

### ΑΓΩΓΟΙ ΥΠΟ ΠΙΕΣΗ

1. Αριθμός Reynolds  $\mathcal{R}$ : 
$$\text{Re} = \frac{VD}{\nu}$$

2. Κλίση γραμμικών απωλειών: 
$$J_E = \frac{f V^2}{D 2g} \quad (\text{σχέση των Darcy - Weisbach})$$

3. Ύψος των απωλειών ενέργειας (φορτίου) σε μήκος αγωγού  $L$ :

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g} = J_E L$$

4. Συντελεστής τριβών  $f$  για τους σωλήνες του εμπορίου (Colebrook - White)

(α) Υδραυλικά λεία περιοχή: 
$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log(\text{Re} \sqrt{f}) - 0.80 = 2 \log\left(\frac{\text{Re} \sqrt{f}}{2.51}\right)$$

(β) Μεταβατική περιοχή: 
$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 1.14 - 2 \log\left[\frac{k_s}{D} + \frac{9.35}{\text{Re} \sqrt{f}}\right]$$

(γ) Πλήρως τραχεία περιοχή: 
$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \frac{k_s}{D} + 1.14$$

5. Εξίσωση των Swamee & Jain 
$$f = \frac{0.25}{\left[\log\left(\frac{0.27k_s}{D} + \frac{5.74}{\text{Re}^{0.9}}\right)\right]^2}$$

Εξίσωση Haaland 
$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1.8 \log\left\{\left(\frac{k_s/D}{3.7}\right)^{1.11} + \frac{6.9}{\text{Re}}\right\}$$

6. Βοηθητικοί τύποι στους κλειστούς αγωγούς

$$V = \left[2gh_f \frac{D}{L}\right]^{1/2} \frac{1}{\sqrt{f}}, \quad \text{Re} \sqrt{f} = \left[\frac{2gh_f}{L}\right]^{1/2} \frac{D^{3/2}}{\nu}, \quad \frac{D}{f^{1/5}} = \left[\frac{8LQ^2}{\pi^2 gh_f}\right]^{1/5}$$

7. Ισοδύναμοι αγωγοί

Σε σειρά:  $f_1 \frac{L_1}{D_1^5} + f_2 \frac{L_2}{D_2^5} = f \frac{L}{D^5}$ , Παράλληλοι:  $\left(\frac{D_1^5}{L_1 f_1}\right)^{1/2} + \left(\frac{D_2^5}{L_2 f_2}\right)^{1/2} = \left(\frac{D^5}{L f}\right)^{1/2}$

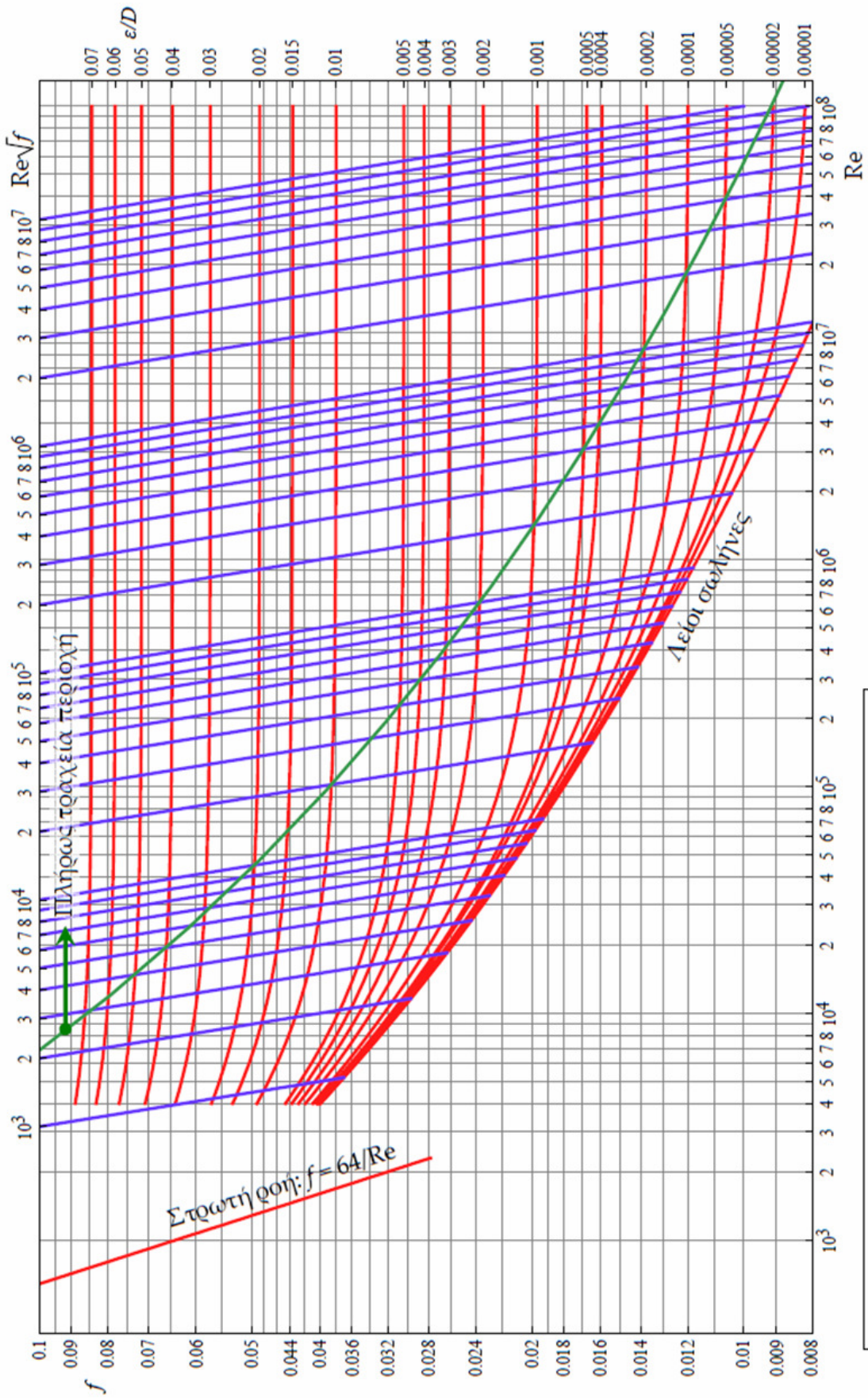
8. Τοπικές απώλειες

Διεύρυνση:  $K_{SE} = \left[1 - \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2\right]^2$ , Στένωση:  $K_{SC} \approx 0.42 \left(1 - \frac{d^2}{D^2}\right)$

9. Ισχύς αντλίας/υδροστροβίλου ( $\eta$  = συντελεστής απόδοσης)

Ισχύς αντλίας 
$$P = \frac{\rho g Q H}{\eta}$$

Ισχύς υδροστροβίλου 
$$P = \rho g Q H \eta$$



Διάγραμμα Moody-Rouse – Έκδοση Κουτσογιάννη-Παπαλεξίου

### ΑΓΩΓΟΙ ΜΕ ΕΛΕΥΘΕΡΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ

1) Εξίσωση ενέργειας  $H = z + y + \alpha \frac{V^2}{2g}$

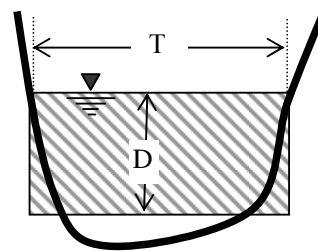
2) Ειδική ενέργεια  $E = y + \alpha \frac{V^2}{2g}$

3) Ειδική δύναμη  $M = \frac{Q^2}{gA} + \bar{y}A$

4) Αριθμός του Froude  $Fr = \frac{V}{\sqrt{gD}}; D = A/T$

5) Κρίσιμο βάθος: Συνθήκη  $Fr = V/\sqrt{gD} = 1; D = A/T$

6) Εξίσωση του Manning  $V = \frac{1}{n} R^{2/3} J^{1/2}; R = A/P, Q = \frac{A}{n} R^{2/3} J^{1/2}$



| Διατομή | Κρίσιμο βάθος                                                                                                                            | Ομοιόμορφο βάθος                                                                                                                                                         |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         | $y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{b^2 g}} = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3}$                                                                   | $y = \frac{1}{b} \left[ \frac{Qn}{J^{1/2}} (b + 2y)^{2/3} \right]^{3/5}$                                                                                                 |
|         | $y_c = \frac{1}{(b + zy_c)} \left[ \frac{Q^2}{g} (b + 2zy_c) \right]^{1/3}$                                                              | $y = \frac{1}{b + zy} \left[ \frac{Qn}{J^{1/2}} (b + 2y\sqrt{1 + z^2})^{2/3} \right]^{3/5}$                                                                              |
|         | $\theta = \sin \theta + \frac{8}{d^{5/3}} \left[ \frac{Q^2 \sin(\theta/2)}{g} \right]^{1/3}$<br>$y_c = \frac{d}{2} [1 - \cos(\theta/2)]$ | $\theta = \left[ \frac{Qn}{J^{1/2}} \frac{\theta^{2/3}}{(d/2)^{8/3}} \right]^{3/5} + \frac{\sin \theta}{2} + \frac{\theta}{2}$<br>$y = \frac{d}{2} [1 - \cos(\theta/2)]$ |

7) Υδραυλικό άλμα (ορθογωνική διατομή)

$$\frac{y_2}{y_1} = \frac{1}{2} \left[ \sqrt{1 + 8Fr_1^2} - 1 \right] \quad (\text{Συζυγή βάθη}) \quad \Delta H = \frac{(y_1 - y_2)^3}{4y_1 y_2} \quad (\text{Απώλειες ενέργειας})$$

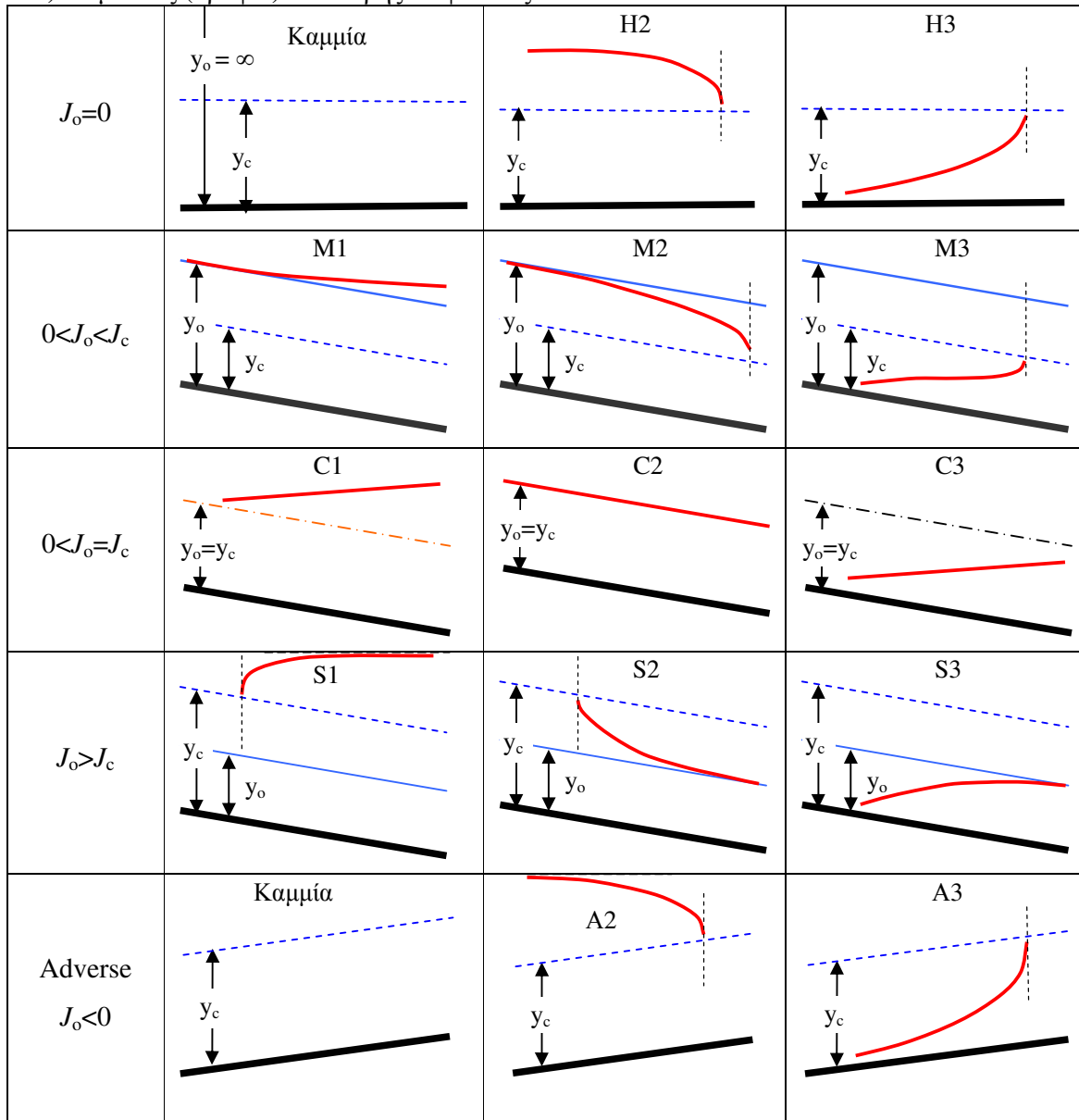
8) Μεταβολή του υψόμετρου πυθμένα ορθογωνικής διώρυγας

$$\frac{dy}{dx} (1 - Fr^2) + \frac{dz}{dx} = 0, \quad \max \Delta z = E_1 - \min E_2 = E_1 - \frac{3}{2} \left( \frac{Q^2}{b^2 g} \right)^{1/3}$$

9) Μεταβολή του πλάτους ορθογωνικής διώρυγας

$$(1 - Fr^2) \frac{dy}{dx} - Fr^2 \frac{y}{b} \frac{db}{dx} = 0, \quad Fr^2 = \frac{V^2}{gD} = \frac{Q^2 b}{A^3 g} = \frac{Q^2 b}{gb^3 y^3} = \frac{q^2}{gy^3}, \quad b_{\min} = \frac{3}{2} \frac{Q}{E_1^{3/2}} \sqrt{\frac{3}{2g}}$$

10) Καμπύλες (προφίλ) ελεύθερης επιφάνειας



$J_o < J_c$  ( $y_o > y_c$ ) ΥΠΟΚΡΙΣΙΜΗ,  $J_o = J_c$  ( $y_o = y_c$ ) ΚΡΙΣΙΜΗ,  $J_o > J_c$  ( $y_o < y_c$ ) ΥΠΕΡΚΡΙΣΙΜΗ κλίση

11) Υπολογισμός μηκοτομής της ελεύθερης επιφάνειας (BMP)

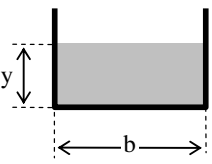
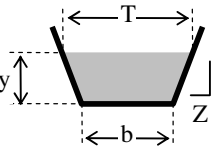
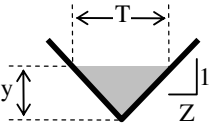
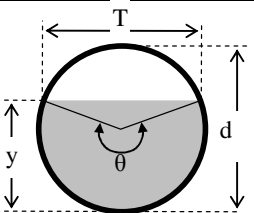
1. Άμεση βήμα προς βήμα ολοκλήρωση (Direct step method).

$$\Delta x = \frac{E_2 - E_1}{J_o - \bar{J}_E} = \frac{\Delta E}{J_o - \bar{J}_E}, \quad E_i = y_i + \alpha_i \frac{V_i^2}{2g}, \quad J_{Ei} = \frac{n^2 V_i^2}{R_i^{4/3}}, \quad \bar{J}_E = \frac{J_{E1} + J_{E2}}{2}$$

2. Τυπική μέθοδος βήμα προς βήμα ολοκλήρωσης (Standard step method)

$$z_1 + y_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = z_2 + y_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + \Delta H, \quad \Delta H = h_f + h_e, \quad \text{όπου}$$

$$h_f = J_E \Delta x = (J_{E1} + J_{E2})/2 \quad \text{και} \quad h_e = k \Delta (\alpha V^2 / 2g)$$

| Διατομή                                                                            | A                                      | P                      | T                                                             | R                                                         | D                                                                      | $\bar{y}$ και $y$                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | $by$                                   | $b + 2y$               | $b$                                                           | $\frac{by}{b + 2y}$                                       | $y$                                                                    | $\bar{y} = \frac{y}{2}$                                                                                                                 |
|   | $(b + Zy)y$                            | $b + 2y\sqrt{1 + Z^2}$ | $b + 2Zy$                                                     | $\frac{(b + Zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + Z^2}}$                  | $\frac{(b + Zy)y}{b + 2Zy}$                                            | $\bar{y} = \frac{y}{3} \frac{3b + 2Zy}{2b + 2Zy}$                                                                                       |
|   | $Zy^2$                                 | $2y\sqrt{1 + Z^2}$     | $2Zy$                                                         | $\frac{Zy}{2\sqrt{1 + Z^2}}$                              | $\frac{y}{2}$                                                          | $\bar{y} = \frac{y}{3}$                                                                                                                 |
|  | $\frac{(\theta - \sin \theta)}{8} d^2$ | $\frac{\theta}{2} d$   | $d \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)$ ή<br>$2\sqrt{y(d - y)}$ | $\left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta}\right) \frac{d}{4}$ | $\frac{(\theta - \sin \theta)}{8 \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)} d$ | $y = [1 - \cos(\theta/2)] \frac{d}{2}$<br>$\bar{y} = \frac{2d(\sin(\theta/2))^3}{3(\theta - \sin \theta)} - \frac{d}{2} \cos(\theta/2)$ |

A = εμβαδόν υγρής διατομής, P = βρεχόμενη περίμετρος, T = πλάτος ελεύθερης επιφάνειας, R = υδραυλική ακτίνα, D = υδραυλικό βάθος,  $\bar{y}$  = απόσταση KB υγρής διατομής από την ελεύθερη επιφάνεια.