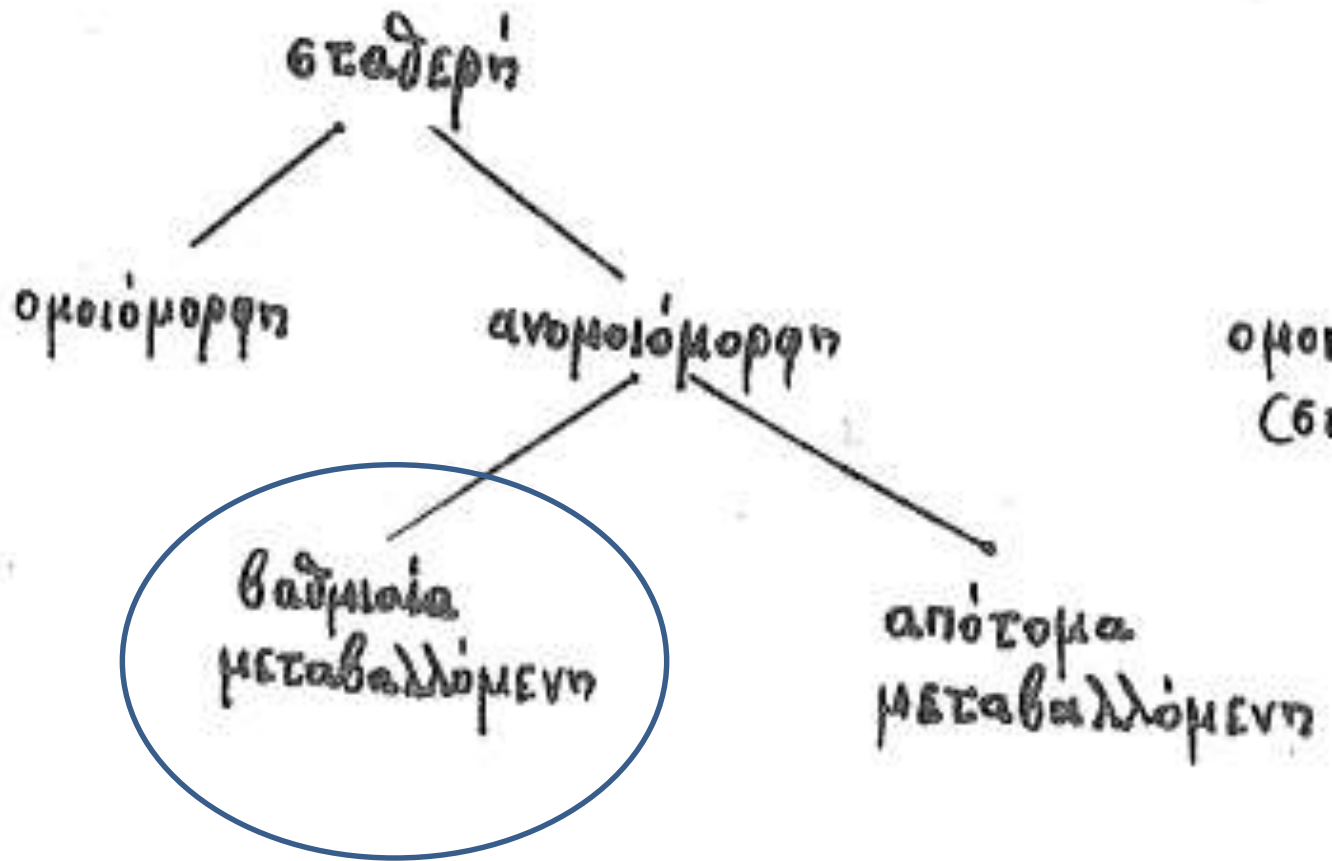


Βαθμιαία μεταβαλλόμενη ροή
(συνέχεια...)- προσεγγιστικό προφίλ
ελευθέρας επιφάνειας σε αγωγούς
μεγάλου μήκους **με αλλαγή κλίσεων**

Είδη ροής



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

Κατάσταση Βυθίσματος	Κατατομές στη Ζώνη		
	1 $y > y_n$ και $y < y_c$	2 $y_n > y > y_c$ ή $y_c > y > y_n$	3 $y < y_n$ και $y < y_c$
Όμοιοτητα $Fr > Fr_c$	Καμπύλη 	M2 	M3
Μηδία $Fr > Fr_c$	M1 	M2 	M3
Υπερκρίση $Fr > Fr_c$	C1 	C2 	C3
Ανάβαση $Fr < Fr_c$	S1 	S2 	S3
Ανάβη, αβη	Καμπύλη 	A2 	A3

Σακκάς, 1988

4.1 Σχηματική παράσταση και ταξινόμηση των κατατομών της

ΑΛΛΑΓΗ ΚΛΙΣΗΣ

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

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

Ήπια-ηπιότερη
 κλίση

Ηπιότερη-ήπια
 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 υπερέυψωσης, πράγμα που είναι άτοπο διότι οι καμπύλες M2 είναι καμπύλες κατώπτωσης.

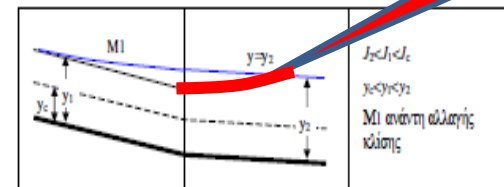
Το νερό πρέπει να ανέλθει από το βάθος ομοιόμορφης ροής της ήπιας κλίσης (1) σε μεγαλύτερο βάθος ομοιόμορφης ροής της ηπιότερης κλίσης (2), στο τμήμα (1) στην ήπια κλίση!

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.

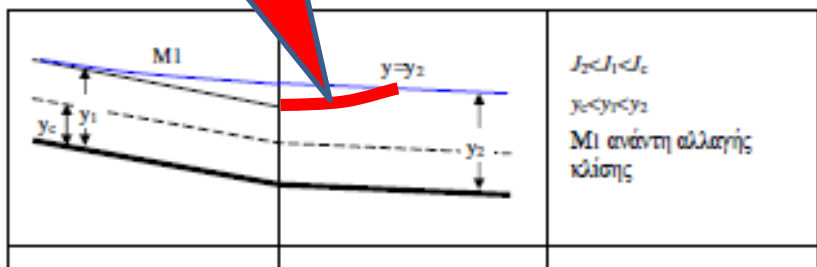
Επομένως το βάθος ροής πρέπει να έχει ανέλθει στο βάθος ομοιόμορφης ροής του τμήματος (2) στην ήπια κλίση πριν την αλλαγή της κλίσης

άτοπο



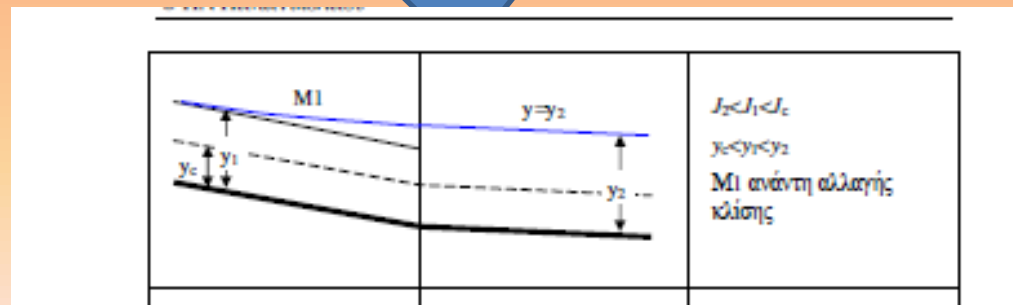
		Κατατομές στη Ζώνη		
Κλίση Ποθμένα		1 $y > y_n$ και $y > y_c$	2 $y_n \geq y \geq y_c$ ή $y_c \geq y \geq y_n$	3 $y < y_n$ και $y < y_c$
Οριζοντία $y_n > y_c$		Καμμά	H2	H3
Ήπια $y_n > y_c$		M1	M2	M3

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 κατάντη 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 κατάντη, θα έχουμε μια μεταβατική καμπύλη M2 υπερύψωσης, πράγμα που είναι άτοπο διότι οι καμπύλες M2 είναι καμπύλες κατάπτωσης.
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} κατάντη 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 κατάντη, θα έχουμε μια μεταβατική καμπύλη M1 κατάπτωσης, 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 κατάντη 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 κατάντη θα γίνει ασυμπτωτικά με δύο καμπύλες: καμπύλη M2 κατάπτωσης ανάντη και καμπύλη S2 κατάπτωσης κατάντη, ενώ στο σημείο αλλαγής της κλίσης η ελεύθερη επιφάνεια θα διέλθει από το κρίσιμο βάθος.

		<p>$J_2 < J_c < J_1$</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>$J_2 = J_c < J_1$</p> <p>Καμπύλη C3 κατόντη αλλαγής κλίσης</p>
		<p>$J_c < J_2 < J_1$</p> <p>Καμπύλη S3 κατόντη αλλαγής κλίσης</p>
		<p>$J_c < J_1 < J_2$</p> <p>Καμπύλη S2 κατόντη αλλαγής κλίσης</p>
		<p><u>Πτώση $J > J_c$</u></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

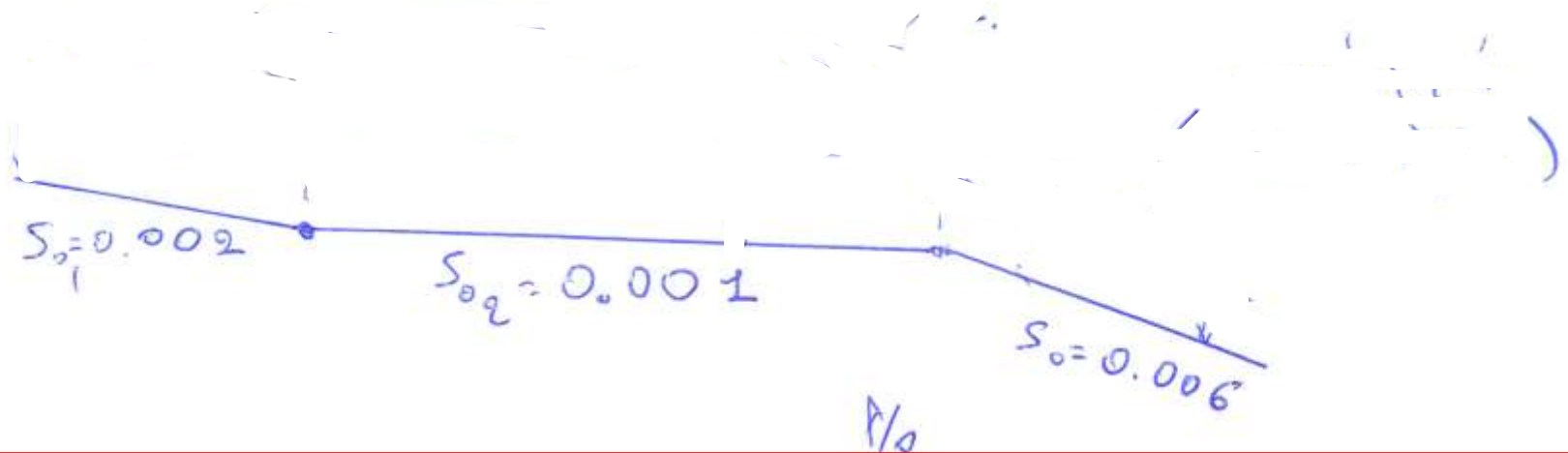
Προσεγγιστική χάραξη ε.ε.

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

①	Q	b	A	P	$\frac{A^3}{P}$	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:
 $y_n \leq y_c$

ορθ. διατήρη

$$F_v = 1 \Rightarrow y_c = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = 0.802 \text{ m}$$

ομορρή
 Manning
 $S_0 = S_f$

εξ/σαν τιν
 παροχης
 ίδιος για τους
 γλυψίτρι
 διατομή.

Manning: Σουίτς

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

και για (3) εδίσαι

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 a Microsoft Excel spreadsheet with the following data table:

SO	γη	A	P	A/P	ΠΑΡΟΧΗ MANNING		
0.002	1.0286	2.0572	4.0572	0.5070	0.8021	4.5000	M
0.001	1.3410	2.6821	4.6821	0.5728	0.8021	4.5000	M
0.006	0.6872	1.3745	3.3745	0.4073	0.8021	4.5000	S

A blue starburst callout box is overlaid on the bottom half of the spreadsheet, containing the text:

Προσδιορίζω βάθος ομοιόμορφης ροής Manning με solver αντί για δοκιμές

The Excel interface also shows a formula bar with $=1/0.013 * C9 * E9 / (2/3) * A9 * 0.5$ and a tooltip for the 'Ανάλυση' (Analysis) button in the ribbon.

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:

Τίσο με: Μέγιστο Ελάχιστο Τιμή:

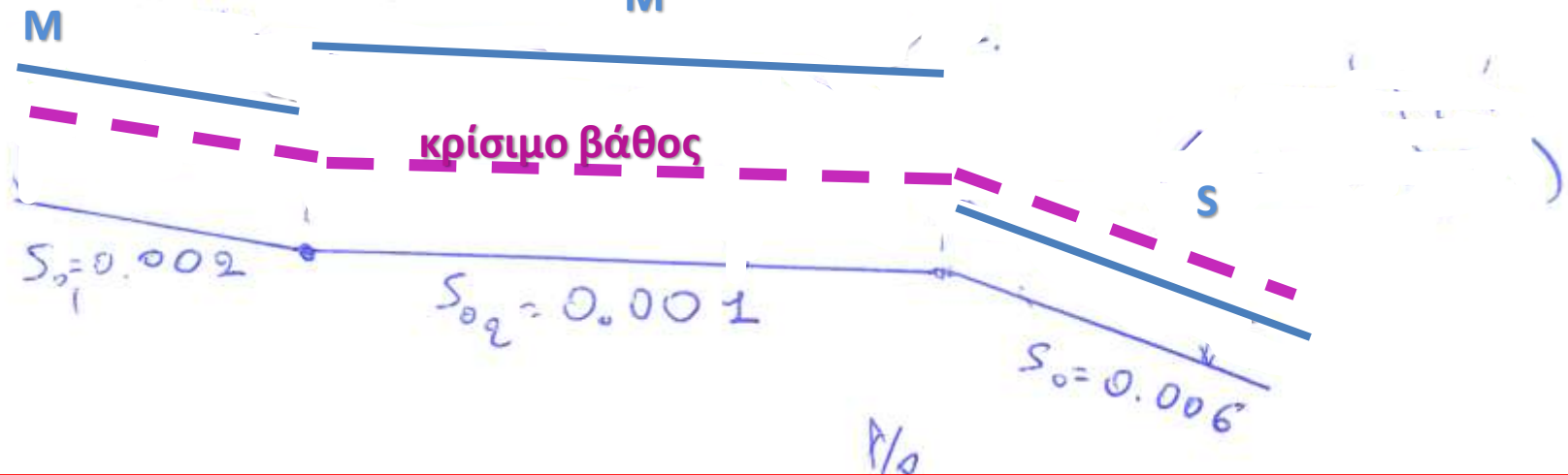
Με αλλαγή των κελιών:

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
 $n = 0.013$, ραχτός



Διαφορές κλίσεων: Πίνακες αλλαγής κλίσεων

