



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



VŠB TECHNICKÁ  
UNIVERZITA  
OSTRAVA

## **Výukové texty**

# **Modelování vodních stavů v krajině – návodky do cvičení**

**Autor: Ing. Tomáš Dvorský, Ph.D**

## Obsah

|       |                                                         |    |
|-------|---------------------------------------------------------|----|
| 1     | Měření průtoků pomocí přelivů.....                      | 3  |
| 1.1   | Ostrohranné (měrné) přelivy.....                        | 4  |
| 1.1.1 | Bazinův přeliv.....                                     | 4  |
| 1.1.2 | Ponceletův přeliv.....                                  | 5  |
| 1.1.3 | Přelivy trojúhelníkové.....                             | 6  |
| 1.1.4 | Přeliv lichoběžníkový .....                             | 6  |
| 1.1.5 | Literatura.....                                         | 7  |
| 1.2   | Návod k praktickému cvičení.....                        | 8  |
| 2     | Laminární a turbulentní proudění .....                  | 11 |
| 2.1   | Návod k praktickému cvičení.....                        | 13 |
| 2.1.1 | Literatura.....                                         | 17 |
| 3     | Proudění přes jezové konstrukce v otevřeném korytě..... | 19 |
| 3.1   | Rozdělení jezů.....                                     | 19 |
| 3.2   | Výpočty přepadu přes jezová tělesa.....                 | 20 |
| 3.2.1 | Výpočty pro jezové přelivy se zaoblenou korunou .....   | 20 |
| 3.2.2 | Přepad přes širokou korunu bez bočního zúžení .....     | 21 |
| 3.2.3 | Literatura.....                                         | 23 |
| 3.3   | Návod k praktickému cvičení.....                        | 24 |

# 1 Měření průtoků pomocí přelivů

Přeliv je stavba využívána ke vzduť vody v toku.

Je důležité rozeznávat **přeliv**, což je konstrukce a **přepad**, což je hydraulický jev.

Přepad je definován jako výtok otvorem neomezené výšky. Přepad většinou vzniká tím, že se do toku umístí stěna, která vzduje vodu natolik, že voda začne překážku přetékat/přepadat. Překážka je označována jako přeliv, nejvyšší místo jako přelivná hrana (u ostrohranných/měrných přelivů) nebo jako koruna přelivu. Proud přepadající vody je označován jako přepadový paprsek.

Na proudění na přelivu má podstatný vliv tvar a tloušťka stěny přelivu. S ohledem na tento vliv dělíme přelivy na:

- *ostrohranné (měrné),*
- *jezové,*
- *přehradní,*
- *zvláštní (postranní, násoskové aj.).*

Dle toho jestli je přepadová hrana po celé délce koryta nebo ne dále dělíme přelivy na:

- *přelivy bez bočního zúžení,*
- *přelivy s bočním zúžením (boční kontrakcí).*

Přelivy mohou být dále:

- *čelní,*
- *šikmé,*
- *lomené.*

Posledním dělení je dle přepadu a to na:

- *dokonalý,*
- *nedokonalý.*

Důležitým parametrem přepadu je přepadová výška  $h$  [m]. Je to výška hladiny nad přelivnou hranou či korunou přelivu. Tato výška musí být měřena v místě, kde nedochází ke snížení výšky hladiny nerovnoměrným prouděním. Standardně bývá tato vzdálenost **3h až 4h**. Pro měrné přelivy se uvažuje tato výška jako výška největšího očekávaného průtoku.

## 1.1 Ostrohranné (měrné) přelivy

Přeliv je ostrohranný, pokud tloušťka přelivné stěny je  **$t < 0,67h$** , kdy dojde k odtržení přepadového paprsku od konstrukce. Většina přelivných hran je upravena tak, aby bylo spolehlivě dosaženo odtržení paprsku.

Vztah mezi přepadovou výškou  $H$  [m] a průtokem  $Q$  [m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>] je popsán rovnicí Poleniovou.

$$Q = \frac{2}{3} \mu b \sqrt{2g} h^{3/2}$$

kde  $\mu$  [-] je součinitel přepadu,  $b$  [m] délka přelivné hrany a  $g$  [ms<sup>-2</sup>] gravitační zrychlení.

Ostrohranné přelivy se dělí na:

- *Bazinův,*
- *Ponceletův,*
- *přelivy trojúhelníkové,*
- *přelivy lichoběžníkové.*

### 1.1.1 Bazinův přeliv

Bazinův přeliv je obdélníkový přeliv bez postranního zúžení – přelivná hrana délky  **$b$**  má šířku přívodního kanálu  **$B$**  [m]. Vzhledem k tomu, že přepadový paprsek jde v celé šířce toku, musí být prostor pod paprskem propojen s atmosférou aby, nedocházelo k ovlivňování kapacity přepadu.

Na základě řady měření Bazin odvodil pro svoji rovnici přepadu

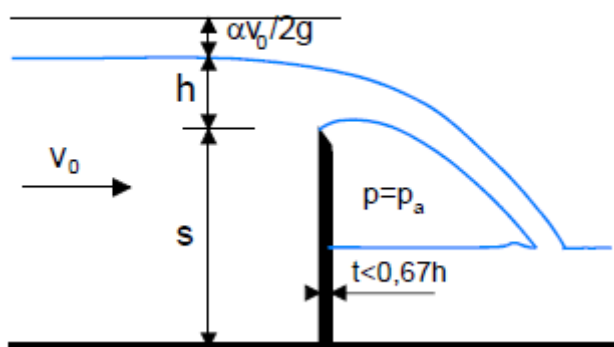
$$Q = mb \sqrt{2g} h^{3/2}$$

Součinitel přepadu  $m$  [-] ve tvaru

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

kde  $s_1$  [m] je výška přelivné hrany nade dnem přívodního kanálu.

### Bazinův přeliv



Obrázek 1 Bazinův přeliv

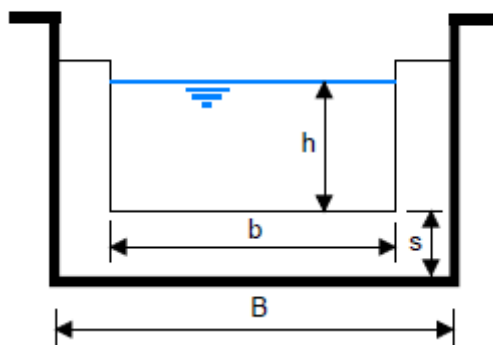
### 1.1.2 Ponceletův přeliv

Ponceletův přeliv je obdélníkový přeliv s bočním zúžením – délka přelivné hrany  $b$  je menší než šířka  $B$  přírodního kanálu. Výpočet se provádí Bazinovou rovnicí, součinitel přepadu se ale získá ze vztahu

$$m = \left[ 0,405 + \frac{0,0027}{h} - 0,03 \left( 1 - \frac{b}{B} \right) \right] \left[ 1 + 0,55 \left( \frac{S}{S_0} \right)^2 \right]$$

kde  $S$  [m<sup>2</sup>] je průtočná plocha ve výřezu přelivu,  $S_0$  [m<sup>2</sup>] průtočná plocha přírodního kanálu.

### Ponceletův přeliv



Obrázek 2 Ponceletův přeliv

### 1.1.3 Přelivy trojúhelníkové

Přelivy s rovnoramenným trojúhelníkovým výřezem jsou vhodné zejména pro měření menších až malých průtoků. Rovnice přepadu je:

$$Q = m\sqrt{2g} \tan \frac{\alpha}{2} h^{5/2}$$

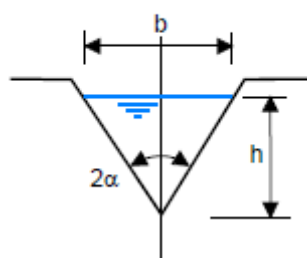
Kde součinitel přepadu je závislý na vrcholovém úhlu přelivu. Hodnoty pro různé úhly (25° - 100°) lze nalézt v literatuře. Pro zjištění hodnot lze využít i Gravého vzorec, platný pro úhly (20° - 120°) ve tvaru

$$Q = 1,331 \left( \tan \frac{\alpha}{2} \right)^{0,996} h^{2,47}$$

Pro nejčastěji používaný úhel 90° (tzv. Thomsonův přeliv) lze použít rovnici Thomsonovu

$$Q = 1,4h^{2,47}$$

#### Trojúhelníkový přeliv



Obrázek 3 Trojúhelníkový přeliv

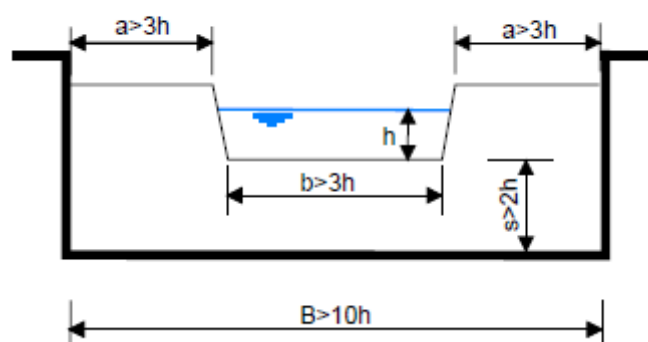
### 1.1.4 Přeliv lichoběžníkový

Má sklon boků 1:4 a průtok se počítá ze vztahu

$$Q \approx 1,86h^{3/2}$$

Přitom má být  **$b \geq 3h$** .

#### Cipolettiho přeliv



Obrázek 4 Cipolettiho přeliv

### 1.1.5 Literatura

HAVLÍK, Aleš a Tomáš PICEK. *Přepady*. Praha, 2015, Přednáška. Fakulta stavební ČVUT v Praze.

JANDORA, Jan, Miloš STARÝ a Vlastimil STARA. *Hydraulika a hydrologie*. Brno: CERM, 2002. ISBN 80-214-2204-1.

ŽLÁBEK, Pavel. *Metody měření průtoku vody v povrchových tocích - nejistoty měření*. České Budějovice, 2012. Bakalářská práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích.

JANDORA, Jan. *Vodohospodářské stavby*. Brno. Studijní opory. Vysoké učení technické v Brně.

## 1.2 Návod k praktickému cvičení

1. Do spodní nádrže po odstranění krytu napustíme vodu. Vizuálně kontrolujeme hladinu. Pro správnou funkci čerpadla je vhodné nádrž zcela naplnit.
2. Zařízení uvedeme do chodu pro experiment tak, že točením proti směru hodinových ručiček otevřeme červený hlavní uzávěr přívodu na maximum (Obr. 1), stejným způsobem otevřeme bypass (Obr. 2).
3. Přepneme čerpadlo z polohy 0 (vypnuto) do polohy 1 (zapnuto)
4. Regulujeme průtok. S tím nám pomáhá bypass, jeho otevřením odvádíme část vody v přívodu zpět do spodní nádrže.
5. Úlohu ladíme tak, že primárně chceme dokonalý přepad a zároveň dbáme na to, aby voda protékala pouze přes přeliv.
6. Odečítáme hodnoty výšky přepadové hladiny na stupnici, zapisujeme pro výpočet.



Obr. 1 Hlavní uzávěr přívodu; černý nástavec na obrázku je zmíněný tzv. obraceč proudu.





Obr. 2 Červený kohout bypassu se nachází vedle ovládání čerpadla.



Obr. 3 Dokonalý přepad přes přeliv obdélníkového tvaru (obdélník s boční kontrakcí, Ponceletův).

### **Další možnost, jak měřit průtok, je tato:**

Uzávěr pod nejnižším bodem vrchní nádrže (viz Obr. 4) se otočí do polohy zavřeno. V tuto chvíli neodtéká voda do spodní nádrže, vrchní nádrž se plní. Průtok zjistíme pomocí měrné trubice na straně stolu a stopek a kalkulátoru.



Obr. 4 Ovládací prvky nacházející se pod nejnižším bodem vrchní nádrže.

## Vypuštění

Po ukončení pokusu je dobré vypustit celý systém. Pozor! Při zahájení nového pokusu, zejména hydromechanického pokusu s měřením průtoku přes přelivy je nutné zkontrolovat odvzdušnění přívodní hadice k měrné trubici.



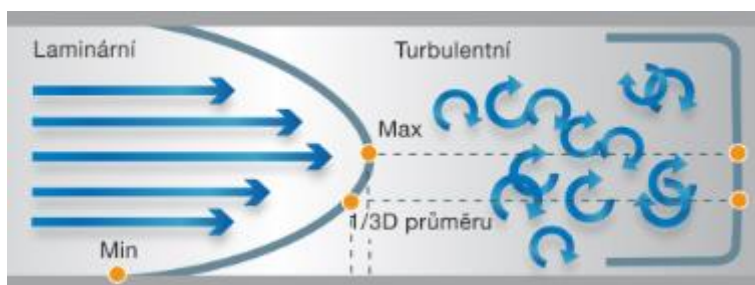
Obr. 5 Červeným kohoutem vypustíme vodu ze spodní nádrže.

## 2 Laminární a turbulentní proudění

Pokud se kapalina pohybuje jedním směrem, nazýváme to prouděním. Pokud se rychlost proudění v čase ani v místě nemění, jedná se o proudění ustálené (stacionární). Pokud se rychlost mění, hovoříme o proudění nestacionárním. Proudění dle jeho způsobu může být laminární nebo turbulentní.

Laminární proudění je takové proudění, které má malou rychlost a jednotlivé vrstvy tekutiny proudí vedle sebe, aniž by docházelo k promíchávání. Rychlost částic se v jednotlivých vrstvách mění jen pozvolna. Při laminárním proudění jsou proudnice rovnoběžné a rychlost proudění se pozvolna zrychluje od okraje (kde je nejmenší) po střed (kde je nejvyšší).

Turbulentní proudění je takové proudění, které má vysoké rychlosti a při kterém se jednotlivé vrstvy tekutiny mísí a dochází k turbulencím – chaotickým změnám rychlosti proudění, hustoty a tlaku tekutiny. V případě turbulentního proudění, se proudnice chaoticky mění, zakřivuje a spirálovitě zatáčí. Dochází k tvoření vírů.



Obrázek 5 Laminární a turbulentní proudění

Hranice mezi laminárním a turbulentním prouděním je definována pomocí Reynoldsova čísla. Reynoldsovo číslo je definováno na základě fyzikálních vlastností tekutiny a rychlosti tekutiny.

Na základě Reynoldsova pokusu, při kterém bylo injektováno barvivo do proudu kapaliny v kruhovém potrubí, byl přechod mezi laminárním a turbulentním prouděním definován hodnotou  $Re=2320$ . Tato hodnota byla odvozena pouze pro izometrické proudění nestlačitelné tekutiny v kruhovém potrubí. Je nutno tedy říci, že v obecných případech nejde na tuto hodnotu spoléhat, jelikož se tato hodnota bude lišit.

Při působení rozdílu tlaku  $P_2 - P_1$  v trubici vznikne proudění, které je charakterizováno tak, že jednotlivé vrstvy se pohybují stejnou rychlostí se stejným směrem osy jako trubice. Takové proudění se nazývá Laminární.

Pokud dojde ke zvýšení rozdílu tlaku  $P_2 - P_1$  v prostoru trubice nad určitou mez, kapalina se začne promíchávat. To se děje z důvodu, že mezi vrstvami vzniká vyšší

smykové napětí. Toto proudění, při kterém rychlost  $v \rightarrow$  v trubici není konstantní a s časem kolísá, zároveň osa proudění není stejná jako osa trubice a vznikají při něm víry, nazýváme turbulentní proudění.

Pro ukázkou v praxi se používá barvivo. To při laminárním proudění zůstává v proudnici, zatím co při turbulentním proudění se promíchá s celou kapalinou.

Reynoldsové číslo zjistíme pomocí výpočtu

$$Re = \frac{v \rightarrow R}{\nu}$$

Kde:  $Re$  = reynoldsovo číslo,

$v \rightarrow$  = střední rychlost proudění v trubici,

$R$  = poloměr trubice

$\nu$  = kinematická viskozita definovaná rovnicí  $\nu = \frac{\eta}{\rho}$

U reynoldsova čísla platí:

Je-li hodnota  $Re < Re_k$  je proudění **laminární**.

Je-li hodnota  $Re > Re_k$  je proudění **turbulentní**.

$Re_k = 2320$  = kritická hodnota.

## 2.1 Návod k praktickému cvičení

1. Připojte zařízení ke zdroji vody,



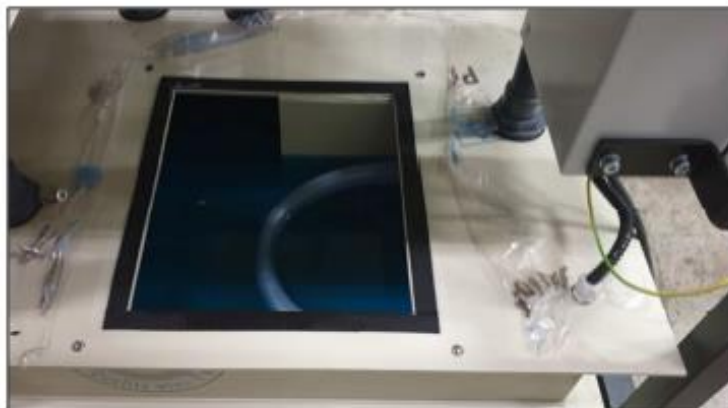
Obr. 1 Napojení Reynoldsová modulu na přívod vody (pohled shora).

2. připojte hadice pro odvod vody,



Obr. 2 Napojení odvodních hadic k Reynoldsovu modulu (pohled shora).

3. naplňte nádrž vodou,



Obr. 3 Vodní nádrž.

4. zapněte čerpadlo,
5. ventilem R3 regulujte přítok kontrastní látky (Nutno otevřít špuntový uzávěr nádoby A2).



Obr. 4 Palec figuranta reguluje přívod barviva.

Pozor na množství barviva. Je potřeba ho přidávat co nejméně aby vzhledem k uzavřenému okruhu nedošlo k zabarvení celého objemu nádrže.

6. pomocí ventilů R1 a R2 regulujte průtok trubicí a dosahujte laminárního a turbulentního proudění,





Obr. 5 Laminární proudění.



Obr. 6 Přechodový jev



Obr. 7 Turbulentní proudění

## Vypuštění:

Po ukončení pokusu je nutné vypustit a vypláchnout celý systém (zejména kvůli nádrži se skleněnými kuličkami a skleněné trubici) a také obě nádrže podpůrného stolu od obarvené vody. Pokud natekla voda do plastové trubice měřidla na straně stolu, potom pomocí kohoutku je nutné vypustit i tu. Pozor! Při zahájení nového pokusu, zejména hydromechanického pokusu s měřením průtoku přes přelivy (Úloha II) je nutné tuto část odvzdušnit.



Červeným kohoutem vypustíme vodu z nádrže.



Uzávěrem výpustě z měrné trubice vypustíme vodu.



### 2.1.1 Literatura

*Základní kurz fyziky pro distanční studium na MFF UK* [online]. [cit. 2022-08-11]. Dostupné z:

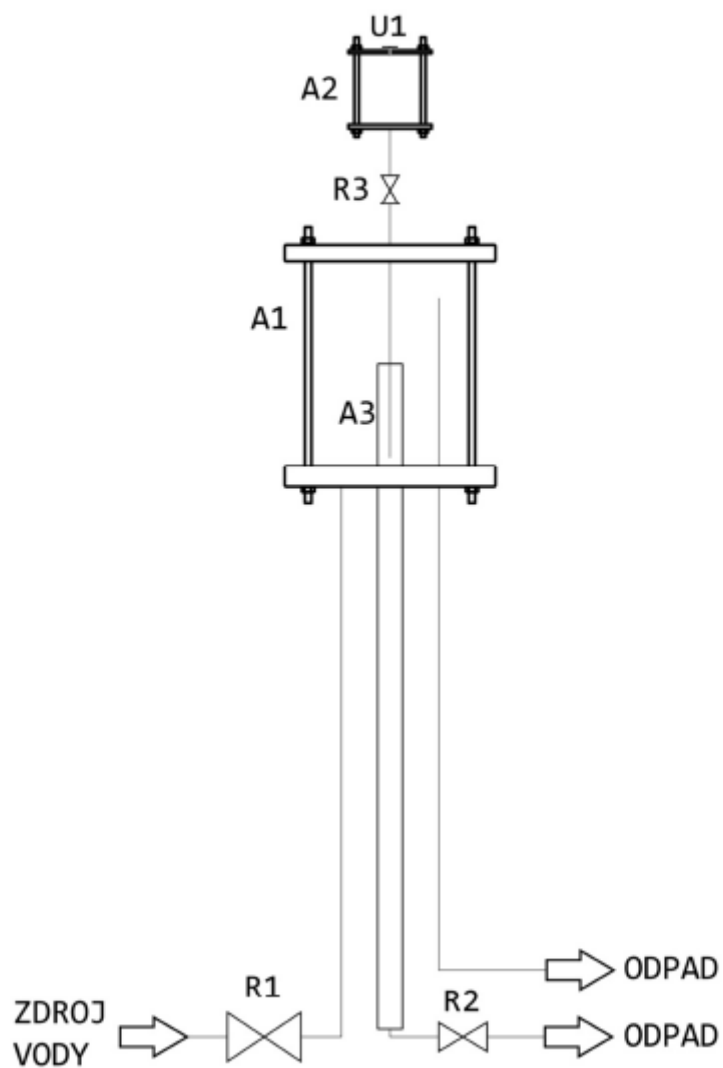
[https://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/kurz\\_fyziky\\_pro\\_DS/www/fyzika.html](https://physics.mff.cuni.cz/kfpp/skripta/kurz_fyziky_pro_DS/www/fyzika.html)

DRÁBKOVÁ, Sylva. *Mechanika tekutin* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, [2008] [cit. 2022-08-11]. ISBN 978-80-248-1508-4.

JANALÍK, Jaroslav. *Obtékání a odpor těles* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2008 [cit. 2022-08-11]. ISBN 978-80-248-1911-2.

Laminární a turbulentní proudění. In: *Topin* [online]. Topin Media, 2022 [cit. 2022-08-12]. Dostupné z: <https://www.topin.cz/clanky/testo-academy-klimatizacni-technika-2-cast-mereni-proudeni-vzduchu-v-kanalech-detail-11190>

## Schéma trati



Nádrž na vodu,

A1 – Nádrž na vodu,

A2 – nádrž na kontrastní látku,

A3 – skleněná trubice pro zobrazení proudění

U1 – špuntový uzávěr.

R1 – Regulační ventil přítoku vody,

R2 – regulační ventil toku ve trubici,

R3 – regulační ventil dávkování kontrastní látky.

### 3 Proudění přes jezové konstrukce v otevřeném korytě

**Jez je vzdouvací zařízení v korytě toku, v němž trvale nebo dočasně vzdouvá vodu k různým VH účelů.**

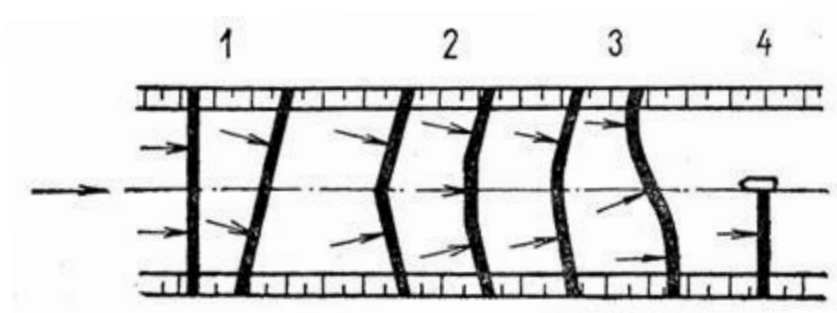
#### Účel jezů:

- dosažení dostatečné hloubky pro odběr,
- využití vodní energie,
- zajištění plavební hloubky,
- zlepšení režimu podzemních vod,
- zmírnění rychlosti proudění při úpravách toků,
- zlepšení ŽP (rekreace, estetický účinek vzduté hladiny ve městech).

#### 3.1 Rozdělení jezů

##### A. Podle půdorysného uspořádání:

- kolmé – jejichž osa v půdorysu je kolmá na osu vodního toku,
- šikmé – jejichž osy jsou v půdorysu šikmé k ose vodního toku,
- lomené – jejichž osa je v půdorysu zalomená,
- zakřivené – jezy se zakřivenou osou v půdorysu.



Obrázek 6 Rozdělení jezů podle půdorysného tvaru: 1 – přímé jezy; 2 – lomené jezy; 3 – zakřivené jezy; 4 – částečné jezy

##### B. Podle přelivu:

- s přepadem dokonalým,
- s přepadem nedokonalým.

##### C. Podle konstrukce a funkce:

- pevné – jezy vytvořené jako nepohyblivá tělesa, bez vyhladitelných uzávěrů. Hladina vzduté vody se mění s průtokem.

- pohyblivé – skládají se ze spodní stavby, pilířů a z regulačních uzávěrů jezových polí.

#### D. Podle druhu stavebního materiálu:

- dřevěné,
- kamenné,
- betonové,
- železobetonové,
- z jiných materiálů.

### 3.2 Výpočty přepadu přes jezová tělesa

#### Výpočet průtoku přes jez (dokonalý přepad)

$$Q = m b_0 \sqrt{2gh} h_0^{3/2}$$

kde **m** je součinitel přepadu, **b** je šířka přelivné hrany a **h** je výška přepadového paprsku.

#### Výpočet průtoku přes zatopený jez (nedokonalý přepad)

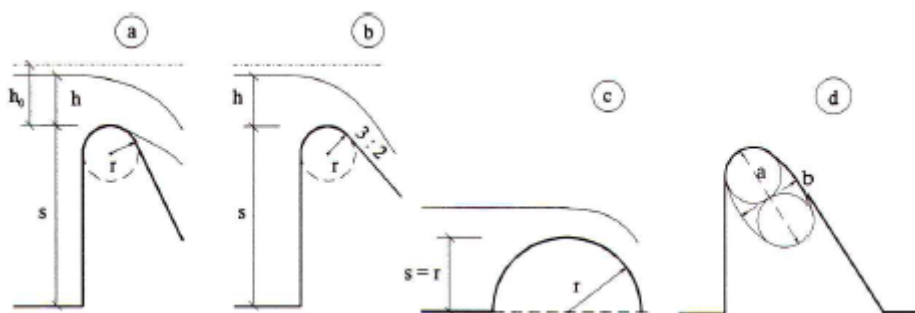
$$Q = \sigma_z m b_0 \sqrt{2gh} h_0^{3/2}$$

kde  $\sigma_z$  je poměr zatopení, který se vypočte z rovnice

$$\sigma_z = 1,05 \left( 1 + 0,2 \frac{h_\sigma}{s_d} \right)^3 \sqrt{\frac{H}{h}}$$

Kde  $h_\sigma$  je výška hladiny dolní vody,  $s_d$  je výška přelivné hrany nade dnem odpadního koryta a H je tzv spád jezu, neboli rozdíl hladin horní a dolní vody.

#### 3.2.1 Výpočty pro jezové přelivy se zaoblenou korunou



Obrázek 7 Jezové přelivy se zaoblenou korunou

Dle:

a) Kramer

$$\mu_p = 1,02 - \frac{1,015}{\frac{h}{r} + 2,08} + \left( \frac{h}{r} + 0,19 \right)^2 + 0,0223 \frac{r}{s}$$

b) Rehbock

$$\mu_p = 0,312 + \sqrt{0,3 - 0,01 \left( 5 - \frac{h}{r} \right)^2 + 0,09 \frac{h}{s}}$$

$$\text{Pro } 0,02 < r < s \quad h \leq r \left( 6 - \frac{20r}{s+3r} \right)$$

c) Rehbock

$$\mu_p = 0,55 + 0,22 \frac{h}{s} \quad \text{Pro } 0,1 \leq h/s \leq 0,8$$

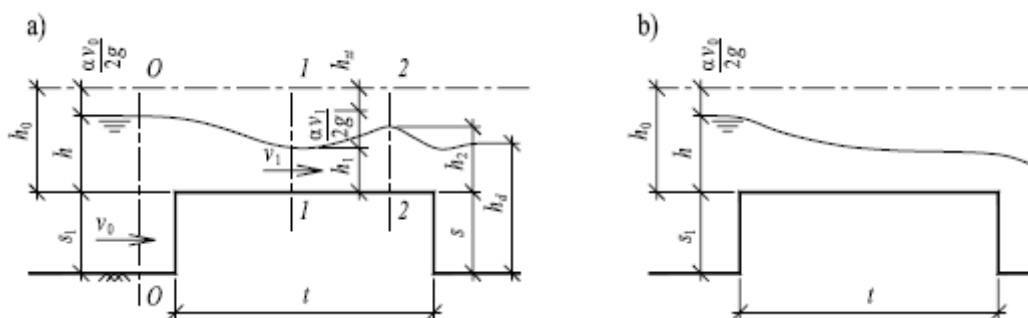
d) Kramer – použití rovnice dle a) při dosazení

$$r = b \left( \frac{4,57}{2 \frac{a}{b} + 1} + \frac{a}{20b} - 0,573 \right)$$

### 3.2.2 Přepad přes širokou korunu bez bočního zúžení

Přepadem přes širokou korunu nazýváme přepad přes široký práh s vodorovnou korunou, který vystupuje na dno toku (viz obrázek 5). Tloušťka koruny  $t$  musí být taková, že proud přilne k vodorovné koruně a prochází s ní přibližně rovnoběžně. Pokusy bylo zjištěno, že to nastane přibližně při:

$$t \geq (2 \text{ až } 3)h$$



Obrázek 8 Dokonalý přepad přes širokou korunu

Při dokonalém přepadu přes širokou korunu může mít proud buď tvar podle obr 3 b) nebo se v průřezu „1“ nad korunou sníží hladina (obr. 3 a). Při výpočtu vycházíme z Bernoulliho rovnice a pro přepadové množství platí

$$Q = mb\sqrt{2gh}^{3/2}$$

Průtok tedy závisí na výšce  $h_0$  a na součiniteli  $m$ . Protože ztráta vzniká hlavně při vstupu na práh, součinitel přepadu  $m$  závisí hlavně na tvaru vstupu. Jednotlivé součinitele můžeme vidět v *tabulce 1*.

Tabulka 1 Přepadové součinitele široké koruny

| Tvar přepadového prahu                                                     | $\varphi$ | $m$   | $M$  | $\varepsilon_2$ |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------|-------|------|-----------------|
| přepad bez ztrát (abstraktní případ)                                       | 1,000     | 0,385 | 1,70 | 0,670           |
| vtoková část prahu dobře zaoblena, přítok k přepadu velmi plynule vytvořen | 0,951     | 0,36  | 1,60 | 0,730           |
| práh se zaoblenou vtokovou hranou                                          | 0,936     | 0,35  | 1,55 | 0,760           |
| práh se zkosenou vtokovou hranou                                           | 0,912     | 0,33  | 1,46 | 0,790           |
| práh s ostrohranným vtokem                                                 | 0,900     | 0,32  | 1,42 | 0,805           |
| práh s ostrohranným vtokem při nepříznivých poměrech (drsný povrch)        | 0,881     | 0,30  | 1,33 | 0,830           |

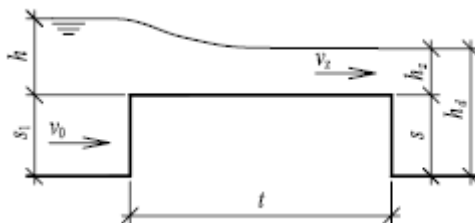
Součinitel přepadu nebude závislý na průběhu hladiny za průřezem „1“ pokud nejužší místo nebude zatopeno dolní vodou.

Vliv dolní vody, při kterém vzniká nedokonalý přepad přes širokou korunu nastává tehdy, když hladina vody za přelivem přestoupí úroveň  $h_2 = h_0 \varepsilon_2$  nad korunou, čili pokud platí:

$$h_z = h_d - s > h_2 = \varepsilon_2 h_0$$

kde  $\varepsilon_2$  závisí na tvaru prahu (viz tab.1). Průtok obdélníkovým průřezem šířky  $b$  bude při nedokonalém přepadu přes širokou korunu:

$$Q = \varphi b h_z \sqrt{2g(h_0 - h_z)}.$$



Obrázek 9 Nedokonalý přepad přes širokou korunu

### 3.2.3 Literatura

ČIHÁK, František a Vladimír MEDŘICKÝ. *Hydrotechnické stavby 20: navrhování jezů*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. ISBN 80-01-02402-4.

HAVLÍK, Aleš a Tomáš PICEK. *Přepady*. Praha, 2015, Přednáška. Fakulta stavební ČVUT v Praze.

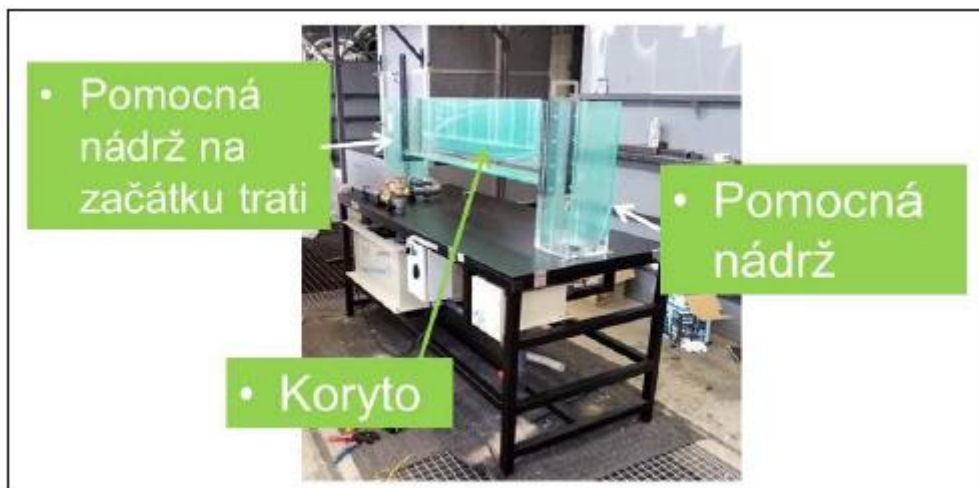
JANDORA, Jan, Miloš STARÝ a Vlastimil STARA. *Hydraulika a hydrologie*. Brno: CERM, 2002. ISBN 80-214-2204-1.

Výukové texty - Vodohospodářská zařízení III [online]. Ostrava: VŠB-TUO, 2013 [cit. 2022-08-12]. Dostupné z: <http://hgf10.vsb.cz/546/VHZ3/jezy.html>

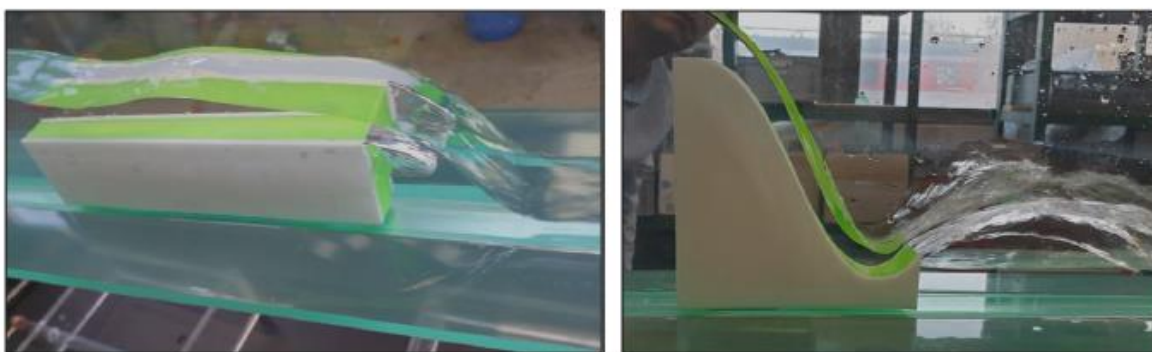
JANDORA, Jan. *Vodohospodářské stavby*. Brno. Studijní opory. Vysoké učení technické v Brně.

### 3.3 Návod k praktickému cvičení

Experiment budeme provádět na stole viz (Obr. 1). Pro experiment budeme potřebovat dvě magnetické struktury pro umístění do koryta viz (Obr. 2), které umístíme do koryta, pomocný kus na zajištění struktur v kanále. Pro vyjímání struktur z koryta slouží teleskopické ukazovátko s magnetem.



Obr. 1 Modul pro hydrodynamiku – měření na volném kanále, v uzavřeném kanále.

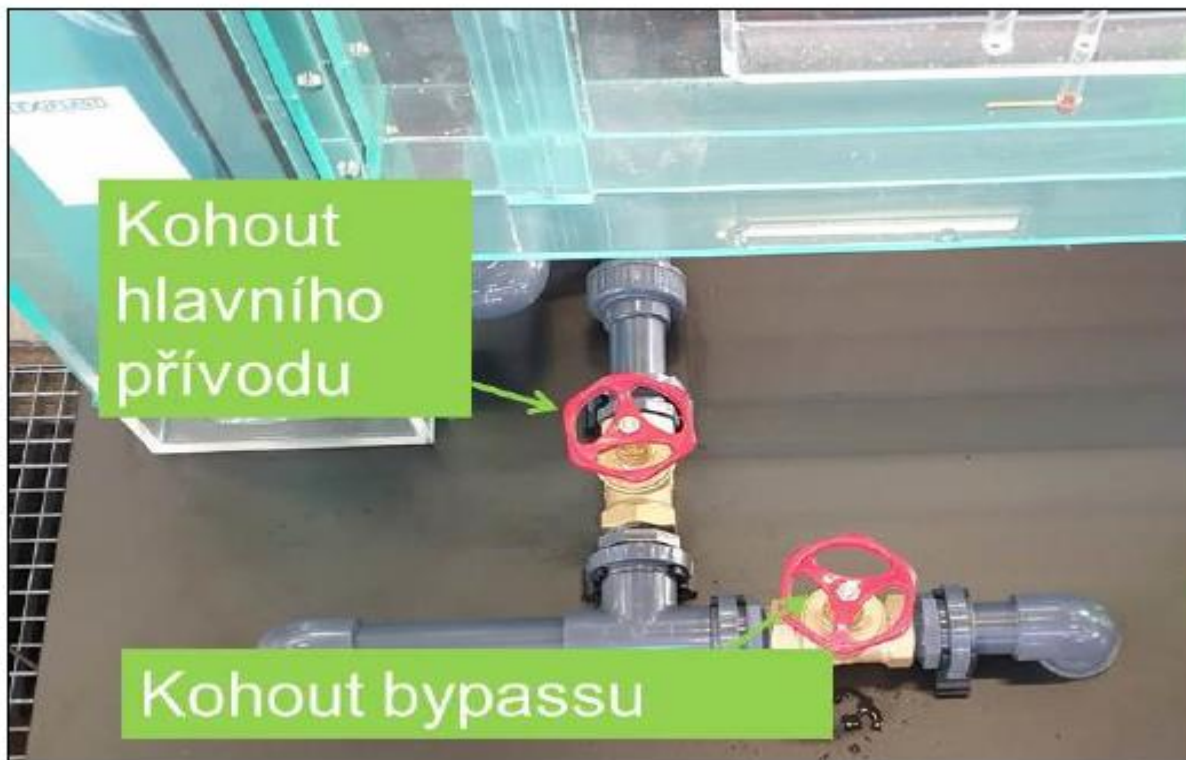


Obr. 2 Přeliv s širokou korunou (vlevo), jez (vpravo).

1. Do spodní nádrže po odstranění krytu napustíme vodu. Pro správnou funkci je třeba nádrž zcela naplnit.
2. Před experimentem do koryta umístíme strukturu, kterou budeme pozorovat. Zajistíme ji protikusem s magnety, který vložíme pod kanál. Teprve poté spouštíme čerpadlo.
3. Zařízení uvedeme do chodu pro experiment tak, že točením proti směru hodinových ručiček otevřeme hlavní uzávěr přívodu na maximum (Obr. 3), stejným způsobem otevřeme bypass (Obr. 3).
4. Zapneme čerpadlo.



5. Regulujeme průtok pomocí kohoutu bypassu. Jeho otevřením odvádíme část vody v přívodu zpět do spodní nádrže a snižujeme průtok cirkulující vody. Cílem je, aby se hladina cirkulující vody v pomocných nádržích po stranách koryta udržovala těsně nad úrovní přepadu v pomocné nádrži na začátku trati.



Obr. 3 Hlavní uzávěr přívodu s bypassem jsou umístěny vedle pomocné nádrže na začátku trati.

6. Kovovým stavidlem na začátku a jezem na konci koryta si naladíme samotný experiment – průtok přes překážky (přeliv se širokou korunou, jez; Obr. 4).



Obr. 4 Ruka figuranta zvedá stavidlo na začátku trati.

**Vypouštění:**

7. Systém vypouštíme výpustí pod zásobní nádrží (Obr. 5). Tento případ funguje bez chodu čerpadla. Výpustí pod filtrem (Obr. 6) vypouštíme systém za chodu čerpadla.



Obr. 5 Červený uzávěr výpustě pod hlavní nádrží.



Obr. 6 Červený uzávěr výpustě pod nádobou s filtrem.



EVROPSKÁ UNIE  
Evropské strukturální a investiční fondy  
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



VŠB TECHNICKÁ  
UNIVERZITA  
OSTRAVA



Toto dílo podléhá licenci Creative Commons Uveďte původ-Zachovejte licenci 4.0 Mezinárodní License.