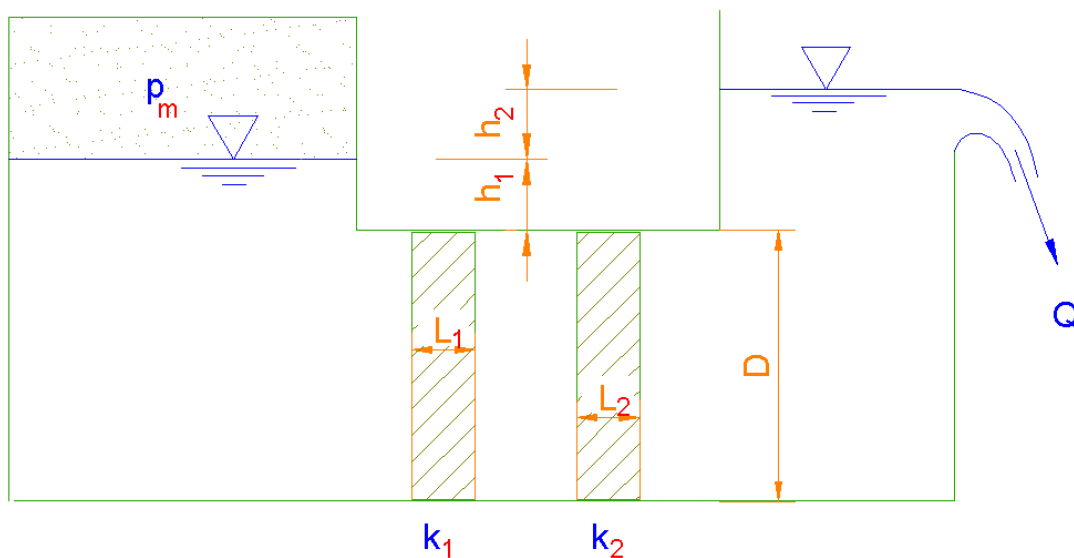


## PROCJEĐIVANJE I ZDENCI

1. Potrebno je odrediti tlak u komori  $p_m$  kojim se ostvaruje strujanje kroz filterske slojeve kružnog poprečnog presjeka kao na slici. Potrebno je i izračunati silu tlaka na filterski sloj sa koeficijentom propusnosti  $k_2$  i nacrtati piezometarsku liniju.

Zadano je:  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ;  $Q = 0,005 \text{ m}^3/\text{s}$   $k_1 = 0,001 \text{ m/s}$   $k_2 = 0,002 \text{ m/s}$   
 $D = 1 \text{ m}$ ;  $L_1 = 0,1 \text{ m}$   $L_2 = 0,2 \text{ m}$   $h_1 = h_2 = 1 \text{ m}$



$$v = \frac{4Q}{D^2\pi} = 0,0064 \text{ m/s}$$

$$\Delta h_1 = \frac{v \cdot L_1}{k_1} = \frac{0,0064 \cdot 0,1}{0,001} = 0,64 \text{ m}$$

$$\Delta h_2 = \frac{v \cdot L_2}{k_2} = \frac{0,0064 \cdot 0,2}{0,002} = 0,64 \text{ m}$$

$$\Delta h_1 + \Delta h_2 = 1,28 \text{ m}$$

$$\frac{p_m}{\rho g} = h_2 + \Delta h_1 + \Delta h_2 = 2,28 \text{ m} \quad p_m = 22,37 \text{ kPa}$$

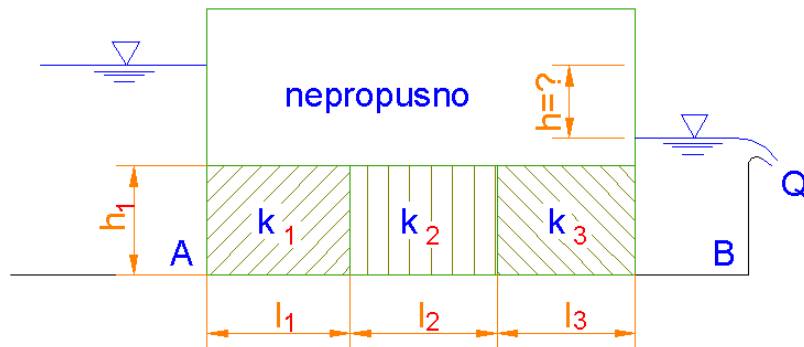
$$F_2^L = \left( \frac{p_m}{\rho g} + h_1 - \Delta h_1 + \frac{D}{2} \right) \cdot \rho g \cdot \frac{D^2\pi}{4} = 24,19 \text{ kN}$$

$$F_2^D = \left( \frac{p_m}{\rho g} + h_1 - \Delta h_1 - \Delta h_2 + \frac{D}{2} \right) \cdot \rho g \cdot \frac{D^2\pi}{4} = 19,26 \text{ kN}$$

$$F_2 = F_2^L - F_2^D = 24,19 - 19,26 = 4,93 \text{ kN}$$

2. Za stacionarni slučaj strujanja kroz poroznu sredinu širine  $B = 3\text{ m}$  sa koeficientima propusnosti  $k_1 = 10^{-3}\text{ m/s}$ ,  $k_2 = 10^{-2}\text{ m/s}$ ,  $k_3 = 5 \cdot 10^{-3}\text{ m/s}$  izmjerena je proticajna količina  $Q = 0,005\text{ m}^3/\text{s}$ . Potrebno je odrediti razliku razina u posudi A i B koja omogućuje proticanje zadanog  $Q$ . Skicirati piezometarsku liniju.

Zadano je:  $h_1 = 4,5\text{ m}$  ;  $L_1 = L_2 = L_3 = 5\text{ m}$



$$v_1 = v_2 = v_3 = \frac{Q}{A} = \frac{0,005}{3 \cdot 4,5} = 0,00037\text{ m/s}$$

$$v = -k \cdot \frac{dh}{dl}$$

$$\Delta h_1 = v \cdot \frac{L_1}{k_1} = 0,00037 \cdot \frac{5}{10^{-3}} = 1,85\text{ m}$$

$$\Delta h_2 = v \cdot \frac{L_2}{k_2} = 0,00037 \cdot \frac{5}{10^{-2}} = 0,185\text{ m}$$

$$\Delta h_3 = v \cdot \frac{L_3}{k_3} = 0,00037 \cdot \frac{5}{5 \cdot 10^{-3}} = 0,37\text{ m}$$

$$h = \Delta h_{UK} = \Delta h_1 + \Delta h_2 + \Delta h_3 = 2,405\text{ m}$$

3. U vodonosnik pod tlakom, debljine propusnog sloja  $M = 10$  m i koeficijenta propusnosti  $k = 0,001$  m/s postavljaju se tri zdenca na međusobnoj udaljenosti  $L$  (kao na slici). Iz zdenaca se crpe količine  $Q_1 = 0,01$  m<sup>3</sup>/s ;  $Q_2 = 0,012$  m<sup>3</sup>/s ;  $Q_3 = 0,014$  m<sup>3</sup>/s. Potrebno je odrediti sniženje u piezometru  $P$  ako je poznat radijus utjecaja zdenaca  $R = 2,5L = 250$  m.

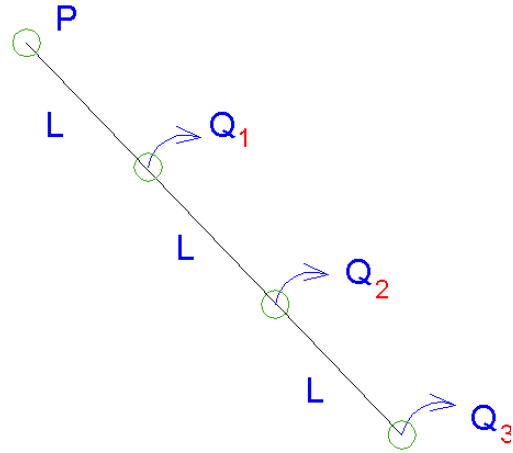
$$Q = 2\pi kM \frac{H_0 - h_0}{\ln \frac{R}{r}}$$

sniženje  $s_0 = H_0 - h_0 = \frac{Q \cdot \ln \frac{R}{r}}{2\pi kM}$

$$s_p = \frac{Q_1}{2\pi kM} \ln \frac{R}{L} + \frac{Q_2}{2\pi kM} \cdot \ln \frac{R}{2L}$$

$$s_p = \frac{0,01}{2\pi \cdot 0,001 \cdot 10} \cdot \ln \frac{250}{100} + \frac{0,012}{2\pi \cdot 0,001 \cdot 10} \cdot \ln \frac{250}{200}$$

$$s_p = 0,188 \text{ m}$$

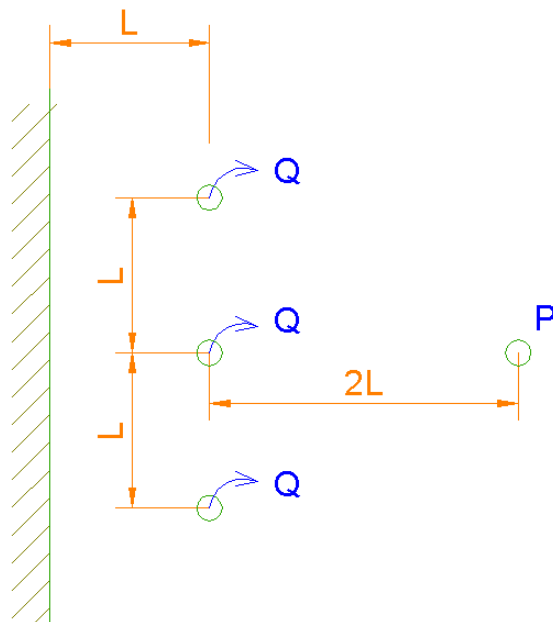


4. Vodonosnik pod tlakom, debljine propusnog sloja  $M = 10$  m i koeficijenta propusnosti  $k = 0,001$  m/s omeđen je u jednom smjeru sa vertikalnom nepropusnom granicom kao na slici. Paralelno sa nepropusnom granicom postavljena su tri zdenca jednake izdašnosti  $Q = 0,01$  m<sup>3</sup>/s. Potrebno je odrediti sniženje u piezometru  $P$  ako je radijus utjecaja zdenaca  $R = 3,5 L$  ;  $L = 350$  m.

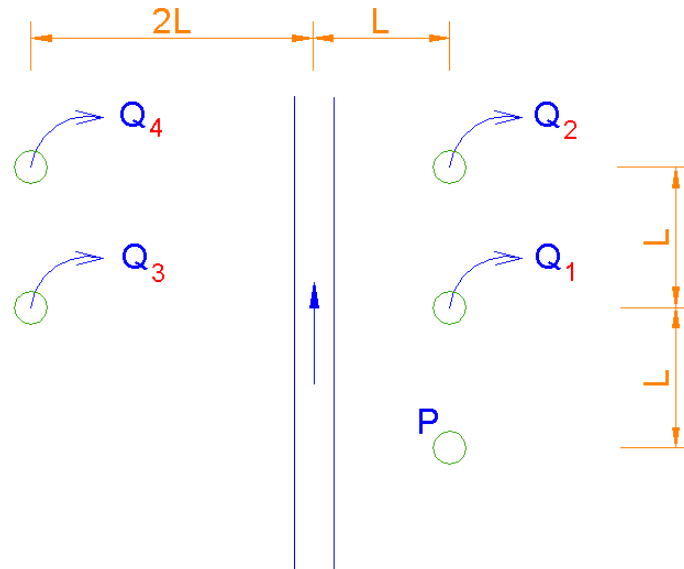
$$s_p = \frac{Q}{2\pi kM} \ln \frac{R}{2L} + 2 \cdot \frac{Q}{2\pi kM} \ln \frac{R}{\sqrt{5L^2}}$$

$$s_p = \frac{Q}{2\pi kM} \left( \ln \frac{R}{2L} + 2 \cdot \ln \frac{R}{\sqrt{5L^2}} \right)$$

$$s_p = 0,23 \text{ m}$$



5. U vodonosnik sa slobodnim vodnim licem ( $k = 0,001$  m/s) postavljena su četiri zdenca, po dva sa svake strane vodotoka. Potencijal vodonosnog sloja prije početka crpljenja iznosi  $H_0 = 20$ m, a međusobne udaljenosti zdenaca definirane su na slici. Iz zdenaca se crpe količine  $Q_1 = Q_3 = 0,01$  m<sup>3</sup>/s,  $Q_2 = Q_4 = 0,012$  m<sup>3</sup>/s. Potrebno je odrediti sniženje u piezometru  $P$  ako je radijus utjecaja zdenaca  $R = 400$  m.  $L = 50$  m.



$$\Delta\Phi = \frac{Q_1}{2\pi} \ln \frac{R}{50} + \frac{Q_2}{2\pi} \ln \frac{R}{100} - \frac{Q_1}{2\pi} \ln \frac{R}{\sqrt{100^2 + 50^2}} - \frac{Q_2}{2\pi} \ln \frac{R}{\sqrt{100^2 + 100^2}}$$

$$\Delta\Phi = 0,00195$$

$$k \cdot \left( \frac{H^2 - h_p^2}{2} \right) = 0,00195$$

$$H^2 - h_p^2 = 3,9$$

$$h_p = \sqrt{H^2 - 3,9} = 19,9$$

$$s_p = H - h_p = 20 - 19,9 = 0,1 \text{ m}$$

6. Za vodonosnik sa slobodnim vodnim licem potrebno je izračunati sniženje razine podzemne vode u zdencu  $B$  ako se iz zdenaca  $A, B, C, D$  crpe količine kao na slici. Debljina vodonosnog sloja prije početka crpljenja je  $H = 20\text{m}$ .

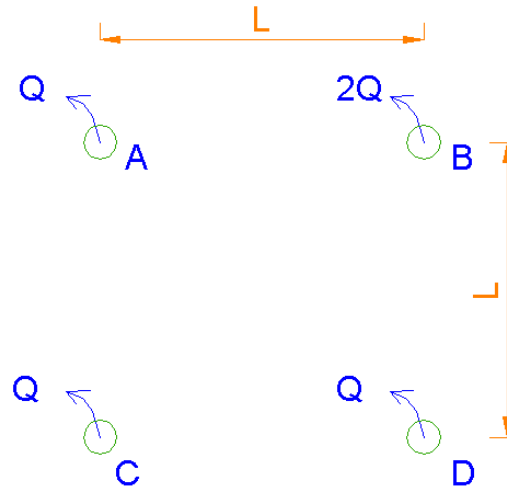
Zadano je:  $k = 0,001 \text{ m/s}$ ;  
promjer zdenaca =  $r = 0,5 \text{ m}$  ;

$Q = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  
radijus utjecaja zdenaca =  $R = 500 \text{ m}$

$$\Delta\Phi_B = \frac{2Q}{2\pi} \ln \frac{R}{r} + 2 \frac{Q}{2\pi} \ln \frac{R}{L} + \frac{Q}{2\pi} \ln \frac{R}{L\sqrt{2}} = 0,029$$

$$h_B = \sqrt{H^2 - \frac{2\Phi_B}{k}} = 18,49 \text{ m}$$

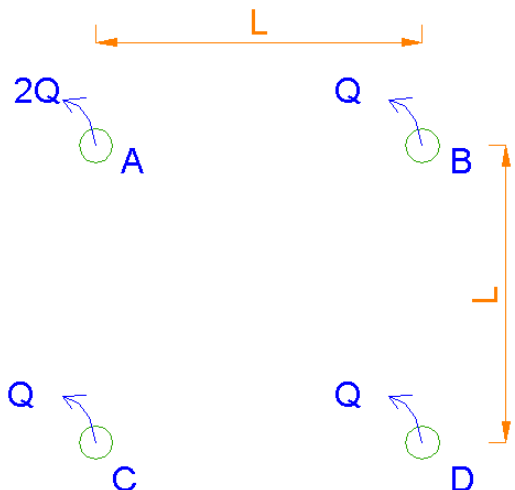
$$s_B = H - h_B = 20 - 18,49 = 1,51 \text{ m}$$



7. Za vodonosnik pod tlakom potrebno je izračunati sniženje razine podzemne vode u zdencu  $A$  ako se iz zdenaca  $A, B, C, D$  crpe količine kao na slici.

Zadano je:  $k = 0,001 \text{ m/s}$ ;  
 $Q = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  
 $L = 100 \text{ m}$ ;

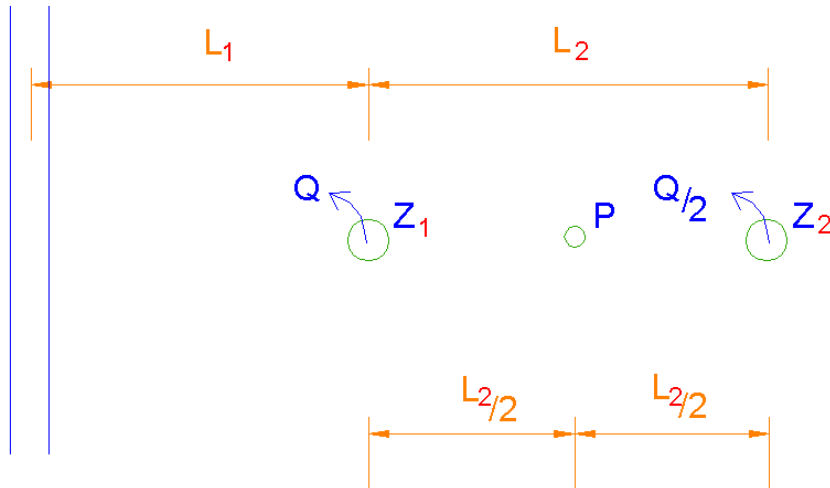
debljina vodonosnog sloja pod tlakom  $M = 10 \text{ m}$ ;  
promjer zdenaca  $r = 0,5 \text{ m}$ ;  
radijus utjecaja zdenaca  $R = 500 \text{ m}$ .



$$s_A = \frac{2Q}{2\pi kM} \ln \frac{R}{r} + 2 \frac{Q}{2\pi kM} \ln \frac{R}{L} + \frac{Q}{2\pi kM} \ln \frac{R}{\sqrt{2}L} = 2,91 \text{ m}$$

8. Dva potpuna zdenca  $Z_1$  i  $Z_2$  postavljena su u vodonosnik sa slobodnim vodnim licem i nalaze se na udaljenosti  $L_1 = L_2 = 100$  m od vodotoka. Potrebno je izračunati količinu crpljenja  $Q$  ukoliko se na poziciji piezometra  $P$  registrira sniženje  $s_p = 2$  m.

Zadano je:  $k = 0,001$  m/s      radijus utjecaja zdenaca       $R = 300$  m  
 debljina vodonosnog sloja prije početka crpljenja       $H = 16$  m

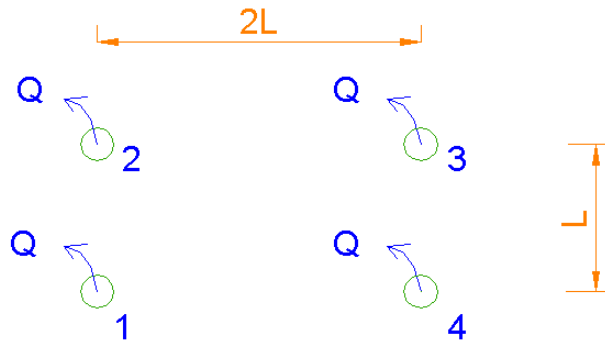


$$s_p = H - h_p = 2\text{ m} \quad \rightarrow \quad h_p = 14\text{ m}$$

$$k \cdot \left( \frac{H^2 - h_p^2}{2} \right) = \frac{Q}{2\pi} \ln \frac{R}{L_2/2} + \frac{Q/2}{2\pi} \ln \frac{R}{L_2/2} - \frac{Q}{2\pi} \ln \frac{R}{2L_1 + L_2/2}$$

$$0,001 \left( \frac{16^2 - 14^2}{2} \right) = \frac{Q}{2\pi} \left( \ln \frac{300}{50} + 0,5 \ln \frac{300}{50} - \ln \frac{300}{250} \right) \quad \rightarrow \quad Q = 0,075 \text{ m}^3 / \text{s}$$

9. Za slučaj eksploatacije vodonosnika sa slobodnim vodnim licem potrebno je odrediti sniženje u zdenču 1 ako se iz njega, kao i iz okolnih zdenaca 2, 3, 4 crpi  $Q = 0,015 \text{ m}^3/\text{s}$ . (Svaki zdenac  $Q = 0,015 \text{ m}^3/\text{s}$ ). Radijus zdenca iznosi  $r_o = 0,25\text{m}$ , a radijus utjecaja pojedinog zdenca iznosi  $R = 500\text{m}$ . Koeficijent filtracije  $k = 0,01 \text{ m/s}$  a dubina vodonosnika prije početka crpljenja iznosila je  $H_o = 10\text{m}$ . Međusobne udaljenosti između zdenaca prikazane su na slici ( $L = 100\text{m}$ ).



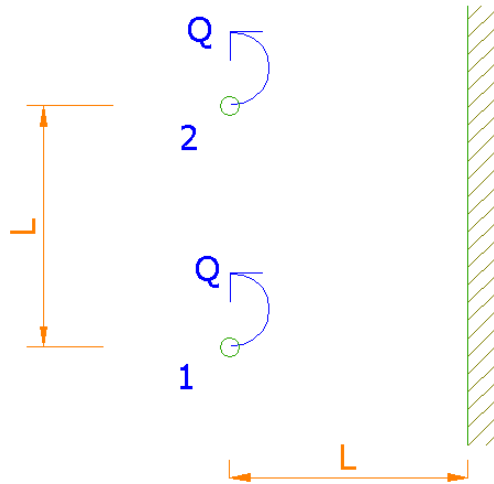
$$k \left( \frac{H_o^2 - h_1^2}{2} \right) = \Delta\Phi_{ukupno 1}$$

$$k \left( \frac{H_o^2 - h_1^2}{2} \right) = \frac{Q}{2\pi} \ln \frac{R}{r_o} + \frac{Q}{2\pi} \ln \frac{R}{L} + \frac{Q}{2\pi} \ln \frac{R}{\sqrt{(2L)^2 + L^2}} + \frac{Q}{2\pi} \ln \frac{R}{2L}$$

$$k \left( \frac{H_o^2 - h_1^2}{2} \right) = \frac{Q}{2\pi} \left( \ln \frac{R}{r_o} + \ln \frac{R}{L} + \ln \frac{R}{\sqrt{(2L)^2 + L^2}} + \ln \frac{R}{2L} \right) = 0,026$$

$$h_1 = \sqrt{H_o^2 - \frac{2\Delta\Phi_{ukupno 1}}{k}} = 9,74 \quad \rightarrow \quad s = H_o - h_1 = 0,26 \text{ m}$$

10. Za slučaj eksploatacije vodonosnika koji se nalazi pod tlakom potrebno je odrediti sniženje u zdencu 1 ako se iz njega, kao i iz zdenca 2 crpi količina  $Q = 0,015 \text{ m}^3/\text{s}$ . Zdenci se nalaze na udaljenosti  $L = 100\text{m}$  od nepropusne vertikalne granice. Radijus utjecaja je  $R = 500\text{m}$ , radijus zdenca  $r_0 = 0,25\text{m}$ , a koeficijent filtracije  $k = 0,01 \text{ m/s}$ . Debljina vodonosnika iznosi  $M = 20 \text{ m}$ .



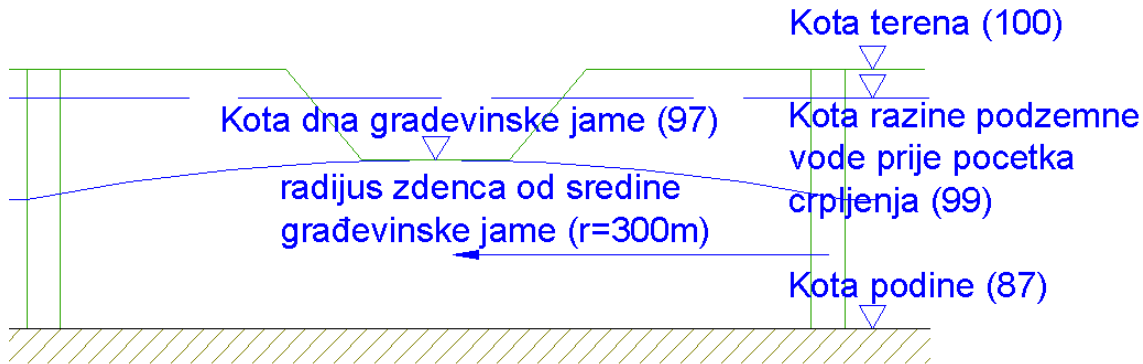
$$s_1 = \frac{Q}{2\pi kM} \ln \frac{R}{r_0} + \frac{Q}{2\pi kM} \ln \frac{R}{L} + \frac{Q}{2\pi kM} \ln \frac{R}{\sqrt{L^2 + (2L)^2}} + \frac{Q}{2\pi kM} \ln \frac{R}{2L}$$

$$s_1 = \frac{Q}{2\pi kM} \left( \ln \frac{R}{r_0} + \ln \frac{R}{L} + \ln \frac{R}{\sqrt{L^2 + (2L)^2}} + \ln \frac{R}{2L} \right) = 0,13 \text{ m}$$



11. Nepropusna podina nalazi se na koti 87, a razina slobodnog lica podzemne vode prije početka crpljenja je na 99. Koliko zdenaca izdašnosti  $Q = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$  je potrebno postaviti u krugu radijusa  $r = 300 \text{ m}$  od građevinske jame za ostvarenje željenog sniženje razine podzemne vode od 2 m.

Zadano je:  $k = 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ ;     radijus utjecaja zdenaca  $R = 500 \text{ m}$ .



$$H - h = 2 \text{ m}$$

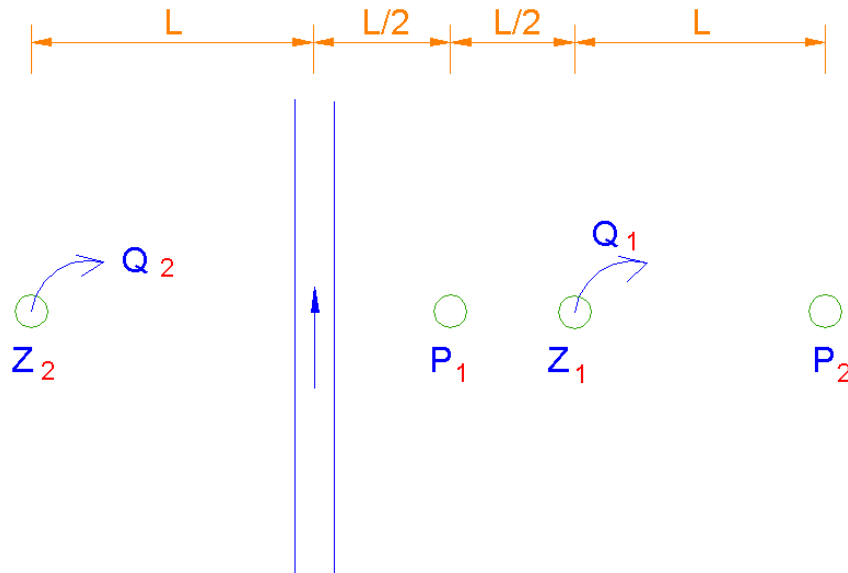
$$\Delta\Phi = k \left( \frac{H^2 - h^2}{2} \right) = k \left( \frac{12^2 - 10^2}{2} \right) = 0,0022$$

$$\Delta\Phi = n \cdot \frac{Q}{2\pi} \ln \frac{R}{r}$$

$$0,0022 = n \cdot \frac{0,01}{2 \cdot \pi} \cdot \ln \frac{500}{300} \quad \rightarrow \quad n = 2,7 \quad \text{potrebno je postaviti 3 zdenca}$$

12. Zdenca  $Z_1$  i  $Z_2$  te piezometri  $P_1$  i  $P_2$  postavljeni su u vodonosnik pod tlakom. Između zdenaca nalazi se vodotok. Potrebno je odrediti sniženja u piezometrima  $P_1$  i  $P_2$ .

Zadano je:  $k = 0,001$  m/s;  $M = 10$ m; radijus utjecaja zdenaca  $R = 250$ m;  $L = 100$ m  
 $Q_1 = 0,02$  m<sup>3</sup>/s i  $Q_2 = 0,01$  m<sup>3</sup>/s.

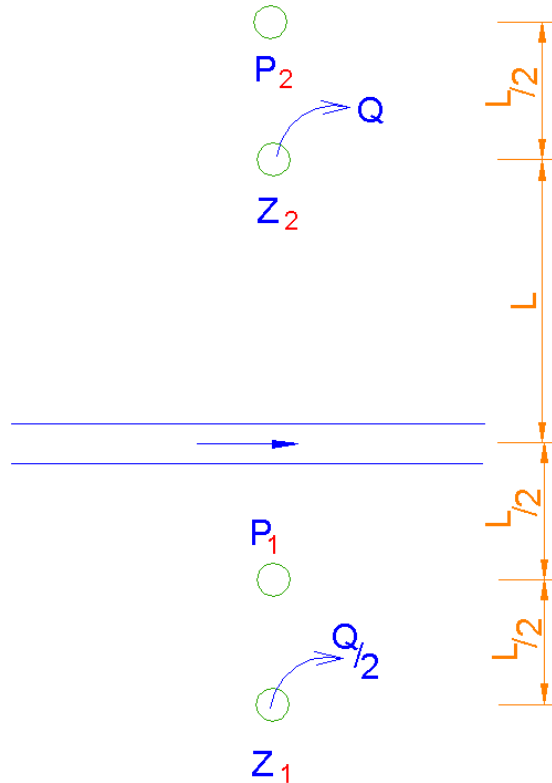


$$s_{P_1} = \frac{Q_1}{2\pi kM} \cdot \ln \frac{R}{50} - \frac{Q_1}{2\pi kM} \cdot \ln \frac{R}{150} = \frac{Q_1}{2\pi kM} \cdot \ln \frac{\frac{R}{50}}{\frac{R}{150}} = 0,35 \text{ m}$$

$$s_{P_2} = \frac{Q_1}{2\pi kM} \cdot \ln \frac{R}{100} = 0,29 \text{ m}$$

13. Zdenca  $Z_1$  i  $Z_2$  te piezometri  $P_1$  i  $P_2$  postavljeni su u vodonosnik sa slobodnim vodnim licem u kojem je razina podzemne vode iznad nepropusne podine prije početka crpljenja  $H_0 = 10\text{m}$ . Između zdenaca nalazi se vodotok. Potrebno je odrediti sniženja u piezometrima  $P_1$  i  $P_2$ .

Zadano je:            radijus utjecaja zdenaca  $R = 500\text{m}$ ;     $k = 0,01 \text{ m/s}$ ;  
 $Q = 0,02 \text{ m}^3/\text{s}$ ;             $L = 200 \text{ m}$ .



$$\Delta\Phi_{P_1} = \frac{Q/2}{2\pi} \ln \frac{R}{L/2} - \frac{Q/2}{2\pi} \ln \frac{R}{3L/2} = 0,00175$$

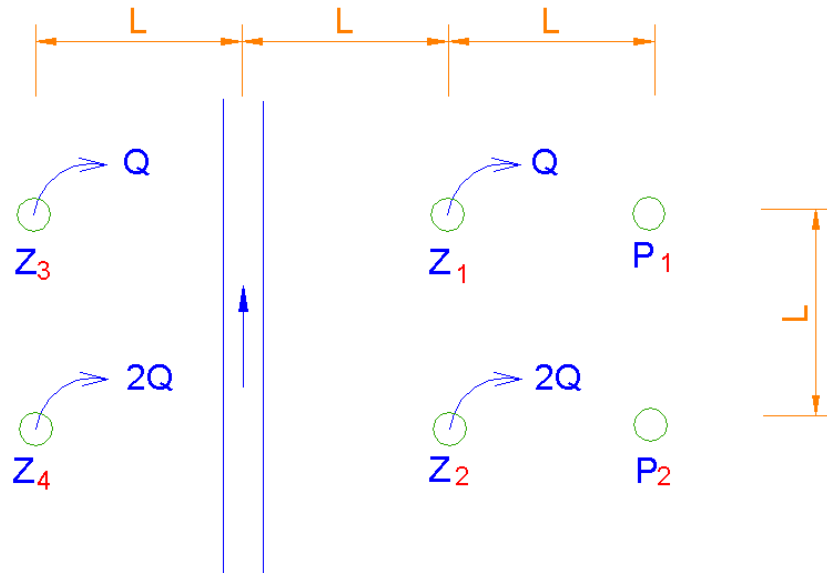
$$\Delta\Phi_{P_2} = \frac{Q}{2\pi} \ln \frac{R}{L/2} = 0,00512$$

$$\Delta\Phi_{P_1} = \left( \frac{H_o^2 - h_{P_1}^2}{2} \right) \cdot k \Rightarrow h_{P_1} = \sqrt{H_o^2 - \frac{2\Delta\Phi_{P_1}}{k}} = 9,98 \text{ m} \quad \rightarrow \quad s_{P_1} = H_o - h_{P_1} = 0,02 \text{ m}$$

$$\Delta\Phi_{P_2} = \left( \frac{H_o^2 - h_{P_2}^2}{2} \right) \cdot k \Rightarrow h_{P_2} = \sqrt{H_o^2 - \frac{2\Delta\Phi_{P_2}}{k}} = 9,95 \text{ m} \quad \rightarrow \quad s_{P_2} = H_o - h_{P_2} = 0,05 \text{ m}$$

14. Zdenici  $Z_1$ ,  $Z_2$ ,  $Z_3$  i  $Z_4$  postavljeni su u vodonosnik pod tlakom. Između zdenaca nalazi se vodotok. Potrebno je odrediti sniženja u piezometrima  $P_1$  i  $P_2$ .

Zadano je:  $k = 0,001$  m/s;  $L = 100$ m; debljina vodonosnog sloja  $M = 10$ m;  
 $Q = 0,02$  m<sup>3</sup>/s; radijus utjecaja zdenaca  $R = 300$ m.

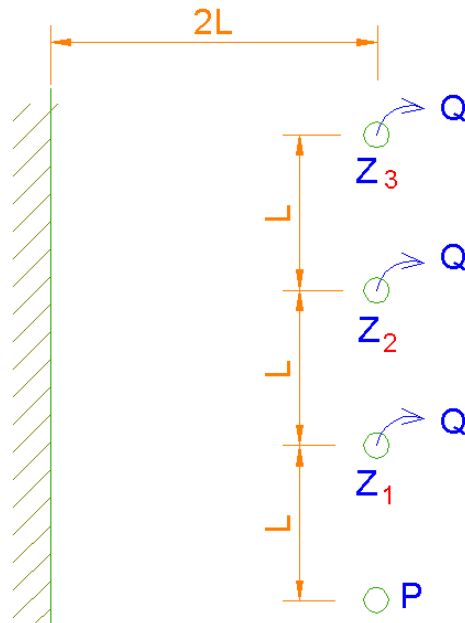


$$s_{P_1} = \frac{Q}{2\pi kM} \ln \frac{R}{L} + \frac{2Q}{2\pi kM} \ln \frac{R}{L\sqrt{2}} = 0,828 \text{ m}$$

$$s_{P_2} = \frac{2Q}{2\pi kM} \ln \frac{R}{L} + \frac{Q}{2\pi kM} \ln \frac{R}{L\sqrt{2}} = 0,939 \text{ m}$$

15. Zdenici  $Z_1$ ,  $Z_2$  i  $Z_3$  postavljeni su u vodonosnik sa slobodnim vodnim licem u kojem je razina podzemne vode iznad nepropusne podine prije početka crpljenja iznosila  $H_0 = 12\text{m}$ . Lijevo od zdenaca na udaljenosti  $2L$  nalazi se vertikalna nepropusna granica. Potrebno je odrediti sniženje u piezometru  $P$ .

Zadano je:  $k = 0,001 \text{ m/s}$ ;  $Q = 0,02 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $L = 100 \text{ m}$   
 radijus utjecaja zdenaca  $R = 250\text{m}$ .



$$k \cdot \left( \frac{H_o^2 - h_p^2}{2} \right) = \Delta\Phi_p = \frac{Q}{2\pi} \ln \frac{R}{L} + \frac{Q}{2\pi} \ln \frac{R}{2L}$$

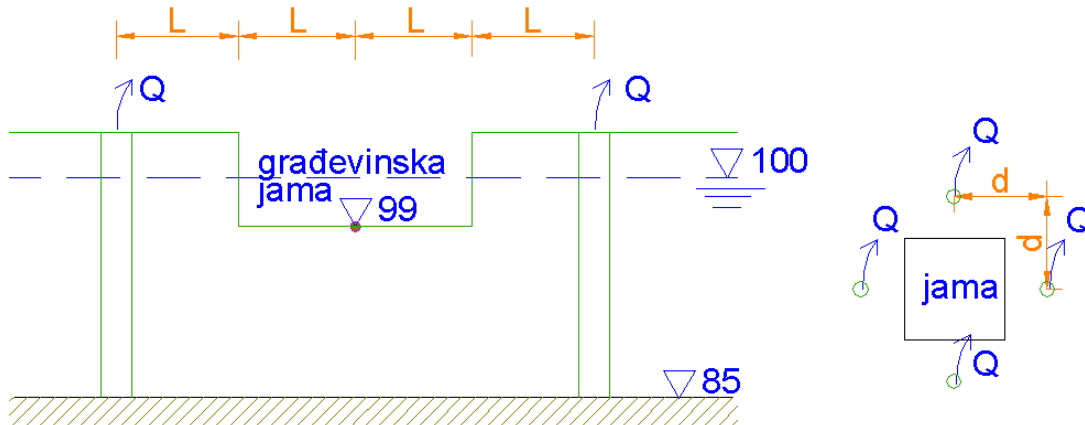
$$\Delta\Phi_p = \frac{Q}{2\pi} \ln \left( \frac{R}{L} \cdot \frac{R}{2L} \right) = 0,0036$$

$$h_p = \sqrt{H_o^2 - \frac{2\Delta\Phi_p}{k}} = \sqrt{144 - \frac{2 \cdot 0,0036}{0,001}} = 11,7 \text{ m}$$

$$s_p = 12 - 11,7 = 0,3 \text{ m}$$

16. Potrebno je odrediti potrebnu količinu crpljenja  $Q$  u svakom od četiri zdenaca, a kojom će se omogućiti smanjenje razine podzemene vode u sredini građevinske jame za  $s_A = 1\text{ m}$ . Također je potrebno odrediti sniženja u samim zdencima  $s$ . Vodonosnik je sa slobodnim vodnim licem.

Zadano je:  $R = 250\text{ m}$ ;  $k = 0,01\text{ m/s}$ ;  $r_0 = 0,5\text{ m}$ .  $L = 10\text{ m}$ ;  $d = 20\text{ m}$



$$\Delta\phi_A = 4 \cdot \frac{Q}{2\pi} \ln \frac{R}{d} = k \cdot \frac{(H_0^2 - h_0^2)}{2} = 0,01 \cdot \frac{(15^2 - 14^2)}{2} = 0,145$$

$$Q = \frac{0,145 \cdot 2\pi}{4 \ln \frac{250}{20}} = 0,09 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$\Delta\phi_{ZDENAC} = \frac{Q}{2\pi} \ln \frac{R}{r_0} + \frac{Q}{2\pi} \ln \frac{R}{2d} + 2 \cdot \frac{Q}{2\pi} \ln \frac{R}{d\sqrt{2}} = \frac{0,09}{2\pi} \ln \frac{250^4}{0,5 \cdot 40 \cdot (20\sqrt{2})^2} = 0,178$$

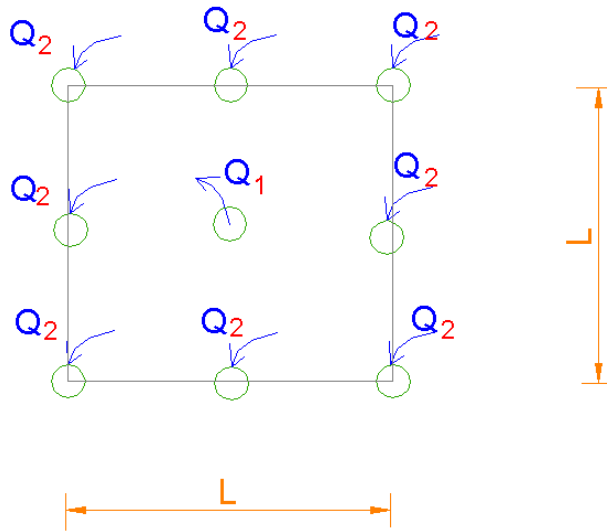
$$\Delta\phi_{ZDENAC} = 0,01 \cdot \frac{(15^2 - h^2)}{2} = 0,178$$

$$h = \sqrt{15^2 - \frac{2\Delta\phi_{zdenca}}{0,01}} = 13,76 \text{ m}$$

$$s = 15 - 13,76 = 1,24 \text{ m}$$

17. Potrebno je odrediti intenzitet prihranjivanja vodonosnika pod tlakom putem anti-zdenaca izdašnosti  $Q_2$  položenih oko središnjeg zdenca iz kojeg se crpi  $Q_1$ , a da ne dođe do smanjenja tlačne visine podzemne vode u središnjem zdenca .

Zadano je:  $k = 0,01 \text{ m/s}$ ;  $R$  (radijus utjecaja) = 200m;  $r_0$  (radijus središnjeg zdenca) = 0,5m  
 $Q_1 = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$   $M$  (debljina vodonosnog sloja) = 15m  $L = 350 \text{ m}$



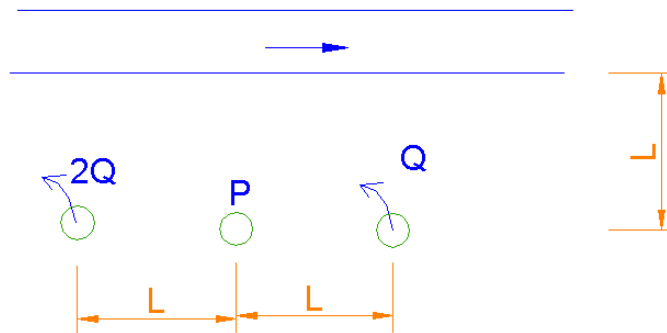
$$L/2 = 175 \text{ m} \quad L/2\sqrt{2} = 247,5 \text{ m}$$

$$\frac{Q_1}{2\pi kM} \ln \frac{R}{r_0} = 4 \cdot \frac{Q_2}{2\pi kM} \ln \frac{R}{L/2}$$

$$Q_2 = 0,112 \text{ m}^3 / \text{s}$$

18. U vodonosnik sa slobodnim vodnim licem debljine vodonosnog sloja  $H = 20\text{m}$  položena su dva zdenca radijusa  $r_0 = 0,25\text{m}$  izdašnosti  $Q$  i  $2Q$ . Između njih se nalazi piezometar  $P$ . Na udaljenosti  $L$  od zdenaca i piezometra nalazi se vodotok. Potrebno je odrediti sniženje vodnog lica  $s_p$  u piezometru ukoliko je na mjestu zdenca izdašnosti  $Q$  izmjereno sniženje  $s_Q = 0,5\text{m}$ .

Zadano je:  $k = 0,01 \text{ m/s}$ ;  $R$  (radijus utjecaja zdenca) =  $500\text{m}$ ;  $L = 200\text{m}$ ;



$$k \left( \frac{H^2 - h_Q^2}{2} \right) = \frac{Q}{2\pi} \ln \frac{R}{r_0} + \frac{2Q}{2\pi} \ln \frac{R}{2L} - \frac{Q}{2\pi} \ln \frac{R}{2L}$$

$$0,01 \left( \frac{20^2 - 19,5^2}{2} \right) = \frac{Q}{2\pi} \left( \ln \frac{R}{r_0} + \ln \frac{R}{2L} \right)$$

$$0,099 = 1,245 \cdot Q$$

$$Q = 0,08 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\Delta\phi_p = k \left( \frac{H^2 - h_p^2}{2} \right) = \frac{Q}{2\pi} \ln \frac{R}{L} + \frac{2Q}{2\pi} \ln \frac{R}{L} - \frac{Q}{2\pi} \ln \frac{R}{\sqrt{5L^2}} - \frac{2Q}{2\pi} \ln \frac{R}{\sqrt{5L^2}}$$

$$0,01 \left( \frac{20^2 - h_p^2}{2} \right) = \frac{Q}{2\pi} \left( 3 \cdot \ln \frac{R}{L} - 3 \cdot \ln \frac{R}{\sqrt{5L^2}} \right)$$

$$0,01 \left( \frac{20^2 - h_p^2}{2} \right) = 0,0462$$

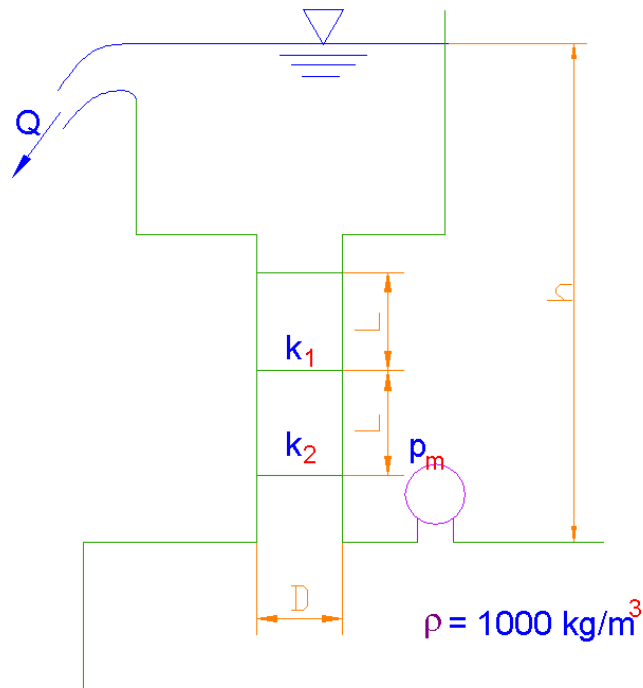
$$h_p = \sqrt{H^2 - \frac{2 \cdot \Delta\phi_p}{k}} = \sqrt{20^2 - \frac{2 \cdot 0,0462}{0,01}} = 19,77 \text{ m}$$

$$s_p = H - h_p = 0,23 \text{ m}$$



19. Procjeđivanjem na uređaju sa slike ostvaruje se stacionarni protok  $Q = 0,005 \text{ m}^3/\text{s}$ , a potrebno je odrediti tlak na manometru  $p_m$ .

Zadano je:  $k_1 = 0,01 \text{ m/s}$ ;  $k_2 = 0,005 \text{ m/s}$ ;  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ ;  $h = 10 \text{ m}$ ;  $D = 0,5 \text{ m}$ ;  $L_1 = L_2 = 2 \text{ m}$



$$Q = \frac{D^2 \pi}{4} \cdot v \Rightarrow v = \frac{4Q}{D^2 \pi} = 0,0255 \text{ m/s}$$

$$v = k_1 \cdot \frac{\Delta h_1}{L} = k_2 \cdot \frac{\Delta h_2}{L} \rightarrow \Delta h_1 = \frac{v \cdot L}{k_1} = 5,1 \text{ m}$$

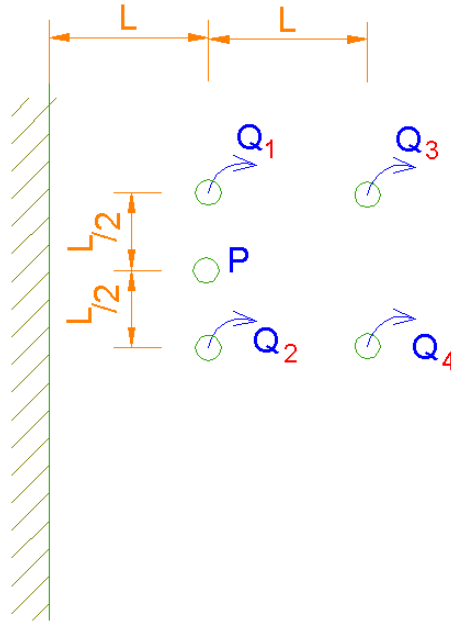
$$\Delta h_2 = \frac{v \cdot L}{k_2} = 10,2 \text{ m}$$

$$p_m = \rho \cdot g (h + \Delta h_1 + \Delta h_2) = 1000 \cdot 9,81 \cdot (10 + 5,1 + 10,2)$$

$$p_m = 248,2 \text{ kPa}$$

20. Potrebno je odrediti sniženje u piezometru P koje nastupa uslijed stacionarnog crpljenja iz zdenca  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$ ,  $Q_4$  postavljenih u vodonosnik pod tlakom.

Zadano:  $Q_1 = 0,01 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_2 = 0,02 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_3 = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $Q_4 = 0,04 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  
 $L = 100 \text{ m}$ ;  $k = 0,001 \text{ m/s}$ ;  $R$  (radijus utjecaja zdenca) = 300 m;  
 $M = 15 \text{ m}$  (debljina vodonosnog sloja pod tlakom).



$$s_p = \frac{Q_1}{2\pi kM} \ln \frac{R}{L/2} + \frac{Q_2}{2\pi kM} \ln \frac{R}{L/2} + \frac{Q_3}{2\pi kM} \ln \frac{R}{\sqrt{5}(L/2)} + \frac{Q_4}{2\pi kM} \ln \frac{R}{\sqrt{5}(L/2)} +$$

$$+ \frac{Q_1}{2\pi kM} \ln \frac{R}{\sqrt{17}(L/2)} + \frac{Q_2}{2\pi kM} \ln \frac{R}{\sqrt{17}(L/2)}$$

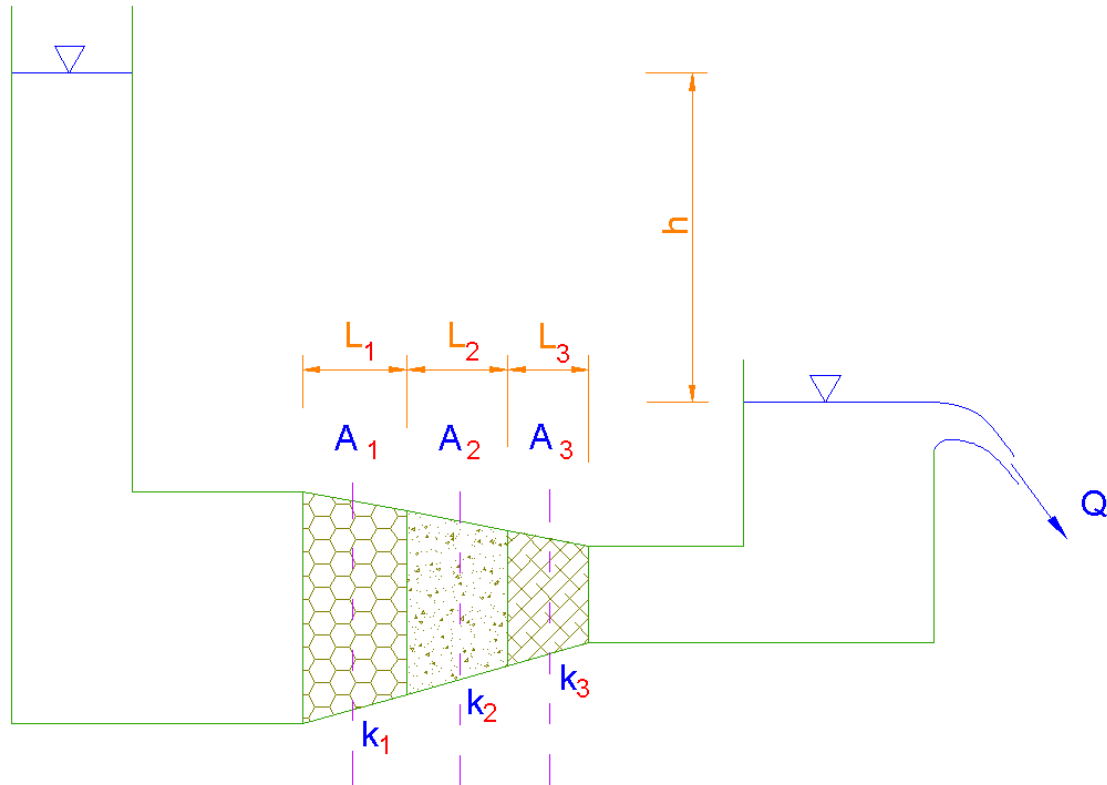
$$s_p = \frac{Q_1}{2\pi kM} \left( \ln \frac{R}{L/2} + 2 \cdot \ln \frac{R}{L/2} + 3 \cdot \ln \frac{R}{L/2 \cdot \sqrt{5}} + 4 \cdot \ln \frac{R}{L/2 \cdot \sqrt{5}} + \ln \frac{R}{L/2 \cdot \sqrt{17}} + 2 \cdot \ln \frac{R}{L/2 \cdot \sqrt{17}} \right)$$

$$s_p = \frac{Q_1}{2\pi kM} \cdot \ln \left( 3 \cdot \ln \frac{R}{L/2} + 7 \cdot \ln \frac{R}{L/2 \cdot \sqrt{5}} + 3 \cdot \ln \frac{R}{L/2 \cdot \sqrt{17}} \right)$$

$$s_p = 0,275 \text{ m}$$

21. Potrebno je odrediti razliku razinu vodnih lica "h" koja je potrebna da se ostvari protjecanje sa protokom Q kroz porozne filterske slojeve i nacrtati piezometarsku liniju.

Zadano je:  $L_1 = L_2 = L_3 = 2 \text{ m}$ ;  $k_1 = 0,01 \text{ m/s}$ ;  $k_2 = 0,02 \text{ m/s}$ ;  $k_3 = 0,03 \text{ m/s}$ ;  
 $Q = 0,001 \text{ m}^3/\text{s}$ ;  $A_1 = 1 \text{ m}^2$ ;  $A_2 = 0,75 \text{ m}^2$ ;  $A_3 = 0,5 \text{ m}^2$ ;



$$v_i = \frac{Q}{A_i} = -k_i \frac{\Delta H_i}{L_i} \Rightarrow \Delta H_i = \frac{Q \cdot L_i}{A_i \cdot k_i}$$

$$\Delta H_1 = 0,2 \text{ m}$$

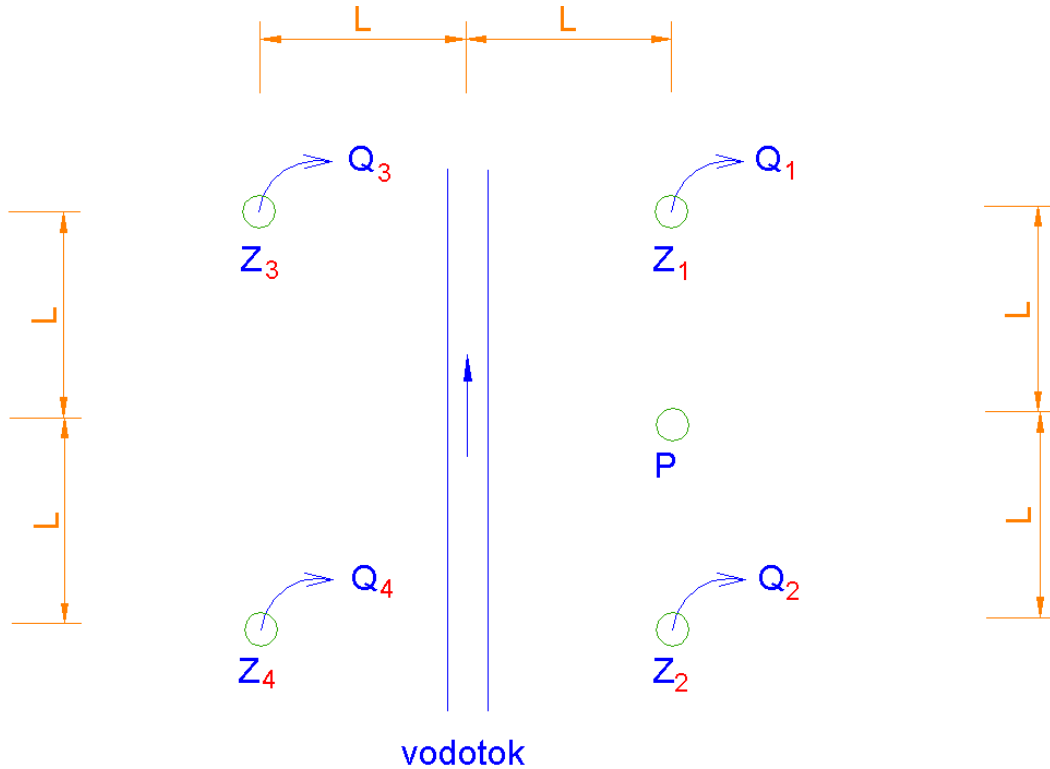
$$\Delta H_2 = 0,133 \text{ m}$$

$$\Delta H_3 = 0,133 \text{ m}$$

$$h = \sum_{i=1}^3 \Delta H_i = 0,466 \text{ m}$$

22. Potrebno je odrediti sniženje u piezometru  $P$  koje nastupa uslijed stacionarnog crpljenja iz zdenca  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_3$ ,  $Q_4$  postavljenih u vodonosnik sa slobodnim vodnim licem.

Zadano je:  $k = 0,001$  m/s,  $L = 150$  m;  $R = 500$  m (radijus utjecaja);  
 $Q_1 = 0,01$  m<sup>3</sup>/s;  $Q_2 = 0,02$  m<sup>3</sup>/s;  $Q_3 = 0,03$  m<sup>3</sup>/s;  $Q_4 = 0,04$  m<sup>3</sup>/s;  
 $H = 20$  m (debljina vodonosnog sloja prije početka crpljenja).



$$\Delta\Phi_p = \frac{Q_1}{2\pi} \ln \frac{R}{L} + \frac{Q_2}{2\pi} \ln \frac{R}{L} - \frac{Q_3}{2\pi} \ln \frac{R}{\sqrt{5}L} - \frac{Q_4}{2\pi} \ln \frac{R}{\sqrt{5}L}$$

$$\Delta\Phi_p = \frac{Q_1}{2\pi} \left( 3 \cdot \ln \frac{R}{L} - 3 \cdot \ln \frac{R}{L\sqrt{5}} \right)$$

$$\Delta\Phi_p = \frac{3Q_1}{2\pi} \ln \sqrt{5}$$

$$\Delta\Phi_p = 0,00384$$

$$h_p = \sqrt{H^2 - \frac{2\Delta\Phi_p}{k}} = 19,81 \text{ m}$$

$$s_p = H - h_p = 20 - 19,81 = 0,19 \text{ m}$$