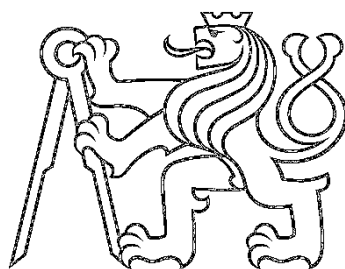


České vysoké učení technické v Praze

Fakulta stavební

Katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Studie výstavby malé vodní nádrže v lokalitě „Za Tratí“ u
Bílého Kostela nad Nisou**

**Study of the construction of a small water reservoir in the
locality „Za Tratí“ near Bílý Kostel nad Nisou**

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Václav David, Ph.D.

Konzultant:

Doc. Ing. Karel Vrána, CSc.

Květen 2019

Klára VEJVALKOVÁ

Prohlášení

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

.....

Místo zpracování, celé datum

.....

jméno a příjmení

Poděkování

Ráda bych tímto poděkovala Ing. Václavu Davidovi, Ph.D. a Doc. Ing. Karlu Vránovi, CSc. za odborné konzultace a podporu při psaní bakalářské práce.

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce je dle zadání zpracována formou studie. Jedná se o výstavbu malé vodní nádrže či tůně. V práci se zabývám návrhem a posouzením možných variant řešení. Varianty jsou zpracovány jako kombinace dvou nádrží, či nádrže a tůně. Dále jsou vodní díla navržena buď s přímou, nebo s obloukovou osou hráze a liší se výškami tělesa hráze. Výstupem této práce je výběr jedné varianty na základě výpočtu objemového součinitele, charakteristických čar a bilance násypů a výkopů, její podrobnější zpracování a celkové zhodnocení studie. Jako nejvhodnější z těchto jsem vybrala variantu se dvěma nádržemi, dolní s nižším tělesem hráze a s přímou osou, horní s vyšším tělesem a s obloukovou osou. V příloze studie se nachází výkresy se schematickým zakreslením situačního řešení všech variant a výkresy, které jsou zpracovány detailněji pro vybranou variantu. Studie může být použita jako podklad pro zpracování projektové dokumentace.

ABSTRACT

This bachelor thesis is processed as a study. It refers about construction of a small water reservoir or wetland. The thesis deals with suggestion and adjudication of possible options. Variants include two reservoirs or reservoir and wetland. Water constructions are designed with a straight of arched axis of dam and they differ in the height dams body. This thesis coming-out is selection of one option based on calculation volume coefficient, reservoir's characteristic, balance of hydraulic fill and trenches, its more detailed elaboration and evaluation of the study. As a result, the most appropriate came out possibility with two water reservoirs, lower laid dam with shorter body of dam, which has straight axis, and upper dam with arched axis. The attachment includes designs, with schematic picture of all variants and designs, which are dismantled in detail for the selected option. Study can be used as a base for elaboration project documentation.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Bílý Kostel nad Nisou, Za Tratí, malá vodní nádrž, studie

KEYWORDS:

Bílý Kostel nad Nisou, Za tratí, small water reservoir, study

OBSAH

1	ÚVOD	8
2	ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ	10
3	PODKLADY PRO ŘEŠENÍ	12
3.1	Hydrologická data	12
3.2	Inženýrsko geologický průzkum	12
3.2.1	Geologické poměry lokality.....	12
3.2.2	Dokumentace sond	12
3.3	Tachymetrické zaměření	14
3.4	Terénní průzkum.....	15
4	OMEZUJÍCÍ PODMÍNKY	20
4.1	Železniční dráha.....	20
4.2	Vlastnické vztahy.....	20
5	POPIS JEDNOTLIVÝCH VARIANT	21
5.1	Varianta A	21
5.1.1	Zátopa.....	22
5.1.2	Hráz	22
5.2	Varianta B	23
5.2.1	Zátopa.....	23
5.2.2	Hráz	23
5.3	Varianta C	24
5.3.1	Zátopa.....	24
5.3.2	Hráz	24
5.3.3	Tůň T1	25
5.4	Varianta D	25
5.4.1	Zátopa.....	25
5.4.2	Hráz	25
5.5	Varianta E	26
5.5.1	Zátopa.....	26
5.5.2	Hráz	27
5.6	Varianta F	27
5.6.1	Zátopa.....	27
5.6.2	Hráz	28
5.6.3	Tůň T2	28
5.7	Objemy výkopů a násypů pro jednotlivé varianty	28
6	VÝSLEDKY POSOUZENÍ VARIANT	31
6.1	Objemový součinitel	31
6.2	Bilance výkopů a násypů	32
6.3	Morfologické podmínky území	33
6.4	Verbální hodnocení variant	33
6.4.1	Varianta A	33
6.4.2	Varianta B	34

6.4.3	Varianta C.....	34
6.4.4	Varianta D.....	34
6.4.5	Varianta E.....	34
6.4.6	Varianta F.....	34
6.5	DOPORUČENÍ VÝSLEDNÉ VARIANTY	34
7	PODROBNĚJŠÍ ŘEŠENÍ DOPORUČENÉ VARIANTY.....	36
7.1	Hráze nádrží	36
7.1.1	MNV N1.....	36
7.1.2	MNV NO2.....	37
7.2	Výpustné zařízení nádrží	37
7.3	Bezpečnostní přeliv	38
7.4	Zátopa nádrže	39
8	VÝPOČTY	41
8.1	Charakteristické čáry MVN N1 - varianta E (přímá hráz).....	41
8.2	Charakteristické čáry MVN NO2 - varianta E (oblouková hráz).....	42
8.3	Ztráta vody výparem z vodní hladiny (MVN N1)	42
8.4	Ztráta vody výparem z vodní hladiny (MVN NO2)	43
8.5	Roční vodohospodářská bilance MVN (MVN N1)	43
8.6	Roční vodohospodářská bilance MVN (MVN NO2)	44
8.7	Doba prázdnění nádrže	44
8.7.1	Nádrž N1.....	45
8.7.2	Nádrž NO2	45
8.8	Výpočet potřebného profilu odpadního potrubí od výpusti (MVN N1 a NO2) ..	45
8.9	Konsumční křivka přelivu typu průlehu (MVN N1)	46
8.10	Konsumční křivka přelivu typu sdruženého objektu (MVN N1).....	47
8.11	Návrh profilu pro odpad od sdruženého objektu (MVN N1)	48
8.12	Konsumční křivka přelivu typu průlehu (MVN NO2)	49
8.13	Konsumční křivka přelivu typu sdruženého objektu (MVN NO2).....	50
8.14	Návrh profilu pro odpad od sdruženého objektu (MNV NO2)	51
8.15	Posouzení kapacitního průtoku propustkem na polní cestě nad tratí	51
9	ZÁVĚR.....	54
10	POUŽITÁ LITERATURA	55
11	SEZNAM VÝKRESOVÝCH PŘÍLOH.....	56

1 ÚVOD

Několik posledních let se opakuje situace s výskytem podprůměrných srážkových úhrnů a tím dochází ke snižování zásob podzemních vod, což se v řadě obcí projevuje úbytkem či úplnou ztrátou vody ve studních. Na řadě míst též dochází k vysychání vodních toků a akumulacních prostorů malých i velkých vodních nádrží.

Z těchto důvodů přistoupila vláda k řešení tohoto problému vypsáním několika podpůrných finančních programů, které se týkají rekonstrukcí, obnovy, odbahnění nebo stavby zejména malých vodních nádrží. Ministerstvo zemědělství ČR a Lesy ČR plánují v následujících třech letech uvolnit půl miliardy korun ročně na tuto činnost. Celkem se tato akce týká až 1215 rybníků, přičemž stát bude přispívat částkou ve výši až 80 % uznatelných nákladů [12].

Dalším podpůrným programem je např. „Podpora retence vody v krajině – rybníky a vodní nádrže“, týkající se výstavby nových a obnovy zaniklých či rekonstrukce stávajících rybníků o rozloze větší než 2 ha a odbahnění rybníků o výměře 2 až 30 ha. Tento program již běží od roku 2016 a ukončení bude v roce 2021 [13].

Dlouhodobě jsou vyčleňovány finanční prostředky z Operačního programu životní prostředí (Výstavba a rekonstrukce malých vodních nádrží), z programu Rybářství (Odbahnění rybníků), finanční podpory Krajských úřadů apod.

Problém dlouhodobého sucha je umocněn v oblasti Frýdlantu, Hrádku nad Nisou a Chrastavy, kde vysychají studně a potoky v souvislosti s plánovaným rozšířením dolu Turów na polské straně [14].

Zpráva Severočeské vodárenské společnosti (SVS), která zásobuje obyvatele Hrádecka pitnou vodou uvádí ve zprávě z března 2018: „Těžební činnost dolu Turów výrazně změnila směr proudění podzemních vod. Došlo k radikálnímu snížení hladiny podzemní vody na ploše až 40 km². Kvůli těžbě se začala ztrácet podzemní voda a ubývá rovněž voda povrchová“ [15].

Jako reakci na tuto zprávu uvolnila vláda 60 milionů korun na vodohospodářská opatření ve Frýdlantském výběžku v souvislosti s plánovaným rozšířením těžby uhlí v nedalekém polském dole Turów [14].

Cílem této bakalářské práce je v souladu s výše uvedenými zásadami zpracování studie výstavby malé vodní nádrže na bezejmenné vodoteči v lokalitě Za Tratí u Bílého Kostela nad Nisou (okres Liberec, kraj Liberecký).

Tato studie je rozdělena na dvě části, v rámci první části studie bylo provedeno navržení a posouzení jednotlivých variant prostorového uspořádání (dvě nádrže, nádrž a tůň) i

technických řešení (půdorysné tvary hrází). Ve druhé části byla varianta, vybraná jako nejvhodnější, zpracována do větších podrobností (výkresová dokumentace, potřebné výpočty a textová část).

2 ZÁJMOVÉ ÚZEMÍ

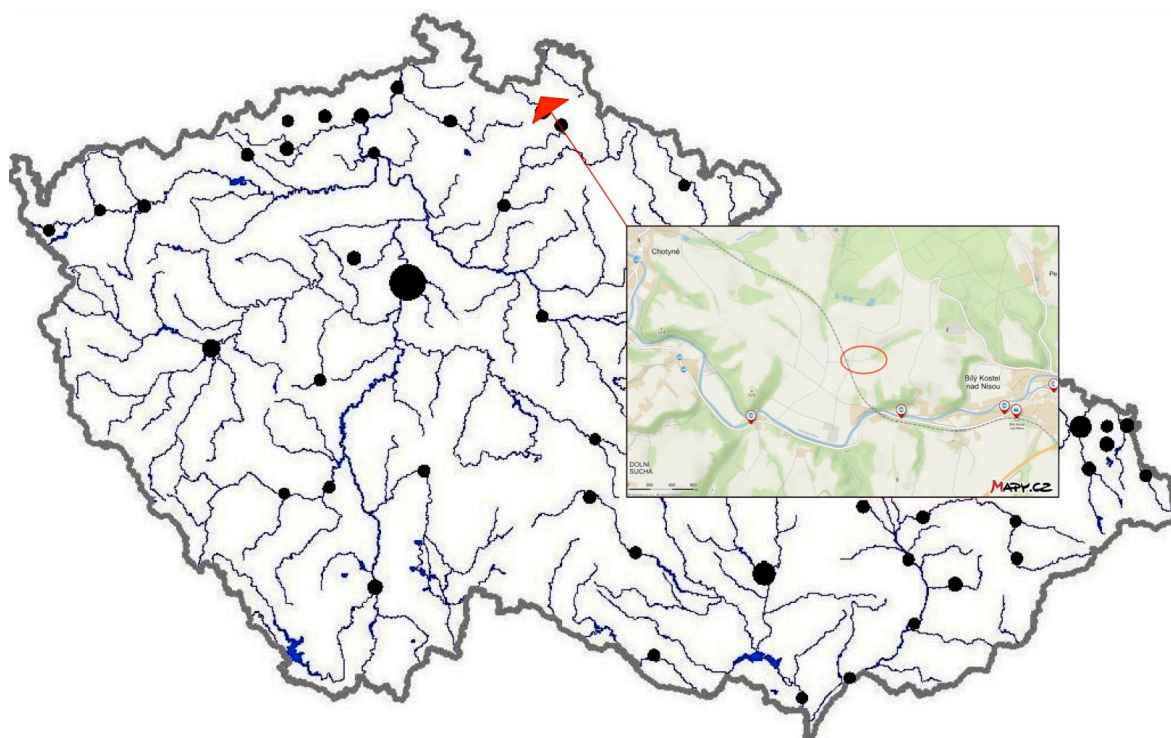
Zájmové území se nachází v severních Čechách, jihozápadně od Frýdlantského výběžku. Vzdálenost od výše uvedeného dolu Turów je vzdušnou čarou 7,0 km. Území je přístupné po silnici č.13 (E442) vedoucí z Liberce do Děčína, dále po místní komunikaci, vedoucí souběžně s Lužickou Nisou. Poslední úsek je tvořen polní cestou, odbočující z místní komunikace a křížící železniční trať Zittau – Liberec.

Nejbližší obec Bílý Kostel nad Nisou je vzdálena od lokality cca 1,5 km.

Nadmořská výška lokality se pohybuje v rozmezí 280 až 300 m n.m. Celá lokalita se nachází v extravilánu na pozemcích zalesněných či na pozemcích s trvalým travním porostem. Pozemek má tvar mísovitý, pravý břeh je směrem k toku povlovný, levý břeh je ohraničen mezí.

Směrem od východu k západu protéká přes pozemek bezejmenný tok, který tvoří zdroj vody pro napájení obou navržených nádrží. Tento tok v dolní části lokality podchází polní cestu trubním propustkem, dále podchází těleso železnice a cca po 150 m ústí do dalšího bezejmenného toku. Tento tok ústí po 700 m do Lužické Nisy.

Místo lokality „Za Tratí“ je vyznačeno na Obr.1, širší souvislosti na Obr.2.



Obr. 1 Lokalita „Za Tratí“ [9]



Obr.2 Mapa zájmového území [9]

3 PODKLADY PRO ŘEŠENÍ

3.1 Hydrologická data

Základní hydrologická data pro levostranný přítok pravostranného bezejmenného přítoku Lužické Nisy v profilu křížení s polní cestou (Bílý Kostel nad Nisou) zpracoval Český hydrometeorologický ústav [6], pobočka Ústí nad Labem 20.7.2017 pod zn. P17006807.

Hydrologické číslo povodí – 2-04-07-0350

Plocha povodí – 0,35 km²

Průměrná dlouhodobá roční výška srážek na povodí – 744 mm

Průměrný dlouhodobý roční průtok $Q_a = 3,4 \text{ l.s}^{-1}$

Tab. 1 m-denní průtoky Q_{md} (l/s) – třída IV.

M	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q_{md}	15	9,5	7,1	5,7	4,8	4,2	3,7	3,0	2,7	2,3	1,8	1,3	0,8

Tab. 2 N-leté průtoky Q_n v ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) – třída IV.

N	1	2	5	10	20	50	100	Třída
Q_n	0,22	0,40	0,76	1,09	1,58	2,34	3,04	IV.

3.2 Inženýrsko geologický průzkum

Inženýrsko geologický průzkum pro malou vodní nádrž „Za Tratí“ v katastrálním území Bílý Kostel zpracoval RNDr. Josef Hejnák, CSc., Hejnák AgroGeologie (13.10. 2017 v Praze) [7].

3.2.1 Geologické poměry lokality

Lokalita „Za Tratí“ se nachází na skalním podloží tvořeném převážně rulou. Na něm se nachází v různě mocných vrstvách hlinitokamenité a kamenitohlinité sutě, které jsou pokryté svahovými hlínami. Celé údolí je dnes pokryto povodňovými hlínami.

3.2.2 Dokumentace sond

Tato lokalita byla prozkoumána 3 sondami (K6, K7 a K8).

Sonda K6 se nachází ve 282,80 m n.m. v údolní nivě. Horní vrstva se skládá z písčité hlíny, v další, nejmocnější vrstvě, se nachází prachovitá a jílovitá hlína – povodňové hlíny. Pod ní byla nalezena jílovitá hlína s vrstvičkami hlinitého písku a čistého písku – holocénní náplav. Poslední vrstva, která byla dosažena, obsahuje písčité, štěrkovitokamenité náplav.

Podzemní voda prosakuje dnem sondy. Hladina vystoupila během průzkumu na lokalitě do hloubky 2,60 m pod terén.

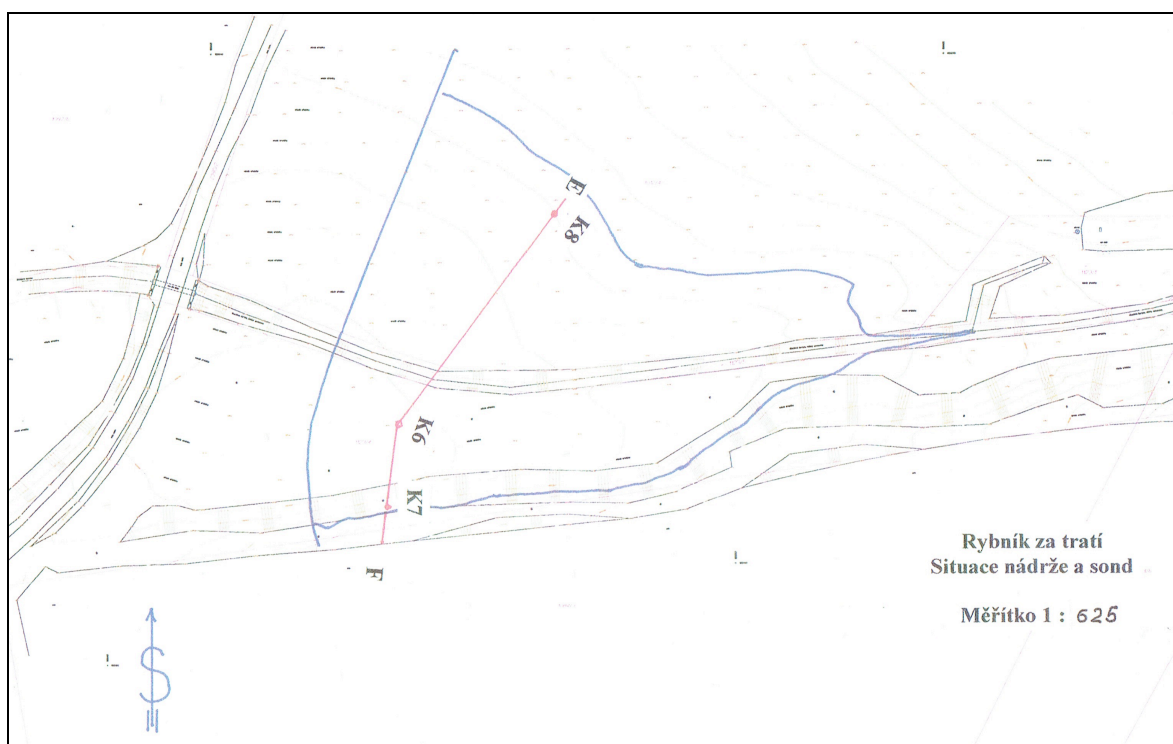
Sonda K7 byla kopána z kóty 285,50 m n.m. na levém břehu toku. Vrchní vrstva jsou pouze drny, pod ní je jemně písčítá až prachovitá hlína – svahové hlíny. Poslední kopaná vrstva je prachovitá a jílovitá hlína – svahové hlíny.

Podzemní voda nezastižena.

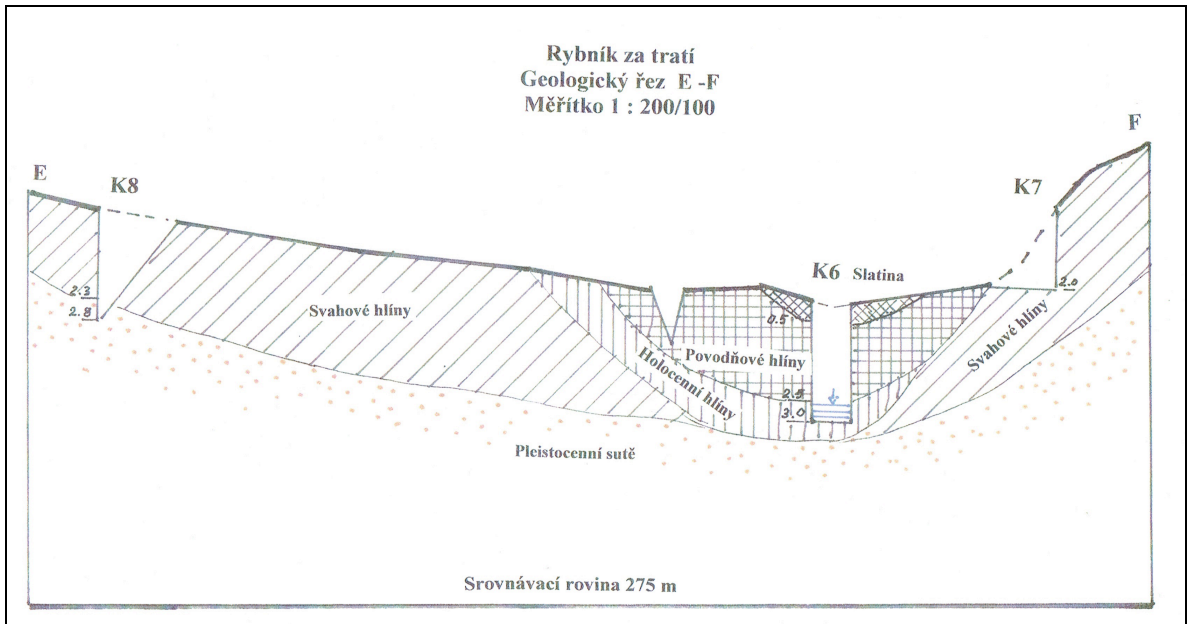
Sonda K8 v 286,00 m n.m. byla situována na pravém břehu v sadu ořešáků. Horní vrstva je písčítá hlína, pod ní nejmocnější vrstva prachovité a jílovité hlíny – svahové hlíny a na dně kopané jámy písčítá hlína s vrstvičkami hlíny se zrný písku velikosti 2 až 4 s ojedinělými kulatými čedičovými kameny velikosti 5 až 10 cm.

Podzemní voda nezastižena.

Rozmístění sond je znázorněno na Obr. 3, schematické uspořádání a mocnost jednotlivých vrstev můžeme vidět na Obr. 4. Celý inženýrsko-geologický průzkum je součástí přílohy bakalářské práce.



Obr. 3 – Situace nádrže a sond [7]



Obr. 4 – Geologický řez E-F [7]

Vhodnost jednotlivých zemin, které byly v této lokalitě zaznamenány, pro stavbu zemní sypané hráze je zachycena v následující tabulce. (Tab. 3).

Tab. 3 Vhodnost zhutněných zemin pro těleso hráze [7]

Hornina	Sk.	Orientační sklony svahů homogenní hráze		Vhodnost zeminy pro hráz
		návodní	vzdušní	
Povodňové hlíny	CL	1:3,7	1:2,2	Vhodná pro homogenní hráz, velmi vhodná pro těsnicí část, nevhodná pro stabilizační část
Hlinité náplavy	ML	1:3,7	1:2,2	Málo vhodná pro homogenní hráz, vhodná pro těsnicí část, nevhodná pro stabilizační část
Svahové hlíny	CL	1:3,7	1:2,2	Vhodná pro homogenní hráz, velmi vhodná pro těsnicí část, nevhodná pro stabilizační část
Sutě	GC	1:3,4	1:2	Výborná pro homogenní hráz, velmi vhodná pro těsnicí část, málo vhodná pro stabilizační část

3.3 Tachymetrické zaměření

Tachymetrické zaměření lokality provedl geodet Ing. Vladimír Martin v červenci 2017 [8]. Výstupem jeho měření je tachymetrický plán vložený do podkladu katastrální mapy. Tachymetrický plán byl zpracován v měřítku 1 : 200 s odlehlostí vrstevnic 0,5 m.

Tachymetrický plán tvoří podklad pro řešení obou nádrží. (příloha C.1 Situace a C.2 Katastrální mapa)

3.4 Terénní průzkum

Zájmové území se nachází západně od obce Bílý Kostel nad Nisou na bezejmenné vodoteči v lokalitě „Za Tratí“. Při pohledu po toku od pramene je po pravé straně povlnný svah (Obr. 5) a na levé straně je strmá mez, nad níž se nachází pole s řepkou olejnou (Obr. 6).



Obr.5 Pohled na mez – pravý břeh



Obr.6 Pohled na pole – levý břeh

U pramene toku se nachází remízek, ve kterém je dub, který navrhuji zanechat, protože se jedná o zdravý vzrostlý strom a kácení by bylo naprosto zbytečné (Obr. 7). Dle přání stavebníka se do remízku nesmí zasahovat žádnými stavebními pracemi.



Obr. 7 Remízek

Po pár metrech se do toku vlévají další drobné přítoky (Obr. 8). V období terénního průzkumu (květen 2019) byl průtok zanedbatelný.



Obr. 8 Pramenná část vodoteče

Vodoteč má lichoběžníkový tvar koryta s šířkou ve dně 600 mm. Sklony svahů jsou 1:2 a hloubka je přibližně 800 mm. Koryto je značně zarostlé vegetací (Obr. 9) Dále koryto prochází dvěma propustky a asi po 2 km se vlévá do Lužické Nisy. Na následujících fotografiích je zachycen pohled na tok proti vodě (Obr. 10) a po vodě (Obr. 11).



Obr. 9 Koryto bezejmenné vodoteče



Obr. 10 Pohled na tok proti vodě



Obr. 11 Pohled na tok po vodě

Níže po toku kříží tok polní cesta, která bude používána k přístupu na stavbu. Jedná se o nezpevněnou komunikaci bez doprovodné vegetace. Cesta není příliš vhodná pro osobní automobily. (Obr. 12).



Obr. 12 Polní cesta

Křížení toku s polní cestou je betonovým propustkem DN 1000 (Obr. 13, Obr. 14). Cca po 20 m tok podchází železniční dráhu klenbovým propustkem o rozměrech 1000 x 600 mm (Obr. 15).



Obr. 13 Propustek DN 1000 proti vodě



Obr. 14 Propustek DN 1000 po vodě



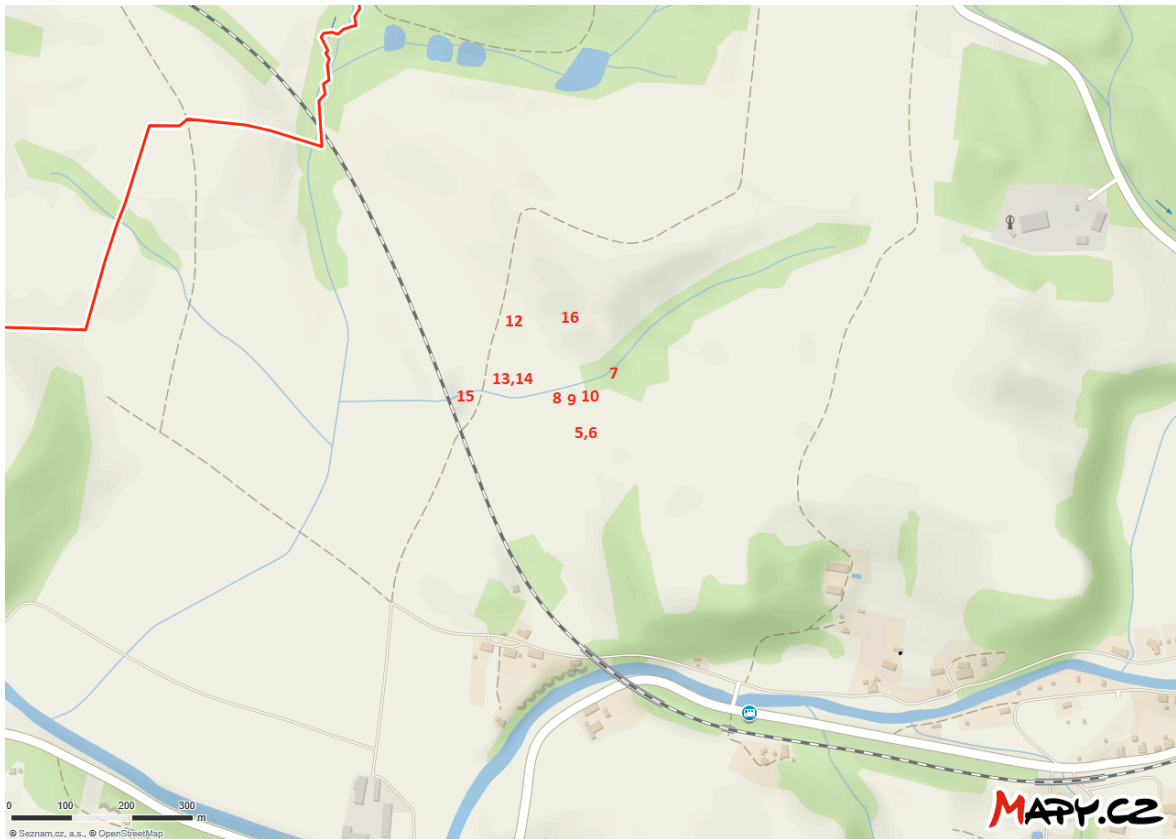
Obr. 15 Klenbový propustek pohled po vodě

Na celém území, které je ohraničeno výše zmíněnými prvky, jsou vysázeny mladé ořešáky (Obr. 16). V případě realizace projektu by bylo nutné ořešáky přesadit do jiné lokality.



Obr. 16 Mladý ořešák

Pro lepší orientaci jsou níže vyznačena místa, kde byly jednotlivé fotografie pořízeny.
(Obr. 17)



Obr. 17 Mapa s vyznačením fotografií

4 OMEZUJÍCÍ PODMÍNKY

Tato kapitola obsahuje výčet skutečností, které zásadně ovlivňují koncepci a řešení zájmového území.

4.1 Železniční dráha

V zájmovém území se nachází železniční dráha Zittau - Liberec. Tato dráha je jednokolejná, takže dle zákona č. 266/1994 Sb. Zákon o drahách je dolní hráz situována minimálně 60 m od osy krajní koleje (ochranné pásmo). Hranice tohoto ochranného pásma je vyznačena ve výkresu C.1 Situace.

4.2 Vlastnické vztahy

Všechny dotčené pozemky patří stavebníkovi (Ing. Štěpán Brodský), případně jeho příbuzným, se kterými bude sepsána smlouva o odkupu pozemků. Jedinou omezující podmínkou je pozemek p.č. 1123/3, který patří České Republice a ve správě ho má Státní pozemkový úřad viz. Tab.5 [11].

V rámci zpracování projektové dokumentace je nutné řešit vlastnické vztahy převodem těchto pozemků na stavebníka.

Tab. 4 Vlastnické vztahy MVN N1

č.p.	vlastník	výměra [m ²]	druh pozemku
1012/4	Brodský Jiří Ing.	74162	orná půda
1123/4	Brodský Jiří Ing.	6899	ostatní plocha
1123/5	Brodský Jiří Ing.	1007	vodní plocha

Tab. 5 Vlastnické vztahy MVN N2

č.p.	vlastník	výměra [m ²]	druh pozemku
1012/4	Brodský Jiří Ing.	74162	orná půda
1057/2	Brodský Štěpán Ing.	1688	ostatní plocha
1057/4	Brodský Jiří Ing.	23	ostatní plocha
1057/5	Brodský Jiří Ing.	7	ostatní plocha
1123/1	Brodský Jiří Ing.	852	trvalý travní por.
1123/2	Brodský Štěpán Ing.	301	ostatní plocha
1123/3	ČR (Pověření hospodařit - Státní poz. úřad)	16	vodní plocha
1123/4	Brodský Jiří Ing.	6899	ostatní plocha
1123/5	Brodský Jiří Ing.	1007	vodní plocha

Vlastnické vztahy jsou patrné z přílohy C.2 Katastrální mapa.

5 POPIS JEDNOTLIVÝCH VARIANT

V rámci zpracování první části studie bylo řešeno šest variant umístění hrází, jejich výšky, půdorysného tvaru, velikosti zátopy. Dále je každá z těchto variant dělena na dvě subvarianty, které se liší výškou, kam až je zátopa upravována.

Přehled řešených variant:

- Varianta A – 2 nádrže s přímými hrázemi, dolní nádrž vyšší hráz, horní nádrž nižší hráz
- Varianta B – 2 nádrže, dolní nádrž přímá hráz, horní nádrž oblouková hráz, dolní nádrž vyšší hráz, horní nádrž nižší hráz
- Varianta C – 1 nádrž s přímou hrází, v horní části lokality průtočná tůň, dolní nádrž vyšší hráz, dno tůně odstupňované
- Varianta D - 2 nádrže s přímými hrázemi, dolní nádrž nižší hráz, horní nádrž vyšší hráz
- Varianta E - 2 nádrže, dolní nádrž přímá hráz, horní nádrž oblouková hráz, dolní nádrž nižší hráz, horní nádrž vyšší hráz
- Varianta F - 1 nádrž s přímou hrází, v horní části lokality průtočná tůň, dolní nádrž nižší hráz, dno tůně v jedné úrovni

Hráze jsou u všech variant navrženy ve sklonech 1:2,2 na vzdušním a 1:3,2 na návodním líci. Dle tabulky v IG průzkumu [7] je doporučený sklon návodního líce 1:3,7, ale dle ČSN 75 2410 [4] se může u hrází do výšky 4 m sklon návodního sklonu zvětšit na 1: (x-0,5).

Koryto napájecího toku je u všech variant v zátopě lichoběžníkového tvaru s šířkou ve dně 1000 mm, hloubkou min. 400 mm a sklony svahů 1:2. Dno nádrže bude vyspádované ve sklonu 1 % k břehům koryta. Břehy nádrže pak budou upraveny ve sklonu 1:3 k původnímu terénu.

Z celého prostoru zátopy bude nejprve odtěžena humózní vrstva o mocnosti 150 mm. Materiál bude využit pro ohumusování koruny a vzdušního líce hrází a případně svahy zátopy nad hladinou zásobního prostoru.

5.1 Varianta A

Tato varianta (2 nádrže s přímými hrázemi, dolní nádrž vyšší hráz, horní nádrž nižší hráz) je znázorněna v příloze B.A.

Subvarianta 1 je u všech uvedených variant A až F řešena tak, že zemina v zátopě je vytěžena ve sklonu 1: 3 k hladině zásobního prostoru. U subvarianty 2 je zemina těžena ve sklonu 1:3 až do úrovně hladiny neovladatelného ochranného prostoru. V místech, kde by se sklonem 1:3 od břehů zátopy muselo dosypávat zbytečně velké množství materiálu, je zátopa vytěžena hlouběji do terénu (viz. výkres C.4.4). V místech, kde je zemina těžena z břehů nad hladinou zásobního prostoru, bude svah vyrovnán, ohumusován a oset.

5.1.1 Zátopa

Charakteristiky obou nádrží pro tuto variantu a obě subvarianty uvádí Tab.6.

Tab. 6 Charakteristiky obou nádrží pro variantu A

Charakteristiky nádrží	Nádrž N1 (dolní)	Nádrž N2 (horní)
Subvarianta 1		
hladina zásobního prostoru	285,00 m n.m.	288,00 m n.m.
plocha při hladině zásobního prostoru	3 149 m ²	391 m ²
objem zásobního prostoru	3 509 m ³	243 m ³
hladina neovladatelného ochranného prostoru	285,50 m n.m.	288,50 m n.m.
plocha při hladině neovl. ochranného prostoru	3 993 m ²	626 m ²
objem retenčního prostoru	1 785 m ³	254 m ³
celkový objem nádrže při hl. neovl. ochr. prost.	5 294 m ³	497 m ³
Subvarianta 2		
hladina zásobního prostoru	285,00 m n.m.	288,00 m n.m.
plocha při hladině zásobního prostoru	3 392 m ²	419 m ²
objem zásobního prostoru	3 715 m ³	254 m ³
hladina neovladatelného ochranného prostoru	285,50 m n.m.	288,50 m n.m.
plocha při hladině neovl. ochranného prostoru	4 039 m ²	626 m ²
objem retenčního prostoru	1 858 m ³	261 m ³
celkový objem nádrže při hl. neovl. ochr. prost.	5 573 m ³	515 m ³

5.1.2 Hráz

Obě hráze jsou řešené půdorysně jako přímé. Dolní nádrž (N1) je situována blíže k železnici a je řešena jako vyšší hráze. Horní nádrž (N2), je situována dále proti toku bezejmenné vodoteče a je řešena jako nižší hráze.

Charakteristické kóty obou nádrží (H1 pro N1, H2 pro N2) pro tuto variantu uvádí Tab. 7.

Tab. 7 Charakteristické kóty nádrží pro variantu A

Charakteristiky nádrží	Hráz H1 (dolní)	Hráz H2 (horní)
kóta dna (po sejmutí humózní vrstvy)	282,90 m n.m.	287,15 m n.m.
kóta dna toku (u výpusti)	282,80 m n.m.	286,50 m n.m.
hladina zásobního prostoru	285,00 m n.m.	288,00 m n.m.
hladina neovladatelného ochranného prostoru	285,50 m n.m.	288,50 m n.m.
koruna hráze	285,80 m n.m.	288,80 m n.m.
největší výška hráze	2,90 m	1,65 m

5.2 Varianta B

Tato varianta (2 nádrže, dolní nádrž přímá hráz, horní nádrž oblouková hráz, dolní nádrž vyšší hráz, horní nádrž nižší hráz) je znázorněna v příloze B.B.

5.2.1 Zátopa

Charakteristiky obou nádrží pro tuto variantu a obě subvarianty uvádí Tab.8.

Tab. 8 Charakteristiky obou nádrží pro variantu B

Charakteristiky nádrží	Nádrž N1 (dolní)	Nádrž N2 (horní)
Subvarianta 1		
hladina zásobního prostoru	285,00 m n.m.	288,00 m n.m.
plocha při hladině zásobního prostoru	3 149 m ²	354 m ²
objem zásobního prostoru	3 509 m ³	207 m ³
hladina neovladatelného ochranného prostoru	285,50 m n.m.	288,50 m n.m.
plocha při hladině neovl. ochr. prostoru	3 993 m ²	622 m ²
objem retenčního prostoru	1 785 m ³	261 m ³
celkový objem nádrže při hl. neovl. ochr.prost.	5 294 m ³	451 m ³
Subvarianta 2		
hladina zásobního prostoru	285,00 m n.m.	288,00 m n.m.
plocha při hladině zásobního prostoru	3 392 m ²	419 m ²
objem zásobního prostoru	3 715 m ³	224 m ³
hladina neovladatelného ochranného prostoru	285,50 m n.m.	288,50 m n.m.
plocha při hladině neovl. ochr. prostoru	4 039 m ²	622 m ²
objem retenčního prostoru	1 858 m ³	259 m ³
celkový objem nádrže při hl. neovl. ochr.prost.	5 573 m ³	483 m ³

5.2.2 Hráz

Tato varianta se skládá ze 2 nádrží, jejichž dolní hráz je přímá a horní hráz je oblouková. Charakteristické kóty obou nádrží (H1 pro N1, H2 pro N2) pro tuto variantu uvádí Tab. 9.

Tab. 9 Charakteristické kóty nádrží pro variantu B

Charakteristiky nádrží	Hráz H1 (dolní)	Hráz H2 (horní)
kóta dna (po sejmutí humózní vrstvy)	282,90 m n.m.	287,15 m n.m.
kóta dna toku (u výpusti)	282,80 m n.m.	286,50 m n.m.
hladina zásobního prostoru	285,00 m n.m.	288,00 m n.m.
hladina neovladatelného ochranného prostoru	285,50 m n.m.	288,50 m n.m.
koruna hráze	285,80 m n.m.	288,80 m n.m.
největší výška hráze	2,90 m	1,65 m

5.3 Varianta C

Tato varianta (jedna nádrž s přímou hrází, v horní části lokality průtočná tůň, dolní nádrž vyšší hráz, dno tůně odstupňované) je znázorněna v příloze B.C.

5.3.1 Zátopa

Charakteristiky nádrže N1 pro tuto variantu a obě subvarianty uvádí Tab.10.

Tab. 10 Charakteristiky nádrže a tůně pro variantu C

Charakteristiky nádrží	Nádrž N1 (dolní)
Subvarianta 1	
hladina zásobního prostoru	285,00 m n.m.
plocha při hladině zásobního prostoru	3 149 m ²
objem zásobního prostoru	3 509 m ³
hladina neovladatelného ochranného prostoru	285,50 m n.m.
plocha při hladině neovl. ochr. prostoru	3 993 m ²
objem retenčního prostoru	1 785 m ³
celkový objem nádrže při hl. neovl. ochr.prost.	5 294 m ³
Subvarianta 2	
hladina zásobního prostoru	285,00 m n.m.
plocha při hladině zásobního prostoru	3 392 m ²
objem zásobního prostoru	3 715 m ³
hladina neovladatelného ochranného prostoru	285,50 m n.m.
plocha při hladině neovl. ochr. prostoru	4 039 m ²
objem retenčního prostoru	1 858 m ³
celkový objem nádrže při hl. neovl. ochr.prost.	5 573 m ³

5.3.2 Hráz

Tato varianta se skládá z jedné nádrže (dolní N1), jejíž hráz je přímá a tůně v horní části lokality.

Charakteristické kóty nádrže (H1 pro N1) pro tuto variantu uvádí Tab.11.

Tab. 11 Charakteristické kóty nádrže pro variantu C

Charakteristiky nádrže	Hráz H1 (dolní)
kóta dna (po sejmutí humózní vrstvy)	282,90 m n.m.
kóta dna toku (u výpusti)	282,80 m n.m.
hladina zásobního prostoru	285,00 m n.m.
hladina neovladatelného ochranného prostoru	285,50 m n.m.
koruna hráze	285,80 m n.m.
největší výška hráze	2,90 m

5.3.3 Tůň T1

hladina tůně	287,00 m n.m.
plocha tůně	327 m ²
objem tůně	160 m ³

Dno tůně je v této variantě odstupňované – úroveň nižšího dna 286,00 m n.m., úroveň vyššího dna 286,50 m n.m., přechod ve sklonu 1:2.

Sklony břehů tůně se pohybují od 1:2 do 1:5.

Hladina v tůni je fixována prahem z lomového kamene.

5.4 Varianta D

Tato varianta (2 nádrže s přímými hrázemi, dolní nádrž N1 nižší hráz, horní nádrž N2 vyšší hráz) je znázorněna v příloze B.D.

5.4.1 Zátopa

Charakteristiky obou nádrží pro tuto variantu a obě subvarianty uvádí Tab.12.

Tab. 12 Charakteristiky obou nádrží pro variantu D

Charakteristiky nádrží	Nádrž N1 (dolní)	Nádrž N2 (horní)
Subvarianta 1		
hladina zásobního prostoru	284,50 m n.m.	288,00 m n.m.
plocha při hladině zásobního prostoru	2 165 m ²	596 m ²
objem zásobního prostoru	1 723 m ³	473 m ³
hladina neovladatelného ochranného prostoru	285,00 m n.m.	288,50 m n.m.
plocha při hladině neovl. ochr. prostoru	3 077 m ²	1 019 m ²
objem retenčního prostoru	1 311 m ³	404 m ³
celkový objem nádrže při hl. neovl. ochr.prost.	3 034 m ³	877 m ³
Subvarianta 2		
hladina zásobního prostoru	284,50 m n.m.	288,00 m n.m.
plocha při hladině zásobního prostoru	2 428 m ²	709 m ²
objem zásobního prostoru	1 949 m ³	530 m ³
hladina neovladatelného ochranného prostoru	285,00 m n.m.	288,50 m n.m.
plocha při hladině neovl. ochr. prostoru	3 106 m ²	1 019 m ²
objem retenčního prostoru	1 383 m ³	432 m ³
celkový objem nádrže při hl. neovl. ochr.prost.	3 332 m ³	962 m ³

5.4.2 Hráz

Obě hráze jsou řešené půdorysně jako přímé. Dolní nádrž (N1) je situována blíže k železnici a je řešena oproti variantě A jako nižší hráz. Horní nádrž (N2) je situována dále proti toku bezejmenné vodoteče a je řešena oproti variantě A jako vyšší hráz.

Charakteristické kóty obou nádrží (H1 pro N1, H2 pro N2) pro tuto variantu uvádí Tab.13.

Tab. 13 Charakteristické kóty nádrží pro variantu D

Charakteristiky nádrží	Hrás H1 (dolní)	Hrás H2 (horní)
kóta dna (po sejmutí humózní vrstvy)	282,90 m n.m.	286,70 m n.m.
kóta dna toku (u výpusti)	282,80 m n.m.	286,50 m n.m.
hladina zásobního prostoru	284,50 m n.m.	288,00 m n.m.
hladina neovladatelného ochranného prostoru	285,00 m n.m.	288,50 m n.m.
koruna hráze	285,30 m n.m.	288,80 m n.m.
největší výška hráze	2,40 m	2,10 m

5.5 Varianta E

Tato varianta (2 nádrže, dolní nádrž přímá hráz, horní nádrž oblouková hráz, dolní nádrž nižší hráz, horní nádrž vyšší hráz) je zobrazena v příloze B.E.

5.5.1 Zátopa

Charakteristiky obou nádrží pro tuto variantu a obě subvarianty uvádí Tab.14.

Tab. 14 Charakteristiky obou nádrží pro variantu E

Charakteristiky nádrží	Nádrž N1 (dolní)	Nádrž N2 (horní)
Subvarianta 1		
hladina zásobního prostoru	284,50 m n.m.	288,00 m n.m.
plocha při hladině zásobního prostoru	2 165 m ²	469 m ²
objem zásobního prostoru	1 723 m ³	381 m ³
hladina neovladatelného ochranného prostoru	285,00 m n.m.	288,50 m n.m.
plocha při hladině neovl. ochr. prostoru	3 077 m ²	786 m ²
objem retenčního prostoru	1 311 m ³	313 m ³
celkový objem nádrže při hl. neovl. ochr.prost.	3 034 m ³	694 m ³
Subvarianta 2		
hladina zásobního prostoru	284,50 m n.m.	288,00 m n.m.
plocha při hladině zásobního prostoru	2 428 m ²	524 m ²
objem zásobního prostoru	1 949 m ³	426 m ³
hladina neovladatelného ochranného prostoru	285,00 m n.m.	288,50 m n.m.
plocha při hladině neovl. ochr. prostoru	3 106 m ²	770 m ²
objem retenčního prostoru	1 383 m ³	324 m ³
celkový objem nádrže při hl. neovl. ochr.prost.	3 332 m ³	750 m ³

5.5.2 Hráz

Tato varianta se skládá ze 2 nádrží, jejichž dolní hráz je přímá a horní hráz je oblouková. Dolní nádrž (N1) je řešena oproti variantě B jako nižší hráz. Horní nádrž (NO2) je situována řešena oproti variantě B jako vyšší hráz.

Charakteristické kóty obou nádrží (H1 pro N1, H2 pro N2) pro tuto variantu uvádí Tab. 15.

Tab. 15 Charakteristické kóty nádrží pro variantu E

Charakteristiky nádrží	Hráz H1 (dolní)	Hráz H2 (horní)
kóta dna (po sejmutí humózní vrstvy)	282,90 m n.m.	286,40 m n.m.
kóta dna toku (u výpusti)	282,80 m n.m.	286,10 m n.m.
hladina zásobního prostoru	284,50 m n.m.	288,00 m n.m.
hladina neovladatelného ochranného prostoru	285,00 m n.m.	288,50 m n.m.
koruna hráze	285,30 m n.m.	288,80 m n.m.
největší výška hráze	2,40 m	2,40 m

5.6 Varianta F

Tato varianta se skládá z jedné nádrže (dolní N1), jejíž hráz je přímá a tůň v horní části lokality. Dno tůně je v této variantě vodorovné. Tato varianta je znázorněna v příloze B.F.

5.6.1 Zátopa

Charakteristiky nádrže N1 a tůně T2 pro tuto variantu a obě subvarianty uvádí Tab.16.

Tab. 16 Charakteristiky nádrže a tůně pro variantu F

Charakteristiky nádrží	Nádrž N1 (dolní)
Subvarianta 1	
hladina zásobního prostoru	284,50 m n.m.
plocha při hladině zásobního prostoru	2 165 m ²
objem zásobního prostoru	1 723 m ³
hladina neovladatelného ochranného prostoru	285,00 m n.m.
plocha při hladině neovl. ochr. prostoru	3 077 m ²
objem retenčního prostoru	1 311 m ³
celkový objem nádrže při hl. neovl. ochr. prost.	3 034 m ³
Subvarianta 1	
hladina zásobního prostoru	284,50 m n.m.
plocha při hladině zásobního prostoru	2 428 m ²
objem zásobního prostoru	1 949 m ³
hladina neovladatelného ochranného prostoru	285,00 m n.m.
plocha při hladině neovl. ochr. prostoru	3 106 m ²
objem retenčního prostoru	1 383 m ³
celkový objem nádrže při hl. neovl. ochr. prost.	3 332 m ³

5.6.2 Hráz

Tato varianta se skládá z jedné nádrže (dolní N1), jejíž hráz je přímá a tůň v horní části lokality. Dno tůně je v této variantě vodorovné.

Charakteristické kóty obou nádrží (H1 pro N1, tůň T2) pro tuto variantu uvádí Tab.17.

Tab. 17 Charakteristické kóty nádrže pro variantu F

Charakteristiky nádrže	Hráz H1 (dolní)
kóta dna (po sejmutí humózní vrstvy)	282,90 m n.m.
kóta dna toku (u výpusti)	282,80 m n.m.
hladina zásobního prostoru	284,50 m n.m.
hladina neovladatelného ochranného prostoru	285,00 m n.m.
koruna hráze	285,30 m n.m.
největší výška hráze	2,40 m

5.6.3 Tůň T2

hladina tůně 287,00 m n.m.

plocha tůně 327 m²

objem tůně 150 m³

Dno tůně je v této variantě vodorovné – úroveň dna 286,00 m n.m

Sklony břehů tůně se pohybují od 1:2 do 1:5.

Hladina v tůni je fixována prahem z lomového kamene.

5.7 Objemy výkopů a násypů pro jednotlivé varianty

Výkopy se vyskytují v zátopě a v založení hráze. Výkopová zemina se použije na násypy hrází a na malé množství násypů v zátopách. V následujících tabulkách jsou zaznamenány dílčí výkopy (V) ze zátopy či základů hráze a násypy (N), a to samostatně pro každé vodní dílo (Tab. 18 – 23). V posledním sloupci tabulky z rozdílu objemu násypů a výkopů vyplývá, že v žádné variantě nebude ze zátopy vytěženo dostatečné množství zeminy a nedostatek bude nutno řešit dovozem zeminy z jiné lokality. Vzhledem k tomu, že stavebník v dané lokalitě připravuje výstavbu dalších malých vodních nádrží, kde je naopak přebytek zeminy, lze tento deficit poměrně snadno řešit. Pouze je třeba zahrnout v rámci ocenění prací dovoz této zeminy.

Tab. 18 Objem násypů a výkopů pro variantu A

	subvar.	V zátopa [m ³]	N zátopa [m ³]	V hráz [m ³]	N hráz [m ³]	ΣV [m ³]	ΣN [m ³]	N-V [m ³]
N1 _v	1	538	4	814	2217	1352	2221	-869
	2	756	3	814	2217	1570	2220	-650
N2 _N	1	74	0	237	612	311	613	-302
	2	79	2	237	612	316	614	-298

Tab. 19 Objem násypů a výkopů pro variantu B

	subvar.	V zátopa [m ³]	N zátopa [m ³]	V hráz [m ³]	N hráz [m ³]	ΣV [m ³]	ΣN [m ³]	N-V [m ³]
N1 _V	1	538	4	814	2217	1352	2221	-869
	2	756	3	814	2217	1570	2220	-650
NO2 _N	1	66	0	259	590	325	591	-266
	2	88	4	259	590	347	595	-248

Tab. 20 Objem násypů a výkopů pro variantu C

	subvar.	V zátopa [m ³]	N zátopa [m ³]	V hráz [m ³]	N hráz [m ³]	ΣV [m ³]	ΣN [m ³]	N-V [m ³]
N1 _V	1	538	4	814	2217	1352	2221	-869
	2	756	3	814	2217	1570	2220	-650
T1 _M	1 i 2	258	-	-	-	258	-	+258

Tab. 21 Objem násypů a výkopů pro variantu D

	subvar.	V zátopa [m ³]	N zátopa [m ³]	V hráz [m ³]	N hráz [m ³]	ΣV [m ³]	ΣN [m ³]	N-V [m ³]
N1 _N	1	226	3	610	1517	837	1520	-683
	2	377	2	610	1517	987	1520	-532
N2 _V	1	90	2	306	865	395	867	-472
	2	141	2	306	865	447	867	-421

Tab. 22 Objem násypů a výkopů pro variantu E

	subvar.	V zátopa [m ³]	N zátopa [m ³]	V hráz [m ³]	N hráz [m ³]	ΣV [m ³]	ΣN [m ³]	N-V [m ³]
N1 _N	1	226	3	610	1517	837	1520	-683
	2	377	2	610	1517	987	1520	-532
NO2 _V	1	61	2	198	498	259	500	-241
	2	89	5	198	498	287	503	-216

Tab. 23 Tabulka násypů a výkopů pro variantu F

	subvar.	V zátopa [m ³]	N zátopa [m ³]	V hráz [m ³]	N hráz [m ³]	ΣV [m ³]	ΣN [m ³]	N-V [m ³]
N1 _N	1	226	3	610	1517	837	1520	-683
	2	377	2	610	1517	987	1520	-532
T1 _H	1 i 2	258	-	-	-	258	-	+258

6 VÝSLEDKY POSOUZENÍ VARIANT

Posouzení všech šesti variant A až F a jejich dvou subvariant (1 a 2) bylo provedeno z hlediska objemu zadržené vody, poměru objemu vody v zásobním prostoru k objemu potřebné zeminy pro výstavbu hráze, vyrovnané bilance zemních prací a morfologických podmínek území.

Posouzení variant a doporučení výsledné varianty bylo provedeno verbálně uvedením pozitiv a negativ každé varianty.

6.1 Objemový součinitel

Objemový součinitel η je dán poměrem objemu zadržené vody v nádrži k objemu zeminy pro stavbu hráze, čím vyšší hodnota, tím vyšší efektivnost umístění hráze. Odborné publikace uvádějí optimální hodnotu objemového součinitele 15 [3], ČSN 75 2410 [4] jako minimální hodnotu 4. U malých nádrží, k nimž navrhované nádrže patří, není prakticky možno dosáhnout těchto hodnot, proto je hodnocení provedeno na základě vyšších dosažených hodnot objemového součinitele.

Ve všech variantách se uvažuje objem zadržené vody v zatopeném prostoru na kótě hladiny zásobního prostoru (HZP) k objemu zeminy použité na hráze, která je u obou nádrží od HZP převyšena o 80 cm.

Ve variantách C a F jsou objemové součinitele pouze u MVN N1, protože u tůní se nevyskytují hráze.

Tab. 24 Objemový součinitel pro variantu A

	objem vody [m ³]	objem hráze [m ³]	η
N1 _{VYŠŠÍ}	3509	2160	1,6
N2 _{NIŽŠÍ}	250	612	0,4

Tab. 25 Objemový součinitel pro variantu B

	objem vody [m ³]	objem hráze [m ³]	η
N1 _{VYŠŠÍ}	3509	2160	1,6
NO2 _{NIŽŠÍ}	216	590	0,4

Tab. 26 Objemový součinitel pro variantu C

	objem vody [m ³]	objem hráze [m ³]	η
N1 _{VYŠŠÍ}	3509	2160	1,6

Tab. 27 Objemový součinitel pro variantu D

	objem vody [m ³]	objem hráze [m ³]	η
N1 _{NIŽŠÍ}	3034	1517	2,0
N2 _{VYŠŠÍ}	877	865	1,0

Tab. 28 Objemový součinitel pro variantu E

	objem vody [m ³]	objem hráze [m ³]	η
N1 _{NIŽŠÍ}	3034	1517	2,0
NO2 _{VYŠŠÍ}	694	498	1,4

Tab. 29 Objemový součinitel pro variantu F

	objem vody [m ³]	objem hráze [m ³]	η
N1 _{NIŽŠÍ}	3034	1517	2,0

Z hlediska poměru zadržené vody v nádrži k objemu tělesa hráze jsou výhodnější varianty D až F, nejvhodnější se jeví varianta E, varianty A až C se jeví jako méně vhodné.

6.2 Bilance výkopů a násypů

Objemy výkopů a násypů pro jednotlivé varianty A až F a jejich subvarianty 1 a 2 byly provedeny v kap.5.7, zde jsou uvedeny výsledky bilance výkopů a násypů pro všechny varianty. (Tab. 30 – 35)

Tab. 30 Celková bilance násypů a výkopů pro variantu A

	subvarianta	N-V[m ³]
N1 _{VYŠŠÍ} + N2 _{NIŽŠÍ}	1	-1171
	2	-948

Tab. 31 Celková bilance násypů a výkopů pro variantu B

	subvarianta	N-V[m ³]
N1 _{VYŠŠÍ} + NO2 _{NIŽŠÍ}	1	-1135
	2	-898

Tab. 32 Celková bilance násypů a výkopů pro variantu C

	subvarianta	N-V[m ³]
N1 _{VYŠŠÍ} + T1 _{MĚLČÍ}	1	-611
	2	-392

Tab. 33 Celková bilance násypů a výkopů pro variantu D

	subvarianta	N-V[m ³]
N1 _{NIŽŠÍ} + N2 _{VYŠŠÍ}	1	-1155
	2	-953

Tab. 34 Celková bilance násypů a výkopů pro variantu E

	subvarianta	N-V[m ³]
N1 _{NIŽŠÍ} + NO2 _{VYŠŠÍ}	1	-924
	2	-748

Tab. 35 Celková bilance násypů a výkopů pro variantu F

	subvarianta	N-V[m ³]
N1 _{NIŽŠÍ} + T1 _{HLUBŠÍ}	1	-425
	2	-274

Z hlediska rozdílu objemu výkopů a násypů jsou prakticky všechny varianty srovnatelné, u žádné varianty nepokrývají objemy výkopů objemy zeminy pro násypy hrází. Výhodnější jsou pochopitelně ve všech variantách subvarianta 2 (svahování břehů zátopy až po úroveň hladiny neovladatelného ochranného prostoru), ale toto řešení vyžaduje úpravu výkopů nad hladinou zásobního prostoru svahováním, ohumusováním a osetím, což zvyšuje finanční náročnost výstavby.

Varianty kombinace dolní nádrže N1 s tůňi nebyly dále uvažovány vzhledem k tomu, že tok má v horním úseku poměrně velký sklon a zajištění dostatečného objemu a hloubky vody v tůňi je možné pouze se strmými břehy tůňe, což znemožňuje např. přístup zvěře k vodě.

6.3 Morfologické podmínky území

Z hlediska morfologických podmínek území je vhodnější situování osy hráze pokud možno kolmo na vrstevnice. U dolní nádrže N1 vyhovuje ve všech variantách návrh přímé osy hráze, u horní nádrže byly zvoleny dvě varianty – přímá osa hráze (varianta A a D) a osa tvořená částí kruhového oblouku (varianta B a E). Z hlediska tvaru údolí vyhovují lépe varianty se zakřivenou osou hráze, navíc takový typ hráze lépe působí v krajině.

6.4 Verbální hodnocení variant

6.4.1 Varianta A

Klady	Zápory
Největší objem zadržené vody	Nízké hodnoty objemového součinitele
	Vysoká potřeba dovážené zeminy
	Nevýhodná přímá hráz - konfigurace terénu
	Větší technologická náročnost – 2 hráze

6.4.2 Varianta B

Klady	Zápory
Zakřivená osa hráze (oblouková) u NO2	Nízké hodnoty objemového součinitele
	Vysoká potřeba dovážené zeminy
	Větší technologická náročnost – 2 hráze

6.4.3 Varianta C

Klady	Zápory
Menší technologická náročnost – 1 hráz	Nízké hodnoty objemového součinitele
	Vyšší potřeba dovážené zeminy
	Velký podélný sklon koryta – málo zadržené vody v tůni, strmé svahy tůně

6.4.4 Varianta D

Klady	Zápory
Vyšší hodnoty objemového součinitele	Vysoká potřeba dovážené zeminy
	Nevýhodná přímá hráz - konfigurace terénu
	Větší technologická náročnost – 2 hráze

6.4.5 Varianta E

Klady	Zápory
Zakřivená osa hráze (oblouková) u NO2	Větší technologická náročnost – 2 hráze
Vyšší hodnoty objemového součinitele	
Nižší potřeba dovážené zeminy	

6.4.6 Varianta F

Klady	Zápory
Menší technologická náročnost - 1 hráz	Velký podélný sklon koryta – málo zadržené vody v tůni, strmé svahy tůně
Vyšší hodnoty objemového součinitele	
Nižší potřeba dováženého materiálu	

6.5 DOPORUČENÍ VÝSLEDNÉ VARIANTY

Je zřejmé, že ani v jedné z variant nedojde k vyrovnání poměru výkopů/násypů, takže dovážení materiálu na stavbu bude nutné vždy. Aby nebylo nutné dovážet materiál na stavbu, muselo by se provést větší množství terénních úprav. Jako nejvýhodnější z tohoto důvodu by byla kombinace nádrže N1 a tůně, ale podélný sklon koryta je natolik velký, že by se v tůních zadrželo minimum vody a břehy tůní by byly příkré.

Na základě uvedených skutečností doporučuji v případě realizace výstavby variantu E v subvariantě 1 ($N1_{\text{NÍŽŠÍ}} + NO2_{\text{VYŠŠÍ}}$ – po hladinu HZP), a to z následujících důvodů:

- Vzhledem ke konfiguraci terénu (strmý a uzavřený profil horní nádrže) je výhodnější oblouková hráz u nádrže N2
- Menší objem zeminy pro humusování a menší množství osiva pro osetí břehů v subvariantě 1 než v subvariantě 2
- Relativně nejvyšší hodnoty objemových součinitelů u obou nádrží

V další části bakalářské práce je tato doporučená varianta podrobněji rozpracována.

7 PODROBNĚJŠÍ ŘEŠENÍ DOPORUČENÉ VARIANTY

Dále je podrobněji propracována varianta E, zahrnující dvě nádrže (dolní N1) a horní (NO2). Dolní nádrž má přímou osu hráze, horní nádrž obloukovou osu hráze.

Větší část výkresové části je zpracována pro obě nádrže vzhledem k tomu, že výkresy byly použity pro výpočet objemů výkopů v zátopě a v založení hrází a dále pro výpočet násypů hrází.

Funkční objekty (výpustné zařízení a bezpečnostní přeliv) jsou podrobněji zpracovány pro dolní nádrž N1, pro horní nádrž se počítá s dispozičně i konstrukčně obdobným typem funkčních objektů, proto jsou tyto objekty pouze popsány v textové části.

Vzhledem k tomu, že bakalářská práce je zpracována v úrovni studie, jsou u přiložených výkresů funkčních objektů uvedeny pouze hlavní kóty a použité materiály bez podrobnějšího popisu.

7.1 Hráze nádrží

Hráz nádrže N1 je situována v dolní části lokality „Nad Tratí“ nad křížením napájecího toku s polní cestou. Těleso hráze bylo navrženo tak, aby nezasahovalo do ochranného pásma železniční trati (příloha C.1).

V navrženém profilu hráze N1 byl proveden firmou Hejnák – Agrogeologie inženýrsko-geologický průzkum [7], v profilu hráze byly zřízeny 3 sondy do hloubky 2,0 až 2,8 m. Materiál pro stavbu hráze doporučuje průzkum těžit ze zátopy, hlinité náplavy a svahové zeminy jsou v souladu s ČSN 75 2410 [4] definovány typu ML a CL. Humózní materiál bude deponován odděleně od výkopových zemin a použit pro ohumusování koruny a vzdušního líce hráze.

7.1.1 MNV N1

- osa hráze: v půdorysu přímá
- délka hráze: 79,7 m
- koruna hráze: 285,30 m n.m.
- hladina zásobního prostoru: 284,50 m n.m.
- hladina neovladatelného ochranného prostoru: 285,00 m n.m.
- největší výška hráze (od založení): 2,40 m.
- minimální hloubka založení hráze: 600 mm (včetně odstranění humózní vrstvy o mocnosti 150 mm)
- sklon návodního svahu: 1 : 3,2
- sklon vzdušního svahu: 1 : 2,2

Šířka koruny hráze je 4,0 m, aby bylo možno přejíždět zemědělskou technikou na pozemek na levém břehu údolní nivy nad vysokou mezí.

Opevnění návodního svahu je pohozen z lomového kamene zrnitosti 63 až 125 mm, mocnost pohozu 300 mm. Pod pohozen jsou dvě filtrační vrstvy o mocnosti 200 mm, horní zrnitosti 32 až 63 mm, spodní zrnitosti 16 až 32 mm. Pohoz i filtrační vrstvy se opírají o patku z lomového kamene.

Vzdušní líc a koruna hráze budou ohumusovány a osety. U paty vzdušního líce je patní drén, tvořený lomovým kamenem s vloženým drénem (děrovaný plast nebo poloděrovaná kamenina) DN 150. Patní drén je chráněn na dotyku s tělesem hráze před zanášením dvěma filtračními vrstvami mocnosti po 200 mm, tvořenými kamenivem zrnitosti 32 až 63 mm (u kamene drénu) a zrnitosti 16 až 32 mm (u zeminy hráze). Vyústění drénů je z obou stran do úseku koryta pod objektem vyústění odpadního potrubí.

7.1.2 MNV NO2

Hráz nádrže NO2 je konstrukčně stejná jako hráz nádrže N1, dále jsou uvedeny odlišné parametry nádrže NO2.

- osa hráze: v půdorysu oblouková (kružnicový oblouk, $R = 40,0$ m)
- délka hráze: 37,9 m
- koruna hráze: 288,80 m n.m.
- hladina zásobního prostoru: 288,00 m n.m.
- hladina neovladatelného ochranného prostoru: 288,50 m n.m.
- největší výška hráze (od založení): 2,40 m
- minimální hloubka založení hráze: 600 mm (včetně odstranění humózní vrstvy o mocnosti 150 mm)

- šířka koruny hráze: 3,0 m
- sklon návodního svahu: 1 : 3,2
- sklon vzdušního svahu: 1 : 2,2

Celková dispozice obou hrází je uvedena v příloze C.1 a v přílohách C.4.1, C.4.2, C.4.3 a C.4.4.

7.2 Výpustné zařízení nádrží

Výpustné zařízení nádrže N1 tvoří betonový prefabrikovaný požerák (o půdorysných rozměrech 880/1190 mm) s dvojitou dlužovou stěnou. Výška požeráku je 2,69 m (od úrovně dna odpadního potrubí po vrch poklopu), požerák je zapuštěn do tělesa hráze, vtok do šachty požeráku je betonovými vtokovými křídly.

Přístup k požeráku je z hráze po lávce, jejíž pochozí plocha je na úrovni hladiny neovladatelného ochranného prostoru (285,00 m n.m.). Lávka má délku 2,80 m, šířku 0,85 m a je opatřena jednostranným zábradlím.

Vlastní hradící konstrukci tvoří dvojitá dlužová stěna, osazená do drážek. Dolní čtyři dluže, každá o výšce 160 mm, je možno nahradit česlovou stěnou, osazenou do drážek první dlužové stěny při dně nádrže.

Nátoková křídla tvoří betonové zídky. Horní hrana zídek sleduje sklon návodního svahu hráze. Půdorysně se pata zídek od požeráku rozšiřuje, u požeráku je šířka dna vtoku 0,88 m u paty hráze 1,50 m. Dno vtoku je opevněno kamennou dlažbou tl. 0,25 m do betonu tl. 0,15 m. Vtok u dna nádrže je ukončen betonovým stabilizačním pásem šířky 0,40 m a hloubky 0,60 m.

Nad tímto stabilizačním pásem je v délce 1,50 m zpevněno koryto rovnatinou z lomového kamene.

Odpad od požeráku je plastovým potrubím DN600, délka potrubí je 12,0 m. Potrubí bude uloženo na betonový základ tloušťky 200 mm a v celé délce obetonováno. Vyústění odpadního potrubí je do koryta napájecího potoka. Vyústní objekt je tvaru čela trubního propustku, zeď z lomového kamene na MC 25 s krycí deskou z betonu, šířka zídky je 0,80 m, výška objektu je 1,60 m ode dna koryta.

Pod objektem vyústění odpadního potrubí je v délce 4,0 m zpevněné dno a svahy koryta na svislou výšku 0,60 m rovnatinou z lomového kamene. Sklon svahů je 1 : 1,5. Opevnění koryta je ukončeno stabilizačním pasem z betonu šířky 400 mm a hloubky 600 mm.

Celková dispozice výpusti nádrže N1 je uvedena v příloze C.1 a v přílohách D.4.5a,b.

Výpustné zařízení nádrže NO2 bude stejného typu, konstrukce i materiálů. Oproti výpustnému zařízení nádrže N1 je výška požeráku 3,20 m, a délka lávky 2,70 m. Umístění výpustného zařízení je patrné z přílohy C.3.

7.3 Bezpečnostní přeliv

Bezpečnostní přeliv na nádrži N1 je navržen na převedení stoleté vody $Q_{100} = 3,04 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ [5] při výšce přepadového paprsku 0,50 m (viz kap. 9 Výpočty).

Bezpečnostní přeliv je přímý v ose hráze, tvaru lichoběžníkového průlehu, umístěný při pravém zavázání hráze. Délka vodorovné přelivné hrany je navržena 2,90 m, sklony bočních stran jsou 1 : 3, kóta přelivné hrany je na úrovni 284,50 m n.m.

Přelivná hrana je fixována při obou stranách koruny hráze stabilizačními pásy z lomového kamene na cementovou maltu s vyspárováním horní plochy. Šířka stabilizačních pásů je 400 mm, hloubka 600 mm. Další 2 stabilizační pásy jsou navrženy kolmo na osu hráze, a

to u paty boků přelivu. Plocha takto vytvořeného roštu bude zpevněna kamennou dlažbou na sucho tloušťky 300 mm na podsyp ze šterku mocnosti 150 mm. Opevnění boků přelivu je také kamennou dlažbou na sucho do šterkového podsypu, ukončení dlažby bude opět stabilizačními pásy.

Odpad od přelivu bude tvořen průlehem, s příčným profilem lichoběžníkovým (pod přelivnou plochou) s přechodem na trojúhelníkový profil, opevnění koryta bude rovnáninou z lomového kamene. Povrch rovnániny bude drsný pro tlumení energie protékající vody. Trasa odpadu od přelivu je navržena tak, aby neprocházela ochranným pásmem železnice.

Celková dispozice objektu je v příloze C.1, podrobnější výkres je v příloze C.4.6.

Bezpečnostní přeliv na nádrži NO2 bude stejné konstrukce a stejných rozměrů, pouze úroveň přelivné hrany bude 288,00 m n.m.

V rámci zpracování studie byl zvažován i sdružený objekt výpusti a bezpečnostního přelivu. Délka přelivné hrany pro provedení průtoku stoleté vody $Q_{100} = 3,04 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ při výšce přepadového paprsku 0,50 m je 4,7 m (viz kap. 8 Výpočty). Sdružený objekt nebyl dále uvažován vzhledem k tomu, že v poměrně malé nádrži by působil příliš mohutným dojmem.

7.4 Zátopa nádrže

Zátopa obou nádrží má trojúhelníkový tvar, pravý břeh je povlovný, levý břeh je omezen mezi s poměrně velkým sklonem.

Základní charakteristiky nádrže N1 jsou:

- Dno požeráku: 282,80 m n.m.
- Hladina zásobního prostoru: 284,50 m n.m.
- Plocha nádrže při hladině zásobního prostoru: 2 165 m²
- Objem zásobního prostoru: 1 723 m³
- Hladina neovladatelného ochranného prostoru: 285,00 m n.m.
- Plocha při hladině neovladatelného ochranného prostoru: 3 077 m²
- Objem neovladatelného ochranného prostoru: 1 311 m³
- Kóta koruny hráze: 285,30 m n.m.
- Celkový objem (po hladinu neovladatelného ochranného prostoru): 3 034 m³

Základní charakteristiky nádrže NO2 jsou:

- Dno požeráku: 286,10 m n.m.
- Hladina zásobního prostoru: 288,00 m n.m.
- Plocha nádrže při hladině zásobního prostoru: 469 m²
- Objem zásobního prostoru: 381 m³

- Hladina neovladatelného ochranného prostoru: 288,50 m n.m.
- Plocha při hladině neovladatelného ochranného prostoru: 786 m²
- Objem neovladatelného ochranného prostoru: 313 m³
- Kóta koruny hráze: 288,80 m n.m.
- Celkový objem (po hladinu neovladatelného ochranného prostoru): 694 m³

Z celé plochy zátopy bude sejmuta humózní vrstva o mocnosti 150 mm, materiál bude použit pro ohumusování koruny a vzdušního líce hráze. Dno nádrže bude vyspádované ve sklonu 1 % k břehům koryta. Břehy nádrže pak budou upraveny ve sklonu 1:3 k původnímu terénu.

Obě napájecí koryta jsou navržena v nádrži lichoběžníkového profilu se šířkou ve dně 1000 mm, hloubkou min. 400 mm a sklony svahů 1 : 2.

Na pravém břehu horní nádrže NO2 se nad hranicí zátopy nachází vzrostlý dub. Tento strom bude ponechán a je jej třeba ochránit před poškozením stavbou. Na ploše zátopy obou nádrží vysadil stavebník před časem mladé ořešáky. Stromky, které se nacházejí v ploše zátopy, stavebník přesadí s dostatečným časovým předstihem před zahájením stavby na jinou lokalitu.

Zátopa, její tvarování a trasování toku v zátopě nádrží je patrné z přílohy C.1 a C.4.4.

8 VÝPOČTY

Veškeré výpočty byly provedeny s využitím materiálu Rybníky a účelové nádrže – příklady [2].

8.1 Charakteristické čáry MVN N1 – varianta E (přímá hráz)

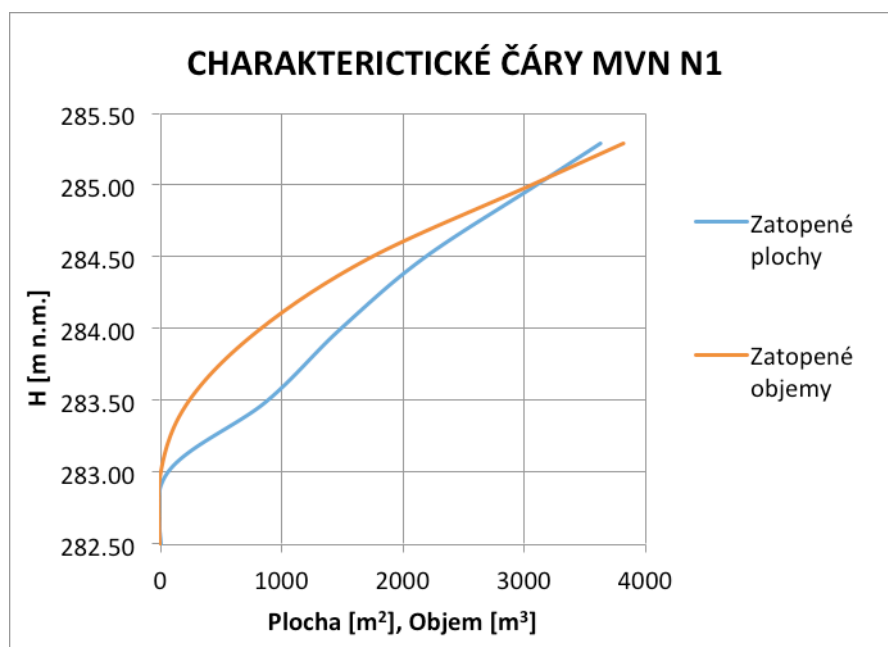
Charakteristické čáry vodního díla byly zpracovány pro doporučenou variantu E. Plochy byly zjištěny z příčných řezů údolím (viz. příloha C.4.4) se zahrnutím výkopů a násypů v zátopě. Charakteristické čáry vodního díla udává Tab. 36. (Obr. 18)

Tab. 36 Charakteristické čáry MVN N1

H (m n.m.)	Plocha (m ²)	Objem (m ³)	Poznámka
282,41	0	0	dno výpusti
283,00	48	2	
283,50	865	231	
284,00	1470	814	
284,50	2165	1723	hladina zásobního prostoru
285,00	3077	3034	hladina neovl. ochr. prostoru
285,30	3624	3820	koruna hráze

Objem ochranného prostoru (pro $Q_{100} = 3,04 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$): 1311 m^3

Převýšení koruny hráze nad hladinou neovladatelného ochranného prostoru – 0,30 m.



Obr. 18 – Charakteristické čáry MVN N1

8.2 Charakteristické čáry MVN NO2 – varianta E (oblouková hráz)

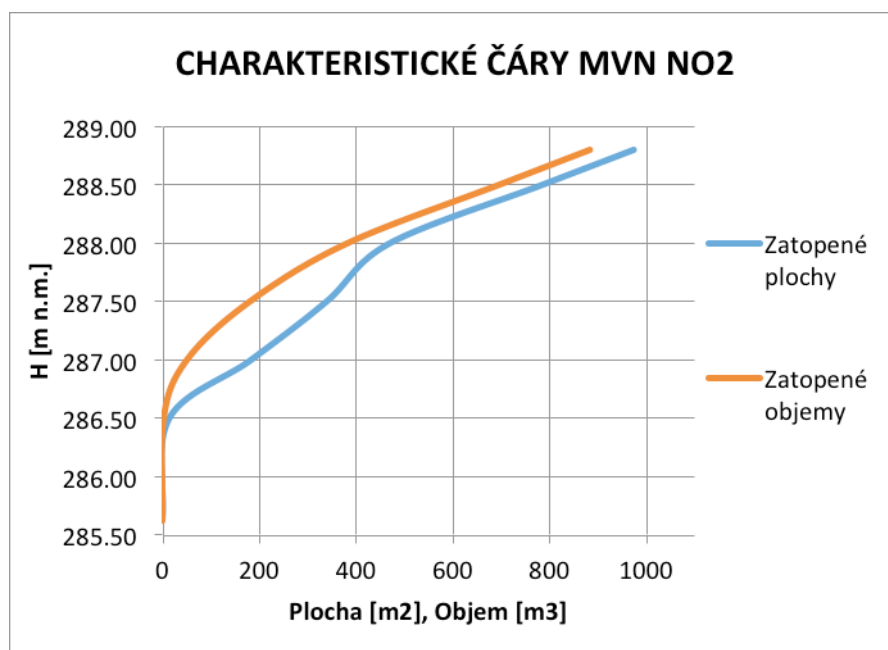
Charakteristické čáry vodního díla byly zpracovány pro doporučenou variantu E.. Charakteristické čáry vodního díla udává Tab. 37. (Obr. 19)

Tab. 37 Charakteristické čáry MVN NO2

H (m n.m.)	Plocha (m ²)	Objem (m ³)	Poznámka
285,62	0	0	dno výpusti
286,50	13	1	
287,00	182	49	
287,50	338	179	
288,00	469	381	hladina zásobního prostoru
288,50	784	694	hl.n.o.p. (při Q ₁₀₀)
288,80	973	882	koruna hráze

Objem ochranného prostoru (pro Q₁₀₀ = 3,04 m³.s⁻¹): 313 m³

Převýšení koruny hráze nad hladinou neovladatelného ochranného prostoru – 0,30 m.



Obr. 19 – Charakteristické čáry MVN NO2

8.3 Ztráta vody výparem z vodní hladiny (MVN N1)

Průměrná roční hodnota výparu z hladiny byla stanovena z nomogramu, uvedeném v ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže [4] (závislost ročního úhrnu výparu na nadmořské výšce hladiny):

Nadmořská výška – cca 285,00 m n.m.

Plocha hladiny zásobního prostoru – 0,217 ha

Orientační hodnota celkového ročního výparu (z nomogramu v závislosti na nadmořské výšce) – 800 mm, tj. $8\,000\text{ m}^3/\text{ha} \times 0,217 = 1\,736\text{ m}^3$

ČSN 75 2410 [4] uvádí také procentuální rozdělení ročního výparu na jednotlivé měsíce:

Tab. 38 Průměrné hodnoty ročního výparu dle ČSN 75 2410 pro N1 a k nim přiřazené příslušné objemy měsíčního výparu

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
% ročního výparu	2	2	4	6	11	14,5	18	17	11,5	7	4	3
měsíční výpar (m^3)	35	35	70	105	192	253	314	297	201	122	70	52

8.4 Ztráta vody výparem z vodní hladiny (MVN NO2)

Průměrná roční hodnota výparu z hladiny byla stanovena z grafu, uvedeném v ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže [4] (závislost ročního úhrnu výparu na nadmořské výšce hladiny):

Nadmořská výška – cca 288,00 m n.m.

Plocha hladiny zásobního prostoru – 0,047 ha

Orientační hodnota celkového ročního výparu (z grafu v závislosti na nadmořské výšce) – 810 mm, tj. $8\,100\text{ m}^3/\text{ha} \times 0,047 = 381\text{ m}^3$

ČSN 75 2410 [4] uvádí také procentuální rozdělení ročního výparu na jednotlivé měsíce:

Tab. 39 Průměrné hodnoty ročního výparu dle ČSN 75 2410 pro NO2 a k nim přiřazené příslušné objemy měsíčního výparu

Měsíc	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
% ročního výparu	2	2	4	6	11	14,5	18	17	11,5	7	4	3
měsíční výpar (m^3)	8	8	15	23	42	55	69	65	44	27	15	11

8.5 Roční vodohospodářská bilance MVN (MVN N1)

Za předpokladu dlouhodobého ročního průtoku $Q_a = 3,4\text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ (dle kap. 3.1) je roční přitéklé množství vody do vodního díla $3,4 \times 86\,400 \times 365/1\,000 = 107,2\text{ tis}\cdot\text{m}^3$.

Roční odtok za předpokladu minimálního zůstatkového průtoku pod hrází $Q_{330} = 1,8\text{ l}\cdot\text{s}^{-1}$ (dle kap. 3.1) získáme takto: $1,8 \times 86\,400 \times 365/1\,000 = 56,8\text{ tis}\cdot\text{m}^3$.

Objem zásobního prostoru činí cca $1,7\text{ tis}\cdot\text{m}^3$ a roční výpar (dle ČSN 75 2410) je $1,8\text{ tis}\cdot\text{m}^3$.

Roční bilance vodního díla :

- přítok – 107,2 tis.m³
 - odtok – 56,8 tis.m³
 - výpar – 1,8 tis.m³
 - nádrž – 1,7 tis.m³
-

→ $107,2 - 56,8 - 1,7 - 1,8 = 46,9 \text{ tis.m}^3$, takže roční bilance MVN N1 je aktivní.

Celková roční bilance ukazuje, že v průměrně vodném roce bude možno pokrýt všechny požadavky na vodní dílo.

8.6 Roční vodohospodářská bilance MVN (MVN NO2)

Za předpokladu dlouhodobého ročního průtoku $Q_a = 3,4 \text{ l.s}^{-1}$ (dle kap. 3.1) je roční přitéklé množství vody do vodního díla $3,4 \times 86\,400 \times 365/1\,000 = 107,2 \text{ tis.m}^3$.

Roční odtok za předpokladu minimálního zůstatkového průtoku pod hrází $Q_{330} = 1,8 \text{ l.s}^{-1}$ (dle kap. 3.1) získáme takto : $1,8 \times 86\,400 \times 365/1\,000 = 56,8 \text{ tis.m}^3$.

Objem zásobního prostoru činí cca $0,4 \text{ tis.m}^3$.

Roční výpar (dle ČSN 75 2410) je $0,4 \text{ tis.m}^3$.

Roční bilance vodního díla :

- přítok – 107,2 tis.m³
 - odtok – 56,8 tis.m³
 - výpar – 0,4 tis.m³
 - nádrž – 0,4 tis.m³
-

→ $107,2 - 56,8 - 0,4 - 0,4 = 49,6 \text{ tis.m}^3$, takže roční bilance MVN N1 je aktivní.

Celková roční bilance ukazuje, že v průměrně vodném roce bude možno pokrýt všechny požadavky na vodní dílo.

8.7 Doba prázdnění nádrže

Prázdnění vodního díla se provádí vyhrazováním dluží ve výpustném objektu. Výpočet doby prázdnění vychází z předpokladu, že se postupně vyhrazují vždy dvě dluže, tzn. že průtok výpustí je dán přepadem přes horní hranu dluží (přepad přes ostrou hranu) při výšce přepadového paprsku rovné dvojnásobku výšky dluže, tj. 0,32 m. Délka přelivné hrany se rovná světlé délce dluží, tj. 0,85 m.

8.7.1 Nádrž N1

Doba prázdnění se vypočte ze vztahu

$$T = 0,132 \cdot V_z / m \cdot b_0 \cdot z^{1,5} \quad (\text{s})$$

kde V_z - objem zásobního prostoru nádrže (m^3), $V_z = 1\,723 \text{ m}^3$
 m - součinitel přepadu přes dluže ($m = 0,4$)
 b_0 - délka přelivné hrany (délka dluží), $b_0 = 0,70 \text{ m}$ (viz. kap 8.8)
 z - výška dluží, $z = 0,16 \text{ m}$

$$T = 0,132 \cdot 1723 / 0,4 \cdot 0,70 \cdot 0,16^{1,5} \cdot 3600 = 10\,452 \text{ s} = 3,53 \text{ hod. (0,15 dne)}.$$

8.7.2 Nádrž NO2

Doba prázdnění se vypočte ze vztahu

$$T = 0,132 \cdot V_z / m \cdot b_0 \cdot z^{1,5} \quad (\text{s})$$

kde V_z - objem zásobního prostoru nádrže (m^3), $V_z = 381 \text{ m}^3$
 m - součinitel přepadu přes dluže ($m = 0,4$)
 b_0 - délka přelivné hrany (délka dluží), $b_0 = 0,70 \text{ m}$ (viz. kap 8.8)
 z - výška dluží, $z = 0,16 \text{ m}$

$$T = 0,132 \cdot 381 / 0,4 \cdot 0,70 \cdot 0,16^{1,5} \cdot 3600 = 0,78 \text{ hod. (0,03 dne)}.$$

Nejkratší doba prázdnění nádrže je 3,53 hodiny (0,15 dne) pro MVN N1 a 0,78 hodiny (0,03 dne) pro MVN NO2. Ve skutečnosti však bude doba prázdnění vycházet ze zásad manipulačního řádu, který určí maximální denní pokles hladiny vody v nádrži. Minimální vypočtená doba určuje dobu prázdnění pouze pro havarijní situace.

8.8 Výpočet potřebného profilu odpadního potrubí od výpusti (MVN N1 a NO2)

Maximální průtok odpadem od výpusti nastává při hladině v úrovni hladiny ochranného neovladatelného prostoru, tomu odpovídá přepadová výška přes dluže 0,5 m. Průtok při této přepadové výšce je dán vztahem [2]:

$$Q = m \cdot b_0 \cdot (2g)^{0,5} \cdot h_0^{1,5} = 0,4 \cdot 0,70 \cdot 4,43 \cdot 0,5^{1,5} = 0,44 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

kde Q - průtok ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
 b_0 - délka přelivné hrany (dluží) se započtením vlivu kontrakce (m)
 m - součinitel přepadu přes dluže ($m = 0,4$)
 h - přepadová výška, $h = 0,5 \text{ m}$

Délka přelivné hrany b_0 se započtením vlivu kontrakce je dána vztahem

$$b_0 = b - 0,10 \cdot 2 \cdot \zeta_v \cdot h = 0,85 - 0,10 \cdot 2 \cdot 1,5 \cdot 0,50 = 0,70 \text{ m} \quad (\text{m})$$

kde b - délka přelivné hrany (dluží), $b = 0,85 \text{ m}$
 ζ_v - součinitel tvaru vtoku – pro ostrohranný vtok $\zeta_v = 1,5$

Návrh profilu odpadního potrubí vychází z požadavku, aby maximální průtok $0,44 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ provedlo potrubí při volné hladině. Průtok potrubím o volné hladině je dán Chézyho rovnicí s použitím součinitele drsnosti podle Manninga ve tvaru:

$$Q = S \cdot v = S \cdot 1/n \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}) \quad [2]$$

kde S - průtočná plocha potrubí (m^2),
 O - omočený obvod (m),
 R - hydraulický poloměr (m), $R = S/O$
 n - Manningův součinitel drsnosti, $n = 0,019$ (plast)
 i - podélný sklon dna (-), $i = 0,016$ (MVN N1), $i = 0,041$ (MVN N2)

Pro obě vodní díla provede potřebný průtok $Q = 0,44 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ plastové potrubí DN 600.

8.9 Konsumční křivka přelivu typu průlehu (MVN N1)

Bezpečnostní přeliv je tvořen průlehem lichoběžníkového tvaru. Délka přelivné hrany je 2,9 m, sklony bočních stran jsou 1 : 3, kóta přelivné hrany je na úrovni 284,50 m n.m.

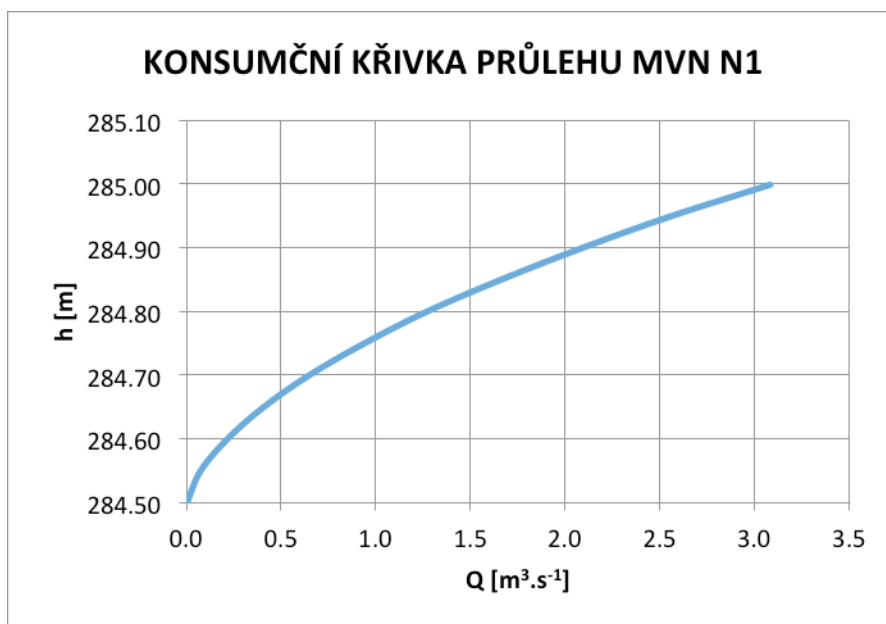
Přepadové množství přes lichoběžníkový přepad je dáno vztahem [2]

$$Q = m \cdot b \cdot (2g)^{0,5} \cdot h^{1,5} + 8/15 \cdot \mu \cdot (2g)^{0,5} \cdot h^{2,5} \cdot \text{tg}\alpha \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$$

kde m - součinitel přepadu, $m = 0,48$
 b - délka přelivné hrany, $b = 2,9 \text{ m}$
 μ - součinitel přepadu, $\mu = 0,72$
 $\text{tg}\alpha$ - tangenta úhlu odklonu svahu od svislé roviny, $\text{tg}\alpha = 3,0$
 h - přepadová výška (m)

Tab. 40 Konsumční křivka bezpečnostního přelivu (průleh) pro MVN N1

h (m)	h (m n.m.)	Q (m ³ .s ⁻¹)
0,00	284,50	0,00
0,05	284,55	0,07
0,10	284,60	0,21
0,15	284,65	0,40
0,20	284,70	0,64
0,25	284,75	0,93
0,30	284,80	1,26
0,35	284,85	1,65
0,40	284,90	2,08
0,45	284,95	2,55
0,50	285,00	3,08



Obr. 20 – Konsumční křivka průlehu MVN N1

8.10 Konsumční křivka přelivu typu sruženého objektu (MVN N1)

Bezpečnostní přeliv je tvořen sruženým objektem. Délka přelivné hrany je 4,7 m, kóta přelivné hrany je na úrovni 284,50 m n.m.

Přepadové množství přes přepad je dáno vztahem:

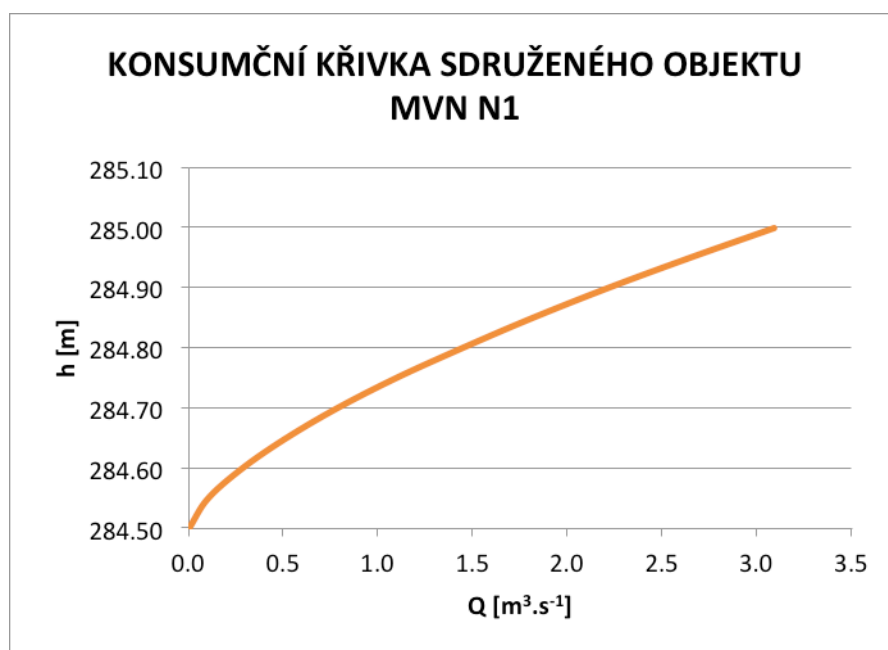
$$Q = m \cdot b \cdot (2g)^{0,5} \cdot h^{1,5} \text{ (m}^3\text{.s}^{-1}\text{)} \quad [2]$$

kde m - součinitel přepadu, $m = 0,42$
 b - délka přelivné hrany, $b = 4,7 \text{ m (2 x 2,35 m)}$

h - přepadová výška (m)

Tab. 41 Konsumční křivka bezpečnostního přelivu (sdužený) pro MVN N1

h (m)	h (m n.m.)	Q (m ³ .s ⁻¹)
0,00	284,50	0,00
0,05	284,55	0,10
0,10	284,60	0,28
0,15	284,65	0,51
0,20	284,70	0,78
0,25	284,75	1,09
0,30	284,80	1,44
0,35	284,85	1,81
0,40	284,90	2,21
0,45	284,95	2,64
0,50	285,00	3,09



Obr. 21 – Konsumční křivka sduženého objektu MVN N1

8.11 Návrh profilu pro odpad od sduženého objektu (MVN N1)

Návrh profilu odpadního potrubí od sduženého objektu vychází z požadavku, aby maximální průtok provedlo potrubí při volné hladině. Maximální průtok je $Q_{100} = 3,04 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Průtok potrubím o volné hladině je dán Chézyho rovnicí s použitím součinitele drsnosti podle Manninga ve tvaru

$$Q = S \cdot v = S \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}) \quad [2]$$

- kde S - průtočná plocha potrubí (m²),
 O - omočený obvod (m),
 R - hydraulický poloměr (m), R = S/O
 n - Manningův součinitel drsnosti, n = 0,025 (beton)
 i - podélný sklon dna (-), i = 0,016

Potřebný průtok $Q = 3,04 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ provede betonové potrubí DN 1 400.

8.12 Konsumční křivka přelivu typu průlehu (MVN NO2)

Bezpečnostní přeliv je tvořen průlehem lichoběžníkového tvaru. Délka přelivné hrany je 2,9 m, sklony bočních stran jsou 1:3, kóta přelivné hrany je na úrovni 288,00 m n.m.

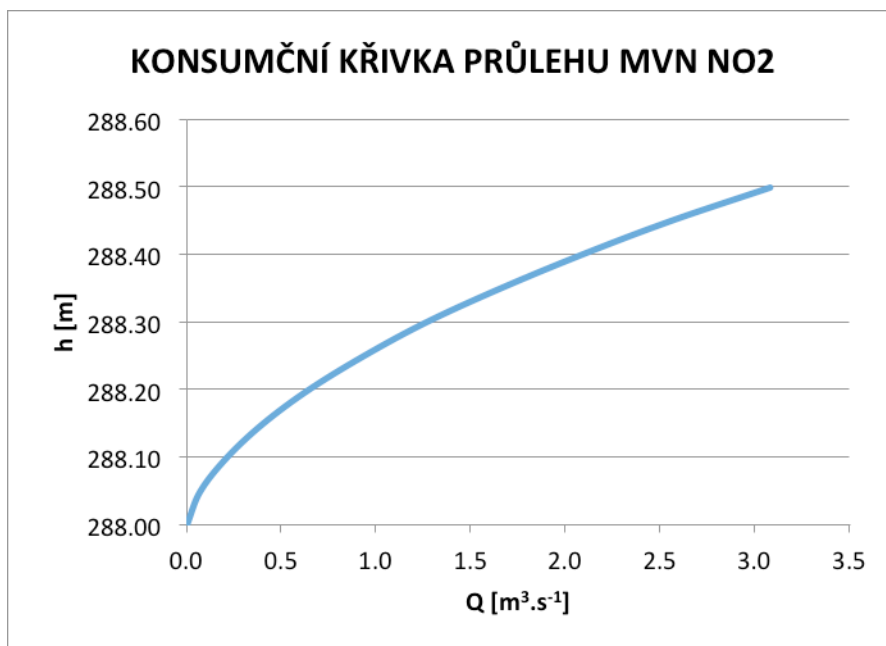
Přepadové množství přes lichoběžníkový přepad je dáno vztahem [2]:

$$Q = m \cdot b \cdot (2g)^{0,5} \cdot h^{1,5} + 8/15 \cdot \mu \cdot (2g)^{0,5} \cdot h^{2,5} \cdot \text{tg}\alpha \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$$

- kde m - součinitel přepadu, m = 0,48
 b - délka přelivné hrany, b = 2,9 m
 μ - součinitel přepadu, $\mu = 0,72$
 $\text{tg}\alpha$ - tangenta úhlu odklonu svahu od svislé roviny, $\text{tg}\alpha = 3,0$
 h - přepadová výška (m)

Tab. 42 Konsumční křivka bezpečnostního přelivu (průleh) pro MVN NO2

h (m n.m.)	h (m)	Q (m ³ ·s ⁻¹)
288,00	0,00	0,00
288,05	0,05	0,07
288,10	0,10	0,21
288,15	0,15	0,40
288,20	0,20	0,64
288,25	0,25	0,93
288,30	0,30	1,26
288,35	0,35	1,65
288,40	0,40	2,08
288,45	0,45	2,55
288,50	0,50	3,08



Obr. 22 – Konsumční křivka průlehu MVN NO2

8.13 Konsumční křivka přelivu typu sdruženého objektu (MVN NO2)

Bezpečnostní přeliv je tvořen sdruženým objektem. Délka přelivné hrany je 4,7 m, kóta přelivné hrany je na úrovni 288,00 m n.m.

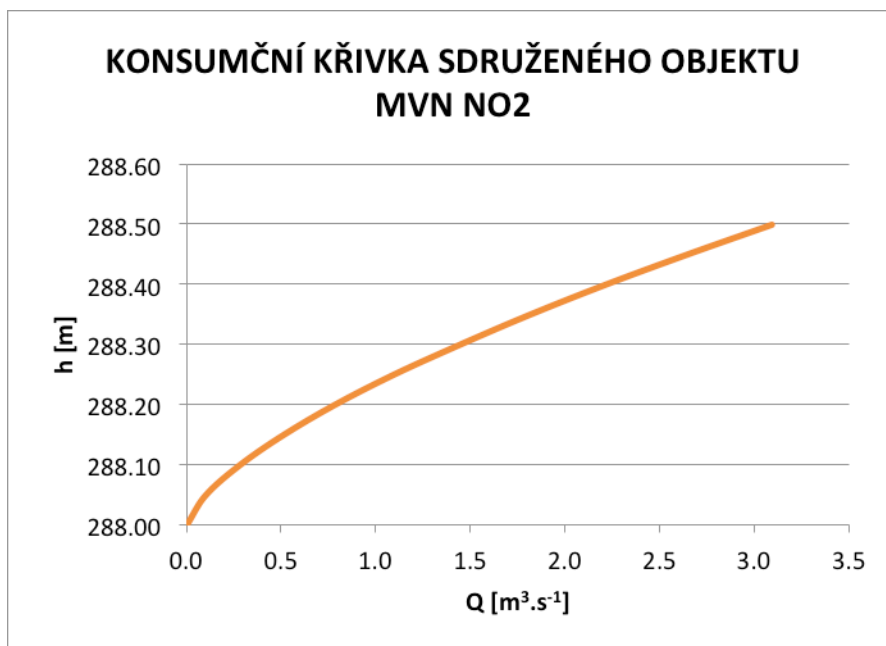
Přepadové množství přes přepad je dáno vztahem

$$Q = m \cdot b \cdot (2g)^{0,5} \cdot h^{1,5} \text{ (m}^3 \cdot \text{s}^{-1}\text{)} \quad [2]$$

- kde
- m - součinitel přepadu, $m = 0,42$
 - b - délka přelivné hrany, $b = 4,7 \text{ m (} 2 \times 2,35 \text{ m)}$
 - h - přepadová výška (m)

Tab. 43 Konsumční křivka bezpečnostního přelivu (sdružený) pro MVN NO2

h (m)	h (m n.m.)	Q (m ³ .s ⁻¹)
0,00	288,00	0,00
0,05	288,05	0,10
0,10	288,10	0,28
0,15	288,15	0,51
0,20	288,20	0,78
0,25	288,25	1,09
0,30	288,30	1,44
0,35	288,35	1,81
0,40	288,40	2,21
0,45	288,45	2,64
0,50	288,50	3,09



Obr. 23 – Konsumční křivka sruženého objektu MVN NO2

8.14 Návrh profilu pro odpad od sruženého objektu (MNV NO2)

Návrh profilu odpadního potrubí od sruženého objektu vychází z požadavku, aby maximální průtok provedlo potrubí při volné hladině. Maximální průtok je $Q_{100} = 3,04 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Průtok potrubím o volné hladině je dán Chézyho rovnicí s použitím součinitele drsnosti podle Manninga ve tvaru

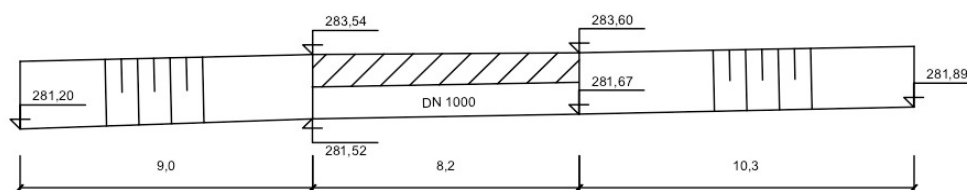
$$Q = S \cdot v = S \cdot 1/n \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}) \quad [2]$$

- kde
- S - průtočná plocha potrubí (m^2),
 - O - omočený obvod (m),
 - R - hydraulický poloměr (m), $R = S/O$
 - n - Manningův součinitel drsnosti, $n = 0,025$ (beton)
 - i - podélný sklon dna (-), $i = 0,041$

Potřebný průtok $Q = 3,04 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ provede betonové potrubí DN 1 200.

8.15 Posouzení kapacitního průtoku propustkem na polní cestě nad tratí

Propustek pod polní cestou je v dobrém technickém stavu. Jedná se o betonovou troubu DN 1000 délky 8,2 m s podélným sklonem dna 1,8 %. Koryto nad propustkem má podélný sklon dna 2,1 %, koryto pod propustkem 2,4 % na délku 9,0 m, což zajišťuje, že nedojde k ovlivnění průtoku propustkem dolní vodou. Vtok do propustku je na úrovni 281,67 m n.m., výtok na úrovni 281,52 m n.m., úroveň římsy nad vtokem 283,60 m n.m., nad výtokem 283,54 m n.m. (Obr. 24).



Obr. 24 Schéma betonového propustku DN 1000

Kritické hodnoty potrubí propustku jsou stanoveny v rozmezí hloubky před vtokem do potrubí od dna vtoku (281,67 m n.m.) do úrovně hloubky vody h_o , kde $h_o = \beta \cdot h_p$ (h_p je průměr potrubí = 1,0 m, β je součinitel tvaru vtoku = 1,2), takže $h_o = 1,2 \cdot 1,0 = 1,20$ m - průtok potrubím o volné hladině. Při vyšší hloubce vody (nad 282,87 m n.m.) před vtokem se jedná o proudění tlakové.

Kritické hodnoty potrubí propustku

$$h_o = 1/\varphi \cdot (h_{kr} + v_{kr}^2/2g) \quad [2]$$

kde φ - součinitel tvaru vtoku = 0,84
 v_{kr} - průtočná rychlost při hloubce h_{kr} ($m \cdot s^{-1}$)

$$v_{kr} = (g \cdot h_{krs})^{0,5} \quad h_{krs} = S_{kr}/B_{kr} \text{ (m)} \quad [2]$$

kde h_{kr} - hloubka vody (m)
 S_{kr} - průtočná plocha (m^2)
 O_{kr} - omočený obvod (m)
 R_{kr} - hydraulický poloměr (m)
 B_{kr} - šířka v hladině (m) pro hloubku h_{kr}
 Q_{kr} - průtok vody ($m^3 \cdot s^{-1}$) při hloubce h_{kr}
 i_{kr} - kritický sklon (-)
 h_o - hloubka vody před vtokem (m)

Hodnoty všech parametrů byly stanoveny z tabulky poměrných hodnot pro výpočet kritických hodnot pro kruhové profily (uvedeno v hydraulické literatuře).

Tab. 44 Tabulka poměrných hodnot pro kruhové profily

h_{kr}	v_{kr}	Q_{kr}	i_{kr}	h_o
0,10	0,824	0,034	0,0164	0,160
0,20	1,180	0,132	0,0144	0,323
0,30	1,463	0,290	0,0140	0,487
0,40	1,719	0,504	0,0144	0,655
0,50	1,963	0,771	0,0153	0,829
0,60	2,215	1,090	0,0170	1,012

Pro všechny zvolené hloubky vody se jedná o proudění mírně nadkritické (bystřinné) - $i_p = 0,018 > i_{kr}$.

Průtok při tlakovém proudění v potrubí propustku (pro hloubku vody před vtokem větší než 1,20 m) je dán vztahem

$$Q = S_p \cdot (2g \cdot H)^{0,5} / (1 + \Sigma\zeta_i)^{0,5} (\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1})$$

kde S_p - průtočná plocha potrubí, pro DN 1000 $S_p = 0,785 \text{ m}^2$
 $\Sigma\zeta_i$ - součet součinitelů ztrát (-), ztráta vtokem = 0,5; ztráta výtokem = 0

Součinitel ztráty třením je dán vztahem

$$\zeta_t = 125 \cdot n^2 \cdot L/d^{4/3}$$

kde n - Manningův součinitel drsnosti, $n = 0,025$
 L - délka potrubí, $L = 8,2 \text{ m}$
 d - průměr potrubí, $d = 1,0 \text{ m}$
 H - rozdíl hladiny na vtoku a osy potrubí na výtoku (m)
 h - hloubka vody u vtoku do potrubí (m)

Tab. 45 Výsledky výpočtu beztlakového (do $h_0 = 1,20 \text{ m}$) a tlakového proudění (h_0 větší než 1,20 m) propustkem

h (m)	h_0 (m)	h (m n.m.)	Q ($\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)
0,16	0,232	281,90	0,034
0,32	0,469	282,14	0,132
0,49	0,710	282,38	0,290
0,66	0,959	282,63	0,504
0,93	1,221	282,89	0,771
1,01	1,502	283,17	1,090
1,20	1,900	283,57	2,189

Propustek na polní cestě provede bez vybřežení maximální průtok $2,19 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, což je méně než $Q_{50} = 2,34 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

9 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo zpracování studie malé vodní nádrže na bezejmenné vodoteči v lokalitě „Za Tratí“ u Bílého Kostela nad Nisou (okres Liberec, kraj Liberecký).

Studie v první části řeší variantně umístění dvou vodních ploch v zájmové lokalitě, jedná se buď o kombinaci dvou malých vodních nádrží nebo malé vodní nádrže a tůně a dále byl posuzován návrh půdorysně přímých hrází a hrází se zakřivenou osou.

Pro posouzení návrhů byly využity podkladové materiály - základní mapy, katastrální mapy, listy vlastníků, hydrologická data, tachymetrické zaměření lokality, výsledky inženýrsko-geologického průzkumu a poznatky z vlastního terénního průzkumu.

Celkem bylo zpracováno šest variant umístění nádrží. Každá varianta byla posuzována z hlediska objemu zadržené vody, bilance výkopových a násypových zemín a poměru objemu zadržené vody v zásobních prostorech nádrže k objemu hrází. Na základě tohoto hodnocení jednotlivých variant byla stanovena varianta doporučená pro další rozpracování. Jedná se o variantu E, zahrnující dvě malé vodní nádrže, dolní nádrž s přímou osou hráze, horní nádrž se zakřivenou osou hráze.

Ve druhé části byla varianta, vybraná jako nejvhodnější, zpracována do větších podrobností (výkresová dokumentace, potřebné výpočty a textová část). Obě nádrže mají zemní hráz, materiál pro stavbu hrází bude získán ze zátopy, kde se dle výsledků inženýrsko-geologického průzkumu nacházejí vhodné zeminy pro stavbu homogenní hráze. Opevnění návodního svahu je pohozen z lomového kamene na filtrační podsyp ze štěrku, při patě vzdušního líce je patní drén, vyústěný do koryta pod hrází.

Funkční objekty u obou nádrží tvoří výpustné zařízení a bezpečnostní přeliv.

Výpustné zařízení je typu prefabrikovaného betonového požeráku s dvojitou dlužovou stěnou a přístupovou lávkou. Odpadní potrubí od výpusti je plastové průměru 600 mm.

Bezpečnostní přeliv je typu průlehu v hrázi. Přelivná plocha i boky přelivu jsou zpevněny pásy z lomového kamene na cementovou maltu, prostor mezi pásy je vyplněn dlažbou z lomového kamene na sucho. Odpad od přelivu je tvořen otevřeným korytem lichoběžníkového a trojúhelníkového profilu, opevněný kamennou rovnaninou.

Řešení studie dává dostatečné podklady pro propracování návrhu do podoby projektové dokumentace pro stavební povolení a realizaci stavby. Budu velice ráda, pokud se tato akce bude realizovat a pomůže řešit problémy s nedostatkem vody jak obecně, tak zejména v dané oblasti.

10 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] ŠÁLEK, Jan; MIKA, Zdeněk; TRESOVÁ, Anna. *Rybníky a účelové nádrže*, Praha. SNTL, 1989, 267 s. ISBN 80-03-00092-0
- [2] VRÁNA, Karel. *Rybníky a účelové nádrže, příklady*, Praha. Vydavatelství ČVUT, 1993, 91 s. ISBN 80-01-01793-1
- [3] VRÁNA, Karel; BERAN, J. *Rybníky a účelové nádrže*, skriptum, Praha. Vydavatelství ČVUT, 2005, 150 s. ISBN 80-01-02570-5
- [4] ČSN 75 2410 *Malé vodní nádrže*. Praha. Vydavatelství ÚNMZ, 2011, 48 s.
- [5] ČSN 75 2935 *Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních*. Vydavatelství ÚNMZ, 2014, 16 s.
- [6] Základní hydrologická data pro levostranný bezejmenný přítok od Landova kopce, Český hydrometeorologický ústav, pobočka Ústí nad Labem 2017
- [7] Inženýrsko geologický průzkum pro malé vodní nádrže v katastrálním území Bílý Kostel, RNDr. Josef Hejnák, CSc., Praha 2017
- [8] Tachymetrické zaměření lokality, Ing. Vladimír Martin, Liberec 2017
- [9] Mapy.cz. Mapy.cz [online]. Dostupné z: https://mapy.cz/zakladni_mapa [cit. 24.5.2019]
- [10] Katastr nemovitostí. [online]. Dostupné z: <http://sginahlizenidokn.cuzk.cz/marushka> [cit. 24.5.2019] - katastrální mapa
- [11] Nahlížení do katastru nemovitostí. [online]. Copyright © 2004 [cit. 24.05.2019]. Dostupné z: <https://nahlizidenidokn.cuzk.cz/> - výpisy z LV
- [12] Ministerstvo zemědělství rozšířilo dotace o opatření v souvislosti s dolem Turów – Naše voda. Naše voda [online]. Copyright © 2011 [cit. 24.05.2019]. Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/ministerstvo-zemedelstvi-rozsirilo-dotace-opatreni-souvislosti-dolem-turow/>
- [13] Drobné vodní toky a malé vodní nádrže (Dotace, eAGRI). [online]. Copyright © 2009 [cit. 24.05.2019]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/dotace/narodni-dotace/dotace-ve-vodnim-hospodarstvi/drobne-vodni-toky-a-male-vodni-nadrze/>
- [14] Deník.cz [online]. Copyright © VLTAVA LABE MEDIA a.s., 2019, [cit. 24.05.2019]. Dostupné z: <https://www.denik.cz/ekonomika/stat-posle-vodarnam-v-severnich-cechach-60-milionu-korun-kvuli-dolu-turow-20180321.html>
- [15] Deník.cz [online]. Copyright © VLTAVA LABE MEDIA a.s., 2019, [cit. 24.05.2019]. Dostupné z: https://www.denik.cz/z_domova/rozsirovani-nehceme-lide-v-pohranici-bojuji-proti-polskemu-dolu-turow-20190521.html

11 SEZNAM VÝKRESOVÝCH PŘÍLOH

- A Přehledná situace 1 : 10 000
- B Situace návrhu
 - B.A Situace návrhu varianta A 1:1000
 - B.B Situace návrhu varianta B 1:1000
 - B.C Situace návrhu varianta C 1:1000
 - B.D Situace návrhu varianta D 1:1000
 - B.E Situace návrhu varianta E 1:1000
 - B.F Situace návrhu varianta F 1:1000
- C Výkresy pro zvolenou variantu E
 - C.1 Situace 1 : 200
 - C.2 Katastrální mapa 1 : 500
 - C.3 Podélný profil údolím 1 : 1 000/100
 - C.4 MVN „Za tratí – dolní“ (N1) a MNV „Za tratí – horní“ (NO2)
 - C.4.1 Podélný profil hrází 1 : 1 000/500
 - C.4.2 Příčné řezy hrází 1 : 100
 - C.4.3 Vzorový příčný profil hrází 1 : 100
 - C.4.4 Příčné řezy údolím 1 : 100
 - C.4.5 a, b Výpustné zařízení (pouze pro N1) 1 : 100, 1 : 50
 - C.4.6 Bezpečnostní přeliv (pouze pro N1) 1 : 50