

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ**

**FAKULTA STAVEBNÍ**

**Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství**

**STUDIE VÝSTAVBY MALÉ VODNÍ NÁDRŽE NA  
ČERNÉM POTOCE**

**Bakalářská práce**

květen 2017

Veronika Jarošová



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Jarošová Jméno: Veronika Osobní číslo: 423012  
Zadávající katedra: 11143  
Studijní program: Stavební inženýrství - B3651  
Studijní obor: Vodní hospodářství a vodní stavby - 3647R015

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Studie výstavby malé vodní nádrže na Černém potoce

Název bakalářské práce anglicky: Study of building of small water reservoir on Černý stream

Pokyny pro vypracování:

Vypracujte studii výstavby malé vodní nádrže na Černém potoce u obce Světlík (okr. Český Krumlov). V rámci studie se zaměřte na technický návrh malé vodní nádrže s ohledem na umístění hráze, typ a konstrukci funkčních objektů a úpravu nádržního prostoru. Posuďte možnost realizace dalších vodních prvků v území v podobě např. tůň a úpravu koryta nad navrhovanou vodní nádrží. Studii doplňte o výkresovou dokumentaci v podobě schémat, vzorových výkresů a situačních plánů. V textové části uveďte popis technického řešení, provedených výpočtů a širší vztahy v zájmovém území.

Seznam doporučené literatury:

Vrána K., Beran J.: Rybníky a účelové nádrže. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2013. ISBN 978-80-01-04002-7.

Vrána K.: Rybníky a účelové nádrže - příklady. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 1991. ISBN 80-01-01793-1.

ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže, 2011.

Havlík V., Marešová I.: Hydraulika II. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 1995. ISBN 80-01-01384-7

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Václav David, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 1.3.2017 Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2017

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Podpis vedoucího práce

Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

*Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.*

1.3.2017

Datum převzetí zadání

Podpis studenta(ky)

### Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré potřebné informační zdroje v souladu s metodickým pokynem ČVUT 1/2009 O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 20. 5. 2017

.....

## Poděkování:

Chtěla bych poděkovat vedoucímu této bakalářské práce, panu Ing. Václavu Davidovi Ph.D. za předání potřebných znalostí a za možnost zpracování tohoto tématu.

Dále bych chtěla poděkovat svému otci, Ing. Janu Jarošovi za předání znalostí k návrhu i výstavbě malých vodních nádrží, za odborný doprovod při terénním průzkumu zájmové lokality a především a za nalezení investora a vhodného záměru pro zpracování bakalářské práce, která má reálný podklad, výsledek i budoucí využití.

## Anotace:

Tato bakalářská práce zabývá studií výstavby malé vodní nádrže na přítoku Černého potoka v katastrálním území Světlík, okres Český Krumlov. Požadavek ke zpracování této studie vzešel od investora a majitele pozemku, na kterém se vodní tok nachází. Studie je rozdělena na dvě části – textovou a výkresovou. V rámci studie byla navržena průtočná malá vodní nádrž o objemu 8 172,42 m<sup>3</sup> s přímou homogenní hrází o délce 131,47 m a sdruženým objektem. Technický návrh řeší i úpravy stávajícího terénu v zátopě a novou rybníční stoku. V závěru bakalářské práce jsou popsány hydrotechnické výpočty. Výkresová část obsahuje situační výkres, řezy hrází, zátopou a nově navrženým korytem a schematický řez sdruženým objektem.

This bachelor thesis deals with the study of the construction of a small water reservoir on the tributary of Černý stream in the cadastral area Světlík, district of Český Krumlov. The request for the elaboration of this study came from the investor and owner of the land where the watercourse is located. The study is divided into two parts – the text part and the drawing part. In the study there is design of flowing small water reservoir with 8 172,42 m<sup>3</sup> volume of water and with straight homogeneous dam which is 131,47 m long and united object. The technical design also solves the modifications of current terrain in the flood and a new pond sewer. In the end of the bachelor thesis there are hydrotechnical calculations. The drawing part includes a situational drawing, section of the dam, a flood area and a schematic sectional view of united object.

## Obsah

1	Úvod .....	8
1.1	Cíl práce.....	8
2	Literární přehled.....	9
2.1	Definice malé vodní nádrže.....	9
2.2	Rozdělení malých vodních nádrží.....	9
2.3	Historie a současnost .....	10
2.4	Současné problémy malých vodních nádrží.....	11
3	Popis území .....	12
3.1	Základní identifikační údaje .....	12
3.2	Širší územní vztahy .....	13
3.3	Základní vlastnosti povodí.....	13
4	Charakteristika přírodních poměrů.....	15
4.1	Klimatické poměry .....	15
4.2	Geomorfologie .....	15
4.3	Geologické poměry .....	16
4.4	Pedologické poměry.....	16
4.5	Hydrologické poměry.....	17
4.6	Biota .....	17
4.6.1	Fauna.....	17
4.6.2	Flóra.....	17
5	Zhodnocení stavu a významu území .....	18
6	Vstupní podklady.....	20
6.1	Mapové podklady.....	20
6.2	Hydrologická data .....	20
6.3	Vlastní terénní průzkum zájmové lokality.....	21
6.4	Inženýrsko-geologický průzkum.....	24
7	Technické řešení.....	25

7.1	Návrh technického řešení .....	25
7.2	Základní technické parametry.....	25
7.3	Členění stavby a popis jednotlivých stavebních objektů .....	25
7.3.1	SO 01 Hráz.....	26
7.3.2	SO 02 Sdružený objekt .....	27
7.3.3	SO 03 Úpravy v zátopě .....	27
8	Hydrotechnické výpočty.....	29
8.1	Charakteristické křivky nádrže .....	29
8.2	Průsak homogenní hrází na nepropustném podloží .....	30
8.3	Ztráty vody v nádrži.....	31
8.3.1	Ztráta vody výparem z vodní hladiny .....	31
8.3.2	Ztráty vody transpirací rostlin .....	32
8.4	Bilance nádrže.....	33
8.5	Výpočet délky bezpečnostního přelivu .....	34
8.6	Konsumpční křivka přelivu .....	35
8.7	Dimenze odpadního potrubí .....	36
8.8	Výpočet kubatury hráze .....	37
8.9	Výpočet množství odtěženého zemního materiálu ze zátopy .....	37
9	Diskuze .....	39
10	Závěr.....	41
	Použitá literatura a prameny .....	43
11	Seznam příloh.....	45

## 1 Úvod

Voda je nenahraditelný přírodní zdroj, bez kterého by nebyl život. Koloběh vody v přírodě je stálý a cyklicky se opakující proces, kterým dochází k dotování vodních toků, jezer, nádrží, apod. Voda v našem životě plní důležitou funkci, jako je například biologická, hospodářská nebo estetická. Je třeba si uvědomit, že zásoby sladké vody na Zemi jsou vyčerpitelné a je nutné se o krajinu a vody starat jako o celek na bázi povodí. Z druhé strany vnímáme vodu jako přírodní živel, který dokáže způsobit katastrofy ve formě povodní nebo sucha. Pomocí různých biologických nebo technických opatření, je možné vodu v krajině zadržovat. Jedním z možných opatření jsou malé vodní nádrže.

Dříve sloužily vodní nádrže především jako zásoba vody pro obhospodařování zemědělských půd, ale i jako ochrana před povodněmi nebo pro chov ryb. Dnes je velký trend využívat vodu jako zdroj energie. Malé vodní nádrže jsou v dnešní době prvkem přírody, který zajišťuje biodiverzitu krajiny, zachovává ekologickou stabilitu a je zásobárnou vody. Na vodní nádrž je vázáno mnoho rostlin a živočichů. Do krajiny zapadá i z estetického hlediska.

### 1.1 Cíl práce

Cílem této práce je zpracování studie výstavby malé vodní nádrže dle požadavků investora a majitele pozemku p. č. 1781/1 v katastrálním území Světlík, okres Český Krumlov, Jihočeský kraj. Tato studie by v budoucnosti mohla sloužit jako podklad pro zpracování projektové dokumentace pro vybudování rybníku a také pro získání dotace z Evropské unie – Operační program Životní prostředí. Cílem je technický návrh malé vodní nádrže včetně výkresové dokumentace.

Vodní nádrž by měla sloužit jako krajinnotvorný a ekostabilizační prvek v krajině. Svým působením by měla přispívat ke zpomalení odtoku vody z povodí a ke zvýšení retence vody v krajině. Vodní nádrž podporuje další funkce krajiny jako je ekologická stabilita a biodiverzita vodních a na vodu vázaných ekosystémů a zvyšuje odolnost krajiny vůči změně klimatu.



## 2 Literární přehled

Vodní nádrže můžeme dělit na přirozené a umělé. Přirozené vodní nádrže jsou například jezera, která jsou vytvořena trvalým přehrazením přirozeným přírodním jevem, jako je skalní zřícení nebo sesuv půdy. Těchto přirozených vodních nádrží se u nás nevyskytuje příliš mnoho. Většina dnešních vodních nádrží jsou spíše uměle vybudované rybníky, malé vodní nádrže a přehrady. Tyto vodní nádrže akumulují vodu a hospodaří s ní (především přehrady). [1]

### 2.1 Definice malé vodní nádrže

Malá vodní nádrž dle ČSN 75 2410 „Malé vodní nádrže“ je taková nádrž, která splňuje současně tyto podmínky:

- a) Objem nádrže po hladinu ovladatelného prostoru (normální hladinu) není větší než 2 mil. m<sup>3</sup>,
- b) Největší hloubka nádrže nepřesahuje 9 m (hloubka se počítá ode dna k maximální hladině; v úvahu se neberou místní prolákliny a hloubka přívodního koryta).

Normální hladina neboli hladina normálního nadržení je ve většině případech vymezená kótou přelivné hrany nehrazeného bezpečnostního přelivu nebo horní hranou uzávěrů, pokud má malá vodní nádrž hrazený bezpečnostní přeliv. Zmíněná norma je doporučena nejen pro výstavbu nových malých vodních nádrží, ale i pro rekonstrukce stávajících. Naopak tato norma neplatí pro nádrže přečerpávacích vodních elektráren nebo odkaliště. Pokud má nádrž objem menší než 5 tisíc m<sup>3</sup>, je vhodné normu přizpůsobit místním podmínkám. [2]

### 2.2 Rozdělení malých vodních nádrží

Malé vodní nádrže lze dělit podle různých kritérií, například podle jejich účelu, podle způsobu napájení, podle polohy nebo podle výškového umístění. V normě ČSN 75 2410 „Malé vodní nádrže“ nalezneme rozdělení z funkčního hlediska.

Dělení podle normy ČSN 75 2410 „Malé vodní nádrže“:

- Zásobní nádrže
- Ochranné (retenční nádrže)
- Nádrže upravující vlastnosti vody (čistící nádrže)
- Rybochovné nádrže (speciální rybníky)

- Hospodářské nádrže (např.: požární nádrže, nádrže pro chov vodní drůbeže, nádrže pro pěstování vodních rostlin a další)
- Speciální účelové nádrže (např.: vyrovnávací a přečerpávací nádrže, závlahové vodojemy)
- Asanační nádrže (např.: záchytné a skladovací nádrže, umělé laguny)
- Rekreční nádrže
- Krajnotvorné nádrže a nádrže v obytné zástavbě

Podle způsobu napájení rozeznáváme nádrže: [3]

- Dešťové (nebeské)
- Průtočné (říční)
- Napájené (boční)
- Pramenné

Podle polohy v krajině dělíme vodní nádrže na návesní, polní, luční, lesní a rašelinné. Podle výškového umístění rozeznáváme nádrže zahlobené, hrázové, údolní, podzemní a kombinované. Mnoho nádrží má kombinovaný charakter. To znamená, že nádrž je z části hrazena a z části zahlobena do terénu. [1]

## 2.3 Historie a současnost

Voda je jednou ze základních podmínek života, proto byly vodní nádrže budovány již před 2000 př. n. l. v Egyptě, Mezopotámii, Číně nebo Indii. Hlavním cílem těchto nádrží bylo zadržení jarních záplavových vod nebo srážkových vod v období dešťů. Řekové a Římané naopak stavěli cisterny s vodou za účelem zásobování měst pitnou vodou. [4]

Umělé vodní nádrže na našem území byly budovány pravděpodobně už v 8. a 9. století našeho letopočtu. K jejich zdokonalení došlo až ve 14. století, když se začaly budovat vysoké zemní hráze v širokých údolních nivách toků nebo v močálových rovinách. V té době se rybníční hospodářství stalo nejvýnosnějším podnikáním a napomohlo rozvoji obchodu se sousedními zeměmi. Počátkem 15. století došlo k útlumu v budování rybníků a během husitských válek bylo mnoho hrází strženo. Mezi přední rybníkářské podnikatele patřil Vilém z Pernštejna, který vybudoval mnoho rybníků na Moravě, ve východních a jižních Čechách (např. rybník Bezdrev u Hluboké nad Vltavou). V 16. století byla vytvořena rybníční soustava Štěpánka Netolického. Základem této soustavy byla Zlatá stoka (kanál dlouhý cca 40 km), která umožnila zásobování rybníků vodou. V díle Štěpánka Netolického pokračoval dále Jakub Krčín z Jelčan a Sedlčan,

který zvětšil rybníky Štěpánka Netolického, prodloužil a upravil Zlatou stoku a vybudoval největší třeboňské rybníky (např. Rožmberk). V následujících letech došlo ke stagnaci v oblasti budování rybníků, zájem vzniká znovu až po září 1980, kdy katastrofální povodeň zničila mnoho rybníků v Jižních Čechách. Díky moderní technice bylo mnoho rybníků opraveno. Do rozvoje zasáhla až pozemková reforma, podle které měly být rybníky znárodněny a později i druhá světová válka. Po válce došlo k obnově a výstavbě nových vodních nádrží především v pohraničí. Rozvoj chovu ryb nastal znovu až v posledních 50 letech, kdy bylo budováno více rybníčních hospodářství. [4]

V dnešní době jsou malé vodní nádrže budovány především kvůli akumulaci vody pro odběr vody v době nízkých průtoků. Staví se víceúčelové nádrže pro závlahy, chov ryb a rekreaci a také krajinnotvorné malé vodní nádrže. Tyto nádrže zajišťují optimální životní podmínky pro faunu a floru a také dotváří krajinu.

## 2.4 Současné problémy malých vodních nádrží

Malé vodní nádrže tvoří významnou složku krajiny a pozitivně ovlivňují její ekologickou stabilitu. Současný špatný stav malých vodních nádrží v České republice vyplývá především ze špatné údržby. Jak do údržby, tak do prevence bylo v minulosti investováno málo prostředků. [2]

Malé vodní nádrže nelze posuzovat jednotlivě, ale je třeba se při hledání problémů zaměřit na celé povodí a vzájemné vazby, které se v něm vyskytují. Problémy, které se vyskytují v současné době, lze rozdělit do několika skupin: problémy vodohospodářské, technické, ekologické, ekonomické, majetkoprávní a legislativní. [2]

Hlavní vodohospodářský problém je zanášení nádrží sedimenty. To je způsobeno především erozními procesy, vznikajícími na zemědělské půdě v povodí nádrže. Sedimenty v nádrži ovlivňují množství živin a toxických látek, zmenšují využitelný vodní prostor nádrže a snižují provozní schopnosti funkčních objektů. Technické problémy se týkají především stavu hráze a funkčních objektů. Jejich současný stav odpovídá jejich stáří a také množství financí daných na jejich údržbu. Dle organizace Vodní díla – technickobezpečnostní dohled a. s., která provedla průzkum na téměř 500 malých vodních nádrží, by přibližně 32 % nádrží nevyhovělo kritériím bezpečnosti proti přelití hráze. Z ekologického hlediska se řeší především kvalita vody, jakost sedimentu a ochrana fauny, flory a ekosystémů. Ekonomické problémy se týkají toho, že malé vodní nádrže jsou využívány na chov ryb s cílem získat co největší zisk, ale na údržbu a opravu nejsou vkládány dostatečné finanční prostředky. [2]

### 3 Popis území

Zájmové území se nachází v Jihočeském kraji přibližně 15 km jihozápadně od Českého Krumlova, západně od vodního díla Lipno, severně od Frymburku (viz. obrázek 1). Pozemek, na kterém se bude malá vodní nádrž vyskytovat, se nachází po levé straně silnice č. 162 mezi obcemi Světlík a Blatná a protéká jím levostranný přítok Černého potoka. Tento přítok pramení nedaleko zájmového území na souřadnicích JTSK X = 1192701 a Y = 779136 v nadmořské výšce 782 m n. m.

#### 3.1 Základní identifikační údaje

Parcelní číslo:	1781/1
Katastrální území:	Světlík
Okres:	Český Krumlov
Kraj:	Jihočeský
Tok:	přítok Černého potoka IDVT 10271011
Hydrologické pořadí:	1-06-01-1060-0-00
Povodí:	Černý potok



Obrázek 1: Mapa s vyznačením zájmové lokality (mapový podklad: [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz))

### 3.2 Širší územní vztahy

V okrese Český Krumlov se nachází mimořádně zachovalá krajina. Na zdejší přírodě se téměř neprojeví negativní následky zásahu člověka. Na území okresu se vyskytuje Přírodní park Novohradské hory, Národní park a Chráněná krajinná oblast Šumava a také Chráněná krajinná oblast Blanský les. Vyskytuje se zde velké množství chráněných živočichů i druhů rostlin. Přírodní rezervace Rašeliniště Bobovec se nachází 2,5 km východně od dotčeného pozemku. Důvodem ochrany rezervace jsou společenstva submontánního borového rašeliniště v komplexu s podmáčenými smrčiny, smrkovými olšinami a rašelinnými loukami s charakteristickou rašeliništní květenou. [6]

Průměrná nadmořská výška okresu Český Krumlov je 690 m. Na území okresu najdeme dvě klimatická pásma – mírně teplé i chladné oblasti klimatu. Většina území okresu spadá do povodí řeky Vltavy, malá část na jihu až jihovýchodě okresu patří do povodí Dunaje. Mezi hlavní vodní toky patří Malše a Vltava. Nachází se zde několik vodních nádrží. K nejvýznamnějším patří díky své rozloze vodní nádrž Lipno. Malé vodní nádrže můžeme nalézt severně od obce Světlík, například rybník Dvorec a Světlík na Strážném potoce. Mezi významnější malé vodní nádrže patří například rybník Pláničský, který se nachází mezi obcemi Světlík a Plánička. V lokalitě mezi obcí Světlík a vodním dílem Lipno se nachází velké množství vodních toků, ale jen několik vodních nádrží. [5]

### 3.3 Základní vlastnosti povodí

Zájmová lokalita spadá do povodí Černého potoka (viz. obrázek 2). Hydrologické povodí č. 1-06-01-106 má celkovou plochu 26,61 km<sup>2</sup>. Černý potok pramení přibližně 1,5 km jižně od obce Světlík a ústí do Černé zátoky vodní nádrže Lipno necelé 2 km severně od města Frymburk. Správcem Černého potoka i jeho přítoku IDVT 10271011 jsou Lesy ČR, s.p.

Vodní tok, na kterém je plánovaná výstavba malé vodní nádrže, je levostranným přítokem Černého potoka IDVT 10271011. Plocha povodí k profilu cca 45 m nad křížením se silnicí Světlík – Blatná je 0,81 km<sup>2</sup>. Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí přítoku Černého potoka je 809 mm (data o levostranném přítoku Černého potoka poskytl Český hydrometeorologický ústav dne 24. 3. 2017).





Obrázek 2: Povodí Černého potoka (zdroj: [www.heisvuv.cz](http://www.heisvuv.cz))

Levostranný přítok Černého potoka IDVT 10271011 ústí do Černého potoka v ř. km 8 v lokalitě na rašeliništích, po pravé straně silnice č. 162 z obce Světlík do Blatné. Do levostranného přítoku Černého potoka zaústíuje bezejmenný vodní tok IDVT 10247476 jako pravostranný přítok přibližně 200 m východně od křížení přítoku Černého potoka se silnicí Světlík – Blatná. Schéma je patrné z obrázku 3.



Obrázek 3: Vyznačení vodních toků v zájmové lokalitě (mapový podklad: Základní mapa České republiky v měřítku 1:10 000, ČUZK)

## 4 Charakteristika přírodních poměrů

### 4.1 Klimatické poměry

Zájmové území lze dle Quitta zařadit do klimatické oblasti CH7 – oblast chladná. Tuto oblast charakterizuje drsnější klima vrchovin a horských poloh. Jedná se především o Českokrumlovskou vrchovinu a nižší část Šumavy. Typické pro tuto oblast je krátké, mírně chladné a vlhké léto, dlouhé přechodné období s chladným jarem a mírným podzimem. Zima bývá mírná až mírně vlhká se sněhovou pokrývkou. Průměrná roční teplota vzduchu v zájmové lokalitě se pohybuje kolem 5°C. [7][5]

Základní jevy a vlastnosti klimatické oblasti CH7 jsou shrnuty v tabulce č. 1.

Tabulka 1: Klimatické oblasti - základní informace (zdroj: Atlas podnebí Česka [7])

Klimatická oblast	CH7
Počet letních dnů	10 - 30
Počet dní s teplotou alespoň 10°C	120 - 140
Počet mrazových dnů	140 - 160
Počet ledových dnů	50 - 60
Počet dnů se sněhovou pokrývkou	100 - 120
Počet jasných dnů	40 - 50
Počet zatažených dnů	150 - 160
Průměrná teplota v lednu (°C)	-3 - -4
Průměrná teplota v dubnu (°C)	4 - 6
Průměrná teplota v červnu (°C)	15 - 16
Průměrná teplota v říjnu (°C)	6 - 7
Srážkový úhrn ve vegetačním období	500 - 600
Srážkový úhrn v zimním období	350 - 400
Počet dnů se srážkami přesahujícími 1 mm	120 - 130

### 4.2 Geomorfologie

Zájmové území spadá do provincie Česká Vysočina a Šumavské subprovincie. Celé území spadá dále do geomorfologické oblasti Šumavské podhůří, celku Českokrumlovské vrchoviny a konkrétně do Frymburské vrchoviny. [9]

Šumavské podhůří je rozsáhlý horský celek s průměrnou nadmořskou výškou 634 m. Nachází se na okraji Šumavské hornatiny. Sousedí tedy se Šumavou, Švihovskou vrchovinou a Blatenskou pahorkatinou, Českobudějovickou pánví a Novohradským podhůřím. Jedná se o členitou vrchovinu vrásno-zlomového původu. [9]

Frymburská vrchovina je plochá vrchovina o rozloze 56,04 km<sup>2</sup>. Charakteristický je kompaktní erozně denundační povrch se slabšími strukturálními vlivy a jednotným sklonem k Dolnovlavské brázdě na jihozápadě. Na plochých povodích se udržely zbytky holoroviny. Nejvyšším bodem je Liščí vrch (829,1 m). Oblast je převážně zalesněná. Nalezneme zde především smrkové a borové porosty, vlhké louky, pastviny a rašeliniště. [8]

### 4.3 Geologické poměry

Navrhovaná malá vodní nádrž leží z geologického hlediska v oblasti budované regionálně metamorfovanými horninami šumavské větve moldanubika. Horniny moldanubika jsou zde zastoupeny ortorulami a biotickými migmatity. [11]

Dle geologické mapy [12] se v zájmové lokalitě nachází především pararula a migmatity, kterým patří mezi metamorfity. Dále se zde nachází kvartérní pokryvy podél vodního toku, které jsou tvořeny především nivním sedimentem, dále smíšeným sedimentem a písčito-hlinitým až hlinito-písčítým sedimentem.

Na mírně zvlněné horské plošině se místy vyvinuly recentní organogenní sedimenty - rašeliny. Recentní jsou i fluviální, šedé, slabě organické „mastné“ jíly a šedé, jílovité písky. Pararuly jsou zvětralé až na tmavě šedé, jemně písčité a slídnaté jíly, písčité hlíny a jílovité písky. [11]

### 4.4 Pedologické poměry

V Českokrumlovském bioregionu nalezneme hlavně typické kambizemě, s přechody ke kyselým a pseudoglejovým kambizemím. Zřídka se zde vyskytují gleje. Na vápencích se místy může vyskytovat rendzina či ranker, který se vyvinul na skalnatých stanovištích v údolí Vltavy. V Šumavském bioregionu se vyskytují kambizemní podzoly a v plochých sníženinách na dnech údolí se vytvořily velmi rozsáhlé plochy organozemních glejů. [13]

V místě stavby malé vodní nádrže je půda ovlivněná poměrně vysokou hladinou spodní vody. Vyskytují se zde tedy ve velkém množství rašelinné půdy. Rašelinné půdy tvoří přibližně svrchních 30 cm. Pod touto vrstvou se vyskytují buď písčité nebo jílovité hlíny do hloubky 1 m pod terénem. Spodní vrstvu tvoří písčité jíly nebo štěrky. [11]



## 4.5 Hydrologické poměry

Území patří do povodí Vltavy, tedy úmoří do Severního moře. Levobřežní přítok Černého potoka IDVT 10271011 pramení přibližně 300 m východně od silnice II/162 mezi obcemi Světlík a Blatná v nadmořské výšce 782 m n. m. Tok protéká lesem, propustkem pod silnicí a pokračuje dále na západ, kde se po přibližně 800 m vlévá do Černého potoka. V zájmové lokalitě, tedy mezi pramenem a propustkem, má přítok Černého potoka jeden významný přítok IDVT 10247476. Tento přítok je dlouhý přibližně 850 m a pramení v nadmořské výšce 818 m n. m.

## 4.6 Biota

### 4.6.1 Fauna

Fauna Šumavy je charakterizována především lesními druhy. Zachovala se zde původní evropská fauna středních horských poloh. Formování lesa a vytvoření přirozené lesní pásmovitosti začalo v době poledové. Rozvoj lesní vegetace podmínil rozvoj živočišných druhů vázaných na les a také se zde usadily druhy, které po odeznění glaciálu ustupovaly na sever. Těmto druhům se říká glaciální relikty a patří mezi ně například vážka *Aeschna subarctica*, můra *Anarta cordigera*, žlutásek borůvkový a tetřívek obecný. K velkým změnám v druhovém složení živočichů došlo při kolonizaci Šumavy. V krajině vznikly nové prvky jako je například pole, louky, cesty, rybníky a další, což umožnilo existenci nových druhů (bělásek zelný, babočka kopřivová, vrabec domácí a koroptev polní). Některé nové druhy člověk uměle vysadil (pstruh duhový, muflon) a jiné zase vyhubil (medvěd, vlk, rys). Daří se zde mnoha dalším druhům typickým pro lesní prostředí, jako je jelen, srnčí zvěř, prase divoké, liška a další. [14]

### 4.6.2 Flóra

V dřívějších dobách býval celý region Českého Krumlova pokryt lesem. Zhruba do nadmořské výšky 500 – 600 m se většinou vyskytovaly acidofilní doubravy. Jednalo se tedy o lesy s převahou dubu a velkou příměsí jedle. Ve středních polohách regionu až do nadmořské výšky přes 1000 m se vyskytovaly především smíšené lesy s převahou buku a příměsí jedle a smrku. V nejvyšších polohách okolo 1200 m n. m. se nachází horské klimaxové smrčiny. [15]

## 5 Zhodnocení stavu a významu území

Návrh malé vodní nádrže je situován na pozemku p. č. 1781/1 v katastrálním území Světlík na základě požadavku investora a majitele tohoto pozemku. V katastru nemovitostí je tato parcela vedena jako vodní plocha (zamokřená plocha).

V současné době není plocha jakkoliv využívána. Při terénním průzkumu bylo zjištěno, že část pozemku je zalesněná nebo se zde nachází podmáčené rašelinné půdy (viz obrázek 4). Koryto vodního toku je přibližně 1 m široké ve dně, břehy jsou ve sklonu 1 : 1 nebo prudší a koryto není opevněno (viz obrázek 5). V korytě vodního toku je možné vidět popadané stromy a vymleté břehy, které jsou důsledkem průchodu velkých vod, tedy vodní eroze (viz obrázek 6). Mimo hlavní koryto vodního toku se na daném pozemku vyskytují velmi malé přítoky, které nejsou nikde zaznamenány. V těchto přítocích teče voda pouze při vydatnějších deštích nebo jarním tání sněhu.

Vzhledem k tomu, že se na pozemku nachází vodní tok a poměrně dobrý reliéf terénu, je toto místo vhodné k vybudování malé vodní nádrže, která bude mít především krajinoformnou funkci. Mělo by dojít k zadržení vody v krajině, zlepšení ekologické stability krajiny a přírodních podmínek území a zvýšení biodiverzity.



Obrázek 4: Pohled na zájmové území z vedlejšího pozemku





Obrázek 5: Stávající koryto vodního toku



Obrázek 6: Detailní pohled na stávající koryto



## 6 Vstupní podklady

Pro zpracování této studie výstavby malé vodní nádrže na přítoku Černého potoka v rámci bakalářské práce byly použity mapové podklady, hydrologická data a inženýrsko-geologický průzkum. Dalším podkladem pro zpracování byl vlastní terénní průzkum.

### 6.1 Mapové podklady

Mapové podklady, které pro zpracování bakalářské práce zapůjčil Zeměměřický úřad:

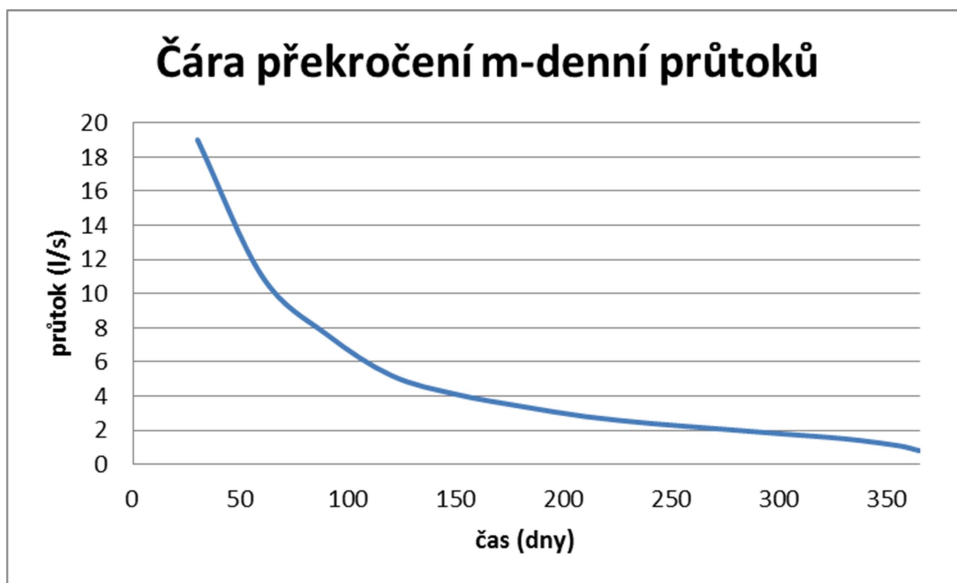
- Digitální model reliéfu České republiky 5. generace (DMR 5G)
- Vektorová data katastrální složky SM 5
- Vektorová data výškopisné složky SM 5
- Základní báze geografických dat České republiky (ZABAGED®) – polohopis
- Základní mapa České republiky v měřítku 1:10 000 (ZM10)
- Základní mapa České republiky v měřítku 1:25 000 (ZM25)

Při návrhu se vycházelo především z Digitálního modelu reliéfu České republiky 5. generace. Z tohoto modelu byla vytvořena vrstevnicová mapa. Odstup vrstevnic byl zvolen 0,25 m. Přes tuto mapu byla vložena ještě vektorová katastrální mapa SM5, protože základním požadavkem je postavit malou vodní nádrž na již zmíněném pozemku.

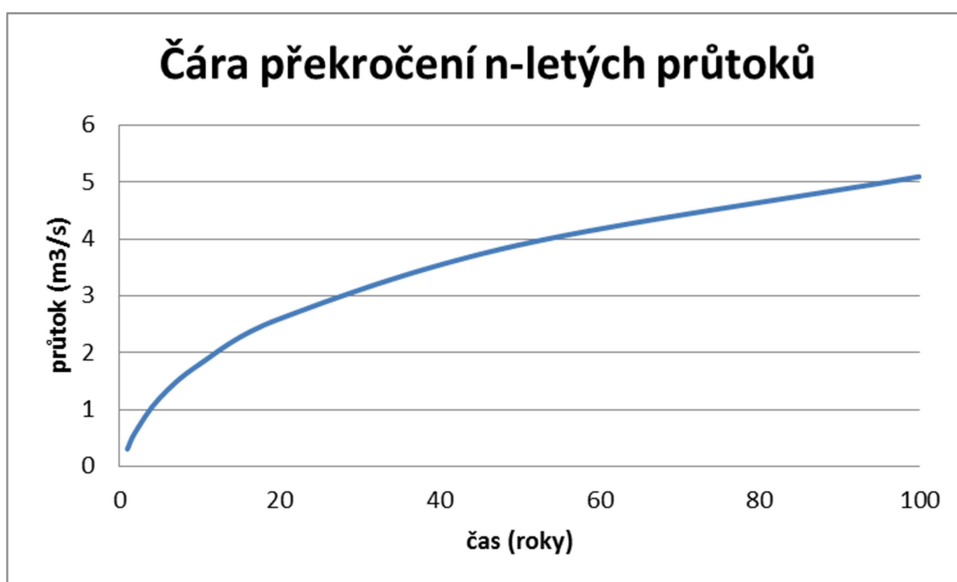
### 6.2 Hydrologická data

Hydrologické údaje povrchových vod pro zpracování bakalářské práce poskytl Český hydrometeorologický úřad (pobočka České Budějovice) dne 23. 4. 2017.

Plocha povodí ke zvolenému profilu má rozlohu 0,81 km<sup>2</sup>. Dlouhodobá průměrná roční výška srážek na povodí je 809 mm a dlouhodobý průměrný průtok je 7,4 l/s. Hodnoty m-denních průtoků jsou patrné z grafu č. 1 a hodnoty N-letých průtoků z grafu č. 2.



Graf 1: Čára překročení m-denních průtoků



Graf 2: Čára překročení n-letých průtoků

### 6.3 Vlastní terénní průzkum zájmové lokality

Dne 19. 3. 2017 byl proveden vlastní terénní průzkum. Pozornost byla zaměřena především na tu část pozemku, která je blíže komunikaci II. třídy, protože v těchto místech by měla být postavena hráz malé vodní nádrže, a na stávající propustek pod touto komunikací. Dále byl prozkoumán možný přístup na staveniště (viz obrázek č. 9). Při tomto terénním průzkumu byly pořízeny fotografie dané lokality.

Na obrázku č. 7 je pohled na zájmové území z komunikace II. třídy (z místa nad propustkem). Pohled na místo, kde je navržena hráz vodního díla a sdružený objekt. Hráz je navržena jako

přímá a jde rovnoběžně se silnicí. Osa hráze se nachází ve vzdálenosti 19,3 m od osy komunikace. Stávající propustek tvoří dvě kruhová betonová potrubí DN 1000 (viz obrázek č. 8).



**Obrázek 7: Pohled na zájmové území z komunikace nad propustkem a místo budoucí hráze**





Obrázek 8: Pohled na propustek pod komunikací



Obrázek 9: Pohled na možný vjezd na pozemek, přímo k budoucí hrázi

## 6.4 Inženýrsko-geologický průzkum

Pro zpracování této studie nebyl vypracován hydrogeologický posudek, tudíž se bude vycházet z Inženýrsko-geologického posudku, který vypracoval Miroslav Melichar (odborně způsobilá osoba v inženýrské geologii a hydrogeologii) v listopadu 2008 pro projekt výstavby malé vodní nádrže u obce Světlík přibližně 2,5 km severně od námi zvolené lokality. V rámci toho inženýrsko-geologického posudku byly geologické a pedologické poměry stanoveny osmi průzkumnými sondami vyhloubenými rypadlem. Z těchto 8 sond byl stanoven 1 vzorový profil, ze kterého se bude vycházet při návrhu této malé vodní nádrže.

Tento předpoklad bude ověřen inženýrsko-geologickým průzkumem v oblasti navržené hráze a zátopy pro další stupně zpracování.

Vzorový horizont:

0,00 – 0,30 m                      drn + hlína, humózní

0,30 – 1,00 m                    hlína – písčité

1,00 – 1,70 m                    jíl – písčité

Součinitel hydraulické vodivosti materiálu K je  $5 \cdot 10^{-8} \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ .



## 7 Technické řešení

### 7.1 Návrh technického řešení

Návrh technického řešení malé vodní nádrže na přítoku Černého potoka u obce Světlík byl řešen v souladu s normou ČSN 74 2510 – Malé vodní nádrže. Na základě terénního průzkumu, mapových podkladů a požadavků investora byl zvolen nejvhodnější profil k vybudování hráze malé vodní nádrže. Technické řešení bylo stanoveno s ohledem na možnosti dané lokality tak, aby nádrž splňovala svou krajinnotvornou funkci. Návrh je dále založen na hydrotechnických výpočtech.

### 7.2 Základní technické parametry

Typ nádrže:	průtočná
Délka hráze:	131,47 m
Šířka koruny:	4 m
Kóta koruny hráze:	772,50 m n. m.
Normální hladina:	771,95 m n. m.
Vodní plocha (při normální hladině):	8 550,5 m <sup>2</sup>
Objem vody (při normální hladině):	8 172,4 m <sup>3</sup>
Maximální hladina:	772,30 m n. m.
Vodní plocha (při maximální hladině):	9 213,4 m <sup>2</sup>
Objem vody (při maximální hladině):	11 281,1 m <sup>3</sup>

### 7.3 Členění stavby a popis jednotlivých stavebních objektů

Technické řešení je rozděleno na tyto stavební objekty:

- SO 01 Hráz
- SO 02 Sdružený objekt
- SO 03 Úpravy v zátopě

### 7.3.1 SO 01 Hráz

Hráz je navržena jako přímá, zemní a homogenní. Předpokládá se využití odtěžených zemín z prostoru zátopy. Tento předpoklad bude ověřen na základě hydrogeologického posudku, který bude pro další stupně projektové dokumentace zpracován. V celé ploše staveniště bude sejmuta ornice o tloušťce 0,3 m. Tedy předpokládáme, že na stavbu hráze se bude těžit buď písčité hlína, která je dle normy „ČSN 75 2410 - Malé vodní nádrže“ na stavbu homogenní hráze vhodná, nebo písčité jílo, který je dle stejné normy velmi vhodný pro stavbu homogenní hráze. Odtěžené množství zeminy ze zátopy odpovídá dostatečnému množství zemín potřebných pro násyp hráze.

Délka hráze je 131,47 m. Šířka v koruně hráze je 4,0 m a zajistí tedy občasnou možnost pojezdu po koruně hráze. Hráz bude napojena na stávající silnici II/162 mezi obcemi Světlík a Blatná. Maximální výška hráze je 2,3 m.

Hráz má lichoběžníkový tvar. Sklon návodního líce je 1 : 3,3 a sklon vzdušního líce je 1 : 2. Pro návrh sklonů svahů homogenní hráze byla použita tabulka „Orientální sklon svahů hrází“ z normy ČSN 75 2410 „Malé vodní nádrže“. Norma udává doporučené sklon pro návodní i vzdušný svah na základě zvolené zeminy. Vzdušná strana a koruna hráze bude ohumusována v tloušťce 0,1 m a následně oseta travní směsí, čímž dojde ke zpevnění této vrstvy. Při patě vzdušního líce bude proveden patní drén, který bude sloužit k odvádění průsakové vody z hráze a bude vyústěn do stávajícího koryta toku. Průsaková voda bude odváděna pomocí perforované trubky z PVC materiálu o průměru DN 200. Drenážní potrubí bude uloženo v obsypu z lomového kamene. Mezi touto drenážní vrstvou a tělesem hráze budou 2 přechodné filtrační vrstvy. První vrstva bude tvořena frakcí 0/8 a druhá vrstva frakcí 16/32. Přechodové vrstvy zamezí vyplavování jemných částic z tělesa hráze a ucpání drenážního potrubí. Návodní líc bude opevněn v celé délce. Opevnění bude tvořeno z drceného lomového kamene frakce 63/125 mm tloušťky 300 mm. Pod tímto pohozením budou dvě vrstvy šterkopískového filtru. První vrstva tloušťky 200 mm bude tvořena z frakce 16/32 a druhá vrstva stejné tloušťky z frakce 0/8. Výška opevnění bude dosahovat až ke koruně hráze. Opevnění na návodní straně bude zajištěno stabilizační patkou z lomového kamene do 150 kg. Po obvodu stabilizační patky bude natažena geotextilie.

Před začátkem sypání homogenní hráze je nutné připravit základovou spáru. Na začátku se odstraní ornice, zbytky vegetace s kořeny, půda s vysokým obsahem organických látek a ostatní málo únosné a nevhodné zeminy. Odstraněná ornice se musí uložit tak, aby nedošlo k jejímu znehodnocení. Na závěr bude ornice využita na ohumusování vzdušního svahu. [12]

Hráz bude založena 1 m pod úroveň stávajícího terénu. Sypání homogenní hráze bude probíhat po vrstvách max. 0,2 před zhutněním. Všechn materiál hráze musí být zhutněn na 95 % objemové hmotnosti sušiny podle standardní Proctorovy zkoušky. Vlhkost při standardní Proctorově zkoušce by se při hutnění neměla lišit o více než – 2 % až + 3 %. [2] V případě realizace nádrže bude hloubka založení hráze přizpůsobena místním podmínkám a posouzení kvalifikovaným geologem.

### 7.3.2 SO 02 Sdružený objekt

V rámci studie výstavby MVN byl sdružený objekt navržen pouze schematicky. Byla spočítána výška přepadového paprsku přes přelivnou hranu pro průtok  $Q_{100}$ , délka přelivné hrany a velikost odpadního potrubí.

Sdružený objekt spojuje výpustné zařízení a bezpečnostní přeliv. Uzávěr výpustného zařízení bude typu požerák s dvojitou dlužovou stěnou šířky 0,4 m, zabudovaný do tělesa bezpečnostního přelivu. Sdružený objekt je z velké části zapuštěn do tělesa hráze. Jedná se o betonovou konstrukci, jejíž půdorys má tvar obdélníku. Půdorys bezpečnostního přelivu má šířku 3,5 m, délku 5,5 m a tloušťku stěny 0,3 m. Délka přelivné hrany je tedy 14,5 m. Koruna přelivné hrany má pravouhlý příčný profil na kótě 771,95 m n. m.

Na sdružený objekt navazuje odpadní potrubí, které budou tvořit dvě kruhová uzavřená potrubí DN 1200. Odpadní potrubí je navrženo tak, aby převedlo průtok  $Q_{100}$  prouděním o volné hladině, s nezatopeným vtokem a bez ovlivnění dolní vodou. Nemělo by dojít k tlakovému proudění. Podélný sklon ve sdruženém objektu a odpadním potrubí je 1 %. Potrubí byla navržena tak, aby směrově navazovala na propustek pod komunikací. Prostor mezi propustkem pod komunikací a vyústěním navržených odpadních potrubí bude opevněn kamennou dlažbou. V rámci dalšího zpracování bude provedeno posouzení potřeby a případná dimenze vývaru.

### 7.3.3 SO 03 Úpravy v zátopě

Stavební objekt 03 zahrnuje vybudování nové rybníční stoky v délce 149 m a odtěžení stávajícího terénu dle navrženého nového dna nádrže.

#### 7.3.3.1 Rybníční stoka

Rybníční stoka vedoucí ke sdruženému objektu vodního díla bude vybudována v délce 149 m nová. Trasa rybníční stoky je navržena z přímých částí propojených protisměrnými oblouky o poloměru  $R = 50,0$  m. Úprava přírodního koryta začíná v km 0,009 navázáním

na železobetonový sdružený objekt SO 02 a je zakončena v km 0,158 napojením na původní koryto levostranného přítoku Černého potoka. Podélný sklon nového přívodního koryta v úseku délky 90 m nad sdruženým objektem je 0,5 %. V navazujícím úseku délky 24 m je sklon dna 10 %. V posledním úseku délky 35 m před napojením na stávající koryto je sklon dna 4,7 %. Průtočný profil nového koryta bude upraven do tvaru lichoběžníku o šířce ve dně 1,0 m s břehy ve sklonu 1 : 1. Hloubka nového koryta je 0,3 m.

Koryto v prostoru zátopy nebude opevněno. Na přítoku do nádrže v oblasti s největším sklonem bude vybudován kamenný skluz z lomového kamene do 200 kg. Na začátku i na konci bude zabezpečen stabilizačním betonovým pasem. Vybudováním kamenného skluzu dojde k okysličení vody, což bude mít pozitivní vliv na vegetaci v oblasti litorální zóny.

### 7.3.3.2 Úprava prostoru zátopy

Vytvoření zátopového prostoru bude probíhat odstraněním přebytečného zemního materiálu podle navrženého dna nádrže. Spolu s tímto materiálem bude odstraněna i veškerá vegetace v prostoru zátopy (stromy, keře). Část odtěženého materiálu bude využita na stavbu sypané homogenní hráze. Zbylý odtěžený zemní materiál bude vyžit na dorovnání nerovností ve zbylé části pozemku.

Po obvodu a v nejvzdálenější části zátopy od tělesa hráze vznikne litorální zóna o rozloze 1029,2 m<sup>2</sup> (12,5 % z celkové plochy zátopy při hladině normálního nadržení). Tato zóna tvoří plynulý přechod mezi vodním prostředím nádrže a okolním územím, chrání břehy před účinkem vln a má ekologický a estetický význam. V litorální oblasti se sklony svahů pohybují od 1 : 4 až po 1 : 10 a hloubka vody je uvažována do 0,8 m. Navržené hodnoty sklonu svahů je možné vyčíst z výkresové dokumentace (podélné a příčné řezy zátopou).

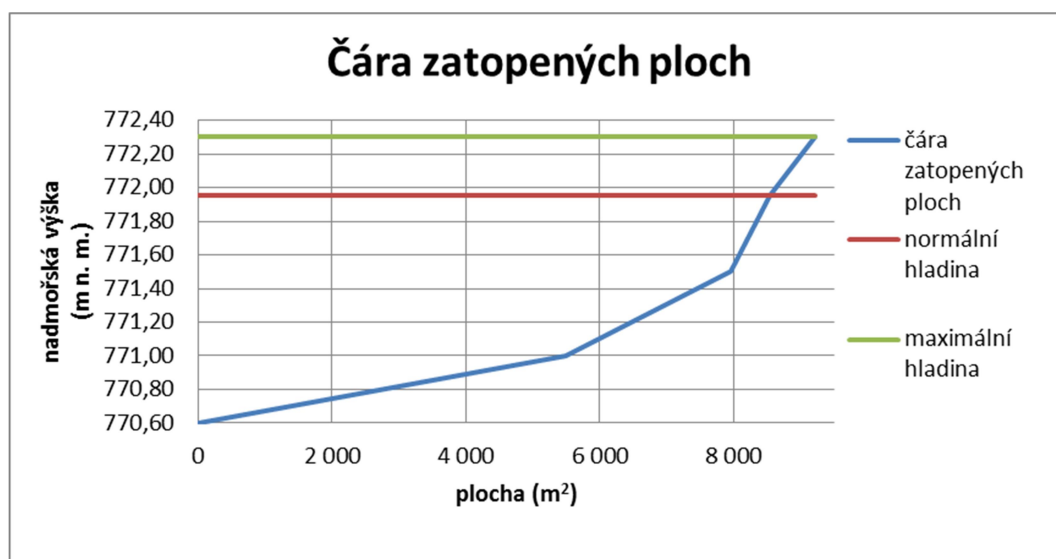
## 8 Hydrotechnické výpočty

### 8.1 Charakteristické křivky nádrže

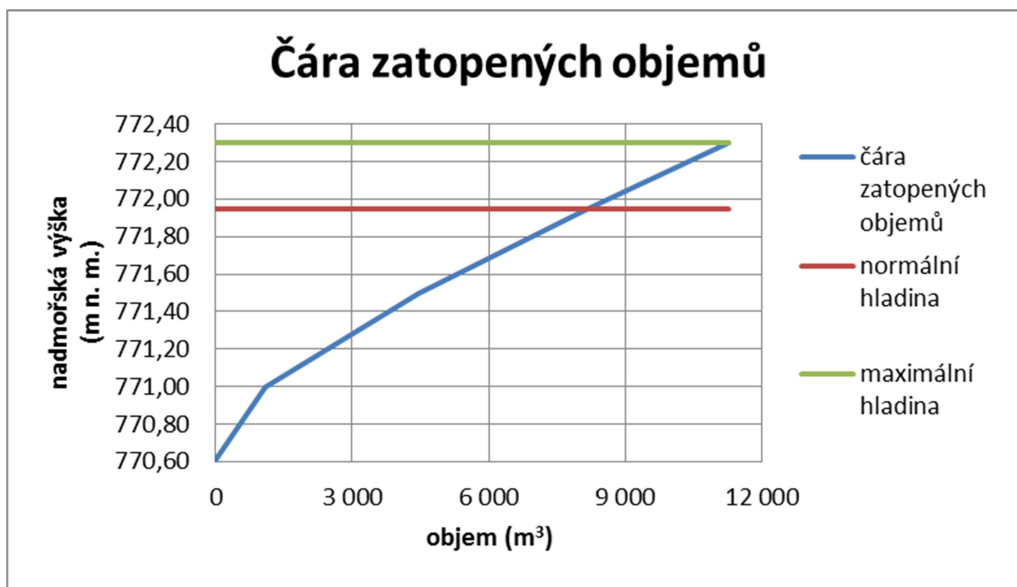
Charakteristiku každé nádrže vyjadřují tzv. batygrafické křivky. Tyto křivky byly stanoveny pomocí nově vytvořených vrstevnic v zátopě. Nejprve jsou vrstevnice voleny po 0,5 m, poté následuje kóta hladiny normálního nadržení a maximální hladina. Postup výpočtu je patrný z tabulky č. 4. Čára zatopených ploch je vyobrazena v grafu č. 3, čára zatopených objemů v grafu č. 4.

Tabulka 2: Parametry nádrže

i	kóta hladiny	$\Delta h$ (m)	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$0,5(S_i+S_{i-1})$ (m <sup>2</sup> )	$V_i$ (m <sup>3</sup> )	$\Sigma V_i$ (m <sup>3</sup> )	
1	770,60	0,00	0	0	0	0	
2	771,00	0,40	5487	2743	1097	1097	
3	771,50	0,50	7957	6722	3361	4458	
4	771,95	0,45	8550	8254	3714	8172	normální hladina
5	772,30	0,35	9213	8882	3109	11281	maximální hladina



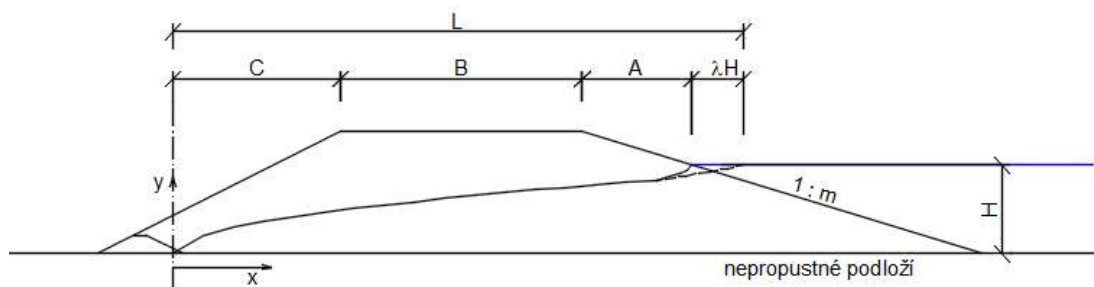
Graf 3: Čára zatopených ploch



Graf 4: Čára zatopených objemů

## 8.2 Průsak homogenní hrází na nepropustném podloží

Při výpočtu průsaku homogenní hrází byl uvažován předpoklad ustáleného rovnoměrného proudění a založení na nepropustném podloží.



Obrázek 10: Schéma pro výpočet průsaku homogenní hrází na nepropustném podloží

Vztahy použité pro výpočet průsaku tělesem hráže: [18]

$$\lambda = \frac{m}{1 + 2 \cdot m}$$

$$L = \lambda \cdot H + A + B + C$$

$$q = K_s \cdot \frac{H^2}{2 \cdot L}$$

Tabulka 3: Výpočet průsaku tělesem hráze

A	1,815	m	vzdálenost hladiny od hrany koruny hráze
B	4,000	m	šířka koruny hráze
C	2,781	m	Vzdálenost patního drénu od hrany koruny hráze
m	3,300	-	sklon návodního líce
$\lambda$	0,434	-	koeficient
H	1,300	m	hloubka vody v nádrži
L	9,160	m	délka depresní křivky
$K_s$	$5 \cdot 10^{-8}$	$m \cdot s^{-1}$	součinitel hydraulické vodivosti zeminy
q	$4,61 \cdot 10^{-9}$	$m^3 \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}$	specifický průsak na 1 m délky hráze

Rovnice depresní křivky:

$$y^2 = \frac{H^2}{L} \cdot x$$

Tabulka 4: Hodnoty určující depresní křivku

x (m)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
y (m)	0,000	0,430	0,607	0,744	0,859	0,960	1,052	1,136	1,215	1,289

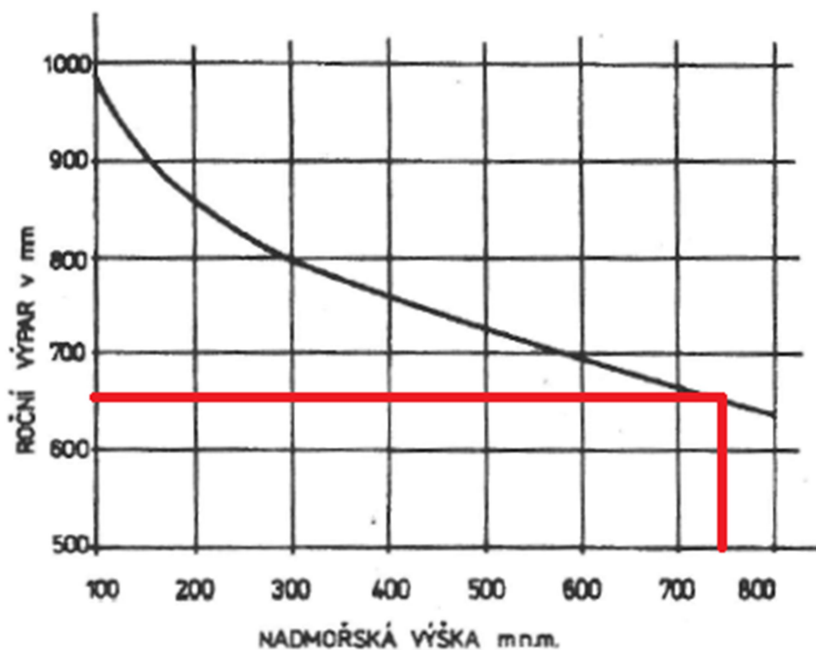
### 8.3 Ztráty vody v nádrži

Existuje několik druhů ztrát vody z nádrže. Ztráty jsou tvořeny výparem z vodní hladiny, transpirací rostlin, infiltrací vody do dna nádrže, průsakem hrází, netěsnostmi objektů, provozními ztrátami a dočasnou ztrátou zamrznutím. [18]

Ztráty vody vsakem do dna tvoří jednorázovou ztrátu. Tato ztráta nastává, pokud je nádrž po vypuštění delší dobu bez vody a v případě prvního napouštění. Závisí na rozloze a morfologickém tvaru nádrže, pórovitosti materiálu dna nádrže a geologických podmínkách podloží. Pro výpočet bilance nádrže je možné tuto ztrátu zanedbat. [18]

#### 8.3.1 Ztráta vody výparem z vodní hladiny

Roční výšku výparu z vodní hladiny je možno určit v závislosti na nadmořské výšce z grafu (obrázek 11). Tuto získanou hodnotu stačí jen přenásobit plochou vodní hladiny a získáme požadovaný objem vody. [18]



Obrázek 11: Roční výpar z volné hladiny v závislosti na nadmořské výšce [18].

Lokalita stavby malé vodní nádrže se nachází v nadmořské výšce 772 m n. m. Této hodnotě nadmořské výšky odpovídá roční výpar 650 mm. Vodní plocha při normální hladině má rozlohu 8 550,5 m<sup>2</sup>. Průměrný objem vypařené vody za 1 rok je tedy 5 558 m<sup>3</sup>.

Pro přesnější výpočet se vychází z nomogramu, kde denní výpar v určitém období (např. měsíc) je funkcí průměrné teploty vzduchu a tlaku par ve zkoumaném období. Celková ztráta za delší období je pak součet dílčích ztrát. [18]

### 8.3.2 Ztráty vody transpirací rostlin

Ztráty vody transpirací rostlin závisí na poměru zarostlé plochy k volné hladině a na růstové fázi vegetace. Transpirace je větší během letních měsíců až několikanásobně. Celkový výpar ze zarostlé i nezarostlé hladiny je možno určit přenásobením výparu z volné hladiny opravným součinitelem dle odhadnutého podílu zarostlé plochy z volné hladiny. [19][18]

Zarostlá plocha je uvažována jako litorální zóna a ta má rozlohu 1029,2 m<sup>2</sup>, to představuje 12,5 % celkové plochy vodní hladiny. Opravný koeficient pro tento podíl je 1,03. Celková ztráta vody z volné hladiny i s litorálním pásmem je tedy 5 725 m<sup>3</sup>.



## 8.4 Bilance nádrže

Bilance vodní nádrže se zpravidla provádí pro jednoleté období v objemových jednotkách. Důvodem je posouzení, zda bude dostatek vody pro naplnění nádrže a posouzení její dlouhodobé funkce. Hlavní bilanční složky jsou: přítok do nádrže ( $Q_a$ ), odtok z nádrže (např.  $Q_{MZP}$ ), ztráty výparem ( $H_{vyp}$ ), ztráty průsakem tělesem hráze ( $Q_{ph}$ ), ztráty průsakem pod tělesem hráze ( $Q_{pph}$ ), ztráty průsakem do podloží ( $Q_{pdl}$ ) a odběry vody ( $V_{odb}$ ).

Je předpokládáno, že hráz bude na nepropustném podloží, tudíž do výpočtu neuvažujeme ztráty vody průsakem pod tělesem hráze. Tento předpoklad bude upřesněn na základě inženýrsko-geologického průzkumu.

Minimální zůstatkový průtok byl stanoven v souladu s Metodickým pokynem odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí ke stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích. Směrné hodnoty MZP se stanoví podle tabulky 5. V tomto případě odpovídá minimální zůstatkový průtok průtoků  $Q_{330d}$ . [21]

**Tabulka 5: Stanovení minimálního zůstatkového průtoku (zdroj: Metodický pokyn MŽP ke stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích)**

průtok $Q_{355d}$	minimální zůstatkový průtok
$< 0,05 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{330d}$
$0,05 - 0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$(Q_{330d} + Q_{355d}) \cdot 0,5$
$0,51 - 5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$Q_{355d}$
$> 5,0 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$(Q_{355d} + Q_{364d}) \cdot 0,5$

**Tabulka 6: Výpočet členů bilanční rovnice**

Člen rovnice	značení	hodnota	jednotky	objem	hodnota	jednotky
Přítok do nádrže	$Q_a$	0,0074	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$V_a$	233 366,40	$\text{m}^3$
Odtok z nádrže	$Q_{MZP}$	0,0015	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$V_{MZP}$	47 304	$\text{m}^3$
Ztráty výparem	$H_{vyp}$	650	mm	$V_{vyp}$	5 558	$\text{m}^3$
Ztráty průsakem tělesem hráze	$Q_{ph}$	$6,06 \cdot 10^{-7}$	$\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$	$V_{ph}$	19,12	$\text{m}^3$

$$\text{Bilanční rovnice: } V_{bil} = V_a - V_{hyg} - V_{vyp} - V_{ph} = 180\,485,47 \text{ m}^3$$

Zásobní objem nádrže  $V_z = 8\,172,42 \text{ m}^3$ .  $V_{bil}$  je větší než zásobní objem nádrže. Nádrž bude pravděpodobně možné naplnit v době kratší než jeden rok.

## 8.5 Výpočet délky bezpečnostního přelivu

Pro výpočet potřebné délky přepadové hrany se použije Bazinova rovnice. Veličiny použité ve vzorci jsou vysvětleny v tabulce 7. [20]

$$Q = m \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{\frac{3}{2}}$$

Tabulka 7: Vysvětlení veličin použitých v rovnici

veličina	jednotky	popis
$m$	-	součinitel přepadu, ve kterém je zahrnut i vliv přítokové rychlosti
$b$	$m$	šířka přelivné hrany
$h$	$m$	přepadová výška

V prvním přiblížení je uvažována hodnota součinitele přepadu  $m = 0,4$ .

$$Q = Q_{100} = 5,1 \text{ m}^3/\text{s} \quad \text{návrhový průtok}$$

$$h = 0,35 \text{ m} \quad \text{zvolená výška přepadového paprsku}$$

$$b = 13,9 \text{ m} \quad \text{přibližná hodnota délky přelivné hrany}$$

Pro přesnější výpočet byla použita Bazinova rovnice ve tvaru, která zohledňuje i vliv šířky a tvaru přelivné hrany. [20]

$$Q = \frac{2}{3} \cdot \mu_p \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{\frac{3}{2}}$$

Součinitel  $\mu_p$  závisí na tvaru, drsnosti a uspořádání koruny přelivu a přepadové výšce  $h$ . Koruna přelivné hrany má pravoúhlý příčný profil. Hodnoty součinitele  $\mu_p$  vyplývají z tabulky 8. [20]

Tabulka 8: Součinitel přepadu pro jezové přelivy (obdélníkový průřez koruny)

$h/t$	0,10	0,33	0,50	1,00	1,50	2,00
$\mu_p$	0,450	0,480	0,495	0,555	0,615	0,630

$$t = 0,30 \text{ m} \quad \text{tloušťka zdi přelivu v koruně}$$

$$h = 0,35 \text{ m} \quad \text{přepadová výška}$$

$$\mu_p = 0,595 \quad \text{součinitel přepadu pro } h/t = 1,2$$

$$b = 14,02 \text{ m} \quad \text{délka přelivné hrany pro průtok } Q_{100} = 5,1 \text{ m}^3/\text{s}$$

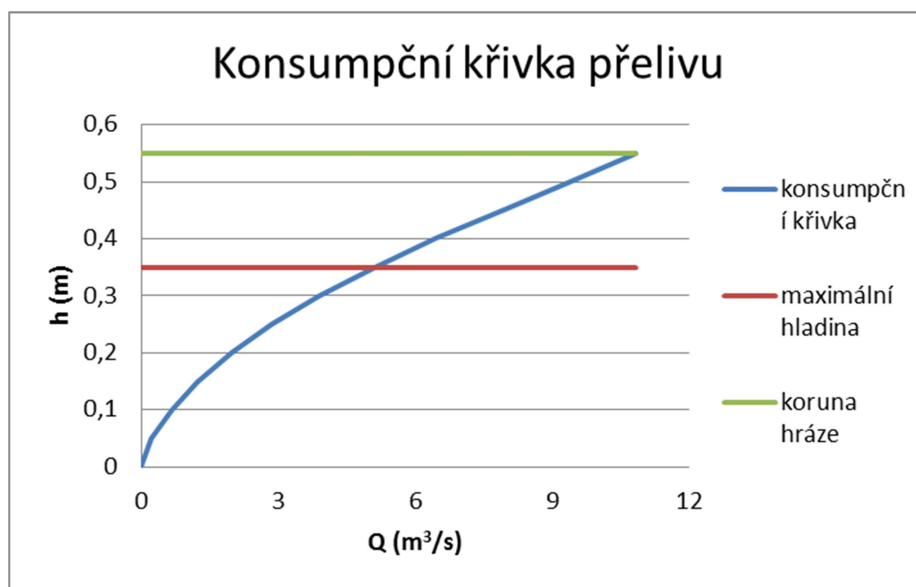
Výsledná délka přelivné hrany bezpečnostního přelivu je 14,5 m. Půdorys bezpečnostního přelivu je navržen ve tvaru obdélníku o rozměrech 5,5 m x 3,5 m (jedna strana o délce 3,5 m se neuvažuje z důvodu velmi malé hloubky vody u přepadové hrany).

## 8.6 Konsumpční křivka přelivu

Konsumpční křivka přelivu je závislost výšky přepadového paprsku na průtokovém množství. Tato křivka se počítá až po úroveň koruny hráze pro jednotlivé kroky přepadové výšky. Pro výpočet průtokového množství  $Q$  se používá stejný vzorec jako při výpočtu délky přelivné hrany.

Tabulka 9: Vypočet konsumpční křivky přelivu

h [m]	h/t	$\mu p$	Q [m <sup>3</sup> /s]	
0	0,000	0	0,00	
0,05	0,167	0,459	0,22	
0,1	0,333	0,480	0,65	
0,15	0,500	0,495	1,23	
0,2	0,667	0,515	1,97	
0,25	0,833	0,535	2,86	
0,3	1,000	0,555	3,90	
0,35	1,167	0,575	5,10	maximální hladina
0,4	1,333	0,595	6,44	
0,45	1,500	0,615	7,95	
0,5	1,667	0,620	9,39	
0,55	1,833	0,620	10,83	koruna hráze



Graf 5: Konsumpční křivka přelivu

## 8.7 Dimenze odpadního potrubí

Odpadní potrubí musí být navrženo tak, aby provedlo návrhový průtok  $Q_{100}$  s volnou hladinou. Nesmí zde tedy dojít k tlakovému proudění. Průměr  $D$  se spočte z Chézyho rovnice. Předpokládá se návrh dvou kruhových potrubí. Návrh se tedy vypočítá pouze pro 1 kruhové potrubí, které musí provést návrhový průtok  $Q_{100}/2$ .

$$Q = C \cdot S \cdot \sqrt{R \cdot i} = \frac{1}{n} \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \left(\frac{D}{4}\right)^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{n} \cdot \pi \cdot \frac{D^{\frac{8}{3}}}{5} \cdot i^{\frac{1}{2}}$$

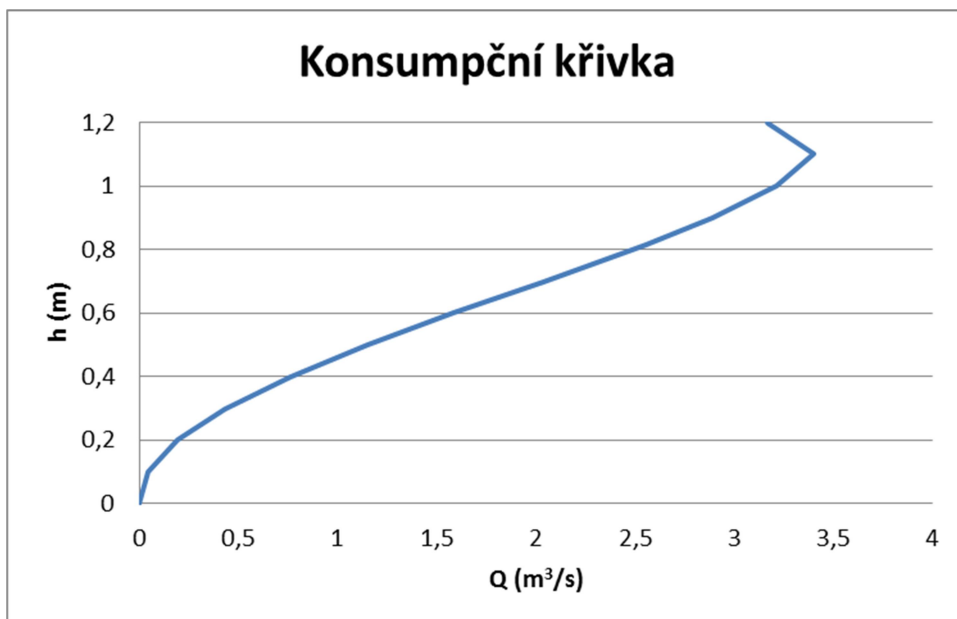
Tabulka 10: Výpočet potřebného poloměru potrubí

veličina	hodnota	jednotky	popis
$Q$	2,550	$m^3 \cdot s^{-1}$	Poloviční návrhový průtok $Q_{100}$
$n$	0,016	-	Drsnostní součinitel
$i$	0,010	-	Sklon dna
$D$	1,106	$m$	Potřebný průměr potrubí

Minimální potřebný průměr potrubí je tedy 1,106 m. Je tedy navrženo potrubí DN 1200. V tabulce č. 11 uveden výpočet konsumpční křivky potrubí. Návrhový průtok bude protékat potrubím, pokud bude profil plný z 68 %. Konsumpční křivka je vykreslena v grafu č. 6.

Tabulka 11: Výpočet konsumpční křivky

h (m)	O (m)	S (m <sup>2</sup> )	R (m)	C	Q (m <sup>3</sup> ·s <sup>-1</sup> )
0,1	0,703	0,045	0,064	39,53	0,045
0,2	1,009	0,124	0,123	44,06	0,191
0,3	1,257	0,221	0,176	46,79	0,434
0,4	1,477	0,330	0,223	48,69	0,759
0,5	1,684	0,446	0,265	50,09	1,150
0,6	1,885	0,565	0,300	51,14	1,584
0,7	2,086	0,685	0,328	51,91	2,037
0,8	2,293	0,801	0,349	52,45	2,483
<b>0,816</b>	2,326	0,819	0,352	52,52	<b>2,550</b>
0,9	2,513	0,910	0,362	52,76	2,889
1	2,761	1,007	0,365	52,83	3,213
1,1	3,067	1,086	0,354	52,57	3,397
1,2	3,770	1,131	0,300	51,14	3,168



Graf 6: Konsumpční křivka

## 8.8 Výpočet kubatury hráze

Pro výpočet kubatury hráze vodního díla byly zpracovány příčné řezy tělesem hráze. Vzdálenost řezů byla zvolena 20 m (konec hráze pouze 11,4 m). Výpočet kubatury hráze je patrný z tabulky č. 12. Výsledný objem tělesa hráze je 3 105 m<sup>3</sup>.

Tabulka 12: Výpočet kubatury hráze

řez i	l (m)	S <sub>i</sub> (m <sup>2</sup> )	0,5 (S <sub>i</sub> +S <sub>i-1</sub> ) (m <sup>2</sup> )	V <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> )	ΣV <sub>i</sub> (m <sup>3</sup> )
začátek hráze	0	0	0	0	0
H1	20	18,64	9,32	186,41	186,41
H2	20	28,98	23,81	476,23	662,64
H3	20	33,69	31,34	626,72	1 289,35
H4	20	33,99	33,84	676,80	1 966,15
H5	20	29,48	31,73	634,68	2 600,83
H6	20	13,29	21,38	427,63	3 028,46
konec hráze	11,4	0	6,64	75,73	<b>3 104,19</b>

## 8.9 Výpočet množství odtěženého zemního materiálu ze zátopy

Podobným způsobem, jako byla vypočtena kubatura hráze vodního díla, bylo zjištěno množství odtěženého zemního materiálu ze zátopy. Pro tento výpočet se vycházelo z příčných řezů zátopy, které jsou od sebe vzdáleny 30 m. U každého příčného řezu byla zjištěna plocha

mezi upraveným terénem po odhumusování tloušťky 0,3 m a nově navrženým dnem. Výpočet odtěženého množství zeminy je v tabulce č. 13.

**Tabulka 13: Výpočet odtěženého množství zemního materiálu ze zátopy**

řez i	l (m)	$S_i$ (m <sup>2</sup> )	$0,5 (S_i+S_{i-1})$ (m <sup>2</sup> )	$V_i$ (m <sup>3</sup> )	$\Sigma V_i$ (m <sup>3</sup> )
hráz	0	12,39	0	0	0
A1	30	45,73	29,06	871,70	871,70
A2	30	75,81	60,77	1 823,05	2 694,75
A3	30	98,51	87,16	2 614,83	5 309,58
konec zátopy	23	0	49,26	1 132,89	<b>6 442,47</b>

Množství odtěženého materiálu ze zátopy je přibližně 6 442,47 m<sup>3</sup>. Pokud bude inženýrsko-geologickým posudkem stanoveno, že je tento zemní materiál vhodný pro výstavbu homogenní hráze, jak je v této studii předpokládáno, bude přibližně polovina odtěženého zemního materiálu použita na stavbu tělesa hráze. Zbývá část odtěžené zeminy, která nebude využita na stavbu tělesa hráze, bude použita na vyrovnání terénních depresí v dalších částech pozemku a na zasypání původního koryta levobřežního přítoku Černého potoka.

## 9 Diskuze

Je všeobecně známo, že bez vody není života, a proto je důležité, se o vodní zdroje starat. Hospodaření s vodou je úzce spojeno právě s existencí lidské populace. A je to lidská činnost, která utváří novodobou tvář krajiny. Mělo by být podporováno vytváření nových vodních ekosystémů a děl, jako jsou malé vodní nádrže.

V rámci bakalářské práce byla vypracována studie výstavby malé vodní nádrže na přítoku Černého potoka v katastrální území Světlík tak, aby splňovala požadavky majitele pozemku a zároveň investora stavby. Návrh byl zpracován podle normy ČSN 74 2410 „Malé vodní nádrže“. Hlavní funkce nádrže je krajinnotvorná a ekologická.

Hráz byla navržena jako čelní, přímá a homogenní. Materiál na stavbu hráze bude použit z výkopu při úpravě nádrže. Předpoklad, zda se v zátopě nachází vhodná zemina pro stavbu homogenní hráze, bude upřesněn inženýrsko-geologickým průzkumem před zpracováním projektové dokumentace. Vytěžené množství zeminy je přibližně dvakrát větší než požadované množství zeminy na stavbu hráze. Určité množství vytěžené zeminy bude využito na zasypání části stávajícího koryta, protože v zátopě bude navrženo nové přírodní koryto. Zbylé množství vytěžené zeminy může být využito na vyrovnání terénních depresí v dalších částech pozemku. Další možné řešení je, že nebude těženo tak velké množství zeminy. To bude mít za následek snížení hloubky vody v nádrži a zvětšení litorální zóny. Litorální zóna je navržena o velikosti přibližně 1030 m<sup>2</sup>, to znamená pouze 12 % z celkové plochy hladiny stálého nadržení (8550,5 m<sup>2</sup>). Dle normy ČSN 75 2410 „Malé vodní nádrže“ by litorální zóna měla tvořit 15 až 18 % z celkové plochy hladiny stálého nadržení.

Pro převedení povodňových průtoků a vypuštění nádrže byl navržen sdružený objekt, který obsahuje bezpečnostní přeliv a v jeho čelní části se nachází otevřený požerák s dvojitou dlužovou stěnou. Pro vypuštění malé vodní nádrže budou postupně vyjmuty dluže. Vyjmutí bude prováděno ručně. Pro převedení povodňových průtoků je navržen bezpečnostní přeliv, který je částečně zasazen do tělesa hráze. Bezpečnostní přeliv je navržen na průtok  $Q_{100} = 5,1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ . Těleso bezpečnostní přelivu bude betonové. Na sdružený objekt navazuje odpadní potrubí, které tvoří dvě kruhová potrubí DN 1200. Výtok z těchto potrubí směrově navazuje na propustek pod silnicí. Propustek pod silnicí tvoří dvě betonová kruhová potrubí DN 1 m a výtoková a nátoková stěna. Stávající stav tohoto propustku není zrovna dobrý. Čelní nátoková stěna se rozpadá a dle výpočtů je propustek navržen na průtok menší než  $Q_{100}$ . Prostor mezi výtokem z odpadního potrubí a propustkem bude opevněn. V rámci výstavby

malé vodní nádrže je vhodné zvážit i možnost rekonstrukce tohoto nekapacitního propustku, jehož aktuální stav není dostačující. Problém rekonstrukce může spočívat v domluvě s majitelem propustku, kterým je Ředitelství silnic a dálnic ČR.

Na základě této studie bude dále zpracována projektové dokumentace a bude podána žádost o dotaci (Operační program životní prostředí). V rámci projektové dokumentace budou dále navrženy prvky s ekostabilizační a retenční funkcí, jako jsou tůně a mokřady, a stabilizační prahy nebo pasy na stávajícím korytě nad navrhovanou vodní nádrží. Dále bude provedeno posouzení odpadního potrubí a nadimenzován vývar na výtoku vody z odpadního potrubí.

Činnost člověka v krajině dlouhodobě znemožňuje přirozený vznik a obnovu tůní. Budováním tůní tak nahrazujeme přirozený proces a vrátíme do krajiny to, co tam přirozeně patří. Bohužel je v dnešní době nereálné umožnit opět přirozený vznik a obnovu tůní a mokřadů. Tůně budou pravděpodobně budovány na samovolně vzniklých potůčcích, ve kterých teče voda pouze po vydatnějších deštích nebo v jarním období při tání sněhu. Budou tedy budovány ve svažitém terénu, který směřuje k malé vodní nádrži, tak aby se ta část zeminy, která se vytěží, zpracovala na vybudování malé hrázky. Předpokládaná velikost tůní se pohybuje v desítkách m<sup>2</sup>.

Stávající koryto není opevněno a místy se v něm vyskytují popadané stromy a erozí porušené břehy. Po domluvě se správcem toku, kterým jsou Lesy ČR, s. p. je možné navrhnout stabilizační opatření a vyčištění koryta. Jednalo by se o přírodě blízké opatření ve stávajícím korytě a stávající trase v podobě několika stabilizačních pasů nebo prahů. V rámci úpravy stávajícího koryta nad vodní nádrží je možné navrhnout vedle koryta několik tůní, které budou napájeny právě z vodního toku.



## 10 Závěr

Předmětem bakalářské práce bylo vypracování studie výstavby malé vodní nádrže na přítoku Černého potoka v katastrálním území Světlík, okres Český Krumlov. Práce obsahuje textovou i výkresovou část, která by mohla posloužit v budoucnu jako podklad pro získání dotace z Evropské Unie – Operační program životní prostředí a také pro podrobnější zpracování v rámci projektové dokumentace. Návrh technického řešení byl zpracován v souladu s normou ČSN 75 2410 „Malé vodní nádrže“, byl brán ohled na majetkové poměry a požadavky investora.

Výstavbou malé vodní nádrže je zvýšit podíl vodních ploch v krajině. Vodní nádrž by měla sloužit jako krajinoformující a ekostabilizační prvek v krajině. Svým působením by měla přispívat ke zpomalení odtoku vody z povodí a ke zvýšení retence vody obnovou přirozeného či přírodě blízkého stavu krajiny. Podporuje další funkce krajiny jako je ekologická stabilita a biodiverzita vodních a na vodu vázaných ekosystémů a zvyšuje odolnost krajiny vůči změně klimatu.

V rámci zpracování bakalářské práce byl proveden terénní průzkum v místě stavby, byla vypracována textová část se zaměřením především na technický návrh a hydrotechnické výpočty. V závislosti na technické části byla vyhotovena výkresová dokumentace, která byla vytvořena v programu AutoCAD 2017.

Vodní nádrž byla navržena jako průtočná na levostranném přítoku Černého potoka, který je dostatečným zdrojem vody pro funkci malé vodní nádrže. Hráz je navržena jako čelní, přímá a homogenní. Koruna hráze je široká 4 m v nadmořské výšce 772,50 m n. m. (předpokládá se pouze výjimečný pojezd pro obsluhu a kontrolu objektů vodního díla). Sklon svahů hráze je navržen 1 : 3,3 na návodní straně a 1 : 2 na vzdušné straně. Návodní líc bude opevněn v celé délce hráze.

Celková plocha hladiny stálého nadržení je 8 550,5 m<sup>2</sup>, z toho tvoří 12 % (1030 m<sup>2</sup>) litorální zóna. Hladině stálého nadržení náleží objem 8 172,4 m<sup>3</sup>. Při maximální hladině je plocha 9 213,4 m<sup>2</sup> a objem 11 281,1 m<sup>3</sup>. Litorální zóna se nachází v části nádrže, která je nejdále od tělesa hráze. Vytvoření této vegetační zóny zvyšuje biodiverzitu krajiny a stává se útočištěm pro různé druhy vodních i na vodu vázaných živočichů.

V tělese hráze je navržen sdružený objekt, tedy bezpečnostní přeliv se zabudovaným požerákem s dvojitou dlužovou stěnou. Přepadající voda je odváděna dvěma odpadními

potrubími DN 1200, které jsou vedeny tělesem hráze tak, aby směrově navazovaly na stávající propustek pod komunikací.

## Použitá literatura a prameny

- [1] PAVLICA, Jan. Malé vodní nádrže a rybníky. SNTL. Praha. 1964. 1.vyd. 200 s., 04 – 748 - 64
- [2] VRÁNA, Karel a Jan BERAN. *Rybníky a účelové nádrže*. Vyd. 3. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2008. ISBN 978-80-01-04002-7
- [3] FIALA, Jaromír, Jiří KAURA a Josef SÁDLO. *Stavby vodní a meliorační*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1980. 04-711-80.
- [4] ŠÁLEK, Jan, Anna TRESOVÁ a Zdeněk MIKA. *Rybníky a účelové nádrže: celostátní vysokoškolská učebnice pro stavební fakulty vysokých škol technických*. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989. ISBN 80-030-0092-0.
- [5] *Český Krumlov - oficiální informační systém* [online]. [cit. 2017-03-18]. Dostupné z: <http://www.ckrumlov.info/php/>
- [6] *Český statistický úřad: Charakteristika okresu Český Krumlov* [online]. In: . [cit. 2017-03-18]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/xc/charakteristika\\_okresu\\_ck](https://www.czso.cz/csu/xc/charakteristika_okresu_ck)
- [7] MÍKOVÁ, Taťána, Anna VALERIÁNOVÁ a Vít VOŽENÍLEK. *Atlas podnebí Česka*. 1. vyd. Praha: Český hydrometeorologický ústav, 2007. 256 s. ISBN 978-80-86690-26-1.
- [8] DEMEK, Jaromír a Peter MACKOVČIN, ed. *Zeměpisný lexikon ČR*. Vyd. 2. Brno: AOPK ČR, 2006. ISBN 80-86064-99-9.
- [9] *Geoportál ČUZK: Geomorfologické jednotky ČR* [online]. [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/Geoprohlizec/default.aspx?wmcid=9590>
- [10] *Geomorfologické členění ČR a Slovenska: Šumavské podhůří* [online]. [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: [http://www.geomorfologicka-ceskoslovenska.bluefile.cz/?page\\_id=152](http://www.geomorfologicka-ceskoslovenska.bluefile.cz/?page_id=152)
- [11] MELICHAR, Miloslav. *Inženýrsko-geologický posudek: Staveniště malé vodní nádrže u obce Světlík*. 2008.
- [12] *Česká geologická služba: Geologická mapa 1:50 000* [online]. [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: [http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show\\_map.php?mapa=g50&y=779306&x=1192653&s=1](http://www.geology.cz/app/ciselniky/lokalizace/show_map.php?mapa=g50&y=779306&x=1192653&s=1)
- [13] *Národní geoportál INSPIRE: Půdní mapa ČR 1:250 000 - klasifikace dle TKSP a WRB* [online]. [cit. 2017-04-22]. Dostupné z: <https://geoportal.gov.cz/web/guest/map>
- [14] *Český Krumlov - oficiální informační systém: Fauna v regionu Český Krumlov* [online]. [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: [http://www.ckrumlov.cz/cz1250/region/soucas/i\\_fauna.htm](http://www.ckrumlov.cz/cz1250/region/soucas/i_fauna.htm)
- [15] *Český Krumlov - oficiální informační systém: Flóra v regionu Český Krumlov* [online]. [cit. 2017-04-21]. Dostupné z: [http://www.ckrumlov.cz/cz1250/region/soucas/i\\_flora.htm](http://www.ckrumlov.cz/cz1250/region/soucas/i_flora.htm)

- [16] ČSN 75 2410 *Malé vodní nádrže: Česká technická norma*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologie a státní zkušebnictví, 2011.
- [17] ŠEDIVÝ, Vilém a Karel VRÁNA. *Vodní hospodářství: hydraulika, malé vodní nádrže, revitalizace krajiny*. Vodňany: Střední rybářská škola a Vyšší odborná škola vodního hospodářství a ekologie, 2011. ISBN 978-80-87096-14-7
- [18] VRÁNA, Karel. *Rybníky a účelové nádrže: příklady*. Vyd. 2. Praha: České vysoké učení technické, 1998. ISBN 80-01-01793-1
- [19] SYNKOVÁ, Jana a Karel ZLATUŠKA. *Malé vodní nádrže: cvičení*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003. ISBN 80-7157-672-7.
- [20] HAVLÍK, Vladimír a Ivana MAREŠOVÁ. *Hydraulika: příklady*. Praha: České vysoké učení technické, 1995. ISBN 80-01-01384-7
- [21] *METODICKÝ POKYN odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí ke stanovení hodnot minimálních zůstatkových průtoků ve vodních tocích: Směrné hodnoty MZP* [online]. [cit. 2017-05-01]. Dostupné z:  
[http://www.mzp.cz/web/edice.nsf/BB978B5BAEDF46C0C1256FC8003F1EB8/\\$file/metod.html](http://www.mzp.cz/web/edice.nsf/BB978B5BAEDF46C0C1256FC8003F1EB8/$file/metod.html)

## 11 Seznam příloh

11.1	Situace	M 1 : 500
11.2	Podélný profil toku	M 1 : 500/50
11.3	Podélný profil nádrže (řez C-C)	M 1 : 500/50
11.4	Podélný profil nádrže (řez B-B)	M 1 : 500/50
11.5	Příčný řez A1 nádrží	M 1 : 500/50
11.6	Příčný řez A2 nádrží	M 1 : 500/50
11.7	Příčný řez A3 nádrží	M 1 : 500/50
11.8	Podélný profil hráze	M 1 : 500/50
11.9	Vzorový příčný řez hrází	M 1 : 50
11.10	Příčné řezy hrází	M 1 : 100
11.11	Podélný řez sdruženým objektem	M 1 : 50