Υδραυλική ανοικτών αγωγών
Επισκόπηση του θέματος και σχόλια

Δρ Μ. Σπηλιώτη
Λέκτορα

Κείμενα από Μπέλλος, 2008 και από τις σημειώσεις Χρυσάνθου (βλπ βασικές σημειώσεις από Διαφάνειες), 2014

Σκοπός μαθήματος

- Επανάληψη υδραυλικής ανοικτών αγωγών
- Εμβάθυνση υδραυλικής ανοικτών αγωγών
- Δεξιότητες στον υδραυλικό σχεδιασμό,
- Συνδυαστική σκέψη
- Ειδικές γνώσεις και μεθοδολογίες πάνω στο συγκεκριμένο θέμα του εξαμήνου
- Κατανόηση μιας μελέτης –οδηγού και εφαρμογής της σε άλλη περίπτωση (προσοχή κριτικά!)

Βιβλιογραφία

Ελληνική

- Μπέλλος Κ: Υδραυλική Ανοικτών Αγωγών
- Χρυσάνθου Βλ: Διαφάνειες μαθήματος Υδραυλικής Ανοικτών Αγωγών
- Δημητρίου: Εφηρμοσμένη Υδραυλική
- Νουτσόπουλος, Χριστοδούλου, Παπαθανασιάδης: Υδραυλική ανοικτών αγωγών
- Παπανικολάου: Ανοικτοί αγωγοί, σημειώσεις στο ιντερνρτ
- http://mycourses.ntua.gr/document/document.php

Βιβλιογραφία

- Chow Open Chanel Hydraulics (Βίβλος), υπάρχει στη βιβλιοθήκη
- French, Akan, Sturn….. Open Chanel flow

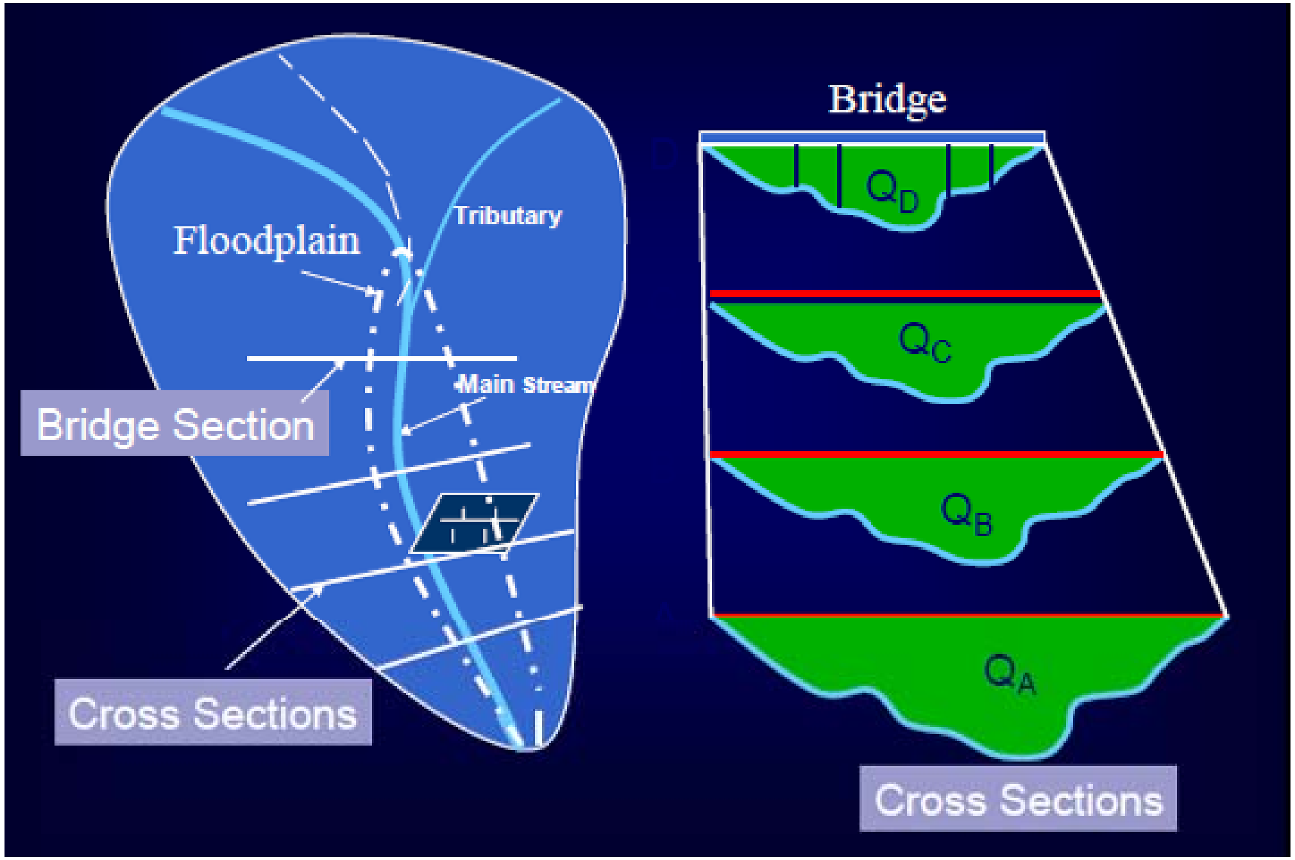
Θέματα προς έρευνα

- Κλασική Υδραυλική (περίπου ληγμένο)
- Αριθμητική προσομοίωση (περίπου κορεσμένο)
- Πάντως υπάρχουν δημοσιεύσεις, αναθεωρήσεις + **πειράματα**
- **Υδρολογικές μέθοδοι διόδευσης** (σε μη πρισματικές διατομές), κοινή δι-επιφάνεια με την υδρολογία: Μέθοδοι μαύρου κουτιού, εννοιολογικά μοντέλα κλπ (όχι ακριβώς κορεσμένο)
- Ενσωμάτωση της αβεβαιότητας
- Εντάσσοντας το πρόβλημα στο πλαίσιο της Διαχείρισης Υδατικών Πόρων (απλή περίπτωση: βελτιστοποίηση αποχετευτικού δικτύου)

HEC – RAS

Γιαννόπουλος-Ελευθεριάδου-Σπηλιώτης

Εκτός ύλης



Εκτός ύλης

- HEC-RAS υδραυλική επίλυση
- Μόνιμη, μη μόνιμη ροή
- Free
- http://www.hec.usace.army.mil/software/

/software/

Hydrologic Engineering Center

US Army Corps of Engineers ®

ABOUT NEWSLETTERS SOFTWARE PUBLICATIONS TRAINING VISITORS LINKS CONTACT

HOME > SOFTWARE

Software

- Software
- CWMS
- HEC-DSS
- HEC-DSSVue
- HEC-EFM
- HEC-EFM Plotter
- HEC-FDA
- HEC-FIA
- HEC-GeoDozer
- HEC-GeoEFM
- HEC-GeoHMS
- HEC-GeoRAS
- HEC-GridUtil
- HEC-HMS
- HEC-RAS
- HEC-ResPRM
- HEC-ResSim
- HEC-RPT

The Hydrologic Engineering Center (HEC) has been developing computer software for hydrologic engineering and planning analysis procedures since its inception in 1964. Although our software is developed to meet the needs of the U.S. Army Corps of Engineers' planning and engineering communities, we do make our software available to the public whenever appropriate. The HEC software that we make available for download on our web site may be used by individuals outside of the Corps of Engineers without charge, subject to the Terms and Conditions of Use for HEC Software.

In the past, for non-Corps users, HEC had provided a list of possible vendors for assistance or support for HEC software. As of 1 October 2008, HEC is no longer providing this list (Vendor List). USACE counsel has determined that the inclusion of this list could be interpreted as HEC recommending specific vendors over other vendors that are not included in the list. Therefore, by direction of USACE counsel HEC has discontinued this practice and has removed the list from our web site. Non-Corps individuals that contact our office to inquire about engineering support will be told to use any internet search engine to locate a vendor that can provide support for the specific HEC software.

- Distribution Policy
- Terms and Conditions of Use for HEC Software
- Support Policy

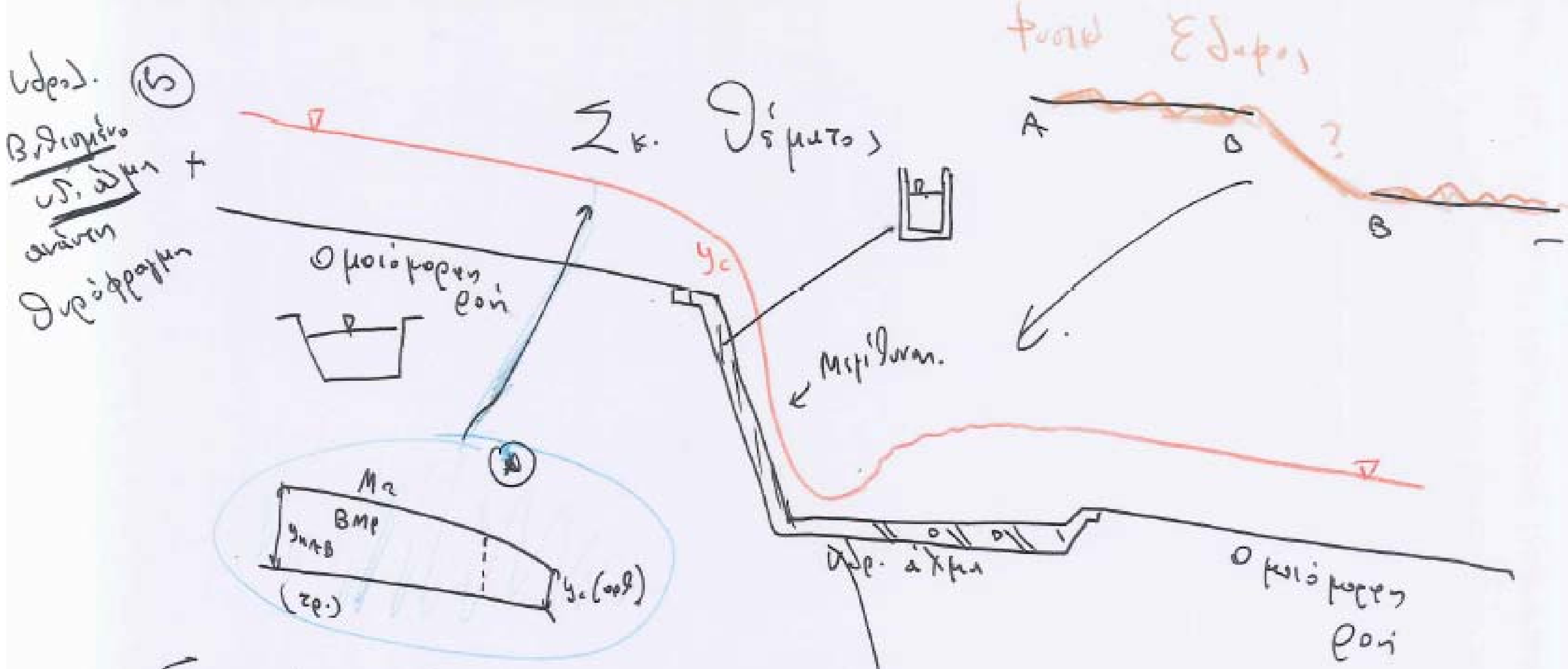
gratis

ΓΕΝΙΚΑ

- Το HEC-RAS είναι ένα από τα μοντέλα του U.S.Army Corps of Engineers
- Κατασκευάστηκε από το Hydrologic Engineering Center (HEC)
- Είναι μοντέλο μεμονωμένου υδρολογικού γεγονότος
- Προσομοιώνει υδατορεύματα (River Analysis System – RAS)
  - Φυσικά ή τεχνητά
  - Μεμονωμένα ή συστήματα

Επιστροφή στο Θέμα, 3η παρουσίαση

Σκαρίφημα



Σε ομοιόμορφη ροή:

ΑΒ, ΓΔ, δεν θέλω η ροή να είναι κρίσιμη θέλω να είναι "ασφαλώς" υποκρίσιμη.

ροή από υπερκρίσιμη σε υποκρίσιμη → Υδραυλικό άλμα, Προσοχή!!!, Καταστροφή ενέργειας

Θεωρία κρίσιμης ροής
επανάληψη βασική θεωρία

Θεωρία κρίσιμης ροής

$$\boxed{\text{Κρίσιμη ροή}}$$

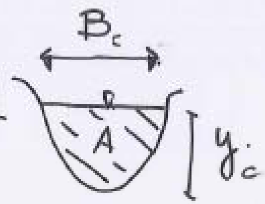
E (ειδική ενέργεια) → ελάχιστη $\left(\frac{dE}{dy}=0\right)$

όπου:

$$E = y + \left(\frac{Q}{A}\right)^2 \frac{1}{2g}, \quad A = f(y)$$

Κρίσιμη ροή, τότε

$$F_r = \frac{V_c}{\sqrt{g\frac{A_c}{B_c}}} = \frac{Q}{\sqrt{g\frac{A_c^3}{B_c}}} = 1$$



Κρίσιμο βάθος

Κρίσιμη ροή:

$$\begin{cases} y > y_c \rightarrow \text{ροή υποκρίσιμη.} \\ y < y_c \rightarrow \text{ροή υπερκρίσιμη} \\ y = y_c \rightarrow \text{ροή κρίσιμη.} \end{cases}$$

y_n: βάθος ομοιόμορφης ροής (y = σταθ, v = σταθ).

μπορεί να είναι κρίσιμο, υπερκρίσιμο ή υποκρίσιμο,

y_n καθορίζεται από την κλίση.

Κρίσιμες συνθήκες

- Ορθ. διατομή: $F_r = \dfrac{V_c}{\sqrt{g\,y_c}} = \dfrac{q}{\sqrt{g\,y_c^3}} = 1$.

- Τραπεζ. διατομή $\quad y_c$ από συνάρτηση f_c

(πίνακες → θέμα)

Θυροφραγμα (υδροληψία)
βυθισμένο υδραυλικό άλμα

Ζητούμενο δ

- Υδραυλικός υπολογισμός υδροληψίας (Σχήμα Π1.7)

- Γνωστά μεγέθη:
  - Παροχή $Q = 30.5\ m^3/s$
  - Βάθος ροής $y_4 = 1.746\ m$ (από τον υπολογισμό της ανομοιόμορφης ροής)
  - Πλάτος $b = 6.1\ m$ και $q = Q/b = 30.5/6.1 = 5\ \frac{m^3}{s \cdot m}$ (όπως στον αναβαθμό)
  - Ορίζονται αυθαίρετα $w = 1.60\ m$, $\Delta z = 0.70\ m$, $C_c = 0.60$ (Σχήμα Π1.7)

- Υπολογισμός χαρακτηριστικών βαθών ροής
  - y_3 (αμέσως κατάντη του υδραυλικού άλματος) $= y_4 + \Delta z =$
    $= 1.746 + 0.70 = 2.446\ m$
  - y_2 (αμέσως ανάντη του υδραυλικού άλματος) $= C_c w = 0.60 \times 1.60 =$
    $= 0.96\ m$
  - y (βάθος στην κατάντη πλευρά του θυροφράγματος, βυθισμένη εκροή)

$$\frac{y}{y_3} = \left[1 - \frac{2q^2}{g y_3^3}\left(\frac{y_3}{y_2} - 1\right)\right]^{1/2} \Rightarrow y = 1.66\ m$$

θέμα

Θέση (2) άλλο ύψος για την ορμή, y2 και άλλο ύψος για τον υπολογισμό της πίεσης, y

- y (βάθος στην κατάντη πλευρά του θυροφράγματος, βυθισμένη εκροή)

$$\frac{y}{y_3} = \left[1 - \frac{2q^2}{g y_3^3}\left(\frac{y_3}{y_2} - 1\right)\right]^{1/2} \Rightarrow y = 1.66\ m$$

Βυθισμένο υδραυλικό άλμα: Οι κατάντη συνθήκες επιβάλουν βάθος ροής μετά το άλμα μεγαλύτερο του ελεύθερου

θέμα

Επαλύθευση.

Έστω y_2, και $y_3 = ?$, $y_2 = h = C_c \cdot W = 0.96$

Αν δεν ήταν βυθισμένο το άλμα:

πρώτη εκτίμηση: $y_3 = \frac{y_2}{2}\left(-1 + \sqrt{1 + 8Fr_2^2}\right)$

$$Fr_2 = \frac{q}{\sqrt{g y_2^3}} = \frac{30/6.1}{\sqrt{g\ 0.96^3}} = 1.69\ (>1)$$

υπερκρίσιμη ✓

$y_3 = 1.87$

(τότε $Fr = 0.64 < 1$ υποκρίσιμη)

όμως δεν γίνεται...!!! y_4

κατάντη $y_3' = y''_{AB\,h} + \Delta z = 2.446$

→ βυθισμένο υδ. άλμα.

θέμα

Βυθισμένο υδραυλικό άλμα,

① → συνέχεια, ορθ. διατομή:

$$Q = \cancel{b} V_2 y_2 = V_3 y_3 \cancel{b} \Leftrightarrow \qquad \text{ορθ. διατομή: } \left(q = \frac{Q}{b} \right)$$

$$\Leftrightarrow V_2 y_2 = V_3 \cdot y_3 = q$$

Προσοχή: Η στήλη $y - y_2$ συμβάλλει στην πίεση αλλά όχι στην ροή μάζας

Απόδειξη εξίσωσης βυθισμένου υδραυλικού άλματος, δεν απαιτείτε στο θέμα

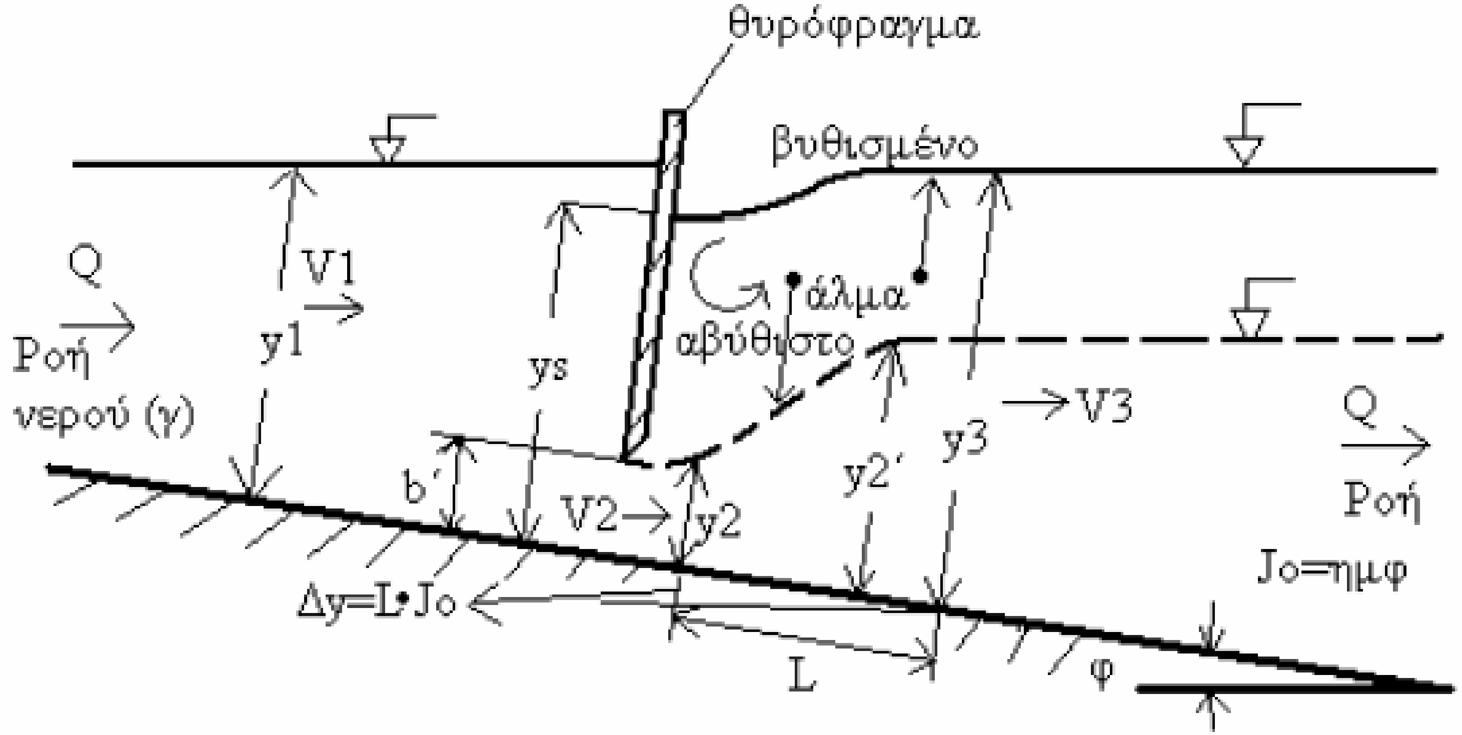
② → Εξίσωση ποσότητας κίνησης, ορθ. διατομή:

$$\frac{1}{2} \rho g y^2 \cancel{b} - \frac{1}{2} \rho g y_3^2 \cancel{b} = \rho Q \left(V_{εξοδ.} - V_{εισοδ.} \right) =$$

$$= \rho q \cancel{b} \left(V_3 - V_2 \right) = \rho q^2 \left(\frac{1}{y_3} - \frac{1}{y_2} \right) \Rightarrow$$

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

Βυθισμένο υδραυλικό άλμα



Από Δημητριου και Ρετσίνης

Θυρόφραγμα: Εναλλακτά βάθη, κοινή ειδική ενέργεια

οριζόντιος αγωγός

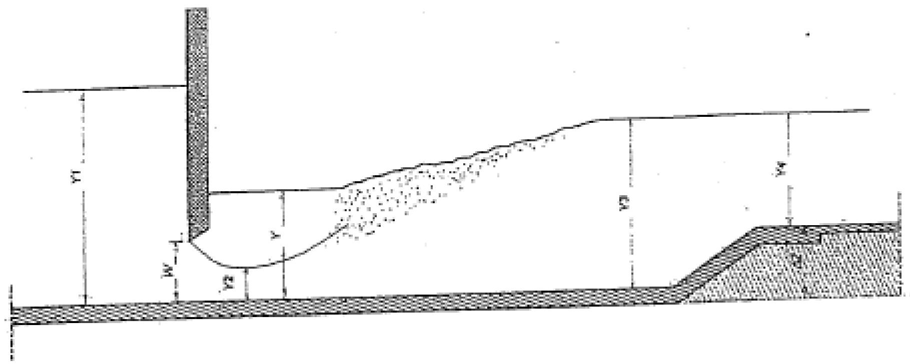
Τέλος η ζητούμενη στάθμη του ύδατος στην δεξαμενή τροφοδοσίας y_1, προκύπτει από την Εξ. Π1.31, αν θεωρηθεί ότι η απώλεια ενέργειας μεταξύ των Διατομών 1 και 2 είναι αμελητέα ($E_1 = E_2$), δηλαδή είναι:

$$y_1 + \frac{q^2}{2gy_1^2} = y_2 + \frac{q^2}{2gy_2^2} \qquad (\Pi 1.31)$$

Η επίλυση της τριτοβάθμιας εξίσωσης Π1.31 δίνει τις παρακάτω λύσεις:

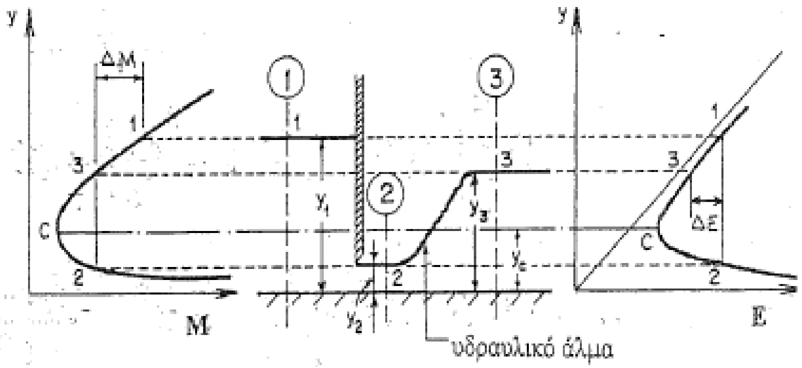
- y_1 = -0.59 m, η οποία απορρίπτεται γιατί είναι αρνητική
- y_1 = 0.74 m, η οποία απορρίπτεται γιατί πρέπει να είναι:

  $y_1 > w \Rightarrow y_1 > 1.60\ m$
- y_1 = 2.90 m, η οποία είναι και η ζητούμενη στάθμη ύδατος στην δεξαμενή τροφοδοσίας



θέμα

Θυρόφραγμα



Σχ. 4.3 Υδραυλικό άλμα σε ροή κάτω από θυρόφραγμα

$E_1 = E_2$

$\frac{-F}{\rho g} = M_2 - M_1$

F: δύναμη ανά μονάδα πλάτους που ασκείται από το θυρόφραγμα στη μάζα του νερού $[\frac{N}{m}]$

$M_2 = M_3$

Υδροληψία….

- <u>Μήκος υδραυλικού άλματος</u>

$L_j = 6.0 \times y_3 = 6.0 \times 2.446 = 14.68$ m (εμπειρικός τύπος)

- Για λόγους ασφαλείας αυξάνεται το μήκος κατά 10%, οπότε

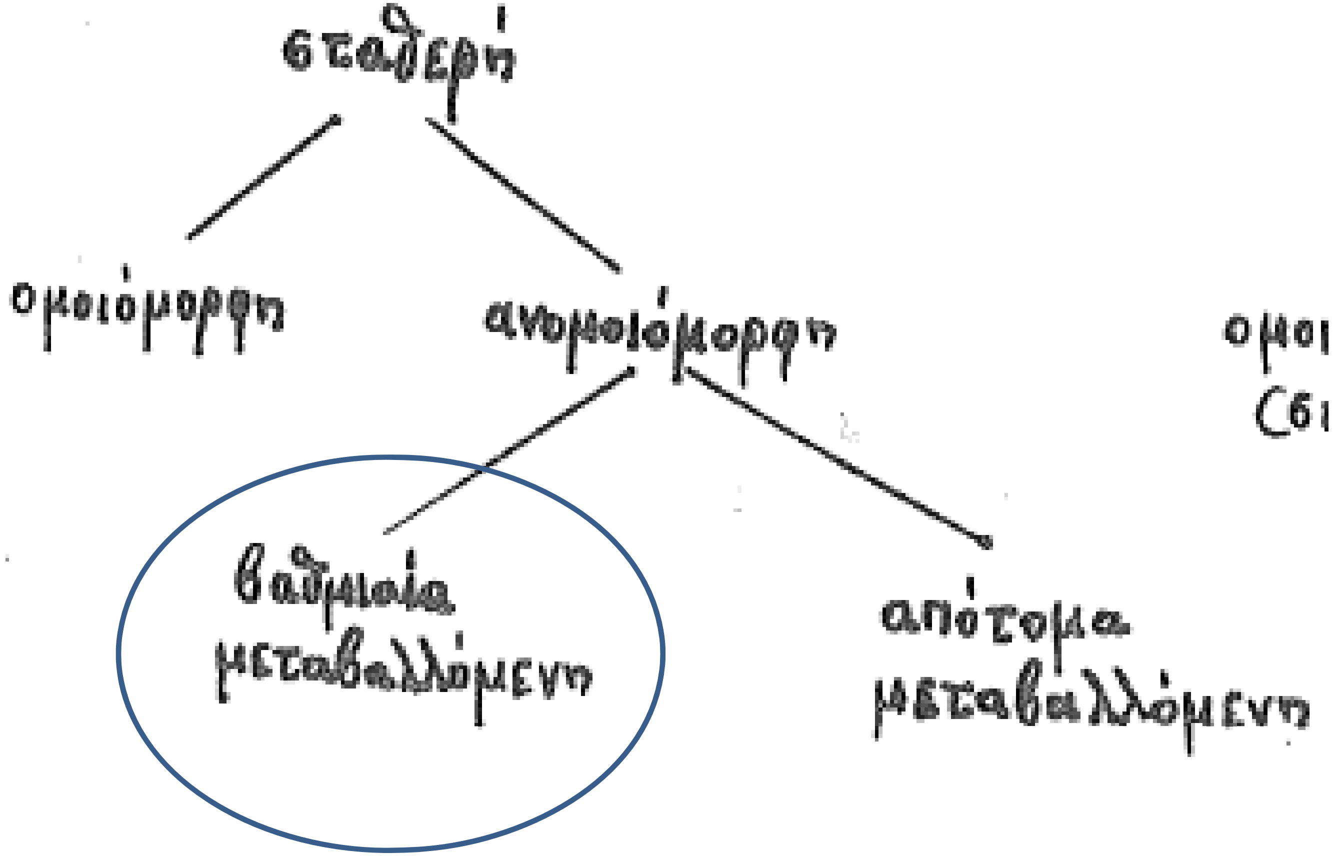
$L = 1.1 \times L_j = 1.1 \times 14.68 \simeq 17.0$ m

θέμα

Θυρόφραγμα: Αρχή διατήρησης της ενέργειας με αμελητέες απώλειες
Κατάντη (βυθισμένο) υδραυλικό άλμα: Ισορροπία δυνάμεων από πίεσης με καθαρή εκροή (εκροή - εισροή) ορμής, αμελητέα δύναμη πυθμένα

Βαθμιαία μεταβαλλόμενη ροη

Είδη ροής


σταθερή
ομοιόμορφη
ανομοιόμορφη
βαθμιαία μεταβαλλόμενη
απότομα μεταβαλλόμενη

Βαθμιαία μεταβαλλόμενη ροή

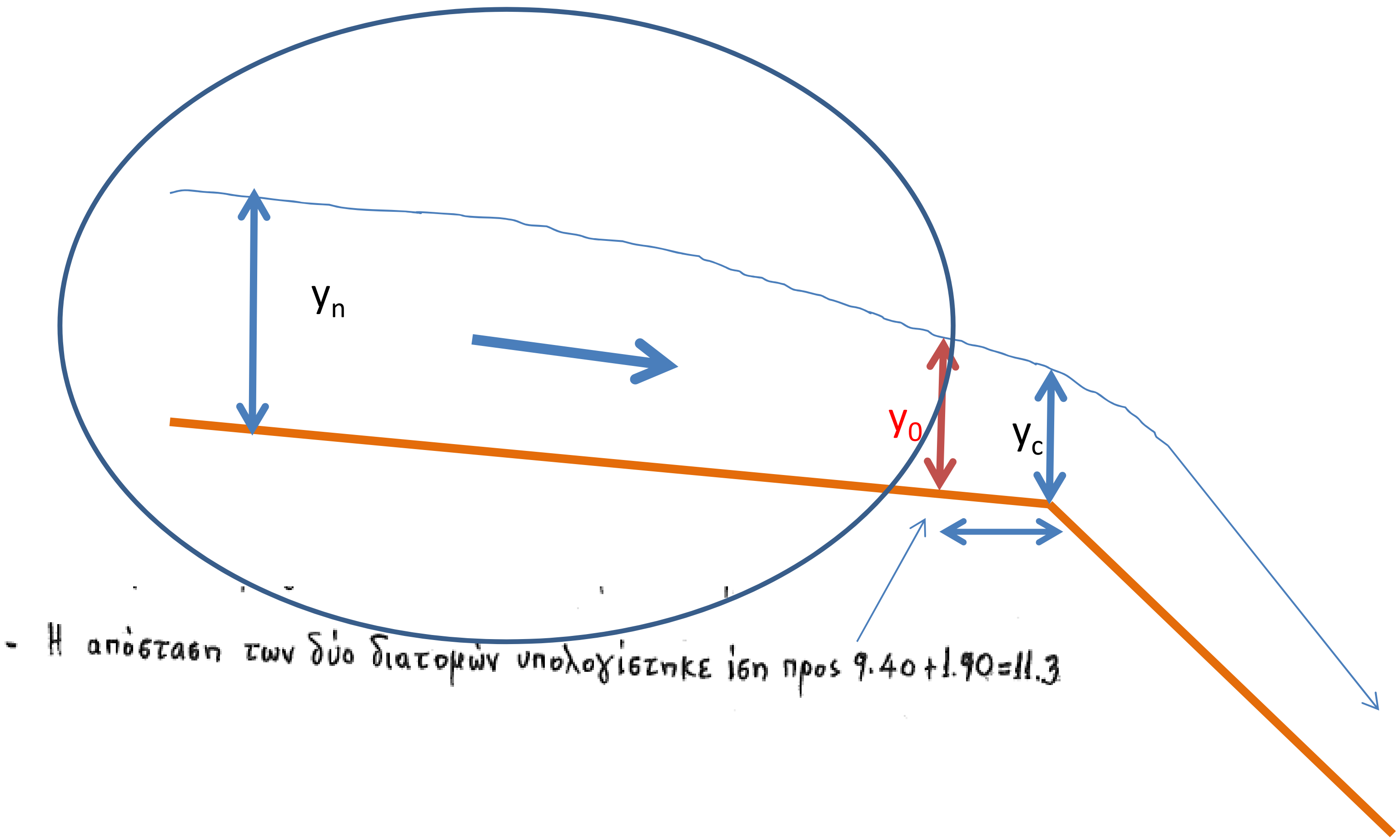
- $|dy/dx| < 1$ (Δημητρίου, 1988)
- Υδροστατική διανομή πιέσεων, αμελητέες κατακόρυφες κινήσεις
- Ισχύς της εξίσωσης του Manning για τη διατμητική τάση στερεού ορίου με βάση όμως την κλίση της γραμμής ενέργειας

Σχόλιο: Στη ΒΜΡ η κλίση πυθμένα, στάθμης ελεύθερης επιφανείας αλλά και γραμμής ενέργειας δε συμπίπτουν.

Βαθμιαία μεταβαλλόμενη ροή

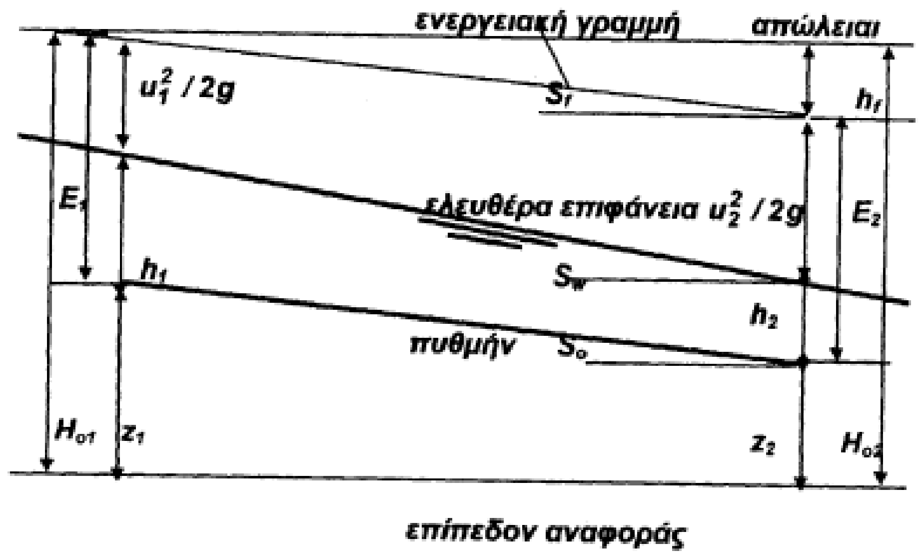
- Γενική εξίσωση: Ενέργειας σε διάφορες μορφές
- Μορφή καμπύλης στάθμης (βλπ πίνακες)
- Ισχύς εξίσωσης Manning σε διατομή μόνο που αντί της κλίσης πυθμένας θέτω την κλίση γραμμής ενέργειας
- Μέση κλίση της γραμμής ενέργειας μεταξύ δύο τμημάτων
- Δύο βασικές περιπτώσεις προβλημάτων:
  - Γνωστό υψόμετρο και ΔL, άγνωστο το ανάντη (ή κατάντη υψόμετρο)
  - Γνωστά δύο υψόμετρα και άγνωστο το μήκος ΔL (θέμα)

Φορά υπολογισμών: καμπύλη Μ2, (2) κατάντη → ανάντη (1)



Μορφή καμπύλης

Βαθμιαία μεταβαλλόμενη ροη



Σχήμα 11.1 Σχέσεις ενεργείας εις την βαθμιαίως μεταβαλλομένην ροήν

Η εφαρμογή της ενεργειακής εξισώσεως μεταξύ των διατομών *1* και *2* του Σχήματος 11.1 δίδει,

$$z_1 + h_1 + \frac{u_1^2}{2g} = z_2 + h_2 + \frac{u_2^2}{2g} + h_f \tag{11.6}$$

επειδή,

$$z_1 - z_2 = S_o L \tag{11.7}$$

Μορφή καμπύλης

$$\frac{dE}{dx} = S_o - S_f = \frac{dE}{dy}\,\frac{dy}{dx} = \left(1 - \frac{Q^2 B}{gA^3}\right)\frac{dy}{dx} = \left(1 - \frac{Q^2}{gA^3}\,\frac{dA}{dy}\right)\frac{dy}{dx}$$

$$S_o - S_f = \left(1 - \frac{Q^2 B}{gA^3}\right)\frac{dy}{dx} = \left(1 - Fr^2\right)\frac{dy}{dx} \Rightarrow$$

$$\boxed{\frac{dy}{dx} = \frac{S_o - S_f}{1 - Fr^2}}$$

Για $y > y_n \Rightarrow S_o > S_f$

Για $y < y_n \Rightarrow S_o < S_f$

Γιατί? Βλπ επόμενη διαφάνεια

Για $y > y_{cr} \Rightarrow Fr < 1$

Για $y < y_{cr} \Rightarrow Fr > 1$

Για $y = y_{cr} \Rightarrow Fr = 1$

- Κλίση πυθμένα

α) ήπια, όταν $y_n > y_{cr}$

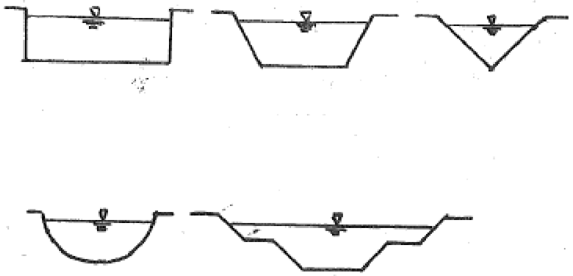
β) απότομη, όταν $y_n < y_{cr}$

γ) κρίσιμη, όταν $y_n = y_{cr}$

Δύο ειδών διατομές

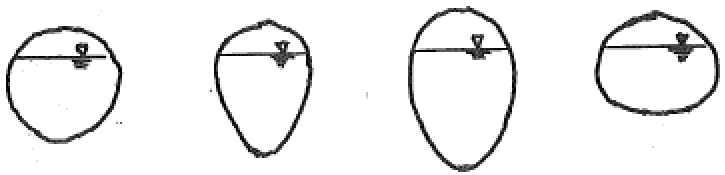
Τύπου α μία βάθους ροής για δεδομένη παροχή, όσο αυξάνει το βάθος ροής αυξάνει η υδραυλική διοχετευτικότητα και η παροχή

Αγωγοί ανοιχτής διατομής



Τύπου β δύο λύσεις βάθους ροής για δεδομένη παροχή

Αγωγοί κλειστής διατομής



- S_0 (κλίση πυθμένα) > S_f

$$Τυπου \quad A$$

$$\left.\begin{array}{l} S_0 \ (κλίση \ πυθμένα) > S_f, \\ δεδομένη \ παροχή \\ \dfrac{1}{n} A_n R_n^{2/3} S_0^{1/2} = \dfrac{1}{n} A \ R^{2/3} S_f^{1/2} \end{array}\right\} \rightarrow$$

$$\underbrace{A_n R_n^{2/3}}_{\substack{υδραυλική \ διοχετευτικότητα \\ ομοιμορφο \ βαθος ροής}} < A \ R^{2/3} \rightarrow$$

$$y_n < y$$

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1

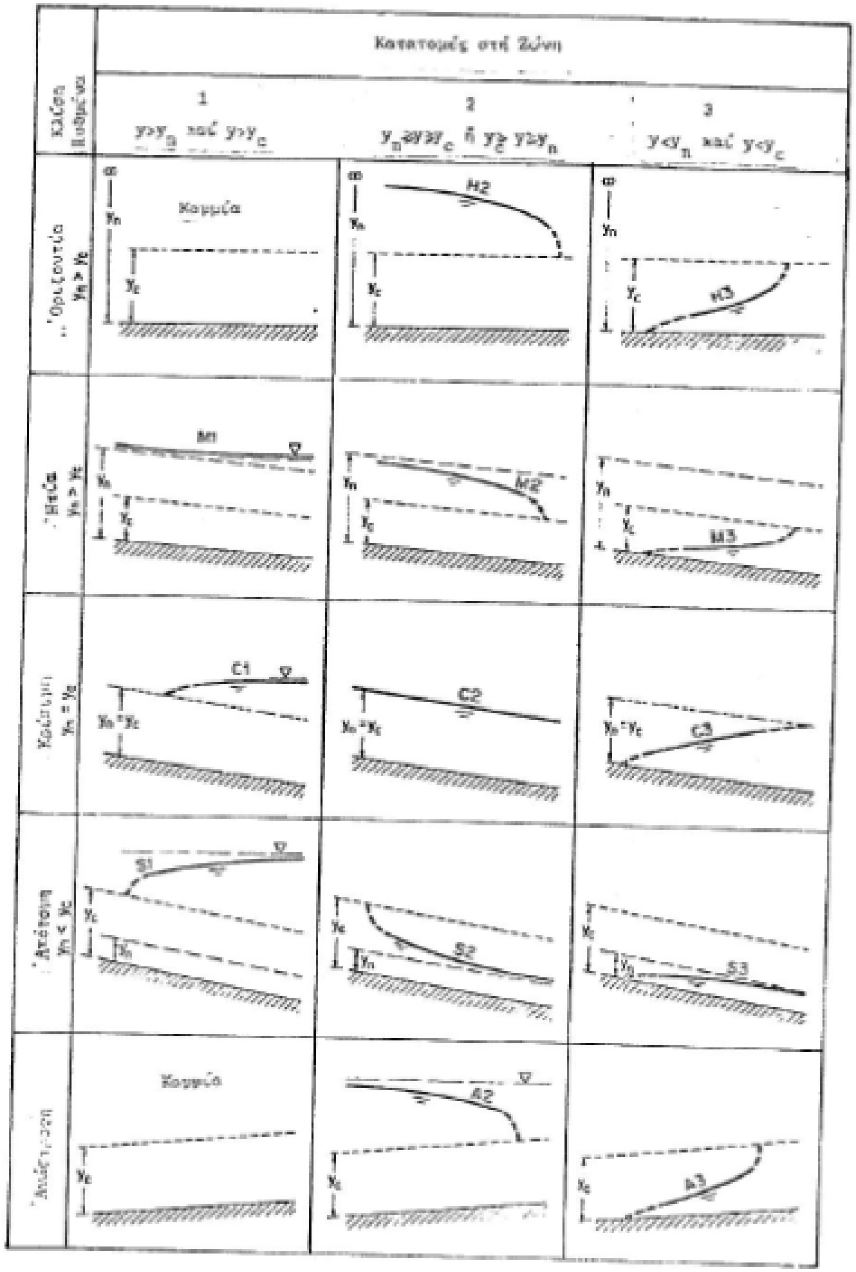
ΤΥΠΟΙ ΚΑΤΑΤΟΜΩΝ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΟΥ ΥΔΑΤΟΣ ΣΕ ΠΡΙΣΜΑΤΙΚΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ

Κλίση πυθμένα ἀγωγοῦ	Συμβολισμός Ζώνη 1	 Ζώνη 2	 Ζώνη 3	Σχέση τοῦ βάθους y πρός y_n καί y_c	Γενικός τύπος καμπύλης*	κατάσταση τῆς ροῆς
Ὁριζόντια	–θ–			–θ–	–θ–	–θ–
$S_0 = 0$		H_2		$y_n > y > y_c$	K	Ὑποκρίσιμη
			H_3	$y_n > y_c > y$	Y	Ὑπερκρίσιμη
Ἠπία	M_1			$y > y_n > y_c$	Y	Ὑποκρίσιμη
$0 < S_0 < S_c$		M_2		$y_n > y > y_c$	K	>>
			M_3	$y_n > y_c > y$	Y	Ὑπερκρίσιμη
Κρίσιμη	C_1			$y > y_n = y_c$	Y	Ὑποκρίσιμη
$_0 = S_c > 0$		C_2		$y = y_n = y_c$	O	Κρίσιμη καί ὁμοιόμορφη
			C_3	$y_n = y_c > y$	Y	Ὑπερκρίσιμη
Ἀπότομη	S_1			$y > y_c > y_n$	Y	Ὑποκρίσιμη
$_0 > S_c > 0$		S_2		$y_c > y > y_n$	K	Ὑπερκρίσιμη
			S_3	$y_c > y_n > y$	Y	>>
Ἀνάστροφη	–θ–			–θ–	–θ–	–θ–
$S_0 < 0$		A_2		$\|y_n\| > y > y_c$	K	Ὑποκρίσιμη
			A_3	$\|y_n\| > y_c > y$	Y	Ὑπερκρίσιμη

*) K = καμπύλη καταπτώσεως, Y = καμπύλη ὑπερυψώσεως, O = ὁμοιόμορφη ροή

Σακκάς, 1988

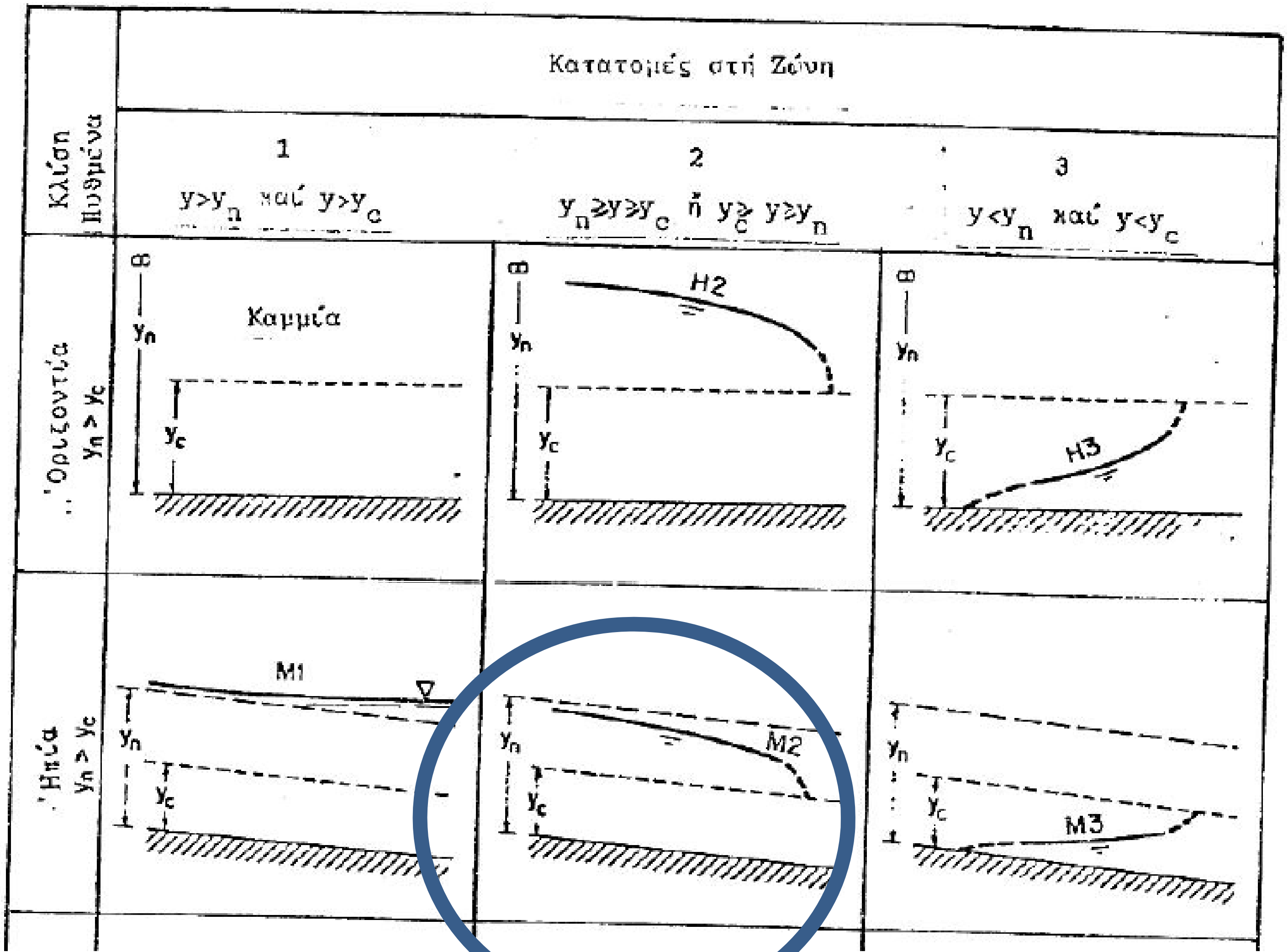
$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_0 - S_f}{1 - Fr^2}$$



. 4.1 Σχηματική παράσταση καί ταξινόμηση τῶν κατατομῶν τῆς

Σακκάς, 1988

θέμα



$$\boxed{\frac{dy}{dx} = \frac{S_0 - S_f}{1 - Fr^2}}$$

Για $y > y_n \Rightarrow S_0 > S_f$

Για $y < y_n \Rightarrow S_0 < S_f$

Για $y > y_{cr} \Rightarrow Fr < 1$

Για $y < y_{cr} \Rightarrow Fr > 1$

Για $y = y_{cr} \Rightarrow Fr = 1$

ια , M2

- Κλίση πυθμένα

θέμα

- «Λεπτομέρεια»: το κρίσιμη βάθος ορίζεται για συγκεκριμένη παροχή και διατομή (εκεί και η ελάχιστη ειδική ενέργεια).
- ΑΒ, Τραπεζοειδής διατομή: y_n= 1.75 και y_c =1.293
- Σημείο 1 ορθογωνική διατομή

- Βάθος νερού στη διατομή 1 (κρίσιμο βάθος)

$$y_1 = y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{4.36^2}{9.81}} = 1.25 \text{ m}$$

- Υποθέτω λοιπόν η ροή ανάντη του Ο, υποκρίσιμη με y> 1.293 m > 1.25 m = κρίσιμο βάθος για ορθογωνική διατομή

θέμα

Φορά υπολογισμών

- Υποκρίσημη ροή: Από κατάντη σε ανάντη (θέμα) εφόσον (τα κύματα βαρύτητας μετακινούνται και ανάντη και κατάντη, ‘φορείς πληροφοριών’)
- Υπερκρίσιμη ροή: Από ανάντη σε κατάντη. «Η υπερκρίσιμη ροή δε γνωρίζει τη συμβαίνει κατάντη αυτής» (τα κύματα βαρύτητας μετακινούνται μόνο κατάντη)

Βαθμιαία μεταβαλλόμενη ροή

Α μέθοδος επίλυσης βαθμιαία μεταβαλλόμενη ροή

Α Μέθοδος

- Ασκησιολογικά
  - Όταν γνωρίζω τα βάθη ροής, η μπορώ να υποθέσω μεταξύ αρχικού και τελικού και ζητούνται τα μήκη L
  - Εύκολη εφαρμογή σε θέμα

Δε δόθηκε έμφαση στην τάξη

Πρόβλημα 11.1

Εις αγωγός ορθογωνικής διατομής έχει πλάτος $b = 3.0m$, η κλίσις του πυθμένος ισούται προς 0.0025 και ο συντελεστής τριβής της ροής κατά Manning $n = 0.012$. Το βάθος της ροής εις ορισμένην διατομήν είναι $h = 0.82m$ όταν η παροχή είναι ίση προς $Q = 49.0m^3/s$. Ζητείται να χαρακτηρισθή α) το είδος της καμπύλης και β) να υπολογισθή η απόστασις εκ της ανωτέρω διατομής όπου το βάθος ροής λαμβάνει την τιμήν $h = 0.90m$.

Σούλης, 2015

Δε δόθηκε έμφαση στην τάξη

α) Το πρώτον υπολογίζεται το κανονικόν βάθος ροής. Εκ της εξισώσεως κατά Manning είναι,

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

επομένως δι΄ αντικαταστάσεως των τιμών (ορθογωνικής διατομής ανοικτός αγωγός),

$$9.0 = \frac{3.0h_n}{0.012}\left(\frac{3.0h_n}{3.0+2h_n}\right)^{2/3}(0.005)^{1/2}$$

και δι΄ επαναλήψεων,

$$h_n = 0.782m$$

Δε δόθηκε έμφαση στην τάξη

Σούλης, 2015

Ο υπολογισμός του κρισίμου βάθους γίνεται εκ της εξισώσεως,

$$h_c^3 = \frac{q^2}{g} = \frac{Q^2}{b^2 g}$$

και δι΄αντικαταστάσεως των εκ της εκφωνήσεως τιμών είναι,

$$h_c = 0.971m$$

Διά της συγκρίσεως του κανονικού βάθους ροής προς το κρίσιμον βάθος ροής προκύπτει ότι,

$$h_n < h_c$$

δηλαδή το βάθος ομοιομόρφου ροής (κανονικόν) είναι μικρότερον του κρισίμου βάθους. Επομένως η ροή είναι υπερκρίσιμος του τύπου ***S***. Επειδή δε η υπό μελέτην απόστασις ευρίσκεται μεταξύ των βαθών $0.80m$ και $0.90m$, τα οποία ευρίσκονται μεταξύ των τιμών των βαθών ομοιομόρφου ροής και κρισίμου ροής, ο τύπος της καμπύλης είναι ***2***. Η καμπύλη δηλαδή είναι του τύπου ***S2***. Επομένως το βάθος ροής αυξάνεται εκ των κατάντη προς τα ανάντη.

h	A	P	R	u	$\frac{u^2}{2g}$	$h+\frac{u^2}{2g}$	Αριθμητής	$u_{μέση}$	$R_{μέση}$	S_f	Παρανο-μαστής	l
m	m^2	m	m	m/s	m	m	m	m/s	m	Εξίσωσης (11.10)	S_f-S_o	m
0.82	2.46	4.64	0.53	3.658	0.682	1.502						
							0.021	3.574	0.538	0.0042	0.0017	12.35
0.86	2.58	4.72	0.547	3.49	0.621	1.481						
							0.016	3.410	0.482	0.0044	0.0019	8.42
0.90	2.70	4.80	0.417	3.33	0.565	1.465						

Τελικόν άθροισμα *12.35+8.42 =20.77 m*

Πίνακας 11.1 ***Υπολογισμός αναμοιομόρφου ροής (Πρόβλημα 11.1). Τύ***

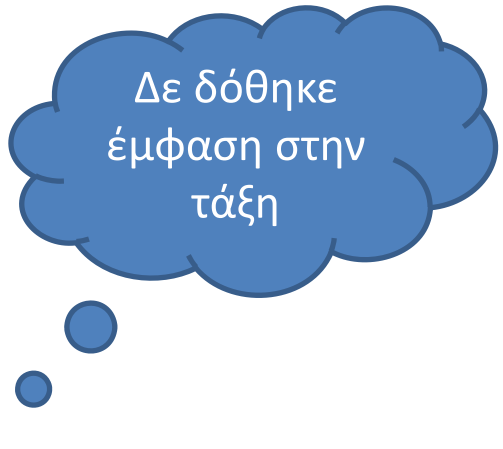
Δε δόθηκε έμφαση στην τάξη

Αυθαίρετο h

Συνοπτικά είναι γνωστές οι τιμές y_1, A_1, R_1, V_1, S_{f1}, E_1 στην αρχική θέση, στη συνέχεια ορίζεται μια τιμή y_2 και ακολουθούν οι υπολογισμοί:

$$y_2 \Rightarrow A_2 \Rightarrow R_2 \Rightarrow V_2 \Rightarrow S_{f2} \Rightarrow \overline{S}_{f1,2} \Rightarrow E_2 \Rightarrow \Delta x_{1,2} \Rightarrow x_2 \qquad (\Pi 1.19)$$

Η διαδικασία των υπολογισμών συνεχίζεται μέχρι την περιοχή της υδροληψίας ώστε να καλυφθεί η περιοχή στην οποία ζητείται η κατατομή του νερού.



	y	A	P	R	v	V^2/2g	V^2/2g+Y=E	E1-E2	VMESH	Rmesh	Sfmesh	Sfmesh-S0	
	1.5670	12.30173	11.1499	1.103304	2.467132	0.310231	1.8772						
1	1.5853	12.48891	11.21588	1.113503	2.430155	0.301002	1.8863	0.0091	2.448644	1.108404	0.001024	0.000324495	27.95218
2	1.6036	12.6771	11.28186	1.123671	2.394081	0.292132	1.8957	0.0094	2.412118	1.118587	0.000982	0.00028211	33.42623
3	1.6219	12.86629	11.34784	1.133809	2.358877	0.283604	1.9055	0.0098	2.376479	1.12874	0.000942	0.000241887	40.3989
4	1.6402	13.05648	11.41383	1.143918	2.324516	0.275401	1.9156	0.0101	2.341696	1.138864	0.000904	0.000203694	49.57248
5	1.6585	13.24768	11.47981	1.153999	2.290967	0.267509	1.9260	0.0104	2.307741	1.148959	0.000867	0.00016741	62.16967
6	1.6768	13.43989	11.54579	1.164051	2.258203	0.259912	1.9367	0.0107	2.274585	1.159025	0.000833	0.00013292	80.5251
7	1.6951	13.6331	11.61177	1.174076	2.2262	0.252598	1.9477	0.0110	2.242202	1.169063	0.0008	0.000100119	109.7214
8	1.7134	13.82731	11.67775	1.184073	2.194932	0.245552	1.9590	0.0113	2.210566	1.179074	0.000769	6.89087E-05	163.3181
9	1.7317	14.02253	11.74373	1.194043	2.164374	0.238762	1.9705	0.0115	2.179653	1.189058	0.000739	3.91967E-05	293.6618
	1.7400	14.1114	11.77366	1.198557	2.150743	0.235764	1.9758	0.0053	2.157559	1.1963	0.000718	1.84467E-05	287.4262
10	1.7500												

Δε δόθηκε έμφαση στην τάξη

θέμα

β Κατηγορία προβλημάτων
μέθοδος χωρικού βήματος
έμφαση από διδάσκοντες
βαθμιαία μεταβαλλόμενη ροή

μέθοδος χωρικού βήματος

- Αυθαίρετη υπόθεση (στο θέμα, των ανάντη) υψομέτρων
- Θα πρέπει να επαληθεύεται η εξίσωση της ενέργειας (δοκιμές)
- Υποκρίσιμη ροή στο θέμα, υπολογισμοί από κατάντη σε ανάντη

θέμα

Μέθοδος σταθερού χωρικού βήματος

Στη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται η γενική εξίσωση διατηρήσεως ενέργειας:

$$z_2 + y_2 + \frac{Q^2}{2A_2^2 g} = z_1 + y_1 + \frac{Q^2}{2A_1^2 g} - \bar{S}_f \Delta x - \sum h_k \qquad (\Pi 1.20)$$

Σύμφωνα με την εξίσωση αυτή προκύπτει γενικά η τιμή του βάθους y_2 σε μια διατομή (2) όταν είναι γνωστά τα στοιχεία στη διατομή (1) με δεδομένη την τιμή του Δx. Η εξίσωση αυτή όμως δεν είναι δυνατόν να καταλήξει σε ρητή έκφραση ως προς τον άγνωστο y_2 και έτσι επιλύεται μόνο με διαδοχικές προσεγγίσεις.

Η διαδικασία που ακολουθείται είναι η εξής: Οι υπολογισμοί αρχίζουν από την Διατομή 1 (τέλος του τμήματος A - B και αρχή του αναβαθμού), όπου οι συνθήκες ροής είναι κρίσιμες και είναι γνωστό το βάθος ροής του ύδατος. Με την χρήση της Εξίσωσης Π1.20 και προχωρώντας από το τέλος της Διώρυγας προς την αρχή, θα υπολογισθεί το βάθος ροής στις υπόλοιπες διατομές. Για τους υπολογισμούς αυτούς γίνονται οι εξής παραδοχές:

θέμα

$$\underset{\alpha\nu\alpha\nu\tau\eta}{z_1+\frac{V_1^2}{2g}+y_1}=\underset{\kappa\alpha\tau\alpha\nu\tau\eta}{z_2+\frac{V_2^2}{2g}+y_2}+hf \Leftrightarrow$$

$$\left(\frac{V_1^2}{2g}-\frac{V_2^2}{2g}\right)+\left(y_1-y_2\right)+\left(z_1-z_2\right)-hf \Leftrightarrow$$

$$\left(\frac{V_1^2}{2g}-\frac{V_2^2}{2g}\right)+\left(y_1-y_2\right)+S_0\varDelta L-\left(\bar{S}_f\right)\varDelta L \Leftrightarrow$$

$$\left(\frac{V_1^2}{2g}-\frac{V_2^2}{2g}\right)+\left(y_1-y_2\right)+S_0\varDelta L-\left(\frac{S_{f,1}+S_{f,2}}{2}\right)\varDelta L=0 \Leftrightarrow$$

$$\left(\frac{V_1^2}{2g}-\frac{V_2^2}{2g}\right)+\left(y_1-y_2\right)+S_0\varDelta L-\left(\frac{S_{f,1}+S_{f,2}}{2}\right)\varDelta L=0 \Leftrightarrow$$

$$\left(\frac{V_2^2}{2g}-\frac{V_1^2}{2g}\right)+\left(y_2-y_1\right)-S_0\varDelta L+\left(\frac{S_{f,1}+S_{f,2}}{2}\right)\varDelta L=0$$

Τελική εξίσωση, επίλυση με δοκιμές

$$\left(\frac{V_2^{\,2}}{2g}-\frac{V_1^{\,2}}{2g}\right)+\left(y_2-y_1\right)-S_0\Delta L+\left(\frac{S_{f,1}+S_{f,2}}{2}\right)\Delta L=0$$

$$S_{f,1}=\alpha\gamma\nu,\delta o\kappa\iota\mu\acute{\varepsilon}\varsigma=\left(\frac{V\cdot n}{R^{2/3}}\right)^2$$

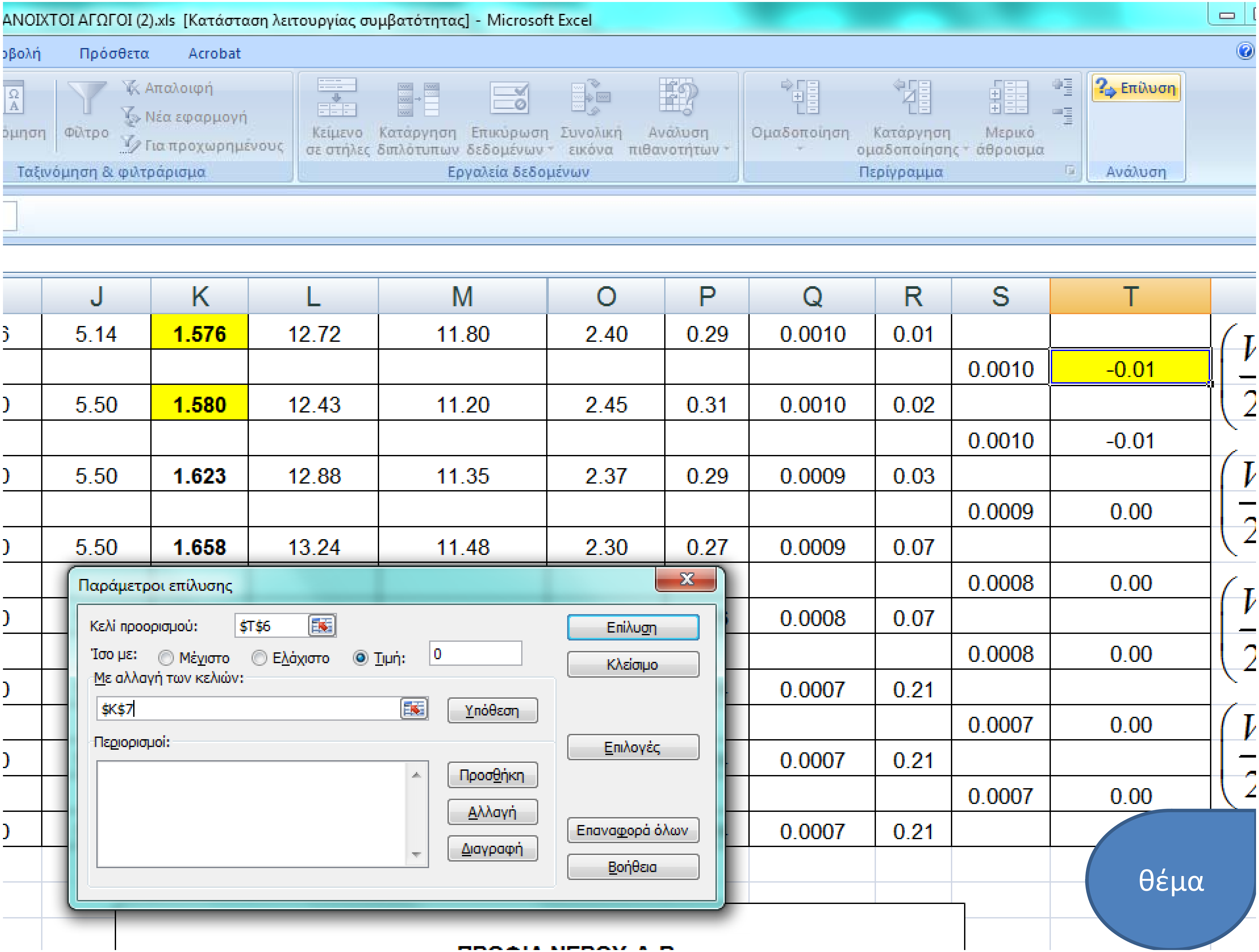
Προσοχή: Επίλυση με δοκιμές
Δες εξέλ εντολή solver
Κατάντη σε ανάντη
(2, γνωστό)→(1, ανάντη, άγνωστο)

θέμα

Β Μέθοδος

- **Ασκησιολογικά**
  - Όταν γνωρίζω το κατάντη βάθος ροής (σε άλλα το ανάντη, πάντως ένα βάθος ροής) και ζητώ το βάθος ροής για ένα Δx
  - Δοκιμές: υπόθεση και επαλήθευση με βάση την εξίσωση της ενέργειας
  - Θέμα με: SOLVER, excel

θέμα


ΑΝΟΙΧΤΟΙ ΑΓΩΓΟΙ (2).xls [Κατάσταση λειτουργίας συμβατότητας] - Microsoft Excel
Πρόσθετα
Acrobat
Απαλοιφή
Νέα εφαρμογή
Για προχωρημένους
Φίλτρο
Ταξινόμηση & φιλτράρισμα
Κείμενο σε στήλες
Κατάργηση διπλότυπων
Επικύρωση δεδομένων
Συνολική εικόνα
Ανάλυση πιθανοτήτων
Εργαλεία δεδομένων
Ομαδοποίηση
Κατάργηση ομαδοποίησης
Μερικό άθροισμα
Περίγραμμα
Επίλυση
Ανάλυση
J K L M O P Q R S T
5.14 1.576 12.72 11.80 2.40 0.29 0.0010 0.01
0.0010 -0.01
5.50 1.580 12.43 11.20 2.45 0.31 0.0010 0.02
0.0010 -0.01
5.50 1.623 12.88 11.35 2.37 0.29 0.0009 0.03
0.0009 0.00
5.50 1.658 13.24 11.48 2.30 0.27 0.0009 0.07
0.0008 0.00
0.0008 0.07
0.0008 0.00
0.0007 0.21
0.0007 0.00
0.0007 0.21
0.0007 0.00
0.0007 0.21
Παράμετροι επίλυσης
Κελί προορισμού: T6
Ίσο με: Μέγιστο Ελάχιστο Τιμή: 0
Με αλλαγή των κελιών:
K7
Υπόθεση
Περιορισμοί:
Προσθήκη
Αλλαγή
Διαγραφή
Επίλυση
Κλείσιμο
Επιλογές
Επαναφορά όλων
Βοήθεια
θέμα

	α/α	dx (m)	ΠΑΡΟΧΗ Q (m^3/s)	ΑΠΟΣΤΑΣΗ (m)	ΚΛΙΣΗ ΠΡΑΝΩΝ m	ΠΛΑΤΟΣ b (m)	ΒΑΘΟΣ y (m)	ΕΜΒΑΔΟΝ ΥΓΡΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ A (m^2)	ΒΡΕΧΟΜΕΝΗ ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΣ P (m)	ΤΑΧΥΤΗΤΑ u (m/s)	kiniti	ΑΠΩΛΕΙΕΣ sf (m)	S0*dx	$SF_{μεσο}$	ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΗΔΕΝΙΣΜΟΥ ΔΕ
	1	2	3	3	4	5	6	7	8	9	8.9	10	10.3	11	12
ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΟ ΤΜΗΜΑ	0		30.50	1162	0.00	7.00	1.246	8.72	9.49	3.50	0.62	0.0027			
		11.65	30.50											0.0019	0.00
	1		30.50	1150	1.86	5.14	1.576	12.72	11.80	2.40	0.29	0.0010	0.01		
ΔΙΩΡΥΓΑ		30.00	30.50											0.0010	0.00
	2		30.50	1120	1.50	5.50	1.604	12.68	11.28	2.40	0.29	0.0010	0.02		
		40.00	30.50											0.0009	0.00
	3		30.50	1080	1.50	5.50	1.623	12.88	11.35	2.37	0.29	0.0009	0.03		
		100.00	30.50											0.0009	0.00
	4		30.50	980	1.50	5.50	1.658	13.24	11.48	2.30	0.27	0.0009	0.07		
		100.00	30.50											0.0008	0.00
	5		30.50	880	1.50	5.50	1.682	13.49	11.56	2.26	0.26	0.0008	0.07		
		300.00	30.50											0.0008	0.00
	6		30.50	580	1.50	5.50	1.722	13.92	11.71	2.19	0.24	0.0007	0.21		
		300.00	30.50											0.0007	0.00
	7		30.50	280	1.50	5.50	1.737	14.08	11.76	2.17	0.24	0.0007	0.21		
		300.00	30.50											0.0007	0.00
	8		30.50	-20	1.50	5.50	1.746	14.17	11.79	2.15	0.24	0.0007	0.21		

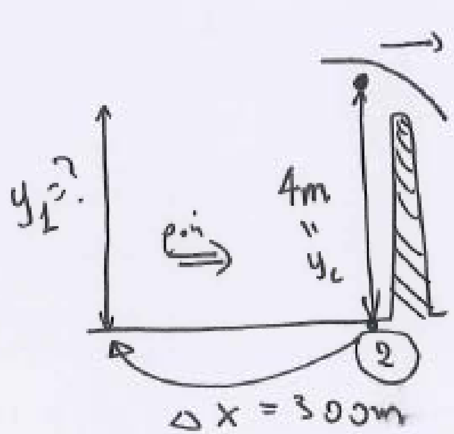
Στο θέμα οι δύο λύσεις δεν συμπίπτουν απόλυτα γιατί αντιμετωπίζουν διαφορετικά τις απώλειες

θέμα

Μικρή Εφαρμογή
(εκτός θέματος)

(1) Άσκηση, επίλυση στην Τάξη:

Τραπεζοειδής διατομή, με επένδυση από σκυρόδεμα, σε κλίση $S_0 = 0.0015$, πλάτος πυθμ. $= 3m = b_0$, κλίση πρανών 1:1.5 λόγω θυρίδας ελέγχου, αμέσως ανάντη της θυρίδας το βάθος ροής είναι 4m. $Q = 19\ m^3/s$. Έστω n (Manning) = 0.017



Ποιο είναι το βάθος ροής $\Delta x = 300m$, ανάντη της θυρίδας?

Λύση: 1 βάθος ομοιόμορφης ροής

$$\bar{f}_n = \frac{Q \cdot n}{S_o^{1/2}\, b_o^{8/3}}$$ (μόνο για τρ. 1:1,5 κλίση πρανών πίνα) $\rightarrow$

$\rightarrow \bar{y}_n =$ $\quad\quad$ $\rightarrow y = \bar{y}_n \cdot b =$

② Βάθος κανονικό:

$$f_{*} = \frac{Q}{\sqrt{g}\, b_0^{5/2}} = \qquad \rightarrow \bar{y}_c = \qquad \rightarrow$$

$$\rightarrow y_c = \bar{y}_c \cdot b_0 =$$

Έλεγχος: Ομοιόμορφο βάθος και κρίσιμο βάθος

$$\bar{f}_n = \frac{Q \cdot n}{S_o^{1/2}\, b_o^{8/3}} = \text{(μόνο για τρ. διατομή } 1:1.5\text{)}$$

$$= \frac{19 \cdot 0.017}{0.0015^{1/2} \cdot 3^{8/3}} = 0.445 \to$$

$$\to \bar{y}_n \cong 0,525 \to y_n = \bar{y}_n \cdot b_o \cong 1.58\,m.$$

$$\bar{f}_c = \frac{Q}{\sqrt{g}\, b_o^{5/2}} = \frac{19}{\sqrt{g} \cdot 3^{5/2}} = 0,389 \to$$

$$\to \bar{y}_n \cong 0.425 \to y_n = 1.275\,m.$$

③ Έλεγχος.

$$y_2 = 4m$$

έλεγχος κλίσης με βάση ομοιόμορφη ροή

$y_n > y_c \rightarrow$ καμπύλη M, ήπια κλίση.

$$\left.\begin{array}{l} 4 = y_2 > y_n \\ \text{και} \\ 4m = y_2 > y_c \end{array}\right\} \Rightarrow M_1$$

ροή υποκρίσιμη, από κατάντη σε ανάντη θα φθάσω σε βάθος ομοιόμορφης ροής $\neq$ θέματος (θέμα M_2)

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.1

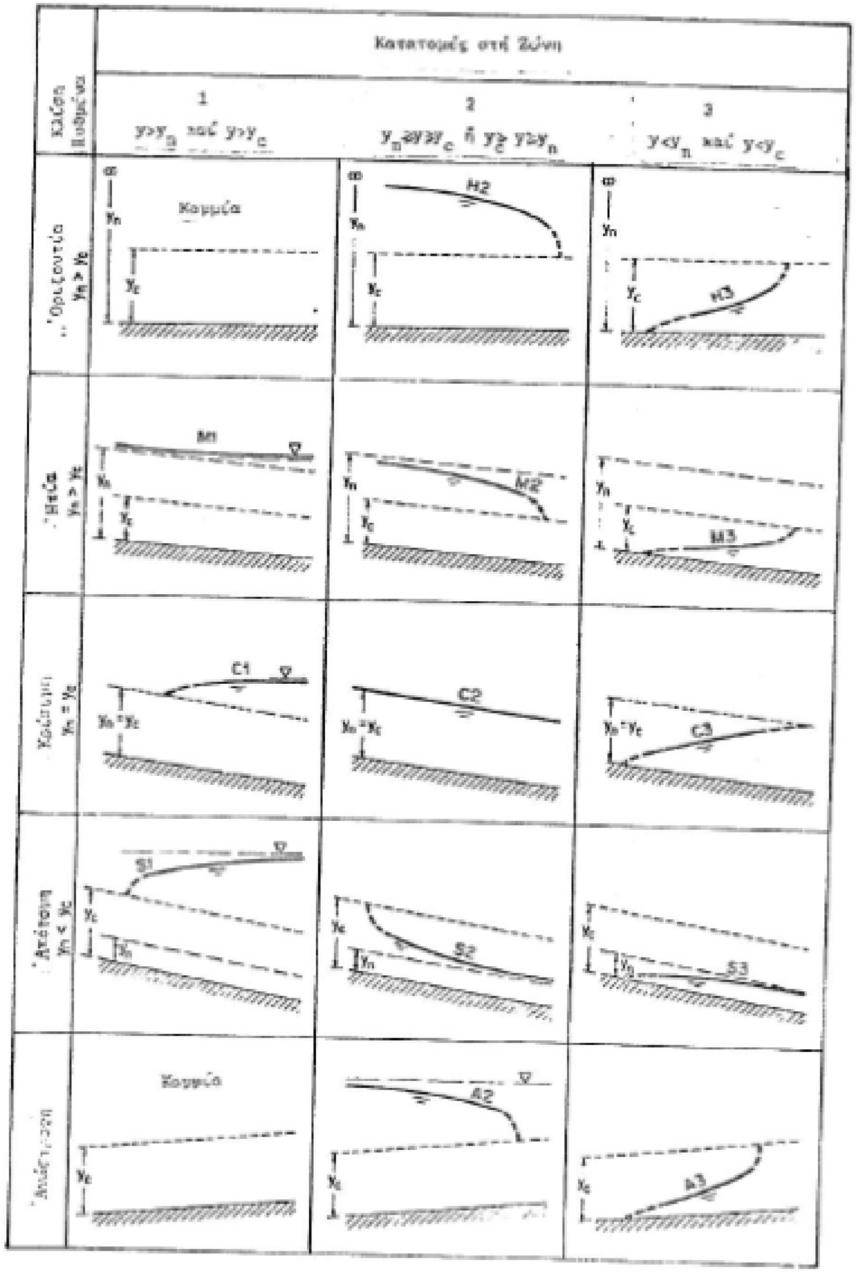
ΤΥΠΟΙ ΚΑΤΑΤΟΜΩΝ ΤΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΤΟΥ ΥΔΑΤΟΣ ΣΕ ΠΡΙΣΜΑΤΙΚΟΥΣ ΑΓΩΓΟΥΣ

Κλίση πυθμένα αγωγού	Συμβολισμός Ζώνη 1	 Ζώνη 2	 Ζώνη 3	Σχέση τοῦ βάθους y πρός y_n καί y_c	Γενικός τύπος καμπύλης*	κατάσταση τῆς ροῆς
Ὁριζόντια	–θ–			–θ–	–θ–	–θ–
$S_0 = 0$		H_2		$y_n > y > y_c$	Κ	Ὑποκρίσιμη
			H_3	$y_n > y_c > y$	Υ	Ὑπερκρίσιμη
Ἠπία	M_1			$y > y_n > y_c$	Υ	Ὑποκρίσιμη
$0 < S_0 < S_c$		M_2		$y_n > y > y_c$	Κ	>>
			M_3	$y_n > y_c > y$	Υ	Ὑπερκρίσιμη
Κρίσιμη	C_1			$y > y_n = y_c$	Υ	Ὑποκρίσιμη
$_0 = S_c > 0$		C_2		$y = y_n = y_c$	Ο	Κρίσιμη καί ὁμοιόμορφη
			C_3	$y_n = y_c > y$	Υ	Ὑπερκρίσιμη
Ἀπότομη	S_1			$y > y_c > y_n$	Υ	Ὑποκρίσιμη
$_0 > S_c > 0$		S_2		$y_c > y > y_n$	Κ	Ὑπερκρίσιμη
			S_3	$y_c > y_n > y$	Υ	>>
Ἀνάστροφη	–θ–			–θ–	–θ–	–θ–
$S_0 < 0$		A_2		$\|y_n\| > y > y_c$	Κ	Ὑποκρίσιμη
			A_3	$\|y_n\| > y_c > y$	Υ	Ὑπερκρίσιμη

*) Κ = καμπύλη καταπτώσεως, Υ = καμπύλη ὑπερυψώσεως, Ο = ὁμοιόμορφη ροή

Σακκάς, 1988

$$\frac{dy}{dx} = \frac{S_0 - S_f}{1 - Fr^2}$$

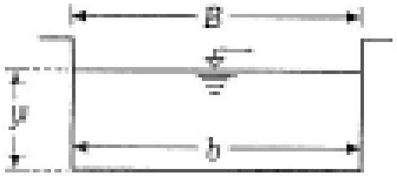
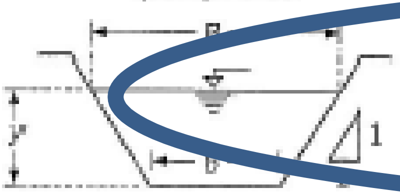
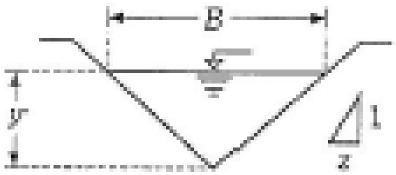
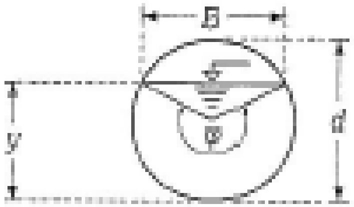


. 4.1 Σχηματική παράσταση καί ταξινόμηση τῶν κατατομῶν τῆς

Σακκάς, 1988

Προσοχή άλλος συμβολισμός όπου **z** →**m**

Πίν. ... Γεωμετρικά στοιχεία αγωγών

Διατομή	Επιφάνεια A	Βρεχ. περίμετρος P	Υδραυλική ακτίνα $R = A/P$	Πλάτος ελεύθερης επιφάνειας B	Υδραυλικό βάθος $y_{\mu} = A/B$	Αριθμός Fro... F
Ορθογωνική 	by	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	b	y	$\sqrt{\frac{Q^2}{b^2y^3g}}$
Τραπεζοειδής 	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\sqrt{\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}}$	$b+2zy$	$\frac{(b+zy)y}{b+2zy}$	$\sqrt{\frac{(b+2zy)\ldots}{(b+zy)^3y\ldots}}$
Τριγωνική 	zy^2	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$	$\frac{y}{2}$	$\sqrt{\frac{2Q^2}{z^2y^5g}}$
Κυκλική 	$\frac{d^2}{8}(\varphi-\sin\varphi)$	$d\frac{\varphi}{2}$	$\frac{d}{4}\left(1-\frac{\sin\varphi}{\varphi}\right)$	$d\left(\sin\frac{\varphi}{2}\right)$ ή $2\sqrt{y(d-y)}$	$\frac{d}{8}\left(\frac{\varphi-\sin\varphi}{\sin\frac{\varphi}{2}}\right)$	$\sqrt{\frac{512Q^2\sin(\ldots}{gd^5(\varphi-\sin\ldots}}$

③ Εξίσωση Ενέργειας.

ανάντη   κατάντη

$$H_1 = H_2 + \Sigma h_f.$$

$$z_1 - z_2 = S_0 \Delta x = 0.0015 \cdot \Delta x$$

$$\bar{S}_f = \frac{S_{f_1} + S_{f_2}}{2}$$

$$S_{f_2} = \frac{V_2^2 n^2}{R_2^{4/3}} = \left(\frac{Q^2 n^2}{R_2^{4/3} A_2^2} \right)$$ {Manning σε βαθμιαίως μετ. ροή}

$$H_1 = y_1 + \frac{V_1^2}{2g} + z_1$$

$$H_2 = \overset{=4.}{y_2} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2$$

② Κατάντη = γνωστό : $y_2 = 4m$

y_1 = δοκιμές (ανάντη)

Με δοκιμή: θα πρέπει να ισχύει η εξίσωση της ενέργειας

$$y_1 + \left(\frac{Q}{(b_0+1.5y_1)y_1}\right)^2\frac{1}{2g} + \underbrace{S_0\,\Delta x}_{(z_1-z_2)} = \qquad (H_1 = H_2 + \Sigma h_{f_{1\to2}})$$

ανάντη

$$= y_2 + \left(\frac{Q}{(b_0+1.5y_2)y_2}\right)^2\frac{1}{2g} + \frac{S_{f_2}+S_{f_1}}{2}\Delta x$$

κατάντη

$y_2 = 4m$ κατάντη.

y_1 = δοκιμής ανάντη).

$Q = 19\,m/s$

$\Delta x = 300$

y:

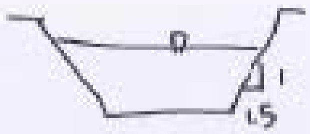
$A = (b_0 + 1.5y)y$

$P = b_0 + 2y\sqrt{1+1.5^2}$

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

Προσοχή άλλος συμβολισμός όπου z →m

Έστω $y_1 = 3.5\,m$,



Τότε

$$A_1 = (b + z y_1) y_1 = (3 + 1.5\cdot 3.5)\,3.5 = 28.88\,m^2.$$

$$P_1 = b + 2y_1\sqrt{1+z^2} = \left(3 + 2\cdot 3.5\sqrt{1+1.5^2}\right) = 15.62\,m.$$

$$V_1 = \frac{Q}{A_1} = \frac{19}{A_1} = 0.66\,m/s \rightarrow \frac{V^2}{2g} = \gamma\nu.$$

$$S_{f_1} = \frac{n^2 V_1^2}{R_1^{4/3}} = \frac{n^2 V_1^2}{\left(\frac{A_1}{P_1}\right)^{4/3}} = \frac{n^2 Q^2}{A_1^2 (R_1)^{4/3}}$$

$$S_0 = 0.0015,\ \Delta z = 0.0015\cdot \overset{300}{\Delta x} = 0.45\,m. \quad (= z_1 - z_2)$$

④

Δοκιμές, $y_2 = 4m \rightarrow y_1 = ?$ ανάντη,

Εξ. Δ. Ενέργειας: $y_1 + \frac{v_1^2}{2g} + S_0 \cdot \Delta x = y_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \left(\frac{S_{f1} + S_{f2}}{2}\right) \cdot \Delta x$ —

y		A	P	R	V	$V^2/2g$	S_f	$S_0 \cdot \Delta x$	$(S_{f1}+S_{f2})/2$	$\bar{S}_f \Delta x$	Ιετ.
y_2	$= 4$	?	?	?	= ?	?	?				
								?	?	?	επ..
$y_1 \rightarrow$	δοκιμής	?	?	?	?	?	?	?	?	?	

Δοκιμές, επαλήθευση, εξίσωση ενέργειας

Επαλήθευση.

$$y_1 + \frac{V_1^2}{2g} + \overset{= z_1 - z_2 = S_0 \Delta x}{\Delta z} = y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{S_{f1} + S_{f2}}{2} \Delta x$$

ανάντη

κατάντη
($y_2 = 4m$)

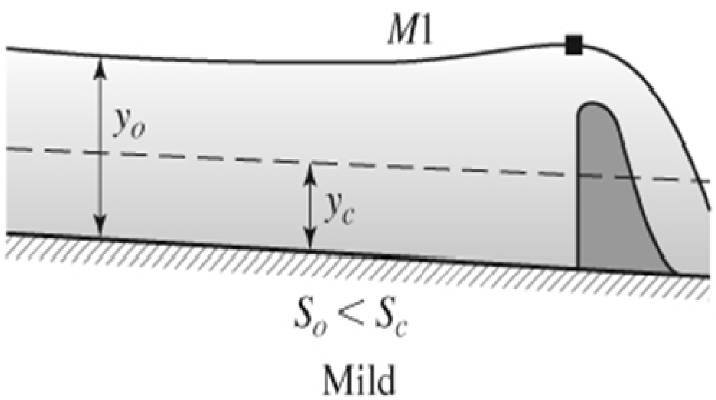
δοκιμές

α/α	**dx** (m)	ΠΑΡΟΧΗ **Q** (m^3/s)	ΚΛΙΣΗ ΠΡΑΝΩΝ **m**	ΠΛΑΤΟΣ **b** (m)	ΒΑΘΟΣ **y** (m)	ΕΜΒΑΔΟΝ ΥΓΡΗΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ **A** (m^2)	ΒΡΕΧΟΜΕΝΗ ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΣ **P** (m)	R	ΤΑΧΥΤΗΤΑ **u** (m/s)	kiniti	ΑΠΩΛΕΙΕΣ **sf** (m)	S0 ΔΧ	$SF_{μεσο}$	ΣΥΝΑΡΤΗΣΗ ΜΗΔΕΝΙΣΜΟΥ **ΔΕ**
2		19.00	1.50	3.00	**4.000**	36.00	17.42	2.07	0.53	0.01	0.00003			
	300.00											0.4500	0.00004	0.00
3		19.00	1.50	3.00	**3.556**	29.63	15.82	1.87	0.64	0.02	0.00005			
	300.00	17.00										0.4500	0.00006	0.00
4		17.00	1.50	3.00	**3.119**	23.96	14.25	1.68	0.71	0.03	0.00007			

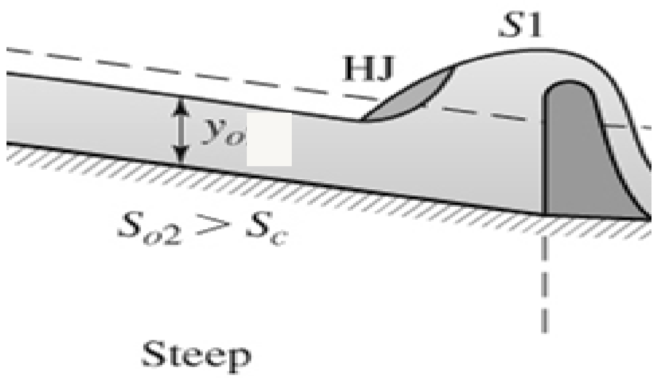
Example

A trapezoidal concrete-lined channel has a constant bed slope of 0.0015, a bed width of 3 m and side slopes 1:1. A control gate increased the depth immediately upstream to 4.0m when the discharge is 19 m^3/s. Compute WSP to a depth 5% greater than the uniform flow depth (n=0.017).

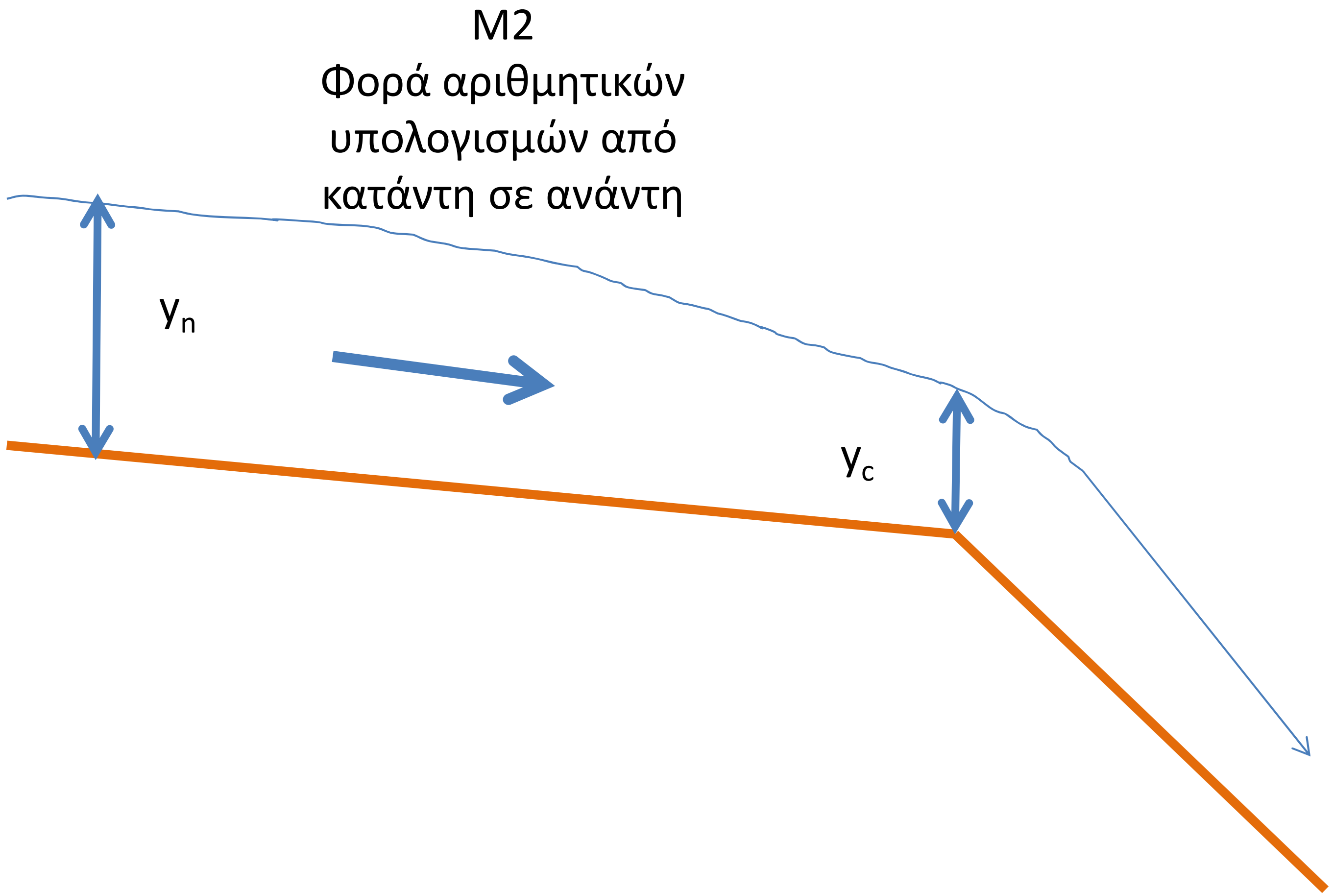
Two possibilities exist:

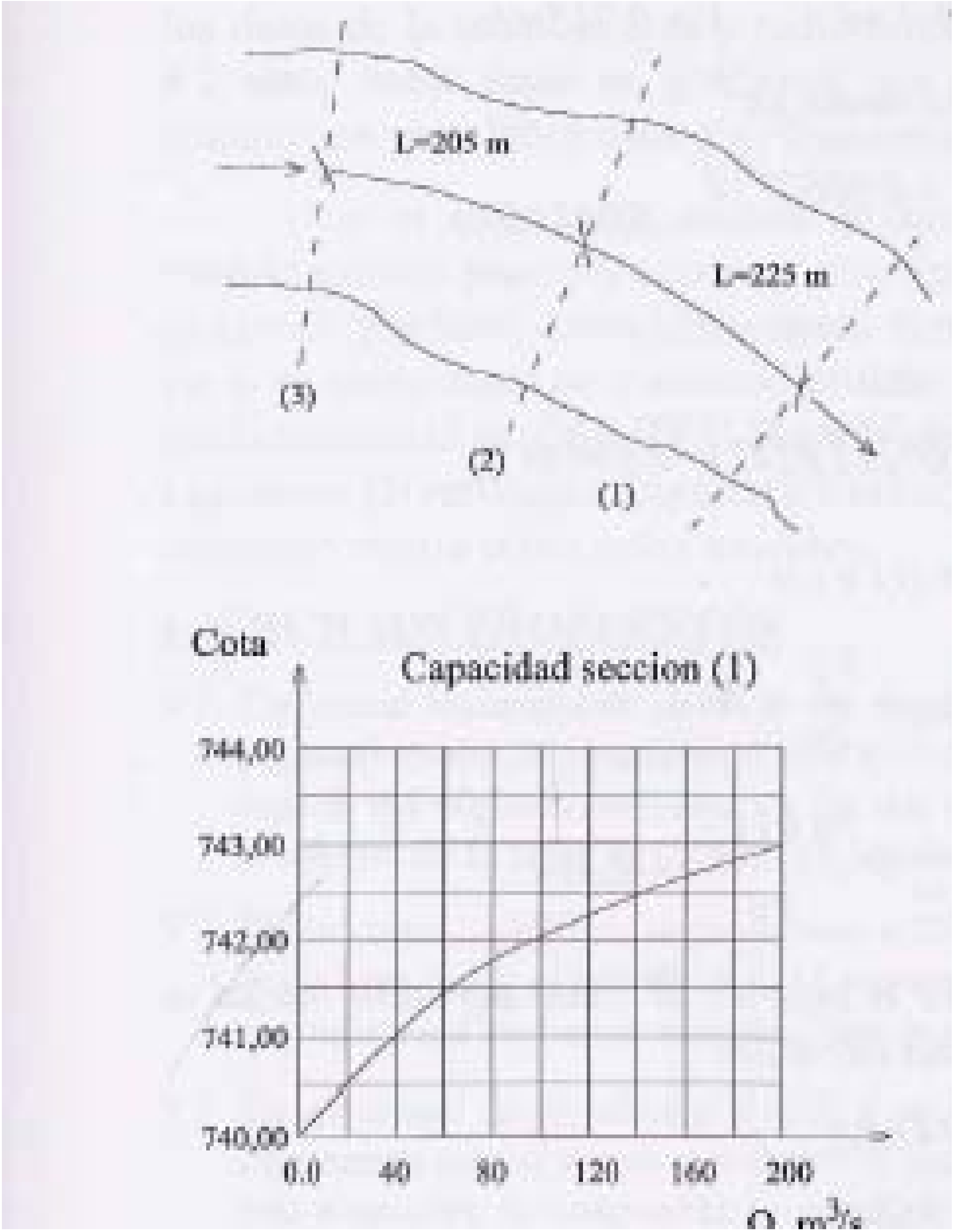


OR



Φορά υπολογισμών: καμπύλη Μ2, (2) κατάντη → ανάντη (1)

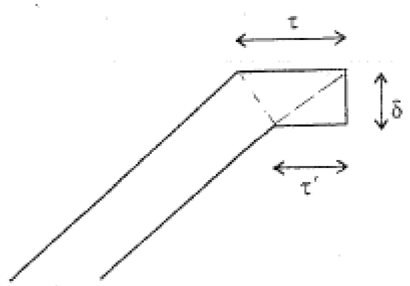




Μέθοδος χωρικού βήματος:
Σωτήρια σε μη πρισματικούς αγωγούς , σε κάθε χαρακτηριστική διατομή πρέπει να τη συμπεριλαμβάνω στα υπολογιστικά βήματα μου

Προσμετρήσεις

Προσμετρήσεις



Σχήμα Π1.8. Λεπτομέρεια της διατομής της διώρυγας

Προσμετρήσεις

Ζητούμενο ε

- Προμέτρηση υλικών και εργασιών

Υπολογισμός χωματουργικών εργασιών

- Πίνακας Π1.15
- Έλλειμμα εκσκαφών ίσο προς 520 m^3, για όλη τη διώρυγα εκτός του αναβαθμού

Υπολογισμός άοπλου σκυροδέματος

- Υπολογισμός μήκους επενδύσεως για τη διατομή του τμήματος ΑΒ και χωριστά για τη διατομή του τμήματος ΓΔ
- Μήκος επενδύσεως: θεωρείται μία μέση γραμμή (Σχήμα Π1.8)

Προσμετρήσεις

Π1.5.2 Υπολογισμός Άοπλου Σκυροδέματος

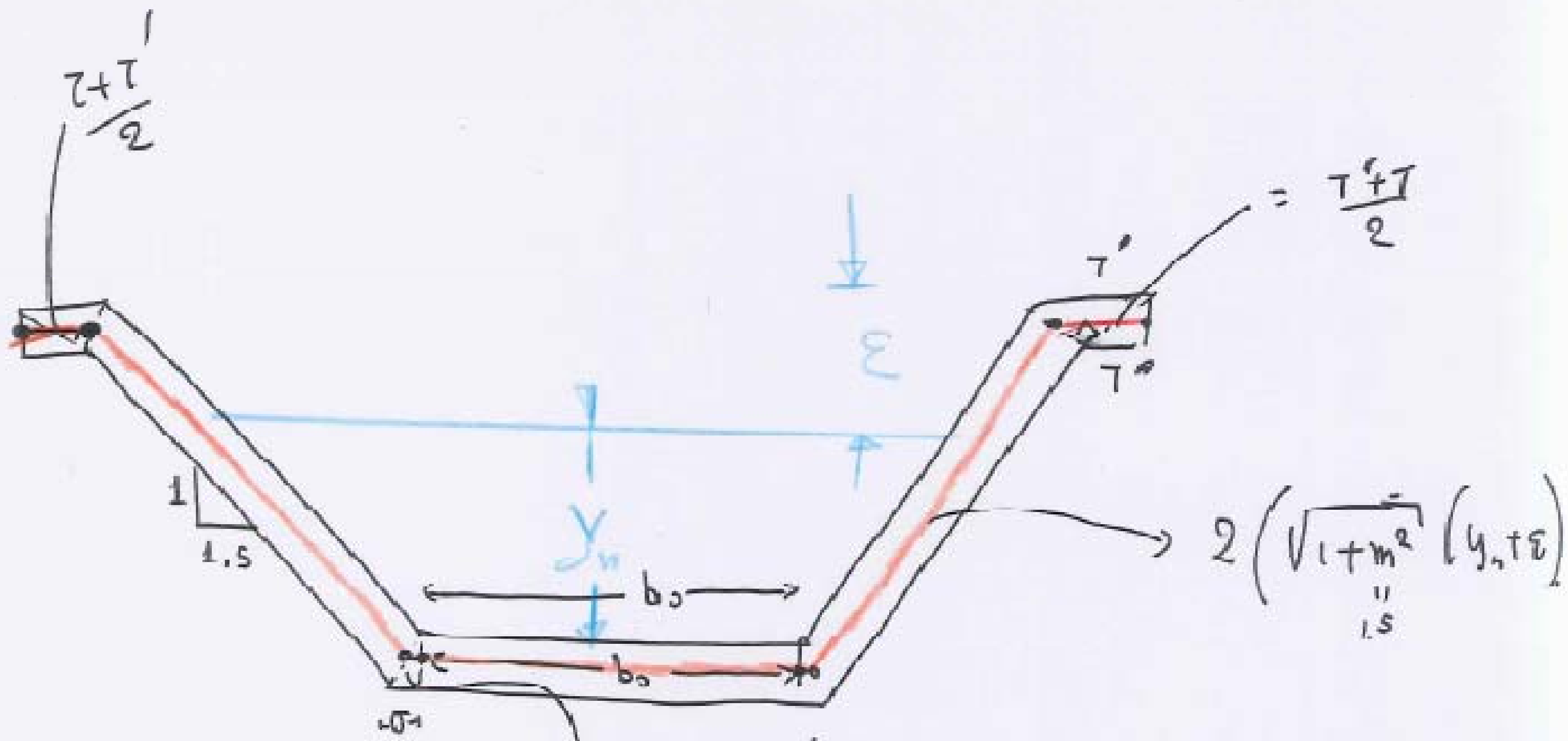
Για τον υπολογισμό του άοπλου σκυροδέματος που χρησιμοποιείται για την κατασκευή της Διώρυγας, χρειάζεται να υπολογιστεί αρχικά το μήκος της επενδύσεως για τα δύο τμήματα της Διώρυγας. Θεωρείται ότι η επένδυση δεν έχει πάχος, αλλά περιγράφεται από μία μέση γραμμή. Ο τύπος που μας δίνει το μήκος επενδύσεως είναι ο ακόλουθος:

$$L_{\varepsilon\pi} = b + 2\sqrt{1+m^2}\,(y_n + \varepsilon) + \sigma + \tau + \tau' \qquad (\Pi 1.32)$$

όπου οι ποσότητες τ και τ' φαίνονται στο Σχήμα Π1.8 και δίδονται από τις παρακάτω εξισώσεις:

$$\tau = \delta \cdot \sqrt{1+m^2} \qquad (\Pi 1.33)$$

$$\tau' = m \cdot \delta \qquad (\Pi 1.34)$$



$$L_{\varepsilon n} = \left(b_0 + \frac{\sigma}{\cancel{2}}\cdot\cancel{2}\right) + 2\left(\sqrt{1+m^2}\right)(y_n+\varepsilon) + \cancel{2}\,\frac{\tau'+\tau}{\cancel{2}}$$

$$\boxed{L_{\varepsilon n} = b_0 + 2\sqrt{1+m^2}\cdot(y_n+\varepsilon) + \sigma + \tau + \tau'}$$

Οι Εξισώσεις Π1.33 και Π1.34 δίνουν αντίστοιχα:

$$\tau = 0{,}08 \cdot \sqrt{1+1.5^2} \Rightarrow \tau = 0.1442\text{m}$$

$$\tau' = 1.5 \times 0.08 \Rightarrow \tau' = 0.12\text{m}$$

και η Εξ. Π1.32 για τα δύο τμήματα της διώρυγας δίνει (είναι $\varepsilon = 0.49$ και $\sigma = 0.0242$ **m** και για τα δύο τμήματα της Διώρυγας):

- για το τμήμα A - B, όπου $b = 5.5$ **m** και $y_n = 1.75$ **m** το μήκος επενδύσεως είναι:

$$(L_{\varepsilon\pi})_{AB} = 5.5 + 2\sqrt{1+1.5^2}\,(1.75+0.49) + 0.0242 + 0.1442 + 0.12 = 13.865\text{m}$$

- για το τμήμα Γ - Δ, όπου b = 7.0 **m** και $y_n = 2.31$ **m** το μήκος επενδύσεως είναι:

$$(L_{\varepsilon\pi})_{\Gamma\Delta} = 7.0 + 2\sqrt{1+1.5^2}\,(2.31+0.49) + 0.0242 + 0.1442 + 0.12 = 17.384\text{ m}$$

Ο όγκος του σκυροδέματος προκύπτει αν πολλαπλασιασθεί το μήκος $L_{\varepsilon\lambda}$ με το πάχος δ της επενδύσεως και το μήκος S της Διώρυγας. Έτσι για τα δύο τμήματα ξεχωριστά προκύπτει:

- για το τμήμα A - B, όπου $\delta = 0.08$ **m** και $S = 1.150$ **m** προκύπτει όγκος ίσος με $V_{AB} = 13.865 \times 0.08 \times 1150 = 1275.58\text{ m}^3$
- για το τμήμα Γ - Δ, όπου $\delta = 0.08$ **m** και $S = 950$ **m** προκύπτει όγκος ίσος με $V_{\Gamma\Delta} = 17.384 \times 0.08 \times 950 = 1321.8\text{ m}^3$

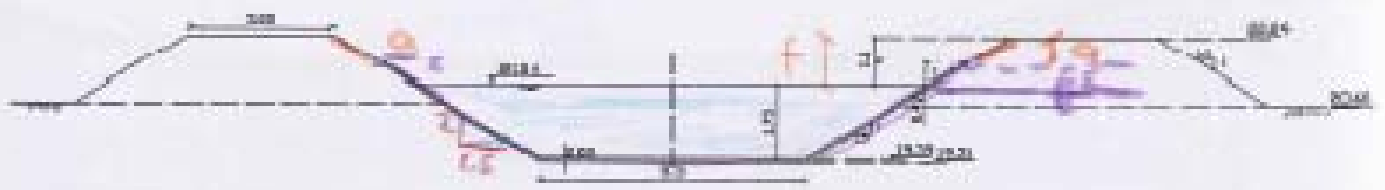
Ο συνολικός όγκος άοπλου σκυροδέματος για την κατασκευή της Διώρυγας προκύπτει:

$$V_{\sigma\kappa\upsilon\rho.} = 1.275.58 + 1.321.18 \Rightarrow \boldsymbol{V_{\sigma\kappa\upsilon\rho.} = 2.596.76\ m^3}$$

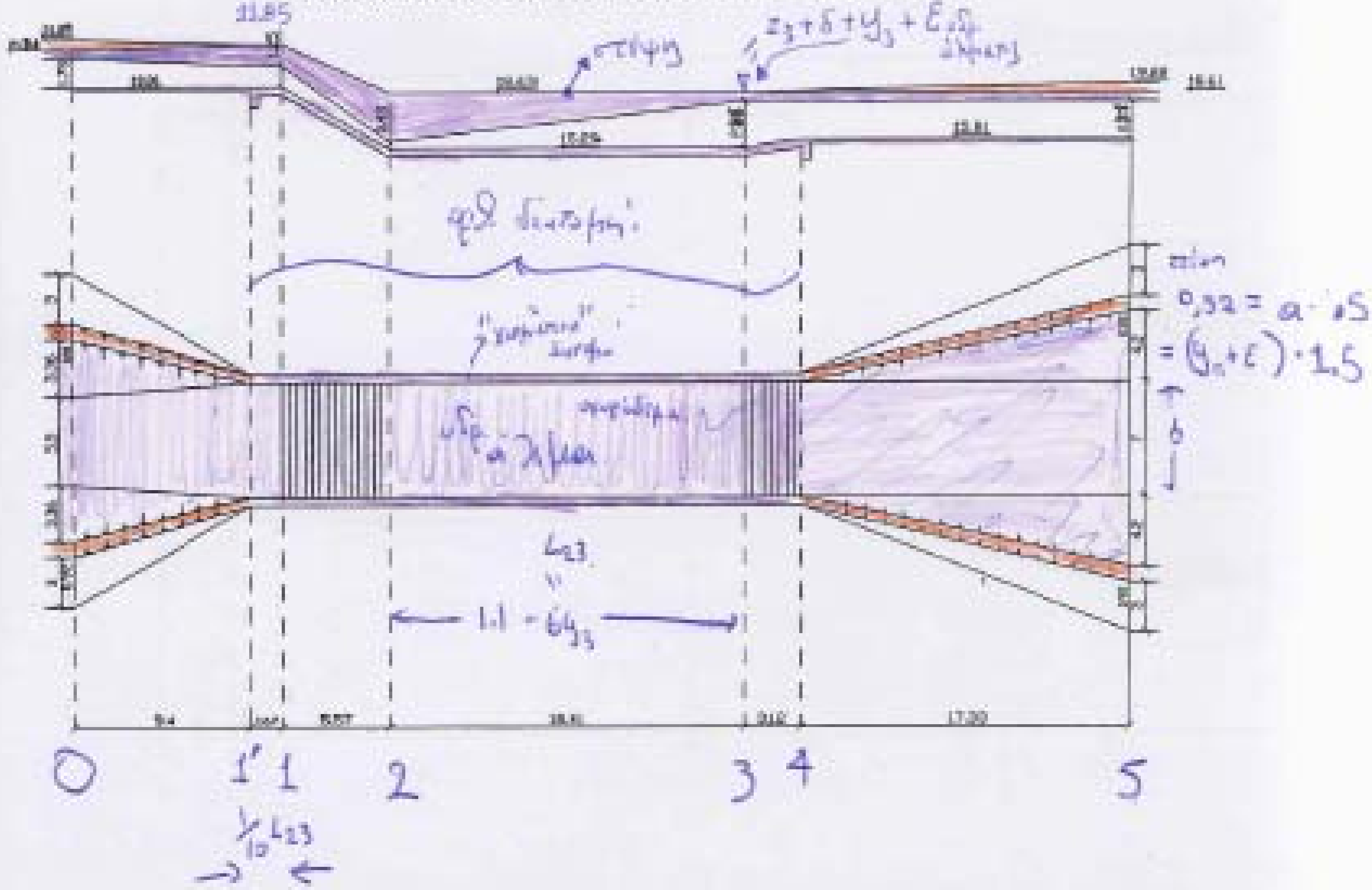
Σχέδια

Σχέδιο Π1.2 Εγκάρσια διατομή της Διώρυγας στη Χ.Θ. 0+700

ΚΑΤΑ ΠΛΑΤΟΣ ΤΟΜΗ ΔΙΩΡΥΓΑΣ (Χ.Θ. 0+700)



ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΗ ΚΑΙ ΚΑΤΟΨΗ ΑΝΑΒΑΘΜΟΥ

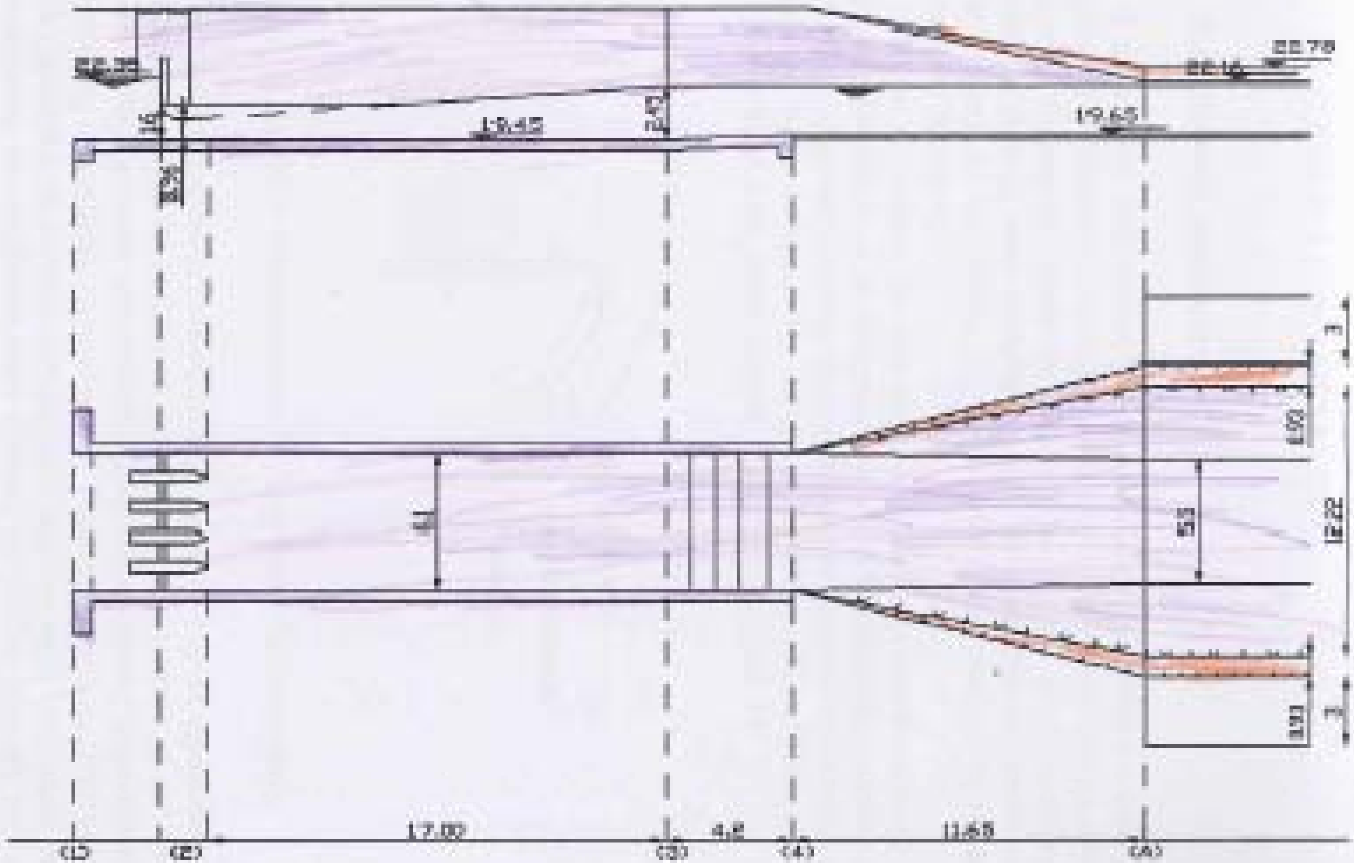


Σχέδιο Π.3 Μηκοτομή και κάτοψη του Αναβαθμού

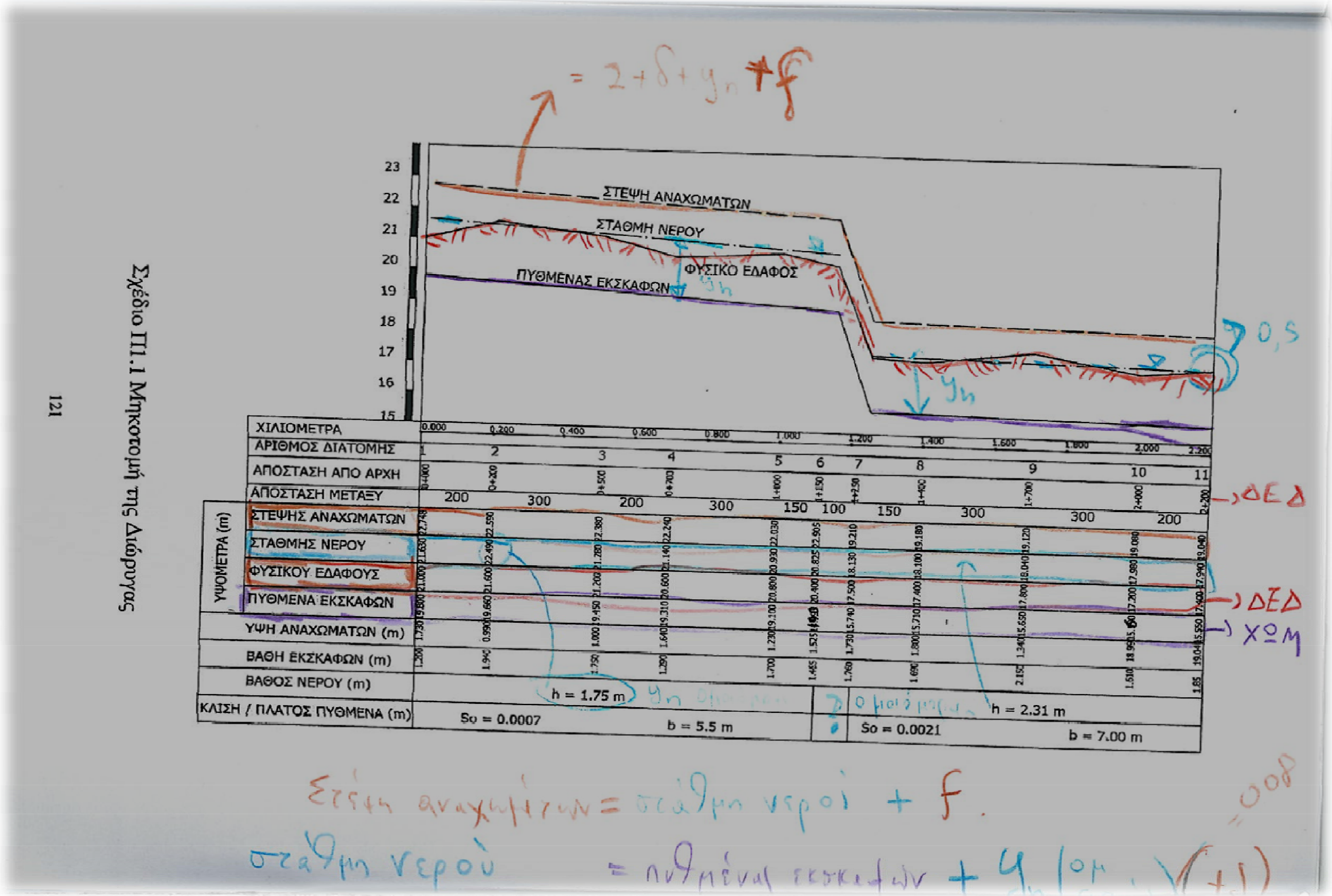
Σχέδιο Π 1.4 Μηκοτομή και κάτοψη της Υδροληψίας

111

ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΟΜΗ ΚΑΙ ΚΑΤΟΨΗ ΥΔΡΟΛΗΨΙΑΣ

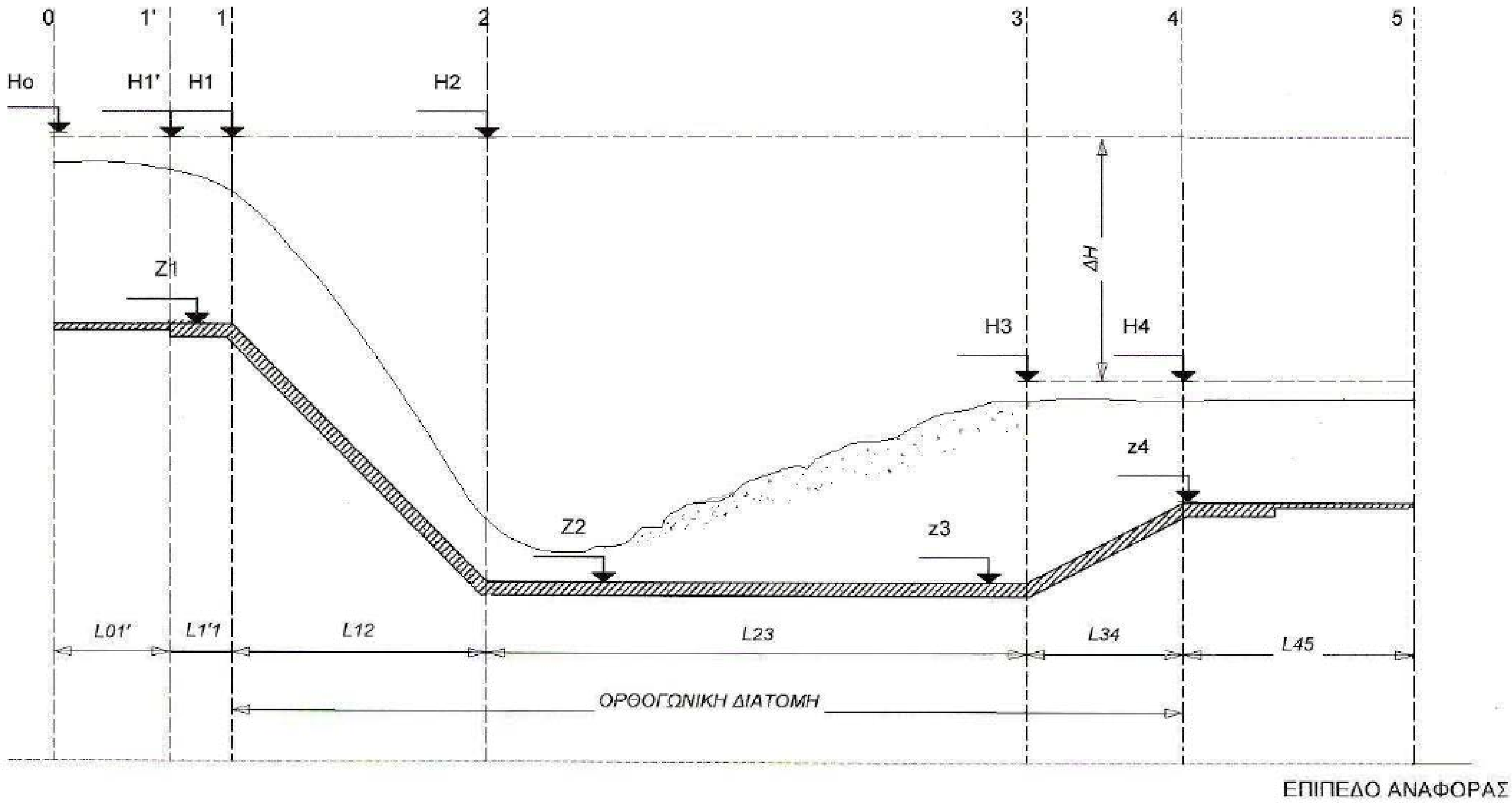


Μηκοτομή



= 2+δ+yn+f
ΣΤΕΨΗ ΑΝΑΧΩΜΑΤΩΝ
ΣΤΑΘΜΗ ΝΕΡΟΥ
ΦΥΣΙΚΟ ΕΔΑΦΟΣ
ΠΥΘΜΕΝΑΣ ΕΚΣΚΑΦΩΝ
yn
0,5
ΧΙΛΙΟΜΕΤΡΑ
ΑΡΙΘΜΟΣ ΔΙΑΤΟΜΗΣ
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΠΟ ΑΡΧΗ
ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΜΕΤΑΞΥ
ΥΨΟΜΕΤΡΑ (m)
ΣΤΕΨΗΣ ΑΝΑΧΩΜΑΤΩΝ
ΣΤΑΘΜΗΣ ΝΕΡΟΥ
ΦΥΣΙΚΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ
ΠΥΘΜΕΝΑ ΕΚΣΚΑΦΩΝ
ΥΨΗ ΑΝΑΧΩΜΑΤΩΝ (m)
ΒΑΘΗ ΕΚΣΚΑΦΩΝ (m)
ΒΑΘΟΣ ΝΕΡΟΥ (m)
ΚΛΙΣΗ / ΠΛΑΤΟΣ ΠΥΘΜΕΝΑ (m)
h = 1.75 m
So = 0.0007
b = 5.5 m
h = 2.31 m
So = 0.0021
b = 7.00 m
ΔΕΔ
ΔΕΔ
ΧΟΜ
Σχέδιο ΠΙ.1 Μηκοτομή της Διώρυγας
121
Στέψη αναχωμάτων = στάθμη νερού + f.
στάθμη νερού = πυθμένα εκσκαφών + yn

Υπενθύμιση γεωμετρικά στοιχεία υδραυλικού άλματος


0
1'
1
2
3
4
5
Ho
H1'
H1
H2
ΔH
H3
H4
Z1
Z2
z3
z4
L01'
L1'1
L12
L23
L34
L45
ΟΡΘΟΓΩΝΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ
ΕΠΙΠΕΔΟ ΑΝΑΦΟΡΑΣ

Υπολογισμός υδραυλικού άλματος (Σχήμα Π1.4)

- Το υδραυλικό άλμα λαμβάνει χώρα σε ορθογωνική διατομή
  Από διατομή 1 μέχρι διατομή 4: ορθογωνική κατασκευή.

- Από διατομή 0 έως διατομή 1
  " " 4 " " 5
  } μεταβατικά τμήματα με αναλογία προσαρμογής 1:5 (για τη μετάβαση από την τραπεζοειδή διατομή της διώρυγας στην ορθογωνική διατομή του αναβαθμού)

Υπολογισμός του πλάτους της λεκάνης ηρεμίας (b)

- Εμπειρικός τύπος: $b = \frac{1}{5} Q = \frac{1}{5} \times 30.5 = 6.1 \ m$
- Προτείνεται αυξημένο πλάτος $b = 7 \ m$
- Παροχή ανά μονάδα πλάτους: $q = \frac{Q}{b} = \frac{30.5}{7} = 4.36 \ \frac{m^3}{s \cdot m}$

Μήκος λεκάνης ηρεμίας

Υπολογισμός μήκους του αναβαθμού

- Εμπειρικός τύπος για το μήκος του υδραυλικού άλματος:

$$L_j \simeq 6.0\, y_3 = 6.0 \times 2.88 = 17.28 \text{ m}$$

- Για λόγους ασφαλείας $L_{23} \simeq 1.1\, L_j = 1.1 \times 17.28 = 19.01$ m

L_{23}: μήκος λεκάνης ηρεμίας

Θεωρητικά κρίσιμο και πραγματικό κρίσιμο

Υπολογισμός άλλων χαρακτηριστικών μηκών

- Μήκος $L_{1'1}$ από οπλισμένο σκυρόδεμα, καθόσον το κρίσιμο βάθος δεν εμφανίζεται στη θέση 1, αλλά λίγο πιο ανάντη

$$L_{1'1} = \frac{1}{10} L_{23} = \frac{1}{10} \times 19.01 \cong 1.90 \text{ m}$$ (εμπειρικός τύπος)

Κεκλιμένο τμήμα

$\Delta z_{1-2} = z_1 - z_2 = (20.40 - 1.40) - 15.2 = 3.8$ m

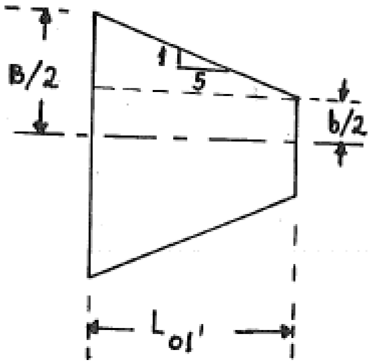
Κλίση τμήματος 1-2: 1:1.5 (δεδομένο)

$L_{12} = 1.5 \times \Delta z_{1-2} = 1.5 \times 3.8 = 5.7$ m

20.40 m : υψόμετρο φυσικού εδάφους

1.40 m : βάθος εκσκαφής

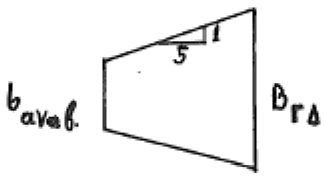
Συναρμογές



αναλογία προσαρμογής 1:5

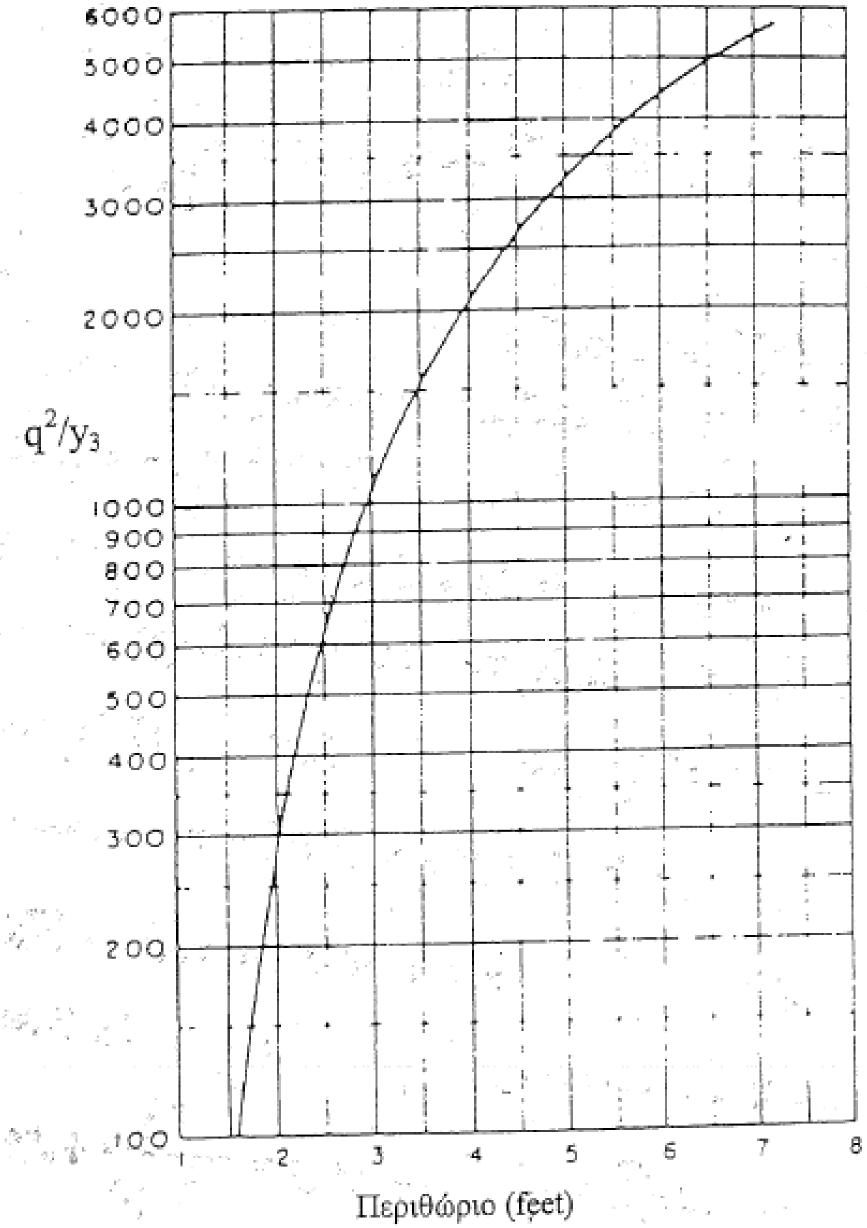
$$\frac{L_{01'}}{5} = \frac{\frac{B-b}{2}}{1} \Rightarrow L_{01'} = 2.5\,(B-b)$$

$$L_{01'} = 2.5\,(B_{AB} - b_{\alpha\nu\alpha\beta.}) = 2.5\,(10.76 - 7.0) = 9.4\ m$$



$$L_{45} = 2.5\,(B_{\Gamma\Delta} - b_{\alpha\nu\alpha\beta.}) = 2.5\,(13.93 - 7.0) = 17.33\ m$$

Διαφαίνεται άλλη μία απλούστευση που κάναμε εφόσον αρχικά αγνοήσαμε την μετάβαση (4-5)



Σχήμα Π3.1 Διάγραμμα υπολογισμού του περιθωρίου Λεκάνης καταστροφής ενέργειας

Ελεύθερο περιθώριο για άλμα

Υπολογισμός ελεύθερου περιθωρίου της λεκάνης ηρεμίας

(freeboard in stilling pool)

- Διάγραμμα Π3.1, $1m = 3.28\,ft \Rightarrow 1m^3 = 3.28^3\,ft^3 = 35.3\,ft^3$

$$\frac{q^2}{y_3} = \frac{4.36^2}{2.88}\ \frac{(3.28^2)^2}{3.28} = 232.92\ \frac{ft^3}{sec^2}$$

- Από το διάγραμμα Π3.1 $\Rightarrow$ περιθώριο ασφαλείας $f = 1.8\,ft = 0.55\,m$