

## Stanovení rychlosti proudění a průtoku na malém vodním toku

### Úvod do problematiky

Na místech, kde chybí hydrometrická měření, jsou často kulminační průtoky povodní odvozovány nepřímou na základě výšky vodní hladiny, kterou lze rekonstruovat podle povodňových stop. Stejný postup může být použit pro odhad průtoku při jiných vodních stavech, např. pro hloubku kapacitního průtoku nebo hloubku při základním odtoku. Nepřímé metody mohou být rovněž použity pro extrapolaci konsumpční křivky (tzn. vztahu mezi vodními stavy a průtoky).

Často používanou nepřímou metodou je výpočet průtoku z morfologických charakteristik koryta (sklon, plocha průtočného profilu). (V anglicky psané literatuře označovaná jako *slope-area method*) Nejběžnější je pro výpočet průtoku použití Manningovy rovnice:

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$

kde  $Q$  = průtok ( $\text{m}^3/\text{s}$ ),  $n$  = Manningův drsnostní koeficient,  $A$  = plocha průtočného profilu ( $\text{m}^2$ ),  $R$  = hydraulický rádius (m), a  $S$  = sklon vodní hladiny.

Pro získání korektních výsledků je zapotřebí pečlivě vybrat úsek vodního toku tak, aby byla, pokud možno, splněna podmínka rovnoměrného proudění. Tím je myšleno, že šířka, hloubka, rychlost proudění, zrnitost dnových splavenin a sklon koryta v přímém úseku toku zůstávají konstantní. Zvolen by měl být přímý, co nejvíce homogenní úsek s délkou rovnou alespoň pětinašobku průměrné šířky koryta.

Prvním krokem je identifikovat v korytě nebo nivě úroveň vodní hladiny, která nás zajímá. Může to být úroveň kapacitního průtoku nebo stopy po hladině vody zvýšené za povodně. Jednou z největších obtíží při aplikaci této metody je přesný odhad Manningova koeficientu drsnosti.

### Stanovení drsnosti koryta (Manningova koeficientu drsnosti)

1. Před výpočtem průměrné rychlosti proudění v průtočném profilu je třeba určit vliv tření o dno, břehy, případně o povrch nivy. Drsnost těchto povrchů se kvantitativně vyjádří pomocí Manningova koeficientu drsnosti  $n$ .
2. Výpočet koeficientu provedte podle následující rovnice:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) m_5$$

$n_0$  až  $m_5$  postihují různé prvky drsnosti koryta, jejich hodnoty obsahuje následující tabulka (podle Cowan, 1956 a Jarrett, 1985):

Základní hodnota $n$ , $n_0$ (zrnitost substrátu)	
půda	0,020
skalní podloží	0,025
jemný štěrk	0,024
hrubý štěrk	0,028
kameny	0,030-0,050
balvany	0,040-0,070
Nepravidelnosti povrchu, $n_1$	
hladké koryto	0,000
malé (slabě erodované nebo prohloubené)	0,005
střední (slabě sesouvání)	0,010
velké (sesuvy, erodované břehy, skalní výčnělky)	0,020
Variabilita tvaru průtočného profilu způsobující turbulenci, $n_2$	
změna probíhá pozvolna	0,000
občasné změny z velkého na malé nebo proudnice rozkmitaná od břehu ke břehu	0,005
časté změny	0,010-0,015
Působení překážek (stromy, kořeny, balvany), $n_3$	

zanedbatelné (několik rozptýlených překážek)	0,000
malé (překážky izolované, 15% plochy)	0,010-0,015
podstatné (propojení překážek, které zabírají 15-50% plochy)	0,020-0,030
silné (překážky pokrývají > 50% plochy nebo způsobují na většině plochy turbulenci)	0,040-0,060
<i>Vegetace, n<sub>4</sub></i>	
žádná nebo bez efektu	0,000
ohebné semenáčky nebo hustá tráva/makrofyta	0,005-0,010
křovitý porost, žádný porost na dně koryta; makrofyta zasahující celou hloubku proudění	0,010-0,025
mladé stromy s podrostem travin a bylin; makrofyta s dvakrát vyšší než hloubka proudění	0,025-0,050
Křovitý porost na břehu, hustý porost v korytě; stromy s podrostem trav a bylin; plné olistění	0,050-0,100
<i>Křivolakost, m<sub>5</sub></i>	
malá (křivolakost 1,0 - 1,2)	1,00
podstatná (1,2 - 1,5)	1,15
silná (> 1,5)	1,30

3. Pokud má inundační území více částí, které se výrazně liší svojí drsností, je třeba Manningovo  $n$  vypočítat pro každou tuto část zvlášť.

#### *Výpočet rychlosti proudění a průtoku (Q) - aktuální a kapacitní*

- Z grafů příčných profilů zjistěte následující parametry:
  - plochu průtočného profilu - zvlášť pro aktuální vodní stav, kapacitní průtok a kulminační průtok (A)
  - omočený obvod (P)
  - vypočtete hydraulický rádius ( $R = A/P$ )
- Z nivelace podélného profilu zjistěte sklon aktuální vodní hladiny a sklon vodní hladiny za povodně ( $S = \Delta H/L$ ), H ... převýšení úseku (m), L ... délka úseku (m).
- Proveďte výpočet průtoku podle následující rovnice:

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S^{1/2}$$