Hydromechanika a hydrológia

7. prednáška

Kritická rýchlosť

- Kritická rýchlosť prúdenia je pri prúdení s kritickou hĺbkou

$$\frac{\alpha Q^2}{g} = \frac{S^3}{B} \Rightarrow \frac{\alpha v_k^2 S^2}{g} = \frac{S^3}{B} \Rightarrow v_k = \sqrt{\frac{gS}{\alpha B}}$$

Predpokladáme, že α=1 a priemerná kritická hĺbka je $h_{mk} = \frac{S}{B}$

Potom kritická rýchlosť je $\boxed{v_k = \sqrt{gh_{mk}}}$

V obdĺžnikovom profile $h_{mk}=h_k$ $\boxed{v_k = \sqrt{gh_k}}$

- Froudovo číslo sa používa ako test na typ prúdenia

$$\boxed{Fr = \frac{v}{\sqrt{gh}}}$$

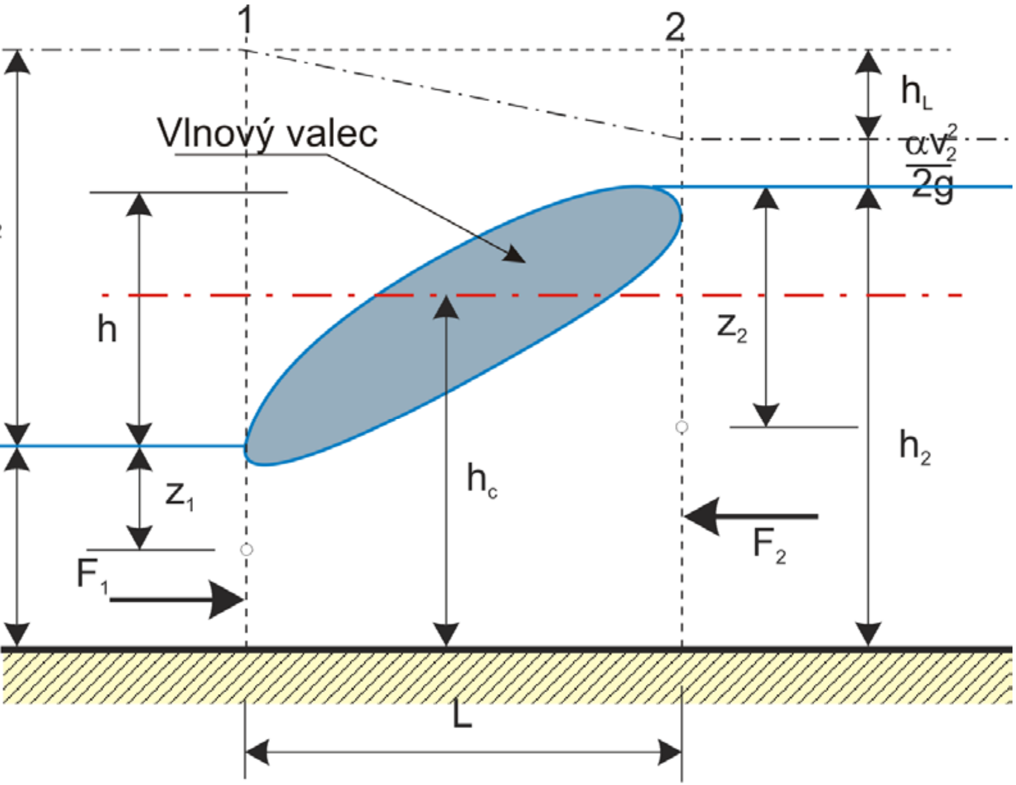
Ak je prúdenie kritické, Fr=1, pre riečne prúdenie Fr<1, pre bystrinné Fr>1

Vodný skok

- Je to jav, ktorý vznikne pri prechode z bystrinného do riečneho prúdenia
- Základné typy
  - **Stacionárny** – je tvorený jednou stojacou vlnou
    - Vlnovitý – iba sústava vĺn na hladine
    - Jednoduchý – jeden spenený valec na hladine
  - **Pohyblivý** – vlna, ktorá sa pohybuje na hladine (prílivová vlna, tsunami)

Vodný skok

- Stacionárny skok



Pre odvodenie použijeme princíp zachovania momentov

$$\sum \vec{F} = \rho Q(\vec{v}_2 - \vec{v}_1)$$

$$\sum \vec{F} = F_1 - F_2 = \rho g(S_1 z_1 - S_2 z_2)$$

$$S_1 z_1 - S_2 z_2 = \frac{Q^2}{g}\left(\frac{1}{S_1} - \frac{1}{S_2}\right)$$

$$S_1 z_1 - \frac{Q^2}{g S_1} = S_2 z_2 - \frac{Q^2}{g S_2}$$

$$\boxed{\Theta_1 = \Theta_2}$$

Funkcia vodného skoku Θ

Vodný skok

- Pre obdĺžnikový profil

$$S_1 z_1 - \frac{Q^2}{gS_1} = S_2 z_2 - \frac{Q^2}{gS_2} \qquad S_1 = bh_1 \quad z_1 = \frac{h_1}{2}$$

$$\Downarrow$$

$$bh_1 \frac{h_1}{2} - \frac{Q^2}{gbh_1} = bh_2 \frac{h_2}{2} - \frac{Q^2}{gbh_2} \qquad q = \frac{Q}{b}$$

Špecifický prietok

$$\Downarrow$$

$$h_1^2 - h_2^2 + \frac{2q^2}{g} . \frac{h_1 - h_2}{h_1 h_2} = 0$$

Kubická rovnica

Vodný skok

- Belangerova rovnica

Riešenie kubickej rovnice je v tvare

$$\boxed{h_2 = \frac{h_1}{2}\left[\sqrt{1+\frac{8q^2}{gh_1^3}}-1\right] = \frac{h_1}{2}\left(\sqrt{1+8Fr_1^2}-1\right)}$$

Dosadili sme $\quad v_1 = \frac{q}{h_1} \Rightarrow \frac{8q^2}{gh_1^3} = 8\frac{v_1^2}{gh_1} = 8Fr_1^2$

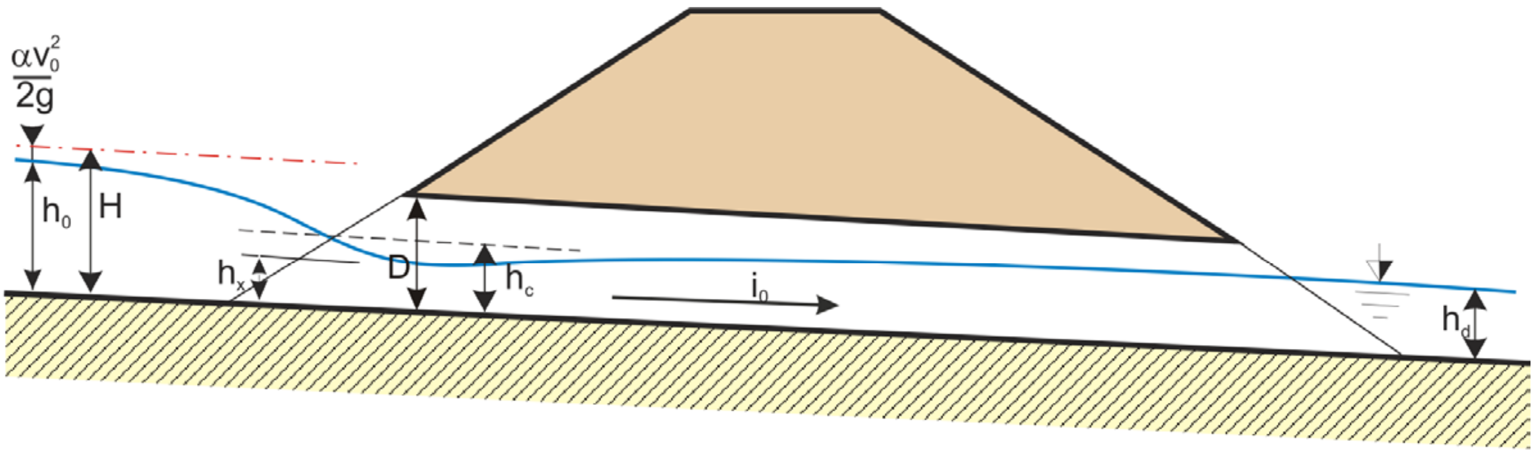
Platí aj opačne

$$\boxed{h_1 = \frac{h_2}{2}\left[\sqrt{1+\frac{8q^2}{gh_2^3}}-1\right] = \frac{h_2}{2}\left(\sqrt{1+8Fr_2^2}-1\right)}$$

Hĺbky h_1 a h_2 označujeme ako **vzájomné**

Priepusty

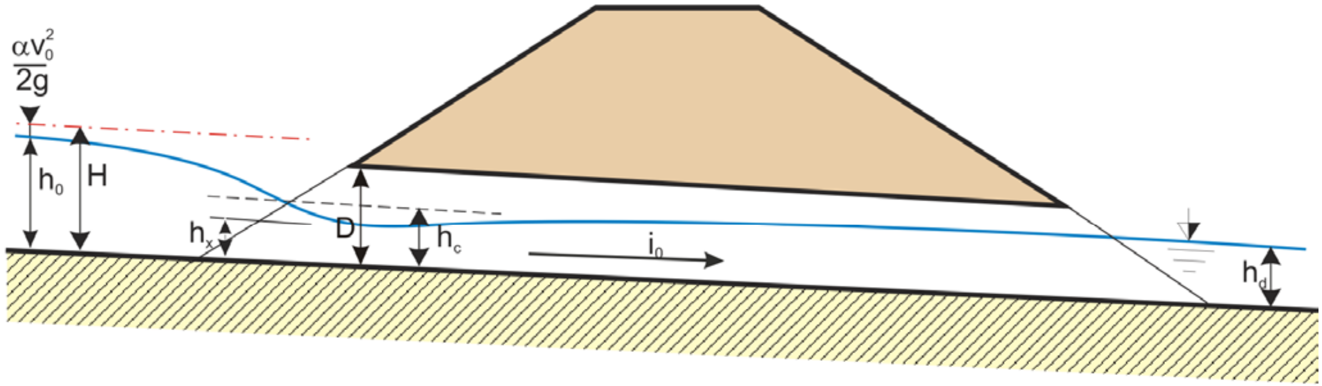
Priepusty sú krátke potrubia, ktoré prevádzajú vodu z jednej strany komunikácie na druhú



- Základné rozdelenie na dva typy:
  - S voľným vtokom $h_0 < 1.2D$
  - So zatopeným vtokom $h_0 \geq 1.2D$

Priepusty

- Priepusty s voľným vtokom $h_0 < 1.2D$



Ide o analógiu k priepadu so širokou korunou, najnižšia hĺbka je $\boxed{h_x = 0.9 h_k}$

Bernoulliho rovnica

$$h_0 + \frac{\alpha v_0^2}{2g} = h_x + \frac{\alpha v_x^2}{2g} + \xi \frac{v_x^2}{2g} = h_x + (\alpha + \xi)\frac{v_x^2}{2g} = h_x + \frac{v_x^2}{2g\varphi^2}$$

Priepusty

- Voľný vtok (pokr.)

Prietok sa počíta ako

$$Q = S_x v_x = \varphi S_x \sqrt{2g\left(h_0 + k - h_x\right)}$$

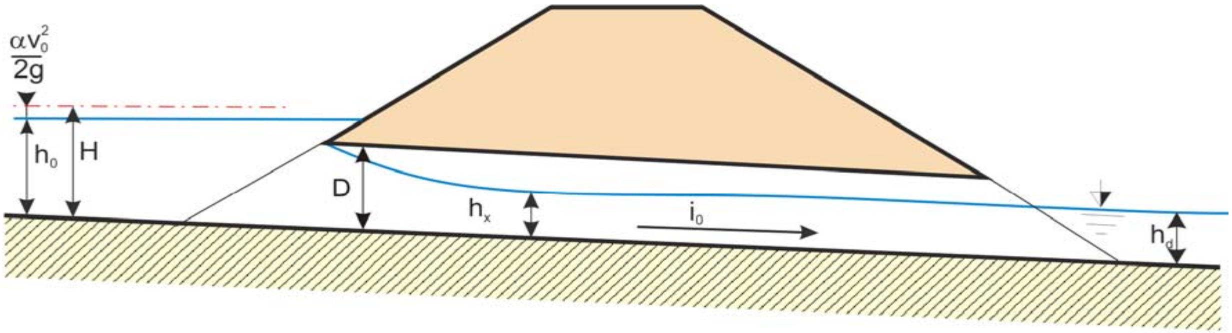
Musí sa rátať iteračne, lebo h_x závisí na Q

Sklon i_0 sa musí navrhnúť tak, aby nevznikol vodný skok, t.j. $h_d < 1{,}1 h_k$

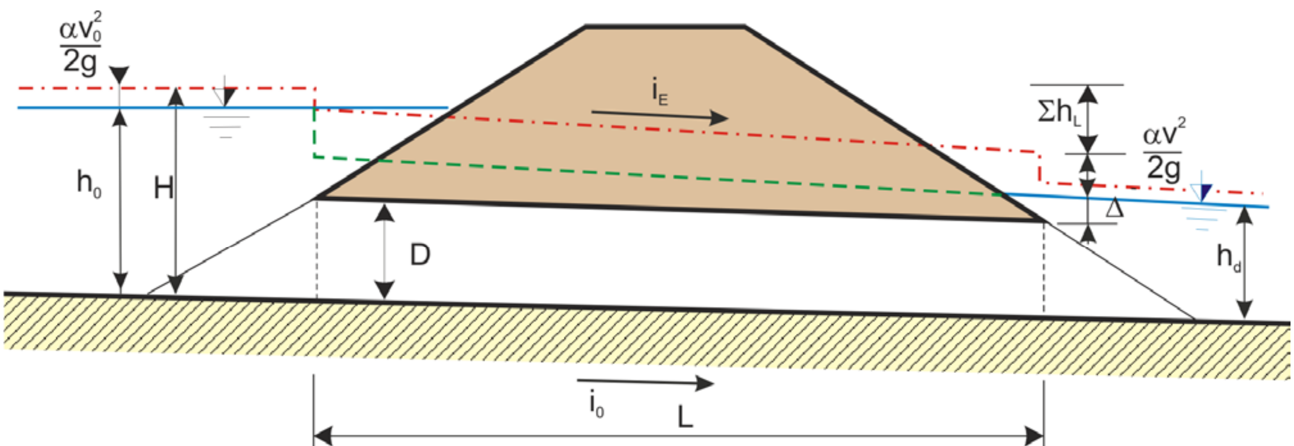
$$Q = S_d v_d = S_d C \sqrt{R_d i_0} \Rightarrow i_0 > \frac{Q^2}{S_d^2 C^2 R_d}$$

Priepusty

- Zatopený vtok – dve možnosti
  - Voľný výtok

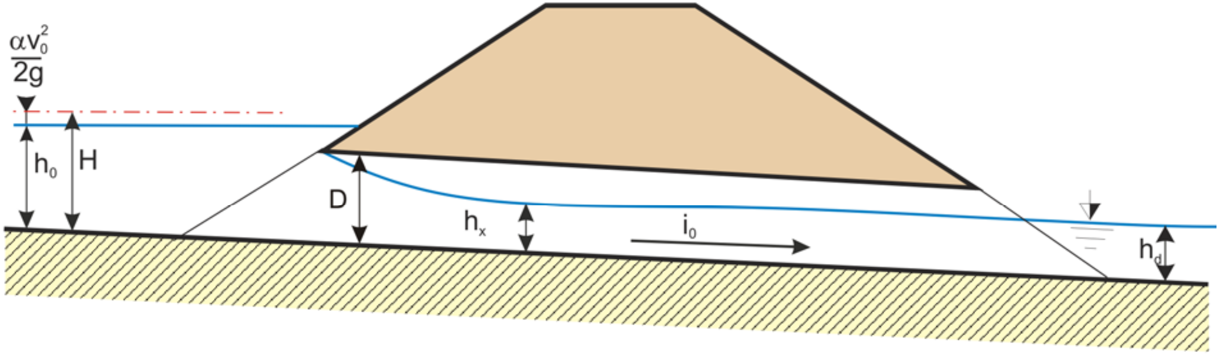


  - Zatopený výtok



Priepusty

- Zatopený vtok, voľný výtok



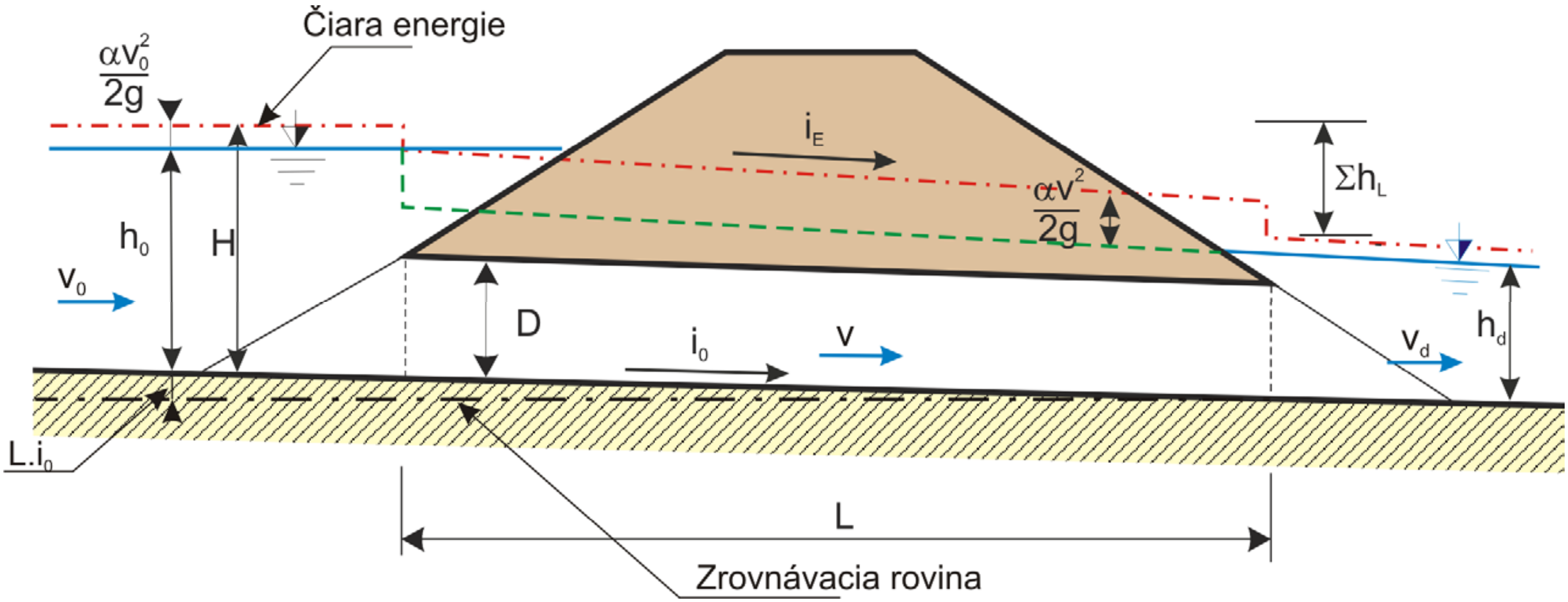
Rieši sa ako analógia s výtokom otvorom

$$Q = S_x v_x = \varphi S_x \sqrt{2g\left(h_0 + k - h_x\right)} \qquad S_x = 0{,}62.S$$

Pre kruhový profil $h_x = 0.6D$, pre obdĺžnikový profil $h_x = 0.62D$

Priepusty

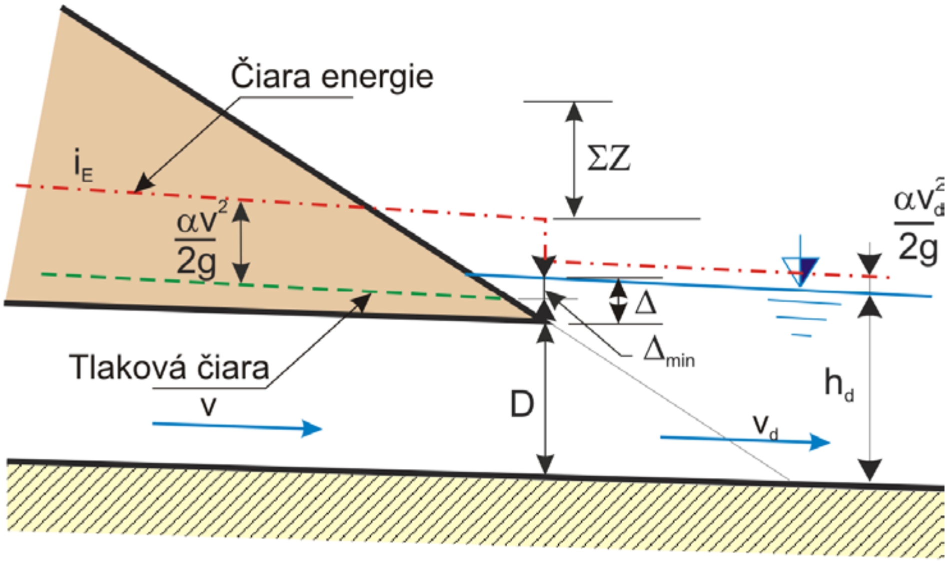
- Zatopený vtok aj výtok



Riešime ho ako krátke potrubie

Priepusty

- Detail výtoku



Hodnota Δ_{min} sa určuje z podmienky, aby tlaková čiara sa nedostala do potrubia priepustu

$$\boxed{\Delta_{\min} = \frac{v_d.(v - v_d)}{g}}$$

Priepusty

- Zatopený vtok aj výtok
  - Bernoulliho rovnica medzi vtokom a výtokom

$$h_0 + \frac{\alpha v_0^2}{2g} + i_0.L = D + \Delta - \Delta_{\min} + \frac{\alpha v^2}{2g} + \sum Z$$

$$h_0 + \frac{\alpha v_0^2}{2g} + i_0.L = D + \Delta - \Delta_{\min} + \frac{v^2}{2g}\left(\alpha + \lambda.\frac{L}{D} + \xi\right)$$

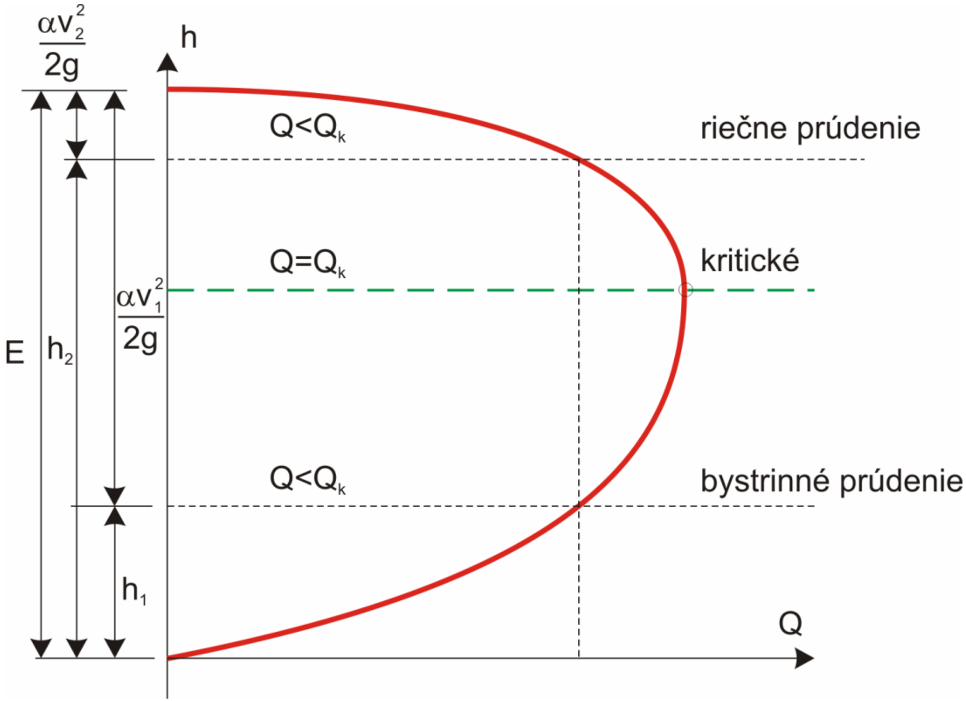
Prietok priepustom

$$Q = S.\sqrt{\frac{2g\left(h_0 + k + i_0.L - D - \Delta + \Delta_{\min}\right)}{\alpha + \lambda.\frac{L}{D} + \xi}}$$

Mosty

- Parabola prietokov (Kochova parabola)
  - Vychádzame z mernej energie prierezu

$$E = h + \frac{\alpha v^2}{2g} = h + \frac{\alpha Q^2}{2gS^2} \Rightarrow Q = S.\sqrt{\frac{2g}{\alpha}(E-h)}$$

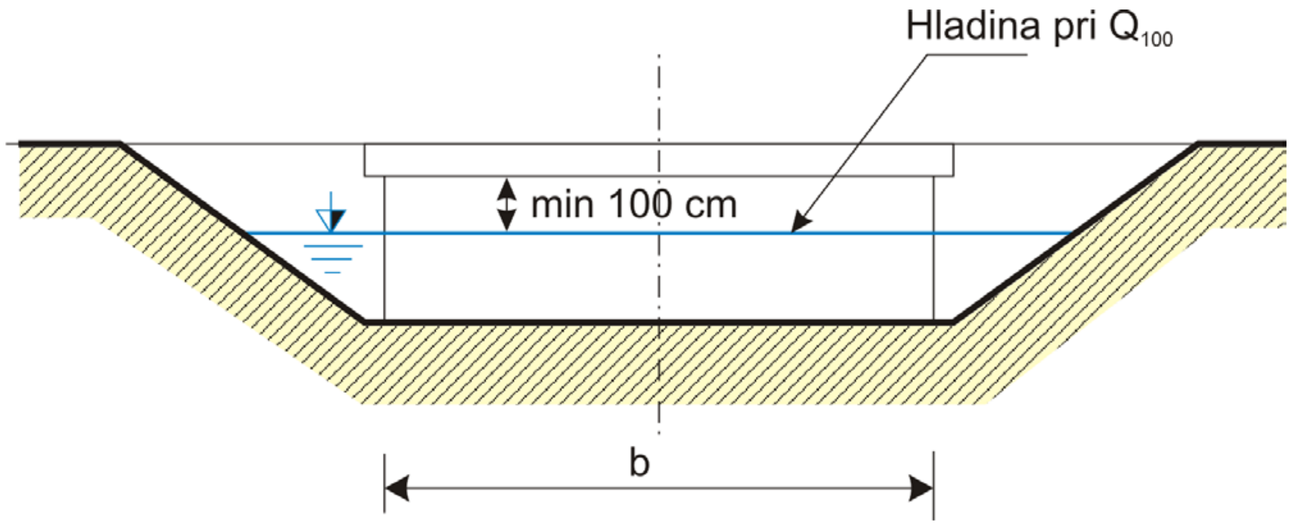


Graf závislosti Q a h, predpokladáme E=konšt.

Jeden a ten istý prietok môže pretiecť profilom pri dvoch rôznych hĺbkach, raz ako bystrinné a raz ako riečne prúdenie

Mosty o jednom poli

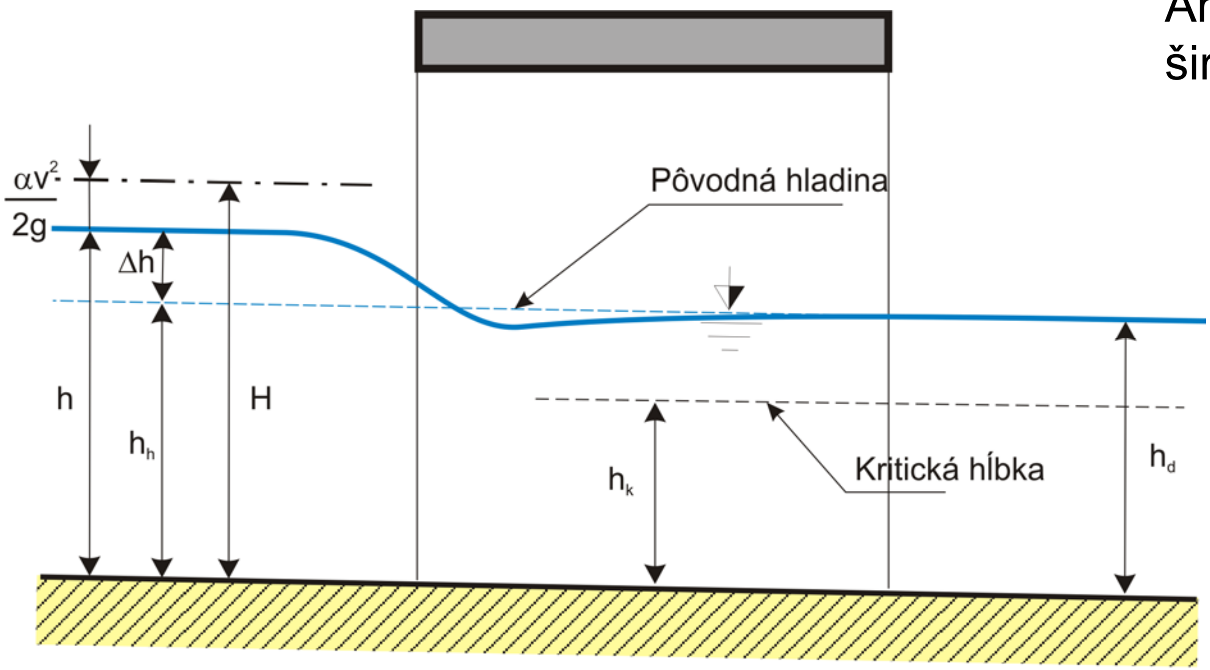
- Základné schéma mostu



- Dva režimy prúdenia
  - Riečne
  - Bystrinné

Mosty o jednom poli

- Riečny režim prúdenia



Analógia priepadu cez širokú korunu

Nedokonalý prepad

$$h_d > \kappa H$$

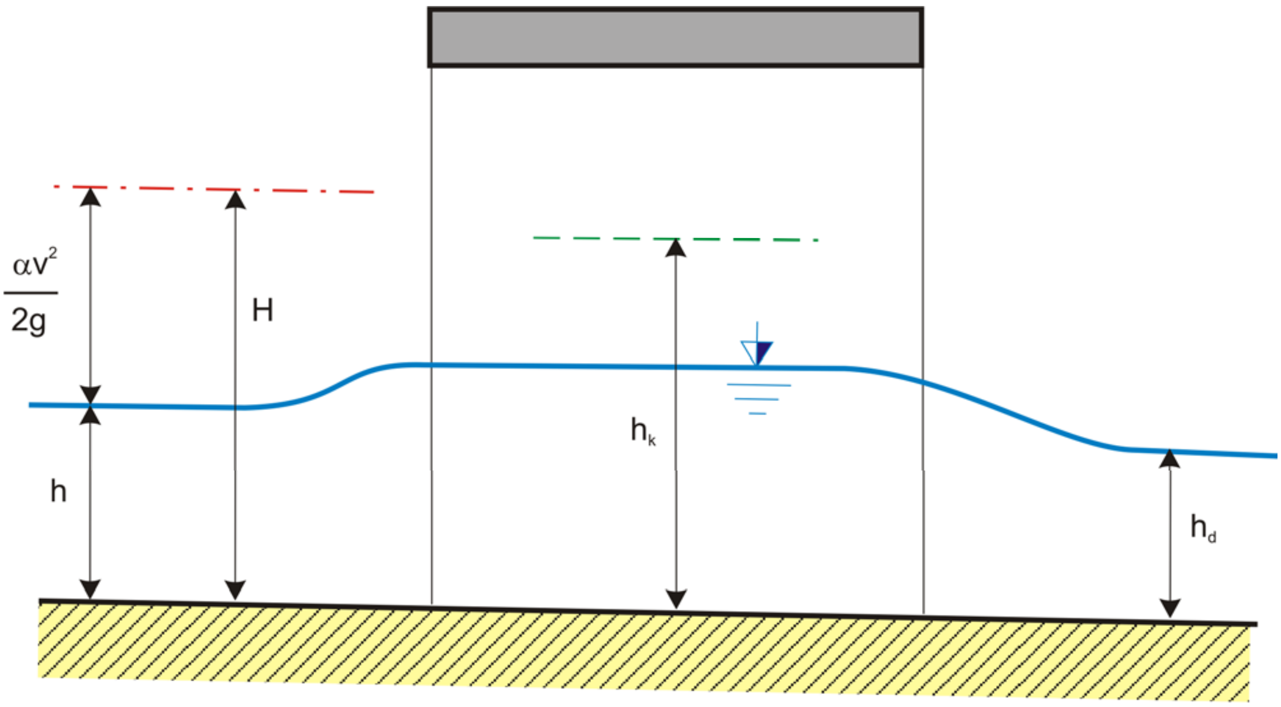
$$H = \frac{Q^2}{2g\varphi^2 b^2 h_d^2} + h_d$$

Vzdutie pred mostom

$$\Delta h = H - h_h - \frac{\alpha v_h^2}{2g}$$

Mosty o jednom poli

- Bystrinný režim prúdenia



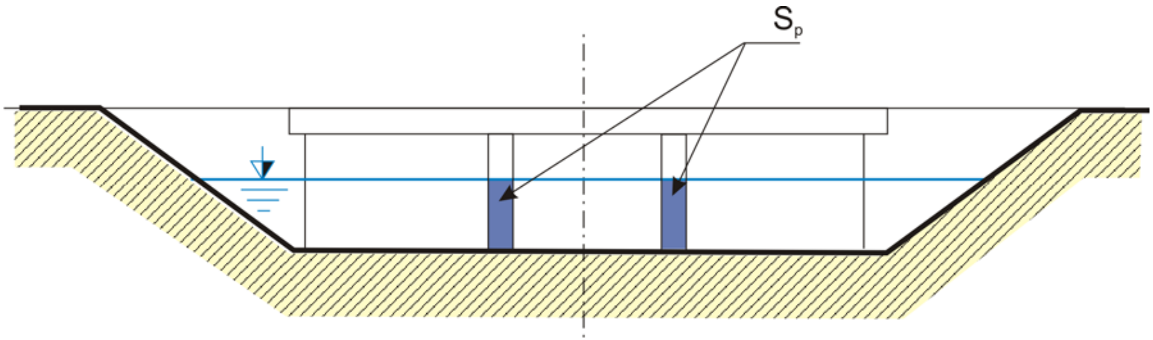
Mosty o jednom poli

- Tabuľka súčiniteľov

Úprava dna mostu	Šikmé krídla			Kolmé krídla		
	φ	κ	m	φ	κ	m
Dno je v úrovni dna koryta	0,95	0,74	0,36	0,94	0,75	0,36
V dne je prah so zaoblenou hranou	0,92	0,78	0,34	0,91	0,79	0,33
V dne je prah so zošikmenou hranou	0,88	0,89	0,30	0,87	0,85	0,28
V dne je pravouhlý prah s ostrou hranou	0,87	0,85	0,29	0,86	0,87	0,27

Mosty o viac poliach

- Schéma mosta o viac poliach

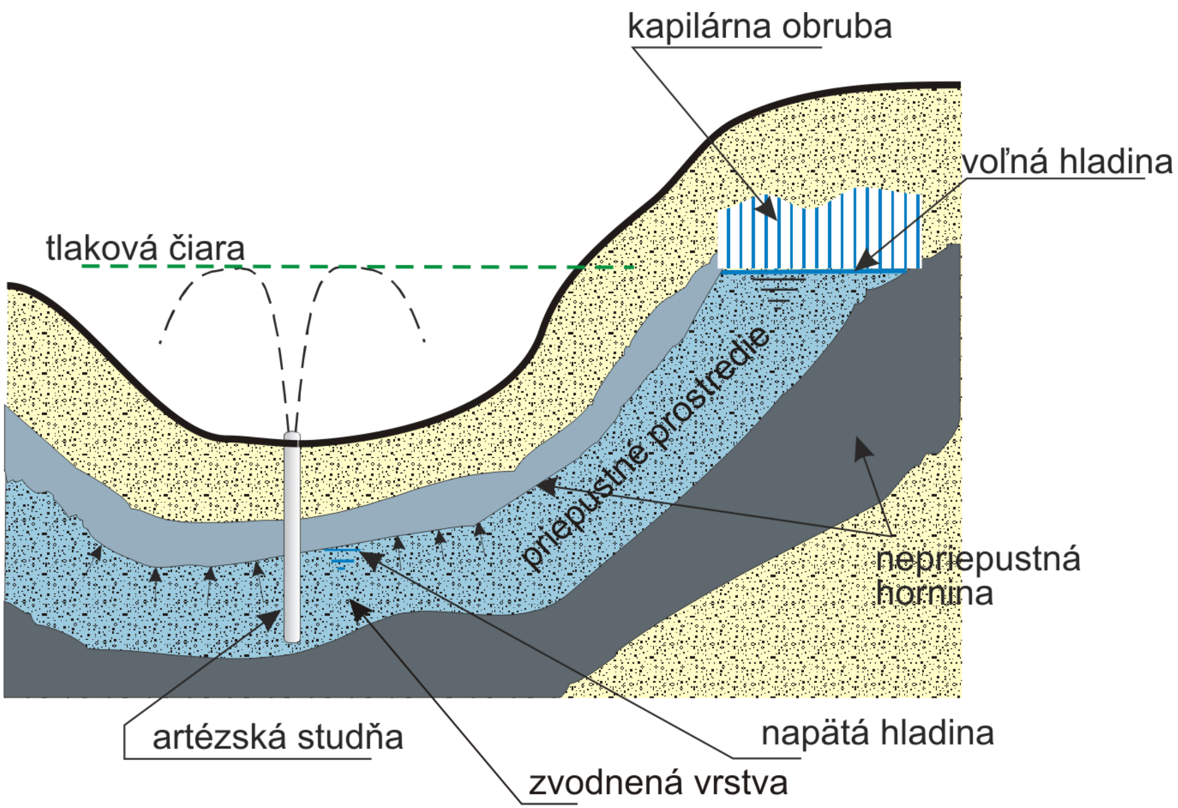


Rehbockov vzorec pre vzdutie

$$\Delta H = \frac{S_p}{S} \frac{v^2}{2g}$$

Hydraulika podzemnej vody

- Základné označenie



Hydraulika podzemnej vody

- Typy vody
  - Kryštalická – v zrnách
  - Obalová – na povrchu
  - Kapilárna
  - Gravitačná
- Pórovitosť
  - Celková n
  - Efektívna n_e

$$n = \frac{V_p}{V}$$

$$n_e = \frac{V_G}{V}$$