

Υδρομετρία



Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων

Αθήνα 2009

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

- Η παροχή των υδατορευμάτων που προκύπτει από την υδρομετρία είναι η κύρια συνιστώσα του υδρολογικού κύκλου και αποτελεί το κύριο αντικείμενο του υδραυλικού μηχανικού
- Η υδρομετρία, σε αντίθεση με τη βροχομετρία, είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη και πολυδάπανη διαδικασία, και απαιτεί ειδικευμένο προσωπικό τόσο για τις διαδικασίες υπαίθρου όσο και για τις εργασίες γραφείου
- Κύριος στόχος της υδρομετρίας είναι η παραγωγή αδιάλειπτων χρονοσειρών παροχής σε διάφορες χρονικές κλίμακες και απαιτείται η εκτέλεση μετρήσεων παροχής ανά τακτά χρονικά διαστήματα (π.χ. εβδομάδας ή δεκαπενθημέρου) Όμως, ποτέ η χρονική πυκνότητα των μετρήσεων παροχής δεν είναι η απαιτούμενη (λόγω των ιδιαίτερων δυσκολιών και του σημαντικού κόστους τους) και έτσι για την πύκνωση των χρονοσειρών παροχής στο επιθυμητό χρονικό βήμα (π.χ. ημερήσιο, ωριαίο ή και ακόμη μικρότερο) μετριέται η στάθμη του υδατορεύματος της οποίας η μέτρηση είναι απλούστερη
- Η υδρομετρία αποτελεί σήμερα ολόκληρη εφαρμοσμένη επιστήμη που απασχολεί σημαντικές βιομηχανικές μονάδες με ενσωματωμένα ερευνητικά κέντρα, αλλά και υδρολογικές υπηρεσίες. Προδιαγραφές για την υδρομετρία έχουν εκδώσει τόσο ο World Meteorological Organization (1981) όσο και ο International Standards Organization (1983)

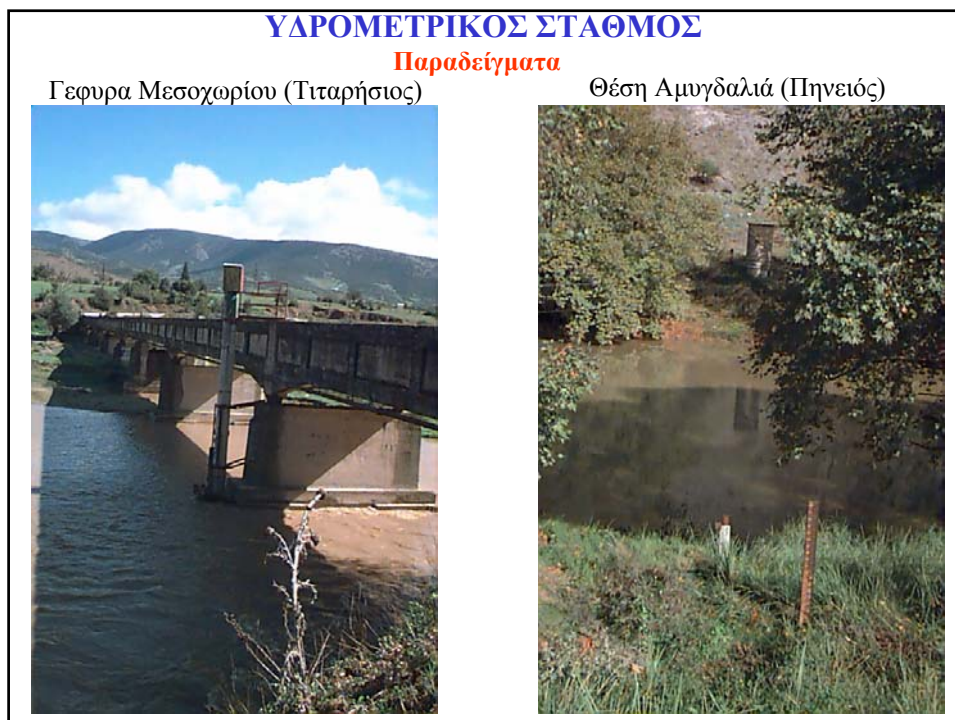
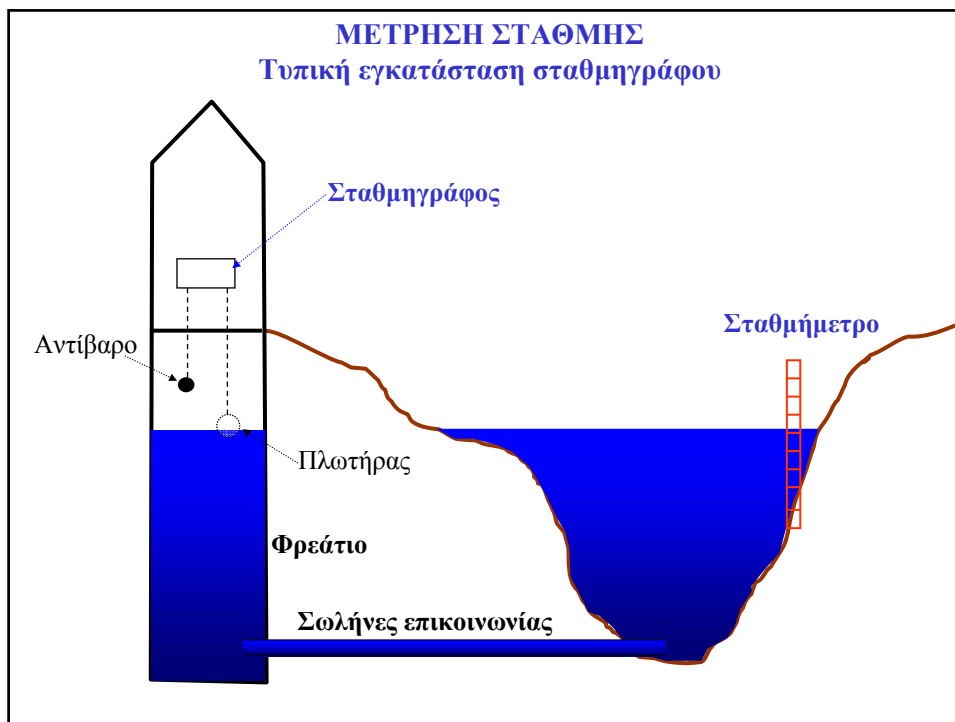
Οι μεγαλύτεροι ποταμοί της γης

Ποταμός	Ήπειρος	Έκταση, 10 ³ km ²	Μήκος, km	Μέση παρο- χή, m ³ /s	Μέσος ετήσιος όγκος απορ- ροής, km ³	Μέσο ετήσιο ύψος απορ- ροής, mm	Συντελεστής απορροής
1. Amazon	N. Αμ.	7180	6275	190 000	6000	835	0.47
2. Congo	Αφρική	3822	4666	42 000	1330	340	0.25
3. Yangtzekiang	Ασία	1970	4987	35 000	1100	560	0.50
4. Orinoco	N. Αμ.	1086	2574	29 000	915	845	0.46
5. Brahmaputra	Ασία	589		20 000	630	1070	0.65
6. La Plata	N. Αμ.	2650	3942	19 500	615	235	0.20
7. Yenesei	Ασία	2599	5712	17 800	565	215	0.42
8. Mississippi	B. Αμ.	3224	6262	17 700	560	175	0.21
9. Lena	Ασία	2430	4602	16 300	515	210	0.46
10. Mekong	Ασία	795	4183	15 900	500	630	0.43
11. Ganges	Ασία	1073		15 500	490	455	0.42
12. Irrawaddy	Ασία	431		14 000	440	1020	0.60
13. Ob	Ασία	2950	4505	12 500	395	135	0.24
14. Siking	Ασία	435		11 500	365	840	
15. Amur	Ασία	1843	4666	11 000	350	190	0.32
16. St. Lawrence	B. Αμ.	1030	3459	10 400	330	310	0.33
Σύνολο ή μέση τιμή		34 107		478 100	15 100	504	0.40
Αχελώος		4.9	220	147	4.3	951	0.60

Σημείωση: Ο Νείλος (που δεν περιλαμβάνεται στους 16 μεγαλύτερους σε παροχή ποταμούς) έχει μήκος 6521 km.

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΥΔΑΤΟΡΕΥΜΑΤΟΣ

1. Συνεχής μέτρηση στάθμης (σταθμήμετρο, σταθμηγράφος)
2. Περιστασιακή μέτρηση παροχής
3. Κατάρτιση καμπυλών στάθμης-παροχής
4. Επέκταση καμπύλης στάθμης-παροχής
5. Εκτίμηση παροχών
6. Διόρθωση παροχών (Stout)



ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΤΡΗΣΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ

Μέτρηση με παρεμβολή μετρητών παροχής

Παρεμβάλλονται στη ροή ειδικά τμήματα όπως υπερχειλιστές και στενώσεις και η παροχή εκτιμάται με υδραυλικές σχέσεις

Μέτρηση πεδίου ταχυτήτων

Η παροχή εκτιμάται με βάση το πεδίο ταχυτήτων και το εμβαδόν της υγρής διατομής

Μέτρηση με τη μέθοδο διαλυμάτων

Διαχέεται ένας δείκτης εύκολα ανιχνεύσιμος και αναλύεται δείγμα σε μια πιο κατάντη διατομή

Εκτίμηση με πλωτήρες

Χονδροειδής μέθοδος που στηρίζεται στη μέτρηση της ταχύτητας ενός αντικειμένου που επιπλέει

Εκτίμηση με υδραυλικές σχέσεις ροής

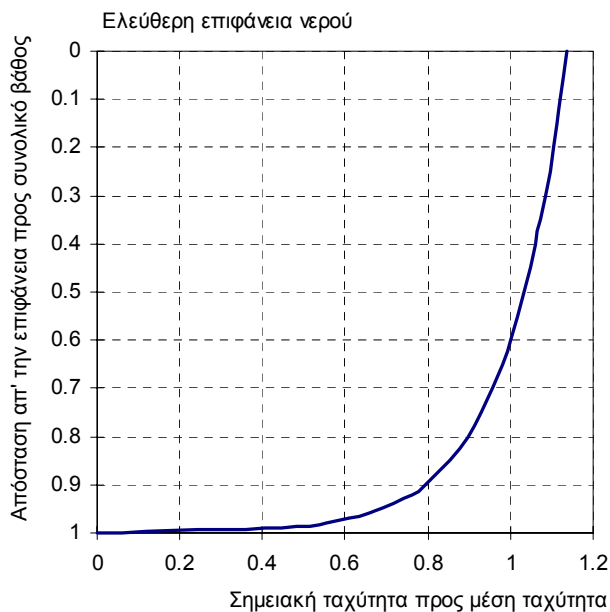
Η παροχή εκτιμάται προσεγγιστικά με τη χρήση ημιεμπειρικών σχέσεων της υδραυλικής

Σύγχρονες μέθοδοι μέτρησης

Μέθοδος υπερήχων, ηλεκτρομαγνητική μέθοδος, μέθοδος φυσαλίδων

ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΕΔΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

Τυπική κατανομή ταχυτήτων σε κατακόρυφη διατομή υδατορεύματος

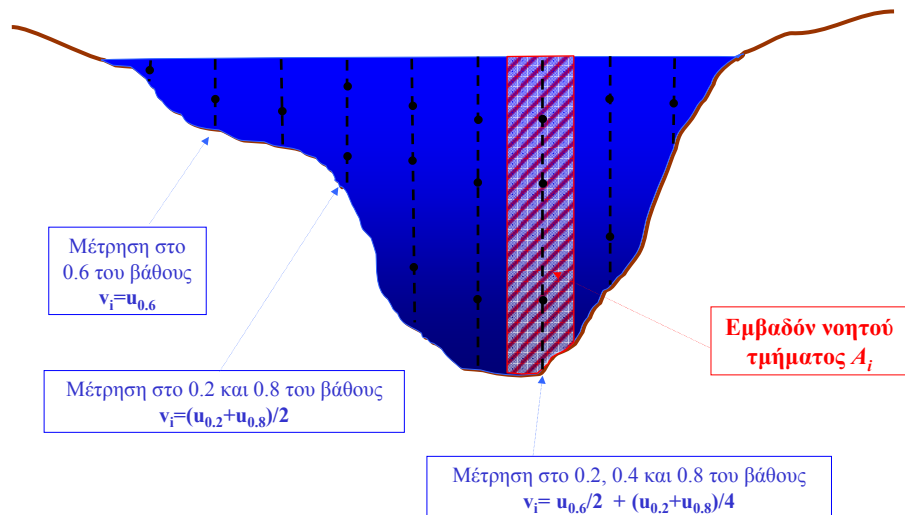


$$\bar{u} = \frac{u_{0.2} + u_{0.8}}{2}$$

$$\bar{u} = \frac{u_{0.6}}{2} + \frac{u_{0.2} + u_{0.8}}{4}$$

ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΕΔΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ

Συνολική παροχή: $Q = \sum_{i=1}^{i=N} q_i$ Παροχή νοητού τμήματος: $q_i = v_i * A_i$



ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΘΕΣΕΩΝ ΔΙΚΤΥΟΥ ΕΥΛΑΠ

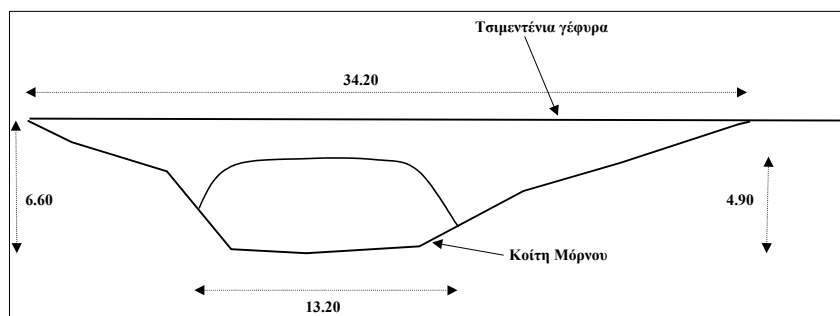
Θέση: παλαιά γέφυρα Λευκαδιτίου-Κονιάκου



Η θέση ελέγχει
το 35% των
εισροών στη
λίμνη του
Μόρνου

ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΘΕΣΕΩΝ ΔΙΚΤΥΟΥ ΕΥΛΑΠ

Διατομή Μόρνου (θέση: παλαιά γέφυρα Λευκαδιτίου Κονιάκου)



ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

Μυλίσκος και σύστημα ανάρτησης



ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ

Από γέφυρα



Υδροβασία



ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΕΔΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ

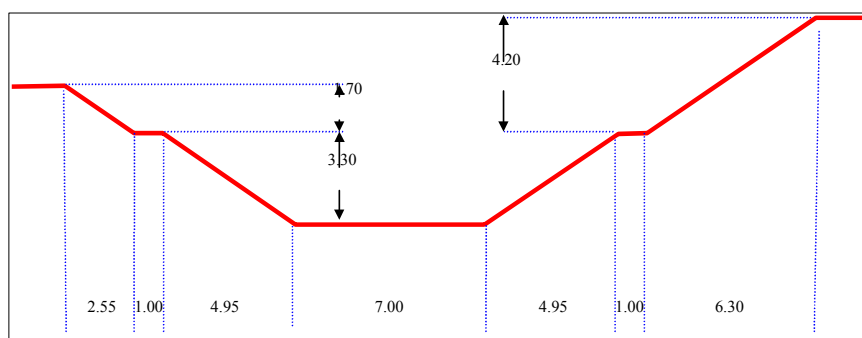
Υδρομετρικός σταθμός Διώρυγας Καρδίτσας



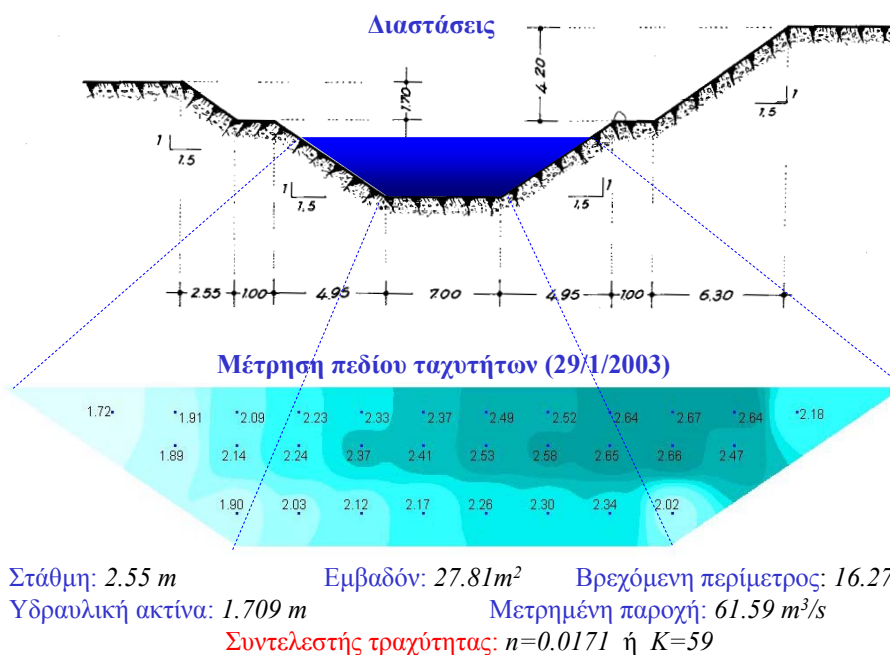
Η θέση ελέγχει το 95% των εισροών στη λίμνη Υλίκη

ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΘΕΣΕΩΝ ΔΙΚΤΥΟΥ ΕΥΛΑΠ

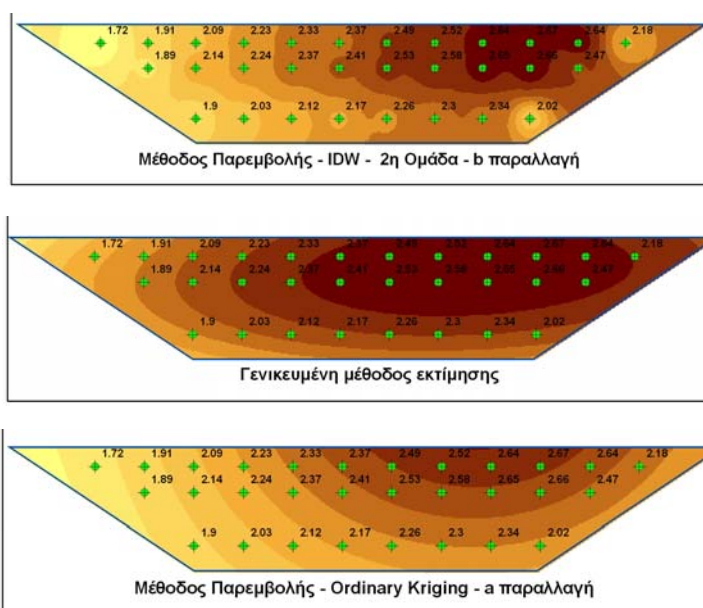
Διατομή Διώρυγας Καρδίτσας



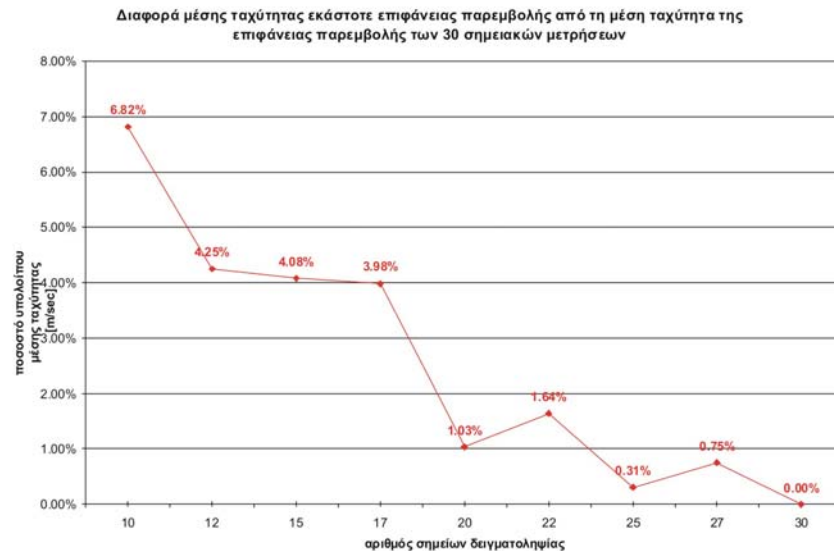
ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΕΔΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ



ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΕΔΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ



ΜΕΤΡΗΣΗ ΠΕΔΙΟΥ ΤΑΧΥΤΗΤΩΝ ΚΑΙ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ



ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ

Όργανα και εγκαταστάσεις

Ο υδρομετρικός σταθμός περιλαμβάνει διάφορα όργανα και εγκαταστάσεις που εξυπηρετούν τη μέτρηση τόσο της στάθμης όσο και της παροχής του υδατορεύματος. Ειδικότερα:

- Ο σταθμός περιλαμβάνει υποχρεωτικά *σταθμήμετρο* για τη μέτρηση της στάθμης του υδατορεύματος
- Είναι επιθυμητό (χωρίς όμως να μπορεί να επιτευχθεί πάντα, κυρίως για οικονομικούς λόγους) ο σταθμός να περιλαμβάνει και *σταθμηγράφο*, ο οποίος καταγράφει συνεχώς τη στάθμη, παρέχοντας έτσι τη δυνατότητα για λεπτομερέστερη χρονική αποτύπωση της εξέλιξης της στάθμης του υδατορεύματος, απαραίτητη ιδίως για τη μελέτη πλημμυρικών υδρογραφημάτων
- Στη θέση του σταθμού θα πρέπει να διατίθενται όργανα μέτρησης της ταχύτητας. Τα όργανα αυτά δεν απαιτείται να λειτουργούν συνεχώς και έτσι είναι δυνατό, για λόγους οικονομίας, περισσότεροι του ενός σταθμοί μιας περιοχής να εξυπηρετούνται από τα ίδια όργανα.
- Γενικά θα πρέπει να υπάρχει τρόπος γεφύρωσης του υδατορεύματος ώστε να είναι δυνατό να γίνει μέτρηση σε οποιοδήποτε σημείο της διατομής του. Συχνά για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται υπαρκτές οδικές ή σιδηροδρομικές γέφυρες, οι οποίες καθορίζουν και τη θέση του σταθμού. Ωστόσο, είναι προτιμότερο να γίνεται εγκατάσταση ειδικής εναέριας καλωδίωσης, η οποία εξυπηρετεί αποκλειστικά το σκοπό της υδρομετρίας

ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ

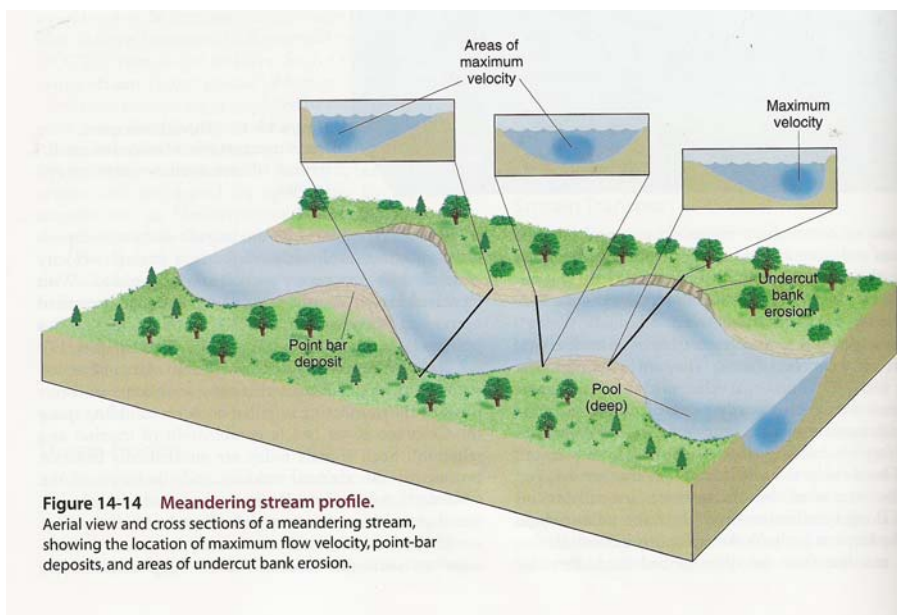
Υδρολογική καταλληλότητα

Η θέση εγκατάστασης του υδρομετρικού σταθμού πρέπει να εξασφαλίζει στον καλύτερο δυνατό βαθμό την πλήρωση των ακόλουθων κριτηρίων:

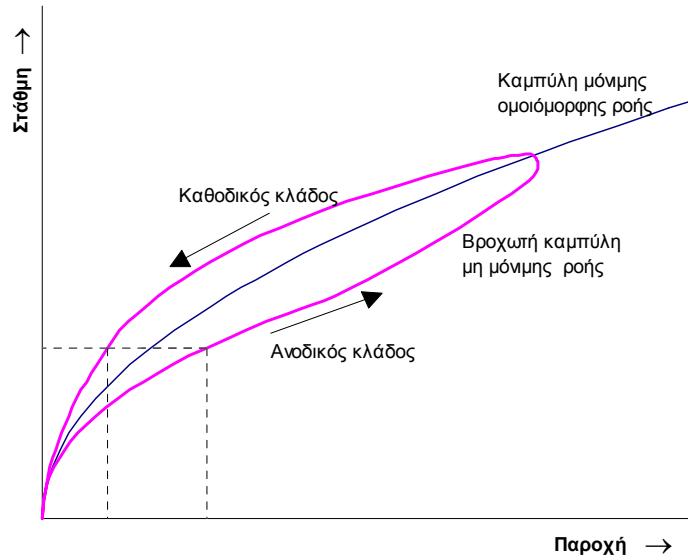
- συγκέντρωση της ροής σε μια μοναδική κοίτη (αποφυγή διάσπαρτης ροής σε πολλούς κλάδους)
- απλότητα και ομοιομορφία της γεωμετρίας τόσο της διατομής (αποφυγή διατομών με γεωμετρικά σύνθετες διατομές, αποφυγή εμποδίων ανάντη ή κατάντη της διατομής) όσο και της οριζοντιογραφίας του ποταμού (προτίμηση των ευθύγραμμων έναντι των καμπύλων)
- μη επηρεασμό της στάθμης από κατάντη συνθήκες ανεξάρτητες της παροχής (π.χ. από στάθμη λίμνης, επίδραση παλιρροιών, επίδραση συμβολής άλλου υδατορεύματος κτλ.)
- περιορισμένη δραστηριότητα διάβρωσης και απόθεσης φερτών
- σταθερότητα στη σχέση στάθμης - παροχής
- ευαισθησία στη μεταβολή της παροχής για όλο το πεδίο μεταβολής της στάθμης
- αντιπροσωπευτικότητα της θέσης για τους τυχόν ειδικότερους σκοπούς που εξυπηρετεί ο υδρομετρικός σταθμός (π.χ. γειτνίαση με τη θέση φράγματος, σε περίπτωση που τα δεδομένα του σταθμού θα χρησιμοποιηθούν για τη μελέτη φράγματος)
- εύκολη πρόσβαση των συνεργείων εγκατάστασης και συντήρησης, και ιδίως των συνεργείων μέτρησης ακόμη και σε περιπτώσεις έντονων πλημμυρών
- οικονομικότητα (συγκριτικά με άλλες θέσεις) εγκατάστασης, λειτουργίας και συντήρησης

ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ

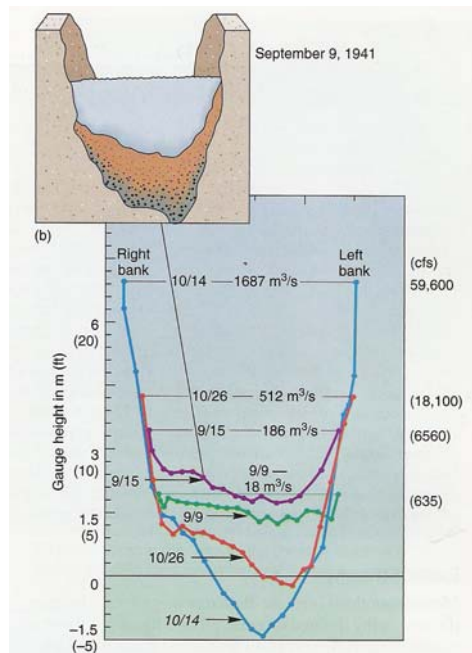
Υδρολογική καταλληλότητα



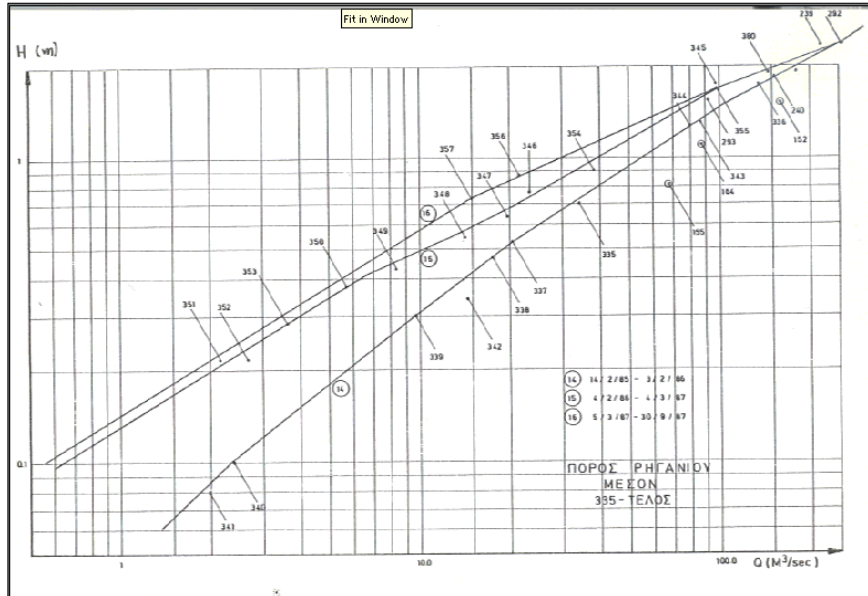
ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ΣΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ



ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΔΙΑΤΟΜΗΣ ΣΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ

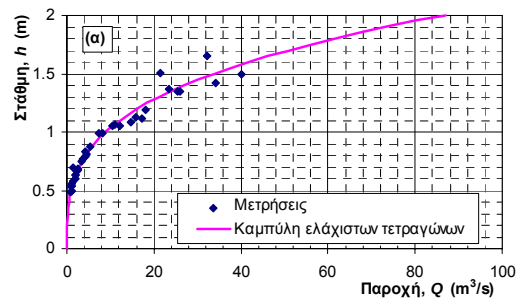


ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
Καμπύλες στάθμης-παροχής (θέση Πόρος Ρηγανίου-ποταμός Εύηρος)

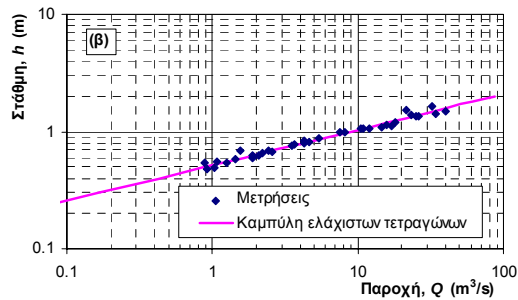


ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
Καμπύλες στάθμης-παροχής(θέση Αχλαδόκαστρο-ποταμός Εύηρος)

$$Q = C(h - a)^N$$

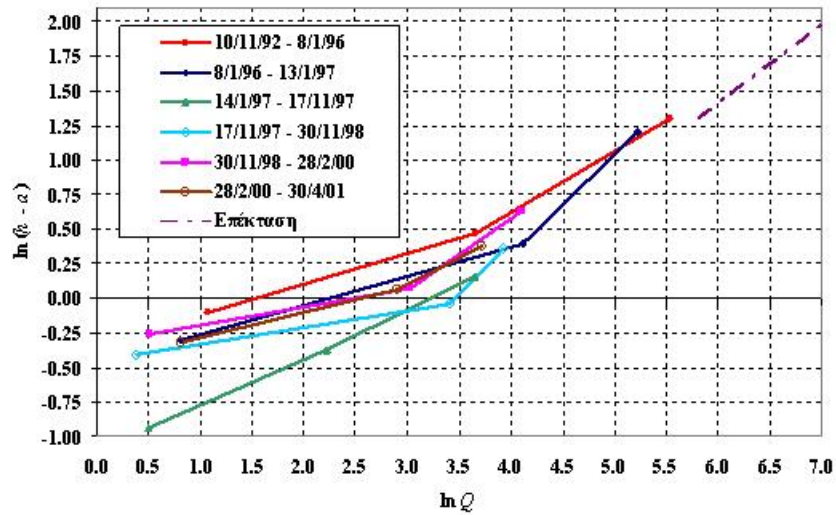


$$\log Q = \log C + N \log (h - a)$$



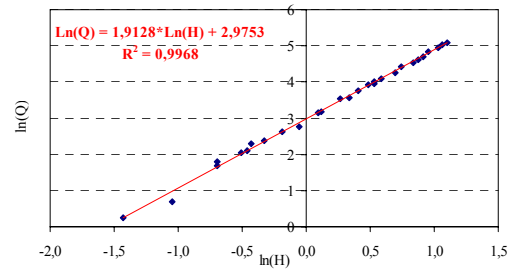
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Καμπύλες στάθμης-παροχής στη θέση Πόρος Ρηγανίου

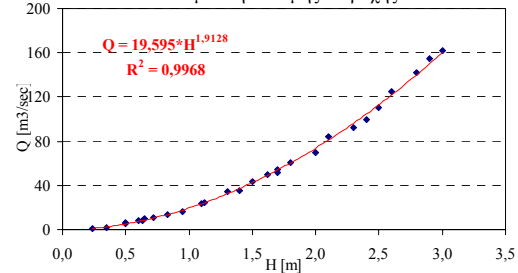


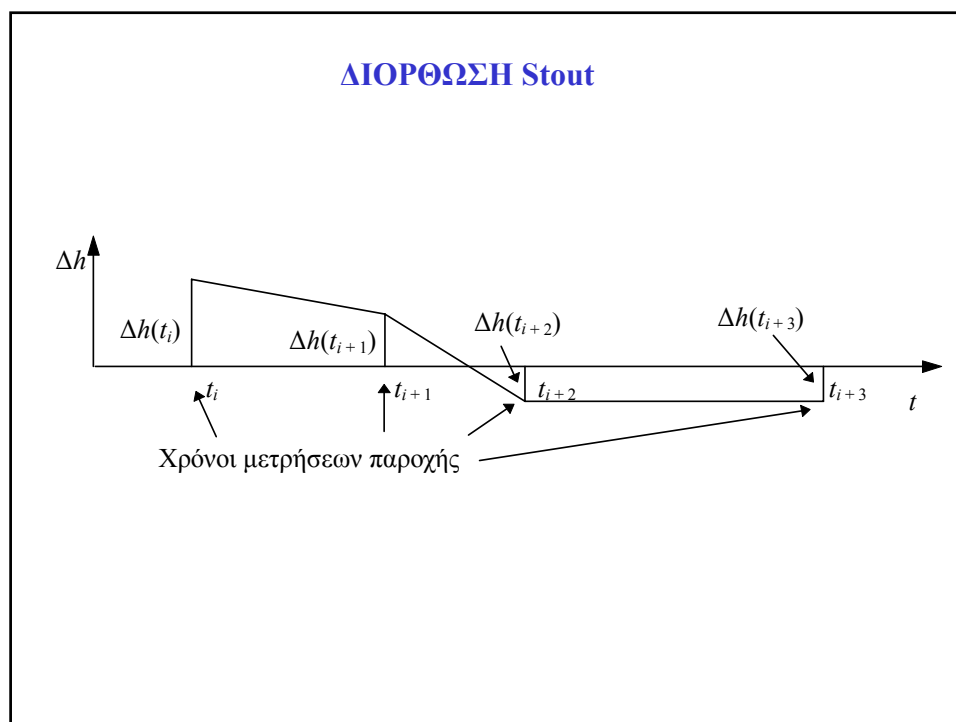
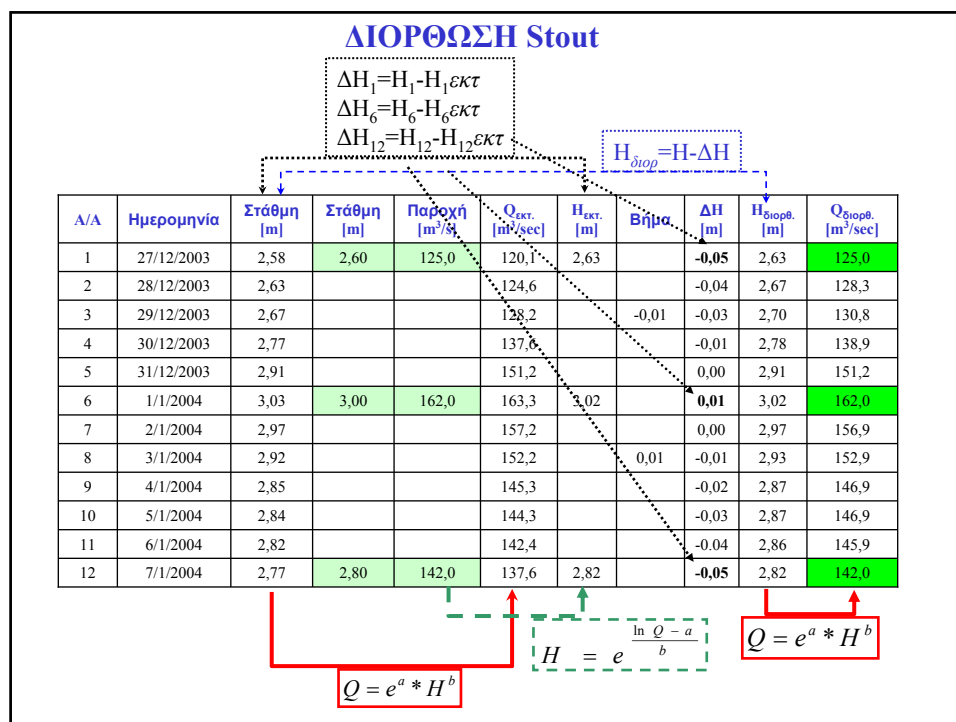
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΥΔΡΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Καμπύλη Στάθμης-Παροχής

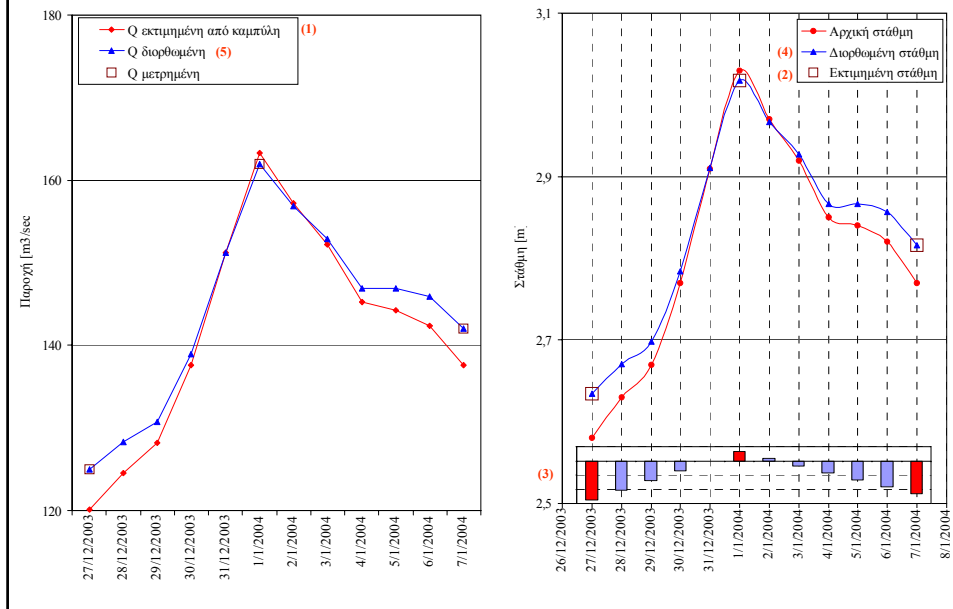


Καμπύλη Στάθμης-Παροχής





ΔΙΟΡΘΩΣΗ Stout



ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ ΜΕ ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΡΟΗΣ

Σχέση του Manning

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

όπου:

A το εμβαδόν της διατομής

R η υδραυλική ακτίνα (= A/P , όπου **P** η βρεχόμενη περίμετρος)

i η κλίση τριβών, που για μόνιμη ροή είναι ίση με την κλίση ενέργειας, και

n ο συντελεστής τραχύτητας κατά Manning (0.025 -0.100 για φυσικά υδατορεύματα)

Η εκτίμηση του συντελεστή τραχύτητας **n** γίνεται από κατάλληλους πίνακες συναρτήσει των χαρακτηριστικών του υδατορεύματος

ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ ΜΕ ΥΔΡΑΥΛΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΡΟΗΣ

Σχέση του Chézy

$$Q=c*A*R^{1/2}*i^{1/2}$$

όπου:

A το εμβαδόν της διατομής

R η υδραυλική ακτίνα (= A/P , όπου **P** η βρεχόμενη περίμετρος)

i η κλίση τριβών, που για μόνιμη ροή είναι ίση με την κλίση ενέργειας, και

c ο συντελεστής τραχύτητας (15-30 για φυσικά υδατορεύματα)