



1. Εισαγωγή στην Τεχνολογία Νερού.

1.0 Πολιτισμός και Νερό.

- Η δημιουργία και ανάπτυξη του ανθρώπινου πολιτισμού συνδέεται άμεσα με περιοχές που υπάρχει άφθονο διαθέσιμο νερό, (Αιγύπτιοι, Μεσοποτάμιοι, Έλληνες, Κινέζοι).
- Η βιομηχανική και η αστική ανάπτυξη συνδέονται άμεσα με περιοχές που γειτνιάζουν με το νερό είτε αυτό είναι θαλασσινό (μεταφορές) είτε είναι πόσιμο (διεύρυνση πόλεων) .
- Στο πέρασμα της εξέλιξης του ανθρώπινου πολιτισμού οι ανάγκες σε νερό όλο και αυξάνονται.
- Οι διαθέσιμοι υδάτινοι πόροι μολύνονται από:
 - ✓ την αλόγιστη χρήση φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων,
 - ✓ τη διάθεση των αποβλήτων στο περιβάλλον χωρίς καμία επεξεργασία.



1.0 Πολιτισμός και Νερό.

- Η συνεχής αύξηση της ζήτησης σε νερό κατάλληλης ποιότητας οφείλεται :
 - ✓ Στην αύξηση του πληθυσμού και του βιοτικού επιπέδου
 - ✓ Μετακινήσεις πληθυσμών σε σύντομες χρονικές περιόδους (τουρισμός)
 - ✓ Αύξηση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων
 - ✓ Χρήση μεγάλων ποσοτήτων νερού στη βιομηχανία (π.χ υφαντουργία).
- Σε πολλές περιπτώσεις οι υδάτινοι πόροι είναι ανεπαρκείς για την κάλυψη της κατανάλωσης. Ακόμα και αν υπάρχει νερό σε ικανοποιητικές ποσότητες, συχνά δεν έχει τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά για την επιθυμητή χρήση.
- Απαιτείται κάποιου είδους κατεργασία ακόμα και του γλυκού νερού.
- Το θαλασσινό νερό ή και υφάλμυρα νερά επεξεργάζονται για την παραγωγή νερού κατάλληλης ποιότητας για συγκεκριμένη χρήση.
- Υδάτινα απόβλητα μπορούν να επαναχρησιμοποιούνται μετά από κατάλληλη επεξεργασία.



1.1 Η Επιστήμη του Νερού.

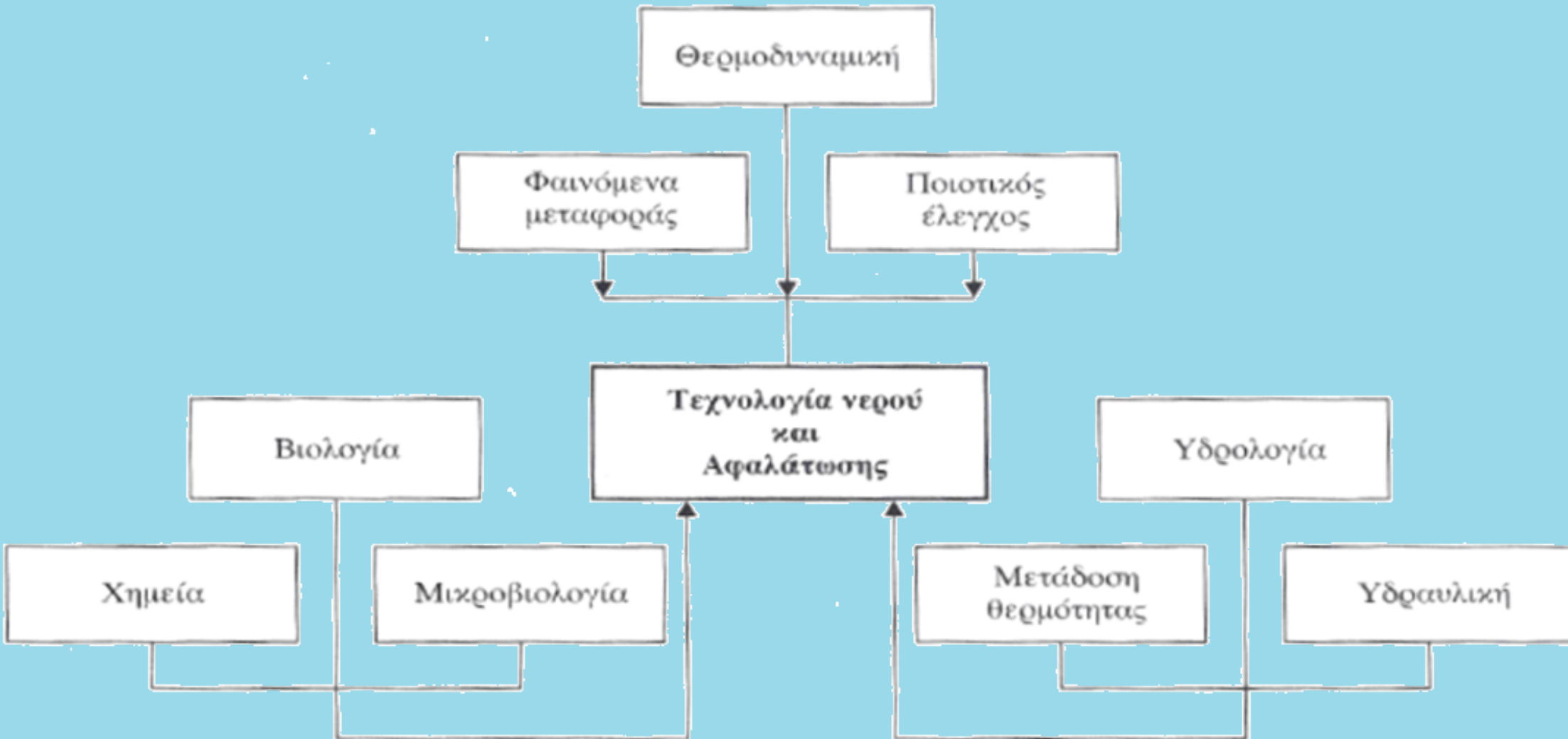
(1)

- Η Τεχνολογία Επεξεργασίας Νερού και Αφαλάτωσης είναι η επιστήμη που ασχολείται με την κατεργασία του νερού και την παραγωγή γλυκού νερού από πρωτογενείς υδάτινους πόρους, από νερό αποβλήτων, από θαλασσινό και υφάλμυρο νερό.
- Οι τεχνικές κατεργασίας του νερού στόχο έχουν την αφαίρεση των ανεπιθύμητων συστατικών του νερού για κάθε συγκεκριμένη χρήση με τη βοήθεια φυσικών και χημικών διεργασιών.
- Οι διεργασίες μπορούν να εφαρμόζονται σε υπάρχοντες υδάτινους πόρους αλλά και σε εκείνους που απορρίπτονται στο περιβάλλον, όπως είναι τα αστικά και βιομηχανικά απόβλητα.
- Οι μέθοδοι αφαλάτωσης στόχο έχουν τη μείωση του ποσοστού των αλάτων που περιέχονται στο νερό σε τέτοιο επίπεδο ώστε το νερό να είναι χημικά και μικροβιολογικά αποδεκτό προς πόση σύμφωνα και με την ισχύουσα νομοθεσία.
- Η πρόοδος και η εξέλιξη των τεχνικών αφαλάτωσης πέρα από την παραγωγή γλυκού νερού, στόχο έχουν τη μείωση του κόστους παραγωγής ώστε να είναι δυνατή η παραγωγή νερού σε προσιτές τιμές για τον καταναλωτή, (αν καιτο νερό είναι αγαθό).



1.1 Η Επιστήμη του Νερού.

(2)





1.2 Η κατανάλωση του νερού.

- Οι πηγές πόσιμου νερού είναι περίπου σταθερές στο πέρασμα των χρόνων.
- Αντίθετα ο πληθυσμός της γης αυξάνεται με μεγάλο ρυθμό.
- Συνέπεια είναι η ραγδαία αύξηση της ζήτησης σε πόσιμο καθαρό νερό.
- Η κατανάλωση νερού μεταβάλλεται ανάλογα με την περιοχή, τη χρονική περίοδο και το βιοτικό επίπεδο (αφρικανική ήπειρος).
- **Δείκτης Κατανάλωσης Νερού** (Water Index Consumption -WIC) είναι ένα χαρακτηριστικό μέγεθος που προκύπτει ως το πηλίκο της συνολικής κατανάλωσης σε μια συγκεκριμένη περιοχή και χρονική περίοδο προς τον αριθμό των κατοίκων και τον αριθμό ημερών.
- WIC για ανεπτυγμένες χώρες 150 – 350 lt /ημέρα και κάτοικο.
- Η κατανάλωση νερού για οικιακή χρήση αποτελεί ένα μικρό κλάσμα της συνολικής κατανάλωσης του γλυκού νερού ποσοστιαία.



1.2 Η κατανάλωση του νερού.

(2)

- Οι πηγές πόσιμου νερού είναι περίπου σταθερές στο πέρασμα των χρόνων.
- Σήμερα...
- 40% του παγκόσμιου πληθυσμού υποφέρει από έλλειψη νερού, αναμένεται επιδείνωση σε 60% στα επόμενα χρόνια,
- Η χρήση νερού μη υγειονομικής αποδεκτής ποιότητας σε υποανάπτυκτες ή αναπτυσσόμενες χώρες προκαλεί το 80 – 90 % των ασθενειών και το 30% των θανάτων σε αυτές τις χώρες.
- Η βιομηχανική – οικονομική ανάπτυξη, οι καλλιέργειες όλο και μεγαλύτερων εκτάσεων οδηγούν σε αυξημένες καταναλώσεις νερού.
- Το πρόβλημα... Αν οδηγηθούμε στην εύκολη λύση της υπεράντλησης των υπόγειων αποθεμάτων νερού τότε μειώνεται η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα και τελικά επέρχεται είσοδος της θάλασσας σε αυτόν ενώ προκαλείται και μείωση της ποιότητας του αντλούμενου νερού.



1.2 Η κατανάλωση του νερού.

(3)

- Προοπτικές - λύσεις του προβλήματος.
- Τεχνικές ανακύκλωσης νερού
- Χρήση διπλών δικτύων για ύδρευση με χρήση νερού από επεξεργασία αποβλήτων αλλά και χρήσης θαλασσινού ή υφάλμυρου νερού για παραγωγή γλυκού νερού.
- Η ορθή λύση θα πρέπει να αναζητείται στην ορθή διαχείριση των υδάτινων αποθεμάτων και στην ανεύρεση νέων πηγών πόσιμου νερού.



1.3 Πηγές του νερού.

(1)

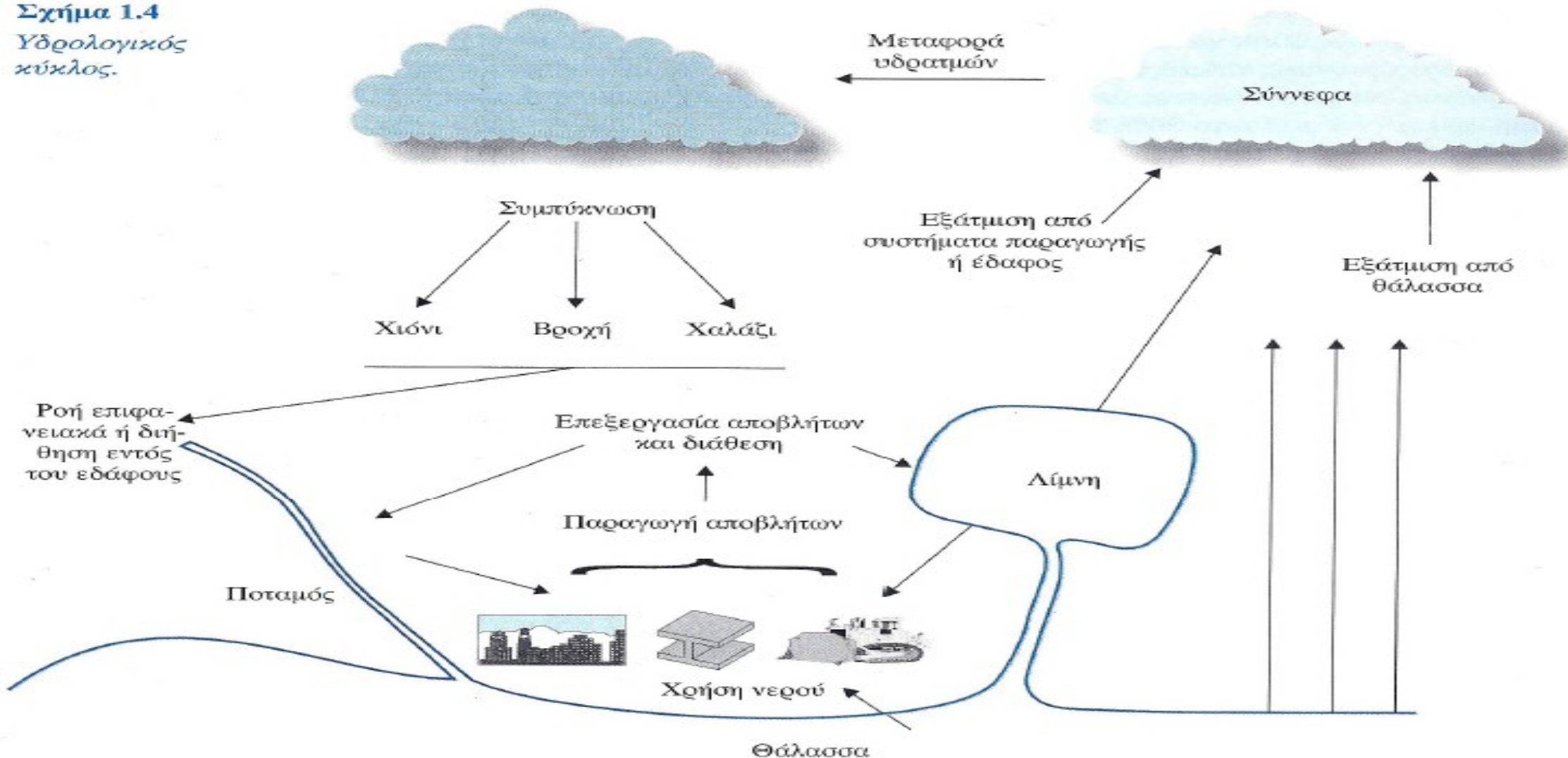
- Η βροχή και το χιόνι είναι οι πηγές του φυσικού νερού.
- Το νερό φθάνοντας στην επιφάνεια του εδάφους μπορεί να ρέει επιφανειακά να διηθείται ή και να εξατμίζεται. Η κίνηση του νερού συνιστά τον υδρολογικό κύκλο του νερού.
- Το μεγαλύτερο μέρος του νερού πέφτει σε υγρές επιφάνειες, λίμνες ποταμούς θάλασσες.
- Ένα άλλο μέρος πέφτει στο έδαφος μέρος του οποίου απορροφάται εμπλουτίζοντας τον υδροφόρο ορίζοντα ενώ το υπόλοιπο ρέει μέσω ποταμών προς τη θάλασσα.
- Το νερό καθώς πέφτει προς τη γη απορροφά ή διαλύει συστατικά της ατμόσφαιρας όπως CO_2 Μικροοργανισμούς, στερεά σωματίδια κλπ.
- Το νερό επιφανειακό ή υπόγειο περιέχει οργανική ύλη μικροοργανισμούς και ανόργανες ενώσεις.
- Γίνεται έτσι κατανοητό ότι το νερό δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα από τον άνθρωπο παρά μόνο μετά από κατάλληλη επεξεργασία μικρής ή μεγαλύτερης έκτασης.



1.3.1 Ο Υδρολογικός κύκλος.

(1)

Σχήμα 1.4
Υδρολογικός
κύκλος.





1.3.1 Ο Υδρολογικός κύκλος.

(2)

- Η σύσταση του νερού σε διαλυμένα συστατικά δεν είναι η ίδια σε όλα τα μέρη της γης. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία σύστασης νερού ακόμα και στο νερό που διατίθεται από τα δίκτυα ύδρευσης διαφορετικών πόλεων.
- Οι θάλασσες και τα ποτάμια – λίμνες αποτελούν τα επιφανειακά νερά που καλύπτουν το 70% της επιφάνειας της γης.
- Ποσότητες νερού συγκρατούνται στο έδαφος και στο υπέδαφος και αποτελούν τα υπόγεια νερά.
- Η μεγαλύτερη ποσότητα νερού βρίσκεται στη θάλασσα (97%) έχοντας διαλύσει στην πορεία του ανόργανα και οργανικά συστατικά. Αυτό οδηγεί στην ανάπτυξη τεχνικών αφαλάτωσης, δηλ. το διαχωρισμό με φυσικές διεργασίες των αιωρούμενων συστατικών από το νερό.
- Από το 3% του γλυκού νερού, το 2% είναι υπό μορφή πάγου, το 0.3% βρίσκεται στην ατμόσφαιρα και μόνο το 0.1% είναι διαθέσιμο σε λίμνες και ποτάμια. Για το υπόλοιπο 0.6% που είναι υπόγειο νερό, το 50% βρίσκεται σε βάθος μεγαλύτερο από 800m.



1.3.1 Ο Υδρολογικός κύκλος.

(3)

- Συνεπώς οι πηγές νερού που μπορεί να παρέχουν άμεσα χρήσιμο νερό ως πόσιμο, για οικιακή ή βιομηχανική χρήση ή νερό που απαιτεί φυσική επεξεργασία πριν χρησιμοποιηθεί είναι:
- **Ποτάμια** – Όλοι οι ποταμοί εκβάλλουν σε λίμνες ή στη θάλασσα. Το νερό των ποταμών μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα με μικρή σχετικά κατεργασία εφόσον δεν δέχεται βιομηχανικά ή αστικά απόβλητα.
- **Λίμνες** - Η ποιότητα του νερού των λιμνών καθορίζεται από την ποιότητα του νερού των ποταμών που εκβάλλουν σε αυτές.
- **Υπόγεια Νερά** – Περιλαμβάνουν κυρίως φυσικά ή τεχνητά πηγάδια. Περίπου η μισή ποσότητα του νερού των βροχοπτώσεων ή του χιονιού αποθηκεύεται εντός του εδάφους δημιουργώντας τον υδροφόρο ορίζοντα (aquifer). Τα υπόγεια νερά μπορούν να ανέρχονται στην επιφάνεια και με φυσικό τρόπο ως πίδακες.
- **Θαλασσινό νερό** – Μπορεί να χρησιμοποιηθεί άμεσα για βιομηχανική και για οικιακή χρήση ή άλλες εφαρμογές μετά από επεξεργασία αφαλάτωσης.
- Θερμικές μέθοδοι 50%, Αντίστροφη Όσμωση 40%, Ηλεκτροδιάλυση 6%, Συμπύεση ατμών 3%
Χρήση Μεμβρανών



1.4 Φυσικές και Χημικές Ιδιότητες του Νερού. (1)

- Η παραγωγή πόσιμου νερού ή νερού για βιομηχανική χρήση από θαλασσινό, υφάλμυρο, υπόγειο ή επιφανειακό απαιτεί τη γνώση των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων αυτού.
- Σε πολλές περιπτώσεις απαιτείται η ακριβής γνώση των ιδιοτήτων τόσο που μικρή απόκλιση από το σημείο βρασμού του νερού σε ορισμένη πίεση να μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένο σχεδιασμό ενός αποστακτήρα.
- Το φυσικό νερό περιέχει διαλυμένες στερεές ουσίες, η ποσότητα των οποίων κατατάσσει το νερό.
- Ο τρόπος έκφρασης των διαλυμένων στερεών ουσιών γίνεται ως συνολικά διαλυτά στερεά (total dissolved solids TDS) και μετριέται ως μέρη στο εκατομμύριο (ppm – parts per million).
- Π.χ 2000ppm : Σε 10^6 kg νερού περιέχονται 2000 kg στερεά ή
Σε 1 kg νερού περιέχονται 2000 mg στερεών.
- Τα ολικά διαλυτά στερεά υπολογίζονται με ζύγιση του θαλασσινού νερού και εξάτμισή του στους 180°C και νέα ζύγιση του στερεού υπολείμματος.
- (Διαδικασίες σύμφωνες με Πρότυπα MIL FED ASTM).



1.4 Φυσικές και Χημικές Ιδιότητες του Νερού. (2)

- Σύμφωνα με την περιεκτικότητα σε **ολικά διαλυτά στερεά TDS**, το νερό διαχωρίζεται σε κατηγορίες:

➤ Πόσιμο νερό (tap – water)	TDS < 500 ppm
➤ Ελαφρά Υφάλμυρο	Αγωγιμότητα $G < 2500 \mu\text{S/cm}$ σε 20°C . (πόσιμο)
➤ Υφάλμυρο νερό (brackish water)	$2,000 \text{ ppm} < \text{TDS} < 10,000 \text{ ppm}$
➤ Θαλασσινό νερό (sea water)	$30,000 \text{ ppm} < \text{TDS} < 42,000 \text{ ppm}$
- Οι περιεκτικότητες των νερών σε διαλυμένα στερεά δεν είναι σταθερές για κάθε κατηγορία νερού. Η σύσταση του θαλασσινού νερού μπορεί να επηρεάζεται από την εκβολή ενός ποταμού. Ακόμα και μια συγκεκριμένη πηγή υφάλμυρου ή πόσιμου νερού δεν διατηρεί σταθερή περιεκτικότητα.
- Παράγοντες όπως ταχύτητα άντλησης, ύψος βροχόπτωσης υπόγεια διάθεση λυμάτων, μπορούν να επηρεάζουν την περιεκτικότητα σε διαλυτά στερεά του νερού αλλά και το μικροβιακό του φορτίο.



1.4.1 Χημική Σύσταση θαλασσινού υφάλμυρου και πόσιμου Νερού.

(1)

- Το θαλασσινό νερό περιέχει συνήθως όλα τα στοιχεία υπό μορφή ιόντων. Τα περισσότερα από αυτά βρίσκονται στο νερό σε πολύ μικρές ποσότητες που μπορούν να αγνοηθούν.
- Τα ιόντα με τη μεγαλύτερη περιεκτικότητα είναι τα Na^+ , Cl^- .
- Τα ιόντα που προκαλούν τα πιο σημαντικά προβλήματα κατά την αφαλάτωση είναι το Mg , Ca .
- Αυξημένη συγκέντρωση αλάτων καθιστά τη διαδικασία της αφαλάτωσης υψηλότερου κόστους.

TDS - συνολικά διαλυτά στερεά (total dissolved solids) σε μέρη ανά εκατομμύριο (ppm – parts per million)

Είδος ιόντος	Περιεκτικότητα, ppm
Νάτριο, Na^+	10.561
Μαγνήσιο, Mg^+	1.272
Ασβέστιο, Ca^{++}	400
Κάλιο, K^+	380
Χλώριο, Cl^-	18.980
Θειικά, SO_4^{--}	2.649
Όξινα ανθρακικά, HCO_3^{--}	142
Βρώμιο, Br^-	65
Άλλα στερεά	34
TDS	34.483



1.4.1 Χημική Σύσταση θαλασσινού υφάλμυρου και πόσιμου Νερού. (2)

Φυσικοχημικές παράμετροι		
Παράμετρος	Αποτέλεσμα	Μονάδα
pH	7,3	— —
Αγωγιμότητα	56.300	μS/cm
Ολικά διαλυτά στερεά	40,080	mg/l
Χημικές παράμετροι		
Ανθρακικά (CO_3^{-2})	56	mg/l
Όξινα ανθρακικά, (HCO_3^{-2})	159	mg/l
Χλωριούχα (Cl^-)	22.010	mg/l
Νιτρικά (NO_3^-)	< 5	mg/l
Νιτρώδη (NO_2^-)	< 0,05	mg/l
Αμμωνιακά (NH_4^+)	< 0,2	mg/l
Θειικά (SO_4^{-2})	2.800	mg/l
Πυριτικά (SiO_2)	< 1,0	mg/l
Ασβέστιο (Ca^{+2})	380	mg/l
Μαγνήσιο (Mg^{+2})	1.500	mg/l
Κάλιο (K^+)	55	mg/l
Νάτριο (Na^+)	11.600	mg/l
Σίδηρος (Fe^{+2})	< 0,04	mg/l
Χαλκός (Cu^{+2})	0,10	mg/l
Μαγγάνιο (Mn^{+2})	< 0,04	mg/l
Ψευδάργυρος (Zn^{+2})	0,04	mg/l
Χρώμιο (Cr^{+3})	0,11	mg/l



1.4.1 Χημική Σύσταση θαλασσινού υφάλμυρου και πόσιμου Νερού. (3)

- Η περιεκτικότητα του θαλασσινού νερού σε ολικά στερεά εκφράζεται πολλές φορές με τον όρο **αλατότητα (salinity)** στην περίπτωση που όλα τα ανθρακικά άλατα έχουν μετατραπεί σε οξείδια, όλα τα βρωμιούχα, ιωδιούχα έχουν αντικατασταθεί από χλωριούχα και όλες οι οργανικές ουσίες έχουν οξειδωθεί.
- Η αλατότητα ποικίλει με το βάθος και την τοποθεσία, χαμηλή αλατότητα δεν προκαλεί μεγάλη εξάτμιση.
- Σε άνυδρες περιοχές υπάρχουν συνήθως μεγάλες ποσότητες υπόγειων νερών που μπορεί να παρουσιάζουν υψηλή περιεκτικότητα σε άλατα. Στις περιπτώσεις που η ποιότητα των υπόγειων υδάτων μετά από χημική και μικροβιολογική ανάλυση κρίνεται ικανοποιητική αντλούνται και χρησιμοποιούνται για ύδρευση.
- Τα επιφανειακά νερά δίνουν μικρή περιεκτικότητα γενικά σε άλατα κυρίως ασβεστίου – μαγνησίου. Τα άλατα αυτά συνιστούν τη σκληρότητα του νερού (hardness). Υψηλή σκληρότητα δημιουργεί προβλήματα κατά τη διαδικασία της αφαλάτωσης.



1.4.1 Χημική Σύσταση θαλασσινού υφάλμυρου και πόσιμου Νερού. (4)

Φυσικοχημικές παράμετροι		
Παράμετρος	Αποτέλεσμα	Μονάδα
pH	7,6	— —
Αγωγιμότητα	448	μS/cm
Ολικά διαλυτά στερεά	314	mg/l
Χημικές παράμετροι		
Όξινα ανθρακικά, (HCO ₃ ⁻²)	131	mg/l
Χλωριούχα (Cl ⁻)	7	mg/l
Νιτρικά (NO ₃ ⁻)	2,2	mg/l
Θειικά (SO ₄ ⁻²)	26	mg/l
Ασβέστιο (Ca ⁺²)	35,8	mg/l
Μαγνήσιο (Mg ⁺²)	9,9	mg/l
Σίδηρος (Fe ⁺²)	0,1	mg/l
Χαλκός (Cu ⁺²)	0,1	mg/l
Μαγνήσιο (Mg ⁺²)	9,9	mg/l
Ψευδάργυρος (Zn ⁼²)	0	mg/l
Χρώμιο (Cr ⁺³)	0	mg/l
Φθοριούχα (F ⁻)	0.7	mg/l
Νάτριο (Na ⁺)	4,6	mg/l
Κάλιο (K ⁺)	3,6	mg/l



1.4.2 Περιεκτικότητες θαλασσινού νερού.

- Η πυκνότητα του θαλασσινού νερού λόγω της μεταβλητής του σύστασης είναι πολύ δύσκολη επομένως δεν υπάρχουν πίνακες της πυκνότητας για διάφορες θερμοκρασίες και συγκεντρώσεις αλάτων. Τα υπάρχοντα δεδομένα αναφέρονται συνήθως σε διαλύματα NaCl που είναι και το κύριο συστατικό του θαλασσινού νερού.
- Η **Διαλυτότητα** αναφέρεται στο μέγιστο ποσό διαλυμένης ουσίας που μπορεί να διαλύσει μια ορισμένη ποσότητα διαλύτη σε ορισμένη θερμοκρασία. Αν ξεπεραστεί το όριο τότε θα σχηματίζεται ίζημα.
- **Τρόποι έκφρασης (συνήθειες) της περιεκτικότητας:**
 - % κατά βάρος (% κ.β) – γραμμάρια διαλυμένης ουσίας σε 100gr διαλύματος
 - % κατά όγκο (% κ.ο) – γραμμάρια διαλυμένης ουσίας σε 100cm³ διαλύματος
 - Μοριακότητα κατά όγκο (molarity)– αριθμός mole διαλυμένης ουσίας σε 1 lt διαλύματος (=1000cm³)
 - Μοριακότητα κατά βάρος (molality)– αριθμός mole διαλυμένης ουσίας σε 1000gr διαλύτη.



Πίνακας 1.2 Πυκνότητα διαλυμάτων NaCl σε gr/cm³.

Molality (mole/1000 gr)	Θερμοκρασία σε °C					
	20	30	40	50	60	70
Νερό	0,9982	0,9956	0,9922	0,9880	0,9832	0,9778
0,1	1,0023	0,9997	0,9962	0,9920	0,9871	0,9817
0,2	1,0064	1,0037	1,0001	0,9958	0,9910	0,9855
1,0	1,0375	1,0343	1,0303	1,0258	1,0207	1,0152
1,5	1,0599	1,0525	1,0484	1,0437	1,0385	1,0329
2,0	1,0738	1,0701	1,0658	1,0610	1,0557	1,0501
2,2	1,0807	1,0770	1,0727	1,0678	1,0625	1,0568
2,5	1,0910	1,0872	1,0828	1,0779	1,0725	1,0667
2,9	1,1043	1,1005	1,0960	1,0910	1,0855	1,0796
3,0	1,1076	1,1038	1,0993	1,0942	1,0887	1,0828
3,1	1,1108	1,1070	1,1025	1,0975	1,0919	1,0860
3,2	1,1141	1,1103	1,1057	1,1007	1,0951	1,0891
3,3	1,1173	1,1135	1,1089	1,1038	1,0983	1,0922
3,4	1,1235	1,1167	1,1121	1,1070	1,1014	1,0954
3,5	1,1237	1,1198	1,1153	1,1101	1,1048	1,0985



Πίνακας 1.3 Πυκνότητα θαλασσινού νερού σε gr/cm^3 .

Αλατότητα (% κ.β.)	Θερμοκρασία σε °C					
	20	30	40	50	60	70
2,0000	1.0132	1,0104	1,0068	1,0025	0,9976	0,9922
3,0000	1,0206	1,0177	1,0140	1,0097	1,0048	0,9984
3,4416	1,0239	1,0210	1,0173	1,0138	1,0081	1,0027
4,0000	1,0281	1,0252	1,0215	1,0171	1,0122	1,0068
5,0000	1,0356	1,0326	1,0287	1,0245	1,0196	1,0141
6,0000	1,0432	1,0402	1,0364	1,0320	1,0270	1,0216
7,0000	1,0509	1,0478	1,0439	1,0395	1,0345	1,0292

***Γραμμάρια διαλυμένης ουσίας σε 100gr διαλύματος (Περιεκτικότητα κατά βάρος - %κ.β)