

Ομοιόμορφη ροή σε ανοικτούς αγωγούς

Ομοιόμορφη ροή
Σχεδιασμός τραπεζοειδών διατομών
Ορθογωνικών
Απλή αναφορά σε αποχετεύσεις
Σύνθετες διατομές

Σχεδιασμός υπό ομοιόμορφη ροή

Σχεδιαστικές οδηγίες

Ομοιόμορφη ροή

- Ασκήσεις κατάταξη σύμφωνα με τη **μέθοδο επίλυσης**:
 - Απλή επίλυση (επενδυμένες διώρυγες κλίση πρανών με βάση το υλικό εκσκαφής, έλεγχος για υποκρίσιμη ροή). *Εξ. Manning, δοκιμές...*
 - Υδραυλικά βέλτιστη διατομή ... *πίνακες από βελτιστοποίηση βρεχόμενης περιμέτρου για δεδομένη επιφάνεια*
 - *Κυκλικοί αγωγοί αποχετεύσεων, βλπ. ειδικό μάθημα*
 - Τάφροι, ανεπένδυτες διώρυγες, έλεγχος μέγιστης ταχύτητας ή μέγιστης συριτικής τάσης, *Από μέγιστη ταχύτητα προσδιορισμός επιφάνειας, Εξ. Manning, προσδιορισμός βρεχόμενης περιμέτρου, επίλυση...*

Κλίση πρανών: ποιότητα εδάφους εκσκαφής. Ανεπένδυτοι αγωγοί

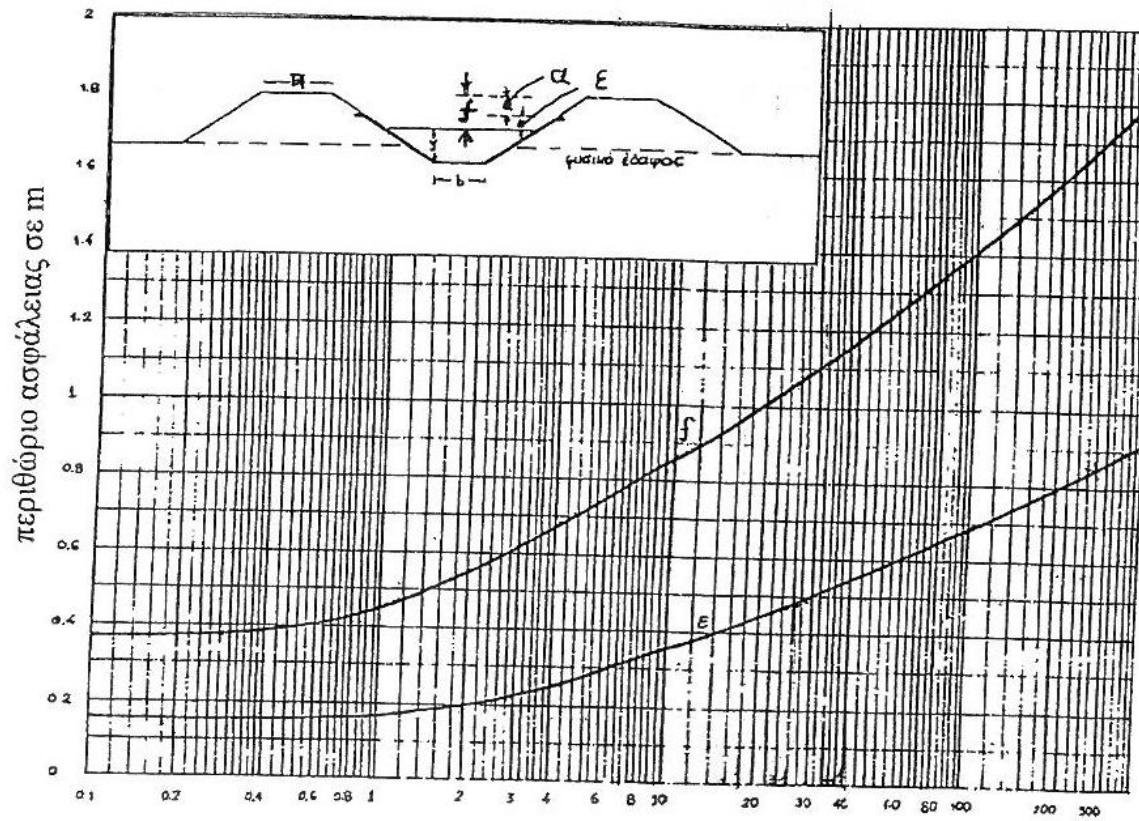
Εφαρμοσμένη Υδραυλική – Αγωγοί με ελεύθερη επιφάνεια
© Π.Ν. Παπανικολάου

2-64

Η κλίση των πρανών. Εξαρτάται άμεσα από την ποιότητα του εδάφους στο οποίο θα γίνει η εκσκαφή. Επίσης εξαρτάται από το μέγεθος της διώρυγας και τη μέθοδο κατασκευής. Τυπικές τιμές της κλίσης των πρανών 1:Z, όπου Z είναι το οριζόντιο μήκος δίνονται στον πίνακα που ακολουθεί.

ΥΛΙΚΟ	ΚΛΙΣΗ Z
Βράχος	1/5 έως 1/10
Σκληρή άργιλος, γαιώδη εδάφη	1/2 έως 1
Σκληρά εδάφη	1/4
Γαιώδη εδάφη με επένδυση λίθων	1
Συνεκτική άργιλος	3/2
Χαλαρά αμμώδη εδάφη	2
Αμμώδη εδάφη - πορώδης άργιλος	3

Αγωγοί με επένδυση

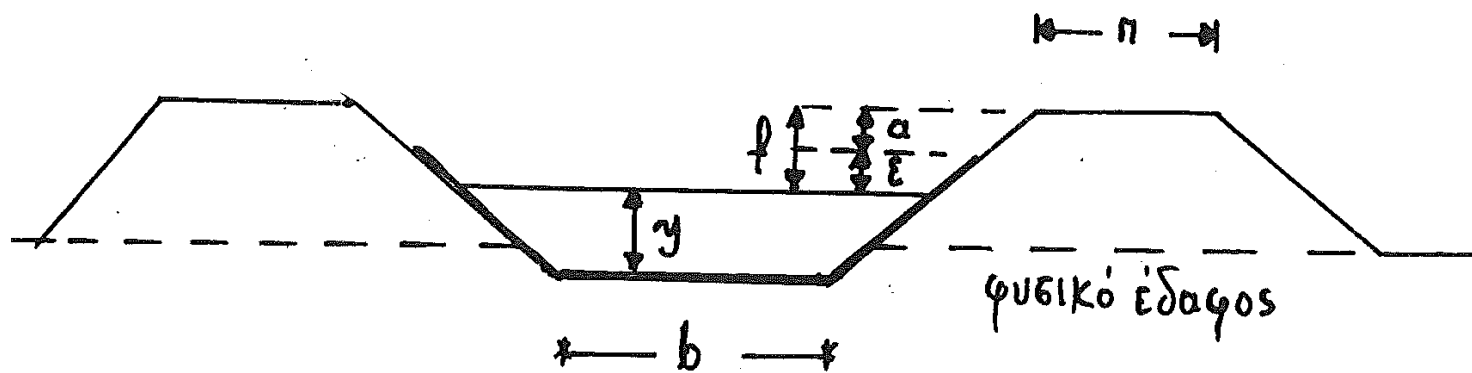


Σχ. 3.3 Ενδεικτικές τιμές περιθωρίων ασφαλείας επένδυσης κατά τις συστάσεις του Bureau of Reclamation

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2

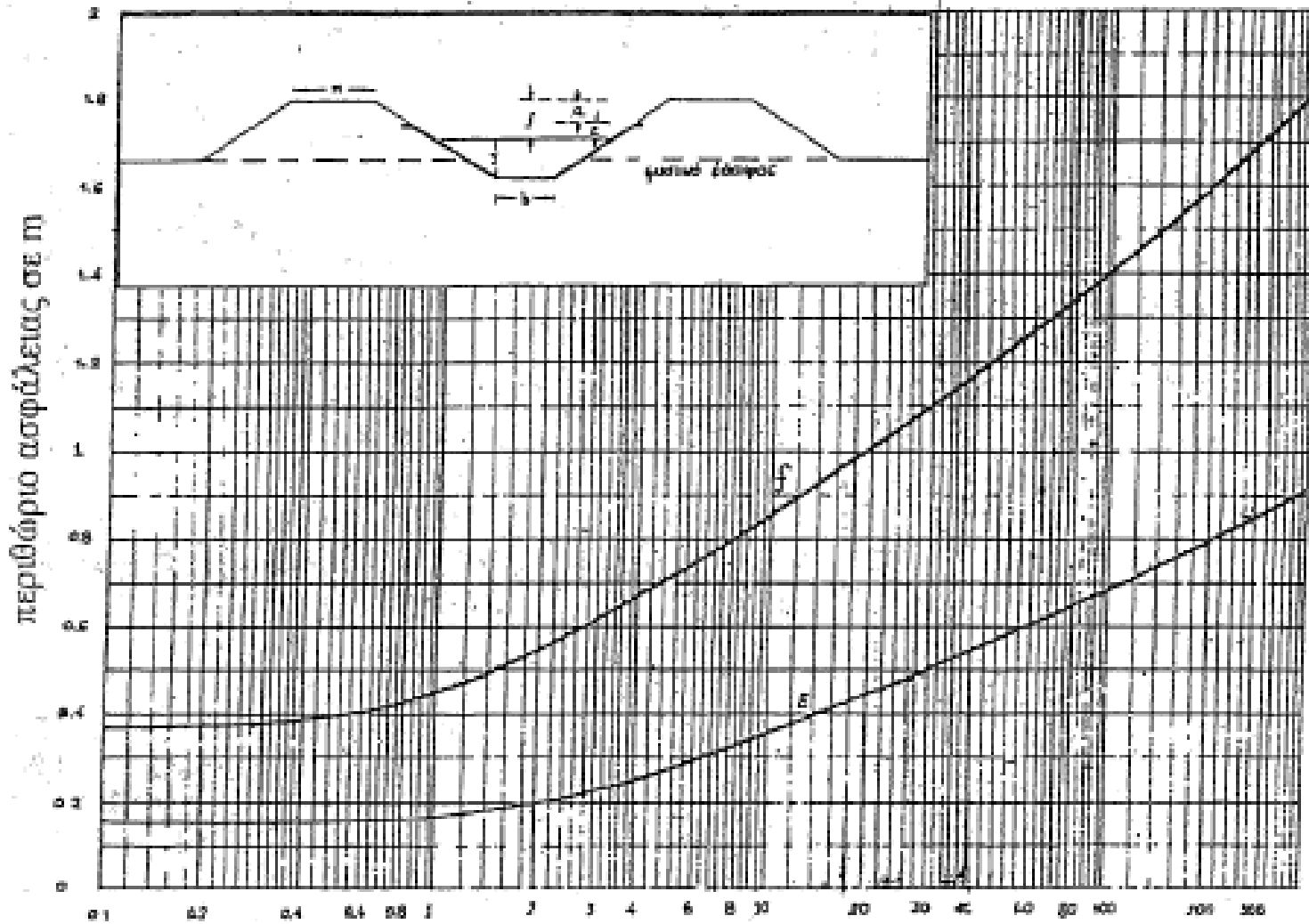
Πάχος επένδυσεως και πλάτος στέψης αναχωμάτων σε αρδευτικές διώρυγες

ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΔΙΩΡΥΓΑΣ				ΑΝΑΧΩΜΑΤΑ ΔΙΩΡΥΓΑΣ	
Απλό σκυρόδεμα		Οπλισμένο σκυρόδεμα			
Παροχή [m ³ /s]	πάχος επένδυσης [cm]	Παροχή [m ³ /s]	πάχος επένδυσης [cm]	Παροχή [m ³ /s]	πλάτος στέψης αναχώματος [cm]
<5	5	<50	10	<200	50
5 - 15	7	50 - 120	12	200-650	70
15 - 40	8			650 - 1150	80
40 - 100	9			1150-1650	90
				1650-2150	100
				2150-2800	120
				>2800	180-240



ϕ : περιθώριο ασφαλείας αναχώματος

ϵ : περιθώριο ασφαλείας επένδυσης



Παροχή [m³/s]

Κατασκευαστικό: περιθώριο ασφαλείας σε αγωγούς τραπεζοειδούς διατομής

Κατασκευαστικό, Μπέλλος, 2009. Υδραυλική επίλυση: Πάντα η εσωτερική διατομή

Πίνακας 3.2

Πάχος επένδυσεως και πλάτος στέψης αναχωμάτων σε αρδευτικές διώρυγες

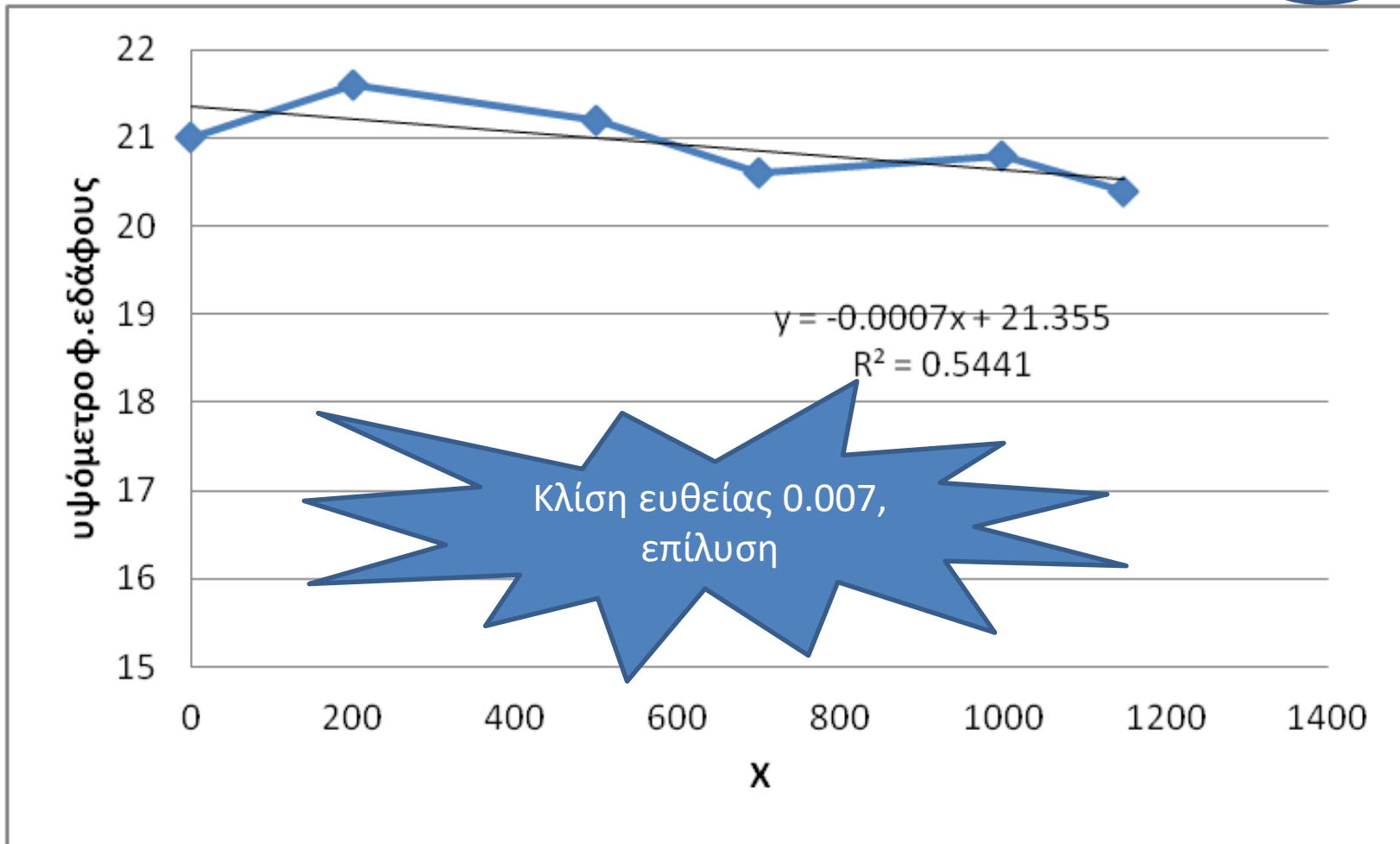
ΕΠΕΝΔΥΣΗ ΔΙΩΡΥΓΑΣ				ΑΝΑΧΩΜΑΤΑ ΔΙΩΡΥΓΑΣ	
Απλό σκυρόδεμα		Οπλισμένο σκυρόδεμα			
Παροχή [m ³ /s]	πάχος επένδυσης [cm]	Παροχή [m ³ /s]	πάχος επένδυσης [cm]	Παροχή [m ³ /s]	πλάτος στέψης αναχώματος [cm]
<5	5	<50	10	≤200	50
5 -15	7	50 - 120	12	200-650	70
15 – 40	8		-	650 - 1150	80
40 - 100	9			1150-1650	90
				1650-2150	100
				2150-2800	120
				>2800	180-240

Πραγματικός σχεδιασμός στην πράξη

- Επιλογή κλίσης με βάση το έδαφος (ήπια)
- Με βάση την παροχή επιλέγω διάφορα πλάτη και προσδιορίζω θεωρώντας ομοιόμορφη ροή το βάθος ροής
- Πρακτικοί κανόνες πλάτους-ύψους ροής
- Σε αυτή την περίπτωση η ροή πρέπει να είναι υποκρίσιμη (θα εξηγηθεί στο επόμενο μάθημα)

Εύρεση μέσης κλίσης με γραμμική παλινδρόμηση

Θέμα



Επενδεδυμένοι αγωγοί

- Συνήθως επιλέγεται **κλίση πρανών $z = 1.5$** και **τραπεζοειδής διατομή επενδυμένη με σκυρόδεμα**

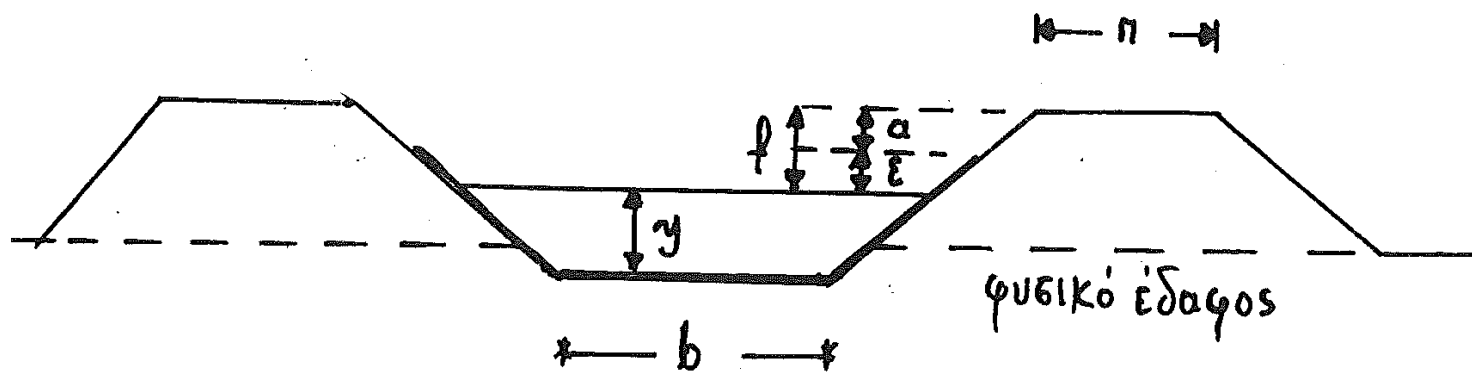
Τα οικονομοτεχνικά κριτήρια είναι η μέγιστη αγωγιμότητα για ένα συγκεκριμένο εμβαδόν διατομής. Η οικονομικότερη θεωρητικά διατομή προκύπτει ότι είναι η διατομή σχήματος κανονικού ημιεξαγώνου, ωστόσο για λόγους τεχνικούς στην πράξη προτιμούνται διατομές με μεγαλύτερες τιμές του λόγου b/y_n .

Για μικρούς αγωγούς $b/y_n \sim 1$

Για αγωγού μεσαίου μεγέθους $b/y_n \sim 1-3$

Για μεγάλους αγωγούς $b/y_n > 3$

Μπέλλος, 2008



ϕ : περιθώριο ασφαλείας αναχώματος

ϵ : περιθώριο ασφαλείας επένδυσης

Τραπεζοειδής διατομή

- Για τραπεζοειδή διατομή:

$$A = y(b + my) \quad P = b + 2y\sqrt{1+m^2} \quad R = A/P$$

y : βάθος ροής

b : πλάτος πυθμένα

m : κλίση πρανών

- Η συνάρτηση αγωγιμότητας f_n είναι συνάρτηση των y , b και m ,

καθόσον $f_n = AR^{2/3}$

- Αδιαστατοποίηση με το πλάτος πυθμένα b_0

- Αντί των τριών μεταβλητών b , y και m , έχουμε δύο, τις $\bar{y} = y/b_0$ και m

Επίλυση με πίνακες τραπεζοειδής διατομή (1)

- Αδιάστατη συνάρτηση αγωγιμότητας $\bar{f}_n(\bar{y})$

$$\bar{f}_n(\bar{y}) = \bar{A} \bar{R}^{2/3} = \frac{A}{b_0^2} \frac{R^{2/3}}{b_0^{2/3}} = \frac{f_n}{b_0^{8/3}}$$

$$\bar{f}_n = \frac{f_n}{b_0^{8/3}}$$

Συνάρτηση μόνο των γεωμετρικών στοιχείων

$$Q = \frac{A}{n} R^{2/3} S_0^{1/2} = AR^{2/3} \frac{S_0^{1/2}}{n} = f_n \frac{\sqrt{S_0}}{n} = b_0^{8/3} \bar{f}_n \frac{\sqrt{S_0}}{n}$$

$$Q = b_0^{8/3} \bar{f}_n \frac{\sqrt{S_0}}{n}$$

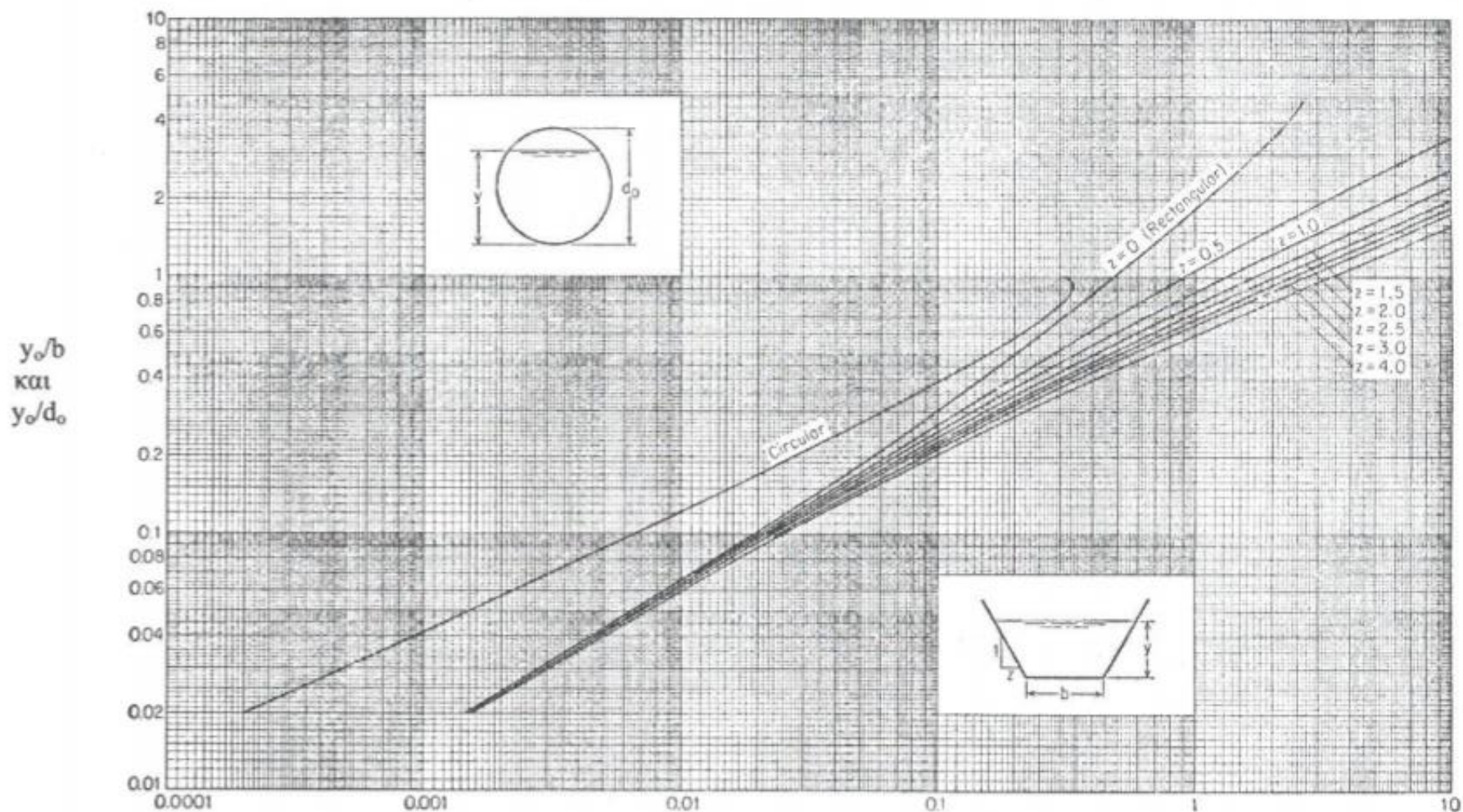
$$\rightarrow \bar{f}_n = \frac{Q \cdot n}{S_0^{1/2} b_0^{8/3}}$$

Επίλυση με πίνακες τραπεζοειδής διατομή (2)

$$\bar{f}_n = \frac{Q \cdot n}{S_0^{1/2} b_0^{8/3}}$$

- Επίλυση με πίνακες, **βάθος ομοιόμορφης ροής**, δοκιμή για διάφορα πλάτη

ΩΜΟΙΟΜΟΡΦΗ ΡΟΗ



$f_n =$

$nQ/b^{8/3} \sqrt{J_0}$ ή $nQ/d_0^{8/3} \sqrt{J_0}$

αδιάστατη αριθμητική

Σχήμα 3-3: Διάγραμμα υπολογισμού ομοιομόρφου βάθους

Ορθογωνική διατομή: βραχώδη εδάφη, σε δύσκολες περιπτώσεις με υπερκρίσιμη ροή, υδραυλικό άλμα



Ορθογωνική διατομή

- Μικρό πλάτος κατάληψης
- Οπλισμένα τοιχώματα και πυθμένας
- Κατάλληλη για βραχώδη εδάφη (ορεινές περιοχές)

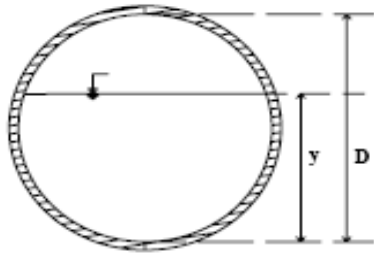
Πρακτικός κανόνας
 $B=Q/5$

εισαγωγή στην υδραυλική των αποχετεύσεων

- Κυκλικοί αγωγοί μερικής πλήρωσης **(ροή με ελεύθερη επιφάνεια)**
- Ομοιόμορφη ροή
- Διαγραμματική επίλυση
- Διάκριση σε αγωγούς αποχέτευσης ομβρίων και ακαθάρτων (σήμερα προτιμάται ξεχωριστό σύστημα όχι μεικτό (παντοροϊκό))
- Περιοριστικές διατάξεις

Πλήρης διατομή

➤ Λόγος πλήρωσης y/D



➤ Εξισώσεις ολικής πλήρωσης

Για ολική πλήρωση του αγωγού ισχύει:

$$\text{Εμβαδόν της υγρής διατομής: } A_0 = \pi \frac{D^2}{4}$$

Περίμετρος της υγρής διατομής: $P_0 = \pi D$

$$\text{Υδραυλική ακτίνα της υγρής διατομής: } R_0 = \frac{A_0}{P_0} = \frac{D}{4}$$

Συνεπώς από την εφαρμογή της εξίσωσης του Manning για ολική πλήρωση αγωγού προκύπτει:

α) Ταχύτητα ολικής πλήρωσης

$$V_0 = \frac{1}{n_0} \left(\frac{D}{4} \right)^{2/3} S^{1/2}$$

β) Παροχή ολικής πλήρωσης

$$Q_0 = \frac{\pi}{4^{5/3}} \frac{1}{n_0} D^{8/3} S^{1/2}$$

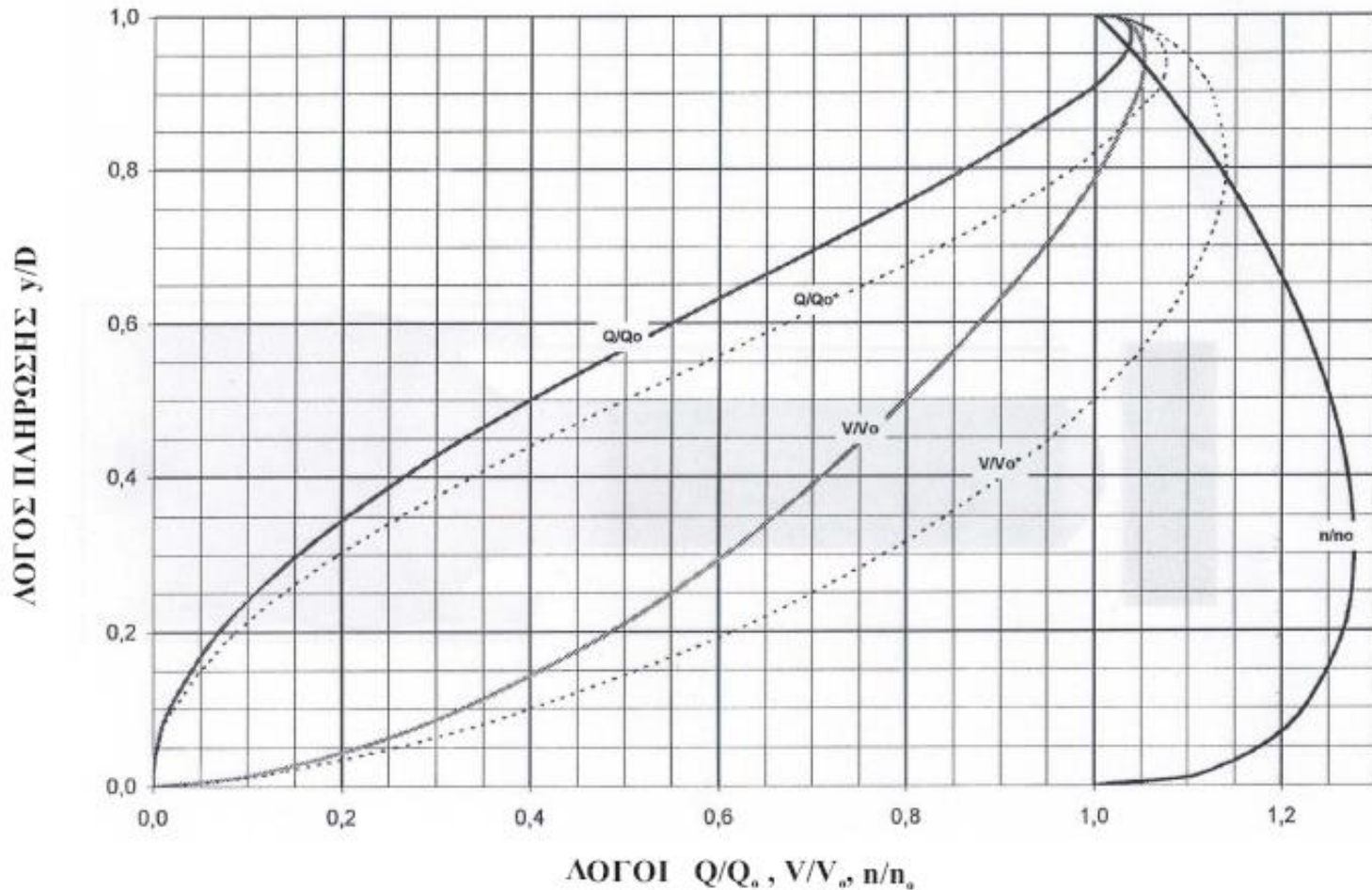
Σχόλιο: Η πλήρης διατομή είναι ανεπιθύμητη, χρησιμοποιείται για την διαγραμματική επίλυση

Διαγραμματική επίλυση για αγωγούς μερικής πλήρωσης

Υδραυλικά στοιχεία με μερική πλήρωση

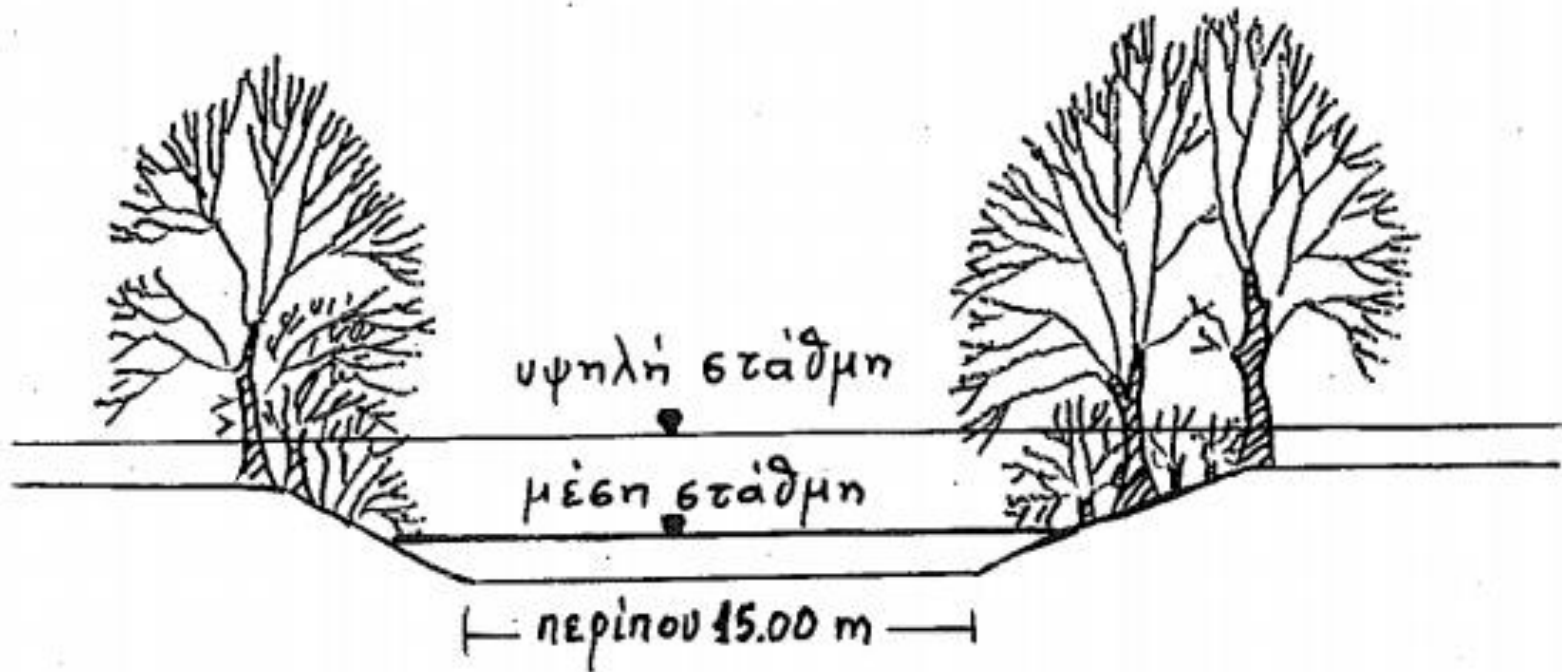
Διαγράμματα αδιάστατων μεγεθών

$$\frac{V}{V_0} = f_1\left(\frac{y}{D}\right), \quad \frac{Q}{Q_0} = f_2\left(\frac{y}{D}\right), \quad \frac{n}{n_0} = f_3\left(\frac{y}{D}\right)$$



Μεταβλητό n

Φυτοκάλυψη πρανών και οχθών ενός ποταμού



Σύνθετες διατομές

- Πλημμύρες σε φυσικά υδατορεύματα: κύρια κοίτη δεν επαρκεί για τη διερχόμενη παροχή
- Μεταβλητός συντελεστής n
- Πλημμύρικές κοίτες: μεγάλη τραχύτητα n , μεγαλύτερο πλάτος, μικρότερο βάθος σε σχέση με την κύρια κοίτη.
- Ανάπτυξη σημαντικών δυνάμεων εσωτερικής τριβής στις διεπιφάνειες μεταξύ των τμημάτων με μεταφορά ορμής που επιταχύνει τις ακραίες διατομές και επιβραδύνει την κύρια κοίτη. Συνακόλουθα αναπτύσσονται στροβιλισμοί και υπάρχει απώλεια ενέργειας.
- Χρησιμοποιημένο μονοδιάστατο μοντέλο ροής για μία πρώτη εκτίμηση

Μέση ταχύτητα, είδη διατομής και
συντελεστής διόρθωσης

Πραγματικά, μεταβολής της ταχύτητας καθ' ύψος

- Με βάση τις οριακές συνθήκες η ταχύτητα στα τοιχώματα των αγωγών είναι μηδέν, επομένως το προφίλ ταχυτήτων αλλάζει καθ' ύψος ακόμη και στην ομοιόμορφη ροή

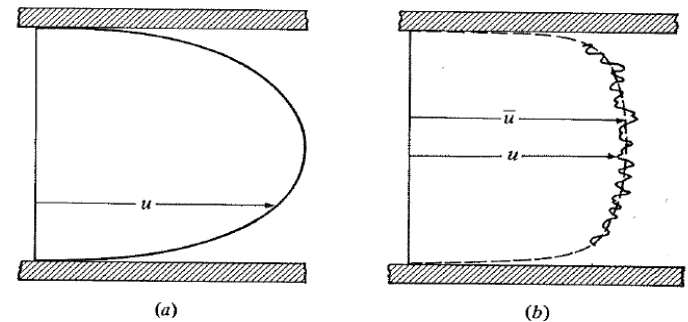
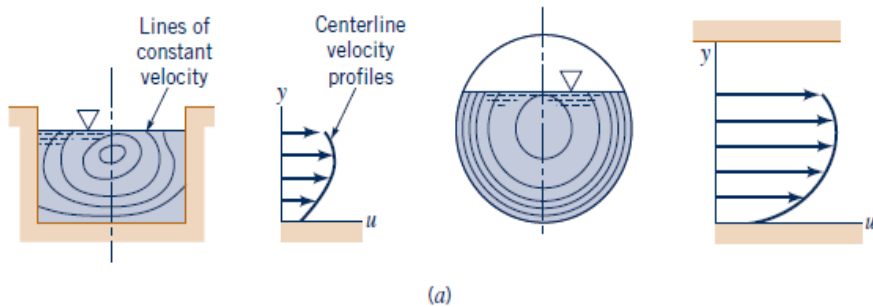
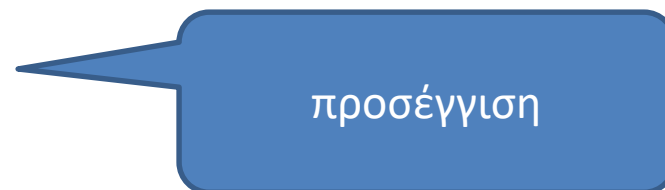
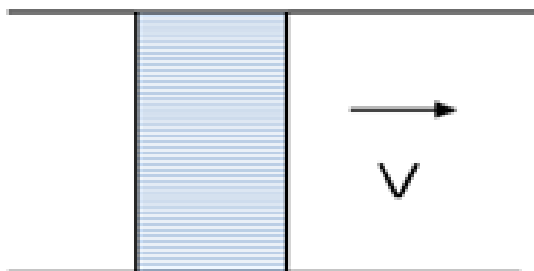


FIGURE 4-4 Laminar and turbulent flow in a pipe. (a) Laminar flow, (b) Turbulent flow.

- απλοποίηση, θεωρούμενο προφίλ ταχυτήτων (μη πραγματικό)



Μέση ταχύτητα

$$Q = \bar{V} \cdot A \Leftrightarrow \bar{V} = \frac{Q}{A}$$

ΟΡΙΣΜΟΣ

- Ορισμός με βάση την παροχή

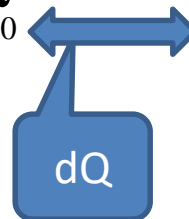
V : Μέση ταχύτητα είναι η παροχή που διέρχεται ανά μονάδα επιφάνειας

διατομή $\bar{V} = Q/A = \frac{1}{A} \iint_A u dA$ όπου u σημειακή ταχύτητα



π.χ ορθ. διατομή:

$$Q = A \cdot \bar{V} = \int_0^y u(y) dA = \int_0^y u(y) (b \cdot dy) = b \int_0^y u(y) dy$$



Ωστόσο, η μέση ταχύτητα δεν είναι πάντα σωστή να τίθεται στην εξίσωση της ενέργειας.....

Συντελεστής διόρθωσης κινητικής ενέργειας (α)

- Η χρήση της μέσης ταχύτητας καταλήγει στον υπολογισμό κινητικής ενέργειας χαμηλότερης από την πραγματική.

Γι' αυτό, για τον καθορισμό της πραγματικής κινητικής ενέργειας, ιδίως σε αγωγούς ακανόνιστης διατομής, πρέπει να εφαρμοστεί ο συντελεστής διόρθωσης α .

- $\alpha \frac{v^2}{2g}$: πραγματικό ύψος κινητικής ενέργειας
(κινητική ενέργεια ανά μονάδα βάρους του ρευστού)

v : μέση ταχύτητα σε μια διατομή

α : συντελεστής Coriolis

«στριφνό θέμα»

Συντελεστής διόρθωσης κινητικής ενέργειας, α

- Μη ομοιόμορφη κατανομή της ταχύτητας καθ' ύψος, συντελεστής ώστε $\alpha V^2/2g$ να δίνει τη μέση κινητική ανά μονάδα βάρους. Για μόνιμη ροής με βάση την κινητικής ενέργεια που διέρχεται στη μονάδα του χρόνου:

$$\left. \begin{aligned} \dot{E}_K &= \alpha \frac{V^2}{2g} (\gamma \cdot A \cdot V) = \alpha \frac{V^3}{2g} \gamma A \\ \dot{E}_K' &= \int_A \frac{u^2}{2g} (\gamma \cdot dA \cdot u) = \gamma \int_A \frac{u^3}{2g} dA \end{aligned} \right\} \begin{aligned} &\Rightarrow \alpha \frac{V^3}{2g} \gamma A = \gamma \int_A \frac{u^3}{2g} dA \Rightarrow a = \frac{1}{A} \int_A \left(\frac{u}{V} \right)^3 dA \\ &\dot{E}_K = \dot{E}_K' \end{aligned}$$

- Τυρβώδης ροή: $\alpha=1.01-1.10$, συνήθης εφαρμογές: $\alpha=1$**

Εγκάρσια διαφοροποίηση ταχύτητας

$$a = \frac{1}{A} \int_A \left(\frac{u}{\bar{V}} \right)^3 dA = \frac{1}{A\bar{V}^3} \int_A (u)^3 dA \approx \frac{1}{A\bar{V}^3} \left(\sum_{i=1}^N A_i V_i^3 \right) =$$
$$\frac{1}{Q\bar{V}^2} \left(\sum_{i=1}^N Q_i V_i^2 \right)$$

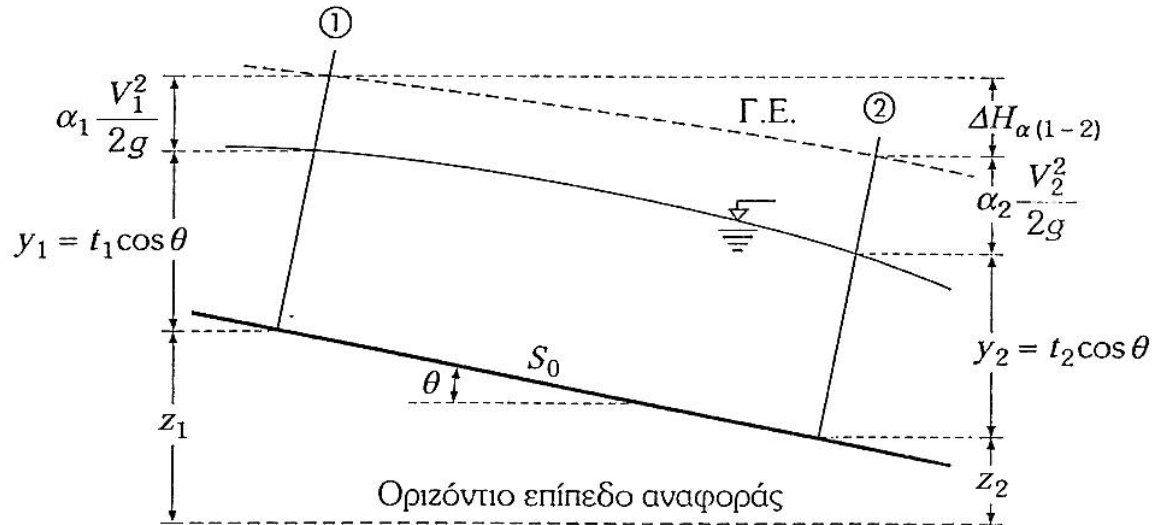
Εξίσωση Ενέργειας

Η αρχή διατήρησης της ενέργειας, εφόσον η κατά μήκος κλίση, S_0 , του πυθμένα του αγωγού είναι μικρή, ώστε να θεωρηθεί $\cos \theta = 1$, οδηγεί στην εξίσωση:

$$z_1 + y_1 + \alpha_1 (V_1^2/2g) = z_2 + y_2 + \alpha_2 (V_2^2/2g) + \Delta H_{\alpha(1-2)} \quad (3.5)$$

όπου: z_i = το υψόμετρο του πυθμένα και α ο συντελεστής συνόρθωσης της κινητικής ενέργειας ο οποίος ορίζεται ως:

$$\alpha = \frac{\int_A V^3 dA}{V^3 A} = \frac{\int_A V^3 dA}{QV^2} \quad (3.6)$$



Μόνο για
ομοιόμορφη ροή
 $y_1 = y_2$
 $V_1 = V_2$
 $S_0 = S_f$

Σχ. 3.3: Η εξίσωση ενέργειας σε επιλεγμένο όγκο αναφοράς.

Συντελεστής διόρθωσης κινητικής ενέργειας

Πρισματικοί αγωγοί, συνήθως μονάδα

Πίνακας 1.1

Ενδεικτικές τιμές των συντελεστών α και β

Είδος διατομής	α	β
Γεωμετρικού σχήματος	1.10 - 1.20	1.03 - 1.07
Φυσική	1.15 - 1.50	1.05 - 1.17
Ακανόνιστη	1.50 - 2.00	1.17 - 1.33

Κινητική ενέργεια

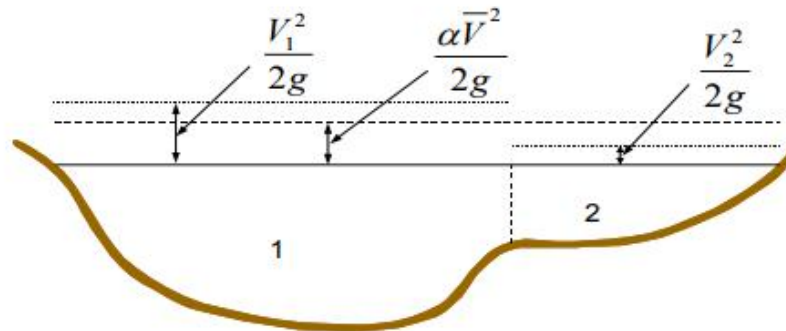
ορμή

Σε φυσικές και ακανόνιστες διατομές οι συντελεστές αυξάνουν, σε τεχνικούς αγωγούς μικρότερη τιμή. Στο μάθημα αν δεν δίνεται διευκρίνιση $\alpha = 1$

ΣΤΟ HEC-RAS

Evaluation of the Mean Kinetic Energy Head

Within the 1D river reach segments, only a single water surface and therefore a single mean energy are computed at each cross section. For a given water surface elevation, the mean energy is obtained by computing a flow weighted energy from the three subsections of a cross section (left overbank, main channel, and right overbank). Figure 2-5 below shows how the mean energy would be obtained for a cross section with a main channel and a right overbank (no left overbank area).



V_1 = mean velocity for subarea 1

V_2 = mean velocity for subarea 2

Figure 2-5 Example of How Mean Energy is Obtained

To compute the mean kinetic energy it is necessary to obtain the velocity head weighting coefficient alpha. Alpha is calculated as follows:

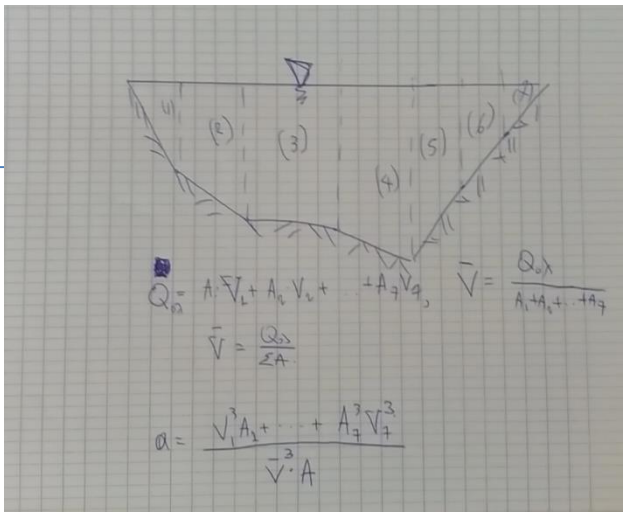
Mean Kinetic Energy Head = Discharge-Weighted Velocity Head

$$\alpha \frac{\bar{V}^2}{2g} = \frac{Q_1 \frac{V_1^2}{2g} + Q_2 \frac{V_2^2}{2g}}{Q_1 + Q_2}$$

(2-7)

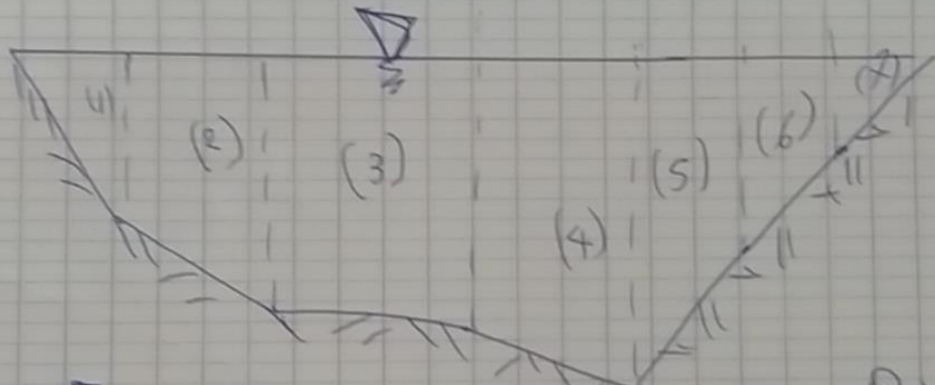
Εφαρμογή

	Διατομή		ταχύτητα		παροχή		
	A		V		V*A		V ³ *A
1	11,15		0,37		4,08		0,55
2	50,17		0,44		21,87		4,15
3	81,75		0,70		57,31		28,17
4	85,47		0,74		63,04		34,30
5	74,32		0,77		57,09		33,68
6	44,59		0,59		26,10		8,94
7	7,43		0,29		2,15	VMEAN	0,18
<u>Αολ</u>	<u>354,89</u>			<u>Q</u>	<u>231,64</u>	<u>0,65</u>	<u>109,97</u>



$$\Sigma V^3 \cdot A / (V \cdot A)$$

a **1,11**



$$Q_{\text{out}} = A_1 V_1 + A_2 V_2 + \dots + A_7 V_7, \quad \bar{V} = \frac{Q_{\text{out}}}{A_1 + A_2 + \dots + A_7}$$

$$\bar{V} = \frac{Q_{\text{out}}}{\Sigma A}$$

$$\alpha = \frac{V_1^3 A_1 + \dots + A_7^3 V_7^3}{\bar{V}^3 \cdot A}$$

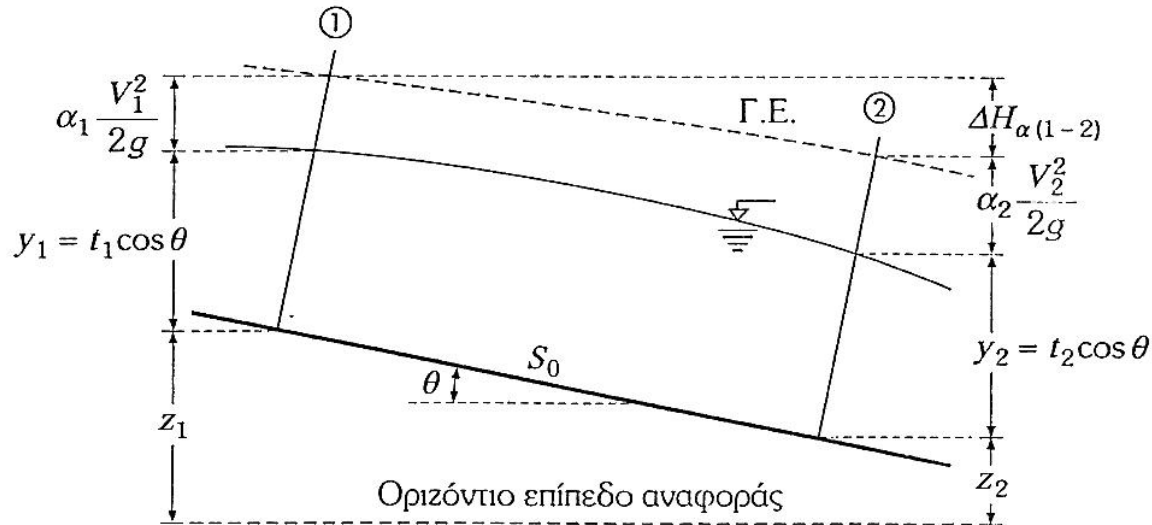
Εξίσωση Ενέργειας

Η αρχή διατήρησης της ενέργειας, εφόσον η κατά μήκος κλίση, S_0 , του πυθμένα του αγωγού είναι μικρή, ώστε να θεωρηθεί $\cos \theta = 1$, οδηγεί στην εξίσωση:

$$z_1 + y_1 + \alpha_1 (V_1^2/2g) = z_2 + y_2 + \alpha_2 (V_2^2/2g) + \Delta H_{\alpha(1-2)} \quad (3.5)$$

όπου: z_i = το υψόμετρο του πυθμένα και α ο συντελεστής συνόρθωσης της κινητικής ενέργειας ο οποίος ορίζεται ως:

$$\alpha = \frac{\int_A V^3 dA}{V^3 A} = \frac{\int_A V^3 dA}{QV^2} \quad (3.6)$$



Μόνο για
ομοιόμορφη ροή
 $y_1 = y_2$
 $V_1 = V_2$
 $S_0 = S_f$

Σχ. 3.3: Η εξίσωση ενέργειας σε επιλεγμένο όγκο αναφοράς.

Συντελεστής διόρθωσης κινητικής ενέργειας

Πρισματικοί αγωγοί, συνήθως μονάδα

Πίνακας 1.1

Ενδεικτικές τιμές των συντελεστών α και β

Είδος διατομής	α	β
Γεωμετρικού σχήματος	1.10 - 1.20	1.03 - 1.07
Φυσική	1.15 - 1.50	1.05 - 1.17
Ακανόνιστη	1.50 - 2.00	1.17 - 1.33

Κινητική ενέργεια

ορμή

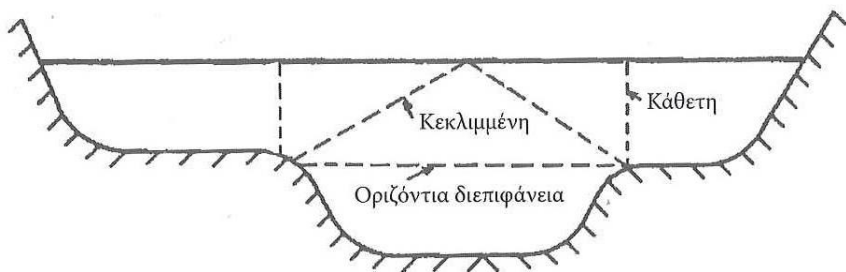
Σε φυσικές και ακανόνιστες διατομές οι συντελεστές αυξάνουν, σε τεχνικούς αγωγούς μικρότερη τιμή. Στο μάθημα αν δεν δίνεται διευκρίνιση $\alpha = 1$

Μεταβλητός συντελεστής Manning

Μέθοδοι προσδιορισμού υδραυλικών στοιχείων σε ανοικτούς αγωγούς με ομοιόμορφη ροή

Μέθοδος σύνθετης διατομής

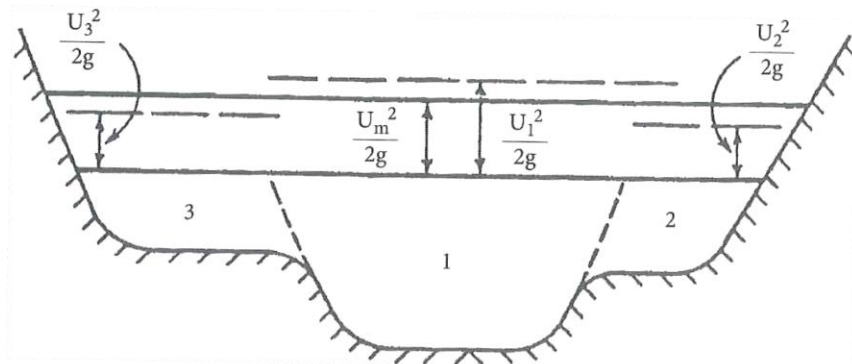
Με τη μέθοδο αυτή ο κυρίως αγωγός και οι ζώνες πλημμυρίσμου μελετώνται ξεχωριστά. Η συνολική παροχή υπολογίζεται αθροίζοντας τις παροχές των διαφόρων περιοχών που διαχωρίζονται μεταξύ τους με φανταστικές διεπιφάνειες που διέρχονται από το σημείο τομής του κυρίως αγωγού με την αβαθή περιοχή.



Μέθοδος ενιαίου αγωγού (ενιαίου η)

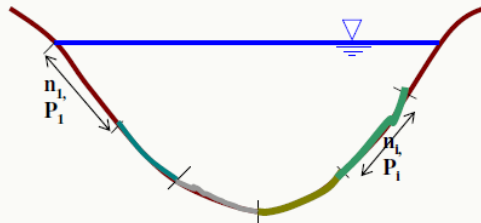
Θεώρει ένα **ενιαίο συντελεστή για την διατομή.**

Η μέθοδος αυτή υποεκτιμά σημαντικά τη παροχή, όπως έχει βρεθεί σε εργαστηριακά πειράματα και ειδικά στην περίπτωση μικρών βαθών στις ζώνες πλημμυρισμού. Την μέθοδο χρησιμοποιεί το λογισμικό πακέτο HEC-RAS.



Σύνθετες διατομές

- Μεταβλητό n , 2 μέθοδοι επίλυσης
- Α' μέθοδος, «ισοδύναμος n » ενιαία διατομή υποεκτίμηση της παροχής, π.χ.
- Μέθοδοι σύνθετων διατομών



$$n_{eq} = \sqrt{\frac{\sum n_i^2 P_i}{\sum P_i}}$$

(Pavlovski's eq.)

$$F = \sum_{i=1}^n F_i$$

$$Q = \frac{A}{n_{eq}} R^{2/3} \sqrt{S_f}$$

Σύνθετες διατομές

- Α' μέθοδος, «ισοδύναμος n" ή ενιαίου αγωγού π.χ.

Παρόμοια σχέση για τον συντελεστή η_e μπορεί να εξαχθεί θεωρώντας ότι η συνολική δύναμη αντίστασης στη ροή είναι ίση με το άθροισμα των δυνάμεων αντίστασης στη ροή σε κάθε περιοχή:

$$\eta_e = \frac{(\sum P_i \eta_i^2)^{\frac{1}{2}}}{(\sum P_i)^{\frac{1}{2}}} \quad (6.15)$$

Τέλος οι Krishnamurthy και Christensen (1972) εξήγαγαν τη παρακάτω σχέση θεωρώντας λογαριθμική κατανομή της ταχύτητας

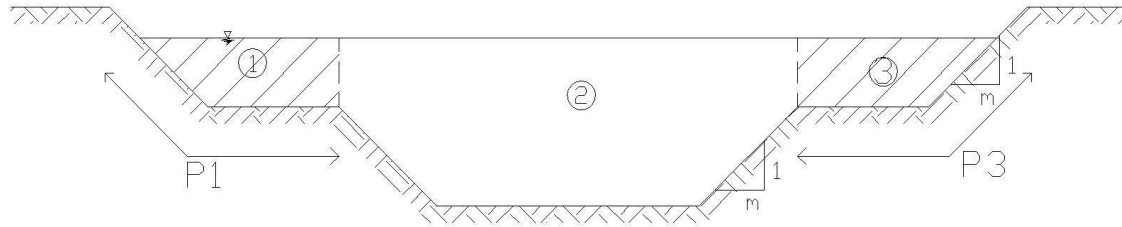
$$\ln \eta_e = \frac{\sum_{i=1}^N P_i h_i^{3/2} \ln \eta_i}{\sum P_i h_i^{3/2}} \quad (6.17)$$

Αν θεωρήσουμε έναν αγωγό που διαιρείται σε N περιοχές με ρεχομενη περίμετρο P_i και συντελεστή Manning η_i ($i=1, 2, \dots, N$) και υποθέσουμε ότι η μέση ταχύτητα σε κάθε περιοχή είναι ίση με τη μέση ταχύτητα ροής σε όλη τη διατομή η παρακάτω εξίσωση δίνει τον ισοδύναμο συντελεστή Manning

$$\eta_e = \left(\frac{\sum P_i \eta_i^2}{\sum P_i} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (6.14)$$

Πρίνος, 2014

Α΄ Μέθοδος απόδειξη του ενιαίου (φανταστικού) n για θεώρηση κοινής ταχύτητας σε όλα τα τμήματα σε ομοιόμορφη ροή



Έστω κοινή ταχύτητα σε όλη τη διατομή, επομένως έχουμε κοινή ταχύτητα και στα επιμέρους τμήματα

$$V_1 = V_2 = \dots = V_n$$

Από την εξίσωση του Manning στα επιμέρους τμήματα προκύπτει:

$$V_i = \frac{1}{n_i} * R_i^{\frac{2}{3}} * S_0^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{n_i} * \left(\frac{A_i}{P_i} \right)^{\frac{2}{3}} * S_0^{\frac{1}{2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow A_i = \left(\frac{V_i * n_i}{S_0^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{2}} * P_i$$

Όμοια για τη συνολική (φανταστική) διατομή με (φανταστικό) ενιαίο n_e ισχύει:

$$A_{tot} = \left(\frac{V * n_e}{S_0^{\frac{1}{2}}} \right)^{\frac{3}{2}} * P_{tot}$$

Ισχύει

$$A = A_1 + A_2 + \dots + A_i + \dots + A_n$$

και

$$V = V_1 = V_2 = \dots = V_i = \dots = V_n$$

Επομένως,

$$\begin{aligned} A &= \sum_i^n \left(\frac{V_i * n_i}{S_0} \right)^{\frac{3}{2}} * P_i \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{V^{\frac{3}{2}} * n_e^{\frac{3}{2}}}{\left(S_0^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{3}{2}}} * P_{tot} &= \frac{V^{\frac{3}{2}}}{\left(S_0^{\frac{1}{2}} \right)^{\frac{3}{2}}} * \sum_i^n n_i^{\frac{3}{2}} * P_i \Rightarrow \\ \Rightarrow n_e^{\frac{3}{2}} * P_{tot} &= \sum_i^n n_i^{\frac{3}{2}} * P_i \Rightarrow \end{aligned}$$

$$\Rightarrow n_e = \left(\frac{\sum_i^n n_i^{\frac{3}{2}} * P_i}{P_{tot}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

(α) Μέθοδος «Ενιαίου αγωγού»

Με τη μέθοδο αυτή ο αγωγός συνθέτου διατομής θεωρείται σαν ένας ενιαίος αγωγός όπου η υδραυλική ακτίνα, που λαμβάνει υπόψη τις επιδράσεις του σχήματος στη παροχή, υπολογίζεται από το συνολικό εμβαδό και τη συνολική βρεχόμενη περίμετρο. Έτσι η εξίσωση Manning γίνεται

$$Q_t = \frac{1}{\eta} A_t R_t^{2/3} S_t^{1/2} \quad (6.18)$$

όπου ο δείκτης t αναφέρεται στην ολική παροχή, ολικό εμβαδό κλπ.

Η μέθοδος αυτή υποεκτιμά σημαντικά τη παροχή, όπως έχει βρεθεί σε εργαστηριακά πειράματα και ειδικά στη περίπτωση μικρών βαθών στις ζώνες πλημμυρισμού. Στη περίπτωση αυτή η βρεχόμενη περίμετρος αυξάνεται σημαντικά με σχετικά μικρή αύξηση του εμβαδού με συνέπεια τη σημαντική μείωση της υδραυλικής ακτίνας και της παροχής. Η υποεκτίμηση της παροχής είναι σημαντική όταν η τραχύτητα στις αβαθείς περιοχές είναι αρκετά διαφορετική από αυτή του κυρίως αγωγού. Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιούνται οι προηγούμενες σχέσεις για τον υπολογισμό του ισοδύναμου συντελεστή Manning που όμως οι παραδοχές που βασίζονται δεν ισχύουν ικανοποιητικά στη περίπτωση αυτή.

Μειονέκτημα μεθόδου ισοδυναμίου μήκους

- Ομαλή κλίση στην πλημμυρική κοίτη μεγάλη αύξηση της περιμέτρου για αύξηση του εμβαδού άρα προκύπτει υποεκτίμηση της παροχής που μπορεί να διοχετεύσει μία διατομή
- Κατά Chaudhry, 1993 είναι προτιμότερη των άλλων:

$$\eta_e = \left(\frac{\sum P_i \eta_i^{\frac{3}{2}}}{\sum P_i} \right)^{\frac{2}{3}}$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ 6.1 Υπολογισμός του ισοδύναμου συντελεστή Manning

Ένας αγωγός τραπεζοειδούς διατομής έχει πλάτος πυθμένα 3 m και κλίση πρανών 2:1. Τα τοιχώματα έχουν συντελεστή Manning 0.04 και ο πυθμένας 0.025. Να υπολογισθεί ο ισοδύναμος συντελεστής Manning και με τις 4 μεθόδους για βάθος ροής 0.9 m.

Λύση

Από τα δεδομένα του προβλήματος έχουμε $B=3$ m, $z=2$, $h=0.9$ m, $n_{\pi}=0.025$ και $n_T=0.04$.

Διαχωρίζοντας τη διατομή σε ένα ορθογώνιο, πλάτους 3 m και ύψους 0.9 m, και σε δύο τρίγωνα κατασκευάζουμε τον παρακάτω πίνακα για τον υπολογισμό του ισοδύναμου n_e και με τις 4 μεθόδους.

	n_i	P_i	h_i	A_i	R_i	$P_i n_i^{3/2}$	$P_i n_i^2$
	$\left(\frac{s}{m^{1/3}}\right)$	(m)	(m)	(m ²)	(m)		
Πυθμένας	0.025	3	0.9	2.7	0.9	0.012	$1.875 \cdot 10^{-3}$
Τοίχωμα	0.04	2.01	1.8	0.81	0.4	0.016	$3.216 \cdot 10^{-3}$
Τοίχωμα	0.04	2.01	1.8	0.81	0.4	0.016	$3.216 \cdot 10^{-3}$
		$\Sigma=7.02$				$\Sigma=0.044$	$\Sigma=8.307 \cdot 10^{-3}$

$$n_e = \left(\frac{0.044}{7.02}\right)^{\frac{2}{3}} \Rightarrow n_e = 0.0340$$

Σύνθετες διατομές

- β' μέθοδος, σύνθετης διατομής

Πρίνος, 2014

Με τη μέθοδο αυτή ο κυρίως αγωγός και οι ζώνες πλημμυρισμού μελετώνται ξεχωριστά. Η συνολική παροχή υπολογίζεται αθροίζοντας τις παροχές των διάφορων περιοχών που διαχωρίζονται μεταξύ τους με «φανταστικές» διεπιφάνειες που διέρχονται από το σημείο τομής του κυρίως αγωγού με την αβαθή περιοχή. Διάφορες τέτοιες διεπιφάνειες (κάθεται, οριζόντιες, κεκλιμένες) που φαίνονται στο σχήμα 6.5 χρησιμοποιούνται για την διαίρεση του συνολικού αγωγού.

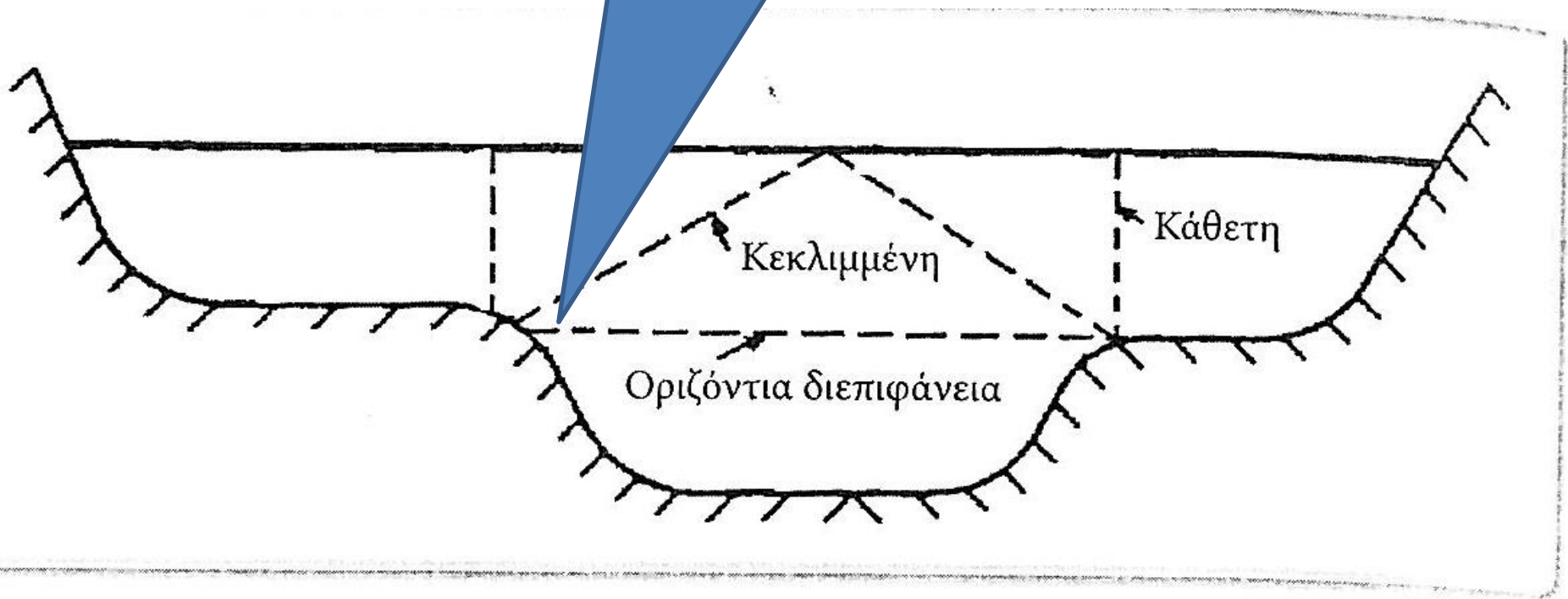
Έτσι η συνολική παροχή δίνεται από τη σχέση

$$Q_t = \sum_{i=1}^N \frac{1}{\eta_i} A_i R_i^{2/3} S_i^{1/2} \quad (6.19)$$

Στην περίπτωση αυτή η βρεχόμενη περίμετρος P_i περιλαμβάνει μόνο τα φυσικά όρια του αγωγού και δεν περιλαμβάνει τη διεπιφάνεια διαχωρισμού. Η παραπάνω διαδικασία υπερεκτιμά τη παροχή γιατί δεν περιλαμβάνει τη διεπιφάνεια στον υπολογισμό της βρεχόμενης περιμέτρου και ακτίνας του κυρίως αγωγού υποθέτοντας ότι δεν υπάρχει διατμητική δύναμη στη διεπιφάνεια αυτή.

Από εργαστηριακές μετρήσεις έχει φανεί ότι η χρησιμοποίηση της οριζόντιας διεπιφάνειας δίνει τα καλύτερα αποτελέσματα για τον υπολογισμό της παροχής.

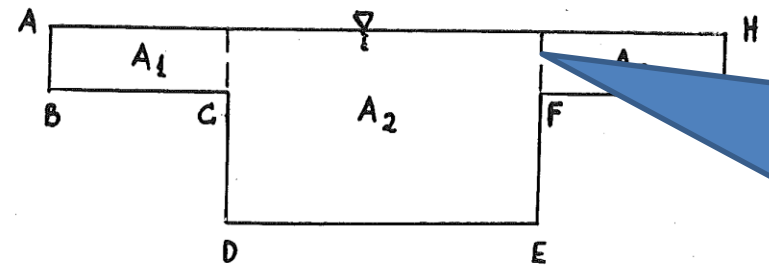
Οριζόντια διεπιφάνεια, καλ
Τα υγρά όρια μεταξύ των διατομών δεν
λαμβάνονται υπόψη στην περίμετρο



Σχήμα 6.5: Διεπιφάνειες διαχωρισμού αγωγού συνθέτου διατομής

Σύνθετη διατομή

- π.χ. ποταμός με υπερχειλισμένες όχθες
- Χωρισμός της διατομής σε επί μέρους τμήματα



Τα υγρά όρια μεταξύ των διατομών δεν λαμβάνονται υπόψη στην περίμετρο κάθε τμήματος

$$P_1 = (AB) + (BC)$$

$$P_2 = (CD) + (DE) + (EF)$$

$$P_3 = (FG) + (GH)$$

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_1 = A_1 u_1 = \frac{A_1}{\eta_1} R_1^{2/3} S_0^{1/2}$$

$$Q_2 = A_2 u_2 = \frac{A_2}{\eta_2} R_2^{2/3} S_0^{1/2}$$

$$Q_3 = A_3 u_3 = \frac{A_3}{\eta_3} R_3^{2/3} S_0^{1/2}$$

$$R_1 = \frac{A_1}{P_1}$$

$$R_2 = \frac{A_2}{P_2}$$

$$R_3 = \frac{A_3}{P_3}$$

$$Q: \text{παροχή} \left[\frac{L^3}{T} \right]$$

$Q = A u$

Εξίσωση συνέχειας

Μειονέκτημα μεθόδου σύνθετης διατομής

- Δεν λαμβάνει υπόψη τις διατμητικές τάσεις στις διεπιφάνειες νερού, υποεκτιμά τις βρεχόμενους περιμέτρους στερεών ορίων, άρα υπερεκτιμάται η παροχή
- Ο οριζόντιος διαχωρισμός με βάση νεώτερα πειράματα και μελέτες θεωρείται ότι πλησιάζει περισσότερο την πραγματικότητα (Πρίνος, 2014)

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΔΙΟΥ ΣΕ ΤΜΗΜΑ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΟΣΥΝΘΟΥ

Μετρήσεις υδραυλικών χαρακτηριστικών σε τμήμα του ποταμού Κοσύνθου

Οι μετρήσεις αυτές έλαβαν χώρα σε διατομή του ποταμού, ανάντη της γέφυρας που βρίσκεται στο 4^ο χιλιόμετρο της επαρχιακής οδού Ξάνθης – Σταυρούπολης.

Οι μετρήσεις περιλαμβάνουν τις κάτωθι εργασίες:

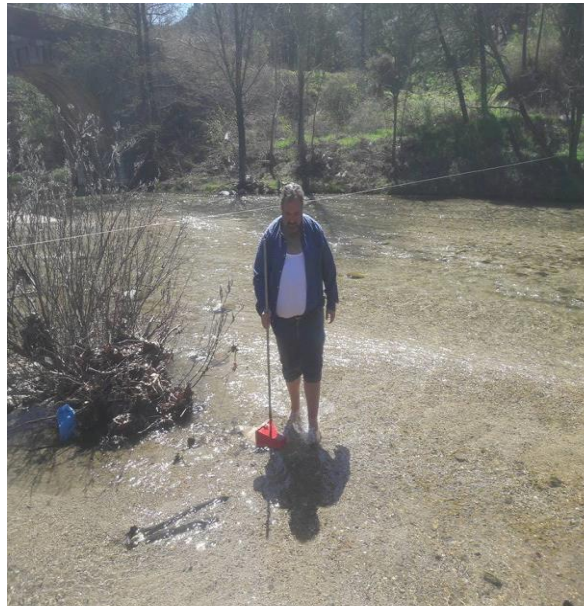
- α) Επιλογή διατομής και διαίρεση σε επιμέρους τμήματα. Στο κάθε τμήμα χωριστά μετρήθηκε το βάθος του ποταμού και η μέση ταχύτητα ροής με τη βοήθεια ειδικού οργάνου μέτρησης περιστροφικής ταχύτητας (μυλίσκος) .
- β) Παγίδευση των φερτών υλών της κοίτης με ειδική συσκευή τύπου απόχης, με άνοιγμα τετραγωνικής διατομής (7,5 cm x 7,5 cm), στο πίσω μέρος της οποίας είναι προσαρμοσμένο δίκτυο για τη συλλογή των φερτών υλών.
- γ) Εκτίμηση των επιφανειών των επιμέρους τμημάτων της διατομής.
- δ) Υλικό πυθμένα με την χρήση αρπάγης σε επιμέρους θέσεις των διατομών.
- ε) Εύρεση παροχής νερού στο κάθε επιμέρους τμήμα της διατομής και υπολογισμός της στερεοπαροχής στο σύνολο της διατομής, με τη βοήθεια του παρακάτω τύπου:

$$Q_i = V_{mi} \cdot A_i$$

όπου

- V_{mi} : μέση ταχύτητα ροής σε συγκεκριμένο τμήμα της διατομής [m/s]
- A_i : εμβαδόν τμήματος διατομής [m²]
- Q_i : παροχή τμήματος διατομής [m³/s]

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΔΙΟΥ ΣΕ ΤΜΗΜΑ ΠΟΤΑΜΟΥ ΚΟΣΥΝΘΟΥ



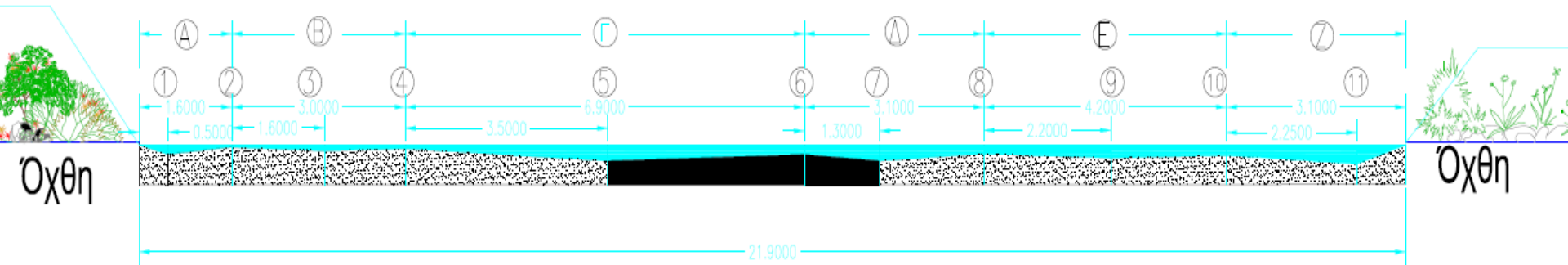
Μετρήσεις κατόντη διατομής του ποταμού Κοσύνθου

Τομή Ποταμού - Κατόντη

πλάτος ποταμού 21,90μ.

Πίνακας Μετρήσεων - Διατομής κατόντη

Α/Α	Βάθος Ροής (m)	Ταχύτητα (m/sec)	Α/Α	Βάθος Ροής (m)	Ταχύτητα (m/sec)	Α/Α	Βάθος Ροής (m)	Ταχύτητα (m/sec)
1	0.13	0.443	5	0.22	0.44	9	0.18	0.59
2	0.03		6	0.13		10	0.14	
3	0.08	0.613	7	0.22	0.62	11	0.26	0.50
4	0.05		8	0.12				



Διαμέριση της επιφάνειας και μετρήσεις ταχυτήτων.

ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΟΤΑΜΟΥ - ΚΑΤΑΝΤΗ (ΠΛΑΤΟΣ ΠΟΤΑΜΟΥ 21,90 μέτρα)

Μετρήσεις ταχύτητας νερού – μέθοδος μέσης διατομής

Μετρήσεις	Πλάτος Διατομής	Βαθος Ροής	Μεση Ταχύτητα ανα Διατομη V (m/sec)	Εμβαδον Διατομής ΔΑ (m ²)	Παροχη ανα διατομη (m ³ /sec)	Διατομές	ΔΑ (m ²)	V (m/sec)	ΔΑ*V ³	ΔΑ*V ²
1	1.60	0.13	0.443	0.1205	0.0533815	Α	0.1205	0.443	0.010476	0.023648
2		0.03	-							
3	3.00	0.08	0.613	0.1790	0.10973	Β	0.179	0.613	0.041232	0.067263
4		0.05	-							
5	6.90	0.22	0.44	1.0675	0.46970	Γ	1.0675	0.44	0.090934	0.206668
6		0.13	-							
7	3.10	0.22	0.62	0.5335	0.33077	Δ	0.5335	0.62	0.127148	0.205077
8		0.12	-							
9	4.20	0.18	0.59	0.6500	0.38350	Ε	0.65	0.59	0.133496	0.226265
10		0.14	-							
11	3.10	0.26	0.50	0.5605	0.28025	Ζ	0.5605	0.50	0.070063	0.140125
-		-	-							
Συνολο							3.111		0.473349	0.869046

Η συνολική παροχή και με την παραδοχή ότι μελετάμε υποκρίσιμη ροή υπολογίζεται με την μέθοδο μέσης διατομής. Η διατομή θεωρείται ότι αποτελείται από ένα αριθμό λωρίδων που ορίζεται από δυο γειτονικές καθέτους η παροχή q , μέσω της λωρίδας 5-6 για παράδειγμα είναι:

$$q_{5-6} = \left(\frac{\bar{V}_5 + \bar{V}_6}{2} \right) \left(\frac{d_5 + d_6}{2} \right) (b_6 - b_5)$$

όπου είναι η μέση ταχύτητα στην 5^η και 6^η κάθετο αντίστοιχα, είναι το βάθος ροής στην 5^η και 6^η κάθετο αντίστοιχα και είναι η απόσταση των καθέτων 5 και 6 από ένα αρχικό σημείο στη όχθη.

Το άθροισμα των παροχών μέσω όλων των λωρίδων μας δίνει την συνολική παροχή. Η μέση ταχύτητα στις δυο λωρίδες που βρίσκονται κοντά στις όχθες υπολογίζεται αν υποθέσουμε μηδενικό βάθος και ταχύτητα στην όχθη του ποταμού(Πρίνος, 2009).

$$Q = A * V = \Delta A_1 V_1 + \Delta A_2 V_2 + \dots + \Delta A_n V_n \Rightarrow \bar{V} * A_{total} = A_1 V_1 + A_2 V_2 + \dots + A_n V_n$$

$$\Rightarrow \bar{V} = \frac{V_1^3 A_1 + V_2^3 A_2 + \dots + V_n^3 A_n}{\bar{V}^3 A_{total}}$$

$$Q = 0.1205 * 0.443 + 0.179 * 0.613 + 1.0675 + 0.44 + 0.5335 * 0.62 + 0.65 * 0.59 + 0.5605 = 1.657 m^3/sec$$

$$V = Q / A_{total} = \frac{1.657}{3.111} = 0.523 m/sec$$

Οι συντελεστές Διόρθωσης κινητικής ενέργειας α και β :

$$\alpha = \frac{\sum_i \Delta A_i V_i^3}{\bar{V}^3 * A_{total}} = \frac{0.473349}{0.523089^3 * 3.111} = 1.063$$

$$\beta = \frac{\sum_i \Delta A_i V_i^2}{\bar{V}^2 * A_{total}} = \frac{0.869046}{0.523089^2 * 3.111} = 1.020$$

Προσδιορισμός του συντελεστή Manning

ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ MANNING n

Οι πλέον σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της τιμής του συντελεστή Manning n είναι:

- ο τύπος και το μέγεθος του υλικού του πυθμένα και των πρανών του αγωγού
- το σχήμα του αγωγού

Η πλέον ακριβής μέθοδος για τον προσδιορισμό του συντελεστή Manning n σε ένα ποταμό είναι η επιτόπια μέτρηση. Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει μετρήσεις πεδίου της παροχής, του βάθους ροής και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της διατομής για μια εκτεταμένη χρονική περίοδο αλλά και η πλέον δαπανηρή μέθοδος.

Αν δεν υπάρχει η δυνατότητα μετρήσεων πεδίου μπορεί να εφαρμόσει η «φωτογραφική» μέθοδος. Υπάρχουν διάφορες πηγές, όπως για παράδειγμα το βιβλίο του Chow (1959), παρουσιάζονται φωτογραφίες ποταμών με τους αντίστοιχους συντελεστές Manning n . Με «οπτική σύγκριση» του ποταμού που εξετάζουμε με αντίστοιχο ποταμό με γνωστό συντελεστή Manning n μπορεί να γίνει μια αρχική επιλογή του συντελεστή Manning n .

Φωτογραφική ερμηνεία Chow 1959 συντελεστή Manning n



$n = 0.032$ (Ποταμός Άλατος κάτω από το Stewart Mountain Dam, Αριζόνα): Η κυρία κοίτη και οι όχθες αποτελούνται από λεπτές πετρες διαμέτρου 0,15 μ, με λίγα 0,45 μ διαμέτρου



$n = 0,049$ (Deep River στο Ramseur, Βόρεια Καρολίνα): Ο πυθμένας είναι ως επί το πλείστον χονδροειδής άμμος και περιέχει λίγο χαλίκι. Τα πρανή είναι αρκετά απότομες.

Ενδεικτικές φωτογραφίες που μας βοήθησαν στην φωτογραφική ερμηνεία και αντιπαραβολή με την υφιστάμενη κατάσταση του φυσικού υδατορρεύματος Κοσύνθου.

Προσδιορισμός του συντελεστή Manning n με βάση την φωτογραφική ερμηνεία (Chow,1959)



Προσδιορισμός του συντελεστή Manning n με την μέθοδο Cowan 1956

Μια εναλλακτική μέθοδο για την επιλογή του συντελεστή Manning n είναι η μέθοδος του Cowan 1956. Η μέθοδος περιλαμβάνει την επιλογή μιας αρχικής τιμής βάσης του συντελεστή Manning n για ομοιόμορφο, ευθύ και ομαλό φυσικό αγωγό.

Η τιμή αυτή στην συνέχεια τροποποιείται ανάλογα με τις επιδράσεις της διαφορετικής τραχύτητας στη διατομή, του σχήματος και του μεγέθους της διατομής, των εμποδίων που πιθανόν υπάρχουν στη διατομή, της βλάστησης και των συνθηκών ροής και του μαιανδρισμού του αγωγού. Με τη μέθοδο αυτή η τιμή του συντελεστή Manning n υπολογίζεται:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)M_5$$

Όπου :

n_0 =βασική τιμή,

n_1 =τιμή διόρθωσης λόγω διαφορετικής τραχύτητας στον πυθμένα και στα πρανή,

n_2 =τιμή διόρθωσης για μεταβολή στο σχήμα και στο μέγεθος της διατομής κατά μήκος της ροής,

n_3 =τιμή διόρθωσης για τυχόν εμπόδια που υπάρχουν στη διατομή (βράχοι, δέντρα, κλπ.),

n_4 =τιμή διόρθωσης για την βλάστηση και τις συνθήκες ροής,

M_5 =τιμή διόρθωσης για τον μαιανδρισμό του αγωγού, που ορίζεται σαν ο λόγος του μήκους κατά μήκος του κεντρικού άξονα του αγωγού (μεταξύ δυο σημείων) ως προς το μήκος της ευθείας γραμμής που ενώνει τα δυο αυτά σημεία.

Σε σύνθετα υδατορρεύματα επειδή τροποποιούνται συνεχώς οι παράγοντες : βλάστηση, συνθήκες ροής, μαιανδρισμός και οι μεταβολές της διατομής , συνηθίζεται να χρησιμοποιείται η μέθοδος Cowan 1956.

Τιμές για τον προσδιορισμό των n με τη μέθοδο Cowan (1956)

Συνθήκες αγωγού			Τιμή
Υλικό	Χώμα	n_0	0.02
	Βράχος		0.025
	Λεπτό Χαλίκι		0.024
	Χοντρό Χαλίκι		0.028
Βαθμός Ανομοιομορφίας	Ήπιος	n_1	0.000
	Μέτριος		0.005
	Μέσος		0.010
	Σημαντικός		0.020
Μεταβολές στην διατομή	Βαθμιαίες	n_2	0.000
	Εναλλασσόμενες σπάνια		0.005
	Εναλλασσόμενες συχνά		0.010-0.015
Επίδραση εμποδίων	Αμελητέα	n_3	0.000
	Μικρή		0.010-0.015
	Μέση		0.025-0.050
	Μεγάλη		0.040-0.060
Βλάστηση	Χαμηλή	n_4	0.005-0.010
	Μέση		0.010-0.025
	Υψηλή		0.025-0.050
	Πολύ Υψηλή		0.050-0.10
Βαθμός μαιανδρισμού	Μικρός	M_5	1.000
	Μέσος		1.150
	Μεγάλη		1.300

ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΕΞΑΡΧΟΥ	Α/Α	ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΣΧΕΔΙΟΥ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΔΙΑΤΟΜΩΝ (meters)	ΤΙΜΕΣ MANNING (ΑΠΟ ΚΑΤΑΝΤΗ ΠΡΟΣ ΑΝΑΝΤΗ)							ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΥΤΟΥΣΙΑ
				ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ n ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ COWAN(1956)							
				ΥΛΙΚΟ (n0)	ΒΑΘΜΟΣ ΑΝΟΜΟΙΟΡΦΙΑΣ (n1)	ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΣΤΗ ΔΙΑΤΟΜΗ (n2)	ΕΠΙΒΛΑΣΗ ΕΜΠΟΔΙΩΝ (n3)	ΒΛΑΣΤΗΝ (n4)	ΒΑΘΜΟΣ ΜΑΥΑΝΘΡΩΜΟΥ (MS)	n= (n0+n1+n2+n3+n4)/MS	
AA(1)	1	Δ1	-	0.025 (χοντρό χαλίκι)	0.005 (Μέτριος)	0 (Βαθμιαίος)	0 (αμελητέα)	0.0125 (Μέση)	1 (Μικρός)	0.0425	ΕΚΧΕΙΛΙΣΤΗΣ =ΚΥΡΙΑ ΚΟΙΤΗ ΚΑΛΑΜΙΑ - ΠΛΗΘΥΜΥΡΙΚΗ ΚΟΙΤΗ ΣΑΡΖΑΝΕΤ & ΑΡΑΙΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ
K4(2)	2	Δ2	391.02	0.025 (χοντρό χαλίκι)	0.005 (Μέτριος)	0 (Βαθμιαίος)	0 (αμελητέα)	0.025 (Υψηλή)	1 (Μικρός)	0.055	ΚΥΡΙΑ ΚΟΙΤΗ ΚΑΛΑΜΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΜΙΑ ΟΧΘΗ -ΣΧΕΤΙΚΗ ΠΥΚΝΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ & ΑΠΟ ΤΙΣ ΔΥΟ ΠΛΕΥΡΕΣ ΨΗΛΑ ΔΕΝΤΡΑ
K7(3)	3	Δ3	421.018	0.025 (χοντρό χαλίκι)	0.005 (Μέτριος)	0 (Βαθμιαίος)	0 (αμελητέα)	0.0125 (Μέση)	1 (Μικρός)	0.0425	ΚΥΡΙΑ ΚΟΙΤΗ ΚΑΛΑΜΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΜΙΑ ΟΧΘΗ -ΣΧΕΤΙΚΗ ΠΥΚΝΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ & ΑΠΟ ΤΙΣ ΔΥΟ ΠΛΕΥΡΕΣ ΨΗΛΑ ΔΕΝΤΡΑ
K9(4)	4	Δ4	179.08	0.025 (χοντρό χαλίκι)	0.005 (Μέτριος)	0 (Βαθμιαίος)	0 (αμελητέα)	0.0125 (Μέση)	1 (Μικρός)	0.0425	
K10(5)	5	Δ5	173.62	-	-	-	-	-	-	0.08	ΓΕΦΥΡΑ ΑΝΑΝΤΗ
K12	6	Δ6	242.55	0.025	0.005	0	0	0.0125	1	0.0425	ΜΕΓΑΛΗ ΔΙΑΤΟΜΗ -ΑΡΑΙΗ ΧΑΜΗΛΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ -ΚΡΟΚΑΛΕΣ ΣΤΟ ΠΥΘΜΕΝΟ ΤΗΣ ΚΥΡΙΑΣ ΚΟΙΤΗΣ -ΠΛΑΤΥ ΣΧΗΜΑ
K15	7	Δ7	349.93	0.025	0.005	0	0	0.0075	1	0.0375	
K1	8	Δ8	440.6	0.025	0.005	0	0	0.0075	1	0.0375	
K18	9	Δ9	340.07	0.025	0.005	0	0	0.0075	1	0.0375	
K20	10	Δ10	583.73	0.025	0.005	0	0	0.0075	1	0.0375	
K22	11	Δ11	269.73	0.025	0.005	0	0	0.0125	1	0.0425	
K24	12	Δ12	657.92	0.025	0.005	0	0	0.011	1	0.041	
6	13	Δ13	250	0.025	0.005	0	0	0.011	1	0.041	
8	14	Δ14	756.59	0.025	0.005	0	0	0.011	1	0.041	
10	15	Δ15	611.16	0.025	0.005	0.005	0	0.01	1	0.045	
K27	16	Δ16	423.67	0.025	0.005	0.005	0	0.01	1	0.045	
12	17	Δ17	250	0.025	0.005	0.005	0	0.01	1	0.045	
K28	18	Δ18	628.02	0.025	0.005	0.005	0	0.01	1	0.045	
K29	19	Δ19	755.9	-	-	-	-	-	-	0.08	ΓΕΦΥΡΑ ΑΝΑΝΤΗ
K30	20	Δ20	586.96	0.025	0.005	0.005	0	0.01	1	0.045	
K32	21	Δ21	712.48	0.025	0.005	0.005	0	0.01	1	0.045	
20	22	Δ22	250	0.025	0.005	0.005	0	0.01	1	0.045	
K33	23	Δ23	326.04	0.025	0.005	0.005	0	0.0175	1	0.0525	
22	24	Δ24	500	0.025	0.005	0.005	0	0.0175	1	0.0525	
K34	25	Δ25	117.64	0.025	0.005	0.005	0	0.0175	1	0.0525	
23	26	Δ26	250	-	-	-	-	-	-	0.08	ΓΕΦΥΡΑ ΑΝΑΝΤΗ
24	27	Δ27	421.44	0.025	0.005	0.005	0	0.01	1	0.045	
K36	28	Δ28	146.67	0.025	0.005	0.005	0	0.0125	1	0.0475	
K37	29	Δ29	306.1	0.025	0.005	0.005	0	0.0125	1	0.0475	
27	30	Δ30	500	0.025	0.01	0.005	0	0.0125	1	0.0525	
29	31	Δ31	500	0.025	0.01	0.005	0	0.0125	1	0.0525	
K38	32	Δ32	146.18	0.025	0.005	0	0	0.015	1	0.045	
30	33	Δ33	250	0.025	0.005	0	0	0.01	1	0.04	
K39	34	Δ34	291.57	0.025	0.005	0	0	0.01	1	0.04	
31	35	Δ35	250	0.025	0.005	0	0	0.01	1	0.04	

ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΣΥΜΜΑΤΟΚΩΒΩΤΩΝ (ΣΑΡΖΑΝΕΤ) -ΑΝΤΙΠΕΤΗΡΙΩΝ ΠΥΛΩΝΩΝ

ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΕΞΑΡΧΟΥ	Α/Α	ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΣΧΕΔΙΟΥ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΔΙΑΤΟΜΩΝ (meters)	ΤΙΜΕΣ MANNING (ΑΠΟ ΚΑΤΑΝΤΗ ΠΡΟΣ ΑΝΑΝΤΗ)							ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΡΜΗΝΕΙΑ ΣΧΩΜ (1959)	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΑΥΤΟΥΣΙΑ
				ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ η ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ COWAN(1956)								
				ΥΛΙΚΟ (n0)	ΒΑΘΜΟΣ ΑΝΟΜΟΙΟΥΡΦΙΑΣ (n1)	ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΣΤΗ ΔΙΑΤΟΜΗ (n2)	ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΕΜΠΟΔΙΩΝ (n3)	ΒΛΑΣΤΗΣΗ (n4)	ΒΑΘΜΟΣ ΜΑΙΑΝΔΡΙΣΜΟΥ (M5)	n= (n0+n1+n2+n3+n4)M5		
AA(1)	1	Δ1	-	0.025 (χοντρό χαλίκι)	0.005 (Μέτριος)	0 (Βαθμιαίες)	0 (αμελητέα)	0.0125 (Μέση)	1 (Μικρός)	0.0425	0.04	ΕΚΧΕΙΛΙΣΤΗΣ –ΚΥΡΙΑ ΚΟΙΤΗ ΚΑΛΑΜΙΑ - ΠΛΗΜΜΥΡΙΚΗ ΚΟΙΤΗ ΣΑΡΖΑΝΕΤ & ΑΡΑΙΗ
K4(2)	2	Δ2	391.02	0.025 (χοντρό χαλίκι)	0.005 (Μέτριος)	0 (Βαθμιαίες)	0 (αμελητέα)	0.025 (Υψηλή)	1 (Μικρός)	0.055	0.045	ΚΥΡΙΑ ΚΟΙΤΗ ΚΑΛΑΜΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΜΙΑ ΟΧΘΗ - ΣΧΕΤΙΚΗ ΠΥΚΝΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ & ΑΠΟ ΤΙΣ ΔΥΟ ΠΛΕΥΡΕΣ ΨΗΛΑ
K7(3)	3	Δ3	421.018	0.025 (χοντρό χαλίκι)	0.005 (Μέτριος)	0 (Βαθμιαίες)	0 (αμελητέα)	0.0125 (Μέση)	1 (Μικρός)	0.0425	0.04	ΚΥΡΙΑ ΚΟΙΤΗ ΚΑΛΑΜΙΑ ΑΠΟ ΤΗΝ ΜΙΑ ΟΧΘΗ - ΣΧΕΤΙΚΗ ΠΥΚΝΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ & ΑΠΟ ΤΙΣ ΔΥΟ ΠΛΕΥΡΕΣ ΨΗΛΑ ΔΕΝΤΡΑ
K9(4)	4	Δ4	179.08	0.025 (χοντρό χαλίκι)	0.005 (Μέτριος)	0 (Βαθμιαίες)	0 (αμελητέα)	0.0125 (Μέση)	1 (Μικρός)	0.0425	0.04	
K10(5)	5	Δ5	173.62	-	-	-	-	-	-	0.08	0.08	ΓΕΦΥΡΑ ΑΝΑΝΤΗ
K12	6	Δ6	242.55	0.025	0.005	0	0	0.0125	1	0.0425	0.04	ΜΕΓΑΛΗ ΔΙΑΤΟΜΗ - ΑΡΑΙΗ ΧΑΜΗΛΗ ΒΛΑΣΤΗΣΗ -ΚΡΟΚΑΛΕΣ ΣΤΟ ΠΥΘΜΕΝΑ ΤΗΣ ΚΥΡΙΑΣ ΚΟΙΤΗΣ -ΠΛΑΤΥ ΣΧΗΜΑ
K15	7	Δ7	349.93	0.025	0.005	0	0	0.0075	1	0.0375	0.03	
K1	8	Δ8	440.6	0.025	0.005	0	0	0.0075	1	0.0375	0.03	
K18	9	Δ9	340.07	0.025	0.005	0	0	0.0075	1	0.0375	0.03	
K20	10	Δ10	583.73	0.025	0.005	0	0	0.0075	1	0.0375	0.03	
K22	11	Δ11	269.73	0.025	0.005	0	0	0.0125	1	0.0425	0.04	
K24	12	Δ12	657.92	0.025	0.005	0	0	0.011	1	0.041	0.04	
6	13	Δ13	250	0.025	0.005	0	0	0.011	1	0.041	0.04	
8	14	Δ14	756.59	0.025	0.005	0	0	0.011	1	0.041	0.04	
10	15	Δ15	611.16	0.025	0.005	0.005	0	0.01	1	0.045	0.04	
K27	16	Δ16	423.67	0.025	0.005	0.005	0	0.01	1	0.045	0.04	
12	17	Δ17	250	0.025	0.005	0.005	0	0.01	1	0.045	0.04	
K28	18	Δ18	628.02	0.025	0.005	0.005	0	0.01	1	0.045	0.04	
K29	19	Δ19	755.9	-	-	-	-	-	-	0.08	0.08	ΓΕΦΥΡΑ ΑΝΑΝΤΗ
K30	20	Δ20	586.96	0.025	0.005	0.005	0	0.01	1	0.045	0.04	
K32	21	Δ21	712.48	0.025	0.005	0.005	0	0.01	1	0.045	0.04	
20	22	Δ22	250	0.025	0.005	0.005	0	0.01	1	0.045	0.04	
K33	23	Δ23	326.04	0.025	0.005	0.005	0	0.0175	1	0.0525	0.05	
22	24	Δ24	500	0.025	0.005	0.005	0	0.0175	1	0.0525	0.05	
K34	25	Δ25	117.64	0.025	0.005	0.005	0	0.0175	1	0.0525	0.05	
23	26	Δ26	250	-	-	-	-	-	-	0.08	0.08	ΓΕΦΥΡΑ ΑΝΑΝΤΗ
24	27	Δ27	421.44	0.025	0.005	0.005	0	0.01	1	0.045	0.04	
K36	28	Δ28	146.67	0.025	0.005	0.005	0	0.0125	1	0.0475	0.04	
K37	29	Δ29	306.1	0.025	0.005	0.005	0	0.0125	1	0.0475	0.04	
27	30	Δ30	500	0.025	0.01	0.005	0	0.0125	1	0.0525	0.05	
29	31	Δ31	500	0.025	0.01	0.005	0	0.0125	1	0.0525	0.05	
K38	32	Δ32	146.18	0.025	0.005	0	0	0.015	1	0.045	0.04	
30	33	Δ33	250	0.025	0.005	0	0	0.01	1	0.04	0.03	
K39	34	Δ34	291.57	0.025	0.005	0	0	0.01	1	0.04	0.03	
31	35	Δ35	250	0.025	0.005	0	0	0.01	1	0.04	0.03	

ΕΜΦΑΝΙΣΗ ΣΥΡΜΑΤΟΚΙΒΩΤΩΝ (ΣΑΡΖΑΝΕΤ) - ΑΝΤΙΣΤΗΡΙΞΗ ΠΡΑΝΩΝ

Προσδιορισμός του συντελεστή Manning n με την κοκκομετρία του πυθμένα

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΚΟΣΚΙΝΑ					
Αριθμός δοκιμίου: ΦΕΡΤΑ –ΣΗΜΕΙΟ 6			Ημερομηνία: 29-03-2,17		
Συνολικό βάρος υλικού: 37,57 g			Χρόνος δοκιμής: 1'30"		
			Κοίτη ποταμού Κόσυνθου		
Σειρά Κοσκίνων	Μέγεθος Βρόχου	Βάρος Συγκρατ. Υλικού	Συγκρατούμενο Ποσοστό	Αθροιστικό Συγκρατ. Ποσοστό	Ποσοστό Λεπτότερο
	[mm]	[g]	[%]	[%]	[%]
1	2	3	4	5	6
1	32	0	0	0	100
2	16	6.72	17.88661	17.8866117	82.11338834
3	8	10.38	27.62843	45.5150386	54.48496141
4	4	15.44	41.09662	86.6116582	13.38834176
5	1	4.11	10.93958	97.5512377	2.44876231
6	0.5	0.85	2.262443	99.8136811	0.186318871
7	0.25	0.05	0.133085	99.946766	0.053233963
8	0.125	0.01	0.026617	99.973383	0.026616982
9	0.063	0.01	0.026617	100	0
ΣΥΝΟΛΟ		37.57	100		

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΚΟΣΚΙΝΑ					
Αριθμός δοκιμίου: ΑΡΠΑΓΗ –ΣΗΜΕΙΟ 6			Ημερομηνία: 29-03-2017		
Συνολικό βάρος υλικού: 3491,37 g			ΚΑΤΑΝΤΗ ΔΙΑΤΟΜΗ		
			Κοίτη ποταμού Κόσυνθου		
Σειρά Κοσκίνων	Μέγεθος Βρόχου	Βάρος Συγκρατ. Υλικού	Συγκρατούμενο Ποσοστό	Αθροιστικό Συγκρατ. Ποσοστό	Ποσοστό Λεπτότερο
	[mm]	[g]	[%]	[%]	[%]
1	2	3	4	5	6
1	32	928.3	26.58841658	26.5884	73.41158342
2	16	774.6	22.18613324	48.7745	51.22545018
3	8	504.77	14.45764843	63.2322	36.76780175
4	4	880.95	25.23221543	88.4644	11.53558632
5	1	326.96	9.36480522	97.8292	2.170781097
6	0.5	70.99	2.033299249	99.8625	0.137481848
7	0.25	3.66	0.104829909	99.9673	0.032651939
8	0.125	0.76	0.021767959	99.9891	0.01088398
9	0.063	0.38	0.01088398	100	0
ΣΥΝΟΛΟ		3491,37	100		

Προσδιορισμός συντελεστή Manning n με τον τύπο του Strickler 1923

- Υπάρχουν πολλές εξισώσεις που προσδιορίζουν τον συντελεστή Manning n με βάση τα χαρακτηριστικά της ογκομετρικής καμπύλης αδρανών.
- Έλλειψη μεγάλων κόσκινων => χρήση τύπου Strickler 1923
- Χρήση της εξίσωσης για την κυρία κοίτη
- *κοκκομετρική ανάλυση των υλικών πυθμένα στην κατάντη διατομή μου το $d_{50}=26.22$, οπότε ο συντελεστή Manning n υπολογίζεται ως εξής:*

$$n = 0.039 d_{50}^{1/6}$$

$$n = 0.039 \left(\frac{26.22}{1000} \right)^{1/6} = 0.02$$



ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΟΝ ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗ MANNING n

Οι πλέον σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν την επιλογή της τιμής του συντελεστή Manning n είναι:

- ο τύπος και το μέγεθος του υλικού του πυθμένα και των πρανών του αγωγού
- το σχήμα του αγωγού

Η πλέον ακριβής μέθοδος για τον προσδιορισμό του συντελεστή Manning n σε ένα ποταμό είναι η επιτόπια μέτρηση. Η μέθοδος αυτή περιλαμβάνει μετρήσεις πεδίου της παροχής, του βάθους ροής και των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της διατομής για μια εκτεταμένη χρονική περίοδο αλλά και η πλέον δαπανηρή μέθοδος.

Αν δεν υπάρχει η δυνατότητα μετρήσεων πεδίου μπορεί να εφαρμόσει η «φωτογραφική» μέθοδος. Υπάρχουν διάφορες πηγές, όπως για παράδειγμα το βιβλίο του Chow (1959), παρουσιάζονται φωτογραφίες ποταμών με τους αντίστοιχους συντελεστές Manning n . Με «οπτική σύγκριση» του ποταμού που εξετάζουμε με αντίστοιχο ποταμό με γνωστό συντελεστή Manning n μπορεί να γίνει μια αρχική επιλογή του συντελεστή Manning n .

Προσδιορισμός του συντελεστή Manning n με βάση τις μετρήσεις πεδίου & θεωρώντας **ομοιόμορφη ροή**

Κατάντη τμήμα :

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της κατάντης διατομής του ποταμού Κοσύνθου υπολογίστηκε σύμφωνα με την μηκοτομή , όπου σχεδιάστηκε σύμφωνα με τις μετρήσεις πεδίου.

Η βρεχόμενη περίμετρος της κατάντη διατομής υπολογίστηκε $P=43.88$ m, και η παροχή $Q= 1.657\text{m}^3/\text{sec}$. Το εμβαδόν της διατομής κατάντη είναι: $A= 3.111$ τ.μ.

Θεώρωντας ως κλίση πυθμένα :

- $S_o=0.01$
- $S_o =0.008$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{3.111}{43.88} = 0.070$$

Από τον τύπο έχω :

$$Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S_o^{\frac{1}{2}}$$

ο όποιος τύπος μετασχηματίζεται σε :

$$n = \frac{AR^{2/3}S_o^{1/2}}{Q}$$

- Άρα για $S_o = 0.01$ έχουμε συντελεστή Manning **$n = 0.032$**
- και για $S_o = 0.008$ έχουμε $n = 0.02877$.

Προσδιορισμός του συντελεστή Manning n με βάση τις μετρήσεις πεδίου & θεωρώντας ομοιόμορφη ροή

Ανάκτη τμήμα :

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της κατάντης διατομής του ποταμού Κοσύνθου υπολογίστηκε σύμφωνα με την μηκοτομή (Σχήμα 3.4), όπου σχεδιάστηκε σύμφωνα με τις μετρήσεις πεδίου.

Η βρεχόμενη περίμετρος της ανάντη διατομής υπολογίστηκε $P=27.22$ m, και η παροχή

$Q= 1.657\text{m}^3/\text{sec}$. Το εμβαδόν της διατομής ανάντη είναι: $A= 4.912$ τ.μ.

Θεώρωντας ως κλίση πυθμένα : $S_0 = 0.008$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{4.912}{27.22} = 0.181$$

Από τον τύπο έχω :

$$Q = \frac{1}{n} A R^{\frac{2}{3}} S_0^{\frac{1}{2}}$$

ο όποιος τύπος μετασχηματίζεται σε :

$$n = \frac{AR^{2/3}S_0^{1/2}}{Q}$$

και για $S_0 = 0.008$ έχουμε συντελεστή **Manning $n = 0.085$**

Εξίσωση γραμμικών απωλειών ενέργειας

- Ομοιόμορφη ροή (ισορροπία δυνάμεων)
- Θεωρητικοί λόγοι, η κλίση γραμμικών απωλειών ίση με την κλίση του πυθμένα σε ανοικτούς αγωγούς

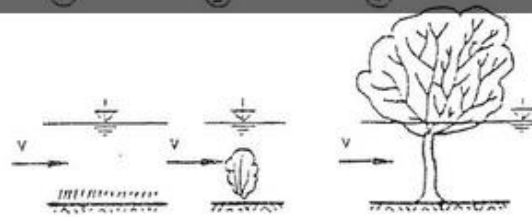
$$\rho g R S_0 = \frac{1}{2} \left(\frac{f}{4} \right) \rho V^2 \Leftrightarrow_{S_0=S_f}$$

$$S_f = \frac{f}{2g} \frac{1}{4R} V^2 \Leftrightarrow h_f = f \frac{L}{4R} \frac{V^2}{2g}$$

**Εξ. Darcy – Weisbach για
τη κυκλικούς αγωγούς
(πιο ακριβής).**

Στο ελληνικό χώρο για
ανοικτούς αγωγούς
προτιμάτε η εξίσωση του
Manning

Θέματα ποταμιας υδραυλικής



δημιουργία
βιόβιο-τεφύ

$$K_s = \frac{i}{h}$$

Σχήμα 4.1 : Χαμηλή (a), μέση (b) και υψηλή (c) βλάστηση

Η χαμηλή βλάστηση μπορεί να περιγραφεί επαρκώς με την τιμή του μέτρου τραχύτητας k_s . Στην υψηλή βλάστηση, το ύψος της h_p είναι μεγαλύτερο του βάθους ροής h . Τρεις παράμετροι χρησιμοποιούνται για τη γεωμετρική περιγραφή της βλάστησης (Σχ. 4.2):

- a_x : απόσταση των φυτών κατά τη διεύθυνση της ροής
- a_y : απόσταση των φυτών κάθετα προς τη διεύθυνση της ροής
- d_p : πλάτος των φυτών κάθετα προς τη διεύθυνση της ροής

Ο συντελεστής αντίστασης (ή τριβής) λ_p για μια ομάδα φυτών, που διαρρέεται από το νερό, υπολογίζεται με τη βοήθεια της σχέσης

$$\lambda_p = \frac{4 A_p}{a_x a_y} C_{WR}$$

Χρυσή-2014

(4.7)

A_p : επιφάνεια φυτού που αντιστέκεται στην κίνηση του νερού

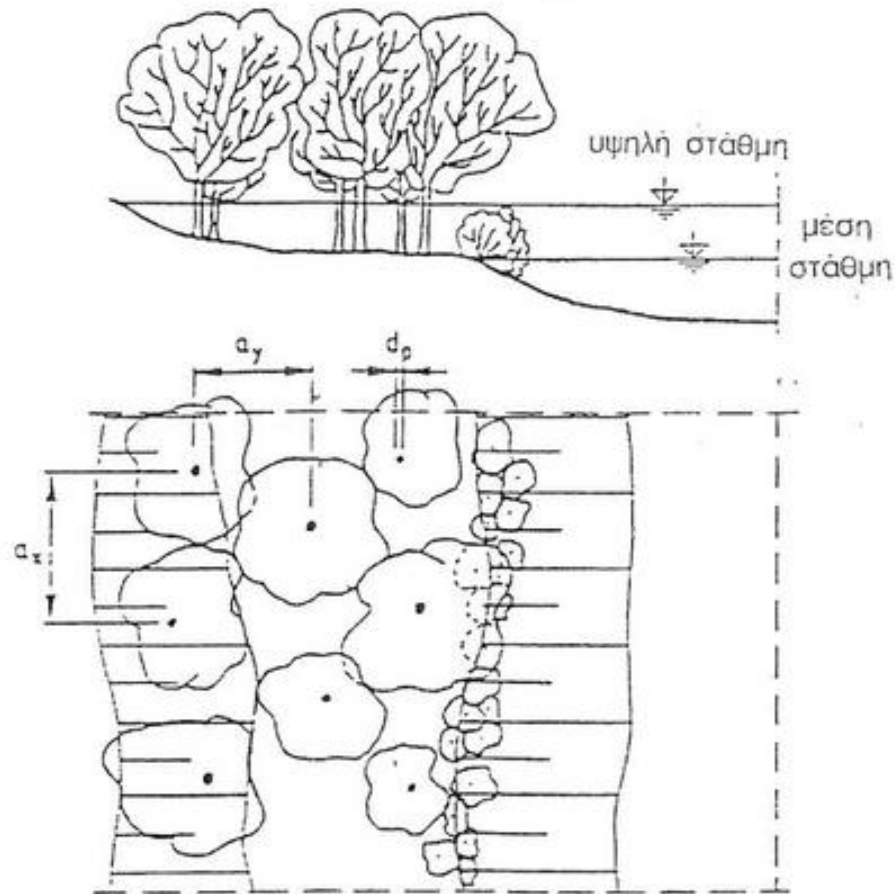
$$A_p = h d_p$$

C_{WR} : παράμετρος αντίστασης της ομάδας φυτών.

Οι τιμές της κυμαίνονται μεταξύ 0.6 και 2.4. Για προσεγγιστικούς υπολογισμούς συνιστάται η τιμή 1.5.

Για τα μεγέθη a_x , a_y και d_p χρησιμοποιούνται μέσες τιμές.

Η αντίσταση στη ροή εκ μέρους της βλάστησης μέσου ύψους λαμβάνεται υπόψη είτε με τη μορφή του συντελεστή k_s είτε σύμφωνα με τα παραπάνω αναφερθέντα για την υψηλή βλάστηση.



Σχήμα 4.2: Γεωμετρικά στοιχεία ομάδας δένδρων

Ανοικτοί αγωγοί στρωμένοι με βράχους

Για κανάλια στρωμένα με βράχους όπως αυτά που εμφανίζονται σε κάποια φυσικά ρεύματα ή ανεπένδυτους αγωγούς, οι μεγαλύτεροι βράχοι είναι υπεύθυνοι για την παραγωγή του μεγαλύτερου ποσοστού της αντίστασης στη ροή και ουσιαστικά δεν υπάρχει αντίσταση που να οφείλεται στις επιδράσεις του ιξώδους. Επομένως, η παράγοντας τριβής είναι ανεξάρτητος από τον αριθμό Reynolds. Αυτό είναι ανάλογο με την πλήρως τραχεία περιοχή του διαγράμματος Moody για τη ροή σωλήνα. Για ένα κανάλι που είναι στρωμένο με βράχους, ο Limerinos (1) έχει δείξει πως ο συντελεστής τριβής f μπορεί να οριστεί συναρτήσει του μεγέθους του βράχου στο ρεύμα ως

$$f = \frac{1}{\left[1.2 + 2.03 \log\left(\frac{R_h}{d_{84}}\right)\right]^2} \quad (15.10)$$

όπου d_{84} είναι ένα μέτρο του μεγέθους του βράχου¹.

¹Οι περισσότεροι βράχοι που υπάρχουν σε ποτάμια είναι κάπως ελλειπτικοί ως προς το σχήμα τους. Ο Limerinos (1) εστίασε πως η ενδιάμεση διάσταση d_{84} συσχετίζεται στον καλύτερο δυνατό βαθμό με το f . Το d_{84} αναφέρεται στη διάσταση του βράχου (ενδιάμεση διάσταση) για το οποίο το 84% των βράχων στο τυχαίο δείγμα, είναι μικρότερη σε μέγεθος από το d_{84} . Πληροφορίες για την επιλογή του δείγματος μπορούν να βρεθούν στην αναφορά Wolman (3).

^ Μία εναλλακτική μέθοδος για την επιλογή του συντελεστή η είναι η μέθοδος του Cowan (1956). Η μέθοδος περιλαμβάνει την επιλογή μιας αρχικής τιμής βά-

Πίνακας 6.3: Τιμές για τον προσδιορισμό του n με τη μέθοδο Cowan (1956).

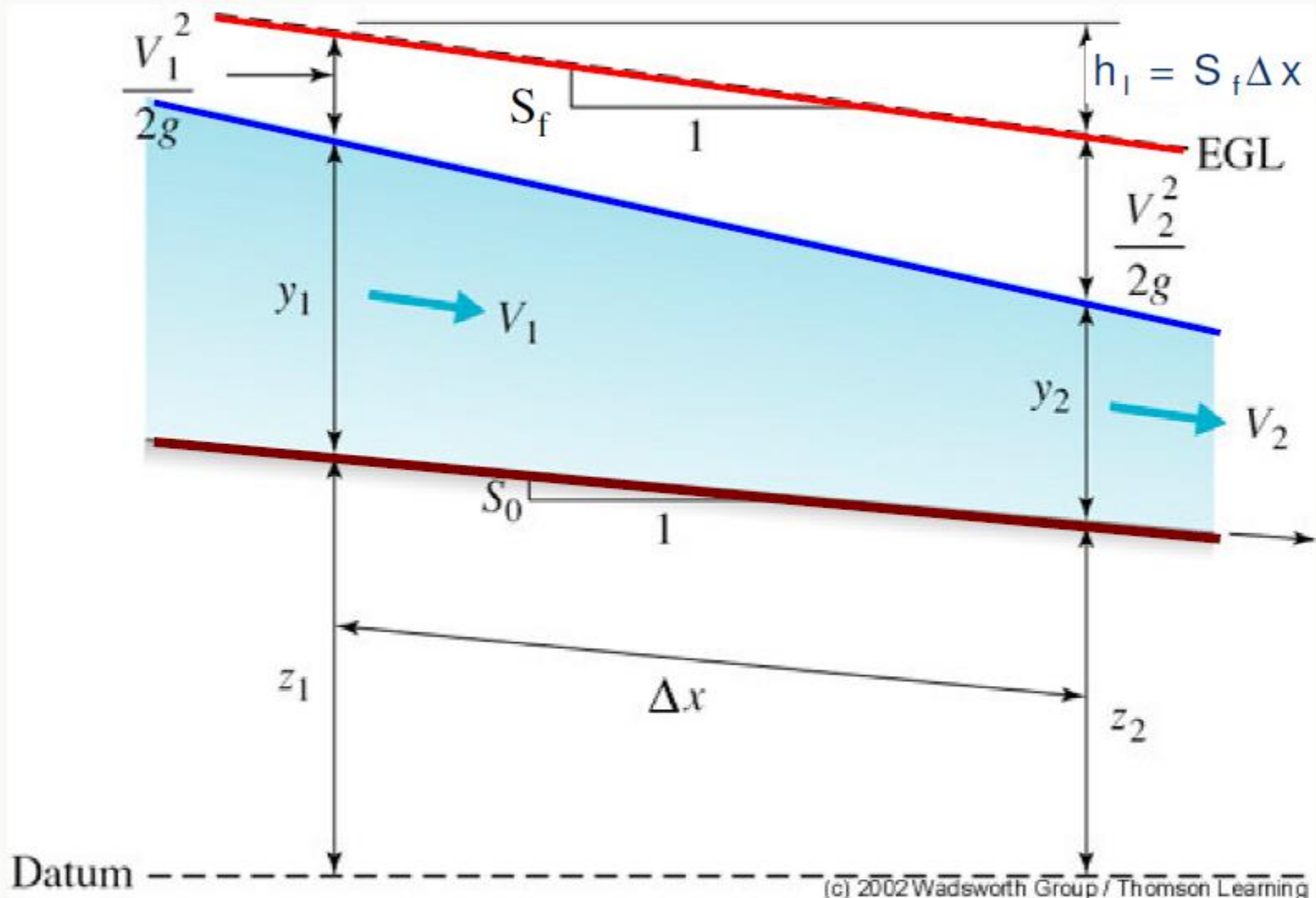
Συνθήκες αγωγού			Τιμή
Υλικό	Χώμα	n ₀	0.02
	Βράχος		0.025
	Λεπτό Χαλίκι		0.024
	Χοντρό Χαλίκι		0.028
Βαθμός Ανομοιομορφίας	Ήπιος	n ₁	0.000
	Μέτριος		0.005
	Μέσος		0.010
	Σημαντικός		0.020
Μεταβολές στη διατομή	Βαθμιαίες	n ₂	0.000
	Εναλλασσόμενες σπάνια		0.005
	Εναλλασσόμενες συχνά		0.010 - 0.015
Επίδραση εμποδίων	Αμελητέα	n ₃	0.000
	Μικρή		0.010 - 0.015
	Μέση		0.025 - 0.050
	Μεγάλη		0.040 - 0.060
Βλάστηση	Χαμηλή	n ₄	0.005 - 0.010
	Μέση		0.010 - 0.025
	Υψηλή		0.025 - 0.050
	Πολύ Υψηλή		0.050 - 0.1
Βαθμός μαιανδρισμού	Μικρός	M ₅	1.000
	Μέσος		1.150
	Μεγάλη		1.300

ροής και του μαιανδρισμού του αγωγού. Με τη μέθοδο αυτής η τιμή του n υπολογίζεται όπως

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)M_5$$

όπου n_0 = βασική τιμή, n_1 = τιμή διόρθωσης λόγω διαφορετικής τραχύτητας στον πυθμένα και στα πρανή, n_2 = τιμή διόρθωσης για μεταβολή στο σχήμα και στο μέγεθος της διατομής κατά μήκος της ροής, n_3 = τιμή διόρθωσης για τυχόν εμπόδια που υπάρχουν στη διατομή (βράχοι, δέντρα κλπ), n_4 = τιμή διόρθωσης για τη βλάστηση και τις συνθήκες ροής, M_5 = τιμή διόρθωσης για τον μαιανδρισμό του αγωγού, που ορίζεται σαν ο λόγος του μήκους κατά μήκος του κεντρικού άξονα του αγωγού (μεταξύ δύο σημείων) ως προς το μήκος της ευθείας γραμμής που ενώνει τα δύο αυτά σημεία.

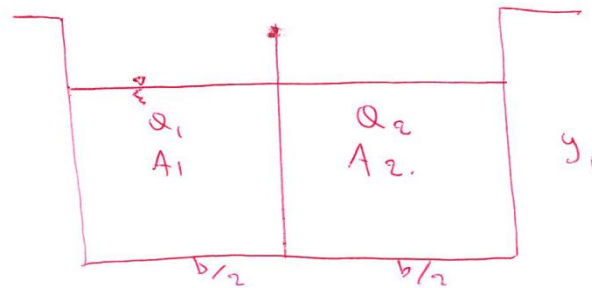
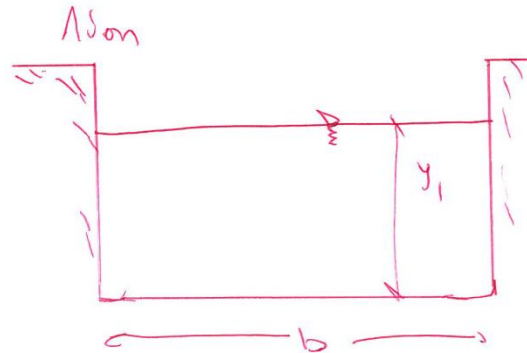
Non-uniform gradually varied flow. $S_f \neq S_w \neq S_0$



Ερώτηση κρίσης

Έστω διατομή ορθογώνια πλάτους b
 Μεταφέρει παροχή Q (m^3/s) και βάθος ροής y_1

Έστω δύο ενιαίοι αγωγοί, πλάτους $b/2$
 ο καθένας και βάθος ροής y_1 ίσους
 $Q = Q_1 + Q_2$ (?), για ίδια ποιότητα υλίου
 η Δύρωση



Εξ/ησ άνωθεν Μεννίνσ

θρυφρας ο ποσός πορτα ρ~η.

$$Q = \frac{1}{\eta} (b y_1) \left(\frac{b y_1}{b + 2 y_1} \right)^{2/3} S_0^{1/2}$$

$$Q_1 = Q_2 = \frac{1}{\eta} \left(\frac{b y_1}{2} \right) \left(\frac{\frac{b y_1}{2}}{b/2 + 2 y_2} \right) S_0^{1/2} =$$

$$= \frac{1}{2} \frac{1}{\eta} b y_1 \left(\frac{b y_1 / 2}{b + 4 y_1} \right)^{2/3} S_0^{1/2} =$$

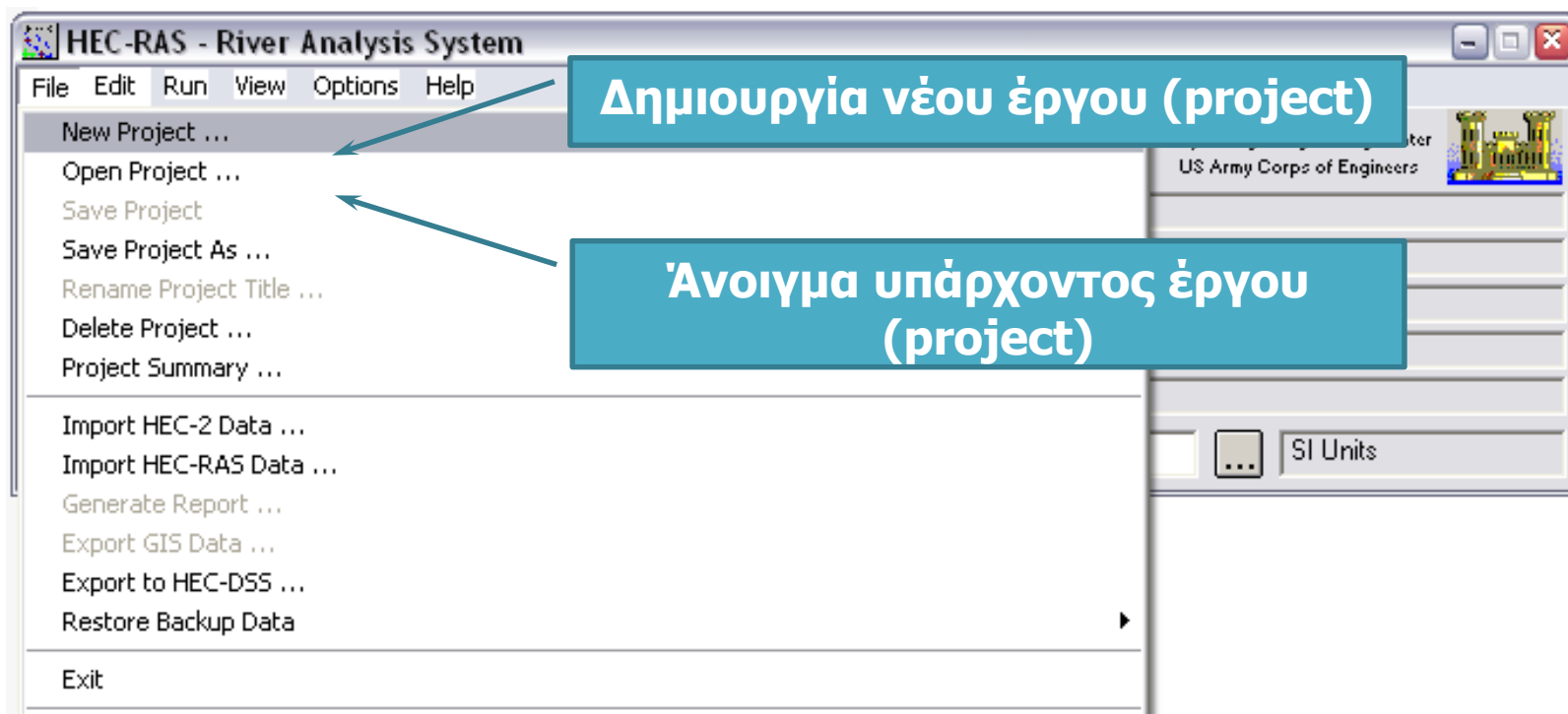
$$\leq \frac{1}{2} \frac{1}{n} b y_1 \left(\frac{b y_1}{b + 4 y_1} \right)^{2/3} \cdot S_0^{1/2} \leq$$

$$\leq \frac{1}{2} \frac{1}{n} b y_1 \left(\frac{b y_1}{b + 2 y_1} \right)^{2/3} \cdot S_0^{1/9} = Q/2$$

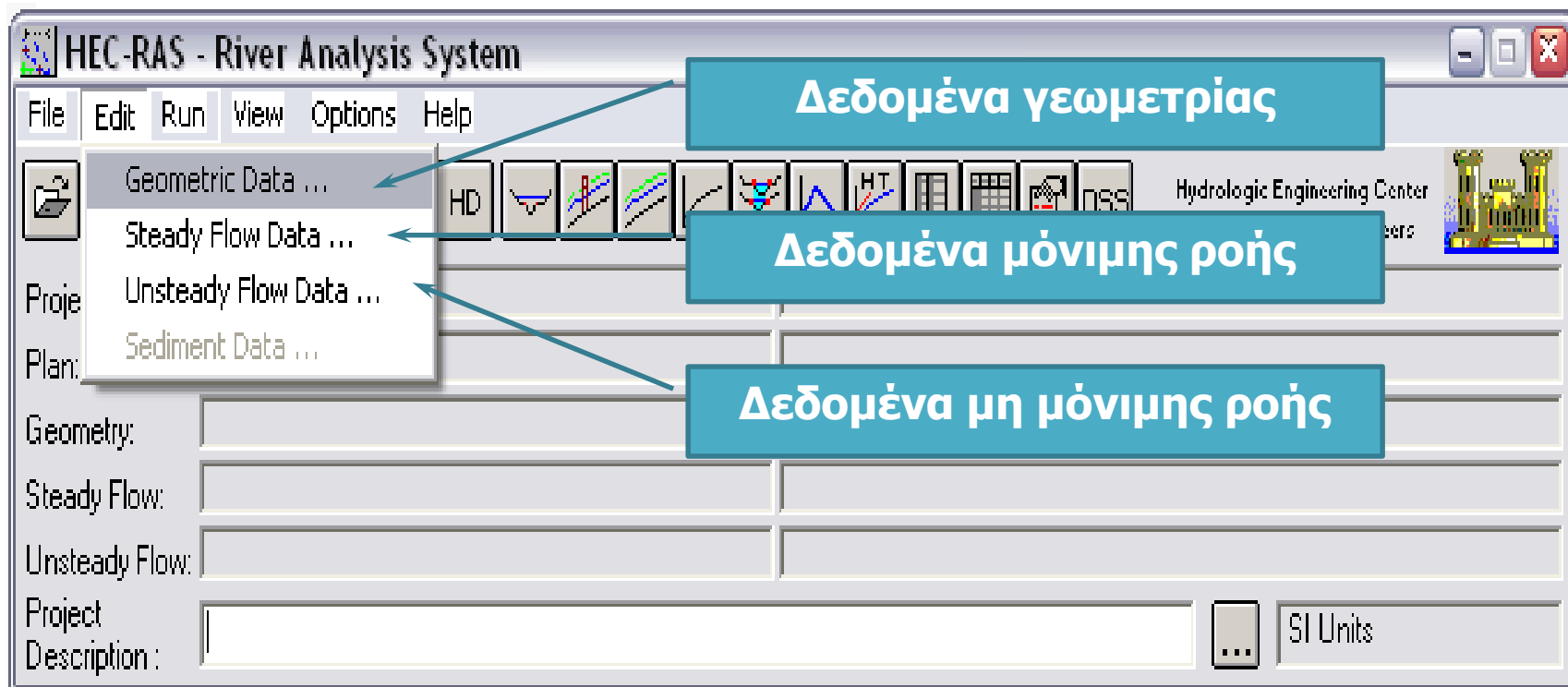
$$\text{όρα } Q \geq Q_1 + Q_2$$

Προφανώς μία διατομή δεν είναι υδραυλικά ισοδύναμη με δύο μισές

ΒΑΣΙΚΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ HEC – RAS



ΒΑΣΙΚΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ HEC – RAS



ΒΑΣΙΚΟ ΠΑΡΑΘΥΡΟ HEC – RAS

Γεωμετρικά Δεδομένα

- Ορισμός άξονα υδατορρεύματος
- Ορισμός διατομών υδατορρεύματος
 - Χιλιομετρική θέση διατομής
 - Γεωμετρία διατομής (εδάφους)
 - Από χάρτη ΓΥΣ κλίμακας 1:5000
 - Από τοπογραφική αποτύπωση (η ιδανικότερη λύση)
 - Απώλειες (manning & contraction/expansion coefficients)
- Εναλλακτικά :
 - Εισαγωγή δεδομένων από HEC-2
 - Εισαγωγή δεδομένων από GIS
- Επιπλέον εργαλεία :
 - Διευθέτηση κοίτης ποταμού
 - Ψηφιακή πύκνωση των διατομών του μοντέλου κατά μήκος του υδατορρεύματος

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Geometric Data - kosynthos stathero n=0.06

File Edit View Tables Tools GIS Tools Help

Tools River Reach Storage Area S.A. Conn. Pump Station RS Plot WS extents for Profile: (none)

Editors

Junct. Cross Section Bdg/Culv Inline Structure Lateral Structure Storage Area Storage Area Conn. Pump Station HTab Param. View Picture

1. Χάραξη άξονα υδατορεύματος

2. Γεωμετρική περιγραφή διατομών υδατορεύματος

3. Γεωμετρική περιγραφή γέφυρας/ων

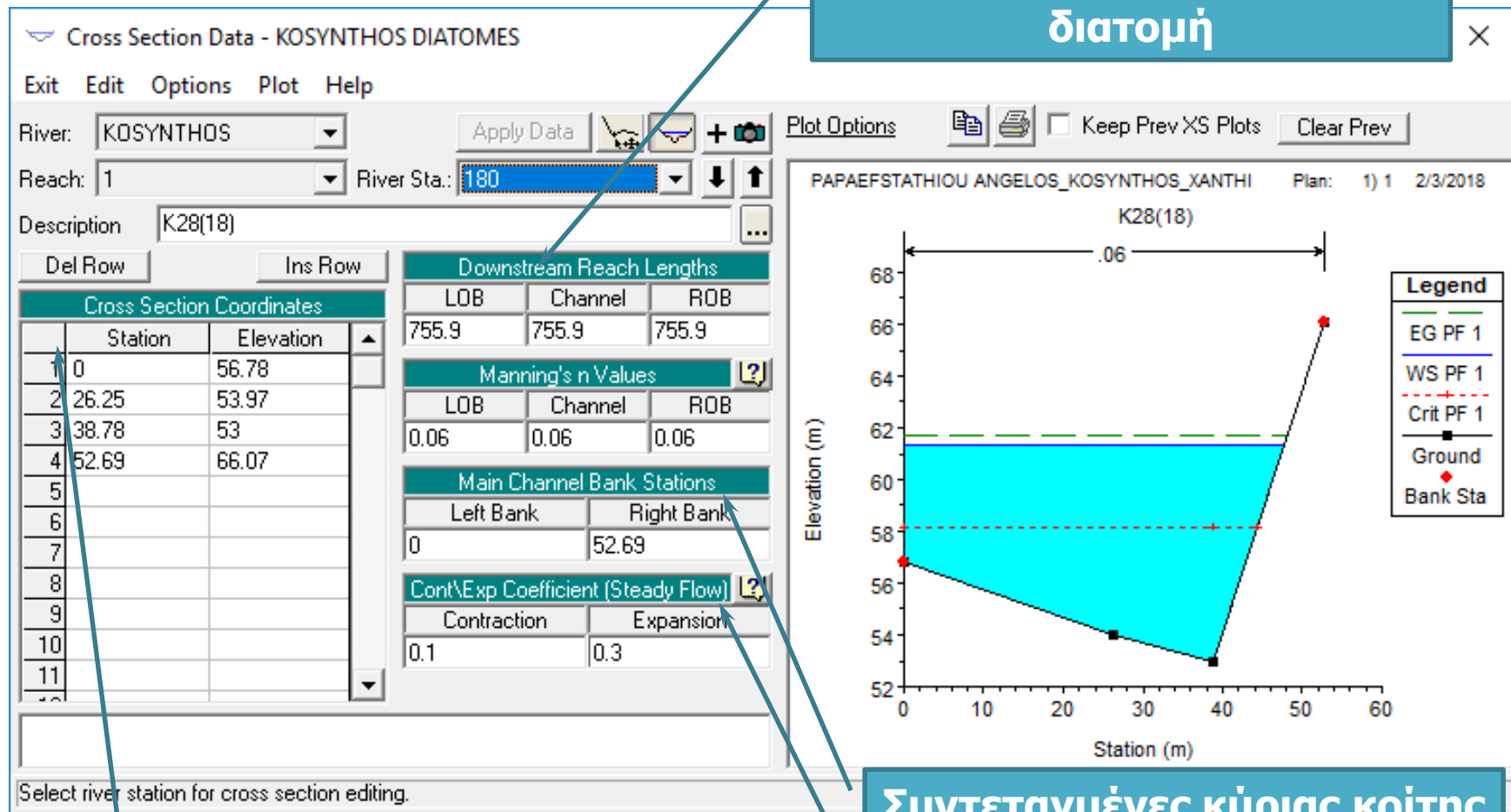
4. Γεωμετρική περιγραφή έργων υπερχείλισεως

None of the XS's are Geo-Referenced (— Geo-Ref user entered XS — Geo-Ref interpolated XS — Non Geo-Ref user entered XS — Non Geo-Ref interpolated XS)

5.30, 238.90

ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Απόσταση από κατάντη διατομή



Συντεταγμένες διατομής

Συντεταγμένες κύριας κοίτης

Συστολή/διαστολή ροής