

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIRONMENTÁLNÍHO
MODELOVÁNÍ



**BATYMETRIE MALÉ VODNÍ NÁDRŽE VELKÝ RYBNÍK
V POVODÍ LITOVICKO - ŠÁRECKÉHO POTOKA**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Eva ZVONÁROVÁ

Vedoucí práce: Ing. Petr Bašta

2016

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Eva Zvonárová

Vodní hospodářství

Název práce

Batymetrie malé vodní nádrže Velký rybník v povodí Litovicko-Šáreckého potoka

Název anglicky

Bathymetry of the small pond Velky rybnik in Litovicko-Sarecky potok river basin

Cíle práce

Hlavním cílem bude batymetrické zaměření malé vodní nádrže (MVN) Velký rybník v povodí Litovicko-Šáreckého potoka, vyhodnocení hloubek formou digitálního modelu terénu (DTM) jejího dna a stanovení celkové akumulace této nádrže.

Dílním cílem bude zpracování rešerše zadané problematiky (MVN, batymetrie, možné způsoby jejího měření a zpracování DTM v prostředí GIS), a dále sepsání stručného metodického postupu při měření batymetrie MVN pomocí echosounderu.

Metodika

Teoretická část bude zaměřena na shrnutí obecných poznatků k MVN a jejich zanášení sedimenty, batymetrická měření a jejich způsoby využívané v praxi, způsoby tvorby DTM v prostředí GIS a zevrubný popis vybrané interpolační metody, která bude použita v práci. Dále popis nádrže Velký rybník (možno využít manipulačního řádu nádrže a komunikace s místní samosprávou).

V rámci praktické části bude Velký rybník zaměřen využitím echosounderu RiverSurveyor M9 a zaměřená data budou zpracována v prostředí ESRI ArcGIS Desktop (extenze 3D Analyst). DTM dna MVN bude zpracován vybranou interpolační technikou a bude vyhodnocena celková akumulace nádrže. Bude následovat porovnání výsledků z měření provedených v různých časových obdobích a diskuze.

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

Batymetrie, digitální model terénu, echosounder, malá vodní nádrž

Doporučené zdroje informací

- Hradilek V., Bašta P., Vizina Š., Máca P., Pech P. (2015): Verification of remote sensing data for measuring bathymetry on small water reservoirs. 15th International SGEM GeoConference.
- Kubinský, D., Fuska, J., Weis, K., Lehotský, M., 2013. Change of accumulation volume of Great Richňava and Small Richňava water reservoirs. Acta hydrologica slovac 14/2, 402–413.
- Lin, Y.-T., Schuettpeiz, 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.
- 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.
- VRÁNA, K. – BERAN, J. – ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. STAVEBNÍ FAKULTA. *Rybníky a účelové nádrže*. Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2013. ISBN 978-80-01-04002-7.

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FŽP

Vedoucí práce

Ing. Petr Bašta

Garantující pracoviště

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 24. 2. 2016

prof. Ing. Pavel Pech, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 3. 2016

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 15. 03. 2016

Prehlásenie

Čestne prehlasujem, že bakalársku prácu na tému „Batymetria malej vodnej nádrže Veľký rybník v povodí Litovicko - Šáreckého potoka“ som vypracovala samostatne za pomoci môjho konzultanta Ing. Petra Baštu a všetky použité zdroje, literatúru a podklady uvádzam v zozname na konci práce.

V Prahe dňa 11.04.2016

.....

Eva Zvonárová

Pod'akovanie

Touto cestou by som sa chcela pod'akovať vedúcemu mojej práce Ing. Petrovi Baštovi za venovaný čas, cenné rady, konzultácie a pripomienky. Ďalej by som sa rada pod'akovala pánu Ing. Václavovi Hradílkovi za meranie a poskytnuté data, a samozrejme veľké pod'akovanie mojej rodine a priateľovi, ktorí ma podporovali počas spracovania tejto práce aj počas celej doby môjho štúdia.

V Prahe dňa 11.04.2016

.....

Eva Zvonárová

Abstrakt

Batymetria malej vodnej nádrže Veľký rybník v povodí Litovicko – Šáreckého potoka

Najdôležitejšia časť práce je vykonať meranie na vybranej vodnej nádrži na Litovicko – Šáreckom potoku. Vybraná malá vodná nádrž je Veľký rybník, nazývaná tiež „Dolejšák“. Meranie bolo uskutočnené prístrojom RiverSurveyor M9 a data boli spracované pomocou programu ESRI ArcGIS Desktop do digitálneho modelu terénneho reliéfu, ktorý vyhodnotí zanesenie nádrže v jednotlivých miestach. Toto zanesenie ohrozuje život v nádrži, ale aj okolie nádrže.

Teoretická časť obsahuje tému s malými vodnými nádržami, ich rôzne delenie a využitie. Ďalej sú popísané metódy batymetrie, digitálny model terénneho reliéfu a interpolácia a jej metódy. V metodike bakalárskej práce je spracované samotné meranie a napokon vo výsledkoch zhodnotené celé meranie. Na konci práce je diskusia a záver, kde sa navrhnu riešenia pre tento problém.

Kľúčové slová

batymetria, ADCP, malá vodná nádrž, echosounder, digitálny model terénneho reliéfu

Abstract

Bathymetry on the small water reservoir Velky rybnik in the basin of the Litovicko - Sarecky stream.

The most important part is to perform measurements of selected water reservoirs in Litovický - Sarecký stream. Selected small water reservoir is Velký rybník, also called Dolejšák. The measurements were performed RiverSurveyor M9 device, and data were processed using the ESRI ArcGIS Desktop to a digital model of the terrain relief, which evaluates the clogging reservoirs in different places. This clogging is life threatening in the reservoir, but also around the water reservoir.

The theoretical part contains the theme of small water reservoirs, their division and various applications. Then describes the methods of bathymetry, digital terrain relief model and interpolation and its methods. The methodology of bachelor thesis is processed measuring and finally in the results evaluated throughout the measurement. At the end of the work is the discussion and conclusion which will propose solutions to this problem.

Keywords

Bathymetry, ADCP, small water reservoir, echosounder, digital terrain model

Obsah

1 Úvod.....	12
2. Cieľ práce.....	13
3 Rešerš.....	14
3.1 Malé vodné nádrže	14
3.1.1 História MVN	15
3.1.2 Rozdelenie MVN podľa polohy.....	16
3.1.3 Rozdelenie MVN podľa spôsobu zásobovania vodou.....	17
3.1.4 Rozdelenie MVN podľa funkcie.....	18
3.1.5 Rozdelenie priestoru v MVN.....	20
3.1.6 Zanášanie MVN.....	21
3.2 Batymetria	23
3.2.1 Metódy batymetrie	24
3.3 Digitálny terénny model reliéfu.....	28
3.4 Interpoláčné metódy	28
4 Malá vodná nádrž Veľký Rybník.....	30
4.1 Vymedzenie vybranej lokality.....	31
4.2 História a využitie nádrže Veľký Rybník.....	32
4.3 Charakter záujmového povodia.....	33
4.4 Popis MVN Veľký Rybník.....	34
5 Metodika	37
5.1 Interpolácia DTM	38
6 Výsledky	41
6.1 DTM dna nádrže.....	41
7 Diskusia.....	46
8 Záver	48
9 Zdroje literatúry	49

9.1 Internetové odkazy	51
Prílohy.....	53

Zoznam obrázkov

Obrázok 1 - Delenie riečnych (potočných) nádrží	18
Obrázok 2 - Delenie priestoru v nádrži	20
Obrázok 3 - Jednopaprscitý vs. Mnohopaprscitý sonar	25
Obrázok 4 - Systém DIAL	26
Obrázok 5 - RiverSurveyor M9.....	27
Obrázok 6 - Mapa lokality, kde sa nachádza vybraná nádrž.....	30
Obrázok 7 - Katastrálne rozdelenie lokality.....	31
Obrázok 8 - Mapa ČR s vybranou nádržou.....	32
Obrázok 9 - Klady listov povodia Litovicko - Šáreckého potoka a jeho prítokov	34
Obrázok 10 - Fotografia nádrže	35
Obrázok 11 - Fotografia výpustného zariadenia	36
Obrázok 12 - Prístroj pripravený na meranie	37
Obrázok 13 - Rozmiestnenie nameraných bodov	38
Obrázok 14 - DTM - Natural Neighbor	42
Obrázok 15 - Suma nameraných hĺbok - Natural Neighbor	42
Obrázok 16 - DTM - Spline	43
Obrázok 17- Suma nameraných hĺbok - Spline	44
Obrázok 18 - DTM - Topo To Raster	44
Obrázok 19 - Suma nameraných hĺbok - Topo To Raster	45

Zoznam použitých skratiek

ADCP – Acoustic Doppler Current Profiler (prístroj na meranie rýchlosti vody)

ČOV – Čistiareň odpadových vôd

ČR – Česká republika

ČSN - Česká štátna norma

ČZU – Česká zemědělská univerzita

DIAL - Differential Absorption Lidar

DTM – Digital Terrain Model (digitálny model terénneho reliéfu)

GIS – Geographic Information System (geografický informačný systém)

GNSS - Global Navigation Satellite System (globální navigační satelitní polohový systém)

GPS - Global Position System (globálny družicový polohový systém)

KLIO – komplexná likvidácia odpadu

LIDAR - Light Detection And Ranging (diaľkový prieskum merania vzdialenosti)

MVN- Malá vodná nádrž

PCM – Pulse-Code Modulation (metóda prevodu zvukového signálu do digitálneho)

RTK – Real Time Kinematik (metóda merania v reálnom čase)

SONAR - Sound Navigation And Ranging (zvuková navigácia a zameriavanie)

WMS - Web Map Service (služba pro zdieľanie geografických dat)

1 Úvod

Batymetrické zameriavanie dna vodných nádrží nepatrí v Českej republike medzi tie najznámejšie a veľmi využívané. Radíme to skôr medzi metódy a technológie, ktoré sa tu len začínajú rozširovať, a ktoré medzi verejnosťou nie sú vôbec známe. Vďaka prístroju, ktorý má Česká zemědělská univerzita (ČZU) k dispozícii bolo možné spracovať bakalársku prácu s danou témou. Jedná sa o prístroj RiverSurveyor M9, ktorý patrí medzi ADCP prístroje a je to jeden z najmodernejších prístrojov v danej ponuke. Práca a meranie s RiverSurveyor M9 sú rozobrané v teoretickej časti práce.

Vybraná nádrž sa nachádza na sústave malých vodných nádrží na Litovicko – Šáreckom potoku. Jedná sa o malú vodnú nádrž Veľký rybník, ktorá je medzi miestnymi skôr známa ako „Dolejšák“ a nachádza sa na okraji Prahy, za mestskou časťou Zličín. Podnetom pre túto bakalársku prácu bolo práve zameranie tejto sústavy vodných nádrží, kde sa nachádza aj spomínaný Veľký rybník. Pri spracovaní celej sústavy je následne možné použiť získané údaje pri protipovodňových opatreniach v okolí celého povodia.

Nádrž bola zameraná prístrojom RiverSurveyor M9, ktorý bol primontovaný k špeciálne upravenému kajaku. Tento spôsob zameriavania je pomerne veľmi výhodný, nakoľko sa kajak príliš neponorí pod hladinu a tak aj miesta, kde je malá hĺbka vody sú zamerané rovnako kvalitne ako zvyšok nádrže. V prípade pravidelných opakovaní meraní v budúcnosti, dokážeme postupne určiť to, ako rýchlo sa zanáša daná nádrž, ako aj to, v ktorej časti roka je najviac ohrozovaná naplavovanými sedimentmi.

2. Cieľ práce

Hlavným cieľom práce je spracovať vybranú vodnú nádrž Veľký rybník, ktorá sa nachádza na Litovicko – Šáreckom potoku. Ide o batymetrické spracovanie pomocou prístroja RiverSurveyor M9, kde bolo cieľom zamerať hĺbku v jednotlivých miestach nádrže. Je to vhodné pre účely sledovania vývoja usadzovania sedimentov v nádrži. Výsledkom práce bude okrem zamerania aj vyhodnotenie výsledkov. To bude uskutočnené pomocou digitálneho modelu terénneho reliéfu, ktorý sa vyhotoví za pomoci rôznych interpolačných metód.

Vedľajší cieľ tejto práce je teoreticky zhodnotiť malé vodné nádrže, ich delenie a využitie. Ďalej metódy batymetrického merania ako aj digitálny model terénneho reliéfu a taktiež poukázať na problém, ktorý sa začína stávať čoraz aktuálnejším a ním je ohrozovanie nielen samotných nádrží, ale aj okolia vplyvom zanášania.

3 Rešerš

V literárnej rešerši je teoreticky spracovaná problematika danej bakalárskej práce. Sú tu posúdené malé vodné nádrže z rôznych pohľadov a tak isto aj metódy, ktorými sa zisťuje a následne vyhodnocuje množstvo zanesenia dna nádrže sedimentmi, ale aj zanesenie vplyvom iných faktorov a dôsledky, ktoré daný problém spôsobujú.

3.1 Malé vodné nádrže

Voda je veľmi dôležitá a neodmysliteľná súčasť našich životov. Zaraďujeme ju síce medzi nevyčerpatel'né prírodné zdroje, ale je aj veľmi časovo, a aj priestorovo obmedzený prírodný zdroj. Sme povinný pristupovať k hospodáreniu s týmto prírodným bohatstvom veľmi zodpovedne a šetrne (Starý, 1990). Pre vhodné hospodárenie a šetrné zaobchádzanie s vodou, nám slúžia práve vodné nádrže.

Vodné nádrže sa považujú sa najtypickejší a najdôležitejší vodohospodársky prvok. Je to vlastne obmedzený priestor, ktorý nám slúži na hospodárenie s vodou, k akumulácii vody a k jej neskoršiemu využitiu. Taktiež nám veľa vodných nádrží slúži ako ochrana pred prípadnými prívalovými zrážkami s následkom povodní (Fošumpaur a kol., 2002). MVN (Malé vodné nádrže) sa riadia podľa normy ČSN 75 2410 a táto norma platí pre prevádzku vodných nádrží so sypanou hrádzou, ktorá spĺňa súčasne dve podmienky a to že :

- Objem nádrže po hladinu ovládateľného priestoru neprekročí 2mil. m³
- Najväčšia hĺbka nádrže nepresahuje 9m (ČSN 75 2410, 2011)

Výstavbu vodnej nádrže je v Českej republike možné uskutočňovať takmer v každej oblasti, nakoľko to poloha krajiny a sieť vodných tokov dovoľuje. Hlavnou podmienkou je dostatočný zdroj vody, klimatické a hydrologické podmienky. Podklady, ktoré sa týkajú týchto vlastností sa získavajú postupne, a to pozorovaním javov vo vybranej oblasti. Ide o javy ako sú napríklad zrážky alebo prietoky, kde berieme ohľad na to, kde presne sa vyskytujú, za aké časové obdobie, ale aj to, aká je pravdepodobnosť ich opakovania. Sú to avšak aj teplotné pomery, rýchlosť vetra, slnečné žiarenie, či ďalšie iné klimatické faktory (Beran, Vrána, 2013). Pri

hydrologických údajoch je avšak najdôležitejšie, aby riešená malá vodná nádrž spĺňala danú normu ČSN a neprekročila ju, a zároveň mala dostatočnú zásobu vody. Ďalšie podklady pre MVN sú geomorfologické a geodetické údaje. Je dôležité ich posudzovať, aby nádrž mala vhodnú pozíciu v oblasti, kde sa bude nachádzať a zároveň, aby okolité prostredie ovplyvňovala podľa možností, len v nutnej miere, a aspoň časťou zapadala do krajiny. Pri nádržiach tiež zohľadňujeme ekonomické hľadisko. Tu sa hodnotí najmä náročnosť na zdroj materiálu a výstavbu, ako aj jej prospešnosť pre okolie a dôležitosť jej funkcie. Nutné podmienky, ktoré berieme v úvahu sú aj hydropedológia, geológia a hydrogeológia, kde posudzujeme, nielen priepustnosť či nepriepustnosť podložia, ale aj výskyt a výšku podzemnej vody, ktorá je taktiež zdrojom zásoby MVN. Záujmové územie pre MVN je veľmi dôležité zhodnotiť, a to nielen pre aktuálnu výstavbu, ale aj pre následnú prevádzku a budúcnosť stavby.

3.1.1 História MVN

Už od nepamäti je pre ľudstvo dôležité, aby bol dostatok zásob pitnej vody. Tak ako dnes, tak aj v minulosti, bolo závažným problémom to, že napriek tomu, že väčšinu našej planéty pokrýva voda, tak sú miesta, kde je jej závažný nedostatok (Beran, Vrána, 2013). Už historické dokumenty dokazujú, že sa budovali vodné nádrže, aj keď spočiatku mali len význam zavlažovania plodín a chovu rýb, neskôr plnili funkciu zásobovania pitnou vodou a budovali sa na nich aj bezpečnostné prepady. (Herynek, Tlapák, 2002).

V Českej republike je evidovaná prvá písomná zmienka o rybníkoch z roku 1115, kde sa jednalo o rybochovnú nádrž v blízkosti kláštora. Keďže sa z rybárčenia stávalo veľmi výhodné podnikanie, tak následne dochádzalo k budovaniu nielen samotných rybníkov, ale s vybudovaním prvého kanálu na prívod vody, aj k budovaniu celej sústavy rybníkov. Postupom času sa v celej republike rozmohli rybníky na chov, ďalej nádrže, ktoré zachytávali zrážkovú vodu a následne s ňou hospodárili, ale aj nádrže, ktoré zachytávali jarnú vodu z topenia snehu a ľadu, ktorá by inak spôsobila záplavy území. Dnes nie je úplne známy presný počet nádrží na našom území, ani ich presná rozloha, avšak Generel rybníkov a nádrží Českej republiky z roku 1996 uvádza že na území republiky sa nachádza 20 – 22 tisíc nádrží, ktoré majú spoločne rozlohu cez 500 km² a objem vody, ktorý zadržiavajú je

približne okolo 420 mil. m³. Počet, rozloha i objem sa však každým rokom mení. Nádrže sa každý rok nielen budujú, ale aj naopak likvidujú. Napriek tomu je však pre štát známa ich dôležitosť, nakoľko majú veľký význam pre všetkých obyvateľov.

Rozmiestnenie nádrží rovnako ako v minulosti, tak aj dnes závisí od rôznych podmienok a podkladov v území (vid' 3.1.1). Najväčší podiel z počtu malých vodných nádrží je sústredený do hlavných rybničných sústav, ktorých je v Českej republike 24. Medzi prvé tri hlavné rybničné sústavy zaradujeme Třebon, Jindřichův Hradec a Hluboká nad Vltavou (Beran, Vrána, 2013).

3.1.2 Rozdelenie MVN podľa polohy

MVN sú delené z rôznych hľadísk. Jedno z delení je delenie podľa polohy, teda rozdelenie podľa umiestnenia danej nádrže v krajine s ohľadom na okolité prostredie, ktoré ma zároveň aj vplyv na nádrž. To, kde je nádrž umiestnená ovplyvňuje život v nádrží, samotnú životnosť nádrže, ale hlavne vlastnosti vody, ktorú nádrž zadržiava, a taktiež zanášanie z okolitého prostredia.

MVN delí Pavlica (1964) podľa polohy na:

- *Návesné* – nachádzajú sa v obciach alebo v ich tesnej blízkosti a väčšinou sú to nádrže ochranné, rybochovné, požiarne alebo zásobné. Pri návesných nádržiach je veľmi pravdepodobné práve ovplyvňovanie zloženia vody, pretože do nich stekajú splaškové vody, ktoré vodu kontaminujú.
- *Polné* – vyskytujú sa v blízkosti obhospodarovaných polí, a taktiež sú to väčšinou nádrže rybochovného zamerania. Ich nevýhodou je, že pri jarnom topení snehu alebo pri privalových dažďoch sa do nádrže dostáva nielen ornica, ale aj hnojivá, ktoré sa na poliach používajú, a to spôsobuje zanášanie nádrže a jej zarastanie.
- *Lúčne* – sú podobné poľným, avšak v ich okolí sú zatrávené svahy, čo ma za následok, že trávnaté porasty zabraňujú takému odnosu zeminy ako je to pri poľných nádržiach.

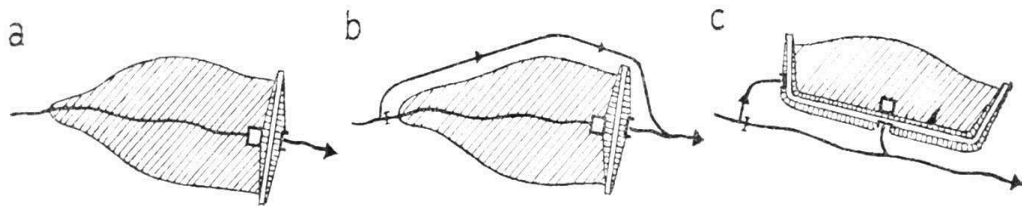
- *Lesné* – ich hlavnou charakteristikou je chladná voda, ktorá priteká z horských prameňov a keďže ich poloha je v tienistých a lesom krytých polohách, ani nedochádza k jej ohriatiu.
- *Rašelinné* – nachádzajú sa v území, kde je rašelinová pôda, ktorá veľmi ovplyvňuje zloženie vody a rovnako aj zanesenie nádrže.

3.1.3 Rozdelenie MVN podľa spôsobu zásobovania vodou

MVN majú rôzne zdroje zásobovania vodou. Je veľmi dôležité aby bol zdroj vody dostačujúci pre danú nádrž. Vo väčšine prípadov ide o nádrže, ktoré nemajú len jeden zdroj zásoby nádrže. Podľa prívodu vody sa delia nádrže na:

- *Dažd'ové* – označujeme ich aj ako nebeské. Ich charakteristikou je väčšinou to, že sú menšej rozlohy a nie je tu stály prietok vody. Nemajú zaistenú stálu zásobu vody, a ich zdrojom sú atmosférické zrážky a na jar topenie snehu. Je preto výhodné, ak majú strmé svahy a nepriepustné dno, aby boli straty priesakom a výparom čo najmenšie. Využívajú sa najmä na zavlažovanie a podobné účely pri poľnohospodárstve.
- *Pramenné* – hlavný zdroj je podzemná voda, ktorá sa nachádza v blízkosti MVN a to buď na nepriepustnom podloží a prameň preteká do nádrže alebo ide o presakovanie podzemnej vody cez dno nádrže alebo cez brehy a svahy nádrže. Výdatnosť takýchto prameňov musí byť dostačujúca a to musíme zohľadniť už pri návrhu nádrže.
- *Riečne* – je to najčastejší a najdôležitejší zdroj zásoby vody MVN, a to zásoba vodou z riek, prípadne potokov. Väčšina nádrží je vybudovaná práve na tokoch, kde je zárukou dostačujúca zásoba vodou. Tieto sa delia podľa Pavlicu (1964) na:
 - *Prietočné* - sú napájané vodným tokom, ktorý prechádza cez dané údolie a hrádzou sa predelil. Hlavná nevýhoda týchto nádrží je nadmerné zanášanie sedimentmi, ktoré daný tok nesie so sebou a vplyvom stáleho prietoku sa teplota v nádrží znižuje, čo aj výrazne ovplyvňuje život organizmov a mikroorganizmov v nádrží.

- *Obtokové* – vyznačujú sa tým, že napájací tok tečie vedľa nádrže vo svojom pôvodnom koryte a nádrž obteká po strane odkiaľ sa aj zásobuje vodou.
- *Bočné* – vodný tok tečie mimo vodnú nádrž a nádrž je zásobovaná napájacím kanálom. Vodný tok preteká povedľa nádrže.



Obrázok 1 - Delenie riečnych (potočných) nádrží

a) prietočné b) neprietočné (obtokové) c) neprietočné (bočné)

Zdroj: Jurík, Matyo, 2007

3.1.4 Rozdelenie MVN podľa funkcie

MVN majú rôznu funkciu a účel, pre ktorú sú vybudované. Je dôležité, aby zapadali do prostredia, ale taktiež je veľmi dôležité, aby spĺňali funkciu, kvôli ktorej boli vybudované. Väčšina nádrží nemá len jednu funkciu a sú viacúčelové, čo znamená, že majú jednu hlavnú funkciu a potom následne ďalšie vedľajšie funkcie a účely. Podľa Hrabala a kol. (1980) sa MVN delia podľa funkcie na *závlahové, ochranné, rekreačné, rybochovné a hospodárske*. Každá táto skupina má svoje špecifiká a podmienky, ktoré sú veľmi dôležité pri projektovaní, výstavbe a aj samotnej prevádzke stavby.

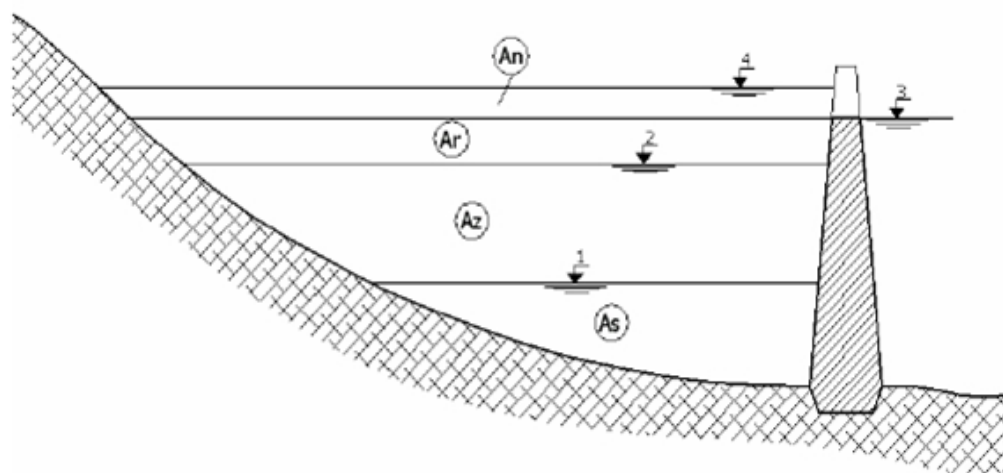
- *Závlahové* – ich účelom je zásoba vodou, či už pitnou alebo úžitkovou a ďalej zlepšovanie prietoku v toku. Majú teda nielen zásobnú funkciu, ale aj vyrovnávaciu. Zásobná funkcia, je zásobiť vodou oblasti, ktoré sa nachádzajú mimo oblasť zdroja vody, a účelom vyrovnávacích je vytvoriť potrebnú zásobu vody pre odber a vyrovnať prietokové pomery potrebné v závlahových sieťach (Júva a kol., 1980).

- *Ochranné* – tiež ich označujeme ako retenčné nádrže. Ich hlavnou funkciou je zachytiť prebytok vody pri povodniach, ktorý je škodlivý. Po tom ako povodne pominú sa ochranný priestor v týchto nádržiach vyprázdni, aby bol pripravený na to, aby zachytil ďalšie prípadné povodňové vlny. Retenčná schopnosť v nádržiach závisí nielen od maximálneho prietoku, ale aj od objemu, ktorý má povodňová vlna, či kapacita bezpečnostného prepadu (Jurík a kol., 2007).
- *Rekreačné* – sú to nádrže, ktorých hlavným účelom, by malo byť to, že sú miestom pre jednotlivé druhy rekreácie (Zajíc, 1988). Vodné nádrže určené na rekreáciu nie sú len zdrojom oddychu ale aj miestom pre vodné športy, kúpanie a iné aktivity pri vode. Pri rekreačných nádržiach sú veľmi dôležité vlastnosti vody, nakoľko sú určené aj na samotné kúpanie, je dôležité, aby bola voda úplne bezchybná.
- *Rybochovné* – Podľa Zajíc (1988) aj Hrabalu a kol. (1980) sa takto označujú nádrže, ktorých hlavným účelom je chov rýb, v niektorých prípadoch aj chov vodnej hydiny. Aj pri týchto nádržiach je potrebné rešpektovať rôzne zásady, a to okrem vodohospodárskych najmä vo veľkej miere biologické vlastnosti vody, ktoré sú dôležité pre život organizmov v nádrži, ale aj v jej blízkosti.
- *Hospodárske* – hlavnou funkciou týchto nádrží je zabezpečiť vodu pre rôzne špeciálne účely. Jedná sa o priemysel, poľnohospodárstvo, ďalej funkcia čistenia odpadových vôd, ale aj protipožiarna funkcia. Zaradíme tu aj nádrže v rôznych parkoch a záhradách, ktoré majú hlavne okrasný charakter. Podľa Hrabala a kol. (1980) ide spravidla o nádrže, ktorých objem neprekročí 3000m³.

MVN sa delia podľa funkcie na rôzne kategórie. Rôzni odborníci sa na toto delenie pozerajú odlišne. Záleží od zamerania a pohľadu na danú tému. Okrem základných kategórii, ktoré už boli spomínané majú nádrže aj krajínovornú či ekologickú funkciu, ďalej hygienickú, estetickú funkciu a v nemalej miere aj zachytávanie a neskôr aj využívanie dažďovej vody.

3.1.5 Rozdelenie priestoru v MVN

MVN sú rozdelené podľa Heryneka a Tlapáka (2002) do troch vertikálnych častí podľa využitia priestoru, a to priestor stály, zásobný a ochranný. Na obrázku č.2 je vidieť toto rozdelenie priestoru v nádrži, a v tomto prípade sa jedná o prietochnú nádrž, kde sa nachádzajú všetky priestory. Sú však aj prípady, kde pri niektorých nádržiach sú určité priestory značne obmedzené, prípadne chýbajú úplne. Hospodárske nádrže sa vyznačujú tým, že takmer celý priestor tvorí zásobná časť, naopak napríklad pri nádržiach s ochranným účelom sa zásobná časť takmer vôbec nenachádza. Rybochovné nádrže sa zase vyznačujú chýbajúcim stálym priestorom.



Obrázok 2 - Delenie priestoru v nádrži

Zdroj: Herynek, Tlapák, 2002

A_s – stály priestor, A_z – zásobný priestor, A_r – retenčný priestor ovládateľný, A_n – retenčný priestor neovládateľný. Hladiny: 1- stáleho nadržania, 2 – zásobného priestoru, 3 – ovládateľného priestoru, 4 – neovládateľného priestoru

Najspodnejšia časť v nádrži sa nazýva *stály priestor*, a v prípade že sa tento priestor v nádrži nachádza ide o časť, ktorá sa vôbec nevypúšťa, len vo výnimočných prípadoch, ako je napríklad odbahnenie. Vo väčšine prípadov je v nej naplavené veľké množstvo sedimentov, ale neovplyvňuje to funkciu nádrže. V rybochovných

nádržiach sa takýto priestor nenachádza z dôvodu, že sa tieto nádrže pravidelne vypúšťajú a obhospodarujú.

Ďalšia časť je *zásobný priestor*, ktorý ma hlavne zásobnú funkciu. Veľkosť zásobného priestoru v nádrži závisí od rôznych faktorov, ako sú vodný zdroj alebo reliéf.

Najvrchnejšia časť v nádrži je *ochranný priestor*, ktorý sa delí na časť, ktorá je ovládateľná a časť, ktorá už nie je ovládateľná. Ochranný priestor je významný pri povodniach, kde je jeho hlavnou úlohou zadržať veľkú vodu. Ovládateľný priestor je priestor, ktorý ešte môžeme ovplyvniť a škodlivú prebytočnú vodu odvieť cez bezpečnostný prepad, naopak neovládateľný priestor je priestor, kde už hladinu nemôžeme ovplyvniť a dochádza k preliatu cez korunu hrádze.

3.1.6 Zanášanie MVN

To, že sa vodné nádrže zanášajú je dôsledkom rôznych procesov. Medzi tie najhlavnejšie prirodzené príčiny patrí erózia, transport a následne ukladanie sedimentov v nádrži, ktoré vzniká hlavne prítokom alebo splachmi z okolia. Ďalšie príčiny podľa Berana a Vrátu (2013) sú vnútorné zanášanie a brehová abrázia. Brehová abrázia je jav, ktorý spôsobuje vlnobitie na brehy nádrže. Vplyvom tohto vlnobitia sa uvoľňujú časti zeminy do nádrže. Závisí to, nielen na sklone svahu, pôdnom profile, či pôdnom pokryve, ale aj na antropogénnej činnosti či momentálnych klimatických pomeroch. Posledným zdrojom je vnútorné zanášanie. To vzniká v dôsledku toho, že v nádrži žije množstvo živých organizmov, či už vodných rastlín alebo živočíchov. Ich rastom, vyvíjaním ale aj odumieraním a rozkladom vzniká ďalšia príčina prirodzeného zanášania.

Vodné nádrže sú pre okolité prostredie významné a proces zanášania ovplyvňuje, nielen život v danej nádrži. Ďalšie dôsledky sú, že prostredie, kde sa naplavujú sedimenty je nevhodné pre všetky živé organizmy, keďže sa tieto organizmy ochudobňujú o kyslík. Taktiež sa znižuje kapacita nádrže, ale hlavne životnosť objektov. Veľký problém je potom aj pri užívaní objektu (Fulajtár, Jánsky, 2001).

Zanášanie malých vodných nádrží je problém, ktorý si vyžaduje účinné riešenie, nakoľko vzniká dlhodobým procesom. Okrem problému samotného zanesenia nádrže, môžeme zaradiť do komplexu príčin zanesenia aj fakt, že sa v danej problematike včas nevenuje. Ide nielen o nezáujem o údržbu, ale aj nedostatok finančných prostriedkov na danú problematiku (Beran, Vrána, 2013). Z týchto mnohých dôvodov sa dnes v čoraz väčšej miere stretávame s požiadavkami na stanovenie určitej miery zanesenia, teda objemu a hrúbke dnových sedimentov v nádržiach. Správne stanovenie množstva sedimentov je najhlavnejší predpoklad pre návrh určitých efektívnych opatrení na ich odstránenie, aby vodná stavba plnila svoju funkciu čo najúčinnšie a čo najdlhšie.

Podľa Heryneka a Tlapáka (2002) je veľmi dôležité, aby sa odbahňovanie nádrží považovalo za dôležitú súčasť údržby. Počas prípravy na odstraňovanie sedimentu je potrebné zistiť aké množstvo sedimentu sa na dne nachádza, ale aj akej je sediment kvality. Ďalej je potrebné sa rozhodnúť ako sa sediment odťaží, ale aj ako sa s ním bude ďalej nakladať, čo znamená určiť mu nejaké vhodné využitie. Poslednou súčasťou prípravy je dôsledne zvážiť finančné prostriedky. Odbahňovanie je záležitosť, ktorá je veľmi finančne náročná. Práve preto, si táto príprava vyžaduje dostatočný plán, aby nedošlo k zbytočnému predražovaniu.

Pre odstránenie sedimentov poznáme tri spôsoby. Je to odstraňovanie bahna suchou, mokrou a kombinovanou cestou. Prvý spôsob je založený na vypustení nádrže a následnom vysušení bahna. Väčšinou prebieha tento spôsob vypustením nádrže pred zimou a následným odstránením bahna na jar. Odbahňovanie nádrže mokrou cestou je finančne náročnejšie a jedná sa o sacie bagre plávajúce na hladine. Pri takomto odstránení bahna dochádza k odberu bahna aj s vodou. Na premiestňovanie je preto potrebná doprava, ktorá dokáže prepraviť bahno aj s vodou. Sú prípady, kedy dochádza aj ku kombinácii týchto dvoch. Všetko záleží na stabilite brehov ale aj na nepriepustnosti dna, kde musíme posúdiť či ťažké mechanizmy dno neporušia (Beran, Vrána, 2013).

Z histórie máme známe okrem spomínaných spôsobov aj odstránenie bahna „karbovaním“. Je to spôsob, kedy dochádza k rozvíreniu bahna a následnom vypustení nádrže, kedy dôjde k odtečeniu bahna aj s vodou. Situáciu to však nijako

nerieši, nakoľko sa len bahno presunie inam. Druhý spôsob bolo odstreľovanie bahna. Oba spôsoby sú však z ekologického hľadiska neprijateľné, avšak aj dnes používané spôsoby majú veľký dopad na krajinu. Akýkoľvek spôsob odbahnenia má drastické následky a veľmi ovplyvní život v nádrži aj v jej okolí (Herynek, Tlapák, 2002).

Na odstránenie bahna z rybníkov a MVN môže správca danej nádrže získať od štátu dotácie, podľa § 102 odstavec 3 Zákona č. 254 / 2001 Sb., ktorej súčasťou je program 129 130 – „Podpora obnovy, odbahnenia a rekonštrukcie rybníkov a výstavby vodných nádrží“. Cieľom tohto programu je posilniť protipovodňové funkcie nádrží a rybníkov a zároveň aj zvýšiť ich bezpečnosť. Doba trvania tohto programu je po dobu rokov 2007 – 2016.

3.2 Batymetria

Termín výrazu batymetria, pochádza z gréckeho slova – *bathos*, čo v preklade znamená hĺbka, a je to definované tiež ako určité meranie hĺbky v moriach, oceánoch alebo iných vodných plochách (Gwinn a kol., 1987). V súčasnosti sa na toto meranie používajú rôzne druhy moderných prístrojov avšak v minulosti spočívalo toto meranie len v použití olovnice a povrazu. Toto meranie však považujeme sa veľmi nepresné, keďže meranie prebiehalo len v určitom bode (Gwinn, 1987). Dnes sa však používajú rôzne moderné metódy, aplikácie a sonary a akustické systémy, ktoré pracujú s Dopplerovým javom (Pokorná, 2006). To s akým prístrojom sa v akej situácii pracuje záleží najmä na finančných možnostiach.

Dr. Wagner sa považuje za zakladateľa batymetrie na území Českej republiky. V roku 1896 totižto zhotovil svoje vlastné batymetrické meranie. Na jeho meranie nadviazal aj profesor Švampera v roku 1903, ktorý zameral brehovú líniu pomocou teodolitu a samotnú hĺbku v jazerách meral tak, že cez jazero napol drôt, kde na vyznačených značkách spúšťal do vody lanko na konci so závažím čo dôsledne zaznamenával (Šobr, 2003).

Pre údržbu nádrže a zabezpečení jej plynulého fungovania je dôležité zisťovať priebežne stav zanesenia nádrže. Vo väčšine prípadov sa batymetria využíva na mapovanie dna morí a oceánov pre tvorbu podmorských máp. Dnes je však veľmi časté mapovanie aj sladkovodných plôch, ktorými sú napríklad nádrže.

Pri skorom určení zanesenia a správnom naplánovaní odbahnenia, môže metóda batymetrie výrazne predĺžiť životnosť nádrže (Huggett, 2008). Pri správnom zameraní a porovnávaní viacerých meraní dokážeme určiť aj rýchlosť a mieru zanášania v budúcnosti. Je to veľmi dôležité pre ochranenie akumuláčného priestoru.

Využitie batymetrie je rôznorodé. Okrem tvorby podmorských máp sa batymetria využíva aj na tvorbu máp pre námorné lode, ďalej aj pri rôznych priemyselných odvetviach. Ide napríklad o hľadanie ropných ložísk, v niektorých krajinách vyhľadávajú min, vrakov lodí a lietadiel pri haváriách. Najdôležitejšie využitie však stále majú mapy a ich využitie v rôznych odboroch (Pokorná, 2006).

3.2.1 Metódy batymetrie

Ako je už spomínané v predošlej kapitole, tak batymetrické merania prebiehali v minulosti rôznymi spôsobmi. Dôležité je však povedať, že všetky tieto hodnoty, ktoré boli namerané sa spracovávali ručne vykresľovaním do máp a bolo to veľmi časovo náročné. Dnes nám k meraniu slúži rad moderných prístrojov, ktoré fungujú na rôznych akustických a optických zákonitostiach.

K moderným prístrojom batymetrie radíme rôzne sonary. Na princíp fungovania takýchto sonarov získal ako prvý patent v roku 1913 Alexander Behm, ktorého viedla k tomuto kroku katastrofa na Titanicu rok predtým. Jeho pôvodným plánom bolo sledovať podmorské ľadovce a včas ich lokalizovať, avšak prišiel nato, že takýto sonar lepšie slúži na mapovanie celého podmorského dna (Salous, 2013).

Od získania prvého patentu po súčasnosť prešli sonary mnohými vylepšeniami. Medzi tie najzákladnejšie patrí podľa Nováka a kol. (2015) *jednopaprščitý sonar*, *mnohopaprščitý sonar*, *bočný sonar*, *ADCP*. Taktiež k týmto základným moderným prístrojom môžeme zaradiť *lidar*.

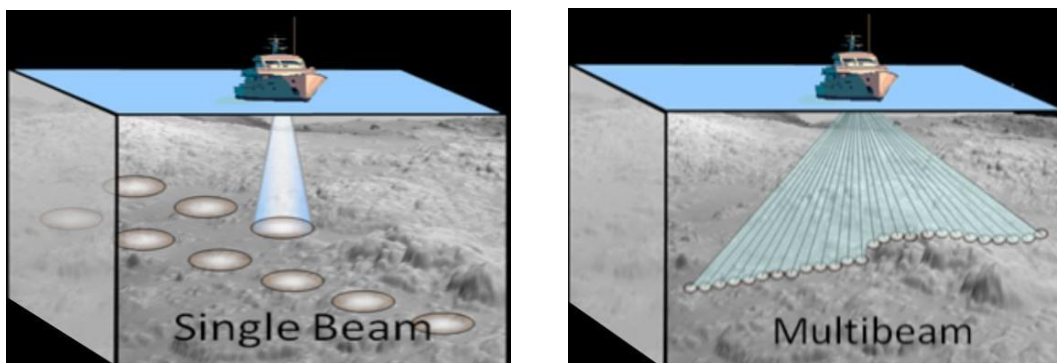
Jednopaprščitý sonar (Single beam echo sounder)

Tento sonar funguje na princípe zobrazovania dna pod paprskom v tvare kužela. Tento kužel má väčšinou šírku okolo 20°. Čím je však veľkosť uhla väčšia, tak je aj záber dna väčší (Pokorná, 2006). Tieto sonary sú veľmi využívané v oblasti rybárstva, keďže dobre zobrazuje, či sa nachádzajú pod plavidlom ryby, avšak nie sú

príliš vhodné pre plošnú batymetriu, keďže môže dôjsť pri určitých prekážkach ku skresľovaniu dna (Garmin, 2000).

Mnohopaprscitý sonar (Multibeam echo sounder)

Hlavným rozdielom od jednopaprscitých sonarov je už podľa názvu jednoznačné, že sa nejedná o jeden praprsk. Práve preto sú oveľa efektívnejšie a účinnejšie, keďže mapujú dno viacerými praprskami naraz. Je preto viditeľný rozdiel už v cene takéhoto sonaru, ale výsledky sú oveľa viditeľnejšie a jeho najväčšie využitie je práve pri skúmaní krajiny pod hladinou morí a oceánov (SEABEAM, 2000). Vlastnosti jednotlivých sonarov sú špecifické pre každého výrobcu, ale väčšinou sa uhol záberu praprskov pohybuje medzi 100°- 140° a hĺbka zamerania dosahuje až niekoľko stoviek kilometrov (Kongsberg, 2014).



Obrázok 3 - Jednopaprscitý vs. Mnohopaprscitý sonar

Zdroj: [Oceanexplorer]

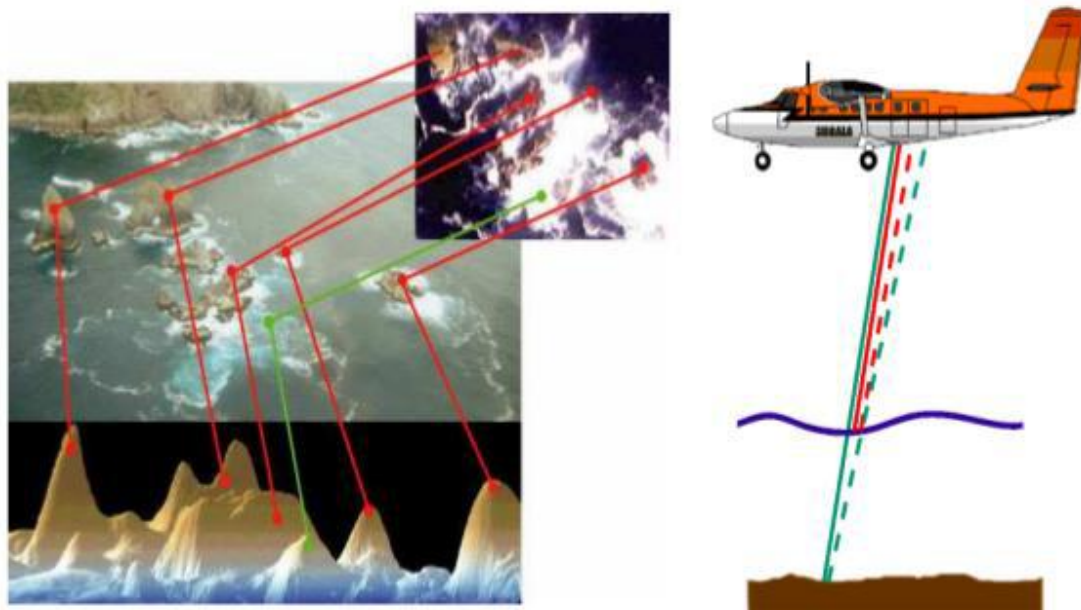
http://oceanexplorer.noaa.gov/oceanos/explorations/ex1105/media/ex1105_4.html

Bočný sonar (Side beam sounder)

Je to medzi sonarmi jedno z najzložitejších, ale aj najpokročilejších prevedení. Vykresľuje presný obraz, ktorý je vysokej kvality pod vodnou hladinou a pokrýva priestor približne o šírke 140 metrov. Tento systém sa tiež vyznačuje tým, že sa pri ňom dajú určovať GPS súradnice, čím je možná presná lokalizácia, a taktiež je jeho veľká výhoda, že vykresľuje aj v kalnej vode a v kombinácii s mnohopaprscitým sonarom má veľké využitie. Najväčšia výhoda však je, že pomocou neho sa dá určiť zloženie dna, keďže sa schopnosť odrážať zvuk pri rôznych materiáloch líši.

Lidar (Light Detection And Ranging)

Je to jeden z najefektívnejších prostriedkov, avšak sa využíva len do hĺbky 50 metrov. Jeho rýchlosť a presnosť závisí na type skeneru. Táto metóda funguje na diaľkovom zameraní vzdialenosti a následnom vypočítaní doby, za ktorú sa šíril pulz odrazeného paprsku od objektu (URL 2). Princíp na ktorom pracuje tento prístroj je vlastne len rýchlosť šírenia svetla. Vzhľadom k tomu, že vieme ktorým smerom sa vysiela paprsek laseru, vieme určiť polohu každého bodu. Jeho nevýhodou je, že pri batymetrii sa využíva len v zriedkavých prípadoch, keďže je známe že voda pohlcuje infračervené žiarenie, ktoré sa väčšinou pri Lidare využíva. Je nutné v takomto prípade využívať iné farebné spektrá. V súčasnosti je bežné kombinovať žiarenie infračervené so žiarením zelenomodrým, čo sa využíva najmä pri mapovaní pobreží. Ide o systém DIAL – Differential Absorption Lidar. Jeho podstatou je že dokáže zároveň zmapovať dno a zároveň, aj zaznamenať vodnú hladinu, čo vedie k veľmi rýchlemu vytváraniu pobrežných máp (URL 3).



Obrázok 4 - Systém DIAL

Zdroj: Optech, 2004 in Dolanský, 2004

ADCP (Acoustic doppler profiler)

Je to prístroj určený k meraniu prietokov, hĺbok a rýchlosti vody, ale aj na meranie samotnej batymetrie vodných tokov a táto nová metóda sa využíva aj pri

problematike zanášania nádrží (Visbeck, 2002). Systém fungovania prístroja spočíva v použití zvuku. Vďaka zvukovým vlnám meriame rýchlosť, ktorou voda prúdi na princípe Doppleroveho javu, ktorý využíva to, že vlny sú vysielané s určitou frekvenciou a po odrazení sa vrátia späť už so zníženou frekvenciou. Pre výpočet sa využíva práve tento posun medzi odrazom a prijatím späť. Plavidlo, pomocou ktorého prebieha meranie by malo mať vlastný pohon, počítač a GNSS navigáciu (Novák a kol., 2015).

Prístroj RiverSurveyor M9

Je to jeden z najpokročilejších ADCP prístrojov v súčasnosti na trhu a patrí pod americkú spoločnosť SONTEK. Ako uvádza Novák a kol.(2015) základné časti tohto prístroja sú hlavice, PCM, GPS modul a plavák, na ktorom prebieha meranie. Hlavica sa nachádza na plaváku a vysielala smerom ku dnu zvukové vlny. Pomocou káblu sa tento modul prepojí s modulom napájacím a komunikačným a ten slúži na komunikáciu s mobilným zariadením (pri spracovaní tejto práce použitý mobilný telefón). V tomto PCM module je taktiež integrovaný GPS, ktorý vďaka RTK GPS technológii umožňuje presnú lokalizáciu, avšak na brehu nádrže musíme umiestniť skalibrovanú stanicu, ktorá je stacionárna.

Ako je vidieť na priloženom obrázku č.5 tak sa na hlavici nachádzajú dve štvorice senzorov (viď žlté a čierne). Sensory sa nachádzajú pod uhlom 25° a každá štvorica vysielala inú frekvenciu ultrazvuku. Ide o hodnoty 3MHz a 1MHz a prepína sa to automaticky v závislosti akú hĺbka je potrebné zmerať(Erdem, 2013). Uprostred hlavice sa nachádza ešte jeden senzor a ten meria výhradne vertikálny smer a pracuje na frekvencii 0,5MHz.



Obrázok 5 - RiverSurveyor M9

Zdroj: [Sontek]

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

Novák a kol.(2015) tiež uvádzajú, že veľká výhoda tohto prístroja je, že okrem presného zamerania hĺbky je vďaka RTK GPS možné určiť aj presnú polohu až do presnosti na cm, a taktiež je súčasťou prístroja aj hard-disk s kapacitou až 8GB, čo umožňuje priebežné ukladanie nameraných dat.

3.3 Digitálny terénny model reliéfu

Digitálne terénne modely reliéfu (DTM) sú veľmi častou geoinformačnou technológiou, ktorá sa využíva na reprezentáciu mapovaného reliéfu v prostredí zvoleného systému, čo v tejto práci predstavuje ArcGIS Desktop. Umožňuje to reliéf nielen zobrazovať, ale následne ho aj analyzovať a pracovať s ním a získavať o ňom radu informácií potrebných pri rozhodovaní sa v ďalších možných procesoch (Rapant, 2005).

Vedná disciplína, ktorá sa povrchovými útvarmi na Zemi zaoberá je topografia a práve rôzne štruktúry zobrazenia týchto útvarov nazývame DTM. Medzi takéto štruktúry neradíme, len rôzne výpočtové technológie, ale aj napríklad vrstevnice, rastre a rôzne trojuholníkové siete (Vivoni a kol., 2004).

Najčastejšia štruktúra zobrazenia DMT je práve formou rastru. Každý raster je reprezentovaný pixlami, ktoré sú väčšinou štvorcového tvaru a ich veľkosť je voliteľná, čím sa určí aj kvalitu snímku. Tieto bunky – pixely sú pravidelne rozmiestnené a vytvárajú celkový raster (Peralvo,2002). V porovnaní s klasickou mapou je digitálny model aj súborom číselných dat, ktoré podávajú podrobné a dôležité informácie (Urban, 1991).

3.4 Interpoláčné metódy

Interpolácia je proces, pri ktorom vďaka vhodne zvolenej metóde je možné pri bodovom poli odhadnúť hodnoty, ktoré sa nachádzajú v okolí meraných bodov (Peralvo, 2002). Pri tomto batymetrickom meraní, bolo vytvorené pri nádrží bodové pole v troch polohách a to X,Y,Z. Na základe vhodnej metódy sa vyhodnotia interpoláciou potrebné hodnoty a vytvorí sa spojitý raster (Borrough a kol, 1998). Tento spojitý raster nám predstavuje digitálny model terénu (vid' kapitola 3.3), kde môžeme vidieť členitosť dna nádrže.

Interpoláčnych metód je veľa druhov a každá sa opiera o rôzne kritéria, niektoré o prvky náhodných veličín, iné sú založené na úsudku racionálnom, prípadne na iných požiadavkách (Ježek,2008). Křikavová (2009) však posudzuje interpolačné metódy z dvoch hľadísk a to globálne metódy a lokálne. Veľkou výhodou globálnych oproti lokálnym je fakt, že globálne zahrňujú pri svojich výpočtoch všetky body, ktoré boli nameraná a v prípade, že zmeníme čo i len jeden vstupný bod tak to ovplyvní celý výsledok. Metóda lokálna naproti tomu počíta, len menšiu lokalitu, čo pri zmene vstupných dat mení len výsledok menšej oblasti.

Pri spracovaní merania tejto práce bol použitý program ArcGIS od spoločnosti ESRI a na výpočet DTM boli použité tri interpolačné metódy. Ide o metódu *Natural Neighbor*, *Spline* a metódu *Topo To Raster*.

Natural neighbor

Táto metóda sa v preklade označuje aj ako metóda prirodzeného suseda. Prvý krát túto metódu zaviedol Sibson v roku 1981 (Arun,2013). *Natural Neighbor* funguje na princípe použitia Thiessnových polygonov, čo je vlastne umiestnenie bodov do už existujúcej siete. Odhad hodnoty je teda určený podľa najbližšej hodnoty, ktorá bola nameraná, a preto je vhodné pri zvolení tejto metódy, ak máme namerané body približne rovnomerne rozmiestnené (Burian, 2008). Hodnoty sú však v rozmedzí meraných bodov, čiže sa nevytvárajú žiadne vrcholy ani údolia (Arun, 2013).

Spline

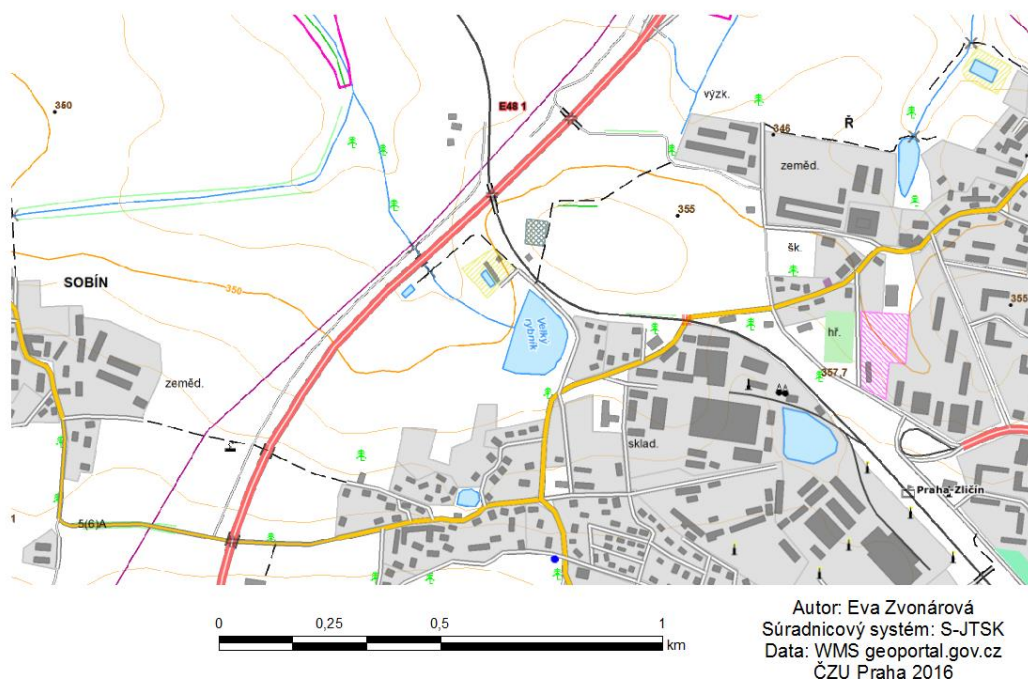
Interpoláčná metóda *Spline* sa tiež môže označiť aj ako metóda minimálnej krivosti a funguje na princípe, že odhaduje hodnoty na základe matematických funkcií (Křikavová, 2009). Výsledkom takéhoto rastru je, že povrch má minimálnu krivosť a považujeme ju za vhodnú pri vytváraní batymetrických máp, avšak je potrebné vhodné nastavenie. Táto metóda dokáže zaznamenať výrazné zmeny v tvare dna, len v prípade, že ich nameriame výrazne blízko seba. Takéto meranie by bolo pre prax nevhodné, preto umožňuje software GIS nastavovať a prispôbovať výpočty tak, aby sme dosiahli čo najlepší výsledok v danej situácii.

Topo to raster

Je to jedna z najvhodnejších metód pre tvorbu interpolácii pri vodnej nádrži, keďže bola vytvorená pre tvorbu hydrologických DMT a umožňuje modelovať zmeny v teréne, ako sú napríklad odtoky, tvary vodných tokov alebo ich línie (Oršulák, Pacina, 2010). Jedna z najväčších výhod je to, že dokáže pracovať s vrstevnicami. Funkcia *Topo to Raster* dokáže akceptovať viacero vstupných dát, ktorými sú viaceré bodové, líniové aj polygonové vrstvy, ktoré predstavujú vodné toky, plochy a výškové body.

4 Malá vodná nádrž Veľký Rybník

MVN Veľký rybník, označovaná tiež ako „Dolejšák“ sa nachádza v povodí Litovicko -Šáreckého potoka a ide o malú vodnú nádrž využívanú na účely rybárstva súkromným rybárskym zväzom.

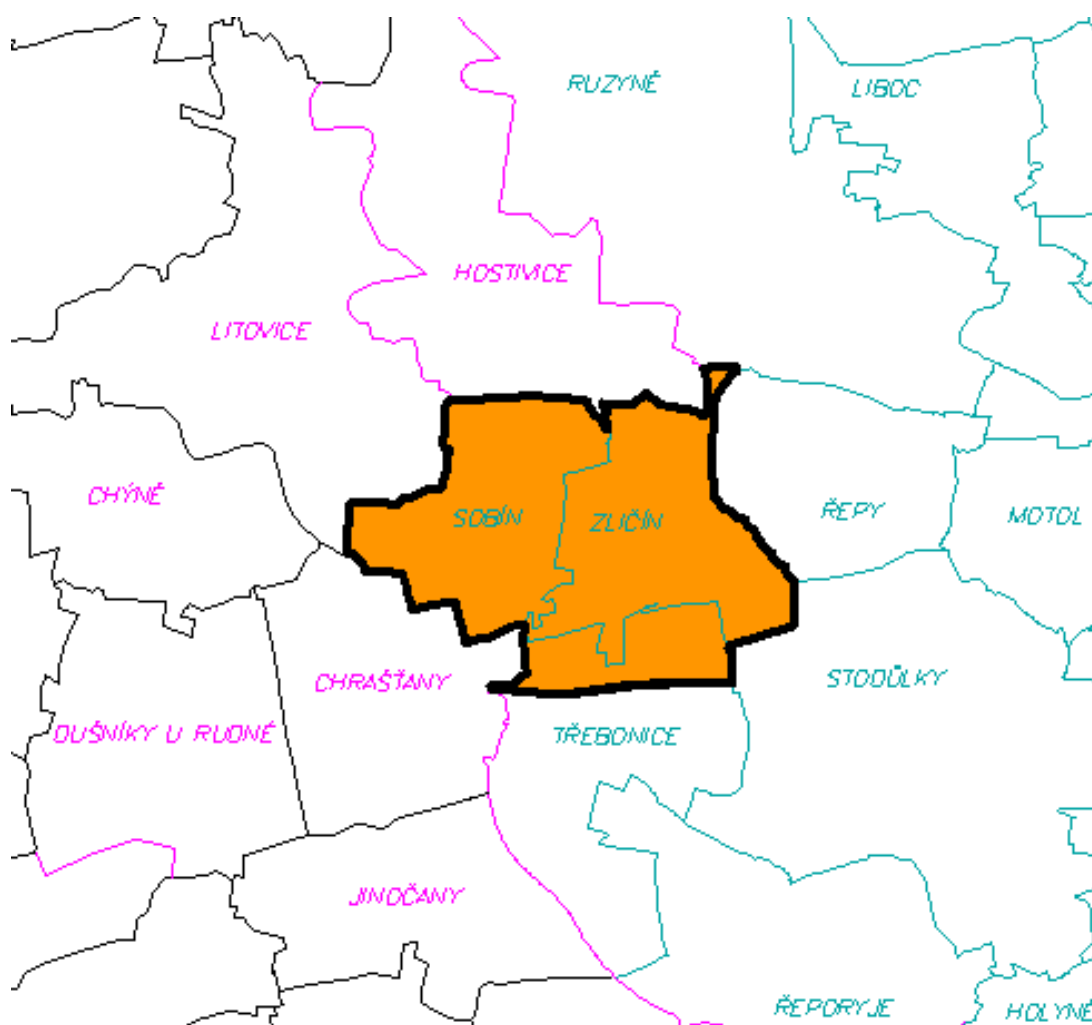


Obrázok 6 - Mapa lokality, kde sa nachádza vybraná nádrž

Zdroj: geoportal.gov.cz – spracované v programe ArcGIS

4.1 Vymedzenie vybranej lokality

MVN Veľký rybník sa nachádza na okraji Prahy v blízkosti mestskej časti Praha - Zličín, ktorá sa nachádza v západnej časti hlavného mesta - Prahy. Túto mestskú časť tvoria katastrálne územia Zličín, Sobín a Třebonice a táto časť susedí s mestskými časťami Praha 17, Praha 13, Praha 6, s obcou Chrást'any a s mestom Hostivice, kde je najväčšia časť sústavy nádrží Litovicko – Šáreckého potoka.



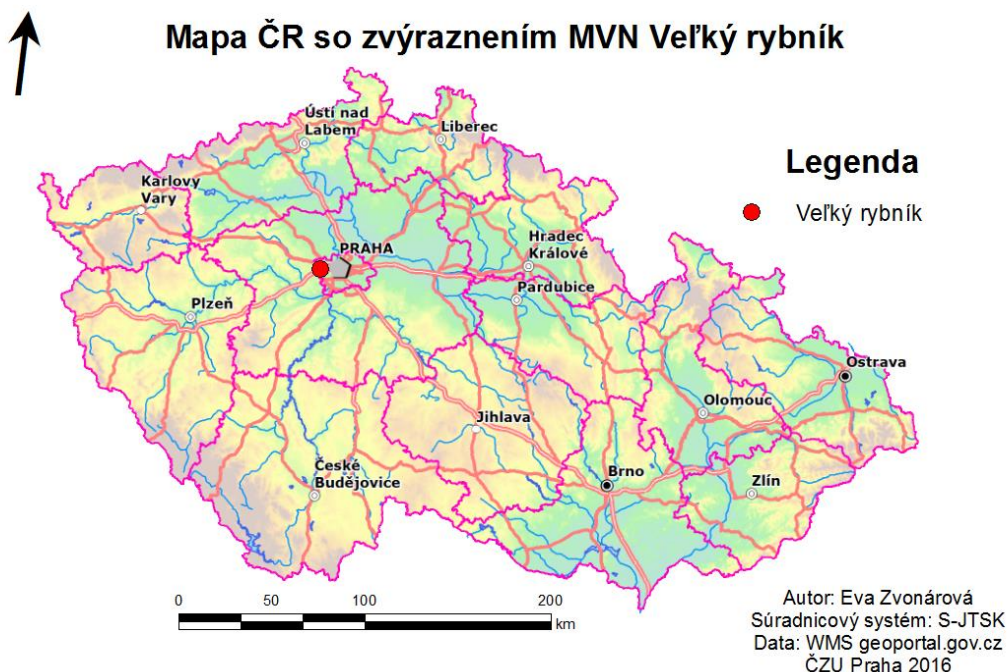
Obrázok 7 - Katastrálne rozdelenie lokality

Zdroj: [MČ Zličín]

<http://www.mczlicin.cz/index.php?menu=2&obsah=uzem>

Nádrž Veľký rybník sa nachádza na parcele číslo 704/9 a patrí do katastrálneho územia Zličín [793264] a podľa katastru nehnuteľností je evidovaná

výmera tohto pozemku s rybníkom 18 851m².Jedná sa o vodnú plochu a vlastnícke právo pripadá spoločnosti Rybárstvo Třeboň Hld.a.s, ktorá sa zaoberá najmä prenájmom rybníkov, avšak účely na aké využívajú a plánujú využívať daný rybník sa nepodarilo zistiť.



Obrázok 8 - Mapa ČR s vybranou nádržou

Zdroj: geoportal.gov.cz – spracované v programe ArcGIS

4.2 História a využitie nádrže Veľký Rybník

V minulosti patril Veľký rybník štátu ČR a v roku 1920 požiadala obec Zličín o jeho pridelenie. Štát vtedy túto žiadosť zamietol a rybník namiesto toho prenajal rybárskemu hospodárskemu družstvu, ktoré vtedy sídlilo v Prahe. Taktiež tento rybník spoločne s rybníkom Sobotka boli v minulosti súčasťou vodovodného systému Zámockého príkopového vodovodu.

V súčasnosti sa Veľký rybník využíva na rybárske účely, avšak je to súkromný revír a pre rybolov je tu potrebné povolenie, inak hrozí od vlastníka pokuta, načo upozorňuje aj tabuľa v jeho blízkosti. Mestská časť Zličín však už dlhé

roky uvažuje o tom, žeby sa tento rybník prebudoval na prírodné kúpalisko. Vynakladá veľké úsilie o to, aby získala nejakú finančnú podporu a povolenie pre získanie rybníka do ich vlastníctva a následne prebudovanie na kúpalisko. Zatiaľ sa aspoň mesto snaží využívať okolie rybníka, ktoré využíva na rôzne akcie pre mládež a deti, buduje v okolí cyklotrasy a v zime sa využíva aj samotný rybník ako prírodné klzisko. Plány mesta ďalej informujú o tom, že v prípade získania dostatku financií by za nádržou „Dolejšák“ radi vybudovali odpočinkovú zónu, avšak to je podobne ako návrh prírodného kúpaliska, zatiaľ len vízia mestskej časti.

Najväčším prekážkou pri týchto plánoch mesta by mohla byť spoločnosť KLIO s.r.o, ktorá v blízkosti nádrže sídli. Keďže táto spoločnosť prevádzkuje chemicko – technologickú čističku odpadových vôd je tu možné riziko znečistenia. Podľa spoločnosti ENVICONS s.r.o, ktorú magistrát hlavného mesta Prahy požiadal o hydrobiologický monitoring lokality v okolí Zličínskeho potoka, je práve spoločnosť KLIO s.r.o možným zdrojom znečistenia, a tým aj možným ohrozovateľom kvality vody v nádrži (URL 10)

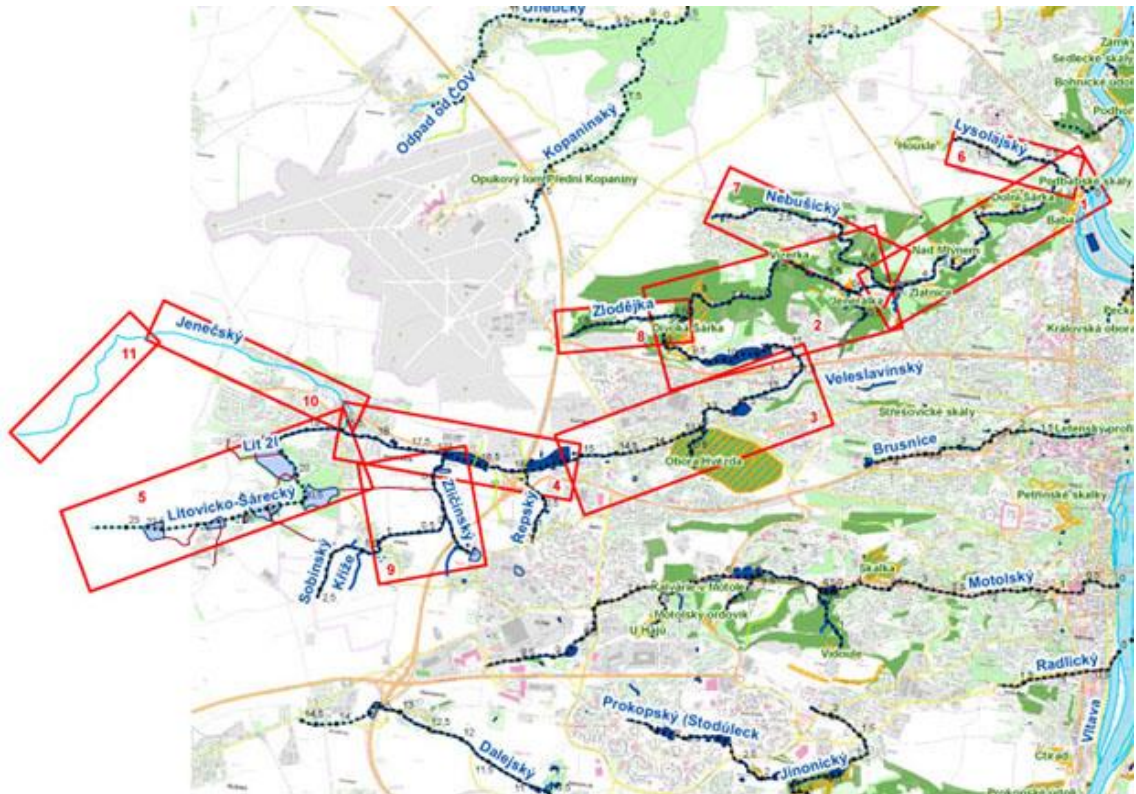
4.3 Charakter záujmového povodia

Vybraná nádrž sa nachádza v povodí Litovicko – Šáreckého potoka. Dĺžka potoka je 21,28 km a plocha celého povodia predstavuje 62,9 km. Vodný tok spravuje hlavné mesto Praha a o údržbu potoka sa starajú Lesy hl. m. Prahy. Ich úlohou je nielen čistenie koryta, ale aj úprava vegetácie v jeho okolí. Litovicko – Šárecký potok pramení blízko obce Chýně a ústi do Vltavy v Prahe – Sedleci. Medzi tie najznámejšie prítoky patrí Lysolajský potok, Nebušický potok, Jenečský potok a Zličínsky potok. Časť tohto povodia je súčasťou prírodného parku, ktorým je Šárka – Lysolaje (Lesy hl.m.Prahy, URL 8).

Na obrázku č.9 môžeme vidieť klady listov, ktoré znázorňujú záujmové povodie, ale aj povodie jeho prítokov. Vďaka tomu, že sa do tohto povodia dostávajú okrem prítokov aj splaškové či priemyselné vody radíme ho do IV.triedy znečistenia.

Zličínsky potok, ktorý sa tiež vlieva do Litovicko – Šáreckého potoka je vodný tok, ktorý odvádza vodu práve z MVN Veľký rybník. Dĺžka potoka je 1,5 km a podľa Vurma sú povodňové prietoky pre $Q_{100} = 7,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Práve Zličínsky potok má

jeden z najväčších vplyvov na znečistenie celého povodia. Hlavným dôvodom je spomínaná spoločnosť KLIO s.r.o, ktorá má na svedomí niekoľko havárií za posledné roky, ktoré boli zmonitorované. V blízkosti vyústenia vody z tejto ČOV do potoka bola zaznamenaná pena na hladine, uhynuté ryby, ale aj havárie, kde sa vyskytovali vo vode škvrny ropného pôvodu. Vo viacerých prípadoch boli na Zličínskom potoku odoberané vzorky pre rozbor, ale tieto mimoriadne udalosti sa každým rokom opakujú.



Obrázok 9 - Klady listov povodia Litovicko - Šáreckého potoka a jeho prítokov

Zdroj:[Praž – Priroda]

<http://www.praha-priroda.cz/odborna-verejnost/zaplavova-uzemi/litovicko-sarecky-potok/>

4.4 Popis MVN Veľký Rybník

Nádrž a okolie sa nachádzajú v nadmorskej výške okolo 351 m.n.m. Okolie nádrže je zväčša rovinný terén. Ktorý je zatravněný a nádrž zapadá do okolitého prostredia.

Koruna hrádze je zatravnená a mesto tu organizuje rôzne aktivity pre občanov. Hrádza z návodnej strany je vyložená betónovými panelmi a po celom obvode nádrže sa nachádza vysoký trávnatý porast, ktorý poskytuje vodnému vtáctvu úkryt a priestor na hniezdenie. V blízkosti sa nachádza aj niekoľko vysokých stromov a vďaka týmto faktorom budí nádrž dojem prírodného diela, napriek tomu že po jej obvode sčasti vedie cestná komunikácia a niekoľko metrov od komunikácie aj železničná trať.



Obrázok 10 - Fotografia nádrže

Zdroj: autorka

Na tejto nádrži sa nenachádza bezpečnostný prepad a výpustné zariadenie je umiestnené uprostred hrádze. Ide o betónové výpustné zariadenie, ktoré je dvojdrážkové. Prístup k nemu je cez železnú lavičku, ktorá avšak nie je príliš

udržiavaná. Výpustné zariadenie vypúšťa nádrž do Zličínskeho potoka, ktorý sa následne u Peterkovho mlyna vlieva do Litovicko – Šáreckého potoka.



Obrázok 11 - Fotografia výpustného zariadenia

Zdroj: autorka

5 Metodika

Pre batymetrické zameranie MVN Veľký Rybník bol použitý prístroj River Surveyor M9 od firmy Sontek. Tento prístroj funguje na princípe fungovania metódy ADCP. Hlavica tohto prístroja bola vložená do kajaku, ktorý bol špeciálne upravený Katedrou vodného hospodárstva a environmentálneho modelovania na Českej zemědělskej univerzite. Kajak bol zvolený z dôvodu, že vďaka jeho stavbe nedochádza k veľkému ponoru, čo je pri nádržiach vhodné.

Okrem hlavice sa vkladá do kajaku aj komunikačná jednotka, ktorej úlohou je spracovať signál, ktorý vysiela RTK. RTK stanica sa nachádza stabilne umiestnená na brehu nádrže. Pre prenos signálu z kajaku je potreba pripojiť aj anténu, vďaka ktorej vieme určiť presnú GPS polohu a napokon prepojiť komunikačné a meracie zariadenie. Počas celého merania sa všetky namerané hodnoty zaznamenávajú na mobilný telefón, ktorý má jazdec v kajaku vo svojej blízkosti vo vode odolnom obale. Tieto hodnoty sa odosielajú pomocou Bluetooth a je potrebné nastaviť tu čas, miesto merania, a tiež váhu jazdca, aby sme vedeli určiť ako hlboko bude kajak ponorený.



Obrázok 12 - Prístroj pripravený na meranie

Zdroj: Petr Bašta

Po zostavení prístroja je potrebné ešte pred samotným meraním uskutočniť kalibráciu prístroja, aby sme predišli chybám, ktoré môžu pri náklone nastať. Je potreba myslieť nato, aby sa pri kalibrácii v blízkosti nenachádzali kovové predmety, pretože je možné, že dôjde k chybnnej kalibrácii.

Samotné meranie prebiehalo v prípade nádrže Veľkého rybníka od hrádze po obvodu a následne podľa obrázku nižšie šachovnicovým spôsobom. Hlavným dôvodom bolo zamerať body tak aby sa pokryla rovnomerne celá nádrž a mohol sa vytvoriť vhodný digitálny model dna nádrže. Počas tohto merania bolo zameraných 1835 bodov a meranie prebiehalo v nadmorskej výške 351,15 m.n.m.

↑ **MVN Veľký rybník so zameranými bodmi (celkovo 1835 bodov)**



0 0,025 0,05 0,1 0,15 km

Autor: Eva Zvonárová
Data: WMS_Ortofoto geoportal.gov.cz
WGS_1984_UTM_Zone_33N
Praha 2016

Obrázok 13 - Rozmiestnenie nameraných bodov

Zdroj: geoportal.gov.cz – spracované v programe ArcGIS

5.1 Interpolácia DTM

Namerané hodnoty a súradnice boli prevedené do tabuľky v *MS Excel* a odtiaľ boli následne nahrané do programu ArcGIS. Pred nahratím do ArcMapu bolo potrebné nastaviť súradnicový systém na *WGS_1984_UTM_Zone_33N*. Ku

každému bodu z merania boli k dispozícii v *MS Excel* hodnoty ako číslo bodu, jeho hĺbka a jej referencia a taktiež aj súradnice X,Y,Z.

Pomocou podkladu z geoportálu bola nádrž zvektorizovaná a prevedená do polygonu čo umožnilo zistiť plochu nádrže, čo predstavuje podľa výpočtu v ArcGIS 17 675,5 m². Táto hodnota označuje len zvektorizovanú samotnú nádrž, na rozdiel od katastru nehnuteľností, ktorý zahŕňa aj časť z okolia, ktorú priradujú k Veľkému rybníku.

Pre samotné spracovanie meraní boli použité tri metódy. Metóda *Natural Neighbor*, *Spline*, *Topo To Raster*. Pred prácou s týmito interpolačnými metódami bolo potrebné nastaviť v GIS prostredí *3D Analyst*. Toto nastavenie je možné v záložke *Extensions*.

Ako už bolo spomínané v kapitole 3.4 tak prvou použitou metódou je *Natural Neighbor*. Po nahratí bodov do ArcMapu bola vyhľadaná v *Toolboxe* metóda *Natural Neighbor*. Následne sa vo výbere metódy zvolí bodová vrstva s hodnotami a vyberieme stĺpec *Hĺbka (Depth)*. Zvolí sa miesto uloženia a veľkosť bunky sa nastaví na 0,1m x 0,1m. Po spustení funkcie sa vytvorí raster, ktorý odpovedá už samotnému meraniu a tak nie je potrebné raster orezávať. Je potreba však nastaviť farebnú škálu a množstvo tried, do ktorých bude hĺbka nádrže rozdelená.

Ďalšia použitá metóda je *Spline*. Začiatkový postup je rovnaký, avšak pri zadávaní podmienok pred spustením je nutné zadať viac parametrov. Okrem bodovej vrstvy tu volíme veľkosť bunky na 0,5m x 0,5m, ďalej hodnotu *Weight*, taktiež 0,5, počet bodov sa zvolí na 30 a bol použitý typ metódy *Tension*. Nastavenie takéhoto rozlíšenia bolo zvolené z dôvodu, že najlepšie vystihovalo charakter nádrže vzhľadom k rozmiestneniu nameraných bodov. Po dokončení funkcie je potreba obdĺžnikový raster orezať podľa brehovej línie cez funkciu *Extract by Mask*. Napokon sa už len zvolí rovnako ako pri predošlej metóde vhodná farebná škála a počet tried rozlíšenia.

Poslednou metódou je metóda *Topo To Raster*, ktorá bola vytvorená priamo na takéto účely. Pri nastavení údajov sa zvolí bodovú vrstvu s nameranými hodnotami, nastaví sa stĺpec *Hĺbka (Depth)* a napokon typ – *PointElevation*. Veľkosť

bunky bola zvolená na 0,1m x 0,1m. Po spustení funkcie sa vytvorí raster obdĺžnikového tvaru, kde je potreba nastaviť farebnú škálu aj počet tried do ktorých bude raster rozdelený podľa hĺbky. Keďže tento raster zahrňuje aj plochu mimo nádrže, je potreba ho taktiež pomocou funkcie *Extract by Mask* orezať podľa brehovej línie.

6 Výsledky

Vo výsledkoch sa nachádzajú výstupy z prostredia GIS, ktoré boli vyhodnotené zo samotného merania. Bola vypočítaná kapacita nádrže, ale keďže nebol poskytnutý Manipulačný poriadok nádrže od vlastníka nádrže, nie je možné zhodnotiť ako veľmi je daná nádrž ohrozená zanesením. To, že je nádrž zanesená však momentálne je zreteľné podľa rastrových výstupov najmä v častiach okolo brehov. Pre určenie rýchlosti zanášania by bolo vhodné meranie opakovať prípadne o rok, a namerané hodnoty porovnať.

6.1 DTM dna nádrže

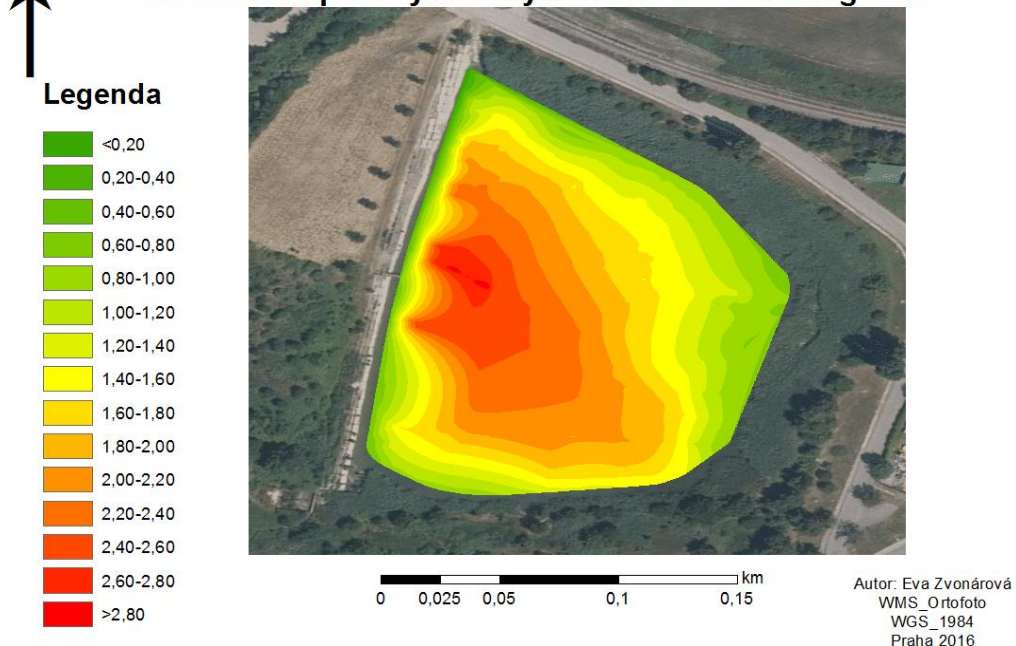
Po práci v prostredí GIS je výsledkom práce súbor troch rastrov, ktoré znázorňujú DTM. Pre každý raster bol je vypočítaný objem nádrže. Objem je vypočítaný taktiež pomocou program ArcGIS. V záložke každého rastru *Symbology* je suma nameraných hĺbok v každej bunke rastru. Ak túto hodnotu vynásobíme obsahom bunky dostaneme obsah nádrže.

Natural Neighbor

Prvý DTM je vytvorený vďaka metóde Natural Neighbor. Farebná škála bola rozdelená do 15 kategórií a ako podklad bol použitý ortofoto snímok z geoportálu. Po vytvorení rastru je vypočítaný objem nádrže. Keďže bola veľkosť jednotlivých buniek stanovená na 0,1m x 0,1m je obsah plochy v každej bunke 0,01m².

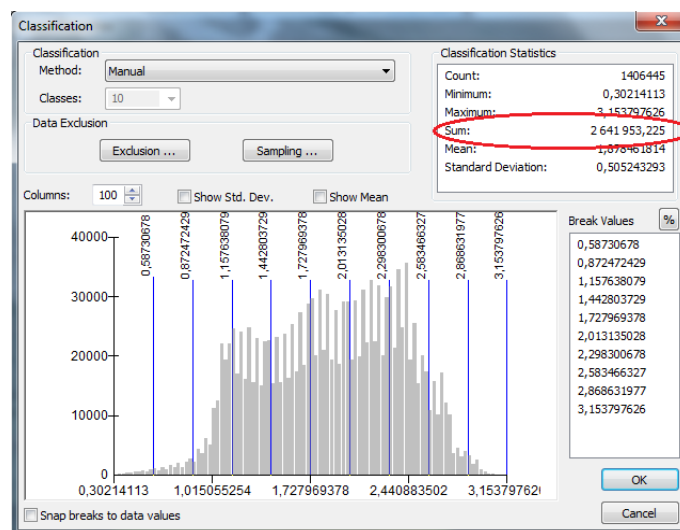
Suma hĺbok predstavuje hodnotu takmer 2 642 000 m ako vidíme na obrázku č. 15 čo je podobne ako obsah jednotlivých buniek, potrebná hodnota pre zistenie celkového objemu nádrže.

Ortofoto mapa s vytvoreným DTM - Natural Neighbor



Obrázok 14 - DTM - Natural Neighbor

Zdroj: WMS_ortofoto – spracované v programe ArcGIS



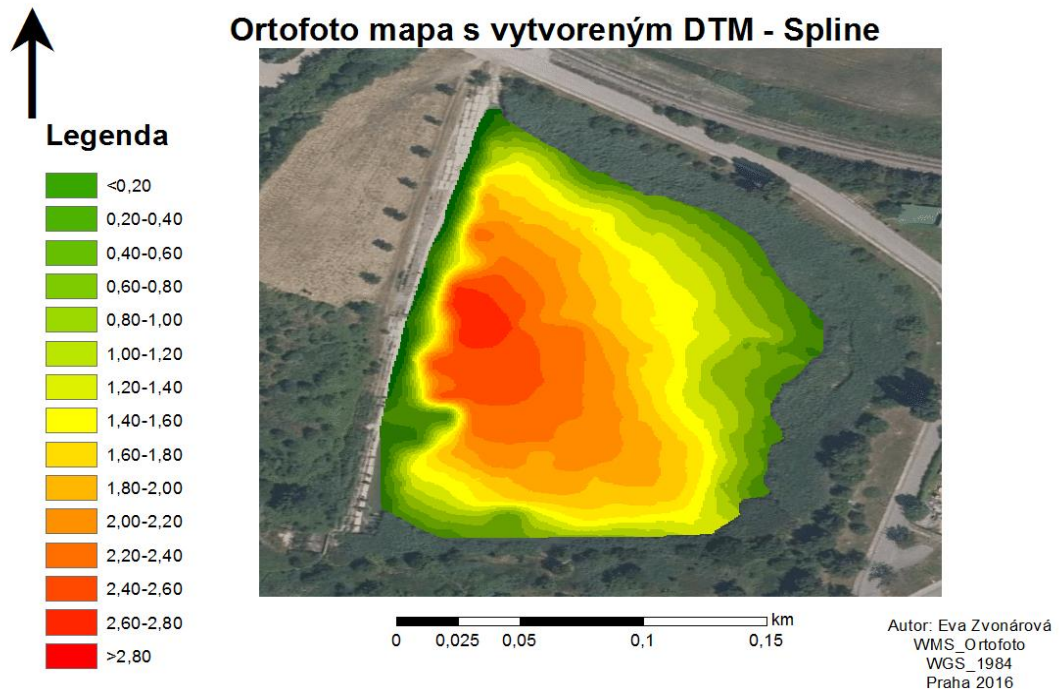
Obrázok 15 - Suma nameraných hĺbok - Natural Neighbor

Zdroj: vlastne spracovanie v programe ArcGIS

Celkový objem vody v nádrži predstavuje podľa metódy *Natural Neighbor* približne 26 420 m³.

Spline

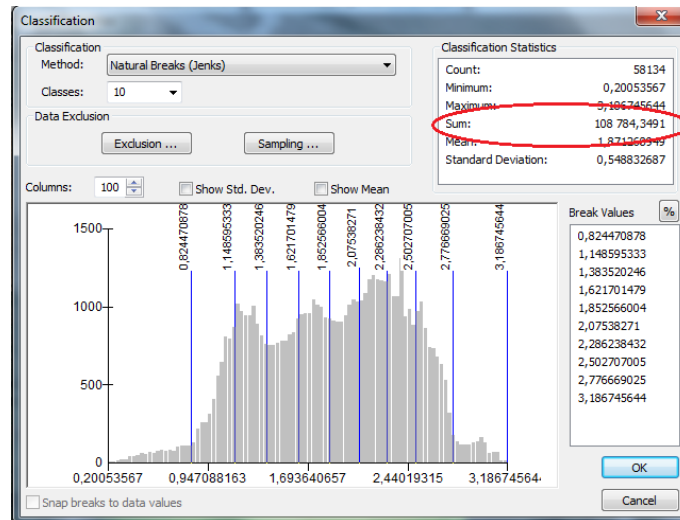
Ďalšou použitou metódou je *Spline*. Počet kategórii je rovnaký ako pri predošlej metóde.



Obrázok 16 - DTM - Spline

Zdroj: WMS_ortofoto – spracované v programe ArcGIS

Veľkosť bunky bola nastavená na 0,5m x 0,5m, čo predstavuje obsah 0,25m². Hĺbka všetkých buniek predstavuje hodnotu takmer 108 800 m. Celkový objem teda predstavuje podľa metódy *Spline* okolo 27 200 m³.

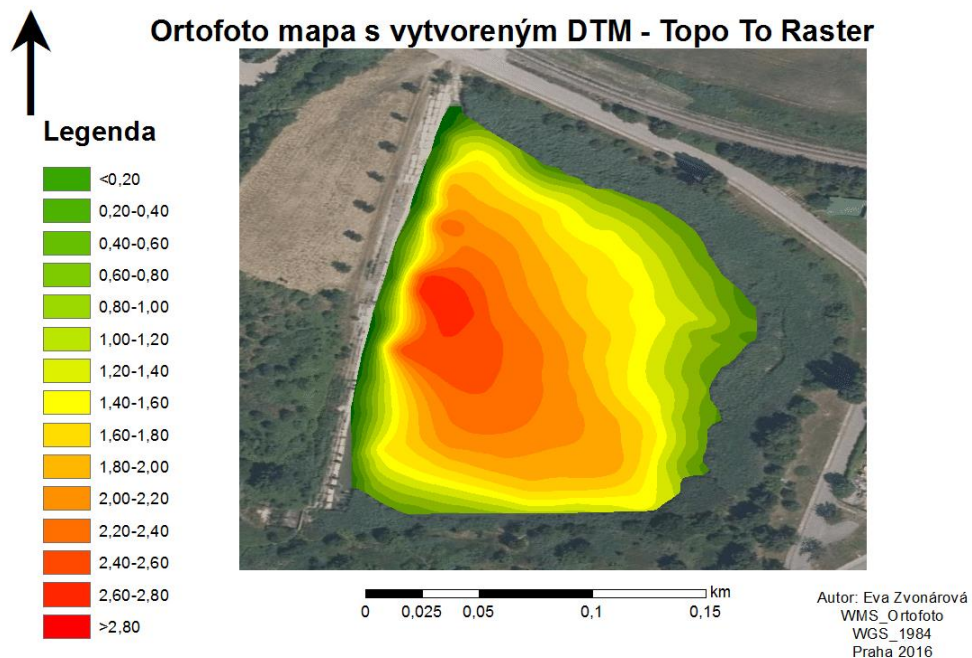


Obrázok 17- Suma nameraných hĺbok - Spline

Zdroj: vlastné spracovanie v programe ArcGIS

Topo To Raster

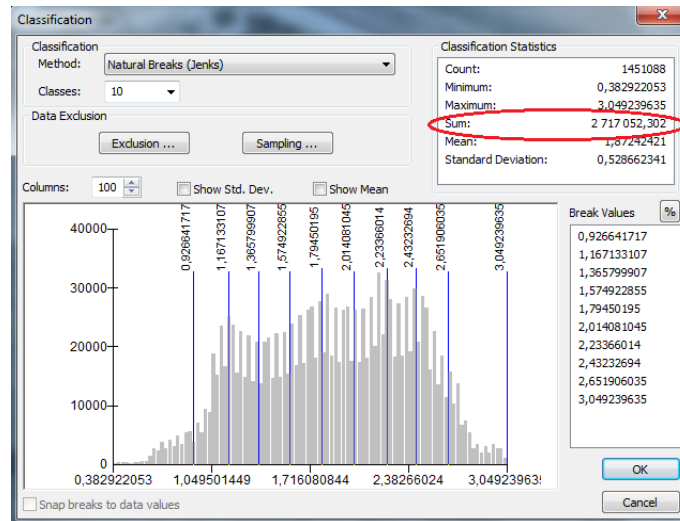
Pri poslednej použitej metóde *Topo To Raster* bol vytvorený DTM, kde bola farebná škála rozdelená tiež do 15 kategórii.



Obrázok 18 - DTM - Topo To Raster

Zdroj: WMS_ortofoto – spracované v programe ArcGIS

Na obrázku č.19 vidíme že celková suma hĺbky predstavuje hodnotu 2 717 000 m a keďže veľkosť buniek bola nastavená na 0,1m x 0,1m tak obsah každej z nich má hodnotu 0,01m².



Obrázok 19 - Suma nameraných hĺbok - Topo To Raster

Zdroj: vlastné spracovanie v programe ArcGIS

Celkový objem predstavuje podľa *Topo To Raster* teda hodnotu 27 170 m³.

Výsledné hodnoty jednotlivých metód sa čiastočne líšia. Najpodobnejšie hodnoty dosiahla metóda *Spline* a *Topo To Raster*, ktoré sa vo výsledku líšia, len o 30 m³. Trochu odlišné hodnoty dosiahla metóda *Natural Neighbor*, kde je zistený objem až o 765 m³ nižší ako priemerná hodnota ostatných dvoch interpolačných metód. Hlavným dôvodom rozdielného výsledku je, že interpolačná metóda *Natural Neighbor* nebola v programe ArcGIS orezaná podľa brehovej línie, ale táto metóda vytvorí raster automaticky podľa nameraných bodov.

Vypočítaním priemeru zo všetkých troch zistených objemov dostaneme hodnotu 26 930 m³. Ak by bola v budúcnosti nádrž opakovane zameraná je možné porovnať tento objem so zistenými hodnotami a určiť rýchlosť akou dochádza k zaneseniu. V prípade veľkého zanášania je tak možné určiť vhodný spôsob odbahnenia nádrže.

7 Diskusia

Hlavnou podstatou bakalárskej práce bolo pripraviť data a podklady pre sledovanie vývoja zanášania nádrže. Zameranie sústavy vodných nádrží prebehlo v rámci viacerých bakalárskych, či diplomových prací na ČZU. Katedra vodného hospodárstva a environmentálneho modelovania využíva na toto zameriavanie originálny spôsob pomocou kajaku. Niektoré nádrže v sústave boli už opakovane namerané a tak je možné začať posudzovať ako veľmi je toto meranie prospešné. Nádrž Veľký rybník bola zameraná tento rok po prvý krát, a keďže nebol poskytnutý manipulačný poriadok, nie je možné posudzovať k akému veľkému usadzovaniu dochádza. Aby bol prínos práce čo najväčší pre samotnú nádrž a okolie, bolo by potrebné meranie nielen opakovať, ale hlavne presvedčiť vlastníka nádrže, aby porovnal toto meranie s ich manipulačným poriadkom, a aby bol ochotný diskutovať o prípadných opatreniach.

Z praktickej časti boli v práci zistené nezrovnalosti v ploche, ktorú uvádza katastrálny úrad a v ploche, ktorá bola zistená v rámci práce v programe ArcGIS. Taktiež bol vypočítaný objem nádrže pomocou troch rôznych interpolačných metód. Napriek tomu, že tieto výsledné rastre nie sú úplne totožné, už na prvý pohľad je vidieť viditeľnú zhodu a najmä nános nádrže od brehov až smerom k výpustnému zariadeniu. Je však potrebné počítať aj s určitými chybami vo výsledných modeloch dna nádrže. Jedným dôvodom je napríklad to, že miesta, ktoré neboli premerané sú interpolované bodmi, ktoré sú vzdialenejšie a musí sa teda počítať s väčšou neistotou. Výsledný model nezávisí, ale len na interpolačnej metóde, ale aj na spôsobe nájazdu nádrže, pretože práve to je dôležité pri rozmiestnení bodov. Práve toto je veľmi kľúčové. V tejto práci bola použitá šachovnicová štruktúra nájazdu, ale je možná aj štruktúra do špirály.

Pri viacerých pozorovaniach v okolí nádrže bolo tiež zistené, že napriek tomu, že okolie poskytuje ideálne podmienky pre možné hniezdenie vodného vtáctva, ale aj podmienky pre život iných živočíchov sa v okolí nevyskytovali žiadne. Síce sa nádrž nachádza v tesnej blízkosti mestskej časti, čo by mohol byť dôsledok tejto situácie, je treba podotknúť, že nádrž skutočne zapadá do okolia a jej umiestnenie je v tichej a príjemnej oblasti. Veľký vplyv na život v okolí rybníka však

môže mať aj ČOV, ktorú vlastní spoločnosť KLIO s.r.o, a pri ktorej vypúšťaní vody do Zličínskeho potoka už bolo hlavným mestom Prahou evidovaných niekoľko mimoriadnych havárii, ktoré mohli mať negatívny vplyv aj na túto MVN.

8 Záver

Hlavný cieľ práce bolo batymetricky zamerať vybranú nádrž v povodí Litovicko – Šáreckého potoka a vytvoriť z tohto merania digitálny terénny model dna nádrže a napokon stanoviť objem nádrže. Cieľ práce bol z tohto hľadiska splnený.

Postup pri tvorbe tejto bakalárskej práce bolo batymetricky zamerať MVN Veľký rybník, vypracovať teoretickú rešerš na tému tejto problematiky a napokon prakticky spracovať namerané hodnoty. Batymetrické meranie prebiehalo na nádrži pomocou prístroja RiverSurveyor M9 od spoločnosti Sontek a bolo zameraných celkovo 1835 bodov. Body boli zamerané rovnomerne po celej nádrži a v praktickej časti boli spracované pomocou interpolačných metód. Tieto metódy boli tri a vytvorili tri rôzne modely dna nádrže, kde v rastroch vidieť miesta s ich hĺbkou.

Najväčšia časť práce je teoretická rešerš na problematiku MVN a ich zanášania. Okrem rozdelenia MVN a ich hlavnej charakteristiky obsahuje práca aj časť venujúcu sa batymetrii samotnej. Jej dôležitosť, význam ale aj metódy, ktorými môže jej meranie prebiehať. V súčasnosti sa nato využívajú rôzne moderné prístroje, kde jedným z nich prebehlo aj meranie tejto práce.

Okrem samotných DTM, ktoré boli vytvorené sú vypočítané aj objemy nádrže v čase merania. Z využitých troch interpolačných metód je vypočítaný aritmetický priemer, ktorý udáva približný objem nádrže, čo predstavuje bežmála $27\,000\text{ m}^3$.

V budúcnosti by bolo vhodné a pre MVN Veľký rybník aj prospešné, zopakovať toto meranie a vyhotoviť nové digitálne terénne modely, aby sa tak zistilo k akému veľkému nánosu nádrže prišlo od posledného merania. Bolo by tak možné určiť rýchlosť zanášania a navrhnúť prípadné opatrenia.

9 Zdroje literatury

1. ARUN P., 2013: *A comparative analysis of different DEM interpolation methods. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science* 16/2013, str. 133-139.
2. BERAN J.; VRÁNA K.;2013: *Rybníky a účelové nádrže*. ČVUT, Praha, 150s.
3. BURIAN J., 2008: *Vyznáte se v interpolacích?*, *GeoBusiness*, str. 40-41.
4. BURROUGH P., MCDONNELL R., 1998: *Principles of geographical information systems*. Oxford University Press, Oxford, 333 s.
5. ČSN 75 2410, 2011: *Malé vodní nádrže*. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 48 s.
6. DOLANSKÝ T., 2004. *Lidary a letecké laserové skenování* ,Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, 100s.
URL: <http://wvc.pf.jcu.cz/ki/data/files/160lidaryweb.pdf>
7. ERDEM H., 2013: *RiverSurveyor S5/ M9 System Manual*, SonTek YSI, 115s.
8. FULAJTÁR E.; JANSKÝ L.; 2001: *Vodná erózia pôdy a protierózna ochrana*, Bratislava VÚPOP, 310 s.
9. FOŠUMPAUR P.; NACHÁZEL K.; PATERA A.; 2002: *Nádrže a vodohospodářské soustavy 10*. Vydavatelství ČVUT, Praha, 217 s.
- 10.GARMIN, 2000: *Fishfinder 240 owner's manual*, 40s.
URL: http://static.garmincdn.com/pumac/FishFinder240_OwnersManual.pdf
- 11.*Generel rybníků a nádrží České republiky* ;1996, Hydroprojekt a.s Praha
- 12.GWINN, et. al. 1987. *Encyclopædia Britannica. The New Encyclopædia Britannica, MICROPAEDIA and MACROPAEDIA*, Chicago.
- 13.HERYNEK J.; TLAPÁK V.; 2002: *Malé vodní nádrže*. Vydavatelství 1, Brno, 198 s.

14. HRABAL A.; JŮVA K.; PUSTĚJOVSKÝ R.; 1980: *Malé vodní nádrže*, SZN, Praha, 280 s.
15. HUGGETT B., 2008. *Fletcher Lake Bathymetry*. 2008, 47 s.
16. JEŽEK J., 2008. *Geostatistika – úvod do geostatistiky*. 1. vyd. Praha: Přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy v Praze. 63 s.
17. JURÍK L.; MATYO J.; 2007: *Vodné stavby*, SPU, Nitra, 222 s.
18. KONGSBERG MARITIME. 2014.
URL: <http://www.km.kongsberg.com>
19. KŘIKAVOVÁ L., 2009. *Interpolace bodových dat v GIS*, BP na Fakultě stavební Českého vysokého učení technického v Praze.
URL:
http://maps.fsv.cvut.cz/diplomky/2009_BP_Krikavova_Interpolace_bodovych_dat_v_GIS.pdf
20. NOVÁK P.; REIL A.; ROUB R.; VYBÍRAL T.; 2015: *Nové technologie batymetrie vodních toků a nádrží*. Vodní hospodářství, 1-5 s.
21. ORŠULÁK T.; PACINA J., 2010. *3D modelování a virtuální realita*, 1. vyd. Ústí nad Labem : Centrum pro virtuální realitu a modelování krajiny 63 s.
URL: <http://gis.fzp.ujep.cz/DTM/3d.pdf>
22. PAVLICA J.; 1964: *Malé vodní nádrže a rybníky*. Státní nakladatelství technické literatury, Praha, 196 s.
23. PERALVO M., 2002: *Influence of DEM interpolation methods in Drainage Analysis. GIS in Water Resources*.
24. POKORNÁ M., 2006. *Za hranice batymetrie*. 10 s.
URL:
http://www.fce.vutbr.cz/veda/JUNIORSTAV2007/pdf/Sekce_6.2/Pokorna_Ma_rketa_CL.pdf

25. RAPANT P., 2005, *Geoinformační technologie*, VŠB – TU, 125 s.
URL: <http://gis.vsb.cz/publikace/skripta-sylaby>
26. SALOUS S., 2013. *Radio propagation measurement and channel modelling*.
Chichester, England: Wiley, 422s.
27. SEABEAM, 2000: *Multibeam sonar - Theory of operation L-3 Communications SeaBeam Instruments*, East Walpole.
28. STARÝ M.; 1990: *Nádrže a vodohospodářské soustavy*. Editační středisko VUT, Brno, 165 s.
29. ŠOBR M., 2003: Nová batymetrická měření šumavských jezer, Geomorfologický sborník 2: s. 115-120
30. URBAN J.; 1991: *Digitální model terénu*. ČVUT, Praha, 60 s.
31. VISBECK M., 2002: *Deep Velocity Profiling Using Lowered Acoustic Doppler Current Profilers: Bottom Track and Inverse Solutions*, Journal of Atmospheric and Oceanic Technology 19s.
32. VIVONI E., IVANOV V., a kol., 2004 : *Generation of Triangulated Irregular Networks Based on Hydrological Similarity*, Journal of Hydrologic Engineering. West Lafayette: Purdue University, 2004
33. ZAJÍC K.; 1988: *Vodohospodářské stavby*. 3.vyd. Nitra, Edičné stredisko VŠP, 247 s.
34. *Zákon č. 254 / 2001 Sb., o vodách a změně některých zákonů (Vodní zákon)*,
Dátum účinnosti: 1.1.2002

9.1 Internetové odkazy

URL 1: Sonary [cit. 15.01.2016]

http://oceanexplorer.noaa.gov/oceanos/explorations/ex1105/media/ex1105_4.html

URL 2: Lidar [cit. 15.01.2016] <https://cs.wikipedia.org/wiki/Lidar>

URL 3: Optech [cit. 19.01.2016] <http://www.teledyneoptech.com/>

URL 4: RiverSurveyor M9 [cit. 06.02.2016]

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

URL 5: Katastrálne členenie [cit. 01.04.2016]

<http://www.mczlicin.cz/index.php?menu=2&obsah=uzem>

URL 6: Klady mapových listov [cit. 13.03.2016] <http://www.praha-priroda.cz/odborna-verejnost/zaplavova-uzemi/litovicko-sarecky-potok/>

URL 7: Geoportal ČÚZK, CENIA [cit. 07.03.2016] <http://geoportal.cuzk.cz/>

URL 8: Lesy hl. Mesta Prahy [cit. 17.03.2016] <http://www.lhmp.cz/>

URL 9: Pražská příroda [cit. 17.03.2016] <http://www.praha-priroda.cz/>

URL 10: ENVICONS [cit. 27.03.2016]

<http://www.envicons.cz/index.php?part=reference&id=46>

URL 11: Zličínský potok [cit. 30.03.2016]

https://cs.wikipedia.org/wiki/Seznam_%C5%99ek_a_potok%C5%AF_v_Praze

URL 12: Nahlížení do katastru nemovitostí [04.04.2016]

<http://nahlizenidokn.cuzk.cz/>

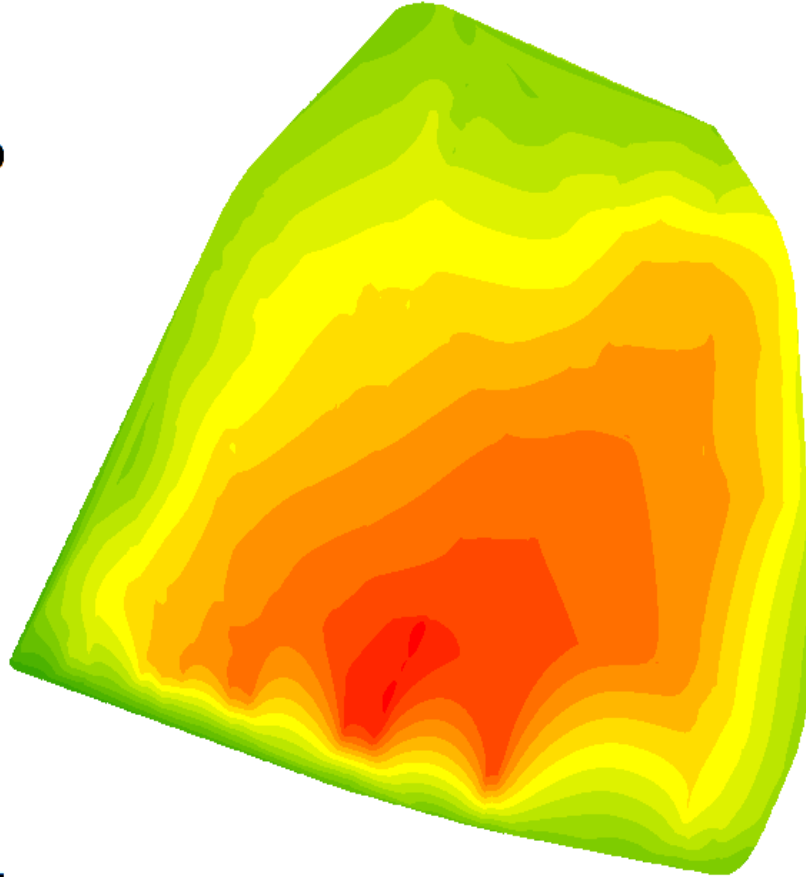
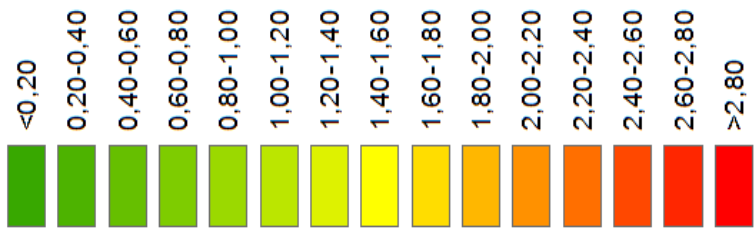
Prílohy

Príloha 1 - DTM nádrže Veľký rybník vytvorený metódou Natural Neighbor	54
Príloha 2 - DTM nádrže Veľký rybník vytvorený metódou Spline	55
Príloha 3 - DTM nádrže Veľký rybník vytvorený metódou Topo To Raster	56
Príloha 4 - Pohľad na MVN Veľký rybník z blízkej cestnej komunikácie	57
Príloha 5 - Pohľad na MVN Veľký rybník a jej výpustné zariadenie.....	57

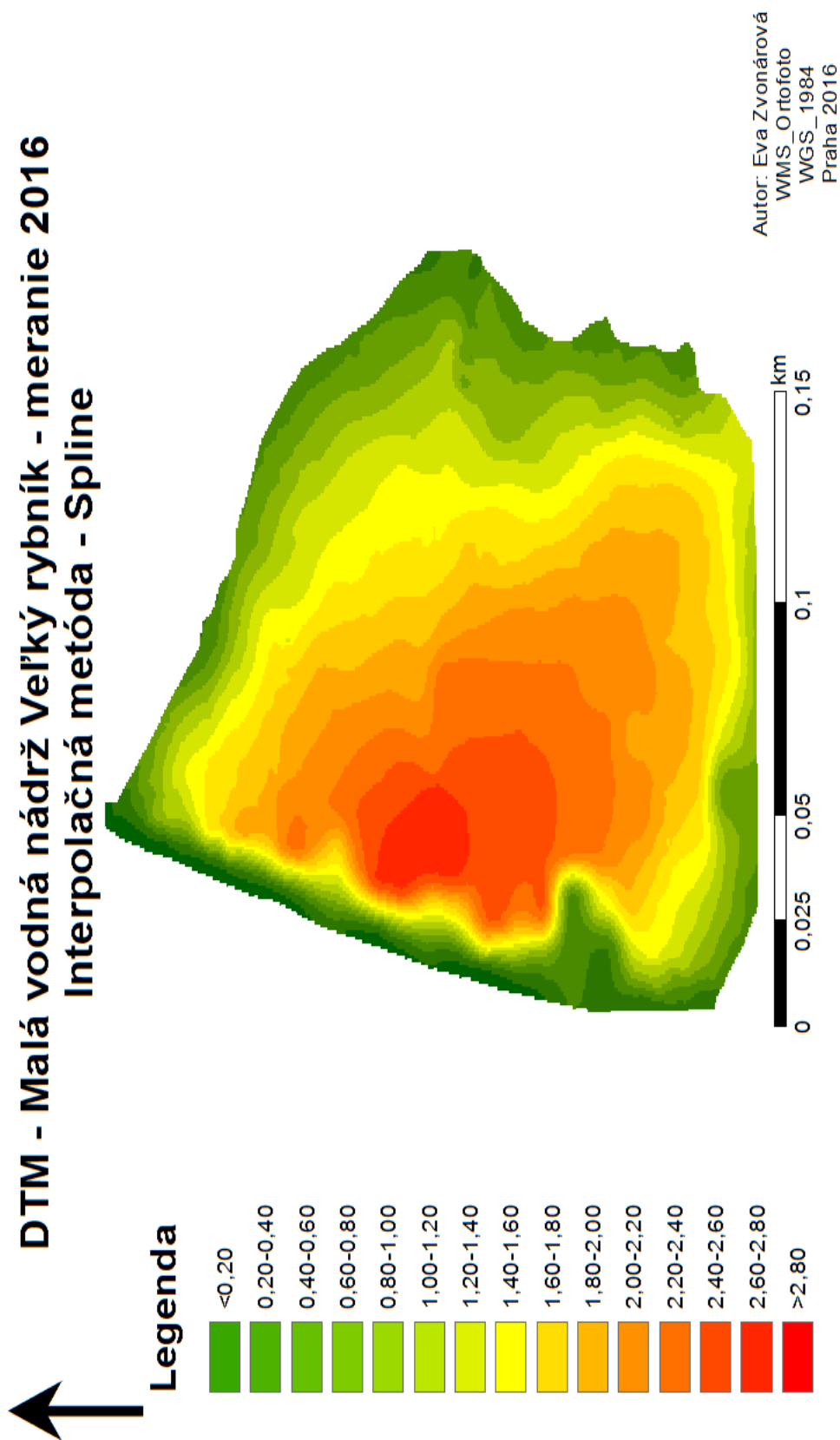
DTM - Malá vodná nádrž Veľký rybník - meranie 2016
Interpoláčná metóda - Natural Neighbor



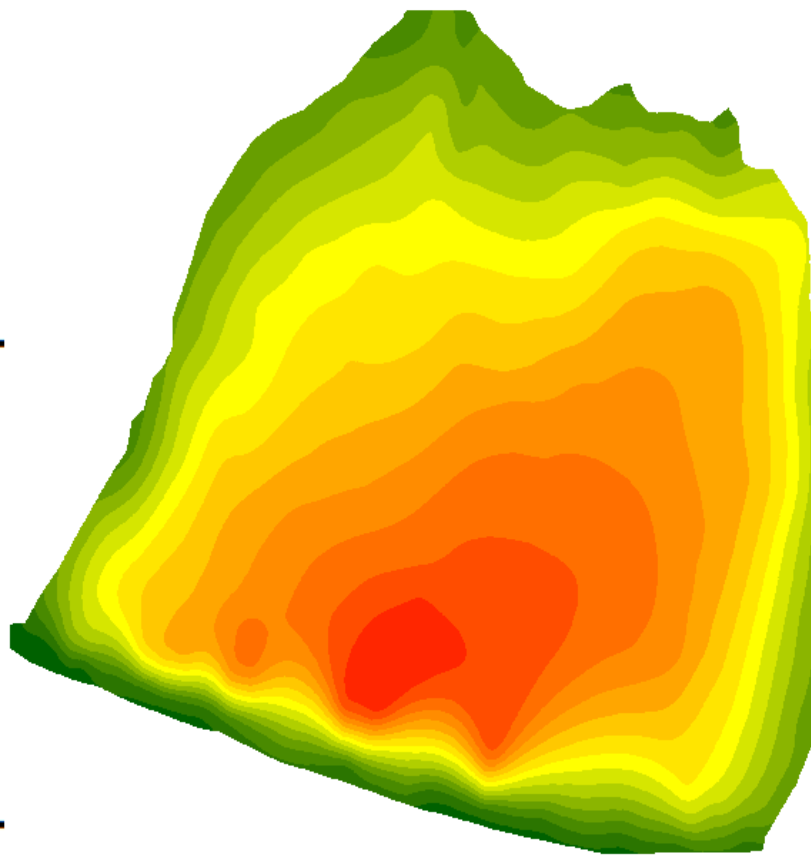
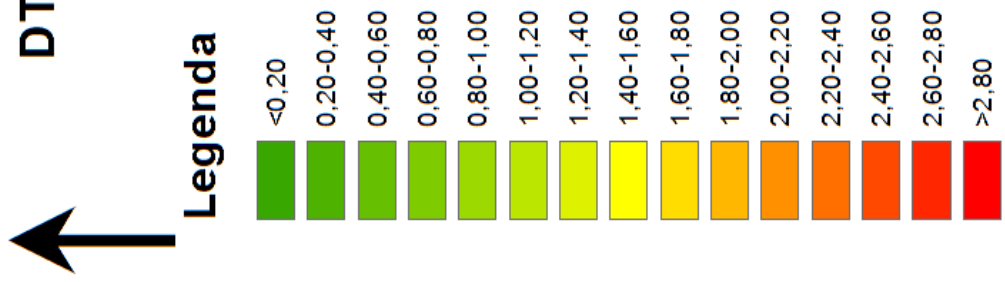
Legenda



Autor: Eva Zvonárová
WMS_Ortofoto
WGS_1984
Praha_2016



DTM - Malá vodná nádrž Veľký rybník - meranie 2016
Interpoláčná metóda - Topo To Raster



Autor: Eva Zvonárová
WMS_Ortofoto
WGS_1984
Praha 2016

Príloha 4 - Pohľad na MVN Veľký rybník z blízkej cestnej komunikácie



Príloha 5 - Pohľad na MVN Veľký rybník a jej výpustné zariadenie

