



ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΡΑΚΗΣ

Πολυτεχνική Σχολή
Τομέας Υδραυλικών Έργων
Εργαστήριο Υδρολογίας και Υδραυλικών Έργων

Τεχνική Υδρολογία

Κεφάλαιο 1^ο : Εισαγωγή

ΦΩΤΙΟΣ Π. ΜΑΡΗΣ

Αναπλ. Καθηγητής

1.1 Υδρολογία-Εισαγωγικές έννοιες

- Υδρολογία ορίζεται η επιστήμη η οποία περιγράφει την εμφάνιση, την κυκλοφορία και τη διανομή του νερού της γης, καθώς και την αλληλεπίδραση των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων με το περιβάλλον.
- Αντικείμενο της Υδρολογίας αποτελεί η από επιστημονικής άποψης εξέταση των διαφόρων φάσεων του νερού, ιδιαιτέρως δε η χωρική και χρονική μεταβολή της έντασης που λαμβάνουν χώρα αυτές.
- Στην επιστήμη της Υδρολογίας υπεισέρχονται ποικίλες και περίπλοκες διαδικασίες πρωταρχικού ενδιαφέροντος, όπως της εξάτμισης, βροχής, διήθησης, διαπνοής, αποθήκευσης και απορροής. Συνδέεται στενά με μια ευρεία ομάδα επιστημών, όπως είναι η βιολογία, η χημεία, η γεωπονία, η γεωγραφία, η γεωλογία, η μετεωρολογία, η ωκεανογραφία, η φυσική, η ηφαιστειολογία και πολλές άλλες. Η διασύνδεση της με αυτές τις επιστήμες, είναι φυσικό επακόλουθο της στενής σχέσης του νερού με την ατμόσφαιρα και το έδαφος. Συνέπεια των παραπάνω, είναι ο διαχωρισμός της επιστήμης της Υδρολογίας σε ένα πλήθος κλάδων, όπως είναι αυτοί που παρουσιάζονται στο Σχήμα 1.1 (Singh, 1992).



Σχήμα 1.1 Κατάταξη της Υδρολογίας ανάλογα με τη συσχέτιση της με άλλους επιστημονικούς κλάδους

- 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 (ωκεανούς). Εντός του συστήματος των τριών αυτών χώρων εξελίσσεται ο υδρολογικός κύκλος.

1.2 Ιστορική εξέλιξη της υδρολογίας

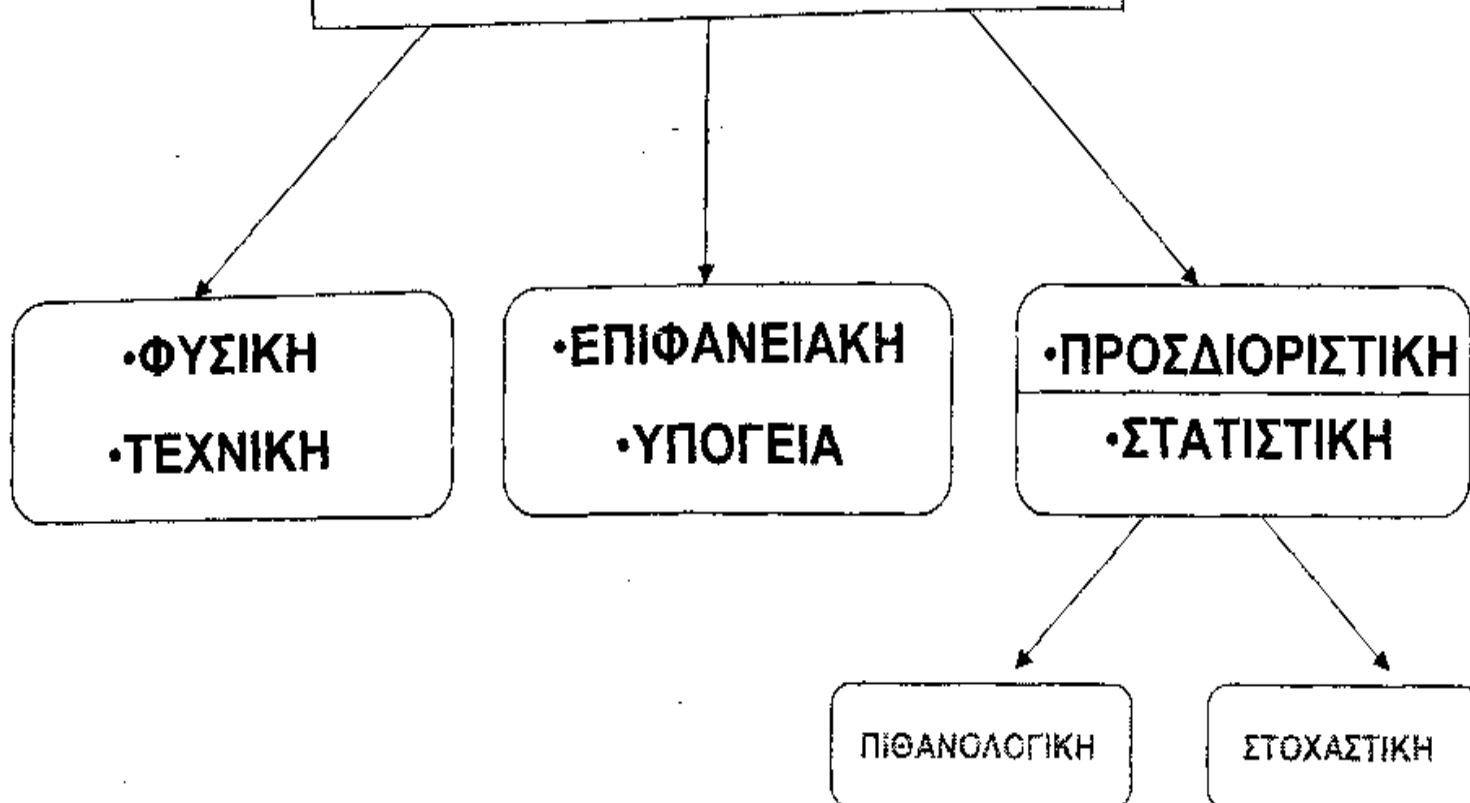
- Ο άνθρωπος πριν από πολλούς αιώνες προέβη στην κατασκευή αξιόλογων υδραυλικών έργων, στηριζόμενος ως επί το πλείστον σε φιλοσοφικές θεωρίες, αφού οι γνώσεις περί των υδρολογικών φαινομένων ήταν σχεδόν ανύπαρκτες, ή ακόμη και λανθασμένες.
- Ο υδρολογικός κύκλος ήταν γνωστός από την εποχή του Πλάτωνα, ακριβής όμως θεωρία περί τούτου διετυπώθη από το Μάρκο Βιτρούβιο κατά τον πρώτο μετά Χριστό αιώνα. **Η περίοδος της σύγχρονης Υδρολογίας μπορεί να θεωρηθεί ότι άρχισε από τον 17^ο αιώνα κατά τον οποίο η γνώση των υδρολογικών φαινομένων άρχισε στηριζόμενη στις μετρήσεις.**
- Από τον 18^ο αιώνα αρχίζει η περίοδος της πειραματικής έρευνας των υδρολογικών φαινομένων, η οποία επέφερε ανάλογη ανάπτυξη και στην Υδραυλική. Για τη μέτρηση της παροχής, εφευρέθηκε ο σωλήνας του Pitot, το επιστόμιο Borda και ο μυλίσκος Woltman, διατυπώθηκαν οι εξισώσεις ροής εκχειλιστών, εντός ανοικτών αγωγών και μέσω πορωδών σωμάτων, καθώς και οι εξισώσεις παροχής των φρεάτων.

- Η αδυναμία των εμπειρικών εξισώσεων για την παροχή ικανοποιητικών λύσεων σε πρακτικά προβλήματα έγινε φανερή από την αρχή του παρόντος αιώνα. Ως εκ τούτου, μέσω της ίδρυσης ειδικών Υπηρεσιών και επιστημονικών Οργανώσεων αρμοδίων για τα υδρολογικά ζητήματα, κατεβλήθη προσπάθεια συστηματικής συλλογής στοιχείων, μελέτης και έρευνας των σχετικών προβλημάτων. Έτσι, από το 1930 άρχισε η επί ορθολογιστικών βάσεων αντιμετώπιση των υδρολογικών φαινομένων.
- Ο Sherman εισάγει την έννοια του μοναδιαίου υδρογραφήματος, ο Horton μελετά συστηματικά τις επιδράσεις της διήθησης επί της επιφανειακής απορροής και εισάγεται η στατιστική και μαθηματική ανάλυση. Τέλος, από το 1950 αρχίζει η περίοδος της εφαρμογής θεωρητικών μεθόδων στη μελέτη των υδρολογικών προβλημάτων. Η ανάπτυξη ηλεκτρονικών υπολογιστών καθιστά δυνατή την επίλυση των εξισώσεων που προκύπτουν από την εφαρμογή της μαθηματικής ανάλυσης στα υδρολογικά φαινόμενα.

1.3 Διάκριση της υδρολογίας σε κλάδους – Τεχνική Υδρολογία

- Ανάλογα με τον τρόπο και στόχο της προσέγγισης του αντικειμένου, το μεγάλο εύρος του περιεχομένου της Υδρολογίας διακρίνεται σε διάφορους βασικούς κλάδους, όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.2. Ο κλάδος της Υδρολογίας που έχει στόχο την κατανόηση των υδρολογικών διεργασιών, των αιτιών και μηχανισμών που τις προκαλούν και των φυσικών φαινομένων που συνδέονται με αυτές είναι γνωστός με τον όρο Φυσική Υδρολογία, ενώ ο κλάδος που έχει στόχο την ποσοτική εκτίμηση ή και πρόβλεψη των υδρολογικών μεγεθών είναι γνωστός με τον όρο Τεχνική Υδρολογία.
- Ένας άλλος τρόπος διάκρισης των κλάδων της Υδρολογίας βασίζεται στο χώρο που συμβαίνουν τα διάφορα υδρολογικά φαινόμενα. Έτσι διακρίνονται ο κλάδος της Επιφανειακής Υδρολογίας που ασχολείται με τα επιφανειακά νερά και ο κλάδος της Υπόγειας Υδρολογίας που ασχολείται με τα υπόγεια νερά. Η διάκριση αυτή γίνεται εξαιτίας της διαφορετικής κινητικής και δυναμικής συμπεριφοράς του νερού στην επιφάνεια του εδάφους και μέσα στο έδαφος.

ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΥΔΡΟΛΟΓΙΑΣ

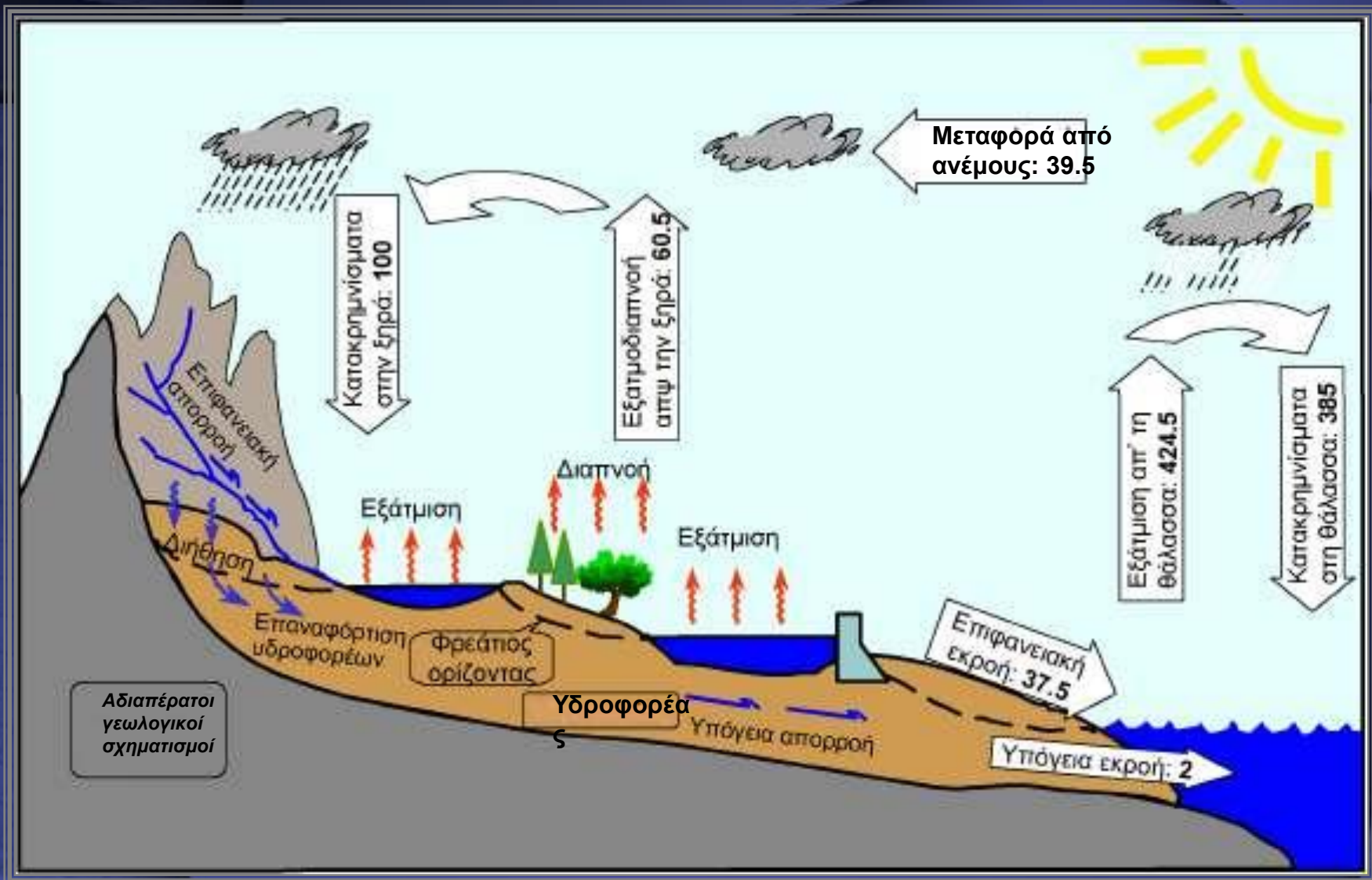


- Ένας τελευταίος τρόπος διάκρισης βασίζεται στη μεθοδολογική προσέγγιση των υδρολογικών διαδικασιών. Ως εκ τούτου προκύπτει η Προσδιοριστική (ντετερμινιστική) Υδρολογία, η οποία χρησιμοποιεί μεθόδους και μοντέλα που οι παράμετροι τους υπολογίζονται από εμπειρικές διαδικασίες (μέθοδος Μοναδιαίου Υδρογραφήματος) και η Στατιστική Υδρολογία η οποία ασχολείται με τις μεθόδους της θεωρίας των πιθανοτήτων και στατιστικής. Η τελευταία χωρίζεται σε δύο διαφορετικές κατηγορίες, την Πιθανολογική Υδρολογία, που αναλύει και συνθέτει τα υδρολογικά γεγονότα χωρίς να λαμβάνει υπόψη την χρονική τους ακολουθία και τη Στοχαστική Υδρολογία, που λαμβάνει υπόψη της τη χρονική ακολουθία στη δομή των υδρολογικών συμβάντων.
- Η Τεχνική Υδρολογία εξετάζει τα προβλήματα του νερού που σχετίζονται με τη μελέτη και λειτουργία των υδραυλικών έργων, δηλαδή των τεχνικών εκείνων έργων τα οποία κατασκευάζονται για τον έλεγχο, τη διαχείριση και αξιοποίηση του νερού.

- Για παράδειγμα, η παροχή ενός ποταμού σε μία θέση άλλοτε μεν προσεγγίζει πολύ υψηλές τιμές (πλημμύρες) και άλλοτε πολύ χαμηλές σε σχέση με τη συνήθη παροχή. Η μελέτη των ακραίων αυτών τιμών των υδρολογικών φαινομένων έχει μεγάλη σημασία δεδομένου ότι τα διάφορα υδραυλικά έργα μελετούνται για να ανταποκριθούν όχι μόνο κατά τις συνήθειες, αλλά και κατά τις ακραίες δυσμενείς συνθήκες.
- Η εφαρμογή της επιστήμης της Τεχνικής Υδρολογίας έχει συμβάλλει σημαντικά στη μελέτη πολλών κατηγοριών Υδραυλικών Έργων, όπως έργα ανάπτυξης, αξιοποίησης και διαχείρισης υδατικών πόρων και έργα προστασίας από υδρολογικούς κινδύνους.

1.4 Ο Υδρολογικός κύκλος

- Ο υδρολογικός κύκλος περιγράφει την αέναη κίνηση του νερού ανάμεσα στους ωκεανούς, την ατμόσφαιρα και την ξηρά, που συνοδεύεται και από αλλαγές ανάμεσα στην υγρή, την αέρια και τη στερεή φάση του νερού. Στο Σχήμα 1.3 δίνεται μια σχηματική περιγραφή του υδρολογικού κύκλου.
- Η αρχή του υδρολογικού κύκλου μπορεί θεωρητικά να τοποθετηθεί στην ατμόσφαιρα στην οποία συγκεντρώνονται οι προκύπτοντες υδρατμοί από την εξάτμιση του νερού από τη θάλασσα και την ξηρά, καθώς και από τη διαπνοή από τα δένδρα και τη βλάστηση. Οι υδρατμοί αυτοί μεταφέρονται υπό την επίδραση των ανέμων και κάτω από κατάλληλες συνθήκες, συμπυκνώνονται σε νέφη και στη συνέχεια υπό την μορφή των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (βροχή, χιόνι, χαλάζι) επανέρχονται στην επιφάνεια της γης.



Σχ. 1.3 Ο υδρολογικός κύκλος και το παγκόσμιο ετήσιο υδρολογικό ισοζύγιο

- Από το νερό που φθάνει στην επιφάνεια του εδάφους, ένα μέρος συγκρατείται από τη βλάστηση και εξατμίζεται ή διαπνέεται από τα φυτά, ένα άλλο μέρος διηθείται εντός του εδάφους και τέλος ένα τρίτο μέρος απορρέει επιφανειακά προς τα ρεύματα και τους ποταμούς καταλήγοντας στις λίμνες ή τις θάλασσες.
- Από το νερό που διηθείται, ένα μέρος εξατμίζεται ή διαπνέεται μέσω των φυτών και το υπόλοιπο διηθείται σε βαθύτερα στρώματα επαναφορτίζοντας τους υπόγειους υδροφορείς, βρίσκοντας αργότερα διέξοδο προς την επιφάνεια της γης σε χαμηλότερα υψόμετρα και καταλήγοντας τελικά στη θάλασσα. Από τη θάλασσα, μέσω της εξάτμισης, το νερό επανέρχεται στην ατμόσφαιρα συμπληρώνοντας τον υδρολογικό κύκλο.

1.5 Οι υδρολογικές μεταβλητές και οι μονάδες μέτρησης

- Οι βασικές υδρολογικές μεταβλητές είναι η απορροή (επιφανειακή και υπόγεια), κατακρήμνιση, εξάτμιση, παρεμπόδιση, κατακράτηση και διήθηση. Η επιφανειακή απορροή δίνει τους σημαντικότερους υδατικούς πόρους, αλλά και δημιουργεί τους υδρολογικούς κινδύνους. Επίσης η υπόγεια απορροή συνδέεται με την αξιοποίηση των υδατικών πόρων και αποτελεί σημαντικό αντικείμενο της Τεχνικής Υδρολογίας.
- Η εξάτμιση και η διαπνοή, που αποδίδονται με το συγχωνευτικό όρο εξατμισοδιαπνοή, αποτελούν τις αναγκαστικές υδρολογικές απώλειες, δηλαδή το τμήμα των κατακρημνισμάτων που δεν απορρέει και επομένως δεν είναι διαθέσιμο για εκμετάλλευση.
- Συμπερασματικά, η απορροή (επιφανειακή και υπόγεια), οι κατακρημνίσεις και η εξατμισοδιαπνοή αποτελούν τις πιο χαρακτηριστικές διεργασίες του υδρολογικού κύκλου και τα μεγέθη τους ποσοτικοποιούν την εικόνα των υδατικών πόρων μιας περιοχής.

Στον Πίνακα 1.1 παρουσιάζονται οι σημαντικότερες μονάδες μέτρησης (στο μετρικό σύστημα) που χρησιμοποιούνται στην επιστήμη της Υδρολογίας, για κάθε μετρούμενο μέγεθος.

Η πιο συνηθισμένη μονάδα μέτρησης της απορροής, είναι τα κυβικά μέτρα το δευτερόλεπτο (m^3/sec), ενώ συχνά χρησιμοποιείται και το ισοδύναμο ύψος νερού, ανηγμένο στην επιφάνεια της λεκάνης, η οποία συνήθως μετριέται σε τετραγωνικά χιλιόμετρα (km^2). Το ύψος βροχόπτωσης εκφράζεται συχνότερα σε χιλιοστά (mm) ή εκατοστά (cm) του μέτρου.

Μεταβλητή	Χαρακτηριστικά	Μονάδες μέτρησης
Κατακρήμνιση	Ύψος	Χιλιοστά (mm)
	Ένταση	Χιλιοστά ανά ώρα (mm/h)
	Διάρκεια	Ώρες (h)
Εξάτμιση	Ρυθμός	Χιλιοστά ανά μέρα, μήνα ή χρόνο (mm/day, mm/mo, mm/yr)
	Ύψος	Χιλιοστά (mm)
Διήθηση	Ρυθμός	Χιλιοστά ανά ώρα (mm/h)
	Ύψος	Χιλιοστά (mm)
Παρεμπόδιση	Ισοδύναμο ύψος	Χιλιοστά ανά διάρκεια καταιγίδας (mm/time)
Κατακράτηση	Ισοδύναμο ύψος	Χιλιοστά ανά διάρκεια καταιγίδας (mm/time)
Απορροή	Παροχή	Κυβικά μέτρα ανά δευτερόλεπτο (m ³ /sec)
	Όγκος	Κυβικά μέτρα (m ³),
	Ισοδύναμο ύψος	Ισοδύναμα χιλιοστά πάνω στη λεκάνη απορροής (mm)

1.6 Η Κλίμακα στην Υδρολογία

Ανάλογα με το εκάστοτε υδρολογικό πρόβλημα, ο υδρολογικός κύκλος και οι συνιστώσες του μπορούν να ληφθούν σε διαφορετικές κλίμακες χώρου και χρόνου. Στη μελέτη των υδρολογικών φαινομένων θα ήταν κατ' αρχήν επιθυμητή η γνώση των κάθε τύπου υδρολογικών μεταβλητών σε συνεχή χώρο και χρόνο, δηλαδή σε κάθε χρονική στιγμή. Είναι ασφαλώς ευνόητο ότι η εξαιρετική πολυπλοκότητα των υδρολογικών φαινομένων και η αχανής έκταση και το βάθος χρόνου που αυτά εξελίσσονται καθιστά αδύνατη αυτού του είδους την προσέγγιση. Η εισαγωγή της κλίμακας συνδέεται με την απομόνωση μιας ορισμένης γεωγραφικής περιοχής (χωρική) και μιας ορισμένης χρονικής περιόδου (χρονική), όπου μελετάται το κάθε φαινόμενο.

1.6.1 Χωρική κλίμακα

Η παγκόσμια κλίμακα, είναι η μεγαλύτερη χωρική κλίμακα, ενώ η κλίμακα της λεκάνης απορροής η μικρότερη, σε ό,τι αφορά τα υδρολογικά προβλήματα.

Είναι προφανές ότι δεν υπάρχει μια μοναδική λεκάνη απορροής για ένα υδατόρευμα, αλλά για κάθε σημείο του ορίζεται και η αντίστοιχη λεκάνη απορροής.

Αποτελεί τη σημαντικότερη κλίμακα για την επιστήμη της υδρολογίας και όλες οι υπόλοιπες κλίμακες μπορούν να καταρτιστούν αθροίζοντας διάφορες λεκάνες απορροής.

Η προσέγγιση αυτή διαχωρίζει την υδρολογία από την υδραυλική, στην οποία η συνηθέστερη κλίμακα είναι αυτή του αγωγού ή τμήματος του. Θα πρέπει να γίνει επίσης κατανοητό, ότι μια λεκάνη απορροής δεν ταυτίζεται απαραίτητα με τα χωρικά ή διοικητικά όρια, που καθορίζονται για πολιτικούς ή οικονομικούς σκοπούς. Οι λεκάνες απορροής, μπορεί να έχουν μέγεθος από ένα μικρό πάρκο, μέχρι ακόμα και τη λεκάνη απορροής του Μισισσιπή, που καταλαμβάνει περίπου το 41% των ΗΠΑ ή και μεγαλύτερες. Συνήθως όμως οι μεγάλες λεκάνες χωρίζονται σε υπολεκάνες, ώστε να διευκολύνεται η υδρολογική ανάλυση.

- Οι λεκάνες απορροής που παρουσιάζουν επιχειρησιακό ενδιαφέρον έχουν μεγέθη της τάξης των δεκάδων έως χιλιάδων km^2 . Ωστόσο, σε ερευνητικές μελέτες, οι οποίες αποσκοπούν κυρίως στην κατανόηση των φυσικών μηχανισμών που συνδέονται με τις υδρολογικές διεργασίες, η λεπτομερής παρατήρηση και μέτρηση γίνεται σε μικρά μεγέθη λεκανών (ενδεχομένως και κάτω από 1 km^2), τις λεγόμενες πειραματικές λεκάνες. Τέλος, αρκετές φορές η παρατήρηση ενός φαινομένου ή η μέτρηση του γίνεται σε μια πολύ μικρή επιφάνεια που πρακτικώς αντιπροσωπεύεται από ένα σημείο, οπότε μιλάμε για σημειακή παρατήρηση ή μέτρηση.
- Η Ελλάδα, λόγω της ιδιαιτερότητας του ανάγλυφου της, χαρακτηρίζεται από το σχηματισμό πληθώρας υδρολογικών λεκανών μικρού ή μεσαίου μεγέθους. Για το λόγο αυτό συχνά οι λεκάνες ομαδοποιούνται σε περιοχές.

- Με κριτήρια κλιματικής, υδρολογικής και φυσικής ομοιογένειας, έχει θεσμοθετηθεί η υποδιαίρεση της χώρας σε 14 υδατικά διαμερίσματα, τα οποία απεικονίζονται στο Σχήμα 1.4. Η υποδιαίρεση σε υδατικά διαμερίσματα είναι χρήσιμη ιδιαίτερα για τις μελέτες διαχείρισης υδατικών πόρων. Το κλίμα και η υδρολογική δίαίτα στο εσωτερικό κάθε υδατικού διαμερίσματος παρουσιάζει σχετική ομοιογένεια, ενώ σε διαφορετικά διαμερίσματα μπορεί να υπάρχουν σημαντικές διαφορές. Αξιοσημείωτες είναι οι διαφορές μεταξύ διαμερισμάτων της δυτικής και της ανατολικής Ελλάδας όπως φαίνεται στο Σχήμα 1.5, όπου το διαμέρισμα της Ηπείρου έχει μέσο υπερετήσιο ύψος βροχής 1319 mm ενώ στο διαμέρισμα της Αττικής το αντίστοιχο ύψος είναι 410 mm (ΕΤΥΜΠ, 2000).

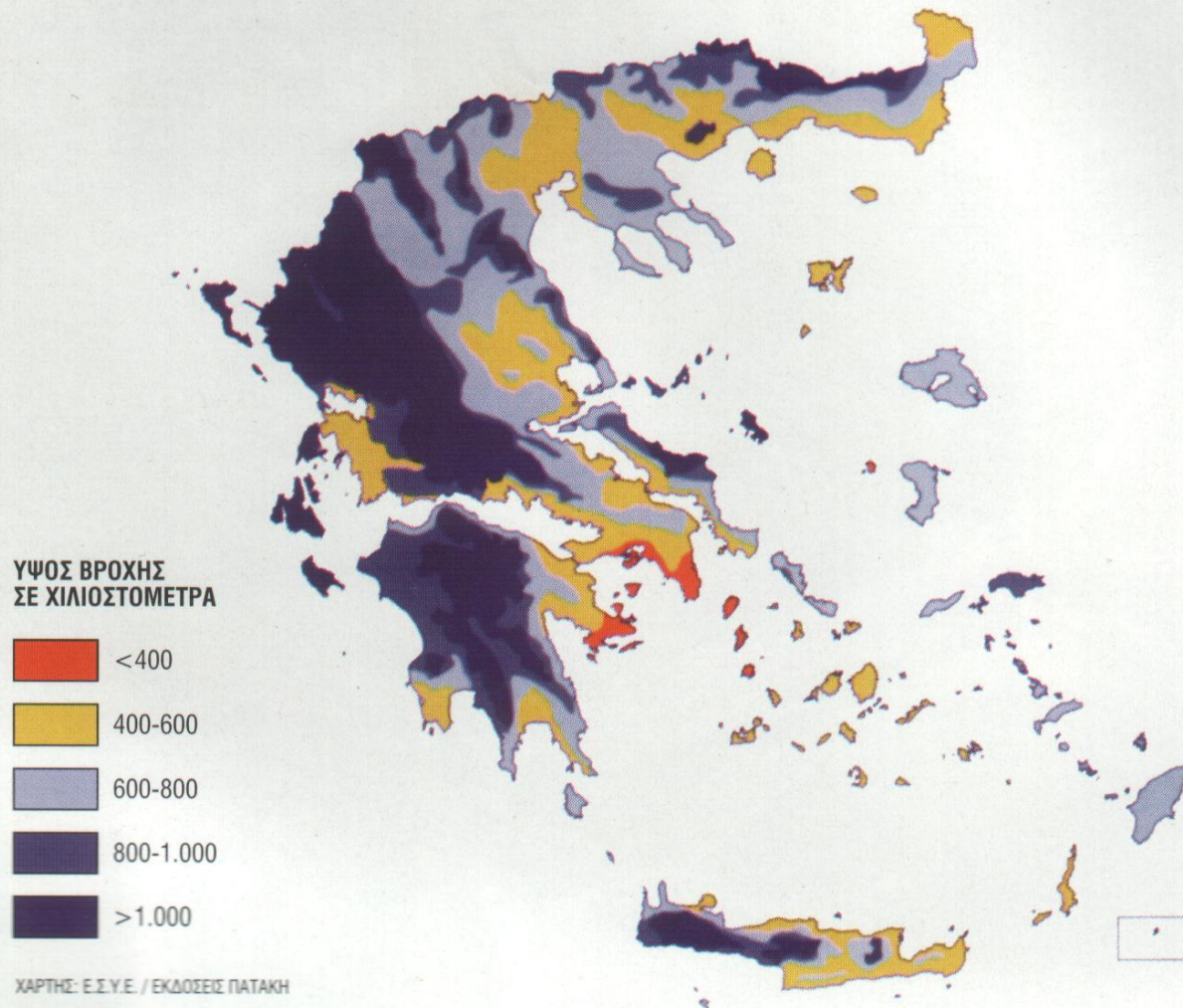
Για τεχνικούς λόγους στο σχεδιάγραμμα, από το ηλεκτρονικό αρχείο, έγινε σμίκρυνση κατά ποσοστό **74%**

Για τεχνικούς λόγους στο σχεδιάγραμμα, από το ηλεκτρονικό αρχείο, έγινε σμίκρυνση κατά ποσοστό **74%**



Σχήμα 1.4 Τα 14 υδατικά διαμερίσματα της χώρας (ΦΕΚ 1383/2-9-2010).

ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ



Σχήμα 1.5 Το μέσο υπερετήσιο ύψος βροχόπτωσης στην Ελλάδα (Πηγή: ΕΤΥΜΠ).

1.6.2 Χρονική κλίμακα

Όλες οι υδρολογικές μεταβλητές παρουσιάζουν χρονική μεταβλητότητα. Η πλήρης γνώση της χρονικής εξέλιξης μιας υδρολογικής μεταβλητής απαιτεί την παρακολούθηση της σε συνεχή χρόνο. Ωστόσο, αυτό είναι κατά κανόνα ανέφικτο, είτε λόγω των δυσχερειών υπολογιστικού χειρισμού, είτε εξαιτίας των ασυνεχώς πραγματοποιούμενων μετρήσεων. Έτσι, οι μεταβλητές παρακολουθούνται σε διάφορες (διακριτές) χρονικές κλίμακες, ανάλογα με τη φύση του προβλήματος που αντιμετωπίζεται. Οι χρονικές κλίμακες που χρησιμοποιούνται στην υδρολογία, κυμαίνονται συνήθως από ένα κλάσμα της ώρας, μέχρι ένα έτος ή ακόμα και πολλά έτη.

1.6.2 Χρονική κλίμακα

- Η χρονική κλίμακα που χρησιμοποιείται σε μια υδρολογική ανάλυση, εξαρτάται από το σκοπό της μελέτης και τη φύση του υπό εξέταση προβλήματος.
- Συνήθεις χρονικές κλίμακες στην Υδρολογία είναι η ωριαία, η ημερήσια, η εβδομαδιαία, η μηνιαία και η ετήσια. Συχνά δε, η επιλεγόμενη κλίμακα καθορίζεται από το χρονικό βήμα των διαθέσιμων υδρολογικών δεδομένων (πχ. μετρήσεις στάθμης ποταμού σε ημερήσιο βήμα, βροχόπτωσης σε ωριαίο, κλπ).
- Συμπερασματικά, οι χρονικές κλίμακες λεπτών, ώρας έως και ημέρας είναι κατάλληλες για μελέτες καταιγίδων και πλημμύρων, ή και για λεπτομερείς μελέτες όλων των υδρολογικών διεργασιών σε μια περιοχή. Στα προβλήματα αξιοποίησης υδατικών πόρων είναι κατά κανόνα επαρκής η μηνιαία ή ετήσια κλίμακα.

1.7 Παγκόσμια κατανομή νερού

- Το νερό είναι ένα από τα μεγαλύτερα αγαθά που προσφέρει η φύση, καθώς είναι απαραίτητο στοιχείο ζωής για τους ανθρώπους, τα ζώα και τα φυτά. Ο συνολικός όγκος νερού που υπάρχει στη Γη εκτιμάται γύρω στα 1360 εκατομμύρια κυβικό χιλιόμετρα. Η κατανομή του νερού παγκοσμίως δίνεται στον Πίνακα 1.2. Εύκολα παρατηρεί κανείς ότι η μεγαλύτερη ποσότητα νερού στον πλανήτη είναι αποθηκευμένη στους Ωκεανούς, που συγκεντρώνουν το 97.2% του συνολικού όγκου νερού. Ένα σημαντικό ποσοστό της τάξης του 2.15% είναι αποθηκευμένο με μορφή παγετώνων και συνεπώς μη εκμεταλλεύσιμο. Η υπόλοιπη ποσότητα νερού στον πλανήτη αντιστοιχεί στο νερό των ποταμών και λιμνών, το νερό της βιομάζας και το υπόγειο νερό.

- Τα υπόγεια νερά έχουν όγκο περίπου $8.4 \times 10^6 \text{ m}^3$, τα μισά όμως, περίπου από αυτά είναι μη εκμεταλλεύσιμα γιατί βρίσκονται σε μεγάλα βάθη που καθιστούν την άντληση τους αντισυμβατική. Από την εκμεταλλεύσιμη ποσότητα νερού στον πλανήτη, τα νερά των ποταμών και λιμνών συνιστούν ένα πολύ μικρό ποσοστό της τάξης του 2% περίπου. Το υπόλοιπο 98% της εκμεταλλεύσιμης ποσότητας ύδατος αντιστοιχεί στα υπόγεια νερά. Από τα παραπάνω γίνεται εύκολα αντιληπτή η σημασία των υπόγειων υδάτων στην εξασφάλιση της απαραίτητης ποσότητας νερού για τον άνθρωπο. Η ανανέωση σημαντικού μέρους του όγκου των εκμεταλλεύσιμων υπόγειων νερών, γίνεται με τη διήθηση των νερών των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων, ενώ από την άλλη, ένα μεγάλο τμήμα τους χάνεται, καθώς εκφορτίζεται στους ωκεανούς και τις θάλασσες. Οι διαδικασίες αυτές θα περιγραφούν αναλυτικότερα στο 6^ο Κεφάλαιο.

Πίνακας 1.2 Παγκόσμια κατανομή του νερού (Πηγή: Bouwer, 1978).

	Όγκος x 1000 km ³	Ποσοστό %
Νερό στην ατμόσφαιρα	13	0.001
Επιφανειακά νερά		
Νερό στους ωκεανούς	1320000	97.2
Αλμυρό νερό σε λίμνες	104	0.008
Γλυκό νερό σε λίμνες	125	0.009
Γλυκό νερό σε ποταμούς	1.25	0.0001
Παγετώνες	29000	2.15
Νερό στη βιομάζα	50	0.004
Υπόγεια νερά		
Νερό στην ακόρεστη ζώνη	67	0.005
Υπόγεια νερά σε βάθος 800 m	4200	0.31
Υπόγεια νερά σε βάθος από 800-4000 m	4200	0.31
Σύνολο	1360000	100

1.8 Υδρολογικό Ισοζύγιο

Το υδρολογικό ή υδατικό ισοζύγιο μιας λεκάνης απορροής είναι η μαθηματική έκφραση του υδρολογικού της κύκλου.

Εκφράζεται εξισώνοντας τη διαφορά μεταξύ της εισροής και της εκροής σε μια λεκάνη απορροής, με το ρυθμό αλλαγής της αποθήκευσης νερού στη λεκάνη ΔS , σε καθορισμένο χρόνο Δt . Αν η λεκάνη απορροής θεωρηθεί ως ένα σύστημα, ή ως ταμιευτήρας, στο οποίο είναι γνωστές μόνο η εισροή και εκροή και άγνωστες οι εσωτερικές διεργασίες (black box), το υδρολογικό της ισοζύγιο μπορεί να εκφραστεί ως εξής:

$$\frac{\Delta S}{\Delta t} = \bar{I} - \bar{O} \quad (1.1)$$

$$\frac{S_2 - S_1}{\Delta t} = \frac{I_1 + I_2}{2} - \frac{O_1 + O_2}{2} \quad (1.2)$$

όπου I και O είναι αντίστοιχα η μέση εισροή και εκροή για το χρονικό διάστημα Δt , το οποίο υποτίθεται ότι είναι αρκετά μικρό, ώστε να έχει νόημα ο υπολογισμός μέσων τιμών. Οι δείκτες 1 και 2 αντιστοιχούν στις τιμές στην αρχή και το τέλος του χρονικού διαστήματος $\Delta t = t_2 - t_1$.

Αν τα I και O μεταβάλλονται συνεχώς με το χρόνο t , τότε η παραπάνω εξίσωση μπορεί να γραφεί ως εξής:

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

Για μια λεκάνη απορροής, η εισροή μπορεί να συνίσταται σε βροχόπτωση, χιονόπτωση, χαλάζι και άλλες μορφές κατακρήμνισης. Η επιφανειακή απορροή, η ενδιάμεση απορροή, η υπόγεια απορροή, η εξάτμιση, η διαπνοή και η διήθηση, είναι οι συνηθέστερες συνιστώσες της εκροής. Η αποθήκευση της λεκάνης έχει και αυτή διάφορες συνιστώσες, όπως είναι η επιφανειακή αποθήκευση (πάνω στο έδαφος, συμπεριλαμβανομένης και της αποθήκευσης σε υδατορεύματα και ταμιευτήρες), η υπεδάφια αποθήκευση (μέσα στη ριζική ζώνη), η υπόγεια αποθήκευση (μέσα στους υδροφορείς) και η παρεμπόδιση (από βλάστηση, κτίρια, κλπ).

Οι παραπάνω παράγοντες συνοψίζονται στην ακόλουθη βασική εξίσωση υδρολογικού ισοζυγίου:

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

Σύμφωνα με αυτήν, η μεταβολή στην αποθηκευτικότητα μιας λεκάνης απορροής είναι ίση με την ποσότητα νερού που πέφτει με τη μορφή κατακρήμνισης P , μείον την ποσότητα νερού που απορρέει επιφανειακά R , απορρέει υπόγεια G , εξατμίζεται στην ατμόσφαιρα E και διαπνέεται από τα φυλλώματα της βλάστησης T . Για μεμονωμένα επεισόδια βροχόπτωσης, οι συνιστώσες της εξάτμισης E και διαπνοής T είναι αρκετά μικρότερες από τις υπόλοιπες και συνήθως αμελούνται.