Benke László

Hidraulikai számítások

NEMZETI SZAKKÉPZÉSI ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:

Víz- és szennyvíztechnológus és vízügyi technikus feladatok

A követelménymodul száma: 1223-06 A tartalomelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-036-50

HIDROSZTATIKAI SZÁMÍTÁSOK

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

A hidraulikán belül a hidrosztatika foglalkozik a nyugvó folyadék törvényszerűségeivel. A következőkben megismerkedünk a hidrosztatikai számítási módszerekkel: a különböző felületekre ható nyomással és az úszás törvényszerűségeivel.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

1. A folyadék nyomása

Az egyensúlyban (nyugalomban) lévő folyadék bármely vele érintkező síkfelületre merőleges erőt gyakorol. A felületegységre ható erőt nyomásnak (p) nevezzük, mértékegysége:

N/m^2 = Pa.

A hidrosztatika alaptételét Euler állapította meg. Ha a folyadékra csak a nehézségi erő hat, a folyadék bármely pontján a felszíntől mért távolsággal arányos nyomás alakul ki. Az arányossági tényező a víz sűrűségének és a nehézségi gyorsulásnak a szorzata. A nyomóerő iránya mindig merőleges a nyomott felületre.

$p = \rho \cdot g \cdot h$ [Pa = N/m^2]

Az első számítási feladat a ferde sík felületre ható víznyomás számítása:

Az 1:2 (ς = 2) rézsűhajlású árvízvédelmi töltés rézsűjét 2,0 méter magasságú (h = 2,0 m) vízoszlop terheli.

Megszerkesztjük a rézsűre ható víznyomás ábráját!

Az ábrán bejelöljük a víznyomásból származó koncentrált erő hatásvonalát és megadjuk (beméretezve) a helyét is!

Számítsuk ki:

az 1:2 meredekségű rézsű hajlásszögét (α), az 1,0 méter hosszúságú töltésszakaszra ható, víznyomásból származó koncentrált erő nagyságát (*R*),

a koncentrált erő hatásvonalának vízszintessel bezárt hajlásszögét (*β*),

a 100 méter hosszúságú (*b* =100 m) töltésszakaszra ható, víznyomásból származó, vízszintes irányú koncentrált erő nagyságát (F_x) !

Az 1:2 meredekségű rézsű hajlásszöge:

tg α = h/2h α = inv. tg α

tg α = ½ = 0,5 α = 26,57 °

Az 1,0 méter hosszúságú töltésszakaszra ható, víznyomásból származó koncentrált erő nagysága:

$$R = \frac{p \bullet l}{2} \qquad p = h \bullet g \bullet \rho \qquad l = \sqrt{h^2 + (2h)^2}$$

A víznyomás: $p = h \cdot g \cdot \rho$

p = 2 m·10 m·1000 kg/m³ p = 20 000 N/m² = 20 kN/m²

A rézsűhossz: $l = \sqrt{h^2 + (2h)^2}$

$l = \sqrt{2^2 + 4^2}$ $l = 4{,}472$ m

A fajlagos koncentrált erő: $R = \frac{p \times l}{2}$

$$R = \frac{20 kN/m^2 \times 4{,}472 m}{2}$$ R = 44,72 kN/m

A 100 méter hosszú töltésszakaszt terhelő, víznyomásból származó vízszintes koncentrált erő: $F_x = F \cdot \cos \beta$ F = b·R

- A rézsűre merőlegesen, 100 méter töltéshosszon ható koncentrált erő:

  F = b·R F = 100 m·44,72 kN/m; F = 4 472 kN

A koncentrált erő hatásvonalának vízszintessel bezárt szöge:

β = 180°– 90°– α

β = 90°– 26,57° β = 63,43°

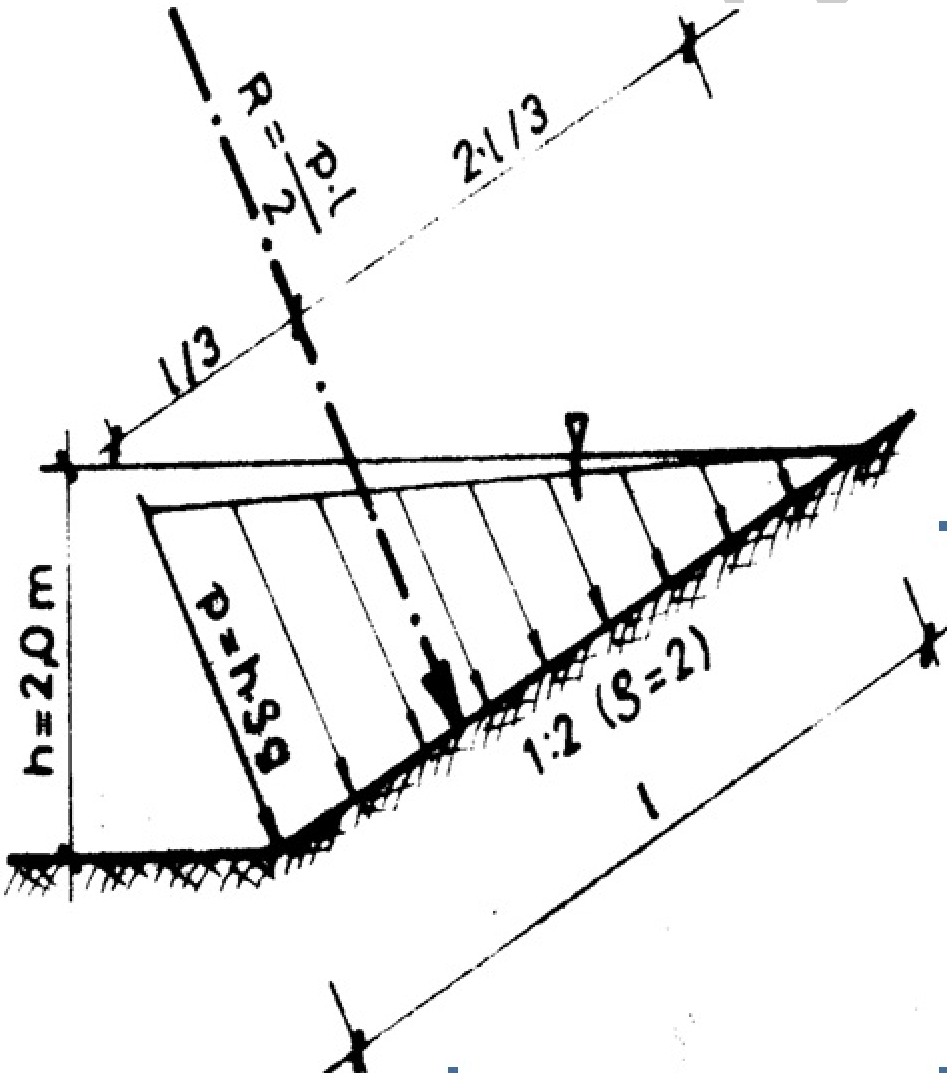
A 100 méter hosszú töltésszakaszt terhelő, víznyomásból származó vízszintes koncentrált erő:

$$F_x = F \cdot \cos\beta \qquad Fx = 4\,472\ kN \cdot \cos 63{,}43^o$$

$$F_x = 2\,000{,}28\ kN$$

A nyomásmagasság-ábra segítségével meghatározható az érintett felületre ható nyomóerő.

Ferde sík felületre ható víznyomás változó a mélység változásával, a nyomás iránya a vizsgált felületre merőleges. Ha a sík felületre ható víznyomás nagyságát a szélső pontokban kiszámítjuk és a felületre merőlegesen nyomásléptékben felmérjük, a szélső értékeket összekötő vonal a víznyomás pontonkénti változását ábrázolja. Ilyen módon szerkeszthetünk minden sík felületre víznyomás-ábrát.



1. ábra.

A második feladat egy úszási egyensúlyt vizsgál:

A vízbe mártott test térfogatával azonos térfogatú vizet szorít ki. A felhajtóerő, amely a víznyomásból ered, egyenlő a kiszorított víz súlyerejével.

Egy fakocka, melynek éle 1 dm, úgy úszik a vízen, hogy az egyik lapja a víz felszínével párhuzamos, és a fakocka élének 2 cm-es darabja áll ki a vízből. Meghatározzuk a fa sűrűségét! Mekkora tömegű ólomnehezéket kell a kocka egyik lapjához erősíteni, hogy a kocka a vízben lebegjen?

Az ólom sűrűsége:

$$\rho_{pb} = 11000 \frac{kg}{m^3}$$

A feladat megoldása:

A fakocka sűrűségének a meghatározása:

F= felhajtóerő

G= kocka súlyereje

a= 1 dm=0,1 m

x=8 cm=0,08 m

$$F = G_{fa}$$

$$F = 0{,}1m \cdot 0{,}1m \cdot 0{,}08m \cdot 1000 \frac{kg}{m^3} \cdot 9{,}81 \frac{m}{s^2}$$

$$G = 0{,}1^3 m^3 \cdot \rho_{fa} \cdot 9{,}81 \frac{m}{s^2}$$

$$F = 7{,}48N$$

$$G = \rho_{fa} \cdot 0{,}00981 m^3 \cdot \frac{m}{s^2}$$

$$\rho_{fa} = 800 \frac{kg}{m^3}$$

Az ólomnehezék tömegének meghatározása

A felhajtóerő ebben az esetben hat a fakockára és az ólomnehezékre is.

$$G_{fa} + G_{pb} = F^{'}$$
$$V_{fa} \cdot \rho_{fa} \cdot g + V_{pb} \cdot \rho_{pb} \cdot g = \rho_{víz} \cdot g \cdot \left(V_{fa} + V_{pb}\right)$$
$$\rho_{fa} \cdot V_{fa} + V_{pb} \cdot \rho_{pb} = \rho_{víz} \cdot V_{fa} + \rho_{víz} \cdot V_{pb}$$
$$\rho_{pb} \cdot V_{pb} - \rho_{víz} \cdot V_{pb} = \rho_{víz} \cdot V_{fa} - \rho_{fa} \cdot V_{fa}$$
$$V_{pb}\left(\rho_{pb} - \rho_{víz}\right) = V_{fa} \cdot \left(\rho_{víz} - \rho_{fa}\right)$$
$$V_{pb} \cdot \left(11000\frac{kg}{m^3} - 1000\frac{kg}{m^3}\right) = 0{,}1m^3\left(1000\frac{kg}{m^3} - 800\frac{kg}{m^3}\right)$$
$$V_{pb} = 0{,}2 \cdot 10^{-4} m^3$$
$$tömeg = m$$
$$m = V_{pb} \cdot \rho_{pb} = 0{,}22kg$$

A fakocka sűrűsége 800kg/m^3, az ólomnehezék tömege 0,22 kg.

Összefoglalás

A víznyomást kiszámíthatjuk egy adott felületre attól függően, hogy a felület sík, vagy görbe,illetve függőleges, vízszintes vagy ferde. . A hidrosztatika alaptételét Euler állapította meg. Ha a folyadékra csak a nehézségi erő hat, a folyadék bármely pontján a felszíntől mért távolsággal arányos nyomás alakul ki. Az arányossági tényező a víz sűrűségének és a nehézségi gyorsulásnak a szorzata. A nyomóerő iránya mindig merőleges a nyomott felületre: $p = \rho \cdot g \cdot h$ [Pa = [N/ m^2]

A folyadékba merülő, más szóval úszó testekre oldalirányból ható nyomás, illetve erők eredője zérus. Egyensúlyban levő testre függőlegesen ható erők a súlyerő és a felhajtóerő.

A vízbe mártott test térfogatával azonos térfogatú vizet szorít ki. A felhajtóerő, amely a víznyomásból ered, egyenlő kiszorított súlyerejével. Ennek népszerű megfogalmazása Archimédesz törvénye: minden vízbe mártott test a súlyából annyit veszt, amekkora az általa kiszorított víz súlya.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

1. Gondolkodjon! Melyik akvárium belső falára nehezedik nagyobb erő azonos vízmélység esetén: a gömb alakú, vagy a függőleges sík felületűére? Miért?
2. Fogjon egy fahasábot, és az előzőkben végzett számítások alapján becsülje meg, hogy meddig merül el a vízben! A merülés mélységéből következtessen a fahasáb sűrűségére!

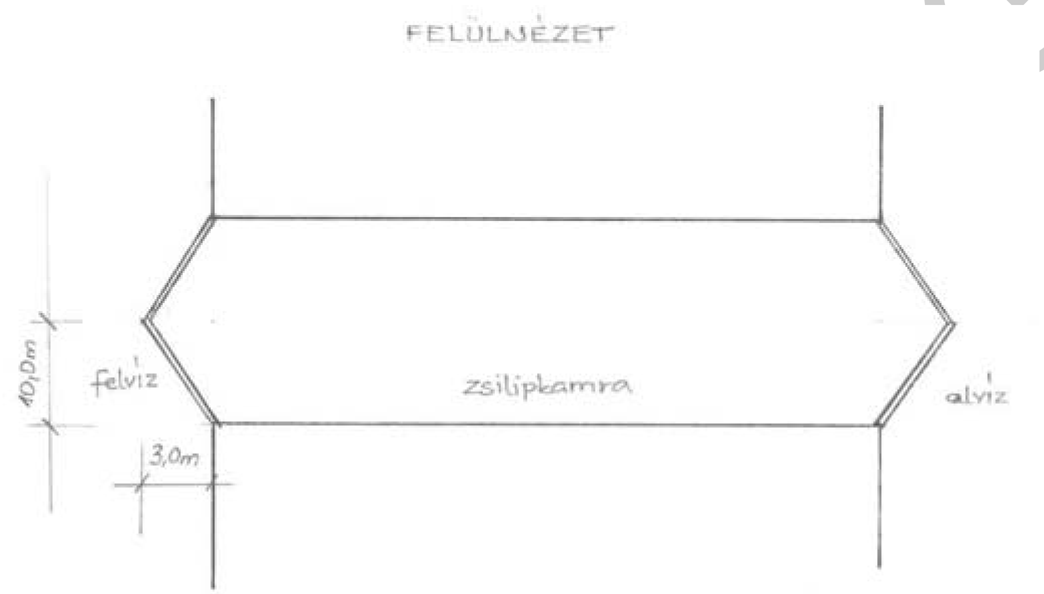
Válasz a tanuláSirányító kérdéseire

1. A gömb alakú akvárium belső falára a víznyomásból származó erővonalak a görbe felület érintőjére merőlegesek, így azok koncentrálódnak. A sík felületre ható erővonalak párhuzamosak, tehát a görbe felületre ható víznyomás a nagyobb azonos vízmélység esetén.
2. A fahasáb sűrűssége kisebb, mint a vízé, a merülős mélysége attól függ, hogy mennyivel kisebb a fa sűrűsége. Egy 500 kg/m^3 sűrűségű fakocka pl. félig merül el, ugyanis a víz sűrűsége 1000 kg/m^3, tehát duplája a fáénak.

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

Mekkora a víznyomásból származó eredő erő hat a vázolt hajózsilip egy kapujára a felvízen, ha a tábla magassága m = 8,0 m, a felvízi vízmélység h_1 = 6,0m, a zsilipkamrában pedig h_2 = 3.0 m?

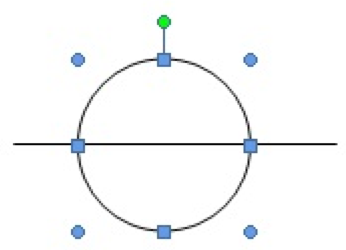


2. ábra.

2. feladat

Milyen falvastagsága legyen az ábrán látható úszó, rézből való üreges gömbnek, amely D = 30 cm külső átmérő mellett félig merül a vízbe és úszik?

A réz sűrűsége 8920 kg/m^3.



3. ábra.

MEGOLDÁSOK

1. feladat

A zsiliptábla szélessége (B):

$$B = \sqrt{3^2 + 10^2}$$

$$B = \sqrt{109} = 10{,}44\ m$$

A táblára ható eredő erő (R):

$$R = B\frac{\rho g h_1{}^2}{2} - B\frac{\rho g h_2{}^2}{2} = \frac{B\rho g(h_1{}^2 - h_2{}^2)}{2}$$

2. feladat

A rézből készült gömbhéj súlya, G [kg]:

$$G = \rho_{réz} \cdot g \cdot \frac{4}{3}\left(R^3 - r^3\right) \cdot \pi \quad ,$$

ahol:

R = 0,15 m a gömbhéj külső sugara, míg

r [m] a gömbhéj belső sugara, (ismeretlen, meg kell határozni).

A felhajtóerő, (tehát az átmérő feléig vízbe merülő gömbhéj által kiszorított víz súlya), F [N]:

$$F = \rho_{víz} \cdot g \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \cdot R^3 \pi \quad .$$

Úszás, vagyis egyensúly esetén

G = F, azaz:

$$\rho_{réz} \cdot g \cdot \frac{4}{3}\left(R^3 - r^3\right) \cdot \pi = \rho_{víz} \cdot g \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{4}{3} \cdot R^3 \pi \quad .$$

Egyszerűsítés után kapjuk, hogy:

$$\rho_{réz} \cdot \left(R^3 - r^3\right) = \rho_{víz} \cdot \frac{1}{2} \cdot R^3 \quad ,$$

majd (átrendezés után) az egyenlet a következő alakra hozható:

$$r = R \cdot \sqrt[3]{\frac{\rho_{réz} - \frac{1}{2} \cdot \rho_{víz}}{\rho_{réz}}} = 0{,}15 \cdot \sqrt[3]{\frac{8920 - \frac{1}{2} \cdot 1000}{8920}} = 0{,}14714\, m \quad ;$$

mellyel az *s* falvastagság értéke:

s = *R* – *r* = 0,15 – 0,14714 = 0,00286 m = 2,86 mm.

HIDRODINAMIKAI SZÁMÍTÁSOK

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Megkülönböztetünk nyomás alatti és szabad felszínű áramlást. Mi jellemzi a zárt vezetékben nyomás alatt áramló folyadékot, hogyan számíthatjuk ki a hossz-menti és a helyi veszteségeket? Milyen tényezők befolyásolják a szabad felszínű áramlást, hogyan számítható ki egy nyílt felszínű mederben áramló víz hozama. Ezekre kapunk választ a következő részben.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

A hidrodinamika tárgya a mozgó folyadék vizsgálata. A mozgás fajtája szerint többféle módon osztályozzuk a mozgó vizet:

- Szabad felszínű a vízmozgás a folyókban, patakokban, nyílt és zárt csatornák medrében.
- Határolt vagy nyomás alatti a vízmozgás vízzel telt zárt vezetékben.

Anyagáram számítás

Az anyagáram valamely csővezeték, vagy nyílt csatorna egy meghatározott keresztmetszetén az időegység alatt áthaladó anyag mennyisége.

- Szükséges a keresztmetszet: A ismerete:

Kör keresztmetszet estén a számítás:

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4},$$

ahol d = a kör átmérője, mértékegysége: m². Más síkidom esetében a geometriában tanultak szerint számítandó a keresztmetszeti felület.

- Szükséges továbbá az áthaladó anyag mennyiségének ismerete, amely kifejezhető m³-ben, vagy literben.
- Végül ismerni kell az áthaladás időegységét, ez legtöbbször secundumban van megadva.

A fent ismertetett tényezőkből az anyagáram mértékegysége tehát m³/s vagy l/s , jele *Q*.

Számítása:

$$Q = v_k \cdot A \ [m^3/s]$$

- v_k = az áramlás középsebessége m/s – ban.
- A= átfolyási keresztszelvény területe, m^2

1. Szabad felszínű, gravitációs vízmozgások számítása

A település területén nyíltárkos hálózattal gyűjtik össze a csapadékvizet, majd egy szabadfelszínű trapéz- szelvényű csatornával vezetik ki a településről. A nyílt csatornából a víz egy 150 cm átmérőjű gravitációs, beton csőcsatornába kerül, amely a befogadóba torkollik.

Kiszámítjuk, hogy a zárt csatornában milyen mélységgel tud lefolyni a nyílt csatornán érkező vízhozam!

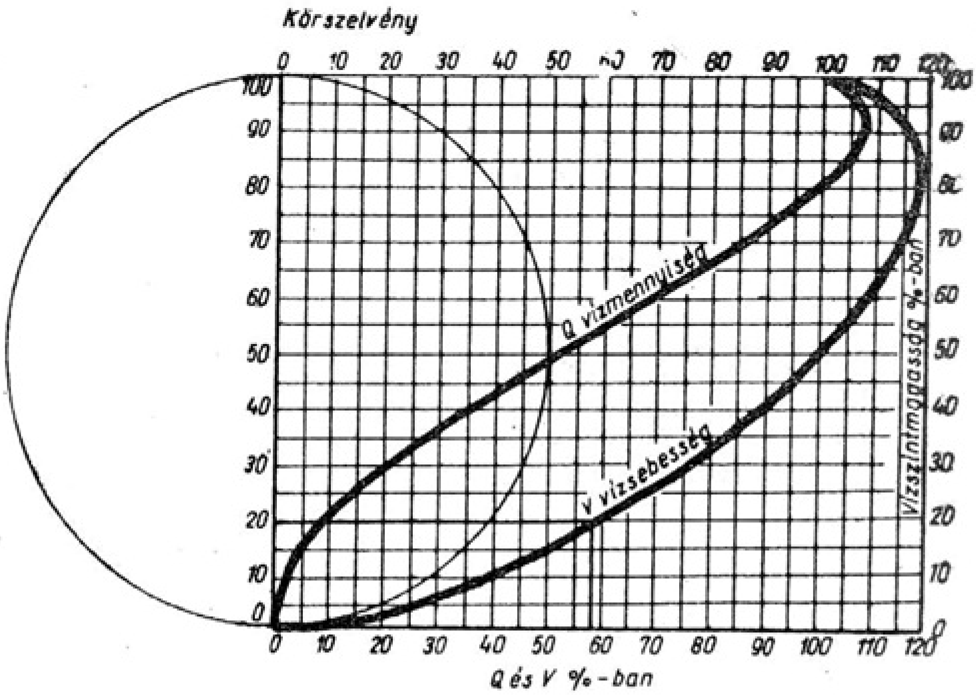
Kiindulási adatok:

A szabadfelszínű trapéz-szelvényű csatorna paraméterei::

- rézsűhajlás: ϱ = 1:1,5
- fenékszélesség: b = 80 cm
- vízmélység: h = 75 cm
- lejtés: I = 1,0 ‰
- mederérdesség: n = 0,02

A gravitációs csővezetékben a teltszelvényű vízszállításhoz tartozó sebesség: 0,9 m/s

A számítások elvégzéséhez használjuk az alábbi teltségi grafikont!



4. ábra.

Megoldás:

A nyílt csatorna vízszállításának meghatározása:

– nedvesített terület:

$$A = \frac{0{,}8\,\text{m} + 3{,}05\,\text{m}}{2} \cdot 0{,}75\,\text{m} = 1{,}444\,\text{m}^2$$

– nedvesített kerület:

$$K = b + 2c$$

$$c = \sqrt{1{,}125^2 + 0{,}75^2} = 1{,}352\,\text{m}$$

$$K = 0{,}80\,\text{m} + 2 \cdot 1{,}352\,\text{m} = 3{,}504\,\text{m}$$

– hidraulikus sugár:

$$R = \frac{A}{K} = \frac{1{,}444\,\text{m}^2}{3{,}504\,\text{m}} = 0{,}412\,\text{m}$$

– sebességtényező:

$$c = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}} = 50 \cdot 0{,}412^{\frac{1}{6}} = 43{,}13$$

– középsebesség: $v_k = c \cdot \sqrt{R \cdot I} = 43{,}13 \cdot \sqrt{0{,}412 \cdot 0{,}001} = 0{,}875\ \mathrm{m/s}$

– vízhozam: $Q = v_k \cdot A = 0{,}875\ \mathrm{m/s} \cdot 1{,}444\ \mathrm{m}^2 = 1{,}263\ \mathrm{m}^3/\mathrm{s}$

A csővezetékben a vízmélység meghatározása:

– a csővezeték vízszállítása telt szelvénynél:

$$Q = v_t \cdot A = 0{,}9\ \mathrm{m/s} \cdot r^2 \cdot \pi = 1{,}59\ \mathrm{m}^3/\mathrm{s}$$

– vízhozamok aránya:

$$\frac{Q}{Q_t} = \frac{1{,}263\ \mathrm{m}^3/\mathrm{s}}{1{,}590\ \mathrm{m}^3/\mathrm{s}} = 0{,}795 \cong 80\%$$

– a grafikonról a 80%-os vízhozam arányhoz tartozó teltség: 67%

– a csővezetékben a vízmélység:

$$h = 0{,}67 \cdot 1{,}50\ \mathrm{m} = 1{,}00\ \mathrm{m}$$

2. A nyomás alatti vízmozgás

A nyomás alatt mozgó víz vezetéke aknamentes, nyomócső. Ha nyomás alatt álló nyomócsőbe függőleges átlátszó falú csöveket helyezünk, abban a vízszint felszökik. A vízszint magassága a nyomócső tengelye felett arányos a csőben uralkodó nyomással. Az arányossági tényező a: $\rho \cdot g$ szorzat, vagyis a víz sűrűségének és a nehézségi gyorsulásnak a szorzata.

- **A Bernoulli-egyenlet alkalmazása**

Mindkét ismertetett vízmozgásra érvényes Bernoulli-energia egyenlete, mely a következő alakban írható fel:

1. Feladat

Pitot-cső segítségével mérünk nyomás alatti csővezetékben vízhozamot. A Pitot-csőben ébredő torlónyomást ferde csöves vizes nyomásmérővel mérjük. A leolvasott érték Δh = 20mm.

Határozzuk meg a 30×1,8-as csővezetékben áramló hozamot!

1.Megoldás

Nyomáskülönbség meghatározása:

$$\Delta h = 20mm = 0{,}02m$$

$$P = \Delta h \cdot \rho_v \cdot g = 0{,}02 \cdot 1000 \cdot 9{,}81 = 196{,}2 Pa$$

Középsebesség a csőben:

$$P = \frac{\rho_v}{2} \cdot v_k^2$$

$$196{,}2 = \frac{1000}{2} \cdot v_k^2$$

$$0{,}626 \frac{m}{s} = v_k$$

A cső keresztmetszete:

$$d = 30mm - (2 \cdot 1{,}8mm) = 26{,}4mm = 0{,}0264m$$

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{0{,}0264^2 \cdot 3{,}14}{4} = 0{,}000547m^2$$

A hozam a vezetékben:

$$Q = v_k \cdot A = 0{,}626 \frac{m}{s} \cdot 0{,}000547m^2 = 0{,}000343 \frac{m^3}{s} = 0{,}343 \frac{l}{s}$$

2. Feladat

Vízvezeték rekonstrukciója során az Ø 100 mm-es acél vezetékbe Ø 80mm-es belső átmérőjű műanyag csövet húznak be 1 km hosszú szakaszon. A vezeték korábbi vízszállítása 7 l/s. Képes lesz-e ugyan azt a nyomást biztosítani az új vezeték a szakasz végén, ha a csősúrlódási tényező értéke 30 %-kal csökkent? ($\lambda_{acél}$ = 0,022)

2.Megoldás

$\lambda_{műanyag}$ = 0,7 · λ_a = 0,7 * 0,022 = 0,0154

l = 1000 m

$Q_{szüks}$ = 7 l/s = 0,007 m³/s

$d_{műanyag}$ = 0,08 m $\Rightarrow$ $$A_{mű} = \frac{d_{mű}{}^2 \pi}{4} = \frac{0{,}08^2 * \pi}{4} = 0{,}00502m^2$$

$d_{acél}$ = 0,10 m $\Rightarrow$ $$A_a = \frac{d_a{}^2 \pi}{4} = \frac{0{,}08^2 * \pi}{4} = 0{,}00785m^2$$

$$v_a = \frac{Q}{A_a} = \frac{0{,}007m^3/s}{0{,}00785m^2} = 0{,}89m/s$$

$$v_{mű} = \frac{Q}{A_{mű}} = \frac{0{,}007 m^3/s}{0{,}00502 m^2} = 1{,}39 m/s$$

$$H_v^a = \lambda_a * \frac{l}{d_a}\frac{{v_a}^2}{2g} = 0{,}022 * \frac{1000}{0{,}10}\frac{0{,}89^2}{19{,}62} = 8{,}88 m$$

$$H_v^{mű} = \lambda_{mű} * \frac{l}{d_{mű}}\frac{{v_{mű}}^2}{2g} = 0{,}0154 * \frac{1000}{0{,}08}\frac{1{,}39^2}{19{,}62} = 18{,}96 m$$

$H_{v\ műanyag} > H_{v\ acél}$, tehát a bélelt cső nem képes biztosítani ugyanazt a nyomást!

3. Feladat

Számítsuk ki, hogy az ábrán vázolt hálózat egyes vezetékei mennyi vizet szállítanak!

Az elágazásba be és kifolyó vízhozam: Q = 250 l/s

A csővezeték súrlódási ellenállási tényezői: $\lambda_1 = \lambda_2 = \lambda_3 = 0{,}04$

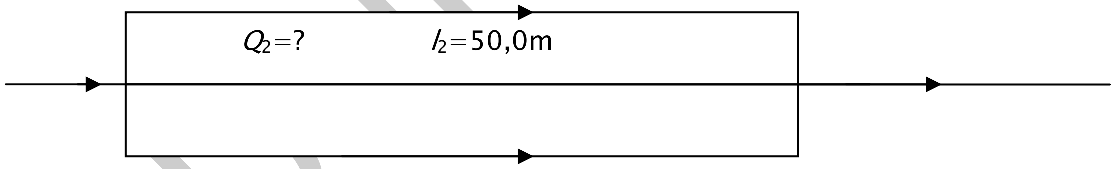
A csővezeték súrlódási vesztesége: $h_{v1} = h_{v2} = h_{v3}$

A csőág átmérők aránya: $d_1 = d_2 = d_3 = 1:2:3$

A csőágak hossza: l_1=60,0m l_2=50,0m l_3=60,0m

Q_1 =? l_1 = 60,0m

Q = 250 l/s



3.Megoldás

$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$

$$\lambda_1 \cdot \frac{l_1}{d_1} \cdot \frac{v_1^2}{2g} = \lambda_2 \cdot \frac{l_2}{d_2} \cdot \frac{v_2^2}{2g} \cdot \lambda_3 \cdot \frac{l_3}{d_3} \cdot \frac{v_3^2}{2g}$$

$$\frac{l_1}{d_1} \cdot \frac{v_1^2}{2g} = \frac{l_2}{d_2} \cdot \frac{v_2^2}{2g} = \frac{l_3}{d_3} \cdot \frac{v_3^2}{2g}$$

$d_1 : d_2 : d_3 = 1 : 2 : 3$

$$l_1 \cdot v_1^2 = \frac{1}{2} \cdot l_2 \cdot v_2^2 = \frac{1}{3} \cdot l_3 \cdot v_3^2$$

$$l_1 \cdot \left(\frac{Q_1}{A_1}\right)^2 = \frac{1}{2} \cdot l_2 \cdot \left(\frac{Q_2}{A_2}\right)^2 = \frac{1}{3} \cdot l_3 \cdot \left(\frac{Q_3}{A_3}\right)^2$$

$A_1 : A_2 : A_3 = 1^2 : 2^2 : 3^2$

$$l_1 \cdot \left(\frac{Q_1}{1^2}\right)^2 = \frac{1}{2} \cdot l_2 \cdot \left(\frac{Q_2}{2^2}\right)^2$$

$$l_1 \cdot Q_1^2 = \frac{1}{2} \cdot l_2 \cdot \frac{Q_2^2}{16}$$

$$120 \cdot Q_1^2 = \frac{50}{16} \cdot Q_2^2$$

$$Q_1 = 0{,}1614 Q_2$$

$$\frac{1}{2} \cdot l_2 \cdot \left(\frac{Q_2}{2^2}\right)^2 = \frac{1}{3} \cdot l_3 \cdot \left(\frac{Q_3}{3^2}\right)^2$$

$$\frac{1}{2} \cdot 50 \cdot \frac{Q_2^2}{16} = \frac{1}{3} \cdot 60 \cdot \frac{Q_3^2}{81}$$

$$Q_3 = 2{,}5131 Q_2$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$250 = 0{,}1614 Q_2 + Q_2 + 2{,}5131 Q_2$$

$$Q_2 = 68{,}036 \frac{l}{s}$$

$$Q_1 = 0{,}1614 Q_2$$

$$Q_1 = 10{,}98 \frac{l}{s}$$

illetve

$Q_3 = 2{,}5131 \cdot 68{,}036 = 170{,}98$ l/s

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

1. Végezzen megfigyelést a környezetében lévő vízfolyáson! Figyelje meg egy felszínen úszó tárgy sebességét, következtessen a térfogatáramára!
2. Keresse meg a világhálón, hogy mekkora a Duna és a Tisza átlagos vízhozama Magyarországon!
3. Becsülje meg, hogy egy település legtávolabbi helyén fogyasztó, 2 bár nyomású ivóvizét milyen többletnyomással kell elindítani a 2 km-re levő központból? Milyen tényezők befolyásolják a veszteség nagyságát?

<u>Válasz a tanulásirányító kérdéseire</u>

1. A felszínen úszó tárgy sebességét úgy becsülhetjük meg, ha kijelölünk egy távolságot a vízfolyás mentén, célszerű 10 vagy 100 métert a könnyebb számítás érdekében. Ezután óra segítségével megmérjük, hogy mennyi idő alatt tette meg a tárgy az utat, majd az út/idő hányadosból megkapjuk a sebességet. Tudni kell, hogy ez nem a vízfolyás átlagos sebessége, attól nagyobb, mert a víz a meder falával súrlódva veszít energiájából.
2. A Duna és a Tisza átlagos vízhozama évente változó, az átlagosan mért értékek a következők: Duna: Átlagos vízhozama 2100 m3/s körül alakul. A Tisza vízgyűjtő területe mintegy 157 000 km2, vízállása erősen ingadozó. Átlagos vízhozama Szegednél 820 m3/s, de mértek már 3820 m3/s-t is.
3. Ahhoz, hogy a legtávolabbi fogyasztóhoz is elegendő nyomással jusson el a víz, a központban ennek akár a többszörösét is biztosítani kell. A veszteséget a csősúrlódás és a különböző szerelvények okozzák. Leginkább azonban a két pont közötti magasságkülönbség határozza meg a szükséges többletnyomást.

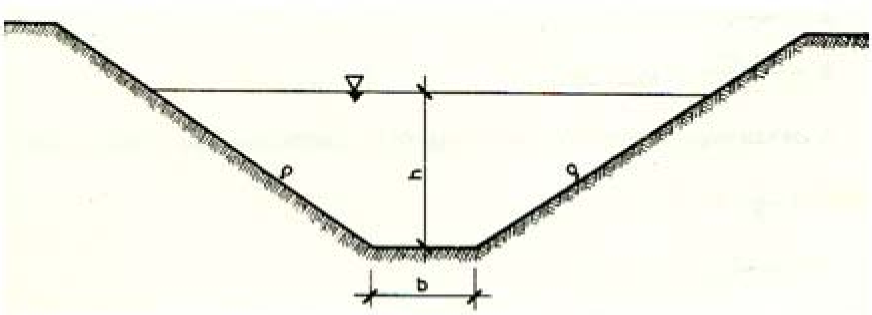
ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

Határozza meg trapéz keresztszelvényű látható közepesen karbantartott földcsatorna vízszállító-képességét!

Adatok:

Fenékszélesség:	b = 3,0 m
Vízmélység:	h = 1,1 m
Rézsűhajlás:	ϱ = 1:2
Vízfelszín lejtése:	I = 0,4‰
Manning-féle érdességi tényező:	n = 0,0282

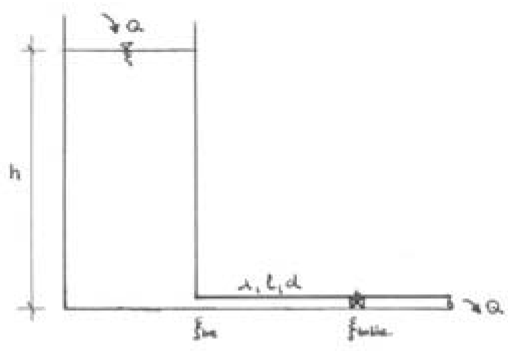


5. ábra.

2. feladat

Mennyi az ábrán vázolt tolózár veszteségtényezője a rendszer adatainak figyelembe vételével?

λ = 0,02; d = 5 cm; l = 8 m; Q = 0,3 l/s; h = 10 m; ξ_{be} = 0,5; $\xi_{tolóz.}$ = ?



6. ábra.

MEGOLDÁSOK

1. feladat

A vízhozam-számítás alapképlete:

$$Q = v_k \cdot A$$

A középsebesség meghatározása a Chezy-képlet segítségével történik:

$$v_k = c \cdot \sqrt{R \cdot I}$$

$$c = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}}$$

$$R = \frac{A}{K}$$

Meghatározzuk a nedvesített területet, mely esetünkben a trapéz területe

$$A = \frac{b + b + x + x}{2} = \frac{3{,}0m + 3{,}0m + 2{,}2m + 2{,}2m}{2} \cdot 1{,}1m = 5{,}72m^2$$

A nedvesített kerület meghatározásához szükséges a rézsű hosszának az ismerete:

$$l = \sqrt{1{,}1^2 + 2{,}2^2} = 2{,}459m$$

$$K = 2 \cdot l + b = 2 \cdot 2{,}459m + 3{,}0m = 7{,}919m$$

A nedvesített terület és kerület ismeretében meghatározható a hidraulikus sugár

$$R = \frac{A}{K} = \frac{5{,}72m^2}{7{,}919m} = 0{,}722m$$

A sebességtényező meghatározható, mert a Manning-féle érdességi tényező adott:

$$c = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}} = \frac{1}{0{,}0282} \cdot 0{,}722^{\frac{1}{6}} = 35{,}461 \cdot 0{,}947 = 33{,}582 \frac{m^{\frac{1}{2}}}{s}$$

$$v_k = 33{,}582 \frac{m^{\frac{1}{2}}}{s} \cdot \sqrt{0{,}722m \cdot 0{,}0004} = 0{,}57 \frac{m}{s}$$

A középsebesség ismeretében behelyettesítünk a vízhozam képletébe:

$$Q = 0{,}57 \frac{m}{s} \cdot 5{,}72m^2 = 3{,}26 \frac{m^3}{s}$$

A csatorna vízszállító-képessége 3,26 m³/s

2. feladat

Bernoulli egyenlet

$$z_1 + \frac{v_1^{\;2}}{2g} + \frac{p_1}{\rho g} = z_2 + \frac{v_2^{\;2}}{2g} + \frac{p_2}{\rho g} + h_v$$

rendezése után:

$$h = \sum H_v$$

$v = Q/A = 0{,}0003\ \mathrm{m^3/s} \cdot 4/0{,}05^2 \cdot \pi = 3{,}42\ \mathrm{m/s}$

$$\sum H_v = \frac{v^2}{2g}\left(\frac{\lambda \cdot l}{d} + \xi_{be} + \xi_{tolózár}\right)$$

$$\xi_{tolózár} = \frac{2hg}{v^2} - \frac{\lambda \cdot l}{d} - \xi_{be}$$

$$\xi_{tolózár} = 4{,}68$$

MŰTÁRGYHIDRAULIKAI SZÁMÍTÁSOK

A vízgazdálkodás számos területén, vízépítési létesítményeknél, a használat igényeinek megfelelően, különböző vízmozgást befolyásoló, elzáró, áteresztő, szabályozó úgynevezett műtárgyat alkalmazunk, építünk. Bármely ilyen műtárgy „működését" az azt követő mederszakasz vagy csatorna szakasz nagymértékben befolyásolhatja, annak visszahatása az adott műtárgyra, méretezés szempontjából meghatározó.

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Hogyan számítható ki a zsilip alatti és az átereszeken történő átfolyás, az átbukó víz hozama? Mi jellemzi a talajban a szivárgást és a kutak vízhozamát? Ezekre a kérdésekre kapunk válasz a következőkben.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

1. feladat

Az átereszek olyan keresztezési műtárgyak, amelyek valamilyen egyéb létesítmény (például út, vasútvonal) alatt lehetővé teszik a víz átfolyását, vagyis nevüket onnan kapták, hogy „áteresztik" a vizet. Működésük, üzemelésük hidraulikai szempontból különböző lehet, úgymint nyílt felszínű átfolyás vagy nyomás alatti átfolyás. Ebben a fejezetben az utóbbival foglalkozunk. Ez esetben az átereszeket hidraulikailag rövid csőként méretezzük.

Számítsa ki, hogy megfelelő-e a 120 cm × 140 cm-es áteresz az adott vízhozam átvezetésére, ha a visszaduzzasztás engedélyezett mértéke 7 cm!

Kiindulási adatok:

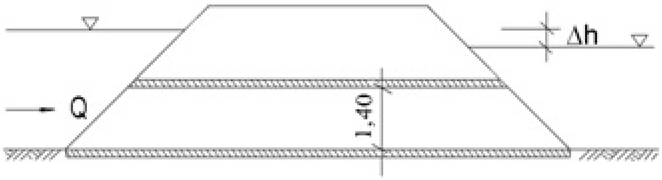
Átvezetendő vízhozam: $Q = 1485$ l/s

Az áteresz hossza: $l = 13$ m

csőellenállási tényezője: $\lambda = 0{,}02$

be-és kilépési veszteségtényezőjének összege: $\xi_{ö} = 1{,}3$

Megjegyzés: ha az áteresz nem körszelvényű, akkor az átmérő helyett a hidraulikus sugár négyszeresével (4R) számolunk.



7. ábra.

1. Megoldás

$$z_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2g} = z_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2g} + \sum h_v$$

$$z_1 = z_2 + \sum h_v$$

$$z_1 - z_2 = \Delta h$$

$$\Delta h = \sum h_v$$

$$\Delta h = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} + \xi_ö \cdot \frac{v^2}{2g} = \frac{v^2}{2g} \cdot \left(\lambda \cdot \frac{l}{d} + \xi_ö \right)$$

$$A = 1{,}2m \cdot 1{,}4m = 1{,}68m^2$$

$$K = 2 \cdot 1{,}2m + 2 \cdot 1{,}4m = 5{,}2m$$

$$R = \frac{A}{K} = \frac{1{,}68m^2}{5{,}2m} = 0{,}323m$$

$$d = 4 \cdot R = 4 \cdot 0{,}323m = 1{,}292m$$

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{1{,}485\frac{m^3}{s}}{1{,}68m^2} = 0{,}884\frac{m}{s}$$

$$\Delta h = \frac{\left(0{,}884\frac{m}{s}\right)^2}{2 \cdot 9{,}81\frac{m}{s^2}} \cdot \left(0{,}02 \cdot \frac{13m}{1{,}292m} + 1{,}3\right) = 0{,}0597m$$

$\Delta h = 5{,}97cm < \Delta h_e$, így az áteresz keresztmetszete megfelelő.

2. feladat

A bukók vagy bukógátak felső vagy szabad. felszínű vízátbocsátást lehetővé tevő műtárgyak, mint az a névben is benne van, átbukik fölöttük a víz. Kialakításuk lehet fix koronájú bukó vagy szabályozható, állítható koronaszintű bukó.

A átbukó vízhozam általánosan a. : $Q = \mu \cdot A \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$ képlettel számítható. A különböző alakú bukófelületek szerint vannak eltérések.

Határozza meg a Thomson bukó vízhozam tényezőjének értékét!

A bukóél hajlásszöge: 90°

Átbukási magasság: 5,5 cm

A bukó köbözési adatai:

V (cm3)	t (s)
8911	9,4
9300	9,7
8536	9,1

A Thomson bukó vízhozam számítási képlete:

$$Q = \frac{8}{15} \cdot \mu \cdot tg\frac{\alpha}{2} \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h^5}$$

2. Megoldás

A köbözési eredmények feldolgozása:

V (cm³)	t (s)	Q (m³/s)
8911	9,4	9,4797·10–4
9300	9,7	9,5876·10–4
8536	9,1	9,3802·10–4
$Q_{átlag}$ = 9,4825·10–4 m³/s		

A vízhozam–tényező kifejezése a bukóképletből:

$$\mu = \frac{15 \cdot Q}{8 \cdot tg45° \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h^5}} = \frac{15 \cdot 9{,}4825 \cdot 10^{-4} \frac{m^3}{s}}{8 \cdot 1 \cdot \sqrt{2 \cdot 9{,}81 \frac{m}{s^2} \cdot (0{,}055 m)^5}} = 0{,}565$$

3. feladat

Leggyakoribb szivárgási problémák közé tartozik a kutak vízszállításának meghatározása. Erre egy viszonylag egyszerű példa a homogén, porózus talajba mélyített kút, amely a vízzáró rétegig leér és teljes hosszában perforált . A kútból tartósan Q vízhozamot kiemelve a talajvíz felszíne és kút vízszintje az ábrán vázolt módon állandósult. Vízhozama a Dupuit–féle képlet alapján számítható.

Végezzük el a Dupuit–féle egyszerűsítési feltevés alapján történő vízadó képesség számítást háromfázisú, talajvizet tartalmazó rétegből!

Ellenőrizzük, hogy a lehetséges víztermelésnél nem indul–e meg a homokolódás, illetve növelhető–e még a leszívás! A vízadó réteg vízáteresztő–képességi együtthatója $4 \bullet 10^{-4}$ m/s, a kút átmérője 40 cm. Nyugalmi vízszint a kútban: 15m, az üzemi vízszint11m.

A Dupuit–képlet alapján:

$$Q = \frac{\pi \cdot k \cdot \left(H^2 - h^2\right)}{\ln \frac{R}{r}}$$

; mellyel

$$v_{krit} = \sqrt{\frac{k}{15}}$$

3. feladat

A képlet értelmezése

- k = a talaj Darcy–féle szivárgási tényezője (m/s);
- H= a talajvízszint eredeti magassága a vízzáró réteg fölött (m);
- h = a kút vízszintje a vízzáró réteg fölött (m);
- R = a kút hatótávolsága, az a gyakorlati képletekkel számítható távolság, ahol a leszívás már nem érvényesül (m);
- r = a kút sugara (m)
- s= a talajvízszint és a kút vízszintje közötti különbség (m)

$s = H - h$ =15 m –11 m = 4 m

A hatótávolság számítása:

$$R = 3000 \cdot s\sqrt{k} = 3000 \cdot 4\sqrt{4 \cdot 10^{-4}} = 240(m)$$

$$Q = \frac{\pi \cdot k \cdot \left(H^2 - h^2\right)}{\ln \frac{R}{r}} = \frac{3{,}14 \cdot 4 \cdot 10^{-4}\,\frac{m}{s} \cdot \left[(15m)^2 - (11m^2)\right]}{\ln \frac{240m}{0{,}2m}} = 0{,}0184\,\frac{m^3}{s}$$

$$A = 2 \cdot r \cdot \pi \cdot h = 2 \cdot 0{,}2m \cdot 3{,}14 \cdot 11m = 13{,}816m^2$$

$$v=\frac{Q}{A}=\frac{0{,}0184\frac{m^3}{s}}{13{,}816m^2}=0{,}001333\frac{m}{s}$$

$$v_{krit}=\frac{\sqrt{k}}{15}=\frac{\sqrt{4\cdot 10^{-4}}}{15}=0{,}001333(\frac{m}{s})$$

v_{krit} = v, ezért még nem indul meg a homokolódás, de a leszívás nem növelhető.

Összefoglalás

A átbukó vízhozam általánosan a. : Q = μ · A $\sqrt{2\cdot g\cdot h}$ képlettel számítható.

A zsilip felvízi oldala és az alvízi ún. kontrakciós szelvénye között felírt Bernoulli–egyenletből levezethető a derékszögű négyszög szelvényű csatornába épített zsilip alatt átfolyó vízhozamra a

$$Q=\mu\cdot A\sqrt{2g(H-h_c)}$$

[m³/s]

összefüggést kapjuk.

.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

1. Keressen a világhálón különböző átbukási profilú bukókat! Kis vízfolyás esetén melyiket alkalmazná és miért?
2. A kút vízadó képessége és a szivárgás milyen összefüggésben vannak egymással? A talajvízszint befolyásolja a kút vízszintjét. Keressen a vízrajzi évkönyvben kút vízállás adatokat tavaszi,nyári és őszi adatokat. Mit tapasztal, mi a magyarázata?

Tanulásirányító megoldása

1. Bukó profilok :Négyszög,trapéz, háromszög,kör és összetett. Kisvíz esetén háromszög profilú alkalmazása célszerű, mert az egészen kis vízállás is pontosan leolvasható a háromszög csúcsában.

2. A kút vízadó képessége a talaj vízáteresztő képességétől függ: minél nagyobb szemcséjű a vízadó réteg, annál nagyobb a hézagok nagysága a szemcsék között, amelyen keresztül a víz áramlik. A vízrajzi évkönyvek a világhálón is elérhetőek. A tavaszi adatok általában a legnagyobbak, nyáron csökkennek és ősszel a legalacsonyabbak. Ebből következtethetünk arra, hogy a talajvíz szintje télen emelkedik és a vegetáció megindulásával folyamatosan csökken. Ezért szokás a hidrológiai év zárását október 30-ra tenni és a hidrológiai év kezdetét november 1-től számítani.

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

Számítsa ki, hogy az ábrán lévő zsiliptáblát milyen magasságig (e) húzzuk fel, hogy alatta az adott vízhozam átfolyjon!

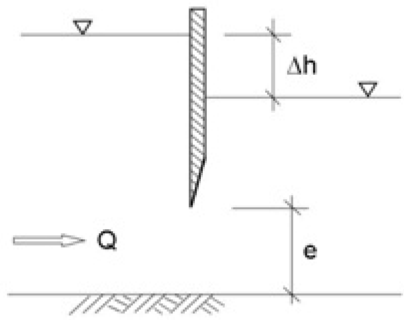
A zsiliptábla szélessége: $b = 1{,}2$ m

vízhozamtényezője: $\mu = 0{,}6$

A zsiliptábla alatt átfolyó vízhozam: $Q = 600$ l/s

A felvízszint magassága: $h_f = 2{,}2$ m

Az alvízszint magassága: $h_a = 1{,}0$ m



8. ábra.

MEGOLDÁSOK

1. feladat

A nyomás alatti átfolyás vízhozam képlete:

$$Q = \mu \cdot A \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h}$$

$$A = \frac{Q}{\mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h}}$$

$\Delta h = h_f - h_a = 2{,}2\ \mathrm{m} - 1{,}0\ \mathrm{m} = 1{,}2\ \mathrm{m}$

$$A = \frac{0{,}6 \frac{m^3}{s}}{0{,}6 \cdot \sqrt{2 \cdot 9{,}81 \frac{m}{s^2} \cdot 1{,}2m}} = 0{,}206m^2$$

$A = e \cdot b$

$$e = \frac{A}{b} = \frac{0{,}206m^2}{1{,}2m} = 0{,}17m$$

A zsiliptáblát 0,17 méterre kell felemelni ahhoz, hogy alatta 600 l/s víz folyjon át.

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

Benke Lászlóné: Vízügyi szakmai ismeretek, Skandi-Wald Könyvkiadó 2003. (14-26. oldal)

Benke Lászlóné: Vízügyi alapismeretek, Nemzeti Szakképzési Intézet 2005. (27-30.oldal)

Urbanovszky István: Hidrológia és hidraulika, Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium 2007. (78-82., 137-140. oldal)

AJÁNLOTT IRODALOM

Stelczer Károly: A vízkészlet-gazdálkodás hidrológiai alapjai, ELTE Eötvös Kiadó 2000.

Vermes László: Vízgazdálkodás, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó 2001.

A(z) 1223-06 modul 036-es szakmai tankönyvi tartalomeleme
felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
52 853 02 0010 52 01	Szennyvíztechnológus
52 853 02 0010 52 02	Víztechnológus
54 853 01 0000 00 00	Vízügyi technikus

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
25 óra

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv
TÁMOP 2.2.1 08/1-2008-0002 „A képzés minőségének és tartalmának fejlesztése” keretében készült.
A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
1085 Budapest, Baross u. 52.
Telefon: (1) 210-1065, Fax: (1) 210-1063

Felelős kiadó:
Nagy László főigazgató