



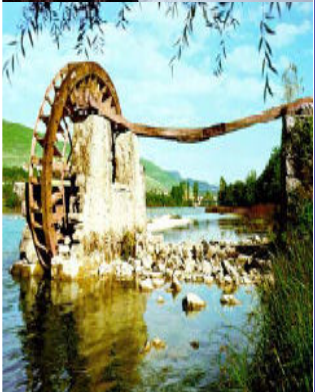
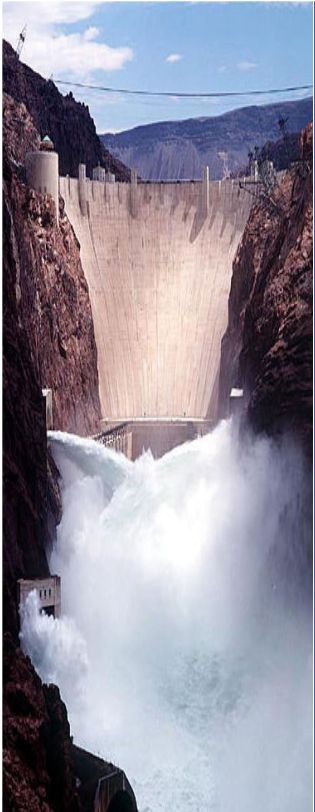
SVEUČILIŠTE U SPLITU  
GRAĐEVINSKO-ARHITEKTONSKI FAKULTET

UNIVERSITY OF SPLIT  
FACULTY OF CIVIL ENGINEERING AND ARCHITECTURE

## VJEŽBE 6

### DEFINIRANJE PARAMETARA VODONOSNIKA NA OSNOVU PODATAKA DOBIVENIH MJERENJIMA U ZDENCIMA

Split, 25. travnja 2012.



- u prethodnim poglavljima na osnovu parametara vodonosnika bilo je moguće definirati vodno lice u vodonosniku iz kojeg se crpila neka konstantna količina
- sada je problem inverzan, iz mjerenja vodnog lica u vremenu i prostoru, moguće je definirati parametre vodonosnika
- ovisno o tome da li je problem stacionaran ili nestacionaran primjenjuje se odgovarajuća metodologija
- vodonosnik je homogen i izotropan
- zdenac je penetriran samo u vodonosnik čija se svojstva(parametri) traže
- svi monitoring objekti (zdenci i piezometri) također su penetrirani samo u promatrani vodonosnik

## STACIONARNO STANJE

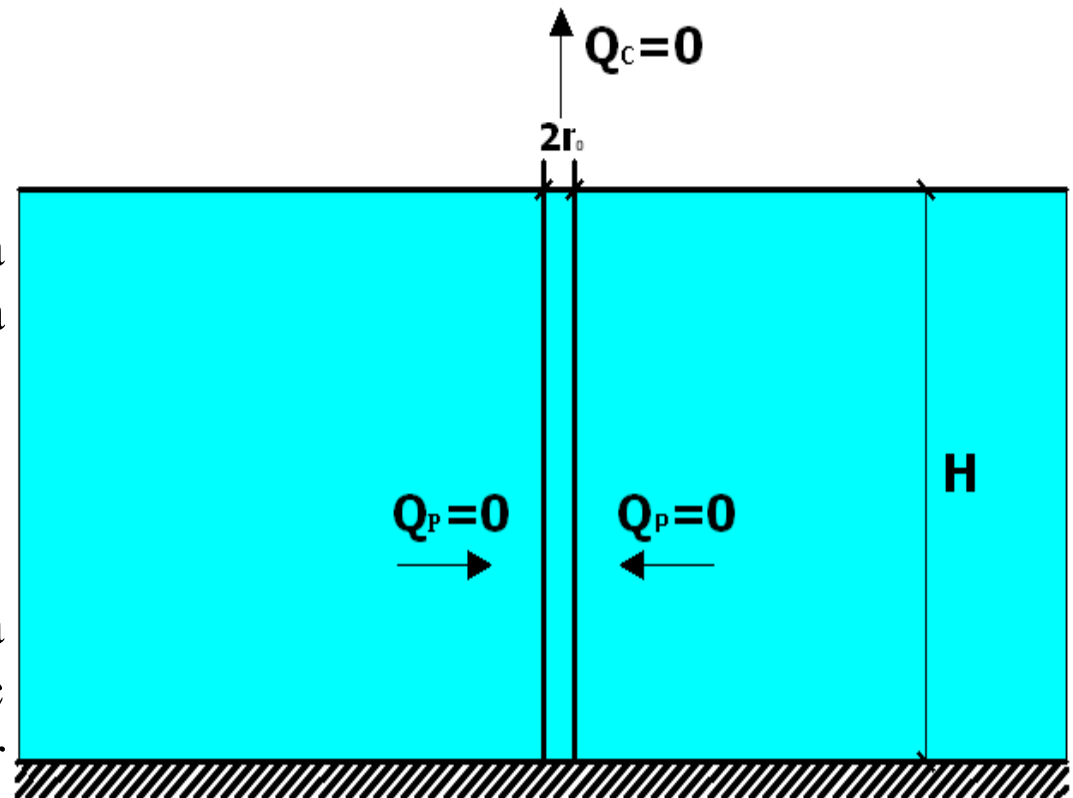
- pokazat će se na primjeru vodonosnika sa slobodnim vodnim licem, analogno vrijedi i za vodonosnik pod tlakom
- u početnom trenutku nema crpljena iz vodonosnika, vodno lice je horizontalno, tlakovi na lijevom i desnom rubu su konstantni i istog iznosa
- kako su tlakovi na lijevom i desnom rubu istog iznosa nema razlike potencijala na području vodonosnika pa nema ni tečenja

$$V_{DARCY} = K \cdot \frac{\Delta H}{\Delta L}$$

Kako je razlika potencijala jednaka nuli, slijedi da je Darcy-eva brzina također nula.

$$Q_P = V_{DARCY} \cdot 2r_0 \pi \cdot H$$

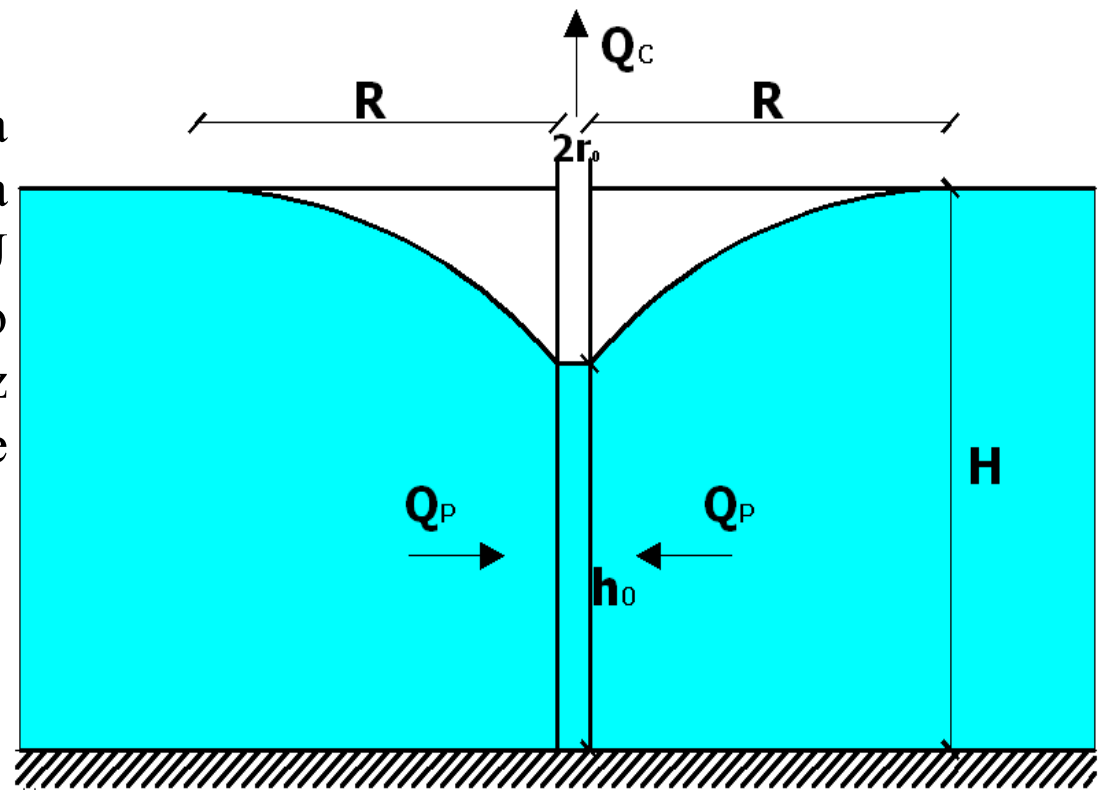
Iz izraza za protok zaključuje se da je i protok kojim se zdenac prihranjuje iz vodonosnika također nula.



- u nekom trenutku započinje se s crpljenjem iz zdenca penetriranog u vodonosnik
- količina crpljenja iz zdenca uzrokovat će smanjenje razine vodnog lica u zdencu
- na taj način stvara se razlika potencijala između rubnih uvjeta lijevo i desno i samog zdenaca → ta razlika potencijala predstavlja gradijent na udaljenosti R
- ako je gradijent različit od nule, za posljedicu će imati i Darcy-ovu brzinu različitu od nule (uz uvjet da je riječ o propusnom sloju)

Kako je razlika potencijala različita od nule, slijedi da je Darcy-eva brzina također različita od nule. U tom slučaju će doći do prihranjivanja zdenca iz vodonosnika. Prihranjivanje se kvantificira prema izrazu:

$$Q_P = V_{DARCY} \cdot 2r_0 \pi \cdot h_0$$



- ako se usvoji količina crpljenja iz zdenca  $Q_C$  konstantnom, tada će pad vodnog lica u istom biti u funkciji vremena crpljenja
- s porastom vremena vodno lice u zdencu sve više opada, čime se povećava razlika potencijala između rubova i zdenca
- to rezultira većim gradijentom  $\rightarrow$  većom Darcy-evom brzinom  $\rightarrow$  većim protokom prihranjivanja iz vodonosnika  $Q_P$
- intenzitet SNIŽENJA vodnog lica je sve manji jer se količina  $Q_P$  iznosom približava iznosu  $Q_C$
- postavlja se pitanje kada će se vodno lice “smiriti”, tj. kada će se stabilizirati oko neke konstantne kote

- odgovor se dobije iz jednadžbe kontinuiteta: 
$$\frac{4r_0^2 \cdot \pi}{4} \frac{dh}{dt} = Q_P - Q_C$$
- koja se u diferencijalnom obliku može zapisati: 
$$\frac{4r_0^2 \cdot \pi}{4} \Delta h = (Q_P - Q_C) \cdot \Delta t$$

- Jednadžba znači slijedeće: promjena razine vode u nekom vremenu, u zdencu konačne površine poprečnog presjeka, jednaka je razlici ulaznog i izlaznog protoka u/iz zdenca u tom istom vremenu.

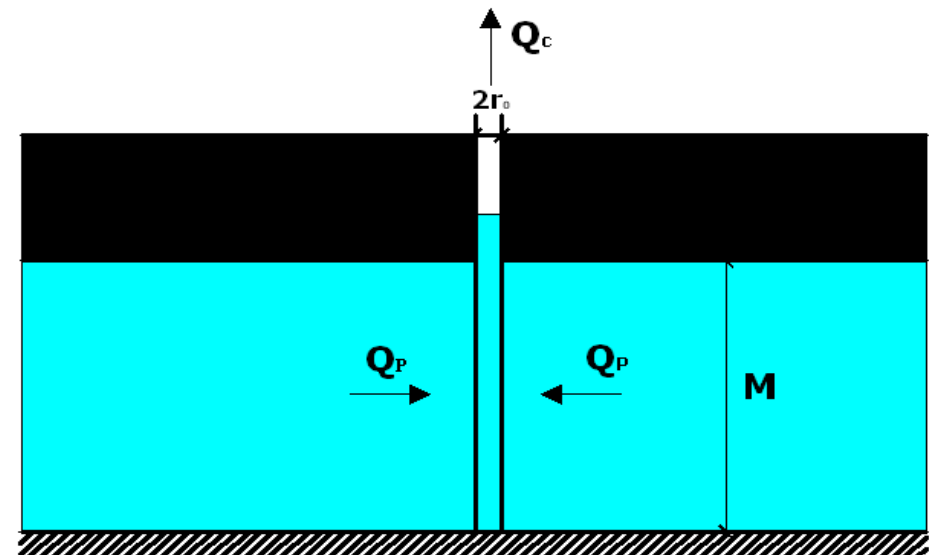
Stacionarnim stanjem naziva se ono kada se razina vodnog lica u zdencu iz kojeg se crpi, stabilizira na nekoj koti. Na osnovu jednađbe kontinuiteta to znači da su protok crpljenja iz zdenca i protok prihranjivanja u zdenac jednaki !!! Daljnje crpljenje količine  $Q_C$  iz zdenca neće uzrokovati promjenu razine vode u zdencu iz kojeg se crpi !!!

### 9. ZADATAK:

Iz zdenca penetriranog u vodonosnik pod tlakom crpi se 15 l/s. Mjerenjima u dva piezometra, postavljena unutar radijusa utjecaja centralnog zdenca, uočava se da 1270 minuta nakon početka crpljenja, sniženje u piezometrima dostiže konstantnu vrijednost. Prvi piezometar udaljen je 9 m od osi centralnog zdenca i u njemu je očitano da je kota vodnog lica 870 cm iznad kote krovinske plohe vodonosnika. U drugom piezometru, na udaljenosti 22 m od zdenca očitava se da je kota vodnog lica na 970 cm iznad krovinske plohe vodonosnika. Treba definirati transmisivnost i konduktivitet vodonosnika.  $M = 30$  m

$$Q = 2\pi r_0 \cdot M \cdot K \frac{\Delta h}{\Delta l}$$

$$h_2 - h_1 = \frac{Q}{2\pi T} \ln \frac{r_2}{r_1}$$



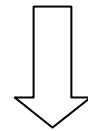
$$T = \frac{Q}{2\pi(h_2 - h_1)} \ln \frac{r_2}{r_1} = \frac{0.015m^3 / s}{2\pi(0.97m - 0.87m)} \ln \frac{22m}{9m} = 0.021m^2 / s$$

$$T = K \cdot M \Rightarrow K = \frac{T}{M} = \frac{0.021m^2 / s}{30m} = 0.0007m / s$$

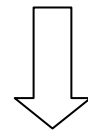
## 10. ZADATAK:

Iz zdenca penetriranog u vodonosnik sa slobodnim vodnim licem crpi se 15 l/s. Mjerenjima u dva piezometra, postavljena unutar radijusa utjecaja centralnog zdenca, uočava se da nakon nekog vremena od početka crpljenja, sniženje u piezometrima dostiže konstantnu vrijednost. Prvi piezometar udaljen je 9 m od osi centralnog zdenca i u njemu je očitano da je kota vodnog lica 870 cm iznad kote vodnog lica u zdencu. U drugom piezometru, na udaljenosti 22 m od zdenca očitava se da je kota vodnog lica 970 cm iznad kote vodnog lica u zdencu. Treba definirati konduktivitet vodonosnika. Kota vodnog lica u zdencu je 27 m n.m..

$$Q = 2\pi r_0 \cdot h \cdot K \frac{\Delta h}{\Delta l}$$



$$h_2^2 - h_1^2 = \frac{Q}{\pi K} \ln \frac{r_2}{r_1}$$



$$K = \frac{Q}{\pi(h_2^2 - h_1^2)} \ln \frac{r_2}{r_1} = \frac{0.015 \text{ m}^3 / \text{s}}{\pi(27.97 \text{ m}^2 - 27.87 \text{ m}^2)} \ln \frac{22 \text{ m}}{9 \text{ m}} = 0.000764 \text{ m} / \text{s}$$



## NEŠTACIONARNO STANJE

- u nekim slučajevima ravnotežno stanje nikada neće biti postignuto
- to znači da se vodno lice u zdencu iz kojeg se crpi ili bilo kojem drugom objektu unutar radijusa utjecaja zdenca, neće smiriti već će fluktuacije(promjene) razine vodnog lica uvijek biti prisutne
- u takvim uvjetima također je moguće odrediti parametre vodonosnika
- kao i u stacionarnom slučaju i ovdje vrijede određene pretpostavke
- vodonosnik je homogen i izotropan
- perforirani dio zdenca nalazi se samo u vodonosniku koji se promatra (za kojeg se utvrđuju parametri)
- monitoring objekti također su perforirani samo na dijelu gdje penetriraju kroz promatrani vodonosnik
- Jacob-ova metoda je samo jedna od metoda koja se može koristiti kod ovakve problematike

## JACOB-ova JEDNADŽBA:

$$s(r, t) = \frac{2.3 Q}{4\pi T} \left[ \log \left( \frac{2.25 T t}{r^2 S} \right) \right]$$

- $s$  predstavlja sniženje i funkcija je udaljenosti ( $r$ ) od osi centralnog zdenca i vremena crpljenja ( $t$ )
- $T$  je transmisivnost
- $S$  je koeficijent zapremine
- parametri se mogu dobiti iz mjerenja **VRIJEME – SNIŽENJE**
- parametri se mogu dobiti iz mjerenja **UDALJENOST OD CENTRALNOG ZDENCA - SNIŽENJE**

Hidrauličke karakteristike vodonosnika se mogu odrediti iz Jacob-ova izraza, korištenjem polulogaritamskog odnosa između opadanja vodnog lica (aritmetičko mjerilo) i vremena crpljenja (log mjerilo) ili udaljenosti od centralnog zdenca

## 11. ZADATAK:

Potrebno je odrediti karakteristike vodonosnika Jacob-evom metodom na temelju zadanih mjerenja.

r(m)	S(m)
3	4.53
12	2.82
45	1.32
90	0.51
120	0.075

$$Q = 2180.4 \text{ (m}^3\text{/dan)}$$

$$t = 0.14 \text{ dana}$$

$$M = 13 \text{ m}$$

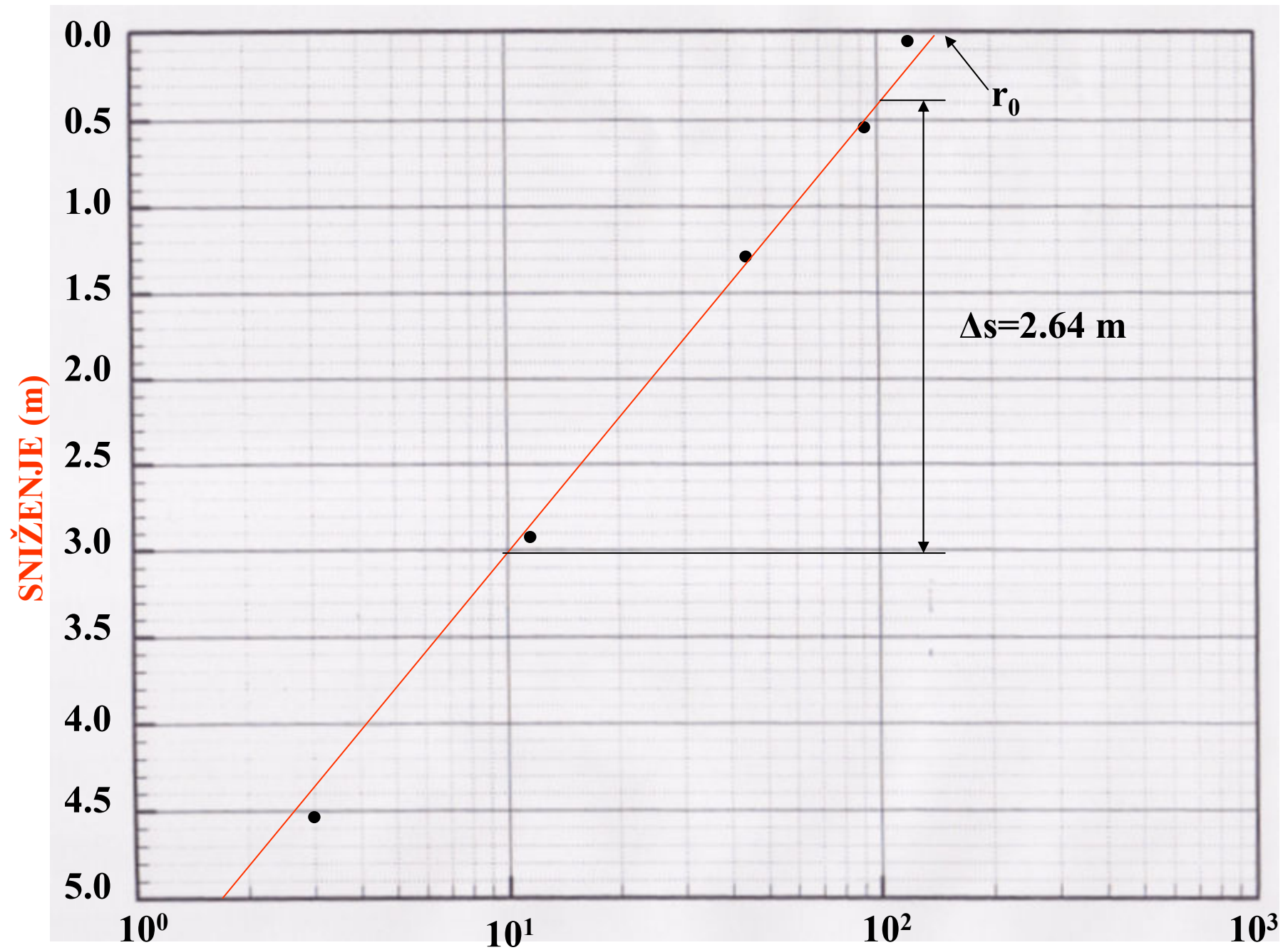
$$s(r, t) = \frac{2.3 Q}{4\pi T} \left[ \log \left( \frac{2.25 T t}{r^2 S} \right) \right]$$

$$s(r_2, t) - s(r_1, t) = \frac{2.30 \cdot Q}{4 \cdot \pi \cdot T} \log \left( \frac{r_1^2}{r_2^2} \right) = \frac{2.30 \cdot Q}{2 \cdot \pi \cdot T} \log \left( \frac{r_1}{r_2} \right)$$

$$T = \frac{2.3 Q}{2\pi \Delta s}$$

$$S = \frac{2.25 T t}{r_o^2}$$

$$K = \frac{T}{M}$$



**UDALJENOST OD OSI CENTRALNOG ZDENCA (m)**

**Očitano:  $\Delta s=2.64$  m**

$$T = \frac{2.3Q}{2\pi \Delta s} = \frac{2.3 \cdot 2180.4(m^3 / s)}{2 \cdot \pi \cdot 2.64(m)} = 302.5(m^2 / dan)$$

$$S = \frac{2.25Tt}{r_o^2} = \frac{2.25 \cdot 302.5 \cdot 0.14}{138^2} = 0.005$$

$$K = \frac{T}{M} = \frac{302.5m^2 / dan}{13m} = 23.269m / dan$$

## 12. ZADATAK

Iz mjerenja je potrebno odrediti parametre vosdonosnika Jacob-ovom metodom!  
Mjerenja su očitana u piezometru koji je od osi centralnog zdenca udaljen 251 m.

t (min)	S (m)
3	0.09
5	0.21
8	0.40
12	0.64
20	0.98
24	1.10
30	1.25
38	1.43
47	1.55
50	1.62
60	1.74
70	1.86
80	1.92
90	2.04
100	2.13
130	2.29
160	2.53
200	2.69
260	2.80
320	2.96
380	3.11
500	3.32

$$Q=1199 \text{ (m}^3\text{/s)}$$

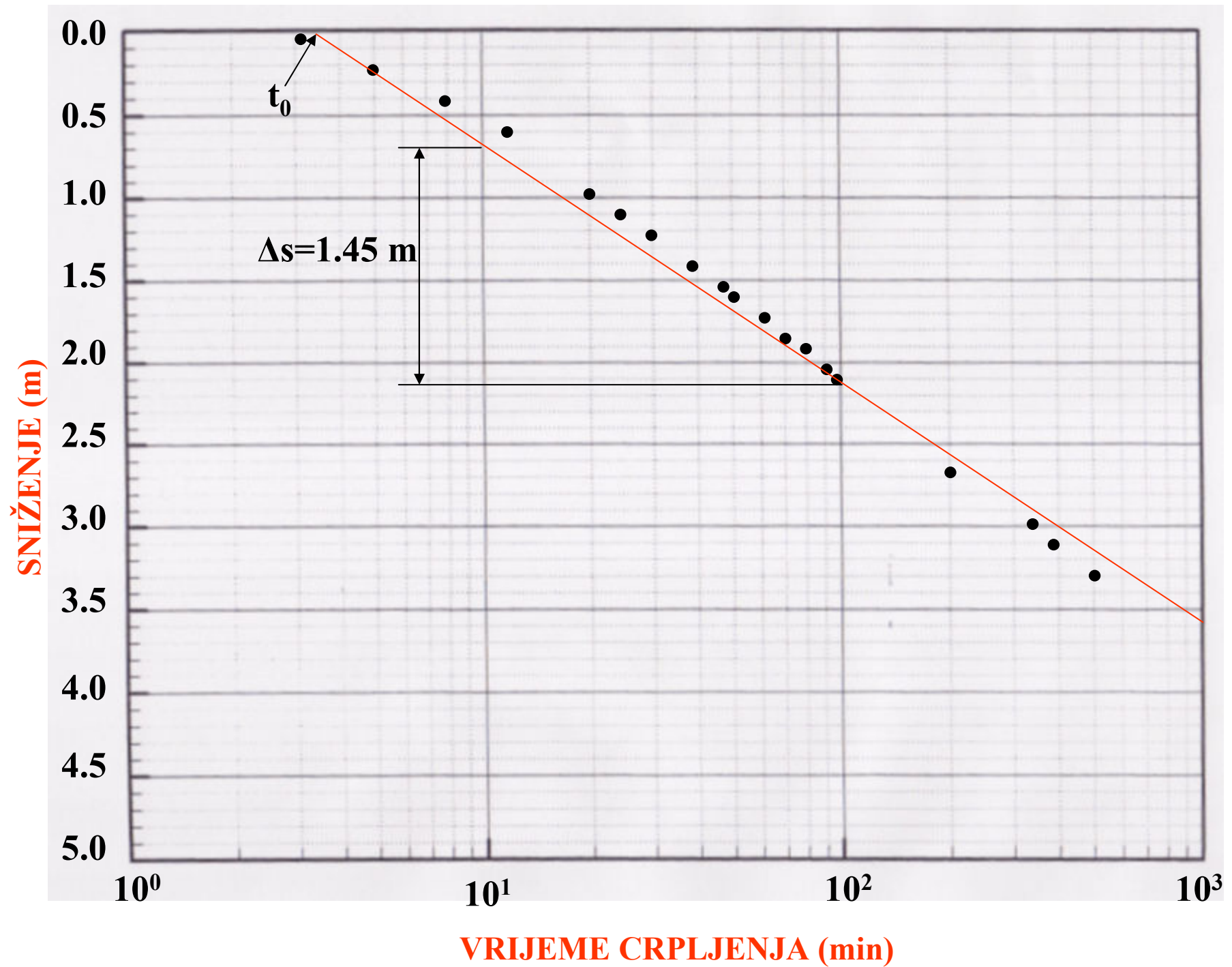
$$r = 251 \text{ m}$$

$$M = 14.63 \text{ m}$$

$$s(r, t) = \frac{2.3 Q}{4\pi T} \left[ \log \left( \frac{2.25 T t}{r^2 S} \right) \right]$$

$$s(r, t_2) - s(r, t_1) = \frac{2.30 \cdot Q}{4 \cdot \pi \cdot T} \log \left( \frac{t_1}{t_2} \right)$$

$$T = \frac{2.3 Q}{4\pi \Delta s} \quad S = \frac{2.25 T t}{r^2} \quad K = \frac{T}{M}$$



Očitano:  $\Delta s = 1.45 \text{ m}$

$$T = \frac{2.3Q}{4\pi \Delta s} = \frac{2.3 \cdot 1199 (m^3 / s)}{4 \cdot \pi \cdot 1.45 (m)} = 151.25 (m^2 / dan)$$

$$S = \frac{2.25 T t_o}{r^2} = \frac{2.25 \cdot 151.25 (m^2 / dan) \cdot 0.00229 (dana)}{251 (m)^2} = 0.0031$$

$$K = \frac{T}{M} = \frac{151.25 (m^2 / dan)}{14.63 (m)} = 10.34 (m / dan)$$