



Υδραυλική των Υπόγειων Ροών

Ενότητα 6: Δοκιμαστικές αντλήσεις υπόγειων υδροφορέων

Καθηγητής Κωνσταντίνος Λ. Κατσιφαράκης
Αναπληρωτής Καθηγητής Νικόλαος Θεοδοσίου
Καθηγητής Περικλής Λατινόπουλος

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ



Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





Δοκιμαστικές αντλήσεις υπόγειων υδροφορέων



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο

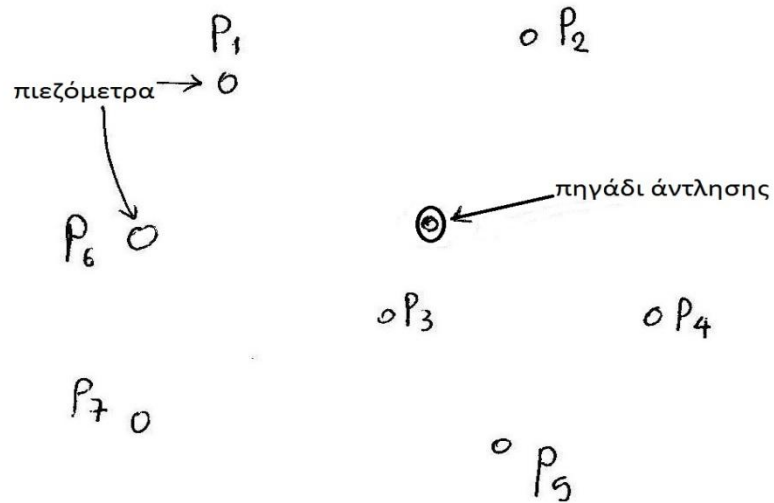


ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Η τεχνική των δοκιμαστικών αντλήσεων



Σχήμα 1: Διάταξη πιεζομέτρων γύρω από πηγάδι δοκιμαστικής άντλησης.



Υπολογισμός της μεταφορικότητας T

Υπολογισμός του T σε περιορισμένο υδροφορέα:

Συνθήκες μόνιμης ροής – μετά τη σταθεροποίηση της στάθμης στις θέσεις των πιεζομέτρων

$$T = \frac{Q_0}{2\pi(s_1 - s_2)} \ln \frac{r_2}{r_1} = \frac{2.3Q_0}{2\pi(s_1 - s_2)} \log \frac{r_2}{r_1} \quad \text{(σχέση του Thiem)}$$

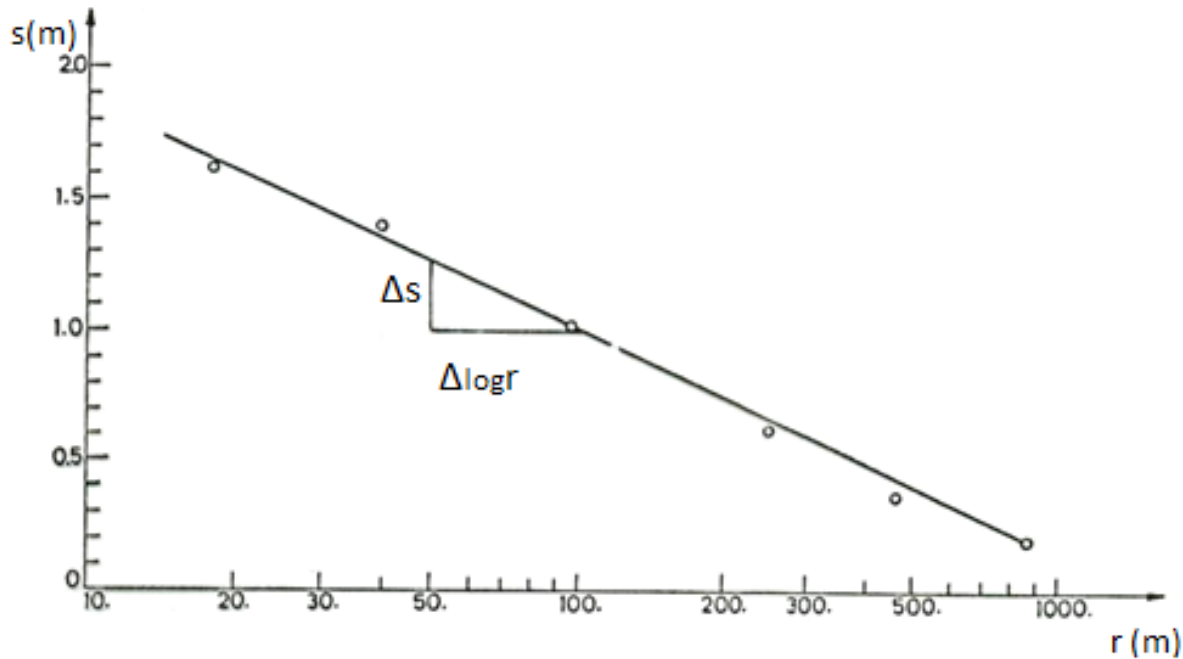
$$T = \frac{2.3Q_0}{2\pi} \frac{\Delta \log r}{\Delta s}$$

Αν $T = \Delta \log r = 1$ τότε

$$T = \frac{2.3Q_0}{2\pi\Delta s}$$



Η τεχνική των δοκιμαστικών αντλήσεων- Παράδειγμα 1



Σχήμα 2: Παράδειγμα υπολογισμού T σε περιορισμένο υδροφόρα.



Παράδειγμα υπολογισμού T σε περιορισμένο υδροφορέα (1/2)

Σε ένα υδροφορέα που το πάχος του εκτιμάται σε $b=12,4\text{m}$ γίνεται δοκιμαστική άντληση για τον προσδιορισμό της μεταφορικότητας. Η παροχή άντλησης $Q_0=1252.8$ κυβικά μ./ημ. παραμένει σταθερή σε όλη τη διάρκεια της δοκιμής. Μετά από αρκετό διάστημα οι στάθμες σε πέντε περιφερειακά πιεζόμετρα σταθεροποιήθηκαν και μετρήθηκαν ως εξής (οι τιμές s και r σε m):

$r=$	18,0	39,5	97,0	250,0	465,0	874,3
$s=$	1,62	1,40	1,02	0,62	0,37	0,20

Ζητείται να υπολογισθεί η μεταφορικότητα T και η υδραυλική αγωγιμότητα K του υδροφορέα.

Πηγή: Π. Λατινόπουλος, Υδραυλική των Υπόγειων Ροών, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων ΑΠΘ, 1986, σελ.201.



Παράδειγμα υπολογισμού T σε περιορισμένο υδροφορέα (2/2)

Σύμφωνα με τα προηγούμενα τοποθετούνται τα ζευγάρια τιμών s-r σε ημιλογαριθμικό χαρτί, όπως φαίνεται στο σχήμα. Κατόπιν χαράζεται η ευθεία που «περνάει» καλύτερα μέσα από τα σημεία και μετριέται για δυο τυχαία σημεία το μέγεθος $\Delta s'$, ενώ υπολογίζεται το $\Delta \log r$ που για $r_1=50$ και $r_2=100$ είναι:

$\Delta s=0,26\text{m}$ και $\Delta \log r=0,3011$. έτσι εφαρμόζοντας την ακόλουθη σχέση:

$$T = \frac{2.3Q_o}{2\pi(\Delta s/\Delta \log r)} = \frac{2.3 \times 1252.8}{2\pi(0.26/0.3011)} = 531.1 \text{ m}^2/\eta\mu.$$

Τέλος, η υδραυλική αγωγιμότητα K υπολογίζεται εύκολα:

$$K = \frac{T}{B} = \frac{531.1}{12.4} = 42.8 \text{ m}/\eta\mu.$$

Πηγή: Π. Λατινόπουλος, Υδραυλική των Υπόγειων Ροών, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων ΑΠΘ, 1986, σελ.201.



Υπολογισμός της μεταφορικότητας T σε φρεάτιο υδροφορέα (1/2)

Υπολογισμός του T σε φρεάτιο υδροφορέα:

$$s' = s - s^2/2H$$

(διορθωμένη πτώση στάθμης)

$$T = \frac{2.3Q_0}{2\pi(s'_1 - s'_2)} \log \frac{r_2}{r_1}$$

(μέθοδος Jacob - Thiem)

$$T = \frac{2.3Q_0}{2\pi(\Delta s' / \Delta \log r)}$$



Υπολογισμός της μεταφορικότητας T σε φρεάτιο υδροφορέα (2/2)

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ:

Σε φρεάτιο υδροφορέα το αρχικό κορεσμένο πάχος υπολογίζεται ίσο με $H=14,6\text{m}$. Δοκιμαστική άντληση με σταθερή παροχή $Q_0 = 4320 \text{ m}^3/\text{ημ}$. έδωσε μετά την πάροδο ορισμένων ημερών σταθερές στάθμες σε έξι πιεζόμετρα σύμφωνα με τον παρακάτω πίνακα.

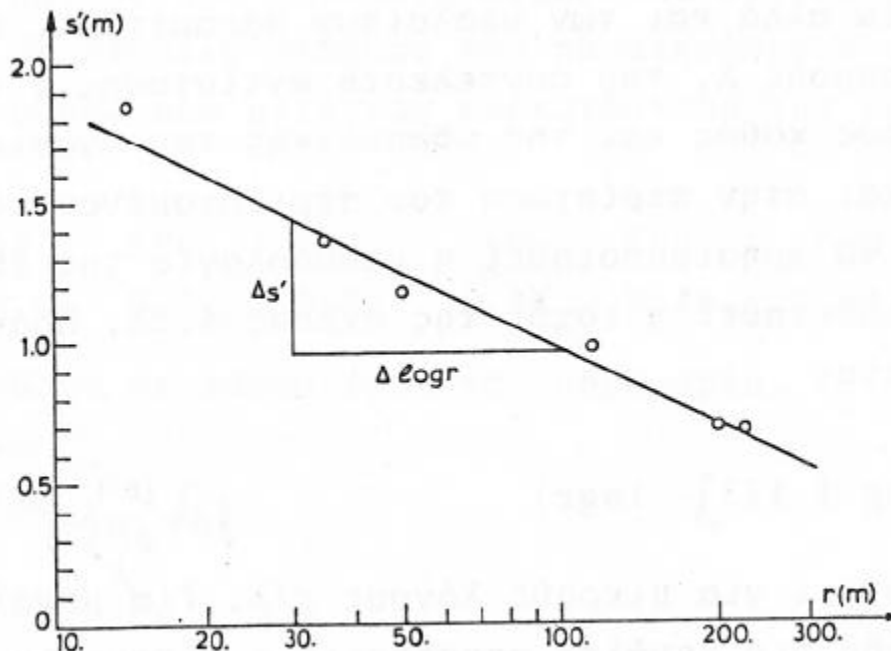
Ζητείται ο υπολογισμός της μεταφορικότητας T του υδροφορέα.

r =	14.0	35.0	49.5	115.5	200.	226.	(m)
s =	1.98	1.55	1.22	1.02	0.71	0.70	(m)
s' =	1.85	1.46	1.17	0.98	0.69	0.68	(m)

$$s' = s - s^2 / 2H$$



Υπολογισμός του T σε φρεάτιο υδροφορέα (1/2)



Σχήμα 6.3 Παράδειγμα υπολογισμού του T σε φρεάτιο υδροφορέα.



Υπολογισμός του T σε φρεάτιο υδροφορέα (2/2)

Εφαρμόζοντας τη μέθοδο Jacob-Thiem υπολογίζονται αρχικά οι τιμές της διορθωμένης πτώσης s' από τις αντίστοιχες τιμές της πτώσης στάθμης s με τη βοήθεια της σχέσης 6.4. Κατόπι, τοποθετούνται τα ζευγάρια s' - r σε ημιλογαριθμικό χαρτί, χαράζεται η προσεγγιστική ευθεία και υπολογίζονται οι τιμές $\Delta s'$ και $\Delta \log r$ (σχ. 6.3).

Για $r_1 = 30\text{m}$ και $r_2 = 100\text{m}$ οι τιμές αυτές είναι $\Delta s' = 0,48$ και $\Delta \log r = 0,5529$.

Έτσι, εφαρμόζοντας τη σχέση 6.6 υπολογίζεται η τιμή της μεταφορικότητας του φρεάτιου υδροφορέα

$$T = \frac{2.3Q_0}{2\pi(\Delta s' / \Delta \log r)} = \frac{2.3 \times 4320}{2\pi(0.48/0.5229)} = 1722.7 \text{ m}^2/\eta\mu$$

και φυσικά και η τιμή της υδραυλικής αγωγιμότητας:

$$K = \frac{T}{b} = \frac{1722.7}{14.6} = 118 \text{ m}/\eta\mu.$$



Υπολογισμός της μεταφορικότητας T σε υδροφορέα με διαρροή (1/2)

Υπολογισμός του T σε υδροφορέα με διαρροή:

$$s = \frac{2.3Q_o}{2\pi T} (\log 1.123\lambda - \log r)$$

$$T = \frac{2.3Q_o}{2\pi (\Delta s / \Delta \log r)}$$

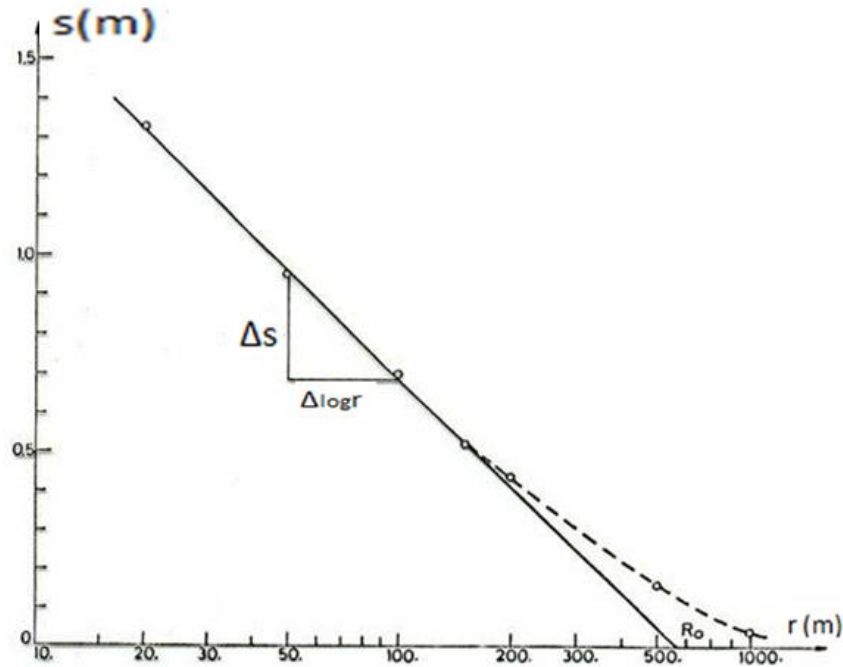
$$\lambda = R_o / 1.123$$

$$c = \lambda^2 / T$$

Όπου λ παράγοντας διαρροής και c συντελεστής αντίστασης



Υπολογισμός της μεταφορικότητας T σε υδροφορέα με διαρροή (2/2)



Σχήμα 3: Παράδειγμα υπολογισμού T σε υδροφορέα με διαρροή.

Υπολογισμός της μεταφορικότητας T με τη μέθοδο επαναφοράς της στάθμης (1/3)

Υπολογισμός του T με τη μέθοδο επαναφοράς της στάθμης:

$$s = \frac{2.3Q_0}{4\pi T} \log \frac{t}{t - t_1}$$

$$T = \frac{2.3Q_0}{4\pi \Delta s / \Delta \log [t / (t - t_1)]}$$



Υπολογισμός της μεταφορικότητας T με τη μέθοδο επαναφοράς της στάθμης (2/3)

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ:

Σε μια δοκιμαστική άντληση με επαναφορά της στάθμης σε περιορισμένο υδροφορέα η άντληση σταθερής παροχής $Q_0 = 2500 \text{ m}^3/\text{ημ.}$ διακόπηκε μετά από 6 ώρες. Κατόπι μετρήθηκαν οι τιμές της υπολειμματικής πτώσης στάθμης σε ένα πιεζόμετρο σε απόσταση 5m από το πηγάδι και βρέθηκαν τα εξής (τιμές της πτώσης σε m, τιμές του χρόνου σε min).

s	=	1.38	1.35	1.30	1.25	1.20	1.16
t	=	360.5	361.	361.5	362.	362.5	363.
t/(t-t ₁)	=	720.	360.	240.	180.	144.	120.
		1.10	1.02	0.95	0.85	0.77	0.67
		364.	365.	367.	370.	375.	385.
		90.	72.	51.4	36.	24.	14.4
		0.54	0.45	0.39	0.31		
		400.	415.	430.	460.		
		9.	6.54	5.14	3.6		



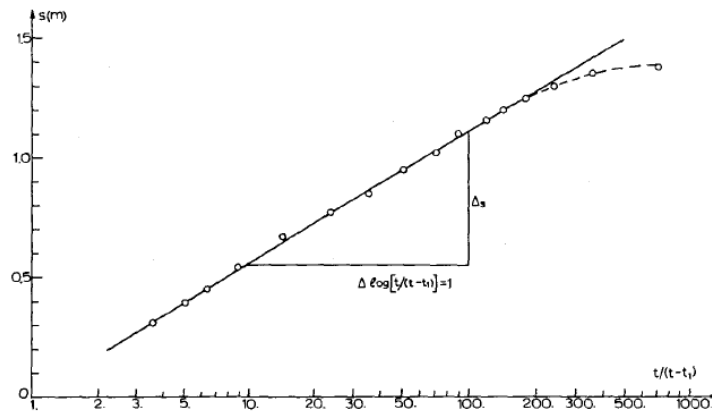
Υπολογισμός της μεταφορικότητας T με τη μέθοδο επαναφοράς της στάθμης (3/3)

Από το σχήμα αυτό φαίνεται ότι για τις μικρές τιμές του t τα σημεία δεν βρίσκονται πάνω στην ευθεία και αυτό άλλωστε είναι επόμενο γιατί για μικρές τιμές του t δεν ισχύει η συνθήκη για μικρές τιμές του u .

Παίρνοντας τα δύο σημεία $t/(t-t_1) = 10$ και $t/(t-t_1) = 100$ για τα οποία έχουμε $\Delta \log [t/(t-t_1)] = 1$ υπολογίζουμε από την ευθεία την τιμή $\Delta s = 0,56$. Έτσι, από την ακόλουθη σχέση

έχουμε την τιμή της μεταφορικότητας:

$$T = \frac{2.3Q_0}{4\pi\Delta s} = \frac{2.3 \times 2500}{4\pi \times 0.56} = 817.1 \text{ m}^2/\eta\mu.$$



$$u = \frac{Sr^2}{4Tt}$$



Υπολογισμός της μεταφορικότητας T και της αποθηκευτικότητας S (1/8)

Υπολογισμός T και S σε περιορισμένο υδροφορέα:

$$s = \frac{Q_o}{4\pi T} W(u), \quad \frac{r^2}{t} = \frac{4T}{S} u$$

$$\log s = \log(Q_o/4\pi T) + \log W(u)$$

$$\log(r^2/t) = \log(4T/S) + \log u$$



Υπολογισμός της μεταφορικότητας T και της αποθηκευτικότητας S (2/8)

Υπολογισμός T και S σε περιορισμένο υδροφορέα:

Μέθοδος του Theis

(Τυπική καμπύλη $W(u) - u$

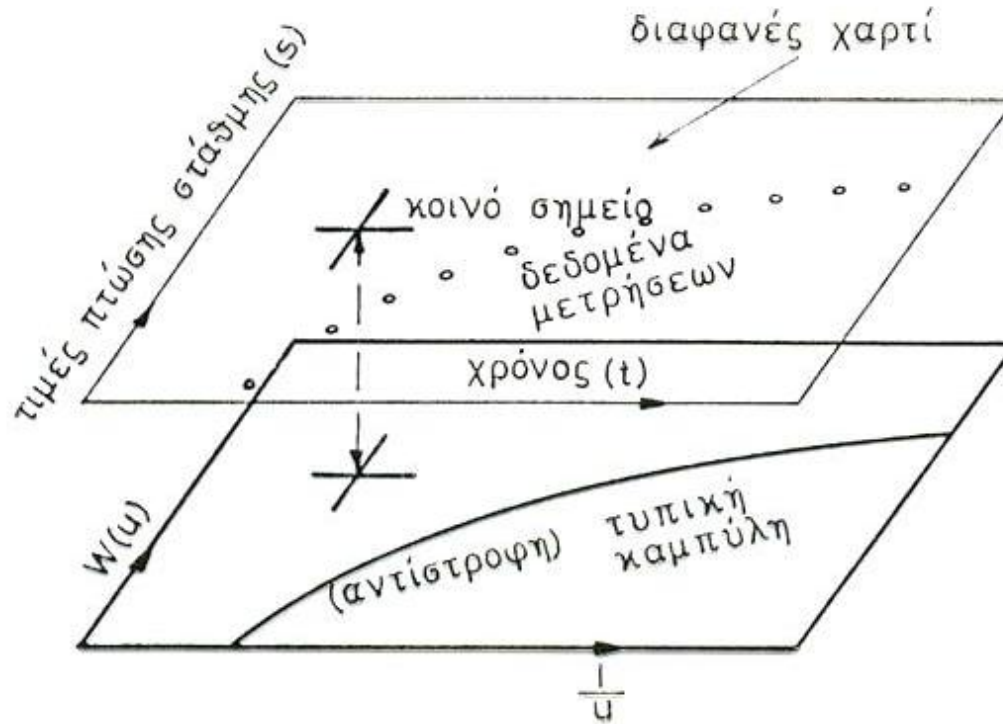
ή αντίστροφη τυπική καμπύλη $W(u) - 1/u$)

$$T = \frac{Q_o}{4\pi s} W(u)$$

$$S = \frac{4Tut}{r^2}$$



Υπολογισμός της μεταφορικότητας T και της αποθηκευτικότητας S (3/8)



Σχήμα 4: Εφαρμογή της μεθόδου του Theis.

Πηγή: Π. Λατινόπουλος, Υδραυλική των Υπόγειων Ροών, Υπηρεσία Δημοσιευμάτων ΑΠΘ, 1986, σελ.210.



Υπολογισμός της μεταφορικότητας T και της αποθηκευτικότητας S (4/8)

Υπολογισμός T και S σε περιορισμένο υδροφορέα:

Μέθοδος των Cooper και Jacob

$$s = \frac{2.3Q_0}{2\pi T} \left[\frac{1}{2} \log\left(2.25 \frac{Tt}{S}\right) - \log r \right]$$

$$s = \frac{2.3Q_0}{2\pi T} \left[\log t - \log\left(\frac{r^2 S}{2.25 T}\right) \right]$$

$$s = \frac{2.3Q_0}{2\pi T} \left[\log\left(2.25 \frac{T}{S}\right) - \log \frac{r^2}{t} \right]$$

Για μικρές τιμές του u ($u < 0.01$)



Υπολογισμός της μεταφορικότητας T και της αποθηκευτικότητας S (5/8)

Υπολογισμός T και S σε περιορισμένο υδροφορέα:

Μέθοδος των Cooper και Jacob

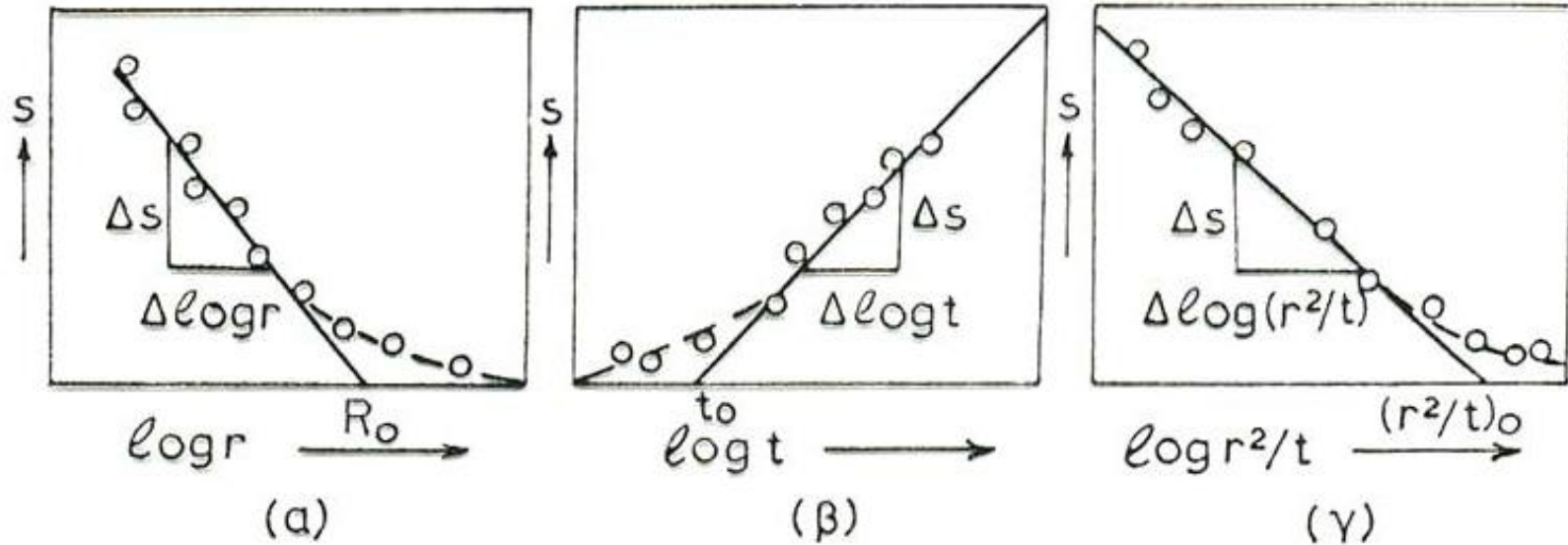
$$T = \frac{2.3Q_0}{2\pi \Delta s / \Delta \log r}$$

$$T = \frac{2.3Q_0}{4\pi \Delta s / \Delta \log t}$$

$$T = \frac{2.3Q_0}{4\pi \Delta s / \Delta \log(r^2/t)}$$



Υπολογισμός της μεταφορικότητας T και της αποθηκευτικότητας S (6/8)



Σχήμα 5: Οι τρεις παραλλαγές της μεθόδου των Cooper-Jacob.

Πηγή: Λατινόπουλος 1986, σελ.212.



Υπολογισμός της μεταφορικότητας T και της αποθηκευτικότητας S (7/8)

Αν και οι γραφικές μέθοδοι επίλυσης χάνουν μέρος της υπολογιστικής τους αξίας λόγω της ανάπτυξης και της προσβασιμότητας των υπολογιστών και των αριθμομηχανών, δεν χάνουν την εποπτική τους αξία.

Για παράδειγμα, οι γραφικές μέθοδοι υπολογισμού της μεταφορικότητας και αποθηκευτικότητας υδροφορέων, μπορούν να εξαλείψουν την ανάγκη υπολογισμού λογαρίθμων. Αυτό όμως δεν έχει πλέον σημασία. Ακόμη και η χάραξη της προσεγγιστικής ευθείας «με το μάτι» θα μπορούσε να αντικατασταθεί με εφαρμογή της μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων.



Υπολογισμός της μεταφορικότητας T και της αποθηκευτικότητας S (8/8)

Όμως η γραφική μέθοδος μας δίνει έναν εύκολο τρόπο εντοπισμού των μετρήσεων που πρέπει να απορριφθούν, ενώ οι υπολογιστικές μέθοδοι δεν παρέχουν αυτήν την δυνατότητα.

Αυτή η εποπτική παράσταση καθιστά δυνατό εκείνο το είδος της κατανόησης που συνίσταται ακριβώς στο να «βλέπεις τις διασυνδέσεις» (*Wittgenstein, Γλώσσα, μαγεία, τελετουργία*).



Υπολογισμός των παραμέτρων των πηγαδιών (1/5)

Χαρακτηριστικές παράμετροι πηγαδιών:

Απώλειες πηγαδιού

$$S_{\sigma\sigma} = S_o + S_{\alpha\sigma}$$

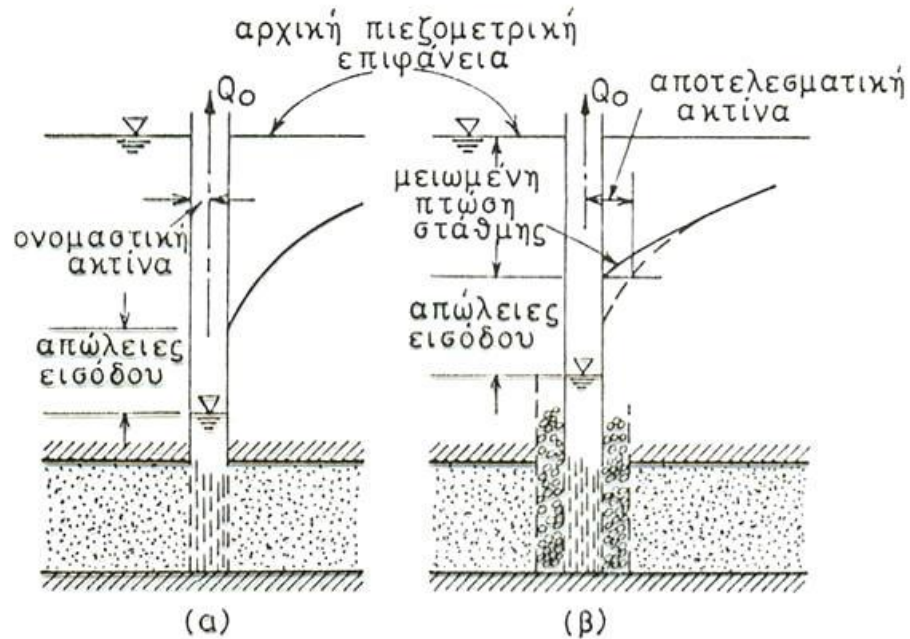
$S_{\sigma\sigma}$ = **συνολική πτώση στάθμης στο πηγάδι**

S_o = **υπολογιζόμενη πτώση στάθμης**

$S_{\alpha\sigma}$ = **απώλειες του πηγαδιού**



Υπολογισμός των παραμέτρων των πηγαδιών (2/5)



Σχήμα 6: Πηγάδια άντλησης σε περιορισμένο υδροφορέα:

(α) με διάτρητο σωλήνα, (β) με αμμοχαλικώδες φίλτρο.

Πηγή: Λατινόπουλος 1986, σελ.218.



Υπολογισμός των παραμέτρων των πηγαδιών (3/5)

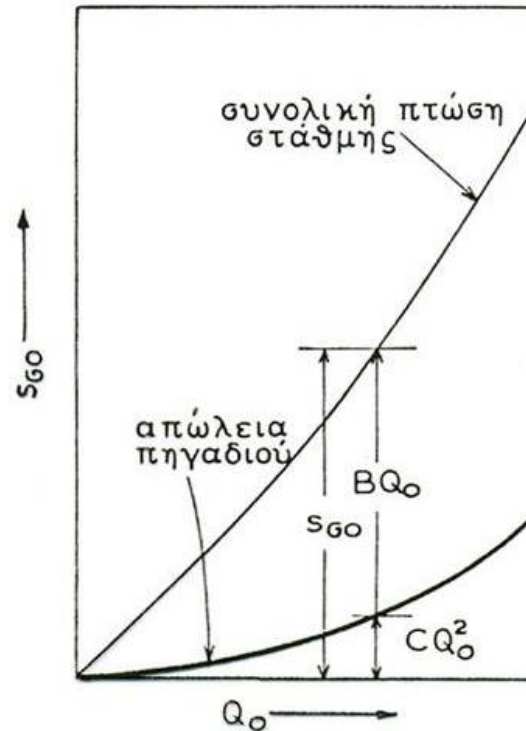
Χαρακτηριστικές παράμετροι πηγαδιών:

$$s_{\infty} = s_o(r_o, t) + CQ_o^2 = B(r_o, t)Q_o + CQ_o^2$$

$$B = \frac{\ln(R/r_o)}{2\pi T}$$



Υπολογισμός των παραμέτρων των πηγαδιών (4/5)



Σχήμα 7: Μεταβολή της συνολικής πτώσης σε πηγάδι σε συνάρτηση με την αντλούμενη παροχή, όταν $B = \text{σταθ.}$

Πηγή: Λατινόπουλος 1986, σελ.220.



Υπολογισμός των παραμέτρων των πηγαδιών (5/5)

Χαρακτηριστικές παράμετροι πηγαδιών:

Ειδική παροχή πηγαδιού

$$\frac{Q_o}{s_{\sigma\sigma}} = \frac{1}{B(r_o, t) + CQ_o}$$

Ειδική πτώση

$$\frac{s_{\sigma\sigma}}{Q_o} = B(r_o, t) + CQ_o$$



Υπολογισμός των παραμέτρων των πηγαδιών - Παράδειγμα

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ:

Από πηγάδι σε υδροφορέα υπό πίεση αντλείται παροχή $Q_0=6,4$ l/s. Η πτώση στάθμης μετριέται σε τρία πιεζόμετρα P_1, P_2, P_3 που βρίσκονται σε απόσταση 30m, 100m και 250m αντίστοιχα από τη γεώτρηση. Να υπολογισθούν με τη μέθοδο Jacob οι παράμετροι T και S του υδροφορέα χρησιμοποιώντας τις μετρήσεις που δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Χρόνος (min)	Πτώση στάθμης (m)		
	P1	P2	P3
2	0,18	0,08	0,02
5	0,23	0,12	0,05
10	0,25	0,15	0,07
20	0,29	0,18	0,10
50	0,32	0,21	0,14
120	0,37	0,26	0,18



Εφαρμογές της μεθόδου των Cooper και Jacob (1/12)

$$T = \frac{2.3Q_o}{2\pi \Delta s / \Delta \log r}$$

$$T = \frac{2.3Q_o}{4\pi \Delta s / \Delta \log t}$$

$$T = \frac{2.3Q_o}{4\pi \Delta s / \Delta \log(r^2/t)}$$



Εφαρμογές της μεθόδου των Cooper και Jacob (2/12)

Εφόσον οι παρατηρήσεις της πτώσης στάθμης γίνονται σε διαφορετικά σημεία και διαφορετικούς χρόνους, χρησιμοποιείται η αντίστοιχη σχέση για τη χάραξη της σχέσης $s-r^2/t$. Από τα δεδομένα λοιπόν των μετρήσεων καταστρώνεται ο παρακάτω πίνακας για s σε m και r^2/t σε m^2/s .

P_1		P_2		P_3	
s	r^2/t	s	r^2/t	s	r^2/t
0.18	7.5	0.08	83.33	0.02	520.83
0.23	3.0	0.12	33.33	0.05	208.33
0.25	1.5	0.15	16.66	0.07	104.16
0.29	0.75	0.18	8.33	0.10	52.08
0.32	0.3	0.21	3.33	0.14	20.83
0.37	0.125	0.26	1.39	0.18	8.68

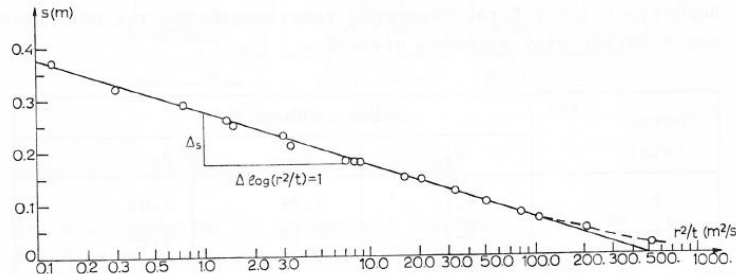


Εφαρμογές της μεθόδου των Cooper και Jacob (3/12)

Με τα δεδομένα αυτά γίνεται το σχετικό διάγραμμα σε ημιλογαριθμικό χαρτί. Προσεγγίζοντας με ευθεία γραμμή τη μεταβλητή $s - \log(r^2/t)$ και για $\Delta \log(r^2/t)=1$ μετριέται το $\Delta s=0.10\text{m}$.

Έτσι από την ακόλουθη σχέση έχουμε την τιμή της μεταφορικότητας

$$T = \frac{2.3Q_0}{4\pi\Delta s} = \frac{2.3 \times 0.0064}{4\pi \times 0.10} = 0.0117 \text{ m}^2/\text{s} \approx 1010.9 \text{ m}^2/\eta\mu.$$



Από το σχήμα φαίνεται ότι η τιμή $s=0$ αντιστοιχεί στην $(r^2/t)_0 = 500 \text{ m}^2/\text{sec}$. Έτσι η αποθηκευτικότητα S υπολογίζεται από τη σχέση:

$$S = 2.25 \frac{Tt}{r^2} = \frac{2.25 \times 0.0117}{500} = 5.26 \times 10^{-5}$$



Εφαρμογές της μεθόδου των Cooper και Jacob (4/12)

Σε υδροφορέα υπό πίεση αντλείται παροχή $Q=40\text{l/sec}$ από μία γεώτρηση, ενώ η πτώση στάθμης μετρείται σε πιεζόμετρο που απέχει 30μ από αυτήν. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στον πίνακα 1.

α) Υπολογίστε την μεταφορικότητα και την αποθηκευτικότητα του υδροφορέα με τη μέθοδο Jacob.

β) Εκτιμηστε την καταλληλότητα των μετρήσεων του πίνακα 1 για εφαρμογή της μεθόδου αυτής.

Πίνακας 1.

Χρόνος (min)	1	2	3	4	5	10	20	30	60	90
Πτώση στάθμ (m)	0.38	0.44	0.49	0.51	0.54	0.61	0.68	0.72	0.79	0.85
t (sec)	60	120	180	240	300	600	1200	1800	3600	5400



Εφαρμογές της μεθόδου των Cooper και Jacob (5/12)

Σε ημιλογαριθμικό χαρτί τοποθετώ τα σημεία με άξονες $s(m)$ και $t(sec)$.

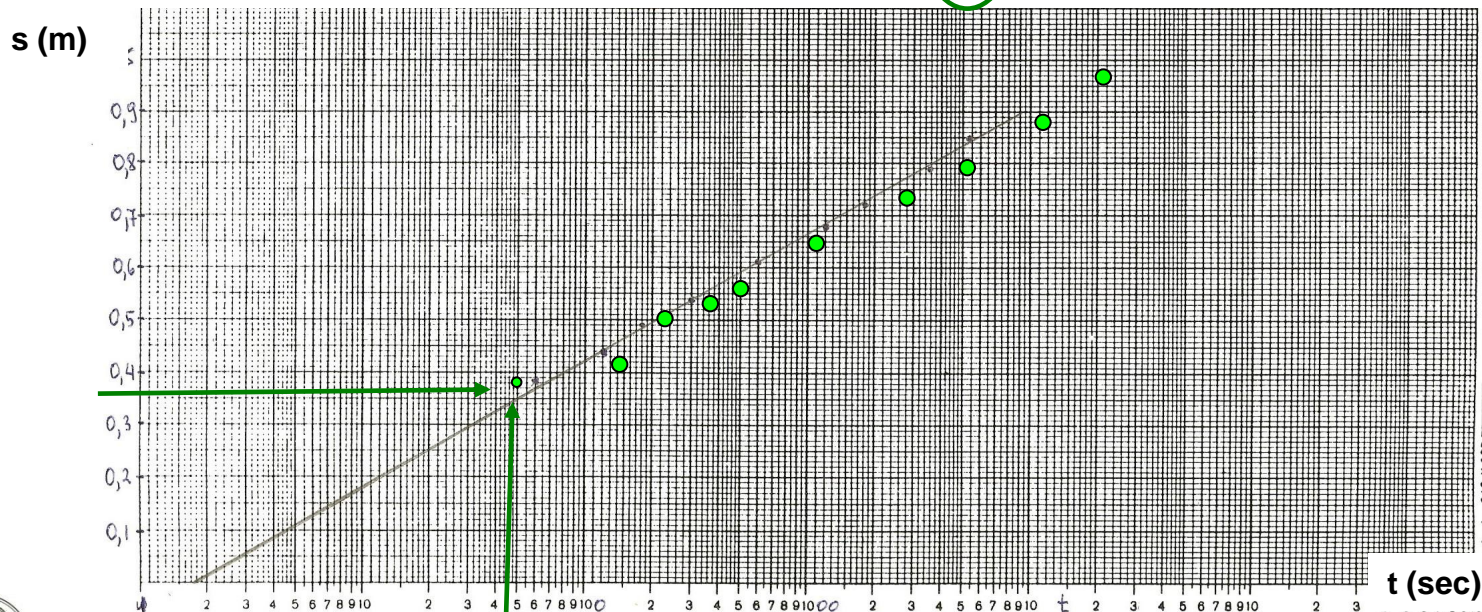
Χαράσσω την ευθεία που τα προσεγγίζει καλύτερα και έχω:

Για $t=20 \rightarrow s=0,25$

Για $t=2000 \rightarrow s=0,74$

Άρα για $\Delta \log t = 2 \rightarrow \Delta s = 0,49$.

Χρόνος (min)	1	2	3	4	5	10	20	30	60	90
Πτώση στάθμ (m)	0.38	0.44	0.49	0.51	0.54	0.61	0.68	0.72	0.79	0.85
t (sec)	60	120	180	240	300	600	1200	1800	3600	5400



Α 4 210 X 297 ΕΡΩΤΗΡΗΤΑ



Εφαρμογές της μεθόδου των Cooper και Jacob (6/12)

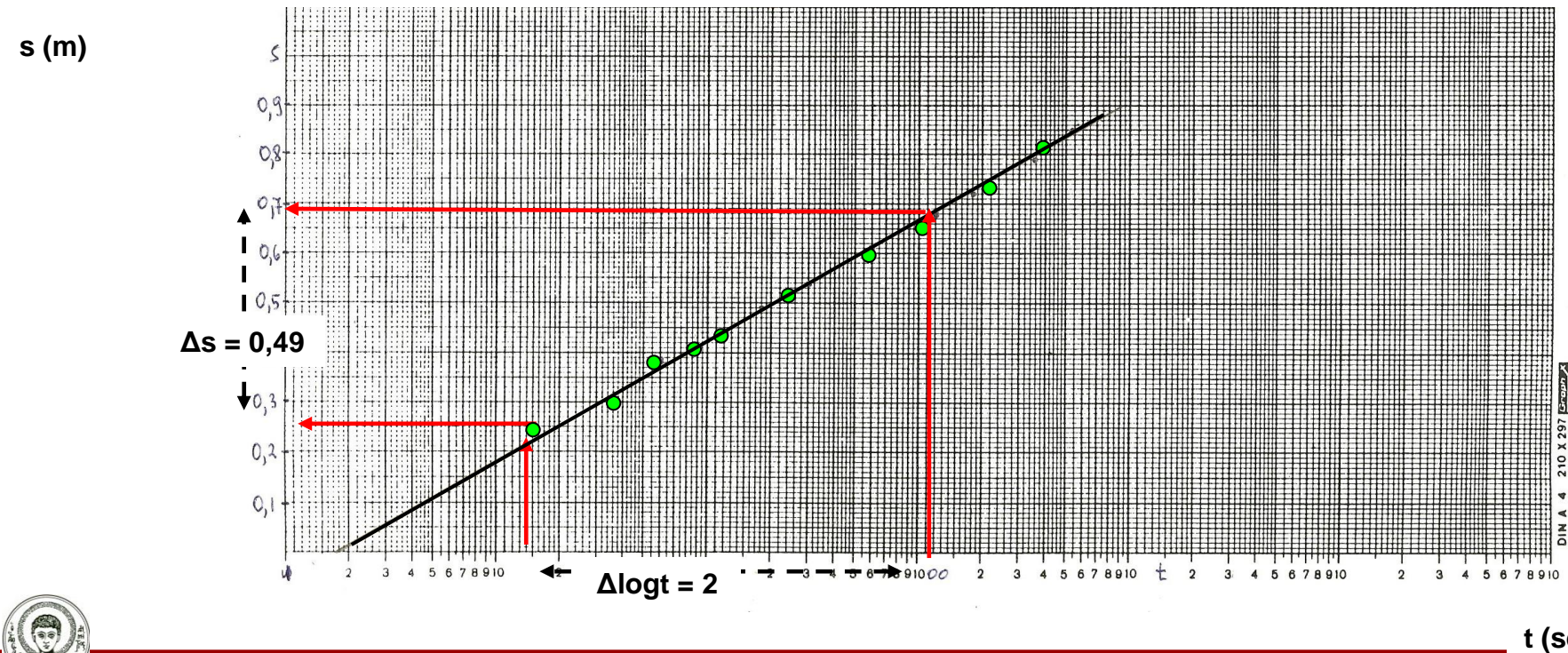
Σε ημιλογαριθμικό χαρτί τοποθετώ τα σημεία με άξονες $s(m)$ και $t(sec)$.

Χαράσσω την ευθεία που τα προσεγγίζει καλύτερα και έχω:

Για $t=20 \rightarrow s=0,25$

Για $t=2000 \rightarrow s=0,74$

Άρα για $\Delta \log t = 2 \rightarrow \Delta s = 0,49$.



Εφαρμογές της μεθόδου των Cooper και Jacob (7/12)

Για $t=20 \rightarrow s=0,25$

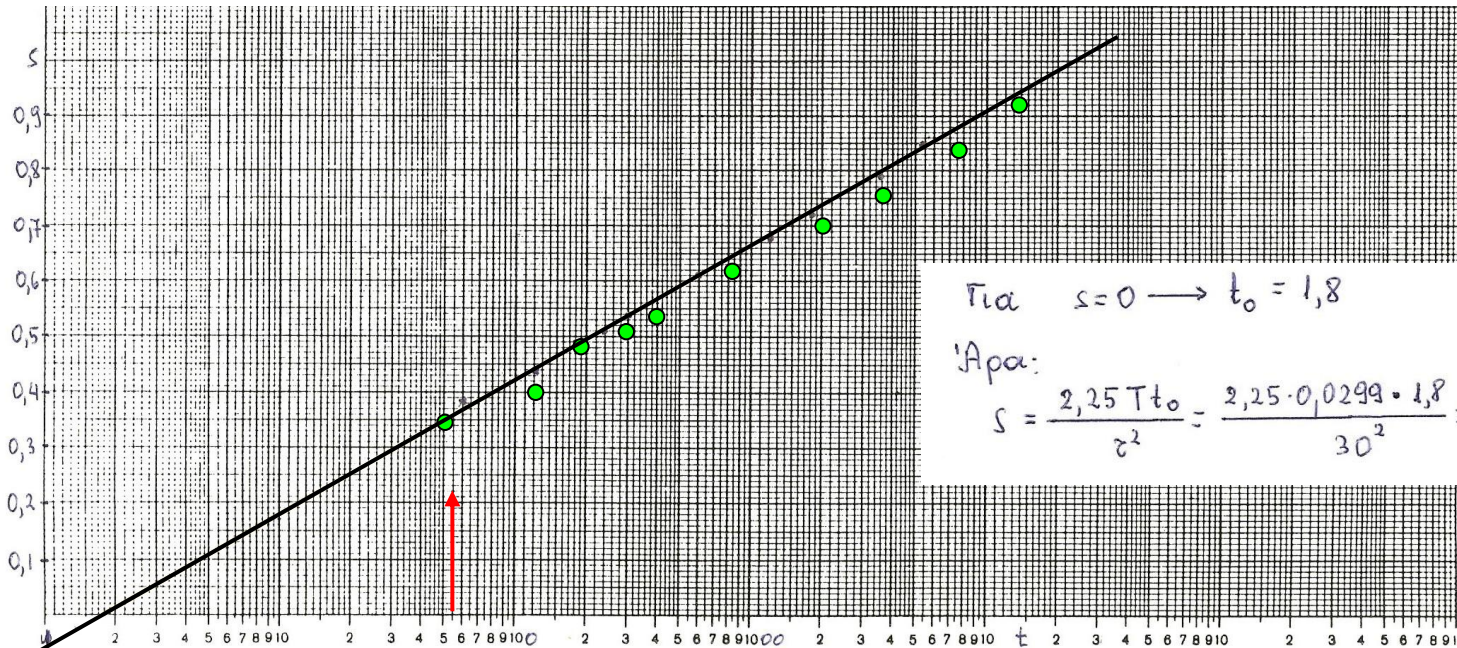
Για $t=2000 \rightarrow s=0,74$

Άρα για $\Delta \log t = 2 \rightarrow \Delta s = 0,49$.

Επομένως:

$$T = \frac{2,3 Q}{4\pi \Delta s / \Delta \log t} = \frac{2,3 \cdot 0,04}{4\pi \cdot 0,49 / 2} = 0,0299 \text{ m}^2/\text{s}$$

s (m)



t (sec)



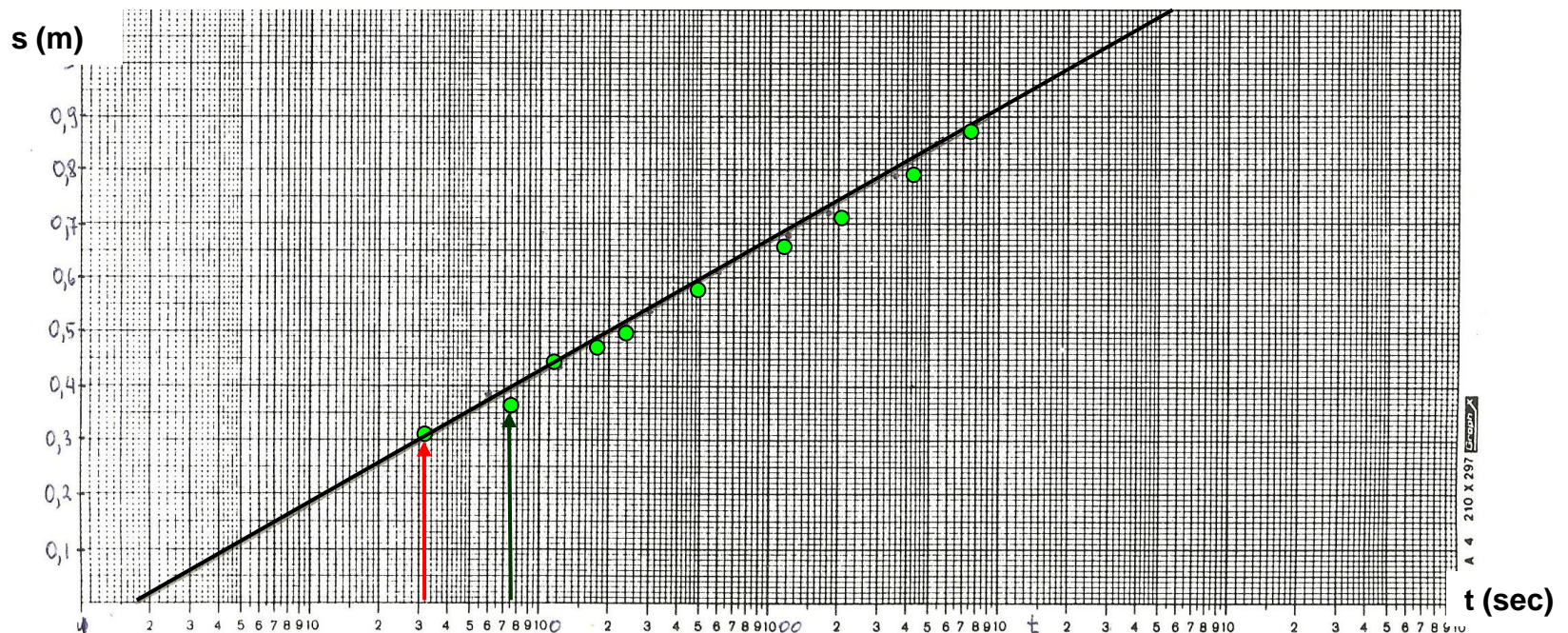
Εφαρμογές της μεθόδου των Cooper και Jacob (8/12)

Για να είναι κατάλληλες οι μετρήσεις, θα πρέπει $u < 0,01$.

Για $t=60 \rightarrow u = S r^2 / 4Tt = 0,017 > 0,01$

Για $t=120 \rightarrow u = S r^2 / 4Tt = 0,0084 < 0,01$.

Άρα, η σειρά είναι κατάλληλη, αφού $u < 0,01$ για τις 9 από τις 10 μετρήσεις.



Εφαρμογές της μεθόδου των Cooper και Jacob (9/12)

Σε μια γεώτρηση έγινε άντληση σταθερής παροχής $Q= 30\text{l/s}$ για 5 ώρες ακριβώς από υδροφορέα υπό πίεση. Κατόπιν, διακόπηκε η άντληση και μετρήθηκε σε διάφορες χρονικές στιγμές η υπολειμματική πτώση στάθμης, στην ίδια τη γεώτρηση. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων φαίνονται στον πίνακα 1.

Α) υπολογίστε, με βάση τις τιμές του πίνακα, τη μεταφορικότητα του υδροφορέα.

Πίνακας 1.

Χρόνος (min)	300,5	301	302	304	306	308	310	320	330	350	400	450
Πτώση Στάθμης (m)	5,6	5,2	4,6	4,0	3,6	3,35	3,2	2,55	2,2	1,85	1,25	1,0

Β) Αν οι μετρήσεις είχαν γίνει σε πιεζόμετρο, το οποίο απέχει 50m από τη γεώτρηση, η μεταφορικότητα θα υπολογιζόταν με μεγαλύτερη, ίση ή μικρότερη ακρίβεια; **Αιτιολογήστε την απάντησή σας.**

Για κάθε t υπολογίζεται ο λόγος $t/(t-t_1)$

$T_1 = 300 \text{ min}$

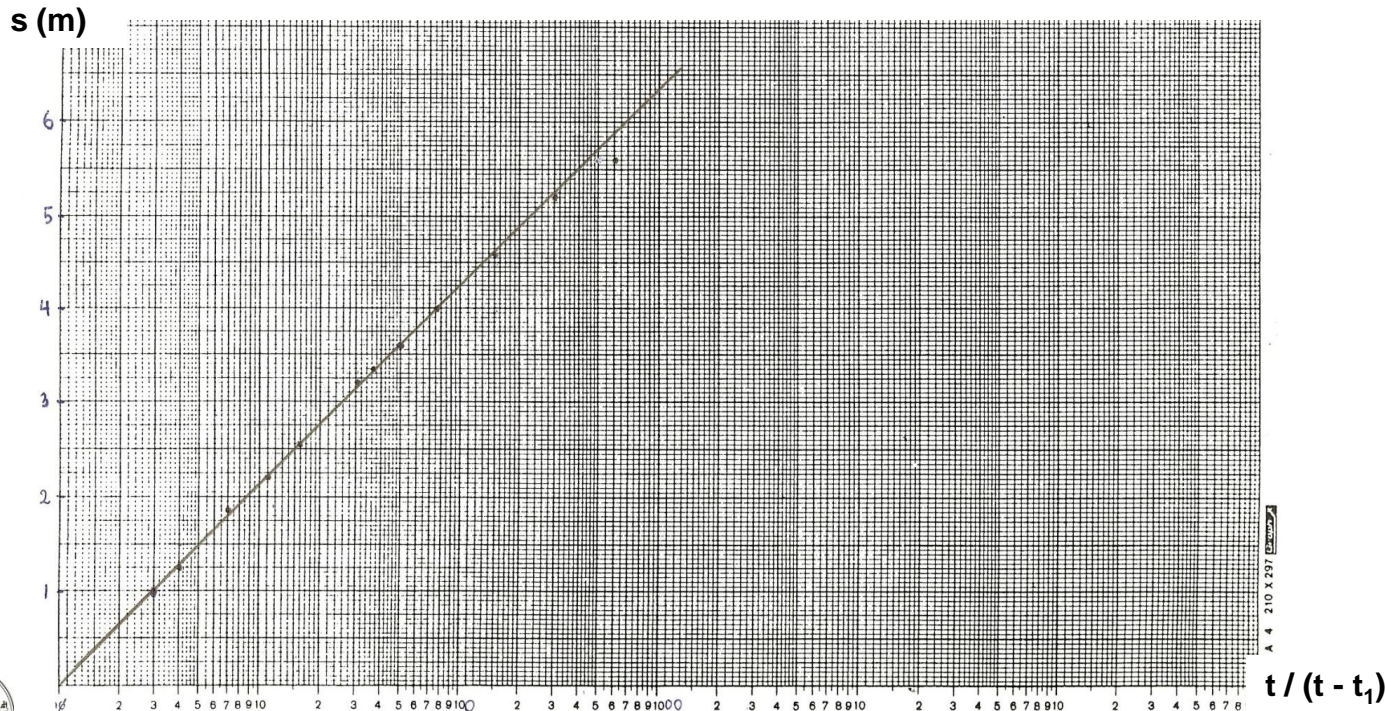
T	300.	301	302	304	306	308	310	320	330	350	400	450
	5											
$T/(t-t_1)$	601	301	151	76	51	38,5	31	16	11	7	4	3



Εφαρμογές της μεθόδου των Cooper και Jacob (10/12)

Σε ημιλογαριθμικό χαρτί κατασκευάζω διάγραμμα με άξονες s και $t/t-t_1$, τοποθετώ τα σημεία και χαράσσω την ευθεία που τα προσεγγίζει.

T	300.5	301	302	304	306	308	310	320	330	350	400	450
T/(t-t ₁)	601	301	151	76	51	38,5	31	16	11	7	4	3



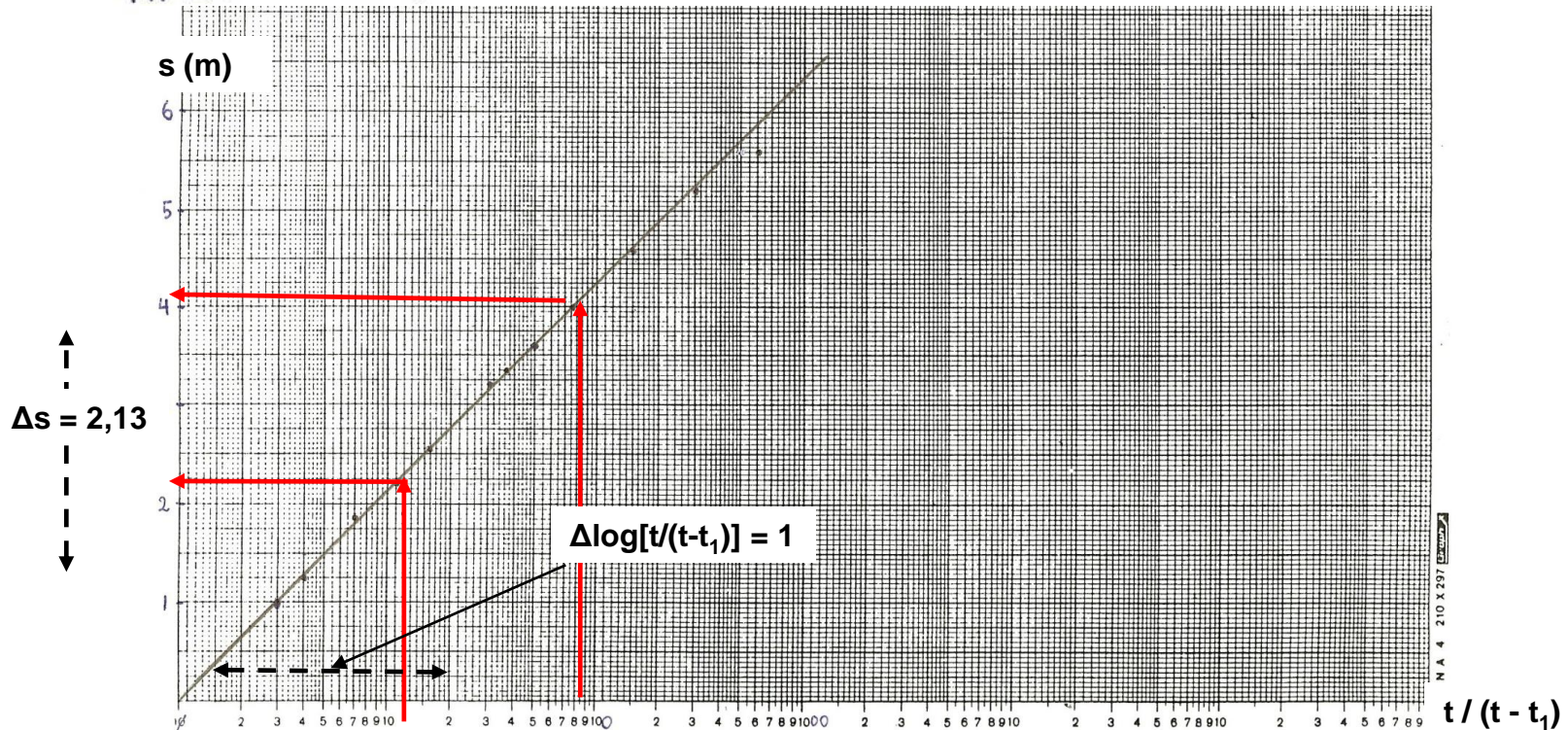
Εφαρμογές της μεθόδου των Cooper και Jacob (11/12)

Για $t/(t-t_1)=10 \rightarrow s=2,12$

Για $t/(t-t_1)=2000 \rightarrow s=4.25$

Άρα για $\Delta \log [t/(t-t_1)] = 1 \rightarrow \Delta s = 2,13$

Επομένως
$$\tau = \frac{2,3 \cdot Q}{4\pi \Delta s} = \frac{2,3 \cdot 0,03}{4\pi \cdot 2,13} = 0,00258 = 2,58 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$$



N.A. 4 210 X 297 ΕΛΛΗΝΙΚΑ

$t / (t - t_1)$



Εφαρμογές της μεθόδου των Cooper και Jacob (12/12)

β) Η σχέση στην οποία βασίζεται η μέθοδος, δηλαδή η $s = \frac{2,3 \cdot Q_0}{4\pi T} \log \frac{t}{t-t_1}$ ισχύει για μικρό $u = \frac{Sz^2}{4T(t-t_1)}$, επομένως και για ζ μικρό. Επίσης δεν τίθεται θέμα ακρίβειας μέτρησης στην ίδια τη γεώτρηση, διότι η αντλία έχει σταματήσει.



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Κωνσταντίνος Κατσιφαράκης, Νικόλαος Θεοδοσίου, Περικλής Λατινόπουλος. «Υδραυλική των Υπόγειων Ροών. Ενότητα 6. Δοκιμαστικές αντλήσεις υπόγειων υδροφορέων». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:<http://eclass.auth.gr/courses/OCRS179/>



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

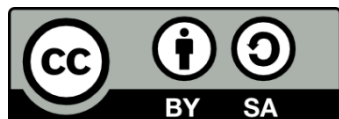
[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Ιωάννης Αυγολούπης
Θεσσαλονίκη, <Εαρινό Εξάμηνο 2012-2013>



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

