

OBSAH

A.	ÚVODNÍ ČÁST	2
B.	ÚČEL A POPIS VODNÍHO DÍLA	2
B.1	Účel vodního díla	2
B.2	Popis vodního díla	2
C.	ZÁKLADNÍ ÚDAJE A PODKLADY	5
C.1	Požadovaná míra bezpečnosti vodního díla při povodni	5
C.2	Hydrologické podklady	5
C.3	Technické parametry a podklady	6
C.4	Okolnosti ovlivňující bezpečnost VD za povodní	6
C.5	Hydraulické výpočty	7
D.	STANOVENÍ MEZNÍ BEZPEČNÉ HLADINY	9
E.	STANOVENÍ KONTROLNÍ MAXIMÁLNÍ HLADINY V NÁDRŽI	9
F.	ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ	10
G.	NÁPRAVNÁ A NOUZOVÁ OPATŘENÍ	10
H.	POUŽITÉ PODKLADY	12
I.	PŘÍLOHY	12

A. ÚVODNÍ ČÁST

Posudek bezpečnosti za povodní je pro vodní dílo (VD) Těšetice na toku Únanovka je vypracován v souladu s příkazní smlouvou č. A1371/14 o výkonu technickobezpečnostního dohledu mezi státním podnikem Povodí Moravy a společností VODNÍ DÍLA – TBD a.s., zajišťující výkon TBD na vybraných VD. Předmětem posouzení je na základě prověření hydraulických kapacit všech dostupných zařízení díla, která jsou podle manipulačního řádu (MŘ) určena pro převádění povodňových průtoků, stanovení bezpečnosti přehrady za extrémní povodňové situace, charakterizované povodňovou vlnou (PV) s velmi dlouhou dobou opakování. Posouzení bylo vypracováno podle ČSN 75 2935 Posuzování bezpečnosti vodních děl za povodní (5).

Posouzení bezpečnosti za povodní bylo zpracováno v souvislosti s vypracovávanou souhrnnou etapovou zprávou pro VD Těšetice v souladu s (3). ČHMÚ Brno na základě objednávky provozovatele VD vypracovala hydrologickou studii (1), obsahující aktualizované N-leté kulminační průtoky a dále hydrogramy teoretických PV pro pravděpodobnost překročení kulminačního průtoku $p_Q \leq 0,001$.

Jako základní podklad pro technické parametry a popis VD byl použit platný MŘ pro VD Těšetice (9). Ověření základních geometrických rozměrů vybraných objektů včetně situačního a výškového zaměření bylo provedeno zhotovitelem (15).

Veškeré výškové údaje, uváděné v textu posudku a v přílohách, jsou ve výškovém systému **Balt po vyrovnání**.

B. ÚČEL A POPIS VODNÍHO DÍLA

VD Těšetice se nachází v Jihomoravském kraji, cca 1 km severozápadně od stejnojmenné obce. Přehrada je postavena na toku Únanovka (ČHP 4-14-03-036) v km 6,3.

Výstavba vodního díla byla zahájena v 09/1979 a ukončena v 06/1983. Vlastní násyp hráze byl prováděn ve třech etapách v letech 1981-1983. Ověřovací provoz probíhal od 1.9.1983, kdy začalo napouštění nádrže. V r. 1986 bylo VD uvedeno do trvalého provozu.

B.1 Účel vodního díla

- zabezpečení akumulace vody pro závlahy 286 ha sadů a vinic (květen až říjen 15 l/s až 52 l/s),
- zajištění minimálních zůstatkových průtoků,
- částečná transformace povodňových průtoků,
- rybářské využití – vodní nádrž Těšetice je využívána pro sportovní rybolov.

B.2 Popis vodního díla

Rozdělení prostoru nádrže

	Kóta hladiny v m n.m.	Plocha (ha)	Objem (mil. m ³)
Prostor stálého nadržení	236,00 - 242,70	7,2	0,228
Zásobní prostor	242,70 - 248,03	12,0	0,541
Neovladatelný retenční prostor	248,03 - 248,70	12,7	0,083
Celkový prostor	236,00 - 248,70	12,7	0,852

Hráz vodního díla

Vzdouvacím objektem vodního díla je nehomogenní sypaná hráz z místních materiálů, s širokým středním těsněním s přitěžovacími lavicemi. Jádro je oboustranně přisypáno terasovými štěrky.

Návodní líc je proveden ve sklonu 1:3,3, je opevněn pohozelem z kamene 63 – 120 mm v tl. 0,4 m a 90 – 300 mm v tl. 0,3 m na štěrkopískové filtrační vrstvě zrna 4 – 16 mm v tl. 0,15 m. Vzdušní svah je proveden ve sklonu 1:1,9, přitěžovací lavice ve sklonu 1:8,5, svah je ohumusován a oset.

Koruna hráze není zpevněna, je ohumusována a oseta. Pro odvedení průsaků z tělesa hráze slouží patní dren zaústěný do vývaru.

Kóta koruny hráze	249,50 m n.m. (min. 249,47 m n.m.)
Kóta nejnižšího místa v údolí	235,60 m n.m.
Délka hráze v koruně	154,0 m
Max. výška hráze nad zákl. spárrou	15,3 m
Výška hráze nad terénem	13,9 m
Šířka koruny hráze	3,0 m

Sdružený (manipulační) objekt

Veškerá zařízení pro vypouštění a přepad vody z nádrže jsou soustředěna ve sdruženém objektu hráze. Tento objekt má tyto hlavní části:

- šachtový přeliv
- odpadní chodbu
- vývar
- spodní výpusti a strojovnu uzávěrů spodní výpusti

1 - šachtový přeliv

Přeliv je umístěn ve sdruženém objektu hráze. Jde o volný přeliv, má dvě přelivné hrany o délce 2 x 6,5 m umístěné na protilehlých stěnách přelivné odpadní šachty lichoběžníkového průřezu. Odpadní šachta ústí přechodovou částí do odpadní chodby obdélníkového průřezu.

Úroveň koruny přelivu	248,03 m n.m.
Délka přelivné hrany	2x6,5 m = 13,00 m
Kóta dna šachty	237,00 m n.m.
Kapacita přelivu při kótě 248,70 m n.m.	15,4 m ³ .s ⁻¹

2 - odpadní chodba

Odpadní chodba sestává z 9 bloků, má obdélníkový profil.

Délka chodby	61,00 m
Vnitřní světlá šířka	2,40 m
Vnitřní světlá výška (v trase kynety)	2,50 m
Vnitřní světlá výška (v trase chodníku)	2,35 m
Spád chodby	3 ‰

Pravá polovina dna chodby je zvýšená o 0,15 m a tvoří chodník pro pochůzky obsluhy VD. Na levé stěně chodby je na konzolách umístěno závlahové odběrné potrubí, ve vzdálenosti 1,90 m od konce chodby odbočuje odběrné potrubí prostupem v levé stěně chodby do armaturní šachty. Nad portálem chodby jsou osazeny konzoly s tyčí, na které je možné zavěsit textilní clonu pro uzavření chodby v zimním období. Vstup do chodby je zajištěn žebříkem z levé vývarové zdi.

3 - vývar

Vývar navazuje na odpadní chodbu, sestává z jednoho bloku bez svislých dilatačních spár. Vývar je ve dně obdélníkového půdorysu se zdmi tvořícími zborcenou plochu. Stěny vývaru jsou obloženy kamennými kopáky. Do vývaru jsou zaústěny patní drény hráze $\phi 200$ mm a potrubí $\phi 300$ mm pro převedení vody po dobu stavby, do kterého je zaústěno odvodnění manipulační šachty.

Celková délka vývaru	20,00 m
Délka dna vývaru	9,00 m
Šířka dna vývaru	3,00 m
Sklon zdi vývaru	5 : 1 do 1 : 1,5
Kóta dna	232,30 m n.m.
Kóta prahu vývaru	234,00 m n.m.

4 - spodní výpusti

Spodní výpusti DN 500 jsou dvě, na různých úrovních. Osa pravé výpusti je na kótě 239,00 m n.m. s odbočkou pro přívod vody do čerpací stanice, osa levé výpusti na kótě 237,80 m n.m. Vtokový objekt se šachtou je vybudován v základovém bloku sdruženého objektu. Na vtoku do výpusti jsou osazeny rámové vytahovatelné česle zasazené v ocelové drážce. Dále ve směru proudění vody jsou hradidlové tabule zavěšené na táhlech, a vtokové přechodové kusy.

Uzávěry výpusti jsou třmenová šoupátka, ovládaná ručně. První šoupátka, směrem po toku vody, jsou návodní uzavěry, druhá šoupátka, směrem po toku vody, jsou provozní uzavěry. Obě výpusti jsou před návodními uzavěry, propojeny obtokovým potrubím, uzavíratelným ručně ovládanými šoupátky. Na obtokové potrubí je odbočkou napojeno potrubí asanačního odtoku vody, uzavíratelné ručně, ovládáno šoupátkem. Výpustná potrubí jsou za druhým šoupátkovým uzavěrem zavzdušněna potrubím, ústícím do zavzdušovacího potrubí šachtového přelivu. Uzávěry jsou ovládané z dolní části manipulační šachty.

Kapacita obou spodních výpustí

při hladině na kótě 248,03 m n.m.	3,26 m ³ .s ⁻¹
při hladině na kótě 248,70 m n.m.	3,37 m ³ .s ⁻¹

Koryto toku pod hrází

Délka koryta	189 m
Šířka koryta ve dně	3,0 m (s postupným zúžením na 1,0 m)
Sklon svahů koryta	1 : 1,5 (s postupným přechodem na 1:2)
Kóta patky koryta	234,00 m n.m.

Odpadní koryto je směrově i výškově navázáno na koryto Únanovky. Tvar koryta je lichoběžníkový, patka koryta je zpevněna laťovým plůtkem, dno je zpevněno pohozem, svahy vegetačními tvárniciemi do výšky 0,6 m, výše pak jsou svahy ohumusovány a osety.

C. ZÁKLADNÍ ÚDAJE A PODKLADY

C.1 Požadovaná míra bezpečnosti vodního díla při povodni

VD Těšetice je podle svého významu a stupně ohrožení území pod dílem zařazeno pro potřeby odborného technickobezpečnostního dohledu podle (2) a (3) do III. kategorie.

Na základě tabulky 1 – „Požadovaná míra bezpečnosti vodních děl při povodni“ uvedená v oddíle 7.1.1. (5) se VD Těšetice řadí do skupiny vodních děl s označením jako „STŘEDNÍ“ z hlediska pravděpodobných škod při hypotetické havárii vodního díla. Skupina se dělí na dvě podskupiny – u první „ztráty lidských životů se očekávají“, u druhé pak „ztráty lidských životů jsou nepravděpodobné“. U první podskupiny je požadovaná míra bezpečnosti $N = 1\,000$ let, u druhé pak $N = 200$ let.

Vzhledem k potenciálnímu riziku ohrožení lidských životů byla za požadovanou míru bezpečnosti díla zvolena pravděpodobnost výskytu kulminace KPV $p_Q = 0,001$ (doba opakování $N = 1\,000$ let).

Pro vypracování posouzení je nezbytným podkladem hydrogram teoretické N -leté povodňové vlny určené N -letým kulminačním průtokem, typickým tvarem hydrogramu a příslušným objemem (1).

C.2 Hydrologické podklady

Základní hydrologické údaje pro tok Únanovka v profilu hráze VD Těšetice byly použity z hydrologické studie pro VD Těšetice (1).

Hydrologické číslo povodí	4-14-03-036
Plocha povodí	23,38 km ²
Prům. roční výška srážek na povodí za období 1931-1980	500 mm
Prům. roční průtok za období 1931-1980	0,033 m ³ .s ⁻¹

Průběhy teoretických povodňových vln byly vypracovány standardními metodickými postupy – dle klasické statistické srovnávací metody a analogie.

N – leté průtoky a objemy teoretických povodňové vln při n -letých průtocích

Roků	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1000
Q [m ³ .s ⁻¹]	2,0	2,7	4,3	6,4	9,3	15,0	21,0	28,8	42,7	56,5
W_N [tis. m ³]	183,5	236,0	337,5	443,5	579,0	813,0	1038	1313	1766	2190

Všechny odvozené hydrologické veličiny s dobou opakování od $N=1$ až $N=100$ let spadají do třídy II. Veličiny pro $N > 100$ až do $N = 1\,000$ let jsou zařazeny do třídy III.

Stanovení kontrolní povodňové vlny KPV :

Pro VD Těšetice je v souladu s (5) požadována KPV s pravděpodobností výskytu $p_Q = 0,001$, tedy $KPV_{1\,000}$ s parametry:

$$KPV_{1\,000} \rightarrow Q_{1\,000} = 56,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}, W_{PV_{1\,000}} = 2,19 \text{ mil. m, viz příloha č. 13.}$$

Pozn. Dále je v posudku přiložen hydrogram povodňové vlny PV_{200} s následujícími parametry: $PV_{200} \rightarrow Q_{200} = 28,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, $W_{PV_{200}} = 1,313 \text{ mil. m}$, viz příloha č. 14. Hydrogram pro PV_{200} byl odvozen z PV_{100} a $PV_{1\,000}$ naší organizací v rámci tohoto posudku.

C.3 Technické parametry a podklady

Technické parametry funkčních zařízení VD Těšetice jsou popsány v kap. [B.2](#) Popis vodního díla.

Geodetické podklady

V rámci přípravných prací jsme provedli situační a výškové zaměření tělesa hráze, podhrází a odpadního koryta pomocí GPS (12/2013). Dále bylo provedeno výškové zaměření koruny bezpečnostního přelivu, pomocí dálkoměru byly ověřeny rozhodující rozměry funkčních zařízení převádějících povodňové průtoky.

Dle zaměření

Kóta koruny hráze	Min. 249,47 m n.m.
Kóta přelivné hrany-levá	248,03 m n.m.
Kóta přelivné hrany-pravá	248,02 m n.m.
Délka přelivné hrany	2 x 6,5 m = 13,0m*
Rozměry škrťacího otvoru na začátku odpadní chodby	B x H = 2,63 x 1,67 m
Rozměry odpadní chodby	B x H = 2,40 x 2,50 m
Rozměry obslužného chodníku	B x H = 1,20 x 0,15 m
Pozn.:* V dostupných dokumentech (10) a zejména MŘ (9) se mylně uvádí délka přelivné hrany 2x 7,0 m = 14,0 m.	

C.4 Okolnosti ovlivňující bezpečnost VD za povodní

Hospodaření s vodou v nádrži se řídí platným MŘ ([9](#)) schváleném v roce 2014. Manipulace se provádí koordinovaně podle pokynů vodoehospodářského dispečinku Povodí Moravy s.p. Neškodný průtok pod dílem je stanoven na $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ ([9](#)). Na odtoku pod VD není k dispozici měrný profil, cca 200 m pod hrází je měrná přepážka pro měření odtoků při malých průtocích.

Při převádění povodňových průtoků je možné využít nehrazený bezpečnostní přeliv a obě spodní výpusti.

- Bezpečnostní přeliv – volný, nehrazený, bez nutnosti manipulace a obsluhy během povodňové situace, kapacita při maximální hladině $15,4 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$,
- Spodní výpusti – 2 x DN 500 mm, ovládání je pouze ruční, kapacita při max. hladině v nádrži $3,37 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Uzávěry spodních výpustí jsou v plně funkční. Funkční zkoušky uzávěrů spodních výpustí provádí obsluha VD v souladu s ([9](#)). Provozní prohlídky zajišťuje PM, technolog závodu Dyje ve spolupráci s útvarem TBD a provozu. Provozní prohlídky se provádí cyklicky - většinou před technicko-bezpečnostními prohlídkami nebo v rámci nich.

Jistou překážkou v proudění vody odpadní chodbou je existence závlahového potrubí, které je vedeno pod stropem chodby při levé stěně. Při jeho destrukci v průběhu převádění povodně by došlo ke snížení kapacity odpadní chodby. Při provádění výpočtu se uvažovalo, že potrubí nebude průchodem kontrolní povodně poškozeno.

Odpadní koryto pod hrází má kapacitu cca $20\text{-}25 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (odpovídá cca stoleté vodě). Při větších průtocích bude voda z koryta vybřezovat, průtok vody bude realizován údolní nivou šířky cca 80 m.

Na vodním díle Těšetice je zajištěna obsluha ve dnech Po-Pá, od 7,00 do 15,30 hod. Obsluha přehrady nastupuje nepřetržitou službu na objektu od dosažení II. stupně povodňové aktivity (odtok nebo přítok je větší než $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). VD Těšetice nejsou zapojeny do systému hlášené a předpovědní služby.

Stav objektů vodního díla i spolehlivost funkce výpustných a bezpečnostních zařízení jsou trvale sledovány. Je prováděn dohled vlastníka a pověřené organizace ve smyslu záko-

na č. 254/2001 Sb., o vodách a podle vyhlášky č. 471/2001 Sb., o technickobezpečnostním dohledu nad vodními díly prostřednictvím hlavních pracovníků technickobezpečnostního dohledu. Jejich hodnocení jsou předmětem pravidelných etapových zpráv o dohledu, resp. souhrnných etapových zpráv.

Na VD nebyly v rámci trvalého provozu zaznamenány významné povodňové stavy.

V rámci posudku přezkoumání stability hráze VD Těšetice (12) byla přetřena globální stabilita pro zatěžovací stavy dle (7), navíc pak byla přešetřena stabilita vzdušního svahu při MBH = 248,80 m n.m(*). Provedeným přešetřením globální stability bylo prokázáno, že hráz VD Těšetice je při všech zatěžovacích stavech stabilní v souladu s normovými požadavky (5) a (7).

(*) V rámci tohoto posudku byla aktualizována MBH viz kap. D. Stabilita svahu bude vyhovující i při nové MBH, jelikož stupeň bezpečnosti vzdušního svahu při hladině vody v nádrži na kótě 248,80 m n.m. byl 1,82, což je výrazně vyšší hodnota než požadovaný $SB \geq 1,1$.

Hráz VD je zemní, střední široké hlinité těsnění, stabilizační část je sypaná ze štěrku. U tohoto typu hráze není přípustné její přelití. V případě přelití hráze nastává reálné riziko jejího protřetí. Min. koruna hráze dle (15) je na kótě 249,47 m n.m. Koruna těsnícího jádra je dle podkladů v (14) 0,5 m pod korunou, tedy na kótě 248,97 m n.m. Při hladině v nádrži vyšší než kóta 248,97 m n.m. bude docházet k průsakům vody přes písčité štěrky nad korunou jádra. Při déle trvajícím zatížení je zde reálné riziko vytvoření privilegované průsakové cesty a následné protřetí hráze.

Možnosti nouzového převádění povodní jsou v případě VD Těšetice reálné. Levostranný svah údolí je v mírném sklonu, a proto je možné provést nouzový přeliv popř. operativní překopání hráze pro převedení vody přes VD do podhrází. Za každou cenu je nutné zabránit přelití hráze. Při extrémním zatížení VD je možné navýšit korunu hráze např. pytli s pískem.

C.5 Hydraulické výpočty

Měrné křivky (MK) objektů, sloužících pro převádění průtoku přes vodní dílo, jsou v rozsahu předpokládaných provozních hladin a průtoků přílohou MŘ (9). V rámci zpracování posudku byly všechny podstatné vztahy znovu prověřeny a zpracovány.

Především byl proveden nový výpočet MK bezpečnostního přelivu viz příloha č. 5 (graf) a příloha č. 6 (tabulka), a to – vzhledem k posuzovaným průtokům - až po korunu hráze (249,47 m n.m.) i vzhledem ke zjištěné jiné délce přelivné hrany oproti MŘ (9).

Výpočet MK volného přepadu bez ovlivnění spodní vodou byl proveden pro tyto parametry přelivu:

- koruna přelivu půlkruhového tvaru,
- přepadový součinitel μ_p ve třech variantách
 - dle Kramera, přičemž maximální $\mu_p = 0,75$,
 - dle Rehbocka, přičemž maximální $\mu_p = 0,75$,
 - dle Stary (z fyzikálního modelu).

Pozn.: Pro výpočet transformace byla použita MK přelivu dle Rehbocka.

- koruna přelivu na kótě 248,03 m n.m. se stavební délkou 2x 6,5 m a započítáním rozšíření přelivu ve sklonu 5:1
- efektivní šířka přelivu b_0 zavedena s vlivem bočního zúžení od dvou pilířů.

Kapacita odtoku odpadní chodbou navazující na šachtu bezpečnostního přelivu je ovlivněna dvěma níže uvedenými prvky:

- Kapacitou škrtícího otvoru na začátku odpadní chodby, B x H = 2,63 x 1,67 m (přílohy č.

7 a 8)

Pozn.: Škrťací otvor má zaručit takový maximální průtok, který bude proveden odpadní chodbou o volné hladině. V rámci zpracování projektové dokumentace se kapacita tohoto otvoru pro tento typ sdružených objektů navrhovala na $2 \times Q_N$, tedy průtok $2 \times 16 = 32 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

– Kapacitou odpadní chodby s těmito parametry:

- Rozměry odpadní chodby $B \times H = 2,40 \times 2,50 \text{ m}$
- Rozměry obslužného chodníku, $B \times H = 1,20 \times 0,15 \text{ m}$
- Existence závlahového potrubí vedeného při levé stěně odpadní chodby na ocelových konzolách vetknutých do stěny chodby,
- Průtočný profil odpadní chodby (po odečtení potrubí, konzol a obslužného chodníku) cca $5,5 \text{ m}^2$,
- Podélný sklon chodby 3%,
- Součinitel drsnosti n je uveden ve dvou alternativách:
 - $n = 0,015$, pro betonový žlab, hladké stěny $\rightarrow Q_{\text{kap}} \sim 54 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (proudění o volné hladině),
 - $n = 0,020$, pro betonový žlab s nerovnostmi (částečné zohlednění existence závlahového potrubí v průtočném profilu a obslužného chodníku) $\rightarrow Q_{\text{kap}} \sim 40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (proudění o volné hladině).

Pozn.: Při zvýšených průtocích s hloubkou vody zasahující do úrovně závlahového potrubí bude průtok značně nerovnoměrný, což bude mít za následek snížení průtočné kapacity. V případě průchodu kontrolní povodně by na části trasy odpadní chodby (za škrťacím otvorem) byl tlakový režim popř. přechodový režim s pulzacemi vodní hladiny.

MK spodních výpustí (SV) byla v rámci posudku přepočtena. Kapacita SV vychází nižší než v MŘ (9). Jejich kapacita při převádění extrémních povodní není významná. Spodní výpusti jsou totiž zaústěny do odpadní chodby – stejně jako voda od bezpečnostního přelivu. Kapacita výpustných zařízení (přeliv, výpusti) je limitována průtočnou kapacitou odpadní chodby.

Čára objemů nádrže byla použita z MŘ (9). Pro potřeby řešení dané úlohy bylo nutné dopočítat čáry objemů nádrže extrapolací až po korunu hráze.

Převedení KPV nádrží bylo řešeno výpočtem transformace KPV retenčním účinkem nádrže pomocí programu pro vodohospodářské řešení nádrží Nádrž 2.0 od Ing. Jandory. Vstupem výpočtu jsou:

- časový průběh povodňové vlny PV,
- charakteristika nádrže,
- souhrnná MK bezpečnostních i výpustných zařízení,
- hladina v nádrži při začátku KPV je na kótě 248,03 m n.m. (=koruna přelivu).

Výstupem transformace KPV je hydrogram KPV na odtoku z nádrže se zaznamenáním dosažených extrémních hodnot. Vstupní hydrogram je uveden v příloze č. 13. Grafické výsledky výpočtů retenčního účinku nádrže jsou dokumentovány v příloze č. 15.

D. STANOVENÍ MEZNÍ BEZPEČNÉ HLADINY

Jako nejvíce pravděpodobnou teoretickou příčinu havárie hrázového tělesa za povodně lze (s ohledem na konstrukci, rozměry a provedení hráze a použitý těsnicí prvek) pokládat vnitřní erozi v důsledku přelévání těsnicího jádra.

Výpočtem dle (8) bylo zjištěno, že max. výběh větrové vlny s pravděpodobností překročení 13 %, je 0,7 m. Vzhledem ke krátkodobému trvání extrémní hladiny v nádrži (řádově jednotky hodin) a velmi nízké pravděpodobnosti souběhu obou nepříznivých jevů (výskyt max. hladiny při teoretické $PV_{1\,000}$ a extrémního větru) nebyl výběh větrové vlny do stanovení MBH zohledněn.

Jako *mezní bezpečnou hladinu (MBH)* bez uvažování větrové vlny lze předběžně uvažovat předpokládanou minimální kótu ukončení vlastního těsnicího jádra ze sprašových hlín v tělese hráze – **248,97 m n.m., tj. 0,50 m pod korunou hráze v nejnižším místě.**

E. STANOVENÍ KONTROLNÍ MAXIMÁLNÍ HLADINY V NÁDRŽI

Kontrolní maximální hladina v nádrži (KMH) byla stanovena pro KPV s pravděpodobností překročení $p_Q=0,0001$.

Počáteční hladina v nádrži je uvažována v úrovni plného zásobního prostoru na kótě 248,03 m n.m. Předpouštění nádrže před příchodem povodně nebylo uvažováno.

Manipulace za povodně se dle (9) provádí následovně:

- Při stoupání hladiny nad přeliv se postupně uzavírají spodní výpusti tak, aby při dosažení kóty 248,10 m n.m. (cca 7 cm přes přeliv, odtok cca $0,6 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) byly výpusti zcela uzavřeny.
- V případě velké povodně, kdy by se dalo předpokládat, že bude dosažena maximální hladina 248,70 m n.m., se výpusti opět postupně otevrou až na plnou kapacitu tak, aby pokud možno nebyla maximální hladina dosažena.

Parametry kontrolní povodňové vlny (KPV):

$Q_{1\,000} = 56,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a $W_{PV\,1000} = 2\,190 \text{ tis. m}^3$, doba trvání povodně 100 h, kulminace od začátku povodně po 10,3 hod

Pro orientaci byla přešetřena i transformace PV_{200} s pravděpodobností $p_Q=0,005$:

$Q_{200} = 28,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a $W_{PV\,200} = 1\,313 \text{ tis. m}^3$, doba trvání povodně 90 h, kulminace od začátku povodně po 8,9 hod. Průběh hydrogramu PV_{200} byl odvozen z hydrogramu pro PV_{100} a $PV_{1\,000}$.

Výsledky řešení transformace PV pro výše uvedené varianty obsahuje přiložená tabulka. Graficky jsou podrobně dokumentovány v přílohách č. 15 a 16.

PV	Kulminace PV	Maximální odtok	Max. hladina v nádrži	Doba dosažení kulminace odtoku
	$Q [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	max. O $[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$	max. H [m n.m.]	$T_{\max} [\text{hod}]$
1 000	56,5	49,8	249,37	11,2
200	28,8	26,3	248,88	9,8

Za rozhodující pro posouzení bezpečnosti vodního díla je $PV_{1\,000}$, PV_{200} je pouze informativní. V případě $PV_{1\,000}$ dojde k redukci kulminačního průtoku $Q_{1\,000}$ o 12 %, PV_{200} o 9 %.

F. ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ

Požadavek pro bezpečné převedení KPV obsahuje kritérium dle (5) :

$$\text{KMH} \leq \text{MBH}$$

VD bylo přešetřeno pro KPV, které poskytlo ČHMÚ, pobočka Brno (1).

KPV_{1 000} má kulminační přítok do nádrže $Q_{1\,000} = 56,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, objem povodňové vlny $W_{\text{PV}1\,000} = 2\,190 \text{ tis. m}^3$. Transformací neovladatelným prostorem nádrže dojde ke snížení průtoku pod VD na průtok $49,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Hladina v nádrži dostoupí na kótu $\text{KMH} = 249,37 \text{ m n.m.}$

Podle kritéria $\text{KMH} \leq \text{MBH}$

$$\underline{249,37 \text{ m n.m.} > 248,97 \text{ m n.m.} \Rightarrow \text{VD nevyhovuje pro převedení KPV}_{1\,000}$$

Převýšení KMH

- nad maximální hladinou v nádrži $M_{\text{MAX}} = 248,70 \text{ m n.m.}: +0,57 \text{ m}$
- nad MBH = 248,97 m n.m.: +0,40 m
- nad korunou hráze (min.) 249,47 m n.m.: -0,10 m

Při průchodu KPV by docházelo k přelévání těsnícího jádra po dobu 4,7 hod o max. výšce paprsku vody 0,40 m.

Z důvodu zjištění zabezpečení VD za stávajícího stavu bylo provedeno přešetření na PV₂₀₀ s kulminační přítokem do nádrže $Q_{200} = 28,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a objemem povodňové vlny $W_{\text{PV}200} = 1\,313 \text{ tis. m}^3$. Transformací neovladatelným prostorem nádrže dojde ke snížení průtoku pod VD na průtok $26,3 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Hladina v nádrži dostoupí na kótu 248,88 m n.m.

Podle kritéria $\text{KMH} \leq \text{MBH}$

$$\underline{248,88 \text{ m n.m.} < 248,97 \text{ m n.m.} \Rightarrow \text{VD vyhovuje pro převedení PV}_{200}$$

Převýšení MH při kulminaci PV₂₀₀

- nad maximální hladinou v nádrži $M_{\text{MAX}} = 248,70 \text{ m n.m.}: +0,18 \text{ m}$
- nad MBH = 248,97 m n.m.: -0,09 m
- nad korunou hráze (min.) 249,47 m n.m.: -0,59 m

Z výsledků posouzení plyne, že VD Těšetice není zabezpečeno dle (5) na převedení aktuální KPV_{1 000} dle (1). Kulminační hladina v nádrži dosažené při průchodu nádrží vystoupila 0,40 m nad MBH (tj. 0,10 m pod min. kótu koruny hráze). VD je dle stávajícího stavu zabezpečeno na průchod PV₂₀₀., resp. i PV s n-leťostí mírně vyšší (do kulminačního odtoku cca $31 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$).

Vzhledem k uvedenému negativnímu výsledku je nutné navrhnout a realizovat nápravná a nouzová opatření. Předběžné návrhy jsou uvedeny v rámci tohoto posudku v kap. G.

G. NÁPRAVNÁ A NOUZOVÁ OPATŘENÍ

Na úvod je nutno uvést, že negativní výsledek posouzení bezpečnosti VD za povodní je způsoben :

1. změnou N-letých povodňových průtoků vydávaných ČHMÚ v roce 2013 od údajů z roku 2000, které vydal Ing. Kotrnc. Dle údajů z roku 2000 byl kulminační průtok při PV_{1 000} $28 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Dle aktuálních údajů z 12/2013 dle (1) je kulminační průtok o cca 100% vyšší.

2. nevhodným projekčním řešením vlastní odpadní chodby . Navíc je uvnitř odpadní chodby vedeno závlahové potrubí, které bude při extrémních povodních působit jako překážka proudící vodě. V neposlední řadě je nutno zmínit omezený průtočný profil odpadní chodby, kterým není možné provést požadovaný průtok.

Výpočty bylo jednoznačně prokázáno, že rozhodující vliv na bezpečnost VD Těšetice za povodní je kapacita bezpečnostního zařízení, resp. odpadní chodby. Vzhledem k tomuto faktu není možno bez dodatečných opatření v odpadní chodbě připustit vyšší hladinu v nádrži (např. navýšením těsnícího jádra hráze). V souladu s původní ideou návrhu i v souladu s (6, kap.6.1) není možné připustit v odpadní chodbě tlakové proudění.

Vliv retence při extrémních povodňových situacích je, vzhledem k relaci objemů ochranného neovladatelného prostoru nádrže a povodňové vlny, nedostačující. Aby byla dosažena dostatečná bezpečnost díla při povodních podle současně platných předpisů, připadá v úvahu následující soubor nápravných opatření:

1. *Přemístění závlahového potrubí mimo vnitřní prostor odpadní chodby,*
2. *Odstranění obslužného chodníku v odpadní chodbě.*

Pozn. Jako podklad pro návrh a realizaci nápravných opatření doporučujeme přešetřit kapacitu bezpečnostních a výpustných zařízení modelovým výzkumem (pro nový stav po úpravách v odpadní chodbě dle bodů 1 a 2). V případě, že kapacita výpustných zařízení bude i po úpravách nedostatečná, bude nutné navrhnout nový prvek pro převádění extrémních povodní (např. doplňkový bezpečnostní přeliv).

Mezi nouzová opatření při průchodu extrémní povodně za ponechání stávajícího stavu patří:

1. *Zřízení nouzového přelivu při pravobřežním zavázání hráze překopáním hráze z důvodu zamezení dalšího nepřipustného zvyšování hladiny v nádrži,*
2. *případné navýšení hráze pomocí pytlů s pískem popř. jiným způsobem v případě zvyšování hladiny v nádrži ke koruně hráze – je nutné za každou cenu zamezit přelití hráze.*

V Brně, v listopadu 2014

Vypracoval:

Ing. Milan Drahoš

Schválil:

Ing. Jiří Hodák
vedoucí útvaru 403 -
Vodní díla na Moravě a Slezsku

H. POUŽITÉ PODKLADY

- 1) Údaje ČHMÚ, pobočka Brno, 12/2013 (hydrogramy povodňových vln)
- 2) Zákon č. 254/2001 Sb., o vodách a změně některých zákonů (vodní zákon)
- 3) Vyhláška Mze č. 471/2001 Sb. o TBD nad vodními díly (novelizovaná vyhláškou Mze č. 255/2010 Sb.)
- 4) Vyhláška Mze č. 590/2002 Sb., o technických požadavcích pro vodní díla (novelizovaná vyhláškou Mze č. 367/2005 Sb. z 09/2005)
- 5) ČSN 75 2935 Posuzování bezpečnosti vodních děl za povodní
- 6) ČSN 75 2340 Navrhování přehrad – Hlavní parametry a vybavení
- 7) ČSN 75 2310 Sypané hráze
- 8) ČSN 75 0255 Účinek vln na stavby na vodních nádržích a zdržích
- 9) Manipulační řád pro vodní díla Těšetice a Bohuňovský rybník, 05/2014
- 10) Etapové zprávy o TBD na VD Těšetice, VODNÍ DÍLA - TBD a.s.
- 11) VD Těšetice a Bohuňovský rybník, parametry zvláštních povodní, 01/2001
- 12) VD Těšetice – výpočet stability svahů hráze, VODNÍ DÍLA - TBD a.s., 12/2013
- 13) Těšetice – závlahová nádrž, stavebněgeologický průzkum-zpráva
- 14) Těšetice-závlaha, 1. Stavba – vodní nádrž, obj. č. 1 – hráz, HYDROPROJEKT PRAHA, pobočka Brno, 02/1980
- 15) Výškopisné a polohopisné zaměření hráze a objektů, zaměření, VODNÍ DÍLA - TBD a.s., 2013+2014

I. PŘÍLOHY

1. Situace v M 1 : 1000
2. Příčný řez hráze M 1 : 250
3. Řez odpadní chodbou M 1 : 250
4. Čára zatopených objemů – graf
5. Měrná křivka bezpečnostního přelivu – graf
6. Měrná křivka bezpečnostního přelivu – tabulka
7. Měrná křivka škrtícího otvoru na začátku odpadní chodby – graf
8. Měrná křivka škrtícího otvoru na začátku odpadní chodby – tabulka
9. Měrná křivka spodních výpustí 2xDN500 – graf
10. Měrná křivka spodních výpustí 2xDN500 – tabulka
11. Souhrnná měrná křivka odtoku z nádrže – graf
12. Souhrnná měrná křivka odtoku z nádrže – tabulka
13. Hydrogram povodňové vlny $W_{PV1\ 000}$
14. Hydrogram povodňové vlny W_{PV200}
15. Transformace povodňové vlny $W_{PV1\ 000}$
16. Transformace povodňové vlny W_{PV200}
17. Výpočet výběhu vlny na návodní líc hráze při $M_{max}=248,70$ m n.m.