

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΜΑΘΗΜΑ: Υδραυλική

ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΕΣ: Αν. Καθηγητής Μ. Σπηλιώτης

Ακ. Έτος 2023-24 : Επαναληπτικές εξετάσεις χειμερινού

Διάρκεια συνολικής

εξέτασης: ώρες 3:00

Μέγιστο σύνολο: 10

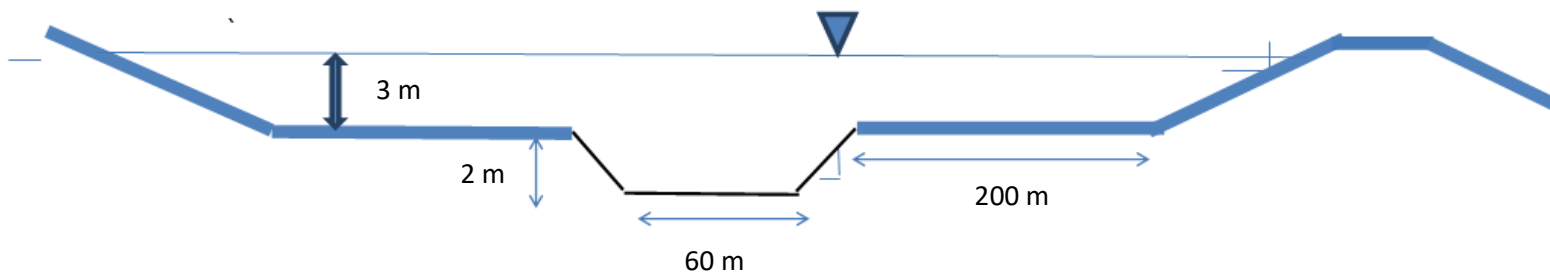
Θέμα 1 [3]

Να υπολογιστεί η παροχή που διοχετεύεται από τη παρακάτω σύνθετη συμμετρική διατομή του ποταμού . Δίνονται :

Κλίσεις πρανών: κύριας κοίτης $m_{\text{κυρ}} = 1$, πλημμυρικής κοίτης $m_{\text{πλημ}} = 1.5$.

Συντελεστές Manning: κύριας κοίτης $n = 0.03 \text{ s/m}^{1/3}$, πλημμυρικής κοίτης $n = 0.06 \text{ s/m}^{1/3}$

Κλίση πυθμένα $S_o = 0.0005$



Θέμα 2 [2]

Δίνεται ανοιχτός αγωγός τραπεζοειδούς διατομής abcd με τα εξής χαρακτηριστικά

Τμήμα	S	$n \text{ (s/m}^{1/3}\text{)}$	$b \text{ (m)}$	z
ab	0.0004	0.015	4	1.5
bc	0.009	0.012	4	1.5
cd	0.004	0.015	4	1.5

όπου z η κλίση των πρανών , S η κλίση του πυθμένα, b το πλάτος του πυθμένα και n ο συντελεστής Manning.

Αν η παροχή του αγωγού είναι $Q = 22.5 \text{ m}^3/\text{sec}$. Να σχεδιαστεί το προφίλ της ελεύθερης επιφάνειας του νερού.



Θέμα 3 [3]

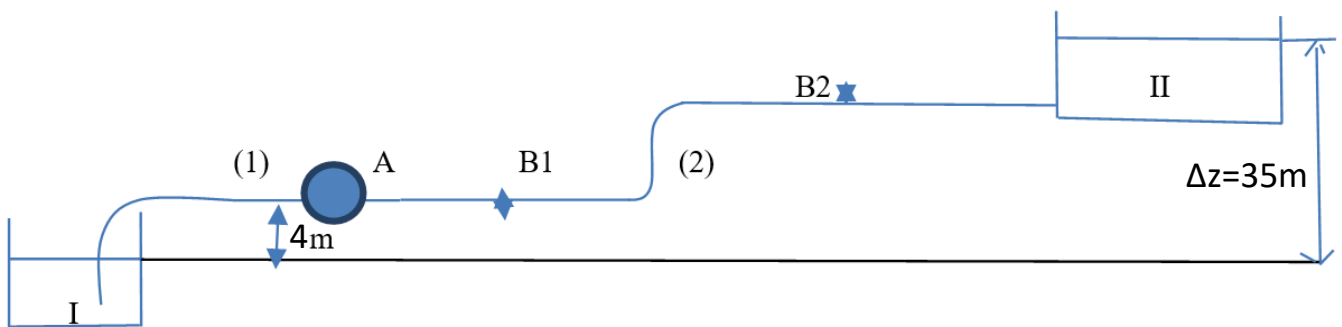
Δίνεται η αντλητική εγκατάσταση που αποτελείται από μια αντλία Α, της οποίας το επίπεδο βρίσκεται 4 m πάνω από τη θέση υδροληψίας , που είναι η δεξαμενή Ι. Ο αγωγός αναρρόφησης (1) έχει συνολικό μήκος $L_1 = 6.5 \text{ m}$, εσωτερική διάμετρο $D_1 = 400 \text{ mm}$ και τραχύτητα $k_1 = 1 \text{ mm}$. Ο αγωγός κατάθλιψης (2) έχει συνολικό μήκος $L_2 = 55 \text{ m}$, εσωτερική διάμετρο $D_2 = 400 \text{ mm}$ και τραχύτητα $k_2 = 1 \text{ mm}$.

Οι τοπικές απώλειες του δικτύου αποτελούνται από δυο βάνες B_1 και B_2 , τοποθετημένες στον αγωγό κατάθλιψης, με συντελεστή τοπικών απωλειών ίσο με 3, τρεις στρογγυλεμένες αλλαγές διεύθυνσης (1 στον αναρρόφησης και 2 στον κατάθλιψης) με

συντελεστή τοπικών απωλειών ίσο με 0.3. Τοπική απώλεια επίσης υπάρχει κατά την είσοδο του νερού στη δεξαμενή II. Εάν η υψομετρική διαφορά μεταξύ των δύο δεξαμενών I και II είναι 35 m , η παροχή Q του δικτύου είναι 200 l/sec και η απόδοση της αντλίας είναι $\eta = 75\%$ ζητούνται τα εξής:

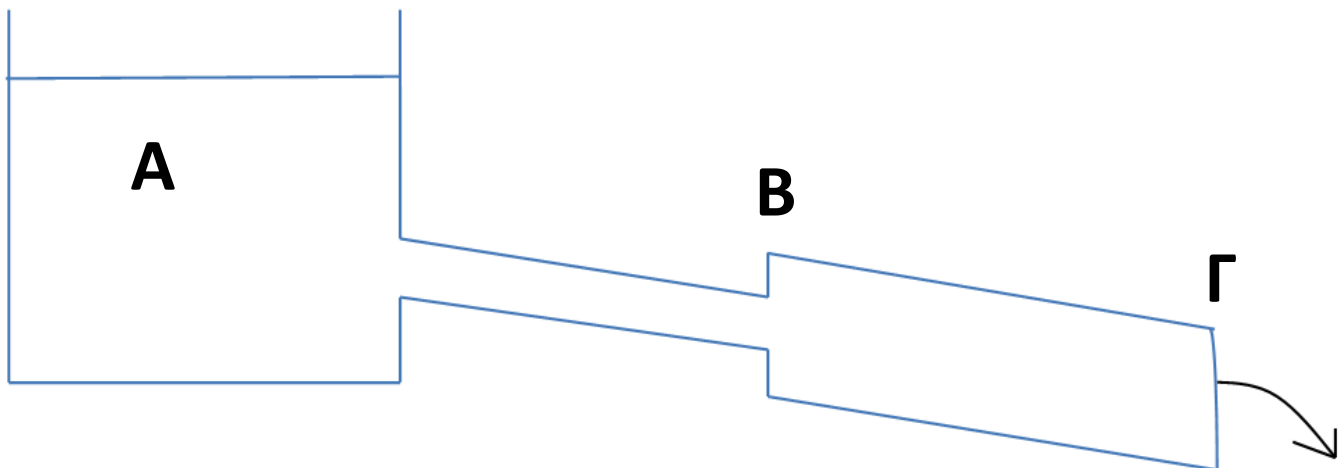
- υπολογίστε την αποδιδόμενη ισχύ της αντλίας
- υπολογίστε την πίεση στην είσοδο και στην έξοδο της αντλίας
- αν η αντλία λειτουργεί 12 ώρες την ημέρα βρείτε πόση ενέργεια δαπανάται ημερήσια σε αυτή
- χαράξτε σχηματικά (χωρίς την αναγραφή τιμών) την γραμμή ενέργειας μεταξύ των δύο δεξαμενών.

Δίνεται κινηματικό ιξώδες νερού $\nu = 1,15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$



Θέμα 4 [2]

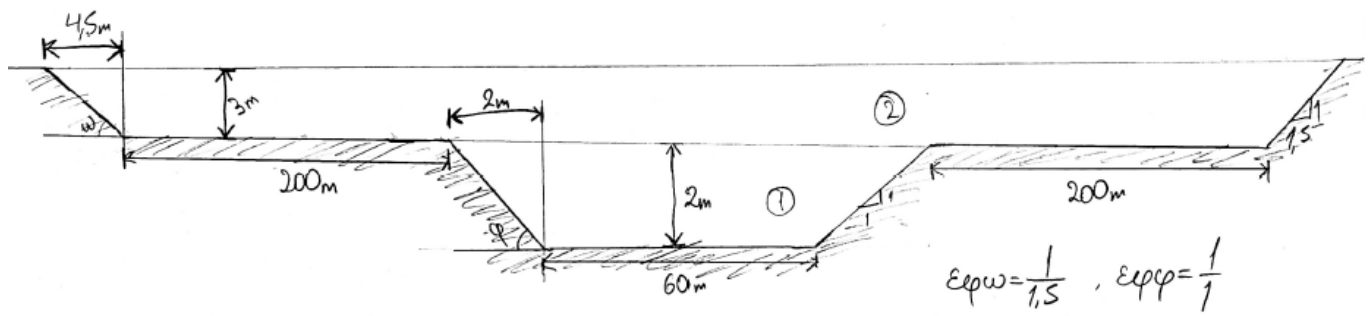
Νερό εκρέει από μια δεξαμενή A ελεύθερα μέσα από ένα σωλήνα από χυτοσίδηρο μήκους 40 m. Αρχικά η διάμετρος του σωλήνα είναι 50 mm για τα πρώτα 15m, ενώ στο υπόλοιπο μήκος η διάμετρος είναι 75 mm. Παίρνοντας υπόψη όλες τις απώλειες του φορτίου στον αγωγό, υπολογίστε την υψομετρική διαφορά ΔZ της στάθμης της ελευθέρας επιφανείας στη δεξαμενή από το σημείο Γ (στόμιο του σωλήνα) όταν η παροχή είναι 2.8 lt/sec. Δίνεται η τραχύτητα $k = 0.026 \text{ mm}$ και $\nu = 1.3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$.



$\epsilon_{pw} = \frac{1}{1.5}, \epsilon_{pp} = \frac{1}{1}$

Σύνθετη διατομή,
Με **διαφορετική**
τραχύτητα
Επίλυση με τη
μέθοδο της
σύνθετης
διατομής
(εναλλακτικά
μπορεί να
χρησιμοποιηθεί η
μέθοδος του
ισοδύναμου
συντελεστή
Manning οδηγεί
όμως σε
εκτίμησης
μικρότερων
παροχών.
Κατά τα άλλα
Μεθοδολογία
ομοιόμορφης
ροής

Οριζόντιος Διαχωρισμός:



$$A_1 = \frac{60 + 64}{2} \times 2 = 124m^2$$

$$P_1 = 65,66m$$

$$R_1 = \frac{A_1}{P_1} = 1,89m$$

$$Q_1 = \frac{1}{0,03} \times 124 \times 1,89^{\frac{2}{3}} \times 0,0005^{\frac{1}{2}} = \frac{141,28m^3}{s}$$

$$A_2 = \frac{(204,5 \times 2 + 64 + 64 + 200 + 200) \times 3}{2} = 1405,5m^2$$

$$P_2 = 200 \times 2 + 2 \times 3 \times \sqrt{1 + 1,5^2} = 410,82m$$

$$R_2 = \frac{A_2}{P_2} = \frac{1405,5}{410,82} = 3,42m$$

$$Q_2 = \frac{1}{0,06} \times 1405,5 \times 3,42^{\frac{2}{3}} \times 0,0005^{\frac{1}{2}} = \frac{1189m^3}{s}$$

$$Q_{o\lambda} = Q_1 + Q_2 = \frac{1330,28m^3}{s}$$

β μέθοδος ενιαίου ισοδύναμου συντελεστή Manning

Ενιαίος αγωγός με εκτίμηση ισοδύναμου n

$$n_e = \left[\frac{\sum \left(n_i^{\frac{3}{2}} \times P_i \right)}{P_{o\lambda}} \right]^{\frac{2}{3}}$$

P_i	n_i
410,82	0,06
65,66	0,03

$$0,06^{\frac{3}{2}} \times 410,82 + 0,03^{\frac{3}{2}} \times 65,66 = 6,38$$

$$n_e = \left(\frac{6,38}{476,48} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,056$$

Ισχύει ότι $n_1 < n_e < n_2$

$$Q_{o\lambda} = \frac{1}{n} \times A_{o\lambda} \times R_{o\lambda}^{\frac{2}{3}} \times s_o^{\frac{1}{2}} \Rightarrow$$

$$Q_{ολ} = \frac{1}{0,056} \times 1529,5 \times \left(\frac{1529,5}{476,48} \right)^{\frac{2}{3}} \times 0,0005^{\frac{1}{2}} = \frac{1328,97 m^3}{s}$$

Σχόλιο: Η μέθοδος της σύνθετης διατομής όπως εφαρμόστηκε με κάθετο διαχωρισμό υπερεκτιμά (στην πραγματικότητα στις υγρές διεπιφάνειες υπάρχει διατμητική τάση άρα θα έπρεπε να θεωρηθεί κάποιος συντελεστής τραχύτητας) την παροχή ενώ η μέθοδος του ενιαίου συντελεστή Manning υποεκτιμά την παροχή.

Θέμα 2°

$$Q = \frac{22,5 m^2}{s}$$

$$A = (b + my)y = (4 + 1,5y)y$$

$$P = b + 2y\sqrt{1 + m^2} = 4 + 2y\sqrt{3,25}$$

Για το τμήμα ab:

$$Q_1 = \frac{1}{n} \times A_1 \times R_1^{\frac{2}{3}} \times s_o^{\frac{1}{2}} \Rightarrow$$

$$22,5 = \frac{1}{0,015} \times (4 + 1,5y)y \times \left[\frac{(4 + 1,5y)y}{4 + 2y\sqrt{3,25}} \right]^{\frac{2}{3}} \times 0,0004^{\frac{1}{2}}$$

Για να βρούμε το γ δοκιμάζουμε διάφορες τιμές μέχρι να βρούμε αυτή που αντικαθιστώντας την ισχύει η παραπάνω εξίσωση.

Συνεπώς βγάζουμε $\gamma_{n1}=2,04$

Για το τμήμα bc:

$$22,5 = \frac{1}{0,012} \times (4 + 1,5y)y \times \left[\frac{(4 + 1,5y)y}{4 + 2y\sqrt{3,25}} \right]^{\frac{2}{3}} \times 0,009^{\frac{1}{2}}$$

Βγάζουμε $\gamma_{n2}=0,79$

Για το τμήμα cd:

$$22,5 = \frac{1}{0,015} \times (4 + 1,5y)y \times \left[\frac{(4 + 1,5y)y}{4 + 2y\sqrt{3,25}} \right]^{\frac{2}{3}} \times 0,004^{\frac{1}{2}}$$

Βγάζουμε $\gamma_{n3}=1,1$

Γενικός τύπος Froude

$$F_r = \frac{u}{\sqrt{gy_m}} = \frac{\frac{Q}{A}}{\sqrt{g \frac{A}{B}}} = \frac{Q}{\sqrt{g \frac{A^3}{B}}} = \sqrt{\frac{Q^2 B}{g A^3}}$$

Πρώτα επιλύουμε την **ομοιόμορφη ροή σε κάθε τμήμα** (θεώρηση μεγάλου τμήματος με σταθερή διατομή, και , τραχύτητα) και **στα σημεία αλλαγής διερευνώ τη βαθμιαία μεταβαλλόμενη ροή** (υπάρχουν πίνακες αλλαγής κλίσεων. Η μετάβαση είναι σταδιακή και μπορεί να περιορίζεται ανάντη ή κατόντη η και στα δύο τμήματα.

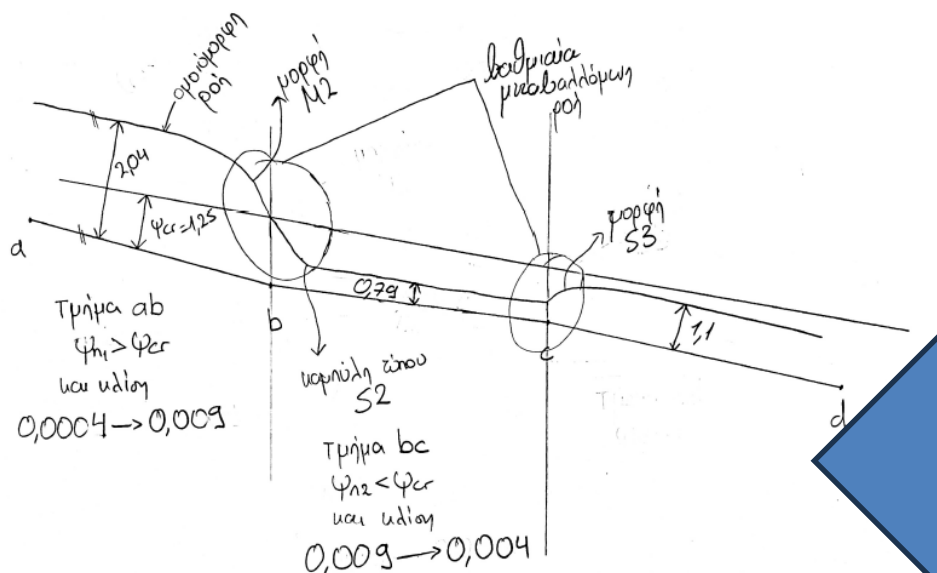
$$B = b + 2my$$

Θέλω κρίσιμο βάθος άρα $F_r=1$

$$\sqrt{\frac{Q^2 B}{g A^3}} = 1 \Rightarrow \sqrt{\frac{22,5^2 (4 + 2 \times 1,5y)}{9,81 (4 + 1,5y) y^3}} = 1$$

Δοκιμάζοντας τιμές βρίσκουμε $\gamma_{cr}=1,25m$

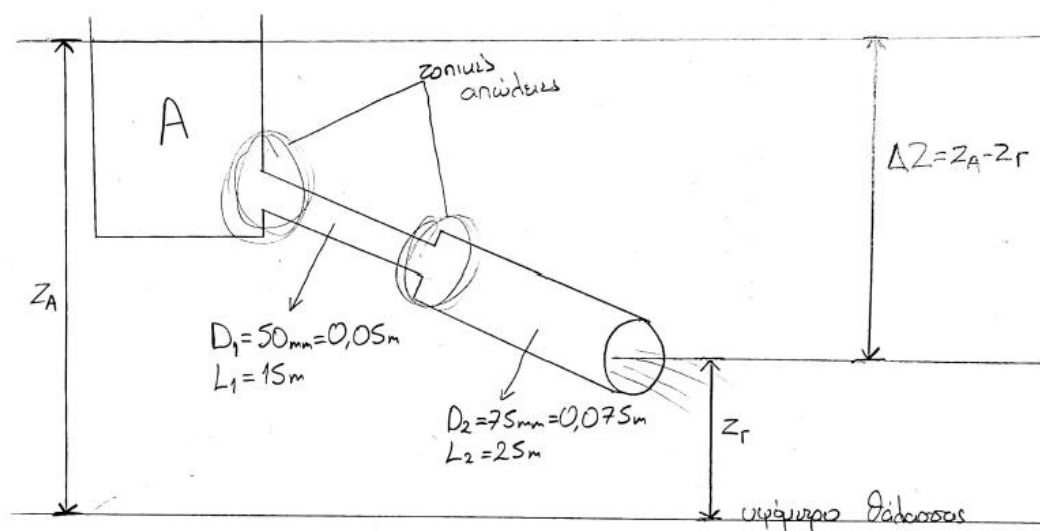
Το y_{cr} στη προκειμένη περίπτωση παραμένει ίδιο γιατί η μορφή διατομής είναι παντού ίδια.



Το βάθος ομοιόμορφης
ροής αλλάζει σε κάθε
τμήμα. Το κρίσιμο
βάθος εξαρτάται από
την παροχή και τα
γεωμετρικά στοιχεία
της διατομής/ εδώ δεν
αλλάζει αφού η
παροχή και η γενική
γεωμετρία της
διώρυγας δεν αλλάζει.

Το κρίσιμο βάθος δεν εξαρτάται από την κλίση ούτε από το συντελεστή Manning

Θέμα 4^ο



είναι το Α' βασικό πρόβλημα της Υδραυλικής κλειστών αγωγών, επίλυση με ΑΔΕ, δε χρειάζονται δοκιμές ξέρω την παροχή.

$$Q = 2,8 \text{ l/s} = 0,0028 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\kappa = 0,026 \text{ mm}$$

$$\nu = 1,3 \times 10^{-6}$$

είναι το Α' βασικό πρόβλημα της Υδραυλικής, επίλυση με ΑΔΕ, δε χρειάζονται δοκιμές ξέρω την παροχή.

$$u_1 = \frac{4 \times Q}{\pi \times D_1^2} = \frac{4 \times 0,0028}{\pi \times 0,05^2} = \frac{1,43 \text{ m}}{\text{s}}$$

(τύπος $u = Q/A$ για κυκλική διατομή)

$$Re = \frac{u_1 \times D_1}{\nu} = \frac{1,43 \times 0,05}{1,3 \times 10^{-6}} = 55000$$

Για να βρούμε τον συντελεστή τριβής f του Moody εφαρμόζω τύπο Swamee & Jain

$$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{5,74}{Re^{0,9}} + \frac{\kappa}{D} \right) \right]^2}$$

Για 1^ο σωλήνα

$$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{5,74}{55000^{0,9}} + \frac{0,026}{\frac{50}{3,7}} \right) \right]^2} = \frac{0,025}{11,2} = 0,02232$$

Για 2^ο σωλήνα

$$R_{ei} = 36346, u_2 = \frac{0,63m}{s}$$

$$F = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{5,74}{36,346^{0,9}} + \frac{0,026}{\frac{25}{3,7}} \right) \right]^2} = 0,0234$$

Γραμμικές απώλειες

$$\sum h_F = F \times \frac{L}{D} \times \frac{u^2}{2g}$$

$$\sum h_{Fολ} = 0,0223 \times \frac{15}{0,05} \times \frac{1,43^2}{2 \times 9,81} + 0,0234 \times \frac{25}{0,075} \times \frac{0,63^2}{2 \times 9,81} = 0,695 + 0,16$$

$$= 0,855m$$

Τοπικές Απώλειες

$$\sum h_{τοπ} = \frac{Ku^2}{2g} = \frac{K_{εισ} \times u_1^2}{2g} + \frac{K_{διδευρ} \times u_1^2}{2g}$$

$$K_{διδευρ} = \left(1 - \frac{D_1^2}{D_2^2} \right)^2 = \left[1 - \left(\frac{50}{75} \right)^2 \right]^2 = 0,308$$

$$\sum h_{τοπ} = 0,5 \frac{1,43^2}{2 \times 9,81} + 0,308 \frac{1,43^2}{2 \times 9,81} = 0,084m$$

ΑΔΕ

$$H_A = H_\Gamma + \sum h_f + \sum h_{τοπ}$$

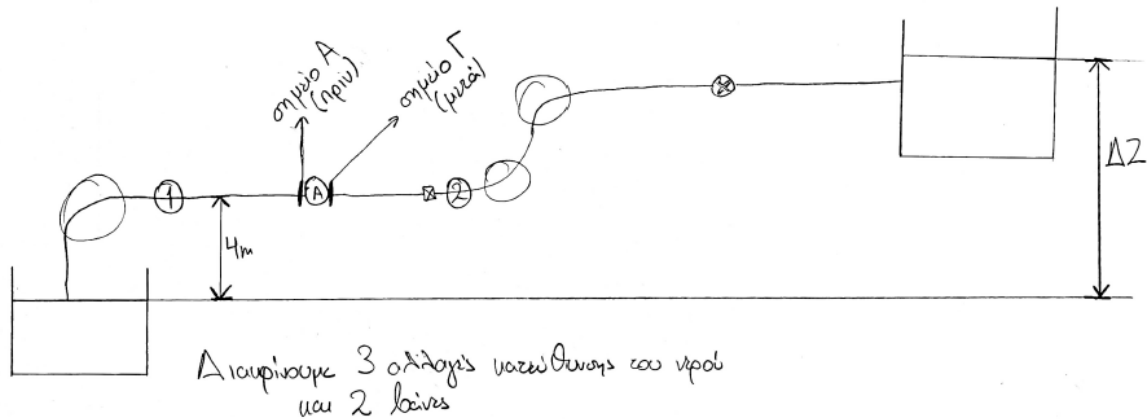
$$z_A + \frac{p_A}{\rho g} + \frac{u_A^2}{2g} = z_\Gamma + \frac{p_\Gamma}{\rho g} + \frac{u_\Gamma^2}{2g} + 0,855 + 0,084 \Rightarrow$$

$$z_A - z_\Gamma = \frac{0,63^2}{2 \times 9,81} + 0,855 + 0,084 \Rightarrow z_A - z_\Gamma = 0,96m$$

Στη δεξαμενή η ταχύτητα είναι αμελητέα όχι όμως και στην ελεύθερη εκροή στο Γ.

Η πίεση και στο Α και στο Γ είναι ατμοσφαιρική άρα εφόσον δουλεύω με σχετικές πιέσεις δεν λαμβάνεται υπόψη. (έτσι και αλλιώς απλοποιούνται

Θέμα 3^ο



1) Αγωγός αναρρόφησης $L_1 = 6,5m$, $D_1 = 400mm$, $k_1 = 1mm$

2) Αγωγός κατάθλιψης $L_2 = 55m$, $D_2 = 400mm$, $k_2 = 1mm$

$K_B = 3$

$K_{αλ.δieu.} = 0,3$

(προσοχή όχι τραχύτητα (με μικρό), συντελεστής τοπικών απωλειών, αδιάστατος — όπου έχω τοπικές απώλειες ενέργειας απλά η ΓΕ πέφτει κατακόρυφα και αντιστοιχούν σε διαταραχές της ροής σε μικρό σχετικό μήκος)

$K_{εις} = \text{αμελητέο}$

$n = 75\%$

$Q = 200 \text{ l/s}$

$\nu = 1,15 \times 10^{-6}$

$t_s = 12 \text{ hrs}$

$K_{εξ} = 1$

$\Delta Z = 35m$

$$u_1 = \frac{4 \times Q}{\pi \times D_i} = \frac{4 \times 0,2}{\pi \times 0,4^2} = \frac{1,59m}{s}$$

$$Re = \frac{u \times D}{\nu} = \frac{1,59 \times 0,4}{1,15 \times 10^{-6}} = 553043$$

$$f = \frac{0,25}{\left[\log \left(\frac{5,74}{553043^{0,9}} + \frac{1}{3,7} \right) \right]^2} = 0,025$$

Γραμμικές Απώλειες

$$h_{f1} = f \times \frac{L}{D} \times \frac{u^2}{2g} = 0,025 \times \frac{6,5}{0,4} \times \frac{1,59^2}{2 \times 9,81} = 0,053m$$

$$h_{f2} = 0,025 \times \frac{55}{0,4} \times \frac{1,59^2}{2 \times 9,81} = 0,44m$$

Τοπικές Απώλειες

Επειδή παροχή, τραχύτητα, και διάμετρος δεν αλλάζουν-> Ο συντελεστής τριβής είναι ίδιος

$$h_{\text{τοπ}} = K_{\varepsilon\xi} \times \frac{V^2}{2g} + 3 \times K_{\alpha\lambda.\delta\iota\epsilon\nu.} \times \frac{V^2}{2g} + 2 \times h_B \times \frac{u^2}{2g} \Rightarrow$$

$$h_{\text{τοπ}} = 1 \times \frac{1,59^2}{2 \times 9,81} + 3 \times 0,3 \times \frac{1,59^2}{2g} + 2 \times 3 \times \frac{1,59^2}{2g} = 1,018m$$

ΑΔΕ (η αντλία δίνει ενέργεια άρα μπαίνει αριστερά στην ΑΔΕ)

$$H_1 + H_{\text{αντλ}} = H_2 + \sum h_f + \sum h_{\text{τοπ}} \Rightarrow$$

$$z_1 + H_{\text{αντλ}} = z_2 + 0,053 + 0,44 + 1,018 \Rightarrow$$

(έχουμε $\Delta Z = z_2 - z_1 = 35$) $H_{\text{αντλ}} = 36,51m$

$$P_{\text{αντ}} = \frac{\rho g Q H_{\text{αντλ}}}{\eta} = \frac{1000 \times 9,81 \times 0,2 \times 36,51}{0,75} = 95510W \text{ ή } 95,51kW$$

Θέλουμε πίεση στον αγωγό **πριν** την αντλία

Πριν

$$H_1 = H_A + \sum h_f + \sum h_{\text{τοπ}}$$

$$z_1 = z_A + \frac{P_A}{\rho g} + \frac{u^2}{2g} + h_{f1} + K_{\alpha\lambda.\delta\iota\epsilon\nu\theta.} \times \frac{u^2}{2g} \Rightarrow$$

$$(z_1 - z_A) - \frac{u^2}{2g} - h_{f1} - K_{\alpha\lambda.\delta\iota\epsilon\nu\theta.} \times \frac{u^2}{2g} = \frac{P_A}{\rho g} \Rightarrow$$

$$\frac{P_A}{\rho g} = -4,22m \text{ Έχω αρνητική πίεση}$$

Μετά την αντλία:

$$H_A + H_{\text{αντλ}} = H_{\Gamma} \Rightarrow z_A + \frac{P_A}{\rho g} + \frac{u^2}{2g} + H_m = z_{\Gamma} + \frac{P_{\Gamma}}{\rho g} + \frac{u^2}{2g} \Rightarrow$$

$$\frac{P_{\Gamma}}{\rho g} = \frac{P_A}{\rho g} + H_{\text{αντλ}} = -4,22 + 36,51 \Rightarrow \frac{P_{\Gamma}}{\rho g} = 32,29m$$

Ενέργεια που καταναλώνουμε

$$E = P_{\text{αντλ}} \times t_s (\text{ώρες}) = 95,51 \times 12 = 1146,12kW \text{ ανά ημέρα}$$

Απλά όπου υπάρχει αντλία προστίθεται το ύψος αντλίας ανάντη και προσδιορίζεται από την ΑΔΕ

Συνοψισμα
ενφραμα

ΓΕ

Η
αντλία

καμία

Θέμα 4^ο

**ΠΡΙΝ ΤΗΝ
ΑΝΤΛΙΑ:**
έλεγχος
Σπηλαίωσης
(προσοχή στις
χαμηλές
πιέσεις)

Αν ο σωλήνας ήταν
κατακόρυφος στην
ΑΔΕ απλά η ΓΕ θα
έπεφτε
κατακόρυφα όσο οι
γραμμικές
απώλειες (+τοπικές
απώλειες στην
αρχή και στο πέρας
του κατακόρυφου
αγωγού)

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΜΑΘΗΜΑ: Υδραυλική

ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΕΣ: Αν. Καθηγητής Μ. Σπηλιώτης

Ακ. Έτος 2022-23: εξετάσεις Σεπτεμβρίου 2023 Διάρκεια συνολικής εξέτασης: ώρες 3:00

Μέγιστο σύνολο: 10

Θέμα 1 [2/10]

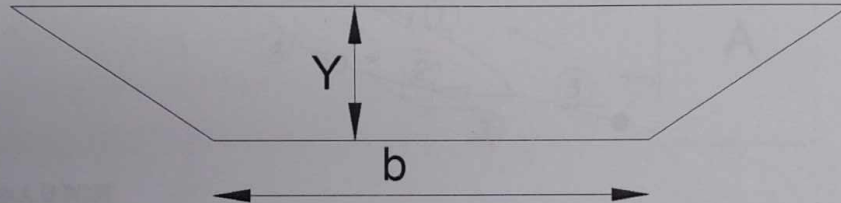
Δίνεται αγωγός τραπεζοειδούς διατομής με τα εξής χαρακτηριστικά :

Δίνεται

- παροχή $Q = 33 \text{ m}^3/\text{sec}$
- κλίσης πρανών $m = 1.5$
- πλάτος αγωγού $b = 6.5 \text{ m}$
- κλίση πυθμένα $S_o = 0.0006$
- συντελεστής Manning $n = 0.015$
(επένδυση από σκυρόδεμα)

Ζητείται

- α) το ομοιόμορφο βάθος ροής y_n
- β) το κρίσιμο βάθος ροής y_c
- γ) ο αριθμός Froude, το είδος της ροής
- δ) η κρίσιμη κλίση S_c

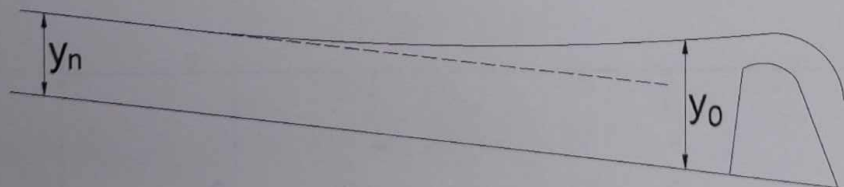


Θέμα 2 [2.5 /10]

Σε αγωγό ορθογωνικής διατομής από σκυρόδεμα το νερό συναντάει εμπόδιο, όπως φαίνεται στο σχήμα. Το βάθος του νερού ανάντη του εμποδίου είναι $y_o = 4.50 \text{ m}$. Ο αγωγός έχει παροχή $Q = 125 \text{ m}^3/\text{sec}$, κλίση $S_o = 0.00085$ και πλάτος $b = 12 \text{ m}$. Δίνεται επίσης $n = 0.014 \text{ s/m}^{1/3}$.

Ζητούνται

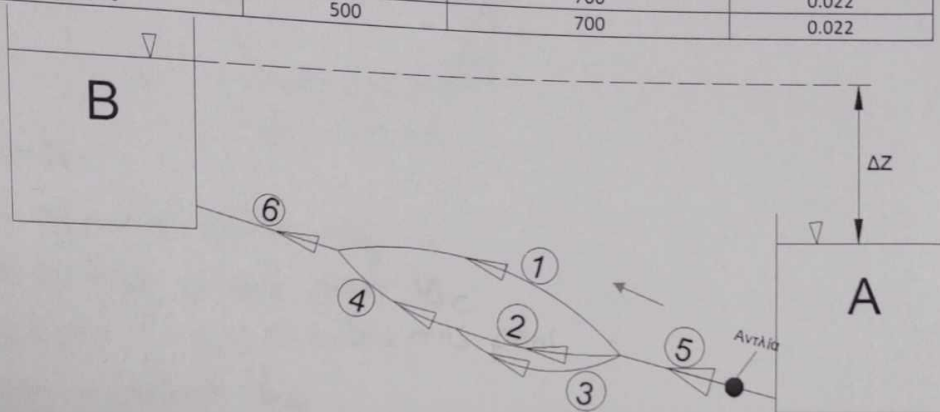
- A) να γίνει διερεύνηση του είδους της ροής ανάντη του εμποδίου
- B) σε πόση απόσταση από το εμπόδιο το βάθος ροής ισούται με το κανονικό βάθος ροής



Θέμα 3 [2.5/10]

Να υπολογιστεί α) η παροχή μεταξύ των δυο δεξαμενών και β) η παροχή Q_4 του σωλήνα 4 του παρακάτω σχήματος αν το ύψος αντλίας που στέλνει νερό από τη δεξαμενή Α στη δεξαμενή Β είναι $H_{αντλ} = 31$ m. Η υψομετρική διαφορά των δυο σταθμών των δεξαμενών είναι $\Delta z = 20$ m. Στο παρακάτω Πίνακα δίνονται τα χαρακτηριστικά των αγωγών του συστήματος. Να μην ληφθούν υπ' όψιν οι τοπικές απώλειες.

A/A	Μήκη (m)	Διάμετροι (mm)	Συντελ. Τριβής f
1	2700		
2	1600	600	0.023
3	2100	400	0.025
4	1200	400	0.025
5	500	400	0.022
6	500	700	0.022



Θέμα 4 [3.0/10]

Νερό δεξαμενής ρέει ελεύθερα από τη θέση Γ μέσω του παρακάτω συστήματος αγωγών όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Στη θέση Υ υπάρχει υδροστροφίλος που προσδίδει ισχύς $P_{υδρ} = 47$ KW και απόδοσης $\eta = 90\%$. Η υψομετρική διαφορά της στάθμης της δεξαμενής από τη θέση Γ είναι $\Delta z = 90$ m. Ο συντελεστής τοπικών απωλειών κατά την είσοδο του νερού στον αγωγό (1) είναι $K = 0.05$. Οι αγωγοί (1) και (2) έχουν τα εξής χαρακτηριστικά

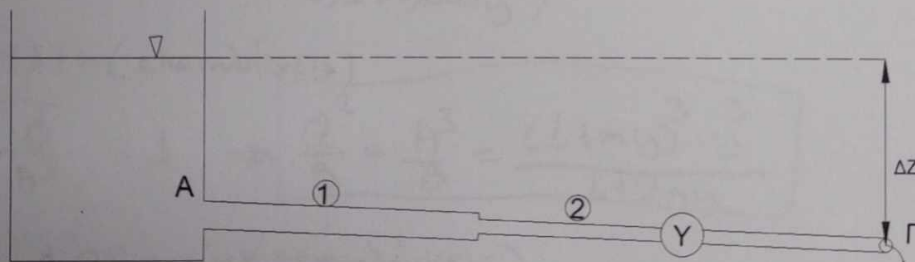
$L_1 = 92$ m, $D_1 = 0.4$ m, $k_1 = 0.8$ mm και $L_2 = 92$ m, $D_2 = 0.3$ m, $k_2 = 0.9$ mm

Να μην ληφθούν υπόψη οι τοπικές απώλειες στον υδροστροφίλο. Όλες οι άλλες να ληφθούν.

Ζητούνται :

Α) Η παροχή του αγωγού (1), Β) Σκαρίφημα Γ.Ε και Π.Γ

Γ) Με ποια αλλαγή στον αγωγό (2) μπορούμε να αυξήσουμε την ενέργεια που λαμβάνουμε;



ΛΥΣΕΙΣ

Θέμα 1

$$A = (C_b + m\gamma) * \gamma = (6.5 + 1.5) * \gamma$$

$$P = b + 2\gamma\sqrt{1 + m^2} = 6.5 + 2\gamma\sqrt{1 + 1.5^2} = 6.5 + 3.605\gamma$$

$$Q = \frac{1}{n} A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$33 = \frac{1}{0.015} (6.5 + 1.5) * y * \left(\frac{(6.5 + 1.5y) * y}{6.5 + 3.605y} \right)^{\frac{2}{3}} * 0.0006^{\frac{1}{2}} \rightarrow yn$$

$$= 1.837 \text{ με επαναλήψεις}$$

$$Fr = \sqrt{\frac{Q^2 B}{g * A^3}} = 1 \rightarrow \frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{B} = \frac{(b + my)^3 * y^3}{b + 2my} \rightarrow yc$$

$$= 1.25m \text{ με επαναλήψεις}$$

$Yn > Yc$ ροή υποκρίσιμη

Για $Yn=1.837$

$$A = (6.5 + 1.5 * 1.837) * 1.837 = 17m^2$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{33}{17} = 1.94m/s$$

$$B = 6.5 + 2 * 1.5 * 1.837 = 12.01m$$

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \frac{A}{B}}} = 0.52 < 1$$

$$Ac = (b + m * yc) yc = (6.5 + 1.5 * 1.25) * 1.25 = 10.4687m^2$$

$$Pc = 6.5 + 3.605 * 1.25 = 11m$$

$$Q = \frac{1}{n} A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$33 = \frac{1}{0.015} 10.46875 * \left(\frac{10.46875}{11} \right)^{\frac{2}{3}} * Sc^{\frac{1}{2}} \rightarrow Sc = 0.0024$$

Θέμα 2

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{\left(\frac{125}{12}\right)^2}{9.81}} = 2.23m$$

$$Q = \frac{1}{n} A * R^{\frac{2}{3}} * S^{\frac{1}{2}}$$

$$125 = \frac{1}{0.014} 12yn * \left(\frac{12yn}{12 + 2yn}\right)^{\frac{2}{3}} * 0.00085^{\frac{1}{2}}$$

με επαναλήψεις $y_n \leq 3.1m$

Ισχύει $y_n > y_c$ Ηπια κλίση καμπύλη τύπου Μ

Ισχύει $y = y_o > y_n > y_c \rightarrow$ καμπύλη Μ1 υπερύψωση

Επειδή $y > y_c$ Υποκρίσιμη ροή, η επίλυση θα γίνει από κατάντη προς ανάντη.

	y (m)	A (m ²)	P (m)	V (m/s)	R (m)	E (m)	v_m	R_m
1	4.5	54	21	2.31	2.57	4.772	2.835	2.305
2	3.1	37.2	18.2	3.36	2.04	3.675		

$$Sf = \left(\frac{nV_m}{R_m^{2/3}}\right)^2 = \left(\frac{0.0014 * 2.835}{2.305^{\frac{2}{3}}}\right)^2 = 0.000517$$

$$L = \frac{E_{αν} - E_{κατ}}{Sf - S_o} = \frac{3.675 - 4.772}{-0.000333} = 3294m$$

Θέμα 3

$$R_1 = \frac{8f_1 * l_1}{g\pi^2 D_1^5} = \frac{8 * 0.023 * 2700}{9.81 * 3.14^2 * 0.6^5} = 66.05$$

$$R_2 = \frac{8f_2 * l_2}{g\pi^2 D_2^5} = \frac{8 * 0.025 * 1600}{9.81 * 3.14^2 * 0.4^5} = 323.09$$

$$R_3 = \frac{8f_3 * l_3}{g\pi^2 D_3^5} = \frac{8 * 0.025 * 2100}{9.81 * 3.14^2 * 0.4^5} = 424.05$$

$$R_4 = \frac{8f_4 * l_4}{g\pi^2 D_4^5} = \frac{8 * 0.022 * 1200}{9.81 * 3.14^2 * 0.4^5} = 213.24$$

$$R_5 = \frac{8f_5 * l_5}{g\pi^2 D_5^5} = \frac{8 * 0.022 * 500}{9.81 * 3.14^2 * 0.7^5} = 5.41$$

$$R_6 = \frac{8f_6 * l_6}{g\pi^2 D_6^5} = \frac{8 * 0.022 * 500}{9.81 * 3.14^2 * 0.7^5} = 5.41$$

$$(2)-(3) \text{ παράλληλοι } \rightarrow \frac{1}{\sqrt{R_{23}}} = \frac{1}{\sqrt{R_2}} + \frac{1}{\sqrt{R_3}} \rightarrow R_{23} = 92.11$$

$$(23)-(4) \text{ σε σειρά } R_{234} = R_{23} + R_4 = 305.35$$

$$(234)-(1) \text{ παράλληλοι } \rightarrow \frac{1}{\sqrt{R_{1234}}} = \frac{1}{\sqrt{R_1}} + \frac{1}{\sqrt{R_{234}}} \rightarrow R_{1234} = 30.77$$

$$R_{o\lambda} = R_6 + R_{1234} + R_5 = 41.6$$

Κάνω ΑΔΕ από δεξαμενή Α → Β

$$H_A + H_{\text{Αντλίας}} = \Sigma hf + H_B$$

$$Z_A + H_{\text{Αντλίας}} = R_{o\lambda} * Q^2 + Z_B$$

$$(Z_A + Z_B) + H_{\text{Αντλίας}} = R_{o\lambda} * Q^2 \rightarrow -\Delta Z + H_{\text{Αντλίας}} = R_{o\lambda} * Q^2$$

$$Q = \sqrt{\frac{-\Delta Z + H_{\text{Αντλίας}}}{R_{o\lambda}}} = \sqrt{\frac{-20 + 31}{41.6}} = 0.51 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ισχύει

$$h_{F1234} = h_{F1}$$

$$R_{1234} * Q_{o\lambda}^2 = R_1 Q_1^2$$

$$30.77 * 0.51^2 = 66.05 * Q_1^2$$

$$Q_1 = 0.35 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Όμως } Q_1 + Q_4 = Q_{o\lambda} \rightarrow Q_u = 0.51 - 0.35 = \frac{0.16 \text{ m}^3}{\text{s}}$$

Θέμα 4

$$P_{υδρ} = \gamma * Q_{ολ} * H_{υδρ} * \eta$$

$$47000 = 1000 * 9.81 * Q * H_{υδρ} * 0.9$$

$$H_{υδρ} = \frac{5.32}{Q}$$

$$\text{Ισχύει } \frac{D_2}{D_1} = \frac{0.3}{0.5} = 0.6 \rightarrow K_1 = 0.7 * \left(1 - \frac{D_2}{D_1}\right) = 0.28$$

$$\text{Ισχύει } \Sigma h_{\text{τοπικων}} = K_{ελσ} * \frac{U_1^2}{2g} + K_1 * \frac{U_2^2}{2g} = 0.05 * \frac{U_1^2}{2g} + 0.28 * \frac{U_2^2}{2g}$$

$$A \Delta E \ A \rightarrow \Gamma$$

$$H_A = H_{\Gamma} + H_{υδρ} + \Sigma h_f + \Sigma h_{\text{τοπικων}}$$

$$Z_A = Z_{\Gamma} + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{U_2^2}{2g} + \frac{5.32}{Q} + f_1 * \frac{L_1}{D_1} * \frac{U_1^2}{2g} + f_2 * \frac{L_2}{D_2} * \frac{U_2^2}{2g} + 0.05 * \frac{U_1^2}{2g} + 0.28 * \frac{U_2^2}{2g}$$

$$\Delta Z = \frac{5.32}{Q} + f_1 * \frac{92}{0.5} * \frac{U_1^2}{2g} + f_2 * \frac{92}{0.3} * \frac{U_2^2}{2g} + 0.05 * \frac{U_1^2}{2g} + 1.28 * \frac{U_2^2}{2g} \quad (1)$$

Για διάφορες Q βρίσκω

V_1, V_2, f_1, f_2 και βλέπω αν επαληθεύεται η (1)

$$\text{Για } Q = 0.0594 \text{ m}^3/\text{s} = 59.4 \text{ lt/s}$$

$$V_1 = 0.47 \text{ m/s}, V_2 = 0.839 \text{ m/s}$$

$$f_1 = 0.025, f_2 = 0.027$$

B) Αύξηση διαμέτρου του αγωγού (2).

Μηελλος

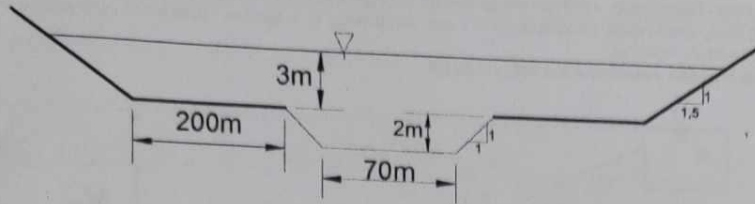
ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΜΑΘΗΜΑ: Υδραυλική
ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΕΣ: Επ. Καθηγητής Μ. Σπηλιώτης
Ακ. Έτος 2021-22 : εξετάσεις Σεπτεμβρίου

Διάρκεια συνολικής εξέτασης: ώρες 3:00

Μέγιστο σύνολο: 10

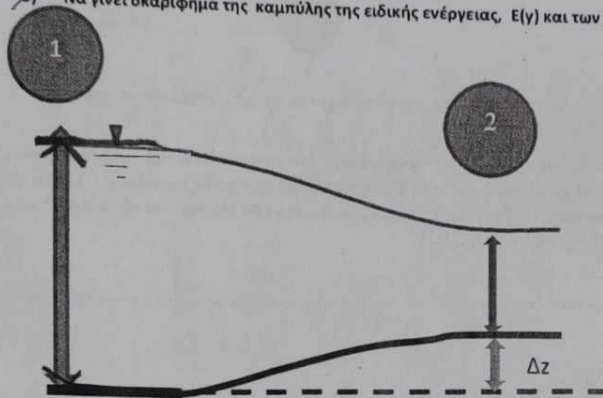
Θέμα 1 [3]

Να υπολογιστεί η παροχή που διοχετεύεται από τη παρακάτω σύνθετη συμμετρική διατομή του ποταμού Έβρου. Δίνονται : κλίσεις πρανών: κύριας κοίτης $m_{\text{κυρ}} = 1$, πλημμυρικής κοίτης $m_{\text{πλημ}} = 1.5$. Να προσδιορίσετε ο συντελεστής διόρθωσης κινητικής ενέργειας. Κλίση πυθμένα $S_0 = 0,0004$. Συντελεστής Manning: κύριας κοίτης $n = 0,03 \text{ s/m}^{1/3}$, πλημμυρικής κοίτης $n = 0,06 \text{ s/m}^{1/3}$.



Θέμα 2 [2]

Σε ορθογωνική διατομή παρεμβάλλεται εμπόδιο ύψους 0.1m. Ανάντη στο εμπόδιο το βάθος ροής είναι 1.1 m και η ταχύτητα ροής 1.5 m/s. Να προσδιορισθεί:
1) ο αριθμός Froude στη θέση (1)
2) το βάθος ροής στη θέση (2) πάνω από το εμπόδιο
3) Να γίνει σκαρίφημα της καμπύλης της ειδικής ενέργειας, $E(y)$ και των θέσεων της ροής



Θέμα 3 [3]

Δίνεται η διάταξη του παρακάτω σχήματος, με μια αντλία στη θέση Α, και με τα εξής δεδομένα
α) η παροχή που εκρέει από τη δεξαμενή Δ είναι $Q = 140 \text{ l/sec}$

β) τα ύψη της ελεύθερης επιφάνειας στις δεξαμενές είναι $z_d = 18 \text{ m}$ και $z_r = 70 \text{ m}$, $z_A = 12 \text{ m}$

β) $L_{dA} = 500 \text{ m}$, $L_{AB} = 4000 \text{ m}$, $L_{(1)} = 2800 \text{ m}$, $L_{(2)} = 3000 \text{ m}$

γ) $D_{dA} = 0.35 \text{ m}$, $D_{AB} = 0.35 \text{ m}$, $D_{(1)} = 0.25 \text{ m}$, $D_{(2)} = 0.20 \text{ m}$

δ) $f_{dA} = 0.018$, $f_{AB} = 0.018$, $f_{(1)} = 0.02$, $f_{(2)} = 0.019$

ε) να θεωρηθεί απόδοση της αντλίας $\eta = 70\%$.

Ζητούνται :

α) οι παροχές στον αγωγό (1) και (2)

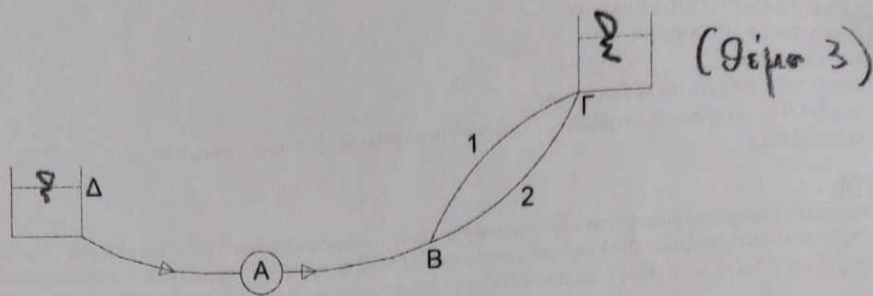
β) το ύψος αντλίας $H_{\text{αντ}}$

γ) η ισχύς P της αντλίας

δ) να χαραχθεί ποιοτικά η Γ.Ε. από τη δεξαμενή Δ στη δεξαμενή Γ

ε) το ύψος πίεσης πριν την αντλία

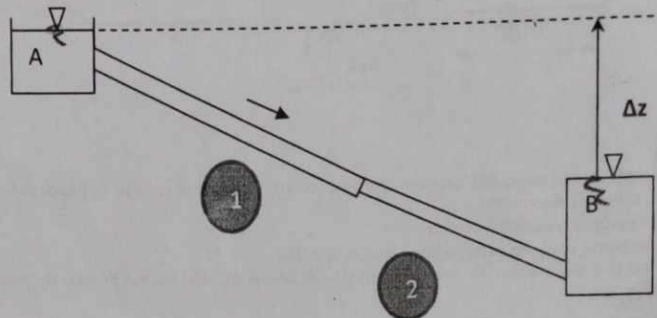
στ) Σε αντλίες πιο είναι το επίμαχο σημείο που γίνεται έλεγχος σπηλαίωσης και γιατί



Θέμα 4 [2]

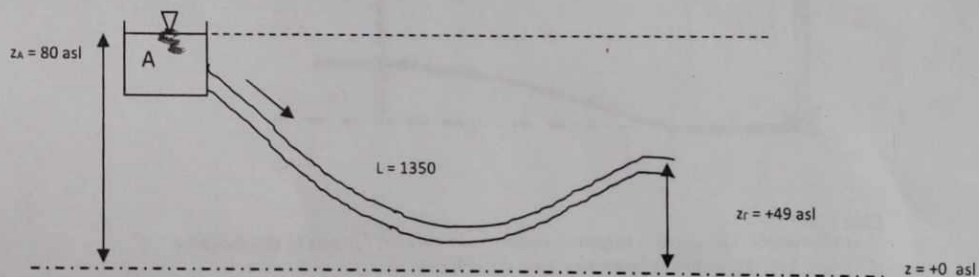
Σύστημα αγωγών σε σειρά μεταξύ δύο δεξαμενών έχει την παρακάτω διάταξη. Αγωγός μήκους $L_1 = 4200 \text{ m}$, από χαλυβσοωλήνα (εσωτερικής) διαμέτρου $D_1 = 300 \text{ mm}$ και ισοδύναμης τραχύτητας $k_1 = 1 \text{ mm}$ συνδεδεμένος σε σειρά με παλιό χαλυβσοωλήνα $D_2 = 250 \text{ mm}$, ισοδύναμης τραχύτητας $k_2 = 2 \text{ mm}$ και μήκους $L_2 = 3100 \text{ m}$, μεταφέρει νερό μεταξύ δύο δεξαμενών με παροχή $Q = 43 \text{ l/s}$. Ζητείται:

- I. Η υψομετρική διαφορά μεταξύ των δύο δεξαμενών (1)



Σχ.4. Εκφώνηση σχήματος 4, Σύστημα σωληνώσεων σε σειρά μεταξύ δύο δεξαμενών

- II. Στο περισσότερο ρεαλιστικό επόμενο σχήμα 5, που αναπαριστά ένα τμήμα του δικτύου (να θεωρηθεί η ίδια παροχή με το αρχικό πρόβλημα) να προσδιοριστεί το ύψος πίεσης αν το σημείο Γ απέχει $L = 1350 \text{ m}$ από τη δεξαμενή Α? Η στάθμη της ελεύθερης επιφάνειας της δεξαμενής Α είναι $+80 \text{ asl}$, ενώ στο εξεταζόμενο σημείο ο άξονας του αγωγού είναι τοποθετημένος $+49 \text{ asl}$. (1.)



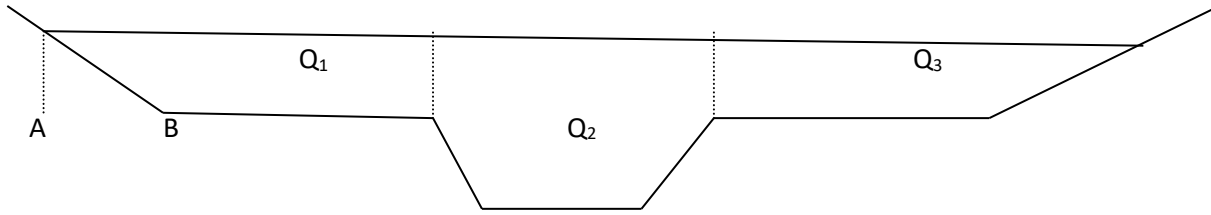
Σχ.5. ~~Εκφώνηση σχήματος 5~~ ρεαλιστικότερη απεικόνιση, υπολογισμός του ύψους πίεσης στο Γ

- III. Αν ο μηχανικός έκανε λάθος στη μελέτη και στην πραγματικότητα, στον ορίζοντα σχεδιασμού προέκυπτε παροχή αιχμής $0.15 \text{ m}^3/\text{s}$ ποια η συνέπεια για το εξωτερικό υδραγωγείο? (0.5)

Δίνονται:

- Ο υπολογισμός του συντελεστή τριβής f να πραγματοποιηθεί με όποια προσεγγιστική εξίσωση θεωρείται για τυρβώδη ροή
- Κινηματική συνεκτικότητα του νερού: $\nu = 1,2 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Θέμα 1



$$AB = 3 \cdot 1.5 = 4.5$$

$$A_1 = \frac{200 + 204.5}{2} \cdot 3 = 606.75 m^2$$

$$P_1 = 200 + \sqrt{4.5^2 + 3^2} = 205.41 m$$

$$Q_1 = \frac{1}{n_{\pi\lambda\eta\mu}} A_1 \cdot \left(\frac{A_1}{P_1} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot S_o^{\frac{1}{2}} = 416.37 m^3/s$$

$$u_1 = \frac{Q_1}{A_1} = \frac{416.37}{606.75} = 0.686 m/s$$

$$A_2 = \frac{70 + 74}{2} \cdot 2 + 74 \cdot 3 = 366 m^2$$

$$P_2 = 70 + 2\sqrt{2^2 + 2^2} = 75.66 m$$

$$R_2 = \frac{A_2}{P_2} = \frac{366}{75.66} = 4.837 m$$

$$Q = \frac{1}{n_{\kappa\nu\rho}} A_2 \cdot R_2^{\frac{2}{3}} \cdot S_o^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0.03} \cdot 366 \cdot \left(\frac{366}{75.66} \right)^{\frac{2}{3}} \cdot 0.0004^{0.5} = 697.91 m^3/s$$

$$u_2 = \frac{Q_2}{A_2} = \frac{697.91}{366} = 1.907 m/s$$

Επειδή είναι συμμετρική $Q_3 = Q_1$ και $u_3 = u_1$

$$Q_{ol} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 2 \cdot 416.37 + 697.91 = 1530.65 m^3/s$$

$$U_{\mu\epsilon\sigma} = \frac{Q_{ol}}{A_{ol}} = \frac{1530.65}{1579.5} = 0.96$$

Συντελεστής διόρθωσης κινητικής ενέργειας.

$$a = \frac{0.686^3 * 606.75 + 1.907^3 * 366 + 0.686^3 * 606.75}{0.969^3 * 1579.5} = 2.038$$

Θέμα 2

$$Fr = \frac{U_1}{\sqrt{gy_1}} = \frac{1.5}{\sqrt{9.81 * 1.1}} 0.455 < 1 \text{ υποκρίσιμη ροή}$$

Αρχή διατήρησης μάζας

$$Q_1 = Q_2 \rightarrow b_1 * y_1 * V_1 = b_2 * y_2 * V_2 \rightarrow V_2 = \frac{V_1 * y_1}{y_2}$$

Αρχή Διατήρησης της Ενέργειας με αμελητέες απώλειες ενέργειας

$$Z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + y_1 = Z_2 + y_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\frac{V_1^2}{2g} + y_1 + (Z_1 - Z_2) = \frac{\left(\frac{V_1 * y_1}{y_2}\right)^2}{2g} + y_2$$

$$\frac{1.5^2}{2 * 9.81} + 1.1 - 0.1 = \frac{\left(1.5 * \frac{1.1}{y_2}\right)^2}{2 * 9.81} + y_2$$

$$0.1147 + 1 = \frac{\frac{1.65^2}{y_2^2}}{19.62} + y_2$$

$$y_2^3 - 1.1147y_2^2 + 0.139 = 0$$

$y_2 = -0.32$ απορρίπτεται

$$y_2 = 0.45$$

$$y_2 = 0.97$$

Για $y_2 = 0.45$

$$Fr_2 = \frac{U_2}{\sqrt{gy_2}} = \frac{\frac{1.25 * 1.1}{0.45}}{\sqrt{9.81 * 0.45}} = 1.745 > 1 \text{ υπερκρίσιμη}$$

Για $y_2 = 0.97$

$$Fr_2 = \frac{U_2}{\sqrt{gy_2}} = \frac{\frac{1.5 * 1.1}{0.97}}{\sqrt{9.81 * 0.97}} = 0.55 < 1 \text{ υποκρίσιμη}$$

Επιλέγω αυτή την λύση, η ροή θα παραμείνει υποκρίσιμη με $h_2 > h_c$

$$q = \frac{Q}{b} = \frac{V_1 * b * y_1}{b} = 1.5 * 1.1 = 1.65 \text{ m}^2/\text{s}$$

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{1.65^2}{9.81}} = 0.65$$

$$E(y) = y + \frac{V^2}{2g} = y + \frac{\left(\frac{q}{y}\right)^2}{2g} = y + 0.139/y^2$$

$$\text{Επίη για ορθογωνική διατομή } = 3/2 \quad Y_c = \frac{3}{2} * 0.65 = 0.975$$

$$E_1 = y_1 + 0.139/y_1^2 = 1.215 \text{ m}$$

$$E_2 = E_1 - \Delta Z = 1.215 - 0.1 = 1.115$$

Θέμα 3

αγωγοί (1) και (2) παράλληλοι

$$h_{f1} = h_{f2} \rightarrow \frac{8f_1 * l_1}{g\pi^2 D_1^5} * Q_1^2 = \frac{8f_2 * l_2}{g\pi^2 D_2^5} * Q_2^2$$

$$\frac{0.02 * 2800}{0.25^5} * Q_1^2 = \frac{0.019 * 3000}{0.2^5} * Q_2^2$$

$$\text{Και } Q_1 + Q_2 = 140.$$

Από το παραπάνω σύστημα προκύπτει

$$Q_1 = 89.31 \text{ lt/s}$$

$$Q_2 = 50.69 \text{ lt/s}$$

$$h_{f\Delta A} = \frac{8 * 0.018 * 500}{9.81 * 3.14^2 * 0.35^5} * 0.14^2 = 2.78 \text{ m}$$

$$h_{fAB} = \frac{8 * 0.018 * 4000}{9.81 * 3.14^2 * 0.35^5} * 0.14^2 = 22.22m$$

$$h_{fBG} = \frac{8 * 0.020 * 2800}{9.81 * 3.14^2 * 0.25^5} * 0.08931^2 = 37.83m$$

ΑΔΕ από Δ στο Γ (Τοπικές απώλειες θεωρούνται αμελητέες)

$$H_A + H_{\text{αντλίας}} = \Sigma h_f + H_\Gamma$$

$$Z_A + H_{\text{αντλίας}} = Z_\Gamma + h_{f\Delta A} + h_{fAB} + h_{fBG}$$

$$H_{\text{αντλίας}} = 52 + 2.78 + 21.67 + 37.83 = 114.28m$$

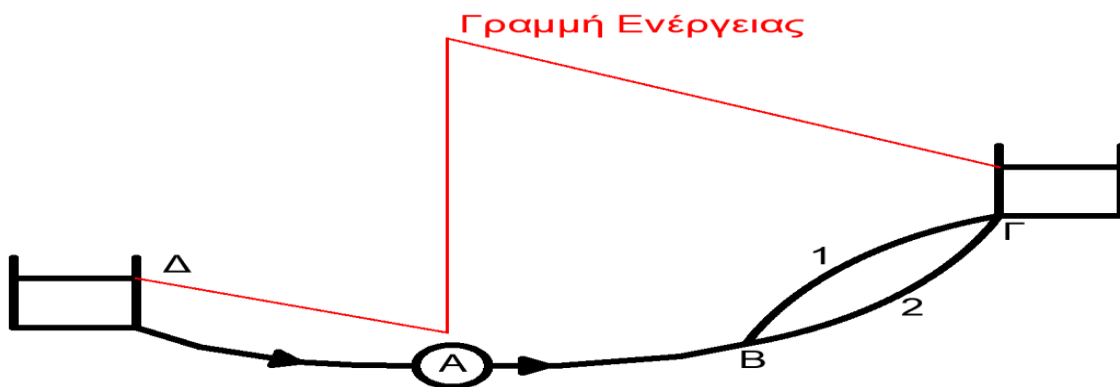
$$P = \frac{\rho g Q * H_{\text{αντλ}}}{\eta} = \frac{1000 * 9.81 * 0.14 * 114.28}{0.7} = 224217.36 \text{ Watt}$$

Εύρεση πίεσης πριν από την αντλία

Κάνω ΑΔΕ από Δ στο Α (Τοπικές απώλειες θεωρούνται αμελητέες)

$$z_\Delta = z_A + \frac{p_A}{\gamma} + \frac{U_A^2}{2 * g} + h_{f\Delta A} \text{ με } u_A = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} = \frac{4 * 0.14}{3.14 * 0.35^2} = 1.455 \text{ m/s}$$

$$\frac{p_A}{\gamma} = 18 - 12 - \frac{1.455^2}{2 * 9.81} - 2.78 = 3.11m$$



Θέμα 4

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{250}{300} = 0.83 > 0.55$$

$$K_{\sigma\tau\varepsilon\nu} = 0.7 * \left(1 - \frac{D_2}{D_1}\right) = 0.117$$

$$V_1 = \frac{4Q}{\pi D_1^2} \frac{4 * 0.043}{\pi * 0.3^2} = 0.609 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{4Q}{\pi D_2^2} \frac{4 * 0.043}{\pi * 0.25^2} = 0.876 \text{ m/s}$$

$$Re1 = \frac{V_1 * D_1}{\nu} = \frac{0.609 * 0.3}{1.2 * 10^{-6}} = 152.250$$

$$F_1 = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{5.74}{152.250^{0.9}} + \frac{1/300}{3.7}\right)\right)^2} = 0.028$$

$$Re2 = \frac{V_2 * D_2}{\nu} = \frac{0.876 * 0.25}{1.2 * 10^{-6}} = 182.500$$

$$F_1 = \frac{0.25}{\left(\log\left(\frac{5.74}{182.500^{0.9}} + \frac{2/250}{3.7}\right)\right)^2} = 0.0357$$

ΑΔΕ Α→Β

$$H_A = H_B + \Sigma h_{\tau o \pi} + \Sigma h_{f2}$$

$$Z_A = Z_B + K_{\varepsilon l \sigma} * \frac{U_1^2}{2g} + K_{\varepsilon \xi} * \frac{U_2^2}{2g} + K_{\sigma\tau\varepsilon\nu} * \frac{U_2^2}{2g} + h_{f1} + h_{f2}$$

$$Z_A - Z_B = \Delta H = 0.5 * \frac{0.609^2}{2 * 9.81} + 1 * \frac{0.876^2}{2 * 9.81} + 0.117 * \frac{0.876^2}{2 * 9.81}$$

$$+ f_1 * \frac{L_1}{D_1} * \frac{U_1^2}{2g} + f_2 * \frac{L_2}{D_2} * \frac{U_2^2}{2g} = 24.77 \text{ m}$$

ΑΔΕ από Α στο Γ

$$H_A = H_\Gamma + \Sigma h_{\tau o \pi} + \Sigma h_f$$

$$Z_A = Z_\Gamma + \frac{P_\Gamma}{pg} + \frac{U_F^2}{2g} + f_1 * \frac{L_{A\Gamma}}{D} * \frac{U^2}{2g} + K_{\epsilon l \sigma} * \frac{U^2}{2g}$$

$$80 = 49 + \frac{P_\Gamma}{pg} + \frac{0.609^2}{2 * 9.81} + 0.028 * \frac{1350}{0.3} * \frac{0.609^2}{2 * 9.81} + 0.5 * \frac{0.609^2}{2 * 9.81}$$

$$31 = \frac{P_\Gamma}{pg} + 0.0189 + 2.38 + 0.00945$$

$$\frac{P_\Gamma}{pg} = 28.59m$$

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΜΑΘΗΜΑ: Υδραυλική
ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΕΣ: Αν. Καθ. Μ.Γ. Σπηλιώτης
Ακ. Έτος 2022-23 : Μάιος, πτυχιακή
Μέγιστο σύνολο: 10

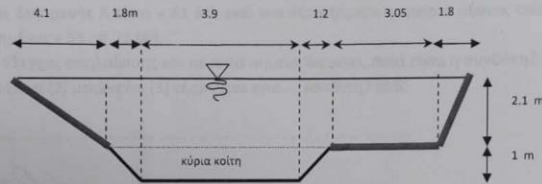
Διάρκεια συνολικής εξέτασης: ώρες 3:00

ΟΝΟΜΑ:

ΑΜ:

Θέμα 1 [4/10]

Να γίνει εκτίμηση της παροχής ομοιόμορφης ροής ενός αγωγού σύνθετης τραπεζοειδούς διατομής όταν ο συντελεστής κατά Manning είναι $n_1=0.027 \text{ s/m}^{1/3}$ για την κύρια κοίτη και $n_2=0.070 \text{ s/m}^{1/3}$ για την κοίτη πλημμυρών. Δίνεται κλίση πυθμένα $S_0 = 0.0008$ (οι διαστάσεις του σχήματος σε μέτρα). Πρόκειται για μία αδιαφιλονική εκτίμηση για την παροχή; Να προσδιοριστεί ο συντελεστής διόρθωσης κινητικής ενέργειας, α για τη διατομή.



Θέμα 2 [1/10]

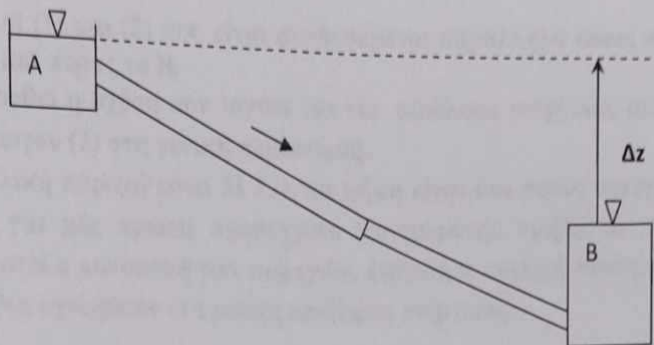
Αγωγός ($n = 0.015 \text{ s/m}^{1/3}$) μεταφέρει παροχή $Q = 19.50 \text{ m}^3/\text{s}$. Να διαστασιολογηθεί η διατομή του συμμετρικού τραπεζοειδούς αγωγού ως υδραυλικά βέλτιστη (βάθος ροής, πλάτος πυθμένα b , κλίση πρανών), όταν η κατά μήκος κλίση του είναι $S_0 = 0.0011$. Είναι συμφέρουσα η κατασκευή υδραυλικά βέλτιστης διατομής σε συνήθεις περιπτώσεις; Στον αγωγό, η ροή είναι κρίσιμη, υποκρίσιμη ή υπερεκρίσιμη;

Θέμα 3 [4/10]

Σύστημα αγωγών σε σειρά μεταξύ δύο δεξαμενών έχει την παρακάτω διάταξη. Αγωγός μήκους $L_1 = 4300 \text{ m}$, από χαλυβοσωλήνα (εσωτερικής) διαμέτρου $D_1 = 250 \text{ mm}$ και ισοδύναμης τραχύτητας $k_1 = 1 \text{ mm}$ συνδεδεμένος σε σειρά με παλιό χαλυβοσωλήνα $D_2 = 200 \text{ mm}$, ισοδύναμης τραχύτητας $k_2 = 1.5 \text{ mm}$ και μήκους $L_2 = 1500 \text{ m}$, μεταφέρει νερό μεταξύ δύο δεξαμενών με μέση υψομετρική διαφορά στις στάθμες της ελεύθερης επιφάνειας $\Delta z = 48.5 \text{ m}$. Ζητείται:

- Ι. Η παροχή μεταξύ των δύο δεξαμενών (1.5)

$$V = 1,15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$$

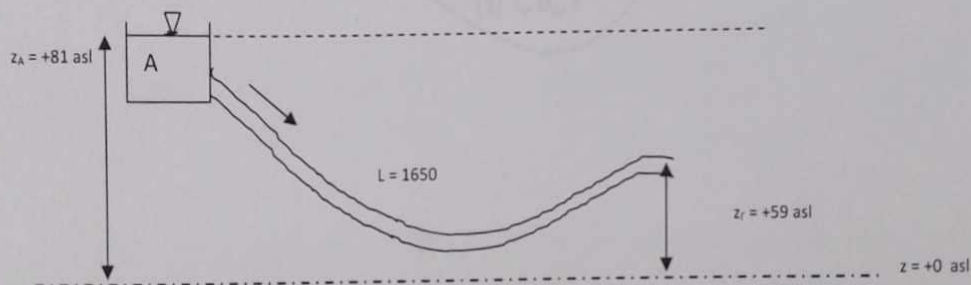


. Εκφώνηση σχήματος 4, Σύστημα σωληνώσεων σε σειρά μεταξύ δύο δεξαμενών

- II. Στο περισσότερο ρεαλιστικό επόμενο, που αναπαριστά ένα τμήμα του δικτύου για την περίπτωση 3.I (να θεωρηθεί η ίδια παροχή με το πρόβλημα 3.I) να προσδιοριστεί το ύψος πίεσης αν το σημείο Γ απέχει $L = 1650\text{m}$ από τη δεξαμενή A? Η στάθμη της ελεύθερης επιφάνειας της δεξαμενής A είναι $+81\text{ asl}$, ενώ στο εξεταζόμενο σημείο ο άξονας του αγωγού είναι τοποθετημένος $+59\text{ asl}$. (1.00).

Γιατί γίνεται ο έλεγχος σπηλαιώσης και σε ποια σημεία θα γίνει, ποια είναι η συνθήκη?

Η πίεση (1) αυξάνει (2) μειώνεται (3) εξαρτάται από.... κατάντη? (0.5)



Σχ.5. Εκφώνηση σχήματος 4.II, ρεαλιστικότερη απεικόνιση, υπολογισμός του ύψους πίεσης στο Γ

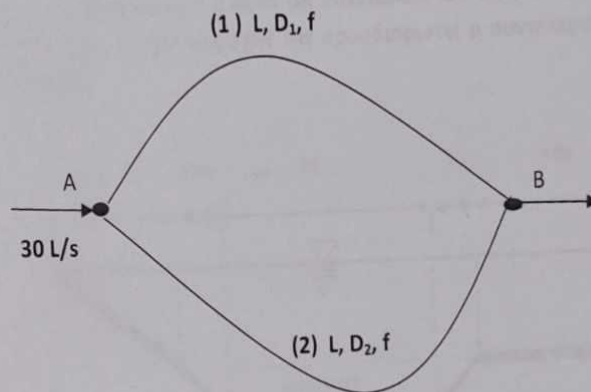
- III. Εάν σε όλο το μήκος υπήρξε μία διάμετρος με $D = 250\text{mm}$ θα υπήρξε μεγαλύτερη ή μικρότερη παροχή? (0.25, θεωρητική απάντηση, αιτιολόγηση)

Μικρότερη h_F

Θέμα 4 [1 /10]

Έστω δύο αγωγοί (1) και (2) που είναι συνδεδεμένοι παράλληλα όπως στο επόμενο σχήμα με αρχή το A και πέρας το B.

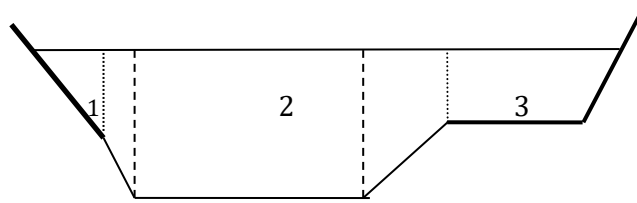
1. Να διατυπωθεί η σχέση που ισχύει για τις απώλειες ενέργειας μεταξύ του αγωγού (1) και του αγωγού (2) στη γενική περίπτωση.
2. Αν η συνολική παροχή είναι 31 L/s, τα μήκη είναι ίσα στους αγωγούς (1) και (2) και αν θεωρηθεί για μία πρώτη προσέγγιση συντελεστής τριβής $f_1 = f_2 = f = 0.021$ να προσδιοριστεί η κατανομή των παροχών, δηλαδή η παροχή στους αγωγούς (1) και (2) αν $D_1 = 2 \cdot D_2$ Να αγνοηθούν οι τοπικές απώλειες ενέργειας.



Θέμα 1

Λύση:

Με κάθετο διαχωρισμό



$$A_1 = \frac{2,1 * 4,1}{2} = 4,305 \text{ m}^2$$

$$P_1 = \sqrt{4,1^2 + 2,1^2} = 4,606 \text{ m}$$

$$R_1 = \frac{A_1}{P_1} = \frac{4,305}{4,606} = 0,9345 \text{ m}$$

$$Q_1 = \frac{1}{0,07} * 4,305 * 0,9345^{\frac{2}{3}} * 0,0008^{\frac{1}{2}} = 1,663 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_1 = \frac{Q_1}{A_1} = 0,386 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} A_2 &= \frac{(2,1 + 3,1) * 1,8}{2} + 3,9 * 3,1 + \frac{(2,1 + 3,1) * 1,2}{2} = \\ &= 2,6 * 1,8 + 3,9 * 3,1 + 2,6 * 1,2 = \\ &= 4,68 + 12,09 + 3,12 = 19,89 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_2 &= \sqrt{1,8^2 + 1^2} + 3,9 + \sqrt{1,2^2 + 1^2} = \\ &= 2,06 + 3,9 + 1,56 = 7,52 \text{ m} \end{aligned}$$

$$R_2 = \frac{A_2}{P_2} = \frac{19,89}{7,52} = 2,645 \text{ m}$$

$$Q_2 = \frac{1}{n_1} * A_2 * R_2^{\frac{2}{3}} * S_0^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{0,07} * 19,89 * 2,645^{\frac{2}{3}} * 0,0008^{\frac{1}{2}} = 39,85 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_2 = \frac{Q_2}{A_2} = \frac{39,85}{19,89} = 2,0 \text{ m/s}$$

$$A_3 = 3,05 * 2,1 + \frac{1,8 * 2,1}{2} = 6,405 + 1,89 = 8,295 \text{ m}^2$$

$$P_3 = 3,05 + \sqrt{1,8^2 + 2,1^2} = 5,816 \text{ m}$$

$$R_3 = \frac{A_3}{P_3} = \frac{8,295}{5,816} = 1,426 \text{ m}$$

$$Q_3 = \frac{1}{0,07} * 8,295 * 1,426^{\frac{2}{3}} * 0,0008^{\frac{1}{2}} = 4,246 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_3 = \frac{Q_3}{A_3} = \frac{4,246}{8,295} = 0,512 \text{ m/s}$$

$$Q_{o\lambda} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 1,663 + 39,85 + 4,246 = 45,759 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_m = \frac{Q_{o\lambda}}{A_{o\lambda}} = \frac{45,759}{4,305 + 19,89 + 8,295} = \frac{45,759}{32,49} = 1,408 \text{ m/s}$$

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{V_1^3 * A_1 + V_2^3 * A_2 + V_3^3 * A_3}{V_m^3 * A_{o\lambda}} = \frac{0,386^3 * 4,305 + 2^3 * 19,89 + 0,512^3 * 8,295}{1,408^3 * 32,49} \\ &= \frac{160,4809}{90,69} = 1,769 \end{aligned}$$

Θέμα 2

Λύση:

Από τύπους για συμμετρικά βέλτιστη διατομή

$$y_0 = \left(\left(\frac{2^{2/3}}{3^{1/2}} \right) * \left(\frac{n * Q}{S_0^{1/2}} \right) \right)^{3/8} = \left[\left(\frac{2^{2/3}}{3^{1/2}} \right) * \left(\frac{0,015 * 19,5}{0,0011^{1/2}} \right) \right]^{3/8} =$$
$$= \left(\frac{0,916 * 0,015 * 19,5}{0,033166} \right)^{3/8} = 2,189 \text{ m}$$

$$\frac{b}{y_0} = \frac{2}{\sqrt{3}} \quad z = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$A_0 = \sqrt{3 * y_0^2} = \sqrt{3 * 2,189^2} = 3,791 \text{ m}$$

$$P_0 = 2 * \sqrt{3 * y_0} = 5,125$$

$$R_0 = \frac{1}{2} * y_0 = 1,0945 \text{ m}$$

$$B_0 = \frac{4}{\sqrt{3}} * y_0 = 5,055 \text{ m}$$

$$y_m = \frac{3}{4} * y_0 = 1,642 \text{ m}$$

$$F_0 = \sqrt{\frac{12 * Q^2}{27 * g * y_0^5}} = \sqrt{\frac{12 * 19,5^2}{27 * 9,81 * 2,189^5}} = 0,585 < 1 \text{ υποκρίσιμη ροή}$$

Θέμα 3

Λύση:

I.

$$k_{\sigma\tau} = 0.7 * (1 - \frac{200}{250})$$

$$H_A = H_B + \Sigma h_f + \Sigma h_{\tau,0\Lambda}$$

$$z_A = z_B + f_1 * \frac{L_1}{D_1} * \frac{v_1^2}{2 * g} + f_2 * \frac{L_2}{D_2} * \frac{v_2^2}{2 * g} + 0.5 * \frac{v_1^2}{2 * g} + \frac{v_2^2}{2 * g} + \frac{0.14 * v_2^2}{2 * g}$$

$$z_A - z_B = f_1 * \frac{4300}{0.25} * \frac{v_1^2}{2 * g} + f_2 * \frac{1500}{0.2} * \frac{v_2^2}{2 * g} + 0.5 * \frac{v_1^2}{2 * g} + \frac{1.14 * v_2^2}{2 * g}$$

$$48.5 = f_1 * 17200 * \frac{v_1^2}{2 * g} + f_2 * 7500 * \frac{v_2^2}{2 * g} + 0.02548 * v_1^2 + 0.0581 * v_2^2$$

$$48.5 = f_1 * 876.656 * v_1^2 + f_2 * 382.263 * v_2^2 + 0.02548 * v_1^2 + 0.0581 * v_2^2$$

$$\text{Έστω } Q = 50 \text{ l/s} = 0.05 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$v_1 = \frac{4 * Q}{\pi * D^2} = \frac{4 * 0.05}{\pi * 0.25^2} = 1.019 \text{ m/s}$$

$$Re_1 = \frac{v_1 * D_1}{\nu} = \frac{1.019 * 0.25}{1.15 * 10^{-6}} = 221.545.2$$

$$f_1 = \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{5.74}{Re^{0.9}} + \frac{k/D}{3.7} \right) \right]^2} = 0.0298$$

$$h_{f1} = f_1 * \frac{L_1}{D_1} * \frac{v_1^2}{2 * g} = 26.47981 \text{ m}$$

$$\text{Όμοια, } v_2 = 1.592 \text{ m/s, } Re_2 = 276931, f_2 = 0.03486 \text{ και } h_{f2} = 33.791 \text{ m}$$

Επειδή:

$$48.5 \neq 26.47981 + 33.791 + 0.02548 * 1.019^2 + 0.0581 * 1.592^2$$

απαιτείται να μειωθεί η τιμή της επιλεγμένης παροχής Q.

$$\text{Έστω } Q = 45 \text{ l/s} \dots h_{f1} = 21.486 \text{ m, } h_{f2} = 27.401 \text{ m, } v_1 = 0.917 \frac{\text{m}}{\text{s}}, v_2 = 1.433 \frac{\text{m}}{\text{s}}.$$

$$48.5 \neq 21.496 + 27.401 + 0.02548 * 0.917^2 + 0.0581 * 1.433^2 = 49.038 \text{ m}$$

$$\text{Έστω } Q = 44,8 \text{ l/s}$$

$$v_1 = 0,913 \text{ m/s} \quad v_2 = 1,427 \text{ m/s}$$

$$Re_1 = 198.504 \quad Re_2 = 248.130$$

$$\begin{aligned} f_1 &= 0,02915 & f_2 &= 0,0349 \\ hf_1 &= 21,308 \text{ m} & hf_2 &= 27,1598 \text{ m} \end{aligned}$$

$$48,5 \cong 21,308 + 27,1598 + 0,02548 * 0,913^2 + 0,0581 * 1,427^2 = 48,6 \text{ m}$$

II.

$$\text{ΑΔΕ από } A \rightarrow \Gamma$$

$$H_A = H_\Gamma + \Sigma h_f + \Sigma h_{\tau,OA}$$

$$z_A = z_\Gamma + \frac{\rho_\Gamma}{p * g} + \frac{v_1^2}{2 * g} + f_1 * \frac{L_1}{D_1} * \frac{v_1^2}{2 * g} + k_{\varepsilon\sigma} * \frac{v_1^2}{2 * g}$$

$$z_A - z_\Gamma = \frac{\rho_\Gamma}{p * g} + \frac{0,913^2}{2 * g} + 0,02915 * \frac{1650}{0,25} * \frac{0,913^2}{2 * g} + 0,5 * \frac{v_1^2}{2 * g}$$

$$22 = \frac{\rho_\Gamma}{p * g} + 0,04248 + 8,1738 + 0,0212$$

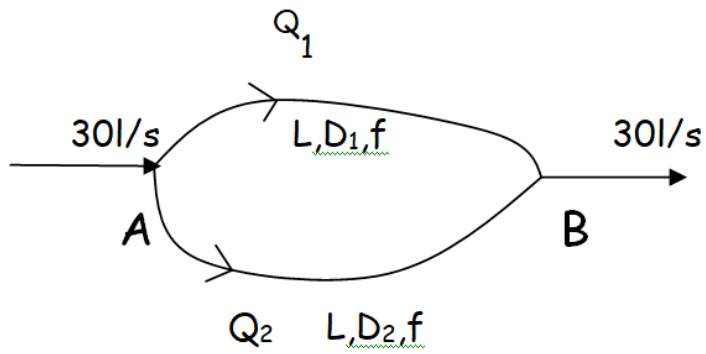
$$\frac{\rho_\Gamma}{p * g} = 13,7625 \text{ m}$$

III.

$$h_f = R * Q^2$$

$$D \uparrow \rightarrow R \downarrow \rightarrow Q \uparrow$$

Θέμα 4^ο



Ισχύουν

$$Q_1 + Q_2 = 30 \text{ l/s} \quad (1) \quad \text{με } D_1 = D_2$$

και $hf_1 = hf_2$ (αγωγοί παράλληλοι)

$$\frac{8 * f * L}{g * \pi^2 * D_1^5} * Q_1^2 = \frac{8 * f * L}{g * \pi^2 * D_2^5} * Q_2^2$$

$$\frac{Q_1^2}{D_1^5} = \frac{Q_2^2}{D_2^5} \quad \text{και επειδή } D_1 = D_2 \text{ προκύπτει}$$

$$Q_1 = \sqrt{32} * Q_2 \quad (2)$$

Λύνοντας το σύστημα των (1) και (2) προκύπτει $Q_1 = 26.343 \text{ l/s}$ και $Q_2 = 4.656 \text{ l/s}$

Θέμα 3 [2/10]

Κλίση εδάφους $S_{AB} = 0.0045$, παροχή $Q = 0.700 \text{ m}^3/\text{s}$. Ζητείται η κατάλληλη διάμετρος για την αποχέτευση ομβρίων από τσιμεντοσωλήνες. Να θεωρηθεί συντελεστή Manning, $n_0 = 0.015 \text{ s/m}^{1/3}$.

Δίνονται οι τυποποιημένοι διαμέτροι του εμπορίου για τσιμεντοσωλήνες.

Εξωτερική διάμετρος D_0 (mm)	510	630	740	860	980	1100
Εσωτερική διάμετρος D (mm)	400	500	600	700	800	900
Εξωτερική διάμετρος D_0 (mm)	1220	1452				
Εσωτερική διάμετρος D (mm)	1000	1200				



Λύση:

Έχοντας δεδομένη την παροχή Q , τον λόγο πλήρωσης γ/D και την κλίση S ζητείται να προσδιοριστεί η κατάλληλη διάμετρος D .

Από νομογράφημα και για μεταβλητό n προσδιορίζεται το $\frac{Q}{Q_0}$

$$\text{Για } \gamma/D = 0.7 \rightarrow \frac{Q}{Q_0} = 0.71$$

$$Q_0 = \frac{Q}{0.71} = \frac{0.7}{0.71} = 0.986$$

Υπολογισμός διαμέτρου αγωγού D

$$D = \left(\frac{4^{\frac{5}{3}} * n_0 * Q_0}{n * S_{AB}^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}} = \left(\frac{4^{\frac{5}{3}} * 0.015 * 0.986}{n * 0.0045^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{8}} = 0.878 \text{ m}$$

Βάση της τυποποίησης προτείνεται διάμετρος $D = 900 \text{ mm}$ εσωτερική.

Έχοντας ως δεδομένη την παροχή Q , την διάμετρο D και την κλίση του αγωγού ζητείται να γίνει ο έλεγχος καταλληλότητας της διατομής D (3ο βασικό πρόβλημα υδραυλικής).

Βήμα 1 (Υπολογισμός Q_0, V_0)

$$Q_0 = \frac{\pi}{4^{\frac{5}{3}}} * \frac{1}{n_0} D^{\frac{8}{3}} * S_{AB}^{\frac{1}{2}} = \frac{\pi}{4^{\frac{5}{3}}} * \frac{1}{0.015} 0.9^{\frac{8}{3}} * 0.0045^{\frac{1}{2}} = 1.052 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V_0 = \frac{4Q_0}{\pi * D^2} = \frac{4 * 1.052}{\pi * 0.9^2} = 1.65m/s$$

Βήμα 2 (Υπολογισμός Q/Q_0)

$$\frac{Q}{Q_0} = \frac{0.7}{1.052} = 0.66$$

Βήμα 3 (Υπολογισμός $\frac{y}{D}, \frac{V}{V_0}$)

Από νομογράφημα και για μεταβλητό η προσδιορίζονται οι λόγοι $\frac{y}{D}$ και $\frac{V}{V_0}$

$$\text{Για } \frac{Q}{Q_0} = 0.66 \rightarrow \frac{y}{D} = 0.66 \text{ και για } \frac{y}{D} = 0.66 \rightarrow \frac{V}{V_0} = 0.92$$

Άρα η ταχύτητα σε συνθήκες λειτουργίας είναι

$$V = 0.92V_0 = 0.92 * 1.65 = 1.52m/s$$

Έλεγχος περιοριστικών διατάξεων.

Έλεγχος 1 (Έλεγχος για ελάχιστη διάμετρο)

Ελάχιστη διάμετρος για όμβρια $\Phi 400$ οπότε η διάμετρος $\Phi 900mm$ ικανοποιεί τον έλεγχο.

Έλεγχος 2 (Έλεγχος για μέγιστα ποσοστά πλήρωσης)

$$\frac{y}{D} \leq 0.7 \text{ ισχύει, εδώ έχουμε } \frac{y}{D} = 0.66$$

Έλεγχος 3 (Έλεγχος για μέγιστες ταχύτητες ροής)

Μέγιστο όριο $6m/s$

$$V = 1.52m/s < 6 m/s \text{ άρα ικανοποιείται}$$

Έλεγχος 4 (Έλεγχος για ελάχιστες ταχύτητες ροής)

Κυμαίνονται από 0.45-0.8. Δεχόμαστε ελάχιστο όριο $0.6 m/s$

$$V = 1.52m/s \text{ άρα ικανοποιείται}$$

Έλεγχος 5 για ελάχιστες κλίσεις

Με βάση τους ελληνικούς κανονισμούς ελάχιστη ταχύτητα ολικής πλήρωσης,

$$V_{0,min} = 1.11m/s$$

$V_0 = 1.65 > V_{0,min}$ άρα ικανοποιείται

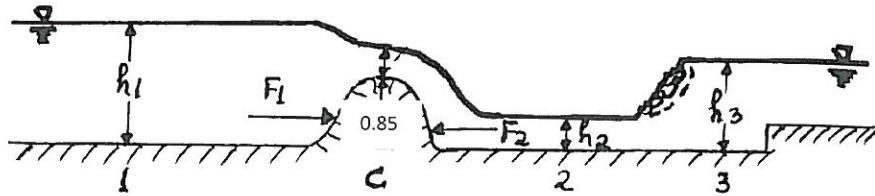
Συνεπώς επιλέγεται $D_{AB} = 900mm$

Λυμένα θέματα - ασκήσεις, προαγωγικοί
 & Μ. Σουδωτός υποστηρικτές

Θέμα 1 [2.5/10]

Διώρυγα ορθογωνικής διατομής πλάτους $b = 2.5 \text{ m}$ συναντά αναβαθμό με ύψος 0.85 m ενώ το πλάτος του είναι τέτοιο ώστε πάνω από τον αναβαθμό να αναπτύσσεται κρίσιμο βάθος. Να προσδιοριστούν τα βάθη h_1 και h_2 καθώς και το βάθος ροής μετά το υδραυλικό άλμα h_3 . Επίσης, να προσδιοριστεί η δύναμη που ασκείται από το νερό στον αναβαθμό.

Δίνεται ότι η παροχή είναι $Q = 3.80 \text{ m}^3/\text{s}$



Περίγραμμα λύσης:

1. Στο C κρίσιμη ροή, ορθογωνική διατομή $Fr = 1 \rightarrow y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}}$
2. $1 \rightarrow C$, $C \rightarrow 2$, αρχή διατήρησης της ενέργειας με θεωρούμενες αμελητέες απώλειες ενέργειας, ακολουθώντας την κίνηση του νερού
3. $2 \rightarrow 3$, υδραυλικό άλμα ορθογωνική διατομή $\frac{y_3}{y_2} = \frac{1}{2} * (-1 + \sqrt{1 + 8 * F_2^2})$,

$$F_2 = \frac{V_2}{\sqrt{g \cdot y_2}}$$

4. $1 \rightarrow 2$, αρχή διατήρησης ποσότητας κίνησης (ορμής) για τον αντίστοιχο όγκο ελέγχου, προσδιορισμός ζητούμενης δύναμης

11

Πρόβλ. 1^ο Γέματος.

Ειδική παροχή

$$Q = 3.80 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow q = \frac{3.80}{2.6} \left(\frac{\text{m}}{\text{s}} \right) = 1.5 \text{ m}^3/\text{s.m.}$$

Κρίσιμη βάθος; ορθογώνια διατομή.

$$y_c = \sqrt{\frac{q^2}{g}} = 0.62 \text{ m.}$$

Αντ. Διατήρηση της Ενέργειας μεταξύ (1), (c) και (2)

$$z_1 + y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + y_c + \frac{V_c^2}{2g} = z_2 + y_2 + \frac{V_2^2}{2g}$$

Θαυμάζουμε ως εκ τούτου αμέλουμε ενέργειες (μικρά μέγεθος)
για διασφάλιση στην κρίσιμη διατομή ισχύει:

$$E_c = \frac{3}{2} y_c, \text{ ενώ}$$

$$V_1 = \frac{q}{y_1} \left(\text{ή } \frac{Q}{b y_1} \right) \quad V_2 = \frac{q}{y_2}, \text{ ενώ η ΑΔΕ είναι}$$

$$(z_1 = z_2 = 0, z_c = 0.2)$$

$$y_1 + \frac{q^2}{2g y_1^2} = 0.2 + \frac{3}{2} y_c = y_2 + \frac{q^2}{2g y_2^2}$$

αρα

(2)

$$y_1 + \frac{1.52^2}{2gy_1^2} = 0.85 + \frac{3}{2} 0.62 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y_1 + \frac{0.118}{y_1^2} = 1.77. \Rightarrow$$

$$\Rightarrow y_1^3 + 0.118 = 1.77y_1^2 \Rightarrow \boxed{y_1^3 - 1.77y_1^2 + 0.118 = 0}$$

με λύση

- 0.28 μέτρα (2)
- 1.73 μέτρα (1)
- ~~-0.2~~ αρνητική.

Ποσοστό:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gy}} = \frac{q}{\sqrt{gy^3}} =$$

$y = 0.28$

$$\frac{1.52}{\sqrt{g \cdot 0.28^3}} = 3.24$$

υπερ κρίση.

$y = 1.73$

$$\frac{1.52}{\sqrt{g \cdot 1.73^3}} = 0.21$$

υπο κρίση.

(3)

Από (2) σε (3) υποβαλίνω ε'λκε.:

$$\frac{y_3}{y_2} = \frac{1}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + 8 Fr_2^2} \right) \rightarrow$$

$$\rightarrow y_3 = \frac{0.18}{2} \left(1 + \sqrt{1 + 8 \cdot 3.26^2} \right) =$$

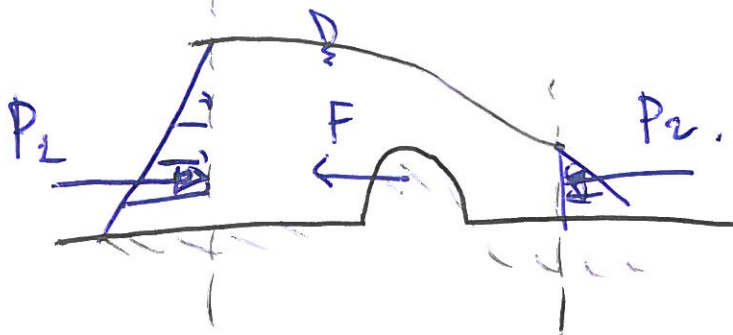
$$\approx 1.165 \text{ m.}$$

(4)

Δύναμη που ασκείται από το
(ατμοσφαιρικό) στερεό εμπόδιο στον ρευστό νερό.

α) πρόβλημα: Α.Δ. Ποσότητες κίνηση (1) → (2) } Στοιχείο/η
(2) → (3) } δύναμη

β) πρόβλημα Α.Δ. Ποσότητες κίνηση (ορμή)
στον όγκο ελπίχου (1) → (2),
δείξω νόμους αφορών. $\Rightarrow$
Εξισώσεις της δύναμης
(F αντιστατική)



$$\sum F_x = \rho Q (V_{\text{εξροής}} - V_{\text{εισερχοής}}) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow \frac{1}{2} \rho g y_1^2 b - \frac{1}{2} \rho g y_2^2 b - F = \rho Q (V_2 - V_1)$$

(5)

Onbre

$$F = \rho \left(\frac{1}{2} g y_1^2 b - \frac{1}{2} g y_2^2 b - Q (v_2 - v_1) \right) \rightarrow$$

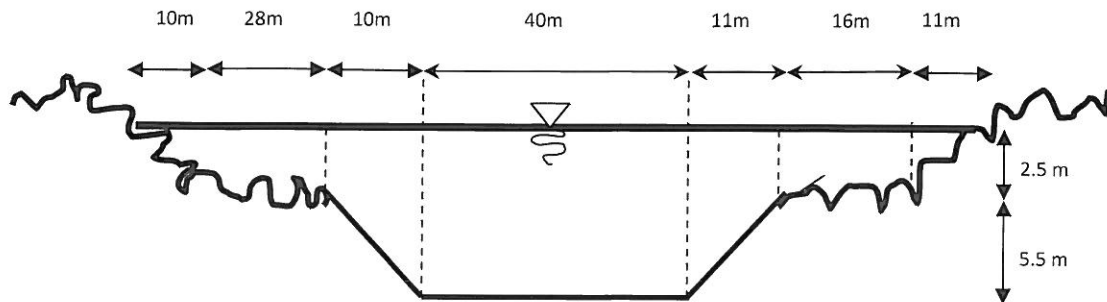
$$\rightarrow F = 1000 \left(\frac{1}{2} 9.81 \cdot 1.73^2 \cdot 2.5 - \frac{1}{2} 9.81 \cdot 0.28^2 \cdot 2.5 - 3.80 (5.43 - 0.87) \right) \text{ N}$$

$$\left(\begin{array}{l} v_2 = \frac{Q}{y_2} = 5.43 \text{ m/s} \\ v_1 = \frac{Q}{y_1} = 0.87 \text{ m/s} \end{array} \right)$$

$$\Rightarrow F = 18449.21 \text{ N}$$

Θέμα 2 [2.50/10]

Να γίνει εκτίμηση της παροχής ομοιόμορφης ροής ενός αγωγού σύνθετης τραπεζοειδούς διατομής όταν ο συντελεστής κατά Manning είναι $n=0.04 \text{ s/m}^{1/3}$ για την κύρια κοίτη και $n=0.09 \text{ s/m}^{1/3}$ για την κοίτη πλημμυρών. Δίνεται κλίση πυθμένα $S_0 = 0.00048$ (οι διαστάσεις του σχήματος σε μέτρα). Πρόκειται για μία αδιαφιλονίκητη εκτίμηση για την παροχή?

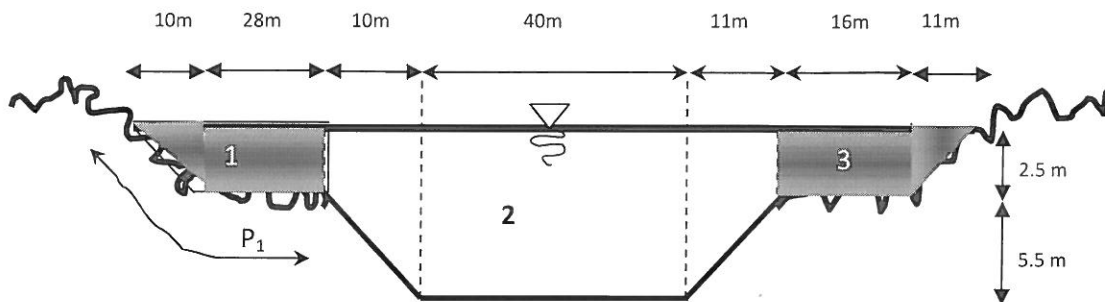


Περίγραμμα λύσης-σχόλια:

Δεν υπάρχει μία και αδιαφιλονίκητη λύση, επιλέγω το χωρισμό σε επιφάνειες με κοινό n

(προσοχή, παγίδα κλίση με βάση το σχήμα)

εφαρμογή του τύπου του Manning σε κάθε τμήμα, προσοχή, σε αυτή την προσέγγιση, προσμετρούνται τμήματα στη βρεχόμενη περίμετρο τα τμήματα εκείνα επαφής στερεού-υγρού.



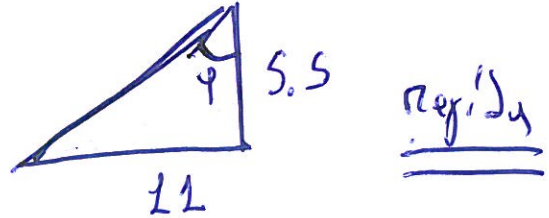
$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Άσκηση 2 :

⑥

(προσχή στα γεωμετρικά στοιχεία, τρίγωνο)

$$\kappaλίση = \frac{11}{5.5}$$



(όλες οι τετραγωνικές δυνάμεις ήταν αποδοτική) με ελ.

① Χωριστά σε τμήματα
Δεν υπάρχει ένας και αδιαφιλονίκητος
Τρόπος χωρισμού των επιφανειών.

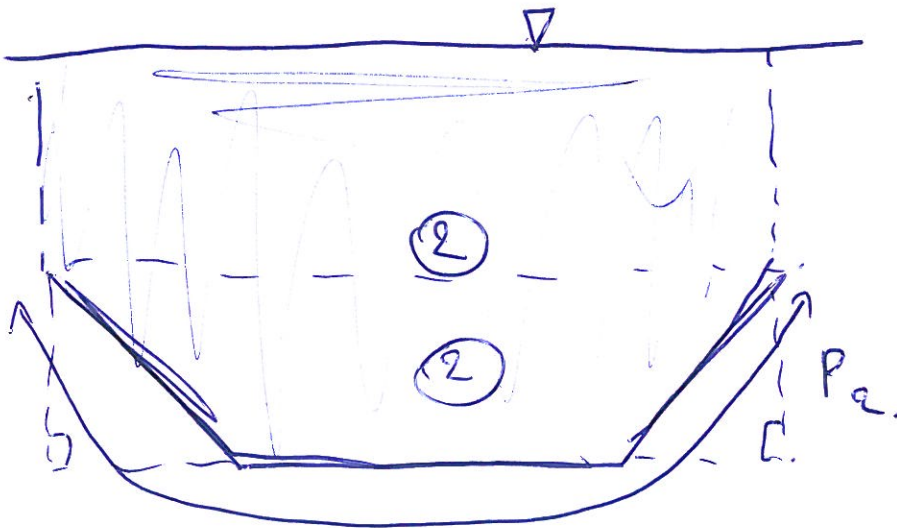
Εναλλακτικά, μπορεί να θεωρηθεί ένας ισοδύναμος
συντελεστής Μαννίνγκ. (αφ' εαυτών ίσες τοχύτητες σε
② κάθε τμήμα της ροής), όπως αυτή η μέθοδος
οδηγεί σε υπολογισμοδότηση της παροχής.

Πρόφανος σε κάθε χωρίο πρέπει να υπάρχει
κοινός συντελεστής Μαννίνγκ.

(8)

$$A_2 = 2.5(10 + 40 + 11) + \frac{(40 + (40 + 10 + 11))}{2} \cdot 5.5 =$$

$$= 430.25 \text{ m}^2$$



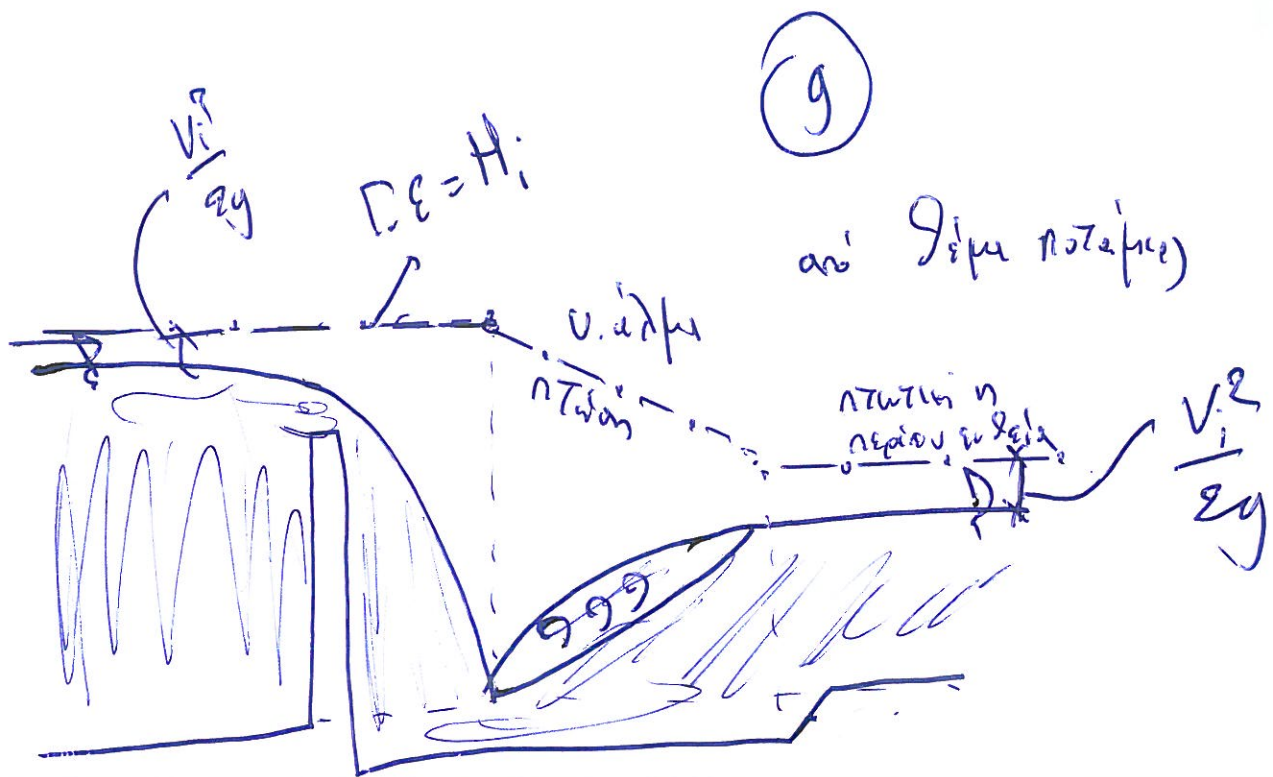
$$P_2 = 40 + \sqrt{10^2 + 5.5^2} + \sqrt{5.5^2 + 11^2} = 63.711$$

$$Q_2 = \frac{1}{n} A_c R_h^{2/3} S_o^{1/2} =$$

$$= \frac{1}{0.04} \cdot 430.25 \left(\frac{430.25}{63.711} \right)^{2/3} \cdot S_o^{1/2} =$$

$$\text{Продолжим} \quad \downarrow \quad = 38.415,8 S_o^{1/2} \quad \downarrow$$

$$Q_{\text{ex}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 = (1528,7 + 938,62 + 3849,51) S_o^{1/2} = 852,77 \text{ m}^3/\text{s}$$



υ. άλμ, η τωών ενέργεια λόγω τριβών.
 H_i , πάντα η τωτική.
 ηερίας εν δειά, για μικρή ανώδεια ενέργεια
 Άνοιχοι αγωγοί, υδραυλική κατανάλωση της πίεσης:

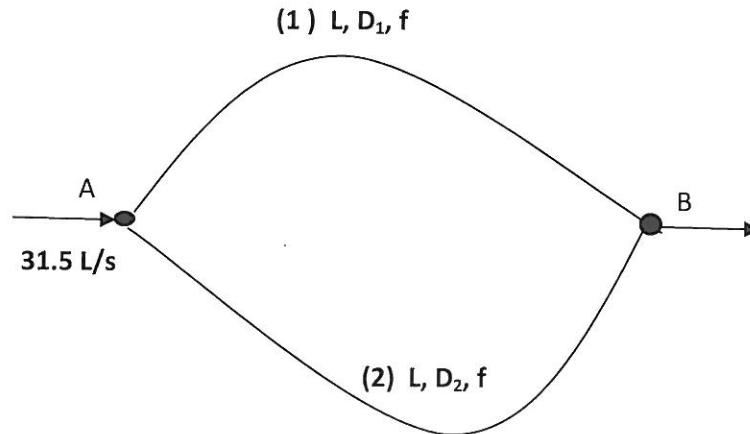
$$H = z + y + \frac{v^2}{2g}, \Rightarrow H \text{ πάνω από τη στάθμη της ελεύθερης επιφανείας κατά } \frac{v^2}{2g}$$

(Θεμ 3)

Θέμα 4 [1/10]

Έστω δύο αγωγοί (1) και (2) που είναι συνδεδεμένοι παράλληλα όπως στο επόμενο σχήμα με αρχή το A και πέρας το B.

1. Να διατυπωθεί και να αποδειχτεί η σχέση που ισχύει για τις απώλειες ενέργειας μεταξύ του αγωγού (1) και του αγωγού (2) στη γενική περίπτωση.
2. Αν η συνολική παροχή είναι 31.5 L/s, τα μήκη είναι ίσα στους αγωγούς (1) και (2) και αν θεωρηθεί για μία πρώτη προσέγγιση συντελεστής τριβής $f_1 = f_2 = f = 0.021$ να προσδιοριστεί η κατανομή των παροχών, δηλαδή η παροχή στους αγωγούς (1) και (2) αν $D_1 = 1.85 \cdot D_2$ Να αγνοηθούν οι τοπικές απώλειες ενέργειας.



Περίγραμμα λύσης

1. Παράλληλη σύνδεση αγωγών

$$h_{f,1} = h_{f,2} \Leftrightarrow$$

$$\frac{8f_1L_1}{g\pi D_1^5} Q_1^2 = \frac{8f_2L_2}{g\pi D_2^5} Q_2^2 \quad (\text{θεώρηση μόνο γραμμικών απωλειών ενέργειας})$$

2. ΑΔΜ:

$$Q_1 + Q_2 = 0.0315 \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

10

Θέμα 4^ο

① (11 βω. σημασι.)

<στα σημεία (1) και (2) η αίσθη δέν είναι
αξιοσημείωτη, δέν έχω διατηρήσεις>

② Σύνδεση σημείων περίληψης:
(κονιά αρχή και πέρας).

$\Sigma h f_1, \Sigma h f_2$

⇒ (συνώνυμα μόνο
θεωρημένη συνάφεια ενέργειας)

$$\frac{\cancel{8 f_1} \cancel{L_1}}{\cancel{8 f_1} D_1^5} Q_1^2 = \frac{\cancel{8 f_2} \cancel{L_2}}{\cancel{8 f_2} D_2^5} Q_2^2 - 1$$

(11)

$$\Rightarrow \frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\frac{D_1^5}{D_2^5}} \rightarrow \frac{Q_1}{Q_2} = \sqrt{\left(\frac{1.85 D_2}{D_2}\right)^5}$$

$$\rightarrow \frac{Q_1}{Q_2} = 1.85^{5/2} = 4.65$$

Αφού
το νίσι είναι

(Το είδη του f δεν χρειάζεται) "έφυλα"

$$R_1 < R_2 = \frac{8 f L Q}{g \pi D^5}$$

$$Q_1 + Q_2 = 0.032 \text{ m}^3/\text{s}$$

→ το νίσι επιβεβαιώνει
το σφάλμα ή τη
μικρότερη
ακρίβεια
"R"

$$\rightarrow Q_2 \cdot 4.65 + Q_2 = 0.0315$$

$$\rightarrow Q_2 = \frac{0.0315}{5.65} =$$

$$= 0.00557 \text{ m}^3/\text{s} =$$

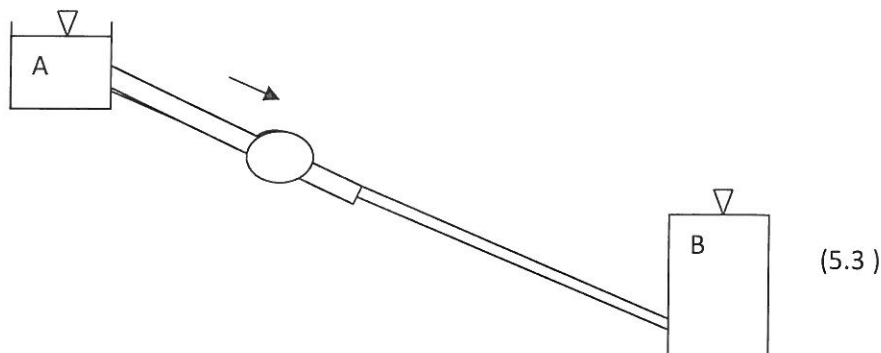
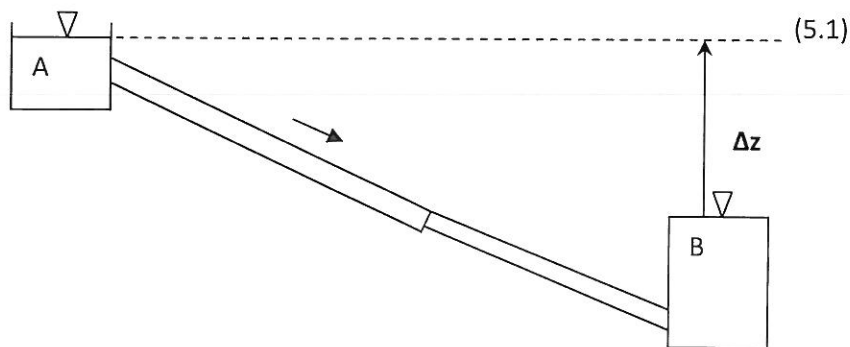
$$= 5.58 \text{ l/s}$$

$$Q = 0.0315 - Q_2 = 0.02592 = 25.92 \text{ l/s}$$

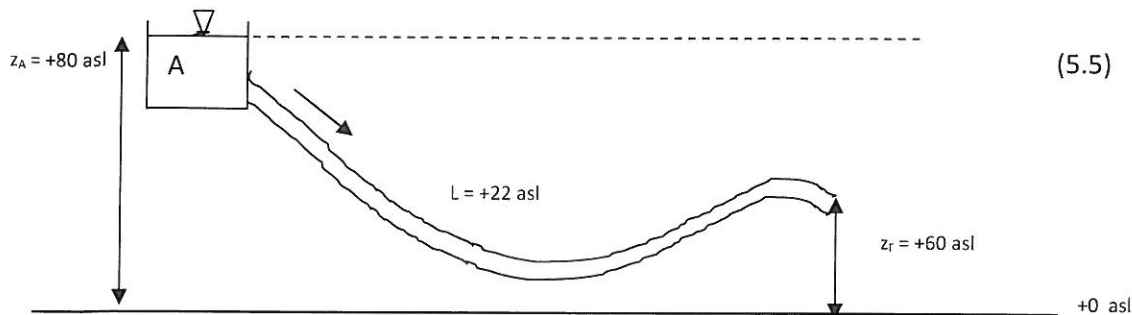
Θέμα 5 [4.00/10]

Αγωγός μήκους $L_1 = 4100 \text{ m}$, χαλυβοσωλήνα (εσωτερικής) διαμέτρου $D_1 = 250 \text{ mm}$ και τραχύτητας $k_1 = 1 \text{ mm}$ συνδεδεμένος σε σειρά με παλιό χαλυβοσωλήνα $D_2 = 200 \text{ mm}$, τραχύτητας $k_2 = 2 \text{ mm}$ και μήκους $L_2 = 1200 \text{ m}$, μεταφέρει νερό μεταξύ δύο δεξαμενών με μέση υψομετρική διαφορά στις στάθμες της ελεύθερης επιφάνειας $\Delta z = 48.5 \text{ m}$. Επιπλέον, να ληφθούν υπόψη από τις τοπικές απώλειες οι απώλειες εισόδου (δεξαμενή σε αγωγό, ανάντη). Ζητείται:

1. Η παροχή μεταξύ των δύο δεξαμενών (1.5)
2. Εάν σε όλο το μήκος υπήρχε μία διάμετρος με $D = 200 \text{ mm}$ θα υπήρχε μεγαλύτερη ή μικρότερη παροχή? (0.25)
3. Να προσδιοριστεί η απαιτούμενη ισχύς αντλίας στην ίδια διάταξη για αύξηση της παροχής κατά 15% (να θεωρηθεί απόδοση αντλίας $\eta = 70\%$) (0.75)
4. Και στις δύο περιπτώσεις να γίνει αδρομερώς με ένα σκαρίφημα η Γ.Ε. (0.50)



5. Στο περισσότερο ρεαλιστικό σχήμα 3, που αναπαριστά ένα τμήμα του δικτύου για την περίπτωση 5.1 (να θεωρηθεί η ίδια παροχή με το πρόβλημα 5.1) να προσδιοριστεί η πίεση αν το σημείο απέχει $L = 1500\text{m}$ από τη δεξαμενή Α? Η στάθμη της ελεύθερης επιφάνειας της δεξαμενής είναι $+80\text{ asl}$, ενώ στο εξεταζόμενο σημείο ο άξονας του αγωγού είναι $+60\text{ asl}$. (1.00)



Περίγραμμα λύσης-σχόλια:

- Η παροχή μεταξύ των δύο δεξαμενών
 - Σύνδεση σε σειρά, $Q_1=Q_2$
 - Αρχή διατήρησης της ενέργειας από (Α) σε (Β)
- Εάν σε όλο το μήκος υπήρξε μία διάμετρος με $D = 200\text{mm}$ θα υπήρξε μεγαλύτερη ή μικρότερη παροχή?

ΒΛΠ. απαντήσεις, εξίσωση γραμμικών απωλειών, συναρτήση της παροχής

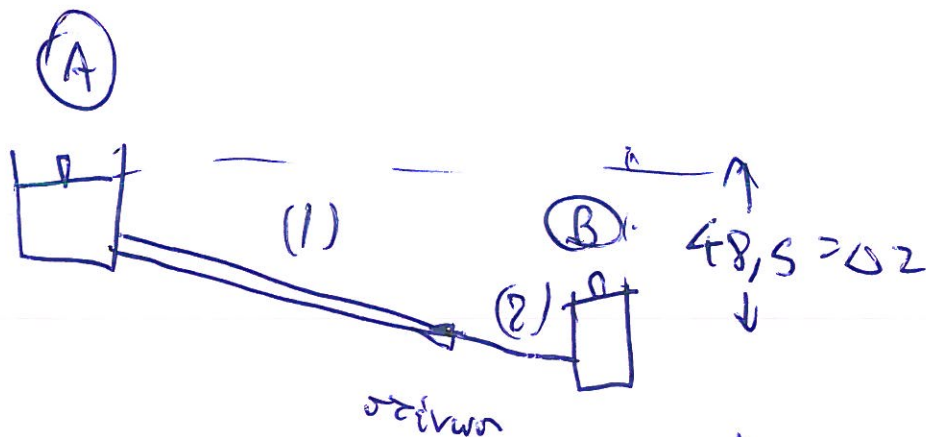
$$h_f = \frac{8f \cdot L}{g\pi D^5} Q^2$$
- Να προσδιοριστεί η απαιτούμενη ισχύς αντλίας στην ίδια διάταξη για αύξηση της παροχής κατά 15% (να θεωρηθεί απόδοση αντλίας $\eta = 70\%$) (0.75)
 - Σύνδεση σε σειρά, $Q_1'=Q_2'=1.15Q$
 - Αρχή διατήρησης της ενέργειας από (Α) σε (Β) αλλά στο αριστερό σκέλος υπάρχει το ύψος αντλίας H_M
- Και στις δύο περιπτώσεις να γίνει αδρομερώς με ένα σκαρίφημα η Γ.Ε. (0.50)

παντα πτωτική, αρχίζει και τελειώνει στην ελεύθερη επιφάνεια, απότομη πτώση σε τοπικές απώλειες (μορφή σκαλοπάτι), απότομη άνοδος στην αντλία.
- Προσδιορισμός του ύψους (σχετικής, $p_{atm}=0$) πίεσης στο Γ:

ΑΔΕ, $A \rightarrow \Gamma$, άγνωστος, το ύψος πίεσης στο Γ: $p_r/\rho g$

Ασκηση 5^η :

(12)

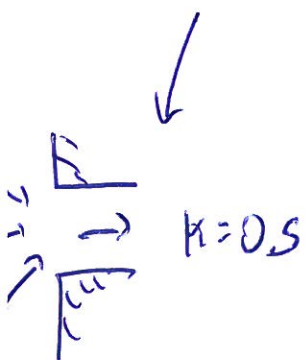


ADM : $Q_1 = Q_2$ (conservation of mass)

ADE (Bernoulli equation) (conservation of energy)

$$Z_1 + \frac{p_{atm}}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{p_{atm}}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + \sum h_f + \sum h_m$$

$$0.5 \frac{V_1^2}{2g} + \frac{8 f_1 L_1}{g \pi^2 D_1^5} Q_1^2 + K \frac{V_2^2}{2g} + \frac{8 f_2 L_2}{g \pi^2 D_2^5} + \frac{V_2^2}{2g} = \Delta z$$



στέγνωμα

στέγνωμα

(σελ. 32 Χρυσόπουλος)

$$\frac{D_2}{D_1} = 0.8 \rightarrow K = 0.7 \left(1 - \frac{D_2}{D_1}\right) = 0.14$$

$$V_1 = \frac{4Q_1}{\pi D_1^2}, \quad \frac{4Q_2}{\pi D_2^2} = V_2. \quad (13)$$

Προσχη $f_1 = f\left(\frac{V_1 D_1}{\nu}, \frac{k_1}{D_1}\right), f_2 = f\left(\frac{V_2 D_2}{\nu}, \frac{k_2}{D_2}\right)$

Εισφύων, κέντρ δουλειά για διαφορές

Παραχέ:

• Έστω $Q = 40 \ell/s = 0.040 \text{ m}^3/s$
 (σε υδραυλική κατάσταση
 στο διερχόμενο σύστημα
 μονάδων)

Δλ Αγωγός 1.

$$V_1 = \frac{4Q}{\pi D_1^2} = \frac{4 \cdot 0.04}{\pi 0.25^2} = 0.81 \text{ m/s} \quad \text{θεωρητική διαχέση υδραυλική}$$

$$\left. \begin{aligned} Re_1 &= \frac{V_1 D_1}{\nu} = \frac{0.81 \cdot 0.25}{10^{-6}} \\ k_1/D_1 &= \frac{1 \text{ mm}}{250 \text{ mm}} \end{aligned} \right\} \rightarrow f_1 \approx \frac{0.25}{\left[\log \left(\frac{5.74}{Re_1^{0.9}} + \frac{k_1/D_1}{3.7} \right) \right]^2}$$

ή δια Moody

$$= 0.029$$

Οπότε

(14)

$$h_{f1} = \frac{8.0.029.4100}{9.8^2.0.25^5} \cdot 0.040^3 = 10.23 \text{ m.}$$

Ομοια:

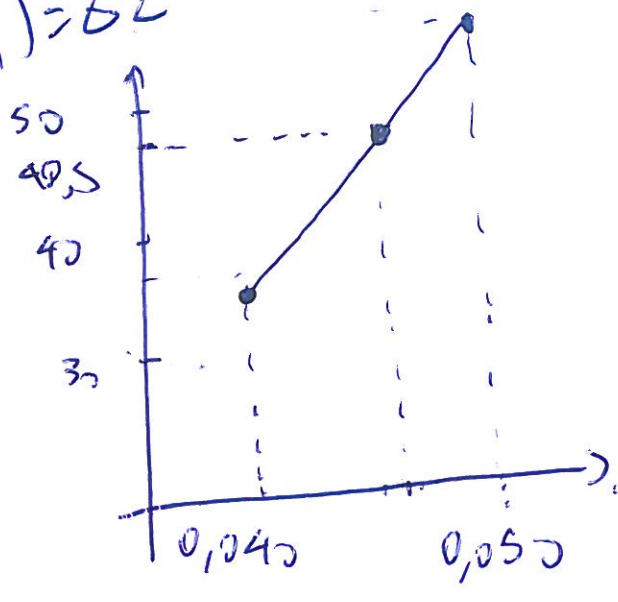
$$V_2 = 1.27 \text{ m/s} \xrightarrow{V_1 = \frac{2}{200}} f_2 = 0.038 \rightarrow h_{f2} = 19.014.$$

$$= 35 < \Delta Z$$

- Οπότε αφήνω την παροχή, προσπαθώ να αφήσουν οι ανώτερες επιρροές:
Έστω $Q = 0.050 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow \Sigma h_f = 55702.$

- Έχω δύο οπτικά που περικλ. την λύση.
Επειδή οι ανώτερες είναι πιο γραμμικές συνέχισα την παροχή δοκιμάζω, άρα για τιμή, $Q = 0.046 \rightarrow \Sigma h_f = 46.6.$

$$\sum h_f (m) = 0.2$$



γραφική
επίλυση. (15)

$$\Delta z = \sum h_f = 48.5 \rightarrow$$

$$\rightarrow Q = 0.04693 \text{ m}^3/\text{s}$$

(calculator ή id, solver).

5.2 - Αν σε άλλο το μήκος υπήρχε μόνο

$D = 0.200 \text{ m}$, τότε θα είχαμε αυξημένες
ανώγειν εντάσεις και άρα μεγαλύτερη απώλει

$$D \downarrow \Rightarrow \frac{8fL}{g \rho^2 D^5} \uparrow \Rightarrow h_f \uparrow$$

5.3

16

Αύξηση της παροχής κατά 15%

$$Q' = 1.15 Q = 0.05397 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Τότε, αφ. } Q \uparrow \Rightarrow h_f \uparrow \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \sum h_{f_{0.7}} = 64 \text{ m (οι σταθμοί αμεταβλητοί
οι ίδιοι, } Q_1' = Q_2' = 1.15 Q)$$

ΑΔΕ

$$z_A + H_m = z_B + \sum h_{f_{A \rightarrow B}}$$

$$\Rightarrow H_m = (z_B - z_A) + \sum h_{f_{A \rightarrow B}}$$

$$H_m = -48.5 + 64 = 15.51 \text{ m} = 15.52 \text{ m}$$

Παίσις [W]

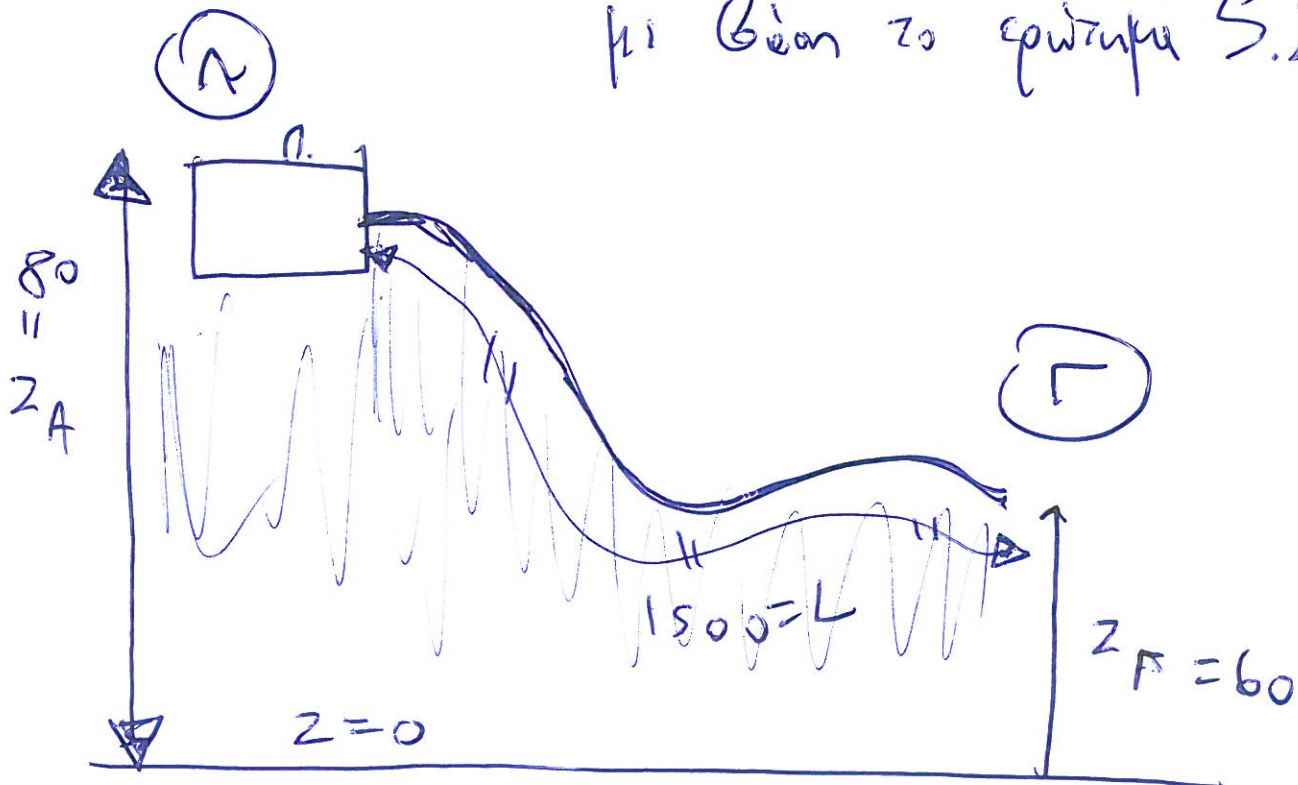
$$P = \frac{\rho g Q H_m}{\eta} = \frac{1000 \cdot 9.81 \cdot 0.05397 \cdot 15.52}{0.7} \text{ W} = \dots$$

S.5

(17)

$P_{\text{loss}} = A_{\text{no}} A \Delta E$, αλυσισ
κέρων Σίκερ.

μν Βέον το ερώτημα S.L



$$z_A + \frac{P_{\text{atm}}}{\rho g} + \frac{V_A^2}{2g} = z_F + \frac{P_F}{\rho g} + \frac{V_F^2}{2g} + \sum h_{f, A \rightarrow F}$$

$P_{\text{atm}} = 0$, γιατί προσδιορίζω την σχετική πίεση.

$$80 + 0 + 0 = 60 + \frac{P_F}{\rho g} + \frac{V_F^2}{2g} + 0.5 \frac{V_F^2}{2g} + \frac{8fL}{g \rho^2 D^5} Q_1^2$$

(1P)

$$\Rightarrow \frac{P_T}{\rho g} = 80 - 60 - \frac{v_1^2}{2g} - 0.5 \frac{v_1^2}{2g} - \frac{8 f_1 L_1'}{g \rho^2 D_1^5} Q_1^2$$

$$v_1 = \frac{4Q}{\pi D^2} = 0.95 \text{ m/s} \quad (Q = 46.93 \text{ l/s})$$

$$\downarrow \text{Re} \rightarrow \text{Pr} \rightarrow f = 0.02911 \rightarrow \frac{8 f_1 L_1'}{g \rho^2 D_1^5} Q_1^2 = 8.114$$

$$\frac{P_T}{\rho g} = 20 - 8.114 - 1.5 \times \frac{0.95^2}{2g}$$

$$\Rightarrow \frac{P_T}{\rho g} = (h_{PT}) = 11.78 \text{ m} \quad \left(\begin{array}{l} \text{oxiaxi nixu} \\ \text{xiu' iuxpuxu Patm} = 0 \end{array} \right)$$

(oxiaxi nixu
xiu' iuxpuxu Patm = 0)

