ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BATYMETRIE MALÉ VODNÍ NÁDRŽE BŘVE V POVODÍ ŠÁRECKO-LITOVICKÉHO POTOKA

Anežka Nevoralová

Vedoucí práce: Ing. Petr Bašta

2015

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Anežka Nevoralová

Krajinářství

Název práce

Batymetrie malé vodní nádrže Bříve v povodí Šárecko-Litovického potoka

Název anglicky

Bathymetry of the small water reservoir Bříve in Šárecko-Litovický potok river basin

---

Cíle práce

- Hlavním cílem bude batymetrické zaměření malé vodní nádrže (MVN) Bříve v povodí Šárecko-Litovického potoka, vyhodnocení hloubek formou digitálního modelu terénu (DTM) dna MVN a stanovení akumulace této MVN.
- Dílčím cílem bude zpracování rešerše zadané problematiky (MVN, batymetrie a způsoby jejího měření, zpracování DTM v prostředí GIS), a dále sepsání stručného metodického postupu při měření batymetrie MVN využitím echosounderu.

Metodika

- Teoretická část bude zamřena na shrnutí obecných poznatků k MVN a jejich zanášení, batymetrická měření a jejich způsoby využívané v praxi, způsoby tvorby DTM v prostředí GIS a zevrubný popis vybrané interpolační metody, která bude použita v této práci. Bude následovat popis zájmové MVN Bříve.

- V rámci praktické části bude nádrž Bříve zaměřena využitím echosounderu RiverSurveyor M9 a zaměřená data budou zpracována v programu ESRI ArcGIS Desktop (extenze 3D Analyst). DTM dna MVN bude zpracován interpolační technikou Topo to Raster a bude vyhodnocena aktuální akumulace nádrže.

Doporučený rozsah práce

cca 40 stran

Klíčová slova

batymetrie, echosounder, ADCP, malá vodní nádrž, digitální model terénu

---

Doporučené zdroje informací

Erdem, H., 2013. RiverSurveyor S5 / M9 System Manual.

Kubinský, D., Fuska, J., Weis, K., Lehotský, M., 2013. Change of accumulation volume of Great Richňava and Small Richňava water reservoirs. Acta hydrologica slovaca 14/2, 402–413.

Lin, Y.-T., Schuettpelz, C.C., Wu, C.H., Fratta, D., 2009. A combined acoustic and electromagnetic wave-based techniques for bathymetry and subbottom profiling in shallow waters. J. Appl. Geophys. 68, 203–218. doi:10.1016/j.jappgeo.2008.11.010

Schmitt, T., Mitchell, N.C., Ramsay, a. T.S., 2008. Characterizing uncertainties for quantifying bathymetry change between time-separated multibeam echo-sounder surveys. Cont. Shelf Res. 28, 1166–1176. doi:10.1016/j.csr.2008.03.001

Předběžný termín obhajoby

2015/06 (červen)

Vedoucí práce

Ing. Petr Bašta

Elektronicky schváleno dne 25. 3. 2015

prof. Ing. Pavel Pech, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 26. 3. 2015

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Děkan

V Praze dne 12. 04. 2015

Prohlášení

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma „Batymetrie malé vodní nádrže Břve v povodí Šárecko-Litovického potoka“ jsem zpracovala samostatně. Veškeré použité zdroje, literaturu a podklady uvádím v seznamu na konci práce.

V Praze dne 15. 4. 2015 ……..

Anežka Nevoralová

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Petru Baštovi za vstřícný přístup, cenné rady a vhodné připomínky. Dále děkuji Ing. Václavu Hradilkovi za měření a poskytnutá data a Tomáši Skurkovi za projektovou dokumentaci k Břevské nádrži.

Abstrakt

Hlavním cílem této bakalářské práce je batymetrické zaměření malé vodní nádrže Břve, která se nachází v povodí Šárecko-Litovického potoka, a též vyhodnocení tohoto měření v podobě mapy hloubek a stanovení akumulace této malé vodní nádrže. Práce se zabývá obecně malými vodními nádržemi a jejich zanášením. Je uvedena charakteristika Břevské nádrže, její historie a technické parametry nádrže. Jsou zde základní informace o batymetrii a metodách interpolace. Detailně je pak popsán "River Surveyor M9," který byl použit pro měření hloubek. V praktické části je uveden přesný postup měření dna malé vodní nádrže a následné zpracování naměřených dat. V další části je postup vytvoření DMT (digitálního modelu terénu). V závěru práce je srovnání s měřením z minulých let a diskuze.

Klíčová slova

ADCP, batymetrie, digitální model terénu, echosounder, malá vodní nádrž

Abstract

The aim of this thesis is to measure the depth of the small water reservoir Břve, which is located in the basin of the Sarecko-Litovicky creek. Furthermore, evaluation of the measurements is conducted in the form of a depth map and determining the volume of the reservoir. This thesis deals with small water reservoirs in general, as well as their clogging. Included are the characteristics of the Břve reservoir, its history and its technical parameters. Additionally, there is basic information about the bathymetry and interpolation methods. Covered in great detail is the "River Surveyor M9" device, which was used for depth measurement. In the practical part of this thesis, the precise measurement procedure of small water reservoirs and their data processing are both explained. The following section consists of how to create a DTM (digital terrain model). The conclusion includes a comparison of measurements from previous years, as well as a discussion.

Keywords

ADCP, bathymetry, digital terrain model, echosounder, small water reservoirs

Obsah

Prohlášení 4

Poděkování 5

Abstrakt 6

Klíčová slova 6

Abstract 7

Keywords 7

Seznam obrázků 10

Seznam tabulek 10

Seznam použitých zkratek 11

1 ÚVOD 12

2 REŠERŠE 14

2.1 Malé vodní nádrže 14

2.1.1 Historie 14

2.1.2 ČSN 75 2410 14

2.2 Zanášení malých vodních nádrží 15

2.3 Batymetrie 17

2.3.1 Principy používané v batymetrii 17

2.4 Interpolace 19

2.4.1 Dělení interpolací 20

2.4.2 Metody interpolací 20

2.4.3 Výběr interpolace 21

2.5 DTM v prostředí ArcGIS 21

3 MALÁ VODNÍ NÁDRŽ BŘVE 22

3.1 Základní informace 23

3.2 Historie 28

3.3 Přírodní památka 28

3.3.1 Geologie 29
3.3.2 Mykologie a květena 29
3.3.3 Fauna 30
4 METODIKA 33
4.1 Batymetrické měření MVN Břve 33
4.2 Interpolace DTM MVN Břve 35
4.3 Postup srovnání stavu v roce 2012 a v roce 2015 37
5 VÝSLEDKY 38
5.1 DTM dna nádrže 38
5.2 Srovnání stavů MVN z let 2012 a 2015 39
6 DISKUZE 45
7 ZÁVĚR 46
8 ZDROJE 47
PŘÍLOHY 50

Seznam obrázků

Obrázek 1: Dělení dle přítoku vody.....15
Obrázek 2: Přístroj River Surveyor M9 a M5 19
Obrázek 3: Letecká mapa MVN Břve 22
Obrázek 4: Umístění rybníku Břve v rámci ČR 23
Obrázek 5: Situace okolí soustavy Hostivické rybníky 24
Obrázek 6: Bezpečnostní přeliv s přemostěním místní komunikace.....26
Obrázek 7: Zděný objekt se spodní výpustí 27
Obrázek 8: Zhoršená kvalita vody v nádrži 27
Obrázek 9: Situace okolí Přírodní památky Hostivické rybníky.....29
Obrázek 10: Kalichovka půvabná.....30
Obrázek 11: Polák malý.....31
Obrázek 12: Labuť velká.....32
Obrázek 13: Umístění přístroje do kajaku 33
Obrázek 14: RTK umístěná na stojanu 34
Obrázek 15: Trasa měření malé vodní nádrže Břve z batymetrického měření 2015..35
Obrázek 16: Nastavení klasifikace pro hypsometrii.....36
Obrázek 17: Ovládací panel pro 3D modely.....37
Obrázek 18: Hloubka malé vodní nádrže Břve z batymetrického měření 2015 39
Obrázek 19: Umístění řezů.....40
Obrázek 20: Příčný řez nádrží 1-1 z programu ArcGIS 40
Obrázek 21: Příčný řez nádrží 2-2 z programu ArcGIS 41
Obrázek 22: Příčný řez nádrží 3-3 z programu ArcGIS 41
Obrázek 23: Příčný řez nádrží 4-4 z programu ArcGIS 41
Obrázek 24: Porovnání hloubek z batymetrického a geodetického měření- řez 1-1..42
Obrázek 25: Porovnání hloubek z batymetrického a geodetického měření- řez 2-2..43
Obrázek 26: Porovnání hloubek z batymetrického a geodetického měření- řez 3-3..43
Obrázek 27: Porovnání hloubek z batymetrického a geodetického měření- řez 4-4..44

Seznam tabulek

Tabulka 1: Hlavní parametry nádrže 24

Seznam použitých zkratek

ADCP	Acoustic Doppler Current Profiler (přístroj k měření rychlosti vody)
ČHP	Číslo hydrologického pořadí
ČSN	Česká státní norma
DTM	Digital Terrain Model (digitální model terénního reliéfu)
GIS	Geographic Information System (geografické informační systémy)
GNSS	Global Navigation Satelite System (globální navigační satelitní polohový systém)
GPS	Global Position System (globální družicový polohový systém)
IDVT	Identifikátor vodního toku
IDW	Inverse Distance Weighting (metoda interpolace)
LIDAR	Light Detection And Ranging (dálkový průzkum měření vzdálenosti)
MVN	Malá vodní nádrž
PCM	Pulse-Code Modulation (metoda převodu zvukového signálu do digitálního)
RTK	Real Time Kinematik (metoda měření v reálném čase)
SONAR	Sound Navigation And Ranging (zvuková navigace a zaměřování)
TIN	Irregular Triangle Network (metoda prezentace modelu terénu)
WMS	Web Map Service (služba pro sdílení geografických dat)

1 ÚVOD

Podnětem pro vznik této bakalářské práce byla potřeba zaměření vodních nádrží v okolí Hostivic v povodí Šárecko-Litovického potoka pomocí batymetrie. Tento způsob měření je inovativní a je rychlejší a přesnější než jiné metody. Na základě výsledků měření hloubek bude vytvořen digitální model dna nádrží. Ze získaných údajů lze určit kapacitu nádrží, způsob a rychlost zanášení nádrží. Tyto údaje lze pak využívat při správě a hospodaření na nádrži, při řízení ochrany před povodněmi a při řešení havarijního znečištění povrchových vod.

Hlavním cílem této bakalářské práce je batymetrické zaměření dna malé vodní nádrže Břve, která se nachází poblíž Prahy v Hostivicích, a vyhodnocení její současné akumulace za pomoci programu ERSI ArcGIS Desktop.

První kapitola, rešerše, je obecným úvodem a zabývá se malými vodními nádržemi, jejich historií a rozdělením dle ČSN. Na to navazuje problematika týkající se zanášení malých vodních nádrží. Je zde zmíněno, co je nejčastějšími příčinami usazování naplavenin a jaké má zanášení důsledky.

Další podkapitola se zabývá batymetrií vodních toků a nádrží. Je zde vysvětlen samotný pojem batymetrie. Dále jsou zde uvedeny způsoby, kterými se prováděla dříve a dnes. Následuje rozdělení přístrojů, které se užívají pro její měření na základě principů, na kterých pracují.

Na to navazuje kapitola věnovaná přístroji River Surveyor M9, který se používá pro měření batymetrie a je využit i pro měření nádrže Břve. Je zde vysvětleno, na jakém principu funguje, a jsou popsány jeho základní součásti.

Následující podkapitola pojednává o interpolacích. Uvádí se zde, co interpolace znamená a jaké jsou její metody při práci v programu ArcGIS Desktop. Metody jsou zde stručně popsány. Je zde také uvedeno, jak postupovat při výběru vhodné interpolace.

Dále je zde vysvětleno, co znamená pojem DTM a jaké údaje jsou potřebné při jeho tvorbě.

Třetí kapitola pojednává o malé vodní nádrži Břve, kde je batymetrie prováděna. Stručně je zde popsána její historie, umístění v soustavě Hostivických rybníků, technické parametry, plánovaná rekonstrukce a odbahnění. Nádrž patří mezi chráněné přírodní památky. Je zde zmíněno, jaké vzácné druhy rostlin a zvířat se zde vyskytují.

V praktické části práce neboli metodice je uveden postup měření batymetrie na malé vodní nádrži Břve. Je zde krátce popsán postup měření pomocí přístroje River Surveyor M9.

Na to navazuje část o zpracování naměřených dat z batymetrie, které jsou vyhodnocovány pomocí programu ERSI ArcGIS Desktop, a jsou základem pro vytvoření DTM nádrže a výpočet akumulačního prostoru nádrže.

V páté kapitole jsou zaznamenány výsledky této práce. Je zde uveden DTM malé vodní nádrže Břve a její akumulace. Také je provedeno srovnání příčných řezů s řezy z předchozích měření z roku 2012, díky kterým lze určit míru zanášení nádrže či vývoje sedimentů obecně.

Předposlední kapitolou je diskuze. Je zde porovnáván projektovaný akumulační prostor nádrže s prostorem naměřeným.

V závěru je shrnutí celé práce. Pomocí batymetrie bylo možné tedy vykreslit DTM a vypočítat akumulační prostor nádrže.

2 REŠERŠE

2.1 Malé vodní nádrže

Voda je nedílnou součástí života člověka, proto je nezbytné s ní správně hospodařit. Pro zajištění dostatku vody v období sucha a zároveň jako ochrana proti povodním slouží vodní nádrže (Jůva et al., 1980). Ty mohou být regionálního charakteru (přehrady) nebo lokálního charakteru (malé vodní nádrže). Na rozdíl od přehrad je v případě malých vodních nádrží jejich průměrná hloubka vody a výška hráze podstatně menší (Pavlica, 1964).

2.1.1 Historie

Malé vodní nádrže se stavěly již v minulosti, jelikož potřeba hospodaření s vodou a její zadržování byly v historii lidstva vždy. Největší rozvoj rybníkářství v Čechách nastal v 16. století, kdy se začaly stavět celé rybniční soustavy (Blažek, 2006). Největší zásluhu na tom měli Jakub Krčín z Jelčan a Štěpánek Netolický. Většina těchto vodních děl, například rybníky Rožmberk a Svět, nám slouží, po drobných opravách a úpravách, bezpečně a s úspěchem dodnes (Křivánek, 2012).

2.1.2 ČSN 75 2410

Malé vodní nádrže se řídí dle ČSN 75 2410 (Šálek et al., 2011). Ta definuje malou vodní nádrž jako takovou vodní nádrž, jejíž hráze jsou sypané, zároveň její objem nepřesahuje 2 mil. m^3 a její největší hloubka není větší než 9 m.

Rozdělení malých vodních nádrží

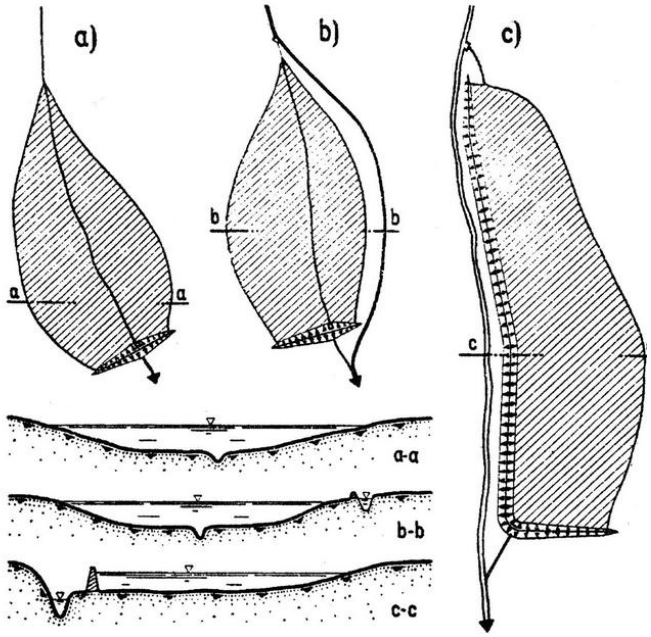
Malé vodní nádrže se dělí dle funkce nádrže na:

- zásobní nádrže (vodárenské, průmyslové, závlahové, energetické, kompenzační, zálohové),
- ochranné (retenční) nádrže (poldry, protierozní, dešťové, vsakovací, nárazové),
- nádrže upravující vlastnosti vody (chladící, předehřívací, usazovací, aerobní),
- rybochovné nádrže (výtěrové, třecí, komorové, hlavní, speciální komory, karanténní, sádky),
- hospodářské nádrže,

- speciální nádrže (recirkulační, vyrovnávací, přečerpávací, rozdělovací),
- asanační nádrže (záchytné, skladovací, otevřeně vyhnívací, rekultivační),
- rekreační nádrže (přírodní koupaliště, plavání a vodní sporty),
- nádrže krajinotvorné a nádrže v obytné zástavbě (hydromeliorační, okrasné, návesní, umělé mokřady),
- nádrže na ochranu (bioty, flory, fauny).

Další rozdělení malých vodních nádrží je dle přítoku vody, zda je nádrž umístěna přímo na vodním toku nebo leží mimo vodní tok. Jedná se o následující typy (viz obrázek 1):

a) průtočné, b) obtokové, c)boční.



Obrázek 1: Dělení dle přítoku vody

Zdroj: http://hgf10.vsb.cz/546/Ekologicke%20aspekty/cviceni/cviceni_lenticky/images/image001.jpg

2.2 Zanášení malých vodních nádrží

Jedním z největších problémů malých vodních nádrží je jejich zanášení. V celém povodí malé vodní nádrže, zejména pak na zemědělské půdě v blízkém okolí nádrže, probíhají erozní procesy, které jsou hlavní příčinou tohoto problému. Výsledkem zemědělského užívání půdy – větší podíl orné půdy, pěstování erozně náchylných plodin na velkých polích (např. okopaniny), použití nevhodné a těžké techniky,

odstranění mezí, velké půdní bloky, je velký přírůstek erozních procesů v povodí a přemísťování rozpuštěných a nerozpuštěných látek z orniční i podorniční vrstvy povrchovými toky. Vzhledem ke skutečnosti, že se v nádržích snižuje rychlost průtoku, dochází pak k sedimentaci půdních částic v nádrži. Nejčastěji jsou zanášeny průtočné nádrže, na kterých není regulován přítok z vodního toku. To má velmi negativní dopad na provoz nádrže a kvalitu vody. Nepříznivé důsledky zanášení na funkci nádrže a kvalitu vody jsou:

- Sedimenty obsahují značné množství živin a bohužel někdy i toxických látek (těžké kovy), které mohou být nebezpečné životnímu prostředí.
- Sedimenty zmenšují využitelný prostor vodní nádrže - menší obsádka ryb, nižší schopnost protipovodňové ochrany.
- Při poklesu vody v nádrži se obnažují plochy usazeného materiálu s vysokým obsahem živin. Tyto plochy velice rychle zarůstají vegetací, která po opětovném zaplavení vodou rychle odumírá. Její rozklad způsobuje vážné kyslíkové problémy v nádrži a uvolňuje živiny v přístupné formě do vody. Nastává vyšší ztráta vody výparem a dochází k estetickým problémům.
- Dochází ke snižování provozuschopnosti funkčních objektů zanášením sedimenty (Vrána, 1997).

Pro správnou funkci nádrže je důležité, aby byl sediment odstraňován pravidelně. Nejprve je nutno provést hydropedologický průzkum dna nádrže a fyzikálně-chemický rozbor sedimentu. Na základě hloubky a složení sedimentu a charakteru nádrže se určí vhodný postup prováděné těžby. Těžení sedimentu je možné provést při vypuštění nádrže, za použití strojů určených pro zemní práci (suchou cestou), nebo při napuštěné nádrži, za pomoci sacích bagrů (mokrou cestou), nebo kombinací obou způsobů.

Podle normy je doporučeno, aby prováděná těžba zachovala v malé vodní nádrži vrstvu sedimentu 10 až 15 cm a aby těžba nebyla hlubší než niveleta původního dna (ČSN 75 2410).

2.3 Batymetrie

Název pochází z řeckého slova bathos (hloubka) a jeho přesný význam znamená měření hloubek oceánů nebo jiných vodních ploch. Cílem batymetrie je určit a zaznamenat rozdíl výšek mezi dnem a hladinou dané vodní plochy. V současné době se však pojí i s měřením a mapováním dna vodních toků a nádrží.

2.3.1 Principy používané v batymetrii

Dříve bylo měření hloubek velmi náročné. Samotné měření, zapisování a vykreslování map se provádělo ručně (Kříž, 1988). Nejčastějším způsobem měření bylo spuštění olovnice a její následné odečtení. Tento způsob je sice přesný, ale časově velmi náročný.

Dnes je k dispozici mnoho přístrojů, díky kterým je postup rychlejší a jednodušší. Mezi takové přístroje patří například přístroje, které pracují na principu dálkového průzkumu dna. Základní rozdělení je podle toho, jak zjišťují hloubku. To může být pomocí světelného spektra anebo pomocí zvuku.

Do rozdělení pomocí světelného odrazu (spektra) patří systém Lidar (Light Detection And Ranging). Ten funguje na principu směru laserového odrazu paprsku a vzdálenosti, díky kterým se může určit poloha hledaného bodu.

V současné době se k měření hloubek používají nejčastěji sonary (Sound Navigation And Ranging), které využívají vyslaných a odražených akustických vln k měření vzdálenosti ode dna (Novák et al., 2015).

Jednopaprsčitý sonar

Jednopaprsčitý sonar (echolot) vysílá pouze jeden paprsek ve tvaru kuželu. Úhel záběru je v rozmezí od 10° do 30°. Čím větší je úhel záběru, tím větší plochu dna snímá (Pokorná, 2007). Velikost záběru se volí podle hloubky vod, do mělčích se používá široký záběr a naopak. Tato metoda však není vhodná pro plošnou batymetrii, protože zvukové vlny se odrazí od první překážky, na kterou narazí, a tím může dojít ke zkreslení obrazu dna (Garmin, 2000).

Mnohopaprsčitý sonar

Tento sonar pracuje na stejném principu jako výše zmíněný, s tím rozdílem, že vysílá ke dnu paprsků více, a tím pádem pokryje mnohem větší plochu (Schmitt, 2008).

Maximální úhel záběru je až 120°. Při použití tohoto sonaru je vytvořen zpravidla bodový pás a při pohybu plavidla tak vzniká souvislá mapa.

Boční sonar

Boční sonar, na rozdíl od předchozích, nezjišťuje tvar dna, ale jeho složení. Využívá toho, že různé typy materiálů různě absorbují a odráží zvuk. Pomocí těchto charakteristik dokáže vyhodnotit složení povrchu dna. Často se využívá v kombinaci s mnohopaprsčitým sonarem. Dohromady podávají komplexní přehled o tvaru a složení dna (SEABEAM, 2000).

Výložníkový systém

Výložníkový systém využívá speciální plavidlo, které má na bocích sonary. Systém používá Povodí Vltavy při sledování hloubek a stavů koryt řek a nádrží. Tímto systémem jsou vybaveny lodě Joska a Valentýna. Mají v sobě ultrazvukovou měřící aparaturu, která pořizuje data v souřadnicích x, y, z. Tyto lodě jsou vhodné do hloubky minimálně jednoho metru (PVL, 2015).

Parasound

Tato metoda využívá dvou paprsků o různé vlnové délce, a umožňuje tím měření mělké vrstvy sedimentu (Kuhn et al., 1993).

Acoustic Doppler Current Profiler

Tato metoda spočívá ve využití zvuku. Rychlost proudění vody je měřena pomocí zvukových vln na základě Dopplerova jevu. Zařízení může být umístěno na dně vodní plochy, pak měří rychlost proudění v pravidelných vzdálenostech až k hladině. Dále může být umístěno vodorovně, například na pilíři nebo příčně se pohybujícím plavidle, pak zjišťuje profil dna. Pokud je zařízení umístěno zespodu na plavidle, pak měří rychlost proudění (Erdem, 2013). Při této metodě jsou vysílány zvukové vlny, které se odrážejí od částeček, které se nacházejí ve vodě, a vracejí se zpátky k zařízení. Vlny vracející se zpět od částeček mají sníženou frekvenci. Oproti tomu částice pohybující se směrem k zařízení, vrací zpět vlny o vyšší frekvenci. Rozdíl mezi frekvencemi přijatých a vyslaných vln se nazývá Dopplerův posun. Tento posun je používán pro výpočet rychlosti vodního proudu. Přístroj obsahuje baterie a interní záznam dat. Plavidlo by mělo mít vlastní pohon, lodní počítač a GNSS navigaci. Nevýhodami této metody jsou například: vysílaný zvuk neproniká do

větších hloubek, bubliny v turbulentních vodách způsobují nepřesnosti v měření (Novák et al., 2015).

Přístroj River Surveyor M9

Jedním z přístrojů, který využívá principy metody ADCP, je River Surveyor M9.

Přístroj se skládá z ADCP modulu, napájecího a komunikačního modulu PCM, GPS modulu a plováku. Na plováku je umístěn ADCP modul, který vysílá vlny směrem ke dnu vodní plochy. Tento modul je spojený pomocí kabelu s napájecím a komunikačním modulem, který komunikuje s mobilním zařízením (telefon, PC). GPS modul je umístěn v PCM. Díky technologii RTK GPS umožňuje přesné měření, je ale potřeba umístit kalibrovanou stacionární stanici do vzdálenosti maximálně 2 km od měřené vodní plochy (Erdem, 2013). Na obrázku 2 je vidět River Surveyor M9 (vlevo) a River Surveyor M5. M9 má na vrchní části: vestavěné teplotní čidlo, 0,5 MHz echolot, 3MHz meřidlo, 1MHz měřidlo a vespod připojení pro kabely.

Obrázek 2: Přístroj River Surveyor M9 a M5

Zdroj: http://www.sontek.com/productsdetail.php?RiverSurveyor-S5-M9-14

2.4 Interpolace

Interpolací je označován proces, při němž jsou určovány neznámé hodnoty určitého jevu na základě okolních známých hodnot. V dnešní době existuje mnoho způsobů, jak interpolaci provést. Velmi blízká interpolaci je extrapolace, při níž je odvozována

hodnota neznámého jevu mimo oblast, která je pokryta známými hodnotami. Nové hodnoty jsou dopočítávány za hranicemi vstupních bodů (Burian, 2008).

2.4.1 Dělení interpolací

Jedním ze základních rozdělení interpolací je dělení na exaktní a aproximující. Exaktní metody jsou takové, kdy jsou naprosto respektovány naměřené hodnoty. Opačné, tedy aproximující metody, výsledný povrch zahlazují, proto mohou být o něco více nepřesné (Burian, 2008).

Interpolace můžeme dále dělit na lokální a globální. Globální metody podávají výsledky, které jsou přibližně vyvážené, ale je zde velká pravděpodobnost, že v mnoha případech se budou lišit od skutečnosti. V této metodě se povrchy derivují všemi body najednou. Oproti tomu lokální metody berou v potaz jen nejbližší pixely, tudíž výsledek nezkreslují tolik jako metody globální (Štych, 2008).

2.4.2 Metody interpolací

Jednou z metod je metoda Topo to raster. Program ArcGIS umožňuje využívání metody Topo to raster, která je určená pro vytváření hydrologicky korektního digitálního modelu terénu. Metoda umí při výpočtu kombinovat výšková data, data terénních zlomů, vodních ploch a dalších singularit (Kučera, 2014). Vstupními daty mohou být vrstevnice v liniové vrstvě, které jsou použity ve většině případů. Další zdrojovou vrstvou mohou být přímo měřené body nebo vrstevnice (Burian, 2008).

Metoda inverzních vzdáleností (IDW) se řadí mezi ty jednodušší a nejčastěji používané. Spočívá na principu toho, že na hodnotu jevu v neznámém místě mají větší vliv bližší známé body než vzdálenější (Ježek, 2008).

Metoda minimální křivosti (spline) se provádí na základě matematicky definovaných křivek, které po částech interpolují hodnotu daného jevu. Díky této funkci lze dosáhnout hladce vypadajícího povrchu (Ježek, 2008).

Kriging (krigování) patří mezi složitější metody. Obecně lze říci, že je to metoda, při které se provádí výpočet neznámé hodnoty pomocí váženého průměru okolních naměřených hodnot (Burian, 2008).

Metoda přirozených sousedů (Natural neighbourhood) slučuje nejlepší z vlastností TIN a Nearest neighbour. Je založena na principu Thiessenových polygonů. Ty jsou

vytvořeny tak, že do každého polygonu spadá jeden bod a všechna místa polygonu jsou blíže bodu, který leží uvnitř něho než bodu jinému.

Metodu Trend lze použít tehdy, když je potřeba získat informaci o tom, zda data vykazují prostorový trend či nikoli (Burian, 2008).

Další z používaných metod je metoda TIN (Triangulated Irregular Network). Pracuje ovšem na odlišných principech než ostatní metody. Je při ní využíváno triangulace neboli lineární interpolace uvnitř trojúhelníku (Bayer, 2008).

2.4.3 Výběr interpolace

Při výběru interpolační metody je přihlédnuto k chování sledovaného jevu (nadmořská výška, srážky, atd.) a rozložení vstupních bodů (pravidelné, nepravidelné, řídké, husté, atd.). Nejefektivnějším řešením pro výběr správné interpolační metody je porovnání několika metod při stejných vstupních údajích a vyhodnocení, při použití které metody je odchylka nejmenší, a která je tedy nejvhodnější (Burian, 2008).

2.5 DTM v prostředí ArcGIS

DTM (Digital Terrain Model) se v češtině nazývá digitální model terénního reliéfu (Štych, 2008). Nástroje pro jeho tvorbu a analýzu jsou základní částí programu ArcGIS, a proto je jeho využívání v současnosti velmi rozsáhlé (Klimánek, 2006).

Oproti klasické mapě jde o soubor číselných dat, která podávají informace o terénním reliéfu (Urban, 1991). Je to model povrchu Země bez všech objektů v digitální podobě, proto je možné jeho zpracování pomocí informačních technologií (Oršulák, 2010).

V digitálním modelu reliéfu má každý bod kromě souřadnic x, y také příslušnou množinu souřadnic z (výšku). Jednou z nejpoužívanějších metod pro znázornění terénu je barevná hypsometrie nebo vyznačení vrstevnic s kótami výšek (Štych, 2008). Digitální model reliéfu je v prostředí ArcGIS reprezentován buď body, nebo liniemi. Body mohou být v pravidelné (raster) nebo nepravidelné (TIN) struktuře. Liniové mohou být zastoupeny vrstevnicemi nebo profily.

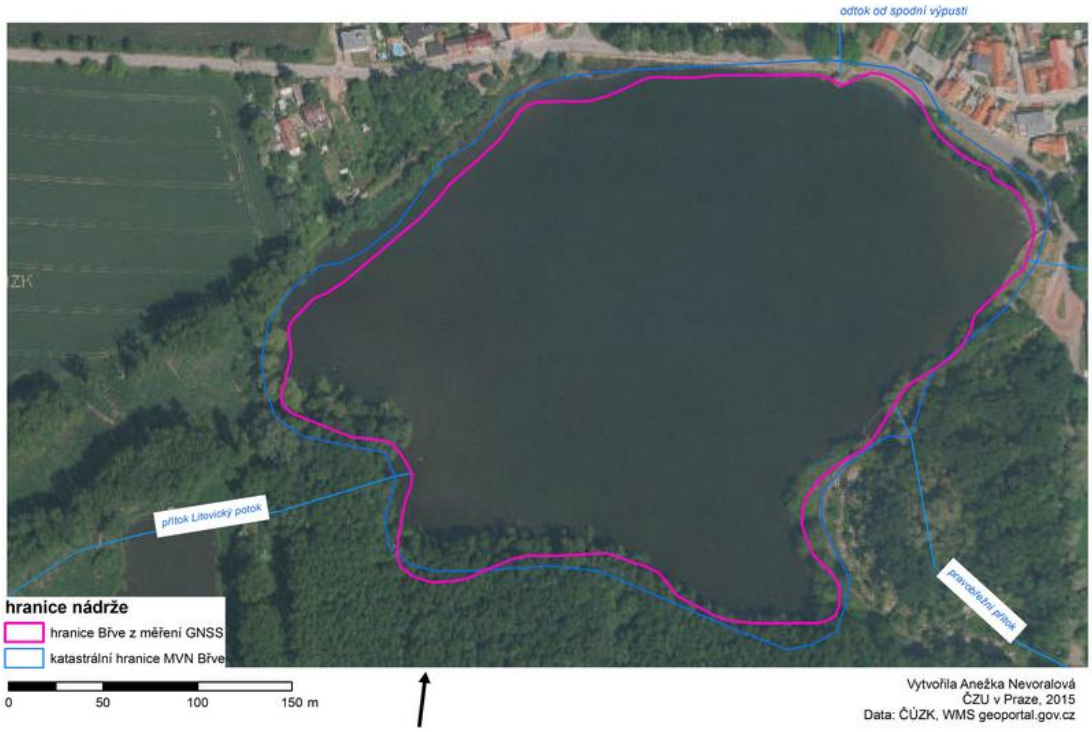
3 MALÁ VODNÍ NÁDRŽ BŘVE

Malá vodní nádrž - rybník Břve - Břevský rybník, o katastrální výměře vodní plochy 9,7 ha se nachází v ř. km 20,8 na Šárecko-Litovickém potoce.

Rybník Břve je součástí tzv. Hostivické rybniční soustavy, kterou v současné době tvoří tyto další rybníky: Bašta, Strahovský, Kala, Litovický a na spodním toku nádrže Jivina, Strnad, Džbán a Libocký.

Plocha povodí rybníka Břve je 9,669 km^2. Průměrný dlouhodobý roční průtok Q_a = 27,7 l/s. Číslo hydrologického pořadí je 1 – 02 – 12 – 002, IDVT identifikátor vodního toku 10100230.

Nádrž je průtočná a napájená Šárecko-Litovickým potokem, který sem přitéká ze Strahovského rybníka, a dále pravobřežním přítokem. Pomocí koryta od spodní výpusti odvádí vody do rybníka Litovického, koryto od bezpečnostního přelivu odvádí vody do rybníku Kala, který je položený níže po toku. Situace je zobrazena na obrázku 3.



Obrázek 3: Letecká mapa MVN Břve

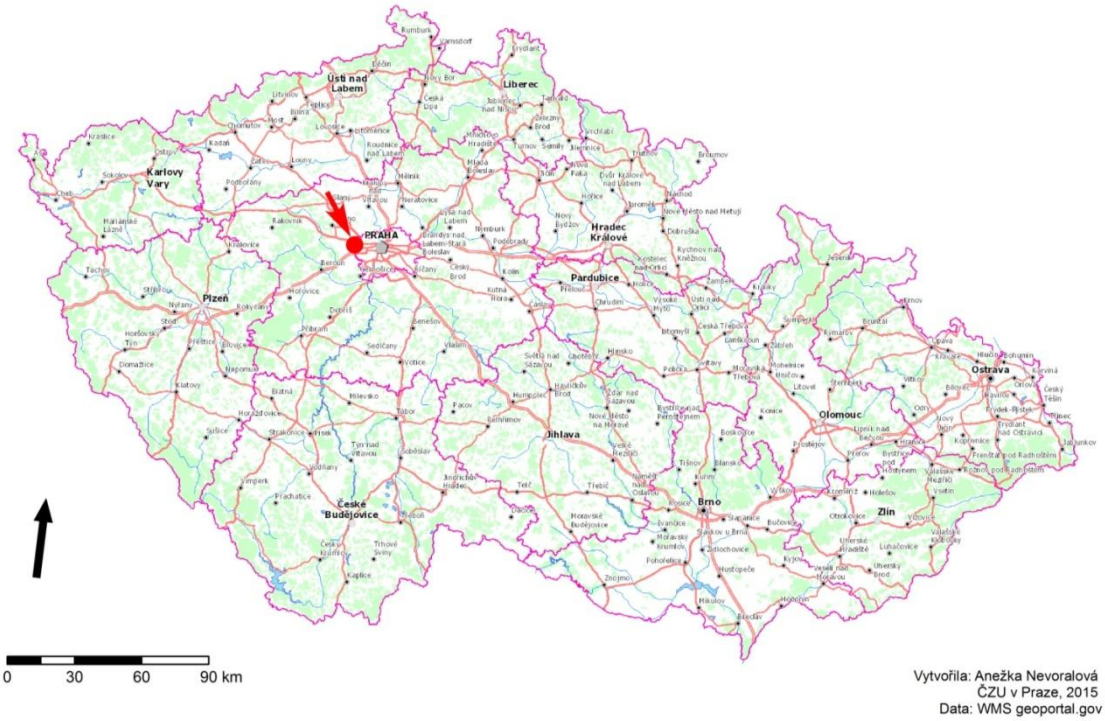
Zdroj: autorka, podklad ČÚZK, WMS geoportal.gov.cz

3.1 Základní informace

Účel vodního díla je rybochovný, krajinotvorný, akumulační, retenční, k zachování bioty pro přirozený výskyt korýšů, obojživelníků, ryb, vodního ptactva a ostatních vodních živočichů (Kubelík et al.,2008).

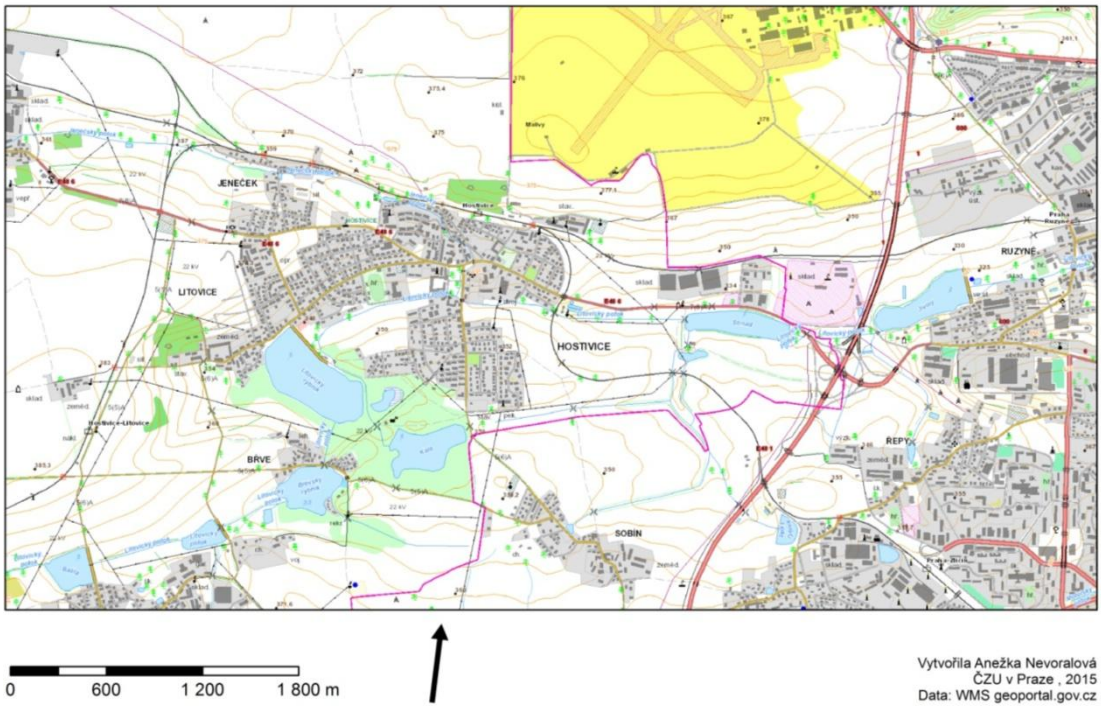
Okolí nádrže je rovinaté, s nadmořskou výškou kolem 350 m n. m. Nádrž leží uprostřed městské části obce Hostivice s názvem Břve, jak je vidět z obrázků 4 a 5.

Vlastníkem nádrže je Rybářství Třeboň Hld. a.s., nádrž spravuje a rybářsky využívá Rybářství Mariánské lázně, s.r.o. (KN, 2015, MŘ, 2008).



Obrázek 4: Umístění rybníku Břve v rámci ČR

Zdroj: autorka, podklad WMS geoportal.gov.cz



Obrázek 5: Situace okolí soustavy Hostivické rybníky

Zdroj:autorka, podklad WMS geoportal.gov.cz

Jedná se o historické vodní dílo a dle parametrů rybníka se jedná o malou vodní nádrž se sypanou hrází, která splňuje podmínky dle ČSN 75 2410. Technické parametry MVN vychází z manipulačního řádu a jsou uvedeny v tabulce 1.

Tabulka 1: Hlavní parametry nádrže

Katastrální výměra	97 699 m^2
Vodní plocha	9,7 ha
Funkce	rybochovná, retenční, vyrovnávací
HRÁZ	
Maximální hloubka	3,86 m
Délka	303 m
Maximální výška	6,4 m
Šířka koruny	6,0 m
Šířka v patě	35 m
Sklon svahů: návodní	01:01,5
vzdušný	01:02,5

VYPOUŠTĚCÍ ZAŘÍZENÍ	
Druh	betonový požerák na návodní straně, součást bašty
Profil	0,4 m
PŘELIV	
Druh	dlážděná koruna – půlkruh
Délka přeliv. hrany	13,5 m
HLADINA	
Normální	351,00 m n. m.
Na horní hraně přelivu	351,00 m n. m.
Při Q_{100}	351,77 m n. m.
Výškový systém	balt p. v.
PRŮTOKY	
Q_{355}	3,0 l/s
O_{330}	6,0 l/s
Q_{100}	12,80 m^3/s
OBJEM VODY	
Prostor při normální hladině	119 280 m^3
Retenční prostor	78 970 m^3
Celkový prostor nádrže	198 250 m^3
Výpar	740 mm, 63 000 m^3/r

Zdroj: Manipulační řád malé vodní nádrže Břve

Hráz rybníka o délce 315 m je zemní sypaná z místních materiálů. Koruna hráze je urovnaná, zpevněná, probíhá po ní místní komunikace s živičným povrchem. Šířka koruny hráze v průměru činí 7 m. Návodní líc je opevněný kamennou dlažbou a vyspárován cementovou maltou v přibližném sklonu 1:5. Vzdušní svah je v průměrném sklonu 1:2,5 až 1:2, s vegetačním pokryvem. Podél hrany koruny hráze roste lipové stromořadí.

Nádrž je opatřena bezpečnostním přelivem s předsunutou přelivnou hranou, která má v půdorysu tvar podkovy o délce 13,5 m (viz obrázek 6). Voda od přelivu je

převedena přes hráz obdélníkovým profilem, který je přemostěn mostem s železobetonovou mostovkou. Skluz, který se nachází pod přemostěním, je ukončen stupněm ve dně, za ním pokračuje nezpevněné koryto, které má lichoběžníkový tvar. Celý objekt přelivu i skluzu včetně bočních zdí je z kamenného zdiva, které je velice poškozené. Na mnoha místech chybí celé kamenné bloky.

Obrázek 6: Bezpečnostní přeliv s přemostěním místní komunikace

Zdroj:fotografie autorky

Spodní výpust je tvořená litinovým potrubím DN 250 s vodárenským šoupětem osazeným ve zděném objektu z tvarových kamenů na návodní straně hráze a nachází se ve staničení hráze 0,152 km. Výpust je uvedena na obrázku 7. Po průchodu hrází potrubí ústí do potrubní jámy z kamenného zdiva.

Obrázek 7: Zděný objekt se spodní výpustí

Zdroj: fotografie autorky

Čistírna odpadních vod, která stojí poblíž Břevské nádrže, je pravděpodobně hlavním faktorem, který zhoršil stav vody a sedimentu. Aktuální situace je zachycena na obrázku 8.

Obrázek 8: Zhoršená kvalita vody v nádrži

Zdroj: fotografie autorky

Vzhledem ke špatnému stavu nádrže byl v roce 2012 zpracován projekt „Rekonstrukce a odbahnění rybníka Břve“, jehož cílem je zvýšit bezpečnost vodního díla pro jeho zachování v krajině. Odtěžením sedimentu organického původu by pak nemělo docházet k eutrofizaci nádrže a mělo by dojít k hospodárnému využití zásobního prostoru nádrže. Rekonstrukce spodní výpusti by měla zajistit řádnou manipulaci s vodou a variabilitu odpouštění vod z různých hloubek vodního sloupce. Dalším cílem projektu je výrazné snížení bezpečnostního rizika rekonstrukcí bezpečnostního přelivu. Sanace opevnění návodního svahu by měla zvýšit bezpečnost samotného vodního díla a umožnit vstup a výstup z nádrže v případě pádu osob nebo zvířat do vodního prostředí (Faiferlík, 2012, Rekonstrukce Břve).

Pro navrhovanou rekonstrukci a odbahnění bylo v roce 2012 zpracováno již jedno měření, které je v následující části práce použito pro srovnání se současným stavem. Plánovaná rekonstrukce a odbahnění však dosud stále neproběhla.

3.2 Historie

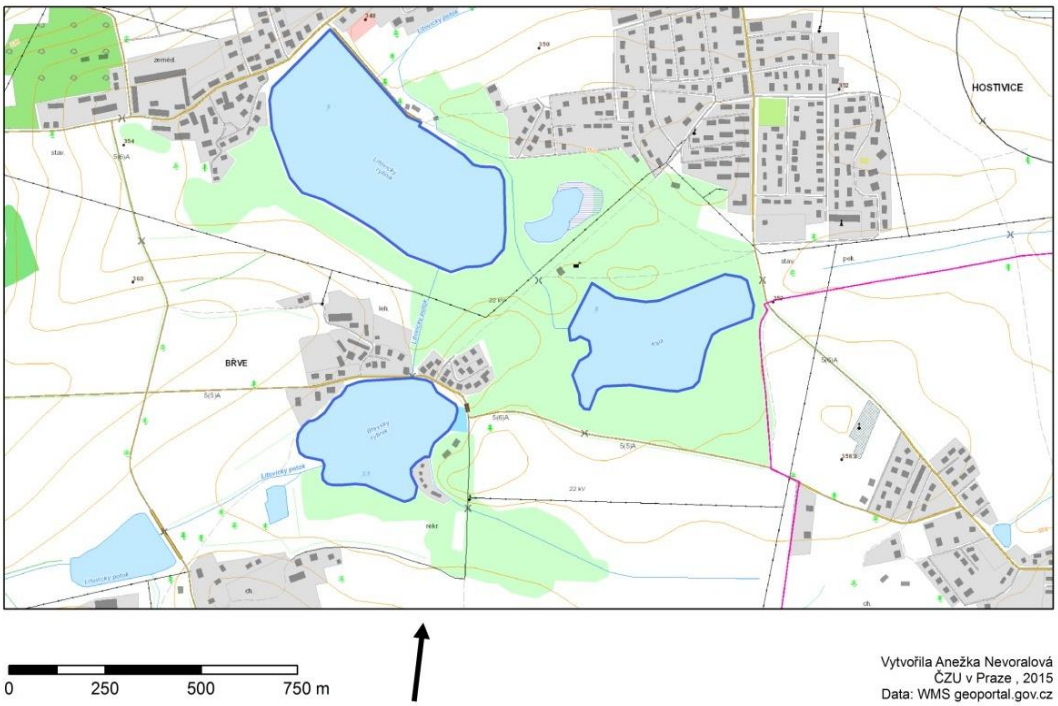
Vzhledem k přírodním podmínkám Hostivické oblasti, která byla dříve velmi bažinatá, bylo toto místo vhodné pro založení rybníků. První zde byly postaveny pravděpodobně ve 14. století, protože v záznamech z tehdejších dob lze nalézt zmínku o břevnech, která sloužila jako provizorní cesty přes bažinaté území. Odtud také pochází název rybníku Břve.

Ve Strahovském urbáři z roku 1410 byla zmínka o tvrzi s šesti rybníky a se třemi dalšími rybníky v blízkém okolí. Od dob císaře Rudolfa II. sloužila Hostivická rybniční soustava jako zdroj pro pražský hradní vodovod a užitkovou vodu (Křivánek, 2012).

V první polovině minulého století bylo vodní dílo Břve kompletně rekonstruováno do dnešní podoby a uvedeno do provozu v roce 1932. Nádrž tehdy sloužila jako oblíbené pražské koupaliště (Křivánek, 2012).

3.3 Přírodní památka

Vzhledem ke krajinotvornému významu je Břevská nádrž společně s Litovickým rybníkem, Kalou a přilehlými lesy a mokřady od roku 1996 chráněna jako Přírodní památka Hostivické rybníky. Oblast je znázorněna na obrázku 9. V této oblasti se nachází vysoký počet ohrožených druhů zvířat i rostlin.



Obrázek 9: Situace okolí Přírodní památky Hostivické rybníky

Zdroj: autorka, podklad WMS geoportal.gov.cz

3.3.1 Geologie

Podloží Břevského rybníka i podloží Hostivických rybníků je tvořeno ordovickými usazenými horninami. Hlavní složkou je břidlice. Dále se zde nacházejí zbytky křídových pískovců. Lze zde najít zachovalý pískovcový blok. Od Břve za Litovickým rybníkem se vine pás sprašových hlín. Kvůli bažinám je celé okolí dodnes podmáčeno. Díky tomu a pískovcovému svahu vznikla v Břevské rákosině slatina.

Dříve byla prováděna na dnešním území přírodní památky těžba pískovce. Pískovna se nacházela v lese u Břve, později byla nahrazena skládkou odpadu ze staveb. Skládka je dnes zrušena a místo je zalesněno. Další pískovna se nacházela na místě sportovního areálu, který zde stojí dodnes. V 19. a 20. století se v této oblasti těžily slatiny z Břevské rákosiny (Vojtová et al., 2006).

3.3.2 Mykologie a květena

V oblasti se vyskytuje množství vzácných rostlin, což je jeden z důvodů, proč je místo přírodní památkou. V letech 1970 a 1971 zde byla objevena kalichovka půvabná *(Haasiella venustissima),* houba, která patří k našim nejvzácnějším

z lupenatých hub. Do dnešní doby není známé jiné místo v České republice, kde by se vyskytovala. Jedná se o houbu malého vzrůstu s oranžovým kloboukem, jak je vidět na obrázku 10. V listopadu roku 1999 zde byla objevena pečárka bělovlnná *(Agaricus leucotrichus),* která roste v České republice jen na osmi místech. V letech 2002 až 2004 se zde poprvé narazilo i na další neobvyklé druhy, jako například na hlívu hnízdovitou (*Phyllotopsis nidulans*), křehutku orobincovou (*Psathyrella typhae*), mušlovku plstnatou (*Auriculariopsis ampla*) a jiné.

Obrázek 10: Kalichovka půvabná

Zdroj: http://seminar2013.myko.cz/rod_Omphalina.html Martin Kříž

Vyskytuje se zde řada vzácných chorošů, například outkovka bělavá (*Antrodia albida*) a další.

V olšině na jižním okraji břevského rybníka se nachází ptačinec velkokvětý *(Stallaria holostea)*, čistec lesní (*Stachys sylvatica*), violka lesní *(Viola reichenbachiana*) a další. Mezi významné patří i zdejší kapraďorosty, například kapradí osténkaté *(Dryopteris calthusiana*), kapradí rozložené *(Dryopteris dilatata)* či kapradí samec *(Dryopteris filix-mas)* (Schauer, 2007).

Břehy rybníků jsou hustě porostlé rákosem obecným (*Phragmites australis)* a orobincem úzkolistým (*Typha angustifolia*).

Velmi často vyskytující se zástupci stromového patra z řad jehličnanů jsou například smrk ztepilý *(Picea abies)* a douglaska tisolistá *(Pseudotsuga menziesii).* Z řad listnáčů je zde zastoupen například jilm vaz *(Ulmus leavis)*, dub červený *(Quercus rubra)* či ořešák královský *(Juglans regia)* (Vojtová et al., 2006).

3.3.3 Fauna

Z řad zvířat je v okolí Hostivických rybníků mnoho bezobratlých, obratlovců, plazů, ptáků i obojživelníků, kteří se zde pravidelně vyskytují či tady sídlí.

Vzhledem k tomu, že okolí rybníků je velmi vlhké a stráně jsou naopak velmi suché, je toto místo vhodné pro mnoho měkkýšů a korýšů. Nejhojnějšími zástupci jsou okružák polský *(Planobarius corneus)*, plovatka bahenní *(Lymnaea stagnalis)*, oblovka lesklá *(Cochlicopa lubrica)* a vlahovka narudlá *(Monachoides incarnata)*. Zástupcem mlžů je zde škeble rybničná *(Anodonta cygnea)*. Zástupcem větších korýšů je rak bahenní *(Astacus leptodactylus)*.

Vyskytuje se zde přes třicet druhů zvláště chráněných ptáků, kteří zde na jaře i na podzim rybníky využívají jako místo na odpočinek.

Obrázek 11: Polák malý

Zdroj: http://wildlifefotoforum.cz/viewtopic.php?p=10561

Mezi ohrožené druhy patří potápka černokrká *(Podiceps nigricollis)*, potápka malá *(Podiceps ruficollis)* a potápka roháč *(Podiceps cristatus)*. Z kriticky ohrožených druhů to jsou polák malý *(Aythya nyroca)*, který je uveden na obrázku 11, dále vodouš kropenatý *(Tringa ochropus)* a chřástal malý (*Porzana parva)* (Kretzschmar, 1997).

Dalšími hnízdícími druhy jsou labuť velká *(Cygnus olor)*, která je zobrazena na obrázku 12, lyska černá *(Fulica atra)* a slípka zelenonohá *(Gallinula chloropus)*. Rákosí je mnohdy útočištěm pro motáka pochopa *(Circus aeruginosus)*. Nachází se zde i mnoho lesních druhů, šphlavců a pěvců.

Obrázek 12: Labuť velká

Zdroj: fotografie autorky

Během posledních let zde byl prokázán výskyt více než deseti druhů netopýrů.

Častý je i výskyt ježka západního *(Erinaceus europaeus)*, rejska obecného *(Sorex araneus)* a lišky obecné *(Vulpes vulpes)* (Vojtová et al., 2006).

V roce 2012 byl u rybníku Kala objeven dub, který byl pokácen bobrem evropským *(Castor fieber)*. Je to však jediný důkaz jeho výskytu a není známé, zda se v dané lokalitě usídlil natrvalo (Berný, 2012).

4 METODIKA

4.1 Batymetrické měření MVN Břve

Pro batymetrické měření dna rybníka Břve byl použit echosounder - přístroj River Surveyor M9, který funguje na principu metody ADCP. Ten byl vložen do deblířského kajaku, a to ze dvou důvodů: kajak je vhodný pro menší plochu nádrže a umožňuje měření hloubek i v okrajových částech nádrže s malou hloubkou.

Do kajaku se vloží měřící hlavice přístroje M9 a komunikační jednotka, která zpracovává data a přijímá rádiový signál od RTK (viz obrázek 13). Pro přenos signálu je na jednotku připevněna GPS anténa. Je potřeba propojit GPS anténu s měřící jednotkou. Poté je potřeba propojit jednotku s měřícím zařízením, a to pomocí kabelu, který má devět konektorů.

Obrázek 13: Umístění přístroje do kajaku

Zdroj: Petr Bašta

Dalším krokem je sestrojení RTK. RTK na stojanu je zachycena na obrázku 14. Po celou dobu měření má jezdec na kajaku telefon, který má připevněn na krku, aby ho mohl snadno ovládat. Telefon pomocí Bluetooth zaznamenává všechny naměřené body. Telefon je umístěn ve vodotěsném obalu pro případ zvrhnutí kajaku. V telefonu je potřeba provést nastavení pro správné ukládání naměřených dat. Je

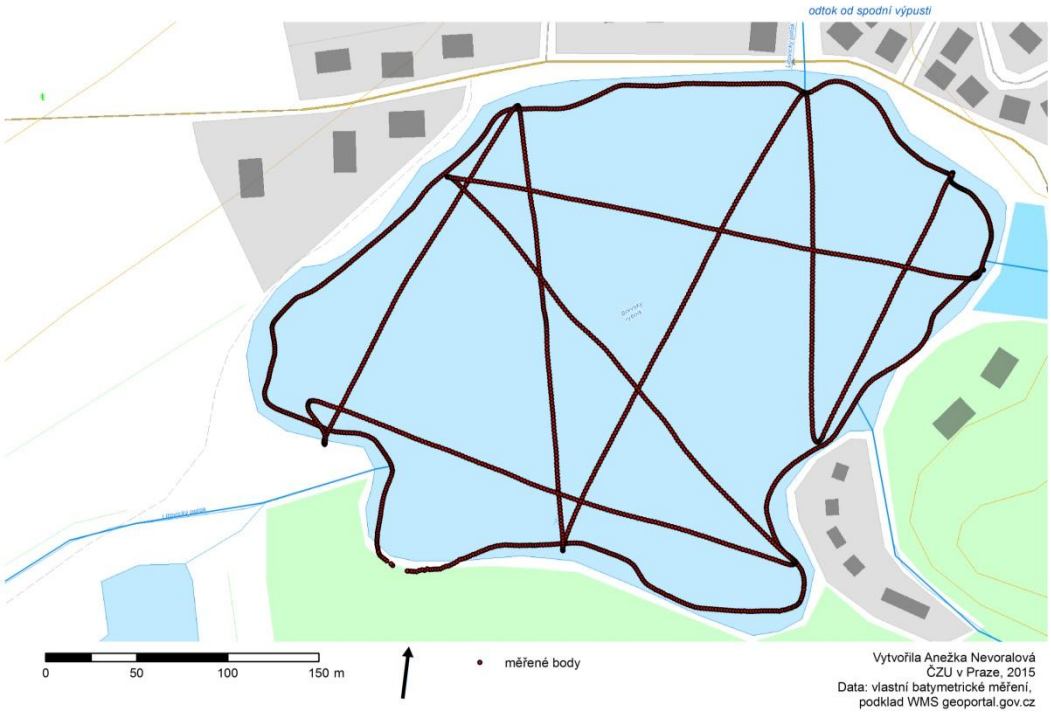
třeba nastavit metrické jednotky – čas, název měřené vodní plochy a váhu osoby na kajaku. Před měřením hloubky pomocí deblířského kajaku je potřeba přístroj kalibrovat pro účely eliminace nepřesností měření vlivem náklonu měřící jednotky na neklidné hladině. Pro kalibraci je velmi důležité, aby se prováděla v dostatečné vzdálenosti od všech kovových předmětů, které by mohly samotnou kalibraci negativně ovlivnit.

Obrázek 14: RTK umístěná na stojanu

Zdroj: Fotografie autorky

Po provedené přípravě se na telefonu objevují ikony, které podávají informace o kvalitě připojení k signálu. Pokud jsou všechny modré, signál má nejlepší kvalitu.

Před vlastním měřením z kajaku se domluví s jezdcem průběh projížděné trasy na hladině nádrže tak, aby byla zachycena všechna předpokládaná charakteristická místa v nádrži. To znamená především - průběh koryta vodního toku v nádrži, břehové linie a místa odtoku z nádrže – u spodní výpusti a bezpečnostního přelivu a dále střed nádrže, jak je vidět na obrázku 15.



Obrázek 15: Trasa měření malé vodní nádrže Břve z batymetrického měření 2015

Zdroj: autorka

V tuto chvíli může jezdec nasednout do kajaku a začít se samotným měřením (viz příloha 6).

Měřená data se začnou zaznamenávat hned poté, co se na telefonu objeví nápis Intransect.

4.2 Interpolace DTM MVN Břve

Z měření rybníka Břve bylo k dispozici číslo bodu, jeho hloubka, reference hloubky a souřadnice X, Y, Z.

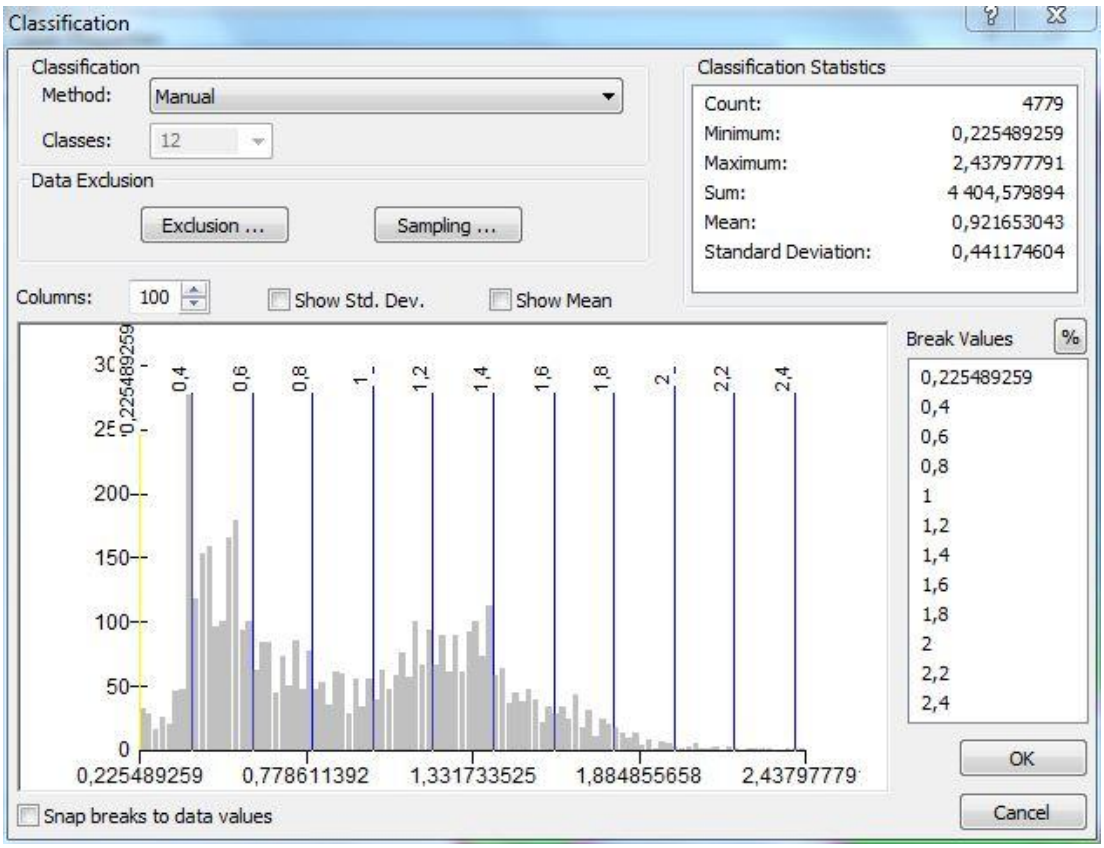
Postup zpracování v programu ArcGIS

Pro zpracování měřených bodů ve 3D bylo potřeba v prostředí GIS aktivovat 3D Analyst. K tomu byla využita záložka Customize → Extensions (Jedlička, 2007). V Toolboxu byla na základě předchozí kapitoly zvolena metoda interpolace Topo to raster. Ta umožňuje výpočet modelu terénu ze souřadnic bodů. Díky tomu, že je schopna kombinovat přesnost výpočtu IDW, návaznost Spline a Kriging, je tato metoda vhodná pro tvorbu batymetrické mapy (Kučera, 2014). Tato metoda byla použita například pro vyhodnocení DTM při batymetrickém měření na Slovensku (Kubinský, 2013).

Metoda Topo to raster je výhodná právě pro hydrologické analýzy, protože dokáže automaticky eliminovat tzv. vany, tedy drobné prohlubně, které v terénu ve skutečnosti nejsou, ale v modelu by vznikly nepřesností dat nebo nevhodným výpočtem (Hutchinson, 1988).

Pro výpočet hodnoty každého pixelu jsou použity právě čtyři nejbližší body, ostatní jsou pro danou chvíli ignorovány. Počet vstupních bodů je omezen v závislosti na velikosti výsledného rastru.

Jako vstupní vrstva byla zvolena tabulka s měřenými body. Pro výstupní rastrový model byla nastavena velikost pixelu 5 m a poté proběhl výpočet. Výsledný model byl načten jako samostatná vrstva a pro přehledné zobrazení byla použita barevná hypsometrie (rozdělení po 20 cm do 12 kategorií, pro účely snadného srovnání s měřením z roku 2012), jak je vidět na obrázku 16.



Obrázek 16: Nastavení klasifikace pro hypsometrii

Zdroj: autorka

V prostředí ArcGIS existuje kromě nástrojů v Toolboxu také samostatný ovládací panel pro práci se 3D modely. Poskytuje rychlý a pohodlný přístup k nástrojům vrstevnic, viditelnosti spádnic a dalším používaným 3D analýzám (viz obrázek 17).

Obrázek 17: Ovládací panel pro 3D modely

Zdroj: autorka

Z něho byla využita možnost interpolovat linie a následně vynést do grafu, čímž byly vytvořeny příčné řezy nádrží (viz výsledky).

4.3 Postup srovnání stavu v roce 2012 a v roce 2015

Díky DTM vytvořenému z dat z batymetrického měření a díky řezům, které byly provedeny v programu ArcGIS, bylo možné srovnání se stavem dna nádrže z roku 2012. Data z geodetického měření byla součástí projektu „Plánovaná rekonstrukce a odbahnění rybníka Břve“. V programu AutoCAD byly vyneseny výšky z obou měření, včetně hloubky dna bez sedimentů (viz výsledky).

5 VÝSLEDKY

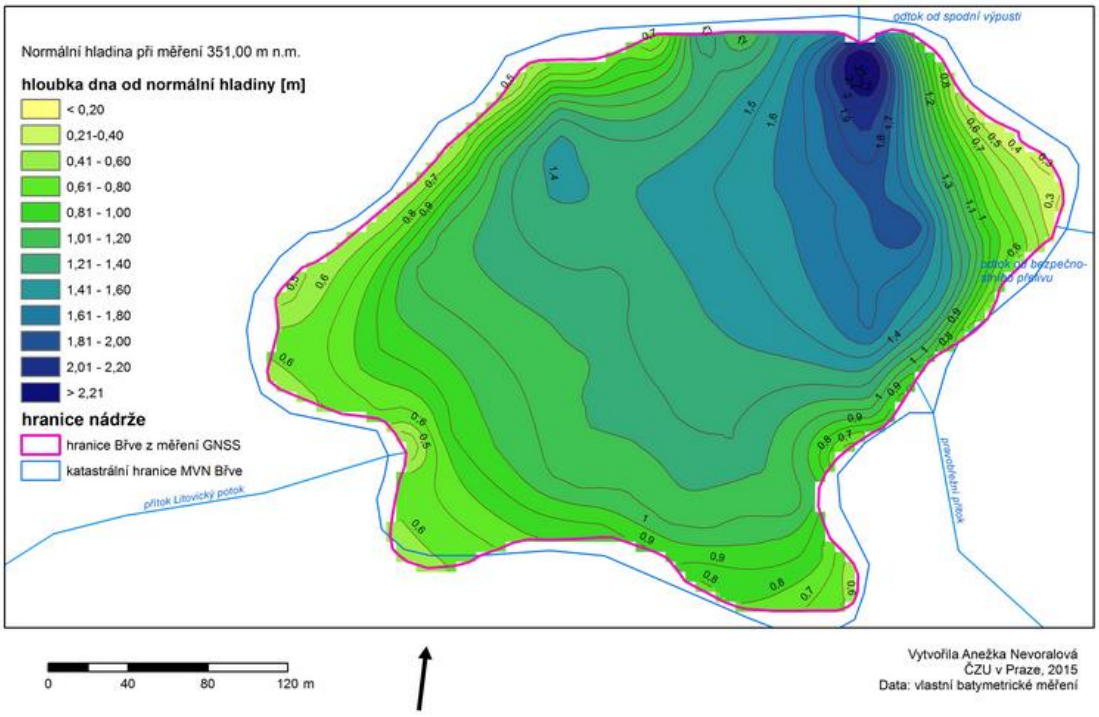
5.1 DTM dna nádrže

Ve výsledcích je představen současný stav hloubek MVN z batymetrického měření z roku 2015, výpočet objemu současné akumulace a srovnání stavu hloubky dna nádrže z geodetického měření z roku 2012 s batymetrickým měřením z roku 2015.

Hlavním výsledkem bakalářské práce je provedení a zpracování batymetrického měření na rybníku Břve. Vedení trasy měření malé vodní nádrže během batymetrického měření mělo především postihnout průběh koryta vodního toku v nádrži, břehové linie a místa odtoku z nádrže – u spodní výpusti a bezpečnostního přelivu a dále střed nádrže.

Ze získaných souřadnic bodů byl v programu ArcGIS vytvořen model terénu. Díky možnosti interpolace a funkce Topo to raster byla převedena data přímo z tabulky do pravidelného rastru s rozlišením 5 m. Klasifikací dat modelu terénu byla vytvořena barevná hypsometrie pro názorné zobrazení hloubky v každém místě nádrže. Barevná škála byla zvolena v odstínech zelené (mělčiny u břehu) až po tmavě modrou (hloubka u odtoku spodní výpustí). Tato barevná stupnice poskytla rychlý přehled o hloubce nádrže. Jak je patrné na obrázku 18 a v příloze 1, největší hloubka (vzdálenost normální hladiny k odrazné ploše) je v blízkosti spodní výpusti do Litovického rybníka. Prudké břehy a velká hloubka jsou také u bezpečnostního přelivu. Naopak pozvolné svažování je na celé jihozápadní straně, odkud přitéká Litovický potok.

Vyhodnocením naměřených údajů z batymetrického měření v programu ArGIS byl zjištěn současný akumulační prostor nádrže 110 100 m^3.

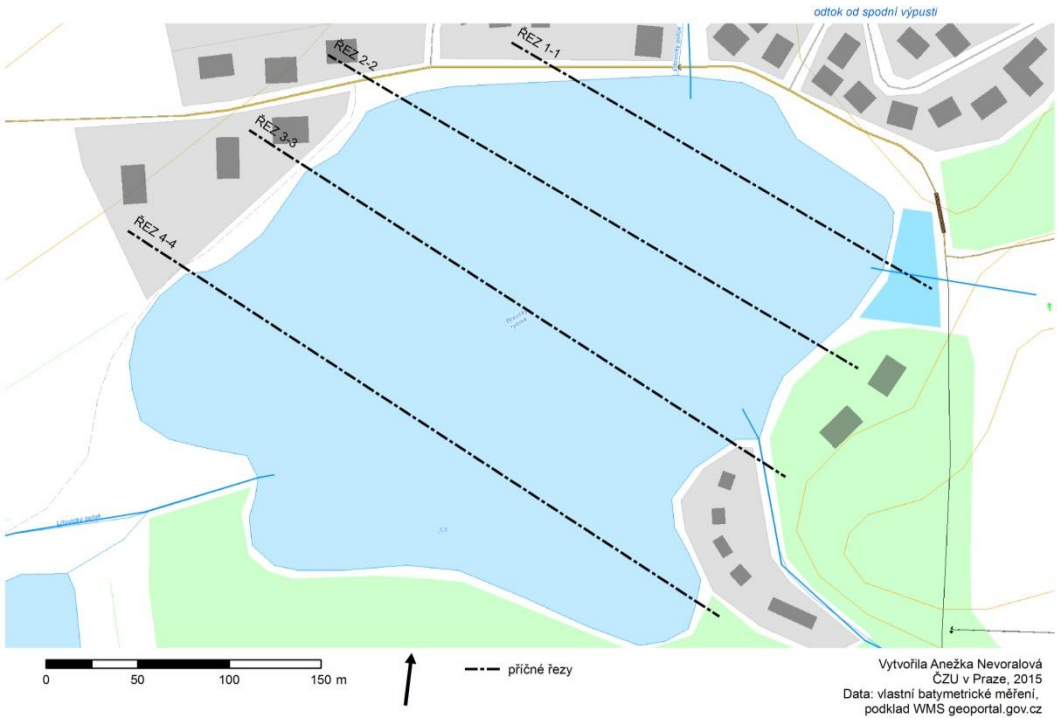


Obrázek 18: Hloubka malé vodní nádrže Břve z batymetrického měření 2015

Zdroj: autorka

5.2 Srovnání stavů MVN z let 2012 a 2015

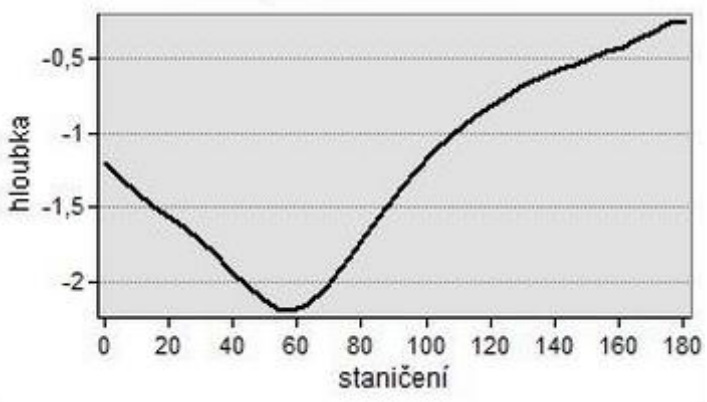
V programu ArcGIS byly interpolovány čtyři řezy z batymetrického modelu terénu, jejichž umístění je uvedeno na obrázku 19 a bylo voleno právě podle geodetického měření z roku 2012, jehož výsledky byly k dispozici z Plánované rekonstrukce a odbahnění MVN. Toto umístění řezů umožnilo porovnání současného stavu a stavu v roce 2012, jak na základě příčných řezů, tak vrstevnic (viz příloha 2 a 3).



Obrázek 19: Umístění řezů

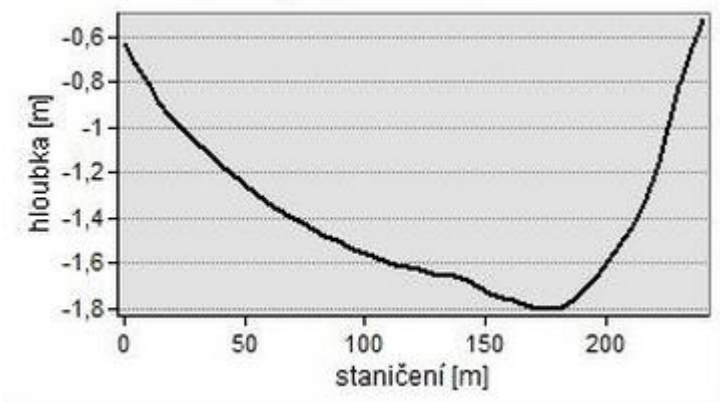
Zdroj: autorka

Ve výkresu digitálního modelu terénu hloubek dna byla určena linie, kterou mají být řezy vedeny. Výškový profil v řezech byl vypočten lineární interpolací v programu ArcGIS (viz obrázky 20 - 23).



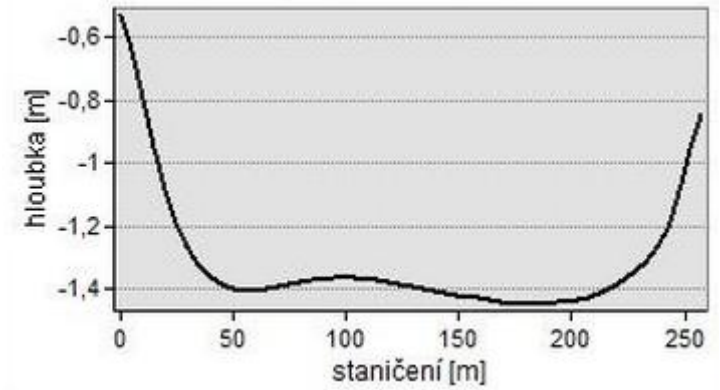
Obrázek 20: Příčný řez nádrží 1-1 z programu ArcGIS

Zdroj: autorka



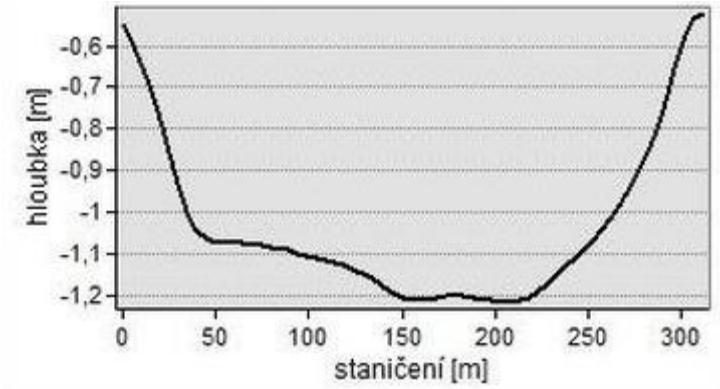
Obrázek 21: Příčný řez nádrží 2-2 z programu ArcGIS

Zdroj: autorka



Obrázek 22: Příčný řez nádrží 3-3 z programu ArcGIS

Zdroj: autorka



Obrázek 23: Příčný řez nádrží 4-4 z programu ArcGIS

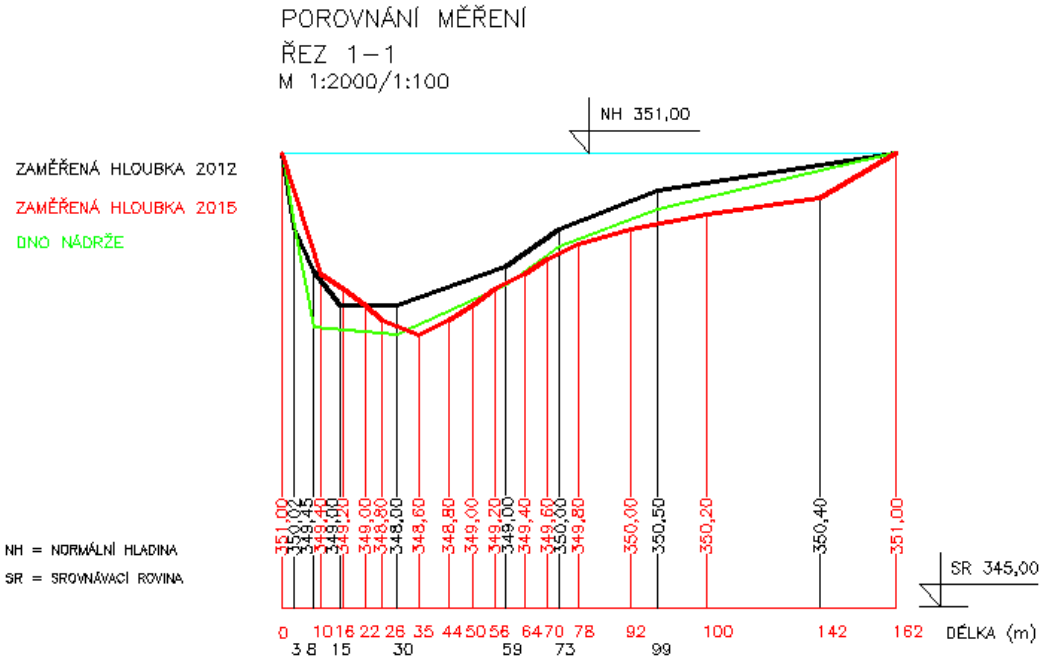
Zdroj: autorka

Batymetrickým měřením a vyhodnocením naměřených údajů v programu ArGIS byl zjištěn současný akumulační prostor nádrže 110 100 m^3 (v příčných řezech červená barva).

V manipulačním řádu nádrže je uveden projektovaný akumulační prostor nádrže 119 280 m^3 (v příčných řezech zelená barva).

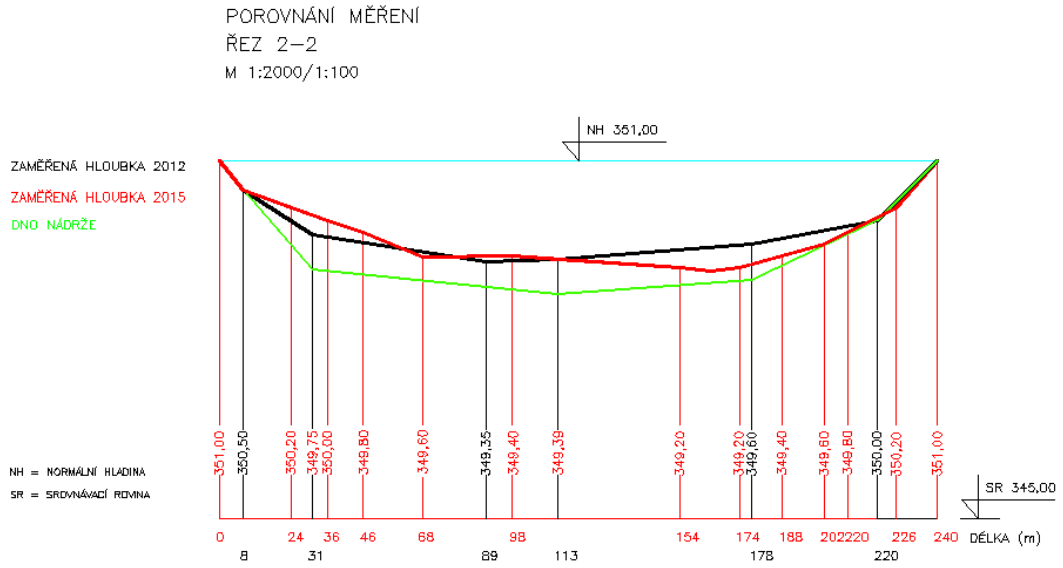
Geodetickým měřením v roce 2012 bylo zjištěno zanesení nádrže v objemu 41 274,8 m^3, které změnilo akumulační prostor nádrže oproti projektovanému stavu na hodnotu 78 005,2 m^3 (v příčných řezech černá barva).

V této práci byl vzájemně porovnán výsledek geodetického a batymetrického měření. Umístění řezů bylo zvoleno ve stejných profilech jako geodetické zaměření z roku 2012 (viz obrázky 24 - 27).



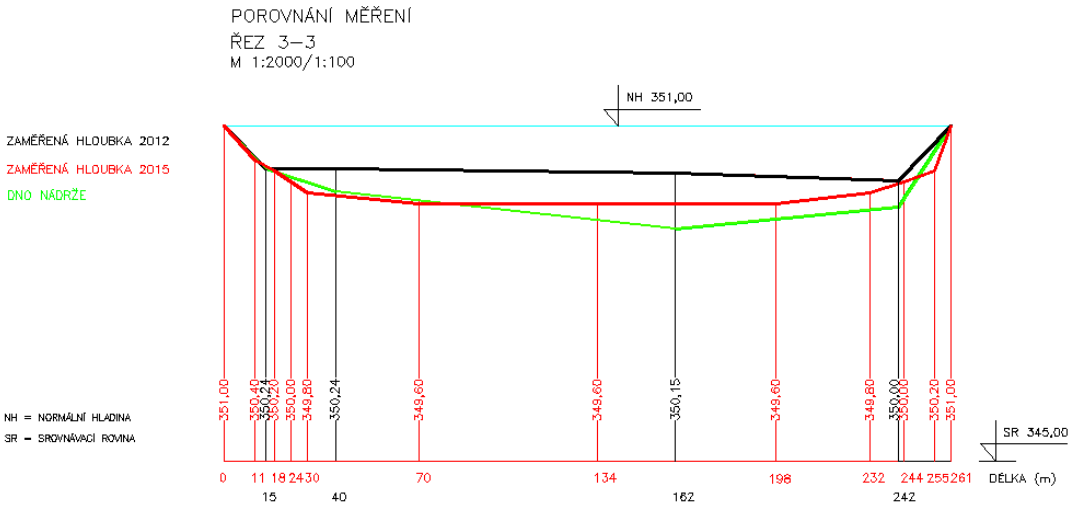
Obrázek 24: Porovnání hloubek z batymetrického a geodetického měření- řez 1-1

Zdroj: autorka



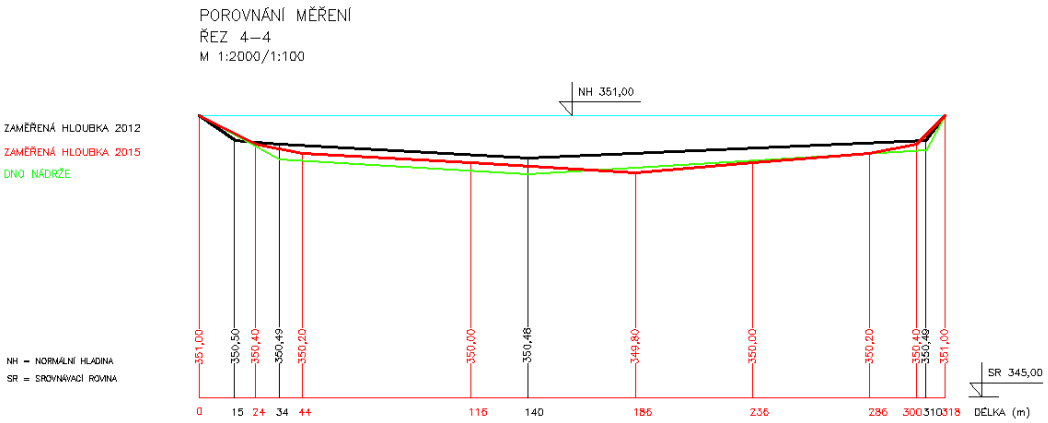
Obrázek 25: Porovnání hloubek z batymetrického a geodetického měření- řez 2-2

Zdroj: autorka



Obrázek 26: Porovnání hloubek z batymetrického a geodetického měření- řez 3-3

Zdroj: autorka



Obrázek 27: Porovnání hloubek z batymetrického a geodetického měření - řez 4-4

Zdroj: autorka

Jak je vidět ze všech čtyř řezů, úroveň dna malé vodní nádrže je v roce 2015 na většině míst nádrže nižší než v roce 2012. Z toho jasně vyplývá, že akumulační prostor nádrže je větší, než byl v roce 2012. Měření z roku 2015 však také potvrdilo, že nádrž je stále zanesena (plánovaná úroveň dna je níže než změřená úroveň dna z roku 2015).

6 DISKUZE

Tato bakalářská práce se věnuje především batymetrickému zaměření vodní nádrže Břve. Metoda měření batymetrie echosounderem byla referencována na MVN Strnad, což popisuje ve své diplomové práci Milaberský (zatím nepublikováno) (viz příloha 4 a 5). Na nádrži Břve byla v roce 2015 provedena batymetrie stejným způsobem jako na Strnadu. Dodržením stejných postupů měření byla dosažena i podobná přesnost a data mohou být považována za spolehlivá. Výsledkem měření jsou souřadnice bodů, z nichž byl určen model terénu. Díky známé výšce normální hladiny pak mohl být určen akumulační prostor nádrže, který pro rok 2015 vyšel 110 100 m^3. Pro porovnání akumulačního prostoru nádrže byl převzat projektovaný objem nádrže 119 280 m^3. Rozdíl těchto hodnot může být způsoben několika důvody. Jednak nepřesností měření a zpracování, protože nebyl měřen povrch celé nádrže, ale pouze určité body, z nichž byl celý povrch interpolován. Předpokládaným důvodem mohou být sedimenty a proces zanášení nádrže, které zmenšují akumulační schopnosti nádrže. Nánosy mohou být výsledkem přirozené eroze okolní zemědělské půdy nebo náhlými jednorázovými přívaly a povodněmi.

Během zpracování bakalářské práce byly získány také výsledky geodetického měření od správce nádrže Břve z roku 2012. Měření v roce 2015 pomocí echsounderu a metody ADCP, v roce 2012 bylo zaměření provedeno pomocí geodetického měření. Tyto metody fungují na principu jiných způsobů a z toho lze usoudit. ze se dno nádrže vlivem výše zmíněné eroze od minulého měření mohlo opravdu změnit. Geodetické zaměření mohlo proběhnout na jiných místech, interpolace povrchu pravděpodobně proběhla také jinak. Díky většímu časovému rozestupu měření tak vznikla možnost porovnání příčných řezů, které ve výsledném modelu 2015 mohly být vedeny stejnými místy jako v roce 2012.

7 ZÁVĚR

Vlastním cílem této bakalářské práce bylo batymetricky zaměřit dno malé vodní nádrže Břve a pomocí programu ERSI ArcGIS Desktop vytvořit digitální model terénu hloubek dna této malé vodní nádrže a stanovit její akumulaci. Tento cíl práce byl splněn.

Nad rámec zadání této práce bylo možné provést srovnání vlastního batymetrického měření s geodetickým měřením z roku 2012, protože byly poskytnuty podklady od správce nádrže.

V rámci této bakalářské práce bylo provedeno batymetrické zaměření malé vodní nádrže Břve v povodí Šárecko-Litovického potoka, vyhodnocení hloubek formou digitálního modelu terénu dna malé vodní nádrže a stanovení akumulace této malé vodní nádrže. Byla zpracována rešerše zadané problematiky (malé vodní nádrže, batymetrie a způsoby jejího měření, zpracování digitálního modelu terénu v prostředí GIS), a sepsán stručný metodický postup při měření batymetrie malé vodní nádrže využitím echosounderu.

Teoretická část byla zaměřena na shrnutí obecných poznatků k MVN a jejich zanášení, batymetrická měření a jejich způsoby využívané v praxi, způsoby tvorby DTM v prostředí GIS a zevrubný popis vybrané interpolační metody, která byla použita v této práci.

V rámci praktické části byla malá vodní nádrž Břve zaměřena využitím echosounderu River Surveyor M9 a zaměřená data byla zpracována v programu ESRI ArcGIS Desktop (extenze 3D Analyst). DTM dna MVN byl zpracován interpolační technikou Topo to raster a byla vyhodnocena aktuální akumulace nádrže.

Batymetrickým měřením a vyhodnocením naměřených údajů v programu ArcGIS byl zjištěn současný akumulační prostor nádrže 110 100 m^3.

8 ZDROJE

1. BAYER, T., 2008. *Algoritmy v digitální kartografii.* Praha Karolinum.
2. BLAŽEK V., 2006: *Voda v České republice.* Pro Ministerstvo zemědělství Praha Consult, 253 s.
3. BERNÝ A., 2012: Na okraj Prahy se nastěhoval bobr, u hostivického rybníka pokácel dub, *iDNES.cz*, online: http://praha.idnes.cz/bobr-v-hostivici-02x-/praha-zpravy.aspx?c=A121219_135900_praha-zpravy_ab, cit. 7. 3. 2014.
4. BURIAN J., 2008: Vyznáte se v interpolacích?, *GeoBusiness*, str. 40-41.
5. ČSN 75 2410, Malé vodní nádrže.
6. ERDEM H., 2013: *RiverSurveyor S5/ M9 System Manual*, SonTek YSI, 115 s.
7. FAIFERLÍK J., *Manipulační a provozní řád pro rybník Břve na Litovickém potoce,* 12 s.
8. FAIFERLÍK J., 2012: *Rekonstrukce a odbahnění rybníka Břve,* 9 s.
9. GARMIN, 2000: *Fishfinder 240 owner´s manual*, Garmin, 40 s. online: http://static.garmincdn.com/pumac/FishFinder240_OwnersManual.pdf, cit. 14. 2. 2014.
10. GEOPORTAL GOV, 2014: Copyright CENIA, online: http://geoportal.gov.cz/web/guest/home, cit.7.3.2015.
11. HUTCHINSON, M.F., 1988: *Calculation of hydrologically sound digital elevation models. Paper presented at Third International Symposium on Spatial Data Handling at Sydney*, Australia.
12. JEDLIČKA J., ŠTYCH P., 2007: *Hydrologické modelování v programu ArcGIS,* Česká kosmická kancelář, o.p.s., Praha, 42 s.
13. JEŽEK J., 2008: *Geostatistika - Úvod do geostatistiky*, Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze.
14. JŮVA K., HRABAL A., PUSTĚJOVSKÝ R., 1980: *Malé vodní nádrže,* Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 271 s.
15. KATASTR NEMOVITOSTÍ, 2015: *Nahlížení do katastru nemovitostí*. online: http://nahlizenidokn.cuzk.cz/ZobrazObjekt.aspx?encrypted=NNC9QYhjnO2Ojc4

ZYif5tLc8QaOhQMddNCoInh3RTP8y3ohdB9wK8W5BFX0WaqNN_W5zTNN asNuOVB6rGreMPlOP1EVnFXLsT0RB1UK3rvxrE3lHMbxnSb3j_yE8JswzJm wH4zkJ-XqwcqCFEuO_dRO1eHxm2VlqN-3LRoMmX71n5TCphGHL4Zep8BUcZefjOkvASb, cit. 3. 4. 2015.

16. KLIMANEK, M., 2006: *Digitální modely terénu.* Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, Brno.
17. KRETZSCHMAR E., STICHMANNOVÁ-MARNYOVÁ U., 1997: *Nový průvodce přírodou.* Slovenská grafia, a.s., Bratislava , 464 s.
18. KŘIVÁNEK J., KOPP J., NĚMEC J., 2012: *Rybníky v České republice,* Consult 2012, Praha , 303 s.
19. KŘÍŽ V., 1988: *Hydrometrie,* Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 174 s.
20. KUBINSKÝ D. et al. , 2013: Zmeny akumulačného objemu vodných nádrží Velká Richňavská a Malá Richňavská. *Acta hydrologica Slovaca,* str. 402-413.
21. KUČERA J., 2012: Třikrát o vodě, *Hostivický měsíčník*, str. 4-5.
22. KUČERA M., 2014: *Bakalářská práce - Kartografické a geoinformatické zhodnocení současných batymetrických map*, Univerzita Karlova v Praze.
23. KUHN G., WEBER M. E., 1993: *Acoustical characterization of sediments by Parasound and 3.5 kHz systems; related sedimentary processes on the southeastern Weddell Sea continenatl slope,* Marine Geology, Antarctica pg. 201-217.
24. NOVÁK P., ROUB R., et al., 2015: Nové technologie batymetrie vodních toků a nádrží, *Vodní hospodářství*, str. 1-5.
25. ORŠULÁK T., 2010: *Centrum pro virtuální realitu a modelování krajiny.* Centrum digitálních služeb MINO, Ústí nad Labem.
26. PAVLICA J., 1964: *Malé vodní nádrže a rybníky*, Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 200 s.
27. KUBELÍK M., VLÁČILOVÁ M., ŠPRYŇAR P., ŠTEFÁNEK M., ŘÍHOVÁ D., 2008: *Plán péče o památku Hostivické rybníky pro rok 2009-2016*, online: http://www.csophostivice.cz/hostivickerybniky/planpece/Plan_pece_PPHR.pdf. cit. 3. 3. 2015.

28. Pokorná, M. (2007). *Za hranice batymetrie,* ČVUT, Praha.

29. PVL, 2015: Povodí Vltavy, *Vyměřovací lodě,* online: http://www.pvl.cz/vodohospodarske-informace/vymerovaci-lode. cit. 15. 3. 2015.

30. SEABEAM, 2000: *Multibeam sonar - Theory of operation L-3 Communications SeaBeam Instruments*, East Walpole.

31. SCHAUER T., 2007: *Svět rostlin,* Rebo producitons CZ, Dobřejovice, 496 s.

32. SCHMITT T., 2008: Characterizing uncertainties for quantifying bathymetry change between time-separated multibeam echo-sounder surveys. *Continental Shelf Research*, pg. 1166-1176.

33. ŠÁLEK J., TLAPÁK V., 2011: Ekologická a vodohospodářská funkce malých vodních nádrží v lesním prostředí. *Vodní hospodářství*, str. 39-43.

34. ŠTYCH P., 2008: *Vybrané funkce geoinformačních systémů,* Akademie kosmických technologií, Praha, 135 s.

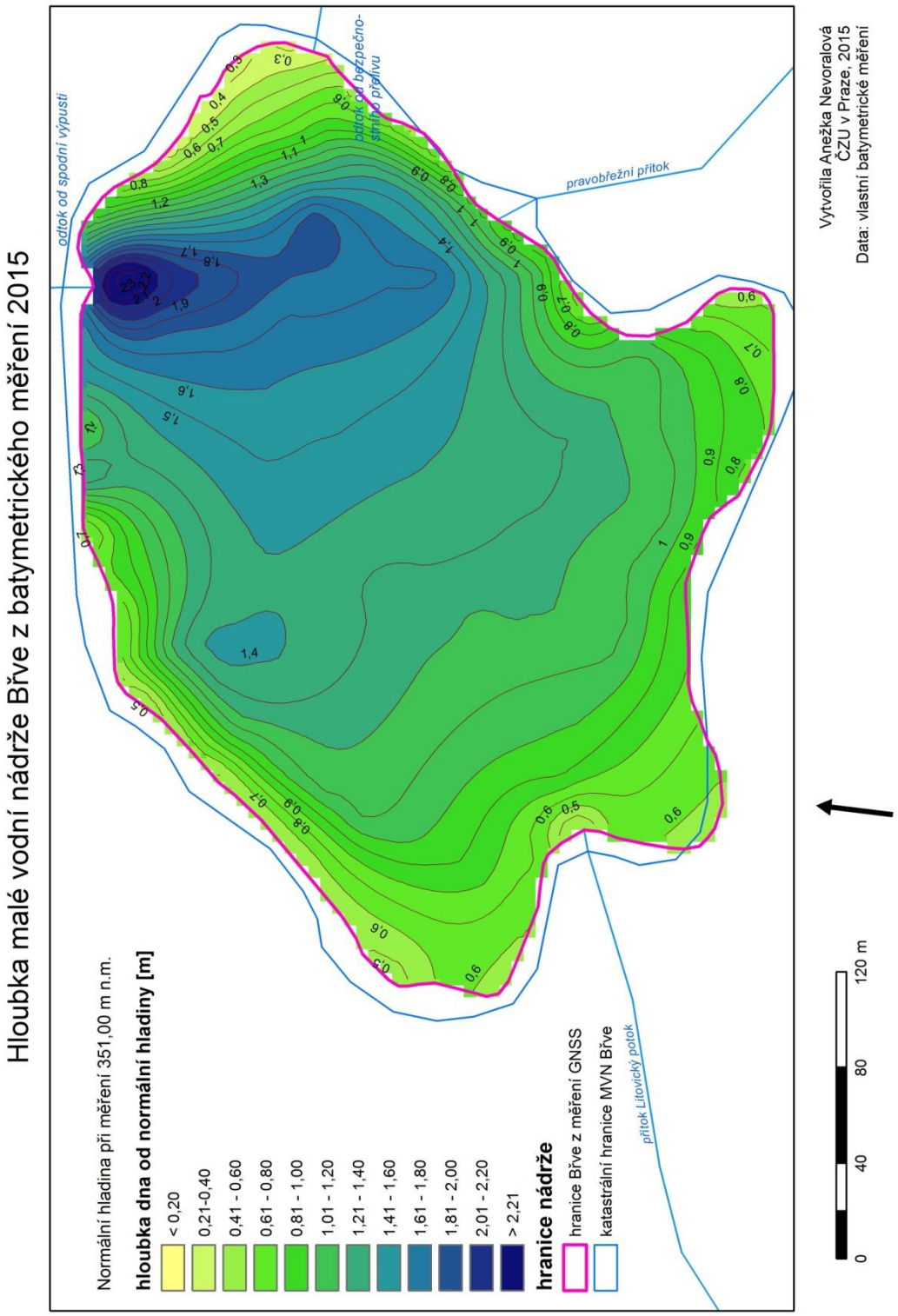
35. URBAN J., 1991: *Digitální model terénu,* ČVUT, Praha, 60 s.

36. VOJTOVÁ J., VOJTA J, KUČERA J., 2006: *Přírodní památka Hostivické rybníky*, Český svaz ochránců přírody, Hostivice, 72 s.

37. VRÁNA K., BERAN J., 1997: *Rybníky a účelové nádrže*, ČVUT, Praha, 150 s.

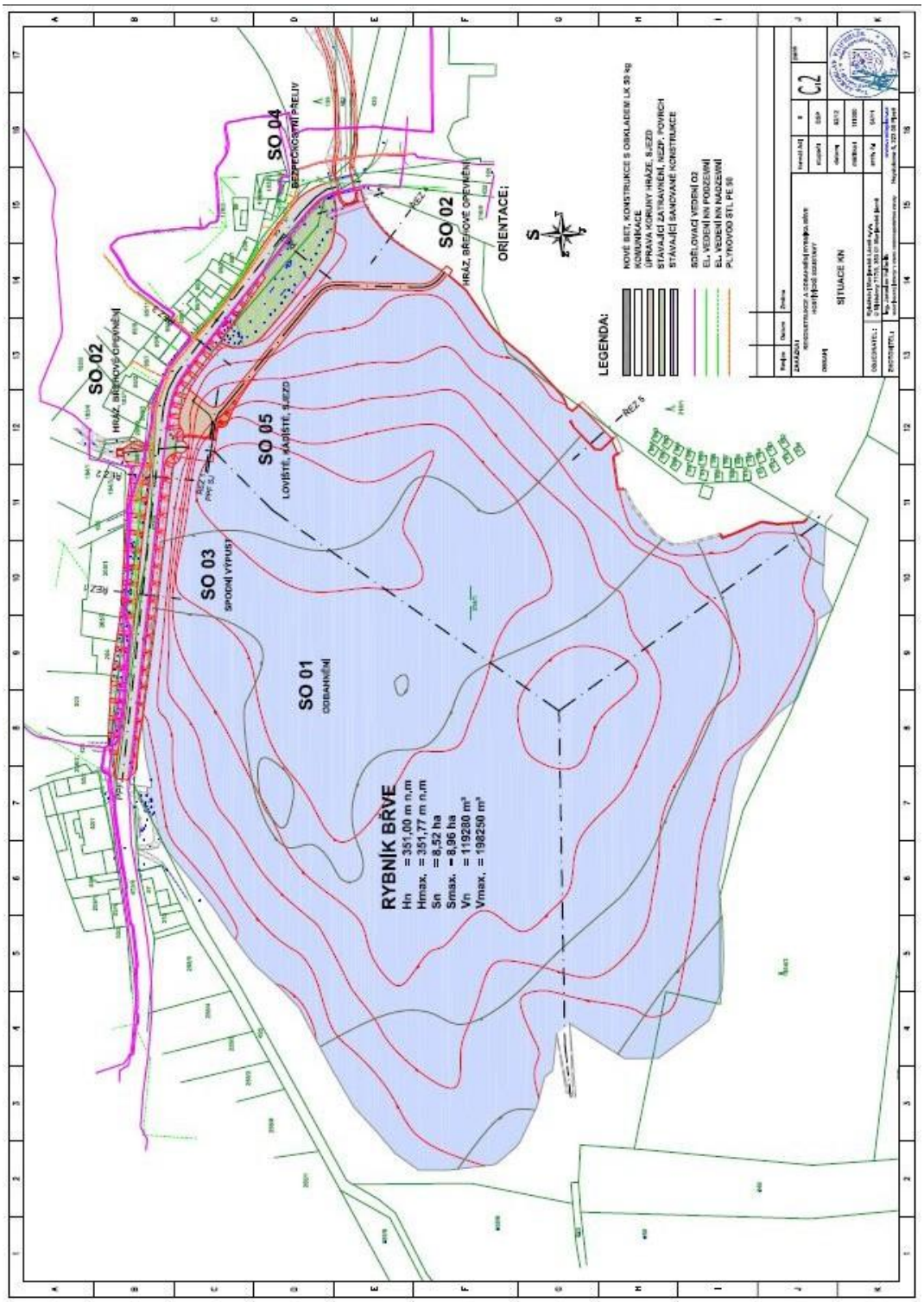
PŘÍLOHY

Příloha 1: DTM malé vodní nádrže Břve z batymetrického měření 2015 51
Příloha 2: Situace z geodetického měření v roce 2012 52
Příloha 3: Srovnání vrstevnic z měření v letech 2012 a 2015 53
Příloha 4: Měření batymetrie přístrojem River Surveyor M9 a současně tyčí 54
Příloha 5: Měření batymetrie 54
Příloha 6: Jezdec v kajaku před měřením 55



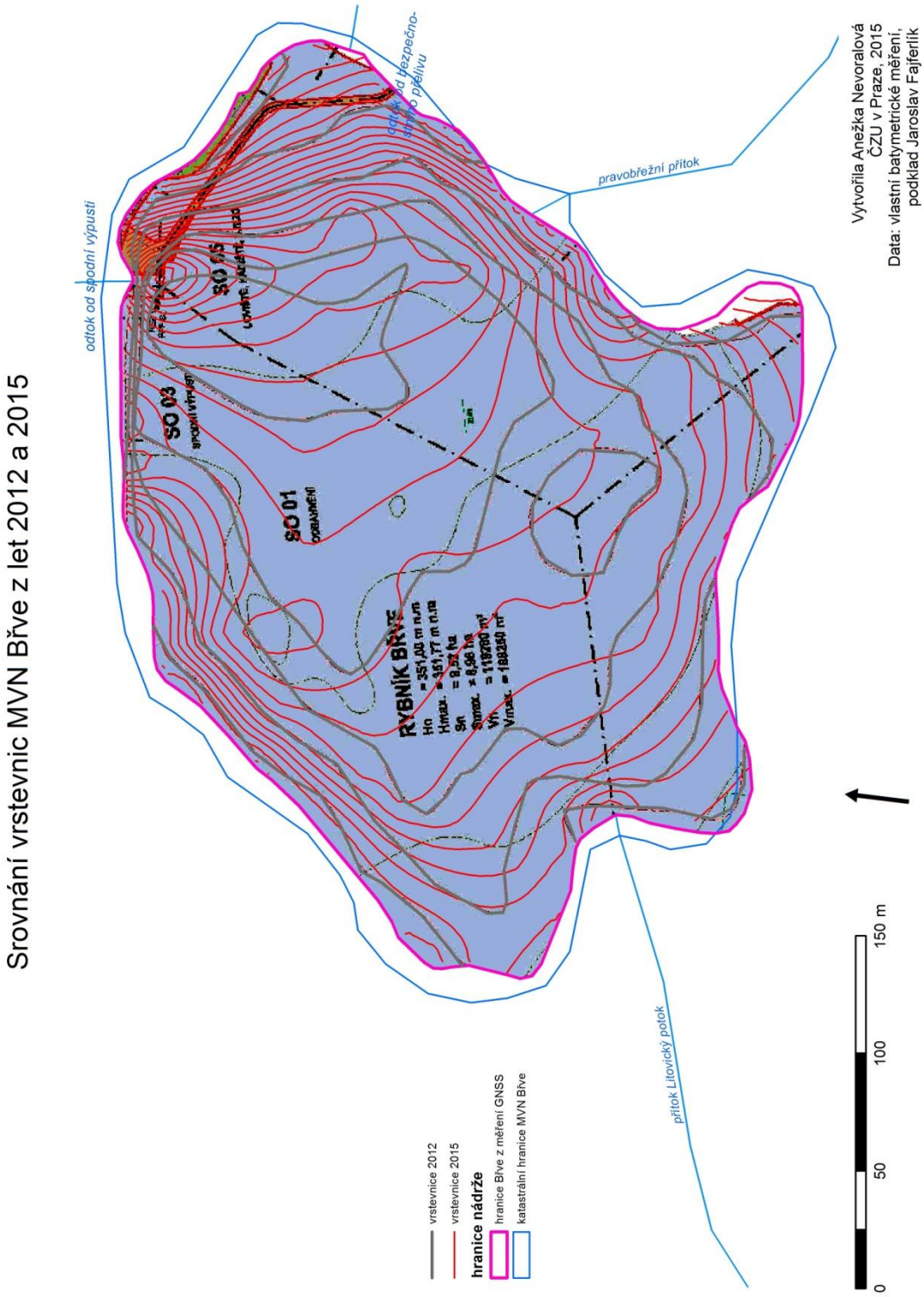
Příloha 1: DTM malé vodní nádrže Bříve z batymetrického měření 2015

Zdroj: autorka



Příloha 2: Situace z geodetického měření v roce 2012

Zdroj: Projektová dokumentace J. Fajferlík



Příloha 3: Srovnání vrstevnic z měření v letech 2012 a 2015

Zdroj: autorka

Příloha 4: Měření batymetrie přístrojem River Surveyor M9 a současně tyčí

Zdroj: Petr Bašta

Příloha 5: Měření batymetrie

Zdroj: Petr Bašta

Příloha 6: Jezdec v kajaku před měřením

Zdroj: Fotografie autorky