

3 ΟΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΡΟΗ

Παρουσιάζεται ο τύπος του Manning και ο σχετικός συντελεστής τραχύτητας. Αναλύονται οι μέθοδοι υπολογισμού του βάθους με ομοιόμορφη ροή (ομοιόμορφο βάθος) σε απλές και σύνθετες διατομές. Συνδυάζονται οι θεωρίες κρίσιμου και ομοιομόρφου βαθών, ορίζονται τα μεγέθη της ενότητας <κρίσιμη κλίση> και παρουσιάζονται οι μέθοδοι υπολογισμού τους. Η ανάλυση και εδώ βασίζεται σε μεγάλο βαθμό εις τη μέθοδο της Μονοδιάστατης Ανάλυσης, γνωστής από το μάθημα <Μηχανική των Ρευστών> του 5^{ου} εξαμήνου, όπου προτείνω να ανατρέξετε!

3.1 Βασικές έννοιες

3.1.1 Ο τύπος του MANNING

$$V = (1/n) \cdot R^{2/3} \cdot J^{0,5} \quad (43)$$

$$Q = V \cdot E \quad (44) \text{ εξίσωση συνεχείας}$$

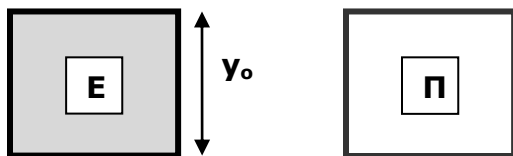
$$Q = (1/n) \cdot E \cdot R^{2/3} \cdot J^{0,5} \quad (45)$$

Ισχύει για ροή με ομοιόμορφο βάθος y_o σε πρισματικούς αγωγούς και συνδέει τα παρακάτω μεγέθη:

- Την παροχή Q (ή την ταχύτητα V)
- Τα γεωμετρικά μεγέθη της διατομής $E(y_o)$ και $R(y_o)$ (βλ. 1.1.1 και 1.2)
- Την κατά μήκος κλίση του πυθμένα του αγωγού J
- Ο συντελεστής n καλείται συντελεστής Manning, εκφράζει τις αντιστάσεις τριβών, οι οποίες οφείλονται στην τραχύτητα της βρεχόμενης περιμέτρου Π . Ο συντελεστής n είναι διαστατός: $[s/m^{1/3}]$, συνήθως οι μονάδες παραλείπονται.

Η **μέση διατμητική τάση** στη υδάτινη διατομή είναι: $\tau_o = \gamma \cdot R \cdot J$

Εάν η γεωμετρία του αγωγού είναι κλειστή (κυκλική διατομή ή ορθογωνικός οχετός), στην οριακή περίπτωση όπου το βάθος ροής έχει πληρώσει τον αγωγό – ακριβώς προτού η ροή με ελεύθερη επιφάνεια μετατραπεί σε ροή υπό πίεση - ο υπολογισμός γίνεται ως ροή με ελεύθερη επιφάνεια. **Προσοχή** στη λογιστική βρεχόμενη περίμετρο ☛



3.1.2 Μέσες τιμές του συντελεστή n

Σε κανονικές μορφές της υδάτινης διατομής ο n λαμβάνεται σταθερός -ανεξάρτητος των Q και V κατά μήκος του αγωγού, σε αντίθεση με τον *ομόλογό* του στη σχέση Darcy-Weisbach συντελεστή τριβών f , οποίος υπολογίζεται από τη σχέση Colebrook-White.

Είναι όμως δυνατό να ληφθεί με μεταβλητές τιμές:

- Σε σύνθετες διατομές, εάν η βρεχόμενη περίμετρος δεν αποτελείται από υλικό ενιαίας τραχύτητας (βλ. 3.2.6)
- Σε διατομές με *έντονη μεταβολή* της γεωμετρίας αναλόγως του βάθους ροής, παρότι η βρεχόμενη περίμετρος αποτελείται από υλικό ενιαίας τραχύτητας! Τούτο γίνεται για *λογιστικούς* λόγους: Ο τύπος του Manning είναι εμπειρικός, έχει παραχθεί σε *κανονικές* διατομές. Η υδραυλική ακτίνα R , η οποία υπεισέρχεται στον υπολογισμό προκαλεί σε διατομές με *έντονη καθ' ύψος μεταβολή* της γεωμετρίας *λογιστικές στρεβλώσεις*, οι οποίες αντισταθμίζονται με τη *καθ' ύψος* μεταβολή του n .

Κάποιες χαρακτηριστικές τιμές του n είναι:

Υλικό	Συντελεστής n
ΣΩΛΗΝΕΣ	
Πλαστικοί	0,011
Από σκυρόδεμα	0,014
Αργιλοπυριτικοί	0,013
ΕΠΕΝΔΕΔΥΜΕΝΕΣ ΔΙΩΡΥΓΕΣ	
Με τσιμεντοκονία	0,013
Με επιμελές σκυροκονίαμα	0,017
Με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα	0,019
Με ξηρολιθοδομή	0,032
ΑΝΕΠΕΝΔΥΤΕΣ ΤΑΦΡΟΙ	
Γαιώδεις ευθύγραμμοι <i>πρόσφατης</i> κατασκευής	0,018
Γαιώδεις ευθύγραμμοι <i>παλαιάς</i> κατασκευής	0,022
Βραχώδεις	0,035

3.2 Ομοιόμορφο βάθος

3.2.1 Υπολογισμός Ομοιόμορφου βάθους y_o - Πρόβλημα 35

- Προκύπτει από την (45)
- Απαιτούμενα δεδομένα είναι η παροχή Q , τα **γεωμετρικά στοιχεία** της **διατομής**, ο συντελεστής Manning n και η κατά μήκος κλίση του πυθμένα J
- Για δεδομένα γεωμετρικά στοιχεία της διατομής η τιμή του y_o μεταβάλλεται:
 - ο *ομόρροπα* με τη μεταβολή της τιμής της Q : $Q \uparrow \rightarrow y_o \uparrow$ και $Q \downarrow \rightarrow y_o \downarrow$
 - ο *ομόρροπα* με τη μεταβολή της τιμής του n : $n \uparrow \rightarrow y_o \uparrow$ και $n \downarrow \rightarrow y_o \downarrow$
 - ο *αντίρροπα* με τη μεταβολή της τιμής της J : $J \uparrow \rightarrow y_o \downarrow$ και $J \downarrow \rightarrow y_o \uparrow$
- Έχοντας υπολογίσει το y_o είναι δυνατό να χαρακτηρίσουμε τη ροή με ομοιόμορφο βάθος y_o υπολογίζοντας τον αντίστοιχο αριθμό Froude $F(y_o)$ από την (1):
 - ο $F(y_o) < 1$: η ροή (με ομοιόμορφο βάθος) είναι **υποκρίσιμη**
 - ο $F(y_o) = 1$: η ροή η ροή (με ομοιόμορφο βάθος) είναι **κρίσιμη**
 - ο $F(y_o) > 1$: η ροή η ροή (με ομοιόμορφο βάθος) είναι **υπερκρίσιμη**
- Έχοντας υπολογίσει τα y_o και y_k είναι δυνατό να χαρακτηρίσουμε τη ροή με ομοιόμορφο βάθος y_o συγκρίνοντας τα δύο λογιστικά βάθη:
 - ο $y_o > y_k$: η ροή (με ομοιόμορφο βάθος) είναι **υποκρίσιμη**
 - ο $y_o = y_k$: η ροή η ροή (με ομοιόμορφο βάθος) είναι **κρίσιμη**
 - ο $y_o < y_k$: η ροή η ροή (με ομοιόμορφο βάθος) είναι **υπερκρίσιμη**
- Οι δύο ως άνω τρόποι είναι ισοδύναμοι και οδηγούν στο ίδιο συμπέρασμα
- Στη τριγωνική διατομή υπάρχει **απ' ευθείας** λύση

$$y_o = \left[\left(\frac{n \cdot Q}{\sqrt{J}} \right)^3 \cdot \left(\frac{4 \cdot (1 + z^2)}{z^5} \right) \right]^{1/8} \quad (46) \text{ τριγωνική διατομή}$$

Για τις **υπόλοιπες διατομές** (βασικές συμμετρικές, βασικές μη – συμμετρικές και σύνθετες) προτείνεται η παρακάτω **διαδικασία επίλυσης** με **χρήση Πινάκων** $\equiv$ και **επαλήθευση - διαδοχικές προσεγγίσεις**.

Η διαδικασία είναι παρόμοια (προσοχή στο συντελεστή διόρθωσης) με αυτή του υπολογισμού του κρίσιμου βάθους (βλ. 2.2.1), εξασφαλίζει ταχύτητα και εποπτεία του υπολογισμού, κατανόηση των περιορισμών, ελαχιστοποίηση της πιθανότητας λάθους κατά τη χρήση των Πινάκων. Είναι δε στατιστικώς ασφαλέστερη από τη χρήση προγραμματιζόμενων υπολογιστών χειρός!

$$E(y_o) \cdot R^{2/3}(y_o) = \frac{n \cdot Q}{\sqrt{J}} = C_o \quad (47) \text{ σταθερό στοιχείο ελέγχου}$$

από τα δεδομένα

$$E(y_{ov}) \cdot R^{2/3}(y_{ov}) = C_{ov} \quad (48) \text{ υπολογιζόμενο στοιχείο}$$

από τις διαδοχικές τιμές προσέγγισης του y_o

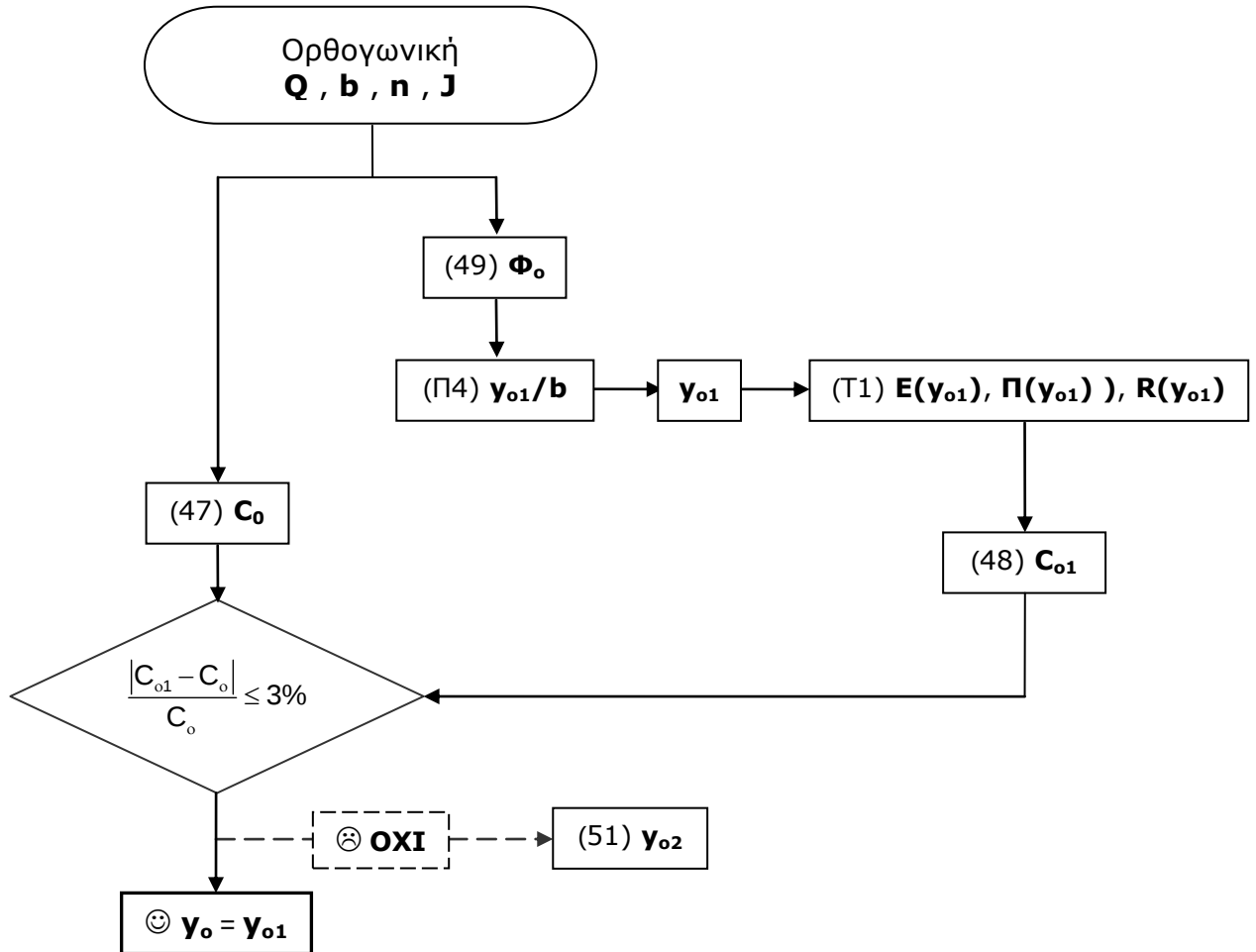
3.2.2 Ορθογωνική διατομή με πλάτος **b**

- Υπολογίζουμε τα $C_o = \frac{n \cdot Q}{\sqrt{J}}$ (47) και $\Phi_o = \frac{C_o}{b^{8/3}}$ (49)
- Στον πίνακα **Π4** ☞ στη στήλη με **z= 0** εντοπίζουμε το **Φ_ο**
- Στην 1η αμέσως αριστερά του Πίνακα στήλη διαβάζουμε το **y_{ο1}/b** (ή το **μ.ο.** ανάμεσα σε δύο γραμμές, ΔΕΝ παιδευόμαστε με ακριβή παρεμβολή!)
- Υπολογίζουμε το **y_{ο1}**
- Από τον πίνακα **Τ1** υπολογίζουμε τα γεωμετρικά μεγέθη E(y_{ο1}), Π(y_{ο1}) και R(y_{ο1})
- Υπολογίζουμε το στοιχείο $C_{o1} = E(y_{o1}) \cdot R^{2/3}(y_{o1})$ (48)
- Ελέγχουμε τη σύγκλιση $\frac{|C_{o1} - C_o|}{C_o} \leq 3\%$ (50)
- Διορθώνουμε (σπανιότατα) $y_{o2} = (C_o / C_{o1}) \cdot y_{o1}$ (51)
- Επανυπολογίζουμε από τον πίνακα **Τ1** τα E(y_{ο2}), Π(y_{ο2}) και R(y_{ο2})
- $C_{o2} = E(y_{o2}) \cdot R^{2/3}(y_{o2})$ και επανελέγχουμε τη σύγκλιση $\frac{|C_{o2} - C_o|}{C_o} \leq 3\%$
- Τυποποίηση διαδικασίας:

Q [m ³ / s]	b [m]	n	J	C_ο	Φ_ο

y_{ο1} /b	y_{ο1} [m]	E_{οi} [m²]	Π_{οi} [m]	R_{οi}	C_{ο1}	δC [%].	y_ο [m]

- Διάγραμμα ροής διαδικασίας:



3.2.3 Συμμετρική Τραπεζοειδής διατομή με πλάτος **b** και κλίση πρανών **z**

- Υπολογίζουμε τα $C_o = \frac{n \cdot Q}{\sqrt{J}}$ (47) και $\Phi_o = \frac{C_o}{b^{8/3}}$ (49)
- Στον πίνακα **Π4** ☞ στη στήλη με το αντίστοιχο **z** εντοπίζουμε το **Φ_o**.
- Συνεχίζουμε τη διαδικασία ακριβώς όπως στην ορθογωνική διατομή (βλ. 3.2.2)
- Εάν το **z** δεν υπάρχει σε στήλη επιλέγουμε τις δύο στήλες με μικρότερο και μεγαλύτερο **z** και ακολουθούμε μόνο για την 1^η τιμή **y_{o1}** διαδικασία παρόμοια με της Μη συμμετρικής διατομής (βλ. 3.2.5 και εφαρμογή 5.7.4)
- Τυποποίηση διαδικασίας:

Q [m ³ / s]	b [m]	n	z	J	C _o	Φ _o

y _{o1} /b	y _{o1} [m]	E _{oi} [m ²]	Π _{oi} [m]	R _{oi}	C _{o1}	δC [%].	y _o [m]

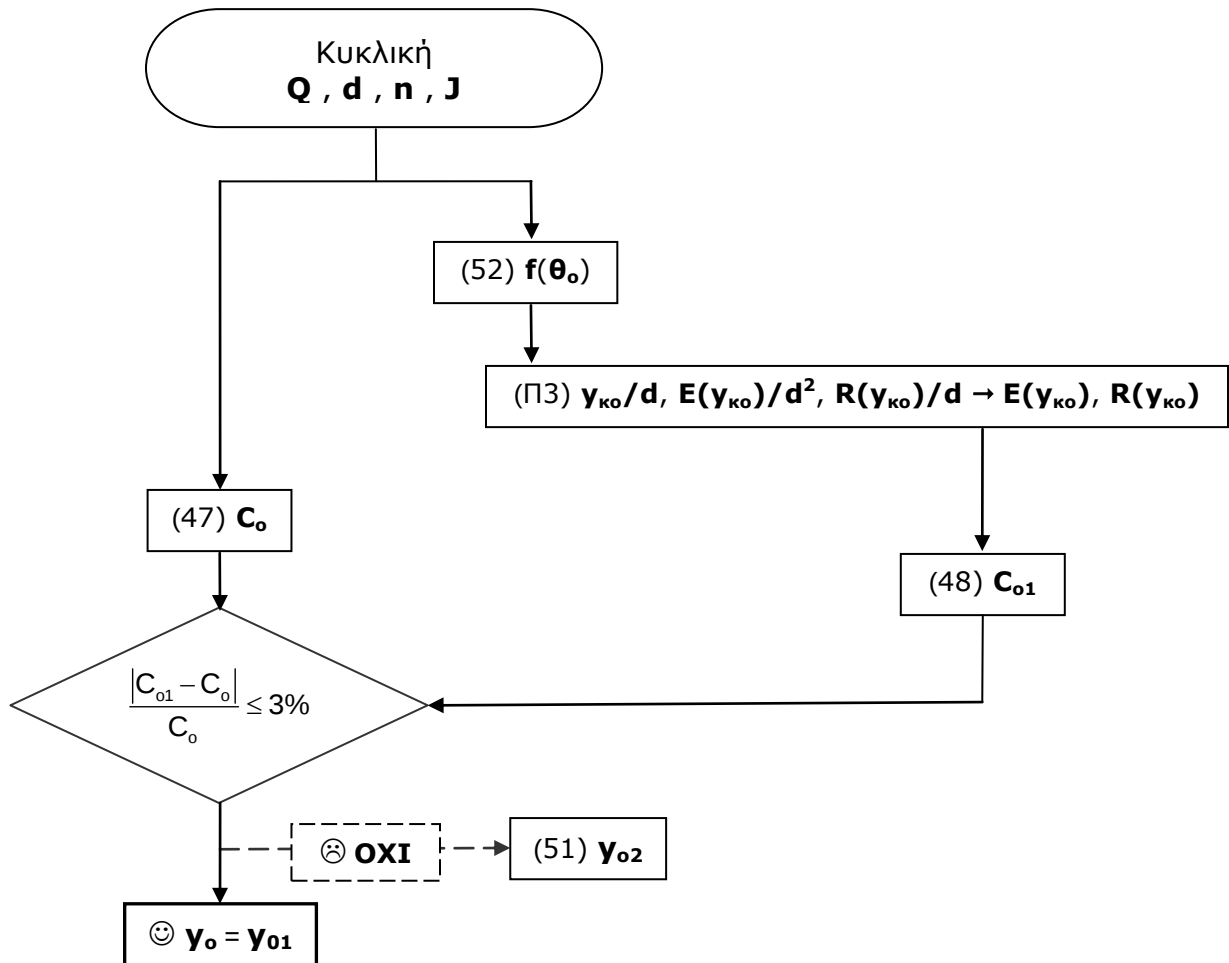
3.2.4 Κυκλική διατομή με διάμετρο **d**

- Υπολογίζουμε τα $C_o = \frac{n \cdot Q}{\sqrt{J}}$ (47) και $f(\theta_o) = \frac{C_o}{d^{8/3}}$ (52)
- Στον πίνακα **Π3** ■ εντοπίζουμε το **f(θ_ο)**
- Στην 1^η αριστερή στήλη διαβάζουμε το **y_{ο1}/d**
(ή το **μ.ο.** ανάμεσα σε δύο γραμμές, ΔΕΝ παιδευόμαστε με ακριβή παρεμβολή!)
- Συνεχίζοντας στον πίνακα **Π3** διαβάζουμε σε προς τα δεξιά στήλες τα **E(y_{ο1})/d²** και **R(y_{ο1})/d**
- Υπολογίζουμε το στοιχείο $C_{o1} = E(y_{o1}) \cdot R^{2/3}(y_{o1})$ (48)
- Ελέγχουμε τη σύγκλιση $\frac{|C_{o1} - C_o|}{C_o} \leq 3\%$ (50)
- Διορθώνουμε (σπανιότατα) $y_{o2} = (C_o / C_{o1}) \cdot y_{o1}$ (51), υπολογίζουμε το **y_{ο2}/d**
- Επαναδιαβάζουμε από τον πίνακα **Π3** τα E(y_{ο2})/d² και R(y_{ο2})/d
- $C_{o2} = E(y_{o2}) \cdot R^{2/3}(y_{o2})$ και επανελέγχουμε τη σύγκλιση $\frac{|C_{o2} - C_o|}{C_o} \leq 3\%$
- Τυποποίηση διαδικασίας:

Q [m ³ /s]	d [m]	n	J	C_ο	f(θ_ο)

y_{ο1}/d	E_{οi}/d²	E_{οi} [m²]	R_{οi}/d	R_{οi} [m]	C_{ο1}	δC [%]	y_ο [m]

- Διάγραμμα ροής διαδικασίας:



- Προσοχή:** Εμφανίζονται (βλ. Πίνακες **T1** ή **Π3**) Μέγιστη παροχή για **y = 0,938.d** και Μέγιστη ταχύτητα για **y = 0,813.d**. Αυτές οι τιμές πληρότητας είναι μεγάλες (όριο Ελληνικών Προδιαγραφών για δίκτυα αποχέτευσης: **y_o/d ≤ 0,70**)

3.2.5 Μη - συμμετρική Τραπεζοειδής διατομή με πλάτος **b** και κλίσεις πρανών **z₁** , **z₂**

- Υπολογίζουμε τα $C_o = \frac{n \cdot Q}{\sqrt{J}}$ (47) και $\Phi_o = \frac{C_o}{b^{8/3}}$ (49)
- Στον πίνακα **Π4** εντοπίζουμε δύο φορές το **Φ_o** στις στήλες με τα αντίστοιχα z
- Στην 1^η αριστερή στήλη διαβάζουμε τα **y_{o11}/b** και **y_{o21}/b**
- Υπολογίζουμε τα **y_{o11}** και **y_{o21}**
- Μορφώνουμε τους μ.ο. $y_{o1} = (y_{o11} + y_{o21})/2$ και $\bar{z} = (z_1 + z_2)/2$
- Υπολογίζουμε τα γεωμετρικά μεγέθη E(y_{o1}), Π(y_{o1}) και R(y_{o1}):

$$E(y_{\kappa 1}) = (b + (\bar{z} \cdot y_{\kappa 1})) \cdot y_{\kappa 1}, \quad \Pi(y_{o1}) = b + y_{o1} \cdot (\sqrt{1 + z_1^2} + \sqrt{1 + z_2^2})$$

$$\text{και } R(y_{o1}) = \frac{E(y_{o1})}{\Pi(y_{o1})}$$

- Υπολογίζουμε το στοιχείο $C_{o1} = E(y_{o1}) \cdot R^{2/3}(y_{o1})$ (48)
- Ελέγχουμε τη σύγκλιση $\frac{|C_{o1} - C_o|}{C_o} \leq 3\%$ (50)
- Διορθώνουμε (ενδεχομένως) $y_{o2} = (C_o / C_{o1}) \cdot y_{o1}$ (51)
- Επανυπολογίζουμε τα $E(y_{o2})$, $\Pi(y_{o2})$ και $R(y_{o2}) \rightarrow C_{o2} = E(y_{o2}) \cdot R^{2/3}(y_{o2})$
- Επανελέγχουμε τη σύγκλιση $\frac{|C_{o2} - C_o|}{C_o} \leq 3\%$
- Τυποποίηση διαδικασίας:

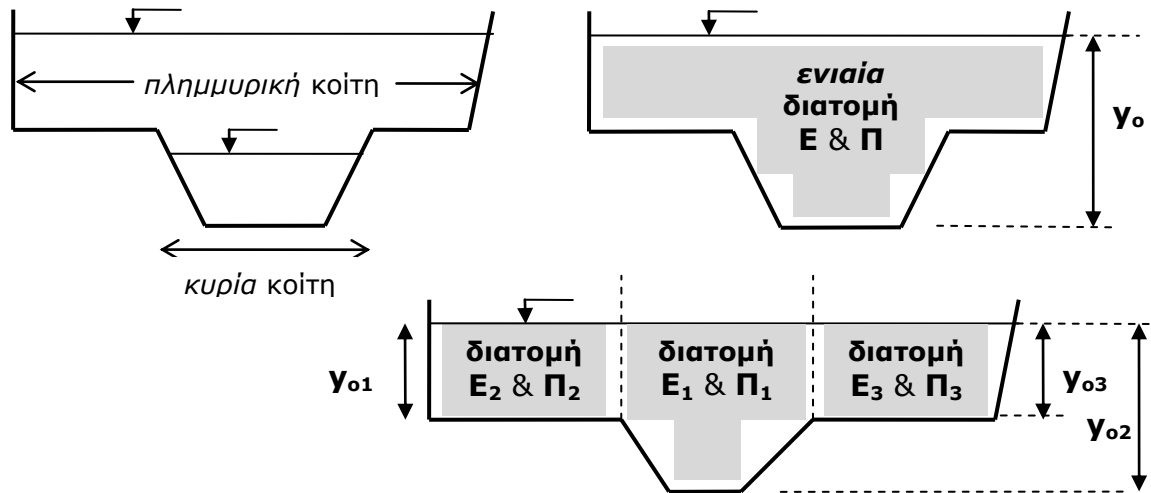
Q [m ³ /s]	b [m]	n	z_n	$\bar{z}$	J	C_o	Φ_o	y_{o1}/b	y_{o1} [m]
			.						

y_{oi} [m]	E_{oi} [m²]	Π_{oi} [m]	R_{oi} [m]	C_{o1}	δC [%]	y_o [m]

- Διάγραμμα ροής διαδικασίας:
Ακολουθούμε το αντίστοιχο της ορθογωνικής διατομής (βλ. 3.2.2), λαμβάνοντας υπόψη μόνο για την 1^η τιμή **y_{o1}** το διπλό προσδιορισμό **y_{o11}** και **y_{o21}** και υπολογισμό του μ.ο. τους.

3.2.6 Σύνθετες διατομές

Σύνθετες φυσικές διατομές (κυρία κοίτη + πλημμυρική κοίτη)



Εάν η ροή πραγματοποιείται στην *κυρία* = **μικρή** κοίτη ακολουθούμε τη διαδικασία υπολογισμού – αντίστοιχη με τη γεωμετρία της.

Εάν η ροή πραγματοποιείται στην *πλημμυρική* = **μεγάλη** κοίτη εξετάζουμε την *ισορροπία* της γεωμετρίας και την ενδεχόμενη ύπαρξη διαφορετικών συντελεστών **n** και επιλέγουμε μία από τις δύο παρακάτω μεθόδους:

Μέθοδος ενιαίας διατομής

- ο Εφαρμόζεται όταν τα γεωμετρικά στοιχεία είναι *ισορροπημένα* και ο συντελεστής *n* είναι ενιαίος, ή *δεν διαφέρει πολύ*

- ο Η μέση τραχύτητα εκτιμάται από τη σχέση:
$$\bar{n} = \left(\frac{\sum_{i=1}^i n_i^{3/2} \Pi_i}{\Pi} \right)^{2/3} \quad (53)$$

- ο Ο επαναπροσδιορισμός του μέσου *n* για κάθε διαδοχική τιμή προσέγγισης του y_{o1} καθιστά τη μέθοδο σχετικά πολύπλοκη και χρονοβόρο για μη ενιαίο n
- Προσδιορίζουμε εάν το ομοιόμορφο βάθος εμφανίζεται στη *μικρή* διατομή, θέτοντας το γεωμετρικό βάθος της *μικρής* διατομής ως y_o και υπολογίζοντας την

προκύπτουσα παροχή πλήρωσης:
$$Q_{ομικρη} = \frac{1}{n} \cdot E_{\mu} \cdot R_{\mu}^{2/3} \cdot J^{1/2} \quad (54)$$

- ο Εάν $Q_{ομικρη} > Q$, τότε η ροή με ομοιόμορφο βάθος πραγματοποιείται στη μικρή διατομή και ακολουθείται η αντίστοιχη της γεωμετρίας της διαδικασία
- ο Εάν $Q_{ομικρη} < Q$, τότε η ροή με κρίσιμο βάθος πραγματοποιείται στη σύνθετη διατομή και ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

- Υπολογίζουμε το $C_o = \frac{n \cdot Q}{\sqrt{J}}$ (47)

- Υποθέτουμε το y_{o1} , το οποίο **μετράται** από το **χαμηλότερο σημείο** στη

σύνθετη διατομή: $y_{o1} = \left[\left(\frac{Q - Q_{ομικρη}}{Q_{ομικρη}} \cdot \frac{b_{μικρη}}{b_{μεγαλη}} \right)^{3/5} + 1 \right] \cdot y_{μικρη}$ (55)

- Υπολογίζουμε το αντίστοιχο μέσο n (53)
- Ακολουθούμε τα βήματα - ροή επίλυσης των απλών συμμετρικών διατομών, υπολογίζοντας όμως τα γεωμετρικά μεγέθη της εκάστοτε σύνθετης

- Ελέγχουμε τη σύγκλιση $\frac{|C_{o1} - C_o|}{C_o} \leq 5\%$ (56) Προσοχή: χαλαρότερο όριο

- Διορθώνουμε $y_{o2} = \left[1 \pm \left(\frac{|C_{o1} - C_o|}{C_o} \right)^{5/3} \right] \cdot y_{o1}$ (57)

Το πρόσημο ορίζεται από την απαιτούμενη *φορά* διόρθωσης:

- $C_{o1} - C_o > 0 \rightarrow$ πρόσημο **αρνητικό (-)**
- $C_{o1} - C_o < 0 \rightarrow$ πρόσημο **θετικό (+)**

- Επανυπολογίζουμε τα $E(y_{o2})$, $\Pi(y_{o2})$ και $R(y_{o2}) \rightarrow C_{o2} = E(y_{o2}) \cdot R^{2/3}(y_{o2})$

- Επανελέγχουμε τη σύγκλιση $\frac{|C_{o2} - C_o|}{C_o} \leq 5\%$ (56) Προσοχή: χαλαρότερο όριο

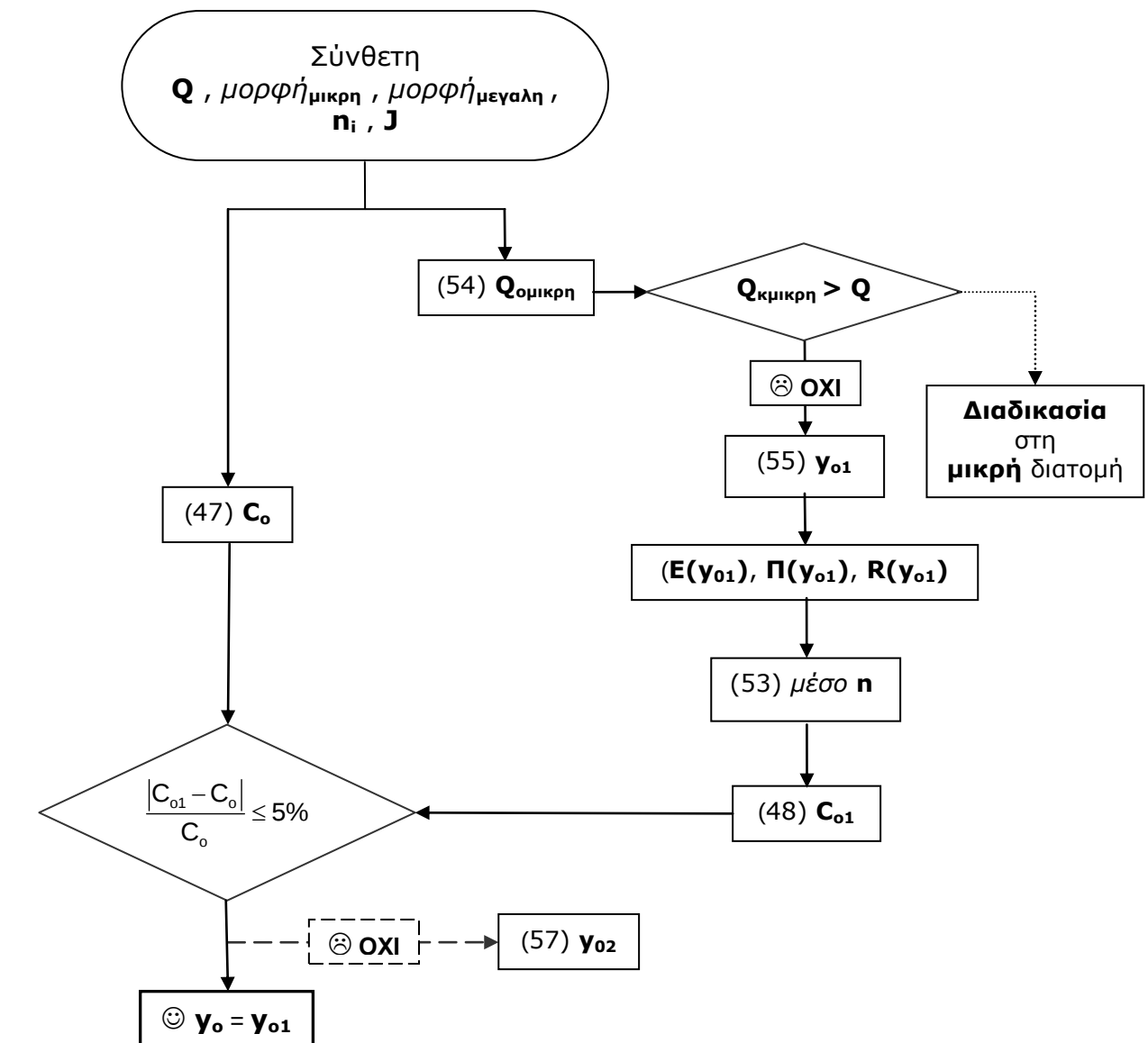
- Είναι πιθανώς αναγκαία 3^η περιστροφή ίσως και 4^η

- Τυποποίηση διαδικασίας:

Q [m ³ /s]	μορφή μικρή	μορφή μεγάλη	n	J	C _o

Y _{μικρή} [m]	μορφή μικρή	E _{ομικ} [m ²]	Π _{ομικ} [m]	R _{ομικ} [m]	Q _{ομικρή} [m ³ /s]

y _{o1} [m]	E _{oi} [m ²]	Π _{oi} [m]	R _{oi}	C _{o1}	δC [%].	y _o [m]



Μέθοδος χωριστών διατομών

- Εφαρμόζεται όταν τα γεωμετρικά στοιχεία δεν είναι *ισορροπημένα* ή /και ο συντελεστής η *διαφέρει πολύ*
 - Χωρίζουμε σε τμήματα με ελεύθερη επιφάνεια με ιδεατές - κατακόρυφες συνήθως – διεπιφάνειες, οι οποίες δεν λογίζονται στον υπολογισμό των βρεχόμενων Περιμέτρων! ☀️ Η παραδοχή οδηγεί τη μέθοδο σε υπερεκτίμηση της παροχής, ή αντιστοίχως σε υποεκτίμηση του βάθους ομοιόμορφης ροής y_0 .
 - Ακολουθούμε την προηγούμενη διαδικασία ενιαίας διατομής μέχρι το 2^ο βήμα:
- Προσδιορίζουμε εάν το ομοιόμορφο βάθος εμφανίζεται στη *μικρή* διατομή, θέτοντας το γεωμετρικό βάθος της *μικρής* διατομής ως y_0 και υπολογίζοντας την

προκύπτουσα παροχή πλήρωσης: $Q_{\text{ομικρη}} = \frac{1}{n} \cdot E_{\mu} \cdot R_{\mu}^{2/3} \cdot J^{1/2}$ (54)

- Εάν $Q_{ομικρη} > Q$, τότε η ροή με ομοιόμορφο βάθος πραγματοποιείται στη μικρή διατομή και ακολουθείται η αντίστοιχη της γεωμετρίας της διαδικασία
- Εάν $Q_{ομικρη} < Q$, τότε η ροή με κρίσιμο βάθος πραγματοποιείται στη σύνθετη διατομή και ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:

- Υποθέτουμε το $y_{ο1}$, το οποίο **μετράται** από το **χαμηλότερο σημείο** στη

σύνθετη διατομή:
$$y_{ο1} = \left[\left(\frac{Q - Q_{ομικρη}}{Q_{ομικρη}} \cdot \frac{b_{μικρη}}{b_{μεγαλη}} \right)^{3/5} + 1 \right] \cdot y_{μικρη} \quad (55)$$

- Προσδιορίζουμε τα αντίστοιχα βάθη $y_{ον1}$ σε όλες τις επί μέρους διατομές

- Υπολογίζουμε τις αντίστοιχες παροχές:
$$Q_{ον1} = \frac{1}{n_i} \cdot E_{ον1} \cdot R_{ον1}^{2/3} \cdot J^{1/2} \quad (45)$$

- με τα γεωμετρικά δεδομένα και συντελεστή η εκάστης επί μέρους διατομής

- και το άθροισμά τους: $\sum Q_{ον1}$

- Ελέγχουμε τη σύγκλιση $\frac{|\sum Q_{ον1} - Q|}{Q} \leq 5\%$ (58) Προσοχή: επίσης χαλαρό όριο

- Διορθώνουμε:
$$y_{ο2} = \left[1 \pm \left(\frac{|\sum Q_{ον1} - Q|}{Q} \right)^{5/3} \right] \cdot y_{ο1} \quad (59)$$

Το πρόσημο ορίζεται από την απαιτούμενη *φορά* διόρθωσης:

- $\sum Q_{ον1} - Q > 0 \rightarrow$ πρόσημο **αρνητικό (-)**
- $\sum Q_{ον1} - Q < 0 \rightarrow$ πρόσημο **θετικό (+)**

- Επανυπολογίζουμε τα $E(y_{ο2})$, $\Pi(y_{ο2})$ και $R(y_{ο2}) \rightarrow C_{ο2} = E(y_{ο2}) \cdot R^{2/3}(y_{ο2})$

- Επανελέγχουμε τη σύγκλιση $\frac{|\sum Q_{ον2} - Q|}{Q} \leq 5\%$ (58)

- Είναι πιθανώς αναγκαία 3^η περιστροφή ίσως και 4^η

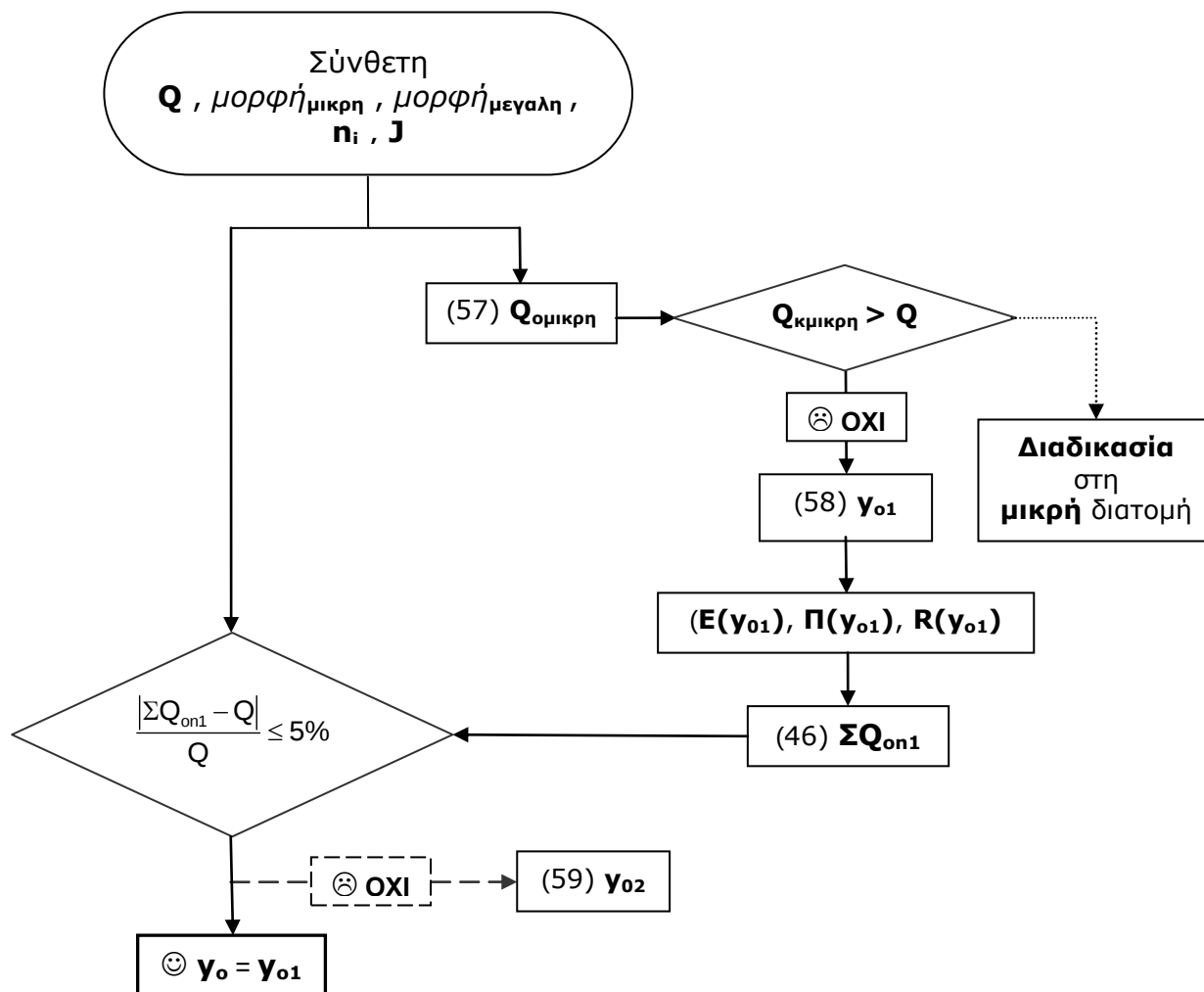
- Τυποποίηση διαδικασίας:

Q [m ³ /s]	<i>μορφή μικρή</i>	<i>μορφή μεγάλη</i>	n	J	C_o

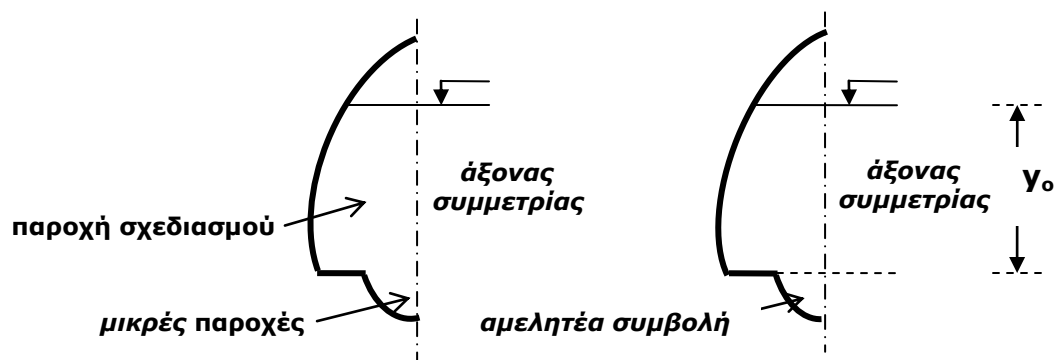
$y_{μικρή}$ [m]	$b_{μικρή}$ [m]	$b'_{μικρή}$ [m]	$E_{ομικ}$ [m ²]	$\Pi_{ομικ}$ [m]	$R_{ομικ}$ [m]	$Q_{ομικρή}$ [m ³ /s]

y_{o1} [m]	E_{oi} [m ²]	Π_{oi} [m]	R_{oi}	C_{o1}	δC [%]	y_o [m]

Διάγραμμα ροής διαδικασίας:

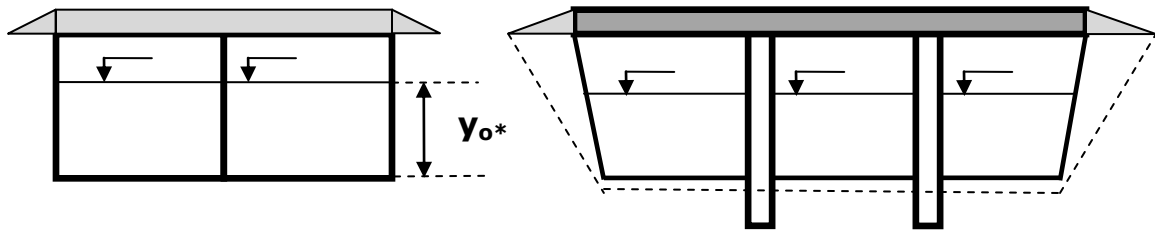


Σύνθετες τεχνητές διατομές (διατομή *μικρών* παροχών / διατομή σχεδιασμού)



Συνήθως η **συμβολή** της **διατομής μικρών παροχών** είναι **αμελητέα**, όταν η ροή πραγματοποιείται στην (μεγάλη) παροχή σχεδιασμού.

Τεχνητές διατομές ή διευθετήσεις (τεχνικά έργα οχετών / γεφυρών)



Προσοχή! Προκαλούνται σημαντικές μεταβολές στα βάθη ροής - σε σχέση με την υπάρχουσα κατάσταση του ποταμού - πριν από την κατασκευή του τεχνικού έργου ☹

3.2.7 Υπολογισμός λοιπών μεγεθών σε ομοιόμορφη ροή

Ο υπολογισμός διεξάγεται **απ' ευθείας**

- **Παροχή:** $Q = \frac{1}{n} \cdot E \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2}$ (45) - Πρόβλημα **36**

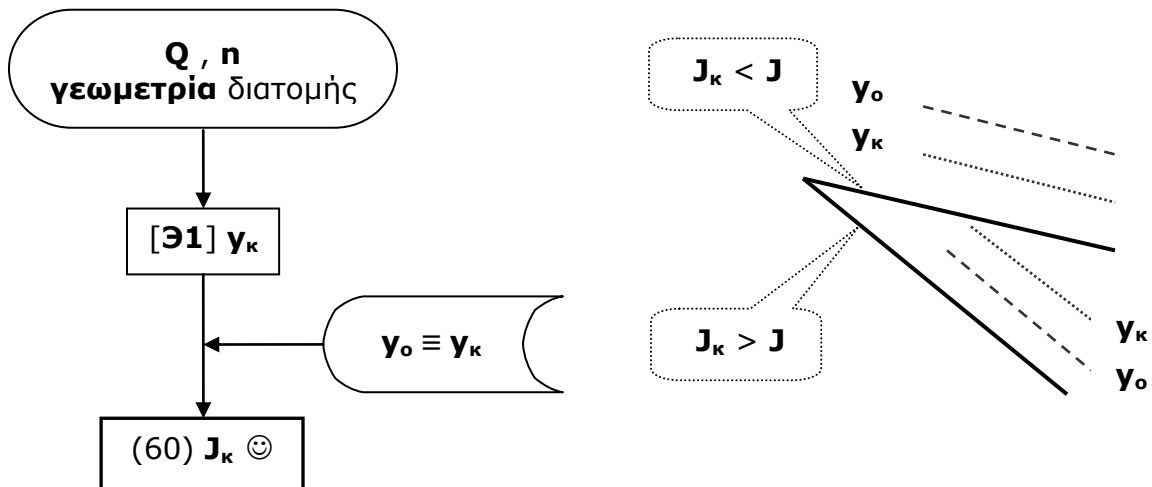
- **Κλίση πυθμένα:** $J = \left(\frac{n \cdot Q}{E \cdot R^{2/3}} \right)^2$ (60) - Πρόβλημα **37**

- **Συντελεστής Manning:** $n = \frac{E \cdot R^{2/3} \cdot J^{1/2}}{Q}$ (61) - Πρόβλημα **38**

3.3 Συνδυασμός θεωριών Κρίσιμου και Ομοιομόρφου βαθών

3.3.1 Υπολογισμός Κρίσιμης κλίσης J_k - Πρόβλημα 39

- **Κρίσιμη κλίση** είναι η (λογιστική) κλίση, όπου τα λογιστικά **κρίσιμο βάθος** και **ομοιόμορφο βάθος ταυτίζονται** : $y_o = y_k$
- Έχοντας υπολογίσει τη J_k (με δεδομένα την παροχή Q , το συντελεστή n και τη γεωμετρία του αγωγού) είναι δυνατό να χαρακτηρίσουμε τη ροή με ομοιόμορφο βάθος και κλίση J (και τα ως άνω δεδομένα) συγκρίνοντας τις δύο κλίσεις:
 - $J < J_k$: η ροή (με ομοιόμορφο βάθος για την κλίση J) είναι **υποκρίσιμη**
 - $J = J_k$: η ροή (με ομοιόμορφο βάθος για την κλίση J) είναι **κρίσιμη**
 - $J_o > J_k$: η ροή (με ομοιόμορφο βάθος για την κλίση J) είναι **υπερκρίσιμη**
- Και ο τρόπος αυτός είναι ισοδύναμος και οδηγεί στο ίδιο συμπέρασμα (βλ. 3.2.1)
- Από τη διαδικασία του Προβλήματος 31 υπολογίζεται το y_k
- Στη σχέση (60) θέτουμε $y_o = y_k$ και υπολογίζουμε τη κρίσιμη κλίση J_k



3.3.2 Διερεύνηση χαρακτηριστικών της Κρίσιμης κλίσης J_k

Η κρίσιμη κλίση J_k εξαρτάται κυρίως από τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της διατομής και το συντελεστή n και είναι πολύ λιγότερο ευαίσθητη στις μεταβολές της παροχής, **όμως**:

- Εάν με δεδομένα **γεωμετρικά χαρακτηριστικά** διατομής, συντελεστή n και παροχή Q σχεδιαστεί πρισματικός αγωγός με κατά μήκος κλίση πυθμένα J , ώστε η ροή με ομοιόμορφο βάθος να είναι **υποκρίσιμη** ($J < J_k$).
- **Είναι δυνατό** να είναι **υπερκρίσιμη** για **κάποια άλλη** (πολύ διαφορετική, αλλά ενδεχομένως πιθανή) **παροχή**. ☼
- Προφανώς ισχύει και το αντίστροφο.
- Ας τα δούμε σε μία απλή εφαρμογή, σε αγωγό με $b \gg y$ (για λόγους απλοποίησης των πράξεων, διότι $\rightarrow R = y$)

- ο Αγωγός ΑΒΓ με ενιαίο συντελεστή $n = 0,016$ και κατά μήκος κλίσεις πυθμένα: $J_{AB} = 0,0005$ και $J_{AB} = 0,0030$. Παροχή σχεδιασμού: $q = 0,725 \text{ m}^3/\text{s}$.
- (13) $\rightarrow y_k = 0,38 \text{ m}$ και (60) $\rightarrow J_k \approx 0,0035 \text{ m}$
 - $J_{AB} < J_k \rightarrow$ ροή με ομοιόμορφο βάθος υποκρίσιμη ($y_{oAB} = 0,67 > 0,38$)
 - $J_{BG} < J_k \rightarrow$ ροή με ομοιόμορφο βάθος υποκρίσιμη ($y_{oBG} = 0,39 > 0,38$)
- Παροχή πλημμύρας: $q = 2,900 \text{ m}^3/\text{s}$ (τετραπλάσια).
- (13) $\rightarrow y_k = 0,95 \text{ m}$ και (60) $\rightarrow J_k \approx 0,00255 \text{ m}$
 - $J_{AB} < J_k \rightarrow$ ροή με ομοιόμορφο βάθος υποκρίσιμη ($y_{oAB} = 1,55 > 0,95$)
 - $J_{BG} > J_k \rightarrow$ ροή με ομοιόμορφο βάθος υπερκρίσιμη ($y_{oBG} = 0,91 < 0,95$)

Σε ορθογωνική διατομή: από (13) και (60) $\rightarrow J_k = \frac{K \cdot f(b, Q)}{Q^{2/9}} \quad (62)$

- ο $K = g^{10/9} \cdot n^2 \cdot b^{2/9}$ σταθερά για δεδομένη γεωμετρία και συντελεστή n

- ο $f(b, Q) = \left[1 + \left(\frac{8 \cdot Q^2}{g \cdot b^5} \right)^{1/3} \right]^{4/3}$

3.3.4 Υπολογισμός Οριακής κλίσης - Πρόβλημα 310

Οριακή κλίση είναι η ελάχιστη κρίσιμη κλίση (ύλη 7^{ου} εξαμήνου)

3.3.5 Υπολογισμός Κρίσιμης κλίσης για δεδομένο ομοιόμορφο βάθος J_{ko} - Πρόβλημα 311

(ύλη 7^{ου} εξαμήνου)

3.4 Ερωτήσεις κατανόησης και Εφαρμογές υπολογισμού

3.4.1 (μία μόνο απάντηση είναι ορθή)

	Σε ένα πρισματικό αγωγό μεγάλου μήκους πραγματοποιείται ομοιόμορφη ροή με ελεύθερη επιφάνεια
	Η κατά μήκος γραμμή του πυθμένα είναι ευθεία παράλληλη προς την κατά μήκος γραμμή της ελεύθερης επιφάνειας
	Η κατά μήκος γραμμή του πυθμένα είναι ευθεία παράλληλη προς τη γραμμή ενέργειας
	Η κατά μήκος γραμμή της ελεύθερης επιφάνειας είναι ευθεία παράλληλη προς τη γραμμή ενέργειας
✓	Ισχύουν ΟΛΑ τα παραπάνω
	ΔΕΝ ισχύει ΤΙΠΟΤΑ από τα παραπάνω

	Σε ένα πρισματικό αγωγό μεγάλου μήκους πραγματοποιείται ροή με ελεύθερη επιφάνεια. Η ροή είναι ομοιόμορφη όταν:
	Οι δυνάμεις πίεσης εξισορροπούνται από τις δυνάμεις βαρύτητας
✓	Οι δυνάμεις βαρύτητας εξισορροπούνται από τις δυνάμεις αντιστάσεως τριβής
	Οι δυνάμεις αντιστάσεως τριβής θεωρούνται αμελητέες
	Ισχύουν ΟΛΑ τα παραπάνω
	ΔΕΝ ισχύει ΤΙΠΟΤΑ από τα παραπάνω

	Σε τεχνητούς αγωγούς ο συντελεστής n στον τύπο του Manning:
✓	Εξαρτάται κυρίως από τη τραχύτητα της εσωτερικής επιφάνειας του αγωγού
	Έχει πάντοτε σταθερή τιμή σε όλα τα σημεία μιας διατομή ροής, ανεξαρτήτως της μορφής της διατομής
	Δεν έχει ποτέ την ίδια τιμή στις δύο κοίτες σύνθετων διατομών
	Ισχύουν ΟΛΑ τα παραπάνω
	ΔΕΝ ισχύει ΤΙΠΟΤΑ από τα παραπάνω

	Σε ένα πρισματικό αγωγό κλειστής ορθογωνικής διατομής (οχετό) πραγματοποιείται ροή με ελεύθερη επιφάνεια. Ο τύπος του Manning:
	Δεν έχει εφαρμογή, εφαρμόζεται ο τύπος του Chezy
	Εφαρμόζεται μόνο εάν η ροή είναι υποκρίσιμη
	Εφαρμόζεται μόνο εάν η εσωτερική επιφάνεια του αγωγού είναι επενδεδυμένη με τσιμεντοκονία
	Ισχύουν ΟΛΑ τα παραπάνω
✓	ΔΕΝ ισχύει ΤΙΠΟΤΑ από τα παραπάνω

	Σε ένα πρισματικό αγωγό κλειστής κυκλικής διατομής πραγματοποιείται ροή με ελεύθερη επιφάνεια. Ο τύπος του Manning:
	Δεν έχει εφαρμογή, εφαρμόζεται ο τύπος Darcy-Weisbach
	Εφαρμόζεται μόνο η ροή πραγματοποιείται με βάθος ίσο με το ήμισυ της διαμέτρου του
	Εφαρμόζεται μόνο εάν η εσωτερική επιφάνεια του αγωγού είναι ανεπένδυτη
	Ισχύουν ΟΛΑ τα παραπάνω
✓	ΔΕΝ ισχύει ΤΙΠΟΤΑ από τα παραπάνω

3.4.2 (μία μόνο απάντηση είναι ορθή)

	Σε ένα πρισματικό αγωγό μεγάλου μήκους πραγματοποιείται ροή με ελεύθερη επιφάνεια. Η ροή σε διατομή με ομοιόμορφο βάθος χαρακτηρίζεται ως υποκρίσιμη όταν:
	Ο αριθμός Froude υπολογισμένος με το ομοιόμορφο βάθος είναι < 1
	Το ομοιόμορφο βάθος είναι μεγαλύτερο από το κρίσιμο βάθος
	Η κρίσιμη κλίση είναι μικρότερη από τη κλίση του πυθμένα του αγωγού
✓	Ισχύουν ΟΛΑ τα παραπάνω
	ΔΕΝ ισχύει ΤΙΠΟΤΑ από τα παραπάνω

	Σε ένα πρισματικό αγωγό μεγάλου μήκους πραγματοποιείται ροή με ελεύθερη επιφάνεια. Η ροή σε κάποια διατομή χαρακτηρίζεται ως υποκρίσιμη όταν:
	Ο αριθμός Froude υπολογισμένος με το ομοιόμορφο βάθος είναι < 1
	Το ομοιόμορφο βάθος είναι μεγαλύτερο από το κρίσιμο βάθος
	Η κρίσιμη κλίση είναι μικρότερη από τη κλίση του πυθμένα του αγωγού
	Ισχύουν ΟΛΑ τα παραπάνω
✓	ΔΕΝ ισχύει ΤΙΠΟΤΑ από τα παραπάνω

	Η κρίσιμη κλίση σε πρισματικό αγωγό εξαρτάται κυρίως από:
	Τη διερχόμενη παροχή
	Το χαρακτηρισμό της ροής ως υποκρίσιμης ή υπερκρίσιμης
	Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της διατομής του αγωγού και το συντελεστή n
	Ισχύουν ΟΛΑ τα παραπάνω
✓	ΔΕΝ ισχύει ΤΙΠΟΤΑ από τα παραπάνω

3.4.3 Οι αγωγοί του σχήματος μεταφέρουν παροχή $Q = 8,00 \text{ m}^3/\text{s}$ και έχουν συντελεστή τραχύτητας: $n = 0,016$

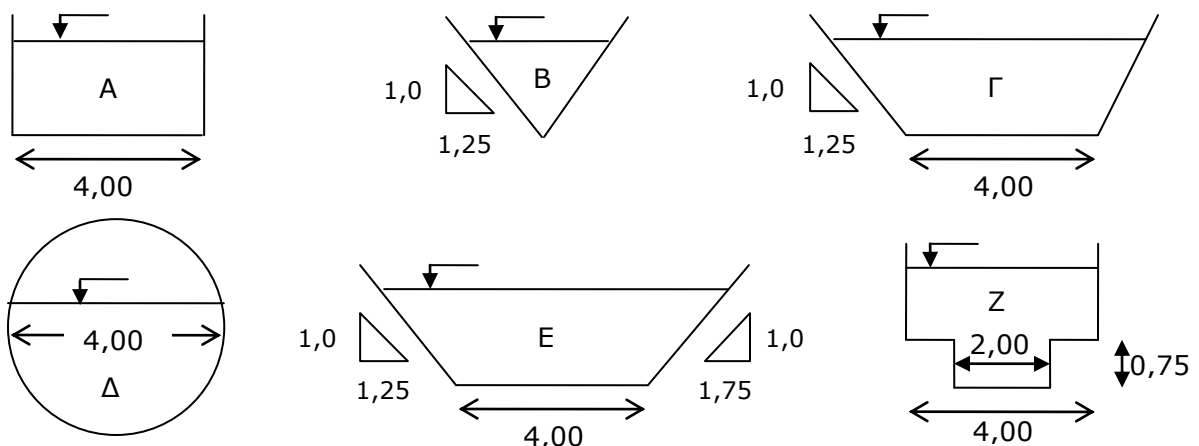
Για δύο τιμές της κατά μήκος κλίσης του πυθμένα J : **0,0100** και **0,0005**, να υπολογισθούν για κάθε αγωγό:

α) Τα αντίστοιχα ομοιόμορφα βάθη y_o

β) Η κρίσιμη κλίση J_k (αξιοποιώντας και τα αποτελέσματα της 2.3.4)

γ) Να χαρακτηριστεί η ροή με ομοιόμορφο βάθος ως υποκρίσιμη ή υπερκρίσιμη με όλους τους δυνατούς τρόπους

(Η εφαρμογή επικεντρώνεται στα Προβλήματα **35** και **39**)



A Ορθογωνική διατομή

Q [m ³ /s]	b [m]	n	J	C_o	Φ_o
8,00	4,00	0,016	0,0100	1,28000	0,03175

y_{o1}/b	y_{o1} [m]	E_{oi} [m ²]	Π_{oi} [m]	R_{oi}	C_{o1}	δC [%]	y_o [m]
0,140	0,56000	2,24000	5,12000	0,43750	1,29092	+0,85 ✓	0,56

y_o [m]	E_o [m ²]	V [m / s]	B_o [m]	$t_{\mu o}$ [m]	$F(y_o)$
0,56	2,24000	3,57143	4,00000	0,56000	1,52375

$y_k = 0,74$ m (βλ. 2.3.4)

y_k [m]	E_k [m ²]	Π_k [m]	R_k	J_k
0,74	2,96000	5,48000	0,66325	0,00425

- $F(y_o) = 1,52 > 1 \rightarrow$ ροή υπερκρίσιμη (βλ. 3.2.1)
- $y_o = 0,56 < y_k = 0,74 \rightarrow$ ροή υπερκρίσιμη (βλ. 3.2.1)
- $J = 0,0100 > J_k = 0,0042 \rightarrow$ ροή υπερκρίσιμη (βλ. 3.3.1)

Q [m ³ /s]	b [m]	n	J	C_o	Φ_o
8,00	4,00	0,016	0,0005	5,72433	0,14198

y_{o1}/b	y_{o1} [m]	E_{oi} [m ²]	Π_{oi} [m]	R_{oi}	C_{o1}	δC [%]	y_o [m]
0,390	1,56000	6,24000	7,12000	0,87640	5,71462	-0,17 ✓	1,56

y_o [m]	E_o [m ²]	V [m / s]	B_o [m]	$t_{\mu o}$ [m]	$F(y_o)$
1,56	6,24000	1,28205	4,00000	1,56000	0,32772

- $F(y_o) = 0,33 < 1 \rightarrow$ ροή υποκρίσιμη (βλ. 3.2.1)
- $y_o = 1,56 > y_k = 0,74 \rightarrow$ ροή υποκρίσιμη (βλ. 3.2.1)
- $J = 0,0005 < J_k = 0,0042 \rightarrow$ ροή υποκρίσιμη (βλ. 3.3.1)

B Τριγωνική διατομή: (46) $\rightarrow y_o = 0,83$ m και $y_o = 2,24$ m

y_o [m]	E_o [m ²]	V [m / s]	B_o [m]	$t_{\mu o}$ [m]	$F(y_o)$
0,83	0,86113	9,29017	2,07500	0,41500	4,60432

$y_k = 1,53$ m (βλ. 2.3.4)

y_k [m]	E_k [m ²]	Π_k [m]	R_k	J_k
1,53	2,92613	4,89839	0,59736	0,00380

- $F(y_o) = 4,60 > 1 \rightarrow$ ροή υπερκρίσιμη (βλ. 3.2.1)
- $y_o = 0,83 < y_k = 1,53 \rightarrow$ ροή υπερκρίσιμη (βλ. 3.2.1)
- $J = 0,0100 > J_k = 0,0038 \rightarrow$ ροή υπερκρίσιμη (βλ. 3.3.1)

y_o [m]	E_o [m ²]	V [m / s]	B_o [m]	$t_{\mu o}$ [m]	$F(y_o)$
2,24	6,27200	1,27551	5,60000	1,12000	0,38480

- $F(y_o) = 0,38 < 1 \rightarrow$ ροή υποκρίσιμη (βλ. 3.2.1)
- $y_o = 2,24 > y_k = 1,53 \rightarrow$ ροή υποκρίσιμη (βλ. 3.2.1)
- $J = 0,0005 < J_k = 0,0038 \rightarrow$ ροή υποκρίσιμη (βλ. 3.3.1)

Γ Συμμετρική Τραπεζοειδής διατομή

Q [m ³ /s]	b [m]	n	z	J	C_o	Φ_o
8,00	4,00	0,016	1,25	0,0100	1,28000	0,03175

y_{o1}/b	y_{o1} [m]	E_{oi} [m ²]	Π_{oi} [m]	R_{oi}	C_{o1}	δC [%].	y_o [m]
0,125	0,50000	2,31250	5,60078	0,41289	1,28224	+0,17 ✓	0,50

y_o [m]	E_o [m ²]	V [m / s]	B_o [m]	$t_{\mu o}$ [m]	$F(y_o)$
0,50	2,31250	3,45946	5,25000	0,44048	1,66423

$y_k = 0,69$ m (βλ. 2.3.4)

y_k [m]	E_k [m ²]	Π_k [m]	R_k	J_k
0,69	3,35513	6,20908	0,54036	0,00331

- $F(y_o) = 1,66 > 1 \rightarrow$ ροή υπερκρίσιμη (βλ. 3.2.1)
- $y_o = 0,50 < y_k = 0,69 \rightarrow$ ροή υπερκρίσιμη (βλ. 3.2.1)
- $J = 0,0100 > J_k = 0,0033 \rightarrow$ ροή υπερκρίσιμη (βλ. 3.3.1)

Q [m ³ /s]	b [m]	n	z	J	C_o	Φ_o
8,00	4,00	0,016	1,25	0,0005	5,72433	0,14198

y_{o1}/b	y_{o1} [m]	E_{oi} [m ²]	Π_{oi} [m]	R_{oi}	C_{o1}	δC [%].	y_o [m]
0,295	1,18000	6,46050	7,77784	0,83063	5,70870	-0,27 ✓	1,18

y_o [m]	E_o [m ²]	V [m / s]	B_o [m]	$t_{\mu o}$ [m]	$F(y_o)$
1,18	6,46050	1,23829	6,95000	0,92957	0,41006

- $F(y_o) = 0,41 < 1 \rightarrow$ ροή υποκρίσιμη (βλ. 3.2.1)
- $y_o = 1,18 > y_k = 0,69 \rightarrow$ ροή υποκρίσιμη (βλ. 3.2.1)
- $J = 0,0005 < J_k = 0,0033 \rightarrow$ ροή υποκρίσιμη (βλ. 3.3.1)

Δ Κυκλική διατομή

Q [m ³ /s]	d [m]	n	J	C_o	$f(\theta_o)$
8,00	4,00	0,016	0,0100	1,28000	0,03175

y_{o1}/d	E_{oi}/d^2	E_{oi} [m ²]	R_{oi}/d	R_{oi} [m]	C_{o1}	δC [%].	y_o [m]
0,2155	0,12440	1,99039	0,12884	0,51537	1,27944	-0,04 ✓	0,86

y_o [m]	y_o/d	E_o/d^2	E_o [m ²]	V [m / s]	$t_{\mu o}/d$	$t_{\mu o}$ [m]	$F(y_o)$
0,86	0,2150	0,12399	1,98381	4,03264	0,15090	0,60361	1,65721

$y_k = 1,11$ m (βλ. 2.3.4)

y_k [m]	y_k/d	E_k/d^2	E_k [m ²]	R_k/d	R_k	J_k
1,11	0,2775	0,17778	2,84445	0,16021	0,64086	0,00367

- $F(y_o) = 1,65 > 1 \rightarrow$ ροή υπερκρίσιμη (βλ. 3.2.1)
- $y_o = 0,86 < y_k = 1,11 \rightarrow$ ροή υπερκρίσιμη (βλ. 3.2.1)
- $J = 0,0100 > J_k = 0,0037 \rightarrow$ ροή υπερκρίσιμη (βλ. 3.3.1)

Q [m ³ /s]	d [m]	n	J	C_o	$f(\theta_o)$
8,00	4,00	0,016	0,0005	5,72433	0,14198

y_{oi}/d	E_{oi}/d^2	E_{oi} [m ²]	R_{oi}/d	R_{oi} [m]	C_{o1}	δC [%]	y_o [m]
0,4735	0,36621	5,85940	0,24128	0,96513	5,72238	-0,03 ✓	1,89

y_o [m]	y_o/d	E_o/d^2	E_o [m ²]	V [m/s]	$t_{\mu o}/d$	$t_{\mu o}$ [m]	$F(y_o)$
1,89	0,4725	0,36521	5,84341	1,36906	0,36577	1,46307	0,36137

- $F(y_o) = 0,36 < 1 \rightarrow$ ροή υποκρίσιμη (βλ. 3.2.1)
- $y_o = 1,89 > y_{\kappa} = 1,11 \rightarrow$ ροή υποκρίσιμη (βλ. 3.2.1)
- $J = 0,0005 < J_{\kappa} = 0,0037 \rightarrow$ ροή υποκρίσιμη (βλ. 3.3.1)

Ε Μη - συμμετρική Τραπεζοειδής διατομή

Q [m ³ /s]	b [m]	n	z_n	$\bar{z}$	J	C_o	Φ_o	y_{o1}/b	y_{o1} [m]
8,00	4,00	0,016	1,25 1,75	1,500	0,0100	1,28000	0,03175	0,125 0,120	0,50000 0,48000

y_{oi} [m]	E_{oi} [m ²]	Π_{oi} [m]	R_{oi} [m]	C_{o1}	δC [%]	y_o [m]
0,49000	2,32015	5,77201	0,40233	1,26369	-1,27 ✓	0,49

y_o [m]	E_o [m ²]	V [m/s]	B_o [m]	$t_{\mu o}$ [m]	$F(y_o)$
0,49	2,32015	3,44805	5,47000	0,42416	1,69034

$y_{\kappa} = 0,68$ m (βλ. 2.3.4)

y_{κ} [m]	E_{κ} [m ²]	Π_{κ} [m]	R_{κ}	J_{κ}
0,69	3,41360	6,45911	0,52849	0,00329

- $F(y_o) = 1,69 > 1 \rightarrow$ ροή υπερκρίσιμη (βλ. 3.2.1)
- $y_o = 0,49 < y_{\kappa} = 0,68 \rightarrow$ ροή υπερκρίσιμη (βλ. 3.2.1)
- $J = 0,0100 > J_{\kappa} = 0,0033 \rightarrow$ ροή υπερκρίσιμη (βλ. 3.3.1)

Q [m ³ /s]	b [m]	n	z_n	$\bar{z}$	J	C_o	Φ_o	y_{o1}/b	y_{o1} [m]
8,00	4,00	0,016	1,25 1,75	1,500	0,0005	5,72433	0,14198	0,295 0,280	1,18000 1,12000

y_{oi} [m]	E_{oi} [m ²]	Π_{oi} [m]	R_{oi} [m]	C_{o1}	δC [%]	y_o [m]
1,15000	6,58375	8,15880	0,80818	5,70652	-0,31 ✓	1,15

y_o [m]	E_o [m ²]	V [m/s]	B_o [m]	$t_{\mu o}$ [m]	$F(y_o)$
1,15	6,58375	1,21511	7,45000	0,88372	0,42849

- $F(y_o) = 0,43 < 1 \rightarrow$ ροή υποκρίσιμη (βλ. 3.2.1)
- $y_o = 1,15 > y_{\kappa} = 0,69 \rightarrow$ ροή υποκρίσιμη (βλ. 3.2.1)
- $J = 0,0005 < J_{\kappa} = 0,0033 \rightarrow$ ροή υποκρίσιμη (βλ. 3.3.1)

Z Σύνθετη διατομή (στο <εδώ> παράδειγμα αποτελούμενη από δύο ορθογώνια)

Μέθοδος ενιαίας διατομής

(στο <εδώ> παράδειγμα προτεινόμενη: γεωμετρία *ισορροπημένη*, ενιαίο n)

Q [m ³ /s]	b_{μικρ} [m]	b'_{μικρ} [m]	b_{μεγαλ} [m]	n	J	C_o
8,00	2,00	2,00	4,00	0,016	0,0100	1,28000

γ_{μικρή} [m]	b_{μικρή} [m]	b'_{μικρή} [m]	E_{ομικ} [m ²]	Π_{ομικ} [m]	R_{ομικ} [m]	Q_{ομικρή} [m ³ /s]
0,75	2,00	2,00	1,50000	3,50000	0,42857	5,33 < 8,00 → σύνθετη

γ_{ο1} [m]	E_{ο1} [m ²]	Π_{ο1} [m]	R_{ο1}	C_{ο1}	δC [%]	γ_ο [m]
1,07692	2,80769	6,15385	0,45625	1,66399	+30,00	
0,93214	2,22857	5,86429	0,38002	1,16923	-8,65	
0,94792	2,29170	5,89585	0,38870	1,22058	-4,64 ✓	0,95

γ_ο [m]	E_ο [m ²]	V [m / s]	B_ο [m]	t_{μo} [m]	F(γ_ο)
0,95	2,30000	3,47826	4,00000	0,57500	1,46451

γ_κ = 1,12 m (βλ. 2.3.4)

γ_κ [m]	E_κ [m ²]	Π_κ [m]	R_κ	J_κ
1,12	2,98000	6,24000	0,47756	0,00494

- ο **F(γ_ο) = 1,46 > 1** → ροή υπερκρίσιμη (βλ. 3.2.1)
- ο **γ_ο = 0,95 < γ_κ = 1,12** → ροή υπερκρίσιμη (βλ. 3.2.1)
- ο **J = 0,0100 > J_κ = 0,0049** → ροή υπερκρίσιμη (βλ. 3.3.1)

Q [m ³ /s]	b_{μικρ} [m]	b'_{μικρ} [m]	b_{μεγαλ} [m]	n	J	C_o
8,00	2,00	2,00	4,00	0,016	0,0005	5,72433

γ_{μικρή} [m]	b_{μικρή} [m]	b'_{μικρή} [m]	E_{ομικ} [m ²]	Π_{ομικ} [m]	R_{ομικ} [m]	Q_{ομικρή} [m ³ /s]
0,75	2,00	2,00	1,50000	3,50000	0,42857	1,19 < 8,00 → σύνθετη

γ_{ο1} [m]	E_{ο1} [m ²]	Π_{ο1} [m]	R_{ο1}	C_{ο1}	δC [%]	γ_ο [m]
2,15795	7,13179	8,31589	0,85761	6,43761	+12,46	
2,09087	6,86347	8,18173	0,83888	6,10486	+6,64	
2,06806	6,77223	8,13612	0,83237	5,99251	+4,68 ✓	2,06

γ_ο [m]	E_ο [m ²]	V [m / s]	B_ο [m]	t_{μo} [m]	F(γ_ο)
2,06	6,74000	1,18694	4,00000	1,68500	0,29194

- ο **F(γ_ο) = 0,29 < 1** → ροή υποκρίσιμη (βλ. 3.2.1)
- ο **γ_ο = 2,06 > γ_κ = 1,12** → ροή υποκρίσιμη (βλ. 3.2.1)
- ο **J = 0,0005 < J_κ = 0,0049** → ροή υποκρίσιμη (βλ. 3.3.1)

Μέθοδος χωριστών διατομών

(στο <εδώ> παράδειγμα μη προτεινόμενη μεν, αποδεκτή δε)

Q [m ³ /s]	$b_{\text{μικρ}}$ [m]	$b'_{\text{μικρ}}$ [m]	$b_{\text{μεγαλ}}$ [m]	n_1	$n_{2,3}$	J
8,00	2,00	2,00	4,00	0,016	0,016	0,0100

$y_{\text{μικρή}}$ [m]	$b_{\text{μικρή}}$ [m]	$b'_{\text{μικρή}}$ [m]	$E_{\text{ομικ}}$ [m ²]	$\Pi_{\text{ομικ}}$ [m]	$R_{\text{ομικ}}$ [m]	$Q_{\text{ομικρή}}$ [m ³ /s]
0,75	2,00	2,00	1,50000	3,50000	0,42857	5,33 < 8,00 → σύνθετη

y_{o1} [m]	y_{on1} [m]	E_{oni} [m ²]	Π_{oni} [m]	R_{oni}	Q_{oni} [m ³ /s]	ΣQ_{oni} [m ³ /s]	δQ [%].
1,07692	1,07692 0,32692 0,32692	2,15385 0,32692 →	3,50000 1,32692 →	0,61538 0,24638 →	9,73926 0,80302 0,80302	11,34531	+41,81
0,82510	0,82510 0,07510 0,07510	1,65020 0,07510 →	3,50000 1,07510 →	0,47149 0,06985 →	6,24784 0,07961 0,07961	6,40707	-19,91
0,88112	0,88112 0,13112 0,13112	1,76224 0,13112 →	3,50000 1,13112 →	0,50350 0,11592 →	6,97073 0,19484 0,19484	7,36040	-7,99
0,89420	0,89420 0,14420 0,14420	1,78839 0,14420 →	3,50000 1,14420 →	0,50350 0,12602 →	7,14396 0,22653 0,22653	7,59703	-5,04✓

→ $y_o = 0,90$ m

Q [m ³ /s]	$b_{\text{μικρ}}$ [m]	$b'_{\text{μικρ}}$ [m]	$b_{\text{μεγαλ}}$ [m]	n_1	$n_{2,3}$	J
8,00	2,00	2,00	4,00	0,016	0,016	0,0005

$y_{\text{μικρή}}$ [m]	$b_{\text{μικρή}}$ [m]	$b'_{\text{μικρή}}$ [m]	$E_{\text{ομικ}}$ [m ²]	$\Pi_{\text{ομικ}}$ [m]	$R_{\text{ομικ}}$ [m]	$Q_{\text{ομικρή}}$ [m ³ /s]
0,75	2,00	2,00	1,50000	3,50000	0,42857	1,19 < 8,00 → σύνθετη

y_{o1} [m]	y_{on1} [m]	E_{oni} [m ²]	Π_{oni} [m]	R_{oni}	Q_{oni} [m ³ /s]	ΣQ_{oni} [m ³ /s]	δQ [%].
2,15795	2,15795 1,40795 1,40795	4,31589 1,40795 →	3,50000 2,40795 →	1,23311 0,58471 →	6,93593 1,37587 1,37587	9,68767	+21,10
1,99662	1,99662 1,24662 1,24662	3,99324 1,24662 →	3,50000 2,24662 →	1,14093 0,55489 →	6,09344 1,17644 1,17644	8,44632	+5,58
1,98036	1,98036 1,23036 1,23036	3,96072 1,23036 →	3,50000 2,23036 →	1,13163 0,55489 →	6,01094 1,15656 1,15656	8,32406	+4,05✓

→ $y_o = 1,97$ m

Παρατήρηση: Όπως ήτο αναμενόμενο τα ομοιόμορφα βάθη με τη μέθοδο χωριστών διατομών προέκυψαν μικρότερα απ' ότι με τη μέθοδο ενιαίας διατομής (βλ. 3.2.6). Οι διαφορές όμως είναι <εδώ> πολύ μικρές.