

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ –
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

Hornicko - geologická fakulta

Institut environmentálního inženýrství

**Návrh protipovodňového opatření v
obci Lichnov**

**The proposal of flood protection
measure in the village Lichnov**

diplomová práce

Autor:

Bc. Jiří Stuchlík

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Tomáš Dvorský, Ph.D.

Ostrava 2016

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentálního inženýrství

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jiří Stuchlík**
Studijní program: N2102 Nerostné suroviny
Studijní obor: 2102T006 Technologie a hospodaření s vodou
Téma: **Návrh protipovodňového opatření v obci Lichnov.**
The proposal of flood protection measure in the village Lichnov.

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Popis stávajícího stavu
3. Identifikace problému
4. Teoretické principy řešení
5. Návrh řešení s následným zpracováním výpočetní části a grafická částí
6. Odhad ekonomických nákladů rozpracované varianty řešení
7. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] ZEVENBERGEN, C., CASHMAN, A., EVELPIDOU, N., PASCHE, E., GARVIN, S., ASHLEY, R.: Urban flood management. 1st ed. Leiden, Netherlands: CRC Press/Balkema, 2010, 340s., ISBN 978-0-415-55944-7
- [2] VÁCLAVÍK, V.: Účelové vodohospodářské nádrže, učební texty VŠB-TU Ostrava, 2007.
- [3] VRÁNA, Karel a Jan BERAN. Rybníky a účelové nádrže. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002, 150 s. ISBN 80-01-02570-5.
- [4] VÁCLAVÍK, Vojtěch. Multimediální texty předmětu Vodohospodářská zařízení III [online]. 2013. Dostupné z: <http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ3/index.html>
- [5] SLAVÍKOVÁ, L.: Ochrana před povodněmi v urbanizovaných územích, Vyd. 1. Praha: IREAS, 2007, 82 s. ISBN 978-80-86684-48-2
- [6] ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže
- [7] ČSN 75 2310 Sypané hráze

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

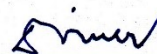
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Dvorský, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2014

Datum odevzdání: 29.04.2016



doc. Dr. Ing. Radmila Kučerová
vedoucí institutu



prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení

Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

Byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).

Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce.

Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licencí. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 23. 4. 2016

Bc. Jiří Stuchlík



Poděkování

Na tomhle místě bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Tomáši Dvorskému Ph.D. za odbornou pomoc, dále všem blízkým a hlavně rodičům za studijní podporu.

V Ostravě dne 23. 4. 2016

Bc. Jiří Stuchlík

Anotace

Diplomová práce se zabývá návrhem protipovodňového opatření v obci Lichnov. Projekt je rozdělen na část teoretickou a část praktickou. Teoretická část popisuje stávající stav daného území, hydrologické a klimatické poměry. Následuje identifikace problému v místě, kterým se projekt zabývá dále legislativní a technické řešení problému. Teoretická část se zabývá také tématu povodní jako takových.

V praktické části se zabývám samotnými variantami řešení a jejich následnému rozpracování. Vybraný návrh se zabývá návrhem tělesa hráze, výpustného zařízení, bezpečnostního přelivu a je dále podložen textovou částí, hydrotechnickými výpočty a výkresovou dokumentací.

Klíčová slova: Lichnov, povodeň, protipovodňového opatření, hydrotechnické výpočty, těleso hráze

Summary

This thesis describes the design of flood protection measures in the village Lichnov. The project is divided into theoretical and practical part. The theoretical part describes the current state of the territory, hydrological and climatic conditions. Following identification of the problem at the point addressed by the project further legislative and technical problem solving. The theoretical part also deals with the topic of flooding as such.

In the practical part I write about various solutions and their subsequent elaboration. The successful proposal describes the design of the dam, discharge facilities, emergency spillway and is further supported by the text part, hydro-technical calculations and drawings.

Keywords: Lichnov, flood, flood protection , hydro-mechanical calculations, dam

OBSAH

1	ÚVOD.....	1
2	POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU	2
2.1	Základní údaje a historie obce Lichnov.....	2
2.2	Popis hydrologických poměrů.....	3
2.3	Geomorfologie území.....	4
2.4	Klimatické poměry.....	5
3	IDENTIFIKACE PROBLÉMU.....	6
3.1	Povodně v obci Lichnov.....	6
4	TEORETICKÉ PRINCIPY ŘEŠENÍ DANÉHO PROBLÉMU	7
4.1	Legislativní řešení.....	7
4.2	Technické řešení.....	9
4.2.1	Malé vodní nádrže.....	9
4.2.2	Podklady pro návrh malých vodních nádrží.....	10
4.2.3	Návrh hráze.....	12
4.2.4	Suchá nádrž.....	17
4.3	Povodně.....	18
4.3.1	Charakteristika povodní.....	18
4.3.2	Faktory a příčiny vzniku povodně.....	19
4.3.3	Stupně povodňové aktivity.....	20
4.3.4	Povodňový plán České republiky.....	21
5	NÁVRH ŘEŠENÍ S NÁSLEDNÝM ZPRACOVÁNÍM VÝPOČETNÍ	
	ČÁSTI A GRAFICKÉ ČÁSTI.....	22
5.1	Varianta č. 1.....	22
5.2	Rozpracování varianty č. 2.....	24
5.2.1	Charakteristiky nádrže.....	24
5.2.2	Transformace povodňové vlny.....	27
5.2.3	Návrh a založení hráze.....	31
5.2.4	Materiál hráze.....	32
5.2.5	Koruna hráze.....	33
5.2.6	Vzdušní a návodní líc.....	33
5.2.7	Patní drén.....	33

5.2.8	Bezpečnostní přeliv.....	34
5.2.9	Výpustné zařízení.....	37
5.2.10	Přítok a odtok nádrže	39
6	ODHAD EKONOMICKÝCH NÁKLADŮ - ROZPOČET	43
7	ZÁVĚR	44
8	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	45
9	SEZNAM OBRÁZKŮ	49
10	SEZNAM TABULEK.....	50
11	SEZNAM GRAFŮ	51
12	SEZNAM PŘÍLOH.....	51

Seznam použitých zkratek:

BP – bezpečnostní přeliv

ČHMÚ – Český hydrometeorologický ústav

ČOV – čistírna odpadních vod

ČSN – česká státní norma

DN – jmenovitá světlost (mm)

DP – diplomová práce

KPÚ – Komplexní pozemková úprava

MVN – malá vodní nádrž

MŽP – Ministerstvo životního prostředí

OP – odpadní potrubí

PV – povodňová vlna

PVC – polyvinylchlorid

SN – suchá nádrž

SPA – stupeň povodňové aktivity

TNV – technická norma vodního hospodářství

VD – vodní dílo

VN – vodní nádrž

ŽB – železobeton

ŽP – životní prostředí

k. ú. – Katastrální úřad

HSV – hlavní stavební výroba

PSV – přidružená stavební výroba

VRN – vedlejší rozpočtové náklady

DPH – daň z přidané hodnoty

1 ÚVOD

V důsledku výskytu významných povodní na území ČR v posledních letech, včetně extrémních přívalových povodní, se pozornost veřejnosti i odborníků zaměřila na možnosti účinné ochrany před škodlivými účinky těchto negativních přírodních jevů. Jedním ze základních prostředků ochrany před povodňovými škodami jsou přípravné nádržní objemy v povodích vodních toků, schopné v případě potřeby dočasně zadržet části povodňových objemů.

Pro ochranu měst a obcí, popř. dalších významných objektů, může být vhodným řešením vybudování tzv. suchých nádrží umístěných v povodí nad chráněným územím. Suchá nádrž svým transformačním účinkem zajistí snížení parametrů povodní na požadovanou úroveň. Rozmach v budování suchých nádrží lze zaznamenat v posledních desetiletích.

Suché nádrže situované v horních částech povodí svými parametry obvykle odpovídají malým vodním nádržím, výjimkou ale nejsou větší vodní díla přehradového typu vybudována níže po toku v údolních nivách, často v kombinaci s hrázovými systémy a poldry. Suché nádrže jsou konstrukčně a funkčně specifická vodní díla, která jsou zatěžována nahodile při povodňových událostech. Vzhledem k primární funkci suchých nádrží, kterou je ochrana sídel před povodněmi, jsou tato vodní díla umístována nad obydlenými územími. Tomu odpovídá i rozsah potencionálních škod při poruše díla a z toho vyplývající jeho kategorie z hlediska technickobezpečnostního dohledu.

Práce, která se zabývá problémem návrhu protipovodňového opatření v obci Lichnov je rozčleněná do celku a to teoretickou a praktickou. V projektu se jedná o návrh suché homogenní hráze jako hlavního protipovodňového opatření.

2 POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU

2.1 Základní údaje a historie obce Lichnov

Lichnov se nachází v Moravskoslezském kraji a patří do okresu Bruntál. V obci v současné době žije 1065 obyvatel, 933 v Lichnově a 132 v místní části Dubnici. Administrativně správní území obce Lichnov (2724,72 ha), se sestává z k. ú. sídla Lichnov (2278,28 ha) a z k.ú. obce Dubnice (446,44 ha). Zástavba obou sídel (Lichnova a Dubnice) je obklopena zemědělsky obhospodařovanou půdou. Pouze v jihozápadní části území, na k.ú. Lichnova je rozsáhlejší lesní masív. Souvislá zástavba obce Lichnov je situována v údolí podél vodního toku Čížiny, který protéká katastrálním územím od Jihu k Severovýchodu. Souběžně s vodním tokem je vybudována silnice II/459, která tvoří páteř dopravní obsluhy v obci. Souvislá zástavba obce Dubnice je situována v údolí Hájnického potoka.

První zmínky o vsi Lichnov pochází z r. 1340. V 15. a 16. století zde byla těžba zlata, olova a železa. Od roku 1755 se zde nachází kostel sv. Mikuláše. V roce 1850 je uváděno 2038 obyvatel. Po 2. světové válce, v roce 1948 zde byl otevřen závod na výrobu kovového nábytku. [1], [2]



Obrázek č. 1 – Umístění území v rámci České republiky. [8]

2.2 Popis hydrologických poměrů

Říčka Čižina, která protéká Lichnovem je tokem podhůří Hrubého Jeseníku, tokem, který ústí do řeky Opavy v úseku mezi městy Opavou a Krnovem. Pramení přibližně v nadmořské výšce 630 m n. m. jihozápadně od Horního Benešova a její celkovou délku 23,5 km od pramene k ústí dělí ve spodní třetině (nad km 5,2) hráz menší údolní nádrže Pocheň. Délka vzdutí nádrže je asi 1,3 km. Tok je celý od pramene po ústí ve správě státního podniku Povodí Odry.

Čižina má sklon dna nad zátovou nádrže nad 10‰, níže pod nádrží k ústí pak okolo 5‰. Průměrná velikost zrnitosti dnového materiálu v horních úsecích se pohybuje na 50 mm, na dolním úseku nepřevyšuje 30 mm.

Z větších přítoků Čižiny, jejichž plocha povodí přesahuje 10 km², do ní v horní části ústí levostranný přítok Sítina. Dalším levostranným přítokem je Tetřevský potok, na kterém se bude řešit protipovodňová ochrana návrhem suchého poldru. Ve zcela spodních partiích pak pravostranná Hořina, která se vlévá do ní těsně před zaústěním (v km 0,4) do řeky Opavy. Z větších sídel, která leží přímo na toku, jsou to Horní Benešov v horní části toku a ve střední části pak Lichnov, jehož zástavba v úzkém údolí trasu toku sleduje přibližně na 4,5 km délky. Na dolním konci Čižina na krátkém úseku protéká Brumovicemi - Pustým Mlýnem.

Do povodí Čižiny nezasahuje žádné z chráněných území, pokud jde o chráněné živočichy, žije na jejím horním toku střevle potoční, vzácněji zde sídlí i ledňáček. Z ichtyocenózy v dolním úseku převládají kaprovité ryby, nad nádrží Pocheň směrem proti vodě je tok osídlen rybím společenstvem pstruhového pásma. [3]

Hydrologické údaje – Tetřevský potok	
Číslo hydrologického pořadí	2-02-01-0700
Plocha povodí [km ²]	5,03
Dlouhodobý průměrný průtok Q_a [l.s ⁻¹]	26
Profil – říční km	1,308

Tab. č. 1 – Hydrologické údaje v zájmovém profilu. [5]

M – denní průtoky Q_{Md} [$l.s^{-1}$]													
M	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	355	364
Q_{Md} [$l.s^{-1}$]	56	40	30	23	19	16	13	10	8,5	6,7	5,5	3,5	2

Tab. č. 2 – M – denní průtoky v zájmovém profilu. [5]

N – leté průtoky Q_N [$m^3.s^{-1}$]							
N	1	2	5	10	20	50	100
Q_N [$m^3.s^{-1}$]	1,23	1,95	3,24	4,48	5,96	8,29	10,4

Tab. č. 3 – N – leté průtoky v zájmovém profilu. [5]

Trvání deště [min]	Intenzita deště při periodicitě n [$l.s^{-1}.ha^{-1}$]							
	5	2	1	0,5	0,2	0,1	0,05	0,033
5	108	162	203	245	303	347	392	417
10	70,1	112	146	183	232	270	308	330
15	53,4	86,6	115	145	186	217	248	267
20	43,8	70,8	93,8	118	153	178	204	219
30	32,2	52,8	69,8	88,4	114	134	154	165
40	26,0	42,5	56,5	71,6	92,1	108	124	134
60	18,9	30,6	40,9	51,8	66,9	78,7	90,5	97,4
90	13,6	22,1	29,4	37,4	48,3	56,9	65,3	70,3
120	10,8	17,4	23,4	20,4	38,4	44,9	51,7	55,7

Tab. č. 4 – Intenzity krátkodobých dešťů pro okres Bruntál. [4]

2.3 Geomorfologie území

Území má mírně zvlněný pahorkatinný až vrchovinný charakter, nachází se v poměrně značné nadmořské výšce 340 až 630 m n.m. Nejnižším bodem je místo na východní hranici území, kde řeka Čížina opouští katastr Lichnova. Nejvyšší část území leží na jihovýchodě katastru Lichnova v lesním komplexu lokalizovaném východně od Velkého Tetřeva. Nachází se zde např. Křížová bouda (598 m n.m.) a některé další méně výrazné vrcholy přesahující 600 m n.m. Území katastru obce Lichnov se nachází na východním okraji Bruntálské vrchoviny, tvořené poměrně širokými a hlubokými údolními s plochými rozvodnými hřbety.

Zařazení území z hlediska geomorfologického členění je patrné z následujícího přehledu:

system	subsystém	provincie	subprovincie	oblast	celek	podcelek
Hercínský systém	Hercýnské pohří	Česká vysočina	Sudetská soustava	Východní sudety	Nízký Jeseník	Bruntálská vrchovina

Tab. č. 5 – geomorfologické členění území [7], [2]

2.4 Klimatické poměry

Území leží na rozhraní klimatických oblastí MT2 a převažující oblasti MT7. Jedná se tedy o mírně teplou oblast. Průměrná roční teplota území je podle měřicí stanice v Horním Benešově za období padesátiletého pozorování (za léta 1901 až 1950) 6,8°C, ve vegetačním období 13,0°C. Průměrný úhrn srážek zde dosahuje 648 mm, v období měsíců IV. - IX. 416 mm. K. ú. Lichnova a Dubnice je zařazeno do bramborářského výrobního typu a podtypů ječného a žitného. Z pedologického hlediska v oblasti převažují podzolové půdy a horské podzoly hlinité až jílovité. [2], [6]

3 IDENTIFIKACE PROBLÉMU

3.1 Povodně v obci Lichnov

Katastrální území Lichnova bylo v roce 1996 a 1997 postiženo katastrofálními povodněmi. Řeka Čižina, protékající přes obec svým horním tokem, obnovila do značné míry své původní koryto a proměnila se ve dravou řeku, která způsobila značné materiální škody v obci Lichnov. Povodni nebylo možné zabránit, přívalové deště vyústily ve více než stoletou vodu. Po povodni v roce 1996 bylo opraveno koryto vodního toku Čižina na 20 - letou vodu, dochází však k ohrožování zástavby obce Lichnov vodami z přívalových dešťů.

Jako základní komponent KPÚ v k. ú. Lichnov je navrženo komplexní řešení protierozní a protipovodňové ochrany s použitím prvků agrotechnických, organizačních, biotechnických a stavebně technických. Základní kostru protierozní ochrany v KPÚ tvoří ochranné retenční nádrže (poldry). Navrhovaný poldr je součástí systému poldrů o různé velikosti retenčního prostoru na přítocích řeky Čižiny, která protéká obcí Lichnov. Účelem suché nádrže poldru je transformace a retence povodňových průtoků v povodí Tetřevského potoka, snížení přítoků do Čižiny a především ochrana lidských životů, objektů a území (majetku) obce Lichnov před negativními účinky velkých vod, především za přívalových dešťů. [3]



Obrázek č. 2 – Devastační následky povodně z roku 1996. [2]

4 TEORETICKÉ PRINCIPY ŘEŠENÍ DANÉHO PROBLÉMU

4.1 Legislativní řešení

Zákon 254/2001 Sb., o vodách (vodní zákon)

Cílem zákona je ochraňovat podzemní a povrchové vody, určit podmínky pro hospodárné zužitkování vodních zdrojů a pro zachování i zlepšení kvality povrchových a podzemních vod, vybudovat podmínky pro snižování nepříznivých dopadů povodní a sucha a opatřit zabezpečení vodních děl ve shodě s předpisy Evropských společenství¹⁾. Záměrem tohoto kodexu je též podílet se k opatření zásobování obyvatelstva pitnou vodou a k obraně vodních ekosystémů a na nich zpříma podmiňujících suchozemských ekosystémů. [20], [40]

TNV 75 2415 Suché nádrže

„Tato norma je určena pro navrhování suchých nádrží a posuzování jejich účinků a platí pro výstavbu a provoz nových i rekonstrukci stávajících suchých nádrží. Platí pro suché nádrže protékané i neprotékané.“ [17]

ČSN 75 2310 Sypané hráze

Norma vymezuje zásady pro navrhování, výstavbu a kontrolu realizovaných sypaných přehradních hrází, obvodových hrází vodních nádrží i obvodových hrází horních nádrží přečerpávajících vodních elektráren (dále jen hráz nebo sypaná hráz). [18]

Norma ČSN 75 2410 udává, že: *„platí pro navrhování, výstavbu, rekonstrukce a provoz vodních nádrží se sypanými hrázemi, u kterých jsou splněny současně tyto podmínky:*

a) objem nádrže po hladinu ovladatelného prostoru (normální hladinu) není větší než 2 mil. m³;

b) největší hloubka nádrže nepřesahuje 9 m.“ [16]

- Předpis neplatí pro nádrže, u kterých je potenciální nebezpečí lidských životů při havárii nádrže.

- Norma neexistuje pro nádrže přečerpávacích vodních elektráren, pro odkaliště a pro nádrže s přítokem a odtokem propustným horninovým prostředím dna a svahů nádrže (např. šterkoviště).

- Doporučuje se i tato norma pro rekonstrukci historických rybníků, jejichž parametry přesahují podmínky a) a b).

Pro nádrže s kompletním množstvím menším než 5 tisíc m³ se navrhuje normu uplatnit přiměřeně dle místních předpokladů. [16]

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny

Záměrem zákona je za účasti oprávněných obcí, krajů, vlastníků a správců pozemků podílet se k udržení a znovunastolení přírodní stability v krajině, k ochraně rozmanitostí podoby života, přírodních hodnot a krás, k ohleduplnému hospodaření s přírodními zdroji a zhotovit v souladu s ustanovením Evropských společenství 1a) v České republice soustavu Natura 2000. Stejně tak je nezbytné uvážit hospodářské, kulturní a sociální potřeby obyvatel a oblastní a místní podmínky. [21], [23]

Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)

Kodex zpracovává ve věcech územního plánování především cíle a roli soustavu orgánů územního plánování, územního plánování, nástroje územního plánování, posuzování vlivů na zachování vzestup území, rozhodování v území, schopnost sjednotit procesů dle tohoto zákona s postupy zhodnocování účinků plánů na životní prostředí, podmínky pro výstavbu, vývoj území a pro preparaci přístupné infrastruktury, záznamy územně plánovací působení a kvalifikační požadavky pro územně plánovací jednání.

Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu uvádí ve věcech stavebního řádu především povolování staveb a jejich změn, terénního vzhledu a zařízení, využívání a zlikvidování staveb, dohled Strana 1 / 176 a nezvyklé pravomoci stavebních úřadů, oprávnění a postavení autorizovaných inspektorů, soustavu stavebních úřadů, povinnosti a zodpovědnosti osob při přípravě a realizování staveb.

Zákon ještě zpracovává podmínky pro projektovou funkci a konání staveb, obecné nároky na výstavbu, vstupy na pozemky a do staveb, účely vyvlastnění, ochranu veřejných zájmů a některé další věci související s předmětem této právní úpravy. [22]

4.2 Technické řešení

4.2.1 Malé vodní nádrže

ROZDĚLENÍ MVN Z HLEDISKA FUNKČNÍHO

Zásobní – akumulují možný podíl vody v době jejího nadbytku s možností jejího využívání v období nedostatku

- průmyslové, vodárenské, závlahové, energetické, zálohové, kompenzační, retardační, aktivizační.

Upravující vlastnosti vody (čisticí nádrže) – k řízené úpravě, popř. změně fyzikálních, chemických a biologické vlastností vody. Při čištění vody využívají především přírodní úpravy a samočisticí procesy, probíhající ve vodním prostředí.

- usazovací, chladicí, přehřívací, aerobní biologické, anaerobní biologické, dočišťovací biologické.

Rybochovné – pro chov ryb, s možností úplného a pravidelného vypouštění

- výtěrové, třecí, plůdkové, komorové, hlavní, karanténní, sádky.

Ochranné = retenční – zachycují povodňové odtoky, transformují PV a chrání částečně – úplně území resp. objekty před negativními účinky velkých vod

- suché retenční = poldry, retenční s malým zásobním místem, protierozní, dešťové, vsakovací = infiltrační.

Speciální účelové – nádrže různého typu a uspořádání, pro konkrétní provozní potřeby a účely

- recirkulační, vyrovnávací, přečerpávací, rozdělovací, splavovací = klauzury, závlahové vodojemy.

Asanační – k asanaci zaplavením území narušeného lidskou činností, k zachycení a uskladnění látek poškozujících ŽP

- rekultivační, skladovací, záchytné, otevřené vyhnívací, laguny.

Rekreační – k odpočinku, plavání a provozování vodních sportů, doplněné speciálním vybavením, upraveným přístupem do vody a specifickou úpravou okolí nádrže

- pro plavání, přírodní koupaliště, a vodní sporty.

Krajinotvorné a v obytné zástavbě – ke zlepšení ekologických funkcí a estetického účinku krajiny, sídliště, architektury, parků aj. Konstruktivně a tvarově rozmanitá uspořádání s různým vybavením.

- okrasné, hydromeliorační, návesní rybníčky, umělé mokřady

Na ochranu bioty – pro zajištění optimálních životních podmínek zejména pro chráněnou floru a faunu

- na ochranu flory a fauny

Hospodářské nádrže – speciální nádrže hospodářských funkcí

• protipožární, pro chov vodní drůbeže, pro pěstování vodních rostlin (akvakultur), napájecí a plavící, výtopové zdrže. [26]

4.2.2 Podklady pro návrh malých vodních nádrží

GEODETICKÉ

– nedílnou součástí základních návrhových podkladů MVN, k výběru vhodného typu umístění hráze a tím i celé zatopené plochy, k zakreslování všech nezbytných průzkumů (geologických, hydropedologických, hydrologických), k vlastnímu technickému řešení, k vytvoření podrobných stavebních výkresů.

– Dělíme je na:

- Mapové podklady
- Měřičské podklady

a) mapa v měřítku 1 : 50 000 až 1 : 5 000, která zahrnuje území vodní nádrže a jejich staveb a zařízení

b) mapa územní hráze, zátopy a přilehlého okolí v měřítku 1 : 1 000 až 1 : 500 se základním vrstevnicovým intervalem 0,5 m až 1,0 m

c) profily: (v měřítku 1 : 1 000/100 až 1 : 500/50) - podélný profil údolní nivou nebo vodním tokem s prodloužením nejméně 150 m nad i pod nádrž, příčné profily zátopy, podélný profil osou budoucí hráze

d) podrobné situace v měřítku 1: 100 až 1: 2000

KLIMATICKÉ A HYDROLOGICKÉ

Tyto údaje jsou jedny z nejdůležitějších při přesném návrhu tělesa hráze. Hydrologické údaje jsou nutné zejména pro vodohospodářské řešení nádrže, různí se v obsahu

dle účelu nádrže a jsou právně závazné. Klimatické i hydrologické údaje se obvykle vyžadují od ČHMÚ.

Klimatické:

– dlouhodobé průměrné měsíční srážky, dlouhodobý srážkový průměr za vegetační období a dlouhodobý srážkový průměr roční, dlouhodobé průměrné měsíční teploty, dlouhodobé průměrné teploty za vegetační období a dlouhodobá průměrná roční teplota, průměrný počet letních, mrazových a ledových dnů, převládající směr a rychlost větru, dlouhodobé průměrné měsíční hodnoty výparu z volné hladiny popř. intenzita sluneční radiace.

Hydrologické:

Základní údaje - plocha povodí k profilu zamýšlené hráze, průměrný roční srážkový úhrn, průměrný roční průtok, hodnoty m-denních vod, hodnoty N-letých vod.

Podrobné údaje (dle účelu nádrže) - průměrné měsíční, případně průměrné týdenní průtoky v charakteristických letech, objemy a čáry povodňových vln, popis povodňového režimu zásobního toku, splaveninový režim zásobního toku.

GEOLOGICKÉ A HYDROGEOLOGICKÉ

Nezbytně nutný pro vlastní projekční práce, zjišťuje hydrogeologické poměry pro prognózu vlivu naplnění nádrže na režim podzemních vod a to zvláště ohledem na nepropustnost dna nádrže a podloží hráze, objasňuje hydrologické poměry v daném území a důsledky naplnění nádrže vodou na režim podzemních vod, na jakost vody v toku i na kvalitu vody ve stávajících pramenech, data o zrodu a vlastnostech hornin, které by měly formovat podloží budoucí zemní hráze a podloží funkčních objektů, informace o inženýrsko-geologických poměrech nalezišť zemin vhodných pro stavbu hráze.

GEOMORFOLOGICKÉ

Závisí na nich dobrá volba nádrže; je nezbytné navrhnout (posoudit) pokaždé několik profilů, kde má být umístěna hráz; z geomorfologického hlediska jsou nejvhodnější mírně zvlněné terény se širokými údolími s podélným sklonem 1 – 3 %. [10], [25]

4.2.3 Návrh hráze

Výběr místa suché nádrže, umístění hráze, koncepce řešení a volba typu hráze a objektů vychází v každém konkrétním případě z přírodních podmínek lokality, z nichž nejpodstatnější jsou geologické, hydrogeologické a morfologické podmínky. Při návrhu a stavbě hráze suché nádrže je nutno brát v úvahu především faktory jako jsou účel a provoz díla, jeho bezpečnost, vztah k přírodnímu prostředí a podmínky výstavby. Důležité je přitom posouzení vlivu SN v celém komplexu jak na vodohospodářské poměry (množství, jakost vody) soustavy, tak i na životní prostředí (fauna, flóra). [28], [27]

Hráze vodních nádrží na základě tvaru údolí, funkce a účelu nádrže je možno rozdělit na: čelní, boční, obvodové, dělící. Nádrže se dělí podle způsobu přívodu na: průtočné, obtokové, boční.



Obrázek č. 3 – Příklad obvodové hráze (Dlouhé Stráně). [29]

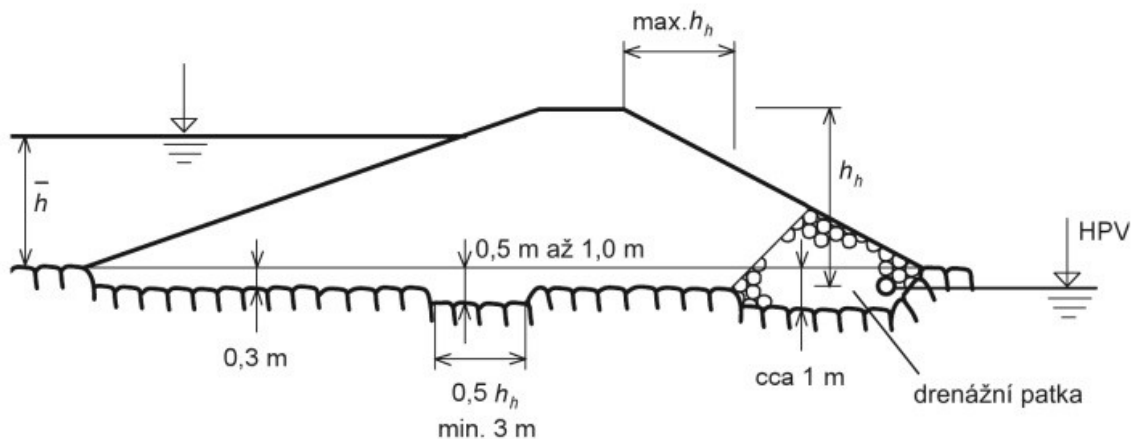
Hráze malých vodních nádrží se projektují zásadně jako zemní. Výběr vhodného materiálu pro stavbu zemní hráze navrhuje zpravidla inženýrsko-geologický průzkum, jehož úkolem je nalézt v blízkosti doporučené nádrže lokality vhodných zemin, určit jejich fyzikálně-mechanické vlastnosti, objemy zeminy, těžitelnost zeminy atd.

Výhodou zemníku v zátopě budoucí nádrže je fakt, že vydolováním zeminy se zvětší množství zásobního prostoru nádrže, pozemky v těchto místech musí být ve vlastnictví stavebníka a rekultivace zemníku po dokončení těžby je jednodušší.

Podle druhu použitého materiálu dělíme hráze na:

HOMOGENNÍ

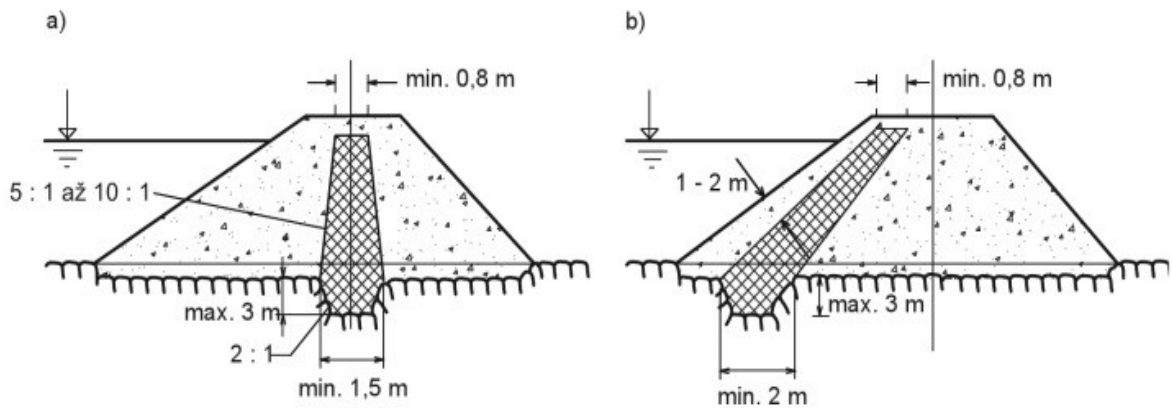
Jsou tvořeny z jednoho druhu materiálu, zeminy musí být dostatečně nepropustné a konstrukčně stálé, nejvhodnější jsou písčité hlíny a hlinitojílovité písky s obsahem 50 až 70 % písku, nevhodné jsou jílovité zeminy – namrzavé, bobtnavé, vytvářejí preferenční cesty po vysušení atd., zeminy pro stavbu homogenních hrází nesmí obsahovat pařezy kořeny, drny, stavebně jednoduché; výhodné, jestliže je poblíž budoucí nádrže dostatek vhodné zeminy.



Obrázek č. 4 – Homogenní ochranná hráz s drenážní patkou. [27]

NEHOMOGENNÍ

Jsou složeny ze dvou či více různých zemín, tvořeny těsnícím jádrem, přechodovými stabilizačními díly a propustnou stabilizační částí, dle umístění těsnícího prvku v tělese hráze rozeznáváme hráze se středním (jádrovým) nebo návodním těsněním. Užívají se v případě, že v okolí nádrže nenajdeme vhodný zemník. Všechny materiál v tělese hráze musí být dokonale zhutněn (u soudržných zemín na 95 % objemové hmotnosti sušiny podle Proctorovy zkoušky).



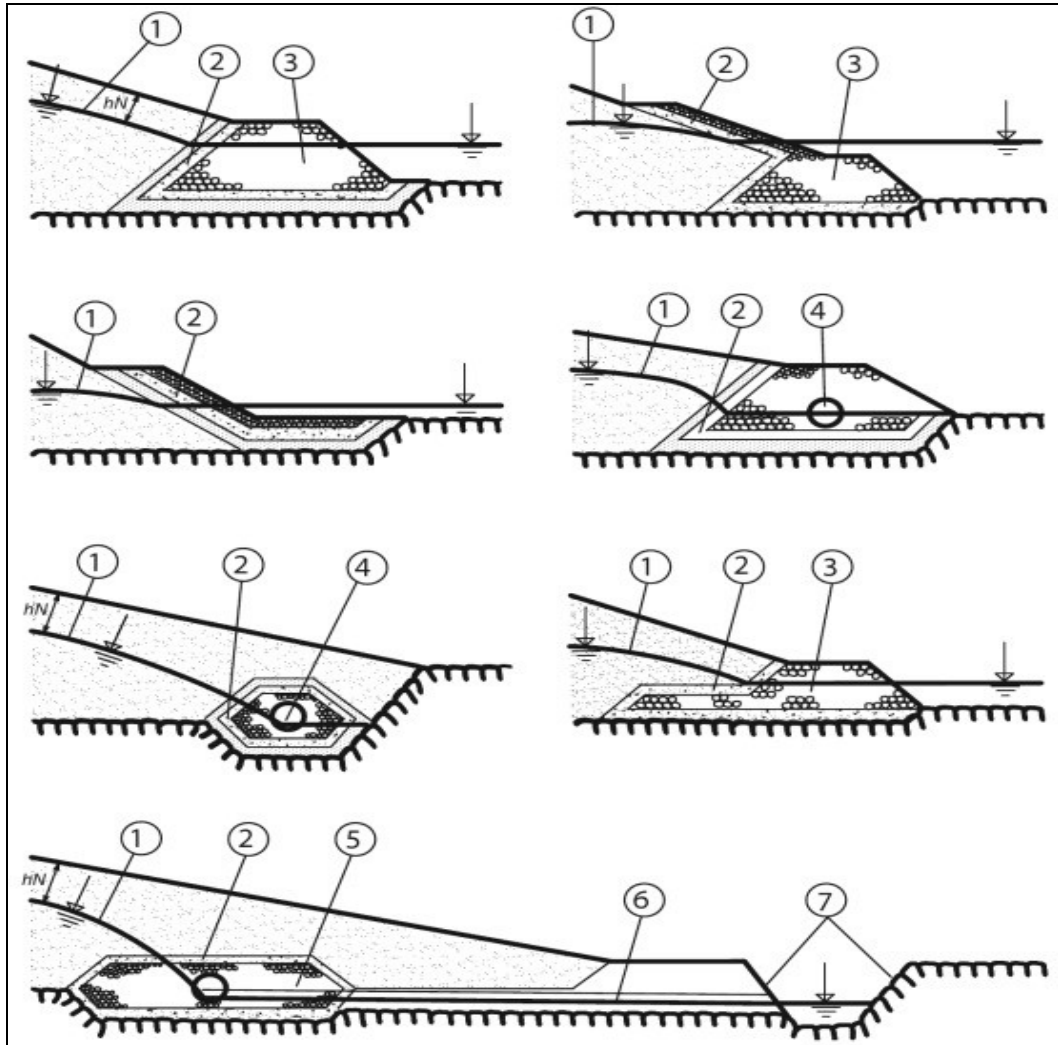
Obrázek č. 5 – Nehomogenní ochranná hráz, a) se středním těsnícím prvkem, b) s těsněním při návodním líci.

Filtry

Filtry jsou plošné prvky, které mohou být vodorovné, svislé nebo skloněné. Mohou být jednovrstvé nebo vícevrstvé. S ohledem na provádění je vhodné omezit počet vrstev filtru na minimum. Konstruktivním materiálem filtrů mohou být přirozené zeminy (písky, šterkopísky, šterky), drcené kamenivo (drtě) nebo umělé porézní hmoty (tkaniny – geotextilie). Tloušťka jednotlivých vrstev filtru musí zajistit jeho bezpečnou funkci, tj. musí být funkční při všech očekávaných deformacích hráze během její stavby a provozu. Přitom musí být zaručena homogenita sypaniny filtru. Rozměry filtru musí odpovídat postupu jeho zřizování a hutnění, u svislých a šikmých filtrů z přírodních materiálů je vhodné jejich šířku u vyšších hrází volit alespoň 2,0 m. [27]

Odvodnění tělesa

Odvodnění tělesa hráze zajišťují tzv. patní drény. Protože jsou drenážní prvky ochranných hrází finančně i provozně náročnou záležitostí, je třeba jejich potřebu vždy zvážit s ohledem na průsakové poměry v tělese hráze v průběhu povodně a bezprostředně po ní. Odvodnění tělesa hráze a jejího podloží se navrhuje ve vazbě na těsnění hráze a podloží. Drény mají za úkol zachytit a neškodně odvést průsakovou vodu z tělesa hráze, případně z podloží. Mohou sestávat z drenážního potrubí, drenážního přísypu a z filtrů. Jsou umístěny obvykle v blízkosti vzdušného svahu. Odvodňovací zařízení musí být navržena a vybudována tak, aby byla kontrolovatelná a obnovitelná.



Obrázek č. 6 – Příklady uspořádání drenážního systému. 1 – depresní křivka, 2 – ochranné filtry, 3 – materiál drenážní patky, 4 – drenážní potrubí, 5 – drenážní koberec, 6 – odvodňovací potrubí (štola), 7 – odvodňovací příkop. [30]

Opevnění svahů hráze

Povrch ochranných hrází je obvykle chráněn travním porostem osetým ve vegetačním období do minimálně 0,10 až 0,15 m silné vrstvy ornice nebo položený drnovým kobercem. Pro zlepšení růstu se drny pokládají na vrstvu humusu, přihnojí se a doplňkově se osejí. U štěrkopískových hrází, resp. Jejich stabilizačních částí, je třeba pod ornici uložit přechodovou vrstvu minimální mocností 0,20 m.

Ve zvláštních případech, kdy je trasa hrází vedena v mimořádně a dlouhodobě namáhaných úsecích, je třeba hráze opatřit vhodným odolnějším opevněním. Jde zejména o

úseky pobřežních hrází s užším předhrázím, v místech se strmějšími svahy nebo v místech nárazových břehů.

Výpustné zařízení

U SN do objemu 1 mil. m³ a výšky hráze do 9 m postačí obvykle jedna spodní výpust (analogie s MVN). Dvě spodní výpustě v kombinaci s jiným opatřením se zřizuje u SN, u kterých hrozí nebezpečí ucpání vtoku do výpusti splaveninami z povodí nádrže a tím znemožnění včasného vyprázdnění retenčního prostoru. U SN by měla být spodní výpust neovladatelná.

Obvyklým typem je vtokový objekt požerákového typu umístěný buď v tělese hráze, nebo lépe jako předsazený při návodní patě hráze s následným odpadním potrubím s prouděním o volné hladině.

SN musí být vybavena spodní výpustí, jejíž kapacita odpovídá požadavkům, které jsou kladeny na funkci nádrže. Spodní výpust musí podle TNV 75 2415 splňovat následující podmínky: technické řešení musí umožňovat napuštění i vypouštění nádrže, převádět běžné průtoky bez vzdouvání vody v nádrži, při průchodu povodně převádět do území pod nádrží nejvýše neškodný odtok. [35]



Obrázek č. 7 – Vtok do spodní výpustě s předsazenými česlemi. [28]

Bezpečnostní přeliv

Bezpečnostním zařízením je obvykle bezpečnostní přeliv, mnohdy doplněný nouzovým přelivem. Přeliv musí bezpečně převést návrhový průtok, který je určen kategorií vodního díla. Návrh BP suché nádrže vychází c ČSM 75 2340 NEBO Z ČSN 75 2410. Snížení kulminačního průtoku v důsledku transformačního účinku nádrže je třeba doložit výpočtem a je třeba velké obezřetnosti při volbě tvaru návrhové povodňové vlny. Bezpečnostní zařízení musí navíc převést kontrolní PV. KVP musí být vodním dílem převedená při kontrolní maximální hladině, která je pod úrovní mezní bezpečné hladiny. Při této kontrole, kdy se testuje extrémní zatížení vzdouvacího prvku při průchodu této povodňové vlny, je možné na VD připustit dílčí škody, které ale nesmí ohrozit bezpečnost vlastního vzdouvacího prvku. [38]



Obrázek č. 8 – Bezpečnostní přeliv umístěn v koruně hráze. [31]

4.2.4 Suchá nádrž

Vodní nádrž určená k ochraně před účinky povodní, ve které je celkový objem nádrže téměř shodný se součtem ovladatelného a neovladatelného ochranného prostoru. Může mít v poměru k celkovému objemu zanedbatelné stálé nadržení, které plní krajínotvornou či ekologickou funkci.

Hlavním účelem suché nádrže je zadržování vody při povodni a tím snižování vybraných N-letých průtoků. Její zátopa se obvykle zemědělsky nebo lesnický využívá. Doporučuje se vytvoření stálého vzdušného hladiny v nádrži (stálého nadržení) s nevýznamným objemem z důvodu udržení trvalého vodního režimu v základové spáře hráze a jejích objektů. [17], [26]

4.3 Povodně

4.3.1 Charakteristika povodní

Povodně bývá označována za přírodní katastrofu, způsobenou rozlitím nadměrného množství vody v krajině mimo koryta řek. Zároveň je ale běžný přírodním jevem, a to i v našich zemských šířkách. Jejimi negativními následky mohou být různě velké škody na majetku, ekologické škody či oběti na lidských životech. Na druhé straně přináší i pozitiva - úrodu, vyčištění povodí. Ačkoliv povodně jsou nejobvyklejší přírodní katastrofou a zapříčiňují největší podíl obětí a škod, tak nebezpečí, které představují, je často podceňováno.

V desetiletí 1986 – 1995 představovaly povodně 32 % všech přírodních katastrof (více jen hurikány), 31 % ekonomických ztrát a 55 % obětí na lidských životech. V počtu obětí teprve za povodněmi následují zemětřesení (29 % obětí), hurikány (9 % lidských ztrát) a ostatní katastrofy. Je však třeba si uvědomit, že 92 % všech lidských obětí povodní (228 tisíc ztracených životů za období 1987 – 1996) pocházelo z asijských záplav. Na obě Ameriky připadlo 3,5 %, na Afriku 2,5 % a na Evropu 1,8 % obětí. Nejen tato fakta přispívají k rozvoji výzkumu, pravidelného monitoringu a krizovému řízení. [33]

MŮŽEME VYMEZIT 3 ZÁKLADNÍ TYPY POVODNÍ

Říční - jsou povodně ze srážek či tání sněhu a ledu s pomalým nástupem, rychlejší jsou bleskové povodně způsobené většinou intenzivními přívalovými srážkami při bouřkách.

Estuáriové - jsou výsledkem kombinace přílivové vlny moře, zapříčiněné silnými větry, a říční povodně vzniklé odtokem srážkových vod z vnitrozemí.

Pobřežní - jsou způsobeny hurikány a jinými silnými bouřemi nebo též vlnami tsunami a ničí nízko položená pobřežní území. Tyto typy povodní mají za následek často velké počty obětí, nemluvě o materiálních škodách.

Primární charakteristikou je průtoková vlna, která uvádí přechodné zvětšení a následný pokles a vodních stavů, vyvolaný táním sněhu, dešti nebo umělým zásahem. Vlna povodňová je pak průtoková vlna s charakterem povodně. [36]

4.3.2 Faktory a příčiny vzniku povodně

Voda z vydatného deště či tání sněhu nemusí však být vždy příčinou vzniku povodně. Záleží rovněž na hydrologické situaci v povodí, zejména na tom, nakolik předešlé srážky nasytily povodí, aby mohlo pojmout ještě další vodu, anebo zda tání sněhové pokrývky probíhá na zamrzlé půdě, která brání vsaku, či naopak. Ke vzniku povodňového nebezpečí na větších povodích dochází zpravidla až poté, kdy je překročeno určité množství spadlých srážek, anebo až po určité délce trvání kladných teplot vzduchu. Zjednodušeně si lze představit, že o tom rozhoduje kromě počasí také stav čtyř složek krajiny, které jsou schopny, každá svým způsobem, odtok ze spadlých srážek dočasně zadržovat (retence) či navíc i shromažďovat (akumulace). [37]

METEOROLOGICKÉ FAKTORY

předběžné - dny až měsíce před vznikem povodně (nasycenost povodí, promrznutí půdy, výška sněhové pokrývky a její vodní hodnota)

příčinné - hodiny až dny před vznikem povodně (dešťové srážky, kladné teploty vzduchu při oblevách při existenci sněhové pokrývky)

HYDROLOGICKÉ FAKTORY

Předběžné - míra naplnění objemu koryt vodních toků před povodní, celkový stav ledových jevů na tocích.

Příčinné faktory - jako srážky (déletrvající, přívalové, monzuny), tání sněhu a ledové jevy na tocích, mořské dmutí a příboj, seismická činnost, náhlé tání ledovců vulkanickou činností, protržení jezer či vodních inženýrských staveb, svahové pohyby, klimatické změny (změny hladiny světového oceánu), popř. kombinace více příčin.

OVLIVŇUJÍCÍ ČINITELE

Vodní díla a úpravy vodních toků - snaha o jejich využívání jako dopravních cest a zdrojů energie, pitné a užitkové vody a se snahou eliminovat účinky povodní.

Regulace - výrazné antropogenní ovlivnění hydrologického režimu krajiny, likvidace přirozených meandrů (napřímení vodních toků).

Rychlý odvod vody z krajiny - likvidace přirozené zásoby vody (zejména mokřady), rušení stovky drobných vodních nádrží kácení lesů, přeměňování přirozené říční nivy v kulturní krajinu, jen nepatrný zlomek úprav, kterými člověk utvářel krajinu ku svému prospěchu a rušil tím tak přirozený koloběh přírody. [34], [32]

4.3.3 Stupně povodňové aktivity

Rozsah opatření prováděných na ochranu před povodněmi se řídí mírou povodňového nebezpečí. Ta se vyjadřuje třemi stupni povodňové aktivity (SPA):

1. stupeň - bdělost (1. SPA) - se nevyhlašuje, nastává při nebezpečí povodně a zaniká, pomínou-li příčiny takového nebezpečí. Vyžaduje věnovat zvýšenou pozornost vodnímu toku nebo jinému zdroji povodňového nebezpečí, zpravidla zahajuje činnost hlídková a hlásná služba. Za stav bdělosti se rovněž považuje situace označená předpovědní povodňovou službou ČHMÚ. Na vodních dílech nastává tento stav i při dosažení mezních hodnot sledovaných jevů a skutečností, které by z hlediska bezpečnosti díla nebo při zjištění mimořádných okolností mohly vést ke vzniku nebezpečí zvláštní povodně.

2. stupeň - pohotovost (2. SPA) - vyhlašuje příslušný povodňový orgán v případě, že nebezpečí povodně přeroste ve skutečný povodňový jev, avšak ještě nedochází k větším rozlivům a škodám mimo koryto. Vývoj situace je nutno nadále pečlivě sledovat, aktivizují se povodňové orgány a další složky povodňové služby, uvádějí se do pohotovosti prostředky na zabezpečovací práce, podle možnosti se provádějí opatření ke zmírnění průběhu povodně. Vyhlašuje se také při překročení mezních hodnot sledovaných jevů a skutečností na vodním díle z hlediska jeho bezpečnosti. Aktivizují se povodňové orgány a další účastníci ochrany před povodněmi, uvádějí se do pohotovosti prostředky na zabezpečovací práce, provádějí se opatření ke zmírnění průběhu povodně podle povodňového plánu.

3. stupeň - ohrožení (3. SPA) - vyhlašuje příslušný povodňový orgán při bezprostředním nebezpečí nebo při vzniku větších škod, při ohrožení životů a majetku v záplavovém území. [24], [39]

4.3.4 Povodňový plán České republiky

Je základním dokumentem pro ústřední řízení povodňové ochrany v České republice. Obsahuje podrobné rozdělení úkolů a činností při provádění opatření k ochraně před povodněmi na úrovni ústředních orgánů státní správy a organizací s celorepublikovou nebo významnou regionální působností. Důležitou částí Plán je organizace a struktura řízení povodňové ochrany.

Mimo povodeň jsou povodňovými orgány: orgány obcí a v hlavním městě Praze orgány městských částí, obecní úřady obcí s rozšířenou působností a v hlavním městě Praze úřady městských částí stanovené Statutem hlavního města Prahy, krajské úřady, Ministerstvo životního prostředí

Během povodně jsou povodňovými orgány: povodňové komise obcí a v hlavním městě Praze povodňové komise městských částí, povodňové komise obcí s rozšířenou působností a v hlavním městě Praze povodňové komise městských částí stanovené Statutem hlavního města Prahy, povodňové komise krajů, Ústřední povodňová komise.

5 NÁVRH ŘEŠENÍ S NÁSLEDNÝM ZPRACOVÁNÍM VÝPOČETNÍ ČÁSTI A GRAFICKÉ ČÁSTI

V zájmovém území se uvažovalo nad dvěma variantami řešení a to navrhnout hráz na objem vody, který by byl schopný zachytit přítok Q_{100} a nad variantou menší hráze na přítok Q_{50} .

5.1 Varianta č. 1

Jako varianta č. 1 byla navržena hráz SN1 - Lichnov, která by byla schopna bezpečně zachytit 100 letou vodu.

Charakteristiky nádrže: (způsob výpočtů je uveden níže v další kapitole 5.2.)

i	Kóty dílčích hladin [m n. m.]	Δh [m]	S_i [m ²]	$0,5 \cdot (S_i + S_{i+1})$ [m ²]	V_i [m ³]	ΣV [m ³]
1	440,0	0,0	0	0	0	0
2	441,0	1,0	221,00	1105,00	1105,00	1105,00
3	442,0	1,0	1908,98	1064,99	1064,99	2169,99
4	443,0	1,0	4236,10	3072,54	3072,54	5242,53
5	444,0	1,0	7822,23	6029,17	6029,17	11271,70
6	445,0	1,0	11415,26	9618,75	9618,75	20890,44
7	446,0	1,0	16137,60	13776,43	13776,43	34666,87
8	447,0	1,0	21691,41	18914,51	18914,51	53581,38
9	448,0	1,0	29616,48	25653,95	25653,95	79235,32
10	449,0	1,0	39376,98	34496,73	34496,73	113732,05
11	450,0	1,0	51556,37	45466,68	45466,68	159198,73

Tab. č. 6 – Tabulka vypočtených hodnot objemu nádrže (vyznačeně maximální hladina s maximální akumulací v nádrži)

Z tabulky č. 4 zjišťujeme, že velikost akumulace nádrže SN1 - Lichnov je 113 tis. m³. Při výpočtu transformace povodňové vlny pro stoletou vodu byla potřebná akumulace 107 tis. m³.

SN2 – Lichnov Q₅₀ - Základní parametry nádrže	
Maximální výška hráze [m]	11,5
Kóta koruny hráze [m n. m.]	450,0
Délka koruny hráze [m]	151,0
Šířka koruny hráze [m]	4,0
Objem retenčního prostoru [m ³]	113 tis.
Výška hladiny retenčního prostoru [m n. m.]	449,0
Sklon vzdušného líce	1:2,5
Sklon návodního líce	1:3

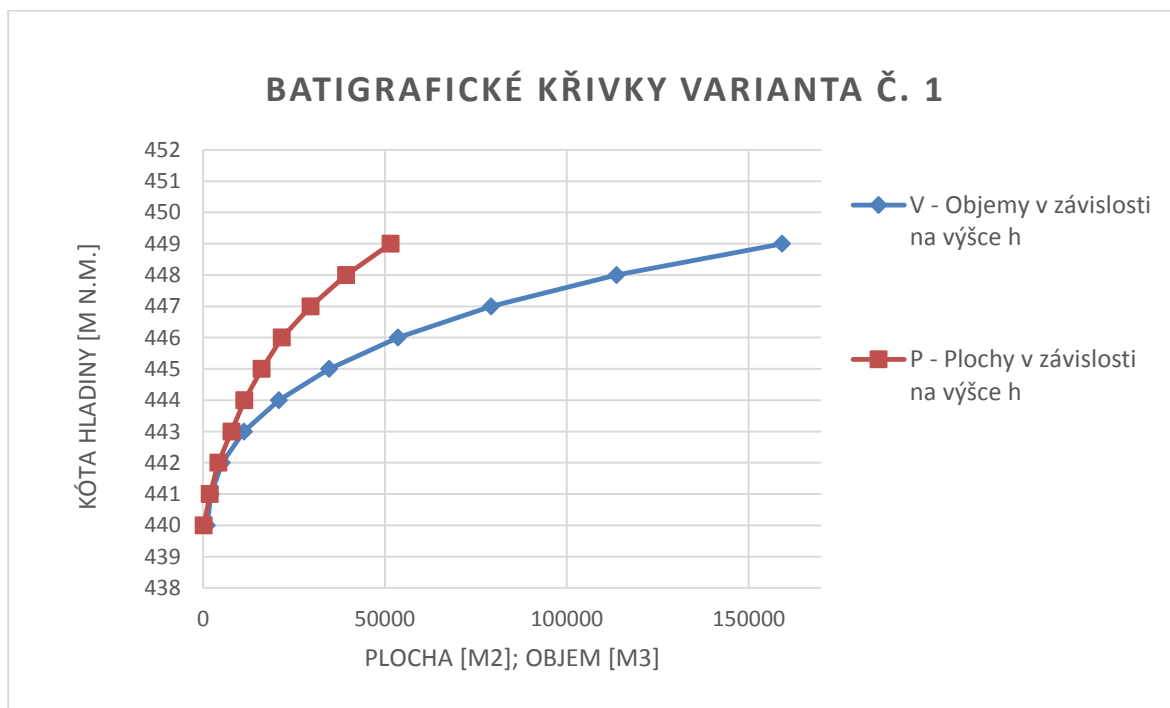
Tab. č. 7 – Základní parametry nádrže SN1.

Transformační efekt:

SN1 – Lichnov Q₁₀₀			
Q Přítok _{max} [m ³]	10,40	T Q Přítok _{max} [hod]	1,87
Q Odtok _{max} [m ³]	2,07	T Q Odtok _{max} [hod]	8,14
Transformační efekt [%]	80,10	Maximální hladina [m n. m.]	449,0

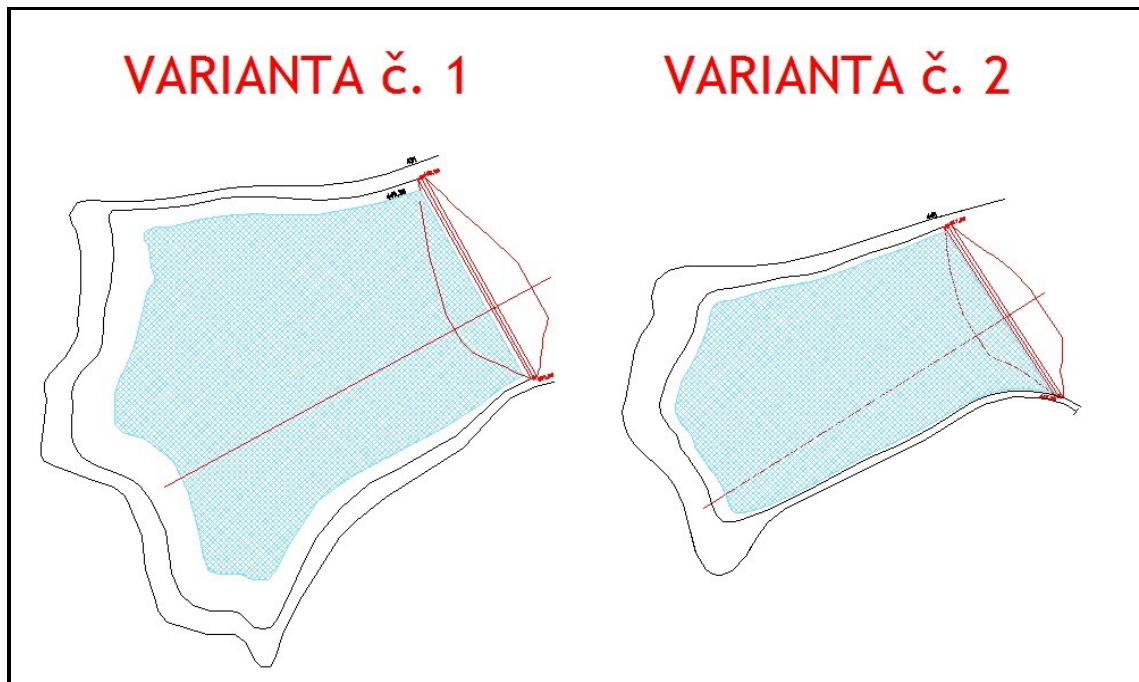
Tab. č. 8 – Výstupy hodnocení efektivity suché nádrže.

Z výsledků výpočtů vyplývá, že suchá nádrž SN1 transformuje kulminační průtok $Q_{100} = 10,40 \text{ m}^3/\text{s}$ na odtok $Q_{100\text{red}} = 2,07 \text{ m}^3/\text{s}$ (snížení o cca 80 %). [11]



Graf. č. 1 – Charakteristické čáry nádrže varianty č. 1

Nakonec ale bylo přihlédnuto k variantě č. 2 SN2 - Lichnov a to z více důvodů. Hráz na stoletou vodu by byla finančně náročnější, dále by už nesplňovala normu pro Malé vodní nádrže, jelikož výška hráze by byla více jak 9 m. Jeden z dalších důvodů je neestetičnost tak vysoké hráze potažmo výpustného zařízení v krajině.



Obrázek č. 9 – Porovnání velikosti zátopy dvou variant hrází.

5.2 Rozpracování varianty č. 2

5.2.1 Charakteristiky nádrže

Tzv. batigrafické křivky vyjadřují charakteristiku nádrže (charakteristické čáry) formulující tvar a velikost topografického útvaru tvořeného hrází, boky a dnem nádrže.

První křivka ztvárňuje závislost zatopené plochy na hloubce nadržení vody $S = f(h)$.

Druhá křivka ukazuje závislost objemu vody v nádrži na hloubce, tedy $V = f(h)$.

Objem nádrže

Jednotlivé plochy, které byly přesně změřeny ze situačního výkresu v měřítku 1:1000 (viz příloha č. 1), odpovídají jednotlivým vrstevnicím a tedy jednotlivým hloubkám. Z těchto údajů lze vypočítat objem vody (přírůstky objemu vody v nádrži) mezi jednotlivými vrstevnicemi až po maximální hladinu v nádrži. Dle vztahu (1). Dno nádrže se nachází na kótě

439,5 m n. m., záchytný prostor je shora omezen maximální možnou kótou 446,5 m n. m. Při této hladině je plocha nádrže cca 2,2 ha a záchytný objem cca 60 tis. m³. [10], [11]

$$V_i = 0,5 \cdot (S_i + S_{i+1}) \cdot \Delta h \quad [\text{m}^3] \quad (1)$$

V_i - částečný objem mezi dvěma sousedními vrstevnicemi,

$S_i + S_{i+1}$ - plochy omezené vrstevnicemi i a i+1 [m²],

Δh - výškový rozdíl mezi vrstevnicemi o kótách i a i+1 [m]

Vzorový výpočet mezi dvěma vrstevnicemi o hodnotách kót 443 m n. m. a 443,5 m n. m.

$$\Delta h = 0,5 \text{ m}$$

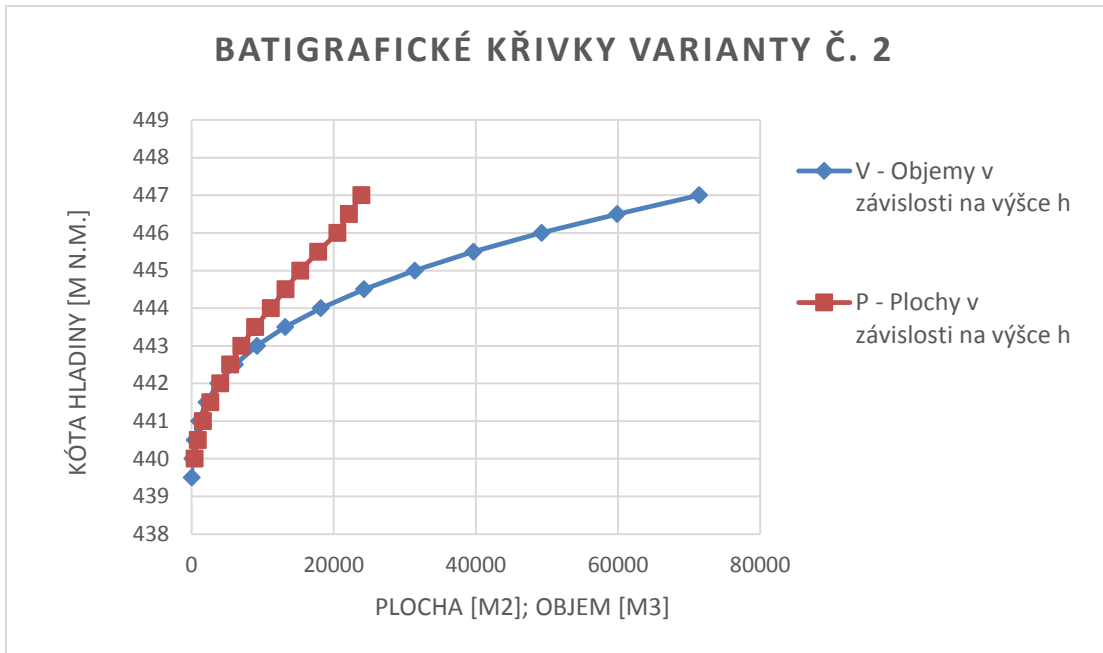
$$S_i + S_{i+1} = 7004,11 + 8904,36 = \underline{15908,47 \text{ m}^2}$$

$$V_9 = 0,5 \cdot 15908,47 \cdot 0,5 = \underline{3977,12 \text{ m}^3}$$

$$\Sigma V_9 = \Sigma V_8 + V_9 = \underline{13167,16 \text{ m}^3}$$

i	Kóty dílčích hladin [m n. m.]	Δh [m]	S_i [m ²]	$0,5 \cdot (S_i + S_{i+1})$ [m ²]	V_i [m ³]	ΣV [m ³]
1	439,5	0	0	0	0	0
2	440,0	0,5	406,27	203,13	101,57	101,57
3	440,5	0,5	866,27	636,27	318,13	419,70
4	441,0	0,5	1567,15	1216,71	608,36	1028,06
5	441,5	0,5	2609,48	2088,32	1044,16	2072,21
6	442,0	0,5	4024,87	3317,18	1658,59	3730,80
7	442,5	0,5	5404,00	4714,44	2357,22	6088,02
8	443,0	0,5	7004,11	6204,05	3102,03	9190,05
9	443,5	0,5	8904,36	7954,23	3977,12	13167,16
10	444,0	0,5	11134,79	10019,57	5009,79	18176,95
11	444,5	0,5	13194,86	12164,82	6082,41	24259,36
12	445,0	0,5	15286,19	14240,53	7120,26	31379,62
13	445,5	0,5	17797,23	16541,71	8270,86	39650,48
14	446,0	0,5	20517,56	19157,40	9578,70	49229,18
15	446,5	0,5	22130,61	21324,09	10662,04	59891,22
16	447,0	0,5	23858,36	22994,49	11497,24	71388,46

Tab. č. 9 – Tabulka vypočtených hodnot objemu nádrže (vyznačeně maximální hladina v nádrži)



Graf. č. 2 – Charakteristické čáry nádrže varianty č. 2



Obrázek č. 10 – Naznačení místa nádrže a jeho rozvodnice. [9], [41]

5.2.2 Transformace povodňové vlny

Vlastní výpočet transformace probíhá tak, že pro každý časový interval se určí z čáry časového průběhu povodně množství vody, které do nádrže přiteče za dobu časového intervalu. Toto množství vody zvýší hladinu vody v nádrži na úroveň, jejíž hodnotu je možno určit z charakteristických čar nádrže. Tato úroveň hladiny způsobí odtok vody výpustným potrubím, průtok je možno stanovit z konsumční křivky potrubí (pro zvolený profil potrubí). Rozdíl přítoku vody do nádrže a odtoku vody odpadním potrubím od výpusti za zvolený časový interval určuje objem vody v nádrži na počátku dalšího časového intervalu. [11]

Hydrologické údaje související s množstvím přitékané vody do profilu umístění nádrže poskytl ČHMÚ (viz Tab. č. 3).

Průběh transformace povodňové vlny byl vypočítán pro N-letý průtok Q_{50} a odtok Q_{kap} trubní výpusti DN 800. Tyto vypočítané údaje jsou dále graficky a tabulárně zpracovány.

Popis hodnot z tabulky č. 10:

Sloupec č. 1 - T [hod] (časový interval přítoku po 1 hodině),

Sloupec č. 2 - Přítok do poldru [m^3/s] (data poskytnutá ČHMÚ),

Sloupec č. 3 - Odtok z poldru [m^3/s] DN800 (hodnoty z hydraulických tabulek pro daný typ a rozměr potrubí),

Sloupec č. 4 - Objem vody z přítoku [m^3] (Přepočteno na hodinový přítok = přítok do poldru . 3600),

Sloupec č. 5 - Povodňová vlna [m^3] (Načítání hodinových přítoků do poldru)

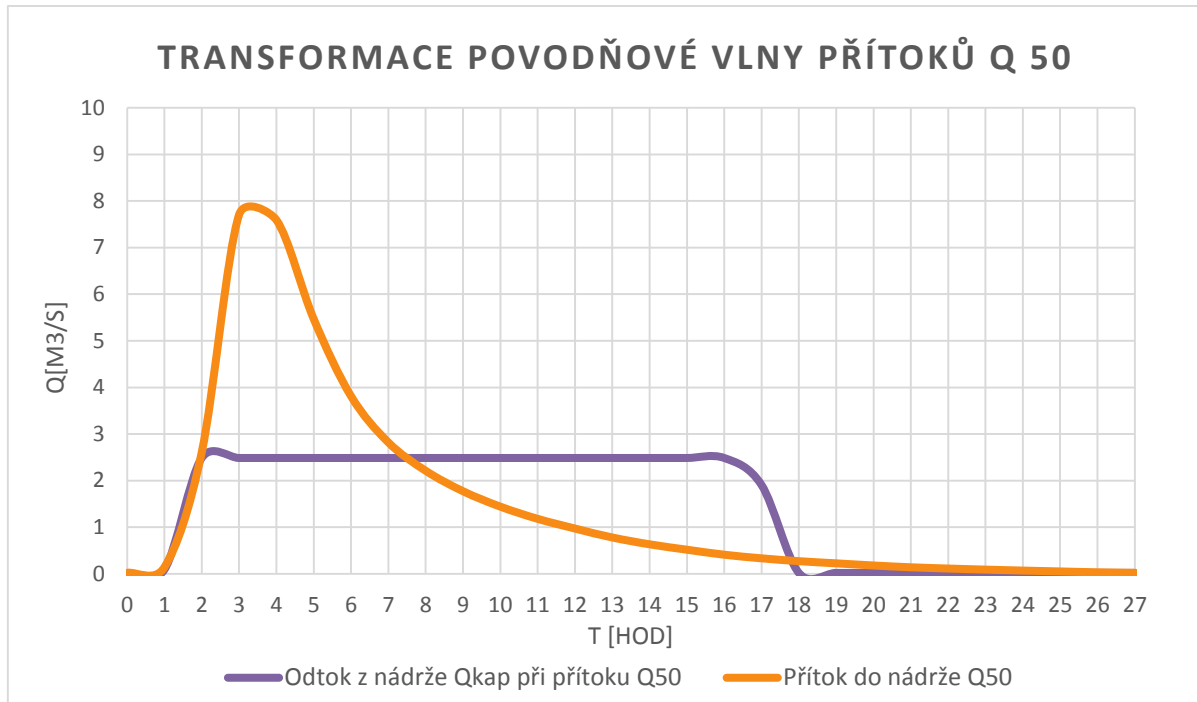
Sloupec č. 6 - Objem odtoku [m^3] (Přepočteno na hodinový odtok = Odtok z poldru.3600),

Sloupec č. 7 - Součet odtoku [m^3] (Načítání hodinových odtoků z poldru),

Sloupec č. 8 - Velikost akumulace [m^3] (Hodinové přítoky do poldru - hodinové odtoky z poldru).

1	2	3	4	5	6	7	8
T [hod]	Přítok do poldru PV50 [m ³ /s]	Odtok z poldru Q _{kap} DN800 [m ³ /s]	Objem vody z přítoku V _p [m ³]	Povodňová vlna Σ V _p [m ³]	Objem odtoku V _o [m ³]	Součet odtoku V _o [m ³]	Velikost akumulace V _a [m ³]
0	0,020	0,013	72,072	46,80	46,8	46,8	0,0
1	0,139	0,090	498,960	545,76	324,0	370,8	175,0
2	2,603	2,484	9369,360	9915,12	8942,4	9313,2	601,9
3	7,700	2,484	27720,000	37635,12	8942,4	18255,6	19379,5
4	7,592	2,484	27331,920	64967,04	8942,4	27198,0	37769,0
5	5,467	2,484	19681,200	84648,24	8942,4	36140,4	48507,8
6	3,812	2,484	13721,400	98369,64	8942,4	45082,8	53286,8
7	2,818	2,484	10145,520	108515,16	8942,4	54025,2	54490,0
8	2,210	2,484	7955,640	116470,80	8942,4	62967,6	53503,2
9	1,771	2,484	6375,600	122846,40	8942,4	71910,0	50936,4
10	1,440	2,484	5183,640	128030,04	8942,4	80852,4	47177,6
11	1,178	2,484	4241,160	132271,20	8942,4	89794,8	42476,4
12	0,970	2,484	3492,720	135763,92	8942,4	98737,2	37026,7
13	0,778	2,484	2799,720	138563,64	8942,4	107679,6	30884,0
14	0,631	2,484	2273,040	140836,68	8942,4	116622,0	24214,7
15	0,516	2,484	1857,240	142693,92	8942,4	125564,4	17129,5
16	0,408	2,484	1469,160	144163,08	8942,4	134506,8	9656,3
17	0,331	2,484	1191,960	145355,04	8942,4	143449,2	1905,8
18	0,270	2,484	970,200	146325,24	8942,4	152391,6	0,0
19	0,223	2,484	803,880	147129,12	8942,4	161334,0	0,0

Tab. č. 10 – Tabulka vypočtených hodnot pro transformaci PV50
(potřebná velikost akumulace je zvýrazněná)



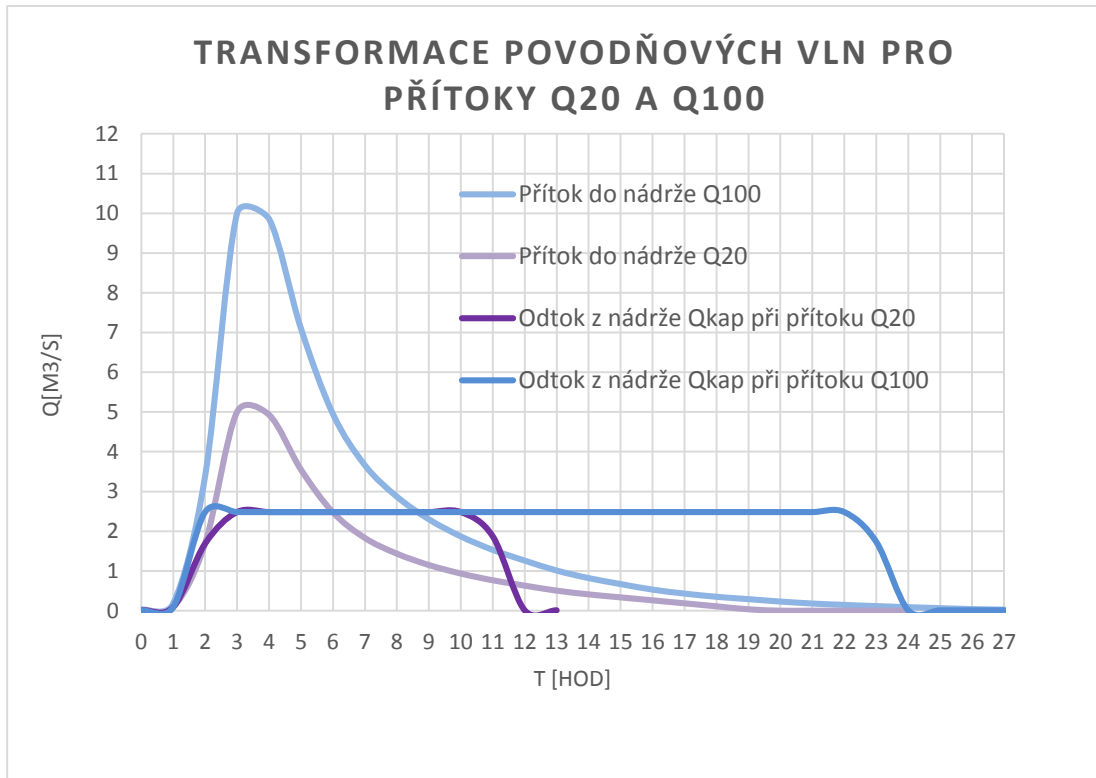
Graf. č. 3 – Transformace povodňové vlny přítoků Q 50

1	2	3	4	5	6	7	8
T [hod]	Přítok do poldru PV20 [m ³ /s]	Odtok z poldru Q _{kap} DN800 [m ³ /s]	Objem vody z přítoku V _p [m ³]	Povodňová vlna $\sum V_p$ [m ³]	Objem odtoku V _o [m ³]	Součet odtoku V _o [m ³]	Velikost akumulace V _a [m ³]
0,0	0,013	0,013	46,8	46,8	46,8	46,80	0,00
1,0	0,090	0,090	324,0	370,8	324,0	370,80	0,00
2,0	1,690	1,690	6084,0	6454,8	6084,0	6454,80	0,00
3,0	5,000	2,484	18000,0	24454,8	8942,4	15397,20	9057,60
4,0	4,930	2,484	17748,0	42202,8	8942,4	24339,60	17863,20
5,0	3,550	2,484	12780,0	54982,8	8942,4	33282,00	21700,80
6,0	2,475	2,484	8910,0	63892,8	8942,4	42224,40	21668,40
7,0	1,830	2,484	6588,0	70480,8	8942,4	51166,80	19314,00
8,0	1,435	2,484	5166,0	75646,8	8942,4	60109,20	15537,60
9,0	1,150	2,484	4140,0	79786,8	8942,4	69051,60	10735,20
10,0	0,935	2,484	3366,0	83152,8	8942,4	77994,00	5158,80
11,0	0,765	1,874	2754,0	85906,8	6747,5	84741,48	1874,30
12	0,63	0,013	2268,0	88174,8	46,8	84788,28	0,00

Tab. č. 11 – Tabulka vypočtených hodnot pro transformaci PV20
(potřebná velikost akumulace je zvýrazněná)

1	2	3	4	5	6	7	8
T [hod]	Přítok do poldru PV100 [m ³ /s]	Odtok z poldru Q _{kap} DN800 [m ³ /s]	Objem vody z přítoku V _p [m ³]	Povodňová vlna Σ V _p [m ³]	Objem odtoku V _o [m ³]	Součet odtoku V _o [m ³]	Velikost akumulace V _a [m ³]
0	0,026	0,013	93,6	46,8	46,8	46,8	0,0
1	0,180	0,09	648,0	694,8	324	370,8	324,0
2	3,380	2,484	12168	12862,8	8942,4	9313,2	3549,6
3	10,000	2,484	36000	48862,8	8942,4	18255,6	30607,2
4	9,860	2,484	35496	84358,8	8942,4	27198,0	57160,8
5	7,100	2,484	25560	109918,8	8942,4	36140,4	73778,4
6	4,950	2,484	17820	127738,8	8942,4	45082,8	82656,0
7	3,660	2,484	13176	140914,8	8942,4	54025,2	86889,6
8	2,870	2,484	10332	151246,8	8942,4	62967,6	88279,2
9	2,300	2,484	8280	159526,8	8942,4	71910,0	87616,8
10	1,870	2,484	6732	166258,8	8942,4	80852,4	85406,4
11	1,530	2,484	5508	171766,8	8942,4	89794,8	81972,0
12	1,260	2,484	4536	176302,8	8942,4	98737,2	77565,6
13	1,010	2,484	3636	179938,8	8942,4	107679,6	72259,2
14	0,820	2,484	2952	182890,8	8942,4	116622,0	66268,8
15	0,670	2,484	2412	185302,8	8942,4	125564,4	59738,4
16	0,53	2,484	1908	187210,8	8942,4	134506,8	52704,0
17	0,43	2,484	1548	188758,8	8942,4	143449,2	45309,6
18	0,35	2,484	1260	190018,8	8942,4	152391,6	37627,2
19	0,29	2,484	1044	191062,8	8942,4	161334,0	29728,8
20	0,23	2,484	828	191890,8	8942,4	170276,4	21614,4
21	0,18	2,484	648	192538,8	8942,4	179218,8	13320,0
22	0,145	2,484	522	193060,8	8942,4	188161,2	4899,6
23	0,115	1,733	414	193474,8	6238,8	194400,0	1733,7
24	0,088	0,013	316,8	193791,6	46,8	194446,8	0,0
25	0,064	0,013	230,4	194022	46,8	194493,6	0,0
26	0,04	0,013	144	194166	46,8	194540,4	0,0
27	0,026	0,013	93,6	194259,6	46,8	194587,2	0,0

Tab. č. 12 – Tabulka vypočtených hodnot pro transformaci PV100
(potřebná velikost akumulace je zvýrazněná)



Graf. č. 4 – Transformace povodňových vln pro přítoky Q20 a Q100.

Transformační efekt:

SN2 – Lichnov Q ₅₀			
Q Přítok _{max} [m ³ /s]	7,70	T Q Přítok _{max} [hod]	1,94
Q Odtok _{max} [m ³ /s]	2,48	T Q Odtok _{max} [hod]	6,73
Transformační efekt [%]	67,80	Maximální hladina [m n. m.]	446,5

Tab. č. 13 – Výstupy hodnocení efektivity suché nádrže

Z výsledků výpočtů vyplývá, že suchá nádrž SN2 transformuje kulminační průtok $Q_{50} = 7,70 \text{ m}^3/\text{s}$ na odtok $Q_{50\text{red}} = 2,48 \text{ m}^3/\text{s}$ (snížení o cca 68 %). [11]

5.2.3 Návrh a založení hráze

Na základě morfologického průzkumu byla osa hráze navrhována do nejužšího místa údolí a hrázové těleso bylo navrženo jako čelní hráz. Poldr byl zvolen jako průtočná suchá nádrž se zemní homogenní hrází a to z důvodu jak ekonomických nákladů na výstavbu tak z důvodů nepravidelného využití suché nádrže (plnění jen za povodňových průtoků).

Po vytyčení osy hráze a prostoru tělesa hráze se vykácí veškerý porost a odstraní se skryvka o tloušťce 0,5 m. Sejmutá ornice bude mít objem 25 867 m³ a část bude použita na

ohumusování návodní i vzdušné strany hráze a část se použije na zplanýrování přilehlého okolí. Dno nádrže bude vyspádováno, aby byl veškerý povrchový odtok v prostoru zátopy sveden do původního koryta potažmo do funkčního objektu hráze.

Voda, která se bude zdržovat v základové spáře, musí být svedená mimo tento prostor a to jak z důvodů navážení prvních vrstev sypaniny, tak z důvodů dodržování technologických postupů. Základová spára se srovná, zpevní a vystaví se patní drén.

SN2 – Lichnov Q50 - Základní parametry nádrže	
Maximální výška hráze [m]	7,5
Kóta koruny hráze [m n. m.]	447,0
Délka koruny hráze [m]	131,0
Šířka koruny hráze [m]	4,0
Objem retenčního prostoru [m ³]	60 tis.
Výška hladiny retenčního prostoru [m n. m.]	446,5
Sklon vzdušního líce	1:2,5
Sklon návodního líce	1:3

Tab. č. 14 – Základní parametry nádrže SN2

5.2.4 Materiál hráze

K výstavbě tělesa hráze bude užitá zemina skupiny GM, dle ČSN 75 2410 odpovídá nárokům na výstavbu homogenní sypané hráze jako „výborná“. Fyzikálně-mechanické vlastnosti zvolené zeminy jsou uvedeny v tabulce č. . Stavební zemina bude zajištěna z ložisek v místě výstavby. [15]

Zemina bude hutněná těžkým vibračním válcem po vrstvách tloušťky 0,3 m Spojení mezi danými vrstvami je důležité a zajistí se vlhčením spodnější vrstvy. Průběh výstavby by měl probíhat v co nejkratším časovém intervalu a za příznivého počasí (bez deště, sněžení a mrazu). [16], [17]

Název zeminy (symbol)	Zdánlivá hustota pro částice		Standardní Proctorova zkouška		Objemová hmotnost Suché zeminy		Obsah jemnozrné frakce	Filtrační součinitel
	částice <4mm	částice <4mm	d_{MAX} [t · m ⁻³]	W_{opt} [%]	MAX	MIN	(< 0,06 mm) [%]	k [m · s ⁻¹]
Štěrk hlinitý (GM)	2,73	2,43	>1,80	<20,5	2,06-2,16	1,70-1,76	15 až 35	8 · 10 ⁻⁵ až 8 · 10 ⁻¹⁰

Tab. č. 15 – Půdněmechanické vlastnosti vybrané zhutněné zeminy. [14]

5.2.5 Koruna hráze

Šířka koruny hráze byla navrhována na 4 m, aby umožňovala přejezd menším motorovým vozidlům údržby dále přejezd cyklistům, ale také, aby odpovídala daným normám. Tato komunikace se na konci severní části koruny navazuje na stávající komunikaci a je svahována sklonem 2% směrem ke vzdušnému líci hráze. Na straně směrem k zátopě je koruna hráze po celé délce osazena ocelovým zábradlím výšky 0,9 m v betonovém základu. V koruně hráze je umístěn bezpečnostní přeliv.

5.2.6 Vzdušní a návodní líc

Sklon vzdušního líce hráze byl navržen 1 : 2,5 a sklon návodního líce 1 : 3 vše podle tabulky orientačních sklonů svahů hrází. Jedná se o suchou nádrž, která bude plněna a následně prázdněna jen za povodňových průtoků v rozmezí pár hodin. Z těchto důvodů nebylo třeba řešit vliv vln na hráz a proto se jak návodní tak vzdušná strana hráze oseje travním porostem typu hydroosev o tloušťce 0,1 m. Návodní svah je u paty hráze zapřeven pomocí patky z lomového kamene. Vzdušný svah hráze lze osázet vhodnou vegetací, která splňuje požadavky daného místa (dlouholeté, porost z větším kořenovým systémem).

5.2.7 Patní drén

Patní drén slouží k bezpečnému odstranění prosáklé vody hrází nebo jejím podložím. Patní drén je umístěn u paty vzdušního svahu hráze. Vlastní těleso patního drénu je tvořeno silně propustným materiálem (makadam frakce 16/32). Soustředěná prosáknutá voda v patním drénu bude odváděna drenážními perforovanými rourami (PVC DN 300 mm), umístěnými v tělese patního drénu a vyústěnými do koryta pod hrází. V místě napojení drénu na těleso hráze je umístěn filtr, který bude zabraňovat vyplavování částic tělesa z hráze. Tloušťka filtru

bude 0,2 m a vrstvy budou v pořadí: jemný písek stejnozrný, hrubý a střední písek, hrubý štěrk nestejnozrný směrem k drenážní rouře.

Jedná se o suchou nádrž, proto není třeba provádět výpočet průsakové křivky. [10]

5.2.8 Bezpečnostní přeliv

Bezpečnostní přeliv byl zvolen přímý korunový nehrazený, jak z důvodu finančních nákladů, tak z důvodů estetičnosti nádrže v krajině. Přelivná hrana je umístěna ve výšce maximální hladiny vody v nádrži na kótě 446,5 m n. m. Šířka přelivné hrany byla stanovena výpočtem na 16,68 m a bude opevněna lomovým kamenem o tloušťce 0,35 m do betonového lože. V řezu bude mít přeliv tvar lichoběžníku o sklonech ramen 1 : 3 aby byla možnost bezpečného překonání vozidel údřžby.

Tento bezpečnostní prvek bude napojen na koryto o sklonu 4,3% , které bude převádět vodu po spádnicí vzdušného líce zpět do toku za vývar z funkčního objektu.

Výpočet přelivné hrany bezpečnostního přelivu:

Ze vzorce pro výpočet průtoku přes korunu přelivu se vyjádří **b**:

$$\text{Základní vzorec: } Q = m \cdot b \cdot h^{3/2} \cdot \sqrt{2 \cdot g} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (2)$$

Vyjádříme **b**:

$$b = \frac{Q}{m \cdot h^{3/2} \cdot \sqrt{2 \cdot g}} \quad [\text{m}] \Rightarrow b = \frac{7,7}{0,412 \cdot 0,4^{3/2} \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81}} = \underline{\underline{16,68\text{m}}} \quad (3)$$

Q – průtok Q_{50} [m^3/s]

m – součinitel přepadu daný výškou přepadového paprsku

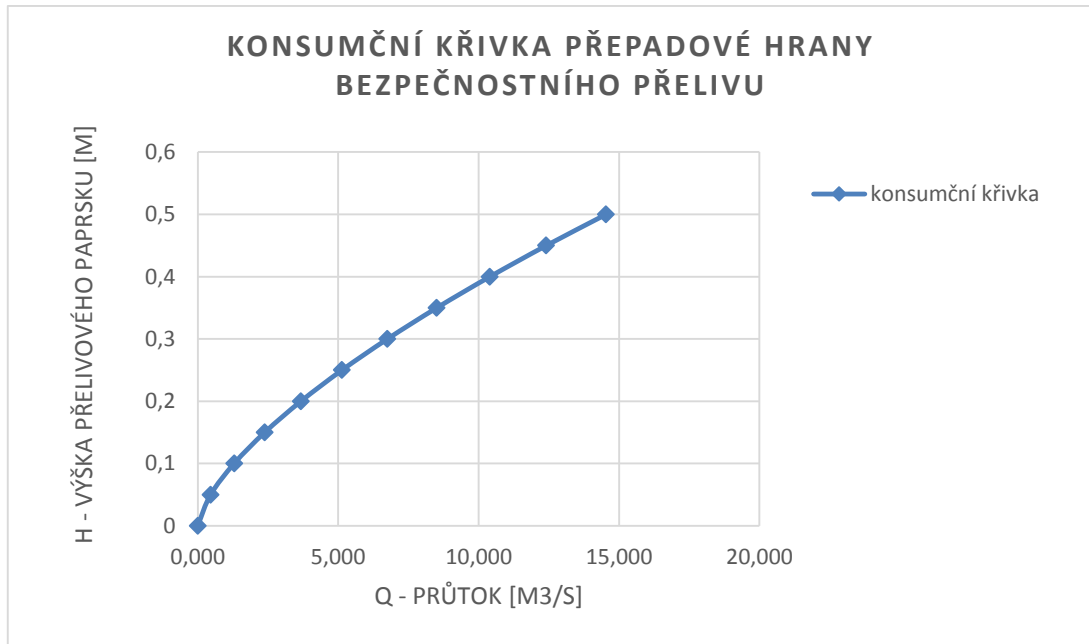
b – šířka přepadu [m]

h – přepadový paprsek [m]

g – tíhové zrychlení [m/s^2]

h [m]	0	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
Q [m^3/s]	0,000	0,460	1,300	2,388	3,677	5,139	6,755	8,512	10,400	12,409	14,534

Tab. č. 16 – Velikost průtoků u různých výšek přelivného paprsku BP.



Graf. č. 5 – Konsumční křivka přepadové hrany BP.

Vzorový výpočet kapacity koryta bezpečnostního přelivu: [12]

Navržená šířka odpadního koryta	$b = 1,5 \text{ m}$
Navržená hloubka odpadního koryta	$h = 1 \text{ m}$
Spád koryta	$I = 43 \text{ ‰}$
Manningův součinitel drsnosti koryta	$n = 0,02$
Sklon stěn koryta	$1 : m (1:1)$

Plocha průtočného profilu:

$$S = (b + m \cdot h) \cdot h = (1,5 + 1 \cdot 0,4) \cdot 0,4 = \underline{\underline{0,76 \text{ m}^2}} \quad (4)$$

S - průtočná plocha [m^2],

b - šířka dna koryta [m],

m - příčný sklon (1:m),

h - výška hladiny [m].

Omočený obvod:

$$O = b + 2 \cdot h \cdot \sqrt{1 + m^2} = 1,5 + 0,4 \cdot \sqrt{1 + 1^2} = \underline{\underline{2,066 \text{ m}}} \quad (5)$$

Hydraulický poloměr:

$$R = \frac{S}{O} = \frac{0,76}{2,066} = \underline{\underline{0,368\text{m}}} \quad (6)$$

Rychlostní součinitel dle Manninga:

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6} = \frac{1}{0,02} \cdot 0,368^{1/6} = \underline{\underline{42,33}} \quad (7)$$

Střední průtoková rychlost:

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot I} = 42,33 \cdot \sqrt{0,368 \cdot 0,043} = \underline{\underline{5,32\text{ m}^3/\text{s}}} \quad (8)$$

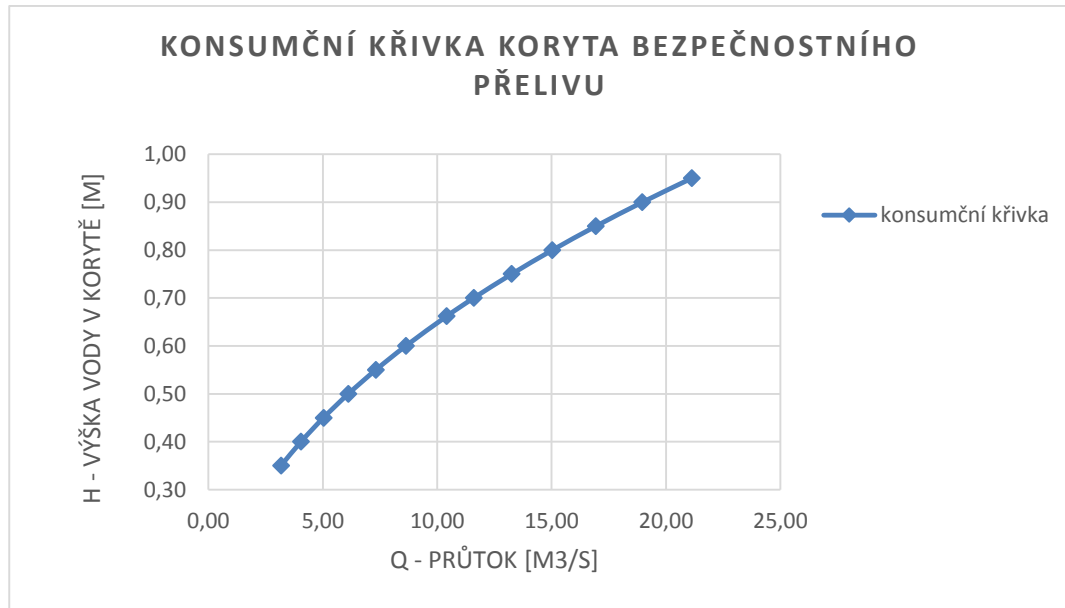
Průtok:

$$Q = S \cdot v = 0,76 \cdot 5,32 = \underline{\underline{4,043\text{m}^3 / \text{s}}} \quad (9)$$

h [m]	S [m ²],	O [m]	R [m]	C	v [m/s]	Q [m ³ /s]
0,35	0,648	1,995	0,325	41,450	4,897	3,171
0,40	0,760	2,066	0,368	42,325	5,324	4,046
0,45	0,878	2,136	0,411	43,109	5,729	5,027
0,50	1,000	2,207	0,453	43,819	6,116	6,116
0,57	1,128	2,278	0,495	44,470	6,488	7,700
0,60	1,260	2,349	0,537	45,071	6,846	8,626
0,65	1,431	2,436	0,587	45,756	7,271	10,403
0,70	1,540	2,490	0,618	46,152	7,526	11,591
0,75	1,688	2,561	0,659	46,643	7,852	13,250
0,80	1,840	2,631	0,699	47,106	8,168	15,030
0,85	1,998	2,702	0,739	47,545	8,477	16,932
0,90	2,160	2,773	0,779	47,961	8,778	18,960
0,95	2,328	2,844	0,819	48,359	9,073	21,116

Tab. č. 17 – Hodnoty průběhu konsumční křivky odpadního koryta bezpečnostního přelivu

Z tabulky č. 15 je patrné, že koryto bezpečnostního přelivu převede navrhovanou padesátiletou vodu při výšce hladiny 0,57 m. [19]



Graf. č. 6 – Konsumční křivka koryta BP.

5.2.9 Výpustné zařízení

Odpadní potrubí bylo navrženo betonové s kruhovým profilem v počtu dvou DN 800. Jedno potrubí bude sloužit z důvodu bezpečnosti a možných oprav na výpustném zařízení. Druhé slouží pro stálý průtok jako provozní. Roury jsou od sebe osově vzdálené 1600 mm a jsou uloženy na betonové podkladové desce o tloušťce 0,2 m. Celé se to pomocí bednění obetonuje min. tloušťkou 0,1 m. Potrubí bude mít dva uzávěry, hlavní a nouzový. Uzávěry budou osazeny vřetenovými šoupátky DN 800 z korozivzdorné oceli a budou umístěny v železobetonové šachtě zpřístupněné ocelovými stupadly. Délka potrubí je 41,5 m. Kapacitní beztlakový průtok je navržen na Q_3 a dosahuje $Q_{kap.} = 2,484 \text{ m}^3/\text{s}$ při rychlosti proudění $v = 4,941 \text{ m/s}$.

Výpustné zařízení společně s hlavním uzávěrem bude uloženo v nejnižším místě na návodní straně u paty hráze kolmo na korunu hráze. Konstrukce požeráku je navržena z monolitického betonu, konstrukce bude betonovaná na místě za použití bednění. Tloušťka stěn požerákové skříně je navržena 0,3 m a výška šachty 7,9 m. Půdorysné rozměry jsou 3,6 x 3,6 m. Část s hlavním uzávěrem bude obsahovat dlužovou stěnu. Konstrukce bude umístěná na betonovou základovou desku tl. 0,9 m. Požerák bude zpřístupněn po lávce z pororoštu vedoucí od koruny hráze. Napojení konstrukce požeráku na odpadní potrubí bude vyplněno těsnicí gumou. Odpadní potrubí bude na konci u vzdušné paty hráze zakončeno vývarem.

Revizní výpočet beztlakého proudění v potrubí [13], [44]

Zjištěné tabulkové hodnoty pro DN 800 se sklonem $I = 40 \text{ ‰}$

průtok $Q = 2,484 \text{ m}^3/\text{s}$

rychlost průtoku $v = 4,941 \text{ m/s}$

Plocha průtočného profilu:

S - průtočná plocha [m^2],

d - vnitřní průměr potrubí [m].

$$S = \pi \cdot \frac{d^2}{4} = 3,14 \cdot \frac{0,8^2}{4} = \underline{\underline{0,502 \text{ m}^2}} \quad (10)$$

Hydraulický poloměr:

R - hydraulický poloměr [m],

O - omočený obvod [m].

$$R = \frac{S}{O} = \frac{\pi \cdot \frac{d^2}{4}}{\pi \cdot d} = \frac{3,14 \cdot \frac{0,8^2}{4}}{3,14 \cdot 0,8} = \underline{\underline{0,2 \text{ m}}} \quad (11)$$

Rychlostní součinitel:

C - rychlostní součinitel [$\text{m}^{0,5}/\text{s}$],

n - součinitel drsnosti (betonové potrubí).

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^P = \frac{1}{0,014} \cdot 0,2^{0,161} = \underline{\underline{55,12 \text{ m}^{0,5}/\text{s}}} \quad (12)$$

Výpočet P podle Pavlovského:

$$P = 2,5\sqrt{n} - 0,13 - 0,75 \cdot \sqrt{R} \cdot (\sqrt{n} - 0,1) =$$

$$P = 2,5 \cdot \sqrt{0,014} - 0,13 - 0,75 \cdot \sqrt{0,2} \cdot (\sqrt{0,014} - 0,1) = \underline{\underline{0,161}} \quad (13)$$

Střední průtoková rychlost:

v - střední průtoková rychlost [m/s],

I - sklon uložení potrubí v promilích násobený 10^{-3}

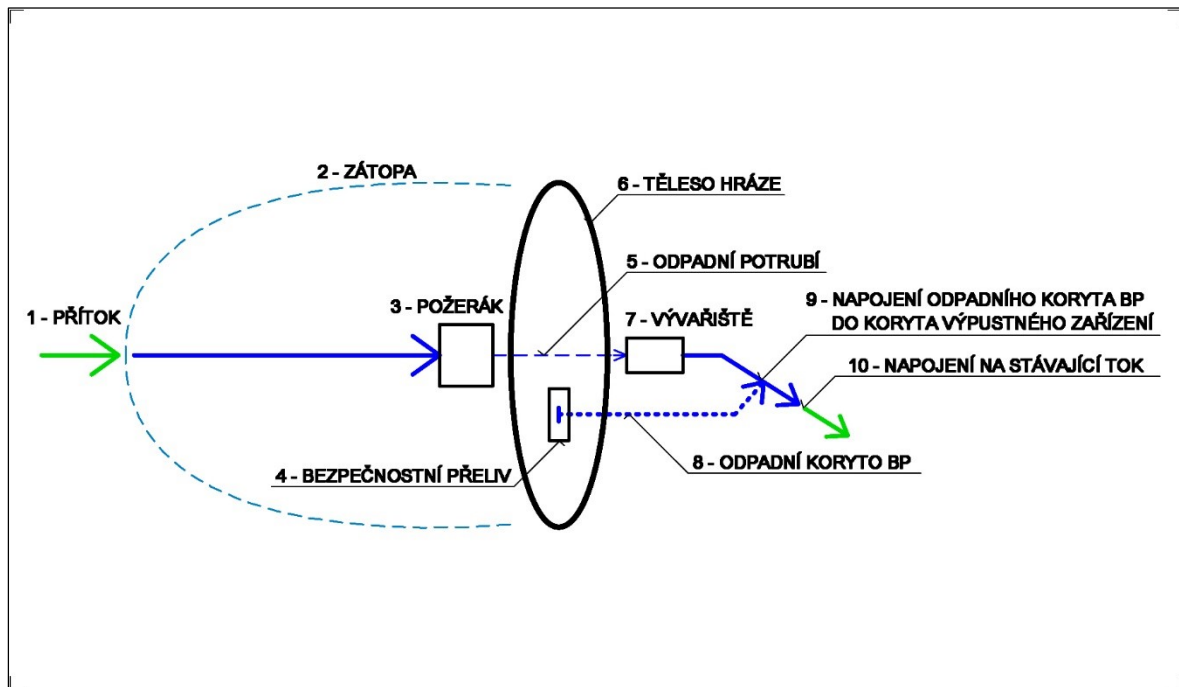
$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot I} = 55,12 \cdot \sqrt{0,2 \cdot 0,04} = \underline{\underline{4,94 \text{ m/s}}} \quad (14)$$

Maximální beztlakový průtok

$$Q_{KAP} = S \cdot v = 0,502 \cdot 4,94 = \underline{\underline{2,48 \text{ m}^3/\text{s}}} \quad (15)$$

Vypočítané hodnoty rychlosti a průtoku se shodují s tabulkovými hodnotami.

5.2.10 Přítok a odtok z nádrže



Obrázek č. 11 – Schéma uspořádání prostoru nádrže

Výpočet kapacity přirozeného koryta toku:

Tímto výpočtem zjišťujeme při jaké výšce hladiny je schopné převést přirozené koryto toku Tetřevský potok množství přitékané vody. Z tabulky č. 3 a č. 17 můžeme zjistit že stávající potok v místě umístění hráze při výšce hladiny 0,3 m převede dvouletou vodu.



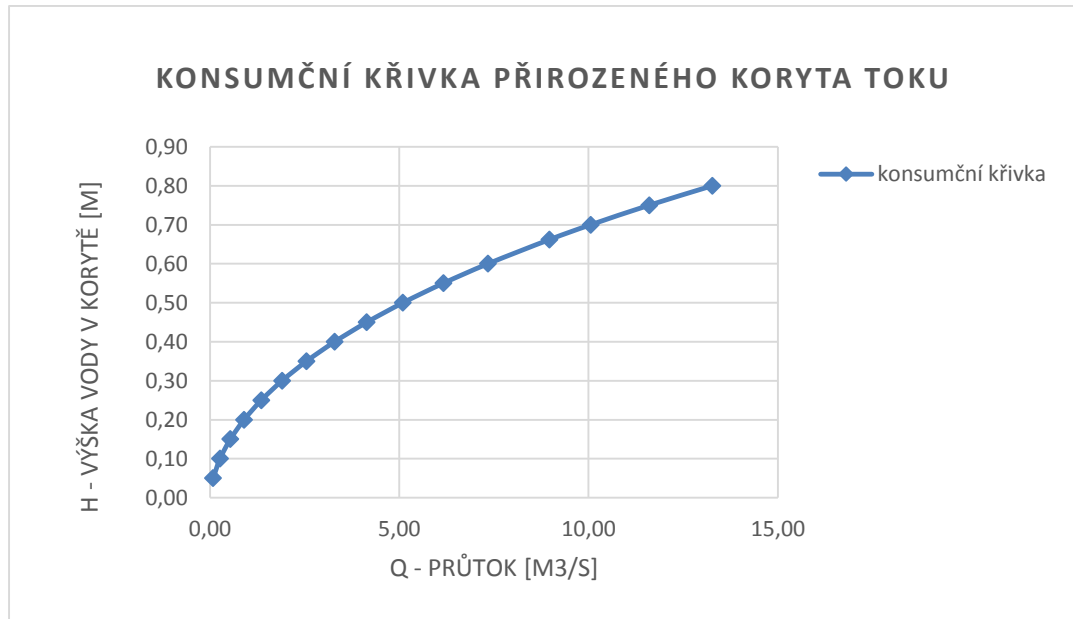
Obrázek č. 12 – Přítok Tetřevského potoka do budoucí nádrže. [43]

Postup výpočtu je totožný s výpočtem koryta bezpečnostního přelivu.

Šířka dna přirozeného koryta toku	$b = 2 \text{ m}$
Výška hladiny v korytě potoka	$h = 0,3 \text{ m}$
Spád koryta	$I = 37,5 \text{ ‰}$
Manningův součinitel drsnosti koryta	$n = 0,035$
Sklon stěn koryta	$1 : m (1:2)$

h [m]	S [m²],	O [m]	R [m]	C	v [m/s]	Q [m³/s]
0,05	0,11	2,112	0,050	17,326	0,748	0,079
0,10	0,22	2,224	0,099	19,431	1,184	0,260
0,15	0,35	2,335	0,148	20,773	1,546	0,533
0,20	0,48	2,447	0,196	21,778	1,868	0,897
0,25	0,63	2,559	0,244	22,589	2,162	1,351
0,30	0,78	2,671	0,292	23,272	2,435	1,900
0,35	0,95	2,783	0,340	23,865	2,693	2,545
0,40	1,12	2,894	0,387	24,390	2,938	3,291
0,45	1,31	3,006	0,434	24,862	3,172	4,140
0,50	1,50	3,118	0,481	25,291	3,397	5,095
0,55	1,71	3,230	0,528	25,686	3,614	6,162
0,60	1,92	3,342	0,575	26,051	3,824	7,342
0,66	2,20	3,480	0,632	26,468	4,075	8,963
0,70	2,38	3,565	0,668	26,710	4,226	10,058
0,75	2,63	3,677	0,714	27,011	4,419	11,601
0,80	2,88	3,789	0,760	27,295	4,608	13,272

Tab. č. 18 – Hodnoty průběhu konsumční křivky přirozeného koryta toku



Graf. č. 7 – Konsumční křivka přirozeného koryta toku.

Odtok z nádrže zajišťuje odpadní koryto, které je schopno společně odklánět vodu přitékající odpadním potrubím i bezpečnostním přelivem. Koryto je 35 m dlouhé a je plynule napojené na stávající koryto Tetřevského potoka.

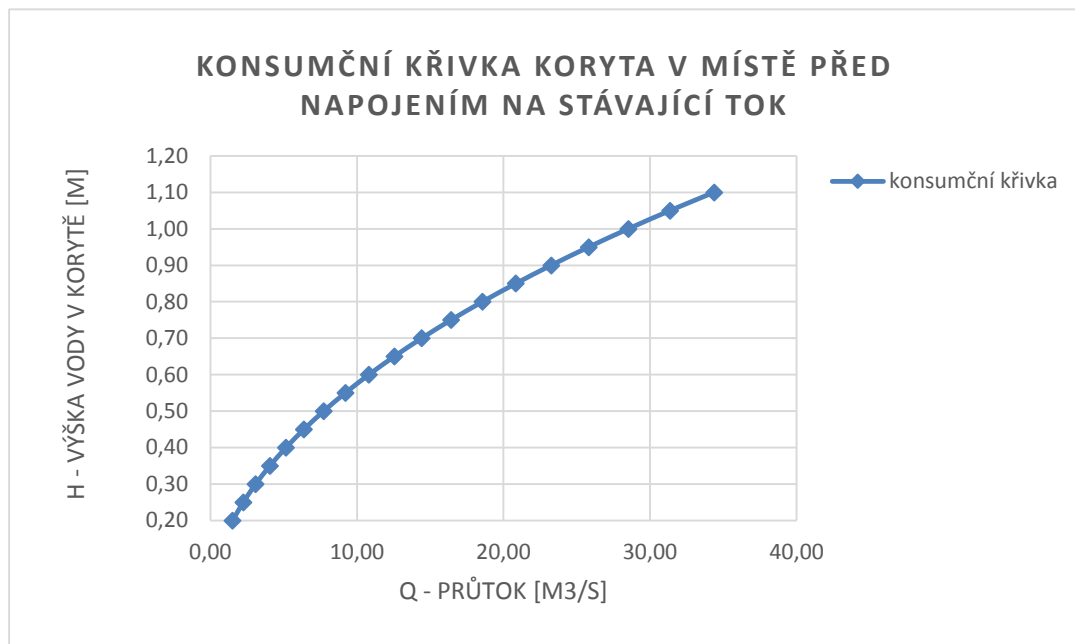
Výpočet kapacity koryta výpustného zařízení po připojení koryta bezpečnostního přelivu: [12]

Postup výpočtu je totožný s výpočtem koryta bezpečnostního přelivu.

Navržená šířka odpadního koryta	$b = 2 \text{ m}$
Navržená hloubka odpadního koryta	$h = 1 \text{ m}$
Spád koryta	$I = 25 \text{ ‰}$
Manningův součinitel drsnosti koryta	$n = 0,02$
Sklon stěn koryta	$1 : m (1:1)$

h [m]	S [m ²]	O [m]	R [m]	C	v [m/s]	Q [m ³ /s]
0,20	0,440	2,283	0,193	38,001	3,460	1,522
0,25	0,563	2,354	0,239	39,389	3,993	2,246
0,30	0,690	2,424	0,285	40,552	4,486	3,096
0,35	0,823	2,495	0,330	41,557	4,948	4,070
0,40	0,960	2,566	0,374	42,444	5,384	5,168
0,45	1,103	2,636	0,418	43,238	5,798	6,392
0,50	1,250	2,707	0,462	43,958	6,194	7,743
0,55	1,403	2,778	0,505	44,617	6,574	9,220
0,60	1,560	2,849	0,548	45,226	6,940	10,827
0,65	1,723	2,919	0,590	45,792	7,294	12,564
0,70	1,890	2,990	0,632	46,320	7,637	14,433

Tab. č. 19 – Hodnoty průběhu konsumční křivky koryta po připojení koryta BP



Graf. č. 8 – Konsumční křivka koryta navazující na potok pod hrází.

Je možno vyčíst z provedených výpočtů, že společný průtok vody přicházející do přípojného koryta z BP a odpadního potrubí při padesátileté vodě bude odkláněn při výšce hladiny $h = 0,59$ m ($Q = Q_{BP} + Q_{OP} = 7,70 + 2,484 = 10,184$ m³/s)

6 ODHAD EKONOMICKÝCH NÁKLADŮ - ROZPOČET

Veškeré ceny materiálů a stavebních prací jsou pouze informativní a mohou se pohybovat na základě výběru jiné pracovní firmy nebo zakoupeného materiálu. Veškeré rozměry a objemy použité v rozpočtu byly vypočítány z výkresové dokumentace. Celkový ekonomický odhad nákladů je na 13 208 762,73 Kč s DPH. Kompletní položkový rozpočet je uveden v přílohách pod číslem 8. [42]

REKAPITULACE ROZPOČTU	
Stavba:	Průtočná suchá nádrž – Lichnov SN2
Místo:	Lichnov
Zadavatel:	OÚ Lichnov, PÚ Bruntál
Zhotovitel:	Bc. Jiří Stuchlík
Datum:	3.3.2016
	Cena celkem [CZK]
HSV - Práce a dodávky HSV	9 875 608,43
1 - Zemní práce - přípravné a přidružené práce	
2 - Zemní práce	
3 - Patní drén	
4 - Výpustní objekt	
5 - Odpadní koryta	
6 - Komunikace	
7 - Patka z lomového kamene na návodní straně tělesa hráze	
PSV - Práce a dodávky PSV	526 224,40
8 - Hydroosev	
9 - Zámečnické práce	
VRN -Vedlejší rozpočtové náklady	514 500,00
Náklady celkem bez DPH:	10 916 332,83

Tab. č. 20 – Rekapitulace rozpočtu

7 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navrhnout protipovodňové opatření v obci Lichnov. Tento suchý poldr bude sloužit k zachycování povodňových průtoků a také přispěje k ochraně proti vodní erozi.

Řešení studie poldru spočívá v posouzení dvou různých variant. Varianta č. 1 se zabývá návrhem větší hráze na 100letou vodu a varianta č. 2 návrhem menší hráze na 50letou vodu, která však bude schopna pojmout i větší průtoky. Vybrána a zpracována byla varianta č. 2, z důvodu, že varianta č. 1 by nesplňovala normu malé vodní nádrže o výšce hráze. Další faktor je, že toto řešení má menší negativní dopad na krajinný ráz.

Návrhem je suchý poldr, jenž je podložen legislativními předpisy a technickými řešeními (viz teoretická část práce), které obsahují transformaci povodňových vln, výpočty objemů nádrže proudění v odpadním potrubí, výpočty bezpečnostního přelivu, konsumční křivky přípojného koryta BP a koryta recipientu Tetřevský potok.

Hráz suché nádrže byla navržena jako čelní, průtočná a její celková délka činí 131 m. Koruna hráze sahá do nadmořské výšky 447,0 m n. m. a její šířka činí 4 m. Středem koruny povede komunikace o šířce 2,3 m, sklony návodního líce jsou 1:3 a vzdušního líce 1:2,5. Dále byl navržen funkční objekt v podobě požeráku a bezpečnostní korunový přeliv, který je schopný převést minimálně 50letou vodu. Betonové odpadní potrubí o dimenzi 2 x DN 800 je osazeno hlavním a nouzovým uzávěrem. Projektované odváděcí koryto pod hrází je navrženo k bezpečnému odtoku vody, přepadlé přes hranu bezpečnostního přelivu.

Výkresová část práce byla vypracována v programech AutoCad 2007 a Winplan. Jedná se o výkresy podélného profilu hráze, podélného profilu nádrže, situace, vzorového příčného řezu hrází, příčných řezů tělesa hráze po 25 m, řezu a půdorysu funkčního objektu.

Bylo docíleno návrhu, který ochrání danou lokalitu proti přívalovým povodňovým vlnám a zabrání erozi půdy. Ekonomický odhad nákladů je 13 208 762,73 Kč s DPH (viz. kapitola 6).

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] *Wikipedie Otevřená encyklopedie. Lichnov (okres Bruntál)* [online]. [cit. 2016-03-6]. Dostupné z WWW: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Lichnov_\(okres_Brunt%C3%A1l\)](http://cs.wikipedia.org/wiki/Lichnov_(okres_Brunt%C3%A1l))
- [2] *Obeclichnov* [online]. [cit. 2016-03-6]. Oficiální web obce Lichnov. Dostupné z WWW: <http://www.obeclichnov.cz/z-historie-obce/d-10135/p1=316>.
- [3] *Povodí Odry státní podnik*. [online]. [cit. 2016-03-6] Atlas hlavních vodních toků. Dostupné z WWW: http://www.pod.cz/atlas_toku/cizina.html.
- [4] TRUPL, J.: *Intensita krátkodobých dešťů v povodích Labe, Odry a Moravy*, Praha: Výzkumný ústav vodohospodářský, 1958, 76 s.
- [5] Data poskytnutá ČHMÚ
- [6] TOMÁŠEK, M.: *Atlas půd České republiky*, Praha: Český geologický ústav, 1995, 36 s. ISBN 80-7075-198-3
- [7] DEMEK, Jaromír; MACKOVČIN, Peter, a kolektiv. *Zeměpisný lexikon ČR: Hory a nížiny*. Brno: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, 2006. 582 s. ISBN 80-86064-99-
- [8] Treking portál o horách, trekingu a turistice. [online]. [cit. 2016-03-10]. Dostupné z WWW: <http://www.treking.cz/regiony/rozhledny.htm>
- [9] *Základní vodohospodářská mapa* [online], (2002-2015) [cit. 2016-03-10]. Hydroekologický informační systém VÚV TGM. Dostupné z WWW: <http://heis.vuv.cz/>
- [10] VÁCLAVÍK, V.: *Účelové vodohospodářské nádrže*, Vyd. 1. Ostrava: VŠB-TUO, 2007, 127 s. ISBN 978-80-248-1336-3
- [11] DOČKAL, M., VRÁNA, K.: *Numerická metoda pro posouzení efektivity suché nádrže* [online], (2016) [cit. 2016-03-10]. Dostupné z WWW: <http://storm.fsv.cvut.cz/123456.php?id=4projektykestazenidetaily&sekce=RIV&item=AW-suche-nadrze>
- [12] BÉM, J., JIČÍNSKÝ, K.: *Hydraulika v příkladech*, Vyd. 2. ČVUT: Praha, 1982, 330 s.
- [13] HASÍK, O., DOSTÁLOVÁ, J.: *Vodní stavitelství*, VŠB-TU Ostrava, 2002, ISBN 80-248-0078-0
- [14] HAVLÍK, V.; MAREŠOVÁ I. *Hydraulika 10*. Vydavatelství ČVUT, Praha, 2001.

- [15] Česká geologická služba. [online]. [cit. 2016-03-6] Dostupné z WWW: <http://mapy.geology.cz/pudy/>
- [16] ČSN 75 2410 Malé vodní nádrže
- [17] TNV 75 2415 Suché nádrže
- [18] ČSN 75 2310 Sypané hráze
- [19] PODSEDNÍK O., ŠLEZINGER M.; Vodní stavby 1, Úpravy toků, jezy vodní cesty a plavba
- [20] Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon). *Ministerstvo životního prostředí*. [online]. [cit. 2016-04-7]. Dostupné z WWW: <http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/2a434831dcbe8c3fc12564e900675b1b/20f9c15060cad3aec1256ae30038d05c?OpenDocument>.
- [21] Správa národního parku Podyjí. [online]. [cit. 2016-03-6] Dostupné z WWW: <http://www.nppodyji.cz/zakon-o-ochrane-prirody-a-krajiny>
- [22] Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon)
- [23] Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny
- [24] Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách (vodní zákon)
- [25] VRÁNA, Karel a Jan BERAN. Rybníky a účelové nádrže. 2. vyd. Praha: ČVUT, 2005, 150 s. ISBN 80-01-02570-5.
- [26] ŠÁLEK, J., Z. MIKA a A. TRESOVÁ. Rybníky a účelové nádrže: Celost. učebnice pro stavební fakulty vys. škol techn. 1. vyd. Praha: SNTL, 1989, 267 s. ISBN 80-03-00092-0.
- [27] ŘÍHA, J.: *Ochranné hráze na vodních tocích*. Praha: Grada Publishing, a. s., 2010, 224 s. ISBN 978-80-247-3570-2
- [28] ŘÍHA, J., SEDLÁČEK, M.: *Návrh a realizace suchých nádrží z pohledu technickobezpečnostního dohledu*. Praha: MŽP, 2014, 126 s. ISBN 78-80-7212-600-2
- [29] Naše voda [online]. [cit. 2016-03-6] Dostupné z WWW: <http://www.nase-voda.cz/vodni-elektrarna-dlouhe-strane-je-plnoleta/>
- [30] LUKÁČ, M., BEDNÁROVÁ, E.: *Navrhovanie a prevádzka vodných stavieb Sypané priehrady a hrádze*. Vydavateľstvi: Jaga group, 2006, 183 s. ISBN 8080760314

- [31] LORENZEN, A., E. RISTENPART a W. PFUHL. *Water Science and Technology. FLush cleaning of sewers*. 1996, roč. 33, č. 9.
- [32] ZEVENBERGGEN, C. CASHMAN, A., EVELPIDOU, N.: Urban flood management. 1st ed. Leiden, Netherlands: CRC Press/Balkema, 2010, 340s. ISBN 978-0-415-55944-7
- [33] WiseGEEK: What Are the Different Types of Floods [online]. © 2003-2015 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z WWW: <http://www.wisegeek.com/what-are-the-different-types-of-floods.htm>
- [34] WiseGEEK: What Should I Do after a Flood? [online]. © 2003-2015 [cit. 2016-04-21] Dostupné z WWW: <http://www.wisegeek.com/what-should-i-do-after-a-flood.htm>
- [35] TÓTH, J., TÓTH, T., LAZOR, P., SLÁVIK, M.: Rizikové prvky v dnových sedimentoch a rybách z malej vodnej nádrže. [online]. © 2003-2015 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z WWW: https://mnet.mendelu.cz/mendelnet2012/articles/37_toth_730.pdf. ISBN 978-80-7375-563-8
- [36] Wikia: One single Flood spore can destroy a species. [online]. © 2003-2015 [cit. 2016-04-21]. Dostupné z WWW: <http://halo.wikia.com/wiki/Flood>
- [37] BUTLER, D., DAVIES, J.: Urban drainage. 3rd ed. London, England: E & FN Spon, 2011, 656 s. ISBN 978-0-415-45526-8
- [38] KROČOVÁ, Š.: Havárie a řízení vodního hospodářství. Vyd. 1. Ostrava: VŠB-TUO, 2006, 96 s. ISBN 80-248-1246-0
- [39] Velkawoda.unas [online]. [cit. 2016-03-6] Dostupné z WWW: <http://www.velkawoda.unas.cz/>
- [40] Eagri [online]. [cit. 2016-04-6]. Dostupné z WWW: <http://eagri.cz/public/web/mze/legislativa/pravnipredpisy/mze/tematickyprehled/10005312.html>.
- [41] Geoportál ČÚZK [online], 2012 [cit. 2016-04-20]. Přístup k mapovým produktům resortu. Dostupné z WWW: < <http://geoportal.cuzk.cz/> >
- [42] Heckl [online]. [cit. 2016-03-6]. Dostupné z WWW: http://www.heckl.cz/content/files/_UPLOAD/cenik13-05-web1.pdf

[43] BEDNARCZYK, S., SZYMKIEWICZ, R., SULIGOWSKI, Z.: Water management and hydraulic engineering. 1st ed. Poland: Politechnika Gdańska, 2001, 445 s. ISBN 83-909683-3-9

9 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1 – Umístění území v rámci České republiky. [8].....	2
Obrázek č. 2 – Devastační následky povodně z roku 1996. [2].....	6
Obrázek č. 3 – Příklad obvodové hráze (Dlouhé Stráně). [29].....	12
Obrázek č. 4 – Homogenní ochranná hráz s drenážní patkou [27].....	13
Obrázek č. 5 – Nehomogenní ochranná hráz, a) se středním těsnícím prvkem, b) s těsněním při návodním líci.....	14
Obrázek č. 6 – Příklady uspořádání drenážního systému.....	15
Obrázek č. 7 – Vtok do spodní výpustě s předsazenými česlemi. [28].....	16
Obrázek č. 8 – Bezpečnostní přeliv umístěn v koruně hráze. [31].....	17
Obrázek č. 9 – Porovnání velikosti zátopy dvou variant hrází.....	24
Obrázek č. 10 – Naznačení místa nádrže a jeho rozvodnice. [9].....	26
Obrázek č. 11 – Schéma uspořádání prostoru nádrže.....	37
Obrázek č. 12 – Přítok Tetřevského potoka do budoucí nádrže. [43].....	39

10 SEZNAM TABULEK

Tab. č. 1 – Hydrologické údaje v zájmovém profilu [5].....	3
Tab. č. 2 – M – denní průtoky v zájmovém profilu. [5]	4
Tab. č. 3 – N – leté průtoky v zájmovém profilu. [5]	4
Tab. č. 4 – Intenzity krátkodobých dešťů pro okres Bruntál. [4].....	4
Tab. č. 5 – Geomorfologické členění území [7], [2].....	5
Tab. č. 6 – Tabulka vypočtených hodnot objemu nádrže (vyznačeně maximální hladina s maximální akumulací v nádrži).....	22
Tab. č. 7 – Základní parametry nádrže SN1.....	22
Tab. č. 8 – Výstupy hodnocení efektivity suché nádrže.....	23
Tab. č. 9 – Tabulka vypočtených hodnot objemu nádrže (vyznačeně maximální hladina v nádrži).....	25
Tab. č. 10 – Tabulka vypočtených hodnot pro transformaci PV50.....	28
Tab. č. 11 – Tabulka vypočtených hodnot pro transformaci PV20.....	29
Tab. č. 12 – Tabulka vypočtených hodnot pro transformaci PV100.....	30
Tab. č. 13 – Výstupy hodnocení efektivity suché nádrže	31
Tab. č. 14 – Základní parametry nádrže SN2.....	32
Tab. č. 15 – Půdněmechanické vlastnosti vybrané zhutněné zeminy. [14].....	33
Tab. č. 16 – Velikost průtoků u různých výšek přelivného paprsku BP.....	34
Tab. č. 17 – Hodnoty průběhu konsumpční křivky odpadního koryta bezpečnostního přelivu.....	36
Tab. č. 18 Hodnoty průběhu konsumpční křivky přirozeného koryta toku.....	40
Tab. č. 19 Hodnoty průběhu konsumpční křivky koryta po připojení koryta BP.....	42
Tab. č. 20 – Rekapitulace rozpočtu.....	43

11 SEZNAM GRAFŮ

Graf. č. 1 – Charakteristické čáry nádrže (varianta č. 1).....	23
Graf. č. 2 – Charakteristické čáry nádrže (varianta č. 2).....	26
Graf. č. 3 – Transformace povodňových vln.....	29
Graf. č. 4 – Transformace povodňových vln pro přítoky Q20 a Q100.....	31
Graf. č. 5 – Konsumční křivka přepadové hrany BP.....	35
Graf. č. 6 – Konsumpční křivka koryta BP.....	38
Graf. č. 7 – Konsumpční křivka přirozeného koryta toku.....	41
Graf. č. 8 – Konsumpční křivka koryta navazující na potok pod hrází.....	42

12 SEZNAM PŘÍLOH

1. Podrobná situace
2. Podélný profil nádrže
3. Podélný profil hráze
4. Řez a půdorys funkčního objektu
5. Příčné řezy tělesem hráze po 25 m (1. část)
6. Příčné řezy tělesem hráze po 25 m (2. část)
7. Vzorový příčný řez tělesem hráze
8. Odhad ekonomických nákladů - rozpočet