

**NÁVRH ĽAVOBREŽNÉHO PRIECHODU PRE RYBY
NA MVE LIPTOVSKÁ TEPLÁ NA VÁHU
PRE ÚZEMNÉ KONANIE**

Navrhovateľ : Generkaf s.r.o. Bešeňová

Spracovateľ : RNDr. Vladimír Druga - Ekospol Banská Bystrica

Marec 2009

OBSAH TEXTOVEJ ČASTI:

1. ZÁKLADNÉ NAVRHOVANÉ PARAMETRE	1
2 USMERNENIE MIGRUJÚCICH RÝB DO RYBOVODU	2
3. VYTvoreNIE DOSTATOČNE PRIESTRANNÉHO A KVÁZIPRIRODZENÉHO VODNÉHO PROSTREDIA V KORYTE RYBOVODU	3
4. SPOMALENIE A UKLUDNENIE PRÚDIACEJ VODY V RYBOVODE.....	5
5. ĎALŠIE OCHRANÁRSKE OPATRENIA.....	7

VÝPOČTOVÉ PRÍLOHY:

PRÍLOHA 1:

VÝPOČET OTVORU PRE VTOK VODY DO RYBOVODU	8
---	----------

PRÍLOHA 2:

VÝPOČET ŠTRBINOVÉHO PRIETOKOVÉHO OTVORU PRI SPOMALOVACÍCH BOČNÝCH PREPÁŽKACH RYBOVODU	10
--	-----------

VÝKRESOVÁ PRÍLOHA:

- CELKOVÁ SITUÁCIA (POLOHOPIS MVE A NAVRHOVANÉHO PRIECHODU)**
- PRIEČNY REZ RYBOVODOM - SCHÉMA**

Cieľom riešenia je **spriechnenie migračnej bariéry novej MVE pre všetky tunajšie ryby** (aj keď po výstavbe MVE už nepredpokladáme ich neresenie v zavzdutom koryte Váhu pod neprekonateľnou bariérou VD Bešeňová).

Priechod je navrhnutý nielen pre tunajšie typické migranty (vrátane rozmerovo najväčšieho druhu - hlavátky), ale aj pre menej zdatné alebo aj netypické migranty, meniace len občas svoje prostredie.

Účinnosť rybovodu bude závisieť od:

- navedenia čo najväčšieho počtu rýb do priechodu,
- vytvorenia čo najprirodzenejšieho interiéru koryta v priechode (bez etologických bariér),
- zníženia prevládajúcich aj maximálnych rýchlostí vody a vytvorenia kludových zón v priechode.

Pre splnenie týchto požiadaviek bol (vzhľadom na ľavobrežné umiestnenie MVE, rozmery a konštrukciu vakovej hate a obmedzenie súbežnou cestnou komunikáciou) zvolený typ rybovodu **obtokový, komorový** s bočnými prepážkami na brzdenie rýchlosti vody (užší ale hlbší a pomalší vodný priestor), **kamenno-štrkový** (prirodzené dno), ústiaci tesne pod výtok z MVE v ľavostrannej prúdnici Váhu.

1. ZÁKLADNÉ NAVRHOVANÉ PARAMETRE:

- Prietok v rybovode $Q_{bio}=0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (+ navádzací výtok)
- Vtok do rybovodu je zhora hradený, celý zatopený a má šírku 65cm a výšku 60cm.
- Hĺbka vody 0,7 m (nad prepážkou) resp. 0,53 m (pod prepážkou).
- Prevýšenie hladiny nad a pod každou prepážkou je teda okolo 17cm.
- Šírka otvoru v prepážke medzi susednými komorami je 62 cm (pričom výška vody povýše prepážky bude cca $53+17=70$ cm a poniže prepážky 53cm).
- Vzdialenosť medzi prepážkami je 4,0m (vznikne 31 prepážok, čiže 29 štvormetrových komôr + 1 osem metrová oddychová komora + 1 bočná oddychová komora).
- Dĺžka koryta rybovodu je cca 130m.
- Šírka koryta pri hladine 3,0m.
- Celkové prevýšenie rybovodu - 5,3m (hladina v zdrži 507,5 m n.n., hladina pod MVE bude kolísať od 502 do cca 502,5 m n.m.).
- Pôdorysne má koryto rybovodu oblúkovitý, v hornej časti mierne meandrujúci tvar a vyúsťuje do Váhu tesne pod výtokom z vodnej elektrárne.
- Povrchová úprava rybovodu je z riečnych kameňov presypaných štrkom.

Tučným písmom sú výraznené biologické ciele, podčiarnuté sú kontrolovateľné parametre.

2. USMERNENIE MIGRUJÚCICH RÝB DO RYBOVODU

- Hlavný prúd, proti ktorému budú plávať ryby, pôjde väčšinu roka z ľavobrežnej MVE. Preto bude treba **nasmerovať dolný koniec koryta rybovodu (vstup pre ryby) do predpokladanej ľavobrežnej zóny koncentrácie rýb**, ktorá po sprevádzkovaní MVE bude na spodnej časti výtoku z MVE a okolo nej. (Väčšinu roka to bude jediný prúd, kedy cez vakovú hať bude pretekať len symbolická vrstva vody. Pri najväčších prietokoch, ktoré sa často vyskytujú aj počas jarných migračných ťahov rýb, však budú ryby priťahované aj hlukom a prúdom vody prepadajúcej cez vakovú hať.)

- **Zosilniť signál priťahujúci ryby do pobrežného koryta rybovodu.** Pre výrazné zosilnenie navádzacieho signálu relatívne malého a pokojného prúdu vytekajúceho z rybovodu navrhujeme pri výtoku z MVE vyústiť rúrku navádzacieho prietoku 20 l.s^{-1} , ktorý bude dopadať z výšky najmenej 1-2 m do ľavobrežnej prúdnice Váhu pri MVE pred vchod rybovodu (výtok) so značným hlukom a s následnými vibráciami vo vodnom prostredí. Silné vibrácie z jedno-dvojmetrového „vodopádu“ by sa mali rozliehať spod MVE po vodnom priestore čo najďalej - až pod migračnú bariéru hate, ako aj ku náprotivnému pravému brehu Váhu, popri ktorom postupuje časť rýb pri veľkých prietokoch.

Voda do rúrky bude odoberaná zo vzdutia nad MVE a nie z horných komôrok rybovodu.

- Aj výtok z rybníkov odporúčame zaústiť do rúry navádzacieho prietoku, kde zosilní navádzací efekt (rozhodne nie do koryta rybovodu, kde by naopak spôsobil nežiadúce problémy s občasným výrazným zvýšením prietoku!).

Ak by sa rúra s navádzacím prietokom nezrealizovala, veľa migrujúcich rýb by si popri mohutnom prúde z turbín nemuselo vybrať menší a pokojnejší bočný prítok z rybovodu, čo by zbytočne znížilo jeho účinnosť.

- *Ďalšou možnosťou, ako zosilniť signál priťahujúci ryby do pobrežného koryta rybovodu, je sezónne zdvojnásobiť prúd vody vytekajúci z rybovodu do priestoru koncentrácie rýb pomocou zväčšenia rúrového bájpasu. Pri takomto rozhodnutí by mohol v mesiacoch marec-apríl (kedy prebieha najvýraznejší neresový ťah) a v októbri (neresový ťah pstruhov) popri prúde z koryta rybovodu $0,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ vytekať v tesnej blízkosti poslednej dolnej komory z podzemnej rúry druhý rovnako veľký prúd $0,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (spolu $1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$).*

Avšak vzhľadom na budúcu absenciu neresísk litofilných druhov vo vzdutí novej MVE ako aj koncovú polohu jej vzdutia (nad vzdutím ryby nenájdu žiaden prúdivý ekosystém, len

neprekonateľné bariéry VD Bešeňová a VD Lipt. Mara), nepovažujem za biologicky opodstatnené požadovať 100-percentné prilákanie a navedenie rýb do zdrže (odhliadnuc od toho, že navádzací prietok $0,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ by v tomto prípade zbytočne znižoval výrobu elektrickej energie).

Trvalú veľkosť požadovaného prietoku $0,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (prípadne aj sezónneho prietoku cez rúrový bajpas $0,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) zabezpečí vytvorenie vtokového otvoru do rybovodu so šírkou 65cm a výškou 60cm (prípadne vytvorenie rovnakého vtokového otvoru do podzemnej rúry navádzacieho prietoku), a tiež umiestnenie každého vtokového otvor 10 cm pod minimálnu prevádzkovú hladinu zdrže nad novou MVE.

- Dolnú (pre ryby prvú) spomaľovaciu prepážku v rybovode treba umiestniť ďalej od ústia rybovodu - aspoň 1m od koryta Váhu, ktorým potečie silný prúd z MVE. V tomto ústí rybovodu nájdú ryby pokojnejšiu „**príbrežnú tónu**“ aj do nej ústiaci pokojný prúd z rybovodu, ktorý takto bude aj počas veľkých jarých prietokov **imitovať charakter pomalšieho malého bočného ramena Váhu**, akých je v divočiacom úseku nad Liskovou viacero, a ktorými ryby počas neresu bežne migrujú

3. VYTVORENIE DOSTATOČNE PRIESTRANNÉHO

A KVÁZIPRIRODZENÉHO VODNÉHO PROSTREDIA V KORYTE RYBOVODU:

a) Situácia v klasickom rybovode:

Ryby po vplávaní do koryta klasického komôrkového rybovodu sa musia pohybovať v neprímerane plytkej alebo rýchlej vode, v neprírodzenom prostredí s betónovým dnom aj betónovými zvislými a vysokými brehmi. Neexistuje tu prirodzený štrkový substrát, ani plytčiny či rýchlostné tienie za veľkými skalami. Spravidla málo priestranné komôrky bývajú prepojené len dvoma malými otvormi, z ktorých sú viaceré dlhodobo upchaté, cez niektoré medzistienky nie je žiadne priame prepojenie a ryby by mali medzistienky len preskakovať, čo väčšina z nich nedokáže.

b) Návrh na vytvorenie dostatočne priestranného a kváziprirodzeného vodného prostredia:

- **PRIESTRANNOSŤ A SVETLOSŤ KORYTA:** Šírka obtoku pri hladine je 3 m (limitovaná súbežnou cestou), najväčšia hlbka v každom úseku je 0,7m, čím rybovod získava charakter priestranného potoka s pomerne dobrým presvetlením koryta. Brehy koryta budú najmä v dolnej polovici trasy niekoľko metrov nad hladinou v obtoku - keďže koryto má len západovýchodný smer, bude mať tento dolný úsek slabšiu svetlosť v koryte, podobne aj v krátkom úseku pod premostením ku MVE.

DOSTATOČNÝ VTOK VODY DO RYBOVODU: Prevádzka rybovodu má byť celoročná, lebo okrem jesenného neresového ťahu pstruha potočného a jarného neresového ťahu ostatných migrantov, prebieha u ostatných (najmä sprievodných) druhov celý rok aktívna protiprúdová migrácia za potravou a v menšej miere aj za neresom, ako aj protiprúdový návrat do pôvodných biotopov po pasívnej migrácii dolu prúdom (t.j. po ichtyodrifte: po strhnutí veľkými vodami, za zimovaním a teritoriálnym rozširovaním). Aby bola celoročná hĺbka vodného priechodu 0,7m a jeho šírka pri hladine 3m, odber vody do rybovodu (vrátane ktoréhokolvek navádzacieho prietoku) musí mať prednosť pred ostatnými odbermi, čo musí byť konštrukčne zabezpečené umiestnením celého vtokového otvoru do rybovodu 10 cm pod minimálnou prevádzkovou hladinou zdrže.

- **PRÍRODNÉ MATERIÁLY V KORYTE:** Koryto rybovodu je balvanité so štrkovým dnom. V hornom úseku budú aj šikmé omočené brehy vykladané riečnym kameňom, nad hladinou bude pokračovať trávny svah s vysadenými krovitými vŕbami (ich koruny nad hladinou budú poskytovať úkryty pre ryby, napr. aj pred rybožravými vtákmi). V strednom a dolnom úseku bude musieť byť kvôli stabilite susediacej cesty a MVE prírodné dno sprevádzané zvislými betónovými brehmi, čo však pre život pod vodou nehrá podstatnú úlohu.

V každej druhej komore bude pod štrbinovým vtokom vody umiestnený veľký balvan ako **úkrytové miesto a rýchlostný tieň pre postupujúce ryby**.

V každom priečnom reze bude v koryte prúdivá hĺbočina, vyhovujúca najväčším alebo najsilnejším migrantom (hlavátke, lipňovi, pstruhom...), lemovaná po stranách pokojnými hĺbočinami s pomaly prúdivou vodou, vyhovujúcu menším alebo slabším migrantom. Celé dno bude prirodzené, vyložené riečnymi valúnmi (prípadne ťažkým lomovým kameňom). Medzery medzi kameňmi budú vyplnené riečnym štrkopieskom, pričom po dokončení bude celé koryto ešte presypané ďalšou cca 5-centimetrovou vrstvou tunajšieho riečneho štrku, čo umožní v nemalej miere oživenie jeho dna bentosom. Po sprietočení si voda sama rozmiestni štrk do prirodzeného tvaru dna. Vďaka nepriepustnému podložiu (v dolnom a strednom úseku to bude betónová schránka pod kamenno-štrkovým dnom) sa z koryta nemôže strácať voda.

- **MINIMALIZÁCIA PREKÁŽOK V KORYTE:** Spomaľovacie medzistienky (bočné prepážky murované z riečneho kameňa) budú obtekané, takže ich ryby pohodlne oboplávajú popri dne. Budú od seba vzdialené 4m, čo bude postačovať na úplne zoslabenie až zmiznutie čerenia, turbulencií, bublín či spenenia, ktoré v malej miere vzniknú pri obtečení medzistienky. Preto v okrajoch vodného biotopu v každej sekcii bude aj pomaly prúdiaca "hladká" voda

Pri každej bočnej prepážke ostáva pätina šírky koryta (62cm) neprehradená, čo poskytuje dostatočný priechod (s hĺbkou 60-70cm), dostatočný aj pre najväčšiu a najdôležitejšiu migrujúcu rybu – hlavátku podunajskú (a to aj z etologického pohľadu).

Tieto rozmery prietochných otvorov medzi sekciami znižujú aj riziko vzpriechenia sa plavených konárov a následného zanesenia priechodov, pretože pred vtokovým otvorom do koryta obtokového rybovodu sú navrhnuté hrubé hrablice, ktoré zadržia veľké plaveniny.

- **PLYNULOSŤ VSTUPU PRE RYBY:** Dno rybovodu musí priamo a bezbariérovane naväzovať na dno Váhu. Hladina vytekajúcej vody bude musieť kontinuálne a bez väčších prepádov hladiny naväzovať na najčastejšiu aprílovú a májovú hladinu Váhu pod MVE, aby ideálny prúd mali práve najháklivejšie jarné migranty. Vzhľadom na udané rozpätie dolnej vody 502 až 502,50 sme pre túto etapu projektovej prípravy odhadli ako najmenej problémovú jarnú hladinu na cca 502,30 m n.m, čo bude nad minimálnou prevádzkovou hladinou pri obligátnom prietoku $10 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (pre ďalšiu etapu ju bude treba upresniť).

Počas najnižších prietokov Váhu (napr. okolo septembra) bude pri takomto „jarnom“ nastavení prietokov rybovodu dochádzať k značne vyššiemu ako 17-centimetrovému prepadu hladiny vody z rybovodu do koryta Váhu a tým k miernemu spätnému zníženiu hĺbky vody v celom rybovode. Nedôjde však k prerušeniu kontinuity bezbariérovej vodnej cesty, pretože napriek sezónnemu zníženiu 70-centimetrovej hĺbky vody by väčšina migrujúcich rýb mala takéto bodové jednorazové zrýchlenie prekonať, okrem toho neresové ťahy v tomto období ryby nepodnikajú (okrem začínajúceho ťahu pstruhov, pre ktoré to nie je žiadna prekážka).

4. SPOMALENIE A UKLUDNENIE PRÚDIACEJ VODY V RYBOVODE:

Pri konštantnom prietoku rybovodom ($0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$) tu treba dosiahnuť kontinuálny prúd nespenenej vody s maximálnou rýchlosťou (pri obtekaní spomaľovacích medzistienok) okolo $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, s minimálnymi rýchlosťami v každej sekcii po celej trase rybovodu pod $0,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, pričom v okrajoch rybovodu za každou prepážkou budú rýchlostné tieňe s takmer nulovou rýchlosťou vody - oddychové miesta.

Požadovanú rýchlosť a prúdenie vody je možné dosiahnuť vďaka vytvoreniu spomaľovacích priečných medzistienok (obtekaných bočných prepážok) v širokom koryte. Hydraulickými výpočtami (v spolupráci s katedrou hydrauliky STU Bratislava) bol navrhnutý taký prepádový otvor na každej prepážke, aby pri prietoku rybovodom $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ bola maximálna rýchlosť vody pri bariére medzistienky $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Upozorňujeme, že rýchlosť vody vo všetkých ostatných bodoch rybovodu je menšia!

V 62 cm širokom prepádovom otvore bude výška vodného stĺpca 0,7m nad a 0,54m pod, t.j. hladina poklesne len o 17cm. Ide teda o “takmer zatopený” prepád, ktorý sa prekonáva bez skákania a v ktorom sú minimalizované predpoklady pre strhávanie vzduchových bublín a spenie vody.

Energia vody a jej rýchlosť sa po pretečení do nižšej komory rozdelí a utlmí na stagnujúcej vodnej mase (čím väčší objem, tým lepšie - aj preto navrhujeme dĺžku komôrok aspoň 4m), ale tiež na osadených rozrážачoch - izolovaných balvanoch vyčnievajúcich z dna cca 0,5m (pri šírke cca 0,5m v základni), osadených za účasti ichtyológa. V rýchlostných tieňoch za balvanmi sa tým zároveň vytvoria pre vystupujúce ryby momentálne úkryty priamo v prúdnicí. V prúdnicí medzi prepážkami by teda mali na rozdiel od prepádového otvoru prevládať nižšie rýchlosti vody, po okrajoch rýchlosti aj pod $0,5 \text{ ms}^{-1}$, čo bude vyhovovať tzv. “cestovným” rýchlostiam migrujúcich rýb.

Možná úprava šírky otvorov:

- v prípade zistenia výrazného preplňania jednotlivej sekcie (s následným zväčšením rýchlosti v prietochom otvore, prípadne až nežiadúcim prelievaním prepážky) bude možné mierne zväčšenie šírky tohto otvoru osekáním betónu, najlepšie hneď po prvom - skúšobnom napustení rybovodu.

- v prípade zistenia nedoplňania jednotlivej sekcie (s následným zmenšením migračného priestoru) bude možné do bočnej hrany otvoru osadiť úzku dosku, fošnu resp. hranol.

ODDYCHOVÉ KOMORY: Pretože prevýšenie celého rybovodu bude cca 5,3m (a po každých dvoch výškových metroch požadujú ichtyológovia úplne upokojenú zónu), po prekonaní každej tretiny trasy by mala byť oddychová komora. V 30-komorovom rybovode preto 10. komoru od spodu navrhujem predĺžiť na 8m (aby sa zdvojnásobil priestor aj objem vody, a teda aby tam prevažovala upokojená vodná masa). 20. komoru od spodu navrhujem rozšíriť a predĺžiť - vytvoriť pri nej „slepé rameno“ Na dno oddychových komôr odporúčam tiež rozmiestniť niekoľko veľkých skál a presypať ho 5-centimetrovou vrstvou štrku.

OCHRANA VTOKU VODY: Počas kolísania hladiny zdrže alebo počas veľkých vôd treba zabrániť tomu, aby vtokom do rybovodu prúdilo citeľne viac vody, aby tým nedošlo k vytvoreniu nežiadúcich optických, orientačných, rýchlostných alebo mechanických bariér pre ryby. Na tento účel treba navrhnuť nad vtokovým otvorom dostatočne vysokú stienku - horné hradenie, resp. stavidlo, ktoré zabráni preliatiu veľkých prietokov Váhu do koryta rybovodu.

Menšie sezónne zvýšenia prietoku v rybovode sú ošetrené prečnievaním každej prepážky o 10cm nad navrhovanou hladinou, takže nemôže dôjsť k plošnému prepádávaniu vody ponad prepážky, a teda ani k nežiadúcemu silnému speneniu vody.

OCHRANA VÝTOKU VODY: Prvá (dolná) prepážka v rybovode má byť až mimo hlavného koryta, čo ju ochráni pred účinkom veľkých vôd.

5. ĎALŠIE OCHRANÁRSKE OPATRENIA

- Zvýšiť ochranu rybovodu pred pytličením:

- popri ľavom brehu rybovodu vybudovať oplotenie zo zosilneného pletiva, aké sa používa na obory (oplotenie viesť až po Váh),
- opticky izolovať koryto rybovodu ozelenením oplotenia na ľavom brehu rybovodu popínavými bylinami (zemolez a pod.),
- umiestniť tabule so zákazom lovu rýb v areáli rybovodu a 50m nad a pod ním,
- zvýšená kontrola rybárskou strážou.

- Zabezpečiť úpravy maximálnej funkčnosti rybovodu počas prvých 2 rokov prevádzky ("kalibráciu"). Už pri dokončovaní rybovodu bude potrebné okamžité odskúšanie jeho prietoknosti, najmä odstránenie prepĺňania či nedopĺňania jednotlivých sekcií, doplnenie balvanitých rozrážáčov, kamennej alebo štrkovej nahádzky, odstránenie nevhodných turbulencií a bariér...

V prvom roku odporúčame monitorovať jarný aj jesenný neresový ťah rýb, t.j. sledovať správanie sa rýb podľa druhov a vyzrelosti, zistiť problémové miesta rýb pri hľadaní a prekonávaní rybovodu, následne vykonať drobné stavebné alebo prevádzkové zmeny,....

Druhý rok postačí jednorázová ochránárska obhliadka v období jarného neresového ťahu menej zdatných druhov rýb, spojená s opravením zistených nedostatkov.

- V prípade, že v budúcnosti dôjde k deštrukcii (povodňou a pod.) ktoréhokoľvek stavebného prvku, navrhnutého v tomto projekte, bude ho treba obnoviť.

Požiadavka na zabezpečenie monitorovania účinnosti rybovodu a na zabezpečenie odstránenia zistených nedostatkov by mala byť súčasťou kolaudačného rozhodnutia.

PRÍLOHA 1:

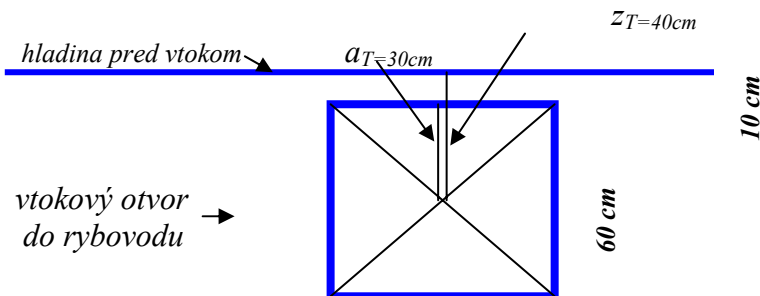
Výpočet zhora hradeného otvoru pre vtok vody zo zdrže nad MVE do rybovodu

(na prvej prepážke so stavidlom)

Uvádžame stručný postup výpočtov:

1. Zistenie typu prúdenia cez prvú prepážku (či ide o vtok "pod silným tlakom" alebo "pod slabým tlakom"):

Vrch vtokového otvoru navrhujeme na úroveň 10cm pod minimálnu prevádzkovú hladinu. Kvôli výskytu hlavátky sme navrhli minimálnu výšku otvoru 60cm (všeobecne požadovaná hĺbka vody je 50-100cm). Najprv zistíme pomocné vzdialenosti a_T (zvislá vzdialenosť od vrchu otvoru po jeho stred) a z_T (zvislá vzdialenosť od hladiny pred vtokom po stred otvoru).



Vtedy $a_T : z_T = 0,3 : 0,4 = 0,75$ čo je výrazne viac ako 0,25. Pôjde teda o ustálený zatopený výtok hydraulicky veľkým otvorom, kde musia platiť nasledovné vzťahy pre rýchlosť vody, prietok, prevýšenie hladín nad a pod prepadom, rozmery otvoru:

$$v = \varphi \sqrt{2g(\Delta h + h_{d0})}$$

$$Q = \mu_v \cdot a \cdot b \cdot \sqrt{2g \cdot (\Delta h + h_{d0})}$$

Poznámka: Aj pri očakávanom miernom kolísaní hladiny vzdušia nad MVE, t.j. ak by bola hladina v extrémnom prípade cca 30cm nad hornou hranou vtokového otvoru, bude pomer $a_T : z_T = 0,3 : 0,6 = 0,5$ čo je stále oveľa viac ako 0,25. Aj vtedy pôjde teda o ustálený zatopený výtok hydraulicky veľkým otvorom, ktorý vystihujú predchádzajúce rovnice.

2. Predbežné stanovenie rozmerov prepadového otvoru:

$$\text{Plocha otvoru } S = Q : v = 0,5 \text{ m}^3\text{s}^{-1} : 1,5 \text{ m s}^{-1} = 0,33 \text{ m}^2$$

Pri stanovení výšky otvoru $a = 0,6\text{m}$ by predbežná šírka otvoru bola 0,55 m (zatiaľ nezohľadňuje trenie, gravitáciu...).

3. Zistenie, pri akom prevýšení hladín (Δh) nastane požadovaná rýchlosť $v_{\max} = 1,5 \text{ m s}^{-1}$:

Rýchlostný súčiniteľ φ bol vypočítaný na 0,83027924, teda $\varphi = \text{cca } 0,8$. (V jeho výpočte boli zohľadnené jednak súčiniteľ pre ostrú vstupnú hranu a mimoriadne drsné dno = 0,881, jednak súčiniteľ kontrakcie prepadového lúča po okrajoch prepadového otvoru pre vtok ostrý = 0,8. Oba boli prebraté zo skript Hydraulika II)

Rovnica:

$$v = \varphi \sqrt{2g(\Delta h + h_{d0})}$$

vyhovuje po dosadení rýchlosti $1,5 \text{ m s}^{-1}$ a $\varphi = \text{cca } 0,8$ len pri $\Delta h = 0,17$. Vtedy platí:

$$v = 0,8 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times (0,17 + 0)} = 1,46 \text{ m s}^{-1}$$

4. Dosadenie vypočítaného Δh do rovnice pre prietok:

Súčiniteľ prepadu μ_v pre málo drsné prepadové hrany bol stanovený na cca 0,7.

Podľa vzorca z 1.bodu a predbežných rozmerov z 2. bodu vypočítame Q nasledovne:

$$Q = 0,7 \times 0,6 \times 0,55 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times (0,17 + 0)} = 0,42 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

čo je menej ako požadovaných $0,50 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. To znamená, že pri predbežne vypočítanej šírke otvoru pretečie vplyvom brzdiaceho efektu bočných prúdov po okrajoch otvoru menej vody. Preto je potrebné reálnu šírku otvoru zväčšiť podľa nasledovného výpočtu:

5. Zistenie reálnej potrebnej šírky náпустného otvoru pre požadovaný prietok:

$$b = Q : \left(\mu_v \times a \times \sqrt{2g(\Delta h + h_{\Delta 0})} \right) = 0,5 : \left(0,7 \times 0,6 \times \sqrt{2 \times 9,81 \times (0,17 + 0)} \right) = 0,65 \text{ m}$$

Potrebná šírka náпустného otvoru rybovodu pre požadovaný prietok $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a požadovanú výšku $0,6 \text{ m}$ bude $0,65 \text{ m}$.

Prípadné "doladovanie" vtokového otvoru:

- v prípade zistenia preplňania všetkých komôrok bude možné mierne zmenšenie výšky tohto otvoru navrhnutým stavidlom, a to hneď po prvom - skúšobnom napustení rybovodu.

- v prípade zistenia nedopĺňania všetkých komôrok (zmenšenie migračného priestoru) bude možné mierne zväčšenie výšky tohto otvoru navrhnutým stavidlom až o 10 cm . Preto musí byť výška betónového otvoru na vtoku nie 60 cm , ale 70 cm ! Po úvodnom doladení prietoku treba stavidlo zafixovať!

PRÍLOHA 2:

Výpočet štrbinového prietokového otvoru pri spomaľovacích bočných prepážkach (voľné zhora nehradené pretekánie vody) v rybovode

Požadovaný prietok $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ má obtekať prepážky v koryte rybovodu rýchlosťou maximálne $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, pri hĺbke vody až **70 cm** nad prepážkou (postačuje nielen pre tunajšie lipňové ale aj pre mrenové pásmo).

Tento typ priechodu najlepšie charakterizujú hydrodynamické vzorce pre nedokonalý prepad cez širokú korunu s bočným zúžením. Pomocou nich stanovíme potrebnú šírku priechodu pri prepážke tak, aby sa pretekajúca voda zavzdula o takú výšku Δh , pri ktorej vzniká rýchlosť $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. V ostatných miestach koryta rybovodu, ktoré sú omnoho širšie, budú výrazne nižšie rýchlosti pretekajúcej vody, pričom v príbrežných plytčinách a tiež za prepážkami sa rýchlosti budú blížiť až nule!

Šírka otvoru (B) bola počítaná zo vzťahu pre výpočet kapacity:

$$Q = \varphi_c \cdot B \cdot h_{\sigma} \cdot \sqrt{2g \cdot \Delta h}$$

pričom:

Q je požadovaný prietok ($0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$)

φ_c je rýchlostný súčiniteľ podľa vzťahu:

$$\varphi_c = \frac{\varphi \cdot \varepsilon_b}{\sqrt{\varphi^2 \cdot (\varepsilon_b^2 - 1) + 1}} = \frac{0,881 \cdot 0,8}{\sqrt{0,881^2 \cdot (0,8^2 - 1) + 1}} = 0,83027924$$

kde:

φ je rýchlostný súčiniteľ (pre drsné dno bol stanovený na 0,881)

ε je súčiniteľ kontrakcie (pre vtok ostrý bol stanovený na 0,8)

B je hľadaná šírka prietokového otvoru

h je požadovaná hĺbka vody powyše prietokového otvoru (0,7m)

h_{σ} je hľadaná hĺbka vody poniže prietokového otvoru (voči hĺbke powyše otvoru je znížená o Δh)

Δh je hľadaný rozdiel hladín powyše a poniže prietokového otvoru, pri ktorom vznikne rýchlosť $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ ($\Delta h = h - h_{\sigma} = 0,17$)

g je gravitačné zrýchlenie 9,81

Podľa prvej rovnice:

$$B = \frac{Q}{\varphi_c \cdot h_{\sigma} \cdot \sqrt{2g \cdot \Delta h}} = \frac{0,5}{0,83027924 \cdot 0,53 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,17}} = 0,62 \text{ (m)}$$

Overenie max. rýchlosti:

$$v_{\max} = \frac{Q}{B \cdot h_{\sigma}} = \frac{0,5}{0,62 \cdot 0,53} = 1,516 = 1,5 \text{ (m} \cdot \text{s}^{-1})$$

Pre požadovaný prietok $0,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ bude mať prietokový otvor medzi dvoma komorami rybovodu šírku 62 cm. (Pričom výška vody „h“ powyše prepážky bude cca $53+17=70$ cm a poniže prepážky 53cm, čím by splnil limit aj pre mrenové pásma, nielen pre tunajšie lipňové pásma).

V prípade zistenia výrazného prepĺňania alebo nedopĺňania jednotlivých komôr sa prípadne „doladí“ šírky otvorov najlepšie hneď po prvom - skúšobnom napustení rybovodu:

- v prípade zistenia výrazného prepĺňania jednotlivých sekcie (s následným zväčšením rýchlosti v prietokovom otvore, prípadne až nežiadúcim prelievaním prepážky) bude možné mierne zväčšenie šírky tohto otvoru osekaním betónu, najlepšie hneď po prvom - skúšobnom napustení rybovodu.

- v prípade zistenia nedopĺňania jednotlivých komôr (s následným zmenšením migračného priestoru) bude možné do bočnej hrany otvoru osadiť úzku dosku, fošnu resp. hranol).

Mimo spomínaných prietokových otvorov budú na celej trase rybovodu prevažovať výrazne menšie rýchlosti vody, a to aj pod $0,5 \text{ m/s}$.