otázka: *„Ako naučiť žiakov správne sa učiť, ako využívať a spájať predošlé vedomosti a ako správne logicky vyvodzovať nové poznatky z predošlých vedomosti?“*. Pri tejto otázke ide najmä o kritické myslenie. Súčasní žiaci sú postavení pred veľkú ponuku v oblasti poznávania pomocou informačných technológií. Od učiteľov sa preto vyžaduje systematický prístup, aby žiakov naučili správne triediť a hodnotiť veľké množstvo rozličných informácií.

Z tohto dôvodu sme sa rozhodli vypracovať náš článok určený najmä pre študentov učiteľstva, ale aj

učiteľov biológie, ktorá je venovaná možnostiam rozvoja kritického myslenia prostredníctvom modelov vyučovacích hodín. Modely sú zamerané na predmet Biológia, konkrétne na tému: Obehová sústava človeka. V rámci modelov sú využité rozličné moderné aktivizujúce vyučovacie metódy, didaktické hry a učebné úlohy zamerané na rozvoj kritického a tvorivého myslenia žiakov. Všetky modely sú určené pre žiakov 3. ročníka gymnázií.

1 Kritické myslenie

Kritické myslenie je proces, pomocou ktorého ľudia dokážu sami hodnotiť rozličné informácie. Ľudia, ktorí dokážu pri riešení rozličných problémov dospieť k spoľahlivým záverom založeným na faktoch, ktoré mali počas riešenia k dispozícii, hovoríme, že majú veľmi dobre vyvinutú schopnosť kriticky myslieť. Ľudia s dobre vyvinutým kritickým myslením dokážu riešiť problémy bez pomoci iných ľudí, pričom dospievajú k spoľahlivým záverom. V súčasnej dobe je veľmi dôležité, aby učitelia počas vyučovacích hodín u žiakov rozvíjali schopnosť kriticky myslieť a uvažovať [1].

Stratégie a metódy využívané na rozvoj kritického myslenia sú vysvetlené v rozličných metodických príručkách, časopisoch a publikáciách. Medzi najznámejšie stratégie na rozvoj kritického myslenia patri Stratégia E-U-R. K najznámejším vyučovacím metódam s rovnakou funkciou patrí napríklad Brainstorming, Clustering alebo Cinquain [2].

Všetky tri písmena názvu Stratégia vyučovania a učenia E-U-R majú svoj význam. Predstavujú tri činnosti uskutočňované počas vyučovacieho procesu. Písmeno E predstavuje evokáciu, písmeno U uvedomenie si významu a písmeno R predstavuje reflexiu [3].

1.1 Didaktické testy

Na zisťovanie kvantity a kvality vedomostí žiakov učitelia využívajú didaktické testy. Sú to moderné prostriedky slúžiace taktiež aj na zisťovanie kompetencií učiacich sa žiakov. U učiteľov veľmi často dochádza k zámene didaktických testov a písomných skúšok. Pri klasických písomkách učitelia často nevedia zdôvodniť prečo daná písomka obsahuje práve tie úlohy a nie iné alebo prečo obsahuje len štyri úlohy a nie napríklad osem. Učiteľ nevie určiť reliabilitu ani validitu danej písomky. Aby bola písomka didaktických testom musí učiteľ poznať zdôvodnenie nasledujúcich otázok: *Koľko úloh má didaktický test obsahovať? Prečo sú v didaktickom test dané úlohy a nie iné? Akú má didaktický test validitu a reliabilitu?*. Keď učiteľ vie odpoveď na všetky otázky písomka sa stáva didaktickým testom [4].

Didaktické testy v porovnaní s písomkami obsahujú väčší počet úloh. Tieto úlohy sú navrhované tak, aby ich vyriešenie nebolo časovo náročné, pričom sa však nenarúša náročnosť ich riešenia. Jednotlivé úlohy didaktického testu môžu riešiť všetci žiaci jednej triedy alebo aj žiaci viacerých tried [5].

Súčasťou didaktických testov sú učebné úlohy, ktoré majú viacero dôležitých funkcií. Pomáhajú pri budovaní kognitívnych funkcií žiakov, umožňujú získavanie nových vedomostí a zručností, pomáhajú pri opakovaní a precvičovaní novo preberaného učiva. Pomocou nich žiaci získavajú zručnosti pri práci s odbornou literatúrou a učia sa sami vyhľadávať informácie. Vďaka učebným úlohám sa žiaci učia riešiť problémy, pomocou ktorých sa u nich rozvíjajú myšlienkové operácie [6].

2 Materiál a metodika práce

K splneniu hlavného a čiastkových cieľov daného článku došlo vďaka viacerým dôležitým postupom. Všetky postupy boli počas konzultačných hodín dôkladne premyslené a naplánované.

Prvým z čiastkových cieľov bolo preštudovanie rozličných pedagogických dokumentov. Konkrétne išlo o školský vzdelávací program, učebné osnovy z predmetu Biológia určených pre žiakov 3. ročníka štvorročných gymnázií a obsahový, výkonný a maturitný vzdelávací štandard. Po preštudovaní všetkých dokumentov sme získali informácie o učive s témou Obehová sústava človeka vyučovanou v 3. ročníku gymnázií. Súčasne sme navštívili knižnice, kde sme vyhľadali a zhromaždili potrebnú domácu a zahraničnú odbornú literatúru. Sústredili sme sa na literatúru zameranú na kritické myslenie, didaktické testy a obehovú sústavu človeka.

Následne sme vytvorili a na základe pilotného overenia upravili modely vyučovacích hodín. Pri tvorbe modelov sme preštudovali učebnicu biológie pre žiakov 3. ročníka gymnázií od autorky Ušákovej (2010). V súlade s predkladanými pedagogickými dokumentmi sme vytvorili cvičenia, učebné texty, pracovné listy a aktivity na rozvoj kritického myslenia žiakov.

Na overenie efektívnosti vytvorených modelov sme využili didaktický test s učebnými úlohami vystihujúcimi obsah modelov. Didaktický test sme dali žiakom prvý krát vypracovať pred odučením modelov ako pred-test. Tento pred-test mal zistiť doterajšie vedomosti žiakov o obehovej sústave človeka. Po odučení modelov a uplynutí troch týždňov sme dali žiakom bez upozornenia vypracovať rovnaký didaktický test ako post-test. Výsledky oboch testov sme porovnali a posúdili sme, či sa u žiakov zlepšila úroveň vedomostí, vďaka modelom s úlohami na

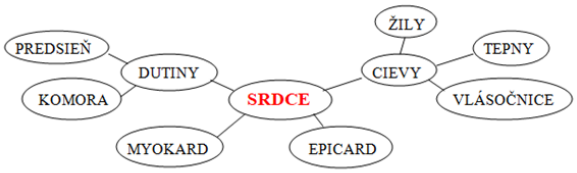
rozvoj kritického myslenia. Náš výskum prebiehal na Gymnáziu v Partizánskom v triede 3.B.

Na záver sme výsledky nášho výskumu graficky znázornili a na základe týchto výsledkov sme vyvodili závery.

2.1 Najdôležitejší ľudský orgán

Evokácia

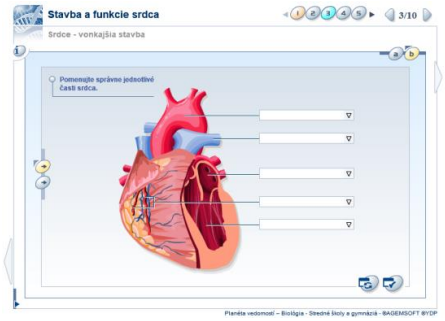
Učiteľ využije vyučovaciu metódu na rozvoj kritického myslenia Clustering. Do stredu veľkého papiera napíše učiteľ slovo srdce a zvýrazní ho v bubline. Úlohou žiakov je napísať na ten istý papier, čo najviac asociácií, ktoré ich napadnú pri pojme srdce. Žiaci tieto slová taktiež zvýrazňujú v bublinách a spájajú ich pomocou čiar alebo šípok na základe istých vzťahov. Z asociácii žiakov sa postupne na papieri vytvorí pojmová mapa.



Obr. 1 Ukážka pojmovej mapy [7]

Uvedomenie si významu

Učiteľ využije metódu rozhovoru, výkladu a demonštrácie. Uvedomenie si významu bude zložené z dvoch častí. Prvá časť bude trvať približne dvadsať minút a bude mať formu výkladu zameraného na tému Srdce. Počas výkladu bude učiteľ využívať rôzne animácie a cvičenia z internetového portálu Planéta vedomostí. Tieto cvičenia slúžia k zvýšeniu aktivity žiakov a keďže žiaci získavajú vedomosti ich vlastnou aktívnou činnosťou, tieto vedomosti budú omnoho trvácnejšie a žiaci ich v prípade potreby ľahšie vyvolajú z pamäti a použijú v situácii.



Obr. 2 Ukážka **c**vičenia na stavbu a funkciu srdca [8]

V druhej časti učiteľ využije bádateľsky orientované vyučovanie s využitím interaktívnej demonštrácie. Pri vykonávaní demonštrácie učiteľ kladie žiakom nasledujúce otázky: *„Viete, aké faktory sa podieľajú na vzniku srdcového infarktu?, Vysvetlite aké sú príčiny aterosklerózy.“*

Od žiakov učiteľ očakáva správne odpovede a vysvetlenia, ktoré následne preukáže pomocou experimentu. Učiteľ si pripraví dve hadičky, ktoré budú predstavovať krvné cievy. Jednu z hadičiek upchá pomocou vaty. Táto hadička bude predstavovať cievu, ktorá má na vnútornej vrstve steny ložiská s tukovými látkami. Následne do oboch hadičiek naleje rovnakú červenú tekutinu predstavujúcu krv. Cez hadičku, ktorá je upchatá pomocou vaty, teda cez cievu s tukovými látkami krv pretekať nebude. Vďaka tomuto experimentu žiaci omnoho ľahšie pochopia hlavnú príčinu aterosklerózy.

Reflexia

V poslednej časti vyučovacej hodiny si učiteľ overí efektivitu jeho výkladu. Overenie vykoná pomocou vopred pripraveného pracovného listu s úlohami týkajúcimi sa nového učiva.

Učiteľ taktiež využije vyučovaciu metódu Cinquain rozvíjajúcu kritické myslenie a tvorivosť. Úlohou žiakov bude vypracovať päťveršovú báseň. Pred vypracovaním učiteľ žiakom určí obsah jednotlivých veršov. Prvý verš obsahuje jednoslovné pomenovanie témy (1 podstatné meno), druhý verš obsahuje opis témy (2 prídavné mená), tretí verš obsahuje činnosť zodpovedajúcu téme (3 slovesá), štvrtý verš obsahuje štvorslovný výraz o hlavnej myšlienke témy a piaty verš obsahuje jednoslovné synonymum rekapitulujúce podstatu témy.

Učiteľ zadá žiakom tému básničky – Krv. Na vytvorenie básne im dá približne 3 minúty. Následne vyberie 3 žiakov, ktorí svoje básne prečítajú. Po súhlase žiakov sa môžu básne zverejniť na nástenke v triede.

Tekutina,
červená, dôležitá,
zbiera, transportuje, distribuuje,
plní veľa dôležitých funkcii,
KRV.

Obr. 3 Ukážka básne [7]

2.2 Potrubie plné krvi

Evokácia

Jedným zo zámerov učiteľa v motivačnej časti vyučovacieho procesu je zistiť, koľko vedomostí si žiaci zapamätali z predchádzajúcich hodín zameraných na témy Krv a Srdce. Ďalším zámerom učiteľa je vyvolať u žiakov záujem o nové učivo. Učiteľ na zopakovanie a zvýšenie motivácie využije didaktickú hru Bingo.

Učiteľ musí vopred pripraviť tabuľku s deviatimi políčkami s pojmami týkajúcimi sa krvi a srdca človeka. Zároveň si učiteľ musí pripraviť aj otázky s odpoveďami nachádzajúcimi sa v tabuľke. Na vyučovacej hodine učiteľ rozdá žiakom tabuľky a postupne im číta jednotlivé otázky. Úlohou žiakov je odpovedať na tieto otázky vyškrtávaním správnych pojmov. Žiak, ktorý prvý nájde bingo, to znamená vyškrtá všetky pojmy v jednom riadku, stĺpci alebo v diagonálnom smere získa malú jednotku.

Otázky ku hre Bingo:

1. Čo tvorí základ srdcového svalu?
2. Ktoré krvné telieska vznikajú v červenej kostne dreni?
3. Ako sa nazýva blanitý vak, v ktorom je uložené srdce?
4. Akým odborným pojmom označujeme stiahnutie srdcového svalu?
5. U ktorých bielych krviniek sledujeme po zafarbení cytoplazmy drobné hrudky?

SYSTOLA	GRANULOCYTY	AORTA
HEMATOKRIT	MYOKARD	ERYTROCYTY
PERICARD	ENDOKARD	TROMBOCYTY

Obr. 4 Tabuľka ku hre Bingo [7]

Uvedomenie si významu

Cieľom učiteľa v hlavnej časti vyučovacej hodiny je vysvetliť žiakom nové učivo týkajúce sa krvných ciev, pomocou metódy Jigsaw. Pri tejto metóde sa u žiakov rozvíjajú najmä komunikačné zručnosti. Žiaci počas metódy Jigsaw pracujú v skupinách, v rámci ktorých je nevyhnutá spoločná komunikácia.

Učiteľ žiakov rozdelí do troch skupín s rovnakým alebo podobným počtom žiakov. Každej skupine dá učebný text s obsahom týkajúcim sa krvných ciev. Každá skupina však dostane od učiteľa rozdielny text. Prvá skupina dostane učebný text o tepnách, druhá skupina učebný text zameraný na žily a posledná skupina dostane učebný text o vlásočniciach.

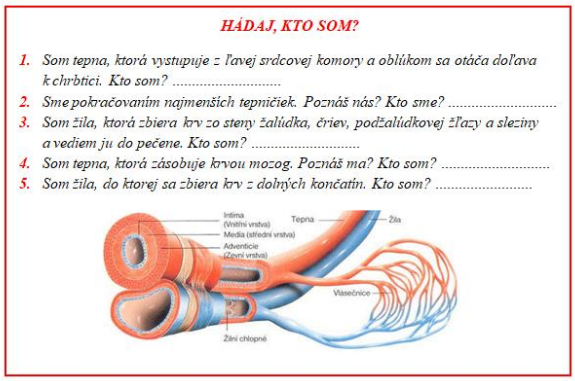
Žiaci si musia v rámci skupiny najskôr učebný text preštudovať jednotlivo a potom o ňom diskutovať v rámci skupiny. Počas diskusie sa v rámci skupiny stávajú tzv. expertmi na ich tému. Následne sa žiaci v skupinách vymenia tak, aby v každej skupine zostal jeden expert na danú tému. Tento expert tému následne vysvetlí novým členom skupiny, diskutuje s nimi a odpovedá na prípadné otázky. Žiaci sa vymieňajú v skupinách dovtedy, pokým nemajú všetci žiaci vysvetlené všetky témy.

Reflexia

V záverečnej časti vyučovacej hodiny učiteľ overí, či žiaci novému učivu o žilách, tepnách a vlásočniciach porozumeli a koľko si z neho zapamätali. Na overenie využije vyučovaciu metódu s názvom Sumarizácia.

Pri tejto vyučovacej metóde je úlohou žiakov najskôr vypísať z učebných textov kľúčové slová. Následne musia k vypísaným slovám napísať krátke vysvetlenia. V prípade dostatku času môžu žiaci z kľúčových slov vytvoriť pojmovú mapu.

Následne učiteľ rozdá žiakom cvičenie, ktoré majú vypracovať na domácu úlohu. Každý žiak dostane papier s hádankami týkajúcimi sa nového učiva. Úlohou žiakov je na tieto hádanky odpovedať.



Obr. 5 Ukážka cvičenia na domácu úlohu [7]

2.3 Naučme sa viac o obehovej sústave

Evokácia

V tejto časti vyučovacej hodiny učiteľ v rýchlosti so žiakmi zopakuje prevodovú sústavu srdca, ktorá robila žiakom na predchádzajúcich hodinách najväčšie problémy. Na toto zopakovanie využije didaktickú hru Poprehadzované vety.

Učiteľ si vopred pre žiakov pripraví papiere s poprehadzovanými vetami opisujúcimi prevodovú sústavu srdca. Úlohou žiakov je, čo najrýchlejšie usporiadať vety do správneho poradia.

PREVODOVÝ SYSTÉM SRDCA

1. Z neho vychádza predsieňovo-komorový zväzok (Hisov zväzok).
2. Prevodová sústava srdca začína na začiatku pravej predsiene sínusovo-predsieňovým uzlom.
3. Odtiaľ prechádza svalovinou predsiene k predsieňovo-komorovému uzlu.
4. Je to tkanivo, ktoré ma schopnosť vyvolávať tvorbu vzruchov.
5. Na jej konci sa nachádzajú Purkyněho vlákna.

Obr. 6 Cvičenie – Poprehadzované vety [7]

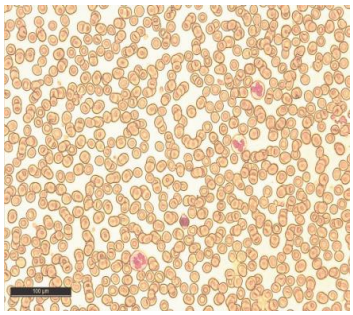
Uvedomenie si významu

Táto časť vyučovacej hodiny bude prebiehať formou nasmerovaného bádania. Učiteľ si musí so

žiakmi vopred pripraviť nasledovné pomôcky: *fotografia krvných elementov, škrob, destilovaná voda, krupica, kadičky, skúmavka, odmerka, lyžička, koráliky (2 farby), stopky, saponát.* Daná časť vyučovacej hodiny sa bude skladať z dvoch častí

1. časť – Krvný obraz:

Učiteľ ukáže žiakom fotografiu a úlohou žiakov bude opísať zobrazené objekty. Žiaci majú k objektom, ktoré vidia vysloviť predpoklad, čo tieto objekty znázorňujú a tento predpoklad overiť obrázkami krvných elementov, ktoré nájdu na internete.



Obr. 7 Krvný rozter [9]

Učiteľ v tejto časti od žiakov vyžaduje, aby vymysleli spôsob na zisťovanie počtu krviniek v istom objeme krvi. Úlohou žiakov je navrhnúť model, vďaka ktorému vysvetlia postup.

Žiaci môžu počas hľadania návrhov riešenia dospieť k nasledujúcej možnosti:

1. Žiaci nahradia krvinky korálikmi a naplnia nimi litrovú nádobu. Žiaci samostatnou prácou prídu nato, že postačí keď zrátajú koráliky napríklad v 100 ml nádobe a zistení výsledok prepočítajú na celý objem [10].

2. časť – Sedimentácia:

Úlohou žiakov je vybrať si z pripravených pomôcok na základe vlastného posúdenia tie, ktoré sú potrebné pri pokuse určenom na pozorovanie rýchlosti usadzovanie (sedimentácie). Žiaci počas pokus pozorujú, ktoré častice sa usadili rýchlejšie a rozmýšľajú prečo. Žiaci si ako model môžu môže pripraviť častice rôznej veľkosti v kvapaline.

Obr. 8 Sedimentovaná krv [9]

Nakoniec učiteľ od žiakov vyžaduje aby definovali vlastnú hypotézu, z akého dôvodu sa pri zápale v tele usadzujú červené krvinky usadzujú rýchlejšie. Žiaci by mali smerovať k nasledujúcej hypotéze: *„Rýchlosť usadzovania krviniek závisí od viskozity krvnej plazmy, ktorá závisí od zastúpenia plazmových bielkovín. Pri ochoreniach, teda pri zápale sa z dôvodu silnej imunitnej reakcie mení v plazme zastúpenie bielkovín, takže sa mení aj viskozita krvnej plazmy.“* [10]. Počas vytvárania hypotéz učiteľ žiakov usmerňuje aby dospeli k správnemu záveru.

Reflexia

Na záver učiteľ využije problémové vyučovanie, pri ktorom u žiakov rozvíja najmä kritické a tvorivé myslenie. Učiteľ žiakom zadá nasledujúcu problémovú úlohu: *„Stala sa vážna dopravná nehoda a šofér stratil veľké množstvo krvi. Šoférovi hrozí zlyhanie orgánov a z dôvodu nedostatku kyslíka mozgová smrť. Momentálne však nie je k dispozícii krv, ktorá by daného pacienta zachránila. Mohla by tohto pacienta zachrániť umelá krv?“*

Pri riešení problémovej úlohy žiaci/skupinky žiakov môžu využiť odbornú literatúru a internet. Pri vyhľadávaní informácií by mali dospieť k nasledovnému riešeniu: Umelá krv obsahuje častice porovnateľné s červenými krvinkami, ktoré pôsobia ako kyslíkové nosiče. Vedci túto krv doposiaľ testovali na desiatich králikoch, ktorí stratili veľké množstvo krvi a šesť z desiatich pokusov dopadlo dobre a neboli zistené žiadne vedľajšie účinky. Vedci na základe týchto zistení veria, že sa vďaka umelej krvi podarí zachrániť veľa ľudských životov. Pokiaľ táto krv prejde klinickými testami na ľudskými pacientoch, môže sa začať ihneď využívať. Umelá krv by sa mohla podať hneď po zranení, a to skôr ako bude pacient prevezený do nemocnice, pretože podľa vedcov zisťovanie krvnej skupiny už vôbec nebude nutné.

Po chvíľkovom uvažovaní skupiniek žiakov o problémovej úlohe, tieto skupinky prednesú svoje riešenia pred celou triedou. O jednotlivých riešeniach začnú žiaci krátku diskusiu. Počas diskusie učiteľ žiakov pozoruje a v prípade potreby ich usmerňuje k správnemu riešeniu.

3 Priebeh výskumu

Výskum sme robili pomocou 2 rovnakých didaktických testov. Testové úlohy zahŕňali učivo zo všetkých modelov vyučovacích hodín zameraných na tému Obehová sústava človeka. Pri tvorbe testových úloh sme si dávali pozor, aby úlohy boli zrozumiteľné, aby sme zápor v otázkach zvýraznili a aby riešenie jednej úlohy neumožňovalo riešenie ďalšej úlohy.

Výskumu sa zúčastnilo 24 žiakov 3.B triedy Gymnázia Partizánske. Na vypracovanie didaktického testu mali žiaci jednu vyučovaciu hodinu, čiže 45 minút a mohli získať maximálne 20 bodov.

3.1 Úlohy v rámci didaktického testu

V rámci didaktického testu sme využili viaceré typy učebných úloh. Išlo o otvorené aj zatvorené učebné úlohy. Tieto úlohy sme v didaktickom teste logicky usporiadali na základe ich náročnosti.

Na začiatku didaktického testu sme využili úlohu s výberom odpovede s negáciou v zadaní. Úlohou žiakov bolo vybrať jednu správnu odpoveď z ponúkaných možností. Táto úloha rozvíja vyššie kognitívne schopnosti žiakov. Ďalej sme v didaktickom teste využili dichotomickú úlohu, v ktorej mali žiaci vybrať z dvoch možností, a to či súhlasia alebo nesúhlasia s predloženými tvrdenia. Následne sme opäť využili učebnú úlohu, v ktorej žiaci mali vybrať a podčiarknuť správne odpovede. V tomto prípade bolo správnych viacero odpovedí. Úloha bola náročná preto lebo nemali určené koľko vrstiev srdca majú podčiarknuť, museli na tento počet prísť sami.

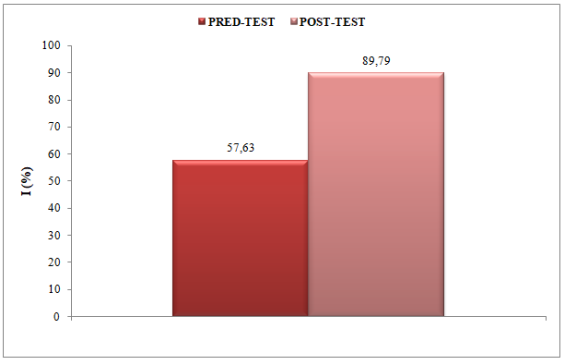
V strednej časti didaktického testu sme využili problémovú úlohu, pri ktorej sa u žiakov rozvíja kritické myslenie. Žiaci mali na základe prečítania textu odpovedať na otázky, ktoré s ním súviseli. V tejto časti sme následne využili úlohu, v ktorej žiaci mali usporiadať pojmy na základe logickej postupnosti. Ďalej sme využili priraďovaciu úlohu. Žiaci mali pri nej k dispozícii dva stĺpce pojmov, ktoré museli navzájom spájať na základe nejakej podobnosti. V jednom stĺpci sa však nachádzalo viacej pojmov, aby žiaci museli kriticky uvažovať. Nakoniec sme v strednej časti testu využili úlohu, pri ktorej mali žiaci posúdiť, ktoré z ponúkaných výrokov sú pravdivé a v nesprávnych výrokoch mali označiť nesprávne slová a nahradiť ich správnymi, čo tiež rozvíja ich kritické myslenie.

V závere didaktického testu sme využili zložitejšie otvorené úlohy. Najskôr sme využili doplňovaciu úlohu. V tabuľke sme vynechali niektoré okná a úlohou žiakov ich bolo doplniť. Nakoniec sme využili úlohu grafickú. Do obrázkov srdca museli žiaci dopísať ku šípkam názvy tepien a žíl srdca.

4 Výsledky a diskusia

Na začiatku písania článku sme utvorili predpoklad, ktorý hovorí, že na lepšie pochopenie a dlhodobejšie zapamätanie učiva vplýva vlastná aktívna činnosť žiakov. Žiaci si učivo omnoho jednoduchšie zapamätajú a dlhšie uchovajú v pamäti pri názornom vyučovaní, pretože vtedy zapájajú všetky zmysly. Pri vyučovacích metódach a učebných úlohách určených najmä na rozvoj kritického myslenia a tvorivosti dochádza taktiež k zapájaniu všetkých zmyslov a k efektívnejšiemu osvojovaniu si poznatkov. Z tohto dôvodu sme predpokladali, že nami vytvorené modely vyučovacích hodín budú pozitívnym faktorom a žiaci vďaka nim učivu jednoduchšie porozumejú a dlhšie si ho zapamätajú. Okrem toho sme predpokladali, že modely vyučovacích hodín budú zvyšovať pozornosť žiakov počas celej vyučovacej hodiny.

V rámci výskumu sme dali žiakom najskôr vypracovať pred-test, ktorý mal zistiť aké vedomosti majú žiaci o obehovej sústave zo základnej školy a z predchádzajúcich ročníkov. Následne sme odučili modely vyučovacích hodín. Po uplynutí troch týždňoch od odučenia modelov sme dali žiakom bez upozornenia vypracovať rovnaký didaktický test ako post-test. Nakoniec sme získané výsledky z pred-testu a post-testu zapísali do tabuľky, graficky ich znázornili a porovnali. Tieto výsledky nám ukazujú k akej zmene vedomostí došlo u daných žiakov, teda či sa u žiakov došlo k zlepšeniu alebo zhoršeniu ich vedomostí.



Obr. 9 Porovnanie výsledkov pred a post testu [7]

Výsledky didaktických testov, ktoré sme znázornili v grafe nám dokazujú, že žiaci dosiahli v post-teste omnoho lepšie výsledky ako pred- teste. Priemerná úspešnosť žiakov v pred-teste bola 11,48 bodov, čiže 57,63% a priemerná úspešnosť žiakov v post-teste bola 17,92 bodov, čiže 89,79%. Rozdiel vo výsledkoch žiakov je v priemere o 6,44 bodov, čiže o **32,16%.**

Z týchto výsledkov sme posúdili, že žiaci si vedomosti zachovávajú omnoho dlhšie v pamäti a vedia ich v prípade potreby využiť vďaka vyučovacím metódam, učebným úlohám, didaktickým hrám a experimentom na rozvoj kritického myslenia.

Záver

Počas vzdelávacieho procesu je jedným z hlavných cieľov rozvoj všeobecného myslenia žiakov, kam zaraďujeme najmä schopnosť kriticky myslieť a uvažovať. Z tohto dôvodu sme sa rozhodli

vypracovať predložený článok s modelmi určenými práve na rozvoj kritického myslenia a vedomostí.

Hlavným cieľom teoretickej časti článku je pospájať a dať do súvislostí rôzne oblasti, ktoré ovplyvňujú rozvoj kritického myslenia a tvorivosti žiakov. Z nášho pohľadu kritické myslenie predstavuje veľmi zložitý proces myšlienkových operácií, v ktorom sa žiaci učia pracovať s prijatou myšlienkou v širokých súvislostiach a dospieť k záverom bez pomoci iných ľudí, pričom vedia svoj záver odôvodniť a argumentovať.

V praktickej časti článku sme po preštudovaní štátnych vzdelávacích programov a učebnice biológie od Ušákovej (2010) vytvorili, resp. upravili po pilotnom overení modely vyučovacích hodín na tému Obehová sústava. V modeloch sme sa zamerali najmä na vyučovacie metódy, učebné úlohy, didaktické hry a bádateľské vyučovanie zamerané na rozvoj kritického myslenia. Modely sme odučili na Gymnáziu Partizánske v 3.B triede ako súčasť nášho výskumu, ktorý sme vyhodnocovali pomocou didaktického testu s otázkami vychádzajúcimi z daných modelov.

Z analýzy výskumu, resp. didaktických testov vyplýva, že u žiakov dochádza k zlepšeniu vedomostí, vďaka daným modelom vyučovacích hodín. Vyučovacie metódy, učebné úlohy, didaktické hry a experimenty využité v rámci modelov spestrili vyučovací proces, motivovali a zvýšili aktivitu žiakov a žiaci získali nové vedomosti vlastnou aktívnou činnosťou, čím sú ich získané vedomosti omnoho trvácnejšie. Výsledky výskumu sme nakoniec pre prehľadnosť spracovali v tabuľke a grafe. Vďaka predloženým výsledkom výskumu považujeme nami vytvorený predpoklad za potvrdený.

Hoci je rozvoj kritického myslenia žiakov v Štátnom vzdelávacom programe ako jedna z hlavných požiadaviek, v slovenských podmienkach často nedochádza k rozvoju tejto dispozície. Preto chceme v úplnom závere zdôrazniť dôležitosť využívania vyučovacích metód, učebných úloh, didaktických hier a bádateľských aktivít počas vyučovacieho procesu, pretože u žiakov vtedy dochádza k lepšiemu, rýchlejšiemu a trvácnejšiemu zapamätaniu nových poznatkov. Výskumom sme overili, že dané modely môžeme považovať za vhodné a ľahko využiteľné v slovenskom školstve a dúfame, že ich využijú v praxi začínajúci učitelia, ale aj súčasní pedagógovia a budú im veľmi dobrou pomôckou pri vyučovaní biológie.

Poďakovanie

Moje poďakovanie najmä patrí školiteľke PaedDr. Anne Sandanusovej, Ph.D. za jej odbornú pomoc, cenné rady, dôležité pripomienky a ochotu pomôcť pri písaní tohto článku.

Taktiež by som sa chcela poďakovať vedeniu školy Gymnázia Partizánske, môjmu cvičnému učiteľovi a žiakom 3.B triedy, ktorí mi umožnili uskutočniť výskum opisovaný v rámci článku.

Práca je súčasťou projektu APVV-15-0368 Prax v centre didaktiky, odborová didaktika v Centre praktickej prípravy.

Použitá literatúra

[1] Royal B. (2015) Principy kritického myšlení. Euromedia Group, a. s. – Ikar, Praha, s. 158
[2] Kosturková M. (2016) Rozvoj kritického myslenia žiakov stredných škôl. Vydavateľstvo Prešovskej univerzity, Prešov, s. 110
[3] Maňák J. (2006) Výukové metódy a školní vzdelávací programy. Paido, Brno, s. 178
[4] Turek I. (2014) Didaktika. Wolters Kluwer, s. r. o., Bratislava, s. 139
[5] Kalhous Z. (2002) Školní didaktika. Portál, Praha, s. 210
[6] Skalková J. (2007) Obecná didaktika. Grada Publishing, a. s., Praha, s. 124
[7] Jakubíková A. (2020)
[8] www.planetavedomosti.iedu.sk
[9] www.statpedu.sk
[10] Klimáková K. (2005) Bádateľské aktivity v prírodovednom vzdelávaní. Štátny pedagogický ústav, Bratislava, s. 53
[11] Ušáková, K. a kol. (2010) Biológia pre gymnáziá 6. EXPOL PEDAGOGIKA, s. r. o., Bratislava, s. 104

Aplikácia aktivizujúcich metód vo vyučovaní tematického celku Hormonálna regulácia na gymnáziách

The application of dynamic methods in teaching of the thematic part The hormone regulation at the grammar schools

Terézia Hodálová[1]
Školiteľ: Anna Sandanusová[2]
[1] Katedra zoológie a antropológie, FPV UKF, Nábrežie mládeže 91, 949 74 Nitra
[1] terezia.hodalova@student.ukf.sk, [2] asandanusova@ukf.sk

Abstrakt

Hodina biológie nemusí byť vyučovaná len tradičnou formou. Existuje veľké množstvo moderných spôsobov vyučovania, ktoré môžu zmeniť nezáživné vyučovanie na zaujímavé. Biológia je predmet, ktorý často žiaci vnímajú ako náročný a ťažko naučiteľný. Avšak je to predmet, ktorý ponúka širokú paletu možností ako ho vyučovať. Práve vďaka využívaniu rôznych aktivizujúcich metód, dokáže učiteľ vyučovať hodinu kreatívne a moderne. Učitelia by sa mali neustále vzdelávať a rozvíjať svoje vedomosti v profesionálnej oblasti, pretože vtedy dokážu žiakom zaujímavo priblížiť rôzne novinky. Odborné znalosti učiteľov ovplyvňujú nielen kvalitu výučby ale aj výsledky žiakov. V našom článku sme sa snažili poukázať na aplikáciu aktivizujúcich metód v konkrétnom tematickom celku, ktorým je Hormonálna sústava. Predstavili sme dva modely zamerané na rozvíjanie vyšších kognitívnych schopností žiakov, ktoré sa dajú využiť na hodinách biológie na gymnáziách.

Kľúčové slová: biológia, didaktika, vyučovacie metódy

Abstract

The biology classes are often taught only in the traditionally way. There is a large number of new modern possibilities which can change ordinary lessons into the interesting ones. The biology is often takes for difficult subject which is hardly learnt by students. This subject offers the wide range of ways, how to teach it. Teachers can prepare the interesting activities using creative methods. The biology teachers should constantly obtain new knowledge and develop their competences to provide students the newest pieces of knowledge in attractive way. The proficiency of teachers affects the quality of their teaching as well as the results of students.

In this article we suggested the application of dynamic methods in the thematic part named The hormone system. We presented two models which help to evolve cognitive abilities of students. These models are applicable for biology lessons at the grammar schools.

Key Words: biology, didactics, schooling methods

Úvod

Škola je jedným z najdôležitejších faktorov, ktoré vplývajú na rozvoj osobnosti každého človeka. Učitelia majú veľkú zodpovednosť za vzdelanie svojich žiakov a preto je dôležité, aby boli odborníkmi vo svojom obore. Každý učiteľ by mal počas vyučovania žiakom zabezpečiť dostatočné množstvo podnetov a situácií, ktoré dokážu rozvíjať ich kognitívne schopnosti, logické myslenie a tvorivosť. Práve tieto atribúty sú zahrnuté v Bloomovej taxonómii cieľov, ktorú budeme využívať pri tvorbe modelových vyučovacích hodín. Inovovaná taxonómia cieľov podľa Blooma je založená na šiestich úrovniach osvojovania si učiva, na základe čoho sú priradené jednotlivé ciele. Okrem cieľov učiteľ využíva na zefektívnenie edukačného procesu vhodné vyučovacie metódy. Ide konkrétne o aktivizujúce metódy, ktoré musia byť vhodné použité a zoradené, aby plnili svoju úlohu vo vyučovaní. Učiteľ má možnosť vďaka týmto prostriedkom vytvoriť hodinu, ktorá bude zaujímavá, obohacujúca a motivujúca pre žiakov.

1 Heterogénnosť žiakov v triede

Pri vytváraní prípravy na vyučovaciu hodinu, musí učiteľ brať do úvahy viacero aspektov. Jedným z nich je aj heterogénnosť žiakov v triede. Ak chceme, aby sme dosiahli úspešnosť vyučovacej hodiny, je potrebné zamerať sa na všetkých žiakov a na ich individuálne požiadavky. Triedu môžu tvoriť nielen nadaní žiaci ale aj žiaci so špeciálnymi vzdelávacími potrebami, prípadne žiaci z menej podnetného prostredia. Odlišujú sa nielen v intelektuálnych

schopnostiach ale aj v citovej sfére, záujmoch, názoroch, postojoch, zručnostiach atď. Heterogénne zloženie triedy učí žiakov sociálnym zručnostiam ako sú rešpekt, tolerancia a empatia. Tieto zručnosti nie sú potrebné len v prostredí školy ale aj pre život mimo nej. Pri výbere konkrétnych vyučovacích metód, učiteľ zvažuje okrem intelektuálnej úrovne, psychickej úrovne aj náročnosť preberaného učiva, časový rozvrh hodiny a materiálno- technické podmienky. Žiak zohráva vo vyučovacom procese úlohu spoluaktéra. To znamená, že pokiaľ učiteľ nebude klásť dôraz na individualitu žiakov, je pravdepodobné, že úspešnosť vyučovania nebude dostačujúca. Učiteľ sa počas edukačného procesu oboznamuje s optimálnymi spôsobmi zaradenia každého žiaka do žiackeho kolektívu, ale aj s metódami výučby pre čo najefektívnejšie osvojovanie si poznatkov [1].

2 Aktivizujúce metódy a ich klasifikácia

Kľúčovú úlohu vo výchovno-vzdelávacom procese zohráva poznanie vhodných vyučovacích metód, pretože od nich závisí akým smerom sa bude realizovať vyučovanie, činnosť učiteľa a učebná činnosť žiakov. Tradičné vyučovanie je charakteristické transmisívnosťou, čiže odovzdávaním informácií vo finálnej podobe, bez aktívneho zapájania žiaka do edukačného procesu. Takýmto spôsobom sa žiaci môžu naučiť rôzne fakty, prípadne sa naučiť automaticky používať určité postupy. Pokiaľ chceme učiť žiakov k samostatnej práci, tvorivosti a rozvíjať logické myslenie je potrebné zmeniť vyučovacie metódy do dynamickej formy [2]. Na hodine biológie sa najčastejšie využívajú slovné metódy, konkrétne monologické ako sú výklad, rozprávanie, vysvetľovanie, opis a prednáška. Ďalej sa využívajú názorné metódy ako napríklad demonštrovanie nejakého predmetu, javu a procesu prostredníctvom modelu a obrázkov alebo pozorovanie a exkurzia. Aktivizujúce metódy predstavujú také postupy, podľa ktorých sa vyučovanie uskutočňuje vlastnou učebnou prácou žiakov, pričom sa kladie dôraz na kritické myslenie a riešenie problémov s dosahovaním výchovno-vzdelávacích cieľov. Jedným z hlavných cieľov používania aktivizujúcich metód je učiť žiakov spolupracovať s ostatnými a riešiť rôzne problémové úlohy. Z toho vyplýva, že aktivizujúce metódy umožňujú žiakom využívať nielen individuálne učenie ale môžu sa zapájať aj do kooperatívneho učenia [3].

Kooperatívne vyučovanie sme aplikovali aj do nášho prvého modelu. Za výhodu kooperatívneho vyučovania považujeme rozvíjanie sociálnych zručností. Žiaci sa učia navzájom spolupracovať, akceptovať rôzne názory, zvyšuje sa ich záujem o spolužiakov, a napokon sa zlepšujú vzťahy aj v rôznorodých skupinách. Počas kooperatívneho vyučovania sa žiak dostáva do rôznych učebných situácií, čo rozvíja schopnosti kritického myslenia. Vyučovanie vyžaduje väčšiu sústredenosť na realizovanú činnosť [4].

Ako uvádza Maňák [5] aktivizujúce metódy možno rozdeliť nasledovne na diskusné metódy, heuristickú metódu, situačné metódy a didaktické hry. Bližšie popíšeme metódy, s ktorými sme pracovali pri tvorení modelových vyučovacích hodín.

Diskusné metódy- predstavujú základný prvok vyučovania, ale dajú sa realizovať vo viacerých variantoch ako napríklad diskusia počas prednášky, diskusia na základe referátu, diskusia v malých skupinách, reťazová diskusia a iné. Je to aktívna komunikácia medzi učiteľom a žiakom, pri ktorej si zúčastnení vymieňajú svoje názory na danú problematiku a spoločne nachádzajú riešenia problému. Keďže existuje veľa možností využitia tejto metódy, učiteľ si môže zvoliť adekvátnu formu pre svoj vyučovací predmet.

Didaktické hry – sú špecifickým typom aktivít**.** Didaktická hra by sa nemohla realizovať bez vopred stanoveného cieľa, pretože ak je zaradená vo vyučovacom procese musí rozvíjať kognitívnu, kreatívnu a sociálnu stránku žiaka. Učenie a hra sú úzko prepojené, spája ich pocit radosti a uvoľnenia pričom významnú úlohu zohráva motivácia. Vo vyučovacom procese možno využiť rôzne typy hracích aktivít od spoločenských, myšlienkových a učebných hier cez simulačné hry zamerané na riešenie prípadov, hranie rolí až po scénické hry. Začlenenie didaktických hier do výučby vyžaduje metodickú prípravu. Špecifickými hľadiskami metodickej prípravy je stanovenie cieľa hry, vytýčenie pravidiel hry, príprava pomôcok a materiálu, voľba vhodného hodnotenia, pričom sa berú do úvahy vedomosti, schopnosti a skúsenosti žiakov [5].

2.1 Metodika podporujúca kritické myslenie

Vo vyučovaní biológie môžeme využívať rôzne inovatívne postupy podporujúce rozvoj kritického myslenia žiakov. Jedným z nich je trojfázový model učenia EUR, ktorú uplatníme aj v našom modely. Rámec EUR je zameraný na zmysluplné osvojovanie si vedomostí, pri ktorom žiak musí hľadať spojitosti medzi jednotlivými informáciami a zapracováva ich do vlastnej pamäti. Tento proces pozostáva z troch fáz:

evokácia, uvedomenie a reflexia. Vo fáze evokácie sa učiteľ usiluje o prepojenie vedomostí z predošlej hodiny, aby si žiak spájal nové informácie s tými, ktoré si už pamätá [6]. Veľmi dôležité je žiakov motivovať vhodnými aktivitami, ktoré vzbudzujú záujem. Vo fáze uvedomenia učiteľ vystupuje ako pomocník a žiaci aktívne pracujú. V poslednej fáze reflexie sa učiteľ spolu so žiakmi vracajú k obsahu učiva, aby si ho upevnili. Kritické myslenie podporuje aj diskusia, keď si žiaci medzi sebou vymieňajú myšlienky a rôznorodé názory [7]. V tomto prípade učiteľ nesprostredkuje informácie ale sprevádza žiakov procesom učenia. Očakáva sa od žiakov aktívny prístup, pretože vtedy si osvojujú zručnosti pre celoživotné vzdelávanie a učia sa nielen nové učivo, ale aj spôsob ako sa učiť. Rámec EUR pomáha nielen žiakom ale aj učiteľom. Pomáha im najmä v tom, že spoznávajú schémy porozumenia a tvorivosť žiakov. Kritické myslenie slúži ako inštrument na prechod od povrchového k hĺbkovému učeniu, čiže porozumeniu učiva tak, že žiak dokáže vytvárať vlastné závery [8].

3 Materiál a metodika práce

Pri navrhovaní modelov vyučovacích hodín sme zvolili nasledujúci postup. Na začiatku sme si stanovili cieľ práce a oboznámili sa s odbornou literatúrou. Ďalej sme venovali pozornosť učebnici biológie pre gymnáziá, konkrétne tematickému celku Hormonálna regulácia. Po preštudovaní odbornej literatúry sme prešli k vytváraniu modelov.

Vytvorené modely sú určené pre študentov gymnázií a sú vypracované v súlade so štátnym vzdelávacím programom ISCED 3.

Nakoniec sme naše modely vyučovacích hodín odkonzultovali so školiteľkou.

4 Výsledky a diskusia

Výsledkom nášho príspevku sú dva modely vyučovacích hodín zamerané na využitie aktivizujúcich metód. V prvom modeli sme aplikovali kooperatívne vyučovanie s cieľom zapojiť do vyučovania všetkých žiakov, či už nadaných alebo so špeciálnymi vzdelávacími potrebami. Druhý model je vypracovaný s využitím trojfázového modelu učenia EUR, ktorý je členený na evokáciu, uvedomenie si významu a reflexiu. V prvej fáze evokácie využívame didaktickú hru, aby sme vzbudili záujem žiakov o učenie. V oboch modeloch je využitá diskusná metóda, ktorá rozvíja komunikačné schopnosti žiakov.

Metódy sú zamerané na rozvoj kritického aj tvorivého myslenia žiakov, pričom sme kládli dôraz na kooperatívne vyučovanie a skupinovú prácu žiakov.

4.1 Model č.1 – Hormonálna regulácia

Prvý model je zameraný na osvojovanie si nového učiva s využitím kooperatívneho vyučovania a diskusnej metódy. Cieľom vyučovacej hodiny je, aby sa učili všetci žiaci spolu a učili sa navzájom. Téma Hormonálnej regulácie je v súlade štátneho programu stredoškolského vzdelávania (ISCED 3), ktorá je vhodná na vyučovanie v treťom a štvrtom ročníku gymnázií v rámci tematického celku Riadiace a regulačné sústavy [9]. Pri vytváraní modelu budeme pracovať s ôsmou časťou učebnice biológie pre gymnáziá venovaná biológii človeka. Ako uvádza Ušáková [10] učebnica obsahuje základnú charakteristiku jednotlivých orgánov a ich význam pre človeka. Učebnica tiež ponúka doplňujúce informácie pre všetkých študentov, aby získali jasný prehľad o ľudskom tele.

Na vyučovacej hodine budeme využívať kooperačný učebný postup s názvom skladačka. Žiaci budú pracovať s učebnicovým textom, ktorý učiteľ prefotí a zostrihá tak, aby z toho vznikli jednotlivé úryvky. V prípade, že v triede bude 25 žiakov, text rozdelíme na päť častí. Skôr než začneme s rozdeľovaním žiakov do skupín, oboznámime ich s priebehom hodiny. Témou vyučovacej hodiny bude Hormonálna sústava a budú pracovať s textom. Dôležité je žiakom pripomenúť, že na začiatku každý pracuje s textom samostatne. Snaží sa pochopiť a naučiť obsah úryvku, pretože sa stane odborníkom, ktorý bude vysvetľovať svoju časť ostatným žiakom v skupine. V prípade, že budeme pracovať s 25 žiakmi, pripravíme si päť textov rozdelených na päť častí, očíslovaných od jedna po päť. Očíslované časti textu učiteľ rozloží na ľavicu. Každý žiak si vytiahne číslo, podľa ktorého mu pridelíme konkrétny úryvok textu. V triede bude päť žiakov s číslom jedna, päť žiakov s číslom dva atď.

Učiteľ vytvorí skupiny po päť členov, pričom sa stretnú piati rovnakí odborníci pre danú tému. Po rozdelení do skupín učiteľ predstaví žiakom pracovné hárky. Skupina odborníkov spolu odpovedá na otázky v pracovnom hárku, pričom si môžu robiť poznámky. Žiaci cítia zodpovednosť, za správne vysvetlenie učiva ostatným spolužiakom. Ak má žiak problém, tak môže požiadať učiteľa o radu alebo o vysvetlenie neznámych pojmov.

1. Pracovný hárok pre odborníka na hypofýzu
   a) V akej časti ľudského tela sa nachádza hypofýza?
   b) Vysvetli činnosť predného laloku hypofýzy.
   c) Nadbytok, ktorého hormónu spôsobuje gigantizmus? Aký je jeho opak?
   d) Uveď názov hormónu, ktorý vyvoláva a urýchľuje pôrod.
   e) Vznikajú hormóny v zadnom laloku hypofýzy?
2. Pracovný hárok pre odborníka na prištítne telieska a podžalúdkovú žľazu
   a) Kde sú umiestnené prištítne telieska?
   b) Aký hormón produkujú prištítne telieska a aké následky spôsobuje nedostatočná produkcia hormónu?
   c) Vysvetli pojem „zmiešaná žľaza“ a uveď príklad.
   d) Pomenuj hormóny, ktoré sú produkované v tkanive podžalúdkovej žľazy.
   e) Popíš ochorenia, ktoré vznikajú pri nesprávnej produkcii hormónov podžalúdkovej žľazy.
3. Pracovný hárok pre odborníka na štítnu žľazu a šuškovité teliesko
   a) Aký hormón produkuje šuškovité teliesko?
   b) V akej časti ľudského tela môžeme hľadať štítnu žľazu?
   c) Vysvetlite funkciu hormónov štítnej žľazy.
   d) Aké procesy prebiehajú v ľudskom tele pri nedostatku hormónov štítnej žľazy?
   e) Čo môže ovplyvňovať produkciu štítnej žľazy. Aké ochorenia vznikajú v dôsledku nesprávnej funkcie štítnej žľazy.
4. Pracovný hárok pre odborníka na nadobličky
   a) Na aké časti sa delia nadobličky?
   b) Ktorá časť je nevyhnutná pre život?
   c) Ako sa delia hormóny nadobličiek?
   d) Ktoré hormóny pôsobia protistresovo?
   e) Vysvetli funkciu androgénnych hormónov.
5. Pracovný hárok pre odborníka na mužské a ženské pohlavné hormóny
   a) Prečo sú hormóny pohlavných žliaz nevyhnutné pre život?
   b) Popíš mužské pohlavné hormóny. Kde sa tvoria?
   c) Popíš ženské pohlavné hormóny. Kde sa tvoria?
   d) Aké faktory vplývajú na produkciu ženských pohlavných hormónov?
   e) Môžu sa vyskytovať rovnaké hormóny v oboch pohlaviach?

Napokon sa vytvoria nové skupiny, v ktorých bude päť odborníkov pre rôzne oblasti. Takto si žiaci vymenia informácie medzi sebou, každý žiak vysvetlí čo sa naučil v skupine odborníkov.

V záverečnej fáze je vhodné upevnenie nového učiva. Učiteľ si pripraví pre žiakov päť tvrdení, ktoré označia či ide o pravdu alebo lož. Ak označia, že je to lož je potrebné napísať správnu odpoveď (pozri Tab.1).

1. Nedostatok rastového hormónu spôsobuje kreténizmus. (Lož – správna odpoveď je nanizmus)
2. Šuškovité teliesko sa nachádza v blízkosti štítnej žľazy. (Lož – nachádza sa na medzimozgu)
3. Nesprávna funkcia glukagónu zhoršuje cukrovku. (Pravda – zvýšená sekrécia zhoršuje cukrovku)
4. Prolaktín je produkovaný kôrou nadobličiek. (Lož – prolaktín je hormón predného laloku hypofýzy)
5. Androgény sú mužské pohlavné hormóny. (Pravda)

Tab. 1 Cvičenie - označ správne tvrdenie

Po skončení cvičenia, učiteľ zhodnotí priebeh vyučovacej hodiny. Pre žiakov je nesmierne dôležité, aby dostali spätnú väzbu. Učiteľ slovne ohodnotí aktivitu žiakov, poukáže na nedostatky, v ktorých sa žiaci musia zlepšiť. Dôležité je žiakov ohodnotiť pozitívne a vyzdvihnúť čo robili dobre. Na základe spätnej väzby, žiaci dokážu zlepšiť svoj výkon a vyvarovať sa prechádzajúcim chybám.

Zadanie domácej úlohy:

a) osvojiť si sprístupnené učivo z učebnice zo strany 46-53
b) pre žiakov, ktorí majú záujem o prehĺbenie učiva, poprípade majú záujem o štúdium na vysokej škole s biologickým zameraním, môže učiteľ odporučiť odbornú literatúru ako napr. Trojan, S., Schreiber, M. (2007) Atlas biologie člověka. Vydavateľstvo Scientia [10].
c) vypracovať nasledujúcu úlohu: Priraď hormón k endokrinnej žľaze, ktorá ho produkuje (pozri Tab.2).

Tyroxín	Adenohypofýza
Melatonín	Vaječníky
Inzulín	Nadobličky
Oxytocín	Šuškovité teliesko
Prolaktín	Štítna žľaza
Testosterón	Neurohypofýza
Estrogén	Semenníky
Adrenalín	Podžalúdková žľaza

Tab. 2 Cvičenie- priraď hormón k endokrinnej žľaze

4.2 Model č. 2

Tak ako uvádzame v prvom modeli, tak aj druhý model je určený pre žiakov tretieho a štvrtého ročníka gymnázií v súlade s ISCED 3A.

Druhý model je zameraný na hodinu venovanú opakovaniu učiva, a teda upevneniu vedomostí a rozvíjanie pamäti. V nasledujúcom modeli je využitá aktivizujúca metóda didaktickej hry, diskusná metóda a metóda Philips 66. V prípade uvedenej metódy didaktickej hry nemusí ísť len o žiakov základnej školy, pretože jej výhodou je možná modifikácia na rôzne spôsoby.

Evokácia

V úvode hodine nadviažeme na zopakovanie základných pojmov prostredníctvom otázky.

Otázka: 1. „Aká je hlavná funkcia žliaz s vnútorným vylučovaním?“

2. „ Definujte hormóny.“

Z dialógu učiteľa so žiakmi ma vyplynúť: „Hlavnou funkciou žliaz s vnútorným vylučovaním je odovzdávanie svojich sekrétov- hormónov do krvi, do okolitých tkanív alebo do miazgy, či mozgovo-miazgového moku. Hormón je špecifický biokatalyzátor, ktorý cielene pôsobí na určitý typ buniek.“

V prvej aktivite využijeme metódu didaktickej hry. V hre využívame ako pomôcku kartičky, na základe ktorých sa budú žiaci zoraďovať do skupín.

Hra: Učiteľ v triede označí sedem miest veľkým, dobre viditeľným názvom napísaným na papieri veľkosti A4. Pripraví kartičky s názvami hormónov. Kartičky rozdá všetkým žiakom tak, aby každý žiak mal jednu kartičku. Učiteľ vysloví nahlas názov endokrinnej žľazy (napríklad podmozgová žľaza, štítna žľaza, nadobličky...). Žiak, ktorý má na kartičke názov hormónu sa musí zaradiť do skupiny, do ktorej hormón patrí. Takto sa postupuje, kým sa každý žiak nezaradí do skupiny. Kartičky s názvami hormónov (Tab.3) sú pripravené tak, aby sa v každej skupine zhromaždilo šesť žiakov. Môže sa teda stať, že niektorí žiaci budú mať kartičky rovnaké.

Somatotropný hormón	***Tyreotropný hormón***	***Tyroxín***
Oxytocín	***Adrenalín***	***Melatonín***
Testosterón	***Estrogén***	***Parathormón***
Glukagón	***Adreno-kortikoidný hormón***	***Adiuretín***
Androgénne hormóny	***Folikulo-stimulačný hormón***	***Glykokortikoidy***

Tab. 3 Didaktická hra- kartičky s názvami hormónov

Po zaradení žiakov do skupín sa navzájom skontrolujú. V prípade, že sa žiaci zle zaradili, vymenia sa do správnych skupín.

Uvedomenie

V hlavnej fáze využívame potvrdzujúce bádanie na rozvíjanie reproduktívneho myslenia. Využívame metódu Philips 66. Žiaci v skupinách dostanú zadanie úlohy.

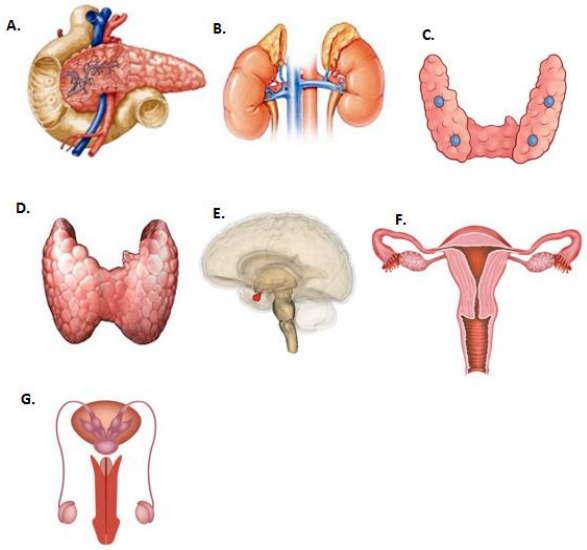
Úloha č. 1: Uveďte a popíšte všetky ochorenia týkajúce sa žľazy s vnútorným vylučovaním, ktorú zastupujete. Žiaci v skupinách majú podľa zvolenej metódy na realizáciu šesť minút. Po uplynutí času každá skupina prezentuje, čo napísala. Po vyhodnotení dostanú žiaci novú úlohu.

Úloha č. 2: Vytvorte pojmovú mapu alebo schému vo veľkosti papiera A4, ktorá bude popisovať:

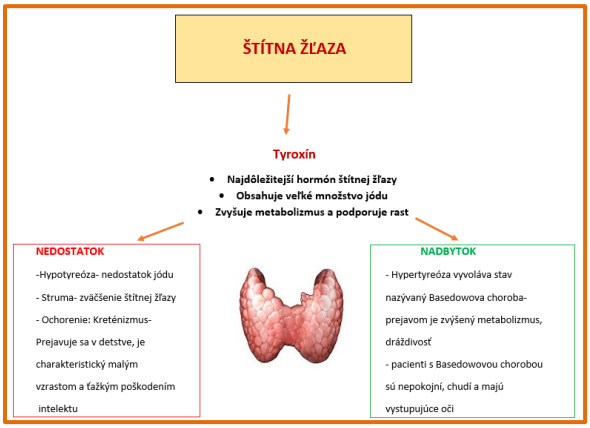
A. Žľazu s vnútorným vylučovaním, ktorú predstavujú.
B. Popíš funkciu jednotlivých hormónov.
C. Ku každému hormónu pridajú ochorenie.
D. Priraď správny obrázok, ktorý zobrazuje endokrinnú žľazu (Obr. 1).

Na vytvorenie pojmovej mapy (Obr. 2) budú mať žiaci k dispozícii pomôcky ako sú nožnice, farebné pastelky, fixky, lepiacu pásku, lepidlo, farebný papier a výkresy vo veľkosti A4. Žiaci majú možnosť výberu pomôcok

tak, aby vytvorili čo najkreatívnejšie schémy alebo pojmové mapy.
Žiaci dostanú vytlačené obrázky, budú musieť vybrať, ktorý obrázok sa týka endokrinnej žľazy, ktorú popisujú. Obrázok môžu nalepiť alebo pripnúť k ich schéme, resp. pojmovej mape. (A- podžalúdková žľaza, B- nadobličky, C- prištítne telieska, D- štítna žľaza, E- hypofýzy, epifýza, F- ženské pohlavné orgány, G- mužské pohlavné orgány)

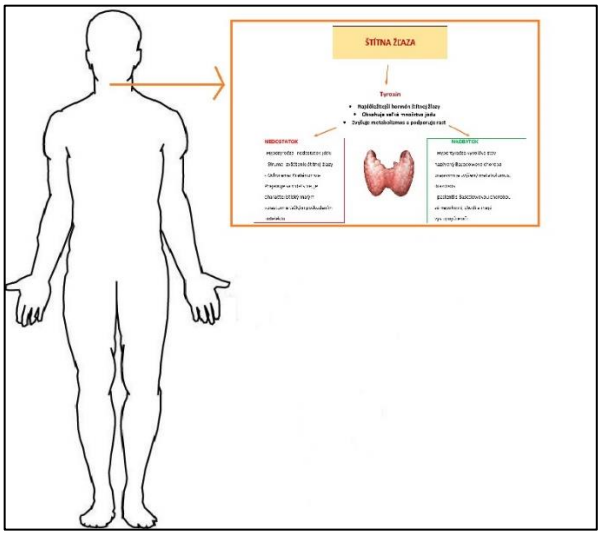


Obr. 1 Endokrinné žľazy
Zdroj: Vlastná tvorba s použitím zdrojov [11]



Obr. 2 Návrh pojmovej mapy

Učiteľ na tabuľu umiestni plagát s nakreslenou postavou človeka (Obr.3). Po ukončení úlohy, žiaci postupne predstavia svoju schému pred ostatnými spolužiakmi. V prípade, že žiaci nesprávne popísali schému alebo priradili obrázok, je dôležité ich opraviť. Až potom ako budú schémy správne, ich žiaci môžu nalepiť na tú časť tela, kde sa daná endokrinná žľaza nachádza. Len vtedy, keď je celý plagát správne popísaný môže slúžiť ako vhodná pomôcka pri učení.



Obr. 3 Návrh
Zdroj: Vlastná tvorba s použitím zdrojov [12]

Reflexia

V rámci celej triedy žiaci diskutujú o zadaniach, ktoré im robili problém a aká úloha bola najťažšia. V záverečnej časti hodiny učiteľ zisťuje ako sa žiakom pracovalo v skupinách. Napokon si môžu plagát vystaviť v triede, prípadne si môžu schémy medzi sebou žiaci rozposlať a môžu slúžiť ako pomôcka pri učení.

Na konci vyučovacej hodiny učiteľ zadá domácu úlohu. Žiaci budú mať za úlohu vyhľadať informácie o objavení inzulínu (rok objavu, mená objaviteľov a spôsob ako ho objavili), aby rozšírili svoje vedomosti aj o zaujímavosti.

Záver

Cieľom našej práce bolo vytvoriť modely vyučovacích hodín s využitím aktivizujúcich metód vo vyučovacom procese. Obidve modelové hodiny boli zamerané na tematický celok Hormonálna regulácia. Prvý model je určený na osvojenie nového učiva, druhý model na zopakovanie už osvojených vedomostí z tematického celku. Veľký dôraz kladieme na aktivizujúce metódy práve preto, že ich považujeme za nevyhnutné vo vyučovaní prírodovedných predmetov ako je biológia. V prvom modeli sme použili také metódy, ktoré zlepšujú komunikáciu medzi žiakmi a učia ich spolupracovať. Tiež bolo využité kooperatívne vyučovanie, ktoré je univerzálne a rešpektuje heterogénnosť žiakov v triede. V tomto

type vyučovacej hodiny sa zlepšuje aj kvalita myšlienkových operácií, to znamená kognitívna oblasť ale aj afektívna a psychomotorická oblasť.

V druhom modeli sme pracovali so stratégiou učenia a myslenia EUR. V úvodnej časti hodiny sme sa snažili o to, aby si žiaci evokovali všetko, čo o danej téme vedia. Pod otázkami sú uvádzané aj predpokladané odpovede žiakov. Vo fáze uvedomenia si významu, žiaci pracujú v skupinách, vypracovávajú zadané úlohy a rozvíjajú svoju kreativitu pri vytváraní pojmových máp, prípadne schém. Vo fáze reflexie žiaci diskutujú o problémoch, s ktorými sa počas hodiny stretli a zdieľajú svoje názory.

Vyučovanie môže byť pre žiakov zábavný, tvorivý a motivujúci proces, ktorý zvyšuje záujem o učenie. V našej práci sú predstavené dva modely výučby biológie, ktoré sa dajú využiť v praxi. Veríme, že s ich pomocou dokážu učitelia vytvoriť pre žiakov podnetné prostredie, ktoré ich bude motivovať a povzbudzovať v ich osobnostnom rozvoji.

Poďakovanie

Poďakovanie patrí mojej školiteľke PaedDr. Anne Sandanusovej, Ph.D. za odbornú pomoc, konzultácie, pripomienky a rady pri písaní predkladaného príspevku.
Práca je súčasťou projektu APVV-15-0368 Prax v centre didaktiky, odborová didaktika v centre praktickej prípravy.

Použitá literatúra

[1] Bagalová Ľ., Bizíková Ľ., Fatulová Z. (2015) Metodika podporujúca inkluzívne vzdelávanie v školách. Štátny pedagogický ústav Bratislava, s. 154

[2] Turek I. (2010) Didaktika. Bratislava: Iura Edition, s. 397

[3] Kotrba T., Lacina L. (2007) Praktické využití aktivizačních metod ve výuce. 1. vyd. Brno: Společnost pro odbornou literaturu, s. 39

[4] Petlák E. (2012) Inovácie v edukačnom procese. Dubnický technologický inštitút v Dubnici nad Váhom , s. 131

[5] Maňák J., Švec, V. (2003) Výukové metody. Paido: edice pedagogické literatury. Brno, s. 105

[6] Fryková E. (2014) Inovatívne postupy vo vyučovaní biológie. Metodicko- pedagogické centrum v Bratislave, s. 18

[7] Kimáková K., Dunayová, D., Luczyová, P. 2001. Inovačné metódy vo vyučovaní biológie a prírodopisu. 1. vyd. Prešov: Metodické centrum v Prešove, s. 8

[8] Tulenková M. (2006) Didaktika biológie I. Prešovská univerzita v Prešove ,s. 88

[9] http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/statny-vzdelavaci-program/biologia_isced3.pdf

[10] Ušáková K. a kol. (2005) Biológia pre gymnáziá: Biológia človeka, evolúcia a vznik života na Zemi, s. 4

[10] Trojan S., Schreiber, M. (2007) Atlas biologie člověka. Vydavateľstvo Scientia, s. 435

[11]https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a1/Pituitary_gland_image.png, https://www.zdravieportal.sk/wp-content/uploads/2015/03/nadoblickove-zlazy.jpg,

https://sk.trendexmexico.com/images/zdorove/okoloshitovidnie-zhelezi-gormoni-okoloshitovidnoj-zhelezi_3.jp, https://www.cerebriti.com/uploads/c26db012c6407cfffde3a32eeae2fbc8.jpg, https://www.zdravieportal.sk/wp-content/uploads/2015/07/pankreas.jpg, https://us.123rf.com/450wm/prettyvectors/prettyvectors1503/prettyvectors150300193/38203403-male-reproductive-system-vector-icon.jpg?ver=6

[12]https://sk.pinterest.com/pin/373446994073184961/

Matematika je aj tam, kde ju vôbec nečakáme

Mathematics is Also There, Where We Do Not Expect It at All

Katarína Laššová[1]
Školiteľ: Lucia Rumanová[2]
[1,2]Katedra matematiky, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra,
[1]katarina.lassova@student.ukf.sk, [2]lrumanova@ukf.sk

Abstrakt
V článku prezentujeme výskyt matematiky v rôznych oblastiach bežného života. Čitateľovi ponúkame nadhľad nad niekoľkými vybranými skutočnosťami, za ktorými v pozadí stojí odraz rôznych oblastí geometrie, či už konštrukčnej, analytickej, alebo deskriptívnej.

Poukazujeme tiež na to, že princípy a zásady platné v geometrii je možné využiť, uvedomiť si, či vidieť aj v niektorých pracovných a umeleckých sférach nášho života. Chceme tak motivovať žiakov, aby sa neučili matematiku nútene, ale aby s prehľadom vnímali, že ovládať aspoň isté jej základy má skutočný zmysel. Tiež chceme žiakom ukázať prípady a situácie, v ktorých matematiku možno i nevedomky nájdu a použijú počas bežných dní.

Kľúčové slová: geometria, zhodné zobrazenia, lineárna perspektíva, rovnobežné premietanie, aplikácie

Abstract
In this article we present the occurrence of mathematics in various areas of everyday life. We offer the reader a glimpse into a few selected facts, on the back of which a reflection of various areas of geometry, whether constructive, analytical or descriptive can be found.

We also point out, that the principles and essentials applicable in geometry can be used to realize, whether they can be seen in some of the working and artistic areas of our lives. We want to motivate pupils not to learn mathematics forcibly, but to make it clear to them, that knowing at least some of its fundamentals makes a real difference. We also want to show pupils some cases and situations in which they may find mathematics even without realizing it and use it in their everyday lives.

Keywords: geometry, congruent transformations, linear perspective, parallel projection, applications

Úvod

Začnime na úvod slovami Gaspara Monge, zakladateľa deskriptívnej geometrie: *„Deskriptívna geometria sa v budúcnosti stane jednou z hlavných súčastí národnej výchovy, pretože jej metódy sú pre pracujúcich také dôležité ako čítanie, písanie a aritmetika* [1]“.

V duchu uvedeného citátu chceme v nasledujúcich riadkoch upriamiť pozornosť na to, ako nielen deskriptívna geometria, ale aj matematika ako celok, zasahuje do jednotlivých sfér nášho života. Potrebujeme matematiku mysliac si, že je pre nás iba vzdialenou neznámou? Väčšina z nás zdieľa názor, že matematiku nepotrebujeme, lebo ju v živote „používame“ len zriedkavo. Pomôžme si frázou, ktorú vyslovil profesor Beloslav Riečan (2018): *„Človek môže dobre myslieť aj bez matematických vzorcov* [2].*“* Potrebujeme matematiku, obklopuje nás matematika, alebo vieme dobre myslieť aj bez „matematického rozmýšľania“? Možno pán profesor mal na mysli to, čo všetko môže pre nás znamenať taká jednoduchá a obyčajná matematika. Ak pedagóg, vyučujúci matematiku, dokáže za niekoľko rokov vyformovať správny vzťah žiaka k matematike, aký krajší a plno hodnotnejší život potom môže žiak ďalej mať. Možno niektoré matematické vzorce raz pozabúda, predsa si zapamätá niečo, čo sa z mysle len tak vymazať nedá. Sú to práve naučené stratégie postupov uplatňujúce v každodennej činnosti. Tiež medzi návyky získané z vyučovacích hodín matematiky patrí predovšetkým presnosť, cieľavedomosť, sústredenosť a mnohé iné vlastnosti, ktoré tvoria akýsi „mostík“ medzi matematikou a každodenným, osobným životom.

Obrázky v príspevku sme vytvorili sami s použitím vlastných fotografií alebo sme ich čerpali zo zdrojov uvedených pod daným obrázkom.

1 Syntetická geometria - zhodné zobrazenia v rovine

Vieme, že zhodným zobrazením v rovine π nazývame každé bijektívne zobrazenie σ: π→π, ak pre ľubovoľné body $A, B \in \pi$ a ich obrazy $A', B' \in \pi$ platí, ak $A \neq B$,

potom aj $A' \neq B'$ a $|AB| = |A'B'|$ značí vzdialenosť bodov AB [3]. Zhodné zobrazenie v rovine je teda také zobrazenie, ktoré dvom rôznym bodom X,Y priradí body X',Y' tak, že úsečky XY,X'Y' sú zhodné [4].

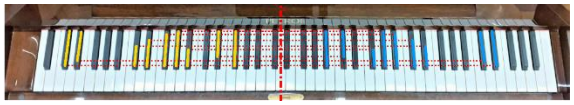
V nasledujúcich riadkoch poukážeme na výskyt zhodných zobrazení v bežnom živote. Pre správne pochopenie problematiky odporúčame osvojiť si matematické pojmy ako zhodné zobrazenie, osová a stredová súmernosť, posunutie, otočenie, posunutá súmernosť, os, uhol a ďalšie. Význam spomínaných pojmov možno vyhľadať i v odbornej literatúre, viď [3], [4].

1.1 Hudobné diela a nástroje

Jedným z istých vysvetlení uvedenej myšlienky profesora Beloslava Riečana o dobre zmýšľajúcom človeku i bez uvedomenia si značného výskytu matematických vzorcov môžeme považovať aj vplyv hudobníka, ktorý dokáže zahrať, zaspievať, či skomponovať krásne a vznešené hudobné dielo. Predpokladáme, že hudobníci o využití matematiky pri svojej hudobnej činnosti neuvažujú. Počutá hudba ďalej vplýva na osobnosť človeka ako takého, na jeho psychické rozpoloženie a teda môžeme tvrdiť i to, že väčšina ľudí má hudbu rado. Počúva hudbu pre osobné odreagovanie sa, vnútorné stíšenie, uniknutie od vonkajšieho chaosu, rozjímanie, ale aj pre radosť a zábavu. Často si ale hudobníci neuvedomujú, koľko matematiky sa môže nachádzať napríklad v zápise nôt, v stavbe nástrojov či v hraných a počutých zvukoch.

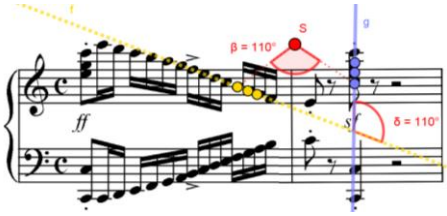
Zamerajme teraz pozornosť na geometrickú stránku jej výskytu v hudbe. Budeme hľadať už spomínané zhodné zobrazenia v rovine.

Pozrime sa na to, ako matematika zasahuje i do usporiadania jednotlivých klávesov na klavíri. Pri vhodnom uložení osi o zasadenej na kláves hrajúci tón d^1 môžeme tvrdiť, že klaviatúra je vo svojej podstate osovo súmerná. Týka sa to teda pohľadu na čierne klávesy v závislosti od bielych kláves. Hoci klavír takto osovo súmerne stavaný nie je, správne vybranú časť klaviatúry považovať za osovo súmernú môžeme. Dokonca i rôzne vybrané pasáže, stupnice, protipohyby, či iné techniky v klavírnej hre využívajú práve túto vlastnosť a často im k tomu napomáha i osovo súmerné aplikovanie prstokladu (Obr. 1).



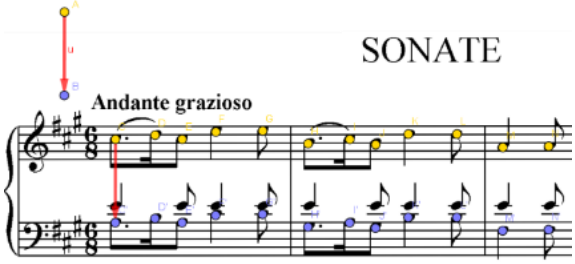
Obr. 1 Klaviatúra – osová súmernosť
Zdroj: Autor

Ukážku využitia otočenia sme našli v 51. a 52. takte *Etudy č. 5* od Carla Czerneho (Obr. 2). Dané otočenie má stred v bode S a uhol otočenia je v tomto prípade $\beta = 110°$. Význam pre hudobníkov a hudbu to však nemá.



Obr. 2 Etuda č. 5
Zdroj: [5]

Vektor $\vec{u}$ kolmý na linajky notovej osnovy môžeme nájsť napríklad aj v Mozartovej *Sonáte č. 11 A dur* (Obr. 3). Téma prvého až štvrtého riadku pravej ruky je harmonicky variovaná do ľavej ruky, kde rytmus ostáva zachovaný, teda ide o transpozíciu do basovej línie. Odznieva to však súčasne. Noty takto špeciálnej témy pravej ruky sú vzorom, ktorý budeme posúvať o vektor $\vec{u}$ v danom posunutí, pričom obrazom budú noty basovej línie ľavej ruky



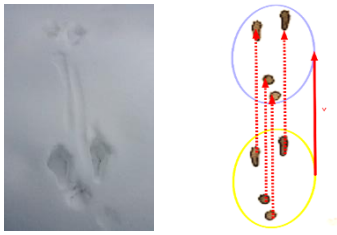
Obr. 3 Sonáta č. 11
Zdroj: [6]

1.2 Príroda a včelárstvo

Iným zamyslením nad spomínanou myšlienkou profesora B. Riečana môžeme dospieť k uvažovaniu o výskyte stručnej, no mnohovravnej matematiky v jednoduchej a nedotknutej prírode. Možno sa pôjdeme prejsť len do lesa pod zámienkou ukryť sa do hlbín pokojného ticha vychádzajúceho z všemocnej prírodnej krásy; možno bude našou túžbou siahnuť po nádhere zakvitnutej lúky so spievajúcimi vtákmi a budeme môcť zakúsiť, že *Boh* nám dal prírodu, no tá nerastie podľa výpočtov matematikov, či meraní konštruktérov. Dokážeme si všimnúť, že každý kvet je jedinečný, každý strom, či ulita, každý plod či oblak, každý kameň či potok sú úplne neopakovateľné. A hoci všetko okolo nás má svoju identitu a krásu v originálnosti, predsa len môžeme aj voľným okom vnímať ako dokonale je príroda stvorená, ako v nej vieme nájsť isté matematické prvky, či vzťahy. Určite si

tiež všimneme, že sa nachádza v prírode napríklad určité zhodné zobrazenie alebo určitý pravidelne vyskytujúci sa jav s konkrétnou matematickou podstatou.

Uvedieme príklad posunutia v zimnej prírode. Za posunutie v prírode môžeme považovať aj zidealizované stopy Králika divého *(lat. Oryctolagus cuniculus)*. (Obr. 4 – fotografia je vyhotovená pri pohybe králikov v hlbokom snehu). Je možné vidieť ako sú všetky štyri stopy králika posunuté o vektor $\vec{v}$.

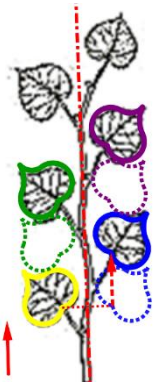


Obr. 4 Stopy Králika divého
Zdroj: Autor

Nasledujúci obrázok poukazuje na kvety Jablone obyčajnej (lat. *Malus domestica).* Kontúrou je zvýraznený jeden z nich. Pracujeme s idealizáciou tvaru kvetu, teda s danou kontúrou, a preto môže mať tento kvet os súmernosti (Obr. 5).

Obr. 5 Jabloň obyčajná
Zdroj: Autor

Za iný prírodný úkaz výskytu posunutej súmernosti môžeme považovať aj rast Lipy malolistej *(lat. Tilia cordata),* ktorá podľa oficiálnej symbolickej schémy zreteľne poukazuje na jasnú konštrukciu posunutej súmernosti. Samozrejme, berieme ohľad na už spomínaný fakt, že každý jeden list na stopke je vlastný originál, preto s posunutou súmernosťou stopiek s listami uložených na stonke môžeme pracovať iba v zostavených schémach odborníkov (Obr. 6).



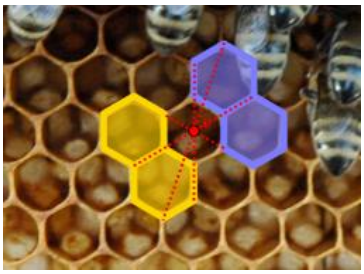
Obr. 6 Lipa malolistá
Zdroj: [7]

Tiež sa budeme venovať prírodnému úkazu, ktorý sa však vyznačuje svojou ideálnou presnosťou. V úľoch Včely medonosnej (*lat. Apis mellifera*) jednoznačne neunikne našej pozornosti ani včelí plást, ktorého otvory, ako sa aj zdá na prvý pohľad, majú tvar šesťuholníka. Problematikou šesťuholníkových plástov sa zaoberalo už niekoľko vedcov, resp. fyzikov, matematikov, biológov a včelárov, či iných špecialistov. Každý z nich sa len svojim spôsobom domnieva, prečo práve včely sú tie, ktoré stavajú presné matematické obrazce a najmä tým, prečo včely tvoria vosk do tvaru šesťuholníka a nie do iných mnohouholníkov.

Sústredili sme sa ale nato, ako vo včelích plástoch možno nájsť všetky už uvedené zhodné zobrazenia rovine. Nenechajme bez povšimnutia zhodné zobrazenia na schémach, či fotografiách plástov a teda i to, že výskyt všetkých spomínaných zobrazení je jednoznačný v tomto prírodnom unikáte.

Spomenieme aspoň stredovú súmernosť. Ostatné zhodné zobrazenia vieme taktiež vo včelích plástoch nájsť.

Každý šesťuholník má svoje ťažisko, stred. Tento bod je zároveň aj jeho stredom súmernosti. Pokiaľ tento stred považujeme za stred súmernosti, dôjdeme k záveru, že každá bunka včelieho plástu sa dokáže pomocou stredovej súmernosti zobraziť do inej bunky. Potvrdzuje to aj schéma skutočného plástu (Obr. 7).



Obr. 7 Včelí plást
Zdroj: Autor

Zhodnotiť prácu včelích rodín môžeme len konštatovaním, že majstrovská práca týchto obyčajných včiel na stavbe včelích plástov a jeho jednotlivých buniek, si aj podľa uznávaných vedcov zaslúži obrovský obdiv. Vraj aj rozmýšľajúci ľudia by sa mali čomu priučiť od tak obyčajných a zároveň originálne pracovitých včiel.

2 Deskriptívna geometria

Nasledujúce témy z praxe budú súvisieť s problematikou zobrazovania priestoru. Pre správne chápanie prijmime najprv realitu vychádzajúcu sa z toho, že neohybným a nepružným piedestálom, ktorý zaručoval i zaručuje vývin majestátneho staviteľstva, či šľachetného sochárstva a maliarstva, bolo práve poznanie jednoduchých, no východiskových znalostí v oblasti geometrie. Predovšetkým to však bolo využívanie pravého uhla, či vodorovnej roviny. Zobrazovanie priestoru bude však súvisieť najmä s princípmi a tiež vlastnosťami stredového a kótovaného premietania. Keďže dominantným poslaním deskriptívnej geometrie je graficky riešiť úlohy priestorovej geometrie, musíme predovšetkým poznať istý predpis, na základe ktorého budeme schopní zobraziť priestorové geometrické útvary do roviny. [8]

2.1 Maliarstvo

Stredové premietanie je jednoznačne dané stredom S a priemetňou π. Označujeme ho (S, π). Každým bodom (okrem stredu premietania S) priestoru prechádza práve jedna premietacia priamka a má práve jeden priemet (v priemetni). Pre správne pochopenie danej problematiky odporúčame ozrejmiť si jednotlivé pojmy a vlastnosti týkajúce sa stredového premietania dostupné v literatúre [9].

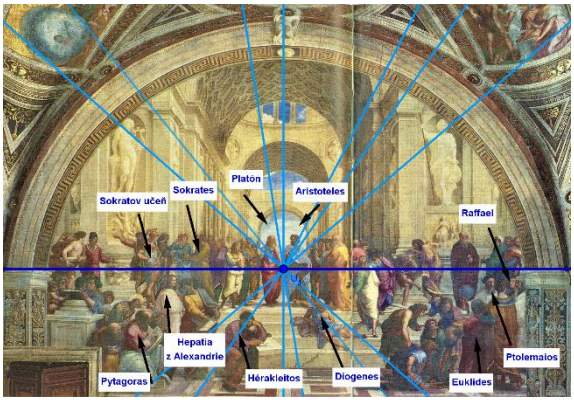
Špeciálnych prípadom stredového premietania je lineárna perspektíva. Medzi výtvarníkmi je obzvlášť využívaná práve z hľadiska maľby. Je to špeciálny typ stredového premietania, kedy je premietanie prispôsobené zákonitostiam ľudského oka a videnia [10]. Tento systém nasadený na matematickej štruktúre zobrazenia trojrozmerného priestoru do roviny je teda závislý od vnímania a pohľadu pozorovateľa – teda je subjektom povolaným ovplyvniť celé umelecké dielo. Konkrétne, súbežne vzďaľujúce sa rovnobežné čiary reprezentujú isté optické lúče, ktoré sa kdesi v nekonečne zbiehajú „do určitého bodu“, nazývaného ako úbežník. [11]

Množstvo malieb, najčastejšie renesančných, využíva uvedený princíp lineárnej perspektívy. Pre názornosť ponúkame aspoň jeden príklad. Ide o Aténsku školu, o ktorej sa profesor Fulier vyjadril: *„Aténska škola je najkrajší obraz renesancie!“* [12]

Skutočne ohurujúcim „matematickým“ obrazom renesancie je spomínaná práve monumentálna kompozícia fresky Raffaelovej *Aténskej školy (1509-1510)* nachádzajúca sa vo Vatikánskych sieňach Staza della Segnatura. Je to akýsi ušľachtilý výjav matematickej dôstojnosti, v ktorej môžeme poznať elegantnosť matematiky v dvoch aspektoch. Je to nielen viditeľná konštrukcia lineárnej perspektívy, ale i neskutočne presná logická dôslednosť jednotlivých póz, pohybov, či gest samotných postáv. Veľkým paradoxom sa však stáva fakt prítomnosti stelesnených vedátorských osobností stvárnených akoby v rovnakom čase. Z časových rozdielov v rozmedzí až 1000 rokov sa títo súdobí velikáni s velikánmi staroveku v skutočnosti stretnúť nemohli. Aténska škola teda skutočne ilustruje dejiny teológie, poézie a práva. [13]

Veľkolepú prostoduchosť vyváženú fenomenálne detailnou masívnosťou myšlienok podieľajúcich sa na vyskladaní tohto majstrovského diela vyvolávajú najmä protagonisti Platón a Aristoteles. Okrem týchto dominantných postáv freska v sebe ukrýva ešte niekoľko iných významných osobnosti. [14]

Táto pestrofarebná schéma odrážajúca vzájomný pokoj i harmóniu, poukazuje tiež na zjednotenie centrálnych postáv s úbežníkom vyskytujúcej sa lineárnej perspektívy, na základe ktorej bola spomínaná freska namaľovaná (Obr. 8).



Obr. 8 Aténska škola
Zdroj: [15]

2.2 Turistika

Už spomínaná vodorovnosť sa stala základom nie len pre stredové premietanie ako také, no taktiež si ľudstvo zvyklo používať vodorovnú plochu, resp. rovinu pri rozličných činnostiach, hoci si to bežne ani neuvedomujeme. Spomínanú vodorovnú plochu nazývajú odborníci vodorovnou priemetňou.

Aj v ďalšej najčastejšie používanej zobrazovacej metóde, v kótovanom premietaní, je práve východiskom vodorovná priemetňa a kolmý smer premietania do priemetne. V školskej praxi stotožňujeme priemetňu s nákresňou, teda s rovinou listu papiera, na ktorý rysujeme (vo vodorovnej polohe), resp. rovinou tabule (vo zvislej polohe). Potom pre vodorovnú polohu nákresne (napríklad zošit) považujeme za kladný polpriestor ten „nad“ a za záporný „pod“ touto rovinou. Podobne pre zvislú polohu (napríklad tabuľa) bude kladný polpriestor „pred“ a záporný „za“ touto rovinou. Takéto premietanie nazývame pravouhlé premietanie na jednu priemetňu, teda kótované premietanie. [16]

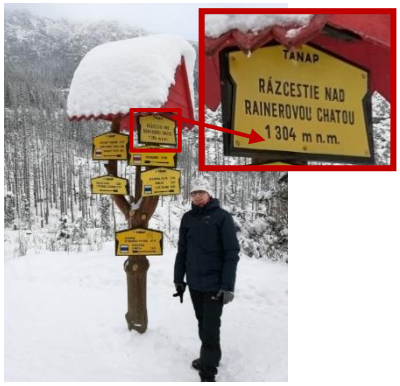
Základ kótovaného premietania spočíva v tom, že bodom A vedieme premietaciu priamku s^A, pričom všetky body premietacej priamky s^A majú kolmý priemet v bode A_1 (ležia v priemetni). K priemetu bodu pripisujeme do zátvorky reálne číslo, tzv. kótu bodu. Pre túto kótu platí, že jeho absolútna hodnota je rovná vzdialenosti bodu od priemetne. Pre rozoznanie polpriesotru, v ktorej sa daný bod nachádza pripisujeme k tomuto číslu znamienko mínus v prípade, že daný bod sa nachádza v zápornom polpriestore (pod priemetňou). Kóta bodov, ktoré ležia v priemetni π je rovná nule. Takto kótou doplnený pravouhlý priemet bodu nazývame kótovaný priemet bodu, a preto pravouhlé premietanie na jednu priemetňu nazývame kótované premietanie. [17] Viac k danej téme možno nájsť v odbornej literatúre [18].

K pochopeniu problematiky, ktorú budeme ďalej popisovať a ktorá súvisí s popísaných kótovaným premietaním, je dôležité poznať pojmy ako sú nadmorská výška, vrstevnica a mierka mapy. Viac aj v literatúre [19].

Hoci sa nám to teda vedomky celkom nezdá, predsa len nemôžme nedopustiť, že by sme kótované premietanie nepoužívali i vo chvíľach, keď túžime spočinúť v „náručí“ lúk a lesov, „pozdraviť“ hory, uzrieť dravé vtáky z vrcholu štítu, či len počúvať zvuky divej zveri. A tak človek naplnený dychtivým želaním po samote a pokoji sa poberá omnoho ďalej než sú hranice civilizácie a odchádza do hôr. A ani netuší, že nástroj, ktorým je pre každý prípad vyzbrojený, je založený práve na kótovanom premietaní. Týmto nástrojom je práve už spomínaná mapa. Preštudovali sme preto konkrétne mapy, či značky v realite a usúdili sme, že orientácia v prírode je podložená práve využívaním vlastností kótovaného premietania.

Ukážka z mapy zobrazujúca položenie Rázcestia nad Rainerovou chatou a jej nadmorskej výšky ukazuje turistom okrem trasy i jeho položenie. Všimnime si teda nadmorskú výšku známeho Rázcestia nad Rainerovou chatou na priloženej turistickej mape (Obr. 9). Dôležité je, že pre orientáciu v horách, je turistom v každej situácii ponúknutý taktiež turistický smerovník, tzv. „hríb“. Ten potvrdzuje, že turista sa práve nachádza na hľadanom mieste, teda nadmorská výška je jednotná v oboch vyznačených prípadoch. V topografii (vedecko-technická disciplína, ktorá študuje povrchové úpravy na povrchu Zeme) to značí práve kótu hľadaného bodu, teda z-ovú súradnicu. Rázcestie nad Rainerovou chatou má na mape v skutočnosti nadmorskú výšku $1304\ m.n.m.$ (Obr. 10).

Obr. 9 Mapa Rázcestia nad Rainerovou chatou
Zdroj: [20]



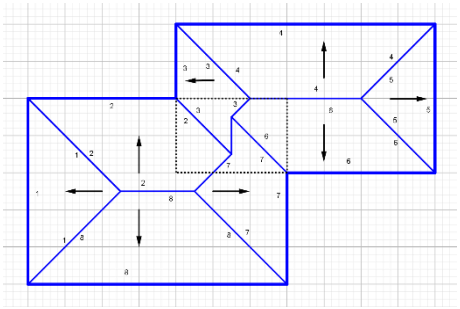
Obr. 10 Turistický smerovník Rázcestia nad Rainerovou chatou
Zdroj: Autor

2.3 Riešenie striech

Iným využitím kótovaného premietania v technickej stavebnej praxi nachádzame pri riešení striech. My sa budeme zaoberať riešením základných druhov striech. Jednotlivé plochy strechy nahradíme časťami

rovín, ktoré budú spojené vzájomnými priesečnicami. Strechy sú teda zložené z rovín s určitým spádom k horizontálnej rovine, aby dostatočne plnili funkciu správneho odvodňovania na určité miesto. Budeme však predpokladať, že odkvapové hrany ležia v jednej rovine na horizontálnej úrovni a zároveň sú zhodné s okrajom pôdorysu. Taktiež predpokladajme, že strešné roviny budú mať rovnaký spád. Veľkosť jednotlivého spádu sa zväčša odvíja od podmienok individuálnej stavby, pričom sa kladie dôraz na rozličné faktory poveternostných, zrážkových a iných podmienok miesta danej stavby. Vzhľadom na zložitú problematiku budeme pracovať iba s teoretickým riešením striech s uhlom zvierania strešných rovín s horizontálnou rovinou $45°$ a s pôdorysom obdĺžnika. Uvažujme teda len o nasledujúcich typoch striech: pultová strecha, sedlová strecha a valbová strecha. Pre pochopenie popísanej problematiky je nutné rozoznať jednotlivé typy striech, ďalej pojmy ako hrebeň, žľab, valba a iné. Tiež treba ovládať základné pravidlá a vety, ktoré využívame pri riešení striech a na základe nich aj samotný postup riešenia. Viac v literatúre [8].

Teoreticky riešiť strechu znamená zostrojiť jej pôdorys, ktorý sa zakresľuje do pôdorysu prislúchajúcej budovy [8]. Riešenie vybranej strechy uvádzame na Obr. 11.



Obr. 11 Riešenie strechy
Zdroj: Autor

3 Analytická geometria

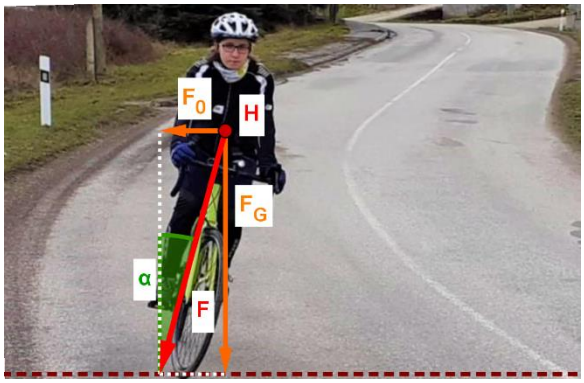
Riešenie rôznych situácii spojených s pohybom telies zaujímalo ľudí už odpradávna. Práve touto problematikou sa zaoberá časť fyziky, ktorá skúma zákony zmien vzájomnej polohy telies. Toto jej odvetvie nazývame mechanikou [21]. Zo životnej praxe je nám zrejmé, že efektivita sily na teleso nezávisí iba od jej veľkosti, no taktiež od toho, v akom smere a v akom mieste sila na teleso pôsobí [22]. Tak sa dostávame k pojmu vektor, s ktorým sa taktiež stretávame aj v matematike. Avšak pre správne pochopenie vysvetlenia tejto problematiky je nutné, aby čitateľ ovládal pojmy ako orientovaná úsečka, vektor, operácie s vektormi, a iné, ktoré sú teoreticky popísané aj v odbornej literatúre [23].

3.1 Bicyklovanie

Podobne aj v športe má matematika svoje opodstatnenie. Riešenie rôznych situácii spojených s pohybom telies zaujímalo ľudí už v dávnej minulosti. S počítaním rýchlostí sa šoféri stretávajú denne. Možno však nie každému napadne, prečo tá vozovka v zákrute je viditeľne klopená a prečo sa cyklisti nemajú báť toho, keď sa v zákrute naklonia. Bezpečnú jazdu v zákrute musia cyklisti absolvovať pod istým uhlom. Uveďme fyzikálne odvodenie tejto situácie.

Cyklistka jazdí dolu kopcom okamžitou rýchlosťou $v = 31\ km.h^{-1}$. Vojde do zákruty s polomerom 27 m. Aby mohol cyklista bezpečne prejsť zákrutou, musí sa prirodzene nakloniť do stredu kružnicovej trajektórie. Po akým uhlom bude cyklista v danej chvíli naklonený? Uvažujme $g \doteq 10\ m.s^{-2}$.

Úlohu budeme riešiť v metroch a sekundách, preto vykonáme premenu jednotiek rýchlosti cyklistu, teda $v = 31\ km.h^{-1} \doteq 8{,}61\ m.s^{-1}$. Uvedomíme si, že okrem rýchlosti cyklistu, poznáme i polomer zákruty, t. j. $r = 27m$. Našou úlohou je teda vypočítať sklon cyklistu v danej situácii od bežného postavenia, teda $\alpha = ?$.



Obr. 12 Cyklista v zákrute
Zdroj: Autor

Na základe Obr. 12 vidíme, že trojuholník tvorený vektormi F_G a F_o je pravouhlý. Uhol α môžeme vypočítať pomocou goniometrickej funkcie tangens. Ďalej teda platí.

$$tg\alpha = \frac{F_o}{F_G} \qquad (1)$$

Tiažovú silu F_G a odstredivú silu F_o, ktoré pôsobia na cyklistu určenú nemáme. Vieme však, že pre tiažovú silu platí vzťah.

$$F_G = m.g \qquad (2)$$

Odstredivú silu vypočítame pomocou nasledovného vzorca.

$$F_o = \frac{m.v^2}{r} \quad (3)$$

Po dosadení jednotlivých síl do predpisu pre výpočet tangensu uhla alfa

$$tg\alpha = \frac{F_o}{F_G} \quad (4)$$

dostávame

$$tg\alpha = \frac{\frac{m.v^2}{r}}{m.g} = \frac{v^2}{r}.\frac{1}{g} = \frac{v^2}{rg}. \quad (5)$$

Dosadením jednotlivých hodnôt môžeme vypočítať žiadaný sklon cyklistu.

$$tg\alpha = \frac{8{,}61^2}{27.10} = \frac{74{,}1321}{270} \doteq 0{,}2745 \Rightarrow \alpha \doteq 15° \quad (6)$$

Pre bezpečnú jazdu cyklistu danou zákrutou v rýchlosti $31\ km.h^{-1}$ sa musí nakloniť o $15°$ do vnútra zákruty.

Diskusia a záver

Spôsob, akým sme uchopili danú problematiku, možno zhrnúť niekoľkými vetami. Odborné porozumenie a pochopenie jednotlivých spojitostí s oblasťami, ktorých sa matematika dotýka, sa môže zdať nežiadúce, ak sme neporozumeli matematickému pozadiu uvádzanej problematiky. Preto sme sa často odvolávali na odbornú literatúru.

Žiaci gymnázia by však danú problematiku mali dostatočne ovládať. Jednotlivé učivá sú dostupné i v učebniciach matematiky Chceli sme však matematiku priblížiť iným spôsobom tým, ktorí presadzujú názor „na čo mi tá matematika v živote bude“.

V tomto článku môžeme len stručne vidieť ako sa geometria objavuje v rôznych sférach bežného života a postupne sa vynára z hlbín doposiaľ neprístupných sfér. Podstatným cieľom vyučovacieho procesu je teda aj prepojenie praktického využitia matematiky v rôznych oblastiach sveta okolo nás.

Taktiež tým môžeme viesť žiakov k motivácii a k praktickému uchopeniu každého matematického problému. Vyučovanie matematiky by malo byť nástrojom k vytvoreniu vlastného vzťahu a lásky k matematike vypestovanej postupom času uvedomujúc si, že matematiku skutočne stretávame v živote každú chvíľu a nevieme si bez nej ani predstaviť fungovať. Iným cieľom by malo byť tiež neustále uvedomovanie si s akým úžasom máme možnosť nahliadať do veľkoleposti matematiky a neustále žasnúť nad dokonalosťou samej prírody. Vyučovanie matematiky by tak nemalo byť násilné a nútené, pretože práve takýto prístup vzbudzuje u žiakov veľkú zvedavosť a záujem.

Poďakovanie

Chcem sa poďakovať mojej školiteľke PaedDr. Lucii Rumanovej, PhD. za jej milý prístup, rady, inšpirácie a vedenie pri písaní tohto článku.

Použitá literatúra

[1] Deskriptívna geometria, [11.3.2020] https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwiK4bb5yJLoAhUyNOwKHU6jAt8QFjAAegQIBBAB&url=https%3A%2F%2Fwww.gjgt.sk%2Fdigitalna_studovna%2Fmatematika%2F2006%2F4%2520Deskriptivna%2520geometria%2C2006.doc&usg=AOvVaw26863TDAZMt7CF50eQ7KMC

[2] Košťálová, K. (2018) Zhodné zobrazenia v rôznych hudobných dielach. (Bakalárska práca) FPV UKF, Nitra

[3] Šedivý, O. (1978) Vybrané kapitoly z geometrie (Geometrické zobrazenia). SPN, Bratislava, 9

[4] Rumanová, L. – Vallo, D. (2009) Geometria – vybrané kapitoly. Prírodovedec FPV UKF v Nitre, Nitra, 4

[5] Czerny, C. (1966) Škola zběhlosti. Praha : Státní hudební vydavatelství, 8.

[6] Mozart, W. A. Sonaten für klavier zu zwei Händen. Leipzig : Edition Peters, 22

[7] Ušáková, K. (2000) Biológia pre gymnáziá 2. Vývoj, systém a ekológia rastlín. 1. vyd. Bratislava, 9

[8] Šedivý, O., Hamadová, E. (1971) Deskriptívna geometria. Pedagogická fakulta v Nitre, Nitra, 8

[9] [6] Urban, A. (1965) Deskriptivní geometrie I. SNTL, Praha, 6.

[10] Kupčáková, M. (2002) Základní úlohy deskriptívní geometrie v modelech. Prometheus, Praha, 2010. 2

[11] Coleová, A (1995) Umenie zblízka, PERFEKT, Bratislava, 11.

[12] Fulier. J. – osobný rozhovor, 2019

[13] Cristofanelli R. (1986) RAFFAEL. Tatran, Bratislava, 3

[14] Coleová, A (1995) Umenie zblízka, PERFEKT, Bratislava, 11.

[15] Colenová, A. (1995) Umenie zblízka – PERSPEKTÍVA, Bratislava, 25.

[16] Rumanová, L. – Šedivý, O (2012) Geometria I. - Konštrukčná geometria. FPV UKF v Nitre, Nitra, 15.

[17] Harant, M. Lanta, O. (1965) Deskriptívna geometria pre 2. a 3. ročník stredných všeobecnovzdelávacích škôl. SPN, Bratislava, 31.

[18] Rumanová L., Šedivý O.(2012) Geometria I. - Konštrukčná geometria. FPV UKF v Nitre, Nitra, 28

[19] Pravda J., Kusendová, D. Aplikovaná kartografia. Geo-grafika, Bratislava, 9

[20] Turistická mapa KST [11.3.2020] http://mapy.kst.sk
[21] E-fyzika. [11.3.2020] http://kf-lin.elf.stuba.sk/~ballo/STU_online/index.html>
[22] Marek, J. (1964) Fyzika pre 1. ročník gymnázia. SPN, Bratislava, 51
[23] Richtáriková a kol. (2011) MATEMATIKA + ukážkové testy. ENIGMA PUBLISCHING, Nitra, 112

Námety na aktivity rozvíjajúce kritické a tvorivé myslenie žiakov v tematickom celku Reprodukčná sústava človeka na gymnáziách

Suggestions for activities developing critical and creative thinking of students in thematic scope of Human reproductive system in grammar high school

Daniela Sádovská[1]
Školiteľ: Anna Sandanusová[2]
[1]Katedra zoológie a antropológie, FPV UKF, Nábrežie mládeže 91, 949 74 Nitra
[1] danielka76.sadovska@gmail.com, [2] anna.sandanusova@gmail.com

Abstrakt

Predkladaný príspevok je zameraný na odprezentovanie vytvoreného portfólia, v ktorom sú obsiahnuté užitočné a zaujímavé návrhy modelov vyučovacích hodín týkajúce sa témy Reprodukčná sústava človeka v 3. ročníku na gymnáziách. Súčasťou navrhovaných modelov sú mnohé aktivity a metódy, ktoré podporujú rozvoj tvorivého a kritického myslenia žiakov. Prvá časť príspevku je venovaná problematike tvorivého a kritického myslenia na školách, vyučovacím metódam a trojfázového modelu vyučovania. V druhej časti sú predstavené celkovo dve vypracované metodiky ponúkajúce zaujímavé námety na rôzne aktivity, ktorými sa môže učiteľ inšpirovať a aplikovať ich do svojich vyučovacích hodín.

Hlavným cieľom tohto príspevku je predstaviť portfólio vybraných metód, vďaka ktorým by boli žiaci neustále aktivizovaní a nestávali sa len pasívnymi poslucháčmi tradičného výkladu učiteľa. Prezentované aktivizujúce metódy by tým podporili ako tvorivé, tak aj kritické myslenie žiakov.

Kľúčové slová: Tvorivé a kritické myslenie. Aktivity. Vyučovacie metódy. Reprodukčná sústava človeka.

Abstract

The following report focuses on presenting a portfolio containing useful and interesting proposals of model classes about Human reproductive system in third grade of grammar school. Suggested models include number of activities and methods, which seek to support development of students' creative and critical thinking. First part of this report outlines problematics of creative and critical thinking at schools, teaching methods and three-phased model of teaching. The second part introduces two developed methodics offering interesting activity suggestions, which teachers can take inspiration from and apply them in their classes.

The main aim of this report is to present a given portfolio of methods thanks to which students would be constantly activated what would prevent them from becoming purely passive listeners of a traditional teacher's interpretation. Presented activating methods would support both creative and critical thinking of students.

Key words: Creative and critical thinking. Activities. Teaching Methods. Human reproductive system.

Úvod

V súčasnosti sa na školách stáva čoraz dôležitejšou myšlienkou implementácia moderného spôsobu výchovy a vzdelávania. I napriek tomu sa v mnohých prípadoch tento proces uberá stále tradičným spôsobom. Ide o reálnu skutočnosť, pri ktorej sú žiaci počas hodiny častokrát odkázaní len na zdĺhavý a nudný výklad učiteľa. V dôsledku toho sa stávajú iba poslucháčmi a zapisovateľmi predložených informácií. Tento klasický spôsob vyučovania im neumožňuje osobné poznávanie, objavovanie, rozvíjanie kreatívnych myšlienok, vlastné hodnotenie, argumentáciu a sebarealizáciu. Preto sa snaha o inovatívne a moderné vzdelávanie stáva maximálne neefektívnou, a u žiakov chýba dôležitý prvok – motivácia.

Každý človek cíti hlboko v sebe potrebu po rozvíjaní svojej vlastnej osobnosti. Je to túžba, ktorá je zakorenená v každom jednom z nás. Dôležitou úlohou každého učiteľa je, ako hlavného aktéra výchovy a vzdelávania, aby dokázal u žiakov takúto túžbu neustále rozvíjať a posilňovať. Práve preto sú hlavným kľúčom k

úspechu rôzne aktivizujúce metódy a stratégie, ktoré dokážu podporiť myšlienku tvorivého a kritického myslenia. Na základe správneho výberu vyučovacích metód a inovácií by učiteľ mohol u žiakov dosiahnuť mnoho pozitívnych vlastností ako vyvolať ich motiváciu, aktivizáciu, kreativitu a rozviť ich kritický pohľad na svet.

1 Tvorivé a kritické myslenie

V priebehu posledného desaťročia došlo v našej spoločnosti k prudkému nárastu veľkého množstva nových informácií a poznatkov. Jeden z eventuálnych spôsobov, ktorý by umožnil tieto informácie pohotovo spracovať, vyhodnotiť, posúdiť a aplikovať do samotnej praxe, je schopnosť kriticky rozmýšľať [1]. Na základe toho by bolo možné kritické myslenie prirovnať k nástroju, ktorý vo všeobecnosti dokáže hodnotiť a selektovať konkrétne informácie [2].

V súčasnosti sa kritické myslenie zaraďuje medzi top 10 spôsobilostí budúcnosti, v rámci ktorých zastáva celkovo druhú priečku [3]. Vďaka tomu svoje nezastupiteľné miesto zohráva aj vo výchovno-vzdelávacom procese, v rámci ktorého predstavuje jednu z najväčších globálnych výziev v edukácií žiakov na školách. Schopnosť kriticky premýšľať umožňuje žiakom bezprostredne porozumieť informáciám v čo najväčšej súvislosti. Kriticky sa dokážu pozerať na problematiku z rôznych uhľov pohľadu, dokážu argumentovať, pričom sa prikláňajú k vlastnému presvedčeniu, ale nezavrhujú pri tom ostatné názory. Zachovávajú si tým vlastnú identitu, pretože dokážu obhájiť vlastné myšlienky a nepodliehajú tak názorom, a presvedčeniam okolitého sveta[4].

Schopnosť kriticky premýšľať je do veľkej miery spájaná aj s tvorivým myslením, ktoré je vo všeobecnosti považované za vrodenú duševnú silu, ktorá nám umožňuje produkciu nových kreatívnych myšlienok a nápadov. Je to ďalší aspekt, ktorý umožňuje sebarealizáciu vlastnej osobnosti, prináša emocionálne precítenie, vlastnú satisfakciu a relaxáciu [5]. Z týchto vlastností by mala rovnako vychádzať aj novodobá škola, nakoľko kreativita do veľkej miery ovplyvňuje politiku výchovy a vzdelávania, testuje učiteľskú prax a formuje možnosti žiakov v 21. storočí [6].

Ak chceme teda dosiahnuť komplexný rozvoj osobnosti žiaka vo výchove a vzdelávaní, je nevyhnutné, aby sme sa pokúšali do vyučovania systematicky zavádzať ako tvorivé, tak aj kritické myslenie [7].

1.1 Trojfázový model vyučovania (E-U-R)

Jedna z najinovatívnejších a najefektívnejších stratégií, zavádzania kritického a tvorivého myslenia do procesu vyučovania, je využitie trojfázového modelu vyučovania E-U-R. Ide o model, ktorý pozostáva z troch nasledujúcich fáz:

E – evokácia predstavuje úvodnú časť modelu, ktorá sa uplatňuje v štruktúre vyučovacej hodiny ako motivačná fáza. Významnou úlohou tejto fázy je aj zistenie, koľko poznatkov už žiaci ovládajú o konkrétnej problematike. **U – uvedomenie si významu** predstavuje nadobúdanie a zatrieďovanie nových informácií žiakov do pamäte, ktoré sa snažia prepájať už s vlastnými získanými vedomosťami. Realizuje sa prostredníctvom pripravených úloh, cvičení a rôznych aktivít. **R – reflexia** predstavuje záverečnú fázu modelu, ktorá pomáha žiakom v závere hodiny fixovať a upevňovať všetky novozískané vedomosti [8].

E-U-R model predstavuje komplexnú základňu pre vyučovanie, je použiteľný pre každý predmet a rovnako sa môže uplatniť v akomkoľvek ročníku [9].

1.2 Vyučovacie metódy

Aby si žiaci mohli čo najlepšie a najefektívnejšie osvojiť obsah učiva, tak v pedagogike a didaktike majú nezastupiteľné miesto vyučovacie metódy [10]. Pôvod tohto slova pochádza z gréčtiny – ,,methodos“, čo znamená cesta, postup alebo spôsob. Preto je možné konštatovať, že vo všeobecnosti predstavujú významné postupy, vďaka ktorým môže učiteľ aj žiak dosahovať stanovené výchovno-vzdelávacie ciele [11].

V súvislosti s vyučovacím procesom sú zvlášť vyzdvihované aktivizačné metódy, ktoré pomáhajú dosiahnuť dynamickejšie tempo vyučovania. Tento dynamickejší spôsob je umožnený hlavne vďaka riešeniu problémových situácií a vlastnej učebnej činnosti žiakov. Umožňuje to ich nenásilné zapojenie do hlavnej problematiky a zvýšenie ich prirodzeného záujmu o vyučovaciu hodinu [12].

V úzkom spojení s aktivizujúcimi metódami sa rozlišuje aj pojem zážitkové učenie. Je založené na tom, že na rozdiel od tradičného spôsobu vyučovania sa v zážitkovom primárna aktivita orientuje predovšetkým na žiaka. Znamená to, že žiaci sa počas hodiny venujú aktívnemu čítaniu, písaniu, počítaniu, diskusii, riešeniu rôznych zaujímavých úloh a cvičení. Jednotlivé aktivity len bezducho nevykonávajú, ale sú schopní aj o nich premýšľať [13].

2 Materiál a metodika práce

Proces písania konkrétneho článku bol založený na dopredu premyslenej príprave, vďaka ktorej bolo

možné navrhnúť portfólio s vybranými modelmi vyučovacích hodín.

Začiatok realizácie súvisel so zadovážením si príslušných zdrojov domácej i zahraničnej literatúry, z ktorých vychádzali základné teoretické poznatky o tvorivom a kritickom myslení, vyučovacích metódach, trojfázovom modely vyučovania a taktiež aj o reprodukčnej sústave človeka. Viaceré informácie boli čerpané aj z mnohých elektronických zdrojov.

Ďalším strategickým krokom bolo preštudovanie Štátneho vzdelávacieho programu (ISCED 3A) z predmetu biológia ako záväzného dokumentu, ktorý je orientovaný na vzdelávanie žiakov so štvorročným a osemročným štúdiom na gymnáziách. Dôležité informácie boli čerpané aj zo školského vzdelávacieho programu, učebných osnov a v neposlednom rade z učebnice biológie určenej pre žiakov 3. ročníka na gymnáziách.

Prínosnou sa stala rovnako aj metóda rozhovoru s pedagógmi z praxe.

3 Výsledky práce a diskusia

Výsledkom predkladaného článku sú dva modelové návrhy vyučovacích hodín biológie, ktoré sú určené pre žiakov 3. ročníka na gymnáziách. Konkrétne modely sú navrhnuté na tému reprodukčná sústava človeka.

Návrhy hodín boli spracované podľa trojfázového modelu vyučovania, ktorý je vhodnou voľbou pre splnenie cieľov modernej a kvalitnej vyučovacej hodiny. Do tohto modelu boli aplikované rôzne vyučovacie metódy, ktoré podporujú rozvoj tvorivého a kritického myslenia žiakov, podnecujú ich aktivitu, pomáhajú im zlepšovať komunikačné schopnosti, vnášajú prvky IKT do vyučovania a rozvíjajú medzipredmetové vzťahy.

3.1 Prvý model – Zmeny v období dospievania

Evokácia

Na začiatku hodiny sa využije alternatívny druh brainstormingu, ktorý je nazývaný ako **clusterig – zhlukovanie** (Obr. 1). Cieľom tejto metódy bude nadviazať vedomosti o pohlavnej sústave človeka, ktoré mohli žiaci nadobudnúť už počas základnej školy. Učiteľ napíše do stredu tabule slovo ,,Rozmnožovanie" a zvýrazní ho v bubline. Žiaci postupne prichádzajú k tabuli a spontánne k slovu pripisujú súvisiace pojmy. Na základe čo najväčšieho vymysleného počtu slov učiteľ položí žiakom nasledovné otázky:

1. Vedeli by ste vo všeobecnosti zhrnúť hlavné funkcie reprodukčnej sústavy človeka?
2. Aký je najpodstatnejší význam rozmnožovania v živote každého živého organizmu?

Po otázkach by sa medzi učiteľom a žiakmi mala rozvinúť vzájomná diskusia, z ktorej by malo vyplynúť: *Reprodukcia (rozmnožovanie) je jeden z najcharakteristickejších prejavov každého živého organizmu. Reprodukčná (pohlavná) sústava zabezpečuje nevyhnutné zachovanie biologického druhu a sprostredkováva prenos genetickej informácie z rodičov na potomkov. Je tvorená súborom pohlavných orgánov, v ktorých dochádza k tvorbe pohlavných*

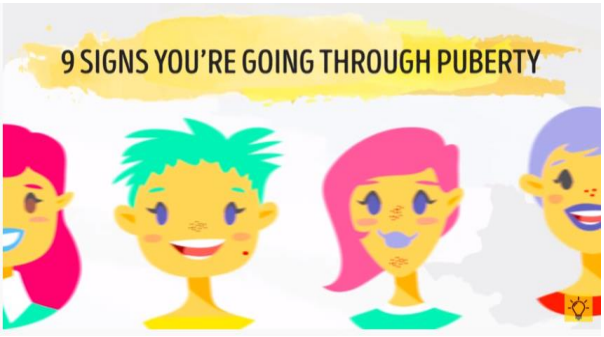
Dievčatá	Spoločné znaky	Chlapci

buniek a hormónov. Taktiež umožňujú transport pohlavných buniek, sprostredkovávajú oplodnenie, vyvíja sa v nich zárodok a rovnako aj plod [14].

Obr. 1 Clustering - Rozmnožovanie
Zdroj: Autor

Uvedomenie si významu

Hlavným zámerom bude vysvetliť žiakom priebeh dôležitého vývojového štádia človeka – puberty. Učiteľ v tomto prípade využije **interaktívnu demonštráciu**, v rámci ktorej premietne žiakom zaujímavé a vtipné **video** (Obr. 2), ktoré vysvetľuje a poukazuje na 9 typických prejavov puberty. Cieľom bude vyzdvihnúť všetky fyzické a psychické zmeny, ktorými prechádza mladý človek počas obdobia dospievania. Video je premietané v angličtine (úroveň B2), čo zároveň podporí rozvoj medzipredmetových vzťahov medzi biológiou a anglickým jazykom.



Obr. 2 Úvod do videa
Zdroj: [15]

Po vzhliadnutí videa bude nasledovať metóda nazývaná ako **Porovnaj a rozlíš.** Prostredníctvom videa by mali žiaci vedieť rozlíšiť hlavné mužské a ženské druhotné pohlavné znaky, ktoré sú zodpovedné za typické fyzické zmeny počas obdobia dospievania. Následne im učiteľ rozdá prázdne trojstĺpcové tabuľky, do ktorých budú vyberať správne možnosti slov vypísané pod tabuľkou. Do prvého stĺpca budú vypisovať znaky, ktoré sú typické pre dievčatá, do druhého pre obidve pohlavia a do tretieho pre chlapcov.

Cvičenie 1 – Druhotné pohlavné znaky

PONUKA SLOV: prvá menštruácia, rast pubického ochlpenia, rast vagíny, zväčšovanie pohlavného údu, mutovanie hlasu, narastanie hmotnosti, zväčšovanie prsníkov, rozširovanie panvy, rast fúzov na tvári, zrýchlený telesný rast, rozširovanie ramien, zväčšenie ohryzku, mohutnenie svalstva, výtok z pošvy, intenzívnejšia činnosť potných žliaz, ejakulácia, ukladanie tukového tkaniva v oblasti stehien, mastnejšia pokožka a akné, rast ochlpenia v podpazuší, zväčšovanie semenníkov, rast ochlpenia na hrudi, ukladanie tukového tkaniva v oblasti brucha, drsnejšie črty tváre, zdurenie prsného dvorca, mastnejšie vlasy, rozširovanie bokov, nočná polúcia.

Cvičenie 1 – Druhotné pohlavné znaky

Po vyplnení tabuľky by mali žiaci získať prehľad o typických fyzických zmenách ľudského tela. Ďalším dôležitým krokom učiteľa bude nadviazať diskusiu aj o meniacich sa psychických zmenách. Hlavnou metódou sa stane metóda **riadeného rozhovoru.** Nakoľko je obdobie dospievania veľmi náročným a búrlivým obdobím v živote každého mladého človeka, je dôležité, aby žiaci dokázali diskutovať, vyjadrovať svoje názory a v neposlednom rade kriticky premýšľať o konkrétnej problematike. Súčasťou rozhovoru sú vopred pripravené otázky:

1. Prečo sa nazýva puberta obdobím vzdoru?
2. Kto podľa vás fyzicky aj mentálne dospieva skôr? Dievčatá alebo chlapci?
3. Aký dôležitý je vzhľad počas puberty pre mladé dievčatá a chlapcov? Aký dopad to môže mať na ich zdravie a psychiku?
4. Akú významnú rolu zohráva láska a sexualita v živote dospievajúceho človeka?
5. Prečo je potreba vzájomnej komunikácie medzi rodičmi a dieťaťom v tomto období kľúčovou?

Reflexia

V poslednej časti hodiny dôjde k následnému preopakovaniu získaných vedomostí. Učiteľ vyzve chlapcov, aby nahlas vymenovali typické druhotné pohlavné znaky žien a naopak dievčatá vymenovali typické druhotné pohlavné znaky mužov. Následne spoločne vymenujú znaky, ktoré sú typické pre obe pohlavia. V prípade diskusie o psychických zmenách si najdôležitejšie poznatky a postrehy z rozhovoru zapíšu bodovo na tabuľu, a zároveň aj do svojho poznámkového zošita, kde si môžu vlepiť aj svoju vypracovanú tabuľku.

3.2 Druhý model – Mužská pohlavná sústava

Evokácia

Na začiatku hodiny bude cieľom učiteľa zistiť aké poznatky o mužskej pohlavnej sústave žiaci nadobudli už na základnej škole:

1. Viete si spomenúť, ktoré orgány sa zaraďujú k typickým mužským pohlavným orgánom?
2. Poznáte hlavné funkcie týchto orgánov?
3. Ako sa nazývajú mužské pohlavné bunky?

Uvedomenie si významu

Osvojovanie nového učiva bude prebiehať prostredníctvom **výkladu učiteľa**, **interaktívnej demonštrácie a pripravených cvičení** pre žiakov. Demonštrácia bude realizovaná vďaka zaujímavému 3D zobrazeniu ľudského tela ZYGOTE BODY. Cvičenia budú riešené na interaktívnej tabuli, vďaka čomu budú do vyučovacej hodiny vnesené aj prvky IKT.

Prvá časť hodiny bude venovaná **výkladu učiteľa**, prostredníctvom ktorého vysvetlí základnú stavbu a funkciu mužských pohlavných orgánov. Výklad bude orientovaný podľa pripravenej **bodovej osnovy.** Učiteľ ho zároveň doplní, pre lepšiu predstavivosť žiakov, aj

o názornú demonštráciu modelu mužskej pohlavnej sústavy.

A. VNÚTORNÉ POHLAVNÉ ORGÁNY
a) semenníky *(testes)*
1. hormóny – funkcia
2. spermie – vývin, stavba, funkcia...
b) nadsemenníky *(epididymis)*
c) semenovody *(ductus deferens)*
d) semenné mechúriky *(vesicula seminalis)*
e) predstojnica *(prostata)*
B. VONKAJŠIE POHLAVNÉ ORGÁNY
a) miešok *(scrotum)*
b) pohlavný úd *(penis)*
1. erekcia – vysvetlenie pojmu + mechanizmus
2. polúcia – vysvetlenie pojmu
3. ejakulácia – vysvetlenie pojmu

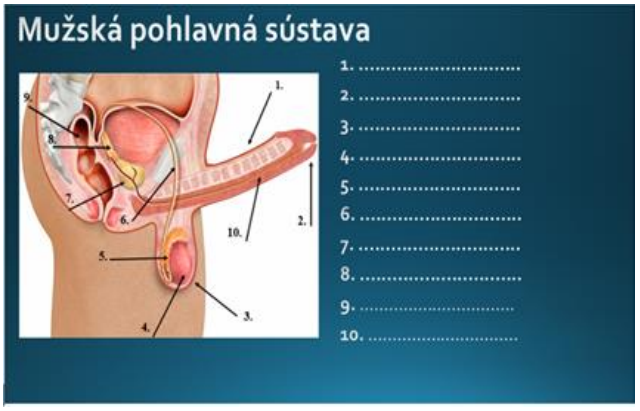
Zdroj: [16]

V priebehu hodiny učiteľ zároveň využije aj **problémovú úlohu,** ktorá úzko súvisí s kritickým myslením a pomôže žiakom dosiahnuť najvyššie ciele Bloomovej taxonómie.

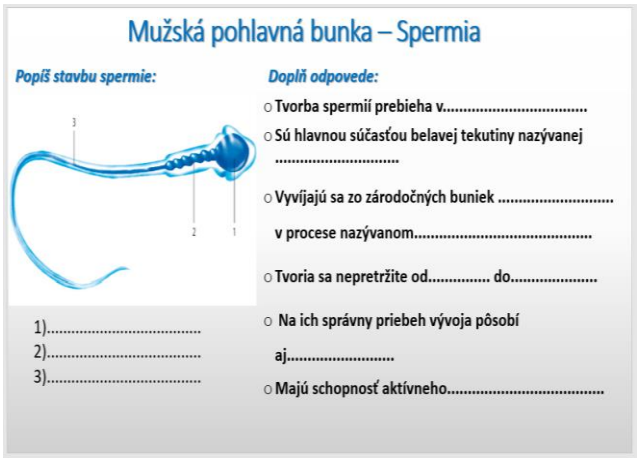
PROBLÉMOVÁ ÚLOHA
Vysvetlite, prečo by vysoká teplota semenníkov mohla ohroziť plodnosť u mužov?

SPRÁVNE RIEŠENIE:
Z biológie človeka sme sa už na základnej škole mohli dozvedieť, že miešok je vonkajším pohlavným orgánom muža. Sú v ňom zároveň uložené semenníky, v ktorých prebieha tvorba spermií. Spermie sú náchylné na zvyšovanie teploty, z čoho vyplýva, že umiestnenie semenníkov mimo vnútornú časť pohlavnej sústavy nie je náhodné. Telesná teplota sa vo vnútri tela pohybuje približne okolo 37,5°C, pričom najideálnejším predpokladom pre tvorbu spermií je teplota nižšia o 2 až 3°C. Ak by sa ideálne prostredie pre vývoj spermií narušilo, mohlo by to spôsobiť ich nezrelosť, morfologické zmeny a zhoršenie pohybu, čo by zvýšilo riziko neplodnosti [17].

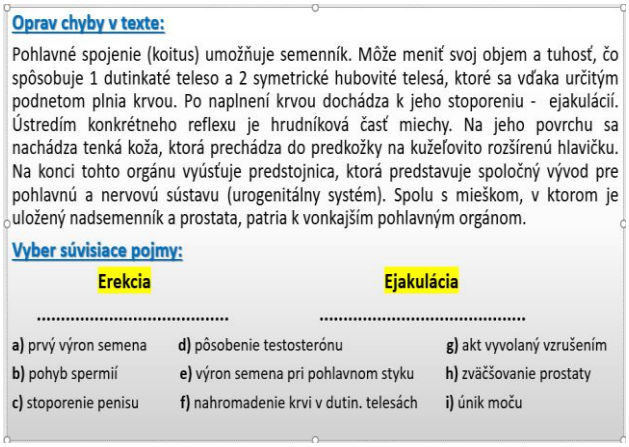
V druhej časti hodiny, po výklade učiteľa, budú nasledovať celkovo **tri interaktívne cvičenia**, ktoré otestujú vedomosti žiakov. Cvičenia dokážu overiť, či žiaci počas výkladu dávali pozor a či učivu porozumeli. Zároveň to žiakom pomôže rozviť skúsenosti s ovládaním interaktívnej tabuli.



Cvičenie 1 – Mužská pohlavná sústava



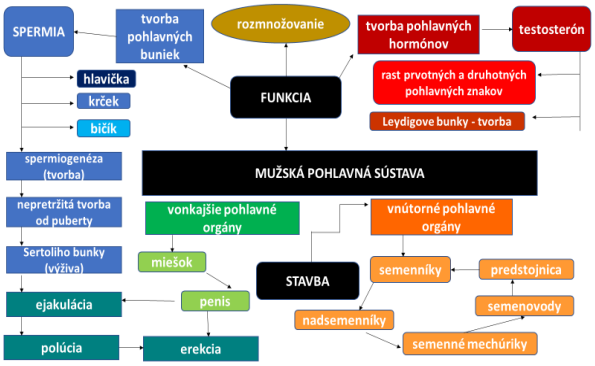
Cvičenie 2 – Mužská pohlavná bunka - Spermia



Cvičenie 3 – Oprav chyby v texte

Reflexia
V záverečnej fáze hodiny dôjde k preopakovaniu vedomostí prostredníctvom **myšlienkovej mapy** (Obr. 3), ktorá zároveň podporí rozvoj kreativity žiakov. Žiaci

ju budú vytvárať na tabuľu alebo do svojho poznámkového zošita. Tvorba myšlienkovej mapy môže byť realizovaná buď samostatne, alebo aj vo viacerých skupinách v zmysle **kooperatívneho vyučovania.**



Obr. 3 Myšlienková mapa

Záver

Na záver tohto príspevku chceme vyzdvihnúť skutočnosť, že to, či sa tvorivé a kritické myslenie dokáže implementovať do výchovno-vzdelávacieho procesu závisí aj od kreativity samotného učiteľa. Je to rozhodujúca osoba, ktorá by mala na základe svojich kompetencií prinášať do vyučovania hlavne inovatívnosť a efektivitu. Tie dokážu v procese vzdelávania u žiakov podporiť a umožniť rozvoj viacerých kľúčových kompetencií, vrátane ich vlastnej kreativity a schopnosti kriticky myslieť. Tento rozvoj by však nemohol byť reálny, pokiaľ by samotná príprava učiteľa, na vyučovaciu hodinu, nezahrňovala využívanie mnohých aktivizujúcich metód, ktoré menia žiakov na aktívnych účastníkov výchovno-vzdelávacieho procesu.

Na základe toho, konkrétny predkladaný príspevok predstavuje dva navrhnuté vyučovacie modely na tému Reprodukčná sústava človeka, ktoré ponúkajú námety na rôzne zaujímavé aktivity, ktorými sa učitelia môžu inšpirovať a využiť ich vo svojich vyučovacích hodinách.

Poďakovanie

Touto cestou by som sa chcela poďakovať svojej školiteľke PaedDr. Anne Sandanusovej, Ph.D., za jej odborné vedenie, usmerňovanie a dôležité rady pri písaní predkladaného príspevku.

Príspevok je súčasťou projektu APVV – 15 – 0368 Prax v centre didaktiky, odborová didaktika v Centre praktickej prípravy.

Literatúra

[1] Šándorová, V. (2013) Metódy a formy práce podporujúce kritické myslenie u žiakov zo sociálne znevýhodneného prostredia. Bratislava: Metodicko-pedagogické centrum. 2013. 60 s. ISBN 978-80-8052-559-0

[2] Išteník, P. (2015) Nevhodné nástroje poznávania ako protiklad kritickému mysleniu. [online]. [cit. 24-2-2020]. Dostupné z: http://www.pouzimerozum.sk/2015/01/05/nevhodna-nastroje-poznavania-ako-protiklad-kritickemu-mysleniu/

[3] World economic forum, 2018. The 10 skills you need to thrive in the Fourth Industrial Revolution. [online]. pp. 8–19. [cit. 24-2-2020]. Dostupné z: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs.pdf

[4] Šarníková, G. (2015) Rozvoj kritického myslenia žiakov s využitím filozofickej diskusie. In: Edukácia, roč. 1, 2015, č. 1, s. 243-251.

[5] Dargová, J. – Čonková, Ľ. (2002) Tvorivá inteligencia a tvorivá výučba. Prešov: PRIVATPRESS, s.r.o., 2002. 192 s. ISBN 80-968608-3-6.

[6] Harris, A. – De Bruin, L. 2018. Creativity in education [online]. [cit. 21-2-2020]. Dostupné z:http://education.oxfordre.com/view/10.1093/acrefore/9780190264093.001.0001/acrefore-9780190264093-e-383

[7] HAJROVÁ, M. 2015. Rozvoj kritického myslenia metódami aktívneho vyučovania osvedčená pedagogická skúsenosť edukačnej praxe – výťah. In: *Pedagogické rozhľady*. roč. 25, č. 1 , 25-27 s., ISSN 1335-0404.

[8] Kováčová, A. (2015) E-U-R ako trojfázový model vyučovania. [online]. [cit. 22-2-2020]. Dostupné z: http://projektstepahead.sk/interaktivne-obrazovky/vytvor_si/EUR_model.pdf

[9] Kosturková, M. (2016) Rozvoj kritického myslenia žiakov stredných škôl. Vydavateľstvo Prešovskej univerzity, Prešov, s. 110

[10] Zelinová, M. 2004. Výchova človeka pre nové milénium. Teória a prax tvorivo – humanistickej výchovy. Prešov: Rokus, 2004. 166s. ISBN 80-89055-48-6.

[11] Maňák, J. – Švec, V. 2003. Výukové metody. Brno: Paido, 2003. s.105. ISBN 80-7315-039-5.

[12] Ali Taha, V. – Tej, J. 2015. Tvorivé metódy v manažmente. Prešov: Bookman, ISBN 978-80-8165-130-4.

[13] Tomengová, A. 2012. Aktívne učenie sa žiakov – stratégie a metódy. [online]. [cit. 23-2-2020]. Bratislava: Pedagogicko- metodické centrum, 2012. 65 s. Dostupné z: https://mpc-

edu.sk/sites/default/files/publikacie/aktivne_ucenie_tomengova_web.pdf

[14] Ušáková, K. a kol. 2008. *Biológia pre gymnáziá.* 2. vyd. Bratislava: EXPOL PEDAGOGIKA, s.r.o., 2008. 104 s. ISBN 978-80-8091-110-2.

[15] https://www.youtube.com/watch?v=YSi1cDPftbA&t=165s

[16] Ušáková, K. a kol. 2008. Biológia pre gymnáziá. 2. vyd. Bratislava: EXPOL PEDAGOGIKA, s.r.o., 2008. 104 s. ISBN 978-80-8091-110-2.

[17] https://www.erekciablog.sk/spermie/

Kritické myslenie a jeho aplikácia vo vyučovaní tematického celku Tráviaca sústava na gymnáziách

Critical Thinking and its application in the teaching of the thematic system Digestive System at grammar schools.

Nikoleta Lásková[1]
Školiteľ: Anna Sandanusová[2]
[1]Katedra zoológie a antropológie, FPV UKF, Nábrežie mládeže 91, 949 74 Nitra
[1] nikoleta.laskova@gmail.com, [2] anna.sandanusova@gmail.com

Abstrakt
Cieľom článku je sústrediť pozornosť na vytvorenie portfólia modelov vyučovacích hodín z biológie pre 3. ročník gymnázií a ich overenie v praxi. Pri tvorbe modelov vyučovacích hodín bol kladený dôraz na rozvoj kritického myslenia a tvorivosti žiakov. Môžeme hovoriť o netradičnom a modernom priblížení učiva. Teoretická časť je zameraná na bližšie oboznámenie sa s pojmom kritické myslenie, s princípmi kritického myslenia, s metódami podporujúcimi rozvoj kritického myslenia žiakov a s metodikou tvorby didaktických testov. V praktickej časti je zhrnuté overenie vytvorených piatich modelov vyučovacích hodín na tému Tráviaca sústava človeka. Modely vyučovacích hodín sú vytvorené na princípe trojfázového modelu učenia E-U-R. Hlavným účelom práce je dosiahnutie rozvoja a prehĺbenia vedomostí o tráviacej sústave človeka a osvojenie si odbornej terminológie pomocou portfólia modelov vyučovacích hodín. Pomocou didaktických testov je vyhodnotená efektívnosť vedomostí žiakov, ktoré získajú na vyučovacích hodinách.
Kľúčové slová: Modely vyučovacích hodín. Kritické myslenie. Tvorivé vyučovanie. Tráviaca sústava. Didaktický test.

Abstract
The aim of the article is to create a portfolio of several models of biology lessons at Year 3 of grammar schools and their evaluation in the practice When creating the models, we mainly focused on the development of critical thinking and creativity of students. We can speak about modern, non-traditional approach to curriculum or schoolwork. The theoretical part is focused on closer explanation of the term critical thinking, the principles of critical thinking, the methods encouraging the development of students´ critical thinking as well as it deals with the methodology of creation of didactical tests.
The practical part includes the evaluation of created five models of lessons for the topic Human digestion system. The models of lessons are created on the principle of three-phase model of teaching. The main purpose of this thesis is to achieve the development and widening the knowledge about human digestive system and adopting technical terminology by means of portfolio with models of the lessons. By means of didactic tests we evaluated the effectivity of students´ knowledge gained during the lessons.
Key words: Models of lessons. Critical thinking. Creative education. Digestive system. Didactic tests.

Úvod

V súčasnej dobe je edukácia zložitý proces, v ktorom sa z dieťaťa postupne vytvára a vyvíja pomocou pedagóga samostatný jedinec. Hlavným zámerom školského systému je viesť žiakov k tomu, aby sa stali samostatnými mysliacimi osobnosťami, ktoré svojimi myšlienkami a rozhodnutiami napomáhajú k rozvoju spoločnosti a zlepšeniu života v nej.

Aby škola splnila tento účel, je potrebné zabezpečiť a vytvoriť vhodné podmienky, ktoré podporujú myšlienkové procesy žiakov, ich tvorivosť, vyjadrenie vlastných názorov a presvedčení medzi sebou. Ak chceme hovoriť o novátorstve v školstve je potrebné zmeniť systém samotného školstva a škôl tak, aby školy boli centrom rozvoja intelektuálnych schopností žiakov prostredníctvom získavania informácii. Práve tieto informácie sa stávajú základným zdrojom ďalšieho rozvoja a nie výsledkom myšlienkového procesu.

V posledných rokoch sme zaznamenali skutočnosť, že žiaci a študenti sú vedení k memorovaniu, zapisovaniu hotových informácií podávaných pedagógmi. Študenti a žiaci sa takto automaticky stavajú do rolí pasívnych prijímateľov informácií.

Nakoľko situácia v našich školách nám nie je ľahostajná, rozhodli sme sa spracovať tému, v ktorej sú zahrnuté princípy a východiská rozvíjajúce kritické a tvorivé myslenie žiakov. V článku sa nachádzajú vytvorené modely vyučovacích hodín zamerané na predmet Biológia na tému Tráviaca sústava človeka u žiakov 3.ročníka gymnázií. Modely pozostávajú z trojfázového modelu vyučovania a učenia E-U-R, ďalej z rôznych didaktických hier, metód rozvíjajúcich kritické myslenie, práce s textom a ďalších prvkov rozvíjajúce kritické a tvorivé myslenie žiakov.

V teoretickej časti článku sme sa zamerali na objasnenie pojmu kritické myslenie, princípy a metódy kritického myslenia, metodiku didaktických testov a tvorbu učebných úloh. V praktickej časti sa venujeme trom modelom vyučovacích hodín na tému Tráviaca sústava človeka. Modely boli vypracované v súlade s ISCED 3A. Aktivity v nich mali za cieľ rozvíjať kritické myslenie. Úroveň kritického myslenia na začiatku a konci vyučovacieho procesu je porovnávaná pomocou didaktického testu.

1 Pojem kritické myslenie

V dnešnej dobe sa kladie dôraz vo vzdelávacom procese na žiaka a záujem žiaka o vyučovanie. Pre učiteľa by mali byť prvoradé vlastné skúsenosti žiaka a vnútorná motivácia žiaka k učeniu. Pedagóg je tá osoba, ktorá by mala viesť žiaka k tomu, aby vedel vyjadriť svoje názory, vzbudiť v ňom túžbu k diskusii a k samotnému kritickému mysleniu. V takomto prípade a za ideálnych podmienok žiak neprijíma hotové poznatky, ale skladá si ich z predchádzajúcich skúseností a osvojených zručností. Predpokladom nato, aby kritické myslenie fungovalo je nutnosť mať isté množstvo získaných vedomostí. Vo všeobecnosti kritické myslenie je schopnosť nepodľahnúť prvému dojmu, prvý dojem je všeobecne mienený. V pedagogickom slovníku sme sa stretli s definíciou: „Kritickým myslením môžeme označiť komplex myšlienkových operácií, ktoré začínajú informáciou a končia prijatím vlastného rozhodnutia. Ide teda o vytvorenie si vlastného názoru na základe zistených vedomostí, skúseností, nie len svojich poznatkov ale aj iných ľudí.“

Stratégia vyučovania a E-U-R ako trojfázový model učenia je zameraný a postavený na tvorivom a podnetnom prístupe k učeniu. Pomáha rozvoju kritického myslenia žiaka a pedagóg vo vyučovacom procese má postavenie nestranného pozorovateľa, ktorý vedie žiaka a študenta k získavaniu nových poznatkov na základe jeho vedomostí a zručností [1].

E-U-R predstavuje skrátenie slov: E - evokácia, U – uvedomenie a R – reflexia. V roku 1997 v našom školstve predstavili túto stratégiu Meredith a Steele [2].

1.1 Didaktické testy

Veľmi jednoducho povedané, môžeme test považovať za súbor položiek, pričom každá táto položka je *otázkou* – na ktorú respondent odpovedá, *úlohou* – ktorú má respondent vyriešiť a *pokynom* – vykonanie činnosti [3].

Didaktické testy predstavujú postup pedagogickej diagnostiky pomocou, ktorej učiteľ (alebo aj žiaci), merajú pokiaľ je to možné objektívne a spoľahlivo výsledky učenia a dosiahnutie plánovaných cieľov. Výsledky testov sú hodnotené a interpretované tak, aby mohli byť využívané pre ďalší pedagogický postup. Objektívnosť testov je dôležitá a test môžeme považovať za objektívny, ak úlohy sú formulované jednoznačne a žiak mohol odpovedať jediným možným spôsobom. Odpovede hodnotíme ako správne alebo nesprávne. Je potrebné, aby testy boli spoľahlivé, inými slovami, aby boli zamerané na meranie toho, čo je cieľom merania [4]. Súčasťou tvorby didaktických testov sú učebné úlohy.

Učebné úlohy overujú splnenie vyučovacích cieľov a predstavujú prostriedok slúžiaci k riadenému učeniu. Pri riešení úloh by žiaci mali nadobudnúť nové znalosti a zručnosti, ktoré sú potrebné pri riešení problémových úloh. K utvrdeniu osvojeného učiva a ku kontrole získaných vedomostí slúžia práve možnosti riešenia učebných úloh. O učebných úlohách hovoria ako o špecifickom súbore požiadaviek kladených na učenie žiaka [5].

2 Materiál a metodika práce

Pomocou niekoľkých významných postupov sme mohli dospieť k splneniu čiastkových cieľov a zároveň k naplneniu hlavného cieľa tohto príspevku. Postupy, ktoré boli zvolené, boli odkonzultované, premyslené a naplánované v spolupráci s cvičným učiteľom a s viacerými učiteľmi z praxe.

Na objasnenie pojmu kritické myslenie a s ním súvisiace princípy a metódy sme si stanovili medzi prvé čiastkové ciele štúdium odbornej pedagogickej literatúry. Našu pozornosť sme zamerali okrem iného aj na metodiku didaktických testov a učebných úloh, a naštudovanie školského vzdelávacieho programu, a učebných osnov z predmetu Biológia určených pre študentov 3.ročníka gymnázia. Po naštudovaní odbornej biologickej literatúry sme nadobudli dostatočné vedomosti na tému Tráviaca sústava človeka.

Na základe štúdia učebníc biológie pre žiakov 3.ročníka gymnázií od autorov Stloukal a kol.[6],

Ušáková a kol. [7], Križan a Križanová [8] sme vypracovali modely vyučovacích hodín. Pri tvorbe modelov vyučovacích hodín sme navrhli aktivity a úlohy pre žiakov, učebné texty, cvičenia a pracovné listy, ktoré boli zamerané na rozvoj kritického myslenia. Následne boli modely pilotované, upravené a doplnené na základe konzultácií s viacerými učiteľmi z praxe a s cvičným učiteľom. Modely sú uvádzané v kapitole 3.

Pomocou didaktických testov, v ktorých boli zahrnuté učebné úlohy sme mohli zistiť samotnú efektívnosť vytvorených modelov vyučovacích hodín. Zvolili sme nasledovný postup: prvýkrát sa žiaci stretli s didaktickými testami pred odučením modelu vyučovacej hodiny. Bol to tzv. pred-test. Jeho cieľom bolo zistiť doterajšie vedomosti žiakov o tráviacej sústave. Po odučení všetkých troch modelov vyučovacej hodiny a uplynutí 3 týždňov (čas, kedy žiaci „zabudli“) bol rovnaký didaktický test predložený žiakom ako post-test. Porovnaním obidvoch didaktických testov sme mali možnosť zistiť a posúdiť rozsah vedomostí a ich trvácnosť z tematického celku Tráviaca sústava a zistiť vplyv kritického myslenia na tieto skutočnosti. Zistená úroveň rozvoja kritického myslenia na ktorú poukazovali výsledky porovnania oboch didaktických testov (pred-testu a post-testu) boli predložené a konzultované s učiteľom biológie.

2.1 Ako prebieha trávenie?

Evokácia

Zámerom učiteľa je vzbudiť u žiakov záujem o novú látku. Učiteľ využije metódu Brainstorming, ktorá je zameraná na zlepšenie kritického myslenia. Metóda Brainstorming je metóda, v ktorej je dôležité vytvoriť čo najviac asociácií spojených s predloženou témou aj zdanlivo nesúvisiacich. Žiaci píšu svoje nápady na tabuľu. V prvej fáze je podstatné neuplatňovať kritiku, pri čom v druhej fáze sa po určitom čase analyzujú správne odpovede.

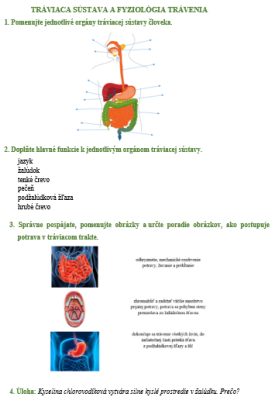
Uvedomenie si významu

Hlavná časť vyučovacej hodiny bude rozdelená do dvoch častí. V prvej časti sa žiaci rozdelia do troch skupín a oboznámia sa s novým učivom. Prvá skupina si pripraví výklad tráviacej rúry, ktorá pozostáva ústnej dutiny, hltanu a pažeráka. Druhá skupina bude prezentovať žalúdok a tenké črevo. Tretia skupina preštuduje informácie o hrubom čreve, tráviacich žľazách a konečníku.

V druhej časti budú jednotlivé skupiny prezentovať nové a naštudované informácie z danej témy. Treba pri tom dbať nato, aby sa každý žiak zo skupiny zapojil do výkladu. Zároveň sa žiakom oznámi dĺžka trvania oboch aktivít. Prvá aktivita štúdium a získavanie nových informácií bude trvať 15 minút, a druhá aktivita – výklad a prezentácia naštudovaných informácii z učebného textu pred triedou tiež 15 minút. Sledovaním a pozorovaním práce jednotlivých skupín budú žiaci usmerňovaní pri spracovaní materiálu z učebnice a prípravy na výklad.

Reflexia

V záverečnej časti hodiny si žiaci upevnia učivo samostatným vypracovaním vopred pripraveného pracovného listu (Obr. 1).


TRÁVIACA SÚSTAVA A FYZIOLÓGIA TRÁVENIA

1. Pomenujte jednotlivé orgány tráviacej sústavy človeka.

2. Doplňte hlavné funkcie k jednotlivým orgánom tráviacej sústavy.

jazyk
žalúdok
tenké črevo
pečeň
podnikateľkova žľaza
hrubé črevo

3. Správne popájajte, pomenujte obrázky a určte poradie obrázkov, ako postupuje potrava v tráviacom trakte.

4. Úloha: Kyselina chlorovodíková vytvára silne kyslé prostredie v žalúdku. Prečo?

Obr. 1 Pracovný list [9]

2.2 Máte chaos v tom, aké bielkoviny, tuky a cukry konzumovať?

Evokácia

Hlavným zámerom je vzbudiť u žiakov záujem o toto učivo metódou – Round Robin. Medzi žiakmi koluje jeden papier, na ktorý píšu svoje nápady a asociácie. Papier s nápadmi koluje dovtedy, pokým sa nevystrieda u každého žiaka a nevráti sa k pôvodnému žiakovi. Zámerom je vyprodukovať čo najviac nápadov a asociácií. Po doplnení všetkých nápadov na papier nasleduje fáza hodnotenia a diskusia.

Na aplikáciu tejto metódy učiteľ rozdelí žiakov do troch skupín, pričom každej skupine bude rozdaný papier. Na každom papieri je napísané zadanie resp. otázka k problematike nového učenia:

1.papier – ***Čo si predstavuješ pod pojmom „pestrá strava“ ?***

2.papier – ***Vymenuj, ktoré potraviny máš najradšej a odôvodni prečo?***

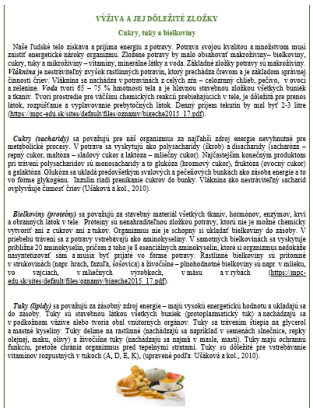
3. papier –***Aký je tvoj názor na racionálnu stravu ?***

Zadaním týchto otázok predpokladáme, že žiaci uvedú v odpovediach rôznorodú stravu, ktorá by mala obsahovať všetky základne živiny v primeranom množstve. Pretože všetky základne živiny sú potrebné pre správne fungovanie ľudského organizmu. Rozhovorom splnení úloh učiteľ nadviaže na problematiku nového učiva.

Uvedomenie si významu

V hlavnej časti vyučovacej hodiny je vysvetlenie učiva žiakom prostredníctvom metódy rozvíjajúcej kritické myslenie - metódy ***Učenia formou skladania*** alebo ***Jigsaw.*** Táto metóda sa považuje za formu kooperatívneho učenia, pričom jej cieľom je priame odovzdávanie získaných poznatkov a informácií členov jednej skupiny. Podstatou je rozdelenie učiva na primerane veľké diely (Obr. 2). Každý člen tímu sleduje svoju časť učiva a potom sa členovia skupín, ktorí študovali rovnaké diely stretnú v expertných skupinách a diskutujú o svojich častiach učiva. Po určitej dobe sa vrátia do pôvodných skupín a učia ostatných členov skupiny svoju časť učiva. Čiže všetci členovia pôvodných skupín dajú dohromady nové učivo. Následne každá skupina ostatným skupinám odprezentuje, čo sa na vyučovacej hodine naučili, pričom učiteľ ich výklady kontroluje.

Učebný text:



VÝŽIVA A JEJ DÔLEŽITÉ ZLOŽKY

Cukry, tuky a bielkoviny

Cukry (sacharidy) sa považujú pre sám organizmus za najľahší zdroj energie nevyhnutné pre metabolické procesy. V potrave sa vyskytujú ako polysacharidy (škrob) a disacharidy (sacharóza – repný cukor, maltóza – sladový cukor a laktóza – mliečny cukor). Najčastejším konečným produktom pri trávení polysacharidov sú monosacharidy a to glukóza (hroznový cukor), fruktóza (ovocný cukor) a galaktóza. Glukóza sa ukladá predovšetkým svalových a pečeňových bunkách ako zásoba energie a to vo forme glykogénu. Inzulín riadi premiknanie cukrov do bunky. Vitamína ako nesterivelný sacharid ovplyvňuje činnosť čriev (Ušáková a kol., 2010).

Bielkoviny (proteíny) sa považujú za stavebný materiál všetkých tkanív, hormónov, enzýmov, krvi a ostatných látok v tele. Proteíny sú nenahraditeľnou zložkou potravy, ktorú nie je možné chemicky vytvoriť ani z cukrov ani z tukov. Organizmus nie je schopný si ukladať bielkoviny do zásoby. V priebehu trávení sa z potravy vstrebávajú ako aminokyseliny. V zmesných bielkovinách sa vyskytuje približne 20 aminokyselín, pričom z toho je 8 esenciálnych aminokyselín, ktoré si organizmus nedokáže zasyntetizovať sám a musia byť prijaté vo forme potravy. Rastlinné bielkoviny sú prítomné v strukovinách (napr. hrach, fazuľa, šošovica) a živočíšne – plnohodnotné bielkoviny sú napr. v mlieku, vo vajciach, v mliečnych výrobkoch, v mäsu a v rybách (https://mpc-edu.sk/sites/default/files/zmamy/hiseche2015_17.pdf).

Tuky (lipidy) sa považujú za zásobný zdroj energie – majú vysokú energetickú hodnotu a ukladajú sa do zásoby. Tuky sú stavebnou látkou všetkých buniek (protoplazmatický tuk) a nachádzajú sa v podkožnom väzive alebo tvoria obal vnútorných orgánov. Tuky sa trávením štiepia na glycerol a mastné kyseliny. Tuky delíme na rastlinné (nachádzajú sa najmä v semenách obalenice, rajky olejnej, maku, olivy) a živočíšne tuky (nachádzajú sa najmä v masle, masti). Tuky majú ochrannú funkciu, pretože chránia organizmus pred tepelnými stratami. Tuky sú dôležité pre vstrebávanie vitamínov rozpustných v tukoch (A, D, E, K), (upravené podľa: Ušáková a kol., 2010).

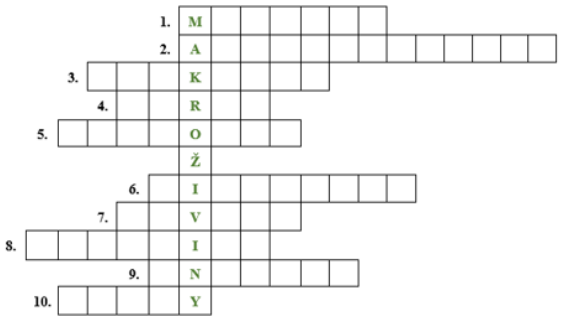
Obr. 2 Učebný text [9]

Reflexia

Hlavným cieľom a zámerom reflexie je overenie novo získaných vedomostí žiakov a to formou aktivity – tajničky (Obr.3).

Otázky:

1. Sladový cukor
2. Zlúčeniny, ktoré sú základným stavebným kmeňom svalovej bunky a nachádzajú sa v bielkovinách.
3. Ovocný cukor
4. Polysacharid prítomný v zemiakoch.
5. Polysacharid, ktorý vzniká spájaním molekúl glukózy a nachádza sa v pečeni a vo svaloch.
6. Ako sa nazýva skupina sacharidov, do ktorej zaradujeme sacharózu, laktózu a maltózu?
7. Cukry, tuky a bielkoviny zaradujeme medzi základné ?
8. Zložka potravy, ktorá priaznivo pôsobí na funkciu čriev.
9. Hormón, ktorý riadi ukladanie tukov.
10. Najľahší zdroj energie pre metabolické procesy.



Obr. 3 Ukážka tajničky [9]

2.3 Čo ja viem?

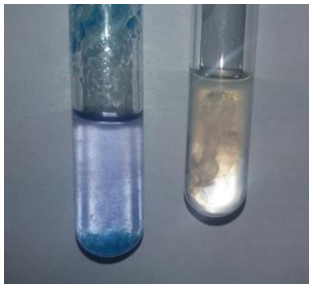
Evokácia

Hlavným zámerom úvodnej časti je vzbudiť u žiakov záujem a to formou praktického cvičenia. Praktické cvičenie s názvom „ Dôkaz mucínu v slinách “ (Obr.4).

Monológ učiteľa: *„Mucín spolu s amylázou je dôležitou organickou súčasťou slín. Na zuboch, podobne ako slizové puzdrá bakteriálnych buniek sa ukladá ako povlak, v ktorom sa môžu zachytávať minerálne látky, čím sa vytvára zubný kameň. Peptidické väzby mucínu tvoria so soľami medi farebný komplex. Mucín môžeme vyzrážať kyselinou octovou“.*

Postup praktického cvičenia:

1. Do prvej skúmavky si dáme približne 2 ml roztoku slín, 1 ml NaOH a následne zamiešame.
2. Pridáme 5 kvapiek $CuSO_4$ a pozorujeme farebnú zmenu.
3. Do druhej skúmavky si dáme 2 ml slín, 1 ml vody a 10 kvapiek kyseliny octovej.
4. Obsah pretrepeme a pozorujeme.



Obr. 4 Praktické cvičenie – Dôkaz mucínu v slinách [9]

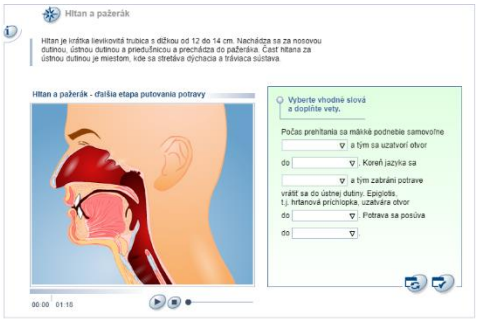
Po vykonaní praktického cvičenia učiteľ usmerňuje žiakov k záveru, že v prvej skúmavke sme mohli pozorovať prítomnosť bielkoviny, ktorá nám dokazuje fialové sfarbenie biuretu, pretože bielkoviny spolu s iónmi Cu^{2+} dávajú v alkalickom prostredí farebný komplex. V druhej skúmavke sa mucín vyzrážal kyselinou, čo viedlo k vzniku bielej zrazenine.

Uvedomenie si významu

V hlavnej časti vyučovacej hodiny učiteľ objasní žiakom podstatu učiva na tému Tráviaca sústava a fyziológia trávenia prostredníctvom úloh a cvičení z internetového portálu Planéta vedomostí (Obr.5, 6, 7,8).

1. úloha: Hltan a pažerák

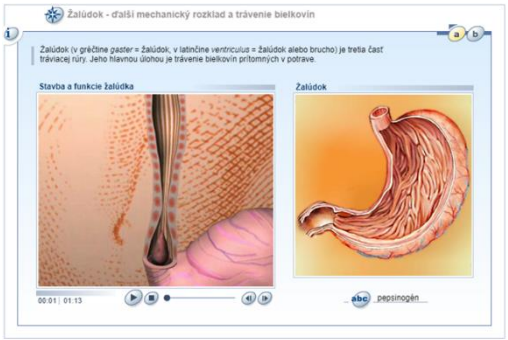
Úloha je spracovaná formou animácie a objasňuje podstatu prehĺtacieho reflexu (Obr.5). Ako postupuje prijatá potrava z ústnej dutiny vo forme hltu do hltana, pažeráka a následne do žalúdka. Vypracovaním tohto cvičenia a animácie si žiaci lepšie zafixujú podstatu prehĺtacieho reflexu.



Obr. 5 Cvičenie – hltan a pažerák [10]

2. úloha: Funkcia žalúdka

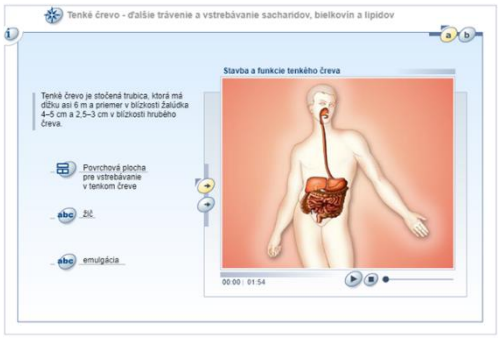
Animácia popisuje funkciu a stavbu žalúdka (Obr.6). Žalúdok produkuje žalúdočnú šťavu, ktorú tvoria kyselina chlorovodíková, hlien – mucín a enzýmy.



Obr. 6 Cvičenie – Funkcia žalúdka [10]

3. úloha: Stavba a funkcia tenkého čreva

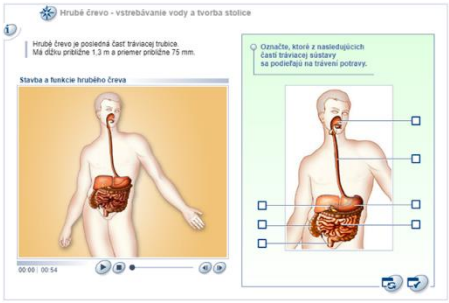
Video-animácia v prvej časti popisuje funkciu a stavbu tenkého čreva (Obr.7) a v druhej časti sa zameriava na tráviace žľazy - pankreas a pečeň, kde popisuje ich zloženie. Treba dať dôraz na žlč, ktorú produkujú pečeňové bunky. Žlč následne z pečene odteká do žlčníka.



Obr. 7 Cvičenie – Stavba a funkcia tenkého čreva [10]

4. úloha: Činnosť hrubého čreva

Cvičenie je zamerané na podstatu a funkciu hrubého čreva (Obr.8), v ktorom sa nachádzajú kvasné a symbiotické hnilobné baktérie.



Obr. 8 Cvičenie – Činnosť hrubého čreva [10]

Reflexia

V záverečnej časti vyučovacej hodiny si žiaci overia nadobudnuté poznatky formou didaktickej hry Bingo. Učiteľ žiakom bude čítať postupne typické charakteristiky pojmu a na základe toho budú žiaci vyškrtávať pojmy z tabuľky. Vyhráva ten, kto prvý objaví Bingo (Obr.9), teda bude mať napr. vyškrtané všetky pojmy v riadku.

Učiteľ číta:

1. Tráviaca žľaza, v ktorej sa produkuje žlč.
2.Vakovitý orgán, v ktorom sa vytvára trávenina – chýmus.
3. Látka v ústnej dutine, ktorá dodáva slinám viskozitu.
4. Tráviaca žľaza produkujúca pankreatickú šťavu.
5. Enzým žalúdka tráviaci bielkoviny na polypeptidy.
6. Látka vznikajúca v pečeňových bunkách.
7. Látka, ktorá vytvára kyslé prostredie v žalúdku.
8.Enzým štiepiaci polysacharidy na jednoduchšie cukry.

PEČEŇ	INZULÍN	MUCÍN
LIPÁZA	PEPSÍN	ŽALÚDOK
AMYLÁZA	ŽLČ	TRYPSÍN

Obr. 9 Cvičenie – Bingo [9]

3 Výskum

Pre výskum boli vytvorené dva zhodné didaktické testy, z toho jeden sme označili ako pred-test a druhý post-test. Didaktický test pozostával z 12 otázok. Všetkých dvanásť testových úloh bolo vytvorených z učív, ktoré boli zahrnuté vo všetkých troch modeloch vyučovacích hodín biológie na tému Tráviaca sústava človeka a výživa.

Formulácia testových položiek bola založená na jednoduchosti, následnosti a zrozumiteľnosti. Didaktický test bol realizovaný v 3.A triede v počte 15 žiakov na Gymnáziu Martina Kukučína v Revúcej a na samotné vypracovanie bolo vyhradených 30 minút.

3.1 Testové úlohy v didaktickom teste

Pred vypracovaním didaktického testu sme žiakov upozornili, aby pozorne a dôkladne čítali zadania jednotlivých učebných úloh a čítali všetky ponúkané alternatívy, teda možnosti. Aby sa snažili logicky uvažovať a kriticky myslieť pred vypracovaním problémových, otvorených a uzavretých úloh.

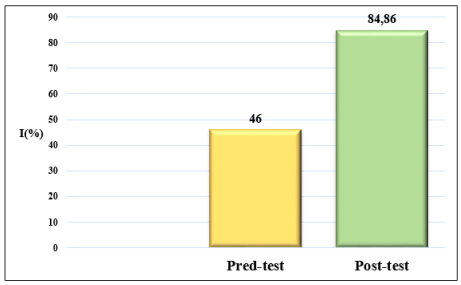
V didaktickom teste sa nachádzajú najčastejšie typy učebných úloh a to úlohy uzavreté a otvorené. Pri uzavretých úlohách si žiaci museli vybrať správne odpovede z ponúkaných možností, pričom pre žiakov bola úloha náročnejšia, pretože im nebol zadaný počet správnych odpovedí, tým pádom museli žiaci logicky uvažovať. Ako ďalšiu uzavretú úlohu sme využili úlohu binárnu alebo dichotomickú, ktorá ponúka dve alternatívy odpovede *správne – nesprávne*, pri ktorej mali žiaci zakrúžkovať iba jednu odpoveď a v prípade, ak by bola odpoveď nesprávna, tak ich úlohou je opraviť nesprávnu odpoveď na správnu. Ďalšími učebnými úlohami sú úlohy otvorené, pri ktorých žiaci tvoria odpoveď. V didaktickom teste sa nachádzajú otvorené úlohy s krátkou alebo stručnou odpoveďou a otvorené úlohy so širokou alebo dlhou odpoveďou. Následne sme aplikovali otvorenú úlohu s využitím obrázku, ktorej zámerom bolo, aby žiaci dopísali názvy označených častí tráviacej sústavy. Okrem otvorených a uzavretých úloh sa v didaktickom teste vyskytujú aj problémové úlohy, ktoré sú predpokladom rozbiehavého myslenia a zložitejším myšlienkovým operáciám žiakov.

Napríklad v predposledných úlohách didaktického testu sme využili problémovú úlohu, ktorá zahŕňa text. Po dôkladnom prečítaní textu mohli žiaci následne odpovedať na otázku, ktorá súvisela s textom.

4 Výsledky a diskusia

Základným predpokladom článku bolo zistenie možnosti rozvoja kritického myslenia pomocou aplikovania modelov vyučovacích hodín biológie na tému Tráviaca sústava v 3. ročníku gymnázia. Vychádzali sme z predpokladu, že žiaci si učivo zapamätajú a uchovajú dlhšie v pamäti pri názornom aplikovaní učiva, nakoľko sú do vnímania zapojené všetky zmysly. Tým pádom sme sa domnievali, že modely vyučovacích hodín budú mať pozitívny dopad na žiakov a žiakom bude učivo zrozumiteľnejšie, ľahšie zapamätateľné, pretože vlastnou aktívnou činnosťou si žiak dokáže dlhodobejšie uchovávať informácie v pamäti. Zároveň sme predpokladali, že modely vyučovacích hodín, v ktorých sú zahrnuté rôzne aktivity, problémové úlohy, bádateľské metódy, skupinové ale aj individuálne práce a rôzne ďalšie iné, vďaka ktorým sa zvýši nie len aktivita žiakov ale aj pozornosť na vyučovacích hodinách.

Pre výskum boli vytvorené dva zhodné didaktické testy, z toho jeden sme označili ako pred-test a druhý post-test. Pred-test sme žiakom predložili ešte pred odučením modelov a jeho úlohou boli zistiť úroveň doterajších vedomosti na tému Tráviaca sústava. Po odučení všetkých troch modelov vyučovacej hodiny a uplynutí približne 3 týždňov bol rovnaký didaktický test predložený žiakom označený ako post-test. Zistenú úroveň vedomosti žiakov pomocou oboch didaktických testov (Obr.10) sme zaznamenali do tabuliek a graficky znázornili.



Obr. 10 Porovnanie výsledkov pred a post-testu [9]

Vypracovaním oboch didaktických testov sme získali výsledky. Z grafu môžeme zhodnotiť, že výsledky post-testu sú oveľa lepšie ako výsledky pred-testu. Výsledky prvého testu sú v priemere 9,16 bodov, čo znamená 46%, a druhého testu sú v priemere 16,93

bodov, to znamená 84,86 %. Porovnaním oboch testov došlo k zlepšeniu o 7,77 bodov a v percentách je to 38,86 %. Na základe výsledkov, môžeme posúdiť, že žiaci si získané poznatky a informácie prostredníctvom rôznych vyučovacích metód, aktivít, didaktických hier alebo prácou v skupinách si dlhodobejšie uchovávajú v pamäti a v potrebe nutnosti si ich dokážu vybaviť.

Záver

V súčasnej dobe je zaznamenaná problematika kritického myslenia u žiakov. Výučby sú odučené klasickým výkladom pedagógov, a u žiakov sa tým pádom stráca schopnosť kriticky myslieť a premýšľať nad danými informáciami. Preto sme sa rozhodli v našom článku zamerať na schopnosť rozvíjať kritické myslenie a tvorivosť žiakov na gymnázií tvorbou modelov vyučovacích hodín a zároveň sa odkloniť od klasických alebo tradičných vyučovacích hodín.

V teoretickej časti článku sme sa zamerali na poňatie pojmu kritické myslenie a základnej charakteristike didaktických testov a učebných úloh.

V praktickej časti sme sa venovali metódam rozvíjajúcich kritické myslenie, ktoré sme využili pri tvorbe modelov vyučovacích hodín. Na základe štúdia učebníc biológie pre žiakov 3.ročníka gymnázií od autorov Stloukal a kol.[6], Ušáková a kol. [7] sme vypracovali modely vyučovacích hodín. Modely vyučovacích hodín na tému Tráviaca sústava človeka boli zostavené na základe trojfázového modelu učenia, v ktorých boli zahrnuté vyučovacie metódy, didaktické hry, učebné otvorené a uzavreté úlohy. Ďalej problémové úlohy, ktoré sú predpokladom rozbiehavého myslenia a zložitejším myšlienkovým operáciám žiakov. Taktiež práca s textom, označovaná ako čitateľská gramotnosť rozvíja kritické myslenie a tiež práca v skupinách, pri ktorej si žiaci môžu navzájom pomáhať, rešpektovať názory ostatných členov skupiny a vytvárať nové vedomosti. Modely boli pilotované a upravené na základe konzultácií s viacerými učiteľmi. Následne boli modely odučené v 3.A triede na Gymnáziu Martina Kukučína v Revúcej a po ich odučení bol žiakom predložený didaktický test, ktorého testové úlohy vyplývali z modelov.

V praktickej časti popisujeme priebeh a výsledky výskumu, ktorého sa zúčastnilo 15 žiakov z gymnázia. Zrealizovanie výskumu prebiehalo v nasledovných krokoch: žiakom bol predložený didaktický test, označovaný ako pred-test. Následne boli odučené tri modely vyučovacích hodín a približne po 3 týždňoch bol totožný didaktický test (post-test) predložený žiakom. Po vypracovaní oboch didaktických testov boli výsledky vyhodnotené a spracované. Na základe výsledkov nášho výskumu, ktoré sme zaznamenali do tabuliek a grafov pre lepšiu prehľadnosť, bol potvrdený náš predpoklad. Aplikovaním modelov vyučovacích hodín na tému Tráviaca sústava človeka s využitím metód, aktivít, učebných úloh a názorným vyučovaním si žiaci vlastným aktívnym prístupom alebo prácou v skupinách lepšie uchovajú získané vedomosti v pamäti.

V praxi sme si overili skutočnosť, že aktívny prístup pedagóga k vyučovaciemu procesu, zavádzaniu a využívaniu metód, učebných úloh a didaktických hier vo vyučovacom procese prináša úspech. Pre žiakov sa stáva vyučovací proces zaujímavejším a stávajú sa aktívnejšími.

Poďakovanie

Rada by som sa poďakovala svojej školiteľke PaedDr. Anne Sandanusovej, Ph.D. za jej cenné rady a odbornú pomoc pri písaní tohto článku.

Zároveň by som sa chcela poďakovať mojej cvičnej učiteľke RNDr. Tatiane Pavlíkovej a žiakom 3.A triedy, ktorí boli ochotní spolupracovať pri realizácii výskumu a pedagogickému vedeniu školy Gymnázia Martina Kukučína v Revúcej.

Práca je súčasťou projektu APVV - 15 - 0368 Prax v centre didaktiky, odborová didaktika v centre praktickej prípravy.

Použitá literatúra

[1] www.projektstepahead.sk
[2] Kosturková M. (2016) Rozvoj kritického myslenia žiakov stredných škôl. Vydavateľstvo Prešovskej univerzity, Prešov, s. 69
[3] Rosa V. (2007) Metodiky tvorby didaktických testov. Štátny pedagogický ústav, Bratislava, s. 27
[4] Skalková J. (2007) Obecná didaktika. Grada Publishing, a. s., Praha, s. 212
[5] Zormanová L. (2014) Obecná didaktika: Pro studium a praxi. Grada Publishing, Praha, s. 180
[6] Stloukal a kol. (1998) Biológia pre 3. ročník gymnázií. MEDIA TRADE, spol. s.r.o., Prešov, s.82
[7] Ušáková a kol. (2010) Biológia pre gymnázia. EXPOL PEDAGOGIKA, s.r.o., Bratislava, s. 18
[8] Križan a Križanová (2016) Maturita z biológie. Ikar, a. s. – Príroda, Bratislava, s. 136
[9] Lásková, N. (2020)
[10] www.planetavedomosti.iedu.sk

Lokálne informačné zdroje mikroregiónu Kľakovská dolina a ich význam vo vyučovaní (nielen) geografie miestnej krajiny

Local information sources of the Kľakovská Valley microregion and their importance (not only) to geography teaching of the local landscape

Kristína Lásková[1]
Školiteľ: Hilda Kramáreková[2]
[1,2]Katedra geografie a regionálneho rozvoja, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra,
[1] kristina.laskova@student.ukf.sk, [2] hkramarekova@ukf.sk

Abstrakt
Informácie o miestnej krajine sú ťažiskovo aktuálnou témou najmä v geografii. Využiť ich však možné aj v predmetoch iných, čo vedie k posilneniu vzťahu žiaka k rodisku, či k regiónu, v ktorom žije.

Práca je rozdelená do piatich častí. V prvej časti sa zameriavame na teoreticko-metodické východiská problematiky. Následne stručne charakterizujeme mikroregión Kľakovská dolina z fyzickogeografického a humánnogeografického hľadiska. V tretej kapitole sa venujeme rôznym informačným zdrojom o Kľakovskej doline. Cieľom práce je zistiť stav a množstvo informačných zdrojov o obciach mikroregiónu i mikroregióne samotnom, zdôrazniť zmysel poznania územia mikroregiónu Kľakovská dolina. Rovnako sa venujeme aj možnostiam využitia týchto zdrojov vo vyučovaní aj iných predmetov, ako je práve geografia.

V článku sme využili nasledovné metódy: metódu vysvetľujúceho opisu, kartografickú metódu, terénny výskum a metódu komparácie.

Kľúčové slová: Kľakovská dolina, mikroregión, informačné zdroje, geografia miestnej krajiny, medzipredmetové vzťahy

Abstract
Information about the local landscape is a actual and main topic, especially in Geography. However, they can also be used in other subjects, which leads to a stronger relationship between the pupil and his / her birthplace or region. The work is divided into five parts. The first part focuses on the theoretical and methodological basis of the issue. Subsequently, we briefly characterize the microregion Kľakovská valley from the physical-geographical and human-geographical point of view. The third chapter deals with various information sources about Kľakovská valley. The aim of this work is to find out the state and amount of information sources about the municipalities of the microregion and the microregion itself, to emphasize the sense of knowing the territory of the microregion Kľakovská valley. We also deal with the possibilities of using these resources in teaching other subjects such as Geography. In this article we used the following methods: method of explanatory description, cartographic method, field research and method of comparison.

Key Words: Kľakovská valley, microregion, information sources, geography of local landscape, interdisciplinary relations

Úvod

Informácie o miestnej krajine predstavujú dôležitý zdroj pochopenia faktorov a súvislostí, ktoré podmieňujú vzťahy medzi jednotlivcami a krajinou na lokálnej či širšej regionálnej úrovni. Aj na základe osvojenia poznatkov z lokálnych informačných zdrojov môžu žiaci podrobnejšie spoznať krajinu, v ktorej žijú. Cieľom práce je zistiť stav a množstvo informačných zdrojov (printových aj elektronických) o obciach mikroregiónu Kľakovská dolina i mikroregióne samotnom, zdôrazniť zmysel poznania územia mikroregiónu Kľakovská dolina. Venujeme sa tiež možnostiam využitia týchto zdrojov vo vyučovaní aj iných predmetov, ako je práve geografia. Poznanie miestnej krajiny je u žiakov kľúčom k aplikácii už získaných teoretických vedomostí i praktických skúseností.

1 Teoreticko-metodické východiská

Základné informácie o miestnej krajine sa z lokálnych informačných zdrojov dozvedáme z monografií doliny Kľakovská dolina od Hrona po Vtáčnik [4] a Kľakovská dolina od Žarnovice po Vtáčnik [16], historických

publikácií Robotnícke hnutie a protifašistický odboj v okolí Žarnovice [17], Fašistické represálie na Slovensku [18], a súčasných kníh ako 21.1.1945 - najsmutnejší deň pre Kľak a Ostrý Grúň [19], Život zrodený zo smrti [20], Za potulkami Pohronskou cestou [21], Tekov z neba [22], Život v Ostrom Grúni zvíťazil od Váleka [23, 24]. Využili sme aj kroniky jednotlivých obcí a propagačné materiály o území napr. od Hanusovej, Sitárovej a Pajerského [25]. Nápomocné boli tiež internetové stránky obcí, mikroregiónu Kľakovská dolina [14] a Oblastnej organizácie cestovného ruchu (OOCR) Región Gron [26].

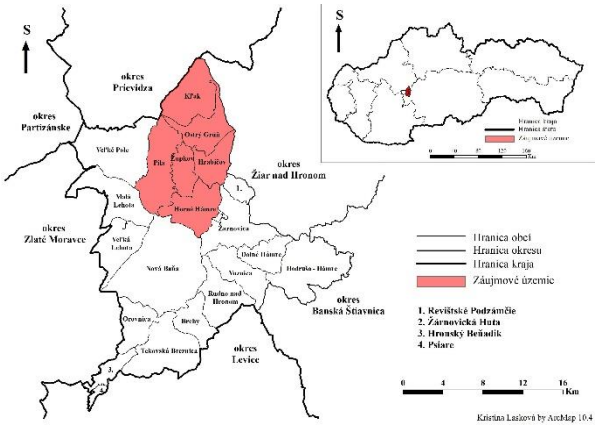
Pracovali sme aj so sociálnou sieťou Facebook [27] a internetovou databázou videí Youtube [28]. Štatistické informácie sme čerpali z webového portálu Štatistického úradu SR [1]. Pri geologickom vývine sme využili poznatky z mapy od Vassa a kol. [2], pri geomorfologickom členení územia z mapy Mazúra a Lukniša [3] a z monografie od Bielika [4]. Klimatické oblasti sme spracovali na základe mapy od Lapina a kol. [5]. Pri pôdach sme informácie čerpali z Malého atlasu pôd Slovenskej republiky [6] a stránky Výskumného ústavu pôdoznalectva a ochrany pôdy [7]. Vegetácia územia bola charakterizovaná na základe publikácie od Lukniša, red. [8]. Informácie o ochrane prírody sme získali zo stránky Štátnej ochrany prírody Slovenskej republiky [9] a z Enviroportálu [10]. Pri humánnogeografickej charakteristike územia sme čerpali z prác Dubcovej a kol. [11] a Šolcovej [12]. O poľnohospodárstve sme sa bližšie dozvedeli zo stránky poľnohospodárskeho subjektu AGROALM [13] a webovej stránky mikroregiónu Kľakovská dolina [14]. Pri charakteristike cestovného ruchu a akcií, ktoré sa v území realizujú, sme vychádzali z článku Láskovej [15]. Didaktickú aplikáciu poznatkov o miestnej krajine sme spracovali z dokumentov Inovovaný štátny vzdelávací program z geografie [29], dejepisu [31], občianskej náuky [32], cudzieho jazyka - nemeckého [33] a slovenského jazyka a literatúry [34]. Pre bližšie pochopenie súvislostí informačných zdrojov a organizačných foriem vyučovania nám poslúžil článok od Hauptvogelovej [30].

Z metód sme v práci použili metódu vysvetľujúceho opisu pri vymedzení územia a kartografickú metódu pri širších územných vzťahoch. Počas terénneho výskumu sme uplatnili aj rozhovor so starostami obcí. Využitá bola aj komparatívna a systémová metóda.

2 Základné informácie o mikroregióne Kľakovská dolina

Mikroregión Kľakovská dolina sa nachádza v Banskobystrickom kraji, konkrétne v severnej časti okresu Žarnovica. Pozostáva zo šiestich obcí – Kľak, Ostrý Grúň, Hrabičov, Župkov, Horné Hámre, Píla.

Mikroregión vznikol 16. 6. 2003, pričom zakladateľmi boli obce Horné Hámre, Župkov, Hrabičov, Ostrý Grúň, Kľak a až neskôr sa k mikroregiónu pridala aj obec Píla. Hlavným motívom vytvorenia združenia obcí bola v tom období možnosť čerpania finančných prostriedkov z Európskej únie. Cieľom združenia je podpora rozvoja cestovného ruchu, rozvoja vidieka a ochrany životného prostredia. Sídlo mikroregiónu sa nachádza v obci Župkov. Mikroregión susedí s viacerými obcami, ktoré na základe administratívno-správneho hľadiska patria pod 3 okresy - okres Žarnovica, okres Prievidza a okres Žiar nad Hronom. S okresom Prievidza je hranica s mikroregiónom najkratšia a tiež oddeľuje Banskobystrický kraj od Trenčianskeho kraja. Na severe susedí s obcami Lehota pod Vtáčnikom, Kamenec pod Vtáčnikom, Bystričany, Čerňany, Horná Ves. Na východe územia mikroregión susedí s obcami Prochot, Horná Ždaňa a Bzenica, ktoré patria pod okres Žiar nad Hronom. Na západe susedí s obcami Veľké Pole Malá Lehota a na juhu s mestami Nová Baňa a Žarnovica a obcou Revištské Podzámčie (mapa č. 1).



Mapa č. 1: Širšie územné vzťahy mikroregiónu Kľakovská dolina
Zdroj: Autor

Kľakovská dolina sa tiahne pozdĺž Kľakovského potoka, okrem obce Píla, ktorou vodný tok nepreteká. Dolinu obklopuje zo severu pohorie Vtáčnik, z východu Kremnické vrchy, zo západu pohoria Tribeč a Vtáčnik, ktoré sú súčasťou Chránenej krajinnej oblasti (CHKO) Ponitrie a z juhu pohorie Pohronský Inovec.

Z hľadiska začlenenia územia do regionálnogeologických jednotiek patrí územie Kľakovskej doliny medzi neovulkanické pohoria, z ktorých do územia zasahujú hlavne pohorie Vtáčnik,

okrajovo do obce Horné Hámre pohorie Pohronský Inovec a do obce Píla pohorie Tribeč [2].

Geomorfologicky patrí územie do oblasti Slovenské stredohorie. Prevláda celok Vtáčnik a jeho jednotlivé podcelky Vysoký Vtáčnik, Nízky Vtáčnik, Župkovská brázda a Raj [3]. Do obce Horné Hámre zasahuje na malej ploche územia celok Pohronský Inovec s podcelkom Vojšín a v západnej časti obce Horné Hámre zasahuje pohorie Tribeč s podcelkom Veľkopolská vrchovina [4].

Najvyššie položené časti pohoria Vtáčnik zaraďujeme do mierne chladnej klimatickej oblasti. Obce Hrabičov, Župkov Horné Hámre a Píla majú prevažne mierne teplý a mierne vlhký okrsok [5].

Najvýznamnejší vodný tok v území mikroregiónu je Kľakovský potok, ktorý má niekoľko prítokov. Zľava je to Pokutský potok v obci Ostrý Grúň a z pravej strany Pilanský potok v obci Píla a Župkovský potok v obci Župkov. Kľakovský potok sa v meste Žarnovica vlieva do rieky Hron [4].

Najrozšírenejším pôdnym typom v mikroregióne sú kambizeme typické a kyslé [6]. Na úpätí pohoria Vtáčnik sa vyskytujú andozeme. Pozdĺž vodných tokov sa nachádzajú fluvizeme typické. Z pôdnych druhov sa vyskytujú pôdy hlinité a piesočnato – hlinité [7].

Pôvodnú vegetáciu tvorili dubovo-bukovo-jedľové lesy. V súčasnosti sa na území nachádzajú prevažne dubovo-bukové porasty, vo vyšších a severných expozíciách s prímesou ihličnanov hlavne smrek, na hrebeňoch a horských chrbtoch sa vyskytuje smrekovec a v skalnatých oblastiach borovica. Z listnatých stromov nájdeme hlavne duby *(Quercus sp.),* buky *(Fagus sp.)* v menšom zastúpení sú to topoľ osikový *(Populus tremula),* jelša lepkavá (*Alnus glutinosa*), javor horský (*Acer pseudoplatanus*), jaseň štíhly *(Fraxinus excelsior)* a hrab obyčajný (*Carpinus betulus*) [4].

Súčasná štruktúra a zloženie živočíšstva v mikroregióne je výsledkom dlhodobého evolučného vývoja a veľmi intenzívneho pôsobenia človeka. V záujmovom území sa vyskytujú štyri živočíšne spoločenstvá. Spoločenstvo hôr sa rozprestiera na väčšine územia. Spoločenstvo riek a brehov nachádzame v okolí Kľakovského, Pokutského a Pilanského potoka a v nich samotných. Tým, že sa Kľakovský potok tiahne pozdĺž zastavaného územia, sa vodné spoločenstvo zmenšilo. Spoločenstvá lúk a polí nachádzame v oblastiach bližšie pri ľudských obydliach. Podobne ako pri rastlinách, aj u živočíchov pozorujeme synantropné spoločenstvá [8].

Časť mikroregiónu Kľakovská dolina patrí do CHKO Ponitrie. CHKO patrí do dvoch odlišných geomorfologických celkov Tribeč a Vtáčnik, ktoré sa odlišujú nielen po stránke geologickej stavby, ale aj po stránke typológie lesov, fauny a flóry. Rastie tu viac ako 1200 druhov vyšších rastlín, zo živočíchov tu bolo zistených viac ako 5500 druhov [9]. Podľa sústavy chránených území európskeho významu NATURA 2000 patrí časť územia medzi územia európskeho významu, ide o ÚEV Vtáčnik. Cieľom je ochrana 9 typov európsky významných biotopov [10].

Obce Horné Hámre, Píla, Župkov a Hrabičov majú rozptýlené (disperzné) osídlenie, konkrétne sa zaraďujú do novobanskej kopaničiarskej oblasti (štále). Štále sa nachádzajú v nadmorských výškach 200 – 800 m n. m. na členitom reliéfe sopečných pohorí s málo úrodnými pôdami [11]. Preto v týchto územiach prevládalo pasienkárstvo nad pestovaním poľnohospodárskych plodín. Pojem „štále“ má nemecký pôvod, čo dokazuje, že popri Slovákoch ich zakladali aj Nemci. Obývali ich pôvodne baníci, uhliari, sklári, drevorubači a pastieri. Obce Kľak a Ostrý Grúň boli kolonizované neskôr [12].

K 31. 12. 2019 žilo v mikroregióne Kľakovská dolina spolu 2968 obyvateľov (tabuľka č. 1). Najviac obyvateľov žilo v obci Župkov (879 obyv.), najmenej v obci Píla (132 obyvateľov). V mikroregióne žije viac mužov (1499) ako žien (1469). Podľa rozlohy je najväčšou obcou mikroregiónu Píla (25,6 km^2) a najmenšou je obec Župkov (10,3 km^2) [1].

Obce	muži	ženy	počet obyvateľov	Rozloha (km^2)
Kľak	99	93	192	22,8
Ostrý Grúň	275	265	540	16,7
Hrabičov	296	286	582	13,2
Župkov	430	449	879	10,3
Horné Hámre	325	318	643	19,6
Píla	74	58	132	25,6
SPOLU	**1499**	**1469**	**2968**	**108,2**

Tabuľka č. 1: Počet obyvateľov v mikroregióne Kľakovská dolina k 31. 12. 2019
Zdroj: [1]

V záujmovom území hospodári poľnohospodárska firma AGROALM so sídlom v obci Píla. Rastlinná výroba v tomto území nedominuje z dôvodu členitosti reliéfu, ako uvádzame vyššie. Zo živočíšnej výroby sa tu realizuje najmä chov hovädzieho dobytka a produkcia mäsových výrobkov [13]. V mikroregióne sa vyskytujú aj rôzne firmy zamerané na lesníctvo a ťažbu dreva.

Priemyselná výroba je zastúpená podnikateľskými subjektami, ktoré sú zamerané na stavebníctvo a na opracovanie drevnej hmoty.

Dopravná dostupnosť územia je zabezpečovaná cestami II. a III. triedy. Z obce Horné Hámre vedie cesta troma smermi, a to na sever, juhovýchod a severozápad. Cestou číslo 2523 vedúcou na sever sa dostaneme k väčšine obcí Kľakovskej doliny (Župkov, Hrabičov, Ostrý Grúň, Kľak). Severozápadne od obce Horné Hámre sa dostaneme do obce Píla, odkiaľ cestná komunikácia číslo 512 smeruje k mestu Partizánske poprípade k obci Skýcov. Smerom na juhovýchod leží okresné mesto Žarnovica. Cestná vzdialenosť z obce Župkov do okresného mesta je 9,1 km. Od krajského mesta Banská Bystrica je obec Župkov vzdialená 65,3 km. Mikroregiónom železničná trať neprechádza.

Vzdelávanie v obciach zastrešuje Základná škola s materskou školou v Župkove (1. - 9. ročník) a materské školy v obciach Ostrý Grúň, Hrabičov, Župkov, Horné Hámre.

V mikroregióne sa nenachádza žiadne zdravotnícke zariadenie, najbližšie je v okresnom meste Žarnovica.

Poštové služby v mikroregióne zabezpečujú miestne pošty v obciach Ostrý Grúň, Hrabičov a Horné Hámre. Obec Kľak patrí pod poštu Ostrého Grúňa, obec Župkov pod Horné Hámre, a obec Píla pod poštu Žarnovica.

Vo viacerých obciach fungujú spevácke súbory (napr. Grúnčanka, Vtáčnik, Kľakovianka), športové tímy ako futbalové kluby (TJ Klas, FK Župkov) a dobrovoľné hasičské zbory (DHZ Župkov, DHZ Horné Hámre, DHZ Hrabičov). Pri rôznych sviatkoch sa uskutočňujú pravidelné kultúrnospoločenské akcie (fašiangy, rezbárske dni, hasičský deň, stavanie mája, hodové slávnosti a i.). Pôsobia tu aj kluby dôchodcov, občianske združenia a organizácie poľovníkov [14].

Mikroregión má rad možností rozvoja cestovného ruchu. V mikroregióne sú vybudované turistické chodníky (8), cyklistické trasy (6), lesný náučný chodník - Po stopách lesnej železničky a Náučný chodník Tetradymit [15].

3 Lokálne informačné zdroje

Zdroje o mikroregióne a jeho jednotlivých obciach môžeme rozdeliť do niekoľkých skupín:

- printové - monografie, kroniky, historické publikácie, literárne publikácie, propagačné materiály
- elektronické – webová stránka Kľakovskej doliny, webové stránky jednotlivých obcí,
- skupiny na sociálnej sieti Facebook – Kľakovská rodina, facebooková skupina Kľakovská rodina je aj na Instagrame,
- Youtube – svoj kanál má iba obec Župkov.

3. 1 Printové zdroje informácií

Ako nám zobrazuje tabuľka č. 2, v mikroregióne boli publikované len dve monografie o Kľakovskej doline. Publikácie obsahujú komplexnú analýzu územia. Autormi kníh sú Bielik a kol. Kniha „Kľakovská dolina od Žarnovice po Vtáčnik“ bola prvým vydaním o Kľakovskej doline [16]. O desať rokov vyšlo druhé vydanie pod názvom „Kľakovská dolina od Hrona po Vtáčnik“ [4].

MONOGRAFIE		
Bielik M. a kol.	Kľakovská dolina Od Žarnovice po Vtáčnik	2005
Bielik M. a kol.	Kľakovská dolina od Hrona po Vtáčnik	2015

Tab. č. 2: Monografie o Kľakovskej doline
Zdroj: Autor

Ďalšími printovými zdrojmi informácií sú kroniky. Tabuľka č. 3 nám zobrazuje obce, v ktorých sa kroniky píšu a v ktorých nie. Obec Píla kroniku písala do roku 2004, potom prestali. Túto kroniku nájdeme na webovej stránke obce vo formáte PDF a je tak dostupná pre všetkých.

KRONIKY	
Kľak	nepíše sa
Ostrý Grúň	nepíše sa
Hrabičov	píšu
Župkov	píšu
Horné Hámre	píšu – len udalosti, ktoré sa stali
Píla	nepíšu – dostupná v PDF

Tab. č. 3: Kroniky obcí Kľakovskej doliny
Zdroj: Autor

Za historické publikácie (tabuľka č. 4) považujeme tie, ktoré vznikli pred rokom 1993, kedy sme sa stali samostatnou republikou. Obce mikroregiónu sa spomínajú v dvoch historických publikáciách. Kniha od Lalíka J. „Robotnícke hnutie a protifašistický odboj v okolí Žarnovice“ sa venuje obdobiu počas 2. svetovej vojny v okolí mesta Žarnovica. Dielo „Fašistické represálie na Slovensku“ od Halaja D. a kolektívu sa venuje násilnému potláčaniu obyvateľstva počas 2. svetovej vojny ako i vypáleniu a vyvraždeniu obyvateľov niektorých obcí.

Historické publikácie		
Lalík J.	Robotnícke hnutie a protifašistický odboj v okolí Žarnovice	1975
Halaj D. a kol.	Fašistické represálie na Slovensku	1990

Tab. č. 4: Historické publikácie o obciach mikroregiónu
Zdroj: Autor

Aktuálne publikácie o obciach nám prehľadne ponúka tabuľka č. 5.

Autor	**Publikácia**	**rok vydania**
Pinková R.	21.1.1945 najsmutnejší deň pre Kľak a Ostrý Grúň	2010
Lavrincová M.	Život zrodený zo smrti	2011
Štefanková A.	Za potulkami Pohronskou cestou	2016
Paprčka M., Nádašiová S., Drugová A.	Tekov z neba	2017
Válek I.	Život v Ostrom Grúni zvíťazil – 1. vyd.	2015
Válek I.	Život v Ostrom Grúni zvíťazil – 2. vyd.	2020

Tab. č. 5: Aktuálne publikácie o obciach mikroregiónu
Zdroj: Autor

Kniha od Pinkovej R. „21.1.1945 najsmutnejší deň pre Kľak a Ostrý Grúň“ sa zaoberá krvavými udalosťami v obciach Kľak a Ostrý Grúň počas 2. svetovej vojny. „Život zrodený zo smrti“ od Lavrincovej M. je rovnako zameraný na činy, ktoré vykonali fašisti na území mikroregiónu. Kniha od Štefankovej M. sa zaoberá analýzou oblasti Pohronia, kam zaraďujeme i Kľakovskú dolinu. Paprčka M., Nádašiová S. a Drugová A. vydali publikáciu „Tekov z neba“. Kniha poskytuje krátke charakteristiky obcí Tekova v slovenskom anglickom a niektoré aj v maďarskom jazyku, tiež sa tu nachádzajú letecké snímky Tekova.

Obec Ostrý Grúň vydala dve publikácie – „Život v Ostrom Grúni zvíťazil“ (1. a 2. vydanie.) Autor Válek I. sa venuje historickým udalostiam počas 2. svetovej vojny, ktoré zasiahli obec. Kniha tiež obsahuje beletriu, životopisy, biografiu a memoáre.

Územie Kľakovskej doliny sa stalo záujmom aj pre literárnu tvorbu (tabuľka č. 6), ktorá je zastúpená básňou od Pártošovej Š. o obciach Kľak a Ostrý Grúň. Haringová M. napísala román „Spustošená dedina“. Jurík Ľ. a Jaroš P. napísali poviedky. „Vlasť je tam, kde nikto nebol“, od Juríka Ľ., je súčasťou románu Krimi prípady reportéra od AZ. Poviedka Jaroša P. „Skôr roky, neskôr kroky“ je súčasťou zbierky poviedok Jazda na spiacom obrovi.

Tab. č. 6: Literárna tvorba o obciach Kľakovskej dolin

Poslednú skupinu printových zdrojov informácií tvoria propagačné materiály o mikroregióne a jednotlivých obciach. Obce mikroregiónu Kľakovská dolina majú na každom obecnom úrade k dispozícii turistickú a cykloturistickú mapu Kľakovskej doliny.

Literárna tvorba			
Pártošová Š.	Kľak - Ostrý Grúň	1956	próza
Haringová M.	Spustošená dedina	1980	poézia
Jurík Ľ.	Vlasť je tam, kde nikto nebol	2012	z príbehov z knihy Krimi prípady reportéra od AZ – krimi román
Jaroš P.	Skôr roky, neskôr kroky	1985	zbierka poviedok Jazda na spiacom obrovi - poviedka

Tieto mapy sú prístupné aj online na stránke Kľakovskej doliny.

OOCR Región Gron vydal turistickú a cykloturistickú mapu v mierke 1 : 50 000. Mapa poskytuje základné informácie, sú na nej vyznačené turistické chodníky, náučné chodníky, cyklotrasy, pomocou piktogramov rôzne pamiatky, pohostinstvá, ubytovanie, zdravotnícke zariadenie, atď. OOCR Región Gron publikoval aj brožúrku v anglickom jazyku s názvom Discover the Heart of Hron Valley, kde v 9 kapitolách sú poskytnuté základné informácie o oblasti Gron, ako napríklad Vitajte v regióne Gron, Ako sa dostať do regiónu, Prírodné a historické pamiatky, Kultúra, Šport, Náučné chodníky, Ubytovacie a stravovacie zariadenia [28].

Jednotlivé obce mikroregiónu Kľakovská dolina, okrem obce Kľak, nemajú iné propagačné materiály. Obec Kľak má k dispozícii dva druhy letáčikov o obci, v ktorých sa nachádzajú základné informácie i možnosti ubytovania. Tiež majú v printovej podobe k dispozícii leták o Kľakovskom náučnom chodníku, ktorý je v slovenskom a anglickom jazyku.

3.2 Elektronické zdroje informácií

Mikroregión Kľakovská dolina má svoju webovú stránku venovanú najmä cestovnému ruchu v mikroregióne. OOCR Región Gron sa zameriava na cestovný ruch. Každá obec má svoju internetovú stránku, kde sa nachádzajú všetky potrebné informácie pre občanov

i turistov. O svoje internetové stránky sa obce starajú a obsah aktualizujú (tabuľka č. 7).

Elektronické zdroje informácií	
Kľakovská dolina	http://www.klakovskadolina.sk/
OOCR Región Gron	https://regiongron.sk/
Kľak	http://www.klak.sk/
Ostrý Grúň	https://www.ostrygrun.sk/
Hrabičov	http://hrabicov.sk/
Župkov	https://www.zupkov.sk/
Horné Hámre	http://hornehamre.sk/
Píla	https://www.obecpila.eu/

Tab. č. 7: Elektronické zdroje informácií
Zdroj: Autor

Väčšina obcí je aktívna aj na sociálnej siete Facebook (tabuľka č. 8), nie sú tam však registrované obce Hrabičov a Píla. Obec Kľak má stránku na Facebooku, ale nie je tam aktívna. Ostrý Grúň má okrem stránky na Facebooku aj skupinu. Najaktívnejšia na sociálnej sieti je skupina Kľakovská rodina, kde je možné sa dozvedieť o dianí v obciach mikroregiónu ako aj okolitých obciach.

Obec Župkov má aktívny YouTube kanál, kde sa nachádzajú videá z rôznych akcií obcí, ako sú rezbárske dni, privítanie predškolákov, Mikuláš a mnoho ďalších.

Facebook – stránky a skupiny	
Skupina Kľakovská rodina	https://www.facebook.com/groups/klakovskarodina/
Skupina Ostrý Grúň	https://www.facebook.com/groups/127697274108/
Obec Kľak	https://www.facebook.com/Obec-K%C4%BEak-187712387920109/
Obec Ostrý Grúň	https://www.facebook.com/obecostrygrun/
Obec Župkov	https://www.facebook.com/obeczupkov/?ref=br_rs
Obec Horné Hámre	https://www.facebook.com/Horn%C3%A9-H%C3%A1mre-217849834903202/

Tab. č. 8: Kľakovská dolina a obce na sociálnej sieti Facebook
Zdroj: Autor

4 Lokálne informačné zdroje (nielen) vo vyučovaní geografie miestnej oblasti

Lokálne informačné zdroje umožňujú žiakom lepšie spoznávať územie, v ktorom žijú.

Ich využitie v geografii miestnej krajiny má veľmi dôležité postavenie. Podľa Inovovaného štátneho vzdelávacieho programu sa geografii miestnej krajiny venujeme v 8. ročníku na ZŠ. Využiť lokálne informačné zdroje je možné pri všetkých témach fyzickej a humánnej geografie. Môžu byť nápomocné aj pri organizácii rôznych organizačných foriem vyučovania, napríklad exkurzií, vychádzok, besied [29]. Potenciálu vyučovania geografie miestnej krajiny MAS SODUM v kontexte lokálnych informačných zdrojov sa venovala Hauptvogelová [30].

S organizačnými formami vyučovania sa spájajú aj medzipredmetové vzťahy. Lokálne informačné zdroje nemusíme využiť len pri vyučovaní geografie miestnej krajiny, ale uplatnenie nájdu aj v iných predmetoch.

Hlavnou funkciou dejepisu je kultivovanie historického vedomia žiakov ako celistvých osobností a uchovávanie kontinuity historickej pamäte v zmysle odovzdávania historických skúseností či už z miestnej, regionálnej, celoslovenskej, európskej alebo svetovej perspektívy. Súčasťou jej odovzdávania je predovšetkým postupné poznávanie takých historických udalostí, javov a procesov v čase a priestore, ktoré zásadným spôsobom ovplyvnili vývoj slovenskej i celosvetovej spoločnosti a premietli sa do obrazu našej prítomnosti. V piatom ročníku ZŠ by žiaci na konci školského roka mali vedieť povedať, aké zmeny sa udiali v mieste ich bydliska, vedia rozoznať, ako sa bydlisko zmenilo v čase. Vedia pracovať s historickými prameňmi, ktoré využijú aj vo vyšších ročníkoch [31].

Lokálne zdroje informácií môžeme využiť pri téme/témach Spoznávajme hmotné pamiatky, Písomné historické pramene, Pracujme ako historik (5. ročník ZŠ), pri téme 2. svetovej vojny a SNP v 9. ročníku ZŠ.

Predmet občianska náuka prispieva k orientácii žiakov v rodinnom a školskom prostredí. Vedie ich k poznávaniu svojej obce, regiónu, vlasti a Európskej únie. Umožňuje žiakom pochopiť seba samých a pomáha im v ich socializačnom procese. Učí ich demokraticky myslieť a konať, poznávať svoje práva a povinnosti a obhajovať práva druhých. Poskytuje žiakom základné vedomosti z oblasti štátu a práva a vedie ich k aktívnej občianskej angažovanosti a umožňuje im pochopiť ekonomický život spoločnosti.

Lokálne zdroje informácií môžeme využiť pri téme Moja vlasť, ktorý sa vyučuje v 6. ročníku ZŠ. V tejto téme sa žiaci venujú histórii a súčasnosti obce, jej kronike a erbu, významným osobnostiam, cestovnému ruchu (pamiatkam), životu obci a fungovaniu samosprávy [32].

Vyučovací predmet cudzí jazyk patrí medzi všeobecnovzdelávacie predmety a spoločne s vyučovacím predmetom anglický jazyk, slovenský jazyk

a literatúra, resp. jazyk národnostnej menšiny a literatúra vytvára vzdelávaciu oblasť Jazyk a komunikácia. Vzhľadom na široké využitie cudzích jazykov v súkromnej a profesijnej oblasti života, či už pri ďalšom štúdiu, cestovaní, spoznávaní kultúr aj práci, sa dôraz pri vyučovaní cudzích jazykov kladie na praktické využitie osvojených kompetencií, efektívnu komunikáciu a činnostne zameraný prístup. Lokálne zdroje informácií môžeme využiť aj pri výučbe cudzích jazykov. Podľa Inovovaného štátneho vzdelávacieho programu nemeckého jazyka na úrovni A1 a A2 sa vo vyučovacom predmete nachádza tematický celok Krajiny, mestá a miesta, kde sa venuje pozornosť pamiatkam krajín a miest. Nachádza sa tu aj tematický celok Slovensko, ktorý je doplnený o geografické údaje, históriu, cestovný ruch a zvyky a tradície. Tieto informácie platia aj pre ostatné cudzie jazyky (anglický, francúzsky, taliansky, španielsky a ruský jazyk), ktoré sú vyučované na základnej škole aj strednej škole s tým, že zo zvyšujúcou úrovňou jazyka rastú požiadavky na slovnú zásobu [33].

Podstatou predmetu slovenský jazyk a literatúra je viesť žiakov k uvedomeniu si jazykovej a kultúrnej pestrosti nielen v rámci Európy a sveta, ale aj v rámci jednotlivých sociálnych prostredí. Cez pochopenie významu jazyka pre národnú kultúru by mali žiaci dospieť k chápaniu odlišností, tolerancii a orientácii v multikultúrnom prostredí. Cieľom vyučovania literárnej výchovy je sústavne rozvíjať čitateľské a interpretačné zručnosti žiakov. Základným princípom osnovania obsahu je rozvoj čítania ako všestranného osvojovania umeleckého textu. Dôraz sa kladie na postupné rozvíjanie čitateľa od naivnej úrovne, cez schopnosť analyzovať sémantiku umeleckého textu (analytické čítanie), porozumieť jej a prenikať do znakovej podstaty textu, až po schopnosť pracovať s jeho významom na vyššej individuálnej úrovni spracovania, t. j. syntetizovať ho, interpretovať a hodnotiť zo všetkých jeho stránok. Tento princíp usporiadania obsahu smeruje k rozvíjaniu čitateľských kompetencií. Lokálne informačné zdroje môžeme využiť napríklad pri povinnom čítaní. Učiteľovi sa naskytá na ZŠ možnosť použiť rôzne diela. O mikroregióne Kľakovská dolina bolo publikovaných niekoľko literárnych diel v rôznych žánroch. Učiteľ môže tieto diela využiť pri interpretácii diel, hľadaní rôznych literárnych prvkov v texte [34].

5 Výsledky a diskusia

Na základe komparatívnej analýzy môžeme konštatovať, že lokálne informačné zdroje mikroregiónu Kľakovská dolina nie sú postačujúce.

Písaniu kroniky sa venujú len dve obce zo šiestich. Monografiu obce nevydala ani jedna z obcí. Najkritickejšie vnímame nedostatok propagačných materiálov, ktoré by pomohli pri rozvoje cestovného ruchu a tiež by sa mohli využiť vo vyučovacom procese. Pozitívne vnímame, že existujú o obciach a mikroregióne aj literárne diela.

Na základe analýzy štátnych vzdelávacích programov môžeme konštatovať, že lokálne informačné zdroje je možné okrem geografie využívať a aj v iných vyučovacích predmetoch, pri cudzích jazykoch a aj v predmete slovenský jazyk a literatúra. V prípade rozhodnutia o zakomponovaní lokálnych informačných zdrojov do vyučovacieho procesu je možné rátať s jeho zefektívnením a lepším zafixovaním žiackych vedomostí, zručností a spôsobilostí.

Záver

Územie mikroregiónu Kľakovská dolina má prírodný i kultúrny potenciál, ktorý umožňuje rozvoj cestovného ruch mikroregiónu. Zvýšenie množstva lokálnych informačných zdrojov na úrovni obcí by rozvoju turizmu v mikroregióne len pomohlo.

Na efektivitu vyučovacieho procesu, zapamätania si a k osvojeniu si zručností a schopností vplýva prirodzene aj využívanie rôznych informačných zdrojov, vrátane lokálnych. Štátny vzdelávací program, ale zvlášť školský, umožňujú učiteľom rôznych aprobácií vo výchovno-vzdelávacom procese prostredníctvom medzipredmetových vzťahov využívať aj lokálne informačné zdroje.

Poďakovanie

Veľká vďaka za odborné vedenie a ochotu počas tvorby článku patrí školiteľke RNDr. Hilde Kramárekovej, PhD.

Použitá literatúra

[1] Štatistický úrad Slovenskej republiky [Citované 2020-03-08] https://slovak.statistics.sk/wps/portal/ext/home/!ut/p/z1/04_Sj9CPykssy0xPLMnMz0vMAfIjo8ziA809LZycDB0NLPyCXA08QxwD3IO8TAwNTEz1wwkpiAJKG-AAjgZA_VFgJc7ujh4m5j4GBhY-7qYGno4eoUGWgcbGBo7GUAV4zCjIjTDIdFRUBADse0bP/dz/d5/L2dBISEvZ0FBIS9nQSEh/

[2] VASS, D. a kol. (1988). Regionálne geologické členenie Západných Karpát a severných výbežkov Panónskej panvy na území ČSSR 1:500 000. 1. vyd. Bratislava : Geologický ústav Dionýza Štúra, p. 38

[3] MAZÚR, E. - LUKNIŠ, M. (1986). Geomorfologické jednotky. Geomorfologické členenie SSR a ČSSR. Časť Slovensko. Mierka: 1 : 1 000 000. In: Atlas krajiny Slovenskej republiky. Hrnčiarová, red.

Bratislava : Ministerstvo životného prostredia Slovenskej republiky p. 19.
[4] BIELIK, M. a kol. (2015). Kľakovská dolina – Od Hrona po Vtáčnik. Martin Fork, p. 5
[5] LAPIN, M. a kol. (2002). Klimatické oblasti. Mierka 1: 1 000 000. In: Atlas krajiny Slovenskej republiky. Hrnčiarová, red. Bratislava : MŽP SR; Banská Bystrica : SAŽP, 2002. p. 95
[6] VÚPOP. (2020). Výskumný ústav pôdoznalectva a ochrany pôdy [Citované 2020-03-08] https://www.vupop.sk/
[7] BIELEK, P. - ŠURINA, B. (2000). Malý atlas pôd Slovenska. 1. vyd. Bratislava : VÚPOP, p. 12
[8] LUKNIŠ, M., red. (1972). Slovensko II. – Príroda. 1. vyd. Bratislava : Obzor, p. 119
[9] ENVIROROPORTÁL. (2019). Chránené územia prírody Slovenskej republiky [Citované 2020-03-08]. http://uzemia.enviroportal.sk/
[10] ŠTÁTNA OCHRANA SLOVENSKEJ REPUBLIKY. NATURA 2000. (2020). [Citované 2020-03-08]. http://www.sopsr.sk
[11] DUBCOVÁ, A. a kol. (2008). Geografia Slovenska. 1. vyd. Nitra : Univerzita Konštantína Filozofa, p. 123
[12] ŠOLCOVÁ, L. (2008). Vznik a vývoj disperzného osídlenia v Novobanskej štálovej oblasti. In: GEOGRAPHIA CASSOVIENSIS II. Ústav geografie, Prírodovedecká fakulta Univerzity P. J. Šafárika v Košiciach, 2008. r. 2., č. 1, s. 171-175. ISSN 1337 – 6748
[13] FARMA AGROALM Píla [Citované2020-03-08] https://agroalm.webnode.sk/o-nas/
[14] Kľakovská dolina. Mikroregión Kľakovská dolina [Citované 2020-03-08] http://www.klakovskadolina.sk/
[15] LÁSKOVÁ, K. (2019). Zaujímavosti mikroregiónu Kľakovská dolina. Študentská vedecká konferencia 2019, UMB Banská Bystrica, p. 191 - 198
[16] BIELIK, M. a kol. (2005). Kľakovská dolina - Od Žarnovice po Vtáčnik. Martin Fork, p. 6
[17] LALÍK, M. a kol. (1975). Robotnícke hnutie a protifašistický odboj v okolí Žarnovice. Žiar nad Hronom : Dom politickej výchovy OV KSS. p. 4
[18] HALAJ, D. a kol. (1990). Fašistické represálie na Slovensku. Bratislava : Obzor. p. 105
[19] PINKOVÁ, R. (2010). 21. Január 19945. Kľak, Mistro, p.32
[20] LAVRINCOVÁ, M. (2011). Život zrodený zo smrti. Bratislava : Magdaléna Lavrincová. p. 24
[21] ŠTEFANKOVÁ, A. (2016). Za potulkami Pohronskou cestou. Bratislava : GUpress. p. 9
[22] PAPRČKA, M., NÁDAŠIOVÁ, S., DRUGOVÁ, A. (2017). Tekov z neba. Banská Bystrica : CBS. p. 100
[23] VÁLEK, I. (2005). Život v Ostrom Grúni zvíťazil. Obec Ostrý Grúň. p. 5
[24] VÁLEK, I. (2015). Život v Ostrom Grúni zvíťazil. Obec Ostrý Grúň. p. 5
[25] OOCR GRON. (2020). Kľakovská dolina [Citované 2020-03-08]. https://regiongron.sk/
[26] FACEBOOK. (2020). [Citované 2020-03-08]. https://www.facebook.com/
[27] YOUTUBE. (2020). [Citované 2020-03-08]. https://www.youtube.com/?hl=sk&gl=SK
[28] HANUSOVÁ, Ž., SITÁROVÁ, M., PAJERSKÝ, M. (2017). Discover The Heart of Hron Valley. Nová Baňa : Network Point, p. 2
[29] Inovovaný štátny vzdelávací program. Geografia [Citované 2020-03-08] http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/geografia_nsv_2014.pdf
[30] HAUPTVOGELOVÁ, D. (2017). Lokálne informačné zdroje k vyučovaniu geografie miestnej krajiny v MAS SODUM. Študentská vedecká konferencia 2017, UKF v Nitre, p. 386 - 393
[31] Inovovaný štátny vzdelávací program. Dejepis [Citované 2020-03-08] http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/dejepis_nsv_2014.pdf
[32] Inovovaný štátny vzdelávací program. Občianska náuka [Citované 2020-03-08] http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/obcianska-nauka_nsv_2014.pdf
[33] Inovovaný štátny vzdelávací program. Nemecký jazyk a literatúra [Citované 2020-03-08] http://www.statpedu.sk/files/sk/svp/inovovany-statny-vzdelavaci-program/inovovany-svp-2.stupen-zs/jazyk-komunikacia/nemecky_jazyk_uroven_a_2_2019.pdf
[34] Inovovaný štátny vzdelávací program. Slovenský jazyk a literatúra [Citované 2020-03-08] http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/sjl_nsv_2014.pdf

Učebné štýly žiakov

Learning styles of students

Erika Kaffková[1]
Školiteľ: Marcela Korenková[2]
[1,2]Ústav ekonomiky a manažmentu, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra,
[1] erika.kaffkova @student.ukf.sk, [2] mkorenkova@ukf.sk

Abstrakt
V súčasnosti sa venuje veľká pozornosť tomu, akým spôsobom čo najefektívnejšie prijímame a spracovávame informácie. Pretože každý z nás sa musí učiť celý život, je táto problematika veľmi dôležitá. Najväčšia pozornosť sa venuje učeniu hlavne počas školskej dochádzky, kedy je hlavnou náplňou činnosti žiaka získavanie nových poznatkov. V tejto súvislosti je potrebné sa zmieniť o učebných štýloch, ktorým je venovaný predkladaný článok. Jeho cieľom je predstaviť čiastkové výsledky prieskumu zameraného na analýzu využívania jednotlivých učebných štýlov podľa zmyslových preferencií, známeho aj pod názvom VARK. Článok v úvode oboznamuje čitateľa so základnými informáciami súvisiacimi s pojmom učebné štýly a následne informuje o samotnej realizácii prieskumu a jeho výsledkoch. Prieskum bol realizovaný u žiakov na vybranej strednej škole ekonomického zamerania dotazníkovou formou, ktorým sme dospeli k záveru, že u viac ako polovice žiakov nie je dominantný len jeden učebný štýl, ale kombinácia viacerých.

Kľúčové slová: učebný štýl, žiak, VARK, vzdelávanie

Abstract
Currently, big attention is being paid to how we most effectively receive and process information. Because each of us must learn whole life, is this issue very important. The greatest attention is paid to learning, especially during school, when the main activity of students is obtaining new knowledge. In this context it is necessary to mention learning styles, to which the present article is devoted. His goal is to present partial results of survey focused on the analysis of the usage of individual learning styles according to sensory preferences, also known as VARK. Article in the introduction acquaints reader with basic information which relate to the concept of learning styles and come about the actual realization of the survey and its results. The survey was carried out on the students in a selected secondary school of economics focusing with a questionnaire form witch we come to the conclusion, which more than one half of students is not just one learning style dominant, but a combination of more.

Key Words: learning style, student, VARK, education

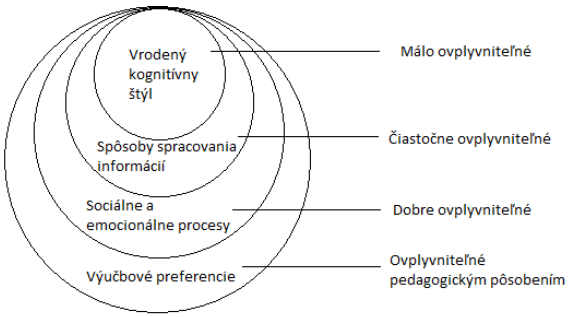
Úvod
V dnešnej dobe je každý z nás nútený sa vzdelávať celý život. Málokedy však uvažujeme nad tým, ako sa učíme [1], aj keď od toho môže závisieť, do akej miery budeme v učení úspešní. Aj sám Ján Amos Komenský, učiteľ národov, hovoril, že nie je dôležitý len obsah učiva, ale aj spôsob, akým je učivo sprostredkované [2]. V spoločnosti momentálne dominuje názor, že je potrebná humanizácia a teda aj zmena prístupov, ktoré boli doteraz zaužívané. Pohľad sa čoraz častejšie zameriava na žiaka, lebo ním získavané vedomosti, skúsenosti, návyky, sú cieľom realizácie vyučovacieho procesu. Je potrebné zabezpečiť efektívnosť prenosu a zapamätania informácií. K tomu okrem iného je potrebné poznať u žiakov aj ich učebný štýl [3].

Učebné štýly sú často spomínané hlavne v zahraničnom školstve. V tom slovenskom sú pomerne novým pojmom, ktorým sa pedagógovia intenzívnejšie zaoberajú hlavne posledných dvadsať rokov [3]. No aj napriek tomu, že mnohí učitelia disponujú informáciami o existencií učebných štýlov, majú problém svoje poznatky aplikovať do praxe. Dôvodom je aj to, že učiteľ nepracuje v triede len s jednotlivcom , ale s celou triedou súčasne. Tým musí samotné prezentovanie učiva prispôsobiť veľkému počtu žiakov. Z uvedeného dôvodu sa učebné štýly kategorizujú podľa hlavných znakov do niekoľkých skupín, ktorých zastúpenie v triede je možné ľahšie zistiť. Podľa zastúpenia týchto skupín môže učiteľ následne prispôsobiť spôsob vyučovania a tak zefektívniť vyučovací proces.

1 Učebné štýly žiakov
Pod učebným štýlom rozumieme „súhrn postupov pri učení, ktoré jednotlivec pri učení uprednostňuje, pričom si ho často ani sám neuvedomuje“ [4]. Považuje ich za niečo prirodzené a nesnaží sa ich pozmeniť či prispôsobiť [5]. Môže byť však jednou z príčin, prečo niektorí žiaci výklad učiva na hodine

pochopia, iní nie [3]. To znamená, že využívanie žiakom preferovaného učebného štýlu môže byť nápomocné pri prijímaní poznatkov, no na druhej strane môže byť komplikáciou pri osvojovaní si učiva iným, ako preferovaným učebným štýlom [5]. Z toho vyplýva, že ak sa žiak nebude učiť svojim preferovaným učebným štýlom, jeho výkon môže byť znížený a prijímanie informácií môže byť menej efektívne [6]. Je potrebné si však uvedomiť, že efektívne prijímanie informácií ale nezávisí len od použitého učebného štýlu, ale aj od iných faktorov, ako napríklad psychického stavu žiaka, prostredia, ekonomickej situácie a možností žiaka, jeho motivácie, pocitov, stresu, vyčerpanosti, osobnostných vlastností. Z toho vyplýva, že žiakov učebný štýl je potrebné skúmať v súvislosti s viacerými faktormi a v priebehu celého vyučovacieho procesu [1,2].

Učebný štýl žiaka pozostáva z nasledovných zložiek, ktoré uvádzame na obrázku 1. Jeho hlavným stavebným kameňom je kognitívny štýl, ktorý vieme ovplyvniť len veľmi ťažko. Ďalšou, pomerne ťažko ovplyvniteľnou zložkou sú spôsoby spracovávania informácií. Tie má už žiak vo väčšine prípadov osvojené a nie je ochotný ich vo väčšej miere meniť. Jednoduchšie ovplyvniteľné sú zložky ako sociálne a emocionálne procesy a výučbové preferencie, na ktoré do značnej miery vplýva pôsobenie pedagóga a okolia na žiaka [7]. Jednotlivé zložky učebného štýlu sa navzájom ovplyvňujú a tvoria jeden kompaktný celok [2].



Obr. 1 Zložky učebného štýlu
Zdroj: [7]

Ak budú mať učitelia a aj žiaci poznatky o učebných štýloch môže to ich vnímanie učenia, učenia sa a metakognície zmeniť. Pomôže im to lepšie vnímať požiadavky mozgu na učenie, efektívnejšie využiť čas a energiu pri získavaní a ukladaní nových poznatkov [1].

1.1 Klasifikácia učebných štýlov a ich diagnostika

Každý jedinec má do istej miery osobitý učebný štýl [8]. Je potrebné si uvedomiť, že je nereálne, aby sa učiteľ prispôsobil spôsobom vyučovania individuálne každému žiakovi, pretože každému žiakovi pri prijímaní informácií vyhovuje niečo iné, t.j. má iný preferovaný štýl učenia sa. Vedci preto hľadali spôsob, ako učebné štýly usporiadať, zoskupiť, rozlíšiť tak, aby poznatky o nich boli aplikovateľné do vyučovacieho procesu. Učebný štýl je síce individuálny u každého jedinca, no u každého sa nachádzajú aj isté spoločné znaky, na základe ktorých vieme učebné štýly kategorizovať [3,10]. Existuje veľa členení učebných štýlov, ale pre obmedzený rozsah článku sa budeme zaoberať len najznámejšou a aj najviac používanou klasifikáciou učebných štýlov, a to klasifikáciou podľa zmyslových preferencií známu aj pod názvom VARK. Autorom tohto rozdelenia je N. Fleming [6] a každé písmeno symbolizuje kategóriu učebného štýlu.

- *V ako visual (vizuálno-neverbálny alebo zrakovo-obrazový učebný štýl)* [3]. Žiakom patriacim do tejto kategórie najviac vyhovuje prijímanie informácií v podobe grafov, schém, videí, máp, náčrtov. Informácie si pamätajú v podobe obrazov, majú dobrú predstavivosť. Pri učení sa z textu im vyhovuje zvýrazňovanie dôležitých slov, oddeľovanie častí učiva, podčiarkovanie a podobne [2]. Pri výklade sa viac sústredia na mimiku a gestikuláciu učiteľa, ako na samotný význam slov. Dobre sa učia pozorovaním [3].
- *A ako Aural (auditívny alebo sluchový učebný štýl).* Žiaci, u ktorých je dominantný tento učebný štýl, preferujú informácie v podobe hovoreného slova, zvukových nahrávok či rozhovorov [2]. Vyhovuje im kooperatívne vyučovanie a zaujímavý výklad učiteľa. Pri učení sa z písaného textu si ho zvyknú čítať nahlas, o svojich poznatkoch radi diskutujú. Vyhovuje im ústne skúšanie [3].
- *R ako Read/write (vizuálno-verbálny alebo zrakovo-slovný učebný štýl).* Žiaci preferujú čítanie učebných textov a poznámok, t. j. vyhovujú im písané slová a čísla v akejkoľvek podobe. Dobre sa učia aj písaním poznámok a prepisovaním náročnejších častí učiva. Vhodné je, ak je text rôznorodý, sú v ňom farebne či inak odlíšené časti. Spravidla vedia dobre pracovať so slovami a disponujú pestrou slovnou zásobou [3].
- *K ako Kinestetic (pohybový učebný štýl)* je charakteristický pre jedincov s potrebou vykonávať manuálnu činnosť. Vyhovuje im učenie sa formou pokus-omyl, manipulovanie s pomôckami, vypracovávanie projektov, aktívne objavovanie

učiva, simulácie a podobne [5]. Žiaci s týmto prevažujúcim učebným štýlom sú často považovaní za neposedných, pretože pri statickom vyučovaní pociťujú potrebu zamestnať svaly. To sa prejavuje zvýšenou mierou gestikulácie, mimiky, neposednosťou [3].

Preferovaný učebný štýl nehovorí len o najefektívnejšom získavaní poznatkov, ale aj o ich najvhodnejšom prezentovaní. Učiteľ by mal aj pri meraní výsledkov žiaka prispôsobiť svoje metódy preverovania vedomostí preferovanému učebnému štýlu žiaka. [5]

K tomu, aby učiteľ mohol pri vyučovaní zvoliť vhodný spôsob výučby, musí žiakov najskôr spoznať. Je potrebné zistiť, ako sa žiaci učia, ako pristupujú k učivu, aký typ a spôsob hodnotenia preferujú, ich schopnosti, prednosti, a naopak, v čom zaostávajú, s čím majú ťažkosti [2]. Tiež je dôležité si uvedomiť, aké faktory môžu využívaný učebný štýl u žiakov ovplyvniť. Aj napriek tomu, že preferovaný učebný štýl u každého žiaka vzniká na vrodenom základe, do istej miery je v priebehu života ovplyvniteľný [5].

Na zisťovanie preferencií učebných štýlov je možné zvoliť veľa spôsobov, ktoré nájdeme bohato rozpísané v knižných dielach či na internetových stránkach. Medzi najčastejšie využívané patrí rozhovor, dotazník, škálovanie, metóda voľných písaných odpovedí, fenomenografický rozhovor. Medzi menej časté, no rovnako prínosné patrí diagnostika pomocou počítačového programu a analýza žiakovho portfólia [1]. Keďže každý učiteľ je individuálna osobnosť s rôznymi preferenciami a skúsenosťami, je na ňom, akú metódu diagnostikovania si zvolí.

2 Výsledky a diskusia

Cieľom článku je predstaviť čiastkové výsledky prieskumu zameraného na analýzu využívania jednotlivých učebných štýlov u žiakov. Tento prieskum nám bolo umožnené realizovať na Obchodnej akadémii v Nitre u žiakov všetkých štyroch ročníkov. Prieskum bol realizovaný dotazníkovou formou, pričom bol použitý štandardizovaný dotazník VARK, ktorého pôvodným autorom je Fleming. Ten bol následne upravený Turekom [3] a kvôli aktuálnosti niektorých otázok bol do finálnej podoby upravený autorkou. Celkovo sa prieskumu zúčastnilo 120 žiakov (viď tabuľka 1), ale pre neúplnosť vyplnenia boli vyradené 3 dotazníky, z čoho vyplýva, že na konečné testovanie sa použilo 117 dotazníkov. Z celkového počtu respondentov bolo 71,8 % žien a 28,2 % mužov.

Tak, ako bolo vyššie uvedené, metód zisťovania učebných štýlov je viac, ako napr. pozorovaním, rozhovorom, rozborom žiackych prác, analýzou žiakovho portfólia a podobne. Pre objektívnosť a relevantnosť prieskumu bolo potrebné splniť niekoľko podmienok, ako napr. dostatočný počet respondentov, možnosť uchovania výsledkov v čase, neskúsenosť diagnostikujúceho, zníženie rizika skreslenia odpovedí, primeranú náročnosť vyhodnocovania a časové rozmedzie prieskumu. Preto sme ako najvhodnejšiu metódu diagnostikovania učebných štýlov zvolili diagnostiku pomocou dotazníka.

Ročník	Celkový počet dotazníkov	Počet vyradených dotazníkov
1.	29	0
2.	31	0
3	30	2
4	30	1
Spolu	**120**	**3**

Tabuľka 1 množstvo vyplnených dotazníkov v rámci jednotlivých ročníkov
Zdroj: vlastné spracovanie

Dotazník pozostáva z trinástich otázok, ktoré zdanlivo nesúvisia a pýtajú sa na situácie z bežného života. Dotazník nie je náročný na čas vypĺňania, preto je možné testovať žiakov aj počas bežnej vyučovacej hodiny. Nevyžaduje si veľa pozornosti zo strany žiakov, poskytuje im benevolentnosť pri voľbe odpovedí a neobmedzuje žiaka stanovením ich minimálneho alebo maximálneho množstva odpovedí. Viac pozornosti a času si vyžaduje vyhodnocovanie dotazníkov, ktoré je potrebné realizovať podľa stanoveného kľúča.

V odbornej literatúre sa uvádza, že väčšina ľudí nepreferuje iba jeden učebný štýl, ale najčastejšie kombináciu viacerých štýlov. Napríklad Fleming tvrdí [6], že až 50 % žiakov stredných škôl nepreferuje jeden konkrétny učebný štýl, ale zmiešaný učebný štýl, t.j. stav, kedy žiak preferuje používanie dvoch a viacerých učebných štýlov [5]. Z uvedeného dôvodu bolo našim cieľom zistiť, či u našej vzorky respondentov (žiakov) vyššie uvedené tvrdenie platí, t.j. či u žiakov je dominantný len jeden učebný štýl alebo kombinácia viacerých, pričom v tomto prípade budeme hovoriť o tzv. zmiešaných učebných štýloch (napr. zmiešaný učebný štýl auditívny + pohybový). Na základe dosiahnutých výsledkov je možné povedať, že v našom prípade sa dané tvrdenie potvrdilo, lebo z celkového počtu žiakov u 60,69% nie je dominantný len jeden učebný štýl, ale kombinácia dvoch a viacerých učebných štýlov (t.j. u týchto žiakov sa preukázal tzv. zmiešaný učebný štýl). Následne v tabuľke 2 uvádzame v absolútnom aj relatívnom

vyjadrení množstvo žiakov v jednotlivých ročníkoch, u ktorých bol preukázaný zmiešaný učebný štýl.

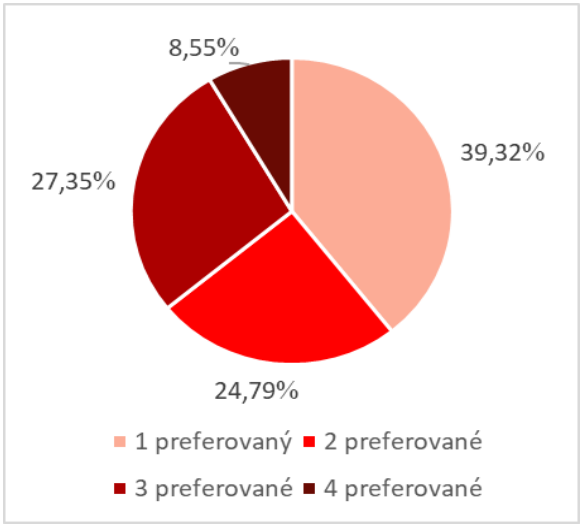
Ročník	Počet žiakov	Množstvo žiakov v %
1	15	51,7
2	15	48,4
3	20	71,4
4	23	79,3

Tabuľka 2 Zastúpenie zmiešaných učebných štýlov u žiakov v rámci jednotlivých ročníkov
Zdroj: vlastná práca

Na základe údajov uvedených v tabuľke 2 je možné povedať, že kým u žiakov prvého a druhého ročníka sa preukázala totožnosť s tvrdením Fleminga (spomínaného vyššie), tak u žiakov tretieho a štvrtého ročníka sa preukázalo omnoho vyššie zastúpenie zmiešaných učebných štýlov u žiakov, čo hodnotíme pozitívne.

Títo žiaci sú pri prijímaní informácií flexibilnejší, pretože silne nepreferujú iba jeden učebný štýl a vyhovuje im prijímanie informácií vo viacerých podobách. Učenie sa tak stáva efektívnejším a vyžaduje si menej energie zo strany žiaka aj učiteľa. V triedach, kde je špecifickosť preferovania učebných štýlov vyššia (t.j. ak u viacerých žiakov je dominantný jeden preferovaný učebný štýl a nie zmiešaný učebný štýl) je potrebné, aby učiteľ spôsob výučby obmieňal, ale súčasne v najväčšej miere aby ho prispôsobil najčastejšie preferovanému učebnému štýlu u žiakov v danej triede.

Zmiešaný učebný štýl môže byť dvoj, troj alebo štvorzložkový. V našom prieskume sme sa preto zaoberali aj tým, ktorý z týchto možností zmiešaného učebného štýlu je u našich respondentov (žiakov) zastúpený v najväčšej miere. Výsledky uvádzame v nasledovnom grafe 1.



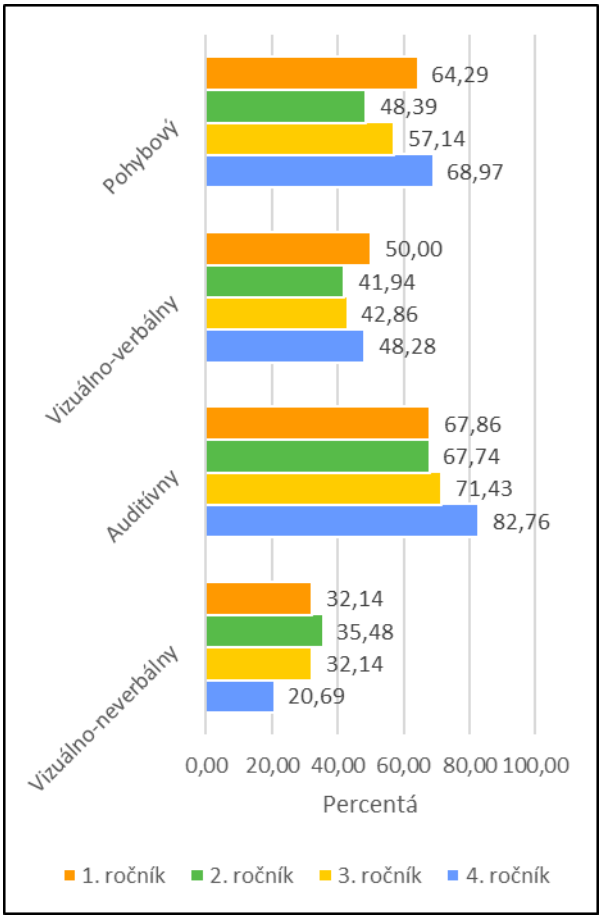
Graf 1 zastúpenie množstva preferovaných učebných štýlov
Zdroj: vlastné spracovanie

Najväčšie zastúpenie mali žiaci s preferovaním jedného konkrétneho učebného štýlu - až 39,32% (konkrétne 6,52% vizuálno-neverbálny, 54,35% auditívny, 15,22% vizuálno-verbálny a 23,91% pohybový učebný štýl). Dvojzložkovým učebným štýlom disponuje 24,79% žiakov, trojzložkový učebný štýl sa preukázal u 27,35% žiakov. Najmenšie zastúpenie mali žiaci s preferovaním všetkých štyroch typov učebných štýlov - iba 8,55%.

Ďalším skúmaným faktorom bolo zastúpenie preferencií jednotlivých kategórií učebných štýlov podľa kategorizácie VARK v jednotlivých ročníkoch. Každé písmeno akronymu VARK znamená jeden druh učebného štýlu.

- V predstavuje vizuálno-neverbálny štýl. Žiak preferuje prijímanie a prezentovanie informácií v podobe obrázkov, grafov, schém, ukážok. Zameriava sa na neverbálnu komunikáciu.
- A je znak pre auditívny učebný štýl. Žiak s týmto štýlom preferuje informácie v podobe hovoreného slova a zvukov.
- R chápeme ako vizuálno-verbálny štýl. Žiakom s týmto preferovaným učebným štýlom vyhovujú informácie v podobe písaného textu.
- K predstavuje pohybový učebný štýl. Žiaci s týmto preferovaným učebným štýlom sa najlepšie učia vlastnou činnosťou, napodobňovaním a manipuláciou s predmetmi.

Pripomíname, že každý žiak môže preferovať viac učebných štýlov, t.j. mať zmiešaný učebný štýl. Percentuálne zastúpenie preferencií jednotlivých učebných štýlov u žiakov prvého až štvrtého ročníka uvádzame v nasledujúcom grafe 2.



Graf 2 Porovnanie preferencií učebných štýlov vo všetkých ročníkoch
Zdroj: vlastné spracovanie

Na základe údajov uvedených v grafe 2 je možné povedať, že u žiakov všetkých ročníkov je v najväčšej miere zastúpený auditívny učebný štýl. Druhým najpočetnejším štýlom je pohybový učebný štýl, po ňom nasleduje vizuálno-verbálny. Najmenej zastúpený bol vizuálno-neverbálny učebný štýl. Z uvedeného zistenia vyplýva, že učitelia by vo všetkých ročníkoch našich skúmaných tried mali v najväčšej miere pri výučbe uplatňovať potreby auditívneho a pohybového učebného štýlu.

Pri vzájomnom porovnaní učebných štýlov v rámci všetkých ročníkov sa najvýraznejšie mení zastúpenie auditívneho učebného štýlu. Ostatné učebné štýly sa síce v rámci jednotlivých ročníkov líšia, ale ich preferovanie nie je v ročníkoch tak výrazné, ako preferovanie u auditívneho učebného štýlu. Zatiaľ čo u žiakov prvého ročníka pozorujeme zastúpenie auditívneho učebného štýlu u 67,86% žiakov, u žiakov štvrtého ročníka je to 82,76%, čo predstavuje rozdiel takmer 15 %. Kým zastúpenie auditívneho štýlu v priebehu rokov stúpa, čo svojim výskumom potvrdzuje aj Fleming [6] (s výnimkou mladších žiakov, kedy sú preferencie individuálne), preferencia vizuálno-neverbálneho učebného štýlu klesá. Z uvedených záverov vyplýva, že so zvyšujúcim sa vekom žiakov je vhodné, aby učiteľ prispôsobil svoj spôsob vyučovania auditívnemu, vizuálno-verbálnemu a pohybovému učebného štýlu a v menšej miere venoval pozornosť vizuálno-neverbálnemu učebnému štýlu. U žiakov je ale potrebné v primeranej miere rozvíjať všetky učebné štýly bez ohľadu na ich preferovaný učebný štýl. Je možné, že táto adaptácia učebných štýlov vznikla na základe spôsobov vyučovania, ktorými učitelia pôsobia na zmenu preferencií učebných štýlov. Vidíme teda, že možnosť úpravy učebných štýlov pomocou pôsobenia vonkajšieho prostredia a teda aj pedagógov je možná. Avšak je dlhodobá a nekoná sa u všetkých žiakov súčasne. Napríklad v grafe 2 vidíme, že vo štvrtom ročníku stále zostalo 17,24% (5 žiakov), ktorým nevyhovuje auditívny učebný štýl. Ak by učiteľ vyučoval iba spôsobom vhodným pre auditívny učebný štýl, týchto 5 žiakov by muselo využiť značné množstvo energie, aby prezentované učivo pochopili a zapamätali si ho.

J. Škoda uvádza [2], že vizuálno- verbálny štýl, teda učebný štýl R, „sa v školskej populácií vyskytuje len vzácne.“ Na grafe 2 vidíme, že toto tvrdenie sa v našom prieskume nepotvrdilo. Vizuálno-verbálny učebný štýl sa v skúmaných ročníkoch vyskytol u 41 až 50% žiakov, čo nepovažujeme za zriedkavý výskyt.

Považujeme za dôležité upriamiť pozornosť na to, aké prínosné môže byť diagnostikovanie učebných štýlov u žiakov. Ako príklad uvádzame fakt, že u žiakov 3. ročníka sa nevyskytol žiaden žiak, ktorý by výhradne preferoval len vizuálno-verbálny učebný štýl, čo môžeme vidieť v tabuľke 3, ktorá v percentuálnom vyjadrení zobrazuje preferencie učebných štýlov žiakov s jednozložkovým učebným štýlom v jednotlivých ročníkoch. Tento výsledok by mal byť signálom pre učiteľa, že v danej triede by bolo efektívnejšie prispôsobiť vyučovanie ostatným učebným štýlom, napr. prezentovať učivo nie vo forme textu ale pomocou obrázkov, schém, filmu, videa, modelov, výkladu. To znamená, že pre žiakov v danej triede je efektívnejšie, ak učivo počujú či už vysvetlené od učiteľa alebo od spolužiakov v rámci rôznych aktivít. Tiež je pre týchto žiakov efektívne, keď môžu niečo vykonávať, dotýkať sa učebných pomôcok, resp. to, čo sa učia, si potrebujú aj prakticky vyskúšať. V prípade poskytovaných informácii v podobe textu je vhodné žiakom aspoň kľúčové informácie farebne zvýrazniť. V tabuľke 3 taktiež vidíme, že žiaden žiak štvrtého

ročníka nepreferuje výhradne vizuálno-neverbálny učebný štýl. Zároveň sa jedná o najmenej preferovaný učebný štýl medzi všetkými žiakmi danej školy. Tento výsledok by mal učiteľovi napovedať, že vo štvrtom ročníku bude efektívnejšie prispôsobovať vyučovanie auditívnemu, vizuálno-verbálnemu a pohybovému učebnému štýlu, napr. uprednostniť praktickú činnosť žiakov a kooperatívne vyučovanie pred tvorbou pojmových máp. Ako už bolo spomenuté vyššie, preferencia jednozložkového učebného štýlu bola preukázaná spolu u 46 žiakov z celkovej skúmanej vzorky 117 žiakov. Z uvedeného počtu bolo 14 žiakov z prvého ročníka, 16 žiakov z druhého ročníka a po 8 žiakov z tretieho aj štvrtého ročníka.

Ročník	Vizuálno-neverbálny	Auditívny	Vizuálno-verbálny	Pohybový
1.	7,14	50,00	14,29	28,57
2.	3,23	25,8	9,68	12,9
3	12,5	75	0	12,5
4	0	50	25	25

Tabuľka 3 Percentuálne zastúpenie preferencií učebných štýlov u žiakov s jednozložkovým učebným štýlom v jednotlivých ročníkoch
Zdroj: vlastné spracovanie

Súčasne sme sa zaoberali aj tým, či počet odpovedí vyplnených žiakmi v dotazníku mohol byť spätý s množstvom zložiek ich učebných štýlov. Dotazníky boli podľa počtu odpovedí rozdelené do troch skupín, a to konkrétne 13 a menej odpovedí, 14 až 16 odpovedí a viac ako 16 odpovedí. Faktormi pre určenie jednotlivých kategórií bol počet otázok v dotazníku, konkrétne 13 a hodnotiaca tabuľka od I. Tureka [3], v ktorej sa sila preferencie učebného štýlu určuje podľa počtu odpovedí. Porovnanie špecifikácie preferencií učebných štýlov v závislosti od počtu označených odpovedí v dotazníku môžeme vidieť v tabuľke 4.

Počet preferovaných učebných štýlov	13 a menej odpovedí	14 až 16 odpovedí	nad 16 odpovedí
1	28	11	7
2	15	6	8
3	9	5	17
4	3	4	4
Dotazníkov spolu	55	26	36

Tabuľka 4 Počet preferovaných učebných štýlov v závislosti od počtu označených odpovedí
Zdroj: vlastné spracovanie

Najviac bolo dotazníkov s 13 a menej odpoveďami. Vidíme, že v týchto dotazníkoch výrazne prevláda preferencia jedného alebo dvoch učebných štýlov, zatiaľ čo preferencia troch a viacerých ustupuje. Pri dotazníkoch s viac odpoveďami ako 13 sa preferencie počtu učebných štýlov vyrovnávajú a zvyšuje sa zastúpenie preferencií väčšieho počtu učebných štýlov. Znamená to teda, že menšie množstvo odpovedí vyznačených v dotazníku môže byť spojené s preferenciou menšieho počtu učebných štýlov.

Záver

Každý z nás uplatňuje vlastný postup pri učení. Z dôvodu, že žiaci nadobúdajú nové informácie vo veľkej miere v školskom prostredí, malo by byť v záujme každého učiteľa, aby poznal preferujúce učebné štýly u žiakov v daných triedach z dôvodu, že v značnej miere môžu ovplyvniť konečný výsledok procesu vyučovania. Pod učebným štýlom teda rozumieme súhrn postupov, ktoré v určitom období žiak pri učení preferuje a pomáha mu dosiahnuť požadované výsledky vo vzdelávacom procese. Našim cieľom bolo predstaviť čiastkové výsledky prieskumu zameraného na analýzu využívania jednotlivých učebných štýlov podľa zmyslových preferencií, známeho aj pod názvom VARK. Prieskum bol realizovaný u žiakov na vybranej strednej škole ekonomického zamerania a na získanie výsledkov sme použili formu štruktúrovaného dotazníka, ktorého pôvodným autorom je Fleming. Na základe dosiahnutých výsledkov sme dospeli k záveru, že u viac ako polovice žiakov nie je dominantný len jeden učebný štýl, ale kombinácia viacerých. V tomto prípade hovoríme o tzv. zmiešanom učebnom štýle. U našej skúmanej vzorky žiakov je v najväčšej miere zo zmiešaných učebných štýlov zastúpený trojzložkový učebný štýl, čo znamená, že žiaci sú schopní efektívne prijímať informácie a zároveň sa aj efektívne učiť s využitím akéhokoľvek učebného štýlu z ich preferovaných (napr. využitím auditívneho, pohybového a vizuálno-verbálneho učebného štýlu). Avšak u 39,32 % žiakov je stále dominantný jeden učebný štýl (tzv. jednozložkový učebný štýl), pričom v najväčšej miere bol zastúpený auditívny a potom pohybový a vizuálno–verbálny učebný štýl. U veľmi malého percenta žiakov bol dominantný vizuálno–neverbálny učebný štýl (6,52 % žiakov). Práve z uvedeného dôvodu by bolo vhodné, ak by učitelia v čo najväčšej miere vo vyučovaní využívali prvky auditívneho a tiež pohybového a vizuálno - verbálneho učebného štýlu, čo znamená, že učivo by malo byť sprostredkované v prevažnej miere s využitím nasledovných odporúčaní:

- výklad učiva spestriť vhodnou intonáciou, pauzami, zmenami sily hlasu.
- Popri výklade písať kľúčové pojmy na tabuľu.
- Uplatniť prezentovanie nového učiva formou rozhovoru.
- Dopĺňať výklad o príklady z praxe.
- Vyzývať žiakov k pokladaniu otázok.
- Organizovať diskusie, rozhovory a skupinovú prácu žiakov.
- Využívať reálie, modely.
- Umožniť žiakom aplikáciu získaných poznatkov.
- Aktivizovať žiakov.
- Obmieňať spôsoby merania študijných výsledkov, no najčastejšie využívať ústne skúšanie, praktické skúšanie a písomné skúšanie.
- Pri písomnej skúške zadanie nahlas prečítať, pri ústnej poskytnúť žiakovi otázky aj v písomnej podobe.
- Striedať samostatnú a skupinovú prácu.
- Pravidelne diagnostikovať učebné štýly žiakov.
- Pri učení sa z textu, žiakom vizuálne vyznačiť dôležité pojmy a slovne ich na ne upozorniť.
- Učebný text rozdeliť na jednotlivé ucelené logické celky a žiakom ich prezentovať postupne.
- Zaradiť do priebehu vyučovania didaktické hry.

Na druhej strane je však potrebné dodať, že učitelia by sa mali snažiť u žiakov rozvíjať všetky formy učebných štýlov. Tiež je prínosné, ak svoj učebný štýl pozná aj samotný žiak. Preto nie je vhodné, aby učiteľ výsledky diagnostikovania žiakom tajil, ale aby im pomohol spoznať svoj spôsob učenia sa, priviedol ich k postupnej autoregulácií vlastného učenia a tak poskytol základy pre celoživotné vzdelávanie [9]. Na záver je však potrebné zdôrazniť, že uvedené výsledky nie je možné zovšeobecňovať na všetkých žiakov a týkajú sa len našej skúmanej školy.

Vďaka poznaniu preferovaných učebných štýlov u žiakov môže učiteľ v rámci vyučovacieho procesu voliť také metódy, ktoré podporia jeho efektívnosť, pričom je dôležité, aby učiteľ vedel modifikovať jednotlivé metódy vo vyučovaní a prispôsobiť ich tak individuálnym potrebám žiakov [11].

Poďakovanie

Ďakujem mojej školiteľke Marcele Korenkovej za jej vedenie, metodickú pomoc a odborné rady, ktorými mi pomáhala pri vypracovávaní prieskumu a tohto článku. Rovnako by som rada vyjadrila vďaku Ing. Zuzane Buzinkaiovej a Mgr. Renáte Košovičovej z Obchodnej akadémie Nitra, ktoré sa podieľali na realizácii prieskumu.

Použitá literatúra

[1] Mareš Jiří (2013) Pedagogická psychologie. Portál, Praha p.199, ISBN 978-80-262-0174-8

[2] Škoda Jiří Doulík Pavel. (2011) Psychodidaktika. Grada, Praha, p.19, ISBN 978-80-247-3341-8

[3] Turek Ivan (2014) Didaktika. Wolters Kluwer, s.r.o., Bratislava, 618 s., ISBN 978-80-8168-004-5

[4] Čellárová Lýdia (2014) Acta Universitatis Matthiae Belii Ser.: TECHNICKÁ VÝCHOVA No 14 [online]. Banská Bystrica. Str. 19. ISBN 978-80-557-0786-0

[5] Turek Ivan (2015) Tajomstvo úspěšného štúdia na vysokej škole. Wolters Kluwer, s.r.o., Bratislava, p. 15, IBSN 978-80-8168-157-8

[6] Fleming N. (2020) The VARK Questonnaire. [online]. [Citované: 4.3.2020]. Dostupné na internete: <https://vark-learn.com/>

[7] Petlák Erich (2014) Aktuálne otázky edukácie : v otázkach a odpovediach. 1.vyd. IRIS, - Vydavateľstvo a tlač, s.r.o. Bratislava: 84s. ISBN 978-80-8153-021-0

[8] Petlák Erich (2012) Inovácie v edukačnom procese. 1.vyd. Dubnický technologický inštitút, Dubnica nad Váhom, . 158 s. ISBN 978-80-89400-39-3

[9] Mareš Jiří (1998) Styly učení žáků a studentů. 1. vyd. Portál, s. r. o., Praha : 1998. 239 s. ISBN 80-7178-246-7

[10] Hood Bruce (2017) No evidence to back idea of learning styles. [online] 12.3.2017. [Citované: 4.11.2019]. Dostupné na internete: <https://www.theguardian.com/education/2017/mar/12/no-evidence-to-back-idea-of-learning-styles>

[11] Sámelová Simoneta (2016) Manažment školy v praxi [online], 10/2016 [Citované: 10.3.2020] Dostupné na internete: <https://www.direktor.sk/sk/casopis/manazment-skoly-v-praxi/ucebne-styly-ziakov-strednych-skol-1.m-340.html>

Ozobot vo vyučovaní informatiky alebo programovanie farbami

Ozobot in teaching computer science or programming by using colours

Miroslav Blšák
Školiteľ: Dana Horváthová
Katedra informatiky, FPV UMB, Tajovského 40, 874 01 Banská Bystrica
Miroslav.Blsak@student.umb.sk, Dana.Horvathova@umb.sk

Abstrakt
Príspevok sa zaoberá využitím didaktickej pomôcky Ozobot pre potreby výučby informatiky. Blokové programovanie je jedna zo zaujímavých foriem programovania, využíva sa hlavne na základných školách, avšak svoje miesto pomaly nachádza aj v prvom ročníku stredných škôl. Robot Ozobot umožňuje programovať aj v blokovom programovaní, avšak okrem toho spôsobu aj pomocou farieb. Práve táto vlastnosť, t. j. schopnosť rozoznávať farby z neho robí netypického pomocníka pri rozvíjaní programátorských schopností. Ide o veľmi netradičný, zaujímavý a hlavne kreatívny spôsob, ako môžeme nenásilnou formou u žiakov základných škôl rozvíjať algoritmické myslenie a to bez využitia počítača či tabletu.

V rámci pedagogickej praxe na základnej škole sme otestovali metodický list zameraný na využitie Ozobota vo výučbe informatiky a spoločne so žiakmi sme odučenú hodinu zhodnotili.

Kľúčové slová: Ozobot, farby, programovanie

Abstract
This paper examines the use of the didactic tool Ozobot for the needs in education of computer science. Block programming is one of the most interesting forms of programming, it is used mainly in primary schools, but it is also slowly finding its place in the first year of secondary schools. The robot Ozobot can be programmed in blocks, but also by reading colors. It is this property, the ability to recognize colors, what makes atypical to help develop programming skills. It is a very unconventional, interesting and especially creative way to force elementary school students to develop algorithmic thinking in a non-violent way even without using a computer or tablet.

As part of our teaching practice at primary school, we tested a methodological letter focused on the use of Ozobot in education of computer science and together with the pupils we evaluated the lesson.

Key Words: Ozobot, colors, programming

Úvod

Na Katedre informatiky Fakulty prírodných vied Univerzity Mateja Bela v Banskej Bystrici máme k dispozícii rôzne vyučovacie pomôcky. My, budúci učitelia informatiky, sa s nimi priebežne zoznamujeme na hodinách didaktiky informatiky, ale aj na informatickom krúžku pre žiakov základných škôl, ktorý na katedre funguje už tretí rok. Okrem edukačných pomôcok ako micro:bit a Kitronik Arcade a robotov typu Phiro a Probot máme k dispozícii aj Ozobota verziu evo.

Ozobot je malý, prenosný robot, ktorý má na spodnej časti senzor farieb, pomocou ktorého vie rozpoznávať farby. Práve tento senzor je podstatný pre druhý spôsob programovania (t. j. programovanie farbami).

Keďže na Katedre informatiky máme k dispozícii len verziu Ozobot Evo (existuje aj verzia Bit), v texte budeme ďalej pod pojmami robot či Ozobot myslieť práve verziu Evo.

Kvôli dostupnosti tejto pomôcky na našej katedre a dvom rôznym existujúcim spôsobom programovania sme sa odhodlali vypracovať metodický list, ktorý sme neskôr overili v deviatom ročníku základnej školy v Banskej Bystrici na hodine informatiky.

1 Ozobot a ako ho programovať

Ozobot je malý robot tvaru gule. Na spodnej časti sa nachádza senzor na rozpoznávanie farieb. Nechýbajú ani kolesá, ktorými sa vie robot pohybovať. V balení sa okrem samotného robota nachádza podrobná dokumentácia obsahujúca základné informácie a cvičenia na oboznámenie sa s jednotlivými funkcionalitami. Nechýba ani sada farebných fixiek (červená, zelená, modrá

a čierna), ozoskelet[1] s kostýmami a taktiež nabíjací kábel je súčasťou balenia. Pri samotnom nabíjaní môžeme pozorovať, ako blikajú led svetlá a tak dokážeme identifikovať stav nabitia batérie (ak svieti päť z päť svetiel, batéria je plne nabitá).

Ozobot bol predstavený v januári 2014 a o tom, že sa stal veľmi populárnym a obľúbeným svedčí aj fakt, že sa predalo viac než jeden milión kusov do viac ako tridsaťtisíc tried. Nechýbajú ani významné ocenenia, ktoré tento robot vyhral, napríklad [1]:

- *Seriously STEM Award Winner 2019*
- *Edison Awards Winner 2018*
- *Tech & Learning Best show ISTE Winner 2019.*

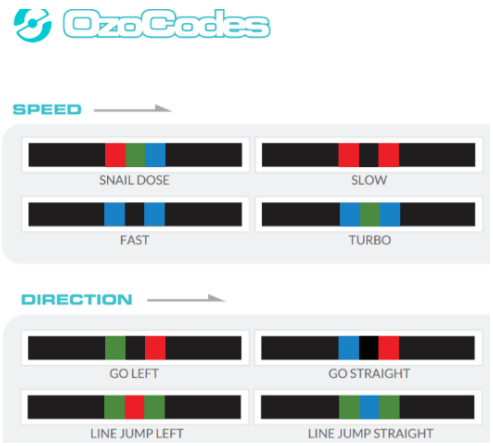
Ako sme spomínali, existujú viaceré verzie, a to Ozobot Bit alebo Ozobot Evo. Môžeme povedať, že Bit je základná verzia, ktorá obsahuje jednu led diódu, nemá okrem senzora na farby žiadne iné senzory či konektivitu. Naopak Evo je vylepšená verzia, ktorá obsahuje sedem led diód, android + iOS aplikáciu, bluetooth konektivitu, reproduktor na vydávanie rôznych zvukov, senzor na určovanie vzdialenosti (*proximity senzor*) a iné [2].

To, prečo je robot jedinečný a unikátny je v možnosti programovania spomínanými dvoma rôznymi spôsobmi a to:

- pomocou ozo kódov,
- pomocou aplikácie/editora OzoBlockly.

1.1 Ozo kódy

Ozobot štandardne sleduje čiernu čiaru. V samotnej dokumentácií sa nachádzajú nálepky takzvaných ozo kódov. Sú to rôzne sekvencie červenej, zelenej, modrej a čiernej farby. Každý kód má svoje označenie a jedinečný účel. Týmito kódmi nás prevedú veľmi podrobne spracované cvičenia. Na o*brázku 1* môžeme vidieť časť príkazov.



Obr. 1 Ozo kódy
Zdroj: [3]

To znamená, že ak chceme, aby Ozobot na najbližšej križovatke odbočil vľavo, pred danú križovatku nakreslíme (alebo nalepíme) na cestu, po ktorej sa pohybuje, nasledovné poradie farieb: zelená, čierna, červená. Vidieť to môžeme aj v sekcií *Direction* na *obrázku 1,* príp. na *obrázku 2*. Ak by sme dané poradie farieb nenakreslili a nechali križovatku zloženú z len čiernych čiar, Ozobot si cestu, ktorou bude pokračovať, vyberie náhodne.

Obr. 2 Križovatka bez príkazu odbočenie vľavo a s príkazom odbočenie vľavo
Zdroj: [Autor]

1.2 OzoBlockly

Názov OzoBlockly je pomenovanie pre programovanie v blokoch. Túto možnosť môžeme využiť na stránke https://ozoblockly.com/editor, pričom nechýba ani *tutoriál*. Treba pripomenúť, že okrem webového editora existuje aj aplikácia v obchode Play a App Store s názvom *Evo by Ozobot*.

V aplikácií sú okrem samotného blokového programovania dostupné pravidelné aktualizácie softvéru robota. Nechýbajú ani rôzne iné funkcie, napríklad ovládanie jeho pohybu, vydávanie zvukov, či nastavovanie svietenia led diód.

[1] Ozoskelet je ochranný kryt z plastu, na ktorý môžeme nalepiť alebo vložiť rôzne grafické prvky a vytvoriť si jedinečného Ozobota (napr. oči, uši, a i.).

2 Metodický list

Vytvorili sme metodický list, ktorý sa zameriava najmä na programovanie pomocou ozo kódov. Vychádzali sme z faktu, že sa žiaci s takou podobou programovania ešte nestretli, čo sa nám aj neskôr potvrdilo. Táto forma je zároveň niečo nové, odlišné od klasického programovania v blokoch. V našom článku ukážeme a popíšeme všetky úlohy, ktoré sme neskôr aj overili. Počas dvojhodinovej vyučovacej hodiny sme postupne vypracovávali jednotlivé úlohy. Metodický list možno ľubovoľne upraviť aj pre potreby klasickej jednohodinovej vyučovacej hodiny, avšak primárne bol, v čase pedagogickej praxe, určený na dvojhodinovku.

Spätnú väzbu sme realizovali formou dialógu – žiakov sme sa pýtali otázky typu ,,ako sa ti dnešná hodina páčila?“, na ktoré odpovedali. Tiež mali určiť pravdivosť výrokov, ktoré sme im hovorili, napríklad výrok ,,práca s Ozobotom ma bavila“.

Ešte predtým, ako sme sa pustili do samotného riešenia úloh, sme dôkladne oboznámili žiakov s témou vyučovacej hodiny a s pomôckou, s ktorou budú počas výchovnovzdelávacieho procesu pracovať. Predstavenie témy hodiny a samotnej pomôcky je veľmi dôležitý proces, aby žiaci neboli prekvapení, či inak negatívne ovplyvnení.

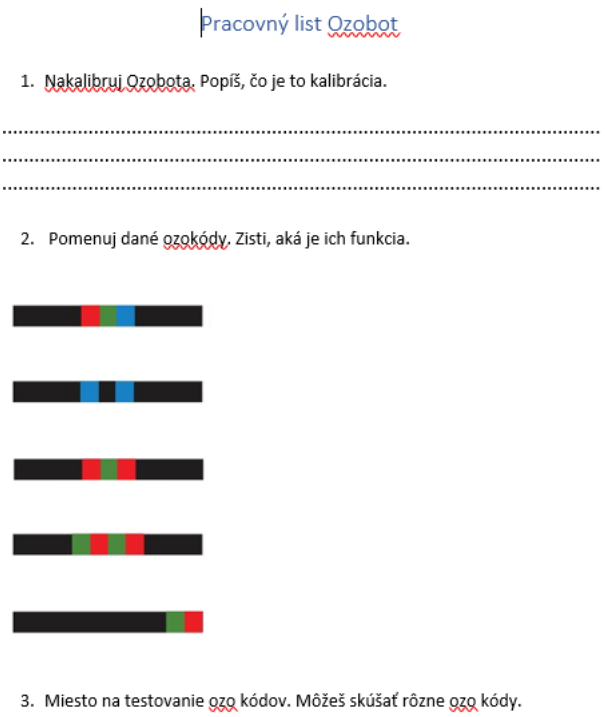
2.1 Prvá úloha a jej zhodnotenie

Znenie 1. úlohy:

,,Zapni Ozobota, nakalibruj ho. Potom si vyskúšaj na papieri, ako fungujú jednotlivé ozokódy. Následne pomenuj, čo jednotlivé sekvencie farieb vykonávajú.“

K prvej úlohe dostali žiaci aj pracovný list (*obrázok 3*).

Žiaci sa museli oboznámiť s pojmom kalibrácia. Potom sme priraďovali kódy k názvom. Žiaci mali rozličné tempo – niektorí riešili úlohy rýchlejšie, iní pomalšie. Šikovnejším riešiteľom, ktorí mali úlohy 1., 2. a 3. hotové, sme zadali ďalšiu úlohu metodického listu. Tento jav je nutné si uvedomovať – je potrebné mať pre rýchlejších žiakov dodatočné úlohy, respektíve je nevyhnutné ich zapojiť do výchovnovzdelávacieho procesu iným spôsobom, aby napríklad nerozptyľovali svojich spolužiakov, ktorí ešte pracujú na úlohách. Zo začiatku boli žiaci zameraní len na robota a jeho bližšie skúmanie, experimentovali, čo dokáže, pozerali, z čoho sa skladá a preto neplnili naše pokyny. Nie je to nič neobvyklé. Ak majú žiaci ľubovoľnú pomôcku prvýkrát v ruke, je vhodné im najskôr povedať pokyny, rozdať pracovné listy, či ich inak usmerniť v práci a až potom rozdať robotov a nechať im nejaký čas na spoznanie pomôcky.


Pracovný list Ozobot

1. Nakalibruj Ozobota. Popíš, čo je to kalibrácia.

.....

.....

.....

2. Pomenuj dané ozokódy. Zisti, aká je ich funkcia.

3. Miesto na testovanie ozo kódov. Môžeš skúšať rôzne ozo kódy.

Obr. 3 Pracovný list
Zdroj: [Autor]

Celkovo žiakov zadania a ich vypracovávanie veľmi bavilo. Žiaci boli veľmi pracovití, nevyrušovali. Chodili sme pomedzi žiakov a sledovali sme ich vzájomnú komunikáciu. Mohli sme si všimnúť, že medzi sebou kooperovali a vzájomne sa kontrolovali, napríklad, či majú správne priradený kód k názvu.

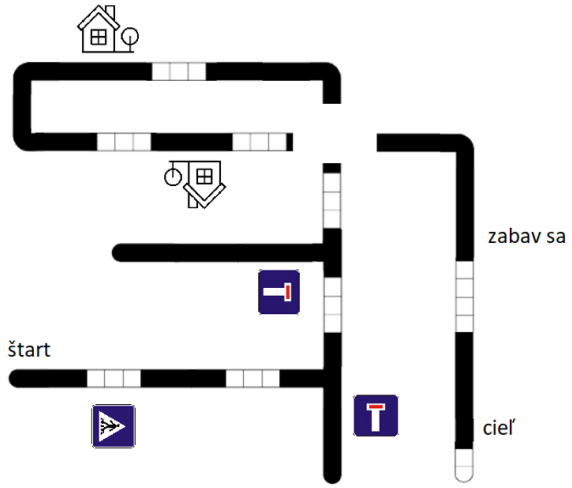
2.2 Druhá úloha a jej zhodnotenie

Znenie 2. úlohy:

,,Vyplň slepú mapu tak, aby Ozobot rozniesol poštu po dvoch domoch. Musíš ale splniť nasledovné podmienky:

- *pri každom dome Ozobot zastaví na 3 sekundy,*
- *spomalí pred/počas prechádzania cez prechod pre chodcov,*
- *nepôjde do slepej uličky.“*

K tejto úlohe dostali žiaci mapu, ktorú vidíme na *obrázku 4*.



Obr. 4 Slepá mapa
Zdroj: [Autor]

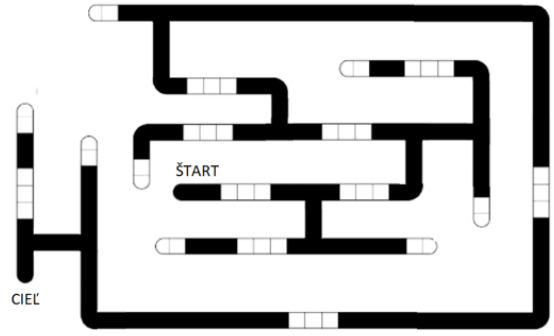
Každý žiak mal pracovať samostatne. V čom sme si mysleli, že bude problém, boli samotné kódy a ich použitie. Žiaci ich nemali k dispozícií, pretože sme im nerozdali dokumentáciu a to z dôvodu jej obmedzeného počtu. Žiaci boli preto nútení vyhľadávať kódy na internete. Ukázalo sa, že v konkrétnej triede to problém nebol. Úlohu mali všetci zvládnutú pomerne rýchlo, bez väčších komplikácií.

2.3 Tretia úloha a jej zhodnotenie

Znenie 3. úlohy:

„Dostaň Ozobota z bludiska do cieľa tak, aby bola jeho cesta čo najkratšia.“

K tejto úlohe patrí aj nasledovná mapa na *obrázku 5*. Je nutné zdôrazniť, že mapu sme nevymysleli sami. Mapa bola prevzatá zo záverečnej práce ,,Robotika na základnej škole“ z Katolíckej univerzity v Ružomberku. Bola nutná menšia úprava a to, že cesty sme museli umiestniť ďalej od seba, pretože senzor na Ozobotovi je pre originálnu mapu príliš široký a nastávala situácia, že robot prešiel na inú cestu.



Obr. 5 Bludisko
Zdroj: [4]

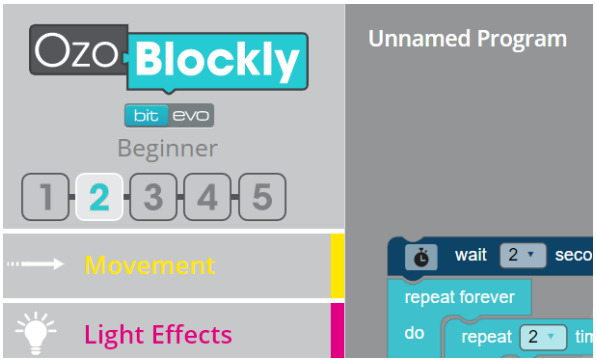
Bludisko sme však počas pedagogickej praxe nepoužili. Použili sme náhradu, a to takú, aby na druhú stranu slepej mapy (*obrázok 4*) nakreslili vlastnú cestnú sieť. Požiadavka sa kládla na kreativitu. Motivovali sme žiakov pri tvorení vlastnej mapy hlavne ústne, kreativite sa medze nekládli. Bolo vidieť, ako niektorých táto úloha veľmi zaujala. Na ostatných bolo však vidieť menšie sklamanie. Na otázku, či sa im táto úloha páčila, zazneli rôzne odpovede. Niektorí žiaci chceli pokračovať ďalej vo svojom diele, iní chceli skončiť s aktuálnou úlohou a pokračovať k ďalším. Môžeme povedať, že vzniknuté mapy boli rôzne, od veľmi kreatívnych až po jednoduché.

2.4 Štvrtá úloha a jej zhodnotenie

Znenie 4. úlohy:

„Zapni si https://ozoblockly.com/ a vytvor si nový projekt. Priprav Ozobota na módnu prehliadku. Je na tebe, aké pohyby pre Ozobota vytvoríš, pamätaj ale, že iné Ozoboty sú konkurenciou.“

Táto úloha je finálna. Žiaci svižne prešli na bloky, keďže blokové programovanie bolo pre nich známe. Na spomínanej webovej stránke sa dá v pravej časti obrazovky zadať náročnosť, od začiatočníka cez pokročilého až na úroveň majster.



Obr. 6 Nastavovanie náročnosti
Zdroj: [5]

Ako nám už funkcia indikuje, žiaci si nastavujú svoju vlastnú úroveň programovania v blokoch. Čím vyššia úroveň tým viac pokročilejších možností je žiakovi k dispozícií. Väčšina detí si nastavila úroveň 5, dvaja žiaci si nastavili úroveň 4. Táto úloha sa žiakom páčila najviac. Zapálenosť a snaha o čo najrôznejšie možné výtvory boli viditeľné na každom žiakovi. Za jedinú nevýhodu považujeme kompiláciu programu a následné nahranie algoritmu do Ozobota. Postup je taký, že na Ozobotovi spustíme kalibráciu, priložíme ho na vyhradené miesto na monitore (prípadne obrazovku tabletu) a spustíme nahrávanie programu. Na danom

mieste na obrazovke sa striedajú veľmi rýchlo rôzne farby. Platí priama úmera - čím zložitejší algoritmus (čím viac príkazov), tým dlhší je potrebný čas na nahranie. Žiaci na túto skutočnosť reagovali negatívne v zmysle, že ich bolí ruka a že to trvá veľmi dlho.

3 Výsledky a diskusia

Pár minút pred koncom vyučovacej hodiny sme ukončili činnosť žiakov. Spoločne sme debatovali a zhodnotili vyučovaciu hodinu. Žiakom sme hovorili výroky, pričom mali uviesť, či s daným výrokom súhlasia, alebo nesúhlasia. Taktiež sme im kládli otázky. Nasleduje zopár výrokov/otázok, ktoré sme sa pýtali:

- ako sa ti páčila dnešná hodina?,
- práca s Ozobotom bola jednoduchá,
- práca s Ozobotom ma bavila,
- chcel by som pracovať viac s Ozobotom,
- úlohy boli jasné a zrozumiteľné,
- uvítal by som viac podobných pomôcok na hodine informatiky.

Môžeme potvrdiť, že odučená hodina bola skôr motivačného charakteru. Žiaci pracovali už od prvého momentu. Nebáli sa pýtať, spolupracovať. Dokonca sme dostali od žiakov aj pozitívnu spätnú väzbu vo forme otázky: ,,Nechceli by ste nás učiť informatiku celý rok?“ V triede sa nám pracovalo veľmi dobre. Cvičná pani učiteľka nás pochválila, že sme žiakov viditeľne motivovali. Veľmi sa jej táto pomôcka páčila, sama ju nepoznala a tiež bola nadšená. Celkovo môžeme zhodnotiť, že Ozobot je veľmi vhodná didaktická pomôcka na základné školy.

Záver

Informatika ako povinný všeobecnovzdelávací predmet má určite svoje miesto na základnej aj strednej škole, o tom niet pochýb. Vzniká tu ale otázka, nie či učiť informatiku, ale ako učiť informatiku. Otázka znie: ,,Ako informatiku implementovať do štátneho vzdelávacieho programu?“ Všeobecne sa začína rozlišovať digitálna gramotnosť a informatické poznanie. Digitálna gramotnosť preniká aj do iných predmetov, preto jej výučba na informatike pomaly stráca zmysel. Práve informatické poznanie je to, čomu by sme sa mali na hodinách informatiky venovať. Dovolím si citovať výrok pána profesora Kalaša: ,,My chceme, aby sa“ žiaci „učili informatiku, nie „počítače“.“ Práve schopnosť hľadať ďalšie riešenia, schopnosť plánovať, schopnosť abstraktne myslieť sú veci, ktorým by sme na hodine informatiky mali venovať pozornosť.

Týmto článkom sme chceli demonštrovať, že existujú rôzne pomôcky, ktoré vieme žiakom dať, pomocou ktorých vedia svoje schopnosti zlepšovať a rozvíjať. Skoro vždy vieme vymyslieť rôzne úlohy, netradičné, zábavné, vyžadujúce spoluprácu, a tým spôsobom donútiť žiakov myslieť.

Poďakovanie

Týmto spôsobom by som chcel poďakovať svojej školiteľke Ing. Dane Horváthovej, PhD. za cenné rady, odbornú pomoc. Ďakujem Katedre informatiky FPV UMB a PaedDr. Patrikovi Voštinárovi, PhD. za prepožičanie Ozobotov a iných materiálov.

Použitá literatúra

[1] We Are Ozobot [citované: 23. február 2020] https://ozobot.com/about-us

[2] Le Bloh Génération ROBOTS [citované: 23. február 2020] https://www.generationrobots.com/blog/en/what-are-the-differences-between-ozobot-bit-and-ozobot-evo/

[3] OzoCodes [citované: 23. február 2020] https://play.ozobot.com/print/guides/ozobot-ozocodes-reference.pdf

[4] Vitézová Z. (2019) Robotika na základnej škole (Záverečná práca – rozširujúce štúdium informatiky) Pedagogická fakulta, Katolícka univerzita, Ružomberok.

[5] OzoBlockly [citované: 24. február 2020] https://ozoblockly.com/editor

Možnosti využitia Minecraft: Education Edition vo vzdelávaní

Minecraft: Education Edition and Its Possibilities in Education

Jakub Šajben[1]
Školiteľ: Nika Klimová[2]
[1,2]Katedra informatiky, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra,
[1] jakub.sajben@student.ukf.sk, [2]nika.klimova@ukf.sk

Abstrakt

Minecraft: Education Edition je vzdelávacia verzia obľúbenej hry Minecraft a vo svete je využívaná ako súčasť vzdelávania nielen na výučbu programovania na informatike, ale aj iných prírodovedných predmetoch (biológia, technika, chémia) a humanitných predmetov (dejepis, výučba jazykov, občianska výchova). Vyučovanie touto formou je založené na hre a prednosťou hry je jej okamžitá odozva a rozvoj tvorivosti. Okrem toho rozvíja schopnosti ako riešenie problémov, kritické myslenie, komunikácia. V práci sa zaoberáme mimoškolským Minecraft krúžkom, ktorý v šk. roku 2019/2020 organizujeme a v práci opisujeme analýzu vybraných vyučovacích hodín, počas ktorých sme vyučovali programovanie. Rozhovormi s učiteľmi a lektormi, ktorí na Slovensku využívajú tento softvér, sa snažíme analyzovať jeho súčasný stav využívania na Slovensku.

Kľúčové slová: Minecraft: Education Edition, digitálne hry, game-based learning, vývojové prostredie Microsoft Makecode

Abstract

Minecraft: Education Edition is an educational version of favorite game Minecraft which is used abroad not only as a part of computer science classes when teaching programming but also for science subjects (biology, technology, chemistry) and humanities (history, language teaching, civics). This teaching represents game-based learning and the advantage of the game is its immediate response and the development of creativity. In addition, it is developing skills such as problem solving, critical thinking, communication. In the work we analyze outcomes of extracurricular activity we organize in 2019/2020 and describe analysis of selected programming lessons. Through interviews with teachers and lecturers who use this software in Slovakia, we try to analyze its current state of use in Slovakia.

Key Words: Minecraft: Education Edition, digital games, game-based learning, Microsoft Makecode

Úvod

Príchod počítačovej hry Minecraft udal nový trend medzi počítačovými hrami a získal si vyše 100 miliónov aktívnych hráčov po celom svete. Deťom ponúka otvorený svet, kde obmedzením je len ich kreativita. Táto hra sa rozšírila na mnohé platformy a zariadenia, najnovšie využíva aj rozšírenú realitu a prináša úplne iný zážitok z hrania.

V roku 2016 vznikla iniciatíva, ktorá sa chytila tejto príležitosti využiť zážitok, ktorý ponúka "kockatý svet" aj vo vzdelávaní. Vznikla vzdelávacia verzia tejto hry: Minecraft: Education Edition. V tomto prípade si nezískala len deti (žiakov), ale aj učiteľov. Po celom svete, nevylučujúc Nový Zéland, Spojené štáty americké či Írsko, sa do tried implementovala vzdelávacia verzia Minecraftu. Podstata bola jednoduchá: učitelia mali nový nástroj, kde mohli dostatočne plniť svoje vzdelávacie ciele a žiaci boli motivovaní, nakoľko si mysleli, že sa "len" hrajú. Uplatnilo sa tu tzv. vzdelávanie pomocou digitálnych hier (game-based learning).

1 Vzdelávanie orientované na študenta

Prieskumy Future of Jobs report ukazujú ako sa od roku 2015 zmenili niektoré požiadavky na kompetencie uchádzačov o zamestnanie. V roku 2020 sú na popredných miestach zručnosti ako riešenie komplexných problémov, kritické myslenie, kreativita, spolupráca, emočná inteligencia a flexibilita [1].

Obr. 1 Kompetencie uchádzačov o zamestnanie
Zdroj: Autor

Koncept vzdelávania, kde sa zdôrazňuje rola žiaka ako aktívneho účastníka vzdelávacieho procesu, kde v centre záujmu nie je to, čo rozpráva vyučujúci, ale to,

ako študent používa a rozvíja svoje znalosti, schopnosti a spôsobilosti, sa nazýva vzdelávanie orientované na študenta (student-centered learning)[2]. Nakoľko aj vo svete vidíme zmeny v očakávaniach na absolventov stredných a vysokých škôl, uvedomujeme si aj potrebnú zmenu vo vzdelávaní, aby mladí ľudia mali potrebné zručnosti, tzv. soft-skills pri hľadaní práce a zároveň boli obohatením pre trh práce v tretej dekáde 21. storočia. Takou zmenou môže byť aj transformácia z klasického vzdelávania orientovaného na učiteľa na vzdelávanie orientované na študenta.

Tabuľka 1 Rozdiely v prístupoch
Zdroj: [2]

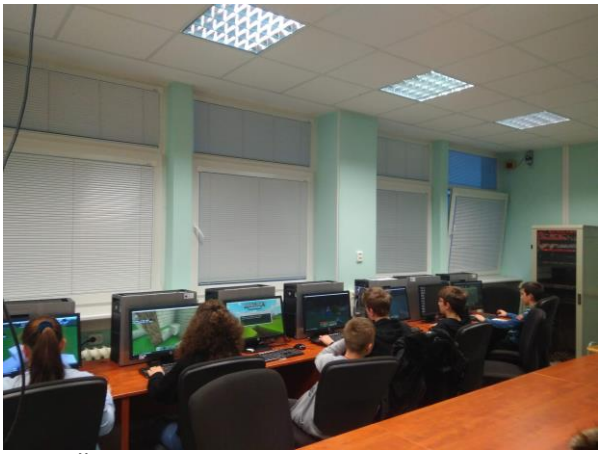
Vzdelávanie orientované na učiteľa	**Vzdelávanie orientované na študenta**
pasívny žiak	aktívny žiak
obsah vzdelávania	Výsledky vzdelavania (znalosti, schopnosti a spôsobilosti)
predmetom záujmu je to, čo robí učiteľ	predmetom záujmu je to, čo robí žiak
poznanie ako transfer	poznanie ako výsledok spoločnej aktivity žiaka a učiteľa
povrchové učenie	hĺbkové porozumenie
vyučujúci ako autorita	vyučujúci ako facilitátor/partner
frontálna výučba	semináre/skupinová práca

Dvořák poznamenáva, že učiteľ cez počítačovú hru Minecraft vstupuje do sveta žiakov, ktorý ich baví a používa jazyk, ktorému oni rozumejú [3]. Potom už ani nie je zložité hľadať, čím ich motivovať. Žiaci sú na hodinách aktívny a dokážu si nové informácie lepšie zapamätať.

1.2 Učenie pomocou digitálnych hier

Používanie hier vo výučbe už dávno nie je ničím novým a považuje sa to za efektívny spôsob výučby. Napriek tomu, že sa môže zdať, že hranie sa a učenie sú elementmi, ktoré sa ťažko prepájajú spolu, výskumy dokazujú opak. Žiaci získavajú neformálnym spôsobom digitálne kompetencie. Pozitíva, ktoré nám prinášajú hry, sú napr.: rozvíjanie jazykových schopností, odbúravanie stresu z vyučovania, rozpoznávanie dobra od zla, rozvíjanie schopností ako pamäť, pohotovosť, schopnosť sa rýchlo rozhodnúť, priestorové videnie, posilňuje logické a strategické myslenie, či nárast sebavedomia u detí, vďaka prekonanej prekážke v hre. [4]

Pri Minecrafte žiaci prežijú mnoho zážitkov či už virtuálne, ale aj v reálnom svete (obr. 2). Hra aktivizuje žiakov v rovine kognitívnej ale aj afektívnej a tak učiteľovi poskytuje ideálny priestor, kde môže využiť metódy ako problémové vyučovanie, hranie rolí, či skupinová práca. Každý žiak má priestor prejaviť sa a svojou činnosťou prispieť k svojej vlastnej učebnej činnosti [5].



Obr. 2 Žiaci na M:EE krúžku
Zdroj: Autor

Avšak učenie založené na hre nie je to isté ako gamifikácia. Pri gamifikácií sa používajú herné prvky v nehernom prostredí ako zbieranie bodov, získavanie odmien či odznakov, umiestnenie v rebríčku, leveling (postupovanie na vyššiu úroveň). Tieto elementy pripomínajú hranie počítačovej hry a pritom učenie môže prebiehať obvyklým (frontálnym) spôsobom. Kým pri gamifikácii sa do procesu učenia aplikujú princípy hry, pri game-based learning-u sa hra používa na naučenie určitej schopnosti alebo na dosiahnutie stanoveného vzdelávacieho cieľa. Vzdelávanie pomocou digitálnych hier je opakom gamifikácie [6].

Pri gamifikácií je motiváciou získať odmenu splnením úloh, pričom pri vzdelávaní pomocou digitálnych hier je motiváciou prekonanie výzvy či vyriešenie problému. Pri gamifikácií je učenie zámerné,

kdežto pri vzdelávaní pomocou digitálnych hier sa učenie vyskytuje ako produkt hrania sa.

Technologické a ekonomické faktory prispeli k rastúcemu záujmu o potenciál videohier. Tento masívny nárast spôsobil, že príležitostné hranie hier na smartfónoch a tabletoch sa stalo bežnou súčasťou každodenného života [7] či už ako mobilné aplikácie (CandyCrush), gamifikované systémy (Duolingo, Zombie Run), alebo hry na sociálnych sieťach (Quiz Planet, Farmville)

Digitálne hry v triede nie sú náhradou dobrého učiteľa. Sú podporným nástrojom, ktorý má za cieľ motivovať študentov pomocou atraktívnej formy, aby sa zaujímali aj o nie vždy zaujímavý obsah.

2 Minecraft: Education Edition

Edukačná verzia hry je vytvorená tak, aby sa vyučovanie na školách a v triedach stalo prístupnejšie a efektívnejšie. Preto sú v nej zahrnuté nástroje a prvky, ktoré sa odlišujú od pôvodnej počítačovej hry. Pre výučbu programovania sa používa zabudovaný nástroj Zostavovač kódu (Code Builder), vďaka ktorému žiak programuje svojho virtuálneho pomocníka - Agenta. V roku 2018 bol vytvorený Chemistry Resource Pack, ktorý ponúka materiály, bloky a nástroje, ktoré sa nachádzajúce výlučne len v Minecraft: Education Edition (ďalej len M:EE). Umožňuje vytvárať prvky kombináciou elementov, kombináciou prvkov zlúčeniny a z nich rôzne predmety a tak ponúka možnosti experimentovať v bezpečnom prostredí. Hra je koncipovaná tak, aby umožnila ľahkú spoluprácu medzi žiakmi v triede tak, že spolu v jednom svete môže pracovať naraz až 30 žiakov. Pre učiteľov je vytvorený prídavný modul, ktorý umožňuje kontrolovať aktivitu žiakov cez high-level pohľad na svet s prehľadom jednotlivých žiakov bez potreby účasti v hre. Dôležitý aspekt pri vyučovaní je tvorba portfólia. Učiteľ môže kontrolovať vzdelávanie (proces učenia sa jednotlivých žiakov) cez dokumentáciu, ktorú si žiaci samostatne tvoria v hre pomocou fotoaparátu a kníh. Použitie nehráčskych postáv a predmetov ako tabuľa môže slúžiť ako náhrada učebníc vo forme sprievodcu v hre, poskytnutie inštrukcií či informácií. Pridanú hodnotu má aj vďaka novým blokom, materiálom do hry, 3D exportovaniu a využitie v grafických editoroch ako Microsoft PowerPoint alebo zobrazenia vo virtuálnej realite.

Tabuľka 2 Vzdelávacie prvky v M:EE
Zdroj: Autor

Vzdelávacie prvky v M:EE	Učiteľ	Žiak
Classroom mode	■	■
Balíček Chémia	■	■
Jednoduchá spolupráca triedy	■	■
Fotoaparát a portfólio	■	■
Nastavenie právomocí hráčom	■	
Svety	■	■
Špeciálne predmety a bloky na kontrolu sveta	■	
Tvorba nehráčskych postáv	■	■
Vyučovacie plány	■	■
Zostavovač kódov a Agent	■	■

M:EE sa ako podpora vzdelávania používa v krajinách ako USA, Austrália, Kanada, Írsko, Veľká Británia, Česká republika a mnohých ďalších. [8]

2.1 Minecraft: Education Edition na Slovensku

Vzdelávacia verzia Minecraftu je podmienená licenciou, ktorá sa dá zakúpiť na Slovensku len prostredníctvom jednej firmy a licencia stojí 5 dolárov na osobu. Na Slovensku má každá vzdelávacia inštitúcia nárok na Office 365 Education, ktorá zahrňuje aj kontá pre žiakov. V nich je možnosť prihlásiť sa do M:EE 10-krát, potom táto licencia zaniká [9].

Na Slovensku propaguje M:EE najmä spoločnosť Microsoft a jej zamestnanci z oblasti vzdelávania (obr. 3). [10] Vytvárajú kurzy, prekladajú materiály do slovenského jazyka a organizujú workshopy pre učiteľov, ktorí majú záujem o M:EE.

Obr. 3 Zamestnanec Microsoftu na workshope
Zdroj: [10]

2.2 Minecraft: Education Edition krúžok na Katedre informatiky

Na katedre informatiky sme v počítačovej učebni zorganizovali mimoškolský krúžok pre žiakov druhého stupňa, ktorý prebiehal od októbra 2019 a je naplánovaný až do konca školského roka. Krúžok trvá 90 minút. O krúžok bol mimoriadny záujem, ktorý viedol k tomu, že naše kapacity nedovoľovali každému žiakovi prihlásiť sa. Prvý polrok sme mali konzistentnú skupinu cca 20 žiakov, v druhom polroku sa počet zmenšil a bol premenlivý, zaznamenali sme okolo 7-10 žiakov. Predpokladáme, že problém nastal v organizačných dôvodoch, kedy sme museli niekoľkokrát krúžok prerušiť z technických problémov. Krúžok sme spočiatku viedli traja v rámci tímu - študenti Jakub Šajben (učiteľstvo informatiky + anj), Viera Tibenská (učiteľstvo informatiky + matematiky) a Nika Klimová (Teória vyučovania informatiky). Pri vyučovaní sme použili tímové vyučovanie, tzv. team-teaching, kedy viacerí učitelia vyučujú rovnakú hodinu. Výhodou bolo to, že sme mali viac času na individuálne konzultácie so žiakmi. Vedomosti žiakov sa líšili, veková kategória bola od 10 - 14 rokov a takisto aj skúsenosti s hraním sa v Minecrafte boli rozličné. Niektorí žiaci nikdy nepracovali v Minecrafte a iní sa v ňom pravidelne hrávali, a teda mali zvládnutú základnú orientáciu v hre. Vyučovanie konceptom tímového vyučovania malo nasledovné štádiá:

- zvolenie lídrového učiteľa,
- kolaboratívna príprava na vyučovanie,
- vyučovanie,
- spoločná reflexia.

Pri voľbe lídrového učiteľa sme sa navzájom striedali a dohodli sme sa približne 1 týždeň pred realizáciou krúžku, kto ho bude viesť lídersky. Líder pripravil materiál, príp. pracovné listy a prípravu na vyučovanie. Následne sme mali konzultáciu, kde sme spolu diskutovali o príprave na vyučovanie tak, aby bola primeraná a vhodná. Pri vyučovaní sa rola lídrového učiteľa od ostatných učiteľov rozlišovala v tom, že líderský učiteľ vysvetľoval aj frontálne a zadával úlohy na tabuľu, pričom ostatní učitelia sa venovali žiakom individuálne, príp. po skupinách.

3 Metódy a postupy výskumu

Výskumná téma, ktorú sme si zvolili, je Minecraft: Education Edition vo vzdelávaní. Výskumným problémom sú možnosti využitia softvéru Minecraft: Education Edition vo vzdelávaní na Slovensku. Nakoľko nevieme špecifikovať, ako prebieha vzdelávanie s podporou tohto softvéru v slovenskom prostredí, zvolili sme si deskriptívny výskum a prispôsobili sme mu aj výskumné otázky:

- Aké sú možnosti využitia Minecraft: Education Edition (ďalej M:EE) vo vzdelávaní v informatike?
- V akých predmetoch sa dá aplikovať M:EE?
- Aké vzdelávacie materiály sú vhodné pre vyučovanie s M:EE?
- Aké výhody a nevýhody v sebe obsahuje vyučovanie/práca s M:EE?

Základným výskumným súborom boli žiaci 2. stupňa základných škôl, a učitelia alebo lektori vyučujúci s M:EE. Z toho sme si stanovili výberový súbor/výskumnú vzorku:

- žiaci 2. stupňa základných škôl chodiaci na náš M:EE krúžok (dostupný výber),
- učitelia alebo lektori M:EE na Slovensku (dostupný výber).

Výskumné metódy, ktorými chceme dosiahnuť odpovede na naše výskumné otázky, sú nasledovné:

- pozorovanie žiakov a procesu na M:EE krúžku,
- reflexia (rozhovor) so žiakmi na M:EE krúžku,
- interview s učiteľmi/lektormi, ktorí sa venujú M:EE.

Na základe uvedeného možno konštatovať, že ide o kvalitatívny výskum.

4 Realizácia výskumu - Minecraft: Education Edition krúžok

Počas krúžku sme použili Minecraft: Education Edition ako nástroj na vyučovanie programovania. Využívali sme modul Zostavovač kódov (MakeCode), ktorý je priamo zabudovaný ako súčasť tejto vzdelávacej edície a naším primárnym cieľom bol rozvoj algoritmického myslenia pomocou tvorby jednoduchých programov.

Obr. 4 Programovanie agenta v Zostavovač kódov
Zdroj: Autor

Každý žiak pracoval na vlastnom počítači, kde mal splniť úlohy, ktoré boli zadané. Spočiatku sme uprednostňovali individuálnu prácu, po čase sme si všimli, že na krúžku vznikajú kamarátstva, a v prípade náročnejších úloh sme zvolili prácu vo dvojiciach. Tá mala svoje pravidlá, kde každý žiak pracoval na vlastnom počítači, ale cieľom práce vo dvojici bolo spoločne konzultovať a zamýšľať sa nad zadaním úlohy.

V úvode hodiny sme začínali motiváciou - krátkou aktivitou alebo otázkou, mnohokrát sme použili aj odmeny vo forme Minecraft nálepiek (obr. 5). Používali sme tabuľu, dataprojektor a žiakom sme zvyčajne poskytli pracovný list s inštrukciami a doplňujúcimi otázkami, alebo hárok papiera so zobrazeným kódom, ak bol kód komplexnejší. Túto metódu sme využívali najmä pre to, aby sme precvičovali nielen písanie kódu, ale aj jeho čítanie. Na záver hodiny sme zorganizovali so žiakmi spoločnú reflexiu bez použitia počítačov. Pýtali sme sa ich otázky na to, čo sme robili, čomu sme sa venovali, čo sme sa naučili (opakovanie a porozumenie preberanej problematiky). Následne sme prešli na reflexiu so zatvorenými očami. Žiaci takúto aktivitu predtým nerobili a pýtali sa nás, prečo si majú zakryť oči. Vysvetlili sme im, že máme úprimnú chvíľku a to, ako odpovedia na nasledujúce otázky, budú vidieť len učitelia. Aktivitu žiaci pomenovali "úprimná minútka". Podstatou bolo, aby sa v prípade súhlasu žiaci prihlásili, hovoriť a komentovať bolo zakázané. Otázky, ktoré sme sa pýtali:

- Bola úloha x náročná?
- Mal niekto problémy s úlohou x?
- Zdali sa vám dnešné úlohy príliš ťažké?
- Zdali sa vám dnešné úlohy príliš ľahké?

Na základe odpovedí (= zdvihnutých rúk) sme volili ďalšie, konkrétnejšie otázky. Takto sme zistili, na čo alebo na koho sa máme ďalšiu hodinu zamerať.

Obr. 5 Odmeny
Zdroj: Autor

4.1 Materiály

Materiály dostupné pre M:EE by sa mohli rozdeliť na materiály, keď sa učiteľ chce naučiť pracovať s M:EE a metodické materiály určené pre vyučovací proces. Materiály pre vyučovací proces tvorí hlavne komunita učiteľov a edukátorov z celého sveta. Ktokoľvek môže vytvoriť svet, či plán hodiny, ktorý potom zdieľa na oficiálnom portáli, kde sú voľne dostupné a učitelia ich môžu použiť.

Keďže sme mimoškolský krúžok zameraný na Minecraft organizovali všetci prvýkrát, potrebovali sme zvoliť vhodné učebné materiály nielen pre žiakov, ale aj pre nás. My ako učitelia sme postupovali podľa študijného materiálu, ktorý bol obsahoval v sebe prvky, ktoré sa dajú využiť pre vyučovanie Minecraft krúžku. Išlo najmä o podrobne vysvetlený postup pre učiteľa, PowerPoint prezentáciu pracovný list pre študentov, predpripravený svet, vyriešené kódy pre Zostavovač kódu.

V prípade žiakov sme sa rozhodli pre oficiálne učebné materiály z portálu education.minecraft.net vytvorené Microsoft Innovative Education Expertom. Ich štruktúra má gradačný charakter, poskytujú komplexné informácie k vyučovaniu:

- kurikulum,
- plán hodiny - metodika pre učiteľa,
- prezentácie na dataprojektor,
- pracovné listy pre žiakov,
- vytvorený svet pre danú hodinu.

K tomu boli aj vypracované prostredia, ktoré nie vždy fungovali. Všetky tieto materiály boli len v anglickom

jazyku, takže sme ich prekladali do slovenského jazyka a v niektorých prípadoch aj upravovali. V rámci metodických materiálov sme našli aj chyby v ukážkovom programe, ktoré sme museli upraviť. Pri pracovných listoch sme volili rôzny prístup:

- úlohy zamerané na čítanie a kritické myslenie s cieľom vyriešiť problém,
- časť programu, ktorý bol viditeľný spolu s prázdnymi časťami, ktoré bolo potrebné doplniť,
- kompletný program, kde žiaci museli na základe čítania zistiť, čo robí.

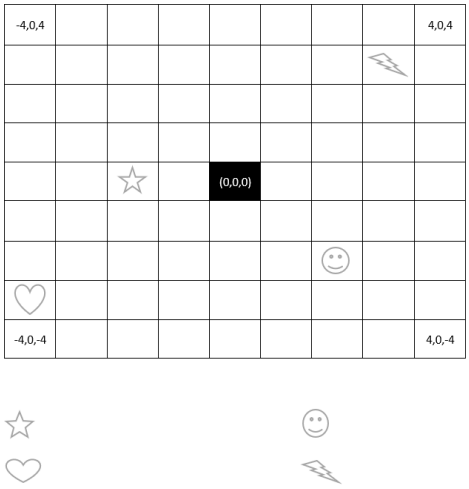
Tieto prístupy sme zvolili podľa náročnosti programu. V nasledujúcich podkapitolách opisujeme niektoré vyučovacie hodiny.

4.2 Téma tvorba cesty

Témou tejto vyučovacej hodiny bola tvorba cesty. Úloha bola vytvoriť cestu s pomocou nástroja Bloky a Pozície. Využili sme techniku manuálneho stavania, ale pracovali sme so súradnicami vo svete.

Na to, aby žiaci pochopili, ako vytvoriť cestu a správne ju naprogramovali použitím súradníc, využili sme medzipredmetové vzťahy s matematikou a geografiou. Najprv žiaci museli pochopiť, čo sú súradnice. Mali sme medzi žiakmi aj piatakov, ktorí ešte v matematike s týmto konceptom nepracovali. Keďže svet umožňuje zobraziť súradnice, žiaci ich mohli vidieť, ako sa menia podľa toho, ako sa ich hráč (Steve) pohybuje. Následne bolo potrebné, aby si uvedomili, ktoré súradnice sa menia. Ďalšou problematikou bolo zistiť, s akými súradnicami pracujú a ako ich naprogramovať. Koncept absolútne a relatívne súradnice sme opísali ako svetové a Stevove súradnice, podľa toho, či počítame pozície absolútne ako sú určené v hre, alebo od hráčovej pozície, kde sa nachádza. Opierali sme sa o Komenského zásadu primeranosti a pojmy absolútna a relatívna súradnica sa nám zdala ťažko zapamätateľná.

V pracovnom liste sme nenašli prácu so súradnicami, tak sme si vytvorili pracovný list s 2D súradnicovou mriežkou a jednoduchými úlohami (obr. 6), aby sa žiaci dokázali orientovať v priestore.

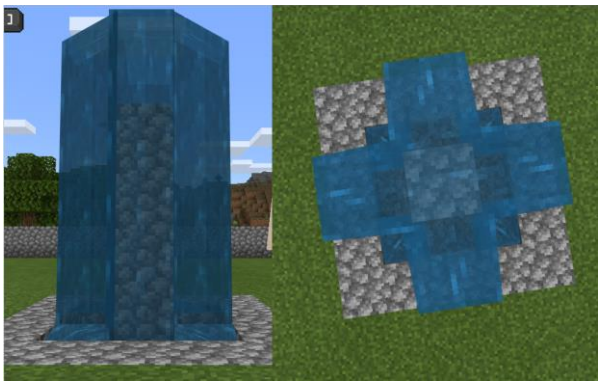


Obr. 6 Pracovný list - súradnice
Zdroj: Autor

S časovým odstupom sme po krúžku zistili, že MakeCode obsahuje projekt s hotovým kódom, ktorý vykreslí jednotlivé súradnice na mape.

4.3 Téma Fontána

Na hodine mali žiaci naprogramovať fontánu (obr.7) pomocou Agenta. Na tejto hodine sme im poskytli pracovný list s inštrukciami i postupom, ako sa dopracovať k riešeniu. Pracovný list (obr.8) slúžil aj ako pomôcka, vďaka ktorej si mohli žiaci sledovať svoj vlastný proces riešenia úlohy formou zoznamu úloh (to-do list). Učiteľ mal pripravenú prezentáciu s riešením pri každej fáze. Ak žiaci nevedeli, ako aplikovať dané inštrukcie z pracovného listu, mohli si skontrolovať svoj kód s kódom, ktorý poskytol učiteľ na jednotlivých snímkach prezentácie.



Obr. 7 Fontána
Zdroj: Autor

FONTÁNA

Fontánu nakódujeme pomocou šiestich krokov. Po každom kroku si over, či ti Agent spraví to, čo má – spusti kód. Ak áno, označ krok fajočkou ☑

1. Teleportuj agenta k hráčovi ☐
2. Vykop okrajové základy pre fontánu ☐
   - fontána nech má rozmery 5x5 blokov
   - na vytvorenie základov použijeme cyklus v cykle: **vonkajší** a **vnútorný**
   - vnútorný cyklus - vykope jednu stranu – opakujeme _____-krát
   - vonkajší cyklus – agent sa otočí a posunie o jeden blok späť – opakujeme _____ -krát
   - aby agent kopal, nastavíme mu úlohu: agent _____ nadol

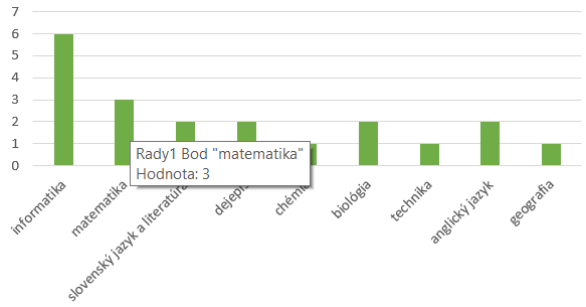
Obr. 8 pracovný list Fontána – ukážka
Zdroj: Autor

Na hodine sme používali programátorskú techniku cyklus v cykle. Každá fáza v pracovnom liste obsahovala návod ako naprogramovať danú časť. Po hodine sme mali interview s dvoma žiakmi, ktorí pracovali vo dvojici. Jeden žiak uviedol, že jednotlivé body pracovného listu ich istým spôsobom viedli. No vzápätí aj poznamenal, že by to mohlo ísť aj ľahšie. Navrhol iné riešenie daného problému. Aj iní žiaci mali vlastné riešenia a použitie pracovného listu nevyužili. Hoci riešenie bolo iné ako v pracovnom liste, bolo funkčné a aj využili techniku cyklus v cykle.

Z interview so žiakmi vyplýva, že pracovné listy zostavené s presným postupom ako naprogramovať danú časť, sa ukazuje ako obmedzenie žiakovej tvorivosti. Pri záverečnej reflexii sa 100 % žiakom hodina páčila, 85 % žiakov odpovedalo,, že techniku cyklus v cykle pochopilo a chceli by sa to učiť aj na informatike.

5 Realizácia výskumu - interview s učiteľmi

V prvom kroku výskumu s učiteľmi bolo potrebné naplniť výskumnú vzorku. Snažili sme sa najskôr osloviť všetkých učiteľov, ktorí vyučujú M:EE akýmkoľvek spôsobom. Keďže Minecraft poskytuje spoločnosť Microsoft, kontaktovali sme priamo jej zamestanca, ktorý sa venuje vzdelávacím aktivitám. Jeden z členov nášho vyučovacieho tímu v M:EE krúžku je aj priamo členom komunity Microsoft Innovative Education Expert, kde sú združení učitelia, ktorí podporujú Microsoft technológie. V tejto komunite je niekoľko učiteľov, ktorí sa M:EE venujú a tých sme aj oslovili. Nie všetci sa do výskumu zapojili a zistili sme, že Microsoft školí certifikovaných lektorov na M:EE, takže sme oslovili aj tých. Zistili sme, že takýchto učiteľov alebo lektorov na Slovensku je pomerne málo. Tých, ktorí sa zúčastnili nášho interview, bolo však s ohľadom na základný výskumný súbor pomerne "dobré" číslo. Spolu sa interview zúčastnilo 6 ľudí, niektorí sa zúčastniť nechceli z toho dôvodu, že nevyužívajú M:EE aktívne.
Na základe interview sme zistili, že M:EE sa využíva primárne v mimoškolskej činnosti alebo na workshopoch, vo vyučovaní sa využíva menej. Reakcie žiakov na M:EE sú "veľmi dobré", žiaci sú "lepší ako sám učiteľ" a "aktívne sa zapájajú", ale v rámci krajov na Slovensku sú "veľké rozdiely, čo tí žiaci zvládnu". Učitelia a lektori využívajú pri vyučovaní ako zdroje inšpirácie najmä Microsoft webové stránky s kurzami či blog.vzdelávameprebudúcnosť.sk, oficiálne materiály na education.minecraft.net, anglické zdroje na internete, Youtube a žiaci. Zistili sme, že M:EE sa na Slovensku skutočne využíva alebo si ho učitelia vedia predstaviť (Graf 1) v rámci predmetov informatika, matematika, anglický jazyk, dejepis, občianska výchova, slovenský jazyk a literatúra, technika a geografia.



Graf 1 Využitie M:EE v rámci predmetov
Zdroj: Autor

Zaujímavé boli aj ich popisy aktivít v M:EE, ktoré už vyskúšali a osvedčili sa im - Stavba oka (biológia), Housing - čítanie tabúľ (anglický jazyk) Rímske kúpele (dejepis), Bratislavský hrad (občianská výchova) či Rozprávka o Ježibabe (literatúra). Medzi výhody využívania M:EE uviedli najmä rozvoj tvorivého myslenia, spolupráce, jednoduchú kontrolu nad žiakmi, motivačné prostredie. Ako nevýhody vidia možnú agresivitu vo virtuálnom priestore, sklon k hraniu sa a nie vzdelávaniu, "žrút času". Ročníky, s ktorými učitelia pracujú, sú najmä 1. a 2. stupeň základných škôl, lektori neodporúčajú na stredné školy. Pri otázke ako dlho pracujú respondenti s M:EE, odpovede boli väčšinou 1 - 3 roky. Všetci respondenti M:EE odporúčajú do

vzdelávania a taktiež v ňom využívajú medzipredmetové vzťahy.

6 Výsledky a diskusia

Pri M:EE krúžku sa nám osvedčila práca s pracovným listom a prezentácia pri zobrazovaní riešenia. Pracovnými listami dostali žiaci možnosť vytvoriť si vlastné portfólio, kde mali uložené, čo sme sa doteraz naučili. Častým javom bolo, že žiaci na svoje riešenie prišli sami. Niekedy vlastné riešenia žiakov neboli ideálne, buď z hľadiska časovej a výpočtovej zložitosti, ale cieľom bolo zostaviť funkčný program, čo sa v týchto prípadoch podarilo. Každá hodina predstavovala výzvu - problém, ktorý žiaci museli vyriešiť, čo predstavovalo formu motivácie.

Na základe vlastných skúseností a interview s učiteľmi a lektormi môžeme odpovedať na výskumné otázky. Možnosti využitia M:EE v informatike sú zamerané najmä na programovanie, ktorému sa oficiálne materiály venujú vo veľkej miere, napr. vytvorením kurikula, kde sa programovania dá učiť celý šk. rok. M:EE sa dá aplikovať aj v iných predmetoch, či už prírodovedných alebo humanitných a dôkazom sú odučené vyučovacie hodiny našich respondentov. Využitie oficiálnych materiálov na prípravu vyučovania M:EE krúžku sa nám osvedčilo, avšak v ukážkových programoch sme viackrát našli chyby a neboli funkčné, takže sme si museli vytvoriť vlastné ukážkové funkčné programy. Páčili sa nám témy, ktoré boli motivačné a gradačný charakter materiálov. Okrem toho sa nám dobre využívali aj vďaka podporným materiálov, napr. pracovným listom či prezentáciám. Je ale potrebné si lekcie dopredu naštudovať a odskúšať. Medzi výhody M:EE patrí najmä rozvoj tvorivosti, grafické rozhranie, motivačné prostredie či spoluprácu. Našli sa aj nevýhody ako možno agresivita vo virtuálnom prostredí či sklon k hraniu sa.

Záver

Na základe kvalitatívneho výskumu zameraného na deskripciu možností využitia Minecraft: Education Edition možno konštatovať, že na Slovensku sa tento softvér využíva v menšom množstve ako je to v iných krajinách, ale predpokladáme, že počet bude stúpať. Učitelia a lektori, ktorí využívajú tento softvér na Slovensku, ho odporúčajú a majú s ním pozitívne skúsenosti. Na základe našich skúseností, kedy sme organizovali Minecraft: Education Edition krúžok pre žiakov 2. stupňa základných škôl sme dospeli k názoru, že tento softvér je motivačný a v praxi sa nám osvedčil.

Poďakovanie

Tento článok sa vznikol za podpory národného projektu IT Akadémia - vzdelávanie pre 21. storočie v rámci Operačného programu Ľudské zdroje spolufinancovaný z ESF a EFRR.

Použitá literatúra

[1] Nantlová S. (2017) Národný seminár „Vzdelávanie orientované na študenta“, Vzdělávání orientované na studenta jako součást evropských standardů a směr zajišťování kvality na VŠ, Komárno, SR, p.5

[2] Nantlová S. (2017) Národný seminár „Vzdelávanie orientované na študenta“, Vzdělávání orientované na studenta jako součást evropských standardů a směr zajišťování kvality na VŠ, Komárno, SR, p.6

[3] Minecraft v roli učebnice. Dvořák z Microsoftu vysvětluje, jak mohou počítačové hry obohatit výuku [Citované: 26. Marec 2020] https://www.lidovky.cz/domov/minecraft-v-roli-ucebnice-aneb-jak-mohou-pocitacove-hry-obohatit-vyuku.A200211_120410_ln_domov_ele

[4] Dunáčová Z. (2016) Dá sa prostredníctvom hry vzdelávať? (Fenomén edukačných digitálnych hier). (Esej) Fakulta masmediálnej komunikácie, Univerzita Sv. Cyyrila a Metoda v Trnave, Trnava

[5] Chcete zvýšiť záujem žiakov o učenie? Vyskúšajte aktivizujúce metódy. [Citované: 26. Marec 2020] https://eduworld.sk/cd/jaroslava-konickova/5719/chcete-zvysit-zaujem-ziakov-o-ucenie-skuste-pouzit-aktivizujuce-metody

[6] Gamification vs Games-Based Learning: What’s the Difference? [Citované: 26. Marec 2020] https://blog.capterra.com/gamification-vs-games-based-learning/

[7] Juul, J. (2010). Casual games: Reinventing video games and their players. Cambridge, MA: The MIT Press.

[8] Connect with others [Citované 26. Marec 2020] https://education.minecraft.net/community/connect-with-others/

[9] Minecraft: Education Edition pre školy [Citované: 26. Marec 2020] http://blog.vzdelavameprebuducnost.sk/navody/minecraft-education-edition-pre-skoly/

[10] O životnom prostredí sa deti učili aj pomocou hry Minecraft [Citované 26. Marec 2020]

Anglický jazyk v matematike bilingválnych žiakov

English language in mathematics of bilingual students

Simona Szabová[1]
Školiteľ: Janka Medová[2]
[1,2]Katedra matematiky, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra,
[1] simona.szabova3@student.ukf.sk, [2]jmedova@ukf.sk

Abstrakt

Bilingválne slovensko-anglické vyučovanie sa na Slovensku stáva populárnym. Žiaci niekedy zaznamenávajú, obzvlášť v matematike, nelichotivé výsledky. Takéto výsledky nemusia byť vždy zapríčinené len nedostatočnými vedomosťami. V našom výskume sme sa zamerali na skúmanie miery do akej ovplyvňuje prítomnosť anglického jazyka, v slovných úlohách s kombinatorickým, pravdepodobnostným a štatistickým obsahom, žiakov bilingválnych tried a či je nimi zaznamenaný pokrok porovnateľný s pokrokom zaznamenaným žiakmi učiacimi sa matematiku po slovensky. Popri tom sme sa pokúsili pozorovať možné prejavy prítomnosti prepínania jazykov u žiakov bilingválnej triedy. Výskum sme previedli využitím didaktického pretestu a posttestu. V úvode článku opisujeme teoretické východiská pre uvedenú problematiku. V časti metodika práce bližšie popisujeme nami zvolený výskumný nástroj. V časti výber výskumnej vzorky opisujeme spôsob, akým sme si zvolili výskumnú vzorku. V časti metódy spracovania získaných údajov popisujeme štatistické metódy, ktorými sme vyhodnotili zozbierané údaje. V časti výsledky a diskusia popisujeme výsledky aplikovania štatistických metód a interpretujeme naše výsledky. V závere uvádzame niekoľko návrhov na použitie našich výsledkov v praxi.

Kľúčové slová: prepínanie jazykov, bilingválne, kombinatorika, pravdepodobnosť, štatistiky

Abstract

Bilingual English education is on the rise in Slovakia. However, pupils sometimes, especially in mathematics, have unflattering results. Such results do not have to be caused by insufficient knowledge. In our research we focused on examining the extent to which the presence of the English language affects, in verbal tasks with combinatorial, probabilistic and statistical content, pupils in bilingual classes and whether their progress is comparable to that recorded by pupils learning mathematics in Slovak language. In addition, we attempted to observe the possible manifestations of the presence of language switching in bilingual class pupils. We have executed our research by using didactical pretest and posttest. In the Introduction, we describe the theoretical background of the problem. In Working methods, we describe the research tool. In Choosing of sample, we describe how we came to our working sample. In Methods of handling gathered data, we describe the statistical methods used to evaluate the gathered data. In Results and discussion, we describe the results of using statistical methods and interpret our findings. In the conclusion, we mention some possibilities of applying our results into practice.

Key words: language switching, bilingual, combinatorics, probability, statistics

Úvod

Z našich skúseností vieme, že učivo kombinatoriky, pravdepodobnosti a štatistiky nie je u nás medzi žiakmi veľmi obľúbené. Žiaci sa daným oblastiam matematiky venujú už na základnej škole a pokračujú v nich aj na strednej škole, avšak už nie hravou formou ale riešením úloh pomocou kombinatorických, pravdepodobnostných a štatistických vzorcov a funkcií [1]. Úlohy z daných celkov sú väčšinou založené na práci s kontextom, jeho porozumeniu a na procese prenosu dát z výrobcu prostredníctvom média na príjemcu. Proces prenosu informácie začína výrobcom, ktorý je zodpovedný za zber dát, grafické výstupy a ich interpretáciu. Proces je prenášaný prostredníctvom média, ktorým je vybraná časť dát, jej grafické výstupy a interpretácie k príjemcovi, teda čitateľovi dát, ktorý musí vedieť dané dáta interpretovať.[2] Riešenie takýchto úlohy si vyžaduje schopnosť presne interpretovať a pochopiť ich zadanie. Žiaci stredných škôl musia byť schopní analyzovať situáciu popísanú v úlohe a zvoliť pre výpočet správny vzorec. Všetky tieto faktory ovplyvňujú vyučovanie kombinatoriky, pravdepodobnosti a štatistiky aj u žiakov bilingválnych tried. U týchto žiakov sa do riešení kontextových úloh zapája aj faktor, o ktorý sa žiaci bežných slovenských tried nemusia obávať, cudzí jazyk. Na druhej strane sa očakáva zaradenie interkulturálnych prvkov, oboznámenie s reáliami krajiny a kultúry národov, ktoré používajú daný jazyk ako jazyk materinský [3]. Učitelia by preto pri

príprave materiálov na vyučovanie mali dbať na to, aby bol kontext úloh pre žiakov pochopiteľný a aby žiaci nemuseli aktívne použiť ich materinský jazyk, pretože isté lingvistické faktory môžu ovplyvniť riešenie slovných úloh [4]. Jedným z týchto lingvistických faktorov je prepínanie kódu. Prepínanie kódu je fenomén, kedy z rôznych dôvodov žiak prejde z jedného jazyka do druhého keď narazí na nejaké bariéry v priebehu jednej vety alebo časti konverzácie [5]. Ďalší lingvistický faktor je prekladová bariéra. Nastáva vtedy, keď žiak ovláda potrebný pojem vo svojom druhom jazyku ale nie je schopný ho preložiť alebo interpretovať vo svojom prvom jazyku. Najčastejšie sa stretávame s takzvaným prepínaním jazykov. Prepínanie jazykov (po anglicky: language switching) je používanie dvoch jazykov počas výpočtových operácií, pričom žiaci majú jeden jazyk, v ktorom preferujú vykonávať výpočtové operácie [6]. Z tohto dôvodu by im malo byť dovolené aby vykonávali matematické operácie v jazyku, ktorý si sami zvolia. Ak by im nebolo umožnené počítať a vytvárať vlastné interpretácie v nimi zvolenom jazyku, môže to zapríčiniť zníženie ich rýchlosti vykonávania matematických operácií, čo môže spôsobiť, že žiaci nebudú stíhať riešiť testové úlohy za stanovený čas a môžu z tohto dôvodu dostať horšie ohodnotenie [6]. Máme za to, že penalizovať žiakov za lingvistický faktor, ktorý nie sú schopní ovplyvniť, nie je správne. A to hlavne v tomto prípade, keď existuje možnosť zo strany učiteľov im z daného hľadiska pomôcť. Z uvedeného vyplýva, že žiaci učiaci sa matematiku na bilingválnych slovensko-anglických školách môžu byť ovplyvnený rôznymi faktormi ale aj samotným jazykom. Z uvedeného dôvodu sme sa rozhodli zamerať sa v našom výskume na mieru do akej anglický jazyk ovplyvní výsledky vzdelávania u bilingválnych žiakov. Popri tom sa pokúsime zaznamenať možnú prítomnosť prepínania jazykov. Cieľom našej práce je preto skúmať rozdiely vo výsledkoch nadobudnutých u žiakov bilingválnych gymnázií s vyučovacím jazykom anglickým s použitím úloh z kombinatoriky, pravdepodobnosti a štatistiky, pričom sa pokúsime zaznamenať možnú prítomnosť prepínania jazykov čím poukážeme na potrebu prijatia daného faktoru do úvahy pri hodnotení žiakov.

1 Metodika práce

Na skúmanie výsledkov vyučovania u žiakov bilingválnych tried bol použitý didaktický test (Príloha A) s možnosťou výberu odpovede. Žiaci test riešili dvakrát, prvýkrát predtým ako prebrali celky kombinatorika, pravdepodobnosť a štatistika a druhýkrát po prebratí týchto celkov. Medzi prvým a druhým testovaním ubehli dva mesiace. Do vyučovacieho procesu učiteľov sme nezasahovali, aby sme nezavádzali vyučovacie metódy, s ktorými by žiaci neboli oboznámení a aby bolo možné pozorovať výsledky dosiahnuté metódami používanými v bežnej školskej realite. Test sa skladal zo šiestich úloh z kombinatoriky, štyroch úloh z pravdepodobnosti a štyroch úloh zo štatistiky. Úlohy sme do testu vybrali na základe odporúčaní ISCED 2, riešené úlohy boli na úrovni základnej školy. Na vyriešenie každého testu mali žiaci maximálne 35 minút. Keďže sme si chceli overiť riešiteľnosť daného testu, dali sme tie isté úlohy riešiť žiakom gymnázií s vyučovacím jazykom slovenským. Pre žiakov slovenskej triedy sme pripravili zadania úloh v slovenskom jazyku, zatiaľ čo pre žiakov bilingválnych tried sme zadania úloh preložili do anglického jazyka. Distraktory boli vyberané troma spôsobmi: (1) na základe chyby, ktorú očakávame, že žiaci spravia, (2) na základe podobnosti výsledkov, pričom očakávame, že žiaci spravia chybu z nepozornosti, a napokon (3) na základe možných odpovedí, pričom táto metóda bola použitá len pri dvoch úlohách, v ktorých boli možné odpovede len áno alebo nie.

2 Výber výskumnej vzorky

V našom výskume sme oslovili tri gymnáziá a dve stredné školy, či by boli ochotné zúčastniť sa testovania žiakov. Ochotu spolupracovať prejavilo iba jedno z oslovených gymnázií. Keďže dostupných žiakov bol obmedzený počet, v bilingválnej triede sme pracovali so vzorkou 31 žiakov a v slovenskej triede ekvivalentného ročníka sme pracovali so vzorkou 24 žiakov. Z tohto dôvodu sme teda pracovali iba s dostupnou vzorkou žiakov. Z dôvodu ochrany osobných údajov neuvádzame mená žiakov, ale každému žiakovi sme priradili poradové číslo. Z rovnakého dôvodu neuvádzame názov ani adresu gymnázia, ktoré bolo ochotné s nami spolupracovať.

3 Metódy spracovania získaných údajov

Zozbierané údaje sme analyzovali použitím metód matematickej štatistiky. V prvom kroku sme overili, či získané údaje pochádzajú zo súboru s normálnym rozdelením, konkrétne sme použili Shapiro-Wilkov test a D'Agostinov test. Na základe veľkosti oboch vzoriek sme použili Shapirov-Wilkov test pre vzorku menšiu ako 30 žiakov, teda pre žiakov slovenskej triedy. Pre vzorku väčšiu ako 30, teda pre žiakov bilingválnej triedy, bol použitý D'agostinov test. Zo získaných údajov sme vypočítali základné štatistické charakteristiky, ktoré uvádzame v tab. 1. Na základe získaných výsledkov sme sa rozhodli určiť charakteristiky štatistického znaku, a to konkrétne medián, aritmetický priemer, smerodajnú odchýlku a dolný a horný kvartil. Následne sme použili Wilcoxonov test pre jeden výber, neparametrickú obdobu párového t-testu. Wilcoxonov test je neparametrický test, používaný ak výber

nepochádza z normálneho rozdelenia. Testovanie sme zopakovali pre jednotlivé skúmané oblasti, teda pre kombinatoriku, pravdepodobnosť a štatistiku zvlášť, pričom sme porovnávali mieru zlepšenia výsledkov v oboch triedach. Určili sme si teda relatívnu percentuálnu zmenu u jednotlivých žiakov v každej oblasti. Následne sme si overili či tieto údaje pochádzajú zo súboru s normálnym rozdelením. Na základe zistených výsledkov sme použili Mannov-Whitneyov test pre dva nezávislé výbery. Na určenie všetkých štatistických údajov sme použili tabuľkový procesor Microsoft Excel s doplnkom RealStat [7].

4 Výsledky

Výsledky zo všetkých štyroch testov, pretestu a posttestu u bilingválnych žiakov a pretestu a posttestu u slovenských žiakov, uvádzame v tabuľke 1.

Číslo žiaka	Slovenská trieda		Bilingválna trieda	
	pretest	posttest	pretest	posttest
Min	10	11	9	10
Dolný kvartil	12	12	11	12
Medián	12	13	12	13
Horný kvartil	13	13	13	14
Max	14	14	14	14
Priemer	12,29	12,71	11,97	12,77
Sm.odch.	1,04	0,86	1,33	1,15

Tabuľka 1 Výsledky testovania žiakov

V preteste jeden žiak bilingválnej triedy nestihol vyriešiť jednu úlohu a neposkytol k nej žiadnu odpoveď. Ďalší žiak, tiež bilingválnej triedy, nestihol v preteste vyriešiť tri úlohy. V postteste nestihli dvaja žiaci bilingválnej triedy vyriešiť poslednú úlohu. Jeden žiak slovenskej triedy nestihol v postteste vyriešiť dve úlohy.

V oboch pretestoch dosiahlo 50% žiakov menej ako 12 bodov a 50% žiakov dosiahlo viac ako 12 bodov. Rovnako v oboch posttestoch dosiahlo 50% žiakov menej ako 13 bodov a 50% žiakov viac ako 13 bodov. V bilingválnej triede 25% žiakov dosiahlo v preteste menej ako 11 bodov a 75% žiakov dosiahlo viac ako 11 bodov. V postteste dosiahlo 25% žiakov menej ako 12 bodov a 75% žiakov dosiahlo viac ako 12 bodov. V slovenskej triede dosiahlo v preteste aj v postteste 25% žiakov menej ako 12 bodov a 75% žiakov viac ako 12 bodov. V oboch pretestoch dosiahlo 75% žiakov menej ako 13 bodov a 25% žiakov viac ako 13 bodov v jednotlivých triedach. V slovenskej triede dosiahlo v postteste 75% žiakov menej ako 13 bodov a 25% žiakov viac ako 13 bodov. V bilingválnej triede dosiahlo 75% žiakov menej ako 14 bodov a 25% žiakov dosiahlo 14 bodov, pričom 14 bodov bolo maximum.

Keďže žiakov slovenskej triedy je menej ako 30, použili sme Shapirov-Wilkov. Zistili sme, že údaje z pretestu pochádzajú zo súboru s normálnym rozdelením, avšak údaje z posttestu zo súboru s normálnym rozdelením nepochádzajú. Žiakov bilingválnej triedy je viac ako 30, preto môžeme použiť D'agostinov test. Zistili sme, že údaje z pretestu aj posttestu pochádzajú zo súboru s normálnym rozdelením. Keďže nám vyšlo, že údaje z posttestu v slovenskej triede nepochádzajú zo súboru s normálnym rozdelením všetky testy rovnosti stredných hodnôt budeme ďalej skúmať ako neparametrické. Keďže údaje z testov nepochádzajú zo súborov s normálnym rozdelením, môžeme použiť Wilcoxonov test pre jeden výber. Stanovili sme si nulovú hypotézu: Nie je štatisticky významný rozdiel vo výsledkoch pre-testu a post-testu u žiakov vyučovaných po slovensky. V priemere je počet získaných bodov v preteste aj postteste rovnaký. Alternatívnou hypotézou je, že exituje štatisticky významný rozdiel vo výsledkoch pre-testu a post-testu u žiakov vyučovaných po slovensky. Pre testovanie štatistickej významnosti rozdielov vo výsledkoch oboch testov v bilingválnej triede sme si stanovili nulovú hypotézu: Nie je štatisticky významný rozdiel vo výsledkoch pre-testu a post-testu u žiakov vyučovaných po anglicky. Alternatívna hypotéza je, že exituje štatisticky významný rozdiel vo výsledkoch pre-testu a post-testu u žiakov vyučovaných po anglicky. Stanovili sme si hladinu významnosti alfa 5%. Použitím programu Microsoft Excel a doplnku RealStat [7] sme pre výsledky bilingválnych žiakov získali Z skóre 3,15 a p-hodnotu 0,0008. Keďže p-hodnota je menšia ako alfa nulovú hypotézu zamietame. Na hladine významnosti 0,05 sme potvrdili, že exituje štatisticky významný rozdiel vo výsledkoch pre-testu a post-testu u žiakov vyučovaných po anglicky. Použitím programu Microsoft Excel sme pre výsledky žiakov slovenskej triedy získali a Z skóre 2,64 a p-hodnotu 0,008. Keďže p-hodnota je menšia ako alfa, nulovú hypotézu zamietame. Na hladine významnosti 0,05 sme potvrdili, že exituje štatisticky významný rozdiel vo výsledkoch pre-testu a post-testu u žiakov vyučovaných po slovensky. Pomocou doplnku RealStat [7] sme získali mieru vecnej významnosti r=0,54 u žiakov slovenskej triedy a 0,57 u žiakov bilingválnej triedy. Keďže obe získané hodnoty sú väčšie ako 0,50 môžeme konštatovať, že vecná významnosť nameraných výsledkov je veľká, z čoho môžeme usúdiť, že rozdiel medzi pretestom a postestom je vo veľkej miere ovplyvnený vyučovaním, ktoré medzi testovaniami prebehlo [8].

V jednotlivých úlohách dosiahli žiaci výsledky uvedené v tabuľke 2.

Číslo úlohy	Slovenská trieda $n = 24$		Bilingválna trieda $n = 31$	
	Pretest (%)	Posttest (%)	Pretest (%)	Posttest (%)
1	100	100	93,55	100
2	100	95,83	93,55	100
3	79,16	95,83	74,19	80,65
4	83,33	100	64,51	83,87
5	45,83	37,5	35,48	45,16
6	91,66	87,5	77,42	93,55
Komb.	83,33	86,11	73,10	83,87
7	100	100	100	100
8	95,83	95,83	100	100
9	95,83	100	96,77	100
10	41,66	79,16	80,65	80,65
Prav.	83,33	93,75	94,40	95,16
11	100	100	96,77	100
12	95,83	95,83	93,58	100
13	100	95,83	96,77	100
14	100	87,5	93,55	93,55
Štat	98,96	94,79	95,20	98,39

Označenie Komb označuje priemerné skóre za úlohy z kombinatoriky, Prav z pravdepodobnosti a Štat zo štatistiky.

Tabuľka 2 Úspešnosť žiakov v jednotlivých úlohách a v jednotlivých oblastiach

Testovanie sme zopakovali ale tentokrát pre jednotlivé skúmané oblasti, teda pre kombinatoriku, pravdepodobnosť a štatistiku zvlášť, pričom sme porovnávali mieru zlepšenia výsledkov v oboch triedach. Určili sme relatívnu percentuálnu zmenu u jednotlivých žiakov v každej oblasti. Následne sme overili, či tieto údaje pochádzajú zo súboru s normálnym rozdelením. Pre relatívne percentuálne rozdiely výsledkov žiakov anglickej triedy sme použili D'Agostinov test a pre rozdiely výsledkov slovenskej triedy sme použili Shapirov-Wilkov test. Vo všetkých prípadoch nám vyšlo, že relatívne percentuálne rozdiely nepochádzajú z normálneho rozdelenia. Použili sme teda Mannov-Whitneyov U test pre dva nezávislé výbery aby sme zistili, či je miera zlepšenia v oboch triedach v jednotlivých skúmaných oblastiach rovnaká. Použitím programu Microsoft Excel s doplnkom Realstat sme zistili, že v oblasti kombinatoriky nám vyšla *p*-hodnota 0,14 čo je väčšie ako alfa 0,05 a teda sme nepotvrdili, že miera zlepšenia nie je v oboch triedach v oblasti kombinatoriky rovnaká. V oblasti pravdepodobnosti sme potvrdili, že miera zlepšenia nie je v oboch triedach rovnaká, pretože sme získali *p*-hodnotu 0,002 čo je menšie ako alfa. Napokon v oblasti štatistiky sme získali *p*-hodnotu 0,08 čo je väčšie ako alfa a teda sme nepotvrdili, že miera zlepšenia nie je v oboch triedach v oblasti kombinatoriky rovnaká.

Keďže žiaci slovenskej triedy boli schopní riešiť testové úlohy, môžeme konštatovať, že daný test bol z matematického hľadiska riešiteľný pre žiakov gymnaziálnych tried. Z výsledkov Wilcoxonovho jednovýberového testu môžeme konštatovať, že žiaci vyučovaní po slovensky aj po anglicky dosiahli štatisticky významne vyššie skóre v posteste ako v preteste.

Celkovo prišlo u žiakov bilingválnej triedy v oblasti kombinatoriky k zlepšeniu výsledkov o 14,7%, v oblasti pravdepodobnosti k zlepšeniu o 0,8% a v oblasti štatistiky k zlepšeniu o 3,35%. Na druhej strane u žiakov slovenskej triedy prišlo v oblasti kombinatoriky k zlepšeniu výsledkov o 3,3%, v oblasti pravdepodobnosti k zlepšeniu o 12,5%, ale v oblasti štatistiky prišlo k zhoršeniu výsledkov o 4,2%. Žiaci bilingválnej triedy zaznamenali pokrok vo všetkých testovaných oblastiach. Z uvedeného vyplýva, že pre nami testovanú vzorku bilingválnych žiakov nie je anglický jazyk znevýhodnením. V oblasti pravdepodobnosti sa zlepšila slovenská trieda vo väčšej miere ako bilingválna trieda, pričom v tejto oblasti matematiky je veľmi dôležité presné vyjadrovanie sa.

5 Diskusia

Žiaci bilingválnej triedy nestihli vyriešiť všetky úlohy, čo je v súlade s tvrdením, že ak žiakom bilingválnej triedy nie je umožnené počítať a vytvárať vlastné interpretácie v ich zvolenom jazyku, môže to zapríčiniť zníženie ich rýchlosti vykonávania matematických operácií, čo môže ďalej spôsobiť, že žiaci nebudú stíhať riešiť testové úlohy za stanovený čas a môžu z tohto dôvodu dostať horšie ohodnotenie [6]. Test bol nastavený tak aby žiakom nezostával dostatok času na to aby si zadania úloh mohli preložiť do slovenčiny a preto nemali možnosť vytvárať presné interpretácie v slovenskom jazyku, čo mohlo spôsobiť zníženie rýchlosti riešenia nami zadaných úloh. Testové úlohy boli formulované ako slovné úlohy, pretože je to najčastejší a najbežnejší typ úloh, s ktorým sa žiaci stretávajú a zároveň je tento typ úloh najvhodnejší, keď chceme zistiť či žiaci skutočne rozumejú preberanému matematickému obsahu [9]. Z výsledkov uvedených tabuľke 2 vidíme, že žiaci zaznamenali najväčší úspech pri riešení úloh zo štatistiky, pričom riešenie týchto úloh vyžadovalo čítanie z grafu a logické uvažovanie. Naopak najhoršie výsledky dosiahli žiaci v úlohách s kombinatorickým obsahom, pričom okrem samotného pochopenia zadania úlohy bolo nutné správne použiť kombinatorické pravidlo súčinu, vzorce na určenie počtu variácií, kombinácií a permutácií bez opakovania. Žiaci mali najväčšie problémy s riešením úlohy číslo 5, v ktorej bolo nutné vytvoriť všetky trojice bez opakovania jednotlivých prvkov. Vhodne zvolené distraktory

v tejto úlohe zapríčinili to, že žiaci sa snažili o vytvorenie rôznych trojíc bez toho, že by venovali väčšiu pozornosť tomu, na čo sa ich v úlohe pýtame. Tým ignorovali samotné zadanie a sústredili sa na prevod slovnej úlohy na algebrickú. Daný záver je v súlade s predchádzajúcimi výskumami [9] a [10], pričom autori oboch prác konštatujú, že žiakmi pochopiteľný kontext a prevod slovnej úlohy prostredníctvom matematizácie na algebrickú úlohu je pri riešení slovných úlohy kľúčový a žiakom môžu drobné jazykové podtóny zadaní spôsobovať problémy. Ďalšou problematickou úlohou bola úloha číslo 10 zameraná na klasickú pravdepodobnosť, ktorá bola obzvlášť náročná pre žiakov slovenskej triedy. Ak porovnáme náš výskum s výskumom [11] môžeme konštatovať, že žiaci anglickej triedy mali aj v našom výskume vhodnejšie a zrozumiteľnejšie postupy riešení zadaných úloh ako žiaci slovenskej triedy aj napriek tomu, že v našom výskume sme žiakom slovenskej triedy dali test preložený do slovenčiny. Rovnako tak mali žiaci bilingválnej triedy v oboch výskumoch v zadaniach slová, ktorým nerozumeli čo mohlo prispieť k neschopnosti úspešne riešiť úlohu. Je teda evidentné, že nie je možné pri riešení slovných úloh oddeliť jazykové faktory ovplyvňujúce študentov a ich matematické vedomosti.

Záver

Z testovania bilingválnych žiakov prostredníctvom úloh z kombinatoriky, pravdepodobnosti a štatistiky sme zistili, že miera do akej anglický jazyk ovplyvní výsledky vzdelávania u bilingválnych žiakov je zanedbateľná, keďže žiaci bilingválnej triedy boli schopní nadobudnúť požadované vedomosti a ich výsledky sú porovnateľné s výsledkami žiakov učiacich sa matematiku po slovensky. Zároveň sme sa presvedčili o tom, že prepínanie jazykov môže byť faktorom ovplyvňujúcim výkon žiakov. Za účelom zlepšenia vzdelávania na bilingválnych školách by sme preto navrhli prehodnotenie načasovania povinných a štandardizovaných testov, akými sú napríklad maturitné testy. Je reálna možnosť, že žiaci by v daných testoch mohli dosiahnuť nízke skóre, čo avšak nemusí vôbec vypovedať o ich nadaní ani vedomostiach. Prepínanie jazykov je lingvistický faktor, ktorý nie je možné ovplyvniť tréningom a je preto potrebné, aby učitelia matematiky v triedach s bilingválnym vyučovaním dbali na to, aby nimi pripravené úlohy neviedli žiakov k aktívnemu používaniu ich materinského jazyka. Odporúčame zároveň pri tvorbe alebo preklade úloh používať slovnú zásobu, s ktorou sú žiaci oboznámení a vedia ju aktívne používať.

Poďakovanie

Chcela by som sa veľmi pekne poďakovať mojej školiteľke PaedDr. Janke Medovej, PhD. za cenné rady, podporu a neuveriteľnú trpezlivosť. Zároveň by som sa chcela poďakovať gymnáziu, ktoré bolo ochotné so mnou pri tomto výskume spolupracovať.

Použitá literatúra

[1] Štátny pedagogický ústav. [Citované: 9. február 2020] http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/matematika_g_4_5_r.pdf

[2] Vrábelová, Marta a spol. (2013). *Zbierka úloh zo štatistickej gramotnosti.* 978-80-89638-07-9.

[3] Palenikova a kol. (2010) *CLIL vo vyučovaní matematiky*https://kittividermanova.webnode.sk/clil-vo-vyucovani-matematiky/

[4] Bernardo, A. B. I. - Calleja, M. O. (2005) The Effects of Stating Problems in Bilingual Students' First and Second Languages on Solving Mathematical Word Problems. *The Journal of Genetic Psychology.* Roč. 166 p.117

[5] Milroy, L. - Muysken, P. (1995). *One speaker, two languages,* 9780511620867.

[6] Moschkovich, J. (2005). Using Two Languages when Learning Mathematics. *Educational Studies Educational Studies in Mathematics.* Zv. 64 p.121

[7] Zaiontz, C. (2019). Real Statistics Using Excel. Dostupne na http://www.real-statistics.com/, citovane dna 1. októbra 2019

[8] Gignac, G. E. – Szodorai, E. T. (2016) Effect size guidelines for individual differences researchers. *Personality and Individual Differences* Zv.102, p.74

[9] Bernardo , A. B. I. (2002) Language and Mathematical Problem Solving Among Bilinguals. *The Journal of Genetic Psychology.* Zv. 136 p.283 https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00223980209604156

[10] Verschaffel, L., Greer, B. and De Corte, E. (2000). *Making sense of word problems.*, Lisse, The Netherlands: Swets & Zeitlinger..

[11] Alena Steflickova. (2014) *The Diagnostics of Students' Difficulties in CLIL (English And Mathematics).* In Proceedings of International Conference on Efficiency and Responsibility in Education, p.775 https://erie.v2.czu.cz/en/r-13631-proceedings-2014

Príloha A

Úlohy z testu

1. Táňa has decided to visit all capital cities of the Visegrad four countries namely Prague in Czech Republic, Bratislava in Slovakia, Budapest in Hungary and Warsaw in Poland. She can visit each city only once. How many different trips can she make?
   a) 12 b) 15 c) 22 d) 24

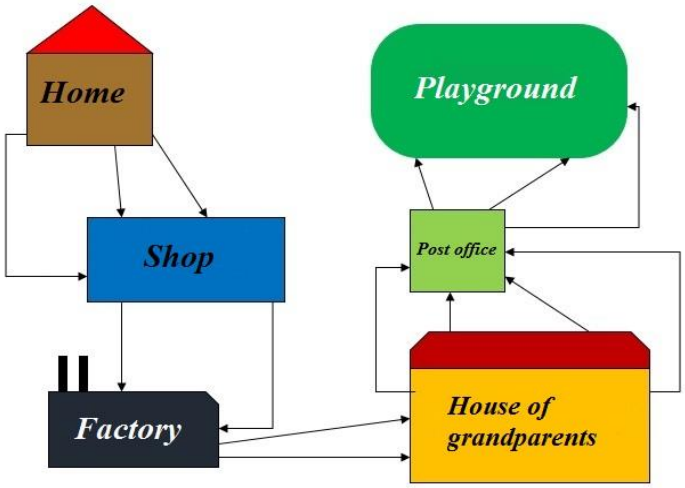
2. Grandchildren Žofia, Leo and Kate visited their grandfather. Grandfather poured a glass of juice to everyone present. Then they cheered and clinked their glasses with each other one time. How many clinks were heard?
   a) 7 b) 5 c) 6 d) 12

3. How many natural numbers have exactly three digits in them?
   a) 648 b) 900 c) 950 d) 1000

4. How many natural numbers have exactly three digits in them and the digits do not repeat themselves not even once?
   a) 900 b) 800 c) 648 d) 646

5. Mario was arranging his stuffed animals (an elephant, a dog, a zebra, a penguin, a fox) onto a shelf. He can only fit three on them on the shelf at once. How many trinities can he make out of his stuffed animals?
   a) 60 b) 12 c) 10 d) 9

6. Denise's mother has asked her to go to a shop, then to go to the factory to see her father, then to stop at her grandparents' house and after that to go to the post office. Once she does everything her mother has asked her to do, she can go to the playground to play with her friends. The picture shows all of the possible roads Denise can take. How many different routes can Denise use to get to the playground?



   a) 14 b) 44 c) 140 d) 144

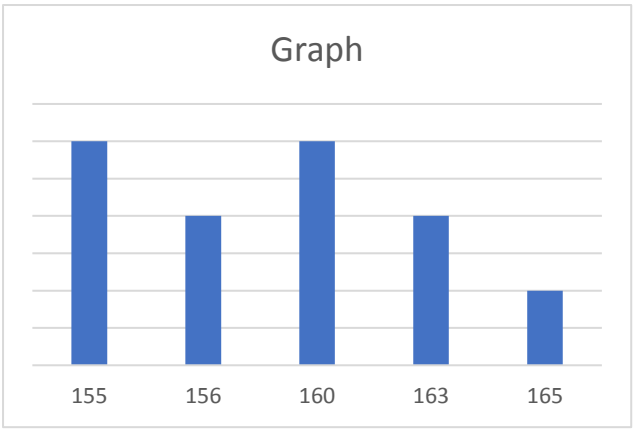
7. Is it possible for number one to fall four times while you throw a dice three times?
   a) yes b) no

8. Is it possible for a coin to fall on the same side four times while you flip the coin five times?
   a) yes b) no

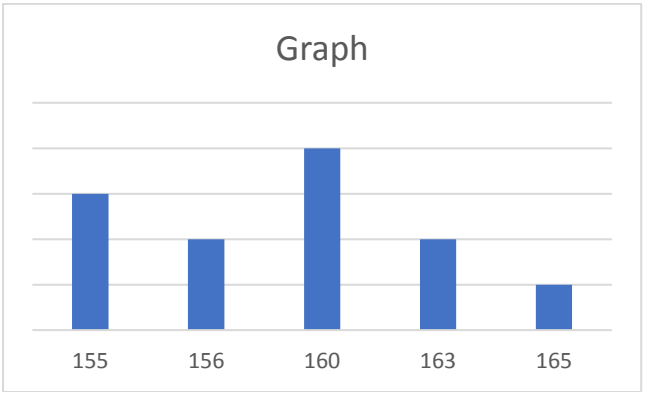
9. What is the chance of tossing a single coin and it landing on tails?
   a) 100% b) 75% c) 50% d) 40%

10. What is the chance of throwing two dice once and both of them landing on number one?
    a) 2,77% b) 5% c) 8,33% d)16,66%

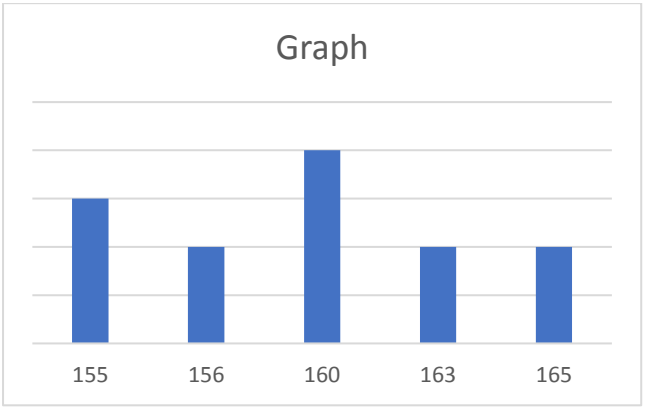
11. Pupils of a class measured their height, noted down the results and made a graph of their heights. Their heights are: 156, 160, 155, 156, 160, 160, 155, 165, 163, 163, 160, 155. Which graph represents their heights?
    a)



b)



c)



12. What is the average height of pupils from the class in exercise 11?
    a) 160 b) 159 c) 162 d) 156

13. By how many centimeters is the tallest pupil (from exercise 11) taller than the shortest pupils of the same class? By…
    a) 30 cm b) 20 cm c) 12 cm d) 10 cm

14. What height from exercise 11 was measured the most often?
    a) 155 b) 156 c) 160 d) 165

Outdoorová edukácia v primárnom stupni vzdelávania

Outdoor education in primary education

Sofia Šolcová[1]
Školiteľ: Ján Kancír[2]
Katedra prírodovedných a technických disciplín, PF UNIPO, Ul. 17. novembra č.15, 080 01 Prešov
[1]sofia.solcova@smail.unipo.sk, [2]jan.kancir@unipo.sk

Abstrakt

V príspevku sa zameriavame na fenomén outdoorovej edukácie v primárnom stupni vzdelávania. Vymedzujeme osobitosti a zvláštnosti outdoorovej edukácie a jej využitie vo vzdelávaní. V prvej časti sa venujeme uvedeným definíciám pojmov, základného pojmového aparátu. Následne sa venujeme histórii a smerovaniu outdoorovej edukácie v národnom a medzinárodnom kontexte. Vymedzujeme pozitívne a negatívne vplyvy na rozvoj osobnosti žiakov vplyvom outdoorovej edukácie. V druhej časti príspevku ponúkame štyri edukačné modely outdoorovej edukácie, ktoré sú prepojené s predmetom prírodoveda. Realizované modely sú budované na princípoch pedagogického konštruktivizmu. Outdoorová edukácia ponúka množstvo výhod, jednou z nich je možnosť využitia medzipredmetových vzťahov a prierezových tém vo výchovno-vzdelávacom procese.

Kľúčové slová: outdoorová edukácia, zážitkové učenie, vonkajšie prostredie, prírodoveda

Abstract

The work is focus on the phenomenon of outdoor education in primary education. We define the specifics and peculiarities of outdoor education and its use in education. The first part of the work deals with the definitions of terms, the basic conceptual apparatus. Subsequently, we are focus on the history and direction of outdoor education in a national and international context. We define positive and negative impacts on the development of pupils' personality due to outdoor education. In the second part of the work we offer four educational models of outdoor education in pedagogical practice, which are connected with the subject of science. The models are built on the principles of pedagogical constructivism. Outdoor education offers many advantages, one of which is the possibility of using relationships between subjects and cross-cutting topics in the educational process.

Key Words: outdoor education, experiential learning, outdoor environment, science

Úvod

Aktuálny trend outdoorovej edukácie zaznamenáva v ostatnom decéniu nevídaný rozmach. Outdoorová edukácia a jej aktuálnosť je v dnešnej dobe na vzostupe, keďže poskytuje žiakom širokú paletu výhod a možnosti vo vzdelávaní. Žiaci majú prístup k čerstvému vzduchu, ktorý podporuje ich koncentráciu a posilňuje imunitný systém a zdravý životný štýl. Outdoorová edukácia taktiež ponúka veľké množstvo príležitostí pre fyzický pohyb a rozvoj pohybovej gramotnosti. Z pohľadu kooperácie medzi žiakmi a učiteľom vo vonkajšom prostredí zlepšuje sociálnu interakciu a medziľudské vzťahy. Nezastupiteľný pozitívny prvok outdoorovej edukácie, je možnosť využívať rozličné štýly učenia, kde sa vytvára príležitosť pre každého jednotlivca vyniknúť. Práve školský dvor a príroda ponúka pre tieto účely vhodné podmienky a prostredie. Vytvorené modely boli zamerané práve na predmet prírodoveda. Edukačné modely outdoorovej edukácie boli budované na princípoch pedagogického konštruktivizmu založeného na zážitkovom vyučovaní, bádateľských aktivitách, objavnom vyučovaní, didaktických hrách a na vyučovaní , ktoré je zamerané na žiaka, kedy sa žiak učí aktívne myslieť a pracovať s pojmami, vedomosťami a zručnosťami.

1 História a charakteristika outdoorovej edukácie

Outdoorové vyučovanie má svoje základy už v starovekom Grécku. Najskôr sa týkalo pohybových a športových aktivít. Neskôr, v období renesancie a osvietenstva, pristúpili turistické aktivity v prírode. Ako

ostatné disciplíny a smery, tak aj outdoorová edukácia sa formovala a menila hlavne v 19. Storočí. Prvým priekopníkom v tejto oblasti bol Kurt Hahn, ktorý položil základy outdoorovej edukácie. Prvé outdoorové centrum bolo založené vo Walese po skončení druhej svetovej vojny. Lesné školy v Dánsku sú príkladom Európskych programov s podobnými cieľmi a predmetmi [1]. Prvé pokusy o skauting na Slovensku vznikali už v roku 1911 pod vedením Antonína Benjamína Svojsíka. Následne na to, slovenská mládež vytvorila lesnú školu, ktorá bola takmer totožná so skautingom. Spôsoby sa líšia v jednotlivých krajinách z dôvodu odlišných podmienok, kultúr a filozofií. Kanada je štátom, kde je environmentálne vzdelávanie najvýraznejšie uskutočňované prostredníctvom táborov v prírode, školských programoch, kde sa rozvíjajú u žiakov technické zručnosti a osobnostné kvality [2]. V našej literatúre sa s pojmom "výchova v prírode" najčastejšie stretávame v publikáciách od E. T. Setona a A.B. Svojsíka, ktorí sú zakladateľmi skautských organizácií na našom území. Najviac sa však pojem "výchova v prírode" alebo "Outdoor Education" používa v odbornej literatúre v USA a Veľkej Británii. Tento pojem sa v posledných rokoch vyvíja a zmeny v jeho obsahu ovplyvňujú aj samotnú prax [3].

Outdoorovú edukáciu realizujeme v prírode na rôznych miestach, ako napríklad na školskom dvore, v priemyselnej časti, na rôznych biómach ako lesy, močiare alebo púšte [1].

Outdoorová edukácia môže otvoriť žiakom a učiteľom dvere do nového sveta plného zážitkov, príjemných pocitov, nových možností ako nadobudnúť vedomosti a čo najdlhšie si ich uchovať v pamäti. Ponúka nekonečné množstvo spôsobov, ako žiakom predstaviť nové poznatky a vedomosti. Je vhodným nástrojom vo vzdelávaní najmä na primárnom stupni vzdelávania, kde sa žiaci najlepšie učia pomocou zážitku a vlastnej skúsenosti.

Dôležitosť outdoorového vzdelávania opisuje Gould [4] z viacerých pohľadov: podporuje a rozvíja zdravie a aktívny životný štýl, ponúka možnosť fyzickej aktivity, voľnosti a pohybu, ponúka možnosť harmonicky rozvíjať medziľudské vzťahy cez striedanie, vyjednávanie a kooperáciu, podporuje pocit dôvery a spokojnosti, podporuje hlavne deti, ktoré sa učia lepšie cez zážitok a pohyb, ponúka bohaté možnosti pre fantáziu, vynaliezavosť a predstavivosť, poskytuje deťom kontakt s prírodným svetom a ponúka jedinečné skúsenosti s prírodou, počasím a ročným obdobím. Vo všeobecnosti je známe, že pobyt v prírode a na čerstvom vzduchu za každého počasia žiakom prospieva. Základom pre bezproblémové a bezpečné hodiny outdoorovej edukácie je dôležitosť plánovania aktivít a činnosti vopred. Predíde sa tak mnohým problémom [5].

Základom outdoorovej edukácie je vzdelávanie založené na využívaní prvkov miestneho regiónu opisuje ho Knapp a Woodhouse [6] ako ekologický, politický a geografický obsah typický pre danú oblasť. Outdoorové vzdelávanie je multidisciplinárne. Spája miesto so žiakom a komunitou. Jednotlivé požiadavky predmetu v sebe zahŕňajú medzipredmetový a viacgeneračný rozmer, keďže sú priamo závislé na možnostiach komunity. Využitie outdoorovej edukácie sa nám otvára najmä v predmete prírodoveda a vlastiveda [7]. Predmet prírodoveda sa zameriava na elementárne poznatky o živej a neživej prírode, živočíšnych spoločenstvách a snaží sa pochopiť ich význam a dôležitosť [8]. Outdoorová edukácia v prirodzenej podobe ponúka širokú škálu možností na rozvoj kreativity. Hodiny outdoorového vyučovania sa vyznačujú variabilitou v závislosti od obsahu preberaného učiva a výchovnovzdelávacích cieľov [9]. Ak škola ponúka poznatky v hotovej podobe a žiaci ich len pasívne prijímajú, môže to viesť k prílišnému rešpektu a prijímaniu poznatkov v slepej viere. Potláča sa ich nápaditosť, tvorivosť a je zrejmé, že tento prístup neprispieva k optimálnemu rozvoju osobnosti žiaka, jeho kritického a tvorivého myslenia, výchovné pôsobenie je tak diskutabilné [10]. Dôležité je, aby každá vyučovacia jednotka poskytovala priestor na pestré a tvorivé činnosti žiakov [9].

2 Materiál a metodika práce

Cieľom príspevku je spracovať edukačné modely outdoorovej edukácie, ktoré budú súčasťou metodiky outdoorovej edukácie, budú prístupné ako možné využitie v pedagogickej praxi. Školské prostredie ponúka aj predmety, ktoré vytvárajú priestor na outdoorovú edukáciu, no napriek tomu sa vyučovanie realizuje často krát tradičným spôsobom výučby, či už výkladom alebo čítaním textov. Myslíme si, že ak predmet poskytuje dostatočnú mieru na využívanie prírody, či už v rámci pomôcok, zážitkového učenia, alebo priestoru na vykonávanie jednotlivých aktivít, je vhodné túto možnosť využiť. Zamerali sme sa preto na predmet, ktorý je vhodný pre prácu v prírodnom prostredí. Postupy a metódy boli vytvorené na báze využitia jednotlivých metód outdoorovej edukácie, tradičných metód, zážitkového učenia a aktivizujúcich metód. Postupy a témy jednotlivých hodín vychádzali z tematických plánov a z učebnice prírodovedy pre tretí ročník základných škôl. Každá hodina obsahovala tému, na ktorú nadväzovali aktivity vhodné v outdoorovej edukácii.

Výsledky a diskusia

Prvý model outdoorovej edukácie

Trieda:	3.A
Predmet:	Prírodoveda
Tematický celok:	Rastliny
Učivo:	Prečo sa veci líšia?
Typ vyučovacej hodiny:	Základný
Ciele:	**Kognitívne** – Vysvetliť a porovnať rozdiel medzi živou a neživou prírodou.
	Psychomotorické- Vybrať si činnosť a dokončiť ju.
	Afektívne – Spolupracovať pri aktivitách so spolužiakmi.
Vyučovacie metódy:	**Motivačné :a)vstupné** –motivačný rozhovor, rozprávanie **Expozičné :a)metóda priameho prenosu poznatkov** monologické, slovné metódy –príklad, vysvetľovanie, používanie ilustrácií, demonštrácia **b)metóda sprostredkovaného prenosu poznatkov**- manipulácia s predmetmi, demonštrácia, analýza, syntéza, problémová metóda, didaktické hry, **Fixačné :a)**opakovania a precvičovania vedomostí a spôsobilosti, **Diagnostické:** slovné hodnotenie detí, pochvala, povzbudenie
Organizačné formy vyučovania:	Hromadná forma práce, Individuálna forma práce,
Medzipredmetové vzťahy a prierezové témy:	Anglický jazyk, Telesná výchova, Dramatická výchova, Slovenský jazyk
Didaktické prostriedky:	Maňuška vila/ škriatok, balóny, obrázky, nožnice, šatka, stoličky, zošity, bingo, pečiatka

Tab. 1 Príprava na vyučovanie/Edukačný model 1
Zdroj: Autor

Metodický postup

Motivácia

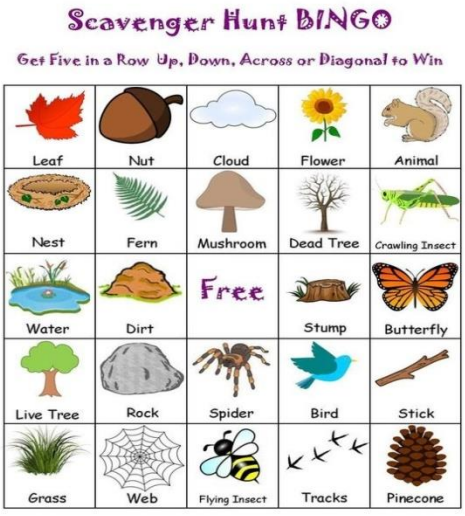
Milí žiaci, dnešná hodina a niekoľko ďalších bude pre nás trošku netradičná, pretože k nám do školy prišli noví kamaráti víla Lyli a škriatok Paťko. Spoločne budeme spoznávať prírodu a zažívať nové dobrodružstvá. Dúfam, že sa spolu dobre zabavíme a veľa naučíme. Škriatok Paťko je ešte veľmi mladý škriatok. Má len 142 rokov. Je veľmi zvedavý a chce všetko vedieť. Spoločne budeme hľadať odpovede na jeho otázky. Keď objavíme všetky dobrodružstvá, ktoré nás dnes čakajú, na konci dostanete zaujímavú odmenu od víly Lyli. Teraz sa všetci oblečieme a prezujeme, pôjdeme objavovať svet okolo nás.

Expozícia

Všetko okolo nás, čo nevytvoril človek je príroda. Súčasťou prírody sú prírodniny. Voda, vzduch, kamene a piesok sú časti neživej prírody - neživé prírodniny. Viete žiaci, ako rozlíšime živé a neživé prírodniny? Živočíchy, rastliny a huby sú časti živej prírody - živé prírodniny. Rozdiel medzi neživými prírodninami a živými je, že živé prírodniny prijímajú potravu, dýchajú, rastú, vyvíjajú sa a rozmnožujú [12]. Na školskom ihrisku sú nafúknuté balóny. Vašou úlohou bude, jeden vybrať, prasknúť ho a v ňom nájsť rozstrihaný obrázok. Tento obrázok poskladáte a rozhodnete, či patrí do živej alebo neživej prírody. Následne sa rozhodnete, či sa postavíte za živú prírodu, ktorú predstavuje víla Lyli alebo za neživú prírodu, za škriatka Paťka. Čo myslíte, do ktorej kategórie patria zvieratá? Do živej či neživej prírody? Presne tak, patria do živej prírody. My sa teraz zahráme na zvieratá a vytvoríme si vlastnú zvieratkovskú ZOO. Sadnite si do kruhu a jeden z vás ostane stáť v strede. Ten, kto bude v strede, bude mať zaviazané oči, zatočí sa a ukáže na niekoho prstom, potom povie názov nejakého zvieraťa. Ten na koho ukázal prstom, bude musieť napodobniť zvuk, aký dané zviera vydáva, no tak, aby ho jeho spolužiak, ktorý stojí v strede nespoznal. Ten kto bude stáť v strede, musí uhádnuť meno spolužiaka, ktorý napodobňoval zvieratko a ak ho uhádne vymenia si miesta, ak nie ostáva naďalej v strede. Výborne žiaci, teraz má pre vás škriatok Paťko pre niekoho možno ľahkú a pre niekoho možno ťažkú úlohu. Vašou ďalšou úlohou bude poobzerať sa po okolí areálu školy a nájsť niečo z neživej prírody, čo vás vystihuje. Máte na to krátku chvíľočku. Tak žiaci dúfam, že každý našiel niečo v prírode a teraz sa postupne podelíme o to, čo ste našli a prečo ste si to vybrali.

Fixácia

Pred nami je ešte jedna ťažká úloha, každý z vás dostane papier, na ktorom bude živá a neživá príroda a zahráme si Bingo. No trošku ináč než ho možno poznáte. V areáli školy musíte hľadať a nájsť veci, ktoré sú na papieri. Ak nájdete v riadku alebo stĺpci všetkých 5 vecí, tak máte Bingo. Bude trošku špeciálne aj preto, že si pomocou neho zopakujeme aj anglický jazyk. Možno sa naučíme aj pár nových slov zo slovnej zásoby o prírode.



Obr. 1 SCAVENGER HUNT BINGO
Zdroj: Autor

Záver

Teraz pôjdeme do triedy. Otvorte si vaše denníky dobrodružstva, ktoré predstavujú vaše zošity. Napíšeme si tam pár riadkov. Svet okolo nás je plný vecí. Ľudské výtvory, prírodniny - neživé a živé kam patria huby, rastliny a živočíchy [12]. Výborne žiaci, dnes sme splnili všetky úlohy víly Lyli a odpovedali sme na otázky škriatka Paťka. Každý dostane indíciu k pokladu, ktorý sa skrýva niekde blízko. Dovidenia nabudúce.

Druhý model outdoorovej edukácie

Trieda:	3.A
Predmet:	Prírodoveda
Tematický celok:	Rastliny
Učivo:	Prečo stromy plačú?
Typ vyučovacej hodiny:	Základný
Ciele:	**Kognitívne** – Priradiť listy k stromom, pomocou predchádzajúcej skúsenosti a pomôcok.
	Psychomotorické- Používať v činnosti všetky zmysly.
	Afektívne – Vedieť vysvetliť dôležitosť stromov a ich ochranu
Vyučovacie metódy:	**Motivačné :a)vstupné** –motivačný rozhovor, motivačná výzva **Expozičné :a)metóda priameho prenosu poznatkov** monologické, slovné metódy –príklad, vysvetľovanie,, dialogické -rozhovor, diskusia **b)metóda sprostredkovaného prenosu poznatkov**- manipulácia s predmetmi, demonštrácia, analýza, syntéza, problémová metóda, didaktické hry, zážitkové učenie, projektové vyučovanie, bádateľské aktivity, pozorovanie **Fixačné :a)**opakovania a precvičovania vedomostí a spôsobilostí **Diagnostické a klasifikačné**- hodnotenie, povzbudenie
Organizačné formy vyučovania:	Hromadná forma práce, Individuálna forma práce, Skupinová forma práce
Medzipredmetové vzťahy a prierezové témy:	Telesná výchova, Etická výchova, Slovenský jazyk, Regionálna výchova
Didaktické prostriedky:	Maňušky víla/ škriatok, karimatky, obrázky listov, pracovný list, pečiatka

Tab. 2 Príprava na vyučovanie/Edukačný model
Zdroj: Autor

Metodický postup

Motivácia

Dobré ráno žiaci, škriatok Paťko má zase množstvo otázok. Nevedel sa dočkať, kedy zase vyrazíme von za dobrodružstvom. Dnes pôjdeme za brány školy do lesa. Tak poďme sa poobliekať a prezuť.

Cestou do blízkeho lesa, si zahráme pár aktivít. Každý pôjde vo svojej dvojici a bude plniť úlohy, ktoré vám zadám o chvíľu. Ak niekto splní úlohu, prihlási sa, porozpráva nám, čo zistil a aká je jeho odpoveď.

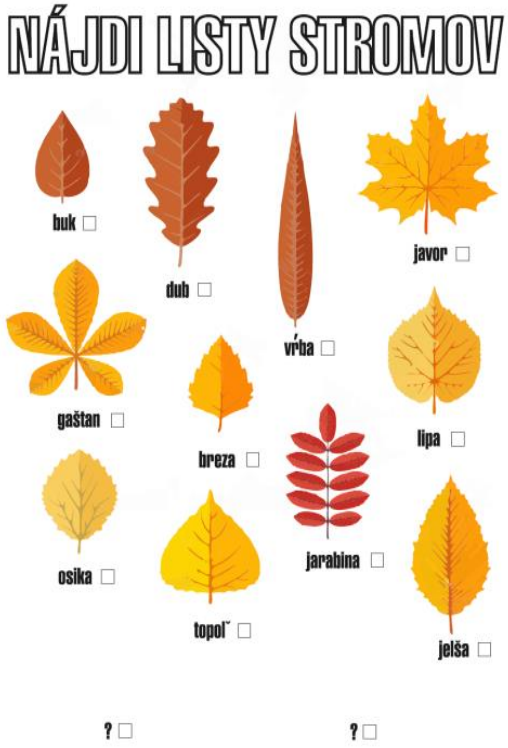
1.Nájdi niečo, čo počuješ, ale nevidíš.

2.Nájdi niečo, čo je neobvyklé a jedinečné.

3. Nájdi v prírode niečo nestále, čo trvá krátko.

Expozícia

Výborne. Prišli sme do blízkeho lesa a teraz by škriatok Paťko chcel vedieť odpoveď na jednu otázku. Žiaci, viete prečo stromy plačú? Necháme priestor na diskusiu, podnecujeme ich k aktivite a tvorivosti, aby zapojili svoju fantáziu. Môže to byť preto, že by chceli chodiť a nemôžu sa pohnúť? Alebo preto, že im je zima a sú unavené? Nie? Áno? Prečo? Ak sa objaví správna odpoveď nadviažem na ňu, ak nie, začneme s výkladom nového učiva. Možno ste už videli v prírode, keď zo stromu vyteká bezfarebná tekutina so sladkým zápachom. Táto tekutina sa volá miazga. Stromy ju potrebujú pre svoj život. Ak ju nemajú, odumierajú. Keď zo stromu vyteká miazga, hovorí sa, že stromy plačú. Je to ako keby sme sa porezali a videli svoju krv. Miazga v ihličnatých stromoch sa nazýva živica [12]. Teraz sa rozdelíme do dvoch skupín, ihličnaté a listnaté lesy. Ihličnaté lesy utvoria kruh a zatvoria si oči. Pred každého žiaka postavíme do vnútorného kruhu ďalšieho žiaka. Úlohou žiakov, ktorí majú zatvorené oči, bude pomocou hmatu zistiť, koho majú pred sebou a uhádnuť jeho meno. Následne ich vystriedame. Tak žiaci, bolo to náročné len pomocou hmatu zistiť , kto pred vami stojí? Každý z nás je jedinečný a má jedinečnú tvár a rysy. Tak isto je to aj so stromami. Majú rozličnú farbu, tvar, veľkosť a povrch. Keďže sme ešte rozdelení do dvoch skupín na ihličnaté a listnaté lesy, ostaneme takto. Škriatok Paťko, by si chcel zopakovať niektoré druhy listov a niektoré aj spoznať. Vašou úlohou bude teda pomôcť mu nájsť pomocou pracovného listu, ktorý vám rozdáme, čo najviac druhov listov zo stromov a doniesť ich k nám. Časový limit bude 5 minút.



Obr 2. Pracovný list LISTY
Zdroj: Autor

Výborne žiaci. Odovzdajte mi vaše úlovky. Poďme zistiť koľko listov sa vám podarilo nájsť a pozbierať. Teraz už pôjdeme naspať do triedy.

Fixácia

Cestou naspäť si zahráme ďalšie aktivity.

1.Nájdi v prírode niečo dlhotrvajúce.

2. Nájdi v prírode rôzne vône.

Žiaci hľadajú odpovede a pri prechode z lesa do triedy odpovedajú na zadané otázky. Cestou si zopakujeme z akých častí sa skladá strom, vyzveme ich k odpovedi. Ak nebudú reagovať, začnem ja o tom, že v zemi sa nachádza koreň, z ktorého vyrastá kmeň a na strome sú listy, taktiež že strom má tak aj plody.

Záver

Výborne žiaci. Dnešná dobrodružná cesta za hranice školy bola úspešná. Ak chcete získať poklad a dostať ďalšiu indíciu v podobe pečiatky s písmenom, máme pre vás ešte jeden pracovný list. Tento môžete začať vypĺňovať aj teraz, ak máme ešte chvíľu času. Skontrolujeme si ho na budúcu hodinu.

Obr. 3 Pracovný list VÝLET DO PRÍRODY
Zdroj: Autor

Tretí model outdoorovej edukácie

Trieda:	3.A
Predmet:	Prírodoveda
Tematický celok:	Rastliny
Učivo:	Prečo máme stromy, ktoré majú semená ukryté?
Typ vyučovacej hodiny:	Základný
Ciele:	**Kognitívne** – Vedieť určiť druhy stromov so semenami ukrytými v plodoch.
	Psychomotorické- Pohybovať sa pri hrách bezpečne.
	Afektívne – Žiak sa vie sústrediť na činnosť a aktívne zapájať do aktivít.
Vyučovacie metódy:	**Motivačné :a)vstupné** –motivačný rozhovor, problém ako motivácia **Expozičné :a)metóda priameho prenosu poznatkov** monologické, slovné metódy –príklad, vysvetľovanie, dialogické -rozhovor, **b)metóda sprostredkovaného prenosu poznatkov**- manipulácia s predmetmi, , analýza, syntéza, problémová metóda, zážitkové učenie, projektové vyučovanie, bádateľské aktivity **Fixačné :a)**opakovania a precvičovania vedomostí a spôsobilostí, didaktická hra **Diagnostické:** slovné hodnotenie detí, pochvala, povzbudenie
Organizačné formy vyučovania:	Hromadná forma práce, Skupinová forma práce,
Medzipredmetové vzťahy a prierezové témy:	Telesná výchova, Etická výchova, Environmentálna výchova, Slovenský jazyk
Didaktické prostriedky:	Maňuška vila/ škriatok, ovocie, lepiace papieriky, pečiatka

Tab. 3 Príprava na vyučovanie/Edukačný model 2
Zdroj: Autor

Metodický postup

Motivácia

Žiaci škriatok Paťko má veľa ďalších otázok, na ktoré nepozná odpoveď. Jednou z nich je aj táto otázka: Prečo máme stromy, ktoré majú semená ukryté? Poďme spolu zistiť odpoveď. Najprv si však zahráme hru. Vašou úlohou bude ochutnať so zavretými očami a pomocou vašich zmyslov, chuti a čuchu uhádnuť čo to bude. Túto hru si zahráme vonku, takže sa poobliekajte a prezujte. Po presune začneme s aktivitou. Žiaci postavte sa do radu. Každému dám niečo na ochutnanie. Žiakom ponúkam ovocie, ktoré má semiačka skryté vo vnútri, napríklad jablko, hrušku, slivku, pomaranč, citrón.

Expozícia

Sadnite si do kruhu na podložky. Povieme si niečo. Listnaté stromy, patria do skupiny, ktorú nazývame krytosemenné rastliny. Ako už napovedá názov, krytosemenné rastliny majú svoje semená ukryté v plode alebo ako gaštan v tvrdej šupine. Jabloň, hruška a pomaranč, sú krytosemenné rastliny. Ich semená sú ukryté v plodoch. Plody majú príjemnú chuť a my ich radi konzumujeme pre veľký obsah vitamínov [12]. Určite každý z nás pozná hru ovocný kôš. Aké ovocie v ňom môžeme nájsť? Hrušky, jablká, slivky. Presne tak. Toto ovocie je krytosemenné alebo nahosemenné? Teraz každý z vás dostane na čelo lepiaci papierik s

ovocím a vašou úlohou bude prísť k spolužiakovi, opýtať sa jednu otázku, ktorá vám pomôže zistiť aký plod predstavujete, tak poďme na to.

Fixácia

Vašou ďalšou úlohou bude prejsť sa po školskom dvore a nájsť stromy so semenami ukrytými v plodoch. Ak žiaci nájdu takéto druhy stromov, spoločne sa pri nich zastavíme a pomenujeme ich. Ďalšou vašou úlohou bude rozdeliť sa do dvojíc, pretože si zahráme živé pexeso. Každá dvojica si vyberie strom, ktorý má semená ukryté napríklad: jabloň - jablko, hruška - hruška, slivka - slivka, pomarančovník - pomaranč, pagaštan konský - gaštany. Vyberieme dvoch z vás, ktorí budú súťažiť ako v bežnom pexese a budú hľadať dvojice. Takže napríklad Peťo a Martin, vy si vyberiete nejakého spolužiaka a dotknete sa ho. On vám povie, koho predstavuje , potom si vyberiete ďalšieho a ak nájdete správnu dvojicu, tak pokračujete ak nie, nasleduje váš protihráč. Túto hru vyhráva ten, kto nájde najviac dvojíc.

Záver

Výborne žiaci. Myslím, že ste dnes ukázali víle Lily a škriatkovi Paťkovi, akí ste šikovní. Ako sa odvážne pustíte do všetkého čo, je pred vami. Každý z vás si zaslúži ďalšiu indíciu, ďalšie písmeno, ktoré vás už čoskoro dovedie k vytúženému pokladu, možno už budúcu hodinu.

Štvrtý model outdoorovej edukácie

Trieda:	3.A
Predmet:	Prírodoveda
Tematický celok:	Rastliny
Učivo:	Prečo existujú nahé semená?
Typ vyučovacej hodiny:	Základný
Ciele:	**Kognitívne** – Poznať stromy s nahými semenami.
	Psychomotorické- Vedieť spolupracovať v skupine.
	Afektívne – Vedieť fungovať v prírode a v plnení úloh.
Vyučovacie metódy:	**Motivačné :a)vstupné** –motivačný rozhovor, problém ako motivácia **Expozičné :a)metóda priameho prenosu poznatkov** monologické, slovné metódy –príklad, vysvetľovanie, dialogické -rozhovor, diskusia **b)metóda sprostredkovaného prenosu poznatkov**- manipulácia s predmetmi, , analýza, syntéza, problémová metóda, zážitkové učenie, bádateľské aktivity **Fixačné :a)**opakovania a precvičovania vedomostí a spôsobilostí, didaktická hra **Diagnostické:** slovné hodnotenie detí, pochvala, povzbudenie
Organizačné formy vyučovania:	Hromadná forma práce, Skupinová forma práce,
Medzipredmetové vzťahy a prierezové témy:	Environmentálna výchova, Slovenský jazyk, Etická výchova
Didaktické prostriedky:	Maňuška víla/ škriatok, ovocie, lepiace papieriky, pečiatka

Tab 4. Príprava na vyučovanie/Edukačný model 3
Zdroj: Autor

Metodický postup

Motivácia

Dobrý deň žiaci, dnes je pred nami posledná hodina, ktorou nás bude sprevádzať Víla Lily a škriatok Paťko. No nebuďte smutní, pretože na konci si pre nás pripravili niečo, čo určite poteší každého z vás. Najprv sa poobliekajte a prezujte, pretože dobrodružstvo ešte nekončí. Škriatok Paťko by sa chcel z dnešnej hodiny dozvedieť, prečo a či vôbec existujú nahé semená? V areáli školy sa nachádzajú 4 obálky a preto sa rozdelíme do štyroch skupín. Vašou úlohou bude nájsť jednu obálku poskladať čo je v nej, potom spoločne v skupine určiť, čo je na obrázku. Keď žiaci splnia úlohu sadnú si na podložky, ktoré máme pripravené vonku, na školskom ihrisku.

Expozícia

Začneme diskusiou. Žiaci, viete čo sa skrývalo v obálke? Stromy. Poznáte aj ich názvy? Smrek, Smrekovec opadavý, Borovica čierna, Borovica lesná. Kto z vás vie čo majú tieto stromy spoločné? Viete čím sú ihličnaté stromy typické? Ihličnaté stromy majú úzke listy ihlicovitého alebo šupinovitého tvaru. Sú vždy zelené a opadávajú až po niekoľkých rokoch, nie však naraz, ale postupne. Preto sa zdá, že ihličnaté stromy neopadávajú vôbec. Poznáme však aj ihličnaté stromy, ktoré svoje listy menia častejšie. U nás v lesoch nájdeme taký strom. Volá sa smrekovec opadavý [12]. Teraz si zahráme ďalšiu aktivitu. Ostaneme v štyroch skupinách ako sme sa rozdelili na začiatku. Vašou úlohou bude vybrať zo skupiny jedného odvážlivca, ktorý bude musieť splniť veľmi náročnú úlohu a to prebehnúť cez celé ihrisko, kde na konci šnúrky budú zavesené obrázky stromov, ich listy a plody. Úlohou odvážlivca bude zapamätať si, ako sa ten daný strom volá, aký je to druh stromu, či listnatý alebo ihličnatý a či má semená nahé alebo ukryté v plode. Bude mať minútu na to, aby tam dobehol. Musí si zapamätať čo najviac stromov. Potom sa musí vrátiť a povedať to zapisovateľovi, ktorý všetko zapíše. Na konci vyhodnotíme všetky skupinky. Na chvíľu si ešte sadnime do kruhu. Viete, že semená v šiške sú nahé a nič ich nechráni. Blanka je podobná krídelku. V prírode to funguje tak, že krídelko pomáha, aby sa semeno dostalo do pôdy a mohlo vyklíčiť. Krídelko odnáša semeno ďalej od materského stromu [12].

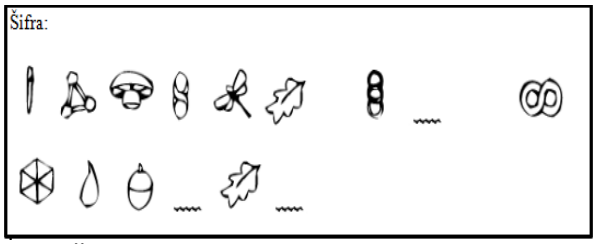
Fixácia

Výborne žiaci. Zvládli ste aj túto aktivitu. Pred nami je posledná úloha, ktorá vás preverí ako ste na hodinách počúvali. Ak splníte túto poslednú úlohu dostanete indíciu v podobe písmena z abecedy, ktorá vám ukáže cestu kde hľadať poklad. Vašou úlohou bude bez rozprávania doniesť veci zo živej a neživej prírody, ktoré dostanete napísané na papieriku a to za časový

limit päť minút.. Zoznam vecí, ktoré musíte nájsť: neživú vec z prírody, živú prírodninu, ihličie, list zo stromu, šišku a plod, ktorý má semeno ukryté vo vnútri. No budete sa musieť ako skupina dohodnúť, kto čo donesie, pri tejto úlohe nebudete môcť vôbec rozprávať.

Záver

Všetky skupiny, boli viac než šikovné a to môže potvrdiť aj škriatok Paťko a víla Lily. Pri každej z úloh, ktoré vám vymysleli a pri každej otázke, na ktorú sme spoločne hľadali odpovede. Vyberte si vaše denníky dobrodružstva. Skúste vylúštiť tajnú šifru, ktorá vznikla zo všetkých písmen abecedy, ktoré ste si právom zaslúžili za plnene úloh a aktivít počas všetkých hodín. Mám pre vás tajnú abecedu pomocou, ktorej vylúštite šifru a nájdete poklad, ktorý pre vás ukryla víla Lily.



Obr. 4 Šifra
Zdroj: Autor

Obr. 5 GNÓMSKA ABECEDA
Zdroj: Autor

Po vylúštení šifry žiaci zistia, že ich v triede čaká poklad v podobe pečiatok zvierat a pochvala v žiackych knižkách.

Záver

Do praxe by sme chceli priniesť metodiku štyroch vyučovacích hodín, outdoorovej edukácie v predmete prírodoveda, keďže aj vzdelávací obsah tohto predmetu sa venuje prírodnému prostrediu. Hlavným znakom pre dieťa a žiaka v tomto období je pozorovanie a objavovanie sveta, najskôr prostredníctvom hier a následne cez učenie. Samotná príroda ponúka dostatočné množstvo podnetov na vzbudenie záujmu o učenie. Reálny zážitok, dotyk s prírodou a využitie všetkých zmyslov vytvára veľkú pomoc v objavovaní prírody. Bádateľské aktivity u žiakov vzbudzujú chuť po zážitku a dobrodružstve, čo tiež pozitívne vplýva na priebeh edukácie. Pobyt vonku ako tradičná aktivita prispôsobená jednotlivým činnostiam, potrebám a celkovému priebehu vyučovania v prírode, taktiež vytvára priestor na nový pohľad na tradične využívanú formu. Zážitkové vyučovanie vnáša do edukácie za dverami triedy prvky zážitku a radosti, ktoré sa javí ako veľké pozitívum v outdoorovej edukácii. Chceme vyzdvihnúť aj využitie jednotlivých medzipredmetových vzťahov v rámci vyučovacích jednotiek, ktoré pramenia nielen z tém v prírodovede, ale zapájajú aj predmety ako sú environmentálna výchova, ochrana života a zdravia, športová a telesná výchova. Tvorba a priebeh jednotlivých činností bol zameraný, na čo najlepšie využitie outdoorovej edukácie a jej potenciálu pri rozvoji osobnosti žiaka. Outdoorová edukácia ponúka žiakom všetko to, čo tradičné vzdelávanie v laviciach. Zameriava sa na zlepšenie sociálnych vzťahov v triede, prácu v skupine, kooperáciu, sebareguláciu, vytrvalosť, a nadobudnutie schopnosti riešiť problémové úlohy. Prostredníctvom vytvorených edukačných modelov, by sme chceli vyzdvihnúť a zároveň odporučiť túto formu vzdelávania, ako novú cestu pri dosahovaní cieľov vo vzdelávaní. Veríme, že pre učiteľov a odborníkov, ktorí sa touto problematikou zaoberajú bude obsah príspevku zaujímavý a podnetný.

Poďakovanie

Ďakujem môjmu školiteľovi doc. PaedDr. Ján Kancírovi, PhD. za odborné vedenie, cenné rady, ochotu a spoluprácu.

Použitá literatúra:

[1] Ford, P., (1986) Outdoor Education: Definition and Philosophy. LasCruces: ERIC/CRESS, p.15
[2] Neuman, J. et al., 2000.Turistika a športy v prírode. Přehled základních znalosti a dovedností pro výchovu v přírode. Portál, s.r.o. : Praha, p. 78
[3] Kozik, T., (2017)Scouting in East Europe. Altmedia: Wyszków, p. 33
[4] Gould T., (2010) Effective Practice in Outdoor Learning: If in Doubt, Let Them Out!, p. 37
[5] Andreasen T., et al. (2018) Zober ma von. Ako podporiť deti v trávení času vonku a v prírode. INAK občianske združenie: Kremnica, p. 12

[6] Woodhouse ,J .L Knapp, C.E.(2000) Place-Based Curriculum and Instruction: Outdoor and Environmental Education Approaches, p. 78
[7] Kancír J., Madziková A., (2008)Didaktika vlastivedy. Prešov: PF PU v Prešove, p. 216
[8] Podroužek, L., (2003)Didaktika Provky a Přirodovědy pro primárni školu.Pelhřimov: Jaroslav Samek, p. 78
[9] Petlák E., (2004)Všeobecná didaktika. Bratislava: Iris, p.125
[10] Turek, I., (1998) Zvyšovanie efektívnosti vyučovania. Bratislava : Edukácia, p.56
[11] Brock T. D., Madigan M. T. (1991) Biology of Microorganisms. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, USA, p. 29
[12] Wiegerová, A., Česlová G.,, Kopáčová J., (2011) Prírodoveda pre 3. ročník základnej školy-učebnica. Bratislava: SPN, p. 18

Návrh náučného chodníka obcami Bošáca a Zemianske Podhradie

Proposal of education path in-Bošáca and Zemianske Podhradie

Alexandra Hladká
Školiteľ: Lucia Petrikovičová
Katedra geografie a regionálneho rozvoja, FPV UKF, Tr. A. Hlinku 1, 949 74 Nitra
alexandra.hladka@student.ukf.sk, lpetrikovicova@ukf.sk

Abstrakt
Cieľom príspevku je navrhnúť trasu náučného chodníka obcami Bošáca a Zemianske Podhradie. Trasa má geografické a kultúrno-historické zameranie. Je nenáročná, so sprievodcom ju zvládne aj človek so zdravotným postihnutím. Navrhnutá trasa je vhodná pre výučbu geografie a dejepisu.

Náučný chodník poskytuje jednu z možností, ako priblížiť žiakom najvýznamnejšie zaujímavosti a pamiatky obce. Zároveň môže byť pre obec aj nástrojom propagácie. V pedagogickej praxi umožňuje učiteľovi sprostredkovať učivo zaujímavejším, a pre žiakov pútavejším spôsobom. Učiteľ môže pomocou rôznych úloh, ktoré sú riešené samostatne alebo v skupinách, motivovať žiakov k ich kreatívnemu riešeniu. Počas skupinovej práce žiaci rozvíjajú svoje komunikačné zručnosti a kooperáciu. Naopak, samostatná práca umožňuje postupovať každému žiakovi vlastným tempom. Preto je náučný chodník vhodným prostriedkom terénneho vyučovania.
Kľúčové slová: Bošáca, Zemianske Podhradie, Bošácka dolina, Mikroregión Bošáčka, náučný chodník

Abstract
The aim of the contribution is to propose of education path in Bošáca and Zemianske Podhradie. The trail has geographical, cultural and historical focus. It is undifficult and person with health disability able to it. The proposed trail is advisable for teaching geography a history.

The education trail provides one of possibility how advance to the most considerable sights and monuments of municipality for students. Also, it can be implement of promotion for municipality. In educational practice, a teacher it make possible to facilitate of topic more interesting and it is more attractive alternative for students. The teacher can motivating students to creative solution of students by different tasks, which they are elaborated severally or together in groups. During group work, students develop their communication skills and cooperation. By contrast, separate work enables students to progress their own tempo. Therefore, education trail is advisable implement of terrain teaching.
Key Words: Bošáca, Zemianske Podhradie, Bošáca valley, Microregion Bošáčka, education trail

Úvod

Obce Bošáca a Zemianske Podhradie sa nachádzajú v Trenčianskom kraji, v severozápadnej časti okresu Nové Mesto nad Váhom [1]. Zemianske Podhradie susedí len s dvomi obcami – na severozápade s Novou Bošácou a na juhovýchode s Bošácou. Súčasťou Zemianskeho Podhradia je osada Zbehová. Bošáca susedí na severozápade so Zemianskym Podhradím a Novou Bošácou, na juhovýchode s Trenčianskymi Bohuslavicami a na východe s Haluzicami. Z juhu susedí s obcami Dolné Srnie a Moravské Lieskové. Zo severu sú to obce Štvrtok, Ivanovce a Chocholná – Velčice, ktoré podľa administratívneho členenia patria do okresu Trenčín. Súčasťou Bošáce sú aj osady Rolincová a Zabudišová.

Bošáca a Zemianske Podhradie ležia v Bošáckej doline, kde sa nachádzajú aj obce Trenčianske Bohuslavice, Haluzice a Nová Bošáca. Dolina má dĺžku 17 km, ale jej celková dĺžka je 21,5 km. Časť Bošáckej doliny sa nachádza v Česku, kde sú obce Březová a Lopeník [2]. Osou doliny je vodný tok Bošáčka, ktorý preteká celou dolinou. Je to pravobrežný prítok Chocholnice, ktorá sa vlieva do Váhu, resp. do Biskupického kanála, ktorý bol vybudovaný v rámci Vážskej kaskády na rieke Váh [3].

Bošáca má nadmorskú výšku 235 m n. m. Jej najvyšším bodom je vrch Lysica (502 m n. m) [4]. V roku 2019 bol počet obyvateľov obce 1 404 [5]. Nadmorská výška obce Zemianske Podhradie je 248 m n. m. Jej najvyšším vrchom je Hlohová (545 m n. m) [6]. V roku 2019 žilo v obci 774 obyvateľov [7].

Do Bošáckej doliny, teda aj do Bošáce a Zemianskeho Podhradia, je možné dostať sa cestou I/61 Nové Mesto nad Váhom – Trenčín [8].

V Trenčianskych Bohuslaviciach sa nachádza vlaková stanica, v ktorej zastavujú všetky osobné vlaky.

1 Náučný chodník

Náučný chodník je možné definovať ako vyznačenú turistickú alebo exkurznú trasu, ktorá má rôznu dĺžku a rôzne zameranie. Je vytvorená v krajine a návštevníka vedie prírodnými, krajinkárskymi, kultúrnymi a historickými zaujímavosťami. Zároveň sú tieto zaujímavosti vysvetlené zvyčajne prostredníctvom informačných tabúľ alebo panelov. Náučný chodník pomocou náučných lokalít, historických ciest, múzeí a expozícií vytvára informačný systém [9].

1.1 Kategorizácia náučných chodníkov

Neexistuje jednotný spôsob kategorizácie náučných chodníkov, preto ich rozdeľujeme podľa viacerých kritérií.

Podľa dĺžky trasy je možné rozdeliť náučné chodníky na krátke, stredne dlhé a dlhé. Náučný chodník s krátkou trasou má dĺžku do 5 km a je vhodné viesť ho cez maloplošné chránené územia. Stredne dlhý náučný chodník má dĺžku do 15 km. Jeho absolvovanie by nemalo trvať viac ako jeden deň. Je vhodný pre veľkoplošné chránené územia ako národný park alebo chránená krajinná oblasť. Ak má náučný chodník dĺžku viac ako 15 km, ide o náučných chodník s dlhou trasou.

Dĺžka, ale aj prevýšenie trasy náučného chodníka má vplyv na jej náročnosť. Pre návštevníka je dôležité poznať náročnosť náučného chodníka zo zdravotných dôvodov a fyzickej kondície. Z tohto hľadiska môže byť trasa nenáročná, stredne náročná a náročná.

Na náučnom chodníku je možné získavať informácie rôznymi spôsobmi. Návštevníkov môže po trase sprevádzať lektor alebo iný školený sprievodca, v takomto prípade ide o náučný chodník so sprievodcovskou službou. Ak návštevníkov nesprevádza po náučnom chodníku lektor, ale informácie sú im odovzdávané prostredníctvom tlačených materiálov alebo náučno-informačných tabúľ, ide o samoobslužný náučný chodník. Existuje aj kombinácia oboch typov náučného chodníka [10].

Na náučných chodníkoch je možné sprostredkovať informácie a poznatky rôznymi metódami komunikácie. Tie je možné rozdeliť na opisnú, interaktívnu a senzorickú, pričom často na jednom chodníku dochádza k ich kombinácii. Opisná komunikácia prenáša informácie textom, obrazom, grafmi, tabuľkami a pod. Podstata interaktívnej komunikácie spočíva v tom, že návštevník sa informáciu nedozvie hneď, ale musí vyvinúť úsilie na jej získanie. Ide o efektívnejšiu komunikáciu, pretože touto metódou dochádza k lepšeniu zapamätaniu si získaných poznatkov. Zintenzívnenie zážitku na trase náučného chodníka umožňuje senzorická komunikácia. Vychádza sa pritom z predpokladu, že návštevník fenomén, ktorý približuje informačná tabuľa alebo téma náučného chodníka, zažije prostredníctvom zapojenia ľudských zmyslov. Zážitkové trasy kombinujú interaktívne podanie informácií so senzorickou komunikáciou a informačnými tabuľami, čím robí získavanie poznatkov efektívnejšie [11].

Podľa tematického zamerania je možné rozdeliť náučné chodníky na polytematické a monotematické. Polytematický náučný chodník sprostredkováva poznatky o jednotlivých zložkách aj systémových celkov, interakcii prírodného prostredia a človeka. Zároveň prebúdza záujem a aktivizáciu k ochrane prírody. Monotematický náučný chodník sa snaží priblížiť predovšetkým podrobnejšie poznanie jednej vybranej tematickej zložky.

Náučné chodníky sa delia aj podľa spôsobu pohybu po nich. Peší chodník je určení predovšetkým na pešie pochody v letnom období a ide o najbežnejší typ chodníka. Cyklistický náučný chodník je situovaný na upravených a značených cyklotrasách. Mototuristický náučný chodník vedie po cestných komunikáciách, pričom jeho zastávky sú umiestnené na parkoviskách, odkiaľ vedú kratšie pešie odbočky. Lyžiarsky náučný chodník vzniká prispôsobením trasy niektorých peších náučných chodníkov na ich zimné využitie vo forme bežeckého lyžovania (ski trasa). Špeciálny náučný chodník umožňuje netradičný presun, napr. na koni (hipotrasa), člnoch (náučné vodácke trasy) a pod. [12].

1.2 Príprava náučného chodníka

Nie vždy je každá turistická trasa vhodná na vybudovanie náučného chodníka, pretože každý náučný chodník musí mať obsahový fond, ktorý sa nazýva kultúrno-historický potenciál. Na to, aby bol náučný chodník zaujímavý pre návštevníka, sprístupnené objekty a javy musia byť zaujímavé a dostatočne názorné.

Samotná príprava náučného chodníka pozostáva z troch fáz. Prípravu náučného chodníka je možné zhrnúť do troch krokov. Prvým krokom je samotné naplánovanie trasy náučného chodníka. Tá v sebe zahŕňa body ako inventarizácia existujúcich prírodných prvkov a objektov a historických a kultúrnych zaujímavostí, analýzu legislatívy a prieskum iných súvisiacich plánov, analýzu existujúcej siete náučných chodníkov, výber trasy náučného chodníka a zostavenie rozpočtu a plánu realizácie. Ďalej nasleduje spracovanie dokumentácie týkajúcej sa realizácie náučného chodníka, ktorá by mala obsahovať popis širších vzťahov v území, ideový zámer, popis tabúľ a ich vzhľad

a spôsob osadenia v teréne, umiestnenie a zosieťovanie tabúľ (návrh trasy v teréne, značkovanie trasy) a mapový výstup (súčasný stav, navrhovaný stav, vizualizácia). Posledným krokom má byť určenie zodpovednosti za náučný chodník, pretože je dôležité sa oň pravidelne starať a aktualizovať údaje na jednotlivých informačných tabulách.

Navrhovaný náučný chodník má byť myšlienkovo, filozoficky a umelecky jednotný a zároveň logicky usporiadaný. Takisto má odrážať skutočné požiadavky a predstavy verejnosti. K tomu napomáha vytvorenie spolupráce medzi odborníkmi a subdodávateľmi [13].

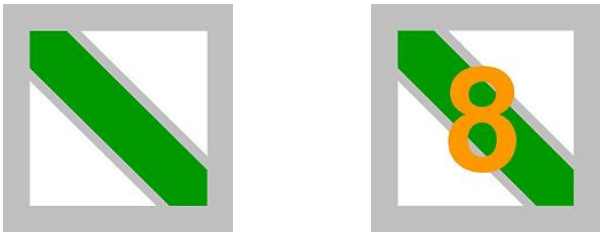
1.3 Realizácia náučného chodníka

Ako prví by mali byť oboznámení o návrhu a realizácii náučného chodníka majitelia pozemkov, ktorými bude viesť trasa náučného chodníka. Preto k zriadeniu a prevádzkovaniu náučného chodníka je potrebný písomný súhlas majiteľov týchto pozemkov. K tomu sa vzťahujú aj ďalšie legislatívne predpisy (napr. zákon č. 326/2005 Z. z, zákon č. 49/2002 Z. z., zákon č. 543/2002 Z. z., zákon č. 50/1976 Z. z.).

Značenie poskytuje informácie z viacerých oblastí. Predovšetkým slúži na predstavenie chodníka, zobrazenie máp, informovanie o vzdialenostiach a smeroch, informovanie o zaujímavých miestach, požadovanom správaní návštevníka a využívaní chodníka, informovanie o zakázaných aktivitách a varovaniach, oboznámenie s témou interpretácie a informovanie o zraniteľných prírodných oblastiach a biotopoch.

Značkári, ľudia vykonávajúci značenie a vytyčovanie turistických a náučných chodníkov a cyklotrás v teréne, absolvujú školenia v Klube slovenských turistov a ovládajú tak všetky metodické pravidlá budovania bezpečných trás. Zároveň poznajú štátnu normu STN 01 8025 – Turistické značenie, ktorá sa využíva aj pri značení náučných chodníkov.

Značka náučného chodníka (obr. 1) predstavuje biely štvorec s rozmermi 100 x 100 mm so zeleným pruhom šírky 30 mm vedeným diagonálne z ľavého horného rohu do pravého dolného rohu značky, čím vzniknú dva biele rovnoramenné trojuholníky. Medzi zeleným pruhom a bielymi trojuholníkmi sú medzery 50 mm. Na jednotlivých zastávkach je táto značka doplnená číslicami oranžovej farby (obr. 1), ktorej výška je 60 mm, šírka 40 mm a hrúbka 8 mm. Spravidla sa umiestňuje priamo na informačnom paneli. Pri výraznejších zmenách priebehu trasy je možné smerovanie zvýrazniť pripojením farbeného hrotu s bielym lemovaním k tvarovej značke. Farebný trojuholníkový hrot šípky má zelenú farbu a priložený je vždy v smere priebehu trasy. Okružné náučné chodníky sa vyznačujú štvorcovou značkou rovnakého tvaru ako líniové, so zeleným kruhom uprostred bieleho poľa.



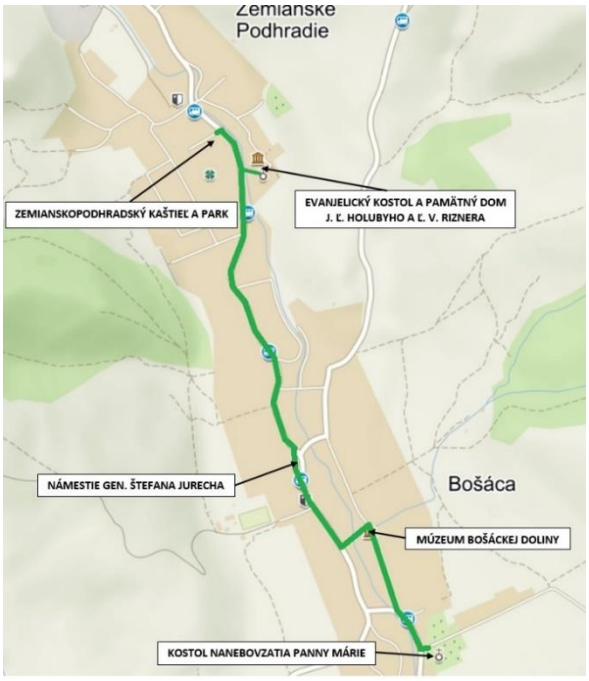
Obr. 1 Značenie náučného chodníka (vľavo) a značenie zastávky náučného chodníka (vpravo)
Zdroj: www.kst.sk

Náučno-informačná tabuľa patrí k základným informačným prvkom náučného chodníka. Pri grafickom návrhu by sa malo dodržiavať niekoľko zásad. Prvá z nich hovorí, že značka náučného chodníka s príslušným číslom sa umiestňuje do ľavého horného rohu. Do pravého horného rohu sa môže umiestniť emblém náučného chodníka alebo iný grafický znak, ktorý sprevádza návštevníka po trase. Názov náučnej tabule sa umiestňuje v hornej časti a má byť najdominantnejším prvkom plochy a malo by ísť o prvú vec, ktorú si návštevník všimne. Text a obrazové prvky (fotografie, kresby, mapky) môžu byť rozmiestnené ľubovoľne po celej ploche, pričom by mal byť ich pomer vyvážený. V spodnej časti majú byť umiestnené rôzne príkazové a zákazové piktogramy [14].

2 Náučný chodník Bošáca – Zemianske Podhradie

Náučný chodník obcami Bošáca – Zemianske Podhradie je plánovaný ako obojsmerný. Návštevník ho môže absolvovať z Bošáce a pokračovať do Zemianskeho Podhradia, alebo si môže ako východiskový bod zvoliť Zemianske Podhradie a pokračovať do Bošáce. Tieto dve obce sme si vybrali z toho dôvodu, že medzi nimi existuje súvislá zástavba, intravilán jednej obce prechádza do intravilánu druhej obce. Pri popise zastávok navrhovanej trasy nášho náučného chodníka postupujeme z Bošáce do Zemianskeho Podhradia.

Náučný chodník je určený predovšetkým ako pešia náučná trasa, ale môže sa absolvovať aj na bicykli (cestná cyklistika). Ide o nenáročnú trasu, s menšími ťažkosťami (obrubníky, prechádzanie cez cestu) ju so sprievodom zvládnu aj ľudia s telesným postihnutím. Náučný chodník je polytematický s kultúrno-historickým zameraním. Má 6 zastávok, všetky opisované objekty sú súčasťou náučného chodníka. Jeho dĺžka je približne 2,4 kilometra a má prevýšenie iba 17 metrov. Odhadovaný čas jeho absolvovania je asi 1 hodina.



Obr. 2 Trasa náučného chodníka
Zdroj: mapy.cz, upravené

2.1 Kostol Nanebovzatia Panny Márie v Bošáci

Na začiatku Bošáce sa nachádza barokový kostol (obr. 2). Na jeho mieste stál ešte pred rokom 1691 drevený kláštor s kaplnkou, ktorý v 11. - 16. storočí patril benediktínom z Panonskej hory (Maďarsko) a neskôr bosým augustínom a pavlínom, z čoho pochádza aj názov obce: bosí mnísi - bosáci. Údajne tu istý čas prebýval sv. Svorad, ktorý neskôr žil v Skalke pri Trenčíne [15]. Základný kameň bol vysvätený v roku 1729 a stavba kostola Nanebovzatia Panny Márie bola dokončená o štyri roky neskôr. Jeho stavbu financoval nitriansky kanonik Mikuláš Príleský [16]. Farský kostol je postavený v neskorobarokovom slohu s prvkami klasicizmu. Má jednu loď a svätyňa má trojboký záver. Veža kostola má helmovité zastrešenie s nadstavenou vežičkou na kopule (laterna). Priestor v lodi kostola vytvárajú vsadené piliere. Na strope je valená lutnová klenba, po bokoch je chórová ochodza a zo severnej strany je nad sakristiou oratórium. Pôvodný oltár namaľoval nitriansky maliar Pauer. Vedľa neho boli sochy sv. Gregora, sv. Viliama, sv. Alžbety a sv. Anny, ktoré boli z neznámych dôvodov odstránené. Súčasný oltár stĺpovej architektúry je tirolská drevorezba z roku 1928. Je bohato zdobený a pozlátený, plastiky sú farebné. Uprostred je maľba Nanebovzatia Panny Márie a po stranách sú sochy sv. Augustína a sv. Mikuláša. Pri bočných oltároch sa nachádzajú sochy sv. Františka z Assisi, sv. Antona Paduánskeho, sv. Jozefa, sv. Jána Nepomuckého, sv. Martina, sv. Panny Márie Šaštínskej – Sedembolestnej a sv. Ignáca z Loyoly, ktorá sa pôvodne nachádzala v kostole v Skalke nad Váhom. Maľba stropu pochádza z roku 1906 a jej autorom je Jozef Hanula. Pozostáva zo štyroch hlavných výjavov, na ktorých je Svätá Trojica, sv. Andrej – Svorad, sv. Benedikt, sv. Vojtech, sv. Augustín, sv. Cyril, sv. Metod, ale aj prvý uhorský kráľ sv. Štefan s rodinou, sv. Ladislav a Panna Mária s Božím dieťaťom.

Kostol sa stal farským až v roku 1778. Vtedajší farár Štefan Trelanday sa presťahoval do pristavenej fary dokončenej v roku 1776. Bol to prízemný objekt z kameňa a pálenej tehly, v roku 1800 bol rozšírený. V roku 1983 bol kostol elektrifikovaný, v roku 2004 bola opravená fasáda a v rokoch 2005 - 2010 prebehla jeho celková rekonštrukcia [17].

V tomto kostole začínal ako kaplán Dr. Karol Kmeťko, jeden zo signatárov martinskej *Deklarácie slovenského národa* v roku 1918. Bol členom poslaneckého zboru Slovenskej národnej rady a poslancom Národného zhromaždenia v rokoch 1918 – 1922. V roku 1920 ho pápež Benedikt XV. vymenoval za biskupa. Počas II. svetovej vojny vystúpil proti rasistickému zákonodarstvu Slovenského štátu a neľudskému zaobchádzaniu so Židmi [18].

Obr. 3 Kostol Nanebovzatia Panny Márie v Bošáci
Zdroj: A. Hladká, 2017

2.2 Múzeum Bošáckej doliny v Bošáci

Vedľa Bošáckej pálenice je Múzeum Bošáckej doliny (obr. 3) skanzenového typu a bolo otvorené na jeseň roku 1996. Bolo zariadené prostredníctvom darov od občanov. Zachytáva kultúrno-historický obraz života v Bošáckej doline na začiatku 20. storočia. Múzeum sa nachádza v pôvodnom sedliackom dome, pozostáva z podúkolia, zariadenej obytnej a hospodárskej časti, stodoly, pivnice a letnej kuchyne. V dome sa nachádza zariadená izba s pôvodným nábytkom, kuchyňa s klasickou murovanou pecou a komora, kde dominujú krosná. V hospodárskej časti je maštaľ pre hovädzí

dobytok a kozy, chliev a kurín. Na dvore je vybudovaný prístrešok z poslednej stojacej stodoly v Bošáci. V tejto stodole je hospodárske zariadenie potrebné na vykonávanie rôznych poľnohospodárskych prác, ako sú vozy, sečkovica či mláťačka. V letnej kuchyni je vystavený kotol na varenie slivkového lekváru. Sú v ňom vystavené aj bošácke kroje, ktoré sú zdobené ručne šitými výšivkami [19]. Bošácky kroj (obr. 4) patrí medzi najkrajšie kroje na Slovensku a má najjemnejšiu výšivku. Mužský odev sa zvyčajne skladal z klobúka, košele, na ktorej bol oblečený *prucel* (vesta), a *gací* (nohavice). Hornú časť ženského kroja tvorili *rukávce* (košieľka), výšivky na nich sa nazývali *prolánky*. Dolná časť pozostávala zo zástery, ktorej výšivky sa nazývali *perá*, *okoloku* (sviatočná sukňa) a *rubáča* (spodná sukňa). Slobodné ženy nosili na hlavách *škróbku*, z ktorej viseli stuhy, kým vydaté mali na hlave tylový ručník. Muži aj ženy si obúvali *štíble* (čižmy). Typickou farbou bošáckeho kroja je modrá [20].

Obr.4 Múzeum Bošáckej doliny v Bošáci
Zdroj: A. Hladká, 2017

2.3 Námestie gen. Štefana Jurecha v Bošáci

Námestie v strede obce nesie meno Štefana Jurecha, rodáka z tejto obce. Narodil sa tu 9. júna 1898. Študoval na gymnáziu v Trenčíne a v Nitre. Počas I. svetovej vojny bojoval v trenčianskom 71. pešom pluku v Rumunsku a Taliansku [21]. Príslušníci tohto pluku sa v júni 1918 vzbúrili v srbskom meste Kragujevac a 44 z nich popravili zastrelením [22]. Počas tejto vojny bojoval vo Francúzsku a pôsobil aj v Budapešti. Po skončení misie bol veliteľom vzdušnej obrany v Trenčíne. V roku 1942, po vypuknutí II. svetovej vojny, bol vymenovaný za veliteľa armády Slovenského štátu na východnom fronte, ale nemecká polícia ho podozrievala zo spolupráce so sovietskymi veliteľmi. Nadviazal kontakt s Jánom Golianom. Štefan Jurech bol navrhnutý za veliteľa Slovenského národného povstania, ale tento návrh nebol prijatý. Po vypuknutý Slovenského národného povstania bol zajatý nemeckými jednotkami a 4. februára 1945 bol popravený v tábore Flossenburg pri Berlíne. Dnes sa na námestí nachádza jeho busta (obr. 4) [23].

Obr. 5 Bošácky kroj (vľavo) a busta gen. Štefana Jurecha (vpravo) na námestí v Bošáci
Zdroj: Bradáč, 2013; A. Hladká, 2017

2.4 Evanjelický kostol v Zemianskom Podhradí

Evanjelický kostol v Zemianskom Podhradí (obr. 6) bol postavený z iniciatívy barónky Estery Príleskej, ktorá je aj autorkou návrhu. V roku 1782 zorganizovala zbierku na stavbu kostola. Stavať sa začalo na jar o tri roky neskôr, dovtedy sa bohoslužby konali v kaštieli. Pre finančné problémy bola stavba dokončená až v roku 1801. Kostol bol postavený v súlade s *Tolerančným patentom* z roku 1781. Bol postavený na mieste, kde sa nachádzal močiar. Základy boli postavené na drevených koloch nabitých do pôdy a kostol nemá vežu. Nachádza sa na neúrodnej pôde na kraji obce a má štvoro dverí orientovaných podľa svetových strán, ale ani jedni nie sú hlavné [24]. Kostol bol postavený v ranoempírovom slohu. Stavba má oválny pôdorys s rozmermi 12 x 14 metrov. Strecha má zvláštnu väzbu a spočíva na dvanástich murovaných pilieroch, ktoré tvoria výrazný obvodový portikus. Manzardová strecha je ukončená ihlanovým zakončením a kryje kopulu. V podstreší je zvon z roku 1821 [25]. V jednom ohnisku elipsy kostola je umiestený organ a v druhom oltár, ktorý navrhol tretí manžel Estery Príleskej Ignác Granzenstein [26]. Výjav, ktorý bol namaľovaný v roku 1784, zachytáva neveriaceho Tomáša. Medzi najznámejších farárov pôsobiacich v Zemianskom Podhradí patril Jozef Ľudovít Holuby či Samuel Štúr. Jeho brat Ľudovít Štúr sa ukrýval na povale kostola pred zatykačom a organizoval odtiaľ povstanie slovenských dobrovoľníkov [27]. Empírový kostol v Zemianskom Podhradí patrí do ochrany štátnej pamiatkovej starostlivosti a je architektonicky výnimočný pre svoj tvar, jemu podobný sa nachádza v nemeckom meste Cynzendorf [28].

2.5 Pamätný dom J. Ľ. Holubyho a Ľ. V. Riznera

Vedľa kostola sa nachádza budova evanjelickej fary postavenej v rokoch 1784 – 1785, na ktorej pôsobilo mnoho významných osobností Slovenska. Prvým

farárom po dostavaní kostola bol autor poézie a piesní Žigmund Paulíny. Na tejto fare sa narodil aj Ladislav Paulíny, strýko Viliama Paulínyho – Tótha. Ako prvý začal v kostole kázať v slovenskom jazyku Samuel Štúr, ktorý je pochovaný na miestnom cintoríne. Najvýznamnejším farárom bol Jozef Ľudovít Holuby, ktorý botanicky preštudoval Bošácku dolinu. Na fare sa narodil jeho syn Cyril, ktorý bol správcom a inšpektorom kúpeľov v Luhačoviciach a po vzniku Československa správca kúpeľov v Tatrách. Na budove sú umiestnené pamätné tabule Ladislava Paulinyho, Jozefa Ľudovíta Holubyho a jeho syna Cyrila. V súčasnosti je tu zriadený Pamätný dom J. Ľ. Holubyho a Ľ. V. Riznera.

Pamätný dom J. Ľ. Holubyho a Ľ. V. Riznera (obr. 5), ako literárno-historické múzeum, bol otvorený v októbri roku 1994 v priestoroch bývalej evanjelickej fary v Zemianskom Podhradí. V rokoch 1861 - 1909 pôsobil na fare spomínaný prírodovedec, historik, archeológ a národopisec Jozef Ľudovít Holuby. V Zemianskom Podhradí sa narodil a prežil celý svoj život prvý slovenský bibliograf Ľudovít Vladimír Rizner, ktorý v tejto obci pôsobil ako učiteľ. Bol spracovateľom diela *Bibliografia písomníctva slovenského do roku 1900*, ktoré vyšlo až v roku 1930. Obsahuje viac ako 50 000 titulov zo Slovenska a o Slovensku od najstarších čias do roku 1900. Popri týchto osobnostiach sú vystavené materiály aj o Pavlovi Doležalovi, Ladislavovi Paulínym, Samuelovi Štúrovi, rodine Ostrolúckých a iných osobností z Bošáckej doliny [29].

Obr. 6 Pamätný dom J. Ľ. Holubyho a Ľ. V. Riznera (vľavo) a evanjelický kostol (vpravo) v Zemianskom Podhradí
Zdroj: A. Hladká, 2017

2.6 Zemianskopodhradský kaštieľ a park

Vedľa kostola a fary sa v Zemianskom Podhradí nachádza klasicistický kaštieľ (obr. 7). Na mieste súčasnej stavby stál renesančný dvojvežový kaštieľ zo začiatku 17. storočia. V prvej polovici 18. storočia vyhorel a prešlo ďalšie storočie, kým bol prestavaný v klasicistickom slohu. Pôvodne patril šľachtickej rodine Podhradských, neskôr rodine Príleských a od roku 1801 rodine Ostrolúckých. V tomto kaštieli sa stretávala Adela Ostrolúcká s Ľudovítom Štúrom, ktorý sem chodil navštevovať svojho brata a zemianskopodhradského kaplána Samuela Štúra. Práve v tomto kaštieli je situovaný dej príbehu *Jar Adely Ostrolúckej* od Ľuda Zúbeka. Od roku 1952 je v priestoroch kaštieľa zriadený domov sociálnych služieb a nie je prístupný verejnosti [30]. Kaštieľ je dvojkrídlová dvojpodlažná budova s iónskym stĺporadím na čelnej fasáde a dvoma hranolovými vežami na nárožiach. Stavba má dva trakty, pričom do všetkých miestností je prístup z okružnej chodby [31].

Park, ktorý patrí ku kaštieľu, bol založený na začiatku 18. storočia Pavlom Príleským, vtedajším majiteľom kaštieľa, a bol budovaný v niekoľkých etapách. V parku boli vysadené najmä cudzokrajné rastliny ako niekoľko druhov cédrov, orechov, duly, mandle, popínavé a ťahavé dreviny, granátové jablká, olivovník, ale aj marhule, moruše, oskoruše, agát, rozmarín, lieskovce [32]. Zemianskopodhradský park bol v roku 1985 vyhlásený za chránený areál, ale jeho ochrana bola zrušená v roku 2009. Výmera chráneného areálu bola 3,23 hektárov [33].

Obr. 7: Kaštieľ v Zemianskom Podhradí
Zdroj: A. Hladká, 2017

3 Výsledky a diskusia

Bošácka dolina, v ktorej sa nachádzajú obce Bošáca a Zemianske Podhradie, svojim prírodným a kultúrno-historickým potenciálom predstavuje územie, ktoré je možné zaradiť do vyučovania geografie a dejepisu. Napriek tomu, ako ukázali výsledky dotazníku [34] realizovanom na Gymnáziu M. R. Štefánika v Novom Meste nad Váhom, žiaci nepoznajú významné pamiatky a osobnosti Bošáce a Zemianskeho Podhradia. Preto sme sa rozhodli nájsť možnosti, ako ich oboznámiť s pozoruhodnosťami tohto územia a jeho zaradením do vyučovania prierezovej témy regionálna výchova. Jednou z možností, ako tento cieľ dosiahnuť, je navrhnutie náučného chodníka. Po preštudovaní dostupnej literatúry o Bošáci a Zemianskom Podhradí, ich internetových stránok, ako aj odbornej literatúry a školských učebníc, sme vybrali najvýznamnejšie pamiatky ako zastávky náučného chodníka. Podľa ISCED je možné zaradiť navrhovaný náučný chodník do

vyučovania geografie miestnej krajiny vo 8. ročníku základných škôl a 3. ročníka gymnázií. Pre vyučovanie dejepisu má vhodné využitie vo 8. a 9. ročníku základných škôl a 2. a 3. ročníku gymnázií.

Záver

Využitie náučného chodníka vo vyučovaní geografie by malo byť neoddeliteľnou súčasťou vyučovania v teréne. Žiaci sú nútení priamo sa zapájať do aktivít, zberu informácií a hľadaní riešení pre úlohy, ktoré im zadá učiteľ. Riešením zadaných úloh sa učia samostatnej, ale aj skupinovej práci, počas ktorej rozvíjajú schopnosť komunikácie a kooperácie. Náučný chodník ako nehmotný didaktický prostriedok predstavuje vhodný, a pre žiakov aj pútavejší spôsob sprostredkovania učiva z prierezovej témy regionálna výchova a vyučovania geografie a histórie miestneho regiónu. Žiaci majú možnosť pozorovať objekty, javy a niekedy aj procesy formujúce krajinu v prirodzenom prostredí a takto získané poznatky sa stávajú trvácnejšími. Náučný chodník prispieva k opakovaniu a prehlbovaniu nadobudnutých vedomostí z rôznych vyučovacích predmetov (napr. geografia, dejepis, biológia, občianska výchova). Zároveň sa majú žiaci možnosť naučiť viac o spôsobe ochrany prírody a kultúrnych pamiatok [35].

Nami navrhovaná trasa náučného chodníka Bošácou a Zemianskym Podhradím vedie popri najvýznamnejších pamiatkach týchto obcí. Je zameraná na kultúrne zaujímavosti a históriu oboch obcí. Z tohto dôvodu je možné zaradiť náučný chodník do vyučovania dejepisu pre 8. a 9. ročník základných škôl a pre 2. a 3. ročník gymnázií, v ktorých sa vyučujú dejiny 19. a 20. storočia. Vyučovanie geografie Slovenska, ako aj geografie miestnej krajiny, je tematicky zaradené vo 8. ročníku základných škôl a v 3. ročníku gymnázií.

Poďakovanie

Poďakovanie patrí PaedDr. Danielovi Bradáčovi a RNDr. Lucii Petrikovičovej, PhD. za ich odbornú pomoc, trpezlivosť a podporu pri tvorbe tohto príspevku.

Použitá literatúra

[1] Bradáč D. (2013) Bošácka dolina na historickej fotografii. 1. vyd. Bošáca : Obec Bošáca, p. 6

[2] Hulínková M. Program hospodárskeho a sociálneho rozvoja obce Bošáca na roku 2011 – 2013 s výhľadom do roku 2018, p. 9, dostupné na: https://www.bosaca.sk/images/stories/dokumenty/PHSRBOSACA.pdf

[3] Ochodnický, D., Dzurák, P. (1996) Bošácka dolina. 1. vyd. Bošáca : Obecný úrad a Miestny Odbor Matice Slovenskej v Bošáci, p. 8

[4] Hulínková M. Program hospodárskeho a sociálneho rozvoja obce Bošáca na roku 2011 – 2013 s výhľadom do roku 2018, p. 9, dostupné na: https://www.bosaca.sk/images/stories/dokumenty/PHSRBOSACA.pdf

[5] Počet obyvateľov podľa pohlavia – obce [9. 3. 2020] http://datacube.statistics.sk/#!/view/sk/VBD_DEM/om7101rr/v_om7101rr_00_00_00_sk

[6] Program hospodárskeho a sociálneho rozvoja obce Zemianske Podhradie – programové obdobie 2015 – 2024, p. 14, dostupné na: https://www.zemianske-podhradie.sk/samosprava/zverejnovanie/vseobecne-dokumenty/

[7] Počet obyvateľov podľa pohlavia – obce [9. 3. 2020] http://datacube.statistics.sk/#!/view/sk/VBD_DEM/om7101rr/v_om7101rr_00_00_00_sk

[8] Bošácka dolina - rodisko bošáckej slivovice [9. 3. 2020] http://www.visittrencin.sk/objekt/bosacka-dolina-rodisko-bosackej-slivovice

[9] Pachinger P. a kol. (2016) Náučný chodník – príprava, realizácia, starostlivosť. 1. vyd. Banská Bystrica : Slovenská agentúra životného prostredia, p. 7, dostupné na: http://naucnechodniky.eu/wp-content/uploads/2019/05/metodicka_prirucka_naucne_chodniky_sazp_2016_web.pdf

[10] Pachinger P. a kol. (2016) Náučný chodník – príprava, realizácia, starostlivosť. 1. vyd. Banská Bystrica : Slovenská agentúra životného prostredia, p. 9, dostupné na: http://naucnechodniky.eu/wp-content/uploads/2019/05/metodicka_prirucka_naucne_chodniky_sazp_2016_web.pdf

[11] Gebhard a kol. (2006) Plánovanie chodníkov – príručka pre prípravu a interpretačných chodníkov, p. 10, https://www.oete.de/images/dokumente/projekt_napant/ETE_2006_Trail_Planning_Guide_sk.pdf

[12] Pachinger P. a kol. (2016) Náučný chodník – príprava, realizácia, starostlivosť. 1. vyd. Banská Bystrica : Slovenská agentúra životného prostredia, p. 11, : http://naucnechodniky.eu/wp-content/uploads/2019/05/metodicka_prirucka_naucne_chodniky_sazp_2016_web.pdf

[13] Pachinger P. a kol. (2016) Náučný chodník – príprava, realizácia, starostlivosť. 1. vyd. Banská Bystrica : Slovenská agentúra životného prostredia, p. 13, dostupné na: http://naucnechodniky.eu/wp-content/uploads/2019/05/metodicka_prirucka_naucne_chodniky_sazp_2016_web.pdf

[14] Pachinger P. a kol. (2016) Náučný chodník – príprava, realizácia, starostlivosť. 1. vyd. Banská Bystrica : Slovenská agentúra životného prostredia, p. 15, dostupné na: http://naucnechodniky.eu/wp-

content/uploads/2019/05/metodicka_prirucka_naucne_chodniky_sazp_2016_web.pdf
[15] O farnosti [10. 3. 2020] http://www.bosaca.fara.sk/?page_id=2
[16] Ochodnický, D., Dzurák, P. (1996) Bošácka dolina. 1. vyd. Bošáca : Obecný úrad a Miestny Odbor Matice Slovenskej v Bošáci, p. 26
[17] O farnosti [10. 3. 2020] http://www.bosaca.fara.sk/?page_id=2
[18] Bradáč D. (2013) Bošácka dolina na historickej fotografii. 1. vyd. Bošáca : Obec Bošáca, p. 40
[19] Múzeum Bošáckej doliny [10. 3. 2020] https://www.bosaca.sk/nasa-obec/pamiatky-a-zaujimavosti/282-muzeum-bosackej-doliny
[20] Bradáč D. (2013) Bošácka dolina na historickej fotografii. 1. vyd. Bošáca : Obec Bošáca, p. 111
[21] Generál Štefan Jurech [10. 3. 2020] https://www.bosaca.sk/nasa-obec/osobnosti-obce/275-general-tefan-jurech
[22] Hronský, M. (1988) Vzbura slovenských vojakov v Kragujevaci, 2. vyd., Martin : Vydavateľstvo Osveta, p. 118
[23] Generál Štefan Jurech [10. 3. 2020] https://www.bosaca.sk/nasa-obec/osobnosti-obce/275-general-tefan-jurech
[24] Bradáč D. (2013) Bošácka dolina na historickej fotografii. 1. vyd. Bošáca : Obec Bošáca, p. 129
[25] Ochodnický, D., Dzurák, P. (1996) Bošácka dolina. 1. vyd. Bošáca : Obecný úrad a Miestny Odbor Matice Slovenskej v Bošáci, p. 30
[26] Zemianske Podhradie – info [10. 3. 2020] http://www.spsnmnv.sk/prace/nmnv/html/zemianske.htm
[27] Bradáč D. (2013) Bošácka dolina na historickej fotografii. 1. vyd. Bošáca : Obec Bošáca, p. 129
[28] Ochodnický, D., Dzurák, P. (1996) Bošácka dolina. 1. vyd. Bošáca : Obecný úrad a Miestny Odbor Matice Slovenskej v Bošáci, p. 29
[29] Pamätný dom Jozefa Ľ. Holubyho a Ľudovíta Riznera – Zemianske Podhradie [10. 3. 2020] http://www.skrz.sk/pamatny-dom-jozefa-l-holubyho-a-ludovita-riznera---zemianske-podhradie--a13-383-0-0-0-0-sk.htm
[30] Domov sociálnych služieb – Zemianske Podhradie [10. 3. 2020] http://www.csspodhradie.sk/o-nas/historia-zariadenia.html?page_id=2187
[31] Kaštieľ [10. 3. 2020] https://www.zemianske-podhradie.sk/obec-2/pamiatky/kastiel-12sk.html
[32] Kaštieľ Príleských a Ostroluckých v Zemianskom Podhradí [10. 3. 2020] http://www.spsnmnv.sk/prace/nmnv/html/zemianske.htm#kastiel
[33] Zrušenie ochrany chránených areálov Adamovs-kokochanovský park, Kočovský park, Lipový sad, Záblatský park a Zemianskopodhradský park a prírodných pamiatok Havránovský potok a Na vŕšku [10. 3. 2020] dostupné na: https://www.minv.sk/%3Fciastka-7-vydana-26
[34] Hladká, A. (2018) Študentská vedecká konferencia 2018, Študentská vedecká konferencia – 2018 – zborník recenzovaných prác, Nitra, SR, p. 353
[35] Náučné chodníky pre školy [13. 3. 2020] naucnechodniky.eu/pre-skoly

Experimenty s netradičným meraním z tematickej oblasti Periodické deje

Experiments with the unconventional measurement from the topic Periodic Processes

Vladislav Pavlús
Školiteľ: Martin Hruška
Katedra fyziky, FPV UMB, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica,
Katedra fyziky, FPV UMB, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica
[1] vpavlus@studenti.umb.sk,[2] Martin.Hruska@umb.sk

Abstrakt
Príspevok prezentuje niekoľko experimentov s netradičným meraním z tematickej oblasti Periodické deje (ISCED 3A).
Uvedené experimenty sú vhodné na realizáciu žiackych bádateľských aktivít a preto boli spracované formou žiackych pracovných listov a metodických listov pre učiteľa. Všetky prezentované experimenty je možné realizovať s pomocou vreckového digitálneho osciloskopu DSO 150 doplneného vhodnými analógovými senzormi a ďalšími perifériami. Kombinácia jednoduchého digitálneho osciloskopu a vhodných analógových senzorov umožňuje operatívne zisťovať základné charakteristiky meraných priebehov, ako sú amplitúda, perióda a frekvencia, čo predstavuje podstatnú výhodu z časového hľadiska, ako aj z hľadiska finančnej náročnosti. Niektoré prezentované experimenty je možné realizovať nielen s využitím digitálneho osciloskopu, ale aj napríklad s podporou počítača.

Kľúčové slová: miniatúrny digitálny osciloskop, bádateľsky orientované vyučovanie, periodické deje, žiacke pracovné listy, metodické listy pre učiteľa.

Abstract
The paper presents several experimental activities with the unconventional measurement suitable to the topic of Periodic processes (ISCED 3A). These experiments are suitable for the realization of pupil exploring and therefore they are processed in the form of a Student's Guide and Teacher's Guide. All presented experiments can be realized with the help of the handheld digital oscilloscope DSO 150 supplemented with suitable analogue sensors and other peripherals. The combination of a simple digital oscilloscope and suitable analogue sensors makes it possible to readily detect the basic characteristics of the measured waveforms such as amplitude, period and frequency, which represents a significant advantage in terms of time and cost. Several presented experiments can be realized not only with the use of a digital oscilloscope but also with the support of a computer.

Key Words: handheld digital oscilloscope, inquiry-based science education, Periodic processes, Student's guide, Teacher's guide.

Úvod

V rámci vyučovania fyziky a ďalších prírodovedných predmetov sa kladie veľký dôraz na využívanie experimentov. Experiment je jednou z metód skúmania okolitého sveta a je nevyhnutný pre získavanie informácii o javoch, alebo dejoch prebiehajúcich okolo nás.

Na Slovensku sa v prírodovednom vzdelávaní začína hovoriť o bádateľskom prístupe orientovanom aj na experiment hlavne od začiatku školskej reformy z roku 2008.

Bádateľsky orientované vzdelávanie je podľa dokumentov školskej reformy vnímané ako efektívny prístup k výučbe a učeniu prírodných vied. Žiaci sú pri takomto vyučovaní zapájaní do rôznych bádateľských aktivít [1].

S požiadavkou presadzovania bádateľského prístupu vo vyučovaní úzko korešpondujú aj ciele predmetu fyzika v rámci inovovaného ŠVP, ktoré sú (v oblasti prírodovedeckého bádania) zamerané na formuláciu otázky, hypotézy, naplánovanie experimentu, testovanie hypotézy a vyhodnotenie experimentu [2].

Pri bádaní vykonávajú žiaci také činnosti, pri ktorých získavajú poznatky systematicky podobne ako vedci, čo je v súlade s konštruktivistickým prístupom. Žiak si pri bádaní skonštruuje poznatky na základe svojej práce. Bádateľská konštruktivistická aktivita začína uvedením

do problematiky, hľadaním a formulovaním otázok. V ďalšom kroku sa žiaci zamýšľajú nad riešením a formulujú hypotézy. Potom nastáva samotný experiment, kde žiaci skúmajú dopredu formulovanú problematiku. Následne dáta analyzujú, vyhodnocujú získané informácie a vyvodia záver. Významnú úlohu zohráva prezentácia výsledkov. Na záver majú žiaci za úlohu aplikovať poznatky na nové situácie.

V súvislosti s bádateľským spôsobom vyučovania sa mení aj úloha učiteľa zo sprostredkovateľa poznatkov na zasväteného sprievodcu, ktorý vedie žiaka podobným spôsobom, ako pri reálnom výskume [3].

Významnú úlohu v procese bádania zohráva aktivita žiaka. Aktívna participácia žiaka na vyučovaní zvyšuje úspech a motiváciu žiaka. Nejedná sa však o presadzovanie stále tých istých metód, ale o využívanie rozličných aktivít. Cieľom je motivovať žiaka k aktívnej činnosti a zvýšiť jeho záujem o prírodné vedy [1].

V nasledujúcej časti príspevku sa budeme venovať experimentom s netradičným meraním z tematického celku Periodické deje. V krátkosti si predstavíme jednotlivé experimenty a vysvetlíme, v čom sa odlišujú od bežných školských experimentov.

1 Experimenty s netradičným meraním

Tematický celok Periodické deje je v rámci štátneho vzdelávacieho programu dotovaný 15-timi vyučovacími hodinami. Obsahovou náplňou tohto celku sú aj vlastnosti zvuku, Dopplerov jav, vlastnosti kyvadla a kmitanie. Pri vyučovaní tém z celku periodické deje má učiteľ k dispozícii portfólio experimentov tradičného charakteru, ako napr. znázornenie druhov vlnenia pomocou pružiny, kmitanie závažia na pružine, kmitanie matematického kyvadla a pod. Taktiež je možné napr. na meranie vlastností zvuku využiť niektoré komerčné školské meracie systémy s podporou počítača, ako je Coach alebo Vernier.

Prezentované experimenty boli realizované pomocou experimentálnej zostavy, ktorej hlavnou súčasťou je vreckový digitálny osciloskop DSO 150. Ide o jednokanálové 12 bitové zariadenie slúžiace na zobrazenie priebehu elektrického napätia v čase, ktoré umožňuje zaznamenať priebehy do frekvencie 200 kHz. Osciloskop v reálnom čase vyhodnocuje periódu, frekvenciu a amplitúdu meraného signálu, čo významne prispieva k úspore času pri realizácii meraní.

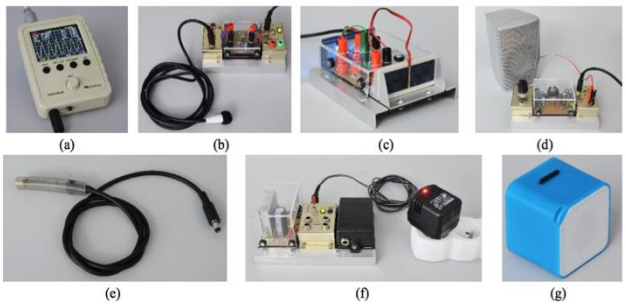
Okrem vreckového digitálneho osciloskopu DSO 150 je experimentálna zostava doplnená vhodnými perifériami, ako sú cievka (12 000 závitov), elektretový mikrofón s predzosilňovačom (Obr.1b), svetelná závora zložená z fotočlánku a laserového modulu (Obr.1c) a miniatúrny MP3 prehrávač (Obr.1g).

Využitie takejto experimentálnej zostavy umožňuje realizovať žiacke experimentálne aktivity s menej tradičnými metódami merania, ale aj niektoré netradičné experimenty. Zároveň je – vzhľadom k jednoduchosti použitia – vhodná na vlastnú bádateľskú činnosť žiakov.

1.1 Meranie obvodovej rýchlosti kolesa s využitím Dopplerovho javu

Experimentálna zostava je zložená z osciloskopu (Obr.1a), kolesa od bicykla, miniatúrneho MP3 prehrávača (Obr.1g), elektretového mikrofónu a predzosilňovača (Obr.1b).

Na koleso pomocou gumičiek pripevníme MP3 prehrávač. V smere pohybu prehrávača pri otáčaní kolesa upevníme na laboratórnom stojane elektretový mikrofón, ktorý je cez predzosilňovač pripojený na osciloskop. Na prehrávači spustíme vybraný signál so stálou frekvenciou a zmeriame základnú frekvenciu,



Obr.1 Experimentálna zostava: (a) - osciloskop DSO 150, (b) - elektretový mikrofón, (c) - fotočlánok s predzosilňovačom, (d) - zosilňovač s reproduktorom, (e) - laserový modul, (f) - zdroj el. napätia, (g) - mini MP3 prehrávač

Zdroj: [6]

keď je koleso v pokoji. Koleso roztočíme tak, aby reproduktor prehrávača bol nasmerovaný na mikrón. Z nameraných priebehov určíme zmeny frekvencie, ktoré zaznamenávame do tabuľky.

Alternatívou vyššie uvedeného merania je možnosť určiť obvodovú rýchlosť kolesa pomocou magnetu a cievky, s využitím javu elektromagnetickej indukcie. V tom prípade nameriame periodické zmeny indukovaného napätia v závislosti od vzájomného pohybu magnetu upevneného na kolese voči cievke.

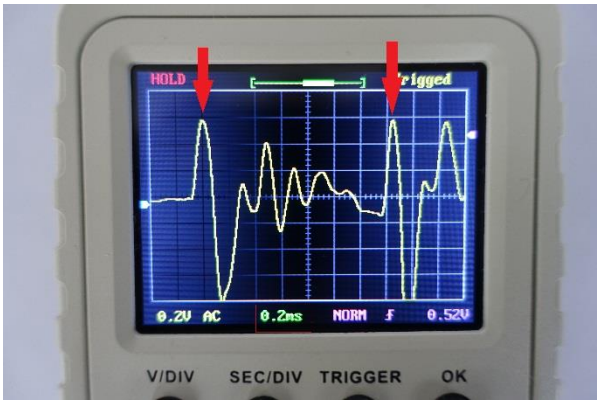
Experimentálnu zostavu je vhodné využiť aj na určenie rýchlosti iných telies, ako napr. závažia uchyteného na pružine.

1.2 Meranie rýchlosti zvuku pomocou kuchynskej rolky

Experiment umožňuje určiť rýchlosť zvuku, ktorý sa šíri v uzavretom priestore a odráža sa od pevnej prekážky. V súčasnosti sa zvyčajne realizuje s podporou počítača a s pomocou 1 m až 1,5 m plastovej alebo papierovej trubice [4].

Vďaka využitiu miniatúrneho MP3 prehrávača, na ktorého SD kartu sme nahrali MP3 súbor obsahujúci veľmi krátke zvukové impulzy, ktoré sa opakujú v pravidelných intervaloch, asi 0,2 s, bolo možné skrátiť dĺžku trubice na cca 20 cm. Zároveň sme na detekciu odrazeného zvuku použili digitálny osciloskop s mikrofónom ako vstupným senzorom.

Experiment je časovo aj priestorovo nenáročný a žiaci ho môžu vykonať samostatne, alebo v skupinách priamo na lavici. Použitie osciloskopu na meranie umožňuje jednoduché odčítanie hodnoty vzdialenosti maxím alebo miním zvukového priebehu (ich vzdialenosť zodpovedá času, za ktorý zvuk prejde od zdroja k podložke a naspäť k mikrofónu). Rýchlosť zvuku určíme ako podiel dvojnásobku dĺžky rolky a časového rozdielu medzi maximami alebo minimami (Obr.2).



Obr.2 Displej osciloskopu pri meraní rýchlosti zvuku (červené šípky označujú maximá nameraného signálu)
Zdroj: Autor

1.3 Meranie tiažového zrýchlenia pomocou matematického kyvadla

Experiment umožňuje určiť tiažové zrýchlenie s využitím matematického kyvadla. Žiaci bežne pri meraní tiažového zrýchlenia určujú dobu kyvu pomocou stopiek.

Dobu kyvu matematického kyvadla je však možné veľmi presne určiť s využitím svetelnej závory tvorenej fotočlánkom so zosilňovačom (Obr.1c) a laserovým modulom (Obr.1e). Keď je laserový lúč prerušovaný závesom matematického kyvadla počas jeho periodického pohybu, na fotočlánku dochádza ku zmenám napätia. Tie je možné zaznamenať napríklad pomocou osciloskopu. Keďže osciloskop zobrazí priamo hodnotu doby kyvu kyvadla, výrazne to skráti čas potrebný na meranie. Zároveň sa minimalizuje chyba vznikajúca pri práci so stopkami a zvýši sa presnosť merania.

1.4 Meranie hmotnosti telesa pomocou pružinového oscilátora

Cieľom experimentu je určiť zotrvačnú hmotnosť závažia pomocou známej hodnoty tuhosti pružiny. Pri meraní sa využíva okrem spomínaného osciloskopu aj cievka.

Na pružinu zavesíme závažie s magnetom a pravítkom určíme polohu závažia. Pridáme ďalšie závažie a odmeriame jeho polohu. Rozdielom hodnoty polôh určíme predĺženie pružiny. S pomocou predĺženia pružiny vyrátame tuhosť pružiny. Následne zvesíme závažie s magnetom, na pružinu zavesíme závažie s neznámou hmotnosťou a až naňho zavesíme závažie s magnetom. Závažia vychýlime z rovnovážnej polohy a necháme kmitať nad cievkou, ktorá je pripojená na osciloskop.

Pri meraní sa uplatňuje jav elektromagnetickej indukcie, keďže periodická zmena indukovaného napätia vyvolaná pohybom závažia stredom cievky bude zaznamenávaná osciloskopom, ktorý zobrazí hodnotu periódy. Podobne ako v predchádzajúcom experimente je priame zobrazenie periódy menej časovo náročné.

V nasledujúcich častiach príspevku sa podrobnejšie venujeme popisu štruktúry pripravených žiackych pracovných listov, ako aj metodických listov pre učiteľa.

2 Štruktúra žiackych pracovných listov

Pri tvorbe žiackych pracovných listov a metodických listov pre učiteľa sme sa inšpirovali štruktúrou inovatívnych metodík, ktoré v súčasnosti vznikajú v rámci národného projektu IT Akadémia. Tieto inovatívne metodiky sú dostupné na stránkach projektu [5].

Prvou časťou žiackeho pracovného listu je úvod (Obr.3), ktorý obsahuje zaujímavé informácie

súvisiace s témou experimentu. Uvádza žiakov do problematiky a načrtne, s akými pojmami a javmi sa žiak oboznámi.

Nasledujúcou časťou žiackeho pracovného listu je cieľ merania, kde je uvedené, čo presne má žiak v rámci aktivity zrealizovať.

Nasleduje diskusia, ktorá je prioritne zameraná na

Meno:_____ Dátum:_____ Trieda:_____

Pracovný list: Rýchlosť zvuku

Úvod

- Na festivaloch, hudobných koncertoch, či iných hudobných vystúpeniach si aj človek vzdialený od pódia niekoľko desiatok metrov môže vypočuť kvalitnú hudbu tak, akoby stál priamo pod pódiom. Vďačiť za to môže zvukárom, ktorí musia pri príprave hudobného vystúpenia myslieť okrem mnohých iných faktorov aj na to, že zvuku trvá nejaký čas, kým sa dostane do ľudského ucha. Zvuk sa totiž pohybuje istou rýchlosťou, ktorá závisí od prostredia.
- V tejto úlohe sa oboznámite so šírením zvuku a zmeriate jeho rýchlosť v rozličných podmienkach.
- V tejto úlohe sa pokúsite s využitím jednoduchých pomôcok zmerať rýchlosť zvuku. Najskôr však skúste odpovedať na nasledujúce otázky:

  Čo je to zvuk? Akou rýchlosťou sa zvuk šíri? Od čoho závisí rýchlosť zvuku? Akou rýchlosťou by sa zvuk šíril na festivale „Pohoda" pri 30 °C a akou na hokejovom štadióne pri 13 °C?

  Diskutujte svoje odpovede s učiteľom.

Cieľ merania:

- zmerať rýchlosť zvuku pri izbovej teplote
- zmerať rýchlosť zvuku pri vyššej teplote

Diskusia:

Diskutujte o zvuku a jeho vlastnostiach, prezentujte svoje hypotézy o tom, ako sa zmení rýchlosť zvuku s meniacou sa teplotou. Svoje tvrdenia zdôvodnite!

Hypotéza:

Obr. 3 Úvodná strana žiackeho pracovného listu
Zdroj: Autor

formuláciu hypotézy. Žiaci majú nielen napísať, ako podľa nich experiment dopadne, ale majú to aj zdôvodniť. Ak je žiacka hypotéza správna, žiak si ju potvrdí výsledkom merania. Ak hypotéza nie je správna, žiak si ju môže ľahko porovnať s výsledkom merania a uvedomiť si, kde vo svojich predpokladoch spravil chybu. Z toho dôvodu je táto časť pracovného listu veľmi dôležitá.

Postup merania (Obr.4) sa zameriava na nastavenie experimentálnej zostavy, najmä na konfiguráciu osciloskopu, aby žiaci vedeli správne namerať

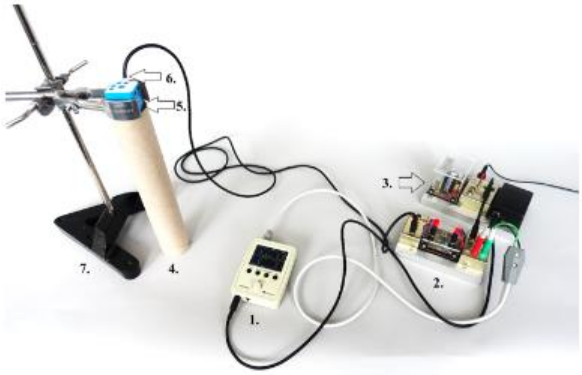
Postup merania:

1. **Meranie rýchlosti zvuku pri izbovej teplote**

Zostavíme aparatúru podľa obr.1.

Na toto meranie budú študenti potrebovať:

- Osciloskop DSO 150 (1)
- Predzosilňovač (2)
- Stabilizovaný zdroj (9V) (3)
- Rolku od kuchynských utierok (4)
- Miniatúrny reproduktor (5)
- Elektretový mikrofón (6)
- Stojan (7)
- Dĺžkové meradlo
- Fén



Obr. 1 Zostavenie aparatúry pri meraní rýchlosti zvuku

Dbáme o to, aby reproduktor bol približne na úrovni konca papierovej rolky, aby sa zvuk šíril do vnútra rolky. Rolku si odmeriame dĺžkovým meradlom. Mikrofón spolu

Obr.4 Postup merania v žiackom pracovnom liste
Zdroj: Autor

Meranie

Navrhnite vzťah pre výpočet rýchlosti zvuku, keď sa zvuk pohybuje rovnomerným pohybom.

Na osciloskope nastavíme hodnotu amplitúdy: 0,2 V a časovú základňu: 0,2 ms. Skryjeme veličiny zobrazujúce sa na obrazovke osciloskopu. Zapneme mp3 prehrávač a sledujeme signál na obrazovke. Pre určenie času, za ktorý sa signál vráti do mikrofónu, je potrebné určiť amplitúdu signálu, napr. pomocou dvoch susedných maxím, alebo miním..

Zastavíme signál na obrazovke. Odčítame z obrazovky koľko dielikov sa nachádza napr. medzi dvoma maximami alebo minimami.

Pričom hodnota jedného dielika je 0,2 ms. Tým určíme, koľko času prešlo od vyslania signálu až po jeho zachytenie. Na základe času a dráhy, ktorú zvuk prešiel vypočítame rýchlosť zvuku.

Obr.5 Časť meranie v žiackom pracovnom liste
Zdroj: Autor

požadovanú fyzikálnu veličinu. Ďalej sa v postupe merania nachádzajú tabuľky (Obr.6), do ktorých žiaci

zapisujú namerané hodnoty. Priestor pre výsledok merania je oddelený kvôli prehľadnosti od ostatných hodnôt.

Údaje zapíšeme do tabuľky:

Číslo merania	$\frac{dĺžka}{m}$	$\frac{čas}{s}$	$\frac{rýchlosť}{m/s}$
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			
7.			
8.			
9.			
10.			

- Priemerná zistená rýchlosť zvuku je:

Obr.6 Tabuľka na zapisovanie údajov
Zdroj: Autor

Predposlednou časťou pracovného listu je analýza merania. Žiaci analyzujú výsledky experimentu, odpovedajú na otázky, ktoré sa vzťahujú k nameraným dátam a porovnávajú zistené výsledky so svojimi hypotézami.

Pracovné listy obsahujú aj rozširujúce informácie v časti „Súvis so životom, praxou a prírodou“ (Obr.7).

Zaujímavé informácie sú najmä z oblasti biofyziky a techniky. Záver je poslednou časťou každého pracovného listu. Žiaci zhodnotia priebeh experimentu. V rámci bádateľskej koncepcie žiaci vyvodzujú závery, získané poznatky prezentujú a navrhujú alternatívy merania. V tejto časti sa necháva priestor pre žiakov a ich subjektívny názor a pohľad na experiment.

Pri ktorej teplote je rýchlosť zvuku vyššia? Prečo? Porovnajte so svojimi hypotézami z úvodu.

Ako ďaleko sa nachádzate od miesta, kam udrel blesk, ak ste ho počuli 4 sekundy po spozorovaní svetelného záblesku?

Súvis so životom, praxou a prírodou:

Sluch je u človeka jeden zo zmyslov a slúži na vnímanie zvuku. Vyvinul sa z bočnej čiary u rýb, ktoré vnímajú chvenie vodného prostredia. Ľudské ucho je schopné vnímať zvuk s frekvenciou (16 - 20 000) Hz. Zvuk je zachytený ušnicou a nasmerovaný do vonkajšieho zvukovodu. Cez tento zvukovod prejde zvuk až k bubienku, ktorý sa rozkmitá. Dochádza k prenosu energie kmitajúcich molekúl plynu na ušné kostičky: kladivko, nákovka a strmienok, ktoré sa mechanicky rozkmitajú. Tým, že strmienok kmitá, tak prenesie vibrácie na oválne okienko, ktoré oddeľuje endolymfu (tekutina, ktorá vypĺňa blanitý slimák) od vonkajšieho prostredia. Pohybom endolymfy dôjde k podráždeniu receptorov a ku vzniku akčného potenciálu.

Ak má zvuk nízku frekvenciu dôjde k vyrovnaniu tlaku medzi tekutinou a okolitou membránou až keď vlna dosiahne receptory. Pri vysokej frekvencii nastane vyrovnanie tlaku skôr.

Záver

Zhodnoťte výsledky vášho merania. Pokúste sa navrhnúť iný spôsob merania?

Obr.7 Posledná strana žiackeho pracovného listu
Zdroj: Autor

3 Štruktúra metodických listov pre učiteľa

Metodické listy pre učiteľa obsahujú okrem základných informácií potrebných k úspešnej realizácii experimentálnej aktivity vrátane návrhu priebehu aktivity aj ďalšie rozširujúce informácie.

V úvode je učiteľovi predstavená téma pracovného listu zaradená v rámci ŠVP.

Druhá časť metodického listu sa nazýva Priebeh výučby a je rozdelená do štyroch bodov:

- Motivácia
- Zostavenie experimentu
- Meranie
- Vyhodnotenie

V motivačnej časti sú tipy pre učiteľa, akými otázkami alebo informáciami možno uviesť žiakov do problematiky experimentu. Slúži na otvorenie diskusie medzi žiakmi.

V časti zostrojenie experimentu je postup zostavenia z pracovného listu doplnený o presnejšie informácie.

Meranie je analogická časť k postupu merania v žiackom pracovnom liste. Sú tu predstavené vylepšenia, možnosti na spresnenie merania a popísané jednotlivé nastavenia experimentu.

Ďalšou časťou je vyhodnotenie, kde sa kladie dôraz na prezentáciu výsledkov žiakmi. Obsahuje aj vzorové dáta, ktoré slúžia ako kontrola výsledkov.

V závere sa ponecháva priestor na diskusiu medzi učiteľom a žiakmi o chybách, ktoré by mohli ovplyvniť meranie. Učiteľ spolu so žiakmi analyzuje nadobudnuté poznatky. Novo získané vedomosti spájajú s už známymi poznatkami. Žiaci diskutujú svoje návrhy na alternatívne skúmanie daného javu s učiteľom.

4 Výsledky a diskusia

Príspevok prezentuje niekoľko experimentov s netradičným meraním, ktoré sú spracované vo forme žiackych pracovných listov a metodických listov pre učiteľa s využitím experimentálnej zostavy (osciloskop a jeho periférie). Vzhľadom k jeho rozsahu sme nepredstavili všetky pripravené experimenty, ako napríklad meranie kmitov ladičky a meranie kmitov rybárskeho vlasca, pri ktorých sa využíva mechanická modulácia laserového lúča spôsobená odrazom od kmitajúceho predmetu (ladičky) alebo prechodom kmitajúceho predmetu (rybárskeho vlasca) cez lúč lasera [6].

Žiacke pracovné listy sme sa pokúsili navrhnúť tak, aby mali nielen motivačný charakter, ale svojou štruktúrou aj napomohli žiakom k pochopeniu podstaty experimentu, k upevňovaniu získaných vedomostí a prehlbovaniu už známych poznatkov.

Metodické listy obsahujú rozširujúce informácie pre učiteľov potrebné k realizácii experimentov ako žiackych bádateľských aktivít. Tiež obsahujú informácie o možných problémoch pri experimentovaní a ich riešenia. Súčasťou metodických listov sú aj vzorové výsledky namerané v laboratórnych podmienkach.

Záver

Do budúcnosti plánujeme overiť pripravené žiacke pracovné listy aj metodické listy pre učiteľa vo vyučovacom procese, ako aj v rámci aktivít popularizačného charakteru realizovaných na katedre fyziky. Dúfame, že spomínané experimenty sa ukážu ako motivujúce pre žiakov a prispejú tak k zvýšeniu ich záujmu o prírodné vedy a konkrétne o predmet fyzika. Tiež predpokladáme ich začlenenie do vybraného povinne voliteľného, prípadne voliteľného predmetu učiteľského štúdia fyziky.

Zároveň prebieha v rámci projektu Kega realizovaného na KF FPV UMB vývoj prototypov experimentálnych zostáv určených na realizáciu žiackych experimentov z viacerých tematických celkov v rámci ISCED 3A.

Poďakovanie

Príspevok vznikol s podporou projektu KEGA č. 031UMB-4/2018 *Implementácia bádateľsky orientovaného modelu vzdelávania s využitím nových technológií na báze mikrokontrolérov vo vyučovaní fyziky strednej školy.*

Použitá literatúra

[1] Raganová, J., Holec, S., Hruška, M., Spodniaková-Pfefferová, M., Pivarči, T. (2018) *Implementácia bádateľských aktivít do výučby prírodovedných predmetov v podmienkach Slovenského školstva,* Belianum, 125 s. ISBN 978-80-557-1517-9 s.

[2] Štátny pedagogický ústav SR, *Inovovaný štátny vzdelávací program pre gymnáziá so štvorročným a päťročným vzdelávacím programom.* Dostupné na internete: http://www.statpedu.sk/files/articles/dokumenty/inovovany-statny-vzdelavaci-program/fyzika_g_4_5_r.pdf

[3] Kireš, M., Ješková, Z. (2016) *Bádateľské aktivity v prírodovednom vzdelávaní, časť A.* Štátny pedagogický ústav, Bratislava, 128 s. Dostupné na internete: http://www.statpedu.sk/files/articles/nove_dokumenty/ucebnice-metodiky-publikacie/badatelske-aktivity/01cast_a_web .pdf ISBN 978-80-8118-155-9 s.5

[4] Kireš M., Ješková Z. (2016) *Bádateľské aktivity v prírodovednom vzdelávaní časť B*. Štátny pedagogický ústav, Bratislava, 77 s. Dostupné na internete: http://www.statpedu.sk/files/articles/nove_dokumenty/ucebnice-metodiky-publikacie/badatelske-aktivity/02cast_b_fyzika_web.pdf ISBN 978-80-8118-153-5 s.14

[5] IT Akadémia, Pracovný list: "Studené svetlo". Dostupné na internete: https://vzdelavanie.itakademia.sk/course/index.php?categoryid=22&browse=courses&perpage=50&page=0

[6] Hruška, M. *Investigating properties of the periodic motion within school physics*. In *DIDFYZ 2019 : formation of the natural science*

image of the world in the 21st century : AIP conference proceedings, Terchová, 9.-12.10.2019. - 1. vyd. - New York : AIP Publishing, 2019. - ISBN 978-0-7354-1897-4. - ISSN 0094-243X. - S. 030009-1-030009-8.

Moodle online testy zo stredoškolskej chémie

Moodle Quizzes in High School Chemistry

Kristína Masnicová[1] – Vladimíra Pretzová[2] – Miroslav Iliaš[3,4]
[1,2,3]Katedra chémie, FPV UMB, Tajovského 40, 974 01 Banská Bystrica, Slovenská republika
[4]Prievidzská chemická spoločnosť, M. Hodžu 10/16, 971 01 Prievidza, Slovenská republika
[1]Kristina.Masnicova@student.umb.sk, [2]Vladimira.Pretzova@student.umb.sk, [3]Miroslav.Ilias@umb.sk

Abstrakt

V práci popíšeme využitie populárneho e-learningového systému Moodle na precvičovanie stredoškolskej chémie pomocou automaticky vyhodnotiteľných online testov. V rámci otvoreného Moodle kurzu je k dispozícii vyše 750 testových otázok z databázy Katedry chémie FPV UMB, roztriedených na všeobecnú chémiu, anorganickú chémiu, organickú chémiu a biochémiu. V pripravených testoch sa otázky vyberajú náhodne z veľkej množiny, ktorú je možné rozširovať počas bežiacich testov. Pre pripustenie do testov musia riešitelia vyplniť anonymný dotazník, ktorým cielene mapujeme záujem o vysokoškolské štúdium. V práci ešte diskutujeme o vhodných typoch testových otázok, použiteľných pre vzdelávanie z chémie, a zdôrazňujeme aj Moodle aktivitu StudentQuiz pre efektívnu tvorbu testových otázok študentami samotnými.

Kľúčové slová: Moodle, online testy, štúdium chémie

Abstract

In this work we describe the usage of the popular e-learning system Moodle for practicing high school chemistry via automatically evaluable online tests. Within the open Moodle course, more than 750 quiz questions are available from the database of the Department of Chemistry of Matej Bel University, grouped into general chemistry, inorganic chemistry, organic chemistry and biochemistry. In prepared tests, questions are selected at random from a large set that can be expanded during running tests. In order to be admitted to quizzes, students are obliged to fill in an anonymous questionnaire, with which we specifically map the interest in university studies. In our work, we also discuss the appropriate types of test questions that can be used for education in chemistry, and we emphasize the Moodle activity StudentQuiz for the effective creation of quiz questions by students themselves.

Key Words: Moodle, E-learning, Quiz, Chemistry Teaching

Úvod

E-learning je považovaný za modernú podporu výučby pomocou informačných technológií a internetu. V širšom význame možno e-learning zadefinovať [1] [2] ako akúkoľvek formu vzdelávania s asistenciou elektronických médií. V užšej definícii je e-learning webový portál s nainštalovaným softvérom, zameraným na vzdelávacie aktivity.

Jedným z najpopulárnejších a najviac využívaných e-learningových softvérov je Moodle [3] [4] [5] [6] [7] [8] [9]. Moodle je distribuovaný bezplatne ako otvorený softvér. Názov Moodle pôvodne vyjadroval skratku „Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment“, čo vyjadruje modulárne, objektovo orientované prostredie pre online výučbu. Moodle je vyvíjaný medzinárodnou komunitou, pričom o nových návrhoch a vylepšeniach spolu diskutujú vývojári a užívatelia s cieľom vylepšiť a skvalitniť samotný softvér.

Zámerom práce je demonštrovať možnosti Moodle e-learningu pre precvičovanie stredoškolskej chémie, a v okrajovej miere aj pre potreby zvýšenia záujmu o štúdium chémie na našej katedre [10]. Vysvetlíme, aké sú možnosti pre tvorbu testových otázok. Následne všetky tieto poznatky skĺbime v projekte online testov v prostredí Moodle.

1 Moodle e-learning

Prostredie Moodle má na výber z dvoch skupín modulov – zdroje a aktivity.

Zdroje sú najčastejšie študijné materiály vo forme elektronických súborov alebo webových (URL) odkazov. Výhodou statických („nemenných“) zdrojov je že ich študenti majú kedykoľvek k dispozícii a môžu sa k nim opakovane vracať .

Pre virtuálne vzdelávanie pomocou Moodle sú významnejšie aktivity. Pod pojmom aktivity rozumieme také moduly, v ktorých študent musí vykonať nejakú činnosť, „prácu“– napríklad zodpovedať v teste (angl Quiz) otázky, vyplniť dotazník (angl. Questionnaire), vložiť text, súbor so svojou prácou atď. Kľúčovou črtou je číselné vyhodnotenie spätnej väzby (napr. odpovedí,

či obodovania zadanie) študenta, čo pri zdrojoch nie je možné.

K Moodle internetovému portálu s kurzami patrí aj jeho spravovanie administrátorom [11], používateľom s najvyššími právomocami. Hierarchia právomocí „zhora nadol“ je v predefinovaných rolách nasledujúca: tvorca kurzov - manažér, učiteľ s právami upravovať, učiteľ bez práv upravovať, študent, hosť. Moodle poskytuje aj možnosť vytvoriť si vlastné definície rolí a tak prispôsobiť obsah danému publiku. Napr. rola rodič ktorý má možnosť zobraziť známky konkrétneho žiaka [12].

1.1 Banka otázok

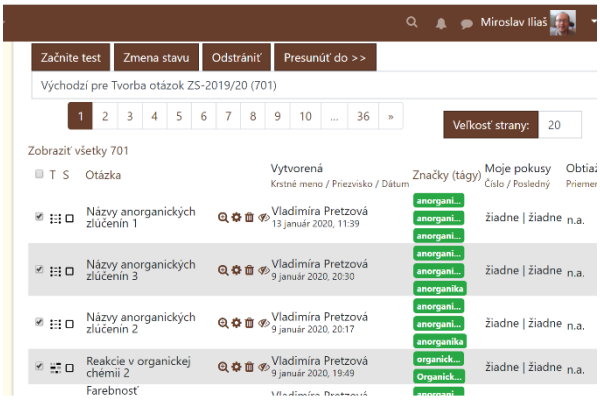
Banka otázok (angl. Question Bank) je pre našu prácu dôležitou súčasťou e-learningového prostredia Moodle. Banka otázok umožňuje užívateľom s príslušnými právami (učiteľ) tvoriť, upravovať a kategorizovať rôzne typy otázok. Z vybranej sady otázok potom učiteľ môže zostaviť testy (angl. Quiz). Otázky do banky otázok je možné tvoriť priamo v banke otázok, prípadne je možnosť importovať ich z iného zdroja. Samozrejmosťou je aj funkcionalita exportovať vybrané otázky z banky otázok do určeného formátu (používaný je xml), a tie potom importovať do iných aktivít Moodle.

Katedra chémie FPV UMB disponuje rozsiahlou bankou testových otázok, ako je už zmienené v publikácii [13].

1.2 StudentQuiz – tvorba otázok študentami

Zásuvný modul (angl. plugin) StudentQuiz [14] bol nedávno zaradený do systému Moodle ako jedinečné rozšírenie testov a Banky otázok. Jeho zmyslom je tvorba otázok samotnými študentami a ich vzájomné hodnotenie (rating) v tzv. autotestoch. V otázkovom module StudentQuiz-e je zabezpečené, že študent pracuje iba s vlastnými otázkami. Zvolené otázky ostatných si dokáže „prezerať“ cez autotest, kde má možnosť hodnotiť ich hviezdičkami (rating) a komentovať. Tiež je možné študentovi lokálne prideliť rolu učiteľ pre StudentQuiz, vtedy získa právomoci editovať všetky otázky.

Na predmete Chemická informatika, ktorý spadá do bakalárskeho programu Forenzná a kriminalistická chémia [15], študenti – v rámci semestrálneho projektu – vyhotovovali do StudentQuiz-u testové otázky z určených oblastí stredoškolskej chémie (viď Obr. 1), podľa zadanej literatúry – učebníc stredoškolskej chémie [16] [17] [18], ktorých autori sú aj z Katedry chémie FPV UMB.



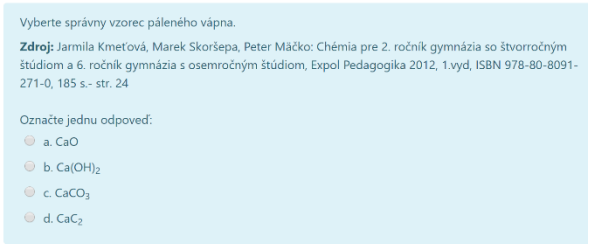
Obr. 1 Náhľad do aktivity StudentQuiz, v ktorej študenti vytvárajú a vzájomne hodnotia testové otázky.
Zdroj: [19]

Boli to otázky zo stredoškolskej chémie, členené na všeobecnú, anorganickú, organickú chémiu a biochémiu. Každá otázka má vo svojom zadaní uvedený zdroj, z ktorého vychádzala – učebnice stredoškolskej chémie [16] [17] [18]. Autori práce priebežne kontroloval vytvárané otázky a kontinuálne dávali ostatným študentom spätnú väzbu, ústne počas výučby i elektronicky, či komentármi k otázkam. Potom vytvorené otázky vyexportované pre potreby využitia v ďalších testoch.

1.3 Druhy testových otázok

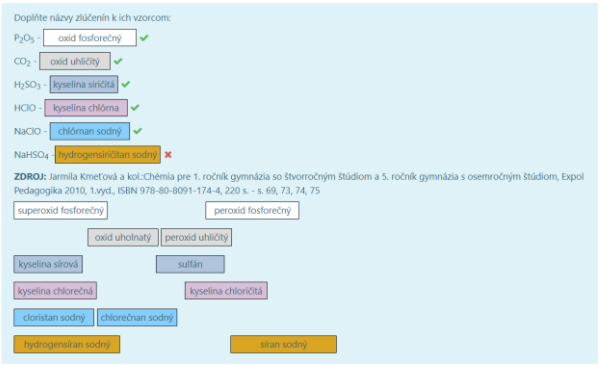
V rámci otázkového modulu pre študentské testy, StudentQuiz, sú k dispozícii viaceré druhy otázok. V nasledujúcich odsekoch vám priblížime tie najpoužívanejšie, u ktorých je správnosť odpovedí vyhodnocovaná automaticky. Ďalšie druhy testových otázok prostredia Moodle, či už základných alebo z doplnkových zásuvných modulov nájde záujemca v obsiahlej webovej dokumentácii [4].

Typ viaceré odpovede (angl. Multiple choice). Tento druh otázok je typickým v testoch kde pri každej otázke je viacero odpovedí. Riešiteľ má na výber medzi jednou správnou odpoveďou alebo aj viacerými správnymi, ak sa tak nastavia. Systém ponúka aj možnosť penalizácie za nesprávne odpovede. Ukážka takejto otázky je na Obr. 2.



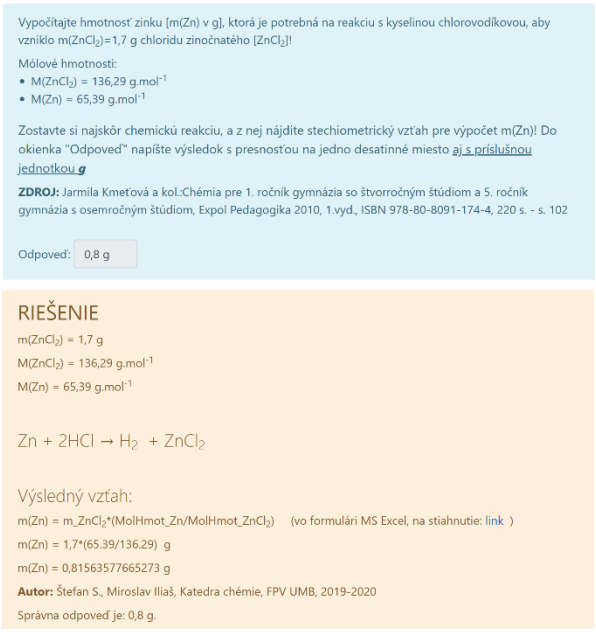
Obr. 2 Pohľad na zadanie otázky viaceré možnosti zo stredoškolskej anorganickej chémie. Súčasťou je aj odkaz na zdroj – učebnicu chémie.
Zdroj: [19]

Často využívaná testová otázka je ťahanie do textu (angl. Drag and drop into text). Tento typ otázok obsahuje viaceré chýbajúce časti ktoré sú farebne od seba odlíšené. Pod textom s chýbajúcimi časťami sú možnosti pre vloženie do textu ktoré sú taktiež farebne od seba odlíšené. Pri tvorbe takejto otázky autor najskôr označí tie časti textu, ktoré treba doplňať a následne vloží do otázky jednotlivé možnosti odpovede. Študent pri práci s otázkou pomocou myši ťahá do textu chýbajúce časti. Každá chýbajúca sekcia má dve a viac možností na doplnenie. Ukážka takejto otázky je na Obr. 3.



Obr. 3 Pohľad na zadanie otázky ťahanie do textu z anorganického názvoslovia. Súčasťou je aj odkaz na zdroj – učebnicu chémie.
Zdroj: [19]

Výpočtová otázka (angl. calculated question) je určená pre výpočtové príklady. Obsahuje premenné (angl. wildcards) s používateľsky nastaveným rozsahom a presnosťou náhodných čísel, a z nich zostavený algebraický výraz sa vyhodnocuje (s určenou presnosťou) voči vloženej číselnej odpovede. Každý pokus použije inú sadu vygenerovaných premenných, takže riešiteľ otázky vkladá iné číslo, prípadne aj s jednotkou. Náročnosť ich vytvárania spočíva v zložitosti algebraického výrazu, zostaveného zo vstupných premenných, ktorým sa počíta výsledok. Vo výpočtových otázkach sa vyhodnocuje nielen vkladané číslo, ale aj – ak je zvolená – jednotka počítanej veličiny. Na Obr. 4 je ukážka jednej takejto otázky.



Obr. 4 Náhľad zadania výpočtovej otázky z okruhu chemických výpočtov so správnou číselnou a jednotkovou odpoveďou, spolu s jej riešením v časti otázky všeobecná spätná väzba.
Zdroj: [19]

Pri tvorbe testových otázok je popri správnej odpovedi dôležité uviesť aj spôsob, vysvetlenie, ako sa k nej dopracovať. Na to slúži vo formulári Moodle otázky príslušná časť nazvaná všeobecná spätná väzba. Na Obr.4 je náhľad riešenie výpočtovej otázky, obsahujúci potrebné vzťahy, ako aj výpočtový formulár MS Excel. Zdôrazňujeme, že každá jedna otázka v našej databáze má viac či menej vyplnenú všeobecnú spätnú väzbu so vysvetlením správnej odpovede, ktorú možno meniť a doplňať aj počas bežiacich testov.

Ďalším, veľmi užitočným parametrom testových otázok je tzv. značka (angl. tág). Pomocou značiek dokážeme otázky v zozname ľahko vytriediť. Taktiež je možné náhodne pridávať ich do testov z otázkových množín, charakterizovaných určitými značkami.

1.4 OKTesty, vedomostné kvízy zo stredoškolskej chémie

V prostredí univerzitného Moodle portálu, určeného pre verejnosť, sme vytvorili elektronický kurz (ďalej e-kurz) OKTesty [20]. V ňom sme - z databázy vyše 750 testových otázok – zostavili štyri dvadsaťpäťotázkové kvízy – zo všeobecnej chémie, z anorganickej chémie,

z organickej chémie a z biochémie. Všetky otázky v štyroch testoch sú zo stredoškolskej chémie a ich súhrnný počet 100 imituje počet otázok na prijímacie skúšky z chémie na medicínu.

Pre každý jeden test sa otázky vyberajú náhodne, z omnoho väčšej množiny otázok, charakterizovaných rovnakou značkou - použité sú základné značky „všeobecná chémia“, „anorganická chémia“, „organická chémia“ a „biochémia“. Popri základných značkách využívame v otázkach ešte doplnkové značky, ktoré bližšie kategorizujú (zaraďujú) danú otázku. Napríklad pre organickú chémiu máme „alkány“, „karboxylové kyseliny“ a mnohé iné značky.

Ako podmienku pre pripustenie do online testov sme dali vyplnenie vstupného anonymného dotazníka, ktorým zbierame dáta o záujme o vysokoškolské štúdium. Dotazník je vyhodnotený v časti Výsledky a diskusia.

Pre kontrolu absolvovania všetkých predpísaných aktivít sme využili Moodle funkcionalitu sledovanie plnenia aktivít (angl. Activity completion) [21]. Funguje tak, že každá aktivita má definovateľný príznak splnenia, napr. požadovaná úroveň získaného hodnotenia v testoch, či vyplnenie dotazníka.

OKTesty - otestuj sa z chémie !

Testy zo stredoškolskej chémie (pre verejnosť)

Test zo všeobecnej chémie (25/200+)	0–100	96,93 %	A
Test z anorganickej chémie (25/180+)	0–100	82,67 %	C
Test z organickej chémie (25/170+)	0–100	92,00 %	B
Test z biochémie (25/200+)	0–100	84,67 %	C
Anonymný dotazník spokojnosti s testami	0–100	100,00 %	A
Testy zo stredoškolskej chémie (pre verejnosť) spolu Jednoduchý vážený priemer známok. Vrátane prázdnych známok.	**0–100**	**89,07 %**	**B**

Obr. 5 Náhľad do známkového výkazu jedného študenta, kde je nenulové výsledné hodnotenie, lebo je vyplnený aj výstupný dotazník.
Zdroj: [20]

Známkový výkaz (Obr. 5) slúži na evidenciu hodnotenia za vykonané aktivity – u nás urobené testy a za vyplnený dotazník spokojnosti s testami (výstupný dotazník). Výsledné bodové hodnotenie za testy zo stredoškolskej chémie sa počíta podľa implementovaného známkového vzorca: *(0,25*[[TestVseobecka]]+0,25*[[TestAnorganika]]+0,25*[[TestOrganika]]+0,25*[[TestBiochemia]])*floor([[DotaznikSpokojnosti]]/100)*. Čiže vážený priemer percentuálnych bodových hodnotení za všetky štyri testy, ktoré bude väčšie ako nula, keď dotyčný vyplní výstupný dotazník, a to vďaka funkcii *floor*, ktorá nadobudne buď hodnotu 0, ak sa výstupný dotazník nevyplní, alebo 1, ak sa dotazník vyplní a odošle.

V našom e-kurze OKTesty sme tiež nastavili automatické vydávanie elektronického (pdf) certifikátu za excelentné absolvovanie testov. Podmienili sme ho vyplnením výstupného dotazníka spokojnosti a dosiahnutím percentuálneho hodnotenia aspoň 95% za každý test.

Náhľad certifikátu je na Obr.6. Certifikát zatiaľ (v čase spracovania recenzných pripomienok) získal iba jeden študent, ktorý urobil štyri predpísané testy na požadovanú bodovú úroveň. Podľa záznamov v Moodle testoch mu to celkovo trvalo asi 100 minút.

Obr. 6 Náhľad certifikátu za excelentné absolvovanie testov.
Zdroj: [20]

2 Výsledky a diskusia

Po dôkladnej príprave všetkých aktivít (štyri hlavné testy, vstupný a výstupný dotazník, certifikát atď) v rámci online projektu OKTesty [20] bol rozposlaný pozývací email s URL odkazom mnohým stredným školám, kde sa vyučuje chémia. Popri tom OKTesty propagujeme na webovej stránke Katedry chémie FPV UMB, na facebooku, aj na iných (bezplatných) komunikačných kanáloch. Tiež rozdávame papierové letáčiky s QR kódom webovej stránky OKTesty.

Prostredie Moodle nám ľahko umožňuje sledovať zapojenie sa študentov do aktivít. V záznamoch kurzu vidíme, aké činnosti robia používatelia v Moodle kurze, i z akej IP adresy sa prihlasujú. Takisto aj v testoch vidíme aktivity ich riešiteľov – časy trvania pokusov, štatistiky hodnotení.

Nakoľko ťažiskom projektu sú online testy, sledovali sme a ďalej sledujeme pokrok študentov v reálnom čase a odstraňovali prípadné chyby v označených otázkach. Napríklad pri výpočtových otázkach vznikajú omyly pri zadávaní jednotiek. Nakoľko Moodle testy

umožňujú zmeny otázok v bežiacich testoch, opravujeme a vylepšujeme testové otázky "za pochodu".

Tiež konáme proaktívne, napríklad posielame povzbudivé správy účastníkom, aby sa pokúsili urobiť aj ďalšie testy, ak ich ešte nezačali, alebo aby vyplnili výstupný dotazník.

Z veľkej otázkovej množiny sme ešte vybrali do malého (12-otázkového) úvodného testu tzv. modelové otázky pre prijímacie konanie na lekárskej fakulty, aby sme takto zvýšili atraktivitu OKTestov pre čo najširšiu komunitu stredoškolských študentov, ktorí sa potrebujú zdokonaliť v chémii. Výber náhodných otázok do testu „akoby na medicínu" z väčšej podmnožiny modelových otázok je pomocou značiek, lebo tieto majú navyše značku „med".

V súvislosti so značkami otázok je vhodné uviesť, že pomocou nich je možné zostavovať aj testy zo špecifických podoblastí. Napríklad názvoslovné otázky z anorganickej chémie (viď Obr. 3) majú značku „anorganické názvoslovie", alebo napríklad otázky z biochémie zamerané na bielkoviny sú nositeľom značky „bielkoviny". My sme sa rozhodli mať iba súhrnné testy zo zmienených štyroch okruhov zo stredoškolskej chémie bez ich ďalšieho rozčleňovania „na drobné". Takéto testy je vhodné robiť na konci školského roka, keď je prebrané celé učivo z jedného okruhu (všeobecná chémia v 1.ročníku gymnázia, anorganická a organická chémia v 2.ročníku a biochémia zase v 3.ročníku gymnázia). Alebo aj pred maturitnou skúškou z chémie, či pred prijímacími testami na vysoké školy.

2.1 Vyhodnotenie vstupného dotazníka

Dôležitou výstupom projektu je zber dotazníkových odpovedí. Aby študentom (riešiteľom) bolo umožnené vstúpiť do online testov, musia vyplniť vstupný dotazník. Ten sme – pomocou vhodne zostavených otázok – zamerali na mapovanie záujmu o vysokoškolské štúdium, pre ktoré je potrebná chémia.

V čase úprav článku po recenzných posudkoch sme odpovede niekoľkých desiatok anonymizovaných respondentov (ich počet postupne narastá) spracovali nasledovne:

- Okolo 77% respondentov by chcelo študovať na univerzite na Slovensku, zvyšok by išiel do Českej republiky, či do iného štátu v zahraničí.
- Mladí ľudia potrebujú stredoškolskú chémiu najviac pre štúdium medicíny ako hlavného odboru (44%), potom nasleduje jednoodborové štúdium chémie (33%), farmácia (23%), učiteľstvo chémie (21%), chemické inžinierstvo (15%), biologické odbory (13%) a telovýchova (5%).
- Len malá časť respondentov má záujem študovať na Univerzite Mateja Bela, a z nich by na odbor forenzná a kriminalistická chémia išlo študovať 13%, a ako „záložný" odbor by si „forenzku" zvolilo asi 10%.
- Z respondentov 62% ešte nezačalo študovať na vysokej škole, no chcelo by. Z nich 54% študuje na gymnáziu.
- Asi tretina uvádza, že sa na strednej škole zúčastňovali vedomostných súťaží z chémie.
- Mužov je zo všetkých respondentov 23%, zvyšok tvoria ženy.
- Odpovedajúci najviac uvádzajú roky narodenia 2001, potom nasleduje rok 2002 a tretí najpočetnejší rok narodenia je 2000.
- Trvalé bydlisko a občianstvo Slovenskej republiky má 79% respondentov.

Pri vyhodnocovaní týchto odpovedí treba brať do úvahy relatívne malú vzorku opýtaných. Avšak projekt OKTesty bude pokračovať aj v ďalších rokoch, takže očakávame prílev nových záujemcov s potrebou precvičiť sa v stredoškolskej chémii, a teda aj nové odpovede v dotazníku. Aby sme mohli sledovať zmeny odpovedí po každom roku, začiatkom letného polroku každého školského roka dotazník vynulujeme a necháme ho napĺňať novými odpoveďami, aj od tých, čo dotazník vyplnili predtým.

Ďalší dotazník v e-kurze, výstupný, a zameriava sa na kvalitu projektu. Nazbierali sa v ňom aj výstižné textové odpovede, poukazujúce na prípadne chyby v otázkach, ktoré priebežne odstraňujeme. Hodnotenia projektu OKTesty vyznievajú v súhrne pozitívne.

Ďalej pre zvýšenie záujmu o online testy z chémie sme zaviedli finančné odmeňovanie úspešných riešiteľov testov. Na konci školského roka plánujeme odmeniť určitý počet bodovo najúspešnejších riešiteľov z vyzbieraných sponzorských peňazí. Adepti na finančné odmeny môžu byť najviac dva roky po maturite.

Záver

Na báze e-learningového systému Moodle a vďaka obrovskej databáze testových otázok sme zostavili vzdelávací projekt OKTesty – online testy zo stredoškolskej chémie. Automatické vyhodnocovanie testov a iných aktivít (napr. vyplnenie dotazníkov),

spolu s výpočtom výsledného hodnotenia je efektívny nástroj pre spravovanie ľubovoľného množstva používateľov – študentov v e-kurze.

Prísun nových testových otázok z chémie, čo sú semestrálne výstupy z niektorých vyučovaných predmetov na Katedre chémie pod taktovkou autora (M.I.), je zárukou ďalšieho rozvoja projektu.

Študenti, ktorí si chcú precvičiť stredoškolskú chémiu napríklad pre maturitami, či pred prijímacími skúškami na vysoké školy, musia najskôr „zaplatiť“ vyplnením vstupného dotazníka za prístup k vzdelávacím testom. Z ich odpovedí si potom vieme urobiť obraz o záujme o vysokoškolské štúdium, v ktorom figuruje chémia.

Nespornou výhodou tohoto flexibilného Moodle projektu je bezplatná propagácia Katedry chémie FPV UMB a jej študijných možností medzi stredoškolskými študentami, ktorí sa chcú alebo potrebujú zdokonaliť v chémii.

Poďakovanie

Autori ďakujú za podporu projektu KEGA 028UMB-4/2019.

Použitá literatúra

[1] I. Novo-Corti, L. Varela-Candamio, and M. Ramil-Diaz, “E-learning and face to face mixed methodology: Evaluating effectiveness of e-learning and perceived satisfaction for a microeconomic course using the Moodle platform,” *Comput. Hum. Behav.*, vol. 29, no. 2, pp. 410–415, Mar. 2013, doi: 10.1016/j.chb.2012.06.006.

[2] M. J. Rosenberg, *E-Learning: Strategies for Delivering Knowledge in the Digital Age*. Mcgraw-hill, 2000.

[3] S. Kumar, A. K. Gankotiya, and K. Dutta, “A comparative study of moodle with other e-learning systems,” in *2011 3rd International Conference on Electronics Computer Technology*, Apr. 2011, vol. 5, pp. 414–418, doi: 10.1109/ICECTECH.2011.5942032.

[4] kolektív autorov Moodle, “Moodle - Open-source learning platform | Moodle.org,” 2019. https://moodle.org/ (accessed Mar. 12, 2020).

[5] K. Brandl, “Are you ready to ‘Moodle’?,” *Lang. Learn. Technol.*, vol. 9, no. 2, pp. 16–23, May 2005.

[6] A. Al-Ajlan and H. Zedan, “Why Moodle,” in *12th Ieee International Workshop on Future Trends of Distributed Computing Systems, Proceedings*, Los Alamitos: Ieee Computer Soc, 2008, pp. 58–64.

[7] R. Dvorak, *Moodle For Dummies*. John Wiley & Sons, 2011.

[8] M. Drlík, P. Švec, J. Kapusta, and M. Mesárošová, *Moodle - Kompletní průvodce tvorbou a správou elektronických kurzů*. Computer Press, 2013.

[9] S. S. Nash and W. Rice, *Moodle 3 E-Learning Course Development: Create highly engaging and interactive e-learning courses with Moodle 3, 4th Edition*. Packt Publishing Ltd, 2018.

[10] J. Kmeťová and I. Kleinová, “Podmienky pre chemické vzdelávanie v slovenských školách,” in *Didaktika chemie a její kontexty*, Brno, 2015, pp. 73–77, [Online]. Available: https://munispace.muni.cz/index.php/munispace/catalog/download/780/2498/408-1.

[11] A. Büchner, *Moodle 3 Administration*. Packt Publishing Ltd, 2016.

[12] R. Barrington, *Moodle Gradebook*. Packt Publishing Ltd, 2012.

[13] M. Iliaš, “Efektívne využívanie systému Moodle a tvorba e-learningového obsahu,” *Acta Univ. Matthiae Belii Ser Chem*, vol. 15, pp. 98–116, 2014.

[14] “frankkoch/moodle-mod_studentquiz: Moodle-Plugin,” *StudentQuiz*. https://github.com/frankkoch/moodle-mod_studentquiz (accessed Mar. 12, 2020).

[15] “Študijný program ‘Forenzná a kriminalistická chémia.’” http://www.fpv.umb.sk/katedry/katedra-chemie/studium/moznosti-studia/studijny-program-forenzna-a-kriminalisticka-chemia.html (accessed Mar. 12, 2020).

[16] J. Kmeťová, P. Silný, M. Medveď, and M. Vydrová, *Chémia pre 1. ročník gymnázia so štvorročným štúdiom a 5. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*, 1st ed. Bratislava: EXPOL PEDAGOGIKA,s.r.o., 2010.

[17] J. Kmeťová, M. Skoršepa, and P. Mäčko, *Chémia pre 2. ročník gymnázia so štvorročným štúdiom a 6. ročník gymnázia s osemročným štúdiom*, 1st ed. Bratislava: EXPOL PEDAGOGIKA, s.r.o., 2012.

[18] J. Kmeťová, M. Skoršepa, and M. Vydrová, *Chémia pre 3. ročník gymnázia so štvorročným štúdiom a 7 ročník gymnázia s osemročným štúdiom*, 1st ed. Martin: Vydavateľstvo Matice slovenskej, s. r. o., 2011.

[19] M. Iliaš, “Kurz: Chemická informatika.” https://lms.umb.sk/course/view.php?id=85 (accessed Mar. 12, 2020).

[20] M. Iliaš, “Kurz: OKTesty - otestuj sa z chémie !” https://lms-ext.umb.sk/course/view.php?id=80 (accessed Mar. 03, 2020).

[21] “Activity completion - MoodleDocs.” https://docs.moodle.org/35/en/Activity_completion (accessed Mar. 16, 2020).

partneri konferencie

HERMES
LabSystems