

**České vysoké učení technické v Praze**  
**Fakulta stavební**  
**Katedra hydrotechniky**



**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**  
**Studie technického stavu a provozních podmínek**  
**VD Horní Těšice**  
**Study of technical and operational conditions of the**  
**small reservoir Horní Těšice**

**Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Ladislav Satrapa, CSc.**

**květen 2018**

**Jan Tůma**



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

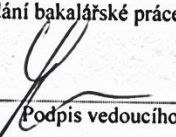
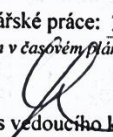
Fakulta stavební  
Tháškova 7, 166 29 Praha 6

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

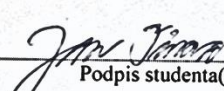
Příjmení: <u>Tůma</u>	Jméno: <u>Jan</u>	Osobní číslo: <u>408686</u>
Zadávací katedra: <u>Katedra hydrotechniky</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor: <u>Vodní hospodářství a vodní stavby</u>		

### II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: <u>Studie technického stavu a provozních podmínek VD Horní Těšice</u>	
Název bakalářské práce anglicky: <u>Study of technical and operational conditions of the small reservoir Horní Těšice</u>	
Pokyny pro vypracování: Popis vodního díla a jeho účelu, zhodnocení technického stavu vodního díla, zhodnocení bezpečnosti vodního díla za povodní, návrh případných opatření pro zajištění bezpečnosti vodního díla za povodní, návrh dalšího postupu (případně ve variantách) opatření k zajištění provozu nádrže	
Seznam doporučené literatury: studijní literatura v oboru malých vodních nádrží a přehrad, příslušné ČSN a TNV, zákon o vodách, vyhlášky MZE a MŽP	
Jméno vedoucího bakalářské práce: <u>doc. Ing. Ladislav Satrapa, CSc.</u>	
Datum zadání bakalářské práce: <u>1.3.2018</u>	Termín odevzdání bakalářské práce: <u>28.5.2018</u> <i>Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku</i>
 Podpis vedoucího práce	 Podpis vedoucího katedry

### III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

<u>1.3.2018</u> Datum převzetí zadání	 Podpis studenta(ky)
--	---

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl 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

.....  
Jan Tůma

## **Poděkování**

Chtěl bych tímto poděkovat panu doc. Ing. Ladislavu Satrapovi, CSc. za to, že mi pomohl při vedení bakalářské práce a poskytoval mi rady při vypracování mé práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Vlastimilovi Krejčímu z povodí Moravy za poskytnutí informací a podkladů pro vypracování bakalářské práce. Také bych chtěl poděkovat své matce, paní PhDr. Jitce Tůmové, za jazykovou korekturu a také zbytku své rodiny a přátelům, kteří byli neustále mojí podporou.

## **ABSTRAKT A KLÍČOVÁ SLOVA**

Vypracovaná bakalářská práce má za cíl posoudit bezpečnost malé vodní nádrže Horní Těšice za zvýšeného povodňového průtoku. Pro vypracování bakalářské práce byly využity aktuální hodnoty N-letých průtoků a odvozená povodňová vlna. V bakalářské práci je provedené řešení převedení povodňového průtoku přes sdružený objekt. Součástí práce je stanovení mezní bezpečnostní hladiny (MBH), jedná se o úroveň hladiny v nádrži, kdy nastává při překročení reálné nebezpečí poruchy a havárie vodního díla. Dále je stanovena kontrolní maximální hladina (KMH), jedná se o maximální hladinu v nádrži, která převede při zvolených předpokladech a podmínkách kontrolní povodňovou vlnu přes vodní dílo Horní Těšice. V závěru práce bude posouzení vztahu mezi MBH a KMH. Také zde bude návrh opatření a úprav pro zvýšení bezpečnostní a retenční schopnosti vodního díla.

Klíčová slova: Horní Těšice, sdružený objekt, bezpečnostní přeliv, mezní bezpečnostní přeliv, kontrolní bezpečnostní hladina, požadovaná míra bezpečnosti, sypaná zemní nehomogenní hráz

## **ABSTRACT AND KEY WORDS**

The elaborated bachelor thesis is important to assess the safety of the small water reservoir Horní Těšice under increased flood flow. For the bachelor thesis were used current values of N-year flows and derived flood wave. The bachelor thesis deals with the flood flow transfer through a clustered object. The component of the work is the determination of limit of safe water, which is the in the tank, when occurs real danger of failure and accident on the pond. In addition, the maximum flood level is determined. It is the maximum level in the pond, which is will be reached by the floods. Thesis will assess the relationship between limit of safe water and maximum flood water level. In the end, there will be the proposal for measures and modifications to increase the safety and retention capacity of the pond.

Kea words: pond, Horní Těšice, clustered object, gullet, limit of safe water level, maximum flood water level, required level of safety, inhomogeneous earth dam

# Obsah bakalářské práce

1. ÚVODNÍ ČÁST .....	- 2 -
2. CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE .....	- 3 -
3. ÚČEL A POPIS VODNÍHO DÍLA.....	- 3 -
4. ZÁKLADNÍ ÚDAJE A PODKLADY .....	- 11 -
4.1. Požadovaná míra bezpečnosti při povodni .....	- 11 -
4.2. Hydrologické podklady .....	- 12 -
4.3. Technické parametry a podklady.....	- 13 -
4.4. Hydraulické výpočty .....	- 15 -
5. STANOVENÍ MEZNÍ BEZPEČNOSTNÍ HLADINY .....	- 24 -
6. STANOVENÍ KONTROLNÍ MAXIMÁLNÍ HLADINY V NÁDRŽI .....	- 30 -
7. ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ.....	- 36 -
8. NÁPRAVNÁ A NOUZOVÁ OPATŘENÍ.....	- 37 -
9. ZÁVĚR.....	- 38 -
10. POUŽITÉ PODKLADY .....	- 40 -
11. SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A ROVNIC.....	- 41 -
12. SEZNAM SAMOSTATNÝCH PŘLOH.....	- 42 -

# 1. ÚVODNÍ ČÁST

Malé vodní nádrže jsou důležitou součástí naší krajiny, tvořící důležitou ekologickou stabilitu. Tyto nádrže slouží k mnoha důležitým funkcím, kdy plní převážně funkce zásobní, ochranné, rybochovné, hospodářské apod. Pokud jsou tyto malé vodní nádrže správně navrženy a je s nimi správně zacházeno, dokáží dobře přispívat k ochraně a tvorbě našeho životního prostředí.

Současný stav malých vodních nádrží není příliš uspokojivý. Hlavním problémem je především dlouhodobý nezájem, nedostatečná údržba a malé množství finančních prostředků vkládaných do provozu malých vodních nádrží. Podle průzkumu téměř 500 malých vodních nádrží, který provedla organizace Vodní díla – TBD a. s., bylo zjištěno, že při přelítí hráze při průchodu návrhové povodně by nevyhovělo 32 % posuzovaných nádrží bezpečnostním kritériím. [4]

V roce 2011 došlo ke sloučení Povodí Moravy se Zemědělskou vodohospodářskou správou. Pod správu Povodí Moravy se tak dostalo přes 7 200 km drobných vodních toků a několik stovek vodních děl, které před tím byly pod správou Zemědělské vodohospodářské správy. Problém předaných nádrží je ten, že nemají dostatečnou dokumentaci, nebo mají takovou, která neodpovídá současnosti. Chybí také velmi často historické podklady o stavu nádrží [13]

Po konzultaci s doc. Ing. Ladislavem Satrapou, CSc. jsem se rozhodl udělat v rámci své bakalářské práce posouzení a studii na vodní dílo Horní Těšice, které je právě nově ve správě Povodí Moravy. Účelem této bakalářské práce bude posouzení technického stavu a bezpečnosti tohoto vodního díla za zvýšených povodňových průtoků.

Během 30leté existence malé vodní nádrže Horní Těšice nebyly objeveny žádné zásadní problémy. Největší poškození, které se na nádrži vyskytuje, je nefunkční hlavní uzávěr, takže se musí s vodou manipulovat pouze pomocí klapky, která má podle manipulačního řádu funkci provozního uzávěru.

## 2. CÍLE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Hlavním cílem této bakalářské práce je vyhodnocení a posouzení bezpečnosti vodního díla Horní Těšice při průchodu 100leté povodňové vlny. V situaci, pokud bude bezpečnost nevyhovující, je potřeba navrhnout opatření pro zvýšení bezpečnosti vodního díla.

Aby se provedlo správné zhodnocení, je důležité se podrobně seznámit se zadanými podklady a s problémy, které se vyskytly v průběhu existence vodního díla.

Nejdůležitějšími podklady bude Manipulační řád a aktuální hydrologická data, která budeme muset zjišťovat anebo odvozovat z přílehlých toků. Informace z podkladů je dále nutné porovnat se skutečností a orientačně ověřit správnost pomocí výpočtů. Získané informace vycházející z výpočtů je pak potřeba vyhodnotit.

Poslední částí bakalářské práce bude zhodnocení technického stavu a provozních podmínek vodního díla Horní Těšice. Pokud bude zhodnocení negativní, bude muset následovat návrh zlepšení a úpravy.

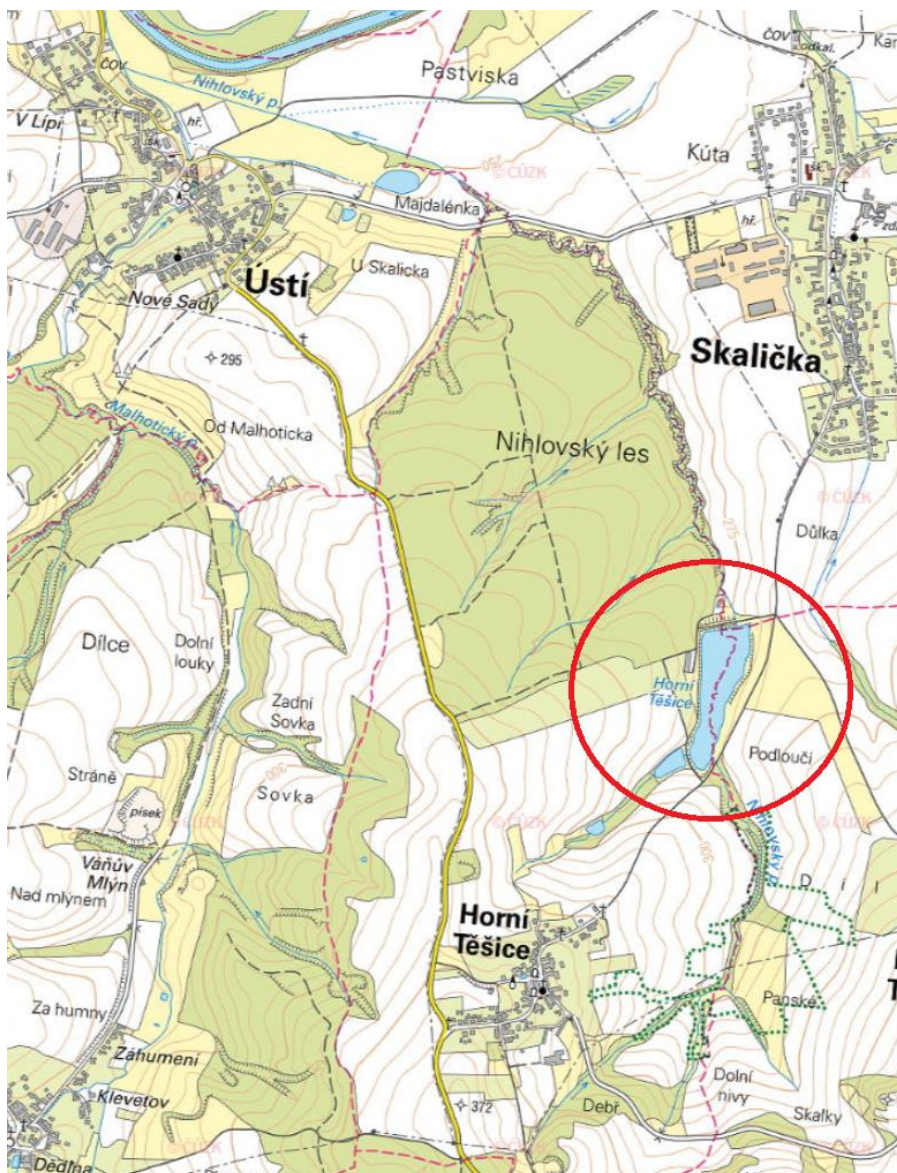
## 3. ÚČEL A POPIS VODNÍHO DÍLA

### **Obecné informace**

Vodní dílo se nachází v Olomouckém kraji, přesněji v okolí měst Skalička a Horní Těšice, konkrétně se nachází přibližně 1,0 km severovýchodně nad obcí Horní Těšice. Vodní dílo je situováno na Nihlovském potoce v říčním km 3,0.

Nihlovský potok (č. h. p. 4 – 11 – 02 – 032) pramení přibližně 0,5 km jihovýchodně od Horních Těšic v okrese Přerov v Olomouckém kraji. Pramen Nihlovského potoka se nachází přibližně ve výšce 327 m n. m. a u severní části obce Ústí se zleva vlévá do Opatovického potoka v přibližné výšce 253 m n. m. Plocha povodí Nihlovského potoka činí 2,4 km<sup>2</sup> a jeho délka je 4,86 km. Nihlovský potok není dotován žádnými výraznějšími přítoky, většina přítoků je pouze menšího charakteru.





Obrázek 3.1: Základní mapa 1:50 000 s celou délkou Nihlovského potoku a s vyznačením polohy VD Horní Těšic [7]

Hlavním účelem vodního díla Horní Těšice byla především akumulace vody pro závlahy sadů. Vzhledem k nefunkčnímu čerpadlu už tuto funkci ale neplní. Vodní dílo se dnes používá především ke sportovnímu rybolovu a ke zmírnění velkých vod v neovladatelném retenčním prostoru.

## **Nakládání s vodami**

Stavební povolení bylo vydáno v roce 1986 KNV Ostrava OVLHZ 244/87/235/Hr. Kolaudační rozhodnutí bylo vydáno 23.12.1989 a vodní dílo bylo povoleno 12.2.1996 – nakládání s vodami ŽP/VH-254/294/96-07-HK.

### Minimální zachovný průtok

Výše asanačního průtoku byla stanovena na  $MZP = Q_{330} = 2,3$  l/s. Toto průtokové množství je v současnosti zaručeno pomocí klapky v objektu spodní výpusti.

### Snížení povodňových průtoků

Ochranný prostor nádrže má objem 20 620 m<sup>3</sup>. Ten je zanedbatelný k objemu návrhové povodně  $PV_{100}$  a nedojde tak k významnému snížení povodňového průtoku.

### Doba prázdnění nádrže

Prázdněním nádrže myslíme dobu prázdnění od hladiny 261,00 po hladinu 254,60 m.

- a) Při poklesu hladiny maximální rychlostí za normálních podmínek, to je 0,3 m/den a 1,5 m/týden, se nádrž vyprázdní na požadovanou hladinu za 28 dní.
- b) Při otevření šoupěte DN 400, kdy bude vodní dílo v ohrožení, kdy je přítok do nádrže roven  $Q_a = 0,014$  m<sup>3</sup>/s, se nádrž vyprázdní na požadovanou hladinu za 3 dny.

## **Charakter vodního díla**

Plocha povodí hráze:	2,4 km <sup>2</sup>
Typ nádrže:	průtočná
Typ vzdouvací stavby:	zemní hráz
Objem vody při $Mz = 281,50$ m:	171 375 m <sup>3</sup>
Plocha hladiny při $Mz = 281,50$ m:	51 150 m <sup>2</sup> (5,51 ha)
Spodní výpust:	1 x DN 400 + 1 x 350, DN 200
Bezpečnostní přeliv:	boční (monoblok)
Odběr pro závlahu:	1 x DN 350



Obrázek 3.2: Pohled na vodní dílo

### Popis a technické parametry VD

Hráz je půdorysně přímá, v příčném řezu má tvar lichoběžníku. Koruna hráze je pojízdná a tvoří ji asfaltová cesta širší 3,5 m. Jedná se o nehomogenní zemní hráze.

### Základní parametry

Hráz je nasypaná ze zemního materiálu. Průsaková stabilita je zajištěna soustavou propustných žebek a patním drénem.

Půdorysné uspořádání	Přímé
Kóta koruny	282,50 m n. m.
Šířka koruny	4,0 m
Návodní líc – sklon	1 : 3
– opevnění:	makadam – na celou výšku hráze, nad hladinou
zásobního prostoru je navíc provedeno ohumusování a osetí travním semenem.	

Vzdušný líc – sklon	1 : 2,2
– opevnění	ohumusování a osetí
Min. kóta údolí v patě hráze	275,45 m. n. m
Max. výška hráze	8,5 m
Délka hráze v koruně	174,6 m

### **Sdružený objekt**

Sdružený objekt slouží k vyprázdňení nebo k vypouštění požadovaného množství vody z nádrže a je umístěn 55 metrů od pravého závazání. Je dvoupatrový, železobetonové monolitické konstrukce. Spodní výpust je DN 400 a je opatřena dvěma sériovými uzavěry. První slouží pro otevření a uzavření, druhý slouží pro regulaci průtoku. Ovládání spodní výpusti je ruční z horní plošiny sdruženého objektu.

Ve spodní etáži se nachází odběr pro závlahy, ocelové potrubí DN 350 s osou 276,70 – 275,00 metrů. Potrubí může sloužit také jako spodní výpust.

Úplné vypuštění nádrže je možné provést ocelovým potrubím DN 200 vedeným pod dnem štoly spodních výpustí. Pro převedení velkých vod slouží boční přelivy s odvedením vody horní etáží sdruženého objektu.

Sdružený funkční blok sestává z následujících částí:

**Blok 1 – odběrná vtoková a přepadová část**

Tento blok je dvoupatrový. Ve spodní štole je vedeno potrubí DN 350 a je zde vyústěna spodní výpust DN 400.

Povodňový průtok je převeden bezpečnostním přelivem délky 2 x 10 m, který je oboustranný s odvedením vody horní etáží sdruženého objektu.



*Obrázek 3.3: Pohled na sdružený objekt*

#### Blok 2 – hrázová část

Tento blok je tvořen spodní štolou 2 x 1,5 m a horní štolou širší 1,5 m a výšky 3,5 m. Sklon dna zaručuje odvedení vody od přepadu o volné hladině.

#### Blok 3 – výpustní část

V této části vychází závlahové potrubí ze štoly do armaturní šachty, která je umístěná v patě hráze.

#### Blok 4 - vývar

Dno vývaru je tvořeno betonovou deskou síly 1,0 m, na kterou navazují svislé zdi vývaru. Tyto zdi jsou nad výšku stálé hladiny obloženy kamenem a tvoří zborcenou plochu, která plynule přechází ze svislé do sklonu 1:1. Vývar je poté ukončen 50 cm vysokým prahem, ve kterém je umístěn trojúhelníkový měrný přepad z ocelové desky síly 10 mm.

Za vývarem je upravené odpadní koryto lichoběžníkového tvaru a břehy jsou zpevněny vegetačním opevněním.



Obrázek 3.4: Pohled na přepad vody na konci horní štoly

### **Základní údaje**

Osa vtoku spodní výpusti DN 400	276,50 m
Délka ocelového potrubí 1 x DN 400	3,5 m
Kapacita spodní výpusti DN 400 při maximální hladině	0,99 m <sup>3</sup> /s
Dno provizorního hrazení vtoku	275,45 m
Dno šachty funkčního bloku	276,06 m
Kóta dna vývaru	271,00 m
Kóta přelivné hrany	281,50 m
Délka přelivné hrany	2 x 10,0 m
Kóta hladiny při průchodu Q100	281,90 m
Kóta odběru pro závlahy – osa	276,70 m
Vrch šachty funkčního bloku	282,50 m

## Nádrž

Při Mz na kótě 281,50 je plocha hladiny rovna 5,15 ha. Objem vody, která je zadržena při této hladině v nádrži, je 171 375 m<sup>3</sup>. Maximální hloubka nádrže při hladině Mz je cca 6,1 m u hráze.

Objemy a zatopené plochy pro jednotlivé funkční prostory jsou uvedeny v následující tabulce 3.1. Tyto hodnoty ale už nemusí odpovídat současné realitě kvůli vlivu zanesení nádrže.

Tabulka 3.1: Tabulka s hospodaření s vodou [1]

Hladina	Hladina	Prostor v nádrži	Rozmezí hladin	Dílčí objem	Celkový objem	Zatopená plocha
[-]	[m]		[m]	[tis.m <sup>3</sup> ]	[tis.m <sup>3</sup> ]	[ha]
Ms	276,90	Stálého nadržení	275,45 – 276,90	23,02	23,02	1,69
Mz	281,50	Zásobní	276,90 – 281,50	148,95	171,97	5,51
Mmax	281,90	Retenční	281,50 – 281,90	20,62	192,59	5,47

## Zařízení pro pozorování a měření

Na hrázi ani na objektech VD Horní Těšice se nenachází zařízení pro kontrolní měření. Množství prosáklé vody tělesem je možné měřit na výustích drénů do vývaru.

## 4. ZÁKLADNÍ ÚDAJE A PODKLADY

### 4.1. Požadovaná míra bezpečnosti při povodni

Tabulka 4.1.1: Požadovaná míra bezpečnosti pro návrh a posuzování vodního díla [2]

Kategorie vodního díla <sup>3)</sup>	Pravděpodobné škody při hypotetické havárii vodního díla	Hodnotící hlediska podle potenciálního rozsahu škod při hypotetické havárii vodního díla		Požadovaná míra bezpečnosti VD	
		Potencionální rozsah celkových škod	Uvažované ztráty lidských životů	$p = 1/N$	$N$ (let)
I.	velmi vysoké	mimofádně vysoké ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady v rozsahu státu	ztráty lidských životů se předpokládají	0,0001	10 000
II.	vysoké	vysoké ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady v rozsahu regionu, případně státu	ztráty lidských životů se předpokládají	0,0001	10 000
			ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,0005	2 000
III.	střední	značné ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady v rozsahu regionu	ztráty lidských životů se předpokládají	0,001	1 000
			ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,005	200
IV.	nízké	nízké ekonomické škody, škody na životním prostředí a sociální dopady lokálního rozsahu	předpokládají se ojedinělé ztráty lidských životů	0,005	200
			ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,01	100
			ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,05	20

Vodní dílo Horní Těšice je podle Vodního zákona 254/2001 Sb. zařazeno k vodním dílům IV. kategorie. To znamená, že při hypotetické havárii nedojde k žádným ztrátám na lidských životech a vzniklé ekonomické škody budou mít pouze lokální dopad. Bude tedy požadována nízká míra bezpečnosti stanovená na 100letý povodňový průtok, který vznikne s pravděpodobností výskytu  $p=0,01$ .



## 4.2. Hydrologické podklady

Hydrologické údaje jsou převzaty z Manipulačního řádu z roku 1989.

Tok	Nihlovský potok
Hydrologické číslo povodí	4 – 11 – 02 – 032
Plocha povodí	2,4 km <sup>2</sup>
Průměrný dlouhodobý roční průtok $Q_a$	0,014 m <sup>3</sup> /s
Průměrná dlouhodobá roční výška srážek $P_a$	657 mm

M – denní průtoky, dle Hydrologické příručky – A. Čerkašín

Tabulka 4.2.1: M – denní průtoky [1]

Dnů v roce	30	90	180	270	330	355	364	
Q	l/s	32,6	14,2	7,3	4,3	2,3	1,6	1,1

N – leté průtoky

Tabulka 4.2.2: N – leté průtoky [1]

Roků	1	2	5	10	20	50	100	
Q	m <sup>3</sup> /s	1,5	2,0	3,5	5,0	6,0	8,0	10,0

Minimální průtok pod vodním dílem je  $MZP = 2,3$  l/s.

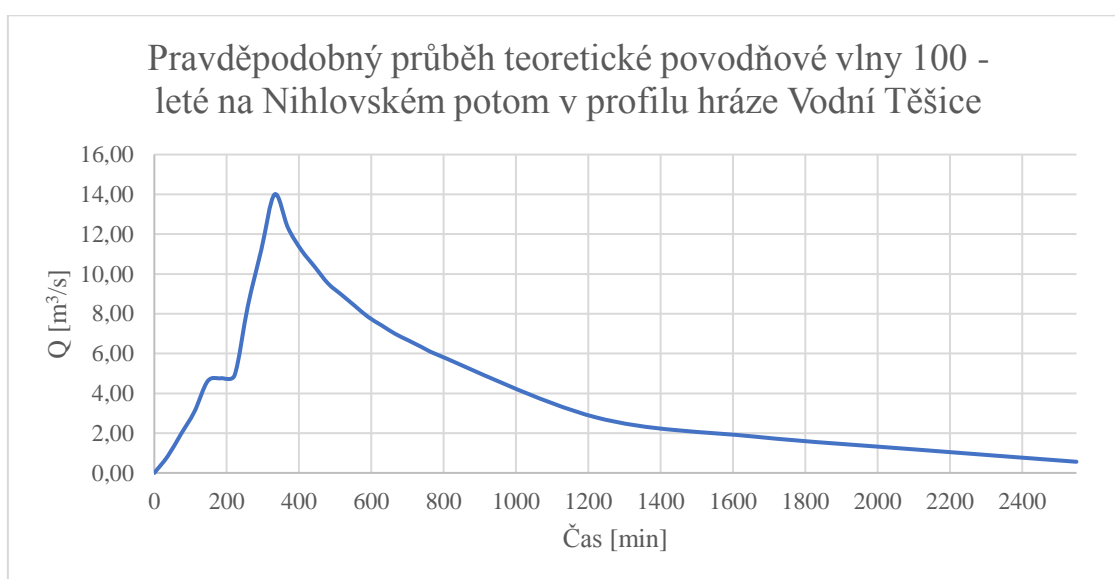
Pro porovnání jsou níže aktuálnější data N – letých průtoků z roku 2005.

Tabulka 4.2.3: Aktuální N-leté průtoky

Roků	50	100	200	500	1000	
Q	m <sup>3</sup> /s	11,5	14,0	16,0	18,5	20,5

Můžeme si všimnout, že za 16 let se N – leté průtoky zvětšily přibližně 1,4 krát. To odpovídá přibližnému trendu ke zvyšování povodňových průtoků, který nastává na většině míst České republiky za posledních 30 let. Posudek bude vypracován na aktuálnější průtok  $Q_{100} = 14,0$  m<sup>3</sup>/s.

Dalším důležitým hydrologickým podkladem pro posouzení bezpečnosti vodního díla je pravděpodobný průběh 100leté vody. Bohužel jsem neobdržel průběh povodňové vlny pro Nihlovský potok, který zásobuje vodní dílo Horní Těšice. Povodňovou vlnu jsem odvodil z potoku Bystřička, který je situován přibližně 30 km jihovýchodně od vodního díla Horní Těšice. Povodeň na potoce Bystřička byla způsobena prudkými dešti, které způsobily náhlé zvýšení hladin. Bystřička se nachází ve stejném povodí a vlévá se do Vsetínské Bečvy, která poté společně s Rožnovskou Bečvou tvoří řeku Bečvu. Hodnoty z grafu z povodně 2016 jsou převedeny do tabulky, kde jsou poté vypočítaným koeficientem vynásobeny tak, aby vznikl graf (obrázek 4.2.1) s vrcholem  $Q_{100} = 14,0 \text{ m}^3/\text{s}$ .



Obrázek 4.2.1 - pravděpodobný průběh 100leté povodňové vlny [5]

### 4.3. Technické parametry a podklady

Technické parametry jsou již uvedeny v kapitole 3 ÚČEL A POPIS VODNÍHO DÍLA. Vlastním průzkumem byl posouzen soulad podkladů z manipulačního řádu, vytvořeného v roce 2003, a také soulad s poskytnutými výkresy. Byly zjištěny určité nesrovnalosti a také vzniklé problémy, které byly vytvořeny nedostatečnou údržbou vodního díla.

Během vlastního průzkumu byla zjištěna potrháná asfaltová vozovka na hrázi, která ale podle hrázného není způsobena sedáním na vzdušném ani na návodním líci. Hráz je také

silně zanesena bahnem, kdy při nízkých stavech lze vidět bahno na dně. V historii se prováděl potápěčský průzkum, jehož cílem bylo najít česle, které by tu dle výkresu měly být, ale během průzkumu se nenašly. Dále je potrubí do čerpací stanice prasklé, důvodem je to, že je potrubí staré a zrezlé. Hráz tedy tím pádem ztrácí svoji hlavní funkci, a to je akumulace vody pro zavlažování. Zjištěna byla také vybudovaná drenáž, která není zakreslená v dokumentaci. Dále byla také zjištěna porucha hlavního uzávěru, takže manipulace průtoku se provádí pouze klapkou, a ne šoupátkem.



*Obrázek 4.3.1: Příklad potrhane asfaltu na koruně hráze*

## 4.4. Hydraulické výpočty

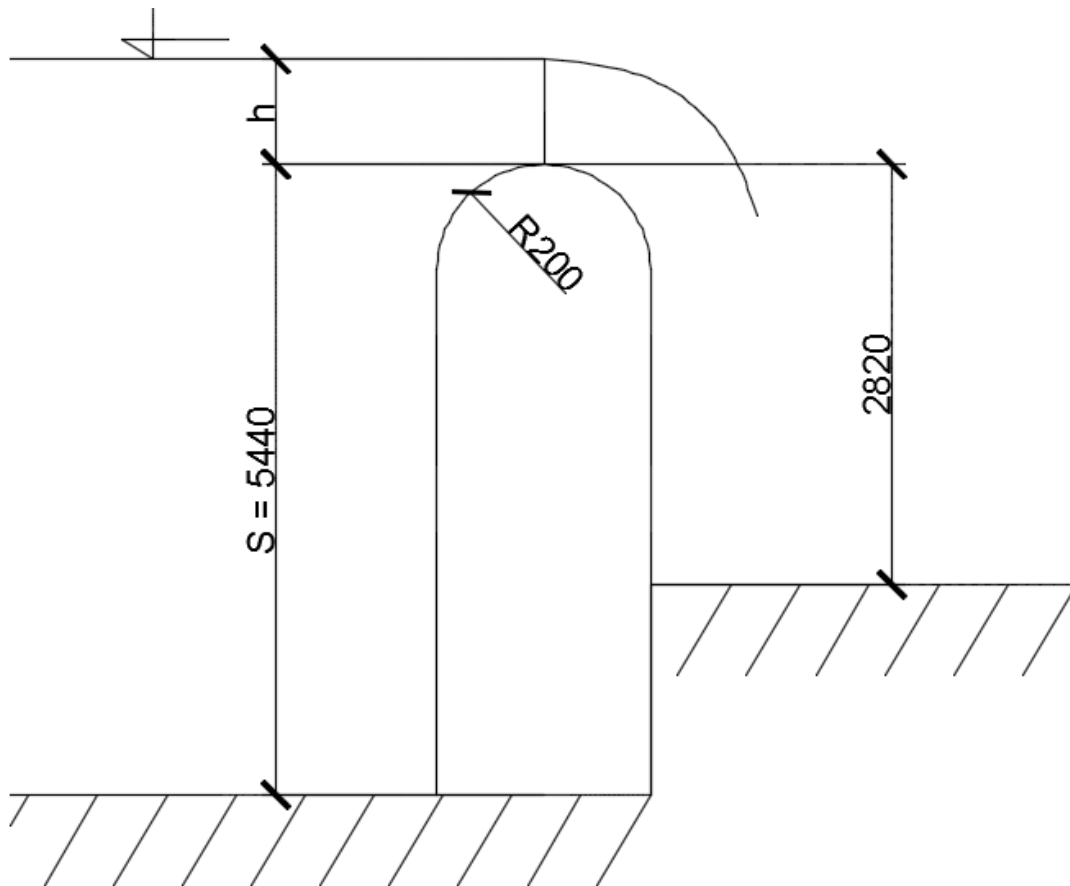
Zde budou stanoveny konsumpční křivky pro všechna zařízení, která se dají použít pro převedení povodňových průtoků. To je bezpečnostní přeliv, který je součástí bezpečnostního přelivu. Vybudované zavlažovací zařízení k odběru vody pro zavlažovací účely se při převedení povodňových průtoků nepředpokládá.



Obrázek 4.4.1: Přelivná hrana bezpečnostního přelivu na sdruženém objektu

### Stanovení měrné křivky bezpečnostního přelivu

Při stanovení měrné křivky se vycházelo z rozměrů bezpečnostního přelivu. Rozměry bezpečnostního přelivu jsou odečteny z: *Manipulační řád pro VD Horní Těšice*. Vzhledem k tomu, že se jedná o nádrž, uvažuje se nulová přítoková rychlost. Výpočet je uvažován s dokonalým přepadem, to je bez vlivu spodní vody. Do přelivné hrany nezasahují žádné konstrukce. U hrany je pouze pletivo, které chrání před plavením ryb, budeme tedy uvažovat účinnou šířku po celé šířce přelivu.



Obrázek 4.4.2: Schématický řez bezpečnostního přelivu

Výpočet průtoku se provádí vzorcem:

$$Q = m * b_0 * \sqrt{2 * g} * h_0^{3/2}$$

Rovnice 4.4.1: Rovnice přepadu [10]

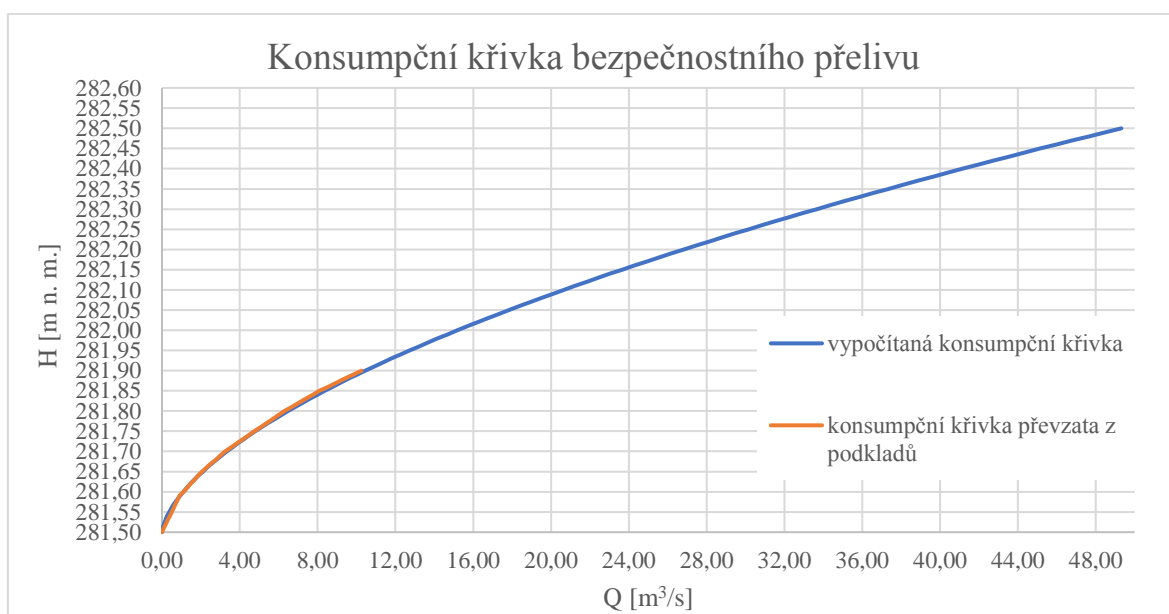
m – součinitel přepadu [-]

$$m = \frac{2}{3} * \left\{ 1,02 - \frac{1,015}{\frac{h}{r} + 2,08} + \left[ 0,04 * \left( \frac{h}{r} + 0,19 \right)^2 + 0,0223 \right] * \frac{r}{s} \right\}$$

Rovnice 4.4.2: Výpočet součinitele dle Kramera [10]

b – účinná šířka přepadu (délka přepadu)	2 x 10 m
g – tíhové zrychlení	9,81 m/s <sup>2</sup>
h – výška přepadového paprsku	[m]
s – výška přelivu v horní vodě	3,40 m
r – poloměr zaoblení koruny přelivu	0,80 m

V obrázku 4.4.3 jsou po porovnání znázorněny dvě konsumpční křivky bezpečnostního přelivu. Jedna z nich je převzata z manipulačního řádu. Druhá z nich byla stanovena pro posouzení bezpečnosti vodního díla. Bezpečnostní křivka z podkladů a vypočítaná konsumpční křivka jsou prakticky totožné. Hlavní problém bezpečnostní křivky z podkladů je ten, že neobsahuje výpočty až ke koruně hráze, ale pouze do maximální hladiny 281,90 metrů. Můžeme ale předpokládat, že by křivka měla podobný průběh, jako křivka námi vypočítaná.



Obrázek 4.4.3: Graf konsumpční křivky bezpečnostního přelivu

Tabulka 4.4.1: Měrná křivka bezpečnostního přelivu

Hodnoty pro vypočítanou konsumpční křivku		
H [m n. m.]	m [-]	Q [m <sup>3</sup> /s]
281,50	0,357	0,00
281,55	0,375	0,37
281,60	0,392	1,10
281,65	0,407	2,10
281,70	0,421	3,34
281,75	0,434	4,80
281,80	0,445	6,48
281,85	0,456	8,37
281,90	0,466	10,45
281,95	0,476	12,73
282,00	0,485	15,19
282,05	0,494	17,84
282,10	0,502	20,66
282,15	0,509	23,65
282,20	0,517	26,82
282,25	0,524	30,15
282,30	0,531	33,66
282,35	0,538	37,33
282,40	0,544	41,16
282,45	0,551	45,16
282,50	0,557	49,32

Hodnoty odvozené ze zadaných podkladů	
H [m n. m.]	Q [m <sup>3</sup> /s]
281,50	0,00
281,55	0,50
281,60	1,10
281,65	2,05
281,70	3,25
281,75	4,75
281,8	6,30
281,85	8,10
281,9	10,26

### Stanovení měrné křivky spodní výpusti

Spodní výpusť u VD Horní Těšice slouží převážně k vyprázdnění nádrže a k vypouštění požadovaného množství vody z nádrže. V kapitole *1 ÚVODNÍ ČÁST*, bylo již zmíněno, že hlavní uzávěr pro otevření a zavření výpustě je nefunkční, veškerá manipulace je tak zajištěna provozním uzávěrem, tedy klapkou. Vypočítaná měrná křivka nebere v potaz odtok bezpečnostním přelivem a nebude uvažovat ani odtok pro závlahy potrubím DN 350 a uvažuje se plné otevření spodní výpustě.



*Obrázek 4.4.4: Pohled na ovládání uzávěru spodních výpustí*

Můžeme si všimnout, že vypočítaná konsumpční křivka mírně neodpovídá konsumpční křivce z manipulačního řádu. Konsumpční křivku jsme zde nepočítali se ztrátami od česlí, protože nebyly nalezeny potápěči během průzkumu. Ale také vzorec, který je v manipulačním řádě, obsahuje chybu, kdy dělitel není pod odmocninou. Dále konsumpční křivka z podkladů neobsahuje příliš hodnot, proto křivka dosazená do grafu



neodpovídá konsumpční křivce z manipulačního řádu. Výpočet v manipulačním řádu také nepočítá hodnoty až na úroveň koruny hráze, ale stejně jako u bezpečného přelivu pouze do maximální hladiny v nádrži, a to je 281,9 m n. m. Sklon dna jsme odhadli na  $i = 0,5\%$ .



Obrázek 4.4.5: Pohled do šachty

Než došlo k úplnému zahlcení spodní výpusti, počítali jsme průtok potrubím jako v otevřené hladině za rovnoměrného proudění:

$$Q = C * S * \sqrt{R * i}$$

Rovnice 4.4.3: Chézyho rovnice [11]

C – rychlostní součinitel	[ $m^{0,5}/s$ ]
S – Obsah	[ $m^2$ ]
R – Hydraulický poloměr	[m]
i – sklon dna	0,5 %

Po zahlcení spodní výpusti se výpočet prováděl podle vzorce pro spodní výpust:

$$Q = S * \frac{\sqrt{2g * H}}{\sqrt{1 + \sum \xi_i}}$$

Rovnice 4.4.4: Rovnice pro ustálený výtok otvorem [9]

S – Obsah	[m <sup>2</sup> ]
g – tíhové zrychlení	[m <sup>2</sup> /s]
H – výška hladiny	[m]
Σξ <sub>i</sub> – suma místních ztrát	[m]

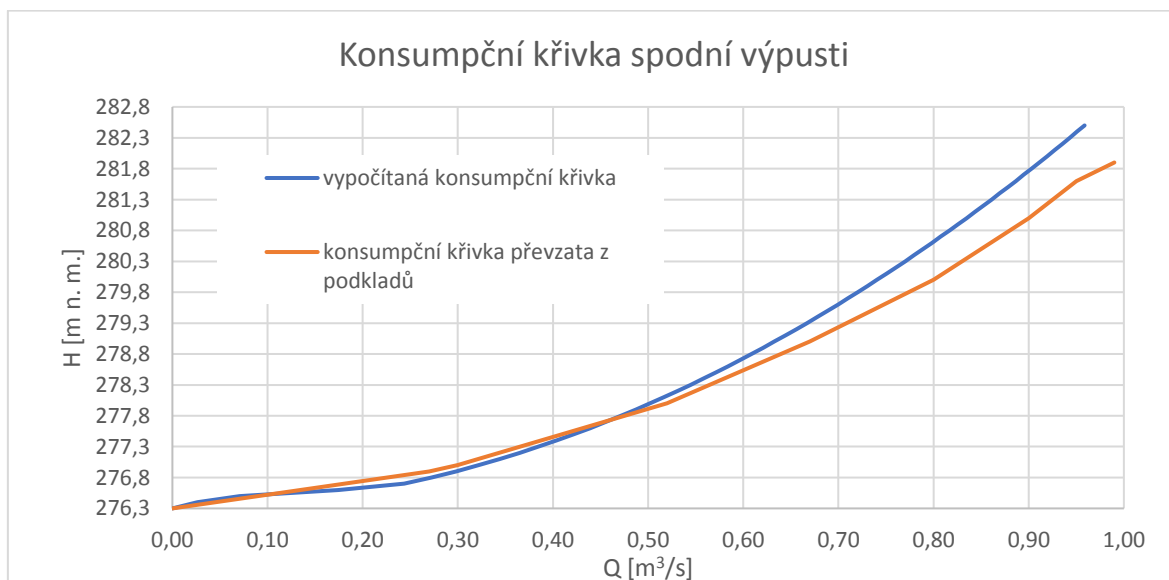
Jako místní ztráty jsme zde uvažovali tyto součinitele:

ξ <sub>v</sub> – ostrá vstupní hrana	0,5 [-]
ξ <sub>u1</sub> – klapka 100 % otevřená	0,56 [-]
ξ <sub>u2</sub> – šoupě 100 % otevřeno	0,03 [-]

Celkové ztráty poté jsou:

$$\sum \xi_i = \xi_v + \xi_{u1} + \xi_{u2} = 1,09 [-]$$

Rovnice 4.4.5: Výpočet ztrát [12]



Obrázek 4.1.6: Graf konsumpční křivky spodní výpusti

Tabulka 4.4.2: Měrná křivka spodní výpusti

H	Q
[m]	[m <sup>3</sup> /s]
276,30	0,00
276,40	0,03
276,50	0,07
276,60	0,17
276,70	0,24
276,80	0,27
276,90	0,30
277,00	0,32
277,50	0,42
278,00	0,50
278,50	0,57
279,00	0,63
279,50	0,69
280,00	0,74
280,50	0,79
281,00	0,83
281,60	0,89
281,90	0,91
282,00	0,92
282,10	0,93
282,20	0,94
282,30	0,94
282,40	0,95
282,50	0,96

H	Q
[m]	[m <sup>3</sup> /s]
276,30	0,00
276,90	0,27
277,00	0,30
278,00	0,52
279,00	0,67
280,00	0,80
281,00	0,90
281,60	0,95
281,90	0,99

### Kapacita odpadního koryta za vývarem

Vodní dílo neobsahuje žádné odpadní koryto od bezpečnostního přelivu. Odtok z bezpečnostního přelivu je vedený horní štolou o šířce 1,5 metru a výšce 3,5 metru. Vzhledem k tomu, že je šachta o takových rozměrech, je jasné, že převede i daleko větší průtoky, než je  $Q_{100}$ . Místo toho zkontrolujeme kapacitu zpevněného koryta, které se nachází za vývarem, a navazuje na něj Nihlovský potok.

Rozměry odpadního koryta za vývarem vezmeme z výkresové dokumentace, která nám byla poskytnuta. Jedná se o lichoběžníkové koryto, které je zpevněno vegetačním opevněním.

Výpočet kapacity koryta budeme provádět pomocí Chézyho rovnice.

$$Q = S * C * \sqrt{R * i}$$

Rovnice 4.4.6: Chézyho rovnice [11]

C – rychlostní součinitel [m<sup>0,5</sup>/s]

S – Obsah [m<sup>2</sup>]

R – Hydraulický poloměr [m]

i – sklon dna [%]

Rychlostní součinitel jsme zde vypočítali dle vzorce Manninga.

$$C = \frac{1}{n} * R^{\frac{1}{6}}$$

Rovnice 4.4.7: Chézyho rychlostní součinitel [11]

N – Manningův součinitel drsnosti

Manningův součinitel budeme v našem případě uvažovat o hodnotě 0,05 vzhledem k tomu, že se jedná o opevnění vegetační a opevnění je už místy zarostlejší. Sklon koryta jsme odvodili z mapových podkladů, nemůžeme tedy říci, že se jedná o přesnou hodnotu.

Tabulka 4.4.3: Kapacita odpadního koryta

A	B	h	S	O	R	n	C	i	Q
[m]	[m]	[m]	[m <sup>2</sup> ]	[m]	[m]	[-]	[m <sup>0,5</sup> /s]	[%]	[m <sup>3</sup> /s]
2	10	2,7	16,20	11,60	1,40	0,035	30,21	0,003	22,17

Odpadní koryto za vývarem má tedy dostatečnou kapacitu pro průchod 100leté povodňové vlny o hodnotě  $Q_{100} = 14,0 \text{ m}^3/\text{s}$ . Kinetická energie před odpadním korytem je utlumená vývarem a vodním srázem o výšce 0,12 metru, mezi koncem vývaru a odpadním korytem. Odpadní koryto je poté napojeno do toku Nihlovského potoka.



*Obrázek 4.4.7: Pohled na zpevněné koryto*

## **5. STANOVENÍ MEZNÍ BEZPEČNOSTNÍ HLADINY**

Mezní bezpečná hladina se stanoví jako nejvyšší hladina v nádrži, kdy při překročení začíná být aktuální nebezpečí poruchy a havárie vodního díla. [2]

Vzhledem k tomu, že vodní dílo Horní Těšice je nehomogenní sypaná hráz, největší nebezpečí, které by mohlo způsobit protržení hráze za povodní, je povrchová eroze při přelití hráze. Mezní bezpečnostní hladina kvůli tomuto případu je stanovena na kótě koruny hráze.

Tuto hodnotu snížíme o hodnotu uvažující účinek větrových vln. Kóta koruny hráze je 282,50 m n. m.

Protože je největší přímá délka vodní hladiny mezi hrází a protilehlým břehem 455,87 metru, bude účinek vln vypočítán podle ČSN 75 0255 Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdržích.

Pravděpodobnost, s kterou dojde k překročení výběhu vlny na svah pro převýšení koruny hráze, se volí 13 %, protože počítáme zatížení stavebních konstrukcí a objektů.

Z normy ČSN 75 0255 lze vyčíst, že se musí pro výpočet parametrů vln při pravděpodobnosti překročení 1 % použít  $w_{10z}=25,00$  m/s. To odpovídá rychlosti větru 10 metrů nad zemí s dobou trvání 1 až 2 hodiny.

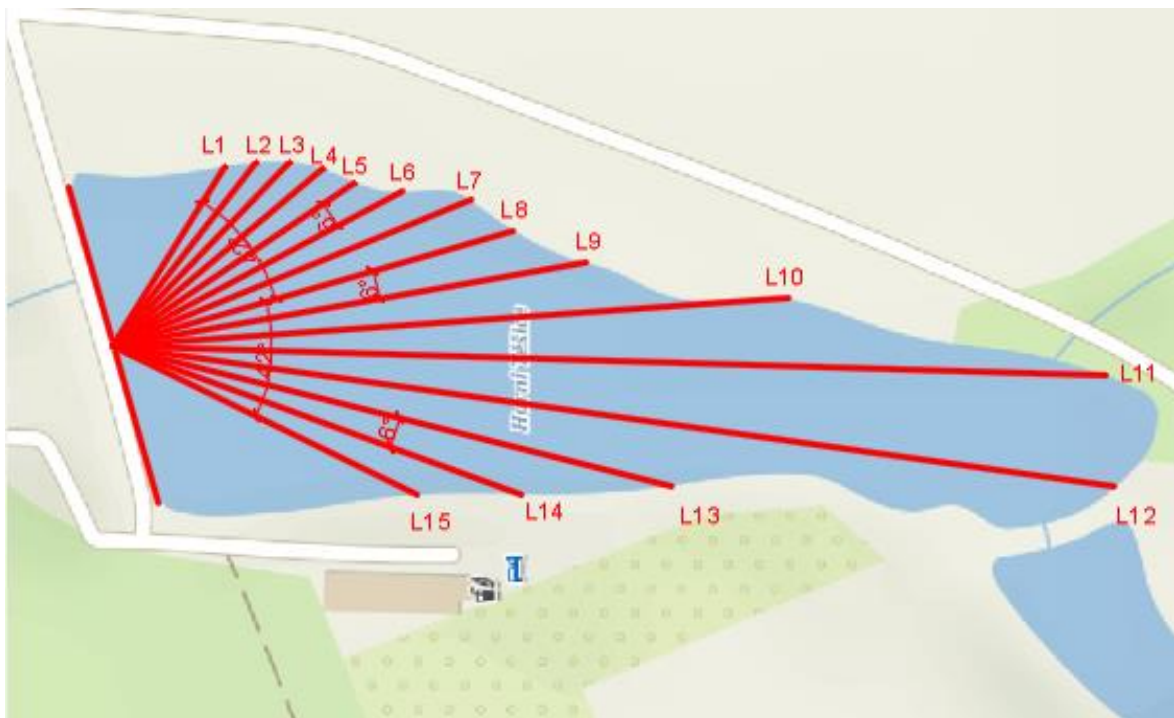


*Obrázek 5.1: Pohled na nádrž*

Z hodnoty  $w_{10z}$  můžeme vypočítat rychlost větru, která je nad hladinou vody v klidu  $w_{10v}$ . Proveďte se to vynásobením koeficientem  $k$ , který je závislý na efektivním rozběhu větru  $L_{ef}$ .

Pro určení koeficientu je nejprve ale zapotřebí vypočítat efektivní délku rozběhu vlny  $L_{ef}$ . Předpoklad je takový, že vítr přenáší energii na hladinu vody ve všech směrech v rozpětí  $90^\circ$ . Efektivní délka rozběhu větru  $L_{ef}$  se pak určí z 15 radiál, vedených bokem zkoumaným bodem tak, že prostřední radiála je totožná s hlavním směrem větru a 7 radiál po její každé druhé straně se kreslí po intervalech  $6^\circ$  až k protějšímu břehu. [4]

Toto schéma je vidět na *obrázku 5.2*.



*Obrázek 5.2: Schéma pro výpočet efektivní délky rozběhu vlny na VD Horní Těšice [6]*

Tabulka 5.1: Délky radiál a k nim odpovídající úhly

Pořadí	$\phi$	$L_i$	$\cos(\phi_i)$	$\cos(\phi_i)^2$	$L_i * \cos(\phi_i)^2$
[-]	[°]	[m]	[-]	[-]	[-]
1	42	95,54	0,74	0,55	52,77
2	36	104,83	0,81	0,65	68,61
3	30	114,73	0,87	0,75	86,05
4	24	123,64	0,91	0,83	103,19
5	18	131,42	0,95	0,90	118,87
6	12	147,96	0,98	0,96	141,56
7	6	173,94	0,99	0,99	172,04
8	0	187,99	1,00	1,00	187,99
9	6	216,92	0,99	0,99	214,55
10	12	305,29	0,98	0,96	292,09
11	18	447,81	0,95	0,90	405,05
12	24	455,82	0,91	0,83	380,41
13	30	259,67	0,87	0,75	194,75
14	36	195,54	0,81	0,65	127,99
15	42	152,95	0,74	0,55	84,47

$L_i$  – délka i-té radiály (m)

$\phi_i$  – úhel, který svírá i-tá radiála s hlavním směrem větru (°)

Pro výpočet  $L_{ef}$  potřebujeme znát sumu hodnot  $\cos(\phi_i)$  a  $L_i * \cos(\phi_i)^2$ :

$$\sum \cos \phi_i = 13,51 [-]$$

$$\sum L_i * \cos^2 \phi_i = 2654,44 [m]$$

$L_{ef}$  se potom vypočítá podle následujícího vzorce:

$$L_{ef} = \frac{\sum_{i=1}^{15} L_i * \cos^2 \phi_i}{\sum_{i=1}^{15} \cos \phi_i} = \frac{2654,44}{13,51} = 164,67 m$$

Rovnice 5.1: Výpočet efektivní délky rozběhu vlny [3]



Pro vypočítanou hodnotu má  $L_{ef} = 164,67$  metru má koeficient  $k$  hodnotu  $k=1,08$ .

Tabulka 5.2: Stanovení koeficientu  $k$  [3]

$L_{ef} (10^3 \text{ m})$	0,8	1	2	3	4	5	6	7	$\geq 8$
$k$	1,08	1,10	1,15	1,20	1,23	1,26	1,28	1,29	1,30

$$w_{10v} = k * w_{10z} = 1,08 * 25 = 27 \text{ m/s}$$

Rovnice 5.2: Výpočet návrhové rychlosti [3]

Parametry vlny jsou určeny odečtením z grafu a tabulek, které jsou v normě ČSN 75 0255, na straně 10-12. Hodnoty jsou poté odečteny na základě znalosti hodnot:

$$L = 164,67 \text{ m}$$

$$H = 6,5 \text{ m}$$

$$W_{10v} = 27,0 \text{ m/s}$$

Parametry vlny jsou následující:

$$h_c = 0,42 \text{ m}$$

charakteristická výška vlny – průměrná výška jedné třetiny nejvyšších vln soustavy, pravděpodobnost, kdy nastane její překročení, je 13%

$$T = 2,07 \text{ s}$$

perioda vlny

$$\lambda = 6,72 \text{ m}$$

délka postupové vlny

Ze zjištěných hodnot lze dopočítat, v jakém pásmu se vlna nachází:

$$\frac{H}{\lambda_0} = \frac{6,5}{6,72} = 0,97$$

Podmínka pro hluboké pásmo je:

$$\frac{H}{\lambda_0} > 0,5$$

Rovnice 5.3: Podmínka pro hluboké pásmo [3]

$$0,97 > 0,5$$

Podle výpočtů jsme zjistili, že se vlna nachází ve hlubokém pásmu.

Vzhledem k tomu, že návodní líc vodního díla Horní Těšice je vybudován ve sklonu 1:3, bude výpočet proveden dle postu pro svahy se sklonem plošším, než 1:1.

Charakteristická výška vlny  $h_c$  se musí přepočítat na  $h_{1\%}$ , s pravděpodobností překročení 1 %. To se učiní pomocí součinitele  $k_p$ . Tento součinitel je pro pravděpodobnost překročení 1 % roven 1,4.

$$h_{1\%} = h_c * k_p = 0,42 * 1,4 = 0,59 \text{ m}$$

*Rovnice 5.4: Přepočet charakteristické výšky vlny [3]*

Výška výběhu vlny na svah  $h_{v1\%}$  se vypočítá podle vzorce:

$$h_{v1\%} = k_d * k_p * h_{1\%}$$

*Rovnice 5.5: Výpočet výběhu vlny [3]*

$k_d$  – součinitel zohledňující způsob opevnění svahu

Návodní líc je opevněný makadamem, volíme tedy  $k_d = 0,8$

$k_p$  – součinitel zohledňující délku postupové vlny a úhel sklonu návodního svahu

Dle obrázku 11 z normy ČSN 75 0255 volíme  $k_p = 1,15$

$$h_{v1\%} = 0,8 * 1,15 * 0,59 = 0,55 \text{ m}$$

Vzhledem k tomu, že při výpočtu výběhu vlny na svah pro určení převýšení koruny hráze se volí pravděpodobnost 13%, musí se výška výběhu vlny  $h_{v1\%}$  přepočítat na pravděpodobnost námi požadovanou. Pro pravděpodobnost 13% po přepočítání má součinitel  $k_{13\%}$  hodnotu 0,85.

*Tabulka 5.3: Stanovení koeficientu  $k_i$  [3]*

Pravděpodobnost překročení výšky výběhu $i$ (%)	0,1	1	2	5	10	13	30	50
Součinitel $k_i$	1,1	1,0	0,96	0,91	0,86	0,85	0,76	0,68

Výsledná výška výběhu větrové vlny na svah je vypočítána dle rovnice:

$$h_w = h_{v1\%} * k_{13\%} = 0,55 * 0,85 = 0,46 \text{ m}$$

*Rovnice 5.6: Výška výběhu vlny na svah [3]*

Současný manipulační řád stanovuje mezní bezpečnostní hladinu na kótě 282,00 metru.

Odečtení výběhu vlny od kóty koruny hráze:

$$282,50 - 0,46 = 282,04 \text{ m n. m.}$$

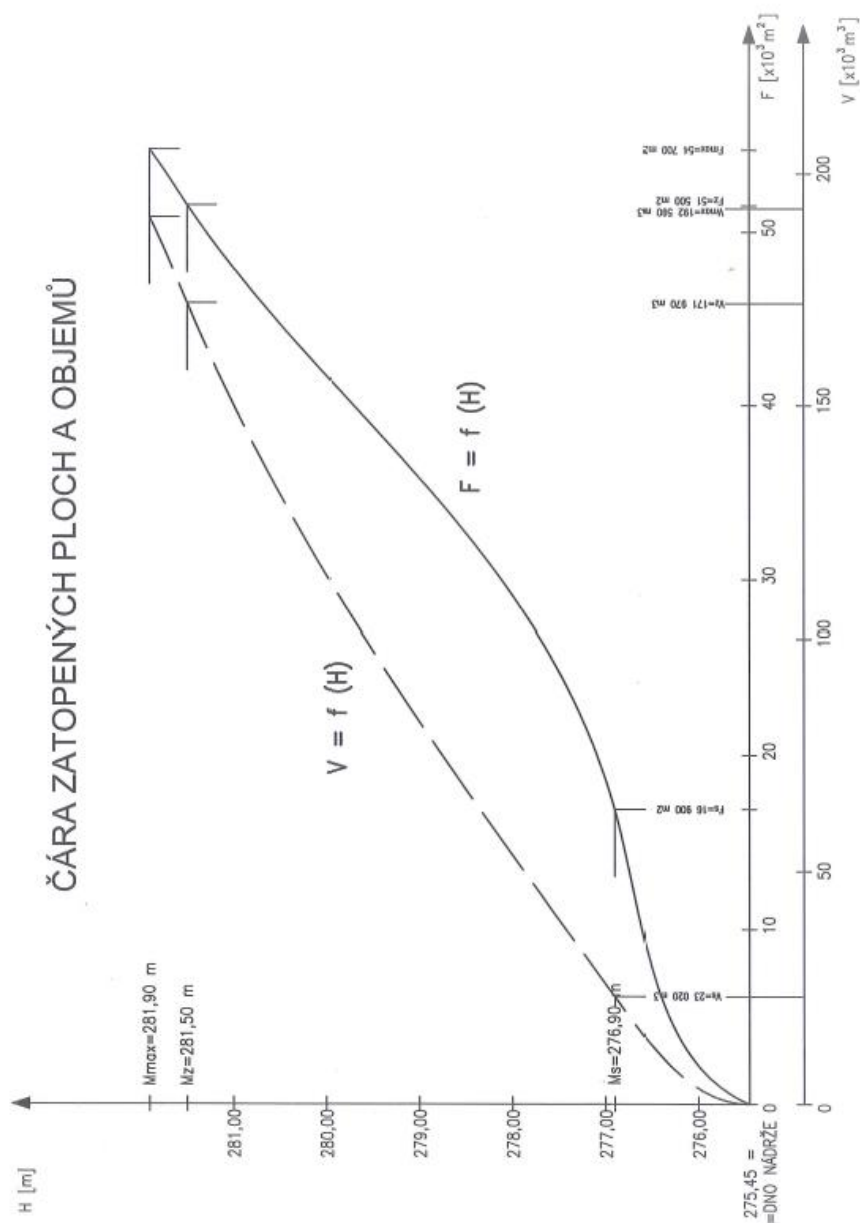
Hodnotu, která je stanovena v manipulačním řádu, lze považovat za správnou.

Mezní bezpečná hladina se tedy rovná:

$$MBH = 282,04 \text{ m n. m.}$$

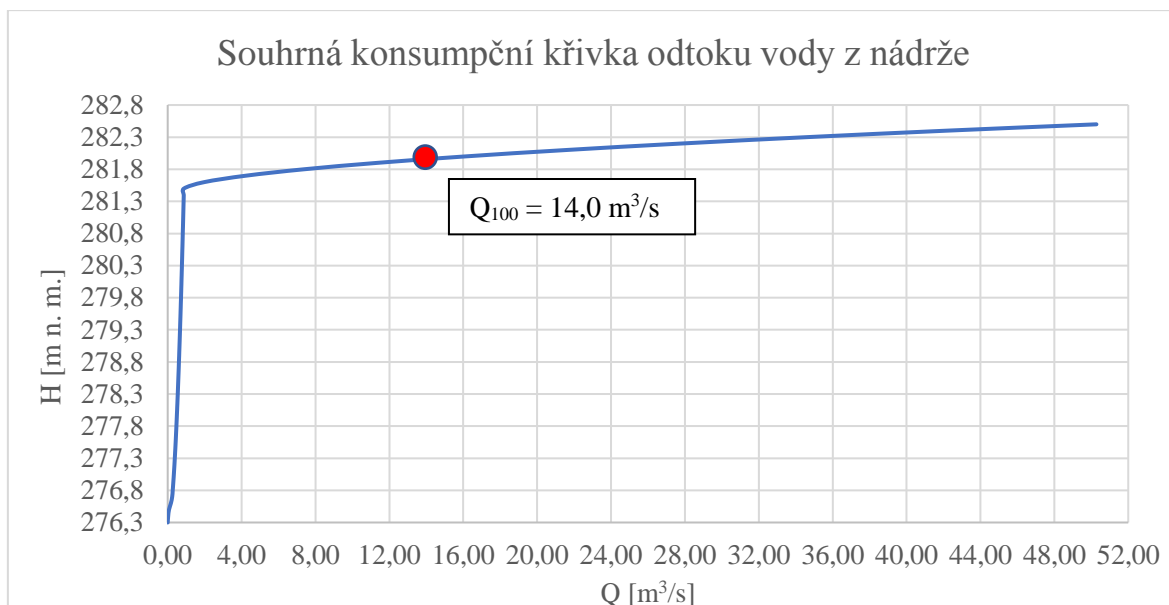
## **6. STANOVENÍ KONTROLNÍ MAXIMÁLNÍ HLADINY V NÁDRŽI**

Kontrolní maximální hladina při povodni se určí vyřešením úlohy transformace povodňové vlny retenčním účinkem nádrže. Pro řešení transformace povodňové vlny potřebujeme následující podklady: Kontrolní povodňová vlna (100letá), čára zatopených objemů, konsumpční křivky všech zařízení, která jsou využívána pro převedení povodně (bezpečnostní přeliv a spodní výpust').



Obrázek 6.1: Čára zatopených ploch objemů [1]

Souhrnná konsumpční křivka, která je na obrázku 6.2, je stanovena jako součet konsumpčních křivek bezpečnostního přelivu a spodní výpustě. U bezpečného přelivu počítáme se 100 % využitelností, když se jedná o nehrazený přeliv. U spodní výpusti uvažujeme u obou ventilů úplné otevření a vzhledem k tomu, že během průzkumu nebyly nalezené česle, které by snižovaly kapacitu vtoku, budeme také uvažovat 100 % využitelnosti.

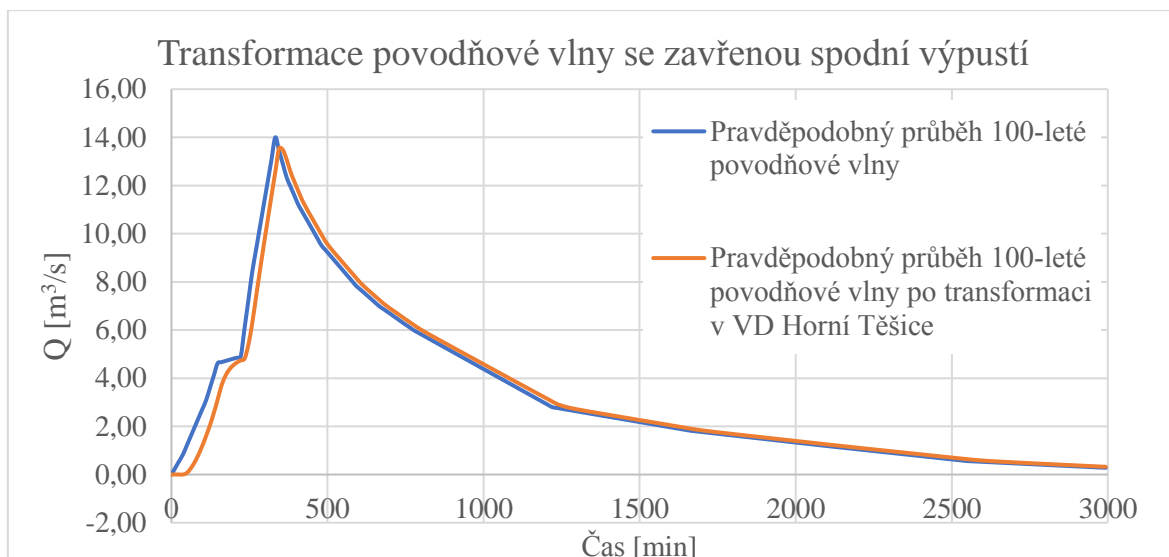


Obrázek 6.2: Souhrnná konsumpční křivka odtoku vody z nádrže

Plnění retenčního neovladatelného prostoru začne nastávat s příchodem povodňových průtoků. Jakmile dosáhne hladina v nádrži úrovně 281,5 m n. m., začne docházet k přepadu vody přes bezpečnostní přeliv. Převádění těchto povodňových průtoků není regulováno.

Podle manipulačního řádu se po překročení hladiny 281,5 m n. m. spodní výpust uzavře na úroveň minimálního zůstatkového průtoku. Spodní výpust se otevře naplno pouze tehdy, jestli hrozí překročení maximální hladiny, to je 281,9 m n. m. Případné předpouštění se neprovádí ani před očekávaným jarním táním s cílem zvýšit ochranný účinek nádrže, proto nebudeme do výpočtu předpouštění zahrnovat.

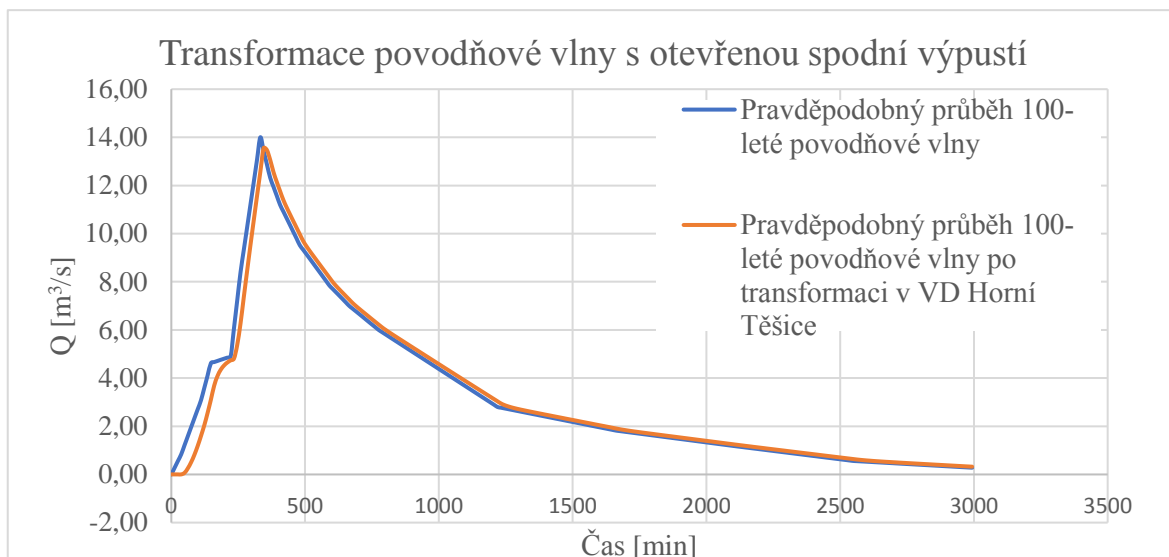
Provedly se 2 výpočty transformační vlny. První výpočet uvažoval s otevřením spodní výpusti pouze na úrovni minimálního průtoku. U druhého výpočtu se uvažovalo s úplným otevřením spodní výpusti, aby byl zjištěn vliv spodní výpusti na odtok z nádrže.



Obrázek 6.3: Transformace 100leté povodňové vlny se zavřenou spodní výpustí

Tabulka 6.1: Průběh 100leté povodňové vlny, uzavřená spodní výpust

Výpočet průběhu 100leté povodňové vlny se zavřenou spodní výpustí										
Čas t	Přítok Q	Změna objemu	Objem v nádrži	Výška vody H	Odtok SV	Odtok BP	Odtok celkový	Odtok objemu	Změna objemu v nádrži	Objem v nádrži
[min]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
0	0,00	0	171970	281,50	0,0023	0,000	0,002	0	0	171970
99	2,71	2000	177231	281,60	0,0023	1,183	1,185	876	1124	178355
160	4,67	3449	182864	281,71	0,0023	3,685	3,687	2725	724	183588
271	9,33	6898	188699	281,82	0,0023	7,373	7,375	5451	1447	190146
308	12,13	8967	192730	281,90	0,0023	10,541	10,544	7793	1174	193903
333	14,00	10348	195018	281,95	0,0023	12,557	12,559	9282	1065	196083
345	13,44	9933	196083	281,97	0,0023	13,547	13,549	10014	-81	196002
456	10,08	7449	192707	281,90	0,0023	10,522	10,524	7778	-329	192377
727	6,44	4759	187686	281,80	0,0023	6,655	6,657	4920	-162	187524
1183	3,07	2266	182118	281,70	0,0023	3,292	3,295	2435	-169	181949
2230	1,00	743	176902	281,60	0,0023	1,070	1,072	793	-50	176852
2993	0,28	207	174334	281,55	0,0023	0,319	0,322	238	-31	174303



Obrázek 6.4: Transformace 100leté povodňové vlny s otevřenou výpustí

Tabulka 6.2: Průběh 100leté povodňové vlny, otevřená výpust

Výpočet průběhu 100leté povodňové vlny se zavřenou spodní výpustí										
Čas t	Přítok Q	Změna objemu	Objem v nádrži	Výška vody H	Odtok SV	Odtok BP	Odtok celkový	Odtok objemu	Změna objemu v nádrži	Objem v nádrži
[min]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> /s]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> ]
0	0,00	0	171970	281,50	0,8780	0,000	0,878	0	0	171970
136	4,11	3035	177683	281,61	0,8873	1,344	2,231	1649	1386	179069
271	9,33	6898	187234	281,80	0,9026	6,345	7,248	5357	1541	188775
333	14,00	10348	193936	281,93	0,9133	11,585	12,498	9237	1110	195046
345	13,44	9933	195046	281,95	0,9150	12,583	13,498	9976	-43	195003
419	10,92	8070	192684	281,90	0,9113	10,503	11,414	8436	-367	192318
665	7,00	5172	187274	281,80	0,9027	6,372	7,275	5377	-206	187068
1059	3,95	2846	182118	281,70	0,8945	3,292	4,187	3014	-168	181950
1651	1,85	1330	176901	281,60	0,8860	1,070	1,956	1408	-78	176823
2501	0,63	452	171883	281,50	0,8778	0,000	0,878	632	-180	171703
2747	0,44	314	166808	281,40	0,8695	0,000	0,869	626	-312	166496
2932	0,32	230	161575	281,30	0,8608	0,000	0,861	620	-390	161185

Z porovnání grafů na *obrázku 6.3 a 6.4.* a vybraných hodnot z *tabulek 6.1 a 6.2* vyplývá, že spodní výpust má na transformaci povodňové vlny pouze malý vliv. Při úplném zavření spodní výpusti se hladina v nádrži dostane na úroveň 281,97 m n. m., zatímco u úplně otevřené výpusti se hladina zastaví jenom o kousek níže, a to na úrovni 281,95 m n. m. Hlavní rozdíl mezi transformací je hlavně rychlost, kdy se dostane hladina na konkrétní maximální hladinu, a také rychlost snížení hladiny na úroveň Mz, to je 281,5 m n. m., neboli úroveň bezpečnostního přelivu. Při zavřené spodní výpusti se hladina nedostala na úroveň hladiny Mz ani za celý průběh povodňové vlny, zatímco při plně otevřené výpusti se hladina dostala na úroveň Mz už za 2501 minut.



*Obrázek 6.5: Pohled na vývar*

Výpočet také ukázal, že ani plné otevření spodní výpusti v okamžiku překročení Mz, nezabrání překročení hladiny Mmax. Hladinu Mmax přesáhne o 5 cm, ale to můžeme uvažovat jako zanedbatelné překročení. Při snižování hladiny se ale musí dávat včas pozor na uzavření spodní výpusti, aby nedošlo ke snížení hladiny pod Mz. Ale kvůli malému rozdílu transformace můžeme uvažovat, že bude spodní výpust stále uzavřena pouze na



úroveň MZP. Pravděpodobný důvod, proč je v manipulačním řádu napsané, že spodní výpusť má být po překročení Mz otevřena pouze na MZP, je ten, aby vodní dílo nemuselo být pod neustálým dohledem během povodňové vlny. Po opětovném snížení na úroveň Mz bude stále odtékat z nádrže MZP a nebude se dále snižovat úroveň hladiny. Poté se může opět manipulovat s uzávěrem spodní výpusť a upravovat průtok podle potřeb.

Průběh 100leté povodňové vlny před její transformací a po ní je skoro totožný. Hlavním důvodem je velká kapacita bezpečnostního přelivu, kdy se přítok do nádrže prakticky rovná odtoku z nádrže. Dále také vzhledem k objemu retenčního prostoru je transformační účinek nádrže na snížení kulminačního průtoku extrémních N-letých povodní zanedbatelný.

Úroveň KMH budeme uvažovat maximální úroveň hladiny, která nastala během transformace s uzavřeným uzávěrem při  $Q_{100} = 14,0 \text{ m}^3/\text{s}$ , a to je úroveň hladiny 281,97 m n. m.

## 7. ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ

Závěrečné zhodnocení vychází z porovnání vztahu mezi MBH a KMH. Vodní dílo se považuje za bezpečné, když pro převedení KPV se dodrží následující relace:

$$KMH \leq MBH$$

V našem případě se jedná:

$$281,97 \text{ m n. m.} \leq 282,04 \text{ m n. m.}$$

Vztah je na vodním díle Horní Těšice dodržen, a lze tedy vodní dílo považovat za bezpečné pro převedení kontrolní 100leté povodňové vlny.

## 8. NÁPRAVNÁ A NOUZOVÁ OPATŘENÍ

Z technického hlediska je VD Horní Těšice v provozuschopném stavu. Některé technické věci by se ale měly opravit v nejbližší době, aby se zamezilo případným vážným problémům v budoucnosti. Hlavním problémem je nefunkční hlavní uzávěr, konkrétně tedy kanálové šoupě. Při poruše provozního uzávěru by spodní výpust ztratila schopnost manipulace průtoků vodním dílem. Dále je zapotřebí spodní výpust opět vybavit česlemi, aby nedocházelo k případným ucpáním DN400. Sníží se tím sice průtočná kapacita, ale podle výsledků to nebude při povodňových průtocích vadit. Co by se mělo udělat, je také vyčištění nánosů v nádrži, aby se zvýšila kapacita nádrže zpátky na hodnoty, které jsou zapsané v manipulačním řádě.

Je také možnost zvýšení retenčního prostoru nádrže, aby docházelo k větší transformaci povodňové a hráz plnila svojí sekundární funkci, a to je zmírnění povodňové vody neovladatelným prostorem. Jako nejjednodušší řešení je snížení kóty hladiny pro zásobní prostor. Získáme tak větší prostor retenčního prostoru a získáme i tak prostor ovladatelný. Jakékoliv stavební úpravy nejsou vhodné, vzhledem k charakteru toku, kde se vodní dílo nachází a důležitosti hráze. Stavební úpravy by byly tedy zbytečně náročné a nákladné.

Co by dále stálo za zvážení, je výměna starého a zrezlého potrubí do čerpací stanice. Obnovila by se tak primární funkce vodní hráze, a to je akumulace vody pro závlahy. Otázkou je, zda by se případné stavební práce vyplatily, ale vzhledem ke klimatickým změnám, k tomu, že sucho nastává daleko dříve v roce, než tomu bývalo, se tyto práce v budoucnosti vyplatí. V případě opačného rozhodnutí je možné čerpací stanici zcela odstranit, protože už nemá jiné využití. Poslední oprava, která by stála za uvážení, je oprava vozovky na koruně hráze.



*Obrázek 8.1: Pohled na budovu s čerpací stanicí*

## **9. ZÁVĚR**

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo ověřit bezpečnost průchodu 100leté povodňové vlny vodním dílem Horní Těšice. Vodní dílo Horní Těšice vyhovuje podmínkám pro bezpečné převedení 100leté povodňové vlny. Hodnoty, které se vyskytují v manipulačním řádu a které se vyskytují v podkladech, jako jsou měrné křivky a mezní bezpečná hladina, se jenom s menšími odchylkami shodují s hodnotami, které byly nově vypočítány. Proto můžeme hodnoty, které jsou v manipulačním řádu, stále uvažovat za aktuální a řídit se jimi při další práci na vodním díle. Na základě nově zjištěných informací a výsledků jsou navrženy některá řešení, a i některé opravy na vodním díle Horní Těšice.



*Obrázek 9.1: Pohled na návodní líc*



*Obrázek 9.2: Pohled na nádrž*

## 10. POUŽITÉ PODKLADY

### Seznam použité literatury

- 1: Ing. Milan Drahoš, Manipulační řád pro VD Horní Těšice, Brno, Povodí Moravy,s.p., říjen 2003
- 2: ČSN 75 2935 Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních, Praha, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, leden 2014
- 3: ČSN 75 0255 Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdržích, Praha, Český normalizační ústav, únor 1987
- 4: Vrána Karel. Rybníky a účelové nádrže. Praha: ČVUT, 2005. ISBN 80-01-02570-5.
- 5: Ing. Michal Černý, Hydrologická ročenka České Republiky 2016, Praha, 2017, ISBN 80-200-0828-4.
- 6: seznam.cz, mapy.cz [online], seznam.cz, a. s., 2016, [Citace 20. 4. 2018], Dostupné z: <https://mapy.cz/>
- 7: geoportal.cz [online], ČÚZK, 2017, dostupné z: <http://geoportal.cuzk.cz/geoprohlizec/>
- 8: Doc. Ing. Aleš Havlík, CSc., Ing. Tomáš Pícek PhD., Výpočtové tabulky [online], K141 FSv ČVUT, září 2008, [citace: 12. 5. 2018], Dostupné z: [http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika/Hydraulika/Predmety/Hya/ke\\_stazeni/cviceni/tabulky\\_1.pdf](http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika/Hydraulika/Predmety/Hya/ke_stazeni/cviceni/tabulky_1.pdf)
- 9: Doc. Ing. Aleš Havlík, CSc., Ing. Tomáš Pícek PhD., Výtok otvorem [online], K141 FSv ČVUT, září 2008, [citace: 12. 5. 2018], Dostupné z: [http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika/Hydraulika/Predmety/Hya/ke\\_stazeni/prednasky/06\\_vytok\\_otvorem.pdf](http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika/Hydraulika/Predmety/Hya/ke_stazeni/prednasky/06_vytok_otvorem.pdf)
- 10: Doc. Ing. Aleš Havlík, CSc., Ing. Tomáš Pícek PhD., Přepady [online], K141 FSv ČVUT, září 2008, [citace: 7. 5. 2018], Dostupné z: [http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika/Hydraulika/Predmety/HY2V/ke\\_stazeni/prednasky/HY2V\\_06\\_Prepady.pdf](http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika/Hydraulika/Predmety/HY2V/ke_stazeni/prednasky/HY2V_06_Prepady.pdf)
- 11: Doc. Ing. Aleš Havlík, CSc., Ing. Tomáš Pícek PhD., Hydraulika otevřených koryt [online], K141 FSv ČVUT, září 2008, [citace: 13. 5. 2018], Dostupné z: [http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika/Hydraulika/Predmety/Hya/ke\\_stazeni/prednasky/07\\_hydraulika\\_otevrenych\\_koryt.pdf](http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Hydraulika/Hydraulika/Predmety/Hya/ke_stazeni/prednasky/07_hydraulika_otevrenych_koryt.pdf)
- 12: Ing. Pavel Menšík, Ph. D., Spodní výpusti [online], Ústav vodního hospodářství krajiny FSv VUT, [citace: 12. 5. 2018], Dostupné z: <http://uvhk.fce.vutbr.cz/sites/default/files/Vyuka/BS053/pr5.pdf>

13: Historie podniku, Povodí Moravy, s. p., 2018, [Citace 7. 5. 2018], Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/o-podniku/historie-podniku/>

## 11. SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A ROVNIC

### Seznam obrázků

Obrázek 3.1: Základní mapa 1:50 000 s celou délkou Nihlovského potoku a s vyznačením polohy VD Horní Těšic [7] .....	- 4 -
Obrázek 3.2: Pohled na vodní dílo .....	- 6 -
Obrázek 3.3: Pohled na sdružený objekt .....	- 8 -
Obrázek 3.4: Pohled na přepad vody na konci horní štoly .....	- 9 -
Obrázek 4.2.1 - pravděpodobný průběh 100leté povodňové vlny [5] .....	- 13 -
Obrázek 4.3.1: Příklad potřhané asfaltu na koruně hráze .....	- 14 -
Obrázek 4.1.6: Graf konsumpční křivky spodní výpusti .....	- 21 -
Obrázek 5.1: Pohled na nádrž .....	- 25 -
Obrázek 5.2: Schéma pro výpočet efektivní délky rozběhu vlny na VD Horní Těšice [6] .....	- 26 -
Obrázek 6.1: Čára zatopených ploch objemů [1] .....	- 31 -
Obrázek 6.2: Souhrnná konsumpční křivka odtoku vody z nádrže .....	- 32 -
Obrázek 6.3: Transportace 100leté povodňové vlny se zavřenou spodní výpustí .....	- 33 -
Obrázek 6.4: Transportace 100leté povodňové vlny s otevřenou výpustí .....	- 34 -
Obrázek 6.5: Pohled na vývar .....	- 35 -
Obrázek 8.1: Pohled na budovu s čerpací stanicí .....	- 38 -
Obrázek 9.1: Pohled na návodní líc .....	- 39 -
Obrázek 9.2: Pohled na nádrž .....	- 39 -

### Seznam tabulek

Tabulka 3.1: Tabulka s hospodaření s vodou [1] .....	- 10 -
Tabulka 4.1.1: Požadovaná míra bezpečnosti pro návrh a posuzování vodního díla [2] .....	- 11 -
Tabulka 4.2.1: M – denní průtoky [1] .....	- 12 -
Tabulka 4.2.2: N – leté průtoky [1] .....	- 12 -
Tabulka 4.2.3: Aktuální N-leté průtoky .....	- 12 -
Tabulka 4.4.1: Měrná křivka bezpečnostního přelivu .....	- 18 -
Tabulka 4.4.2: Měrná křivka spodní výpusti .....	- 22 -
Tabulka 4.4.3: Kapacita odpadního koryta .....	- 23 -
Tabulka 5.1: Délky radiál a k nim odpovídající úhly .....	- 27 -
Tabulka 5.2: Stanovení koeficientu k [3] .....	- 28 -
Tabulka 5.3: Stanovení koeficientu $k_i$ [3] .....	- 29 -
Tabulka 6.1: Průběh 100leté povodňové vlny, uzavřená spodní výpust .....	- 33 -
Tabulka 6.2: Průběh 100leté povodňové vlny, otevřená výpust .....	- 34 -

### Seznam rovnic

Rovnice 4.4.1: Rovnice přepadu [10] .....	- 16 -
Rovnice 4.4.2: Výpočet součinitele dle Kramera [10] .....	- 16 -

Rovnice 4.4.3: Chézyho rovnice [11].....	- 20 -
Rovnice 4.4.4: Rovnice pro ustálený výtok otvorem [9] .....	- 21 -
Rovnice 4.4.5: Výpočet ztrát [12] .....	- 21 -
Rovnice 4.4.6: Chézyho rovnice [11].....	- 23 -
Rovnice 4.4.7: Chézyho rychlostní součinitel [11] .....	- 23 -
Rovnice 5.1: Výpočet efektivní délky rozběhu vlny [3] .....	- 27 -
Rovnice 5.2: Výpočet návrhové rychlosti [3] .....	- 28 -
Rovnice 5.3: Podmínka pro hluboké pásmo [3].....	- 28 -
Rovnice 5.4: Přepočet charakteristické výšky vlny [3].....	- 29 -
Rovnice 5.5: Výpočet výběhu vlny [3] .....	- 29 -
Rovnice 5.6: Výška výběhu vlny na svah [3].....	- 30 -

## 12. SEZNAM SAMOSTATNÝCH PŘÍLOH

Příloha A: Vzorový příčný řez

Příloha B: Sdružený objekt – řez