



Το παρόν έργο αδειοδοτείται υπό τους όρους της άδειας Creative Commons Αναφορά Δημιουργού - Μη Εμπορική Χρήση - Όχι Παράγωγα Έργα 4.0. Για να δείτε ένα αντίγραφο της άδειας αυτής επισκεφτείτε το σύνδεσμο: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΕΡΓΑ

Σχεδιασμός υπερχειλιστή

Δρ. Βασίλης Μπέλλος

Εισαγωγή

Υπερχειλιστές

σχεδιασμός

- Έργα στη στέψη του φράγματος για την ασφαλή διοχέτευση του πλημμυρικού όγκου που δεν αποθηκεύεται
- Σχεδιασμός
 - Κατηγορία 1 (υψηλές συνέπειες) → $T=10000$ έτη
 - Κατηγορία 2 (σημαντικές συνέπειες) → $T=1000$ έτη (βαρύτητας), $T=5000$ έτη (γεωφράγματα)
 - Κατηγορία 3 (χαμηλές συνέπειες) → $T=200$ έτη (βαρύτητας), $T=500$ έτη (γεωφράγματα)

Τμήματα έργου

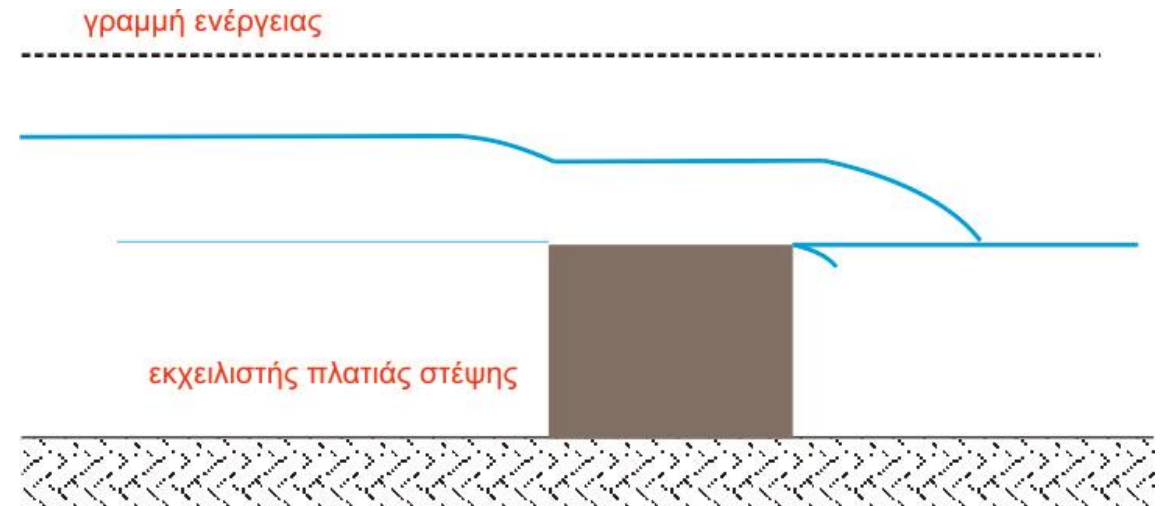
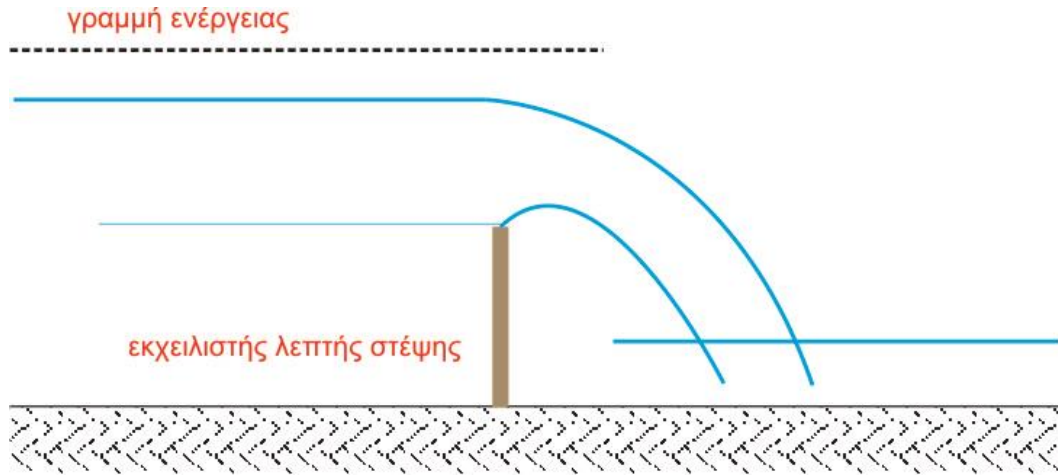


Υπερχειλιστές

ΤΥΠΟΙ

- Ελεύθερη υπερχείλιση
- Ακολουθώντας το σχήμα της υδατόπτωσης (ogee)
- Φρεατοειδής (morning glory)
- Θυροφράγματα
- Σιφωνοειδής
- Λαβυρίνθου
- Βαθμιδωτός

Ελεύθερη υπερχείλιση



Ogee



Φρεατοειδής



Θυροφράγματα



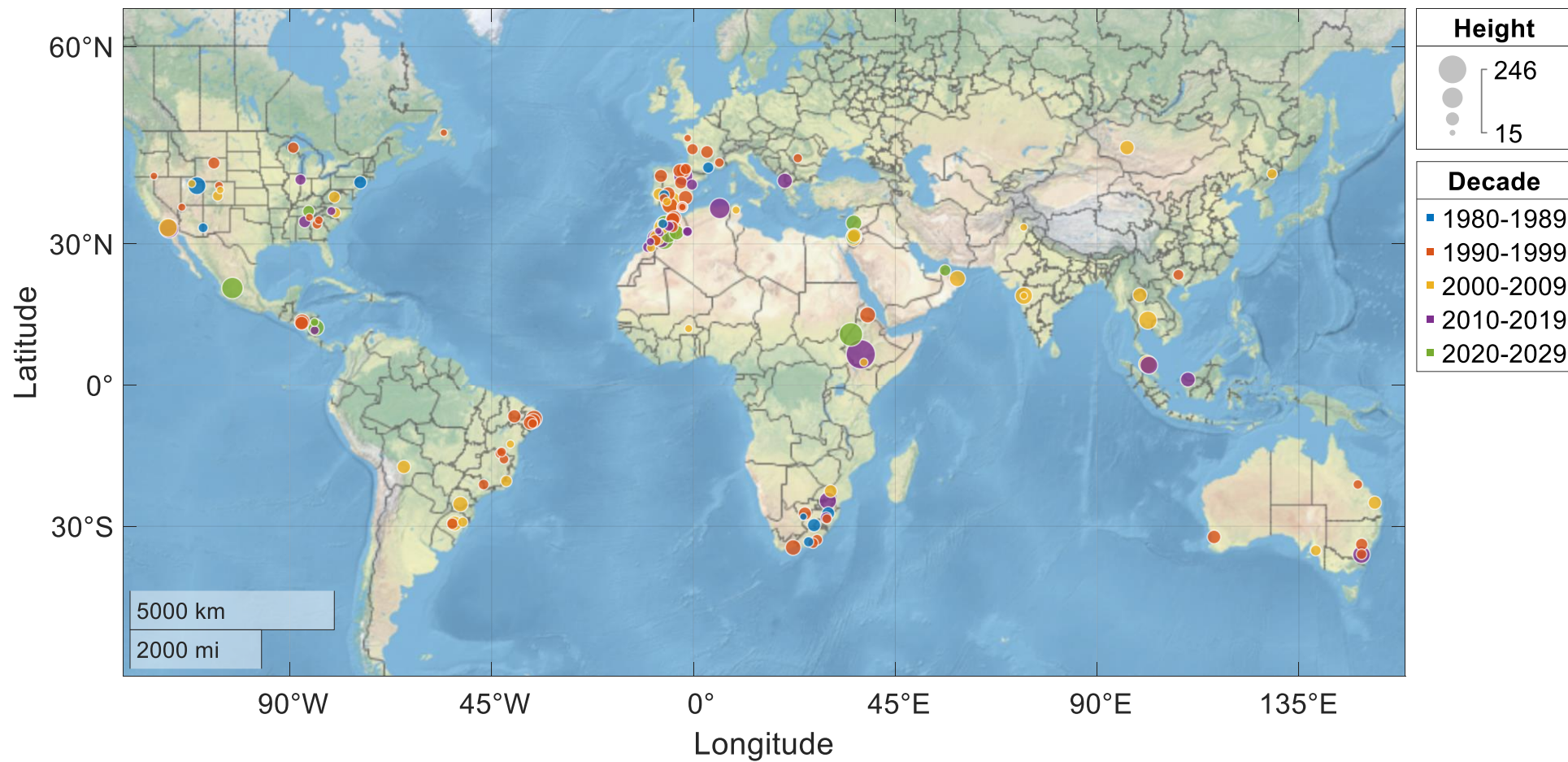
Διώρυγα απαγωγής/πτώσης

- **Σώμα φράγματος**
 - Επάνω (φράγματα βαρύτητας)
 - Παραπλεύρως
 - Μακριά από το σώμα του φράγματος
- **Βαθμιδωτή**
 - Καταστροφή ενέργειας

Βαθμιδωτή



Βαθμιδωτή



Έργα καταστροφής ενέργειας

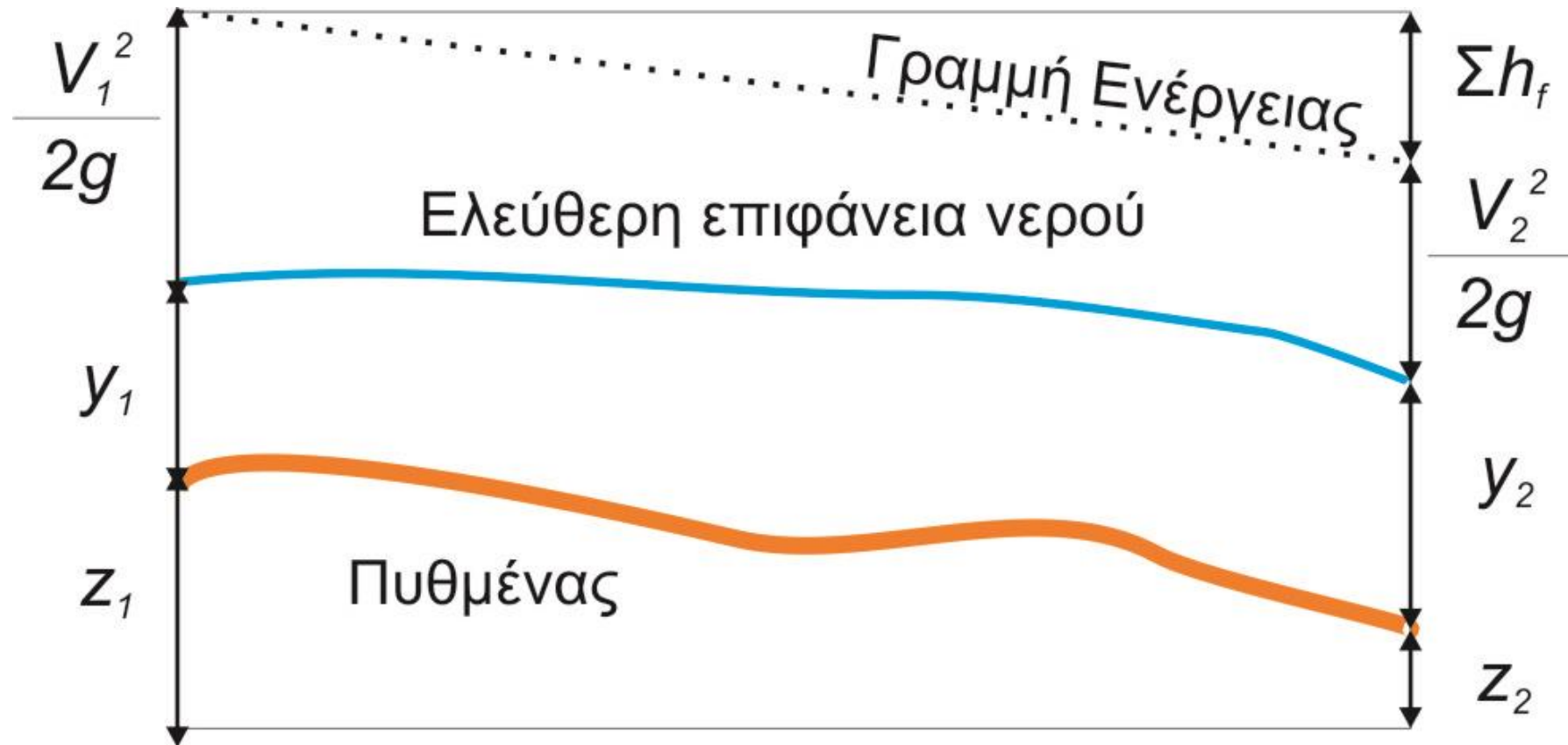
- Λεκάνη καταστροφής ενέργειας (πόδι φράγματος)
- Εκτόξευση πίδακα νερού σε λεκάνη αποτόνωσης ενέργειας (flip bucket)
- Εμπόδια στη ροή
- Βαθμίδες

Βασικές αρχές υδραυλικής

Ταξινόμηση ροών

- Μεταβολή υδραυλικών χαρακτηριστικών (βάθος + παροχή)
- Στο χώρο
 - Ομοιόμορφη ροή
 - Ανομοιόμορφη ροή
- Στο χρόνο
 - Μόνιμη ή σταθερή ροή
 - Μη μόνιμη ή ασταθής ροή

Εξίσωση ενέργειας



Μεγέθη

$$H = z + y + \frac{V^2}{2g}$$

ολική ενέργεια

$$E = y + \frac{V^2}{2g}$$

ειδική ενέργεια

$$\frac{dE}{dx} = S_0 - S_f$$

εξίσωση ενέργειας

Μόνιμη - ομοιόμορφη ροή

- Μηδενική μεταβολή ενέργειας

$$\frac{dE}{dx} = 0 \Rightarrow S_0 = S_f$$

- Εξίσωση Manning για κανονικό βάθος ροής

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S_0^{1/2} \quad \text{οποιαδήποτε διατομή}$$

$$q = \frac{1}{n} y^{5/3} S_0^{1/2} \quad \text{αγωγός απείρου πλάτους}$$

Μόνιμη - ανομοιομόρφη ροή

- Μεταβολή βάθους → στο χώρο
- Βαθμιαία μεταβαλλόμενη ροή
 - Αλλαγή κλίσης, τραχύτητας, γεωμετρίας
- Απότομα μεταβαλλόμενη ροή
 - Υδραυλικό άλμα
- ΣΔΕ Ενέργειας

$$\frac{dH}{dx} = -S_f \rightarrow \frac{dE}{dx} = S_0 - S_f$$

Κλίση γραμμής ενέργειας

- **Manning**

$$\frac{\tau_b}{\rho} = \frac{gn^2}{R^{1/3}} V^2 \Rightarrow S_f = \frac{n^2}{R^{4/3}} V^2$$

- **Darcy-Weisbach**

$$\frac{\tau_b}{\rho} = \frac{f}{8} V^2 \Rightarrow S_f = \frac{f}{8gR} V^2$$

- **Chézy**

$$\frac{\tau_b}{\rho} = \frac{g}{C^2} V^2 \Rightarrow S_f = \frac{1}{C^2 R} V^2$$

Συντελεστές τραχύτητας

Manning

Material	n
<i>Metals</i>	
Steel	0.012
Cast iron	0.013
Corrugated metal	0.025
<i>Non-metals</i>	
Lucite	0.009
Glass	0.010
Cement	0.011
Concrete	0.013
Wood	0.012
Clay	0.013
Brickwork	0.013
Gunit	0.019
Masonry	0.025
Rock cuts	0.035
<i>Natural streams</i>	
Clean and straight	0.030
Bottom: gravel, cobbles and boulders	0.040
Bottom: cobbles with large boulders	0.050

Channel	Type	n		
		Depth Range		
		(0-150 mm)	(150-600 mm)	(>600 mm)
Rigid	Concrete	0.015	0.013	0.013
	Grouted Riprap	0.040	0.030	0.028
	Stone Masonry	0.042	0.032	0.030
	Soil Cement	0.025	0.022	0.020
	Asphalt	0.018	0.016	0.016
Unlined	Bare Soil	0.023	0.020	0.020
	Rock Cut	0.045	0.035	0.025
Temporary	Woven Paper Net	0.016	0.015	0.015
	Jute Net	0.028	0.022	0.019
	Fiberglass Roving	0.028	0.021	0.019
	Straw with Net	0.065	0.033	0.025
	Curled Wood Mat	0.066	0.035	0.028
Gravel Riprap	Synthetic Mat	0.036	0.025	0.021
	25mm D50	0.044	0.033	0.030
	50 mm D50	0.066	0.041	0.034
Rock Riprap	150 mm D50	0.104	0.069	0.035
	300 mm D50	—	0.078	0.040

Πηγή: Chaudhry, M.H. (2008). Open channel flow, 2nd edition. Springer Editions, New York, USA.

Υπερκρίσιμη / υποκρίσιμη ροή

- Αριθμός Froude

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gy}}$$

- Βάθος ροής < Κρίσιμο βάθος → (Fr>1)
 - Υπερκρίσιμη ροή
- Βάθος ροής > Κρίσιμο βάθος → (Fr<1)
 - Υποκρίσιμη ροή

Ειδική ενέργεια

$$Q = VA$$

παροχή

Ειδική ενέργεια

$$Q = VA$$

παροχή

$$q = \frac{Q}{B}$$

ειδική παροχή

Ειδική ενέργεια

$$Q = VA$$

παροχή

$$q = \frac{Q}{B}$$

ειδική παροχή

$$E = y + \frac{q^2}{2gy^2}$$

ειδική ενέργεια

Ειδική ενέργεια

$$Q = VA$$

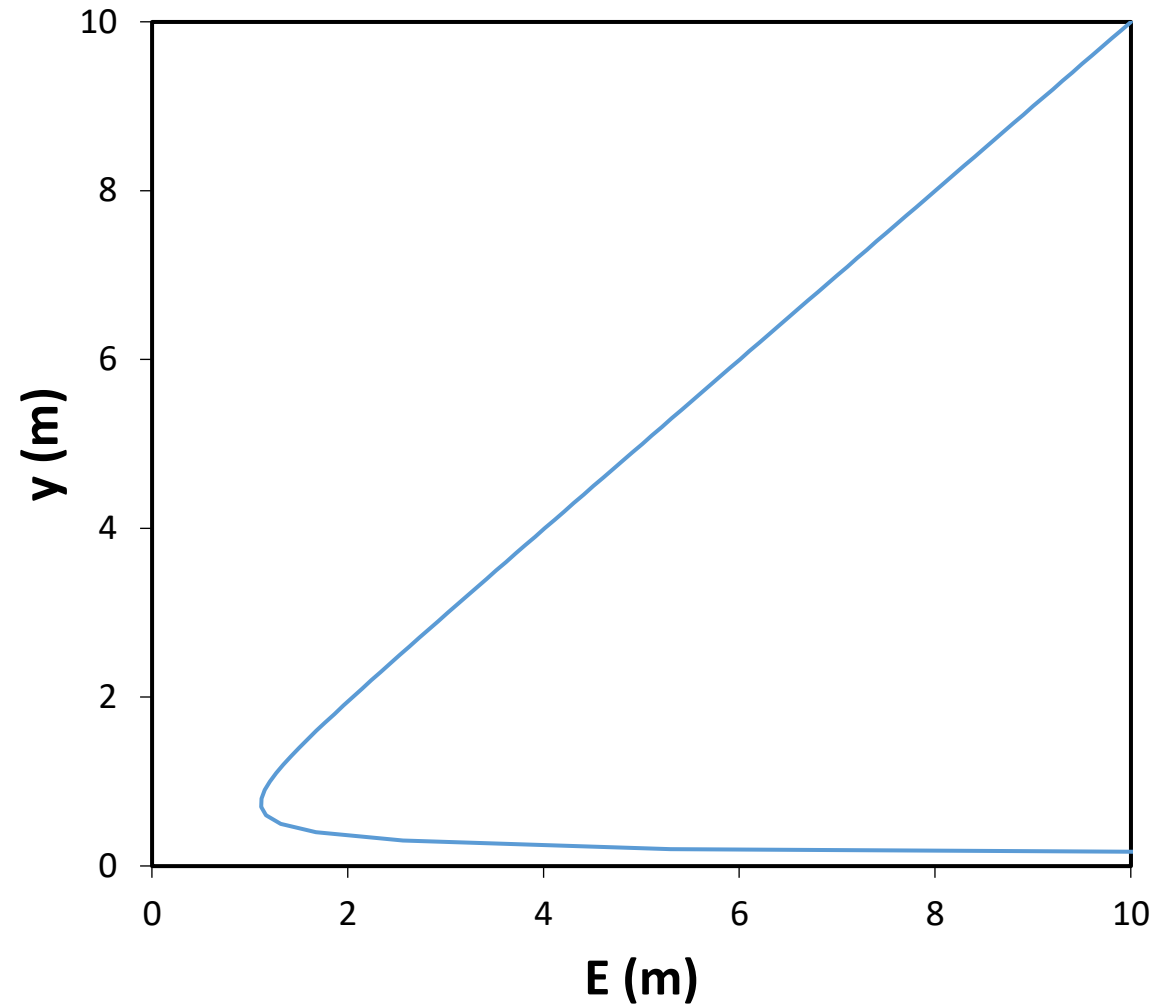
παροχή

$$q = \frac{Q}{B}$$

ειδική παροχή

$$E = y + \frac{q^2}{2gy^2}$$

ειδική ενέργεια



Ειδική ενέργεια

$$Q = VA$$

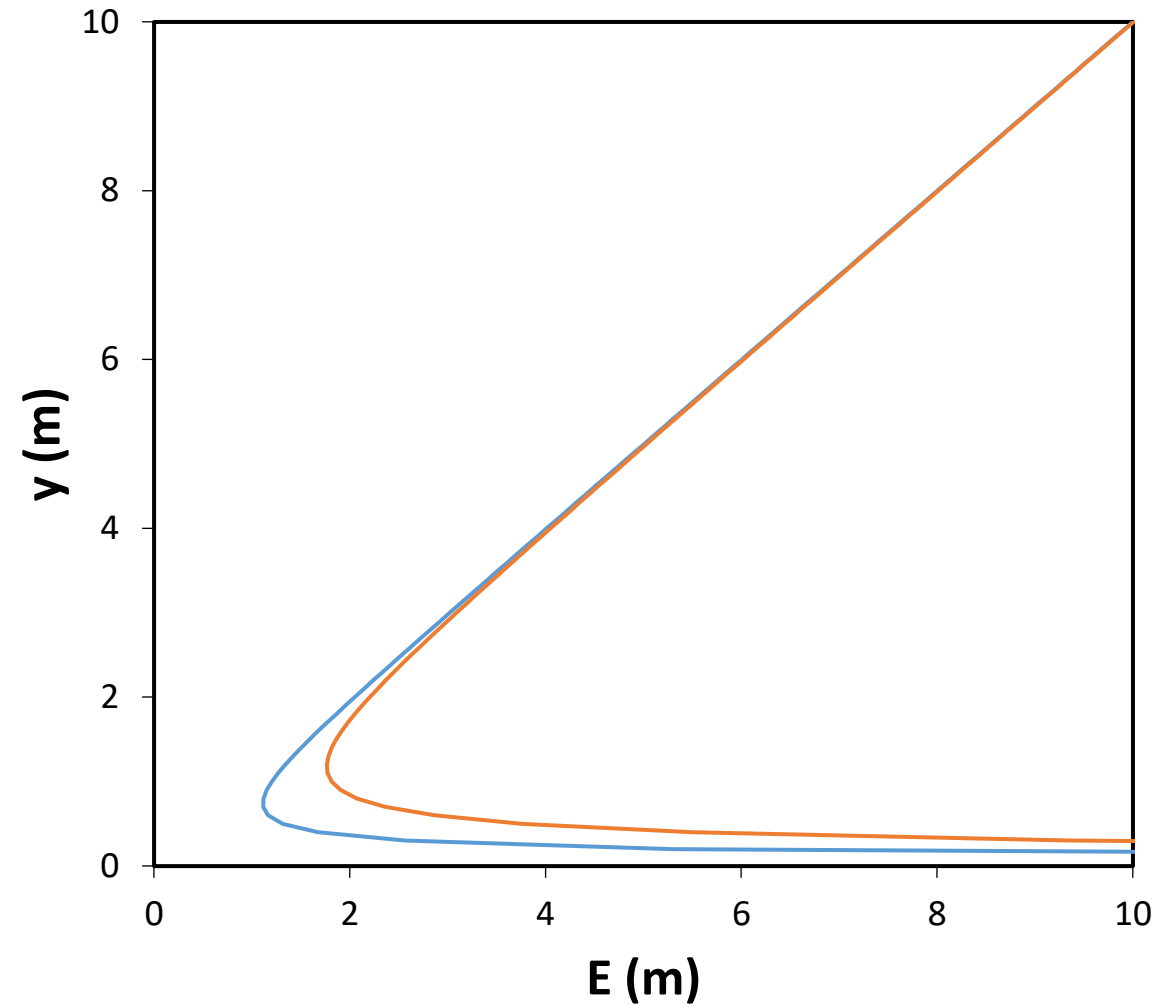
παροχή

$$q = \frac{Q}{B}$$

ειδική παροχή

$$E = y + \frac{q^2}{2gy^2}$$

ειδική ενέργεια



Ειδική ενέργεια

$$Q = VA$$

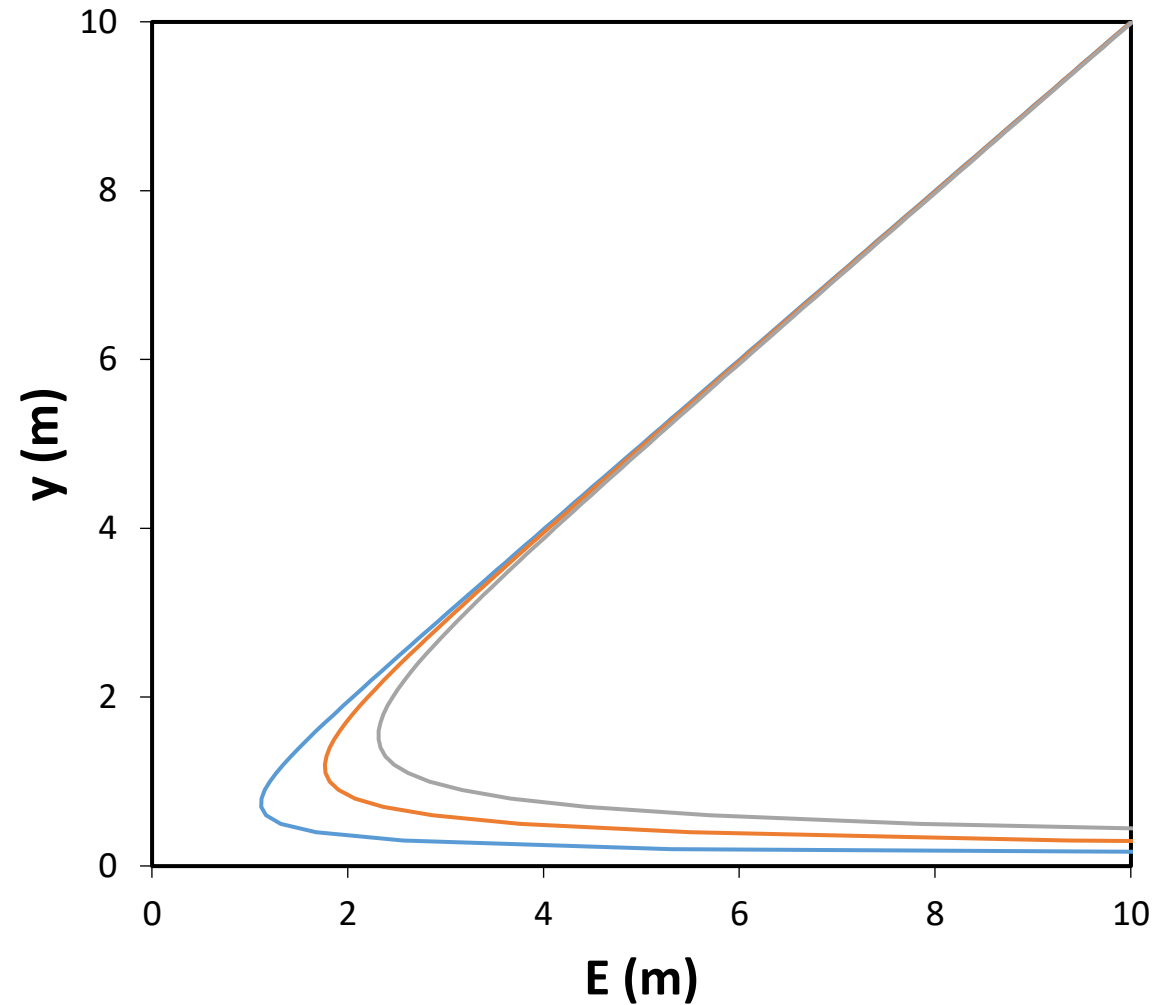
παροχή

$$q = \frac{Q}{B}$$

ειδική παροχή

$$E = y + \frac{q^2}{2gy^2}$$

ειδική ενέργεια



Ειδική ενέργεια

$$Q = VA$$

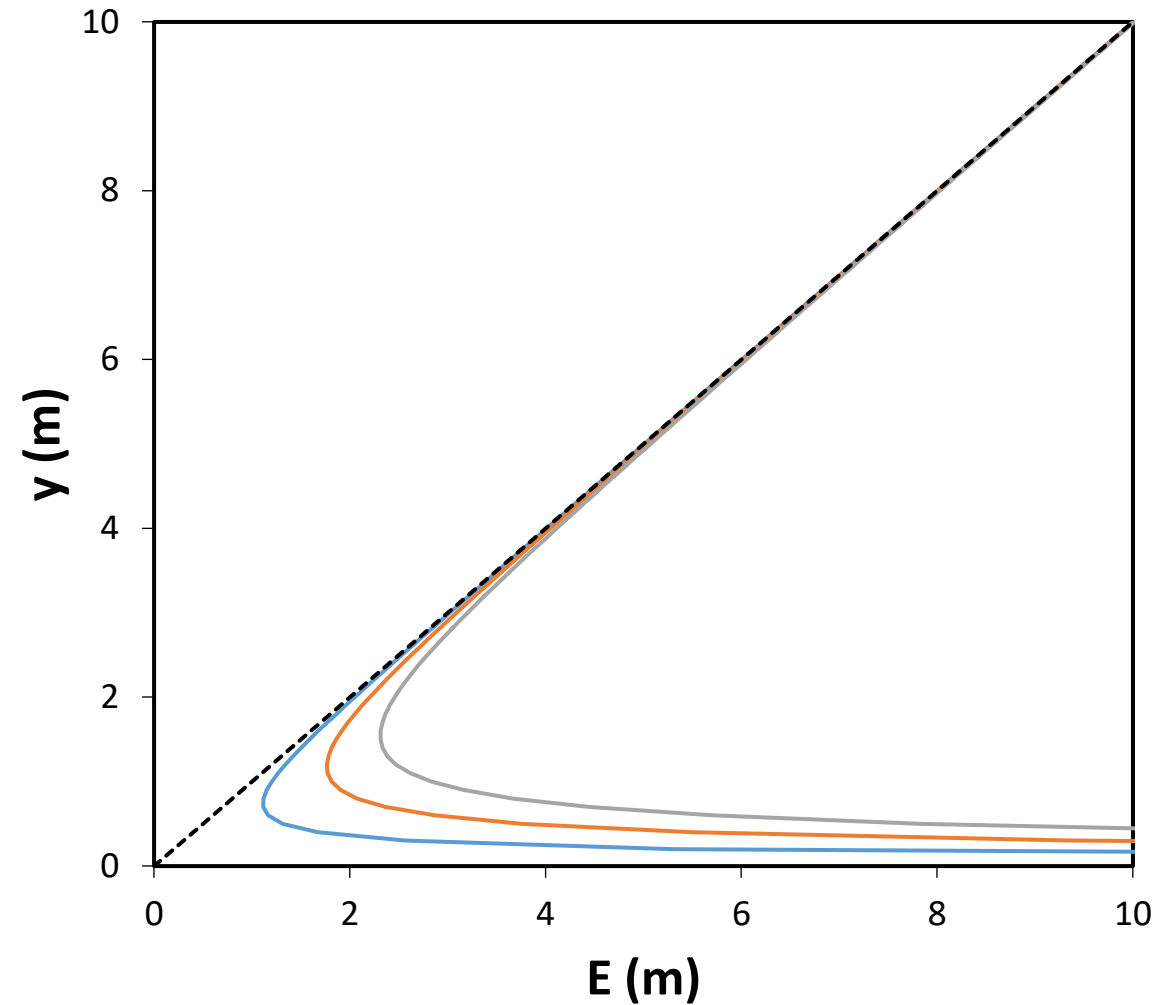
παροχή

$$q = \frac{Q}{B}$$

ειδική παροχή

$$E = y + \frac{q^2}{2gy^2}$$

ειδική ενέργεια



Ειδική ενέργεια

$$Q = VA$$

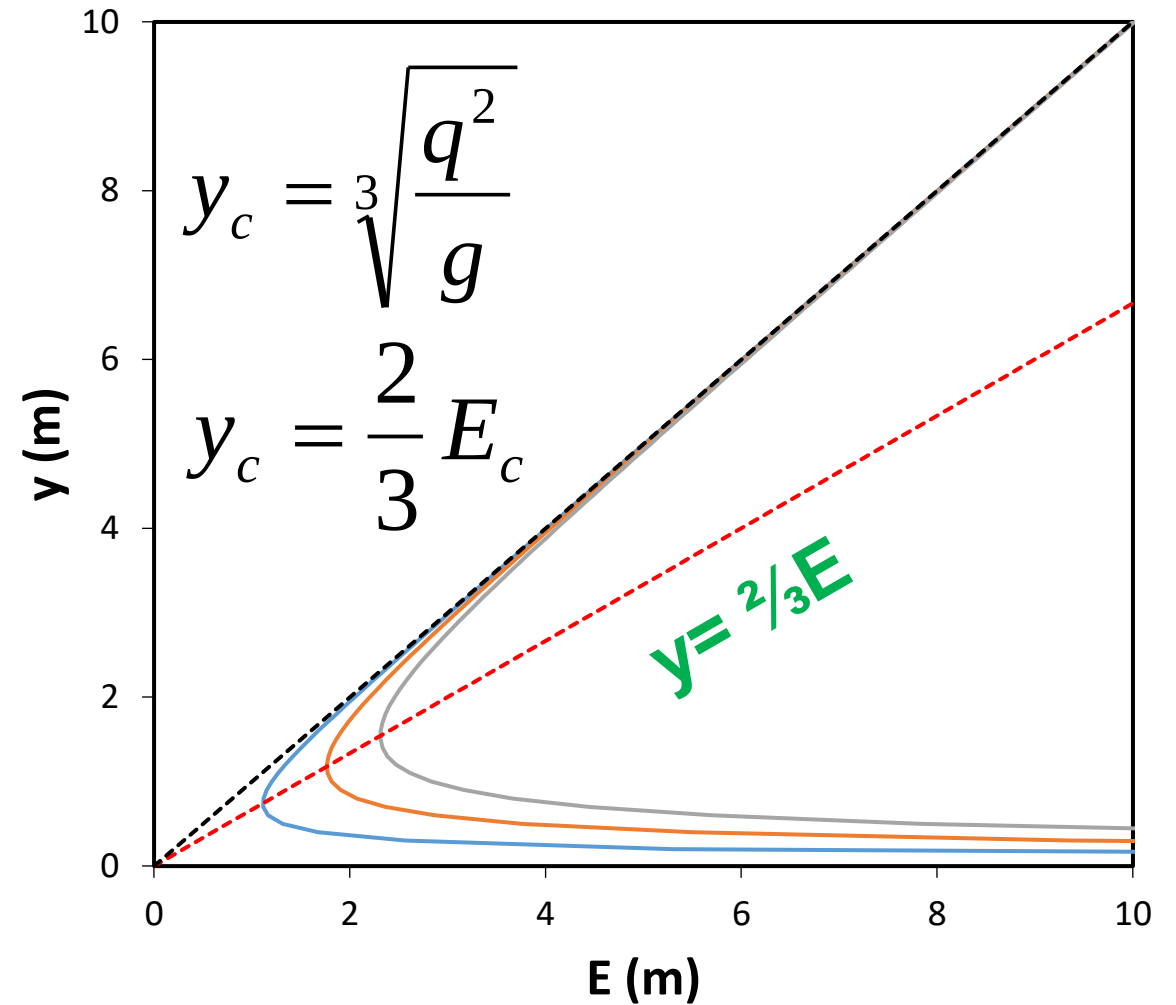
παροχή

$$q = \frac{Q}{B}$$

ειδική παροχή

$$E = y + \frac{q^2}{2gy^2}$$

ειδική ενέργεια

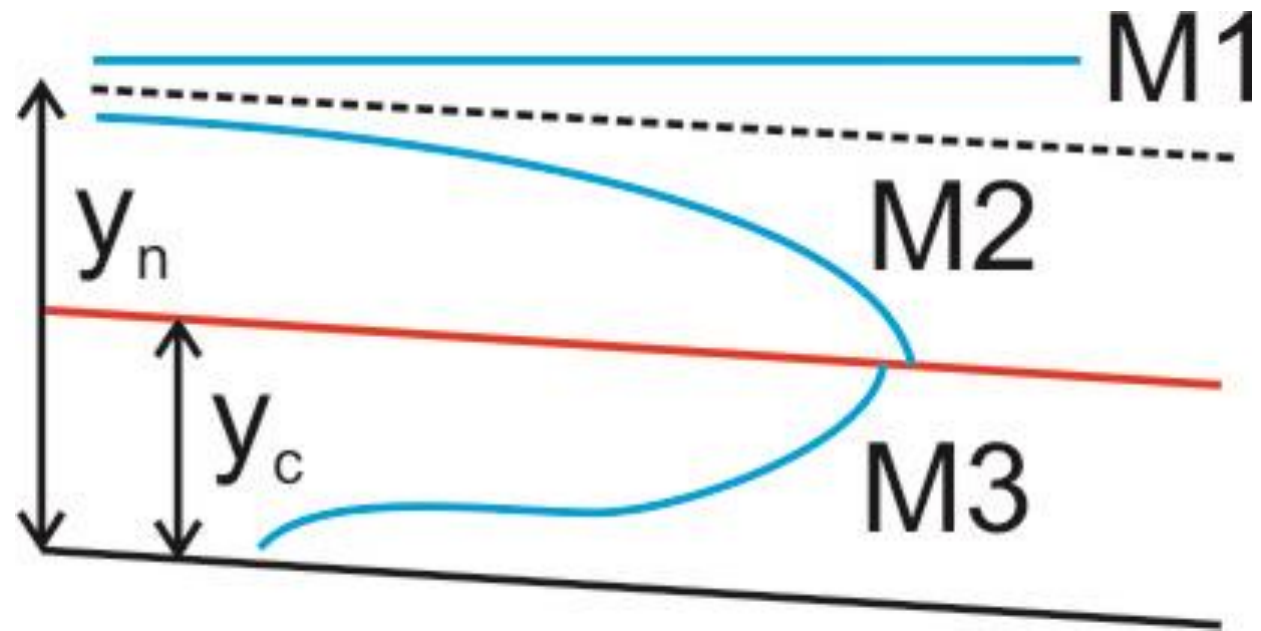


Προφίλ ροής

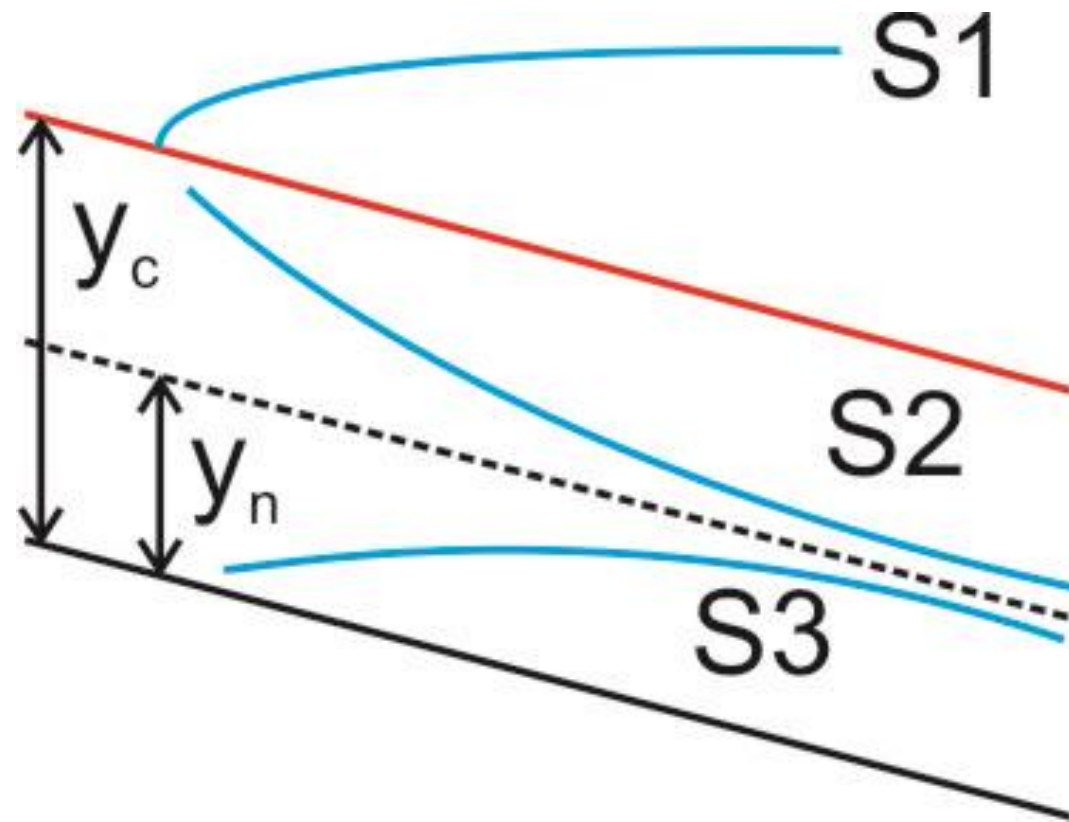
- **13 Καμπύλες ροής**

- | | |
|-----------------------|------------|
| • Ήπια κλίση | M1, M2, M3 |
| • Απότομη κλίση | S1, S2, S3 |
| • Κρίσιμη κλίση | C1, C2, C3 |
| • Οριζόντιος πυθμένας | H2, H3 |
| • Ανάστροφος πυθμένας | A2, A3 |

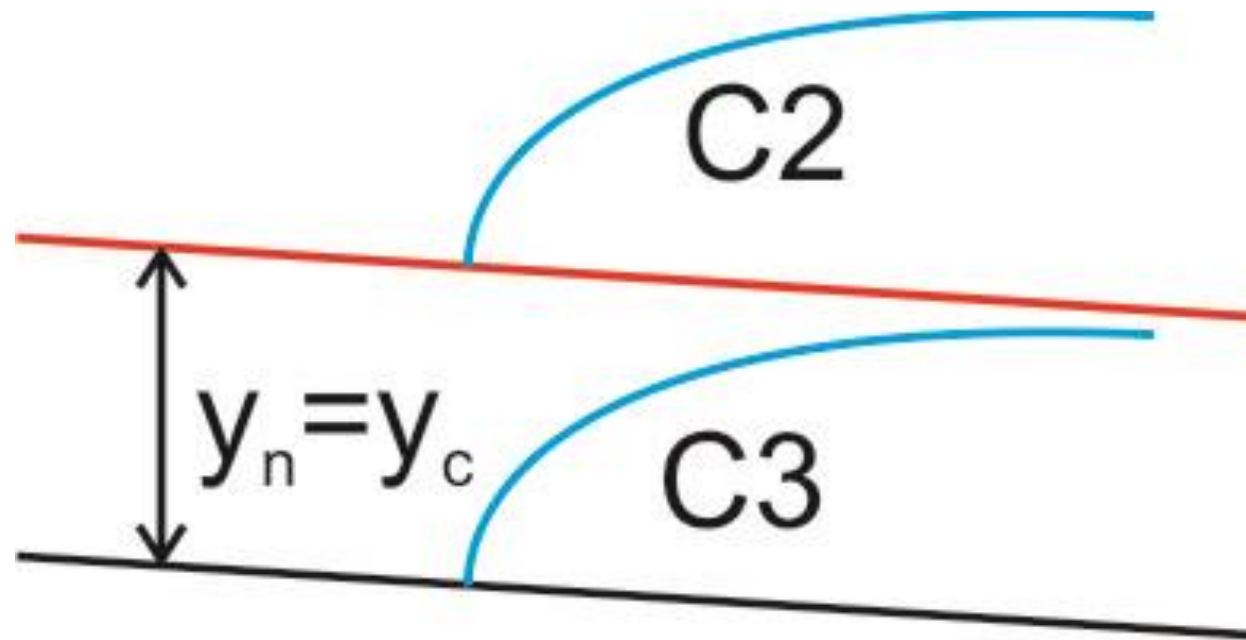
Ήπια κλίση



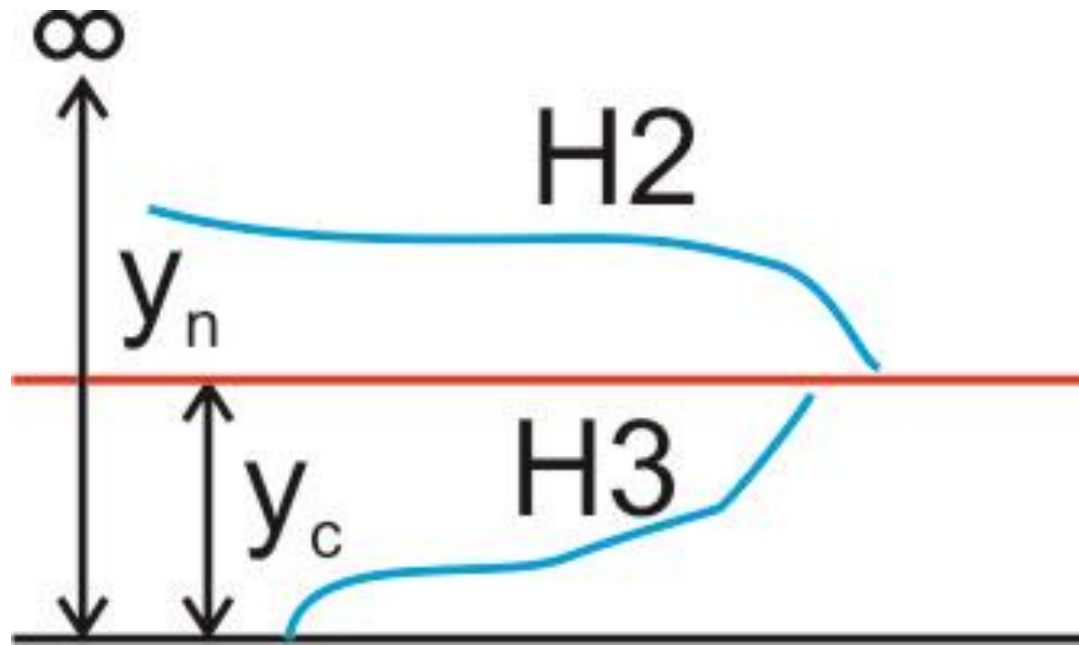
Απότομη κλίση



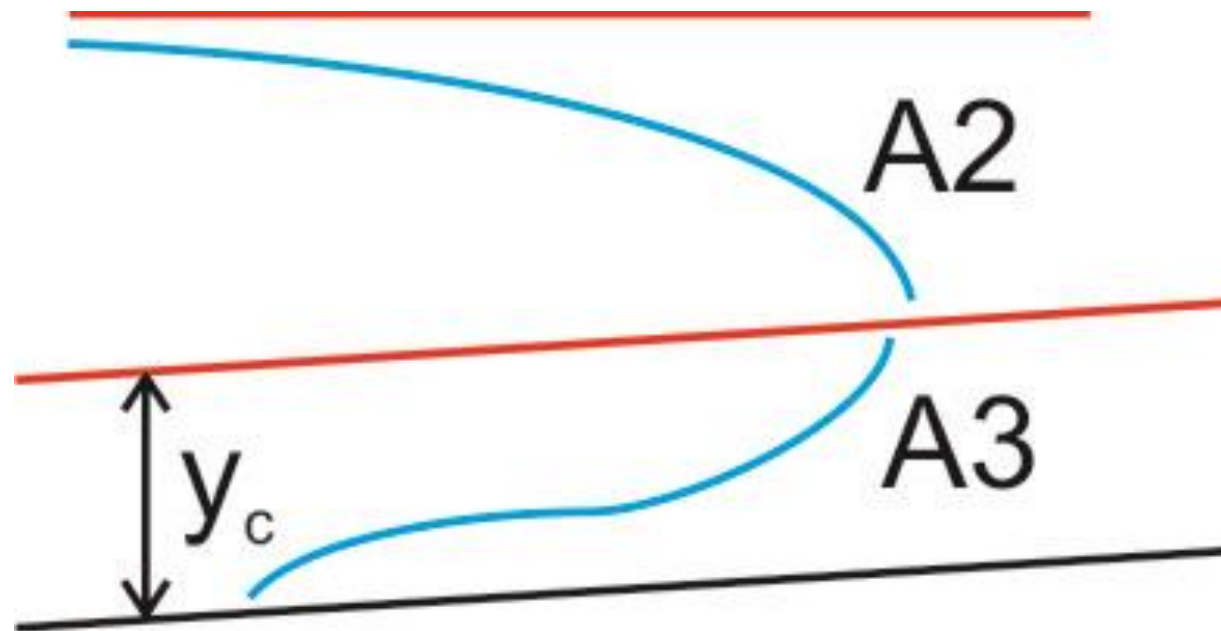
Κρίσιμη κλίση



Οριζόντιος πυθμένας



Ανάστροφος πυθμένας



Επίλυση ΣΔΕ Ενέργειας

- Μέθοδος ρητής επίλυσης

$$\frac{dE}{dx} = S_0 - \bar{S}_f \Rightarrow \frac{E_2 - E_1}{\Delta x} = S_0 - \bar{S}_f \Rightarrow \Delta x = \frac{E_2 - E_1}{S_0 - \bar{S}_f}$$

- Μέθοδος σταθερού βήματος

$$\frac{dE}{dx} = S_0 - \bar{S}_f \Rightarrow \frac{E_2 - E_1}{\Delta x} = S_0 - \bar{S}_f \Rightarrow E_2 = E_1 + \Delta x (S_0 - \bar{S}_f)$$

Απώλειες ενέργειας

- Μέση τιμή ταχύτητας υδραυλικής ακτίνας

$$\left. \begin{aligned} \bar{V} &= \frac{1}{2}(V_1 + V_2) \\ \bar{R} &= \frac{1}{2}(R_1 + R_2) \end{aligned} \right\} \bar{S}_f = \frac{n^2 \bar{V}^2}{\bar{R}^{4/3}}$$

- Μέση τιμή κλίσης ενέργειας

$$S_f = \frac{n^2 V^2}{R^{4/3}} \longrightarrow \bar{S}_f = \frac{1}{2}(S_{f_1} + S_{f_2})$$

Απότομα μεταβαλλόμενη ροή

- **Rapidly Varied Flow (RVF)**

- Αλλαγή διατομής
- Αλλαγή κλίσης
- Αλλαγή τραχύτητας

- **Βαθμιαία μεταβολή**

- Παράλληλες ροϊκές γραμμές
- Υδροστατική κατανομή

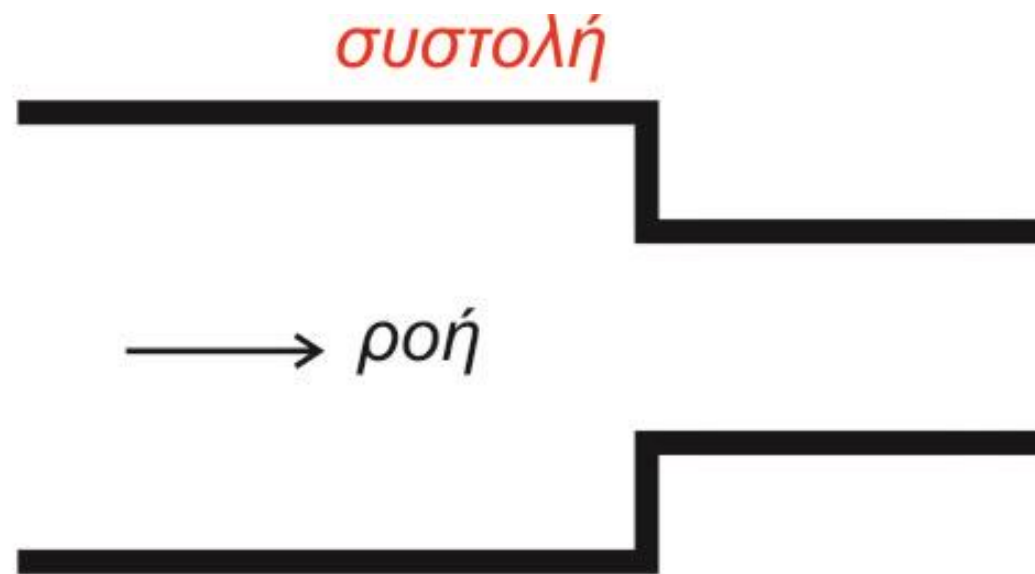
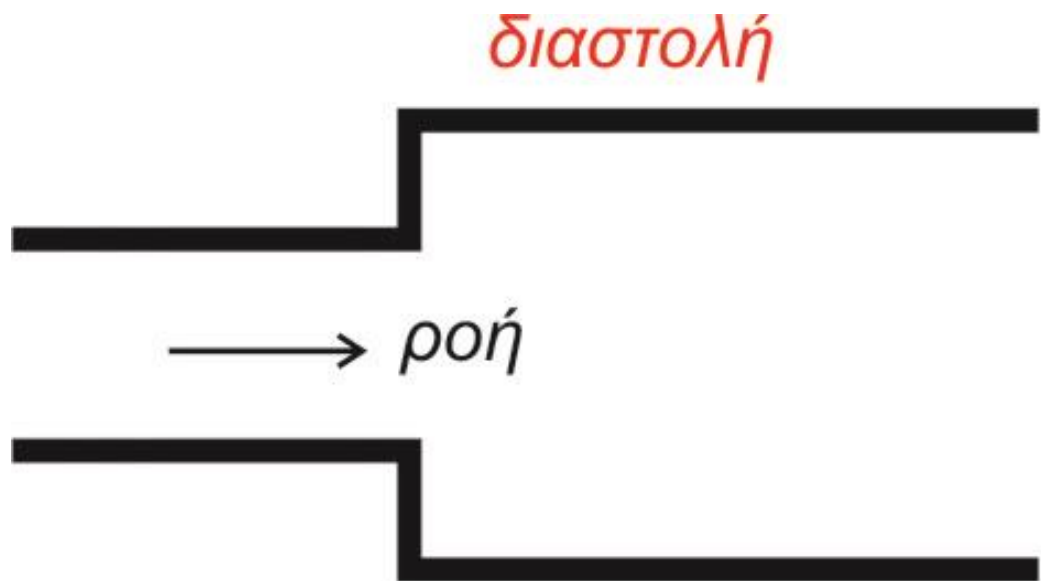
- **Απότομη μεταβολή**

- Μη παράλληλες ροϊκές γραμμές
- Μη υδροστατική κατανομή

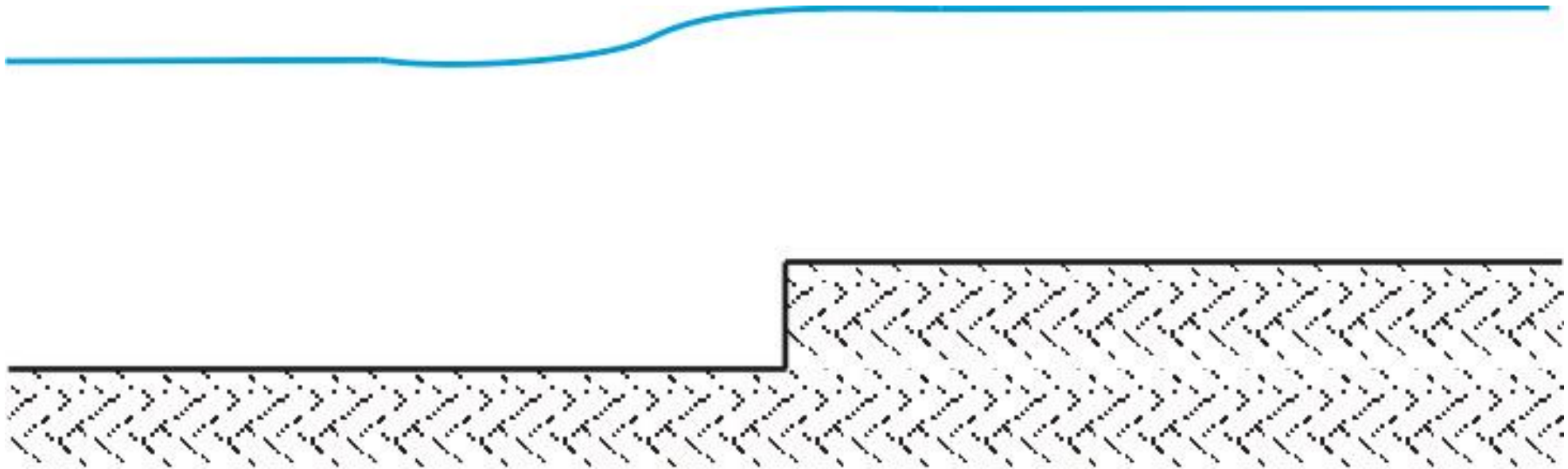
Απότομα μεταβαλλόμενη ροή

- Συστολή/διαστολή διατομής
- Εκχειλιστές
 - Ευρείας στέψης
 - Λεπτής στέψης
- Υπερχειλιστές
- Απότομη ανύψωση/καθίζηση πυθμένα
- Υδραυλικό άλμα

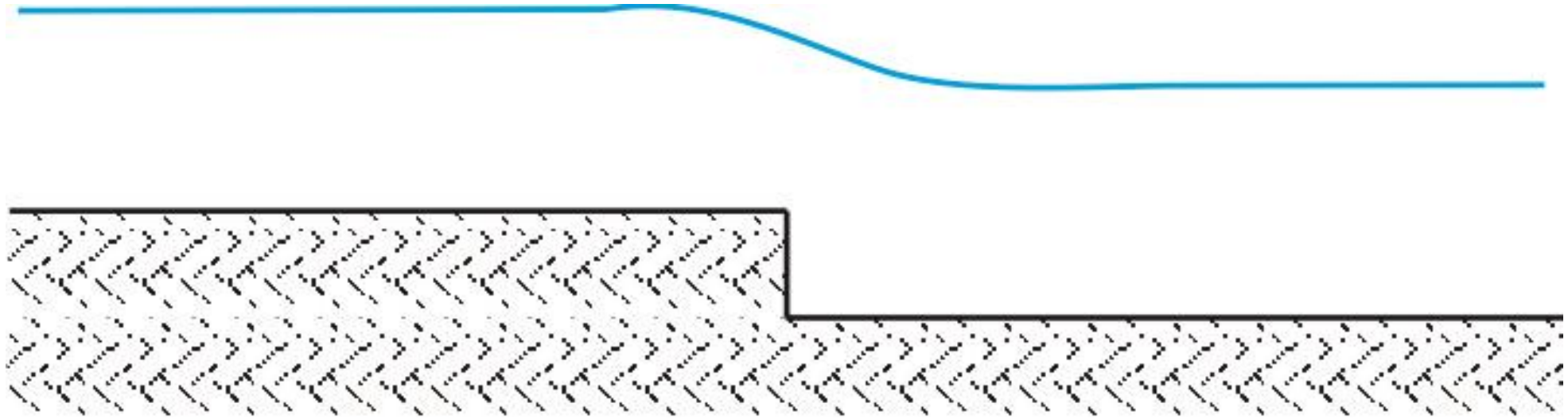
Διαστολή/συστολή



Ανύψωση



Καθίζηση



Υδραυλικό άλμα

- Απότομη μεταβολή στα χαρακτηριστικά της ροής
- Υπερκρίσιμη ροή → Υποκρίσιμη ροή
- Αριθμός Froude $>1 \rightarrow <1$
- Καταστροφή ενέργειας
 - Δεν ισχύει η εξίσωση ενέργειας
- Ειδική δύναμη
 - Διατήρηση ειδικής δύναμης

Υδραυλικό άλμα



Ειδική Δύναμη

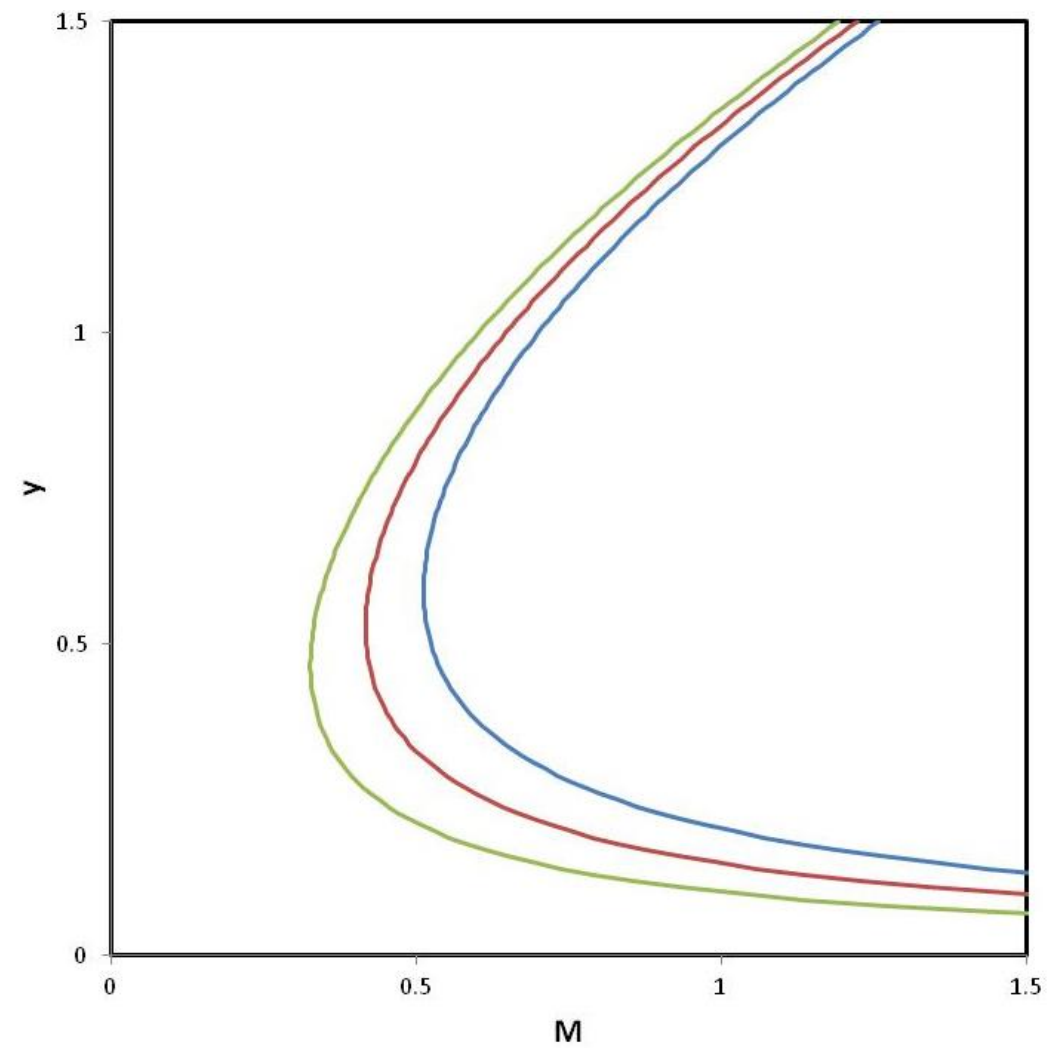
- Γενική σχέση

$$M = \bar{y}A + \frac{Q^2}{gA}$$

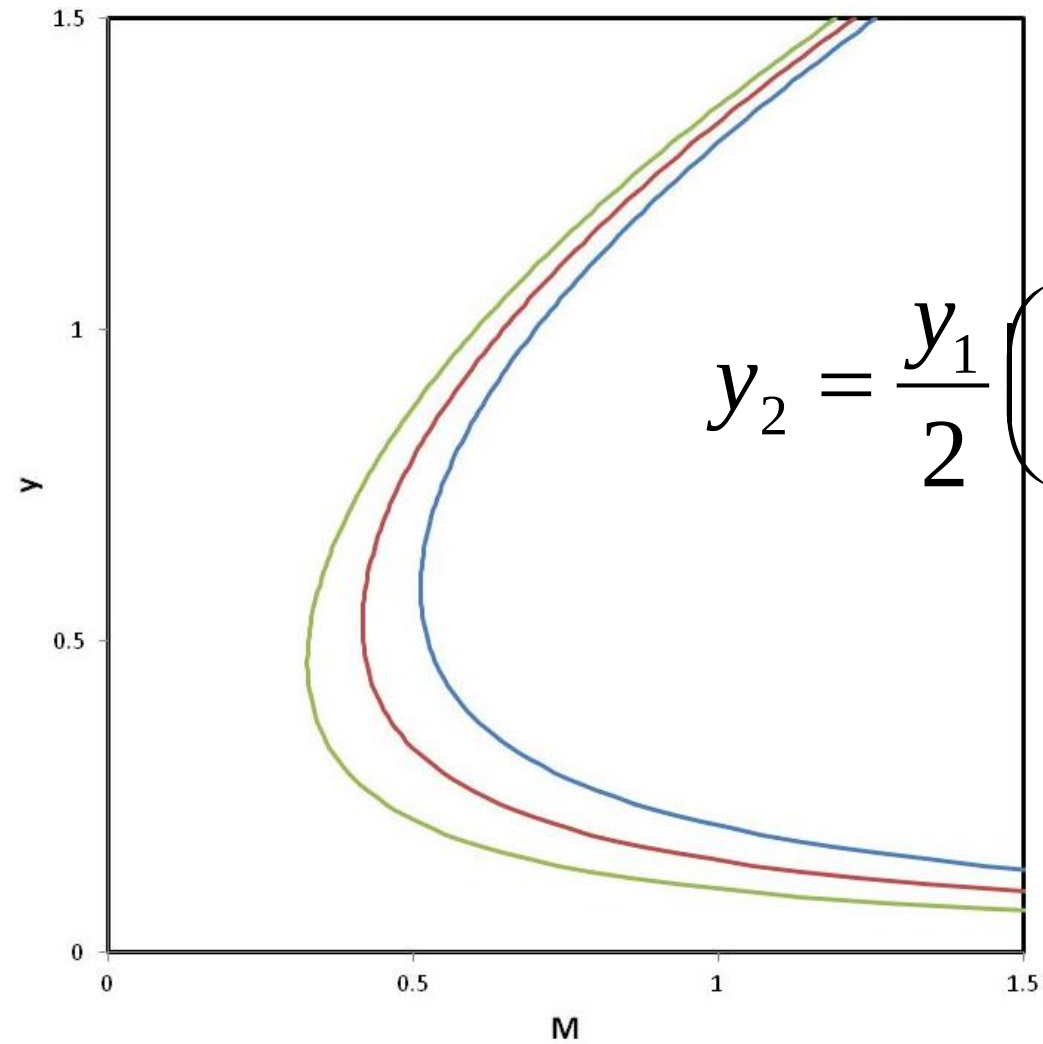
- Αγωγοί απείρου πλάτους

$$M = \frac{y^2}{2} + \frac{q^2}{gy}$$

Συζυγή βάθη

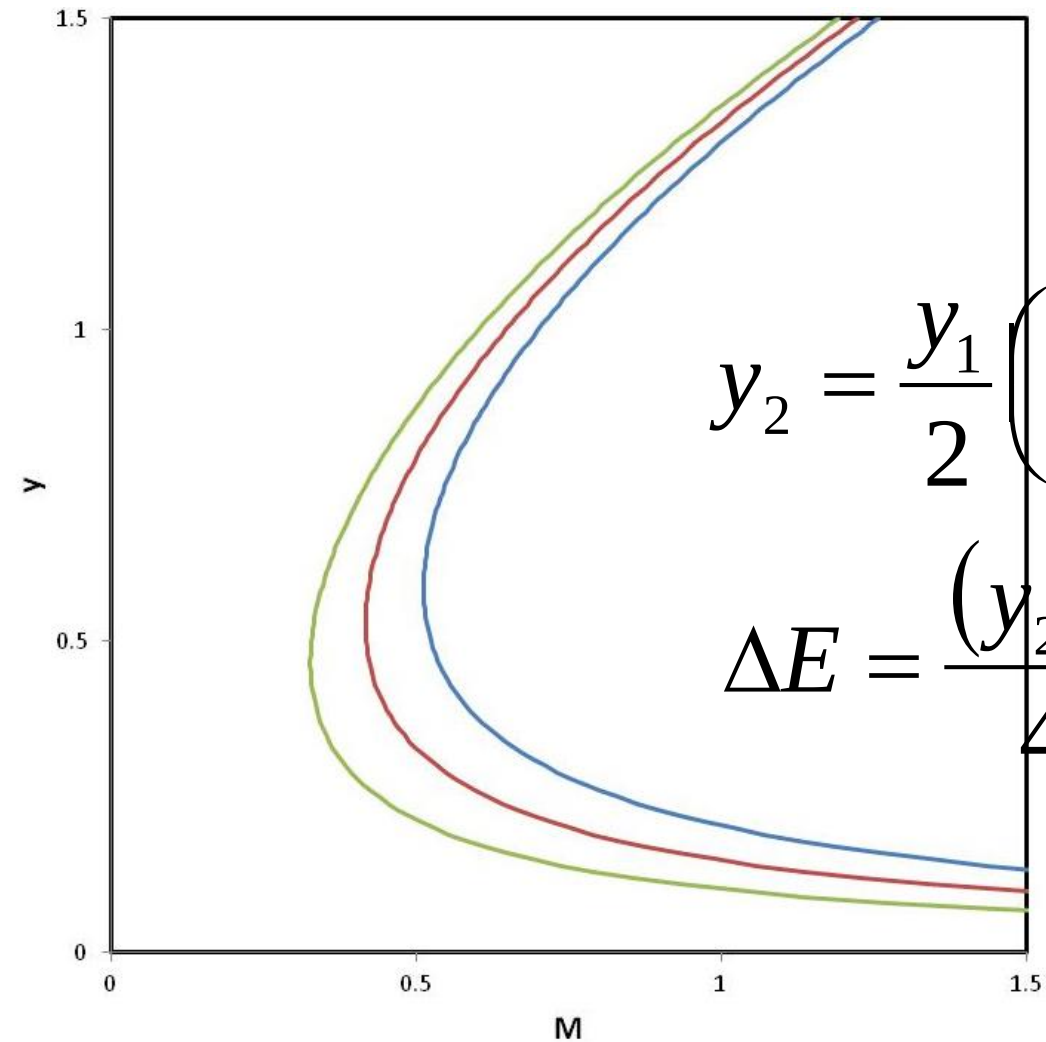


Συζυγή βάθη



$$y_2 = \frac{y_1}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + 8Fr_1^2} \right)$$

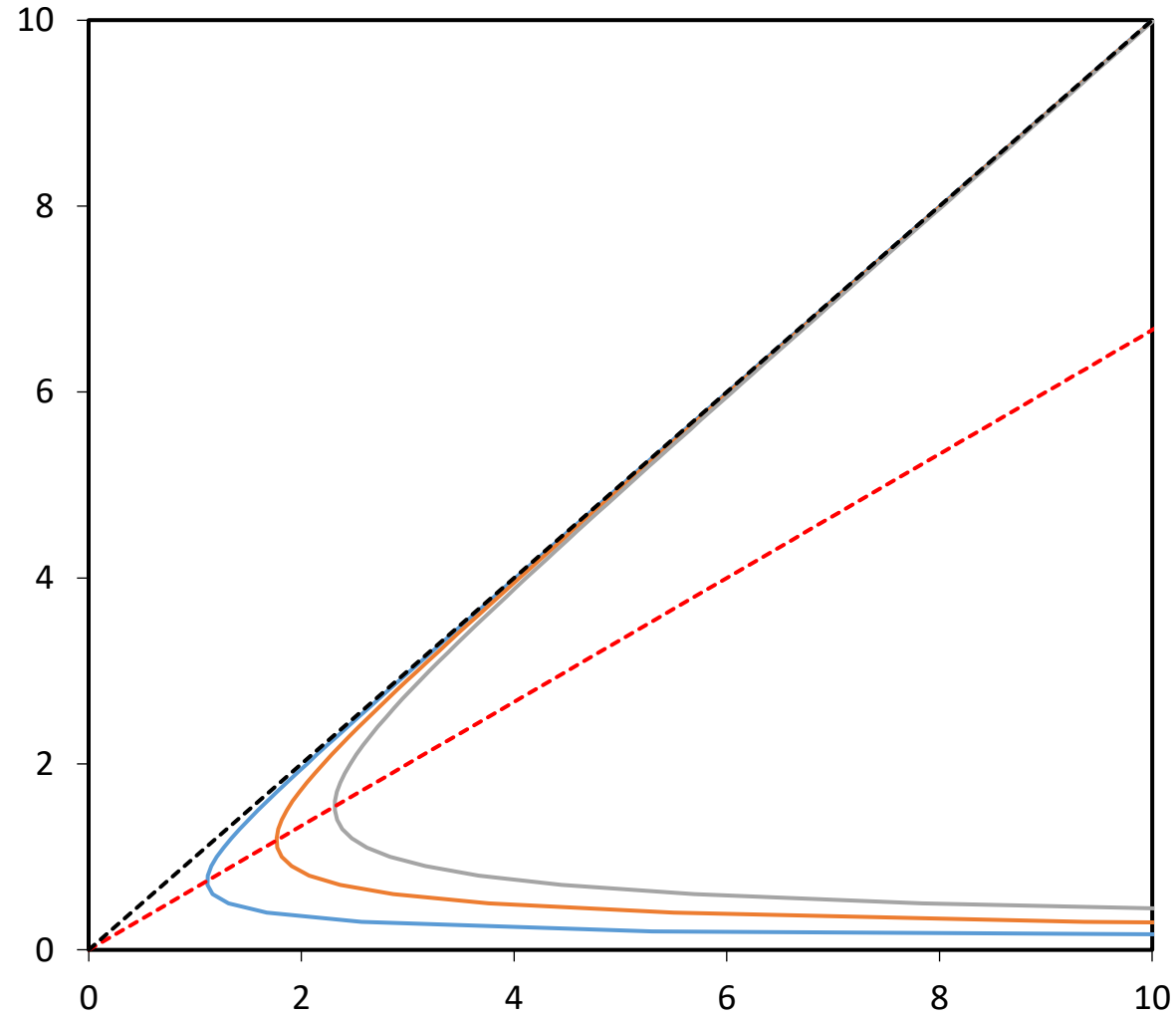
Συζυγή βάθη



$$y_2 = \frac{y_1}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + 8Fr_1^2} \right)$$

$$\Delta E = \frac{(y_2 - y_1)^3}{4y_1y_2}$$

Εναλλακτά βάθη



Τύποι άλματος

- **Αδύναμο** → $1.7 < Fr < 2.5$
 - Χαμηλές ενεργειακές απώλειες
- **Ασταθές** → $2.5 < Fr < 4.5$
 - Κυματισμοί στην επιφάνεια του νερού
- **Σταθερό** → $4.5 < Fr < 9.0$
 - Επιδιώκεται
- **Δυνατό** → $9.0 < Fr$
 - Πολύ έντονοι κυματισμοί

Υπολογισμός άλματος

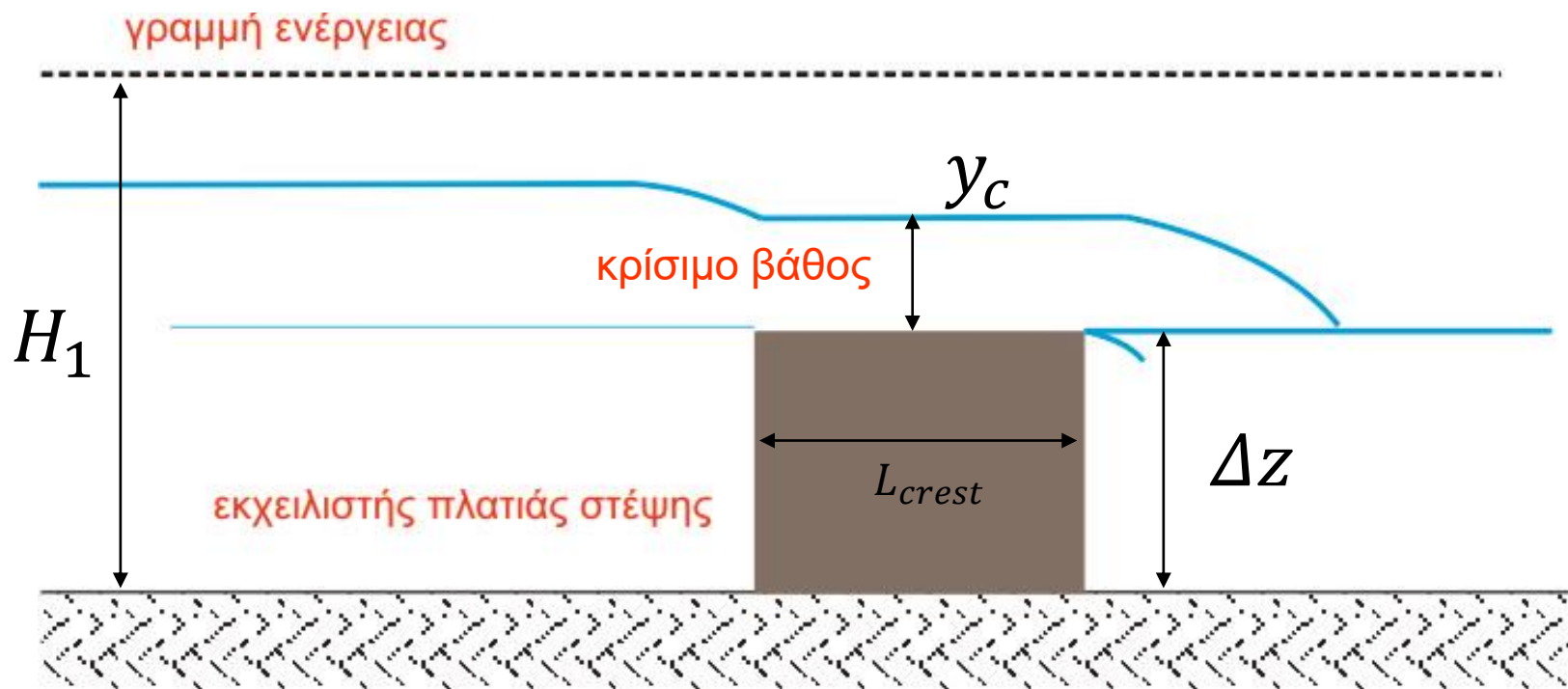
- **Συζυγή βάθη**
 - Διατήρηση ειδικής δύναμης
- **Θέση άλματος**
 - Διερεύνηση
- **Μήκος άλματος**
 - Εμπειρικές σχέσεις

$$L = 220y_1 \tanh\left(\frac{Fr_1 - 1}{22}\right)$$

$$L = 6y_2$$

Υδραυλική των υπερχειλιστών

Υπερχειλιστής πλατιάς στέψης



Συνθήκη: $\frac{L_{crest}}{H_1 - \Delta z} = 1.5 - 3.0$

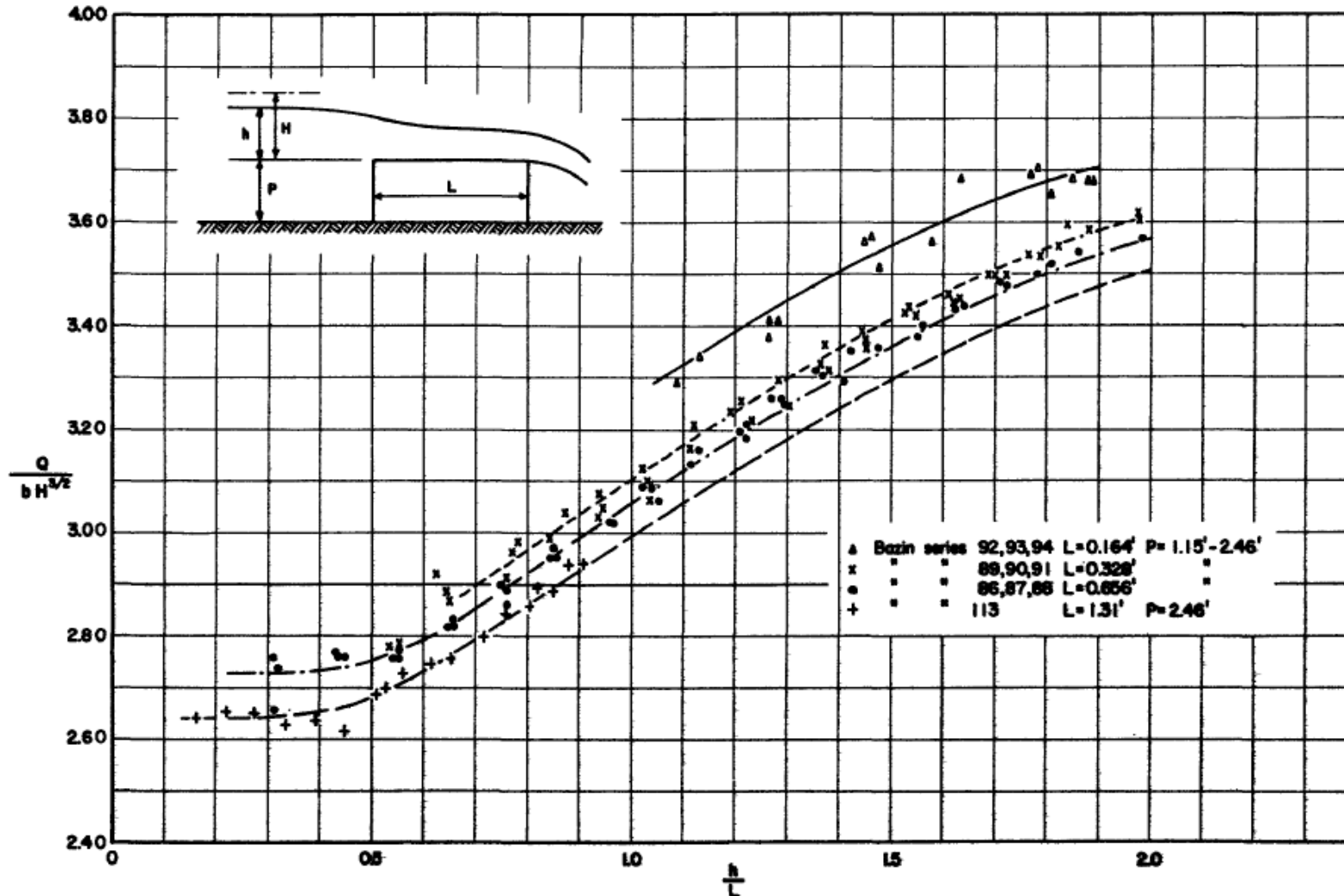
Ιδεατή κατάσταση:

$$q = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3} g (H_1 - \Delta z)^3}$$

Πραγματική κατάσταση:

$$q = C_D \frac{2}{3} \sqrt{\frac{2}{3} g (H_1 - \Delta z)^3}$$

Συντελεστής παροχής



$$Q = CL(H_1 - \Delta z)^{3/2}$$

Ο συντελεστής έχει μονάδες!

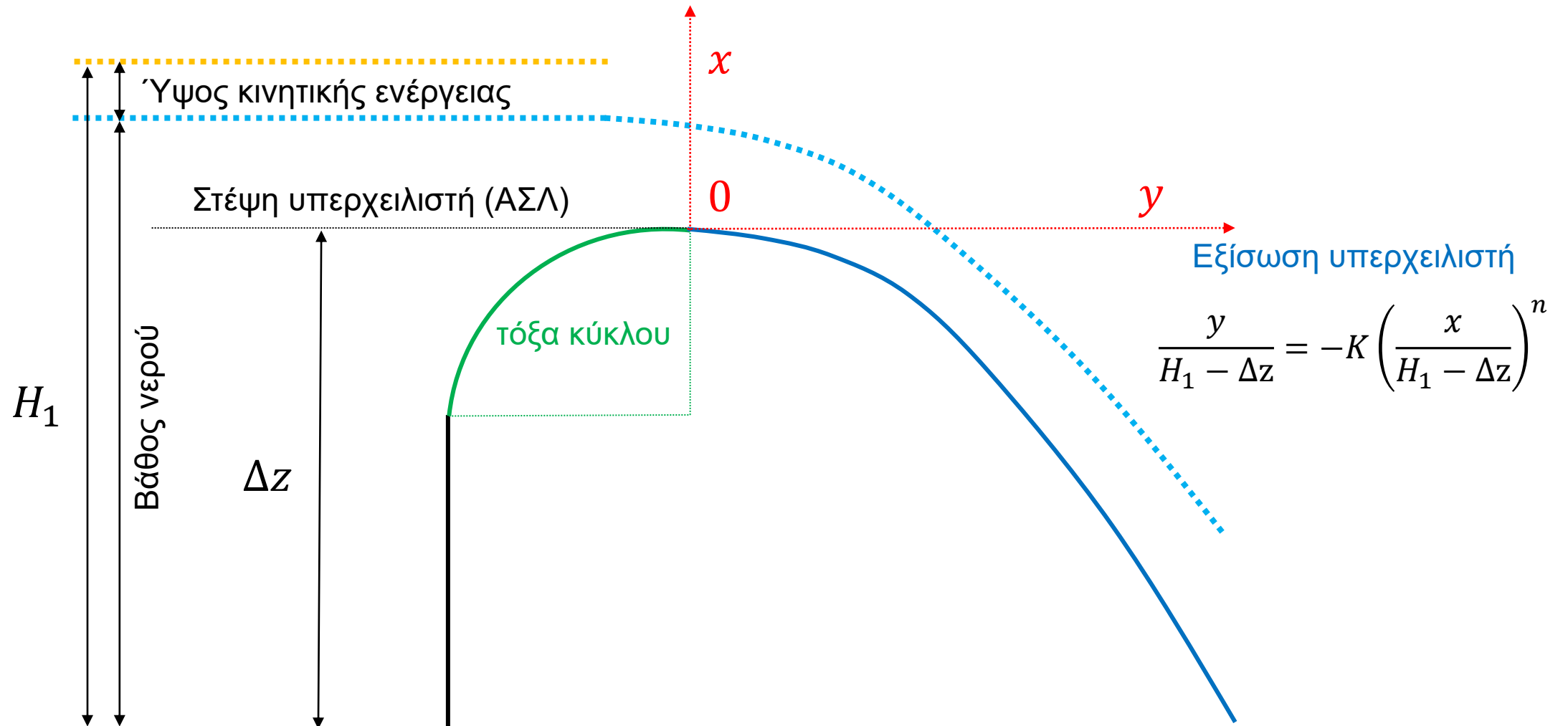
C [ft^{1/2}/s]

× 0.552

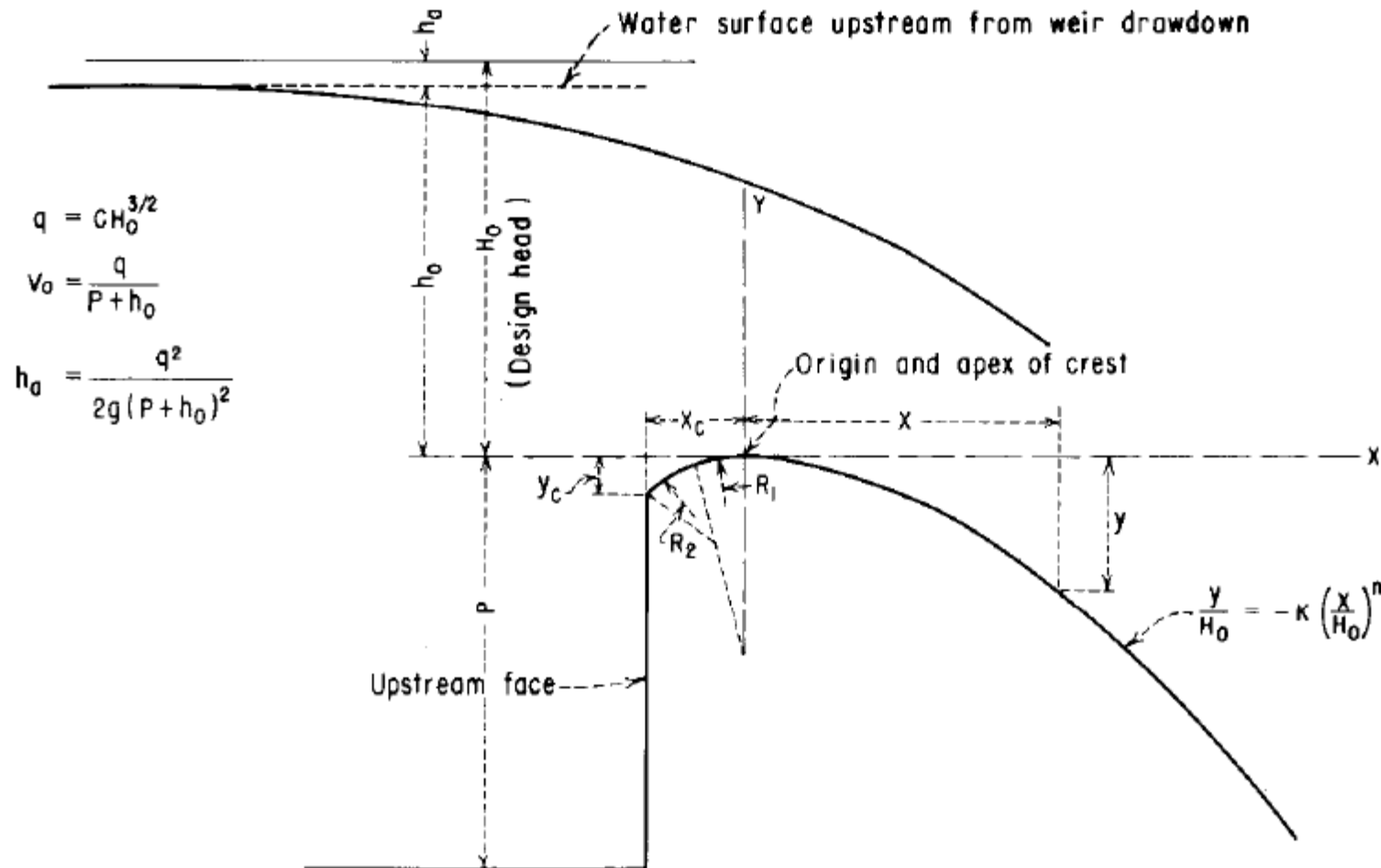
C [m^{1/2}/s]

Πηγή: Tracy, H.J. (1957). Discharge characteristics of broad-crested weirs. Geological Survey Circular 397, US Department of the Interior.

Υπερχειλιστής οgee

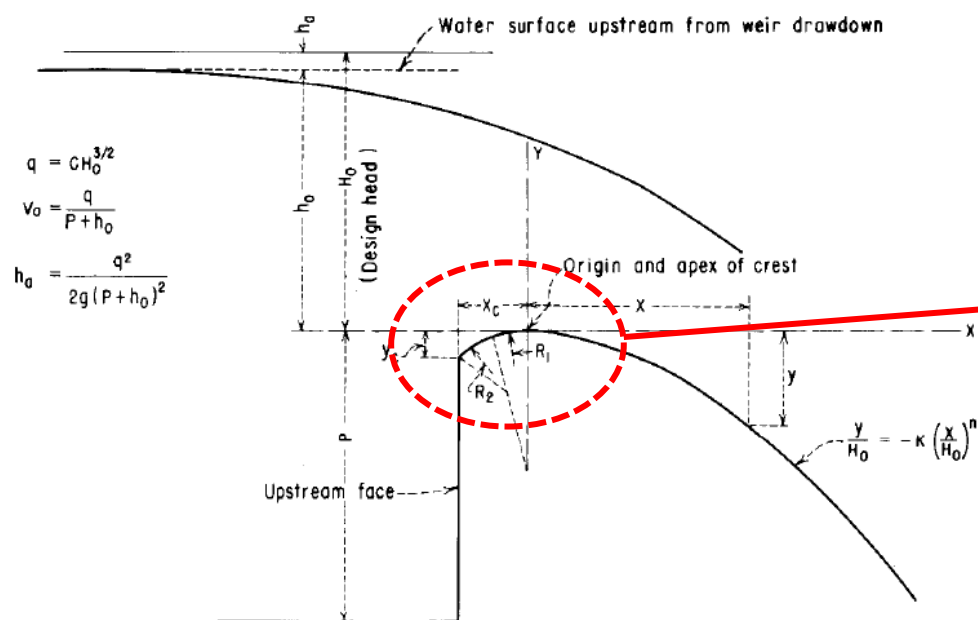


Σχεδιασμός

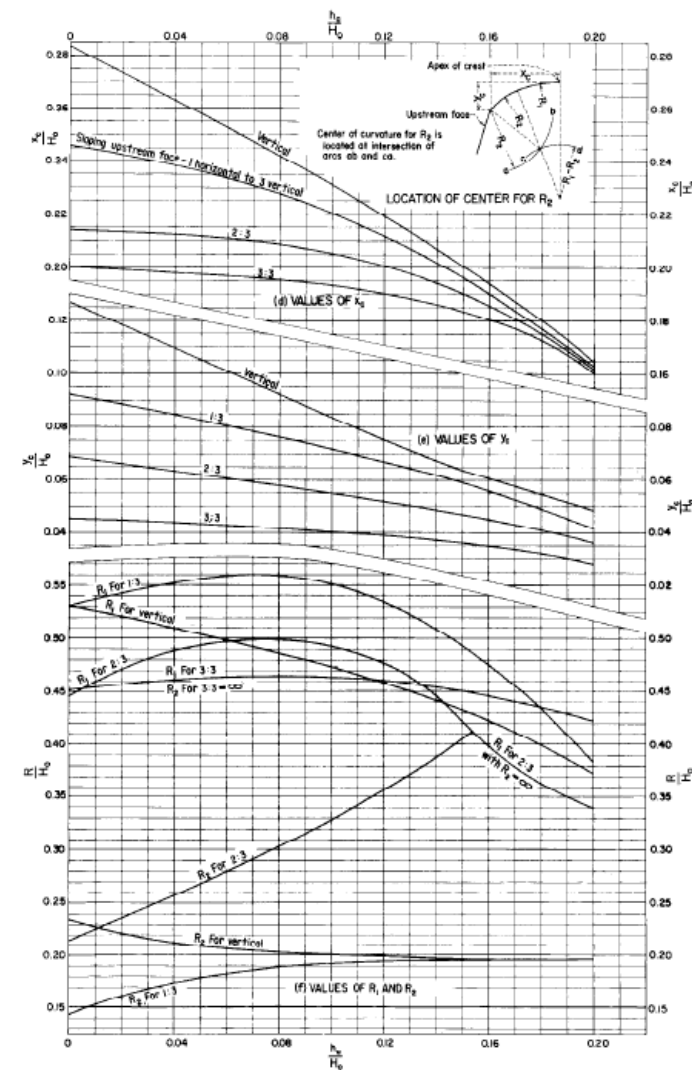


Πηγή: US Department of the Interior, Bureau of Reclamation (1987). Design of Small Dams (third edition). Water Resources Technical Publication.

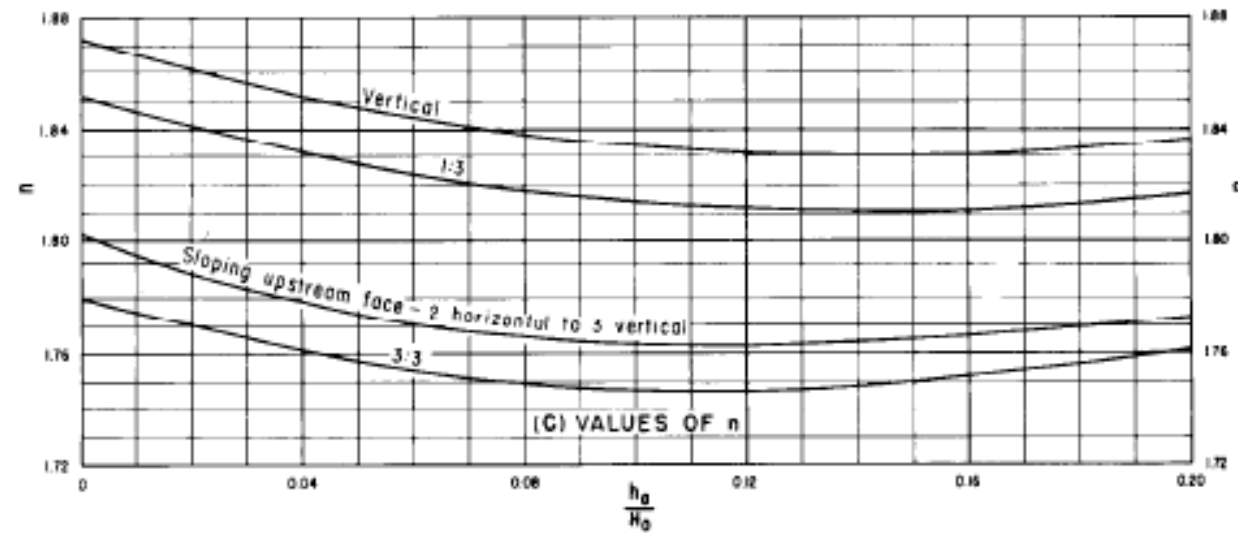
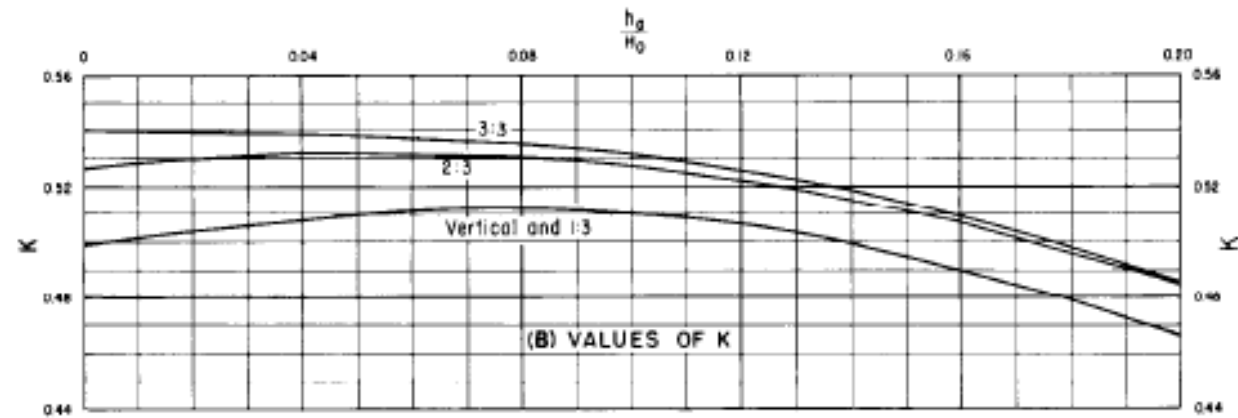
Είσοδος



Πηγή: US Department of the Interior, Bureau of Reclamation (1987). Design of Small Dams (third edition). Water Resources Technical Publication.



Εξίσωση υπερχειλιστή

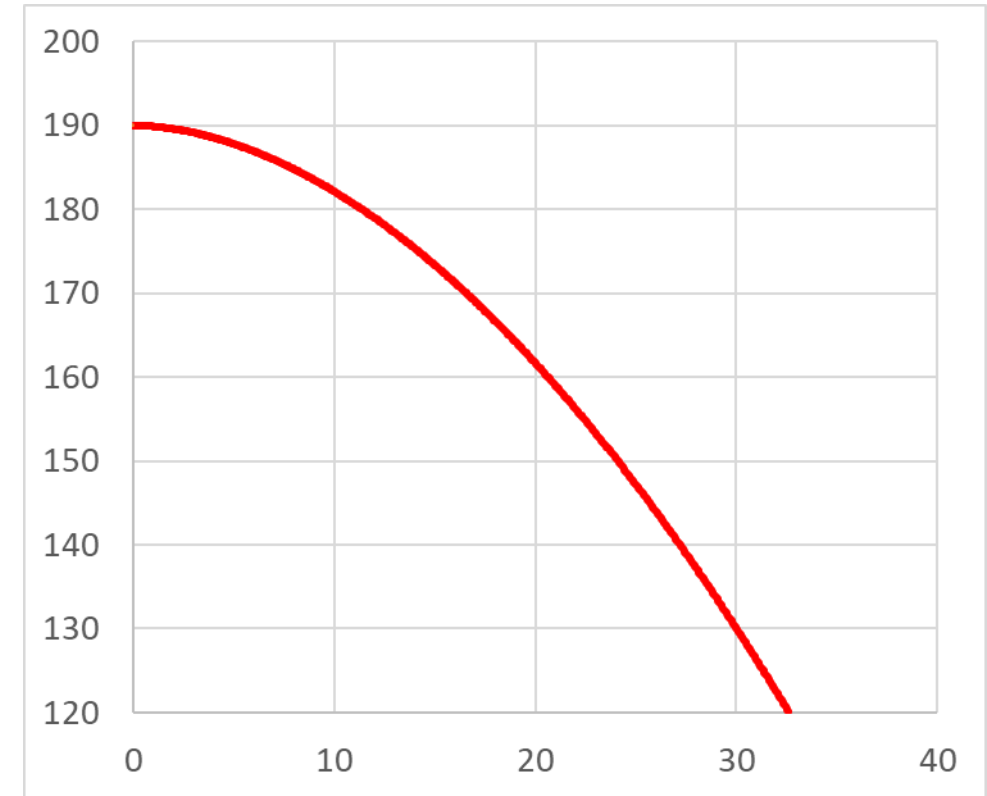


Πηγή: US Department of the Interior, Bureau of Reclamation (1987). Design of Small Dams (third edition). Water Resources Technical Publication.

Εξίσωση υπερχειλιστή

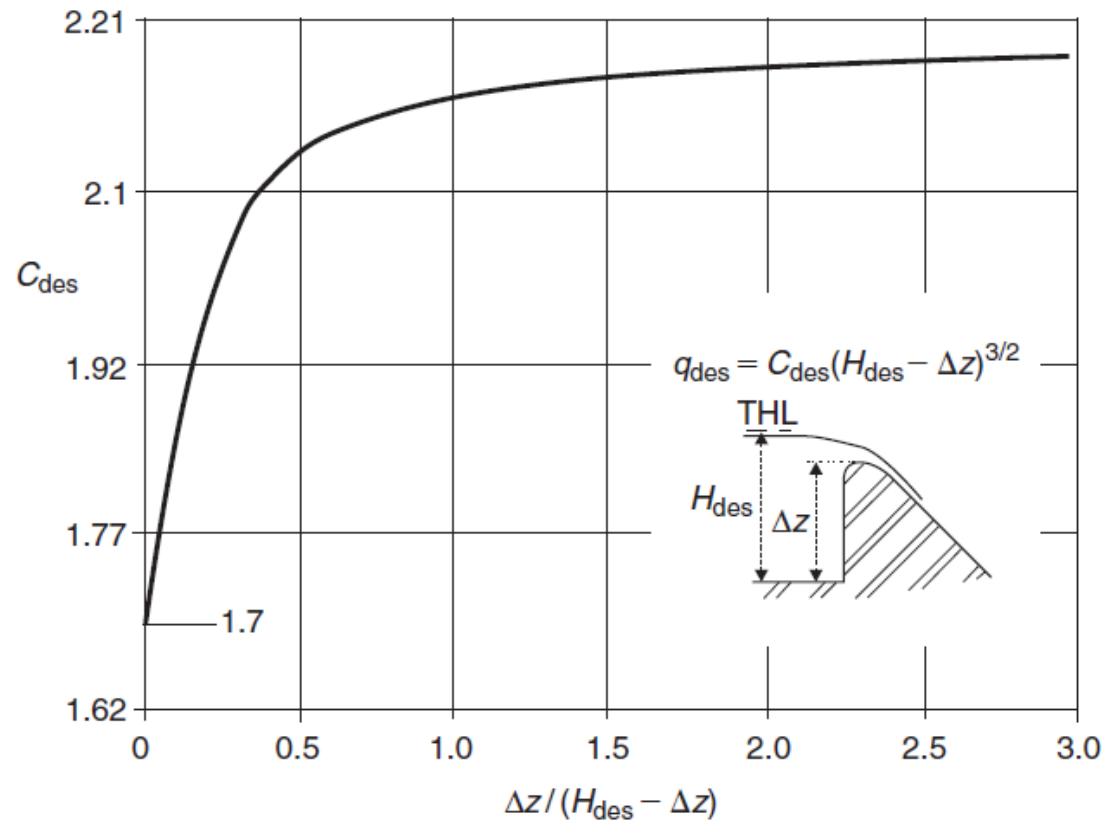
Profile (1)	Equations (2)	Comments (3)
Creager (1917) profile	$Y = 0.47 \frac{X^{1.80}}{(H_{des} - \Delta z)^{0.80}}$	For $X \geq 0$; derived from Bazin's (1888–1898) experiments
Scimemi (1930) profile	$Y = 0.50 \frac{X^{1.85}}{(H_{des} - \Delta z)^{0.85}}$	For $X \geq 0$; also called WES profile
Knapp (1960)	$\frac{Y}{H_{des} - \Delta z} = \frac{X}{H_{des} - \Delta z} - \ln \left(1 + \frac{X}{0.689(H_{des} - \Delta z)} \right)$	Continuous spillway profile for crest region only (as given by Montes, 1992a)
Hager (1991)	$\frac{Y}{H_{des} - \Delta z} = 0.1360 + 0.482625 \left(\frac{X}{H_{des} - \Delta z} + 0.2818 \right) \times \ln \left(1.3055 \left(\frac{X}{H_{des} - \Delta z} + 0.2818 \right) \right)$	Continuous spillway profile with continuous curvature radius: $-0.498 < \frac{X}{H_{des} - \Delta z} < 0.484$
Montes (1992a)	$\frac{R_l}{H_{des} - \Delta z} = 0.05 + 1.47 \frac{s}{H_{des} - \Delta z}$ $\frac{R}{H_{des} - \Delta z} = \frac{R_l}{H_{des} - \Delta z} \left(1 + \left(\frac{R_u}{R_l} \right)^{2.625} \right)^{1/2.625}$ $\frac{R_u}{H_{des} - \Delta z} = 1.68 \left(\frac{s}{H_{des} - \Delta z} \right)^{1.625}$	Continuous spillway profile with continuous curvature radius R Lower asymptote: i.e. for small values of $s/(H_{des} - \Delta z)$ Smooth variation between the asymptotes Upper asymptote: i.e. for large values of $s/(H_{des} - \Delta z)$

Notes: X , Y : horizontal and vertical co-ordinates with dam crest as origin, Y measured positive downwards (Fig. 19.8); R : radius of curvature of the crest; s : curvilinear co-ordinate along the crest shape.



Πηγή: Chanson, H. (2004). The hydraulics of open channel flow: an introduction (Second edition). Elsevier editions.

Συντελεστής παροχής



$$Q = C_{des}L(H_{des} - \Delta z)^{3/2}$$

ολικό υδραυλικό φορτίο σχεδιασμού

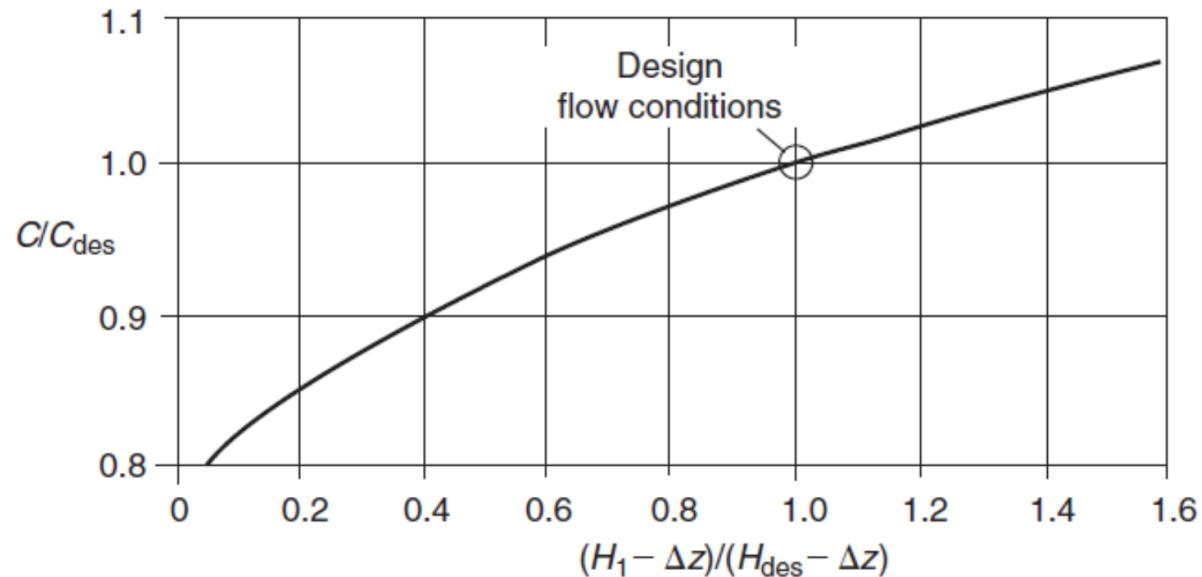
H_{des}

ειδικό υδραυλικό φορτίο σχεδιασμού

$H_{des} - \Delta z$

Πηγή: Chanson, H. (2004). The hydraulics of open channel flow: an introduction (Second edition). Elsevier editions.

Για μικρότερα/μεγαλύτερα βάθη



ολικό υδραυλικό φορτίο σχεδιασμού

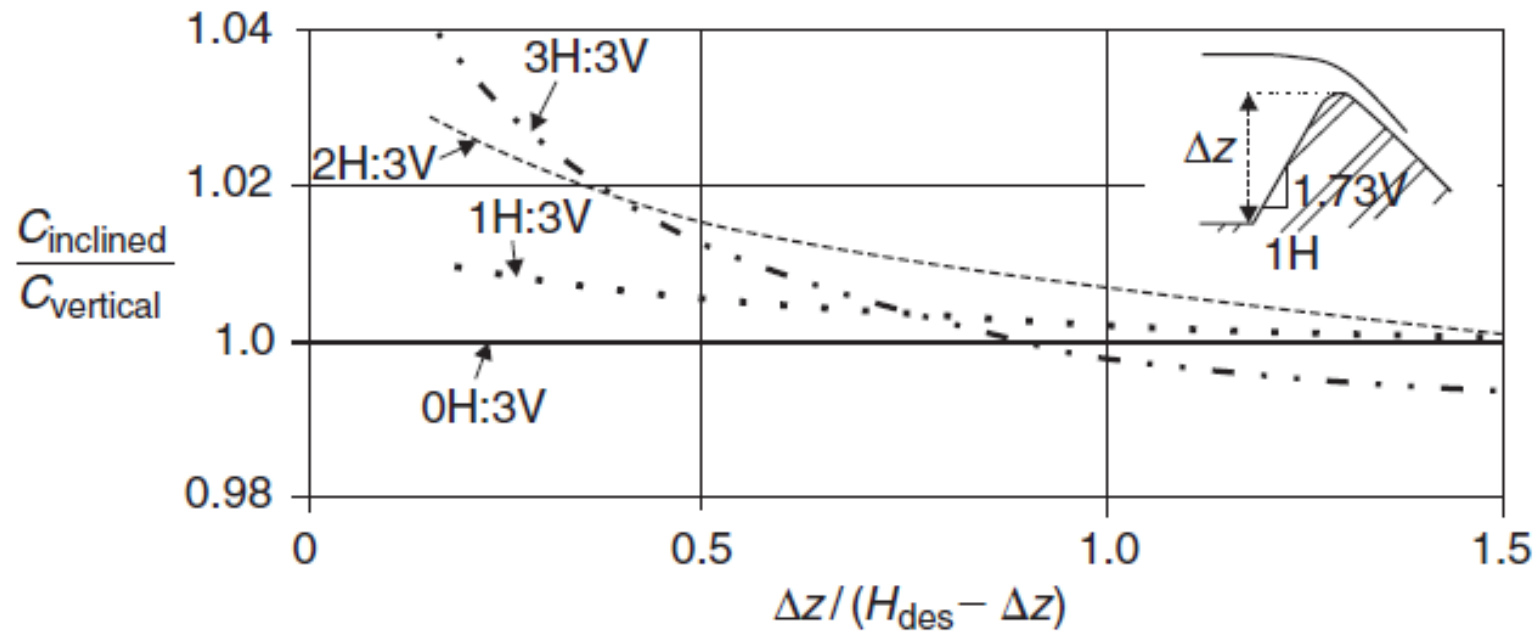
$$H_{des}$$

ολικό υδραυλικό φορτίο

$$H_1$$

Πηγή: Chanson, H. (2004). The hydraulics of open channel flow: an introduction (Second edition). Elsevier editions.

Διορθώσεις



Πηγή: Chanson, H. (2004). The hydraulics of open channel flow: an introduction (Second edition). Elsevier editions.

Μήκος υπερχείλισης

$$L = L' - 2(NK_p + K_a)(H_{des} - \Delta z)$$

Καθαρό μήκος υπερχείλισης

L'

Αριθμός βάθρων

N

Συντελεστής συστολής βάθρων

K_p $[0 - 0.02]$

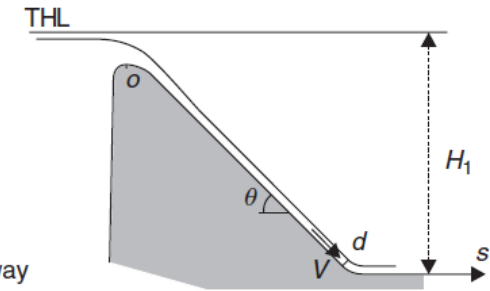
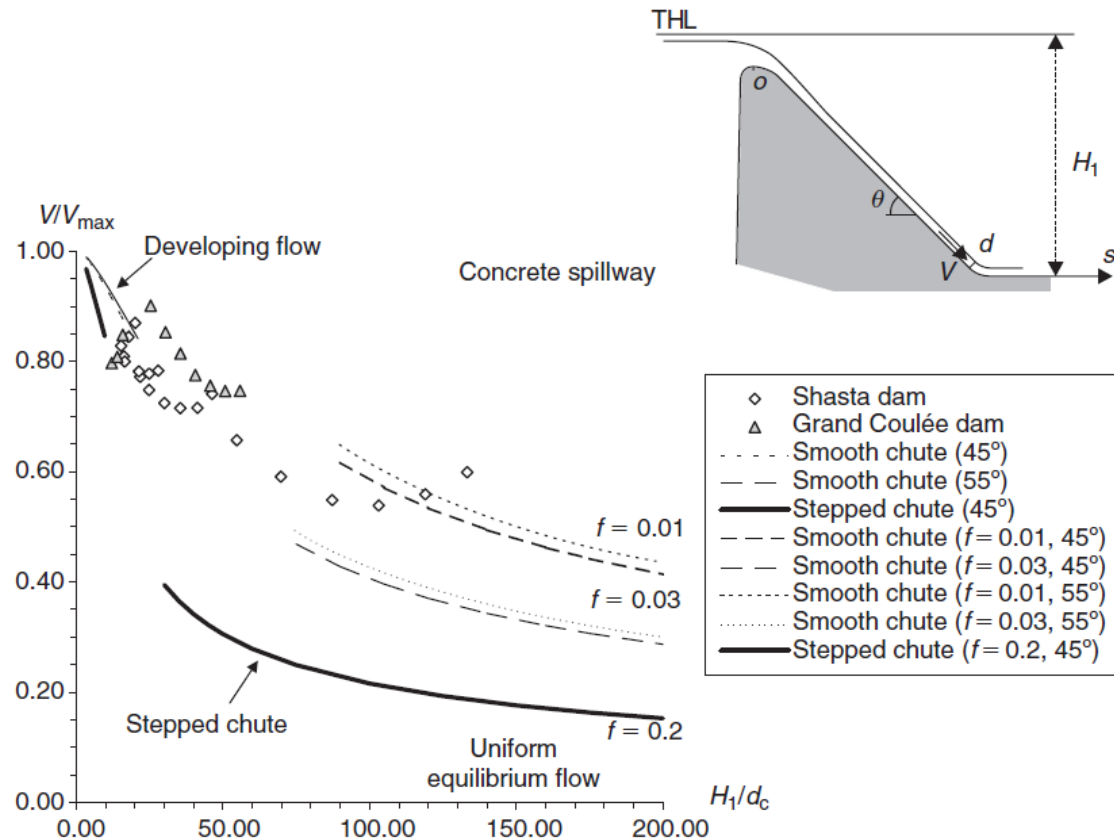
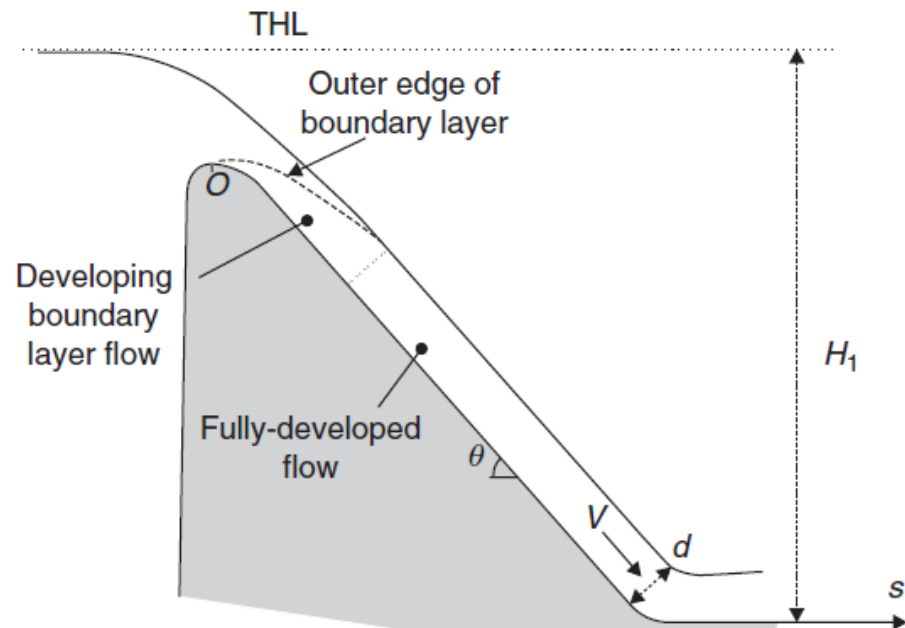
Συντελεστής συστολής στήριξης

K_a $[0 - 0.2]$



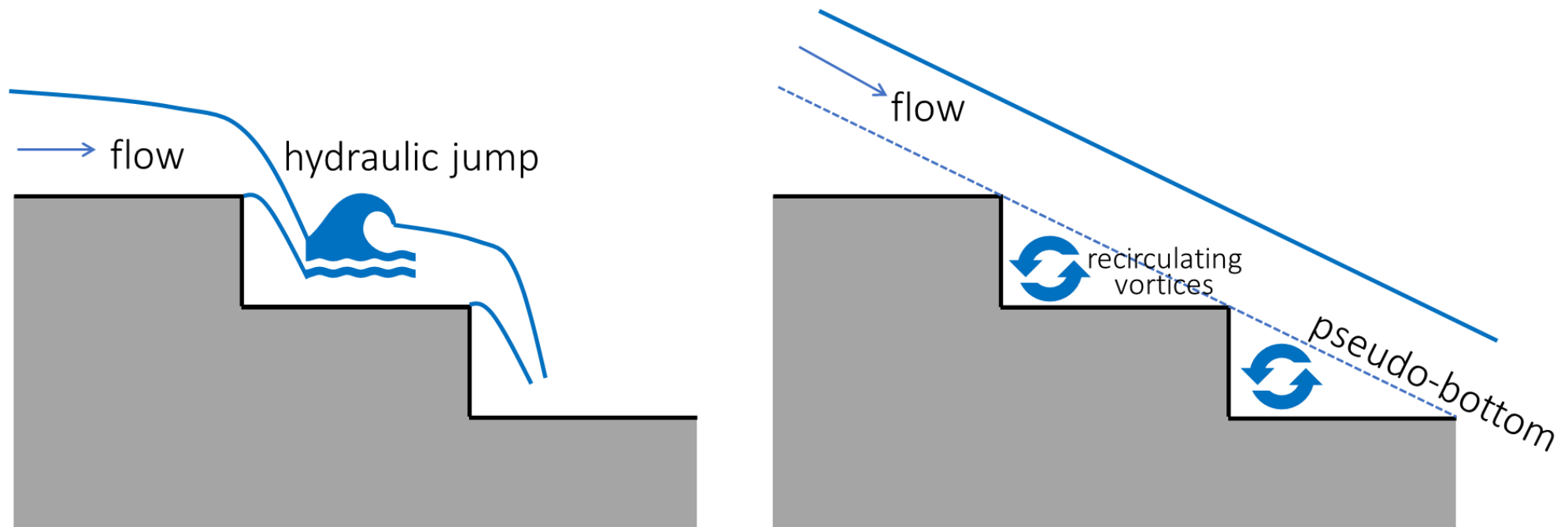
Διώρυγα απαγωγής/πτώσης

Χωρίς βαθμίδες

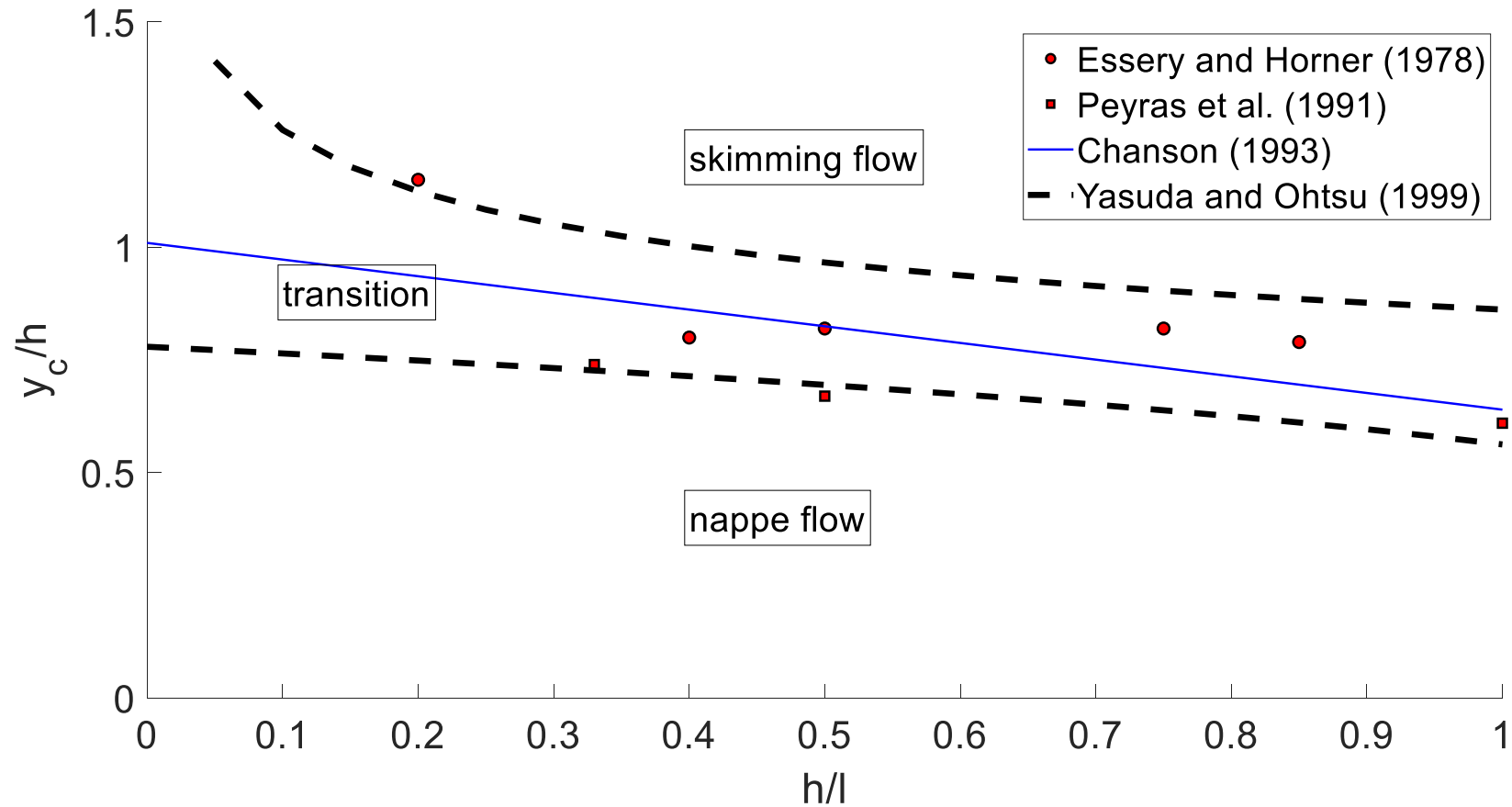


Πηγή: Chanson, H. (2004). The hydraulics of open channel flow: an introduction (Second edition). Elsevier editions.

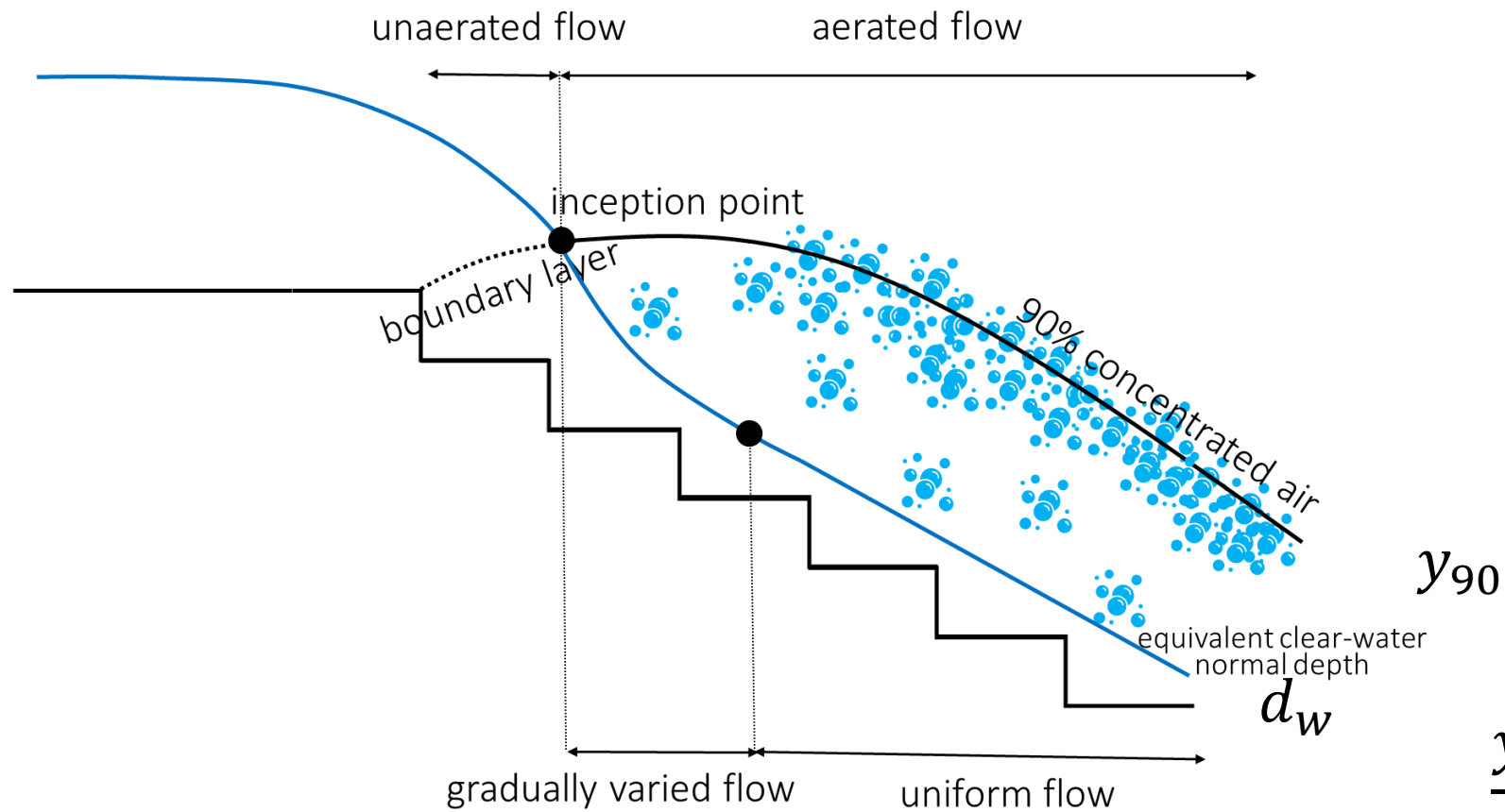
Με βαθμίδες



Με βαθμίδες

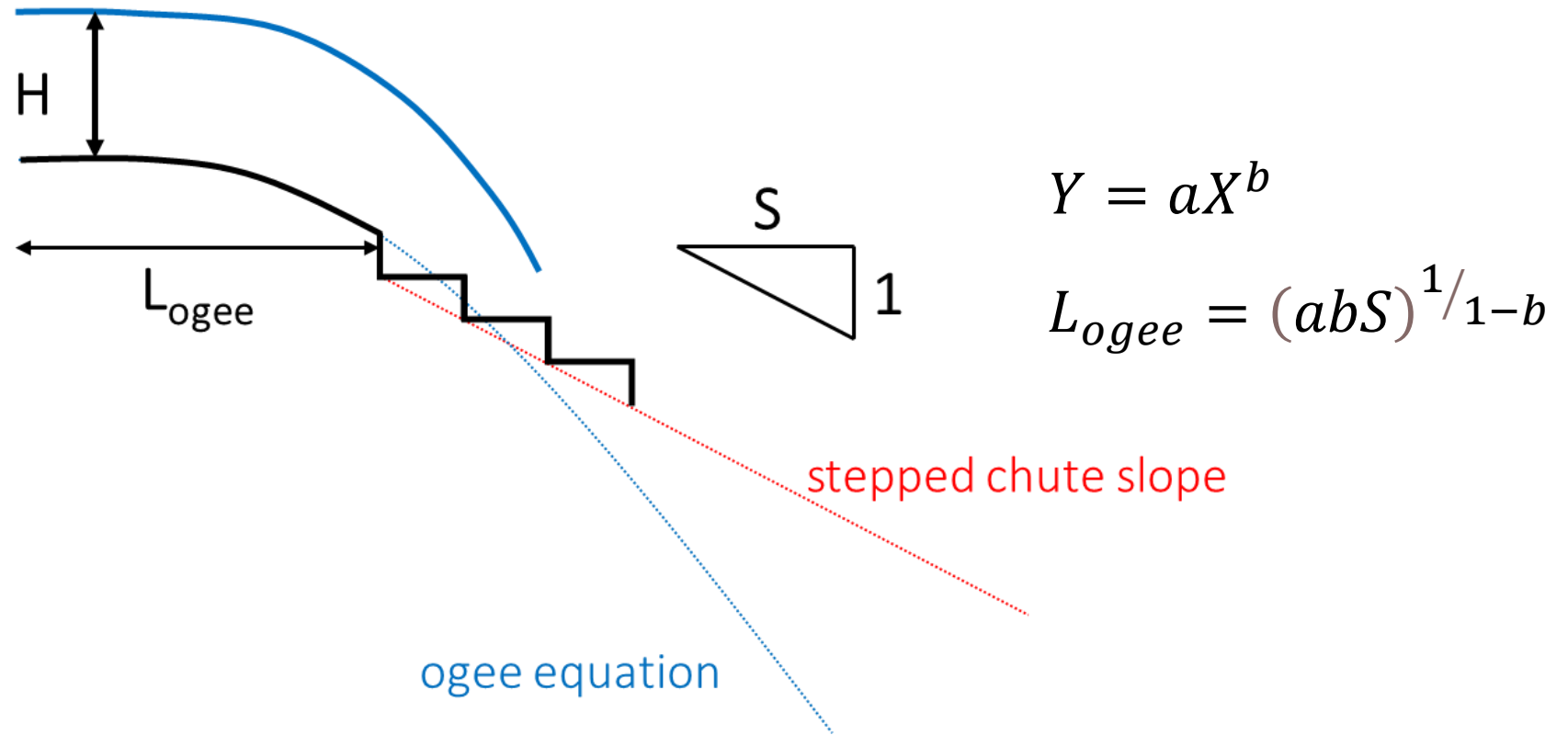


Με βαθμίδες



$$\frac{y_{90}}{d_w} = 1.75$$

Το πρώτο τμήμα



Βαθμίδες και τοιχώματα

- **Βαθμίδες**

- 1 ft $\rightarrow$ 30 cm
- 2 ft $\rightarrow$ 60 cm
- 3 ft $\rightarrow$ 90 cm

- **Καθοδηγητικά τοιχώματα**

- Μη αεριζόμενη φάση $\rightarrow 1.5y_c$
- Αεριζόμενη φάση $\rightarrow 2.5y_{90}$

Σημείο τομής

- Μεταξύ μη αεριζόμενης και αεριζόμενης φάσης

$$\frac{L_i}{k} = 5.25 F_*^{0.95}$$

$$k = \text{ύψος σκαλοπατιού} \times \cos\theta$$

$$F_* = \frac{q}{\sqrt{g \cdot \sin\theta \cdot k^3}}$$

Μόνιμο βάθος ροής

- Μηδενική μεταβολή ενέργειας

$$\frac{dE}{dx} = 0 \Rightarrow S_0 = S_f$$

- Απώλειες κατά Darcy-Weisbach ($f=0.25$)

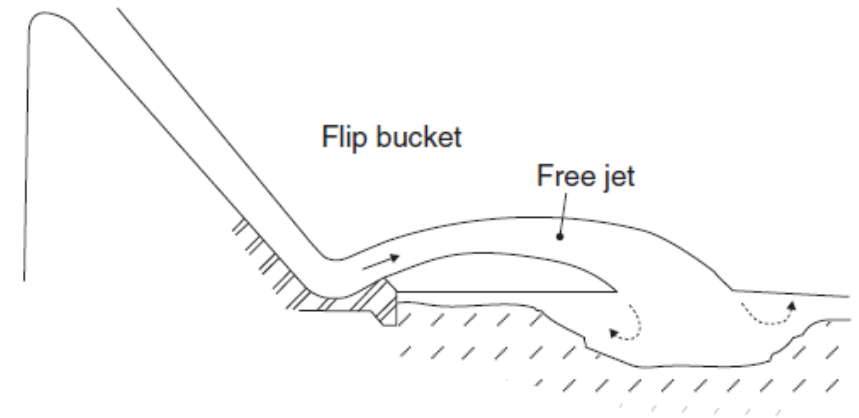
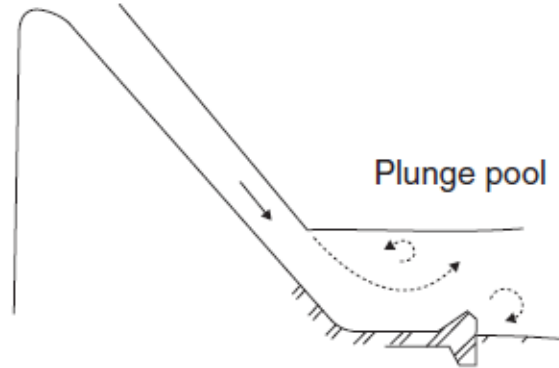
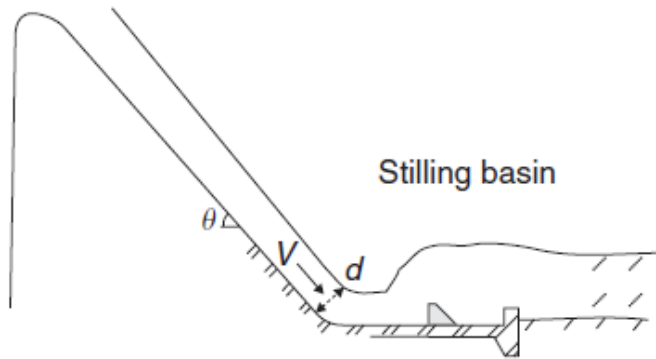
$$S_f = \frac{f}{8gd} V^2$$

- Μόνιμο βάθος ροής

$$d_n = \left(\frac{f q^2}{8gS_0} \right)^{1/3}$$

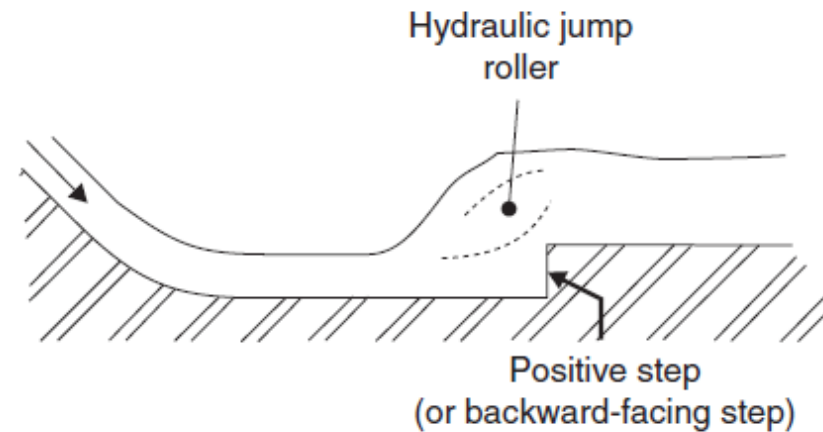
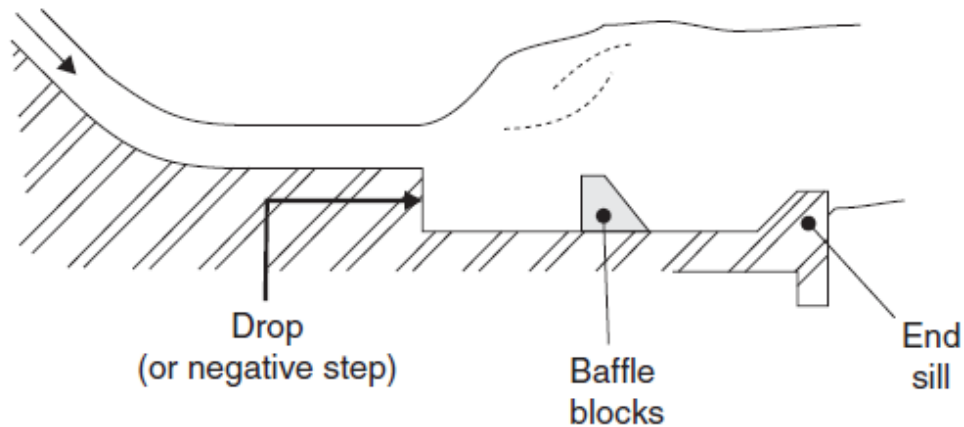
Καταστροφή ενέργειας

Τύποι



Πηγή: Chanson, H. (2004). The hydraulics of open channel flow: an introduction (Second edition). Elsevier editions.

Λεκάνη ηρεμίας



Πηγή: Chanson, H. (2004). The hydraulics of open channel flow: an introduction (Second edition). Elsevier editions.

Λεκάνη ηρεμίας



Bureau of Reclamation

@usbr

...

Let's highlight a project & its contributors from the Dakotas Area Office staff as they view the finishing touches to the [#Shadehill](#) Dam Stilling Basin Overlay project in [#SouthDakota](#) ~ Learn more: go.usa.gov/xUBpg [#Wednesday](#) [#Work](#) [#Water](#)

[Μετάφραση Tweet](#)



Σχεδιασμός

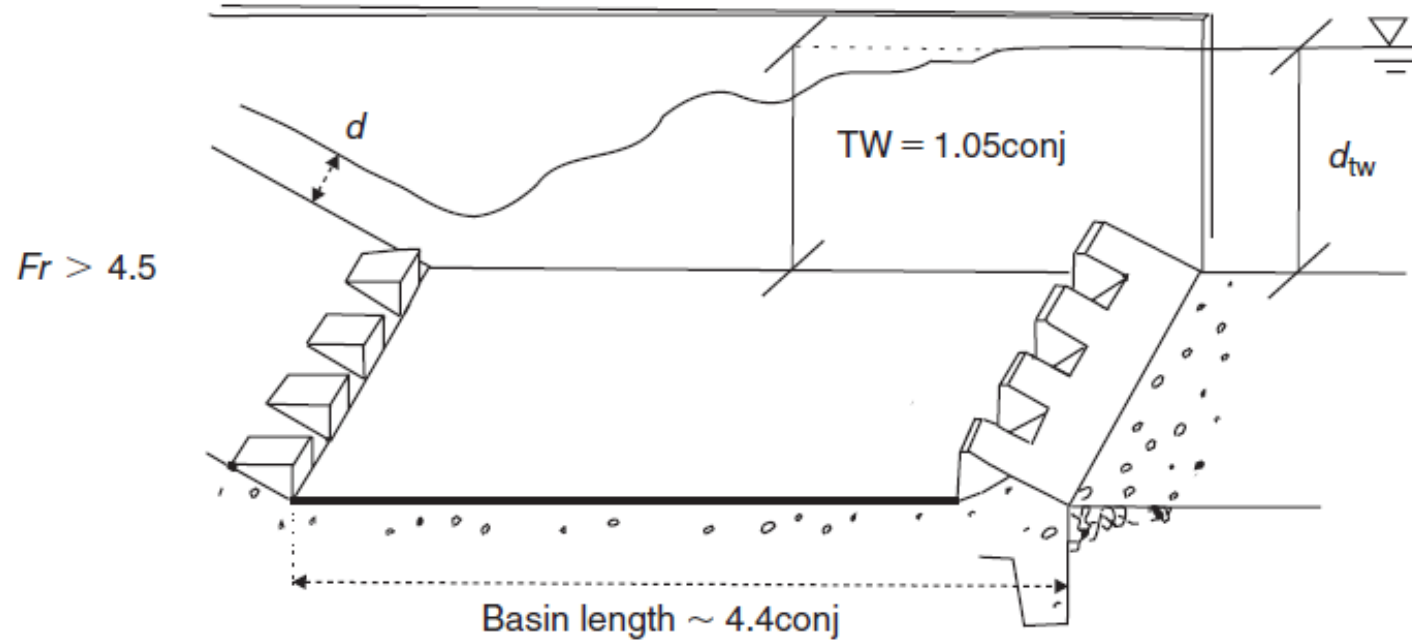
Name (1)	Application (2)	Flow conditions (3)	Tailwater depth d_{tw}^a (4)	Remarks (5)
USBR Type II	Large structures	$Fr > 4.5$ $q < 46.5 \text{ m}^2/\text{s}$ $H_1 < 61 \text{ m}$ Basin length $\sim 4.4d_{conj}$	$1.05d_{conj}$	Two rows of blocks; the last row is combined with an inclined end sill (i.e. dentated sill); block height = d
USBR Type III	Small structures	$Fr > 4.5$ $q < 18.6 \text{ m}^2/\text{s}$ $V < 15\text{--}18.3 \text{ m/s}$ Basin length $\sim 2.8d_{conj}$	$1.0d_{conj}$	Two rows of blocks and an end sill; block height = d
USBR Type IV	For oscillating jumps	$2.5 < Fr < 4.5$ Basin length $\sim 6d_{conj}$	$1.1d_{conj}$	One row of blocks and an end sill; block height = $2d$ Wave suppressors may be added at downstream end
SAF	Small structures	$1.7 < Fr < 17$ Basin length = $4.5d_{conj}Fr^{-0.76}$	$1.0d_{conj}$	Two rows of baffle blocks and an end sill; block height = d
USACE		Basin length $> 4d_{conj}$	$1.0d_{conj}$	Two rows of baffle blocks and end sill

$$\frac{d_{cong}}{d} = \frac{1}{2} \left(\sqrt{1 + 8Fr^2} - 1 \right)$$

Πηγή: Chanson, H. (2004). The hydraulics of open channel flow: an introduction (Second edition). Elsevier editions.

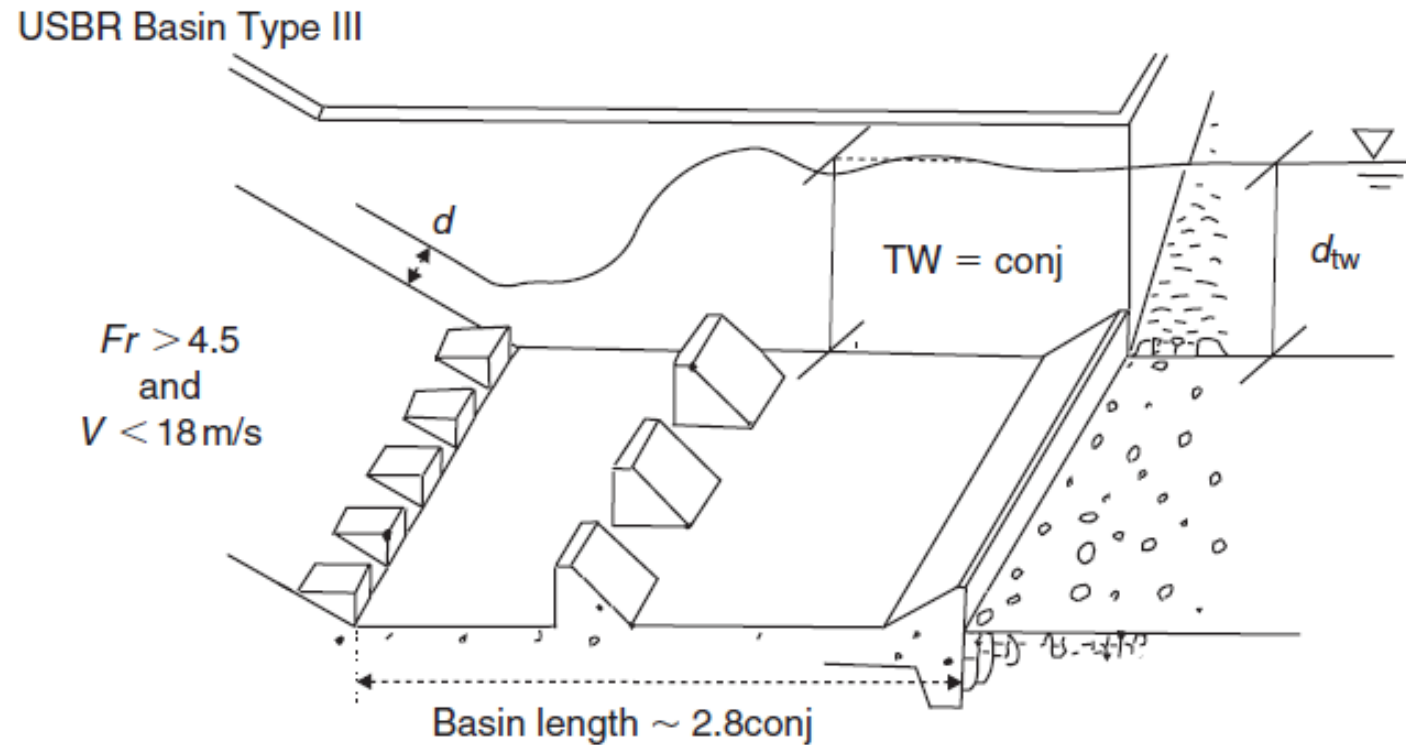
USBR II

USBR Basin Type II



Πηγή: Chanson, H. (2004). The hydraulics of open channel flow: an introduction (Second edition). Elsevier editions.

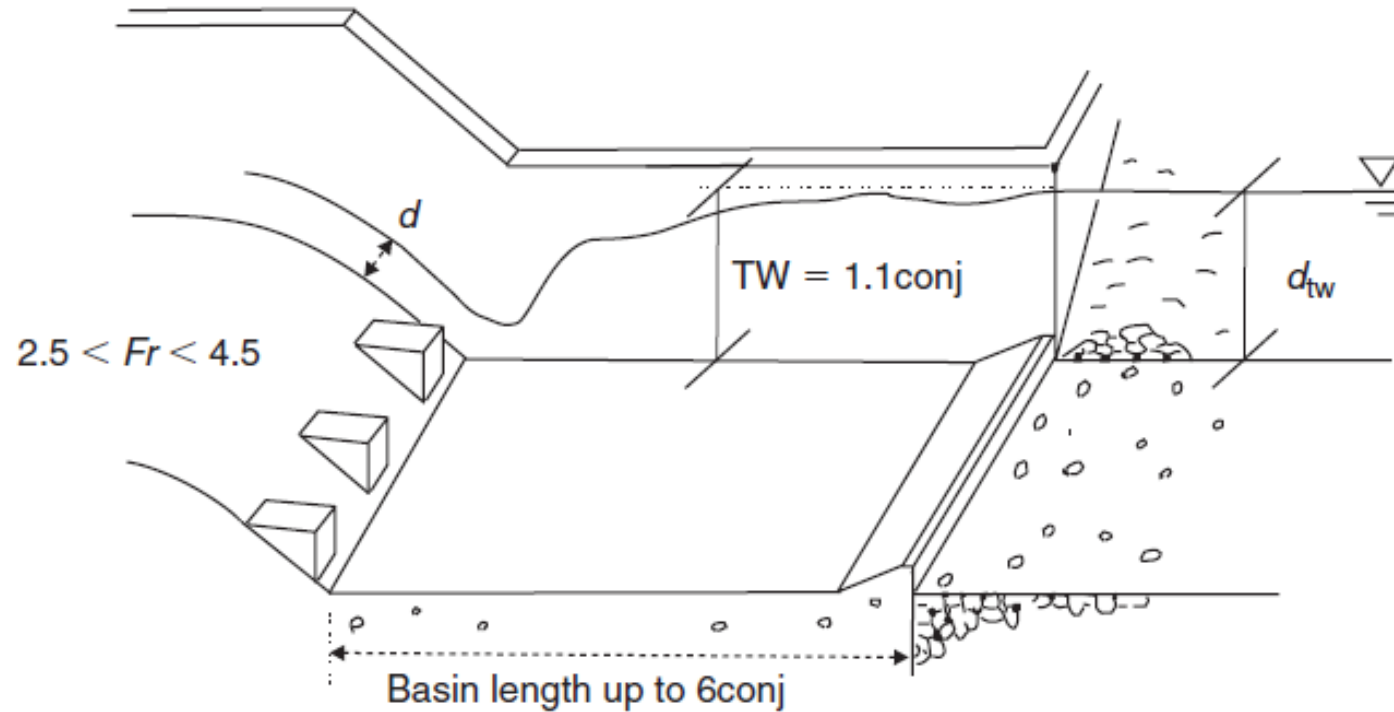
USBR III



Πηγή: Chanson, H. (2004). The hydraulics of open channel flow: an introduction (Second edition). Elsevier editions.

USBR IV

USBR Basin Type IV

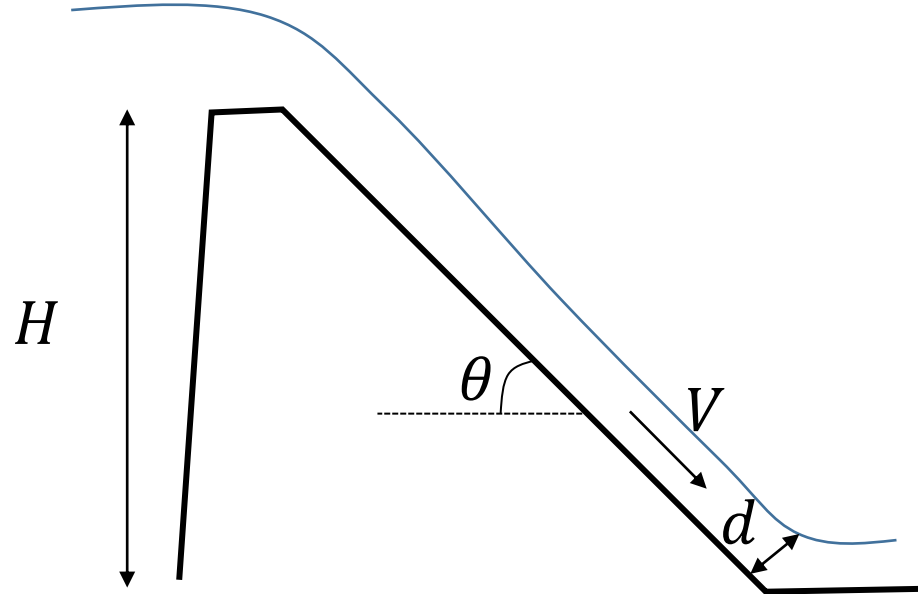


Πηγή: Chanson, H. (2004). The hydraulics of open channel flow: an introduction (Second edition). Elsevier editions.

Απώλεια ενέργειας

Διώρυγα απαγωγής/πτώσης

$$\frac{\Delta E}{E_0} = 1 - \frac{d \cos \theta + \frac{V^2}{2g}}{H + \frac{3}{2}y_c}$$



Υδραυλικό άλμα

$$\Delta E = \frac{(d_{cong} - d)^3}{4dd_{cong}}$$



Θέμα εξαμήνου 1

Ενότητα 4

- Να σχεδιαστεί υπερχειλιστής τύπου ogee θεωρώντας ότι $K=0.5$ και $n=1.85$
- Αν ο ανάντη τοίχος του υπερχειλιστή είναι ίσος με $\Delta z=2$ m να βρεθεί ο συντελεστής παροχής
- Να σχεδιαστεί η λεκάνη ηρεμίας τύπου USBR II και να υπολογιστεί τι ποσοστό ενέργειας χάνεται κατά την πτώση και τι στο υδραυλικό άλμα
- Χρησιμοποιώντας την ίδια εξίσωση υπερχειλιστή, να σχεδιαστεί εναλλακτικό σχέδιο για βαθμίδωτο υπερχειλιστή με κλίση $S=1$, ύψος βαθμίδας 0.9 m και να βρεθεί το σημείο τομής της εξίσωσης αυτής με την έναρξη των βαθμίδων
- Να βρεθούν τα ύψη των καθοδηγητικών τοιχωμάτων
- Να επανασχεδιαστεί η λεκάνη ηρεμίας τύπου USBR II και να επαναυπολογιστεί τι ποσοστό ενέργειας χάνεται κατά την πτώση και τι στο υδραυλικό άλμα