



ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ

Αριστείδης Κουτρούλης

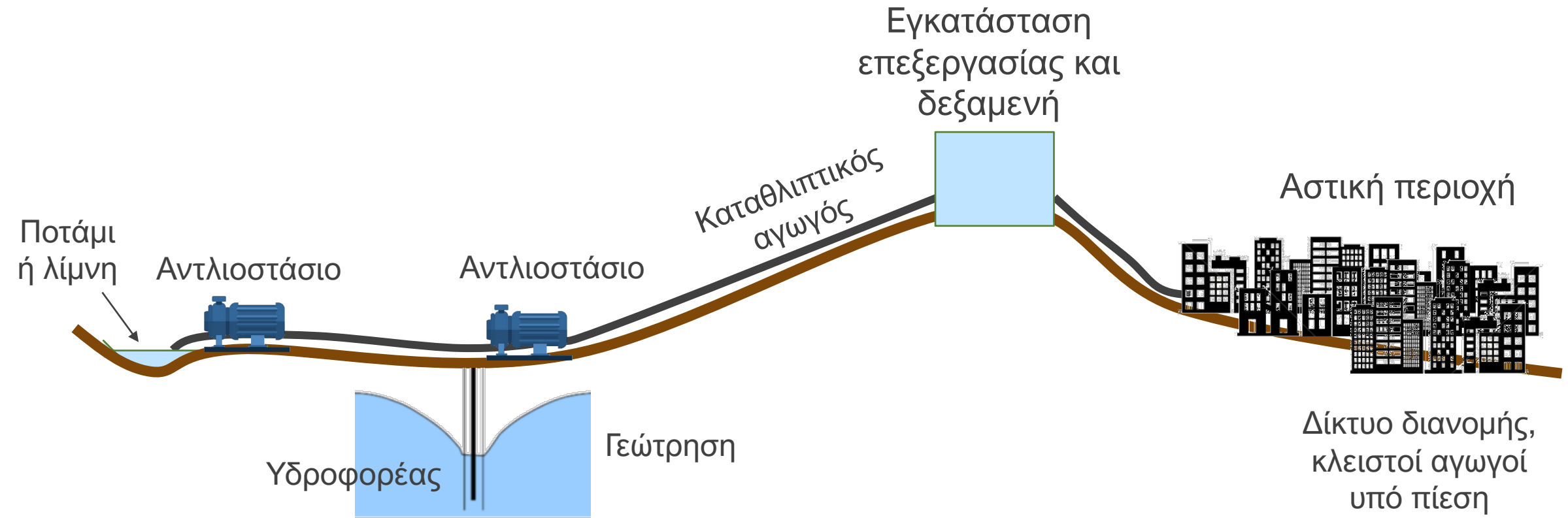
Σχολή Χημικών Μηχανικών και
Μηχανικών Περιβάλλοντος

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

- Αντλίες
- Τύποι αντλιών
- Ισχύς και ενέργεια
- Αντλητική διάταξη
- Χαρακτηριστική καμπύλη
- Διάταξη σε σειρά και παράλληλα



Τυπικές διατάξεις υδρευτικών έργων



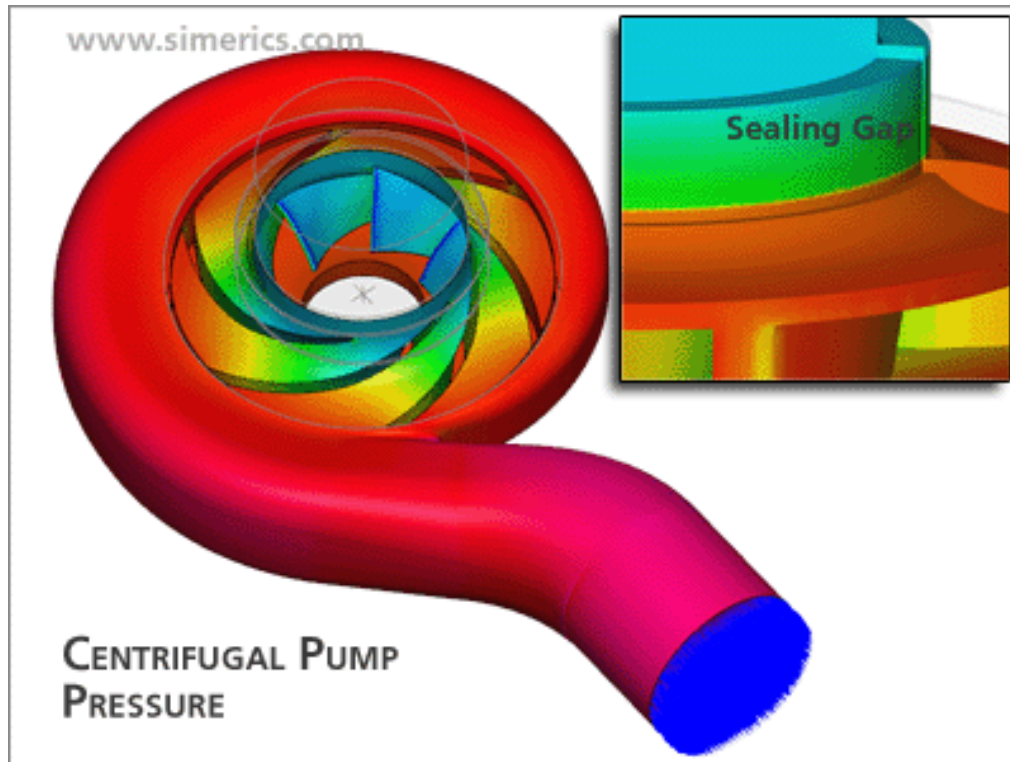
Αντλίες

- Μηχανικά μέσα που χρησιμοποιούνται για την μετακίνηση ρευστών.
- Μετατρέπουν την μηχανική ενέργεια του κινητήρα σε δυναμική + κινητική ενέργεια του ρευστού προσθέτοντας έτσι ενέργεια στο σύστημα.
- Υπάρχουν δύο βασικοί είδη αντλιών:
 - Δυναμικές (φυγοκεντρικές) αντλίες
 - Αντλίες θετικής εκτόπισης.

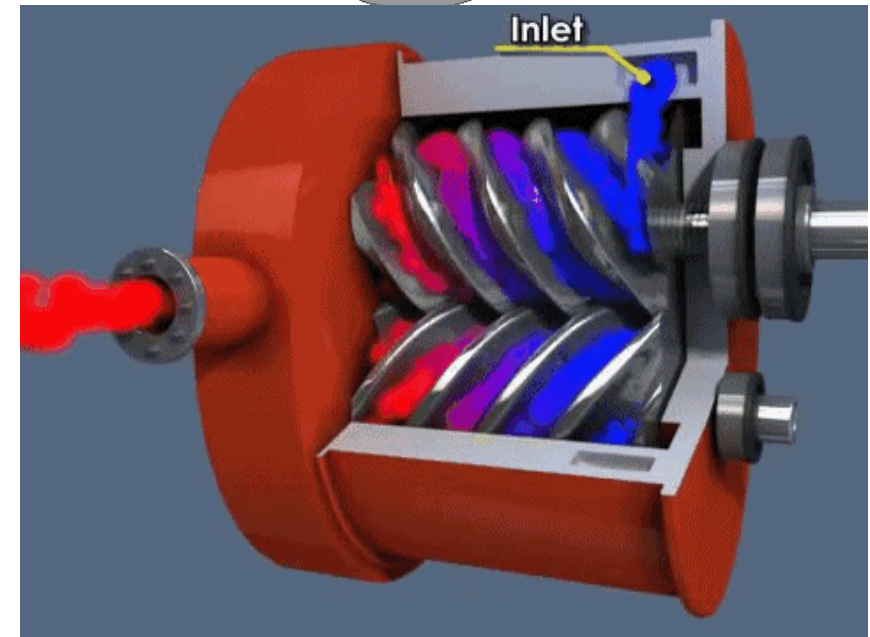
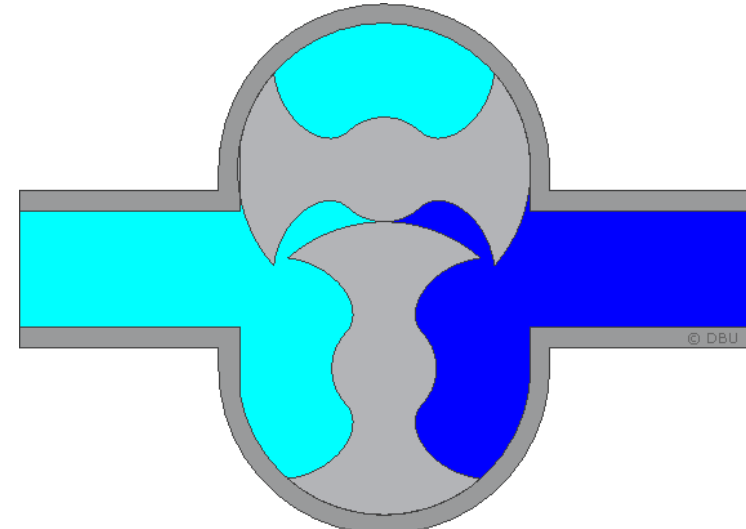


Αντλίες

Φυγοκεντρικές αντλίες

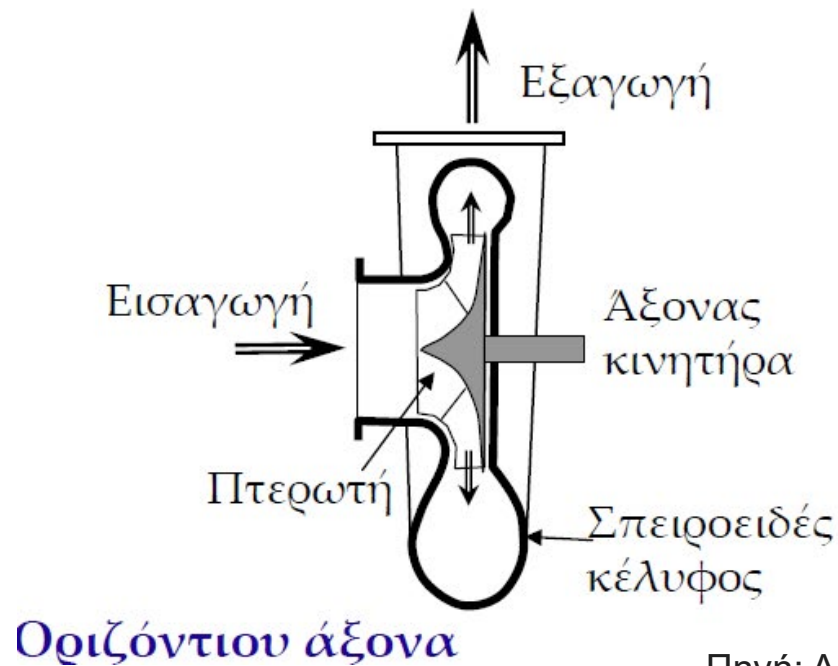
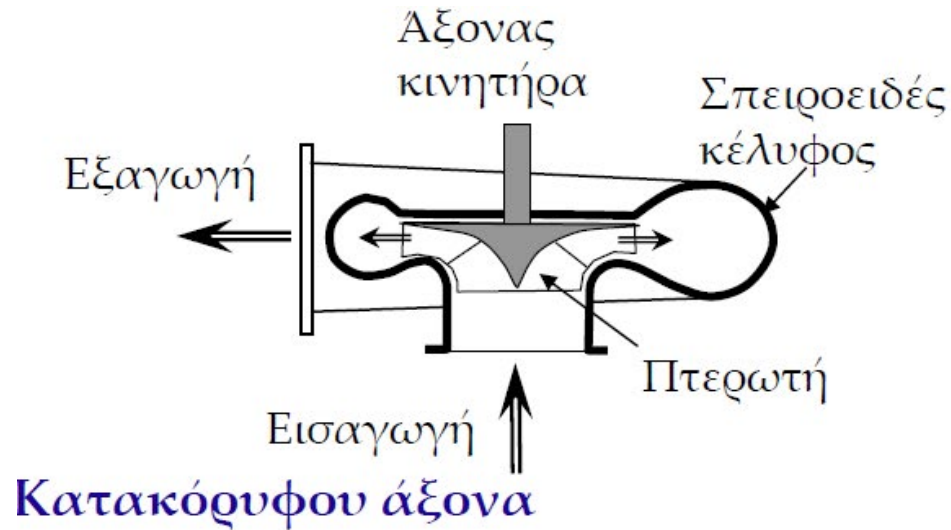


Αντλίες θετικής εκτόπισης



wikipedia.org; www.aircompressorworks.com; arab-training.net

Τυπικές φυγοκεντρικές αντλίες



Πηγή: Δ. Κουτσογιάννης & Α. Ευστρατιάδης, Καταθλιπτικοί αγωγοί και αντλιοστάσια

Τυπικές φυγοκεντρικές αντλίες

Αντλιοστάσιο ΟΑΔΥΚ θέση Βλητέ



Τυπικές φυγοκεντρικές αντλίες

Αντλιοστάσιο ΟΑΔΥΚ θέση Βλητέ



Αντλίες

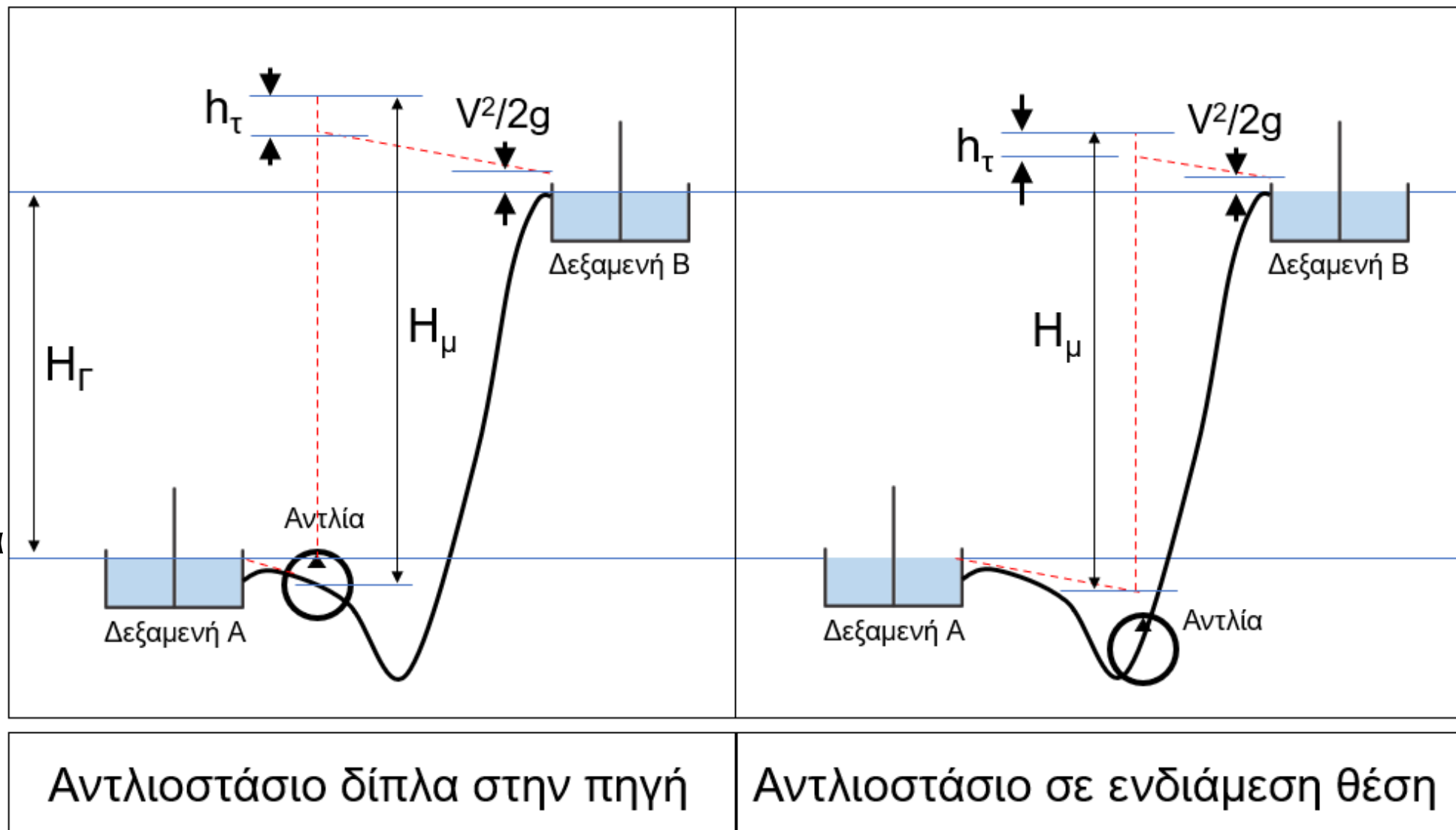
Τα κυριότερα μέρη μιας αντλητικής διάταξης είναι:

- **Αντλητικό συγκρότημα:** ονομάζεται η αντλία μαζί με τον κινητήρα.
- **Αγωγός αναρρόφησης:** ο αγωγός όπου ξεκινά από τη στάθμη του αντλούμενου νερού και καταλήγει στην αντλία.
- **Καταθλιπτικός αγωγός:** ο αγωγός όπου ξεκινά από την αντλία μέχρι τη δεξαμενή όπου καταλήγει το νερό.
- **Γεωμετρικό ύψος:** Υψομετρική διαφορά από την επιφάνεια του αντλούμενου νερού (στάθμη αναρρόφησης) μέχρι τη στάθμη της δεξαμενής (στάθμη κατάθλιψης).
- **Μανομετρικό ύψος:** Το Γεωμετρικό ύψος και επιπλέον το σύνολο των απωλειών (τοπικών και γραμμικών) από την επιφάνεια του νερού που πραγματοποιείται η άντληση έως τη θέση της δεξαμενής.



Αντλίες

h_t : τοπικές απώλειες
 H_f : Γεωμετρικό ύψος
 H_μ : Μανομετρικό
ύψος αντλίας
 $V^2/2g$: Κινητική ενέργεια

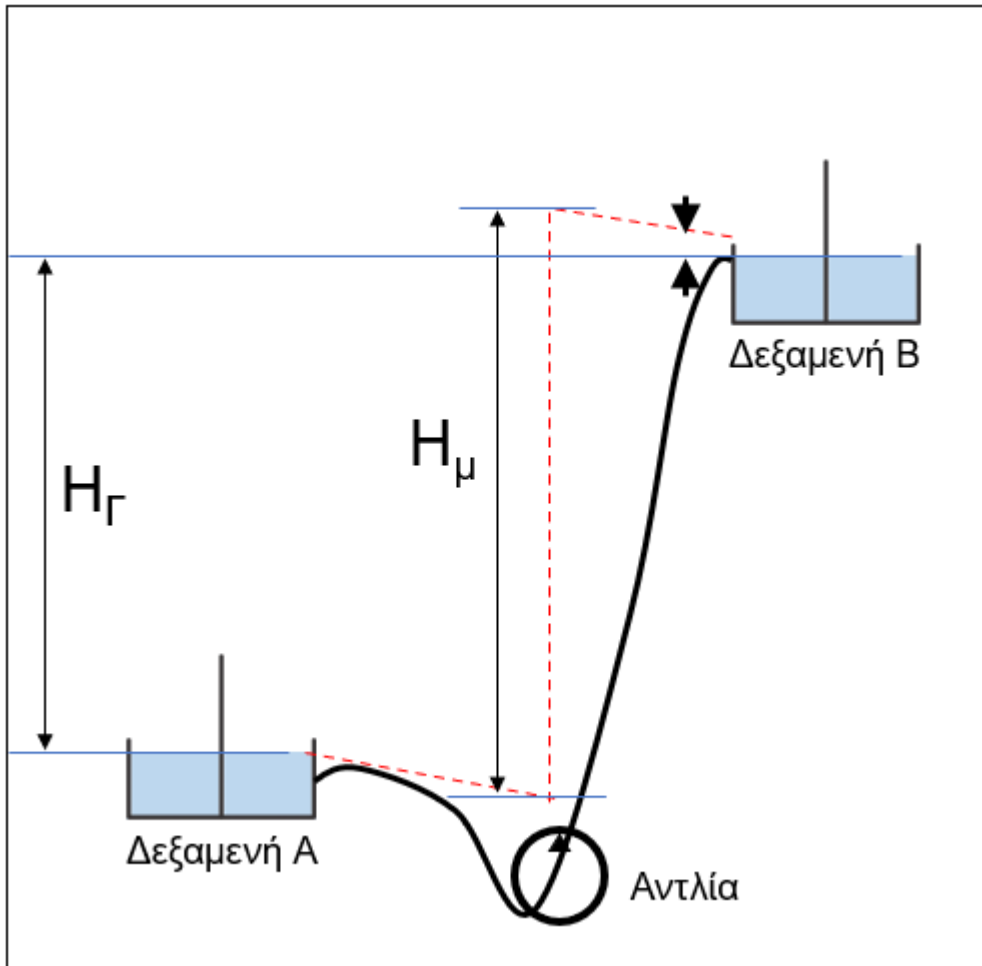


Το μανομετρικό ύψος είναι η διαφορά υψομέτρων της γραμμής ενέργειας ανάντη και κατόντη. Από το σχήμα προκύπτει: $H_\mu = H_f + \Sigma h_f + \Sigma h_t$ (όπου και το $V^2/2g$ έχει θεωρηθεί ως τοπική απώλεια στην είσοδο του φρεατίου).

Αντλίες

Στο απλουστευμένο σχήμα:
$$H_{\mu} = H_{\Gamma} + \Sigma h_f + \Sigma h_t$$
$$= H_{\Gamma} + J \cdot L$$

όπου J η κλίση της πιεζομετρικής γραμμής και L το συνολικό μήκος του αγωγού.



Απλουστευμένη υδραυλική θεωρώντας ότι η γραμμή ενέργειας ταυτίζεται με την πιεζομετρική γραμμή και οι τοπικές απώλειες έχουν ενσωματωθεί στις γραμμικές

Στοιχεία υδραυλικής στα αστικά υδραυλικά έργα

Χαρακτηριστικά ροής κλειστών αγωγών

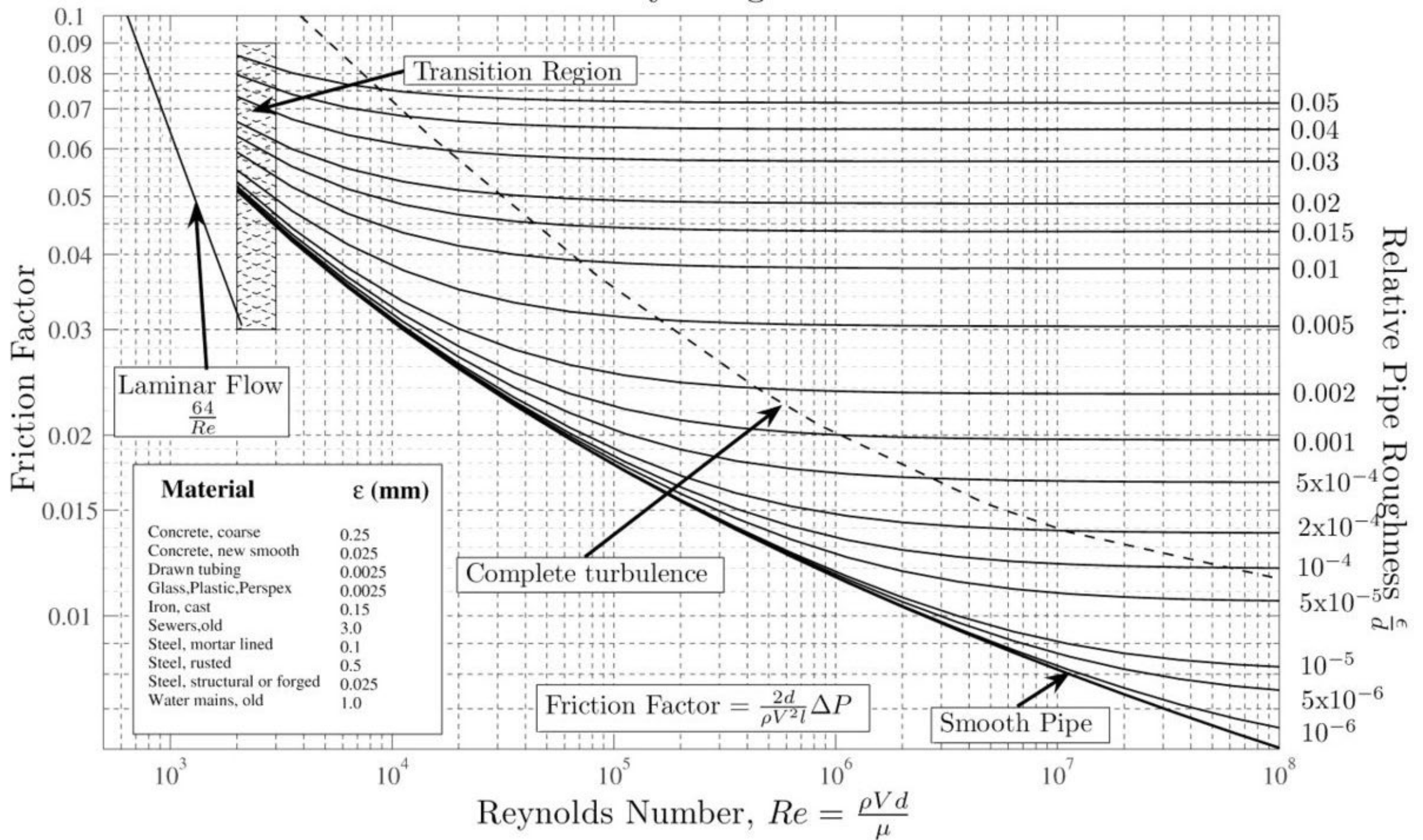
Υπολογισμός γραμμικών

$$\text{Darcy - Weisbach } h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} \quad Re = \frac{\text{Δυνάμεις αδράνειας}}{\text{Δυνάμεις συνεκτικότητας}} = \frac{VD}{\nu}$$

Συντελεστής τριβής

$$\text{Στρωτή ροή} \quad f = 64/Re$$

$$\text{Τυρβώδη ροή} \quad \frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{K_s}{3,71D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right) \quad \text{Colebrook-White}$$



Αντλίες

Η μηχανική ισχύς που καταναλίσκεται για ένα ρευστό με ειδικό βάρος $\gamma = \rho \cdot g$ είναι:

$$P_{\mu} = \rho g Q H_{\mu}$$

Ολική ισχύς της αντλίας: $P = \frac{\rho g V H_{\mu}}{n}$

Ενέργεια που καταναλώνεται: $E = \frac{\rho g Q H_{\mu}}{n}$

όπου P = η ισχύς της αντλίας (Watt)

Q = η παροχή σχεδιασμού για τον καταθλιπτικό αγωγό (m^3 / s),

H_{μ} = το μανομετρικό ύψος (m),

n = ο βαθμός απόδοσης του αντλητικού συγκροτήματος.



ΑΣΚΗΣΗ 6

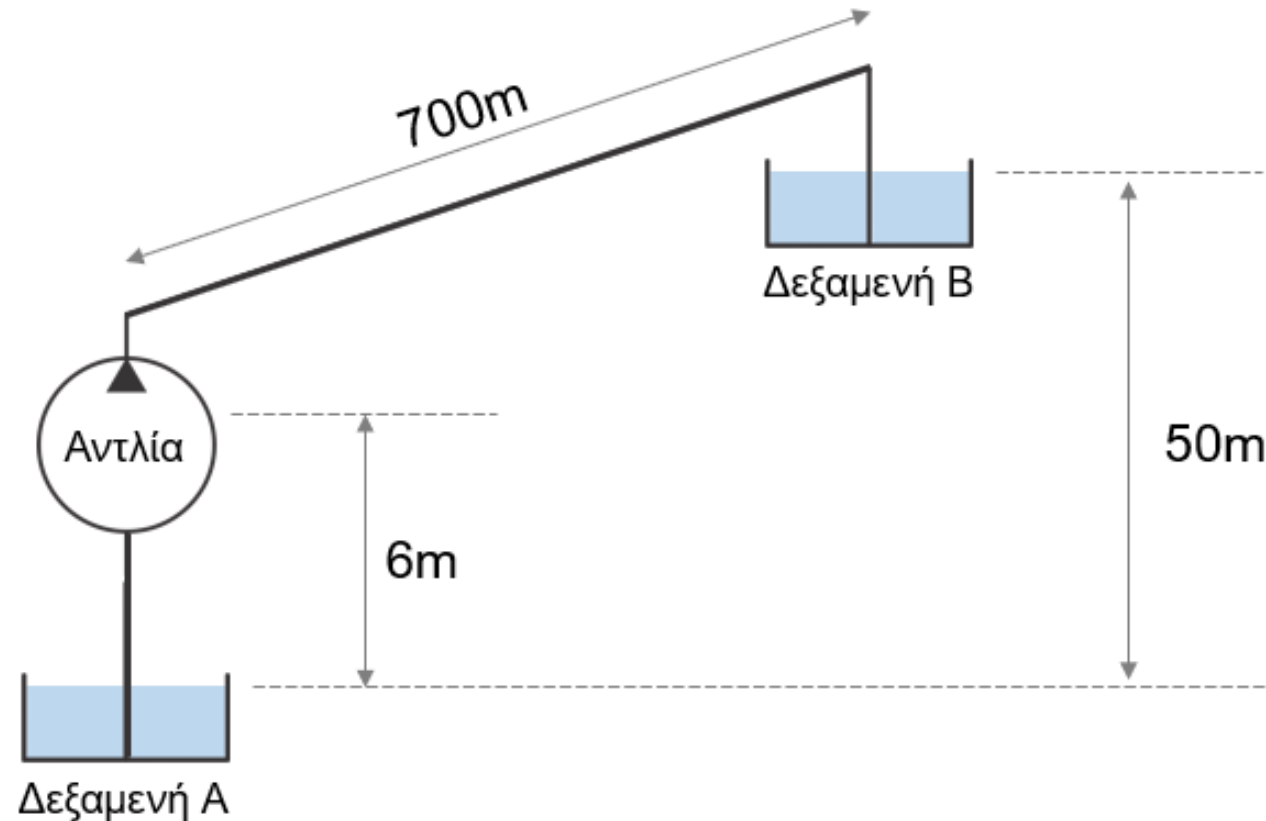
Αντλίες - 1

Αντλητική εγκατάσταση – ισχύς αντλίας

Δίνεται η αντλητική εγκατάσταση του σχήματος που αποτελείται από αγωγό αναρρόφησης από χυτοσίδηρο μήκους 6 μέτρων και καταθλιπτικό αγωγό 700 μέτρων. Η ονομαστική διάμετρος είναι ενιαία $\Phi 300$ και για τα δύο τμήματα. Για παροχή $0,15\text{m}^3/\text{s}$ να βρεθεί η θεωρητική ισχύς της αντλίας.

Δίνονται:

- $f=0,02$
- $K_{\text{εισόδου}} = 0,5$
- $K_{\text{εξόδου}} = 1$
- $Q=0,15\text{m}^3/\text{s}$
- $D=0,3\text{m}$

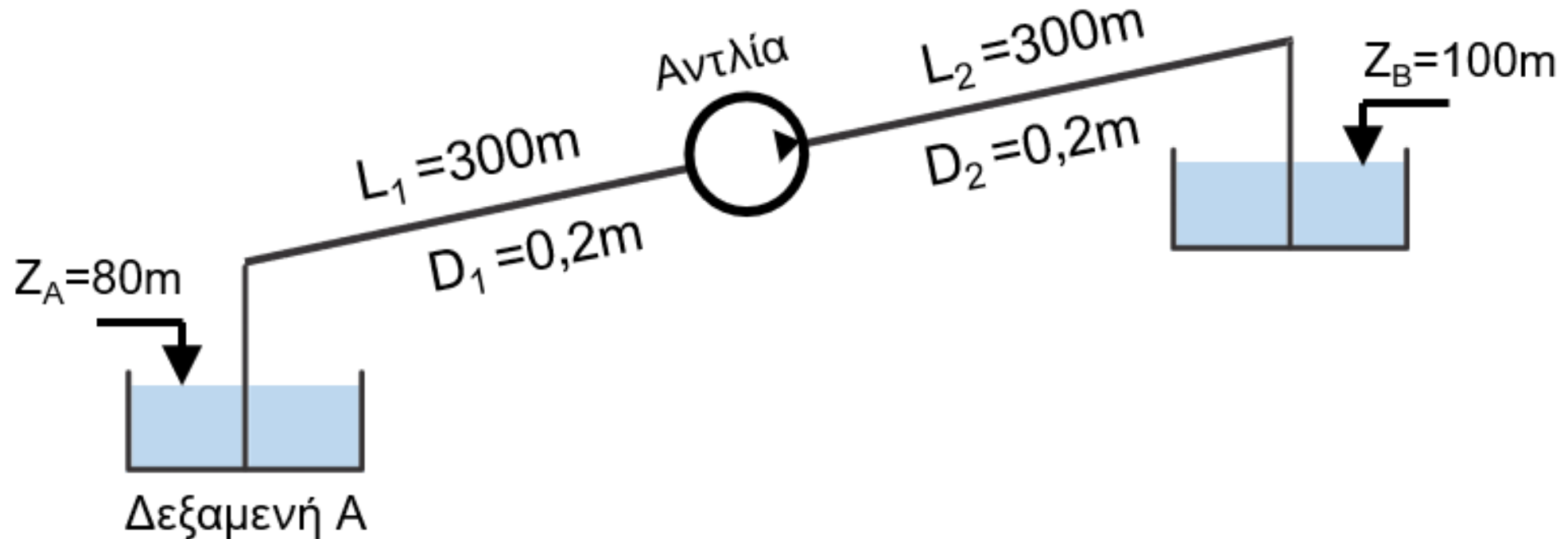


ΑΣΚΗΣΗ 7

Αντλίες - 2

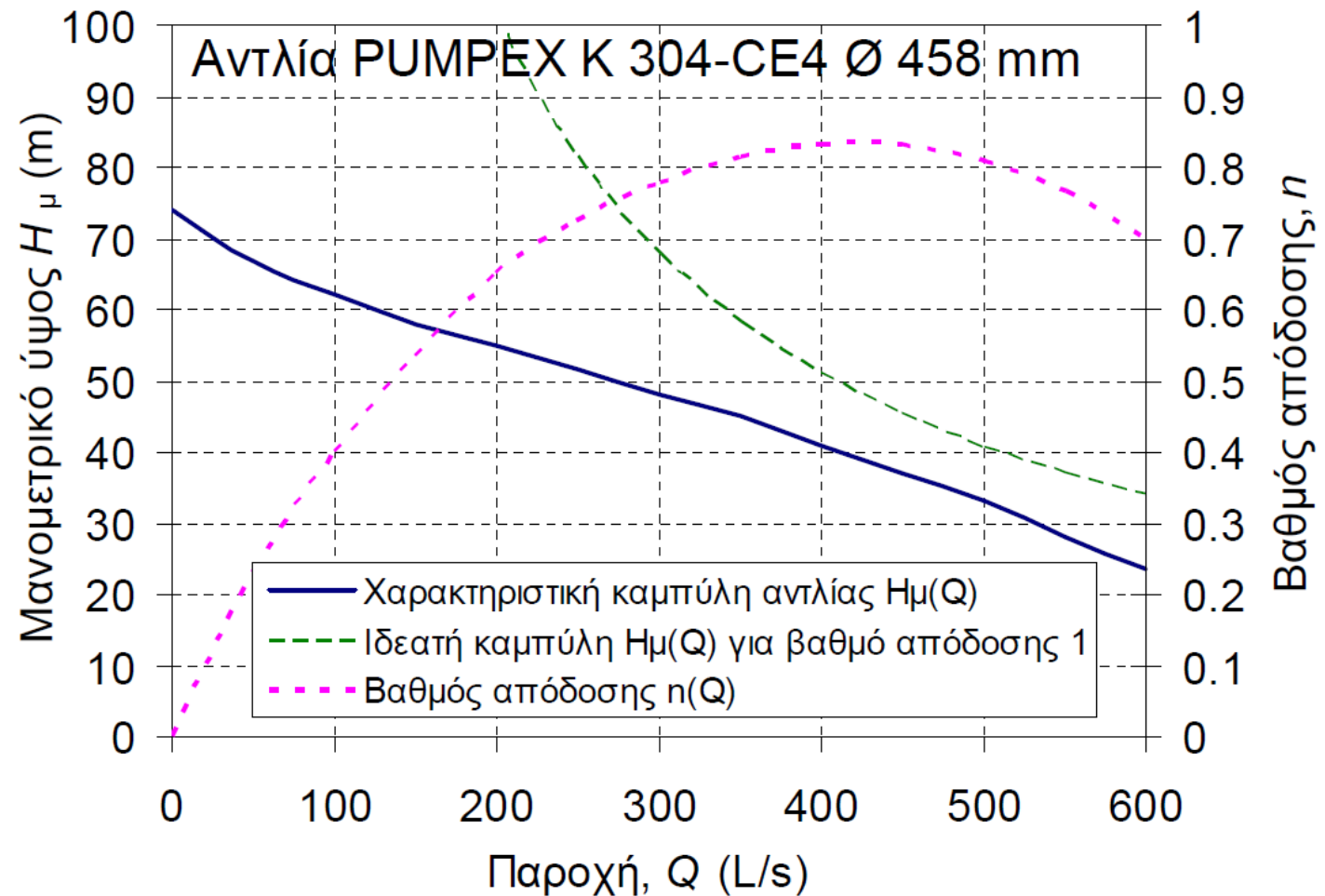
Αντλητική εγκατάσταση – ισχύς αντλίας

Στο σύστημα που απεικονίζεται εάν δεν υπήρχε αντλία θα περνούσε παροχή νερού $0,15 \text{ m}^3/\text{s}$. Να βρεθεί η ισχύς (θεωρητική) της αντλίας η οποία πρέπει να τοποθετηθεί για να διατηρήσει την ίδια προς την αντίθετη κατεύθυνση ροή. Τοπικές απώλειες θεωρούνται αμελητέες.



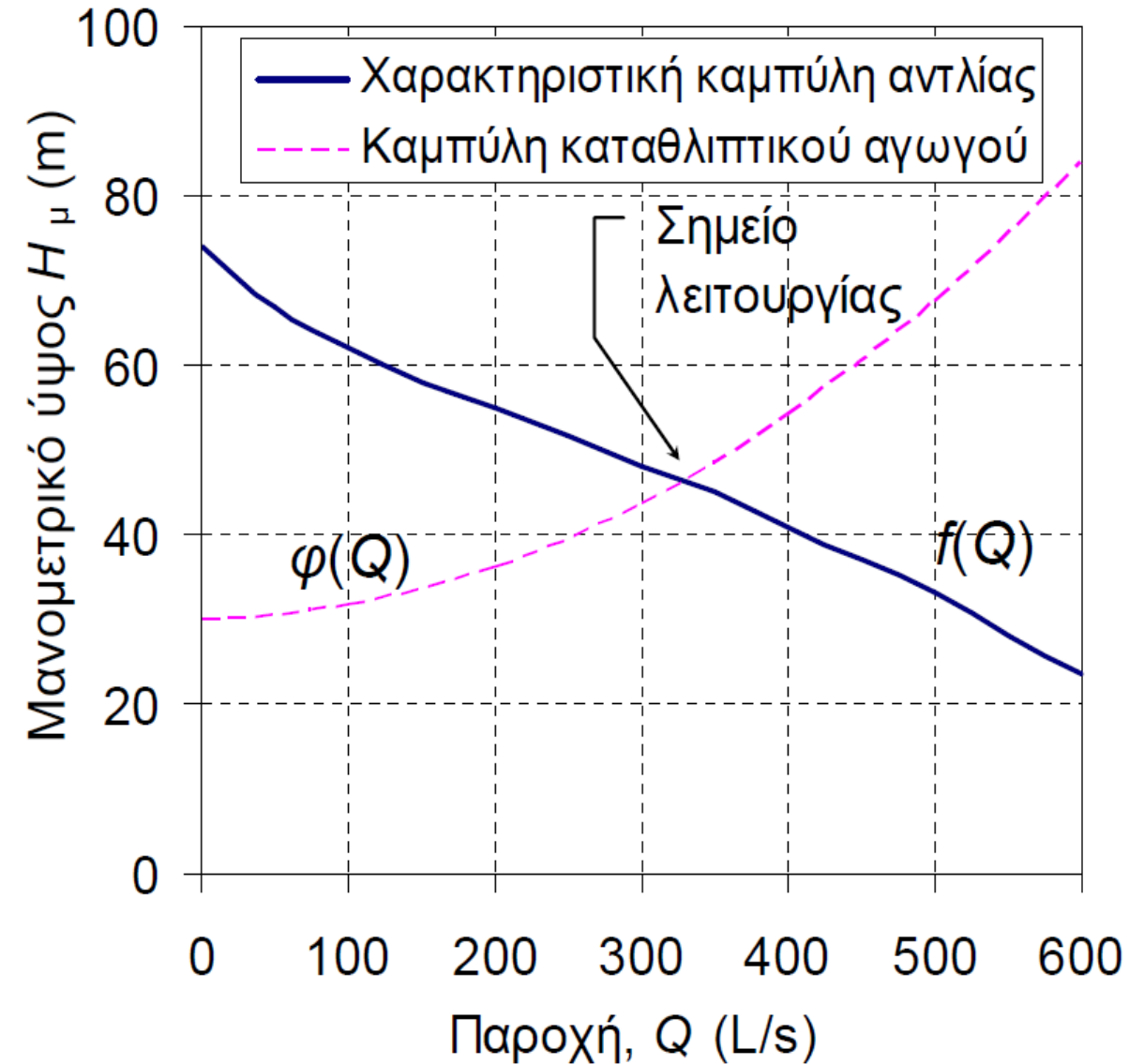
Αντλίες

- Μια συγκεκριμένη αντλία έχει δεδομένη ισχύ κινητήρα P_0 (στο παράδειγμα 200 kW)
- Στην ιδεατή περίπτωση μηδενικών απωλειών ($\eta = 1$) θα μπορούσε να ανυψώσει οποιαδήποτε παροχή Q σε ύψος $H_\mu = P_0/(\rho g Q)$
- Στην πράξη το ύψος είναι μικρότερο και δίνεται από καμπύλη του κατασκευαστή
- Ο συντελεστής απόδοσης « η » και η αποδιδόμενη ισχύς P μεταβάλλονται με την παροχή.



Αντλίες

- Για δεδομένο τύπο αντλίας είναι δεδομένη από τον κατασκευαστή η χαρακτηριστική καμπύλη $H_\mu = f(Q)$.
- Για δεδομένο σύστημα αντλιοστασίου - καταθλιπτικού αγωγού μπορεί να προσδιοριστεί με υδραυλικούς υπολογισμούς μια άλλη σχέση $H_\mu = \varphi(Q)$.
- Τελικώς το (μοναδικό) σημείο (Q, H_μ) στο οποίο θα λειτουργήσει η αντλία στο δεδομένο σύστημα αντλιοστασίου - καταθλιπτικού αγωγού δίνεται από τη σχέση $f(Q) = \varphi(Q)$.



ΑΣΚΗΣΗ 8

Αντλίες - 3

Αντλητική εγκατάσταση – σημείο λειτουργίας αντλίας

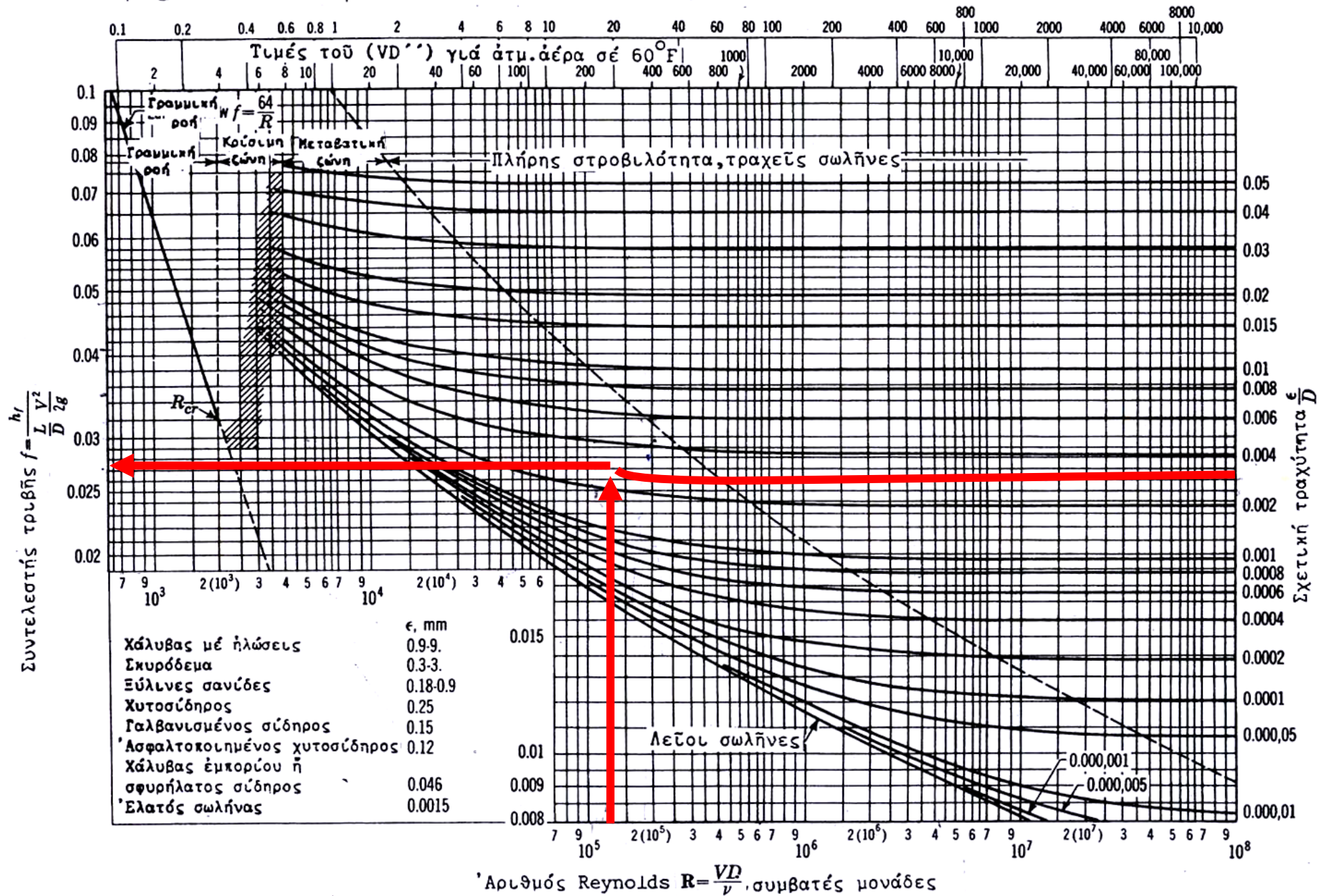
Να υπολογιστεί η παροχή του συστήματος για $L=600\text{m}$, $D=0,30\text{m}$, $k_s=0,0015$ και $H= Z_A-Z_B=7,5\text{m}$.
Δίνονται τα στοιχεία της καμπύλης της αντλίας από τον κατασκευαστή:

$H_\mu \text{ (m)}$	21,3	18,3	15,2	12,2	9,1	6,1
$Q \text{ (m}^3\text{/s)}$	0	0,06	0,09	0,11	0,13	0,13

Το κινηματικό ιξώδες του νερού είναι $1,14 \cdot 10^{-6}$



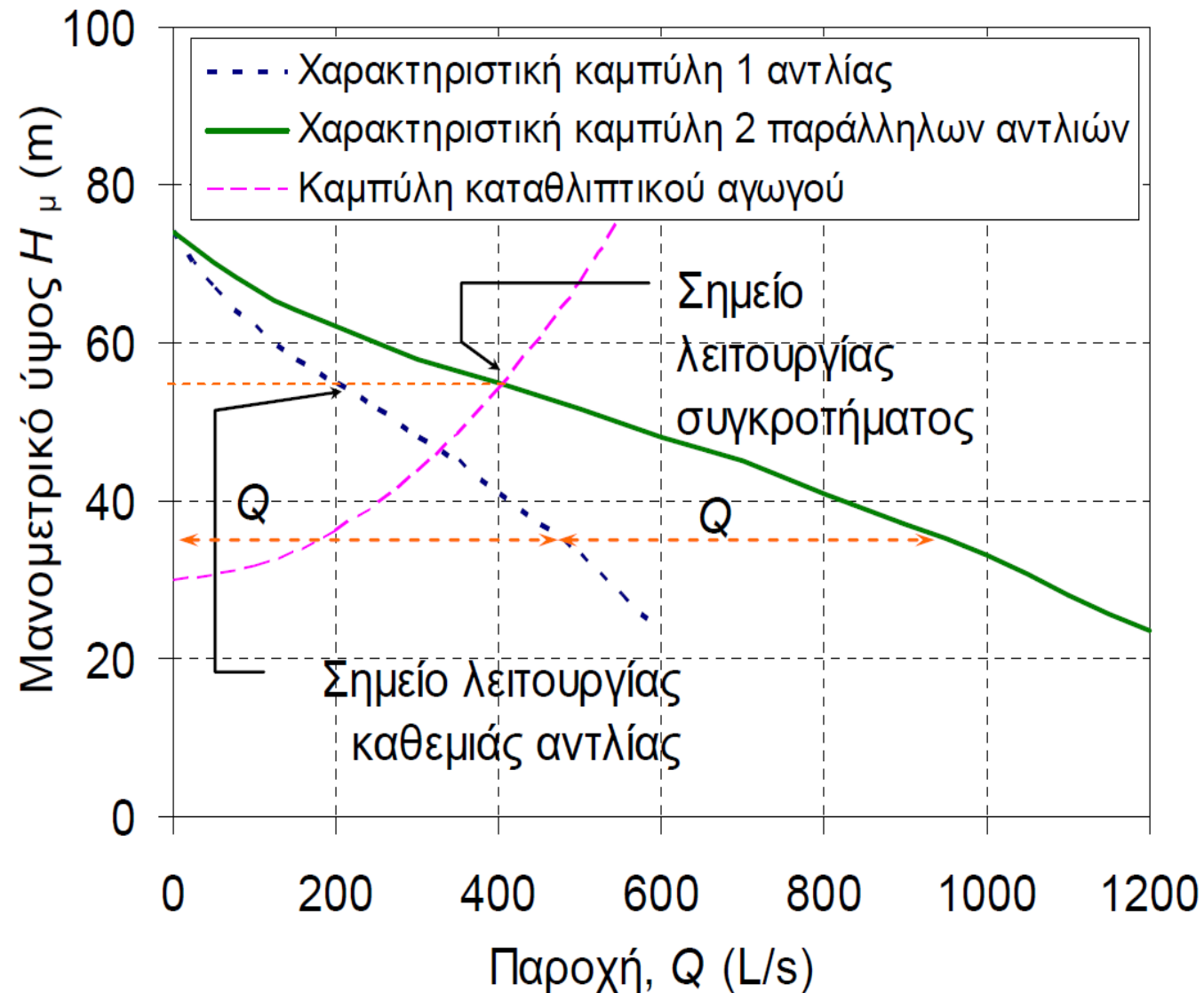
Τιμές του (VD'') για νερό στους 60°F (ταχύτητα σε ft/sec X διάμετρος σε ίντσες)



ΣΧ. 5.32. Διάγραμμα του Moody.

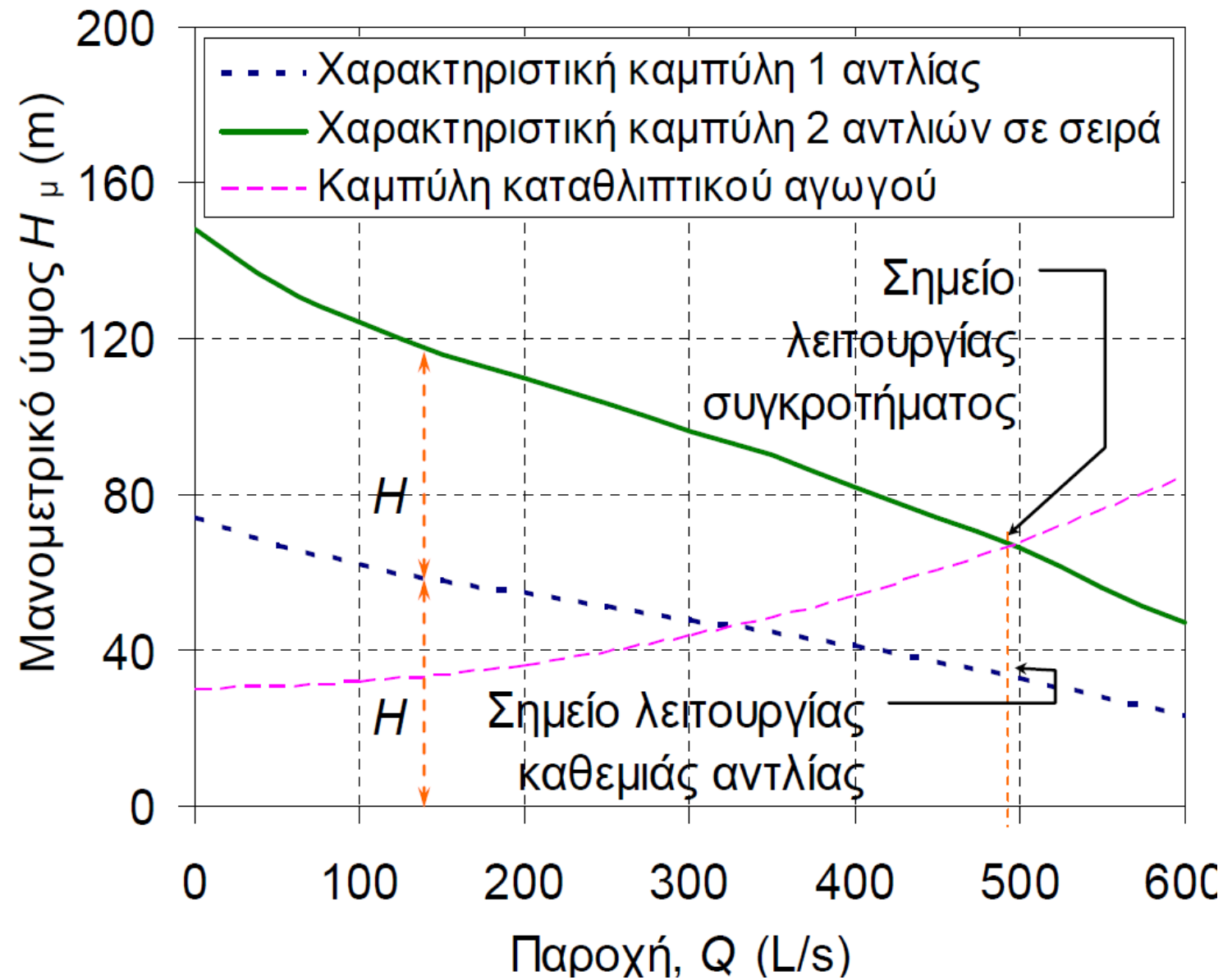
Αντλίες σε παράλληλη διάταξη

- Οι αντλίες σε παράλληλη διάταξη έχουν το ίδιο μανόμετρο ύψος ενώ οι παροχές τους προστίθενται.
- Το νέο σημείο λειτουργίας (Q, H_m) του συγκροτήματος των αντλιών καθώς και το σημείο λειτουργίας (Q', H_m) καθεμιάς από τις αντλίες του συγκροτήματος βρίσκεται όπως στο διπλανό παράδειγμα (για 2 αντλίες).



Αντλίες σε σειρά

- Οι αντλίες σε σειρά έχουν την ίδια παροχή ενώ τα μανομετρικά ύψη τους προστίθενται.
- Το νέο σημείο λειτουργίας (Q, H_{μ}) του συγκροτήματος καθώς και το σημείο λειτουργίας (Q', H_{μ}) καθεμιάς από τις αντλίες του συγκροτήματος βρίσκεται όπως στο διπλανό παράδειγμα (για 2 αντλίες).



Αντλίες

Απόδοση $P = \frac{\gamma Q H_{\mu}}{n}$

Αντλίες παράλληλα

$$Q_{ολικό} = Q_A + Q_B$$

$$H_{\mu,ολικό} = H_{\mu,A} = H_{\mu,B}$$

$$n_{ολικο} = \frac{Q_A + Q_B}{\frac{Q_A}{n_A} + \frac{Q_B}{n_B}}$$

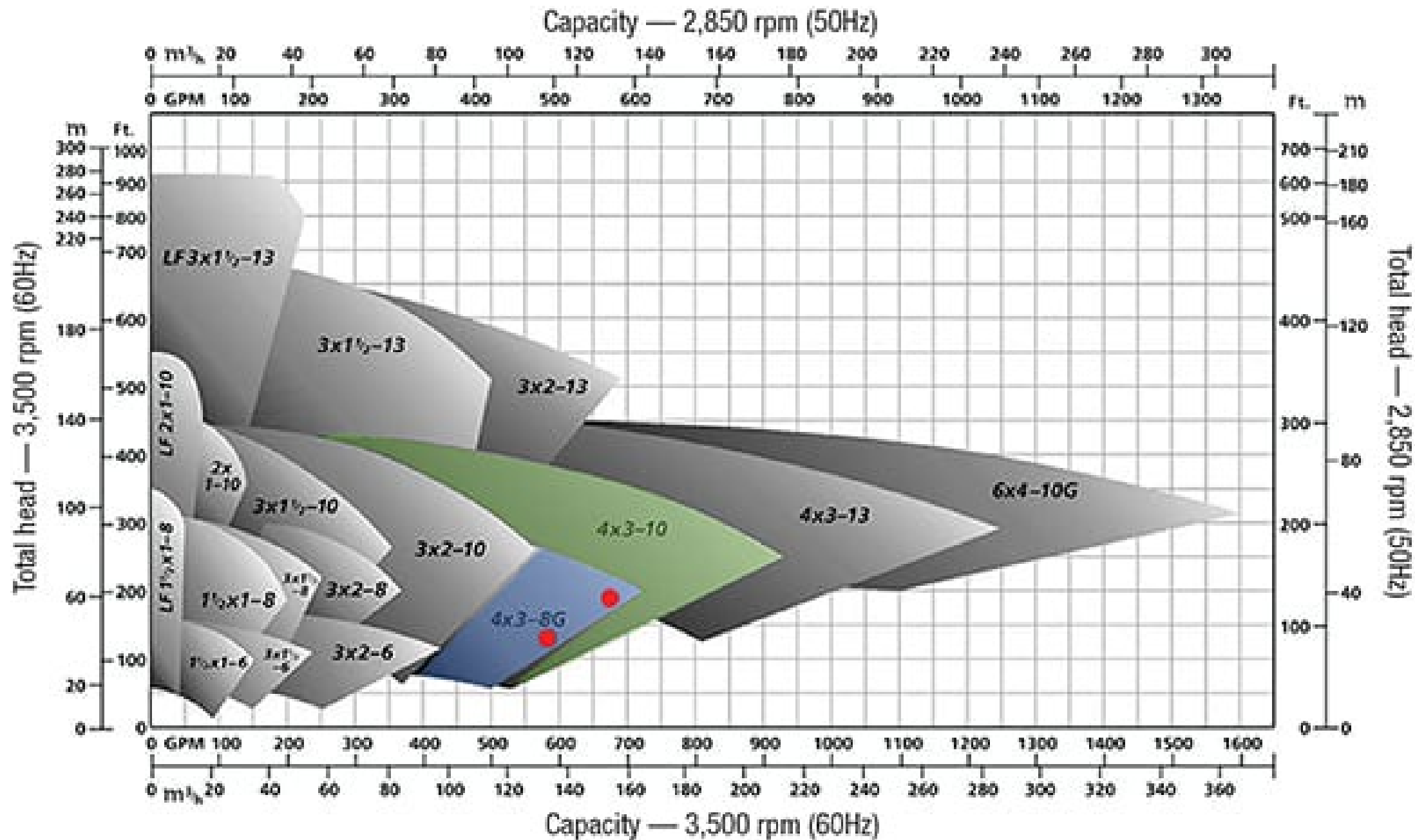
Αντλίες σε σειρά

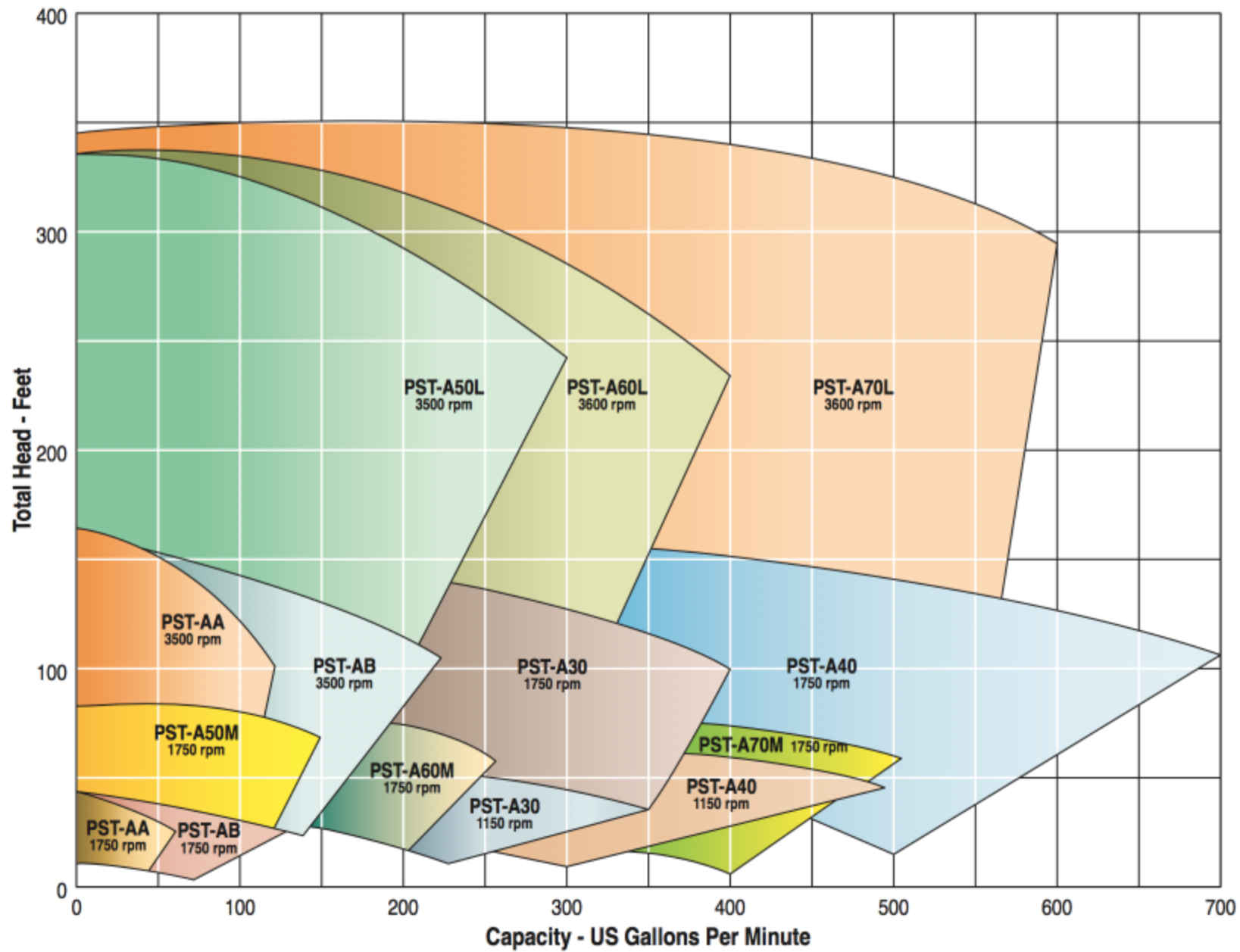
$$Q_{ολικό} = Q_A = Q_B$$

$$H_{\mu,ολικό} = H_{\mu,A} + H_{\mu,B}$$

$$n_{ολικο} = \frac{H_A + H_B}{\frac{H_A}{n_A} + \frac{H_B}{n_B}}$$







ΑΣΚΗΣΗ 9

Αντλίες - 4

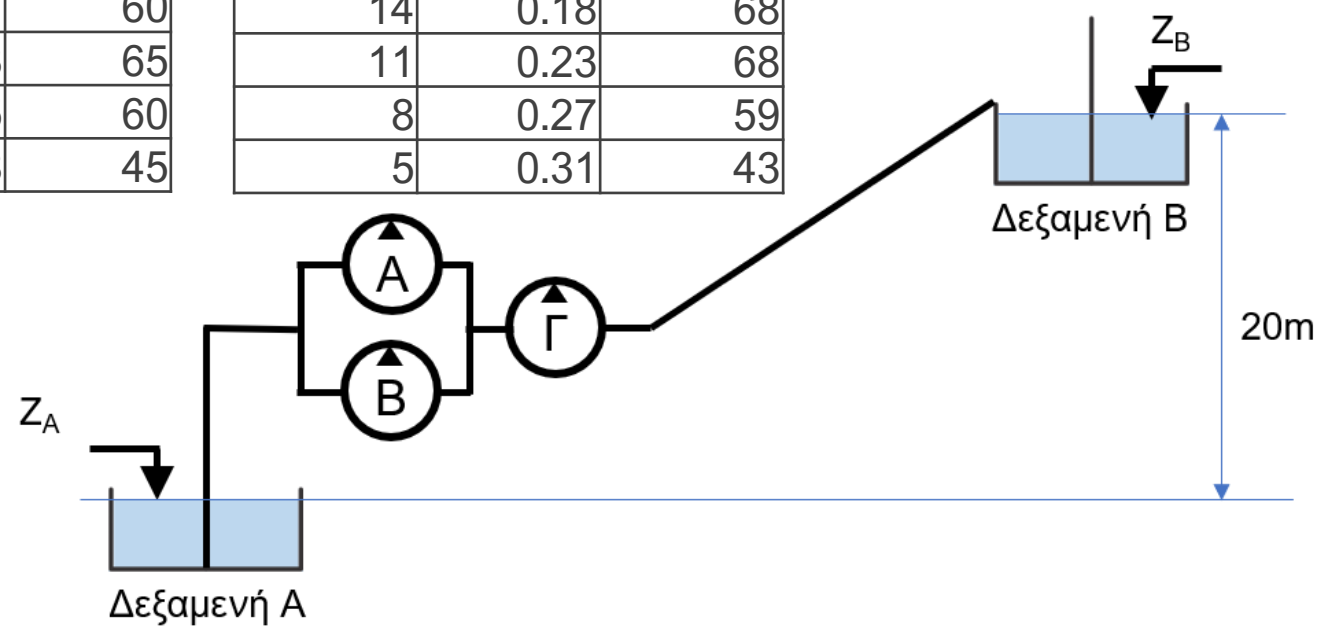
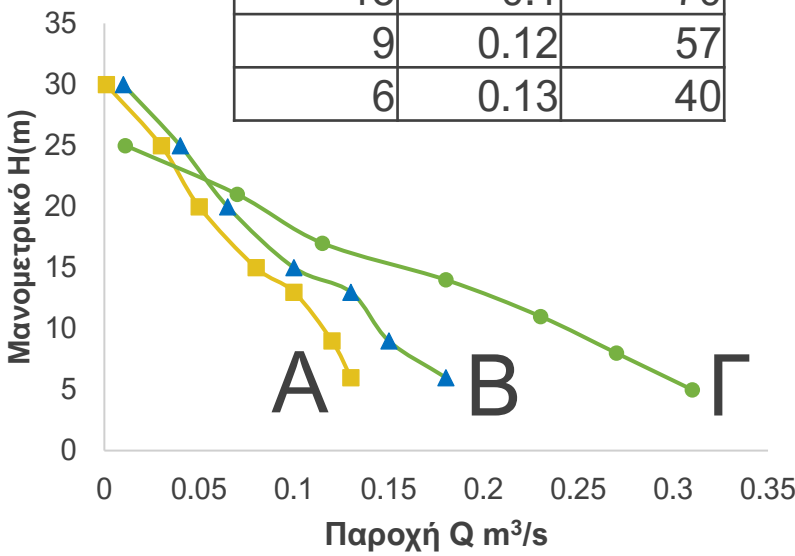
Αντλητική εγκατάσταση – σημείο λειτουργίας συστήματος αντλιών

Δίνονται τα στοιχεία μανομετρικού-παροχής-απόδοσης για 3 αντλίες Α,Β,Γ. Οι αντλίες είναι συνδεδεμένες με την συνδεσμολογία του σχήματος και μεταφέρουν νερό από την γεώτρηση στη δεξαμενή. Να βρεθεί το σημείο λειτουργίας του συστήματος και η απόδοση του συστήματος αντλιών αν η εξίσωση απωλειών της σωληνογραμμής δίνεται από την εξίσωση $H_f=500Q^2$

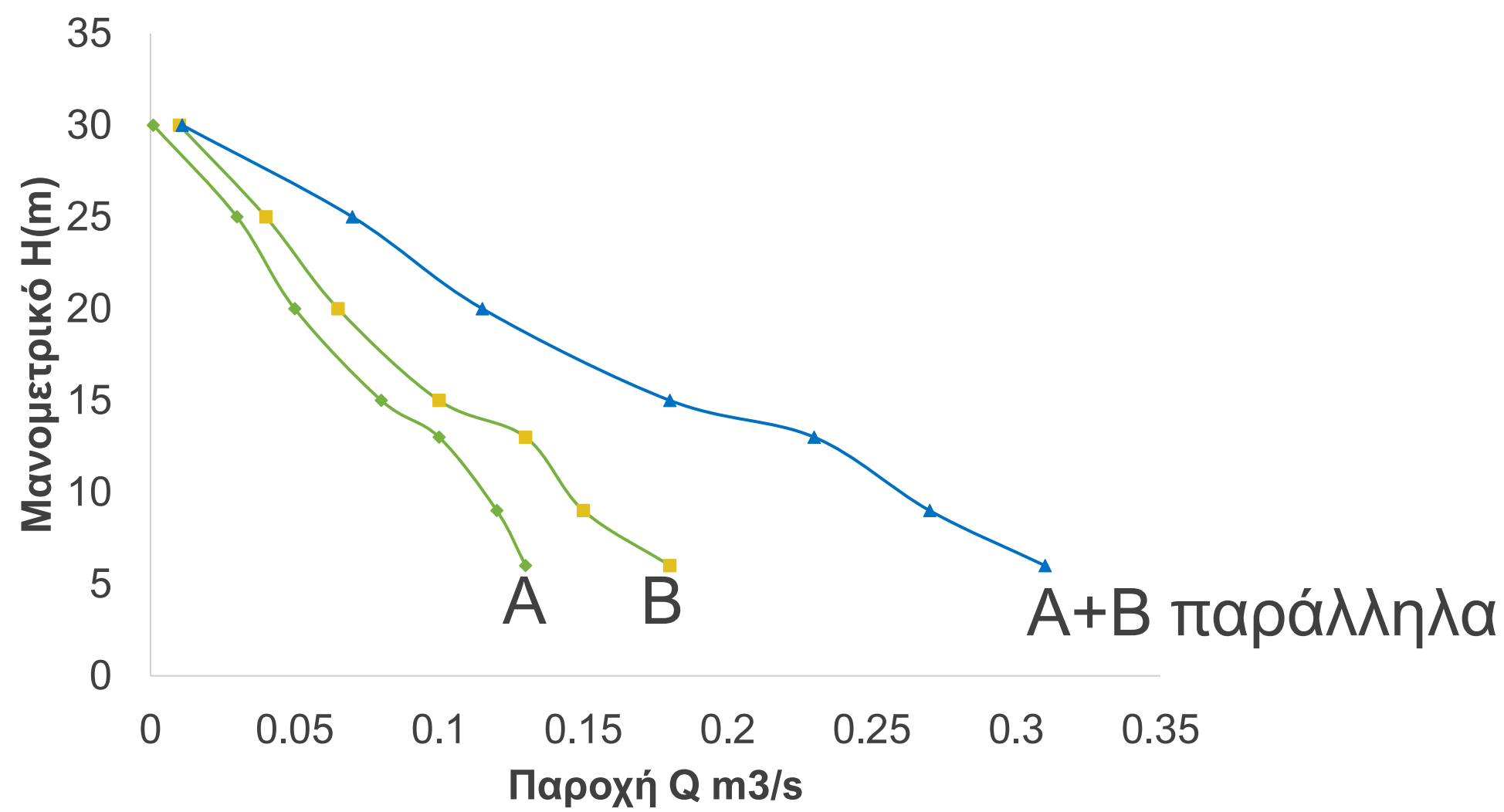
Α		
H(m)	Q(m³/s)	e(%)
30	0.001	35
25	0.03	55
20	0.05	65
15	0.08	76
13	0.1	70
9	0.12	57
6	0.13	40

Β		
H(m)	Q(m³/s)	e(%)
30	0.01	29
25	0.04	38
20	0.065	48
15	0.1	60
13	0.13	65
9	0.15	60
6	0.18	45

Γ		
H(m)	Q(m³/s)	e(%)
25	0.011	32
21	0.07	47
17	0.115	57
14	0.18	68
11	0.23	68
8	0.27	59
5	0.31	43



Αντλητική εγκατάσταση – σημείο λειτουργίας συστήματος αντλιών



Αντλητική εγκατάσταση – σημείο λειτουργίας συστήματος αντλιών

