ΥΦΑΛΜΥΡΩΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

ΕΙΔΙΚΕΣ ΚΑΙ ΓΕΝΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

Dr. rer. nat. Γεώργιος Σταμάτης,

Καθηγητής Υδρογεωλογίας

Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Εργαστήριο Ορυκτολογίας-Γεωλογίας

Ελληνική Επιτροπή Υδρογεωλογίας

www.iah-hellas.geol.uoa.gr

Νερό, το αγαθό της φύσης

Το νερό είναι ίσως το πολυτιμότερο αγαθό που μας παρέχει η φύση. Αποτελεί αναμφισβήτητα σημαντικό παράγοντα για την ανάπτυξη, την υγιεινή διαβίωση, την ίδια την ζωή.

Όμως αυτή η πηγή ζωής αποτελεί πλέον είδος εν ανεπαρκεία. Επιπλέον, οι λιγοστές ποσότητες νερού που απομένουν δεν χαρακτηρίζονται πάντα από την καλύτερη ποιότητα.

Η Ελλάδα, όπως εξάλλου και ολόκληρος ο πλανήτης, βρίσκεται τα τελευταία χρόνια αντιμέτωπη με ένα μείζον οικολογικό πρόβλημα, αυτό της απειλούμενης λειψυδρίας.

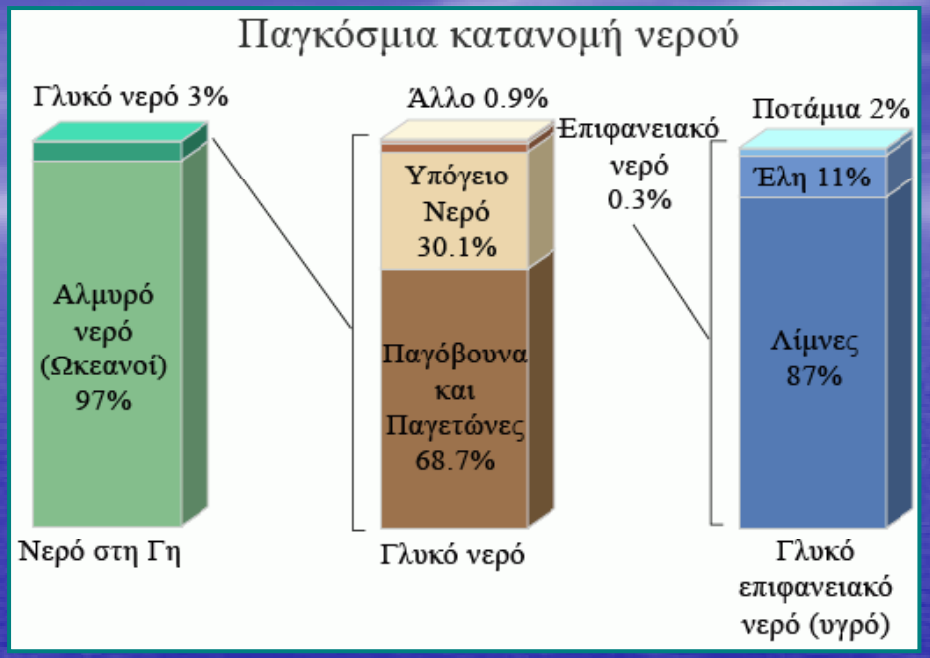
Το πρόβλημα αυτό οφείλεται σε μια σειρά από αίτια όπως,

- **η συνεχής αύξηση του πληθυσμού,**
- **η αύξηση του τουρισμού και της τουριστικής κατανάλωσης,**
- **η έλλειψη σχεδιασμού**
- **η κακή διαχείριση των υδάτινων αποθεμάτων,**
- **η καταστροφή των δασών,**
- **η περιφρόνηση των φυσικών νόμων που διέπουν τον υδρολογικό κύκλο,**
- **η ενδεχόμενη μείωση των βροχοπτώσεων λόγω κλιματικής αποσταθεροποίησης, κλπ.**

Νερό, φυσικός πόρος

Ο υδάτινος πλούτος της γης είναι τεράστιος.

Τα 3/4 της επιφάνειας της γης καλύπτονται από νερό και ο όγκος του υπολογίζεται σε 1,3 δις. κ. χλμ.



Το μεγαλύτερο ποσοστό, 97%, κατανέμεται στις θάλασσες και τους ωκεανούς.

Το υπόλοιπο 3% είναι γλυκό νερό και κατανέμεται στις ηπείρους, όπου το μεγαλύτερο μέρος βρίσκεται στους παγετώνες και στους πάγους των πόλων.

Όμως, ένα πολύ μικρό μέρος του γλυκού νερού είναι κατάλληλο για να πίνεται και βρίσκεται στους πόρους και στα διάκενα των διαφόρων υδροφόρων σχηματισμών.

Η ΨΕΥΔΑΙΣΘΗΣΗ ΤΗΣ ΑΦΘΟΝΙΑΣ

Σήμερα: **232 εκατομμύρια άνθρωποι σε 26 χώρες της γης πλήττονται από λειψυδρία.**

Το 2025: **Ο 1 στους 3 κατοίκους της γης, 3,5 δισ. άνθρωποι σε 52 χώρες, θα ζουν σε καθεστώς λειψυδρίας.**

Στο μέλλον: **Οι πόλεμοι, οι διεθνείς διαμάχες και οι συγκρούσεις θα έχουν ως αιτία τη διεκδίκηση πηγών νερού.**

Η ΨΕΥΔΑΙΣΘΗΣΗ ΤΗΣ ΑΦΘΟΝΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΝΕΡΑ

- Ποτάμια: Σημαντικά μειωμένες παροχές – Υπερεκμετάλλευση (Αλιάκμονας) - Διακρατικά νερά (Αξιός, Νέστος) - Ρύπανση- Υποβάθμιση Δέλτα

- Λίμνες: Υπό εξαφάνιση (Στην Κορώνεια απώλεια πλέον του 90% του υδατικού δυναμικού)

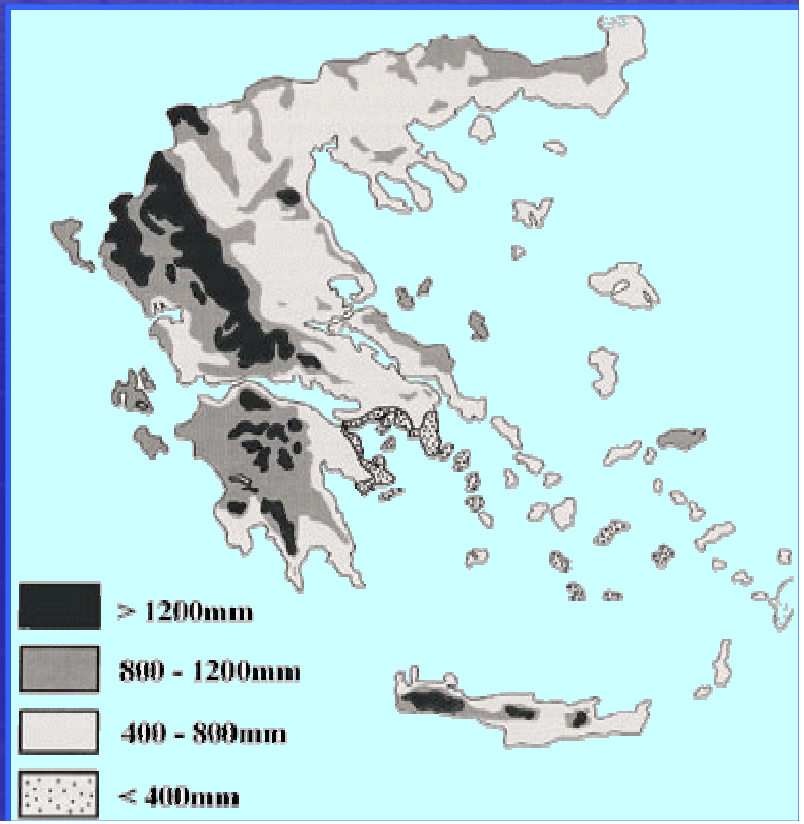
- Υγρότοποι: 2 στους 3 έχουν εξαφανιστεί τα τελευταία 50 χρόνια

ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ

- Εντατική εκμετάλλευση – Δραματικές πτώσεις στάθμης - Εκτεταμένη ρύπανση - Υφαλμύρωση παράκτιων υδροφορέων.

ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

- Χρονική και χωρική ανισοκατανομή των υδατικών πόρων
- Συγκεντρωτική ανάπτυξη του πληθυσμού και της οικονομικής δραστηριότητας
- Ευαίσθητη νησιωτική χώρα με την αυξημένη τουριστική κίνηση το καλοκαίρι
- Εκτεταμένη ακτογραμμή με προβλήματα υφαλμύρωσης



Ανανεώσιμος φυσικός πόρος

Το υπόγειο νερό είναι ένας *ανανεώσιμος φυσικός πόρος* με την προϋπόθεση της διατήρησης της ισορροπίας μεταξύ εμπλουτισμού και εκφόρτισης σε ένα υδροφόρο σύστημα.

- **Όταν οι απολήψιμες ποσότητες υπόγειου νερού υπερβούν την ικανότητα της ασφαλούς απόδοσης ενός παράκτιου υδροφόρου συστήματος, τότε παρατηρούνται φαινόμενα θαλάσσιας διείσδυσης**

- **Αυτή οδηγεί σταδιακά στην υφαλμύρωση του υπόγειου νερού, καθιστώντας αυτό σε πολλές περιπτώσεις ακατάλληλο, όχι μόνο για την ανθρώπινη, αλλά και για οποιαδήποτε άλλη χρήση.**

- ***Ελάχιστο νερό της θάλασσας, της τάξης 1-2% μέσα στο γλυκό νερό, καθιστά το γλυκό νερό μη πόσιμο***

Προέλευση των υφάλμυρων υπόγειων νερών

Η παρουσία υφάλμυρων υπόγειων νερών σχετίζεται τόσο με *φυσικούς* όσο και με *ανθρωπογενείς* παράγοντες

Φυσικά αίτια

- ✓ *η γεωλογική εξέλιξη της περιοχής,*
- ✓ *η ύπαρξη αποθέσεων εβαποριτών,*
- ✓ *τα εγκλωβισμένα υπεράλμυρα νερά,*
- ✓ *οι μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης,*
- ✓ *οι παλίρροιες,*
- ✓ *οι ξηρασίες συνέπεια των κλιματικών αλλαγών, κλπ.*

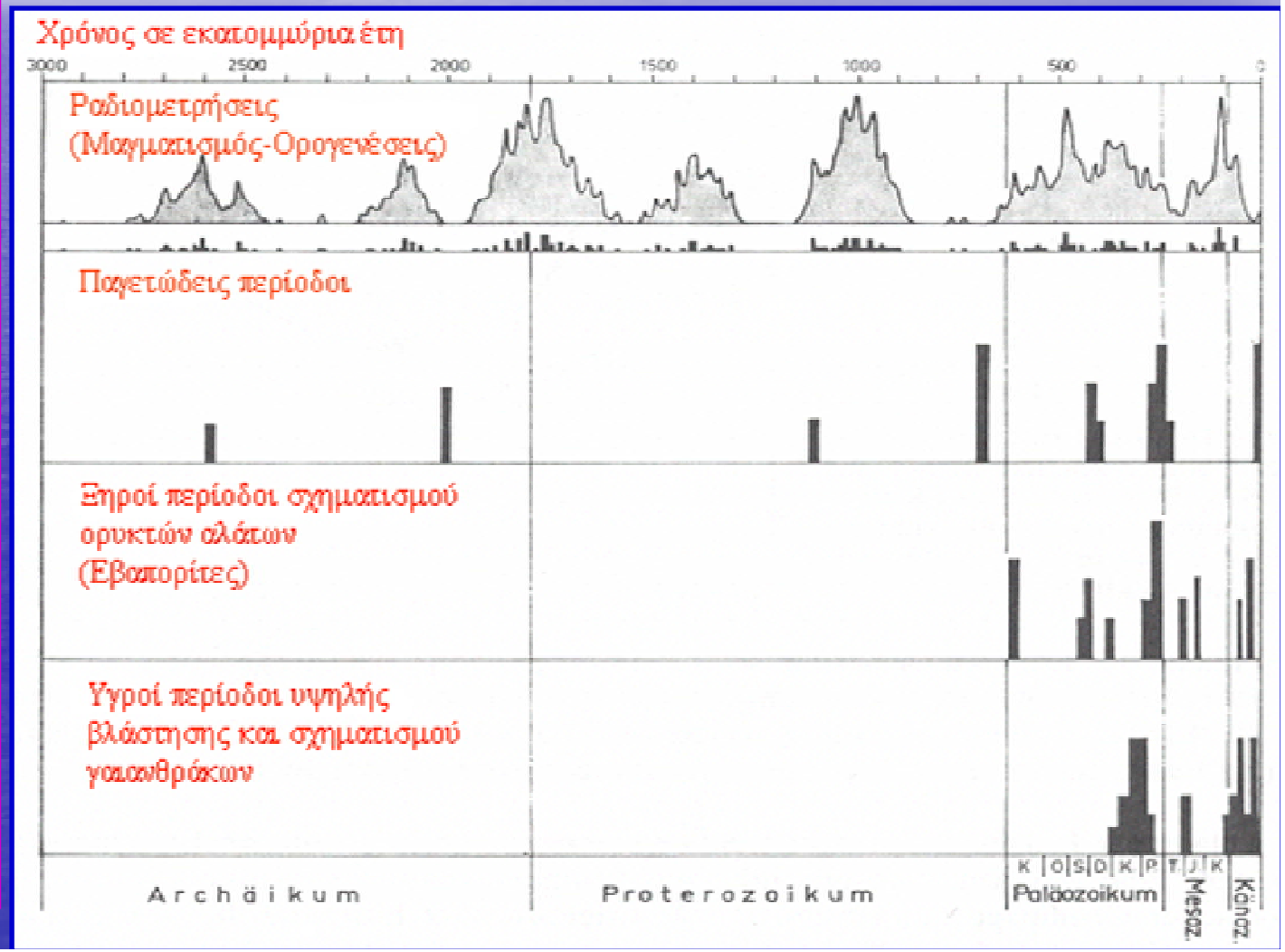
Ανθρωπογενείς παράγοντες

- ✓ **η υπερεκμετάλλευση των παράκτιων και ενδοχώριων υδροφόρων συστημάτων**
- ✓ **οι διάφορες ανθρώπινες δραστηριότητες που συνδέονται:**
  - **χρήση λιπασμάτων,**
  - **παραγωγή υγρών και στερεών αποβλήτων,**
  - **αποστραγγιστικά δίκτυα**
  - **χρήση ουσιών απαγορευμένων στη γεωργία κ. άλ.**

Περίοδοι ξηρασίας και ερημοποίησης

Οι σημαντικότερες περίοδοι επικράτησης υψηλού ξηροθερμικού κλίματος είναι:

- του Καμβρίου,
- του Σιλούριου-Δεβόνιου, του Περμίου και
- του Τριαδικού που έπληξε κυρίως την Κεντρική Ευρώπη,
- του Ιουρασικού,
- του Μεσσινίου που έπληξε ιδιαίτερα τον Μεσογειακό χώρο και σχηματίσθηκαν οι εβαπορίτες της Ιονίου ζώνης.



Γεωλογικοί παράγοντες

Περίοδοι εβαποριτικών αποθέσεων στην Ελλάδα :

1. ***Προαλπικές σειρές*** **: Περμο-Τριαδικής ηλικίας**

Εμφανίσεις : Κρήτη

2. ***Αλπικές σειρές*****: Κατώτερο Τριαδικό**

Εμφανίσεις : Ήπειρο, Αιτωλοακαρνανία, Νήσοι Ιονίου. Έχουν ανέλθει διαπειρικά μέχρι την επιφάνεια

3. ***Μεταλπικά ιζήματα*****: Μειόκαινο-Πλειόκαινο (κρίση αλμυρότητας του Μεσσηνίου, 6 εκατ. Χρόνια)**

Εμφανίσεις : Δυτική Πελοπόννησο, θαλάσσια περιοχή Πρίνου- Θάσου, Β. Σποράδες, βόρεια και ανατολικά της Κρήτης και στο Ιόνιο

Ευστατικές κινήσεις-Κλιματικές αλλαγές

Ευστατικές κινήσεις στο χώρο της Μεσογείου

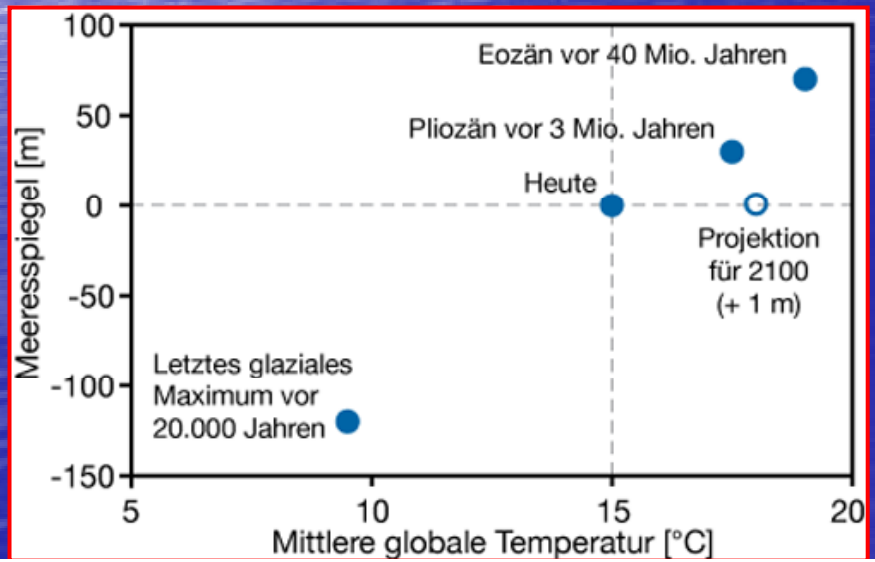
21.500 χρόνια πριν: η στάθμη της θάλασσας ήταν 120μ κάτω από την σημερινή

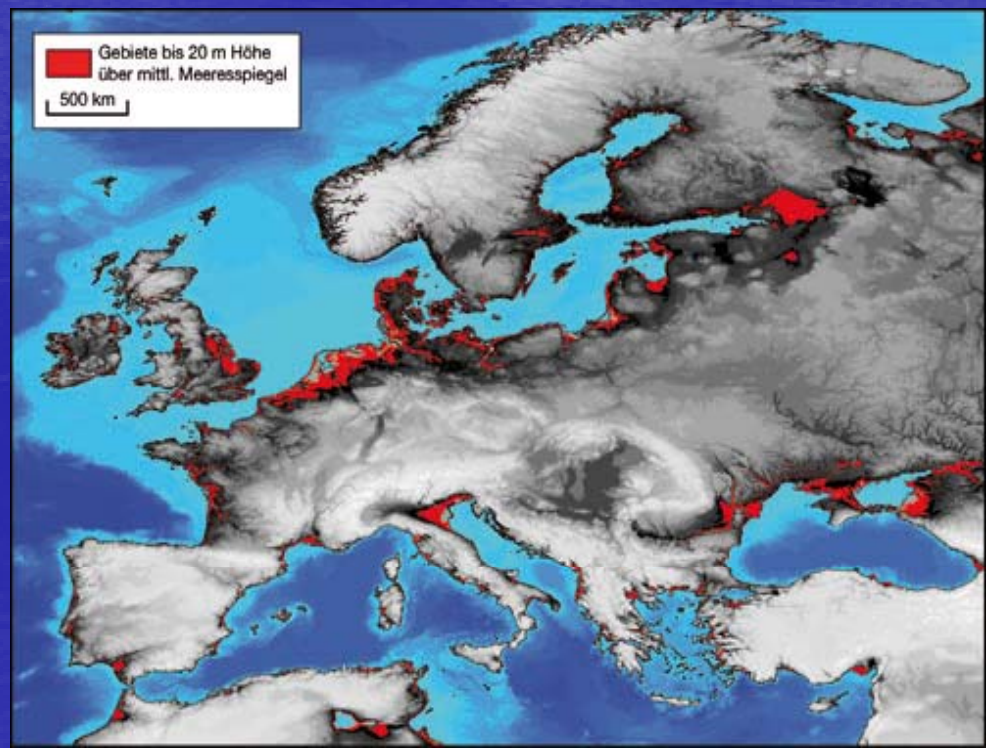
11.500 χρόνια πριν: η στάθμη ανέβηκε μέχρι -60μ από την σημερινή

8.000 χρόνια πριν: η στάθμη φθάνει στο σημερινό επίπεδο

Μέση θερμοκρασία και θαλάσσια στάθμη σε παγκόσμια κλίμακα, σε σχέση με τη σημερινή, σε διάφορες γεωλογικές περιόδους και κατά εκτίμηση η προβολή της για το έτος 2100. Η στάθμη της θάλασσας θα βρίσκεται 1 m πάνω από την σημερινή.

Παράκτιες περιοχές της Ευρώπης, της Ασίας και Βόρειας Αφρικής, οι οποίες σήμερα βρίσκονται σε υψόμετρο <20 m και κινδυνεύουν να καλυφθούν από τη θάλασσα



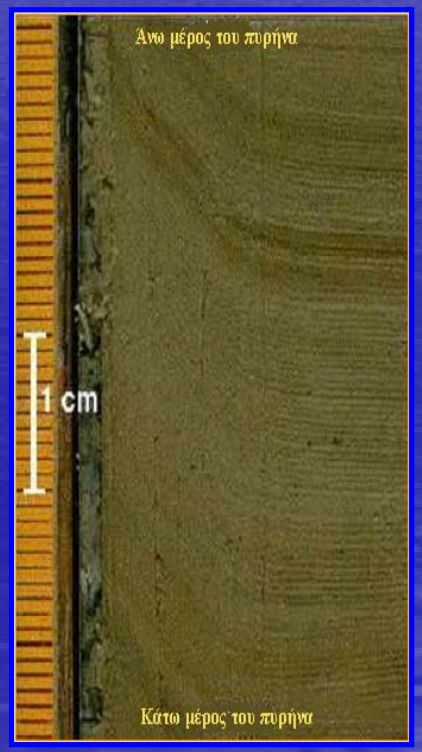


Πρόσφατοι περίοδοι ξηρασίας

Πηγή πληροφοριών πρόσφατων περιόδων ξηρασίας και ερημοποίησης αποτελούν τα λιμναία ιζήματα, τα οποία θεωρούνται ως «*αρχεία του φυσικού περιβάλλοντος*», που στηρίζεται στην διερεύνηση της αλατότητας των. Χαρακτηριστικό παράδειγμα έρευνας αποτελεί η ιζηματογένεση στον πυθμένα της λίμνης Van στην Ανατολική Τουρκία, η οποία βάση της γεωγραφικής της θέσης προσφέρει πληροφορίες για τις κλιματικές συνθήκες της ευρύτερης Ανατολικής Ευρώπης.

Οι ανοιχτόχρωμες γραμμώσεις του ιζήματος της λίμνης δημιουργούνται την θερινή, αντίθετα οι σκουρόχρωμες κατά την χειμερινή περίοδο. Οι γραμμώσεις μαρτυρούν, όπως και στους κορμούς των δένδρων, την ηλικία δημιουργίας του συγκεκριμένου τμήματος του πυρήνα που ανέρχεται στα 4500 χρόνια.

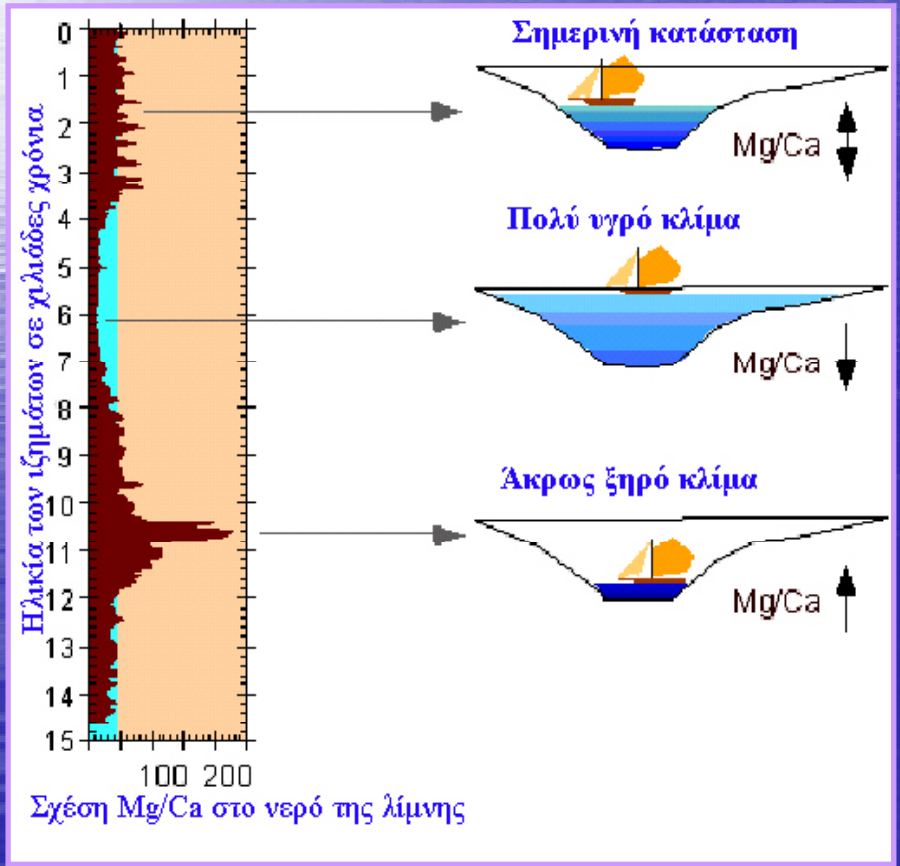
Οι ανοιχτόχρωμες γραμμώσεις σχηματίσθηκαν από ασβεστίτη, ο οποίος αποτίθεται κατά την θερινή περίοδο, καθώς η λίμνη εμπλουτίζεται με επιφανειακές εισροές που αραιώνουν την αλατότητα του νερού της. Όσο πιο υψηλή είναι η αλατότητα της λίμνης, τόσο περισσότερο το μαγνήσιο εμπλέκεται με το ασβέστιο και καθιζάνει.



Δείκτης αλατότητας και ξηρότητας

Η λίμνη Van δεν έχει απορροές και έτσι κάθε μεταβολή της στάθμης της σχετίζεται με την ξηρότητα του κλίματος της ευρύτερης περιοχής. Όσο πιο ξηρό κλίμα επικρατεί, τόσο υψηλότερη εξάτμιση γίνεται και συνεπώς αυξάνει η αλατότητα του νερού.

Εάν υπολογισθεί η σχέση του Mg/Ca στο ασβεστιτικό ίζημα κάθε μιας χρονιάς, τότε μπορεί να πάρει κανείς πληροφορίες αναφορικά ως προς την αλατότητα και την ξηρότητα του αντίστοιχου έτους.



Από την έρευνα των ιζημάτων της λίμνης Van προέκυψαν σημαντικές κλιματικές μεταβολές στην πρόσφατη περίοδο των 14.000 ετών:

→Μεταξύ 11.800 και 10.500 χρόνια το κλίμα υπήρξε αρκετά ξηρό, η στάθμη της λίμνης βρίσκονταν 400m χαμηλότερα από την σημερινή.

→Μεταξύ 8.000 και 4.000 χρόνια το κλίμα υπήρξε αρκετά υγρό, η στάθμη της λίμνης βρίσκονταν 90m υψηλότερα από την σημερινή.

***Η κλιματική μεταβολή που προέκυψε πριν 4.000 χρόνια, είχε αντίστοιχες επιπτώσεις στους λαούς της Μεσοποταμίας, οι οποίοι είχαν ανεπτυγμένη γεωργία και αρδευτικά συστήματα. Η περίοδος αυτή συμπίπτει με την οπισθοχώρηση της οικονομικής ανάπτυξης και της εξέλιξης τους.**

Ανθρωπογενείς παράγοντες

Α) Έξαρση Αστικοποίησης

Το δεύτερο ήμιση του περασμένου αιώνα χαρακτηρίζεται από έξαρση της αστικοποίησης, ιδιαίτερα σε παράκτιες περιοχές.

Το γεγονός αυτό οδήγησε σε αυξημένη χρήση του νερού των παράκτιων υδροφόρων

Αποτέλεσμα:

Διατάραξη της υφιστάμενης φυσικής ισορροπίας ανάμεσα στο γλυκό και αλμυρό νερό, εκεί όπου υπάρχει υδραυλική επικοινωνία ανάμεσα στα δυο υγρά.

Συχνά η συνεχής ζήτηση νερού, έχει οδηγήσει στην ανάγκη αξιοποίησης και μεταφοράς νερού από μεγάλες αποστάσεις, πχ Αθήνα, Θεσσαλονίκη, Ηράκλειο, Κόρινθος, Κέρκυρα, κ.ά.

Ανθρωπογενείς παράγοντες

Β) Υπερεκμετάλλευση των πεδινών ζωνών

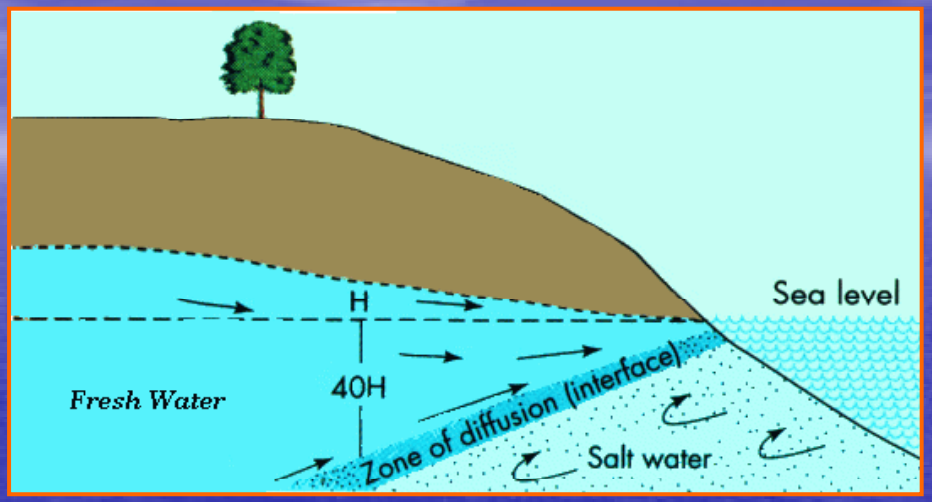
Οι μεγάλες υδατικές ανάγκες των πεδινών ζωνών της Ελλάδας, στις οποίες συγκεντρώνεται σχεδόν το σύνολο των αγροτικών εκτάσεων, των μεγάλων πόλεων και των βιομηχανικών ζωνών, έχουν δημιουργήσει συνθήκες υπερεκμετάλλευσης των υφιστάμενων σε αυτές υδατικών πόρων, επιφανειακών και κυρίως υπόγειων.

Το γεγονός αυτό έχει οδηγήσει στη δημιουργία αρνητικού ισοζυγίου με σοβαρές συνέπειες, όπως

- ✓ **πτώση στάθμης υπόγειων νερών,**
- ✓ **διείσδυση της θάλασσας και υφαλμύρωση,**
- ✓ **καθιζήσεις**
- ✓ **αλάτωση των εδαφών κ.α. αρνητικές επιπτώσεις**

Προσέγγιση του φαινόμενου της υφαλμύρωσης

Το πρόβλημα και η εξέλιξη του φαινόμενου της υφαλμύρωσης στους παράκτιους υδροφορείς είναι ιδιαίτερα σύνθετο και δεν είναι απλός ο τρόπος προσέγγισής του.



Μία τεχνική, η οποία ακολουθείται, είναι η εφαρμογή κατά τη διαχείριση των υπόγειων υδροφορέων, μεθόδων μαθηματικής προσομοίωσης.

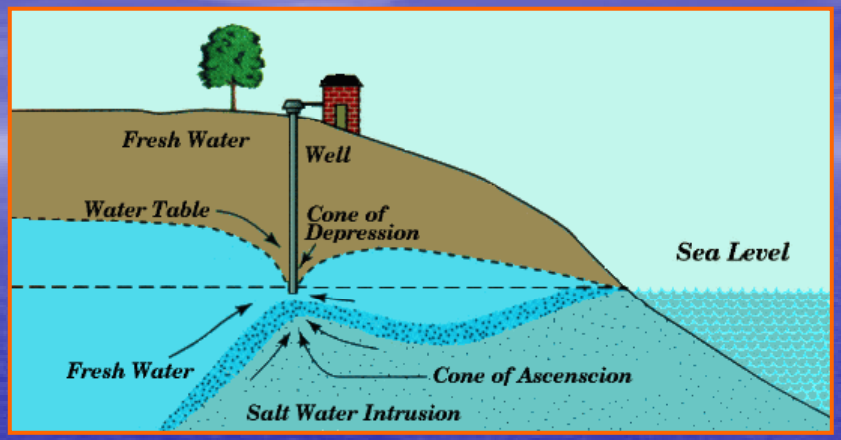
Οι Badon-Ghyben (1888) και Herzberg (1901) είναι οι πρώτοι ερευνητές που ασχολήθηκαν με το φαινόμενο αυτό.
<u>Διαπίστωσαν ότι</u> *: η στάθμη του θαλάσσιου νερού στο έδαφος δεν βρίσκεται στο επίπεδο της θάλασσας, αλλά κάτω από αυτό, 40 περίπου φορές τη διαφορά στάθμης του γλυκού νερού από το επίπεδο της θάλασσας.*

Η σχέση αυτή, γνωστή με το όνομα Ghyben-Herzberg, προκύπτει από την *υδροστατική ισορροπία* μεταξύ αλμυρού και γλυκού νερού, λόγω των *διαφορετικών πυκνοτήτων* που χαρακτηρίζουν τα δυο αυτά υγρά.

Ανύψωση διεπιφάνειας

Υποχώρηση της στάθμης του παράκτιου υδροφόρου στρώματος θα έχει ως συνέπεια την *ανύψωση της διεπιφάνειας*.

Αν η υποχώρηση της στάθμης οφείλεται σε άντληση γεώτρησης, τότε η αντίστοιχη ανύψωση της διεπιφάνειας θα έχει ακριβώς *μορφή κώνου*, ακριβώς αντίστροφου ως προς τον κώνο υποχώρησης.

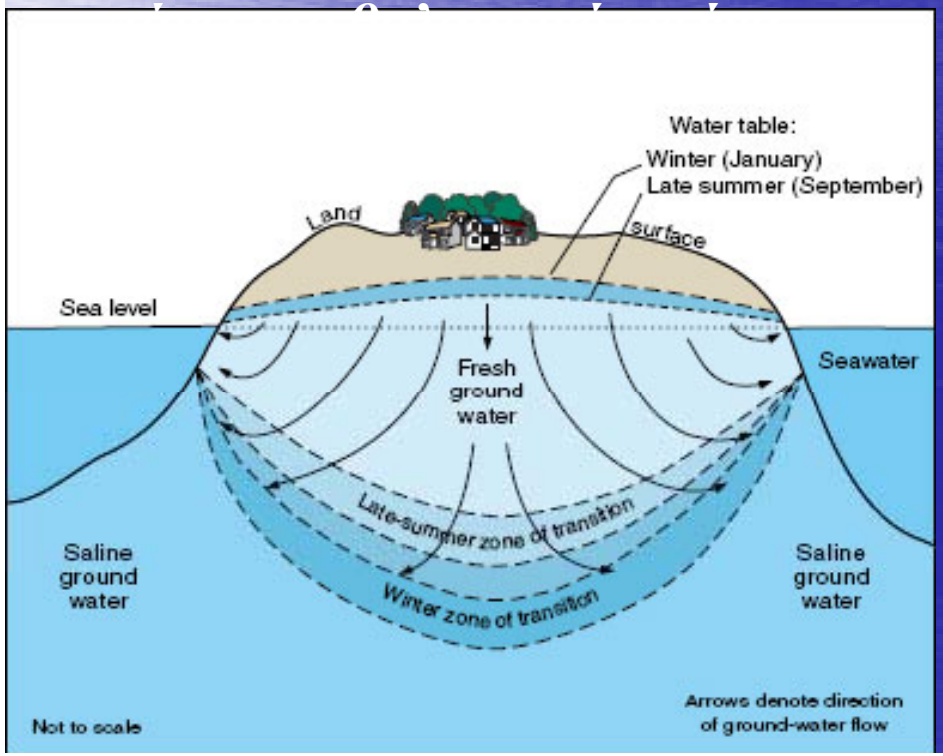


- Αν η στάθμη του υδροφόρου επανέλθει τότε βαθμιαία επανέρχεται και η διεπιφάνεια, όμως αφήνει *υπολείμματα αλμυρότητας* και διευρύνεται η ζώνη διεπιφάνειας.
- Η είσοδος του αλμυρού νερού στους υδροφόρους προκαλεί *κατιοντικές ανταλλαγές* με τα διάφορα ορυκτά του πετρώματος. Αυτή δρα ακολούθως ως δευτερογενής πηγή ρύπανσης.
- Το γεγονός αυτό καθιστά συχνά *μη αναστρέψιμη* την υφαλμύρωση των υδροφόρων.

Η θεωρία και η πραγματικότητα στα νησιά μας

Θεωρητικά ισχύει: Το νερό της κατείσδυσης σχηματίζει ένα υδροφόρο στρώμα από γλυκό νερό.

Επειδή το γλυκό νερό είναι ελαφρύτερο από το θαλασσινό θα πρέπει θεωρητικά να επιπλέει



Γλυκό νερό: ειδικό βάρος 1,004 gr/cm³

Θαλασσινό νερό: ειδικό βάρος 1,040 gr/cm³

Πάρος : 50 δημοτικές γεωτρήσεις

250 ιδιωτικές

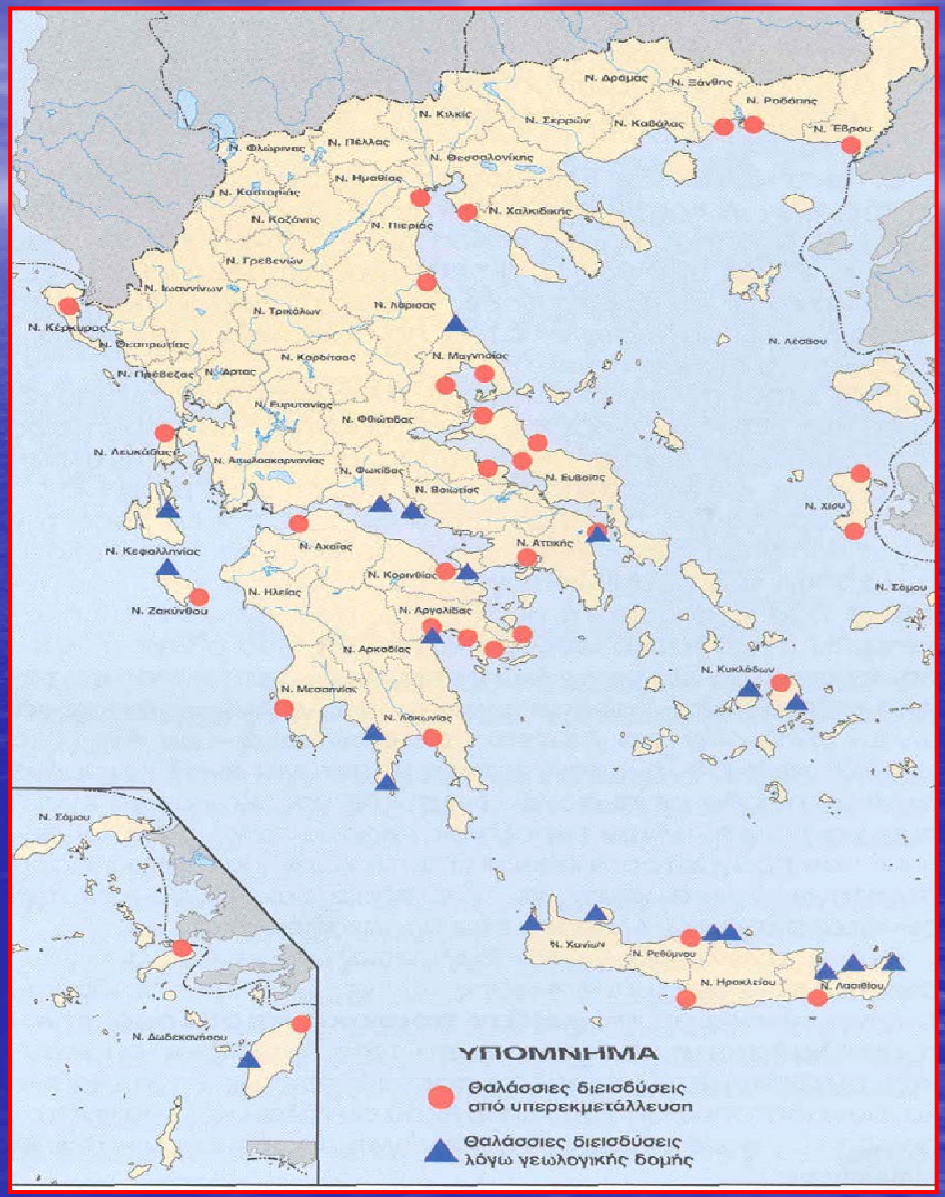
Τήνος : 30 δημοτικές

150 ιδιωτικές

Σύρος : 40 δημοτικές

300 ιδιωτικές

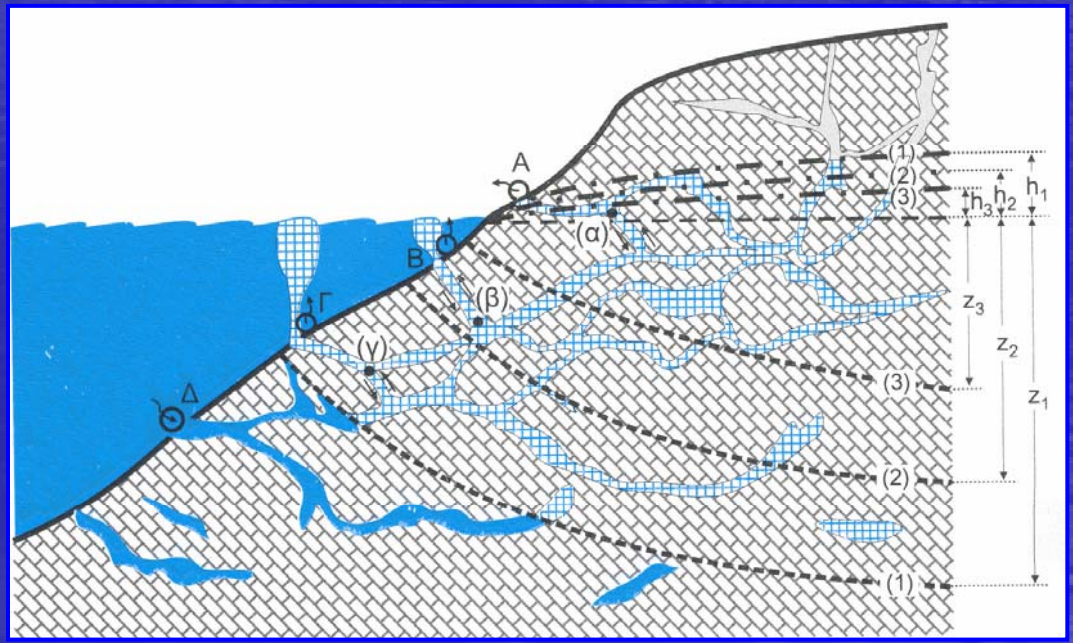
Υφαλμύρωση και λιθολογία



Υφαλμύρωση καρστικών συστημάτων

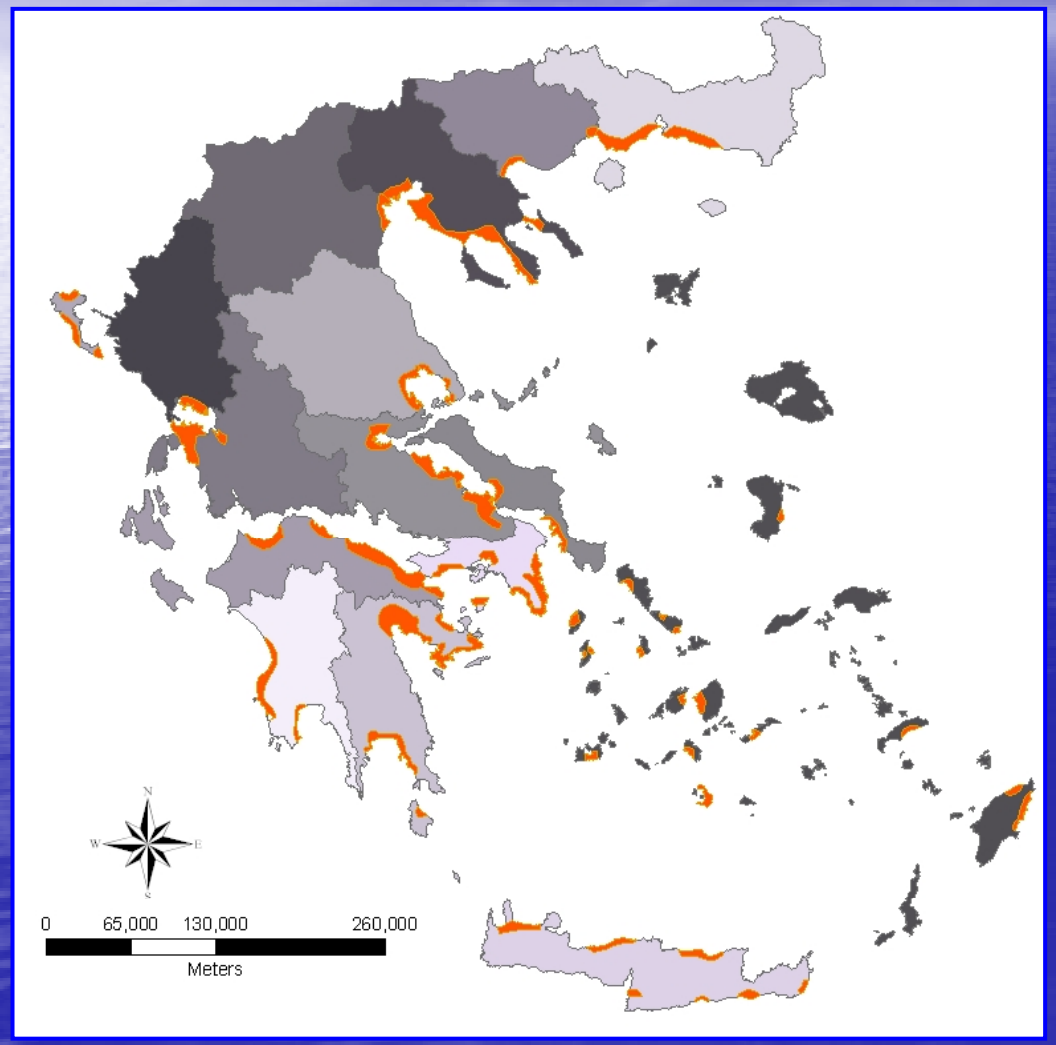
Η εφαρμογή των μαθηματικών προσεγγίσεων περιορίζεται κυρίως σε ομοιογενείς χαλαρούς υδροφορείς, ενώ δεν ανταποκρίνεται στους συμπαγείς διαρρηγμένους ή καρστικοποιημένους σχηματισμούς.

Στην περίπτωση παράκτιων καρστικών υδροφόρων συστημάτων η υδροδυναμική ισορροπία γλυκού αλμυρού-νερού γίνεται πολύπλοκη, από το γεγονός, ότι η διεπιφάνεια έχει μεγάλο πάχος και αποτελεί μια μεταβατική ζώνη, οι διαστάσεις της οποίας εξαρτώνται από τα φυσικά χαρακτηριστικά των αγωγών του συστήματος.



Η υφαλμύρωση στον ελληνικό χώρο

Περιοχές με επικινδυνότητα θαλάσσιας διείσδυσης λόγω υπεράντλησης.



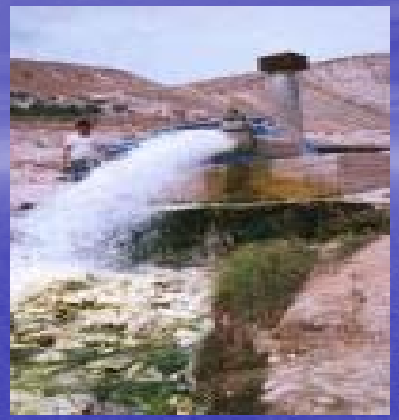
Η υπερεκμετάλλευση των περισσοτέρων, αν όχι σχεδόν όλων των παράκτιων υδροφόρων στρωμάτων, ιδίως των αλλουβιακών, έχει δημιουργήσει ένα τεράστιο, οξύ και μεσοπρόθεσμα επικίνδυνο πρόβλημα στην Ελλάδα:

<u>το πρόβλημα της υφαλμύρωσης.</u>

Αν εξαιρέσουμε πολύ λίγες παράκτιες περιοχές, όπως οι ηπειρωτικές ακτές Ιονίου, οι βόρειες ακτές Κορινθιακού-Πατραϊκού, όπου εκφορτίζονται μεγάλες καρστικές μάζες, ακτές ανατολικά του Πηλίου και της Όσσας κλπ. και αυτές βέβαια όχι καθολικά, αλλά τμηματικά, σε όλες σχεδόν τις άλλες υπάρχει

Ανεξέλεγκτη άντληση – Επιπτώσεις στα εδάφη

Οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα σε πολλές περιοχές της Ελλάδας, εντοπίζουν σε κάθε περίπτωση, λόγω της γεωγραφικής ιδιαιτερότητάς της, το μέγεθος του προβλήματος που έχει προκύψει και το οποίο αποδίδεται αποκλειστικά στην υπερεκμετάλλευση των παράκτιων υδροφόρων στρωμάτων.



- **Πάνω από 200.000 γεωτρήσεις έχουν γίνει σε ολόκληρη τη χώρα, χωρίς να συμπεριλαμβάνονται σε αυτόν τον αριθμό οι παράνομες.**
  Αντλούν ανεξέλεγκτα χωρίς ουσιαστική πολιτική ελέγχου.

- **Περίπου 2 εκατ. στρέμματα καλλιεργήσιμης γης υφίστανται τις επιπτώσεις από την χρήση υφάλμυρων υπόγειων νερών, οι οποίες αντανακλώνται όχι μόνο στη μείωση της παραγωγής, αλλά και στην υποβάθμιση της αγροτικής γης.**

Εκτίμηση του ρυπαντικού φορτίου NaCl

Έστω Γεώτρηση

-Παροχή: 50 m^3/h

-Χρόνος άντλησης: 5 ώρες/ημέρα

-Περίοδος άντλησης: 100 ημέρες

-Αντλούμενος όγκος νερού: 25.000 m^3

Ποιοτική σύσταση υφάλμυρου νερού

-Ηλεκτρική Αγωγιμότητα: 4.000-7.000 μS/cm / Μέση τιμή: 5.000 μS/cm

-Συγκέντρωση NaCl: 1.500 – 2.500 mg/l

-Μέση τιμή NaCl : 2.000 mg/l=2,0 gr/m^3=0,002 Kg/m^3

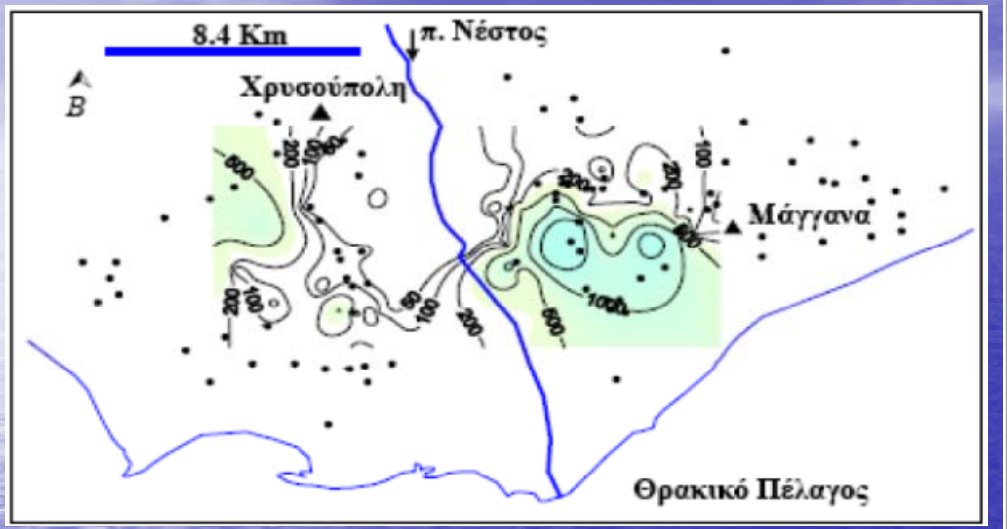
-Απόθεση ολικού φορτίου σε ετήσια βάση: 25.000m^3 χ 0,002=50 Kg NaCl

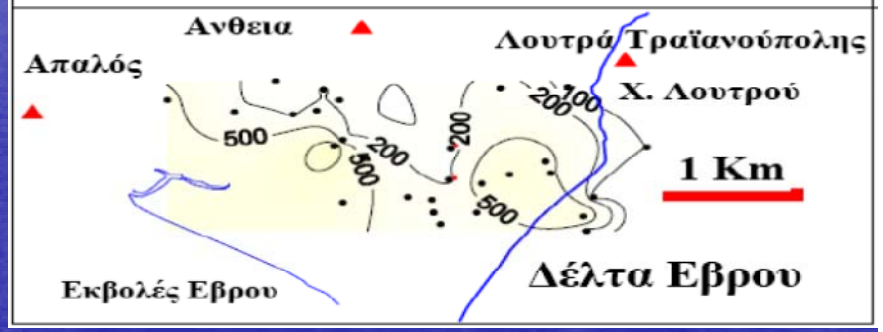
Καταγεγραμμένες Γεωτρήσεις: 200.000

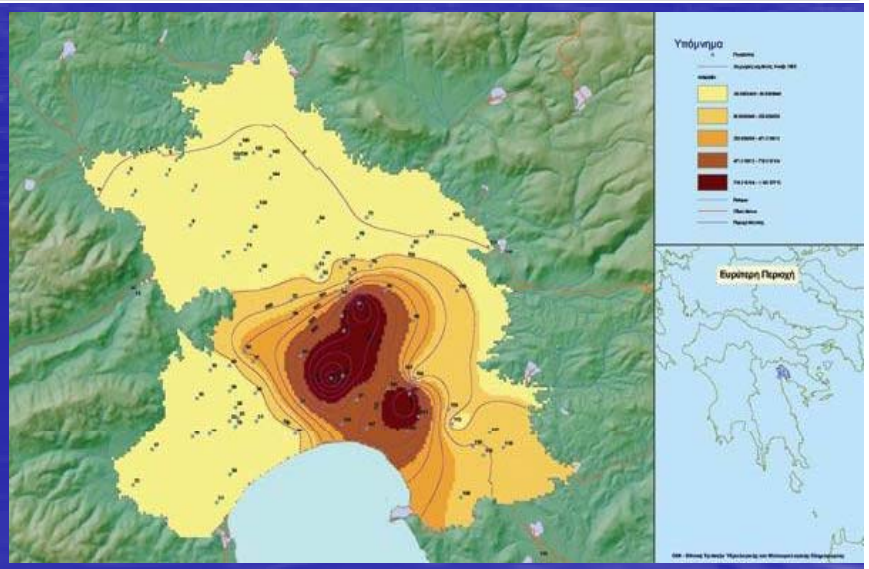
Γεωτρήσεις παράκτιας ζώνης: 1/3 = 70.000 χ 25.000 m3=1.750 χ 10^6 m^3

70.000 Γεωτρήσεις παράκτιας ζώνης χ 50 Kg NaCl = 3.500.000 Kg NaCl

Περιοχές έντονης υφαλμύρωσης







Εκτίμηση απορρύπανσης

Παράμετροι εκτίμησης χρόνου απορρύπανσης

Υδροφόρος	Πάχος b σε m	Πορώδες %	Κατείσδυση σε mm/yr	Συγκέντρωση ιόντων σε mol			
				Cl^-	Na^+	Mg^{2+}	Ca^{2+}
Γλαύκου	50	12,6	115	$45,9\ 10^{-3}$	$43\ 10^{-3}$	$7\ 10^{-3}$	$6,8\ 10^{-3}$
Γουβών	30	4,5	80	$24,9\ 10^{-3}$	$29,1\ 10^{-3}$	$2,76\ 10^{-3}$	$5,5\ 10^{-3}$
Αργολικού πεδίου	56	24	150	$28\ 10^{-3}$	$3,3\ 10^{-3}$	$3,3\ 10^{-3}$	$14,4\ 10^{-3}$
Μάννα-Γαλησσά Σύρου	2	20	40	$81,7\ 10^{-3}$	$60\ 10^{-3}$	$25,8\ 10^{-3}$	$25,4\ 10^{-3}$

Χρόνος απορρύπανσης υφάλμυρων υδροφόρων, από τη διακοπή της άντλησης τους, σε χρόνια

Υδροφόρος	T_{Cl}	T_{Na}	T_{Mg}	$T_{ολ}$
Γλαύκου	55	28	87	180
Γουβών	17	430	662	1108
Αργολικού πεδίου	90	66	285	441
Μάννα-Γαλησσά Σύρου	10	32	103	145

Υφαλμύρωση και Ερημοποίηση

Πεδινά εδάφη **ερημοποιούνται όταν εμπλουτισθούν με υδατοδιαλυτά άλατα και καταστούν «αλατούχα».**

Εντατικές αρδεύσεις χωρίς να λαμβάνονται αντίστοιχα προληπτικά μέτρα, όπως και η χρησιμοποίηση αλατούχων υδάτων, μπορούν να απειλήσουν πολλά από τα πολύτιμα εδάφη της Χώρας.

Εκτιμάται ότι ποσοστό ανερχόμενο στο 30% περίπου των εδαφών των ευαίσθητων κλιματικών ζωνών της Ελλάδας έχουν περιέλθει σε διάφορα στάδια απερήμωσης και η τάση είναι να αυξηθεί το ποσοστό αυτό.

Τα υφάλμυρα νερά και ανθρώπινη υγεία

Τα χλωριόντα δεν έχουν επιβλαβή επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό, αλλά σε υψηλές συγκεντρώσεις δίνουν στο πόσιμο νερό γλυφή γεύση.

Επειδή δεν έχει παρατηρηθεί τοξικότητα των χλωριόντων στον άνθρωπο δεν έχει καθορισθεί ανώτατο επίπεδο στο πόσιμο νερό.

Πλην όμως η παρουσία των ιόντων νατρίου δημιουργούν σοβαρά προβλήματα υγείας σε ευπαθείς ομάδες του πληθυσμού υποφέρουν από υπέρταση

Υφαλμύρωση υδροφορέων - Κλιματική αστάθεια

Το πρόβλημα της υφαλμυρώσεως των παράκτιων υδροφόρων αποτελεί βασικό Μεσογειακό και Ελληνικό πρόβλημα, κυρίως λόγω της υπερεκμεταλλεύσεως, δεδομένου ότι η λεκάνη της Μεσογείου είναι, εδώ και 25 αιώνες, κέντρο κοινωνικής, οικονομικής, βιομηχανικής, πολιτιστικής, αγροτικής και τουριστικής αναπτύξεως.

Το θέμα της τουριστικής αναπτύξεως είναι η αιχμή του δόρατος σήμερα, με τη σημείωση, ότι πρόκειται για μια ιδιαιτέρως υδροβόρος βιομηχανία, σε συνδυασμό με τη συνεχή αύξηση του πληθυσμού και τη συνεχή βελτίωση του βιοτικού επιπέδου, που συνδέεται με την αύξηση της υδατικής καταναλώσεως.

Η κλιματική αποσταθεροποίηση (αύξηση συχνότητας καυσώνων, μείωση συχνότητας ψυχρών επεισοδίων, μείωση ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων κλπ.) συνδυάζεται με τις ακόλουθες επιπτώσεις:

- **Μείωση της προσφοράς νερού**
- **Αύξηση εξατμίσεως**
- **Αύξηση του απαιτούμενου νερού για υδρεύσεις και αρδεύσεις**
- **Αύξηση του επιπέδου υφαλμυρώσεως των παράκτιων υδροφόρων οριζόντων**
- **Αύξηση συγκεντρώσεως των ρύπων στα υδατικά συστήματα.**
- **Αύξηση της χημικής υποστηρίξεως των καλλιεργειών**
- **Προβλήματα στα οικοσυστήματα και τους υγροτόπους**

Μείωση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων

Είναι σαφές ότι σε συνθήκες κλιματικής αλλαγής, οτιδήποτε σχετίζεται με το νερό θα γνωρίσει στο μέλλον μεγάλες αλλαγές.

Σε κάποιες χώρες το μέσο ύψος της βροχής θα αυξηθεί σημαντικά, όπως αναμένεται να συμβεί στην κεντρική και βόρεια Ευρώπη.

Σε άλλες όπως οι χώρες του τρίτου κόσμου η ανομβρία θα ενταθεί.

Στη περιοχή της Μεσογείου, θα αλλάξει η κατανομή των βροχοπτώσεων στο χρόνο, καθώς θα έχουμε συχνότερη εμφάνιση ακραίων φαινομένων.

Για τη χώρα μας σημαίνει ότι στο εξής, ακόμη κι αν δεχόμαστε συνολικά, σε ετήσια βάση, τα ίδια ύψη βροχής σε σχέση με το παρελθόν, η κατανομή του νερού θα είναι τέτοια, ώστε να μην ευνοεί όπως παλιά τον εμπλουτισμό των φυσικών δεξαμενών του νερού.

Το έδαφος, ως γνωστό, δεν προλαβαίνει να διηθήσει το νερό όταν αυτό έρχεται σε μεγάλες ποσότητες και για σύντομα χρονικά διαστήματα, με αποτέλεσμα το μεγαλύτερο μέρος του νερού των βροχοπτώσεων μεγάλης έντασης, να απορρέει αναξιοποίητο.

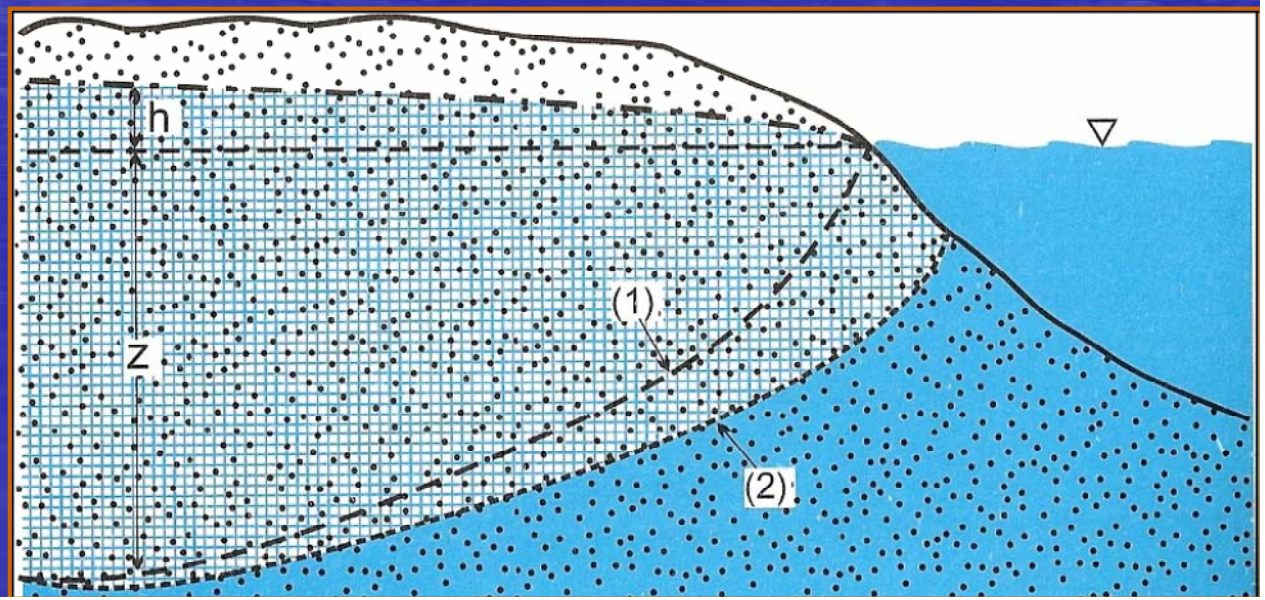
Ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας μπορεί να προκαλέσει αλλαγή της ροής του αλμυρού νερού εισβάλλοντας στους υπόγειους υδροφορείς.

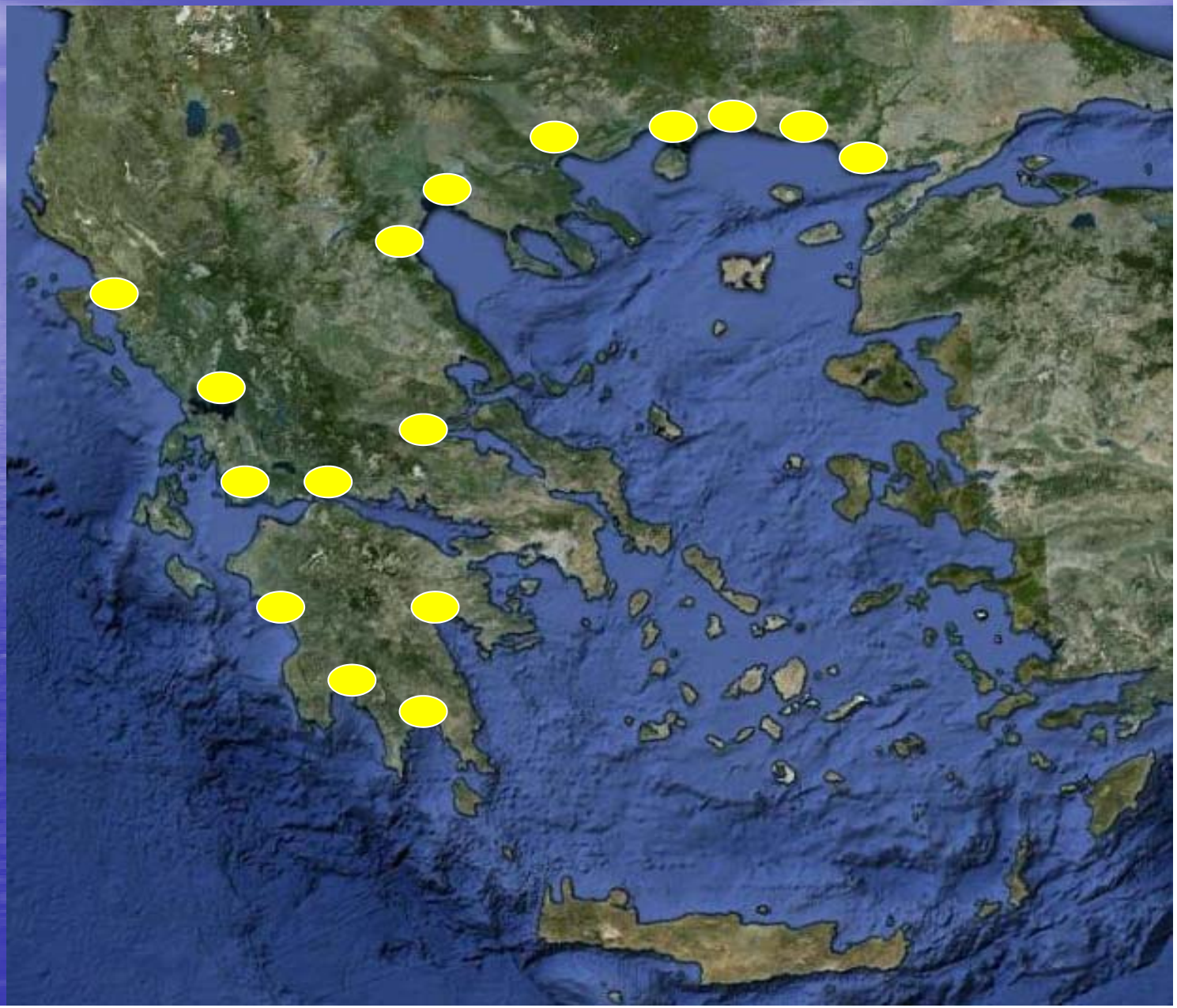
Όπως παρατηρούμε και από το νόμο Ghyben-Herzberg το βάθος του γλυκού νερού (z) εξαρτάται από το h δηλαδή το ύψος του γλυκού νερού από το μέσο επίπεδο της θάλασσας.

Αυτό σημαίνει ότι για κάθε αύξηση του επιπέδου της στάθμης της θάλασσας έχει σαν συνέπεια την μείωση της χωρητικότητας του γλυκού νερού στον υδροφόρο και τη μετατόπιση της διεπιφάνειας γλυκού και αλμυρού νερού προς τα πάνω.

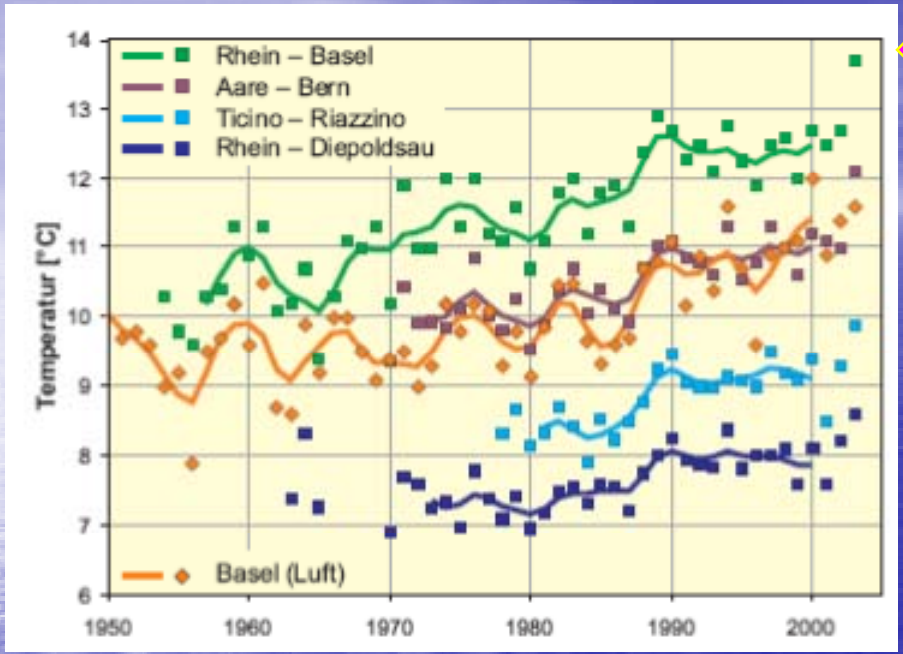
Z =40 . h (m)



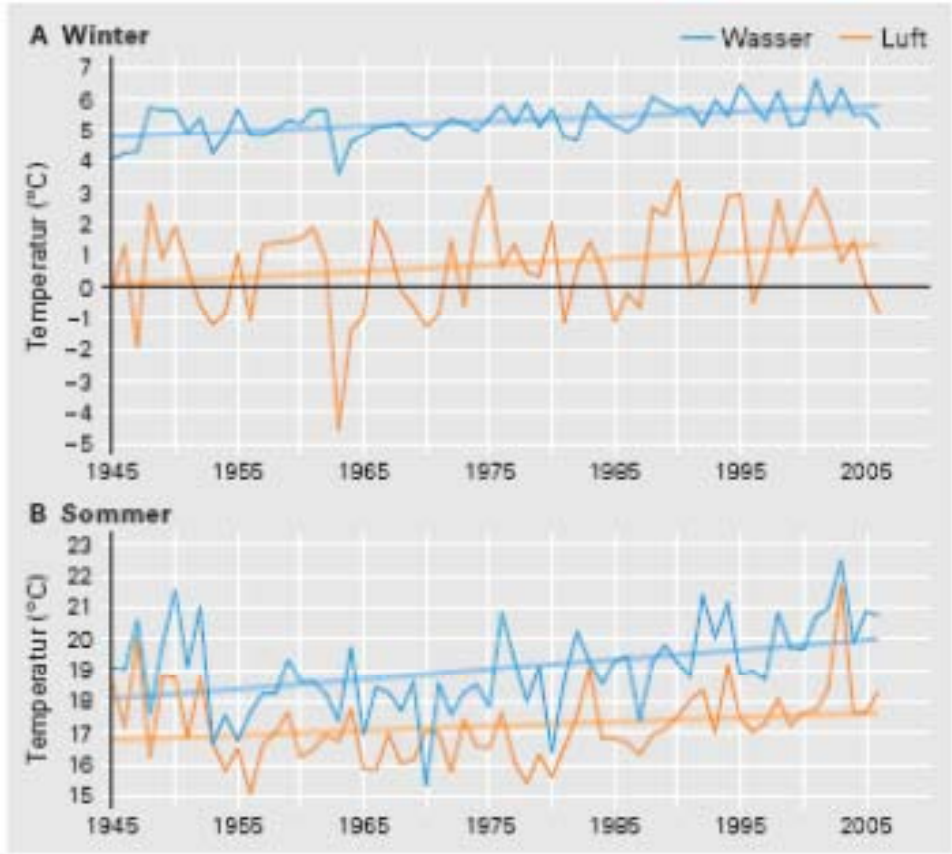
Ευάλωτες περιοχές στην ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης



Ποιοτικές μεταβολές των επιφανειακών υδάτων



Μεταβολή της θερμοκρασίας σε ποταμούς της Ελβετίας 1945-2008



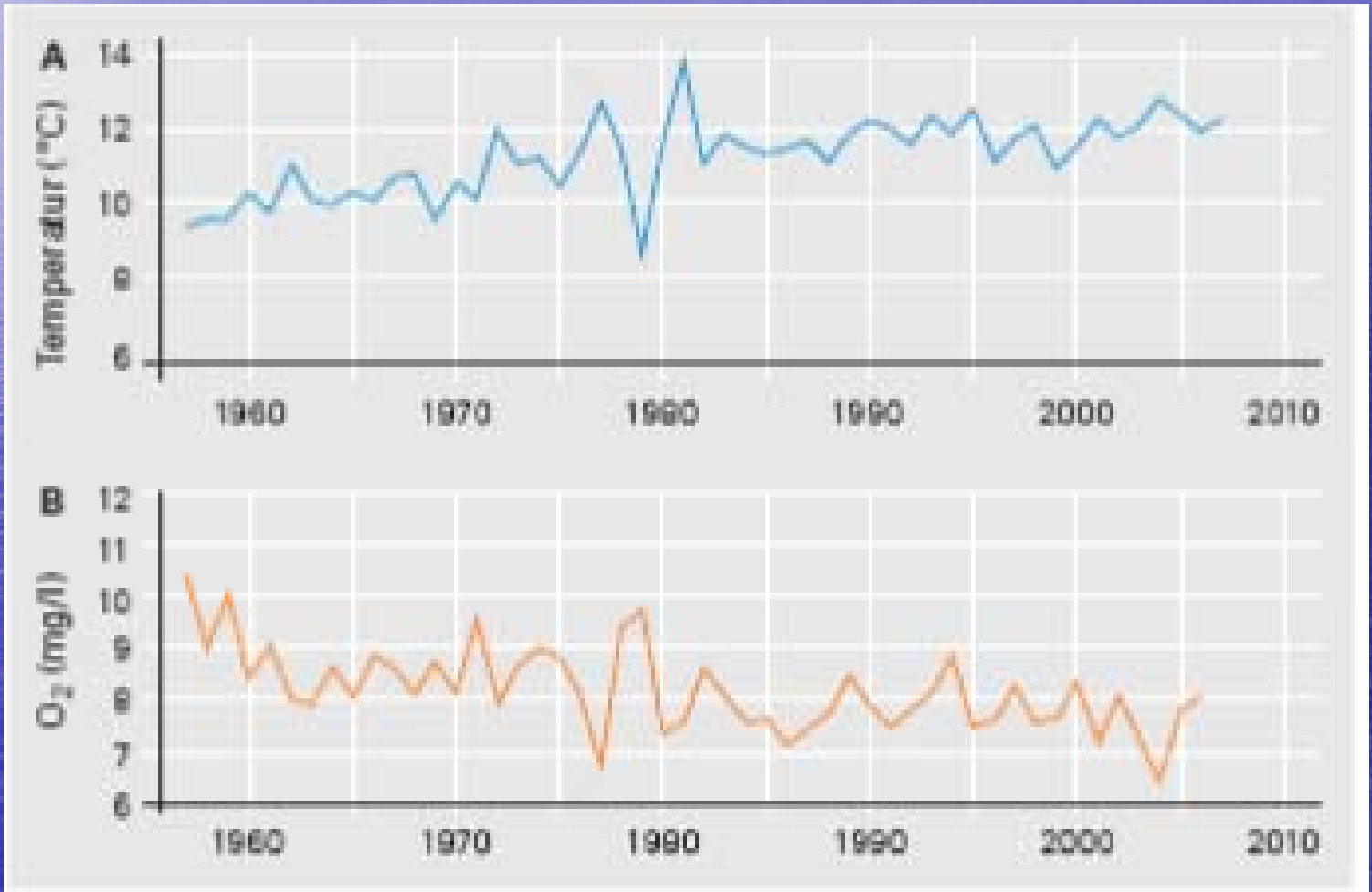
Μεταβολή της θερμοκρασίας στη λίμνη της Ζυρίχης, στο επιλίμνιο σε 5 μέτρα βάθος, 1945-2008

Χειμερινή περίοδο: 0,016 ^{o}C

Θερινή περίοδο: 0,031 ^{o}C

Ποιοτικές μεταβολές των υπόγειων υδροφόρων

Μεταβολή της θερμοκρασίας και της συγκέντρωσης του O2 σε αβαθή υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα βόρειας Ελβετίας (Rheinau/ZH)



Ποιοτικές μεταβολές των επιφανειακών υδάτων

-Αύξηση της θερμοκρασίας στα επιφανειακά ύδατα συνεπάγεται:

- *εμφάνιση κυανοβακτηριδίων και παραγωγή κυανοτοξινών*
- *μείωση της συγκέντρωσης του O_2*
  - *αλλαγή της γεύσης του νερού*
  - *ευτροφικές καταστάσεις*
  - *μεταβολή του οξειδωτικού περιβάλλοντος σε αναγωγικό*
  - *κινητοποίηση των βαρέων μετάλλων*
- *αύξηση της οργανικής ύλης, υψηλότερη παραγωγή CO2*
- *αύξηση της διαλυτότητας και επομένως της σκληρότητας*
- *μεταβολή της τιμής του pH*

Αποδέκτης όλων των μεταβολών αυτών: ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντα

Συσσώρευση των ρύπων στις παράκτιες ζώνες

όπου και οι εκβολές των επιφανειακών συστημάτων

Μέτρα πρόληψης- αντιμετώπισης κατά της υφαλμύρωσης

- ***Μείωση της συνολικής ετήσιας ή (εποχικής άντλησης),*** **ώστε να διατηρείται σε ικανοποιητικά επίπεδα η στάθμη του υδροφόρου. Χρησιμοποίηση επιφανειακού νερού (από φράγματα κλπ) σε αντικατάσταση υπόγειου.**

- ***Τροποποίηση του γενικού σχεδίου άντλησης*** **που μπορεί να περιλαμβάνει:**
  - **Απομάκρυνση, κατά το δυνατό, των γεωτρήσεων από την ακτή.**
  - **Διασπορά των γεωτρήσεων σε ευρύτερη έκταση, ώστε η υποχώρηση της στάθμης να γίνεται σε μεγαλύτερη έκταση, αλλά σε μικρότερο βάθος.**
  - **Αντικατάσταση μεγάλων γεωτρήσεων με περισσότερες μικρές ή μείωση της παροχής μεγάλων γεωτρήσεων.**
  - **Κατασκευή γεωτρήσεων μικρού βάθους**
  - **Απαγόρευση στις ευαίσθητες περιοχές κάθε ανεξέλεγκτης γεωτρητικής δραστηριότητας**

- ***Τεχνητός εμπλουτισμός*** **με διαφόρους μεθόδους, ώστε να αυξηθεί η εκμεταλλεύσιμη παροχή και να ανεβεί η στάθμη του υδροφορέα.**

Ευχαριστώ για την

Προσοχή σας