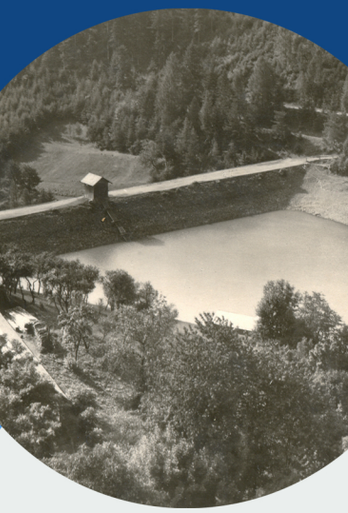
ISBN
978-80-558-1150-5



Analýza zmeny akumulačnej kapacity

vybraných umelých vodných nádrží Banskoštiavnického vodohospodárskeho systému

Kolektív autorov

2017

UNIVERZITA KONŠTANTÍNA FILOZOFA
V NITRE

ANALÝZA ZMENY AKUMULAČNEJ KAPACITY VYBRANÝCH UMELÝCH VODNÝCH NÁDRŽÍ BANSKOŠTIAVNICKÉHO VODOHOSPODÁRSKEHO SYSTÉMU

Karol Weis – Daniel Kubinský –

Jakub Fuska – František Petrovič

2017

Analýza zmeny akumulačnej kapacity vybraných umelých vodných nádrží Banskoštiavnického vodohospodárskeho systému

Edícia Prírodovedec č. 654

Autori: RNDr. Karol Weis, PhD.
RNDr. Daniel Kubinský, PhD.
Ing. Jakub Fuska, PhD.
prof. RNDr. František Petrovič, PhD.

Recenzenti: Dr. h. c. prof. Ing. Pavol Rybár, PhD.
doc. Ing. Zlatica Muchová, PhD.

(c) 2016 Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre

Publikácia bola vytvorená v rámci projektu APVV SK-PT-2015-0005: Budovanie nových vedecko-výskumných väzieb v oblasti monitoringu kapacity vodných nádrží vzhľadom na klimatickú zmenu a projektu VEGA 1/0496/16: Hodnotenie prírodného kapitálu, biodiverzity a ekosystémových služieb na Slovensku – základ pre uplatňovanie

ISBN 978-80-558-1150-5

Obsah

Zoznam obrázkov 3

Zoznam tabuliek 5

Analýza zmeny akumulačnej kapacity vybraných umelých vodných nádrží Banskoštiavnického vodohospodárskeho systému 6

Banskoštiavnický vodohospodársky systém 7

Zanášanie a zmeny vlastností vodných nádrží 10

Historické batygrafické údaje 15

Digitalizácia a transformatizácia historických mapových podkladov 17

Vektorizácia historických mapových podkladov 18

Súčasné batygrafické údaje 18

Interpolácia 3D modelov, výpočet zmien objemov 24

Morfometrické charakteristiky, analýza druhotnej krajinnej štruktúry povodia a ripariálnej zóny 26

Halčianska vodná nádrž 28

Zmeny objemu 29

Analýza druhotnej krajinnej štruktúry a morfometrických charakteristík 32

Terestrické územie vzniknuté posunom zátopovej čiary 34

Mapovanie eróznych plôch v povodí 35

Belianska vodná nádrž 36

Zmeny objemu 36

Analýza brehovej/ripariálnej zóny 40

Zmeny ekosystémov a stratifikácie 41

Mapovanie eróznych plôch v povodí 44

Manažmentové opatrenia 45

Vodná nádrž Bakomi 45

Zmeny objemu 46

Analýza brehovej/ripariálnej zóny 48

Zmeny ekosystémov a stratifikácie 48

Vodná nádrž Evička 50
Zmeny objemu 50
Analýza brehovej/ripariálnej zóny 54
Analýza druhotnej krajinnej štruktúry 54
Zmeny ekosystémov a stratifikácie 54
Brennerštôlňanska vodná nádrž 57
Zmeny objemu 57
Analýza brehovej/ripariálnej zóny 60
Zmeny ekosystémov 60
Veľká Kolpašská vodná nádrž 61
Zmeny objemu 61
Analýza brehovej/ripariálnej zóny 64
Analýza druhotnej krajinnej štruktúry a morfometrických charakteristík 64
Manažmentové opatrenia 66
Lesné hospodárstvo 67
Doprava 67
Osídlenie a rekreácia 67
Poľnohospodárstvo 68
Vodohospodárske opatrenia 68
Vodná nádrž Veľká Richňavská 68
Zmeny objemu 70
Analýza brehovej/ripariálnej zóny 75
Vodná nádrž Malá Richňavská 77
Zmeny objemu 77
Terestrické územie v priestore vodnej nádrže 83
Diskusia a záver 85
Resume 93
Literatúra 99

Obrazová príloha 108

Zoznam obrázkov

Obrázok 1: Poloha vodných nádrži na Slovensku 15
Obrázok 2: Ukážka historickej batymetrickej mapy – Richňavské vodné nádrže (mapa je orientovaná na juh) 17
Obrázok 3: Ukážka transformácie historických podkladov v prostredí ArcGIS ArcMap 18
Obrázok 4: Ukážka realizácie terénnych prác na plavidle s meracou technikou 19
Obrázok 5: Schéma výpočtu nadmorskej výšky dna 21
Obrázok 6: Ukážka lokalizácie meračských bodov reliéfu dna Veľkej a Malej Richňavskej vodnej nádrže: 1) batymetrické body; 2) topografické body 22
Obrázok 7: Ukážka terénnych prác – nivelácia na lokalite Brennerštôlňanskej vodnej nádrže 23
Obrázok 8: Spádová krivka Halčianskeho potoka 29
Obrázok 9: Priebeh nadmorských výšok dna Halčianskej vodnej nádrže – stav v roku 1908 30
Obrázok 10: Priebeh nadmorských výšok dna Halčianskej vodnej nádrže – stav v roku 2010 30
Obrázok 11: 3D model Halčianskej vodnej nádrže a priľahlého okolia – stav v roku 1908 31
Obrázok 12: 3D model Halčianskej vodnej nádrže a priľahlého okolia – stav v roku 2010 31
Obrázok 13: Súčasná krajinná štruktúra Halčianskej vodnej nádrže v roku 2015 34
Obrázok 14: Prejavy erózie v povodí Halčianskej vodnej nádrže 35
Obrázok 15: Priebeh nadmorských výšok dna Belianskej vodnej nádrže – stav v roku 1855 37
Obrázok 16: Priebeh nadmorských výšok dna Belianskej vodnej nádrže – stav v roku 2011 37
Obrázok 17: 3D model Belianskej vodnej nádrže a priľahlého okolia – stav v roku 1855 38
Obrázok 18: 3D model Belianskej vodnej nádrže a priľahlého okolia – stav v roku 2011 38
Obrázok 19: Zmeny ekosystémov Belianskej vodnej nádrže 41
Obrázok 20: Stratifikácia Belianskej vodnej nádrže – stav v roku 1855 43
Obrázok 21: Stratifikácia Belianskej vodnej nádrže – stav v roku 2013 43
Obrázok 22: Prejavy erózie v povodí Belianskej vodnej nádrže 44
Obrázok 23: Navrhované manažmentové opatrenia 45
Obrázok 24: Priebeh nadmorských výšok dna vodnej nádrže Bakomi – stav v roku 1971 47

Obrázok 25: Priebeh nadmorských výšok dna vodnej nádrže Bakomi – stav v roku 2011 47
Obrázok 26: Zmeny ekosystémov Belianskej vodnej nádrže 49
Obrázok 27: Priebeh nadmorských výšok dna vodnej nádrže Evička – stav v roku 1971 52
Obrázok 28: Priebeh nadmorských výšok dna vodnej nádrže Evička – stav v roku 2011 52
Obrázok 29: 3D model vodnej nádrže Evička a priľahlého okolia – stav v roku 1971 53
Obrázok 30: 3D model vodnej nádrže Evička a priľahlého okolia – stav v roku 2011 53
Obrázok 31: Zmeny ekosystémov vodnej nádrže Evička 55
Obrázok 32: Stratifikácia vodnej nádrže Evička – stav v roku 1971 56
Obrázok 33: Stratifikácia vodnej nádrže Evička – stav v roku 2011 56
Obrázok 34: Priebeh nadmorských výšok dna Brennerštôlňanskej vodnej nádrže – stav v roku 1897 59
Obrázok 35: Priebeh nadmorských výšok dna Brennerštôlňanskej vodnej nádrže – stav v roku 2012 59
Obrázok 36: Priebeh nadmorských výšok dna Veľkej Kolpaškej vodnej nádrže – stav v roku 1889 62
Obrázok 37: Priebeh nadmorských výšok dna Veľkej Kolpaškej vodnej nádrže – stav v roku 2012 63
Obrázok 38: Navrhované manažmentové opatrenia 66
Obrázok 39: Model Richňavských nádrži v minulosti – rok 1888 69
Obrázok 40: Model Richňavských nádrži v súčasnosti – 2013 69
Obrázok 41: Priebeh nadmorských výšok dna Veľkej Richňavskej vodnej nádrže – stav v roku 1888 71
Obrázok 42: Priebeh nadmorských výšok dna Veľkej Richňavskej vodnej nádrže – stav v roku 2013 72
Obrázok 43: Umiestnenie profilov a porovnanie hrúbky sedimentu 73
Obrázok 44: Vyhodnotenie rozloženia sedimentu v profiloch P1 – P7 74
Obrázok 45: Priebeh nadmorských výšok dna Malej Richňavskej vodnej nádrž – stav v roku 1888 78
Obrázok 46: Priebeh nadmorských výšok dna Malej Richňavskej vodnej nádrže – stav v roku 2013 79
Obrázok 47: Umiestnenie profilov a porovnanie hrúbky sedimentu 80
Obrázok 48: Vyhodnotenie rozloženia sedimentu v profiloch 1 – 7 81
Obrázok 49: Zmena plochy vodnej nádrže Malá Richňavská 82
Obrázok 50: Súčasná krajinná štruktúra v okolí VN Malá Richňavská 84

Zoznam tabuliek

Tabuľka 1: Zmeny objemu Halčianskej vodnej nádrže
Tabuľka 2: Zmeny objemu Halčianskej vodnej nádrže
Tabuľka 3: Charakteristika sklonu svahov povodia
Tabuľka 4: Charakteristika orientácie svahov povodia
Tabuľka 5: Charakteristika slnečného príkonu svahov povodia
Tabuľka 6: Zmeny objemu Belianskej vodnej nádrže
Tabuľka 7: Charakteristika DKŠ povodia
Tabuľka 8: Charakteristika sklonu svahov povodia
Tabuľka 9: Charakteristika orientácie svahov povodia
Tabuľka 10: Analýza brehovej/ripariálnej zóny
Tabuľka 11: Vypočítané plochy zón Belianskej vodnej nádrže
Tabuľka 12: Zmeny objemu vodnej nádrže Bakomi
Tabuľka 13: Analýza brehovej/ripariálnej zóny
Tabuľka 14: Zmeny objemu vodnej nádrže Evička
Tabuľka 15: Analýza brehovej/ripariálnej zóny
Tabuľka 16: Analýza druhotnej krajinnej štruktúry
Tabuľka 17: Stratifikácia vodnej nádrže Evička
Tabuľka 18: Zmeny objemu Brennerštôlňanskej vodnej nádrže
Tabuľka 19: Analýza brehovej/ripariálnej zóny
Tabuľka 20: Zmeny objemu vodnej nádrže Veľká Kolpašská
Tabuľka 21: Analýza brehovej/ripariálnej zóny
Tabuľka 22: Charakteristika DKŠ povodia
Tabuľka 23: Charakteristika sklonu svahov povodia
Tabuľka 24: Charakteristika orientácie svahov povodia
Tabuľka 25: Zmeny objemu vodnej nádrže Veľká Richňavská
Tabuľka 26: Štatistiky priečnych prierezov
Tabuľka 27: Analýza brehovej/ripariálnej zóny
Tabuľka 28: Zmeny objemu vodnej nádrže Malá Richňaská
Tabuľka 29: Štatistiky priečnych prierezov

Analýza zmeny akumulačnej kapacity vybraných umelých vodných nádrží Banskoštiavnického vodohospodárskeho systému

RNDr. Karol Weis, PhD.[1], RNDr. Daniel Kubinský, PhD.[2], Ing. Jakub Fuska, PhD.[3], prof. RNDr. František Petrovič, PhD. [2]

[1] Katedra geografie a geológie, Fakulta prírodných vied, Univerzita Mateja Bela v Banskej Bystrici, karol.weis@umb.sk
[2]Katedra ekológie a environmentalistiky, Fakulta prírodných vied, Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre, posta@dkubinsky.sk, fpetrovic@ukf.sk
[3]Katedra krajinného inžinierstva, Fakulta záhradníctva a krajinného inžinierstva, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, fuska.jakub@gmail.com

Rozsah: 8,2 AH

Práca vznikla podporou projektov:

APVV SK-PT-2015-0005: Budovanie nových vedecko-výskumných väzieb v oblasti monitoringu kapacity vodných nádrží vzhľadom na klimatickú zmenu

VEGA 1/0496/16: Hodnotenie prírodného kapitálu, biodiverzity a ekosystémových služieb na Slovensku –základ pre uplatňovanie integrovanej environmentálnej politiky v praxi

OPVaV č. 26210120024 Obnova a budovanie infraštruktúry pre ekologický a environmentálny výskum na UMB v Banskej Bystrici

Recenzenti:

Dr. h. c. prof. Ing. Pavol Rybár, PhD.,
Oddelenie geo a montánneho turizmu, Ústav zemských zdrojov, FBERG TUKE Košice

doc. Ing. Zlatica Muchová, PhD.,
Katedra krajinného plánovania a pozemkových úprav, FZKI SPU Nitra

Banskoštiavnický vodohospodársky systém

Vodné nádrže (VN) patria medzi povrchové stojaté vody, ktoré tvoria primárne vodné zdroje (Tárnik & Igaz, 2015). Toto platí obzvlášť v území s malým zrážkovým potenciálom a nedostatočným počtom prirodzených zdrojov povrchovej vody. Takýmto územím je aj okolie mesta Banská Štiavnica a priľahlé horské chrbty, tvoriace prirodzenú hranicu povodí Hrona a Ipľa. Energetický potenciál vody bol v minulosti pre potreby baníctva v tejto lokalite nevyhnutný. Samotná existencia baníctva v Štiavnických vrchoch bola podmienená výskytom rudných žíl, bohatých na drahé kovy – zlato a striebro. Sprievodným bolo aj bohaté polymetalické zrudnenie, s výskytom minerálov ako galenit, sfalerit, chalkopyrit, pyrit a ďalšie. V ranných časoch baníctva ťažba rudy prebiehala prevažne na povrchu, alebo tesne pod ním a sústredila sa na exploatáciu viditeľných žilných štruktúr s viditeľne kryštalickou formou ťažených minerálov. Nebolo potrebné vynakladať väčšie úsilie na odčerpanie spodnej vody, dopravu rudy a jej ďalšie náročnejšie hutnícke spracovanie. Baníctvo si v týchto časoch postačilo s ľudskou energiou, prípadne s energiou zvierat, hlavne koní. Avšak postupom času, ako ťažba pokračovala do väčších hĺbok, baníctvo narážalo na viac zásadných problémov a prekážok. Nutnosťou bolo z baní odčerpávať presakujúcu dažďovú a predovšetkým podzemnú vodu, ktorej prítomnosť sa s narastajúcou hĺbkou výrazne zvyšovala. So zväčšujúcou sa hĺbkou prišiel ďalší problém, transport baníkov a rudy na povrch. V tých časoch sa ako najefektívnejšie a najúčinnejšie ukázalo paradoxne práve využitie povrchovej vody na čerpanie spodnej vody. Pohybová energia vody sa využívala pre pohon najrôznejších banských čerpacích, ťažných, či spracovateľských hutníckych zariadení. Prvé zmienky o vzniku vodohospodárskeho systému, ktorý bude schopný zachytiť dažďovú vodu, akumulovať ju a priviesť k blízkosti banských objektov pochádzajú už zo 16. storočia. Máme ale dôvod domnievať sa, že prvé pokusy s lokálne fungujúcimi malými záchytnými vodnými nádržami – tajchami s prislúchajúcimi vodou poháňanými zariadeniami sa objavili už oveľa skôr. Samotné odvodňovanie podzemných priestorov malo vo všetkých banských dielach opakujúci charakter. Takmer každé rozľahlejšie banské dielo, sústava štôlní a šácht mala odvodňovaciu vodnú štôlňu, ktorá musela byť podľa možnosti situovaná na čo najnižšej absolútnej nadmorskej výške, aby bola schopná odvádzať podzemnú vodu z nadložných horninových komplexov. Všetky bane, ktorých štôlne boli situované pod touto úrovňou, museli na odvodnenie používať

čerpacie zariadenia, schopné čerpať podzemnú vodu buď priamo na povrch, alebo aspoň na odvodňovací horizont vodnej štôlne. Práve koncom 16 storočia a začiatkom 17 storočia sa banská činnosť musela vysporiadať so skutočnosťou, že vtedajšia vodočerpacia technika aj s použitím konských gápľov už nepostačovala čerpať vodu z najspodnejších štôlní nad úroveň odvodňovacích štôlní, pretože hĺbky šácht často dosahovali 200 až 300 m pod povrch. Preto prišli na rad nové typy mechanizmov, spočiatku často so zaujímavými a v mnohých prípadoch aj s bizardnými konštrukčnými riešeniami, príkladom boli takzvané šlapacie zariadenia a pod. Úspešnejšie a vlastne jediné možné sa pre pohon napokon predsa len ukázalo využitie energie vody z povrchu. Prvé konštrukčne úspešné riešenia sa koncom 17. a začiatkom 18. storočia viažu s hlavným banským strojmajstrom Matejom Kornelom Hellom. Aby však chod baníctva a čerpacích zariadení nebol obmedzený iba na zrážkovo výdatné mesiace, bolo potrebné akumulovať dostatočnú kapacitu vody, ktorá by poháňala strojné zariadenia aj počas suchých letných, alebo zrážkovo slabých mesiacov. Najrôznejšie banské zariadenia v podstate mali jeden spoločný prvok – drevené koleso, ktoré poháňala voda. Energia z kolesa bola sústavou hriadeľov ďalej smerovaná na konkrétne miesto jej ďalšieho využitia. Celková kapacita zachytenej povrchovej vody a vzájomná prepojenosť povrchových zdrojov – tajchov banskoštiavnického vodohospodárskeho systému zrástla po príchode geniálneho konštruktéra, matematika a vojenského kartografa Samuela Mikovíniho. Jeho zásluhou sa 30. a 40. roky 18. storočia stali obdobím rekonštrukcií starých a výstavby nových, väčších vodných nádrží a ich vzájomného prepojenia. Výnimočnosť systému nespočíva len vo vybudovaní samotných vodných nádrží – známych ako tajchy, ale v nemalej miere aj vo vybudovaní systému jarkov a podzemných prevodov vody medzi jednotlivými mikropovodiami či hlavnými povodiami – vodnými štôlňami. Jarky mali dvojakú funkciu. Zberné jarky vodu zberali na svahoch okolitých vrchov a privádzali ju k jednotlivým nádržiam. Každý svah bol často preťatý aj viacerými úrovňami zberných jarkov v rôznych nadmorských výškach, čo otváralo širšie možnosti jej ďalšiemu smerovaniu podľa aktuálnych potrieb.

Náhonné jarky naopak vodu odvádzali z jednej nádrže do druhej, resp. najčastejšie na miesto jej upotrebenia (banské čerpadlá, stupy, úpravnícke zariadenia, mlyny). Šírka jarkov lichobežníkového prierezu s užšou základňou sa pohybovala od 0,63 do 0,94 m, hlboké boli okolo 0,63 m (Novák, 1975) so sklonom cca 70 cm na 100 m zabezpečujúcim prirodzený odtok.

Hydrotechnické riešenie vodných nádrží a systému jarkov bolo veľmi dlho považované za najdokonalejšiu vodohospodársku sústavu na

svete a parametre niektorých vodných nádrží a ich umelo vytvorených hrádzí ich radili na popredné miesta v náročnosti a zároveň technickej dokonalosti. Technicky najzaujímavejšie riešenie vidíme pri vodnej nádrži Rozgrund. Tá patrí k jednej z objemovo najväčších nádrží v tomto rudnom revíre. Do roku 1855 držala svetové prvenstvo v uhle sklonu vzdušného svahu sypanej zemnej hrádze. Steny hrádze boli teda najstrmšie zo všetkých sypaných priehrad na svete. Samotné rozmery radili stavbu hrádze na popredné miesta. Výška 23 m, dĺžka koruny hrádze 138,4 m a šírka 7,6 metrov. Spomenutá nádrž dnes slúži ako rezervoár pitnej vody pre mesto Banská Štiavnica a nie je v ňom možné kúpanie a lov rýb. Z hľadiska výšky zemných hrádzí postavených v Európe do polovice 19. storočia, patrilo VN Rozgrund 3. miesto, hneď za Veľkou Richňavskou a Počúvadlianskou VN.

Na vybudovaní vodohospodárskeho systému a prestavbe už existujúcich súčastí sa v najväčšej miere podieľali už spomínaný Matej Kornel Hell (1653 – 1743), neskôr predovšetkým Samuel Mikovíni (l686 – 1750) a napokon Jozef Karol Hell (1713 – 1789), syn Mateja Kornela. Samuel Mikovíny prišiel do Banskej Štiavnice v roku 1735, kedy začal projektovať výstavbu a prestavbu už existujúcich vodných nádrží, napríklad Bakomi, Evička, Richňavské nádrže, Krechsengrund, Hodrušské nádrže... Jedinečná sústava dômyselne prepojených vodných nádrží na Windšachte a Piargu (dnes Štiavnické Bane) neďaleko Banskej Štiavnice je veľkolepou ukážkou jeho mimoriadneho nadania a konštruktérskej geniality až dodnes. Najbližší porovnateľný vodohospodársky systém sa nachádza až v nemeckom meste Harz a Saskom Freibergu. Vodné nádrže, ktoré sú súčasťou historického vodohospodárskeho systému, sú spolu s mestom Banská Štiavnica od roku 1993 v Prílohe Nominačného listu a pod č. 400 figurujú pod názvom "Banská Štiavnica a technické pamiatky v jej okolí", ako súčasť svetového prírodného a kultúrneho dedičstva UNESCO. Ide o významné technické pamiatky, ktoré dokumentujú vyspelosť vodohospodárskych stavieb v minulosti. Napriek tomu, že vodné nádrže banskoštiavnického vodohospodárskeho systému sú umelo vybudované a poprepájané dômyselným systémom vodných jarkov, každý z nich má svoje vlastné mikropovodie, ktorého vlastnosti v nemalej miere ovplyvňujú samotnú nádrž. V mikropovodiach dochádza k prirodzenej eróznej činnosti, antropogínnym zásahom a často k pôsobeniu negatívnych faktorov, podieľajúcich sa na menšom, alebo väčšom zanášaní vodných nádrží sedimentmi. Po zániku baníctva stratil tento systém svoj primárny účel – a to poskytovať vodu pre potreby banského priemyslu, resp. pre odvodňovanie banského podzemia. Zánikom baníctva a zmenou účelu vodných nádrží nutne došlo k redukcii dohľadu, manipulácie s hladinou

a k zanedbaniu potrebnej údržby výpustných zariadení. Viaceré nádrže sa stali vlastne neovládateľnými, dnové výpusty nefunkčnými. Zmena vlastníckych vzťahov v 90. rokoch 20. storočia znamenala nielen deštrukciu, ale často zánik celých úsekov systému zberných jarkov, čoho nutným dôsledkom bola degradácia celého systému.

Od roku 1955 prevzal úlohu správcu banskoštiavnických tajchov štát. Prostredníctvom Slovenského vodohospodárskeho podniku, š.p. realizuje program rekonštrukcie a revitalizácie od roku 1996 pod názvom „Čiastkový projekt obnovy banskoštiavnických vodných nádrží“, ktorý ale žiaľ nerieši ani problémy spojené s devastáciou prívodných jarkov, ani problémy v mikropovodiach spojené so zvýšenou eróziou a následne transportom a sedimentáciou sedimentov v akumulačnom priestore vodných nádrží. Dôsledkom je ich postupné zanášanie a zmena celkového zásobného objemu, a to aj napriek tomu, že vodné nádrže sú pod ochranou UNESCO a jednou z ich novodefinovaných funkcií je protipovodňová ochrana.

Napriek všetkému sú vodné nádrže dodnes vo veľkej miere využívané na rekreáciu, extenzívny chov rýb a významne prispievajú svojou akumulačnou schopnosťou k protipovodňovej ochrane. Predstavujú jeden z dominantných fenoménov charakteristického vzhľadu krajiny tohto regiónu. Za celé obdobie banskoštiavnického baníctva vzniklo, bolo prebudovaných a postupne zaniklo množstvo nádrží objemovo a plošne väčších aj menších. Kolektív autorov (Hydroconsult, 1991) opisuje vyše 60 takýchto nádrží. Dnes sú však známe aj ďalšie, ktoré spomenutá práca neobsahuje a ich pozostatky viac alebo menej viditeľné v teréne sú v súčasnej dobe podrobené detailnejšiemu montánnemu výskumu. Príkladom sú vybudované, dnes takmer zaniknuté menšie vodné nádrže vo viacerých bočných a menších dolinách hlavnej hodrušskej doliny, kde dnes už nachádzame len relikty po niekdajšej baníckej činnosti. Všetky existujúce aj zaniknuté vodné nádrže boli situované v povodí Hrona, alebo Ipľa. Dnes ich podľa geografickej polohy jednotlivých mikropovodí v rudnom revíre rozdeľujeme do nasledovných skupín: piargske, bankoštiavnické, kolpašské, hodrušské, vyhnianske, belianske a ostatné vodné nádrže.

Zanášanie a zmeny vlastností vodných nádrží

Voda patrí medzi dôležité geologické činitele, podieľa sa na formovaní krajiny, mení ju, pretvára a modeluje. Pod výrazom krajina chápeme dynamický priestorový systém javov prírodnej a sociálno-ekonomickej povahy, ktorý sa viaže k zemskému povrchu. Má

synergické (súčinné), chorické (priestorové) a chronologické (v čase sa vyvíjajúce) aspekty (Mazúr a kol., 1985). Hovoríme buď o vodnej erózii prejavujúcej sa deformáciou a následným zosuvom svahov a vymývaním alebo v priamej nadväznosti na vodnú eróziu o sedimentácii – ukladaniu nánosov a splavenín. Pri povrchovom odtoku voda rozrušuje pôdu, vyplavuje a odnáša najjemnejšie pôdne častice a transportuje ich ďalej na nižšie položené časti povodia, prípadne ich ukladá priamo v koryte toku. Ich sústredením vznikajú rôzne nánosové formy a sedimentácia. Proces tvorby, resp. vývoja dna a odhadu produkcie sedimentov je možné modelovať v prostredí GIS za účelom lepšieho pochopenia, resp. predchádzania a zmierňovania intenzity tohto javu (Kondrlová & Antal, 2015).

Prevažná väčšina vodných nádrží v banskoštiavnickom rudnom revíre slúžila v minulosti na pohon banských a hutníckych mechanizmov (obr. 1). Po zániku baníctva skončila ich primárna funkcia akumulácie povrchovej vody a prestali byť vykonávané všetky pravidelné udržiavacie práce nielen v tesnej blízkosti samotných nádrží, ale aj v sieti ich zberných jarkov. Tie v mnohých prípadoch dosahujú dĺžku aj niekoľko kilometrov. Súčet dĺžok všetkých historických zberných a náhonných jarkov v banskoštiavnickej oblasti presahuje 140 km. V časoch fungovania baníctva v lokalite Banská Štiavnica a okolie mala každá nádrž a jarky prideleného svojho správcu (v minulosti známy tiež ako tajchár, resp. jarkár), ktorý zodpovedal za správnu manipuláciu s výpustným zariadením, pravidelnej sa staral o okolie samotnej nádrže a zabezpečoval čistotu a priechodnosť siete súvisiacich jarkov, ktoré v nemalej miere mohli byť zanesené drevnatým materiálom, zeminou, alebo opadnutým lístím. Zmena pôvodného účelu a spôsobu využívania týchto vodných nádrží spolu so zmenou intenzity a spôsobu hospodárskeho využívania a správy prislúchajúceho povodia vedie v kritických prípadoch k rastu povrchového odtoku, k vzniku eróznych procesov a rastu ich dynamiky, následne k zmenám reliéfu. Všetky tieto faktory častokrát pôsobia v povodiach spoločne s negatívnymi zmenami v skladbe druhotnej krajinnej štruktúry, čo vedie nielen k zanášaniu vodných nádrží, k zmene ich biologickej rovnováhy, kvality vody, ale končí ich postupným neregulovaným zazemňovaním, prípadne úplným zánikom.

Určenie množstva sedimentov a pravidelná aktualizácia údajov o zásobnom objeme vodnej nádrže umožňujú včasnú reakciu a zreálnenie prognóz ďalšieho zanášania. Sú nutné pre vytvorenie relevantných predpokladov pre návrh efektívnych ochranných opatrení v povodí, vedúcich k minimalizácii negatívnych dôsledkov. Z tohto dôvodu by

mali byť pravidelne aktualizované batymetrické mapy a modely reliéfu dna nádrží (Hollister, Milstead, 2010). Následnou realizáciou účinných opatrení je možné dosiahnuť nielen zmiernenie negatívnych dôsledkov, ale predovšetkým zníženie nákladov na prevádzku a údržbu nádrží.

Analýze najčastejších a najzávažnejších negatívnych dôsledkov spôsobených práve rastom objemu, resp. mocnosti vrstiev akumulovaných sedimentov a postupnej degradácie vodného ekosystému sa venovalo viacero autorov (Gellis a kol., 2006; Ahmed, Sanchez, 2011; Pradhan a kol., 2011; Ristić a kol., 2013; Marková, Hubačíková, 2015). Dynamike zosuvov v nekompaktných horninách v súvislosti so vznikom hradených jazier sa v Českej republike venujú autori Smolková a kol. (2009). Transport dnových sedimentov a zmeny morfológie dna v podmienkach vysokogradientových tokov na Morave analyzujú viaceré výskumné práce (Galia, Hrádecký, 2010; Galia, Hrádecký, 2011; Škarpich a kol., 2010). Pri erózii v povodí je ďalším zdrojom sedimentov aj erózia brehov vodných nádrží, ktorá je dôsledkom kolísania výšky hladiny, ako aj účinkov vĺn spôsobených vetrom (Pelikán, Šlezingr, 2015).

V minulosti mala väčšina krajiny banskoštiavnického regiónu lúčno-pasienkový charakter. S nárastom baníckej aktivity však rástol dopyt po drevnej hmote. Pôvodne zmiešané lesné porasty boli v banskej krajine nahrádzané oveľa rýchlejšie rastúcimi smrekovými monokultúrami. Tie boli schopné poskytnúť dostatok dreva pre výdrevu (podpery) v banských dielach, pre konštrukciu vodných čerpacích zariadení a iných mechanizmov. Nástup monokultúrnych porastov pre ekonomické dôvody v minulosti sa negatívne prejavuje aj v súčasnosti, pretože v podmienkach záujmového územia nie sú prirodzene sa vyskytujúcim druhom.

Funkcie lesného porastu, ako protieróznego faktoru zabraňujúceho vzniku povrchovému odtoku sú zrejmé. Les zmierňuje vodnú eróziu, účinne zadržiava vodu, spomaľuje jej pohyb. Negatívne pôsobenie človeka v lesných plochách je dané predovšetkým nešetrným spôsobom ťažby, nevhodným použitím mechanizmov a prakticky žiadnou sanáciou devastovaných plôch a líniových prvkov ako sú približovacie cesty a dočasné sklady vyťaženej drevnej hmoty. Na viacerých lokalitách bolo zistené (Kubinský a kol., 2015), že väčšia časť porastov ma slabé zakmenenie, rovnako slabo vyvinutú, alebo chýbajúcu krovinovú etáž, čo je pravdepodobne takisto jeden z dôvodov vzniku eróznych procesov.

V záujmovom území sa bežne vyskytuje veľký počet lesných nespevnených ciest a zvážnic, často využívané ako miestne komunikácie. Pre budovanie a správu týchto ciest platia rovnaké odporučenia ako pri

budovaní ciest na približovanie dreva a manipuláciu s ním. Dôležité je ale upozorniť na všeobecný jav, kedy cesty budované ku skladom dreva prakticky nikdy nie sú zabezpečené a projektované na hmotnosť nákladu, ktorá je po nich prepravovaná. Dôležitá je v tomto prípade úloha štátnych kontrolných a dozorných orgánov, pretože akékoľvek poškodenie existujúcich úprav a prehrádzok lesnými mechanizmami je v zásade prehliadané a nikdy nebolo postihnuté. V záujmovom území takto došlo k poškodeniu a zničeniu niekoľkých kilometrov historických zberných a náhonných banských vodných jarkov, technických objektov chránených dokonca legislatívou UNESCO. Smutným paradoxom je fakt, že väčšina obhospodarovanej lesnej pôdy je v správe Mestských lesov, s.r.o.

Je potrebné použiť šetrnejšie spôsoby ťažby na miestach s veľkým sklonom, ťažbu čo najviac obmedzovať, racionálne voliť prístupové trasy na sústreďovanie dreva a tieto následne sanovať vytváraním zasakovacích pásov a priehlbín, prirodzene brániacich odnosu lesnej pôdy. Finančné nároky na tento druh sanácie a protipovodňovej ochrany sú zanedbateľné. Ako bolo spomenuté, drevinové zloženie je v území nepôvodné, prípadne výrazne pozmenené. Pri pestovaní porastov a návrhu lesných hospodárskych plánov na ďalšie obdobie odporúčame prinavrátiť sa aspoň z časti k pôvodnej skladbe drevín, prípadne na miestach s kritickým sklonom, alebo so slabou krovinovou etážou zamedziť ťažbe úplne.

Určenie rizikových častí povodia, ktoré potenciálne najviac prispievajú k zanášaniu a následné cielené návrhy manažmentových opatrení boli spracované aj na iných lokalitách na území Slovenska (Kočický a kol., 2002). Vplyv porastu je výrazný pri tvorbe povrchového odtoku v povodí (Kaletová a kol., 2013) a zmeny vo využívaní krajiny vedú ku značným vplyvom na kvalitu vôd (Jurík a kol., 2013). Následné zásahy by mali smerovať k zlepšeniu protieróznych a protiodtokových vlastností týchto rizikových častí povodí. Podľa štúdie v oblasti Loess Plateau v Číne má zmena využívania krajiny v malých povodiach menší vplyv na povrchový odtok počas bežných, aj dlhotrvajúcich dažďov (Zhang a kol. 2010). K podobným záverom o menšom vplyve využívania krajiny, resp. zmien v „land use“ na rýchlosť a intenzitu sedimentácie dospeli aj iní autori (Janský a kol. 2010), ktorých zistenia korešpondujú s našimi výsledkami. Kľúčovými faktormi sa obyčajne stávajú mimoriadne hydrologické udalosti v povodí, narušenie nestabilných, ľahko erodovateľných svahov v povodí, degradácia, resp. absencia brehovej vegetácie, alebo kombinácia týchto faktorov.

Dnes vodné nádrže plnia funkciu predovšetkým rekreačnú a rybochovno-rybolovnú. S nárastom počtu rekreantov priamo úmerne rastie aj antropogénny tlak na samotné vodné nádrže, ich brehové zóny

a rovnako širšie povodie. Obytné a rekreačné objekty môžu byť výrazným zdrojom znečisťujúcich látok, ovplyvňujúcich kvalitu vody v nádrži, jedná sa predovšetkým o splašky z obydlí a rekreačných objektov. Znečistenie zapríčinené antropogénnou činnosťou je pre prírodné prostredie a obzvlášť pre vodné ekosystémy neustále vážna hrozba (Polichť–Latawiec a kol. 2015).

Absencia pravidelného monitorovania produkcie odpadu a splaškov v lokalitách zástavby tesne v brehovej zóne vedie ku kontaminácii vodného prostredia s priamym účinkom na celý rad vodných organizmov. V blízkosti viacerých atraktívnych vodných nádrží s vysokým rekreačným potenciálom a výrazným antropogénnym tlakom (napríklad Belianska, Evička, Windšachta, Richňavské, Počúvadlianske) aj v súčasnosti prebieha nová výstavba. Tá často nerešpektuje protierózne opatrenia, je vykonávaná v nevhodnom období so zvýšeným úhrnom zrážok a dochádza k narušeniu povrchu pohybom mechanizmov a zvyšuje sa riziko brehovej erózie. V mnohých prípadoch po takto vykonanej stavebnej činnosti nedochádza k spätnej stabilizácii povrchu a stále sa, žiaľ stretávame aj s dodatočne perforovanými septikovými nádržami a žumpami v tesnej blízkosti VN.

Aj brehové, resp. ripariálne zóny nádrží sú v nemalej miere podrobené tlaku zo strany rekreantov, či rybárov. Dochádza k zašľapávaniu trávnatého porastu, k znižovaniu počtu plôch s brehovým drevinným porastom a postupnému rozrušovaniu brehov. Tie sa následne stávajú náchylné na vodnú abráziu vplyvom účinku vodných vĺn. Je potrebné spomenúť pozitívny aspekt, že pri plánovaných rekonštrukciách vodných nádrží zo strany správcu (Slovenský vodohospodársky podnik, š.p.) dochádza k spevňovaniu a obnove kamenného obloženia brehov na hrádzových telesách veľkoblokovým lomovým kameňom kladeným na sucho.

V neposlednom rade sa na intenzite formovania povrchu a intenzite vodnej erózie a rozrušovania podieľa samotné geologické podložie. Andezit a mnohé ďalšie nekompaktné druhy hornín ako prevládajúce členy vulkanických sekvencií hornín v študovanej oblasti sú pri svojej veľkej variabilite zloženia veľmi rozdielne odolné voči vplyvom počasia a rôzne náchylné na rozrušovanie a odnos. Absencia nevyvinutého, alebo erodovaného pôdneho krytu tieto riziká ešte zvyšuje, pričom výsledkom je chýbajúci akýkoľvek porast (bylinný, trávnatý alebo drevinný). Intenzívne dažďové zrážky sú v poslednej dobe významný faktor podieľajúci sa na rozrušovaní a vzniku nových svahových pohybov (Janský a kol. 2010). Posledné roky sa aj v lokalite Štiavnických vrchov pravidelne opakujú prívalové dažde. Dolinové vyústenia prirodzených prítokov sú tvorené deluviálnymi a deluviálno-

fluviálnymi sedimentmi. Práve tie sú na kritických miestach s dynamizujúcimi morfologickými vlastnosťami, často v líniách mladoterciérnych a kvartérnych tektonických porúch.

Obrázok 1: Poloha vodných nádrži na Slovensku

Historické batygrafické údaje

S významným postavením baníctva v tejto lokalite v minulosti súvisí aj početná mapová dokumentácia celého vodohospodárskeho systému, vrátane batygrafických máp výpočtu kubatúr (mapy s izohypsami zátopových plôch). Historické mapy predstavujú jedinečný zdroj geografických informácií o krajine či konkrétnych prvkoch krajiny. V mnohých prípadoch slúžia k pochopeniu zmien prebiehajúcich v krajine. Takto získané poznatky sú aplikovateľné pri rôznych typoch analýz, syntéz a poskytujú početné východiská pre ďalšie interpretácie. Problematika využitia historických máp v oblasti environmentálneho výskumu je aktuálna (Boltižiar, 2009; Boltižiar & Olah, 2008; Boltižiar a kol., 2007, Boltižiar a kol., 2008; Chrastina, 2004; Žigrai, 2001; Masný,Zaušková 2014; Masný, Zaušková 2015; Masný 2015). O informačnej hodnote historických máp pri ekologickom výskume a ochrane krajiny pojednáva Olah (2009). Viaceré štúdie sa danej problematike venujú aj v zahraničí (Podobnikar, 2010). Výskum zameraný na analýzu vodných diel s použitím historických podkladov bol tiež spracovaný v Poľsku (Choiński, Ptak, 2009), v USA (Boddy, Ganske, 2005, Kansas Biological Survey, 2007). Dosiahnuté výsledky

dokumentujú bohaté aplikačné možnosti týchto podkladov pre rôznorodé využitie v praxi.

Historické mapy využité pri výskume banskoštiavnických vodných nádrží pochádzajú z fondov Hlavného Komorsko-grófskeho úradu na Windšachte (dnes Štiavnické Bane) a v súčasnosti sú uchované v Slovenskom banskom archíve (SBA). Slovenský banský archív v Banskej Štiavnici je špecializovaným pracoviskom Slovenského národného archívu. Na základe dostupnosti archívnych dokumentov bolo možné spracovať nasledovné lokality, resp. vodné nádrže: Halčianska, Evička, Bakomi, Belianska, Veľká Kolpašská, Veľká Richňavská, Malá Richňavská a Brennerštôlňanska vodná nádrž.

Pôvodný reliéf dna Halčianskej vodnej nádrže (stav v minulosti) bol získaný z historickej mapy s názvom „Halčiansky rybník – Banská Belá – Banský Studenec“, konštruovanej v mierke 1 : 10 000 z roku 1908 (SBA, 1908), Belianskej vodnej z mapy s názvom „Kubatúra Belianského rybníka v B. Belej“ v mierke 1 : 1000 z roku 1855 (SBA, 1855), vodnej nádrže Evička z mapy „Evička Rybník – Štiavnické Bane“ v mierke 1 : 1000 z júna 1971 (SBA, 1971), Bakomi mapy s názvom „Bakomi Rybník – Štiavnické Bane“ v mierke 1 : 500 z júna 1971, (Kružlic, Osvald, 1971), Brennerštôlnanskej vodnej nádrže z mapy s názvom „Brenner tó köbözése“ v mierke 1 : 250 z roku 1897 (Tirscher, 1897), Veľkej Kolpašskej nádrže z mapy „Kolpašské jazero – Banský Studenec“ v mierke 1 : 1000 z roku 1889 (SBA, 1889) a Veľkej a Malej Richňavskej nádrže z mapy „Mapa výpočtu kubatúry Malého a Veľkého Richňavského jazera v Štiavnických Baniach – pôdorys“ v mierke 1 : 1000 (Kamenár, Muzsnai, 1888).

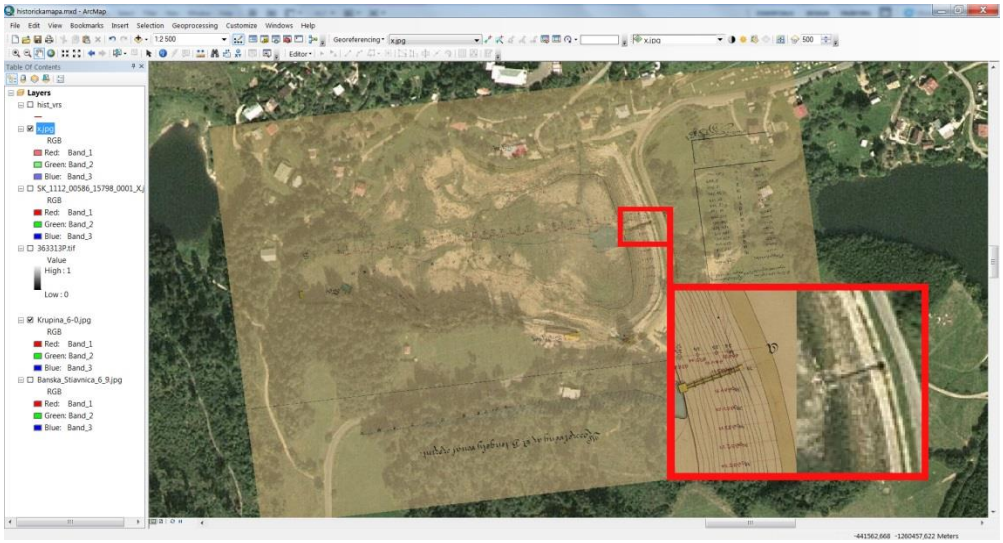
Na všetkých historických mapách sa nachádzala mierka (obr. 2), väčšinou znázornená číselne a graficky. Každá historická mapa výpočtu kubatúr objemu vody obsahovala názov a tabuľku objemu a vodnej plochy prislúchajúcej jednotlivým výškam zobrazených hĺbnic. Jazykom týchto máp je prevažne maďarčina, niektoré sú kolorované. Odzrkadľujú dokonalé meračské postupy, metódy a zariadenia vtedajších tvorcov. Ako meracie prístroje sa spočiatku používali kompasy a rôzne druhy svahomerov, tzv. šincojgov, neskôr železné uhlomerné kotúče alebo astrolábiá (kvadranty, sextanty, oktanty), od polovice 19. storočia sa používal teodolit – hlavný geodetický nástroj na meranie a vytyčovanie horizontálnych a vertikálnych uhlov. Pri teodolitoch platil princíp dvoch otočných osí kolmých na seba (limbus a alidáda) a kolmej zámernej priamky. Repetičné teodolity boli presnejšie, avšak ich nástup a použitie bolo viazané až na 2. polovicu 19.-teho a 20. storočie.

Obrázok 2: Ukážka historickej batymetrickej mapy – Richňavské vodné nádrže (mapa je orientovaná na juh)

Digitalizácia a transformatizácia historických mapových podkladov

Jednotlivé mapy boli skenované s rozlíšením od 300 do 600 dpi, v závislosti od mierky a fyzickej veľkosti mapy do formátu TIFF. Podľa potreby bol pri niektorých mapách v post-processingu upravený kontrast, expozícia a ďalšie parametre, ktoré zabezpečili čo najlepšiu čitateľnosť. Následne bolo potrebné pristúpiť ku georeferencovaniu rastrov, keďže tie neobsahovali žiadnu polohopisnú informáciu a nenachádzali sa v žiadnom súradnicovom systéme.

V podmienkach Slovenska je bežne používaný súradnicový systém S-JTSK v Křovákovom zobrazení. Do tohto systému boli transformované aj získané rastrové podklady (obr. 3). Samotná transformácia bola spracovaná v softvérovom prostredí ArcGIS ArcMap. Softvér ArcMAP poskytuje množstvo nástrojov pre rôzne priestorové analýzy a hydrologické modelovanie (Lackóová a kol., 2013a). Ako referenčný pomocný kartografický podklad so známym súradnicovým systémom boli zvolené letecké snímky (Eurosense, 2006), mapy ZM 1 : 10 000, ako aj pomocné vlícovacie body zamerané GNSS prijímačom s príjmom korekcií SKPOS v reálnom čase priamo v teréne. Georeferencovanie bolo spracované na základe výberu vhodných vlícovacích bodov, ktoré bolo možné na obidvoch podkladoch jednoznačne identifikovať. V týchto prípadoch sa jednalo napríklad o polohu manipulačnej búdky na hrádzi, polohu bezpečnostného priepadu, okraj hrádze a vyústenie dnového výpustu na vzdušnej strane hrádze, polohu historických budov v blízkosti atď.



Obrázok 3: Ukážka transformácie historických podkladov v prostredí ArcGIS ArcMap

Vektorizácia historických mapových podkladov

Po transformácii skenovaných historických máp do súradnicového systému S-JTSK, bolo možné pristúpiť k vektorizácii čiarových prvkov na mape. V tomto prípade išlo o vektorizáciu jednotlivých hĺbnic. Hĺbnice boli vektorizované poloautomatickou vektorizáciou v softvérovom prostredí Able Software R2V. Hĺbniciam bola následne priradená hodnota „Z“ udávajúca ich absolútnu nadmorskú výšku. Hodnoty boli odčítané z historického plánu a opravené o možný rozdiel spôsobený zmenou používaného výškového systému: HBpv = HJadran - 0,40 m. Pre polohu Slovenskej Republiky platí rozdiel medzi Baltským a Jadranským výškovým systémom v hodnotách -0,40 m až -0,42 m, tu potom vznikajú väčšie rozdiely medzi historickými a prezentovanými geodetickými meraniami (Pravda, Kusendová, 2007).

Súčasné batygrafické údaje

Pri získavaní údajov o súčasnom stave dna vodných nádrží bola využitá bezkontaktná technológia merania hĺbky ultrazvukovým zariadením prepojeným so systémom GNSS pre zachytenie polohy meraného bodu (obr. 4). Ide o technológiu bežne využívanú nielen u nás, ale aj v zahraničí (Pauk a kol., 1997; Kočický a kol., 2002; Choiński, Ptak, 2009; Elçi a kol., 2009; Fuska, Leitmanová, 2012; Ceylan a kol.,

2011; Jordan a kol., 2005; Kress a kol. 2005; Dost & Mannaerts 2008; Yun, Cho, 2011; Yesuf a kol., 2012;). Prakticky zhodnú metodiku, až na niektoré postupy softvérového spracovania údajov použili Česák & Šobr, 2005. Na Slovensku sa problematike dlhoročne venuje Výskumný ústav vodného hospodárstva, (Holubová, 1998).

Vzhľadom na skutočnosť, že výskum na uvedených lokalitách prebiehal v rozpätí 6 rokov (2009 až 2014), na posledných vodných nádržiach bola použitá odlišná, modernejšia a technologicky vyspelejšia technológia.

Obrázok 4: Ukážka realizácie terénnych prác na plavidle s meracou technikou

Batymetrické údaje o súčasnom stave dna vodných nádrží Halčianska, Belianska, Bakomi, Evička a Veľká Kolpašská boli získané sonarom Humminbird 717 (dvojlúčová sonda, frekvencia 200 & 83 kHz, lúče sondy 20° alebo 60°, maximálny dosah 450 m, uvádzaná presnosť ±10 cm) s externým zariadeným GNSS (Externá GNSS 50 kanálová anténa, uvádzaná presnosť ±1 dm). Merania sa vykonali v sériách línií kolmých na teleso hrádze. Meracia zostava bola umiestnená na nosníku pripevnenom k člnu, ktorý bol poháňaný elektromotorom. Meranie hĺbok bolo vykonávané v intervale 7 – 10 m medzi zameriavanými bodmi. Merania na vybraných profiloch boli uskutočnené dvakrát, aby sa overila opakovateľnosť merania. Kontrolné merania preukázali dobrú zhodu s pôvodnými meraniami. Ultrazvukový senzor sa nachádzal 30 cm pod vodnou hladinou, táto hodnota bola korigovaná priamo v zariadení. Pre odstránenie nepresností sa počas zamerania vykonávali kontrolné referenčné merania hĺbok na vybranej sade bodov ciachovanou tyčou s plochou pätkou (8 – 10 % meraní). K najväčším chybám v presnosti

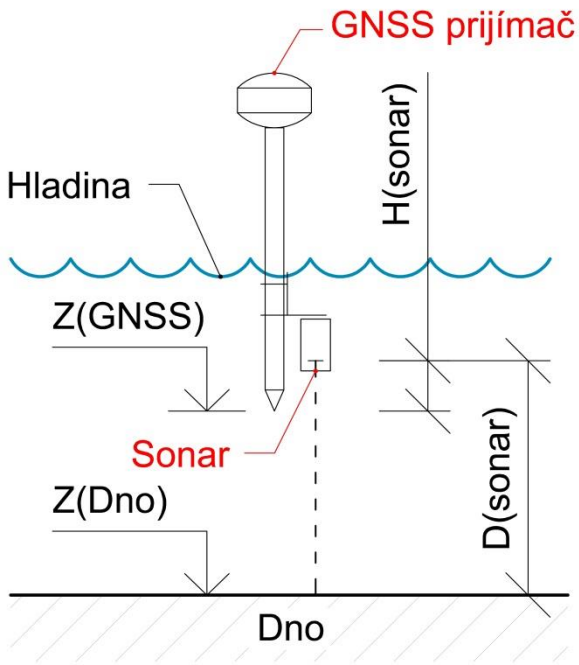
sonaru dochádza paradoxne v príbrežných partiách plytkých do 1 m, kde boli tieto chyby korigované pomocou ciachovanej tyče s plochou pätkou. Spôsob zamerania hĺbky nádrže iba ciachovanou tyčou bez použitia sonarového zariadenia je zdanlivo presný, avšak z hľadiska sťaženej stabilizácie plavidla na vodnej hladine je zachovanie vertikálnej polohy ciachovanej tyče už pri hĺbke nad 3 až 5 metrov nemožné. Vďaka zavedeniu nových postupov pri terénnom mapovaní dochádza k výraznému skráteniu a zjednodušeniu práce (Česák, Šobr 2005).

Keďže niektoré už analyzované nádrže boli po výskume a zameraní vypustené z dôvodu rekonštrukcie pracovníkmi Slovenského vodohospodárskeho podniku š. p. v rámci dlhodobého programu obnovy a údržby, spätne bola vykonaná verifikácia presnosti zamerania vybratých bodov metódou technickej nivelácie a založením uzavretého polygónového ťahu. Priemerná chyba meraní, resp. odchýlka zo sonarového zariadenia bola stanovená na ± 3 cm.

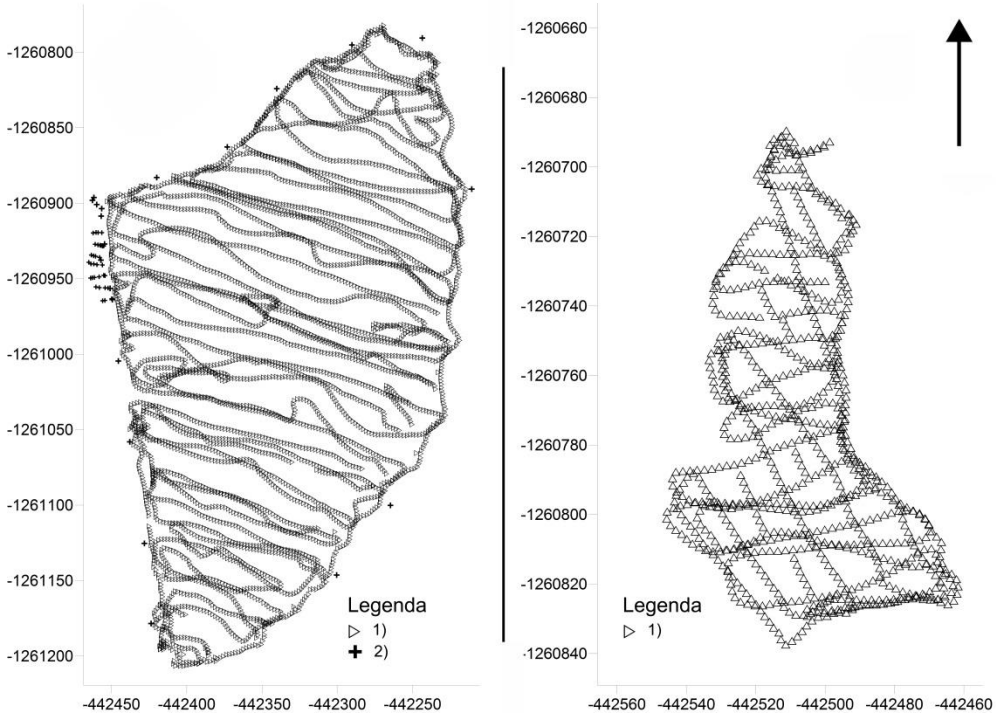
Získanie údajov o súčasnom stave dna Richňavských vodných nádrží bolo realizované v spolupráci so Slovenskou poľnohospodárskou univerzitou v Nitre pomocou bezkontaktného systému meracou zostavou pozostávajúcou z GNSS prijímača Leica 1200+ prepojeného so sonarom Garmin GPSmap 421s (200 kHz sonda s meracím lúčom 14°/45°). Meracia zostava bola fixovaná na raftovom člne poháňanom elektromotorom, ktorým sa vykonala plavba po celej ploche nádrží. Použitý GNSS prijímač umožňuje zber údajov RTK metódou (Real time kinematic), pri ktorej výrobca prijímača udáva presnosť merania 10 mm ± 1 ppm v polohe (horizontálna presnosť) a 20 mm + 1 ppm vo výške (vertikálna presnosť), (Leica Geosystems, 2005). Presnosť merania sonaru je rádovo ± 20 mm. Prepojenie GNSS prijímača a sonaru bolo riešené pomocou rozhrania NMEA (National Marine Electronics Association – Národná asociácia námornej elektroniky), ktoré prenáša ASCII dátový tok vo formáte vety, v ktorej sú jednotlivé dátové polia oddelené pomocou čiarok (Thota, 2006). Merania sa vykonávali počas plavby motorovým člnom pozdĺž rovnobežných priečnych profilov nádrže, vzdialenosť medzi profilmi bola 20 m. Merania sa vykonali počas dvoch meraní tak, že profily jednotlivých meraní na jednej nádrži boli medzi sebou vždy posunuté o 10 m. Týmto spôsobom boli zamerané vodné nádrže v sérii priečnych profilov so vzdialenosťou 10 m medzi profilmi. Tieto profily boli pripravené ako vytyčovacie línie pred samotnými meraniami a exportované do GNSS prijímača, kde sa následne využili pre navigáciu plavby.

Princíp merania spočíval v kontinuálnom zbere údajov o polohe a nadmorskej výške (GNSS prijímač) a hĺbky vody (sonar). GNSS prijímač

zaznamenával automatizovane údaje o polohe vo zvolenom intervale vzdialenosti. Údaje o zaznamenanej aktuálnej hĺbke vody boli odosielané káblovým prepojením zo sonaru do GNSS prijímača vo forme NMEA vety, ktorá bola pre každý zaznamenaný bod uložená ako poznámka spolu s údajmi o polohe. Takto zaznamenané údaje umožňovali následný výpočet nadmorskej výšky dna v bode nachádzajúceho sa pod člnom, resp. pod hrotom výtyčky GNSS prijímača, ku ktorému bol zaznamenaný údaj o polohe (obr. 5).



Obrázok 5: Schéma výpočtu nadmorskej výšky dna



Obrázok 6: Ukážka lokalizácie meračských bodov reliéfu dna Veľkej a Malej Richňavskej vodnej nádrže: 1) batymetrické body; 2) topografické body

Výstup z meraní na vodných nádržiach boli body definované súradnicami X, Y v polohopisnom súradnicovom systéme S-JTSK (Křovákovo zobrazenie) a hodnota Z vo výškopisnom systéme Baltský po vyrovnaní. Počas meraní boli automaticky zaznamenávané údaje o bodoch (poloha + hĺbka), pričom vzdialenosť medzi dvomi meranými bodmi sa pohybovala od 2 m do 10 m v závislosti na rozlohe vodnej plochy (obr. 6). Dáta zameraných bodov sú ukladané na pamäťovej karte GPS prijímača Leica 1200+, resp. internej pamäte zariadenia Humminbird 717.

Surové, resp. zdrojové dáta boli z GNSS prijímača (obr. 7) importované do prostredia softvéru Leica Geo Office a následne prenesené do prostredia MS Excel 2010, kde bolo vykonané ich spracovanie. Najprv boli odstránené všetky body, pri ktorých absentovala poznámka s uloženou NMEA vetou, resp. NMEA veta bez uvedenia hĺbky zameranej sonarom, nakoľko pre tieto body nebolo možné vykonať prepočet nadmorskej výšky dna. Následne boli odstránené všetky body, pri ktorých bola odhadovaná 3D presnosť horšia ako 50 mm za účelom dosiahnutia čo najväčšej presnosti výsledného modelu. Výpočet

nadmorskej výšky dna bol následne realizovaný v zmysle nasledujúcej rovnice (1).

$$Z_{dno} = Z_{GNSS} + H_{sonar} - D_{sonar} \qquad (1)$$

Následne boli prepočítané údaje o polohe – súradnice v S-JTSK, pre korektné zobrazenie a použitie v prostredí GIS tak, že súradniciam boli pridelené záporné hodnoty. Spracované údaje boli uložené v textovom súbore a následne importované do softvéru ArcMAP 10 pre tvorbu modelu dna jednotlivých vodných nádrží.

Obrázok 7: Ukážka terénnych prác – nivelácia na lokalite Brennerštôlňanskej vodnej nádrže

Brennerštôlňanská vodná nádrž je v súčasnej dobe (2016) vypustená, výpustný objekt sa nachádza v havarijnom stave a jej priestor je pokrytý vrstvou sedimentov, bahna a porastený vegetáciou. Pre získanie údajov dokumentujúcich súčasný stav dna bola zvolená nivelácia prístrojom značky Geomaster-DSA 200 a ručného GPS zariadenia Mobile Mapper 6. Za kótu so známou nadmorskou výškou bola zvolená prepadová hrana telesa hrádze s hodnotou 554,13 m n. m. Údaj bol poskytnutý Slovenským vodohospodárskym podnikom š.p., ktorý spravuje Brennerštôlňansku vodnú nádrž (teleso hrádze je v súkromnom vlastníctve). Hodnoty čítania boli v jednotlivých bodoch merania následne prepočítané na absolútne nadmorské výšky. Pri terénnom meraní nebola nivelovaná návodná strana hrádzového telesa, pretože historicky bola vydláždená (spevnená) lámanými blokmi kameňa. Aj napriek tomu, že je značne mrazom, mechanickou

deštrukciou a koreňovým systémom vzrastlých náletových drevín narušená, nie je predpoklad, že sa v časovom horizonte cca 50 rokov jej sklon a absolútna nadmorská výška vplyvom zanášania sedimentmi zmenila. V priestore nádrže bolo niveláciou určených viac ako 100 meračských bodov s pravidelným rozstupom približne 7 metrov, čím vznikla plošná sieť bodov, kde každý bod obsahoval údaj o presnej polohe v priestore zaznamenaný prístrojom GPS a absolútnej nadmorskej výške pevného dna. Metodický postup bol aplikovaný aj pri zameraní časti plochy Halčianskej nádrže, ktorá sa vplyvom sedimentácie dostala mimo zátopovú čiaru.

Terénny výskum prebehol na jednotlivých nádržiach v uvedených termínoch s absolútnou nadmorskou výškou hladiny, resp. hrádzového telesa pri vypustenej Brennerštôlňanskej nádrži. Halčianska – 10.11.2009 a 17.12.2010 (470,90 m n. m.), Belianska – 14.10.2011 (556,6 m n. m.), Evička – 15.10.2011 (664,91 m. n. m.), Bakomi – 19.10.2011 (709,5 m n. m.), Brennerštôlňanský – 16.5.2012 (554,13 m n. m.), Veľký Kolpašský – 23.5.2012 a 24.5.2012 (598,10 m n. m.), Veľká Richňavská – 10. 7. 2013 (725,710 m n. m.), Malá Richňavská 14. 8. 2013 (716,274 m n. m.).

Interpolácia 3D modelov, výpočet zmien objemov

Po získaní dát z dvoch časových období (v minulosti na základe historických mapových dokumentov a v súčasnosti na základe terénneho prieskumu) bolo možné pristúpiť k porovnaniu a vyhodnoteniu zmien. Dáta z obidvoch období boli spracované v softvérovom prostredí Surfer 8 (Golden Software, Inc.). Softvér Surfer sa v súvislosti s modelovaním dna nádrží často objavuje aj v ďalších prácach (Česák, Šobr, 2005; Kocum & Janský, 2005; Janský a kol., 2005; Hrdinka, 2005). Vstupný formát pre importovanie do programu je súbor s koncovkou dat. Je to vlastne tabuľkový dátový súbor, ktorý musí obsahovať 3 základné stĺpce a to súradnice X a Y a výškový údaj Z. Pri interpolácii bola použitá metóda Kriging (Webster, Oliver, 2001), ktorá poskytuje širokú škálu užívateľských nastavení a doplnkových parametrov.

Takto boli vygenerované rastrové modely reliéfu dna nádrží s rozmerom bunky 2x2 m. Geometria okolia použitého pre výpočet konkrétnej hodnoty bola zvolená ako kruhová, jej polomer bol stanovený tak, aby účinné okolie interpolácie zahrňovalo dostatok bodov priestoru s možnosťou autokorelácie. Ide však o značne subjektívny odhad, optimum pre ďalší výpočet bolo minimálne 12 údajov (Isaaks, Srivastava, 1989). Kvalita predikcie bola následne verifikovaná

procedúrou Cross-Validation (Deutsch, 2002). Rozdelenie početnosti reziduálov bolo normálne, s priemerom blížiacim sa k nule pri všetkých generovaných 3D modeloch.

Vzájomným odčítaním obidvoch modelov funkciou Grid/Volume bol od modelu súčasného stavu (Upper Surface) odpočítaný model zachytávajúci stav v minulosti (Lower Surface), čoho výsledkom bolo numerické vyjadrenie rozdielu oboch modelov reprezentujúce objem naplavených sedimentov (Surfer ® User's Guide, 2002). Poradie povrchov bolo zvolené za predpokladu, že v nádržiach došlo k naplaveniu určitého množstva sedimentov a nie jeho úbytku. V softvéri Surfer 8 bola spracovaná aj výsledná 2D a 3D vizualizácia.

Pri vyhodnotení údajov z Malej a Veľkej Richňavskej vodnej nádrže prebehlo okrem spracovania vstupných dát v prostredí Surfer 8 aj spracovanie v softvérovom prostredí ArcGIS ArcMap 10. Išlo predovšetkým o verifikáciu výpočtov a porovnania modelov v programe Surfer 8, kvality predikcie aplikovanou interpolačnou metódou Kriging. Tvorba modelov reliéfu dna jednotlivých nádrží v prostredí softvéru ArcMap 10 bola riešená s využitím interpolačného nástroja Topo to Raster, resp. vytvorením TIN modelu (z angl. Triangulated irregular network – sieť nepravidelných trojuholníkov) pre každé časové obdobie. Tvorba rastrového modelu dna pomocou nástroja Topo to Raster s využitím historického podkladu – vrstevnicovej mapy, využívala ako hlavný typ zdrojových údajov existujúce vektorizované vrstevnice s priradeným atribútom nadmorskej výšky. Vrstevnica s najväčšou nadmorskou výškou bola exportovaná do samotného súboru pre jej využitie ako hranice interpolácie. Samotná interpolácia bola realizovaná tak, že rozmer bunky rastra bol 2x2 m, rozsah bol zadefinovaný podľa súboru historických vrstevníc. Interpolácia bola vykonaná bez odstránenia bezodtokových oblastí.

Pri vytvorení rastrového modelu dna zo súčasnosti bol rovnako využitý interpolačný nástroj Topo to Raster, ktorý v tomto prípade využíval ako hlavný typ zdrojových údajov body, ktoré boli získané počas terénneho merania. Pre vytvorenie polygónu hranice interpolácie digitálneho modelu terénu dna bola využitá ortofotomapa, z ktorej bol vytvorený polygón brehovej čiary, ktorému bol priradený atribút nadmorskej výšky hladiny zameranej v deň terénneho merania sonarom – táto výška bola zameraná pomocou GNSS prijímača na viacerých miestach. Nastroj Topo to Raster interpoloval model dna bez odstránenia bezodtokových oblastí s veľkosťou bunky rastra 2x2 m, pričom ako rozsah bol použitý súbor historických vrstevníc, čím sa zabezpečilo dokonalé prekrytie buniek rastrov dna historického aj súčasného.

Tvorba TIN modelov dna vodnej nádrže vychádzala vždy z rovnakých vstupných údajov (vrstevnicová mapa v prípade historického dna a séria bodov na dne zameraných bezkontaktne v prípade súčasného dna) a z rovnakých polygónov vyznačujúcich hranice tvorby TIN modelu (samostatný súbor vrstevnice s najvyššou nadmorskou výškou v prípade historického dna a polygón brehovej čiary vektorizovanej z ortofotomapy v prípade súčasného dna). Samotná triangulácia bola vykonaná s dodržaním pravidiel Delaunayovej triangulácie.

Určenie objemu vody v nádržiach bol v prípade rastrových modelov stanovený pomocou máp hĺbky vody v nádrži, ktoré boli vytvorené pomocou nástroja Raster Calculator ako rozdiel medzi nadmorskou výškou hladiny a rastrom digitálneho modelu reliéfu dna v príslušnom časovom období. Mapy hĺbky vody boli následne spracované pomocou nástroja Zonal statistics as table, kde sa určil súčet hodnôt hĺbok vody na každej bunke rastra, ktorá sa nachádzala v sledovanej zóne definovanej ako brehová čiara v danom časovom období (samostatný súbor vrstevnice s najvyššou nadmorskou výškou v prípade historického dna a polygón brehovej čiary vektorizovanej z ortofotomapy v prípade súčasného dna). Súčet hĺbok vody bol následne vynásobený plochou bunky rastra (Rovnica 2), čím bol získaný celkový objem vody v sledovanej nádrži v danom časovom období.

$$V_{voda} = \sum_{i=1}^{n} H_i \times S_{bunka} \qquad (2)$$

Kde:
V_{voda} – celkový objem vody (m^3)
H_i – hĺbka vody na sledovanej bunke rastra (m)
S_{bunka} – veľkosť plochy bunky rastra (2 m *2 m)

Pre určenie objemu vody na základe TIN modelu sa využil nástroj „Polygon volume“, ktorý stanovil objem vody v nádrži ako objem medzi sledovaným TIN modelom dna a polygónom, ktorý reprezentuje hladinu vody v nádrži s jej aktuálnou nadmorskou výškou.

Morfometrické charakteristiky, analýza druhotnej krajinnej štruktúry povodia a ripariálnej zóny

Pri niektorých študovaných nádržiach tvorí mikropovodie a brehová zóna významný faktor, podieľajúci sa na erózno-sedimentačných procesoch, prípadne procesoch, ktoré ovplyvňujú vodné prostredie. Brehové porasty významným spôsobom ovplyvňujú transport

a ukladanie sedimentov (Halaj a kol., 2011). Preto bolo pri niektorých zvolených povodiach pristúpené k detailnejším charakteristikám aj týchto dvoch entít.

Vstupné dáta pre vytvorenie morfometrických charakteristík povodia tvorili vrstevnicové mapy ZM v mierke 1 : 10 000. Tieto boli vektorizované poloautomatickou vektorizáciou v softvérovom prostredí R2V. Sporné vrstevnice, kde poloautomatická vektorizácia neprebehla boli manuálne dodatočne doplnené a modifikované. Jednotlivým vrstevniciam boli pridelené hodnoty nadmorskej výšky, odčítané z podkladových máp. Takto spracované vektorové dáta slúžili pre vytvorenie digitálneho modelu reliéfu (DMR) z ktorého je možné odvodiť ďalšie charakteristiky. Analýza sklonu a orientácie svahov zvolených mikropovodí bola spracovaná v prostredí ArcGis ArcMap modulom Spatial Analyst / Surface analysis / Slope a Aspect) na základe digitálneho modelu reliéfu. Analýza slnečného príkonu bola spracovaná syntézou rastrového modelu sklonov a orientácií reliéfu. Následné stanovenie indexov slnečného príkonu, reklasifikácia sklonov a orientácií a kvantifikácia indexov bola v prostredí ArcGIS ArcMap funkciou Reclassify spracovaná podľa metodiky LANDEP (Miklós a kol. 1990).

Druhotná krajinná štruktúra mikropovodia bola spracovaná taktiež v prostredí ArcGIS ArcMap na základe podkladových leteckých snímok (Eurosence 2006). Sporné časti, prípadne miesta najväčších zmien boli ku dňu terénneho výskumu aktualizované na základe terénneho prieskumu. Mapované boli záujmové kategórie s ohľadom na charakter konkrétnej lokality a jej krajinnej štruktúry (napr. zastavané územie, orná pôda, lúky a trvalé trávne porasty, nelesná drevinná vegetácia, ihličnatý les, listnatý les, zmiešaný les, prípadne lesný porast bez špecifikácie, vodná plocha, komunikácie, vodné toky a iné). Krajinná štruktúra citlivo reaguje na široké spektrum environmentálnych vplyvov, ktorými je v podmienkach Slovenska taktiež výrazne formovaná (Lackóová a kol., 2013b).

Brehová (ripariálna zóna) bola pri niektorých vodných nádržiach vyčlenená ako nárazníková zóna (buffer) od zátopovej čiary hranicou vzdialenou 20 metrov funkciou Buffer v prostredí ArCGIS ArcMap (Cebecauerová, Lehotský, 2012). Brehová zóna ovplyvňuje brehovú eróziu a transport terestrického materiálu do priestoru nádrže. Brehová zóna je entita interakcie akvatických a terestrických prírodných systémov, je preto dôležité jej poznávanie a manažment (Naiman a kol., 2005).

V takto vyčlenenej ploche boli následne mapované zvolené štruktúry brehovej zóny, ktoré sa môžu podieľať na zvyšovaní brehovej erózie a negatívne ovplyvňovať kvalitu vodného prostredia (napr.

narušené brehy s nízkobylinným porastom, trvalé trávne porasty, rozptýlené stromy s bylinným podrastom, kroviny, zastavané plochy a antropogénne pôsobenie).

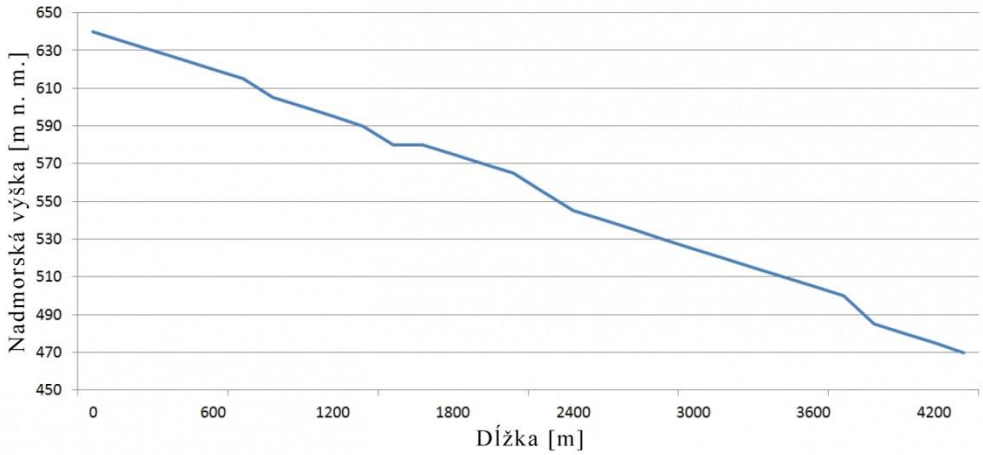
Vzhľadom na skutočnosť, že blízke okolie niektorých vodných nádrží spolu s ich povodiami prešli za posledné desaťročia výraznými zmenami súvisiacimi so zánikom baníctva v tejto lokalite, pri zvolených nádržiach bolo pristúpené k analýze krajinnej štruktúry povodia a brehovej zóny na základe historických leteckých snímok. Postup spracovania bol totožný s mapovaním súčasnej krajinnej štruktúry povodia a brehovej zóny. Rozdiel bol iba v použití historických mapových podkladov.

Interpretáciou ortofotosnímok z roku 2006 s následným doplnením a modifikáciou údajov získaných terénnym prieskumom a spätnou interpretáciou leteckých čiernobielych fotografií, historických leteckých snímok z roku 1949 bola odvodená a vytvorená mapa krajinnej pokrývky územia pre dva časové horizonty (1949 a súčasnosť). Pri georeferencovaní historických leteckých snímok bolo použitých minimálne 15 vlícovacích bodov a keďže záujmové územia pokrývali len menšiu časť leteckej snímky situovanú takmer v jej strede, ortorektifikácia vykonaná nebola. Vzhľadom k tomu, že k závažnejšiemu efektu skreslenia v strede snímky takmer nedochádza a hodnoty reziduálov sa blížili k hodnote 0 považovali sme georeferenciu pre ďalšie analýzy za dostatočne presnú.

Halčianska vodná nádrž

Halčianska vodná nádrž pochádza z druhej polovice 18. storočia. Vznikla prehradením prirodzenej doliny a potoka, tečúceho z vyššie položenej osady Halča. Hrádza je sypaná zemitá. Geograficky patrí do skupiny Belianskych vodných nádrží a spolu s ďalšími (Goldfusská malá a Goldfusská veľká nádrž, Belianska nádrž) slúžila na pohon stúp. Tie sa v minulosti nachádzali za obcou Banská Belá v Kozelníckej doline (Hydroconsult 1991). V súčasnosti slúži najmä pre rybárske účely, na rekreáciu je využívaný v menšom rozsahu a plní významný krajinný prvok.

Riečna sieť v modelovom území je symetrická, stromovitá (dendritická). Tento typ riečnej siete je charakteristický pre oblasť tvorenú z približne rovnako odolných hornín. Hierarchia tokov v sieti je vyvážená. Dĺžka hlavného toku je 4 240 m. Koeficient vývoja toku je 1,28. Spádová krivka Halčianskeho potoka po teleso vodnej nádrže je znázornená na obrázku 8.



Obrázok 8: Spádová krivka Halčianskeho potoka

Mikropovodie nádrže končí profilom hrádze vodnej nádrže a zaberá plochu takmer 912,69 ha, ohraničené je orografickou rozvodnicou s celkovou dĺžkou 12 957 m. Najnižšia kóta územia je niveleta dnového výpustu vodnej nádrže (462,38 m n. m.), najvyššia kóta je vrch Strela (840,20 m n. m.). V tomto území predstavuje hustota riečnej siete hodnotu 1,845 km tokov na km² plochy. Lesnatosť povodia je 73,50 %.

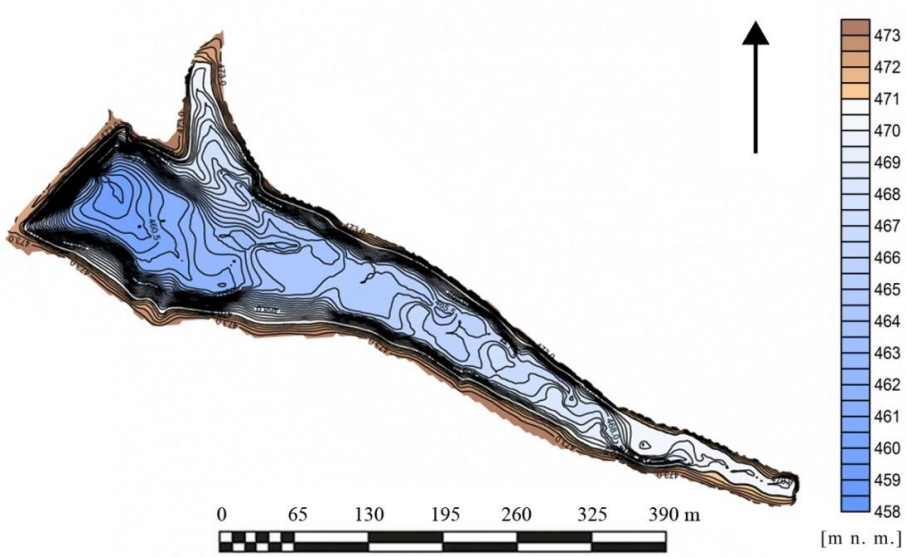
Zmeny objemu

Vzájomná komparácia výsledkov získaných z historickej mapy z roku 1908 a terénneho merania z roku 2010 v softvérovom prostredí Surfer 8 priniesla nasledovné výsledky (tab. 1, obr. 9 a 10):

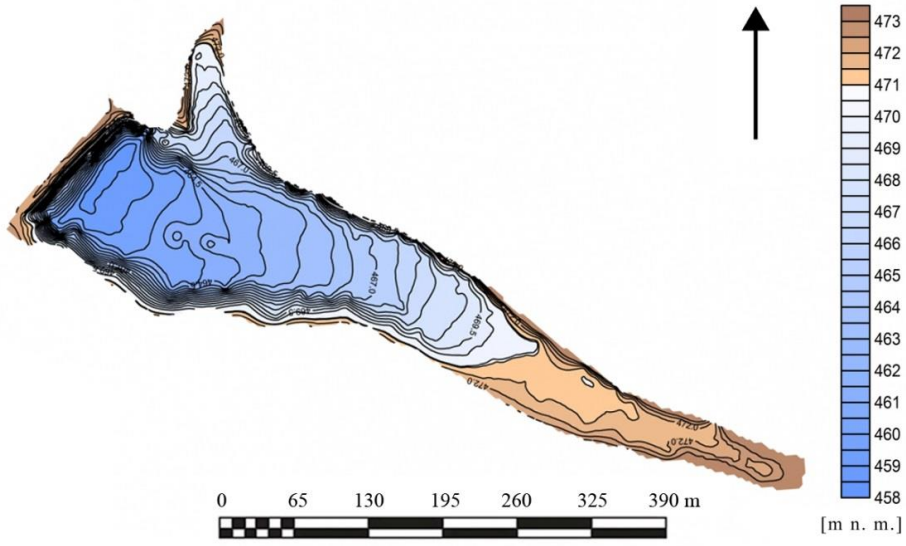
Tabuľka 1: Zmeny objemu Halčianskej vodnej nádrže

Výpočtové pravidlo / funkcia	**Objem sedimentov za 102 rokov (m^3)**
Extended Trapezoidal Rule	35 901
Extended Simpson's Rule	35 864
Extended Simpson's 3/8 Rule	35 857

Za výsledný objem sedimentov považujeme aritmetický priemer z troch vypočítaných metód: **35 874 m³** (smerodajná odchýlka σ = 23,61). Výsledok prestavuje rozdiel dvoch reálnych povrchov, teda objem sedimentov naplavených do Halčianskej nádrže v priebehu 102 rokov, čo je v priemere 351,71 m³ ročne. Erózno-akumulačnými procesmi došlo aj k zmenšeniu vodnej plochy a výraznému k posunu zátopovej čiary. Celková zmena vodnej plochy za dané časové obdobie 102 rokov predstavuje 9 373,6 m².



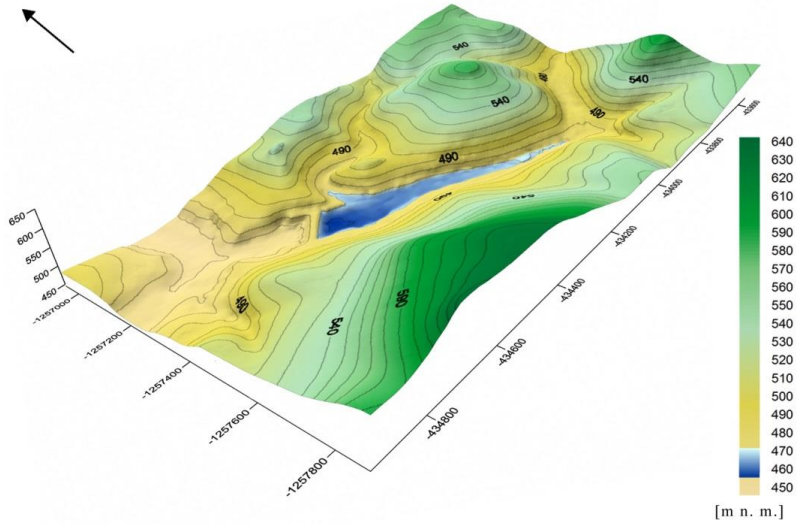
Obrázok 9: Priebeh nadmorských výšok dna Halčianskej vodnej nádrže – stav v roku 1908



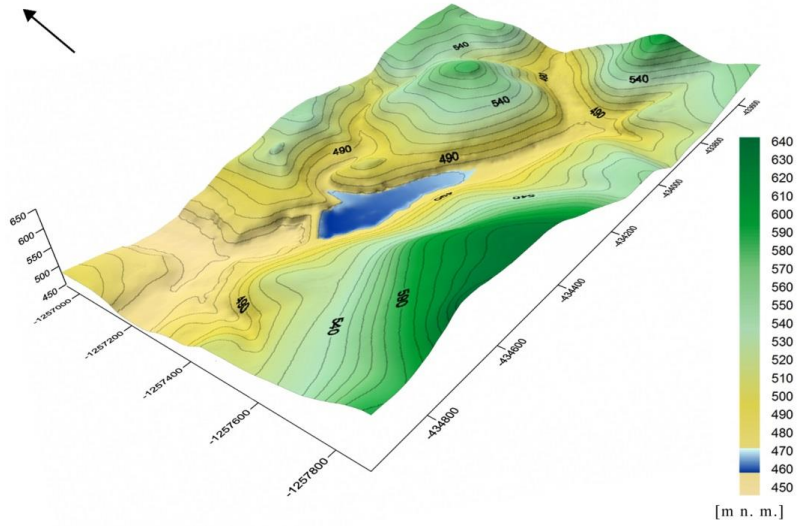
Obrázok 10: Priebeh nadmorských výšok dna Halčianskej vodnej nádrže – stav v roku 2010

Model reliéfu dna v roku 1908 je pomerne členitý, nepravidelný, v horizontálnom smere s množstvom konkávnych a konvexných tvarov, orientácia brehu je veľmi variabilná, pravdepodobne daná reliéfom

pôvodnej doliny, ktorej prehradením vznikla Halčianska nádrž. Model reliéfu dna v roku 2010 je podstatne menej členitý, pravidelnejší a symetrickejší, pozvoľne rastie smerom k prítoku. Rovnako je to aj s jeho orientáciou, dno je orientované len jedným smerom, k telesu hrádze. Priemernú výšku vrstvy sedimentov predstavuje hodnota 2,6 m. Výška klesá smerom od prítoku k telesu hrádze. Je možné pozorovať známky gravitačného triedenia sedimentov. Zmenu a zmenšenie vodnej plochy za 102 rokov vidíme tiež porovnaním 3D modelov blízkeho okolia nádrže pre oba časové horizonty (obr. 11 a 12).



Obrázok 11: 3D model Halčianskej vodnej nádrže a priľahlého okolia – stav v roku 1908



Obrázok 12: 3D model Halčianskej vodnej nádrže a priľahlého okolia – stav v roku 2010

Analýza druhotnej krajinnej štruktúry a morfometrických charakteristík

Z analýzy aktuálnej druhotnej krajinnej štruktúry (DKŠ) je zrejmé, že 72,81 % tvorí les, čo hodnotíme ako pozitívne, keďže práve lesný porast má významnú protieróznu a stabilizačnú funkciu. Naopak zastavané územie tvorí iba 0,26 % plochy povodia. Obnažené povrchy sú koncentrované práve v eróziou postihnutých úzkych dolinách roklinového typu, ich mapovanie prebehlo terestricky prevažne v rámci plôch všetkých troch kategórií lesa. Viazané sú na nespevnené, alebo ľahko erodovateľné litologické členy postvulkanickej stavby Štiavnických vrchov (tab. 2 a 3).

Tabuľka 2: Charakteristika DKŠ povodia

Kategória	**Celková plocha (m²)**	**Celkový podiel (%)**
Vodná plocha	37 172	0,40
Trvalé trávne porasty	2 032 038	22,26
Nelesná drevinná vegetácia	127 679	1,39
Orná pôda	197 499	2,16
Ihličnatý les	38 360	0,44
Listnatý les	1 989 009	21,80
Zmiešaný les	4 681 242	51,29
Zastavané územie	23 913	0,26
Spolu	**9 126 912**	**100**

Tabuľka 3: Charakteristika sklonu svahov povodia

Sklon	**Rozloha (m²)**	**Podiel (%)**
1 (0° – 1°)	10 203	0,11
2 (1°– 3°)	88 456	0,96
3 (3°– 7°)	355 636	3,89
4 (7°– 12°)	1 290 8721	14,14
5 (12°– 17°)	3 111 7321	34,09
6 (17° – 25°)	2 904 142	31,85
7 (25° – viac)	1 365 872	14,96
Spolu	**9 126 912**	**100**

Sklon a orientácia sú významné faktory, pôsobiace na veľkosť erózie. Majú preukázateľný vplyv na odtokové pomery, topenie snehu, režim odtoku. Severné svahy majú tendenciu zhromažďovať väčšie

zásoby snehovej pokrývky ako južné svahy. V dôsledku väčšieho slnečného príkonu sú pôdy na južných svahoch viac vysúšané a to ovplyvňuje rozklad organických látok. Z charakteristiky sklonov povodia je zrejmé, že viac, ako polovica plochy povodia leží na sklonoch 12° a viac (tab. 4).

Tabuľka 4: Charakteristika orientácie svahov povodia

Orientácia	**Rozloha (m²)**	**Podiel (%)**
Sever	3 047 180	33,39
Východ	1 823 349	19,98
Juh	1 886 654	20,68
Západ	2 369 729	25,95
Spolu	**9 126 912**	**100**

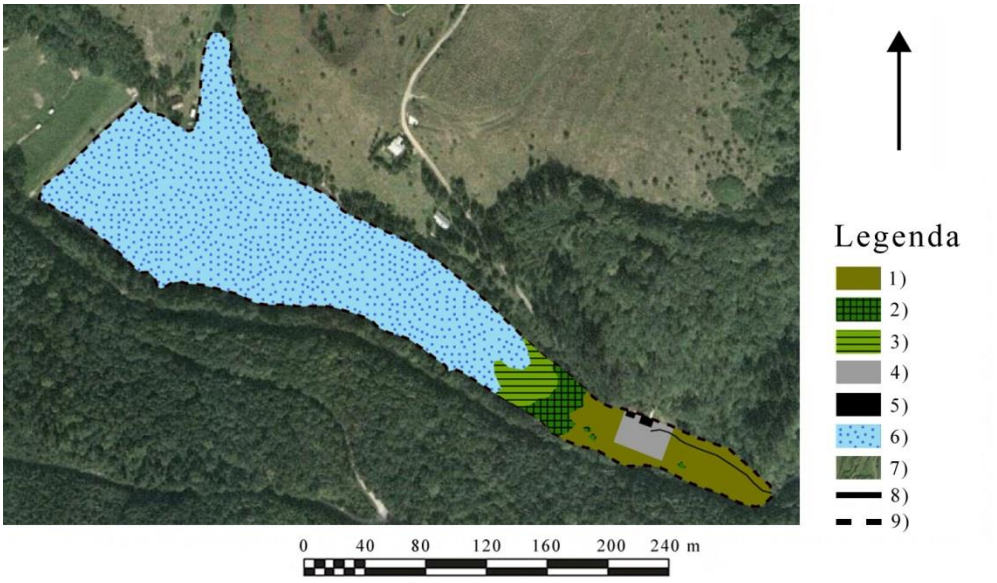
Oslnenie reliéfu, resp. slnečný príkon – množstvo dopadajúceho žiarenia je ukazovateľ, ktorý môžeme získať syntézou mapy sklonov a orientácie reliéfu. Výsledky poukazujú, že takmer polovica územia (47,2%) leží na plochách s príkonom 656 až 675 kJ, teda hovoríme o vyššom slnečnom príkone. Takmer 30% územia leží na plochách s príkonom nad 675 kJ, čo v konkrétnych nadmorských výškach s výskytom silných mrazových nocí pozitívne eliminuje riziko mrazového rozrušovania menej kompaktných hornín aj v rámci 24-hodinového cyklu. Posledné dekády sú charakteristické prudkým jarným oteplením najmä v mesiacoch apríl až máj. Náhle roztopenie snehovej pokrývky sprevádzané následne epizodickými prudkými prívalovými dažďami vytvára cestu k vzniku intenzívnej vodnej a brehovej erózie (tab. 5).

Tabuľka 30: Charakteristika slnečného príkonu svahov povodia

Slnečný príkon (Kj)	**Rozloha (m²)**	**Podiel (%)**
695 – 725	1 236 344	13,54
675 – 695	1 440 648	15,75
656 – 675	4 310 934	47,20
616 – 655	650 070	7,12
576 – 615	314 286	3,55
536 – 575	668 394	7,30
Do 535	506 236	5,54
Spolu	**9 126 912,5**	**100**

Terestrické územie vzniknuté posunom zátopovej čiary

Rozloha územia, ktoré bolo už v roku 2010 vplyvom akumulácie sedimentov a postupného zanášania nádrže mimo zátopovej čiary je 9 374 m². Na tejto časti územia je možné vidieť sekundárnu sukcesiu. Ako prvá sa mimo zátopovú čiaru dostala juhovýchodná časť tohto terestrického územia na ktorej je v súčasnej dobe možné pozorovať najstaršie dreviny a porast nadobúda lesný charakter. Terénnym prieskumom bolo zistené, že jej drevinné zloženie tvorí najmä jelša lepkavá (*Alnus glutinosa Gaertn*). Priemerná výška jedincov bola odhadnutá na 15 – 17 m, priemerná hrúbka kmeňa 30 – 35 cm. Nachádza sa tu aj krovinná zložka, tvorí ju baza červená (*Sambucus racemosa L.*) a baza čierna (*Sambucus nigra L.*). Ojedinele sa vyskytol hrab obyčajný (*Carpinus betulus L.*) a vŕba biela (*Salix alba L.*). Bližšie k ploche vodnej nádrže bol zaznamenaný výskyt vŕby bielej (*Salix alba L.*). Ich priemerná výška bola 20 m, hrúbka 35 – 50 cm. Tesne pri vodnej hladine na jemnozrnných frakciách sedimentu bol zaznamenaný výskyt mladších vŕb, ktorých výška nepresahovala 5 m a hrúbka kmeňa 10 cm, ako aj pálka širokolistá (*Typha latifolia L.*) Na tomto území sa dnes nachádzajú aj dve rekreačne využívané budovy. Ich priľahlé okolie je antropogénne pozmenené: urovnané a návozmi spevnené. Na tejto ploche sa vďaka výrubom nenachádzajú žiadne dreviny, ani solitérne (obr. 13).

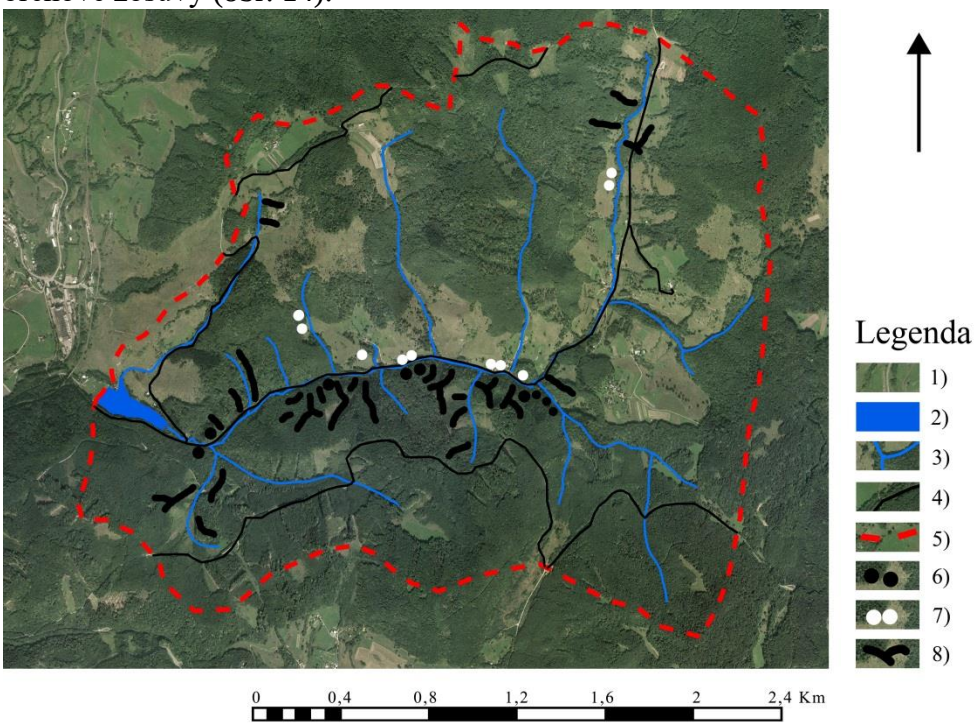


Obrázok 13: Súčasná krajinná štruktúra Halčianskej vodnej nádrže v roku 2015

1) zastúpenie jelše lepkavej; 2) zastúpenie vŕby bielej – mladé porasty; 3) zastúpenie vŕby bielej – staršie porasty; 4) človekom zmenené územie; 5) budovy, 6) vodná plocha v roku 2010; 7) ortofotosnímka; 8) komunikácie a cesty; 9) hranica vodnej plochy v roku 1908

Mapovanie eróznych plôch v povodí

Na základe čiastkových výsledkov z morfometrických analýz a terénnym prieskumom sme empiricky vyčlenili mapu eróznych plôch povodia Halčianskej nádrže. Mapovaná bola plošná a líniová erózia a brehové zosuvy (obr. 14).



Obrázok 14: Prejavy erózie v povodí Halčianskej vodnej nádrže
1) ortofotosnímka; 2) vodná plocha; 3) vodné toky; 4) cesty; 5) hranica povodia; 6) plošná erózia; 7) brehové zosuvy; 8) líniová erózia

Belianska vodná nádrž

Vodná nádrž vznikla pred rokom 1747. Z tohto roku pochádza prvá zmienka o už existujúcej nádrži nad obcou Banská Belá. Spolu s Halčianskou nádržou slúžila pre potreby banských mechanizmov v Kozelníckej doline. Zberná oblasť, teda mikropovodie po profil umelo vybudovanej hrádze na ktorej je situovaná manipulačná búdka zaberá plochu celkom 0,3972 km² a je ohraničená orografickou rozvodnicou s celkovou dĺžkou 3 033 m. Pri vymedzovaní mikropovodia Belianskej nádrže bol zvážený fakt, že mikropovodím prechádza vo svahu asfaltová cesta v zárezе č. 525 Banská Belá – Banská Štiavnica, ktorá má po celej dĺžke vybudovaný odvodňovacia priekopa rigol zachytávajúca povrchové vody z celej západnej časti svahu a odvádza ich mimo samotnú vodnú nádrž, preto časť hranice mikropovodia je totožná s hranicou tejto komunikácie.

Zmeny objemu

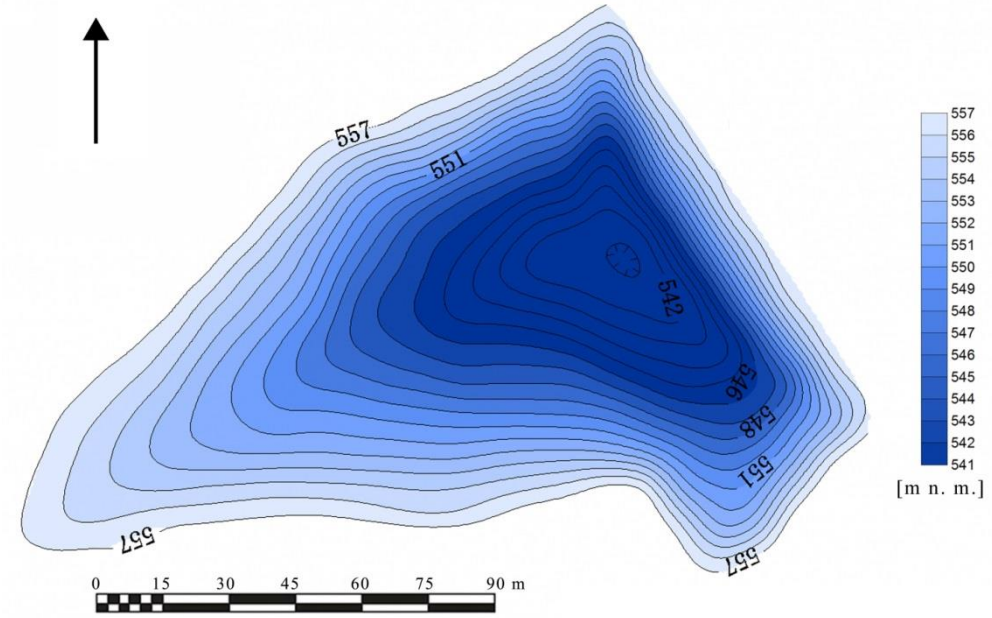
Stanovenie objemu sedimentov bolo vykonané ako vzájomná komparácia digitálneho modelu reliéfu z historickej mapy z roku 1855 a digitálneho modelu terénu vytvoreného z terénneho merania z roku 2011 v softvérovom prostredí Surfer 8 (tab. 6).

Tabuľka 31: Zmeny objemu Belianskej vodnej nádrže

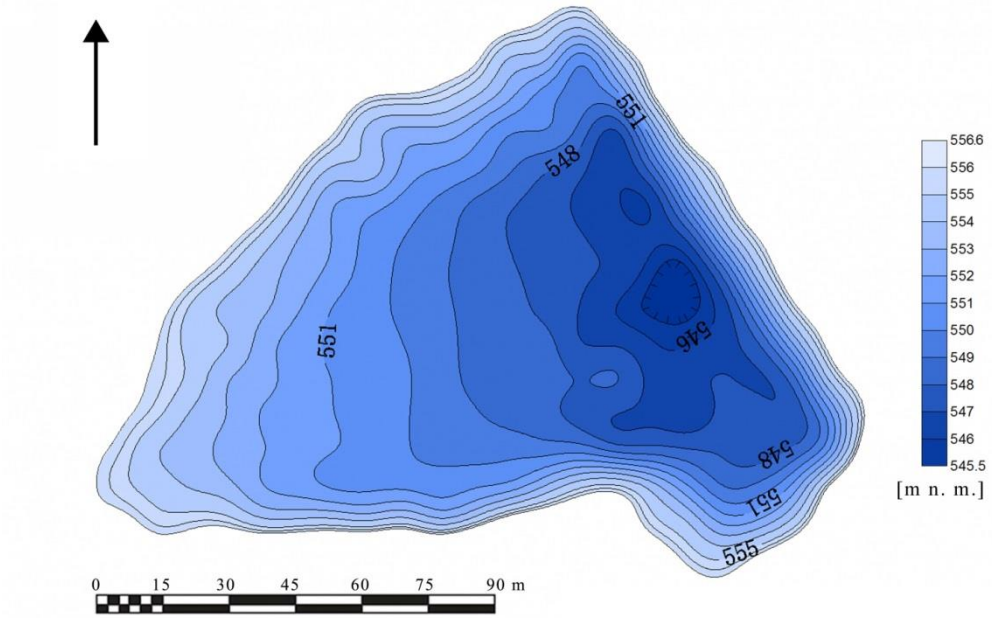
Výpočtové pravidlo / funkcia	**Objem sedimentov za 156 rokov (m^3)**
Extended Trapezoidal Rule	7 825
Extended Simpson's Rule	7 672
Extended Simpson's 3/8 Rule	7 367

Za výsledný objem sedimentov považujeme aritmetický priemer z troch vypočítaných metód: **7 621 m³** (smerodajná odchýlka σ = 233). Výsledok prestavuje rozdiel dvoch reálnych povrchov, teda objem sedimentov naplavených do Belianskej nádrže v priebehu 156 rokov, čo je v priemere 48,85 m³ ročne. Celkový objem sedimentov (7 621 m^3) naplavených do nádrže za obdobie 156 rokov svedčí o menej intenzívnom odnose z povodia, ktoré v blízkej dobe výraznejšie neohrozí samotnú vodnú nádrž. Napriek tomu túto skutočnosť nemôžeme podceňovať a v tejto dobe je nutné uvažovať minimálne s pravidelným zberom batymetrických údajov v pravidelných intervaloch a sledovať trend vývoja zmien akumulačného objemu nádrže. Pri väčšej intenzite sedimentačných procesov a výraznejších zmenách v krátkom časovom horizonte je potrebné stanoviť možné príčiny v mikropovodí a navrhnúť

ďalší manažment povodia z hľadiska redukcie eróznych procesov (obr. 15 a 16).

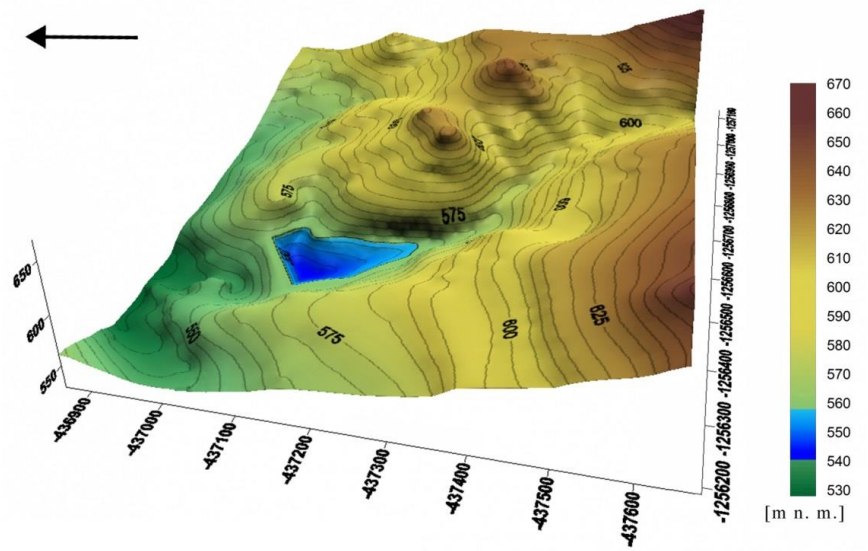


Obrázok 15: Priebeh nadmorských výšok dna Belianskej vodnej nádrže – stav v roku 1855

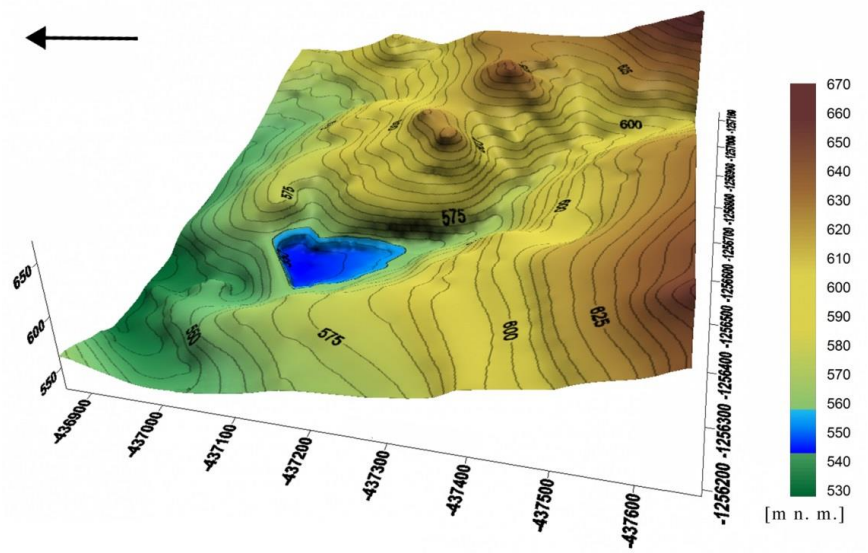


Obrázok 16: Priebeh nadmorských výšok dna Belianskej vodnej nádrže – stav v roku 2011

Z porovnania 3D modelov dokumentujúcich stavy z rokov 1855 a 2011 je zrejmé, že došlo aj k zmene plochy samotnej vodnej nádrže, pričom plocha je na spojnici hrádze a pôvodného prítoku posunutá smerom k hrádzi približne o 15,7 m (obr. 17 a 18, tab. 7, 8, 9).



Obrázok 17: 3D model Belianskej vodnej nádrže a priľahlého okolia – stav v roku 1855



Obrázok 18: 3D model Belianskej vodnej nádrže a priľahlého okolia – stav v roku 2011

Tabuľka 32: Charakteristika DKŠ povodia

Kategória DKŠ	**Celková plocha (m²)**	**Celkový podiel (%)**
Zastavané územie	13 983	3,52
Trvale trávne porasty	248 409	62,54
Nelesná drevinná vegetácia	39 799	10,02
Listnatý les	78 010	19,64
Vodná plocha	17 000	4,28
Spolu	**397 200**	**100**

Tabuľka 33: Charakteristika sklonu svahov povodia

Orientácia	**Rozloha (m²)**	**Podiel (%)**
1 (0° – 1°)	51 159	12,88
2 (1° – 3°)	128 057	32,24
3 (3° – 7°)	110 024	27,70
4 (7° – 12°)	62 996	15,86
5 (12° – 17°)	13 981	3,52
6 (17° – 25°)	17 003	4,28
7 (25° – viac)	13 981	3,52
Spolu	**397 200**	**100**

Tabuľka 34: Charakteristika orientácie svahov povodia

Orientácia	**Rozloha (m²)**	**Podiel (%)**
Sever	39 998	10,07
Severozápad	128 216	32,28
Západ	110 024	27,70
Juhozápad	62 996	15,86
Juh	13 981	3,52
Juhovýchod	17 003	4,28
Východ	13 981	3,52
Severovýchod	11 002	2,77
Spolu	**397 200**	**100**

Analýza brehovej/ripariálnej zóny

Ripariálna zóna bola vyčlenená ako 20 metrov široké okolie od brehovej zóny Belianskej vodnej nádrže v roku 1949 a 2013. Mapované boli nasledovné kategórie (tab. 10):

1) Vodná plocha
2) Trvalé trávne porasty
3) Nelesná drevinná vegetácia
4) Lesný porast
5) Zastavané plochy
6) Prídomové záhrady

Tabuľka 35: Analýza brehovej/ripariálnej zóny

Kategória	**Plocha (m^2)**	
	1949	**2013**
Vodná plocha	18 664	17 859
Trvalé trávne porasty	7 787	4 730
Nelesná drevinná vegetácia	2 557	3 421
Lesný porast	2 568	3 993
Zastavané územie	0	47
Prídomové záhrady	0	91
Spolu	31 576	30 141

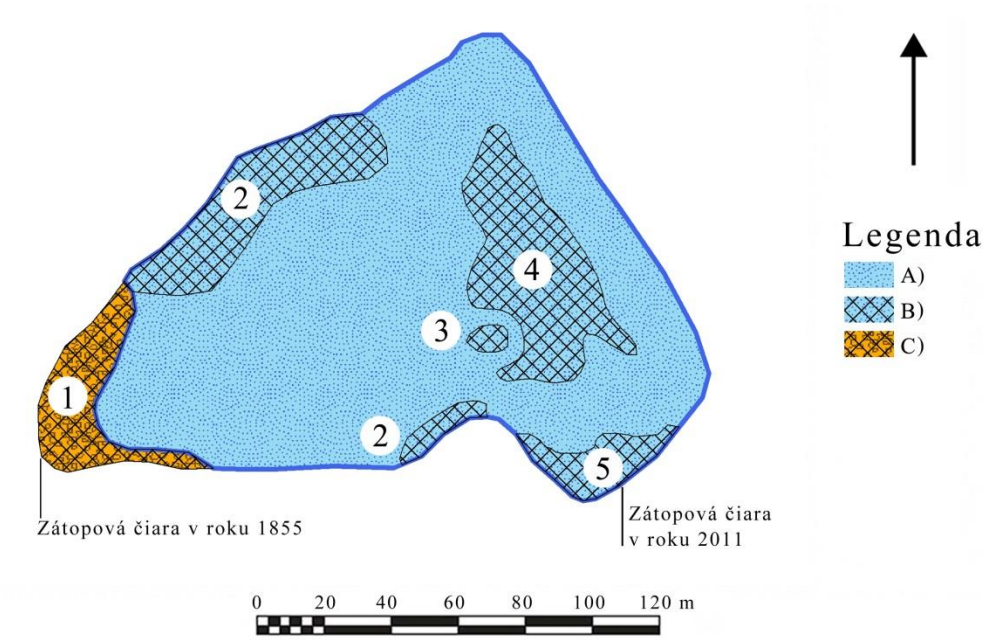
Na základe porovnania štruktúry ripariálnej zóny indikujeme nasledovné: Vodná plocha Belianskej vodnej nádrže sa zmenšila za obdobie rokov (1949 – 2013) o rozlohu **804 m²**. Celková zmena vodnej plochy za obdobie 156 rokov (1855 – 2011), ktoré je dané rokom historického mapového podkladu so zakreslením priebehu reliéfu dna predstavu je **926 m²**. Tento fakt potvrdzuje, že k najintenzívnejšej akumulácii a zanášaniu vodnej nádrže dochádza v posledných desaťročiach a poukazuje na negatívne antropogénne pôsobenie v oblasti výstavby, terénnych úprav (deštrukcie pôvodných prítokových jarkov, nedostatočné manažmentové opatrenia na úseku manipulácie s výškou vodnej hladiny dnovým výpustom) a podobne.

V minulosti bola celá oblasť Banskej Štiavnice prevažne pasienkovo – lúčna. V súčasnosti sú tieto plochy zalesnené, zastavané, alebo inak pozmenené. Indikácia zvýšeného počtu krovinnej vrstvy (nelesná drevinná vegetácia) poukazuje iba na postupnú sukcesiu na bývalých plochách s TTP. Negatívne hodnotíme výstavbu a vznik záhrad v tesnej blízkosti nádrže za obdobie 1949 – 2013 (predovšetkým z

pohľadu zániku plôch s možnosťou prirodzeného vsakovania zrážkových vôd a vzniku nepriepustných zhutnených plôch s potenciálom sústreďovania a zrýchľovania povrchového odtoku).

Zmeny ekosystémov a stratifikácie

Porovnaním zmien v reliéfe dna vodnej nádrže za roky 1855 – 2011 a zmien ripariálnej zóny za roky 1949 – 2013 boli v priestore nádrže vyčlenené časti nádrže, ktoré sa za dané časové obdobia najviac pozmenili (obr. 19, 20, 21, tab. 11).



Obrázok 19: Zmeny ekosystémov Belianskej vodnej nádrže
A) Vodná plocha; B) Zmenené ekosystémy v priestore nádrže; C) Terestrické územie vzniknuté posunom zátopovej čiary; 1 – 5) zmenené, resp. ovplyvnené ekosystémy

1) Pôvodná vodná plocha bola vplyvom sedimentačných procesov zmenená na zazemnený terestrický ekosystém nachádzajúci sa mimo brehovej línie a vodnej hladiny. Krajinnú pokrývku v ňom predstavuje krovitý porast, substrát je tvorený jemným piesčitým sedimentom.

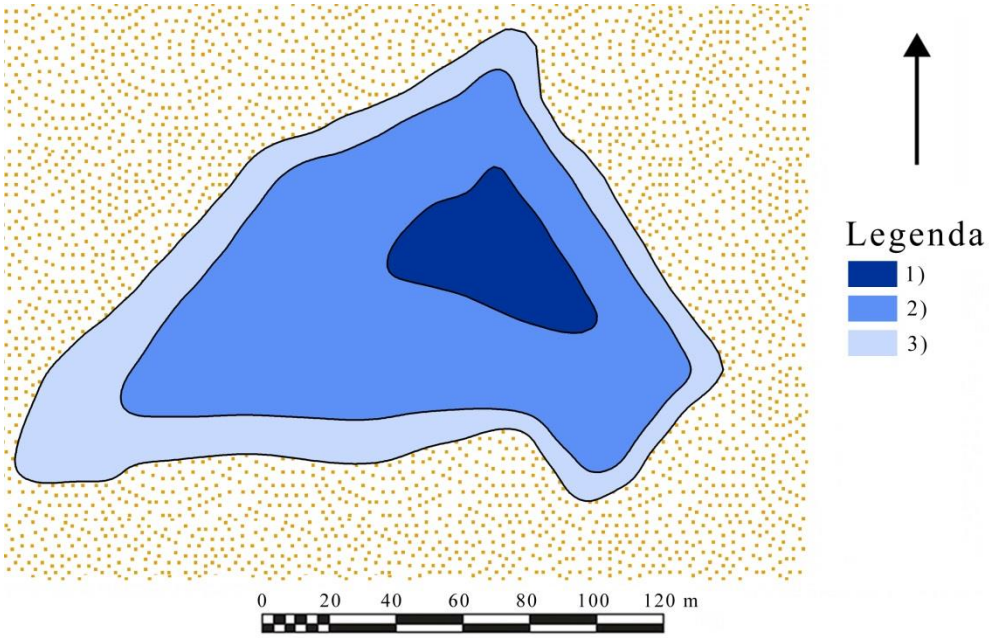
2) Časť vodnej hladiny, ktorá sa vplyvom nárastu solitérnych drevín v tesnej blízkosti vodnej plochy dostala do intenzívneho zatienenia. Priame

zatienenie korunami stromov má vplyv na teplotu vody a svetelný režim v týchto miestach.

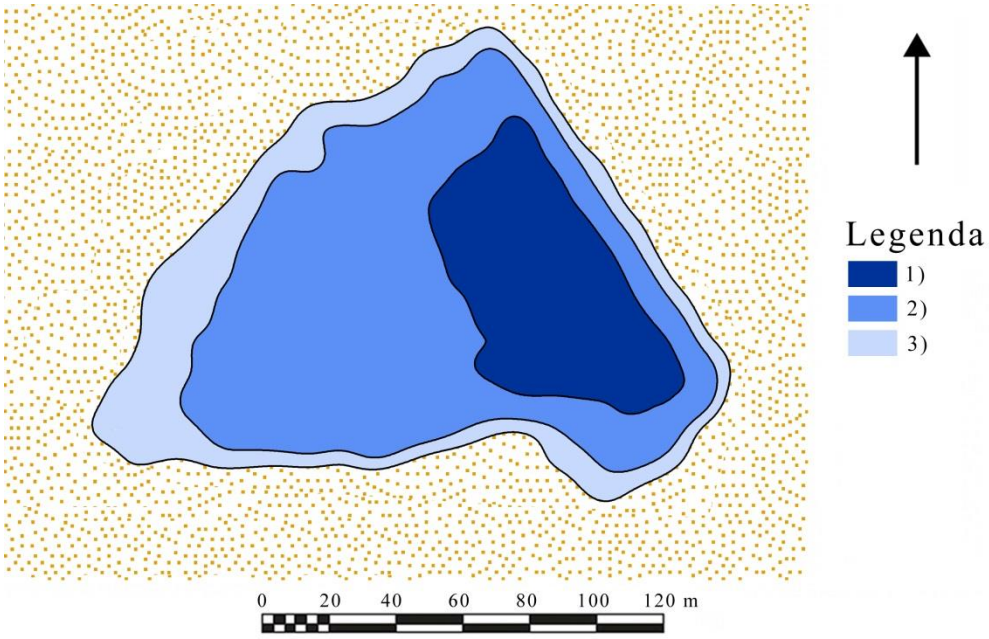
3) Náplavový kužeľ, ktorý ovplyvňuje charakter dna nádrže (dno v týchto miestach dosahuje vyššiu nadmorskú výšku). V jeho priestore preto nepredpokladáme zimovanie rýb, ktoré vyhľadávajú najhlbšie položené miesta nádrže s najteplejšou vodou.

4) Najhlbšia oblasť dna vodnej nádrže bola v dôsledku naplavovania a usadzovania sedimentov nivelizovaná, teda došlo v porovnaní so situáciou v roku 1855 k zväčšeniu jej celkovej plochy. V najhlbších partiách nádrže došlo k akumulácii miestami niekoľko metrov hrubej vrstvy sedimentov.

5) Priestor s najväčšou akumuláciou sedimentov bol identifikovaný počítačovou vizualizáciou a porovnaním obidvoch modelov reliéfu dna (1855 a 2013) v južnej časti nádrže. Vzhľadom na to, že toto územie je situované pomerne ďaleko od hlavného trvalého prítoku, predpokladáme tu usadeniny vytriedených jemných piesčitých frakcií.



Obrázok 20: Stratifikácia Belianskej vodnej nádrže – stav v roku 1855:
1) profundál; 2) sublitorál; 3) litorál



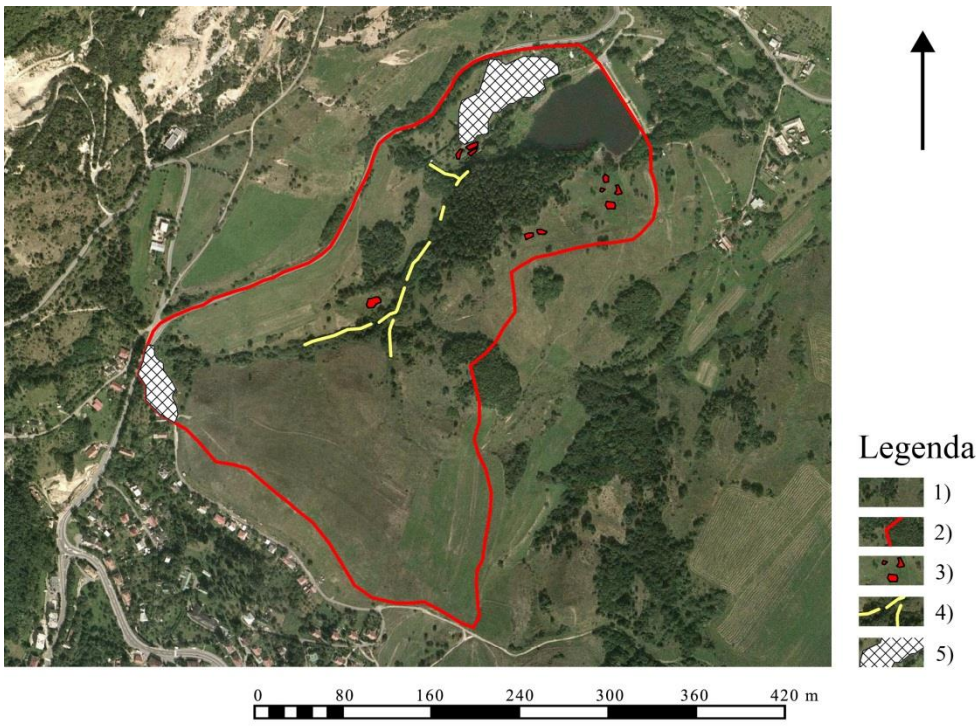
Obrázok 21: Stratifikácia Belianskej vodnej nádrže – stav v roku 2013:
1) profundál; 2) sublitorál; 3) litorál

Tabuľka 36: Vypočítané plochy zón Belianskej vodnej nádrže

Zóna	Plocha (m^2)		Zmena (%)
	1855	2013	
Litorál	6 931	4 537	-34,54
Sublitorál	11 097	10 459	-5,72
Profundál	1 787	4 000	+123,84
Spolu	19 815	18 996	-4,13

Mapovanie eróznych plôch v povodí

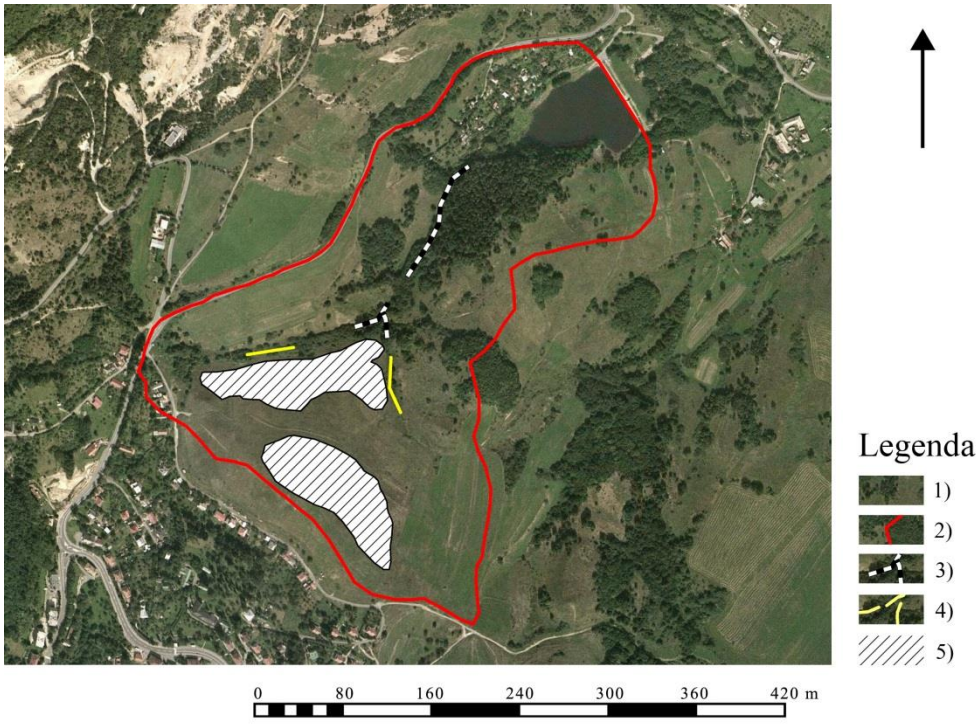
Na základe čiastkových výsledkov z morfometrických analýz, terénnymi pochôdzkami bola empiricky vyčlenená mapa eróznych plôch povodia Belianskej nádrže (obr. 22).



Obrázok 22: Prejavy erózie v povodí Belianskej vodnej nádrže:
1) ortofotosnímka; 2) hranica povodia; 3) plošná erózia; 4) líniová erózia a brehové zosuvy; 5) antropogénne pôsobenie

Manažmentové opatrenia

Analýza druhotnej krajinnej štruktúry, morfometrických parametrov a empirické poznatky získané pravidelným terénnym prieskumom umožnili komplexnejšie pochopiť prebiehajúce procesy v povodí Belianskej nádrže. Na ich základe bola vyčlenená mapa s návrhmi potenciálne vhodných manažmentových opatrení pre minimalizáciu ďalších negatívnych procesov spôsobujúcich postupné zanášanie Belianskej nádrže sedimentmi (obr. 23).



Obrázok 23: Navrhované manažmentové opatrenia
1) ortofotosnímka; 2) hranica povodia; 3) odporúčané spevnenie brehov; 4) odporúčané doplnenie a obnova brehového porastu; 5) obmedzenie mechanizovaného kosenia lúk

Vodná nádrž Bakomi

Vodná nádrž vznikla v roku 1737 a je situovaná v katastri obce Štiavnické Bane. Projekt výstavby pochádza z 21. mája 1736 od Tadeáša Brinna. Pôvodný názov je nádrž svätého Pachomia. Koruna hrádze leží v nadmorskej výške 711 m n. m. Je pokračovaním kaskády nádrže

Spodná Vindšachta, ktorá je v súčasnosti zaniknutá, nádrže Evička a Veľká Vindšachta. V druhej polovici 18. storočia bola vybudovaná štôlňa Dolná Bakomi, privádzajúca vodu do nádrže z Malej a Veľkej Richňavskej (Lichner, 2002, Bednárová a kol. 2010). Štôlňa Dolná Bakomi je situovaná približne 50 metrov severozápadne od vodnej nádrže. Bakomi je teda vodnou štôlňou napojený na rozsiahly systém Hodrušských, Kopanických, Vysockých, Dekýšskych vodných jarkov. Bakomi nemá odvodný jarok, jej voda je ďalej smerovaná do nižšie položenej nádrže Veľká Vindšachta. Prirodzené povodie má celkovú rozlohu 0,394 km², celková dĺžka rozvodnice je 2 624 m.

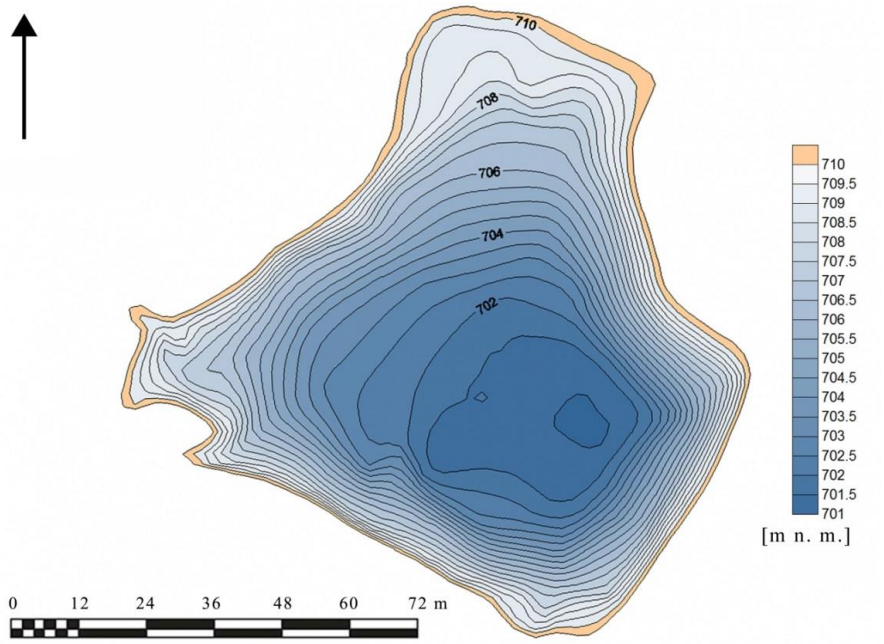
Zmeny objemu

Zmeny objemu vody a stanovenie objemu sedimentov bolo vykonané ako vzájomná komparácia digitálnych modelov terénu z historickej mapy z roku 1971 a terénneho merania z roku 2011 v softvérovom prostredí Surfer 8 (tab. 12).

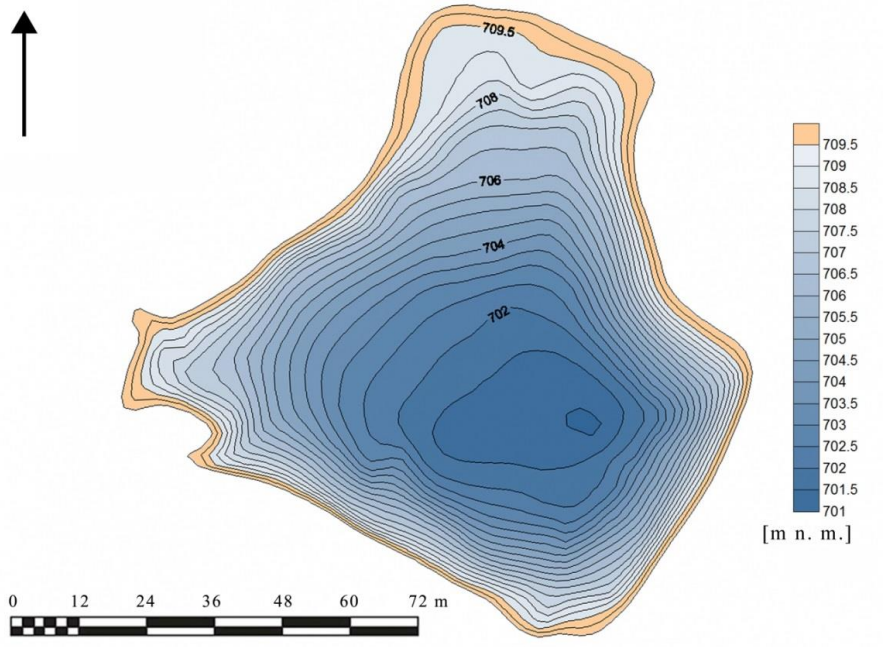
Tabuľka 37: Zmeny objemu vodnej nádrže Bakomi

Výpočtové pravidlo / funkcia	**Objem sedimentov za 40 rokov (m^3)**
Extended Trapezoidal Rule	666
Extended Simpson's Rule	670
Extended Simpson's 3/8 Rule	665

Za výslednú hodnotu vzhľadom na minimálnu odchýlku všetkých troch výpočtov považujeme priemer všetkých troch výpočtov (Surfer 8 user's guide, 2002), teda **667 m^3**. Tento údaj vypovedá o celkovom objeme sedimentovaného materiálu naplaveného do priestoru vodnej nádrže Bakomi v priebehu ostatných 40 rokov. Znamená negatívnu zmenu akumulačného objemu nádrže Bakomi o vyššie uvedenú hodnotu (obr. 24 a 25).



Obrázok 24: Priebeh nadmorských výšok dna vodnej nádrže Bakomi – stav v roku 1971



Obrázok 25: Priebeh nadmorských výšok dna vodnej nádrže Bakomi – stav v roku 2011

Analýza brehovej/ripariálnej zóny

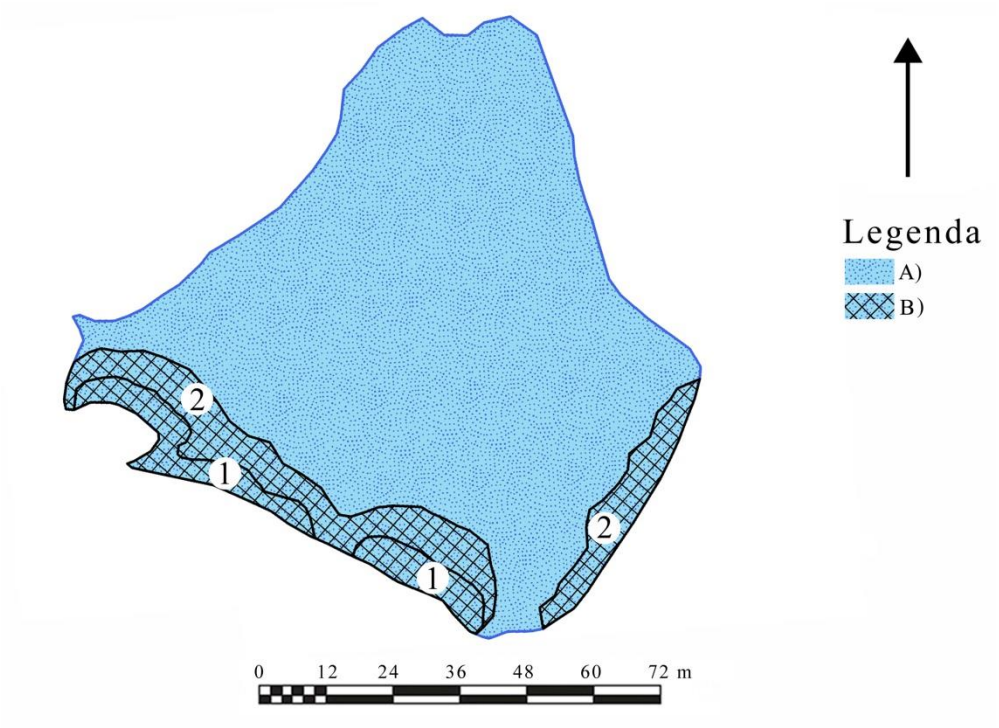
Ripariálna zóna bola vyčlenená ako 20 metrov široké okolie od brehovej línie. Brehová zóna v roku 1949 a 2013 bola totožná (tab. 13). Mapované boli:
1) Vodná plocha
2) Trvalé trávne porasty
3) Nelesná drevinná vegetácia
4) Lesný porast

Tabuľka 38: Analýza brehovej/ripariálnej zóny

Kategória	**Plocha (m^2)**	
	1949	**2013**
Vodná plocha	12 360,35	12 360,35
Trvalé trávne porasty	7 944,81	9 212,46
Nelesná drevinná vegetácia	3 763,37	2 506,83
Lesný porast	285,47	277,36
Spolu	24 357	24 357

Zmeny ekosystémov a stratifikácie

Na základe porovnania zmien reliéfu dna vodnej nádrže za roky 1971 – 2011 a porovnania zmien ripariálnej zóny za roky 1949 – 2013 sme v priestore nádrže vyčlenili nasledovné časti, ktoré sú za dané obdobie 64, resp. 40 rokov najviac zmenené (obr. 26).



Obrázok 26: Zmeny ekosystémov Belianskej vodnej nádrže
A) Vodná plocha; B) Zmenené ekosystémy v priestore nádrže; 1) zatienené plochy ovplyvnené opadom organického materiálu zo stromov; 2) zatienené plochy neovplyvnené opadom zo stromov

Životné podmienky sladkovodného ekosystému vodnej nádrže Bakomi sú charakterizované celým radom faktorov, ktoré rozhodujúcim spôsobom ovplyvňujú, prípadne limitujú výskyt a distribúciu rastlín, živočíchov, mikroorganizmov a utváranie ich spoločenstiev. Teplota vody je dynamický faktor meniaci sa nielen počas roka, ale aj počas dňa. Zmeny teploty najviac ovplyvňujú hustotu vody. Vplyvom nárastu drevinnej štruktúry v tesnej blízkosti nádrže v brehovej zóne za časové obdobie 64 rokov (1949 – 2013) došlo na niektorých plochách (Obrázok 26) k výraznejšiemu zatieneniu vodnej hladiny a tým aj k zmene teplotného režimu.

Prítomnosť korún stromov nad hladinou dáva priestor k tvorbe sedimentu prevažne organického pôvodu z opadu listov a ihličia. Plochy na exponovaných miestach pre opad ihličia môžu vykazovať vyššie pH. Hodnota pH je jedným z najcitlivejších ukazovateľov rovnovážnych stavov v prírodných vodách. Ďalšie plochy (Obrázok 26) sú zatienené vplyvom nárastu stromov a orientácii svahov, ale nie sú zasiahnuté

priamym opadom organického materiálu. Bakomi poskytuje životný priestor pre viaceré organizmy, napr. fytoplanktón (*Microcystis, Anabeana, Noctoc*), riasy spôsobujúce vodný kvet (*Euglena, Volvox*), zooplanktón (*Rotifera, Cladocera*).

Dno vodnej nádrže zase osídľuje bentos (*Mollusca, Diptera, Ephenemoptera*). Vzhľadom na skutočnosť, že objem sedimentov doplavených do nádrže je minimálny (sledujeme iba mierny posun niektorých vrstevníc), predpokladáme že k výrazným zmenám ekosystémov bentosu nedošlo. Konštatujeme iba nepatrné zmeny ekologických podmienok určitých častí nádrže dané najme zmeneným svetelným a následne teplotným režimom s malým vplyvom na organizmy žijúce vo vodnom prostredí.

Vodná nádrž Evička

Vodná nádrž Evička je situovaná v katastri obce Štiavnické Bane. Prvé zmienky o nádrži sa datujú do roku 1638 (Hydroconsult, 1991). Je druhou najstaršou nádržou v tejto lokalite. V minulosti slúžila pre potreby Hornej Bieber štôlne. Podľa historických dokumentov bola jej hrádza niekoľkokrát zvyšovaná a opakovali sa aj časté problémy s netesnosťou. V súčasnej dobe je nádrž Evička po rekonštrukcii hrádzového telesa zo strany jej správcu – Slovenský vodohospodársky podnik a.s. Slúži výlučne na rekreačné účely a rybolov. Koruna hrádze leží v nadmorskej výške 663 m n. m.

Zmeny objemu

Zmeny objemu vody a stanovenie objemu sedimentov bolo vykonané ako vzájomná komparácia výsledkov z historickej mapy z roku 1971 a terénneho merania zo 14. októbra 2011 v softvérovom prostredí Surfer 8 (tab. 14).

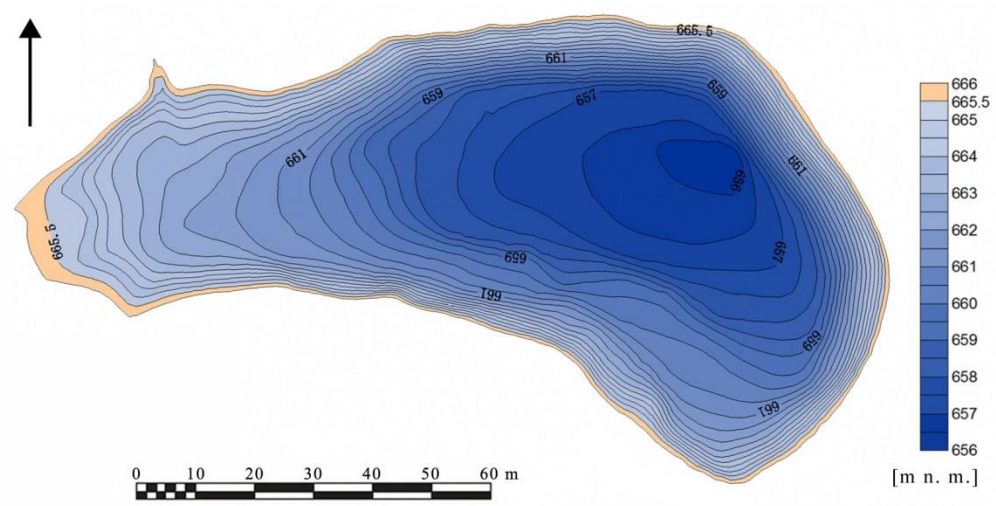
Tabuľka 14: Zmeny objemu vodnej nádrže Evička

Výpočtové pravidlo / funkcia	**Objem sedimentov za 40 rokov (m^3)**
Extended Trapezoidal Rule	10 921
Extended Simpson's Rule	10 916
Extended Simpson's 3/8 Rule	10 913

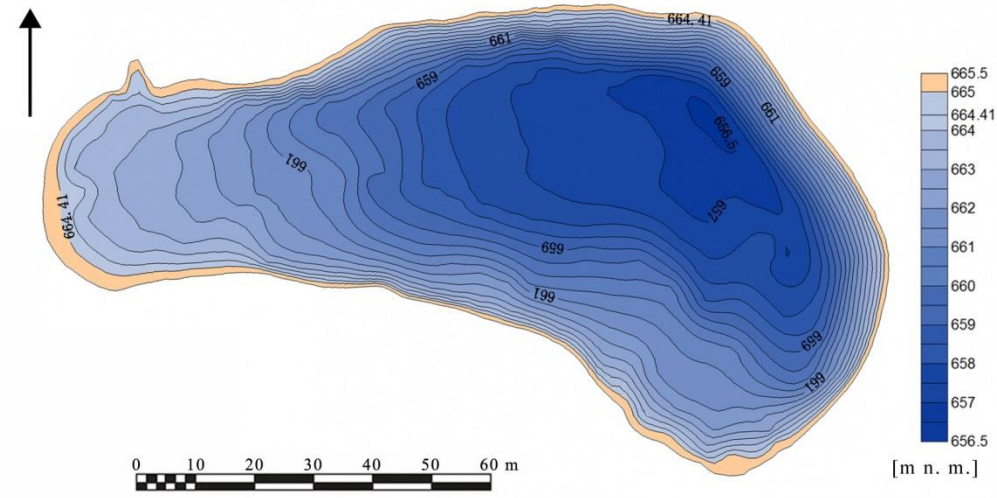
Vzhľadom na to, že vypočítané hodnoty sa líšia len minimálne, za výslednú hodnotu je považovaný aritmetický priemer zo všetkých troch výpočtov, teda **10 917 m³**. Táto hodnota reprezentuje objem sedimentov naplavených do priestoru vodnej nádrže Evička za časové obdobie 40 rokov a predstavuje negatívnu zmenu retenčného objemu nádrže o uvedenú hodnotu (obr. 27).

Porovnanie obidvoch modelov poukazuje na negatívny fakt, že akumulačnými procesmi došlo vo vodnej nádrži Evička k posunutiu zátopovej čiary a k jej celkovému zmenšeniu. K posunutiu hladiny dochádza v západnej časti nádrže smerom k telesu hrádze o približne 13,7 metrov. Zmena rozlohy celkovej vodnej plochy vplyvom sedimentačných procesov vo vodnej nádrži Evička predstavuje negatívnu hodnotu **912 m²**.

Model reliéfu dna v roku 1971dokumentuje, že najmenšia absolútna vykreslená nadmorská výška nadobúda hodnotu 656 m n. m. Naopak, pri modeli reliéfu dna v roku 2011 je to 656,5 m n. m. Tento fakt predstavuje nárast nadmorskej výšky reliéfu dna o 0,5 m danú sedimentáciou a akumuláciou materiálu v priestore nádrže (obr. 28).



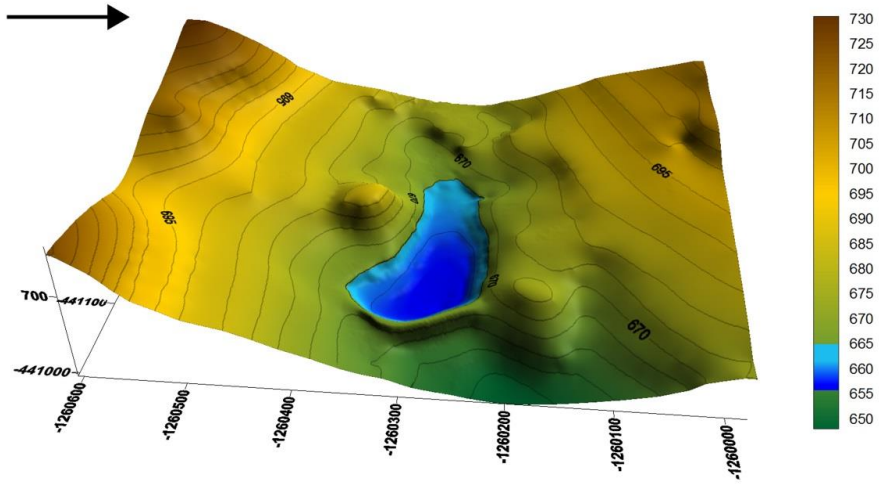
Obrázok 27: Priebeh nadmorských výšok dna vodnej nádrže Evička – stav v roku 1971



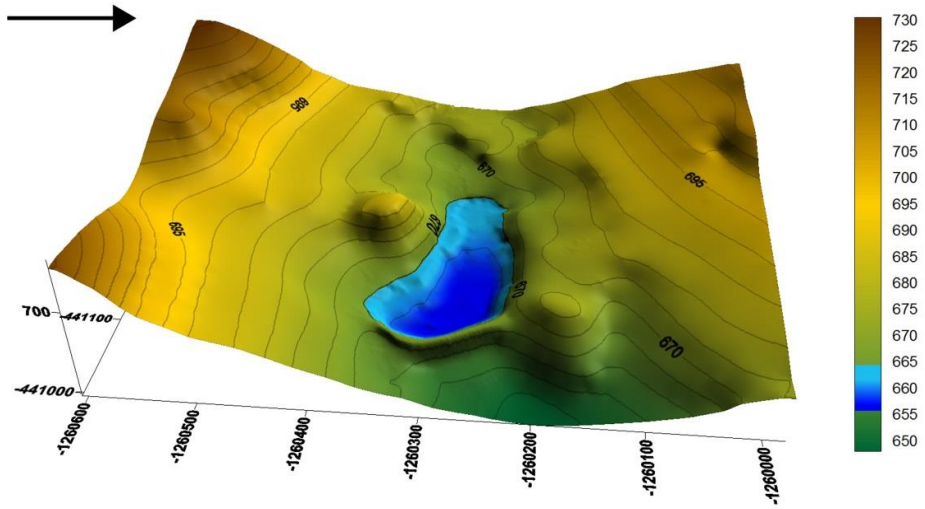
Obrázok 28: Priebeh nadmorských výšok dna vodnej nádrže Evička – stav v roku 2011

Uvedené zistenie je hodnotené negatívne, keďže o 0,5 metra je zmenšená maximálna hĺbka vodnej nádrže za 40 rokov. V literatúre je bežne uvádzaná maximálna hĺbka vodnej nádrže Evička 10,4 metrov (Lichner a kol., 2002). Počas terénnych meraní však maximálna hĺbka nepresiahla hodnotu 7,91 metrov. Táto hodnota bola verifikovaná aj

pracovníkmi SVP š. p., ktorí 30. marca 2012 vykonávali pravidelné zameranie maximálnej hĺbky nádrže Evička (obr. 29 a 30).



Obrázok 29: 3D model vodnej nádrže Evička a priľahlého okolia – stav v roku 1971



Obrázok 30: 3D model vodnej nádrže Evička a priľahlého okolia – stav v roku 2011

Analýza brehovej/ripariálnej zóny

Ripariálna zóna bola vyčlenená ako 20 metrov široké okolie od brehovej línie (tab. 15, 16). Mapované boli nasledovné kategórie:

1) Vodná plocha
2) Trvalé trávne porasty
3) Nelesná drevinná vegetácia
4) Lesný porast
5) Zastavané plochy

Tabuľka 15: Analýza brehovej/ripariálnej zóny

Kategória	**Plocha (m^2)**	
	1949	**2012**
Vodná plocha	20 160	19 248
Trvalé trávne porasty	11 770	5 946
Nelesná drevinná vegetácia	3 299	2 122
Lesný porast	11 770	4 873
Zastavané plochy	0	586
Spolu	46 999	31 639

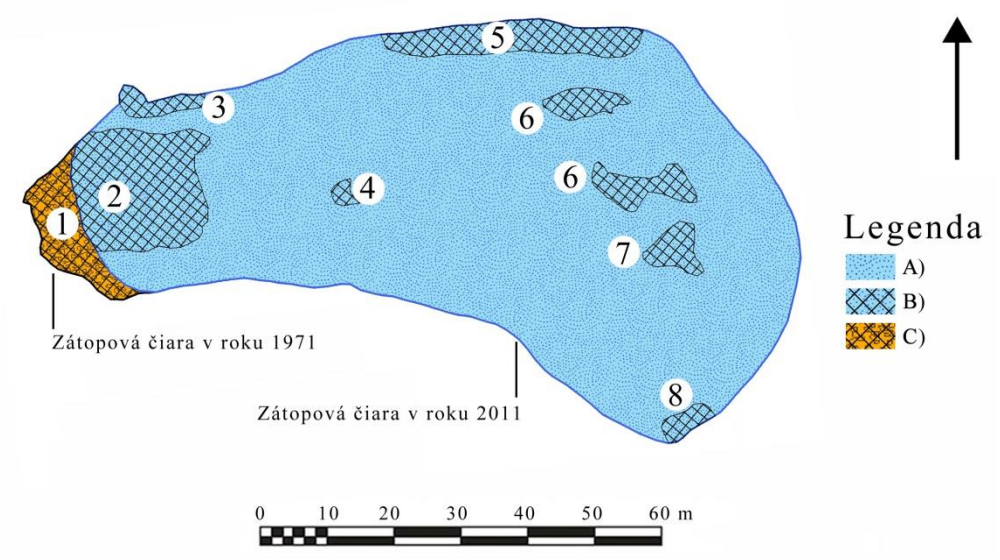
Analýza druhotnej krajinnej štruktúry

Tabuľka 39: Analýza druhotnej krajinnej štruktúry

Kategória	**Plocha (m^2)**		**Podiel (%)**		**Zmena (%)**
	1949	**2013**	**1949**	**2013**	**1949 – 2013**
Vodná plocha	72 610	71 240	5,3	5,2	-0,1
Lesný porast	312 360	51 2380	22,8	37,4	+14,5
Nelesná drevinná vegetácia	71 240	56 170	5,2	4,1	-1,1
Trvalé trávne porasty	911 050	574 030	66,5	41,9	-24,7
Zastavané plochy	2 740	156 180	0,2	11,4	+11,2
Spolu	1 370 000	1 370 000	100	100	

Zmeny ekosystémov a stratifikácie

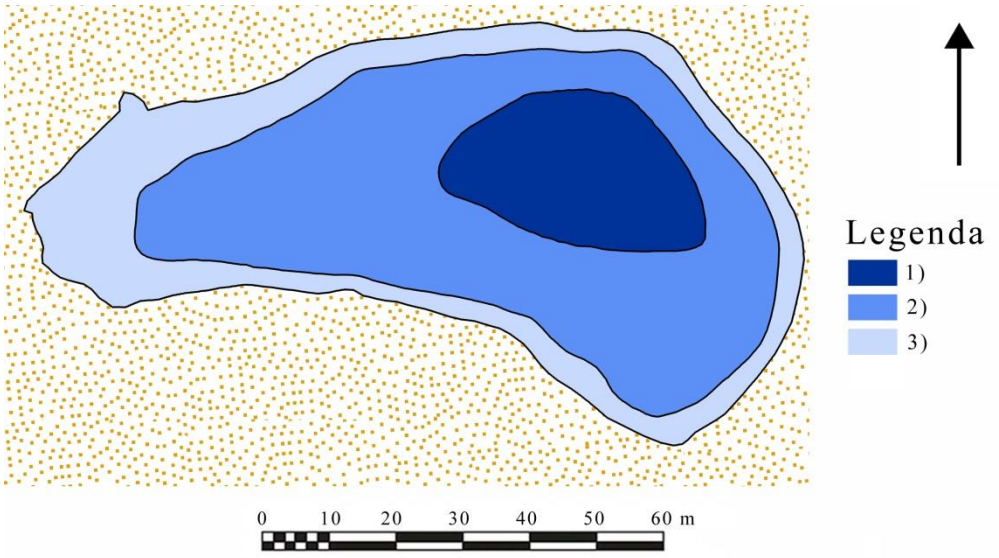
Porovnaním zmien v reliéfe dna vodnej nádrže v rokoch 1971 – 2011 a porovnania zmien ripariálnej zóny v rokoch 1949 – 2013 boli v priestore nádrže vyčlenené časti, ktoré boli za dané časové obdobia najviac pozmenené, alebo ovplyvnené (obr. 31, 32, 33, tab. 17).



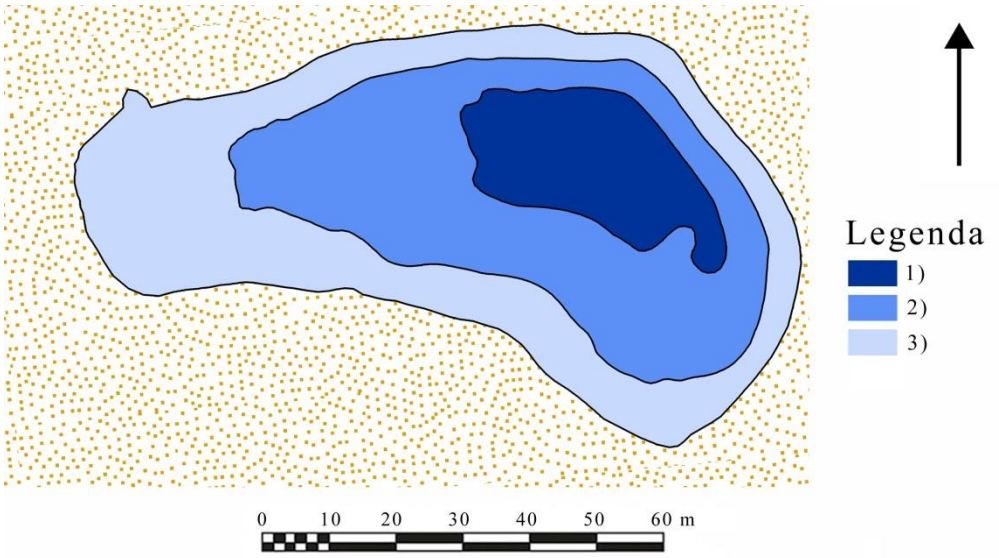
Obrázok 31: Zmeny ekosystémov vodnej nádrže Evička
A) Vodná plocha; B) Zmenené ekosystémy v priestore nádrže; C) Terestrické územie vzniknuté posunom zátopovej čiary; 1 – 8) zmenené, resp. ovplyvnené ekosystémy

1) Vodná plocha z roku 1971 bola vplyvom sedimentačných procesov a posunu zátopovej čiary zmenená na terestrický ekosystém. Krajinnú pokrývku v ňom predstavuje krovinný porast, substrát je tvorený jemným piesčitým sedimentom. V súčasnej dobe je zarastená trsťou obyčajnou.
2) Výskyt jemných bahenných nánosov a vplyvom výraznejšej zmeny hĺbky (celkové splytčenie) aj k zmene teplotno-svetelného režimu.
3 a 5) Nárast drevinnej vegetácie a možnosť opadu organickej hmoty do priestoru nádrže. K zvýšenému zatieneniu vzhľadom na severne orientovaný breh nedošlo. Navyše na ploche označenej číslom 5 predpokladáme zvýšený podiel posypového materiálu naplaveného z miestnych komunikácií.
4) Porovnaním vizualizácií pre oba modely sme vyčlenili miesto terénnej depresie na dne nádrže. Depresia môže byť vhodným prostredím pre zimovanie kaprovitých rýb.
6) Novovzniknuté plochy v najhlbších partiách nádrže vznikli v dôsledku naplavovania a usadzovania sedimentov, došlo k celkovému planifikovaniu dna.
7) Náznak náplavového kužeľa s výrazným pozitívnym výškovým prejavom voči okolitému reliéfu dna.
8) Plocha pri odtokovom jarku. Prítomnosť novovzniknutej betónovej stavby spôsobuje zmenu teplotného režimu. Keďže odtokový jarok je

jediný odtokový výstup, môžeme predpokladať sedimentáciu najjemnejšieho materiálu v jeho okolí.



Obrázok 32: Stratifikácia vodnej nádrže Evička – stav v roku 1971:
1) profundál; 2) sublitorál; 3) litorál



Obrázok 33: Stratifikácia vodnej nádrže Evička – stav v roku 2011:
1) profundál; 2) sublitorál; 3) litorál

Tabuľka 17: Stratifikácia vodnej nádrže Evička

Zóna	Plocha (m^2)		Zmena (m^2)	Zmena (%)
	1971	2011		
Litorál	4 830	7 384	2554	+52,8
Sublitorál	12 264	9 065	-3199	-26,1
Profundál	3 065	2 797	-268	-8,7
Spolu	20 160	19 248	-912	-4,5

Brennerštôlňanska vodná nádrž

Vodná nádrž leží v katastri obce Hodruša Hámre v doline Grintál. Patrí k najstarším nádržiam, prvé zmienky sú datované pred rokom 1584. Jej názov je odvodený od ťažiarstva Brenner, ktoré patrilo k najznámejším ťažiarstvam v tejto lokalite. Nádrž je charakteristická mohutnou hrádzou, ktorej koruna je situovaná v nadmorskej výške 555 m n. m. Jej šírka 31 metrov ju radí na prvé miesto medzi banskoštiavnickými nádržami v šírke.

Zaujímavosťou je tiež fakt, že celkový objem zemitej hrádze je väčší, ako samotný akumulačný objem nádrže. Brennerštôlňanská vodná nádrž nemá zberné jarky. Je napúšťaná vodou z vlastného povodia a prítoku. Taktiež nemá odvodné jarky, voda bola vypúšťaná nižšie do doliny a ďalej sa vlievala do hodrušského potoka. V súčasnej dobe je táto nádrž v havarijnom stave a pre veľkú netesnosť hrádze nie je možné jej úplné napustenie. Výraznejší vzostup vodnej hladiny pozorujeme najmä na jar počas topenia snehovej prikrývky a po intenzívnejších dažďoch. Celá plocha je porastená rýchlorastúcimi drevinami, prevažne vŕbami krovitého až stromovitého vzrastu. Postupnou degradáciou pôvodných prírodných ciest so zánikom umelo vytvorených prevodov zachytenej zrážkovej vody zo susedných mikropovodí, rovnako ako čiastočnou deštrukciou hrádzového telesa dochádza k postupnému vysychaniu vodnej nádrže a postupnému zárastu a sukcesii. Takýto havarijný stav trvá už viac ako 30 rokov a nádrž stále čaká na stále odkladanú generálnu opravu (Hydroconsult, 1991). Záujmové územie, ktoré je totožné s hranicou povodia Brennerštôlňanskej vodnej nádrže má rozlohu 0,990 km^2, je ohraničené orografickou rozvodnicou s celkovou dĺžkou 4151 km.

Zmeny objemu

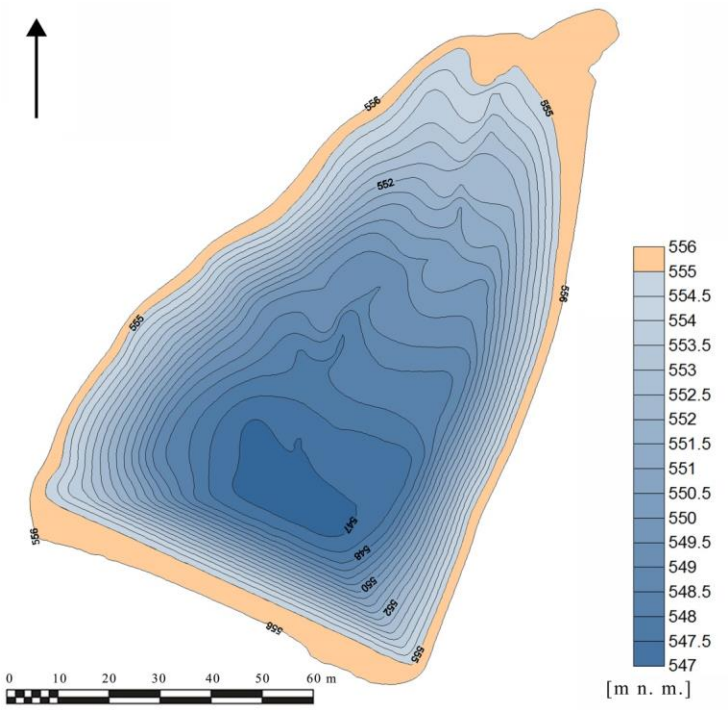
Zmeny objemu vody a stanovenie objemu sedimentov bolo vykonané ako vzájomná komparácia výsledkov z historickej mapy z roku

1897 a terénneho merania zo 16. mája 2012 v softvérovom prostredí Surfer 8 (tab. 18, obr. 34 a 35).

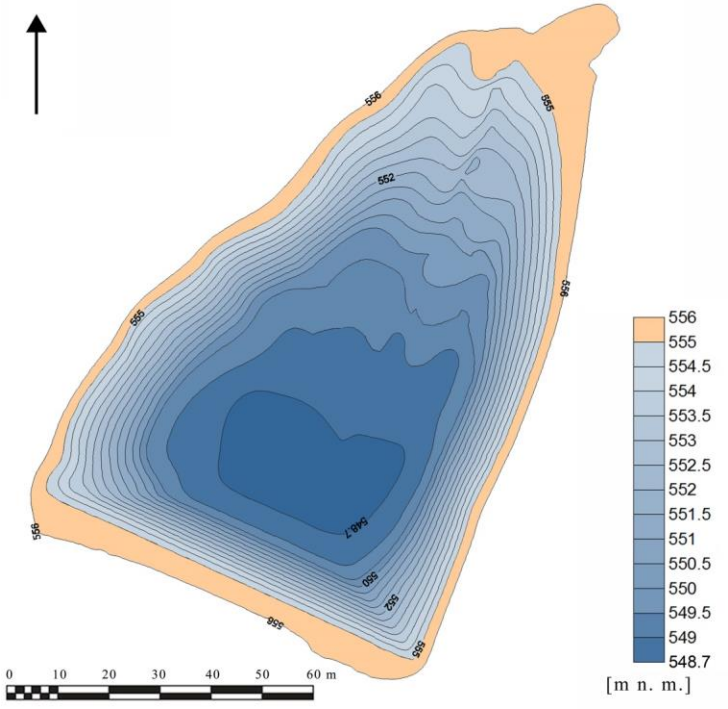
Tabuľka 18: Zmeny objemu Brennerštôlňanskej vodnej nádrže

Výpočtové pravidlo / funkcia	**Objem sedimentov za 115 rokov (m^3)**
Extended Trapezoidal Rule	4 000
Extended Simpson's Rule	4 002
Extended Simpson's 3/8 Rule	4 002

Vzhľadom na to, že vypočítané hodnoty sa líšia len minimálne, za výslednú hodnotu je považovaný aritmetický priemer zo všetkých troch výpočtov, teda **4 001 m^3**. Táto hodnota reprezentuje objem sedimentov naplavených do priestoru Brennerštôlňanskej vodnej nádrže za časové obdobie 115 rokov (1897 – 2012).



Obrázok 34: Priebeh nadmorských výšok dna Brennerštôlňanskej vodnej nádrže – stav v roku 1897



Obrázok 35: Priebeh nadmorských výšok dna Brennerštôlňanskej vodnej nádrže – stav v roku 2012

Z porovnania detailov oboch modelov reliéfov dna pre stav v roku 1897 a 2012 je zrejmé, že v oblasti najväčšej hĺbky nádrže došlo k nahromadeniu 1,7 metrov hrubej vrstvy sedimentov. Absolútna nadmorská výška tejto oblasti sa zmenila z 547 m n. m. (stav v r. 1897) na 548,7 m n. m. (stav v r. 2012). Taktiež je viditeľné celkové vyrovnanie plochy v oblastiach najväčšej hĺbky dané pravidelným rozloženým materiálu, celoročným kolísaním hladiny v malom výškovom intervale a laterálnu distribúciu sedimentov.

Analýza brehovej/ripariálnej zóny

Ripariálna zóna bola vyčlenená ako 20 metrov široké pásmo od brehovej línie. Keďže dnes je táto nádrž bez vodnej plochy, pre účely výskumu bola zátopová čiara z minulosti aplikovaná aj do súčasných podmienok (tab. 19). Mapované boli nasledovné kategórie:

1) Vodná plocha
2) Trvalé trávne porasty
3) Nelesná drevinná vegetácia
4) Lesný porast

Tabuľka 19: Analýza brehovej/ripariálnej zóny

Kategória	**Plocha (m^2)**		**Zmena (m^2)**
	1949	**2012**	
Vodná plocha	2 972,39	2 972,39	0
Trvalé trávne porasty	3 866,88	1 874,42	1992,46
Nelesná drevinná vegetácia	48,39	516, 94	468,55
Lesný porast	1 945,82	3 469,73	1523,91
Spolu	8 833,48	8 833,48	0

Na základe porovnania výmer jednotlivých kategórií ripariálnej zóny je zjavné, že došlo k nárastu stromovej vegetácie (na celom západnom svahu nádrže) a k nárastu miernej krovinovej etáže (na juhozápadnom konci nádrže). Plocha trvalých trávnych plôch sa zmenšila takmer o polovicu.

Zmeny ekosystémov

Vzhľadom na fakt, že vodná nádrž je viac ako 30 rokov v havarijnom stave a je vypustená, došlo v priestore celej jej plochy k výraznej zmene z vodného prostredia na terestrické prostredie. Celé dno je porastené rýchlorastúcimi náletovými drevinami a krovinami a je

vyplnené jemným pieskovým sedimentom, ako aj organickým detritom z opadu lístia. Stály prítok do priestoru nádrže a poškodené hrádzové teleso s priesakmi udržuje celú plochu permanentne podmáčanú.

Veľká Kolpašská vodná nádrž

Nádrž sa nachádza v katastri obce Banský Studenec, 12 km od Banskej Štiavnice. Výstavba nádrže sa začala v roku 1730, ako súčasť banskoštiavnického vodohospodárskeho systému a ako energetický zdroj pre účely banského dobývania, odvodňovania banského podzemia a pre úpravníctvo rudy. Po dokončení hrádze sa však začali objavovať problémy s jej netesnosťou a trhlinami. Tie začal opravovať Samuel Mikovíny a jeho projekty na prestavbu boli už v roku 1735 realizované.

Povodie končiace hrádzou nádrže zaberá plochu celkovo 1 971 km², je ohraničené orografickou rozvodnicou s celkovou dĺžkou 5 808 m. Uvádzaný maximálny objem nádrže v roku 1889 bol 798 900 m³ (Hydroconsult, 1991). Riečna sieť v modelovom území je symetrická, stromovitá (dendritická). Tento typ riečnej siete je charakteristický pre oblasť tvorenú z približne rovnako odolných hornín. Koruna hrádze leží v nadmorskej výške 598,5 m n. m. Samotná hrádza je spoločná s ďalšou nádržou, Malá Kolpašská.

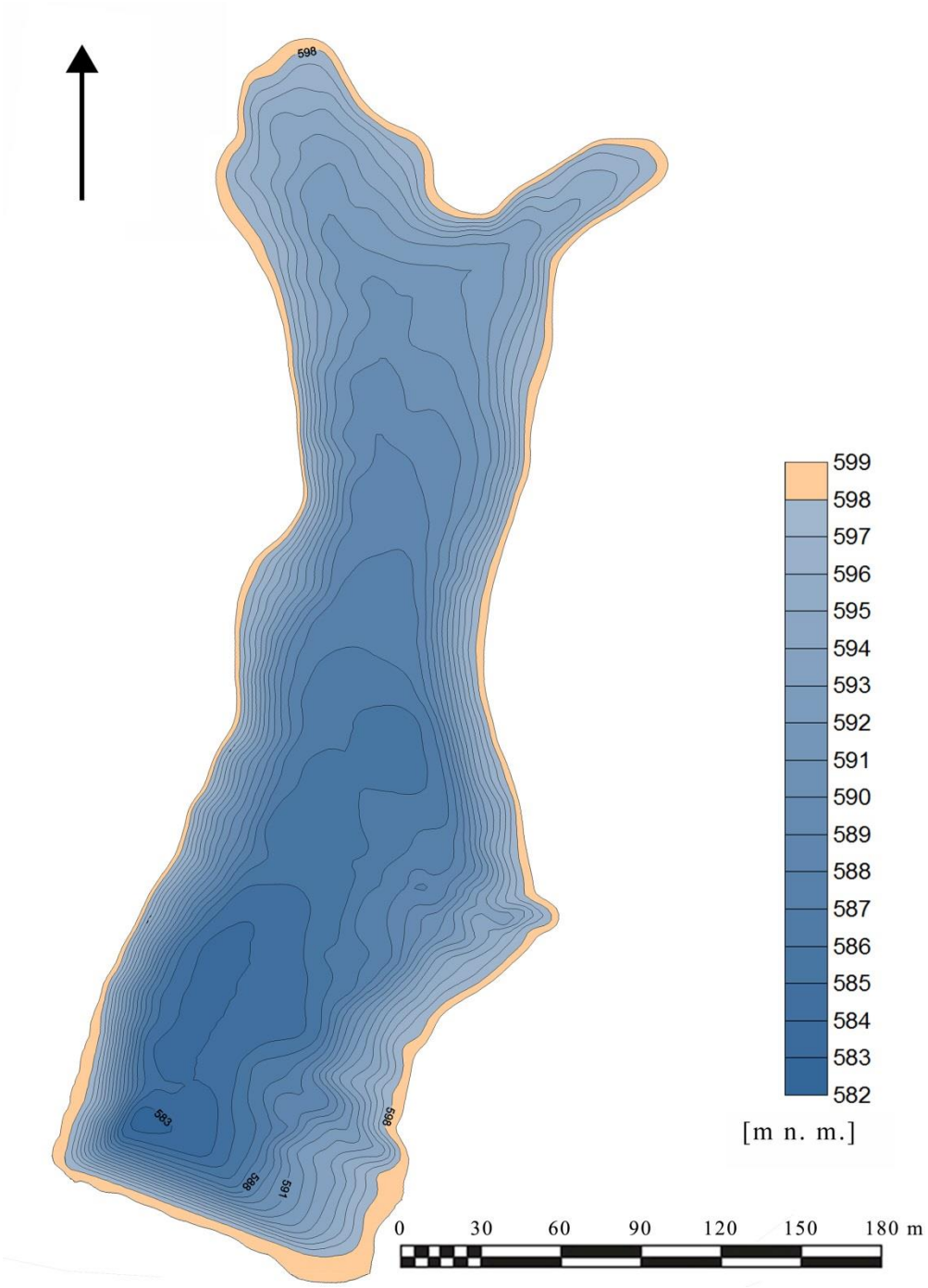
Zmeny objemu

Zmeny objemu vody a stanovenie objemu sedimentov bolo vykonané ako vzájomná komparácia výsledkov z historickej mapy z roku 1889 a terénneho merania z 23.5.2012 a 24.5.2012 v softvérovom prostredí Surfer 8 (tab. 20).

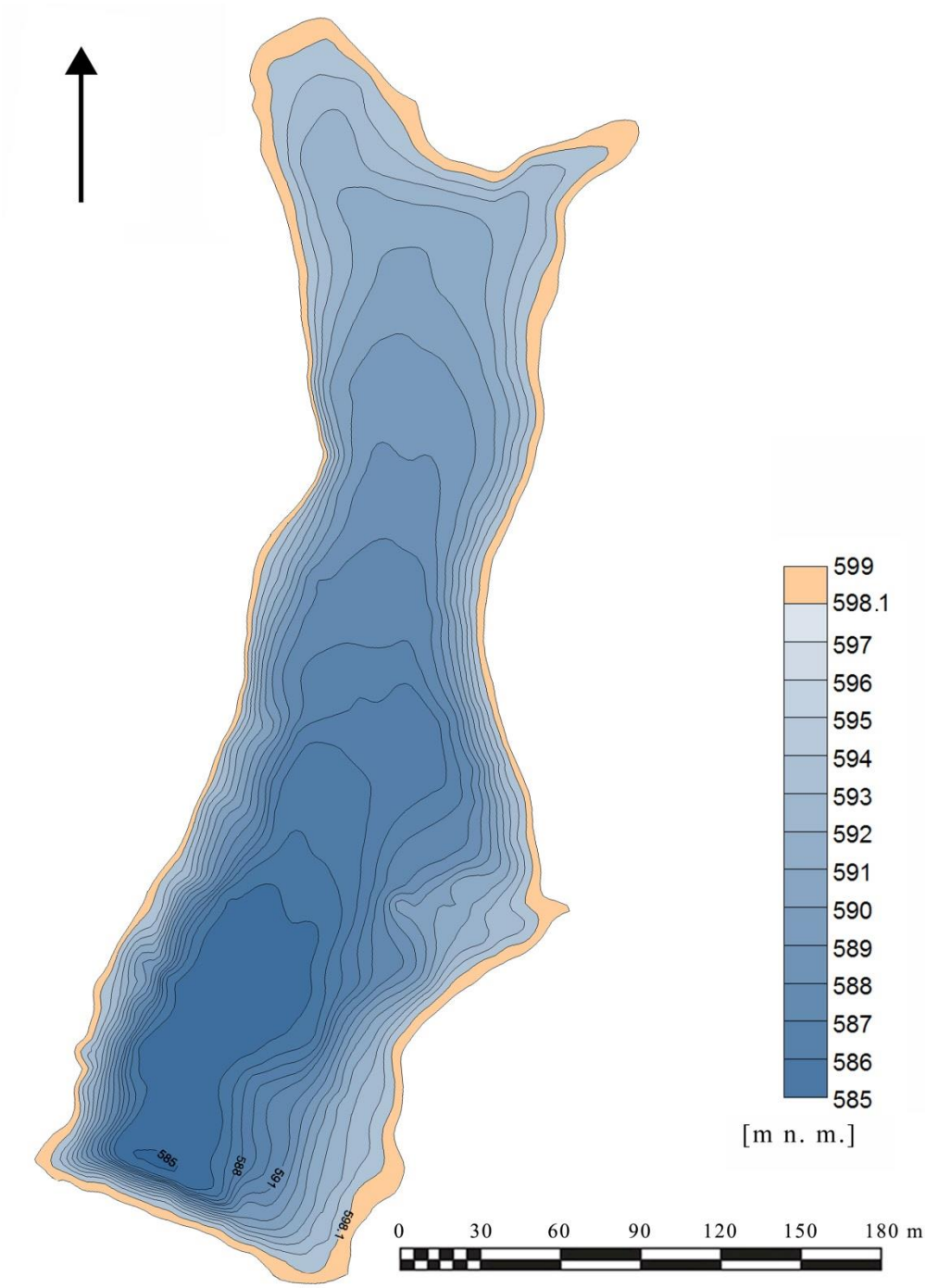
Tabuľka 20: Zmeny objemu vodnej nádrže Veľká Kolpašská

Výpočtové pravidlo / funkcia	**Objem sedimentov za 115 rokov (m^3)**
Extended Trapezoidal Rule	57 812
Extended Simpson's Rule	57 794
Extended Simpson's 3/8 Rule	57 798

Ich aritmetický priemer, ktorý považujeme za výslednú hodnotu je **57 801 m³** (smerodajná odchýlka 9,451). Na základe porovnania dvoch modelov vidno, že výrazne pozmenený reliéf je najmä v oblasti najväčšej hĺbky nádrže. Došlo k celkovému vyrovnaniu nánosmi a akumuláciou sedimentu (obr. 36 a 37).



Obrázok 36: Priebeh nadmorských výšok dna Veľkej Kolpaškej vodnej nádrže – stav v roku 1889



Obrázok 37: Priebeh nadmorských výšok dna Veľkej Kolpaškej vodnej nádrže – stav v roku 2012

Analýza brehovej/ripariálnej zóny

Ripariálna zóna bola vyčlenená ako 20 metrov široké okolie od brehovej línie nádrže Veľká Kolpašská (tab. 21). S ohľadom na charakter brehovej zóny boli mapované nasledovné kategórie:
1) Vodná plocha
2) Trvalé trávne porasty
3) Nelesná drevinná vegetácia
4) Lesný porast
5) Zastavané plochy

Tabuľka 21: Analýza brehovej/ripariálnej zóny

Kategória	**Plocha (m^2)**		**Zmena (m^2)**
	1949	**2012**	
Vodná plocha	102 325	102 325	0
Trvalé trávne porasty	22 876,92	11 319,11	-11 557,81
Nelesná drevinná vegetácia	11 093,14	19 691,89	+8 598,75
Lesný porast	2 049,27	742,90	-1 306,37
Zastavané plochy	0	4 265,43	+4 265,43
Spolu	138 344,33	138 344,33	0

Došlo k výraznému poklesu trvalých trávnych plôch. Vplyvom turizmu a rekreácie dochádza k vzniku plôch s nízkou bylinnou vegetáciou. Naopak za obdobie 64 rokov (1949 – 2013) došlo k nárastu solitérnych stromov vysadených v blízkosti nádrže. Za obdobie 64 rokov došlo taktiež k vystavaniu viacerých objektov, prevažne ide o rekreačne využívané chaty a budovy. Tento fakt je hodnotený negatívne, nakoľko chaty sú postavané v tesnej blízkosti vodnej plochy, výstavba spôsobuje eróziu plôch, zvyškový stavebný materiál je často odplavovaný priamo do priestoru nádrže. Viac, aj keď sporadicky obývaných objektov v tesnej blízkosti vodnej plochy výrazne zvyšuje riziko kontaminácie vodného prostredia splaškami, chemikáliami a inými látkami.

Analýza druhotnej krajinnej štruktúry a morfometrických charakteristík

Na základe súčasných leteckých snímok z roku 2006 s doplnením údajov z terénneho prieskumu a historických leteckých snímok z roku 1949 bola vykonaná analýza druhotnej krajinnej štruktúry (tab. 22, 23, 24).

Tabuľka 22: Charakteristika DKŠ povodia

Kategória druhotnej krajinnej štruktúry	Celková plocha (m²)		Celkový podiel (%)		Zmena (%)
	1949	2014	1949	2014	
Vodná plocha	86 921	86 921	4,41	4,41	0
Trvalé trávnaté plochy	529 807	326 793	26,88	16,58	-10,30
Nelesná drevinná vegetácia	64 845	147 825	3,29	7,50	+4,21
Orná pôda	147 825	56 962	7,50	2,89	-4,61
Lesný porast	1 141 208	1 332 396	57,9	67,60	+9,7
Zastavané územie	394	20 103	0,02	1,02	+1,0
Spolu	**1 971 000**	**1 971 000**	**100**	**100**	**0**

Tabuľka 23: Charakteristika sklonu svahov povodia

Orientácia	Rozloha (m²)	Podiel (%)
1 (0° – 1°)	198 480	10,07
2 (1° – 3°)	261 552	13,27
3 (3° – 7°)	153 738	7,80
4 (7° – 12°)	135 211	6,86
5 (12° – 17°)	307 476	15,60
6 (17° – 25°)	340 589	17,28
7 (25° – viac)	573 954	29,12
Spolu	1 971 000	100

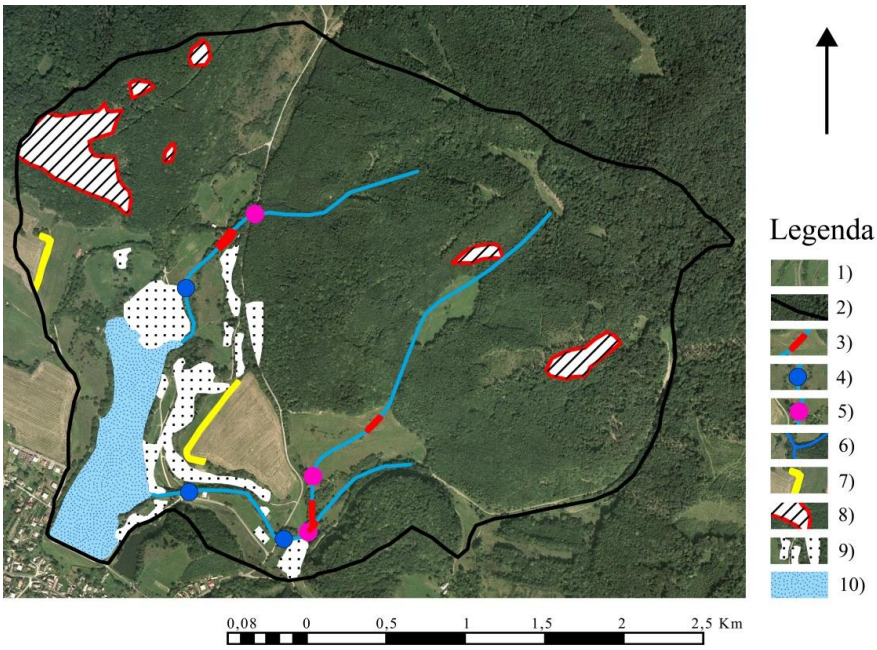
Tabuľka 24: Charakteristika orientácie svahov povodia

Orientácia	Rozloha (m²)	Podiel (%)
Sever	151 767	7,7
Severozápad	374 490	19
Západ	236 520	12
Juhozápad	275 940	14
Juh	256 230	13
Juhovýchod	275 940	14
Východ	400 113	20,3
Severovýchod	185 274	9,4
Spolu	1 971 000	100

Najväčšia plocha územia je orientovaná na východ. Dôležitý je fakt, že až 41 % územia má južnú orientáciu. V čase jarných mesiacov počas náhleho oteplenia dochádza v týchto častiach k prudkému roztopeniu snehovej pokrývky, ktoré môže podmieňovať vznik nových eróznych foriem.

Manažmentové opatrenia

Podľa geologickej mapy Slovenska (SGÚDŠ) leží záujmové územie na geologickom podloží: extrúzie biotiticko-amfibolického andezitu, extruzívne brekcie biotiticko-amfibolického andezitu a deluviálne sedimenty: prevažne hlinito-kamenité (podradne piesčito-kamenité) svahoviny a sutiny. Hlinito-kamenité deluviálne sedimenty sú na vodnú eróziu najnáchylnejšie. Na základe výsledkov zmien v druhotnej krajinnej štruktúry, brehovej zóny a morfometrických parametrov bolo možné navrhnúť manažmentové opatrenia pre jednotlivé sféry využívania krajiny v povodí (obr. 38).



Obrázok 38: Navrhované manažmentové opatrenia
1) ortofotosnímka; 2) hranica povodia; 3) abrázia brehov a odporúčané spevnenie; 4) umiestnenie hlavných sedimentačných kaziet; 5) umiestnenie sekundárných sedimentačných kaziet; 6) vodné toky; 7) odporúčaná výsadba krovinnej etáže pri ornej pôde; 8) rizikové časti náchylné na eróziu; 9) zástavba a antropogénne pôsobenie; 10) vodná plocha

Lesné hospodárstvo

Les má najlepšiu protiodtokovú a protieróznu funkciu. Táto je však v území ovplyvňovaná nepôvodným druhovým zložením, spôsobom ťažby, približovaním dreva a výstavbou lesných ciest a skladov dreva. Na zmiernenie negatívnych vplyvov by bolo vhodné na lokalitách s najväčším sklonom a južnou orientáciou a na brehových lokalitách tokov previesť kategóriu lesov z hospodárskych na lesy s ochrannou funkciou, ekologický spôsob ťažby drevnej hmoty, racionálna voľba približovacích línií v smere vrstevníc s vybudovaním odtokovým jarkom s prehrádzkami na spomalenie odnosu.

Optimálne riešenie je znížiť ťažbu v povodí, používať výberkový spôsob hospodárenia a samotné približovanie dreva vykonávať počas zamrznutia pôdy, resp. počas obdobia bez výraznejších zrážok. Taktiež je potrebná racionálna voľba umiestnenia lesných skladov. Tieto nemôžu byť umiestňované v blízkosti tokov, keďže v týchto lokalitách existuje zvýšené riziko úniku ropných látok do prostredia. Taktiež v blízkosti tokov vo vzdialenosti minimálne 15 metrov od toku je vhodné vynechať ťažbu drevnej hmoty a približovanie dreva. Porast v týchto miestach zabraňuje abrázii brehov a plní funkciu brehovej vegetácie. Počas terénnej pochôdzky boli v povodí zaznamenané viaceré približovacie linky pretínajúce tok, čo je hodnotené negatívne.

Doprava

V záujmovom území sa nachádzajú viaceré nespevnené plochy využívané ako komunikácie. Na týchto cestách platia obdobné pravidlá ako pri budovaní približovacích liniek v lesnom poraste.

Osídlenie a rekreácia

Obytné a rekreačné objekty môžu byť výrazným zdrojom znečisťujúcich látok, ovplyvňujúcich kvalitu vody v nádrži, jedná sa predovšetkým o splašky z obydlí. Odporúčame monitorovanie produkcie odpadu v lokalitách zástavby tesne pri vodnej ploche. Taktiež pri stavebných prácach na existujúcej zastavanej ploche a jej bezprostrednom okolí odporúčame zvoliť obdobie bez dlhodobejšieho predpokladu zrážok. Odkrytie svahov počas pohybu mechanizmov neodkladne zastabilizovať.

Poľnohospodárstvo

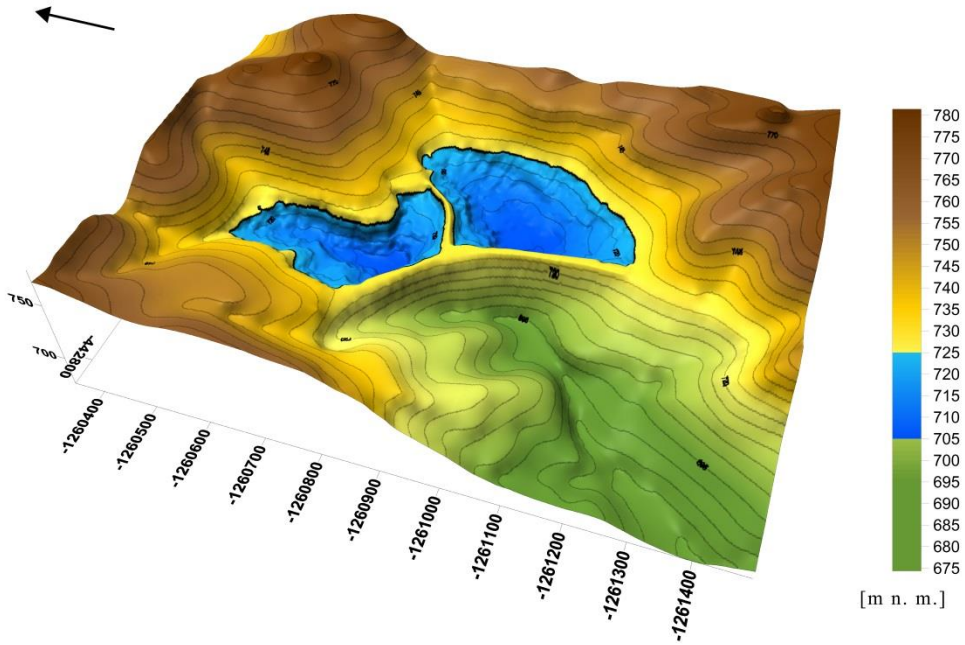
Takmer 3 % plochy územia tvorí poľnohospodárska pôda obrábaná mechanizmami. Na týchto lokalitách navrhujeme vykonávanie orby v smere vrstevníc. Plocha (Obrázok 38 – 7) je situovaná v svahoch so sklonom 1° – 3° a v tesnej blízkosti vodnej plochy. Na jej okraji odporúčame výsadbu krovín, resp. inej vegetácie, ktorá bude plniť vsakovaciu funkciu.

Vodohospodárske opatrenia

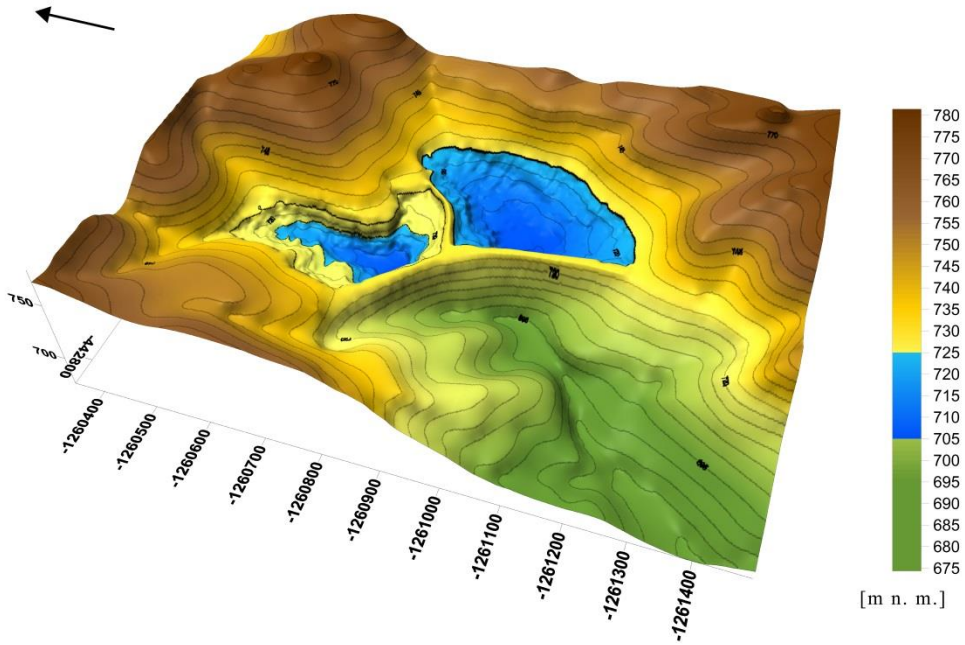
Vo vyústení prítokov je potrebné vybudovanie prehrádzok a v hlavných prítokoch vybudovanie väčších sedimentačných kaziet (Obrázok 38). Lokalizácia ich umiestnenia bola určená s ohľadom na priestorové pomery a aby nebol narušený typický krajinný obraz. Tieto kazety by mali byť pravidelne monitorované (raz mesačne) a obsah piesčitých sedimentov pravidelne odťažený. Na viacerých častiach tokov je nutné vybudovanie spevňovacích múrov zabraňujúcich abrázii brehov (Obrázok 38 – 3). Na niektorých úsekoch je možné vybudovanie menších čiastkových sedimentačných kaziet, ktoré by z časti nahrádzali funkciu vyššie odporúčaných hlavných kaziet. Vhodné umiestnenie bolo navrhnuté na základe terénnej pochôdzky.

Vodná nádrž Veľká Richňavská

Nádrž Veľká Richňavská sa nachádza v katastri obce Štiavnické Bane a svojou rozlohou je v lokalite Piarskych nádrži po Počúvadle druhá najväčšia. Na tomto mieste bola pôvodne projektovaná jedna veľká nádrž. V rokoch 1738 až 1740 sa táto nádrž začala stavať. Projektovaná hrádza mala dĺžku viac, ako 750 metrov a výšku 25 metrov. Z archívnych dokumentov je zrejmé, že výstavba takto veľkej hrádze vyžadovala obrovský ľudský, pracovný potenciál. Počas výstavby tu pracovalo viac, ako 5000 robotníkov. Projektovaný tvar hrádze mal tvar písmena V. Práve v mieste zalomenia sa však už počas prác začali objavovať netesnosti hrádze. Príčinou bolo pravdepodobne priepustné podložie. Táto časť bola v minulosti opakovane preprojektovaná a stavitelia sa ju pokúsili zosilniť, avšak hrádza stále javila znaky netesnosti. S lepším riešením prišiel aj Samuel Mikovíny. Ten naprojektoval výstavbu novej hrádze naprieč nádržou, ktorá sa napájala v miestach najväčších priesakov na pôvodnú hrádzu (obr. 39 a 40).



Obrázok 39: Model Richňavských nádrži v minulosti – rok 1888



Obrázok 40: Model Richňavských nádrži v súčasnosti – 2013

Zmeny objemu

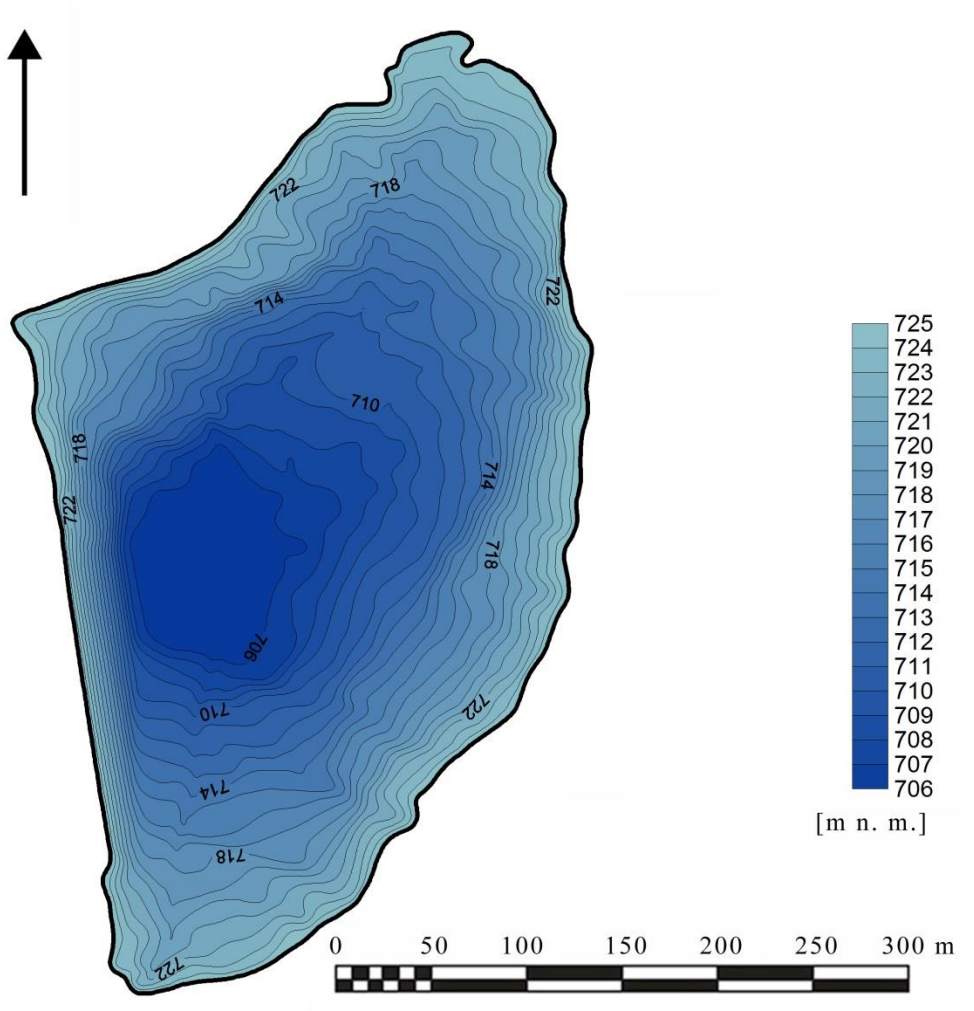
Výpočet súčasného objemu bol realizovaný v softvéri Surfer 8 a ArcGIS ArcMap pomocou nasledovných výpočtových pravidiel a metód (tab. 25).

Tabuľka 25: Zmeny objemu vodnej nádrže Veľká Richňavská

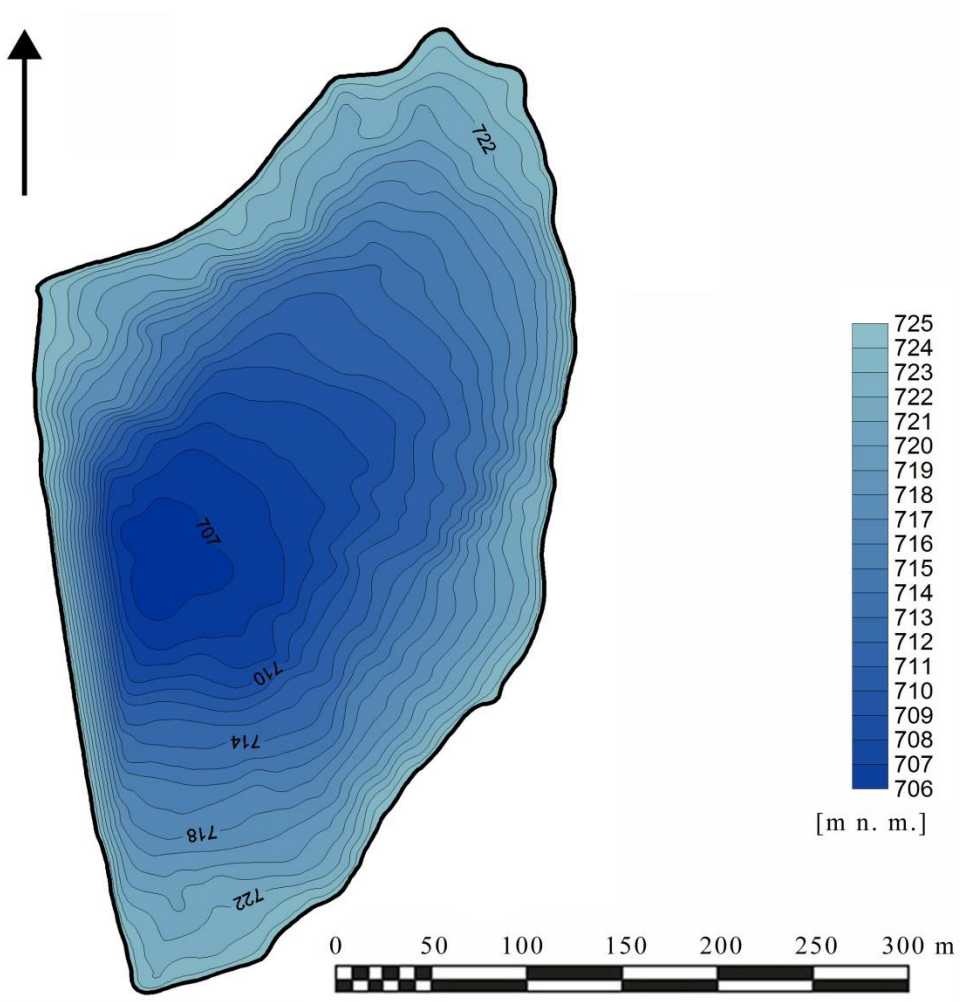
Výpočtové pravidlo / funkcia	**Objem nádrže (m^3)**
Surfer 8: Extended Trapezoidal Rule	665 810
Surfer 8: Extended Simpson's Rule	664 840
Surfer 8: Extended Simpson's 3/8 Rule	666 512
ArcGis ArcMap: metóda ArcGis TIN	664 245
ArcGis ArcMap: metóda TopoToRaster	669 411

Za výslednú hodnotu považujeme vzhľadom na minimálnu odchýlku výsledkov aritmetický priemer všetkých použitých softvérov a metód, teda **666 163 m^3** vody (Smerodajná odchýlka σ = 2828). Pôvodný akumulačný objem nádrže v roku 1888 bol podľa dobových dokumentov 776 657 m^3 vody (Kamenár, Musznai 1888). Táto hodnota pre rok 1888 bola verifikovaná aj výpočtom v programe Surfer na základe gridu vytvoreného z hĺbnic historickej mapy. Porovnanie oboch výsledkov indikuje zníženie objemu nádrže Veľká Richňavská následkom uloženia približne **110 494 m^3** sedimentov o 14.22 % za 125 rokov (obr. 41 a 42).

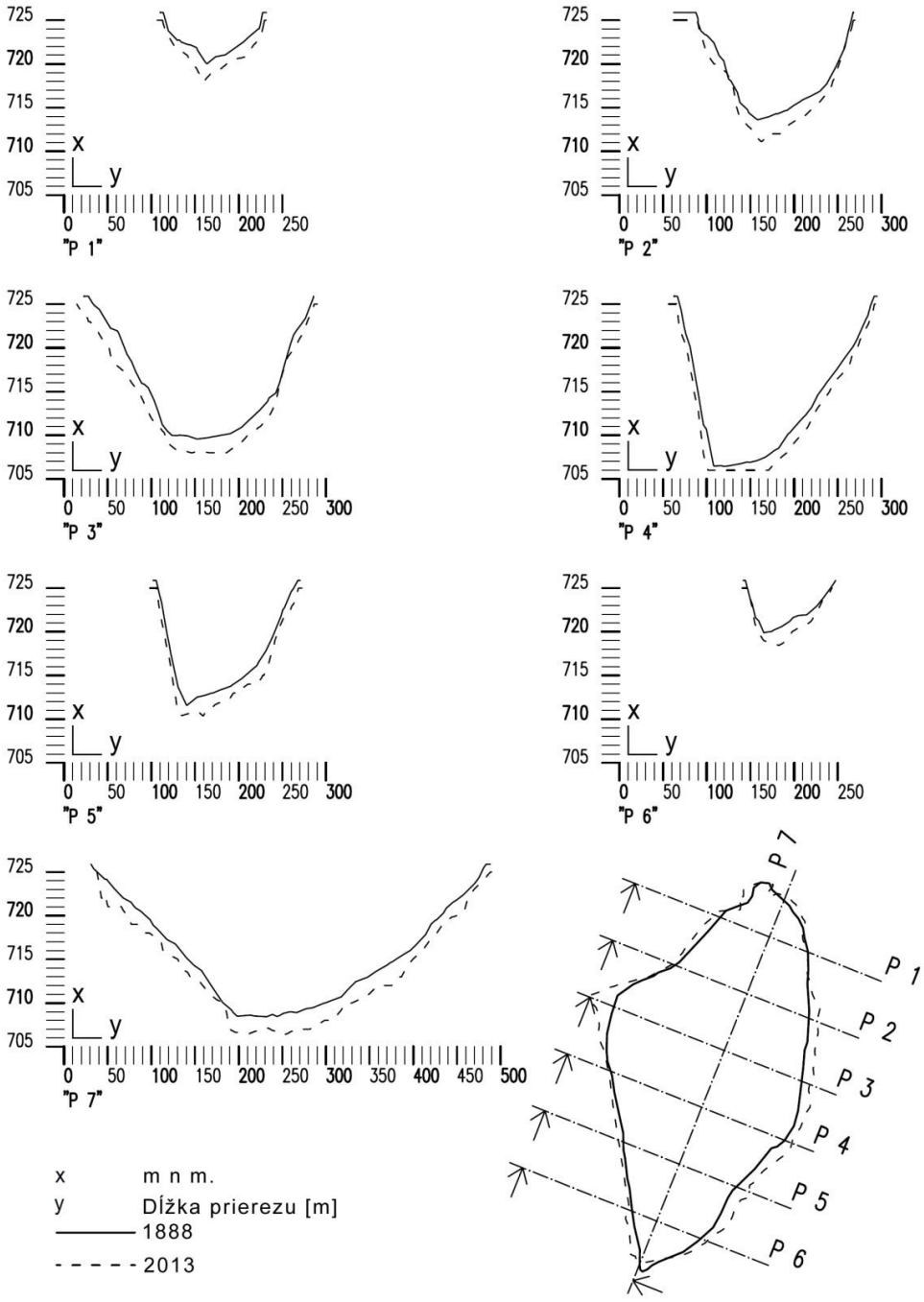
Porovnaním detailov reliéfu vodnej nádrže Veľká Richňavská pre obidva časové horizonty (1888 – 2013) bol identifikovaný posun niektorých hĺbnic. V severnej časti vodnej nádrže (prítok zo severného zberného jarku) je evidentný esovitý ohyb série vrstevníc. Ten naznačuje formovanie obojstranných symetrických lavíc s centrálnym stredovým prítokovým jarkom. Pri detaile z roku 2013 je však tento prítokový jarok menej výrazný, čo môže byť dané menším prietokom a postupným usadzovaním sedimentu v jeho priestore. Najväčšia nameraná hĺbka bola 19,50 m (prislúchajúca absolútna nadmorská výška dna 706,38 m n. m.). Literárne zdroje udávajú odlišnú maximálnu hĺbku, až 21,5 metra (Lichner, 2002). Oblasť najväčšej hĺbky je teda plytšia o viac ako 1 m. Vzhľadom na skutočnosť, že vypočítaná zmena akumulačného objemu a celkový objem sedimentov naplavených do priestoru nádrže dosahuje takmer 15 % z pôvodného objemu, bolo pristúpené k detailnejšiemu spracovaniu rozloženia sedimentu pomocou priečnych a pozdĺžnych profilov (obr. 43 a 44, tab. 26).



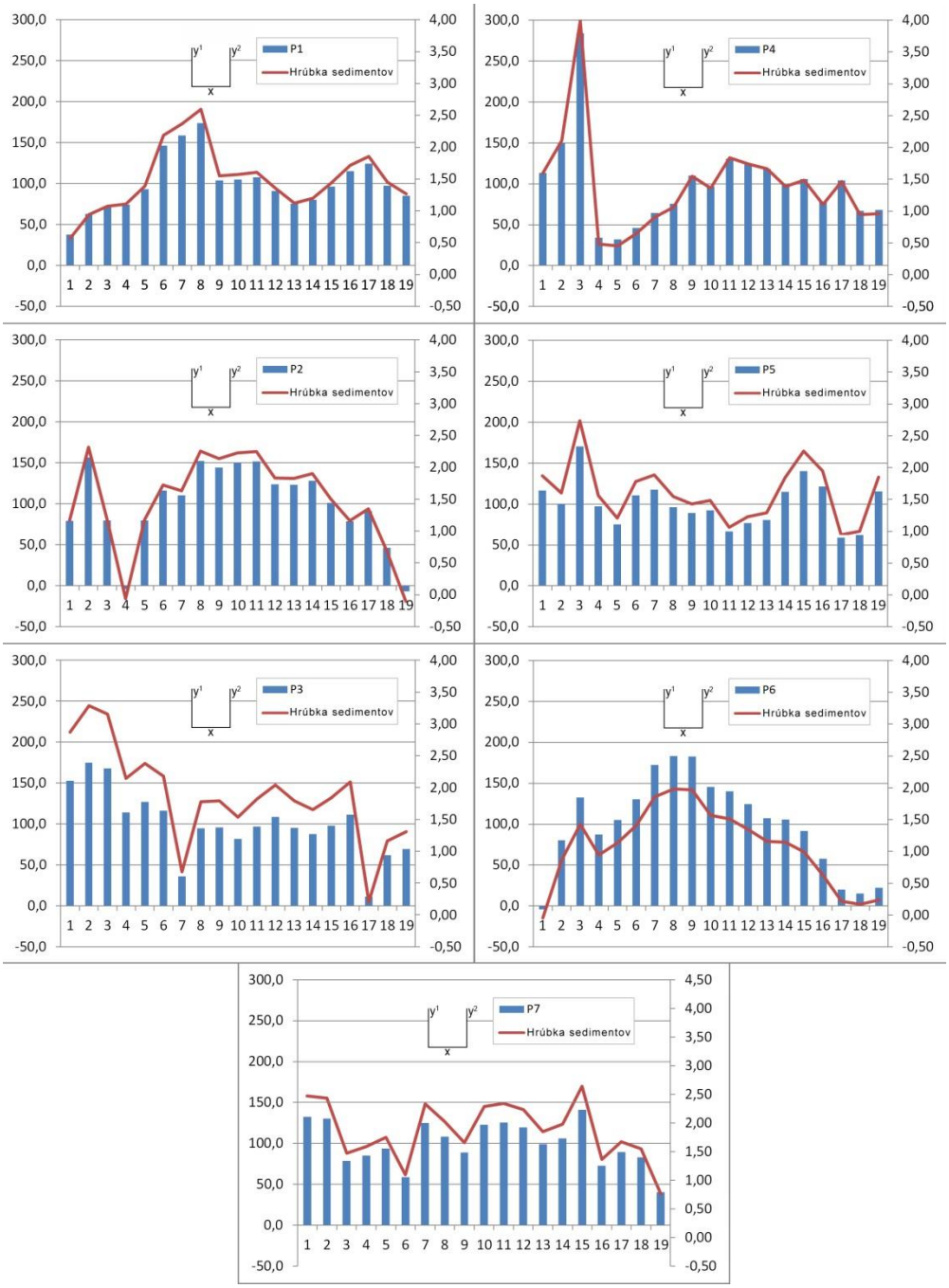
Obrázok 41: Priebeh nadmorských výšok dna Veľkej Richňavskej vodnej nádrže – stav v roku 1888



Obrázok 42: Priebeh nadmorských výšok dna Veľkej Richňavskej vodnej nádrže – stav v roku 2013



Obrázok 43: Umiestnenie profilov a porovnanie hrúbky sedimentu



Obrázok 44: Vyhodnotenie rozloženia sedimentu v profiloch P1 – P7:
y1 – % z priemernej hrúbky; y2 – hrúbka sedimentu v m; x – segment profilu

Tabuľka 26: Štatistiky priečnych prierezov

Profil	Hrúbka sedimentu (m)		Smerodajná odchýlka (m)	Rýchlosť sedimentácie * (mm/rok)
	Maximálna	Priemerná		
P1	2,60	1,49	0,48	11,9
P2	2,32	1,48	0,70	11,9
P3	3,29	1,88	0,74	15,0
P4	3,99	1,41	0,76	11,3
P5	2,74	1,61	0,44	12,9
P6	1,98	1,08	0,60	8,6
P7	2,64	1,68	0,49	14,9

* Rýchlosť sedimentácie určená ako podiel priemernej hrúbky sedimentu v profile a dĺžky trvania sledovaného obdobia (125 rokov)

Priemerný ročný prísun sedimentov do nádrže pri predpoklade konštantnej intenzity tohto procesu je ≈ 884 m^3/rok. Porovnaním oboch detailov reliéfu dna je možné konštatovať, že došlo k zníženiu variability vrstevníc v severnej oblasti nádrže akumuláciou sedimentu. Oblasť dosahujúca najväčšiu hĺbku má podstatne menšiu rozlohu. Ďalšie značné množstvo akumulovaného sedimentu, ktorý výraznejšie pozmenil pôvodný reliéf z roku 1888 je viditeľný pri priečnych prierezoch P1 – P3. Pri prierezoch P4 – P6 vidíme minimálnu hrúbku sedimentu na ich západnej strane spôsobenú kamenným obložením hrádzového telesa.

Analýza brehovej/ripariálnej zóny

Vodná nádrž Veľká Richňavská patrí k jedným z najvyššie položených nádrží vodohospodárskeho systému v Banskej Štiavnici a jej okolí. Leží takmer na rozvodniciach povodí. Vlastné mikropovodie nádrž ovplyvňuje len minimálne a preto pre ďalší výskum bola zvolená ako záujmová plocha brehová (ripariálna) zóna. Ripariálna zóna bola vyčlenená ako 20 metrov široký buffer od brehovej línie pre oba časové horizonty, teda 1888 a 2013 (tab. 27). Mapované boli nasledovné kategórie:

1) Spevnené cesty
2) Nespevnené cesty
3) Antropogénne upravované plochy
4) Nelesná drevinná vegetácia
5) Trvalé trávne plochy

Uvedené kategórie boli z hľadiska veľkosti produkcie sedimentov a ich potenciálneho transportu do nádrže, expertne začlenené do nasledovných troch skupín:

1. kategórie s veľmi silným vplyvom na brehovú eróziu (antropogénne upravované plochy, nespevnené cesty)

2. kategórie so silným vplyvom na brehovú eróziu (spevnené cesty)

3. kategórie so slabým vplyvom na eróziu brehov (nelesná drevinná vegetácia, trvalé trávne plochy)

Tabuľka 27: Analýza brehovej/ripariálnej zóny

Kategória	**Plocha (m^2)**		**Zmena (m^2)**
	1949	**2013**	
Trvalé trávne porasty	18 374	15 733	- 2 641
Nelesná drevinná vegetácia	253	1 360	+ 1107
Spevnené cesty	0	1 666	+1666
Nespevnené cesty	2 106	440	-1666
Antropogénne upravované plochy	0	1 534	+1534
Spolu	20 733	20 733	0

Druhá polovica 20. storočia znamenala prudký nárast podielu prímestskej rekreácie a budovania letných chatových oblastí a s nimi spojených kategórií krajinnej pokrývky (spevnené cesty, upravené plochy) v tesnej blízkosti nádrže. Neschopnosť kompetentných orgánov vhodne regulovať tento typ zástavby a predovšetkým kontrolovať dodržiavanie platných zákonov v oblasti ekológie (zánik pôvodných ekostabilizujúcich činiteľov a vlastností voľnej krajiny) a hygieny (septiky a trativody verzus kanalizačné prípojky víkendových chát) viedol k nekontrolovateľnému až chaotickému manažmentu ripariálnej zóny so silným vplyvom na produkciu sedimentov a ich transfer na dno vodnej nádrže.

Vodná nádrž Malá Richňavská

Nádrž Malá Richňavská sa nachádza v katastri obce Štiavnické Bane. Vznikla vybudovaním priečnej hrádze a rozdelením pôvodne plánovanej jednej veľkej nádrže. Keďže pôvodná hrádza bola vybudovaná na priepustnom podloží a straty vody boli značné, neskôr v roku 1746 sa začala stavať ďalšia hrádza o dĺžke 190 metrov, ktorá sa spájala s hlavnou hrádzou v miestach najväčších netesností. Ani po jej vybudovaní a opakovanom spevňovaní problematických priepustných miest sa však problém netesnosti nepodarilo odstrániť. Obe nádrže sú spojené vodnou štôlňou, Výška vodnej hladiny v oboch nádržiach mala byť udržiavaná na rovnakej úrovni, ale hladina Malej Richňavskej je oproti Veľkej Richňavskej nižšia o viac ako 7 metrov a nádrž nebolo možné pre priesaky napustiť na pôvodnú maximálnu úroveň hladiny vody. Voda z tejto nádrže mohla ďalej odtekať štôlňou do nižšie položenej nádrže Bakomi.

Potom, čo v roku 2016 úspešne prebehla rekonštrukcia dnového výpustu na hlavnej – spoločnej hrádzi Veľkej a Malej Richňavskej vodnej nádrže, prečistená bola dnová výpustná vodná štôlňa odvádzajúca vodu do vodnej nádrže Bakomi a novopostavený bol v zátopovej oblasti manipulačný objekt nad vodou, bolo dosiahnuté sfunkčnenie vodnej nádrže a dosiahnutá bola možnosť manipulovať s výškou vodnej hladiny. Táto manipulácia je však obmedzená len po zníženú kótu, limitovanú nadmorskou výškou postaveného kongresového centra v zátopovej oblasti a priľahlých rekreačných chát so svojvoľne zníženou výškovou kótou päty stavieb súkromnými vlastníkmi.

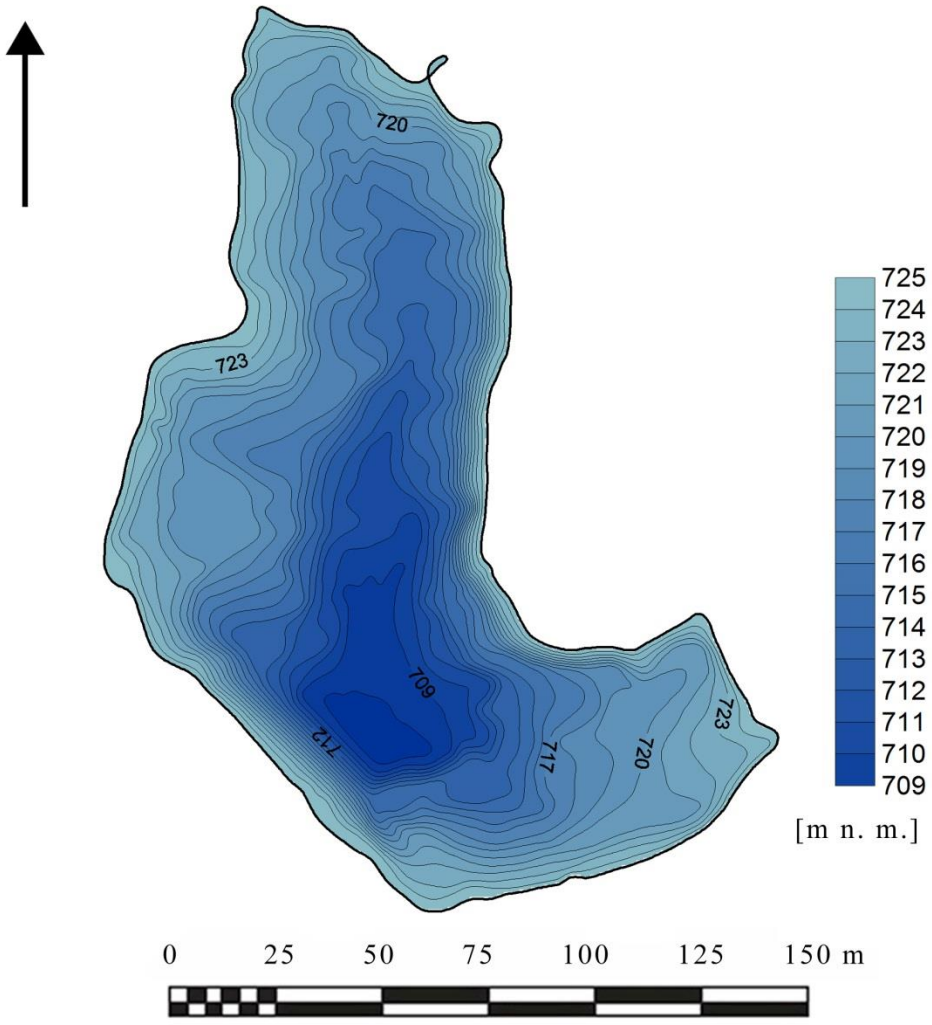
Zmeny objemu

Výpočet súčasného objemu realizovaný v softvéri Surfer 8 a ArcGIS ArcMap pomocou nasledovných výpočtových pravidiel a metód priniesol nasledovné výsledky (tab. 28, obr. 45 a 46):

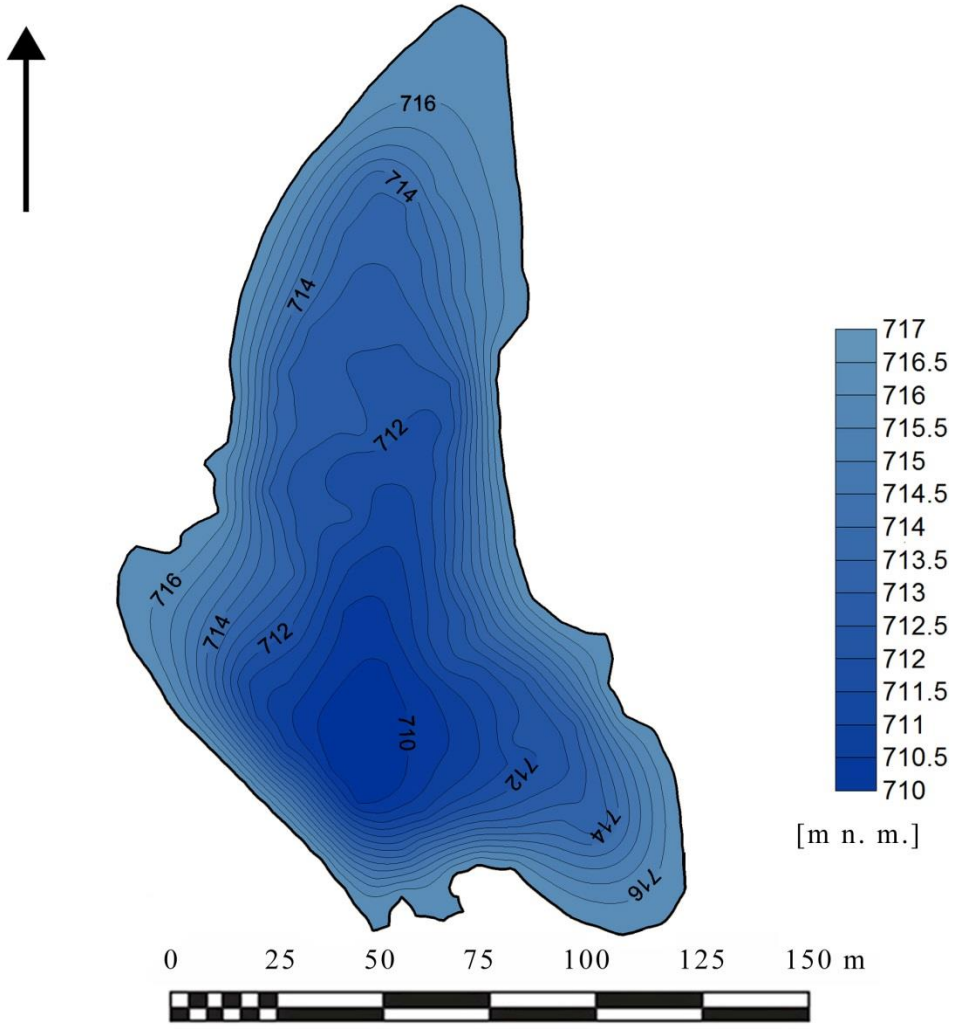
Tabuľka 28: Zmeny objemu vodnej nádrže Malá Richňaská

Výpočtové pravidlo / funkcia	**Objem nádrže (m^3)**
Surfer 8: Extended Trapezoidal Rule	35 340
Surfer 8: Extended Simpson's Rule	35 378
Surfer 8: Extended Simpson's 3/8 Rule	35 359
ArcGis ArcMap: metóda ArcGis TIN	35 026
ArcGis ArcMap: metóda TopoToRaster	35 137

Za výslednú hodnotu objemu sedimentov v prostredí Surfer 8 považujeme vzhľadom na minimálnu odchýlku výsledkov aritmetický priemer, teda 35 359 m^3 a za celkovú výslednú hodnotu všetkých použitých metód **35 174 m^3** (Smerodajná odchýlka σ = 169,55).

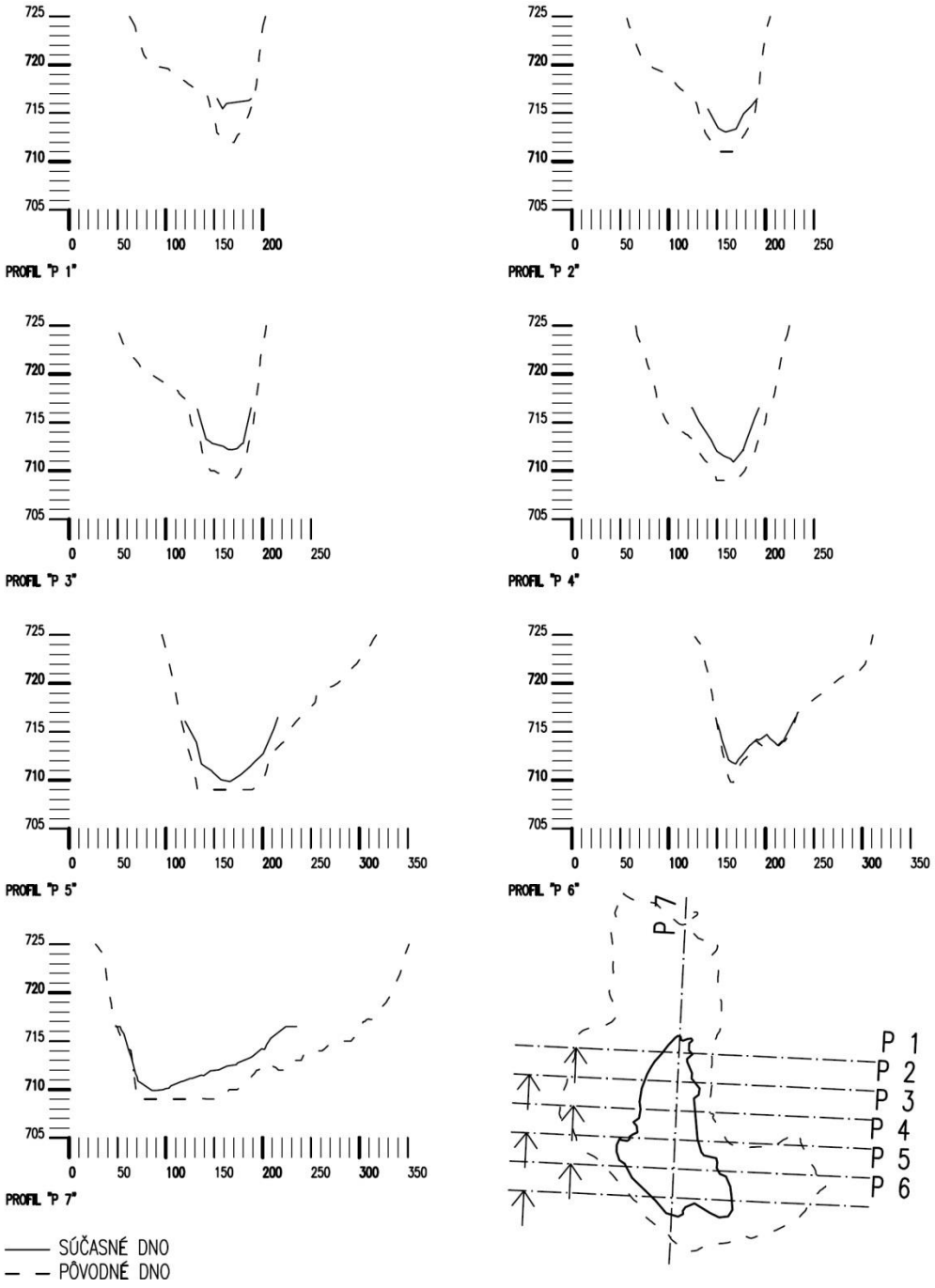


Obrázok 45: Priebeh nadmorských výšok dna Malej Richňavskej vodnej nádrž – stav v roku 1888

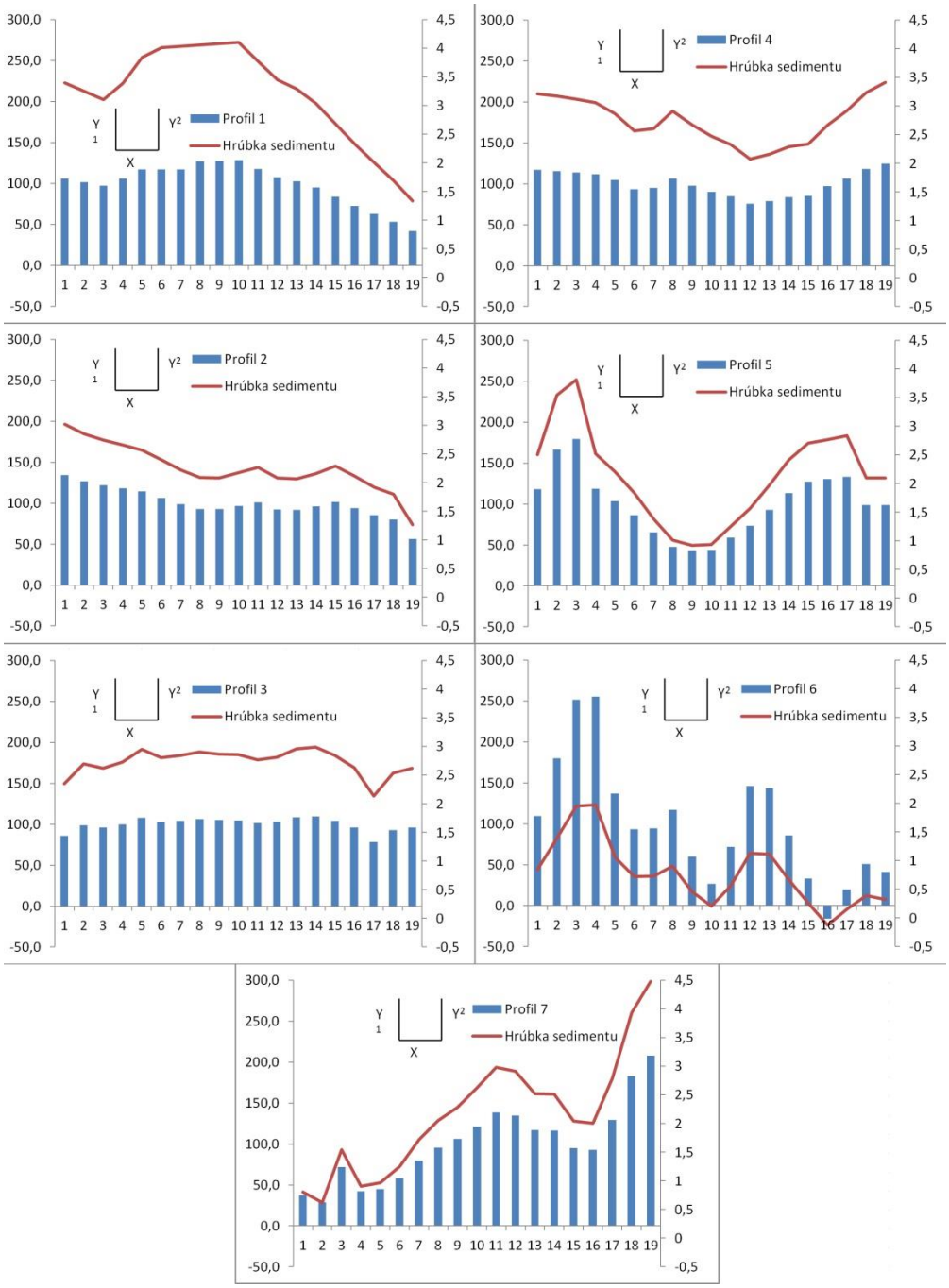


Obrázok 46: Priebeh nadmorských výšok dna Malej Richňavskej vodnej nádrže – stav v roku 2013

Porovnaním detailov reliéfu vodnej nádrže Malá Richňavská pre obidva časové horizonty (1888 – 2013) je zrejmé, že nádrž sa výrazne zmenila. Jej úplné naplnenie nebolo a nie je možné a maximálna hladina sa pohybuje na úrovni 717 m n. m. oproti pôvodnej plánovanej maximálnej hladine 725 m n. m. v roku 1888. Najväčšia nameraná hĺbka na Malej Richňavskej nádrži bola 6,70m (obr. 47, 48 a 49 tab. 29).



Obrázok 47: Umiestnenie profilov a porovnanie hrúbky sedimentu

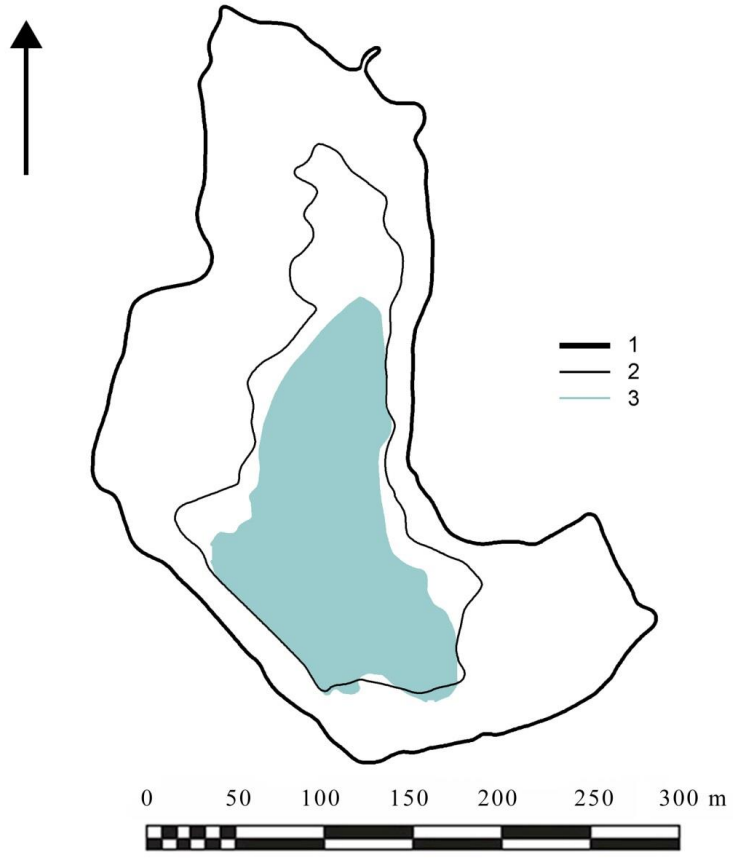


Obrázok 48: Vyhodnotenie rozloženia sedimentu v profiloch 1 – 7:
y1 – % z priemernej hrúbky; y2 – hrúbka sedimentu v m; x – segment profilu

Tabuľka 29: Štatistiky priečnych prierezov

Profil	Hrúbka sedimentu (m)		Smerodajná odchýlka (m)	Rýchlosť sedimentácie * (mm/rok)
	Maximálna	Priemerná		
P1	4,10	3,20	0,85	25,6
P2	3,02	2,25	0,39	18,0
P3	2,99	2,73	0,21	21,9
P4	3,42	2,74	0,39	21,9
P5	3,81	2,12	0,81	17,0
P6	1,97	2,12	0,55	6,2
P7	4,48	2,15	1,01	17,2

* Rýchlosť sedimentácie určená ako podiel priemernej hrúbky sedimentu v profile a dĺžky trvania sledovaného obdobia (125 rokov)

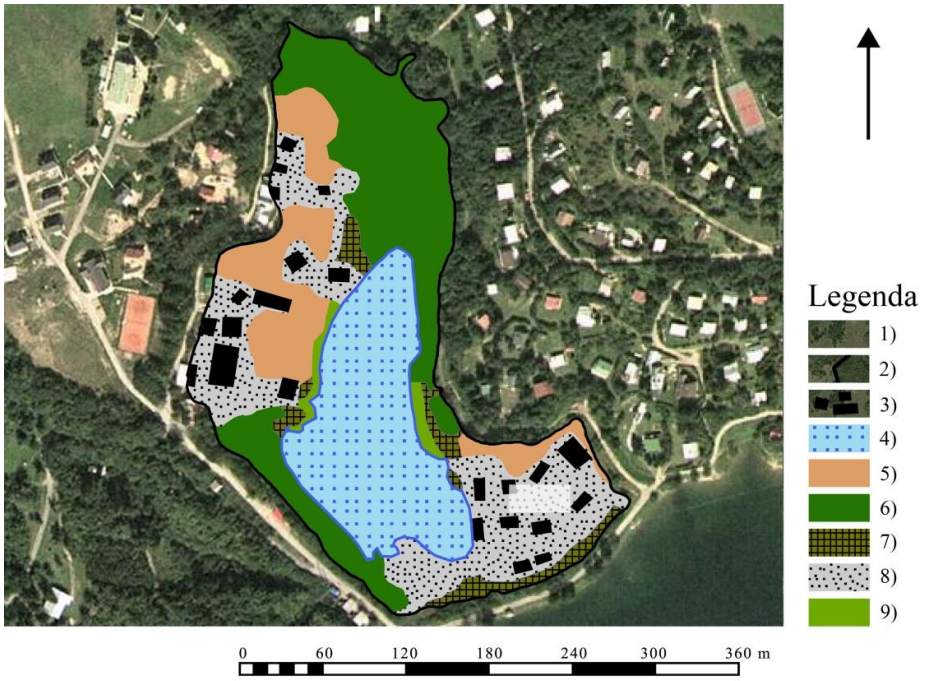


Obrázok 49: Zmena plochy vodnej nádrže Malá Richňavská
1) hranica pôvodnej plánovanej vodnej plochy v roku 1888; 2) hladina vody na kóte 716,5 m n. m. napustená v roku 1888; 3) hladina vody na kóte 716,5 m n. m. v roku 2013

Terestrické územie v priestore vodnej nádrže

Na pôvodnej plánovacej ploche nádrže, nachádzajúcej sa za zátopovou čiarou (717 m n. m. až 725 m n. m.) došlo k rozsiahlej zástavbe, úprave svahov, navezeniu zeminy a zrovnaniu terénu. V tejto časti – v priestore pôvodnej vodnej nádrže je v súčasnosti vybudovaných viac, než 15 stavebných objektov (rôzne rekreačné chaty, prístrešky a spevnené komunikácie). Podstatná časť brehov je porastená nelesnou drevenou vegetáciou krovinného a stromovitého vzrastu. Vzhľadom na skutočnosť, že veľká časť plochy bývalej vodnej nádrže Malá Richňava je v súkromnom vlastníctve, nebolo možné jej kompletné geodetické zameranie a preto sme ďalší výskum zamerali iba na samotnú vodnú plochu a početné navážky a terénne úpravy za hranicou súčasnej vodnej plochy neboli ďalej brané do úvahy.

Výrazné zmenšenie vodnej plochy Malej Richňavskej za obdobie 125 rokov (1888 – 2013) pri maximálnej hladine 717 m n. m. je spôsobené najmä navážkami a úpravami terénu pri výstavbe viacerých objektov na ploche jej pôvodného dna, pričom k týmto zmenám a výstavbe dochádza aj v súčasnej dobe. Mnohé úpravy terénu zasahujú až k samotnej vodnej hladine. Dlhodobému negatívnemu antropogénnemu vplyvu na blízke okolie Malej Richňavskej nádrže nie je možné zabrániť. Prevažná časť sa zmenila na terestrické prostredie, ktoré je zaujímavé z pohľadu rekreačného potenciálu, ale aj možnosti využitia pre nové stavebné pozemky (obr. 50).



Obrázok 50: Súčasná krajinná štruktúra v okolí VN Malá Richňavská
1) ortofotosnímka; 2) pôvodná hranica nádrže z roku 1888; 3) budovy a zástavba; 4) vodná plocha v súčasnosti (2013); 5) záhrady; 6) Lesný porast; 7) nelesná drevinná vegetácia; 8) antropogénne upravené svahy a navážky; 9) trvalé trávne plochy

Diskusia a záver

Spoločenské a predovšetkým sociálno-ekonomické zmeny po II. svetovej vojne priniesli pre existujúci a dovtedy fungujúci banskoštiavnický vodohospodársky systém značné zmeny v účele jeho ďalšieho využívania, ale predovšetkým v organizácii práce a rozsahu nutnej údržby. Rozsiahla elektrifikácia územia Slovenska už v prvej polovici 20. storočia priniesla zmeny vo výrobe energie využívaním parných a paroplynových generátorov na výrobu energie elektrickej. Okrem budovania siete centrálnych elektrární a elektrocentrál sa postupne zvyšovala kilometráž diaľkových elektrických vedení, ktoré dokázali energiou nepretržite zásobovať aj energeticky náročné prevádzky, medzi ktoré banské a hutnícke závody rozhodne patrili. Banská Štiavnica a jej okolie boli vďaka svojmu silnému postaveniu producenta drahých kovov, zlata a striebra, neskôr po II. svetovej vojne polymetalických rúd s vysokým obsahom olova, zinku a medi v centre záujmu. Ešte za čias Rakúsko-uhorskej monarchie boli na pôde Baníckej akadémie vykonané prvé úspešné pokusy s výrobou a rozvodom elektrickej energie nielen v meste Banská Štiavnica (pouličné svietenie) a v budovách akadémie, ale aj do prevádzok výrobných podnikov. Neskôr budované oblastné elektrifikačné podniky postupne po celom Slovensku budovali nové elektrárne, prípadne preberali zastarané centrály starších elektrárenských podnikov ale aj priemyselných závodov. Tieto následne modernizovali, prípadne definitívne odstavili. Určite najväčšou zásluhou vtedajších regionálnych podnikov bola postupná výstavba elektrických sietí vysokého napätia. Zatiaľ čo ešte v roku 1918 dosahoval celkový rozsah diaľkových vedení iba niečo cez 180 km s maximálnym napätím 15 kV, v roku 1938 sa dĺžka sietí vysokého napätia rozšírila na až na 4 830 km. Väčšinu tvorili vedenia s napätím 22 kV. Od konca 20. rokov začala éra budovania diaľkových magistrál s napätím 100 kV. Regionálne elektrifikačné podniky postupne pripojili na svoje siete takmer všetky kľúčové priemyselné závody, rovnako veľkoodberateľov v sektoroch ako poľnohospodárstvo, terciárna sféra, ale aj tisícky maloodberateľov (Hallon, 2003).

S týmito zmenami pochopiteľne veľmi úzko súvisela aj zmena v správe jednotlivých súčastí historického banskoštiavnického vodohospodárskeho systému, ktorý bol projektovaný a využívaný práve na zásobovanie banských prevádzok energiou. Plošne rozsiahly systém bol z pohľadu údržby a zabezpečenia prevádzky náročný a postupne sa stal drahý. Využívané zostali len fragmenty systému, ktorých lokálny význam a niektoré z výhod ešte stále prevyšovali nad dotiahnutím a

využitím elektrickej energie vyrobenej parnou, paroplynovou, dieselovou technológiou či privedenou z budovaných uhoľných tepelných elektrární. Ešte koncom 50.-tych rokov 20. storočia máme doklady o pravidelnom čistení jarkov či budovaní sedimentačných kaziet pre vlastným zaústením potokov do vodných nádrží a o ich pravidelnom jesennom prázdnení. Sypký sediment sa ďalej využíval pre stavebné účely alebo pri zimných posypoch.

Na opustených a nevyužívaných častiach vodohospodárskeho systému (vodné nádrže, zberné jarky, náhonné jarky) postupne zanikali pracovné pozície tajchárov a jarkárov, úseky nevyužívaných jarkov začali zarastať náletovou vegetáciou, často boli zničené prebiehajúcou výstavbou rekreačných chát, či lesnou ťažbou drevnej hmoty.

Tieto činitele boli nepochybne hybnou silou degradácie celého systému a v konečnom dôsledku viedli nielen k neho znefunkčneniu ako celku, ale k strate základných parametrov aj jeho menších, dovtedy relatívne samostatných a nezávislých častí. Likvidácia jarkov znamenala zmenu v režime povrchovom odtoku a návrat k epizodickej nekontrolovanej erózii odlesneného povrchu. Intenzita erózie a dynamika tohto procesu priamo úmerne súvisela s intenzitou lesohospodárskeho využívania nižších častí územia, kde postupný rast hustoty približovacích lesných ciest, lesných skladov a provizórne budovaných ciest znamenal, a aj dnes znamená zvýšenú koncentráciu odtoku v ryhách a výmoľoch a enormne zvýšený odnos lesnej pôdy. Paradoxne a zvláštne potom vyznieva široko akceptované budovanie údolných nádrží a priehrad, rovnako ako spevňovanie brehov potokov a riek s betónovými reguláciami s ich deklarovanou protipovodňovou ochranou bez toho, aby sa čokoľvek zmenilo v manažmente lesohospodárskej výroby, teda v spôsobe ťažby drevnej hmoty, v starostlivosti o pôdu v lese a zadržanie vody práve tu, teda tam kde spadla vo forme zrážok a kde je potrebná pre rast novej generácie „ťažiteľných“ stromov.

Negatívny vývoj v miere starostlivosti o základné funkčné vlastnosti lesa a zohľadňovanie len jeho produkčnej schopnosti v prislúchajúcich povodiach vodných nádrží vedie v kritických prípadoch k výraznému rastu povrchového odtoku, k vzniku nezvratných eróznych procesov a rastu ich dynamiky, čoho dôsledkom sú následné zmeny reliéfu povrchu. Všetky tieto faktory častokrát pôsobia v povodiach spoločne, teda synergicky s negatívnymi zmenami v skladbe druhotnej krajinnej štruktúry, s rastom počtu dní s prívalovými dažďami s ich vysokou intenzitou, ale aj ďalších faktorov, čo vedie nielen k zanášaniu vodných nádrží, k zmene ich biologickej rovnováhy, kvality vody, ale postupne končí ich zazemnením, prípadne úplným zánikom. Ako relikt po dávnom technickom diele s jeho zabezpečovanými funkciami,

zostáva prítomné vegetáciou porastené teleso hrádze a bažinatý, resp. močiarny biotopov jeho predpolí. Proces degradácie zabezpečovaných funkcií a strata významu a s tým aj starostlivosti sú najintenzívnejšie vnímateľné na vodnej nádrži Halčianska (Kubinský & Weis, 2011), v menšej miere aj na nádržiach Belianska (Kubinský & Weis, 2012), či Evička (Kubinský & Weis, 2013). Nekontrolovaná akumulácia sedimentov je závažný problém nielen v našich podmienkach. Na priehrade Velika Dicina v Srbsku došlo za 45 rokov (1966 – 2011) k akumulácii 18 750 m^3 sedimentov (Ristic a kol., 2013). Autori tu za hlavnú príčinu nepriaznivého stavu považujú antropogénne pôsobenie v povodí. Aj v študovanom povodí Halčianskeho potoka boli pozorované viaceré negatívne faktory (nevhodné ťažobné postupy, pohyb ťažkých mechanizmov po nespevnených cestách, zmena krajinnej pokrývky nepriaznivou modifikáciou pôvodnej drevinnej skladby). V nádrži Altinapa v Turecku postupne došlo za periódu 1967 – 2009 k zníženiu zásobnej kapacity o 33,4 % (Ceylan a kol., 2011), v Mladotickom jazere v Česku za periódu 1972 – 2003 o 26,5 % (Janský a kol., 2010). Nepriaznivá situácia zanášania jazier a nádrží bola popísaná aj v susednom Poľsku, kde spolu 25 jazier za periódu 50 rokov stratilo 9,9 % akumulačnej kapacity (Choiński & Ptak, 2009).

Hrúbka sedimentu v miestach dnového výpustu pri zanedbanej starostlivosti o nádrž a jej povodie často dosahuje aj niekoľko metrov (Wang a kol., 2005). V jazere Dąbie (Wiśniewski & Wolski, 2005) došlo len za 34 rokov (1962 – 1996) k naplaveniu viac ako 2 m hrubej vrstvy sedimentu, v Belianskej vodnej nádrži za 156 rokov k naplaveniu sedimentu s maximálnou hrúbkou až 4,5 metra (Kubinský & Weis, 2012). Akumulácia sedimentov najmä v oblasti výpustného objektu vedie k čiastočnému, či úplnému znefunkčneniu dnových výpustných zariadení.

Poznanie intenzity akumulačných procesov a množstva sedimentov naplavených do nádrže nám môže poslúžiť ako nutná báza pre hľadanie možných príčin a zdrojov sedimentov v bezprostrednej blízkosti nádrže, alebo v jej širšom povodí. Aj napriek záverom, že využívanie krajiny v malých povodiach a zmeny v „land use“ majú na rýchlosť a intenzitu sedimentácie malý vplyv (Zhang a kol., 2010; Janský a kol., 2010) v študovaných územiach, napr. v povodí nádrže Evička (Kubinský & Weis, 2013) ich považujeme za veľmi významný faktor eróznej činnosti.

Intenzívne dažďové zrážky sú v poslednej dobe ďalší významný faktor podieľajúci sa na rozrušovaní svahov a vzniku nových svahových pohybov (Janský a kol., 2010). V dnešnej dobe, ktorá prináša aj do lokality Štiavnických vrchov epizodické prívalové dažde s enormným a

náhlym rastom eróznej a transportnej schopnosti inak takmer bezvýznamných zdrojníc a malých potokov, bude nutné vynakladať čoraz väčšie prostriedky na sanáciu a zlepšenie súčasného stavu erózno-odtokových pomerov v povodiach.

Negatívne pôsobenie človeka v lesných plochách je dané predovšetkým nešetrným spôsobom ťažby a nevhodným použitím ťažkých mechanizmov. Počas terénnych pochôdzok v jednotlivých povodiach bolo zistené, že v mnohých lokalitách má lesný porast slabé zakmenenie, rovnako aj slabo vyvinutú krovinnú etáž, čo je pravdepodobne jeden z dôvodov vzniku eróznych procesov, napriek veľkej lesnatosti v území (Kubinský a kol, 2014; Weis & Kubinský, 2014). Navyše typická banská krajina je charakteristická aj postupnou zmenou drevinového zloženia. Nástup rýchlorastúcich drevín pre ekonomické dôvody, pravidelná ťažba, nespevnené lesné cesty, zvážnice, to všetko v nemalej miere nepriaznivo ovplyvňuje odtokové pomery v povodiach. V posledných desaťročiach k tomu prispieva aj výstavba objektov s charakterom trvalého, či sezónneho využívania. V povodí vodnej nádrže Evička došlo len za 64 rokov k 11,2 % zväčšeniu plochy intravilánu obce (Kubinský a kol., 2015). S procesom zástavby približujúcej sa k vodnej ploche sa stretávame aj v ďalších lokalitách, napr. v okolí vodnej nádrže Veľká Kolpašská (Kubinský a kol., 2014a). Obytné a rekreačné objekty môžu byť nielen výrazným zdrojom znečisťujúcich látok, ovplyvňujúcich kvalitu vody v nádrži (jedná sa predovšetkým o splašky z obydlí), ale prísunom živín sú katalyzátorom bujnenia vodnej vegetácie, submerznej aj emerznej, čo opäť zrýchľuje proces zazemňovania.

Stavebné povolenia v bezprostrednej blízkosti vodných plôch odporúčame v zásade nepovoľovať a na existujúcich zastavaných plochách a v ich bezprostrednom okolí odporúčame prevádzať len také stavebné úpravy, ktoré nezvyšujú riziko erózie povrchu, nie sú zdrojom znečistenia a bolo im vydané súhlasné stanovisko príslušným úradom štátnej inšpekcie ŽP.

Zaujímavá situácia je pri Malej a Veľkej Richňavskej vodnej nádrži. Výsledky indikujú zníženie celkového zásobného objemu nádrže Veľká Richňavská následkom uloženia cca 110 494 m³ sedimentov, teda pokles o 14,.22 % za 125 rokov. Samotné nádrže sú situovaná takmer na rozvodnici povodí (prakticky bez vlastného povodia), sú zásobované vodou len zo systému zberných jarkov, ktoré aj pomocou sústavy podzemných vodných štôlní privádzajú vodu z Hodrušskej časti územia (susedné povodie). Tieto jarky pôvodne mali čo zväčša lapače piesku a plavených sedimentov. Je preto možné, že hrádza Richňavských nádrží bola opakovane spevňovaná aj po prvotnom utesnení priesakov

(Kubinský a kol., 2013a), čoho dôsledkom bol takýto razantný nárast množstva sedimentov v priestore nádrží pred ich utesnením.

Systém jarkov je na mnohých lokalitách úplne zdevastovaný. K tomuto stavu pozitívne neprispeli ani zmeny vlastníka, resp. správcu vodných nádrží v 90-tych rokoch 20. storočia. Z celkového počtu cca 26 vodných nádrží – teda historických tajchov sa v správe Slovenského vodohospodárskeho podniku, š.p. okrem priebežne rekonštruovaných a doteraz ešte nerekonštruovaných nenachádza ani jeden kompletný systém zberných jarkov, prináležiaci k niektorej vodnej nádrži. Jediný zberný jarok, ktorý je funkčný a udržiavaný asi na cca 800 m dlhom úseku je Rozgrundský vodný jarok ústiaci do vodného rezervoára VN Rozgrund. Takáto skutočnosť neprispieva k fixácii, ale k zhoršeniu odtokových pomerov a dáva predpoklad k vzniku ďalších eróznych foriem. Človek s jeho deštrukčným pôsobením na sieť prívodných jarkov, stavebnou činnosťou, ťažbou drevnej hmoty a nevhodnými krajinárskymi úpravami jednoznačne najviac prispieva k ohrozeniu a postupnému zániku niektorých vodných nádrží v oblasti Banskej Štiavnice a okolia. Slovenský vodohospodársky podnik, š.p. v rámci rekonštrukčných prác na telese hrádze VN Veľká Kolpašská pristúpil aj k úprave a rekonštrukcii viac ako 1 km prívodných zberných jarkov, privádzajúcich vodu z okolitých svahov a vrchov. Aj týmto potvrdil dôležitosť zachovania a samotnej existencie vodných jarkov. Smutným faktom je už v tomto čase prebiehajúci proces likvidácie časti rekonštruovaného jarku a jeho zasypanie novým súkromným vlastníkom pozemku, po ktorom prechádza. Hoci rekonštruovaná, no nijako nechránená časť systematicky deštruovanej siete historických banských zberných jarkov nemôže byť dlhodobo funkčná bez udržania konektivity s prítokmi vyšších rádov, musíme teda pokračovať v spriechodňovaní a rekonštrukciách vyššie proti smeru toku. Základnou podmienkou predaja pobrežných pozemkov a pozemkov s vodnými jarkami malo dávno byť vecné bremeno so zákazom ich deštrukcie, resp. s povinnosťou ich ochrany a spriechodňovania. Dávni konštruktéri štiavnických vodných nádrží, ako M. K. Hell, J. K. Hell, či Samuel Mikovíny si dobre uvedomovali spojitosť medzi starostlivosťou o vlastné mikropovodie a starostlivosťou o sieť budovaných zberných jarkov a prevodov vody. Účinnosť hĺbených kaziet vybudovaných na vodných tokoch, ako prvkov zachytávajúcich podstatnú časť splavovaných sedimentov spolu s ich funkciou na zvyšovanie možnosti infiltrácie vody do podzemia a tým výrazné zníženie intenzity eróznych a následne erózno-akumulačných procesov v povodí preverí až čas. V minulosti pravidelne budované a hlavne čistené kazety účinne bránili zanášaniu zdrží a vodných nádrží,

ale zánikom povinnosti, či snahy o ich údržbu mnohé z nich už takmer neexistujú, resp. tieto zdrže úplne stratili svoj význam.

Analýza zmien brehovej zóny Richňavských nádrží preukázala nárast antropogénne upravovaných plôch o celkovú rozlohu 1 534 m^2, teda o 7,4% plochy brehovej zóny (Kubinský a kol., 2014b). Druhá polovica 20.storočia znamenala prudký nárast podielu prímestskej rekreácie a budovania letných chatových oblastí a s nimi spojených nekontrolovateľných zmien kategórií sekundárnej krajinnej pokrývky (spevnené cesty, upravené plochy) v tesnej blízkosti nádrží, ako sú Belianska, Veľká Kolpašská, Počúvadlianska, či obe Richňavské vodné nádrže. Neschopnosť kompetentných orgánov vhodne regulovať tento typ zástavby a predovšetkým kontrolovať dodržiavanie platných zákonov v oblasti ekológie (zánik pôvodných ekostabilizujúcich činiteľov a vlastností voľnej krajiny) a hygieny (perforované septiky a trativody verzus funkčné a tesniace kanalizačné prípojky víkendových chát) viedol k nekontrolovateľnému, až chaotickému manažmentu ripariálnej zóny so silným vplyvom na produkciu sedimentov a ich transfer na dno vodnej nádrže. Sprievodným javom potom často bujnenie submerznej vegetácie, a so zmenou ekologických a hygienických vlastností vody aj postupný vznik bahnitých úsekov litorálu vodných nádrží.

S významom hlbšej analýzy zmien brehovej zóny sa stretávame aj pri ďalších vodných nádržiach (Bakomi, Veľká Kolpašská). Obnaženie častokrát relatívne strmých brehov bezprostredne v okolí brehovej čiary napomáha k vzniku dažďového ronu a vzniku ronových rýh, ktoré sa oveľa výraznejšie podieľajú na abrázii brehov a splavovaní dažďových či mrazových sedimentov do vodných nádrží, miestami často v dosahu silnejšieho vlnobitia. V zmysle výsledkov štúdie na lokalite VN Klenovec (Kočický a kol., 2002) eróziu a množstvo sedimentu naplaveného do nádrže práve v nemalej miere ovplyvňuje aj zvýšená abrázia brehov (ripariálu) už spomenutým vlnobitím. Trávnatý porast je často intenzívne rozrušovaný sezónnym zašliapavaním kúpajúcich sa rekreantov (Kubinský & Weis, 2013; Kubinský a kol., 2014b). Samotný začiatok vegetačného obdobia v apríli až v máji je zase poznačený silným obdobným tlakom zo strany rybárov, keďže vodné nádrže sú intenzívne využívané pre chov a lov rýb. Tento fakt jasne vidíme pri vodnej nádrži Bakomi (Kubinský a kol., 2013b), ktorá nemá prakticky žiadny prirodzený prítok, je zásobovaná vodou len so systému vodných jarkov a podzemných štôlní a navyše v jej povodí sa nestretávame s výstavbou, resp. iným negatívnym antropogénnym pôsobením.

Vodné nádrže v okolí Banskej Štiavnice patria do Zoznamu objektov svetového prírodného a kultúrneho dedičstva UNESCO a sú preto záujmom viacerých slovenských a českých akademických a

vedeckých pracovísk (Kaletová, 2016). Ich pôvodná funkcia, zásobovať vodou banské vodočerpacie, ťažobné a spracovateľské hutnícke zariadenia ukončením baníctva zanikla. Stále sa však využívajú na rybolov, rekreáciu, plnia protipovodňovú ochranu a tvoria významný krajinno-ekologický a ekostabilizujúci prvok. Tieto dôvody musia byť pre nás zaväzujúce a mali by viesť ku komplexnejšej zmene v správe a manažmente týchto unikátnych technických objektov. Dôležitosť dobrej kondície nielen samotnej vodnej nádrže ale aj ripariálnej zóny a nutnosť zvýšenej starostlivosti o ňu asi najlepšie vystihli Cebecauerová & Lehotský (2012), keď okrem jej základných siedmych funkcií (Hansen a kol., 2010) definoval 6 ďalších tak, aby spolu odzrkadľovali nielen jej primárny potenciál a benefity hydrologické, ekologické, hygienické, ale aj sekundárne, teda rekreačné, hospodárske, ekonomické a edukačné. Tieto funkcie sú dôležité z hľadiska udržateľného rozvoja a preto je nutné ich neustále bližšie skúmať, manažovať a monitorovať (Cebecauerová & Lehotský, 2012):

- zlepšovať kvalitu vody vo vodnom toku, t. j. redukovať nadbytočný prísun živín a kontaminantov z okolia (nivy, svahov, ciest, polí a pod.),
- redukovať eróziu brehu a prísun sedimentov do koryta,
- zvyšovať zatienenosť koryta a tým regulovať teplotu vody v koryte,
- zabezpečovať prísun drevnej hmoty, lístia a iných, pre akvatický systém dôležitých zdrojov do koryta a napomáhať tak transferu zdrojov medzi terestrickým a vodným ekosystémom,
- zvyšovať biodiverzitu dna, resp koryta,
- autoregulácia a ekologická prirodzená optimalizácia štruktúry a zloženia rastlinných a živočíšnych spoločenstiev,
- zabezpečenie laterálnej, longitudinálnej a vertikálnej konektivity riečnej
- krajiny, slúži ako biokoridor a prostredie transferu podzemnej vody,
- zmierňovať výšku a rýchlosť povodňových vĺn,
- svojou drsnosťou a vertikálnou akréciou diferencovane akumulovať a filtrovať povodňové sedimenty a podmieňovať vývoj fluvizemí,
- generovať prírodný kapitál vo forme zdrojov drevnej hmoty a rastlinných a živočíšnych druhov,
- svojimi estetickými hodnotami dotvárať celkový ráz pririečnej krajiny,

- poskytovať priestor pre rekreačné, športové a ozdravovacie aktivity,
- slúžiť ako vhodný objekt pre edukáciu.

Zabezpečenie takto definovaných primárnych a sekundárnych funkcií vodnej nádrže a jej ripariálnej zóny súčasne sa však ukazuje v podmienkach nedoriešených kompetenčných, finančných a hlavne legislatívno-právnych vzťahov jednoznačne ako nemožné. Vyzývame preto na jasnú definíciu kompetencií a povinností SVP, š. p pri zabezpečovaní funkčnosti a ďalšej starostlivosti o spravované VN tak, aby starostlivosť o ne ako technické diela automaticky zahŕňala aj starostlivosť o ich mikropovodia a rovnako o systém zberných a prevodných jarkov v nutnom rozsahu. Len takto bude projekt revitalizácie, či rekonštrukcie unikátneho vodohospodárskeho systému komplexný a dlhodobo udržateľný.

Resume

Historic artificial water reservoirs in the Banská Štiavnica surroundings belong to the UNESCO List of World Cultural and Natural Heritage and therefore they are logically the research focus of several Slovak and Czech academic and scientific institutions. Their original function to supply with water mine pumping, mining and processing metallurgical equipment finished when mining went into liquidation. Nowadays they are still used for fishing, relaxing, flood-protection and make an important landscape ecological and eco-stabilizing element.

The social and about all socio-economic development after World War II brought significant changes for the functioning Banská Štiavnica water management system as well. The purpose, methods of use, labour organization and mainly the scope of regular maintenance of the system were changed. The extensive electrification in the Slovak area began the rapid growth of an electricity production in the first half of the 20th century. In addition to building the central power plants network and power generators, the length of new long-distance electricity wiring increased and was able to continuosly supply energy-intensive mining and metallurgical plants.

Banská Štiavnica and its surroundings were the centre of attention due to the strong position of noble metals and polymetallic ores producers in the young established state. Even during the Austria-Hungarian monarchy there were successful experiments with the production and distribution of electricity at Mining academy not only in Banská Štiavnica (street lighting) and in academy buildings but also in particular plants. The greatest benefit of then regional energetic and electrification enterprises was the gradual construction of high voltage networks. In 1918 the length of long-distance wiring was only over 180 km with maximum voltage 15 kV, but that length was extended to 4830 km in 1938.

Most the wiring was with voltage 22 kV. The distance arteries building with voltage 100 kV started at the end of the 1920s. The regional electrification companies connected to their power grid all key industry plants, major customers in agriculture, tercial sector and privat customers (Hallon, 2003).

These changes, of course, were very closely linked with the changes in the management of the Banská Štiavnica water engineering system and its individual components. The system was designed and used just to supply mining and metallurgical operations with energy. The broad system was in terms of maintenance and operation assurance demanding and inefficient. Some fragments of the system were used and

their local significance, some advantages still exceeded the possibilities of using electricity (Halčianska reservoir, Dolná Hodrušská reservoir). There is evidence of regular clearing ditches, building sedimentation cartridges in front of the creeks´ inflow into the water reservoirs, the regular autumn water discharges which continued in the late 1950s. Mined loose sediment was also used for construction purposes or in the winter sanding of roads. Some working positions were abolished for example tajch or ditch caretakers in the abandoned and unused parts of the water system(water reservoirs, collecting and drive ditches). The sections of unused ditches began to be overgrown by self-seeding vegetation, destroyed by an uncontrolled building of holiday houses and timber harvesting as well.

These factors caused the degradation of the entire system and consequently its functionality in the end. By that time the independent and separate parts of the system lost the significance and functions too. The liquidated ditches meant a change in the surface runoff mode and growth of uncontrolled erosion in deforested areas. The widely accepted building valley reservoirs and dams, moreover the consolidation of rivers´ and creeks´banks with concrete regulations for their declared flood- protection seem to be paradoxical and strange without any changes in the forest management, thus in the form of the timber production, in a soil care in a forest and prevent soiltransport.

All mentioned factors have synenergistic effect with the negative changes of a secondary landscape composition structure and climate factors which lead to silting the reservoirs. Depth variations affect changes in the biological balance, water quality and after that the process ends with their partial earth deposition or complete extinction. As a relict of a former technical work with its assured functions there are only a vegetation overgrown body of a dam, swampy habitat or wetland (biotope) in a foreground. The degradation process of assured functions and the loss of importance consequently a lack of maintenance are the most intense perceptible on the Halčianska reservoir (Kubinský & Weis, 2011), in a smaller degree on the Belianska (Kubinský & Weis, 2012) or the Evička reservoirs (Kubinský & Weis, 2013). Unregulated sediment accumulation is not a serious problem only in our conditions. In Serbia, on the Velika Dicina dam the sediment accumulation reached 18 750 m^3 during 45 years (1966 - 2011) (Ristic and et al., 2013). The authors assume that the main cause of a negative state is the antropogenic impact in a basin. The same negative factors were observed in the Halčianska creek basin (improper logging practices, movement of heavy machinery on unpaved roads, the change in landscape cover, unfavorable modification of the original wood composition). In the Altinapa

reservoir, in Turkey, the gradual reduction of the storage reservoir´s capacity was 33.4 % (Ceylan and et al., 2011) from 1967 – 2009. In the Mladotické lake , in Czech,the decrease of 26.5 % during the period 1972 - 2003 (Janský and et al., 20 10). A negative situation in silting lakes and reservoirs was described in Poland where 25 lakes lost 9.9% of the accumulation capacity during 50 years. (Choiński & Ptak, 2009).

The thickness of sediment in the bottom water outlet locations at the neglectful care of the reservoir may reach several metres. (Wang and et al., 2005). In lake Dabie (Wiśniewski & Wolski, 2005) during 34 years (1962 - 1996) the deposition made the 2 m thick sediment layer, in the Belianska water reservoir the deposition made the layer with the maximal thickness 4.5 m during 156 years (Kubinský & Weis, 2012). The sediment accumulation mainly in the area of water outlet opening causes the partial or complete malfunction of an outlet equipment. Knowledge about the intensity of accumulated processes and amount of sediments in the reservor´s deposition we can use as the main database to look for causes of erosion and sources of sediments near a reservoir´s or further basin. In spite of conclusions that the utilization of landscape in small-scale floods and changes in „land use“ influence a rate and sedimentation intensity little (Zhang and et al., 2010; Janský et al. 2010), in studying areas, e.g. the basin of the Evička reservoir we consider them to be important factors of erosion dynamics. Recent abundant rainfall is the further significant factor which affects a slope destruction and occurence of new slope deformations (Janský and et al., 2010). There will be necessary more investments to the reconstruction or improvement of contemporary state erosion – outlet conditions in basins.

Negative human actions in forestry are manifested in careless logging manners, inappropriate use of heavy machinery, networking unpaved roads regardless of the risk in erosion soiltransport. During the field errands in particular basins it was found out that in many locations the forest cover is in low stocking, similarly there is a poorly developed shrubbery floor what is probably one of reasons resulting in intense erosion occurence despite the high forest coverage in the area (Kubinský and et. al., 2014; Weis & Kubinský, 2014). Furthermore, the typical mining landscape is characterized by artificially altering tree species composition in favor of fast-growing but shallow rooted tree species. Prevailing economic reasons, intensive logging, forest unpaved roads, logging roads adversely affect drainage conditions. Building houses and objects with the character of permanent or seasonal use (cottage areas) has contributed to this situation in recent decades. In the basin of the Evička reservoir the residental area increase of 11.2% was during 64 years. (Kubinský and et al., 2015). The process of building up oncoming

to water reservoirs is observed in other locations, e.g. near the Veľká Kolpašská reservoir (Kubinský and et. al., 2014a). In addition, housing objects, seasonal or permanent can be a marked source of pollutants which influence water quality in a reservoir (mainly domestic sewage, human waste), but supply of plant nutrients is a catalyzer of water vegetation grossnes, submerged also emerged and it accelerates the process of earth deposition.

The interesting situation is at the Malá and Veľká Richňavská water reservoirs. Results present the reduction of a whole stored volume in the Veľká Richňavská which was caused by sediment deposition cca 110 494 m^3 what is a decrease of 14.22 % during 125 years. The reservoirs are situated nearby the water divide of the Hron and Ipeľ rivers´basins and they are supplied wholly by water from catchwater ditches (canals) in the small- scale micro- basins. The part of water from the Hron river basin is carried by underground water galleries.The system of ditches is devastated in many locations.

There are 26 water reservoirs which belong to the management of the Slovak water economics enterprise, the state – owned enterprise, but no one of the complex catchwater ditches systems which appertain to the water reservoirs. The Rozgrundský water ditch with the inflow into the Ruzgrund reservoir is only one which is working and well- maintained in the part cca 800 m long. This is a noncotributory factor to stabilization , but to decline balance of water inflow vs. outflow. A man with his destructive effect on a network of catchwaters in this area, building activities, timber harvesting and unsuitable landscaping expressly endangers the existence of the water reservoirs. The Slovak water ecomics state enterprise within the frame of reconstruction works on the dam body of the Veľká Kolpašská reservoir made an adjustment and reconstraction over 1 km of the headrace catchwater ditchess which bring water from surrounding slopes and hills. And this confirmed the importance of preserving and existence of water ditches (canals). The reconstructed part of the network of historic mining catchwaters can not be operational in the long term without the legal protection. An essential condition for the sale of land at the banks of the water reservoirs and land with water ditches should already be an easement with the prohibition on their destruction, or with the responsibility for their protection and maintenance. The technical designers of the Štiavnica water reservoirs as M.K. Hell, J.K. Hell, or Samuel Mikovíny realized the connection between the care over a reservoir and its basin. Regulary built and cleaned bottom sediment cartridges in the past effectively prevented clogging in building weir- type storage basins and water tanks, but with termination of responsibilities for their maintenance many of them no

longer almost exist or the weir- type storage basins completely lost their signification.

The analysis of bank zone changes demonstrated an increase of the total area 1 534 m^2 in antropogenic treated surfaces thus tey are increased by 7.4 % of the bank zone area (Kubinský and et. al., 2014b). In the second half of the 20th century there was the large- scale expansion of suburban recreation and building summer cottage areas and associated with them the uncontrolled development of land cover categories (dirt roads, adapted areas) near the water reservoirs. For instance the Belianska, Veľká Kolpašská, Počúvadlo and both Richňava reservoirs. The inability of the competent authorities appropriate to regulate this type of building and mainly check the compliance of laws in force for ecology (the disappearance of the original eco- stabilizing agents, natural landscape features) and hygiene (perforated septic tanks, catch- drains verzus broken sewer connections of holiday cottages) led to the uncontrolled chaotic management of a riparian zone with the strong impact on pollution production, erosion and sediment transfer onto a bottom of a water reservoir. The side – effect was often a proliferation of submerged vegetation with a change of ecological and hygienic water properties, the gradual formation of muddy littoral sections in the water reservoirs.

We encounter the deeper analysis significance of bank zone changes at other water reservoirs(Bakomi, Veľká Kolpašská). The denudation of relatively steep banks near in the bank line area helps the rain wash and rain wash groove cast formation. These factors take part in the bank abrasion and eluviation of rain and frost sediment into the water reservoirs within easy reach of the waves sometimes. In light of the results of the study in the water reservoir Klenovec location (Kočický and et. al., 2002) erosion and the amount of alluvial sediment in the reservoir are influenced by the increased bank abrasion (riparial)caused with mentioned surge. Grassy vegetation is heavily eroded by seasonal treading relaxing visitors. (Kubinský& Weis, 2013; Kubinský and et. al., 2014b). This fact is clearly seen at the Bakomi reservoir (Kubinský and et. al., 2013b) which has no natural inflow. It is supplied with water from the system of water ditches and underground galleries. Its basin has not affected by uncontrolled building, or other negative anthropogenic effect so far.

These reasons should be binding for us and they should lead to a more comprehensive change in administration and management of these unique technical objects. The importance of the reservoir´s good condition, its riparian zones and the need of the increased care was caught best by Cebecauerová & Lehotský (2012). In addition to its seven

basic functions (Hansen et. al., 2010) defined six others to reflect not only the primary potential and hydrological, environmental, hygienic benefits, but also secondary thus recreation, economic and educational ones. These functions are important for the sustainable development and that is why it is necessary to explore, manage and monitor them:

- improve water quality in the water flow, i. e. reduce the excess supply of nutrients and contaminats from the environment (floodplain, slopes, roads, fields and so on),
- reduce erosion and sediment supply to a reservoir- basin,
- increase shadowing reservoir-basin and thereby regulate temperature of water in it,
- ensure a supply of wood, leaves and other aquatic system vital resources to a basin and facilitate the tranfer between terrestrial and aquatic ecosystem,
- enhance biodiversity of a reservoir bottom,
- self- regulation and the natural structure optimilization and also optimilization of plants and animal communities,
- ensuring lateral, longitudinal and vertical connectivity of river landscape, which serves as a bio- corridor and environment of underground water transfer,
- mitigate the height and velosity of flood waves,
- its roughness and vertical accretion accumulate differentially and filter flood sediment and affect the progress of fluvial plains,
- generate natural capital as a source of wood, plant and animal species,
- its aesthetic values to shape the overall character of the riverside landscape,
- to provide space for recreational, sports and remediation activities,
- to serve as a suitable object for the education (Cebecauerová & Lehotský, 2012),

Ensuring the defined primary and secondary functions of a water reservoir and its riparian zone at the same time seems to be impossible in the conditions of outstanding competence, financial and especially the legislative – legal relations. We call therefore Slovak Water Management Company, state enterprise, for the clear definition of competence and responsibility to assure the operating status and another care of the managed water reservoirs including automatically the care of their micro basins as well as a system of collecting and transfer ditches to the extent necessary. Only then the revitalization and reconstruction project of the unique water system will be comprehensive and sustainable.

Literatúra

Ahmed, K.B., Sanchez, M., 2011: A study of the factors and processes involved in the sedimentation of Tarbela reservoir, Pakistan. Environmental earth sciences, 62, 5, 927 – 933

Bednárová, E. a kol., 2010: Priehradné staviteľstvo na Slovensku. Originality – míľniky – zaujímavosti. Bratislava, Kuskus, 207 s.

Boddy, N.N., Ganske, L., 2005: Bathymetric Changes within Lake Zumbro of Olmsted Count. Hydrologic Study of Produced by the Minnesota Pollution Control Agency, 1 – 21

Boltižiar, M., 2009: Využitie historických máp a leteckých snímok pri hodnotení vplyvu človeka na krajinu. In "Ekofilozofia včera, dnes a zajtra" Nitra : UKF, 2009, 24 – 40

Boltižiar, M., Olah, B., Petrovič, F., 2007: Zmeny využitia krajiny vybranej časti BR Tatry v rokoch 1772 – 2003. In Geografické informácie 11. Problémy geografického výskumu Česka a Slovenska. Nitra: Katedra geografie a regionálneho rozvoja FPV UKF v Nitre, 2007, 239 – 256

Boltižiar, M., Brůna, V., Křováková, K., 2008: Potential of antique maps and aerial photographs for landspace changes assessment – an example of High Tatras. In Ekológia (Bratislava), 27, 1, 2008, 65 – 81

Boltižiar, M., Olah, B., 2008: Potenciál historických máp a leteckých snímok pri štúdiu zmien krajiny, Geografická revue, 4, 2, 64 – 82

Cebecauerová, M., Lehotský, M., 2012: Komplexita ripariálnej zóny – príklad rurálneho segmentu vodného toku Torysa. Geografický časopis, 64, 2, 133 – 154

Ceylan, A., Karabork, H., Ekozoglu, I., 2011: An analysis of bathymetric changes in altinapa reservoir. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 6, 2, 15 – 24

Česák, J., Šobr, M., 2005: Metody batymetrického mapování českých jezer. Geografie, 100, 3, 141 – 151

Deutsch, C.V., 2002: Geostatistical Reservoir Modeling. Oxford University Press, New York, 376 s.

Dost, R., Mannaerts, C., 2008: Generation of Lake Bathymetry Using Sonar, Satellite Imagery and GIS. ESRI UC 2008, ESRI International User Conference 2008

Elçi, Ş., Bor. A., Çalışkan, A., 2009: Using numerical models and acoustic methods to predict reservoir sedimentation. Lake and Reservoir Management, 25, 3, 297 – 306

Eurosence, 2006: Letecké meračské snímky v mierke 1 : 5000

Fuska, J., Leitmanová, M., 2012: Tvorba DMR dna vodnej nádrže v súčasnom stave, http://www.slpk.sk/eldo/2012/zborniky/014-12/fuska.pdf (9.1.2014)

Galia, T., Hrádecký, J., 2010: Úvod do problematiky transportu dnových sedimentů beskydských vysokogradientových toků. Geografie pro život ve 21. století: Sborník příspěvků z XXII. sjezdu České geografické společnosti pořádaného Ostravskou univerzitou v Ostravě 31. srpna – 3. září 2010. Ostravská univerzita v Ostravě, Ostrava, 43 – 48

Galia, T., Hrádecký, J., 2011: Bedload transport and morphological effects of high-magnitude floods in small headwater streams – Moravskoslezské Beskydy Mts. (Czech Republic). Journal of Hydrology and Hydromechanics, 59, 4, 238 – 250

Gellis, A.C., Webb, R. M. T., MCintyre, S. C., Wolfe, W. J., 2006: Land-Use Effects on Erosion, Sediment Yields, and Reservoir Sedimentation: A Case Study in the Lago Loíza Basin, Puerto Rico. Physical Geography, 27, 1, 39 –69

Halaj, P., Báreková, A., Bárek, V., Halajová, D., Pecháčová, K., Šinka, Z. 2011: Role and dimensioning of riparian buffer zone in agricultural landscape. In: Journal of International Scientific Publications: Ecology & Safety, 5, 1, 203 – 212

Hallon, Ľ, 2003. Nástup systematickej elektrifikácie v rokoch 1918 – 1938. In Hospodárske noviny, Cit [5.9.2016]. Dostupné na

http://dennik.hnonline.sk/servisne-prilohy/84201-nastup-systematickej-elektrifikacie-v-rokoch-1918-1938

Hansen, B., Reich, P., Lake, P. S., Cavagnora, T., 2010. Minimum width requirements for riparian zones to protect flowing waters and to conserve biodiver-sity: a review and recommendations. Report to the Office of Water, Department of Sustainability and Environment. Melborne (School of Biological Sciences, Monash University)

Hollister, J. & Milstead, W.B., 2010: Using GIS to estimate lake volume from limited data. Lake and Reservoir Management, 26, 3, 194 – 199.

Holubová, K., 1998: Problémy systematického sledovania erózno-sedimentačných procesov v oblasti vodných diel. Výskumný ústav vodného hospodárstva, Bratislava, 63 s.

Hrdinka, T., 2005: Antropogenní jezera Česka. Geografie, 110, 3, 210 – 228

Hydroconsult, 1991: Banskoštiavnická oblasť – štúdia, Bratislava

Choiński, A., Ptak, M., 2009: Lake Infill as the Main Factor Leading to Lake's Disappearance. Polish Journal of Environmental Studies, 18, 3, 347 – 352

Chrastina, P., 2004: Vývoj krajiny ako fenomén environmentálnych dejín (na príklade Trenčianskej kotliny a jej horskej obruby). In Šimůnek, R. (Ed.). Historická geografie 33. Praha: HiÚ AV ČR, 2004, 9 – 19

Isaak, H.E. & Srivastava, R.M., 1989: Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press, New York, 561 s.

Janský, B., Schulte, A., Česák, J., Rios Escobar, V., 2010: The Mladotice Lake, western Czechia: The unique genesis and evolution of the lake basin. Geografie, 115, 3, 247 – 265

Janský, B., Šobr, M., Kocum, J., Česák, J., 2005: Nová batymetrická mapování glaciálnych jezer na České straně Šumavy. Geografie, 110, 3, 176 – 187

Jordan, D.C., Fonstad, M.A., 2005: Two Dimensional Mapping of River Bathymetry and Power using Aerial Photography and GIS on the Brazos River, Texas. Geocarto International, 20, 3, 1 – 8

Jurík, Ľ., Tátošová, L., Húska, D., 2013: Environmental effects of landscape changes at water quality of the Slovak rivers Žitava and Slaná and its tributaries. In Water for life. Landau in der Pfalz: Universität

Kaletová, T., 2016: S českými odborníkmi z oblasti vodohospodárstva v Štiavnických vrchoch, Poľnohospodár, 61, 3. s. 5

Kaletová, T., Rodný, M., Šurda, P., Novotná, B., 2013: Crop impact on runoff generation in an agricultural landscape. In Water for life. Landau in der Pfalz: Universität

Kamenár & Muzsnai, 1888: Mapa výpočtu kubatúry Malého a Veľkého richňavského jazera v Štiavnických Baniach – pôdorys. Mapa HKG 15787, 97x50cm, kolorovaná v mierke 1:1000

Kocum, J., Janský, B., 2005: Limnologická studie Čertova jezera. Geografie, 110, 3, 152 – 175

Kansas Biological Survey, 2007: Bathymetric and Sedimentation Surveys of Mission Lake, Brown County, Kansas. Kansas Biological Survey Applied Science and Technology for Reservoir Assessment (ASTRA) December 2007

Kočický, D., Pauk, J., Kočická, E., Gargalovič, R., Vágó, Z., Vazan, V., Weis, K., 2002: Erózno-sedimentačné procesy na VN Klenovec. Esprit s.r.o, Banská Štiavnica, 155 s.

Kondrlová, E., Antal, J., 2015: GIS application in sediment delivery estimation: comparison of two model approaches. In SGEM 2015. Sofia: STEP92 Technology, 2015, 169 – 176

Kress, W.H., Sebree, S.K, Littin, G.R, Drain, M.A., Kling, M.E., 2005: Comparison of Preconstruction and 2003 Bathymetric and Topographic Surveys of Lake McConaughy. Scientific Investigations Report 2005-5040. Published by U.S. Department of the Interior and U.S. Geological Survey, 1 – 27

Kružlic, Osvald, 1971: Bakomi rybník – Štiavnické Bane" v mierke 1:500

Kubinský, D., Fuska, J., Weis, K., Lehotský, M., 2013a: Zmeny akumulačného objemu vodných nádrží Veľká Richňavská a Malá Richňavská, Acta Hydrologica Slovaca, 14, 5, 402 – 413

Kubinský, D., Fuska, J., Weis, K., Lehotský, M., Pokrývková, J., 2014b: Zmeny reliéfu dna a akumulačného objemu umelej vodnej nádrže a intenzita jej zanášania za ostatných 125 rokov – príklad Veľkej Richňavskej. Geomorphologia Slovaca et Bohemica, 2, 3, 31 – 40

Kubinský, D., Lehotský, M., Weis, K., 2014a: Changes in bathymetry and land cover of riparian zone of an old artificial water reservoir Veľký Kolpašský, Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 9, 1, 171 – 178

Kubinský, D., Weis, K., Lehotský, M., Fuska, J., Pokrývková, J., 2015: Volumetric and landscape-ecological diachronic analysis of a historical artificial water reservoir Evicka in Slovakia, Jordan Journal of Earth and Environmental Sciences, 7, 2, 95 – 102

Kubinský, D., Weis, K., 2011: Zmeny retenčného objemu v priestore Halčianskeho tajchu. Acta hydrologica slovaca, 12, 1, 59 – 64

Kubinský, D., Weis, K., 2012: Zmeny retenčného objemu v priestore Belianskej vodnej nádrže. Acta Hydrologica Slovaca, 13, 1, 108 – 115

Kubinský, D., Weis, K. 2013: Zmeny retenčného objemu v priestore vodnej nádrže (tajchu) Evička. Acta Environmentalica Universitatis Comenianae, 21, 1, 18 – 27

Kubinský, D., Weis, K., 2013b: Zmeny objemu v priestore vodnej nádrže (tajchu) Bakomi. Acta Hydrologica Slovaca, 14, 1, 272 – 280

Lackóová, L., Varga, V., Streďanský, J., Leitmanová, M., 2013a: ArcGIS 10.1 hydrotools usage in melioration planning. In Melioracije 13. Novi Sad : Universitet u Novom Sadu, 23 – 28.

Lackóová, L., Halászová, K., Pokrývková, J., Streďanský, J., 2013b: Environmental impacts in Slovak Republic. In ENVIRO 2013. Nitra : Slovenská poľnohospodárska univerzita, 107 – 113

Leica Geosystems, 2005: Leica GPS1200 Series. Technical Data, http://www.leicageosystemssolutionscenters.com/Site/Instrument%20PDF%27s/GPS%20Systems/SmartRover%20&%20GPS1200/GPS1200_TechnicalData_en.pdf (10.4.2014)

Lichner M., 2002: Banská Štiavnica – Svedectvo času. Harmony, Banská Bystrica, 256 s.

Mapové podklady ZM 1 : 10000 © ÚGKaK, 2006

Marková, J., Hubačíková, V., 2015: Evaluation of Real and Possible Functions at Selected Small Water Reservoirs. In Public recreation and landscape protection – with man hand in hand!. Astron studio CZ, a.s., Prague: Mendel University in Brno, 2015, 49 – 52

Masný, M., Zaušková, Ľ., 2015: Multi-temporal analysis of an agricultural landscape transformation and abandonment (Ľubietová, Central Slovakia). In: Open Geoscience (ex Central European Journal of Geosciences), 7, 1, 888 – 896

Masný, M., Zaušková, Ľ., 2014: The Abandonment of Agricultural Land: A Case Study of Strelníky (The Poľana Biosphere Reserve – Slovakia). In: Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 9, 3, 17 – 24

Masný, M. 2015. Analýza transformácie poľnohospodárskej krajiny s využitím krajinných metrík (modelové územie Strelníky a Povrazník). In: Acta Geographica Universitatis Comenianae, 59, 1, 67 – 81

Mazúr, E., Drdoš, J., Bučko, Š., Huba, M., Oťaheľ, J., Očovský, Š., Tarábek, K, 1985: Krajinná syntéza oblasti Tatranskej Lomnice : geografický model racionálneho využívania krajiny v národných parkoch. Bratislava, Veda, 112 s.

Miklós L. & Krcho J. & Hrnčiarová T. & Kozová M., 1990: Interpretácia morfometrických vlastností reliéfu v krajinnoekologickom plánovaní LANDEP. Ústav krajinnej ekológie SAV, Bratislava, 68 s.

Naiman, R. J., Décamps, H., McClain, M. E., 2005: Riparia: Ecology, Conservation, and Management of Streamside Communities. Elsevier Academic Press, London, 448 s.

Novák, J. (1975): Vznik a význam rybníkov v okolí Banskej Štiavnice v minulosti a možnosti ich ďalšieho využívania. Acta geographica Universitatis Comenianae, 13, 39 – 63

Olah, B., 2009: Historical maps and their application in landscape ecological research. Ekológia (Bratislava) 2/2009, 28, 143 – 151

Pauk, J., Miklós, L., Tremboš, P., 1997: Vývoj erózno sedimentačných procesov vodnej nádrže Ružín: Čiastková správa D – Krajinnoekologické princípy ochrany nádrže pred zanášaním. ESPRIT, Banská Štiavnica, 1 – 46

Pelikán, P., Šlezingr, M., 2015: Parameters of wind driven waves on Nove Mlyny water reservoir. In Water Management and Hydraulic Engineering 2015. 1st. edition. Brno: Institute of Water Structures, FCE, BUT, 55 – 64

Pradhan, D., Ancev, T., Drynan, R., Harris, M., 2011: Management of Water Reservoirs (Embungs) in West Timor, Indonesia. Water resources management, 25, 1, 339 – 356

Pravda, J., Kusendová, D., 2007: Aplikovaná kartografia. Geografika, Bratislava, 224 s.

Podobnikar, T., 2010: Historical maps of Ljubljana for GIS applications. In Acta Geodaetica et Geophysica Hungarica, 45, 1, 80 – 88

Policht–Latawiec, A., Bogdal, A., Kanownik, W., Kowalik, T., Ostrowski, K., 2015: Variability of physicochemical properties of water of the transboundary Poprad river. In: Journal of Ecological Engineering, 16, 1, 100 – 109

Ristić, R., Ljujić, M., Despotović, J., Aleksić, V., Radić, B., Nikić, Z., Milčanović, V., Malušević, I., Radonjić, J., 2013: Reservoir sedimentation and hydrological effects of land use changes-case study of the experimental dičina river watershed. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 8, 1, 91 – 98

Sgúdš: Geologická mapa Slovenska M 1 : 50 000, online mapa. < http://www.geology.sk/new/sk/sub/Geois/gmsr50>

Slovenský vodohospodársky podnik: Interné materiály, projektová dokumentácia a manipulačné poriadky

Smolková, V., Pánek, T., Hrádecký, J., 2009: Holocene sedimentation dynamics and average catchment denudation acquired from the sedimentary basins of the landslide-dammed lakes in the Flysch Carpathians. Geomorfologický sborník 8: Sborník abstraktů. Západočeská univerzita v Plzni, Ústav struktury a mechaniky hornin AV ČR, v.v.i., Česká asociace geomorfologů, s. 52.

Surfer 8 User's Guide, 2002: Surfer®. User's Guide. Contouring and 3D. Surface Mapping for Scientists and Engineers, 640 s.

Škarpich, V., Galia, T., Hrádecký, J., Peč, J., 2010: Identifikace (dis)konektivit vodních toků za využití makrogranulometrické analýzy korytových sedimentů (Moravskoslezské Beskydy). Geol. výsk. Mor. Slez. v r. 2010, 199 – 204

Štátny ústredný banský archív, 1908: Halčiansky rybník – Banská Belá – Banský Studenec, kópia pôvodnej mapy z roku 1908 v mierke 1 : 10 000

Štátny ústredný banský archív, 1971: Evička Rybník – Štiavnické Bane, mapa v mierke 1 : 1000

Štátny ústredný banský archív, 1889: Kolpašské jazero – Banský Studenec, mapa v mierke 1 : 1000

Štátny ústredný banský archív, 1855: Kubatúra belianského rybníka v B. Belej, mapa v mierke 1 : 1000

Tárnik A., Igaz D. 2015: Quantification of soil water storage available to plants in the Nitra river basin. In Acta scientiarum Polonorum, 14, 2, 209 – 216

Tirscher, 1897: Brenner tó köbözése, mapa v mierke 1 : 250

Topografický ústav, 1949: Historické letecké meračské snímky z roku 1949, topografický ústav v Banskej Bystrici

Thota, Chandu, 2006: Programming MapPoint in .NET. Sebastopol: O`Reily Media, 2006, 376 s.

Wang, G. Q., Wu, B. S., Wang, Z. Y., 2005: Sedimentation problems and management strategies of Sanmenxia Reservoir, Yellow River, China, Water Resources Research, 41, 9, DOI: 10.1029/2004WR003919

Webster, R., Oliver, M., 2001: Geostatistics for Environmental Scientists. John Wiley and Sons, New York, 330 s.

Weis, K., Kubinský, D., 2014: Analýza zmien objemu Halčianskej vodnej nádrže vplyvom erózie ako podklad pre manažment v povodí, Geografie, 119, 2, 126 – 144

Wiśniewski, B., Wolski, T., 2005: Changes in Dąbie Lake bathymetry in the period 1962 – 1996, Limnological Review, 5, 255-262

Yesuf, H.M., Alamirew, T., Melesse, A.M. Assen, M., 2012: Bathymetric Mapping for Lake Hardibo in Northeast Ethiopia Using Sonar. International Journal of Water Sciences, 1, DOI: 10.5772/52886

Yun, H.S., Cho, J.M., 2011: Hydroacoustic application of bathymetry and geological survey for efficient reservoir management. Journal of the Korean Society of Surveying Geodesy Photogrammetry and Cartography, 29, 2, 209 – 217

Zhang, X. M., Cao, W. H., Guo, Q. C., Wu, S. H. (2010): Effects of landuse change on surface runoff and sediment yield at different watershed scales on the Loess Plateau. International Journal of Sediment Research, 25, 3, 283 – 293

Žigrai, F., 2001: Interpretácia historických máp pre štúdium využitia zeme a krajinnoekologický výskum. In Historické mapy. Kováčová, M., Hájek, M. (Eds.). Bratislava: KS SR, 2001, 35 – 40

Obrazová príloha

Obrazová príloha 1: Halčianska vodná nádrž (apríl 2015)

Obrazová príloha 2: Halčianska vodná nádrž (apríl 2015)

Obrazová príloha 3: Belianska vodná nádrž (apríl 2015)

Obrazová príloha 4: Znázornenie mikropovodia Belianskej vodnej nádrže (apríl 2014)

Obrazová príloha 5: Vodná nádrž Bakomi (september 2016)

Obrazová príloha 6: Vodná nádrž Bakomi v zime (január 2015)

Obrazová príloha 7: Vodná nádrž Evička (marec 2015)

Obrazová príloha 8: Vodná nádrž Evička počas rekonštrukcie (august 2013)

Obrazová príloha 9: Brennerštôlňanska vodná nádrž (február 2012)

Obrazová príloha 10: Takmer 31 m široká hrádza Brennerštôlňanskej vodnej nádrže (máj 2015)

Obrazová príloha 11: Veľká a Malá Kolpašská vodná nádrž (august 2016)

Obrazová príloha 12: Veľká Kolpašská vodná nádrž (október 2016)

Obrazová príloha 13: Veľká Richňavská vodná nádrž (júl 2013)

Obrazová príloha 14: Veľká Richňavská vodná nádrž počas rekonštrukcie (jún 2014)

Obrazová príloha 15: Veľká Richňavská vodná nádrž a štôlňa vedúca do Malej Richňavskej (jún 2014)

Obrazová príloha 16: Malá Richňavská vodná nádrž pred rekonštrukciou (jún 2013)

Obrazová príloha 17: Malá Richňavská vodná nádrž počas rekonštrukcie (máj 2014)

Obrazová príloha 18: Zaniknutý Jasenovský tajch v doline Horná Jasenová, Hodruša Hámre (máj 2015)

Obrazová príloha 19: Časť vodohospodárskeho systému: štôlňa Krížna (november 2016)

Obrazová príloha 20: Hodrušská vodná štôlňa z richňavskej strany (december 2016)

Názov: Analýza zmeny akumulačnej kapacity vybraných umelých vodných nádrží Banskoštiavnického vodohospodárskeho systému

Autori: RNDr. Karol Weis, PhD.
RNDr. Daniel Kubinský, PhD.
Ing. Jakub Fuska, PhD.
prof. RNDr. František Petrovič, PhD.

Vydavateľ: Univerzita Konštantína Filozofa v Nitre

Edícia: Prírodovedec č. 654

Schválené: Edičnou komisiou FPV UKF
v Nitre dňa 06.03.2017

Formát: B5

Rok vydania: 2017

Miesto vydania: Nitra

Počet strán: 117 (8,2 AH)

Počet kusov: 150

ISBN 978-80-558-1150-5