

# Π. 1. 1 ΥΔΡΑΥΛΙΚΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΔΙΩΡΥΓΑΣ

Τα δεδομένα για τον υδραυλικό υπολογισμό της διώρυγας σε συνθήκες ομοιόμορφης ροής είναι:

- 1) παροχή υπολογισμού  $Q = 29 \text{ m}^3/\text{s}$
- 2) κλίση πρανών  $m = 1,5$
- 3) πλάτος βτέγους αναχώματος  $\eta = 3\text{m}$
- 4) συντελεστής Μάννινγκ  $n = 0,014$

## Υδραυλικός Υπολογισμός τμήματος Α-Β.

1. προβορισμός κλίση Σο του πυθμένα.

ρχικά θα πρέπει να ληφθεί η κλίση  $S_0$  της διώρυγας. Συνήθως η κλίση της διώρυγας λαμβάνεται ίση με τη μέση κλίση του εδάφους. Ο προσδιορισμός της μέσης κλίσης του εδάφους θα γίνει με τη ΜΕΘΟΔΟ ΤΩΝ ΕΛΑΧΙΣΤΩΝ ΤΕΤΡΑΓΩΝΩΝ.

για το τμήμα Α-Β είναι:

$x(m)$	0	200	500	700	1000	1150
$y(m)$	21,00	21,60	21,20	20,60	20,80	20,40

εξίσωση μέσης ευθείας εδάφους (ευθεία παραδιδρόμησης):

$$y = a + \beta x, \quad \text{όπου } a = \bar{y} - \beta \bar{x} \quad \text{και} \quad \beta = \frac{\sum x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sum x_i^2 - n \bar{x}^2}$$

εδομένου ότι,  $n = 6$ ,  $\bar{x} = 591,67\text{m}$ ,  $\bar{y} = 20,93\text{m}$

$$\sum x_i^2 = 3102.500 \quad \text{και} \quad \sum x_i y_i = 73600$$

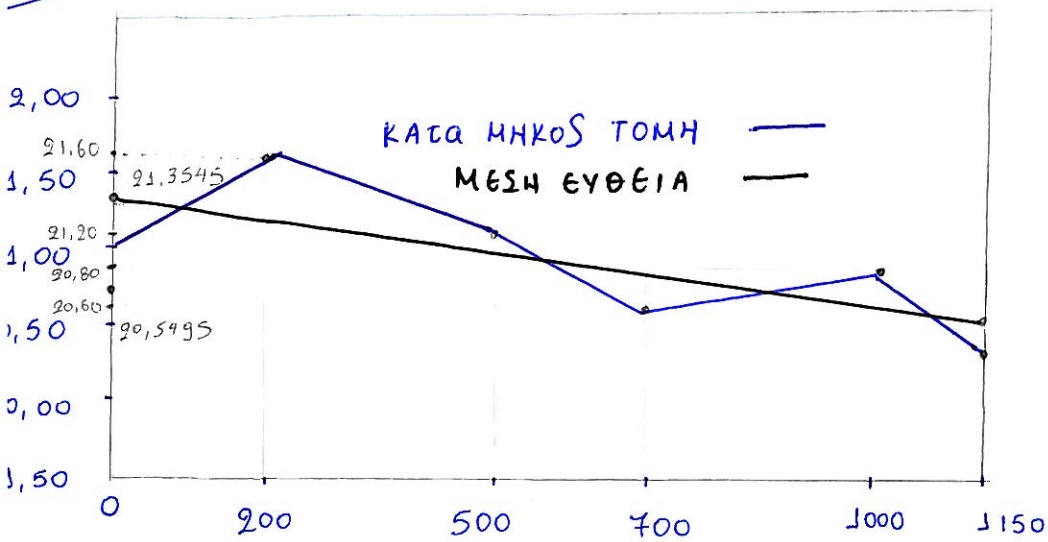
ρα, με εφαρμογή των παραπάνω δεδομένων στην εξίσωση μέσης ευθείας, έχουμε:  $a = 21,3545$  και  $\beta = -0,0007$

Οπότε,  $y = 21,3545 - 0,0007 x$

ελικά, επιλέγεται ως κλίση διώρυγας για το τμήμα Α-Β η τιμή  $S_0 = 0,0007$

Με βάση τα στοιχεία που δίνονται για την ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΗ του εδάφους καθώς και την εξίσωση της ΜΕΣΗΣ ΕΥΘΕΙΑΣ παρουσιάζεται το ακόλουθο γράφημα.

ΥΨΟΣ (m)



Απόσταση (m)

Για μήκος τομή του εδάφους, και η μέση ευθεία για το ΤΜΗΜΑ A-B

## 2. διαβατιολόγηση διατομής

$$Q = b^{8/3} f_{\bar{\eta}} \frac{\sqrt{S_0}}{\eta} \Rightarrow \boxed{f_{\bar{\eta}} = \frac{\eta \cdot Q}{b^{8/3} \cdot S_0^{1/2}}$$

ο  $\eta = 0,014$ ,  $Q = 29 \text{ m}^3/\text{s}$  και  $S_0 = 0,0007$ , προκύπτει

$$\boxed{f_{\bar{\eta}}(\bar{\eta}) = \frac{15,345}{b^{8/3}}$$

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται:  
 Για διάφορες τιμές του  $b$  υπολογίζονται τα υδραυλικά στοιχεία της ροής

Τιμές του  $\bar{\eta}$  από  $f_{\bar{\eta}}$  με βάση τους πίνακες του Κ. Μπέλλα που ισχύουν για ομοιομορφή ροή σε τραπεζοειδή διατομή.

b (m)	$\bar{y}_n$	$y_n$	A (m <sup>2</sup> )	B (m)	P [m]	V [m <sup>3</sup> /s]	b/y <sub>n</sub>
2.0	2,4167	1,187	13,18	9,10	10,56	2,200	0,842
2.5	1,3329	0,902	13,28	9,28	10,63	2,183	1,109
3.0	0,8197	0,713	13,30	9,44	10,71	2,180	1,403
3.5	0,5434	0,583	13,35	9,58	10,86	2,172	1,715
4.0	0,3806	0,486	13,44	9,83	11,01	2,158	2,058
4.5	0,2780	0,412	13,56	10,13	11,18	2,139	2,427
5.0	0,2100	0,356	13,68	10,37	11,42	2,120	2,809
5.5	0,1628	0,31	13,74	10,62	11,65	2,110	3,226
6.0	0,1291	0,273	13,76	10,80	11,91	2,108	3,663

$$y_n = \frac{y_n}{b} \Rightarrow y_n = b \cdot \bar{y}_n, \quad P = b + 2 y_n \sqrt{1 + m^2}$$

$$\bar{A} = \frac{A}{b^2} \Rightarrow A = \bar{A} \cdot b^2$$

όπου P: βρεχόμενη  
περίμετρος

$$A = \left(\frac{B+b}{2}\right) \cdot y_n \Rightarrow B = \frac{2A}{y_n} - b, \quad V = \frac{Q}{A} = \frac{2g}{A}$$

α την οικονομικότητα ΔΙΑΤΟΜΗΣ, επειδή η ΠΑΡΟΧΗ είναι μεγάλη  
πρέπει  $\frac{b}{y_n} > 3$ . Άρα,  $b = 5,5 \text{ m}$  και  $y_n = 1,70 \text{ m}$

### 3. Προδιορισμός κλίσης βάθους και κλίσης κλίσης

Για τη λύση που επιλέχτηκε ( $b = 5,5 \text{ m}$ ) πρέπει να προσδιοριστεί:

- 1) Το βάθος της κλίσης ποταμού
- 2) Η κλίση κλίση για τη δεδομένη παροχή ( $Q = 29 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ )
- 3) Η παροχή για την οποία η κλίση του αγωγού καθίσταται ίση με την κλίση κλίση.

1) Η συνάρτηση της κρίσιμης ροής είναι :

$$f_c(\bar{y}_c) = \frac{Q}{b^{5/2}} \sqrt{\frac{a}{g \cos \theta}} \Rightarrow \bar{f}_c = \frac{Q}{b^{5/2} \sqrt{g}}$$

για συντελεστή Coriolis,  $a=1$ ,  $\cos \theta = 1$  ( $\theta \geq 0$ , η κλίση του εδάφους σχεδόν μηδαμινή)

για  $b=5,5\text{m}$  και  $Q=29\text{m}^3/\text{s}$ ,

η συνάρτηση κρίσιμης ροής  $\bar{f}_c(\bar{y}_c) = 0,1305$

Με την χρήση ΠΙΝΑΚΩΝ, προκύπτει  $\bar{y}_c = 0,228$ , οπότε το κρίσιμο βάθος ροής θα είναι:

$$y_c = \bar{y}_c * b = 0,228 * 5,5 \Rightarrow$$

$$\boxed{y_c = 1,254\text{m}}$$

ο ομοιόμορφο βάθος είναι  $y_n = 1,705\text{m}$ , οπότε  $y_c < y_n$ ,  
ερα η ροή είναι υποκρίσιμη.

για λόγους ασφαλείας το κρίσιμο βάθος ροής πρέπει να είναι μικρότερο του βάθους ομοιόμορφης ροής που προκύπτει για συντελεστή Manning  $n' = n - 0,003 = 0,011$

για  $n' = 0,011$ , η συνάρτηση Αγωγιμότητας δίνει:

$$\bar{f}_n(\bar{y}'_n) = \frac{Q \cdot n'}{b^{8/3} \cdot S_0^{1/2}} \Rightarrow \bar{f}_n(\bar{y}'_n) = 0,1279$$

Με τη χρήση ΠΙΝΑΚΩΝ, προκύπτει ότι:  $\bar{y}'_n = 0,272$   
αυτο βάθος ομοιόμορφης ροής για μειωμένο συντελεστή Manning είναι:

$$y'_n = \bar{y}'_n \cdot b = 0,272 * 5,5 \Rightarrow \boxed{y'_n = 1,496\text{m}}$$

η ροή είναι ασφαλώς υποκρίσιμη αφού

2) κρίσιμη κλίση

$$\underline{y_c < y'_n}$$

κρίσιμη κλίση για δεδομένη παροχή  $Q = 29\text{m}^3/\text{s}$  βρίσκεται αν υποθέσει υπόψη το μεταβατικό βάθος ροής ίσο με το κρίσιμο βάθος ροής, δηλαδή  $y_t = y_c = 1,254\text{m} \Rightarrow$

Με χρήση ΠΙΝΑΚΩΝ

$$\bar{y}_t = \bar{y}_c = 0,228$$

για  $\bar{y}_c = \bar{y}_t = 0,228$  με γραμμική παρεμβολή

$$\bar{f}_t(\bar{y}_t) = 0,5099 \approx 0,51$$

Επίλυση Συνάρτησης μεταβατικής ροής ως προς την κλίση  $S_0$

$$\bar{f}_t(\bar{y}_t) = \frac{g \cdot n^2 \cdot \cos \theta}{a + S_0 \cdot b^{4/3}} = 0,51 \quad \Rightarrow \quad S_0 = \frac{9,81 \cdot 0,014^2 \cdot \cos 0^\circ}{1 \cdot 0,51 \cdot 5,5^{4/3}}$$

$a = 1$  (κυρβώδης ροή)

$\theta = 0$  (κλίση εδάφους)

$n = 0,014$  (Manning)

$$\Rightarrow S_0 = 0,00214 \quad \left( \begin{array}{l} \text{ΚΡΙΣΙΜΗ} \\ \text{ΚΛΙΣΗ} \end{array} \right)$$

υπολογισμός παροχής για την οποία η κλίση του αγωγού καθίσταται ίση με την κρισιμη κλίση.

Η συνάρτηση μεταβατικής ροής  $\bar{f}_t(\bar{y}_t) = \frac{g \cdot n^2 \cdot \cos \theta}{a \cdot S_0 \cdot b^{4/3}}$  για  $S_0 = 0,0007$   
 δίνει:  $\bar{f}_t(\bar{y}_t) = 1,5561$

πειδή αυτή η τιμή είναι μεγαλύτερη της μέγιστης τιμής των πινάκων, δηλαδή εκτός φυσικών μετεθών, το μεταβατικό βάθος ροής που αντιστοιχεί στην τιμή αυτή θα προκύψει με τη μέθοδο διαδοχικών προσεγγίσεων από την εξίσωση  $\rightarrow \bar{f}_t(\bar{y}_t) = \frac{\bar{B} \cdot \bar{R}^{4/3}}{\bar{A}}$

που  $\bar{B} = \frac{B}{b} = 1 + 2m\bar{y}$

$\bar{A} = \frac{A}{b^2} = (1 + m\bar{y})\bar{y}$

$\bar{P} = \frac{P}{b} = 1 + 2\bar{y}\sqrt{1+m^2}$

$\bar{R} = \frac{\bar{A}}{\bar{P}}$

όπου  $m = 1,50$

Μέθοδος διαδοχικών προσεγγίσεων για διάφορες τιμές στο  $\bar{y}$ .

$\bar{y}$	$\bar{B}$	$\bar{A}$	$\bar{P}$	$\bar{R}$	$\bar{f}_t(\bar{y}_t)$
10.00	31,000	160000	37,056	4,3178	1,3623
11.00	34,000	192500	40,662	4,7342	1,4040
12.00	37,000	228000	44,267	5,1505	1,4435
15.00	46,000	352500	55,084	6,3993	1,5504
15.50	47,500	375875	55,887	6,6074	1,5668
15.20	46,600	361760	55,805	6,4826	1,5570
15.17	46,510	360363	55,697	6,4701	1,5560

X: βάθος εκκαφής

Y: απόσταση μετάξυ πυθμένα εκκαφής και βτέγης αναχωμάτων

$$Y = \delta + y_n + f$$

h: (ύψος ανοιχωμάτων) =  $Y - X = (\delta + y_n + f) - X$

Ek: (εμβαδόν εκκαφής) =  $(b_c + m X) X$

En: (εμβαδόν επίχωσης) =  $2 [n + m (Y - X)] (Y - X)$

l: πλάτος βτέγης αναχώματος (n = 3)

Ισοζυγιο εκκαφών και επίχωσεων:  $E_k = E_n$

$$k = (b_c + m X) X$$

$$n = 2 [n + m (Y - X)] (Y - X)$$

$$k = E_n \Rightarrow b_c X + m X^2 - 2 [n + m Y - m X] (Y - X) = 0 \Rightarrow$$

$$m X^2 - (b_c + 4m Y + 2n) X + 2Y (n + m Y) = 0 \Rightarrow$$

είναι της μορφής:

$$A X^2 - B X + \Gamma = 0$$

•  $A = m = 1,5$

•  $B = b_c + 4m Y + 2n = 5,548 + (4 * 1,5 * 2,88) + 2 * 3 = 28,828$

που  $Y = \delta + y_n + f = 0,08 + 1,70 + 1,10 = 2,88 \text{ m}$

ΑΠΟΣΤΑΣΗ από τον ΠΥΘΜΕΝΑ ΕΚΚΑΦΗΣ μέχρι την βτέγη των ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΝ.

$$\Gamma = 2Y (n + m Y) = 2 * 2,88 * [3 + 1,5 * 2,88] = 42,1632$$

τότε, από τη Δευτεροβάθμια Εξίσωση:

$$1,5 X^2 - 28,828 X + 42,1632 = 0$$

λύνουμε:  $X_1 = 17,4417 \text{ m}$   
(εκτός πραγματικότητας)

και  $X_2 = 1,413 \text{ m}$

(μέσο βάθος εκκαφής)

ΑΠΟΡΡΙΠΤΕΤΑΙ  
πολύ μεγάλο βάθος.

Εξίσωση του πυθμένα εκκαφής:

Προκύπτει αν από την εξίσωση της ΜΕΣΗΣ ευθείας του εδάφους αφαιρεθεί η ποσότητα  $X = 1,413m$

$$Y = 21,3545 - 0,0007 X \Rightarrow Y = 19,942 - 0,0007 X$$

Βάθος εκκαφής σε κάθε διατομή,

ΔΙΑΤΟΜΗ	1	2	3	4	5	6
ΑΠΟΣΤΑΣΗ (m)	0	200	500	700	1000	1150
ΥΨΟΜ. ΦΥΣΙΚΟΥ ΕΔΑΦ.	21,00	21,60	21,20	20,60	20,80	20,40
ΥΨΟΜ. ΠΥΘΜΕΝΑ ΕΚΚ.	19,942	19,802	19,592	19,452	19,242	19,137
ΒΑΘΟΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	1,058	1,798	1,608	1,148	1,558	1,263

Για τον υπολογισμό του βάθους εκκαφής κάθε διατομής, αφαιρείται από το υψόμετρο του φυσικού εδάφους, το υψόμετρο του πυθμένα εκκαφής.

Από την εξίσωση  $Y = 19,942 - 0,0007 X$  αφαιρείται η ποσότητα  $X = 1,413m$  προκύπτει η εξίσωση του πυθμένα εκκαφής

Προέγερση χωματουργιών για μέσο βάθος εκκαφής  $X = 1,413m$ ,

ΔΙΑΤΟΜΗ		ΕΚΣΚΑΦΕΣ		ΕΠΙΧΩΣΕΙΣ		Αλγεβρικό άθροισμα
α/α	Χ.Θ.	Βάθος εκκαφής (x)	Όγκος (v)	Ύψος επιχ (H)	Όγκος (V)	
1	0 + 000	1,06	2242	1,82	3083	0
2	0 + 200	1,80	4151	1,08	3365	-841
3	0 + 500	1,61	2118	1,27	3180	+786
4	0 + 700	1,15	3101	1,73	4875	-1062
5	1 + 000	1,56	1626	1,32	2306	-1774
6	1 + 150	1,26		1,62		-680
ΑΘΡΟΙΣΜΑ			13238		16809	-3571

$$= (b_c + m \cdot X) \cdot X$$

$$= \left( \frac{E_i + E_{i+1}}{2} \right) \cdot L_i$$

$$\triangleright E_{\text{επιχώσεων}} = 2 [n + m(Y - X)] (Y - X)$$

$$E_{\text{επιχ}} = Y - X$$

$$Y = \delta + Y_n + F = 2,88m$$



Σύμφωνα με τον προηγούμενο ΠΙΝΑΚΑ προκύπτει περίβλεψη επιχωμάτων  $3571 \text{ m}^3$ . Οπότε, θα πρέπει να αυξηθεί το βάθος εκσκαφής

Παρακάτω θα υπολογιστεί πόσο μειώνεται η διαφορά μεταξύ επιχωμάτων και εκσκαφών για αύξηση του βάθους κατά  $1 \text{ cm}$ .

$$E_k = (b_e + mX)X \Rightarrow \frac{dE_k}{dX} = b_e + 2mX \Rightarrow$$

$$\Delta E_k = (b_e + 2mX)\Delta X \Rightarrow \Delta E_k = (5,548 + 2 * 1,5 * 1,413)\Delta X \Rightarrow$$

$$\Delta E_k = 9,787 \Delta X$$

Για  $\Delta X = 1 \text{ cm} \Rightarrow \Delta E_k = 0,09787 \text{ m}^2$

$\Delta V_k$  (αύξηση όγκου εκσκαφών) =  $0,09787 * 1150 = 112,55 \text{ m}^3$   
 (  $1150 \text{ m}$  : ΜΗΚΟΣ ΤΜΗΜΑΤΟΣ AB )

$\Delta V_H$  (αύξηση όγκου επιχωμάτων) =  $112,55 \text{ m}^3$

Τελικά για αύξηση του βάθους εκσκαφής κατά  $1 \text{ cm}$ , η διαφορά μεταξύ εκσκαφών & επιχωμάτων αυξάνεται κατά  $(112,55 + 112,55) = 225,10 \text{ m}^3 / \text{cm}$

Αυξάνουμε τα βάθη εκσκαφής όλων των διατομών κατά  $15 \text{ cm}$  ώστε να επιτύχουμε καλύτερο ΙΣΟΖΥΓΙΟ εκσκαφών και επιχωμάτων

→ Προέγερση χωματουργικών για τελικό βάθος εκσκαφής  $X = 1,563 \text{ m}$

ΔΙΑΤΟΜΗ		ΕΚΣΚΑΦΕΣ		ΕΠΙΧΩΣΕΙΣ		Αλγεβρικό άθροισμα
κ/α	κ. Θ	Βάθος εκσκαφής (X)	Όγκος (V)	Υψος επιχ (H)	Όγκος (V)	
1	0+000	1,21		1,67		
2	0+200	1,95	2543	0,93	2656	- 113
3	0+500	1,76	4640	1,12	2798	1842
4	0+700	1,30	2416	1,58	2745	- 329
5	1+000	1,71	3543	1,17	4215	- 672
6	1+150	1,41	1850	1,47	1982	- 132
ΑΘΡΟΙΣΜΑ			14992		14396	+ 596



## Υδραυλικός υπολογισμός τμήματος Γ-Δ

1. προβλεπόμενος κλίση  $S_0$  του τμήματος

• Υπολογισμός της κλίσης  $S_0$  της διώρυγας για το τμήμα (Γ-Δ) θα γίνει με την ίδια διαδικασία όπως στο τμήμα (Α-Β) με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

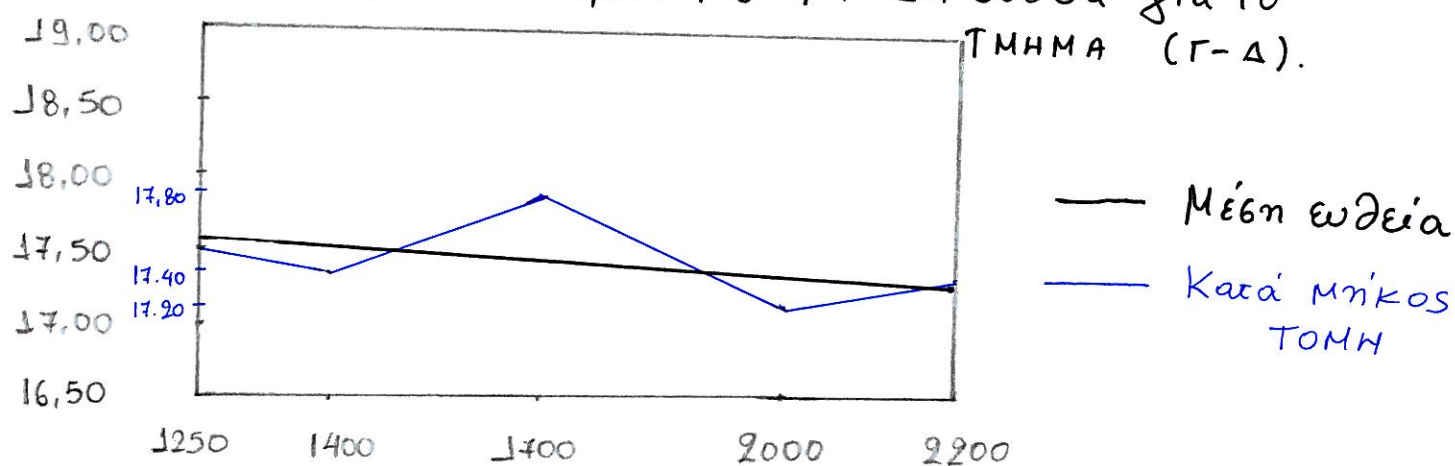
X (m)	1250	1400	1700	2000	2200
y (m)	17,50	17,40	17,80	17,20	17,40

† εξίσωση μέσης ευθείας του εδάφους :  $y = a + \beta x$ ,  
όπου  $a = \bar{y} - \beta \bar{x}$  και  $\beta = \frac{\sum x_i y_i - n \bar{x} \bar{y}}{\sum x_i^2 - n \bar{x}^2}$

Οπότε, η μέση ευθεία του εδάφους για το τμήμα (Γ-Δ)

$$y = 17,7522 - 0,00017 x$$

Σε απόσταση μήκους τομή του εδάφους και η μέση ευθεία για το τμήμα (Γ-Δ).



2. Διαβητολογία διατομής

$$F_{\eta} = \frac{\eta \cdot Q}{b^{8/3} \cdot S_0^{1/2}}, \quad \text{για } \eta = 0,014, \quad Q = 29 \text{ m}^3/\text{s} \text{ και } S_0 = 0,00017$$

προκύπτει :  $F_{\eta}(y_{\eta}) = \frac{31,139}{b^{8/3}}$

## Κρίσιμη κλίση

Θεωρώ  $y_t = y_c = 1,106 \text{ m}$  , άρα  $\bar{y}_t = \bar{y}_c = 0,158 \text{ m}$

Από πίνακες  $f_t(\bar{y}_t) = 0,4692 \approx 0,47$

Συνάρτηση Μεταβατικής Ροής

$$f_t(\bar{y}_t) = \frac{g \cdot n^2 \cdot \cos \theta}{a \cdot S_0 \cdot b^{4/3}} \Rightarrow S_0 = \frac{9,81 \cdot 0,014^2 \cdot \cos 0^\circ}{1 \cdot 0,47 \cdot 1^{4/3}}$$

$$\Rightarrow S_0 = 0,00214$$

(κρίσιμη κλίση)

Η συνάρτηση της μεταβατικής ροής για  $S_0 = 0,00017$

$$f_t(\bar{y}_t) = \frac{g \cdot n^2 \cdot \cos \theta}{a \cdot S_0 \cdot b^{4/3}} = 6,91$$

Η τιμή αυτή είναι πολύ μεγάλη, εκτός ΠΙΝΑΚΩΝ.

Ακολουθείται η μέθοδος Διαδοχικών Προβεβήσεων.

$$f_t(\bar{y}_t) = \frac{\bar{B} \cdot \bar{R}^{4/3}}{\bar{A}}$$

Επειδή η τιμή της συνάρτησης μεταβατικής ροής είναι περίπου Απόλεια της τιμής που υπολογίσθηκε στο

ΤΜΗΜΑ A-B η ΠΑΡΟΧΗ και το ΒΑΘΟΣ ΡΟΗΣ που προκύπτουν θα είναι πολύ μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες του τμήματος

Οι τιμές αυτές είναι εκτός πραγματικότητας A-B.

Για την εξέταση αυτή διαώρα και συνεπώς η ροή ουδέποτε γίνεται ΚΡΙΣΙΜΗ στο θεωρούμενο αγωγό.

b (m)	f <sub>n</sub>	$\bar{y}_n$	$y_n$ (m)	A (m <sup>2</sup> )	B (m)	P (m)	V (m/s)	b / y <sub>n</sub>
2.0	4,9041	1,63	3,260	22,48	11,79	13,75	1,290	0,613
3.0	1,6633	1,00	3,000	22,50	12,00	13,82	1,289	1,00
4.0	0,7723	0,693	2,772	22,72	12,39	13,99	1,276	1,443
5.0	0,4260	0,516	2,580	22,87	12,72	14,30	1,268	1,938
5.5	0,3304	0,452	2,486	22,99	12,99	14,46	1,261	2,011
6.0	0,2620	0,400	2,400	23,04	13,20	14,65	1,259	2,500
6.5	0,2116	0,357	2,321	23,12	13,42	14,87	1,254	2,800
7.0	0,1737	0,321	2,247	23,52	13,93	15,10	1,233	3,115

για την ομοιομορφία της διατομής, επειδή η παροχή είναι μεγάλη πρέπει  $\frac{b}{y_n} > 3$ . Άρα, επιλέγεται

$$b = 7\text{m} \text{ και } y_n = 2,247\text{m}$$

### λ3. Προσδιορισμός κρίσιου βάθους και κρίσιμης κλίσης

Για  $b = 7\text{m}$  και  $Q = 29 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$ , η συνάρτηση της κρίσιμης ροής είναι:

$$f_c(\bar{y}_c) = \frac{Q}{b^{5/2} \sqrt{g}} = 0,0714 \rightsquigarrow \text{Από πίνακες}$$

$$\bar{y}_c = 0,158\text{m}$$

Οπότε,  $y_c = \bar{y}_c * b = 1,106\text{m}$

Το ομοιομορφο βάθος  $y_n = 2,247\text{m} > y_c$ , άρα η ροή είναι υποκρίσιμη

Για λόγους αββαρίας, ελέγχω και για  $n' = 0,011$

$$S_0 = 0,00017$$

$$f_n(\bar{y}'_n) = \frac{Q \cdot n'}{b^{8/3} \cdot S_0^{1/2}} = 0,1365 \rightsquigarrow \text{από πίνακες } \bar{y}'_n = 0,282$$

Άρα,  $y'_n = 0,282 * 7 = 1,97 > y_c \Rightarrow$  ΡΟΗ ΥΠΟΚΡΙΣΙΜΗ

για  $f_t = 1,5560$  προκύπτει από τον πίνακα  $\bar{y}_t = 15,17$  και

$$\text{για } b = 5,5 \text{ m} : \bar{y}_t = \frac{y_t}{b} \Rightarrow y_t = 83,44 \text{ m}$$

Οπότε, για  $y_c = y_t = 83,44 \text{ m}$  προκύπτει:  $f_c(y_c) = A \sqrt{\frac{A}{B}} \Rightarrow$

$$\text{όπου } A = \bar{A} \cdot b^2 = 360,3634 * (5,5^2) = 10900,1$$

$$B = \bar{B} \cdot b = 46,510 * 5,5 \text{ m} = 255,81$$

$$f_c(y_c) = 71151,98$$

$$\text{Ακόμα, } f_c(y_c) = \frac{Q}{\sqrt{g}} \Rightarrow Q = 71151,98 \cdot \sqrt{9,81} = 222854 \text{ m}^3/\text{sec}$$

Η τιμή αυτή της παροχής ( $Q = 222854 \text{ m}^3/\text{s} \gg$ ) όπως και το βάθος ροής ( $y_t = 83,44 \text{ m} \gg$ ), είναι εκτός πραγματικότητας για την εξεταζόμενη διώρυγα και συνεπώς η ροή ουδέποτε γίνεται κρίσιμη στον θεωρούμενο αγωγό.

### 2.5 Καθ' ύψος τοποθέτηση του πυθμένα της διώρυγας

Από το ΣΧΗΜΑ 3.3, για  $Q = 29 \text{ m}^3/\text{s} \Rightarrow$

$$E (\text{περιθώριο επένδυσης}) = 49 \text{ cm}$$

$$a (\text{περιθώριο τοιχώματος}) = 61 \text{ cm}$$

$$\left. \begin{array}{l} E \\ a \end{array} \right\} \rightarrow F = a + E = 110 \text{ cm} = 1,10 \text{ m}$$

πό τον πίνακα 3.2 επιλέγεται το πάχος επένδυσης της διώρυγας. Για  $Q = 29 \text{ m}^3/\text{s}$  είναι  $\delta = 0,08 \text{ m}$  (πάχος άοπλου σκυροδέματος)

Πλάτος εκβυαφής:  $b_c = b + 2\delta$

$$\delta = \frac{\delta}{m + \sqrt{1+m^2}} = \frac{0,08 \text{ m}}{1,5 + \sqrt{3,25}} = 2,42 \text{ cm} = 0,0242 \text{ m}$$

$$b_c = 7 \text{ m} + (2 * 0,0242) = 7,048 \text{ m}$$

ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΜΕΝΟ ΚΡΙΤΗΡΙΟ: Ίσοζύγιο ΕΚΣΚΑΦΩΝ (ΕΚΧΩΜΑΤΩΝ) και ΕΠΙΧΩΜΑΤΩΝ

$$\Gamma = 2Y(n + mY) = 2 \cdot 3.43 (3 + 1.50 \cdot 3.43) = 55,87$$

Οπότε, από την Δευτεροβάθμια εξίσωση

$$1,5 X^2 - 33,63 X + 55,87 = 0$$

Παίρνουμε  $X_1 = 20,613 \text{ m}$

(εκτός πραγματικότητας)

$X_2 = 1,807 \text{ m}$

(ΜΕΣΟ

ΒΑΘΟΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ)

### Εξίσωση του πυθμένα εκσκαφής

Προκύπτει από την εξίσωση της μέγιστης ευθείας όταν αφαιρεθεί η ποσότητα  $X_2 = 1,807 \text{ m}$

$$Y = 17,152 - 0,00017 X \Rightarrow Y = 15,945 - 0,00017 X$$

ΒΑΘΟΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ ΓΕ ΚΑΘΕ ΔΙΑΤΟΜΗ,

ΔΙΑΤΟΜΗ	7	8	9	10	11
ΑΠΟΒΛΑΒΗ (m)	0	150	450	750	950
ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΦΥΣΙΚΟΥ ΕΔ.	17,50	17,40	17,80	17,20	17,40
ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΠΥΘΜΕΝΑ ΕΚΣ.	15,945	15,920	15,869	15,818	15,784
ΒΑΘΟΣ ΕΚΣΚΑΦΗΣ	1,55	1,48	2,10	1,38	1,62

Προέτρηση χωματουργικών για μέσο βάθος εκκαφής

$$X = 1,807 \text{ m}$$

α/α	ΔΙΑΤΟΜΗ	ΕΚΣΚΑΦΕΣ		ΕΠΙΧΩΣΕΙΣ		Αλγεβρικό Άθροισμα
	κ.θ.	βάθος εκκαφής X	όγκος V	ύψος επιχωμάτων	όγκος V	
7	1+250	1,55		1,88		0
8	1+400	1,48	2119	1,95	3374	-1255
9	1+400	2,10	5271	1,33	5460	-189
10	2+000	1,38	5100	2,05	5730	-630
11	2+200	1,62	2793	1,81	4560	-1767
Άθροισμα			15283			-3841

$$H_i^{\text{επιχ}} = (\delta + \gamma_m + f) - x_i =$$

$$E^{\text{επιχ}} = 2 \left[ \pi + m (H_i^{\text{επιχ}}) \right] \cdot H_i^{\text{επιχ}}$$

Σύμφωνα με τον προηγούμενο πίνακα προκύπτει περίβλεψη επιχωμάτων 3841 m<sup>3</sup>

$$E_k = (b_c + m \cdot X) \cdot X \quad \Rightarrow \quad \frac{dE_k}{dX} = b_c + 2m \cdot X \quad \Rightarrow$$

$$\Delta E_k = (4,048 + 2 \cdot 1,5 \cdot 1,807) \Delta x = 12,47 \Delta x$$

$$\text{Για } \Delta x = 1 \text{ cm} \quad \Rightarrow \quad \Delta E_k = 0,1247 \text{ m}^2$$

$$\text{Μήκος τμήματος } \underline{\underline{\Gamma\Delta = 950 \text{ m}}}$$

$$\Delta V_k (\text{αύξηση όγκου εκσκαφών}) = 0,1247 \cdot 950 = 118,46 \text{ m}^3$$

□ Τεθικά για αύξηση του βάθους εκκαφής κατά 1cm η διαφορά μεταξύ εκσκαφών και επιχωσεων αυξάνεται κατά 236,93 m<sup>3</sup>/cm

- Αυξάνουμε τα βάθη εκκαφής όλων των διατομών κατά 20 cm ώστε να επιτύχουμε καλύτερο Ισοζύγιο Εκκαφών και Επιχωμάτων

→ προμέτρηση χωματουργικών για τελικό βάθος εκκαφής

$$\chi = (1,807 + 0,20) = 2,007 \text{ m.}$$

ΔΙΑΤΟΜΗ		ΕΚΚΑΦΕΣ		ΕΠΙΧΩΣΕΙΣ		Αλγεβρικό αθροίσμα
α/α	χ. θ	βάθος εκκαφής (x)	όγκος (v)	ύψος επιχ (μ)	όγκος (v)	
7	1 + 250	1,68		1,75		
8	1 + 400	1,61	2345	1,82	3030	
9	1 + 700	2,23	5730	1,20	4822	
10	2 + 000	1,51	5568	1,92	5092	
11	2 + 200	1,75	3098	1,68	4038	
ΑΘΡΟΙΣΜΑ			16741		16982	- 241

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι το βάθος εκκαφής στη θέση Δ είναι 1.75m.

Το ύψος της στάθμης του νερού στη θέση αυτή είναι:

$$(\text{ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΕΔΑΦΟΥΣ}) - (\text{ΒΑΘΟΣ ΕΚΚΑΦΗΣ}) + (\text{ΠΛΑΧΟΣ ΣΚΥΡΩΜΑΤΟΣ}) + (\text{ΒΑΘΟΣ ΡΟΗΣ})$$

$$17.40 - 1.75 + 0,08 + 2,25 = 17.98 \text{ m}$$

Άρα, ικανοποιείται η προϋπόθεση για την

ελάχιστη απαιτούμενη στάθμη νερού στο Δ.



## Υδραυλικός υπολογισμός τμήματος ΒΓ (Αναβαθμός)

### Υπολογισμός Υδραυλικού Αλματος

Το υδραυλικό άλμα λαμβάνει χώρα σε ορθογωνική διατομή  
Από τη διατομή 4 μέχρι διατομή 4 : ορθογωνική κατασκευή

- Από διατομή 0  $\rightarrow$  1
  - Από διατομή 4  $\rightarrow$  5
- Μεταβατικά τμήματα με αναλογία προβαρφοχής 1:5  
(Για τη μετάβαση από την ΤΡΑΠΕΖΟΕΙΔΗ διατομή της Διώρυγας στην ορθογωνική διατομή του αναβαθμού)

### Υπολογισμός του πλάτους της ζεκάνας πρεφίας (b)

- Εμπειρικός τύπος:  $b = \frac{1}{5} * Q = \frac{1}{5} * 29 = 5,8 \text{ m}$
- προτείνεται αυξημένο πλάτος  $b = 7 \text{ m}$
- Παροχή ανά μονάδα πλάτους:  $q = \frac{Q}{b} = 4,14 \frac{\text{m}^3}{\text{s} \cdot \text{m}}$

### Υπολογισμός υψομέτρου του πυθμένα της ζεκάνας πρεφίας.

#### Υψος ολικής ενέργειας στη θέση 0

$$H_0 = Z_0 + y_n + \frac{V_{AB}^2}{2g} = (20,40 - 1,26) + 1,70 + \frac{2,11^2}{2 \cdot 9,81}$$

20,40: υψόμετρο εδάφους στη θέση Β

$$\Rightarrow \underline{H_0 = 21,07 \text{ m}}$$

1,26: βάθος εκκαφής

1,70: βάθος ροής στο (Α-Β)

2,11: Ταχύτητα ροής στο (Α-Β)

✓ Υψος ολικής ενέργειας 6τη θείον 4

$$H_4 = z_4 + y_m + \frac{V_{\Gamma\Delta}^2}{2g} = (17.50 - 1.68) + 2.25 + \frac{1.23^2}{2 * 9.81}$$

$$\Rightarrow H_4 = 18.15 \text{ m}$$

•  $y_n = 2.25 \text{ m}$  βάθος ποις 6το ( $\Gamma \rightarrow \Delta$ )

Κάνουμε την παραδοχή ότι το υψος της ολικής ενέργειας παραμένει σταθερό στις θείους 0, 1 και 2.

$$H_0 \approx H_1 \approx H_2 = 21.01 \text{ m} \quad \text{και}$$

$$H_3 \approx H_4 = 18.15 \text{ m}$$

✓ υδραυλικό υψος πτώσεως  $\Delta H$ . μεταξύ των διατομών 2 και 3.

$$\cdot \Delta H = H_2 - H_3 = 2.92 \text{ m}$$

βάθος νερού 6τη διατομή 1 (κρίσιμο βάθος)

$$\cdot y_1 = y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = 1.20 \text{ m}$$

Βάθον ποις ανάντη και κατόντη του υδραυλικού αλλαγος

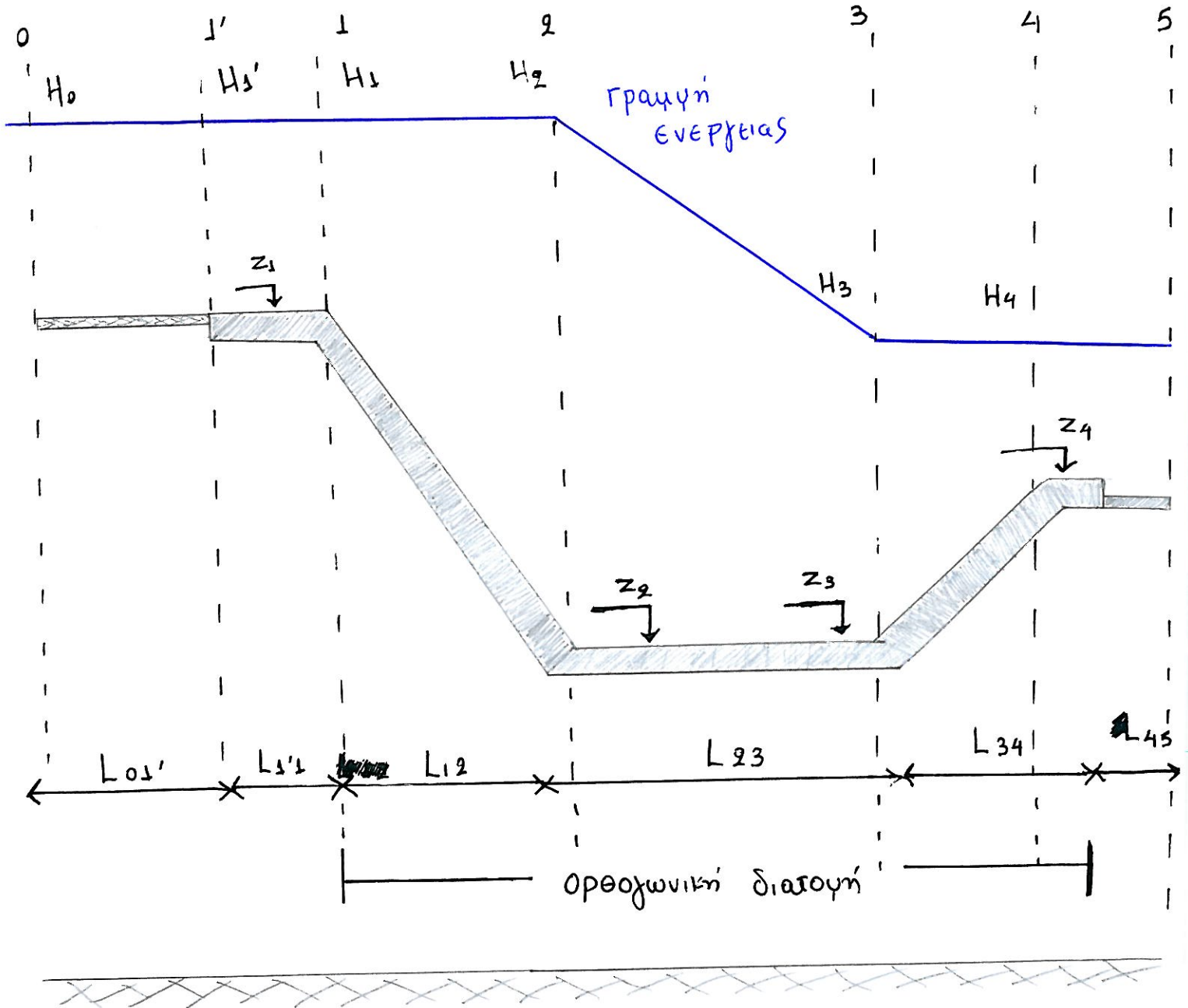
$$\cdot \eta = \frac{\Delta H}{y_c} = \frac{2.92}{1.20} = 2.43$$

$$\cdot \frac{y_2}{y_c} = 0.334 \quad \Rightarrow \quad y_2 = 0.40 \text{ m}$$

Από πίνακα Π3.2  
(Μπέλλου)

$$\cdot \frac{y_3}{y_c} = 6.84 \quad \Rightarrow \quad y_3 = 2.74 \text{ m}$$

▼ ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΓΡΑΜΜΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ ΣΤΟ ΥΔΡΑΥΛΙΚΟ ΑΙΜΑ.



επίπεδο  
αναφοράς

• υπολογισμός υψομέτρου του ποθγένα της δεκάνης πρεφίας ( $z_2, z_3$ )

$$H_3 = z_3 + y_3 + h_v \Rightarrow z_3 = H_3 - y_3 - h_v \quad (1)$$

όπου  $h_v = \frac{V_3^2}{2g} = \frac{Q^2}{2g b^2 y_3^2} = \frac{29^2}{2 * 9,81 * 7^2 * 2,74^2} \Rightarrow h_v = 0,117 \text{ m}$

$$(1) \Rightarrow z_3 = 18,15 - 2,74 - 0,117 \Rightarrow z_3 = 15,29 \text{ m}$$

• υπολογισμός μήκους του Αναβαθμού

• Το μήκος της δεκάνης πρεφίας υπολογίζεται από εμπειρικό τύπο. Σύμφωνα με αυτόν το μήκος του

υδραυλικού άλματος είναι:  $L_j = 6 * y_3 = 16,44 \text{ m}$

Για λόγους ασφαλείας η ΛΕΚΑΝΗ ΗΡΕΜΙΑΣ υπερδιαστάσιοποιείται

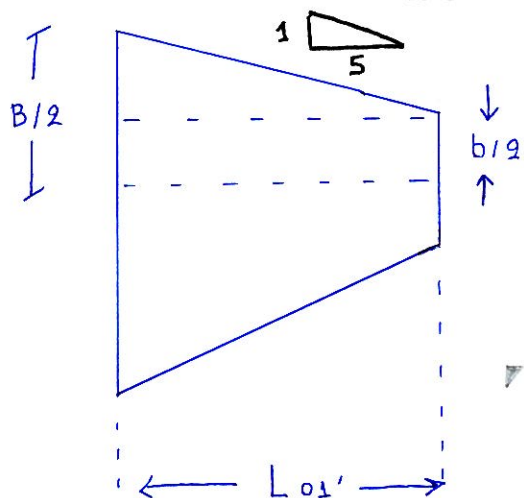
σε ποσοστό 10%, οπότε:  $L_{23} = 1,10 L_j \Rightarrow L_{23} = 18,08 \text{ m}$

$L_{23}$ : μήκος δεκάνης πρεφίας

• υπολογισμός άλλων χαρακτηριστικών μεγεθών

• Μήκος  $L_{1'1}$  από ο.σ., εφόσον το κρίσιμο βάθος δεν εμφανίζεται στη θέση 1, αλλά λίγο πιο αριστερά.

$$L_{1'1} = \frac{1}{10} * L_{23} = 1,81 \text{ m}$$



Αναλογία προβαρφοχής

$$\frac{L_{01'}}{5} = \frac{\frac{B-b}{2}}{1} \Rightarrow L_{01'} = 2,5 (B-b)$$

$$\begin{aligned} L_{01'} &= 2,50 (B_{AB} - b_{αναβ}) = 2,5 (10,62 - 7) \\ &\Rightarrow L_{01'} = 9,05 \text{ m} \end{aligned}$$

Οι υψομετρικές διαφορές των θέσεων 1-2 και 3-4 είναι :

$$\nabla \Delta z_{1-2} = z_1 - z_2 = (20,40 - 1,41) - 15,29 = 3,70 \text{ m}$$

$$\nabla \Delta z_{3-4} = z_4 - z_3 = (17,50 - 1,68) - 15,29 = 0,53 \text{ m}$$

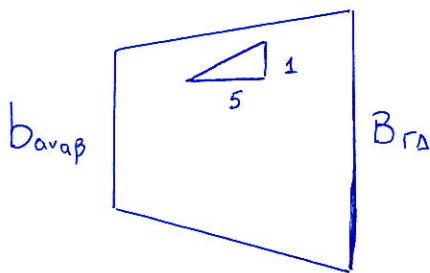
Επομένως τα τελικά μήκη είναι:

$$\text{κλίση τμήματος 1-2: } \rightarrow 1:4,5 \quad ; \quad L_{1,2} = 1,50 \times 3,70 = 5,55 \text{ m}$$

$$\text{κλίση τμήματος 3-4: } \rightarrow 1:6 \quad ; \quad L_{3,4} = 6 \times 0,53 = 3,18 \text{ m}$$

Το μεταβατικό τμήμα μεταξύ αναβαθμού και τμήματος (Γ-Δ)

$$\text{έχει ψήκος: } L_{45} = 2,50 (B_{\Gamma\Delta} - b_{\text{αναβ}}) = 2,50 (13,93 - 7)$$



$$\Rightarrow L_{45} = 17,33 \text{ m}$$

• υπολογισμός ελωθέρου περιθωρίου της θεκάνης πρηνίας

$$\nabla 1 \text{ m} = 3,28 \text{ ft} \quad \Rightarrow \quad 1 \text{ m}^3 = 35,3 \text{ ft}^3$$

$$\frac{q^2}{y^3} = \frac{(4,14)^2}{2,74} \cdot \frac{(3,28^2)^2}{3,28} = 220,74 \frac{\text{ft}^3}{\text{sec} \cdot \text{ft}}$$

Από το διάγραμμα Π3.1  $\rightarrow$  βιβλίο Μπέλλου προκύπτει

ότι η θεκάνη πρηνίας πρέπει να σχεδιαστεί με

$$\text{περιθώριο αβθαθείας: } f = 1,8 \text{ ft} \quad \Rightarrow \quad f = 0,55 \text{ m}$$

✓ Υδραυλικός υπολογισμός τμήματος ΑΒ για ανομοιογενή ροή.

• εφαρμογή της γενικής εξίσωσης διατήρησης της ενέργειας.

$$Z_1 + y_1 + \frac{Q^2}{2g A_1^2} = Z_2 + y_2 + \frac{Q^2}{2g A_2^2} + \bar{S}_f \Delta x + \sum h_k$$

Οι υπολογισμοί αρχίζουν από τη ΔΙΑΤΟΜΗ 1 και κατευθύνονται προς τα ΑΝΑΝΤΗ. Στη διατομή 1 υπολογίστηκε προηγουμένως κρίσιμο βάθος,  $y_c = 1.25 \text{ m}$

• Η δεύτερη θεωρούμενη διατομή είναι η διατομή 0 η οποία συμπίπτει με τη διατομή Β.

ΔΙΑΤΟΜΗ 1 → ορθογωνική

ΔΙΑΤΟΜΗ 0 → τραπέζοειδής

• Η απόσταση των δύο διατομών υπολογίστηκε ίση με

$$L_{01} + L_{11} = 9.05 + 1.80 = 10.85 \text{ m}$$

• Επειδή οι διατομές 0 και 1 απέχουν μικρή απόσταση μεταξύ τους, οι απώλειες ενέργειας θεωρούνται αγνοητέες και  $Z_0 = Z_c$

$$Z_0 + y_0 + \frac{Q^2}{2g A_0^2} = Z_c + y_c + \frac{Q^2}{2g A_c^2} + \bar{S}_f \Delta x \Rightarrow$$

$$y_0 + \frac{Q^2}{2g A_0^2} = y_c + \frac{Q^2}{2g A_c^2}$$

προεξοφτική επίλυση ως προς  $y_0$ .

• Οι υπολογισμοί συνεχίζονται με όλη την έκταση (Β-Α) με αυξανόμενο χωρικό βήμα  $\Delta x$  προς τα ανάντη.



## Υδραυλικός υπολογισμός ΥΔΡΟΛΗΨΙΑΣ

Γνωστά μεγέθη:

- Παροχή  $Q = 29 \frac{m^3}{s}$
- βάθος ροής  $y_4 = 1,698 m$  (από τον υπολογισμό ανομοιομορφίας)
- πλάτος  $b = 6,10 m$  και  $q = \frac{Q}{b} = \frac{29}{6,10} = 4,75 \frac{m^3}{s \cdot m}$  (ροής)

Ορίζονται αυθαίρετα:  $w = 1,60 m$   
 $\Delta z = 0,40 m$   
 $C_c = 0,60 m$

### Υπολογισμός χαρακτηριστικών βαθών ροής

- $y_3$  (αγέως κατάντη του υδραυλικού αλγασος) =  $y_4 + \Delta z = 1,698 + 0,40$   
 $\Rightarrow y_3 = 2,398 m$
- $y_2$  (αγέως ανάντη του υδραυλικού αλγασος) =  $C_c * w = 0,60 * 1,60 = 0,96 m$
- $y$  (βάθος στην κατάντη πλευρά του θυροφράγματος, βυθιζόμενη έκρηξη)

$$\frac{y}{y_3} = \left[ 1 - \frac{2q^2}{g y_3^3} \left( \frac{y_3}{y_2} - 1 \right) \right]^{1/2} \Rightarrow$$

$$\frac{y}{2,398} = \left[ 1 - \frac{9 \cdot 4,75^2}{9,81 \cdot 2,398^3} \left( \frac{2,398}{0,96} - 1 \right) \right]^{1/2} \quad y = 1,40 m$$

- $y_1$  (βάθος νερού στη δεξιά μενί τροφοδοσίας)

Εξίσωση ενέργειας μεταξύ των διατομών 1 και 2  
 αμελητέες απώλειες ενέργειας:

$$y_1 + \frac{q^2}{2g y_1^2} = y_2 + \frac{q^2}{2g y_2^2} \quad (\text{τριτοβάθμια εξίσωση})$$



$$y_1 = -0,635 \text{ m} \quad (\text{απορρίπτεται ως αρνητική})$$

$$y_1 = 0,96 \text{ m} \quad (\text{απορρίπτεται γιατί πρέπει } y_1 > W = 1,60 \text{ m})$$

$$y_1 = 1,89 \text{ m} \quad (\text{Δεκτή λύση})$$

### Μήκος υδραυλικού αλμάτος

$$L_j = 6 * y_3 = 6 * 1,89 = 11,34 \text{ m} \quad (\text{εμπειρικός τύπος})$$

Για λόγους ασφαλείας αυξάνεται το μήκος κατά 10%

$$\text{οπότε } L = 1,10 * L_j = 12,48 \text{ m}$$

### ✓ Υπολογισμός Χωματοουργικών Εργασιών

Συγκεντρωτικός πίνακας ΧΩΜΑΤΟΥΡΓΙΚΩΝ ΕΡΓΑΣΙΩΝ

ΤΜΗΜΑ	Εκκαθάρες (m <sup>3</sup> )	Επιχώσεις (m <sup>3</sup> )	Διαφορά (m <sup>3</sup> )
A-B	14992	14396	596
Γ-Δ	16741	16982	-241
Σύνολο	31733	31378	355

- Προκύπτει περίβλεμμα εκκαθασιών (60 με 355 m<sup>3</sup>), για όλη τη διώρυγα εκτός του ΑΝΑΒΑΘΜΟΥ.

### ✓ Υπολογισμός Άοπλου βκυροδείγματος

$$\text{Μήκος επενδύσεως: } L_{\text{επ}} = b + 2\sqrt{1+m^2} (y_n + \epsilon) + 6 + \tau + \tau'$$

$$\cdot \tau = \delta \cdot \sqrt{1+m^2} = 0,08 \sqrt{1+1,5^2} = 0,1442 \text{ m}$$

$$\cdot \tau' = m \cdot \delta = 1,50 * 0,08 = 0,12 \text{ m}$$

$$L_{\text{EP}} \text{ (για το τμήμα AB)} = 5.50 + 2\sqrt{1+1.5^2} (1.70+0.49) + 0.0242 +$$

για  $b = 5.5\text{m}$

$$+ 0.50 (0.1442 + 0.12)$$

$$\Rightarrow L_{\text{EP}} = 13.55\text{m} \quad \text{ΓΤΟ AB}$$

$$L_{\text{EP}} \text{ (για το τμήμα ΓΔ)}$$

για  $b = 7\text{m}$

$$= 7 + 2\sqrt{1+1.5^2} (2.25+0.49) + 0.0242 +$$

$$+ 0.50 (0.1442 + 0.12)$$

$$\Rightarrow L_{\text{EP}} = 17.04\text{m} \quad \text{ΓΤΟ ΓΔ}$$

Όγκος βκυροδέματος:  $V = L_{\text{EP}} * \delta * S$

όπου  $\delta = 0,08$ : πάχος επένδυσης

$S$ : μήκος διώρυγας

$$V_{\text{AB}} = 13.55 * 0.08 * 1150 = 1246,60 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{ΓΔ}} = 17.04 * 0.08 * 950 = 1295,04 \text{ m}^3$$

$$V_{\text{Σκυρ}}^{\text{sum}} = 2541,64 \text{ m}^3 \approx 2542 \text{ m}^3$$

Λεπτομέρεια της διατομής της διώρυγας

