



Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

Ενότητα 1: Εισαγωγή στις υδρολογικές διεργασίες

Καθ. Αθανάσιος Λουκάς

Εργαστήριο Υδρολογίας και Ανάλυσης Υδατικών Συστημάτων

Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών

Πολυτεχνική Σχολή

ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

(ΤΕΧΝΙΚΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ, ENGINEERING HYDROLOGY)

Διδάσκων: Καθηγητής Αθανάσιος Λουκάς
Εργ. Υδρολογίας και Ανάλυσης Υδατικών Συστημάτων
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τηλ. 24210 74168
E-mail: aloukas@uth.gr

Ασκήσεις: Δρ. Λάμπρος Βασιλειάδης
ΕΔΙΠ
Εργ. Υδρολογίας και Ανάλυσης Υδατικών Συστημάτων
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών
Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
Τηλ. 24210 74115
E-mail: lvassil@uth.gr



ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ

- Η εισαγωγή στα φαινόμενα και στις φυσικές διαδικασίες της επιφανειακής υδρολογίας και συνολικά του υδρολογικού κύκλου,
- Η κατανόηση των φαινομένων και η ανάλυση και επεξεργασία των δεδομένων βροχόπτωσης και παροχής με στόχο την εύρεση της καταιγίδας και της παροχής σχεδιασμού για την μελέτη υδροτεχνικών έργων.



Επιθυμητοί Στόχοι

- Δυνατότητα κατανόησης του υδρολογικού κύκλου και των φυσικών υδρολογικών διεργασιών
- Ικανότητα ορισμού μιας λεκάνης απορροής και των βασικών γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών της
- Ικανότητα να υπολογίσουν ή να εκτιμήσουν την χωρική και χρονική κατανομή βροχοπτώσεων σε μια λεκάνη απορροής
- Ικανότητα να υπολογίσουν τις όμβριες καμπύλες και να υπολογίσουν την καταιγίδα σχεδιασμού σε μια λεκάνη απορροής
- Ικανότητα να υπολογίσουν ή να μετρήσουν την απορροή σε μια διατομή ενός υδατορρεύματος και να εκτιμήσουν τις συνιστώσες της απορροής
- Ικανότητα να υπολογίσουν από δεδομένα το μοναδιαίο υδρογράφημα μιας λεκάνης απορροής ή να εκτιμήσουν από γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά το συνθετικό μοναδιαίο υδρογράφημα μιας λεκάνης απορροής
- Ικανότητα να εκτιμήσουν την παροχή σχεδιασμού σε μια λεκάνη απορροής είτε με την στατιστική ανάλυση δεδομένων απορροής, είτε με την εφαρμογή του μοναδιαίου υδρογραφήματος (ή συνθετικού μοναδιαίου υδρογραφήματος) είτε με την εφαρμογή εμπειρικών μεθόδων
- Ικανότητα να υπολογίσουν τη διόδευση πλημμύρας με υδρολογικές μεθόδους διαμέσου ενός τμήματος υδατορρεύματος και διαμέσου ενός ταμιευτήρα ή λίμνης



Ενδεικτικό Περίγραμμα Μαθήματος

1η Εβδομάδα (4 ώρες διδασκαλίας)

- Εισαγωγή στις υδρολογικές διεργασίες
- Εισαγωγή στην στατιστική – πιθανολογική ανάλυση υδρολογικής πληροφορίας

2η Εβδομάδα (4 ώ.δ.)

- Στατιστική – Πιθανολογική ανάλυση υδρολογικής πληροφορίας

3η Εβδομάδα (4 ώ.δ.)

- Μελέτη των ατμοσφαιρικών διεργασιών και κατακρημνισμάτων
- Μέθοδοι μέτρησης υετόπτωσης – Δίκτυα υετόπτωσης
- Ανάλυση δεδομένων βροχόπτωσης
- Χωρική κατανομή της βροχόπτωσης
- Εύρεση μέσης επιφανειακής βροχόπτωσης.



Ενδεικτικό Περίγραμμα Μαθήματος

4η Εβδομάδα (4 ώ.δ.)

- Χρονική κατανομή υετόπτωσης
- Συνθετικές μεθοδολογίες χρονικής κατανομής υετόπτωσης

5η Εβδομάδα (4 ώ.δ.)

- Υπολογισμός καμπυλών Έντασης-Διάρκειας-Συχνότητας (Intensity-Duration-Frequency, IDF curves). Υπολογισμός καμπυλών Ύψους-Διάρκειας-Συχνότητας (Depth-Duration-Frequency, DDF curves)
- Υπολογισμός καταιγίδας σχεδιασμού.

6η Εβδομάδα (4 ώ.δ.)

- Υδρολογικές Απώλειες
- Μέθοδοι μέτρησης και υπολογισμού εξάτμισης και εξατμισοδιαπνοής, κατακράτησης, και διήθησης



Ενδεικτικό Περίγραμμα Μαθήματος

7η Εβδομάδα (4 ώ.δ.)

- Περίσσειμα βροχής
- Μέθοδοι εκτίμησης των απωλειών βροχής. Εκτίμηση του περισσεύματος βροχής με τη μέθοδο SCS

8η Εβδομάδα (4 ώ.δ.)

- Απορροές
- Μέθοδοι μέτρησης απορροών-Υδρομετρία
- Υδρομετρικοί σταθμοί-υδρομετρικά δίκτυα.

9η Εβδομάδα (4 ώ.δ.)

- Επεξεργασία υδρομετρικών παρατηρήσεων
- Καμπύλες διάρκειας απορροής (Flow Duration curves)
- Αθροιστικές καμπύλες απορροής



Ενδεικτικό Περίγραμμα Μαθήματος

10η Εβδομάδα (4 ώ.δ.)

- Πλημμυρικές απορροές
- Μοναδιαίο Υδρογράφημα
- Προσδιορισμός μοναδιαίου υδρογραφήματος
- Συνθετικό Μοναδιαίο Υδρογράφημα
- Στιγμαίο Μοναδιαίο Υδρογράφημα.

11η Εβδομάδα (4 ώ.δ.)

- Συνθετικό Μοναδιαίο Υδρογράφημα
- Υπολογισμός χρόνου συγκέντρωσης απορροής και χρόνου υστέρησης απορροής
- Εμπειρικές μέθοδοι εκτίμησης πλημμύρας σχεδιασμού
- Ορθολογική μέθοδος



Ενδεικτικό Περίγραμμα Μαθήματος

12η Εβδομάδα (4 ώ.δ.)

- Διόδευση πλημμύρας
- Υδρολογικές μέθοδοι διόδευσης πλημμύρας
- Διόδευση πλημμύρας δια μέσου τμήματος ποταμού (Μέθοδος Muskingum)

13η Εβδομάδα (4 ώ.δ.)

- Διόδευση πλημμύρας δια μέσου ταμιευτήρα
- Συνολική θεώρηση της ύλης
- Επαναληπτικές ασκήσεις



Βιβλιογραφία

Κύρια διδακτικά βοηθήματα:

- Μιμίκου Μ.Α. και Ε.Α. Μπαλτάς. «Τεχνική Υδρολογία», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 5^η Έκδοση, 2012.
- Παπαμιχαήλ Δ.Μ. «Τεχνική Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων», Γιαχούδη-Γιαπούδη, 2001.
- Τσακίρης Γ. «Υδατικοί Πόροι Ι. Τεχνική Υδρολογία», Συμμετρία, 2013.

Επικουρικά διδακτικά βοηθήματα:

- α) Maidment D.R. (Editor), «Handbook of Hydrology», McGraw-Hill, 1993.
- β) Κουτσογιάννης Δ. και Θ. Ξανθόπουλος. «Τεχνική Υδρολογία», Έκδοση 3, 418 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999.
- γ) Ξανθόπουλος Θ. «Εισαγωγή στην Τεχνική Υδρολογία», Συμμετρία, 1990.
- δ) Σακκάς Ι.Μ. «Τεχνική Υδρολογία: Τόμος 1 Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων», 2^η Έκδοση, Εκδόσεις Αϊβαζίδη, 2007.
- ε) Τσακίρης Γ. και Χ. Βαγγέλης. «Υδατικοί Πόροι ΙΙ: Εφαρμογές Τεχνικής Υδρολογίας», Σ. Αθανασόπουλος & Σία Ο.Ε., 2009.



ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ



Εισαγωγή στις Βασικές Έννοιες της Υδρολογίας

- Υδρολογία
- Υδροκρίτης
- Λεκάνη Απορροής
- Υδρογραφικό Δίκτυο
- Υδρολογικός Κύκλος
- Υδρολογικό Ισοζύγιο



ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

- **Υδρολογία** είναι επιστήμη που περιγράφει την εμφάνιση, την κυκλοφορία και τη διανομή του νερού της γης, καθώς και την αλληλεπίδραση των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων του με το περιβάλλον
- **Τεχνική υδρολογία** (engineering hydrology) είναι ο κλάδος της υδρολογίας που έχει στόχο την ποσοτική εκτίμηση και πρόγνωση των υδρολογικών μεγεθών
- **Η Τεχνική Υδρολογία** (Engineering hydrology) είναι ο εφαρμοσμένος τομέας του ευρύτερου πεδίου της Υδρολογίας ο οποίος εξετάζει τα θέματα του νερού, τα οποία σχετίζονται με την μελέτη, κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση των Υδραυλικών έργων, δηλαδή των τεχνικών έργων τα οποία κατασκευάζονται προς τον σκοπό αντιμετώπισης ή χρησιμοποίησεως του νερού για την κάλυψη των ποικίλων αναγκών του ανθρώπου.



ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ

- Αντικείμενο η επιστημονική εξέταση των διαφόρων φάσεων του νερού και ιδιαίτερα η χωρική και χρονική μεταβολή της έντασης που λαμβάνουν χώρα αυτές
- Στόχοι:
 - Ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων
 - μέτρηση - εκτίμηση του υδατικού δυναμικού και των αναγκών
 - όγκος ταμιευτήρων / ύδρευση / άρδευση
 - Εκτίμηση και αντιμετώπιση ακραίων φαινομένων (πλημμύρες / ξηρασίες)



ΧΡΗΣΙΜΟΤΗΤΑ ΤΗΣ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ

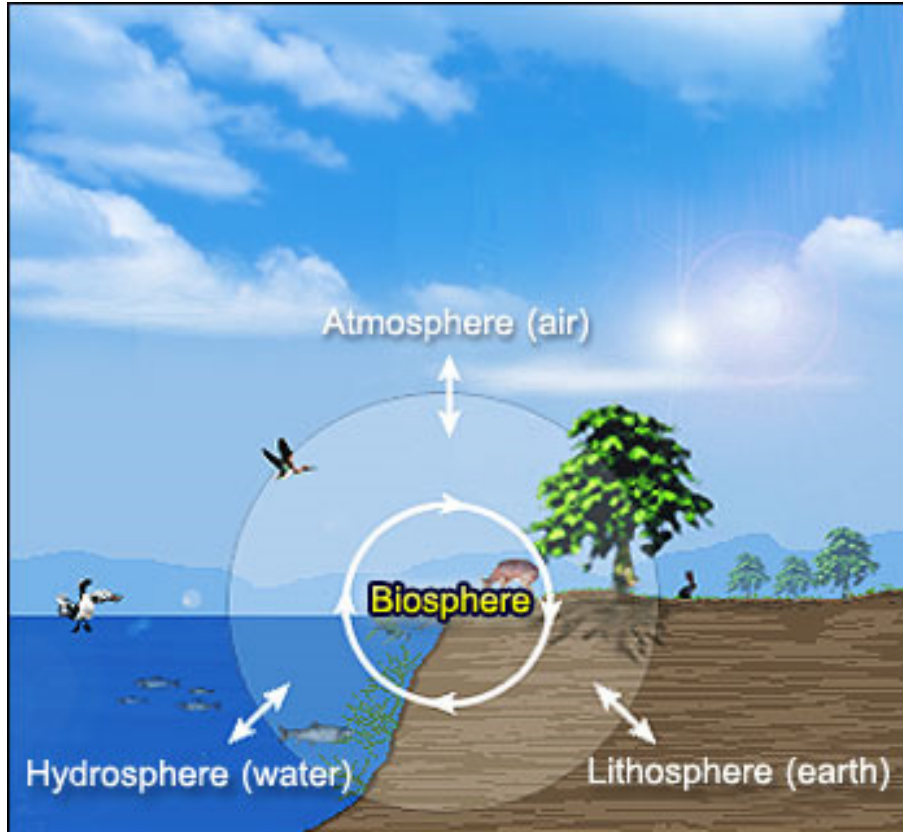
- Η Τεχνική Υδρολογία, η οποία έχει ως κύριο αντικείμενο τον προσδιορισμό των ακραίων τιμών των υδρολογικών φαινομένων καθώς και την πιθανότητα εμφάνισης των τιμών αυτών, αποτελεί βασικό παράγοντα για την μελέτη οποιουδήποτε Υδραυλικού έργου.
- Μεταξύ των κλάδων της Τεχνικής Επιστήμης, οι οποίοι χρησιμοποιούν τα πορίσματα της Τεχνικής Υδρολογίας, περιλαμβάνονται οι Υδρεύσεις και Αποχετεύσεις των ανθρωπίνων οικισμών και των βιομηχανικών εγκαταστάσεων, οι Αρδεύσεις και Στραγγίσεις των αγροτικών γαιών, οι Διευθετήσεις ποταμών και χειμάρρων και οι Υδροδυναμικές εγκαταστάσεις για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.



Υδροηλεκτρικές εγκαταστάσεις



Το πεδίο μελέτης της Υδρολογίας



- Ατμόσφαιρα
- Επιφάνεια της γης
- Εσωτερικό λιθόσφαιρας (μέχρι βάθος ~ 1km)
- Υδρόσφαιρα (ωκεανοί)

Πηγή: Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π. http://users.itia.ntua.gr/nikos/hydrology/EduMaterial/2012-13_Lektion1.pdf



Το πεδίο μελέτης της Υδρολογίας

Το πεδίο μελέτης της Υδρολογίας περιλαμβάνει την ατμόσφαιρα (μέχρι ύψους περίπου 15 km), την επιφάνεια και το εσωτερικό της λιθόσφαιρας (μέχρι βάθους περίπου 1 km) και την υδρόσφαιρα (θάλασσες, ωκεανοί). Μέσα στο σύστημα των τριών αυτών χώρων εξελίσσεται ο υδρολογικός κύκλος.

- **Επιφανειακή Υδρολογία**
- **Υπόγεια Υδρολογία (Υδραυλική)**



Πηγή: <http://water.usgs.gov/edu/graphics/greek/wcgwdischarge.gif>

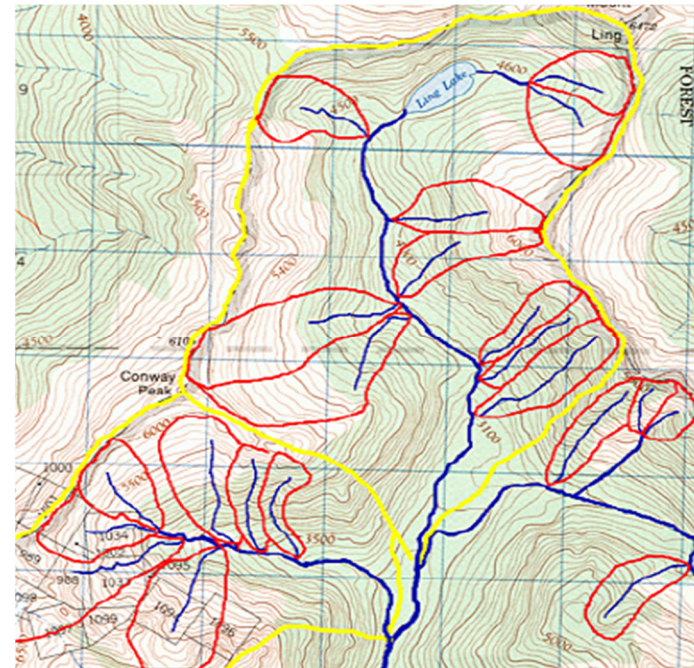


Πηγή: <http://water.usgs.gov/edu/graphics/greek/wcinfiltrationsoilzone.gif>



ΥΔΡΟΚΡΙΤΗΣ

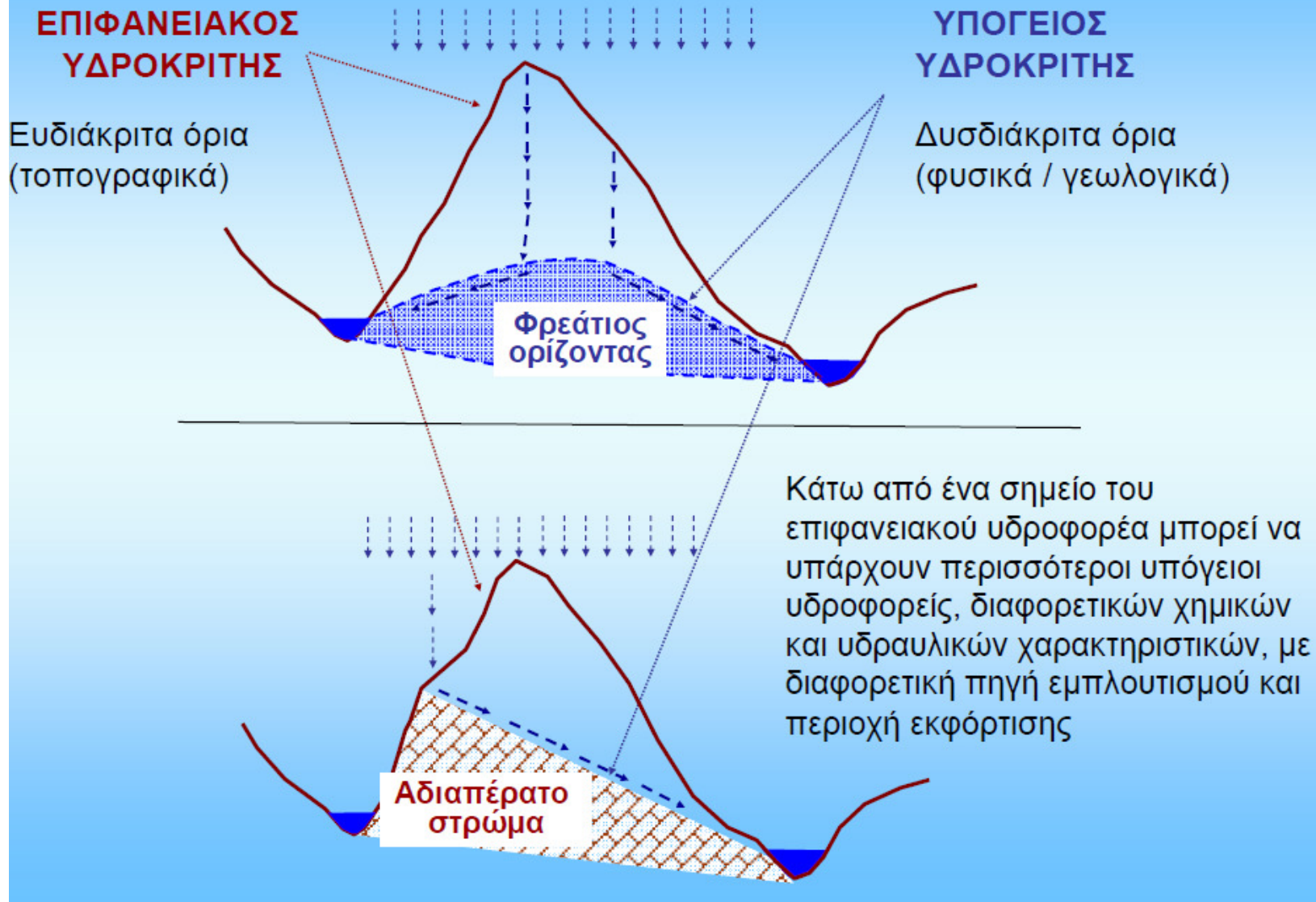
- Η νοητή γραμμή που συνδέει τα ψηλότερα σημεία των υψωμάτων της επιφάνειας του εδάφους και διαχωρίζει τη ροή των όμβριων υδάτων.



Πηγή: Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π. http://users.itia.ntua.gr/nikos/hydrology/EduMaterial/2012-13_Lektion1.pdf



ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΣ – ΥΠΟΓΕΙΟΣ ΥΔΡΟΚΡΙΤΗΣ



Πηγή: Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π. http://users.itia.ntua.gr/nikos/hydrology/EduMaterial/2012-13_Lektion1.pdf

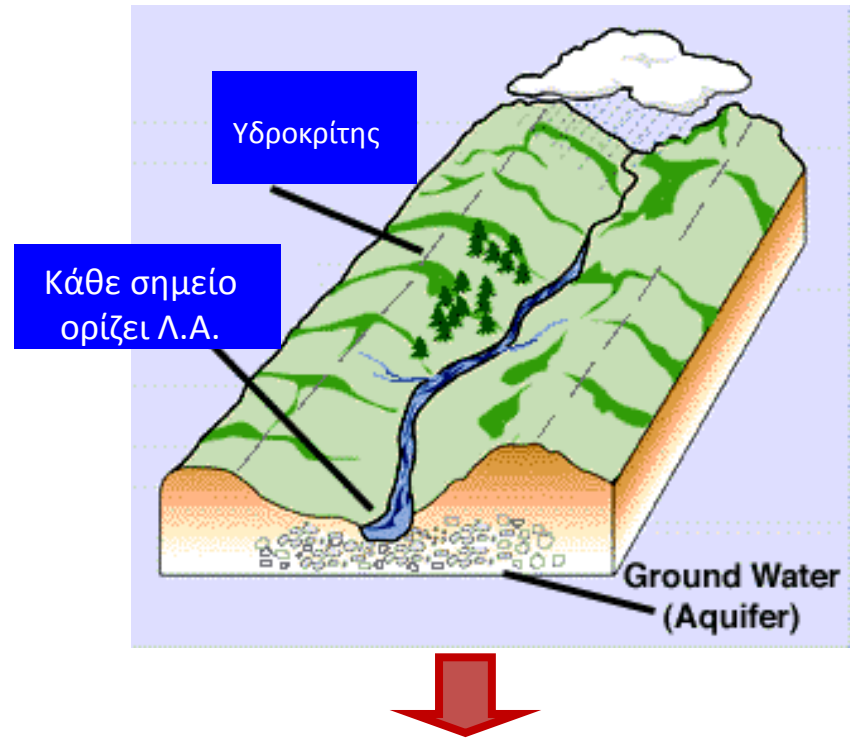
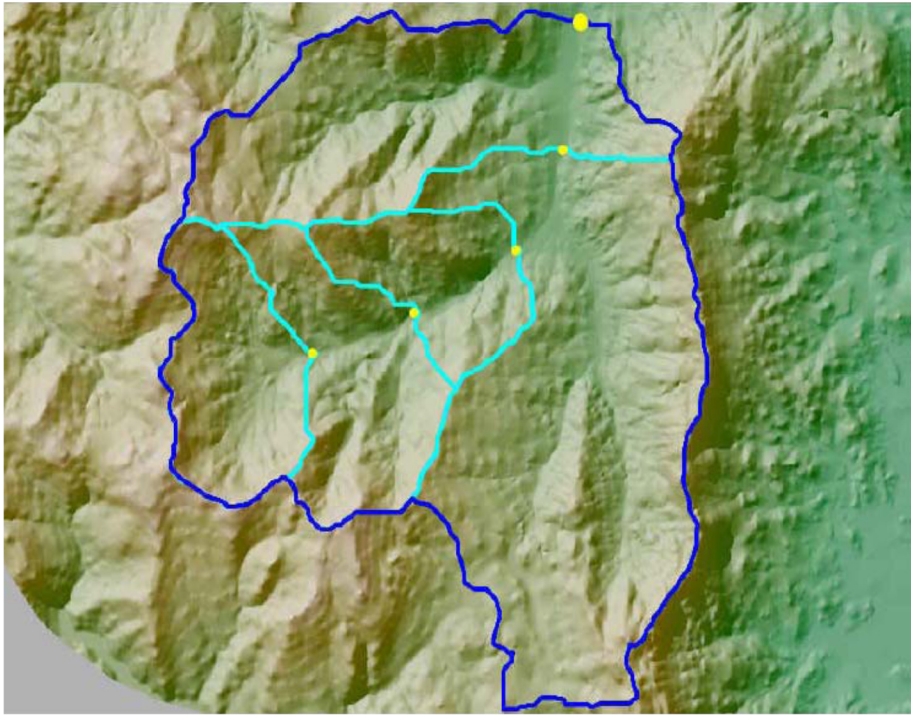


ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

- Η περιοχή της επιφάνειας της γης που περικλείεται από τον υδροκρίτη
- Το όριο μεταξύ δύο γειτονικών λεκανών απορροής → υδροκρίτης
- Στην περιοχή αυτή συγκεντρώνονται τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, που στη συνέχεια καταλήγουν σε ένα κεντρικό σύστημα απομάκρυνσής τους. Το σύστημα αυτό μπορεί να είναι ένα ποτάμι, που καταλήγει στη θάλασσα, ένας χείμαρρος ή μία λίμνη όπου το νερό συγκεντρώνεται και εξατμίζεται ή απορροφάται από το έδαφος.
- Για λόγους διευκόλυνσης (σε κατανεμημένα μοντέλα) → η λεκάνη υποδιαιρείται σε επιμέρους υπολεκάνες



ΛΕΚΑΝΗ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

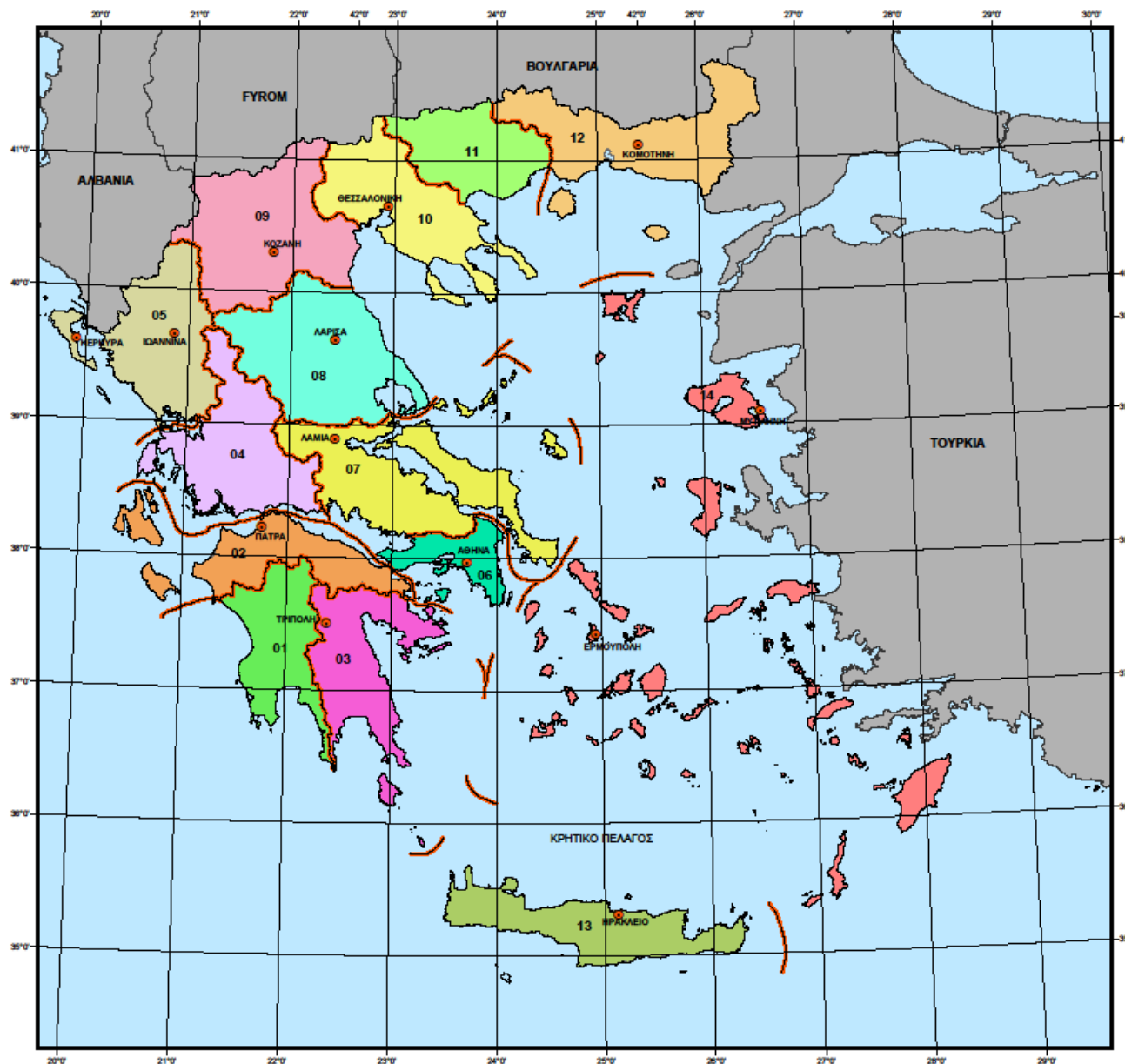


Κάθε σημείο του υδατορεύματος
ορίζει μία λεκάνη απορροής

Πηγή: Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π. http://users.itia.ntua.gr/nikos/hydrology/EduMaterial/2012-13_Lektion1.pdf



ΥΔΑΤΙΚΑ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΑ



ΧΑΡΤΗΣ 2
Όρια και έδρες
υδατικών διαμερισμάτων

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

Υδατικά διαμερίσματα

- 01 Δυτική Πελοποννήσου
- 02 Βόρεια Πελοποννήσου
- 03 Ανατολική Πελοποννήσου
- 04 Δυτική Στερεάς Ελλάδας
- 05 Ηπείρου
- 06 Αττικής
- 07 Ανατολική Στερεάς Ελλάδας
- 08 Θεσσαλίας
- 09 Δυτική Μακεδονίας
- 10 Κεντρική Μακεδονίας
- 11 Ανατολική Μακεδονίας
- 12 Θράκης
- 13 Κρήτης
- 14 Νήσων Αιγαίου

— Όρια υδατικών διαμερισμάτων
● Έδρες υδατικών διαμερισμάτων

ΣΧΕΔΙΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ
ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ
ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
Δ/ΝΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΔΥΝΑΜΙΚΟΥ

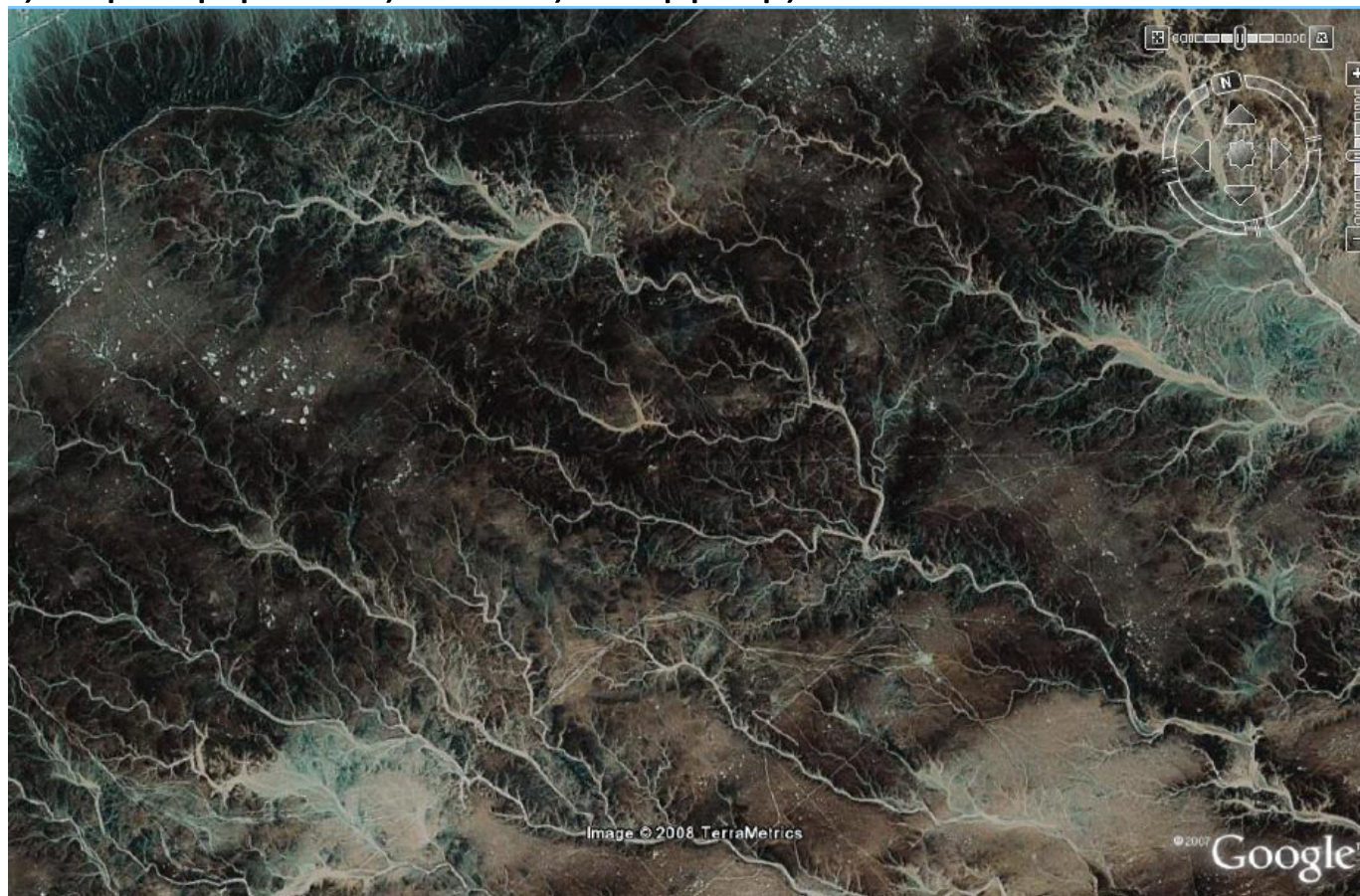
ΑΘΗΝΑ - ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2003



ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

- Το σύνολο των επιφανειακών υδατορευμάτων (ποταμών [μόνιμη ροή] , χειμάρρων [παροδική (εφήμερη) ροή] κτλ.) που συνδέονται μεταξύ τους δημιουργώντας συγκεκριμένους τύπους απορροής.

Ο τρόπος σύνδεσης των υδατορευμάτων και ο τύπος απορροής είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού των νόμων της κίνησης των ρευστών και των γεωλογικών χαρακτηριστικών της περιοχής επί της οποίας κινούνται.



Πηγή: Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π. http://users.itia.ntua.gr/nikos/hydrology/EduMaterial/2012-13_Lektion1.pdf



ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ



Πηγή: Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π. http://users.itia.ntua.gr/nikos/hydrology/EduMaterial/2012-13_Lektion1.pdf





Πηγή: Perlman, H., C. Makropoulos, and D. Koutsoyiannis, The water cycle, <http://ga.water.usgs.gov/edu/watercyclegreek.html>, 19 pages, United States Geological Survey, 2005.



Συνιστώσες Υδρολογικού Κύκλου

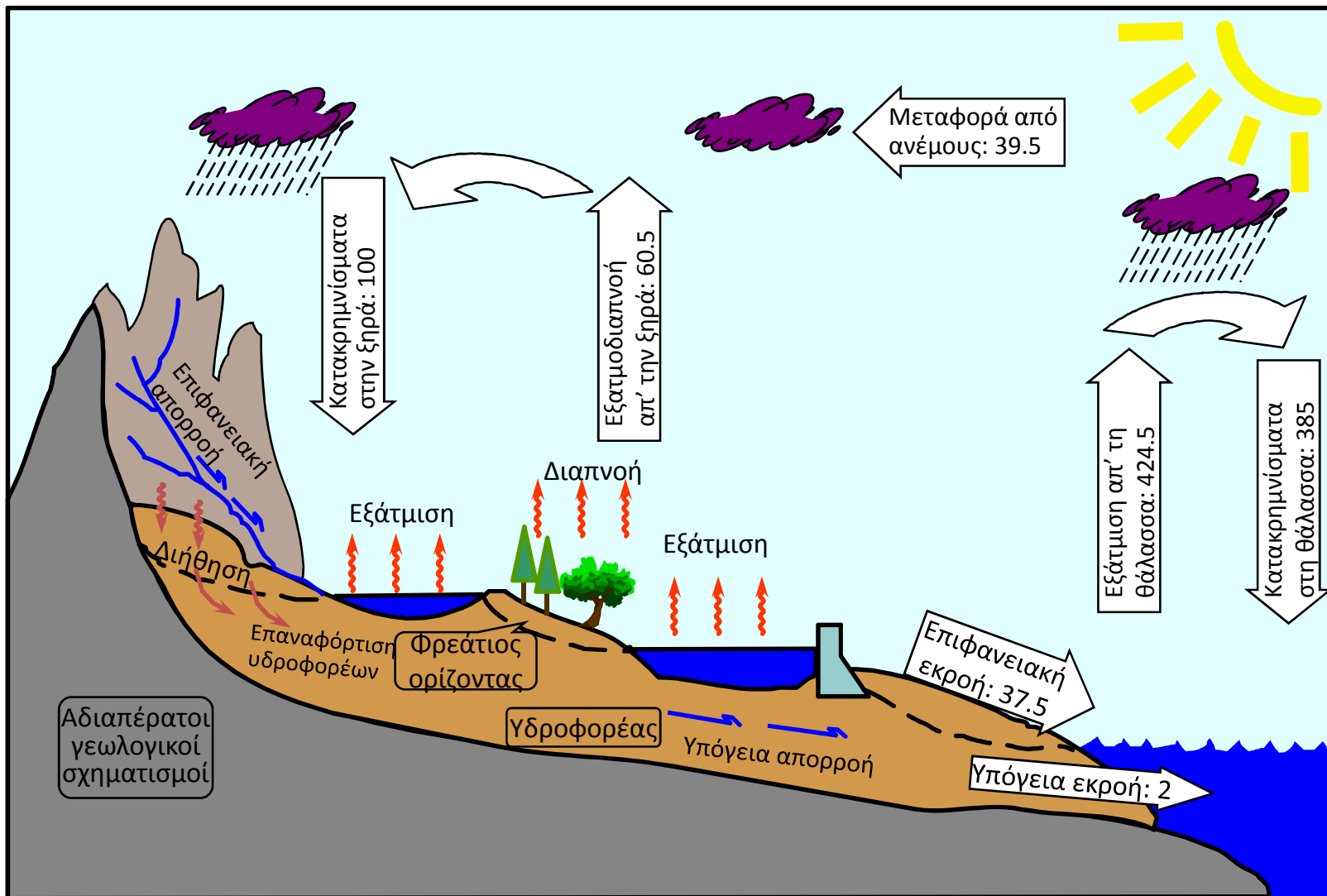
Η Γεωλογική Υπηρεσία των ΗΠΑ (USGS) διακρίνει 16 συνιστώσες του υδρολογικού κύκλου:

1. Αποθήκευση νερού στη θάλασσα
2. Εξάτμιση
3. Εξατμισοδιαπνοή
4. Εξάχνωση
5. Νερό στην ατμόσφαιρα
6. Συμπύκνωση
7. Κατακρημνίσματα
8. Αποθήκευση νερού σε πάγους και χιόνια
9. Απορροή από λιώσιμο χιονιού
10. Επιφανειακή απορροή
11. Ροή σε υδατορεύματα
12. Αποθήκευση γλυκού νερού
13. Διήθηση
14. Αποθήκευση υπόγειου νερού
15. Εκφόρτιση υπόγειου νερού
16. Πηγές

Πηγή: Perlman, H., C. Makropoulos, and D. Koutsoyiannis, The water cycle <http://water.usgs.gov/edu/watercyclegreek.html>, 19 pages, United States Geological Survey, 2005.



Απλουστευμένος Υδρολογικός Κύκλος

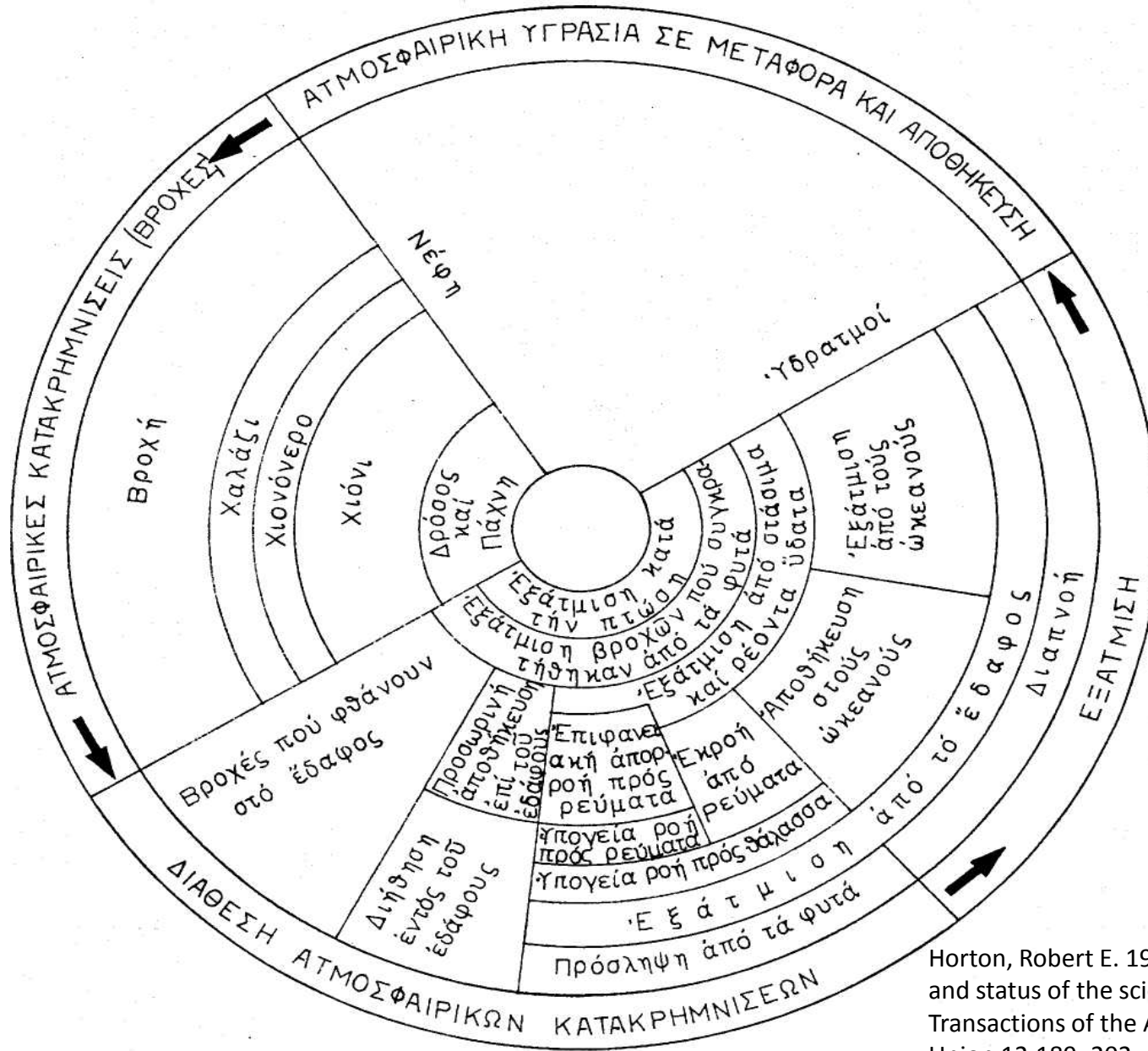


Συνιστώσες Απλουστευμένου Υδρολογικού Κύκλου

- Κατακρήμνιση
 - ▶ βροχή – χιόνι – χαλάζι
 - ▶ σε ξηρά – θάλασσα
 - Εξάτμιση
 - Διαπνοή
- Εξατμισοδιαπνοή ▶ από ξηρά - θάλασσα
- Κατακράτηση / Παρεμπόδιση
 - Διήθηση
 - Επιφανειακή Απορροή
 - Υπόγεια απορροή – Υπόγεια εκροή



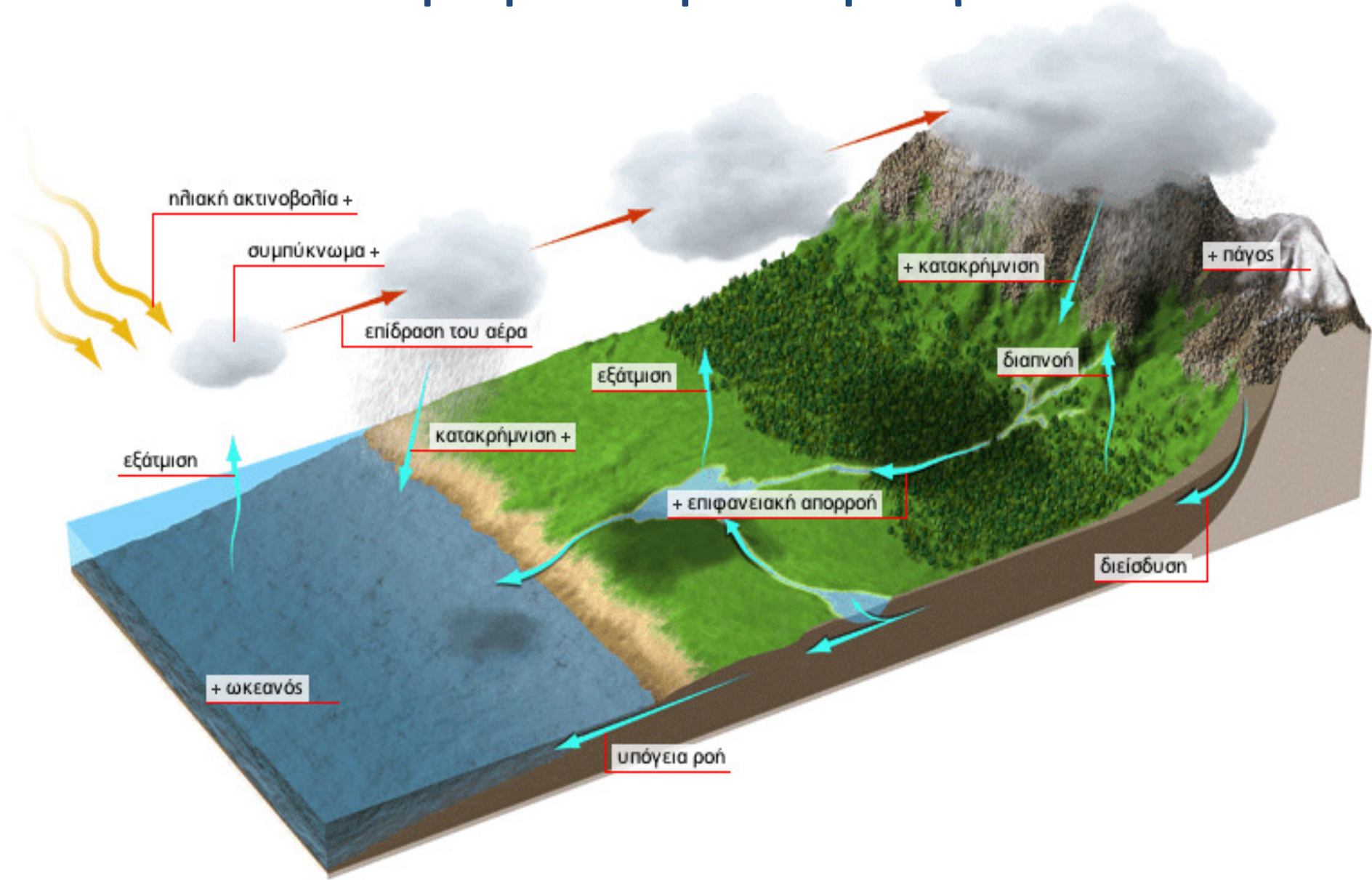
Ποιοτική παράσταση του υδρολογικού κύκλου [κατά Horton]



Horton, Robert E. 1931. The field, scope, and status of the science of hydrology. Transactions of the American Geophysical Union 12:189–202.



Εικονική παράσταση του υδρολογικού κύκλου



ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

- Η μαθηματική έκφραση του υδρολογικού κύκλου μιας λεκάνης απορροής αποτελεί το **υδρολογικό** (ή **υδατικό**) της **ισοζύγιο**.
- Για δεδομένη λεκάνη απορροής η εξίσωση της διαφοράς μεταξύ των **εκροών** και των **εισροών** με το ρυθμό **αλλαγής της αποθήκευσης** του νερού στη λεκάνη, σε καθορισμένο χρόνο, εκφράζει το υδατικό ισοζύγιο της λεκάνης.

$$\text{Εισροές} - \text{Εκροές} = \text{Μεταβολή της αποθήκευσης}$$



ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

Εισροές

Κατακρήμνιση (βροχόπτωση, χιονόπτωση, χαλάζι)
Εκροή ανάντη λεκάνης ...

Εκροές

Απορροή (επιφανειακή, ενδιάμεση, υπόγεια)
Εξάτμιση
Διαπνοή
Διήθηση
Απολήψεις (ύδρευση, άρδευση, βιομηχανία ...)

Αποθήκευση

Επιφανειακή (πάνω στο έδαφος, σε υδατορεύματα και ταμιευτήρες)
Υπεδάφια (στη ριζική ζώνη)
Υπόγεια (υδροφορείς)
Παρεμπόδιση/κατακράτηση (από βλάστηση, κτίρια)...



ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

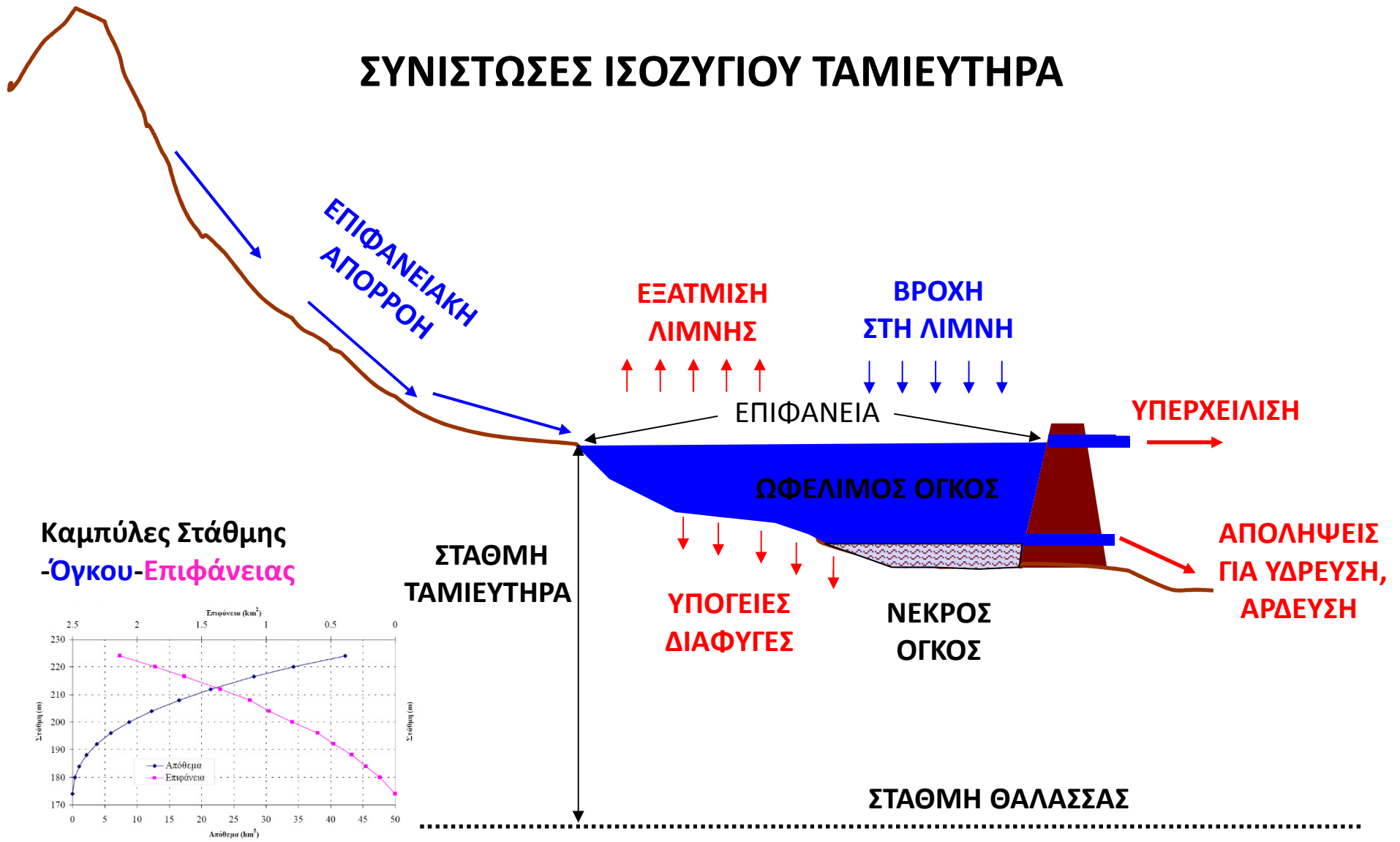
Για την κάλυψη των υδατικών αναγκών απαιτείται κάποιες φορές επέμβαση στις συνιστώσες του Υδατικού ισοζυγίου, οι οποίες επιφέρουν αλλαγές στον Υδρολογικό Κύκλο.

- Ταμιευτήρες
(επέμβαση στη χρονική κατανομή περισσειών και ελλειμμάτων νερού)
- Κανάλια μεταφοράς νερού
- Εκτροπές ποταμών
- Φράγματα
- Αναχώματα
- ...



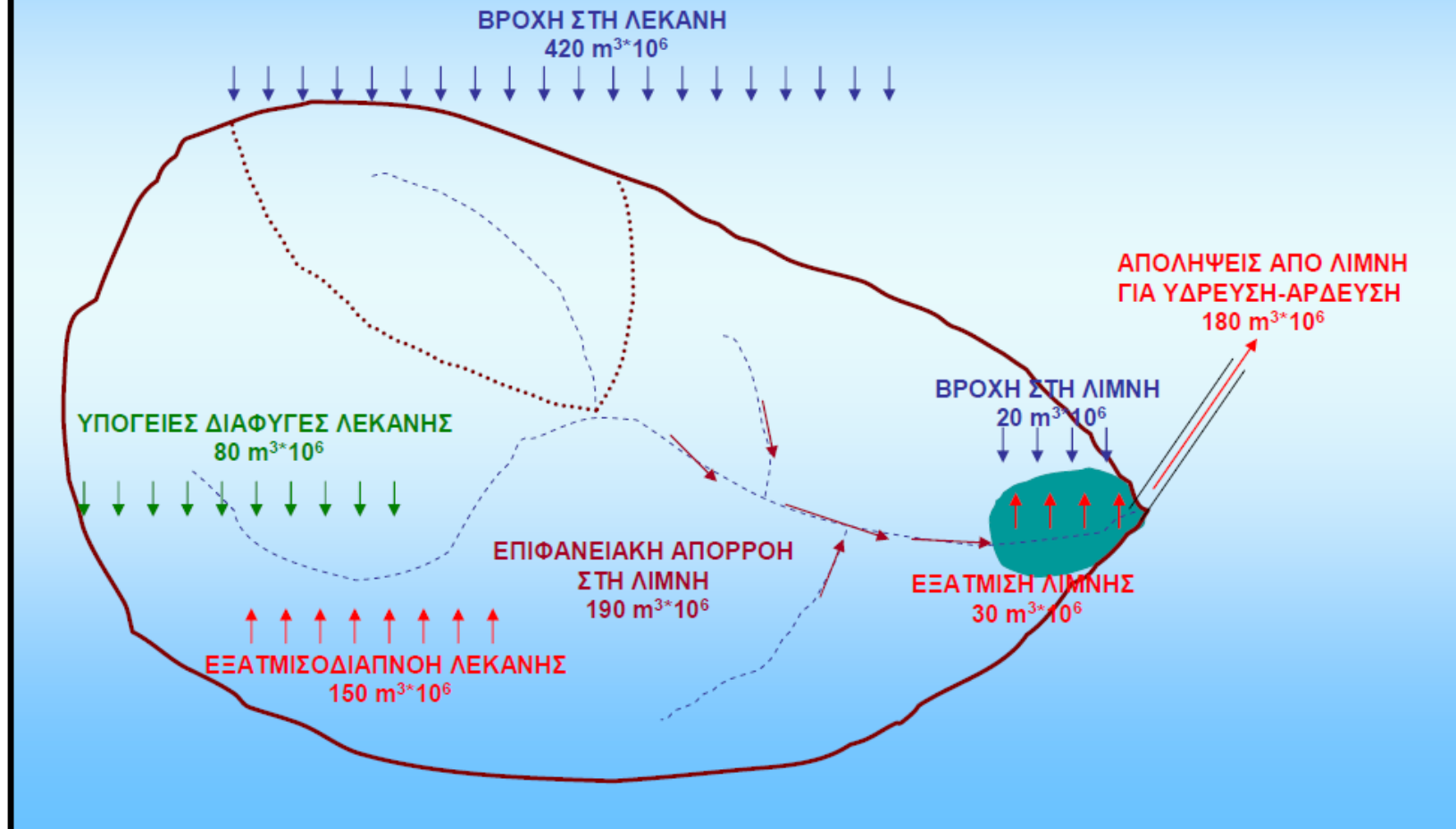
Υδρολογικό Ισοζύγιο Ταμιευτήρα

ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ ΤΑΜΙΕΥΤΗΡΑ



Υδρολογικό Ισοζύγιο Λεκάνης Απορροής

ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΚΑΙ ΕΤΗΣΙΑ ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ



Πηγή: Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Ε.Μ.Π. http://users.itia.ntua.gr/nikos/hydrology/EduMaterial/2012-13_Lektion1.pdf



Μονάδες μέτρησης Υδρολογικών Μεταβλητών

- Κατακρήμνιση → Ύψος [mm]
Ένταση [mm/h]
Διάρκεια [h]
- Εξάτμιση → Ύψος [mm]
Ρυθμός [mm/d, mm/m, mm/y]
- Διήθηση → Ύψος [mm]
Ρυθμός [mm/h]
- Παρεμπόδιση /
Κατακράτηση → Ισοδύναμο ύψος [mm ανά διάρκεια καταιγίδας]
- Απορροή → Παροχή [m^3/s]
Όγκος [m^3]
Ισοδύναμο ύψος [Ισοδύναμα mm στη λεκάνη απορροής]



Μονάδες μέτρησης Υδρολογικών Μεταβλητών

Κοινές μονάδες κατά τον υπολογισμό ισοζυγίου

$$h \text{ [mm]} \times A \text{ [km}^2\text{]} \rightarrow V \text{ [m}^3\text{]}$$

$$Q \text{ [m}^3\text{/s]} \times t \rightarrow V \text{ [m}^3\text{ στην επιθυμητή μονάδα χρόνου]}$$



Χωροχρονική κλίμακα

- Τόσο η χωρική όσο και η χρονική κλίμακα που επιλέγεται για τη μελέτη μιας περιοχής εξαρτάται από την ίδια τη μελέτη.
- **Χωρική κλίμακα:** λεκάνη απορροής ποταμού (συνήθως)
- **Χρονική κλίμακα:** Μελέτες καταιγίδων & πλημμυρών
→ min, h, days
Προβλήματα αξιοποίησης υδατικών πόρων
→ αρκεί συνήθως μηνιαία ή ετήσια κλίμακα



Ενδεικτικά Μεγέθη

- **ΥΔΡΕΥΣΗ:** 0.01-1 m³ ανά κάτοικο ανά ημέρα
(Στην Ελλάδα: 200 lt ανά κάτοικο ανά ημέρα)
- **ΑΡΔΕΥΣΗ:** 400-700 mm στην αρδευτική περίοδο [Μάιος – Σεπτέμβριος]
(Στην Ελλάδα: 600 mm = 600 mm*1000 m²=600 m³ ανά έτος)
- **ΕΞΑΤΜΙΣΗ:**
 - ▶ 1500 mm/γ από ελεύθερη επιφάνεια
 - ▶ 800 mm/γ από το έδαφος
- **ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΗ:** Στην Ελλάδα 350-1600 mm/γ
(Στην Αθήνα 400 mm/γ)
- **ΕΤΗΣΙΑ ΑΠΟΡΡΟΗ:**
 - ▶ Μόρνος 10 m³/s
 - ▶ Σπερχειός 17 m³/s
 - ▶ Αχελώος 140 m³/s

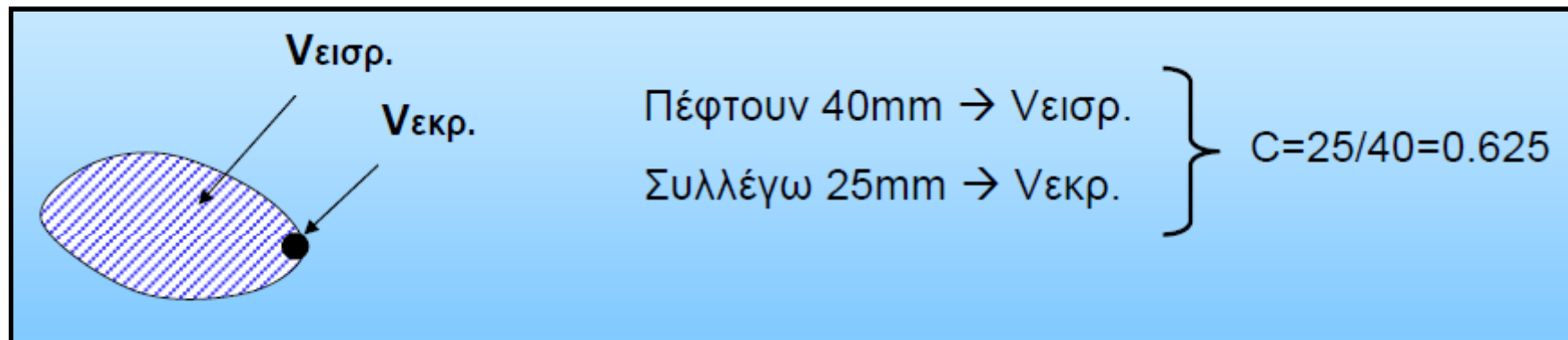


Συντελεστής Απορροής

$$C = V_{\text{εκροών}} / V_{\text{εισροών}}$$

Εξαρτάται από:

- Τη χρονική κλίμακα
- Τις γεωλογικές – εδαφολογικές συνθήκες
- Την προηγούμενη κατάσταση



ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

- Για δεδομένη λεκάνη απορροής η εξίσωση της διαφοράς μεταξύ των **εκροών** και των **εισορών** με το ρυθμό **αλλαγής της αποθήκευσης** του νερού στη λεκάνη, σε καθορισμένο χρόνο, εκφράζει το υδατικό ισοζύγιο της λεκάνης.

$$\text{Εισροές} - \text{Εκροές} = \text{Μεταβολή της αποθήκευσης}$$

Για καθορισμένο χρόνο Δt (αρκετά μικρό) και γνωστές εισροές και εκροές (άγνωστες οι εσωτερικές διεργασίες) ισχύει

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = \bar{I} - \bar{O} \qquad \frac{S_2 - S_1}{\Delta t} = \frac{I_1 + I_2}{2} - \frac{O_1 + O_2}{2}$$



ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

Εισροές

Κατακρήμνιση (βροχόπτωση, χιονόπτωση, χαλάζι)
(Εκροή ανάντη λεκάνης ...)

Εκροές

Απορροή (επιφανειακή, ενδιάμεση, υπόγεια)
Εξάτμιση
Διαπνοή
Διήθηση

Αποθήκευση

Επιφανειακή (πάνω στο έδαφος, σε υδατορεύματα και ταμειυτήρες)
Υπεδάφια (στη ριζική ζώνη)
Υπόγεια (υδροφορείς)
Παρεμπόδιση/κατακράτηση (από βλάστηση, κτίρια)...



ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

- Αν τα I και O μεταβάλλονται συνεχώς με το χρόνο t , τότε η προηγούμενη εξίσωση μπορεί να γραφεί

$$\frac{dS(t)}{dt} = I(t) - O(t)$$

ΒΑΣΙΚΗ ΕΞΙΣΩΣΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

$$\Delta S = P - R - G - E - T$$



Βιβλιογραφία

Εργαστήριο Υδρολογίας και Αξιοποίησης Υδατικών Πόρων, Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Σχολή Πολιτικών Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. 2012. «Εισαγωγή στην Υδρολογία», Διαφάνειες του μαθήματος «Τεχνική Υδρολογία»
<http://users.itia.ntua.gr/nikos/hydrology/>

Κουτσογιάννης, Δ., και Θ. Ξανθόπουλος. «Τεχνική Υδρολογία», Έκδοση 3, 418 σελίδες, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1999.

Μιμίκου, Μ.Α. και Ε.Α. Μπαλτάς. «Τεχνική Υδρολογία», Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 5^η Έκδοση, 2012.

Παπαμιχαήλ, Δ.Μ. «Τεχνική Υδρολογία Επιφανειακών Υδάτων», Εκδόσεις Γιαχούδη-Γιαπούδη, 2001.

Τσακίρης, Γ. «Υδατικοί Πόροι Ι. Τεχνική Υδρολογία», Εκδόσεις Συμμετρία, 1995.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στο πλαίσιο του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά, Μη Εμπορική Χρήση Παρόμοια Διανομή 4.0 [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Ως **Μη Εμπορική** ορίζεται η χρήση:

- που δεν περιλαμβάνει άμεσο ή έμμεσο οικονομικό όφελος από την χρήση του έργου, για το διανομέα του έργου και αδειοδόχο
- που δεν περιλαμβάνει οικονομική συναλλαγή ως προϋπόθεση για τη χρήση ή πρόσβαση στο έργο
- που δεν προσπορίζει στο διανομέα του έργου και αδειοδόχο έμμεσο οικονομικό όφελος (π.χ. διαφημίσεις) από την προβολή του έργου σε διαδικτυακό τόπο

Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

