

Közlekedési földművek és víztelenítés

számpéldák és
korábbi vizsgapéldák

Összeállította:

Dr. Csoma Rózsa egyetemi docens

Ellenőrizte:

Lükő Gabriella B.Sc. IV. évf., demonstrátor

Wagner Flóra B.Sc. IV. évf., demonstrátor

Budapest, 2017. október

1. MÉRTÉKADÓ VÍZSZÁLLÍTÁS

1.1. feladat

Egy dombvidéki útszakaszt $A = 1,3$ ha területű szántó határol. A szántó legnagyobb hossza $L = 600$ m, jellemző lejtése $S = 6,7$ %. Mekkora a területről lefolyó, 10 évente előforduló csapadék mennyisége? A lefolyási tényezők értékei a terület jellege függvényében a 1. táblázatban, a terepesés függvényében az 2. táblázatban, a csapadék-maximum függvény paraméterei a 3. táblázatban találhatók.

1. táblázat

Terület jellege	$\alpha, -$
Rét	0,15-0,30
Legelő	0,12-0,25
Szántó	0,08-0,20
Erdő	0,03-0,10

Megoldás

Lefolyási tényező szántóra (1. táblázat, pirossal) legyen a maximum: $\alpha = 0,2$
Mivel $S > 5\%$, $\alpha' = 0,8 \cdot \alpha + 0,2 = 0,8 \cdot 0,2 + 0,2 = 0,36$ (2. táblázat, pirossal)

$$\text{Lefolyási idő: } \tau [\text{min}] = \frac{(L[\text{km}])^2}{\sqrt{A[\text{km}^2]} \cdot S[-]} = \frac{0,6^2}{\sqrt{0,013} \cdot 0,067} = 12,20 \text{ min}$$

Összegyülekezési idő: $T = \tau = 12,20$ min

$p = 10$ %-os előfordulási valószínűségű csapadéokra $a = 365$ l/s,ha és $m = 0,72$ (3. táblázat pirossal). Így a csapadék intenzitása:

$$i_p = a \left(\frac{T[\text{min}]}{10} \right)^{-m} = 365 \left(\frac{12,2}{10} \right)^{-0,72} = 316,3 \text{ l/s,ha}$$

A 10%-os hozam:

$$Q_{10\%} = \alpha' \cdot i_p \cdot A = 0,36 \cdot 316,3 \text{ l/s,ha} \cdot 1,3 \text{ ha} = 148,03 \text{ l/s} = 0,148 \text{ m}^3/\text{s}$$

2. táblázat

Terepesés, S, %	$\alpha', -$
0 - 5,0	α
- 6,4	$0,9\alpha + 0,1$
- 7,9	$0,8\alpha + 0,2$
- 9,4	$0,7\alpha + 0,3$
- 10,9	$0,6\alpha + 0,4$
...	

3. táblázat

p	gyak.	a	m
%	év	l/s·ha	-
1	100	660	0,75
3	33	500	0,74
5	20	440	0,73
10	10	365	0,72
25	4	270	0,72

1.2. feladat

Egy közutat szegélyező legelőről összegyűlő vízmennyiség $Q_l = 0,1$ m³/s. A területből

a./ kamionparkoló lesz, így aszfaltburkolatot kap.

b./ személyparkoló lesz, így kihézagolás nélküli műköburkolatot kap.

Mekkora hozam várható az átalakítás után, ha a vízgyűjtő terület és a csapadékviszonyok változatlanul maradnak? A lefolyási tényezők becsült értékei a 4. táblázatban adóttak.

Megoldás

Legelő (4. táblázat pirossal jelölve): $\alpha_l = 0,2$, így:

$$Q_l = \alpha_l \cdot i_p \cdot A = 0,2 \cdot i_p \cdot A = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}, \text{ melyből } i_p \cdot A = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$$

a./ Aszfaltburkolat (4. táblázat kékkel jelölve):

$$\alpha_a = 0,9, \text{ így } Q_a = \alpha_a \cdot i_p \cdot A = 0,9 \cdot 0,5 = 0,45 \text{ m}^3/\text{s}$$

b./ Kőburkolat hézagkiöntés nélkül (4. táblázat zölddel jelölve):

$$\alpha_k = 0,6, \text{ így } Q_k = \alpha_k \cdot i_p \cdot A = 0,6 \cdot 0,5 = 0,30 \text{ m}^3/\text{s}$$

4. táblázat

Terület jellege	$\alpha, -$
Útburkolatok	
Aszfaltburkolat	0,90
Bitumennel kiöntött kockakő burkolat	0,80
Műkö burkolat hézagkiöntés nélkül	0,60
Kavicsolt utak	0,25
Mezőgazdasági területek	
Rét	0,25
Legelő	0,20
Szántó	0,15
Erdő	0,10

1.3. feladat

Egy meglevő útszakasz vízelvezető rendszerét a határoló, $A_0 = 1$ ha-os legelőhöz méretezték. A terület-használat megváltozásával azonban a vízgyűjtő $A_1 = 0,4$ ha-ra csökkent, és kihézagolás nélküli díszburkolatot kapott. Elegendő a vízelvezető rendszer meglevő kapacitása, vagy bővítést igényel? A lefolyási tényezőkhöz az 1.2. feladat 4. táblázata alkalmazható.

Megoldás

eredeti legelő (4. táblázat pirossal jelölve):

$$\alpha_0 = 0,2 \text{ így } Q_0 = \alpha_0 \cdot i_p \cdot A_0 = 0,2 \cdot i_p [l/s,ha] \cdot 1ha = 0,2 \cdot i_p \text{ l/s}$$

kihézagolás nélküli műkö burkolat (4. táblázat zölddel jelölve):

$$\alpha_1 = 0,6 \text{ így } Q_1 = \alpha_1 \cdot i_p \cdot A_1 = 0,6 \cdot i_p [l/s,ha] \cdot 0,4ha = 0,24 \cdot i_p \text{ l/s}$$

Mivel i_p változatlan, $Q_1 > Q_0$, bővíteni kell!

1.4. feladat

Egy keresztezett vízfolyás vízgyűjtő területe $A = 12,3 \text{ km}^2$. A vízgyűjtő a Gödöllői-dombságban elhelyezkedő terület, további információ azonban a tervezés kezdeti fázisában nem áll rendelkezésünkre. Döntse el, melyik számítási módszerek alkalmazhatók, és az 1. ábra - 3. ábra szerint megadott grafikonok, illetve ha szükséges, az 1.1. feladat táblázatai segítségével becsülje meg a 3%-os előfordulási valószínűségű hozamot!

Megoldás

alkalmazható módszerek:

1. Racionális módszer: hiányzó információk (művelési ágak, lefolyási tényező, domborzat, stb.) miatt a módszer nem alkalmazható
2. Csermák-féle módszer: alkalmazható
3. Kollár-féle módszer: $A < 50 \text{ km}^2$, alkalmazható, de bizonytalanabb
4. Markó-féle módszer: nem vízmosásos a terület, nem használható
5. Belvízszámítás: dombvidéki területen nem használható

Csermák-módszer:

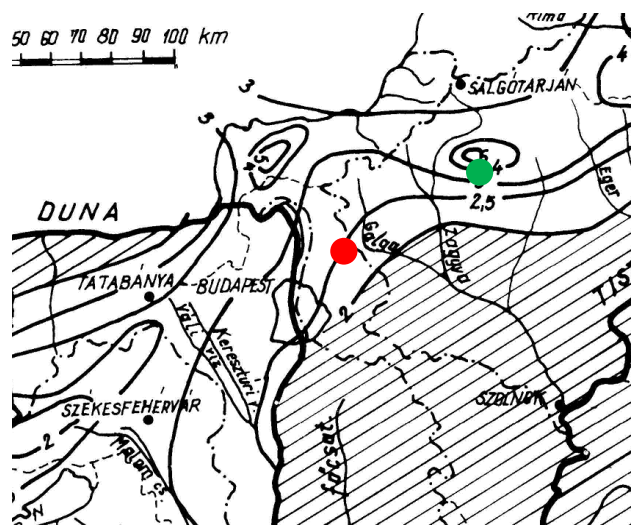
Az 1. ábra szerint, pirossal jelölve $B = 2,5$. Mivel $10 \text{ km}^2 < A < 25 \text{ km}^2$, így

$$Q_{3\%} = B \sqrt[3]{A^2} = 2,5 \cdot \sqrt[3]{12,3^2} = 13,32 \text{ m}^3/\text{s}$$

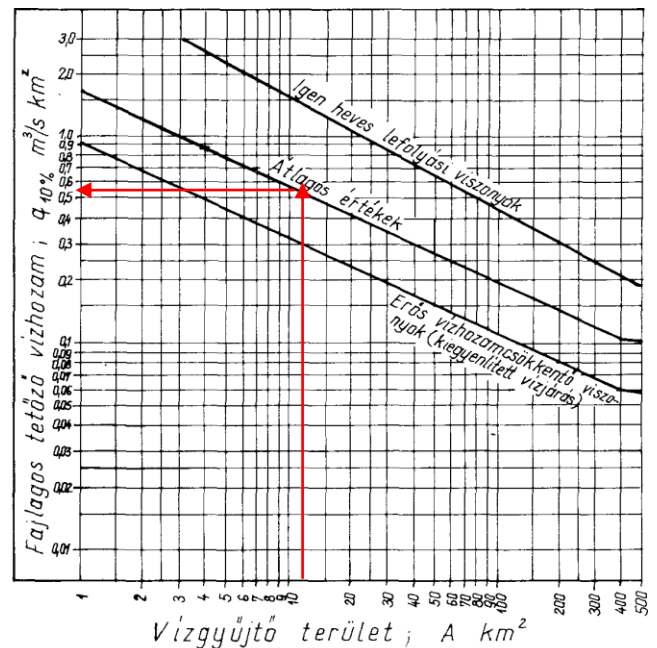
Kollár-módszer:

- dombvidék: átlagos lefolyás
- a 2. ábra grafikonjáról a vízgyűjtő terület (A) függvényében $q_{10\%} = 0,55 \text{ m}^3/\text{s}, \text{km}^2$, így $Q_{10\%} = A \cdot q_{10\%} = 12,3 \cdot 0,55 = 6,77 \text{ m}^3/\text{s}$
- a 3. ábra szerint ismét A függvényében $p_{3\%} = 1,6$, így $Q_{3\%} = p_{3\%} \cdot Q_{10\%} = 1,6 \cdot 6,77 = 10,83 \text{ m}^3/\text{s}$

Mivel mindkét módszer hasonló értéket ad, így – tekintetbe véve a leolvasási pontosságokat is – a kettő közül bármelyik elfogadható.



1. ábra



2. ábra

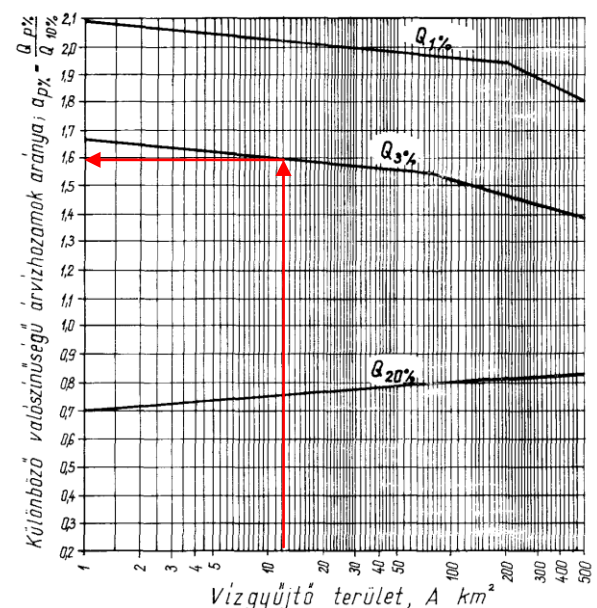
1.5. feladat

A 4. ábra szerint megadott mátraalji vízmosásos vízgyűjtő nagysága $A = 2,79 \text{ km}^2$, melyből $E = 2,25 \text{ km}^2$ erdővel fedett, a többi szántó. A vízgyűjtő szélessége $S = 1,8 \text{ km}$, hossza $L = 2,2 \text{ km}$, a lefolyási úthossz ennél kissé nagyobb, $L_1 = 2,6 \text{ km}$. A legmagasabb rész az ábra alapján $Z_{\max} = 220 \text{ m B.f.}$, a legalacsonyabb $Z_{\min} = 90 \text{ m B.f.}$ Határozza meg az ábrán jelölt közút alatti átteresz méretezéséhez a 3%-os előfordulási valószínűségű hozamot! A számításokhoz az 1.1. feladat táblázatai és az 1.4. feladat grafikonjai, valamint az 5. táblázat alkalmazható.

Megoldás

alkalmazható módszerek:

1. Racionális módszer: alkalmazható
2. Csermák-féle módszer: alkalmazható
3. Kollár-féle módszer: $A < 50 \text{ km}^2$, nagyon bizonytalan, inkább ne alkalmazzuk, ha van más is
4. Markó-féle módszer: vízmosásos a terület, hasz-



3. ábra

nálható

5. Belvízszámítás: hegyvidéki területeken nem használható

Racionális módszer:

Lefolyási tényezők legyenek a maximumok: szántóra:

$\alpha_{sz} = 0,2$ (1.1. feladat 1. táblázata, pirossal) és erdőre:

$\alpha_e = 0,1$ (1.1. feladat 1. táblázata, zölddel), melyből a vízgyűjtőre súlyozott átlag

$$\alpha = \frac{\alpha_e E + \alpha_{sz} (A - E)}{A} = \frac{0,1 \cdot 2,25 + 0,2 \cdot (2,79 - 2,25)}{2,79} = 0,12$$

Vízgyűjtő esése: $S_v = \frac{Z_{\max} - Z_{\min}}{L_1} = \frac{220 - 90}{2600} = 0,05$. Mivel

$S_v = 5\%$, korrekcióra nincs szükség. (1.1. feladat 2. táblázata, zölddel).

Lefolyási idő: $\tau [\text{min}] = \frac{(L [\text{km}])^2}{\sqrt{A [\text{km}^2]} \cdot S [-]} = \frac{2,6^2}{\sqrt{2,79} \cdot 0,05} = 18,1 \text{ min}$,

összegyülekezési idő így $T = \tau = 18,1 \text{ min}$.

$p = 3\%$ -os előfordulási valószínűségű csapadéokra (1.1. feladat 3. táblázata, zölddel) $a = 500 \text{ l/s, ha}$ és $m = 0,74$.

Így a csapadék intenzitása:

$$i_p = a \left(\frac{T [\text{min}]}{10} \right)^{-m} = 500 \left(\frac{18,1}{10} \right)^{-0,74} = 322,32 \text{ l/s, ha}.$$

A 3% -os előfordulási valószínűségű hozam ezzel

$$Q_{3\%} = \alpha \cdot i_p \cdot A = 0,12 \cdot 322,32 \text{ l/s, ha} \cdot 279 \text{ ha} =$$

$$= 10791 \text{ l/s} = 10,79 \text{ m}^3/\text{s}$$

Csermák-módszer:

az 1.4. feladat 1. ábra grafikonjáról zölddel jelölve $B = 4$. $A < 5 \text{ km}^2$, így $Q_{3\%} = BA = 4 \cdot 2,79 = 11,16 \text{ m}^3/\text{s}$

Markó-módszer:

$$\frac{L}{S} = \frac{2,2}{1,8} = 1,22, \text{ mely alapján az 5. táblázat adataiból interpolálva } C = 11,56$$

Ebből $q = \frac{C}{\sqrt[3]{A}} = \frac{11,56}{\sqrt[3]{2,79}} = 8,21 \frac{\text{m}^3}{\text{s} \cdot \text{km}^2}$, így

$$Q_{3\%} = qA \frac{A}{A + E} = 8,21 \cdot 2,79 \frac{2,79}{2,79 + 2,25} = 12,68 \text{ m}^3/\text{s}$$

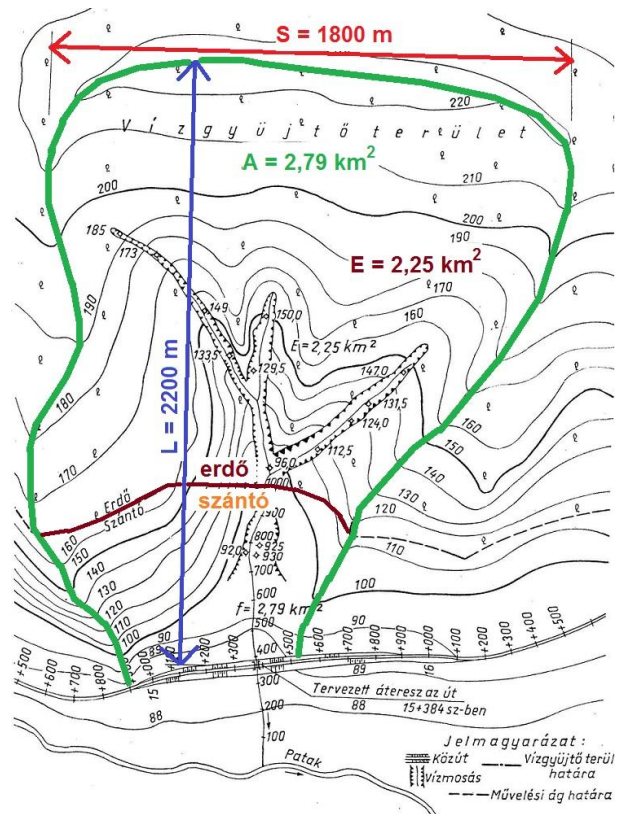
A három kapott érték meglepően jó egyezést mutat, így bármelyik érték elfogadható.

1.6. feladat

Egy nagyobb belvízrendszert új autópálya keresztez, így egy $A = 13 \text{ km}^2$ nagyságú, elnyújtott, kis esésű területe lefolyástalanná válik. A terület 75 %-a vályogos, 25 %-a agyagos vályog, a talajvíz átlagos mélysége 2 m. Mekkora az új belvízcsatornát az út alatt átvezető átereszt méretezéséhez szükséges 1 %-os előfordulási valószínűségű hozam? A számításhoz a 6. táblázat, 7. táblázat és 8. táblázat adatai valamint az 5. ábra grafikonja alkalmazható.

Megoldás

A megoldáshoz a belvízszámítás alkalmazandó. A hozam a részterületek arányában határozható meg, így 8. táblázat szerint a vályogos rész a II, az agyagos vályog a III. kategóriába tartozik, melyet a táblázat vörös illetve narancs színnel jelöl. A vízgyűjtő alakja és esése alapján (7. táblázat, vörössel jelölve) a megadott tartományok alsó határa mértékadó. Így az 5. ábra alapján a fajlagos hozam a vályogos területre szűrő



4. ábra

5. táblázat

L/S	0,7	1	2	3	4	5	6	7
C	15	12	10	9	8	7	6,5	6

6. táblázat

Előford. Valósz., %	Visszatér. idő, év	Szorító-tényező
50	2	0,62
25	4	0,80
20	5	0,85
10	10	1,00
5	20	1,19
4	25	1,23
2	50	1,45
1	100	1,70

$q_{20\%,v} = 25 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$, az agyagosabb területről pedig $q_{20\%,a} = 49 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. Így a teljes területről lefolyó fajlagos hozam: $q_{20\%} = 0,75 \cdot 25 + 0,25 \cdot 49 = 31 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$

Az összes hozam így

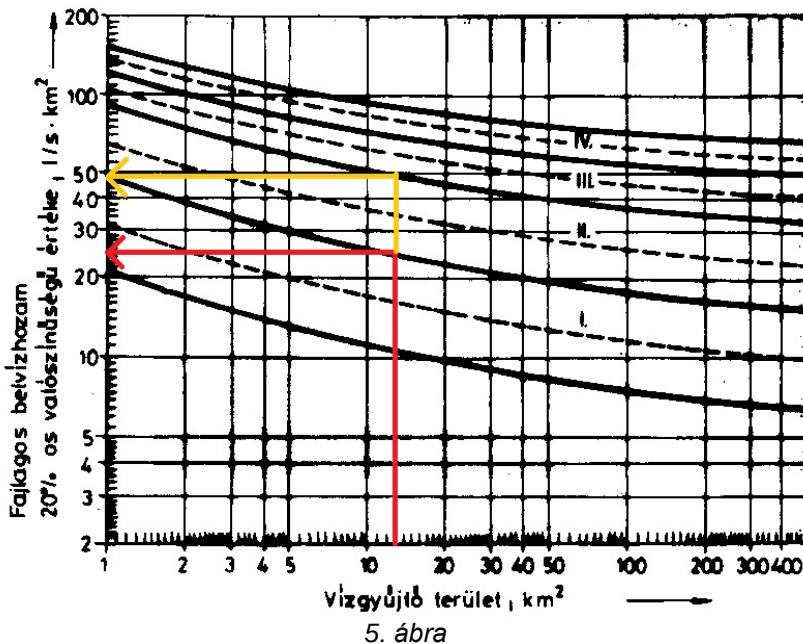
$$Q_{20\%} = q_{20\%} \cdot A = 0,031 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \text{km} \cdot 13 \text{ km}^2 = 0,403 \text{ m}^3/\text{s}.$$

A 10%-os hozam a 6. táblázat alapján

$$Q_{10\%} = Q_{20\%}/0,85 = 0,403/0,85 = 0,474 \text{ m}^3/\text{s},$$

melyből a keresett hozam szintén a 6. táblázattal:

$$Q_{1\%} = 1,7 \cdot Q_{10\%} = 1,7 \cdot 0,474 = 0,806 \text{ m}^3/\text{s}.$$



5. ábra

7. táblázat

		A vízgyűjtő esése, m/km		
Hossz/szél. arány	név	kicsi (< 0,2)	közepes (0,2–0,4)	nagy (> 0,4)
		a fajlagos vízhozamot		
> 2:1	elnyújtott	erősen csökkenti	csökkenti	–
...				

8. táblázat

kategória	Fizikai talajfőleség	átl. TV. mélység, m
I.	...	
II.	Homok és homokos vályog	< 2,5
	Vályog	1,5 – 2,5
	Agyagos vályog	> 2,5
III.	Vályog	< 1,5
	Agyagos vályog	1,5 – 2,5
	Agyag	> 2,5
IV.	...	

2. A MEDER MÉRETEZÉSE

2.1. feladat

Az 1.1. feladatban meghatározott $Q_1 = 0,148 \text{ m}^3/\text{s}$ hozam elszállítására alkalmas a $b = 0,4 \text{ m}$ fenékszélességű, $h = 0,4 \text{ m}$ mély, $\rho = 1,5$ részhajlású, $S = 1\text{‰}$ esésű árok, ha a határsebességek: $v_{\max} \approx 0,8 \div 1,0 \text{ m/s}$, $v_{\min} = 0,3 \text{ m/s}$ és

a./ a stabil földmedrű árok fenntartása kifogástalan?

b./ kismértékű benőttég megengedhető?

A meder simasági tényezőjére a 9. táblázat ad útmutatást.

Megoldás

a./ stabil földmeder: $k = 40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (9. táblázat, piros)

$$A = bh + \rho h^2 = 0,4 \cdot 0,4 + 1,5 \cdot 0,4^2 = 0,40 \text{ m}^2 \quad P = b + 2h\sqrt{1 + \rho^2} = 0,4 + 2 \cdot 0,4\sqrt{1 + 1,5^2} = 1,84 \text{ m}$$

$$R = A/P = 0,4/1,84 = 0,217 \text{ m}$$

$$v = kR^{2/3}\sqrt{S} = 40 \cdot 0,217^{2/3}\sqrt{0,001} = 0,46 \text{ m/s}$$

$$Q = Av = 0,4 \cdot 0,46 = 0,184 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Q = 0,184 \text{ m}^3/\text{s} > Q_1 = 0,148 \text{ m}^3/\text{s}$ és $v_{\min} = 0,3 \text{ m/s} < v = 0,46 \text{ m/s} < v_{\max} \approx 0,8 \text{ m/s}$, megfelel!

b./ A, P és R változatlan, $k = 30 - 35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ (9. táblázat, kék)

$$k = 35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}: v = kR^{2/3}\sqrt{S} = 35 \cdot 0,217^{2/3}\sqrt{0,001} = 0,40 \text{ m/s}, \quad Q = Av = 0,4 \cdot 0,4 = 0,160 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Q = 0,160 \text{ m}^3/\text{s} > Q_1 = 0,148 \text{ m}^3/\text{s}$ és $v_{\min} = 0,3 \text{ m/s} < v = 0,40 \text{ m/s} < v_{\max} \approx 0,8 \text{ m/s}$, megfelel!

$$k = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}: v = kR^{2/3}\sqrt{S} = 30 \cdot 0,217^{2/3}\sqrt{0,001} = 0,34 \text{ m/s}, \quad Q = Av = 0,4 \cdot 0,34 = 0,136 \text{ m}^3/\text{s}$$

$Q = 0,136 \text{ m}^3/\text{s} < Q_1 = 0,148 \text{ m}^3/\text{s}$ NEM felel meg, $v_{\min} = 0,3 \text{ m/s} < v = 0,34 \text{ m/s} < v_{\max} \approx 0,8 \text{ m/s}$, megfelel, azaz a hozam biztosítására benőttég csak nagyon korlátozottan engedhető meg.

9. táblázat

meder	k, m ^{1/3} /s
Stabil, egyenletes meder	40
Kissé benőtt	30-35
Görgeteges	30
Erős hordalékmozgással	28
Vízmosás durva görgeteggel	19-25

2.2. feladat

Mekkora lehet legfeljebb a

2.1. feladatbeli árok esése, ha az árok a

a./ $v_{max} = 1,0 \text{ m/s}$ határsebességet meg nem haladva $Q = 0,4 \text{ m}^3/\text{s}$ hozamot kell elszállítson a meder megfelelő fenntartása ($k_a = 40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) esetén?

b./ az a./ pontbeli feltételek mellett, de elhanyagolt meder ($k_b = 20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) esetén?

c./ betonlap burkolattal ellátva ($k_{lap} = 60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) $Q = 1,2 \text{ m}^3/\text{s}$ -os hozamot kell elszállítson?

meder	k, $\text{m}^{1/3}/\text{s}$
Stabil, egyenletes meder	40
Kissé benőtt	30-35
Görgeteges	30
Erős hordalékmozgással	28
Vízmosás durva görgeteggel	19-25

Megoldás

Az előző feladatból: $A = bh + \rho h^2 = 0,4 \text{ m}^2$ $P = b + 2h\sqrt{1 + \rho^2} = 1,84 \text{ m}$ $R = A/P = 0,217 \text{ m}$

a./ így $v = Q/A = 0,4/0,4 = 1 \text{ m/s} = v_{max} = 1,0 \text{ m/s}$, még éppen megengedhető

fentiek segítségével fenntartott mederrel: $S_a = \left(\frac{v}{k_a R^{2/3}}\right)^2 = \left(\frac{1}{40 \cdot 0,217^{2/3}}\right)^2 = 0,00479 = 0,479\%$

b./ az a./ pont alapján $v = 1 \text{ m/s} = v_{max}$, így elhanyagolt mederrel:

$$S_b = \left(\frac{v}{k_b R^{2/3}}\right)^2 = \left(\frac{1}{20 \cdot 0,217^{2/3}}\right)^2 = 0,0192 = 1,92\% \approx 4S_a, \text{ azaz ugyanazon vízmennyiséget adott me-}$$

der elhanyagolt állapotában **négyszeres** eséssel képes csak elszállítani.

c./ $v = Q/A = 1,2/0,4 = 3 \text{ m/s} < v_{max, lap} = 4,0 \text{ m/s}$, megfelel, így fentiekkel:

$$S_{lap} = \left(\frac{v}{k_{lap} R^{2/3}}\right)^2 = \left(\frac{3}{60 \cdot 0,217^{2/3}}\right)^2 = 0,0192 = 1,92\%, \text{ azaz a feladat szerinti burkolat ugyanazon}$$

eséssel az elhanyagolt mederhez képest háromszoros hozamot képes elszállítani.

2.3. feladat

Egy meder adott alakkal, mélységgel és eséssel burkolat nélkül az igényelt hozamnak csak a 60 %-át képes elszállítani. Válaszszon a 10. táblázatban megadott burkolatok közül olyat, amely az igényelt hozamot a mederalak, mélység és esés megváltoztatása nélkül elszállíthatja!

Megoldás

$$v = kR^{2/3}\sqrt{S} \quad \text{és} \quad Q = Av, \quad \text{így} \quad Q = A \cdot kR^{2/3}\sqrt{S}$$

Mivel A, R és S változatlan, legyen $Y = AR^{2/3}\sqrt{S} = \text{állandó}$

Burkolat nélkül: $Q_{föld} = 0,6 \cdot Q_{burk} = k_{föld} Y$

Burkolattal: $Q_{burk} = k_{burk, min} Y$, melyből $k_{burk, min} = \frac{k_{föld}}{0,6} = \frac{40}{0,6} = 66,7 \frac{\text{m}^{1/3}}{\text{s}}$

Javaslat: beton lap ($k = 70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$) vagy monolit beton, esetleg téglafal ($k = 80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$)

10. táblázat

anyag	k, $\text{m}^{1/3}/\text{s}$
Stabil földmeder	40
téglafal, gondosan fugázva	80
vagdalt terméskőburkolat	60
Durva kőburkolat	50
Monolit beton sima zsaluzattal	80
Beton lapburkolat, gondosan fugázva	70
Üreges betonelem (gyeprács)	50

2.4. feladat

Egy gyengén fenntartott földmederben adott vízmélység mellett a kialakuló sebesség $v_0 = 2 \text{ m/s}$, mely a mellékelt táblázat szerint nagyobb a kimosási határsebességnél. A 11. táblázat adta lehetőségek közül milyen burkolatot alkalmazna, hogy a meder változatlan esés, mederalak és mélység mellett kimosásra megfeleljen?

Megoldás

Eredeti mederben $k_0 = 30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, így a sebesség:

$$v_0 = k_0 R^{2/3} \sqrt{S} = 30 Y = 2 \text{ m/s} \quad \text{ahol:}$$

$$Y = \frac{v_0}{k_0} = R^{2/3} \sqrt{S} = \frac{2}{30} = 0,0667 \text{ m}^{1/3}/\text{s}, \text{ mely állandó.}$$

Burkolt mederrel, általában: $v_1 = k_1 R^{2/3} \sqrt{S} = k_1 Y = k_1 \cdot 0,0667$

11. táblázat

anyag	k, $\text{m}^{1/3}/\text{s}$	v_{max} , $\text{m}^{1/3}/\text{s}$
gyengén fenntartott földmeder	30	1,5
Üreges betonelem (gyeprács)	50	3,0
Vagdalt terméskőburkolat	60	4,0
Beton lapburkolat, gondosan fugázva	70	4,5

Üreges betonelem: $k_1 = 50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, $v_1 = 3,33 \text{ m/s} > v_{\max} = 3,0 \text{ m/s}$, nem felel meg

Vagdalt kőburkolat: $k_1 = 60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, $v_1 = 4,00 \text{ m/s} = v_{\max} = 4,0 \text{ m/s}$ megfelel

Beton lapburkolat: $k_1 = 70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, $v_1 = 4,66 \text{ m/s} > v_{\max} = 4,5 \text{ m/s}$, nem felel meg

2.5. feladat

Egy trapéz szelvényű, kissé elhanyagolt földmedrű árok vízszállítása a legnagyobb megengedhető mélység esetén $Q_0 = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Ekkor a mederben $v_0 = 1 \text{ m/s}$ sebesség alakul ki. Milyen burkolatot alkalmazna, ha a vízszállítást változatlan maximális mélység, mederalak és esés mellett legalább a kétszeresére kell növelni. Ellenőrizze az így kialakuló sebességet is! A burkolatok jellemzőihez alkalmazza a 2.4. feladat 11. táblázatának adatait!

Megoldás

Eredeti mederben, maximális vízmélység esetén a legnagyobb szelvényterület $A_{\max} = \frac{Q_0}{v_0} = \frac{0,1}{1} = 0,1 \text{ m}^2$.

$$\text{Ekkor } v_0 = k_0 R^{2/3} \sqrt{S} = 30Y = 1 \text{ m/s}, \text{ melyből } Y = \frac{v_0}{k_0} = \frac{1}{30} \text{ m}^{2/3}/\text{s}$$

Megnövelt hozammal $Q_{\text{szüks}} = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$:

- gyepráccsal: $v_1 = k_1 Y = 50 \frac{1}{30} = 1,67 \text{ m/s} < v_{\max} = 3 \text{ m/s}$, megfelel
 $Q_1 = A_{\max} v_1 = 0,1 \cdot 1,67 = 0,167 \text{ m}^3/\text{s} < Q_{\text{szüks}}$, nem felel meg
- terméskővel: $v_2 = k_2 Y = 60 \frac{1}{30} = 2,0 \text{ m/s} < v_{\max} = 4,0 \text{ m/s}$, megfelel
 $Q_2 = A_{\max} v_2 = 0,1 \cdot 2,0 = 0,2 \text{ m}^3/\text{s} = Q_{\text{szüks}}$, éppen megfelel
- lapburkolattal: $v_3 = k_3 Y = 70 \frac{1}{30} = 2,33 \text{ m/s} < v_{\max} = 4,5 \text{ m/s}$, megfelel
 $Q_3 = A_{\max} v_3 = 0,1 \cdot 2,33 = 0,233 \text{ m}^3/\text{s} > Q_{\text{szüks}}$, bőségesen megfelel

2.6. feladat

Átépités során egy oldalárok esése 20 %-kal megnő. Változatlan mederméreteket, mederalak és mederanyag esetén fedezi a többlet-esés az átépítésből adódó 15 %-os hozamnövekedést, vagy nem.

Megoldás

$Q = A \cdot k R^{2/3} \sqrt{S}$. Mivel A , R és k változatlan, legyen $Y = AR^{2/3}k = \text{állandó}$

Átépités előtt: $Q_0 = Y \cdot \sqrt{S_0}$

Átépités után $S_1 = 1,2 S_0$, így $Q_1 = Y \cdot \sqrt{S_1} = Y \cdot \sqrt{1,2 S_0} = 1,095 \cdot Y \cdot \sqrt{S_0} = 1,095 Q_0 < 1,15 Q_0$. Nem fedezi!

2.7. feladat

Egy gypesített árok legnagyobb mélysége $h = 2 \text{ m}$, fenékszélessége $b = 2 \text{ m}$, rézsúhajlása $\rho = 1,5$, esése $S = 50 \text{ cm/km}$. Mekkora a vízszállítása a./ egy csapadékos nyáron, közel 100 %-os borítottság esetén, ha a gyepek kaszálás előtt mintegy 25 cm magasra nőtt; b./ tél végén, hiányos, max. 5 cm, magas gyepek esetén.

A gyepek jellemzőihez használja a 12. táblázat és a 6. ábra adatait!

Megoldás

A szelvény jellemzői: $A = bh + \rho h^2 = 2 \cdot 2 + 1,5 \cdot 2^2 = 10,0 \text{ m}^2$

$$P = b + 2h\sqrt{1 + \rho^2} = 2 + 2 \cdot 2\sqrt{1 + 1,5^2} = 9,21 \text{ m}, \quad R = A/P = 1,09 \text{ m}$$

a./ **nyáron** (a 12. táblázatban és a 6. ábra grafikonján **pirossal** jelölve): C érdességi osztály.

Tételezzünk fel $k_{11} = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ -os simasági tényezőt! Ezzel:

$$v = k_{11} R^{2/3} \sqrt{S} = 25 \cdot 1,09^{2/3} \sqrt{\frac{0,5}{1000}} = 0,59 \text{ m/s}, \quad Q = Av = 5,90 \text{ m}^3/\text{s}, \quad \text{így: } vR = 0,59 \cdot 1,09 = 0,64 \text{ m}^2/\text{s}$$

és a grafikonból $n = 0,037 \text{ s/m}^{1/3}$, így $k_{12} = 27 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Ez a 6. ábra leolvasási pontosságát is figyelembe véve elfogadható.

12. táblázat

A gyepek minősége	átl. magasság, cm	érdességi oszt.
Jó, legalább 80-90%-os borítottság)	60	A
	30 - 60	B
	15 - 30	C
	5 - 15	D
	5	E
Közepes, legalább 65%-os borítottság	60	B
	30 - 60	C
	5-30	D
	5	E

b./ **télen** (a 12. táblázatban és a 6. ábra grafikonján **kékkel** jelölve): E érdeességi osztály.

Tételezzük fel: $k_{21} = 35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Ezzel:

$$v = kR^{2/3} \sqrt{S} = 35 \cdot 109^{2/3} \sqrt{\frac{0,5}{1000}} = 0,83 \text{ m/s},$$

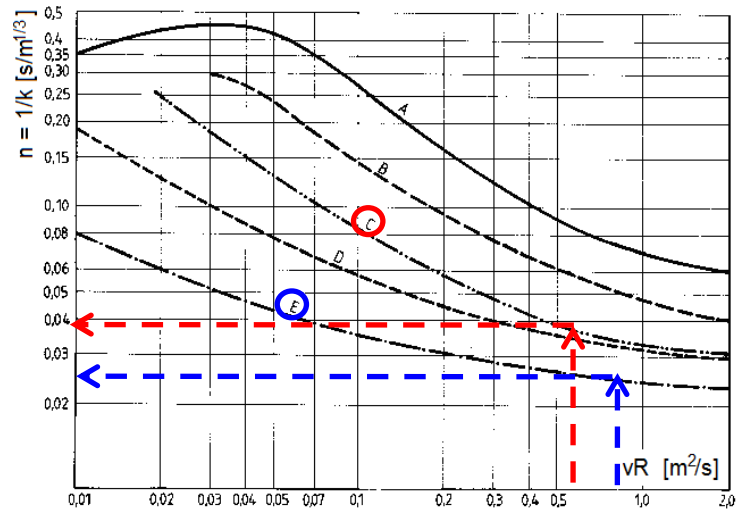
$$Q = Av = 8,30 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ezzel: $vR = 0,83 \cdot 109 = 0,90 \text{ m}^2/\text{s}$ valamint a grafikonból $n = 0,024 \text{ s/m}^{1/3}$, így $k_{22} = 41,6 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

A számítás ezzel megismétlődő. Többszöri ismétléssel $k_{2n} = 46,5 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, mellyel:

$$v = kR^{2/3} \sqrt{S} = 46,5 \cdot 109^{2/3} \sqrt{\frac{0,5}{1000}} = 1,10 \text{ m/s},$$

$$Q = Av = 11,0 \text{ m}^3/\text{s}$$

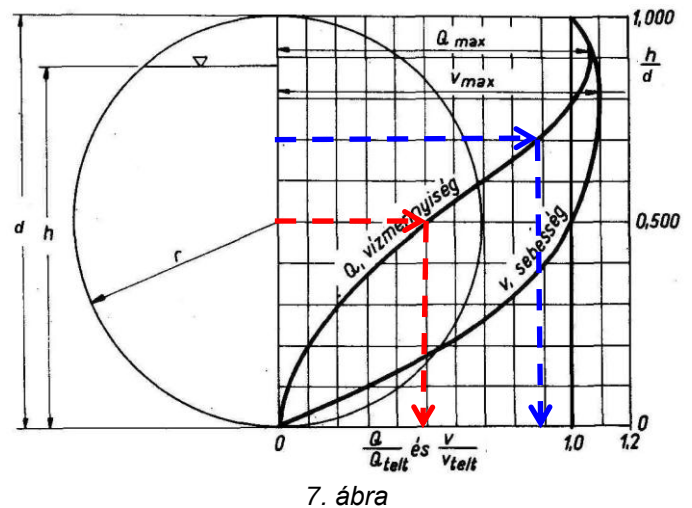


2.8. feladat

Egy $d = 0,5 \text{ m}$ átmérőjű, körszelvényű csőben félig telt állapotban a vízszállítás $Q_0 = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$. Mekkora a vízszállítás, ha a h mélység az átmérő 70%-ára emelkedik? A számításokhoz használja a 7. ábra telítettségi görbét!

Megoldás

Félig telt esetben (7. ábra **piros** nyilak) a vízszállítás a telt hozam fele, így $Q_{\text{telt}} = 2 Q_0 = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$. 70 %-os teltség esetén ($h = 0,7d = 0,35 \text{ m}$) a hozam a telt hozam 90 %-a (7. ábra **kék** nyilak), így $Q_1 = 0,9 Q_{\text{telt}} = 0,9 \cdot 0,2 = 0,18 \text{ m}^3/\text{s}$.



7. ábra

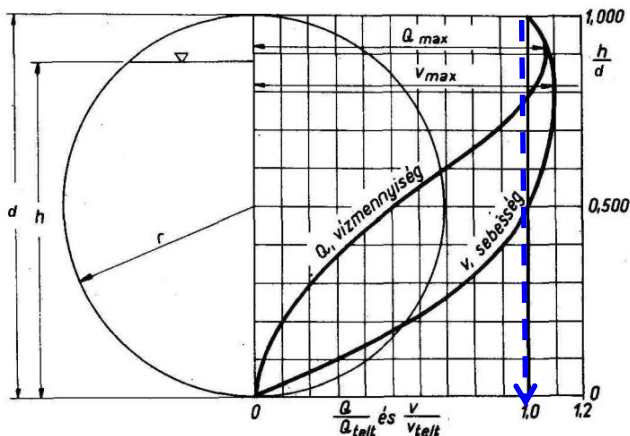
2.9. feladat

Egy $d = 800 \text{ mm}$ -es csőben félig félig telt szelvény esetén a sebesség $v = 1 \text{ m/s}$. Mekkora a telt szelvény sebessége és hozama? A számításokhoz használja a 8. ábra telítettségi görbét!

Megoldás

Az ábráról leolvassva: $v_{1/2} = v_{\text{telt}} = 1 \text{ m/s}$, így

$$Q_{\text{telt}} = \frac{d^2 \pi}{4} v = \frac{0,8^2 \pi}{4} 1 = 0,503 \text{ m}^3/\text{s}$$



8. ábra

2.10. feladat

Egy $d = 1$ m átmérőjű körszelvényű csőben a mélység $h = 40$ cm. Ekkor a vízszállítás $Q_1 = 0,35$ m³/s. Mekkora a telt szelvényű cső Q_{telt} vízszállítása és a legnagyobb vízszállítás, Q_{max} ? A számításokhoz használja a 9. ábra telítettségi görbéjét!

Megoldás

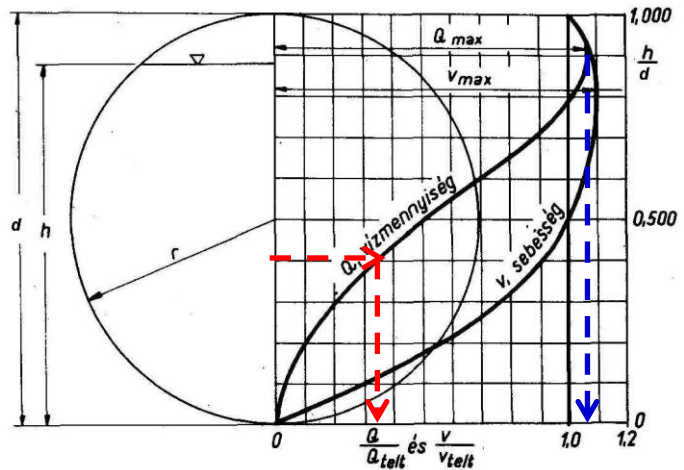
$h/d = 0,4/1 = 0,4$, így a 9. ábra piros nyilai alapján $Q_1/Q_{telt} = 0,35$.

Ebből a 9. ábra alapján:

$$Q_{telt} = Q_1 / 0,35 = 0,35 / 0,35 = 1 \text{ m}^3/\text{s}$$

A 9. ábra kék nyila alapján:

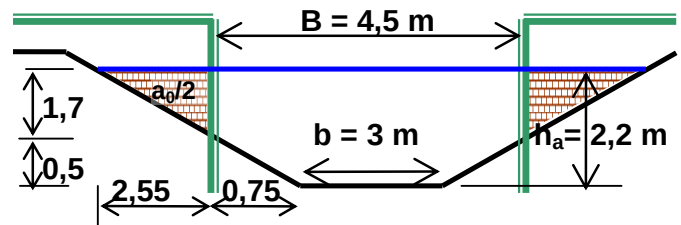
$$Q_{max} \approx 108 Q_{telt} = 108 \text{ m}^3/\text{s}$$



9. ábra

3. Híd**3.1. feladat**

Egy $b = 3$ m széles, $S = 50$ cm/km esésű, burkolt, $k = 55$ m^{1/3}/s simasági tényezőjű mederbe híd épül. A szögletes parti pillérek közötti távolság $B = 4,5$ m, melyet a 10. ábra mutat. Mértékadó $Q = 20$ m³/s hozam esetén mekkora a híd önduzzasztása?



10. ábra

Megoldás

➤ Meder: Vízmélység: $h = 2,2$ m (próbaszámítások alapján). Ellenőrzés:

$$A = bh + \rho h^2 = 3 \cdot 2,2 + 15 \cdot 2,2^2 = 13,86 \text{ m}^2 \quad P = b + 2h\sqrt{1 + \rho^2} = 3 + 2 \cdot 2,2\sqrt{1 + 15^2} = 10,93 \text{ m}$$

$$R = A/P = 13,86 / 10,93 = 1,27 \text{ m} \quad v = kR^{2/3} \sqrt{S} = 55 \cdot 1,27^{2/3} \sqrt{0,0005} = 1,44 \text{ m/s}$$

$$Q = Av = 13,86 \cdot 1,44 = 19,96 \text{ m}^3/\text{s} \approx 20 \text{ m}^3/\text{s},$$

$h = 2,2$ m megfelel, ez a mélység alakul ki a híd alvizeben : $h = h_a = 2,2$ m

➤ Viszonyszámok:

♦ pillérek által igénybevett terület (10. ábra alapján): $a_0 = 2 \frac{2,55 \cdot 1,7}{2} = 4,34 \text{ m}^2$

♦ szűkítési viszonzyszám: $A_r = \frac{a_0}{A} = \frac{4,34}{13,86} = 0,31$

♦ áramlási viszonzyszám: $H_r = \frac{v^2}{2gh_a} = \frac{1,44^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 2,2} = 0,048$

♦ érvényesség: 1. $0,06 < A_r = 0,31 < 0,36$, megfelel

2. $H_r = 0,048 < \left(\frac{1}{2,7 + 21A_r} - 0,046 \right) = \left(\frac{1}{2,7 + 21 \cdot 0,31} - 0,046 \right) = 0,063$, megfelel

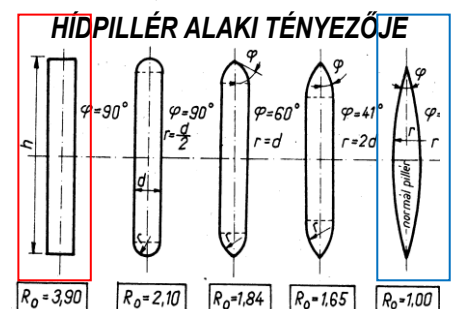
➤ Pilléralak: szögletes (11. ábra, pirossal jelölve), $R_0 = 3,9$, így

$$R_1 = R_0 - A_r(R_0 - 1) = 3,9 - 0,31(3,9 - 1) = 3,00$$

➤ Önduzzasztás:

$$\Delta h = R_1 \left(0,4A_r + A_r^2 + 9A_r^4 \right) \frac{v^2}{2g} =$$

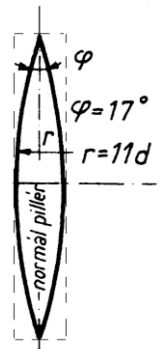
$$= 3,00 \left(0,4 \cdot 0,31 + 0,31^2 + 9 \cdot 0,31^4 \right) \frac{1,44^2}{2 \cdot 9,81} = 0,11 \text{ m}$$



11. ábra

3.2. feladat

Egy híd felújítása során az ábrán megadott pillért szádfallal veszik körül. Az elzárt terület - melyet a 12. ábra vékony szaggatott vonal jelöl - téglalap alakú, a pillér szélességével azonos. Így a módosított pillér területe a mederszelvény síkjában változatlan marad. A körülvett pillér esetén a folyó vízszintingadozásának teljes tartományában az alvízi sebesség és vízmélység az eredeti pillérhez képest változatlan marad. Árvíz idején így mind az eredeti, mind az átépítés alatt álló híd a meder A_0 szelvényterületének 10 %-át foglalja el. Az eredeti híd önduzzasztása árvízkor 10 cm volt. Mekkora lesz a felújítás alatt levonuló árvíz idején az önduzzasztás? A pillér alaki tényezői a 3.1. feladat 11. ábra szerint adóttak.



12. ábra

Megoldás

$$\text{Eredeti híd: } \Delta h = R_1 \left(0,4A_r + A_r^2 + 9A_r^4 \right) (1 + 2H_r) \frac{v^2}{2g} = R_1 \cdot C = 0,1m$$

$A_p = 0,1 \cdot A_0$, így a szűkítési viszonyszám: $A_r = \frac{0,1 \cdot A_0}{A_0} = 0,1$, változatlan. A sebesség változatlan, így H_r és

a sebességmagasság is változatlan, mellyel a C szorzat is változatlan.

Egyedül a pilléralak figyelembe vétele (R) változik.

eredeti pillér: áramvonalas (11. ábra, **kékkel** jelölve), $R_0 = 1$, így $R_1 = R_0 - A_r(R_0 - 1) = 1 - 0,1(1 - 1) = 1$

$$\text{ebből } C = \left(0,4A_r + A_r^2 + 9A_r^4 \right) (1 + 2H_r) \frac{v^2}{2g} = \frac{\Delta h}{R_1} = \frac{0,1m}{1} = 0,1m \text{ változatlan mindkét esetben.}$$

szádfallal körülvéve: szögletes (11. ábra, **pirossal** jelölve), $R_{0s} = 3,9$, így

$$R_{1s} = R_{0s} - A_r(R_{0s} - 1) = 3,9 - 0,1(3,9 - 1) = 3,61$$

$$\text{felújítás idején, szádfallal körülvéve az önduzzasztás: } \Delta h_s = R_{1s} \cdot C = 3,61 \cdot 0,1m = 0,361m$$

3.3. feladat

Egy meglevő híd környékén a medret rendezték, így a sebesség a korábbi másfélszerese lett, $v_1 = 1,5v_0$. A híd önduzzasztása korábban $\Delta h_0 = 10 \text{ cm}$ volt. Változatlan ζ veszteségtényezőt feltételezve ellenőrizze, hogy a medrerendezés hatására az önduzzasztás meghaladja-e a legfeljebb megengedhető $\Delta h_{\max} = 12 \text{ cm}$ -t, vagy nem.

Megoldás

$$\text{eredeti mederben: } \Delta h_0 = \zeta \frac{v_0^2}{2g} = 0,1m$$

rendezés után

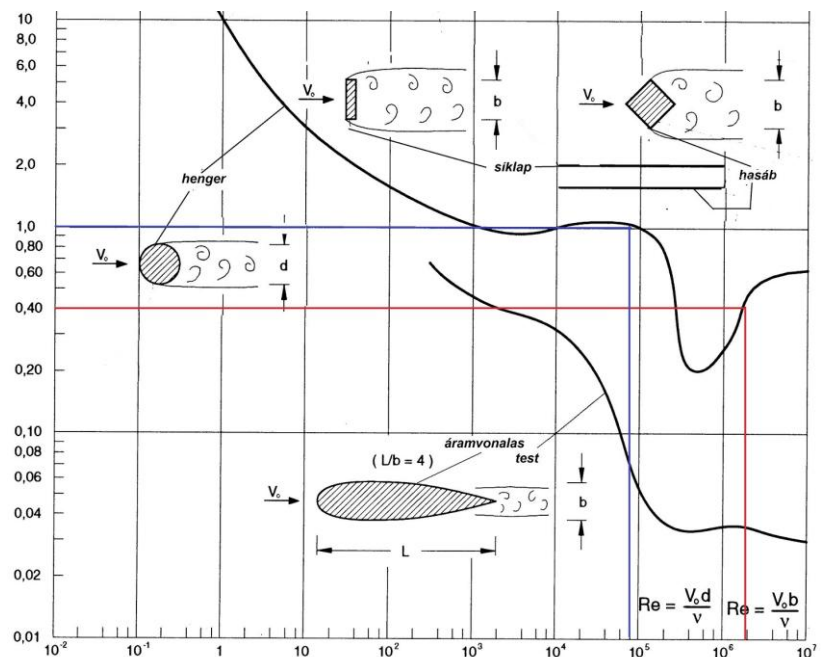
$$\Delta h_1 = \zeta \frac{v_1^2}{2g} = \zeta \frac{(1,5v_0)^2}{2g} = 2,25 \cdot \zeta \frac{v_0^2}{2g} =$$

$$= 2,25 \cdot 0,1 = 0,225m > \Delta h_{\max} = 0,12m$$

nem felel meg

3.4. feladat

Egy híd azonos szélességű ($B = 50 \text{ m}$) élő medret ($v_e = 1 \text{ m/s}$) és holtágat ($v_h = 0,05 \text{ m/s}$) is keresztez. A hídnak mindkét helyen van 3 - 3 db $d = 2 \text{ m}$ átmérőjű hengeres mederpillére. Hasonlítsa össze a 13. ábra közegellenállási tényezője, a veszteségtényező és az önduzzasztás értékeit a két esetre, ha a 10°C -os víz kinematikai viszkozitása $\nu = 1,3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$.



13. ábra

Megoldás

$$\text{Reynolds-szám: } Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

élő meder

$$Re = \frac{1 \cdot 2}{1,3 \cdot 10^{-6}} = 154 \cdot 10^6$$

holtág

$$Re = \frac{0,05 \cdot 2}{1,3 \cdot 10^{-6}} = 7,69 \cdot 10^4$$

közegellenállási tényező grafikonból:

$$c_w = 0,4$$

$$\text{veszteségtényező: } \zeta = c_w \frac{\Sigma b}{B}$$

$$\zeta = 0,4 \frac{3 \cdot 2}{50} = 0,048$$

$$c_w = 1$$

$$\zeta = 1 \frac{3 \cdot 2}{50} = 0,12$$

$$\text{önduzzasztás: } \Delta h = \zeta \frac{v^2}{2g}$$

$$\Delta h = 0,048 \frac{1^2}{19,62} = 0,002 \text{ m}$$

$$\Delta h = 0,12 \frac{0,05^2}{19,62} \approx 0 \text{ m}$$

Az élő mederben az alacsony veszteségtényező miatt, a holtágban az alacsony ebesség miatt az ön-duzzasztás elhanyagolható.

4. ÁTERESZ

4.1. feladat

A 14. ábra adataival megadott árokba $l = 3 \text{ m}$ hosszú, $d = 0,6 \text{ m}$ átmérőjű, függőleges bel/kilépési szelvényű átereszt épül. A betoncső súrlódási tényezője $\lambda = 0,03 \text{ m}$, a helyi veszteségek az órávázat típusai alapján a 13. táblázat segítségével határozhatók meg. Mekkora a vízmélység az átereszt felvázában,

a./ ha a meder és cső fenntartása megfelelő ($k_1 = 40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$),
b./ a meder megfelelő, de a cső 20%-ban eltömődött,
c./ a meder fenntartása hiányos ($k_2 = 25 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$), és a cső 20%-ban eltömődött.

Megoldás

a./ Fenntartott meder és cső

➤ Meder: Vízmélység: $h = 0,8 \text{ m}$ (próbaszámítások alapján). Ellenőrzés:

$$A = b h + \rho h^2 = 0,8 \cdot 0,8 + 1 \cdot 0,8^2 = 1,28 \text{ m}^2$$

$$P = b + 2h\sqrt{1 + \rho^2} = 0,8 + 2 \cdot 0,8\sqrt{1 + 1^2} = 3,06 \text{ m}$$

$$R = A/P = 1,28 / 3,06 = 0,42 \text{ m}$$

$$v = k R^{2/3} \sqrt{S} = 40 \cdot 0,42^{2/3} \sqrt{0,0002} = 0,316 \text{ m/s}$$

$$Q = A v = 1,28 \cdot 0,32 = 0,41 \text{ m}^3/\text{s} \approx 0,4 \text{ m}^3/\text{s}, h = 0,8 \text{ m} \text{ megfelel;}$$

ez a mélység alakul ki az átereszt alvázában: $h = h_a = 0,8 \text{ m}$

➤ Csőátereszt: körszelvény, függőleges bel/kilépés: órávázat B típusa, melyet a 15. ábra mutat.

$$\text{terület: } A_{\text{át}} = \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{0,6^2 \pi}{4} = 0,28 \text{ m}^2 \quad \text{sebesség: } v_{\text{át}} = \frac{Q}{A_{\text{át}}} = \frac{0,4}{0,28} = 1,41 \text{ m/s}$$

➤ helyi veszteség tényező:

$$\text{relatív szélesség: } N_b = \frac{B}{d} = \frac{0,8}{0,6} = 1,33,$$

$$\text{relatív mélység: } N_h = \frac{h_a}{d} = \frac{0,8}{0,6} = 1,33$$

állandók (13. táblázatból, pirossal): $C_1 = 0,9$, $C_2 = 0,6$, $C_3 = 0,15$, $C_4 = 1,3$
veszteségtényező:

$$\Sigma \zeta = C_1 + C_2(N_b - 1) + C_3(N_h - C_4) = 0,9 + 0,6(1,33 - 1) + 0,15(1,33 - 1,3) = 1,10$$

➤ felvízi mélység

$$\text{önduzzasztás: } \Delta h = \frac{v_{\text{át}}^2}{2g} \left(\Sigma \zeta + \lambda \frac{l}{d} \right) = \frac{1,41^2}{2 \cdot 9,81} \left(1,10 + 0,03 \frac{3}{0,6} \right) = 0,13 \text{ m}$$

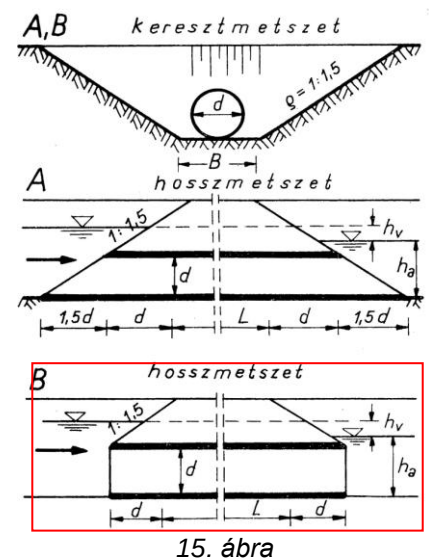
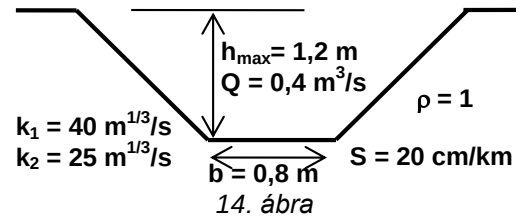
$$\text{felvízi mélység: } h_f = h_a + \Delta h = 0,8 + 0,13 = 0,93 \text{ m} < h_{\text{max}} = 1,2 \text{ m}$$

b./ Fenntartott meder, eltömődött cső

➤ Meder: Vízmélység: változatlan, $h = h_a = 0,8 \text{ m}$

➤ Csőátereszt: 20 %-os területcsökkenés

$$\text{terület: } A_{\text{át}} = (1 - 0,2) \cdot 0,28 = 0,23 \text{ m}^2 \quad \text{sebesség: } v_{\text{át}} = \frac{Q}{A_{\text{át}}} = \frac{0,4}{0,23} = 1,74 \text{ m/s}$$



13. táblázat

tip.	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄
A	1,10	0,60	0,20	1,3
B	0,90	0,60	0,15	1,3
C	0,50	0,40	0,20	1,3
D	0,45	0,25	0,10	1,3
E	1,00	0,40	0,20	1,5
F	1,10	0,35	0,20	1,5
G	0,50	0,20	0,10	1,4

$$\text{átmérő, feltételezve a „koncentrikus” eltömődést: } d = \sqrt{\frac{4A_{\text{át}}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,23}{\pi}} = 0,54 \text{ m}$$

➤ helyi veszteség tényező:

$$\text{relatív szélesség: } N_b = \frac{B}{d} = \frac{0,8}{0,54} = 1,48, \quad \text{relatív mélység: } N_h = \frac{h_a}{d} = \frac{0,8}{0,54} = 1,48$$

állandók : változatlanok

$$\text{veszteségtényező: } \Sigma \zeta = C_1 + C_2(N_b - 1) + C_3(N_h - C_4) = 0,9 + 0,6(1,48 - 1) + 0,15(1,48 - 1,3) = 1,22$$

➤ felvízi mélység:

$$\text{önduzzasztás: } \Delta h = \frac{v_{\text{át}}^2}{2g} \left(\sum \zeta + \lambda \frac{l}{d} \right) = \frac{1,74^2}{2 \cdot 9,81} \left(1,22 + 0,03 \frac{3}{0,54} \right) = 0,21 \text{ m}$$

$$\text{felvízi mélység: } h_f = h_a + \Delta h = 0,8 + 0,21 = 1,01 \text{ m} < h_{\text{max}} = 1,2 \text{ m}$$

c./ . Elhanyagolt meder és cső

➤ Meder: Vízmélység: $h = 1,0 \text{ m}$ (próbaszámítások alapján). Ellenőrzés:

$$A = bh + \rho h^2 = 0,8 \cdot 1 + 1 \cdot 1^2 = 1,8 \text{ m}^2 \quad P = b + 2h\sqrt{1 + \rho^2} = 0,8 + 2 \cdot 1 \cdot \sqrt{1 + 1^2} = 3,63 \text{ m}$$

$$R = A/P = 1,8 / 3,63 = 0,50 \text{ m} \quad v = kR^{2/3} \sqrt{S} = 25 \cdot 0,5^{2/3} \sqrt{0,0002} = 0,22 \text{ m/s}$$

$$Q = Av = 1,8 \cdot 0,22 = 0,396 \text{ m}^3/\text{s} \approx 0,4 \text{ m}^3/\text{s}, \quad h = 1,0 \text{ m} \text{ megfelel; így } h = h_a = 1,0 \text{ m}$$

➤ Csőáteresz: 20 %-os területcsökkenés, mint b./ kérdés esetén

➤ helyi veszteség tényező:

$$\text{relatív szélesség: } N_b = \frac{B}{d} = \frac{0,8}{0,54} = 1,48, \quad \text{relatív mélység: } N_h = \frac{h_a}{d} = \frac{1,0}{0,54} = 1,85$$

állandók: változatlanok

$$\text{veszteségtényező: } \Sigma \zeta = C_1 + C_2(N_b - 1) + C_3(N_h - C_4) = 0,9 + 0,6(1,48 - 1) + 0,15(1,85 - 1,3) = 1,27$$

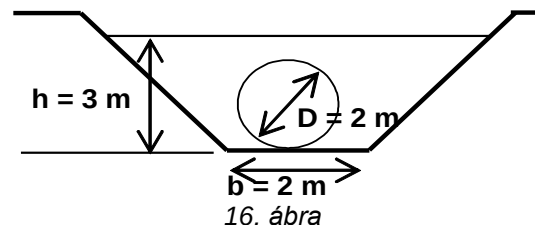
➤ felvízi mélység

$$\text{önduzzasztás } \Delta h = \frac{v_{\text{át}}^2}{2g} \left(\sum \zeta + \lambda \frac{l}{d} \right) = \frac{0,22^2}{2 \cdot 9,81} \left(1,27 + 0,03 \frac{3}{0,54} \right) = 0,22 \text{ m}$$

$$\text{felvízi mélység: } h_f = h_a + \Delta h = 1,0 + 0,22 = 1,22 \text{ m} > h_{\text{max}} = 1,2, \text{ nem felel meg!}$$

4.2. feladat

A 16. ábra szerinti **2 m**-es fenékszélességű mederben kör-szelvényű, függőleges, lekerekített be- és kilépési szelvényű átereszt kell létesíteni, melynek **3 m**-es alvízi vízmélység esetén a helyi veszteségtényezője nem lehet nagyobb, mint $\zeta_{\text{max}} = 1$. Megfelelő-e a **2 m**-es átmérőjű cső?



Megoldás

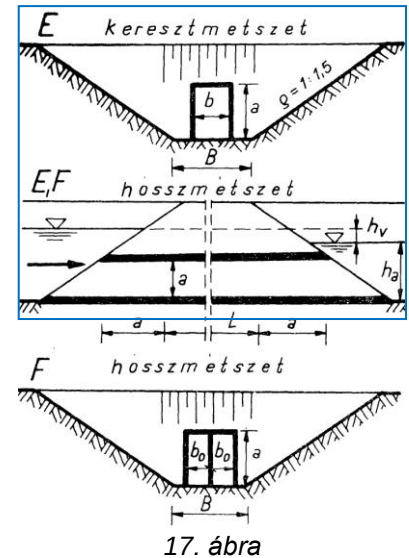
- kör szelvényű átereszt, átmérő: $D = 2 \text{ m}$,
- trapéz meder; fenékszélesség: $b = 2 \text{ m}$, alvíz: $h = 3 \text{ m}$
- trapéz meder + kör szelvényű cső + függőleges be/kilépés : órávázlat B típusa, melyet a 4.1. feladat 15. ábra mutat.
- a 4.1. feladat 13. táblázatból, **pirossal** jelölve: $C_1 = 0,9$; $C_2 = 0,6$; $C_3 = 0,15$; $C_4 = 1,3$
- $N_b = b/D = 2/2 = 1$ $N_h = h/D = 3/2 = 1,5$
- $\Sigma \zeta = C_1 + C_2(N_b - 1) + C_3(N_h - C_4) = 0,9 + 0,6(1 - 1) + 0,15(1,5 - 1,3) = 0,93 < 1$ megfelel

4.3. feladat

Egy 2 m-es fenékszélességű trapéz szelvényű mederben négyszög-szelvényű, 2x2 m-es belső méretű átereszt épül rézsús be- és kilépési szelvényekkel. 3 m-es alvízi vízmélység esetén mekkora a helyi veszteségek összegzett tényezője?

Megoldás

- négyszög szelvény: szélesség: $b = 2 \text{ m}$, magasság: $a = 2 \text{ m}$
- trapéz meder: fenékszélesség: $B = 2 \text{ m}$, alvíz mélysége: $h_a = 3 \text{ m}$
- trapéz meder + négyszög szelvényű cső + rézsús be-/kilépés: órávázlat E típusa, melyet a 17. ábra mutat.
- a 4.1. feladat 13. táblázatból kékkel jelölve:
 $C_1 = 1$ $C_2 = 0,4$ $C_3 = 0,2$ $C_4 = 1,5$
- $N_b = B/b = 2/2 = 1$ $N_h = h_a/a = 3/2 = 1,5$
- $\Sigma\zeta = C_1 + C_2(N_b - 1) + C_3(N_h - C_4) = 1 + 0,4(1 - 1) + 0,2(1,5 - 1,5) = 1$

**4.4. feladat**

Egy régi építésű átereszt hossza $l = 10 \text{ m}$, átmérője $d = 1 \text{ m}$. Méretezéskor a súrlódási tényezője $\lambda = 0,02$, összes helyi vesztesége $\Sigma\zeta = 1,6$ volt. Az előregedett, néhol sérült műtárgy jelen állapotában a súrlódási tényező $\lambda = 0,06$ -ra, összes helyi veszteség $\Sigma\zeta = 3,0$ -ra növekedett. Változatlan vízszállítás esetén milyen mértékben növekedett a műtárgy önduzzasztása?

Megoldás

Önduzzasztás: $\Delta h = \frac{v^2}{2g} \left(\Sigma\zeta + \lambda \frac{l}{d} \right)$. Mivel a vízszállítás változatlan, az önduzzasztás csak a veszte-

ségtényezőktől függ. Tervezéskor: $\Sigma\zeta + \lambda \frac{l}{d} = 1,6 + 0,02 \frac{10}{1} = 1,8$,

Jelenleg: $\Sigma\zeta + \lambda \frac{l}{d} = 3 + 0,06 \frac{10}{1} = 3,6$, azaz a kétszeresére növekedett!

4.5. feladat

Egy $L = 5 \text{ m}$ hosszú, körszelvényű átereszt mértékadó esetben $Q = 1 \text{ m}^3/\text{s}$ -os hozamot kell szállítson, legfeljebb $\Delta h = 10 \text{ cm}$ -es önduzzasztással. A cső mentén a helyi veszteségek összege $\Sigma\zeta = 1,5$, a súrlódási tényező $\lambda = 0,03$. Megfelelő a $d = 1 \text{ m}$ -es átmérőjű cső?

Megoldás

terület: $A = \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{1^2 \pi}{4} = 0,79 \text{ m}^2$ sebesség: $v = \frac{Q}{A} = \frac{1}{0,79} = 1,27 \text{ m/s}$

önduzzasztás: $\Delta h = \frac{v^2}{2g} \left(\Sigma\zeta + \lambda \frac{l}{d} \right) = \frac{1,27^2}{2 \cdot 9,81} \left(1,5 + 0,03 \frac{5}{1} \right) = 0,14 \text{ m} > 0,1 \text{ m}$, nem felel meg!

Vagy:

terület: $A = \frac{d^2 \pi}{4} = \frac{1^2 \pi}{4} = 0,79 \text{ m}^2$, $c = \sqrt{\frac{1}{\Sigma\zeta + \lambda \frac{l}{d}}} = \sqrt{\frac{1}{1,5 + 0,03 \frac{5}{1}}} = 0,78$ és

$Q = c \cdot A \sqrt{2g \cdot \Delta h} = 0,78 \cdot 0,79 \cdot \sqrt{19,62 \cdot 0,1} = 0,86 \text{ m}^3/\text{s} < 1 \text{ m}^3/\text{s}$, nem felel meg

A fent megadott kettő közül bármelyik megoldás elfogadható.

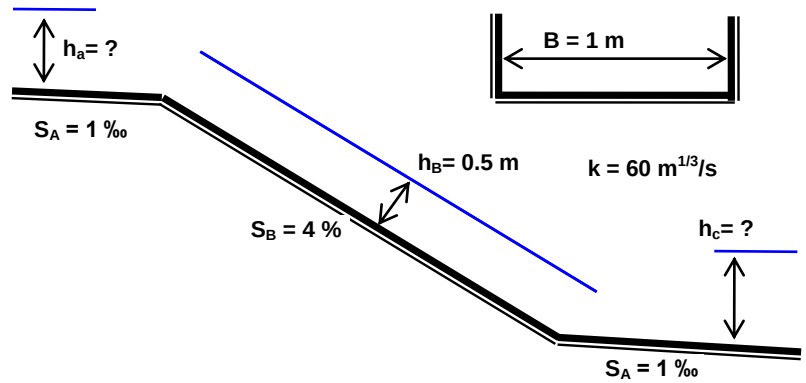
5. SURRANTÓ

5.1. feladat

A 18. ábra egy vasbeton surrantót mutat.

a./ Milyen áramlási viszonyok alakulnak ki a műtárgy környezetében? Az adott állapotban a vázolt helyzethez képest szükséges valahol beavatkozás?

b./ Mekkora lesz a rohanó szakaszon a légbeszívás?



18. ábra

Megoldás

a./

➤ Vízszállítás a középső (B) szakaszon
Chezy és Manning összefüggései alapján:

$$A = Bh_B = 1 \cdot 0,5 = 0,5 \text{ m}^2 \quad P = B + 2h_B = 1 + 2 \cdot 0,5 = 2 \text{ m} \quad R = A/P = 0,5/2 = 0,25 \text{ m}$$

$$v = C\sqrt{RS} \quad \text{és} \quad C = kR^{1/6} \quad \text{így} \quad v = kR^{2/3}\sqrt{S} = 60 \cdot 0,25^{2/3}\sqrt{0,04} = 4,76 \text{ m/s} \quad Q = Av = 0,5 \cdot 4,76 = 2,38 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{➤ Kritikus mélység} \quad h_{kr} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{B^2g}} = \sqrt[3]{\frac{2,38^2}{1^2 \cdot 9,81}} = 0,83 \text{ m}$$

➤ A és C szakasz (azonos) vízmélysége: $h_A = h_C = 2,27 \text{ m}$ (próbaszámítások alapján). Ellenőrzés:

$$A = Bh_C = 1 \cdot 2,27 = 2,27 \text{ m}^2 \quad P = B + 2h_C = 1 + 2 \cdot 2,27 = 5,54 \text{ m} \quad R = A/P = 2,27/5,54 = 0,41 \text{ m}$$

$$v = kR^{2/3}\sqrt{S} = 60 \cdot 0,41^{2/3}\sqrt{0,001} = 1,05 \text{ m/s} \quad Q = Av = 2,27 \cdot 1,05 = 2,38 \text{ m}^3/\text{s}, \quad h_A = h_C = 2,27 \text{ m} \text{ megfelel}$$

➤ Vízmozgás jellege:

$$h_{kr} = 0,83 \text{ m} < h_A = h_C = 2,27 \text{ m}, \quad \Rightarrow \text{A és C szakasz áramló}$$

$$h_{kr} = 0,83 \text{ m} > h_B = 0,5 \text{ m}, \quad \Rightarrow \text{B szakasz rohanó}$$

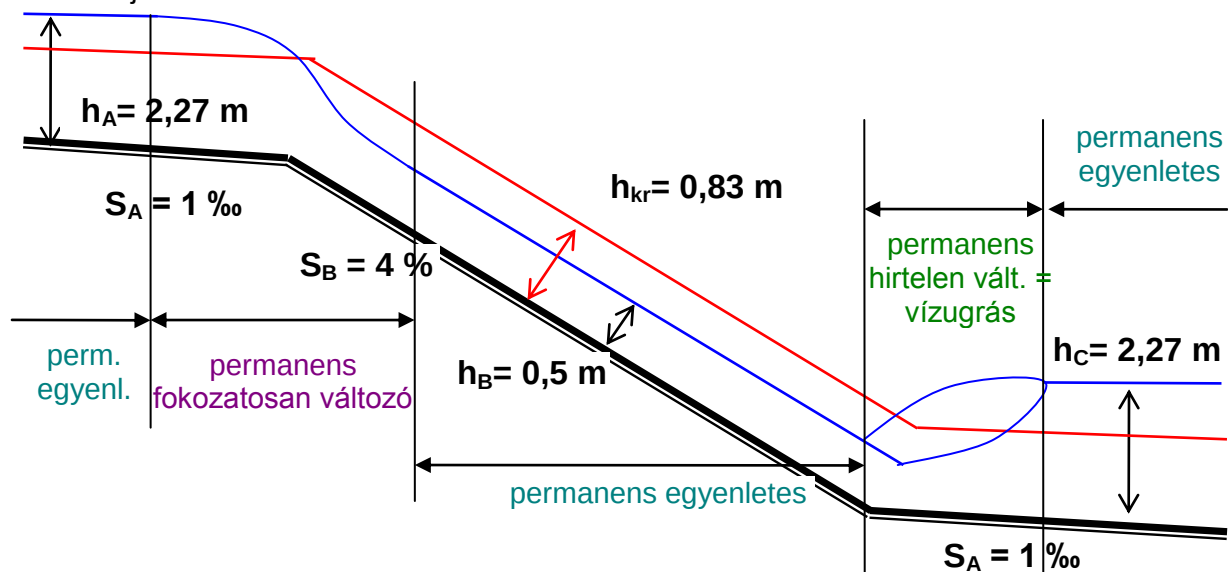
➤ felső átmenet: áramló $\Rightarrow$ rohanó: fokozatos

➤ alsó átmenet: rohanó $\Rightarrow$ áramló: vízugrás:

$$q = Q/B = 2,38/1 = 2,38 \text{ m}^2/\text{s}, \quad \text{áramló oldalon } h_2 = h_C = 2,27 \text{ m}, \quad \text{így}$$

$$\text{rohanó oldalon } h_1 = -\frac{h_2}{2} + \sqrt{\left(\frac{h_2}{2}\right)^2 + \frac{2q^2}{gh_2}} = -\frac{2,27}{2} + \sqrt{\left(\frac{2,27}{2}\right)^2 + \frac{2 \cdot 2,38^2}{9,81 \cdot 2,27}} = 0,21 \text{ m} < h_B = 0,5 \text{ m}$$

A vízugrás rohanó oldala nem tud kialakulni, az áramló „túl erős”, visszatolja a vízugrást a surrantó lábához, beduzzasztott vízugrás alakul ki, süllyesztett utófenékre nincs szükség. A kapott felszín görbét a 19. ábra mutatja.



19. ábra

$$b./ R = 0,25 \text{ m}, S_b = \tan \alpha = 0,04, \alpha = 2,3^\circ$$

$$\zeta = 0,23 \cdot R^{0,05} (\sin \alpha)^{0,74} = 0,23 \cdot 0,25^{0,05} (\sin 2,3^\circ)^{0,74} = 0,02, \text{ azaz az áramlás } 2\%-a \text{ "levegős".}$$

5.2. feladat

30°-os rézsűn kell $b = 1 \text{ m}$ szélességű, $h = 0,2 \text{ m}$ mélységű surrantót kialakítani, mely legalább $Q_{\min} = 0,5 \text{ m}^3/\text{s}$ -os hozamot légbeszívás nélkül ($v_{\max} = 4 \text{ m/s}$) képes elszállítani. Megfelelő a monolit beton burkolat ($k = 60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$), vagy mesterséges érdesítés szükséges?

Megoldás

A vízszállítás ellenőrzése monolit burkolattal:

$$A = Bh = 1 \cdot 0,2 = 0,2 \text{ m}^2 \quad P = B + 2h = 1 + 2 \cdot 0,2 = 1,4 \text{ m} \quad R = A/P = 0,2/1,4 = 0,143 \text{ m}$$

$$S = \tan 30^\circ = 0,577, \quad v = kR^{2/3} \sqrt{S} = 60 \cdot 0,143^{2/3} \sqrt{0,577} = 12,46 \text{ m/s} > v_{\max} \quad \text{nem felel meg,}$$

$$Q = Av = 0,2 \cdot 12,46 = 2,49 \text{ m}^3/\text{s} > Q_{\min} \quad \text{megfelel, (sőt túlzó) azonban a nagy sebesség miatt érdesítés szükséges}$$

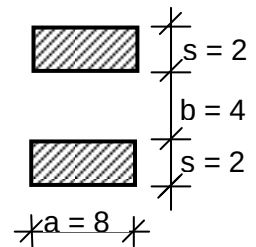
mesterséges érdesítéssel, változatlan szelvényalakokkal: $Q = Av_{\max} = 0,2 \cdot 4 = 0,8 \text{ m}^3/\text{s} > Q_{\min}$ megfelel

$$\text{ehhez szükséges mederérdesítés: } k_{\text{érd}} = \frac{v_{\max}}{R^{2/3} \sqrt{S}} = \frac{4}{0,143^{2/3} \sqrt{0,577}} = 19,26 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$$

6. GEREB

6.1. feladat

Egy négyszögszelvényű, $s = 2 \text{ cm}$ vastag, $a = 8 \text{ cm}$ hosszú, $b = 4 \text{ cm}$ pálcaközü, a vízszintessel $\alpha = 80^\circ$ -os szöget bezáró gereb hossz tengelye a $v = 1 \text{ m/s}$ közepsebességű áramlással párhuzamos. Becsülje meg mindkét ismertetett módszerrel az önduzzasztását!



20. ábra

Megoldás

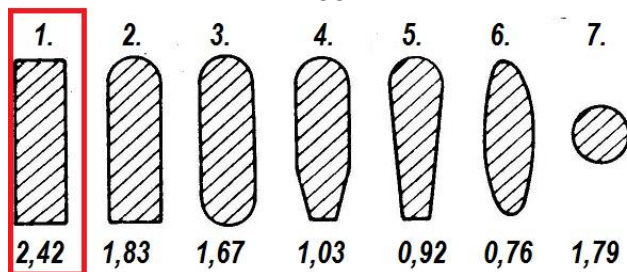
a./ négyszögszelvényű gereb:

$$\text{Mivel } \frac{a}{b} = \frac{8}{4} = 2 \quad \text{és} \quad \frac{s}{b} = \frac{2}{4} = 0,5 \quad \text{a 21. ábra felső}$$

grafikonján, **pirossal** jelölve $\zeta = 1,05$. A hajlásszög alapján a 21. ábra alsó grafikonján szintén **pirossal** jelölve $k = 1,07$. Ezekkel:

$$\Delta h = \zeta k \frac{v^2}{2g} = 1,05 \cdot 1,07 \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} = 0,057 \text{ m} \approx 6 \text{ cm}$$

b./ Kirschmer-féle összefüggés

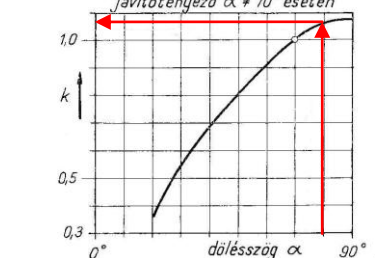
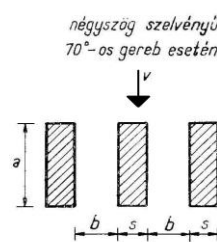
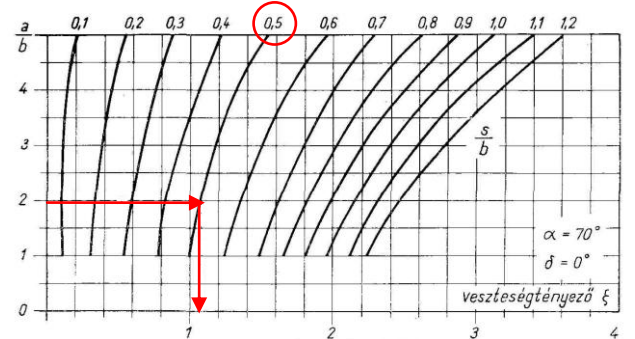


22. ábra

A pálcák alak tényezője a 22. ábra alapján, **pirossal** jelölve: $\phi = 2,42$. Mivel az áramlás a pálcátengelyével párhuzamos ($\delta = 0$), ezért $\beta = 1$. $\frac{s}{b} = \frac{2}{4} = 0,5$. így:

$$\Delta h = \phi \beta \left(\frac{s}{b} \right)^{4/3} \sin \alpha \frac{v^2}{2g} = 2,42 \cdot 1 \cdot 0,5^{4/3} \sin 80^\circ \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} = 0,048 \text{ m} \approx 5 \text{ cm}$$

A kis eltérés miatt bármelyik elfogadható.



21. ábra

6.2. feladat

Egy függőleges be/kiömlésű nagyátmérőjű átereszt felújítása során az előtte levő függőleges, téglalap alakú pálcákra álló gerebet is átépítik. Ennek során követelmény az, hogy a pálcavastagság és a pálcaköz megváltoztatása nélkül a gerbe vesztesége az eredeti veszteség kb. háromnegyedére csökkenjen. A rekonstrukció során a rááramlás iránya változatlan marad. A Kirschmer-féle összefüggés alapján tegyen javaslatot a gerbe kialakítására! Az alaki tényezőhöz használja a 6.1. feladat 22. ábra értékeit.

Megoldás:

$$\Delta h = \varphi \beta \left(\frac{s}{b} \right)^{4/3} \sin \alpha \frac{v^2}{2g} \text{ és } \varphi = 2,42 \text{ (téglalap szelvény)}$$

s és b valamint a rááramlás miatt β változatlan marad. Meglevő műtárgy, tehát v sem változhat. Módosítani lehet a hajlást és az alakot.

- **Hajlás:** $\alpha = 90^\circ$, $\sin \alpha = 1$ helyett $\sin \alpha = 0,75$ szükséges, melyből $\alpha = 48,6^\circ$. Ez túlzottan alacsony, különösen amiatt, hogy az átereszt függőleges beömlésű. A hajlás kb. $\alpha' = 70^\circ$ -ig csökkenthető. Így $\sin \alpha' = 0,94$.
- **Alak:** $\varphi_{szüks} = \varphi \cdot 0,75 = 2,42 \cdot 0,75 = 1,82$, így szóba jöhető alakok: 1 és 2.
- **Kombináció:** pl. 2. alak, $\varphi' = 1,83$ melyhez $\sin \alpha' = \varphi_{szüks} / \varphi' = 1,82 / 1,83 = 0,995$, azaz $\alpha' \approx 84,3^\circ$ -os hajlás szükséges.

6.3. feladat

Egy gépi tisztítású gerbe pálcavastagsága $s_0 = 2 \text{ cm}$, pálcaköze $b_0 = 5 \text{ cm}$. A tisztítóberendezés 10 %-os eltömődésnél lép üzembe. Változatlan rááramlási sebességet és egyenletes eltömődést feltételezve ($b_1 = 0,9 b_0$ és $s_1 = s_0 + 0,1 b_0$) határozza meg, hogy az eredeti önduzzasztás milyen arányban (hány százalékkal) nő meg a tisztító berendezés indulásakor?

Megoldás

- $\Delta h_{eltöm} = C \Delta h_{tiszt}$ és $C = ?$
 - $\left[\varphi \beta \left(\frac{s_1}{b_1} \right)^{4/3} \sin \alpha \frac{v^2}{2g} \right]_{eltöm} = C \left[\varphi \beta \left(\frac{s_0}{b_0} \right)^{4/3} \sin \alpha \frac{v^2}{2g} \right]_{tiszt}$
 - α , φ , v és β változatlan marad, így
 - $\left[\left(\frac{s_1}{b_1} \right)^{4/3} \right]_{eltöm} = C \left[\left(\frac{s_0}{b_0} \right)^{4/3} \right]_{tiszt}$ melyből $C = \left(\frac{s_1/b_1}{s_0/b_0} \right)^{4/3}$
 - $tiszta: s_0/b_0 = 2/5 = 0,4$, $eltömődött: s_1/b_1 = 2,5/4,5 = 0,56$
- $$C = \left(\frac{0,556}{0,4} \right)^{4/3} = 1,57, \text{ azaz a növekedés } 57\% \text{-os}$$

6.4. feladat

Egy nagyátmérőjű átereszt előtt elhelyezett gerbe környezetében a medret rendezték, így a sebesség a korábbi másfélszerese lett ($v_1 = 1,5v_0$), míg a műtárgyat változatlanul hagyták. Mekkora változik az eredetileg $\Delta h_0 = 5 \text{ cm}$ -es önduzzasztás? Betartható a műtárgyra korábban előírt megengedhető legnagyobb $\Delta h_{max} = 12 \text{ cm}$ -es önduzzasztás?

Megoldás

Eredetileg: $\Delta h_0 = \zeta_0 \frac{v_0^2}{2g} = 0,05 \text{ m}$. Átépítés után: $\Delta h_1 = \zeta_1 \frac{v_1^2}{2g}$. Mivel a gerbe változatlan, $\zeta_0 = \zeta_1 = \zeta$ változatlan, így $\Delta h_1 = \zeta \frac{(1,5v_0)^2}{2g} = 2,25 \cdot \zeta \frac{v_0^2}{2g} = 2,25 \cdot 0,05 = 0,113 \text{ m}$, megfelel

6.5. feladat

Egy nagyátmérőjű átereszt felvízi oldalán biztonsági okokból elhelyezett gerbe pálcavastagsága és pálcaköze is $b = s = 2 \text{ cm}$. Mennyivel csökken a gerbe önduzzasztása akkor, ha minden második pálcát kicserélik, így a pálcaköz $b = 6 \text{ cm}$ lesz? A pálcaköz, a sebesség, a rááramlás szöge, valamint a gerbe vízszintessel bezárt szöge is változatlan marad.

Megoldás

$$\Delta h = \varphi \beta \left(\frac{s}{b} \right)^{4/3} \sin \alpha \frac{v^2}{2g}, \text{ de } \alpha, \varphi, v \text{ és } \beta \text{ változatlan marad, így } \Delta h = C \left(\frac{s}{b} \right)^{4/3}$$

$$\text{Eredeti: } s/b_0 = 2/2 = 1, \text{ így } \Delta h_0 = C \left(\frac{s}{b_0} \right)^{4/3} = C \cdot 1^{4/3} = C$$

$$\text{ritkított: } s/b_1 = 2/6 = 0,333, \text{ így } \Delta h_1 = C \left(\frac{s}{b_1} \right)^{4/3} = C \cdot 0,333^{4/3} = 0,23C$$

Az eredeti veszteség 23%-a lesz

7. ÜLEPÍTŐ, MERÜLŐFAL**7.1. feladat**

Mi a megengedhető legnagyobb sebesség egy $L = 20 \text{ m}$ hosszú $h_0 = 6 \text{ m}$ mély ülepítő medencében ahhoz, hogy a $d = 0,03 \text{ mm}$ illetve annál nagyobb szemcsék legalább a medence alsó 1/3-áig süllyedjenek? A mértékadó állapotot télen ($\nu_{0^\circ\text{C}} = 1,78 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, $\rho_{0^\circ\text{C}} = 999,8 \text{ kg/m}^3$), vagy nyáron ($\nu_{25^\circ\text{C}} = 0,91 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, $\rho_{25^\circ\text{C}} = 997,1 \text{ kg/m}^3$) kapjuk? $\rho_s = 2600 \text{ kg/m}^3$

Megoldás

$$\eta = \nu \cdot \rho, \text{ így } 0^\circ\text{C}: \eta_{0^\circ} = 1,78 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \cdot 999,8 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 1,78 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$$

$$25^\circ\text{C}: \eta_{25^\circ} = 0,91 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} \cdot 997,1 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} = 0,91 \cdot 10^{-3} \frac{\text{kg}}{\text{m} \cdot \text{s}}$$

Ülepedési sebesség:

$$w = \frac{1}{18} \cdot \frac{\rho_s - \rho}{\eta} \cdot g \cdot d^2, \text{ ahol: } \rho = \rho(T) \text{ kis mértékben változik}$$

$$\eta = \eta(T) \text{ nyáron a fele, mint télen}$$

Az a mértékadó eset, ha minél lassabban, kisebb a süllyedési sebességgel ülepszik, azaz minél nagyobb a dinamikai viszkozitás, $\eta_{\max}$ esetén, azaz télen

$$w_{0^\circ} = \frac{1}{18} \frac{2600 - 999,8}{1,78 \cdot 10^{-3}} \cdot 9,81 \cdot 0,00003^2 = 0,000441 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,441 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

$$w_{25^\circ} = \frac{1}{18} \frac{2600 - 997,1}{0,91 \cdot 10^{-3}} \cdot 9,81 \cdot 0,00003^2 = 0,000864 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,864 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

Ellenőrzés:

$$\text{Re}_{0^\circ} = \frac{0,000441 \cdot 3 \cdot 10^{-4}}{1,78 \cdot 10^{-6}} = 0,074 \leq 0,5, \text{ Re}_{25^\circ} = \frac{0,000864 \cdot 3 \cdot 10^{-4}}{0,91 \cdot 10^{-6}} = 0,285 \leq 0,5, \text{ mindkettő megfelel}$$

$$\text{Ülepedési mélység: } h = \frac{2}{3} h_0 = \frac{2}{3} \cdot 6 = 4 \text{ m}$$

$$\text{Ülepedési idő: } t = \frac{h}{w}, \quad t_{0^\circ} = \frac{4}{0,000441} = 9070,3 \text{ s} = 151,2 \text{ min} = 2,5 \text{ h}$$

$$t_{25^\circ} = \frac{4}{0,000864} = 4629,6 \text{ s} = 77,2 \text{ min} = 1,3 \text{ h}$$

$$\text{Vízszintes út: } L = 20 \text{ m}$$

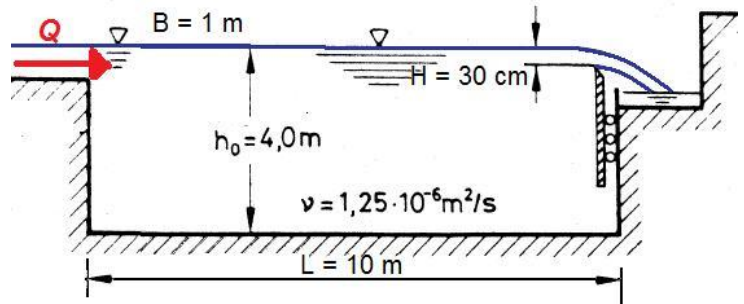
$$\text{Vízszintes sebesség: } v = \frac{L}{t} \quad v_{0^\circ} = \frac{20}{9070,3} = 0,0022 \text{ m/s} = 2,2 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

$$v_{25^\circ} = \frac{20}{4629,6} = 0,0043 \text{ m/s} = 4,3 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

Azaz télen a nagyobb viszkozitás miatt közel kétszeres lesz az ülepedési idő, így fele az áramlási sebesség a nyári állapothoz képest.

7.2. feladat

A 23. ábra szerinti $B = 1\text{ m}$ széles, $h_0 = 4\text{ m}$ mély, $L = 10\text{ m}$ hosszú medence alsó végén a víz a medencével azonos szélességű éles szélű bukón ($m=2/3\mu=0,411$) távozik. A víz sűrűsége $\rho = 1000\text{ kg/m}^3$, a hordalék sűrűsége $\rho_s = 2600\text{ kg/m}^3$.



23. ábra

- a./ Mekkora a vízszállítás és a sebesség a medencében?
 b./ Milyen mélyre süllyed a $d = 0,005\text{ mm}$ ($d = 5 \cdot 10^{-5}\text{ m}$) szemcse a bukóhoz érve? Átbukik vagy nem?
 c./ Átbukás esetén a megadott szélesség mellett mekkorára változtatandó a medence hossza, hogy átbukás ne alakuljon ki?
 d./ Átbukás esetén a megadott hosszúság mellett mekkorára változtatandó a medence szélessége, hogy átbukás ne alakuljon ki?

Megoldás

a./ Élesszélű bukó: $Q = mB\sqrt{2gH^{3/2}} = 0,411 \cdot 1 \cdot \sqrt{19,62 \cdot 0,3^{3/2}} = 0,299\text{ m}^3/\text{s}$

mivel a medence a bukóval azonos szélességű, $v_0 = \frac{Q}{Bh_0} = \frac{0,299}{1 \cdot 4} = 0,075\frac{\text{m}}{\text{s}}$

b./ ülepedési sebesség: mivel $\eta = v \cdot \rho = 1,25 \cdot 10^{-6} \cdot 1000 = 1,25 \cdot 10^{-3}\text{ Pa} \cdot \text{s}$

$$w = \frac{1}{18} \frac{\rho_s - \rho}{\eta} \cdot g \cdot d^2 = \frac{1}{18} \cdot \frac{2600 - 1000}{1,25 \cdot 10^{-3}} \cdot 9,81 \cdot (5 \cdot 10^{-5})^2 = 0,00174\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\text{Re} = \frac{0,00174 \cdot 5 \cdot 10^{-5}}{1,25 \cdot 10^{-6}} = 0,07 \leq 0,5 \quad \text{megfelel}$$

tartózkodási idő, vízszintesen: $t_h = \frac{L}{v_0} = \frac{10}{0,075} = 133,3\text{ s}$

a szemcse által függőlegesen megtett út: $L_v = w \cdot t_h = 0,00174 \cdot 133,3 = 0,23\text{ m} < H = 0,3\text{ m}$, azaz nem tud leülepedni, átbukik

c./ $L_v = H = 0,3\text{ m}$, melyhez a szükséges tartózkodási idő: $t_{h1} = \frac{L_v}{w} = \frac{0,3}{0,00174} = 172,4\text{ s}$

ebből a szükséges medencehossz: $L_{\text{szüks}} = v_0 \cdot t_{h1} = 0,075 \cdot 172,4 = 12,93\text{ m} \approx 13\text{ m}$

d./ a szükséges tartózkodási idő: $t_{h1} = 172,4\text{ s}$ (lásd előbb)

ehhez a megengedhető sebesség a medencében $v_0 = \frac{L}{t_{h1}} = \frac{10}{172,4} = 0,058\text{ s}$ melyhez a szükséges

szélesség $B_{\text{szüks}} = \frac{Q}{v_0 h_0} = \frac{0,299}{0,058 \cdot 4} = 1,29\text{ m} \approx 1,30\text{ m}$

7.3. feladat

Mennyi idő alatt éri el a $h = 1,5\text{ m}$ mélyen levő iszapzsompot a $d = 0,02\text{ mm}$ átmérőjű $\rho_h = 2700\text{ kg/m}^3$ sűrűségű szemcse? A víz sűrűsége $\rho = 1000\text{ kg/m}^3$, kinematikai viszkozitása $\nu = 10^{-6}\text{ m}^2/\text{s}$.

Megoldás

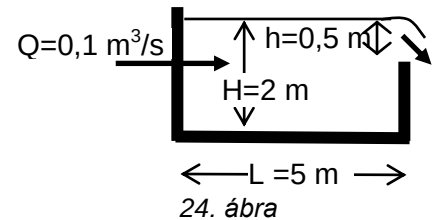
$d = 0,02\text{ mm} = 2 \cdot 10^{-5}\text{ m}$, mellyel a süllyedési sebesség:

$$w = \frac{1}{18} g \frac{(\rho_h - \rho) \cdot d^2}{\rho \nu} = \frac{1}{18} \cdot 9,81 \frac{(2700 - 1000) \cdot (2 \cdot 10^{-5})^2}{1000 \cdot 10^{-6}} = 3,71 \cdot 10^{-4}\text{ m/s}$$

Melyből $t = \frac{h}{w} = \frac{1,5}{3,71 \cdot 10^{-4}} = 4043\text{ s} = 1,12\text{ h} \approx 1\text{ h } 7\text{ min}$

7.4. feladat

A 24. ábra szerinti 5 m hosszú, $B = 1$ m széles hordalékfogó műtárgy terhelése 2 m vízmélység esetén $Q = 0,1$ m³/s. A kivezetés a felszín alatt 0,5 m-rel található. Mekkora a tartózkodási idő a műtárgyban, és mekkora lehet a belépő hordalék süllyedési sebessége ahhoz, hogy az a medencében leülepedjen?

**Megoldás**

Áramlási szelvény: $A = B \cdot H = 1 \cdot 2 = 2$ m², áramlási sebesség: $v = \frac{Q}{A} = \frac{0,1}{2} = 0,05$ m/s

Tartózkodási idő: $T = \frac{L}{v} = \frac{5}{0,05} = 100$ s, ennyi idő alatt a hordalék a felszínről a bukóél alá kell süllyed-

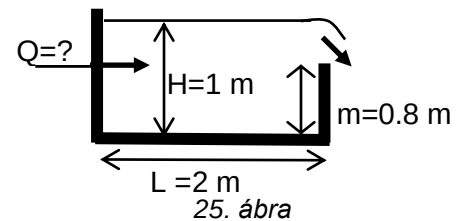
nie, azaz a süllyedési sebesség $w = \frac{h}{T} = \frac{0,5}{100} = 0,005$ m/s

7.5. feladat

A 25. ábra szerinti homokfogó hossza $L = 2$ m, szélessége $B = 1$ m, mélysége $H = 1$ m. A víz a műtárgyból egy $m = 0,8$ m magas bukó fölé távozik. Ha a beérkező szemcsék süllyedési sebessége $w = 0,02$ m/s,

a./ mekkora a műtárgyban a tartózkodási idő ($T = ?$)

b./ mekkora a műtárgy terhelése ($Q = ?$),

**Megoldás**

a./ A szemcsék a megadott sebességgel a bukóél alá kell süllyedjenek. Így a függőlegesen megtett út

$$L_v = H - m = 1,0 - 0,8 = 0,2 \text{ m}, \text{ melyből a tartózkodási } T = \frac{L_v}{w} = \frac{0,2}{0,02} = 10 \text{ s}.$$

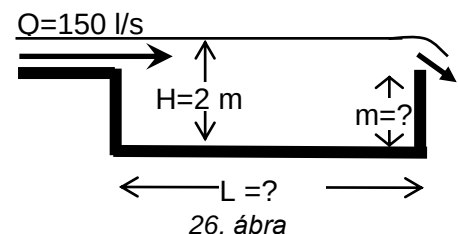
b./ Ezzel az áramlási sebesség $v = \frac{L}{T} = \frac{2}{10} = 0,2$ m/s és a hozam $Q = A \cdot v = BH \cdot v = 1 \cdot 1 \cdot 0,2 = 0,2$ m³/s.

7.6. feladat

A 26. ábra egy ülepítő medencét mutat, mely $H = 2$ m mély, $B = 2$ m széles. $Q = 150$ l/s terhelés esetén a tartózkodási idő $T = 2$ min.

a./ Milyen hosszú a medence?

b./ Milyen magasan lehet a medence alsó végén a bukóél, ha a kialakuló ülepedési sebesség $w = 0,003$ m/s.

**Megoldás**

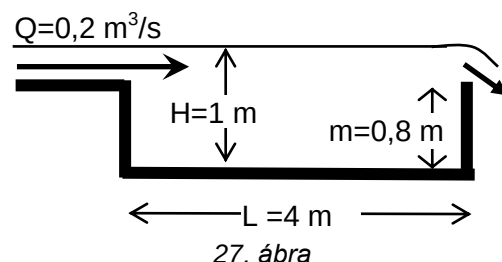
a./ Áramlási szelvény: $A = B \cdot H = 2 \cdot 2 = 4$ m², áramlási sebesség: $v = \frac{Q}{A} = \frac{0,15}{4} = 0,0375$ m/s, így

$$L = v \cdot T = 0,0375 \text{ m/s} \cdot 2 \cdot 60 \text{ s} = 4,5 \text{ m}$$

b./ Átbukási magasság: $h = H - m = w \cdot T = 0,003 \text{ m/s} \cdot 2 \cdot 60 \text{ s} = 0,36 \text{ m}$, így a bukóél magassága a fenék-szint felett $m = H - h = 2 - 0,36 = 1,64 \text{ m}$

7.7. feladat

A 27. ábra szerinti $L = 4$ m hosszú, $H = 1$ m mély homokfogó túlfolyójának küszöbszintje a fenék fölött $m = 0,8$ m magasan található. Milyen széles ($B = ?$) legyen a műtárgy ahhoz, hogy $Q = 0,2$ m³/s maximális terhelés esetén a legalább $w = 0,01$ m/s sebességgel ülepedő szemcsék a műtárgyban maradjanak?

**Megoldás**

A szemcsék a megadott sebességgel a bukóél alá kell süllyedjenek. Így a függőlegesen megtett út

$$L_v = H - m = 1,0 - 0,8 = 0,2 \text{ m}, \text{ melyből a tartózkodási } T = \frac{L_v}{w} = \frac{0,2}{0,01} = 20 \text{ s}.$$

$v = \frac{L}{T} = \frac{4}{10} = 0,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ és a hozam $Q = A \cdot v = BH \cdot v = B \cdot 1 \cdot 0,4 = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$. Ebből a szélesség $B = 0,5 \text{ m}$

7.8. feladat

A 28. ábra egy merülőfal környezetét mutatja.

a./ Milyen az ábrán vázolt merülőfal környezetében kialakuló vízmozgás jellege?

b./ Mekkora a felvíz és alvíz közötti szintkülönbség?

Megoldás

a./ $q = v_2 \cdot h_2 = 2,5 \cdot 2 = 5 \text{ m}^2/\text{s}$, $h_{kr} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{5^2}{9,81}} = 1,37 \text{ m}$

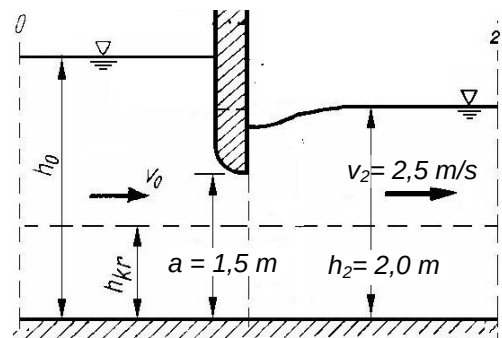
mivel $a > h_{kr}$ és $h_2 > h_{kr}$, valamint $h_0 > h_2$, mind a három helyen áramló, azaz az ismertett módszer alkalmazható.

b./ $Fr_2^2 = \frac{v_2^2}{gh_2} = \frac{2,5^2}{9,81 \cdot 2} = 0,319 < 1$, a vízmozgás áramló

$$h_s = h_2 \left[\sqrt{1 - 2Fr_2^2 \left(\frac{h_2}{a} - 1 \right)} + \frac{Fr_2^2}{2} \left(\frac{h_2^2}{a^2} - 1 \right) - 1 \right] = 2 \left[\sqrt{1 - 2 \cdot 0,319 \left(\frac{2}{1,5} - 1 \right)} + \frac{0,319}{2} \left(\frac{2^2}{1,5^2} - 1 \right) - 1 \right] = 0,023 \text{ m}$$

valamint $h_0^3 - \left[h_2 \left(1 + \frac{Fr_2^2}{2} \right) + h_s \right] h_0^2 + \frac{Fr_2^2}{2} h_2^3 = 0$.

Behelyettesítve $h_0^3 - \left[2 \left(1 + \frac{0,319}{2} \right) + 0,023 \right] h_0^2 + \frac{0,319}{2} 2^3 = 0$, melynek megoldása $h_0 = 2,03 \text{ m}$. Így a műtárgy duzzasztása $\Delta h = h_0 - h_2 = 2,03 - 2,0 = 0,03 \text{ m}$



28. ábra

8. SZIVÁRGÓK, SZŰRŐK

8.1. feladat

A 29. ábra kékkel jelölt szemeloszlású talaja védelmére kétféle szűrőanyag áll rendelkezésre. A Terzaghi-féle szűrőszabály alapján melyik lenne alkalmas?

Megoldás

az ellenőrzéshez szükséges szemátmérők:

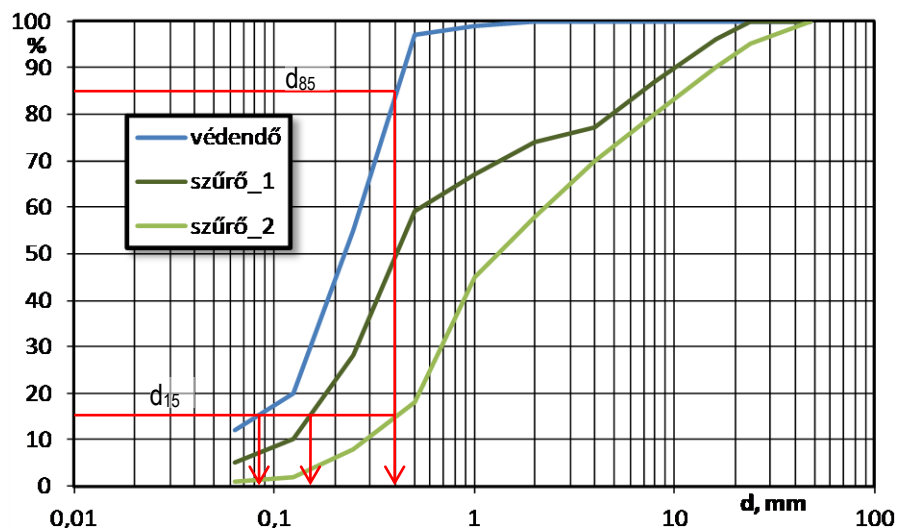
védendő talaj: $d_{15} = 0,085 \text{ mm}$

$d_{85} = 0,4 \text{ mm}$

szűrő_1: $D_{15} = 0,15 \text{ mm}$

szűrő_2: $D_{15} = 0,40 \text{ mm}$

szűrőszabály: $\frac{D_{15}}{d_{85}} < 4 < \frac{D_{15}}{d_{15}}$



29. ábra

1. szűrővel:

1. feltétel: $D_{15} = 0,15 \text{ mm} < 4 d_{85} = 4 \cdot 0,4 = 1,6 \text{ mm}$, megfelel

2. feltétel: $D_{15} = 0,15 \text{ mm} < 4 d_{15} = 4 \cdot 0,085 = 0,34 \text{ mm}$, nem felel meg, nem alkalmazható

2. szűrővel:

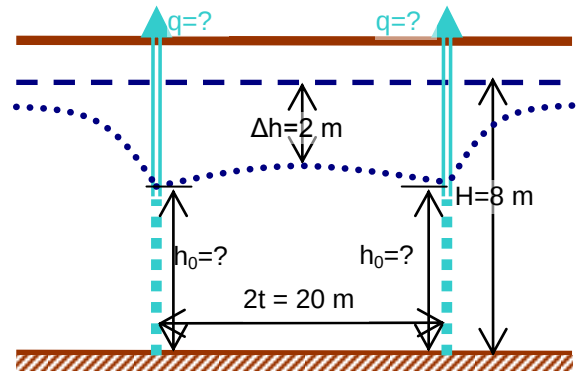
1. feltétel: $D_{15} = 0,40 \text{ mm} < 4 d_{85} = 4 \cdot 0,4 = 1,6 \text{ mm}$, megfelel

2. feltétel: $D_{15} = 0,40 \text{ mm} > 4 d_{15} = 4 \cdot 0,085 = 0,34 \text{ mm}$, megfelel, alkalmazható

8.2. feladat

A 30. ábra szerinti szabad felszínű vízvezető rétegben a vizsgált szakaszon vízszintesnek tekinthető fekvő fölötti a $H = 8 \text{ m}$ -es talajvízszintet $B = 600 \text{ m}$ hosszban, két egyforma, egymástól $2t = 20 \text{ m}$ -re levő szivárgóval úgy kell csökkenteni, hogy a szivárgók között legalább $\Delta h = 2 \text{ m}$ szintcsökkenés alakuljon ki. A talaj durva homok, szivárgási tényezője $k = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$.

- a./ Mekkora lesz a szivárgókban a vízszint?
b./ Mekkora az adott szakasról a befogadóba juttatandó összes hozam?



30. ábra

Megoldás

A $\Delta h = 2 \text{ m}$ szintcsökkenés a két szivárgó együttes hatására alakul ki. A szimmetria miatt elegendő egy szivárgó vizsgálata, mely féltávnál ($t = 10 \text{ m}$) a szintcsökkenés felét alakítja ki. Így például a bal oldali szivárgó esetén az ábra szerint $h(t) = h(10 \text{ m}) = H - \Delta h/2 = 8 - 1 = 7 \text{ m}$. Ezt mutatja a 31. ábra.

- a./ Távolság: mivel h_0 nem ismert, előre nem számítható. Feltételezzünk $L = 50 \text{ m}$ -t.

A parabola-alakú vízfelszín egyenlete $h(t)^2 = h_0^2 + \frac{t}{L}(H^2 - h_0^2)$. Behe-

lyettesítve: $7^2 = h_0^2 + \frac{10}{50}(8^2 - h_0^2)$, melynek megoldása $h_0 = 6,72 \text{ m}$

A távolság ellenőrzése: $L = (1500 \div 2000)(H - h_0)\sqrt{k}$

$$L = (1500 \div 2000)(8 - 6,72)\sqrt{2 \cdot 10^{-4}} = 27 \div 36 \text{ m}$$

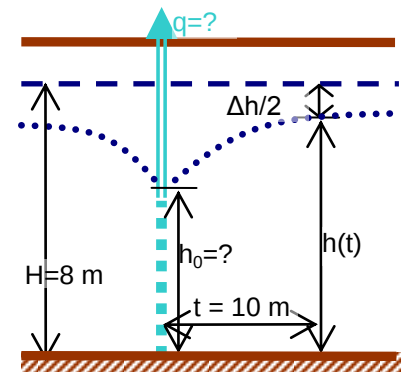
Az előző érték túlzó, legyen $L = 35 \text{ m}$. Ekkor $7^2 = h_0^2 + \frac{10}{35}(8^2 - h_0^2)$

melynek megoldása $h_0 = 6,55 \text{ m}$

A távolság ellenőrzése: $L = (1500 \div 2000)(H - h_0)\sqrt{k} = (1500 \div 2000)(8 - 6,55)\sqrt{2 \cdot 10^{-4}} = 31 \div 41 \text{ m}$, mely megfelelő közelítés.

- b./ egy szivárgó egyoldali hozama: $q = -\frac{k}{2L}(H^2 - h_0^2) = -\frac{2 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 35}(8^2 - 6,55^2) = 6,03 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$, melyből a

kétoldali hozam $q_2 = 2 \cdot 6,03 \cdot 10^{-5} = 1,21 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$. Egy szivárgó vízszállítása a teljes hosszban $Q = q_2 \cdot B = 1,21 \cdot 10^{-4} \cdot 600 = 7,26 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s} = 72,6 \text{ l/s}$. A szakasról a befogadóba összesen $2 \cdot Q = 145,2 \text{ l/s}$ hozam juttatandó.



31. ábra

8.3. feladat

A 32. ábra szerinti szabad felszínű vízvezető rétegben egy megszakító szivárgóval a vizsgált szakaszon vízszintesnek tekinthető fekvő fölötti a $H = 4 \text{ m}$ -es talajvízszintet $h_0 = 20 \text{ cm}$ -re kell süllyeszteni. Mekkora az $B = 1 \text{ km}$ hosszban elszállítandó hozam, ha a talaj

- a./ finom homok ($k = 2 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$)
b./ durva homok ($k = 2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$)

Megoldás

- a./ távolság:

$L = (1500 \div 2000)(H - h_0)\sqrt{k}$, számoljunk a maximummal

$$L = 2000(H - h_0)\sqrt{k} = 2000(4 - 0,2)\sqrt{2 \cdot 10^{-6}} \approx 11 \text{ m}$$

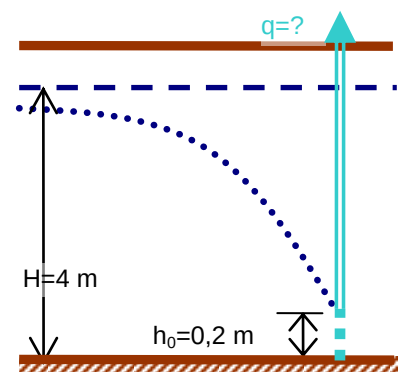
melyből $q = -\frac{k}{2L}(H^2 - h_0^2) = -\frac{2 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot 11}(4^2 - 0,2^2) = 1,45 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

a teljes szakaszon elszállítandó: $Q = qB = 1,45 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \cdot 1000 \text{ m} = 1,45 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s} = 1,45 \text{ l/s}$

- b./ távolság: $L = 2000(H - h_0)\sqrt{k} = 2000(4 - 0,2)\sqrt{2 \cdot 10^{-4}} \approx 107 \text{ m}$

melyből $q = -\frac{k}{2L}(H^2 - h_0^2) = -\frac{2 \cdot 10^{-4}}{2 \cdot 107}(4^2 - 0,2^2) = 1,49 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$

a teljes szakaszon elszállítandó: $Q = qB = 1,49 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s} \cdot 1000 \text{ m} = 1,49 \cdot 10^{-2} \text{ m}^3/\text{s} = 14,9 \text{ l/s}$



32. ábra

8.4. feladat

Szabad felszínű vízvetető rétegben egy 500 m hosszú szakaszon megszakító szivárgó szükséges. $L = 80$ m-es távolhatást feltételezve a szivárgóba folyóméterenként $q = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ hozam lép be. A talaj homok ($k = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$), az eredeti talajvízszint $H = 5$ m. Mekkora a szivárgó vízszintje?

Megoldás

$$q = -\frac{k}{2L}(H^2 - h_0^2) = -\frac{10^{-4}}{2 \cdot 80}(5^2 - h_0^2) = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}, \text{ melyből } h_0 = \sqrt{25 - 24} = 1,0 \text{ m}$$

Ellenőrzés: $L = (1500 \div 2000)(H - h_0)\sqrt{k} = (1500 \div 2000)(5 - 1)\sqrt{10^{-4}} = 60 \div 80 \text{ m}$, a távolhatás megfelel

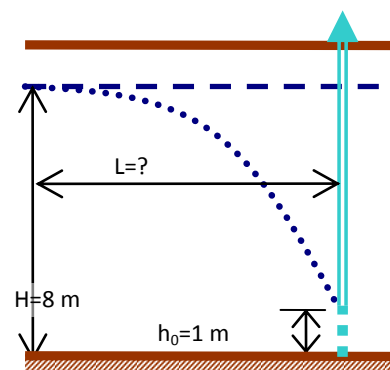
8.5. feladat

Homokos talajban ($k = 10^{-4} \text{ m/s}$) a 33. ábra szerinti szivárgó a fekvő fölötti $H = 8$ m-es szabad felszínű talajvízszintet $h_0 = 1$ m-re süllyeszti. Mekkora a szivárgó távolhatása? Veszélyeztet-e a tőle 250 m-re található vízes élőhelyet?

Megoldás

$$L = (1500 \div 2000)(H - h_0)\sqrt{k} = (1500 \div 2000)(8 - 1)\sqrt{10^{-4}} = 105 \div 140 \text{ m},$$

nem veszélyeztet



33. ábra

TARTALOM

1. Mértékadó vízszállítás	2
1.1. feladat	2
1.2. feladat	2
1.3. feladat	2
1.4. feladat	3
1.5. feladat	3
1.6. feladat	4
2. A meder méretezése	5
2.1. feladat	5
2.2. feladat	6
2.3. feladat	6
2.4. feladat	6
2.5. feladat	7
2.6. feladat	7
2.7. feladat	7
2.8. feladat	8
2.9. feladat	8
2.10. feladat	9
3. Híd	9
3.1. feladat	9
3.2. feladat	10
3.3. feladat	10
3.4. feladat	10
4. Áteresz	11
4.1. feladat	11
4.2. feladat	12
4.3. feladat	13
4.4. feladat	13
4.5. feladat	13
5. Surrantó	14
5.1. feladat	14
5.2. feladat	15
6. Gereb	15
6.1. feladat	15
6.2. feladat	16
6.3. feladat	16
6.4. feladat	16
6.5. feladat	16
7. Ülepítő, merülőfal	17
7.1. feladat	17
7.2. feladat	18
7.3. feladat	18
7.4. feladat	19
7.5. feladat	19
7.6. feladat	19
7.7. feladat	19
7.8. feladat	20
8. Szivárgók, szűrők	20
8.1. feladat	20
8.2. feladat	21
8.3. feladat	21
8.4. feladat	22
8.5. feladat	22