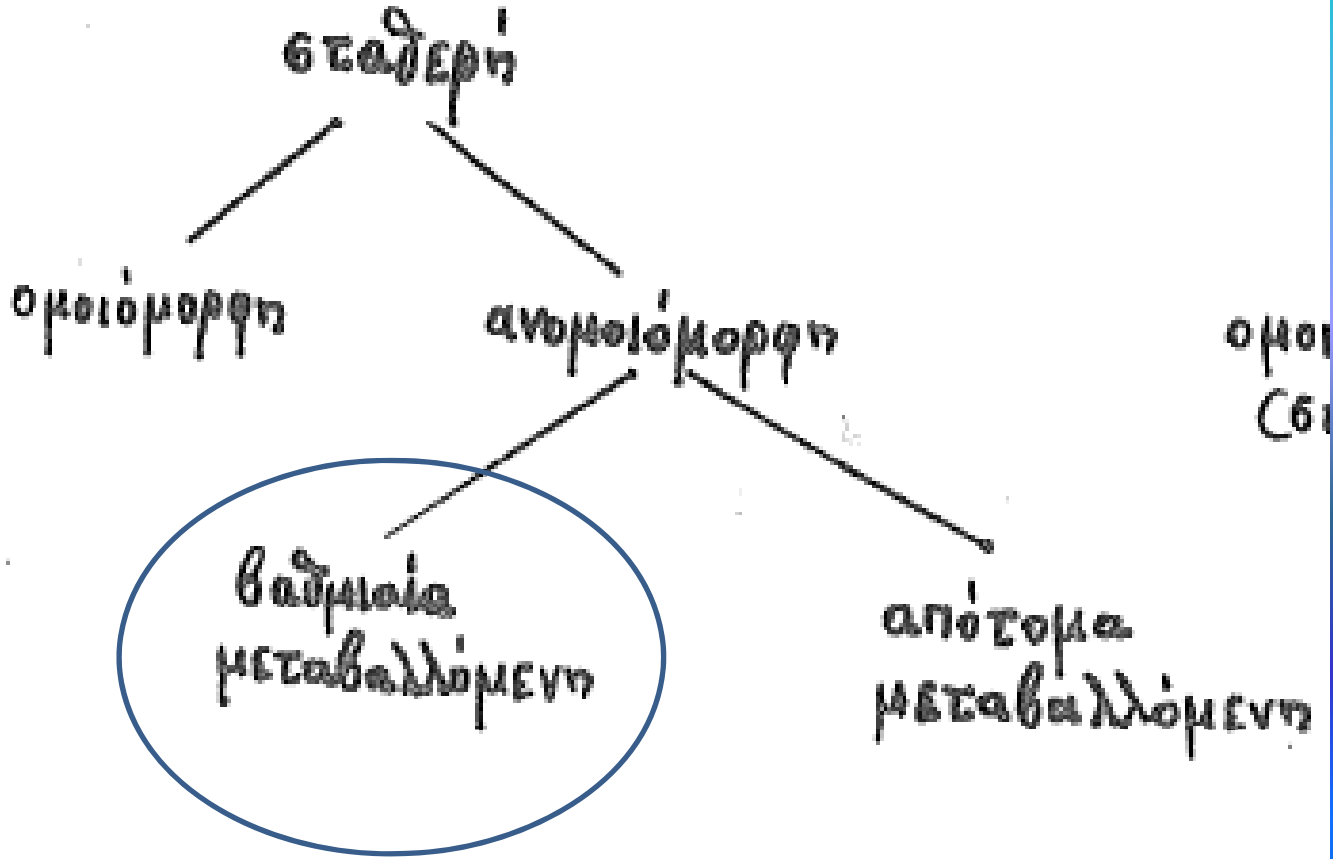


Βαθμιαία μεταβαλλόμενη ροή 2
(συνέχεια...)- προσεγγιστικό προφίλ
ελευθέρας επιφάνειας σε αγωγούς
μεγάλου μήκους με αλλαγή κλίσεων

Είδη ροής



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 BMP η κλίση πυθμένα, στάθμης ελεύθερης επιφανείας αλλά και γραμμής ενέργειας δε συμπίπτουν.

Βαθμιαία μεταβαλλόμενη ροή

Μορφή καμπύλης στάθμης
ελεύθερης επιφανείας

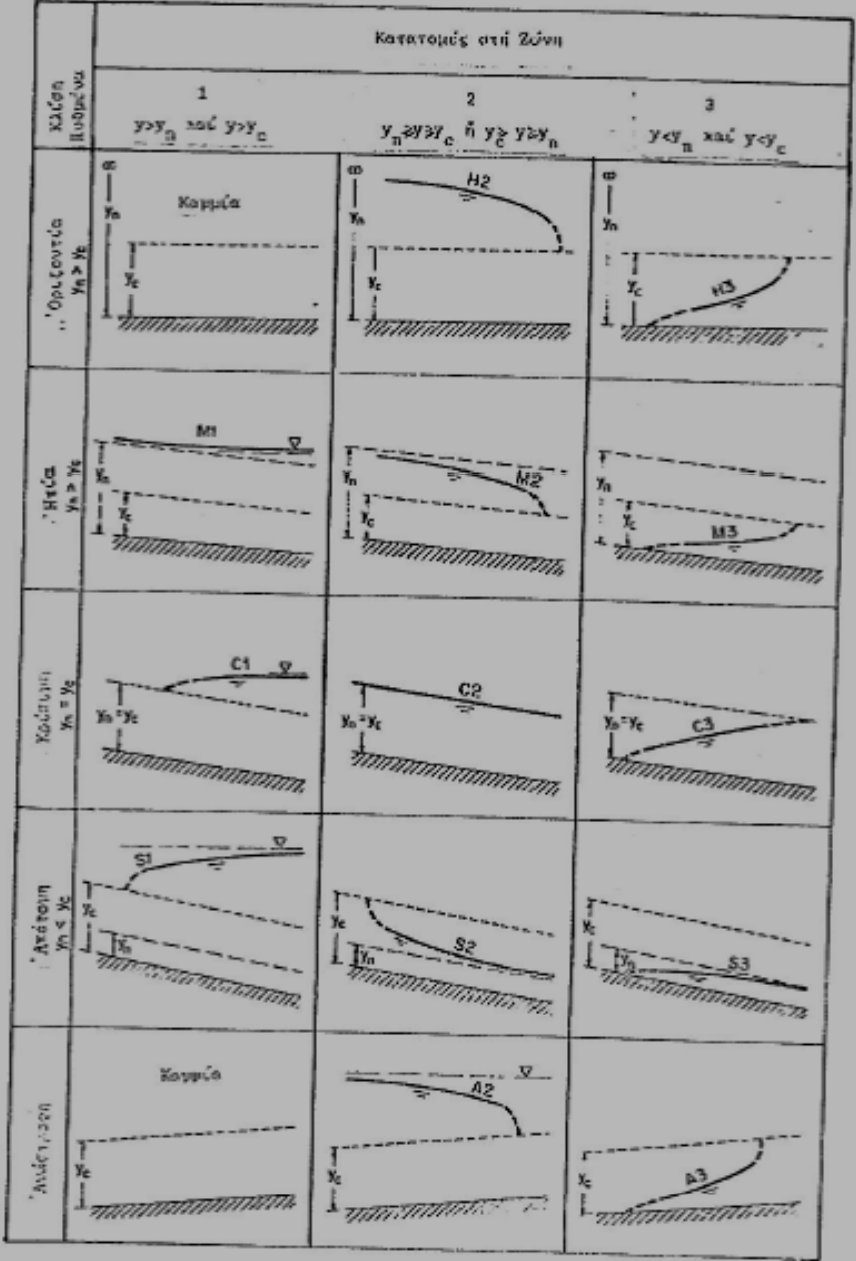
Μεθοδολογία με πίνακες

- Πρώτα τσεκάρω την κλίση. Αν είχαμε ροή ομοιόμορφη (υπόθεση δεν συμβαίνει πάντα, αποκλειστικά για έλεγχο κλίσης) η ροή θα ήταν υποκρίσιμη, υπερκρίσιμη ή κρίσιμη? Εξαίρεση αποτελεί η περίπτωση της οριζόντιας και της αντίστροφης κλίσης που είναι καλό να αποφεύγονται για μεγάλα μήκη
- Αφού προσδιορίσω την καμπύλη (γράμμα) τότε με βάση τις πραγματικές συνθήκες ελέγχω το πραγματικό βάθος ροής με βάση τους πίνακες και αντιστοιχώ τον αριθμό

Προσδιορισμός ομοιόμορφου βάθους από
εξίσωση Manning
Προσδιορισμός κρίσιμου βάθους από την
εξίσωση $Fr = 1$

Είναι απαραίτητο να προσδιοριστούν αυτά τα
βάθη, δεν σημαίνει όμως ότι στην περιοχή όπου
μελετώ θα εμφανιστούν αυτά (δηλαδή «μπορεί
να μην συμβαίνουν»)

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



Σακκάς, 1988

4.1 Σχηματική παράσταση και ταξινόμηση των κατατομών της

ΑΛΛΑΓΗ ΚΛΙΣΗΣ

Ήπια κλίση
 < κρίσιμη
 κλίση
 ροή
 υποκρίσιμη
 Βάθος ροής
 ομοιόμορφης
 ροής >
 κρίσιμο

	$y=y_2$	$J_2 < J_1 < J_c$ $y_c < y_1 < y_2$ M1 ενάντη αλλαγής κλίσης
	$y=y_2$	$J_1 < J_2 < J_c$ $y_c < y_2 < y_1$ M2 ενάντη αλλαγής κλίσης
	$y=y_2=y_c$	$J_1 < J_2 = J_c$ $y_c = y_2 < y_1$ M2 ενάντη αλλαγής κλίσης
	S_2	$J_1 < J_c < J_2$ $y_2 < y_c < y_1$ M2 ενάντη αλλαγής κλίσης S2 κατάντη αλλαγής κλίσης
	$H > y_0$ $H > y_c$ $H < y_c$	<u>Πτώση</u> $J_0 < J_c$ Εάν $H > y_0$ τότε M1 Εάν $H < y_0$ τότε M2

Ήπια-ηπιότερη
 κλίση

Ηπιότερη-ηπια
 κλίση

Ηπια -υπερκρίσιμη
 κλίση
 Στο τμήμα (1) δεν
 μπορεί να πέσει η
 στάθμη πιο κάτω από
 την κρίσιμη
 (Μόνο η M2 υπάρχει
 για πτωτική καμπύλη-
 ήπια κλίση)

1. $J_2 < J_1 < J_0$. Στην περίπτωση αυτή ισχύει ότι $y_2 > y_1$. Επομένως, η μετάβαση από το ομοιόμορφο βάθος y_2 κατόντη στο ομοιόμορφο βάθος y_1 ανάντη θα πρέπει να γίνει ασυμπτωτικά με μια καμπύλη M1. Σε αντίθετη περίπτωση, δηλαδή αν η μετάβαση γίνει από y_1 ή άλλο βάθος ($y < y_2$) ανάντη σε y_2 κατόντη, θα έχουμε μια μεταβατική καμπύλη M2 υπερύψωσης, πράγμα που είναι άτοπο διότι οι καμπύλες M2 είναι καμπύλες κατώψωσης.

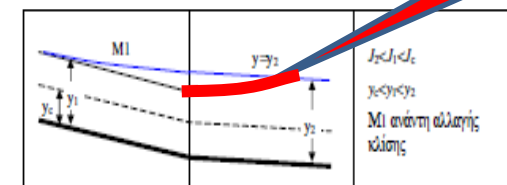
Το νερό πρέπει να ανέλθει από το βάθος ομοιόμορφης ροής της ήπιας κλίσης (1) σε μεγαλύτερο βάθος ομοιόμορφης ροής της ηπιότερης κλίσης (2), στο τμήμα (1) στην ήπια κλίση!

Έστω (με άτοπο) στην ηπιότερη κλίση (τμήμα 2, περίπτωση 1) θα είχαμε ανύψωση ελεύθερης επιφανείας μέχρι το βάθος ομοιόμορφης ροής y_2

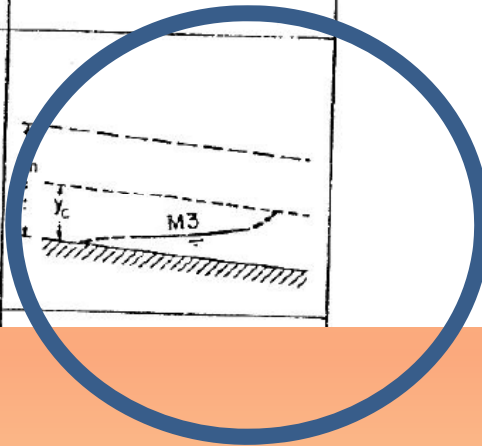
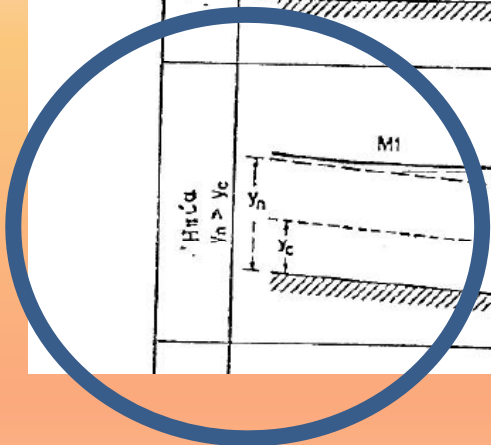
Όμως για M, καμπύλη ανύψωσης υπάρχει μόνο για βάθη μεγαλύτερα από το βάθος ομοιόμορφης ροής ή για βάθη μικρότερα του κρίσιμου. Άτοπο.

Επομένως το βάθος ροής πρέπει να έχει ανέλθει στο βάθος ομοιόμορφης ροής του τμήματος (2) στην ήπια κλίση πριν την αλλαγή της κλίσης

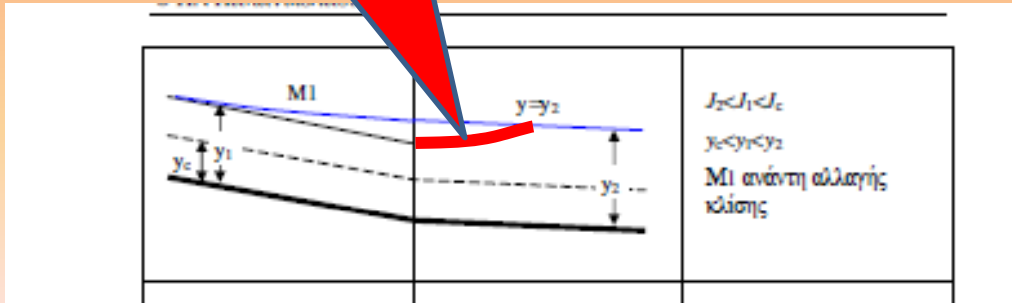
άτοπο



		Κατατομές στη Ζώνη		
Κλίση Ποσοστά		1	2	3
		$y > y_n$ και $y > y_c$	$y_n \geq y > y_c$ ή $y > y_c \geq y_n$	$y < y_n$ και $y < y_c$
Οριζοντία $y_n > y_c$		Καμμία	H2	H3
Ήπια $y_n > y_c$		M1	M2	M3

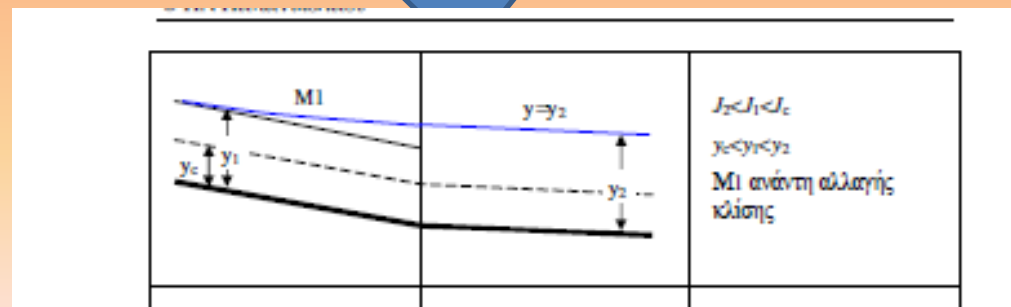


άτοπο



Μόνο δυο περιπτώσεις ανόδου στάθμης ε.ε. υπάρχουν για ήπια κλίση

Συμπέρασμα:
 Το νερό πρέπει να ανέλθει από το βάθος ομοιόμορφης
 ροής της ήπιας κλίσης (1) σε μεγαλύτερο βάθος
 ομοιόμορφης ροής της ηπιότερης κλίσης (2) στο τμήμα
 (1) στην ήπια κλίση!



1. $J_2 < J_1 < J_c$. Στην περίπτωση αυτή ισχύει ότι $y_2 > y_1$. Επομένως, η μετάβαση από το ομοιόμορφο βάθος y_2 κατόντη στο ομοιόμορφο βάθος y_1 ανάντη θα πρέπει να γίνει ασυμπτωτικά με μια καμπύλη M1. Σε αντίθετη περίπτωση, δηλαδή αν η μετάβαση γίνει από y_1 ή άλλο βάθος ($y < y_2$) ανάντη σε y_2 κατόντη, θα έχουμε μια μεταβατική καμπύλη M2 υπερύψωσης, πράγμα που είναι άτοπο διότι οι καμπύλες M2 είναι καμπύλες κατόπτωσης.
2. $J_1 < J_2 < J_c$. Στην περίπτωση αυτή ισχύει ότι $y_1 > y_2$. Επομένως, η μετάβαση από το ομοιόμορφο βάθος y_{c2} κατόντη στο ομοιόμορφο βάθος y_1 ανάντη θα πρέπει να γίνει ασυμπτωτικά με μια καμπύλη M2. Σε αντίθετη περίπτωση, δηλαδή αν η μετάβαση γίνει από y_{c1} ή άλλο βάθος ($y > y_2$) ανάντη σε y_2 κατόντη, θα έχουμε μια μεταβατική καμπύλη M1 κατόπτωσης, πράγμα που είναι άτοπο διότι οι καμπύλες M1 είναι καμπύλες υπερύψωσης.
3. $J_1 < J_2 = J_c$. Στην περίπτωση αυτή ισχύει ότι $y_1 > y_2 = y_c$. Επομένως, η μετάβαση από το ομοιόμορφο και κρίσιμο βάθος y_c κατόντη στο ομοιόμορφο βάθος y_1 ανάντη θα γίνει ασυμπτωτικά με μια καμπύλη M2.
4. $J_1 < J_c < J_2$. Στην περίπτωση αυτή ισχύει ότι $y_1 > y_c > y_2$. Επομένως, η μετάβαση από το ομοιόμορφο βάθος y_1 ανάντη στο ομοιόμορφο βάθος y_2 κατόντη θα γίνει ασυμπτωτικά με δύο καμπύλες: καμπύλη M2 κατόπτωσης ανάντη και καμπύλη S2 κατόπτωσης κατόντη, ενώ στο σημείο αλλαγής της κλίσης η ελεύθερη επιφάνεια θα διέλθει από το κρίσιμο βάθος.

		<p>$I_2 < I_c < I_1$</p> <p>Υδραυλικό άλμα</p> <p>Αν $y_{10} > y_2$ άλμα κατόντη (καμπύλη M3)</p> <p>Αν $y_{10} < y_2$ άλμα ανάντη (καμπύλη S1)</p> <p>Αν $y_{10} = y_2$ άλμα στην αλλαγή κλίσης</p>
		<p>$I_2 = I_c < I_1$</p> <p>Καμπύλη C3 κατόντη αλλαγής κλίσης</p>
		<p>$I_c < I_2 < I_1$</p> <p>Καμπύλη S3 κατόντη αλλαγής κλίσης</p>
		<p>$I_c < I_1 < I_2$</p> <p>Καμπύλη S2 κατόντη αλλαγής κλίσης</p>
		<p><u>Πτώση</u> $I > I_c$</p> <ul style="list-style-type: none"> • Εάν $H > y_0$ τότε S1 • Εάν $y_0 < H < y_0$ τότε εμφανίζεται ατελές υδραυλικό άλμα • Εάν $H < y_0$ τότε εμφανίζεται πτώση

Προσεγγιστική χάραξη ε.ε.

Προσεγγιστική χάραξη ε.ε.

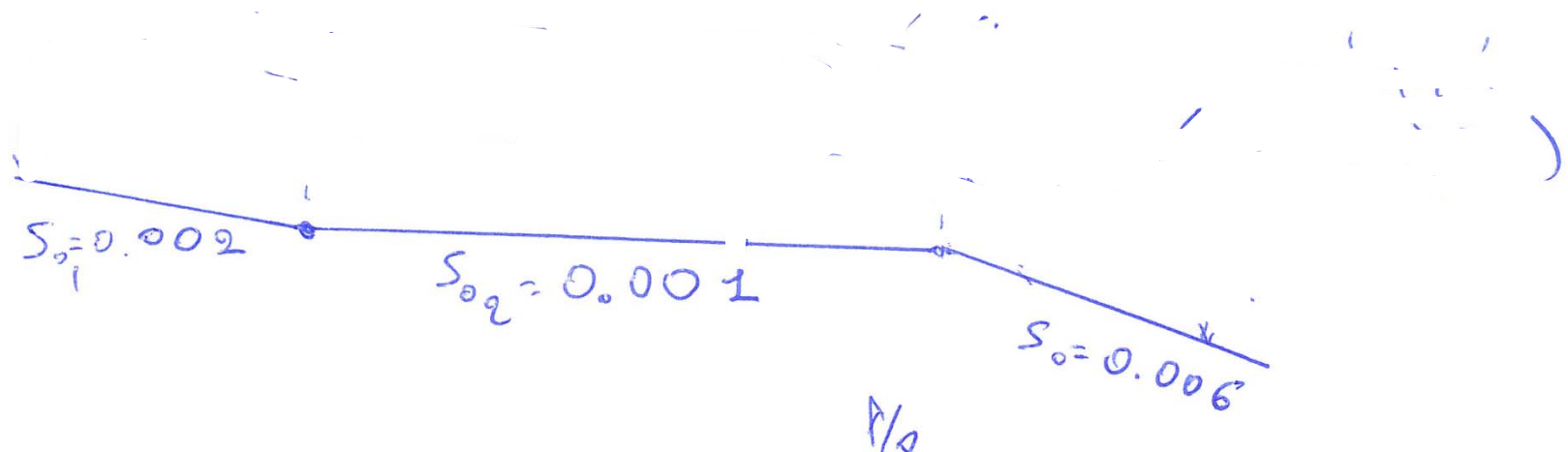
- Συνήθως αρχικά και τελικά θεωρώ ότι έχω το αντίστοιχο της λύσης ομοιόμορφο βάθος ροής
- Για κάθε κλίση υπολογίζω το βάθος ομοιόμορφης ροής
- Υπολογίζω το κρίσιμο βάθος
- Χαρακτηρίζω την κλίση αν είναι ήπια ή απότομη (σύγκριση ομοιόμορφου βάθους με κρίσιμο βάθος)
- Θεωρώ ότι σε ένα σημαντικό μήκος αποκαθιστάται ομοιόμορφη ροή
- Με βάση τους πίνακες αλλαγή κλίσεων και τον γενικό πίνακα κατατομών προσδιορίζεται ποιοτικά ο τρόπος μετάβασης μεταξύ των κλίσεων.
- Υδραυλικό άλμα συμβαίνει μόνο από απότομη σε ήπια κλίση. Υπολογίζω την ειδική δύναμη, με βάση το βάθος ομοιόμορφης ροής για την απότομη κλίση και ακολουθώ τη μεθοδολογία (προσδιορισμός συζυγούς βάθους, έλεγχος κλπ..)

Άσκηση: Ποιοτική χάραξη στάθμης ε.ε.νερού

Ορθ. Διατομή $b=2\text{m}$, $Q=4.5\text{m}^3/\text{s}$.

Να γίνει ποιοτική περιγραφή της κάτω περίπτωσης

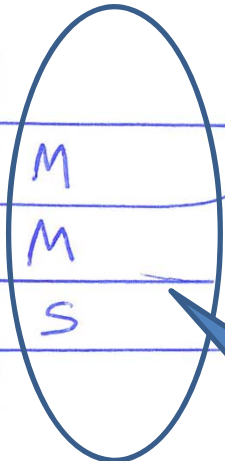
$n=0.013$, ραχτός



Χαρακτηρισμός κλίσεων

- Ελέγχω το ομοιόμορφο βάθος ροής με το κρίσιμο ($Fr = 1$) (κρίσιμο βάθος εξαρτάται από την παροχή και τα γεωμετρικά στοιχεία). Είναι ήπια ή απότομη κλίση?
- Ορθ. Διατομή
- Θεωρώ ότι σε μία περιοχή της κλίσης έχει διαμορφωθεί ομοιόμορφη ροή
- Σημεία αλλαγής κλίσεων: Πίνακες διαφοράς κλίσεων, ποιοτικός σχεδιασμός

	θ	b	A	P	R	S_0	y_n	y_c	
①						0.002		0.802	M
②						0.001		0.802	M
3						0.006		0.802	S



Έλεγχος:
 $y_n \leq y_c = y_c$

ορθ. διατήρη

$$F_v = L \Rightarrow y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = 0.802 \text{ m}$$

ομορφή
 Manning (ιδιο για τους
 $S_0 = S_f$ γλυπτερού
 διατομή)

Manning: διατήρη

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

και για (3) εδύο

Αλλαγή κλίσης-ομοιόμορφη ροή

- Παροχή σταθερή (διαφορετικά μη μόνιμη ροή)
- Θεωρούμε ότι σε κάθε κλίση υπάρχει επαρκές μήκος ώστε να σχηματιστεί ομοιόμορφη ροή
- Με βάση την εξίσωση του Manning για κάθε κλίση με δοκιμές υπολογίζω το ομοιόμορφο βάθος

Κρίσιμη ροή

- Παροχή σταθερή...
- Το κρίσιμο βάθος εξαρτάται από την παροχή και από τα γεωμετρικά στοιχεία της διατομής (μόνο...)
- **Για σταθερή παροχή εφόσον δεν αλλάζει το είδος της διατομής το κρίσιμο βάθος παραμένει το ίδιο για όλο τον αγωγό ανεξάρτητα από τις κλίσεις**

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the following data table:


	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
3		0.80211		2							
4											
5											
6	SO	γn	A	P	A/P		ΠΑΡΟΧΗ MANNING				
7	0.002	1.0286	2.0572	4.0572	0.5070	0.8021	4.5000	M			
8	0.001	1.3410	2.6821	4.6821	0.5778	0.8021	4.5000	M			
9	0.006	0.6872	1.3745	3.3745	0.4073	0.8021	4.5000	S			

The Solver tool is open, with the 'Επίλυση' (Solve) button highlighted by a blue arrow. The Solver Parameters dialog box is partially visible, showing the objective cell and the variable cells.

Προσδιορίζω βάθος ομοιόμορφης ροής Manning με solver αντί για δοκιμές


6	S0	yn	A	P	A/P		ΠΑΡΟΧΗ MANNING	
7	0.002	1.0286	2.0572	4.0572	0.5070	0.8021	4.5000	M
8	0.001	1.3410	2.6821	4.6821	0.5728	0.8021	4.5000	M
9	0.006	0.6872	1.3745	3.3745	0.4073	0.8021	4.5000	S
10								
11								
12								
13								
14								
15								
16								
17								
18								
19								
20								
21								

Παράμετροι επίλυσης

Κελί προορισμού: 

Ίσο με: Μέγιστο Ελάχιστο Τιμή:

Με αλλαγή των κελιών:

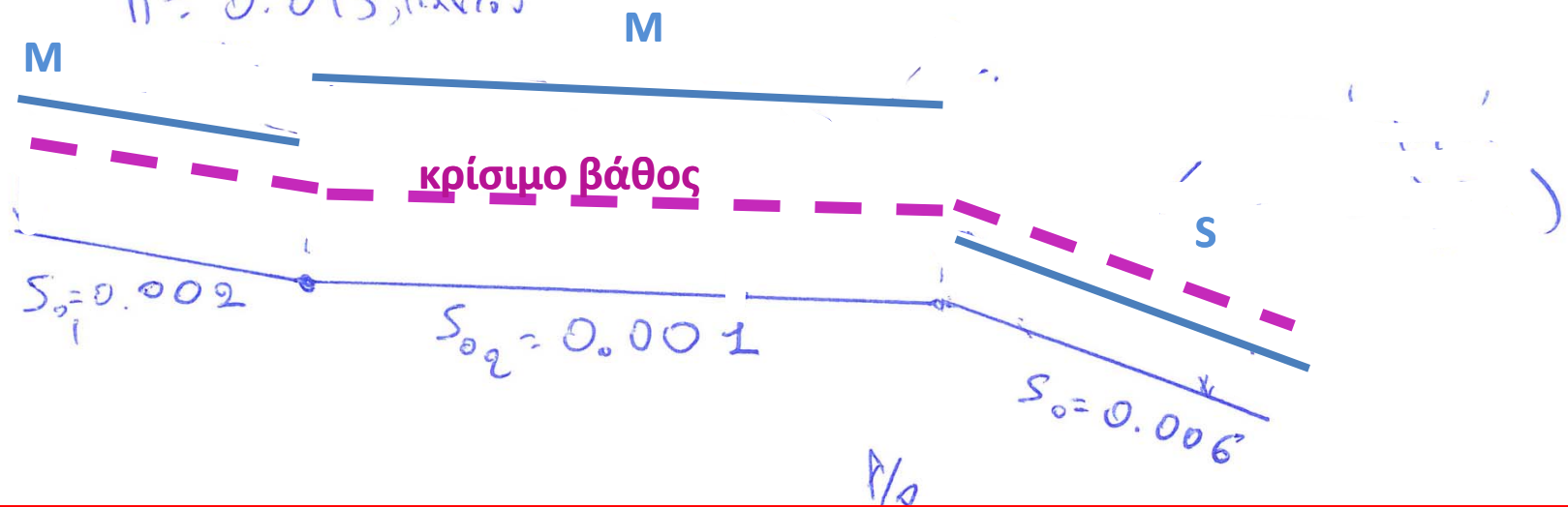


Περιορισμοί:

Εύρεση βάθους
ομοιόμορφης ροής
με SOLVER

Ελέγχω ομοιόμορφη ροή με κρίσιμο βάθος

Ορθ. Διατομή $b = 2\text{m}$, $Q = 4.5\text{m}^3/\text{s}$.
Να γίνει ποιοτικά περιγραφή της κάτω περίπτωσης
 $n = 0.013$, ρακτώ



Διαφορές κλίσεων: Πίνακες αλλαγής κλίσεων

