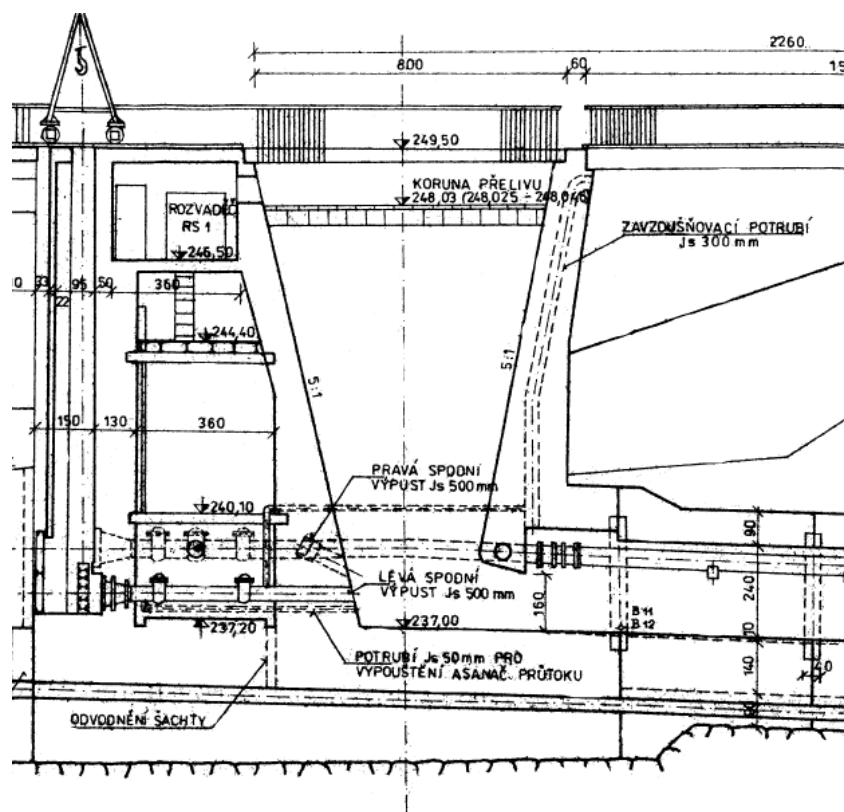


VD TĚŠETICE

HYDROTECHNICKÝ VÝZKUM



Abstract

In 2014 the hydraulic structure Těšetice was set unsuitable in conformity with regulation ČSN "Posuzování bezpečnosti vodních děl za povodní" by Vodní díla TBD a.s. company. It was unsuitable primarily during passing one-thousand year control flood wave. In 2015 this fact gave rise to working out the document called „Studie o návrhu zkapacitnění vodního díla Těšetice“, which was impuls to make a project called „VD Těšetice, opatření na převedení KPV 1000 – fyzikální model, hydrotechnický výzkum, Ing. Martin Králík, Ph.D., 2017“ about which is writing this work.

This project was realised as a hydrotechnical study on model. The physical model of the hydraulic structure Těšetice (dam, engine room of low outfalls, low outfalls, safety overfall, impact site, waste corridor, stock and stream under the dam) was built in measure 1:15 in water-management laboratory in Faculty of civil engineering of Czech technical university in Prague. Then were measured and verified functions of each part of hydraulic structure (overfall, impact site, waste corridor and stock) on this model during passing extreme flood flows ($Q_1, Q_2, Q_5, Q_{10}, Q_{20}, Q_{50}, Q_{100}, Q_{200}, Q_A = 35 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}, Q_{500}, Q_{1000} = Q_{1000 \text{ transformed}}$). There were measured mainly water surface position in reservoir and impact site, water surface height and pressure values in waste corridor, or it was explored if impact site inflow is glutted or if is pressure streaming in waste corridor. Each flow was photographed on 4 pictures and flows Q_{10}, Q_{100} and Q_{1000} were filmed.

The flow passing by the model was measured by induction flowmeter (accuracy $\pm 1\%$). The extend of measured flows was from $2,3 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ to $57,1 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$ (in real $2 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} - 49,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$). Water surface position in reservoir was measured by point scale and water surface level in impact site was measured by ultrasound sound. The water surface level in waste corridor was measured by reading mean value on glued rules and simultaneously were used pressure sounds which measured the water surface level 1000 times in second. It was good to know, how the water surface level pulsed in time.

Flows Q_1 to Q_{1000} were one by one watched, measured and evaluated for 11 variants of model. Firstly was made measuring for model corresponding to current situation by which were verified its functions and insufficient capacity during passing extreme flows. Then the model was one by one modified according to „Studie o návrhu zkapacitnění vodního díla Těšetice“ from 2015 which should cause smoother flow wave passing. These eleven measurements were executed one by one with changes of these parts and with combinations of these changes: aeration change, installation of breakers or their change in stock, path remove and remove or smaller solution of irrigating pipe in waste corridor, participate or not of low outfalls, change of shape of impact site, change of level of overfall and change of shape of cog.

After evaluation of measurement was discovered that capacity of current overfall is insufficient in relation with limit safety level (248.97 meters above sea level). It was supposed that after removing irrigation pipe and path in waste corridor the capacity of overfall will be better but after measurement on this variation was discovered that during passing Q_{1000} the capacity of overfall is worse than before. But when the shaft and impact site was aerated, the water surface level on overflow was decreased by 0.04 m. When the overfall was unify on united level 248.03 meters above sea level (current overfall is divided on higher and lower part), the water surface level is minimally increased. This increase is very small, so the unification of overfall level is recommended because of increase of stock function of the reservoir. Then was made hydraulic suitable rounded impact site but this change caused increase of water surface level by 0.2 m (when passing Q_{1000}). This fact is probably caused by asymmetrical connection of low outfalls into impact site. On the other hand longer cog caused positive reaction on decrease of water surface level by 0.05 m (when passing Q_{1000}).

It was evaluated that current state in waste corridor is completely unsuitable during passing Q_{500} and Q_{1000} , because there occur pressure pulsations and it causes stress of expansion joints. All changes

made on overfall, in impact site and in waste corridor made positive impact on water surface level and flow mode.

Current stock fulfils its function only to Q_{100} . When the breakers are installed it fulfils its function until Q_{500} .

The most suitable changes on hydraulic structure Těšetice were chosen removing of the path in waste corridor, increase of diameter of irrigating pipe and its setting close to the top of waste corridor and lengthening the cog on the beginning of the waste corridor.

Anotace

Vodní dílo Těšetice bylo v roce 2014 společností Vodní díla TBD a.s. stanoveno jako nevyhovující. Na základě tohoto faktu byl na Fakultě stavební ČVUT v Praze v roce 2017 vyhotoven fyzikální model vodního díla, na kterém byl posouzen stávající stav vodního díla a postupně vystavěny navržené změny, které byly dále měřeny a vyhodnoceny ve zprávě „VD Těšetice, opatření na převedení KPV 1000 – fyzikální model, hydrotechnický výzkum, Ing. Martin Králík, Ph.D., 2017“.

Annotation

In 2014 was the hydraulic structure Těšetice set as unsuitable by Vodní díla TBD a.s. company. Because of this fact was build physical model of the hydraulic structure on the Faculty of civil engineering in Prague in 2017. On this model was evaluated the current condition and one by one were constructed suggested changes. These changes were then researched and end evaluated in the work „VD Těšetice, opatření na převedení KPV 1000 – fyzikální model, hydrotechnický výzkum, Ing. Martin Králík, Ph.D., 2017“.

Klíčová slova

Vodní dílo Těšetice, nekapacitní, fyzikální model, přeliv, dopadiště, odpadní chodba, vývar, hladina v nádrži

Key words

Hydraulic structure Těšetice, non-capacitive, physical model, tint, waste corridor, water level in reservoir

Úvod

Vodní dílo Těšetice bylo vybudováno 1979 – 1983 na vodním toku Únanovka, který se nachází na Moravě 7 km severozápadně od města Znojmo. Nádrž byla navržena pro závlahy okolních sadů a vinic (286 ha) a tento účel přetrvává dodnes. Dalšími účely jsou zajištění minimálních zůstatkových průtoků, částečná transformace povodňových průtoků a sportovní rybolov. Vodní dílo Těšetice bylo v roce 2014 společností Vodní díla TBD a.s. stanoveno jako nevyhovující vzhledem k normě ČSN 75 2935 „Posuzování bezpečnosti vodních děl za povodní“ a to především při průchodu kontrolní tisícileté povodňové vlny KPV₁₀₀₀. Tento fakt vedl v roce 2015 k vypracování dokumentu „Studie o návrhu zkapacitnění vodního díla Těšetice“, který byl podnětem pro projekt s názvem „VD Těšetice, opatření na převedení KPV 1000 – fyzikální model, hydrotechnický výzkum, Ing. Martin Králík, Ph.D.“ uskutečněném v letošním roce (2017), o kterém pojednává tato zpráva. Tento příspěvek byl napsán za finančního přispění grantu SGS17/066/OHK1/1T/11 „Výzkum hydraulicky komplikovaného proudění vody na hydrotechnických stavbách“.

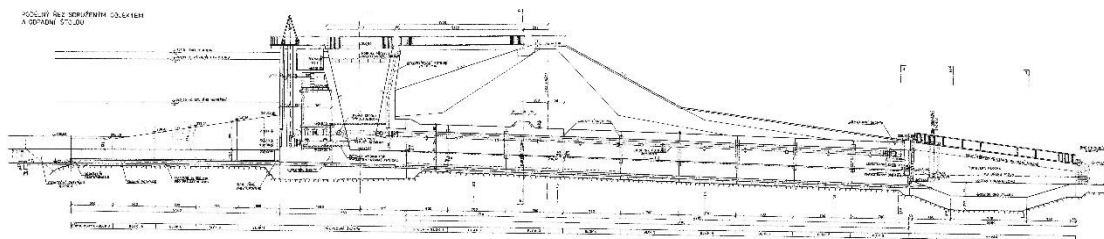
Vodní dílo Těšetice

Identifikační údaje VD Těšetice

Název stavby:	Vodní dílo Těšetice
Provozovatel:	Povodí Moravy, s. p.
Okres:	Znojmo
Kraj:	Jihomoravský
Tok:	Únanovka
Číslo hydrologického pořadí:	4-14-03-036

Charakteristika VD Těšetice

Vodní dílo Těšetice je sypaná přímá zemní hráz, která je v koruně dlouhá 154 m. Koruna hráze není zpevněná, je pouze zatravněná, proto její pojezd je možný jenom v případě oprav. Návodní svah je zpevněn kamenným pohozením a vzdušní líc je zatravněn a stabilizován přitěžovací lavicí ze zemního materiálu. U pravého břehu nádrže je umístěn sdružený objekt sloužící pro regulaci hladiny vody v nádrži, pro vypuštění nádrže i pro převedení povodňových průtoků. Přeliv vodního díla je šachtový a navazuje na odpadní chodbu, která je ze železobetonu. Do spadiště jsou zaústěny dvě spodní výpustě kruhového průřezu každá o průměru 500 mm. V odpadní chodbě je umístěno odběrné potrubí, které je zaústěno do čerpací stanice pod hrází. Dnes jsou všechny uzávěry ovládány elektropohony, dříve však byly ovládány ručně.



Obrázek 1 - původní (ručně kreslená) dokumentace sdruženého objektu VD Těšetice

Základní výškové parametry vodního díla Těšetice

– kóta přelivné hrany	248,03 m n. m.
– maximální hladina v nádrži	248,70 m n. m.
– mezní bezpečná hladina (MBH)	248,97 m n. m.
– kóta koruny hráze	249,47 m n. m.

Hydrologické údaje

– plocha povodí	23,38 km ²
– průměrné dlouhodobé roční srážky	500 mm
– průměrný dlouhodobý roční průtok Q_a	0,033 m ³ .s ⁻¹
– neškodný odtok $Q_{NEŠ}$	0,5 m ³ .s ⁻¹

Tabulka 1 – N-leté průtoky ČHMÚ 2013

N [roky]	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1 000
Q_N [m ³ .s ⁻¹]	2	2,7	4,3	6,4	9,3	15,0	21,0	28,8	42,7	56,5

Výstavba modelu

Na základě faktu, že vodní dílo Těšetice není schopno v současném stavu bezpečně převést povodňový průtok Q_{1000} , byl ve vodohospodářské laboratoři Fakulty stavební ČVUT v Praze vystavěn model vodního díla v měřítku 1:15 na základě projektu a posouzení z osmdesátých let minulého století. Model zahrnuje následující části: hráz, strojovna spodních výpustí, spodní výpustě, bezpečnostní přeliv, dopadiště, odpadní chodba, vývar a koryto pod vodním dílem. Celý model má délku 7 m, výšku 1,5 m a šířku 1,5 m. Voda je k modelu přiváděna rozváděcím potrubím v laboratoři a je uklidněna v uklidňovací nádrži (3 m x 3 m x 1 m). Voda z modelu je odvedena do podzemních prostor vodohospodářské laboratoře, kde je umístěna centrální sběrná nádrž pro akumulaci vody. Akumulační nádrž zajišťující stálou polohu hladiny a tlakovou výšku přes 5 m. Celý systém je poháněn výkonnou centrální čerpací stanicí.

Pro zachování hydrodynamických jevů v modelu je nutné zachovat měřítka rychlosti, průtoku a času dle následujících rovnic: $M_v = M_l^{1/2}$, $M_Q = M_l^{5/2}$ a $M_t = M_l^{1/2}$. Z čehož vyplývá, že měřítka rychlosti průtoku a času byla následující:

$$M_v = 3,87$$

$$M_Q = 871$$

$$M_t = 3,87$$

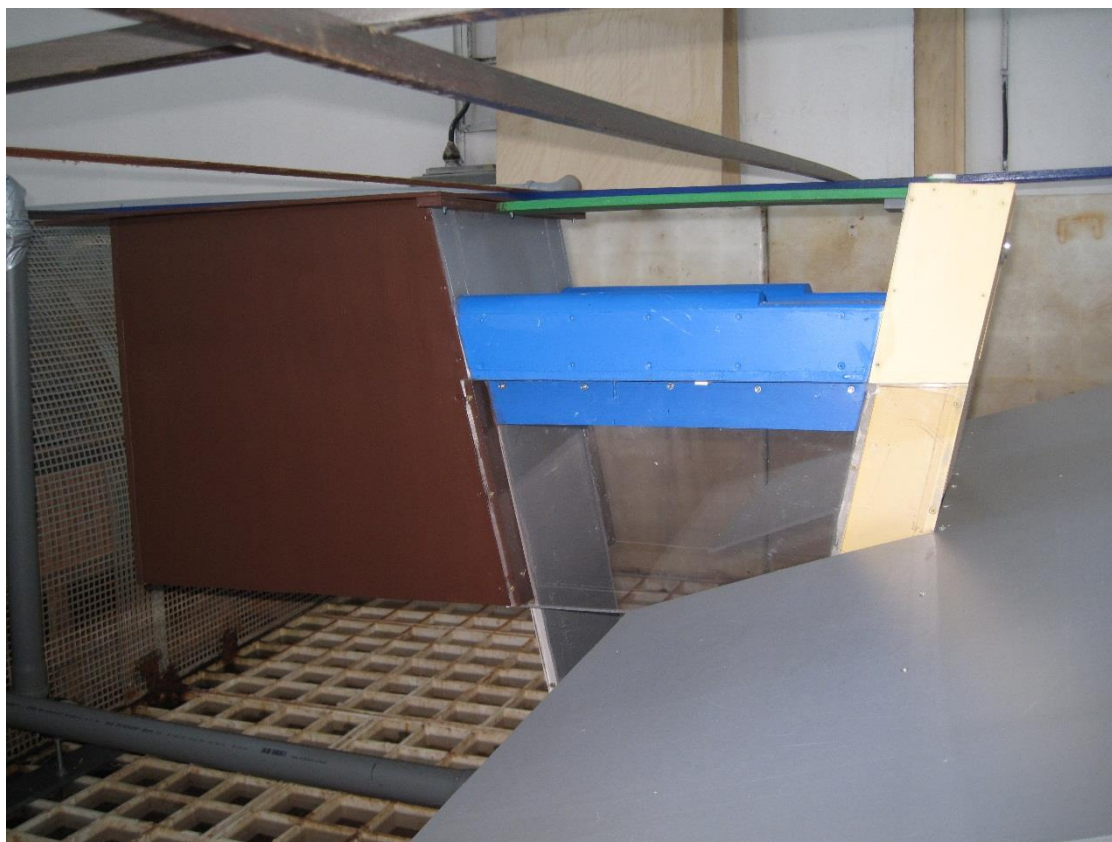
Pro měření při jednotlivých průtocích byla sestavena následující převodní tabulka reálných průtoků na průtoky modelové:

Tabulka 2 - převodní tabulka reálných povodňových průtoků na průtoky v modelu

N [roky]	1	2	5	10	20	50	100	200	500	1 000 transformovaný
průtok ve skutečnosti [m ³ .s ⁻¹]	2,0	2,7	4,3	6,4	9,3	15,0	21,0	28,8	42,7	49,8
průtok na modelu [ls ⁻¹]	2,3	3,1	4,9	7,3	10,7	17,2	24,1	33,0	49,0	57,1

Popis fyzikálního modelu

Fyzikální model VD Těšetice je zhotoven převážně z plastových materiálů (PVC – tvrzené, PVC – průhledné a PVC – pěněné), z pozinkovaného plechu, překližkových příčných profilů a ocelových nosníků. Model je barevně členěn pro větší přehlednost. Při barevném rozlišení byl kladen důraz především na to, aby byly barevně odlišeny části odpovídající stávající situaci a části, kterými byly nahrazeny (např. původní přelivná hrana a přelivná hrana s jednotnou výškou – obr. 2 a 3).



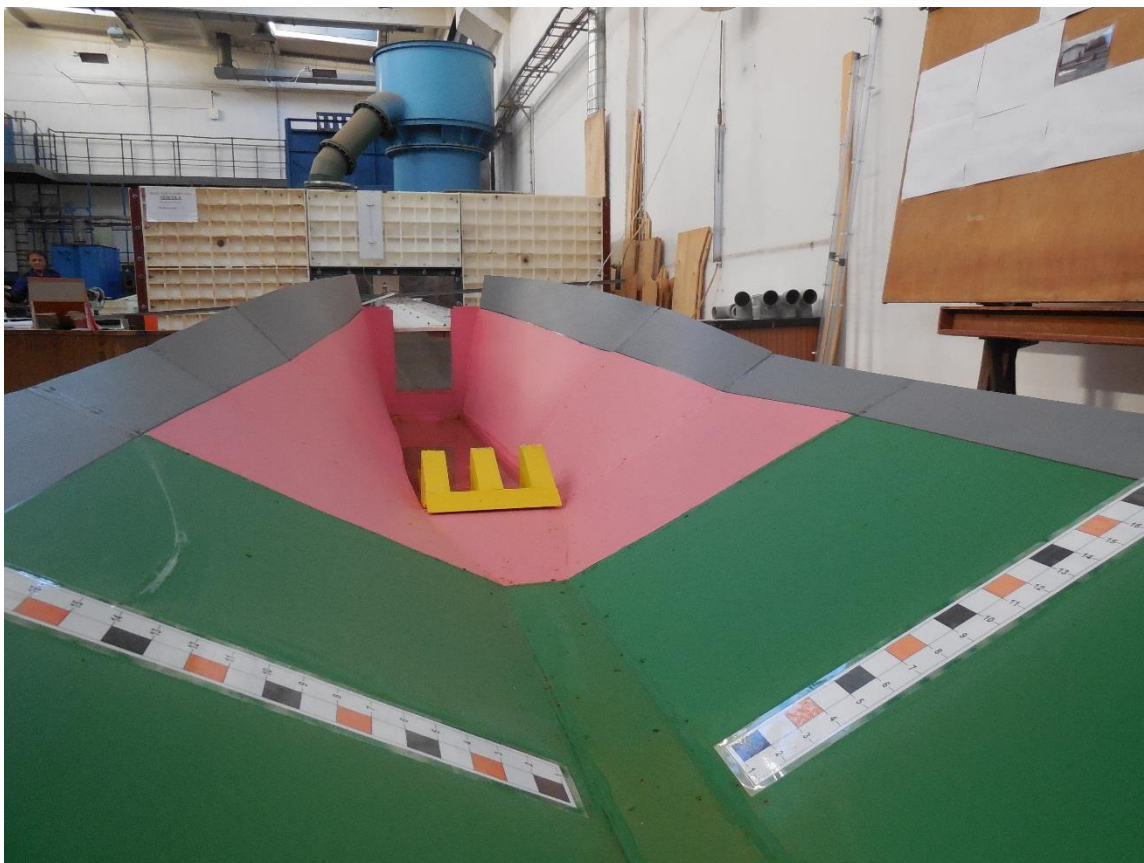
Obrázek 2 - pohled do ukliďovací nádrže - stávající přelivná hrana s dvojí nadmořskou výškou



Obrázek 3 - pohled do uklidňovací nádrže na přeliv (výškově jednotný), spadiště a začátek odpadní chodby



Obrázek 4 - pohled do odpadní chodby proti směru proudění bez chodníčku, s upraveným potrubím pro závlahy (v pozadí je uklidňující nádrž)



Obrázek 5 - pohled na vývar s rozrážečem a navazující koryto (v pozadí odpadní chodba a uklidňující nádrž)

Výrobní tolerance modelu je $\pm 1 \text{ mm}$ – tj. ve skutečnosti $\pm 15 \text{ mm}$.

Měření na fyzikálním modelu

Průtok vody modelem byl měřen pomocí indukčního průtokoměru s přesností $\pm 1\%$. Rozsah měřených průtoků byl od $2,3 \text{ l.s}^{-1}$ do $57,1 \text{ l.s}^{-1}$ (ve skutečnosti $2 \text{ m}^3.\text{s}^{-1} - 49,8 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$). Poloha hladiny v nádrži byla měřena pomocí hrotového měřítka a hladiny v dopadišti měřila ultrazvuková sonda. Hladina vody v odpadní chodbě byla měřena odečítáním průměrné hladiny na nalepených měřítkách a zároveň pro podrobné hodnoty byly potom použity tlakové sondy, které hodnotu hladiny v odpadní chodbě změřily 1000 krát za vteřinu, což bylo užitečné, například pokud nás zajímalo, jak moc hladina pulzovala v čase (Tlakové sondy byly umístěny na začátku odpadní chodby, v $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$ a v $\frac{3}{4}$ po délce a uprostřed její šířky). Každý z průtoků byl fotodokumentován na čtyřech snímcích (1. pohled do nádrže a vtoku 2. pohled do dopadiště v pohledu od odpadní chodby 3. celkový pohled na odpadní chodbu 4. pohled na vývar). Při Průtocích Q_{10} , Q_{100} a Q_{1000} byl při každé z variant pořizovány videozáznamy ve třech pohledech (1. pohled do nádrže a vtoku 2. pohled na odpadní chodbu 3. pohled na vývar). Záznamy a vizuální zhodnocení měly za úkol zahrnout další jevy, jako například zda je zahlcen vtok do spadiště, zda v odpadní chodbě vzniká tlakové proudění nebo zda je zachována funkčnost vývaru.

Průtok Q_1 až Q_{1000} byl postupně sledován, měřen a vyhodnocován pro 11 variant modelu. Nejprve bylo měření provedeno pro model takový, jaký odpovídá současnému stavu, čímž byly

ověřeny jeho funkce a nedostatečná kapacita pro průtok extrémní povodně. Dále potom byl model postupně modifikován podle doporučení „Studie o návrhu zkapacitnění vodního díla Těšetice“ z roku 2015, která by mohla způsobit hladší průchod povodňové vlny vodním dílem nebo jeho částí nebo způsobit lepší transformaci povodňové vlny. Těchto jedenáct měření bylo provedeno postupně při změnách následujících částí a jejich kombinací: změny zavzdušnění, zavedení či změna počtu či rozměrů rozrážečů ve vývaru, odstranění chodníku a odstranění či zmenšení zavlažovacího potrubí v odpadní chodbě, zapojování a odpojování spodních výpustí, změna tvaru dopadiště, změna úrovně přelivné hrany a změna tvaru odtrhového nosu.

Tabulka 3 - charakteristika měření M1 až M11

	Popis
M1	stávající stav
M2	stávající stav, úprava zavzdušnění, rozrážeč ve vývaru - 1 m x 1 m x 1 m - uprostřed vývaru
M3	úprava zavzdušnění, rozrážeč ve vývaru - 1 m x 1 m x 1 m - na začátku vývaru, chodník odstraněn, závlahové potrubí odstraněno
M4	úprava zavzdušnění, rozrážeče ve vývaru - 0,75 m x 1 m x 1 m - 2 ks - uprostřed vývaru, chodník odstraněn, závlahové potrubí - průměr 250 mm
M5	úprava zavzdušnění, rozrážeče ve vývaru - 0,75 m x 1 m x 1 m - 3 ks - uprostřed vývaru a na konci vývaru, chodník odstraněn, závlahové potrubí - průměr 250 mm, vzduch proudící spodními výpustmi
M6	úprava zavzdušnění, rozrážeče ve vývaru - 0,75 m x 1 m x 1 m - 3 ks - uprostřed vývaru a na konci vývaru, chodník odstraněn, závlahové potrubí - průměr 250 mm, levá spodní výpust
M7	úprava zavzdušnění, rozrážeče ve vývaru - 0,75 m x 1 m x 1 m - 3 ks - uprostřed vývaru a na konci vývaru, chodník odstraněn, závlahové potrubí - průměr 250 mm, pravá spodní výpust
M8	úprava zavzdušnění, rozrážeče ve vývaru - 0,75 m x 1 m x 1 m - 3 ks - uprostřed vývaru a na konci vývaru, chodník odstraněn, závlahové potrubí - průměr 250 mm, obě spodní výpusti
M9	úprava zavzdušnění, rozrážeče ve vývaru - 0,75 m x 1 m x 1 m - 3 ks - uprostřed vývaru a na konci vývaru, chodník odstraněn, závlahové potrubí - průměr 250 mm, přeliv na úrovni 248,03 m n. m.
M10	úprava zavzdušnění, rozrážeče ve vývaru 5 ks - uprostřed vývaru a na konci vývaru, chodník odstraněn, závlahové potrubí - průměr 250 mm, přeliv na úrovni 248,03 m n. m., hydraulicky vhodné dopadiště
M11	úprava zavzdušnění, rozrážeče ve vývaru 5 ks - uprostřed vývaru a na konci vývaru, chodník odstraněn, závlahové potrubí - průměr 250 mm, přeliv na úrovni 248,03 m n. m., prodloužený odtrhový nos

Vyhodnocení měření (závěr)

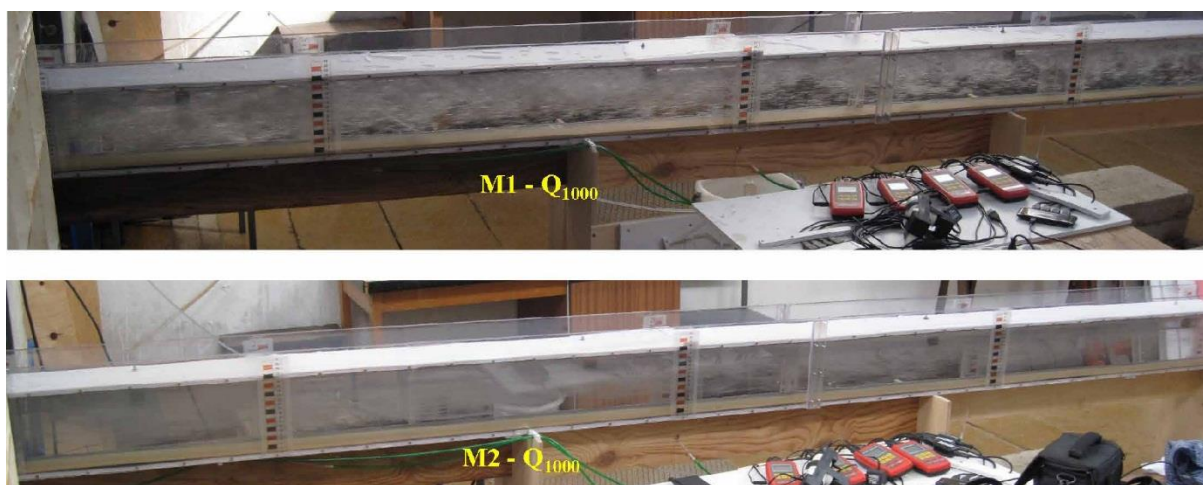
Po vyhodnocení měření bylo zjištěno, že kapacita stávajícího **přelivu** je nedostatečná vzhledem k mezní bezpečné hladině (MBH = 248,97 m n. m.). Předpokládalo se, že při odstranění potrubí a chodníčku v odpadní chodbě se stav zlepší. Po provedení měření na variantě bez chodníčku a závlahového potrubí bylo ale zjištěno, že při průchodu Q_{1000} je zde stav ještě daleko horší než při měření na stávajícím stavu. Dále bylo pozorováno mírné snížení hladiny (o 0,04 m) při zavzdušnění šachty a dopadiště ze spodních výpustí. Variace, kdy byla otevřena jedna, druhá nebo obě spodní výpusti na snížení hladiny v nádrži měly vliv pouze o velikost průtoku, který byl přes ně převáděn. Při zvýšení přelivu na jednotnou kótu

248,03 m n. m. (původní přelivná hrana je rozdělena na dvě části o různých nadmořských výškách obr. 2) dojde k mírnému zvýšení hladiny v nádrži. Jelikož je toto zvýšení velmi malé, navýšení přelivné hrany se doporučuje pro zvýšení zabezpečení zásobní funkce nádrže. Dále bylo provedeno hydraulicky vhodné zaoblení dopadiště. Tato úprava však způsobila navýšení hladiny v nádrži až o 0,2 m (při Q_{1000}). Tento jev je pravděpodobně způsoben nesymetrickým napojením spodních výpustí do dopadiště. Naopak prodloužení odtrhového nosu má pozitivní vliv na snížení hladiny a to o 0,05 m při Q_{1000} .

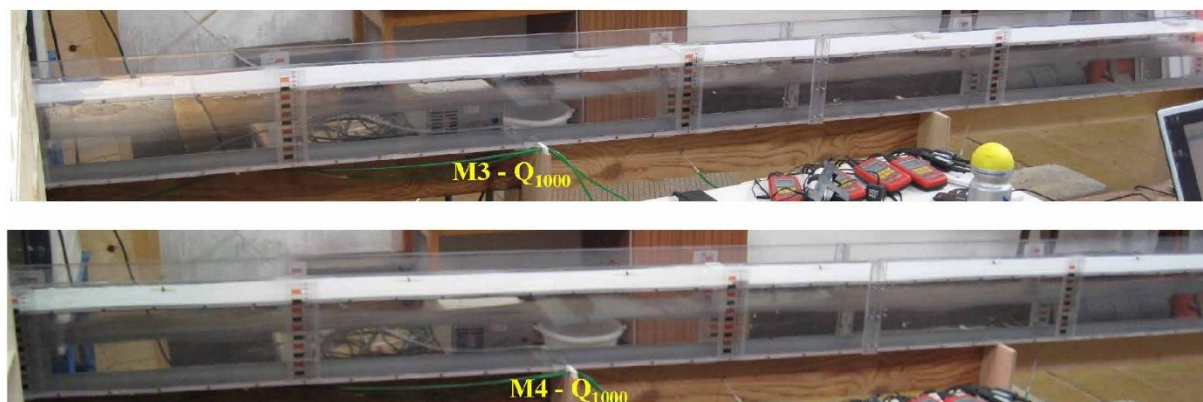
Bylo vyhodnoceno, že stávající stav v **odpadní chodbě** je zcela nevyhovující při převádění Q_{500} a Q_{1000} , jelikož zde dochází k tlakovým pulsacím a tím jsou namáhány dilatační spáry. Všechny úpravy provedené na přelivu, v dopadišti a v odpadní chodbě tak měly na výšky hladin a režim proudění v odpadní chodbě pozitivní vliv.

Stávající **vývar** plní svou funkci pouze do průtoku Q_{100} . Při umístění pěti rozrážečů (M10) plnil vývar svou funkci až do Q_{500} .

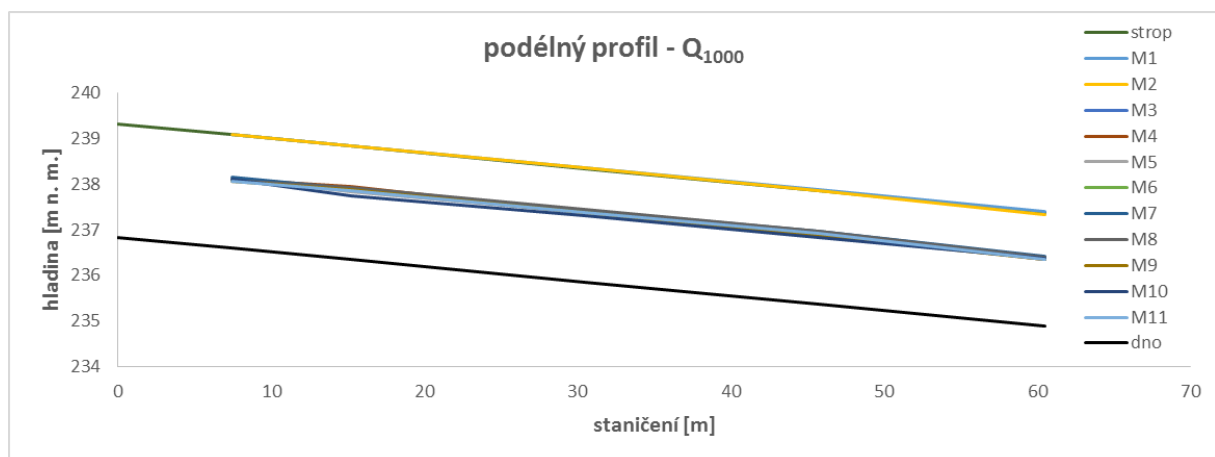
Nejvhodnějšími úpravami na VD Těšetice byly zvoleny odstranění chodníku v odpadní chodbě (obr. 7), zmenšení průměru potrubí pro závlahy a jeho umístění těsně pod strop odpadní chodby (obr. 4), prodloužení odtrhového nosu na začátku odpadní chodby (obr. 10) a umístění pěti rozrážečů ve vývaru (obr. 9).



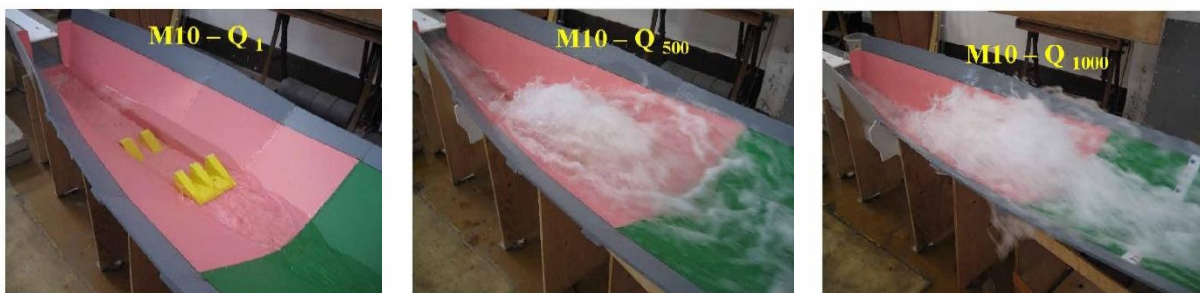
Obrázek 6 - výrazné tlakové proudění při Q_{1000} , pokud je ponechán chodníček a závlahové potrubí v odpadní chodbě



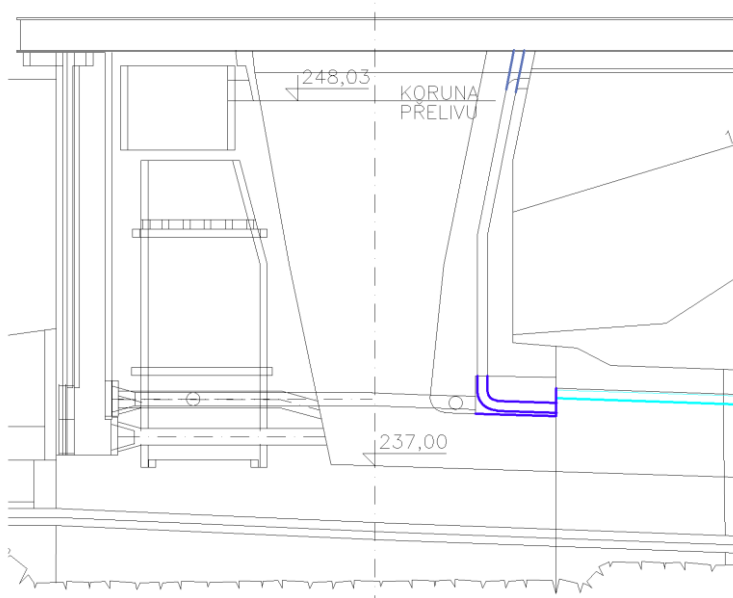
Obrázek 7 - při vyndání chodníčku a závlahového potrubí hladina v odpadní chodbě zdaleka nedosahuje jejího stropu



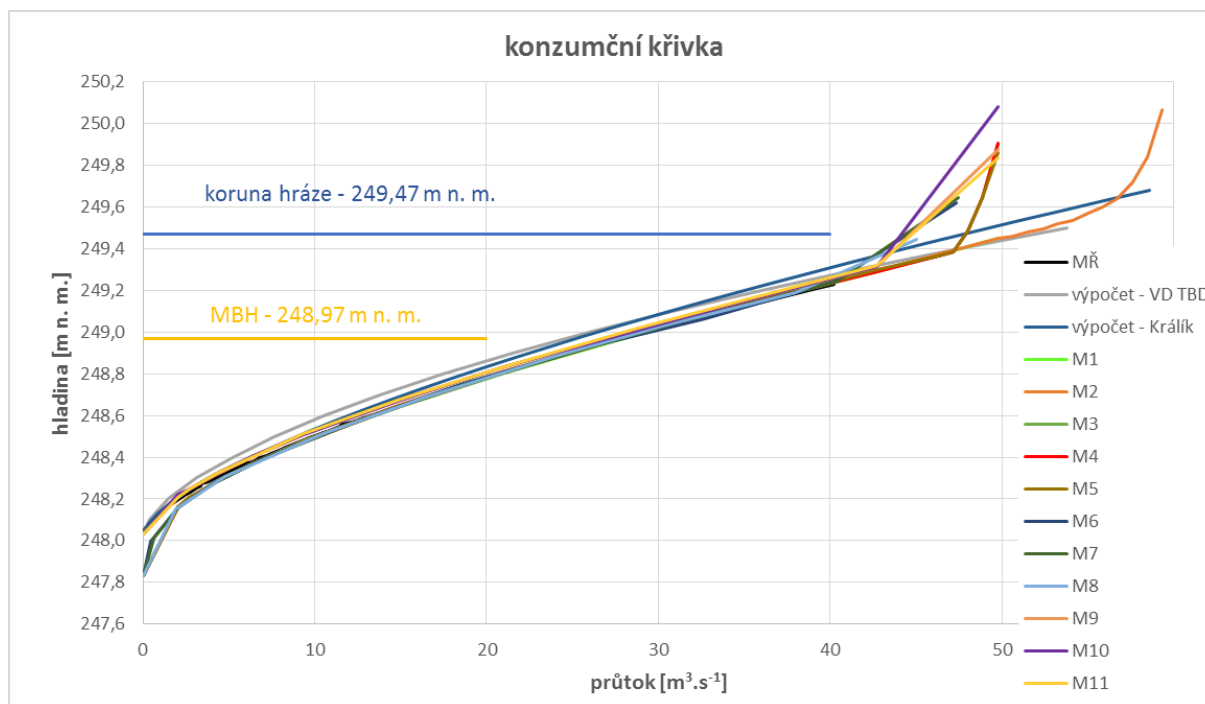
Obrázek 8 - hladiny v odpadní chodbě - Q_{1000}



Obrázek 9 - navržené rozřažeče při jednotlivých průtocích



Obrázek 10 - prodloužení odtrhového nosu (fialová barva)



Obrázek 11 - konzumní křivky jednotlivých měření

Podklady

Tato zpráva vychází ze studie „VD Těšetice, opatření na převedení KPV 1000 – fyzikální model, hydrotechnický výzkum, Ing. Martin Králík, Ph.D., 2017“. Podklady využitě v této studii jsou následující:

- Manipulační řád pro vodního díla Těšetice a Bohuňovský rybník na toku Únanovka v km 6,300, 2014,
- VD TĚŠETICE - POSOUZENÍ VD ZA POVODNÍ (VODNÍ DÍLA – TBD a. s.), 2014,
- protokol z měření průtoků (Povodí Moravy s. p.), 2017,
- neškodný odtok pod VD Těšetice na Únanovce (Povodí Moravy, s. p.), 2017,
- záplavové území Únanovky km 0,000 – 14,082, (Povodí Moravy, s. p.), 2015,
- Celkové zhodnocení stavu vodního díla Těšetice a Bohunického rybníka – bakalářská práce, Aleš Šimůnek (Katedra hydrotechniky, Fakulty stavební, ČVUT v Praze), 2015,
- Studie rekonstrukce vodního díla Těšetice – bakalářská práce, Adéla Roudnická (Katedra hydrotechniky, Fakulty stavební, ČVUT v Praze), 2016,
- projektová dokumentace VD Těšetice –(Hydroprojekt Praha), 1979,
- fotodokumentace VD Těšetice, 2016,
- místní šetření (Králík), 2017,
- internetové stránky Povodí Moravy, s. p. - www.pmo.cz, 2017,
- Havlík, Marešová: Hydraulika – příklady, 1990,
- Čábelka, Gabriel: Matematické a fyzikální modelování v hydrotechnice, 1987,
- Broža a kolektiv: Přehrady Čech, Moravy a Slezska. Liberec: Knihy 555, 2005.