



Environmentální hydraulika

Přednáška_7

2025_2026

**Přednáška externího
přednášejícího
8.12.2025**

Kdy	Přihlašování od Přihlašování do Odhlásování do	Kde	Kap.	Druh	Typ termínu
15.12.2025 12:15 (pon)	Bez přihlášení do UISu	ZII (SUCH)	neomezeno	zkouška	řádný
08.01.2026 09:00 (čt)	01.12.2025 01:00 07.01.2026 00:00 07.01.2026 00:00	D226 (SUCH)	0/20 (0)	zkouška	řádný, 1. opravný, 2. opravný
15.01.2026 09:00 (čt)	01.12.2025 00:00 14.01.2026 00:00 14.01.2026 00:00	D226 (SUCH)	0/20 (0)	zkouška	řádný, 1. opravný, 2. opravný
22.01.2026 09:00 (čt)	01.12.2025 00:00 21.01.2026 00:00 21.01.2026 00:00	D226 (SUCH)	0/20 (0)	zkouška	řádný, 1. opravný, 2. opravný
29.01.2026 09:00 (čt)	01.12.2025 00:00 28.01.2026 00:00 28.01.2026 00:00	D226 (SUCH)	0/20 (0)	zkouška	řádný, 1. opravný, 2. opravný



*Proudění s volnou hladinou
(v otevřených profilech)*

Rovnoměrné proudění v otevřených profilech

$$Q = \text{konst.} \quad v = \text{konst.} \Rightarrow S = \text{konst.} \quad y = \text{konst.}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = 0 ; \quad \frac{\partial Q}{\partial x_i} = 0 ; \quad \frac{\partial v}{\partial t} = 0 ; \quad \frac{\partial v}{\partial x_i} = 0 ;$$

Dělení koryt vodních toků podle tvaru průtočného profilu :

prizmatické kanály - konst. geometrické vlastnosti po délce toku

neprizmatické kanály → **pravidelné** proměnný tvar po délce, změny lze matematicky definovat jako fce S resp. O

nepravidelné

přirozená koryta - nepravidelný tvar měnící se po délce toku

Dělení průtočných průřezů kanálů a vodních koryt

jednoduché (obdélník, trojúhelník, lichoběž. ...)

složené (kromě dna lze nalézt ještě jednu vodorovnou část)

přirozené

Charakteristiky používané při výpočtech rovnoměrného proudění s volnou hladinou

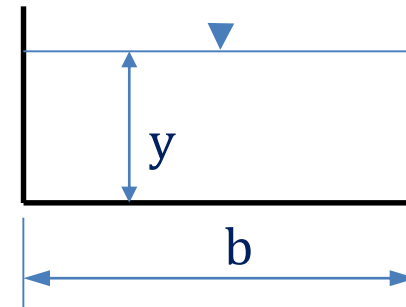
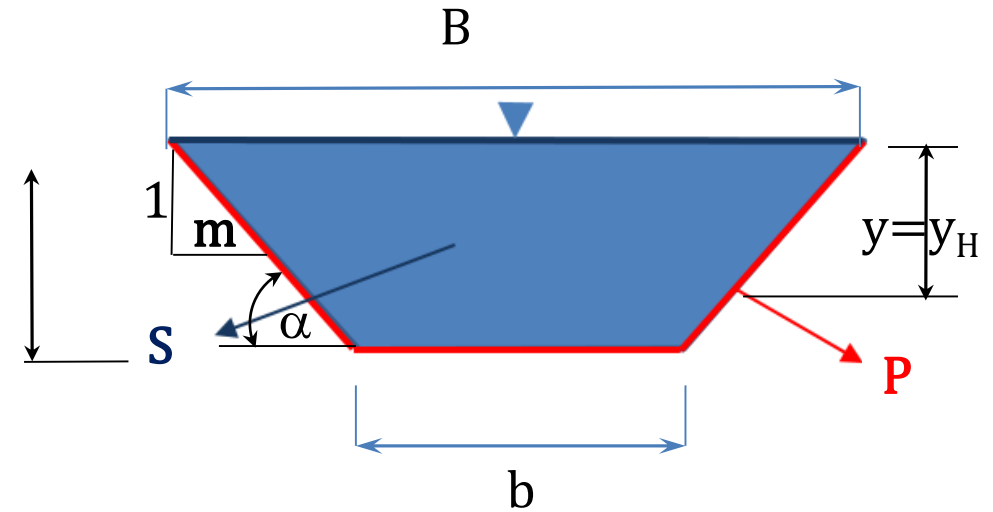
- a) Geometrické charakteristiky
- b) Hydraulické charakteristiky

Základní geometrické charakteristiky

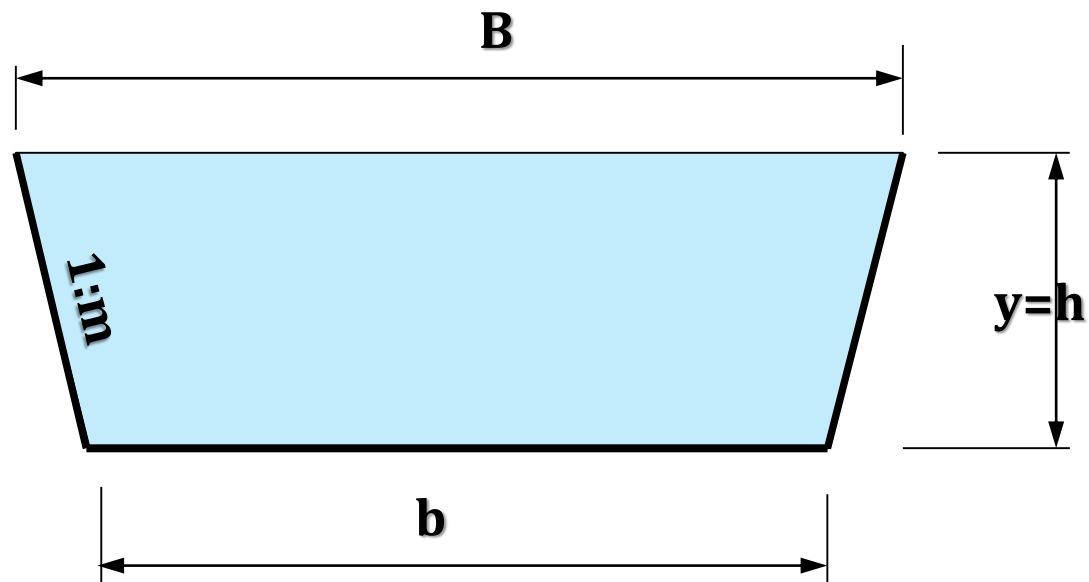
- rozměry průtokového profilu (**šířka ve dně**, **šířka v hladině**, **sklon svahů**, **průměr** atd.)
- průtočná plocha ... **S**
- omočený obvod ... **O**
- hydraulický poloměr ... **R**
- šířka v hladině ... **B**
- podélný sklon ... **i**
- hloubka ... **y**

Obdélníkový profil :

$$S = b \cdot y; \quad O = b + 2 \cdot y; \quad B = b$$



Lichoběžníkový profil



Plocha průtočného profilu

$$S = (b + mh)h$$

Omočený obvod

$$O = b + 2h\sqrt{1 + m^2}$$

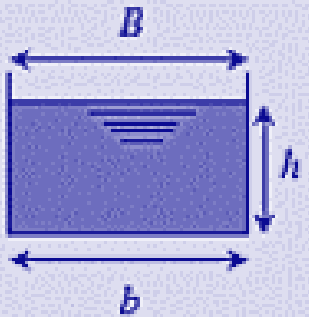
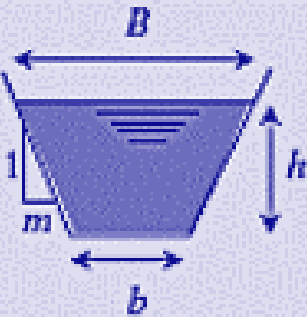
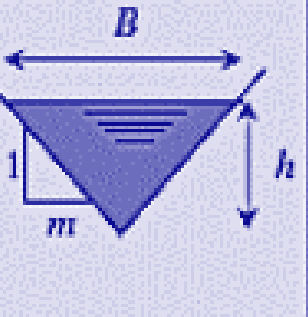
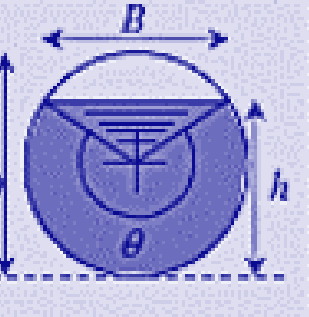
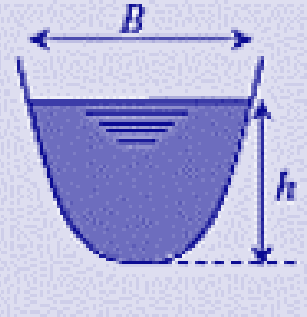
Šířka v hladině

$$B = b + 2mh$$

Hydraulický poloměr

$$R = \frac{S}{O} = \frac{(b + mh)h}{b + 2h\sqrt{1 + m^2}}$$

Základní geometrické charakteristiky

					
S (m²)	bh	$(b + mh)h$	mh^2	$\frac{1}{8}(\theta - \sin \theta)D^2$	$\frac{2}{3}Bh$
O (m)	$b + 2h$	$b + 2h\sqrt{1 + m^2}$	$2h\sqrt{1 + m^2}$	$\frac{1}{2}\theta D$	$B + \frac{8}{3}\frac{h^2}{B}^*$
R (m)	$\frac{bh}{b + 2h}$	$\frac{(b + mh)h}{b + 2h\sqrt{1 + m^2}}$	$\frac{mh}{2\sqrt{1 + m^2}}$	$\frac{1}{4}\left[1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right]D$	$\frac{2B^2h}{3B^2 + 8h^2}^*$
B (m)	b	$b + 2mh$	$2mh$	$(\sin \theta / 2)D$ or $2\sqrt{h(D - h)}$	$\frac{3}{2}Ah$

Otevřené profily - rovnice rovnoměrného proudění – Chézyho rovnice

Výpočet ztrát třením – Darcy-Weisbachova rovnice

$$D = 4R \quad h_t = \lambda \frac{L}{R} \frac{v^2}{8g}$$

Odkud vyjádříme rychlost:

$$v = \sqrt{\frac{8g}{\lambda} R \frac{h_t}{L}} \quad \text{--- } i_E$$

$$v = C \sqrt{R i_E}$$

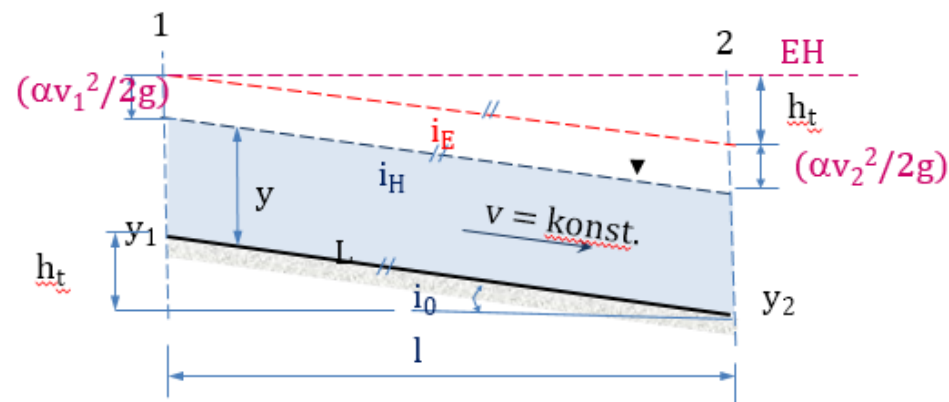
$$\sqrt{\frac{8g}{\lambda}} = C$$

Rovnice kontinuity pro ustálené

$$Q = v \cdot S$$

Rovnice kontinuity + Chézyho rovnice Pro průtok platí vztah

$$Q = C S \sqrt{R i_0}$$



Chézyho rovnice

Pro rovnoměrné proudění

$$v = C \sqrt{R i_0} \quad \text{!!!!}$$

$$i_0 = i_{T\check{c}} = i_E$$

Hydraulické charakteristiky:

stupeň drsnosti ... **n**

rychlostní součinitel (Chezyho) ... **C** ($\text{m}^{1/2} \cdot \text{s}^{-1}$)

střední průřezová rychlost ... **v**

průtok ... **Q**

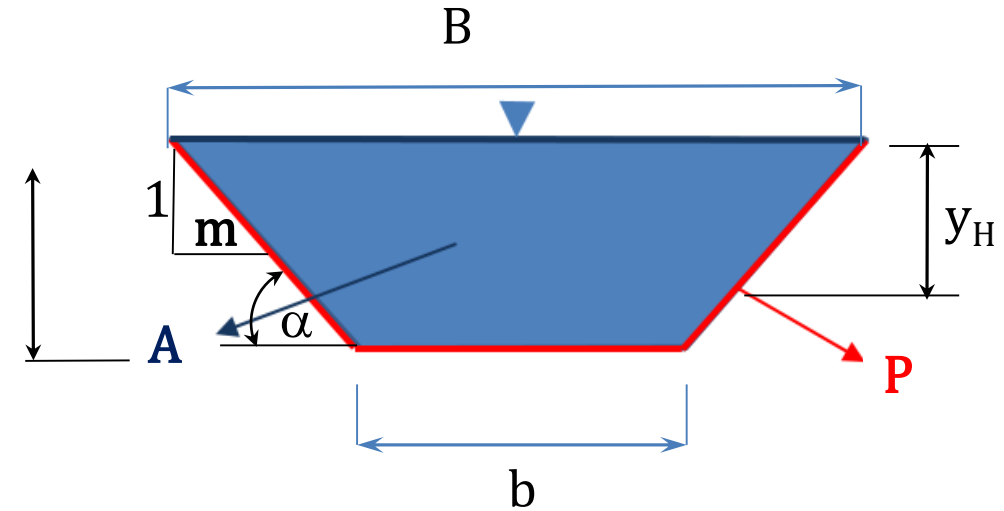
CHEZYHO ROVNICE

$$v = C \sqrt{R i_0}$$

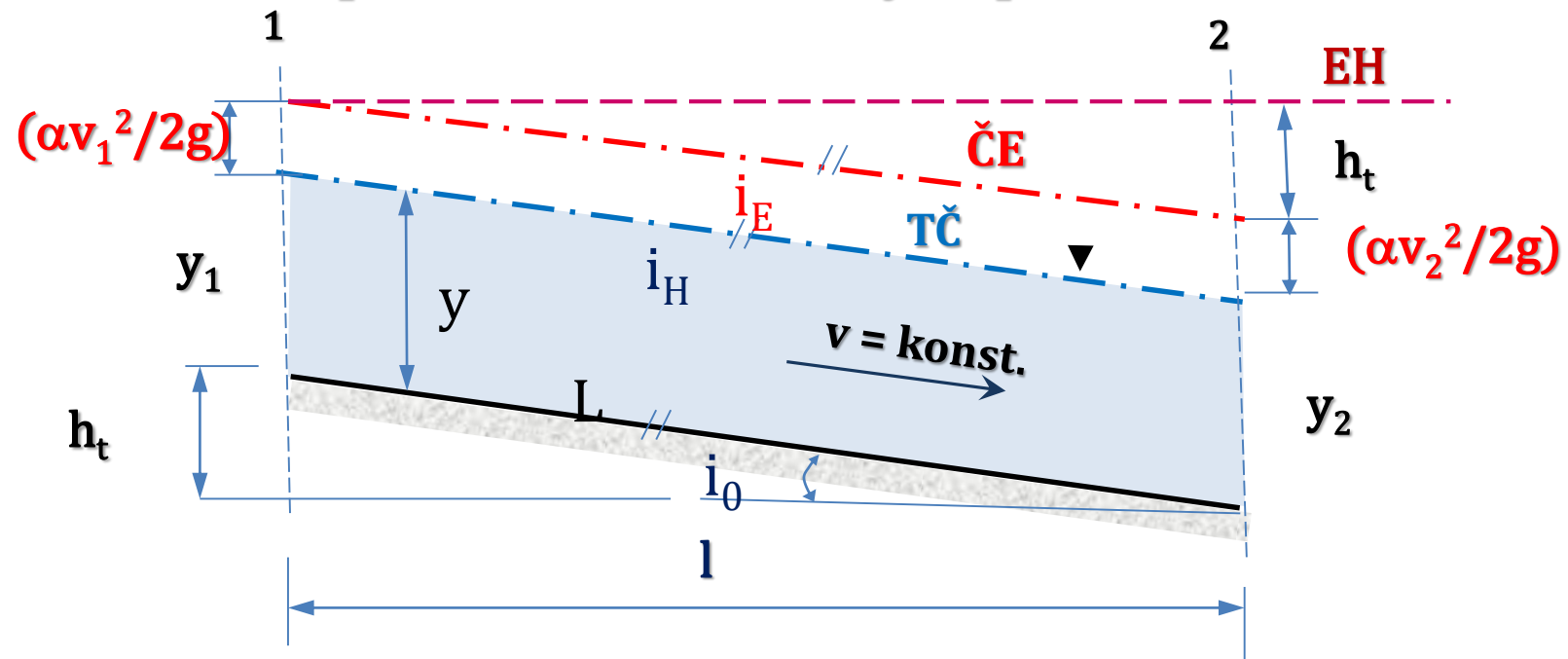
Použitím **rovnice kontinuity** $Q = v \cdot S$

$$Q = C S \sqrt{R i_0}$$

Stupeň drsnosti - n - pro dané poměry z tabulek
Chezyho rychlostní součinitel "C" (z empirických vztahů):



Rovnoměrné proudění v otevřených profilech



Pro rovnoměrné proudění platí:

$$Q = \text{konst.} \quad S = \text{konst.} \quad v = \text{konst.}$$

sklon dna, $i_0 = \text{sklon hladiny}$, $i_{TČ} = \text{konst.} = \text{sklonu ČE}$, i_E

Chézyho rychlostní součinitel

Manning

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

Pavlovský

$$C = \frac{1}{n} R^y$$

$$p = 2.5 \sqrt{n} - 0.13 - 0.75 \sqrt{R} (\sqrt{n} - 0.1)$$

$$\text{Pro } R > 1 \dots y = 1,3 \cdot \sqrt{n}$$

$$\text{Pro } R < 1 \dots y = 1,5 \cdot \sqrt{n}$$

Martinec

(!! platí pro střední specif. průměr zrna d_s)

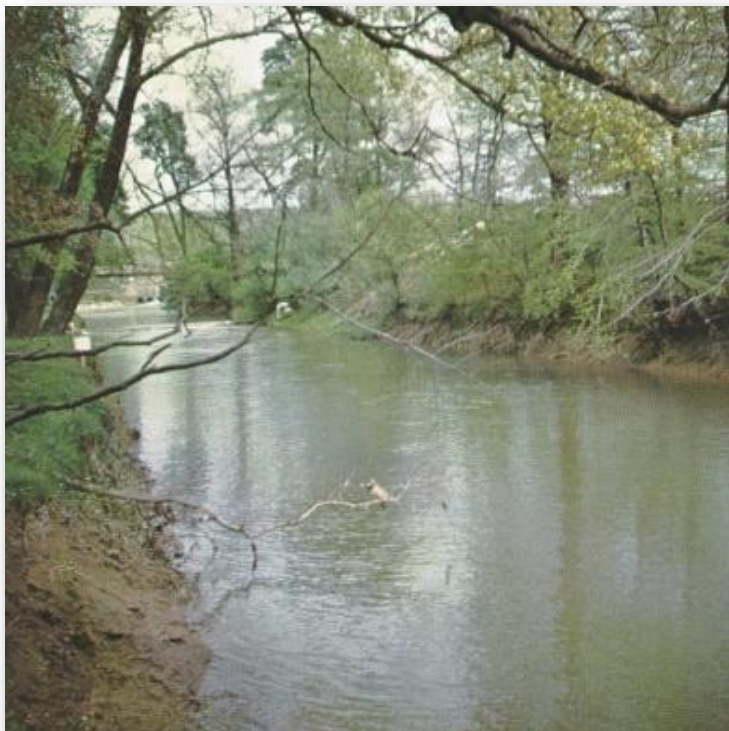
$$C = 17,72 \left(\log \frac{R}{d_s} + 0,77 \right)$$

d_s - specifický průměr zrna – zjištění síťovým rozborem

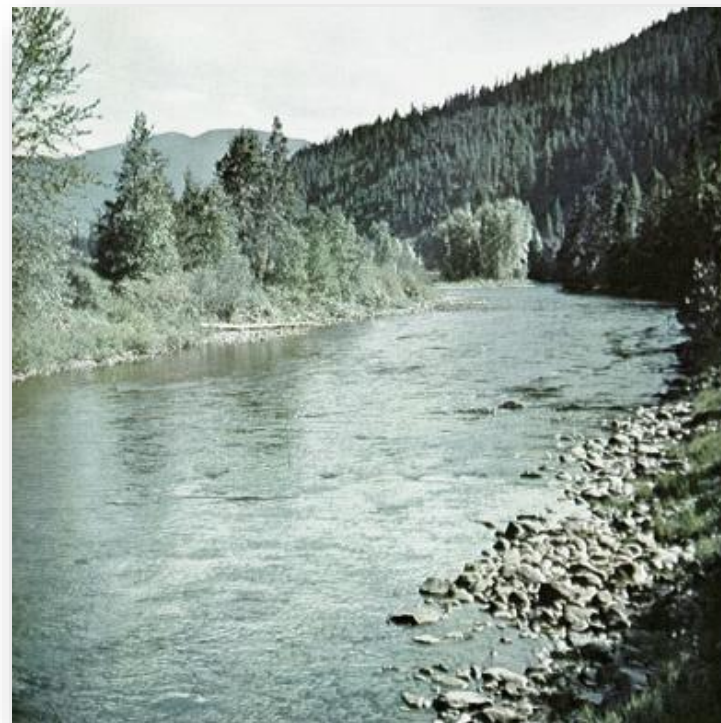
Manningův součinitel, n

DRUH KORYTA A POVRCHU	n
Velmi hladký povrch (omítka z čistého cementu)	0,010
Obyčejné cihlové zdivo, kamenný obklad (přitesaný)	0,015
Staré cihlové zdivo, hrubé obetonování, hladká skála	0,017
Zdivo z lomového kamene, kanály v uhlém štěrku nebo zemině – v dobrém stavu	0,020
Zdivo na sucho, velké zemní kanály průměrně udržované, řeky v dobrém stavu (přímé koryto bez překážek, bez nánosů a výmolů)	0,025
Zemní kanály ve špatném stavu (nánosy ve dně, místy zarostlé koryto). Řeky v dobrých podmínkách.	0,030
Čistá koryta toků s malými nepravidelnostmi proudu, nepravidelný reliéf dna (mělčiny, výmoly, místy kameny)	0,040
Znečištěná koryta středních a velkých řek, částečně zarostlá se zákruty. Inundace pokryté trávou a křovinami	0,050
Koryta zarostlá křovinami a stromy, výmoly. Štěrková koryta horského typu s nepravidelnou hladinou. Peřejovité úseky.	0,065
Řeky a inundace s pomalým proudem, zarostlé hluboké výmoly. Horský typ koryt (s valouny), zpětný proud.	0,080
Koryta horského typu, voda přepadá přes přirozené stupně, řečiště z hrubých valounů, silné zpěnění vody, voda je bílá a neprůzračná. Velmi hlučný tok.	0,100
Řeky bažinatého typu s houštinami a hrboly se stojatou vodou v řadě míst.	0,135
Proud vody je prosycen splaveninami, kameny a blátem. Inundace jsou plně zarostlé.	0,200

Manningův součinitel drsnosti ... n



$n=0,026$

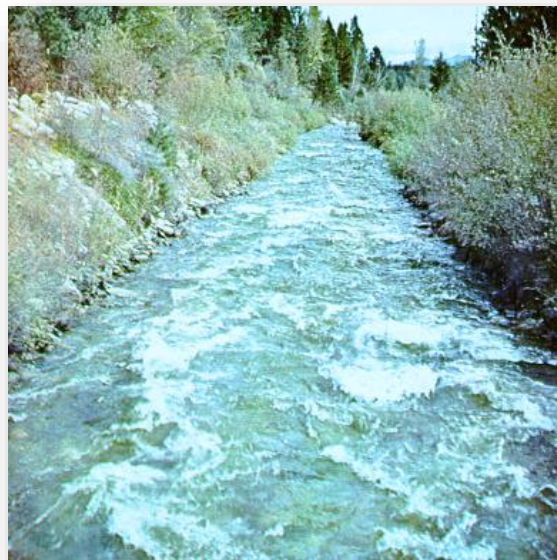


$n=0,038$

Manningův součinitel drsnosti ... n



$n=0,055$



$n=0,06$

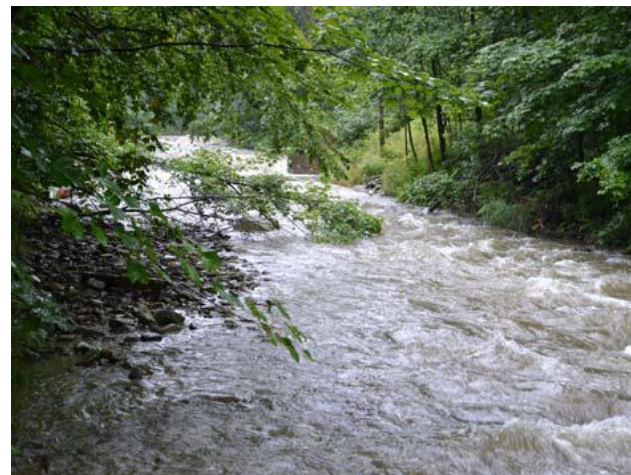


$n=0,075$

Manningův součinitel drsnosti ... n



$n=0,130$



$n=0,051$



$n=0,063$

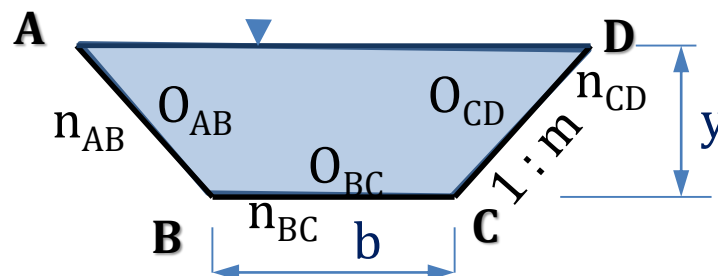


$n=0,079$

JEDNODUCHÉ PROFILY

- takový tvar průř. průřezu, kde se kromě dna nevyskytují delší vodorovné části omočeného obvodu (obdélník atd.), není-li po obvodu stejná drsnost :

Lichoběžníkový profil



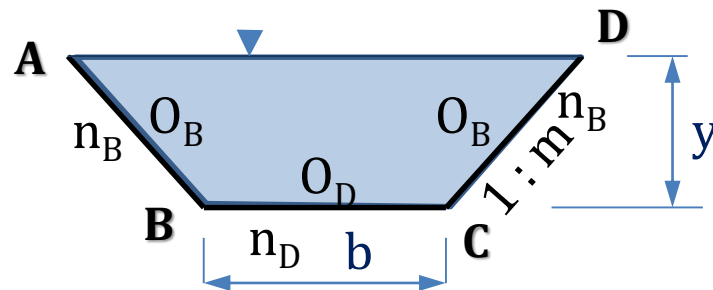
$$\bar{n} = \frac{n_{AB} \cdot O_{AB} + n_{BC} \cdot O_{BC} + n_{CD} \cdot O_{CD}}{O_{AB} + O_{BC} + O_{CD}}$$

$$\bar{n} = \frac{n_1 \cdot O_1 + n_2 \cdot O_2 + \dots + n_i \cdot O_i}{O_1 + O_2 + \dots + O_i} = \frac{\sum_{i=1}^n n_i \cdot O_i}{\sum_{i=1}^n O_i}$$

Základní úlohy rovnoměrného proudění

- a) Určení průtoku, Q
- b) Výpočet podélného sklonu, i_0
- c) Výpočet drsnosti, n – průměrné, na dané části omočeného obvodu
- d) Určení hloubky, y ... graficko-početně (konzumční křivka tj. závislost $Q(y)$)
- e) Určení šířky ve dně, b ($Q(b)$)

Lichoběžníkový profil



Základní úlohy rovnoměrného proudění

a) Určení Q

Dáno: n, i_0, y, m, b

Postup

1) Určení odvozených geometrických parametrů

$$S = (b + m \cdot y) \cdot y; \quad O = b + 2 \cdot y \sqrt{1 + m^2}; \quad R = \frac{S}{O};$$

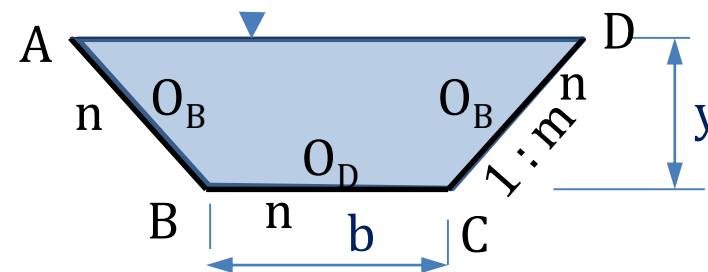
2) Výpočet Chézyho rychlostního součinitele

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

3) Výpočet průtoku Q

$$Q = C S \sqrt{R i_0}$$

Lichoběžníkový profil



Základní úlohy rovnoměrného proudění

b) Výpočet podélného sklonu i_0

Dáno: Q , n , y , m , b

Postup

1) Určení odvozených geometrických parametrů

$$S = (b + m \cdot y) \cdot y; \quad O = b + 2 \cdot y \sqrt{1 + m^2}; \quad R = \frac{S}{O};$$

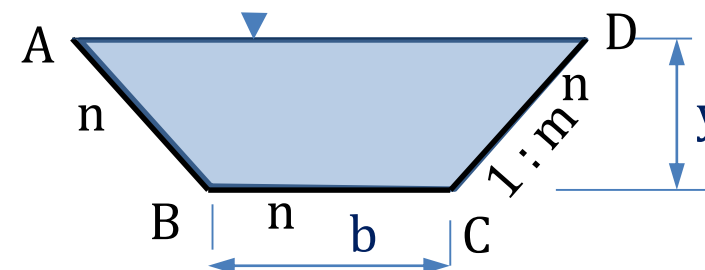
2) Výpočet Chézyho rychlostního součinitele

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

3) Výpočet podélného sklonu dna i_0

$$Q = C S \sqrt{R i_0} \quad \longrightarrow \quad i_0 = \frac{Q^2}{C^2 S^2 R}$$

Lichoběžníkový profil



Základní úlohy rovnoměrného proudění

c) Výpočet drsnosti, n

Dáno: Q, y, i_0, m, b

Postup

1) Určení odvozených geometrických parametrů

$$S = (b + m \cdot y) \cdot y; \quad O = b + 2 \cdot y \sqrt{1 + m^2}; \quad R = \frac{S}{O};$$

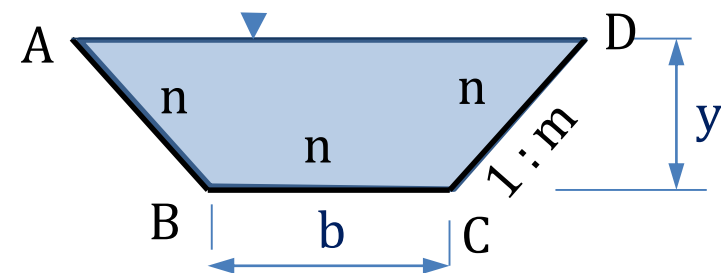
2) Stanovení Chézyho rychlostního součinitele, C

$$Q = C S \sqrt{R i_0} \quad \longrightarrow \quad C = \frac{Q}{S \sqrt{R i_0}}$$

3) Výpočet stupně drsnosti, n

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6} \quad \longrightarrow \quad n = \frac{1}{C} R^{1/6}$$

Lichoběžníkový profil



Základní úlohy rovnoměrného proudění

c2) Výpočet drsnosti, n_B

Dáno: n_A , n_C , m , i_0 , Q , y

Postup:

1) Určení odvozených geometrických parametrů

$$S = (b + m \cdot y) \cdot y; \quad O = b + 2 \cdot y \sqrt{1 + m^2}; \quad R = \frac{S}{O};$$

2) Stanovení Chézyho součinitele, C

$$Q = C S \sqrt{R i_0} \quad \longrightarrow \quad C = \frac{Q}{S \sqrt{R i_0}}$$

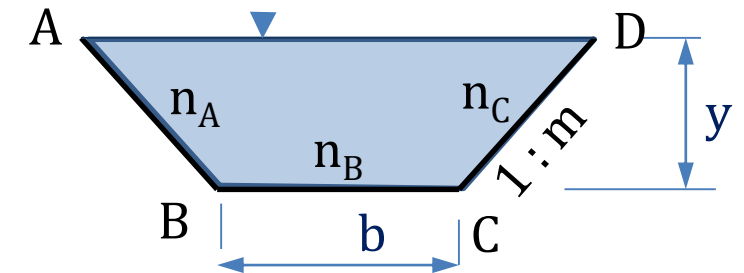
3) Výpočet průměrného stupně drsnosti, n_{pr}

$$C = \frac{1}{n_{pr}} R^{1/6} \quad \longrightarrow \quad n_{pr} = \frac{1}{C} R^{1/6}$$

4) Výpočet stupně drsnosti, n_B

$$n_{pr} = \frac{AB \cdot n_A + BC \cdot n_B + CD \cdot n_C}{AB + BC + CD} \quad \longrightarrow \quad n_B$$

Lichoběžníkový profil



Základní úlohy rovnoměrného proudění

d) Určení hloubky, y ... graficko-početně (konzumní křivka tj. závislost $Q(y)$)

Dáno: Q_Z , n , m , b , i_0 ,

Postup:

Volba y – $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$.

1) Určení odvozených geometrických parametrů

$$S_{1..n} = (b + m \cdot y_{1..n}) \cdot y_{1..n}$$

$$O_{1..n} = b + 2 \cdot y_{1..n} \sqrt{1 + m^2}$$

$$R_{1..n} = \frac{S_{1..n}}{O_{1..n}}$$

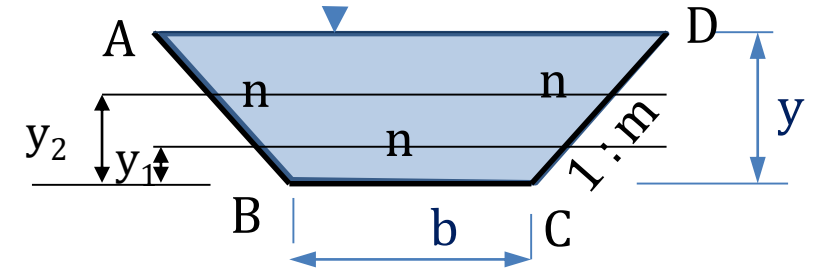
2) Výpočet Chézyho rychlostního součinitele

$$C_{1..n} = \frac{1}{n} R_{1..n}^{1/6}$$

3) Výpočet průtoků $Q_{1..n}$

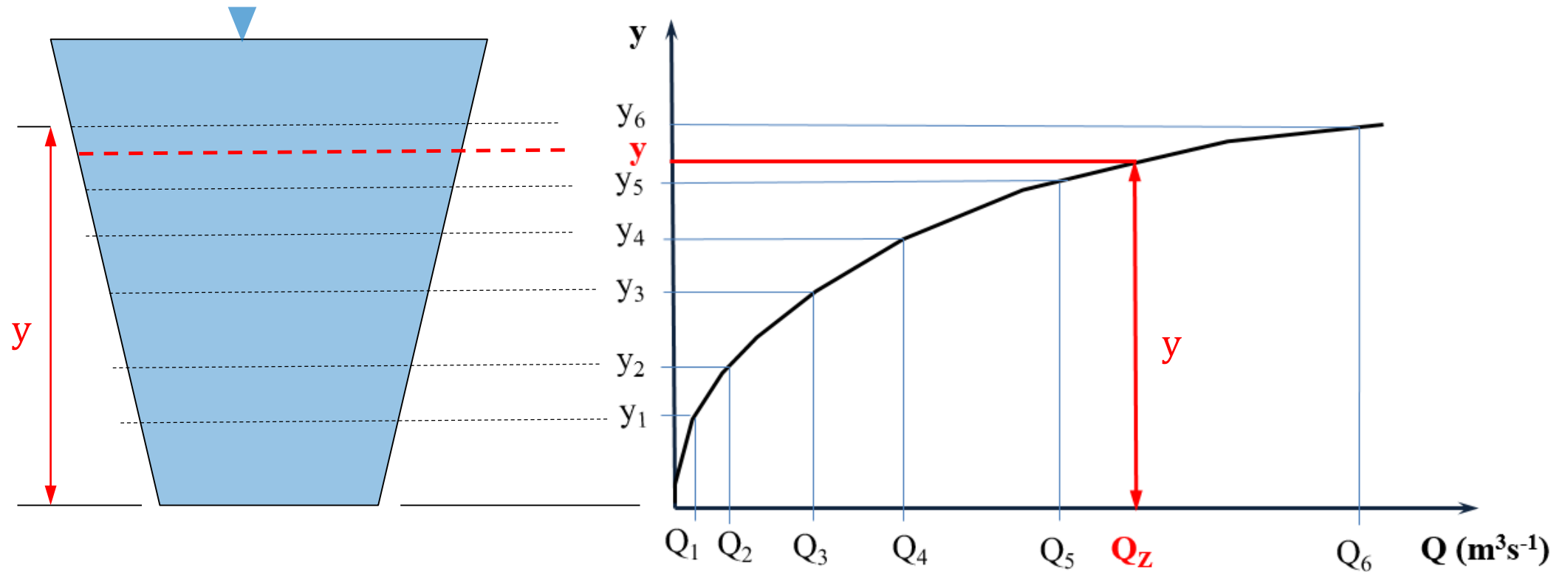
$$Q_{1..n} = C_{1..n} S_{1..n} \sqrt{R_{1..n} i_0}$$

Lichoběžníkový profil



Základní úlohy rovnoměrného proudění

d) Určení hloubky y ... Grafická část (konzumční křivka (měrná křivka profilu) tj. závislost $Q(y)$)



Měrná křivka profilu (konsumpční, konzumční)

Základní úlohy rovnoměrného proudění

e) Určení šířky ve dně b ($Q(b)$)

Dáno: Q , n , y , m , n , b

Postup

Volba b – $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$

1) Určení odvozených geometrických parametrů

$$S_{1..n} = (b_{1..n} + m \cdot y) \cdot y \quad O_{1..n} = b_{1..n} + 2 \cdot y \sqrt{1 + m^2}$$

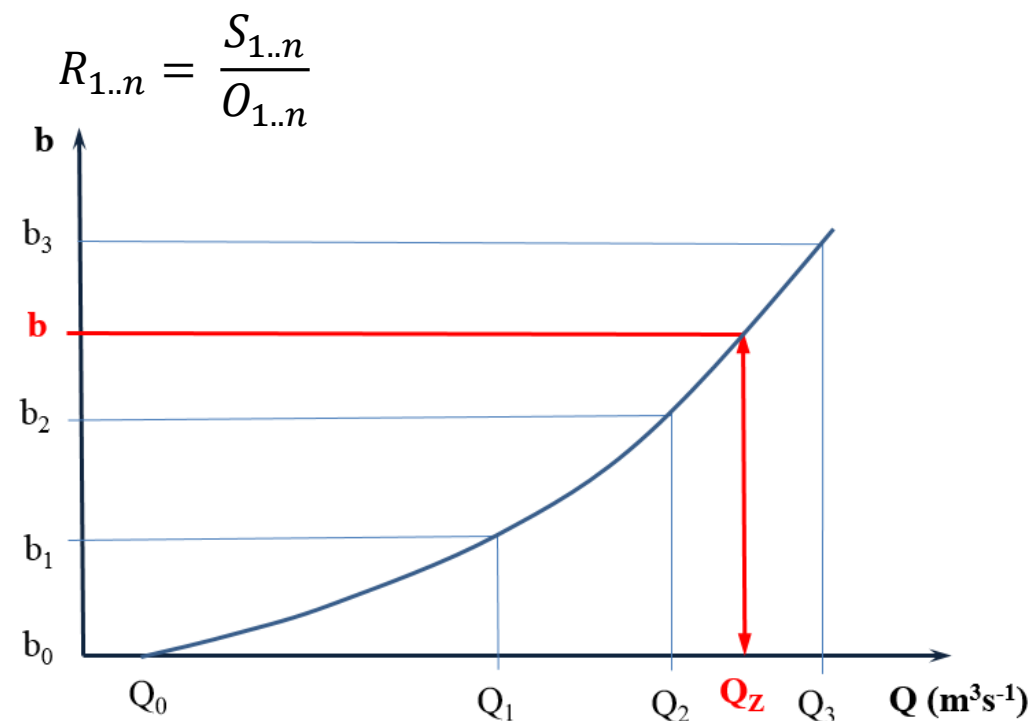
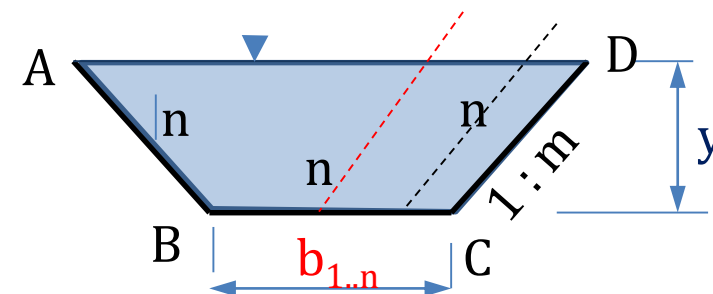
2) Výpočet Chézyho rychlostního součinitele

$$C_{1..n} = \frac{1}{n} R_{1..n}^{1/6}$$

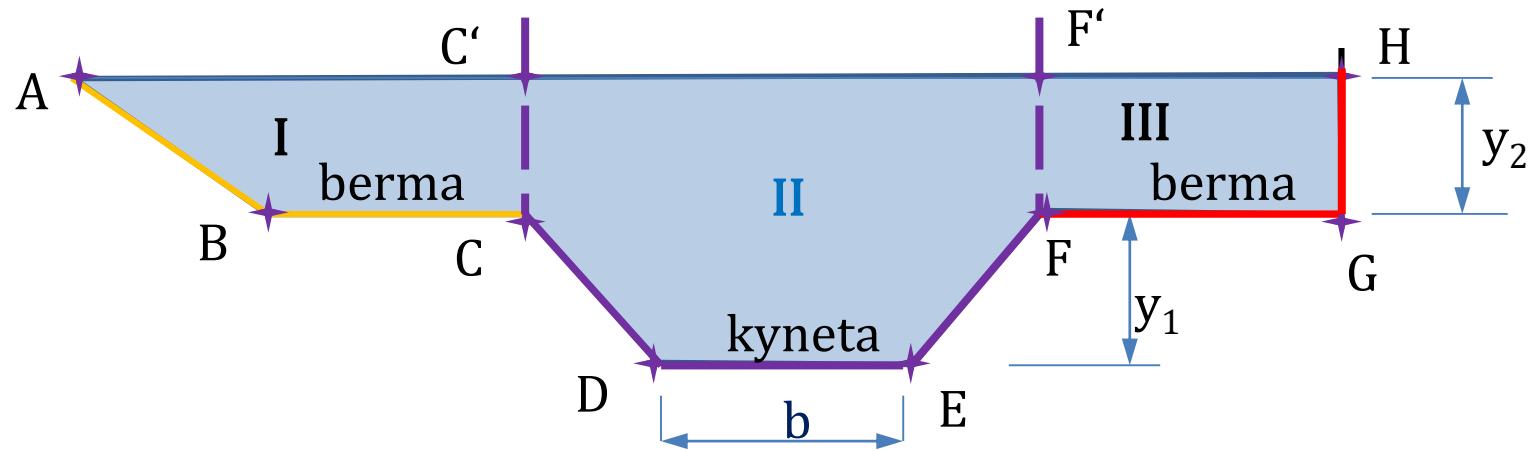
3) Výpočet průtoků $Q_{1..n}$

$$Q_{1..n} = C_{1..n} S_{1..n} \sqrt{R_{1..n} i_0}$$

Lichoběžníkový profil



Výpočet složených profilů



Složený profil řešíme jako součet jednoduchých profilů

$$Q = Q_I + Q_{II} + Q_{III}$$

!! U části II do omočeného obvodu připočítáváme svislice **CC'** a **FF'**
!! na svislicích **CC'** a **FF'** bereme stejný stupeň drsnosti jako v hlubší části tj. v kynetě



Konec

Přednášky_5