



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV VODNÍCH STAVEB

INSTITUTE OF WATER STRUCTURES

POSOUZENÍ VODNÍHO DÍLA TRŠICE ZA POVODNÍ

SAFETY ASSESMENT OF THE TRŠICE DAM DURING FLOODS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Monika Poláchová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JAN JANDORA, Ph.D.

BRNO 2022



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R015 Vodní hospodářství a vodní stavby
Pracoviště	Ústav vodních staveb

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Monika Poláchová
Název	Posouzení vodního díla Tršice za povodní
Vedoucí práce	doc. Ing. Jan Jandora, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2021
Datum odevzdání	27. 5. 2022

V Brně dne 30. 11. 2021

prof. Ing. Jan Šulc, CSc.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

Boor, B., Kunštátský, J., Patočka, C. 1968. Hydraulika pro vodohospodářské stavby, SNTL Praha.

ČSN 75 2935 – Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních.

ČSN 75 2410 – Malé vodní nádrže.

ČSN 75 2405 – Vodohospodářská řešení vodních nádrží.

Vyhláška č. 367/2005 Sb., kterou se mění vyhláška č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích pro vodní díla.

Podklady pro vodní dílo Tršice.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Náplní bakalářské práce bude posouzení bezpečnosti VD Tršice při povodních podle ČSN 75 2935. Mimo vlastního posouzení a prověření bezpečnosti VD Tršice při povodních budou – pokud to bude nutné – navržena opatření, která povedou ke zvýšení bezpečnosti VD Tršice.

Požadavky na zpracování bakalářské práce:

1. Posouzení mezní bezpečné hladiny pro převedení kontrolní povodňové vlny,
2. Navržení opatření ke zvýšení bezpečnosti.

Práce bude zpracována podle ČSN 75 2935 a bude obsahovat:

A. Úvodní část

B. Účel a popis VD Tršice

C. Základní údaje a podklady

C.1. Požadovaná míra bezpečnosti vodního díla při povodni

C.2. Hydrologické podklady

C.3. Technické parametry a podklady

C.4. Okolnosti ovlivňující bezpečnost vodního díla při povodni

C.5. Hydraulické výpočty

D. Stanovení mezní bezpečné hladiny

E. Stanovení kontrolní maximální hladiny v nádrži

F. Závěrečné zhodnocení

G. Nápravná a nouzová opatření

H. Použité podklady

I. Seznam příloh

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).

2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Jan Jandora, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Bakalářská práce se věnuje posouzení bezpečnosti malé vodní nádrže Tršice I za povodně ve smyslu ČSN 75 2935. Posouzení je provedeno na základě hydrologických podkladů, které vychází z kategorizace vodního díla. Podle souhrnné evidence Ministerstva Zemědělství ČR je MVN Tršice I zařazena do III. kategorie. Výsledkem práce je zhodnocení stávajícího stavu a návrh opatření napomáhajících zvýšení bezpečnosti vodního díla.

KLÍČOVÁ SLOVA

Posouzení bezpečnosti, malá vodní nádrž, manipulační řád, technickobezpečnostní dohled, mezní bezpečná hladina, kontrolní maximální hladina, součinitel přepadu, kontrolní povodňová vlna, transformace povodňové vlny

ABSTRACT

The bachelor thesis is devoted to the assessment of the safety of the small water reservoir Tršice I during floods in the sense of the ČSN 75 2935 standard. The assessment is made of hydrological data based on the categorization of the water body. According to the summary records of the Ministry of Agriculture of the Czech Republic, the Tršice I reservoir is classified as category III. The result of the study is an assessment of the current condition and a proposal of measures to improve the safety of the waterworks.

KEYWORDS

Safety assessment, small reservoir, handling regulations, technical and safety supervision, maximum permissible water level, control maximal water level, overflow coefficient, control flood wave, flood wave transformation

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Monika Poláčková *Posouzení vodního díla Tršice za povodní*. Brno, 2022. 50 s., 18 s. příl.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav vodních staveb.
Vedoucí práce doc. Ing. Jan Jandora, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce s názvem *Posouzení vodního díla Tršice za povodní* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 27. 5. 2022

Monika Poláchová
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Posouzení vodního díla Tršice za povodni* zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 27. 5. 2022

Monika Poláchová
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala doc. Ing. Janu Jandorovi, Ph.D. za vstřícnost a ochotu při vedení mé bakalářské práce a za poskytnutí cenných rad během konzultací. Dále chci poděkovat své rodině za podporu při studiu.

OBSAH

1	ÚVOD.....	3
1.1	Malé vodní nádrže.....	3
1.1.1	Definice	3
1.1.2	Funkce	3
1.1.3	Zásady pro návrh nádrže.....	4
1.1.4	Vodohospodářské řešení.....	4
1.2	Technickobezpečnostní dohled	5
1.2.1	Péče o bezpečnost vodních děl	5
1.2.2	Legislativa a předpisy z oboru TBD	6
2	ÚČEL A POPIS DÍLA.....	8
2.1	Popis.....	8
2.1.1	Hydrologické údaje.....	8
2.2	Účel vodního díla.....	9
2.3	Funkce a technické parametry vodního díla.....	9
2.3.1	Základní parametry	9
2.3.2	Hráz	10
2.3.3	Sdružený objekt	11
2.3.4	Bezpečnostní přeliv.....	13
2.3.5	Mezní hodnoty	14
3	ZÁKLADNÍ ÚDAJE A PODKLADY	15
3.1	Požadovaná míra bezpečnosti vodního díla při povodni	15
3.1.1	Bezpečnost vodního díla.....	15
3.1.2	Poruchy	15
3.1.3	Způsoby posuzování bezpečnosti vodních děl.....	15
3.1.4	Zařazení a kategorizace MVN Tršice	16
3.1.5	Technickobezpečnostní dohled	18
3.2	Hydrologické podklady	18
3.3	Technické parametry a podklady.....	19
3.3.1	Batygrafické čáry	19
3.4	Okolnosti ovlivňující bezpečnost vodního díla při povodni.....	20
3.4.1	Manipulace s vodou a převádění povodní.....	21
3.4.2	Bezpečnostní opatření a manipulace za mimořádných okolností	23
3.4.3	Kontrolní povodňová vlna (KPV).....	24
3.5	Hydraulické výpočty	24
3.5.1	Spodní výpusti	24
3.5.2	Bezpečnostní přeliv.....	26
3.5.3	Transformace povodňové vlny	29
4	STANOVENÍ MEZNÍ BEZPEČNÉ HLADINY	30
4.1	Stabilita hráze	30

4.2	Provalení tělesa hráze v důsledku ztráty filtrační stability	30
4.3	Protržení hráze při jejím přelití.....	31
4.4	Výběh větrové vlny	31
4.5	Celkový souhrn	32
5	STANOVENÍ KONTROLNÍ MAXIMÁLNÍ HLADINY V NÁDRŽI (KMH).....	33
5.1	Zásady stanovení.....	33
5.2	Varianty pro stanovení KMH	33
6	ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ	35
7	NÁPRAVNÁ A NOUZOVÁ OPATŘENÍ.....	36
7.1	Nápravná opatření.....	36
7.1.1	Oprava konstrukce vlnolamu	36
7.1.2	Vzdušní svah hráze a jeho osetí	37
7.1.3	Vybudování retenční nádrže na vtoku	38
7.2	Nouzová opatření v případě navýšení PV1000	38
7.2.1	Zvětšení průřezové plochy odpadního tunelu	39
7.2.1	Zvýšení tělesa hráze.....	39
7.2.2	Přidání pomocného (nouzového) bezpečnostního přelivu	39
7.2.3	Navýšení koruny hrany stávajícího bezpečnostního přelivu.....	40
7.2.4	Prodloužení přelivné hrany stávajícího bezpečnostního přelivu	40
7.2.5	Vybudování retenční nádrže na vtoku	40
	POUŽITÁ LITERATURA	41
	SEZNAM TABULEK	44
	SEZNAM OBRÁZKŮ	45
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	46
	SEZNAM PŘÍLOH.....	49
	SUMMARY	50

1 ÚVOD

1.1 MALÉ VODNÍ NÁDRŽE

Malé vodní nádrže jsou dnes nedílnou součástí naší krajiny. Významně se podílí na tvorbě životního prostředí a často také na jeho ochraně.

1.1.1 Definice

Vodní nádrž

Podle ČSN 73 6510 je vodní nádrž chápána jako vodní útvar, vzniklý přirozenou, nebo umělou akumulací vody, nebo vymezený prostor vytvořený údolní přehradou, ohrazováním části území a využitím přírodní, nebo umělé prohlubně na zemském povrchu, sloužící k hospodaření s vodou, akumulaci, zachycení vody za povodní, transformaci povodňových vln, vytvoření vodního prostředí a k úpravě vlastností vody. [18]

Malá vodní nádrž

Na základě ČSN 75 240 definujeme malou vodní nádrž dvěma podmínkami [8]:

- 1) Objem nádrže po hladinu ovladatelného (zásobního) prostoru není větší, než 2 mil. m³.
- 2) Největší hloubka nádrže nepřesahuje 9 m.

1.1.2 Funkce

Mezi funkce, které tyto nádrže a jejich soustavy mohou plnit, řadíme [15]:

- **Zásobní** – v době, kdy je vody dostatek, je tato voda zachycována a je využívána tehdy, kdy je jí třeba (při nedostatku vody může zásobovat obyvatelstvo, zemědělství, či drobné průmyslové podniky).
- **Ochrannou** – při povodních je malá vodní nádrž schopna zachytit, a také transformovat povodňové průtoky.
- **Hospodářskou** – voda z nádrže je vhodná k využití v hospodářských odvětvích, jako je zemědělství, chov ryb nebo pěstování vodních rostlin.
- **Ekologickou a krajínovornou** – výstavbou vodních nádrží je možné ovlivňovat mikroklima včetně biologické funkce krajiny a její rovnováhy nebo řídit hladinu podzemní vody.
- **Asanační** – po ukončení těžby surovin bývají postižené plochy často přeměněny například právě v malé vodní nádrže a využívány k chovu ryb a dalším účelům.

- **Záchytnou** – zejména ve vesnické zástavbě se využívá malých vodních nádrží k zachycení dešťových vod a jejich následnému využití, aby bylo zamezeno přetěžování stokových sítí.
- **Hygienickou** – přichází-li z povodí určité znečištění, slouží nádrž k postupné redukci koncentrace znečištění a jeho odbourání díky přírodním biologickým procesům.
- **Rekreační** – zahrnuje využívání nádrže pro koupání, vodní sporty, léčebné účely atd.

1.1.3 Zásady pro návrh nádrže

Při návrhu nových hrází a obnově dřívějších je nutné stanovit vlivy, hlavní a vedlejší funkce nádrže a zároveň definovat účely. Ideálním stavem je víceúčelové využití nádrže, nemenší roli hraje schopnost nádrže zlepšovat vodohospodářské poměry v krajině a jakost vody.

Návrh musí být posouzen z těchto hledisek [8]:

- a) bezpečnosti a spolehlivosti vodního díla,
- b) souladu s územně plánovací dokumentací,
- c) začlenění do krajiny, památkové péče, ochrany přírody,
- d) potřeb zemědělství a lesnictví, popřípadě jiných veřejných zájmů,
- e) hydrologie toku a povodí,
- f) využití navrhovaných a existujících nádrží ve vodohospodářské soustavě,
- g) vlivu výstavby na stávající, popřípadě plánované stavby a investice zejména v místě nádrže a dále po toku,
- h) připravovaných investic a úprav v povodí nádrže a na toku pod nádrží,
- i) souladu s Plány hlavních povodí a s příslušným Plánem oblasti povodí.

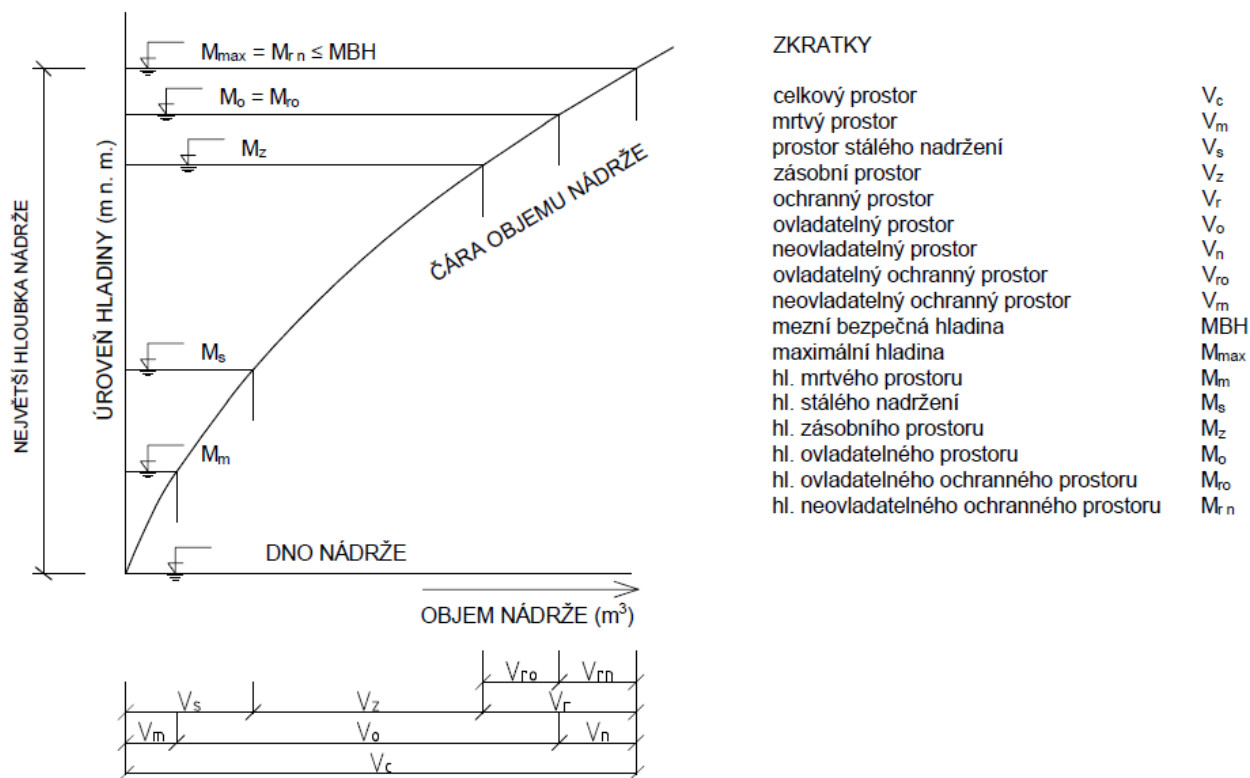
Aby bylo dílo komplexně posouzeno a byla prokázána jeho bezpečnost za povodní, je vypracován posudek podle zvláštního předpisu. Zvláštní předpis by měl být zohledněn i při výběru návrhových průtoků a podmínek pro bezpečné převedení povodňových průtoků. [8]

1.1.4 Vodohospodářské řešení

Vodohospodářské řešení tvoří soubor úvah, početních a grafických řešení, zabývajících se řízením odtoku nádrží z hlediska kvantitativní bilance vody. Úkolem vodohospodářského řešení nádrže je především [21]:

- Stanovení objemů jednotlivých prostorů nádrže, aby nádrž plnila požadované funkce.
- Určení optimálního způsobu využití malé vodní nádrže.
- Stanovení požadavků na jednotlivé parametry a uspořádání objektů.

- Určení způsobu manipulace s vodním obsahem nádrže.
- Vyhodnocení vlivu nádrže na vodní tok pod nádrží.



Obrázek 1: Rozdělení prostorů a hladin v nádrži [21]

U malých vodních nádrží je podstatný prostor zásobní (akumulační) a prostor ovladatelný. Hladina zásobního prostoru se nachází mezi hladinou stálého nadržení a přelivnou hranou bezpečnostního přelivu, je ovládán výpustným a odběrným zařízením a shromažďuje zásoby vody pro různé účely. [15]

Při řešení vodního hospodářství malé vodní nádrže je směrodatná požadovaná funkce nádrže. Odtok z nádrže je závislý na požadovaných odběrech, stupni jejich zabezpečení, minimálních a maximálních průtocích pod nádrží, přípustném kolísání hladiny v nádrži a požadavcích na jakost vody v nádrži, ve vodním toku pod nádrží a požadavcích na ochranu životního prostředí. [15]

1.2 TECHNICKOBEZPEČNOSTNÍ DOHLED

1.2.1 Péče o bezpečnost vodních děl

Péče o bezpečnost vodních děl je souhrn opatření k minimalizaci rizik, jež vodní díla představují svojí existencí, provozem a technickým stavem. [2]

Předmětem péče o bezpečnost VD je [2]:

- 1) Soubor povinností uložených subjektům, jež mají podíl na přípravě a výstavbě vodních děl, a vlastníkům vodních děl pro jejich provoz, včetně všech oprav, rekonstrukcí až po možné ukončení provozu a následné odstranění díla nebo uvedení do „neškodného“ stavu.
- 2) Činnost státu spočívající ve vymezení povinností a úkolů pro všechny výše uvedené povinnosti, dále pak ke kontrole plnění úkolů a povinností.

Platí, že lepší vymezení povinností a odpovědnosti za plnění uložených úkolů poskytuje snadnější a přehlednější možnosti jejich kontroly. Pokud se státní orgán může spoléhat na odbornost, zkušenost a svědomité plnění daných úkolů při výstavbě a péči o VD, není třeba tak velkého množství specialistů v oblasti kontroly v jeho řadách. [2]

Spolupráci na mezinárodní úrovni zajišťuje nevládní organizace Mezinárodní přehradní komise (ICOLD) založená v roce 1928. V současnosti sdružuje více než devadesát států celého světa. Funkci Českého národního výboru Mezinárodní přehradní komise vykonává český přehradní výbor (ČPV) se sídlem v Praze. Jedním z jeho funkcí je podpora rozvoje poznatků z přípravy, výstavby a provozu přehrad a vodních nádrží v zájmu hospodářského a kulturního rozvoje našeho státu. [2]

1.2.2 Legislativa a předpisy z oboru TBD

Vodní zákon

Vodní zákon mimo jiné právně upravuje problematiku bezpečnosti vodních děl s důrazem na technickobezpečnostní dohled, ochranu vodních děl, jejich užívání a povinnosti vlastníků. Je třeba zmínit, že vodní díla jsou považována za stavby, čímž některé obecné povinnosti jejich vlastníků vyplývají také ze zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). [2]

Technickobezpečnostním dohledem nad vodními díly dle § 61 [17] se rozumí zjišťování technického stavu vodního díla ke vzdouvání nebo zadržování vody, a to z hlediska bezpečnosti a stability a možných příčin jejich poruch. Provádí se zejména pozorováním a prohlídkami vodního díla, měřením jeho deformací, sledováním průsaku vod, jakož i hodnocením výsledků všech pozorování a měření ve vztahu k předem určeným mezním nebo kritickým hodnotám. Součástí technickobezpečnostního dohledu je i vypracování návrhů opatření k odstranění zjištěných nedostatků. [17]

Prováděcí právní předpisy

Zásadním prováděcím právním předpisem k vodnímu zákonu s odkazem na TBD je vyhláška č. 471/2001 Sb., o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly. Ta vymezuje vodní díla podléhající dohledu (kde byla dle vodního zákona stanovena povinnost provádět TBD) Jedná se o následující stavby [17]:

- 1) Přehrady, hráze a jezy, s výjimkou příčných staveb v korytech vodních toků a přilehlých územích, jejichž výška od paty hráze po korunu je nižší než 1 metr a celkový objem vzduté vody nepřesahuje 1000 m³, nebo pevných a nepohyblivých příčných vzdouvacích staveb, v korytech vodních toků, jejichž pevná přelivná hrana je převýšena nade dnem v podjezí méně než 1,5 m.
- 2) Stavby na ochranu před povodněmi.
- 3) Hydrotechnické štolý a tunely.
- 4) Stavby, které se k plavebním účelům zřizují v korytech vodních toků nebo na jejich březích.
- 5) Stavby k využití energetického potenciálu povrchových vod, pokud vzdouvají nebo zadržují vodu, s výjimkou příčných staveb uvedených v bodě 1).
- 6) Jiné stavby sloužící ke vzdouvání nebo zadržování vody, s výjimkou nádrží zcela zahloubených v zemi bez vzdouvacího prvku, tůní, lagun, slepých ramen, vodovodních řadů a vodojemů, kanalizačních sítí a rekreačních bazénů.

Metodické pokyny

Metodické pokyny mají normativní charakter, avšak nejsou pramenem práva, tudíž nejsou obecně závazným právním předpisem. Metodickým pokynem č. 1/2010 k technickobezpečnostnímu dohledu nad vodními díly upravilo MZe postup v oblasti bezpečnosti vodních děl. Slouží jako podklad při rozhodování vodoprávního úřadu o zařazení vodního díla do kategorií z hlediska technickobezpečnostního dohledu, pro stanovení rozsahu technickobezpečnostního dohledu a k výkonu vodoprávního dozoru nad vodními díly. [2]

2 ÚČEL A POPIS DÍLA

Vodní dílo TRŠICE I se nachází na km 17,03 vodního toku Olešnice, který se vlévá přes náhon Morávku do Moravy. Stavba byla zahájena v roce 1980 a dokončena v roce 1983. Plocha povodí potoka k profilu hráze je 19,98 km². Vodní nádrž je situována cca 1 km severně od obce Tršice. Pod hrází nádrže se nachází rybník Farganík dříve sloužící jako ohřívací nádrž pro závlahy, nyní určený k chovu ryb. [3]

2.1 POPIS



Obrázek 2: Rybník Farganík a v pozadí hráz MVN Tršice I

2.1.1 Hydrologické údaje

Základní hydrologické údaje pro vodní tok Olešnice v místě hráze Tršice jsou uvedeny v tabulkách 1–3 a v Příloze č. 3 (Průběh n-letých povodňových vln). Minimální zůstatkový průtok pod vodním dílem $MZP = 12,0 \text{ l/s}$ [3]. Neškodný průtok pod vodním dílem $Q_{NEŠ} = 7,0 \text{ m}^3/\text{s}$ [3].

Tabulka 1: Hydrologické údaje – vodní tok Olešnice [3]

Tok	Olešnice
Dlouhodobý průměrný roční průtok	$Q_a = 161 \text{ l/s}$
Průměrný roční úhrn srážek	$H_s = 745 \text{ mm}$
Plocha povodí	$A = 19,98 \text{ km}^2$
Č. hydrolog. pořadí	4–10–03–1250

Tabulka 2: m -denní průtoky (ČHMÚ 2016) [3]

m	30	90	180	270	330	355	364
Q_m [l/s]	379	191	96	48	21	7,3	2,1

Tabulka 3: N -leté průtoky (1981–2010) [3]

N	1	2	5	10	20	50	100
Q_N [m³/s]	2,4	4,6	8,1	11,1	14,6	19,6	23,9

2.2 ÚČEL VODNÍHO DÍLA

MVN Tršice byla vybudována k akumulaci vody pro závlahu, avšak pro tento účel již není využívána. Nyní slouží k akumulaci vody pro nadlepšování průtoků v toku Olešnice a k chovu ryb. [3]

2.3 FUNKCE A TECHNICKÉ PARAMETRY VODNÍHO DÍLA

2.3.1 Základní parametry

Typ vzdouvací stavby:	zemní hráz
Kóta zásobní hladiny M_z :	288,9 m n. m.
Objem vody při M_z :	672,0 tis. m ³
Plocha hladiny při M_z :	118,2 tis. m ²
Max. hloubka při M_z (u hráze)	11,81 m
Kóta maximální hladiny M_{MAX} :	289,70 m n. m.
Objem vody při M_{MAX} :	769,0 tis. m ³

Plocha hladiny při M_{MAX} :	125,0 tis. m ² (12,50 ha)
Spodní výpusť:	2 x DN 400
Bezpečnostní přeliv:	kašnový (monoblok)
Odběr pro závlahu ¹ :	2 × DN 150 1 × DN 200

[3]

2.3.2 Hráz

Hráz je základním stavebním prvkem většiny MVN. Je určena k zabránění vodě plně odtékat, a tak ji zachytává v údolí. Zachycená voda v údolí vytváří tzv. zátoku. Výška koruny hráze je stanovena na základě batygrafických křivek (viz kapitola 3.3.1). [3]



Obrázek 3: Koruna hráze

V případě MVN Tršice se jedná o hráz půdorysně lomenou, v příčném řezu tvaru lichoběžníku. Hráz je zemní nehomogenní nasypaná z jílovité hlíny, která vytváří široké střední těsnění. Těsnicí část je napojena zámekem na těsnicí clonu. Koruna hráze je široká 5 m, je průjezdná a opatřená vlnolamem. Vzdušná část tvoří jílovitý zahliněný štěrk, vzdušná pata je kamenitá.

¹ V současnosti mimo provoz

Návodní stabilizační část hráze je nasypána z hlinitokamenité suti a opatřena betonovými dlaždicemi. [3]

Púdorysné uspořádání:		lomená ²
Šířka koruny:		5,0 m
Kóta koruny:		290,85 m n. m.
Návodní svah	- sklon:	1:3,25 (do výše opevnění) 1:2 (od 288,9 m n. m.) ³
	- opevnění:	kamenný zához
Vzdušný svah	- sklon:	1:1,5 1:2,2 1:2,7 ⁴
	- opevnění:	ohumusování a osetí
Min. kóta údolí v patě hráze:		277,14 m n. m.
Délka hráze v koruně:		215 m
Maximální výška hráze:		12,65 m

[3]

2.3.3 Sdružený objekt

Sdružený objekt je umístěn 15 m od levého závazání a je složen ze dvou pater. Konstrukce je železobetonová monolitická. Ve spodní části se nacházejí dvě spodní výpusti o DN 400 uzavíratelné šoupátky s elektropohonem s ovládacím panelem ve věži. Ve třech výškových úrovních tělesa jsou umístěny odběry vody DN 150 a DN 200, které byly původně využívány pro závlahu, nyní jsou vyřazeny z provozu. Boční přeliv, sloužící k převedení velkých vod má zařízení odvedení vody horní etáží sdruženého objektu. [3]

² Zdroj: Manipulační řád VD Tršice [3] (Příloha 06: Přehledná situace)

³ Zdroj: Manipulační řád VD Tršice [3] (Příloha 07: Vzorový příčný řez hrázi)

⁴ Zdroj: Manipulační řád VD Tršice [3] (Příloha 07: Vzorový příčný řez hrázi)



Obrázek 4: Sdružený objekt Tršice I

Kóta osy spodních výpustí	277,20 m n. m.
Kapacita spodní výpusti (při hladině v úrovni přelivu)	$2 \times 2,5 \text{ m}^3/\text{s}$
Délka ocelového potrubí DN 400	2,0 m
Délka přelivné hrany	$2 \times 11,0 \text{ m}$
Kóta přelivné hrany	288,90 m n. m.
Kóta dna vývaru	272,50 m n. m.
Kóta hladiny při průchodu Q_{100}	289,65 m n. m.
Kóta přepadové trubky	288,75 m n. m. – DN 150 (bez uzávěru)
Kóty závlahových odběrů	287,00 m n. m. – DN 150 283,50 m n. m. – DN 150 279,00 m n. m. – DN 200

[3]

2.3.4 Bezpečnostní přeliv

Přeliv slouží k bezpečnému převedení vody přes nádrž za povodní. Přelivem musí být vybaveny všechny protékané nádrže. Ideálním stavem je případ, kdy přeliv nepotřebuje obsluhu, proto je vhodné, aby byl přeliv proveden jako nehrazený a neobsahoval pohyblivé části, které by tuto obsluhu vyžadovaly. Hrazené přelivy je možné provádět na dílech, které vyžadují nepřetržitou obsluhu. [8]

Dimenzování přelivu se provádí z výsledků přešetření bezpečnosti VD za povodní dle zvláštního předpisu. Bezpečnost přelivu se zkoumá pomocí průchodu kontrolní povodňové vlny, která se odvíjí od zařazení VD do určité kategorie a jeho významu. [8]

Na bezpečnostním přelivu a ani v jeho okolí se nesmí nacházet zařízení, která by omezovala funkci přelivu, či snižovala jeho kapacitu. Příkladem jsou česle, které se v případě umístění před přeliv umísťují tak, aby jejich horní hrana nepřesahovala maximální hladinu v nádrži. Při jejich ucpání tedy nesmí docházet k ohrožení plynulosti převádění vody přes přeliv. [8]

Bezpečnostní přeliv je umístěn ve sruženém objektu hráze, v jehož horní etáži je oběma stranami odváděna voda. Přelivná hrana má délku $2 \times 11,0$ m a její nadmořská výška činí 288,90 m. Skluz od přelivu přechází v opevněný vývar, za nímž se nachází upravené koryto tvaru lichoběžníku. Břehy jsou opevněny vzrostlou vegetací. [3]



Obrázek 5: Pohled na dno bezpečnostního přelivu a na vyústění drenáže

2.3.5 Mezní hodnoty

Hodnota MBH je v tabulce č. 4 uvedena podle MŘ, při samotném posouzení, které je obsahem BP, vycházejí odlišné hodnoty uvedené v kapitole 4.

Tabulka 4: Mezní hodnoty [3]

Maximální hladina	289,70 m n. m.
Mezní bezpečná hladina podle MŘ	290,00 m n. m.
Rychlost snižování hladiny při vypouštění nádrže	0,3 m/den

3 ZÁKLADNÍ ÚDAJE A PODKLADY

3.1 POŽADOVANÁ MÍRA BEZPEČNOSTI VODNÍHO DÍLA PŘI POVODNI

Požadovaná míra bezpečnosti daného VD se určuje na základě zatřídění do jedné ze čtyř kategorií dle [4].

3.1.1 Bezpečnost vodního díla

Bezpečnost je vlastnost systému (např. objektu) neohrožovat lidské zdraví nebo životní prostředí při plnění předepsané funkce pro stanovenou dobu a za stanovených podmínek. [9]

Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních se věnuje norma ČSN 75 2935. Posuzování se provádí na základě zpracování souhrnných hodnotících zpráv o výsledcích technickobezpečnostního dohledu (TBD). V případě návrhu nového díla, je posouzení dle normy jeho součástí. Norma zavádí pojmy: „mezí bezpečná hladina“ a „kontrolní maximální hladina“. [1]

3.1.2 Poruchy

Navrhnout hráz tak, aby vždy zaručovala stoprocentní ochranu, je nemožné. Musíme počítat s možným porušením. Porušením hráze vznikne povodňová vlna, jejíž účinky mohou mít katastrofický význam jak finanční, tak ohrožující lidské životy. Bylo zjištěno, že na rozdíl od betonových hrází, kde při protržení dojde k tak velké okamžité povodňové vlně, že odpovídá velikosti kulminační povodňové vlny (KPV), u sypaných hrází probíhá tento proces pomaleji a závisí na vlastnostech dané zeminy.

[10]

Příčiny poruch hrází můžeme klasifikovat jako [10]:

- 1) Ztráta stability.
- 2) Přelítí hráze v důsledku málo kapacitního přelivu, chybné manipulace, sesuvu v nádrži nebo při překročení návrhového průtoku.
- 3) Filtrační deformace v případě nekontrolovaného průsaku tělesem hráze, popř. jeho podloží.
- 4) Porušení v důsledku eroze vodním proudem nebo účinkem vln.
- 5) Sabotáž, válečný stav.

3.1.3 Způsoby posuzování bezpečnosti vodních děl

Běžně se bezpečnost a spolehlivost vodních děl posuzuje metodou podle stupně bezpečnosti, který má význam kompenzace určitých nejistot vstupujících do výpočtů. Zmíněné nejistoty ve výpočtech mohou být: fyzikální a statistická různorodost vstupních údajů, nepředvídatelnost přírodních jevů a nedostatečné informace o díle. Častým problémem je zadávání materiálových

charakteristik a zavádění zatížení. V našich předpisech jsou stupně bezpečnosti vázány na vybrané zatěžovací stavy, nikoliv na nejistoty – ty se zohledňují pouze při probíhající výstavbě, či po jejím dokončení, kdy se stanovují pórové tlaky. [9]

3.1.4 Zařazení a kategorizace MVN Tršice

Kritéria a postupy pro zařazení vodních děl do kategorií

Kritéria stanovuje příloha č. 1 k vyhlášce MZe č. 471/2001 Sb. [13]. Zařazení do jedné ze čtyř kategorií se provádí na základě velikosti možných škod, ke kterým může dojít při poruše stability a bezpečnosti vodního díla, které by bylo doprovázené vznikem povodňové vlny zvláštní povodně. Pro vyčíslení možných škod se využívá potenciál škod (P) jako součet bodového ohodnocení z možného ohrožení lidských životů, možných ztrát na majetku v přilehlém území a možných ztrát z omezení funkce a užitků ve veřejném zájmu, k nimž by došlo při havárii vodního díla na díle samém a v území pod ním. [4]

Zařazení MVN Tršice

MVN Tršice spadá dle platné souhrnné evidence Ministerstva zemědělství zařazení vodních děl do I. až III. kategorie z hlediska technickobezpečnostního dohledu do III. kategorie. [4]

Kritéria III. kategorie [4]:

- Ohroženy řádově desítky až stovky lidí, mohou být i ztráty na lidských životech.
- Poškození určeného vodního díla, obnova je proveditelná.
- V území na vodním toku pod určeným vodním dílem vzniknou škody na obytné a průmyslové zástavbě i dopravní síti, ohrožena mohou být další méně významná vodní díla.
- Ztráty způsobené vyřazením určeného vodního díla z provozu, z přerušení průmyslové výroby, dopravy nebo jiné ztráty jsou plně nahraditelné.
- Škody na životním prostředí nepřekračují význam vyššího územního samosprávného celku.

Návrhová povodeň

Pravděpodobnost překročení kulminace návrhové povodně je dle následující tabulky č. 5. [12]

Tabulka 5: Pravděpodobnost překročení (doba opakování) kulminace PV [12]

Kategorie VD z hlediska TBD	Pravděpodobnost překročení (doba opakování) kulminace PV
I., II.	0,001 ($N = 1000$ let)
III.	0,01 ($N = 100$ let)
IV.	0,01 ($N = 100$ let)
	u vodních děl s potenciálními nízkými škodami lze pro návrhovou povodeň v odůvodněných případech zvolit pravděpodobnost překročení 0,05 ($N = 20$ let)

Kontrolní povodeň

Tabulka 6: Požadovaná míra bezpečnosti pro návrh a posuzování vodního díla [1]

Kategorie vodního díla	Pravděpodobné škody při havárii vodního díla	Hodnotící hlediska podle potencionálního 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	mimořádně 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
		nízké ekonomické škody pouze u vlastníka VD, ostatní škody jsou nevýznamné	ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné	0,05	20

Protože se v případě VD Tršice I jedná o III. kategorii [4] a předpokládají se ztráty na lidských životech, požadovaná míra bezpečnosti je $N = 1000$ let, tedy PV_{1000} .

3.1.5 Technickobezpečnostní dohled

Technickobezpečnostní dohled zahrnuje zjišťování technického stavu VD z hlediska bezpečnosti a stability a možných příčin jejich poruch (viz kapitola 1.2).

Rozsah a četnost provádění dohledu

Na MVN Tršice jsou na základě její kategorizace prohlídky prováděny 1 × za 4 roky. K těmto prohlídkám je vždy přizván vodoprávní úřad. [13] Výstupem prohlídky je hodnotící zpráva, která v souladu s požadavky vyhlášky č. 471/2001 Sb., v pozdějším znění č. 255/2010 Sb. obsahuje tyto části [13]:

- a) Dokumentace všech změn ve vybavení měřícími přístroji a zařízeními.
- b) Návrh obnovy nebo modernizace měřících přístrojů a zařízení.
- c) Souhrnné zpracování výsledků pozorování a měření.
- d) Zhodnocení všech sledovaných jevů a skutečností.
- e) Výsledky přezkoumání stability hlavních konstrukcí určeného vodního díla a zjištění stupně bezpečnosti na základě nově získaných poznatků.
- f) Výsledky přezkoumání bezpečnosti určeného vodního díla při povodních podle aktuálních hydrologických podkladů.
- g) Posouzení vlivů prostředí a provozu na stárnutí, funkční spolehlivost a celkovou bezpečnost a stabilitu určeného vodního díla.
- h) Prověрка programu dohledu, včetně mezí bdělosti, mezních a kritických hodnot sledovaných jevů a skutečností.
- i) Návrh k opatření k nápravě.

3.2 HYDROLOGICKÉ PODKLADY

Hydrologické podklady by měly být zpracovány nebo ověřeny Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ). Pro posouzení byly použity hodnoty kontrolní povodňové vlny (KPV), tedy PV_{1000} . [1]

3.3 TECHNICKÉ PARAMETRY A PODKLADY

Jednotlivé konstrukční prvky a specifikace jejich parametrů byly popsány v kapitole 2. Vybrané parametry vodního díla dle [3] jsou:

- Plocha povodí: 19,98 km²
- Kóta dna nádrže: 277,20 m n. m.
- Kóta koruny hráze: 290,85 m n. m.
- Kóta koruny bezpečnostního přelivu: 288,90 m n. m.
- Kóta maximální hladiny M_{MAX} : 289,70 m n. m.
- Kóta koruny středního těsnění: 290,15 m n. m.
- Dílčí objem prostoru stálého nadržení: 20,20 tis. m³
- Dílčí objem zásobního prostoru: 651,80 tis. m³
- Dílčí objem retenčního prostoru: 97,00 tis. m³
- Objem celkového prostoru: 769,00 tis. m³
- Plocha zátopy na kótě hladiny stálého nadržení: 1,43 ha
- Plocha zátopy při maximální hladině: 12,50 ha
- Povodeň s dobou opakování $N = 100$ let
 - Hladina při průchodu PV_{100} (podle [3]): 289,58 m n. m.
 - Kulminační průtok: 24 m³/s
- Povodeň s dobou opakování $N = 1000$ let
 - Hladina při průchodu PV_{1000} (podle [3]): 289,87 m n. m.
 - Kulminační průtok: 43 m³/s

3.3.1 Batygrafické čáry

Batygrafické křivky nádrže vychází z funkce, opisující závislost mezi zatopenou hloubkou v nádrži, zatopenou plochou a zatopeným objemem. Tyto křivky v podstatě vyobrazují tvar zátopy, jinak řečeno morfologii terénu. Křivka zatopených ploch udává závislost mezi výškou plnění nádrže (poloha hladiny v nádrži) H a jí příslušnou plochou hladiny A , která odpovídá plnění. Křivka zatopených objemů zase vyjadřuje závislost mezi výškou plnění nádrže (polohou hladiny v nádrži) H a zatopeným objemem V . [3] Obě křivky jsou znázorněny v Příloze č. 2.

Batygrafické křivky (čáry zatopených ploch) byly stanoveny na základě údajů v Manipulačním řádu [3], kde byly uvedeny jak zatopené plochy, tak objemy. Pro účely výpočtu a souběžně kontroly byly spočítány jednotlivé objemy na základě zatopených ploch z MŘ [3] závislé na nadmořské výšce.

Objemy byly vypočteny dle vztahu:

$$V_d = (A_{n-1} * h_n) + (A_n - A_{n-1}) * \frac{h_n}{2} \quad (4)$$

$$V = \sum V_d \quad (5)$$

kde: V_d – hodnota dílčího objemu [m^3]

A_{n-1} – plocha dna dílčího objemu [m^2]

A_n – plocha hladiny dílčího objemu [m^2]

h_n – výška mezi plochou hladiny a dnem dílčího objemu [m]

V – celkový objem nádrže [m^3]

3.4 OKOLNOSTI OVLIVŇUJÍCÍ BEZPEČNOST VODNÍHO DÍLA PŘI POVODNI

Podle manipulačního řádu [3] nemá VD Tršice stálou obsluhu, která by případně zajišťovala okamžitou manipulaci za možné povodně. Šoupátka u spodních výpustí jsou ovládána ze sruženého objektu několik metrů nad samotnými uzávěry.



Obrázek 6: Ovládání spodních výpustí

3.4.1 Manipulace s vodou a převádění povodní

Provozní hladina je na kótě 287,90 m n. m. (tolerance ± 10 cm) díky šoupátkovým uzávěrům spodních výpustí. Po výlovu je rybník v zimě provozní hladina snížena a její plnění probíhá pomocí přítoků přesahujících MZP. Z hygienických důvodů a pro zachování rovnováhy biologického života v nádrži je nutné, aby byl prostor stálého nadržení trvale napuštěn. [3]

Tabulka 7: Dodržování hladin [3]

ozn. hladin	Kóta	Prostor v nádrži	Rozmezí hladin	Dílčí objem	Celkový objem	Zatop. plocha
	[m n. m.]		[m n. m.]	[tis. m ³]	[tis. m ³]	[ha]
M _s	280,10	stálého nadržení	277,20 – 280,10	20,20	20,20	1,43
M _z	288,90	zásobní	280,10 – 288,90	651,80	672,00	11,82
M _{MAX}	289,70	retenční	288,90 – 289,70	97,00	769,00	12,50

Minimální průtok pod vodním dílem

Minimální zůstatkový průtok, který je nutné dodržovat v toku, který vytéká pod hrází je zajištěn nastavením šoupátkového uzávěru na spodní výpusti. MZP činí 12,0 l/s. Podle momentální kóty, na které se nachází hladina v nádrži, se zvolí nastavení otevření šoupátkového uzávěru a tím je dosažen potřebný průtok. Rozsah tohoto otevření je 15–25 %. [3]

Manipulace s vodou

Manipulací s vodou rozumíme veškeré umělé zásahy, které ovlivňují průtoky, vodní stavy, a také jakost vody v tocích a vodních nádržích. Muže jí být například plánovité plnění a vypouštění nádrží, odebírání vody nebo vzdouvání hladiny. [7]

Napuštění nádrže

Nádrž bývá vypuštěna jen po dobu nutnou k jejímu vyprázdnění, jejíž trvání udávají okolnosti nezbytně nutné. Ihned po pominutí těchto okolností, musí být ihned zahájeno napouštění nádrže. Napouštění MVN Tršice se provádí pomocí přirozeného přítoku potoka Olešnice a jeho zdržováním, avšak nesmí být porušen MZP pod hrází. [3]

Manipulace v prostoru stálého nadržení

Z hygienických, estetických a ekologických důvodů musí prostor stálého nadržení zůstat trvale naplněn. Pokud dosáhne hladina kóty stálého nadržení, je nutné, aby bylo omezeno vypouštění vody z nádrže, a to tak, že je vypouštěno pouze to, co do nádrže přiteče. Tím je hladina udržována na kótě stálého nadržení (280,10 m n. m.). Řízení hladina nádrže klesá pod kótu stálého nadržení mimo každoroční výlov pouze v mimořádných případech, jako jsou revize, opravy a technickobezpečnostní prohlídky. Toto vypouštění musí být předem vodoprávně projednáno s výjimkou případů ohrožení vodního díla. Ihned po pominutí nutnosti vypustit

nádrž pod hladinu stálého nadržení je nádrž znovu napouštěna pomocí přítoku z potoka Olešnice se zachováním MZP pod hrází. [3]

Tabulka 8: Prostor stálého nadržení [3]

Kóta dna nádrže (min)	277,20 m n. m.
Kóta hladiny prostoru stálého nadržení	280,10 m n. m.
Objem prostoru stálého nadržení	20,20 tis. m ³
Zatopená plocha při M_s	1,43 ha

Manipulace v zásobním prostoru

Kóta provozní hladiny MVN Tršice je udržována na hodnotě 287,90 m n. m. (tolerance ± 10 cm). Hladinu je možné snížit z následujících důvodů [3]:

- 1) Uvolnění prostoru pro zachycení povodňových průtoků.
- 2) Provozní důvody (proplachování výpusti, zhoršení jakosti vody až do nepřipustných hodnot, zkoušky funkčnosti uzávěru).
- 3) Výlov ryb.
- 4) Ohrožení bezpečnosti VD.

Jakmile dojde k dokončení úkonů výše definovaných, v nádrži dochází k opětovnému napouštění pomocí zadržování přítoku z potoka Olešnice při zachování MZP, až do dosažení kóty původní provozní hladiny. [3]

Tabulka 9: Zásobní prostor [3]

Kóta min. hladiny zásobního prostoru	280,10 m n. m.
Kóta max. hladiny zásobního prostoru	288,90 m n. m.
Objem zásobního prostoru	651,80 tis. m ³
Zatopená plocha při max. zásobní hladině	11,82 ha

Manipulace v retenčním prostoru

Tento retenční prostor je neovladatelný a plní se v případě, kdy nádrží prochází povodňové průtoky. Pokud hladina přesáhne kótu maximální tolerance provozní hladiny (288,90 m n. m.), začne voda přepadávat přes korunu bezpečnostního přelivu. Není-li zde riziko překročení mezní bezpečné hladiny, nemusí být převádění povodňových průtoků nijak regulováno. [3]

Tabulka 10: Retenční prostor [3]

Kóta min. hladiny retenčního prostoru	288,90 m n. m.
Kóta max. hladiny	289,70 m n. m.
Objem retenčního prostoru	97,0 tis. m ³
Zatopená plocha při max. hladině	12,50 ha

Vypouštění nádrže

Mimo každoroční výlov k vypouštění vody pod hladinu stálého nadržení dochází jen ve výjimečných případech, které musí být patřičně odůvodněny a uživatelem vodního díla oznámeny správci toku a vodoprávnímu úřadu. Je nutné zohlednit stabilitu svahů hráze a břehů, která by mohla být nepřiměřeně rychlým vypouštěním narušena. Proto je stanovena maximální rychlost poklesu hladiny, která činí 0,3 m za 24 hodin. Vypouštění se provádí pomocí postupného otevírání obou spodních výpustí, jež jsou součástí sdruženého objektu. Dochází-li k plánovanému vypouštění nádrže, nesmí být ohrožena stabilita koryta toku pod hrází, což je zajištěno nepřekročením neškodného průtoku. Voda by měla být vypouštěna pozvolně a rovnoměrně, aby nedocházelo k velkým změnám průtoku, které by mohly zapříčinit velké změny průtoků v korytě pod nádrží a nadměrné zanášení bahnem. Kdyby k podobným situacím došlo, je uživatel VD povinen uvést koryto pod hrází do původního stavu. Stav, kdy je voda z VD vypouštěna, je vhodnou příležitostí pro uživatele VD, aby uskutečnil prohlídku a případné opravy zařízení, ke kterým nemá za normálního stavu vody přístup. Uvedené postupy a požadavky při vypouštění VD nemusí být dodrženy, pokud je bezpečnost VD bezprostředně ohrožena. [3]

Manipulace za povodní

Předepsaná tolerance výšky hladiny činí 288,00 m n. m. Je-li tato hodnota překročena, obsluha zahájí otevírání šoupátkových uzávěrů spodních výpustí. Uzávěry jsou otevírány takovým způsobem, aby bylo zabráněno stoupání hladiny nad předepsanou toleranci. Přesáhne-li přítok mez, kterou jsou spodní výpusti schopny převádět, dojde k plnění uvolněného zásobního prostoru nádrže. V situaci, kdy hladina překročí maximální hladinu zásobního prostoru (288,90 m n. m.), zůstanou spodní výpusti otevřeny jen tak, aby byl přes ně převáděn právě MZP, zbytek vody plní zásobní prostor a poté bez regulace přepadá přes bezpečnostní přeliv. Hrozí-li překročení maximální hladiny (289,70 m n. m.), spodní výpusti se otevřou na plnou kapacitu. [3]

3.4.2 Bezpečnostní opatření a manipulace za mimořádných okolností

Opatření na ochranu před povodněmi zajišťuje Povodňová komise města Tršice dle povodňového plánu. Při povodňových situacích se postupuje podle zákona č. 254/2001 Sb., o

vodách. VD Tršice I není zapojeno do „Hlásné povodňové služby“ dle Metodického pokynu odboru ochrany vod Ministerstva životního prostředí pro provádění hlásné a předpovědní povodňové služby č. 9/2011

Stupně povodňové aktivity na vodním díle

		Hladina	čtení na lati /přepad	odtok BP	přítok nádrž
		m n. m.	cm	m ³ /s	m ³ /s
I. SPA	stav bdělosti	288,70	0	0	<5
II. SPA	stav pohotovosti	288,90	0	0	>5
III. SPA	stav ohrožení	289,20	30	7,0	

Při běžném provozu je obsluhou sledována hladina na lati minimálně 1× týdně.

Při dosažení I. SPA obsluha sleduje hladinu 2× denně, v případě rychlého stoupání hladiny se situace řeší operativně dle potřeby.

Při dosažení II. SPA uzavírá obsluha šoupátka na spodní výpusti, sleduje celou situaci a případný průběh povodně, zároveň kontroluje BP, kde nesmí dojít k zanášení nečistotami, které by ovlivnily přepad vody.

Při dosažení III. SPA je obsluhou informována PK obce Tršice a četnost dohledu se zvýší na 1× za hodinu, v případě mimořádně nepříznivých podmínek je nutný stálý dohled.

Obsluha po celou dobu trvání povodně zapisuje zjištěné stavy hladiny do provozního deníku.

3.4.3 Kontrolní povodňová vlna (KPV)

KPV je průtoková vlna určená kulminačním průtokem se zvolenou pravděpodobností překročení, objemem a časovým průběhem. [1]. KPV pro VD Tršice I je PV1000 (viz odst. 3.1.4 s tabulkou č. 6).

3.5 HYDRAULICKÉ VÝPOČTY

3.5.1 Spodní výpusti

Spodní výpusti by měly být schopné převést předepsaný průtok. Měrná křivka spodních výpustí je znázorněna v Příloze č. 7.

Průtok spodními výpustěmi byl stanoven dle vztahu:

$$Q = S_p \frac{(2gH)^{0,5}}{(1 + \xi_c)^{0,5}} \quad (6)$$

kde: S_p – průtočná plocha spodní výpusti,

H – výška hladiny (rozdíl mezi hladinou a osou potrubí na výtoku)

ζ_c – celkové ztráty (místní ztráty, vzhledem k délce potrubí $L = 2$ m, nebyla do výpočtu započtena ztráta třením po délce, pozn. $\xi_{\text{vtok}} = 0,5$; $\lambda L/D = \text{cca } 0,145$ a $\lambda = \text{cca } 0,029$, lze dopočítat přes C-W vztah nebo Nikuradseho vzh)

Ztráty

Celkové ztráty jsou pak součtem ztrát vzniklých ztrát na vtoku a ztrát třením, případně dalších ztrát vzniklých v potrubí.

Celkové ztráty dle vztahu:

$$\xi_c = \sum \xi_i \quad (7)$$

kde:

ζ_c – celkové ztráty

ζ_i – jednotlivé dílčí ztráty

Třecí ztráty byly počítány dle vztahu:

$$\xi_{\text{tření}} = \frac{125n^2l}{D^{\frac{4}{3}}} \quad (8)$$

kde: D – průměr potrubí

l – délka potrubí

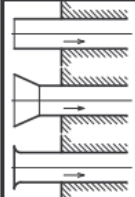
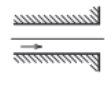
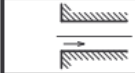
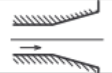
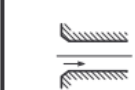
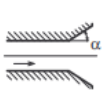
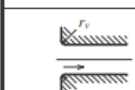
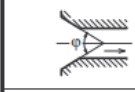
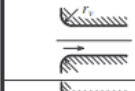

n – Manningův drsnostní součinitel (pro ocel 0,012) [25]

Ztráty při vtoku určeny dle:

$$\zeta_{\text{vtok}} = 0,5$$

Hodnota byla stanovena na základě tab. 12, kde ζ_{vi} je součinitel ztráty vtokem, ζ_{ni} součinitel ztráty výtokem, L je délka seříznutí a D průměr potrubí.

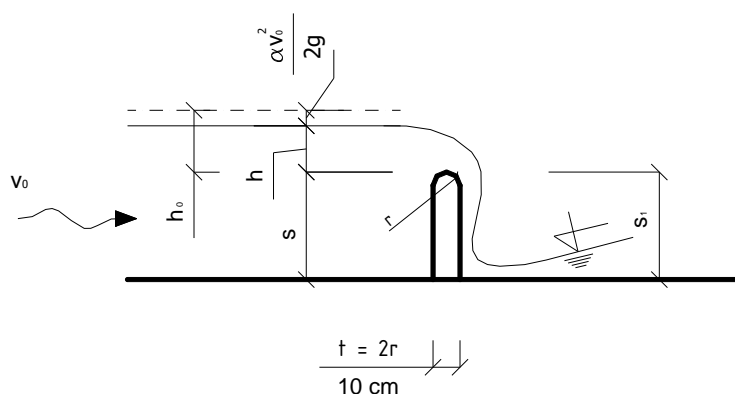
Tabulka 11: Součinitel ztráty vtokem a výtokem [11]

typ vtoku	popis, platnost	ξ_{vi}	typ výtoku	popis,	ξ_{ni}
	potrubí zasahuje do nádrže	0,8 - 1,0		ostrohranný výtok	1,10
	ostrá vstupní hrana	0,5		$L > 2,2 D$	0,15
	seříznutá vstupní hrana $L / D \cong 0,1$	0,25		$\alpha = 20^\circ$ $\alpha = 40^\circ$ $\alpha = 60^\circ$	0,40 1,00 1,15
	zaoblená vstupní hrana $r_v / D \cong 0,06$	0,20			
	kónicky rozšířený vtok $\varphi \in (40^\circ; 80^\circ)$ $L \in (0,2; 0,3) D$	0,13			
	kruhově zaoblený vtok $r_v = 0,2 D$ $L = 1,25 D$	0,11			
	vtok podle Lískovce (strofoida)	0,04			

3.5.2 Bezpečnostní přeliv

Součinitel přepadu

V případě kruhového zaoblení koruny přelivu se jedná o jednoduchou a hydraulicky vhodnou úpravu pevných přelivů různých objektů. Sypané přehrady budované ve druhé polovině 20. století byly nejčastěji řešeny tak, že přeliv byl proveden jako boční tvořený nasazenou půlkruhovou přelivnou plochou. Na vodních dílech v povodí řek Moravy a Odry se v tomto období používalo pevných přelivů s kruhově zaoblenou korunou, jenž byly součástí bezpečnostních bočních přelivů nebo šachtových přelivů s dvojitou přímou přelivnou hranou. Ve vodohospodářských laboratořích pracovišť VUT v Brně byly pomocí fyzikálního modelování posuzovány návrhy podobných objektů. Jelikož však byla použita různá měřítká modelové podobnosti a rozmanitosti hydraulických a hydrologických veličin včetně tvarového řešení objektu a morfologie zájmové lokality, nebyla získána jednoznačné řešení otázky závislosti součinitele přepadu na parametrech sledovaného přelivu. K získání detailnějších poznatků o přepadu paprsku vody přes kruhově zaoblenou korunu a o vlivu proměnnosti přepadové výšky a poloměru zaoblení bylo nutné provést v laboratořích Ústavu vodních staveb Fakulty stavební VUT v Brně sérii fyzikálních experimentů.



Obrázek 7: Přepad přes přeliv s kruhově zaoblenou hranou [6]

Součinitel přepadu m byl vyhodnocován u čtyř symetrických tvarů přelivu, a to pro případy kdy $s=s_1$ a $s/2r=1,2,3,4$. Množství vody, která přitékala na model bylo stanoveno z měrné křivky přelivu (dále jen „MKP“) z odečtené přepadové výšky na vodočtu měrného trojúhelníkového Thomsonova přelivu. Přepadová výška h byla získána měřením polohy hladiny před přelivem a polohy koruny přelivu pomocí hrotového měřítka.

Výsledek experimentu měl mimo jiné posloužit pro projektanty, zabývající se návrhy podobných vodních děl, pro něž je téměř nezbytné znát detailní parametry ovlivňující proudění přes daný přeliv, jelikož se jedná o pomůcku k dosažení funkčního a ekonomicky nejvýhodnějšího návrhu. [6]

Příloha 8 uvádí vybrané vztahy pro výpočet součinitele přepadu m . V horní části se výpočty týkají primárně čísla C_D , ze kterého dostáváme součinitel m následující rovnicí:

$$m = \frac{2 * C_D \sqrt{3}}{9} \quad (9)$$

Pro další výpočty byl součinitel m zvolen na základě výběru nejvyšší přepadové výšky h (tabulka 12), která vyšla po zadání hodnot vycházejících z manipulačního řádu [3] a z měření na VD Tršice.

Příloha 9 obsahuje přehledný graf znázorňující proměnlivost jednotkového průtoku (nezávislého na délce přelivné hrany) pro BP Tršické nádrže I podle různých vztahů.

Příloha 10 znázorňuje různé hodnoty výšky přepadového paprsku h , které vyšly výpočtem v Příloze 8.

Tabulka 12: Srovnání přepadové výšky h dle různých vztahů pro průtok Q = 43 m³/s a přeliv na VD Tršice I (skutečná délka přelivné hrany je 2 × 11,3 m)

Teorie	h
REHBOCK (1929)	0.875
FAWER (1937)	0.885
JAEGER (1956)	0.898
MATTHEW (1963)	0.853
	0.876
	0.872
MONTES (1964)	0.915
SARGINSON (1972)	0.818
ROUVE and INDLEKOFER (1974)	0.906
	0.914
PRESENT STUDY	0.847
	0.902
Rehbock (z Boora)	0.869
Stara a Koutková	0.879

Z tabulky 12 vychází vztah pro výpočet součinitele přepadu m :

$$C_D = 1,169 * \left(\frac{h}{r}\right)^{1/8} \quad (10)$$

kde: h – výška přepadového paprsku nad korunou BP

r – poloměr zaoblení přelivné hrany

Výpočet přepadového množství

Výpočet přepadového množství je znázorněn v Příloze 11 a provádí se podle [19]:

$$Q = m * b_0 * \sqrt{2g} * (h_0)^{3/2} \quad (11)$$

kde: m – součinitel přepadu

b_0 – účinná délka

g – gravitační zrychlení

h_0 – přepadová výška

Účinnou délku b_0 zjistíme dle vztahu [19]:

$$b_0 = b - 0,1 * \xi n h_0 \quad (12)$$

kde: b – naměřená délka přelivné hrany

ξ – součinitel zúžení

n – počet zúžení

h_0 – přepadová výška



Obrázek 8: Detail na hranu bezpečnostního přelivu

3.5.3 Transformace povodňové vlny

Parametry vln jsou uvedeny v kapitole 3.3, tyto n-leté povodňové vlny jsou znázorněny v Příloze 3.

Při řešení se vychází z následujících vztahů:

$$\frac{dV(t)}{dt} = Q_{in}(t) - Q_{out}(t)$$

$$dV(t) = A_s(h(t)) \cdot dh(t)$$

$$A_s(h(t)) \frac{dh(t)}{dt} = Q_{in}(t) - Q_{out}(t)$$

$$Q_{out}(t) = Q(h(t))$$

(13)

kde: $Q_{in}(t)$ – přítok vody do nádrže

$Q_{out}(t)$ – odtok vody z nádrže (přes přeliv a spodní výpusti)

$dV(t)/dt$ – okamžitá změna objemu vody v nádrži

$A_s(h(t))$ – zatopená plocha

$dh(t)/dt$ – okamžitá změna hloubky vody v nádrži

K řešení byl využit programový produkt NÁDRŽ [16]. Výsledky výpočtů jsou uvedeny v Přílohách 12, 13, 14, 15, 16 a 17.

4 STANOVENÍ MEZNÍ BEZPEČNÉ HLADINY

Hladina mezní bezpečná je kóta hladiny v nádrži, při jejímž překročení nastává aktuální nebezpečí poruchy a havárie díla. [9]

Pro stanovení mezní bezpečné hladiny (MBH) byla dle normy ČSN 75 2935 [1] posuzována tato hlediska:

- 1) Celková stabilita hráze z globálního pohledu (porušení po smykové ploše).
- 2) Provalení tělesa hráze v důsledku ztráty filtrační stability.
- 3) Protržení hráze při jejím přelití v důsledku povrchové eroze.
- 4) Výběh větrové vlny

4.1 STABILITA HRÁZE

Pro malé vodní nádrže není obvykle globální stabilita porušením podél smykové plochy podrobněji posuzována podle [22]. Podle manipulačního řádu [3] je těsnící část hráze z jílovité hlíny, která při zatřídění dle [8] odpovídá MI třídě F5. Návodní stabilizační část je nasypána z hlinitokamenité suti, vzdušná část z jílovitého zahliněného štěrku. Vlastnosti stabilizační části byly odhadnuty na štěrk s příměsí jemnozrnné zeminy se symbolem G-F třídy G3 [8]. Dle Tabulky 6 [8] odpovídají sklony na návodní straně 1:3 a na vzdušné 1:1,75. Návodní svah hráze svým převažujícím sklonem 1:3,25 pravděpodobně vyhoví a vzdušný svah s průměrným sklonem 1:2,13 také vyhovuje, uvažujeme-li zatřídění odhadnuté výše.

4.2 PROVALENÍ TĚLESA HRÁZE V DŮSLEDKU ZTRÁTY FILTRAČNÍ STABILITY

Pro posouzení průsakového režimu tělesa hráze při hladinách uvedených v tabulce 13 byla použita následující rovnice (vztah mezních stavů) [23]:

$$\gamma_{sit}\gamma_n\gamma_{fa}i \leq \gamma_{stf}\gamma_{fp}i_k \quad (14)$$

kde: i – střední hydraulický gradient

γ_{sit} – součinitel návrhové situace [-] ($\gamma_{sit} = 0,9$ [23])

γ_n – součinitel účelu [-] ($\gamma_n = 1,2$ [23])

γ_{fa} – součinitel spolehlivosti zatížení [-] ($\gamma_{fa} = 1,3$ [23])

γ_{stf} – součinitel mezního stavu filtrační deformace [-] ($\gamma_{stf} = 0,9$ [23])

γ_{fp} – součinitel spolehlivosti odolnosti zeminy [-] ($\gamma_{fp} = 0,8$ [23])

i_k – normový kritický střední hydraulický gradient [-] ($i_k = 1,35$ pro jílu [23])

Střední hydraulický gradient i_p se stanoví dle [23]:

$$i = \frac{H}{L} \quad (15)$$

kde: H – výška hladiny vody k vyústění průsakové dráhy [m]

L – délka průsakové dráhy [m]

Posudek byl proveden pro dva stavy:

- Průsak tělesem hráze při maximální hladině.
- Průsak podél základové spáry při maximální hladině.

Konstrukce hráze vyhověla pro oba stavy, výsledky byly zaznamenány do tabulky níže.

Tabulka 13: Posouzení na ztrátu filtrační stability

Stav hladiny	i	$\gamma_{sit} \gamma_n \gamma_{fa} i$	$\gamma_{stf} \gamma_{fp} i_K$	Hodnocení
288,90 m n. m.	0,67	0,945	1,080	SPLŇUJE
289,70 m n. m.	0,72	1,011	1,080	SPLŇUJE
290,15 m n. m.	0,74	1,048	1,080	SPLŇUJE
290,53 m n. m.	0,77	1,079	1,080	SPLŇUJE
290,85 m n. m.	0,79	1,106	1,080	NESPLŇUJE

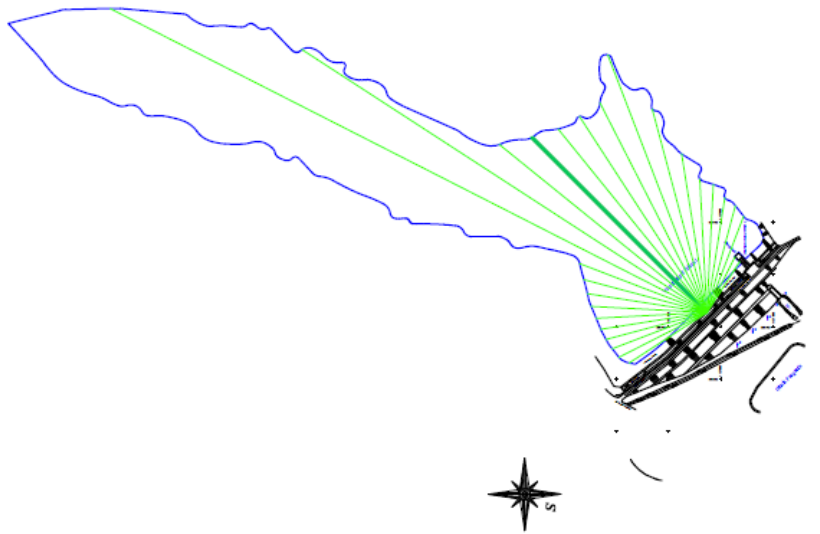
MBH pro provalení tělesa hráze v důsledku ztráty filtrační stability byla stanovena na kótě 290,53 m n. m.

4.3 PROTRŽENÍ HRÁZE PŘI JEJÍM PŘELITÍ

Kóta koruny hráze je 290,85 m n. m. [3]. Kóta koruny těsnícího jádra je dle přílohy 7 v manipulačním řádu [3] 290,15 m n. m. Pro případ možného přelití hráze uvažujeme tedy kótu 290,15 m n. m., což je tedy MBH pro přelití

4.4 VÝBĚH VĚTROVÉ VLNY

Jako příčina přelití byl uvažován i možný výběh větrové vlny. Výpočet byl proveden v souladu s normou [24]. Výběh větrové vlny byl stanoven na hodnotu 0,84 m, postup výpočtu je v Příloze 18. Kóta mezní bezpečné hladiny po výpočtu činí 289,31 m n. m.



Obrázek 8: Teoretické trasy větrových vln na MVN Tršice I

Pro účely určení MBH na kótě 290,15 m n. m. je počítáno s maximálně 20letou povodňovou vlnou (z tabulky 3), která v kombinaci se 100letou větrovou vlnou, spočtenou v Příloze 18, dosáhne právě této hladiny.

4.5 CELKOVÝ SOUHRN

Po zhodnocení bodů 4.2 a 4.3 jednotlivým kritériím odpovídají tyto kóty MBH:

- Provalení hráze 290,53 m n. m.
- Protržení hráze přelitím 290,15 m n. m.
- Výběh větrové vlny 289,31 m n. m.

Mezní bezpečná hladina pro MVN Tršice odpovídá 290,15 m n. m. Nepředpokládá se totiž, že by dosažení maximální hladiny a výběh větrové vlny nastaly v jeden okamžik.

5 STANOVENÍ KONTROLNÍ MAXIMÁLNÍ HLADINY V NÁDRŽI (KMH)

5.1 ZÁSADY STANOVENÍ

Hladina maximální kontrolní je maximální hladina v nádrži při zvolených předpokladech a podmínkách převedení kontrolní povodňové vlny přes vodní dílo. [9]

KMH se stanoví řešením úlohy transformace povodňové vlny retenčním účinkem nádrže. Pokud se hydrologický podklad sestává z několika variant KPV, úloha je řešena opakovaně. V případech, kdy nemá transformace významný účinek nebo se vůbec neuplatní, stanovuje se KMH pomocí odečtení ze souhrnné měrné křivky bezpečnostních a výpustních zařízení pro příslušný kulminační průtok KPV. Pro vodní díla zařazená do I. až III. kategorie (dle kapitoly 3.1.4) bývá vždy retenční účinek kvantifikován. Je-li retenční účinek zanedbán, musí být toto zdůvodněno. [1]

Výchozí hladina vody v nádrži se určuje z manipulačního řádu, nebo může být určena zhodnocením účelu a reálných podmínek využívání nádrže. Je-li VD mimo jiné určeno i k ochraně před povodněmi a součástí nádrže je dle platného manipulačního řádu vyčleněný ovladatelný retenční prostor, může být tento prostor v příslušné velikosti zahrnut při výpočtu transformace povodňové vlny. Případné zvětšení objemu pro retenci, které by bylo dosaženo vypuštěním části zásobního objemu na základě hydrologické předpovědi, se ve výpočtu neuvažuje. [1]

Bezpečnostní a výpustná zařízení mohou být pro převádění povodňových průtoků využita podle manipulačního řádu s prověřením reálnosti a vhodnosti manipulačních zásad. Počítá se s případnými omezeními TBD (např. mezní hodnoty rychlosti změny hladiny v nádrži z hlediska stability hráze). Není-li zpracován manipulační řád, manipulace je následně volena dle zásad [1]:

- Se snížením hladiny předčasným vypuštěním nádrže se nepočítá.
- U hrazeného přelivu se nepředpokládá manipulace s uzávěry a uvažuje se nejnepříznivější stav zahrazení všech otvorů.
- Přepad vody přes přeliv je neřízený ve výši pravděpodobné využitelné kapacity (plaveniny nebo omezení na odtoku).

5.2 VARIANTY PRO STANOVENÍ KMH

Pro stanovení KMH v nádrži byly uvažovány tyto varianty:

- A. Hladina v nádrži je na kótě zásobní hladiny (288,90 m n. m.), spodní výpusti jsou otevřeny.
- B. Hladina v nádrži je na kótě zásobní hladiny (288,90 m n. m.), jedna spodní výpust' je otevřena na 20 %, druhá spodní výpust' uzavřena.
- C. Hladina v nádrži je na kótě zásobní hladiny (288,90 m n. m.), spodní výpusti jsou uzavřeny.

Pro stanovení KMH byl použit programový produkt NÁDRŽ [16]. K výpočtu byly použity povodňové vlny PV1000 [3] a PV100 [3].

Tabulka 14: Výsledky variant A-C pro PV100

Varianta	Hladina KMH [m n. m.]	Posouzení
A	289,494	Vyhoví
B	289,543	Vyhoví
C	289,547	Vyhoví

Tabulka 15: Výsledky variant A-C pro PV 1000

Varianta	Hladina KMH [m n. m.]	Posouzení
A	289,781	Vyhoví
B	289,823	Vyhoví
C	289,826	Vyhoví

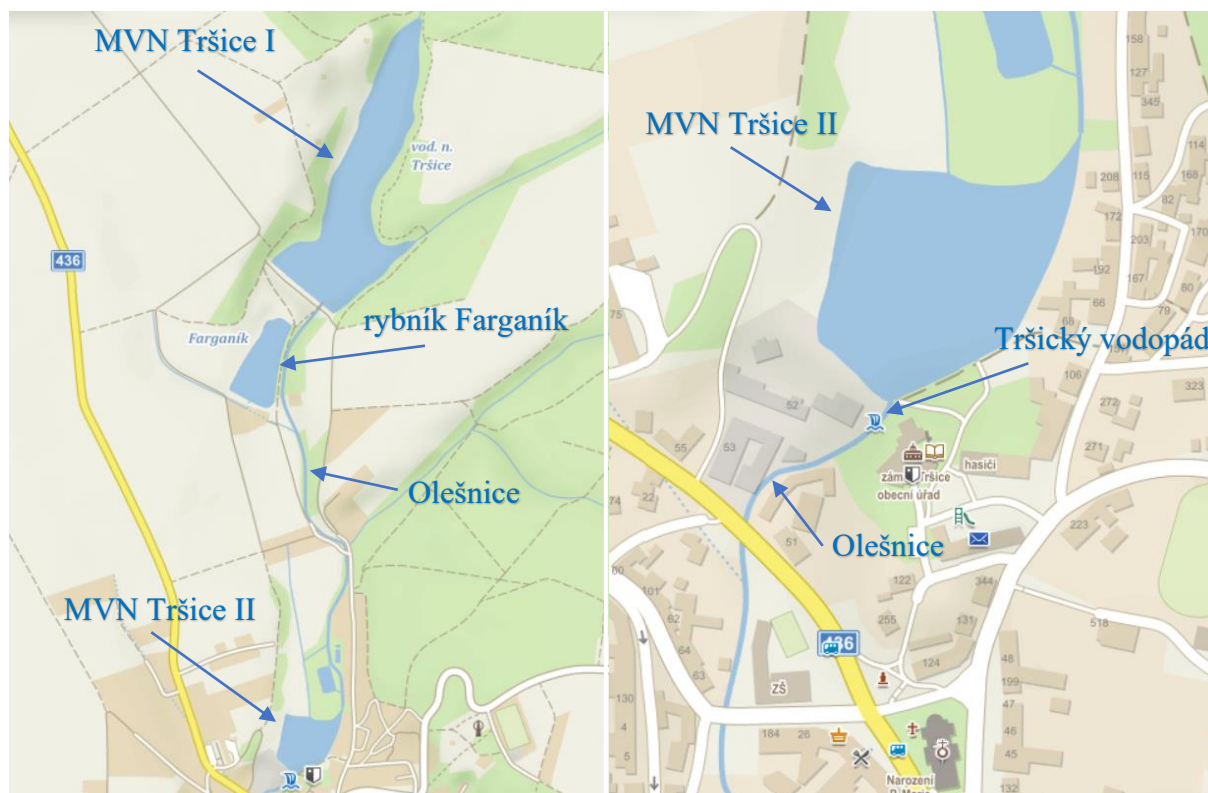
Ani u jedné z variant při stanovení KMH nedojde k překročení MBH stanovené v kapitole 4, tedy **MBH > KMH**.

6 ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ

Z hydraulických výpočtů a posudků vyplývá, že MVN Tršice I ve smyslu požadavků ČSN 75 2935 [1] je bezpečná.

7 NÁPRAVNÁ A NOUZOVÁ OPATŘENÍ

Důležité je zmínit fakt, že nedaleko směrem dolů po toku Olešnice se nachází malá vodní nádrž Tršice II, spadající do IV. kategorie dle [4]. Tedy VD III. kategorie se nachází nedaleko nad VD nižší (IV.) kategorie. Většina odtoku z případné PV by směřovala právě do nádrže Tršice II., u které není zjištěno, zda by takovému průtoku odolala. Voda z MVN Tršice II odtéká tzv. „Tršickým vodopádem“ a dále teče jako potok Olešnice středem obce Tršice, kterou by případná PV mohla ohrozit.



Obrázek 9: MVN Tršice II a její umístění v blízkosti zástavby v obci Tršice [26]

7.1 NÁPRAVNÁ OPATŘENÍ

7.1.1 Oprava konstrukce vlnolamu

Na vlnolamu nacházejícím se na návodní straně koruny hráze jsou vidět známky degradace materiálu – v tomto případě železobetonu. V důsledku drobení betonu došlo k odhalení výztuže. Z tohoto důvodu je navržena oprava stávajícího vlnolamu pro zlepšení jeho vlastností.



Obrázek 10: Odhalená výztuž ve spodní části vlnolamu

7.1.2 Vzdušný svah hráze a jeho osetí

Na vzdušném svahu hráze je patrné porušení svrchní části zeminy, údajně zapříčiněné nepovolenými vjezdy motorek na svah. Dále se na několika místech na vzdušném svahu hráze vyskytují větší shluky rostlin, které by mohly indikovat místní průsaky hrází. Na vzdušném svahu již byl v minulosti zaznamenán domnělý průsak, avšak průzkum ukázal, že se jednalo o špatné hutnění zeminy v místě domnělého průsaku. Doporučuji zákaz ježdění na motorkách a čtyřkolkách po hrázi jejím blízkém okolí.



Obrázek 11: Porušení osetí na vzdušném svahu

7.1.3 Vybudování retenční nádrže na vtoku

V současnosti se při stavbě vodních nádrží často využívá retenčních nádrží, které jsou budovány na vtoku do nádrže a jejich funkcí je zachycovat usazeniny, které tak dále neproudí do nádrže a nezpůsobují navyšování dna, a tudíž zmenšení zásobního objemu nádrže. [14]

Toto řešení bývá často chápáno jako ekologičtější v porovnání s odbahňováním nádrže, které ve výsledku nemá vliv na schopnost nádrže převést povodňovou vlnu, protože neovlivní hladinu zásobního prostoru, neodstraníme-li materiál nad úroveň zásobní hladiny, což není běžnou praxí. [20]

7.2 NOUZOVÁ OPATŘENÍ V PŘÍPADĚ NAVÝŠENÍ PV1000

V případě, kdy by bylo třeba, aby byla nádrž schopna převést množství vody, které by přesahovalo nynější hodnoty PV1000 [3], je navrženo několik řešení, která by se dala na daném místě provést. Otázkou zůstává vztah mezi finanční náročností a výsledným užitekem. Velmi podstatnou roli hrají retenční nádrže v zemědělských oblastech, kde dochází k půdní erozi a k následnému přesunu materiálu do vody.

7.2.1 Zvětšení průřezové plochy odpadního tunelu

Odpadní tunel, kterým proudí voda přelévající se z bezpečnostního přelivu a ústící do odpadního koryta, má rozměry 3,65 m na šířku a cca 3 m na výšku [3]. Kdyby bylo potřeba převést větší průtok, mohlo by dojít k zahlcení odpadního tunelu, a tím ke změně měrné křivky BP. Odpadní tunel by bylo tedy potřeba upravit tak, aby byla jeho plocha v průřezu vyšší. Tato úprava by však v případě provedené zahrнула i úpravy popsané v kapitole 7.2.3 nebo 7.2.5.

7.2.1 Zvýšení tělesa hráze

Těsnící jádro koruny určuje mezní bezpečnou hladinu z hlediska přelítí hráze (kapitola 4). Navýšením tohoto jádra by tedy bylo možné zvýšit i MBH s výsledkem zlepšení schopnosti hráze bezpečně zadržet vodu o vyšší hladině, než je schopna zadržet nyní.

7.2.2 Přidání pomocného (nouzového) bezpečnostního přelivu

Pokud by současný bezpečnostní přeliv nebyl schopen převést potřebné průtoky, nabízí se možnost vybudovat na hrázi VD Tršice I další bezpečnostní přeliv, který by pomáhal zvládat velké průtoky. V této funkci se obvykle uplatňuje průleh v hrázi, běžně navazující na jednoduchý odpadní skluz, nebo odvádějící přebytky do míst, kde nezpůsobí velkou škodu.

Levé zavázání

Současný BP se nachází právě na levé straně hráze, nově vybudovaný pomocný přeliv by byl tedy umístěn v okolí stávajícího, přesněji blíže ke břehu a ústil by do koryta Olešnice. Problémem může být velký sklon terénu směrem ke korytu, který by vyžadoval důkladné opevnění. Průleh by vedl přes cestu procházející přes hráz a dovoval by tak případné povodňové vlně přetéci až do původního koryta.

Pravé zavázání

Pravá strana hráze je položena níže než strana levá. Terén je na této straně mírně svažité, tudíž by umožňoval výhodnější sklon pro záložní odpadní koryto, které by ústilo do rybníka Farganík. Navýšení objemu vody v rybníce by dále bylo regulováno pomocí bezpečnostního přelivu, který se nachází na břehu rybníka sousedícím s tokem Olešnice. Nutností by bylo ověřit schopnost průlehu převést vyšší průtoky a dále stabilitu břehu rybníka, který je zároveň jakousi hrázkou mezi tokem Olešnice a samotným rybníkem.



Obrázek 12: Bezpečnostní přeliv na břehu rybníka

7.2.3 Navýšení koruny hrany stávajícího bezpečnostního přelivu

Dalším řešením je navýšit hranu bezpečnostního přelivu. BP by potom převáděl velkou vodu až po vystoupení hladiny na vyšší úroveň, než je tomu doposud. Voda by tedy byla déle převáděna přes spodní výpusti.

7.2.4 Prodloužení přelivné hrany stávajícího bezpečnostního přelivu

Prodloužením hrany bezpečnostního přelivu by docházelo k větším průtokům, a tedy ke snížení nebezpečí přelití hráze. Bylo by nutné ověřit přehlcení prostoru v tělese hráze, kterým voda protéká do odpadního koryta a prodloužit přelivnou hranu jen na nezbytně nutnou délku. Tyto práce by vyžadovaly velký zásah do provozu celé vodní nádrže.

7.2.5 Vybudování retenční nádrže na vtoku

Abychom zabránili zanášení dna, které je běžným dějem na nemálo vodních dílech, bylo by možné vybudovat výše po toku retenční nádrž, kterou by voda protékala, než by se dostala přímo do MVN Tršice. K usazování neseného materiálu by z velké části docházelo právě zde, a tím by se snížila potřeba provádět v nádrži odtěžování dna. Tato praxe je při výstavbě nových nádrží často používána. Vzhledem k tomu, že materiál ze dna VD Tršice I byl v na přelomu let 2019 a 2020 již odtěžen, jednalo by se spíše o výhledové opatření.

POUŽITÁ LITERATURA

[1] ČSN 75 2935 *Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních*. 1/14. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.

[2] SMOLÍK, Jan. *Technickobezpečnostní dohled nad vodními díly: vybrané informace pro vodoprávní úřady a vlastníky vodních děl*. Aktualizované vydání. Ministerstvo zemědělství, Těšnov 17, 110 00 Praha 1: Ministerstvo zemědělství, Úsek vodního hospodářství, 2014. ISBN 978-80-7434-160-1.)

[3] POVODÍ MORAVY, S.P. Manipulační řád: VD Tršice I [online]. Olomouc, 2017

[4] Souhrnná evidence zařazení vodních děl do I. – III. kategorie z hlediska technickobezpečnostního dohledu (stav k 31. prosinci 2021) [online]. Ministerstvo zemědělství: Ministerstvo zemědělství, 2021 [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/web/mze/voda/technickobezpeecnostni-dohled/seznam-vodnich-del-i-iii-kategorie-tbd/>

[5] *Discharge measurement structures*. Third revised edition. P.O.Box 45, 6700 AA Wageningen, The Netherlands: International Institute for Land Reclamation and Improvement/ILRI, 1989.

[6] STARA, Vlastimil a Helena KOUTKOVÁ. 3. *Vodohospodářská konference 2003 s mezinárodní účastí: Součinitel přepadu přelivu s kruhově zaoblenou korunou z fyzikálních experimentů*. Brno, pp. 379–387, 2003. ISBN 80-86433-26-9. Příspěvek. VUT.

[7] Manipulace s vodou [online]. Povodí Moravy s.p.: Ministerstvo zemědělství České republiky, 2010 [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: <http://www.pmo.cz/cz/uzitecne/vodohospodarsky-slovník/manipulace-s-vodou/>

[8] ČSN 75 2410 *Malé vodní nádrže*. 4/11. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

[9] ŘÍHA, Jaromír a Miroslav ŠPANO. *Hodnocení bezpečnosti určených vodních děl metodou mezních stavů: certifikovaná metodika*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, [2016?]. ISBN 978-80-214-5326-5.

[10] JANDORA, Jan a Jaromír ŘÍHA. *Porušení sypaných hrází v důsledku přelití*. Pod Nemocnicí 13, 625 00 Brno: ECON publishing, 2002. ISBN 80-86433-15-5. Práce a studie Ústavu vodních staveb FAST. VUT v Brně.

[11] JANDORA, Jan, Vlastimil STARA a Miloš STARÝ. *Hydraulika a hydrologie*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-7204-739-0.

[12] ČSN 75 2340 *Navrhování přehrad – Hlavní parametry a vybavení*. 9/17. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.

[13] Vyhláška č. 471/2001 Sb. o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly

[14] PROCHÁZKOVÁ, Petra. Povodí Moravy opravuje a čistí přehrady, pomáhají při deštích i suchu. *IDNES.cz: Zpravodajství* [online]. 2019 [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: https://www.idnes.cz/zlin/zpravy/zlinsky-kraj-povodi-moravy-cisti-prehrady-zadrzi-velkou-vodu-prehrada.A191205_518606_zlin-zpravy_ppr

[15] ŠÁLEK, Jan. *Rybníky a účelové nádrže*. Brno: VUTIUM, 2001. ISBN 80-214-1806-0.

[16] JANDORA, Jan. Programový produkt NÁDRŽ. 2006-2009

[17] Zákon č. 254/2001 Sb. Zákon o vodách a o změně některých zákonů (vodní zákon)

[18] ČSN 75 0101 *Navrhování přehrad – Vodní hospodářství – Základní terminologie*. 9/03. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2003.

[19] BOOR, Boris, Jiří KUNŠTÁTSKY a Cyril PATOČKA. *Hydraulika pro vodohospodářské stavby*. Praha: SNTL, 1968.

[20] JUST, Tomáš, Pavel MORAVEC a Jakub STODOLA. *Doporučení k projektům malých vodních nádrží* [online]. AOPK ČR, regionální pracoviště Střední Čechy: Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, 2020 [cit. 2022-05-22]. Dostupné z: <https://strednicechy.ochranaprirody.cz/pece-o-vodni-rezim-krajiny/male-vodni-nadrze/>

[21] ČSN 75 2405 *Navrhování přehrad – Vodohospodářská řešení vodních nádrží*. 4/17. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.

[22] ČSN EN 1997-1 (731000) Eurokód 7: *Navrhování geotechnických konstrukcí – Část 1: Obecná pravidla*

[23] ŘÍHA, J. a kol. *Malé vodní a suché nádrže*. ČKAIT – PROFESIS 2010, Informační centrum ČKAIT. Publikace č. 19 – Technická pomůcka.

[24] ČSN 75 0255 *Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdržích*. 2/88. Praha: Vydavatelství Úřadu pro normalizaci a měření, 1988.

[25] MATTAS, D. (2014): *Výpočet průtoku v otevřených korytech*. Práce a Studie 205, VÚV T.G.M. Praha. ISSN 1211-3727, ISBN 978-80-87402-27-6

[26] Mapy.cz [online]. [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni>

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Hydrologické údaje – vodní tok Olešnice [3]	9
Tabulka 2: <i>m</i> -denní průtoky (ČHMÚ 2016) [3]	9
Tabulka 3: <i>N</i> -leté průtoky (1981–2010) [3]	9
Tabulka 4: Mezní hodnoty [3]	14
Tabulka 5: Pravděpodobnost překročení (doba opakování) kulminace PV [12]	17
Tabulka 6: Požadovaná míra bezpečnosti pro návrh a posuzování vodního díla [1]	17
Tabulka 7: Dodržování hladin [3]	21
Tabulka 8: Prostor stálého nadržení [3]	22
Tabulka 9: Zásobní prostor [3]	22
Tabulka 10: Retenční prostor [3]	23
Tabulka 11: Součinitel ztráty vtokem a výtokem [11]	26
Tabulka 12: Srovnání přepadové výšky <i>h</i> dle různých vztahů pro průtok $Q = 43 \text{ m}^3/\text{s}$ a přeliv na VD Tršice I (skutečná délka přelivné hrany je $2 \times 11,3 \text{ m}$)	28
Tabulka 13: Posouzení na ztrátu filtrační stability	31
Tabulka 14: Výsledky variant A-C pro PV100	34
Tabulka 15: Výsledky variant A-C pro PV 1000	34

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Rozdělení prostorů a hladin v nádrži [21]	5
Obrázek 2: Rybník Farganík a v pozadí hráz MVN Tršice I	8
Obrázek 3: Koruna hráze.....	10
Obrázek 4: Sdružený objekt Tršice I.....	12
Obrázek 5: Pohled na dno bezpečnostního přelivu a na vyústění drenáže.....	13
Obrázek 6: Ovládání spodních výpustí	20
Obrázek 7: Přepad přes přeliv s kruhově zaoblenou hranou [6]	27
Obrázek 8: Teoretické trasy větrových vln na MVN Tršice I.....	32
Obrázek 9: MVN Tršice II a její umístění v blízkosti zástavby v obci Tršice [26]	36
Obrázek 10: Odhalená výztuž ve spodní části vlnolamu	37
Obrázek 11: Porušení osetí na vzdušném svahu	38
Obrázek 12: Bezpečnostní přeliv na břehu rybníka	40

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Použité zkratky:

BP	bezpečnostní přeliv
BPV	Balt po vyrovnání
ČSN	česká státní norma
DN	jmenovitá světlost
KMH	kontrolní maximální hladina
KPV	kontrolní povodňová vlna
MBH	mezní bezpečná hladina
MKP	měrná křivka průtoku
MŘ	manipulační řád
MVN	malá vodní nádrž
MZe	Ministerstvo zemědělství
MZP	minimální zůstatkový průtok
PK	povodňová komise
PV	povodňová vlna
SPA	stupeň povodňové aktivity
VD	vodní dílo
TBD	technickobezpečnostní dohled

Použité symboly:

A	plocha	$[m^2]$
A_n	plocha hladiny dílčího objemu	$[m^2]$
A_{n-1}	plocha dna dílčího objemu	$[m^2]$

$A_s(h(t))$	zatopená plocha	[m ²]
b	naměřená délka přelivné hrany	[m]
b_0	účinná délka	[m]
D	průměr potrubí	[m]
$dh(t)/dt$	okamžitá změna hloubky vody v nádrži	[m]
$dV(t)/dt$	okamžitá změna objemu vody v nádrži	[m ³]
g	gravitační zrychlení	[m/s ²]
H	výška hladiny	[m n. m.]
H_n	výška mezi plochou hladiny a dnem dílčího objemu	[m]
H_s	průměrný roční úhrn srážek	[mm]
h_0	přepadová výška	[m]
i	střední hydraulický gradient	[-]
i_K	normový kritický střední hydraulický gradient	[-]
L	délka potrubí	[m]
m	součinitel přepadu	[-]
M_{MAX}	kóta maximální hladiny	[m n. m.]
M_s	kóta hladiny stálého nadržení	[m n. m.]
M_z	kóta zásobní hladiny	[m n. m.]
n	Manningův drsnostní součinitel	[-]
N	doba opakování	[roky]
Q	průtok	[m ³ /s]
Q_a	dlouhodobý průměrný roční průtok	[l/s]

$Q_{in}(t)$	přítok vody do nádrže	$[m^3/s]$
$Q_{out}(t)$	odtok vody z nádrže (přes přeliv a spodní výpusti)	$[m^3/s]$
S_p	průměrná plocha spodní výpusti	$[m^2]$
v	rychlost proudění	$[m/s]$
V	objem	$[m^3]$
V_d	hodnota dílčího objemu	$[m^3]$
γ_{sit}	součinitel návrhové situace	$[-]$
γ_n	součinitel účelu	$[-]$
γ_{fa}	součinitel spolehlivosti zatížení	$[-]$
γ_{stf}	součinitel mezního stavu filtrační deformace	$[-]$
γ_{fp}	součinitel spolehlivosti odolnosti zeminy	$[-]$
λ	součinitel ztráty třením	$[-]$
ζ	součinitel zúžení	$[-]$
ζ_c	celkové ztráty	$[-]$
$\zeta_{tření}$	třecí ztráty	$[-]$
ζ_{vtok}	ztráty na vtoku	$[-]$

SEZNAM PŘÍLOH

1. Mapa širších vztahů
2. Batygrafické čáry
3. Průběh n -letých povodňových vln
4. Přehledná situace 1:1000
5. Vzorový příčný řez 1:200
6. Řez výpustným objektem 1:250
7. Měrná křivka spodních výpustí
8. Určení součinitele m
9. Porovnání jednotkového průtoku dle různých vztahů
10. Porovnání hodnot přepadové výšky dle různých vztahů
11. Měrná křivka bezpečnostního přelivu
12. Varianta A při PV100
13. Varianta B při PV100
14. Varianta C při PV100
15. Varianta A při PV1000
16. Varianta B při PV1000
17. Varianta C při PV1000
18. Výpočet účinku větrových vln

SUMMARY

The bachelor's thesis deals with the assessment of a small water reservoir Tršice I during a flood. The assessment itself is based on the Czech state standard ČSN 75 2935 Safety assessment of water works during floods. At the beginning, small water reservoirs, their objects and individual functional spaces into which the reservoir is divided are generally described. Furthermore, the work deals with technical safety supervision and legislation, which is based on and defines water works that are subject to technical safety supervision.

Subsequently, it deals specifically with the waterworks Tršice I. It presents its hydrological data, its function, and technical parameters. It contains the classification of a waterworks according to its required level of safety from the records of the Ministry of Agriculture of the Czech Republic. All data are then based on these data, which include the calculation of the specific curve of the lower outlets, the calculation of the specific curve of the overflow and the transformation effect of the reservoir. To calculate the specific curve of the safety spillway, it was necessary to obtain the overflow coefficient m , which in this work is based on a comparison of several theories for its calculation.

Part of the bachelor's thesis is to determine the maximum permissible water level of the waterworks Tršice I and its comparison with the control maximal water level, which was obtained from the transformation effect of the reservoir. The maximum permissible water level is determined by the overall stability of the dam from a global perspective (shear failure), calculation of the dam body collapse due to loss of filtration stability and rupture of the dam when it overflows due to surface erosion. The result of the work is the determination of the safety of the given water reservoir and the proposal of possible safety measures.