



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 VACENOVICE
ZA POVODNÍ**

SAFETY ASSESMENT OF THE VACENOVICE DAM DURING FLOODS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jiří Svoboda

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. JAN JANDORA, Ph.D.

BRNO 2019



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	Jiří Svoboda
Název	Posouzení vodního díla Vacenovice za povodní
Vedoucí práce	doc. Ing. Jan Jandora, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2018
Datum odevzdání	24. 5. 2019

V Brně dne 30. 11. 2018

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 k VD Vacenovice

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Náplní bakalářské práce bude posouzení bezpečnosti VD Vacenovice při povodních podle ČSN 75 2935. Mimo vlastního posouzení a prověření bezpečnosti VD Vacenovice při povodních budou také navržena opatření, která povedou ke zvýšení bezpečnosti VD Vacenovice.

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 Vacenovice
- 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 VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na

FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

doc. Ing. Jan Jandora, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Předmětem této bakalářské práce je posouzení bezpečnosti vodního díla Vacenovice za povodní, a to v souladu s ČSN 75 2935. Posouzení je provedeno pro kontrolní povodňovou vlnu KPV₁₀₀, PV₂₀₀ a PV₂₀₀ podle [13]. V úvodu bakalářské práce jsou popsány jednotlivé části vodního díla Vacenovice a zařazení vodního díla do příslušné kategorie. Poté následují základní údaje vodního díla, použité hydrologické podklady, popis hydraulických výpočtů, stanovení mezní bezpečné a kontrolní maximální hladiny a následné porovnání těchto hladin. V závěru bakalářské práce jsou uvedena doporučená opatření vedoucí ke zvýšení bezpečnosti vodního díla Vacenovice.

KLÍČOVÁ SLOVA

Kontrolní povodňová vlna (KPV), mezní bezpečná hladina (MBH), kontrolní maximální hladina (KMH)

ABSTRACT

The main goal of the bachelor's thesis is the safety assessment of the Vacenovice Dam during floods in accordance with standard ČSN 75 2935. The assessment is accomplished for the control flood wave KPV₁₀₀, PV₂₀₀ a PV₂₀₀ [13]. In the introduction of the bachelor's thesis are described particular parts of the Vacenovice Dam and the subsumption of the Vacenovice Dam to relevant categories. The next part includes basic data of the Vacenovice Dam, used hydrologic data, description of hydrological calculations, setting of maximum permissible water level and control maximal water level. Then the thesis introduces a comparison of these water levels. In the end of the bachelor's thesis are mentioned possible measures leading to increasing of the safety of the Vacenovice Dam.

KEYWORDS

Control flood wave, maximum permissible water level, control maximal water level

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Jiří Svoboda *Posouzení vodního díla Vacenovice za povodní*. Brno, 2019. 39 s., 26 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 Vacenovice za povodní* je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 22. 5. 2019

Jiří Svoboda
autor práce

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Posouzení vodního díla Vacenovice za povodní* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 22. 5. 2019

Jiří Svoboda
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval panu doc. Ing. Janu Jandorovi, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky a čas, který mi věnoval. Dále děkuji panu Ing. Petru Holomkovi a Ing. Stanislavu Jobánkovi z Povodí Moravy, s.p. za poskytnutí potřebných podkladů.

Obsah

A .	Úvodní část	1
B .	Účel a popis vodního díla.....	2
B.1	Účel díla.....	2
B.2	Technický popis díla.....	2
B.2.1	Vzdouvací objekt.....	2
B.2.2	Výpustné a odběrné zařízení.....	4
B.2.3	Bezpečnostní přeliv a odtokové potrubí	6
B.2.4	Vývar a odpadní koryto.....	9
C .	Základní údaje a podklady.....	11
C.1	Požadovaná míra bezpečnosti vodního díla při povodni	11
C.2	Hydrologické podklady.....	11
C.3	Technické parametry a podklady.....	12
C.4	Okolnosti ovlivňující bezpečnost vodního díla při povodni	13
C.4.1	Manipulace za povodní, obsluha díla, údržba	13
C.4.2	Vymezení retenčního prostoru.....	13
C.4.3	Stupně povodňové aktivity pro profil hráze.....	14
C.4.4	Konstrukční uspořádání jednotlivých prvků vodního díla.....	14
C.5	Hydraulické výpočty.....	15
C.5.1	Odvození měrné křivky bezpečnostního přelivu.....	16
C.5.2	Odvození měrné křivky odtokového potrubí bezpečnostního přelivu.....	17
C.5.3	Odvození měrné křivky odpadního koryta těsně za vyústěním odtokového potrubí bezpečnostního přelivu	18
C.5.4	Odvození měrné křivky spodní výpusti a dlužové stěny.....	19
C.5.5	Transformace povodňových vln.....	21
D .	Stanovení mezní bezpečné hladiny	23
D.1	Celková stabilita hráze	23
D.2	Povrchová eroze při přelití hráze	23
D.3	Porušení filtrační stability hráze.....	24
D.4	Výběh větrové vlny	26
D.5	Souhrnné zhodnocení.....	26

E .	Stanovení kontrolní maximální hladiny v nádrži.....	27
F .	Závěrečné zhodnocení.....	28
G .	Nápravná a nouzová opatření.....	29
G.1	Nouzová opatření.....	29
G.2	Opatření vedoucí ke zvýšení bezpečnosti VD.....	29
G.3	Doporučení.....	31
H .	Použité podklady	33
I .	Seznam tabulek	34
J .	Seznam obrázků.....	35
K .	Seznam použitých zkratek a symbolů	36
L .	Seznam příloh.....	39

A. Úvodní část

Vodní dílo Vacenovice je průtočná víceúčelová malá vodní nádrž nacházející se na potoce Vacenovice (km 1,9), téměř 400 m od zástavby obce Vacenovice. Obec Vacenovice leží asi 3,7 km severně od obce Jaroměřice nad Rokytnou. Výstavba nádrže probíhala v letech 1976 až 1977. Důvodem výstavby byla potřeba akumulace závlahové vody pro zemědělské pozemky. V současné době již k odebírání závlahové vody neslouží. Vodní dílo je ve správě a majetku Povodí Moravy, s.p. od roku 2011, kdy toto vodní dílo bylo převzato od Zemědělské vodohospodářské správy.

Tato práce posuzuje bezpečnost VD Vacenovice za povodní dle ČSN 75 2935 [1]. Posouzení je provedeno pro hydrologické podklady, které odpovídají zařazení VD do příslušné kategorie vodního díla [1]. Vodní dílo Vacenovice bylo dle manipulačního řádu [2] zařazeno do IV. kategorie, to znamená, že potenciální rozsah celkových škod při hypotetické havárii VD jsou nízké ekonomické škody, škody na životním prostředí, sociální dopady lokálního rozměru a uvažované ztráty na lidských životech jsou nepravděpodobné. Požadovaná míra bezpečnosti VD tedy odpovídá kontrolní povodňové vlně s dobou opakování $N = 100$ let. Současně byly provedeny i výpočty s povodňovou vlnou s dobou opakování $N = 200$, kdyby se prokázalo, že lze předpokládat ojedinělé ztráty na lidských životech.

Parametry VD byly převzaty z manipulačního řádu VD Vacenovice [2], geodetického zaměření z roku 2018 [6] a z místního šetření [9]. V celé bakalářské práci je použit výškový systém Balt po vyrovnání (BPV).

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

Kategorie VD	Pravděpodobné škody při hypotetické havárii VD	Hodnotící kritéria podle potenciálního rozsahu škod při hypotetické havárii VD		Požadovaná míra bezpečnosti VD	
		Potenciální 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 rozměru	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

B . Účel a popis vodního díla

B.1 Účel díla

Hlavním účelem VD Vacenovice je:

- akumulace vody pro závlahu zemědělských ploch (v současnosti se již neprovozuje)

a vedlejší účely:

- rekreační využití
- chov ryb (extenzivní)
- akumulace požární vody pro obec Vacenovice

B.2 Technický popis díla

B.2.1 Vzdouvací objekt

Těleso hráze je přímá homogenní sypaná zemní hráz, která má v příčném řezu tvar lichoběžníku. Na zakotvení hráze do podloží slouží dva těsnící zavazovací ozuby, a to v celé délce hráze. Maximální výška hráze je 7,8 m a kóta koruny hráze se pohybuje v rozmezí dle geodetického zaměření [6] 454,82 m n. m. – 455,60 m n. m. Nejnižší místo koruny hráze se nachází v blízkosti nad odtokovým potrubím bezpečnostního přelivu. V této části došlo během provozu VD k prosednutí koruny hráze. Šířka v koruně hráze se pohybuje v rozmezí od 3,10 m do 4,60 m. Na koruně hráze se nachází komunikace o šířce 2,5 m. Komunikace je tvořena vrstvou makadamu o tloušťce 0,25 m a v horní části obrusnou vrstvou šterku s tloušťkou 0,10 m. Sklon svahu návodní strany, který je oset travním semenem a zpevněn makadamem o tloušťce 0,30 m, je v délce hráze proměnlivý a to 1:2,4 (u bezpečnostního přelivu) – 1:5. Svah na vzdušní straně se sklonem 1:2,3 (u bezpečnostního přelivu) – 1:3,5 je po celé délce ohumusován a oset travním semenem. Odvodnění vzdušní paty hráze zajišťuje drén DN 100. Podle zápisu TBD z 15. 11. 2018 [8] došlo v březnu roku 2017 k částečnému odstranění nežádoucích dřevin z koruny a vzdušního svahu hráze. Při místním šetření [9] byly již všechny nežádoucí dřeviny odstraněny.

Tabulka 2: Parametry jednotlivých částí VD Vacenovice dle [2], [6] a [7]

Parametry tělesa hráze	
Kóta koruny [2]	454,75 – 455,25 m n. m.
Kóta koruny [6]	454,82 – 455,60 m n. m.
Maximální výška [2]	7,0 m
Maximální výška [6]	7,8 m
Šířka v koruně [2]	3,50 – 4,00 m

Šířka v koruně [6]	3,10 – 4,60 m
Délka hráze v koruně [2]	114,0 m
Délka hráze v koruně [6]	138,0 m
Sklon návodního líce	1:2,4 - 5
Sklon vzdušního líce	1:2,3 – 3,5
Objem funkčních prostor nádrže	
Prostor stálého nadržení V_s [2]	49 700 m ³
Zásobní prostor V_z [2]	37 750 m ³
Retenční prostor neovladatelný V_{rn} [2]	12 365 m ³
Celkový prostor V_c [2]	99 815 m ³
Zásobní prostor V_z [7]	21 327 m ³
Retenční prostor neovladatelný V_{rn} [7]	10 840 m ³
Celkový prostor V_c [7]	81 867 m ³
Hladiny nádrže	
Hladina stálého nadržení M_s [2]	452,10 m n. m.
Hladina zásobního prostoru M_z [2]	453,40 m n. m.
Hladina neovladatelného retenčního prostoru M_{rn} [2]	453,90 m n. m.
Maximální hladina M_{max} [2]	453,90 m n. m.



Obrázek 1: Vzdušní svah po odstranění všech nežádoucích dřevin [9]



Obrázek 2: Návodní svah ohumusován a oset travním semenem [9]

Příčný profil hráze je uveden v Příloze 17. Skutečné provedení výškového uspořádání koruny hráze a sklony svahů neodpovídá podle geodetického zaměření z roku 2018 [6] a místního šetření [9] přílohám MŘ [2]. Příloha 17 zohledňuje skutečný stav s použitím geodetického zaměření [6] a místního šetření [9]. Skutečné provedení zavazovacích ozubů, odvodňovacího drénu a zavazovacích patek nebylo možné z MŘ [2] ani z místního šetření [9] zjistit, proto bylo předpokládáno, že se shodují s přílohami MŘ [2].

B.2.2 Výpustné a odběrné zařízení

Výpustné a odběrné zařízení se nachází asi 25 m od levého břehu nádrže a slouží k vypouštění, regulaci odtékaného množství vody z nádrže a dříve i k odběru vody pro závlahu. Výpustné a odběrné zařízení je tvořeno dvoukomorovou železobetonovou šachtou, která je umístěna v návodním svahu hráze. Vnitřní rozměry šachty jsou 3,90 m x 2,10 m, tloušťka vnějších stěn je 0,40 m, a to až do vzdálenosti 3,10 m od horního okraje šachty, kde dochází k rozšíření na tloušťku 0,50 m. Výška šachty je 6,60 m. Levá komora slouží k regulaci hladiny

vody v nádrži pomocí dlužové stěny a uzávěru DN 600. Ve stěnách šachty jsou zabetonovány U-profily pro osazení dlužové stěny. Pravá komora dříve sloužila pro odběr vody na závlahu zemědělských pozemků. Levá komora je rozdělena střední dělicí betonovou stěnou o tloušťce 0,30 m. Na dně šachty je ve stěně kruhový otvor s šoupátkem DN 600, který slouží k úplnému vypuštění nádrže. K manipulaci s uzávěrem se využívá hever, který je ovládán ručně a je umístěn nad šachtou. Při výstavbě byla železobetonová šachta na vrchní části zakryta betonovými panely. Na přístup na dno šachty slouží ocelová stupadla. Kóta horní hrany objektu je podle geodetického zaměření z roku 2018 [6] 452,24 m n. m. Betonový vtokový objekt spodních výpustí s tloušťkou stěn 0,5 m má šířku 1,6 m a je opatřen česlemi. Je zhotoven jako otevřený betonový požerák s dlužovou stěnou. Podle zápisu TBD z 15. 11. 2018 [8] došlo v dubnu roku 2014 na vtoku do výpustního zařízení k instalaci nových česlí a k odbahnění prostoru před a za česlemi. Dále došlo k rekonstrukci šoupátka DN 600 včetně jeho ovládání a k nahrazení betonových panelů, umístěných na horní hraně levé komory železobetonové šachty, pozinkovaným pororoštem a vybudování zábradlí. Ovládání a vstup do šachty je z důvodu zabránění neoprávněného vstupu a manipulace opatřeno zámkem. Od vtokového objektu vede přírodní betonové potrubí DN 800 až k železobetonové šachtě. Potrubí má délku 20 m a je v celé délce obetonováno. Od železobetonové šachty k vývaru vede betonové odpadní potrubí DN 800. Potrubí s délkou 43,72 m je vyústěno do vývaru odpadního koryta od bezpečnostního přelivu a v celé délce obetonováno. Do odpadního potrubí je zaústěno potrubí patního drénu vzdušní paty hráze. Při dosažení hladiny M_{MAX} je kapacita spodní výpusti dle MŘ [2] $Q_{sv} = 1,87 \text{ m}^3/\text{s}$. Dle výpočtů uvedených v kapitole C.5.4 je $Q_{sv} = 1,57 \text{ m}^3/\text{s}$.

Podélný řez výpustným zařízením je uveden v Příloze 19. Současný stav výškového uspořádání koruny hráze, horní hrany železobetonové šachty, sklony svahů a délka odpadního potrubí v místě řezu neodpovídá podle geodetického zaměření z roku 2018 [6] a místního šetření [9] přílohám MŘ [2]. Příloha 19 vychází ze skutečného stavu z geodetického zaměření [6] a místního šetření [9]. Skutečné provedení a způsob obetonování při výstavbě přírodního a odpadního potrubí i hloubku založení železobetonové šachty nebylo možné z MŘ [2] ani místního šetření [9] zjistit, proto bylo předpokládáno, že se shodují s přílohami MŘ [2]. Při místním šetření [9] došlo k ověření průměrů odpadního potrubí a délky dlužové stěny. Během prohlídky byla hladina na kótě 453,20 m n. m., z tohoto důvodu nebylo možné ověřit současný stav vtokového objektu a skutečný průměr přírodního potrubí.

B.2.3 Bezpečnostní přeliv a odtokové potrubí



Obrázek 3: Kašnový bezpečnostní přeliv [9]

Jako bezpečnostní přeliv slouží kašnový nehrazený přeliv obdélníkového tvaru. Přeliv je umístěn asi 5 m od levého břehu nádrže. Přelivná hrana má délku dle místního šetření [9] 15,48 m, ale pouze 14,27 m je při přepadání vody účinných. Koruna přelivu je umístěna na kótě dle geodetického zaměření [6] 453,43 m n. m. – 453,49 m n. m. Stěna bezpečnostního přelivu je provedena z lomového kamene do betonu s vyspárováním. Přelivná hrana je z prefabrikovaného betonu šířky 0,60 m – 0,62 m. Odvedení vody z bezpečnostního přelivu zajišťuje odtokové potrubí dle místního šetření [9] DN 1450 a podle MŘ [2] DN 1500. Při dosažení hladiny M_{MAX} je přepadová výška 0,44 m a kapacita bezpečnostního přelivu bez vlivu odtokového potrubí dle MŘ [2] $Q_p = 8,06 \text{ m}^3/\text{s}$. Dle výpočtů uvedených v kapitole C.5.1 je $Q_p = 6,47 \text{ m}^3/\text{s}$. Kapacita bezpečnostního přelivu je ale výrazně omezena kapacitou odtokového potrubí, která je dle MŘ [2] při hladině M_{MAX} $Q_{op} = 5,10 \text{ m}^3/\text{s}$. Dle výpočtů uvedených v kapitole C.5.2 je $Q_p = 4,67 \text{ m}^3/\text{s}$. Odtokové potrubí je v celé délce 9,20 m obetonováno. Na vtoku i vyústění potrubí je provedena stěna z lomového kamene do betonu

s vyspárováním a opatřena betonovým parapetem šířky 0,52 m a zábradlím. Stěna u vyústění odtokového potrubí je porušena trhlinami a částečně vykloněna. Voda z odtokového potrubí odtéká do otevřeného odpadního koryta lichoběžníkového profilu s šířkou ve dně 1,70 m – 1,80 m a proměnným sklonem svahů. Podle zápisu TBD z 15. 11. 2018 [8] došlo v listopadu roku 2013 k opravě trhlin vyspárování bezpečnostního přelivu a opravě trhlin stěny na vtoku do odtokového potrubí bezpečnostního přelivu. Dále došlo k vyčištění prostoru před vtokem na bezpečnostní přeliv. V současné době je ale prostor před vtokem opět zanesen a tím i snížena výška přelivné hrany nade dnem nádrže. Na Obrázku 4 a 5 je patrné plastové potrubí, pomocí kterého dochází k odběru vody pro malou nádrž nacházející se asi 100 m pod VD Vacenovice.



Obrázek 4: Pohled do odtokového potrubí



Obrázek 5: Stěna u vyústění odtokového potrubí porušena trhlinami [9]

Základní parametry dle [2], [6] a [9]:

- Kóta koruny bezpečnostního přelivu [2]: 453,40 m n. m.
- Průměrná kóta koruny bezpečnostního přelivu [6]: 453,46 m n. m.
- kóta vtoku do potrubí DN 1500 [2] 451,47 m n. m.
- kóta vtoku do potrubí DN 1450 [6] 451,56 m n. m.
- kóta vyústění potrubí DN 1500 [2] 451,13 m n. m.
- kóta vyústění potrubí DN 1450 [6] 451,24 m n. m.
- kapacita přepadu při M_{MAX} bez vlivu odtokového potrubí (OP) [2] 8,06 m³/s
- kapacita přepadu při M_{MAX} bez vlivu OP dle výpočtů v kap. C.5.1 6,47 m³/s
- kapacita odtokového potrubí při M_{MAX} [2] 5,10 m³/s
- kapacita odtokového potrubí při M_{MAX} dle výpočtů v kap. C.5.2 4,67 m³/s
- délka odtokového potrubí [2] 9,50 m
- délka odtokového potrubí [9] 9,20 m

Podélný řez bezpečnostním přelivem a odtokovým potrubím je uveden v Příloze 20. Současný stav výškového uspořádání koruny bezpečnostního přelivu, koruny hráze, délka odtokového potrubí a bezpečnostního přelivu v místě řezu neodpovídá podle geodetického zaměření z roku 2018 [6] a místního šetření [9] přílohám MŘ [2]. Dále se liší kóty vtoku i vyústění odtokového potrubí a sklon dna bezpečnostního přelivu i odtokového potrubí. Při rýsování skutečného stavu bylo vycházeno z geodetického zaměření [6] a místního šetření [9]. Skutečné provedení obetonování při výstavbě odtokového potrubí nebylo možné z MŘ [2] ani z místního šetření [9] zjistit z tohoto důvodu bylo předpokládáno, že se shodují s přílohami MŘ [2]. Při místním šetření [9] byla ověřena délka a šířka přelivné hrany a také délka a průměr odtokového potrubí.

Půdorys bezpečnostního přelivu je uveden v Příloze 21. Skutečné provedení neodpovídá podle geodetického zaměření [6] a místního šetření [9] přílohám MŘ [2] a to tvarem i šířkou koruny hráze a sklonem návodního a vzdušního svahu. Při rýsování skutečného stavu bylo opět vycházeno z geodetického zaměření [6] a místního šetření [9].

B.2.4 Vývar a odpadní koryto

Za vyústěním odtokového potrubí je otevřené odpadní koryto lichoběžníkového profilu. Šířka dna odpadního koryta je dle geodetického zaměření [6] a místního šetření [9] v rozmezí od 1,70 m do 1,80 m. Skutečný tvar a rozměry koryta neodpovídají přílohám MŘ [2]. Bezprostředně za výtokem odtokového potrubí dochází ke změně směru odtokového koryta. V této části může docházet vlivem proudění vody k poškození opevnění koryta. Koryto je opevněno ve dně a svazích kamennou dlažbou o rozměrech 0,30 x 0,10 m, která je uložena do betonového lože tloušťky 0,20 m. Sklon svahu koryta je po celé délce proměnlivý. Koryto ve vzdálenosti asi 34,30 m od vyústění odtokového potrubí je zakončeno stupněm výšky 0,39 m a vývarem délky 13,0 m. Do vývaru také ústí vypustné potrubí od spodních výpustí a odvodnění vzdušní paty hráze. Při místním šetření [9] bylo zjištěno poškození opevnění svahů, dna koryta a také vývaru.



Obrázek 6: Poškozené opevnění odpadního koryta [9]

Půdorys skutečného provedení odpadního koryta v části bezprostředně za vyústěním odtokového potrubí je součástí půdorysu bezpečnostního přelivu a je v Příloze 21. Tvar, rozměry a sklon odpadního koryta skutečného provedení se podle geodetického zaměření [6] a místního šetření [9] neshodují s přílohami MŘ [2]. Rýsování skutečného tvaru bylo také provedeno pomocí geodetického zaměření [6] a místního šetření [9].

C . Základní údaje a podklady

C.1 Požadovaná míra bezpečnosti vodního díla při povodni

VD Vacenovice je dle MŘ [2] zařazena do IV. kategorie vodních děl. Při hypotetické havárii vodního díla jsou uvažované ztráty na lidských životech v obci Vacenovice nepravděpodobné. Z tohoto důvodu je požadovaná míra bezpečnosti KPV s dobou opakování $N = 100$ let.

C.2 Hydrologické podklady

Pro posudek byly základní hydrologické údaje ČHMÚ pro profil hráze VD Vacenovice na potoce Vacenovice převzaty z MŘ [2]. Pomocí povodí s podobnou plochou povodí byl odvozen teoretický kulminační průtok $Q_{200} = 12,80 \text{ m}^3/\text{s}$. Odvození teoretického kulminačního průtoku je uvedeno v Příloze 8. Dále byl uvažován teoretický kulminační průtok $Q_{200} = 13,50 \text{ m}^3/\text{s}$, který odvodil Ing. Petr Holomek pomocí povodí VD Těšany a VD Ponětovice [13]. Vzhledem k největší podobnosti velikosti teoretických kulminačních průtoků VD Vacenovice s VD Bartošovice II a VD Bartošovice III byl průběh teoretických povodňových vln KPV₁₀₀, PV₂₀₀ a PV₂₀₀ [13] odvozen pomocí teoretických povodňových vln těchto VD. Odvození teoretické povodňové vlny KPV₁₀₀ je uvedeno v Příloze 9. Odvození průběhu teoretických povodňových vln PV₂₀₀ a PV₂₀₀ [13] je uvedeno v Příloze 10.

Tabulka 3: Hydrologické poměry

Průměrný roční průtok	7,2 l/s
Průměrné roční srážky	546 mm/rok
Asanační průtok	0,4 l/s

Tabulka 4: Číselné charakteristiky m -denních průtoků dle [2]

$Q_m - m$ -denní průtoky [l/s]						
30	90	180	270	330	355	364
18	8,5	4,5	2,2	1	0,4	0

Tabulka 5: Číselné charakteristiky N -letých průtoků dle [2] a [13]

$Q_N - N$ -leté průtoky [m^3/s]								
1	2	5	10	20	50	100	200	200 [13]
0,7	1,3	2,5	3,6	5,0	7,5	10,0	12,8	13,5

Tabulka 6: Číselné charakteristiky objemů N -letých teoretických PV dle [13]

$W_N -$ objem N -leté teoretické povodňové vlny [tis. m^3]								
1	2	5	10	20	50	100	200	200 [13]
-	-	-	-	-	-	262,5	321,1	345,9

C.3 Technické parametry a podklady

Technické parametry jednotlivých konstrukčních prvků dle [2], [6] a [9] jsou již popsány v kapitole B. 2. Základní parametry VD Vacenovice dle [2], [6], [7] a [9]:

- Hydrologické číslo povodí: 4–16–03–025
- Plocha povodí [2]: 3,33 km²
- Kóta koruny hráze [2]: 454,75 – 455,25 m n. m.
- Kóta koruny hráze [6]: 454,82 – 455,60 m n. m.
- Kóta dna nádrže [2]: 447,80 m n. m.
- Kóta koruny bezpečnostního přelivu [2]: 453,40 m n. m.
- Průměrná kóta koruny bezpečnostního přelivu [6]: 453,46 m n. m.
- Délka přelivné hrany [2]: 14,30 m
- Délka přelivné hrany [9]: 15,48 m
- Délka odtokového potrubí DN 1500 [2]: 9,50 m
- Délka odtokového potrubí DN 1450 [9]: 9,20 m
- Kóta maximální hladiny [2]: 453,90 m n. m.
- Objem celkového prostoru [2]: 99 815 m³
- Objem celkového prostoru [7]: 81 867 m³
- Plocha hladiny zásobního objemu [2]: 2,42 ha
- Plocha zátopy při maximální hladině [2]: 2,73 ha
- Plocha hladiny zásobního objemu [7]: 2,07 ha
- Plocha zátopy při maximální hladině [7]: 2,27 ha
- Kóta osy spodní výpusti [6]: 447,23 m n. m.
- Kapacita spodní výpusti při M_{MAX} [2]: 1,87 m³/s
- Kapacita spodní výpusti při M_{MAX} dle výpočtů v kap. C.5.4 1,57 m³/s
- Povodeň s dobou opakování $N = 100$ let:
 - Objem vlny W_{PV100} : 262 541 m³
 - Kulminační průtok: 10,0 m³/s

- Povodeň s dobou opakování $N = 200$ let:
 - Objem vlny W_{PV200} : 321 062 m³
 - Kulminační průtok: 12,8 m³/s
- Povodeň s dobou opakování $N = 200$ let:
 - Objem vlny W_{PV200} : 345 920 m³
 - Kulminační průtok [13]: 13,5 m³/s

C.4 Okolnosti ovlivňující bezpečnost vodního díla při povodni

C.4.1 Manipulace za povodní, obsluha díla, údržba

Manipulace na VD Vacenovice za povodní probíhá dle MŘ [2].

Vzhledem k velikosti a charakteru povodí nedochází při pravděpodobném průchodu povodňových průtoků k předpouštění nádrže. VD Vacenovice nemá stálou obsluhu, která by zajišťovala manipulaci s uzávěrem spodní výpusti. Převádění povodňových průtoků tedy není jakkoli regulováno. Dochází pouze k plnění nádrže od hladiny M_Z (453,40 m n. m.), kdy se začíná plnit retenční neovladatelný prostor a voda přepadá přes hranu bezpečnostního přelivu (453,46 m n. m.) a přes dlužovou stěnu, která je při normálním stavu na kótě hladiny M_Z (453,40 m n. m.).

Během povodňových průtoků dochází ke zvýšení četnosti obchůzek vodního díla a odečítání vodních stavů. Četnost odečítání vodních stavů závisí na aktuálním stupni povodňové aktivity uvedené v kapitole C.4.3. Záznamy o stavu hladiny v nádrži během povodní jsou dle MŘ [2] zapisovány do Povodňového deníku. VD Vacenovice není vybaveno vodočetnou latí a stav hladiny se za povodňových stavů vztahuje k horní hraně železobetonové šachty výpustního a odběrného zařízení, který je dle MŘ [2] na kótě 454,10 m n. m., ale podle geodetického zaměření z roku 2018 [6] se nachází na kótě 454,24 m n. m.

C.4.2 Vymezení retenčního prostoru

Retenční neovladatelný prostor má objem dle [2] $V_{rn} = 12\,365\text{ m}^3$ a dle [7] $V_{rn} = 10\,840\text{ m}^3$ je vymezen dlužovou stěnou na kótě 453,40 m n. m. a maximální hladinou na kótě $M_{MAX} = 453,90\text{ m n. m.}$ Po dosažení maximální hladiny je u bezpečnostního přelivu (453,46 m n. m.) výška přepadajícího paprsku 0,44 m a retenční neovladatelný prostor je zcela

využit. Objem retenčního neovladatelného prostoru V_{rn} má vzhledem k objemu povodňových vln ($W_{PV100} = 262\,541\text{ m}^3$, $W_{PV200} = 318\,560\text{ m}^3$ a $W_{PV200} = 345\,920\text{ m}^3$ [13]) zanedbatelný objem a transformační účinek nádrže je tedy velice malý.

C.4.3 Stupně povodňové aktivity pro profil hráze

Dle MŘ [2] jsou stanoveny tři povodňové stupně:

- I. stupeň povodňové aktivity (bdělost)** – vyhláší se při úrovni hladiny v nádrži 453,50 m n. m. Poté to obsluha oznámí správci vodního díla vodního díla a povodňovým orgánům města Jaroměřice nad Rokytnou. Vodní stavy jsou odečítány 1 x denně.
- II. stupeň povodňové aktivity (pohotovost)** – nastává při úrovni hladiny v nádrži 453,70 m n. m. Při dosažení obsluha oznámí správci vodního díla vodního díla, povodňovým orgánům města Jaroměřice nad Rokytnou, města Třebíč a Povodí Moravy, s. p., Brno. Vodní stavy jsou odečítány 2 x za hodinu a při rychlém nástupu povodně i s vyšší četností.
- III. stupeň povodňové aktivity (ohrožení)** – je vyhlášen při dosažení hladiny v nádrži 453,90 m n. m. Obsluha oznámí správci vodního díla vodního díla, povodňovým orgánům města Jaroměřice nad Rokytnou, města Třebíč a Povodí Moravy, s. p., Brno. Vodní stavy jsou odečítány 4 x za hodinu.

C.4.4 Konstrukční uspořádání jednotlivých prvků vodního díla

Těleso hráze

Hráz VD Vacenovice je podle MŘ [2] přímá homogenní sypaná zemní hráz. Skutečné provedení založení hráze a stav podloží pod hrází není možné z MŘ [2] zjistit. Z příloh MŘ [2] vyplývá, že na zakotvení hráze byly použity dva těsnící zavazovací ozuby. Jeden je umístěn v ose hráze v hloubce 4 m pod základovou spárou hráze a druhý se nachází 12 m od osy hráze asi v polovině návodní strany hráze v hloubce 3 m pod základovou spárou hráze. Z geodetického zaměření z roku 2018 [6] vyplývá, že nejvyšší místo hráze se nachází u pravého břehu VD s kótou 455,60 m n. m. Tato hodnota se liší od hodnoty uvedené v MŘ [2] 455,25 m n. m o 0,35 m. Nejnižší místo koruny hráze se nachází nad odtokovým potrubím bezpečnostního přelivu s kótou 454,82 m n. m. Je to tedy místo, kde může dojít k prvnímu

přelití koruny hráze. Tato hodnota se také liší od hodnoty uvedené v MŘ [2] 454,75 m n. m o 0,07 m, a to i po prosednutí koruny hráze v této části, ke kterému došlo během provozu VD. Návodní líc má po délce hráze proměnný sklon a to od 1:2,4 – 5. Sklon svahu na vzdušní straně se pohybuje v rozmezí 1:2,3 – 3,5.

Výpustné zařízení

Jako přívodní část výpustného zařízení slouží přívodní betonové potrubí DN 800 s délkou asi 20 m. Přívodní potrubí vede až ke dvoukomorové železobetonové šachtě. Horní hrana šachty je podle geodetického zaměření z roku 2018 [6] umístěna na kótě 452,24 m n. m. Tato hodnota se liší od hodnoty uvedené v přílohách MŘ [2] 454,10 m n. m o 0,14 m. Od šachty vede betonové odpadní potrubí DN 800 s délkou asi 43,72 m. Kóta osy potrubí vyústění u vývaru je podle geodetického zaměření [6] 447,23 m n. m.

Bezpečnostní přeliv

Kóta koruny bezpečnostního přelivu se podle geodetického zaměření [6] pohybuje v rozmezí 453,43 m n. m. – 453,49 m n. m. Tyto hodnoty se odlišují od hodnot uvedených v přílohách MŘ [2] 453,40 m n. m. v nejvyšším místě přelivu o 0,09 m. Kritickým prvkem při převádění povodňových průtoků je odtokové potrubí DN 1500, které snižuje kapacitu přelivu.

C.5 Hydraulické výpočty

Pro jednotlivá zařízení vodního díla, která jsou používána k převádění povodňových průtoků, byly pomocí hydraulických výpočtů stanoveny měrné křivky průtoků.

Pomocí hydraulických výpočtů bylo odvozeno:

- měrná křivka bezpečnostního přelivu
- měrná křivka odtokového potrubí bezpečnostního přelivu
- měrná křivka odpadního koryta těsně za vyústěním odtokového potrubí bezpečnostního přelivu
- měrná křivka spodní výpusti a dlužové stěny
- transformace povodňových vln

C.5.1 Odvození měrné křivky bezpečnostního přelivu

Základní parametry bezpečnostního přelivu dle [2], [6] a [9]:

- Kóta hrany bezpečnostního přelivu [6] 453,43 – 453,49 m n. m.
- délka přelivné hrany [9] 15,48 m
- hloubka spadiště [9] 1,74 – 1,92 m
- kapacita přepadu při M_{MAX} [2] 8,06 m³/s

Při výpočtu byla uvažována průměrná kóta hrany bezpečnostního přelivu 453,46 m n. m. Ke stanovení měrné křivky bezpečnostního přelivu byl využit vztah pro přepad přes jezová tělesa s boční kontrakcí dle [4]:

$$Q_{bp} = m \cdot b_0 \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h_0^{3/2}$$

kde m je součinitel přepadu [-],

b_0 je účinná šířka přelivu [m],

g je gravitační zrychlení [m/s²],

h_0 je energetická přepadová výška [m],

Z důvodu obdélníkového příčného průřezu přelivu a na základě tvaru přelivné hrany byl součinitel přepadu zvolen podle Tabulky 7.

Tabulka 7: Přepadové součinitele obdélníkového jezu [4]

t / h	1:2	2:3	1	2	3
m	0,42	0,41	0,37	0,33	0,32

Efektivní délka přepadové hrany byla vzhledem k průběhu během přepadání vody přes přelivnou hranu kašnového bezpečnostního přelivu obdélníkového půdorysu stanovena dle Obrázku 7.

Ke stanovení účinné šířky přelivu byl použit vztah dle [4]:

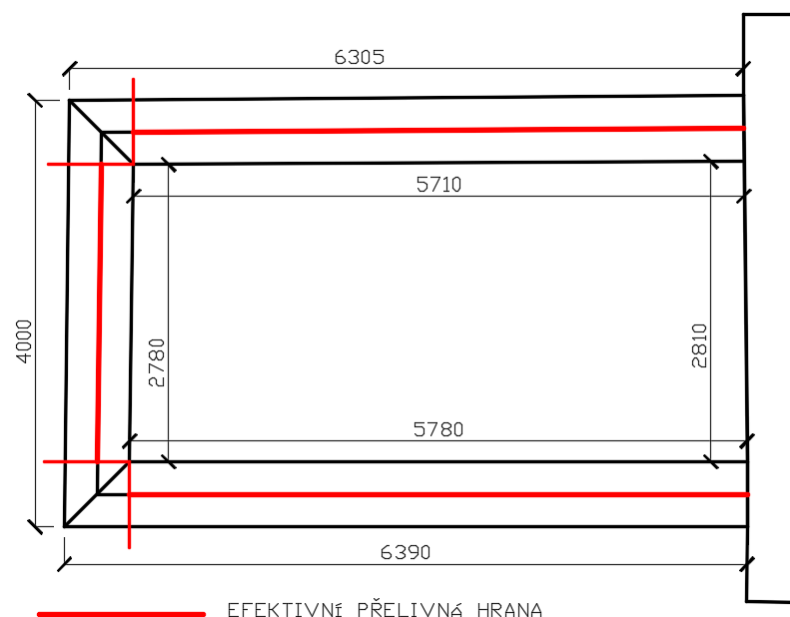
$$b_0 = b - 0,1 \cdot n \cdot \xi \cdot h_0,$$

kde b je délka přelivné hrany [m]

n je počet zúžení [-],

ξ je součinitel boční kontrakce [-],

h_0 je energetická přepadová výška [m].



Obrázek 7: Určení efektivní délky přelivu

Vzorec zohledňuje velikost boční kontrakce. Součinitel boční kontrakce byl určen na $\zeta = 1,0$ a počet kontrakcí dvě. Vliv přítokové rychlosti byl zanedbán. Měrná křivka bezpečnostního přelivu je zobrazena v Příloze 3. V grafu je také pro porovnání znázorněna i měrná křivka dle MŘ [2], která při stejné výšce hladiny má větší průtok přes bezpečnostní přeliv. Důvodem je, že při výpočtu měrné křivky v MŘ [2] bylo uvažováno s kótou přelivu 453,40 m n. m. a také s rozdílnou délkou přelivné hrany.

C.5.2 Odvození měrné křivky odtokového potrubí bezpečnostního přelivu

Základní parametry odtokového potrubí [2], [6] a [9]:

- kóta vtoku do potrubí DN 1450 [6] 451,56 m n. m.
- kóta vyústění potrubí DN 1450 [6] 451,24 m n. m.
- kapacita odtokového potrubí při M_{MAX} [2] 5,10 m³/s
- délka odtokového potrubí [9] 9,20 m

Na výpočet průtoku odtokového potrubí byl použit vztah pro výpočet průtoku v propustku se zahlceným vtokem bez vlivu dolní vody dle [11]:

$$Q_{op} = S_x \cdot \varphi \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot (H - \varepsilon \cdot h_T)},$$

kde S_x je zúžená průtočná plocha odtokového potrubí [m^2],

φ je rychlostní součinitel [-],

g je tíhové zrychlení [m/s^2],

H je rozdíl dna vtoku potrubí a hladiny v nádrži [m],

ε je součinitel výškové kontrakce [-],

h_T je výška potrubí [m].

Zúžená průtočná plocha odtokového potrubí $S_x = 0,62 \cdot S$ a součinitel výškové kontrakce $\varepsilon = 0,60$ byly určeny z [11]. Pomocí metody po úsecích byl ověřen průběh hladiny při zatopeném vtoku.

Měrná křivka odtokového potrubí bezpečnostního přelivu je i měrná křivka dle MŘ [2] uvedena v Příloze 3.

C.5.3 Odvození měrné křivky odpadního koryta těsně za vyústěním odtokového potrubí bezpečnostního přelivu

Základní parametry odpadního koryta dle [6] a [9]:

- | | |
|--------------------------|----------------|
| – šířka ve dně [9] | 1,70 m |
| – sklon svahů koryta [6] | 1: 0,83 - 0,97 |
| – výška svahů koryta [9] | 0,85 – 1,00 m |
| – podélný sklon [6] | 6,80 % |
| – součinitel drsnosti | 0,35 |

Ke stanovení kapacity odpadního koryta byl využit vztah rovnice kontinuity dle [4]:

$$Q_{ok} = S \cdot v,$$

kde S je průtočná plocha [m^2],

v je průřezová rychlost [m/s].

Průřezová rychlost byla určena pomocí vztahu dle [4]:

$$v = C \cdot \sqrt{R \cdot i},$$

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

R je hydraulický poloměr [m],

i je podélný sklon dna koryta [-].

Rychlostní součinitel byl určen pomocí vztahu Manninga dle [9]:

$$C = \frac{1}{n} \cdot R^{1/6},$$

kde n je součinitel drsnosti [-],

R je hydraulický poloměr [m].

Drsnostní součinitel byl určen dle [4]. Odpadní koryto je částečně zarostlé vegetací a značně poškozené, proto volím $n = 0,35$.

Z měrné křivky uvedené v Příloze 5 vyplývá, že odpadní koryto nemá vliv na kapacitu odtokového potrubí bezpečnostního přelivu.

C.5.4 Odvození měrné křivky spodní výpusti a dlužové stěny

Základní parametry spodní výpusti [2], [6] a [9]:

- přívodní potrubí do požeráku [2] DN 800
- uzávěr [2] DN 600
- odpadní potrubí od požeráku [9] DN 800
- délka přívodního potrubí [2] 20 m
- délka odpadního potrubí [6] 43,72 m
- kóta osy spodní výpusti [6] 447,23 m n. m.

Při stanovení měrné křivky spodních výpustí bylo uvažováno s:

- šoupátko DN 600 je uzavřeno, přepad pouze přes dluže

Na výpočet průtoku spodní výpusti byl použit vztah pro výtok hydraulicky malým otvorem za předpokladu zanedbání změny rychlosti ve výtokovém otvoru a současně působení stejného tlaku na hladinu a výtokový paprsek dle [4]:

$$Q_{sv} = \mu \cdot S \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h_T},$$

kde μ je součinitel výtoku otvorem [-],

S je průtočná plocha [m²],

g je tíhové zrychlení [m/s²],

h_T je rozdíl hladiny v nádrži a osy potrubí [m].

Při výpočtu bylo uvažováno s místními ztrátami na česlích, ostrohranném vtoku do potrubí, třením a ostrohranným výtokem z potrubí. Ke stanovení součinitele výtoku otvorem byl použit vztah dle [16]:

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{\alpha + \lambda \frac{L}{D} + \sum \xi_i}},$$

kde α je Coriolisovo číslo [-],

λ je součinitel ztráty třením po délce [-],

L je délka potrubí [m],

D je průměr potrubí [m],

ξ_i je součinitel i -té místní ztráty [-].

Pro výpočet součinitele ztrát třením byl použit Nikuradseho vztah uvažovaný pro kvadratickou oblast ztrát třením v turbulentním režimu s plně vyvinutým turbulentním pohybem u hydraulicky drsných potrubí dle [4]:

$$\lambda = \frac{0,25}{\left(\log \frac{3,7 \cdot D}{\Delta}\right)^2},$$

kde D je průměr potrubí [m],

Δ je absolutní drsnost stěn potrubí [mm].

Hodnota absolutní drsnosti stěn betonového potrubí byla určena dle [4] pro drsné betonové potrubí $\Delta = 3$ mm.

Při zavřeném šoupátku bylo uvažováno pouze přepadové množství přes dlužovou stěnu, a to od kóty 453,40 m n. m.

Základní parametry dluží dle místního šetření [9]:

- délka přelivné hrany dlužové stěny 1,00 m
- šířka přelivné hrany 0,05 m

Pro stanovení přepadového množství přes dlužovou stěnu byl použit vztah dle [4]:

$$Q_{ds} = m \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{3/2},$$

kde m je součinitel přepadu [-],

b je účinná šířka přelivu [m],

g je gravitační zrychlení [m/s²],

h je přepadová výška [m].

Součinitel přepadu byl stanoven pomocí vztahu dle [4]:

$$m = \left(0,405 + \frac{0,003}{h}\right) \cdot \left[1 + 0,55 \cdot \left(\frac{h}{h+s_1}\right)^2\right],$$

kde h je přepadová výška [m],

s_1 je výška přelivné hrany nade dnem [m].

Při výpočtu bylo uvažováno i s možností, že hladina v nádrži dosáhne vyšší úrovně, než je horní hrana výpustného zařízení, která je opatřena pozinkovaným pororoštem. Ke zvýšení odtoku spodní výpusti, ale nedojde z důvodu omezené kapacity odpadního potrubí DN 800. Měrná křivka spodní výpusti a dlužové stěny je uvedena v Příloze 4.

C.5.5 Transformace povodňových vln

V rámci posouzení bezpečnosti VD bylo provedeno přešetření průběhu transformace teoretických povodňových vln KPV₁₀₀ a PV₂₀₀ a PV₂₀₀ [13]. Číselné charakteristiky teoretických povodňových vln jsou uvedeny v kapitole C.2 a jejich tvar na přítoku do VD Vacenovice je uveden v Příloze 9 a 10. Výpočet průběhu transformace byl proveden za předpokladu, že:

- při průchodu povodňové vlny je hladina vody v nádrži na kótě M_z (453,40 m n. m.)
- a současně nedochází k manipulaci se spodní výpustí a dlužovou stěnou na kótě 453,40 m n. m.

Při stanovení průběhu transformace povodňové vlny byly použity vztahy dle [10]:

$$\begin{aligned}\frac{dV(t)}{dt} &= Q_{in}(t) - Q_{out}(t) \\ dV(t) &= A_s(h(t)) \cdot dh(t) \\ A_s(h(t)) \frac{dV(t)}{dt} &= Q_{in}(t) - Q_{out}(t)\end{aligned}$$

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

kde $dV(t)/dt$ je okamžitá změna objemu vody v nádrži [m^3/s]

$Q_{in}(t)$ je přítok vody do nádrže [m^3/s],

$Q_{out}(t)$ je odtok vody z nádrže [m^3/s],

$A_s(h(t))$ je zatopená plocha [m^2],

$dh(t)/dt$ je okamžitá změna polohy hladiny vody v nádrži [m/s].

Ke zvýšení přesnosti a spolehlivosti výstupních dat byl k výpočtu transformace PV použit programový produkt NADRZ [10], který využívá pro numerickou integraci rovnice jednodukovou metodu.

Výsledky výpočtů průběhu transformace KPV₁₀₀, PV₂₀₀ a PV₂₀₀ [13] jsou uvedeny v Přílohách 11, 12, 13, 14, 15 a 16.

V Přílohách 11, 12 a 13 bylo uvažováno s navýšením koruny hráze a tím byla zjištěna maximální teoretická hladina vody v nádrži. V Přílohách 14, 15 a 16 bylo uvažováno, že v okamžiku nastoupaní hladiny v nádrži nad nejnižší místo koruny hráze dojde k přelití hráze, a tím ke zvýšení odtoku z nádrže o průtok přepadající vody přes koruny hráze. Byla tedy zjištěna teoretická výška hladiny v nádrži při přelití hráze.

Z důvodu zjištění nesrovnalosti zatopených ploch uvedených v MŘ [2] a zatopených ploch zjištěných pomocí programu ArcMap [7], jsem pomocí programu ArcMap, místního šetření [9] a geodetického zaměření [6] určil přibližné hodnoty zatopených ploch při různých hladinách vody v nádrži. V Příloze 6 je vidět tvar jednotlivých určených zatopených ploch. K získání přesných hodnot zatopených ploch je vhodné provést geodetické zaměření okolí nádrže.

D . Stanovení mezní bezpečné hladiny

Ke stanovení mezní bezpečné hladiny MBH dle ČSN 75 2935 [1] uvažována tato stanoviska:

- celková stabilita hráze
- povrchová eroze při přelití hráze
- porušení filtrační stability hráze
- výběh větrové vlny

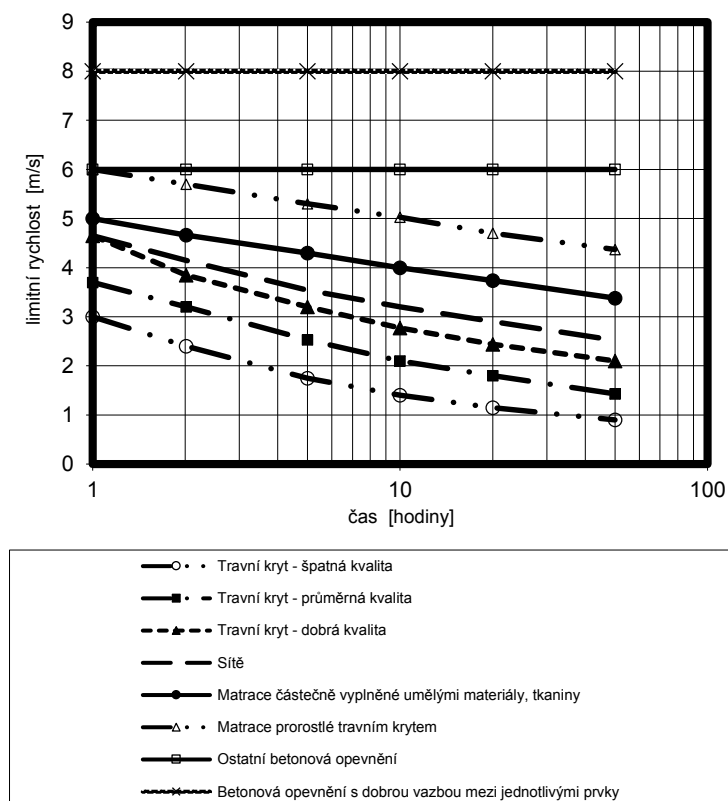
D.1 Celková stabilita hráze

Z příloh MŘ [2] vyplývá, že homogenní těleso hráze je provedeno z jílovitých zemin. Vlastnosti zeminy byly odhadnuty na hlínu s nízkou plasticitou s označením *ML* třídy F5. Podle ČSN 75 2410 [12] byly přiřazeny vlastnosti $c_{ef} = 5 \text{ kPa}$ a $\varphi_{ef} = 34^\circ$. MŘ [2] uvádí sklon návodního líce 1:3 a vzdušního líce 1:2. Tyto hodnoty jsou oproti skutečnosti rozdílné. Z geodetického zaměření z roku 2018 [6] vyplývá, že sklon návodního líce se pohybuje v rozmezí od asi 1:2,4 (u bezpečnostního přelivu) do 1:5 a vzdušního líce od asi 1:2,3 do 1:3,5. Pro materiál použitý na homogenní těleso hráze norma ČSN 75 2410 [12] doporučuje sklony svahu pro návodní líc 1:3,7 a vzdušní líc 1:2,2. Pouze sklon svahu návodního líce, v části nad bezpečnostním přelivem, tedy nevyhovuje normě ČSN 75 2410 [12]. Tento svah je ale opřen o stěnu z lomového kamene do betonu s vyspárováním.

D.2 Povrchová eroze při přelití hráze

Přelitím sypané hráze může docházet k povrchové erozi vzdušního svahu hráze a následně až k protržení celé hráze. Při výpočtu transformace teoretických povodňových vln KPV_{100} , PV_{200} a PV_{200} [13] bylo zjištěno, že dochází k přelití hráze, a tedy i k možné povrchové erozi. Při průchodu KPV_{100} dochází k přelévání v nejnižším místě koruny hráze asi 1,5 hodiny, kdy nejvyšší úroveň hladiny dosahuje asi 5 cm nad nejnižším místem koruny hráze. Průběh transformace teoretické povodňové vlny KPV_{100} při přelití hráze je uveden v Příloze 14. Největší přelití koruny hráze je v případě PV_{200} [13], kdy výška hladiny dosahuje asi 15 cm nad nejnižším místem koruny hráze. Při dosažení této hladiny byla vypočtena teoretická rychlost proudění vody po vzdušním svahu asi 1,54 m/s. Při posouzení povrchové eroze byl uvažován stav travního krytu, který se nachází ve špatné kvalitě. Z grafu na Obrázku 8 vyplývá, že i při tomto stavu odolá povrch vzdušního svahu hráze teoreticky až 10 hodin. Při PV_{200} [13] dochází

k přelévání hráze asi 4 hodiny. To tedy znamená, že během přelítí koruny hráze teoreticky nedojde k povrchové erozi svahu. Průběh transformace teoretické povodňové vlny PV_{200} [13] při přelítí hráze je uveden v Příloze 16.



Obrázek 8: Limitní rychlosti pro jednotlivé materiály jako funkce doby přelévání (Floods and reservoir safety 1996) [15]

D.3 Porušení filtrační stability hráze

K posouzení filtrační stability hráze podle mezních stavů byl použit vztah dle [14]:

$$\gamma_{sit} \cdot \gamma_n \cdot \gamma_{fa} \cdot i \leq \gamma_{stf} \cdot \gamma_{fp} \cdot i_K$$

kde γ_{sit} je součinitel návrhové situace [-] ($\gamma_{sit}=0,9$ dle [14]),

γ_n je součinitel účelu [-] ($\gamma_n=1,2$ dle [14]),

γ_{fa} je součinitel spolehlivosti zatížení [-] ($\gamma_{fa}=1,3$ dle [14]),

i je střední hydraulický gradient [-],

γ_{stf} je součinitel mezního stavu filtrační deformace [-] ($\gamma_{stf}=0,9$ dle [14]),

γ_{fp} je součinitel spolehlivosti odolnosti zeminy vůči porušení vnitřní erozí [-] ($\gamma_{fp}=0,5$ dle [14]),

i_K je normová hodnota kritického hydraulického gradientu [-] ($i=0,9$ dle [14]).

Ke stanovení středního hydraulického gradientu byl použit vztah:

$$i = \frac{H}{L}$$

kde H je výška od hladiny vody k vyústění průsakové dráhy [m],

L je délka průsakové dráhy [m].

Posouzení porušení filtrační stability hráze bylo provedeno pro maximální hladinu v nádrži 454,82 m n. m., při které nedochází k přelítí koruny hráze. Současně bylo zvoleno nejužší místo hráze a uvažováno vyústění průsakové dráhy u paty vzdušního svahu. Po dosazení do podmínky mezního stavu vychází podmínka $0,401 \leq 0,405$. To tedy znamená, že teoreticky nedojde k porušení filtrační stability hráze ani při hladině v nádrži na kótě 454,82 m n. m. při které už může docházet k přelévání koruny hráze.

Při místním šetření [9] nebyly na vzdušního svahu patrné žádné průsaky, a to ani v odvodňovací šachtě. Doporučuji, ale sledovat místa po vykácených stromech na vzdušním svahu, kde v důsledku odumírajících kořenů mohou vzniknout privilegované průsakové cesty.



Obrázek 9: Pohled do odvodňovací šachty

D.4 Výběh větrové vlny

Při stanovení MBH je dle ČSN 75 2935 [1] nutné uvažovat i s výběhem větrových vln. U VD zařazeného do IV. kategorie je dle [1] možné vycházet pouze z Tabulky 8 a to za předpokladu, že délka rozběhu vlny (tj. největší přímá délka vodní hladiny mezi hrází a protilehlým břehem) nepřesahuje 300 m. VD Vacenovice tuto podmínku splňuje, a za předpokladu horší varianty sklonu návodního svahu 1:3, byla z Tabulky 8 stanovena výška výběhu větrové vlny na $h_w = 0,43$ m. Tato hodnota byla ověřena pomocí postupu uvedeného v ČSN 75 0255 [3], postup výpočtu je uveden v Příloze 22. Při výpočtu efektivní délky rozběhu větru byly uvažovány tři varianty. Největší efektivní délka vyšla v případě varianty označené červeně. Schéma k výpočtu efektivní délky rozběhu větru je uveden v Příloze 23. Výška výběhu větrové vlny spočtená dle [3] na $h_w = 0,40$ m je menší než hodnota určená z Tabulky 8, to znamená, že se při stanovení MBH uvažuje s nepříznivější hodnotou, a to s $h_w = 0,43$ m. Při předpokladu, že dojde k dosažení MBH a současně k výběhu větrové vlny, je nutné uvažovat se snížením MBH na kótu 454,39 m n. m. Uvažuje se však, že k tomuto stavu nedojde současně.

Tabulka 8: Orientační hodnoty výšky výběhu vlny [1]

Druh opevnění návodního svahu hráze	Efektivní délka rozběhu vlny (m)	Výška výběhu vlny (m) pro návrhovou rychlost 72 km/h	
		Sklon návodního svahu hráze	
		1:3	1:2
Drsný povrch (kamenná rovnánina, pohoz vegetační pokryv)	≤ 100	0,33	0,42
	101 až 200	0,43	0,54
	201 až 300	0,50	0,64
Hladký povrch (asfaltobeton, beton, dlažba)	≤ 100	0,42	0,53
	101 až 200	0,54	0,67
	201 až 300	0,62	0,80

D.5 Souhrnné zhodnocení

Podle výše uvedených stanovisek byla mezní bezpečná hladina VD Vacenovice stanovena na kótu 454,82 m n. m. V MŘ [2] je určena MBH na kótu 454,40 m n. m. a to z blíže nespecifikovaných důvodů.

E . Stanovení kontrolní maximální hladiny v nádrži

Ke stanovení kontrolní maximální hladiny v nádrži byla uvažována varianta:

- hladina v nádrži je před příchodem povodňové vlny na horní hladině $Mz = 453,40$ m n. m. a šoupátko spodní výpusti DN 600 je uzavřeno.

Tabulka 9: Přítoky a odtoky z VD Vacenovice při průchodu KPV₁₀₀, PV₂₀₀ a PV₂₀₀ [13]

	Max. přítok [m ³ /s]	Max. odtok [m ³ /s]	Max. hladina [m n. m.]	Pozn.
KPV ₁₀₀	10,00	8,39	454,87	přelití koruny hráze v nejnižším místě asi o 5 cm
PV ₂₀₀	12,80	12,49	454,96	přelití koruny hráze v nejnižším místě asi o 14 cm
PV ₂₀₀ [13]	13,50	13,25	454,97	přelití koruny hráze v nejnižším místě asi o 15 cm

Při stanovení kontrolní maximální hladiny bylo uvažováno, že v případě přelití koruny hráze se zvýší odtok z nádrže o průtok přepadající vody přes korunu hráze.

F . Závěrečné zhodnocení

Při průchodu KPV₁₀₀ dochází k přelití části koruny hráze a k nastoupání hladiny vody v nádrži na úroveň 454,87 m n. m. To znamená, že výška přepadového paprsku vody je nad nejnižším místem koruny hráze asi 5 cm. Nejnižší místo koruny hráze se nachází v místě odtokového potrubí bezpečnostního přelivu v levém zavázání hráze. Doba, po kterou by teoreticky docházelo k přelití hráze, je dle přešetření průběhu transformace teoretické povodňové vlny KPV₁₀₀ asi 1,5 hodiny. Průběh transformace teoretické povodňové vlny KPV₁₀₀ je uveden v Příloze 14. Při průchodu PV₂₀₀ [13] bylo z grafu na Obrázku 8 dle [15] zjištěno, že i při špatné kvalitě travního krytu a době přelévání koruny hráze až 10 hodin, nedojde teoreticky k povrchové erozi svahu hráze VD.

Z důvodu přelití části hráze, v jejím levém zavázání, při průběhu teoretické KPV₁₀₀ není VD Vacenovice ve smyslu požadavků ČSN 75 2935 [1] bezpečné.

Tento stav doporučuji řešit vhodnými opatřeními, které jsou uvedeny v následující kapitole.

G . Nápravná a nouzová opatření

Níže uvedená nápravná opatření slouží ke zvýšení odtoku z VD během PV a ke zvýšení bezpečnosti VD.

G.1 Nouzová opatření

Jednou z možností nouzového opatření pro KPV₁₀₀ je snížení hladiny na kótu 451,80 m n. m., kdy by teoreticky nedošlo k přelítí koruny hráze.

G.2 Opatření vedoucí ke zvýšení bezpečnosti VD

Opatření vedoucí ke zvýšení bezpečnosti VD jsou uvažována na PV₂₀₀ [13] ve třech možných variantách, a to za předpokladu, že zatrubnění toku za vývarem bude nahrazeno otevřeným korytem.

Varianta I

Tato varianta uvažuje vybudování zcela nového bočního bezpečnostního přelivu, umístění nového rámového prefabrikovaného propustku a vybudování nového odtokového koryta a vývaru. Při této variantě bude napřímena osa bezpečnostního přelivu, propustku, odtokového koryta a vývaru. Tímto by došlo k lepšímu odtoku vody z bezpečnostního přelivu a ke snížení rizika poškození opevnění koryta oproti současnému stavu. Přehledná situace varianty I je uvedena v Příloze 24.

Součinitel přepadu byl stanoven pomocí vztahu dle [14]:

$$m = 0,349494 + 0,307084 \cdot \frac{x}{\left(\frac{h}{s}\right)^{1,62877} + \left(\frac{s}{2 \cdot r}\right)^{-1,45694} + 0,223402},$$

kde h je výška přepadového paprsku [m],

s je výška přelivné hrany nade dnem [m],

r je poloměr přepadové hrany [m].

Ke stanovení průtoku přes bezpečnostní přeliv byl využit stejný vztah jako v kapitole C.5.1. Návrh rozměrů a výškového uspořádání spadiště byl proveden dle [18] za předpokladu, že na rozhraní spadiště a rámového propustku nastane kritická hloubka. Průběh hladiny v rámovém

propustku a skluzu byl odvozen pomocí metody po úsecích při ustáleném nerovnoměrném pohybu dle [4]. Rámový propustek a skluz byl rozdělen na úseky, které od sebe dělí jednotlivé průtočné profily. Při výpočtu bylo předpokládáno, že průtočné profily i rychlosti v jednotlivých úsecích se mění z hodnot S_i a v_i na hodnoty $S_{i\pm 1}$ a $v_{i\pm 1}$. Délka vývaru a jeho zahloubení byla určena dle [18].

Parametry nového bezpečnostního přelivu, rámového propustku, odtokového koryta:

• Návrhový průtok	10,88 m ³ /s
• Kóta přelivné hrany bezpečnostního přelivu	453,40 m n. m.
• Délka přelivné hrany	14,0 m
• Poloměr přelivné hrany	0,6 m
• Šířka spadiště	2,0 m
• Hloubka spadiště	2,5 m
• Sklon dna spadiště	3,0 %
• Šířka rámového propustku	2,0 m
• Výška rámového propustku	2,5 m
• Sklon rámového propustku	9,5 %
• Šířka skluzu	2,0 m
• Výška skluzu	2,0 m
• Sklon skluzu	9,5 %
• Délka vývaru	15,0 m
• Zahloubení vývaru	1,0 m

Varianta II

Tato varianta uvažuje vybudování dvoupatrového sdruženého objektu. Vzhledem k rozměrům hráze a mohutnosti sdruženého objektu není tato varianta příliš vhodná. Předběžný návrh rozměru byl proveden dle [19]. Přehledná situace varianty II je uvedena v Příloze 25.

Parametry sdruženého objektu:

• Kóta přelivné hrany bezpečnostního přelivu	453,40 m n. m.
• Délka přelivné hrany	2 x 7,0 m
• Poloměr přelivné hrany	0,6 m
• Šířka spadiště	2,0 m

• Hloubka spadiště	3,0 m
• Výška objektu	7,2 m
• Výška štoly	2,1 m
• Šířka skluzu	2,0 m
• Výška skluzu	3,0 m

Varianta III

Tato varianta uvažuje vybudování nouzového přelivu umístěného u levého břehu hráze nad současným propustkem, z důvodu odtékání vody do současného odpadního koryta. Nouzový přeliv bude vybudován jako zpevněný průleh s přelivnou hranou délky 17,0 m a sklony svahu 1:10. Pod nouzovým přelivem bude vzdušný svah opevněný vhodným materiálem a voda bude odtékat do současného odtokového koryta. Nouzový přeliv bude opevněn kamennou dlažbou o rozměrech 0,30 x 0,10 m. Přehledná situace varianty III je uvedena v Příloze 26.

G.3 Doporučení

Obetonování odtokového potrubí

Při výměně nebo opravě obetonování odtokového potrubí bezpečnostního přelivu bude z důvodu kvalitnějšího zhutnění výhodnější provést v celé délce potrubí stejnou tloušťku obetonování. V přílohách MŘ [2] je uvedena rozdílná šířka obetonování v místě spojů jednotlivých částí potrubí. V těchto místech mohlo tedy dojít k nekvalitnímu zhutnění betonu.

Geodetické zaměření a odtěžení nánosů z nádrže

Doporučuji geodetické zaměření okolí nádrže pro získání přesných hodnot zatopených ploch a dále geodetické zaměření dna nádrže a následné odtěžení nánosů z nádrže.

Obnovení odběru závlahové vody

Vzhledem k měnícímu se klimatu a ubývání množství srážek a vody v krajině by bylo vhodné obnovit odběr závlahové vody a čerpací stanici.

Odstranění zatrubnění toku

Doporučuji také odstranit zatrubnění toku za vývarem, aby došlo ke zvýšení jeho kapacity.

Hydrologické údaje

Dále doporučuji aktualizaci hydrologických údajů.

H . Použité podklady

- [1] ČSN 75 2935 *Posuzování bezpečnosti vodních děl při povodních*.
- [2] DRAHOŠ, Milan. *Manipulační řád pro vodní dílo Vacenovice*. Brno, 2005.
- [3] ČSN 75 0255 *Výpočet účinků vln na stavby na vodních nádržích a zdržích*.
- [4] JANDORA, Jan a Jan ŠULC. *Hydraulika: Modul 01*. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, 2007. ISBN 978-80-7204-512-9.
- [5] Vyhláška č. 367/2005 Sb., kterou se mění vyhláška č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích pro vodní díla.
- [6] Geodetické zaměření – závlahová nádrž Vacenovice (03–04/2018, Povodí Moravy, s. p. Brno, útvar 210).
- [7] ArcMap Desktop 10.5 Version: 10.5.0.6491, Copyright © 1995-2016 Esri
- [8] HOLOMEK, Petr. *Zápis o prohlídce podle § 62 zákona č. 254/2001 Sb., v platném znění technicko-bezpečnostní dohled (TBD) nad vodními díly*. Vacenovice, 2018.
- [9] Místní šetření dne 30. 4. 2019 za účasti Jiří Svoboda, Ing. Stanislav Jobánek (Povodí Moravy, s. p.), doc. Ing. Jan Jandora, Ph.D.
- [10] JANDORA, Jan. Programový produkt NADRZ1. 2014.
- [11] KUNŠTÁTSKÝ, Jiří a Cyril PATOČKA. *Základy hydrauliky a hydrologie*. Praha: SNTL, 1966. ISBN 04-716-66.
- [12] ČSN 75 2410 *Malé vodní nádrže*
- [13] HOLOMEK, Petr. *Odvození teoretické PV_{200} pro VD Vacenovice*. 2015.
- [14] DOLEŽAL, Petr. *Malé vodní a suché nádrže: TP 1.19*. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydává Informační centrum ČKAIT, 2011. ISBN 978-80-86364-16-2.
- [15] JANDORA, Jan a Jaromír ŘÍHA. *Porušení sypaných hrází v důsledku přelití*. Brno: Econ, 2002. ISBN 80-86433-15-5.
- [16] BOOR, Boris, Jiří KUNŠTÁTSKÝ a Cyril PATOČKA. *Hydraulika pro vodohospodářské stavby*. Praha: SNTL, 1968. ISBN 04-710-68.
- [17] STARA, Vlastimil a Helena KOUTKOVÁ. 3. *Vodohospodářská konference s mezinárodní účastí: Součinitel přepadu přelivu s kruhově zaoblenou korunou z fyzikálních experimentů*. Brno, 2003. ISBN 80-86433-26-9.
- [18] KRATOCHVÍL, Jiří, Miloš JANDA a Vlastimil STARA. *Projektování přehrad: Komplexní projekt HT*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1988.
- [19] HYDROPROJEKT. *Navrhování sdružených objektů zemních hrází do výšky 15 m: Typizační směrnice stavebního objektu*. Praha, 1980. Archivní číslo 261-807.

I. Seznam tabulek

Tabulka 1: Požadovaná míra bezpečnosti pro návrh a posuzování vodního díla [1]	1
Tabulka 2: Parametry jednotlivých částí VD Vacenovice dle [2], [6] a [7]	2
Tabulka 3: Hydrologické poměry	11
Tabulka 4: Číselné charakteristiky m -denních průtoků dle [2]	11
Tabulka 5: Číselné charakteristiky N -letých průtoků dle [2] a [13]	11
Tabulka 6: Číselné charakteristiky objemů N -letých teoretických PV dle [13]	11
Tabulka 7: Přepadové součinitele obdélníkového jezu [4]	16
Tabulka 8: Orientační hodnoty výšky výběhu vlny [1]	26
Tabulka 9: Přitoky a odtoky z VD Vacenovice při průchodu KPV_{100} , PV_{200} a PV_{200} [13]	27

J . Seznam obrázků

Obrázek 1: Vzdušní svah po odstranění všech nežádoucích dřevin [9]	3
Obrázek 2: Návodní svah ohumusován a oset travním semenem [9].....	4
Obrázek 3: Kašnový bezpečnostní přeliv [9]	6
Obrázek 4: Pohled do odtokového potrubí	7
Obrázek 5: Stěna u vyústění odtokového potrubí porušena trhlinami [9]	8
Obrázek 6: Poškozené opevnění odpadního koryta [9]	10
Obrázek 7: Určení efektivní délky přelivu	17
Obrázek 8: Limitní rychlosti pro jednotlivé materiály jako funkce doby přelévání (Floods and reservoir safety 1996) [15]	24
Obrázek 9: Pohled do odvodňovací šachty.....	25

K . Seznam použitých zkratk a symbolů

Seznam symbolů:

V_s	objem prostoru stálého nadržení	[m ³]
V_z	objem zásobního prostoru	[m ³]
V_{rn}	objem retenčního neovladatelného prostoru	[m ³]
V_c	objem celkového prostoru	[m ³]
M_s	hladina stálého nadržení	[m n. m.]
M_z	hladina zásobního prostoru	[m n. m.]
M_{rn}	hladina neovladatelného retenčního prostoru	[m n. m.]
M_{max}	maximální hladina	[m n. m.]
Q_m	m -denní průtok	[l/s]
Q_N	N -letý průtok	[m ³ /s]
W_N	objem N -leté povodňové vlny	[m ³]
Q_{bp}	průtok přes bezpečnostní přeliv	[m ³ /s]
m	součinitel přepadu	[-]
b_0	účinná šířka přelivu	[m]
g	gravitační zrychlení	[m/s ²]
h_0	energetická přepadová výška	[m]
b	délka přelivné hrany	[m]
n	počet zúžení	[-]
ζ	součinitel boční kontrakce	[-]
Q_{op}	průtok odtokovým potrubím	[m ³ /s]
S_x	zúžená průtočná plocha odtokového potrubí	[m ²]
φ	rychlostní součinitel	[-]
H	rozdíl dna vtoku potrubí a hladiny v nádrži	[m]

ε	součinitel výškové kontrakce	[-]
h_T	výška potrubí	[m]
Q_{ok}	průtok odpadním korytem	[m ³ /s]
S	průtočná plocha	[m ²]
v	průřezová rychlost	[m/s]
C	Chézyho rychlostní součinitel	[m ^{0,5} /s]
R	hydraulický poloměr	[m]
i	podélný sklon dna	[-]
Q_{sv}	průtok spodní výpustí	[m ³ /s]
μ	součinitel výtoku otvorem	[-]
α	Coriolisovo číslo	[-]
λ	součinitel ztráty třením po délce	[-]
L	délka potrubí	[m]
D	průměr potrubí	[m]
ξ_i	součinitel i -té místní ztráty	[-]
Δ	absolutní drsnost stěn potrubí	[mm]
Q_{ds}	průtok přes dlužovou stěnu	[m ³ /s]
h	přepadová výška	[m]
s_1	výška přelivné hrany nade dnem	[m]
$dV(t)/dt$	okamžitá změna objemu vody v nádrži	[m ³ /s]
$Q_{in}(t)$	přítok vody do nádrže	[m ³ /s]
$Q_{out}(t)$	odtok vody z nádrže	[m ³ /s]
$A_s(h(t))$	zatopená plocha	[m ²]
$dh(t)/dt$	okamžitá změna polohy hladiny vody v nádrži	[m/s]
ML	hlína s nízkou plasticitou	[-]
c_{ef}	charakteristická efektivní soudržnost zeminy	[kPa]

φ_{ef}	charakteristický efektivní úhel vnitřního tření	[°]
γ_{sit}	součinitel návrhové situace	[-]
γ_n	součinitel účelu	[-]
γ_{fa}	součinitel spolehlivosti zatížení	[-]
i	střední hydraulický gradient	[-]
γ_{stf}	součinitel mezního stavu filtrační deformace	[-]
γ_{fp}	součinitel odolnosti zeminy vůči porušení vnitřní erozí	[-]
i_K	normová hodnota kritického hydraulického gradientu	[-]
L	délka průsakové dráhy	[m]
h_w	výška výběhu větrové vlny	[m]

Seznam zkratk:

VD	vodní dílo
ČSN	Česká státní norma
BPV	Balt po vyrovnaní
DN	jmenovitá světlost
MBH	mezní bezpečná hladina
KMH	kontrolní maximální hladina
KPV	kontrolní povodňová vlna
PV	povodňová vlna
MŘ	manipulační řád
TBD	Technicko-bezpečnostní dohled

L . Seznam příloh

Příloha 1	Umístění VD Vacenovice
Příloha 2	Čáry zatopených ploch a objemů
Příloha 3	Měrná křivka bezpečnostního přelivu a odtokového potrubí
Příloha 4	Měrná křivka spodní výpusti a dlužové stěny
Příloha 5	Měrná křivka odpadního koryta těsně za vyústěním odtokového potrubí
Příloha 6	Odvození zatopených ploch
Příloha 7	Porovnání velikosti povodí VD
Příloha 8	Odvození teoretického kulminačního průtoku PV_{200}
Příloha 9	Odvození teoretické povodňové vlny KPV_{100}
Příloha 10	Odvození teoretické povodňové vlny PV_{200} a PV_{200} [13]
Příloha 11	Transformace KPV_{100} – navýšení hráze
Příloha 12	Transformace PV_{200} – navýšení hráze
Příloha 13	Transformace PV_{200} [13] – navýšení hráze
Příloha 14	Transformace KPV_{100} – při přelítí hráze
Příloha 15	Transformace PV_{200} – při přelítí hráze
Příloha 16	Transformace PV_{200} [13] – při přelítí hráze
Příloha 17	Příčný profil hráze M 1:100
Příloha 18	Půdorys vtokového objektu M 1:50
Příloha 19	Podélný řez výpustným zařízením M 1:50
Příloha 20	Podélný řez bezpečnostním přelivem a odtokovým potrubím M 1:50
Příloha 21	Půdorys bezpečnostního přelivu M 1:50
Příloha 22	Výpočet výběhu větrové vlny dle ČSN 75 0255 [3]
Příloha 23	Schéma k výpočtu efektivní délky rozběhu větru
Příloha 24	Přehledná situace – varianta I
Příloha 25	Přehledná situace – varianta II
Příloha 26	Přehledná situace – varianta III