

Εισαγωγή στα υδρογραφήματα

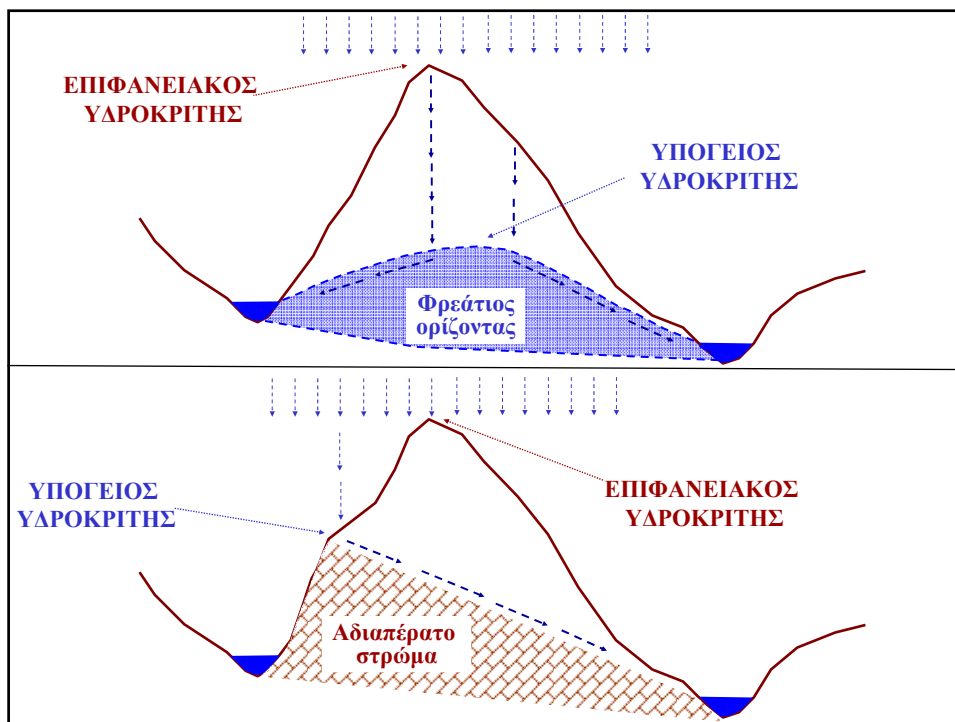


Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων
Αθήνα 2009

ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ: ***ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ***

- **ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ**
- **ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑ**
- **ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΡΟΗΣ**
- **ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΛΛΕΙΜΑΤΩΝ**

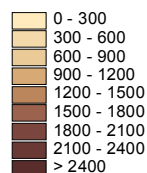
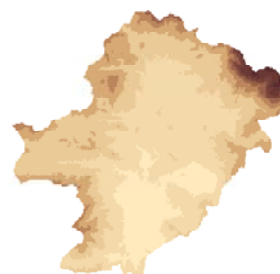
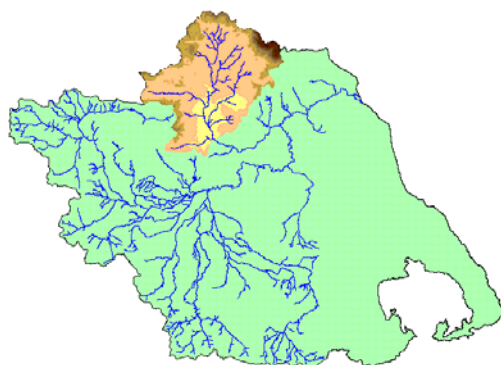
ΥΔΡΟΚΡΙΤΗΣ



ΕΞΑΓΩΓΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΕ ΣΓΠ

Θέση λεκάνης Μεσοχωρίου

Κάναβος υψομέτρου (m)



ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

Κατάταξη

Η λεκάνη απορροής, ως σύστημα μετασχηματισμού των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων σε απορροή, παρουσιάζει ορισμένα ειδικά φυσικά γνωρίσματα που επηρεάζουν σημαντικά, τόσο τη διαδικασία του μετασχηματισμού όσο και το τελικό της αποτέλεσμα, δηλαδή το υδρογράφημα της απορροής. Τα γνωρίσματα αυτά ονομάζονται **φυσιογραφικά χαρακτηριστικά** της λεκάνης απορροής και μπορούν να καταταγούν στις ακόλουθες τρεις κατηγορίες:

Μορφολογικά χαρακτηριστικά (μορφή, ανάγλυφο, υδρογραφικό δίκτυο)

Εδαφολογικά χαρακτηριστικά (μηχανικές ιδιότητες, χημική σύσταση)

Φυτοκάλυψη (είδη χλωρίδας και χωρική διάταξή της)

Τα παραπάνω χαρακτηριστικά αποτελούν χωρικά κατανεμημένη πληροφορία (μεταβάλλονται από θέση σε θέση) αλλά στην πράξη γίνεται συμπυκνωμένη περιγραφή τους χρησιμοποιώντας δείκτες και διαγράμματα.

ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Γεωμετρία

Ο **υδροκρίτης** είναι το όριο, το οποίο ορίζει την έκταση που καταλαμβάνει η λεκάνη απορροής ανάντη μιας δεδομένης διατομής A υδατορεύματος. Το κυριότερο γεωμετρικό χαρακτηριστικό της λεκάνης απορροής είναι το **εμβαδό** της S_A . Αν και το σχήμα μιας λεκάνης απορροής είναι πάντα πολύπλοκο, έχουν προταθεί διάφοροι αδιάστατοι δείκτες που κωδικοποιούν το σχήμα της λεκάνης

Ο **δείκτης κυκλικότητας** ορίζεται ως ο λόγος της επιφάνειας της λεκάνης προς την επιφάνεια κύκλου με περίμετρο ίδια με αυτή της λεκάνης (P_A):

$$E_c = \frac{S_A}{\frac{P_A^2}{4\pi}}$$

Ο **δείκτης συμπαγούς** ορίζεται ως ο λόγος της περιμέτρου της λεκάνης προς την περίμετρο κύκλου με επιφάνεια ίδια με αυτή της λεκάνης:

$$E'_c = \frac{P_A}{\sqrt{4\pi S_A}} = \frac{1}{\sqrt{E_c}}$$

Ο **δείκτης επιμήκυνσης** ορίζεται ως ο λόγος της πλευράς ενός τετραγώνου με επιφάνεια ίδια με αυτή της λεκάνης, προς ένα χαρακτηριστικό μήκος της λεκάνης L_A (π.χ. το μήκος από την έξοδο μέχρι το πιο απομακρυσμένο σημείο της λεκάνης):

$$E_L = \frac{\sqrt{S_A}}{L_A}$$

ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Ανάγλυφο

Υψομετρική (ή υψογραφική) καμπύλη της λεκάνης

Η καμπύλη που σε κάθε δεδομένη τιμή του τοπογραφικού υψομέτρου z αντιστοιχίζει το ποσοστό της επιφάνειας της λεκάνης $F(z)$ που έχει υψόμετρο μεγαλύτερο ή ίσο της δεδομένης τιμής

Μέγιστο, ελάχιστο (στην έξοδο) και μέσο υψόμετρο λεκάνης

Ο υπολογισμός του μέσου υψομέτρου της λεκάνης γίνεται με βάση την υψομετρική καμπύλη $F(z)$ χρησιμοποιώντας τη σχέση:

$$z_s = \int_0^1 z dF(z) \approx \sum_r \frac{z_r + z_{r-1}}{2} \Delta F_r$$

όπου το πεδίο μεταβολής του F έχει υποδιαιρεθεί σε υποδιαστήματα μήκους ΔF_r (όχι κατ' ανάγκη ίσα, αλλά με άθροισμα ίσο με 1) και οι τιμές του z που αντιστοιχούν στα άκρα του υποδιαστήματος ΔF_r είναι z_r και z_{r-1} .

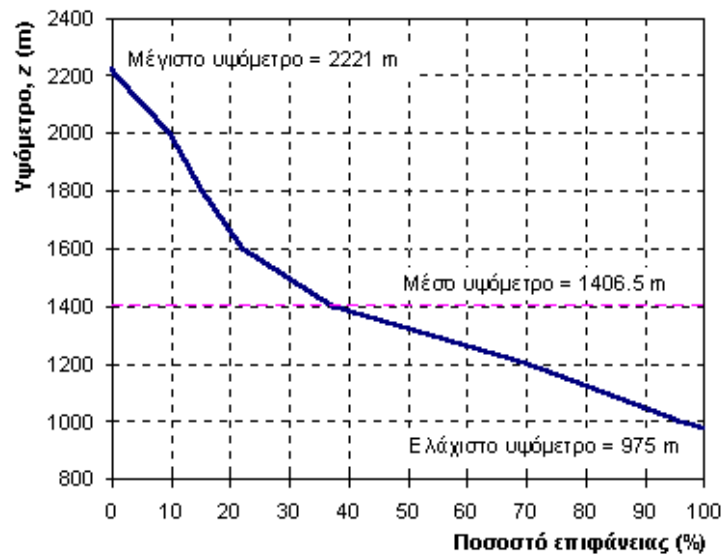
Μέση κλίση λεκάνης

Υπολογίζεται από τη σχέση $i_s = \frac{1}{S_A} \int_S i dS \approx \frac{1}{S_A} \sum_r i_r \Delta S_r$

όπου η συνολική έκταση της λεκάνης έχει υποδιαιρεθεί σε τμήματα ΔS_r που το καθένα έχει περίπου σταθερή κλίση i_r .

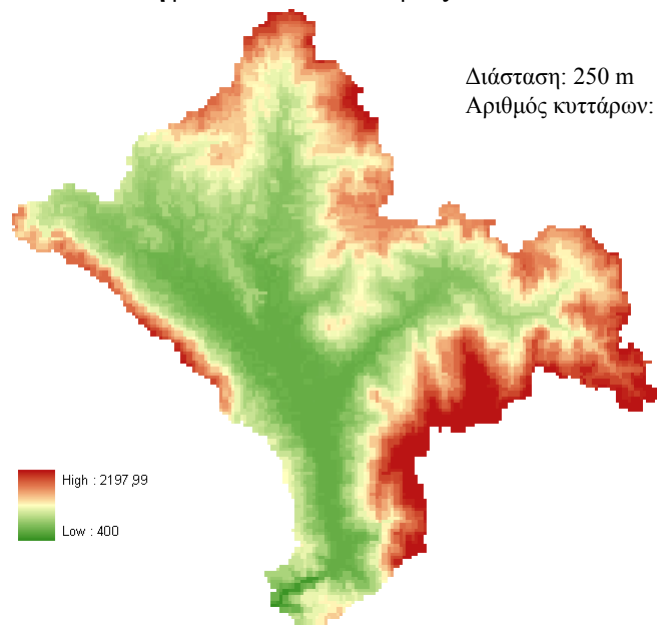
ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Υψομετρική (ή υψογραφική) καμπύλη της λεκάνης



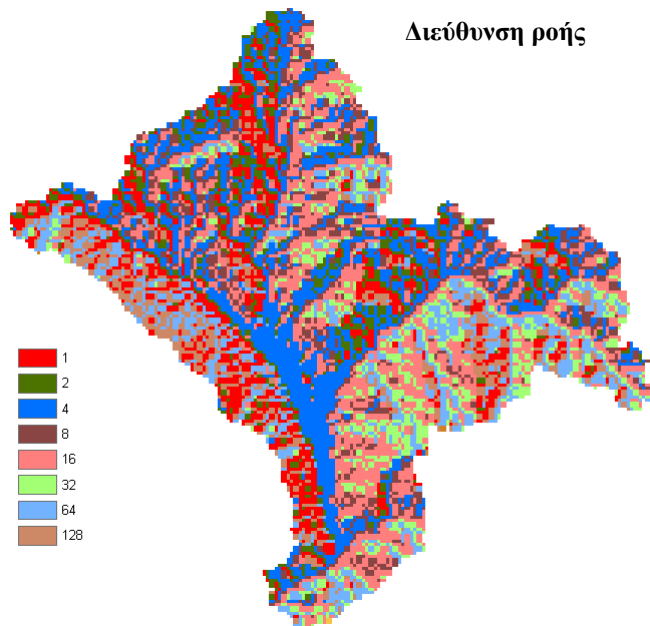
ΕΞΑΓΩΓΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ ΣΓΠ

Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους



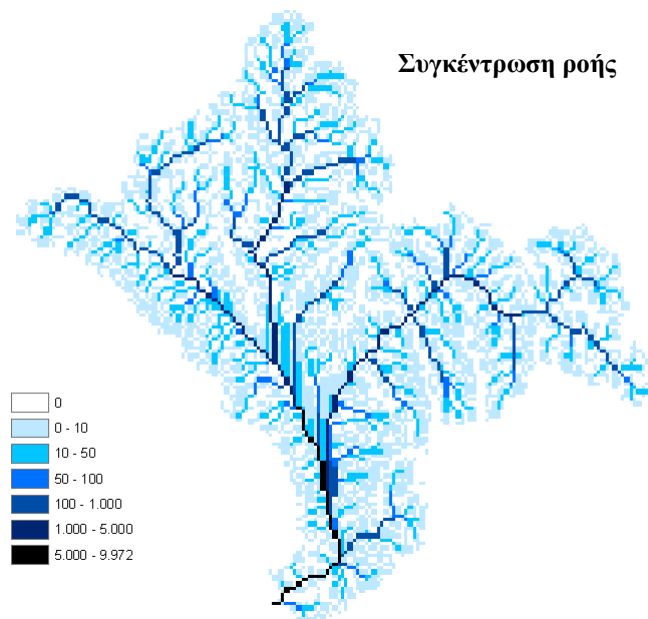
ΕΞΑΓΩΓΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ ΣΓΠ

Διεύθυνση ροής



ΕΞΑΓΩΓΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ ΣΓΠ

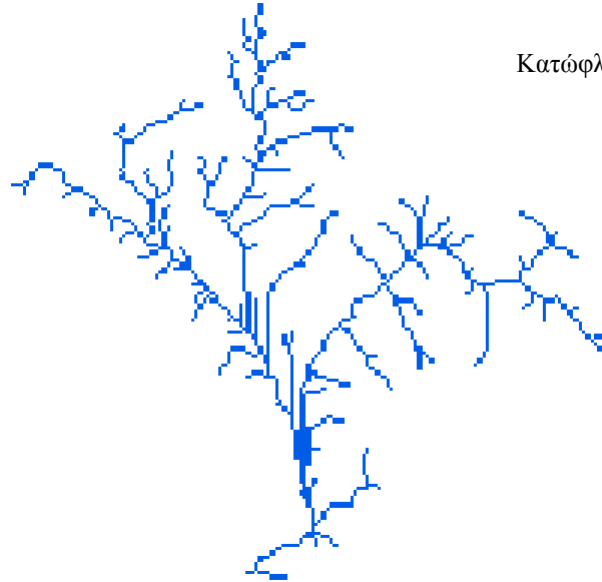
Συγκέντρωση ροής



ΕΞΑΓΩΓΗ ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΜΕ ΣΓΠ

Υδρογραφικό δίκτυο

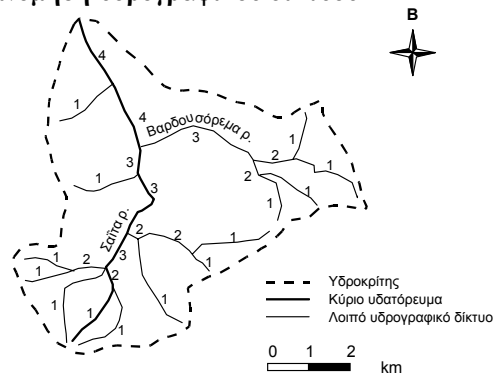
Κατώφλι κυττάρων: 30



ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Ταξινόμηση υδρογραφικού δικτύου

Σύστημα ταξινόμησης
Horton (1945) και
Strahler (1964)



Λόγος διακλαδώσεων (Horton, 1945). Ο αντίστοιχος εμπειρικός νόμος, γνωστός ως νόμος του Horton για τον αριθμό υδατορευμάτων N_i , των κλάδων δεδομένης τάξης i :

$$\frac{N_i}{N_{i+1}} = R_B, i = 1, 2, \dots, I - 1$$

Νόμος του Horton για τα μήκη υδατορευμάτων L_i , των κλάδων δεδομένης τάξης i :

$$\frac{L_{i+1}}{L_i} = R_L, i = 1, 2, \dots, I - 1$$

Νόμος των επιφανειών των υδατορευμάτων (Schumm, 1956) A_i , των κλάδων δεδομένης τάξης i :

$$\frac{A_{i+1}}{A_i} = R_A, i = 1, 2, \dots, I - 1$$

ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Πυκνότητα υδρογραφικού δικτύου

Η πυκνότητα του υδρογραφικού δικτύου D_A , ορίζεται ως ο λόγος του συνολικού μήκους του υδρογραφικού δικτύου ΣL_A προς την επιφάνεια της λεκάνης S_A :

$$D_A = \frac{\sum L_A}{S_A}$$

και έχει διαστάσεις $[L^{-1}]$.

Η μέση απόσταση από τον υδροκρίτη μέχρι το υδατόρευμα είναι: $X_A = \frac{1}{2D_A}$

Η μέση διαδρομή μιας σταγόνας σε συνθήκες επίγειας ροής, μέχρι να φτάσει στο υδρογραφικό δίκτυο είναι:

$$Y_A = \frac{X_A}{2} = \frac{1}{4D_A}$$

Μια συγκεκριμένη διαδρομή κατά μήκος του υδατορεύματος, η οποία καταλήγει στην έξοδο της λεκάνης (συνήθως ο κλάδος με μεγαλύτερη τάξη και μεγαλύτερο μήκος), χαρακτηρίζεται ως *κύριο υδατόρευμα* ή *κύρια μισγάγγεια* της λεκάνης. Το *μήκος* του κύριου υδατορεύματος αποτελεί από τα βασικότερα φυσιογραφικά χαρακτηριστικά της λεκάνης και συσχετίζεται εμπειρικά με το χρόνο συγκέντρωσης της λεκάνης.

ΟΙ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΟΙ ΠΟΤΑΜΟΙ ΤΗΣ ΓΗΣ

Ποταμός	Ήπειρος	Έκταση, 10 ³ km ²	Μήκος, km	Μέση παροχή, m ³ /s	Μέσος ετήσιος όγκος απορροής, km ³	Μέσο ετήσιο ύψος απορροής, 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.

ΕΛΑΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

- Το **είδος των εδαφών** της λεκάνης απορροής επηρεάζει ιδιαίτερα τα υδρολογικά ελλείμματα, άρα και την επιφανειακή απορροή
- Οι **μηχανικές ιδιότητες** των εδαφών, καθορίζουν το ρυθμό της διήθησης και κατά συνέπεια επηρεάζουν άμεσα την απορροή
- Η **χημική σύσταση** των εδαφών, σε συνδυασμό με τις μηχανικές ιδιότητές τους, καθορίζει τη φυτοκάλυψη και τους επικρατούντες τύπους χλωρίδας, και συνεπώς επηρεάζει αποφασιστικά την επιφανειακή απορροή

ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΦΥΤΟΚΑΛΥΨΗΣ

- μείωση του όγκου απορροής κατά την ποσότητα που κατακρατείται από τη χλωρίδα (και τελικώς εξατμίζεται ή απορροφάται απ' αυτή)
- χρονική υστέρηση της απορροής (συντείνει εξ άλλου και η αύξηση της τραχύτητας των εδαφών, που προκαλείται από τη φυτοκάλυψη)
- αύξηση της διηθητικής ικανότητας του εδάφους (από τη δράση των ριζών αλλά και των φυλλωμάτων που πέφτουν)
- συγκράτηση του εδαφικού υλικού και μείωση της διάβρωσης της λεκάνης (εφόσον επιβραδύνεται η άμεση απορροή, προστατεύεται το έδαφος από την κινητική ενέργεια της βροχής, και δημιουργείται συνεκτικός ιστός μεταξύ των εδαφικών κόκκων)

Συνολικά η φυτοκάλυψη δρα προς την κατεύθυνση της μείωσης του όγκου άμεσης απορροής, της επιβράδυνσης και εξομάλυνσης των ρυθμών της, με τελική συνέπεια τη μείωση των αιχμών των πλημμυρικών υδρογραφημάτων

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΡΡΟΗ

Παράγοντες που επηρεάζουν την απορροή

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗΣ

- Διάρκεια
- Ένταση
- Συνολικό ύψος
- Χωρική κατανομή
- Χρονική κατανομή

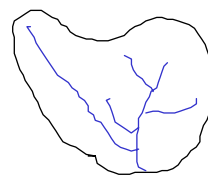
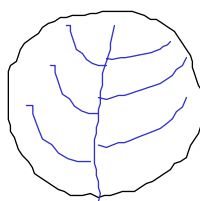
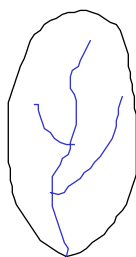
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΛΕΚΑΝΗΣ

- Μέγεθος
- Σχήμα
- Ανάγλυφο
- Γεωλογία
- Έδαφος
- Φυτοκάλυψη

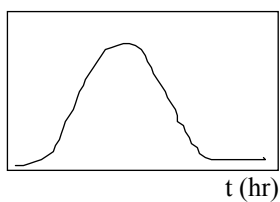
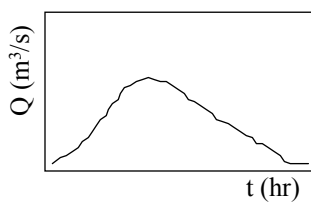
ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΡΡΟΗ

Επίδραση της γεωμετρίας στο υδρογράφημα

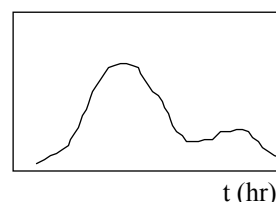
ΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ (ΜΕ ΕΜΒΑΔΟΝ A)



ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΩΦΕΛΙΜΗ ΒΡΟΧΗ ΣΤΑΘΕΡΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ I ΚΑΙ ΔΙΑΡΚΕΙΑΣ D

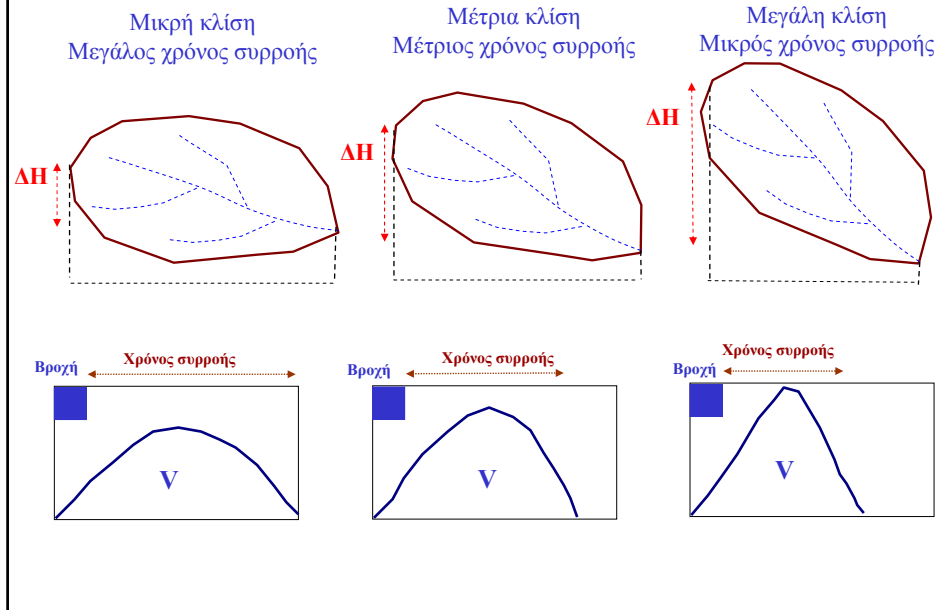


$$V=A*I*D$$

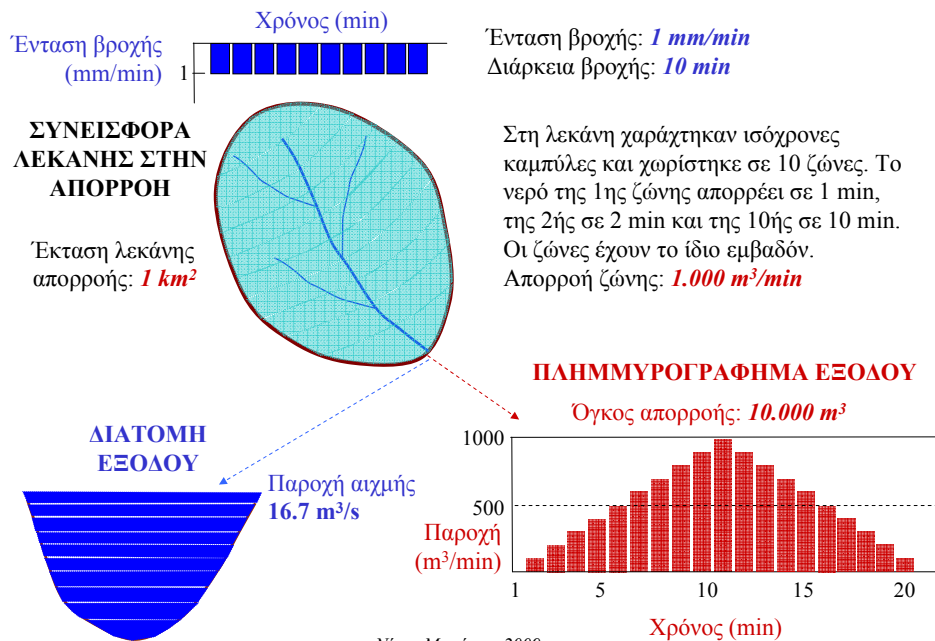


ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΡΡΟΗ

Επίδρασή της κλίσης στα χαρακτηριστικά πλημμύρας



ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ



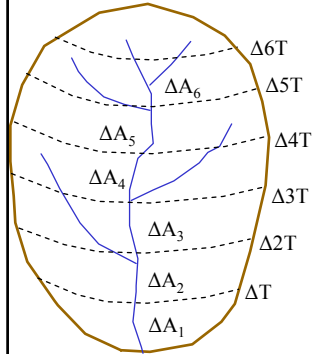
Νίκος Μαμάσης, 2009

ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ ΣΤΗΝ ΑΠΟΡΡΟΗ

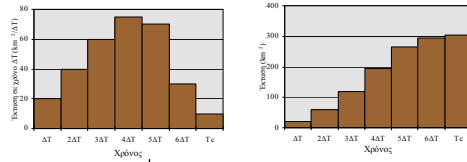
Μέθοδος ισοχρόνων

Ισόχρονες καμπύλες

Χρόνος συρροής T_c

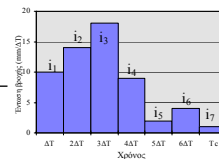


Καμπύλες χρόνου - επιφάνειας απορροής

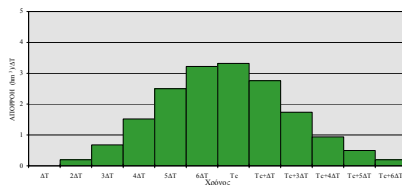


$$Q_n = i_n \Delta A_1 + i_{n-1} \Delta A_2 + \dots + i_1 \Delta A_n$$

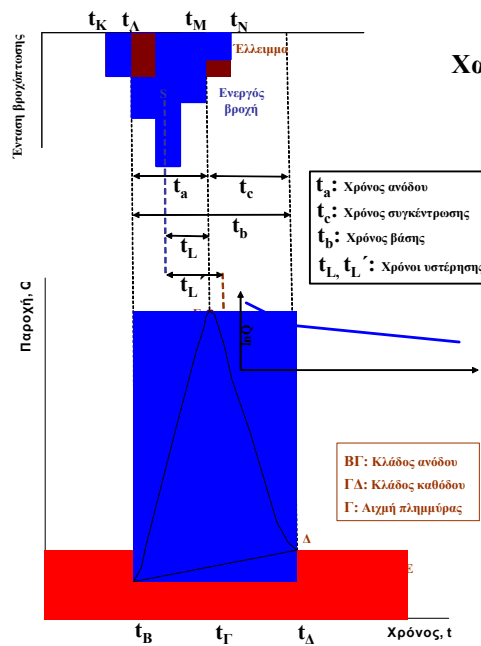
Υετογράφημα



Πλημμυρογράφημα



ΥΔΡΟΓΡΑΦΗΜΑΤΑ

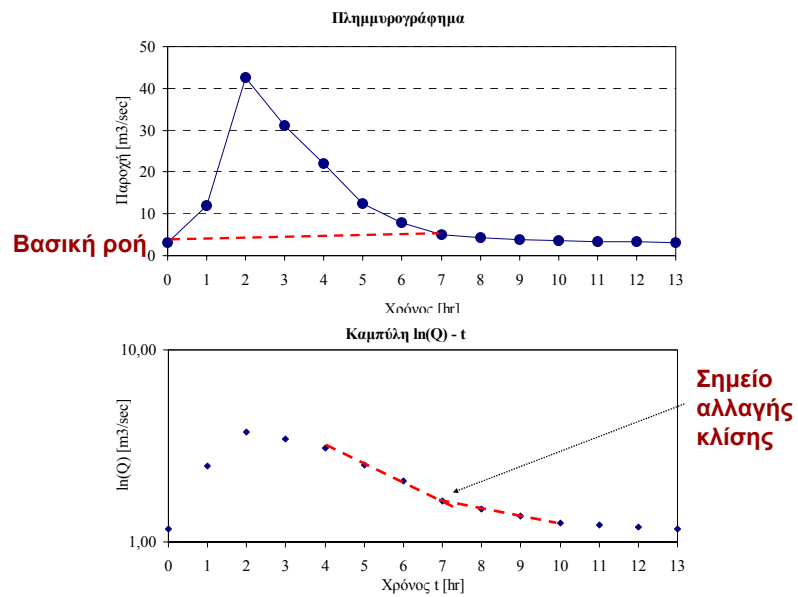


Χαρακτηριστικά μεγέθη

t_a : Χρόνος ανόδου
 t_c : Χρόνος συγκέντρωσης
 t_b : Χρόνος βάσης
 t_{L_n}, t_{L_n}' : Χρόνοι υστέρησης

ΒΓ: Κλάδος ανόδου
 ΓΑ: Κλάδος καθόδου
 Γ: Αιχμή πλημμύρας

ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΣ ΒΑΣΙΚΗΣ ΡΟΗΣ



ΣΥΝΟΛΙΚΗ ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΛΛΕΙΜΑΤΩΝ

