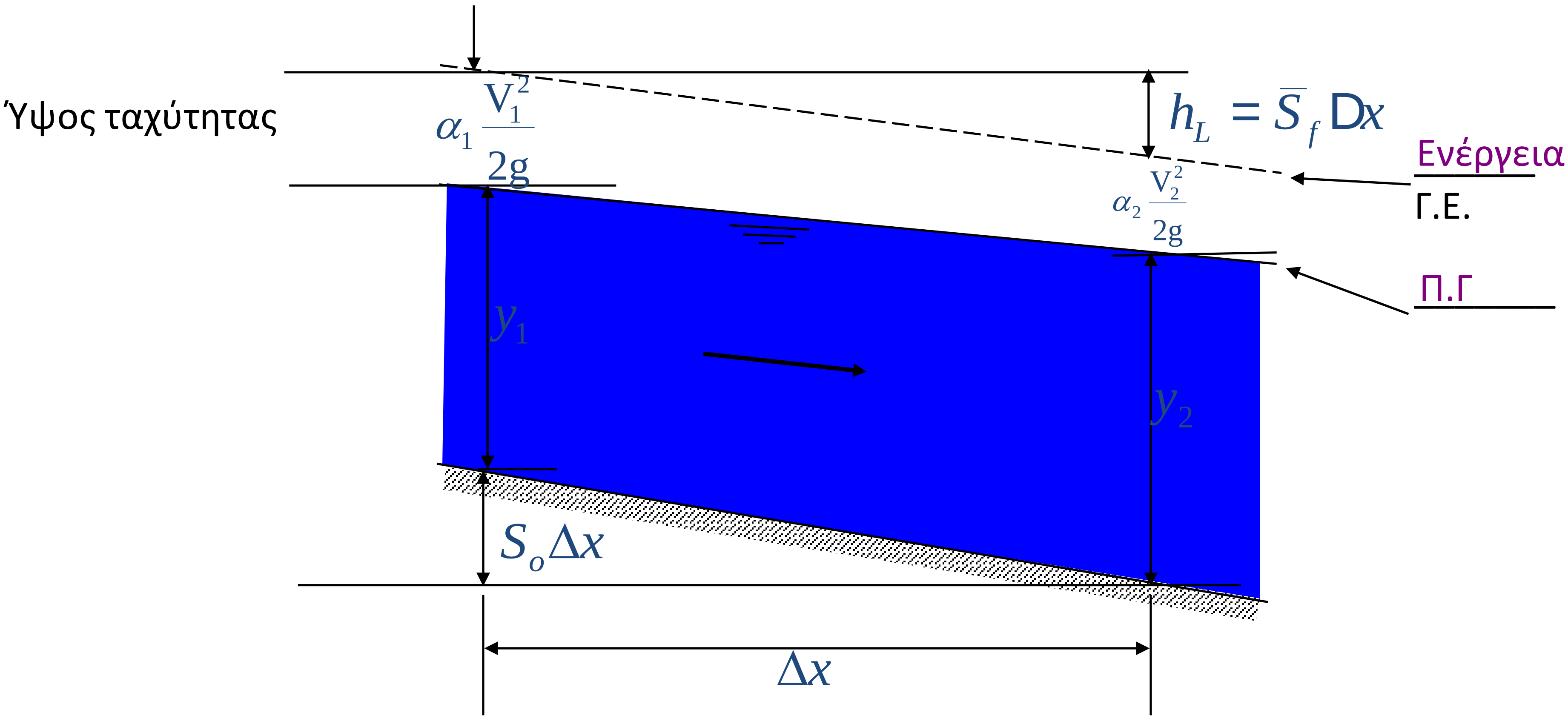
Ειδική ενέργεια Θυρόφραγμα και Ομαλές αλλαγές στον πυθμένα

Θεωρία κρίσιμου βάθους

ΑΔΕ

Ασκησιολογικά, είθισται ορθογωνικές διατομές

Ανοικτοί αγωγοί: Διατήρηση της ενέργειας



Κλίση πυθμένα (S_o) όχι απαραίτητη ίση με την κλίση της γραμμής ενέργειας (S_f)

Διατήρηση της ενέργειας

$$\frac{p_1}{\gamma} + z_1 + a_1 \frac{V_1^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + z_2 + a_2 \frac{V_2^2}{2g} + h_f$$

z από στάθμη αναφοράς

$$y_1 + S_o \mathrm{D}x + \frac{V_1^2}{2g} = y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + S_f \mathrm{D}x$$

Τυρβώδη ροή ($\alpha \cong 1$)

y – βάθος ροής

Ενεργειακή σχέση ανοικτών αγωγών

$$\left(y_1 + \frac{V_1^2}{2g} \right) + S_o \Delta x = \left(y_2 + \frac{V_2^2}{2g} \right) + S_f \Delta x \Leftrightarrow$$

$$\mathrm{E}_1 + z_1 = \mathrm{E}_2 + z_2 + h_f$$

Εξίσωση ενέργειας με απώλειες ενέργειας

ΑΔΕ:

$$\mathrm{E}_{\alpha\nu\alpha\nu\tau\eta} + z_1 = \mathrm{E}_{\kappa\alpha\tau\alpha\nu\tau\eta} + z_2 + h_f \Leftrightarrow \left(\alpha\nu \ h_f \rightarrow 0 \right)$$

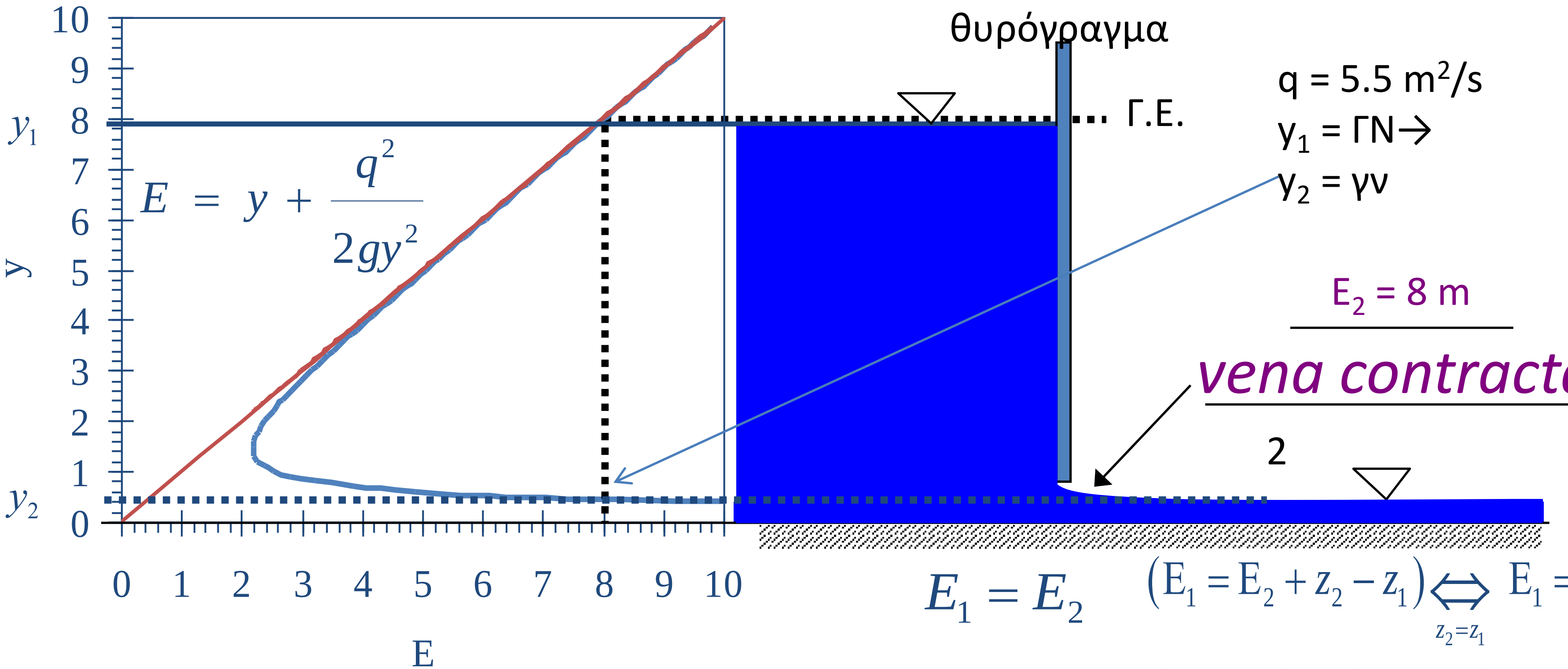
$$\mathrm{E}_{\alpha\nu\alpha\nu\tau\eta} = \mathrm{E}_{\kappa\alpha\tau\alpha\nu\tau\eta} + z_2 - z_1 + h_f \Leftrightarrow$$

$$\frac{\mathrm{E}_{\alpha\nu\alpha\nu\tau\eta} - \mathrm{E}_{\kappa\alpha\tau\alpha\nu\tau\eta}}{\Delta x} = \frac{z_2 - z_1}{\Delta x} + \frac{h_f}{\Delta x}$$

$$\frac{\mathrm{E}_{\alpha\nu\alpha\nu\tau\eta} - \mathrm{E}_{\kappa\alpha\tau\alpha\nu\tau\eta}}{\Delta x} = -S_0 + \bar{S}_f \Leftrightarrow \frac{d\mathrm{E}}{dx} = +S_0 - \bar{S}_f$$

Εναλλακτά βάθη

Θυρόφραγμα



$$E_1 = E_2$$

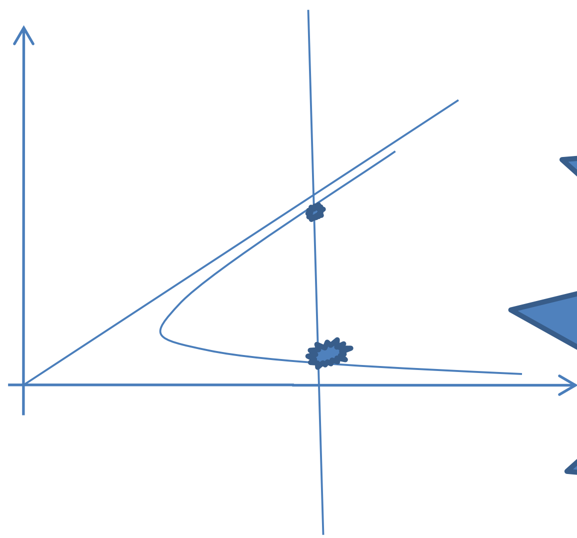
$$\left(E_1 = E_2 + z_2 - z_1\right) \underset{z_2=z_1}{\Longleftrightarrow} E_1 = E_2$$

$$\left(\frac{V_1^2}{2g} + y_1\right) = \left(\frac{V_2^2}{2g} + y_2\right)$$

$\text{ορθ.διατομή}:$

$$Q = by_1V_1 = by_2V_2$$

- Εναλλακτά βάθη ροής: E1=E2 (υποκρίσιμη και υπερκρίσιμη ροή), γενικά υπάρχουν 2 λύσεις στην ΑΔΕ
- Θυρόφραγμα οριζόντιος πυθμένας με αμελητέες απώλειες ενέργειας, συνυπάρχουν και οι 2 λύσεις



Η ειδική ενέργεια ορίζεται για ομοιόμορφη ταχύτητα στη διατομή. Όταν αυτή η παραδοχή δεν ισχύει το ρευστό <u>δεν</u> ακολουθεί το διάγραμμα ειδικής ενέργειας

Ειδική ενέργεια για αμελητέες απώλειες ενέργειας- ομαλές διαφορές πυθμένα-χωρίς κλίση

Αρχή διατήρησης της ενέργειας: μεταβολή ειδικής ενέργειας σύμφωνα με την αλλαγή των υψομέτρων πυθμένα

$$\mathrm{E}_1 + z_1 = \mathrm{E}_2 + z_2 + h_f \Leftrightarrow \left(\alpha \nu \ h_f \to 0 \right)$$

$$\mathrm{E}_1 = \mathrm{E}_2 + z_2 - z_1$$

Διάγραμμα βάθους ροής-ειδικής ενέργειας-συνεχής περίπτωση

Μετάβαση σε διαφορές συναρμογές

Ομαλή Αύξηση z πυθμένα

Θεωρείστε ανάντη **<u>υποκρίσιμη ροή</u>** & αρχική E_1 γνωστή

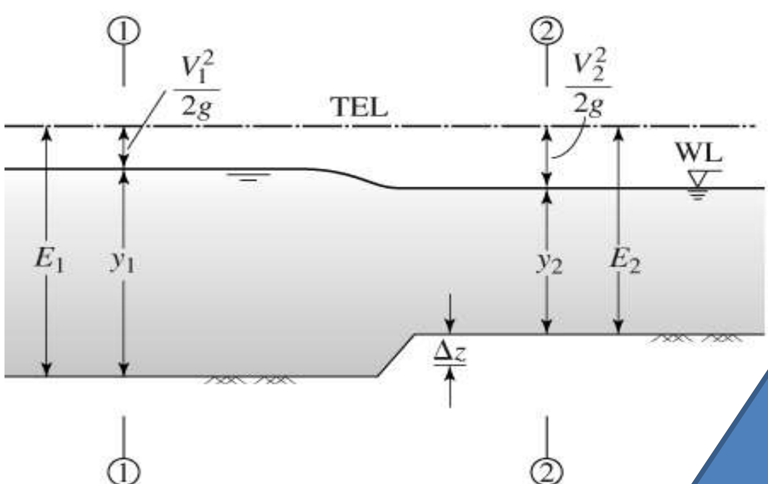
Δz αφαιρείτε , μηδενικές απώλειες, Ε στη θέση (2) μειώνεται:

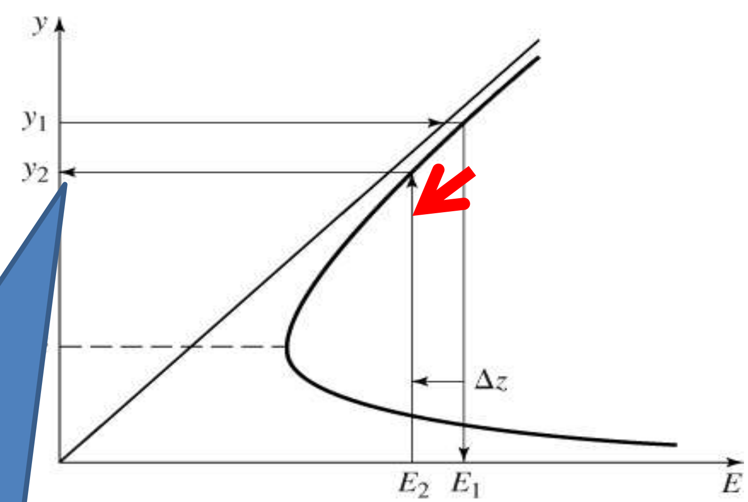
$$\left(E_1 = E_2 + z_2 - z_1\right) \underset{z_2=z_1}{\Leftrightarrow} E_1 + z_1 - z_2 = E_2 + \underset{\Delta z = z_2 - z_1}{\Leftrightarrow}$$

$$\left(\frac{V_1^{\,2}}{2g} + y_1\right) - \Delta z = \left(\frac{V_2^{\,2}}{2g} + y_2\right)$$

$$\textit{ορθ.διατομή}:$$

$$Q = b y_1 V_1 = b y_2 V_2$$





(b)

Για υπορκρίσιμη ροή ανάντη, το βάθος ροής κατάντη μειώνεται!!

Μετάβαση σε διαφορές συναρμογές

Αύξηση z πυθμένα

Θεωρείστε ανάντη **υπερκρίσιμη ροή** & αρχική E_1 γνωστή

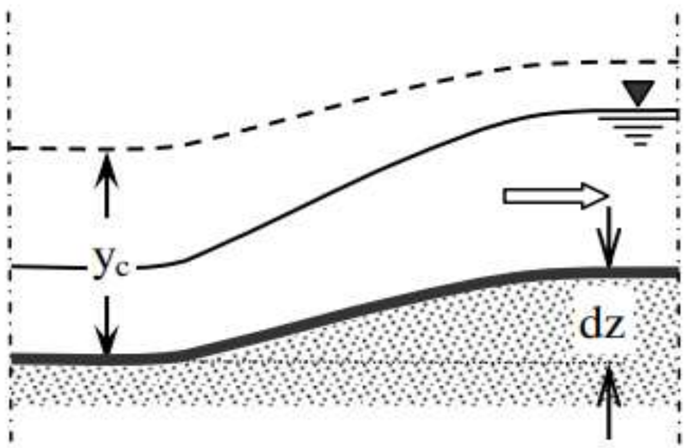
Δz αφαιρείτε , μηδενικές απώλειες, Ε στη θέση (2) μειώνεται:

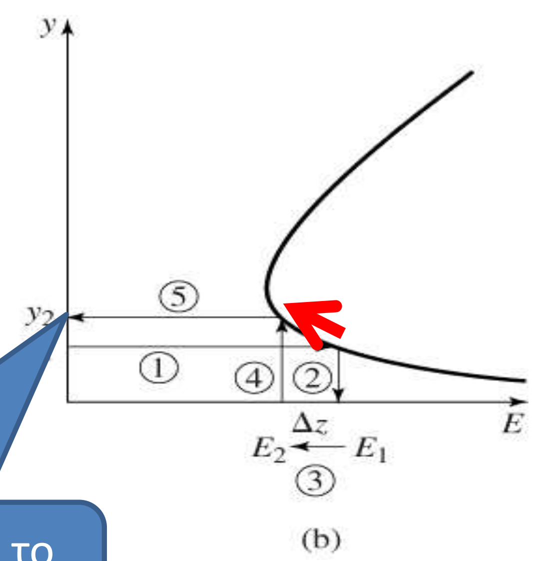
$$\left(E_1 = E_2 + z_2 - z_1\right) \underset{z_2 = z_1}{\Longleftrightarrow} E_1 + z_1 - z_2 = E_2 + \underset{\Delta z = z_2 - z_1}{\Leftrightarrow}$$

$$\left(\frac{V_1^2}{2g} + y_1\right) - \Delta z = \left(\frac{V_2^2}{2g} + y_2\right)$$

$$\textit{ορθ.διατομή}:$$

$$Q = b y_1 V_1 = b y_2 V_2$$





Για υπερκρίσιμη ροή ανάντη, το βάθος ροής κατάντη αυξάνεται!!

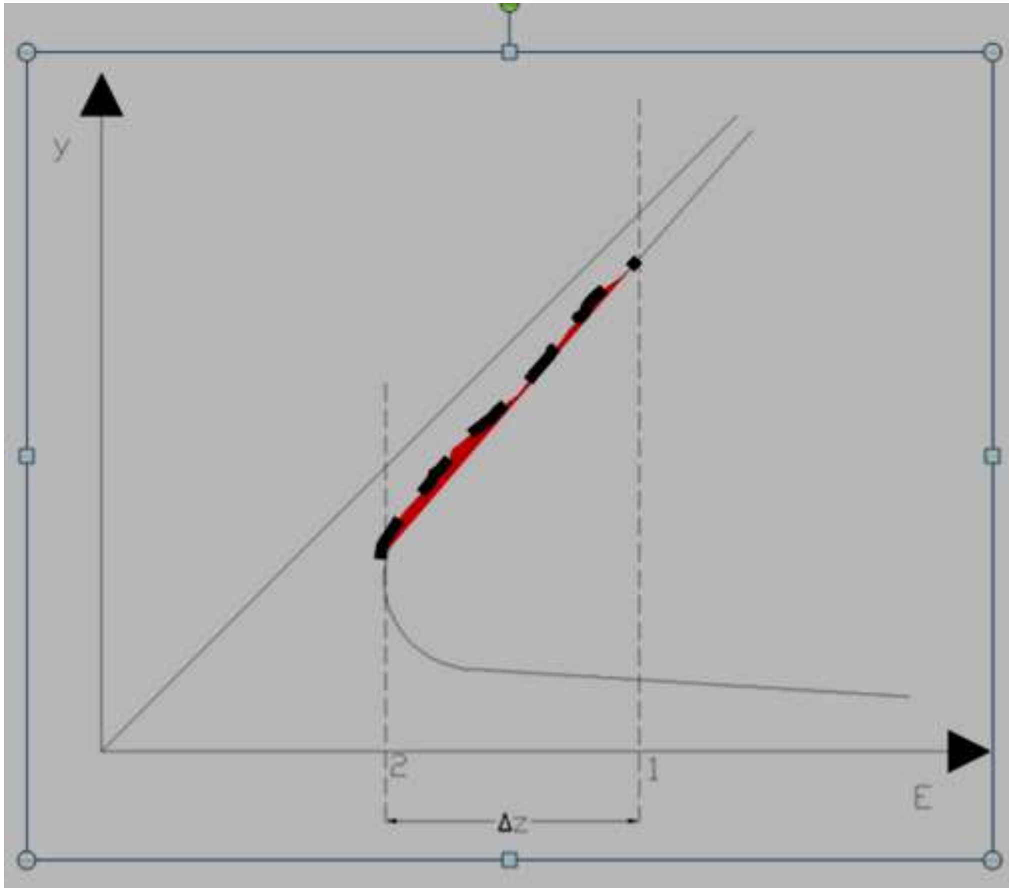
• το ύψος του εμποδίου, ώστε η ροή στο (2) να είναι κρίσιμη.

Μέγιστη αύξηση z πυθμένα

το ύψος του εμποδίου, ώστε η ροή στο (2) να είναι κρίσιμη.

$$\frac{V_1^2}{2g} + y_1 = \frac{V_c^2}{2g} + y_c + \Delta z \Leftrightarrow$$

$$\frac{V_1^2}{2g} + y_1 = E_c + \Delta z$$



Ορθογωνική διατομή

1) Η Ειδική Ενέργεια δίδεται από τον παρακάτω εξίσωση (ισχύει μόνο για ορθογωνική διατομή):

$$E(y) = \frac{V^2}{2g} + y = \frac{\frac{q^2}{y^2}}{2g} + y = \frac{q^2}{2gy^2} + y$$

Πραγματοποιώ τη γραφική παράσταση. Για να είναι πιο σωστή η καμπύλη y=f(E(y)) θα πρέπει να προσδιορίσω το κρίσιμο βάθος που είναι για <u>ορθογωνική διατομή</u>

$$y_c = \left(\frac{q^2}{g}\right)^{1/3}$$

και αντιστοιχεί σε ειδική ενέργεια ελάχιστη σε <u>ορθογωνική διατομή</u>:

$$E_c = \frac{3}{2} y_c$$

$$\left.\begin{aligned} q &= \frac{Q}{b} \\ Q &= V * by \end{aligned}\right\} \Rightarrow V = \frac{Q}{by} = \frac{q}{y}$$

Μετάβαση σε διαφορές συναρμογές

Ομαλή μείωση z πυθμένα

Θεωρείστε ανάντη **υποκρίσιμη ροή** & αρχική E_1 γνωστή

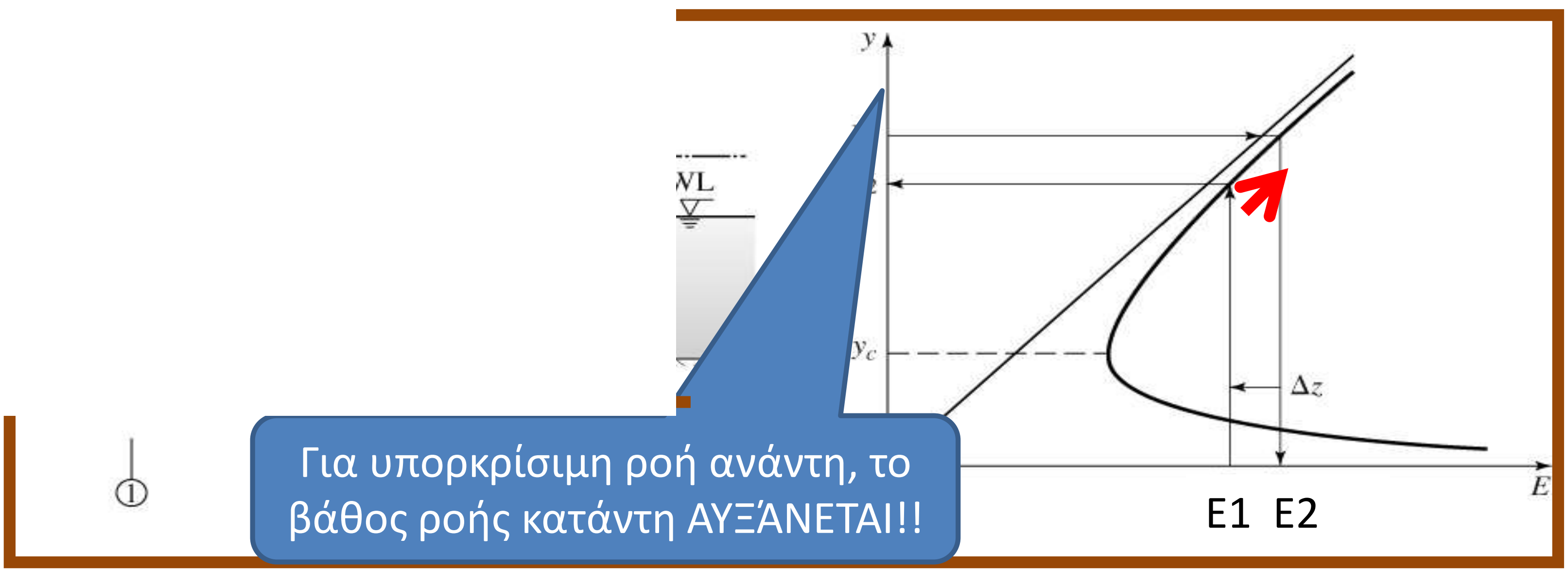
Δz , μηδενικές απώλειες, Ε στη θέση (2) αυξάνεται:

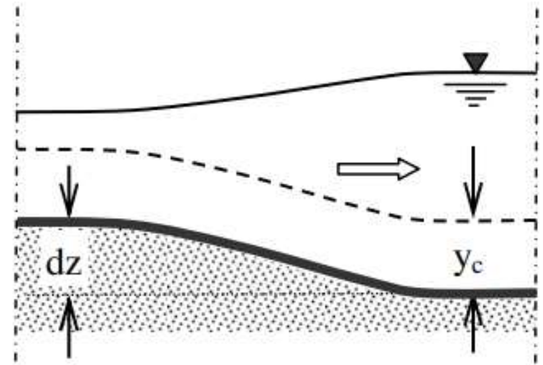
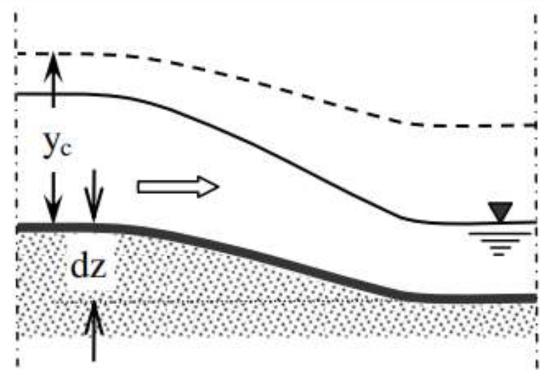
$$\left(E_1 + z_1 = E_2 + z_2\right) \underset{z_2 = z_1}{\Leftrightarrow} E_1 + z_1 - z_2 = E_2 + \underset{\Delta z = z_1 - z_2}{\Leftrightarrow}$$

$$\left(\frac{V_1^2}{2g} + y_1\right) + \Delta z = \left(\frac{V_2^2}{2g} + y_2\right)$$

$$\textit{ορθ.διατομή}:$$

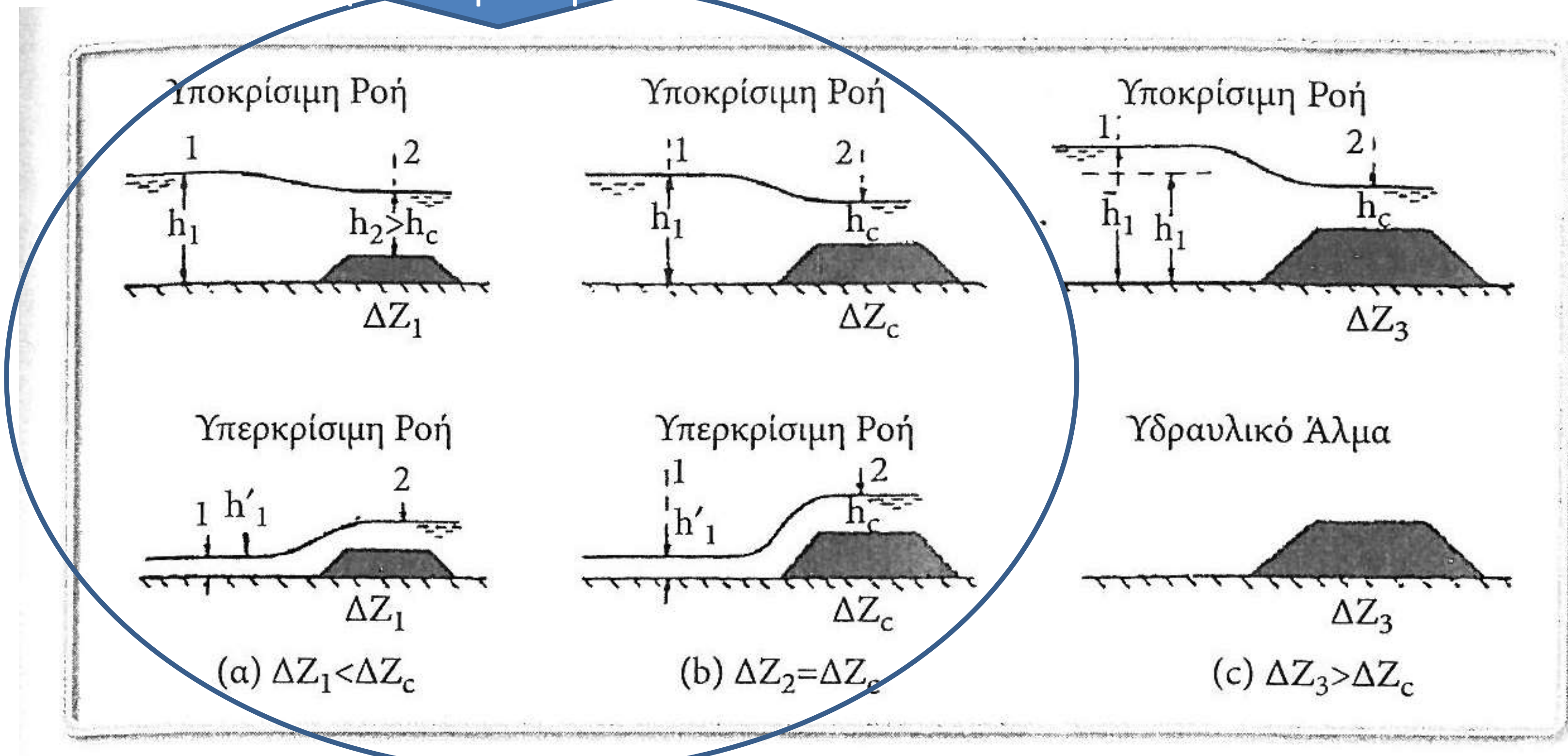
$$Q = b y_1 V_1 = b y_2 V_2$$



Περίπτωση (ii) Ροή υποκρίσιμη (*Fr* <1) και *dz/dx* < 0. Από την εξίσωση (3.6) προκύπτει ότι *dy/dx* > 0.	
Περίπτωση (iii) Ροή υπερκρίσιμη (*Fr* >1) και *dz/dx* < 0. Από την εξίσωση (3.6) προκύπτει ότι *dy/dx* < 0.	

Παπανικολάου, 2017

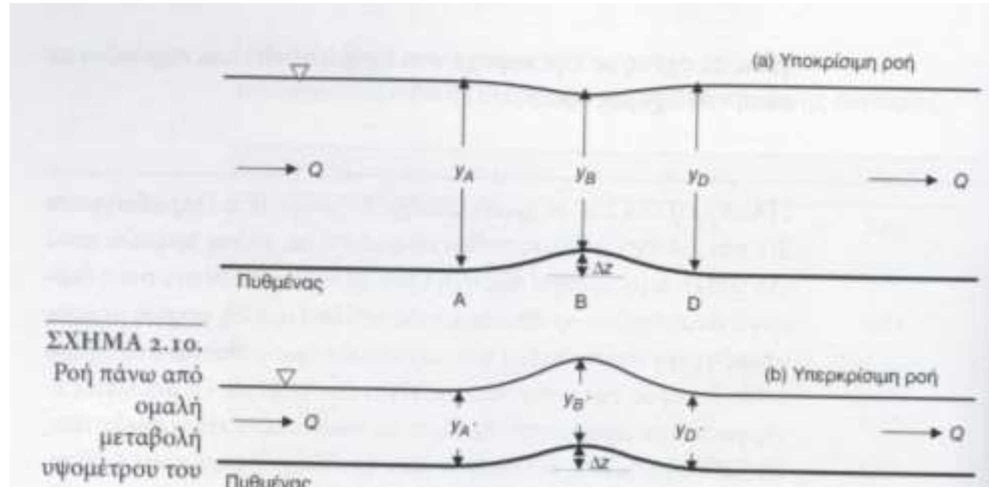
Η ροή ανάντη και στο εμπόδιο θα είναι υποκρίσιμη παντού ή υπερκρίσιμη παντού, το πολύ να φτάσει το κρίσιμο βάθος για μεγάλο ύψος εμποδίου. Διαφορετικά περίπτωση για μεγαλύτερο ύψος εμποδίου περίπτωση ©



Σχήμα 7.15: Ροή σε αγωγό με αναβαθμό, Πρίνος, 2013

Κατάντη

- Αν οι απώλειες ενέργειας είναι αμελητέες για τις τέσσερεις βατές περιπτώσεις τότε επανέρχεται στο αρχικό βάθος ροής
- yA=yD
- yA’=yD’



Akan, 2021

Υποκρίσιμη ροή, «ψηλό εμπόδιο»

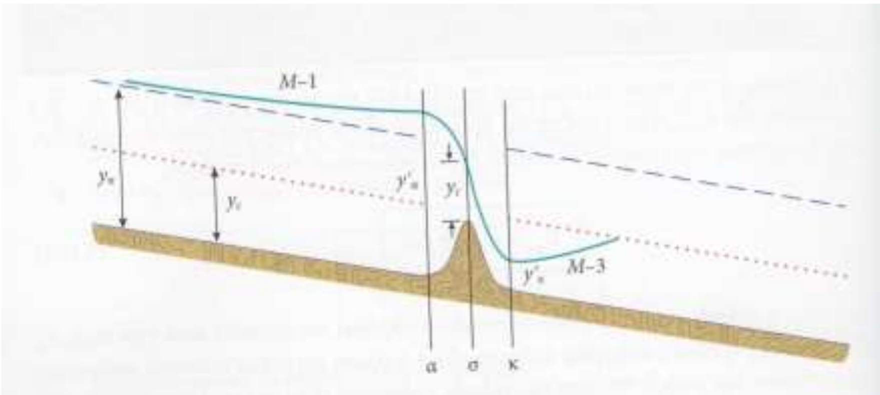
- Πάνω από το εμπόδιο κρίσιμη ροή
- Ανάντη περισσότερο βάθος ροή (στραγγαλισμός της ροής---»λάθος του καθηγητή στην εκφώνηση»)(ΑΔΕ)

Υπεκρίσιμη ροή, «ψηλό εμπόδιο»

- Πάνω από το εμπόδιο κρίσιμη ροή
- Υδραυλικό άλμα

Δημητρακόπουλος για κεκλειμένη επιφάνεια

Υποκρίσιμη ροή ανάντη



Υπερκρίσιμη ροή ανάντη