**HYDROTECHNICKÉ VÝPOČTY**

**OBSAH**

[1. ÚVODNÍ ÚDAJE 2](#_Toc122596098)

[1.1. Podklady pro zpracování 2](#_Toc122596099)

[1.2. Hydrologická data (zdroj ČHMÚ) 2](#_Toc122596100)

[1.3. Údaje o MVE 2](#_Toc122596101)

[1.4. Odběr ze zdrže 2](#_Toc122596102)

[2. VÝPOČET ÚROVNÍ HLADIN 4](#_Toc122596103)

[2.1. Popis řešení 4](#_Toc122596104)

[2.2. Výsledky výpočtu povodňových hladin přes objekt jezu dle návrhu 4](#_Toc122596105)

[3. KONZUMPČNÍ KŘIVKA ÚSEKU PEVNÉHO JEZOVÉHO TĚLESA 5](#_Toc122596106)

[4. NÁVRH A POSOUZENÍ SPORTOVNÍ PROPUSTI 6](#_Toc122596107)

[4.1. Návrhové parametry 6](#_Toc122596108)

[4.2. Použité výpočtové vztahy 6](#_Toc122596109)

[4.3. Úrovně hladin pro plavbu 7](#_Toc122596110)

[4.4. Celkový průtok v řece 7](#_Toc122596111)

[4.5. Ukazatel pro ukončení plavby sportovní propustí 8](#_Toc122596112)

[5. KONZUMPČNÍ KŘIVKA PŘEPADU PŘES VZTYČENOU KLAPKU 8](#_Toc122596113)

[6. KONZUMPČNÍ KŘIVKA PŘEPADU PŘES SKLOPENOU KLAPKU 8](#_Toc122596114)

[7. NÁVRH A POSOUZENÍ VÝVARU POD KLAPKOVÝM UZÁVĚREM 9](#_Toc122596115)

[7.1. Posouzení navrženého vývaru 9](#_Toc122596116)

[7.2. Výpočet vývaru 10](#_Toc122596117)

[8. KAPACITY NÁVRHU RYBÍHO PŘECHODU 11](#_Toc122596118)

[8.1. Průtok RP běžný provoz 11](#_Toc122596119)

[8.2. Průtok RP velké průtoky - odhad 12](#_Toc122596120)

[8.3. Potrubí vábící vody RP 12](#_Toc122596121)

1. ÚVODNÍ ÚDAJE
   1. Podklady pro zpracování

* hydrologická data
* tachymetrické zaměření lokality
* Otava, Horažďovice - PPO - varianty jezu Mrskoš – srovnávací studie (VH-TRES s.r.o 2015)
  1. Hydrologická data (zdroj ČHMÚ)

Vodní tok: Otava

Číslo hydrologického pořadí: 1 – 08 – 01 – 111 (jez Mrskoš)

***m-denní průtoky Qm v m3/s*** *(průměrné průtoky překročené po dobu m dní)*

v blízkém profilu: nad odbočením náhonu v Horažďovicích

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Q30d** | **Q60d** | **Q90d** | **Q120d** | **Q150d** | **Q180d** | **Q210d** | **Q240d** | **Q270d** | **Q300d** | **Q330d** | **Q355d** | **Q364d** |
| 27,00 | 19,70 | 15,90 | 13,40 | 11,50 | 10,00 | 8,77 | 7,65 | 6,62 | 5,62 | 4,52 | 3,30 | 2,27 |

***N-leté průtoky QN v m3/s*** *(průměrné průtoky překročené po dobu N let)*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Q1** | **Q2** | **Q5** | **Q10** | **Q20** | **Q50** | **Q100** |
| 126 | 162 | 220 | 271 | 328 | 413 | 486 |

úroveň hladiny v nadjezí: H100 = 419,68 m n.m.

úroveň hladiny Q1 podjezí: H1 = 417,01 m n.m.

úroveň hladiny Q180d podjezí: H180d = 415,65 m n.m.

úroveň hladiny Q355d podjezí: H355d = 415,57 m n.m.

* 1. Údaje o MVE

Objekt jezu není hydroenergeticky využíván.

* 1. Odběr ze zdrže

Ze zdrže je v pravé opěrné zdi realizován odběr na Škrobárenské rybníky. Odběr je realizován potrubím DN 400, regulace odběru je prováděna v lomové šachtě za rubem opěrné zdi se dnem na kótě 417,44 m.n.m. V případě neškrcení vtoku v šachtě, je odběr dán jeho kapacitou v závislosti na výši hladiny ve zdrži.

1. VÝPOČET ÚROVNÍ HLADIN
   1. Popis řešení

Pro stanovení úrovní hladin v řece při časové řadě průtoků byl dříve vytvořen matematický 1D – model v programovém prostředí Hec – Ras (v. 4.1.0.). a to v rámci uvedeného podkladu Otava, Horažďovice - PPO - varianty jezu Mrskoš – srovnávací studie (VH-TRES s.r.o 2015)

* 1. Výsledky výpočtu povodňových hladin přes objekt jezu dle návrhu

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **staničení**  **ř.km** | **osa**  **m.n.m** | **H5**  **m.n.m** | **H20**  **m.n.m.** | **H100**  **m.n.m.** |
| 70,90 | 413,15 | 416,13 | 416,44 | 416,88 |
| 71,04 | 413,57 | 416,40 | 416,72 | 417,13 |
| 71,15 | 414,42 | 416,57 | 416,87 | 417,25 |
| 71,19 | 414,35 | 416,68 | 417,01 | 417,42 |
| 71,21 Jarov | 415,51 |  |  |  |
| 71,24 | 414,54 | 416,68 | 417,01 | 417,43 |
| 71,28 | 413,81 | 416,69 | 417,02 | 417,43 |
| 71,36 | 413,51 | 416,75 | 417,08 | 417,49 |
| 71,41 | 413,42 | 416,89 | 417,24 | 417,68 |
| 71,47 | 413,23 | 416,94 | 417,30 | 417,73 |
| 71,52 | 413,40 | 416,96 | 417,34 | 417,79 |
| 71,56 | 413,58 | 416,99 | 417,36 | 417,82 |
| 71,63 | 413,50 | 416,93 | 417,24 | 417,62 |
| 71,67 | 413,96 | 416,96 | 417,37 | 417,83 |
| 71,72 | 413,90 | 417,35 | 417,92 | 418,42 |
| 71,77 | 414,08 | 417,58 | 418,16 | 418,69 |
| 71,83 | 414,21 | 417,69 | 418,27 | 418,80 |
| 71,87 | 414,17 | 417,74 | 418,32 | 418,86 |
| 71,92 | 414,04 | 417,78 | 418,38 | 418,94 |
| 71,97 | 414,35 | 417,82 | 418,43 | 419,01 |
| 72,02 | 414,41 | 417,86 | 418,47 | 419,05 |
| 72,07 | 414,50 | 417,89 | 418,50 | 419,08 |
| 72,13 | 414,56 | 417,99 | 418,64 | 419,28 |
| 72,17 | 414,69 | 418,07 | 418,75 | 419,44 |
| 72,25 | 414,92 | 418,15 | 418,85 | 419,58 |
| 72,27 Mrskoš | 417,61 |  |  |  |
| 72,28 | 416,64 | 418,63 | 419,07 | 419,68 |
| 72,30 | 416,68 | 418,64 | 419,08 | 419,69 |
| 72,36 | 416,26 | 418,82 | 419,33 | 419,98 |
| 72,39 most | 416,08 |  |  |  |

Kalibrace modelu byla prováděna následovně. Samotný jez Mrskoš byl kalibrován na povodňovou událost z ledna roku 2015, kdy hladina při průtoku 130 m3.s-1 dosahovala k vrchu levobřežního pilíře na kótě 418,54 m n. m. Model vykazuje s touto kótou výbornou shodu (rozdíl do 5 cm). Dále byl model kalibrován na povodňovou událost z roku 2002 pro průtok 440 m3.s-1. Pro tuto událost jsou v Horažďovicích použitelné celkem tři značky. První je umístěna na levém pilíři železničního mostu (číslo značky OTA\_L\_024 ) na kótě 420,37 m n. m., druhá je pak v Zářečské ulici na kótě 421,85 m n. m. (číslo značky OTA\_L\_023 ), třetí je pak umístěna v nadjezí Rosenauerova jezu na kótě 421,25 m n. m.. U první značky se i přes změnu drsností a součinitelů zúžení a rozšíření před a za mostním objektem nepodařilo dosáhnout úplné shody a rozdíl mezi značkou a modelovaným stavem je

cca 30 cm. Byl proto porovnáván geometrický stav koryta v roce 2002 (zachycen na řezech korytem z původního TPE) a stavem po zaměření profilů z roku 2011. Je přitom velmi dobře patrná morfologická změna koryta s usazováním sedimentů mezi profily mostu, což by vysvětlovalo výše zmíněný rozdíl. Druhé dvě značky vykazují výbornou shodu s rozdílem do 10 cm. Třetím porovnáním je srovnání již počítaných modelů s tímto uvedeným výpočtem ve studii (4/2015). Zde je nutné podotknout, že původní model (Hydrosoft Veleslavín) byl sestavován pro celou Otavu a podrobnost modelu nutně nemohla v detailu postihnout problematická místa toku. Další navazující historicky provedené modely ( VÚV, VH-Tres) původně vycházely také z tohoto modelu a došlo tak k jistému zkreslení skutečných poměrů na toku. V rámci této studie (4/2015) pak byla v podjezí jezu Mrskoš dosažena vyšší hladina než ve studii VÚV. Původní model totiž neobsahoval profily v místě výrazného zúžení toku ve staničení 72,000-72,200. Ve studii VÚV bylo tudíž dosaženo nízké úrovně v podjezí jezu Mrskoš, které neodpovídá realitě.

1. KONZUMPČNÍ KŘIVKA ÚSEKU PEVNÉHO JEZOVÉHO TĚLESA

kóta koruny : 417,55 m.n.m.

délka koruny po úpravě: 39,11 m

z toho snížený úsek 417,45: 2,0 m

vrch dělícího pilíře štěrkové propusti: 418,30 m.n.m.

vrch dělícího pilíře rybího přechodu 417,90 m.n.m.

hydraulicky se jedná do úrovně přepadové výšky výše pilířů o předpokladem nezatopený přepad přes proudnicové jezové těleso

s- výška koruny nade dne po prohrábce 1,65 m

závislost přepadového součinitele µp na přepadové výšce h byla zohledněna odečtem závislosti rozšířeného přepadového součinitele M = 2/3 µpna poměru h0/s ( graf : lit. Gabriel Jezy)

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **hladina**  m.n.m. | **h/hsníž**  m | **vp**  m/s | **h0/s** | **M** | **Q**  m3/s |
| 417,50 | 0,00/ 0,05 | ≈ 0 | 0.0323 | 2,19365 | 0,049 |
| 417,60 | 0.05 /0,15 | 0,014 | 0,0303 | 2,19365 | 1,165 |
| 417,70 | 0,15/0,25 | 0,067 | 0,0909 | 2,19286 | 5,287 |
| 417,80 | 0,25/0,35 | 0,138 | 0,1521 | 2,19087 | 11,132 |
| 417,90 | 0,35/0,45 | 0,217 | 0,2136 | 2,18810 | 18,315 |
| 418,00 | 0,45/0,55 | 0,302 | 0,2755 | 2,18333 | 26,640 |
| 418,10 | 0,55/0,65 | 0,390 | 0,3380 | 2,18095 | 36,036 |
| 418,20 | 0,65/0,75 | 0,475 | 0,4009 | 2,17698 | 46,353 |
| 418,30 | 0,75/0,85 | 0,570 | 0,4646 | 2,17302 | 57,623 |
| 418,40 | 0,85/0,95 | 0,661 | 0,5286 | 2,16984 | 69,755 |
| 418,50 | 0,95/1,05 | 0,753 | 0.5933 | 2,16746 | 82,751 |

1. NÁVRH A POSOUZENÍ SPORTOVNÍ PROPUSTI
   1. Návrhové parametry

Při sportovní propusti se vycházelo z odborné literatury, zejména z typizační studie plavebních propustí pro sportovní lodě.

Návrhové parametry:

* minimální plavební průtok qmin = 0,885 m3/s.m
* optimální plavební průtok qopt = 1,350 m3/s.m
* maximální plavební průtok qmax = 3,130 m3/s.m

Pro navrženou šířku sportovní propusti b = 2,2 m jsou tedy parametry:

* minimální plavební průtok Qmin = 1,95 m3/s
* optimální plavební průtok Qopt = 2,97 m3/s
* maximální plavební průtok Qmax = 6,9 m3/s
  1. Použité výpočtové vztahy

Dokonalý přepad přes širokou korunu



kde b … šířka přepadové hrany [m]

h0 … přepadová výška [m]

m … součinitel přepadu

pro šikmý návodní líc 1:3 a zapuštěná nízká zdrhla v koruně

🡪  = 0,91 🡪 m = 0,33

* 1. Úrovně hladin pro plavbu

Z konzumční křivky vtoku do sportovní propusti byly výpočtem získány následující úrovně hladin před vtokem do sportovní propusti:

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Q**  [m3/s] | **h**  [m] | **H**  [m n.m.] | **hk**  [m] | **Popis** |
| 1,95 | 0,71 | 417,56 | 0,43 | Minimální plavební hladina |
| 2,97 | 0,93 | 417,78 | 0.57 | Optimální plavební hladina |
| 5,10 | 1,35 | 418,20 | 0,82 | Maximální plavební hladina |
| *6,82* | *1,65* | *418,50* |  | *Hladina v propusti při vybřežení* |

Pro návrhový maximální plavební průtok (6,90 m3/s) vychází v tomto případě úroveň hladiny před vtokem do sportovní propusti takové hodnoty, která již odpovídá povodňovému průtoku v řece výše hran vnějších pilířů. Při tomto stavu se nepředpokládá plavba po řece.

Úroveň vrchu pilířů má zohlednit i psychologický pocit vodáků při proplouvání, tak aby se při běžných a v letní vodácké sezóně zpravidla malých průtocích vhodných pro plavbu se zbytečně neefektivně neproplouvalo hlubokým úzkým betonovým „korytem“.

Z tohoto důvodu je jako maximální plavební hladina navržena hladina 42 cm nad optimální plavební hladinou, tedy na úrovni 418,20 m.n.m. (té odpovídá průtok sportovní propustí 5,1 m3/s). Tato navržená max. hladina je lehce pod úrovní úrovně pilíře vtoku do propusti a v rámci diskuse nad novým MŘ bude dále ještě diskutována a případně snížena. Při vyšších průtocích v řece cca nad 45 m3/s, počne zatápění pilířů propusti zdola, při tomto stavu by již laickou vodáckou veřejností neměla být propust pokud možno využívána, pokud nedokáže udržet plavidlo v proudnici.

Prostřednictvím automatického řízení nastavení klapkového uzávěru bude ve zdrži v široké škále nepovodňových průtoků udržována hladina, kdy je skrápěno pevné jezové těleso cca 5 cm vody a zajištěna funkce sportovní propusti v rozsahu blízko optimálních průtoků k proplutí.

* 1. Celkový průtok v řece

Pro úrovně plavebních hladin byl z konzumpční křivky jezu Mrskoš (na přepadové hraně jezu) spočten průtok přes celé těleso jezu Mrskoš, koryto rybího přechodu a vztyčenou, nebo (při > 417,60) až plně sklopenou klapku.

Pak odpovídají plavebním hladinám ve sportovní propusti následující hodnoty průtoků v řece.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Popis** | **H [m n.m.]** | **QS ELEK [m3/s]** |  |
| Minimální plavební hladina | 417,56 | 2,596 | < Q355d |
| Optimální plavební hladina | 417,78 | 64,68 | > Q30d |
| Maximální plavební hladina | 418,20 | 126,13 | ~ Q1 |
|  | *418,50* | *178,4* | *> Q2* |

* 1. Ukazatel pro ukončení plavby sportovní propustí

Jako ukazatel ukončení plavby, z důvodu zvýšených průtoků v řece je zanoření vtokového pilíře do 10 cm nad maximální plavební hladinou.

1. KONZUMPČNÍ KŘIVKA PŘEPADU PŘES VZTYČENOU KLAPKU

kóta hrany vztyčené klapky : 417,54 m.n.m.

délka hrany: 12,0 m

kóta udržované hladiny : 417,60 m.n.m.

kóta max. hladiny pro počátek sklápění jezové klapky: 417,94 m.n.m.

hydraulicky se jedná o nezatopený přepad přes ostrou hranu klapkového uzávěru

přepadový součinitel µp je uvažován hodnotou 0,63

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| kóta hladiny  m.n.m. | h  m |  | q  m3 /s |
| 417,60 | 0,06 | 0,63 | 0,328 |
| 417,70 | 0,16 | 0,63 | 1,428 |
| 417,80 | 0,26 | 0,63 | 2,959 |
| 417,90 | 0,36 | 0,63 | 4,822 |
| 417,94 | 0,40 | 0,63 | 5,647 |

Pokud hladina překročí toleranci udržování hladiny ve zdrži – navrhováno 417,60, dojde k postupnému sklápění klapkového uzávěru až do fáze plného sklopení a následně již k neovlivnitelnému vzestupu hladiny ve zdrži při dalším růst průtoků.

Zpětně pak při záklesu hladiny o toleranční krok, dojde při snižování průtoku k postupnému vztyčování klapky.

1. KONZUMPČNÍ KŘIVKA PŘEPADU PŘES SKLOPENOU KLAPKU

jedná se o kapacitu otvoru plně sklopené klapky

kóta hrany Jamborova prahu : 416,10 m.n.m.

délka hrany: 12,0 m

kóta předprsí : 415,90 m.n.m.

výška prahu s: 0,2 m

hydraulicky předpokládáme nezatopený přepad přes nízký (Jamborův) práh

přepadový součinitel µp je uvažován dle grafu v lit. (Mäsiar, Kamenský – Hydraulika pre stavebných inženierov) podle Laca – případ D – uspořádání mírně v oblouku

)

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **hladina**  m.n.m. | **h**  m | **vp**  m/s | **hd0** | **s/h** |  | **Q**  m3/s |
| 417,60 | 1,5 | 1,5 | 0,115 | 0,1333 | 0,603 | 42,879 |
| 417,70 | 1,6 | 1,56 | 0,125 | 0,1250 | 0,6038 | 47,529 |
| 417,80 | 1,7 | 1,62 | 0,134 | 0,1176 | 0,605 | 52,195 |
| 417,90 | 1,8 | 1,68 | 0,144 | 0,1111 | 0,6056 | 56,993 |
| 418,00 | 1.9 | 1,74 | 0,153 | 0,1053 | 0,6063 | 61,933 |
| 418,10 | 2,0 | 1,78 | 0,162 | 0,1000 | 0,6065 | 66,919 |
| 418,20 | 2,1 | 1,84 | 0,172 | 0,0952 | 0,6069 | 72,115 |
| 418,30 | 2,2 | 1,89 | 0,182 | 0,0909 | 0,6072 | 77,431 |
| 418,40 | 2,3 | 1,94 | 0,192 | 0,0870 | 0,6075 | 82,874 |
| 418,50 | 2,4 | 1,98 | 0,200 | 0.0833 | 0,6078 | 88,367 |

1. NÁVRH A POSOUZENÍ VÝVARU POD KLAPKOVÝM UZÁVĚREM



* 1. Posouzení navrženého vývaru

Návrhový průtok pro posouzení vývaru uvážíme pro manipulaci plného sklopení klapky při udržované hladině minimálního skrápění jezu 417,60 m.n.m. a tomu odpovídající orientační hladiny v podjezí k součtu průtoků přes objekt – jezové těleso, levobřežní propusti a plně otevřená štěrková propust.

Kapacita propusti při plném sklopení klapky

)

- 0,603 podle Laca

B - 12 m

h – 1,5 m

42, 879 m3/s , q = Q/b = 3,573 m2/s



kde yC … zúžený přepadový paprsek [m]

E0 … energetická výška [m]

 … rychlostní součinitel

Pro 1. přiblížení (krok) 



kde y2 … vzájemná hloubka vodního skoku [m]

y1 … předpokládá se přilehlý vodní skok, y1 = yC [m]



kde y2 … vzájemná hloubka vodního skoku [m]

yD … hloubka vody v podjezí [m]



kde  … míra vzdutí – doporučení 1,05 ÷ 1,1

Potřeba vývaru se navrhuje podle typu vodního skoku:

oddálený vodní skok … y2 > yD vývar je nutný

přilehlý vodní skok … y2 = yD, yc = y1

vzdutý vodní skok … y2 < yD, resp.  = yD/y2 > 1 vývar není nutný

* 1. Výpočet vývaru

Navržená hloubka vývaru **d = 1,1 m**

Šířka vývaru **B = 12,0 m**



E0 = 417, 60 – 413,90 + 0,115 = 3,815 m

yc = y1 = 0,44 m



2  = 2,22 m

yD = σ y2 = 1,05 x 2,21 = 2,33 m

pro navrženou hloubku vývaru d = 1,1 m to znamená, že pro daný průtok přes objekt jezu k zajištění přilehlého vodního skoku je potřebná hloubka dolní hladiny

2,32 – 1,1 = 1,23 m - **orientačním porovnáním hloubek v podjezí se yD blíží**

**této hodnotě, podpůrně lze zvýšit i drsnost záhozu pod propustí**

délka vývaru podle Nováka:

K = 5 pro 4 < ≤ 6

8,9 m

délka vývaru Pavlovskij:

**uplatněná délka vývaru 8,5 m vyhoví průměru hodnot**

1. KAPACITY NÁVRHU RYBÍHO PŘECHODU

Návrh rybího přechodu vycházel z návrhových podmínek dle TNV 75 2322 – Zařízení pro migraci ryb a dalších vodních živočichů přes překážky v malých vodních tocích i SPPK B02 006 2014 Rybí přechody

* 1. Průtok RP běžný provoz
* štěrbinový rybí přechod se šířkou štěrbiny 40 cm
* rozdíl hladin mezi tůňkami bude max. 10 cm
* zvýšené dno ve štěrbinach

průtok štěrbinami: jako nedokonalý přepad přepadového paprsku hmax se zatopením hmin

)

/s

maximální rychlost ve štěrbině : = 0,995 m/s

stabilizace hladiny na vtoku do RP v rozsahu kapacity štěrkové propusti

* 1. Průtok RP velké průtoky - odhad

průtok RP pro vysokou hladinu byl orientačně stanoven jako dokonalý přepad přes širokou korunu v účinné šířce plošiny u vtoku

Stav – hladina v úrovni před vybřežením 418,50 m.n.m.

b= 1,95 m

m3/s

* 1. Potrubí vábící vody RP

potrubí DN 400 složené z úseku méně tlakového (PVC) a tlakového exponovaného s odbočkami DN (TLT)

řešením Bernoulliho rovnice byl určen minimální průtok potrubím při provozní hladině 417,60 m.n.m.

H + + = ΣZ = (Σ)

řešením byl určen minimální průtok Q = 0,366 /s

průtok z odboček DN 200 odpovídá výtoku malým otvorem daným tlakovou výškou v místě

výtok první odbočkou na vstupu do RP Q = 0,0766 m3/s

České Budějovice, prosinec 2021 VH – TRES, s.r.o.

Daniel Vaclík