

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A ENVIRONMENTÁLNÍHO
MODELOVÁNÍ



**VLIV VYUŽITÍ KRAJINY NA ZANÁŠENÍ MALÝCH VODNÍCH
NÁDRŽÍ V POVODÍ LITOVICKO-ŠÁRECKÉHO POTOKA**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Irena Hlavatá

Vedoucí práce: Ing. Petr Bašta

2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Irena Hlavatá

Voda v krajině

Název práce

Vliv využití krajiny na zanášení malých vodních nádrží v povodí Litovicko-Šáreckého potoka

Název anglicky

Impact of land use on sedimentation process in small water reservoirs at Litovicko-Šárecký brook basin

Cíle práce

- analýza krajinného pokryvu (land-use) povodí Litovicko-Šáreckého potoka (MVN) užitím GIS
- vyhodnocení akumulačních objemů vybraných malých vodních nádrží v povodí Litovicko-Šáreckého potoka (MVN)
- zhodnocení vlivu krajinného pokryvu na vývoj akumulačních objemů nádrží a jejich zanášení sedimenty
- vypracování literární rešerše zadané problematiky

Metodika

1. Rešerše na téma malé vodní nádrže, její zanášení sedimenty, bathymetrie a její dostupné metody měření, přehled prostorových interpolací, digitální model reliéfu v rastrové podobě, land use a studie zabývající se vlivem na zanášení vodních nádrží, eroze a půdní smyvy.
2. Popis zájmového území
3. Analýza krajinného pokryvu pro jednotlivé nádrže dle Konsolidované vrstvy ekologické stability a CORINE Landcover se zaměřením na ornou půdu
4. Vyhodnocení akumulačních objemů nádrží na základě bathymetrických dat a manipulačních řádů nádrží
5. Zhodnocení vlivu krajinného pokryvu na zanášení nádrží sedimenty, diskuze, závěr

Doporučený rozsah práce
cca 60 normostran textu

Klíčová slova

bathymetrie, malá vodní nádrž, eroze, krajinný pokryv, zanášení nádrže

Doporučené zdroje informací

Amante, C.J., Eakins, B.W. (2016): Accuracy of Interpolated Bathymetry in Digital Elevation Models. *Journal of Coastal Research* 76: 123-133.

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

Moore, I. D. – Grayson, R. B. – Ladson, A. R. Digital terrain modeling: A review of hydrological, geomorphological, and ecological applications. *Hydrological Processes*. 1991, 5, s. 3–30

Předběžný termín obhajoby
2018/19 LS – FŽP

Vedoucí práce
Ing. Petr Bašta

Garantující pracoviště
Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 18. 3. 2019

doc. Ing. Martin Hanel, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 19. 3. 2019

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 23. 03. 2019

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci nazvanou „Vliv využití krajiny na zanášení malých vodních nádrží v povodí Litovicko-Šáreckého potoka“ vypracovala samostatně, pod vedením Ing. Petra Bašty a že jsem použila pouze materiály, které jsem uvedla v seznamu literatury.

V Praze dne

Poděkování

V první řadě bych chtěla poděkovat svému vedoucímu práce, panu Ing. Petru Baštovi za věnovaný čas, konzultace a cenné rady. Dále bych poděkovala celé své rodině a přátelům za jejich trpělivost a podporu během mého studia.

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá analýzou ohroženosti jednotlivých nádrží v povodí Litovicko-Šáreckého potoka z hlediska jejich zanášení sedimenty. Krajinový pokryv byl zanalyzován v programu ArcGis. Teoretická část této práce se zabývá problematikou zanášení malých vodních nádrží sedimenty, erozí a půdními smyvy. Dále jsou popsány metody měření batymetrie, interpolační metody a digitální modely terénu. V poslední části literární rešerše se zabývám krajinovým pokryvem a dostupnými zdroji dat.

V metodice je popsána analýza ohroženosti nádrží podle jednotlivých kritérií, postup zpracování dat v programu ArcGis a vyhodnocení akumulčních objemů nádrže. Dále je popsáno a vyhodnoceno zájmové území z hlediska hydrografie, eroze ale i krajinového porvy.

Klíčová slova

bathymetrie, malá vodní nádrž, eroze, krajinový pokryv, zanášení nádrže

Abstract

This diploma thesis deals with the analysis of threats of individual reservoirs in the Litovicko-Šárecký brook basin in terms of their sedimentation. Landscape coverage has been analyzed in ArcGis. The theoretical part of this work deals with the issue of clogging of small water reservoirs with sediments, erosion and soil slurries. There are also described methods of measuring bathymetry, interpolation methods and digital terrain models. In the last part of the research I deal with landscape cover and available data sources.

The methodology describes the threat analysis of tanks according to individual criteria, the procedure of data processing in the program ArcGis and evaluation of the accumulation volumes of the tank. Furthermore, the area of interest in terms of hydrography, erosion and landscape gust is described and evaluated.

Keywords

bathymetry, small water reservoirs, erosion, land use, silting of reservoirs

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Cíl práce.....	11
3	Literární rešerše	12
3.1	Malé vodní nádrže	12
3.1.1	Zanášení MVN sedimenty.....	12
3.2	Eroze.....	13
3.2.1	Eroze v ČR.....	14
3.2.2	USLE.....	16
3.3	Batymetrie	16
3.3.1	Současné metody měření batymetrie	16
3.4	Prostorová interpolace bodových dat	20
3.5	Digitální model terénu	20
3.6	Land use	21
3.6.1	Zdroje dat Land Use.....	22
4	Metodika	25
4.1	Zpracování dat v ArcGIS	25
4.2	Vyhodnocení akumulčních objemů MVN.....	27
4.3	Kategorizace jednotlivých nádrží	27
5	Charakteristika zájmového území.....	29
5.1.1	Hydrografické poměry	30
5.1.2	Popis povodí z hlediska eroze	31
6	Výsledky a diskuze	39
6.1	Vrstvy krajinného pokryvu.....	39
6.2	Erozní ohroženost půd.....	40
6.3	Kategorizace MVN.....	43
6.4	Akumulační objemy nádrže.....	44
6.5	Vyhodnocení zanášení MVN	44
7	Závěr	47

Seznam použitých zkratek

ADCP - Acoustic Doppler Current Profiler

AOPK ČR - Agentura ochrany přírody a krajiny ČR

AV ČR - Akademie věd ČR

Bpv - Balt po vyrovnání

CLC- Corine land cover

CORINE - Coordination of information on the environment

ČSN - Česká státní norma

ČUZK - Český úřad zeměměřičský katastrální

DIBAVOD - Digitální báze vodohospodářských dat

DMR4G - Digitální model reliéfu 4.generace

DMR5G- Digitální model reliéfu 5.generace

DMT- Digital Terrain Model (digitální model terénu)

GIS- Geographic Information System (geografický informační systém)

GPS - Global Position System (globální polohový systém)

IDW- Inverse Distance Weighted (metoda inverzních vzdáleností)

IMU - Inerciální měřicí jednotka

KVES - Konsolidovaná vrstva ekosystemů

LC - Land Cover

LIDAR - Light Detection and Ranging (dálkové měření vzdálenosti)

LPIS - Land Parcel Identification System

LU - Land Use

MVN - Malá vodní nádrž

RTK - Real Time Kinematic

TIN - Triangulated irregular network

USLE – Univerzální rovnice ztráty půdy

VÚMOP- Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy

ZABAGED – Základní báze geografických dat

1 Úvod

Malé vodní nádrže plní v naší krajině několik důležitých funkcí, jde především o funkce zásobní, ochranné, asanační, rybochovné ale i rekreační. Většina takovýchto nádrží je víceúčelových, kdy při správném návrhu a provozování přispívají k ochraně a tvorbě životního prostředí (Šálek a kol., 1989).

Hlavním problémem těchto nádrží je ovšem zanášení sedimenty, které mají za následek zmenšování akumulčních objemů nádrží a s tím spojenou nutnost odbahňování. Většina nádrží na našem území jsou natolik zaneseny, že nezvládají plnit funkci, pro kterou byly vybudovány. Ve výsledku pak tyto nádrže nejsou schopny zachytit extrémní hydrologickou situaci jakou jsou například povodně. Dalším důsledkem zanášení nádrží sedimenty je vliv na kvalitu vody v nádržích a tocích.

Předmětem této práce je povodí Litovicko-Šáreckého potoka. Tento potok pramení v západní části Středočeského kraje a vlévá se do Vltavy v Praze a to konkrétně v Lysolajích. Hlavním cílem této práce bylo zanalyzovat pro toto povodí krajinný pokryv, který má vliv na zanášení nádrží v daném území i na samotný vodní tok.

V části literární rešerše se věnuji této problematice, kdy popisují problémy zanášení malých vodních nádrží a rozebírám problémy s tím spojené. Jde především o erozní procesy vznikající na zemědělských pozemcích v povodí nádrže a nadměrném využívání dusíku a fosforu na těchto půdách. V další části se zabývám současnými metodami měření batymetrických dat, které slouží mimo jiné pro zjištění hloubek v tocích a nádržích. Pomocí těchto vyhodnocených batymetrických dat lze do budoucna zjistit míru a rychlost zanášení. V neposlední řadě se zabývám digitálními modely terénu, krajinným pokryvem a jeho dostupnými zdroji dat.

Ve čtvrté kapitole je popsána samotná práce v programu ArcGis a vyhodnocení akumulčních objemů nádrží. V páté kapitole je popsáno zájmové povodí z hlediska hydrografických poměrů a eroze, kde se dále zabývám podrobněji samotnými nádržemi a jejich dílčím povodím. V šesté kapitole se zabývám dosaženými výsledky. Jsou zde provedeny analýzy ohroženosti nádrže z hlediska jejich zanášení sedimenty, a provedena kategorizace jednotlivých nádrží.

2 Cíl práce

Hlavním cílem této práce je analýza ohroženosti jednotlivých nádrží v povodí Litovicko-Šáreckého potoka z hlediska jejich zanášení sedimenty. Zhodnocení jednotlivých faktorů, které mají vliv na zanášení nádrží. Jde především o vliv krajinného pokryvu, sklonitosti terénu v povodí nádrže i jejím bezprostředním okolí, dále vliv drah soustředěného odtoku a vegetační pokryv v bezprostředním okolí nádrže. Dále byly vyhodnoceny akumulční objemy vybraných malých vodních nádrží v tomto povodí.

Dílčím cílem je vypracování rešerše související s problematikou malých vodních nádrží a jejich zanášením sedimenty, batymetrií a dostupnými metodami měření, přehledem prostorových interpolací, digitálním modelem reliéfu v rastrové podobě, krajinným pokryvem, erozí a půdními smyvy.

3 Literární rešerše

3.1 Malé vodní nádrže

Dle normy ČSN 75 2410 je za malou vodní nádrž (dále jen MVN) považována taková nádrž, která splňuje tyto následující kritéria:

- Objem nádrže pro hladinu ovladatelného prostoru (normální hladinu) není větší než 2 mil. m³ vody,
- Největší hloubka nádrže nesmí přesahovat 9 m (tj. svislá vzdálenost ode dna k maximální hladině)

Norma platí pro navrhování, výstavbu, rekonstrukci a provoz vodních nádrží se sypanými hrázemi a zároveň pro rekonstrukci historických nádrží, jejichž parametry přesahují uvedená kritéria. Norma není platná pro nádrže přečerpávacích vodních elektráren, odkaliště a pro nádrže s přítokem a odtokem propustným horninovým prostředím dna a svahů nádrže (ČSN 75 2410, 2011)

3.1.1 Zanášení MVN sedimenty

Ve stojatých vodách MVN dochází ke stárnutí nádrže, což je proces, při kterém se postupně z oligotrofních vod stávají eutrofní vody. Zároveň s tímto procesem dochází ke zmenšování akumulačního objemu nádrže vlivem zanášení a zároveň změně morfologie dna (Sládečková a Sládeček, 1997). Zanášení je způsobena zejména přítokem nerozpuštěných látek z povodí dané nádrže, erozí koryta nad nádrží a abrazií břehů nádrže. Dále také přítokem rozpuštěných látek, zejména živin z povodí, které následně podporují růst biomasy (ČSN 75 2410, 2011)

Zanášení nádrží je jedním ze současných problémů životního prostředí, které je způsobeno zejména zemědělskou činností. Jde především o nadměrné užívání dusíku a fosforu. Z výzkumů, které hodnotily účinky faktorů na ztrátu dusíku a fosforu vyplynulo, že záleží především na srážkové intenzitě, vlastnostech půdy, pokryvu půdy, postupech ochrany půdy a půdě jako takové (Zhang a kol., 2013). Ačkoliv je zanášení nádrží přírodní proces, tak se míra eroze zvyšuje vlivem lidské činnosti, a to 10 krát – 40 krát, což má za následek nadměrný transport půdy. (Fialová, 2011). Podle výzkumu z let 2010-2013 byl celkový smyv vodní erozí na zemědělské půdě a lesních

pozemcích až 33,4 milionů tun ročně. Z toho na celém území ČR bylo odhadnuto zhruba 3,2-5,4 mil.tun ročně jako vstup splavenin do vodních toků (Krása a kol,2015)

Částečné zanášení MVN lze částečně zabránit, a to např. vybudováním protierozních opatření, sedimentačních nádrží nebo založením přeronových pásů vytvořených vyšší vodní vegetací u vtoku do nádrže. Zanášení se také sníží při použití protiabrazních opatření nebo zamezením samotných příčin eutrofizace (ČSN 75 2410, 2011)

Podmínkou pro udržení správné funkce nádrže je pravidelné odstraňování sedimentu, které se provádí podle hydropedologického průzkumu dna nádrže. Způsob těžby sedimentu se určí na základě složení sedimentu, hloubky usazenin a charakteru nádrže. Vytěžený sediment se používá např. pro hnojení zemědělských půd nebo k výrobě kompostu. (ČSN 75 2410, 2011)

3.2 Eroze

Eroze je geologický proces, při kterém dochází k rozrušování povrchu půdy a následnému pohybu půdních částic za působení erozních činitelů jako jsou voda, vítr, led a další (Janeček a kol,2008). V této diplomové práci se budu dále zabývat pouze vodní erozí.

U vodní eroze dochází k transportu půdních částic vlivem povrchového odtoku, který je zapříčiněn dešťovými srážkami. S pohybem půdních částic se zároveň transportují látky, které jsou vázány na jejich povrchu, nebo jsou vymývány z povrchu půdy. Tento transport z místa vzniku do hydrografické sítě je proměnný v prostoru i času. (Fialová, 2011)

Erozní procesy, které vznikají především na zemědělských pozemcích v povodí nádrže zapříčiňují vznik sedimentu a následné zanášení nádrží. Vysoká intenzifikace zemědělské činnosti v minulém období má za následek značný nárůst erozních procesů a transport nerozpuštěných i rozpuštěných látek povrchovými toky. (Fialová, 2011) V erodovaných sedimentech je velké množství fosforu, který je součástí hnojiv používaných na zemědělských půdách. Velký podíl fosforu v půdě způsobuje urychlení eutrofizace, která vede k několika problémům, a to zejména zmenšování retenční kapacity nádrže tlením a znečištěním vod, zhoršení cirkulace kyslíku ve vodě a následný úhyn ryb. Tyto problémy jsou následně řešeny revitalizací a čištěním MVN. (Sharpley okol.1995)

Vodní eroze má také za následek degradaci půdy, při které se omezuje produkční schopnost půdy, což může mít dopad nejen v zemědělství, ale i v ekologii a ekonomice. Degradace půdy je proces, při kterém se mění vodní kapacita, porovitost, infiltrační schopnost, podíl organické hmoty a humusu a další (Lal, 2001). Dochází k tzv. dehumifikaci, čímž rozumíme úbytek obsahu humusu v půdě. Dochází k němu intenzivním zpracováním půdy bez dostatečného přísunu organických hnojiv. Dále je tento pokles umocňován zvýšenou mineralizací po odvodnění pozemku, zavlažováním půdy nebo zvýšenou aerací půdy po rozorání luk a pastvin. Zásadní vliv na obsah humusu má využití půdy, kdy vyšší obsah vykazují půdy zatravněné, než půdy pravidelně orané (Orlov a kol., 2003). Mezi další příčiny vodní eroze patří také odlesňování, které způsobuje až 40 % problémů s erozí, nadměrná pastva a nevhodné obhospodařování pozemků (MZe, 1995)

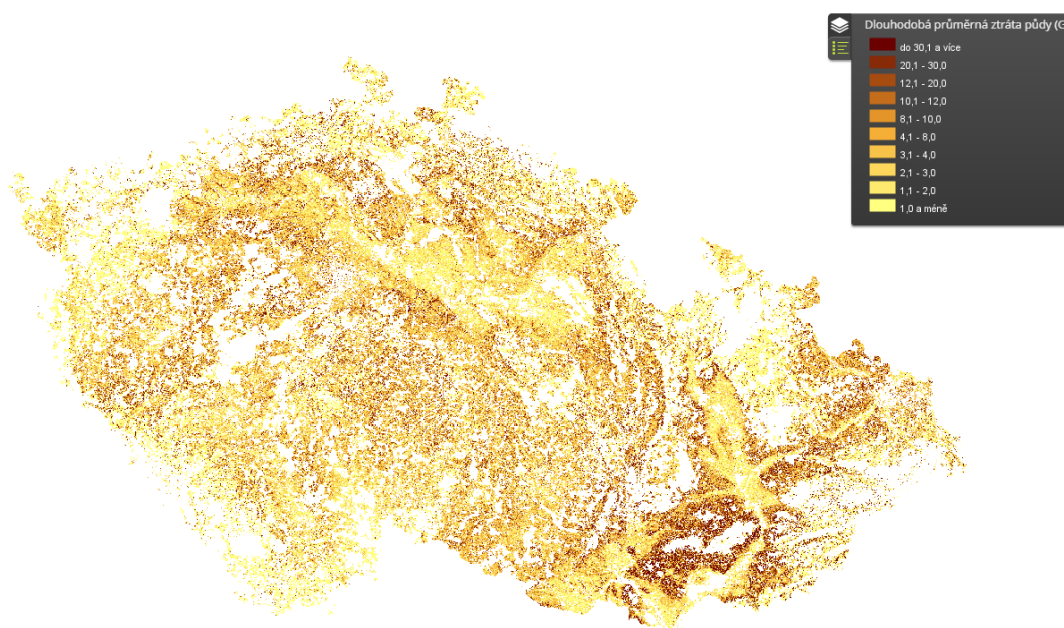
Náchylnost půdy k erozi může výrazně zlepšit vegetační obnova, tudíž účinnost krajinného pokryvu. Studie různých podmínek prostředí prokázaly snížení vodní eroze vlivem vegetačního krytu, a tudíž snížení negativního vlivu na odtok a erozi půdy (Sun a kol., 2013).

3.2.1 Eroze v ČR

Problém eroze je celosvětovým problémem, jelikož je každý rok v důsledku eroze ztraceno asi deset milionů hektarů orné půdy. Transport sedimentů je doprovázen výraznou ztrátou živin, což má za následek snížení neplodnosti zemědělské půdy (Zhao a kol., 2013).

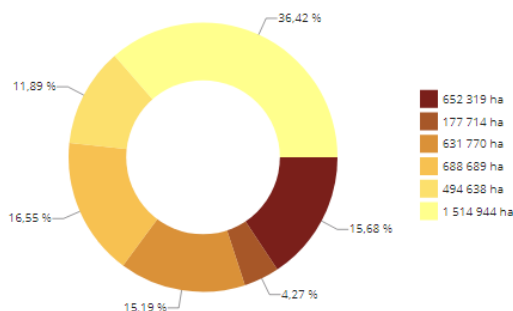
Nárůst výskytu vodní eroze na území ČR se začal projevovat až v druhé polovině 20 století, kdy docházelo k výraznějším změnám krajiny. Jde například o scelování pozemků, rušení liniových krajinných prvků, intenzifikace zemědělství a další. (VÚV TGM, 2015). Na našem území se vyskytuje téměř polovina ploch (53%) orné zemědělské půdy s různým stupněm eroze. Největšími problémy spojenými s erozí na našem území je nevhodné obhospodařování, zejména pak ve svažitéch pozemcích. Dále pěstování monokultur a erozně nevyhovujících plodin jako jsou kukuřice a brambory. Dalším faktorem napomáhajícím k erozi je absence protierozních opatření a rušení krajinných prvků. (Hudáček, 2011)

V posledních letech se na území ČR výrazně zvýšilo pěstování řepky, která také přispívá velkou měrou k erozi. I když to je rostlina, která má velkou pokrývnost povrchu, tak riziko spojené s erozí nastává v období výsevu (červenec-srpen). Jde zároveň o měsíce, kdy je na našem území nejčastější výskyt přívalových srážek (Václavík, 2015). Zároveň tato plodina velmi vyčerpává půdu, a proto je nutné častější hnojení dusíkem a fosforem. Tyto nadbytečné látky z hnojení ovšem půda nedokáže v plné míře využít a jsou uvolňovány do vodního prostředí (de Vries a kol., 2010).



Obrázek 1: Ohroženost zemědělské půdy vodní erozí vyjádřená dlouhodobou průměrnou ztrátou půdy [t/ha] (URL1)

	Rok 2019			Rok 2011		
	Dlouhodobý průměrný smyv půdy (G) G [t/ha/rok]	Zastoupení (%)	Výměra (ha)	Výměra (ha)	Rozdíl (ha)	Rozdíl (%)
extrémně ohrožená	více než 10,1	15,68	652 319,46	214 121,27	438 198,19	204,65
velmi silně ohrožená	8,1 - 10,0	4,27	177 713,62	94 314,69	83 398,93	88,43
silně ohrožená	4,1 - 8,0	15,19	631 769,91	467 315,23	164 454,68	35,19
středně ohrožená	2,1 - 4,0	16,55	688 688,97	708 397,71	-19 708,75	-2,78
slabě ohrožená	1,1 - 2,0	11,89	494 637,86	695 944,95	-201 307,09	-28,93
velmi slabě ohrožená	méně než 1,0	36,42	1 514 944,23	1 925 298,90	-410 354,67	-21,31
celkem		100,00	4 160 074,04	4 105 392,75	54 681,29	1,33



Obrázek 2: Dlouhodobý průměrný smyv půdy-porovnání v letech 2011 a 2019 (URL 2)

V současné době se ke zjištění eroze na našem území používá model USLE.

3.2.2 USLE

USLE, neboli Univerzální rovnice ztráty půdy na erozně ohrožených zemědělských půdách má své počátky již v roce 1965. W. H. Wischmeier a D. D. Smith definovali roční ztrátu půdy E pomocí matematického modelu USLE, který má tvar:

$$E = R * K * L * S * C * P \text{ [t/ha/rok] (Šuri a kol,2002)}$$

V České republice i ve světě je tato metoda nejběžněji používanou. Posouzení účinku jednotlivých členů z rovnice se provádí na jednotkovém pozemku, který je přesně definován svojí délkou 22,13 m a sklonem 9 %. Pozemek byl obdělávaný ve směru sklonu jako trvalý úhor.

Parametr R je dešťový součinitel, který je definován jako součin kinetické energie deště a jeho maximální 30minutové intenzity. Parametr K je součinitel erodovatelnosti půdy, který vyjadřuje náchylnost půdy k erozi. Parametr L značí součinitel délky svahu, který vyjadřuje poměr ztráty půdy ze zkoumaného pozemku a ztráty půdy z jednotkového pozemku. Parametr S udává součinitel sklonu svahu a parametr C je součinitel vyjadřující vliv osevního postupu a agrotechniky. Parametry S a C jsou opět v souvislosti zkoumaný pozemek-jednotkový pozemek. (Holý, 1994)

3.3 Batymetrie

Slovo batymetrie pochází z řeckého slova bathos, což v překladu znamená hloubka. Batymetrie je tedy měření hloubek, jak v oceánech a mořích, tak i ve sladkovodních vodách. (Gwinn a kol., 1987).

Batymetrií lze tedy sledovat míru zanášení MVN a vyhodnocovat tak akumulární schopnost nádrže a určit tak rychlost a míru zanášení nádrží i do budoucna.

3.3.1 Současné metody měření batymetrie

V České republice se pro batymetrické měření v současnosti používají převážně sonary (Sound Navigation And Ranging). Kromě měření hloubek jsou sonary schopné lokalizovat objekty pod hladinou. Pracují na principu vyslaných a následně zachycených akustických vln, ze kterých se následně určí vzdálenost nebo rychlost

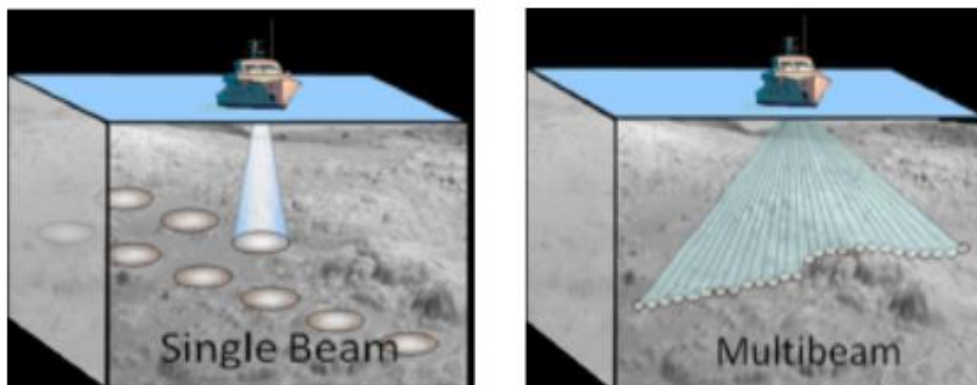
proudu jako rozdíl časového posunu vln. Sonary můžeme rozdělit na jednopaprscíté, mnohopaprscíté, boční, ADCP nebo LIDAR. (Novák a kol. 2015).

Jednopaprscítý sonar (Single beam echo sounder)

Při sonarovém měření dochází ke snímání dna pouze jedním paprskem ve tvaru konického kužele. Úhel záběru kužele se pohybuje v rozmezí 10° až 30° , čím větší se zvolí šířka snímání, tím větší oblast dna lze pozorovat, avšak s menší přesností. (Pokorná, 2007). Největší přesnosti lze dosáhnout při frekvenci přibližně 200kHz a úhlu rozevření 10° . Přesnost měření je tedy závislá na hloubce vody a typu přístroje, kdy čím větší hloubka, tím menší přesnost. Používá se pro hloubky od 0,4-200 m, kdy při hloubce 50 m dosahuje přesnosti 10 cm. (Česák a Šobr, 2005). Jednopaprscíté sonary fungují tak, že jakmile vyslaná vlna narazí na dno nebo jiný objekt, odrazí se zpět. Zachycené odražené signály následně sonda zašle do přístroje, který je zpracuje a zobrazí na displeji jako graf. Nevýhodou těchto sonarů je právě pouze jeden paprsek, čímž tyto zařízení nejsou vhodná pro měření batymetrických dat na MVN. Dno MVN může být porostlé vegetací od které by se pak odráželi signály a došlo by ke zkreslení výsledků. Díky těmto nevýhodám došlo k rozvinutí technologie mnohopaprscitého sonaru. (Garmin, 2000).

Mnohopaprscítý sonar (Multibeam echo sounder)

Tento sonar pracuje na stejném principu jako jednopaprscítý sonar, ale s tím rozdílem, že zpracovává najednou desítky až stovky bodů. Tím se výrazně sníží čas měření a náklady s tím spojené (Glen, 2015). Mapování dna probíhá tak, že loď jezdí v rovnoběžných pruzích a z překrývajících pruhů se následně sestavují batymetrické mapy. (Kongsberg, 2014)



Obrázek 3: Porovnání jednoho a mnohopaprscitého sonaru (URL 3)

Výhodou echosoundrů je, že zvládnou naměřit data i ve zhoršených podmínkách, např. při nedostatku světla (ve vysokých hloubkách nebo silně znečištěných vodách). Nevýhodou je časovější náročnost při sběru dat např. oproti LiDARu (Kubinský, 2013)

LIDAR (LIght Detection And Ranging)

Další metodou pro měření batymetrických dat je LiDAR. Jedná se v podstatě o skenování terénu z letadla ve vysokém rozlišení. K fungování tohoto systému je zapotřebí vysokofrekvenční laser, GPS přijímač a IMU, což je inerciální měřicí jednotka. (Quadros et Collier, 2008). LiDAR pracuje na principu časového rozdílu mezi vyslaným laserovým pulsem a odraženým signálem. Z časového rozdílu lze vypočítat vzdálenost mezi laserovým vysílačem a terénem. Pro lokalizaci letadla a orientaci laserového skenru slouží právě GPS a IMU. Laser má v sobě diodu, která vysílá světelný zdroj o určité frekvenci. Právě pro batymetrii se využívá zelený a červený laser o rozdílné frekvenci, a to z toho důvodu, že dno se měří odděleně od povrchu hladiny (Danson, 2006). Jelikož voda s rostoucí hloubkou pohlcuje infračervené záření, je vhodnější pro batymetrii používat zelené spektrum, které měří do hloubky až 50 metrů. Červené spektrum lépe zaměřuje břehovou linii, je tedy dobré obě spektra zkombinovat. (Dolanský, 2004). Nevýhodou u této metody je závislost na počasí a také na průzračnosti vody. Ze získaných dat následně získáme přesný model mapovaného území. a to i se zobrazením vegetace nebo sloupů vysokého napětí (Pokorná, 2006).



Obrázek 4: Systém LIDAR (URL 4)

ADCP (Acoustic doppler profiler)

Tento přístroj měří rychlost vody v celém vodním sloupci, ale lze ho použít také k měření hloubek. Měřící zařízení může být používáno v různých konfiguracích, ať už vodorovně na mostních pilířích v toku nebo na spodní části plavidla. Může být také pevně ukotveno na dně nádrže nebo moře, kde dochází k nepřetržitému měření. ADCP přístroj využívá Dopplerova jevu, který pracuje na principu šíření zvukových vln. Přístroj tedy vyvolá zvukové pulzy o stejné frekvenci do vody, ty se vzápětí odrazí ode dna nebo od nerozpuštěných látek ve vodě zpět do přístroje. Zvukové vlny, které se odrážejí od částic pohybující se směrem od přístroje, se vrátí s nižší frekvencí, a naopak zvukové vlny, které se odráží od částic, pohybující se směrem k přístroji se vrací s vyšší frekvencí. Tento rozdíl frekvencí vyslaných a vrácených vln je právě Dopplerův posun, který se následně používá k výpočtu rychlosti proudění vody (Novák a kol., 2015)

Na principu ADCP funguje např. přístroj **RiverSurveyor M9** od firmy SonTek, který zvládne měřit jak hloubky ve vodních tocích a nádržích, tak i průtoky (Erdem 2013). Přístroj se skládá z měřící hlavice, GPS RTK (Real Time Kinematic) zařízení, propojovacích kabelů a telefonu se softwarem pro probíhající sledování měření a komunikaci se systémem (SonTek, 2015). Měřící hlavice snímá rychlost za pomoci dvou čtveřic senzorů, které jsou nakloněny pod úhlem 25°. Vzhledem k měřené



Obrázek 5: RiverSurveyor M9 (URL 5)

hloubce, vysílají čtveřice senzorů odlišné frekvence, a to 1MHz a 3MHz, které se přepínají automaticky. Přístroj měří až do hloubky 80m při použití RTK GPS, jinak do 30m. Uprostřed hlavice je dále umístěn jeden velký senzor, který snímá aktuální hloubku vody (Erdem, 2013). Velkou výhodou u tohoto měřidla je, že funguje i v zakalených vodách (Hradilek a kol., 2015).

3.4 Prostorová interpolace bodových dat

Interpolací se ze známých hodnot vypočítávají hodnoty neznámé, které jsou v okolí známého jevu, např. jde o nadmořskou výšku nebo teplotu. (Peralvo, 2002).

Vhodnost interpolační metody se určí na základě vstupních bodů (jejich hustoty a pravidelnosti) a také na základě sledovaného jevu. Nejefektivnější metodou je pak ta, která má nejnížší hodnotu odchylky, při porovnání více druhů metod (Burian, 2008).

Používanými metodami interpolace jsou například Thiessenovy polygony, Natural Neighbor, IDW, Topo to raster nebo Spline. Interpolační metodou Spline jsem se zabývala ve své bakalářské práci, kdy jsem došla k výsledku, že metoda Spline with Tension i při vysokém RMSE má příznivější výsledky pro interpolaci batymetrických dat oproti metodě Regularized Spline.

3.5 Digitální model terénu

Digitální model terénu (DMT), neboli digitální model reliéfu (DMR) představuje topografický model zemského povrchu bez zobrazení vegetace, staveb a podobných objektů. Tyto objekty jsou digitálně odstraněny a vyobrazuje se pouze samotný terén pod těmito objekty (Zhilin a kol.2005). Využití DMT nalezneme v mnoha odvětvích, ať už jde o stavebnictví, územní plánování nebo právě batymetrii dna vodních ploch (Oršulák a Pacina, 2010).

K získání dat pro tvorbu DMT lze dojít několika způsoby, v úvahu by se ovšem mělo brát několik faktorů, jako jsou: plocha zájmového území, celkový čas a náklady nebo množství požadovaných bodů. Nejpřesnější metodou pro získání dat je geodetické měření (nivelace, tachymetrie), které je sice velmi přesné, ale zároveň nákladné a pracné. Dalšími metodami jsou např. GPS, LiDAR, dálkový průzkum, země nebo radarové snímky (Li a kol., 2005).

DMT vyobrazuje terén za pomoci výškových bodů, tedy různých nadmořských výšek. DMT lze vytvořit hned pomocí několika metod, a to: metodou pravidelných sítí bodů (regular grid), trojúhelníkovou nepravidelnou sítí (TIN – triangulated irregular network), liniově strukturovanou sítí (counter-based network) nebo za pomoci rastru. K zobrazení DMT se nejvíce používá TIN nebo rastr. TIN používá k zobrazení DMT trojúhelníkové plochy, které se ale jeví jako rovinné. Jde o spojitý model terénu, který

se používá například i pro batymetrii (Moore a kol.1991). Rastr je složen ze čtvercových buněk, kdy každá buňka má přiřazenou hodnotu X, Y a výšku Z. Každý rastr má dané rozlišení, které určuje, jak velkou plochu území bude jednotlivá buňka představovat (Oršulák a Pacina, 2010).

DMR4G

Digitální model reliéfu České republiky 4. generace vyobrazuje zemský povrch v digitální formě. Skládá se z pravidelné sítě (5x5m) bodů, nadmořské výšky jsou v systému Balt po vyrovnání se střední chybou výšky 0,3m. Data pro tento model byly pořízeny z leteckého laserového skenování v roce 2009-2013. Model je určen pro analýzy terénních poměrů regionálního charakteru, které se mohou používat např. při projektování vodohospodářských nebo dopravních záměrů (ČÚZK, 2018)

DMR5G

Digitální model reliéfu České republiky 5. generace se skládá z nepravidelné trojúhelníkové sítě (TIN) bodů. Stejně jako u modelu DMR4G je výškový systém Bpv (se střední chybou výšky 0,18m) a souřadnicový systém S-JTSK. Model vznikl stejně jako u předchozího DMR4G metodou leteckého laserového skenování, dokončen byl v roce 2016. Tento model má lokální charakter a rozsah. Slouží převážně k analýzám terénních poměrů, např. při projektování pozemkových úprav, pozemních, vodohospodářských anebo dopravních staveb. DMR5G slouží jako zdrojová databáze pro tvorbu vrstevnic, které jsou určeny pro mapy velkých měřítek.

DMR4G i DMR5G jsou společným projektem Českého úřadu zeměměřického a katastrálního (ČÚZK), Ministerstva obrany a Ministerstva zemědělství. (ČÚZK, 2018)

3.6 Land use

S mapováním a hodnocením krajiny jsou spjaté dva stěžejní pojmy, a to Land Use (LU) a Land Cover (LC). Tyto pojmy se do české terminologie nepřekládají, jelikož přesný překlad těchto termínů není možné definovat pro jejich vzájemnou provázanost (Kučera, 2014).

Pod pojmem Land Use si můžeme představit funkční rozdělení daného území do ploch, které jsou předem dané kategorií. Tyto kategorie jsou odvozené od způsobů využití dané plochy. Nejvhodnější termín pro český překlad je "využívání krajiny".

LU tedy vyhodnocuje povrch krajiny jako kombinaci vegetačního pokryvu, ale i využívání krajiny. Skládá se ze socioekonomické a biofyzikální složky. Hodnotí se tedy typ vegetace, způsob managementu krajiny a hospodářské využití ploch (Sklenička, 2003).

Příkladem klasifikace Land Use je příloha č.1 katastrální vyhlášky z roku 2013, konkrétně vyhláška č.357/2013Sb.

Tabulka 1: Klasifikace Land Use dle katastrální vyhlášky

Kód	Název druhu pozemku
2	Orná půda
3	Chmelnice
4	Vinice
5	Zahrada
6	Ovocný sad
7	Trvalý travní porost
10	Lesní pozemek
11	Vodní plocha
13	Zastavěná plocha a nádvoří
14	Ostatní plocha

Pojmem Land Cover kombinuje Land Use a vegetaci, která pokrývá řešené území. Nejvhodnější termín pro český překlad je "půdní pokryv". LC zobrazuje tedy druh materiálu, jako např. holá půda, nepropustné plochy nebo jehličnaté lesy. Tyto atributy se používají především k detailnímu hodnocení krajiny, například k projektování krajinářských opatření. (Sklenička, 2003)

Přestože jsou tyto pojmy často zaměňovány, definice LU je převážně na základě lidské činnosti, tedy způsobem, jak krajinu využívají a přeměňují lidé. Kdežto LC se vztahuje pouze na popis vegetačního, respektive půdního typu. (Choudhury a Jansen 1998).

3.6.1 Zdroje dat Land Use

Vstupní data zobrazují zjednodušený model struktury krajiny. Odlišují se od sebe metodou pořízení (digitalizace, dálkový průzkum Země, mapování v terénu) znázorněním (vektorová nebo rastrová data), rozsahem, tematickou podrobností nebo prostorovým rozlišením. V současnosti jsou nejčastějším zdrojem informací o zemském povrchu právě družicové nebo letecké snímky, kdy po jejich zpracování vzniknou vektorová nebo rastrová tematická data o krajinném pokryvu. Měřítko dat se určuje z nejmenší velikosti mapové jednotky, u rastrových dat pak z velikosti pixelu.

Měřítko spolu s kvalitou dat výrazně ovlivňuje relevantnost analýz a následných výsledků (Peng a kol. 2010)

Corine Land Cover

Jedná se o databázi dat, spadající do evropského projektu CORINE (COoRdination of INformation on the Environment) založeného v roce 1985 Evropskou komisí. Cílem databáze Corine Land Cover je poskytnutí dat o využití území a jeho změnách v čase od roku 1990. (CORINE, 2014). Původně byl tento program určen pro 12 států Evropské unie, ale v následujících letech evropská komise rozhodla o rozšíření i pro střední a východní Evropu. Tím se do programu dostala i Česká republika.

Zdrojem byly v počátku družicové snímky z družice Landsat 5, které byly nasnímány senzorem Multispectral Scanner s prostorovým rozlišením 50 m., které se následně digitalizovaly. Tím byla vytvořena mapa krajinného pokryvu v měřítku 1:100 000. Nevýhodou tohoto měřítka je ovšem malá vypovídací schopnost menších územních celků, např. okresů. Klasifikační legenda byla rozdělena do 3 úrovní, z nichž nejpodrobnější úroveň obsahovala 44 tříd, kdy se na území ČR nachází pouze 28. Nejmenší mapovací jednotkou byly plochy 25 ha o šířce 100 m. Postupem času se změnily některé parametry získaných dat vlivem technického vývoje družic, respektive jejich rozlišením. Nejnovější data byla pořízena v roce 2018 z družice Sentinel 2 a Landsat 8, při stejné mapovací ploše. Od roku 2006 byl projekt CLC změněn na projekt Copernicus ve spolupráci s Ministerstvem životního prostředí. Aktualizace databáze probíhá každých 6 let (Copernicus,2013)

Pro Českou republiku jsou data dostupná v online prohlížeči dat na webových stránkách projektu Copernicus a to z let 1990, 2000, 2006, 2012 a 2018. Lze je také stáhnout z webových stránek EEA, a to ve formátu tiff nebo shp.

Urban Atlas

Projekt Urban Atlas spadá do projektu Copernicus, který vznikl pro nedostatek dat z oblasti land use pro města. V současné době projekt poskytuje data pro více než 300 evropských měst, z toho pro 13 nacházejících se na území České republiky. Podmínkou pro zpracování dat byl počet obyvatel přesahující 100 000. Celkem je tedy pokryta více než třetina území ČR. Urban Atlas je vyhotoven v měřítku 1:10 000 s minimální mapovací plochou 0,25 ha. Klasifikace je u tohoto programu rozdělena do

3 úrovní, které se následně rozdělují do 22 tříd. (EEA ,2017). Jako podklad pro vytvoření tohoto programu sloužily již vytvořené land use a topografické mapy, socioekonomické statistiky a převážně snímky z družice Spot 5. (Copernicus,2013) Data jsou opět dostupná online na webových stránkách Copernicus, kde je lze také stáhnout.

LPIS - registr půdy

LPIS, neboli Land Parcel Identification System, je geograficko informační systém, který znázorňuje využití zemědělské půdy. Registr půdy také ověřuje údaje v žádostech o dotace poskytovaných v souvislosti se zemědělskou půdou, ať už ze zdrojů EU nebo z národních dotačních programů. (MZE, 2019)

Tento registr vznikl na přelomu roku 2003-2004. Nabízí informace o evidenčních jednotkách, tzv. farmářských blocích, které jsou v systému znázorněny polygonem, který představuje souvislou plochu zemědělské půdy patřící jednomu hospodáři (Sitewell, 2004). Každý záznam poskytuje řadu informací, jako jsou národní kod, jméno uživatele, výměra, sklonitost, typ kultury a další. LPIS spravuje Ministerstvo zemědělství, jakoukoliv změnu (kultury, změnu uživatele) musí ohlašovat uživatel dané půdy. (MZE, 2019)

KVES

KVES, neboli konsolidovaná vrstva ekologické stability slouží pro hodnocení ekosystémů, a to v regionální a národní úrovni. Pro hodnocení v lokálním měřítku se používají podrobnější datové zdroje. Konsolidovaná vrstva byla sestavena pro celé území ČR ve spolupráci s AOPK ČR a AV ČR. Vrstva vznikla kombinací Vrstvy mapování biotopů s dalšími datovými zdroji jako jsou: ZABAGED, DIBAVOD, LPIS, Corine Land Cover a Urban Atlas. Z hlediska klasifikace je vrstva rozdělena do 4 úrovní, přičemž nejvyšší úroveň rozlišuje druhů ekosystémů a nejnižší úroveň 40 biotopů. (Vačkář, 2014)

4 Metodika

Kapitola metodika v této práci popisuje zpracování a analýzu dat, která byla provedena v programu ArcGis. Další část v metodice je věnována vyhodnocením akumulčních objemů nádrží a podrobné kategorizací nádrží s jejich dílčím povodím podle jednotlivých faktorů, které mají vliv na zanášení MVN.

4.1 Zpracování dat v ArcGIS

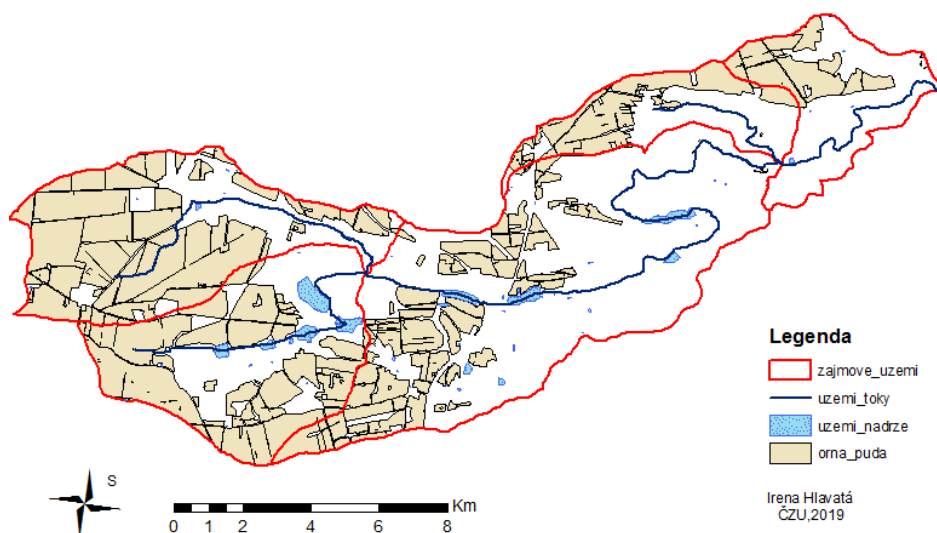
Pro hydrologické analýzy potřebné pro stanovení sklonitostních poměrů a vyšetření akumulace odtoku pro vytipování drah soustředěného odtoku v tomto programu byly použity jako vstupní výškopisná data DMR 5G, což je dnes nejpřesnější plošně dostupný model zemského povrchu pro území ČR. Dalšími vstupními daty byly liniové vrstvy nádrží a vodních toků a polygonová vrstva zájmového území. Všechny tyto vrstvy byly pomocí funkce *Clip* oříznuty na konkrétní zájmové území.

Dalším krokem byla analýza odtokových poměrů, která určuje kudy pravděpodobně povedou dráhy povrchového odtoku v území, tedy kam voda odeče. K této analýze se používá jako vstup pouze DMR5G, jelikož použité funkce pracují pouze na základě znalosti morfologie terénu. Nejprve byla použita funkce *Fill*, která z DMR identifikovala bezodtokové oblasti, které vznikají většinou chybou v datech. Nástroj *Fill* chybu odstraní a zároveň vyplní chybějící oblast.

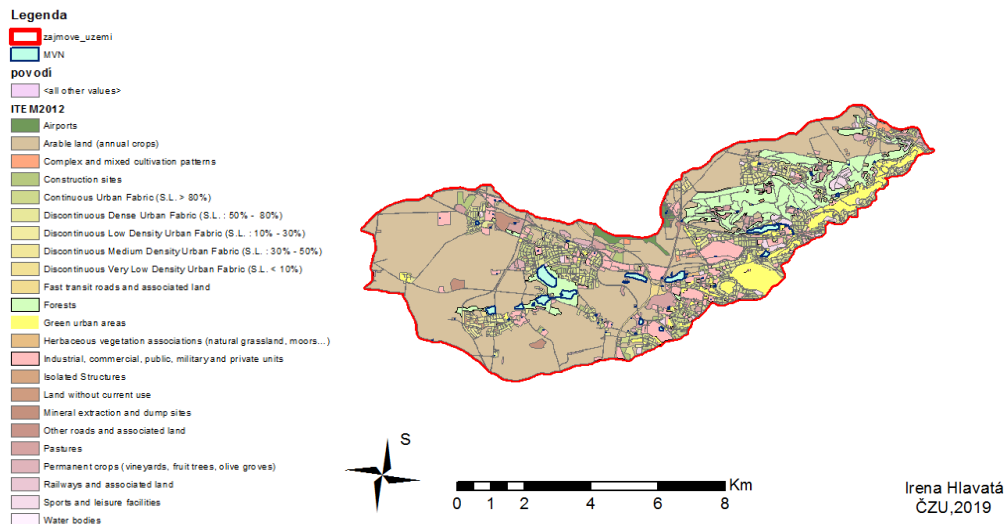
V dalším kroku byla použita funkce *Slope*, která určí sklonitost terénu ve zvoleném území. Tato funkce byla následně kategorizována dle VÚMOP do 7 tříd. Na výsledný raster sklonitosti se aplikovala funkce *Zonal statistic as table*, která mimo jiné vyhodnotila sklony terénu v dílčích polygonech. Následně byla použita funkce *Flow Direction*, která určí směr odtoku z jednotlivé buňky rastru. Funkce využívá znalosti o údajích nadmořských výšek buněk rastru, kdy voda odtéká z vyšší hodnoty do nižší. Výsledným rastr tedy zobrazuje směr proudění vody z každé buňky. V dalším kroku byla použita funkce *Flow Accumulation*, která určuje místa, kde se shromažďuje voda. Tento rastr vychází z rastru *Flow Direction*, pracuje tedy na základě směru povrchového odtoku. Čím světlejší pixel, tím nastává větší kumulace odtoku v daném místě. Ve výsledném rastru tedy hodnota každého pixelu vypovídá o tom, kolik výše položených pixelů je tímto pixelem odvodněno, tedy z kolika dalších pixelů doteče vody na dané místo.

V dalším kroku bylo nutné vytvořit novou bodovou vrstvu uzávěrových profilů., které byly umístěny do dráhy povrchového odtoku, tedy do míst s nejvyšší hodnotou pixelu, a to konkrétně k místu výtoku MVN. Dále byla pro vykreslení povodí použita funkce *Watershed*. která se použila pro každou MVN zvlášť. Každá takto vytvořená vrstva se převedla na polygon, a to pomocí funkce *Raster to Polygon*. Zároveň bylo nutné pro další analýzy vytvořit jednotlivě polygonové vrstvy pro každou MVN.

Pro analýzy krajinného pokryvu byly použity vrstvy KVES, Corine Land Cover 2018 a Urban Atlas 2012, ze kterých byly následně zanalyzovány plochy orné půdy v zájmovém území. Vrstva konsolidované ekologické stability je z těchto vrstev nejpřesnější. V rámci této diplomové práce byly také porovnány tyto 3 vrstvy krajinného pokryvu.



Obrázek 6: Vrstva krajinného pokryvu KVES (autor)



Obrázek 7: Vrstva krajinného pokryvu Urban Atlas 2012 (autor)

4.2 Vyhodnocení akumulčních objemů MVN

Objem nádrží byl vypočítán pomocí programu ArcGis a porovnán s manipulačními řády, které bohužel nejsou dostupné pro všechny nádrže. Jako zdroj těchto dat jsem použila portál Lesy hl.m.Prahy. V současnosti jsou tedy zjištěny údaje, které lze vidět v tabulce č. 4 v kapitole výsledky a připraveny pro další využití.

Pomocí interpolační funkce Spline byla batymetrická data převedena do rastru a následně byl tento rastr použit pro výpočet akumulčních objemů nádrže. předpokládala se znalost velikostí ploch každé buňky rastru. Dále byl součet těchto ploch zjištěn v záložce *Symbology* a dále pak *Classify*.

4.3 Kategorizace jednotlivých nádrží

Toto zhodnocení bylo provedeno prostřednictvím kategorizace jednotlivých nádrží pro každé hodnotící hledisko. Jde o souhrné zhodnocení ohroženosti z hlediska zanášení nádrží.

- Podíl orné půdy - plochy zanalyzované z KVES v % i hektarech
- Sklonitost- sklonitost pro každou nádrž byla vypočítána z funkce Slope a následně Zonal statistic as table
- Erozní ohroženost- toto hodnotící kritérium bylo rozděleno do 5 tříd, přičemž při hodnocení bylo zohledněna plocha orné půdy k dílčímu povodí, sklonitost

zemědělských pozemků kolem nádrží, dráhy soustředěných odtokových cest z orných půd, dlouhodobý průměrný smyv půdy v dané lokalitě dle VÚMOP a s tím spojenou funkcí vegetačního pokryvu.

- 1- půdy nenáchylné k erozi
 - 2- půdy slabě náchylné k erozi
 - 3- půdy středně náchylné k erozi
 - 4- půdy silně náchylné k erozi
 - 5- půdy nejnáchylnější k erozi
- Land Use -toto kritérium bylo také rozděleno do 5 tříd a dále hodnoceno podle zachycení možných půdních smyvů a celkové produkce znečištění z daného pokryvu, které souvisí se zanášením toku nebo nádrže, a to následovně:
 - 1- lesnatý porost
 - 2- urbanizovaná krajina
 - 3- lesnatý porost se zemědělskou půdou
 - 4- zemědělská půda s urbanizovanou krajinou
 - 5- zemědělská půda
 - Akumulace odtoku- v tomto kritériu jsou zobrazeny počty výrazných drah soustředěného povrchového odtoku, které vedou do jednotlivých nádrží.

Tabulka 2: Kategorizace jednotlivých MVN (autor)

MVN	PODÍL ORNÉ PŮDY(%)	PODÍL ORNÉ PŮDY(ha)	SKLONITOST	EROZNÍ OHROŽENOST	LAND USE	AKUMULACE ODTOKU
BAŠTA	77	288,18	2,43	3	4	2
STRAHOVSKÝ	69	556,00	3,19	3	4	3
BŘEVSKÝ	68	590,78	3,22	3	3	1
KALÝ	66	600,79	3,2	2	1	1
LITOVICKÝ	59	647,04	3,25	3	2	3
STRNAD	63	2039,31	3,3	4	4	4
JIVINÝ	57	2175,43	3,6	4	4	4
LIBOCKÝ	51	2207,16	3,94	1	2	0
DŽBÁN	49	2207,16	4,13	1	3	0

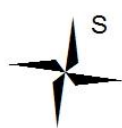
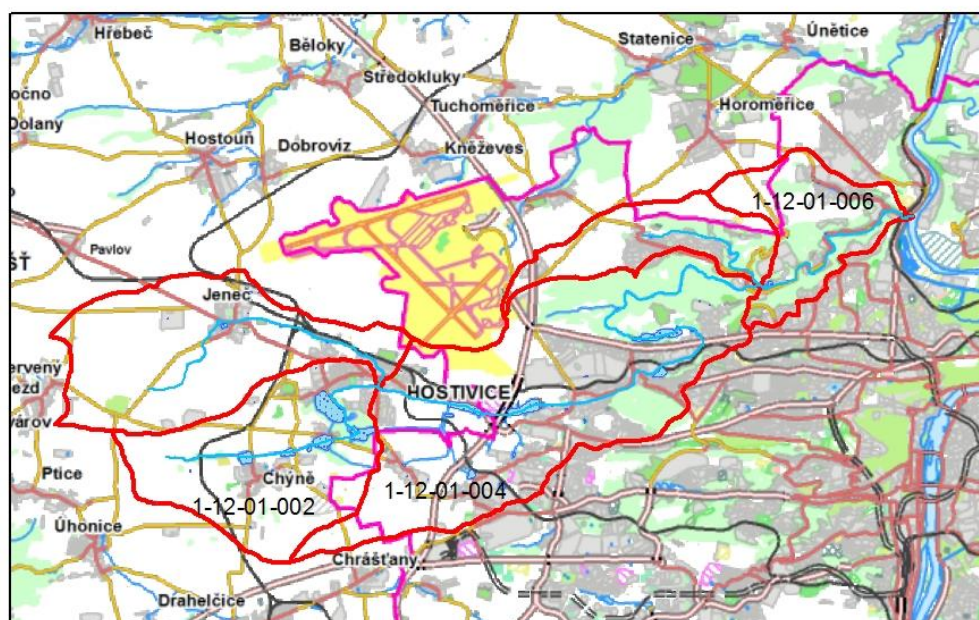
Tato tabulka bude podrobněji rozebrána v kapitole 6- výsledky a diskuze.

5 Charakteristika zájmového území

V této kapitole je popsáno a zanalyzováno povodí Litovicko-Šáreckého potoka, a to jak z hlediska hydrografických poměrů, tak z hlediska eroze. V další části této kapitoly jsem pro přehlednost MVN rozdělila podle obcí, kde se nacházejí a podrobněji zanalyzovala.



Obrázek 8: Lokalizace povodí na území ČR (URL 6)



0 0,75 1,5 3 4,5 6 km

Legenda

- povodí
- MVN
- vodní toky

Irena Hlavatá
ČZU, 2019

Obrázek 9: Povodí Litovicko-Šáreckého potoka (autor)

Litovicko-Šárecký potok pramenní v obci Chýně ve Středočeském kraji, zhruba 1,5 km od nádrže Bašta. Celková délka toku je 21,28 km a plocha povodí je 62,9 km². Tento potok, jak již tomu jméno napovídá se skládá ze dvou částí. Horní část toku, která se vlévá do MVN Džbán je označována jako Litovický potok. Šárecký potok pak pokračuje od této nádrže směrem k prameni. Litovicko-Šárecký potok je levostranným přítokem Vltavy, do které se vlévá v Praze- Sedleci. Číslo hydrologického pořadí je 1-12-01-002, 1-12-01-004, 1-12-01-006.

Od pramene následuje soustava MVN, které byly v minulosti vybudovány jako zásobní, a to konkrétně pro zásobení Pražského hradu. Jde o nádrže Bašta, Strahovský, Břevský a Litovický rybník. Dále potok pokračuje do retenční nádrže Strnad, která leží v obci Hostivice. Z obce Hostivice potok vtéká na území hlavního města Prahy. Za nádrží Strnad, a to zhruba 400 m následuje další retenční nádrž a to Jiviny. Dále potok pokračuje směrem na východ k Ruzyňské věznici, kde je v délce zhruba 1 km zatrubněn. Z Ruzyně tok vede do Veleslavína a dále do nádrže Džbán v Šáreckém údolí. Dále potok protéká přírodním parkem Šárka- Lysolaje až do Lysolaj, kde se vlévá do Vltavy.

5.1.1 Hydrografické poměry

Litovicko-Šárecký potok vzniká v meliorovaných plochách nad obcí Chýně, ze kterých stéká do MVN Bašta a Strahovský rybník. Dále potok protéká přírodní památkou Hostivické rybníky, kde protéká převážně mokřady do MVN Břevský rybník. U tohoto rybníku se nachází bezejmenná vodní nádrž, která je pozůstatkem po těžbě rašeliny. Do Břevského rybníka přitéká navíc voda z jižní strany, jde o bezejmenný potok. Voda z tohoto rybníka dále pokračuje dvěma směry, a to výpustným objektem do Litovického rybníka anebo přelivem, který je umístěn ve východní straně hráze do rybníku Kalý. Rozdělování průtoků se provádí pomocí regulace výpustného objektu.

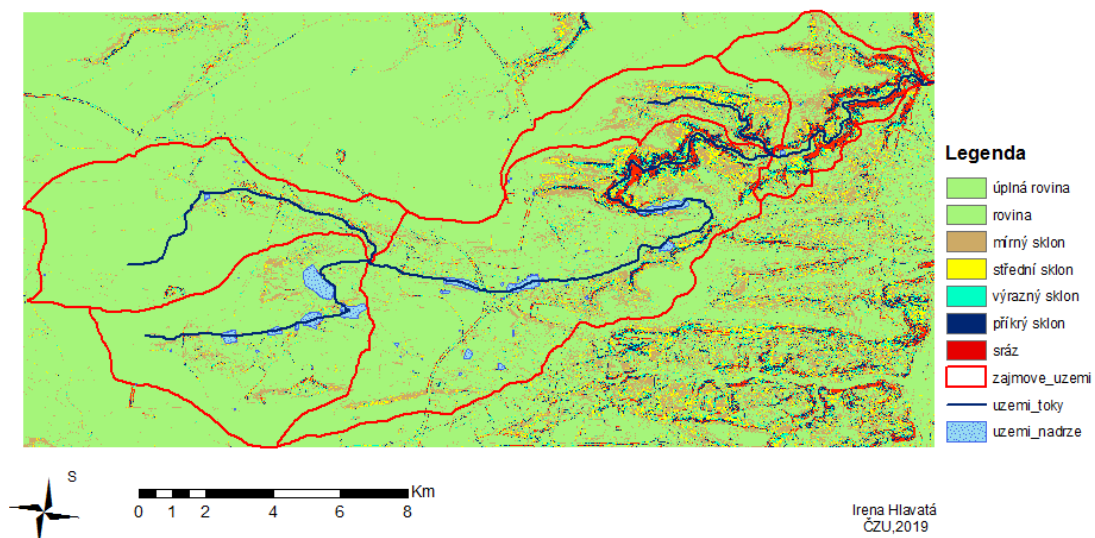
MVN Kalý rybník je mimo jiné napájen několika malými pramennými potůčky, které odvodňují lesní pozemky na jižní straně. Na pravé straně hráze tohoto rybníka se nachází potrubní výpusť se stavidlem, která reguluje odtok vody do přilehlého mokřadu Chobot. Odtud voda dále pokračuje do obtokové strouhy kolem Litovického

rybníka. Rybník Kalý je závislý na přítoku vody z Břevského rybníku. neboť výpar z jeho vodní hladiny je větší než přítok z jeho dílčího povodí.

Od obce Litovice přitéká několik malých drobných přítoků do Litovického rybníka. Dále Litovicko-Šárecký potok protéká v převážně napřímené trase přímo do retenční nádrže Strnad. Odtud vtéká na území Prahy, a to do další retenční nádrže Jiviny. Dále potok pokračuje přes Ruzyň, kde je část toku zatrubněná, a to až k severnímu cípu Obory Hvězda. Potok dále pokračuje v otevřeném korytu do Libockého rybníka, který je napájen bočně. Poslední MVN je Džbán, odkud potok vtéká do údolí Divoké Šárky a následně protéká údolím Tiché Šárky. Dále potok protéká přírodním parkem Šárka-Lysolaje až do Lysolaj, kde se vlévá do Labe.

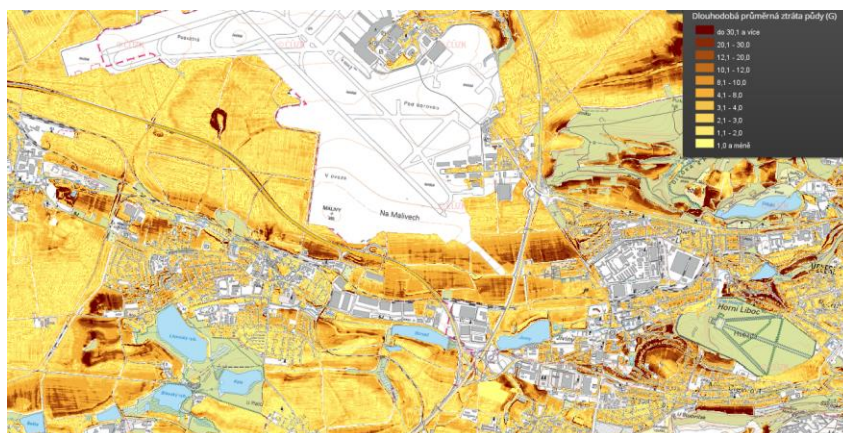
5.1.2 Popis povodí z hlediska eroze

V Litovicko-Šáreckém povodí je převažující plochou orná půda, a to zejména v západní části území, kde je hojné využívání zemědělské krajiny. Postupně směrem na východ krajina přechází do urbanizovanější části, kde přibývá obytných ploch a průmyslových areálů. Celé zájmové území se nachází převážně v rovinnatém území. Výjimku ovšem tvoří východní cíp povodí, kde je z hlediska sklonitosti a eroze nejdominantnější část z celého povodí, a to přírodní rezervace Divoká Šárka. V této oblasti jsou hlavním krajinným pokryvem lesy, nenachází se zde tedy orná půda, a tak toto území není ohroženo půdním smyvem.



Obrázek 10: Sklonitost zájmového území (autor)

Při porovnání dostupných dat z VÚMOP se na tomto povodí zvýšil od roku 2011 smyv půdy a tím se zároveň zvýšily plochy erozně ohrožených půd, a to až o několik desítek %. Výsledné grafy budou uvedeny v kapitole výsledky.



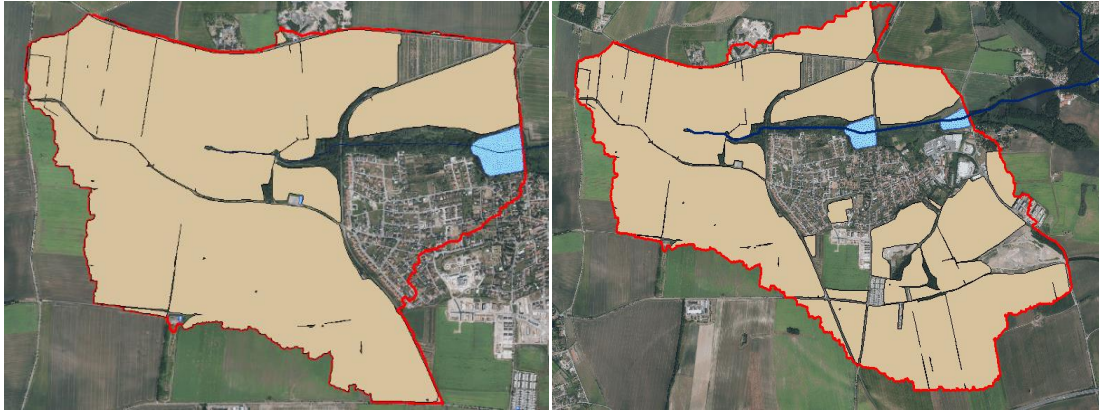
Obrázek 11: Dlouhodobý průměrný smyv půdy v zájmovém území (URLI)

V další podkapitole se budu podrobněji zabývat konkrétními nádržemi a jejich dílčím povodím, které jsem rozdělila podle jednotlivých obcí, kde se zájmové nádrže nacházejí. Každé dílčí povodí je dále popsáno z hlediska erozní ohroženosti, kdy jsem se zaměřovala na podíly ploch orné půdy, její sklonitost a také na vegetační pokryv, který je v okolí nádrže. Dále jsem zhodnocovala krajinný pokryv, který se nachází v dílčím povodí a další možné zdroje znečištění vztahující se k zanášení nádrží a toku, jako jsou výustě od čistíren odpadních vod nebo dešťové stoky.

5.1.2.1 Chýně

V obci Chýně se nachází MVN Bašta a Strahovský rybník. Strahovský rybník je hojně využíván k chovu ryb, je do něj také zaústěna strouha od ČOV Chýně. Celková plocha orné půdy v obci činí 355 ha, což je v procentuálním zastoupení 71 % z celkové plochy území. Jde tedy o převládající využití půdního fondu. Převažujícím půdním typem je hnědozem, kromě oblasti Strahovského rybníka, kde se nachází černozem.

Podle zanalyzovaných dat z KVES je patrné, že v dílčích povodích MVN Bašta a Strahovský rybník je vysoký podíl orné půdy, a to 77% (288ha) a 69% (556ha) z celkové rozlohy dílčího povodí. Území se nachází převážně v rovinatém terénu .



Obrázek 12: Zastoupení orné půdy z KVES pro MVN Bašta a Strahovský rybník (autor)

Podle ortofoto snímku č.13 si lze všimnout, že MVN Bašta a Strahovský rybník ze severní strany obklopuje orná půda, která ale nezasahuje až k hraně nádrže. MVN Bašta je od orné půdy oddělen polní cestou, která je dále směrem k nádrži osázena vegetací se vzrostlými stromy. MVN Strahovský rybník je od orné půdy oddělen



zatravněným pásem, směrem k nádrži je vysázena alej vzrostlých stromů. Na jižní straně se nachází urbanizovaném území s průmyslovým areálem, kde může půdní smyv zachytit kanalizace. Vzhledem k zastoupení orné půdy a nízkému vegetačnímu pokryvu kolem nádrží, jsou tyto nádrže z celého povodí nejvíce ohrožené půdním smyvem ze zemědělských ploch.

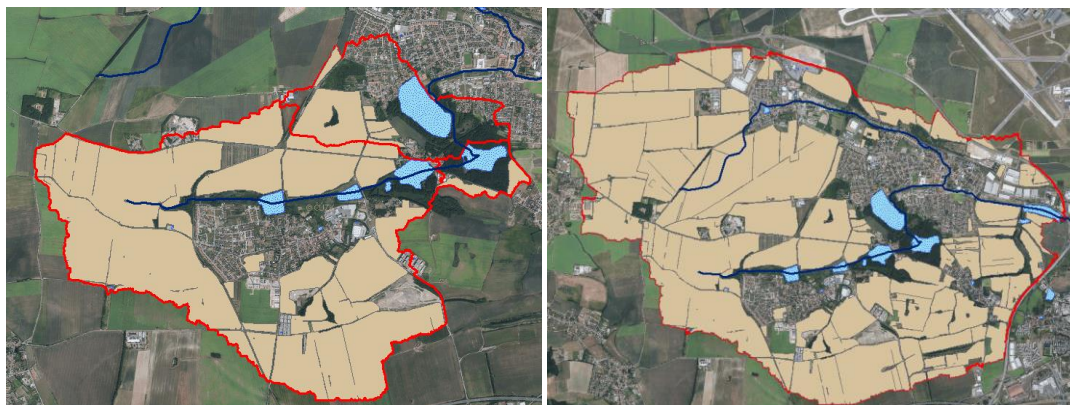
Obrázek 13: Ortofoto snímek MVN Bašta a Strahovský rybník (URL6)

5.1.2.2 Hostivice

Město Hostivice se nachází východně od obce Chýně, přímo sousedící se západním okrajem Prahy. Nachází se zde přírodní památka Hostivické rybníky, do kterých spadá MVN Břevský, Kalý a Litovický rybník s přílehlými mokřady. Voda v těchto nádržích je silně eutrofizovaná, což má za následek nárůst zelených řas. Růst řas je způsoben právě nadměrnou koncentrací dusíku a fosforu, můžeme se tedy domnívat, že jde o následek půdních smyvů z okolních polí a vypouštění odpadních vod do nádrží.

Do této lokality spadá ještě MVN Strnad. Celková plocha orné půdy v obci je zhruba 980 ha, což představuje 68 % zastoupení z celé plochy obce. Převažujícím půdním typem je hnědozem, v menší míře pak černozem.

Z KVES je zřejmé, že pro každé dílčí povodí dané nádrže odpovídá alespoň 60 % orné půdy. Sklonitost v tomto území byla vyhodnocena průměrně na 3,24 %, což odpovídá rovinatému území.



Obrázek 14: Zastoupení orné půdy z KVES pro Hostivické rybníky a MVN Strnad (autor)

Podle ortofoto snímku č.15 si lze všimnout, že severní strana obce je ve velké míře urbanizovaná, v obci dochází k prudkému nárůstu výstavby. Orná půda kolem těchto tří nádrží se nachází z jižní, východní a západní strany. U těchto nádrží nepředpokládám půdní smyv z přiléhajících polí, jelikož jsou nádrže umístěny v lesnatém území. U Břevského rybníka, je ovšem na jeho západní straně část území, která má nízký vegetační pokryv. Je to tak jediné místo z těchto tří nádrží, kde může dojít k zanášení Břevského rybníku půdními smyvy.



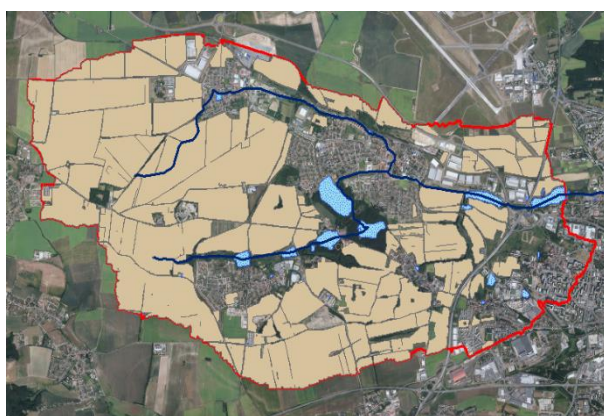
Obrázek 15: Ortofoto snímky Hostivických rybníků a MVN Strnad (URL 6)

Z Litovického rybníka potok protéká částí zastavěného území, a dále v délce zhruba 1,5km protéká územím, kde není kolem vodního toku vegetační pokryv, nebo je jen v malé míře. Po pravé straně v tomto úseku je orná půda, která je od toku oddělena pouze úzkým pásem se zatravněním. Jde tedy o úsek, kde může docházet k erozi z přilehlých polí přímo do toku, která se dál přemísťuje do nádrží.

Za tímto úsekem navazuje MVN Strnad. Tato nádrž je využívána k chovu ryb, ale také má vylepšovat kvalitu vody v potoce před MVN Džbán. Kolem nádrže Strnad jsou ze severní strany umístěny průmyslové areály, ze kterých je svedena dešťová voda svody do nádrže. Orná půda, která se nachází kolem nádrže je od ní oddělena pouze úzkým zatravněným pruhem (nejušší místo odhadnuto na šířku 6 m) se vzrostlými stromy a keři. Jelikož jsou plochy s ornou půdou převážně v rovinném území (3,3%), ale ve velkém zastoupení, jde o další nádrž, kde se předpokládá zanášení vlivem půdních smyvů.

5.1.2.3 Ruzyně

V městské části Ruzyně se nachází pouze retenční nádrž Jiviny. Celková plocha orné půdy v této městské části je 400 ha, což představuje pouze 27% rozlohy území. Půdním typem na této části Prahy je hnědozem, černozem a kambizem. Z analyzovaných dat z KVES vyplývá že k dílčímu povodí MVN Jiviny připadá 57 % orné půdy z rozlohy dílčího povodí, což je 2175 ha. Průměrný sklon v tomto území je 3,6 %, jde tedy o převážně rovinné území.



Obrázek 16: Zastoupení orné půdy z KVES pro MVN Jiviny (autor)

Z ortofoto snímku č.17 si můžeme všimnout, že na jižní a části východní straně MVN je zastavěné území, ze kterého je do nádrže Jiviny zaústěna dešťová kanalizace, která je nad profilem hráze. Nad nádrží v severní části je umístěna orná půda, která je od



nádrže oddělena zatravněným pásem o šířce zhruba 15 m s řadou vzrostlých stromů. Vzhledem k velké ploše zemědělsky využívané půdy nad nádrží a mírně vyšším sklonem území se ani toto opatření proti erozi u nádrže nejeví jako příliš efektivní.

Obrázek 17: Ortofoto snímek MVN Jiviny (URL 6)

5.1.2.4 Liboc

Městská část Prahy Liboc se rozkládá na území o ploše 425 ha, přičemž 116 ha představuje orná půda, jde tedy zhruba o 27% zastoupení zemědělsky využívané půdy. Půdním typem na této městské části jsou kambizem a hnědozem. V této oblasti se nachází pouze MVN Libocký rybník.

Dle KVES k dílčímu povodí Libocký rybník připadá zhruba 2207 ha orné půdy, což je 51 % z celkové výměry polygonu. Území v této oblasti je převážně rovinaté až mírně sklonité (3.94 %).



Obrázek 18: Zastoupení orné půdy z KVES pro Libocký rybník(autor)

Hlavním účelem Libockého rybníka je chov ryb a dále slouží jako zásoba vody pro vodovod Pražského hradu, kde se voda používá k závlahám. Aby se MVN nezanášela sedimenty z toku, byla v minulosti přestavěna z průtočné nádrže na boční. Později bylo provedeno opevnění polovegetačními tvárnicemi. Podle ortofoto snímků si můžeme všimnout, že nádrž leží převážně v urbanizovaném území, kdy je z východní

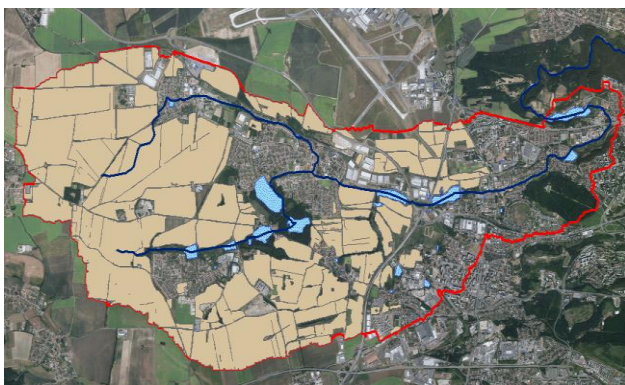


strany napojena na les. Kolem nádrže je vybudován úzký zatravněný pás s řadou vysázených stromů. Tato nádrž se jeví z hlediska zanášení nejméně náchylná, a to z toho důvodu že jde o nádrž, která je boční a zároveň je v území kde je minimum orné půdy.

Obrázek 19: Ortofoto snímek MVN Libocký rybník (URL 6)

5.1.2.5 Vokovice

V městské části Prahy Vokovice se nachází poslední nádrž z povodí Litovicko-Šáreckého potoka. Jde o MVN Džbán. V městské části Vokovice tvoří podíl orné půdy zhruba 86 ha, což je 24 % z celkové výměry této části. Převažujícím půdním typem je kambizem. Je zde nejvyšší sklonitost území k danému dílčímu povodí, a to: 4,13% což odpovídá rovinatému až mírně sklonitému území.



Obrázek 20: Zastoupení orné půdy z KVES pro MVN Džbán (autor)

Z analyzovaných dat z KVES je výměra orné půdy k dílčímu povodí MVN Džbán 2207 ha, což je v procentuálním zastoupení 49 %.

Hlavní funkcí této nádrže je rekreační využití, rybolov a snížení účinků povodní na Litovicko-Šáreckém potoce. Nádrž je převážně umístěna v lesnatém území, které spadá do přírodního parku Šárka-Lysolaje. Tato nádrž je vzhledem k umístění a okolní krajinnému pokryvu zanášena hlavně vodním tokem.



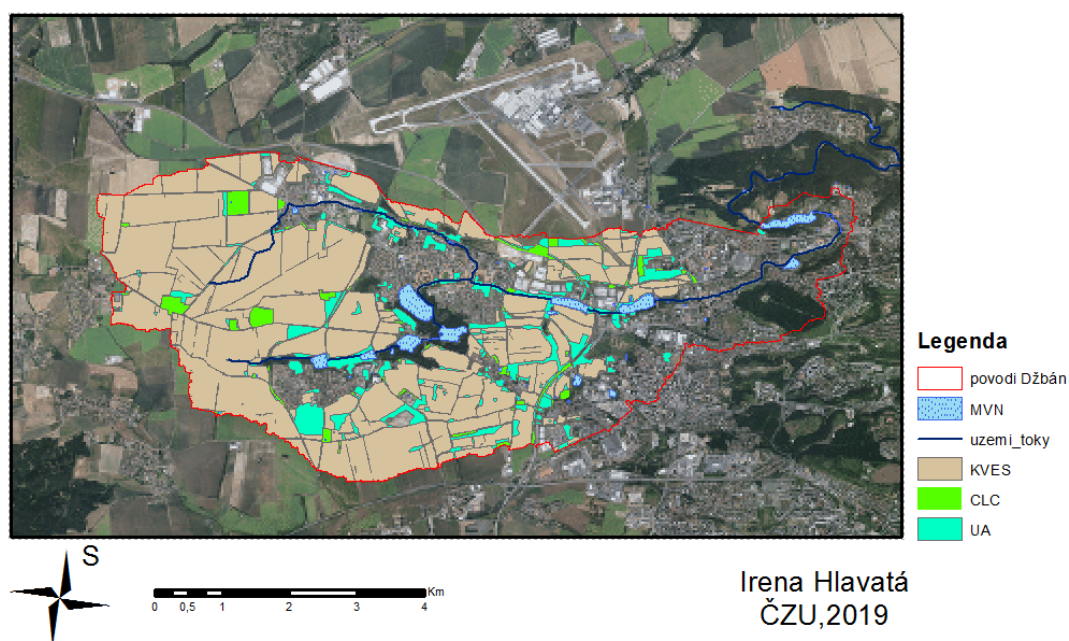
Obrázek 21: Ortofoto snímek MVN Džbán(URL 6)

6 Výsledky a diskuze

Tato kapitola diplomové práce se zabývá souhrnem a porovnáním vyhodnocených dat uvedených v předchozí kapitole. Výsledky jsou zobrazeny pomocí mapových výstupů, tabulek a grafů.

6.1 Vrstvy krajinného pokryvu

Analýzu krajinného pokryvu jsem pro srovnání prováděla z několika vrstev, a to konkrétně: KVES, Corine Land Cover 2018 a Urban Atlas 2012, kde jsem se zaměřila na ornou půdu. Na obrázku 22 je vidět rozdíl v překryvech těchto vrstev, kdy béžovou barvou je označena vrstva Konsolidované vrstvy ekosystémů, zelenou barvou je vyobrazena vrstva Corine Land Cover a modrá je vrstva Urban Atlas. Dále jsou v tabulce 3 vypočteny plochy orné půdy z jednotlivých vrstev krajinného pokryvu, které jsou vždy staženy k dílčímu povodí dané nádrže.



Obrázek 22: Zobrazení rozdílů vrstev krajinného pokryvu (autor)

V tabulce č.3 si můžeme všimnout, že jsou nepatrné rozdíly v plochách orné půdy k dílčím povodím mezi konsolidovanou vrstvou ekosystémů a vrstvou Corine Land Cover, kdy jde průměrně zhruba o rozdíl 3%. Kdežto při porovnání ploch z konsolidované vrstvy ekosystémů a vrstvou Urban Atlas jde o rozdíl průměrně 10%, což je znatelný rozdíl. Z toho je tedy patrné, že vstupní vrstvy krajinného pokryvu se od sebe vzájemně poměrně liší a záleží, jakou vrstvu pro analýzu zvolíme.

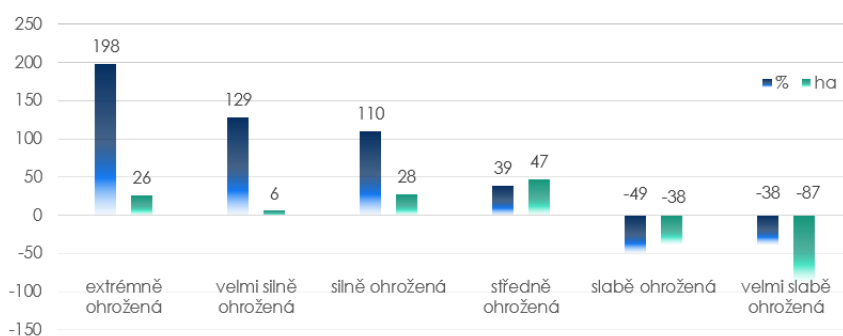
Tabulka 3: Rozdíly v plochách jednotlivých vrstev krajinného pokryvu(autor)

MVN	ROZLOHA MVN (ha)	KVES			CLC		UA	
		PLOCHA POLYG (ha)	PLOCHA ORNÉ PŮDY(ha)	PLOCHA ORNÉ PŮDY(%)	PLOCHA ORNÉ PŮDY(ha)	PLOCHA ORNÉ PŮDY(%)	PLOCHA ORNÉ PŮDY(ha)	PLOCHA ORNÉ PŮDY(%)
BAŠTA	5,16	375,22	288,18	77	301,10	80	308,22	82
STRAHOVS.	2,96	803,99	556,00	69	573,91	71	651,73	81
BŘEVSKY	8,06	874,90	590,78	68	610,24	70	690,24	79
KALÝ	9,09	915,48	600,79	66	621,61	68	700,93	77
LITOVICKY	19,80	1094,66	647,04	59	682,63	62	764,64	70
STRNAD	8,16	3262,24	2039,31	63	2175,54	67	2353,34	72
JIVINY	10,30	3804,04	2175,43	57	2319,04	61	2548,38	67
LIBOCKÝ	2,79	4342,44	2207,16	51	2373,16	55	2601,46	60
DŽBÁN	12,13	4512,14	2207,16	49	2373,16	53	2602,63	58

6.2 Erozní ohroženost půd

Hodnocení erozní ohroženosti půd bylo nejprve provedeno pro celé zájmové povodí z dostupných dat z VÚMOP. Do hodnocení spadali následující obce a městské části: obec Jeneč, Chýně, Hostivice a dále městské části Prahy: Ruzyně, Nebušice, Liboc a Vokovice.

POROVNÁNÍ EROZNÍ OHROŽENOSTI PŮD MEZI ROKY 2019 A 2011

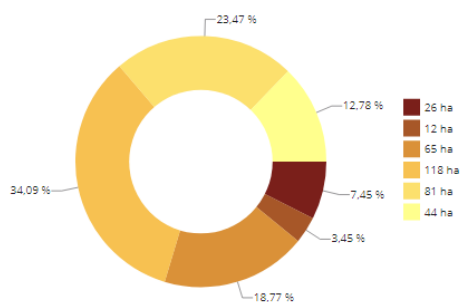


Obrázek 23: Graf erozní ohroženosti půd v rámci povodí(autor)

Jak je z tohoto grafu zřejmé, tak za posledních 8 let výrazně ubylo půd, které byly velmi slabě, nebo slabě ohrožené erozí. Zvýšily se plochy velmi silně a silně ohrožené erozí. Největší nárůst byl zaznamenán na plochách extrémně ohrožených, a to o 198%. Z toho vyplývá, že celková ohroženost malých vodních nádrží zanášením sedimenty v povodí Litovicko-Šáreckého potoka v posledních letech značně narůstá.

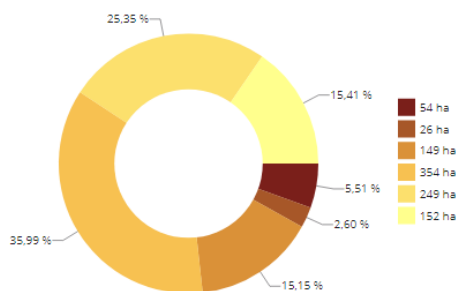
Následující grafy zobrazují dlouhodobý průměrný smyv půdy dle VÚMOP pro jednotlivé území, kde se nachází MVN. Porovnány byly hodnoty mezi roky 2019 a 2011.

Dlouhodobý průměrný smyv půdy (G) G [t/ha/rok]	Rok 2019			Rok 2011		
	Zastoupení (%)	Výměra (ha)		Výměra (ha)	Rozdíl (ha)	Rozdíl (%)
extrémně ohrožená	více než 10,1	7,45	25,81	5,70	20,11	352,81
velmi silně ohrožená	8,1 - 10,0	3,45	11,96	5,44	6,52	119,85
silně ohrožená	4,1 - 8,0	18,77	65,05	40,34	24,71	61,25
středně ohrožená	2,1 - 4,0	34,09	118,16	83,95	34,21	40,75
slabě ohrožená	1,1 - 2,0	23,47	81,35	123,87	-42,52	-34,33
velmi slabě ohrožená	méně než 1,0	12,78	44,29	129,64	-85,35	-65,83
celkem		100,00	346,62	388,94	-42,32	-10,88



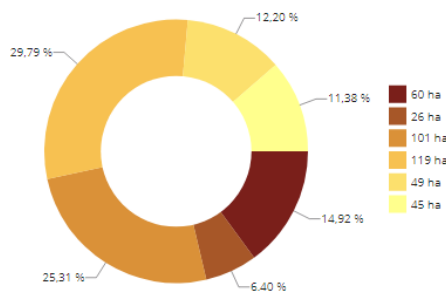
Obrázek 24: Dlouhodobý průměrný smyv půdy pro obec Chýně (URL2)

Dlouhodobý průměrný smyv půdy (G) G [t/ha/rok]	Rok 2019			Rok 2011		
	Zastoupení (%)	Výměra (ha)		Výměra (ha)	Rozdíl (ha)	Rozdíl (%)
extrémně ohrožená	více než 10,1	5,51	54,16	15,76	38,40	243,64
velmi silně ohrožená	8,1 - 10,0	2,60	25,59	7,91	17,68	223,45
silně ohrožená	4,1 - 8,0	15,15	149,06	65,26	83,80	128,41
středně ohrožená	2,1 - 4,0	35,99	353,95	167,11	186,84	111,81
slabě ohrožená	1,1 - 2,0	25,35	249,29	320,29	-71,00	-22,17
velmi slabě ohrožená	méně než 1,0	15,41	151,53	449,98	-298,45	-66,32
celkem		100,00	983,57	1 026,31	-42,74	-4,16



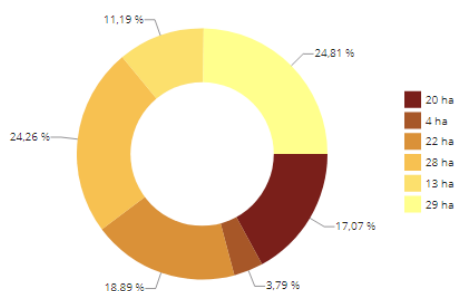
Obrázek 25: Dlouhodobý průměrný smyv půdy pro obec Hostivice (URL2)

Dlouhodobý průměrný smyv půdy (G) G [t/ha/rok]	Rok 2019			Rok 2011		
	Zastoupení (%)	Výměra (ha)		Výměra (ha)	Rozdíl (ha)	Rozdíl (%)
extrémně ohrožená	více než 10,1	14,92	59,58	17,18	42,40	246,81
velmi silně ohrožená	8,1 - 10,0	6,40	25,55	7,62	17,93	235,30
silně ohrožená	4,1 - 8,0	25,31	101,06	50,12	50,94	101,64
středně ohrožená	2,1 - 4,0	29,79	118,97	79,88	39,09	48,94
slabě ohrožená	1,1 - 2,0	12,20	48,74	107,66	-58,93	-54,73
velmi slabě ohrožená	méně než 1,0	11,38	45,46	100,87	-55,41	-54,93
celkem		100,00	399,36	363,33	36,03	9,92



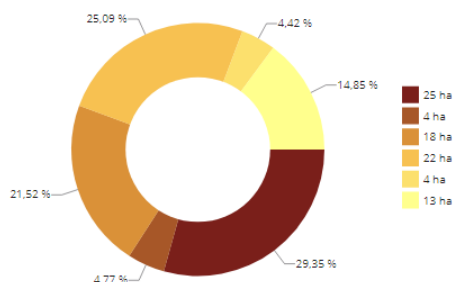
Obrázek 26: Dlouhodobý průměrný smyv půdy pro městskou část Ruzyně (URL2)

Dlouhodobý průměrný smyv půdy (G) G [t/ha/rok]	Rok 2019			Rok 2011		
	Zastoupení (%)	Výměra (ha)		Výměra (ha)	Rozdíl (ha)	Rozdíl (%)
extrémně ohrožená	více než 10,1	17,07	19,75	14,36	5,39	37,52
velmi silně ohrožená	8,1 - 10,0	3,79	4,39	4,73	-0,34	-7,19
silně ohrožená	4,1 - 8,0	18,89	21,86	19,92	1,94	9,73
středně ohrožená	2,1 - 4,0	24,26	28,07	22,94	5,13	22,34
slabě ohrožená	1,1 - 2,0	11,19	12,95	28,49	-15,55	-54,56
velmi slabě ohrožená	méně než 1,0	24,81	28,70	27,26	1,44	5,29
celkem		100,00	115,71	117,70	-1,99	-1,69



Obrázek 27: Dlouhodobý průměrný smyv půdy pro městskou část Liboc (URL2)

Dlouhodobý průměrný smyv půdy (G) G [t/ha/rok]	Rok 2019			Rok 2011		
	Zastoupení (%)	Výměra (ha)		Výměra (ha)	Rozdíl (ha)	Rozdíl (%)
extrémně ohrožená	více než 10,1	29,35	25,21	20,43	4,78	23,37
velmi silně ohrožená	8,1 - 10,0	4,77	4,10	5,55	-1,45	-26,13
silně ohrožená	4,1 - 8,0	21,52	18,48	20,46	-1,98	-9,67
středně ohrožená	2,1 - 4,0	25,09	21,55	26,92	-5,37	-19,94
slabě ohrožená	1,1 - 2,0	4,42	3,80	24,33	-20,54	-84,40
velmi slabě ohrožená	méně než 1,0	14,85	12,76	11,28	1,48	13,08
celkem		100,00	85,89	108,97	-23,08	-21,18



Obrázek 28: Dlouhodobý průměrný smyv půdy pro městskou část Vokovice (URL2)

6.3 Kategorizace MVN

Tabulka 4: Kategorizace jednotlivých MVN (autor)

MVN	PODÍL ORNÉ PŮDY(%)	PODÍL ORNÉ PŮDY(ha)	SKLONITOST	EROZNÍ OHROŽENOST	LAND USE	AKUMULACE ODTOKU
BAŠTA	77	288,18	2,43	3	4	2
STRAHOVSKÝ	69	556,00	3,19	3	4	3
BŘEVSKÝ	68	590,78	3,22	3	3	1
KALÝ	66	600,79	3,2	2	1	1
LITOVICKÝ	59	647,04	3,25	3	2	3
STRNAD	63	2039,31	3,3	4	4	4
JIVINÝ	57	2175,43	3,6	4	4	4
LIBOCKÝ	51	2207,16	3,94	1	2	0
DŽBÁN	49	2207,16	4,13	1	3	0

Zelenou barvou v této tabulce jsou označeny hodnoty s nejpříznivějšími výsledky, červenou barvou jsou naopak označeny hodnoty, které vyšly z hlediska hodnotících kritérií nejhůře.

Můžeme tedy usoudit že MVN Strnad a Jiviny z hlediska zanášení sedimenty dopadla nejhůř. Je to způsobeno zejména nedostatečným vegetačním pokryvem kolem nádrže, vyšším podílem orné půdy v území, znečištěním v podobě vyústění dešťových vod do nádrží z průmyslových areálů a vyšším počtem výskytu drah soustředěného odtoku, které vedou do nádrží. MVN Bašta a Strahovský rybník také z analýz nevyšly s dobrými výsledky, jelikož jsou umístěny v území, kde je vysoký podíl orné půdy, která podle drah soustředěného povrchového odtoku stéká rovnou do nádrží a toku.

Nejlepší výsledky byly zhodnoceny pro MVN Libocký rybník a Džbán. U Libockého rybníku se předpokládá nízké zanášení půdními smyvy, jelikož jde o nádrž boční, s minimální plochou orné půdy v okolí nádrže, která je umístěna v urbanizovaném území, které přechází v plochy s lesnatým porostem. MVN Džbán je sice umístěna v území s vyšším sklonem, ale s minimálním zastoupením orné půdy v blízkém okolí nádrže. Samotná nádrž je pak umístěna v přírodním parku Šárka-Lysolaje, kde je převážně lesnatý porost. Do obou těchto nádrží navíc nevedou viditelnější dráhy soustředěného povrchového odtoku.

6.4 Akumulační objemy nádrže

Tabulka 5: Akumulační objemy jednotlivých MVN (autor)

MVN	OBJEM (tis.m ³)	ROK	OBJEM Z MPŘ	ROK
BAŠTA	91	2015	101	2008
STRAHOVS.	31			
BŘEVSKÝ	101	2017	119	2012
KALÝ	31	2016		
LITOVICKÝ	257			
STRNAD	106	2015	114	2018
JIVINY	126	2017	138	
LIBOCKÝ	35	2014	45	2017
DŽBÁN	305	2016	302	2008

6.5 Vyhodnocení zanášení MVN

Ze získaných výsledků se dá shrnout, že k zanášení nádrží v tomto povodí dochází už při prvních MVN Bašta a Strahovský rybník. Tyto nádrže se nacházejí v území, kde je vysoký podíl orné půdy. Kolem nádrží navíc není dostatečný vegetační pokryv, který by zachytil půdní smyv ze zemědělských ploch. Do nádrže Strahovský rybník je navíc zaústěna výust' od ČOV Chýně.



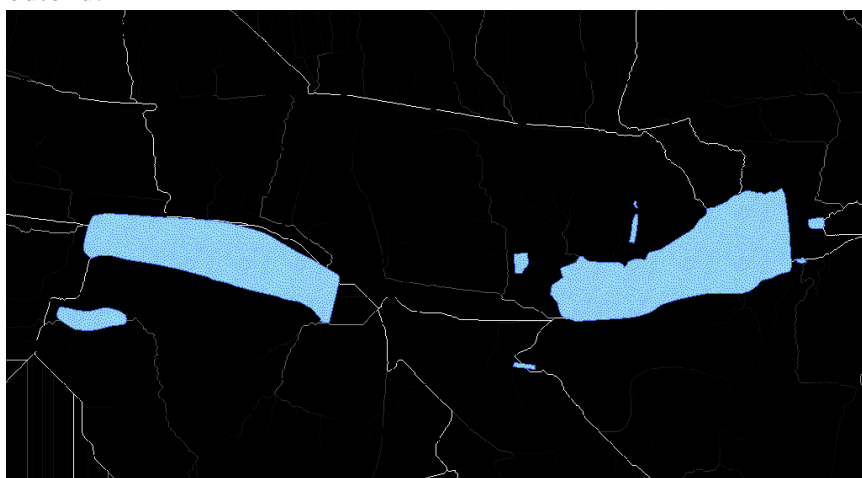
Obrázek 29: Dráhy soustředěného odtoku k MVN Bašta (autor)

Že dochází k zanášení nádrží půdními smyvy už v těchto nádržích dokazuje fakt, že následující Hostivické rybníky jsou silně eutrofizované, což způsobuje právě vysoký obsah dusíku a fosforu, který je obsažen v půdě. Zanášení půdními smyvy u těchto

nádrží nepředpokládám, jelikož jsou umístěny převážně v lesnatém území. Jediné místo, které je náchylné k erozi představuje západní strana Břevského rybníka, kde není dostatečný vegetační pokryv. Napovídá tomu i dráha soustředěného odtoku v tomto místě, která není ale nijak výrazná. Z tab.4 můžeme usoudit, že právě Břevský rybník byl v roce 2012 odbahněn, v roce 2017 probíhalo měření hloubek na této nádrži, kdy se došlo k závěru že za 5 let se akumulací objem nádrže zmenšil o 18000m³.

Dalším problémovým místem se ukázal zhruba 1,5 km dlouhý úsek vodního toku před MVN Strnad. Tato část toku protéká územím, kde se po pravé straně nachází orná půda v mírně svažitém sklonu, která je od toku oddělena pouze zatravněným pásem. Dochází zde tedy k erozi z orné půdy přímo do toku a ta se následně přemísťuje do nádrže. V této části jsou navíc do vodního toku vypouštěny vody z ČOV Hostivice.

U nádrží Strnad a Jiviny jsem zhodnotila nedostatečný vegetační pokryv vzhledem k okolním plochám orné půdy. Do obou nádrží je svody svedena výst' od dešťové kanalizace z průmyslových areálů a přilehlé obce. Z obrázku 30 si můžeme všimnout, že do těchto nádrží směřuje několik výrazných drah soustředěného povrchového odtoku.



Obrázek 30: Dráhy soustředěného odtoku k MVN Strnad a Jiviny (autor)

Nádrž Strnad byla v roce 2007 odbahnována, přičemž se vytěžilo 25 000m³ sedimentu. V roce 2013 proběhlo další odbahnění, kdy bylo vytěženo 22 000m³ sedimentu. Poslední odbahnění tohoto rybníka proběhlo v roce 2018.

Nádrží nejméně náchylnou k erozi je Libocký rybník, jelikož se jedná o nádrž, která je boční a umístěná v urbanizovaném území, které je napojeno na zalesněné území.

Poslední MVN je Džbán, kde dochází k zanášení nádrže přímo tokem, jelikož je nádrž umístěná v zalesněném území. V roce 2008 proběhlo odbahnění této nádrže, kdy bylo

vytěženo 52 400m³ sedimentu. Z tabulkyč.2 můžeme usoudit, že je v současnosti nádrž zanášena minimálně. Od posledního měření, které proběhlo v roce 2016 se oproti roku 2008 zanesla o pouhých 3 000m³ sedimentu.

7 Závěr

Hlavním cílem této práce byla analýza ohroženosti jednotlivých nádrží v povodí Litovicko-Šáreckého potoka z hlediska jejich zanášení sedimenty. Zhodnocení jednotlivých faktorů, které mají vliv na zanášení nádrží. Jde především o vliv krajinného pokryvu, sklonitosti terénu v povodí nádrže i jejím bezprostředním okolí, dále vliv drah soustředěného povrchového odtoku a vegetační pokryv v bezprostředním okolí nádrže. Dále byly vyhodnoceny akumulací objemy vybraných malých vodních nádrží v tomto povodí.

První část této práce byla věnována teoretické části, která se zabývala především problematikou zanášení malých vodních nádrží sedimenty a s tím spojenou erozí a půdními smyvy. Další část teoretické rešerše je věnována batymetrii a jejími dostupnými metodami měření, digitálním modelům terénu v rastrové podobě a v neposlední řadě je také popsán Land Use a jeho dostupné zdroje dat.

Hlavním problémem v povodí Litovicko-Šáreckého potoka je vysoký podíl ploch orné půdy, které způsobují zanášení toku a malých vodních nádrží sedimenty již na začátku tohoto toku. Vypovídají o tom také velice vysoké hodnoty průměrných dlouhodobých ztrát půdy. Dalším zapříčiněním je také nízký stupeň vegetačního pokryvu, který se u většiny nádrží nachází.

Z povodí Litovicko-Šáreckého potoka podle všech hodnotících kritérií vyšla nejlépe MVN Džbán a Libocký rybník. Je to zapříčiněno především nízkým podílem ploch orné půdy v okolí nádrže a krajinným pokryvem ve kterých jsou nádrže umístěny. Nejhuře z analýz dopadly MVN Strnad a Jiviny, jelikož jsou tyto nádrže umístěny v území, kde je vyšší podíl orné půdy a nedostatečný vegetační pokryv kolem nádrží. Do těchto nádrží také směřuje nejvyšší počet výraznějších drah soustředěného povrchového odtoku.

Seznam použité literatury

1. BURIAN J., 2008: Vyznáte se v interpolacích?, GeoBusiness, str. 40-41.
2. ČESÁK J., ŠOBR M., 2005: Metody batymetrického mapování českých jezer. Geografie – Sborník české geografické společnosti 110: 141 – 151.
3. ČSN 75 2410, 2011: Malé vodní nádrže. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 48 s.
4. CHOUDHURY, Keya a Louisa J M JANSEN, 1998. Terminology for Integrated Resources Planning and Management. 1998
5. DANSON E., 2006: Understanding lidar bathymetry shallow waters and coastal mapping. XXIII. International congress TS19 Hydrography. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Understanding+LiDAR+Bathymetry+for+Shallow+Waters+and+Coastal+Mapping#0>
6. DOLANSKÝ T., 2004. Lidary a letecké laserové skenování ,Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, 100s.
7. ERDEM H., 2013: RiverSurveyor S5/ M9 System Manual, SonTek YSI, 115s.
8. FIALOVÁ, J. Public recreation and landscape protection - hand in hand?. 1st ed. Brno: Mendel University in Brno, 2011. ISBN 978-807-3755-072.
9. GARMIN, 2000: Fishfinder 240 owner's manual, 40s.
10. Glenn, M. F., 2015: Introducing an operational multi-beam array sonar. The International Hydrographic Review.
11. GWINN, et. al. 1987. Encyclopædia Britannica. The New Encyclopædia Britannica, MICROPAEDIA and MACROPAEDIA, Chicago.
12. HRADILEK V., BAŠTA P., VIZINA Š., MÁCA P., PECH P., 2015: Verification of remote sensing data for measuring bathymetry on small water reservoirs, Czech university of Life Sciences Prague
13. HOLÝ, Miloš, 1994. Eroze a životní prostředí. Praha: České vysoké učení technické. ISBN 80-01-01078-3.

14. HUDÁČEK. J. Nové nastavení podmínek dobrého zemědělského a environmentálního stavu (GAEC). Praha: Ministerstvo zemědělství ČR. 2011.
15. JANEČEK M., HŮLA J., KOVÁŘ P., DUMBROVSKÝ M., DOSTÁL T., PODHRÁZSKÁ J., TOMAN F., PIVCOVÁ J., TIPPLI M. et KUBÁTOVÁ E., 2008: Základy erodologie. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha.
16. KRÁSA J. a kol.: Eroze zemědělské půdy a její význam pro zanášení a eutrofizaci nádrží v České republice, odborná kniha, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, 2015, ISBN 978-80-01-05451-2
17. KONGSBERG MARITIME. 2014 <http://www.km.kongsberg.com>
18. KUBINSKÝ, D., FUSKA, J., WEIS, K., LEHOTSKÝ, M., 2013: Change of accumulation volume of Great Richňava and Small Richňava water reservoirs. *Acta hydrologica slovacica* 14/2, 402–413 s.
19. KUČERA J., 2014: Analýza změn land use ve vybraném území. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, České Budějovice. 99s. (diplomová práce).
20. LAL, R., 2001. Soil degradation by erosion. *Land Degradation & Development*, 12(6), s.519–539.
21. LI Z., ZHU Q., GOLD Ch., 2005: Digital terrain modeling: principles and methodology. CRC Press, New York, 324 s.
22. MOORE I., GRAYSON R. B., LADSON A. R., 1991: Digital terrain modeling: A review of hydrological, geomorphological and ecological applications. *Hydrological processes*, Vol. 5, 3 – 28 s.
23. MZe. Voda v krajině. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR. 1995, 52 s.
24. NOVÁK, P., ROUB, R., HLAVÁČEK, J., MARVAL, Š., HEJDUK, T., BUREŠ, L., HRADÍLEK, V., MÁCA, P., MAXOVÁ J., PTÁČNÍKOVÁ, L., ČUBA, P., VACEK, M., 2017. Nové technologie batymetrie vodních toků a nádrží pro stanovení jejich zásobních kapacit a sledování množství a dynamiky sedimentů. Praha.
25. NOVÁK P.; REIL A.; ROUB R.; VYBÍRAL T.; 2015: Nové technologie batymetrie vodních toků a nádrží. *Vodní hospodářství*, 1-5 s.

26. ORLOV S., TROFIMOVA S. YA., BIRYUKOVÁ O. N., SUKHANOVA N. I., ROZANOVA M. S. (2003): Dehumification of Plowed Soils. *Euroasian Soil Science*. Vol. 36. Suppl. 1, pp. 811- 824.

27. ORŠULÁK T.; PACINA J., 2010. 3D modelování a virtuální realita, 1. vyd. Ústí nad Labem : Centrum pro virtuální realitu a modelování krajiny 63 s. <http://gis.fzp.ujep.cz/DTM/3d.pdf>

28. PERALVO M., 2002: Influence of DEM interpolation methods in Drainage Analysis. *GIS in Water Resources*.

29. PENG J., WANG Y., ZHANG Y., WU J., LI W., LI Y., 2010: Evaluating the effectiveness of landscape metrics in quantifying spatial patterns. *Ecological Indicators*, 10(2):217–223.

30. POKORNÁ M., 2006. Za hranice batymetrie. 10 s. http://www.fce.vutbr.cz/veda/JUNIORSTAV2007/pdf/Sekce_6.2/Pokorna_Marketa_CL.pdf

31. QUADROS N. D., COLLIER P. A., 2008: Fraser integration of bathymetric and topographic lidar. Preliminary investigation, Beijing.

32. SHARPLEY A.N., DANIEL T.C a J.L. LEMUNYON. *Journal of environmental quality: Agricultural phosphorus and eutrophication: A symposium overview*. 27. vyd. 1998. ISBN 0047-2425.

33. SKLENIČKA P., 2003: Základy krajinného plánování. Naděžda Skleničková, Brno, 321 s.

34. SLÁDEČKOVÁ A., SLÁDEČEK V., 1997: *Hydrobiologie*. ČVUT, Praha, 141 s.

35. SonTek HydroSurveyor, 2015: A new Hydrographic tool for Surveying Applications.

36. Šálek J., Mika Z., Tresová, 1989: Rybníky a účelové nádrže, SNTL Praha

37. ŠÚRI, M., CEBECAUER, HOFIERKA, T., FULAJTÁR J., jun., E.: Soil Erosion Assessment of Slovakia at a Regional Scale Using GIS. *Ecology (Bratislava)*, 2002, Vol. 21, No. 4, p. 404-422. ISSN 1335-342X

38. SUN, W., SHAO Q., LIU J. Soil erosion and its response to the changes of precipitation and vegetation cover on the Loess Plateau. *Journal of Geographical*

Sciences. 2013, vol. 23, issue 6, s. 1091-1106. DOI: 10.1007/s11442-013-1065-Z.

39. VÚV TGM, v.v.i, 2015: Strategie ochrany před negativními dopady povodní a erozními jevy přírodě blízkými opatřeními v České republice. Informace o výsledcích projektu a jejich využití, VÚV TGM, Praha.
40. ZHILIN L., QING Z., GOLD CH., 2005: Digital Terrain Modeling: Principles and Methodology. CRC Press, Boca Raton, 300 s.
41. ZHENG, F., RÖMKENS, M., The role of soil surface water regimes and raindrop impact on hillslope soil erosion and nutrient losses. Natural Hazards. 2013, vol. 67, issue 2, s. 411-430. DOI: 10.1007/s11069-013-0570-9.
42. ZHAO, G., MU, X., WEN, Z., WANG, F., GAO, P. Soil erosion, Conservation and eco-environment changes in the loess plateau of china. Land Degradation. 2013, n/a-n/a. DOI: 10.1002/ldr.2246.

Internetové odkazy

1. COPERNICUS,2013: The European Earth Observation Programme: Corine Land Cover [cit. 14. 2. 2019]
<http://land.copernicus.eu/paneuropean/corine-land-cover>
2. CORINE, 2014: CORINE Land Cover. European Environment Agency [cit. 10.1.2019]
<http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>
3. EEA, 2017: European environment agency :Urban Atlas [cit 14.2.2019].
<https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/urban-atlas#tab-additional-information>
4. ISSaR,2012: Eroze zemědělské půdy [cit. 12.3.2019].
<http://issar.cenia.cz/issar/page.php?id=1887>.
5. MZE: Ministerstvo zemědělství (2015): Závazný metodický postup k aktualizaci evidence půdy a ekologicky významných prvků podle zákona č. 252/1997 Sb., o zemědělství, ve znění pozdějších předpisů [cit. 20. 3. 2019]
<http://eagri.cz/public/web/mze/farmar/LPIS/>
6. VÁCLAVÍK, František, 2015. Moderní rostlinná výroba: Řepka a degradace půdy erozí 2015(18), 1-8 [cit. 1.4.2019].
<https://www.asz.cz/filemanager/files/file.php%3Ffile%3D178894+&cd=1&hl=c&ct=clnk&gl=cz>

7. VAČKÁŘ, David, Jana FRÉLICOVÁ, Eliška LORENCOVÁ, Adam PÁRTL, Zuzana HARMÁČKOVÁ a Blanka LOUČKOVÁ. Metodologický rámec integrovaného hodnocení ekosystémových služeb v České republice Centrum výzkumu globální změny Akademie věd ČR, 2014 [cit.4.3.2019]. <http://www.ecosystemservices.cz/userfiles/page/246/72fc39cc8d8e7f501934794636059d8c.pdf>
8. de VRIES, S.C. a kol., 2010. Resource use efficiency and environmental performance of nine major biofuel crops, processed by first-generation conversion 117 techniques. Biomass and Bioenergy, 34(5), s.588–601. [cit. 14.2.2019]. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953410000024>

URL 1: VUMOP [cit. 4.4.2019]

<https://mapy.vumop.cz/>

URL 2: VUMOP [cit. 4.4.2019]

<https://statistiky.vumop.cz/?core=account>

URL 3: Sonary [cit. 28.1.2019]

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

URL 4: Lidar [cit. 30.1.2019]

<http://blog.aurorasolar.com/how-lidar-is-transforming-remote-solar-system-design/>

URL 5: RiverSurveyor M9 [cit. 30.1.2019]

<http://www.sontek.com/media/products/SR-M9.jpg>

URL 6: Geoportal [cit. 10.4.2019]

<https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>

Seznam obrázků

Obrázek 1: Ohroženost zemědělské půdy vodní erozí vyjádřená dlouhodobou průměrnou ztrátou půdy [t/ha] (URL1).....	15
Obrázek 2: Dlouhodobý průměrný smyv půdy-porovnání v letech 2011 a 2019 (URL 2)	15
Obrázek 3: Porovnání jednoho a mnohopaprskového sonaru (URL 3)	17
Obrázek 4: Systém LIDAR (URL 4)	18
Obrázek 5: RiverSurveyor M9 (URL 5)	19
Obrázek 6: Vrstva krajinného pokryvu KVES (autor).....	26
Obrázek 7: Vrstva krajinného pokryvu Urban Atlas2012(autor).....	27
Obrázek 8: Lokalizace povodí na území ČR (URL 6).....	29
Obrázek 9: Povodí Litovicko-Šáreckého potoka (autor)	29
Obrázek 10: Sklonitost zájmového území (autor).....	31
Obrázek 11: Dlouhodobý průměrný smyv půdy v zájmovém území (URL1).....	32
Obrázek 12: Zastoupení orné půdy z KVES pro MVN Bašta a Strahovský rybník(autor)	33
Obrázek 13: Ortofoto snímek MVN Bašta a Strahovský rybník (URL6).....	33
Obrázek 14: Zastoupení orné půdy z KVES pro Hostivické rybníky a MVN Strnad (autor).....	34
Obrázek 15: Ortofoto snímky Hostivických rybníků a MVN Strnad (URL 6).....	34
Obrázek 16: Zastoupení orné půdy z KVES pro MVN Jiviny(autor).....	35
Obrázek 17: Ortofoto snímek MVN Jiviny (URL 6).....	36
Obrázek 18: Zastoupení orné půdy z KVES pro Libocký rybník(autor).....	36
Obrázek 19: Ortofoto snímek MVN Libocký rybník (URL 6)	37
Obrázek 20: Zastoupení orné půdy z KVES pro MVN Džbán(autor)	37
Obrázek 21: Ortofoto snímek MVN Džbán(URL 6)	38
Obrázek 22: Zobrazení rozdílů vrstev krajinného pokryvu(autor)	39
Obrázek 23: Graf erozní ohroženosti půd v rámci povodí(autor)	40
Obrázek 24: Dlouhodobý průměrný smyv půdy pro obec Chýně (URL2).....	41
Obrázek 25: Dlouhodobý průměrný smyv půdy pro obec Hostivice (URL2).....	41
Obrázek 26: Dlouhodobý průměrný smyv půdy pro městskou část Ruzyně (URL2)42	
Obrázek 27: Dlouhodobý průměrný smyv půdy pro městskou část Liboc (URL2) ..	42
Obrázek 28: Dlouhodobý průměrný smyv půdy pro městskou část Vokovice (URL2)	42

Obrázek 29: Dráhy soustředěného odtoku k MVN Bašta(autor).....	44
Obrázek 30:Dráhy soustředěného odtoku k MVN Strnad a Jiviny(autor).....	45

Seznam tabulek

Tabulka 1: Klasifikace Land Use dle katastrální vyhlášky	22
Tabulka 2: Kategorizace jednotlivých MVN (autor)	28
Tabulka 3:Rozdíly v plochách jednotlivých vrstev krajinného pokryvu(autor)	40
Tabulka 4: Akumulační objemy jednotlivých MVN (autor).....	44