

# Το γλυκό νερό στις Ηπείρους

## ΟΙ ΥΔΑΤΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ



1. Ο Υδρολογικός κύκλος



2. Υπόγεια νερά



3. Επιφανειακά νερά



4. Ποτάμια και πλημμύρες



5. Λίμνες



6. Το νερό σαν υδατικός πόρος

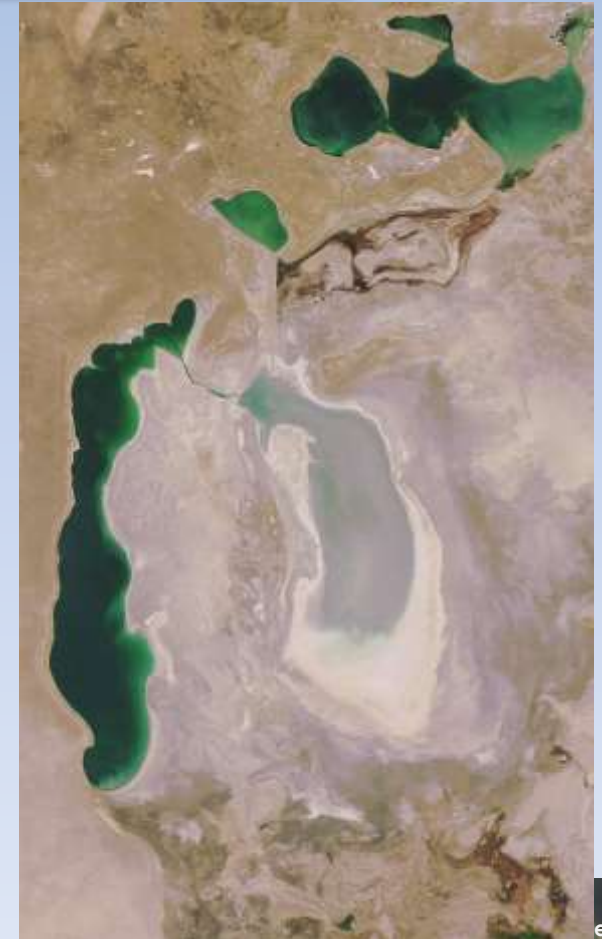
# Η Θάλασσα της Αράλης

- Στα σύνορα του Καζακστάν και του Ουζμπεκιστάν, η Αράλη Θάλασσα έχασε τα νερά της όταν οι εισροές των ποταμών (Syr Daria, Amu Daria) εκτράπηκαν για άρδευση.
- Έκταση λίμνης 68.000 km<sup>2</sup> – Λεκάνη 1.549.000 km<sup>2</sup>
- Η αλατότητα αυξήθηκε
- Μένει ένα μικρό μόνο τμήμα – η μικρή Θάλασσα

Η συρρίκνωση της λίμνης συνοδεύτηκε με την συσσώρευση αλάτων (αλάτωση) στα καλλιεργούμενα εδάφη. Τα άλατα συγκεντρώνονται στα ανώτερα επίπεδα του εδάφους είτε με τις αμμοθύελλες που σηκώνουν την αρμυρή σκόνη από τον παλιό πυθμένα, είτε με το υφάλμυρο υπόγειο νερό που αντλείται στην επιφάνεια.

# Η Αράλη Θάλασσα

Αυτές είναι δορυφορικές εικόνες της Αράλης το 1976 , 2006 και το 2008. Περισσότερα από τα 2/3 του όγκου του νερού της χάθηκαν στα τελευταία 40 χρόνια.



# Η Αράλη Θάλασσα

Υποχωρώντας, η Αράλη άφησε πίσω της τα κουφάρια παλιών αλιευτικών που τώρα είναι άχρηστα αφού δεν υπάρχουν ψάρια.





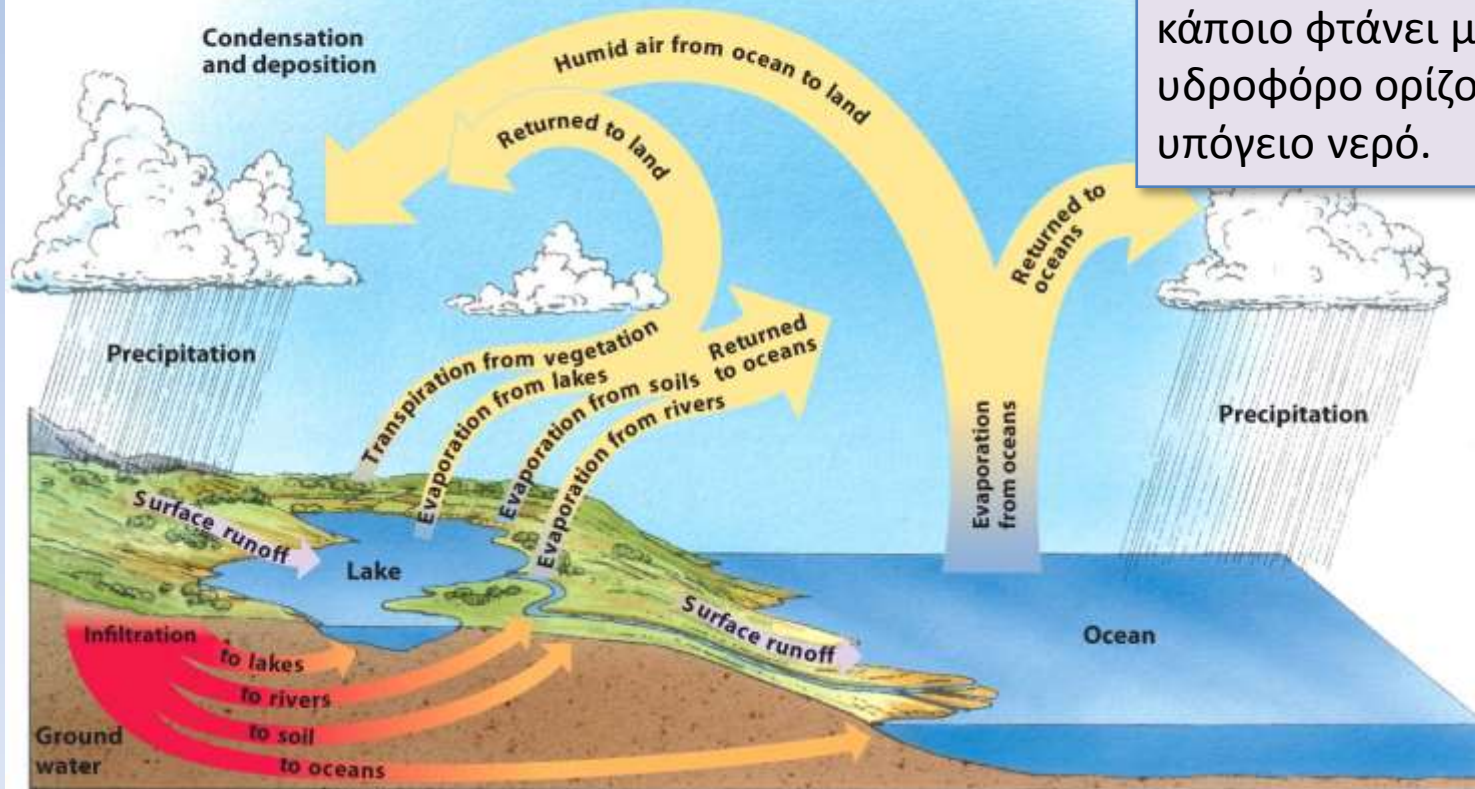
# 1. Ο Υδρολογικός κύκλος

## ΟΙ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η θεμελιώδης έννοια της υδρολογίας είναι ο **υδρολογικός κύκλος** – η πλανητικής κλίμακας διεργασία ανακύκλωσης που μεταφέρει το νερό (σε υγρή, στερεά και αέρια φάση) στην ατμόσφαιρα, στις ηπείρους και στους ωκεανούς. Σε αυτή την αέναη διαδικασία, κάθε 'στάδιο' μπορεί να θεωρείται και ως ένα ρεζερβουάρ όπου το νερό αποθηκεύεται προσωρινά.

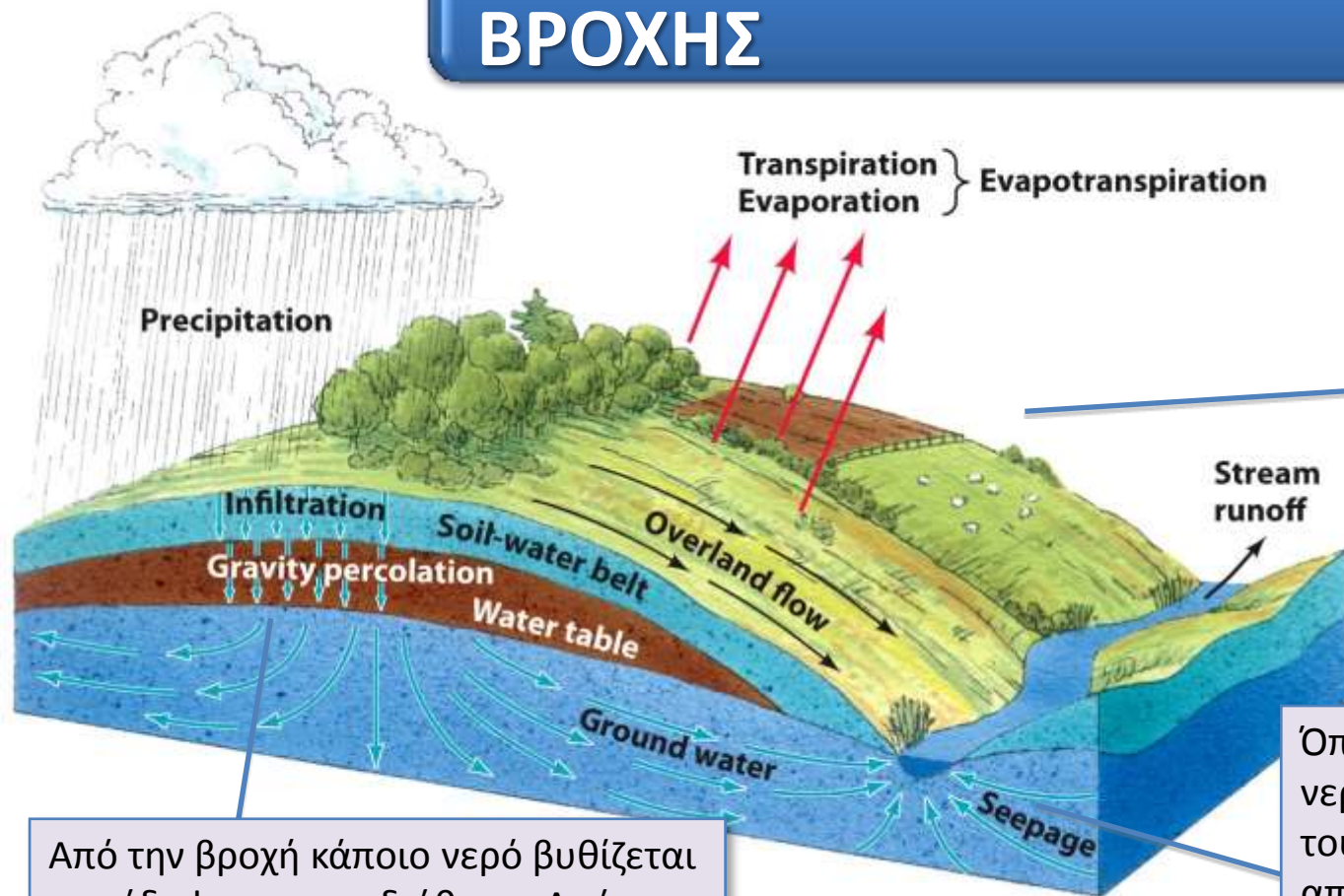
# ΟΙ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Οι κατακρημνίσεις στις ηπείρους είτε απορρέουν στην επιφάνεια σαν ποτάμια είτε διεισδύουν στο έδαφος (διήθηση). Από το διηθούμενο νερό κάποιο εξατμίζεται με την εξατμοδιαπνοή (διαπνοή: η απώλεια νερού από την αναπνοή των φυτών) και κάποιο φτάνει μέχρι τον υδροφόρο ορίζοντα και γίνεται υπόγειο νερό.



## 1. The Hydrologic Cycle Revisited

# ΟΙ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΤΗΣ ΒΡΟΧΗΣ



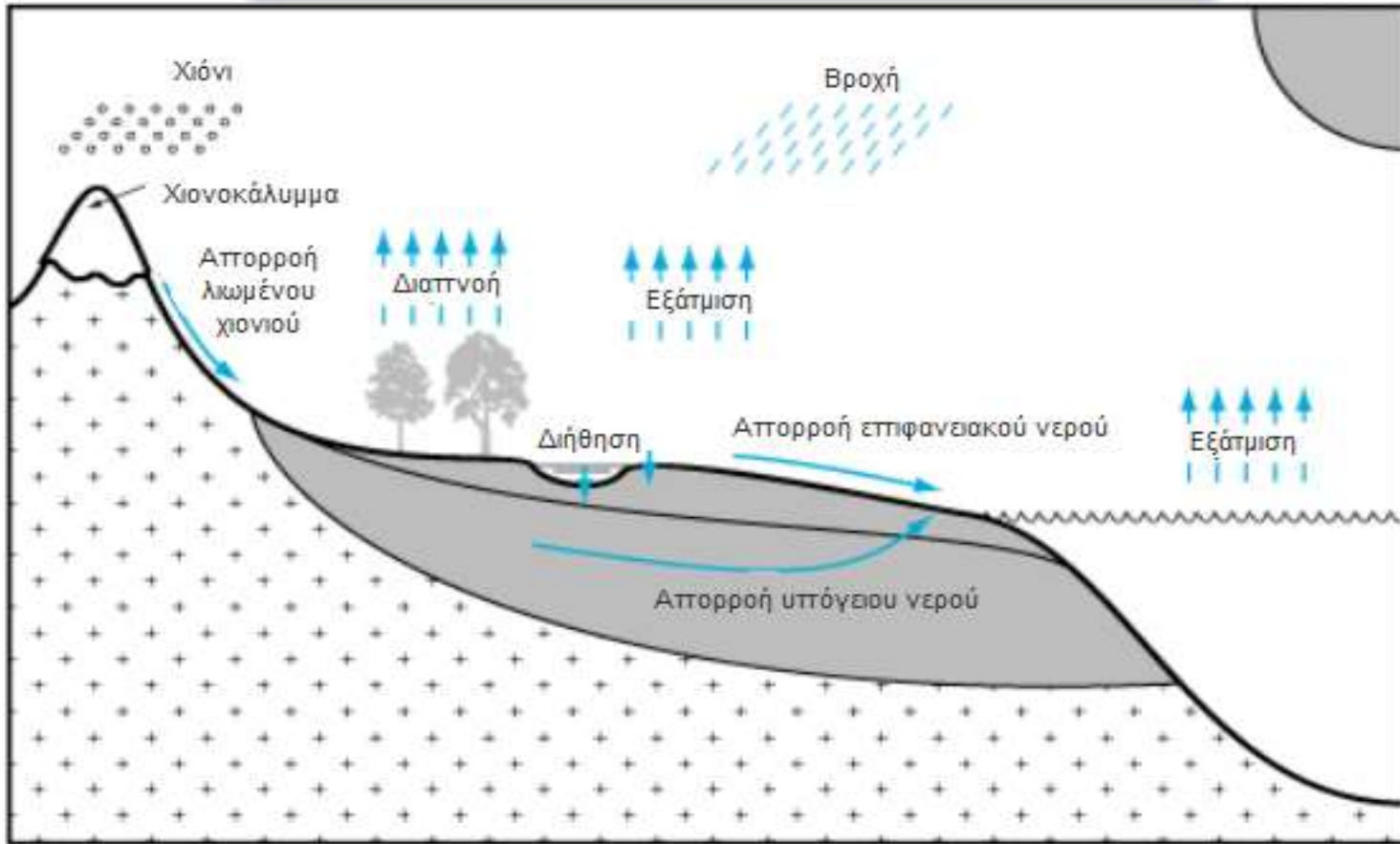
Το νερό από την ριζική ζώνη μπορεί να επιστρέψει στην ατμόσφαιρα με την εξατμηση ή την διαπνοή των φυτών. Ένα τμήμα του διηθούμενου νερού διαπερνά την ριζική ζώνη και φτάνει στην ζώνη του υπόγειου νερού.

Από την βροχή κάποιο νερό βυθίζεται στο έδαφος με την διήθηση. Από αυτό, ένα τμήμα κατακρατείται προσωρινά στην ζώνη του ριζοστρώματος (*soil-water belt*) όπου και χρησιμοποιείται από τα φυτά.

Όποτε η βροχή είναι δυνατή το νερό κυλάει στην επιφάνεια του εδάφους σαν επιφανειακή απορροή (*overland flow*). Σε περιόδους παρατεταμένων βροχών ή γρήγορου λιωσίματος των χιονιών η επιφανειακή απορροή τροφοδοτεί κατ' ευθείαν τα υδατορεύματα.

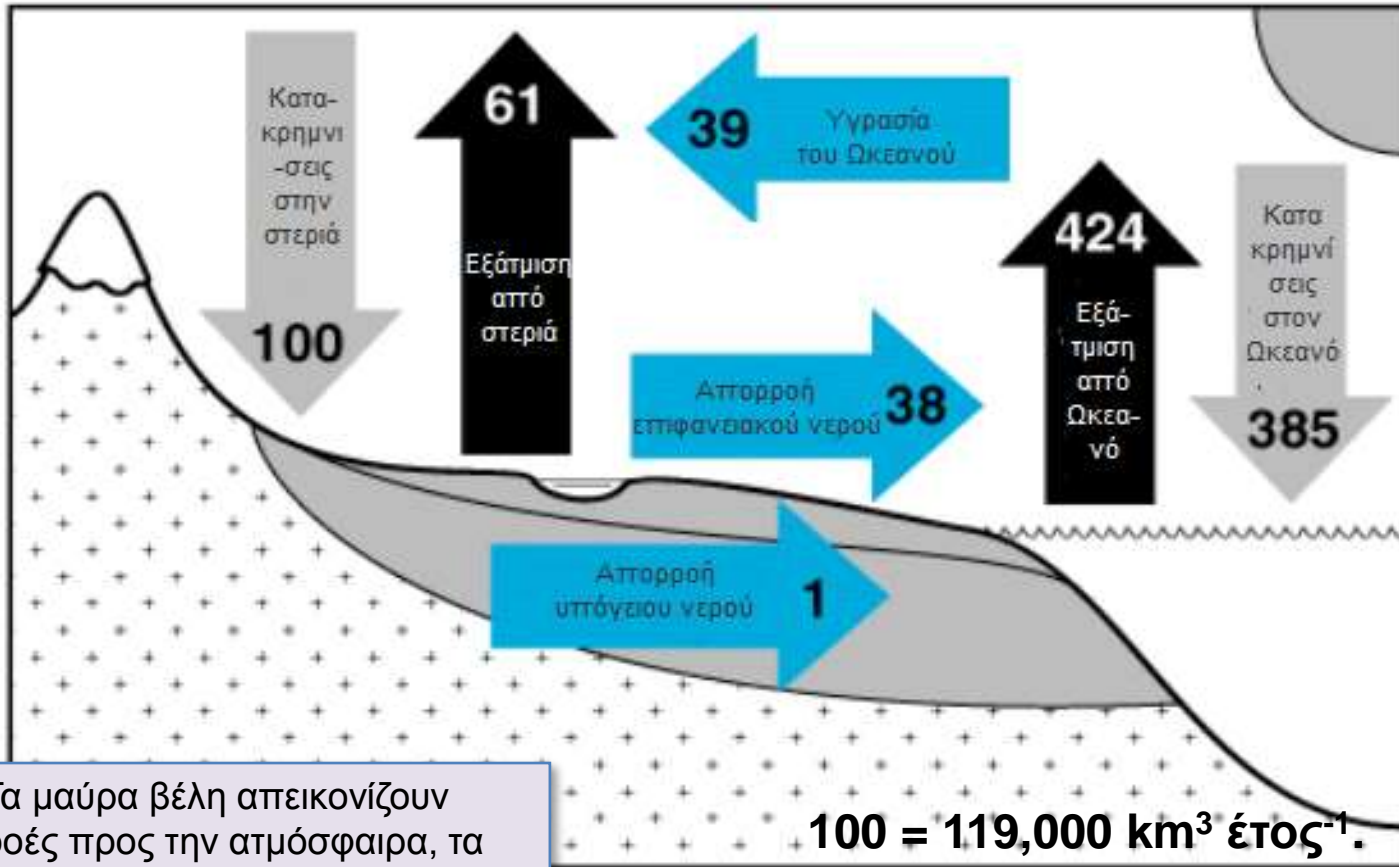


# ΟΙ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΤΗΣ ΒΡΟΧΗΣ



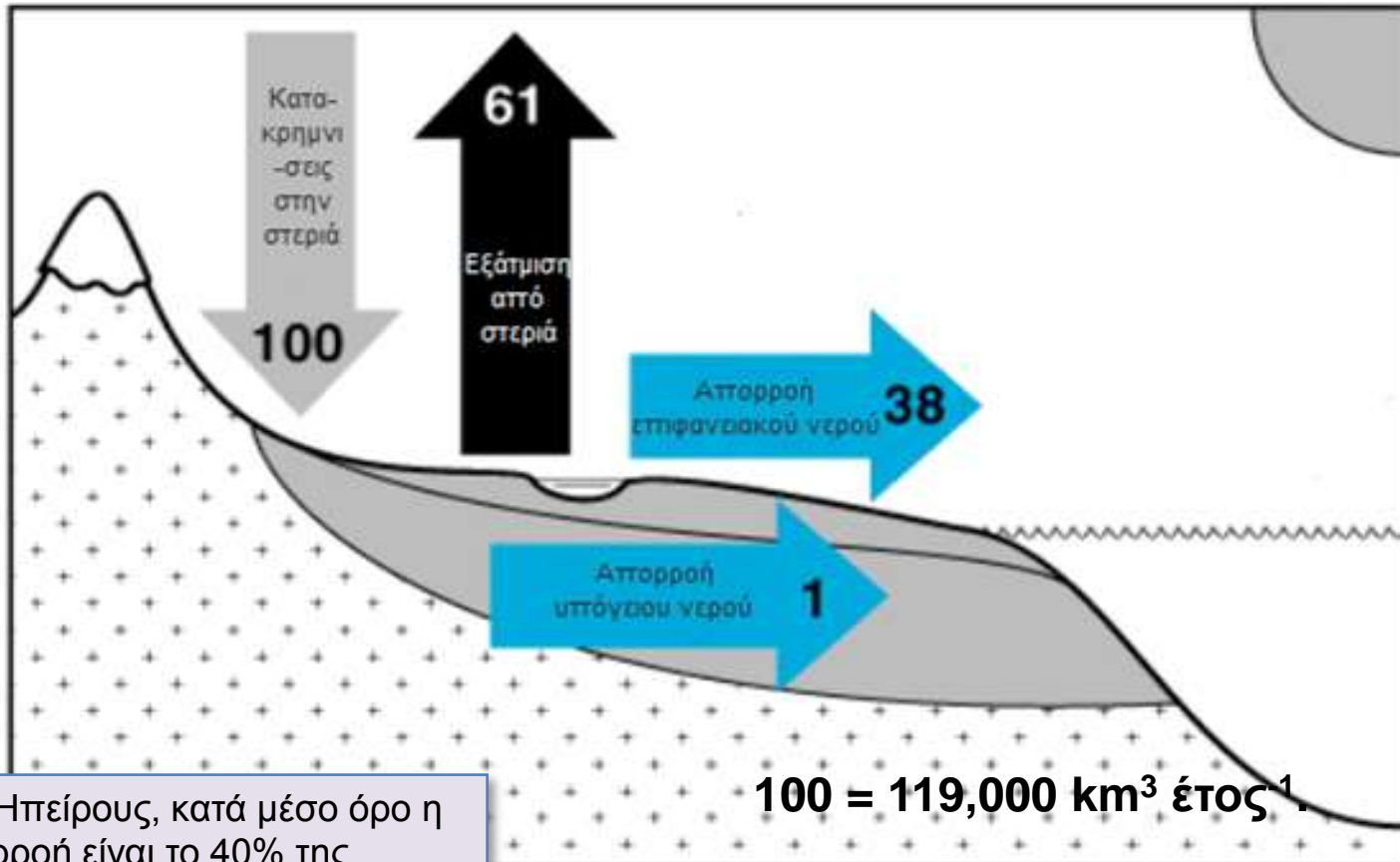
**Μηχανισμοί κίνησης του νερού εντός του υδρολογικού κύκλου:** Η μεταφορά του νερού από την ατμόσφαιρα στους ωκεανούς συμβαίνει σαν κατακρήμνιση (πέσιμο). Στις κατακρημνίσεις περιλαμβάνεται η βροχή, το χιόνι, η δρόσος και άλλες μορφές. Στις ηπείρους, το νερό μπορεί να αποθηκευτεί προσωρινά, αλλά τελικά γυρνά στους ωκεανούς μέσω επιφανειακών και υπόγειων απορροών ή στην ατμόσφαιρα μέσω της εξατμοδιαπνοής.

# ΟΙ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΤΗΣ ΒΡΟΧΗΣ



Τα μαύρα βέλη απεικονίζουν ροές προς την ατμόσφαιρα, τα γκριζα ροές προς ωκεανό ή στεριά και τα μπλέ απεικονίζουν πλευρικές ροές. Πηγή: Maidment (1993).

# ΟΙ ΔΙΑΔΡΟΜΕΣ ΤΗΣ ΒΡΟΧΗΣ



Στις Ηπείρους, κατά μέσο όρο η απορροή είναι το 40% της κατακρήμνισης. Το υπόλοιπο 60% «χάνεται» στην εξάτμιση και την διαπνοή.

*Αυτός ο λόγος (40%) λέγεται συντελεστής απορροής. Ο συντελεστής απορροής διαφέρει από τόπο σε τόπο και από χρονικό διάστημα σε χρονικό διάστημα.*

# ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

Συνηθίζουμε να μετράμε την βροχή σε χιλιοστά (ύψος βροχής). Έτσι, για να βρούμε τον όγκο του νερού που έχει πέσει σε κάποιο χρονικό διάστημα, ας πούμε ενός χρόνου, πολλαπλασιάζουμε το ύψος της βροχής επί το εμβαδό την επιφάνειας (για να πάρουμε κυβικά μέτρα θα τα μετατρέψουμε και τα δύο σε μέτρα).

Ήπειρος	Επιφάνεια (km <sup>2</sup> )	$\bar{p}$ (mm)	$\bar{r}_i$ (mm)	$\bar{e}_t$ (mm)	Συντελεστής $\bar{r}_i/\bar{p}$ απορροής
Africa	$30.3 \times 10^6$	690	140	550	0.20
Asia	$45 \times 10^6$	720	290	430	0.40
Australia	$8.7 \times 10^6$	740	230	510	0.31
Europe	$9.8 \times 10^6$	730	320	410	0.44
North America	$20.7 \times 10^6$	670	290	380	0.43
South America	$17.8 \times 10^6$	1650	590	1060	0.36

## Παγκόσμιοι μέσοι όροι

Πηγή: Maidment ([1993](#)).

# ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

	Όγκος (km <sup>3</sup> )	% του συνολικού νερού	% του γλυκού νερού	Χρόνος παραμονής (έτη)
<b>Νερό στις Ηπείρους:</b>	47,971,710	3,5		
Λίμνες:				
Γλυκό	91,000	0,007	0,26	(Όλα τα επιφανειακά νερά)
Αλμυρό	85,400	0,006		4,0
Ποτάμια	2,120	0,0002	0,006	
Βάλτοι	11,470	0,0008	0,03	
Εδαφική υγρασία	16,500	0,0012	0,05	
<b>Υπόγειο νερό:</b>				
Γλυκό	10,530,000	0,76	30,1	
Αλμυρό	12,870,000	0,93		(Όλα τα υπόγεια νερά)
Βιολογικό νερό	1,120	0,0001	0,003	20,000
Παγετώνες και παγοκαλύματα	24,364,100	1,76	69,6	
<b>Ατμόσφαιρα:</b>	12,900	0,001	0,04	0,02
Ωκεανοί:	1,338,000,000	96,5		2,650
<b>Σύνολο:</b>	1,385,984,610	100	100	

Ο χρόνος παραμονής  $T_r$ , είναι ένα μέτρο του πόσο χρόνο, κατά μέσο όρο, ένα μόριο του νερού παραμένει σε κάποιο ρεζερβουάρ πριν μεταφερθεί σε κάποιο άλλο ρεζερβουάρ του υδρολογικού κύκλου.

Ο χρόνος παραμονής υπολογίζεται εύκολα για συστήματα σε μόνιμη κατάσταση, με ίδιους δηλαδή ρυθμούς εκροών και εισροών.

Ο χρόνος παραμονής δίνει μια ένδειξη της χρονικής διάρκειας που απαιτείται για μια ουσία διαλυμένη στο νερό να απομακρυνθεί εντελώς από ένα ρεζερβουάρ. Το νερό των ωκεανών έχει χρόνο παραμονής που προσεγγίζει τα 3000 χρόνια, ενώ το νερό της ατμόσφαιρας έχει χρόνο παραμονής μόλις 0,02 χρόνια ή περίπου 8 ημέρες. Ο χρόνος παραμονής του νερού στα ποτάμια είναι 0.05 χρόνια ή περίπου 17 ημέρες.

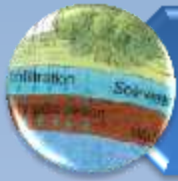
$$T_r = \frac{V}{I}$$

Ο χρόνος παραμονής έχει διαστάσεις χρόνου, μιας και όγκος διαιρούμενος με όγκο διά χρόνο δίνει χρόνο.

# ΥΔΑΤΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

Κατά τη διάρκεια της Αναγέννησης ο Λεονάρντο Ντα Βίντσι έγραψε κάτι που είναι ίσως η πρώτη πλήρης περιγραφή του υδρολογικού κύκλου όπου περιελάμβανε την συμπύκνωση, την εξάτμιση αλλά και την διάλυση των μεταλλικών ορυκτών από το νερό (κατά [Eagleson, 1970](#)):

*"Οπότε μπορούμε να συμπεράνουμε ότι το νερό πάει από τα ποτάμια στην θάλασσα και από την θάλασσα στα ποτάμια, και με αυτό τον τρόπο συνεχώς ανακυκλώνεται και επανεμφανίζεται, και ότι όλα τα νερά από τα ποτάμια και τις θάλασσες έχουν περάσει από την μούκα του Νείλου άπειρο αριθμό φορές. Το συμπέρασμα είναι ότι η αλμυρότητα της θάλασσας πρέπει να προέρχεται από τις πολλές πηγές οι οποίες καθώς διεισδύουν στην γη βρίσκουν φλέβες αλάτων τα οποία εν μέρει διαλύουν και τα κουβαλάνε στους ωκεανούς και τις θάλασσες από τις οποίες τα σύννεφα, οι δημιουργοί των ποταμών, δεν τα ανεβάζουν ποτέ πάνω."*



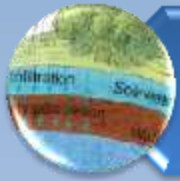
## 2. ΤΟ ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ

**Ο ΥΔΡΟΦΟΡΟΣ ΟΡΙΖΟΝΤΑΣ**

**ΥΔΡΟΦΟΡΕΙΣ**

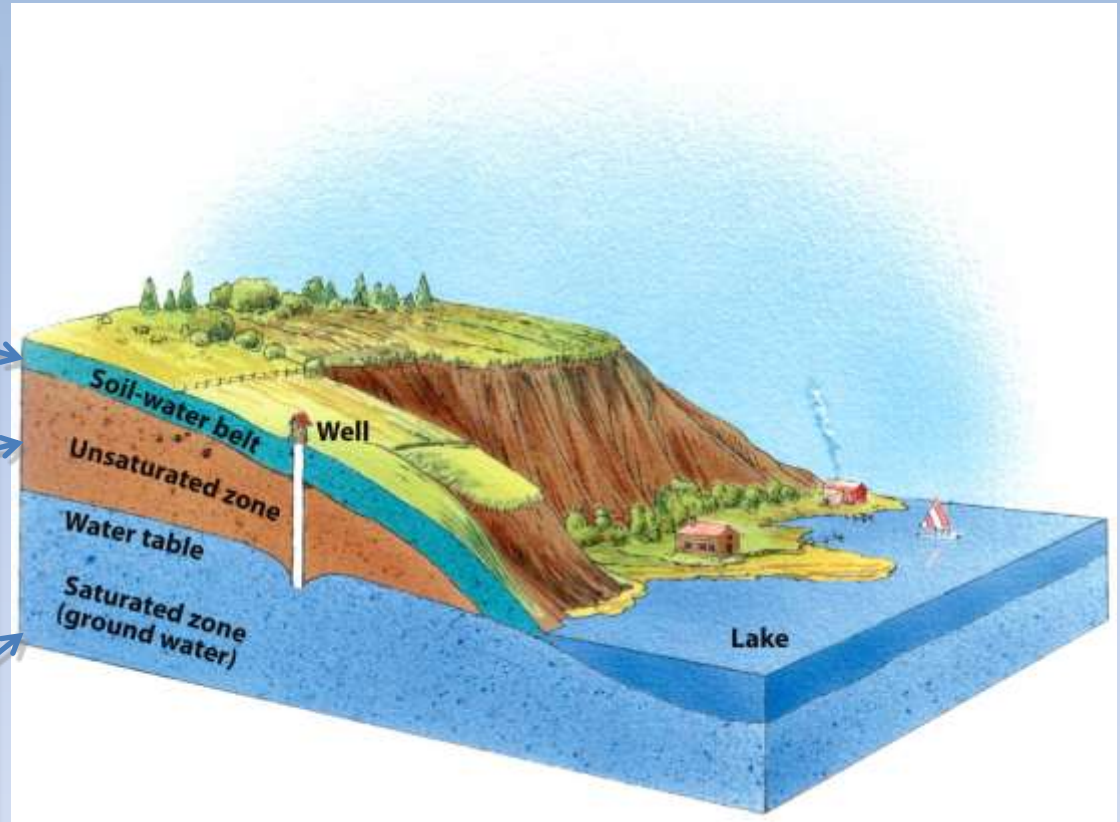
**Η ΔΙΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΥ  
ΑΠΟ ΤΟ ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ**

**ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΤΟΥ  
ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ**



## 2. ΤΟ ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ

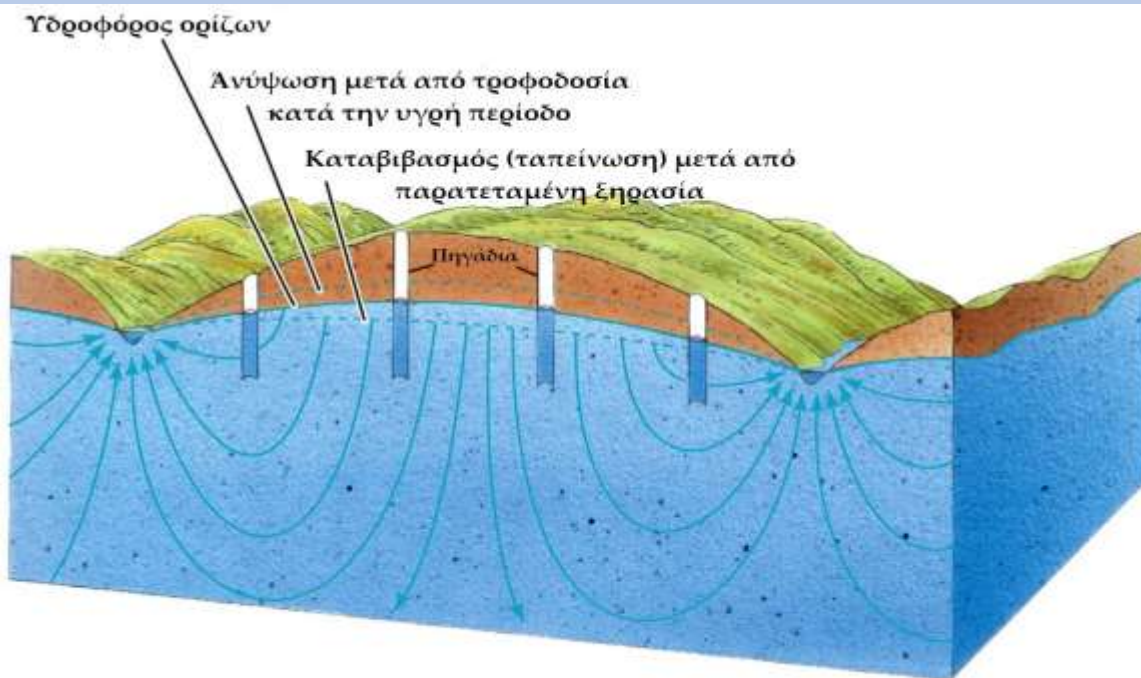
- Το νερό στην ζώνη του ριζοστρώματος είναι διαθέσιμο στα φυτά.
- Το νερό στην ακόρεστη ζώνη κατεισδύει προς τα κάτω.
- Η κορεσμένη ζώνη του υπόγειου νερού είναι εκεί όπου οι πόροι και τα κενά είναι γεμάτοι με νερό.





# Ο ΥΔΡΟΦΟΡΟΣ ΟΡΙΖΟΝΤΑΣ

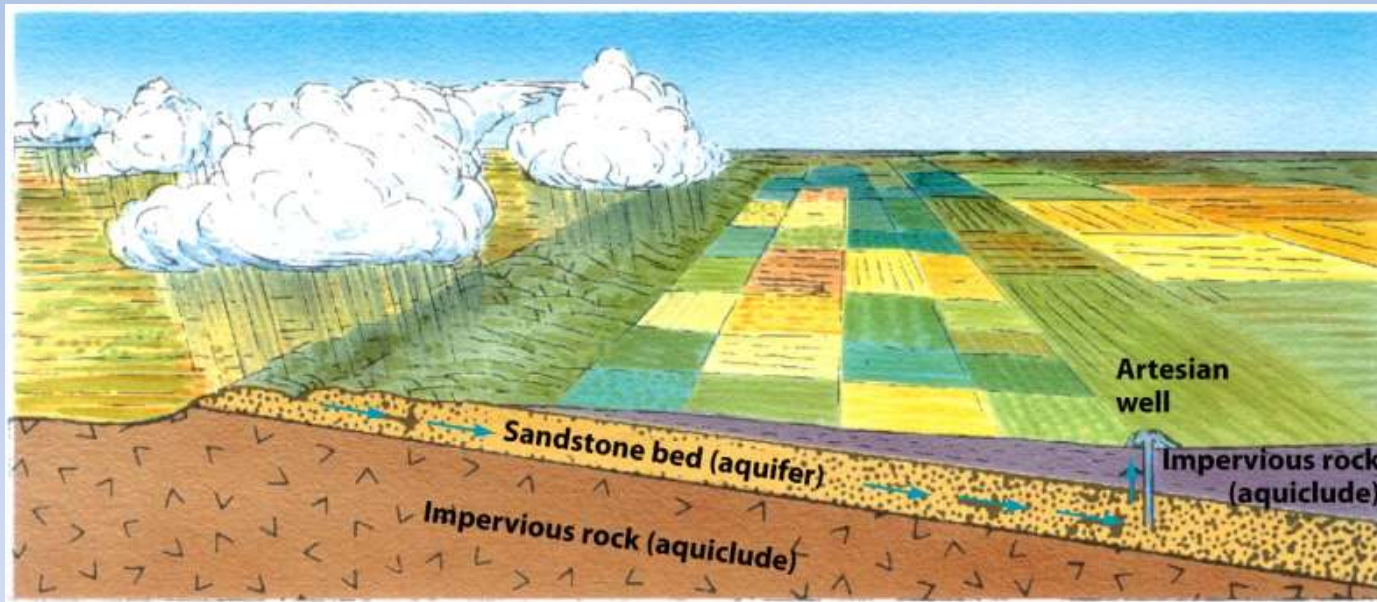
Υδροφόρος ορίζοντας– είναι η επιφάνεια της κορεσμένης ζώνης του υπόγειου νερού. Είναι ψηλότερα κάτω από τις κορυφές και ακολουθεί τις πλαγιές μέχρι που διασταυρώνεται με την επιφάνεια του εδάφους στις λίμνες, τους βάλτους και τα ποτάμια.



Οι διαδρομές του υπόγειου νερού – πολύς χρόνος για το νερό να ακολουθήσει τις βαθύτερες τροχιές, αλλά η ροή κοντά στην επιφάνεια είναι πιο γρήγορη. Η πιο γρήγορη ροή είναι κοντά στο ρέμα όπου τα βέλη (γραμμές ροής) συγκλίνουν.

# ΥΔΡΟΦΟΡΕΙΣ

**Υδροφορείς** - Ιζηματογενή στρώματα (άμμος ή αμμόλιθοι) αποθηκεύουν το υπόγειο νερό κατά την κίνηση του.



- Καθαρές και καλά διαβαθμισμένες άμμοι (αμμουδιές, θίνες ή ποτάμιες αποθέσεις) μπορούν να περιέχουν νερό μέχρι και περίπου το ένα τρίτο του όγκου τους.
- Αντίθετα, οι πηλοί και οι άργιλοι είναι σχετικά αδιαπέρατοι (*aquicludes*).

# ΥΔΡΟΦΟΡΕΙΣ

1. Πορώδες στρώμα (*aquifer*) αμμόλιθου (ψαμμίτη) βρίσκεται μεταξύ δύο αδιαπέρατων από το νερό στρωμάτων (*aquicludes*).
2. Από τις κατακρημνίσεις έρχεται νερό που γεμίζει μέχρι κορεσμού το στρώμα του ψαμμίτη.
3. Εάν το υψόμετρο της πηγής που φτάνει κάτω έως το υδροφόρο στρώμα είναι χαμηλότερο από τα υψόμετρα της οροσειράς που τον τροφοδοτεί, τότε λόγω της πίεσης το νερό θα φτάσει έως την επιφάνεια. (Αρτεσιανή πηγή).



# Η ΔΙΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ

Η δράση του ανθρακικού οξέος διαλύει τον ασβεστόλιθο και δημιουργεί σπήλαια. Η κατάρρευση των σπηλαίων δημιουργεί τις καταβόθρες και το καρστικό τοπίο.



Το ανθρακικό οξύ – ένα ασθενές οξύ που παράγεται από την διάλυση του διοξειδίου του άνθρακα στο νερό – βαθμιαία διαβρώνει τον ασβεστόλιθο στην επιφάνεια στα υγρά κλίματα. Με παρόμοιο τρόπο ο ασβεστόλιθος κάτω από την επιφάνεια μπορεί να διαλυθεί από το υπόγειο νερό στην κορεσμένη ζώνη, δημιουργώντας έτσι βαθιές ασβεστολιθικές υπόγειες σπηλιές.

# Η ΔΙΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ

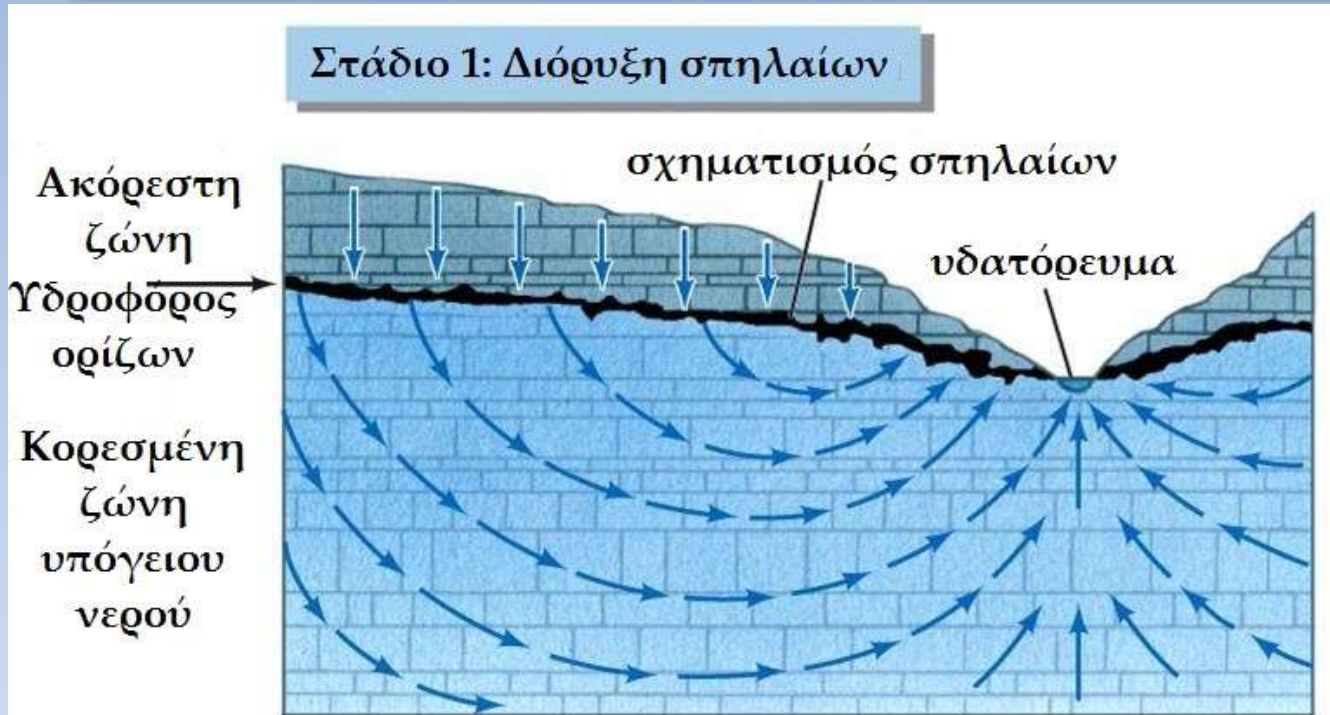
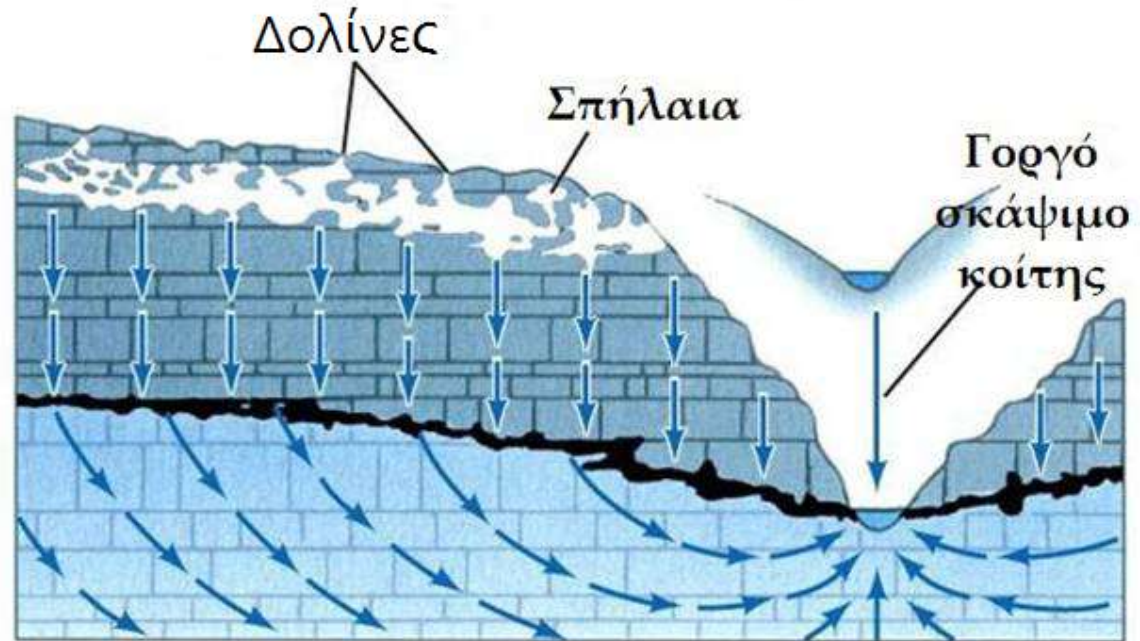


Figure 14.10  
Copyright © A. N. Strahler

**Στάδιο 1** Η δράση του ανθρακικού οξέος συγκεντρώνεται στην κορεσμένη ζώνη ακριβώς κάτω από τον υπόγειο ορίζοντα. Ο ασβεστόλιθος διαλύεται δημιουργώντας περίπλοκες σωληνοειδείς μορφές και σήραγγες, μεγάλους θαλάμους και ψηλές καμινάδες. Στα κανάλια που δημιουργούνται μπορεί να τρέχουν υπόγειοι ποταμοί.

# Η ΔΙΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ

## Στάδιο 2: Απόθεση Τραβερτίνη



Μορφές τραβερτίνη:

- Σταλακτίτες (hanging rods)
- Σταλαγμίτες (upward-pointing rods)
- Στήλες (columns)
- Πετάσματα (drip curtains)

**Στάδιο 2** Το ρεύμα έχει σκάψει την κοιλάδα του και ο υδροφόρος ορίζοντας χαμηλώνει. Τα σπήλαια που είχαν σχηματιστεί προηγουμένως τώρα βρίσκονται στην ακόρεστη ζώνη. Το νερό τρέχει στα σπήλαια και αποθέτει τραβερτίνη στις εκτεθειμένες επιφάνειες των σπηλαίων.

# Η ΔΙΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ



Στα σχεδόν κατακόρυφα τοιχώματα αυτών των πύργων αποκαλύπτεται λευκός ασβεστόλιθος. Κοντά στο Guilin (Kweilin), επαρχία Γκουανξί, νότια Κίνα.

# Η ΔΙΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ



Figure 14.12  
Drawn by Erwin Raisz. Copyright © A. N. Strahler.

Με τον καιρό το βρόχινο νερό διαλύει τον ασβεστόλιθο σχηματίζοντας σπήλαια και δολίνες. Σε ζεστά και υγρά κλίματα η διάλυση του ασβεστόλιθου μπορεί να σχηματίσει πύργους (αριστερά στο διάγραμμα ).

Κάποια στιγμή τα σπήλαια καταρρέουν αποκαλύπτοντας ανοιχτές , επίπεδες κοιλάδες. Τα ρέματα κυλάνε σε κοίτες από αργιλικό σχιστόλιθο κάτω από τον ασβεστόλιθο. Σε μερικά σημεία οι κοιλάδες αυτές μπορούν να καλλιεργηθούν.



# Η ΔΙΑΛΥΣΗ ΤΟΥ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΥ ΑΠΟ ΤΟ ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ



# ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ

Τα πηγάδια εισέρχονται σε κάποιο σημείο στον φρεάτιο ορίζοντα και σχηματίζουν ένα κώνο ταπείνωσης. Αν τον ίδιο υδροφόρο ορίζοντα τον 'τρυπάνε' πολλά πηγάδια το επίπεδό του πέφτει συνολικά.

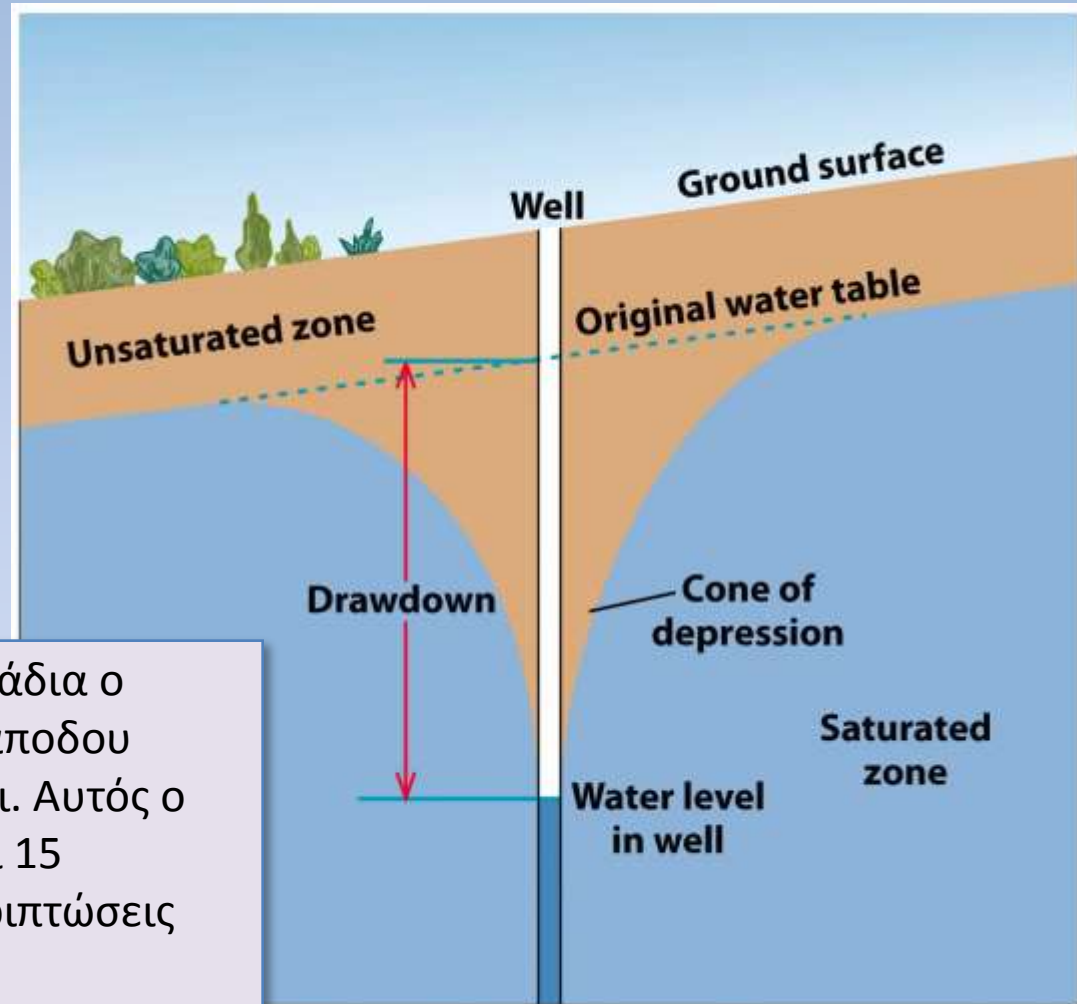
Πηγάδι για οικιακές ανάγκες κατασκευασμένο με τον παλιό παραδοσιακό τρόπο στο Ουτάρ Πραντές στην Ινδία. Τα τοιχώματα είναι φτιαγμένα με τούβλα από τα οποία το υπόγειο νερό διέρχεται και γεμίζει το πηγάδι.



# ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ

Τα πηγάδια εισέρχονται σε κάποιο σημείο στον υδροφόρο ορίζοντα και σχηματίζουν ένα κώνο ταπείνωσης.

Καθώς το νερό τραβιέται από τα πηγάδια ο υδροφόρος κατεβαίνει σε σχήμα ανάποδου κώνου με την κορυφή του στο πηγάδι. Αυτός ο κώνος μπορεί να εκτείνεται μέχρι και 15 χιλιόμετρα ή και περισσότερα σε περιπτώσεις εντατικής άντλησης .



# ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ

Οι χωματερές παράγουν μολυσματικές και τοξικές ουσίες (στραγγίσματα) που εισέρχονται στο υπόγειο νερό και το μολύνουν κάνοντάς το ακατάλληλο για κατανάλωσή.



Figure 14.17 part 2  
Copyright © A. N. Strahler

**Μολυσμένο νερό, που στραγγίζει από μια χωματερή κινείται προς ένα πηγάδι και ένα ποτάμι.**

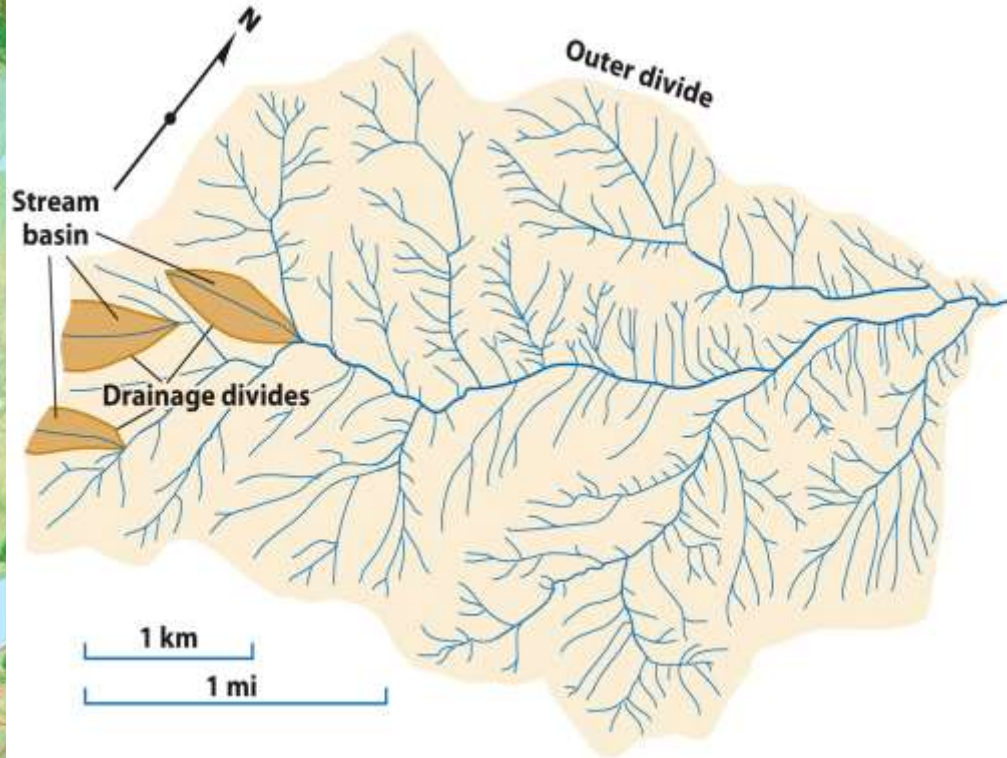
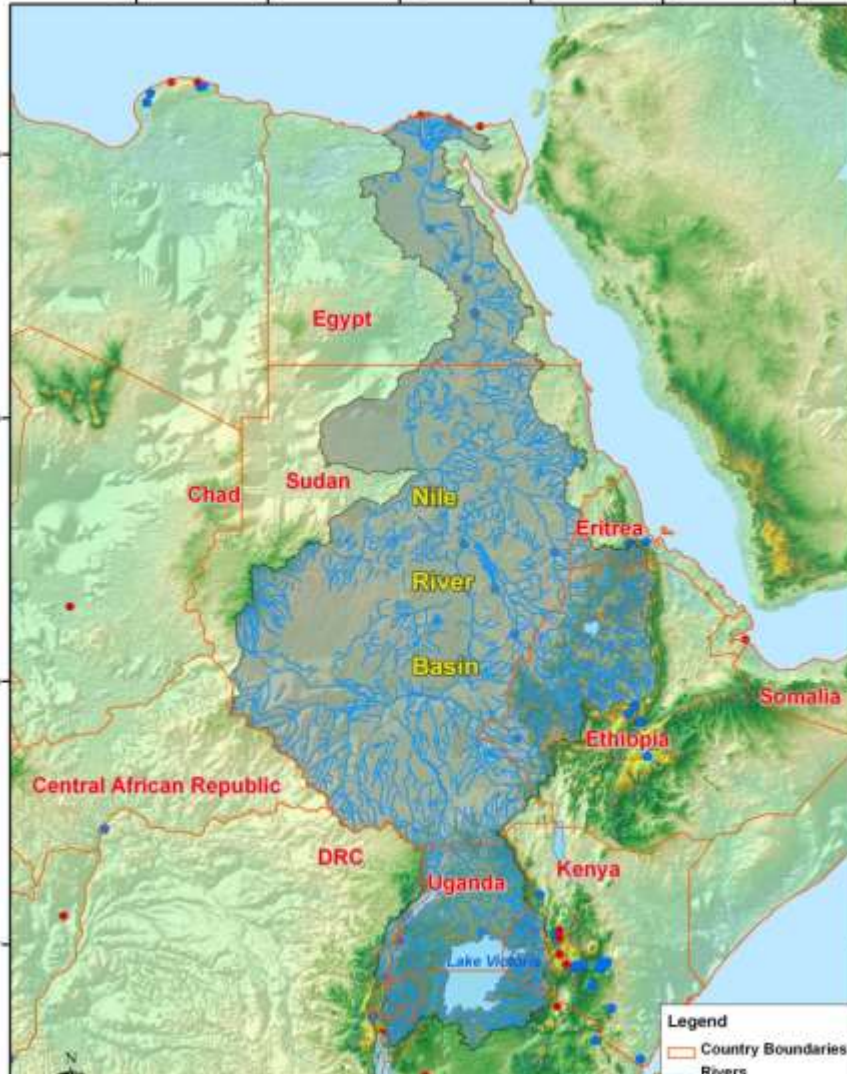


## 3. Επιφανειακό νερό

**ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ**

**ΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ  
ΠΟΤΑΜΩΝ**

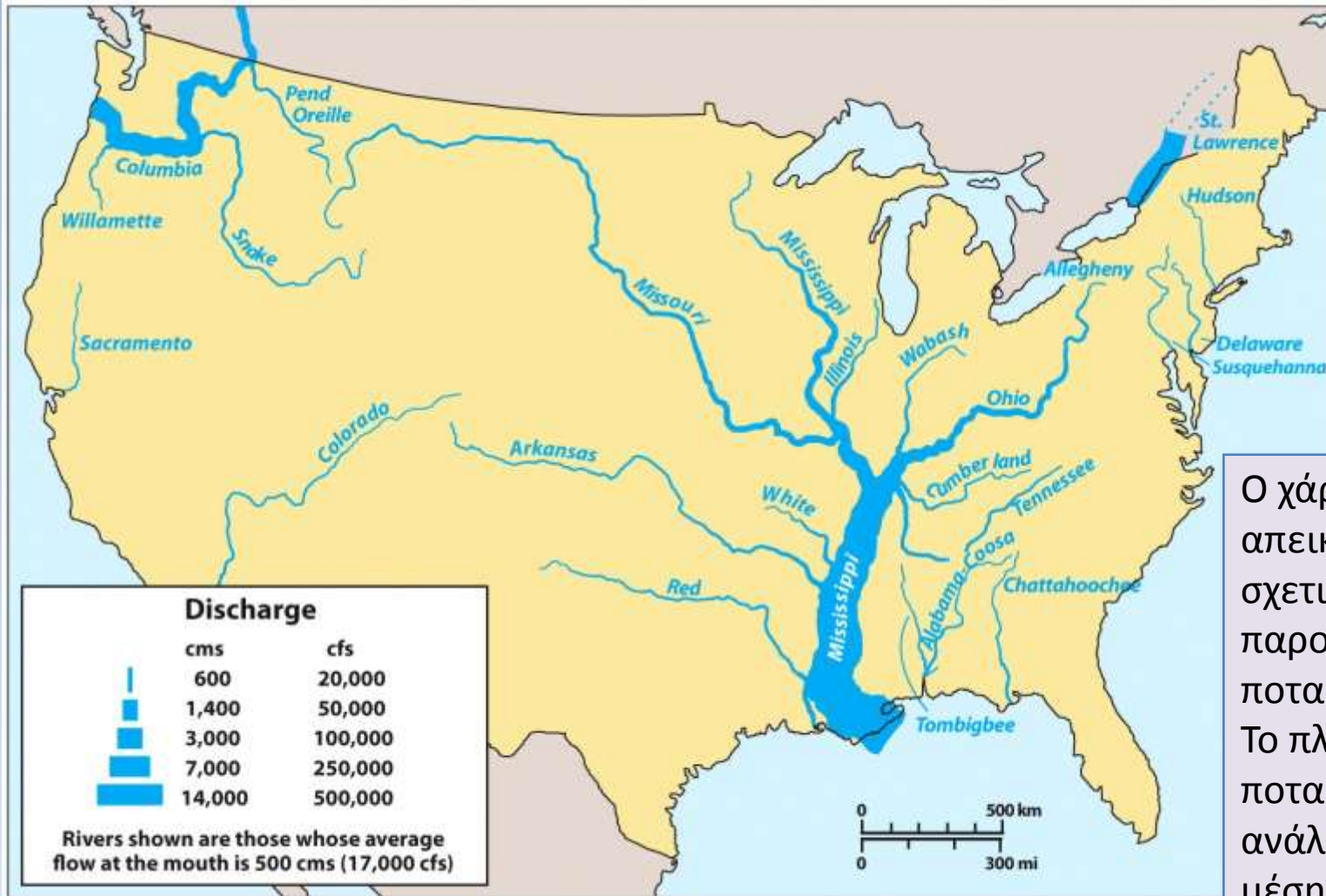
# ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ



Λεκάνη απορροής Νείλου

Η λεκάνη απορροής (watershed), συνίσταται από ένα διακλαδισμένο δίκτυο από ρεύματα που ονομάζεται υδρογραφικό δίκτυο. Περιορίζεται από τον υδροκρίτη.

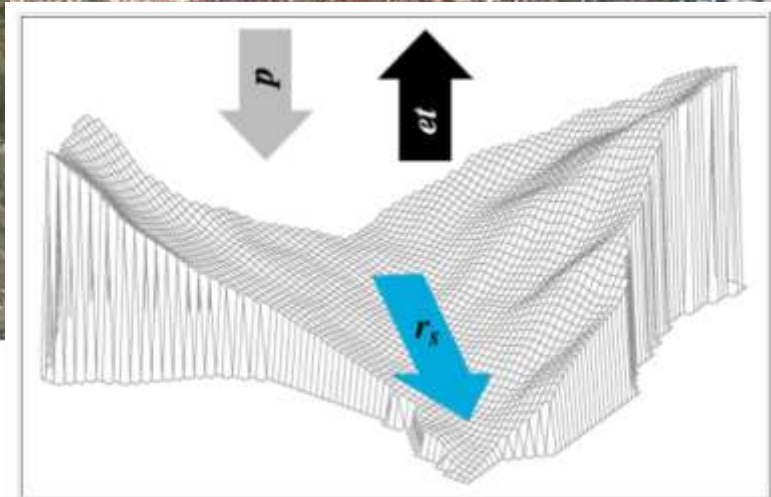
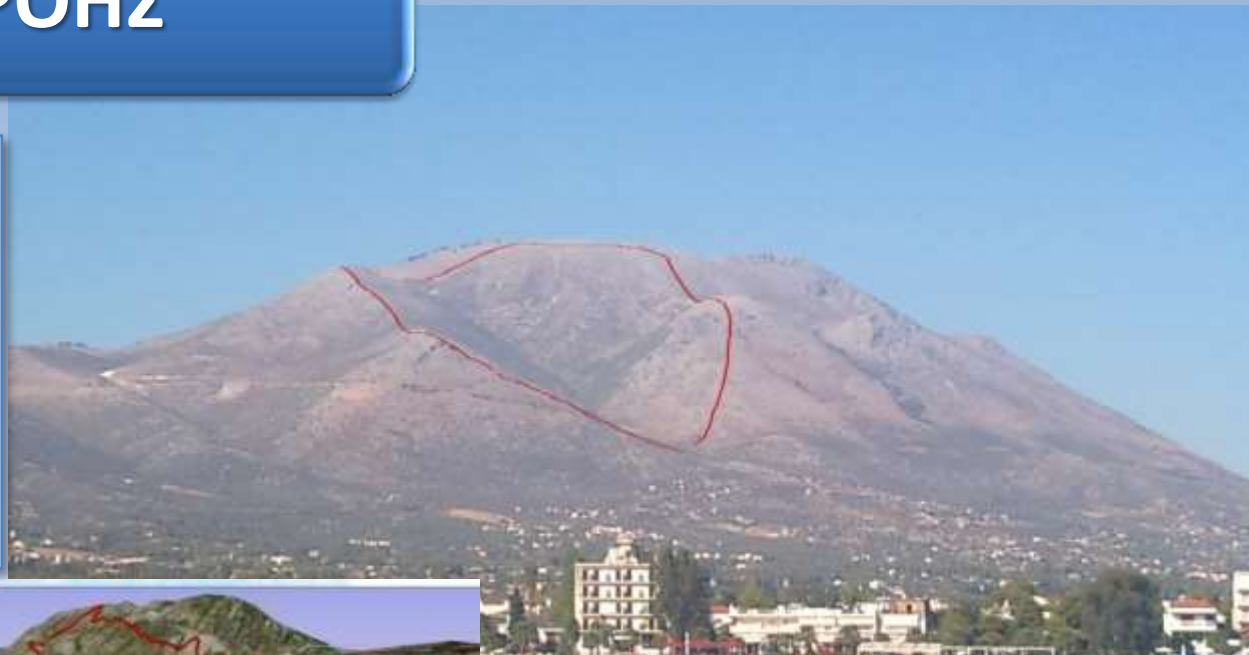
# ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ



Ο χάρτης απεικονίζει το σχετικό εύρος της παροχής των ποταμών των Η.Π.Α. Το πλάτος του ποταμού είναι ανάλογο με την μέση ετήσια απορροή.

# ΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ

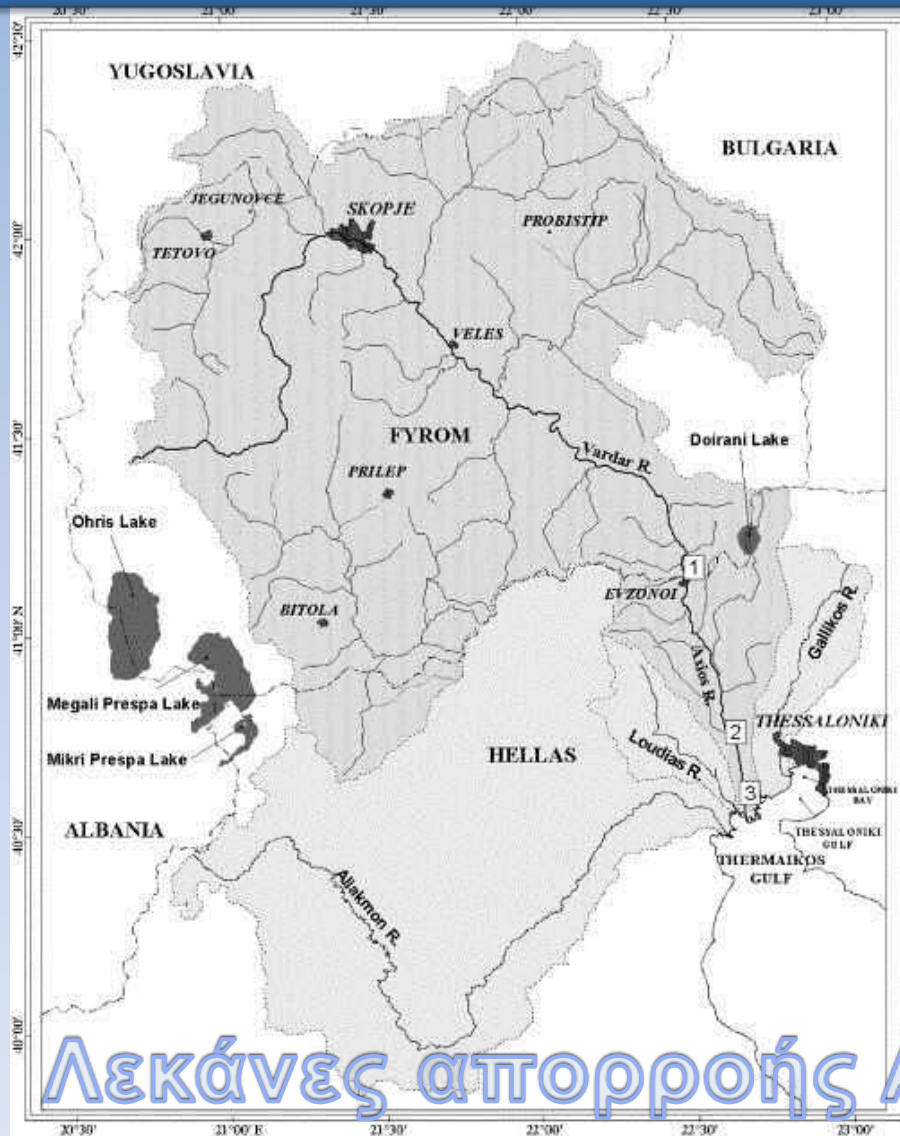
Η λεκάνη απορροής ορίζεται σε σχέση με ένα σημείο (θέση) πάνω σε έναν υδατόρρευμα (ποταμό, ρυάκι κ.λπ) και είναι η γήινη επιφάνεια από την οποία το νερό, ρέοντας επιφανειακά, θα συρρεύσει στη συγκεκριμένη θέση.



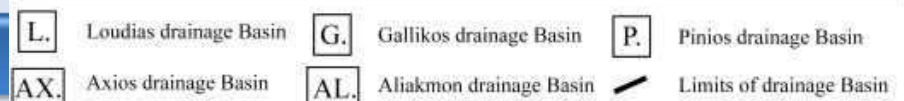
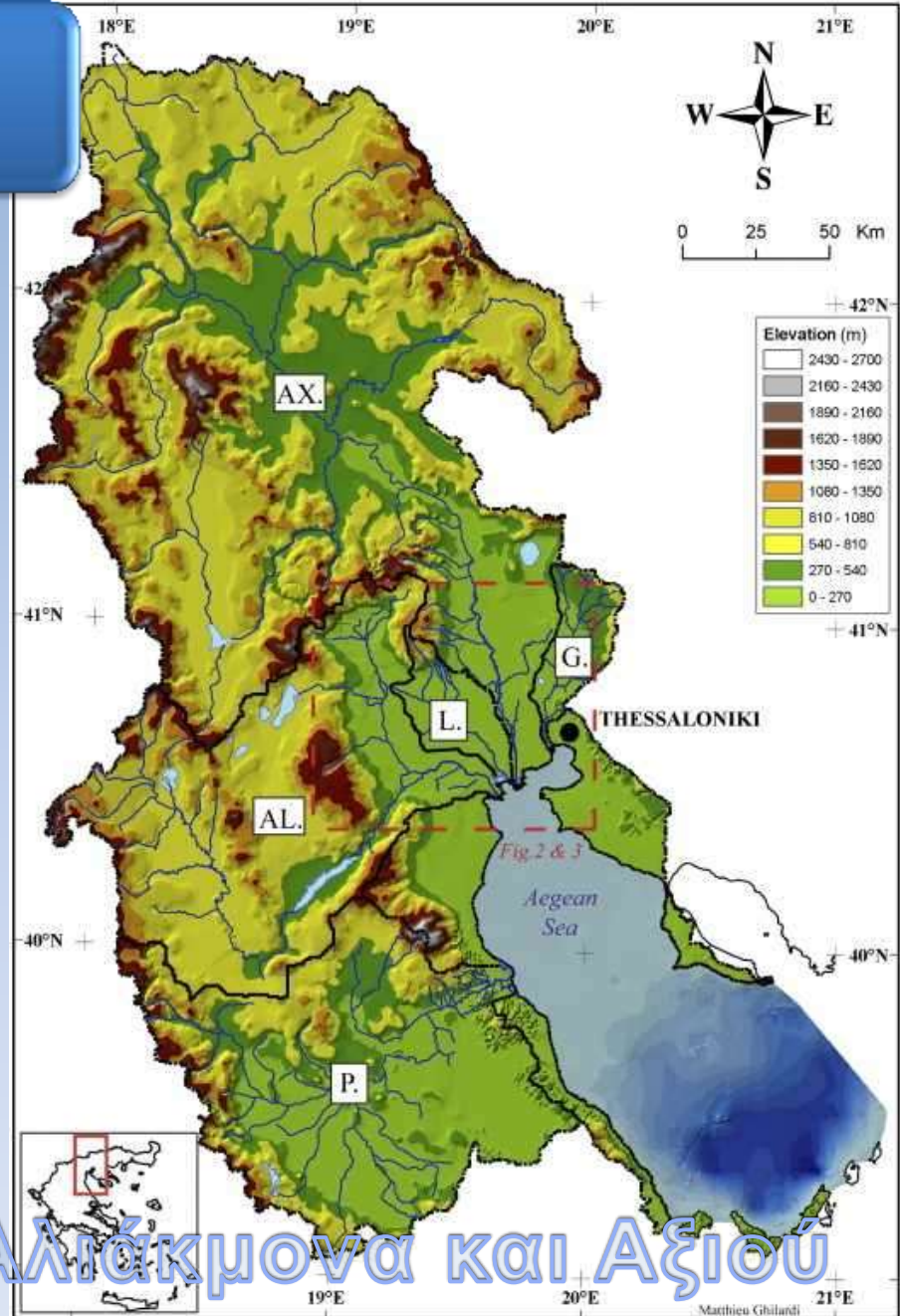
Η λεκάνη απορροής είναι η κατάλληλη χωρική μονάδα για να εφαρμόσουμε την αρχή της διατήρησης της μάζας, δηλαδή ένα ισοζύγιο:  $p = e_t + r_s$  (Βροχή = εξατμοδιαπνοή + απορροή)



# ΛΕΚΑΝΕΣ ΑΠΟΡΡΟΗΣ



## Λεκάνες απορροής Αλιάκμονα και Αξιού





## 5. Λίμνες

**ΟΙ ΛΙΜΝΕΣ**

**ΑΛΜΥΡΕΣ ΛΙΜΝΕΣ**

**ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΕ ΕΡΗΜΙΚΑ  
ΚΛΙΜΑΤΑ**



## 5. Λίμνες

**Λίμνη – ένα σώμα στάσιμου νερού χωρίς υπολογίσιμη κλίση με επιφάνεια εκτεθειμένη στην ατμόσφαιρα.**

(Τα έλη, οι βάλτοι και άλλοι υγρότοποι με στάσιμα νερά συμπεριλαμβάνονται στον ορισμό της λίμνης)



British Columbia, Canada



Οι λίμνες γλυκού νερού είναι συχνά μεγάλες και βαθιές. Πολλές λίμνες είναι τεχνητές (ταμιευτήρες) και έχουν κατασκευαστεί για να αποθηκεύσουν νερό ή/και για την παραγωγή ενέργειας.

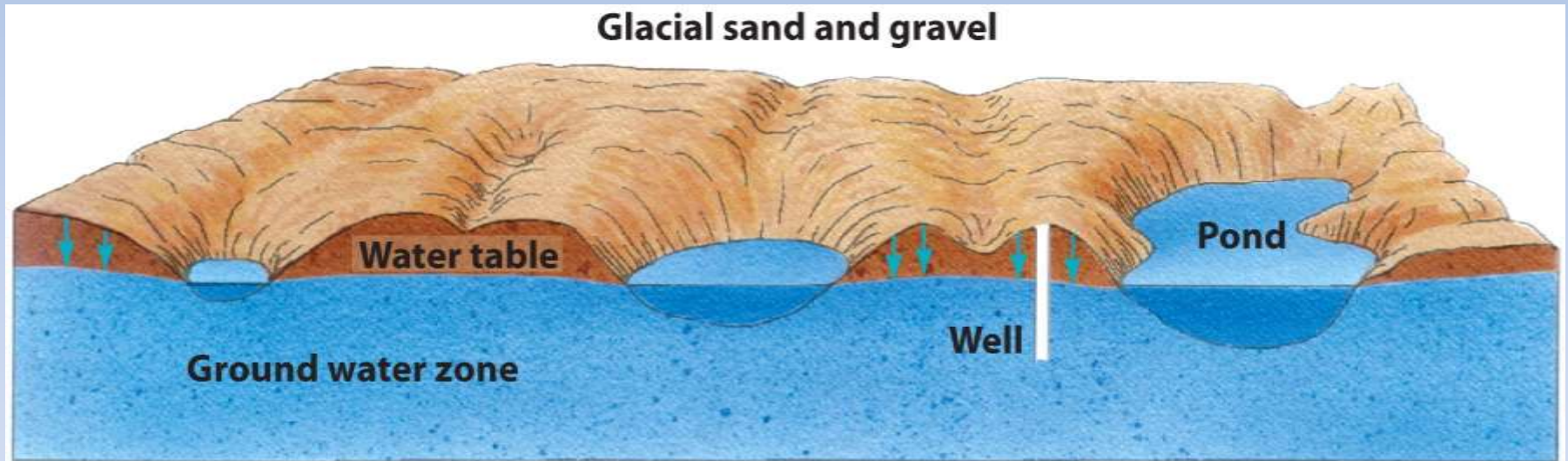


Σε έλη, βάλτους και παραλιακούς υγροτόπους τα νερά είναι ρηχά.



## 5. Λίμνες

Οι λίμνες χρησιμεύουν σαν ζωτικά ρεζερβουάρ γλυκού νερού στις στεριές. Σχηματίζονται με πολλούς διαφορετικούς τρόπους αλλά δεν διαρκούν πολύ – με γεωλογικούς όρους.



# ΑΛΜΥΡΕΣ ΛΙΜΝΕΣ ΚΑΙ ΚΟΙΤΕΣ

Οι κολυμβητές στη νεκρά θάλασσα επιπλέουν εύκολα πάνω στο πυκνό νερό της αλμυρότερης λίμνης του κόσμου.



# ΑΛΜΥΡΕΣ ΛΙΜΝΕΣ ΚΑΙ ΚΟΙΤΕΣ

**Salt flats** – αποξηραμένες κοίτες λιμνών καλυμμένες με μεταλλικά άλατα και ίζημα. Τα Salt Flats του Bonneville, έχουν μια ομοιογενή και ομαλή επιφάνεια ώστε χρησιμοποιούνται από οδηγούς αγώνων σαν πίστα.



# ΑΡΔΕΥΣΗ ΣΕ ΕΡΗΜΙΚΑ ΚΛΙΜΑΤΑ

Άρδευση στην έρημο – Η αρχαία Αίγυπτος και η Μεσοποταμία εξαρτώνταν από προμήθεια νερού από πηγές που ήταν πολύ μακριά.

• **Εξωτερικά ποτάμια (*Exotic rivers*)** – Ποτάμια που διασχίζουν την έρημο αλλά έχουν τις πηγές τους σε μακρινές περιοχές με πλεόνασμα στα νερά.

Αλάτωση των εδαφών και **waterlogging** είναι οι ανεπιθύμητες επιπτώσεις της διαρκούς εντατικής άρδευσης και κυρίως σε ξηρά και ερημικά κλίματα.

**Waterlogging** – λόγω της άρδευσης το φρεάτιο νερό ανεβαίνει και φέρνει την ζώνη κορεσμού κοντά στην επιφάνεια με αποτέλεσμα την αύξηση της εξάτμισης και της επακόλουθης αλάτωσης του εδάφους.



## 6. Το νερό σαν υδατικός πόρος

### ΜΟΛΥΝΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ



# ΜΟΛΥΝΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΝΕΡΩΝ



Ρυπαντές του νερού– τα κοινά ιόντα και τα άλατα, τα βαρέα μέταλλα, οι οργανικές ενώσεις και τα οξέα. Η περίσσεια θρεπτικών (C, N, P) στις επιφανειακές απορροές μπορεί να οδηγήσει σε ευτροφισμό.

# ΜΟΛΥΝΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΝΕΡΩΝ

Κοινοί χημικοί ρυπαντές των νερών –επιφανειακών και υπόγειων- είναι οι θειικές ενώσεις, το χλώριο, τα νιτρικά, τα νάτριο, τα φωσφορικά και τα ιόντα του ασβεστίου.

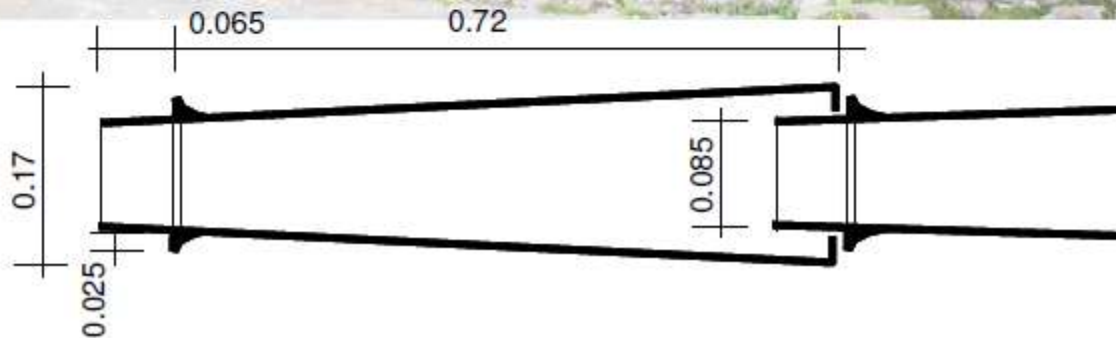
## Πηγές και προέλευση των ρυπαντών:

- Τοξικά μέταλλα και οργανικές ενώσεις από την βιομηχανία
- Λύματα ολικά ή εν μέρει ανεπεξέργαστα, αντιπαγετωνικό αλάτι και λιπάσματα, ασβέστης και **παρασιτοκτόνα**.
- Εκρίμματα ζωϊκά.
- Μεταλλεία και μεταλλευτικές εκμεταλλεύσεις.
- **Ραδιενεργές ουσίες** από πυρηνικές εγκαταστάσεις.

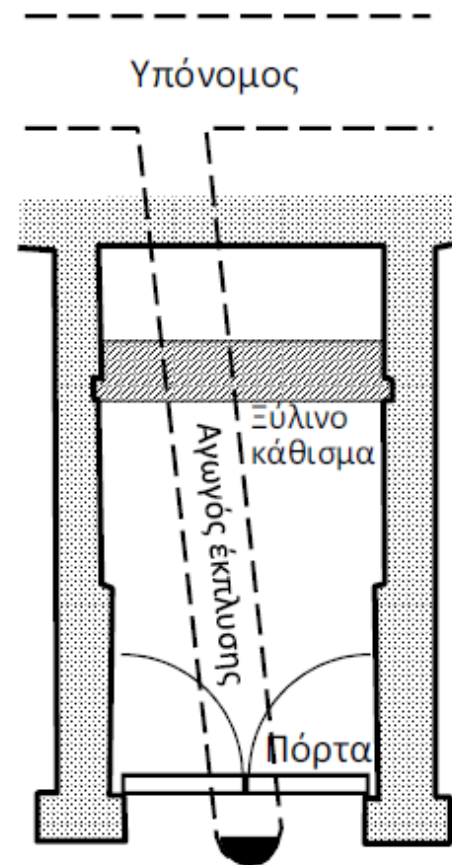
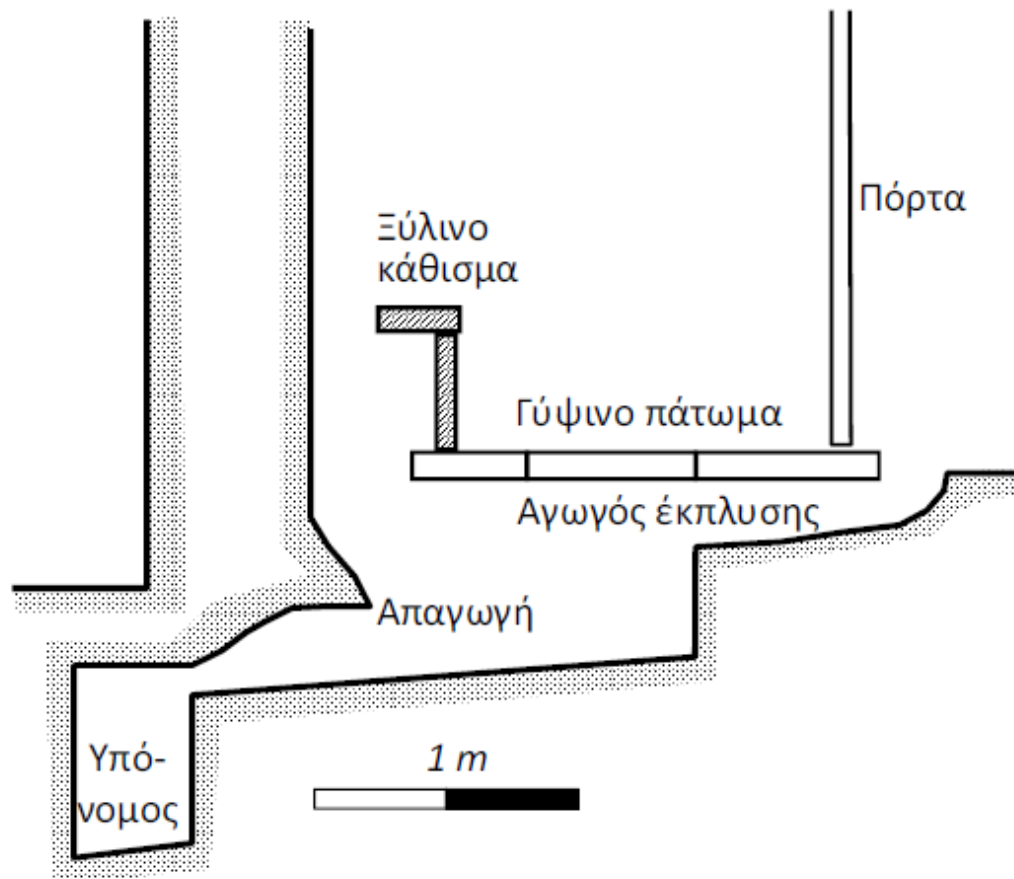
**Ευτροφισμός** – Η περίσσεια φωσφόρου και νιτρικών ευνοούν την αιφνίδια και μαζική ανάπτυξη των αλγών (πράσινης μούχλας) καθώς και άλλων φυτών (όπως τα καλάμια). Μια διεργασία γνωστή και σαν «γήρανση» μιας λίμνης.

**Θερμική ρύπανση**– Το ζεστό νερό εισέρχεται στα ποτάμια σαν παραπροϊόν της ψύξης αντιδραστήρων και άλλων θερμογόνων εγκαταστάσεων.

# Μινωϊκός πολιτισμός: Υδρευτικό δίκτυο στο ανάκτορο της Κνωσού



# Μινωικός πολιτισμός: Αποχέτευση τουαλέτας στο ανάκτορο της Κνωσού



# Μινωικός πολιτισμός: Αποχέτευση ομβρίων στο ανάκτορο της Κνωσού

---



# Μινωικός πολιτισμός: Αποχέτευση ομβρίων στην Αγία Τριάδα

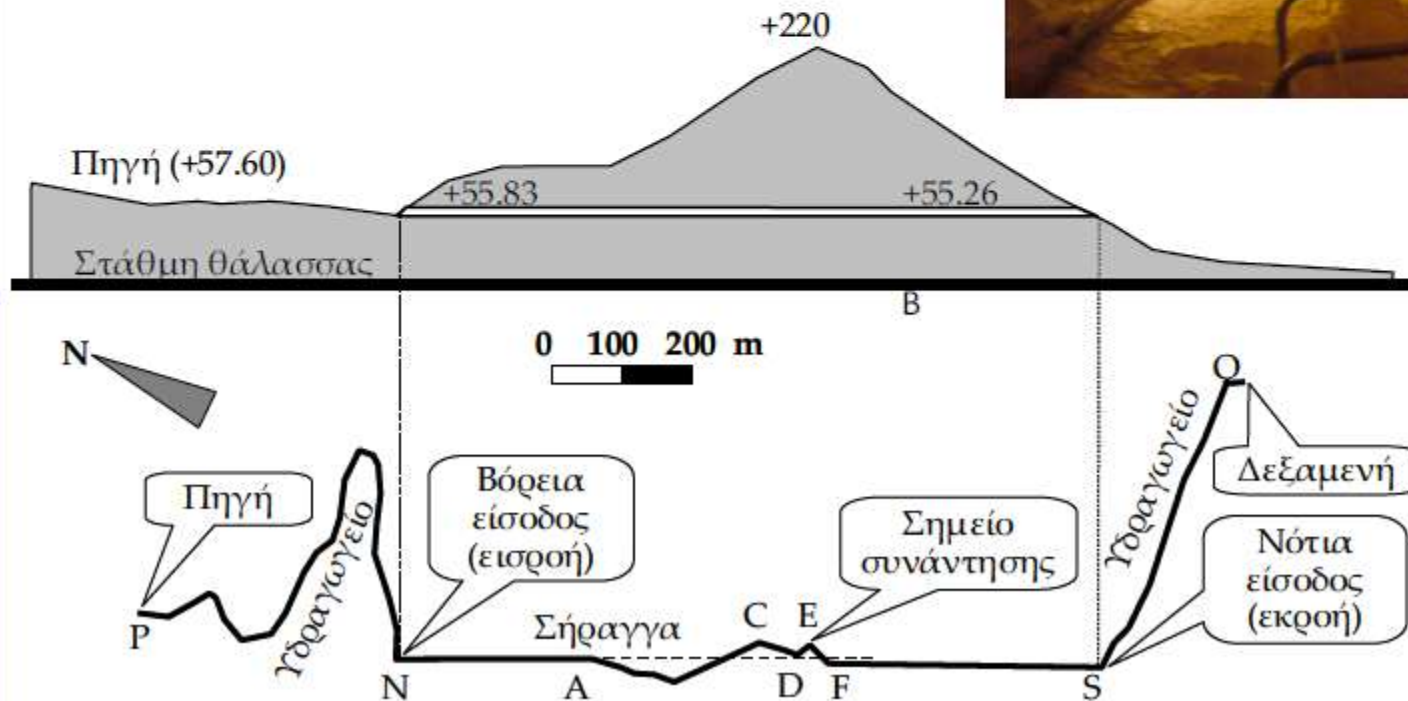


Ο ιταλός συγγραφέας Angelo Mosso, που επισκέφτηκε την περιοχή στις αρχές του 20ου αιώνα, κατά τη διάρκεια μιας έντονης βροχόπτωσης, παρατήρησε ότι οι αγωγοί λειτουργούσαν τέλεια και κατέγραψε το περιστατικό αναφέροντας: «Αμφιβάλλω αν υπάρχει άλλη περίπτωση αποχετευτικού συστήματος ομβρίων που να λειτουργεί 4000 χρόνια μετά την κατασκευή του»

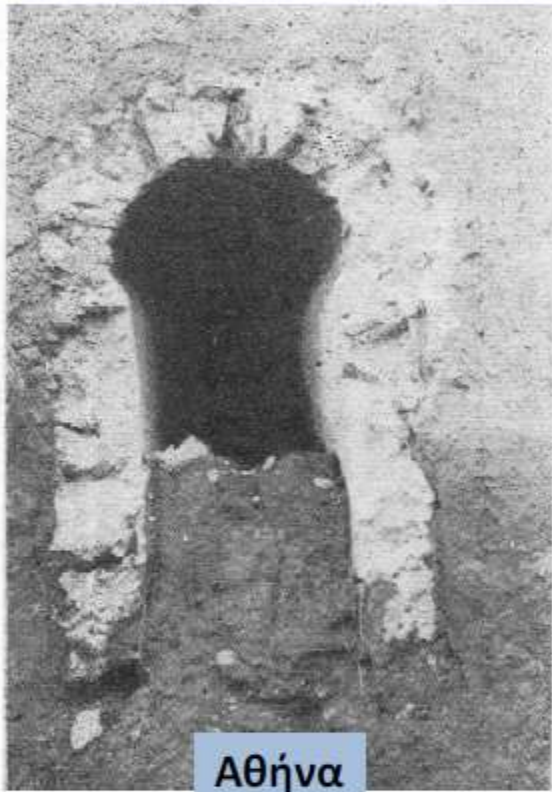
«Ακούμε συχνά να μιλούν για τη 'σύγχρονη υγιεινολογία' σαν ήταν κάτι που αναπτύχθηκε πρόσφατα και φαίνεται να υπάρχει μια κρατούσα ιδέα ότι η αστική αποχέτευση είναι κάτι πολύ σύγχρονο που καθιερώθηκε κάπου στα μέσα του τελευταίου [19ου] αιώνα. Ίσως αυτές οι ιδέες προσπαθούν να ενδυναμώσουν μια κάπως κλυδωνισμένη υπερηφάνεια στο σύγχρονο πολιτισμό [...], αλλά όταν εξετάζονται υπό το φως της ιστορίας προκύπτει ότι είναι κάθε άλλο παρά νέες ή πρόσφατες. Πράγματι, υπό το φως της ιστορίας, προκαλεί κατάπληξη, αν όχι πικρία, το γεγονός ότι ο άνθρωπος έχει προχωρήσει τόσο ελάχιστα, ίσως και καθόλου, σε περίπου τέσσερις χιλιάδες χρόνια [...]. Οι αρχαιολόγοι ερευνητές αυτού του [μινωικού] χώρου μας δίνουν την εικόνα ότι οι άνθρωποι είχαν προχωρήσει πολύ προς την άνετη και υγιεινή διαβίωση, με έναν ιδιαίτερο βαθμό ομορφιάς και πολυτέλειας [...]. Και αυτό επιτεύχθηκε περίπου τέσσερις χιλιάδες χρόνια πριν.»

Gray, H. F. (1940). Sewerage in Ancient and Medieval Times, *Sewage Works Journal*, 12(5), 939-946.

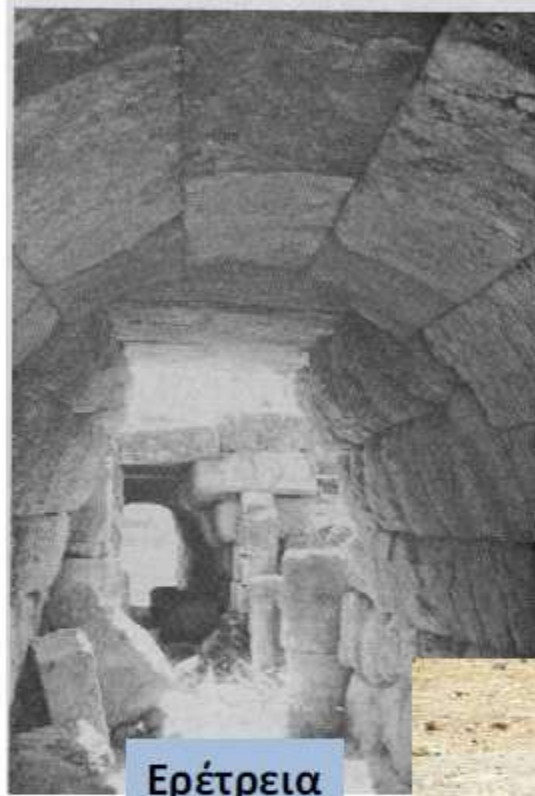
# Αρχαϊκή περίοδος: Το υδραγωγείο της Σάμου



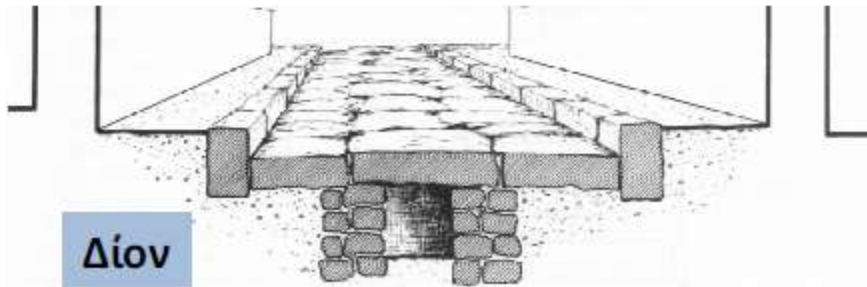
# Κλασική περίοδος: Δίκτυα ομβρίων



Αθήνα



Ερέτρια



Δίον



Κασσώπη



# Ρωμαϊκός πολιτισμός: υδραγωγεία

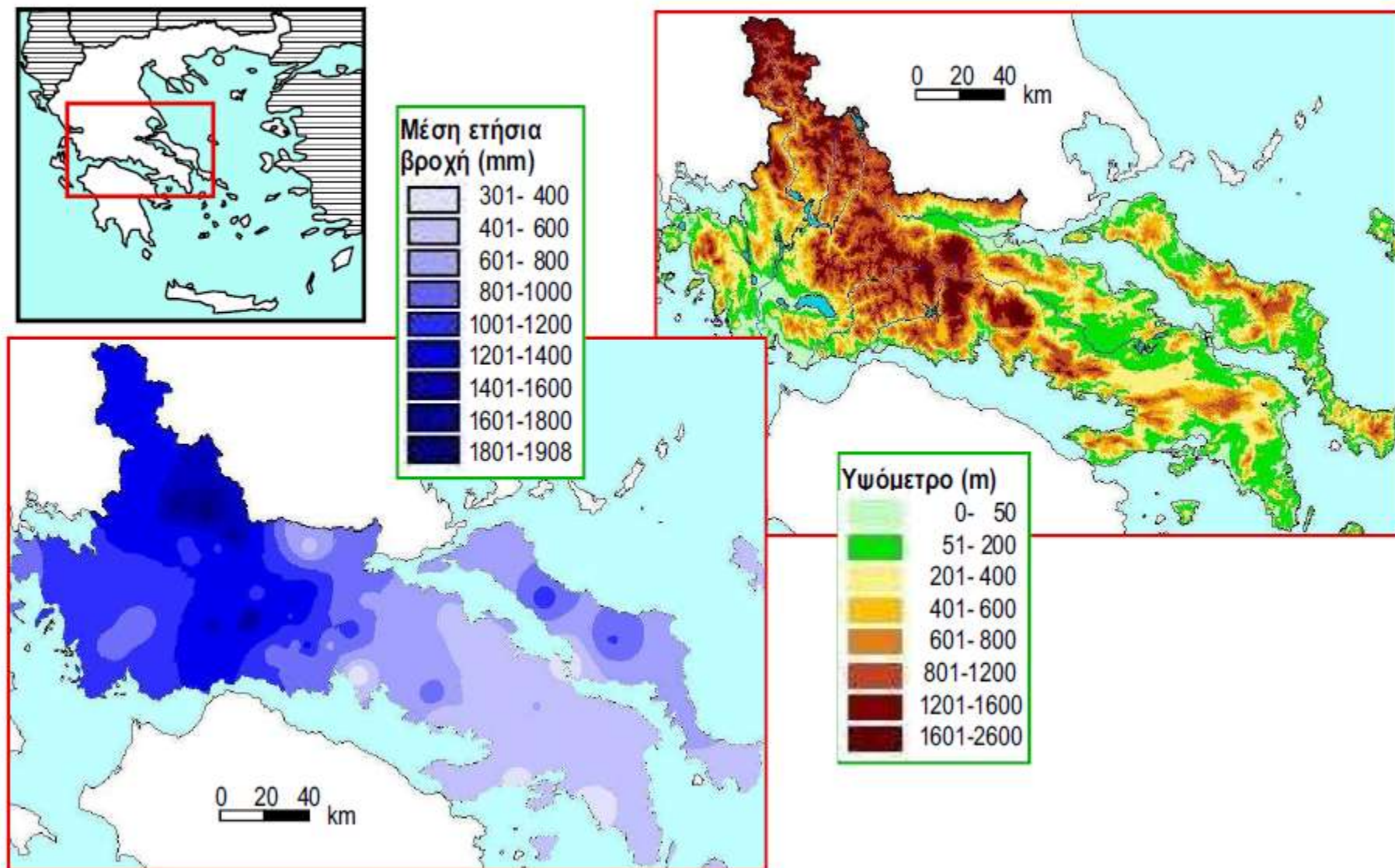
Nîmes (αρχαία Νεμαυσός,  
Υδραγωγείο Pont du Gard)



Ρώμη (Porta  
Maggiore)



# Τοπογραφικές και κλιματολογικές συνθήκες

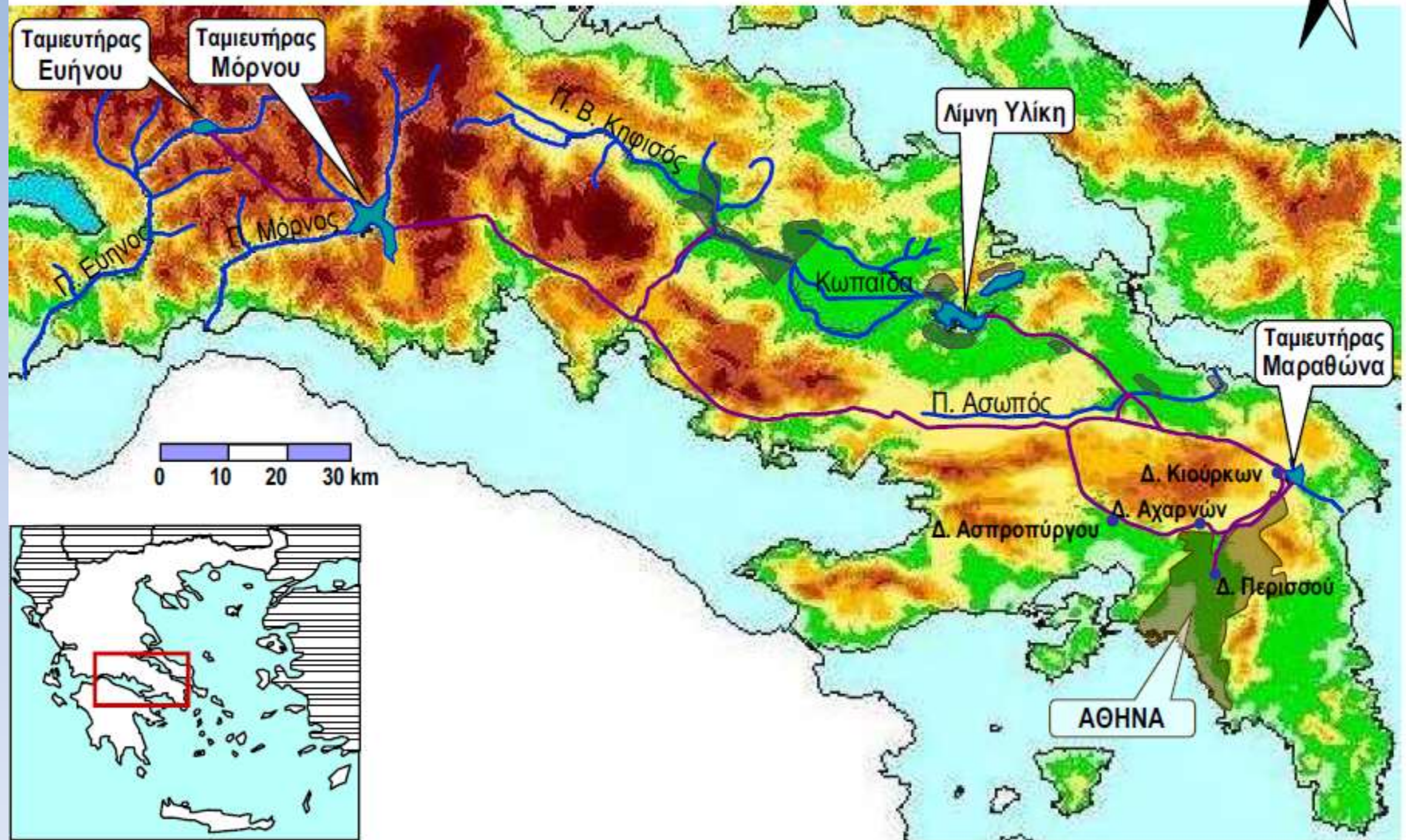


# Η ύδρευση της Αθήνας στην αρχαιότητα






---

- Από τον πρώτο εποικισμό: Ύδρευση από πηγές (Κλεψύδρα) και πηγάδια.
- Νομοθεσία Σόλωνα: Ρύθμιση των απολήψεων νερού από δημόσιες κρήνες και πηγάδια (σε απόσταση 4 σταδίων – 740 m), ιδιότητα πηγάδια ή και πηγάδια γειτόνων σε ποσότητα 40 L ημερησίως (δύο δοχείων των 6 χών ημερησίως αν μετά από διάνοιξη ιδιόκτητου πηγαδιού στα 18.3 m δεν βρισκόταν νερό).
- Πρώτο μεγάλο υδραυλικό έργο: [Πεισιστράτειο Υδραγωγείο](#) (~530 π.Χ., σε λειτουργία μέχρι σήμερα)
- Κλασική Αθήνα: έμφαση σε
  - Θεσμικά μέτρα διαχείρισης και όχι σε δημόσια έργα (Κρουνών Επιμελητής)
  - μικρής κλίμακας έργα (στέρνες για όμβρια) για λόγους ασφάλειας.
- Ρωμαϊκή Αθήνα: [Αδριάνειο υδραγωγείο](#) (125-140 μ.Χ., σε λειτουργία – μετά από επισκευή – μέχρι τα μέσα του 20ού αιώνα).

# Υδροδοτικό σύστημα Αθήνας: Κύριες συνιστώσες



# Κατηγορίες υδατικών πόρων

Basin	ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΙ ΠΟΡΟΙ		ΥΠΟΓΕΙΟΙ ΠΟΡΟΙ
	Κύριοι (Ταμιευτήρες)	Βοηθητικοί (Ταμιευτήρες)	Εφεδρικοί (Γεωτρήσεις)
Εύηνος 350 km <sup>2</sup>	Εύηνος 322 hm <sup>3</sup> /y 		
Μόρνος 557 km <sup>2</sup>	Μόρνος 319 hm <sup>3</sup> /y		
Βοιωτικός Κηφισός – Υλίκη 2400 km <sup>2</sup>		Υλίκη 353 hm <sup>3</sup> /y  	Β. Κηφισός, μέσος ρους 136 hm <sup>3</sup> /y  Περιοχή Υλίκης 85 hm <sup>3</sup> /y
Χάραδρος 120 km <sup>2</sup>		Μαραθώνας 10 hm <sup>3</sup> /y	
Βόρεια Πάρνηθα			Βίλιζα 26 hm <sup>3</sup> /y  Μαυροσουβάλα 36 hm <sup>3</sup> /y

Επιφάνεια Εισροή Αντλητική ικανότητα

 Υπερχείλιση  Διαρροή  Άντληση

# Το Πεισιστράτειο Υδραγωγείο



Τοπογραφικό υπόβαθρο:  
Tassios, T.P., Water supply of  
ancient Greek cities, *Water  
Science and Technology:  
Water Supply*, 7(1), 165-172,  
2007.

Αρχαιότητα



# Φράγμα Μαραθώνα (1)



Σήμερα



Κατασκευή φράγματος, 1928



Κατασκευή υπερχειλιστή, 1928

Υδροσύστημα

Περισσότερες...

Πηγή: ΕΥΔΑΠ

# Λίμνη Υλίκη και αντλιοστάσια



Λίμνη Υλίκη



Πλωτά αντλιοστάσια Υλίκης



Κύριο Αντλιοστάσιο Υλίκης



Αντλιοστάσιο Κιούρκων



Υδροσύστημα

Πηγή: ΕΥΔΑΠ





# Ταμιευτήρας και υδραγωγείο Μόρνου



Υδροσύστημα

Φράγμα & ταμιευτήρας Μόρνου

Υδραγωγείο Μόρνου στην Πεδιάδα Θηβών

Σίφωνας Διστόμου

Υδραγωγείο Μόρνου στους Δελφούς



Πηγή: ΕΥΔΑΠ

# Φράγμα και σήραγγα Ευήνου



Φράγμα Ευήνου  
στη φάση της  
κατασκευής,  
1995-2000

Κατασκευή της  
συνδετήριας  
σήραγγας Ευήνου-  
Μόρνου, 1995



Υδροσύστημα

Πηγή: ΕΥΔΑΠ

# Εγκαταστάσεις επεξεργασίας νερού



Διυλιστήρια Περισσού



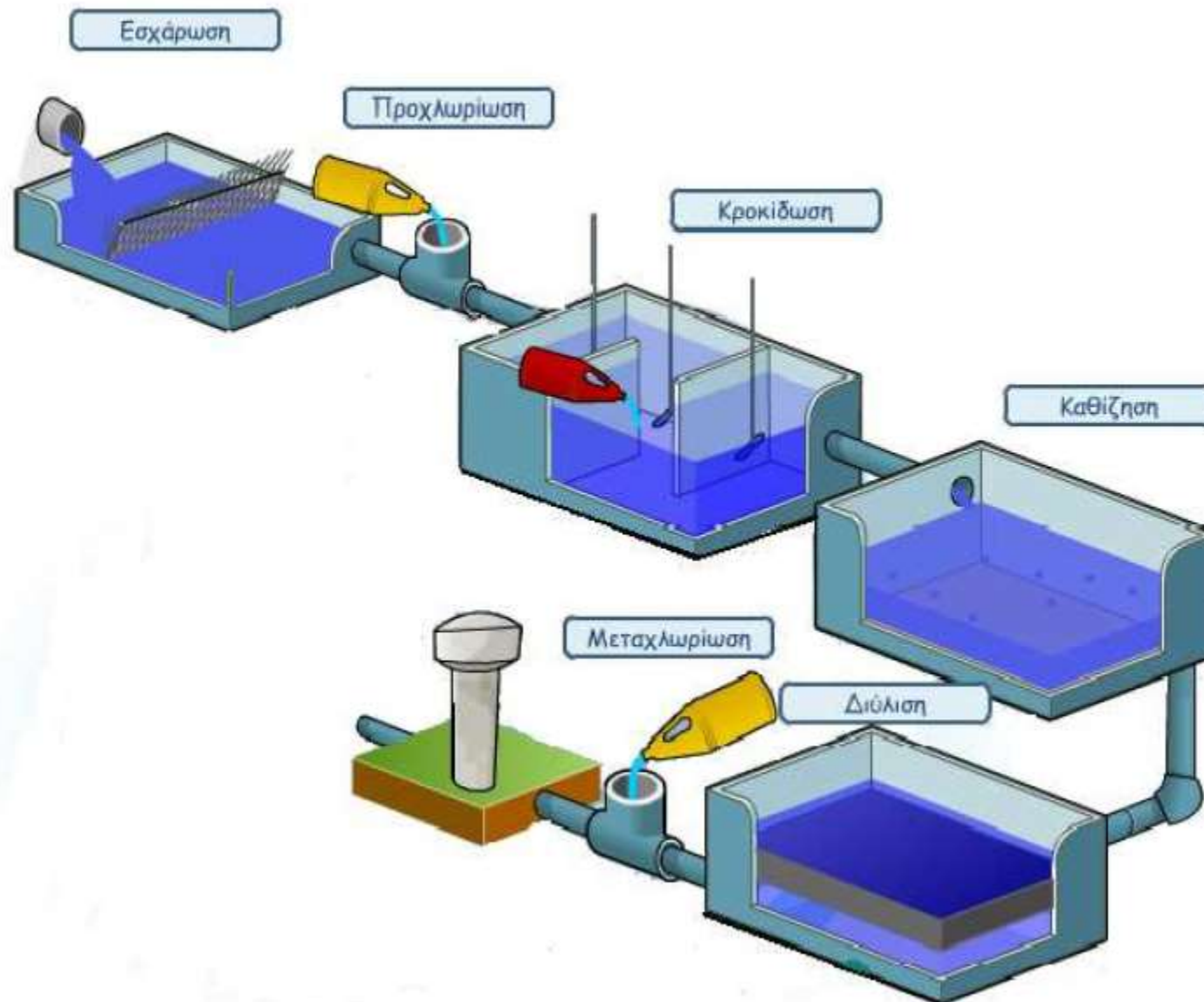
Διυλιστήρια Αχαρνών

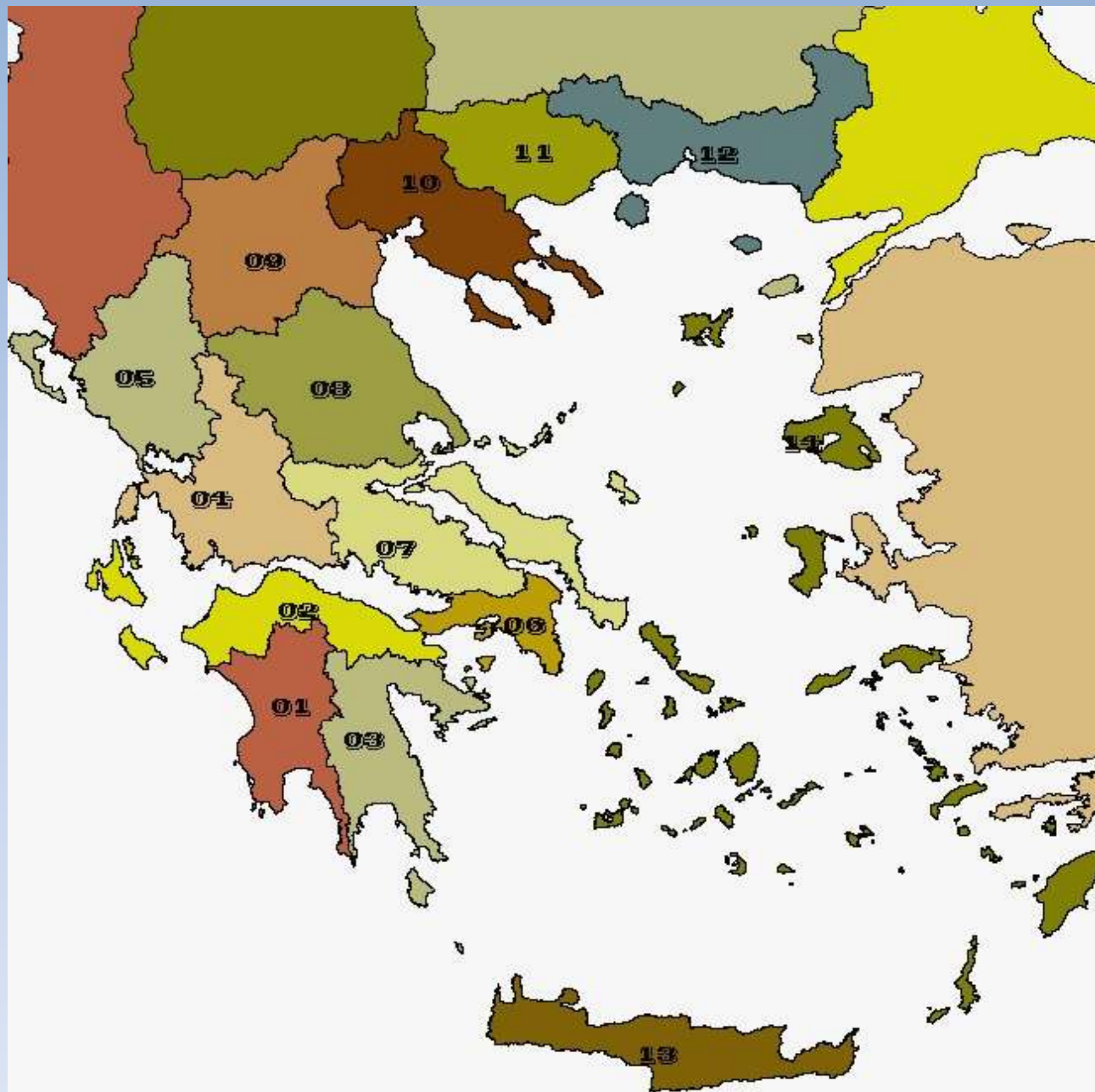
Διυλιστήρια Ασπροπύργου



Υδροσύστημα

# Τυπικές επεξεργασίες πόσιμου νερού





### ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ (mm)

1. 878
2. 703
3. 808
4. 1150
5. 1319
6. 410
7. 830
8. 858
9. 638
10. 577
11. 609
12. 694
13. 753

## ΦΡΑΓΜΑΤΑ



ΥΠΕΡ	ΚΑΤΑ
Αποθήκευση νερού	Κατακράτηση φερτών υλών
Παραγωγή ενέργειας	Απώλεια αποθηκευτικού χώρου από τα συγκρατούμενα φερτά
Παραγωγή φυσικού περιβάλλοντος	Υποβάθμιση φυσικού περιβάλλοντος
Τόνωση οικονομικής δραστηριότητας	Κίνδυνοι θραύσης / σεισμών
Εξάλειψη πλημμυρικού κινδύνου κατάντι	Υποχώρηση και απώλεια εδάφους στο Δέλτα

## ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ



### ΥΠΕΡ

Απόληψη νερού καλής σχετικά ποιότητας

Δεν υπάρχει αποθήκευση και άρα εξάτμιση

Φτηνότερα έργα από άποψη παγίου κεφαλαίου

### ΚΑΤΑ

Δαπάνη ενέργειας

Από υπεράντληση μπορεί να προκύψουν τα παρακάτω προβλήματα:

Υποχώρηση υπόγειου υδροφόρου

Υφαλμύρωση παράκτιων περιοχών

Καθιζήσεις εδάφους και καταστροφή τεχνικών έργων

Αύξηση του κόστους του νερού

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ:  
ΘΕΣΣΑΛΙΚΟΣ ΚΑΜΠΟΣ

## ΑΡΔΕΥΤΙΚΑ ΕΡΓΑ – ΑΡΔΕΥΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΙ



ΥΠΕΡ	ΚΑΤΑ
Αύξηση καλλιεργούμενων εδαφών	waterlogging
Αύξηση εισοδημάτων αγροτών	salinization
Ανάπτυξη τοπικής και εθνικής οικονομίας	Αυξημένη διάβρωση εδαφών
	ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΜΕΛΕΤΗΣ: Η ΠΑΡΑΚΜΗ ΤΟΥ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΜΕΣΟΠΟΤΑΜΙΑΣ



## ΕΓΓΕΙΟΒΕΛΤΙΩΤΙΚΑ ΕΡΓΑ - ΣΤΡΑΓΓΙΣΕΙΣ



### ΥΠΕΡ

### ΚΑΤΑ

Απόδοση εδαφών στην γεωργία και τον εποικισμό

Κατακράτηση φερτών υλών

Εξαφάνιση ελονοσίας και κουνουπιών

Αλλαγή τοπικού μικροκλίματος (πχ εμφάνιση νυχτερινού παγετού στην Κωπαίδα)

## ΑΦΑΛΑΤΩΣΕΙΣ



### ΥΠΕΡ

Μοναδική λύση σε περιπτώσεις πλήρους απουσίας υδατικών πόρων και επίσης έντονων διακυμάνσεων της ζήτησης.

### ΚΑΤΑ

Πολύ ενεργοβόρα βιομηχανικού τύπου επεξεργασία

Ρύπανση του βυθού με την άλμη brine (παραπροϊόν)

Ακριβά ανταλλακτικά – συντήρηση από πολύ ειδικευμένο προσωπικό.

# ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

