



Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών
Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο

Χημική και Περιβαλλοντική Τεχνολογία

Διάλεξη 4η: Εισαγωγή στην Τεχνολογία Νερού

Νικόλαος Γ. Σαββάκης

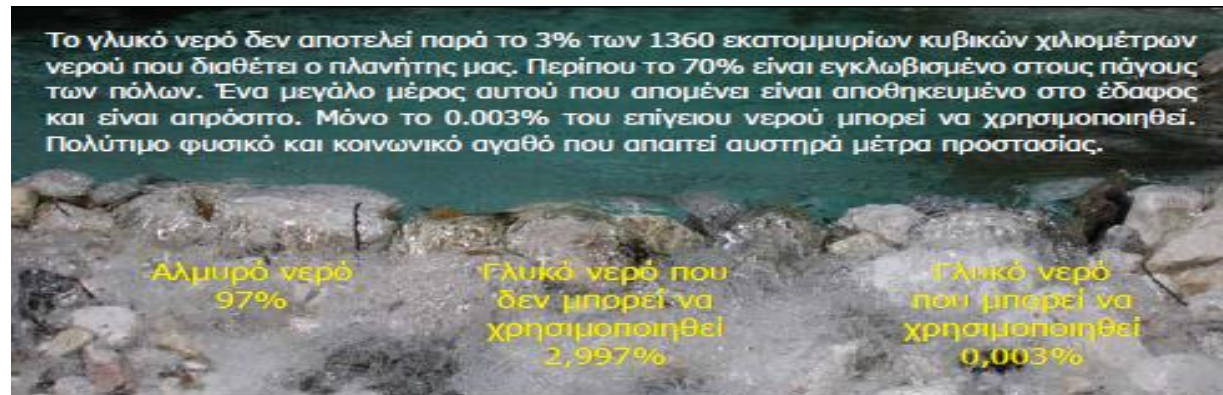
Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

ΕΛΜΕΠΑ

Ακαδημαϊκό Έτος 2023-2024

Διαχείριση υδάτινων πόρων

- Το νερό αποτελεί έναν από τους **σημαντικότερους** φυσικούς πόρους → **Καθορίζει** την ανάπτυξη και την διαβίωση, δλδ. την ίδια τη ζωή.
- Βασικοί λόγοι που καθιστούν **αναγκαία** την **ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων**, είναι:
 - Η συνεχής αύξηση της κατανάλωσης νερού για τις ανάγκες της οικονομίας και των πολιτών (→ αύξηση παγκόσμιου πληθυσμού)
 - Η εκτεταμένη ρύπανση των υπόγειων και επιφανειακών υδάτων.
 - Οι νέες συνθήκες που επέρχονται λόγω κλιματικής αλλαγής (→ όπως η μείωση των βροχοπτώσεων).



Είδη νερού

Το νερό που βρίσκεται στη φύση διακρίνεται σε 3 κατηγορίες:

1. **Ατμοσφαιρικό νερό:** Νερό από βροχή ή χιόνι

- Περιέχει **διαλυμένα αέρια** (: οξυγόνο, διοξείδιο του θείου, οξείδια του αζώτου), **οργανικές ενώσεις** (:προέρχονται ιδίως από τα αερολύματα των βιομηχανιών)
- **Δεν περιέχει διαλυμένα άλατα** μαγνησίου και ασβεστίου

2. **Επιφανειακά νερά:** ποτάμια λίμνες θάλασσες

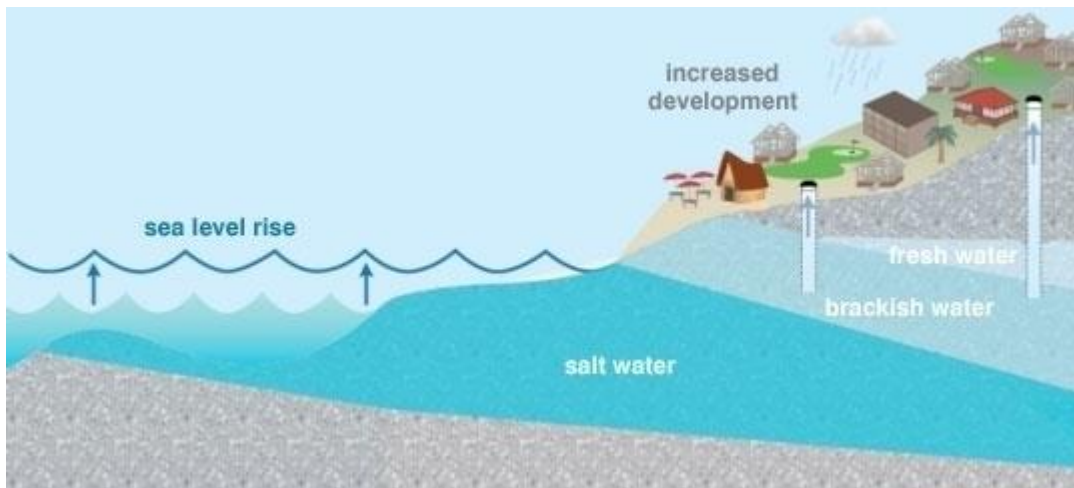
- περιέχουν εκτός από τις προσμίξεις του ατμοσφαιρικού νερού και μια μεγάλη ποικιλία αλάτων όπως ανθρακικά άλατα του ασβεστίου μαγνησίου νατρίου καλίου φιλικά και χλωρού χλωριούχα άλατα διαφόρων στοιχείων
- οργανικές ουσίες που οφείλονται σε γεωργικές δραστηριότητες

3. **Υπόγεια νερά**

- Νερά που είναι αποταμιευμένα στο υπέδαφος και περιέχουν διάφορα άλατα (εξαρθώνονται από τα πετρώματα μέσα από τα οποία το ατμοσφαιρικό και το επιφανειακό νερό διηθείται και αποταμιεύεται στους υπόγειους υδροφορείς.)

Είδη νερού

- Το νερό ανάλογα με την περιεκτικότητά του σε άλατα χαρακτηρίζεται:
 - ως **γλυκό** όταν περιέχει **λιγότερο από 1 g αλάτων ανά λίτρο**
 - ως **υφάλμυρο** σαν αποτέλεσμα της ανάμειξης γλυκού νερού με θαλασσινό
 - ως **αλμυρό νερό** όταν περιέχει περισσότερο από **1 g αλάτων ανά λίτρο**



Ο Υδρολογικός Κύκλος

- Οι κυριότερες φάσεις του υδρολογικού κύκλου:
 1. **Η εξάτμιση από την ξηρά και τις υδάτινες επιφάνειες** (λίμνες, ποταμοί, θάλασσα). Το νερό από την υγρή φάση μετατρέπεται σε υδρατμούς που ανεβαίνουν στην ατμόσφαιρα και μετακινούνται υπό την επίδραση των ανέμων.
 2. **Η διαπνοή από τα φυτά και την βλάστηση**, οπότε και πάλι το νερό μετατρέπεται σε υδρατμούς που μεταφέρονται στην ατμόσφαιρα.
 3. **Η κατακρήμνιση των ατμών**, που έχουν συμπυκνωθεί στην ατμόσφαιρα σχηματίζοντας σύννεφα, από την ατμόσφαιρα στην επιφάνεια της γης.
 4. **Η κατακράτηση του νερού από την βλάστηση και το έδαφος.**
 5. **Η διήθηση του επιφανειακού νερού στο έδαφος.** Μέρος της ποσότητας αυτής του νερού επαναφορτίζει τους υπόγειους ταμιευτήρες και απορρέει υπόγεια δια μέσω των ρωγμών των γεωλογικών σχηματισμών και καταλήγει είτε στην επιφάνεια της γης σχηματίζοντας πηγές είτε στη θάλασσα (υπόγεια εκροή).
 6. **Η επιφανειακή απορροή**, δηλ. ο σχηματισμός των ρεμάτων και των ποταμών τα οποία καταλήγουν στην θάλασσα ή σε λίμνες



Ο Υδρολογικός Κύκλος



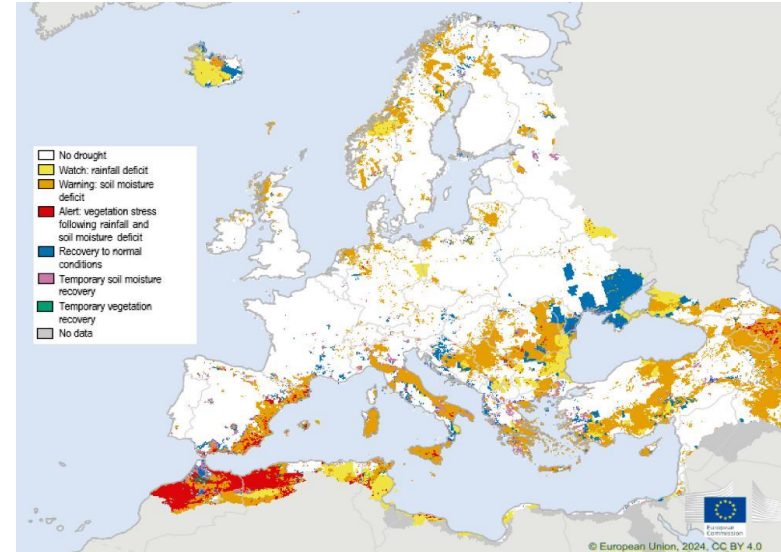
Διαχείριση υδάτινων πόρων: Το νερό ως οικονομικό αγαθό

- Το νερό αποτελεί **απαραίτητο στοιχείο** στους τομείς της βιομηχανικής, γεωργικής, κτηνοτροφικής παραγωγής, ως:
 - Πρώτη ύλη
 - Μέσο για την επίτευξη βασικών βιομηχανικών λειτουργιών (ψύξη, θέρμανση, παραγωγή ατμού)
- Η οικονομική σημασία του νερού **εκτείνεται σε μια ευρεία κλίμακα άλλων οικονομικών δραστηριοτήτων** (π.χ. παραγωγή ενέργειας, ο τουρισμός οι μεταφορές, η αλιεία κλπ.)



Υδάτινοι πόροι

Σε πολλές περιοχές της Μεσογείου η έλλειψη νερού οδηγεί ήδη σε κλιμακούμενες συγκρούσεις ανάμεσα στις διάφορες χρήσεις υδάτινων πόρων



<https://edo.jrc.ec.europa.eu/tumbo/edo/map/>

Τα φαινόμενα ξηρασίας στη λεκάνη της Μεσογείου εντείνονται σε διάρκεια και συχνότητα.

Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, οι ετήσιες οικονομικές απώλειες λόγω ξηρασίας φθάνουν το ύψος ορισμένων δις εκατομμυρίων ευρώ.



Υδάτινοι πόροι (Σε διεθνές επίπεδο)

1 στους 6 ανθρώπους δεν έχει πρόσβαση σε νερό

1 στους 3 ζει χωρίς βασικές εγκαταστάσεις υγιεινής

4500 παιδιά (κάτω των 5 ετών) πεθαίνουν την ημέρα από ασθένειες που προκαλούνται από μολυσμένο νερό

Σε 30 χρόνια λόγω της αύξησης του πληθυσμού υπολογίζεται ότι θα αντιμετωπιστούν σημαντικά προβλήματα ανεπάρκειας νερού

54% του νερού της γης έχει εκτραπεί από τη φυσική του ροή με αποτέλεσμα το νερό που βρίσκεται σε δεξαμενές και ταμιευτήρες να είναι 3 έως 6 φορές περισσότερο από το ελεύθερο νερό

Υδάτινοι πόροι Ελλάδα

- Στην Ελλάδα το 87% του νερού καταναλώνεται για γεωργικές ανάγκες πολλές φορές αλόγιστα
- Παράνομες αντλήσεις, ακατάλληλες αρδευτικές μέθοδοι και τα ελλιπώς συντηρημένα δίκτυα οδηγούν σε σημαντικές απώλειες
- Η γεωργία συμβάλλει σε μεγάλο βαθμό στην αύξηση της ρύπανσης των νερών κυρίως λόγω της υπερβολικής χρήσης φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων
- Η συγκέντρωση του μεγαλύτερου τμήματος του πληθυσμού σε μάλλον άnuδρες περιοχές όπως είναι η Αθήνα και η μεγαλύτερη προσέλευση τουριστών κατά τη θερινή περίοδο επίσης σε ξηρές περιοχές παρένθεση τα νησιά του αιγαίου εντείνουν τα προβλήματα καθώς αυξάνεται η ζήτηση το καλοκαίρι οπότε η διαθεσιμότητα είναι περιορισμένη

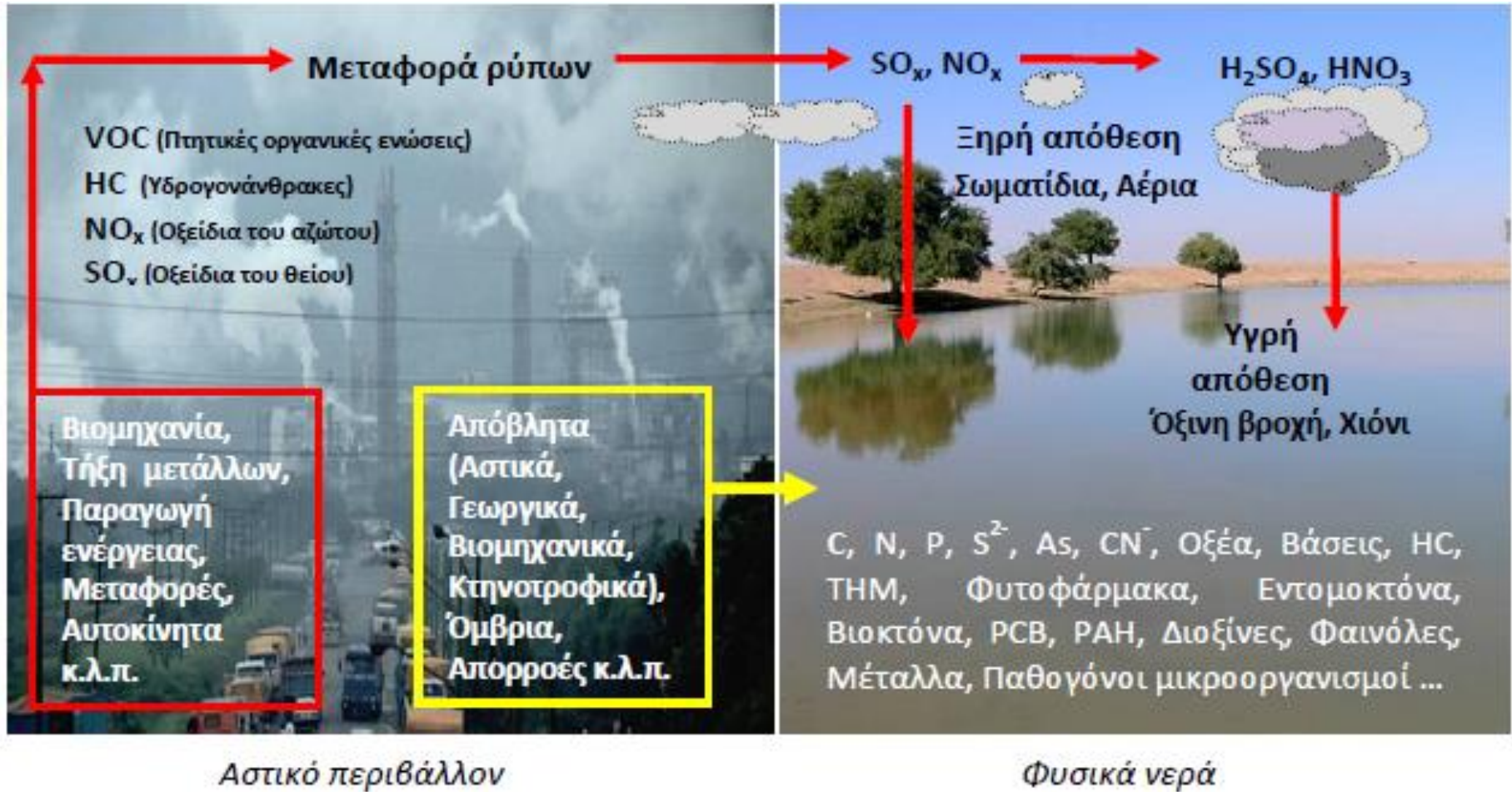
Ρύπανση vs Μόλυνση νερού

- Μια ουσία χαρακτηρίζεται ως **ρύπος** εφόσον η **συγκέντρωσή της** στο νερό είναι **αρκετά μεγαλύτερη ($C >>$)** από την αντίστοιχη τιμή που συναντάται **συνήθως** στα φυσικά αποθέματα του.
- Ένας ρύπος χαρακτηρίζεται ως **τοξικός** όταν μπορεί να προκαλέσει **σοβαρή βλάβη ή θάνατο** σε ανθρώπους ή ζώα.
- **Ρύπανση:** ονομάζεται η **επιβάρυνση** του νερού **με ύλη ή ενέργεια** → προκαλείται ανεπιθύμητη **μεταβολή των ποιοτικών του χαρακτηριστικών**, σε βαθμό που μπορεί να υποβαθμιστεί σημαντικά η ποιότητα ζωής του ανθρώπου και να προκληθεί κίνδυνος για την δημόσια υγεία.
- **Μόλυνση:** ονομάζεται η **παρουσία** στο νερό **παθογόνων μικροοργανισμών ή/και δεικτών**, που υποδηλώνουν την πιθανότητα παρουσίας παθογόνων, εξαιτίας κυρίως των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Κατηγοριοποίηση Επιβάρυνσης νερού

Ρύπανση (Επιβάρυνση του νερού με ύλη ή ενέργεια)			Μόλυνση (Επιβάρυνση με παθογόνους μικροοργανισμούς)
Συμβατικοί ρύποι	Μη συμβατικοί ρύποι	Θερμική ρύπανση	Μικροοργανισμοί
Οργανική ύλη	Βαριά μέταλλα	(Θερμά απόβλητα νερά βιομηχανιών)	Ιοί
Ενώσεις του αζώτου (NH_4^+ , NO_2^- , NO_3^-)	Τοξικές οργανικές ενώσεις		Βακτήρια
Ενώσεις του φωσφόρου (PO_4^{3-})	Αρσενικό (As)		Μύκητες
	Θειούχα (S^{2-})		Πρωτόζωα
	Κυανιούχα (CN^-)		Έλμινθες
	Ραδιενεργά στοιχεία		

Μεταφορά ρύπων στο νερό



Ρύπανση του Νερού (με οργανική ύλη)

Η διάθεση οργανικής ύλης στα υδατικά οικοσυστήματα (π.χ. ποτάμια, λίμνες, κ.α.) συνδέεται με την εξάντληση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου ($\Delta.O.$) στο νερό

Ο μηχανισμός μείωσης του $\Delta.O.$ βασίζεται στην υπέρμετρη ανάπτυξη και δράση των βακτηρίων

Υψηλές συγκεντρώσεις οργανικής ύλης στο νερό συνεπάγονται μεγαλύτερη μάζα μικροοργανισμών και συνεπώς ταχύτερη κατανάλωση του $\Delta.O.$

Μείωση ή Εξαφάνιση των υδρόβιων οργανισμών ενός φυσικού αποδέκτη



Ρύπανση του Νερού (με θρεπτικά)



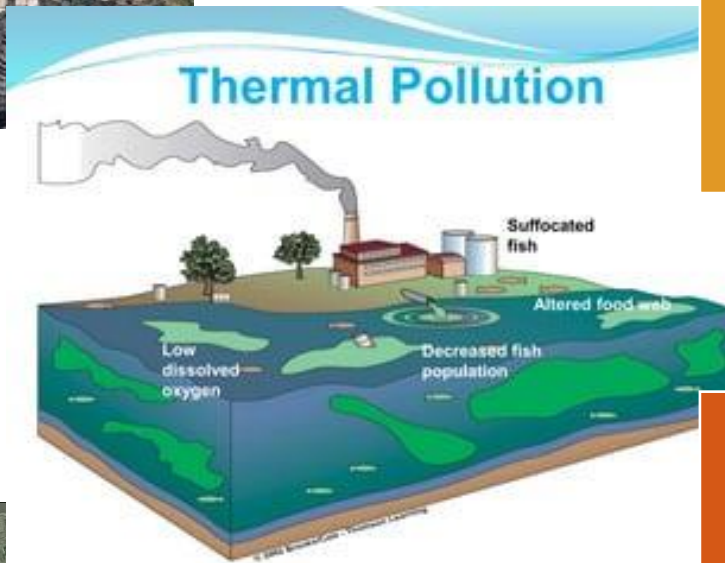
Το N-NH_4^+ και N-NO_3^- άζωτο και τα φωσφορικά ιόντα περιέχονται στα αστικά λύματα, στα κτηνοτροφικά/βιομηχανικά απόβλητα και στις γεωργικές απορροές, οι οποίες περιέχουν λιπάσματα λόγω των αποπλύσεων των καλλιεργούμενων εκτάσεων.

Υπερβολική αύξηση φυτικής βιομάζας

Τα θρεπτικά άλατα του αζώτου και του φωσφόρου έχουν συνεπώς σοβαρές επιπτώσεις στην ποιότητα των νερών των φυσικών αποδεκτών και μπορούν να προκαλέσουν το φαινόμενο του ευτροφισμού

Το φαινόμενο του ευτροφισμού αποτελεί πολύ σοβαρή διαταραχή των υδατικών οικοσυστημάτων με συνέπεια την αποξυγόνωση του νερού, τη μείωση της διαφάνειας, τη δυσσομία του νερού

Θερμική ρύπανση του νερού



Θερμική ρύπανσή είναι η αύξηση της θερμοκρασίας των φυσικών νερών εξαιτίας της διοχέτευσης θερμών αποβλήτων, (π.χ. νερό ψύξης ενεργειακών σταθμών)



Με την άνοδο της θερμοκρασίας:

- μειώνεται η διαλυτότητα του O_2 στο νερό
- αυξάνεται ο ρυθμός κατανάλωσης O_2 από τους υδρόβιους οργανισμούς, λόγω της αύξησης της ταχύτητας των βιοχημικών αντιδράσεων, και κατά συνέπεια αυξημένου ρυθμού μεταβολισμού.

Μόλυνση νερού

Η μόλυνση συνδέεται με την παρουσία μικροοργανισμών στο νερό και συνηθέστερα πρόκειται για την παρουσία βακτηρίων, ιών, παρασίτων, φυκών ή πρωτόζωων.

Κατά τη χρήση του νερού από τον άνθρωπο, το νερό θα πρέπει να είναι απαλλαγμένο από παθογόνους μικροοργανισμούς (π.χ. μικροοργανισμούς από εκκρίσεις ασθενών ζωντανών οργανισμών)

Η νομοθεσία για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης επιβάλλει τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των παρακάτω δεικτών :

Ολικά κολοβακτηριοειδή, Κολοβακτηριοειδή περιττωματικής προέλευσης, Στερπτόκοκκοι, Εντερόκοκοι, Κλωστίδια



Ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού

- **Τα φυσικά νερά περιέχουν:** ανόργανα συστατικά (κατιόντα, ανιόντα, ουδέτερα), οργανικά συστατικά και αιωρούμενα υλικά.
- Τα συστατικά αυτά μπορεί :
 - Να κατακρατούνται κατά τη δίοδο του νερού διαμέσου της ατμόσφαιρας και του εδάφους
 - Να εισέρχονται από την από διάθεση υγρών αποβλήτων
 - Να είναι αποτέλεσμα εισχώρησης στραγγιδίων από χώρους διάθεσης στερεών αποβλήτων.
- **Τα κυριότερα ανόργανα συστατικά στο νερό είναι** το ασβέστιο (Ca^{2+}), το μαγνήσιο (Mg^{2+}), το νάτριο (Na^+), το κάλιο (K^+), τα χλωριόντα (Cl^-), τα θειικά (SO_4^{2-}), τα νιτρικά (NO_3^-) και τα φωσφορικά (PO_4^{3-}). Επίσης απαντώνται σε μικρότερες συγκεντρώσεις κυρίως **σίδηρος, μαγγάνιο, μόλυβδος, χαλκός** καθώς και **άλλα ιχνοστοιχεία**.
- Τα οργανικά συστατικά προέρχονται κυρίως από την αποσύνθεση **φυτικού και ζωικού υλικού και από διάφορες απορροές ή στραγγίσματα**.
- Τα οργανικά συστατικά ποικίλουν από φυσικά χουμικά υλικά μέχρι **σύνθετες οργανικές ενώσεις που χρησιμοποιούνται ως απορρυπαντικά εντομοκτόνα μυκητοκτόνα και διαλυτικά**.

Χαρακτηριστικά νερού

Ένα τυπικό νερό διακρίνουμε 3 ομάδες συστατικών:

1. Συστατικά που απαντώνται σε **σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις** (: ασβέστιο, δισανθρακικά, θειικά, μαγνήσιο, νάτριο, χλωριόντα, πυρίτιο)
2. Συστατικά που απαντώνται σε **χαμηλές συγκεντρώσεις** (0,01-10 mg/L) (: κάλιο, στρόντιο, σίδηρος, ανθρακικά, φθόριόντα, νιτρικά)
3. Συστατικά που απαντώνται ως ίχνη (:αργίλιο, αντιμόνιο, αρσενικό, βάριο, βρώμιο, κάδμιο, κοβάλτιο, μαγγάνιο, μόλυβδος, σελήνιο, υδράργυρος, φώσφορος, χαλκός, χρώμιο, ψευδάργυρος).

Εκτός από τον προσδιορισμό συγκεκριμένων συστατικών στο νερό, π.χ. ο προσδιορισμός της περιεκτικότητας τους σε ασβέστιο, υπάρχουν και γενικές παράμετροι ποιότητας νερού όπως είναι: **η σκληρότητα, η αλκαλικότητα, η περιεκτικότητα σε ολικά διαλυτά στερεά, η αγωγιμότητα, η θολότητα, κ.α.**

Σκληρότητα του νερού

Η σκληρότητα του νερού διακρίνεται σε ολική παροδική και μόνιμη

- η **ολική σκληρότητα** οφείλεται στο σύνολο των αλάτων του μαγνησίου και του ασβεστίου που υπάρχουν στο νερό (π.χ. $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{CO}_3)_2$, κ.α.)
- η **παροδική σκληρότητα** οφείλεται στα όξινα ανθρακικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$, τα οποία μετατρέπονται σε αδιάλυτα ανθρακικά άλατα και καθιζάνοντα το νερό βραστεί.
- η **μόνιμη σκληρότητα** οφείλεται στα άλατα του ασβεστίου και του μαγγανίου τα οποία παραμένουν διαλυμένα όταν το νερό βραστεί CaSO_4 , MgSO_4 , CaCl_2 , κλπ.
- Η ολική σκληρότητα ισούται με το άθροισμα της παροδικής και της μόνιμης

Σκληρότητα του νερού

Για την ενιαία έκφραση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων σκληρότητας συνήθως χρησιμοποιούνται οι παρακάτω τρόποι:

- **Γερμανικοί βαθμοί (D°):** 1 γερμανικός βαθμός (D°) ισοδυναμεί με 10 mg CaO σε 1L νερού.
- **Γαλλικοί βαθμοί (F°):** 1 γαλλικός βαθμός (F°) ισοδυναμεί με 10 mg CaCO_3 σε 1L νερού.
- **Περιεκτικότητα σε mg Ca/L:** Η περιεκτικότητα σε άλατα Ca, Mg, εκφράζεται σε ισοδύναμη ποσότητα Ca.
- Αντιστοιχία μεταξύ των παραπάνω μονάδων: **$1 F^\circ = 0,56 D^\circ = 4 \text{ mg Ca/L}$**

Πόσιμο νερό

- Η ποιότητα του πόσιμου νερού καθορίζονται από προδιαγραφές που έχουν τεθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση οι ομάδες παραμέτρων που καθορίζουν την ποιότητα νερού είναι:

A. Οργανοληπτικοί παράγοντες

- Το νερό πρέπει να είναι **άχρωμο, άοσμο, διαυγές και χωρίς γεύση.**
- **Η θολότητα** οφείλεται σε κολλοειδή σωματίδια που αιωρούνται στο νερό προκαλεί αισθητική όχληση και μπορεί στην επιφάνεια των αιωρούμενων σωματιδίων να αναπτυχθούν παθογόνοι μικροοργανισμοί
- **Το χρώμα** οφείλεται στην αναερόβια διάσπαση των οργανικών ενώσεων
- **Η οσμή** οφείλεται στην αναερόβια διάσπαση των οργανικών ενώσεων που υπάρχουν στο νερό.
- Η ευχάριστη γεύση του νερού οφείλεται σε διαλυμένα αέρια (O_2 , CO_2)

Πόσιμο νερό

B. Φυσικοχημικοί παράγοντες

- **Θερμοκρασία:** Να είναι περίπου 12 °C με μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή τους 25 °C. Η υπερβολική αύξηση θερμοκρασίας έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση της ποσότητας του διαλυμένου οξυγόνου με επιπτώσεις στη γεύση του νερού
- **pH:** Πρέπει να κυμαίνεται από 6,5-8,5
- **Αγωγιμότητα στους 20 °C:** πρέπει να είναι δύομισι 2500 Ohm/cm, και αποτελεί ένδειξη της ποσότητας των διαλυμένων αλάτων.
- **Υπολειμματικό χλώριο**
- **Διαλυμένο οξυγόνο:** 8 έως 9 mg/L - σημείο κορεσμού
- **Περιεκτικότητα σε Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , SO_4^{2-} , κ.α.**