Τυπολόγιο υδραυλικής και υδραυλικά έργα.

→ **Διατμητική τάση τ:**

$\tau = \mu \frac{du}{dy}$.

→ **Αριθμός Reynolds:**

$Re = \frac{VL}{\nu} = \frac{\rho V L}{\mu}$

⊗ Για κυκλικούς αγωγούς $Re_{cr} = 2000$

→ **Εξίσωση συνέχειας:**

$E_1 V_1 = E_2 V_2$ με $Q = E \cdot V = \sigma \tau \alpha \theta$, κατά μήκος του αγωγού

→ **Εξίσωση ενέργειας (για 2 διατομές):**

$\boxed{H = h + \frac{P}{\gamma} + \alpha \frac{V^2}{2g}} \Rightarrow \boxed{H_1 = H_2 + \Delta H_\mu + \Delta H_{a(1-2)}}$

με $\Delta H_\mu = 0 \Leftrightarrow H_1 = H_2 + \Delta H_{a(1-2)}$

και $\boxed{\Delta H_{a(1+2)} = h_f + h_a}$, όπου h_f = γραμμικές απώλειες λόγω τριβών

h_a = τοπικές απώλειες

→ **Ισχύς στροβίλου P:**

$P = \gamma \cdot Q \cdot H$.

→ **Υπολογισμός μήκους εισόδου Le:**

Πειραματικά βρέθηκε ότι:

1) Για στρωτή ροή ($Re < 2300$) $\frac{L_e}{D} = 0{,}06 Re$.

2) Για τυρβώδη ροή $\frac{L_e}{D} = 4{,}4 Re^{1/6}$.

→ **Εξίσωση Darcy Weisbach:**

1ο στάδιο: $h_f = \frac{4 \tau_w \Delta x}{\gamma D}$

2ο στάδιο: $\tau_w = \frac{1}{8} f \rho V^2$

$\Rightarrow \boxed{h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}}$, $\boxed{h_f = J_E \cdot L}$

⊗ Ισχύει για στρωτή και τυρβώδη ροή σε αγωγό υπό πίεση σταθερής διατομής

Scanned with CamScanner

→ Συντελεστές τριβών για σωλήνες (Colebrook-White):

Για στρωτή ροή ($Re<2000$) : $f = \dfrac{64}{Re}$ συντελεστής τριβών → σχετική τραχύτητα

Για τυρβώδη ροή : $\dfrac{1}{\sqrt{f}} = -2\log\left(\dfrac{ks/D}{3,7} + \dfrac{2,51}{Re\sqrt{f}}\right)$ [Colebrook-White]

↓ πεπλεγμένη σχέση.

→ Διάγραμμα Moody. (σελ.

$$Re\sqrt{f} = \frac{D^{3/2}}{v}\left(\frac{2ghf}{L}\right)^{1/2}$$

⊗ ελέγξε διάγραμμα.

→ 1ο Τυπικό πρόβλημα:

Δεδομένα: D, Q, L, ks, v

Ζητούμενο : hf

→ 2ο Τυπικό πρόβλημα:

Δεδομένα: hf, D, L, ks, v

Ζητούμενο: Q

→ 3ο Τυπικό πρόβλημα:

Δεδομένα: hf, Q, L, ks, v

Ζητούμενο: D

→ Prandtl:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2\log(Re\sqrt{f}) - 0,8$$

με αριθμητικές προσεγγίσεις

α) Blasius: $f = 0,316 Re^{-1/4}$

β) Colebrook: $f = 1,8\log(0,145 Re)$.

→ Εξίσωση Swamme and Jain:

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

→ Εξίσωση Haaland:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1,8\log\left[\frac{6,9}{Re} + \left(\frac{ks/D}{3,7}\right)^{3,11}\right]$$

→ Εξίσωση Swamme and Jain. ($Re>2000$): (2ο τυπικό).

$$Q = -0,965\left(\frac{gD^5hf}{L}\right)^{1/2}\ln\left[\frac{ks/D}{3,7} + \left(\frac{3,17v^2L}{gD^3hf}\right)^{1/2}\right]$$

→ Εξίσωση Swamme and Jain ($3\times10^8 > Re > 5000$, $0,01 > ks/D > 10^{-6}$): (3ο τυπικό).

$$D = 0,66\left[ks^{1,25}\left(\frac{LQ^2}{ghf}\right)^{4,75} + \frac{v}{Q}\left(\frac{LQ^2}{ghf}\right)^{5,2}\right]^{0,04}$$

→ Γήρανση σωλήνων:

$ks(t) = ks_{,0} + a_g \cdot t$, με a_g = συντελεστής

→ Αγωγοί μη κυκλικής διατομής: εμβαδόν υγρής διατομής

Αντί για $Rh \rightarrow Dh$: $Rh = \dfrac{A}{P} = \dfrac{Dh}{4}$

υδραυλική ακτίνα, υδραυλική διάμετρος, βρεχόμενη περίμετρος

→ Εξίσωση Chezy:

$V = C_h\sqrt{Rh\, J_e}$, και $C_h = \sqrt{\dfrac{8g}{f}}$

→ Εξίσωση Manny:

$s/m^{1/3}$

$$V = \frac{Rh^{1/6}}{n}\sqrt{Rh\,J_e} = \frac{1}{n}Rh^{2/3}J_e^{1/2}$$

$n = \dfrac{Rh^{1/6}}{C_h}$ → $\dfrac{1}{n}$ = συντελεστής Strickler

⊕ Εμπειρικές σχέσεις υπολογισμού γραμμικών απωλειών (σημειώσεις Νάνου).

Scanned with CamScanner

→ Τοπικές απώλειες ενέργειας:

$h_m = k \frac{V^2}{2g}$ → f

→ Εκροή σωλήνα σε δεξαμενή:

$\boxed{k=1} \Rightarrow h_m = \frac{V^2}{2g}$

→ Είσοδος της ροής από δεξαμενή σε σωλήνα:

$\boxed{k=0{,}5}$, όταν δεν υπάρχει διαμόρφωση.

⊕ Διαφάνειες μάθημα 8-10-2019. (3ο).

→ Συνολικές απώλειες ενέργειας: ⊕ Σημειώσεις 15-10-19 (4ο).

$\Delta h_{o\lambda} = \sum h_f + \sum h_m = \sum f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g} + \sum k \frac{V^2}{2g}$

→ Ισοδύναμο μήκος:

Όταν $h_a = h_f \Leftrightarrow \boxed{L_I = \frac{kD}{f}}$

→ Περιπτώσεις χάραξης:

$D_2 > D_3 > D_1 \Leftrightarrow J_{E2} < J_{E3} < J_{E1}$

→ Σπηλαίωση:

$P = \gamma H - \gamma \cdot z - \frac{1}{2} \rho V^2$

→ Πίεση (απόλυτη-σχετική):

$P_{σχετ} = P_{απολ} - P_{atm}$

⊛ P_v= τιμή τάσης ατμών

→ Πρόβλημα με σπηλαίωση:

Θα έχουμε όταν: $\frac{P}{\gamma} < -10{,}1m$, όμως για λόγους ασφαλείας: Θέλουμε $\boxed{\frac{P}{\gamma} > -7}$

→ Ισχύς αντλία-υδροστροβίλου:

$P = \gamma \cdot Q \cdot H_\mu = \rho g Q H_\mu$, $(n=1)$.

μανομετρικό ύψος.

Αντλία:

$H_1 + H_\mu = H_2 + h_f \Leftrightarrow P = \frac{\gamma Q H_\mu}{n}$

Υδροστρόβιλος:

$H_1 = H_2 + H_\mu + h_f \Leftrightarrow P = \gamma \cdot Q \cdot H_\mu \cdot n$

Scanned with CamScanner

→ **Σύστημα σωλήνων σε σειρά:**

Ίδιες παροχές σε όλους τους σωλήνες: $Q = \sigma\tau\alpha\theta.$

Συνολικές απώλειες: $\Delta H_{AB} = h_1 + h_2 + h_3$.

→ **Σύστημα παράλληλων σωλήνων:**

⊗ Αν δεν υπάρχουν τοπικές απώλειες η ΓΕ είναι ίδια για όλους τους κλάδους

σε κάθε σωλήνα οι ολικές απώλειες: $\Delta H_{AB} = \Delta H_1 = \Delta H_2 = \Delta H_3$. (γραμμικές + τοπικές).

Η ολική παροχή: $Q_{AB} = Q_1 + Q_2 + Q_3$.

→ **Ειδική ενέργεια:**

$$\boxed{E = y + \frac{V^2}{2g} = y + \frac{Q^2}{2gA(y)^2}} \Rightarrow \boxed{Q = \sqrt{2gA^2(E-y)}}$$

⊗ Emin ~~είναι για 45° και~~ Fr=1 (κρίσιμη ροή).

→ οι ασύμπτωτες.

→ **Emin:**

$$\boxed{E_{min} = y_k + \frac{V_k^2}{2g} = y_k + \frac{D_k}{2}}, \text{ (για } Fr=1)$$

→ **Qmax:**

$$\boxed{Q_{max} = A_k \cdot V_k = A_k \cdot \sqrt{gD_k}}, \text{ (για } Fr=1)$$

→ **Ειδική δύναμη:**

δύναμη από την υδροστατική πίεση

$$\boxed{M = \left(\frac{Q^2}{gA} + A\bar{y}\right)} \Rightarrow \frac{F_{\tau x} + F_{gx}}{\gamma} = M_2 - M_1$$

εισροή ποσότητας κίνησης

→ **Mmin:**

$$\boxed{M_{min} = \frac{Q^2}{gA_k} + A\bar{y}_k = \frac{A_k^2}{T_k} + A_k\bar{y}_k}$$

Fr > 1 Υπερκρίσιμη
Fr = 1 Κρίσιμη
Fr < 1 Υποκρίσιμη

→ **Θεωρία κρίσιμου βάθους:**

1) $Fr = \frac{V}{\sqrt{gD}} = 1$

2) $E_{min} = y_k + \frac{D_k}{2}$

3) $M_{min} = \frac{A_k^2}{T_k} = A_k\bar{y}_k$

4) $Q_{max} = A_k\sqrt{gD_k}$

5) $\frac{V_k^2}{2g} = \frac{D_k}{2}$ (SOS). Το ύψος της κινητικής ενέργειας είναι ίσο με το μισό υδραυλικό βάθος D.

Scanned with CamScanner

→ **Υπολογισμοί κρίσιμου βάθους:**

$F=1$, $V_K^2 = gDy_K$, $\frac{A_K^3}{T_K} = \frac{Q^2}{g}$.

→ **Τύπος του Manning:**

$$\boxed{Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} J^{1/2}}$$

→ **Κλίσεις:**

J_c = κρίσιμη κλίση (ροή).

$J_o > J_c$ => υπερκρίσιμη κλίση (ροή)

$J_o < J_c$ => υποκρίσιμη κλίση. (ροή)

⊕ Βλέπε τυπολόγιο τέλος 6ου pdf Νάνου.

→ **Ανύψωση πυθμένα ορθογωνική διατομής, υποκρίσιμης ροής**

Μέγιστη τιμή (σε εφαρμογή).

$\Delta z_{max} = E_1 - \frac{3}{2} \cdot \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2 g}}$ σελ. 7., 7ο pdf Νάνου

→ **Ελάχιστη διατομή σε ορθογωνικό αγωγό υποστένωση, υποκρίσιμη ροή:**

Ελάχιστη τιμή (σε εφαρμογή).

$$b_{min} = \frac{3}{2} Q \sqrt{\frac{3}{2g}} \; \frac{1}{E_{min}^{3/2}}$$

→ **Ρυθμιστικό θυρόφραγμα:**

$E = y_K + \frac{D}{2} = 1{,}5 y_K$ ή $y_K = \frac{2}{3} E$,

η max παροχή της διώρυγας παρατηρείται για y_K. και προκύπτει απ' τον τύπο:

$q = \frac{Q}{b}$ => $q_{max} = \sqrt{g} \left(\frac{2}{3} E\right)^{3/2}$

→ **Υδραυλικό άλμα:**

$$\frac{Q^2}{gA_1} + A_1\bar{y}_1 = \frac{Q^2}{gA_2} + A_2\bar{y}_2 \quad (M_2 = M_1)$$

Scanned with CamScanner

→ **Εξισώσεις υπολογισμού ΒΜΡ:**

Ενέργειας: $\frac{dy}{dx} = \frac{J_0 - J_E}{1 - Fr^2}$

Manning: $J_E = \frac{n^2 V^2}{R^{4/3}} = n^2 \frac{Q^2}{A^2} \frac{\Pi^{4/3}}{A^{4/3}} = n^2 \frac{Q^2 \Pi^{4/3}}{A^{10/3}}$

Αριθμός Froude: $F^2 = \frac{Q^2 T}{g A^3}$

→ **Ταξινόμηση καμπύλων ΕΕ:**

Υποκρίσιμη → M → $y_0 > y_K$, $0 < J_0 < J_K$.

Κρίσιμη → C → $y_0 = y_K$, $J_0 = J_K > 0$

Υπερκρίσιμη → S → $y_0 < y_K$, $J_0 > J_K > 0$.

(Αριθμίζουμε ανάλογα με τον υπόχωρο που βρισκόμαστε.)

⊕ Διαγράμματα σελ. 9, 8º pdf Νάνου.

⊕ Η υποκρίσιμη ροή ελέγχεται από τα κατάντη, Η υπερκρίσιμη ροή ελέγχεται από τα ανάντη (φορά ελέγχου ροής).

~ . ~ . ~ . ~ . ~ . ~ . ~ . ~ . ~

→ **Παροχή σχεδιασμού:**

$Q_{\sigma\chi} = \frac{V_H}{T}$

T → χρόνος λειτουργίας υδραγωγείου

για το H_2O μπορώ να πάρω

βαρύτητα: $T = 24h$

άντληση: $T = 16\text{-}20h$.

→ Δεξαμενή: δυσμενέστερη ημέρα.
⊕ Εξωτερικό υδραγωγείο.

με $\lambda_H = \frac{Q_H}{Q_E}$ και $\lambda_\varrho = \frac{Q_\varrho}{Q_E}$

→ Δίκτυο διανομής: δυσμενέστερη ώρα.

Scanned with CamScanner

Ροή υπό πίεση:

1ο τυπικό → h_f , Moody ή DW ή CW
2ο τυπικό → Q , -//- ή CW
3ο τυπικό → D , με δοκιμές $[f_1, D, Re\sqrt{f}, f_2]$

→ Υδραυλική ακτίνα:

$$R_h = \frac{A}{\Pi} = \frac{D_h}{4}$$

D_h → Υδραυλική διάμετρος
Π → βρεχόμενη περίμετρος

→ Τοπικές απώλειες:

$k=1$: εκροή από σωλήνα
$k=0{,}5$: εισροή σε σωλήνα

Ροή με ελεύθερη επιφάνεια:

→ Manning:

$$\boxed{V = \frac{1}{n} R^{2/3} J^{1/2}} \quad ή \quad \boxed{R^{2/3} A = \frac{Q \cdot n}{J^{1/2}}}$$

→ Κρίσιμο βάθος:

$$Fr = \frac{V_k}{\sqrt{g D_k}} = \frac{Q^2 T}{g A^3} = 1$$

⊗ Απ' τον Froude: $\frac{V_k^2}{2g} = \frac{D_k}{2}$

Υδραγωγείο:

→ Εξωτερικό Υδραγωγείο:

$$\boxed{Q_{εξ} = \frac{V_H}{T}}$$

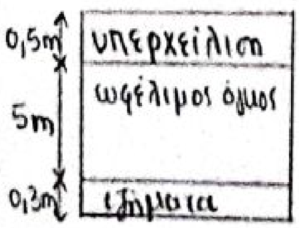
V_H → με την δυσμενέστερη ημέρα σχεδιάζεται => προς το τέλος Ιουλίου

⊗ Βαρύτητας: $T = 24h$, Άντληση: $T = 16\text{-}20h$

→ Μανομετρικό ύψος αντλίας:

$$\boxed{H_μ = \Delta z + h_f}$$

h_f → $J \cdot L$



→ Μέγιστη και ελάχιστη πίεση:

Πρέπει (εμπειρικά): $\boxed{\frac{p}{\gamma} \leq 70m}$ ↓ γίνεται από την ΑΣΥ

$$\boxed{\frac{p}{\gamma} \geq \Delta_{MAX} + 4(n+1)}$$ → γίνεται από την ΚΣΥ

Δ_{MAX}: μέγιστο υψόμετρο
$4(n+1)$: μέγιστο ύψος ορόφων

Scanned with CamScanner

→ Αντλία:

⊗ Μεγάλο ύψος => μεγάλη D => μικρό γ => μικρό Ημ.

⊗ Μικρό ύψος => μικρό D => μεγάλο γ => μεγάλο Ημ.

Καταναλώσεις:

⊗ Απώλειες 30% κατά την μεταφορά H_2O.

→ Δίκτυο διανομής:

Το βράδυ η δυσμενέστερη ώρα

⊗ ισος $\lambda_{H_1}, \lambda_o > 1$

Scanned with CamScanner

Αποχετεύσεις:

→ **Μέση ημερήσια παροχή ακαθάρτων, Q_E:**

Είναι ο ετήσιος όγκος ακαθάρτων, διηρημένος με την διάρκεια ενός έτους

Αν Q_E' = παροχή ύδρευσης => $\boxed{Q_E = 0{,}8 \cdot Q_E'}$

→ **Μέγιστη ημερήσια παροχή ακαθάρτων, Q_H:**

$\boxed{Q_H = \lambda_H \, Q_E}$

συντελεστής ημερήσιας αιχμής

→ **Μέγιστη στιγμιαία παροχή ακαθάρτων, Q_P (παροχή αιχμής):**

$\boxed{Q_P = P \cdot Q_H}$ με $\boxed{P = \min\left(1{,}5 + \frac{2{,}5}{\sqrt{Q_H}}, 3\right)}$ Ελληνικές προδιαγραφές

συντελεστής στιγμιαίας αιχμής

μειώνεται όσο προχωράμε προς τα κατάντη.

L/s

Παράδειγμα αρκά σελ. 24, 2.7.

→ **Διηθήσεις:**

Νέα δίκτυα: $\boxed{q_i = \min\left(0{,}5 / A^{0,3}, 0{,}16\right)}$

L/(s·ha)

ha = εκτάρια

Παλιά δίκτυα: $\boxed{q_i = 1 / A^{0,25}}$

Παράδειγμα αρκά σελ. 30, 2.9 (Παροχή σχεδιασμού ακαθάρτων)

Παράδειγμα αρκά σελ. 72, 4.10 SOS

Παράδειγμα αρκά σελ. 77, 4.12β. SOS

→ **Περιορισμοί διαμέτρου:**

Φ20cm Ακάθαρτα

Φ40cm Όμβρια

* Βλέπω και τα μέγιστα ποσοστά πλήρωσης.

→ **Μέγιστες ταχύτητες:**

$V_{max} = 6$ m/s Όμβρια

$V_{max} = 3$ m/s Ακάθαρτα

• **Ελάχιστες ταχύτητες:**

$V_{min} = 0{,}6$ m/s όμβρια

$V_{min} = 0{,}3$ m/s Ακάθαρτα → $\frac{Q}{Q_0} = 0{,}10 \Rightarrow \frac{V}{V_0} = 0{,}54 \Rightarrow \boxed{V_0 > 0{,}56 \text{ m/s}}$

Scanned with CamScanner