



FAKULTA
STAVEBNÍ

ústav vodních staveb

BR51

Hydraulika a hydrologie

3. numerické cvičení

Program numerických cvičení

- Hydrostatika, Základy hydrodynamiky
- Proudění vody v potrubí, Výtok otvorem, Přepad
- **Proudění vody v korytech, Hydrologie**

Web cvičení: <https://www.fce.vutbr.cz/VST/zubik.p/>

Proudění vody v korytech

Ustálené proudění vody ($Q = \text{konst.}$) v otevřených korytech

Rovnoměrné ($S, i = \text{konst.}$)

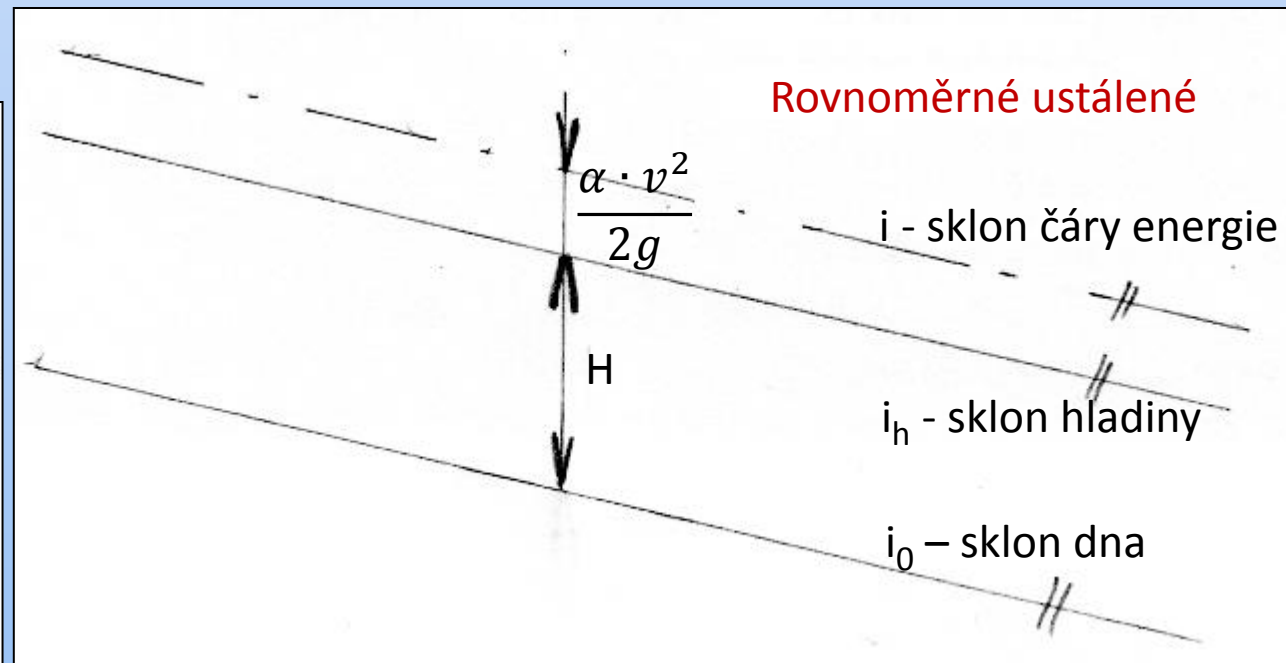
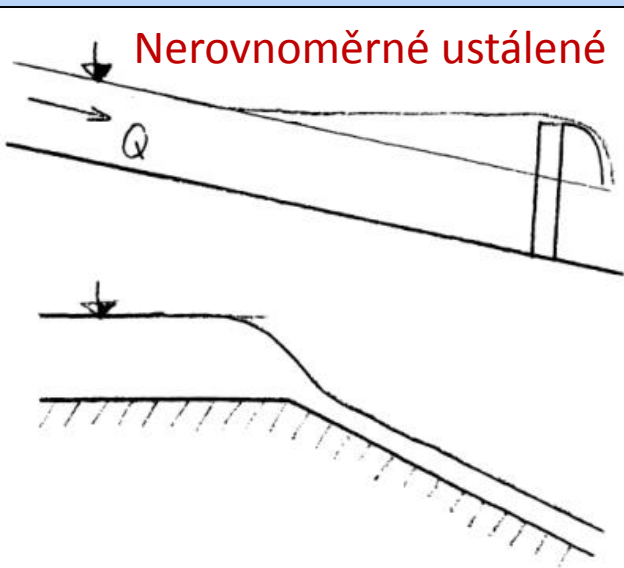
Nerovnoměrné ($S, i \neq \text{konst.}$)

Při rovnoměrném ustáleném proudění jsou průtok, průřezová rychlost a průtočná plocha v čase neměnné.

Rovnoměrné ustálené proudění vody v otevřených korytech může nastat pouze když koryto

nemění průřez (po délce)

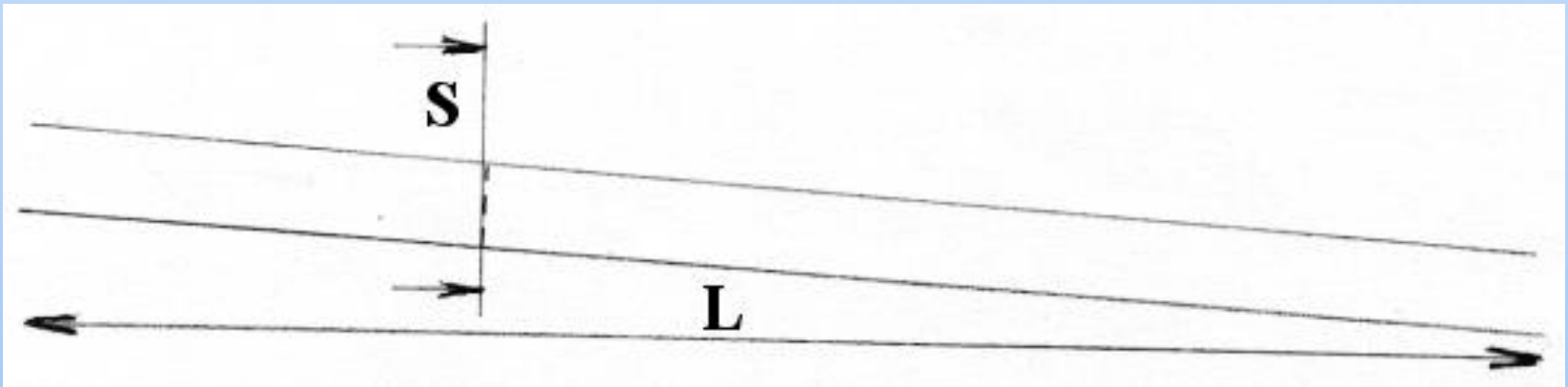
má konstantní sklon dna



Proudění vody v korytech

Při řešení úloh předpokládáme že:

- Tlak se mění podle pravidel hydrostatiky
- Sklon dna je tak malý že:
 - Délku koryta lze nahradit vodorovným průmětem
 - Průřez lze nahradit svislým řezem



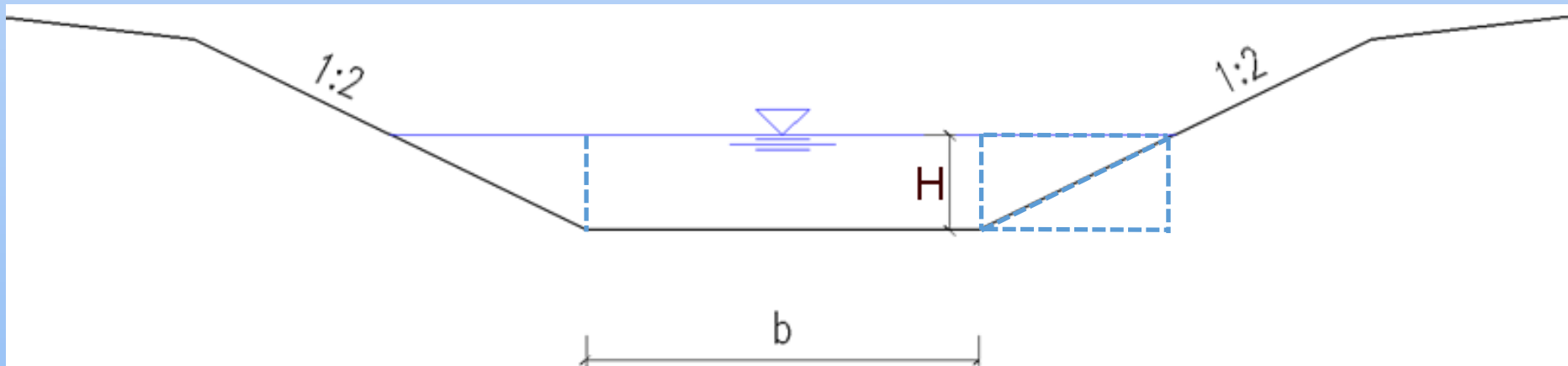
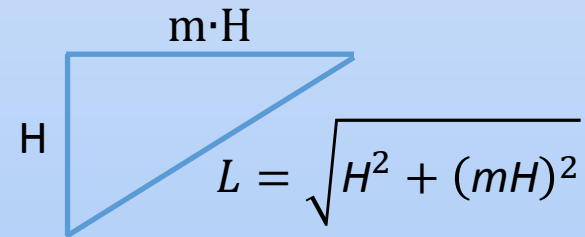
Proudění vody v korytech

- S = průřezová plocha
- $S = bH + mH^2$, lichoběžníkového profilu

svah 1:2 $\Rightarrow m=2$

svah 1:1 $\Rightarrow m=1$

- O = omočený obvod
- $O = b + 2\sqrt{H^2 + (mH)^2}$



Proudění vody v korytech

- $R = \frac{S}{O}$ Hydraulický poloměr [m]
- $C = \frac{1}{n} R^{1/6}$ Rychlostní součinitel dle Manninga [m^{0,5}/s]

Další vzorce dle Pavlovského, Stricklera, Agroskina ...

- $v = C \sqrt{Ri}$ Rychlost – Chézyho rovnice ⁽¹⁷⁷⁵⁾ [m/s]
- $Q = S \cdot v$ Průtok [m³/s]

n Drsnostní součinitel [-]

i Sklon čáry energie [-]

Proudění vody v korytech

- Obvyklé drsnostní součinitele:

$$n = 0,035$$

$$n = 0,150$$



Dvě nejčastější úlohy:

- Stanovení rychlosti $v = \frac{Q}{S}$ nebo průtoku $Q = S \cdot v$
- Navržení sklonu: $i = \frac{Q^2}{S^2 C^2 R}$

FOTOGRAFICKÝ KATALOG DRSNOSTÍ

MOTIVACE

JEDNÍM Z NEJČASTĚJŠÍCH HYDRAULICKÝCH ÚKOLŮ NEJEN NA ÚSTAVU VODNÍCH STAVEB JE **VÝPOČET KAPACITY** STÁVAJÍCÍHO KORYTA, KAPACITY KORYTA NAVRHOVANÉ ÚPRAVY NEBO REVITALIZACE VODNÍHO TOKU A STANOVENÍ ROZSAHU ZÁPLAVOVÝCH ÚZEMÍ. VÝPOČET PRŮTOKU V OTEVŘENÝCH KORYTECH (ŘEKY, POTOKY, UMĚLÉ KANÁLY) LZE PROVÉST NA ZÁKLADĚ ZNALOSTI ROZMĚRŮ KORYTA, PODÉLNÉHO SKLONU TOKU A **DRUHU POVRCHU**, TZV. DRSNOSTI. PRVNÍ DVA JMENOVANÉ PARAMETRY STÁVAJÍCÍHO KORYTA LZE GEODETICKY ZMĚŘIT, U PROJEKTOVANÉHO NEBO UPRAVOVANÉHO KORYTA JSOU TYTO PARAMETRY SOUČÁSTÍ NÁVRHU. DRSNOST POVRCHU JE OVŠEM NUTNÉ ODHADNOUT, EXISTUJE MNOHO TABULEK, VE KTERÝCH SE NACHÁZÍ SLOVNÍ POPIS POVRCHU KORYTA NEBO MATEMATICKÝCH ČI EMPIRICKÝCH VZTAHŮ, KTERÉ VYJADŘUJÍ DRSNOST POMOCÍ ZÁKLADNÍCH GEOMETRICKÝCH CHARAKTERISTIK (NAPŘ. VELIKOST ZRNA), PRO SVOU JEDNODUCHOST SE ALE NEJČASTĚJI POUŽÍVÁ BEZROZMĚRNÁ HODNOTA, TZV. **MANNINGŮV SOUČINITELE DRSNOSTI**.

PŘESNOST ZVOLENÉ HODNOTY DRSNOSTI ZÁVISÍ NA **ZKUŠENOSTECH** STUDENTA, KTERÝ SOUČINITELE STANOVUJE, TUTO ZNALOST JE POTŘEBA BĚHEM STUDIA CO NEJVIČE **PROHLUBIT**. STUDENTŮM ZAČÁTEČNÍKŮM JSOU OBVYKLE ZADÁNY HODNOTY DRSNOSTI, KTERÉ POTŘEBUJÍ K VÝPOČTU, SE STRUČNÝM SLOVNÍM POPISEM. STUDENTŮM VYŠŠÍCH ROČNÍKŮ JSOU ČASTĚJI ZADÁVÁNY KONKRÉTNÍ LOKALITY VE FORMĚ VÝKRESU A FOTOGRAFIÍ, Z NICHŽ LZE ODEČÍST POLOHOVIS A VÝSKOPIS A ODHADNOUT DRSNOSTNÍ SOUČINITELE. SLOŽITĚJŠÍ ÚSEK KORYTA TOKU JE OBVYKLE MODELOVÁN BEZPLATNÝM PROGRAMEM HEC-RAS.

V **TABULKÁCH**, Z NICHŽ LZE SOUČINITELE DRSNOSTI URČIT, JE **KORYTO POPISOVÁNÉ SLOVNĚ** PŘI SROVNÁNÍ TABULEK RŮZNÝCH AUTORŮ LZE VYZOZOROVAT, ŽE PRO JEDNO SLOVNÍ OZNAČENÍ (NAPŘ. ZAROSTLÉ KORYTO) LZE VYČÍST RŮZNÉ HODNOTY SOUČINITELE (OBVYKLE PRO VYŠŠÍ PRŮTOK). UKAZUJE SE, ŽE POUŽÍVÁNÍ SLOVNÍHO OZNAČENÍ NENÍ DOSTATEČNÉ, A PROTO JE VHDNÉ JEJ **DOPLNIT FOTOGRAFIEMI** SKUTEČNÉHO TOKU S HODNOTAMI SOUČINITELE DRSNOSTI. NA INTERNETU LZE NALÉZT ZAHRANIČNÍ KATALOGY FOTOGRAFIÍ SE STANOVENÝM SOUČINITELEM DRSNOSTI, OVŠEM UVEDENÉ TYPY ŘEK (ŠÍŘKA, TVAR KORYTA, ZPŮSOB ÚPRAVY) A VEGETACE JSOU V NĚKTERÝCH PŘÍPÁDECH ODLIŠNÉ OD ŘEK VYSKYTUJÍCÍCH SE V ČESKÉ REPUBLICE.

CÍLE PROJEKTU

CÍLEM PROJEKTU JE STUDENTŮM UMOŽNIT PŘÍSTUP K VEŘEJNĚ PŘÍSTUPNÉMU **SOUBORU FOTOGRAFIÍ RŮZNÝCH TYPŮ TOKŮ**, U KTERÝCH JE KROMĚ **SOUČINITELE DRSNOSTI** UVEDEN I **NÁZEV LOKALITY A PRŮTOK**. SOUBOR FOTOGRAFIÍ BUDE U STUDENTŮ OBORU VODNÍ HOSPODÁŘSTVÍ A VODNÍ STAVBY PODPOROVAT SAMOSTATNÉ PŘESNĚJŠÍ, JISTĚJŠÍ A RYCHLEJŠÍ STANOVENÍ MANNINGOVA SOUČINITELE DRSNOSTI VE CVIČENÍCH. SOUBOR FOTOGRAFIÍ ROVNĚŽ POMŮŽE PŘEDSTAVIT SI POPISOVANÉ TYPY TOKŮ V TABULKÁCH. POMŮCKU LZE VYUŽÍT V RÁMCI ŘEŠENÍ BAKALÁRSKÉ, DIPLOMOVÉ NEBO DIZERTAČNÍ PRÁCE ČI JINÉHO ŠKOLNÍHO PROJEKTU. K DISPOZICI JE **TABULKA, PŘEHLEDNÁ A PODROBNÁ VERZE KATALOGU**.

KROMĚ FOTOGRAFICKÝCH PODKLADŮ JE CÍLEM PROJEKTU TAKY SHRNOUT SOUČASNÉ POZNATKY O ŘEŠENÉM TÉMATU A SEZNÁMIT STUDENTY S **FAKTORY, KTERÉ SE NA VÝSLEDNÉ HODNOTĚ DRSNOSTI PODÍLÍ**. NA DRSNOST MÁ VLIV MATERIÁL DNA A SVAHŮ, TVAR PŘÍČNÉHO PROFILU, VELIKOST PRŮTOKU (VODNÍHO STAVU), PŘÍTOMNOST VEGETACE, VÝSKYT DNŮVÝCH ÚTVARŮ, VÝMOLŮ A NÁNOSŮ, ROČNÍ OBDOBÍ (VEGETACE, LEDOCHOD), ÚDRŽBA KORYTA, PŘÍTOMNOST OBJEKTŮ V TOKU A MÍRA MEANDROVÁNÍ. TYTO FAKTORY, NĚKTERÉ DALŠÍ METODY VYJÁDRĚNÍ DRSNOSTI A POSTUP STANOVENÍ DRSNOSTI MĚŘENÍM V TOKU POPISUJE **E-LEARNINGOVÝ KURZ**, KTERÝ JE PŘÍSTUPNÝ Z INTERNETOVÝCH STRÁNEK ÚSTAVU VODNÍCH STAVEB A ZE STRÁNEK AUTORA, KTERÉ SE TYKAJÍ VÝUKY VODOHOSPODÁŘSKÝCH PŘEDMĚTŮ.

O PROJEKTU

FRVŠ 2002 / 2011 - URČENÍ SOUČINITELE DRSNOSTI OTEVŘENÝCH KORYT

ŘEŠITELÉ: ING. LUKÁŠ SMELÍK - ING. HANA UHMANNOVÁ, CSC. - ING. LUCIE FOLTÝNOVÁ

INTERNETOVÉ STRÁNKY <http://vst.fce.vutbr.cz>
PŘÍMÝ ODKAZ <http://sites.google.com/site/katalogdrsnosti>

UKÁZKA KATALOGU

A. UMĚLÁ NEBO UPRAVENÁ KORYTA

1. KAMENNÁ DLAŽBA NA SUCHO

DRSNOST: MINIMUM - 0,023 OPTIMUM - 0,032 MAXIMUM - 0,035



2. KAMENNÉ DNO, STĚNY Z HRUBÉHO BETONU, LOM. KAMENE NEBO POHOZU

DRSNOST: MINIMUM - 0,025 OPTIMUM - 0,035 MAXIMUM - 0,045



C. PŘÍROZENÁ MALÁ KORYTA

1. MALÝ TOK BEZ PŘEJÍ A TŮNÍ S KAMENY A PLEVELEM

DRSNOST: MINIMUM - 0,030 OPTIMUM - 0,035 MAXIMUM - 0,040



2. MALÝ TOK S VÝRAZNÝMI PŘEJÍMI NEBO TŮNĚMI

DRSNOST: MINIMUM - 0,040 OPTIMUM - 0,048 MAXIMUM - 0,055



3. MALÝ TOK S PLEVELEM A TŮNĚMI

DRSNOST: MINIMUM - 0,050 OPTIMUM - 0,070 MAXIMUM - 0,080



4. MALÝ VELMI ZAPLEVENÝ TOK S TŮNĚMI

DRSNOST: MINIMUM - 0,075 OPTIMUM - 0,100 MAXIMUM - 0,150



5. HORSKÝ BALVANITÝ TOK, KEŘE A STROMY ZAPLAVENÉ BĚHEM POVODNÍ

DRSNOST: MINIMUM - 0,040 OPTIMUM - 0,050 MAXIMUM - 0,070



B. VYHLoubENÁ NEBO HLINITÁ KORYTA

1. PŘÍMÉ PRAVIDELNÉ KORYTO SE ŠTĚRKOVÝM DNEM

DRSNOST: MINIMUM - 0,022 OPTIMUM - 0,025 MAXIMUM - 0,030



2. KORYTO BEZ VEGETACE

DRSNOST: MINIMUM - 0,025 OPTIMUM - 0,028 MAXIMUM - 0,033



3. KORYTO S ŘÍDKÝMI KEŘI NA BŘEŽÍCH

DRSNOST: MINIMUM - 0,035 OPTIMUM - 0,050 MAXIMUM - 0,060



4. NEUDRŽOVANÉ KORYTO S PLEVELNOU TRÁVOU, PŘÍPADNĚ S ŘÍDKÝ

DRSNOST: MINIMUM - 0,050 OPTIMUM - 0,080 MAXIMUM - 0,120



D. PŘÍROZENÁ VELKÁ KORYTA

1. VELKÝ PRAVIDELNÝ TOK BEZ BALVANŮ A KEŘŮ

DRSNOST: MINIMUM - 0,025 OPTIMUM - 0,040 MAXIMUM - 0,060



2. VELKÝ PRAVIDELNÝ TOK S BALVANY NEBO KEŘI

DRSNOST: MINIMUM - 0,030 OPTIMUM - 0,055 MAXIMUM - 0,090



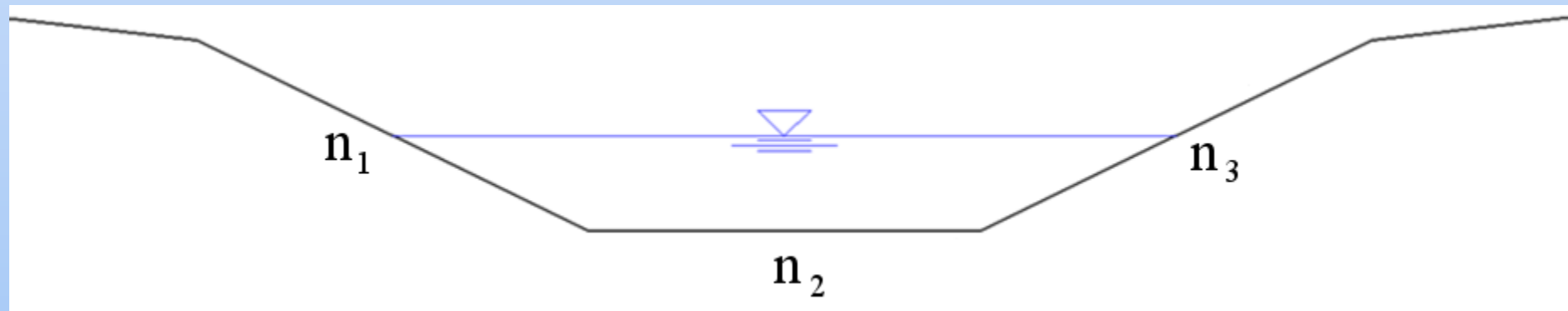
3. VELKÝ TOK S ŘÍDKÝMI KEŘI A OJEDINĚLÝMI STROMY

DRSNOST: MINIMUM - 0,040 OPTIMUM - 0,060 MAXIMUM - 0,080



Vážený průměr drsnosti:

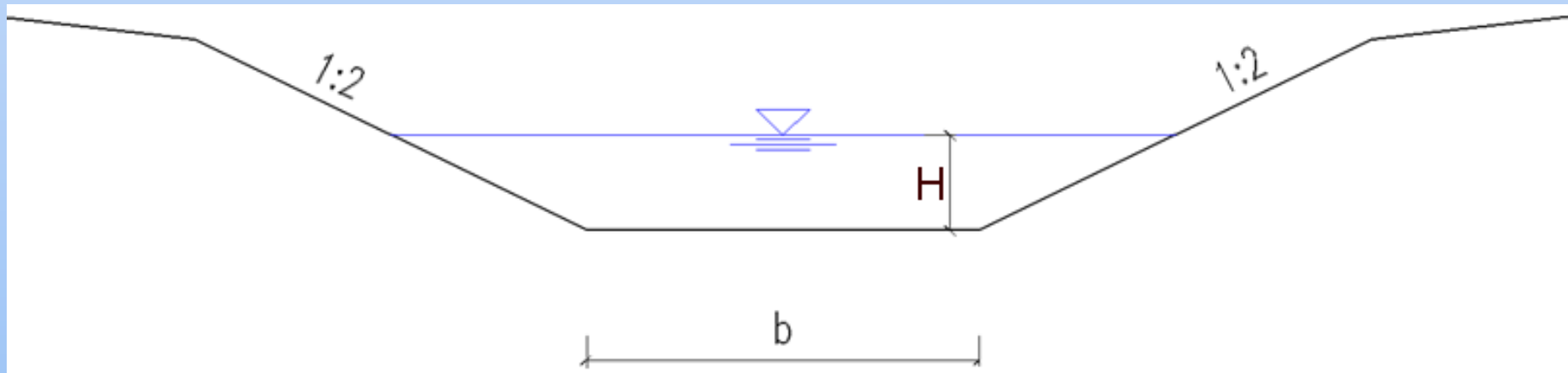
$$n = \frac{n_1 O_1 + n_2 O_2 + n_3 O_3}{O_1 + O_2 + O_3} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i O_i}{\sum_{i=1}^k O_i}$$



Příklad C.1

Vypočítejte průtok za daných parametrů:

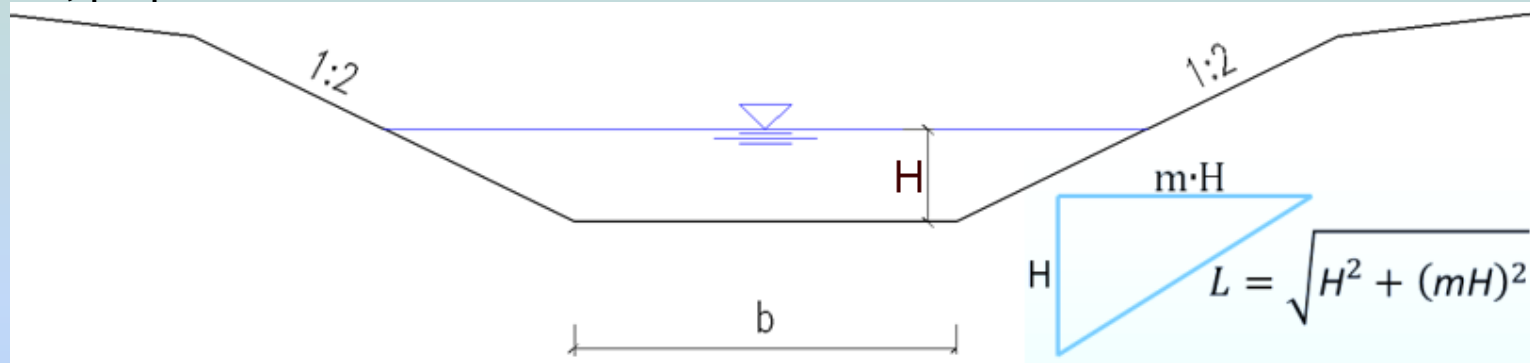
- $b = 0,25N$ [m]
- $H = (0,1M + 0,1N)[m]$
- $n_{dno} = 0,03[-]$
- $n_{svah} = 0,04[-]$
- $i = 0,4$ [‰]
- $Q = ?$ [m³/s]



Příklad C.1

Vypočítejte průtok za daných parametrů:

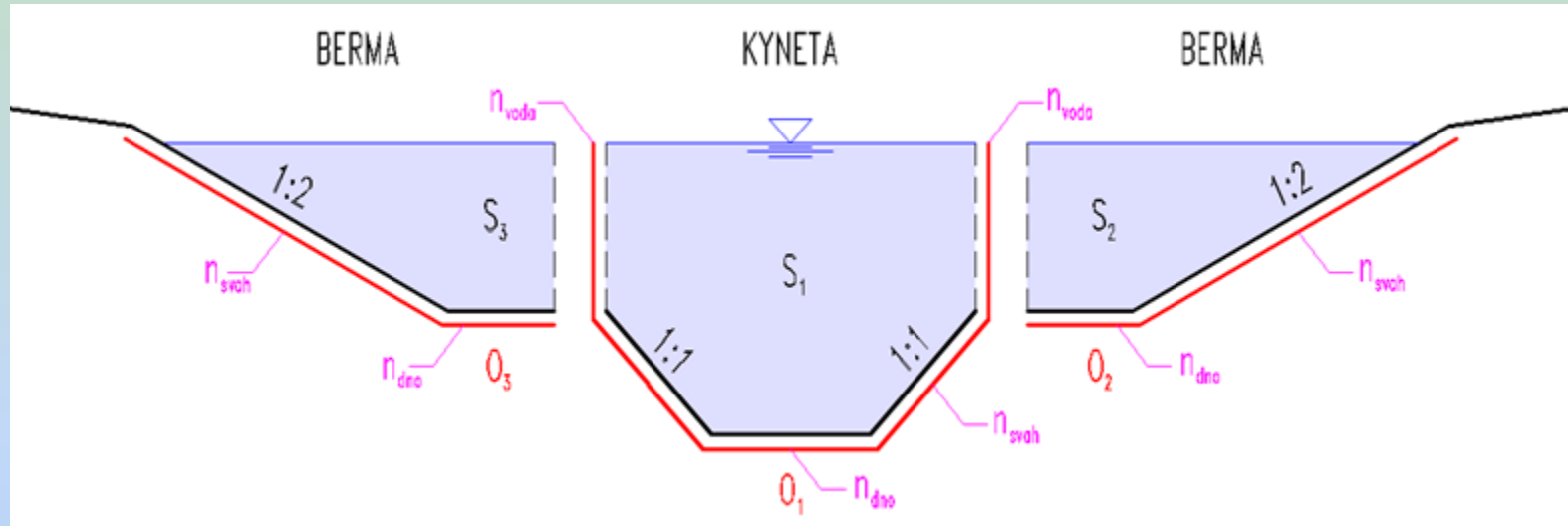
- $b = 0,25N$ [m]
- $H = (0,1M + 0,1N)[m]$
- $n_{dno} = 0,03[-]$
- $n_{svah} = 0,04[-]$
- $i = 0,4$ [‰]
- $Q = ?$ [m³/s]



- $i = 0,4/1000$ [-]
- $L = \sqrt{H^2 + (m \cdot H)^2}$, $S = b \cdot H + m \cdot H^2$, $O = b + 2 \cdot L$
- vážený průměr drsnosti $n = \frac{n_{dno} \cdot b + 2 \cdot n_{svah} \cdot L_{svah}}{2 \cdot L_{svah} + b}$

$$n = \frac{n_1 O_1 + n_2 O_2 + n_3 O_3}{O_1 + O_2 + O_3} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i O_i}{\sum_{i=1}^k O_i}$$
- $R = \frac{S}{O}$, $C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}$, $v = C \sqrt{R \cdot i}$, $Q = S \cdot v$

Proudění vody ve složených korytech

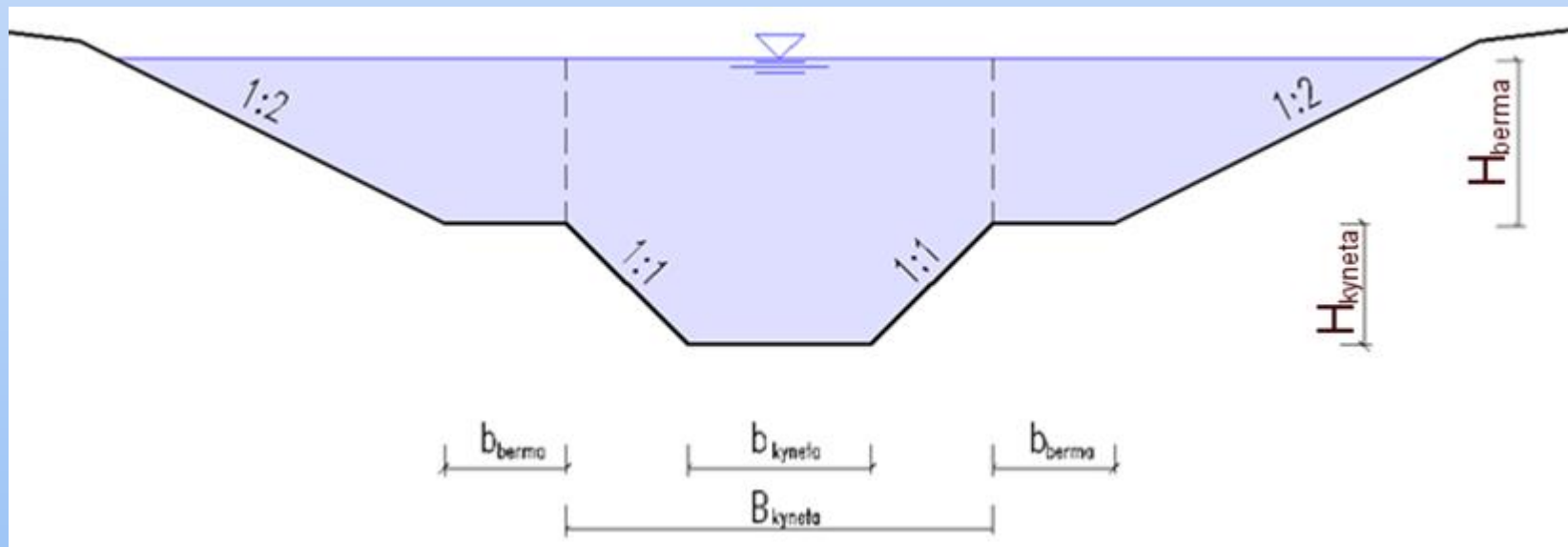


- odděleně výpočet průtoku v kynetě a v bermách
- náhradní drsnost n_{voda} se uplatňuje pouze při výpočtu průtoku v kynetě
- $n_{voda} = 0,01[-]$

Příklad C.2

Vypočítejte průtok a vynesete Q-H křivku s krokem $\Delta H=0,05[\text{m}]$:

- $b_{Kyneta} = 0,2M [\text{m}]$ • $n_{Kdno} = 0,03$ • $n_{Bdno} = 0,05$
 - $b_{Berma} = 0,4 M [\text{m}]$ • $n_{Ksvah} = 0,04$ • $n_{Bsvah} = 0,06$
 - $H_{Kyneta} = 0,5 [\text{m}]$ • $i = 0,7 [\text{‰}]$
 - $H_{Berma} = 0,5 [\text{m}]$ • $Q = ? [\text{m}^3/\text{s}]$
- pro $N=1$ až 10 : $H=0,05N+0,5$
 $N=11$, $H=0,53$; $N=12$, $H=0,98$
 $N=13$, $H=0,58$; $N=14$, $H=0,88$



Příklad C.2

Vypočítejte průtok a vynesete Q-H křivku $\Delta H=0,05[m]$:

- $b_{Kyneta} = 0,2M [m]$
 - $b_{Berma} = 0,4 M [m]$
 - $H_{Kyneta} = 0,5 [m]$
 - $H_{Berma} = 0,5 [m]$
 - $n_{Kdno} = 0,03$
 - $n_{Ksvah} = 0,04$
 - $i = 0,7 [‰]$
 - $Q = ? [m^3/s]$
 - $n_{Bdno} = 0,05$
 - $n_{Bsvah} = 0,06$
- pro $N=1$ až 10 : $H=0,05N+0,5$
 $N=11$, $H=0,53$; $N=12$, $H=0,98$
 $N=13$, $H=0,58$; $N=14$, $H=0,88$

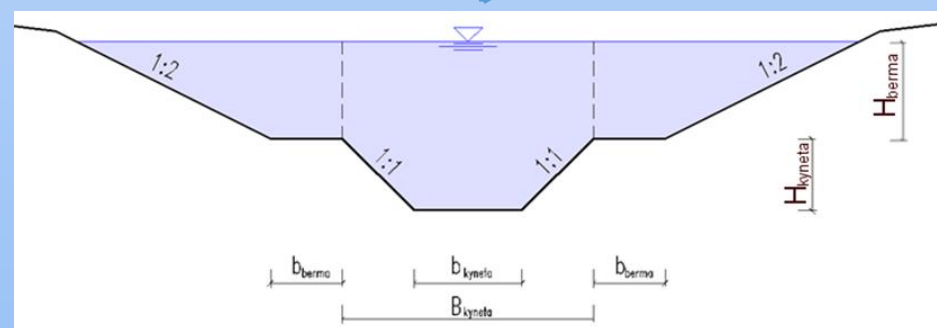
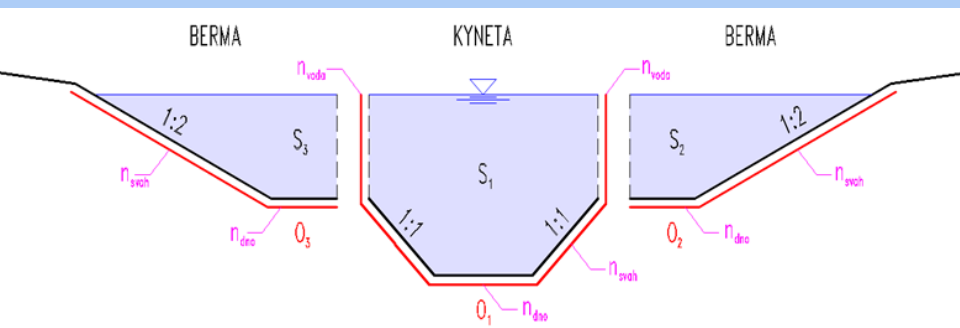
$$i = 0,7/1000 [-], B_K = b_K + 2 \cdot m_K \cdot H_K,$$

pro $H > H_K$: $S_1 = b_K \cdot H_K + m_K \cdot H_K^2 + B_K \cdot (H - H_K)$, $S_2 = b_B \cdot (H - H_K) + m_B \cdot (H - H_K)^2/2$, $O_1 = b_K + 2 \cdot L_K + 2 \cdot (H - H_K)$, $O_2 = b_B + L_B$,

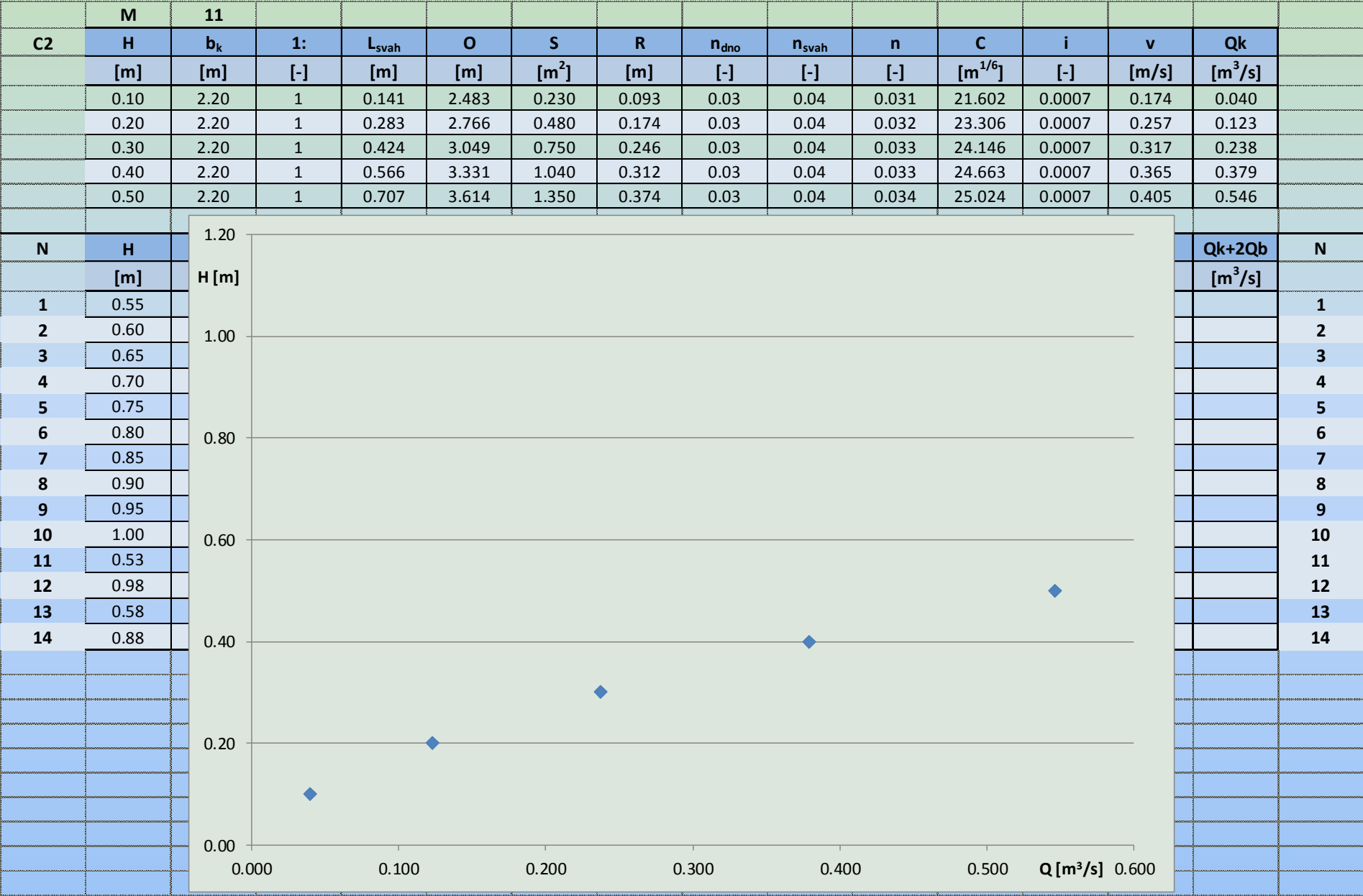
$$n_K = \frac{n_{Kdno} \cdot b_K + 2 \cdot n_{Ksvah} \cdot L_{Ksvah} + 2 \cdot n_{voda} \cdot (H - H_K)}{b_K + 2 \cdot L_{Ksvah} + 2 \cdot (H - H_K)}, n_B = \frac{n_{Bdno} \cdot b_B + n_{Bsvah} \cdot L_{Bsvah}}{b_B + L_{Bsvah}},$$

$$R = \frac{S}{O}, C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}}, v = C \sqrt{R \cdot i}, Q = S \cdot v$$

$$L_i = \sqrt{H_i^2 + (m_i \cdot H_i)^2}$$

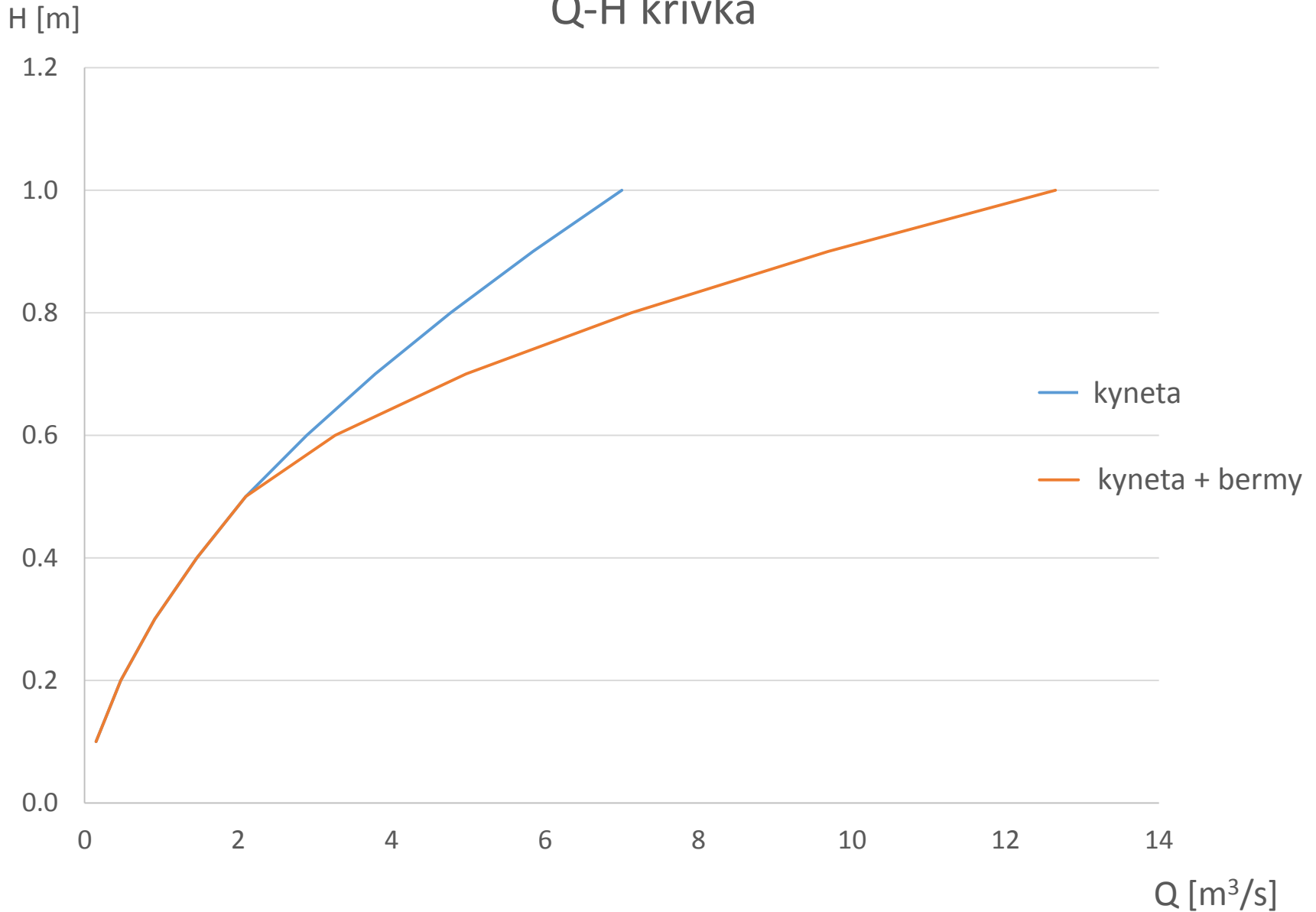


Příklad C.2



Příklad C.2

Q-H křivka

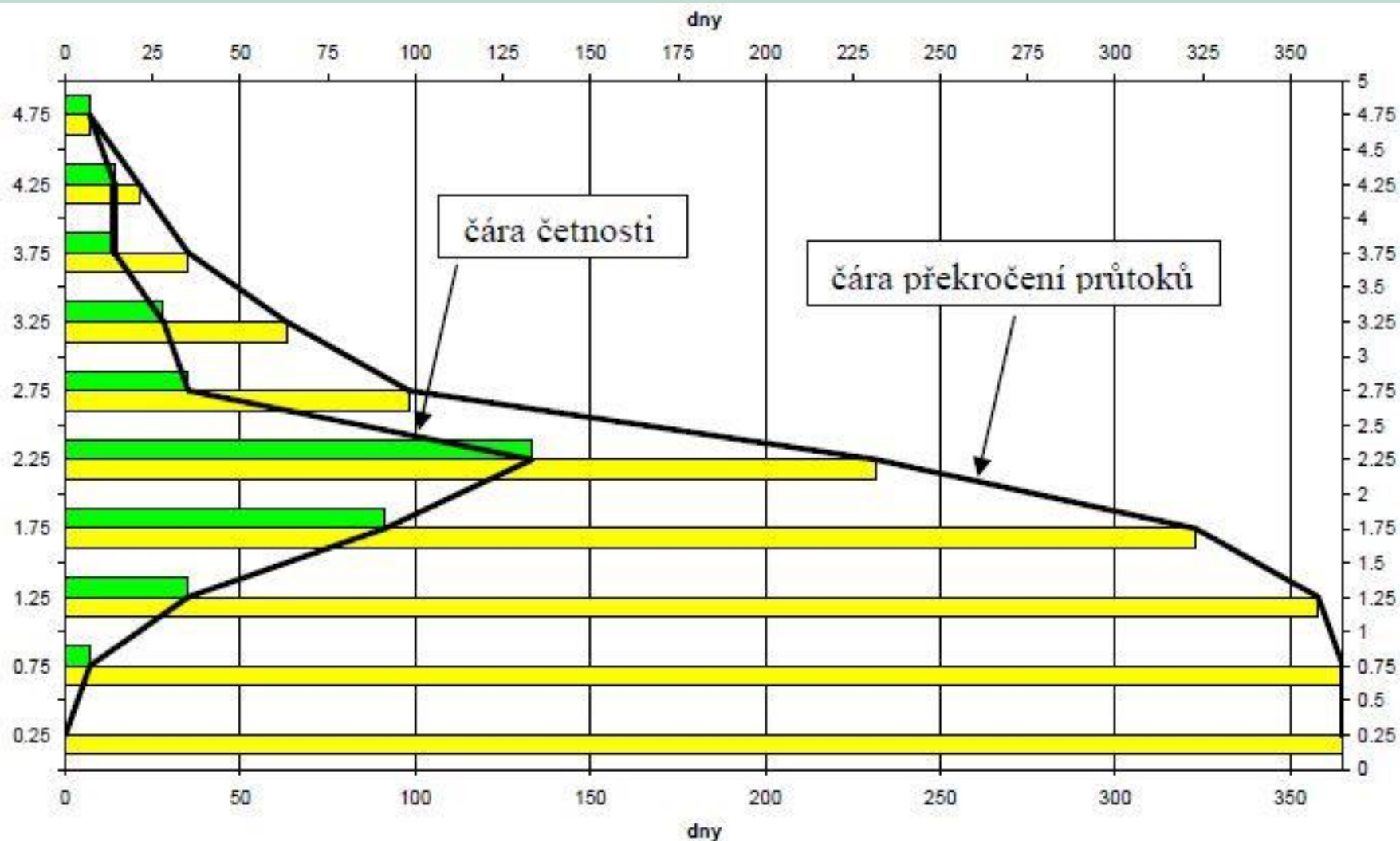


Čára překročení a čára četnosti

- Čára překročení
 - Kolikrát nebo po jakou dobu byl průtok v určitém období dosažen nebo překročen
 - m-denní průtok – průtok dosažený nebo překročený m dní v roce
- Čára četnosti
 - Počet prvků se stejnou hodnotou statistického znaku

<i>i</i>	<i>Třídní interval</i>	<i>Třídní znak</i>	<i>Absolutní četnost</i>	<i>Relativní četnost</i>	<i>Absolutní kumulativní četnost</i>	<i>Relativní kumulativní četnost</i>
1	0.00 - 0.49	0.25	0	0	52	=52/52=1.000
2	0.50 - 0.99	0.75	1	1/52 = 0.019	52	=52/52=1.000
3	1.00 - 1.49	1.25				
4	1.50 - 1.99	1.75				
5	2.00 - 2.49	2.25				
6	2.50 - 2.99	2.75				
7	3.00 - 3.49	3.25				
8	3.50 - 3.99	3.75				
9	4.00 - 4.49	4.25				
10	4.50 - 4.99	4.75	1	1/52 = 0.019	1	=1/52=0.019

Čára překročení a čára četnosti



Čára překročení a čára četnosti

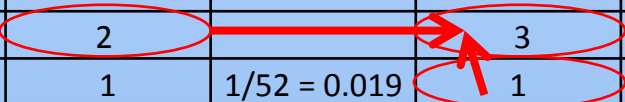
- Čára překročení
 - Kolikrát nebo po jakou dobu byl průtok v určitém období dosažen nebo překročen
- Čára četnosti
 - Počet prvků se stejnou hodnotou statistického znaku

<i>i</i>	<i>Třídní interval</i>	<i>Třídní znak</i>	<i>Absolutní četnost</i>	<i>Relativní četnost</i>	<i>Absolutní kumulativní četnost</i>	<i>Relativní kumulativní četnost</i>
1	0.00 - 0.49	0.25	0	0	52	=52/52=1.000
2	0.50 - 0.99	0.75	1	1/52 = 0.019	52	=52/52=1.000
3	1.00 - 1.49	1.25				
4	1.50 - 1.99	1.75				
5	2.00 - 2.49	2.25				
6	2.50 - 2.99	2.75				
7	3.00 - 3.49	3.25				
8	3.50 - 3.99	3.75				
9	4.00 - 4.49	4.25	2			
10	4.50 - 4.99	4.75	1	1/52 = 0.019	1	=1/52=0.019

Čára překročení a čára četnosti

- Čára překročení
 - Kolikrát nebo po jakou dobu byl průtok v určitém období dosažen nebo překročen
- Čára četnosti
 - Počet prvků se stejnou hodnotou statistického znaku

<i>i</i>	<i>Třídní interval</i>	<i>Třídní znak</i>	<i>Absolutní četnost</i>	<i>Relativní četnost</i>	<i>Absolutní kumulativní četnost</i>	<i>Relativní kumulativní četnost</i>
1	0.00 - 0.49	0.25	0	0	52	=52/52=1.000
2	0.50 - 0.99	0.75	1	1/52 = 0.019	52	=52/52=1.000
3	1.00 - 1.49	1.25				
4	1.50 - 1.99	1.75				
5	2.00 - 2.49	2.25				
6	2.50 - 2.99	2.75				
7	3.00 - 3.49	3.25				
8	3.50 - 3.99	3.75				
9	4.00 - 4.49	4.25	2		3	
10	4.50 - 4.99	4.75	1	1/52 = 0.019	1	=1/52=0.019



Příklad C.3

1) Vypracujte čáru překročení průtoků a čáru četnosti

2) Určete :

- průměrný roční průtok
- min. a max. týdenní průtok
- m-denní průtoky Q_{90} , Q_{180} a Q_{355}

(zajímavé pro dimenzování turbín, pohyby dna a ochrany vodních živočichů)

Tabulka průměrných průtoků v jednotlivých týdnech během roku:

2,0	2,1	2,3	2,6	1,9	4,3	4,6	4,2	3,8	3,1
2,7	2,3	2,2	2,4	2,1	2,5	2,1	2,0	1,8	2,3
2,2	2,1	1,8	1,7	1,4	1,6	1,9	1,7	2,1	2,2
2,1	1,9	1,1	0,9	1,4	1,7	1,8	2,1	2,1	2,2
2,7	2,9	3,4	3,4	3,6	1,9	1,2	2,3	3,2	2,6
2,2	1,3								

Příklad C.3

<i>i</i>	<i>Třídní interval</i>	<i>Třídní znak</i>	<i>Absolutní četnost týdenní</i>	<i>Absolutní četnost denní</i>	<i>Relativní četnost</i>	<i>Absolutní kumulativní četnost týdenní</i>	<i>Absolutní kumulativní četnost denní</i>	<i>Relativní kumulativní četnost</i>	C3
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
2	2.1	2.3	2.6	1.9	4.3	4.6	4.2	3.8	3.1
2.7	2.3	2.2	2.4	2.1	2.5	2.1	2	1.8	2.3
2.2	2.1	1.8	1.7	1.4	1.6	1.9	1.7	2.1	2.2
2.1	1.9	1.1	0.9	1.4	1.7	1.8	2.1	2.1	2.2
2.7	2.9	3.4	3.4	3.6	1.9	1.2	2.3	3.2	2.6
2.2	1.3								Q [m³/s]
min	0.9	[m3/s]							
max	4.6	[m3/s]							
průměr	2.308	[m3/s]							

Příklad C.3

<i>i</i>	<i>Třídní interval</i>	<i>Třídní znak</i>	<i>Absolutní četnost týdenní</i>	<i>Absolutní četnost denní</i>	<i>Relativní četnost</i>	<i>Absolutní kumulativní četnost týdenní</i>	<i>Absolutní kumulativní četnost denní</i>	<i>Relativní kumulativní četnost</i>	C3
1	0.00 - 0.49	0.25	0	0	0.000	52	364	1.000	
2	0.50 - 0.99	0.75	1	7	0.019	52	364	1.000	
3	1.00 - 1.49	1.25	5	35	0.096	51	357	0.981	
4	1.50 - 1.99	1.75	11	77	0.212	46	322	0.885	
5	2.00 - 2.49	2.25	20	140	0.385	35	245	0.673	
6	2.50 - 2.99	2.75	6	42	0.115	15	105	0.288	
7	3.00 - 3.49	3.25	4	28	0.077	9	63	0.173	
8	3.50 - 3.99	3.75	2	14	0.038	5	35	0.096	
9	4.00 - 4.49	4.25	2	14	0.038	3	21	0.058	
10	4.50 - 4.99	4.75	1	7	0.019	1	7	0.019	
2	2.1	2.3	2.6	1.9	4.3	4.6	4.2	3.8	3.1
2.7	2.3	2.2	2.4	2.1	2.5	2.1	2	1.8	2.3
2.2	2.1	1.8	1.7	1.4	1.6	1.9	1.7	2.1	2.2
2.1	1.9	1.1	0.9	1.4	1.7	1.8	2.1	2.1	2.2
2.7	2.9	3.4	3.4	3.6	1.9	1.2	2.3	3.2	2.6
2.2	1.3								Q [m ³ /s]
min	0.9	[m3/s]							
max	4.6	[m3/s]							
průměr	2.308	[m3/s]							

Čára překročení a čára četnosti

- Čára překročení
 - Kolikrát nebo po jakou dobu byl průtok v určitém období dosažen nebo překročen
- Čára četnosti
 - Počet prvků se stejnou hodnotou statistického znaku

Y

Xčetnoti

Xpřekročení

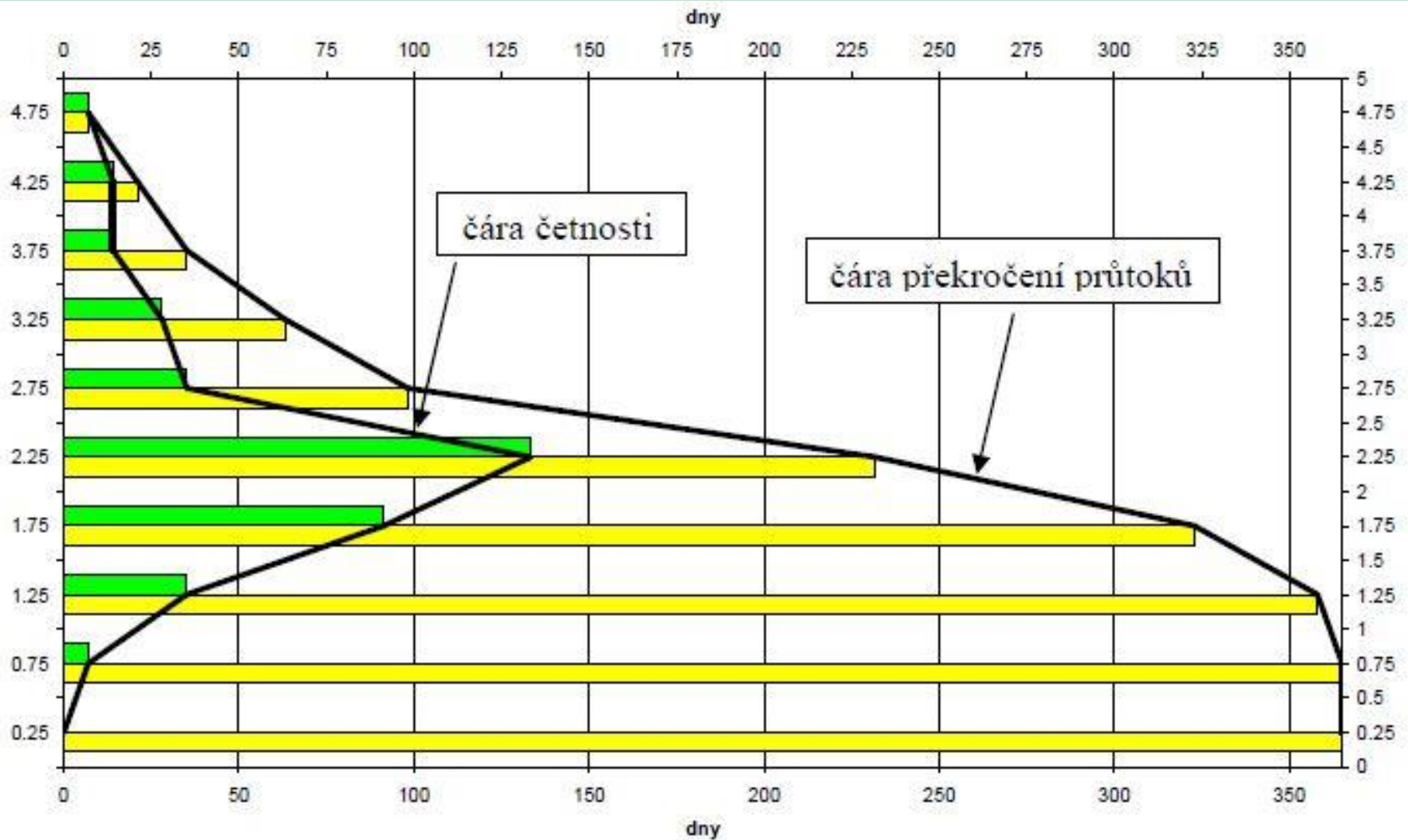
<i>i</i>	<i>Třídní interval</i>	<i>Třídní znak</i>	<i>Absolutní četnost týdenní</i>	<i>Absolutní četnost denní</i>	<i>Relativní četnost</i>	<i>Absolutní kumulativní četnost týdenní</i>	<i>Absolutní kumulativní četnost denní</i>	<i>Relativní kumulativní četnost</i>
1	0.00 - 0.49	0.25	0	0	0	52	364	52/52=1.00
2	0.50 - 0.99	0.75	1	7	1/52 = 0.019	52	364	52/52=1.00
3	1.00 - 1.49	1.25	5	35	5/52 = 0.096	51	357	51/52 = 0.98
4	1.50 - 1.99	1.75	11	77	0.212	46	322	0.885
5	2.00 - 2.49	2.25	20	140	0.385	35	245	0.673
6	2.50 - 2.99	2.75	6	42	0.115	15	105	0.288
7	3.00 - 3.49	3.25	4	28	0.077	9	63	0.173
8	3.50 - 3.99	3.75	2	14	0.038	5	35	0.096
9	4.00 - 4.49	4.25	2	14	0.038	3	21	0.058
10	4.50 - 4.99	4.75	1	7	1/52 = 0.019	1	7	1/52=0.019

Čára překročení a čára četnosti

Čára překročení - kolikrát nebo po jakou dobu byl průtok v určitém období dosažen nebo překročen

Čára četnosti - počet prvků se stejnou hodnotou statistického znaku

Q_{90} , Q_{180} , Q_{355} m-denní průtok – průtok dosažený nebo překročený m dní v roce



Odtok z malého povodí

- ČSN 75 9010 Vsakovací zařízení srážkových vod
- Využití
 - Menší zatížení kanalizace
 - Menší zatížení ČOV
 - Podpora obnovy podzemní vody
- Pro návrh kanalizace se používá Vzorový hektar
 - Odpovídá materiálové charakteristice daného prostředí

Odtok z malého povodí

- S Plocha [ha]
- φ Součinitel odtoku [-]
- i Intenzita deště [l/s·ha]
- $Q = S\varphi i$ Průtok [l/s]

Tab. 16.3 Součinitelé odtoků φ

Číslo	Způsob zastavění a druh pozemku, příp. druh úpravy povrchu	Konfigurace území		
		do 1%	1-5%	nad 5%
I	Zastavěné plochy (střechy)	0,90	0,90	0,90
II	Asfaltové a betonové vozovky, dlažby se zálivkou	0,70	0,80	0,90
III	Obyčejné dlažby (pískové spáry)	0,50	0,60	0,70
IV	Štěrkové silnice, dlažba ze štětového kamene	0,30	0,40	0,50
V	Nezastavěné plochy	0,20	0,25	0,30
VI	Hřbitovy, sady, hřiště	0,10	0,15	0,20
VII	zelené pásy, pole, louky	0,05	0,10	0,15
VIII	Lesy	0,00	0,05	0,10

Poznámka: V tabulce uvedení odtokový součinitelé mají platnost pro půdu střední propustnosti. U propustné půdy (písek) se zmenšuje o 10%, při nepropustné (jíl, skála) se zvyšuje o 10%.

Odtok z malého povodí

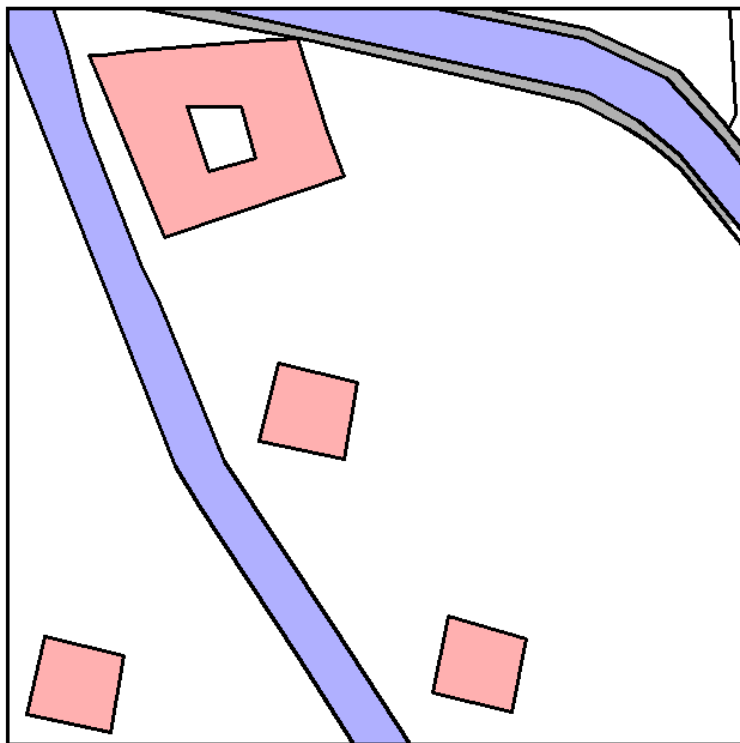
• mm/min → l/s·ha

$$1 \frac{\text{mm}}{\text{min}} = \frac{1 \text{ mm}}{60 \text{ s}} = \frac{0,001 \text{ m}}{60 \text{ s}} = \frac{0,001 \text{ m}}{60 \text{ s}} \frac{1 \text{ m}^2}{1 \text{ m}^2} = \frac{0,001 \text{ m}^3}{60 \text{ s} \cdot 1 \text{ m}^2} =$$

$$= \frac{1 \text{ l}}{60 \text{ s} \cdot 0,0001 \text{ ha}} = 166,67 \frac{\text{l}}{\text{s} \cdot \text{ha}} \quad 10\,000 \text{ m}^2 = 1 \text{ ha}$$

Místo	doba trvání deště (min)								
	5	10	15	15	15	15	30	60	60
	periodicita deště								
	1	1	5	1	0,5	0,2	1	1	0,5
	intenzita deště (l/s.ha)								
Brno	220	163	62	129	161	203	76	44	74
České Budějovice	200	144	56	113	144	190	69	40	72
Hradec Králové	250	155	55	113	143	182	66	37	62
Jihlava	220	157	54	121	158	210	72	42	75
Karlovy Vary	212	139	52	107	139	184	65	38	68
Olomouc	260	172	62	130	162	206	77	45	73
Ostrava	242	167	66	128	157	198	76	44	73
Plzeň	218	150	51	116	150	196	68	40	69
Praha	240	163	57	126	164	217	72	41	75
Zlín	243	174	69	138	170	213	82	48	78
Znojmo	260	180	57	136	175	229	82	47	82

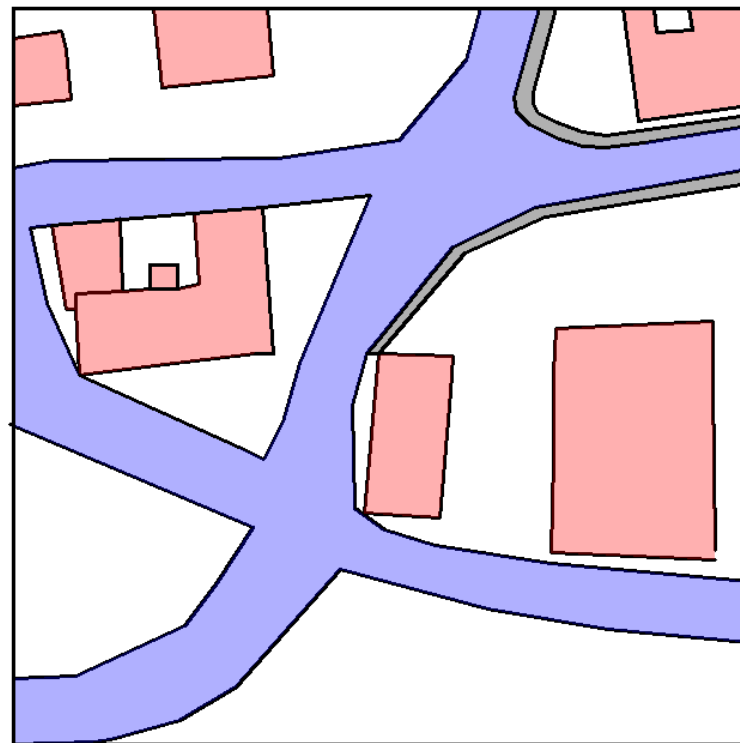
Odtok z malého povodí – vzorový hektar



Typ	Plocha	Součinitel
 Chodník	0,019	0,6
 Komunikace	0,112	0,8
 Zatrávněné plochy	0,777	0,1
 Budovy	0,092	0,8

0,2523

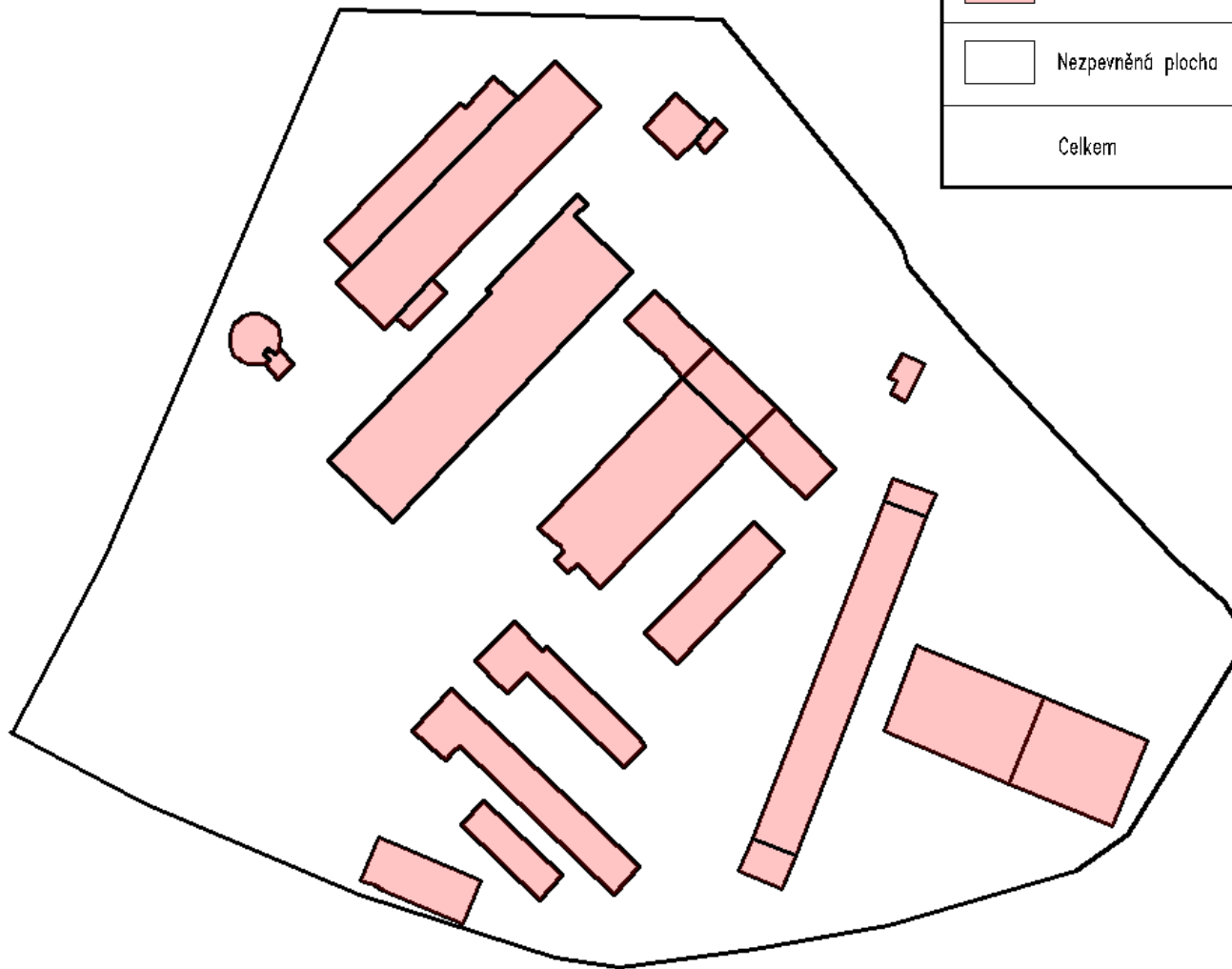
Vážený
průměr



Typ	Plocha	Součinitel
 Chodník	0,018	0,6
 Komunikace	0,289	0,8
 Zatrávněné plochy	0,512	0,1
 Budovy	0,181	0,8

0,438

Odtok z malého povodí - továrna



Typ	Plocha	Součinitel
 Budovy	1,205	0,8
 Nezpevněná plocha	4,240	0,4
Celkem	5,445	

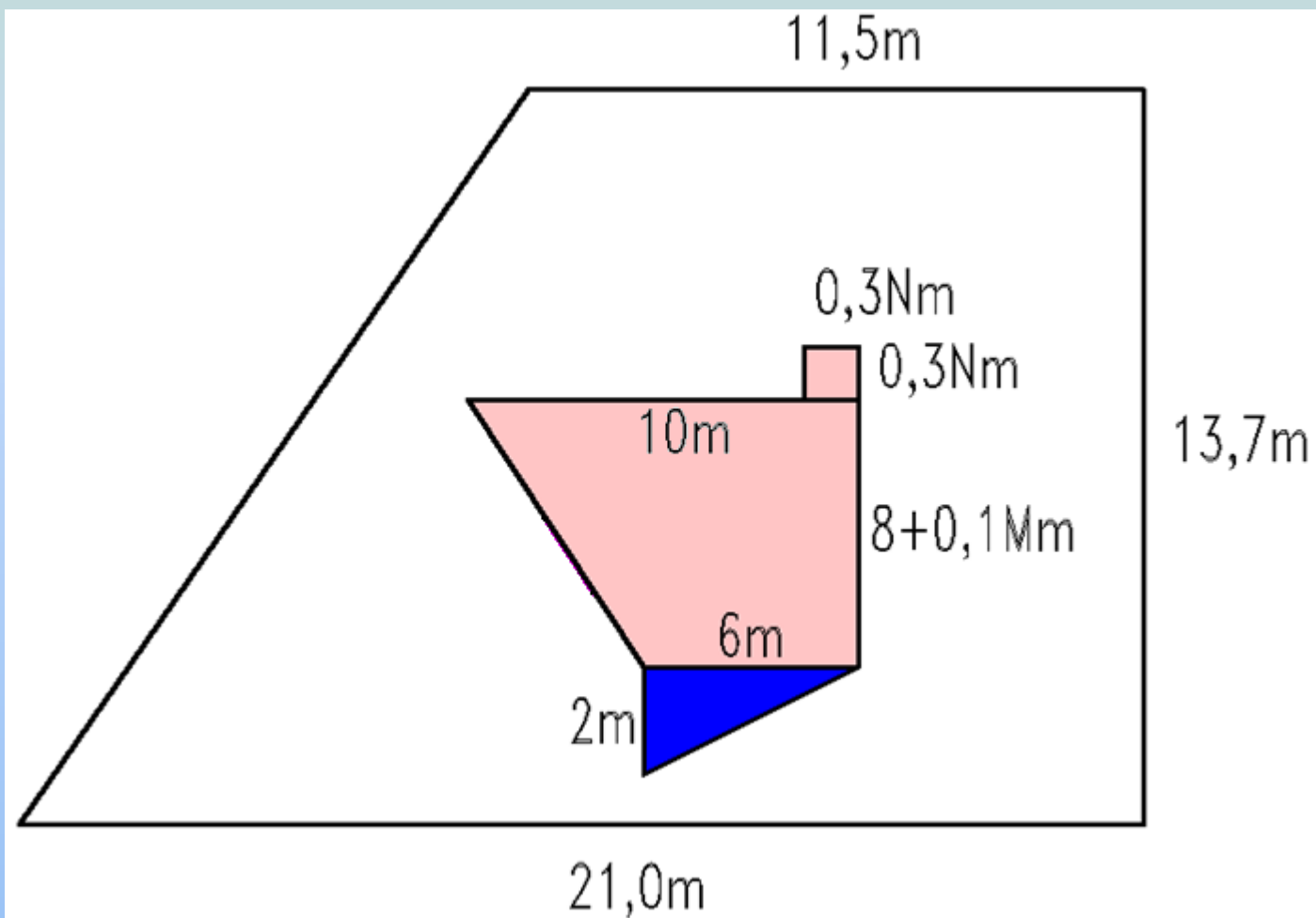
0,489

Příklad C.4

Vypočítejte průtok [l/s] a celkový odtok [m³] z malého povodí

Intenzita a doba trvání dešťové srážky – 55,5-N mm/60min

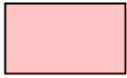
Typ	Součinitel
	0,5
	0,7
	0,3

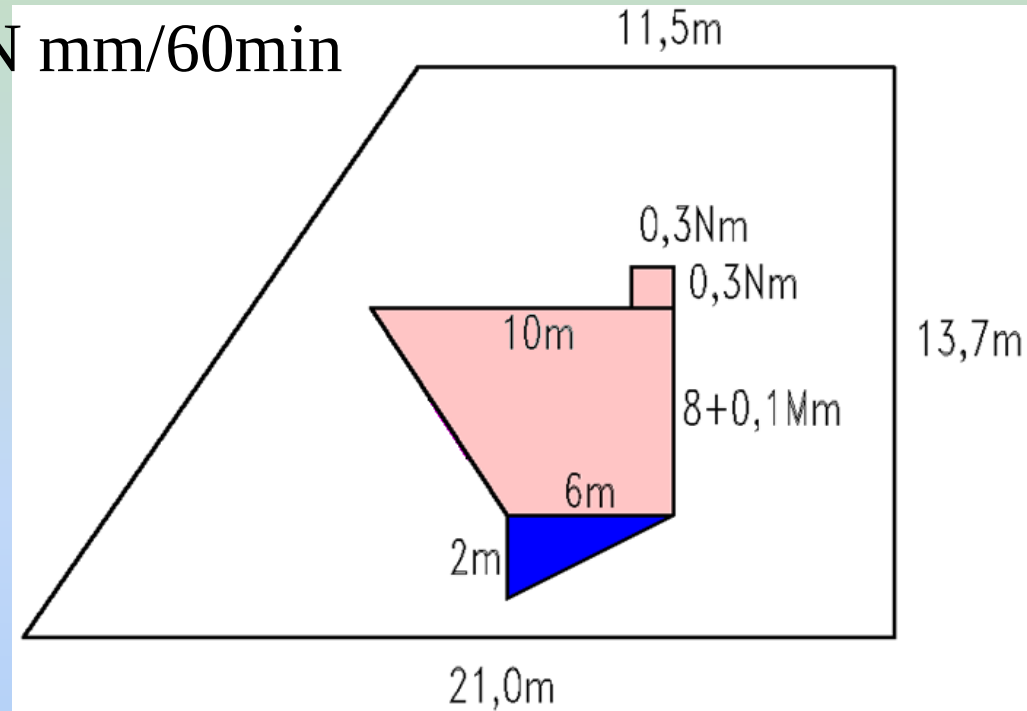


Příklad C.4

Vypočítejte průtok [l/s] a celkový odtok [m³] z malého povodí

Intenzita a doba trvání deště – 55,5-N mm/60min

Typ	Součinitel
	0,5
	0,7
	0,3



Plocha S [ha], součinitel odtoku φ [-], intenzita deště i [l/s·ha],
průtok $Q = S\varphi i$ [l/s], odtok (za hodinu) $V = Q \cdot 60 \cdot 60/1000$ [m³]

mm/min $\rightarrow$ l/s/ha

10 000 m² = 1 ha

$$1 \frac{\text{mm}}{\text{min}} = \frac{1 \text{ l}}{60 \text{ s} \cdot 0,0001 \text{ ha}} = 166,67 \frac{\text{l}}{\text{s} \cdot \text{ha}}$$

Konec

Děkuji za pozornost