

Univerzita Karlova

Přírodovědecká fakulta

katedra fyzické geografie a geoekologie

Studijní program: Biologie

Studijní obor: Biologie se zaměřením na vzdělávání – Geografie se zaměřením na vzdělávání



Daniela Kebertová

Zanášení vodního díla Újezd

Siltation of the Újezd water reservoir

Bakalářská práce

Vedoucí práce: RNDr. Miroslav Šobr, Ph.D.

Praha 2020

Zadání bakalářské práce

Téma

Zanášení vodního díla Újezd

Cíle

Cílem práce bude provedení literární rešerše na téma zanášení přehradních nádrží – způsoby měření (batymetrie, geofyzikální metody), možnosti řešení problému (prevence, čištění nádrží). Podrobně bude provedena rešerše na téma VD Újezd, jaké jsou hlavní funkce nádrže, hydrologický režim, hydrografická charakteristika povodí apod. Praktickým cílem práce bude výpočet objemu zazemnění vodního díla Újezd od jeho uvedení do provozu v roce 1981. Výpočet bude proveden na základě srovnání dostupných dat z podniku Povodí Ohře z doby vzniku VD. Určení současného objemu vody v nádrži bude provedeno vlastním terénním mapováním.

Poděkování

Tímto bych velmi ráda poděkovala vedoucímu RNDr. Miroslavu Šobrovi, Ph.D. za věnovaný čas, cenné rady a tipy, pomoc při zpracování dat, a hlavně trpělivost při psaní mé bakalářské práce. Psaní by rozhodně bylo těžší bez podpory mých kamarádů, přičemž speciální zmínku si zaslouží Bc. Ondřej Brabec, Jakub Dvořák a Adéla Šedová za podmětné kartografické diskuze. Dále děkuji Michalu Hruškovi a Lucii Moulisové za vynaložený čas při jazykové inventuře textu. A samozřejmě velký dík patří i mé rodině.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem závěrečnou bakalářskou práci zpracovala samostatně, a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje a literaturu. Tato práce ani její podstatná část nebyla předložena k získání stejného ani jiného akademického titulu.

V Praze, 8. 6. 2020

.....

Daniela KEBERTOVÁ

Abstrakt

Tato bakalářská práce se zabývá zanášením vodních nádrží. V dubnu 2020 bylo provedeno v zájmové lokalitě VD Újezd první přesné a detailní batymetrické měření s využitím akustického průtokoměru ADCP RiverSurveyor M9. Předmětem měření bylo zjištění objemu nádrže po 39 letech od uvedení do provozu. Získaná data byla zpracována v programu ArcMap 10.7.1 a interpolována pomocí metody kriging. Na jejich základě byla vytvořena aktuální batymetrická mapa nádrže. Pro pochopení příčin zanášení byla provedena podrobná fyzickogeografická charakteristika povodí horního toku Bíliny, na které VD Újezd leží, a řešerše nádrže Újezd pojednávající o její historii, funkci a účelech. Toto povodí je značně antropogenně ovlivněno převaděči vody a těžební činností. Ukázalo se, že objem nádrže při ploše vodní hladiny rovné 117,20 ha činí 4718364 m³ a oproti hodnotě 4642640 m³ při ploše 120,75 ha uvedené v manipulačním řádu nádrže je větší o 1,63 %, což znamená, že objemy jsou srovnatelné, v podstatě nedochází k zásadnímu zanášení a nádrž se stala přirozeně funkčním samoudržitelným ekosystémem.

Klíčová slova

VD Újezd — zanášení — batymetrie — hydrologická charakteristika

Abstract

This bachelor thesis focuses on the siltation of water bodies. In April 2020 the first accurate and detailed bathymetric survey of the Újezd water reservoir was conducted using an ADCP RiverSurveyor M9. The aim of the measurement was to determine volume of the reservoir after 39 years since its construction. The obtained data was processed in ArcMap 10.7.1 using the kriging method of interpolation. Based on it a new bathymetric map of current state of the reservoir was created. For the sake of understanding the causes of siltation, a complex physical-geographic characteristics of the upper stream basin of Bílina river, on which the Újezd water reservoir is situated, had been done. The river basin is fundamentally anthropogenically influenced by water supply system and mining activities. The volume of the reservoir at a water surface area of 117.20 ha was shown to be 4718364 m³, 1.63% larger, compared to the values 4642640 m³ and 120.75 ha presented in the management manual for the waterwork. The volumes are comparable which indicates that there is no significant amount of siltation and the reservoir became a naturally functional and sustainable ecosystem.

Key words

VD Újezd — siltation — bathymetry — hydrological characteristics

Obsah

1 Úvod.....	8
2 Metody sběru batymetrických dat.....	9
2.1 Historie mapování hloubek	9
2.2 Způsoby mapování hloubek	12
2.2.1 Sonary.....	12
2.2.2 Letecké batymetrické laserové skenování.....	18
2.2.3 Geofyzikální metody	18
3 Zanášení vodních ploch	20
3.1 Vznik sedimentu a příčiny zanášení.....	20
3.2 Prevence zanášení nádrží.....	22
3.3 Odstraňování sedimentů.....	23
4 Vodní dílo Újezd	25
4.1 Účel	26
4.2 Stavba	27
4.3 Název.....	30
4.4 Bílina	31
4.4.1 Úseky toku.....	33
4.4.2 Ervěnický koridor.....	34
4.4.3 Přivaděč Ohře–Bílina	36
4.5 Fyzickogeografická charakteristika zájmové lokality	38
4.5.1 Geologické poměry	38
4.5.2 Geomorfologické poměry.....	38
4.5.3 Klimatické poměry	41
4.5.4 Půdní poměry	43
4.5.5 Biogeografické poměry	46
4.5.6 Krajinný pokryv	47

4.5.7 Hydrografické poměry	49
5 Metody	52
5.1 Určení břehové linie	53
5.2 Měření hloubek	54
5.3 Zpracování batymetrických dat	56
5.4 Zjištění objemu a tvorba mapy	56
5.4.1 Vektorizace původní mapy	57
6 Výsledky	60
7 Diskuze	64
7.1 Zpracování dat a hodnocení výsledků	64
7.2 Zanášení VD Újezd	66
7.3 Výsledky v kontextu jiných prací	67
7.4 Zanášení nádrží	68
8 Závěr	70
9 Zdroje	71
9.1 Datové zdroje	71
9.2 Seznam použité literatury	71

Seznam obrázků

Seznam tabulek

Přílohy

1 Úvod

V západní části Mostecké pánve se pod hřebeny Krušných hor nachází rozlehlé, veřejnosti však nepříliš známé vodní dílo – Újezd (obr. 1). Je v lecčems unikátní, zejména tím, že povodí řeky Bíliny, ve kterém leží, je jedno z nejvíce antropogenně ovlivněných míst v Česku. Okolí nádrže je ovlivněno těžební činností a těžkým průmyslem. Nádrž je součástí vodohospodářské soustavy Náhradních opatření za nádrž Dřínov, jejímž primárním účelem byla ochrana lomů a zajištění vody pro průmysl. V době odevzdání práce uběhlo od uvedení VD Újezd do provozu 39 let.

Vodní nádrže jsou nedílnou součástí procesu hospodaření s vodou. Jsou jedním ze způsobů, jak ji zadržovat v krajině a čelit tak suchu, které se stává stále aktuálnějším tématem. Většinou se jedná o umělé, člověkem vytvořené prvky v krajině sloužící různým účelům. Aby mohly své funkce zdárně plnit, je nutno jim věnovat jistou péči. S provozem vodních nádrží se pojí řada problémů, které je nutno řešit, ale ještě vhodnější je jim předcházet. V současné době se jedná zejména o zazemňování a zmenšování kapacity způsobené hromaděním sedimentů, které může ovlivňovat i kvalitu vody. Možnou prevencí je pravidelné monitorování. Na vodním díle Újezd od jeho uvedení do provozu v roce 1981 až doposud neproběhl žádný monitoring zanášení, a proto bylo na žádost Povodí Ohře s. p. podrobena batymetrickému mapování, jehož cílem bylo zjistit současný objem nádrže.

Teoretická část této práce poskytuje vhled do vývoje metod batymetrických měření, tyto způsoby podrobně popisuje a dále podává informace o zanášení nádrží a jeho příčinách. Další část je věnována detailní fyzickogeografické charakteristice povodí horního toku Bíliny, která představuje místní přírodní podmínky ovlivňující hydrologický režim nádrže.

Praktickým cílem práce je provedení měření hloubek na VD Újezd, následné vypočítání objemu nádrže a tvorba batymetrické mapy. Závěrečná část se v diskuzi věnuje detailní analýze výsledků.



Obr. 1: VD Újezd na konci suchého léta v říjnu 2018 (autor: Povodí Ohře s. p.).

2 Metody sběru batymetrických dat

Batymetrie je obor zabývající se měřením hloubky vody v oceánech, mořích, jezerech či vodních nádržích. Výsledkem batymetrického průzkumu mohou být batymetrické (čili hloubkové) mapy, které jsou v mnohém podobné mapám topografickým. Na topografických mapách můžeme často nalézt vrstevnice, tj. linie spojující místa se stejnou nadmořskou výškou (avšak existuje i mnoho jiných způsobů zobrazování výškopisu). Obdobně tomu je i u batymetrických map, kde se tyto linie nazývají izobaty (neboli hloubnice) a zobrazují shodnou zápornou výšku pod hladinou.

Historicky byly z důvodu snazšího určování konstruovány dříve než vrstevnice – autorem první hloubnice byl již P. Bruinss v roce 1584. První vrstevnice spatřila světlo světa až o dvě stě let později, avšak jednalo se pouze o mapu imaginárního ostrova, jejímž autorem byl francouzský kartograf Du Carla (Čapek a kol. 1992).

Přesné měření hloubek je důležité nejen pro účely monitorování podvodní topografie a určování morfologie dna, ale i pro tvorbu námořních map, podporu lodní navigace, přístavní management, zkoumání sedimentárních procesů, vymezení záplavových zón, ochranu ekosystémů, vodního hospodářství nebo plánování udržitelného pobřežního rozvoje (Gao 2009; Klemas 2011; Marval a kol. 2018).

2.1 Historie mapování hloubek

Touha zkoumat mořské dno provází člověka nejméně 3500 let. Důkazem toho jsou staroegyptské malby na stěnách chrámů v Dér el-Bahrí, které se datují do období počínající rokem 1800 př. n. l. Královna Hatšepsut v roce 1500 př. n. l. nechává do stěn svého chrámu Džeser-Džeseru, nejseverněji položeného chrámu v archeologické lokalitě Dér el-Bahrí, vytesat reliéfy připomínající výpravu do puntských zemí – jeden z nich zobrazuje muže na přídi lodi používajícího dlouhou úzkou tyč na měření hloubky vody (Soule 1976 v Theberge 1989). Z této doby pochází též malby mužů, kteří provádějí hloubková měření s lanem, na němž je připevněno závaží (Theberge 1989).

Na první psanou zmínku je nutno čekat zhruba dalších tisíc let, kdy řecký historik Herodotos popisuje měření 66stopé hloubky (tj. cca 20 m) daleko od ústí Nilu do moře a vytažení nažloutlé hlíny ze dna řeky (Soule 1976 v Theberge 1989). Archeologické výzkumy dokazují, že v době největšího rozmachu antického Říma je široce rozšířeno měření hloubky pomocí závaží na laně – pravděpodobně toho je využíváno již okolo roku 500 př. n. l., avšak v této době jsou zejména olověná závaží velmi vzácná. Mnohem více se jich začíná užívat až

s rozvojem dálkového obchodu ve 2. století př. n. l., kdy jsou provazy s připevněnou olovnicí nepostradatelnou výbavou větších obchodních lodí (Oleson a kol. 2003). Podle výzkumu Parkera (1992 v Oleson a kol. 2003) se váha olověných závaží pohybovala od 1,65 kg do 20,5 kg. Krom toho mnoho literárních spisů mluví o obecně velkém zájmu poznávání mořského dna (i dna jiných vodních útvarů) pro vědecké, ale i praktické účely – poznatků využívali rybáři, námořníci i lovci perel a ostranek. Je pravděpodobné, že v helénistickém období probíhají pokusy o vytvoření batymetrické mapy Středoziemního moře na základě detailních znalostí rybářů (Oleson a kol. 2003).

Olověná závaží pak po dlouho dobu zůstávají primárním nástrojem pro určování hloubky. Značný pokrok zaznamenává batymetrie až s vydáním atlasu „*Spiegel der Zeevaert*“ od Holanďana Lucase Jans Waghenaera, který obsahuje jedny z prvních map se skutečnými hloubkami. V roce 1773 měří Constantine John Phipps, kapitán lodi *H. M. S. Racehorse*, olověným závažím v Norském moři hloubku 683 sáhů (přibližně 1250 m) (Theberge 1989).

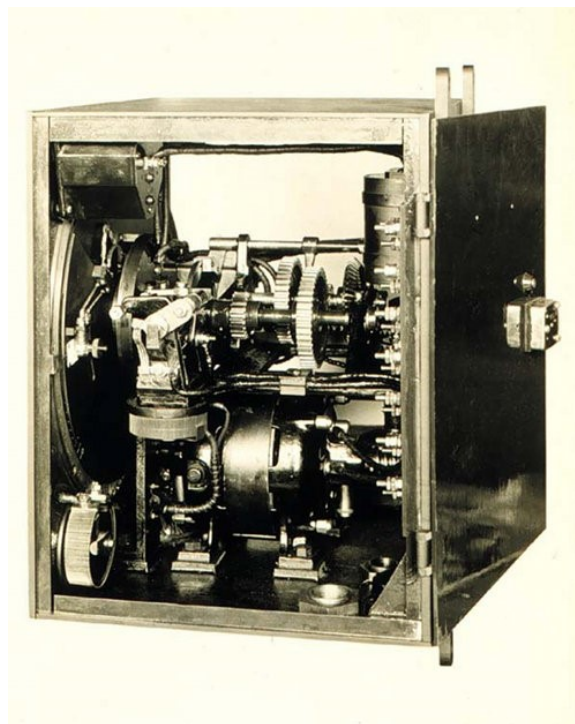
Počátky novějších záznamů mapování hloubek přicházejí s pokusy o propojení kontinentů transatlantickým podmořským telegrafním kabelem. Stále je využíváno olovněného závaží, Charles Wilkes však přichází s inovací a používá místo lana měděný drát – ten má ale tendenci se zamotávat a zpřetrhávat. I přes úspěch měření na Antarktickém šelfu se této metody zanechává (Stenton 1975 v Theberge 1989). Jedno z prvních moderních zaznamenaných batymetrických měření je provedeno britským objevitelem sirem Jamesem Clarkem Rossem roku 1840 (Theberge 1989). V roce 1853 následuje vydání první batymetrické mapy severního Atlantiku, jejímž autorem je Matthew Fontaine Maury. Ačkoliv tato mapa není přesná, jsou na ní popsány mnohé významné prvky mořského dna. Sir William Thomson, později známý jako Lord Kelvin, úspěšně střídá lněná a konopná lana za drát, z něhož se vyrábějí struny klavírů, a který je mnohem méně ovlivňován vodními proudy. Díky tomu měření netrvá tak dlouho a je přesnější (Dierssen, Theberge 2014).

Na konci 19. století začíná probíhat systematický batymetrický průzkum i v našich zemích. Prvními objekty zájmu se stávají Černé a Čertovo jezero v roce 1884. Tato měření provádí František Bayberger a na něj navazuje dr. K. Vávra, který zkoumá Černé jezero v letech 1893–95. Již před nimi se o vyměření jezer snažily šlechtické rody Schwarzenbergů a Rožmberků, avšak s nevalnými výsledky. Komplexní batymetrie u nás je založena dr. P. Wagnerem, který tvoří mapy všech šumavských jezer v měřítku 1 : 5000, a další mapy pak vypracovává prof. dr. Václav Švamberský v letech 1903–1910 (Šobr 2003).

Zásadní průlom v metodice hloubkových měření přichází až s počátkem 20. století. Rok po ztroskotání lodi Titanic představuje prof. Reginald Fessenden ze *Submarine Signal*

Company akustický převodník, který dokáže vysílat i přijímat zvukové vlny za účelem detekce objektů (primárně ledovců) ve vodě. V roce 1914 probíhají první zkoušky a krom odrazu zvukových vln od ledovce zaznamenávají odrazy i ode dna. Rodí se nová akustická metoda měření hloubek (Dierssen, Theberge 2014). Tato metoda je však těžkopádná, funguje jen v hluboké vodě a přijímání signálu vyžaduje zkušeného pozorovatele, jenž bude schopen rozlišit poslechem ve sluchátkách, zdali se jedná o odraženou zvukovou vlnu, nebo o zvuky vody (Theberge 1989).

Submarin Signal Company pak zadává řešení problému dvěma inženýrům, R. L. Williamsovi a dr. H. G. Dorseyemu. Ti v roce 1925 přichází s přístrojem zvaným fathometer (obr. 2), jehož součástí je automatický přijímač zvukových vln. Jejich metoda je účinná, lze díky ní měřit hloubky mělčin i hlubších míst, a je rychlá. Oproti dřívějšímu měření hloubky pomocí olovnice, kvůli kterému bylo nutné zastavit loď nejméně na půl hodiny a spustit závaží do hloubky, může být nyní měření provedeno v řádu sekund (Dorsey 1932). Důležitým rokem pro využívání zvuku při měření hloubek je rok 1933, kdy *Washington Navy Yard* vyrábí 20 sad echosounderů. Následujícího roku jsou sonary již instalovány na lodě, konkrétně na americký torpédoborec *USS Rathburne*. Během 2. světové války probíhají zásadní vědecké výzkumy, do kterých se začínají zapojovat i soukromé instituce, a krom sonarů jsou vyvíjeny i anti-sonary (Petersen 2012). V roce 1961 je M. J. Tuckerem v časopise *International Hydrographic Review* poprvé prezentován koncept mnohopaprscitého sonaru (Glenn 1970).



Obr. 2: Vnitřní pohled na fathometer z ponorky *Fathometer* (zdroj: NOAA Photo Library)

Na začátku 60. let 20. století se rodí i koncept batymetrických měření ze vzduchu. První úspěšné testování v terénu provádí americká *Syracuse University Research Center* a dokazuje, že pulzní laser vysílaný z letadla může být použit na měření hloubky na mělčině (Hickman and Hogg 1969 v Irish, Kobayashi 2005). Testování nového systému neprobíhá pouze ve Spojených státech amerických, ale i v Sovětském svazu, Kanadě, Švédsku a Austrálii. Druhá generace leteckého laserového měření (Airborne Lidar System, zkráceně ALS) přichází s koncem 70. let a přináší značné pokroky v postprocesu a formách lidarových vln. Začíná se využívat sofistikovaných algoritmů k systémovým kalibracím a zautomatizování získávání hloubek. 80. léta znamenají další pokrok v podobě třetí generace lidarů a v 90. letech vývoj prochází dalším zdokonalením (Irish, Kobayashi 2005).

2.2 Způsoby mapování hloubek

Jak popisuje kapitola 2.1, v průběhu času prochází metody pro mapování hloubek značným vývojem. V současnosti je využíváno několik moderních způsobů mapování hloubek, které jsou prezentovány v další kapitole. Záměrně není zmíněna metoda využití olovnice či cejchované latě, jejichž princip je obecně znám a nejsou tak efektivní jako metody modernější (ovšem stále nachází uplatnění). Největší důraz je kladen na mapování hloubek pomocí ADCP, který byl využit pro výzkumnou část této bakalářské práce.

Při mapování vodních nádrží je pro správnou interpretaci výsledků nutná břehová linie, ke které se hloubky budou vztahovat. K přímému zaměření břehové linie v terénu se v současné době využívá GPS/GNSS přístrojů, které lokalizují body břehové linie a poskytují rychlé a přesné výsledky. Základem je určení vzdálenosti mezi družicí na oběžné dráze Země a GPS/GNSS přijímačem. Na podobném principu funguje Real Time Kinematics (RTK), kdy se využívá dvou GPS přijímačů – jeden je lokalizován na místě se známými souřadnicemi, a druhým přijímačem se současně měří v terénu. Dále mohou být pro zjištění břehové linie využity metody bezkontaktní, jako je např. využití fotogrammetrie nebo lidarů (Oršulák a kol. 2012).

2.2.1 Sonary

Jedním z nejvíce využívaných zařízení při mapování hloubek současnosti jsou sonary (z angl. SOund Navigation And Ranging), jinak často zvané echoloty. Fungují na principu zaznamenávání zvukové vlny (echa), která je vyslána ze sondy (transduceru) a následně odražena ode dna či jiného objektu v jejím záběru zpět k přijímači. Z rozdílu času mezi

vysláním a přijetím akustického signálu je vypočtena hloubka, přičemž výpočet využívá Snellova zákona (Brown, Noll 2003; Česák, Šobr 2005). Sonary sdílí jistou podobnost s radary (z angl. RAdio Detection And Ranging), jejichž podstatou je šíření rádiové vlny ve vzduchu, nebo ve vesmíru – radary na rozdíl od sonarů nepotřebují k přenosu zvukových vln médium. Stejně jako radary se sonary mohou využívat i k detekci a lokalizaci objektů (Hodges 2010; Petersen 2012).

Na přesnost měření pomocí sonarů má zásadní vliv rychlost zvuku ve vodě, která se pohybuje okolo 1500 m/s, což je zhruba čtyřikrát více než ve vzduchu (Petersen 2012). Rychlost se však může měnit vlivem podmínek – zejména teploty, salinity, hustoty anebo hloubky samotné (Giordano a kol. 2015). Ve vodních nádržích se často vytváří termoklina, přechodová vrstva mezi dvěma vrstvami vody s rozdílnou teplotou, která může ovlivňovat kvalitu měření (Darbyshire, Edwards 1972). Za další problematyczny faktor při mapování hloubek pomocí sonarů lze považovat vegetaci, která odrazí zvukovou vlnu dříve, než dosáhne dna. V případě měření organogenních jezer, jako jsou slatiniště a rašeliniště, je tedy vhodné použít jiného způsobu měření, např. cejchovanou lať (Šobr 2007). Přijímač odražených vln musí být po celou dobu měření umístěn pod hladinou ve vodorovné poloze, jinak dochází k nepřesnosti naměřených výsledků (Česák, Šobr 2005).

Sonary je možno dělit na dva typy, a to pasivní a aktivní. Pasivní sonary registrují zvukové vlny, které jsou emitovány předměty v jejich okolí. Je tak možno zaznamenávat seismické otřesy, lodě, ponorky či vodní organismy, avšak tyto přístroje nejsou využívány pro batymetrické účely. Naproti tomu sonary aktivní samy produkují vlastní akustické vlny (Petersen 2012; SeaBeam 2000) a jsou popisovány v dalších části této kapitoly.

2.2.1.1 Jednopaprščitý sonar (Singlebeam echosounder)

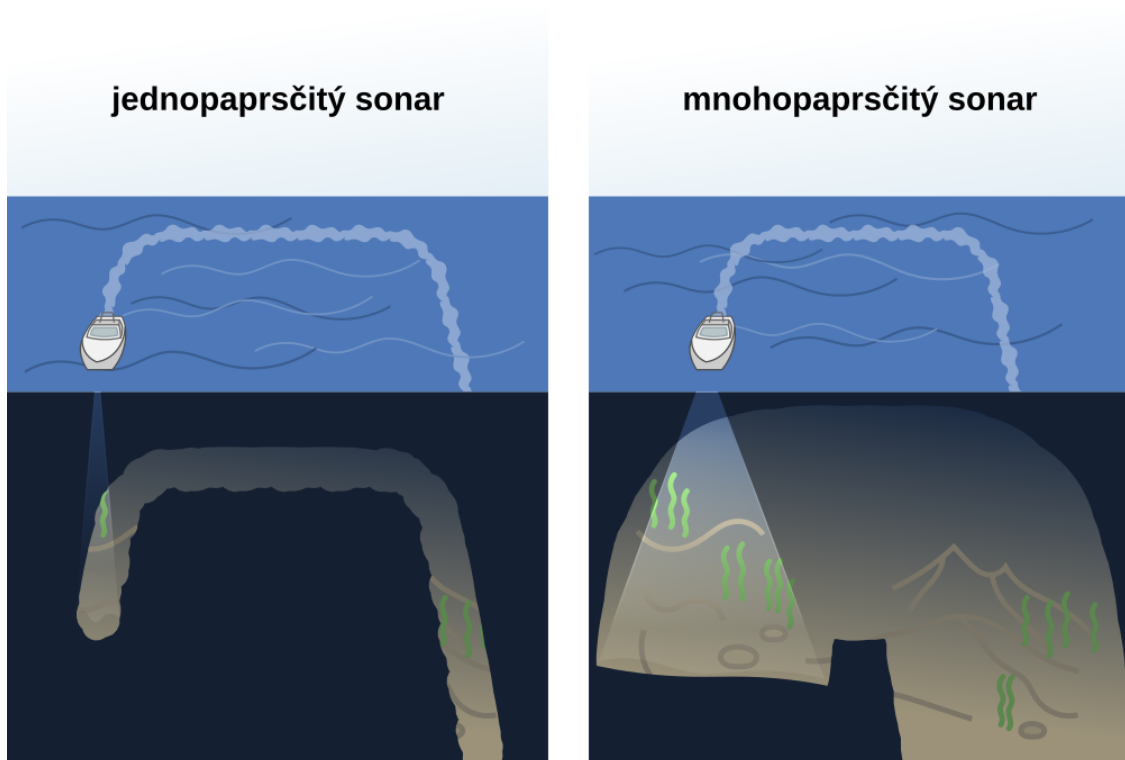
Jednopaprščitý sonar vysílá zvukové pulzy pouze v jednom paprsku ve tvaru kónického kuželu kolmo k hladině a data se většinou sbírají v příčných profilech. Záběr paprsku se pohybuje mezi 10° a 30° a platí, že čím větší úhel, tím širší snímaná plocha (Novák a kol. 2017). Frekvence signálu se mohou pohybovat mezi 12–710 kHz, přičemž nízké frekvence od 12 do 50 kHz se využívají pro hluboké vody až do 11 tis. m, vysoké frekvence nad 200 kHz lze využít zejména pro mělké vody (Knapp a kol. 2019). Nejvěrnějších výsledků je možno dosáhnout při nastavení vyšší frekvence a menšího úhlu rozevření kuželu, které ale pokryje menší oblast, a měření je tak pomalejší (Česák, Šobr 2005; Petersen 2012). Některé přístroje umožňují nastavení duálních frekvencí vypočítávajících výsledné hloubky ze dvou hodnot, což umožňuje získání preciznějších výsledků (Česák, Šobr 2005).

Mezi hlavní nevýhody těchto zařízení patří neznámé hodnoty mezi úzkými naměřenými profily a časová náročnost terénních prací (SeaBeam 2000). Výstupem měření je nespojitý bodový model reliéfu dna, který je nutno interpolovat. Na druhou stranu jsou jednopaprscíté sonary většinou levnější než mnohopaprscíté a naměřená data nejsou náročná na úložný prostor (Knapp a kol. 2019). Vyjma měření hloubky je možné použít jednopaprscíté sonary i k navigaci, protože umožňují měření přímo pod nosným plavidlem (Giordano a kol. 2015).

Jednopaprscítý sonar použili během svého výzkumu např. Popielarczyk a Templin (2014) Při mapování hloubek polského jezera Hańcza (311,4 ha), nejhlubšího jezera Středoevropské sníženiny, využili dva modely jednopaprscitého sonaru, jednofrekvenční Simrad EA501P (200 kHz) a dvoufrekvenční Reson NS515 (33/200 kHz), přičemž byly naměřeny hloubky v celkem 35 797 bodech.

2.2.1.2 Mnohopaprscítý sonar (Multibeam echosounder)

Mnohopaprscítý sonar měří hloubky ve vějíři – pokosu – který je tvořen mnoha jednotlivými zvukovými pulsy vysílanými najednou v bodovém pásu. Úhel pokosu je většinou $120^\circ \pm 30^\circ$ a pulsy jsou vysílány kolmo na pohyb plavidla (Petersen 2012; SeaBeam 2000). Tato metoda umožňuje sběr dat s bočním překryvem a poskytuje spojitá data, resp. velmi husté mračno diskretních bodových dat, která se jeví spojitě (Knapp a kol. 2019). Využití mnohopaprscitého sonaru je vhodné při zkoumání mořského dna, kde se předpokládají velké hloubky a je nutné



Obr. 3: Porovnání jednopaprscitého a mnohopaprscitého sonaru (autor: Tomáš Kebert).

pracovat co nejefektivněji (Novák a kol. 2017), přičemž některé přístroje dokáží mapovat až několik kilometrů široký pás dna. Přístroje jsou oproti jednopaprscitým echolotům komplexnější. Také jsou mnohem dražší, ale efektivnost a kratší operační časy potřebné pro sběr dat tuto nevýhodu kompenzují (SeaBeam 2000). Oba typy sonarů jsou porovnány na obr. 3.

Mnohopaprscitého sonaru bylo využito např. při mapování Morrison Lake v New Jersey (též zvaného Newton Reservoir) v kombinaci s leteckým laserovým snímkováním (Nystrom, Collenburg 2020). Kohn a Kinzel (2017) použili mnohopaprscitý sonar během průzkumu Clear Creek Reservoir v Coloradu. Mnohopaprscitý sonar je možné kromě mapování hloubek využít např. pro detekci archeologických památek (Fridl, Kolega, Žerjal 2009; Westley a kol. 2011) nebo při mapování habitatů mořského dna, jak popsali ve své práci Brown a Blondel (2009).

2.2.1.3 Boční sonar (Side Scan Sonar – SSS)

Základní funkcí bočního sonaru je zaznamenávání síly odraženého zvukového paprsku. Spíše než pro měření hloubky se tedy boční sonar využívá pro získání informací o látkovém složení dna (SeaBeam 2000), například pro geologické analýzy (Johnson, Helferty 1990), a mapování říčního podloží (Kaeser, Litts, Tracy 2013). Látky je možno rozeznávat na základě jejich vlastností. Tvrdé materiály jako kovy nebo čerstvé povrchové magmatické horniny velmi dobře odrážejí akustické pulsy, kdežto jíly a další sedimentární horniny odráží echa výrazně slabší. I přesto, že boční sonary již v současnosti dokáží mapovat i oblasti přímo pod plavidlem, se z historických důvodů stále používá termín boční sonar – klade důraz na to, že na rozdíl od echosounderu byly přístroje designovány pro boční strany lodi (SeaBeam 2000).

2.2.1.4 Parasound (Sub-bottom profiling – SBP)

Parasound pracuje na základě nelineární interakce mezi dvěma paralelními zvukovými vlnami o vysoké frekvenci. Tyto tzv. primární vlny jsou ovlivňovány médiem, kterým prochází, a v určitém bodě se vytvoří tzv. sekundární vlna, jejíž frekvence se rovná rozdílu frekvencí primárních vln (Kozaczka, Grelowska, Kozaczka 2010; Hailwood, Kidd 1990). Systém je následně schopen vypočítat tlak sekundární vlny. Signál se postupně odráží od jednotlivých rozhraní mezi různými vrstvami s různou akustickou impedancí (Penrose a kol. 2005), a na základě toho je možné zjišťovat stratifikaci dna (Kozaczka, Grelowska, Kozaczka 2010). Hloubka penetrace závisí na fyzikálních vlastnostech sedimentů (SyQWest 2020). Praktický příklad využití uvádí např. Lin a kol. (2008), kteří při svém výzkumu Lake Superior, Lake

Michigan a Lake Mendota využili parasound v kombinaci s georadarem, a tuto kombinaci dvou různých metod označují za užitečnou a potřebnou.

2.2.1.5 Výložníkový systém

Specifita výložníkového systému spočívá spíše než v principu metody v umístění sonarů. V tomto systému je využíváno několika sonarů najednou, přičemž jsou umístěny v rozestupu na jednom či dvou ramenech lodi. Je jím vybavena vyměřovací loď Valentýna II (na obr. 4), která slouží ke zjišťování hloubky ve vodních tocích a kontrole splavnosti koryt (např. po povodních). Jedná se o 31,45 m dlouhou a 9 m širokou loď s ponorem 0,9–1,1 m, kterou spravuje Povodí Vltavy s. p. Je osazena ultrazvukovými vysílači umístěnými na dvou roztažitelných ramenech – výložnicích – na obou bocích lodi. Měření dat zajišťuje ultrazvuková aparatura MD 300 od finské firmy Maridata Ltd. Technologie pro měření hloubky je podpořena radiolimnigrafy pro měření výšky hladiny, inklinometrem a gyrokompasem (Povodí Vltavy s. p. 2013; Pokorná 2006). Valentýna II. je jednou za rok využívána pro kontrolu koryta Vltavy. Šíře záběru výložníkových ramen se pohybuje od 8 do 48 m (Topič 2012).



Obr. 4: Vyměřovací loď Valentýna II (převzato z: https://www.idnes.cz/technet/reportaze/vymerovaci-lod-valentyina.A120713_140449_strojirenstvi_top).

2.2.1.6 Akustický průtokoměr (ADCP)

ADCP je zkratkou pro Acoustic Doppler Current Profiler. Ačkoliv je přístroj primárně určen pro měření průtoků, své využití nachází i při měření hloubek a stává se běžnou součástí lodního vybavení (Trump, Marmorino 1998). Funguje na základě Dopplerova efektu – ten popisuje změnu frekvence a vlnové délky vysílaného a přijímaného signálu způsobenou vzájemným

pohybem mezi vysílačem a zdrojem zvuku (WHOI 2020). Systémy fungující na základě Dopplerova jevu jsou schopny detekovat a změřit změny ve frekvenci sonarového echa (Petersen 2012).

ADCP tedy vysílá do vody zvukové pulzy o konkrétní frekvenci, ty se odrážejí od suspendovaných částic a vrací se zpět (WHOI 2020). Jakmile zvukový pulz narazí na překážku, rozptýlí se ve všech směrech, avšak jeho největší část postupuje neovlivněna stále vpřed. Malá část se odrazí zpátky do přístroje s Dopplerovým posunem a má kratší frekvenci než původní akustický puls (Gordon 1996).

Vysíláním pulsů s vyšší frekvencí lze získat detailnější data, zatímco pulsy o nízké frekvenci pronikají hlouběji. Mezi nevýhody systému tak patří nutnost zvolit střední cestu mezi přesností měření a jeho rozsahem. Při práci s přístrojem je potřeba často kontrolovat stav baterie, neboť kontinuální vysílání pulsů je náročné na energii. Měření může být ovlivněno např. bublinami ve vodním sloupci či příliš čistou vodou, ve které se nemá zvuk od čeho odrážet a neposkytuje tak exaktní výsledky (WHOI 2020). Úspěšnost ADCP spočívá v předpokladu, že ve vodě je dostatek materiálu na odraz akustických pulsů, a že tento materiál (např. fytoplankton atd.) se pohybuje stejnou rychlostí jako voda. Pokud se v měřené oblasti vyskytne větší objekt (např. ryba), jehož pohyb na vodě nezávisí, akustická energie nebude mít Dopplerův posun, což pravděpodobně omezí přesnost profilu rychlosti a měřené hloubky (Mueller a kol. 2013).

Zařízení může být umístěno buď na dně a snímat tak pravidelně vzdálenosti až k vodní hladině, nebo pevně umístěno např. na mostních pilířích či nainstalováno na pohybujícím se plavidle (Novák a kol. 2017).

ADCP využili např. Heeto, Ali, Yousif (2017). Cílem bylo vypočítat zazemnění Duhok dam reservoir s využitím dat z roku 1988. Při porovnání se získanými daty z roku 2016 zjistili, že ztráta objemu zazemňováním byla zhruba 8 mil. m³, a životnost nádrže odhadli na dalších 148 let. Další konkrétní příklady využití ADCP při batymetrii jsou prezentovány v Wilson, Morlock, Baker (1996) nebo Mosbrucker, Spicer (2017).

V současnosti jsou dostupné ADCP přístroje např. od firmy RS Aqua, konkrétně SeaPROFILER, SeaWATCH, SeaTRAK a další (RS Aqua 2020), Teledyne Marine (Stream Pro ADCP, RiverPro ADCP...) (Teledyne Marine 2020), Rickly (ADCP River Profiler 6400...) (Rickly Hydrological Co., Inc. 2020), Nortek (Signature 500...) (Nortek Group 2020), či firmy SonTek (SonTek / Xylem Inc. 2020), jejíž RiverSurveyor M9 byl využit pro účely této práce při batymetrii VD Újezd (a blíže je popsán v podkapitole 5.2).

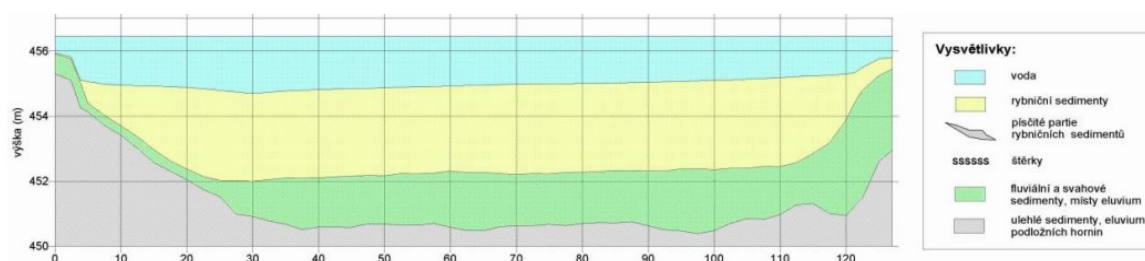
2.2.2 Letecké batymetrické laserové skenování

Letecké batymetrické laserové skenování (zkráceně „LBLS“) je speciální kategorií leteckého laserového skenování někdy označovaného jako lidar (z anglického Light Detection And Ranging), což je technologie schopná detekovat objekty a měřit vzdálenosti (Dolanský 2004). Principem fungování LBLS, konkrétně systému DIAL (Different Absorption Lidar), je vyslání dvou laserových paprsků o různé vlnové délce – infračerveného (většinou $\lambda = 1064$ nm), který se odráží od vodní hladiny, a modro-zeleného ($\lambda = 532$ nm), který proniká vodním sloupcem a odráží se ode dna. Hloubka vodní hladiny je vypočítána z rozdílu času návratů laserového paprsku odraženého od vodní hladiny a laserového paprsku odraženého ode dna (Kim, Cervenka, Lankford 1975; LaRocque, West 1999). Lidary se využívají zejména pro měření v mělkých vodách. Maximální dosah v čisté vodě činí 70 m s přesností na 15 cm v závislosti na podmínkách – zejména podmínkách meteorologických a na čistotě vodního sloupce, v případě zakalení vody dochází ke snížení přesnosti (Gao 2009). Jedná se bezesporu o jednu z nejdražších, ale zároveň i z nejefektivnějších metod, při které je možné během krátkého času zmapovat velká území.

2.2.3 Geofyzikální metody

Ke zjišťování míry zanesení vodních ploch sedimenty lze využívat i geofyzikální metody. Většinou se jedná o nenásilné a neinvazivní přístupy, které zároveň poskytují informace o složení dna. Nespornou výhodou geofyzikálních metod je, že objem sedimentů je měřen rovnou a pro zjištění míry sedimentace není nutné využít topografii dna z minulosti, od které se následně odečítají hodnoty zjištěné při měření. To je užitečné zejména v případech, kdy topografická data, se kterými lze výsledky výzkumu srovnat, nejsou dostupná (Lachhab, Booterbaugh, Beren 2015). Geofyzikální metody se rozdělují podle fyzikální podstaty zkoumaných polí, dělí se na metody geoelektrické, seismické, magnetometrické, gravimetrické, termometrické, radiometrické a karotážní (Macháček 2002; MŽP 2018). Pro účely této práce budou popsány dvě geoelektrické metody, a to metoda střídavých elektrických polí na příkladu georadaru a elektrická odporová tomografie.

Georadar (nebo také zemní radar, angl. ground penetrating radar, zkráceně GPR) je přístroj se širokým využitím – mimo batymetrie a zjišťování sedimentace slouží kupříkladu k monitorování říční eroze, lokalizaci zásob podzemní vody, určování půdní stratigrafie, identifikaci krasových prvků, nebo může být použit pro mapování podloží pod zamrzlým jezerem (Davis, Annan 1989; Lachhab, Booterbaugh, Beren 2015; MacDonald, Davies, Peart 2001). Přístroj vysílá vysokofrekvenční elektromagnetické signály o frekvenci 8–4000 MHz (Macháček 2002) a podstatou měření je pak pozorování změn ve vlastnostech podloží, které způsobují odraz elektromagnetických vln (van Dam 2001). Rychlost vln vysílaných georadarem je závislá na permitivitě (dielektrické konstantě, ϵ_r) a magnetické permeabilitě média, což má vliv i na výslednou kvalitu a rozlišení dat. Pokud jsou vysílány vlny o vyšší frekvenci, dochází k většímu útlumu projevujícímu se v menším dosahu měření (Chanu a kol. 2013). Hloubkový dosah přístroje se pohybuje od desítek centimetrů po desítky metrů (Macháček 2002). Pro průzkum vodní plochy georadarem je nutné použít plavidlo, které je určeno pro pohyb pod vodou a může být nosičem pro speciální anténní systém georadaru, nebo výzkum provádět v době, kdy je vodní hladina zamrzlá (MŽP 2018). Na obr. 5 je zobrazen profil sedimentů zjištěný georadarem.



Obr. 5: Profil sedimentů rybníku získané pomocí georadaru (převzato z: MŽP 2018).

Při **elektrické odporové tomografii** (dále jen „ERT“, z anglického electrical resistivity tomography) je využíváno souboru elektrod, které měří rozdíly v elektrickém měrném odporu podloží v určených profilech. Do média je vháněn proud, ten prochází mezi elektrodami a zařízení měří rozdíl v napětí. Elektrody mohou být instalovány na dně nebo na plovácích na vodní hladině, avšak je nutno podotknout, že umístování elektrod do dna je velmi časově náročné (Kwon a kol. 2005). Měření ERT proběhlo v roce 2016 i na Odlezelském jezeře, které je dlouhodobou zájmovou oblastí katedry fyzické geografie a geoekologie PřF UK (Hulec 2017). Dále byla využita Passarem (2010) pro detekci objektů pohřbených pod písčným mořským dnem, kdy díky této metodě byla nalezena vojenská loď z období 2. světové války.

3 Zanášení vodních ploch

Zanášení zásobních prostorů vodních nádrží sedimenty je jedním z hlavních vodohospodářských problémů (Vrána, Beran 1998).

Dlouhodobě udržitelné využívání vodních nádrží závisí na pochopení procesů eroze a akumulace sedimentu. Pokud sedimentace probíhá příliš rychle, životnost nádrží je pak vzhledem k jejich kapacitě velmi omezená (Bureau of Reclamation 2006). Akumulace sedimentu v nádržích způsobuje snížení hloubky, zásobní kapacity, a také ovlivňuje jejich funkce – např. redukuje schopnost útlumu povodní, blokuje odtok, nadměrně zatěžuje hráz (Palmieri a kol. 2003). Dále může docházet zejména vlivem abraze k poškození manipulačních zařízení (Ahmed, Sanchez 2011). Sedimentem naplněné nádrže jsou vystaveny většímu riziku při zemětřeseních. Uložený sediment má větší hustotu než voda a při otřesech vyvíjí větší tlak na hráz (Chen, Hung 1993). Dalšími negativními vlivy přítomnosti nadbytku sedimentu v nádržích je ovlivnění vlastností vody – chemických, fyzikálních či trofie (Čašek 2016). Pokud sediment obsahuje těžké kovy a jiné kontaminanty, obvykle se spolu s ním uloží v nádrži. To na jednu stranu může zlepšit kvalitu vody v toku pod vodním dílem, na druhou stranu to ovlivňuje kvalitu vody v nádrži samotné. Jakmile dojde k zanesení celé nádrže, nový sediment se již neukládá, ale postupuje skrz nádrž dál po proudu řeky (Bureau of Reclamation 2006). Včasná, a hlavně účinná prevence zanášení tak může mít vliv na zlepšení kvality nádrže, ale i značné části povodí.

Z ekonomického hlediska může zanášení nádrží způsobovat finanční ztráty, zejména pokud se jedná o nádrže využívané pro hydroelektrické či chovné účely (Palmieri a kol. 2003; Pradhan a kol. 2011). Při nadměrném zanesení nádrže je nutno sediment odstranit, aby se prodloužila životnost nádrže a dále plnila svůj účel. Sedimenty získané vytěžením lze využívat např. jako hnojivo, pokud splňují určité podmínky. Využití dnových sedimentů je upravováno legislativou (např. vyhláškou č. 387/2016 Sb. či vyhláškou 257/2009 Sb., o používání sedimentů na zemědělské půdě).

3.1 Vznik sedimentu a příčiny zanášení

Všechny nádrže vystavěné na přírodních řekách podléhají určitému stupni ukládání látek. Jedná se o přirozený proces, který je urychlován antropogenními zásahy do krajiny (Kubík, Němec 2017). Vodní nádrž je většinou umělým objektem, který tvoří nepřirozenou překážku na vodním toku (Čašek 2016). V důsledku lokálního snížení rychlosti proudění vody zde dochází k akumulaci sedimentu (Bureau of Reclamation 2006; Kubík 2012; Palmieri a kol. 2003). Ve

vodních nádržích se sesunuté, nesené, plavené i rozpuštěné částice usazují podle zrnitosti – nejprve jsou vyselektovány hrubší splaveniny, které se zpravidla ukládají ve šterkopískovém kuželu u přítoku do nádrže, a jemnější část, která ve vznosu vydrží déle, se usazuje blíže hrázi (Palmieri a kol. 2003).

Vrána a Beran (1998) uvádějí jako hlavní příčiny zanášení tři zdroje: břehovou abrazi, vnitřní zanášení a zanášení přítokem. Břehová abraze je způsobena mechanickým působením vody na břehovou linii. Při vlnobití dochází k postupnému uvolňování zeminy, která se následně smývá do prostoru nádrže. Síla abraze je závislá mimo jiné na síle větru, sklonu svahu, výskytu vegetace či složení půdy. Vnitřní zanášení je vnímáno nejčastěji jako proces přirozený, způsobený přítomností vodních rostlin a živočichů a jejich životním cyklem, do kterého patří i rozklad biomasy ve vodě. V důsledku antropogenní činnosti (zejména zemědělství) či znečištění vody může dojít k indukované eutrofizaci, která zaručí dostatek, resp. nadbytek, živin pro určité skupiny organismů. To často způsobuje přemnožení fytoplanktonu, případně vyšších vodních rostlin, jejichž schránky se pak usazují ve formě organominerálního kalu, sapropelu.

Zdrojem sedimentů při zanášení přítokem jsou obecně látky odnášené vodou z celého povodí. Za hlavní činitel vzniku sedimentů tak lze považovat erozi, která je způsobena intenzifikací zemědělské výroby a často nevhodným zacházením s půdou v povodí (Vrána, Beran 1998). Janeček a kol. (2012) uvádí, že v Česku je asi 50 % orné půdy ohroženo vodní erozí a 10 % ohroženo erozí větrnou.

Vodní eroze způsobuje ztrátu nejurodnější části zemědělské půdy, kterou je ornice. Dochází také ke změnám v chemických vlastnostech půdy, snižuje se podíl humusu a organických látek, čímž se snižuje její úrodnost. Eroze též urychluje půdní degradaci. Z půdy se vymývají chemické látky, se kterými přišla do styku (pesticidy, průmyslová hnojiva, zemědělské či průmyslové odpady), a které mohou působit jako polutanty. Nejdiskutovanějším chemickým prvkem v této souvislosti je bezesporu fosfor, který je chápán jako limitující pro eutrofizaci (Novotný a kol. 2017).

Eroze je ovlivňována klimatem, topografií, půdním typem a krajinným pokryvem. Nejčastěji k ní dochází kvůli odstraňování vegetace (Clean Water Services 2008). V současnosti existuje mnoho metod a nástrojů pro určení erozního zatížení a transportu plavenin z povodí. Modely výpočtů lze dělit podle koncepce výpočtu, velikosti zájmového území, dostupnosti datových podkladů nebo účelu výzkumu. Většina modelů vyžaduje velké množství značně podrobných dat. Mezi nejznámější výpočetní modely patří nekomerční

univerzální rovnice USLE a její modifikace (např. RUSLE) či WATER/SEDEM (Kliment, Langhammer 2005).

Rovnice USLE – univerzální rovnice ztráty půdy (Wischmeier, Smith 1978):

$$G = R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$$

G – průměrná dlouhodobá ztráta půdy ($t \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$), R – faktor erozní účinnosti srážek, k – faktor erodovatelnosti půdy, LS – kombinovaný faktor sklonu a délky svahu, C – faktor ochranného vlivu vegetace, P – faktor účinnosti protierozních opatření

Ideálním postupem pro odhad celkového transportu sedimentu z povodí je samozřejmě přímé měření, ale vzhledem k náročnosti je tento postup takřka nemožné provést (Krása 2013).

3.2 Prevence zanášení nádrží

Nedostatek údržby může vést k poškození nádrží, následnému nákladnému čištění a opravám, a proto je nutné věnovat stavu nádrží patřičnou pozornost (Clean Water Services 2008). Ochrana před zanášením se liší podle jeho typu. Mezi opatření proti abrazi břehu patří opevnění, nejčastěji v podobě plůtků či vysazení vhodných rostlin, které zpevní zeminu. Vnitřní zanášení lze regulovat vhodnou péčí o vodní rostlinstvo, a to zejména jeho sečením a odstraňováním biomasy mimo nádrž (Vrána, Beran 1998).

Řešení problému eutrofizace je komplexní a komplikovaný problém související s regulací znečištění vod. Jako nejúčinnější řešení se jeví snížení koncentrace limitující živiny v přítoku do nádrže, zejména sloučenin fosforu nebo dusíku, aby nedocházelo k nárůstu primárních producentů ve větší míře, než v jaké jsou jim schopni využít konzumenti a další články potravního řetězce. Obecně lze ale říci, že prvním krokem jsou opatření, která zabrání erozi na pozemcích v povodí a následnému vniknutí erozního fosforu do vodních útvarů (Krása 2013).

Toho může být dosaženo pozemkovými úpravami, které budou respektovat ekologické, (vodo)hospodářské, vlastnické a dopravní poměry (Janeček, kol. 2012). Ochrana zemědělské půdy proti erozi se detailně věnuje Novotný a kol. (2017). Krása (2013) uvádí, že mezi opatření zabraňující vniknutí erozního fosforu do vodních útvarů patří např. retenční travní pásy podél vodních toků a nádrží, retenční a sedimentační jímky u nádrží nebo vybudování poloprůtočných hrázek na vtoku do nádrže.

Zanášení nádrží není pouze problémem současnosti. Ke starším metodám zpomalení zanášení patří letnění a zimování. Princip letnění spočívá v ponechání nádrží, nejčastěji

rybníků, se kterými oba pojmy pevně spojeny, ve vegetačním období alespoň částečně bez vody. Dochází pak k ozdravení rybničního dna a mineralizaci organických látek v sedimentu, což vede k jeho úbytku (Karnecki 2016). Zimování je proces napomáhající zlepšení stavu bioty. Při mrazech dochází k popraskání dna a jeho provzdušnění. Tím se omezí tvorba škodlivého bahna, ve kterém se následně nemohou udržovat parazité ryb a měkkýši, kteří jsou mezihostiteli původců různých rybích mikrobiálních onemocnění (Ambrožová 2003).

3.3 Odstraňování sedimentů

Včasným určením zanesení a správným naplánováním odbahnění může být zásadně prodloužena životnost nádrže (Huggett 2008). Pro odstraňování sedimentů v současnosti existují tři způsoby, a to odstranění bahna suchou, mokrou a kombinovanou metodou. První cesta je založená na vypuštění nádrže a následném vysušení bahna (Vrána, Beran 1998). Vypouštění probíhá zpravidla na podzim, ideálně od října po začátek listopadu, a v případě rybníků je většinou spojeno s výlovem ryb. Jarní vypouštění je rizikové z důvodu možného tahu obojživelníků či hnízdění ptáků. Vytěžený sediment se nechává samovolně vyschnout a následně se odváží na místo uložení či je rovnou využit (Čašek 2016). Při vytěžování bahna z rybochovných nádrží je důležité ponechat na dně 5–10cm vrstvu sedimentu, která bude sloužit pro obnovení ekosystému a k pokračujícímu chovu ryb (Vrána, Beran 1998).

Alternativou suché cesty je využití plovoucích sacích bagrů neboli těžba sedimentu mokrou cestou. Bagr naruší těžný materiál, vysaje ho a dopraví na místo uložení nebo zpracování, přičemž je možné materiál čerpat na vzdálenost několika kilometrů. Hlavní výhodou je možnost průběhu prací bez nutnosti přerušení využívání vodního díla (PLOSAB s.r.o. 2020; Moravec, Just, Stodola nedatováno). Sedimenty jsou vysávány společně s vodou, která ve směsi převažuje (Vrána, Beran 1998). Mokrou cestu využili např. Potužák a kol. (2017) – při odbahnění Horusického rybníka (415 ha) bylo užito sacího bagru, ošetřený sediment byl uložen do geotextilních vaků TenCate Geotube® a odvodněn. Při realizaci byl proveden pokus zaměřený na recyklaci živin z rybničních sedimentů.

V případě, že je vodní nádrž z části porostlá hustou vegetací a nemůže být celá odtěžena mokrou metodou, je možno zvolit metodu kombinovanou – plochy bez vegetace se odsají pomocí sacího bagru a nepřístupná místa se odtěží suchou cestou (Vrána, Beran 1998).

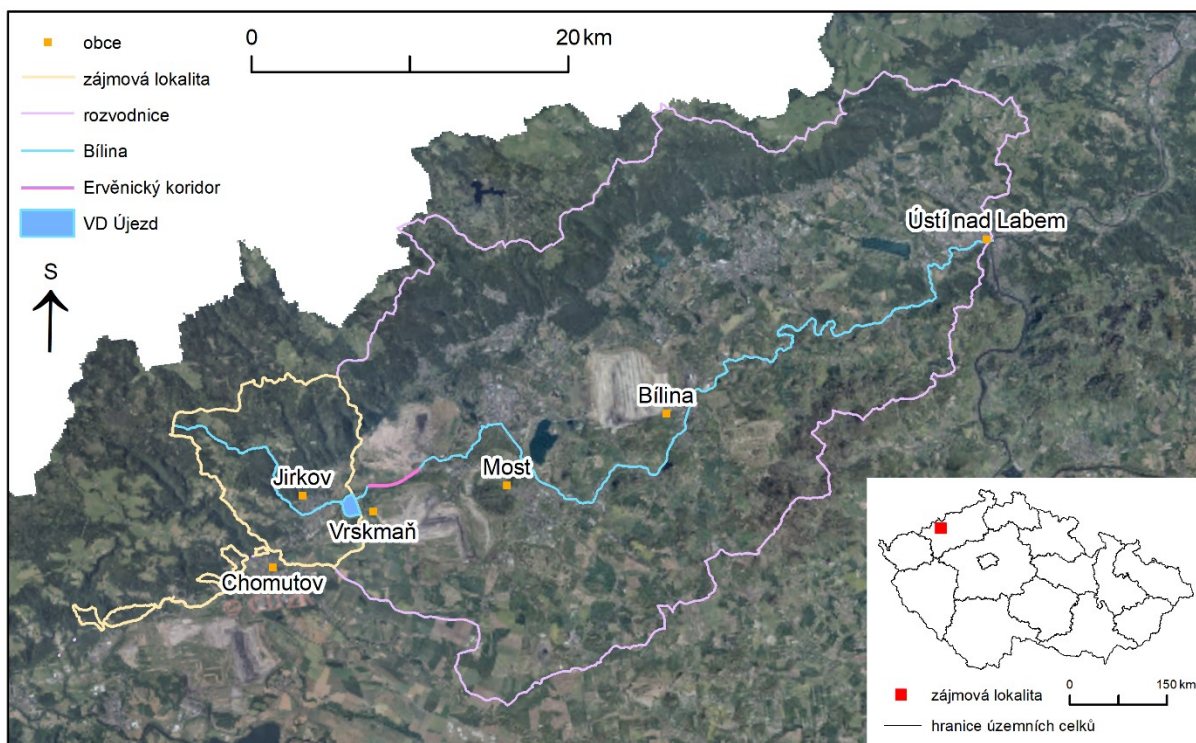
Existují alternativní metody odstraňování sedimentu. Např. systém Drausy je založen na principu rozkladu a přeměny organických látek na látky anorganické o menším objemu. Technologie využívá biologické a chemické procesy aktivované přísunem vzdušného kyslíku.

Tato metoda byla vyzkoušena v roce 2007, avšak ukázala se jako neúčinná, a proto ji Karnecki (2016) nedoporučuje.

4 Vodní dílo Újezd

VD Újezd leží na říčním kilometru 66,86 řeky Bíliny v severozápadní části Česka v Ústeckém kraji, přibližně 6 km severovýchodně od okresního města Chomutov a 11 km západně od Mostu. Nachází se na východním okraji města Jirkov, na jehož katastrální území zasahuje svou menší částí. Větší část se rozkládá na katastru obce Vrskmaň (obr. 6).

Jedná se o rozlehlou vodní plochu s hrází dlouhou 1768 m. Celková kapacita nádrže je, při zatopené ploše 152,1 ha, rovna 8,4 mil. m³. Maximální hloubka nádrže dosahuje 12,6 m při hladině 284,6 m n. m. Stavba probíhala v letech 1978–1981 a do provozu bylo VD Újezd uvedeno 8. prosince 1981 (další parametry souhrnně uvedeny v tab. 1). Svou hloubkou by se tedy dala přirovnat ke známější pražské vodní nádrži Hostivař, objemem k VD Les Království na Labi u Dvora Králové nad Labem a velikostí zatopené plochy k VD Nýrsko na Úhlavě v Plzeňském kraji.



Obr. 6: Poloha zájmového území (zdroj dat: ArcČR500, DIBAVOD, ČHMÚ)

Tab. 1: Základní parametry VD Újezd (zdroj dat: Povodí Ohře s. p. 2019).

Obec:	Vrskmaň, Jirkov
Vodní tok:	Bílina
Výstavba:	1978–1981
Objem nádrže (při maximální hladině 285,90 m n. m.):	8,4 mil. m ³
Maximální hladina:	285,90 m n. m.
Zatopená plocha (při maximální hladině 285,90 m n. m.):	152,14 ha
Plocha povodí:	102,3 km ²
Průměrný průtok:	0,860 m ³ /s
Stoletý průtok:	83,4 m ³ /s
Výška hráze nad terénem:	14 m
Délka hráze v koruně:	1768 m
Kóta koruny hráze (chodník na koruně):	286,02 m n. m.
Maximální výkon MVE:	100 kW

4.1 Účel

Původním účelem stavby bylo nahrazení VD Dřínov, které se nacházelo asi o 5 km severněji na místě dnešního lomu ČSA. Sloužilo k akumulaci vody pro zásobování elektrárny Komořany a Ervěnice a pro Chemické závody Záluží. Kvůli rozšíření těžby hnědého uhlí v lomu byly mimo Dřínov zrušeny i nádrže Nové Sedlo a Kyjice, zatímco vodnímu dílu Jiřetín byl podstatně snížen objem. Systém vodních děl zabezpečoval ochranu těžební oblasti před velkými vodami a zajišťoval dodávky vody pro mostecký průmysl a energetiku (Broža 2005; Povodí Ohře s. p. 2019a), a tyto funkce bylo nutno nahradit. Po jejich zrušení tak vznikla vodohospodářská soustava VD Újezd, Zaječic a Velkého Otvíckého rybníka.

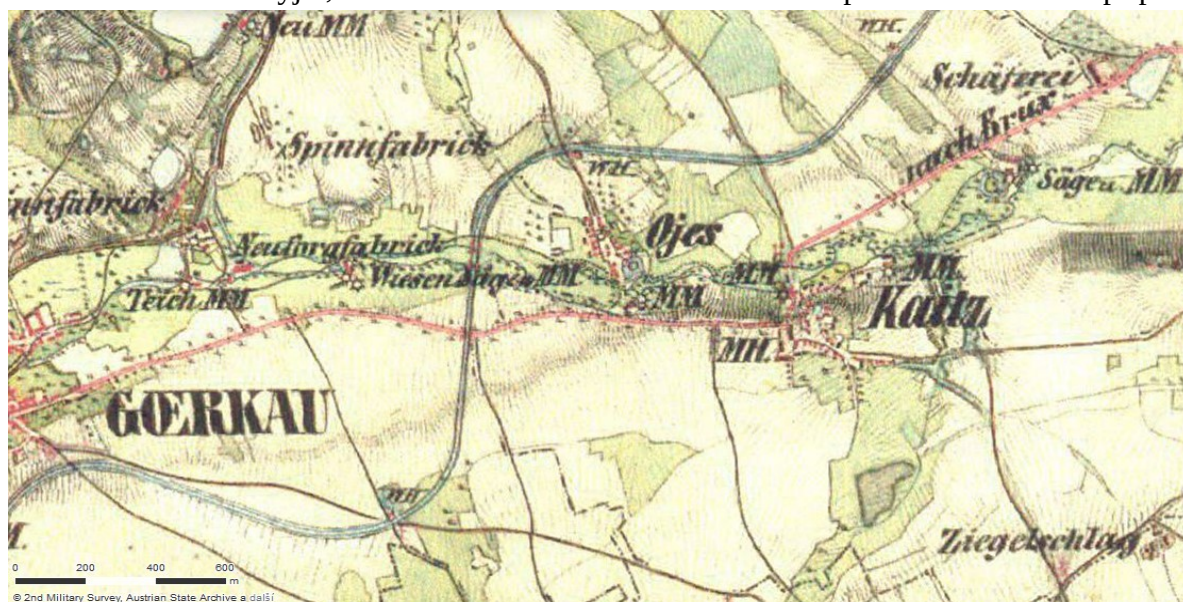
VD Újezd je víceúčelovou nádrží. Primárním využitím je ochrana území pod nádrží, kompenzační nadlejšování průtoků v Bílině pod hrází (k zabezpečení dodávky vody odběratelům), zachování minimálního stanoveného průtoku Bíliny pod nádrží (MZP = 150 l/s), hydroenergetické využití a řešení zimního režimu trubního vedení Ervěnického koridoru, při kterém lze zamezit nežádoucím ledovým jevům během extrémních zimních podmínek. K vedlejším účelům patří organické dočištění odpadních vod zaústěných do Bíliny a Hutního

potoka, rekreace, sportovní rybolov. Nádrž navíc slouží i jako krajinářský prvek – z jižní strany se pozorovateli nabízí výhled na panorama Krušných hor odražených se na vodní hladině (Povodí Ohře s. p. 2003; Broža 2005).

Nádrž má dnes ochrannou, zásobní, retenční, ale i energetickou funkci. Při plné kapacitě zásobního prostoru dokáže snížit průtok zimní stoleté povodňové vlny zhruba o polovinu, z hodnoty 65,8 m³/s na 38,1 m³/s (při hladině 285,03 m n. m.). Stoletou letní povodňovou vlnu sníží z 83,4 m³/s na 59,6 m³/s (při hladině nádrže 285,16 m n. m.). V případě letní povodně se jedná o povodeň z přímých srážek; je charakteristická vyšším kulminačním průtokem, ale nízkým objemem povodně. Zimní povodeň je charakteristická nižším kulminačním průtokem, ale vysokým objemem povodně, způsobuje jí kombinace tání sněhu, déšť, vítr a zvýšená teplota vzduchu. Při obou těchto opatřeních se průtok v toku Bílina sníží na 10 m³/s – to je hodnota neškodného průtoku, což znamená odtok z vodního díla, který ještě nezpůsobuje škody pod nádrží. Po překročení neškodného průtoku jsou průtoky převáděny bezpečnostním přelivem do bezodtokého prostoru bývalé nádrže Kyjice pod nádrží Újezd (Povodí Ohře s. p. 2019c; Svejkovský 2013).

4.2 Stavba

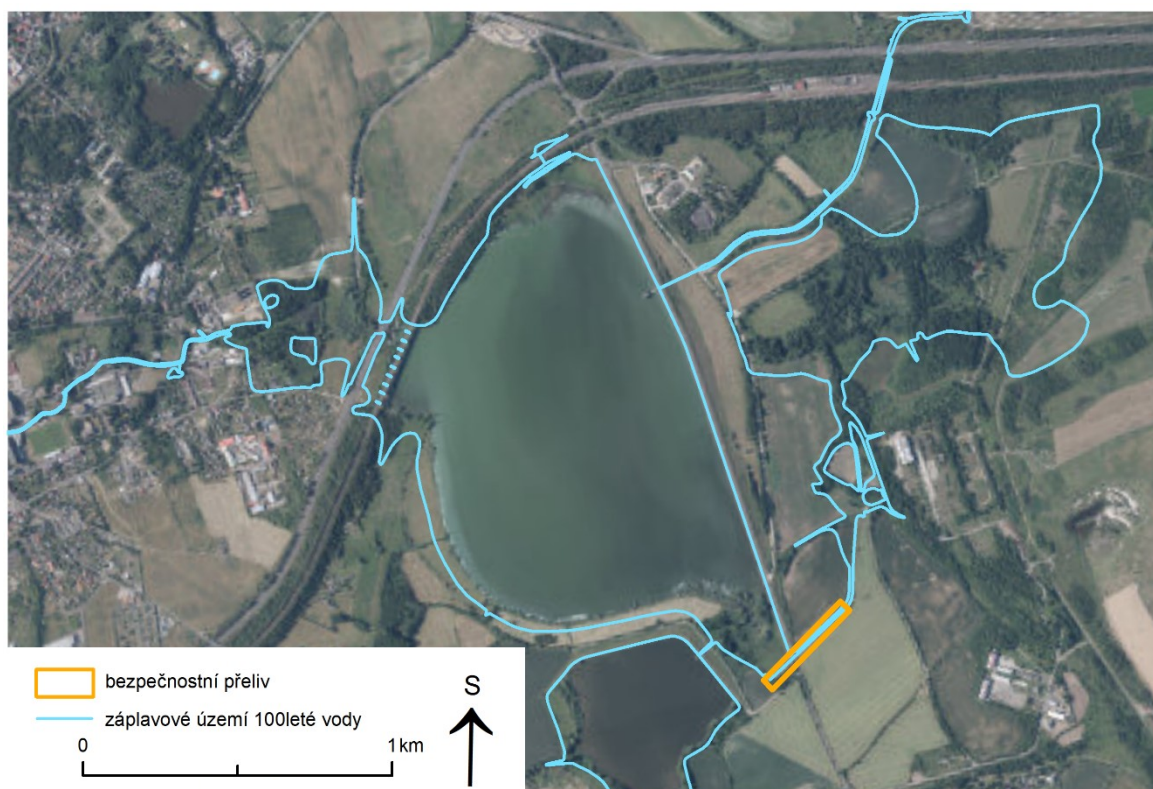
Stavba nádrže probíhala mezi lety 1978 a 1981. Nádrž leží na místě bývalých vesnic Újezd a Kyjice (obr. 7). Historie Újezda se datuje až ke 13. století. Ležel na levém břehu Bíliny v nadmořské výšce 273 m n. m. Již v roce 1840 docházelo k těžbě uhlí, ale provoz tamějšího dolu Servác trval jen do roku 1905. Újezd v průběhu času patřil pod různá správní území: v roce 1850 se stal osadou Kyjic, následně roku 1869 osadou Jirkova a po 2. světové válce připadl



Obr. 7: Újezd (Ojes), Kyjice (Kaitz) a Jirkov (Gorkau) na mapě II. vojenského mapování z let 1836–1852 (převzato z: [Mapy.cz](https://mapy.cz), <https://mapy.cz/19stoleti?x=13.4629089&y=50.5010630&z=14>)

opět Kyjicím. Obě vesnice roku 1960 spadly pod správu Vrskmaně. Zrušen byl v roce 1980, rok před uvedením VD Újezd do provozu. Katastrální území Kyjic zaujímal 337 ha. Stejně jako Újezd byly od roku 1869 do 1950 osadou Jirkova. Byly vysídleny o rok dříve než Újezd, tedy v roce 1979 (Binterová 2000). Na jejich území byla v 50. letech 20. století vybudována malá vodní nádrž Kyjice, která změnila směr toku Bíliny na sever mimo lomy ČSA a Jana Švermy. Měla objem 0,692 mil. m³ a zadržovala přítoky z původního koryta Bíliny. Tato nádrž již neexistuje, území, na kterém ležela, však stále slouží pro eventuální rozlivy velké vody, jak je zobrazeno na obr. 8 (konkrétně 100leté).

Sypaná vodní hráz je 17,5 m vysoká a 1768 m dlouhá, po její koruně vede 6 m široká silnice Jirkov–Vrskmaň. Šířka v patě je 170 m, v koruně 9 m a celkový objem činí 1,45 mil. m³. Na stavbu hráze bylo využito zejména místních materiálů. Sypaná stabilizační část (vzdušná i návodní) byla zformována ze zahliněných štěrkopísků z prohrábky nádrže. Asi polovinu materiálu bylo nutné dovézt z nedalekých Kundratic, kam se následně přesouvaly nevhodné materiály z prohrábky. Návodní strana je izolovaná fólií PAD PVC (Broža 2005; Povodí Ohře s. p. 2019c), vzdušná strana je pokryta travním osemem a jsou zde instalované četné průsakové sondy. Stejný typ hráze najdeme např. u VD Nechanice (se svými 3280 m se jedná o nejdelší hráz v Česku), VD Rozkoš nebo VD Dlouhé stráně. Proti přelití hráze při hodnotě průtoku



Obr. 8: Schéma orientační záplavové plochy při 100leté vodě a poloha bezpečnostního přelivu. (zdroj dat: ČÚZK, DIBAVOD)

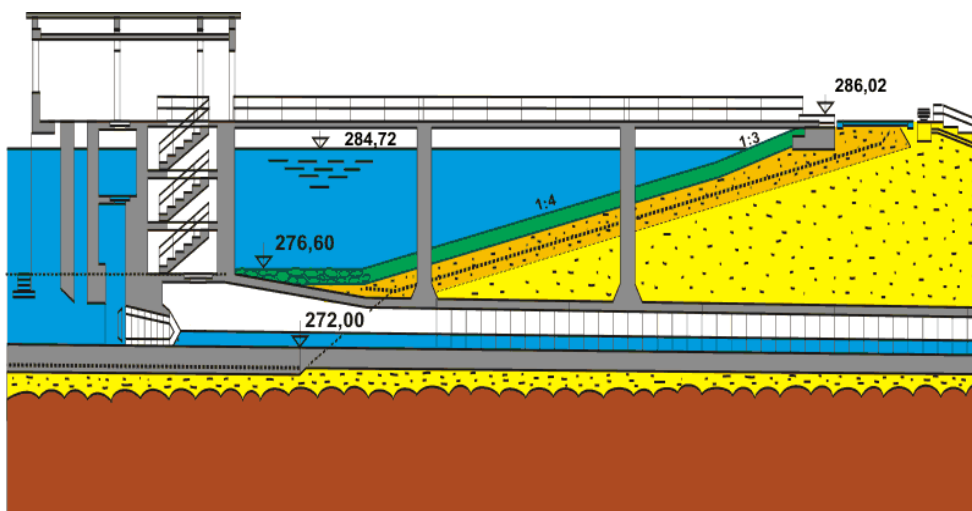
tisícileté vody je jižně, na pravém konci hráze ve vzdálenosti několika stovek metrů, umístěn pevný boční **bezpečnostní přeliv** tvaru podtlakové plochy (na obr. 9). Je vybudován tak, aby při tisícileté vodě nebyla ohrožena stabilita hráze. Slouží pro převádění povodňových průtoků do prostoru pod hrází (prostor bývalé nádrže Kyjice), délka přepadové hrany je 100,0 m s šířkou 0,43 m. Nachází se v 284,72 m n. m. a kapacita při maximální výšce hladiny v nádrži je 228,6 m³/s (Povodí Ohře s. p. 2019c).



Obr. 9: Bezpečnostní přeliv v den měření (vlastní tvorba).

Zhruba v ¼ délky hráze ze severní strany se nachází čtyřpodlažní sdružený **výtokový 22,5 m vysoký objekt** (obr. 10). Je umístěn na 24×16 m deskovitém základu cca 45 m před hrází, s níž je spojen mostem. Uvnitř jsou dvě strojovny, mezi jednotlivými patry se lze pohybovat po železobetonovém schodišti. Ve spodní části objektu jsou umístěny dvě výpusti s předsazenými česlemi sloužícími k zachycení nečistot. Česle jsou opatřeny elektronickými odpuzovači ryb typu ELZA 2. Obě spodní výpusti je možno regulovat revizním uzávěrem 1,6×2,1 m. Manipulovat s česlemi i s revizním uzávěrem lze díky jeřábu umístěnému horní strojovně (Povodí Ohře s. p. 2003).

Malá vodní elektrárna (dále jen „MVE“) **Újezd** o maximálním výkonu 100 kW je součástí spodní části výtokového objektu. Je osazena Kaplanovou turbínou, která je opatřena nožovým rychlozávěrným šoupátkem umožňujícím odstavení turbíny vlastní vahou. Činnost MVE je podmíněna minimální hladinou v nádrži 279 m n. m. (Povodí Ohře s. p. 2003).



Obr. 10: Průřez výtokovým objektem (převzato z: Povodí Ohře 2019c, https://www.poh.cz/StaticFiles/vd/images/ujezd/ujezd_rez_800.png)

Stavba celého vodního díla trvala celkem 3 roky a veškeré parametry byly brány s velkou rezervou. To v minulosti dalo možnost k rozšíření využití nádrže a postupně docházelo ke zvětšování zásobního objemu. V roce 1989 byla provozní hladina zvýšena z původních 277,25 m n. m. až na kótu 283,0 m n. m. (Broža 2005).

4.3 Název

Ač oficiální název vodního díla zní Újezd (Geonames | Geoportál ČÚZK 2020) a nikdy nebyla přejmenována, často se v literatuře a ostatně i v mapách či dokumentech nesprávně označuje jako „Kyjice“ (Štefáček 2010, s. 124), Kyjická retenční nádrž (Google Maps 2020; ZABAGED; Základní mapa 1 : 200 000), Kyjická vodní nádrž (Hosnedl 2015), nebo dokonce oběma názvy „retenční nádrž Újezd Kyjice“ (Obec Kyjice 1978). Vyplývá to z dřívější existence vodní



Obr. 11: Název Kyjická retenční nádrž v Mapách Google vlevo a ZABAGED vpravo (převzato z: Google Maps, ZABAGED).

nádrže Kyjice (jak bylo zmíněno výše), která již neexistuje, ale název je patrně užíván dál, a to nejenom místními obyvateli. Na obr. 11 jsou zobrazeny názvy nádrže na mapách Google Maps a ZABAGED.

4.4 Bílina

Řeka Bílina je významným tokem severozápadních Čech. Pramení v Krušných horách na jižní až jihovýchodní straně Kamenné hůrky v 824 m n. m. severozápadně od Jirkova. Jedná se o levostranný přítok Labe, do kterého ústí v Ústí nad Labem na říčním kilometru 764,89 v nadmořské výšce 133 m n. m., dva kilometry pod zdymadlem Sřekov.

Právě ústí Bíliny dalo Ústí nad Labem jeho jméno (Švorc, Švorcová 2006). Stejně jako Labe spadá i Bílina pod úmoří Severního moře. Délka Bíliny je 81,96 km, povodí zaujímá plochu 1082,47 km² a jeho správcem je Povodí Ohře s. p. Od pramene až po soutok s Labem spadá do hydrologického povodí 1-14-01-xxx, kde xxx jsou čísla 001–108. Dle absolutní řádovosti (Graveliova klasifikace) se jedná o tok II. řádu (charakteristika souhrnně v tab. 2). Povodí Bíliny sousedí na severu a východě s povodím Labe, na jihu a západě s povodím Ohře.

Název řeky pochází ze staročeského Bielina, tedy bílá, čistá. Název řeky přešel i na osadu Bílina (Švorc, Švorcová 2006). Dříve byla označována německy Biela, nebo českým přepisem Bělá, pojmenování Bílina se objevilo až ve 20. století. V průběhu času si vzhledem k průmyslovému využití vysloužila označení „řeka mučednice“ či „barevná řeka“ (Jiříčka, Svejkovský 2011). Bílina figuruje i v českých pověstech. Do Stadic, nacházejících se na břehu dolního úseku 8 km západně od Ústí nad Labem, údajně vyslala kněžna Libuše poselstvo pro svého nadcházejícího chotě. Pomník Přemysla Oráče na Královském poli je národní kulturní památkou a patří k nejvýznamnějším místům národní mytologie. V povodí se nachází i další místo, které sehrálo důležitou roli v české historii. Nedaleko VD Újezd, na Červeném hrádku, umožnil Max Egon Hohenlohe v srpnu 1938 anglickému lordu W. Runcimanovi a předákovi sudetských Němců K. Henleinovi schůzku, která předcházela Mnichovské dohodě.

Bílina patří mezi nejvíce antropogenně transformované řeky v Česku. Ve střední části povodí, v Mostecké pánvi, se nachází ložiska hnědého uhlí původně získávaného dolováním. Začátkem 19. století byla hlubinná těžba nahrazena těžbou povrchovou (kolektiv autorů 2005), která ovlivňuje charakter krajiny dodnes. Vlivem zvýšené koncentrace průmyslu v této oblasti byl původní tok mnohokrát pozměněn stavbou řady koridorů, přeložek a přivaděčů vody, které zabezpečily a uvolnily prostor pro povrchové lomy. Byla převáděna tolikrát, že dnes už není možné určit původní trasu koryta (Němec, Hladný, Blažek 2006). V průběhu 20. století došlo ke zkrácení hlavního toku Bíliny o zhruba 3,9 % (Dvořák 2006).

Tab. 2: Charakteristiky vodního toku Bílina (zdroj dat: VÚV TGM 2006).

Délka toku:	81,96 km
Plocha povodí:	1082,47 km ²
Nadmořská výška:	nejvyšší – 824 m n. m. pramen nejnižší – 133 m n. m. soutok s Labem
Řád toku dle Graveliovy klasifikace:	II.
Číslo povodí:	1-14-01-001 až 1-14-01-108
Správce povodí:	Povodí Ohře s. p.
Největší přítok:	Srpina (délka 28,21 km, soutok v Chanově)
Počet vodních ploch:	180
Celková rozloha vodních ploch:	1263,01 ha
Vodní nádrže:	VD Jirkov (16,44 ha) VD Újezd (152,10 ha)

V souvislosti s báňskou činností byly vybudovány některé vodní nádrže (Jirkov, Újezd, Janov) a jiné, ať už umělé či přirozené, zanikly či byly vysušeny. Obecně známým příkladem vysoušení vodní plochy v důsledku těžby je Komořanské jezero, jehož vysoušení probíhalo v letech 1831–1835. Získaná plocha se pak využívala k zemědělským účelům. Pro nedostatek dostupných pramenů se však nedá s jistotou říci, zda bylo odvodněno právě kvůli získávání uhlí (Papeš 2008). K těžbě byla lokalita využita v roce 1875, kdy vznikl důl Jupiter, a v roce 1883 povrchový důl Germania (Víšek, Netík 1987 v Papeš 2008). Dnešní lom Československé armády (ČSA), nacházející se na místě Komořanského jezera, byl založen v roce 1901.

Krom rozsáhlých změn charakteru krajiny a terénních úprav má na povodí Bíliny vliv i chemický průmysl způsobující zhoršení kvality vody. Do řeky byly vypouštěny (a v jisté míře pořád jsou) odpady z průmyslové výroby. Až do konce 80. let 20. století patřilo povodí z hlediska životního prostředí k nejvíce zatíženým v Česku, což se projevovalo i na kvalitě říčních sedimentů. Ty se posouvaly do Labe, usazovaly se zejména v břehové zóně a negativně ovlivňovaly úsek mezi Ústím nad Labem a česko-německou hranicí (Povodí Labe s. p. nedatováno). Kvalita vody se podle mluvčího Povodí Ohře s. p. Jana Svejkovského postupně zlepšuje a současné hodnoty jsou oproti stavu před 10–15 lety takřka nesrovnatelné (Minaříková 2018). Sedimenty však dodnes akumulují nebezpečné látky – organické sloučeniny obsahující chlor, fenolické látky nebo těžké kovy – které mohou být při nestandardních hydrologických situacích uvolňovány do prostředí (Povodí Labe s. p. nedatováno).

Dvořák a Matoušková (2008) označují povodí Bíliny za silně antropogenně ovlivněné, a uvádí, že pouze 12 % délky toku je přírodě blízkých nebo jen mírně antropogenně ovlivněných (I. a II. ekomorfologický stupeň, dále jen „ES“), přičemž pouze 1,5 % koryta Bíliny lze označit za přírodní (I. ES). Mnohé z úprav říční sítě měly vliv nejen na odtokový režim Bíliny, ale i na dlouhodobá měření průtoků v limnigrafických stanicích (Vlasák 2004).

4.4.1 Úseky toku

Jednotlivé úseky Bíliny lze zařadit podle katalogu současné typologie vodních toků (Langhammer a kol. 2009) do 4 typů. Katalog využívá kombinace 4 základních parametrů, přičemž respektuje jak požadavky Rámcové směrnice 2000/60/ES a s ní souvisejících Guidances (EC 2000, 2003), tak variabilitu českých přírodních podmínek a dalších proměnných. Těmito parametry jsou: úmoří, nadmořská výška, geologické podloží a Strahlerova klasifikace vodního toku.

Pramenná oblast Bíliny odpovídá typu 141. Jde o drobný horský tok v úmoří Severního moře na Krušnohorském krystaliniku, nachází se v nadmořské výšce nad 800 m n. m. v antropogenně málo ovlivněné oblasti. Lokalita pramenů spadá pod chráněnou oblast přirozené akumulace povrchových vod. Jeden z pramenů se nachází v chráněném území Přírodního parku Bezručovo údolí. Pro toky tohoto typu je typický vyšší spád a značné množství unášeného hrubozrnného materiálu (Langhammer a kol. 2009). Řeka zde plyne východním směrem.

Horní tok řadíme k typu 131, který je definován nadmořskými výškami od 800 do 500 m n. m. (Langhammer a kol. 2009). V tomto specifickém případě je ale vhodné spodní hranici posunout na 450 m n. m., kde se nachází první větší vodní plocha, VD Jirkov. Teprve za ním se typ povodí zřetelně mění.

Zatopená plocha VD Jirkov dosahuje velikosti 16,44 ha. Přehrada byla uvedena do provozu v roce 1965 a slouží k akumulaci pitné vody pro zásobování severočeské hnědouhelné oblasti. Jedná se o nádrž se stanoveným ochranným pásmem a její okolí není přístupné veřejnosti. Cesta podél VD Jirkov se návštěvníkům otevírá jenom jednou za rok, 1. dubna. Dále je vodní dílo využíváno i k hydroenergetickým a protipovodňovým účelům. Pod přehradou se nalézá MVE Jirkov s instalovaným výkonem soustrojí 194 kW. Koruna sypané kamenité hráze je 190 m dlouhá, 5,5 m široká a 50,8 m vysoká (Povodí Ohře s. p. 2019b).

Typ 131 má větší spád a kvůli kratší délce nemá obvykle příliš zahloubená údolí. Ani zde není patrný větší vliv člověka (Langhammer a kol. 2009). Východní směr toku se u obce

Zákoutí mění na jihovýchodní a takto Bílina pokračuje k Orasínu, odkud skrz Telšské údolí teče na jih.

Střední tok náleží k typu 122, menší část zasahuje do Krušných hor, většina oblasti do Mostecké pánve, a je zde zřejmé lidské působení na krajinu. Úsek se rozkládá ve výškách mezi 450 až 200 m n. m. Na rozdíl od předešlých úseků se rozprostírá na sedimentárních horninách. Typ 122 je spolu s typem 121 nejrozšířenější kategorií, do které spadá převážná část toků na sedimentech České křídové tabule, jihočeských terciérních pánví a Plzeňské pánve. S poměrně malým spádem a značným antropogenním vlivem sem dále řadíme např. Labe, Lužnici nebo Ploučnici (Langhammer a kol. 2009). Místem začínajícího znečištění toku je obec Jirkov. Zde do Bíliny ústí Přivaděč Ohře–Bílina, jehož účelem je nadlepšování průtoku pro velkou spotřebu vody v průmyslu a energetice na Mostecku. Dále po proudu je do ní sveden odtok z čističky odpadních vod (dále jen „ČOV“) Jirkov, kterým je tok výrazně ovlivněn (Broža 2005). Za Jirkovem leží VD Újezd, a Ervěnický koridor, kde je voda mezi lomem ČSA a lomem Jana Švermy vedena potrubím v délce 3,1 km. Na Mostecku drží Bílina víceméně severovýchodní směr, a to až do svého soutoku s Labem na dolním toku.

Dolní část toku lze charakterizovat typem 111, který se kromě okolí dolního toku Bíliny nachází dále jen v oblasti Pražského krystalinika, v místech, na kterých Vltava protéká krystalickými břidlicemi Barrandienu. Bílina teče oblastí krystalinika na úpatí Krušných hor a terciérními vulkanity Českého středohoří v nadmořských výškách pod 200 m n. m. Nemá velký spád a prostředí je silně antropogenně ovlivněno (Langhammer a kol. 2009).

4.4.2 Ervěnický koridor

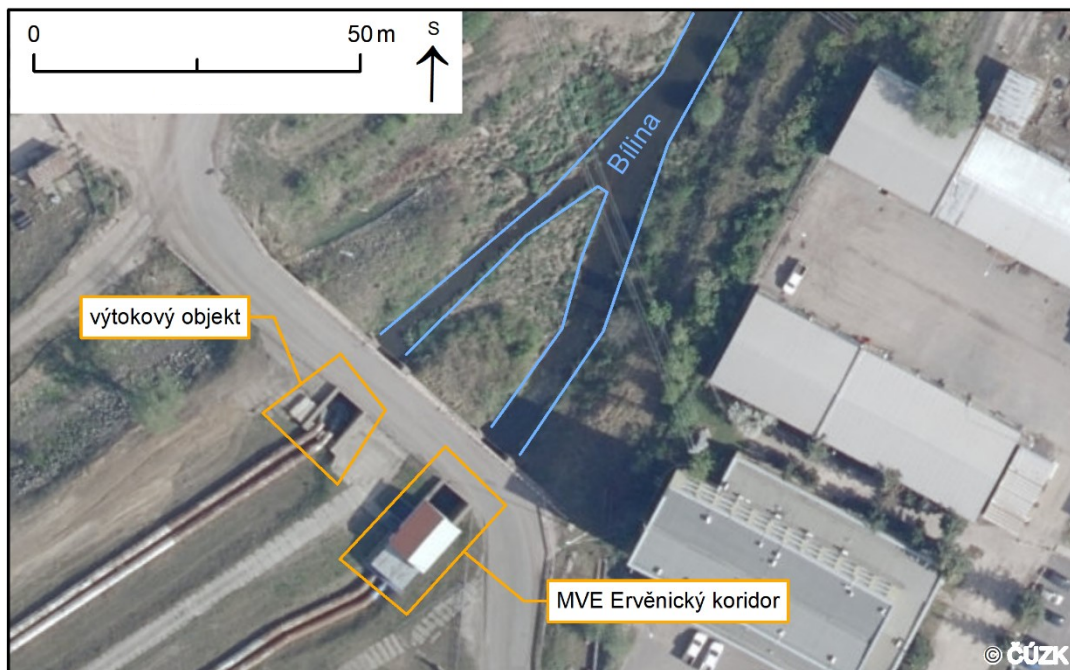
Jedním z nejznámějších antropogenních zásahů do přirozenosti toku Bíliny je Ervěnický koridor, který vznikl v souvislosti s rozšiřováním lomu ČSA. Jedná se o inženýrské dílo, místy až 140 m vysoký násep mezi lomy ČSA a Jana Švermy, zajišťující infrastrukturní propojení Chomutova a Mostu.

Vede po něm železniční trať č. 130 Ústí nad Labem–Chomutov a podél severního svahu probíhá silnice I/13 (evropská silnice E442). Na výsypce jsou též umístěna podzemní a nadzemní vedení inženýrských sítí. Krom toho je na náspu veden i světový unikát – převedení toku Bíliny do 4 ocelových trubek o délce 3110 m (ř. km 65,38–62,27). Potrubí typu DN 1200 je uloženo volně na pražcích, které jsou obsluhovány ze třech provozních komunikací vedoucích podél potrubí. Zásadním problémem výstavby bylo převedení Bíliny po čerstvě naspaném koridoru. Počítalo se s poklesem náspu až o několik metrů, a tak bylo kvůli vnitřní stabilitě svahu zvoleno vedení toku potrubím namísto otevřeným korytem. V případě potřeby

se z obslužných komunikací násep podsypává, aby se předešlo vzniku nebezpečného podélného napětí v potrubí. Celková kapacita trubek je $10 \text{ m}^3/\text{s}$ a každá má průměr 1200 mm, přičemž průtoková kapacita jedné roury z levé dvojice, tj. obtokového potrubí, je $3,36 \text{ m}^3/\text{s}$ při průtoku s volnou hladinou a $4,32 \text{ m}^3/\text{s}$ při tlakovém režimu. Stavba byla realizována v letech 1977–1987 (Němec, Hladný, Blažek 2006; Povodí Ohře s. p. 2003). Trubní přeložka Bíliny má 4 části:

- vtokový objekt (ř. km 65,38)
- trubní vedení
 - obtokové potrubí – $2 \times \text{DN } 1200$, levá dvojice, ústí ve výtakovém objektu
 - přívodní potrubí – $2 \times \text{DN } 1200$, pravá dvojice, vede do MVE, před MVE je zredukováno na DN 800, poté na DN 600
- výtakový objekt (ř. km 62,27)
- MVE Ervěnický koridor (ř. km 62,27) – čistý spád 34 m, celkový maximální výkon 601,2 kW, v provozu od roku 1996 (Povodí Ohře s. p. 2003; Calla 2008)

Výtakový objekt a MVE Ervěnický koridor jsou vyznačeny na obr. 12.



Obr. 12: Vyústění Bíliny z trubní přeložky do otevřeného koryta (zdroj dat: ČÚZK; vlastní tvorba).

Těžba v lomu ČSA skončí pravděpodobně okolo roku 2024 a Bílina se bude moci po více než 40 letech vrátit na povrch. Existují dvě varianty rekultivace lomu – závisí na tom, jak velké jezero na místě lomu ČSA vznikne – malé bezodtoké, nebo velké průtočné jezero (Svejkovský 2019).

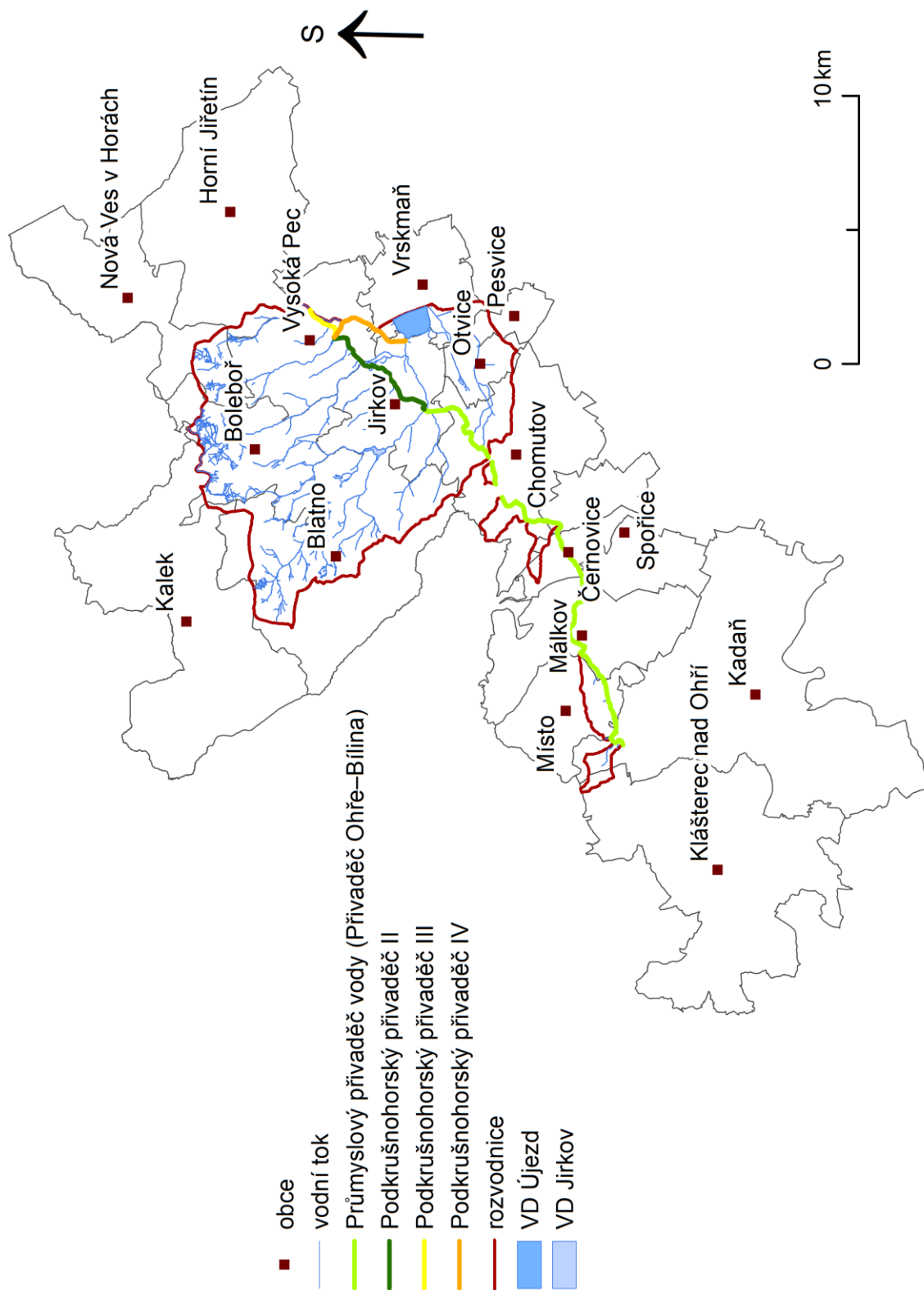
4.4.3 Přivaděč Ohře–Bílina

Významným zdrojem vody pro Bílinu je mimo atmosférických srážek i voda převedená z jiných vodních toků, zejména z Ohře či Flájského potoka (Dvořák, Matoušková 2008). Na zájmovém území horního toku byly v několika etapách budovány přivaděče vody, které společně s dalšími úpravami toku ovlivňují hydrologický režim řeky nadlepšováním průtoků (Vlasák 2004).

Terminologie týkající se těchto vodních děl se v mnoha zdrojích rozchází. Souhrnně bývají často označovány jako Podkrušnohorský přivaděč, ačkoliv se jedná pouze o část celé soustavy. Dle přílohy 1 vyhlášky ministerstva zemědělství č. 178/2012 Sb., kterou se stanoví seznam významných vodních toků a způsob provádění činností souvisejících se správou vodních toků, se soustava všech těchto přivaděčů – tedy Průmyslového přivaděče vody (zkráceně PVP), Podkrušnohorského přivaděče II (PKP II), Podkrušnohorského přivaděče III (PKP III) a Podkrušnohorského přivaděče IV (PKP IV) (vyznačeny na obr. 13) – nazývá „Přivaděč Ohře–Bílina“. Celkově měří 33,8 km a jeho správcem je Povodí Ohře s. p. Hlavním účelem je ochranná a zásobní funkce.

Zdrojem vody pro Přivaděč Ohře–Bílina je čerpací stanice Rašovice (odebírání vody z VD Kadaň na Ohři), Hradištský potok, Pruněrovský potok, Lužnička, Lideňský potok, Hutná, Březenecký potok a potok Lužec (Město Jirkov nedatováno). Jako první byl mezi lety 1957–1967 vybudován PVP, jenž vede od obce Ciboušov (u Klášterce nad Ohří) až do VD Březeneck, kde navazuje na PKP II. Délka koryta PKP II činí 4,786 km. V obci Vysoká Pec do něj ústí Kunderatický potok a PKP II se zde rozděluje na PKP III a PKP IV. PKP IV je v určité části rozdvojen, jedna jeho část je svedena do Bíliny těsně před VD Újezd, přičemž druhá do Bíliny ústí za VD Újezd na západním konci Ervěnického koridoru. Soustava Podkrušnohorských přivaděčů II–IV byla postavena v letech 1973–1982 (Povodí Ohře s. p. II.2 v Sýs 2019).

Rozvodnice vymezující zájmovou oblast je na katastrálním území Chomutova dvakrát přerušena a tok Průmyslového přivaděče vody netvoří souvislou linii. To je způsobeno zatrubněním toku a jeho vedením pod zemí. První z podzemních úseků začíná u Sládkovy ulice a končí o cca 400 m dále vyústěním do Akvaduktu Chomutov. Druhý úsek měří zhruba 430 m, začíná u Blatenské ulice a končí na úrovni 13. základní školy Březenecká.



Obr. 13: Schéma Přivaděče Ohře-Bílina (zdroj dat: ArcČR500, ČHMÚ, DIBAVOD; vlastní tvorba).

4.5 Fyzickogeografická charakteristika zájmové lokality

Podkapitola se zabývá podrobnou fyzickogeografickou charakteristikou zájmového dílčího povodí Bíliny, které je ukončeno závěrovým profilem VD Újezd – odtok na říčním kilometru 66. Tvar povodí je ovlivněn umělými přivaděči. Pro účely fyzickogeografické charakteristiky byly využity rozvodnice 4. řádu Českého hydrometeorologického ústavu z roku 2020, které jsou aktuální od roku 2015, kdy došlo v části zájmové lokality k jejich přepočítání a rozdělení na menší celky.

4.5.1 Geologické poměry

Geologické podloží zájmové lokality spadá pod sasko-durynskou autonomní oblast (saxothuringikum). Jedná se o severní až severozápadní část Českého masivu, který byl vyvrásněn v době od středního devonu do svrchního karbonu (před 380–300 milióny let). Vlastní Český masiv je tvořen horninami proterozoického a paleozoického stáří, přičemž sedimenty a produkty vulkanické činnosti, které se vyskytují na těchto horninách, nazýváme tzv. platformním pokryvem. Ten vznikl až po ukončení hlavní horotvorné činnosti, od svrchního karbonu až do dneška (Kachlík 2003) .

Oblast částečně zasahuje do podkrušnohorské pánve a přilehlých vulkanických hornatin. Směrem k prameni Bíliny jsou v jejím povodí hojně zastoupeny metamorfity pararula (původně pelit, droba) a ortorula (původně kyselý magmatit, granit, granitoid). Tyto oblasti jsou součástí regionu krušnohorsko-smrčinského krystalinika, který byl zasažen magmatickými, metamorfními a deformačními ději během kadomské (před 750–530 miliony let) i variské orogeneze (před 390–310 miliony let) (Kachlík 2003).

Blízké okolí nádrže je tvořeno různě metamorfovanými a nezpevněnými sedimentárními horninami, vyskytují se zde terciérní jíly, písky a kvartérní štěrky. Koryto Bíliny je lemováno nivními sedimenty. Širší okolí nádrže je významně antropogenně ovlivněno těžbou hnědého uhlí (necelý kilometr východně od nádrže se nachází lom Vršany, Nástup Tušimice, Libouš, Československé armády...) a výstavbou Ervěnického koridoru.

4.5.2 Geomorfologické poměry

Vymezené dílčí povodí se nachází v geomorfologické provincii Česká vysočina v Krušnohorské soustavě. Zájmovým úsekem povodí probíhá v severovýchodním směru hranice mezi dvěma podsoustavami – Krušnohorskou hornatinou a Podkrušnohorskou soustavou. V rámci Krušnohorské hornatiny se území nachází v celku Krušné hory a dále spadá

pod podcelek Loučenské hornatiny. V Podkrušnohorské soustavě je členěna do celku Mostecké pánve, blíže do podcelku Chomutovsko-teplické pánve. Geomorfologické členění je dále rozvedeno v tab. 3.

Krušné hory se rozkládají na 1607 km². Jedná se o plochou hornatinu s výškovou sklonitostí 200–500 m, střední výškou 707,6 m a středním sklonem 7 45'. Toto jednostranně ukloněné kerné pohoří tvoří parovinně zarovnanou kuestu ploše až mírně skloněnou k SZ. Celek je tvořen horninami krušnohorského a svitavského krystalinika (rulové a magmatitové jádro obklopené obalem svorové a fylitové série) s inkludovanými variskými vyvěřelinami, izolovaně jsou zachovány denudační zbytky lávových příkrovů třetihorního stáří a svrchnokřídových hornin. Příkré svahové potoky v průběhu času vytvořily silně rozčleněné údolní zářezy. Krušnohorská geomorfologie je ovlivněna jáchymovským a okrajovým krušnohorským zlomem (Demek, Mackovčín a kol. 2006). Nejvyšší bodem celku je Klínovec (1243,7 m n. m.).

Mostecká pánev je přirozenou terénní depresí mezi Krušnými horami na severozápadě a Českým středohořím na jihovýchodě. Mosteckou pánev lze dále členit na Chomutovsko-teplickou a Žateckou pánev. Na tyto dvě a též další pánve je rozdělena dvěma příčnými hřbety, západním jezersko-ryzelským a východním lahoštským. V délce 80 km zabírá mezi Kadaní a Ústím nad Labem plochu 1110,58 km² a je protažena ve směru jihozápad–severovýchod (Kunský 1974). Mostecká pánev je tektonickou sníženinou s až 500 m mocnou výplní skládající se ze tří souvrství – bazálního starosedelského, vulkanodetrického střezovského a produktivního mosteckého. Střední výška je 272,1 m, střední sklon 2° 35'. Dno lze charakterizovat jako pahorkatinu až plošinu s akumulacním a erozně denudačním georeliéfem. Na něm leží třetihorní jezerní a deltové sedimenty (Demek, Mackovčín a kol. 2006), zejména jíly a písky. Povrch je narušen frekventovanými antropogenními zásahy v podobě hnědohelných lomů, z nichž některé již byly po vytěžení rekultivovány.

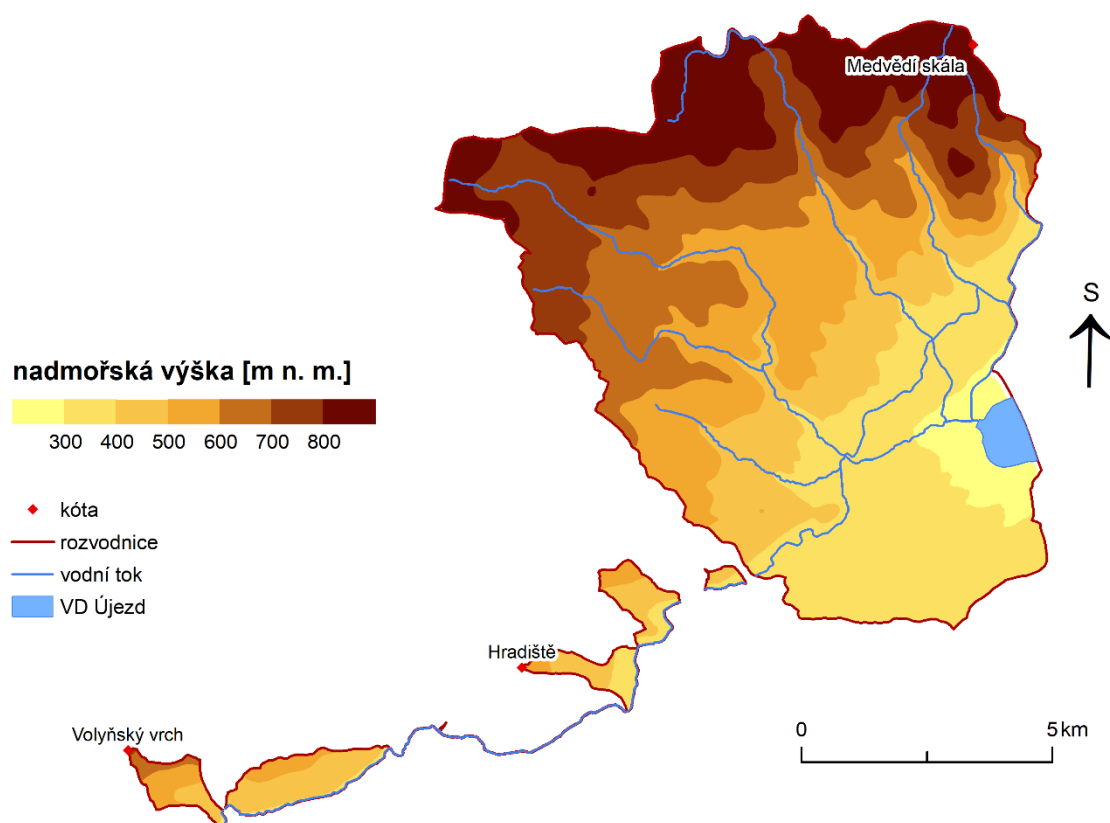
Tab. 3: Geomorfologické členění lokality (zdroj dat: Demek, Mačkovčín a kol. 2006).

Provincie:	Česká vysočina
Soustava:	Krušnohorská soustava
Podsoustava:	Krušnohorská hornatina
	Podkrušnohorská podsoustava
Celek:	Krušné hory
	Mostecká pánev

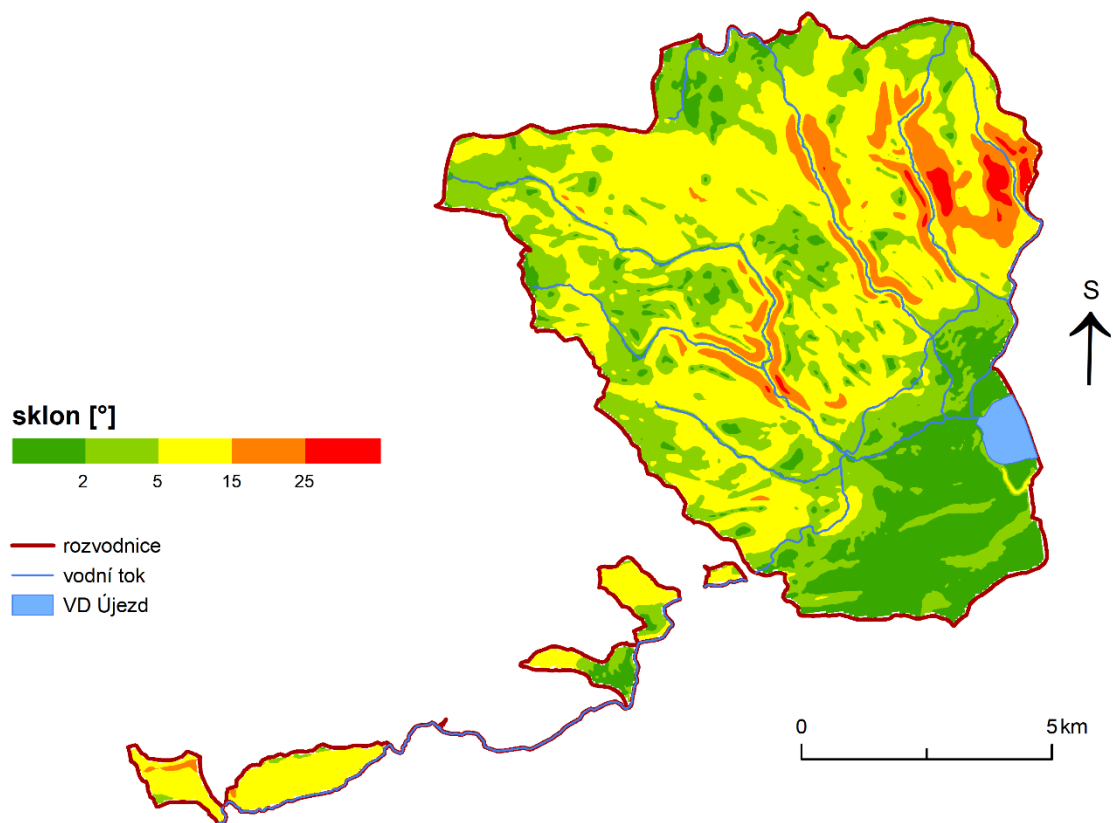
Podcelek:	Loučenská hornatina
	Chomutovsko-teplická pánev
Okrsek:	Přísenická hornatina, Bolebořská vrchovina, Rudolická hornatina
	Jirkovská pánev, Březenská pánev

Na obr. 14 je zobrazena nadmořská výška dílčího povodí horního toku Bíliny. Nejvyšším bodem lokality je Medvědí skála (924 m n. m.) nacházející se na severovýchodě. Naopak nejnižší nadmořské výšky je možno nalézt v okolí VD Újezd.

Jak je patrné z obr. 15, okolí VD Újezd je převážně rovinné s velmi malými sklony od 0–5°, tedy rovinný až mírně skloněný terén. Největší sklony jsou dosahovány na svazích v okolí Kundratického a Vesnického potoka, kde dosahují až 32°, a terén se dá označit za velmi příkře skloněný. Většina území je značně skloněná. Průměrný sklon je 4,3°.



Obr. 14: Nadmořské výšky v zájmové lokalitě (zdroj dat: ArcČR500, ČHMÚ, DIBAVOD; vlastní tvorba).



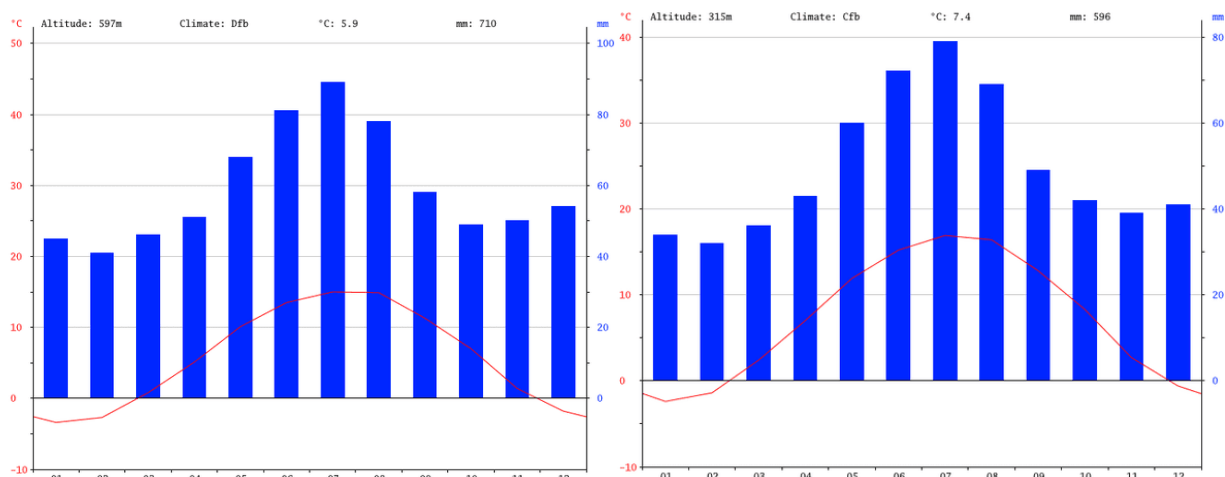
Obr. 15: Sklon zájmové lokality (zdroj dat: ArcČR 500, DIBAVOD; vlastní tvorba).

4.5.3 Klimatické poměry

Charakteristiky předchozích přírodních poměrů naznačují, že se v popisovaném dílčím povodí potkávají různé podmínky. Rozmanitost podmínek má vliv na pestrost klimatu a činí ho plošně nekonzistentním.

Dle Köppenovy klasifikace je zájmové území na rozhraní kategorie Cfb a Dfb. V oblasti Krušných hor se podnebí řadí do kategorie Dfb, tedy podnebí boreálního (severského) typu. Klima v Mostecké pánvi spadá do kategorie Cfb – podnebí listnatých lesů mírného pásma. Obě pásma mají společné celoročně vlhké klima a stejnoměrné rozložení srážek během roku. V nejteplejším měsíci zde průměrná teplota přesahuje 10 °C a průměrná teplota nejchladnějšího měsíce leží v intervalu -3 až 18 °C (v případě Cfb), nebo je menší než -3 °C v případě Dfb (Tolasz, Baštýřová 2007).

Klimadiagramy na obr. 16 zobrazují průběhy teplot a srážek v obcích Boleboř (vlevo), která se nachází v Krušných horách, a Jirkov (vpravo), jenž leží v Mostecké pánvi. Každá z obcí spadá do jiného typu podnebí – Boleboř do Dfb a Jirkov do Cfb. Data pochází z let 1982–2012.



Obr. 16: Klimadiagramy obcí Boleboř (vlevo) a Jirkov (vpravo) (převzato z: climate-data.org 2020a, climate-data.org 2020b).

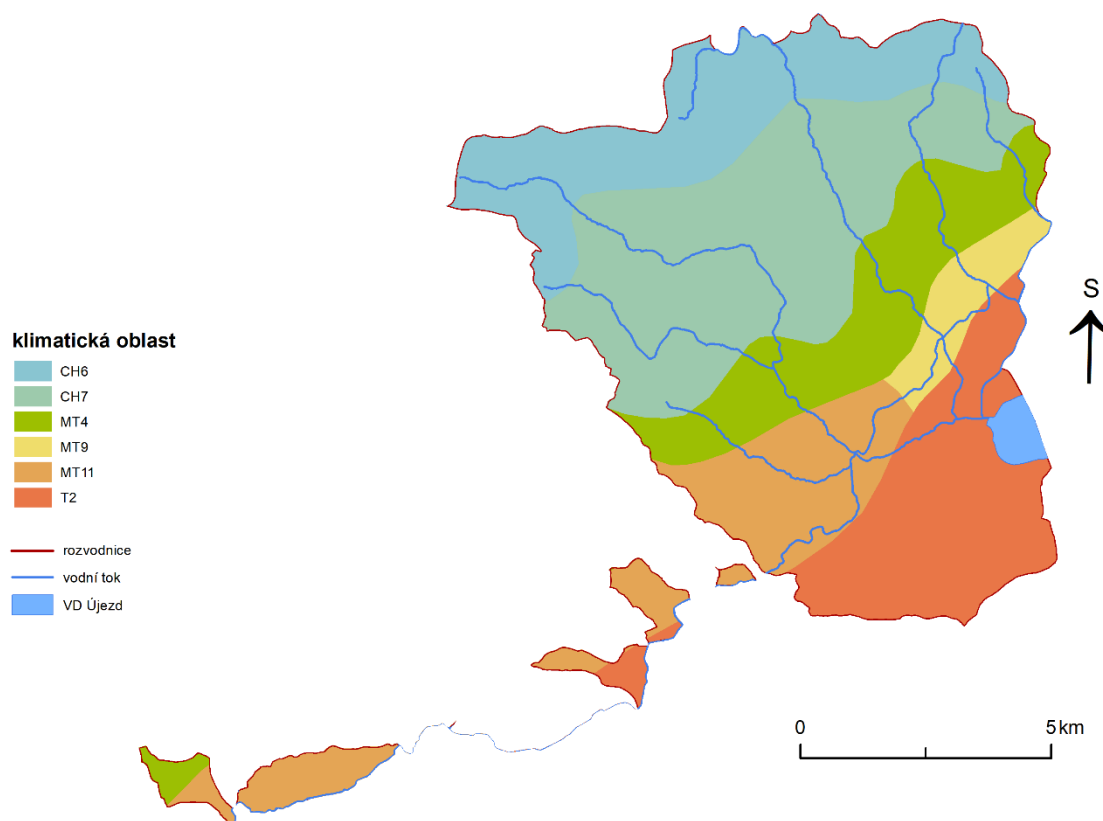
Průměrná roční teplota v Boleboři (597 m n. m.) se pohybuje okolo 5,9 °C a průměrný roční úhrn srážek je okolo 710 mm. Nejméně srážek zde spadne v únoru (41 mm) a naopak nejvíce v červenci (89 mm). Nechladnějším měsícem je leden s průměrnou teplotou -3,4 °C a nejteplejším měsícem je červenec s průměrnými 15,0 °C. Rozdíl mezi nejsušším a nejvlhčím měsícem je 48 mm a mezi nejteplejším a nejchladnějším měsícem činí 18,4 °C (Climate-Data.org 2020a).

Jirkov leží v 315 m n. m., průměrná roční teplota je zde vyšší než v Boleboři, a to 7,4 °C. V průměru zde ročně spadne méně srážek (596 mm). Rozložení srážek v průběhu roku je v obou obcích podobné. I v Jirkově je nejsušším měsícem únor s průměrně 32 mm a nejvlhčím měsícem červenec, kdy spadne 79 mm. Průměrně nechladnějším měsícem je leden (-2,4 °C), průměrně nejteplejším červenec (16,9 °C). Průměrná teplota nejteplejšího a nejchladnějšího měsíce se liší o 19,3 °C, což je 0,9 °C více než v Boleboři. Rozdíl mezi nejsušším a nejvlhčím měsícem je v Jirkově 47 mm (Climate-Data.org 2020b).

Na základě Quittovy klasifikace se oblast nachází v chladných oblastech CH6, CH7, mírně teplých oblastech MT4, MT9, MT11 a teplé oblasti T2. Nejvíce zájmové území zasahuje do teplé oblasti T2 a chladné oblasti CH7 (obr. 17).

V teplé oblasti T2 je průměrná dubnová teplota 8–9 °C, průměrně bývá 90–100 dní se srážkami >1 mm. Hodnota srážek ve vegetačním období je 350–400 mm, v zimním období je toto číslo zhruba 2× menší, 200–300 mm. Počet zatažených dní (120–140) významně převyšuje počet jasných dní (40–50). V chladné oblasti CH7 se průměrná teplota v dubnu pohybuje mezi 4–6 °C a počet dní se srážkami >1 mm je 120–130. Ve vegetačním období spadne celkově 500–600 mm, v zimním období je suma srážek 350–400 mm. I v chladné oblasti CH7 převyšuje počet zatažených dní (150–160) počet dní jasných (40–50) (Tolasz, Baštýřová 2007).

Klima zájmového území je značně ovlivněno orografií. Strmé svahy Krušných hor vytvářejí při silném proudění ze západu silný srážkový stín. Pro oblast jsou též typické teplotní inverze projevující se častými mlhami.



Obr. 17: Klimatické oblasti zájmové lokality podle Quittovy klasifikace (zdroj dat: AOPK ČR; vlastní tvorba).

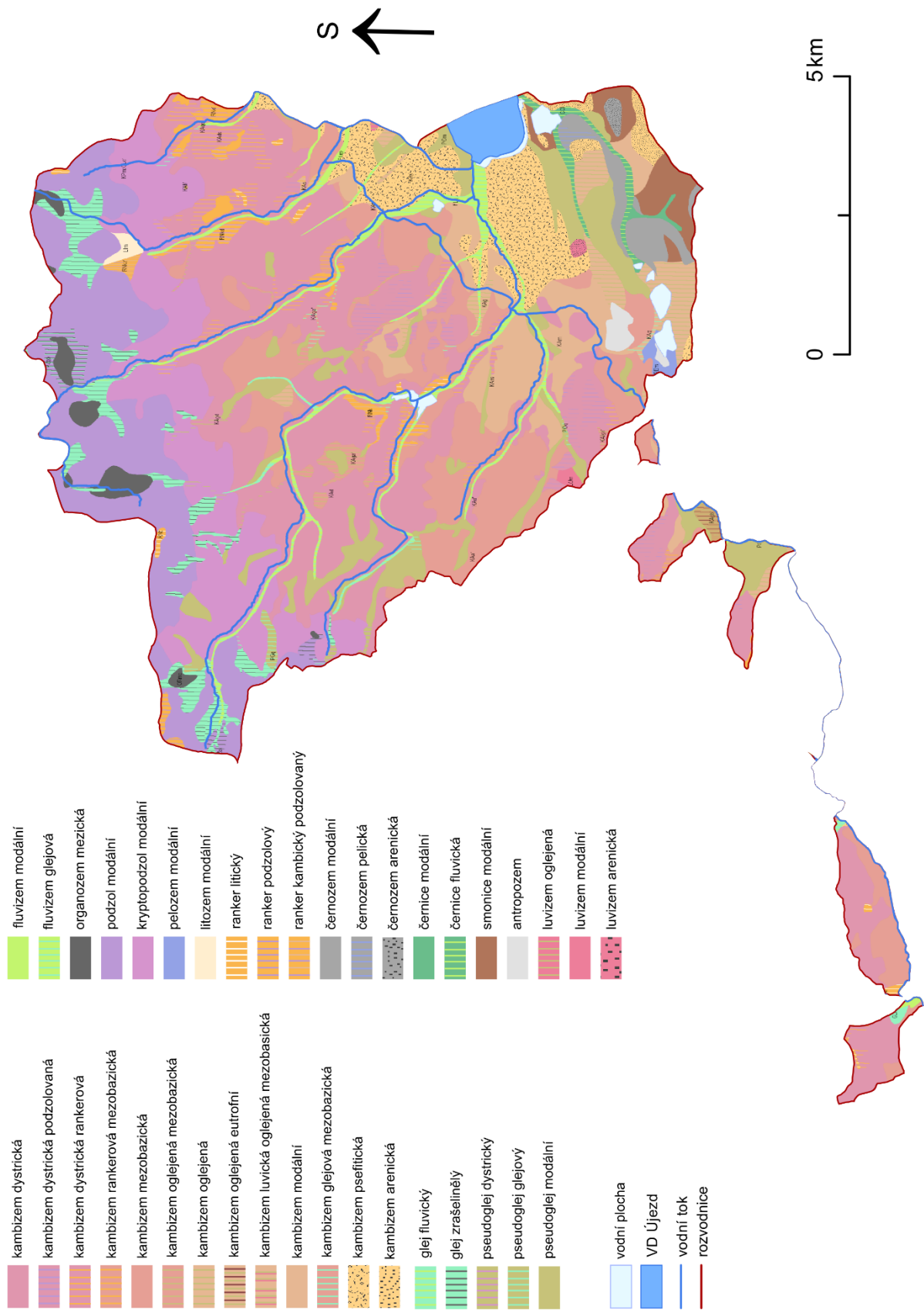
4.5.4 Půdní poměry

Půda a její vlastnosti ovlivňují míru vsaku vody a rozhodují o časovém i plošném rozložení odtoku vody. Zrnitost a frakční složení půdy rozhoduje o její propustnosti, schopnosti infiltrace a retence vody. Všechny půdní typy zájmové lokality zobrazuje obr. 18.

V dílčím povodí jsou nejhojněji zastoupeny kambizemě. Jsou nejrozšířenějším půdním typem Česka a nejčastěji je lze najít ve členitém reliéfu, tedy v pahorkatinách, vrchovinách i horách. V nížinách bývají zastoupeny jen okrajově. Jsou pro ně typické humidnější oblasti s ročním úhrnem srážek 500–900 mm. Matečným substrátem jsou pro ně téměř všechny horniny (Tomášek 1995). Široké spektrum matečných substrátů podmiňuje velkou rozmanitost kambizemí a bohaté rozmezí výskytu v různých klimatických i vegetačních podmínkách určuje difference v akumulaci humusu a jeho kvalitě, zvětrávání, braunifikaci a dalších vlastnostech (Němeček 2001). V lokalitě se nachází bohaté spektrum kambizemních subtypů, například kambizem dystrická, modální, oglejená nebo psefitická.

V severní části zájmového území se vyskytují podzoly a kryptopodzoly. Podzoly jsou druhým nejčastěji se vyskytujícím půdním typem, který se obvykle objevuje ve velmi vlhkém a chladném klimatu v nejvyšších horských polohách s ročním úhrnem srážek zpravidla >800 mm. Hlavním půdotvorným procesem je podzolizace, kdy se vyplavují humusové látky, oxidy železa i hliníku do spodních vrstev půdy, a vzniká tak dokonale albický eluviální horizont, který v hloubce přechází do horizontu výrazně iluviálního. Kryptopodzoly se vyznačují nízkou objemovou hmotností a vysokou kyprostí. Jedná se o půdy silně kyselé, které vznikly pod smíšenými lesy a převahou smrku, jedle či buku (Tomášek 1995).

Na těžkých jílových podkladech v jižní části lokality lze nalézt smonice. Vyvinuly se z jílu a v rámci Česka se vyskytují pouze v tzv. „severočeské hnědouhelné pánvi“, zejména na Chomutovsku. Centrem výskytu smonic je Balkánský poloostrov. Běžně se nacházejí v nižších nadmořských výškách v teplých a aridních oblastech. Jsou velmi příznivými půdami pro zemědělství, zejména pro pěstování pšenice či pro ovocnářství (Culek a kol. 2013; Němeček 2001).



Obr. 18: Půdní poměry zájmové lokality (zdroj dat: Půdní mapa 1 : 50 000; vlastní tvorba).

4.5.5 Biogeografické poměry

Zájmové území biogeograficky spadá pod kontinentální oblast, provincii střeoevropských listnatých lesů, do hercynské subprovincie. I v případě tohoto členění se zde potkávají dva různé regiony – Mostecký bioregion (1.1), který se shoduje s geomorfologickým celkem Mostecká pánev, a bioregion Krušnohorský (1.59) zabírající geomorfologický celek Krušné hory vyjma jeho západního okraje. Dle regionálně fyto geografického členění se lokalita nachází v mesofytiku a thermofytiku.

Krušnohorský bioregion zaujímá na území Česka plochu 1261 km², svou větší částí leží v německém Sasku. Na převážně žulovém a rulovém podloží se nalézají typická hercynská biota se širokou paletou vegetačních stupňů. Zastoupeny jsou stupně od bukovo-dubového až po smrkový. Na vyšších stanovištích se nacházejí horské acidofilní bučiny a smrčiny. Na původní porosty byl v průběhu 19. století vyvíjen tlak způsobený rozsáhlou těžbou a zpracováním nerostných surovin. Bohatá druhová skladba dřevin byla postupně nahrazena smrkovou monokulturou. Vlivem průmyslových fyto toxických imisí a jimi způsobeným přemnožením hmyzích škůdců byla v průběhu 20. století velká část smrkových porostů katastrofálně zdecimována. Vzniklé holiny byly zalesňovány břízami, jeřáby či borovicí lesní. Mezi přítomné druhy flóry v současnosti patří hrachor horský (*Lathyrus linifolius*), bika lesní (*Luzula sylvatica*), nebo sítina ostrokvětá (*Juncus acutiflorus*). Z živočišných druhů je zde možno nalézt kosa horského (*Turdus torquatus*), mloka skvrnitého (*Salamandra salamandra*), kulíška nejmenšího (*Glaucidium passerinum*) či zmiji obecnou (*Vipera berus*). Krušnohorský bioregion je místem 2. největšího výskytu rašelinišť v Česku. Charakteristickými rašeliništními druhy flóry jsou druhy boreomontánní, např. ostřice chudokvětá (*Carex pauciflora*), kropenáč vytrvalý (*Swertia perennis*) či bříza trpasličí (*Betula nana*). Významnými zástupci fauny jsou hraboš mokřadní (*Microtus agrestis*), skákavka rašelinná (*Heliophanus dampfi*), šídlo rašelinné (*Aeshna subarctica*) a vřetenec horský (*Pseudofusulus varians*) (Culek a kol. 2013).

Mostecký bioregion leží na ploše 1305 km². Jedná se o jedno z nejteplejších a nejsušších míst Česka. Převažuje 2. vegetační stupeň (bukovo-dubový) a dominují v něm teplomilné druhy živočichů. Citelné antropogenní zásahy do krajiny proměnily dříve typické mokřady na ornou a zemědělskou půdu. V pánvi jsou situovány teplomilné doubravy, lesy jsou vzácné, častější jsou menší porosty tvořené náletovými dřevinami, jako jsou břízy a topoly. Žije zde myšice malooká (*Apodemus uralensis*), trojzubka stepní (*Chondrula tridens*), břehule říční (*Riparia riparia*). Z rostlinstva je zastoupen např. kavyl tenkolistý (*Stipa tirsia*), třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*) nebo ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*) (Culek a kol. 2013).

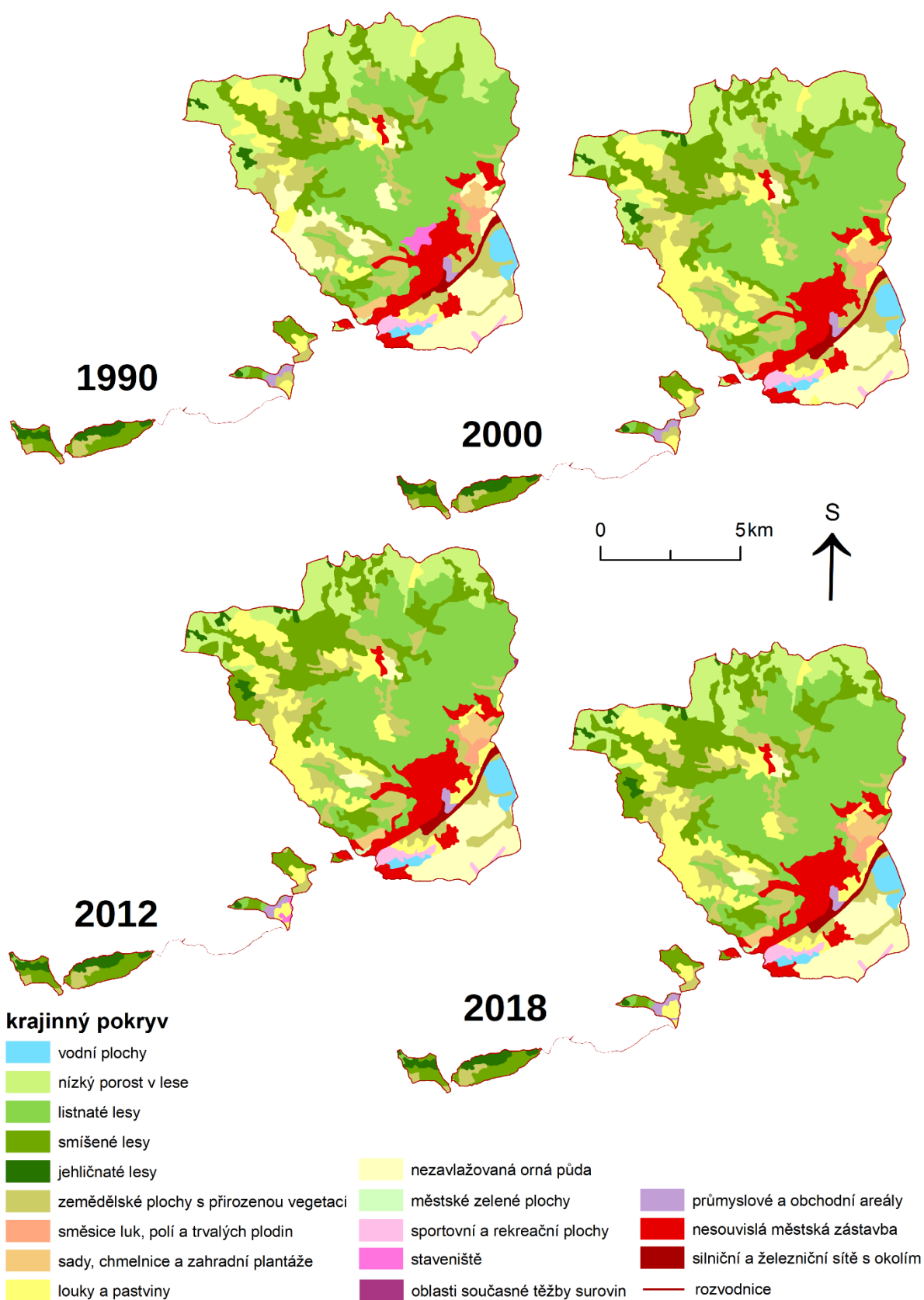
4.5.6 Krajinový pokryv

Pro analýzu změn krajinového pokryvu byla využita data CORINE Land Cover. Na zájmovém území bylo identifikováno celkem 17 různých typů krajinového pokryvu zabírajících 102,09 km². Je nutno upozornit na fakt, že v těchto datech se ani v jednom ze sledovaných let nenachází vodní plocha VD Jirkov, a proto se udávaná plocha vodních ploch může lišit od skutečnosti.

Tab. 4 uvádí plošné a procentuální podíly typů krajinového pokryvu v zájmové lokalitě v letech 1990, 2000, 2012 a 2018. Tyto hodnoty jsou znázorněny na obr. 19. Nejvíce zastoupeným typem krajinového pokryvu ve všech uvedených letech je listnatý les, jehož rozloha v čase mírně narostla a v roce 2018 činila 28,57 %. Druhým nejčastějším krajinovým typem je les smíšený vyskytující se v roce 2018 na 17,38 % pozorovaného území. Největší změna rozlohy byla zaznamenána u nízkého porostu v lese, kdy se jejich plocha mezi lety 1990 a 2018 zmenšila o 7,72 p. b. Druhý největší přírůstek zaznamenaly louky a pastviny. Jejich nárůst je nejvíce pozorovatelný mezi lety 1990 a 2000, kdy je možné povšimnout si transformace z původní nezavlažované orné půdy v západní části lokality. Naopak nejméně zastoupenou kategorií pokryvu jsou staveniště, která byla přítomna pouze v letech 1990 a 2012.

Tab. 4: Plošné a procentuálně podíly typů krajinového pokryvu zájmové lokality (zdroj dat: CORINE Land Cover, vlastní výpočet).

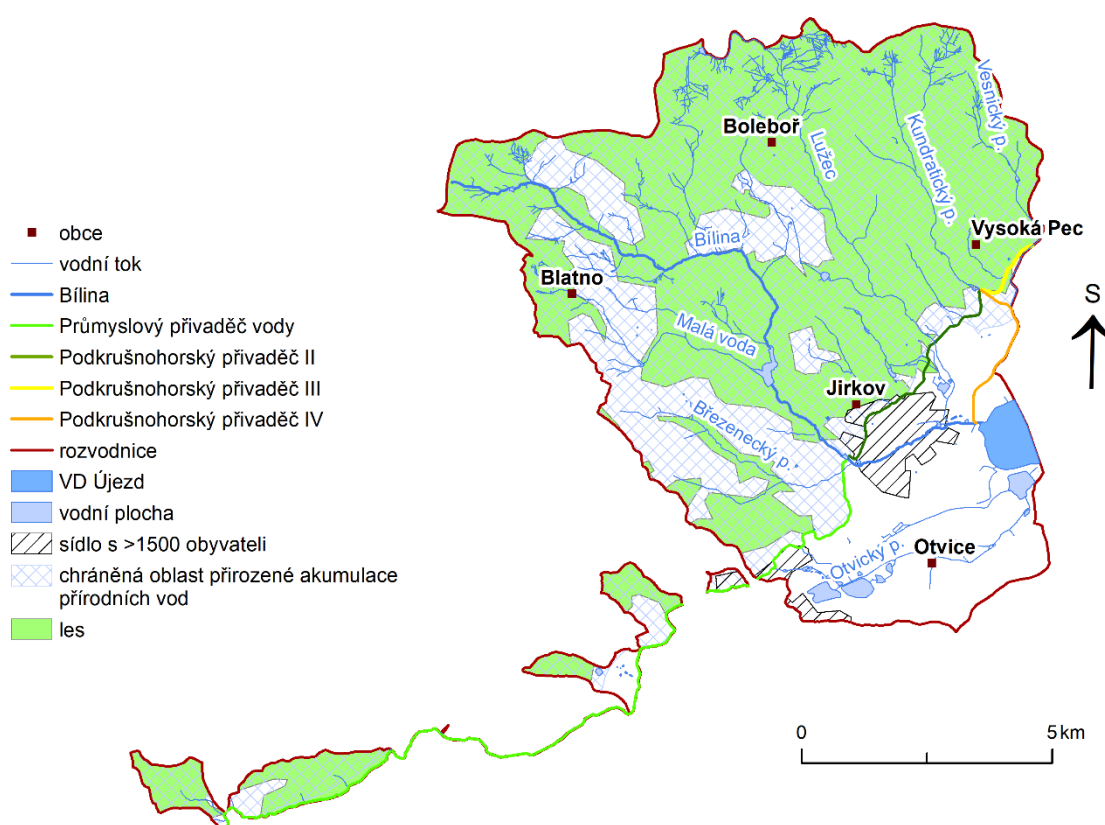
kategorie	1990		2000		2012		2018	
	km ²	%	km ²	%	km ²	%	km ²	%
listnaté lesy	26,37	25,83	26,75	26,21	29,16	28,57	29,16	28,57
smíšené lesy	12,80	12,54	16,38	16,04	18,34	17,96	17,75	17,38
louky a pastviny	5,41	5,29	10,78	10,55	11,67	11,43	11,76	11,52
zemědělské oblasti s přirozenou vegetací	13,12	12,85	12,95	12,68	11,14	10,91	11,13	10,91
nízký porost v lese	17,96	17,59	13,92	13,63	9,49	9,29	10,08	9,87
nesouvislá městská zástavba	6,60	6,46	7,26	7,11	7,49	7,34	7,53	7,38
nezavlažovaná orná půda	11,79	11,55	6,06	5,93	6,62	6,48	6,58	6,44
jehličnaté lesy	1,87	1,83	2,00	1,95	2,02	1,98	2,02	1,98
vodní plochy	1,55	1,51	1,55	1,51	1,67	1,64	1,67	1,64
sady, chmelnice a zahradní plantáže	1,02	1,00	1,29	1,26	1,28	1,26	1,28	1,26
silniční a železniční síť s okolím	0,79	0,77	0,95	0,93	0,91	0,89	0,91	0,89
sportovní a rekreační plochy	0,89	0,87	0,89	0,87	0,87	0,85	0,87	0,85
průmyslové a obchodní areály	0,56	0,55	0,56	0,55	0,54	0,53	0,60	0,59
směsice polí, luk a trvalých plodin	0,67	0,65	0,67	0,65	0,60	0,59	0,60	0,59
městské zelené plochy	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
oblasti současné těžby surovin	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	0,03	0,03
staveniště	0,61	0,60	0,00	0,00	0,15	0,15	0,00	0,00
celková plocha	102,09	100,00	102,09	100,00	102,09	100,00	102,09	100,00



Obr. 19: Změny krajinného pokryvu v zájmové lokalitě (zdroj dat: CORINE Land Cover; vlastní tvorba).

4.5.7 Hydrografické poměry

Obr. 20 zobrazuje říční soustavu dílčího povodí Bíliny. Levostrannými přítoky Bíliny jsou Lužec, Kunderatický potok a Vesnický potok. Z pravé strany se do Bíliny vlévá Malá voda a Březenecký potok. V dílčím povodí se dále nachází uměle vytvořené přivaděče vody. Do samotného VD Újezd kromě Bíliny ústí asi 5 km dlouhý Otvický potok, který vzniká pod výpustí Velkého Otvického rybníka a protéká celou místní rybníční soustavou. Posléze se vlévá do VD Zaječice a pak je sveden 300 m dlouhým betonovým korytem do VD Újezd. Většina vymezeného dílčího povodí je chráněnou oblastí přirozené akumulace vod (CHOPAV), která je stanovena vodním zákonem (zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů).



Obr. 20: Říční soustava horního toku Bíliny (zdroj dat: ArcČR500, ČHMÚ, DIBAVOD; vlastní tvorba).

Tato kapitola se dále zabývá hydrografickými charakteristikami vymezeného povodí. Základní hodnoty potřebné k výpočtům charakteristik, které jsou uvedeny v tab. 5, byly získány z dat ArcČR500, DIBAVOD a ČHMÚ a zpracovány pomocí programu ArcMap 10.7.1. Výpočty byly provedeny na základě práce Pavelkové Chmelové a Frajera (2013), výsledky jsou uvedeny v tab. 6.

Tab. 5: Základní morfometrické charakteristiky dílčího povodí (zdroj dat: vlastní výpočet).

plocha povodí P	102,09 km ²
délka povodí L	19,09 km
délka rozvodnice L _R	87,73 km
skutečná délka toku l	16,36 km
přímková délka toku d	12,31 km
celková délka toků Σl	229,20 km

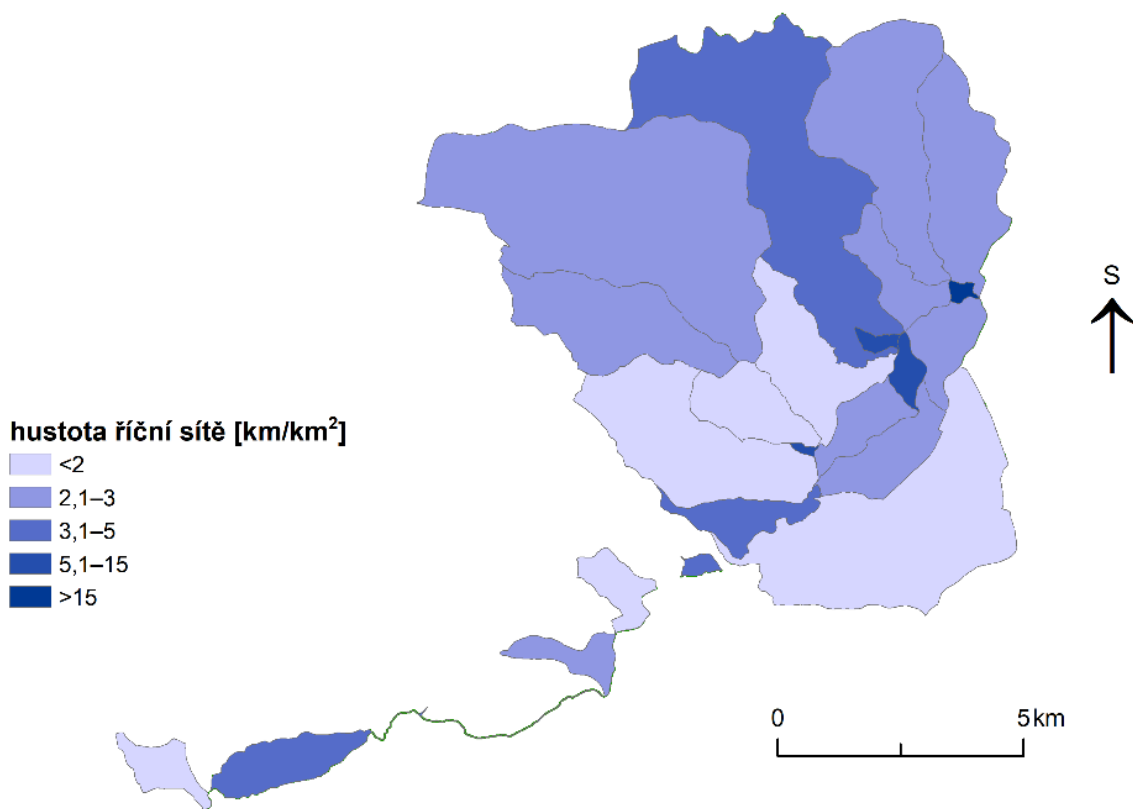
Charakteristika povodí α je rovna 0,28, což u povodí $>50 \text{ km}^2$ značí vějířovitý tvar. Gravelliův koeficient srovnává tvar povodí s tvarem kruhu a nabývá hodnot ≥ 1 , přičemž povodí má tvar kruhu, pokud se Gravelliův koeficient rovná 1. Dílčí povodí je s hodnotou Gravelliova koeficientu 2,45 protáhlejšího tvaru.

Celá lokalita má velmi vysokou hustotu říční sítě, která činí 2,24 km vodních toků na kilometr čtvereční. Obr. 21 detailněji zobrazuje hustotu říční sítě v povodí 4. řádu. Je zřejmé, že větší hustoty jsou v oblasti Krušných hor (např. povodí Lužce, kde se hustota říční sítě pohybuje mezi 3,1–5 km/km²).

Při průměrném sklonu povodí 63,64 ‰ je rozdíl mezi nejvyšším a nejnižším bodem dílčího povodí roven 643 m. Bílina vytéká ze zájmové lokality o 543 m níže, než pramení, a sklon toku činí 33,18 ‰.

Tab. 6: Hydrografické charakteristiky dílčího povodí Bíliny (zdroj dat: vlastní výpočet).

charakteristika tvaru povodí α	$\alpha = \frac{P}{L^2} = \mathbf{0,28}$
Gravelliův koeficient K_G	$K_G = \frac{L_R}{2\sqrt{P\pi}} = \mathbf{2,45}$
hustota říční sítě r	$r = \frac{\sum l}{P} = \mathbf{2,24 \text{ km/km}^2}$
převýšení povodí Δh	$\Delta h = h_{max} - h_{min} = \mathbf{643 \text{ m}}$
převýšení toku ΔH	$\Delta H = H_{max} - H_{min} = \mathbf{543 \text{ m}}$
průměrný sklon povodí I	$I = \frac{\Delta h}{\sqrt{P}} = \mathbf{63,64 \text{ ‰}}$
průměrný sklon toku I_t	$I_t = \frac{\Delta H}{l} = \mathbf{33,18 \text{ ‰}}$



Obr. 21: Hustota říční sítě (zdroj dat: ČHMÚ, vlastní výpočet; vlastní tvorba).

5 Metody

Tato kapitola popisuje metody použité při měření hloubek VD Újezd a zpracování naměřených dat, a zároveň se věnuje postupu při tvorbě batymetrické mapy. Pro porovnání s naměřenými daty a určení zazemnění nádrže byla státním podnikem Povodí Ohře poskytnuta původní mapa terénu 1 : 5000 z roku 1977, tedy z doby 4 roky před uvedením VD Újezd do provozu. Mapa byla až na menší nedostatky v relativně dobrém stavu, a bylo tak možné ji zvektorizovat. Dle dostupných informací od Povodí Ohře s. p. neprošlo VD Újezd od výstavby žádnými terénními úpravami, a předpokladem tedy bylo, že reliéf zakreslený v mapě bude odpovídat rozložení v současnosti, a bude tak možné od něj odečíst naměřené hloubky z roku 2020 a určit objem sedimentů. Při zpracovávání rešerše se však ukázalo, že původní reliéf byl odtěžen a prohrábka z materiálu byla použita na stavbu hráze, případně odvezena pryč. Znamená to tedy, že není k dispozici zaměření původního reliéfu dna před napuštěním nádrže. Zpracování dat probíhalo v programech Microsoft Excel 2018, ArcMap 10.7.1 a Inkscape 1.0.

Batymetrické mapování proběhlo 21. dubna 2020 za jasného počasí, voda v nádrži nevykazovala ještě letní teplotní stratifikaci. Mapování hloubek bylo provedeno pomocí přístroje RiverSurveyor M9, který byl tažen na trimaranu za motorovým člunem ZODIAC 360. Na severním břehu nádrže byla umístěna RTK GPS stanice (na obr. 22), která zpřesňovala polohu ADCP měřenou GPS anténou umístěnou na přístroji až na vzdálenost 2 km. Přesnost měření polohy přístrojem ADCP byla díky přehlednému terénu a jednoduché břehové linii u většiny měření v nejlepší kvalitě, tj. ± 3 cm. Současně s měřením došlo i k zaměření břehové linie.



Obr. 22: RTK GPS stanice umístěná na břehu a ADCP v popředí (vlastní tvorba).

5.1 Určení břehové linie

Pro mapování břehové linie bylo využito přístroje Leica Viva GS16 GNSS RTK Rover s připojením na internet a online korekcí naměřených polohových dat. Přístroj zaznamenává polohové souřadnice X, Y, z a též stanovuje kvalitu přijímaného GPS signálu. Celkem bylo zaměřeno 91 bodů, podle kterých byla břehová linie vykreslena. Přesnost GPS zaměření byla na několika málo místech ovlivněna vegetací a došlo ke ztrátě centimetrové přesnosti měření polohy na přibližně metrovou.

Měření bylo vztaženo k hladině letního zásobního prostoru 283 m n. m., což byla referenční hodnota pro zjišťování objemu zadržované vody. V den měření výška hladiny dosahovala 282,73 m n. m. (obr. 23), a proto bylo při zaměřování břehové linie nutné odhadnout 27 cm, které zbývaly do referenční hladiny 283 m n. m. Vzhledem k hydrometeorologické situaci a zimě s nízkými sněhovými zásobami bylo patrné, že další čekání na dosažení úrovně hladiny 283 m n. m. je nereálné. Proto bylo po konzultaci s pracovníky Povodí Ohře s. p. provedeno měření při nižší úrovni hladiny. VD Újezd má poměrně přístupné břehy, avšak na několika místech bylo vzhledem k hustým porostům rákosí nemožné břehovou linii přesně zaměřit. Tyto oblasti se nacházely zejména v jihovýchodní části nádrže u vtoku Otvického potoka do nádrže. V době měření voda dosahovala až k bezpečnostnímu přelivu (na obr. 9 výše), který byl pro zaměření GPS souřadnic nevhodný zejména kvůli celkové nepřístupnosti a obtížné manipulaci s geodetickou GPS v blízkosti hustých křovin a stromů. Většinu břehové linie však bylo možné určit relativně přesně bez potíží a nepříznivých vlivů. Břehová linie má jednoduchý průběh, bez výrazných zálivů a nerovností.

Získané GPS souřadnice břehové linie byly importovány do Excelu z formátu .txt a následně došlo k vyřídění hodnot s nízkou přesností. Pro správné zobrazení v souřadnicovém systému S-JTSK byly X a Y souřadnice vynásobeny -1 a prohozeny. Souřadnice byly po úpravě vyexportovány zpátky do formátu .txt, který je vhodný pro import dat do ArcMap (přes funkci *Add XY Data*). Pro větší přesnost byla bodům přidělena hloubka 0 m a posléze z nich pomocí funkcí *Points to Line* a *Feature to Polygon* byly vytvořeny liniová vrstva a polygon využitě při tvorbě mapy.

Při zpracovávání dat ovšem vyšla najevo jistá problematika s celkovou plochou nádrže. Podle údajů uvedených v manipulačním řádu (dále jen „MŘ“) měla vodní plocha zaujímat 120,75 ha, naměřená břehová linie však ohraničovala pouze plochu 109,27 ha. To je pro

představu rozdíl rovny ploše např. Čertova jezera. Vyšlo najevo, že uvedená hodnota vodní plochy pravděpodobně počítá i s plochou zaplavenou vodním tokem ještě před vtokem do VD Újezd. Ukázalo se, že voda zasahuje do míst, které původně nebyly uvažovány jako součást nádrže. Tato místa nebylo možné při terénním mapování zaměřit GPS ani se do nich dostat se sonarem vzhledem k jejich nepatrné hloubce a husté vegetaci. Pro získání odpovídajících výsledků z interpolace tak bylo potřebné přesnější zaměření břehové linie v postprocesu.

Datum	Hladina [m. n. m.]	Odtok [m^3s^{-1}]
1.04.2020 08:00	282,73	0,52
1.04.2020 07:00	282,73	0,52
1.04.2020 06:00	282,73	0,53
1.04.2020 05:00	282,73	0,52
1.04.2020 04:00	282,73	0,53
1.04.2020 03:00	282,73	0,52
1.04.2020 02:00	282,73	0,52

Obr. 23: Výšky hladiny VD Újezd 21. dubna 2020. (převzato z: <http://sap.poh.cz/portal/Nadrze/cz/pc/Mereni.aspx?id=2043&oid=2>).

Nabízela se způsob uplatnění lidarových dat, a to využitím Digitálního modelu reliéfu 5. generace (DMR 5G) poskytovaného Českým zeměměřičským úřadem katastrálním (zkráceně ČÚZK). Od této metody však bylo upuštěno. Souřadnice hladiny 283 m n. m. s relativní přesností 10 cm byly získány z volně dostupné aplikace ČÚZK Analýza výškopisu. Výsledná plocha 117,20 ha se více přiblížila hodnotě uvedené v MŘ. Otázce přesnosti dat z MŘ se věnuje kapitola 7. Takto byly získány i souřadnice břehové linie z nepřístupných míst břehů zmíněných výše. Břehová linie tak byla získána kombinovaně přímo a nepřímo, byla rovněž kontrolována s dostupnými leteckými snímky a hodnotou linie stoleté vody.

5.2 Měření hloubek

Hloubky byly naměřeny pomocí RiverSurveyoru M9 od firmy SonTek (obr. 24). Zařízení využívá devítipaprscového akustického průtokoměru a lze s ním měřit rychlost proudění vody od 0,2 do 30 m hloubky, a průtok a hloubky až do 80 m. Je opatřen dvěma sety čtyř profilovacích sond (4 čidla o frekvenci 3 MHz, 4 čidla o frekvenci 1 MHz) a jednou vertikální (echosounder o frekvenci 0,5 Mhz), která bývá využívána zejména pro batymetrické mapování, přičemž senzory se přepínají automaticky podle toho, jakou hloubku je třeba naměřit. Samotný přístroj váží 2,3 kg a „kapsle“ má průměr 13 cm. Tělo přístroje dále obsahuje procesní elektroniku, kompas, dvouosé náklonové čidlo, teplotní čidlo a GPS. Pro zpřesnění GPS signálu

je na břehu umístěná RTK stanice, s níž ADCP komunikuje přes rádiovou anténu (SonTek 2011; Novák a kol. 2017). Celá souprava se pak skládá ze 4 základních částí – hlavice, PCM, GPS modulu a plováku. Před začátkem měření bylo nutné sonar kalibrovat. M9 kombinuje ADCP se softwarem pro PC a může být ovládáno chytrým telefonem, v němž musí být nainstalována aplikace RiverSurveyor Live (Hlaváček, Technologická agentura České republiky 2017).

Celkem bylo změřeno 16975 hloubkových bodů. Na obr. 25 je vidět přístroj umístěný na plováku taženém člunem v průběhu měření.



Obr. 24: Modul RiverSurveyor M9 (vlastní tvorba).



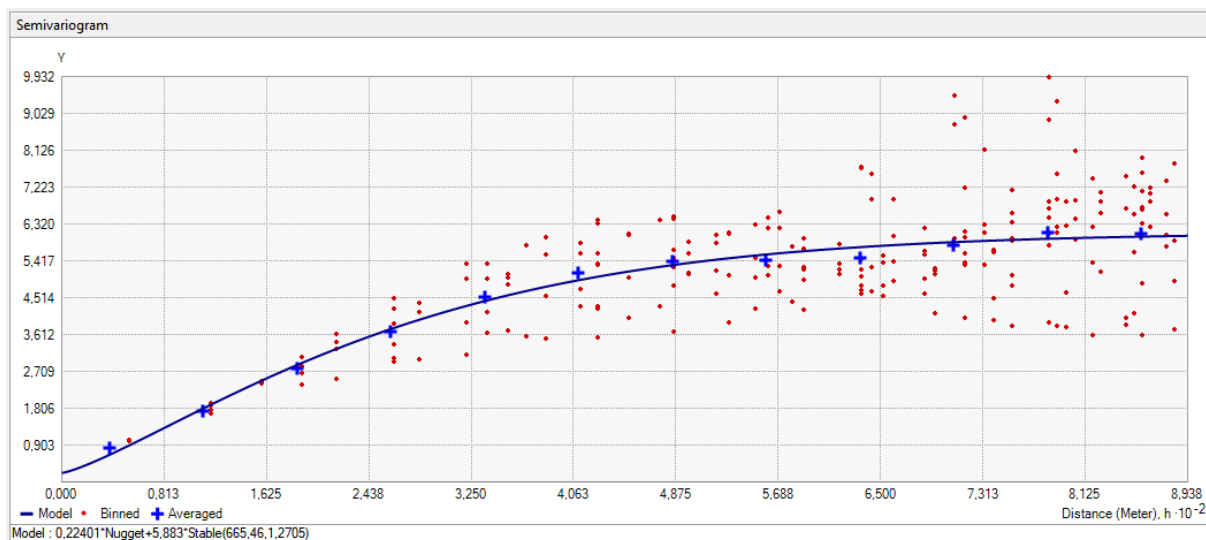
Obr. 25: RiverSurveyor M9 na trimaranu (vlastní tvorba).

5.3 Zpracování batymetrických dat

První krokem byla úprava naměřených dat, která proběhla v programu Microsoft Excel 2018. Z datové sady hloubek byly odstraněny špatně naměřené hodnoty, které se extrémně vymykaly sousedním hodnotám. Následně byly hloubky přepočítány a opraveny o 0,27 m, což je hodnota hloubky, která v den měření chyběla do letní zásobní hladiny 283 m n. m. Souřadnice bodů byly při měření zaznamenávány v systému WGS84, a po importu do ArcMap 10.7.1 tak bylo nutné převést je do souřadnicového systému S-JTSK (Křovákovo zobrazení) pomocí funkce *Project*.

5.4 Zjištění objemu a tvorba mapy

Následujícím krokem byla interpolace dat. Při výběru interpolační metody hrály roli hlavně zkušenosti z předchozích výzkumů prováděných na katedře fyzické geografie a geoekologie PřF UK a zvolenou metodou byl kriging – geostatistická metoda odhadu založená na váženém průměru. V české literatuře někdy bývá označována jako krigování. Jako první začal tuto metodu využívat Daniel Krige pro odhad vydatnosti rudních ložisek (Ježek 2015). Vstupními hodnotami bylo jednak 16975 bodů naměřených sonarem, za druhé bylo zahrnuto i 2884 bodů břehové linie s nulovou hloubkou, jež byly získány funkcí *Generate Points along Lines*. Tyto dvě vrstvy byly spojeny pomocí funkce *Merge*. Do interpolace bylo vloženo celkem 19859 bodů. Jejich hustota činila zhruba 1 bod na 100 m². Byl použit Ordinary kriging s následujícími parametry: model variogramu – stable (obr. 26), Neighbours to include – 5, Include at least – 2, Sector type – 4. Při získávání dat je důležité nastavit rozsah plochy, na které chceme interpolovat, v tomto případě to byl rozsah břehové linie (*Properties* interpolované vrstvy → *Extent*).



Obr. 24: Variogram dat naměřených sonarem (vlastní tvorba).

Interpolovaná vrstva byla vyexportována do rastrového formátu v rozlišení 1×1 m. (*Data → Export data → To Raster*) a pomocí funkce *Surface Volume* byly zjištěny objemy a plochy v zájmových hloubkách v intervalu 0,5 m. Dohromady bylo tímto způsobem získáno 20 hodnot, ze kterých byly vypočítány objemy v jednotlivých hloubkových stupních. Z rastrové vrstvy byly zjištěny 3 podélné a 1 příčný profil (uvedeny na obr. 28). Při tvorbě mapy došlo k vyexportování vrstvy do vektoru. Byly vytvořeny dvě mapy, jedna s intervalem hloubnic 1 m, druhá s doplňkovými hloubnicemi po 0,5 m, v obou případech došlo k vyhlazení těchto izolinií (funkce *Smooth Lines*). První z map byla zpracována metodou izoplet, které byly doplněny izobatami. U druhé mapy byly izobaty podloženy spojitou rastrovou vrstvou.

5.4.1 Vektorizace původní mapy

Pro účely porovnání původního reliéfu dna s naměřenými hodnotami byly Povodím Ohře s. p. propůjčeny mapové technické nákresy z roku 1977. Mapa byla zhotovena v jadranském výškovém systému, který se liší od baltského systému – po vyrovnání (dále jen „Bpv“), který je používán v současnosti, asi o 0,5 m. Po georeferencování, které bylo provedeno vzhledem k Základní mapě 1 : 25000, manuálním překreslení vrstevnic v programu ArcMap 10.7.1 a odečtení jejich původní hodnoty z mapy, jim byla přidělena výška podle Bpv. Výpočet proběhl podle vzorce pro přepočtení nadmořských výšek z výškového systému jadranského do systému baltského – po vyrovnání uvedeného v pokynech Zeměměřičského úřadu ze dne 3. května 1999 (v § 4 Nařízení vlády č. 116/1995 Sb., kterým se stanoví geodetické referenční systémy, státní mapová díla závazná na celém území státu a zásady jejich používání):

$$H_{Bpv} = H_J - 0,417 + 0,0005 \cdot H_J$$

H_{Bpv} - výška podle baltského systému - po vyrovnání, H_J - výška v jadranském systému

Přesnost vzorce je charakterizována střední chybou 3 mm. Zásadní rozdíly v těchto dvou výškových systémech jsou způsobeny výchozími hladinami moří, různými tíhovými korekcemi a různými způsoby vyrovnání obou sítí (Nové APSI 2020).

Získané vrstevnice byly pomocí funkce *Generate Points along Lines* převedeny na body s rozestupem 2 m. Následně došlo k interpolaci krigingem, přičemž vstupními daty byly přepočítané výšky v Bpv. Po získání rastrové vrstvy na ní byly vykresleny vrstevnice v intervalu 1 m (funkce *Contour*). Byla použita břehová linie z dubna 2020. Výslednou mapu lze vidět na obr. 27.

Vzhledem k tomu, že se původní mapa jevila jako kvalitní, bylo překvapením, když její podrobná analýza ukázala, že vykreslený reliéf neodpovídá skutečnosti. Jak již bylo zmíněno, VD Újezd dle sdělení Povodí Ohře s. p. neprošlo žádnými terénními úpravami a reliéf dna by tak měl na většině míst alespoň přibližně odpovídat současnému stavu, případně by měl mít nižší nadmořskou výšku než 283 m n. m. V jihozápadní části nádrže dosahovaly výšky až 288 m n. m., což je zhruba o 5 m více, než dosahuje výška vodní hladiny při měření z roku 2020.

V průběhu psaní práce se však našlo jednoduché vysvětlení tohoto problému. Mapa pochází z roku 1977, tedy z doby před zahájením stavby. V průběhu stavby nádrže byla část dna odtěžena a materiál z prohrábky byl využit na stavbu hráze.

Mapa se tak pro porovnání a výpočet objemu sedimentů ukázala jako nepoužitelná. Pro výpočet zazemnění nádrže proto byla zvolena metoda porovnání dvou dostupných hodnot, objemu zjištěného měřením a objemu uvedeného v MŘ, která však neumožnila zjistit prostorové rozložení sedimentu a jeho mocnost. Hodnoty objemů v manipulačním řádu nádrže vznikly dle sdělení Povodí Ohře s. p. nejspíše z podélných a příčných geodetických profilů. Bohužel, přesnější a podrobnější údaje se nepodařilo dohledat, a ani nejstarší pracovníci podniku nemohli s objasněním nijak pomoci.

NADMOŘSKÉ VÝŠKY DŇA 1977

výškový systém: balt – po vyrovnání

 břehová linie

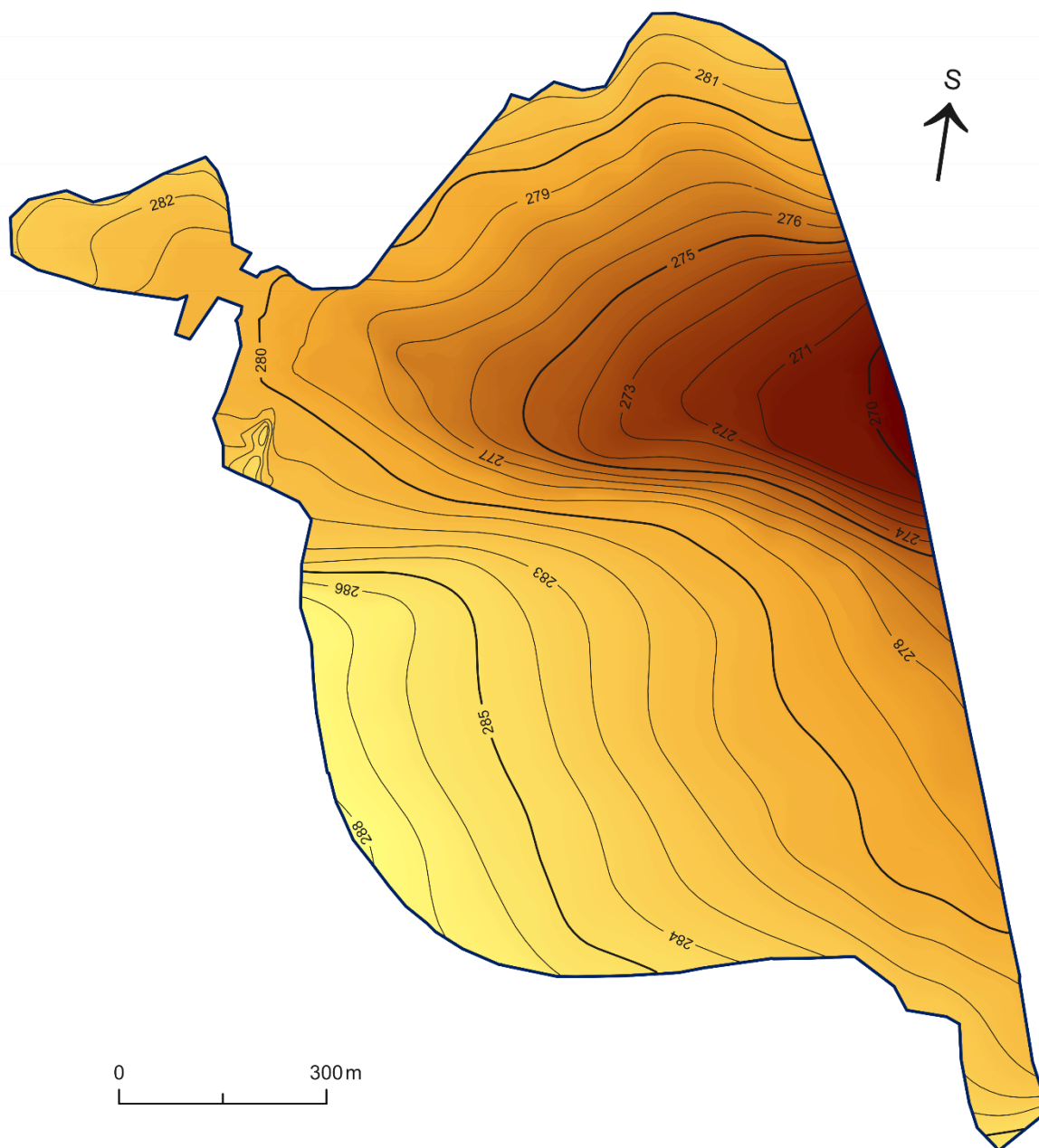
 zvýrazněná vrstevnice

 vrstevnice

nadmořská výška [m n. m.]

nejvyšší: 288,26

nejnižší: 269,08



6 Výsledky

Dle manipulačního řádu má vodní dílo Újezd při hladině letního zásobního prostoru 283 m n. m. objem 4642640 m³ a rozprostírá se na ploše 120,75 ha. Kóta dna nádrže je 272,00 m n. m. (Povodí Ohře s. p. 2003).

Ačkoliv naměřená data nelze srovnat s původním reliéfem, díky MŘ je možno porovnat alespoň některé hodnoty, a to zejména prostřednictvím výpočtů z nadmořských výšek. Interpolované nadmořské výšky v nádrži se pohybují od 273,3 m n. m. do 283 m n. m. Maximální interpolovaná hloubka nádrže uvedená v mapách je 9,70 m, což je o 1,43 m méně než maximální hloubka zaznamenaná sonarem. Ta činila 11,13 m, což znamená, že nadmořská výška nejnižšího naměřeného bodu nádrže je 272,87 m n. m. Rozdíl mezi těmito interpolovanými a naměřenými hodnotami je způsoben postupem, kdy byly hodnoty interpolovány a průměrovány tak, aby odpovídaly širšímu trendu sousedních hloubek.

MŘ uvádí kótu dna nádrže 272 m n. m. – když odečteme největší naměřenou hloubku 11,13 m od kóty hladiny v době měření (283 m n. m.), získáme nadmořskou výšku dna v nejhlubším bodě, která činí 272,87 m n. m. Lze tedy říct, že v nejhlubším bodě se nádrž zanesla o 0,87 m.

MŘ dále stanovuje objemy prostoru stálého nadržení, který je ohraničen nadmořskými výškami 272,00–275,60 m n. m. Objem této části nádrže má být 0,081 mil. m³ (81000 m³). S naměřenými hodnotami to lze opět srovnat způsobem, kdy od nadmořské výšky hladiny 283 m n. m. odečteme 275,60 m n. m a získáme tak hloubku 7,4 m, pod kterou je tento objem zadržen. Pro tuto hodnotu byl v programu ArcMap 10.7.1 opět vypočítán objem z interpolovaných dat (funkce *Surface Volume*). Plocha hladiny v hloubce 7,4 m činí 7,6605 ha, hodnota uvedená v MŘ je rovna 9,5 ha, tedy o 1,84 ha více než u zpracovaných dat. Objem zjištěný pomocí ArcMap je v této hloubce 38822 m³, tedy o 42178 m³ méně, než je uvedeno v MŘ. To by znamenalo zanesení této části nádrže o 52,07 %. Tento výsledek ztráty objemu v hloubce pod 7,4 m je však diskutabilní, protože v nejhlubší části nádrže došlo ke značnému ovlivnění dat interpolací. Dále by tato velká míra zanesení neměla zásadní vliv na celkový objem nádrže, protože pod hloubkou 7,4 m se nachází pouze 0,82 % z celkového objemu.

V tab. 7 jsou uvedeny plochy hloubnic a objemy akumulované vody v různých hloubkách a jejich procentuální podíl na celkové ploše a objemu nádrže. Údaje z hloubky 1 m představují hodnoty, které lze v nádrži naměřit při výšce hladiny 282 m n. m., tedy když výška hladiny klesne o jeden metr.

Tab. 7: Objemy a plochy v hloubkách s intervalem po 0,5 m a procentuálním podílem (zdroj dat: vlastní výpočet).

hloubka [m]	plocha [m ²]	plocha [%]	objem [m ³]	objem [%]
0	1172085,00	100,00	4718364,70	100,00
0,5	1078408,61	92,01	4129674,72	87,52
1	1046631,96	89,30	3598401,48	76,26
1,5	1016225,65	86,70	3082649,60	65,33
2	981797,80	83,77	2582806,88	54,74
2,5	937250,30	79,96	2102597,90	44,56
3	878008,63	74,91	1648283,66	34,93
3,5	763108,29	65,11	1234130,90	26,16
4	601193,97	51,29	893885,58	18,94
4,5	435768,38	37,18	635813,02	13,48
5	289213,61	24,68	455120,42	9,65
5,5	220450,70	18,81	332738,39	7,05
6	190877,99	16,29	230080,45	4,88
6,5	155383,57	13,26	142877,13	3,03
7	110530,77	9,43	75942,23	1,61
7,5	68382,87	5,83	31563,81	0,67
8	27451,69	2,34	8301,79	0,18
8,5	5432,73	0,4635	1069,63	0,0227
9	420,22	0,0359	95,32	0,0020
9,5	50,25	0,0043	4,41	0,0001
celkově	11720,85	1	47183,64701	1

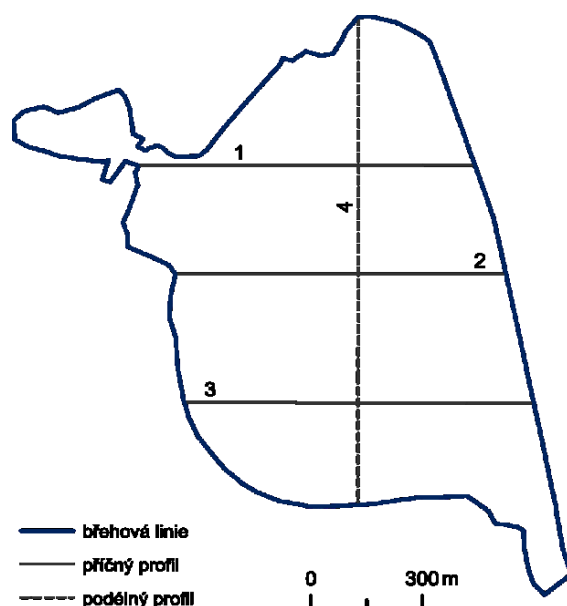
Z tab. 8 lze vyčíst objemy jednotlivých hloubkových stupňů. Největší kapacitu má povrchová vrstva vodní plochy, v hloubce do 1 m je obsažena skoro čtvrtina (23,74 %) objemu celé nádrže. Objem vody postupně klesá s rostoucí hloubkou, v nejspodnější půlmetrové vrstvě je objem roven pouze 0,0001 % z celkového objemu. Celých 90,35 % objemu je rozloženo v hloubce do 5 m, tedy v horní polovině prostoru nádrže.

Celkový objem nádrže byl při měření v dubnu 2020 roven 4718365 m³. Plocha činila 1172085 m² (117,21 ha). Porovnání s hodnotou objemu uvedenou v MŘ bylo provedeno prostým rozdílem, z čehož vyplynulo, že **objem nádrže je větší o 75 724,7 m³**, tedy o **1,63 %** **vzhledem k hodnotě uváděné v MŘ.**

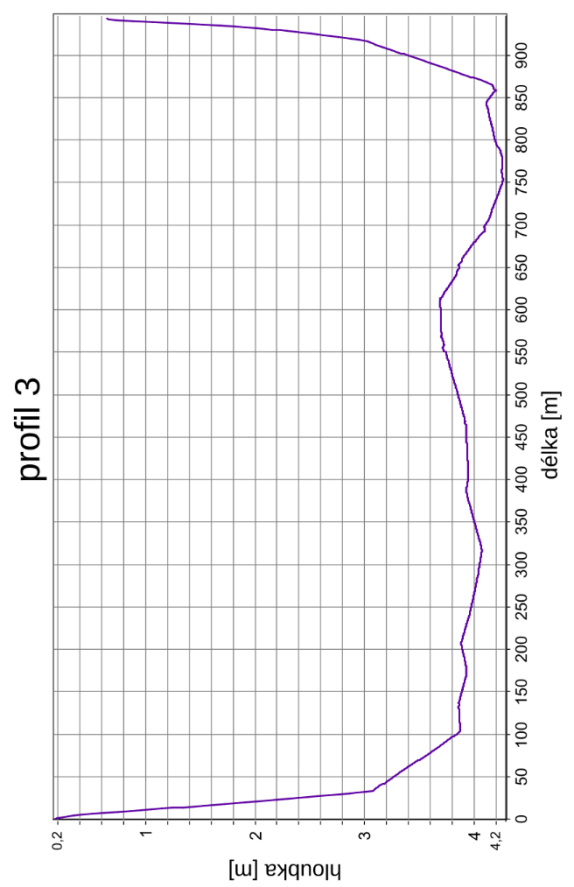
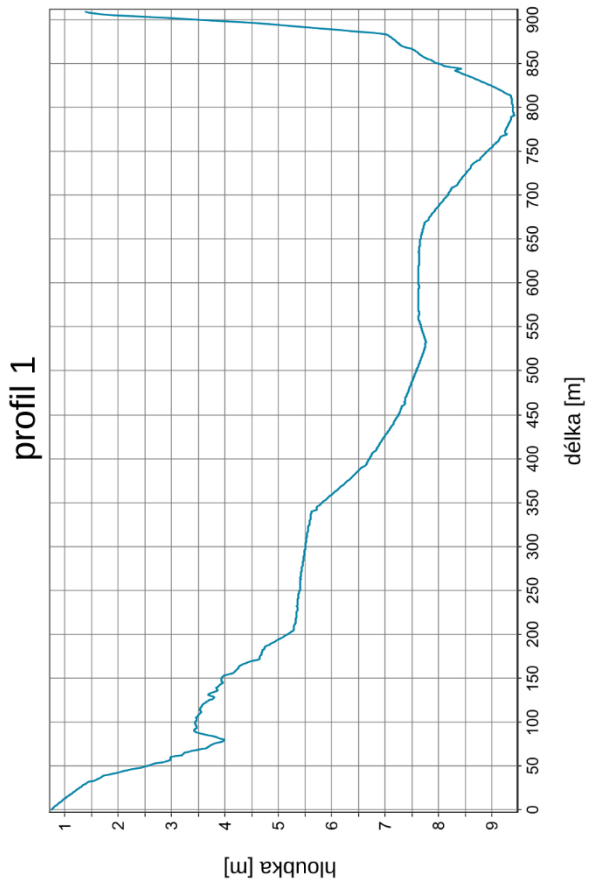
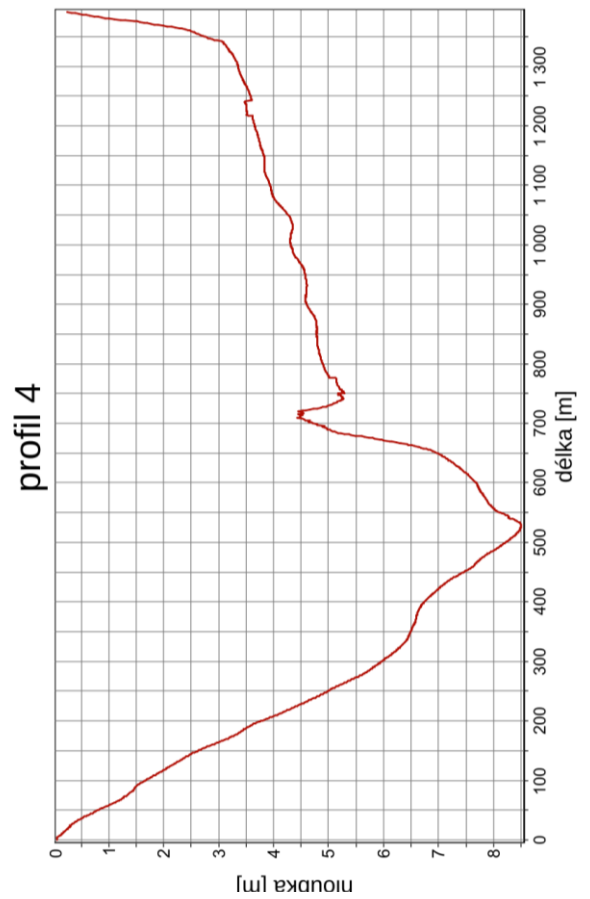
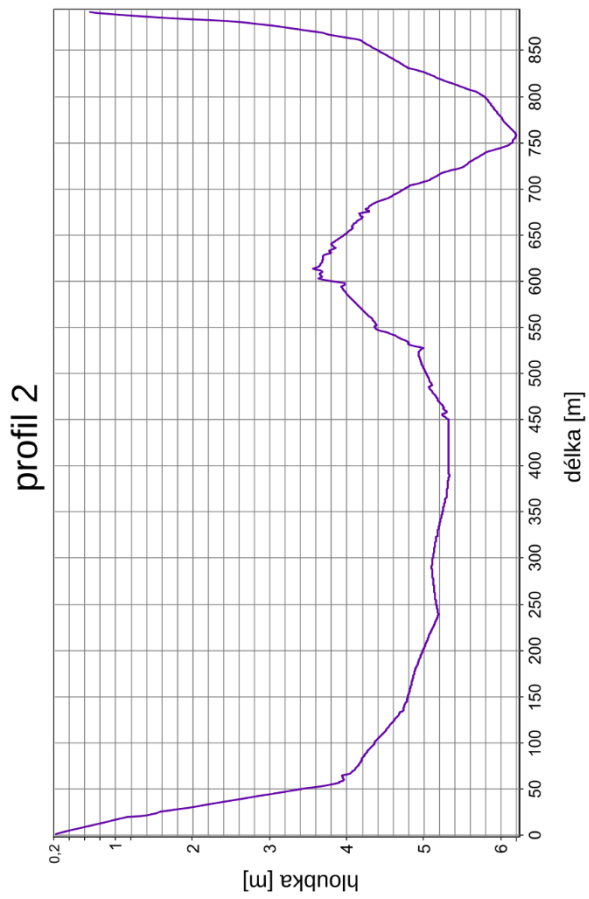
Tab. 8: Objem a procentuální podíly objemu jednotlivých hloubkových stupňů (zdroj dat: vlastní výpočet).

hloubkové stupně	objem [m ³]	objem [%]
0–0,5	588689,99	12,48
0,51–1	531273,24	11,26
1,01–1,5	515751,88	10,93
1,51–2	499842,72	10,59
2,1–2,5	480208,98	10,18
2,51–3	454314,24	9,63
3,01–3,5	414152,77	8,78
3,51–4	340245,32	7,21
4,01–4,5	258072,56	5,47
4,51–5	180692,59	3,83
5,01–5,5	122382,04	2,59
5,51–6	102657,93	2,18
6,01–6,5	87203,32	1,85
6,5–7	66934,90	1,42
7,01–7,5	44378,43	0,94
7,51–8	23262,02	0,49
8,01–8,5	7232,16	0,15
8,51–9	974,31	0,0206
9,01–9,5	90,91	0,0019
9,51–10	4,41	0,0001
celkově	4718364,70	100,00

Dále byly na základě rastrové vrstvy sestrojeny tři příčné a jeden podélný profil nádrží. Profil 1 prochází nejhlubším místem, kterým je hloubka 9,7 m. Umístění profilů je patrné z obr. 28 a profily samotné jsou pak zobrazeny na obr. 29.



Obr. 26: Příčné a podélné profily VD Újezd (vlastní tvorba).



Obr. 27: Grafy profilů nádrže (vlastní tvorba).

7 Diskuze

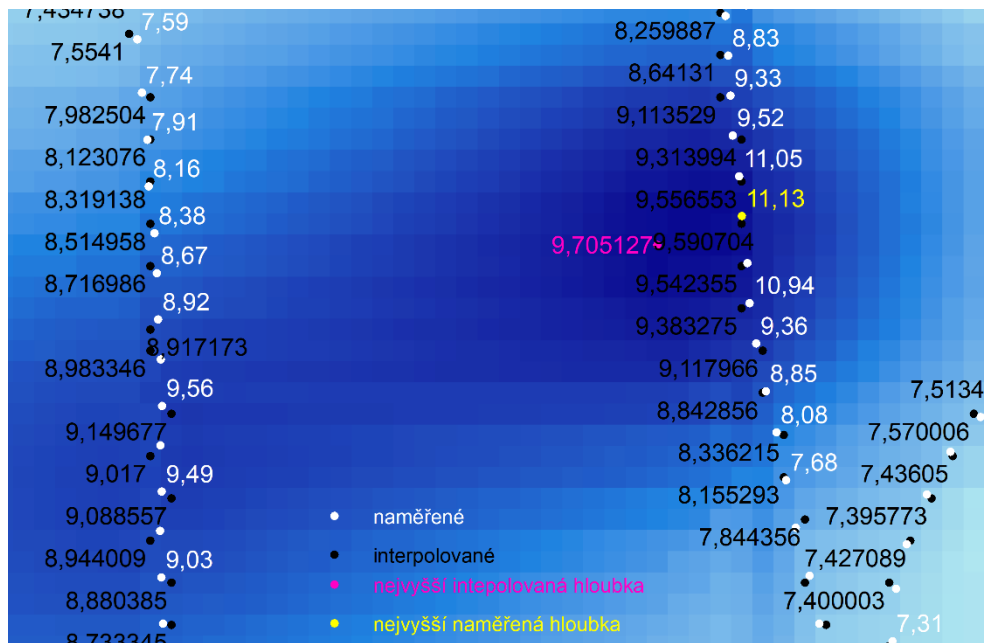
Tato kapitola rozvíjí poznatky z kapitoly 6 a snaží se o jejich vysvětlení. Diskutováno je zpracování dat a jejich kvalita, možné příčiny nezanášení, výsledky v kontextu jiných prací a zanášení nádrží.

7.1 Zpracování dat a hodnocení výsledků

Na VD Újezd doposud neproběhl žádný výzkum, se kterým by se měření provedené v rámci bakalářské práce dalo srovnat, a proto je důležité zhodnotit použité metody. Batymetrická data byla získána přístrojem RiverSurveyor M9, který byl opakovaně úspěšně použit při jiných výzkumech. Primárně tento ADCP sonar určen k měření průtoků v tocích, ale jak tvrdí Hradilek a kol. (2015), velmi dobře se hodí i pro měření hloubek. Svou polohu a naměřenou hloubku ukládá každou sekundu. Data byla následně přepočtena o rozdíl výšky hladiny 0,27 cm, vložena do ArcMapu a interpolována metodou kriging, kterou ve své práci doporučuje Kuchařová (2009) a označuje ji za univerzální interpolační metodu.

Tuto metodu při svých výzkumech na katedře fyzické geografie a geoekologie použili i Hulec (2017) při určování objemu Odlezelského jezera a Kuchynková (2018) při mapování objemu vodního díla Kadaň. I Marval a kol. (2018) označuje kriging jako nejlepší metodu. Kučera (2014) však tvrdí, že žádnou interpolační metodu nelze prohlásit za nejlepší, a při výběru je nutno dbát na celou řadu faktorů. Stejného názoru je i Burian (2008). Vlasák (2016) ve své práci porovnává několik interpolačních metod najednou a k použití pro účely své práce pak vybírá 3 nejpřesnější pomocí RMSE chyby (root-mean-square-error) a vizuálního přezkoumání. Těmito metodami jsou TIN, kriging a Topo to Raster. Kriging se v případě jeho práce při zjišťování objemu VD Fojtka liší od průměrného objemu vypočítaného prostým aritmetickým průměrem ze zmíněných metod pouze o 0,24 %. Na základě těchto výsledků tedy lze říct, že kriging je vhodnou interpolační metodou.

Interpolace však způsobila velký rozdíl v maximální naměřené hloubce (+1,43 m). Obr. 30 zobrazuje nejhlubší místo nádrže, kde bylo dosaženo až dvoumetrových rozdílů mezi naměřenými a interpolovanými hodnotami. Naměřené hodnoty jsou zobrazeny bíle, interpolované černě. Interpolované body byly získány funkcí *Raster To Point* a vybrány podle své blízkosti s bodům naměřeným. Hloubky okolo 10–11 metrů byly zaznamenány jen na velmi malé části nádrže u výtokového objektu, odhadem asi na 500 m², a proto nejspíš interpolace způsobila tak velké změny. Na některých místech však interpolace hloubku zvětšila.



Obr. 28: Porovnání naměřených a interpolovaných hloubkových hodnot (vlastní tvorba).

Objemy byly vypočítány automatickou funkcí *Surface Volume* v ArcMap, a tak nebyly zatíženy chybou lidského faktoru. Lze tedy tvrdit, že metody a postupy využité v této práci jsou správné a při výpočtu současného objemu nádrže pravděpodobně nedošlo k chybě.

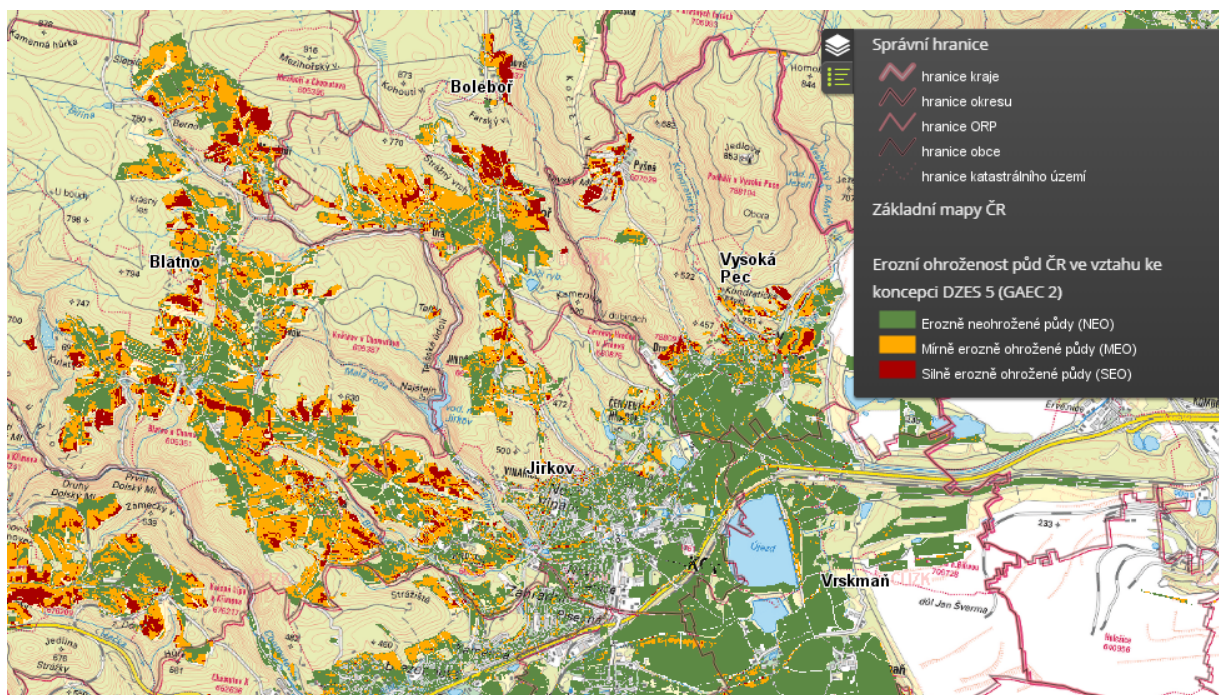
Dále ale nastává otázka, s čím získané hodnoty vůbec porovnat. Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, data získaná mapováním nádrže měla být porovnána s původním reliéfem dna, avšak k tomuto nebylo možné dospět, protože část dna zaznamenaná v mapě z roku 1977 byla odtěžena a použita pro stavbu hráze, nebo odvezena pryč. Aby výsledky poskytl alespoň nějaký přehled o míře zanesení nádrže, musela být pro porovnání zvolena hodnota objemu uvedená v MŘ aktualizovaném v roce 2003. U těchto hodnot ovšem není jasně uvedeno, za jakého roku pochází. Podle Broži (2005) se na VD Újezd několikrát navyšovala výška provozní hladiny, na aktuálních 283 m n. m. byla navýšena až v roce 1989. Hodnoty tedy pravděpodobně neodpovídají stavu z doby uvedení nádrže do provozu, protože v té době byla výška provozní hladiny 277,25 m n. m., což vylučuje, aby zabírala plochu 120,75 ha. V současnosti je plocha hladiny v 277,25 m n. m. (tj. hloubce 5,75 m při výšce hladiny 283 m n. m.) 20,51 ha, přičemž objem činí 279577 m³.

Nabízí se tedy předpoklad, že hodnota objemu uvedená v MŘ pochází z roku 1989, tzn. jedná se o objem nádrže po 8 letech provozu. Na základě toho lze tvrdit, že vypočítaná změna objemu o +1,63 % se liší od hodnoty uvedené v manipulačním řádu, avšak již nelze s jistotou prohlásit, za jak dlouhou dobu k této změně došlo.

Dalším faktorem v nejistotě porovnání výsledků je fakt, že nebyla k dispozici břehová linie. Muselo tak dojít k vlastnímu zaměření, a ačkoliv si byly naměřená hodnota plochy a hodnota v MŘ dosti podobné, nelze s jistotou říci, že při mapování nedošlo k nepřesnostem.

7.2 Zanášení VD Újezd

Je nasnadě zhodnotit erozní ohroženost půd v povodí. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. poskytuje webovou službu zobrazující erozní ohroženost půdy, bohužel zatím neexistuje WMS služba pro zpracování v geografickém informačním systému (GIS) a vytvoření mapového výstupu. Při pohledu na obr. 31 je však zřejmé, že většina území povodí horního toku Bíliny není ohrožena erozí nebo je jí ohrožena jen mírně.



Obr. 29: Erozní ohroženost půd ČR vodní erozí ve vztahu ke koncepci DZES 5 (převzato z: <https://mapy.vumop.cz/>).

Jak vyplývá z obr. 19 a kapitoly 4.5.6, skoro polovina plochy povodí je pokryta lesy. Trvalý půdní pokryv obecně minimalizuje erozi (Wang a kol. 2016). Erozi nejohroženější typ krajinného pokryvu, zemědělská půda, zabírá podle dat z CORINE Land Cover jen asi 18 % plochy povodí. Dále je možno uvažovat o existenci proudů, které odvádějí sedimenty přes výtokový objekt dál po proudu Bíliny, nebo vlivu přivaděčů vody na splaveninový režim. Určení přesných důvodů, proč se VD Újezd nezanáší (resp. zanáší málo pouze v místech největších hloubek), by vyžadovalo samostatný výzkum, což výrazně převyšuje rámec této práce. Nabízí se kupříkladu možnost monitoringu objemu sedimentů, které projdou přes výtokový objekt.

7.3 Výsledky v kontextu jiných prací

V roce 2018 byl proveden výzkum zanášení vodního díla Kadaň v povodí řeky Ohře. O tomto VD lze hovořit i ve spojitosti v VD Újezd, protože právě z Kadaně je čerpána voda do Přivaděče průmyslové vody, který se nachází v západní části zájmové lokality této práce. Mapování proběhlo stejně jako v případě této práce pomocí RiverSurveyor M9, ovšem s tím rozdílem, že Povodím Ohře s. p. byla poskytnuta břehová linie, k dispozici byly i výsledky předešlého batymetrického měření z roku 2000 a podélný profil nádrží z roku 1984. Ukázalo se, že VD Kadaň byla po 46 letech provozu zanesena z 47 % (Kuchynková 2018).

Stejný přístroj byl využit i v případě mapování Odlezelského jezera v Plzeňském kraji. Již několik desítek let probíhá průzkum tohoto vodního útvaru, a proto je k dispozici řada dat, se kterými se dá srovnat jeho současný stav. Hulec (2017) ve své práci vytvořil batymetrické mapy z dostupných dat z let 2003, 2014 a z vlastního měření z roku 2017. Specifičnost tohoto měření spočívala v tom, že použitý RiverSurveyor M9 nebyl připevněn za člunem, ale byl umístěn na dálkově ovládaném trimaranu. Bylo zjištěno, že mezi lety 1972 a 2017 došlo k poklesu objemu na 71 % z původního.

Co se získaných výsledků této práce týče, nejbližší k nim má výzkum Vlasáka (2016). Jako u předchozích zmíněných prací bylo využito RiverSurveyoru M9, v tomto případě byl instalovaný do dvoumístného kajaku. Změna objemu zkoumaného VD Fojtka v Libereckém kraji vykazovala jen velmi malé hodnoty, a to 6,7 % za 109 let. Tato nádrž je však na rozdíl od VD Újezd každých 5 let pravidelně těžena.

Zanášení nádrží může mít velmi vážné důsledky – extrémní případ zanášení na Tchaj-wanu vyústil až v protržení přehrady. Stavba přehradní nádrže Shihmen Reservoir (uvedena do provozu 1963) na řece Dahan byla doprovázena vybudováním více než 120 pomocných nádrží (*checkdams*, často označovány japonským termínem *sabo dams*), jejichž funkcí bylo omezit přísun splavenin do prostoru přehrady. Kapacity přehradní nádrže Shimen byla v roce 2007 snížena o 38 % a vlivem sedimentace byla ztracena prakticky všechna kapacita pomocných nádrží. Ze všech 120 pomocných nádrží pouze 3 z nich tvořily 86 % celkové kapacity, a v roce 2007 došlo k protržení jedné z těchto 3 nádrží, Barlin Dam, s kapacitou 10 mil. m³ (Kondolf a kol. 2014).

Porovnání dvou batymetrických metod, sonaru a lidar, se věnuje Kunderatová (2017). Srovnává použití RiverSurveyoru M9 s laserovým skenerem Riegl VQ-880-G. Lidar se může zdát jako moderní, časově nenáročná a hlavně efektivní metoda při mapování hloubek. Mapování probíhalo na vybraných úsecích VD Hracholusky a řeky Vltavy. Tato práce je velkým přínosem do metodiky batymetrie v podmínkách Česka. Bylo zjištěno, že metoda

leteckého laserového snímkování je pro podmínky českých vodních útvarů nepoužitelná, protože laserový paprsek nepronikne zakalenou vodou, anebo zmapuje pouze omezené území mělčin.

V souvislosti s VD Újezd byla vypracována bakalářská práce na téma vodohospodářského řešení zásobní funkce VD Újezd v případě potenciálního ukončení provozu Přivaděče průmyslové vody, která měla poskytnout informace o potenciálu nádrže z hlediska nadlepšování průtoků pod vodním dílem, kdyby ke zrušení PPV došlo. Autor důrazně upozorňuje, že zrušení PPV není navrhovaným záměrem Povodí Ohře s. p. (Sýs 2019).

7.4 Zanášení nádrží

Kantoush a Sumi (2010) konstatují, že doposud bylo běžnou inženýrskou praxí navrhovat nádrže pro naplnění sedimentem. Nabízí se tedy otázka, zdali lze nádrže budovat tak, aby nedocházelo k ukládání sedimentu, ale k jeho přirozenému transportu do dolního toku řeky. Sedimenty bývají vnímány rámcově negativně. To je v souvislosti s jejich ukládáním v nádržích oprávněné, vzhledem k tomu, že může docházet k nežádoucí ztrátě funkcí nádrže. Zároveň je ale třeba podotknout, že transport částic vodními toky je přirozený proces. Splaveniny unášené řekami jsou často zásadní pro život pod nádrží, kde se nachází habitaty mnoha organismů (Kondolf a kol. 2014), kvalitní štěrkové sedimenty například tvoří trdliště pro ryby (AOPK ČR, Just 2020). Např. stavbou přehrady Tři soutěsky se transport sedimentu do dolního toku Dlouhé řeky, v jejímž povodí žilo toho času 400 mil. lidí (a kde leží šanghajský region), zmenšil asi o 40 % ve srovnání s 50. a 60. lety minulého století. Nedostatek přineseného sedimentu může citelně ohrozit tamní říční deltu i pobřežní ekosystémy (Yang a kol. 2006).

V zahraničí (např. v Německu, Japonsku, USA) dochází dokonce k ochraně splavenin ve vodních tocích. Řeky jsou doplňovány kvalitními štěrkovými sedimenty, aby docházelo k obnově zasažených habitatů. Navracení splavenin do toků ovšem často podléhá restrikcím kvůli zvyšování zákalu, které může způsobovat (AOPK ČR, Just 2020; Kondolf a kol. 2014). Konkrétním příkladem dodávání sedimentu do vodního toku je projekt na Rýnu pod vodním dílem Iffezheim v Bádensku-Württembersku. Do řeky bylo každoročně přidáváno 170000 m³ hrubého sedimentu, aby se zabránilo zahlubování toku a možnému poškození infrastruktury (Kuhl 1992 v Kondolf a kol. (2014)).

Aby byly nádrže dlouhodobě samoudržitelné, mělo by docházet k vyrovnanému vtoku a odtoku sedimentů. Prodloužení životnosti nádrží z desítek na stovky let by bylo ekonomicky i environmentálně prospěšné. To ale vyžaduje nové přístupy v této problematice. Řešením by

mohlo být například snížení přísunu splavenin vtokem, které lze omezit ochranou půdy před erozí. Dalším způsobem by mohlo být záměrné vedení splavenin skrz nádrž tak, aby se nestihly usadit (Kantoush, Sumi 2010). Kondolf a kol. (2014) prezentuje možnost stavby sedimentových obtokových kanálů/tunelů, které odkloní vodní proud nasycený splaveninami mimo nádrž, a pod nádrží se opět spojí s vodním tokem. Splaveniny tak vůbec nedostanou do prostoru nádrže. V Japonsku funguje takovýto obtokový tunel u přehrady Nunobiki už od roku 1908. Odhaduje se, že stavbou tunelu klesl vtok sedimentů do nádrže z 30000 m³/rok na 1500 m³/rok. Obtokové tunely přinášejí mnoho výhod a mohou být stavěny na již existujících přehradách. Ve světě jich existuje ovšem velmi málo, hlavně z topografických, hydrologických a ekonomických důvodů. Jejich stavba je extrémně nákladná a jsou nutné vyhovující podmínky.

Tzv. „udržitelné nádrže“, jejichž zanášení je minimální, tedy nejsou jen pouhou představou. Pokrok v této oblasti je však zatím nejistou otázkou do budoucna. Ostatně na příkladu VD Újezd lze dokázat, že zanášení nádrží může být za jistých podmínek minimální.

8 Závěr

Batymetrické mapování umožňuje průzkum prostředí pod vodní hladinou a je zásadním nástrojem pro zjišťování stavu vodních nádrží, jež je vhodné pro zajištění jejich funkce pravidelně monitorovat. Tato práce nabízí vhled do vývoje hloubkových měření a představuje způsoby, které jsou v současnosti využívány a umožňují rychlý a detailní sběr dat. Práce se též věnuje problematice zanášení nádrží a jeho prevenci.

Hlavním přínosem této bakalářské práce bylo provedení prvního podrobného batymetrického mapování VD Újezd od jeho uvedení do provozu. Výsledkem bylo zjištění objemu a určení břehové linie – hodnota objemu vztažená k referenční výšce hladiny 283 m n. m. při ploše 117,2 ha činí 4718365 m³.

Na základě toho pak byly vytvořeny batymetrické mapy současného stavu nádrže. Zároveň byla provedena rešerše literatury popisující historii díla, jeho stavbu a komplexní fyzickogeografickou charakteristiku povodí, která pomohla objasnit některé souvislosti a v rámci níž byla vytvořena řada mapových podkladů.

Fakt, že v nádrži nedochází k významnému zanášení, je neobvyklým zjištěním evokujícím otázku, proč tomu tak je. Tato nádrž se tak ukazuje jako zajímavá lokalita pro další zkoumání. Bylo by tedy vhodné, aby na VD Újezd byl v budoucnu proveden další výzkum, jenž by doplnil poznatky této práce.

9 Zdroje

9.1 Datové zdroje

AOPK ČR: Přírodní poměry. Dostupné z:

<https://aopkcr.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=ee190990a1be4ac685d5f7c69c637ae4>.

ARCČR 500 – digitální geografická databáze, verze 3.3. ArcData Praha. Dostupné z:

<https://www.arcdata.cz/produkty/geograficka-data/arccr-500>.

ČHMÚ. Rozvodnice. Dostupné z:

<http://hydro.chmi.cz/hydro/index.php?wmapp=WEBAPP&wmap=rozvodnice>.

CORINE Land Cover. Dostupné z: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>.

ČÚZK: Prohlížeč služba Topografické mapy, ortofoto. Dostupné z:

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

DIBAVOD: Struktura DIBAVOD. Dostupné z: <http://www.dibavod.cz/index.php?id=27>.

Půdní mapa 1 : 50 000. Dostupné z:

<https://mapy.geology.cz/arcgis/services/Geologie/geocr50/MapServer/WMServer>.

ZABAGED: Prohlížeč služba. Dostupné z:

<http://ags.cuzk.cz/arcgis/services/ZABAGED/MapServer/WmsServer?>.

ZÁKLADNÍ MAPA 1 : 200 000. Dostupné z:

https://geoportal.cuzk.cz/WMS_ZM200_PUB/WMSservice.aspx.

9.2 Seznam použité literatury

AHMED, K. B., SANCHEZ, M. (2011): A study of the factors and processes involved in the sedimentation of Tarbela reservoir, Pakistan. *Environmental Earth Sciences*, 5, 62, 927–933.

AMBROŽOVÁ, J. (2003): Aplikovaná a technická hydrobiologie. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, Praha.

AOPK ČR, JUST, T. (2020): Splaveniny ve vodních tocích, AOPK ČR, <http://strednicechy.ochranaprirody.cz/pece-o-vodni-rezim-krajiny/splaveniny-ve-vodnich-tocich/> (4. 6. 2020).

BINTEROVÁ, Z. (2000): Historičtí svědkové doby v Euroregionu Krušnohoří = Historische Zeitzeugen der Euroregion Erzgebirge. Zaniklé obce a města chomutovského regionu, o.p.s., Perštejtn.

- BROWN, C. J., BLONDEL, P. (2009): Developments in the application of multibeam sonar backscatter for seafloor habitat mapping. *Applied Acoustics*, 10, 70, 1242–1247.
- BROWN, J. K., NOLL, G. (2003): Multibeam Sonar Data Acquisition systems: A Simplified Conceptual Model.
- BROŽA, V. (2005): Přehradý Čech, Moravy a Slezska. *Knihy 555*, Liberec.
- BUREAU OF RECLAMATION (2006): Erosion and Sedimentation Manual. U.S. Department of the Interior Bureau of Reclamation, Colorado.
- BURIAN, J. (2008): Vyznáte se v interpolacích? *GeoBusiness*, 11, 2008, 40–41.
- CALLA (2008): Atlas zařízení využívajících obnovitelné zdroje energie, <http://www.calla.cz/atlas/detail.php?kat=1&id=980> (26. 3. 2020).
- CLEAN WATER SERVICES (2008): The Erosion Prevention and Sediment Control Planning and Design Manual.
- CLIMATE-DATA.ORG (2020a): Boleboř climate: Average Temperature, weather by month, Boleboř weather averages, <https://en.climate-data.org/europe/czech-republic/bolebor/bolebor-697050/> (4. 4. 2020).
- CLIMATE-DATA.ORG (2020b): Jirkov climate: Average Temperature, weather by month, Jirkov weather averages, <https://en.climate-data.org/europe/czech-republic/jirkov/jirkov-58645/> (2. 4. 2020).
- CULEK, M., A KOL. (2013): Biogeografické regiony České republiky. Masarykova univerzita, Brno.
- ČAPEK, R., A KOL. eds. (1992): Geografická kartografie. SPN, Praha.
- ČAŠEK, J. (2016): Zdroje sedimentu v nádrži. In: *Rybníky. Česká společnost krajinných inženýrů*, Praha, 139–144.
- ČESÁK, J., ŠOBR, M. (2005): Metody batymetrického mapování českých jezer. *Geografie, Sborník ČGS*, 3, 110, 141–151.
- DARBYSHIRE, J., EDWARDS, A. (1972): Seasonal formation and movement of the thermocline in lakes. *Pure and Applied Geophysics PAGEOPH*, 1, 93, 141–150.
- DAVIS, J. L., ANNAN, A. P. (1989): Ground-Penetrating Radar for High-Resolution Mapping of Soil and Rock Stratigraphy. *Geophysical Prospecting*, 5, 37, 531–551.
- DEMEK, J., MACKOVČIN, P., A KOL. eds. (2006): *Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny*. AOPK ČR, Brno.
- DIERSSEN, H., THEBERGE, Albert. (2014): *Bathymetry: History of Seafloor Mapping*. CRC Press.
- DOLANSKÝ, T. (2004): Lidary a letecké laserové skenování. Univerzita J.E. Purkyně, Ústí nad Labem.

DORSEY, H. G. (1932): *Echoes Gives Ocean Depths*. Washington, D.C.

DVOŘÁK, M. (2006): *Antropogenní transformace hydrografické sítě v povodí Bíliny*. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie, Duchcov.

DVOŘÁK, M., MATOUŠKOVÁ, M. (2008): *Ekohydrologický průzkum řeky Bíliny*. In: *Ekohydrologický monitoring vodních toků v kontextu evropské Rámcové směrnice o vodní politice 2000/60/ES*. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Praha.

FRIDL, J., KOLEGA, N., ŽERJAL, A. (2009): *Applications of Seafloor Mapping Using Precise Sonars*. *Kartografija i geoinformacije*, 11, 8, 14–24.

GAO, J. (2009): *Bathymetric mapping by means of remote sensing: methods, accuracy and limitations*. *Progress in Physical Geography*, 1, 33, 103–116.

Geonames | Geoportál ČÚZK (2020): <https://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/?wmcid=490> (24. 3. 2020).

GIORDANO, F., MATTEI, G., PARENTE, C., PELUSO, F., SANTAMARIA, R. (2015): *MICROVEGA (MICRO VESSEL FOR GEODETICS APPLICATION): A MARINE DRONE FOR THE ACQUISITION OF BATHYMETRIC DATA FOR GIS APPLICATIONS*. *ISPRS – International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W5, 123–130.

GLENN, F. M. (1970): *Introducing an Operational Multi-Beam Array Sonar*. *The International Hydrographic Review*, 1, 47.

Google Maps (2020): Google Maps, <https://www.google.cz/maps/place/Kyjick%C3%A1+reten%C4%8Dn%C3%AD+n%C3%A1dr%C5%BE/@50.5012715,13.4676706,15z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x470a1c3df8dcddf:0x95dd48a9807c04a8!8m2!3d50.4998078!4d13.4767284> (24. 3. 2020).

GORDON, R. L. (1996): *Acoustic Doppler Current Profiler: Principles of Operation A Practical Primer*. RD Instruments, San Diego.

HAILWOOD, E. A., KIDD, R. B. (1990): *Marine Geological Surveying and Sampling*. Springer Netherlands, Dordrecht.

HEETO, A. F., ALI, S. M., YOUSIF, A. A. (2017): *Creating a bathymetric contour map using acoustic Doppler current profiler (ADCP): Duhok Dam reservoir as a case study*. *Polytechnic Journal*, 4, 7, 40–55.

HLAVÁČEK, J., TECHNOLOGICKÁ AGENTURA ČESKÉ REPUBLIKY (2017): *Technologie přípevnění a stabilizace měřicí aparatury RiverSurveyor M9 na trimaranu za účelem měření batymetrie malých vodních nádrží: ověřená technologie*. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i.

HODGES, R. P. (2010): *Underwater acoustics: analysis, design, and performance of sonar*. J. Wiley, Chichester, West Sussex [England] ; Hoboken, NJ.

- HOSNEDL, P. (2015): Dokumentace o posouzení vlivů záměru na životní prostředí ve smyslu § 8 z.100/2001 Sb., v platném znění. Průmyslový Park Jirkov.
- HRADILEK, V., KOL. (2015): Verification of remote sensing data for measuring bathymetry on small water reservoirs. In: International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2015, Informatics, Geoinformatic. Bulgaria.
- HUGGETT, B. (2008): Fletcher Lake Bathymetry.
- HULEC, F. (2017): Nová batymetrická mapa Odlezenského jezera. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie, Praha.
- CHANU, S. R., KUMAR, A., SANOUJAM, M., CHINGKHEI, R. (2013): Bathymetric mapping and Sub bottom profiling of Punem Lake using Ground Penetrating Radar. Golden Research Thoughts, 3, 3, 1–8.
- CHEN, B., HUNG, T. (1993): Dynamic Pressure of Water and Sediment on Rigid Dam. Journal of Engineering Mechanics, 7, 119, 1411–1433.
- IRISH, J. L., KOBAYASHI, N. (2005): Lidar Applications for Coastal engineering: Sea Botom Mapping and Water Wave measurement. Dizertační práce. University of Delaware, Delaware.
- JANEČEK, M., KOL. (2012): Ochrana zemědělské půdy před erozí. Česká zemědělská univerzita, Fakulta životního prostředí, Praha.
- JEŽEK, J. (2015): Geostatistika a prostorová interpolace. Karolinum, Praha.
- JIŘIČKA, J., SVEJKOVSKÝ, J. (2011): Bílina – řeka mučednice | Historie Litvínovska, Bílina – řeka mučednice, <http://litvinovsko.sator.eu/kategorie/krusnohori/v-prirode/bilina-reka-mucednice> (23. 3. 2020).
- JOHNSON, H. P., HELFERTY, M. (1990): The geological interpretation of side-scan sonar. Reviews of Geophysics, 4, 28, 357.
- KAESER, A. J., LITTS, T. L., TRACY, T. W. (2013): Using Low-Cost Side-Scan Sonar For Benthic Mapping throughout the Lower Flint River, Georgia, USA: Low-Cost Sonar Benthic Mapping in Rivers. River Research and Applications, 5, 29, 634–644.
- KACHLÍK, V. (2003): Geologický vývoj území České republiky. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Ústav geologie a paleontologie, Praha.
- KANTOUSH, S. A., SUMI, T. (2010): River Morphology and Sediment Management Strategies for Sustainable Reservoir in Japan and European Alps. Annuals of Disas. Prev. Res. Inst., 53.
- KARNECKI, J. (2016): Zkušenosti s odbahňováním rybníků. In: Rybníky. Česká společnost krajinných inženýrů, Praha, 145–152.
- KIM, H. H., CERVENKA, P. O., LANKFORD, C. B. (1975): Development of an Airborn Laser Bathymeter. NASA, Washington, D.C.

- KLEMAS, V. (2011): Beach Profiling and LIDAR Bathymetry: An Overview with Case Studies. *Journal of Coastal Research*, 6, 27, 1019–1028.
- KLIMENT, Z., LANGHAMMER, J. (2005): Modelování erozního ohrožení ve velkých územních celcích. *Geomorfologický sborník*, 4, 75–81.
- KNAPP, R., ŠTĚPÁNKOVÁ, P., DRÁB, A., JUNG, F., RUSSNÁK, J. (2019): Porovnání diskrétních a spojitých metod měření dna vodních útvarů.
- KOHN, M. S., KINZEL, P. J. (2017): Bathymetry of Clear Creek Reservoir, Chaffee County, Colorado, 2016. Scientific Investigations Map. Pueblo Board of Water Works and Colorado Mountain College, Colorado Water Science Center, United States.
- KOLEKTIV AUTORŮ (2005): Labe a jeho povodí – geografický, hydrologický a vodohospodářský přehled. Mezinárodní komise pro ochranu Labe, Magdeburg.
- KONDOLF, G. M., GAO, Y., ANNANDALE, G. W., MORRIS, G. L., JIANG, E., ZHANG, J., CAO, Y., CARLING, P., FU, K., GUO, Q., HOTCHKISS, R., PETEUIL, C., SUMI, T., WANG, H.-W., WANG, Z., WEI, Z., WU, B., WU, C., YANG, C. T. (2014): Sustainable sediment management in reservoirs and regulated rivers: Experiences from five continents: KONDOLF. *Earth's Future*, 5, 2, 256–280.
- KOZACZKA, E., GRELOWSKA, G., KOZACZKA, S. (2010): Images of the Seabed of the Gulf of Gdansk Obtained by Means of the Parametric Sonar. *Acta Physica Polonica A*, 1, 118, 91–94.
- KRÁSA, J. (2013): Hodnocení ohroženosti vodních nádrží sedimentem a eutrofizací podmíněnou erozí zemědělské půdy. ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Praha.
- KUBÍK, L. (2012): Vhodnost sedimentů pro zemědělství. *Zemědělec*, 15, 20, 18–20.
- KUBÍK, L., NĚMEC, P. (2017): Sedimenty, jejich monitoring v kompetenci ÚKZÚZ a využití na zemědělské půdě v ČR. In: Sedimenty vodních toků a nádrží. Slovenská vodohospodářská spoločnosť pri Výskumnom ústave vodného hospodárstva v Bratislave, člen ZSVTS, Bratislava.
- KUČERA, M. (2014): Kartografické a geoinformatické zhodnocení současných batymetrických map. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie, Praha.
- KUCHAŘOVÁ, J. (2009): Možnosti interpolace jezerních pánví různých genetických typů. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie, Praha.
- KUCHYNKOVÁ, J. (2018): Zanášení vodního díla Kadaň. Bakalářská práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie, Praha.
- KUNDRATOVÁ, F. (2017): Možnosti využití nových metod batymetrie vodních nádrží. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí, Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování, Praha.

KUNSKÝ, J. (1974): Československo fyzicky zeměpisně. Státní pedagogické nakladatelství, Praha.

KWON, H.-S., KIM, J.-H., AHN, H.-Y., YOON, J.-S., KIM, K.-S., JUNG, C.-K., LEE, S.-B., UCHIDA, T. (2005): Delineation of a Fault Zone Beneath a Riverbed By an Electrical Resistivity Survey Using a Floating Streamer Cable. *Exploration Geophysics*, 1, 36, 50–58.

LACHHAB, A., BOOTERBAUGH, A., BEREN, M. (2015): Bathymetry and Sediment Accumulation of Walker Lake, PA Using Two GPR Antennas in a New Integrated Method. *Journal of Environmental & Engineering Geophysics*, 3, 20, 245–255.

LANGHAMMER A KOL. (2009): Vymezení typů vodních toků. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta, Praha.

LAROCQUE, P. E., WEST, G. R. (1999): Airborne Laser Hydrography: an Introduction. LaRocque, P. E., & West, G. R. (1999, October). Airborne laser hydrography: an introduction. In Proc. ROPME/PERSGA/IHB Workshop on Hydrographic Activities in the ROPME sea area and Red Sea, 4, 1–15.

LIN, Y.-T., SCHUETTPELZ, C. C., WU, C. H., FRATTA, D. (2008): A combined acoustic and electromagnetic wave-based techniques for bathymetry and subbottom profiling in shallow waters. *Journal of Applied Geophysics*, 2, 68, 203–218.

MACDONALD, A. M., DAVIES, J., PEART, R. J. (2001): Geophysical methods for locating groundwater in low permeability sedimentary rocks: examples from southeast Nigeria. *Journal of African Earth Sciences*, 1, 32, 115–131.

MACHÁČEK, J. (2002): Geofyzikální průzkumné metody. Fakulta stavební, České vysoké učení technické.

MARVAL, Š., A KOL. (2018): Batymetrické měření pro stanovení morfologie dna vodní nádrže. VTEI.

MĚSTO JIRKOV (nedatováno): Vodní toky – Oficiální webové stránky města Jirkov, <https://www.jirkov.cz/zivotni-prostredi-/voda-/vodni-toky-/> (10. 5. 2020).

MINAŘÍKOVÁ, K. (2018): Řeka Bílina je čistější než kdysi, hodnoty ale kazí průmysl i fekálie. *Teplický deník*.

MORAVEC, P., JUST, T., STODOLA, J. (nedatováno): Doporučení k projektům malých vodních nádrží, AOPK ČR, <http://strednicechy.ochranaprirody.cz/pece-o-vodni-rezim-krajiny/male-vodni-nadrze/> (4. 6. 2020).

MOSBRUCKER, A. R., SPICER, K. R. (2017): Bathymetric map and area/capacity table for Castle Lake, Washington. Virginia.

MUELLER, D. S., WANGER, Ch. R., REHMEL, M. S., OBERG, K. A. (2013): Measuring Discharge with Acoustic Doppler Current Profilers from a Moving Boat. *Techniques and Methods*, book 3, chap. A22 F. U.S. Geological Survey, Virginia.

MŽP (2018): Možnosti geofyzikálních metod při ověřování nejasných strukturně geologických, popřípadě jiných vztahů na lokalitách při průzkumu a nápravě starých ekologických zátěží.

NĚMEC, J., HLADNÝ, J., BLAŽEK, V. (2006): Voda v České republice. Pro Ministerstvo zemědělství vydal Consult, Praha.

NĚMEČEK, J. (2001): Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Česká zemědělská univerzita: Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.

NORTEK GROUP (2020): Nortek Group – Products, <https://www.nortekgroup.com/products> (31. 5. 2020).

NOVÁK, P., A KOL. (2017): Nové technologie batymetrie vodních toků a nádrží pro stanovení jejich zásobních kapacit a sledování množství a dynamiky sedimentů: certifikovaná metodika výsledků výzkumu, vývoje a inovací.

NOVÉ APSI (2020): Pokyny 632/1999-230 – pro přepočítání nadmořských výšek z výškového systému jadranského do systému baltského – po vyrovnání (Bpv) úplné a aktuální znění | Nové ASPI | Wolters Kluwer ČR, a. s., <https://www.noveaspi.cz/products/lawText/1/47306/1/2?vtextu=632/1999-230#lema0> (1. 6. 2020).

NOVOTNÝ, I., A KOL. (2017): Příručka ochrany proti erozi zemědělské půdy. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, Praha.

NYSTROM, E. A., COLLENBURG, J. V. (2020): Bathymetry of Morris Lake (Newton Reservoir), New Jersey, 2018. Scientific Investigations Report. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey.

Obec Kyjice (1978): Krátký film Praha.

OLESON, J. P., A KOL. (2003): Testing the Waters: the Role of Sounding Weights in Ancient Mediterranean Navigation. In: The Maritime World of Ancient Rome. The University of michigan Press, Řím.

ORŠULÁK, T., PACINA, J., UNIVERZITA J.E. PURKYNĚ V ÚSTÍ NAD LABEM, KATEDRA GEOGRAFIE, CENTRUM PRO VIRTUÁLNÍ REALITU A MODELOVÁNÍ KRAJINY (2012): 3D modelování a virtuální realita. Tomáš Mikulenka, Ústí nad Labem.

PALMIERI, A., SHAH, F., ANNANDALE, G. W., DINAR, A. (2003): Economic and engineering evaluation of alternative strategies for managing sedimentation in storage reservoirs. The World Bank, United States of America.

PAPeŠ, V. (2008): Historická geografie Komořanského jezera. Bakalářská diplomová práce. Univerzita Palackého v Olomouci, Filozofická fakulta, Olomouc.

PASSARO, S. (2010): Marine electrical resistivity tomography for shipwreck detection in very shallow water: a case study from Agropoli (Salerno, southern Italy). Journal of Archaeological Science, 8, 37, 1989–1998.

- PAVELKOVÁ CHMELOVÁ, R., FRAJER, J. (2013): *Základy fyzické geografie 1 – Hydrologie*. Univerzita Palackého v Olomouci. Katedra geografie. Olomouc.
- PENROSE, J. D., GAVRILOV, A., SIWABESSY, P. J. W., PAMUM, I. (2005): *Acoustic Techniques for Seabed Classification*. CRC for Coastal Zone, Estuary & Waterway Management.
- PETERSEN, J. K. (2012): *Handbook of surveillance technologies*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- PLOSAB S.R.O. (2020): Plovoucí sací bagry – ekologické odbahňování rybníků | PLOSAB s.r.o., <http://m.plosab.cz/c-2-tezba-sedimentu-z-vodnich-ploch-a-toku.html> (30. 5. 2020).
- POKORNÁ, M. (2006): Mapování mořského dna v oblasti Porskupinské pánve. *Geografický a kartografický obzor*, 2, 52.
- POPIELARCZYK, D., TEMPLIN, T. (2014): Application of Integrated GNSS/Hydroacoustic Measurements and GIS Geodatabase Models for Bottom Analysis of Lake Hancza: the Deepest Inland Reservoir in Poland. *Pure and Applied Geophysics*, 6, 171, 997–1011.
- POTUŽÁK, J., A KOL. (2017): Rybníční sedimenty a nové možnosti recyklace živin a organických látek v malých povodích – příkladová studie rybník Horusický. *Vodní hospodářství*, 2, 67, 3–10.
- POVODÍ LABE S. P. (nedatováno): Význam Bíliny jako historického a současného zdroje znečištění pro nakládání se sedimenty v povodí Labe – SedBiLa.
- POVODÍ OHŘE S. P. (2019a): Nádrž Dřínov: Povodí Ohře, https://www.poh.cz/vismo/dokumenty2.asp?id_org=4687&id=2592 (25. 3. 2020).
- POVODÍ OHŘE S. P. (2019b): Vodní dílo Jirkov: Povodí Ohře, <https://www.poh.cz/vodni-dilo-jirkov/d-2608> (23. 3. 2020).
- POVODÍ OHŘE S. P. (2019c): Vodní dílo Újezd: Povodí Ohře, <https://www.poh.cz/vodni-dilo-ujezd/d-2595> (23. 3. 2020).
- POVODÍ OHŘE S. P. (2003): Manipulační řád vodního díla Újezd a MVE Ervěnický koridor – trubní přeložky Bíliny po Ervěnickém koridoru.
- POVODÍ VLTAVY S. P. (2013): Vyměřovací loď Valentýna II., <http://www.pvl.cz/vodohospodarske-informace/vymerovaci-lode/valentyrna> (23. 5. 2020).
- PRADHAN, D., ANCEV, T., DRYNAN, R., HARRIS, M. (2011): Management of Water Reservoirs (Embungs) in West Timor, Indonesia. *Water Resources Management*, 1, 25, 339–356.
- RICKLY HYDROLOGICAL CO., INC. (2020): Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) - Rickly Hydrological Co., Inc., <https://rickly.com/acoustic-doppler-current-profiler-adcp/> (31. 5. 2020).
- RS Aqua (2020): RS Aqua – ADCP – Acoustic Doppler Current Profiler, <https://www.rsqua.co.uk/products/adcp/> (31. 5. 2020).

SEABEAM (2000): Multibeam Sonar – Theory of Operation. L-3 Communications SeaBeam Instruments, Washington.

SONTEK (2011): RiverSurveyor S5/M9 System Manual Firmware Version 2.0. SonTek, a Division of YSI Inc., San Diego.

SONTEK / XYLEM INC. (2020): SonTek – Products, <https://www.sontek.com/products> (31. 5. 2020).

SVEJKOVSKÝ, J. (2013): Slovníček vodohospodářských pojmů pro laiky. Povodí Ohře s. p.

SVEJKOVSKÝ, J. (2019): Řeka Bílina se z potrubí na Mostecku dostane až za několik let.

SYQWEST (2020): Sub Bottom Profilers, SyQWest – Sub Bottom Profilers – Sonar, https://www.syqwestinc.com/products/sub-bottom-profilers?gclid=EAIaIQobChMIv8WMguTJ6QIVVJnVCh2m8wb6EAAYASAAEgI0ffD_BwE (23. 5. 2020).

SÝS, V. (2019): VD Újezd – optimalizace vodohospodářského provozu. Diplomová práce. České vysoké učení technické, Fakulta stavební, katedra hydrotechniky, Praha.

ŠOBR, M. (2003): Nová batymetrická měření šumavských jezer. Geomorfologický sborník.

ŠOBR, M. (2007): Jezera České republiky: Fyzikogeografické a fyzikálně-limnologické poměry. Disertační práce. Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta, Katedra fyzické geografie a geoekologie, Praha.

ŠTEFÁČEK, S. (2010): Encyklopedie vodních ploch Čech, Moravy a Slezska. Libri, Praha.

ŠVORC, L., ŠVORCOVÁ, V. (2006): České řeky a říčky. Knihovna Jana Drdy, Příbram.

TELEDYNE MARINE (2020): Acoustic Doppler Current Profilers for River Flow Measurement, <http://www.teledynemarine.com/adcps/water-resources> (31. 5. 2020).

THEBERGE, A. (1989): Sounding Pole to Sound Beam. Technical Papers, 5, 334–346.

TOLASZ, R., BAŠTÝŘOVÁ, H. (2007): Atlas podnebí Česka = Climate atlas of Czechia. Český hydrometeorologický ústav; Univerzita Palackého v Olomouci, Praha : Olomouc.

TOMÁŠEK, M. (1995): Atlas půd České republiky. Český geologický ústav, Praha.

TOPIČ, P. (2012): Z cesty, po Vltavě plují hrábě. Z přístavu vyrazila měřicí loď Valentýna, iDNES.cz, https://www.idnes.cz/technet/reportaze/vymerovaci-lod-valentyna.A120713_140449_strojirenstvi_top (23. 5. 2020).

TRUMP, C. L., MARMORINO, G. O. (1998): Use of Single-Ping Bottom-Track ADCP Data to Characterize Small-Scale Bathymetry. Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 15, 299–3030.

VAN DAM, R. L. (2001): Causes of ground-penetrating radar reflections in sediment. Disertační práce. Vrije Universiteit Faculty of Earth Sciences, Amsterdam.

VLASÁK, P. (2004): Ekologická studie Bíliny. VÚV TMG, Praha.

VLASÁK, T. (2016): Změny reliéfu dna a objemu VD Fojtka vlivem zanášení. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta životního prostředí, katedra aplikované geoinformatiky a plánování, Praha.

VRÁNA, K., BERAN, J. (1998): Rybníky a účelové nádrže. ČVUT, Praha.

VÚV T.G.Masaryka – Oddělení GIS – Charakteristiky toků a povodí ČR (2006): <http://www.dibavod.cz/24/charakteristiky-toku-a-povodi-cr.html> (22. 3. 2020).

WANG, S., FU, B., PIAO, S., LÜ, Y., CIAIS, P., FENG, X., WANG, Y. (2016): Reduced sediment transport in the Yellow River due to anthropogenic changes. *Nature Geoscience*, 1, 9, 38–41.

WESTLEY, K., QUINN, R., FORSYTHE, W., PLETS, R., BELL, T., BENETTI, S., MCGRATH, F., ROBINSON, R. (2011): Mapping Submerged Landscapes Using Multibeam Bathymetric Data: a case study from the north coast of Ireland: MAPPING SUBMERGED LANDSCAPES USING MULTIBEAM BATHYMETRIC DATA. *International Journal of Nautical Archaeology*, 1, 40, 99–112.

WHOI (2020): Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) – Woods Hole Oceanographic Institution, <https://www.whoi.edu/what-we-do/explore/instruments/instruments-sensors-samplers/acoustic-doppler-current-profiler-adcp/> (31. 5. 2020).

WILSON, J. T., MORLOCK, S. E., BAKER, N. T. (1996): Bathymetric Surveys of Morse and Geist Reservoirs in Central Indiana Made with Acoustic Doppler Current Profiler and Global Positioning System Technology. U.S. GEOLOGICAL SURVEY Water-Resources Investigations Report 97-4099, 55.

WISCHMEIER, W. H., SMITH, D. D. (1978): Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide to Conservation Planning. U.S. Department of Agriculture.

YANG, Z., WANG, H., SAITO, Y., MILLIMAN, J. D., XU, K., QIAO, S., SHI, G. (2006): Dam impacts on the Changjiang (Yangtze) River sediment discharge to the sea: The past 55 years and after the Three Gorges Dam: DAM IMPACTS ON CHANGJIANG SEDIMENT DISCHARGE. *Water Resources Research*, 4, 42, 1–10.

Seznam obrázků

Obr. 1: VD Újezd na konci suchého léta v říjnu 2018 (autor: Povodí Ohře s. p.).	8
Obr. 2: Vnitřní pohled na fathometer z ponorky Fathometer (zdroj: NOAA Photo Library)	11
Obr. 3: Porovnání jednopaprscitého a mnohopaprscitého sonaru (autor: Tomáš Kebert).	14
Obr. 4: Vyměřovací loď Valentýna II (převzato z: https://www.idnes.cz/technet/reportaze/vymerovaci-lod-valentyna.A120713_140449_strojirenstvi_top).	16
Obr. 5: Profil sedimentů rybníku získané pomocí georadaru (převzato z: MŽP 2018).	19
Obr. 6: Poloha zájmového území (zdroj dat: ArcČR500, DIBAVOD, ČHMÚ)	25
Obr. 7: Újezd (Ojes), Kyjice (Kaitz) a Jirkov (Gorkau) na mapě II. vojenského mapování z let 1836–1852 (převzato z: Mapy.cz, https://mapy.cz/19stoleti?x=13.4629089&y=50.5010630&z=14).	27
Obr. 8: Schéma orientační záplavové plochy při 100leté vodě a poloha bezpečnostního přelivu.	28
Obr. 9: Bezpečnostní přeliv v den měření (vlastní tvorba).	29
Obr. 10: Průřez výtokovým objektem (převzato z: Povodí Ohře 2019c, https://www.poh.cz/StaticFiles//vd/images/ujezd/ujezd_rez_800.png).	30
Obr. 11: Název Kyjická retenční nádrž v Mapách Google vlevo a ZABAGED vpravo (převzato z: Google Maps, ZABAGED).	30
Obr. 12: Vyústění Bíliny z trubní přeložky do otevřeného koryt (zdroj dat: ČÚZK; vlastní tvorba).	35
Obr. 13: Schéma Přivaděče Ohře–Bílina (zdroj dat: ArcČR500, ČHMÚ, DIBAVOD; vlastní tvorba).	37
Obr. 14: Nadmořské výšky v zájmové lokalitě (zdroj dat: ArcČR500, ČHMÚ, DIBAVOD; vlastní tvorba).	40
Obr. 15: Sklon zájmové lokality (zdroj dat: ArcČR 500, DIBAVOD; vlastní tvorba).	41
Obr. 16: Klimadiagramy obcí Boleboř (vlevo) a Jirkov (vpravo) (převzato z: climate-data.org 2020a, climate-data.org 2020b).	42
Obr. 17: Klimatické oblasti zájmové lokality podle Quittovy klasifikace (zdroj dat: AOPK ČR; vlastní tvorba).	43
Obr. 18: Půdní poměry zájmové lokality (zdroj dat: Půdní mapa 1 : 50 000; vlastní tvorba).	45
Obr. 19: Změny krajinného pokryvu v zájmové lokalitě (zdroj dat: CORINE Land Cover; vlastní tvorba).	48

Obr. 20: Říční soustava horního toku Bíliny (zdroj dat: ArcČR500, ČHMÚ, DIBAVOD; vlastní tvorba).....	49
Obr. 21: Hustota říční sítě (zdroj dat: ČHMÚ, vlastní výpočet; vlastní tvorba).	51
Obr. 22: RTK GPS stanice umístěná na břehu a ADCP v popředí (vlastní tvorba).....	52
Obr. 23: Výšky hladiny VD Újezd 21. dubna 2020. (převzato z: http://sap.poh.cz/portal/Nadrze/cz/pc/Mereni.aspx?id=2043&oid=2).....	54
Obr. 24: Modul RiverSurveyor M9 (vlastní tvorba).	55
Obr. 25: RiverSurveyor M9 na trimaranu (vlastní tvorba).....	55
Obr. 26: Variogram dat naměřených sonarem (vlastní tvorba).....	56
Obr. 27: Zvektorizovaná mapa původní reliéfu dna (zdroj dat: Povodím Ohře s. p., vlastní tvorba).	59
Obr. 28: Příčné a podélný profily VD Újezd (vlastní tvorba).....	62
Obr. 29: Grafy profilů nádrže (vlastní tvorba).	63
Obr. 30: Porovnání naměřených a intepolovaných hloubkových hodnot (vlastní tvorba).....	65
Obr. 31: Erozní ohroženost půd ČR vodní erozí ve vztahu ke koncepci DZES 5 (převzato z: https://mapy.vumop.cz/).....	66

Seznam tabulek

Tab. 1: Základní parametry VD Újezd (zdroj dat: Povodí Ohře s. p. 2019).....	26
Tab. 2: Charakteristiky vodního toku Bílina (zdroj dat: VÚV TGM 2006).....	32
Tab. 3: Geomorfologické členění lokality (zdroj dat: Demek, Mačkovčín a kol. 2006).	39
Tab. 4: Plošné a procentuálně podíly typů krajinného pokryvu zájmové lokality (zdroj dat: CORINE Land Cover, vlastní výpočet).	47
Tab. 5: Základní morfometrické charakteristiky dílčího povodí (zdroj dat: vlastní výpočet). ..	50
Tab. 6: Hydrografické charakteristiky dílčího povodí Bíliny (zdroj dat: vlastní výpočet).	50
Tab. 7: Objemy a plochy v hloubkách s intervalem po 0,5 m a procentuálním podílem (zdroj dat: vlastní výpočet).	61
Tab. 8: Objem a procentuální podíly objemu jednotlivých hloubkových stupňů (zdroj dat: vlastní výpočet).	62

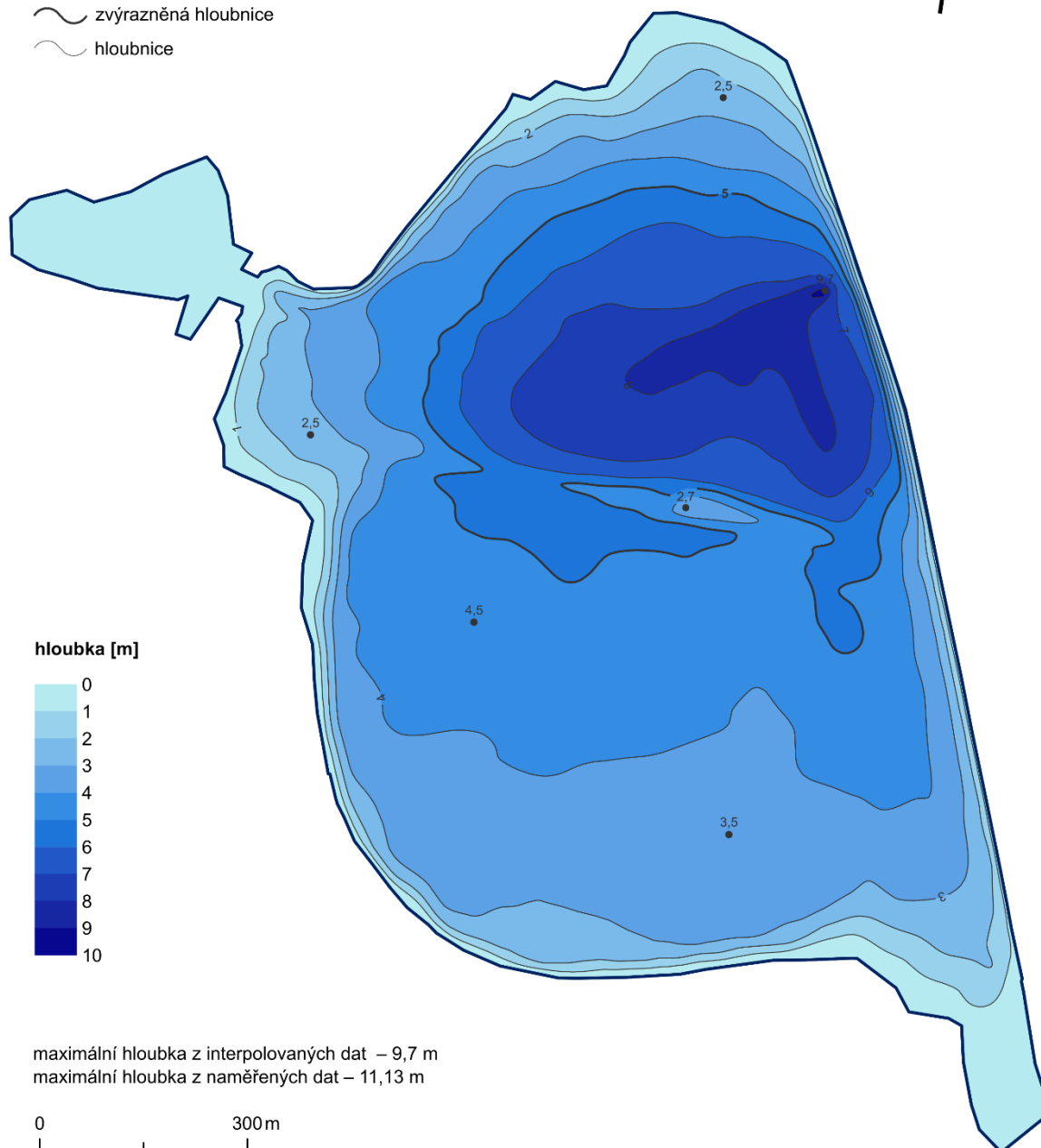
Příloha 1

VODNÍ DÍLO ÚJEZD

BATYMETRICKÉ MĚŘENÍ 2020

interval hloubnic – 1 m

- vyznačená hloubka
- ~ břehová linie
- ~ zvýrazněná hloubnice
- ~ hloubnice



Příloha 2

VODNÍ DÍLO ÚJEZD

BATYMETRICKÉ MĚŘENÍ 2020

interval hloubnic – 1 m

- vyznačená hloubka
- ~ břehová linie
- ~ zvýrazněná hloubnice
- ~ hloubnice
- ~ doplňková hloubnice

