

Κεφάλαιο Ζ1

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ

α. Γενικά

Το *χημικώς καθαρό νερό*, H_2O , έχει ορισμένες φυσικές και χημικές ιδιότητες πολύ χαρακτηριστικές που το ξεχωρίζουν απόλυτα από άλλα φυσικά υλικά και του προσδίνουν μία χωριστή μοναδικότητα, αλλά και μία εξαιρετική σπουδαιότητα. Το σύνολο των ιδιοτήτων αυτών του επιτρέπουν να παίζει ένα σημαντικό ρόλο στη φύση, στη ζωή. Ως υλικό είναι απολύτως απαραίτητο και αναντικατάστατο στη ζωή. Αποτελεί το 70% του βάρους του ανθρωπίνου σώματος.

Το *υπόγειο νερό* δεν είναι το χημικώς καθαρό νερό, H_2O , αλλά περιέχει πάντοτε σε διάλυση διάφορα ιόντα ή και σε αιώρηση διάφορα υλικά και σωματίδια. Τα είδη και η ποσότητα των υλικών αυτών, όπως και η πολυτυπία τους στο σύνολο αφενός, και από μόνη της η παρουσία τους αφετέρου, δημιουργούν ορισμένες παράγωγες φυσικές και φυσικοχημικές ιδιότητες που το χαρακτηρίζουν.

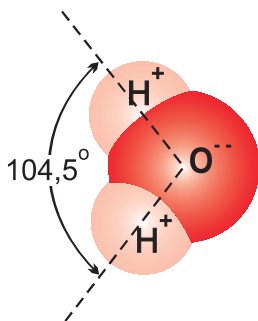
Έτσι το αντικείμενο του παρόντος κεφαλαίου είναι:

- Ποιες είναι οι φυσικές και χημικές ιδιότητες του χημικώς καθαρού νερού (H_2O) και ποια η σημασία της κάθε μιας από αυτές για το ρόλο του νερού στη φύση.
- Ποια είναι τα κύρια στοιχεία ποιότητας του υπόγειου νερού και πώς αυτά διακυμαίνονται.
- Ποια είναι τα χαρακτηριστικά στοιχεία, τα σταθερότυπα του νερού για κάθε μία από τις κύριες χρήσεις του.

β. Φυσικές και φυσικοχημικές ιδιότητες του χημικώς καθαρού νερού (H_2O)

ι. Το χημικώς καθαρό νερό είναι το *οξειδίο του υδρογόνου* (H_2O), είναι δηλ. η ένωση δύο αερίων του οξυγόνου και του υδρογόνου. Κάθε μόριό του αποτελείται από δύο άτομα υδρογόνου (H) και ένα άτομο οξυγόνου (O) και ο χημικός τύπος του είναι H_2O .

Ο χημικός δεσμός που συγκρατεί το μόριο του νερού είναι ομοιοπολικός, δηλ. κάθε άτομο υδρογόνου μοιράζεται το ελεύθερο ηλεκτρόνιο του με τα ηλεκτρόνια της σιβάδας σθένους του οξυγόνου. Η γωνία μεταξύ των δεσμών είναι $104,5^\circ$ και η απόσταση του δεσμού O-H είναι $0,96 \text{ \AA}$, σχήμα Z1.1.



Σχ. Z1.1. Η δομή του μορίου του νερού.

Αν και το μόριο του νερού είναι ηλεκτρικά ουδέτερο, εντούτοις συνέπεια της δομής του αυτής, λόγω της μεγάλης ηλεκτραρνητικότητας του οξυγόνου και της ασύμμετρης κατανομής των φορτίων είναι να εμφανίζει μεγάλη διπολική ροπή, να συμπεριφέρεται σαν δίπολο, να έχει υψηλή διηλεκτρική σταθερά: 78 στους 25°C . Αυτό έχει μεγάλη σημασία γιατί, εκτός των άλλων έχει ως συνέπεια το νερό να έχει μεγάλη διαλυτική ικανότητα.

Η πολικότητα αυτή του μορίου του νερού είναι υπεύθυνη για πολλές ιδιότητές του. Σχηματίζει εύκολα δεσμούς υδρογόνου και τα μόριά του συζεύγνυνται τόσο με μόρια άλλων ουσιών, όσο και μεταξύ τους. Έτσι το μόριο του νερού εμφανίζεται με μορφή πολυμοριακού συγκροτήματος, το οποίο στη συνήθη θερμοκρασία ανταποκρίνεται στον τύπο $(\text{H}_2\text{O})_x$. Στην ύπαρξη δεσμών υδρογόνου οφείλεται το ότι το νερό είναι υγρό στη συνήθη θερμοκρασία.

ii. Το χημικώς καθαρό νερό, H_2O , είναι ουσία άχρωμη, άοσμη, άγνευστη, διαφανής, υγρή στις συνήθεις συνθήκες. Είναι ελιξιγίο απολύτως απαραίτητο για τη ζωή. Τα φυτά αποσπούν από αυτό το απαραίτητο για τη φωτοσύνθεση υδρογόνο.

Το χημικώς καθαρό νερό είναι ακατάλληλο για τις πλείστες χρήσεις του, όπως πόση κλπ. Μόνο όταν περιέχει διάφορα ιόντα σε διάλυση μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις πλείστες χρήσεις, με εξαίρεση ελάχιστες που απαιτούν χημικώς καθαρό νερό.

Η θερμοκρασία ζέσης (υπό συνήθεις συνθήκες πίεσης), είναι 100°C . Αν

όμως αυτή ανταποκρινόταν στο χημικό τύπο H_2O και όχι στο πολυμοριακό συγκρότημα $(H_2O)_x$, θα ήταν $-100^\circ C$.

Στην ίδια αιτία οφείλεται και η τιμή της λανθάνουσας θερμότητας εξάτμισης που είναι 540 cal/gr , η μεγαλύτερη από όλα τα υγρά και έτσι παίζει σημαντικό ρυθμιστικό ρόλο στη φύση και ειδικά στην ανταλλαγή θερμότητας ατμόσφαιρας-εδάφους.

Η *θερμοκρασία τήξης* είναι $0^\circ C$. Η λανθάνουσα θερμότητα τήξης είναι $80 \text{ cal/}^\circ C$ που είναι η μεγαλύτερη στη φύση πλην της υγρής αμμωνίας.

Η *ειδική θερμότητα* (θερμοχωρητικότητα) του νερού, δηλ. η ποσότητα θερμότητας που απαιτείται ώστε να αυξηθεί κατά $1^\circ C$ η θερμοκρασία (από $14,5^\circ C$ σε $15,5^\circ C$ είναι 1 cal που είναι η μεγαλύτερη πλην της αμμωνίας. Η μεγάλη αυτή θερμοχωρητικότητα του νερού έχει τεράστια ρυθμιστική σημασία στη φύση: σε περιοχές με μεγάλες μάζες νερού π.χ. παράκτιες περιοχές, οι θερμοκρασιακές μεταβολές, ενδοημερήσιες και ενδοετήσιες είναι μικρές. Αντίθετα σε περιοχές χωρίς νερό, π.χ. έρημος Σαχάρα, οι θερμοκρασιακές μεταβολές είναι έντονες. Είναι δυνατό την ημέρα η θερμοκρασία να είναι μέχρι $60^\circ C$ και τη νύχτα $-10^\circ C$. Ακόμη η κυκλοφορία του νερού στο υπέδαφος παίζει σημαντικό ρόλο στη θερμοκρασία του υπεδάφους, αφού τα πετρώματα έχουν πολύ μικρότερη θερμοχωρητικότητα σε σχέση με το νερό.

Η *θερμική αγωγιμότητα* του νερού είναι πολύ μικρή: $1,44 \cdot 10^{-3} \text{ cal/cm}$.

Η *πυκνότητα του νερού* στους $4^\circ C$ είναι 1 gr/cm^3 και αυτή είναι η μέγιστη τιμή της. Το νερό είναι το μόνο υλικό της φύσης που όσο η θερμοκρασία του μειώνεται (κάτω από τους $4^\circ C$) τόσο αυτό διαστέλλεται (σε αντίθεση με τα άλλα υλικά που συστέλλονται συνεχώς με τη μείωση της θερμοκρασίας). Επίσης η πυκνότητα του πάγου σε $0^\circ C$ είναι το 92% της πυκνότητας του νερού $0^\circ C$. Ο συνδυασμός αυτών των δύο αποτελεί σημαντική πρόνοια της φύσης. Αν το νερό, όπως όλα τα υλικά, εξακολουθούσε να συστέλλεται και κάτω από τους $4^\circ C$, τότε οι πάγοι θα είχαν μεγαλύτερο ειδικό βάρος από το νερό και θα βυθιζόταν. Έτσι οι πυθμένες των λιμνών και των θαλασσών θα αποτελούσαν μόνιμους παγετώνες χωρίς ζωή. Φυσικά η παρουσία διαλυμένων ουσιών (κυρίως $NaCl$) μειώνουν τη θερμοκρασία πήξης, αλλά μεταβάλλουν και το ειδικό βάρος του, συνήθως το μεγαλώνουν.

Ο *συντελεστής συμπίεστικότητας* του νερού σε θερμοκρασία $20^\circ C$ είναι $\beta = 47 \cdot 10^{-7}/m$.

iii. Όπως αναφέρθηκε λόγω κατανομής των φορτίων του και της διπολικότητας έχει μεγάλη *διαλυτική ικανότητα*. Διαλύει πολλά στερεά στη φύση. Π.χ. το νερό διαλύει περίπου 14 mg ασβεστολίθου ανά λίτρο. Αυτό έχει μεγάλη φυσική και βιολογική σημασία: με το νερό διαδίδονται στο υπέδαφος, ου-

οίες ρύποι κλπ. Αλλά, γιατί επίσης από τις διαλυμένες ουσίες στο νερό τα φυτά αντλούν «τροφές».

Η *ηλεκτρική αγωγιμότητα* του νερού είναι πολύ μικρή. Όμως αυτή αυξάνεται ραγδαία με την ύπαρξη και αύξηση των διαλυμένων ιόντων. Π.χ. και η ελάχιστη περιεκτικότητα διαλυμένου NaCl, αυξάνει κατά 1000 φορές την ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού. Πάντως η παρουσία νερού μέσα σε ένα πέτρωμα μεταβάλλει πολύ την ηλεκτρική αγωγιμότητά του. Εδώ στηρίζονται μέθοδοι γεωφυσικών διασκοπήσεων για υπόγειο νερό και ιδίως για διερεύνηση υφαιμωμένων ζωνών.

Η *επιφανειακή τάση* είναι πολύ μεγάλη, η μεγαλύτερη όλων των υγρών. Ο συντελεστής επιφανειακής τάσης (στους 20° C σε 1 φυσική ατμόσφαιρα) είναι $\gamma = 72,75 \text{ dyn/cm}$. Αυτή η ιδιότητα είναι πολύ σημαντική για τη φυσιολογία των κυττάρων. Ελέγχει ορισμένα επιφανειακά φαινόμενα και το σχηματισμό σταγόνων.

Το νερό *δεν έχει μαγνητικές ιδιότητες*, εκτός και αν έχει διαλυμένες ή αιωρούμενες μαγνητιζόμενες ουσίες.

Το *δυναμικό ιξώδες του νερού* στους 20° C είναι $\mu = 1,00850,02 \text{ centipoise} \times 1 \text{ cp}$.

Το *κινηματικό ιξώδες* στους 20° C είναι $\nu = 10^{-2} \text{ cm}^2/\text{s}$.

Είναι δεδομένο ότι και το δυναμικό και το κινηματικό ιξώδες μεταβάλλονται με τη θερμοκρασία.

γ. Στοιχεία ποιότητας του υπόγειου νερού

ι. Το *χημικώς καθαρό νερό*, το οξείδιο του υδρογόνου H_2O , δεν υπάρχει στη φύση. Πάντως, όπως αναφέρθηκε, έχει ορισμένες ιδιότητες που το καθιστούν ακατάλληλο για πλείστες συνήθεις χρήσεις. Το *φυσικό νερό* περιέχει σε διάλυση διάφορα ιόντα και σε αιώρηση στοιχεία, ενώσεις και σωματίδια. Το είδος και η περιεκτικότητα σε αυτά του προσδίδουν ορισμένες φυσικές και φυσικοχημικές ιδιότητες που χαρακτηρίζουν την ποιότητά του. Περιεκτικότητες σε ορισμένα από αυτά πάνω από ορισμένη οριακή τιμή είναι δυνατό να το καθιστούν ακατάλληλο για κάποια(ες) συγκεκριμένη(ες) χρήση(εις). Η συνολική περιεκτικότητα σε διαλυμένες ή και αιωρούμενες ουσίες, όπως και η σύσταση της περιεκτικότητας αυτής, δίνουν τα χαρακτηριστικά, την *ποιότητα του υπόγειου* (ή και του επιφανειακού) νερού.

Τα χαρακτηριστικά που καθορίζουν την ποιότητα του υπόγειου νερού είναι:

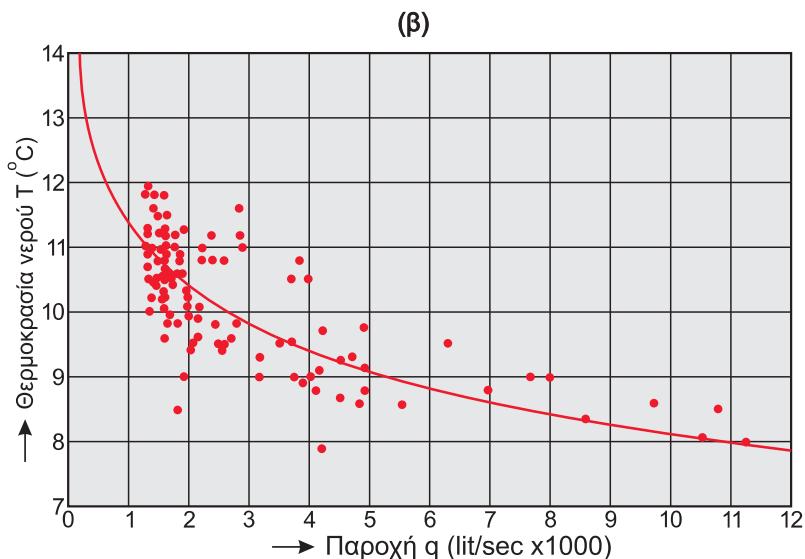
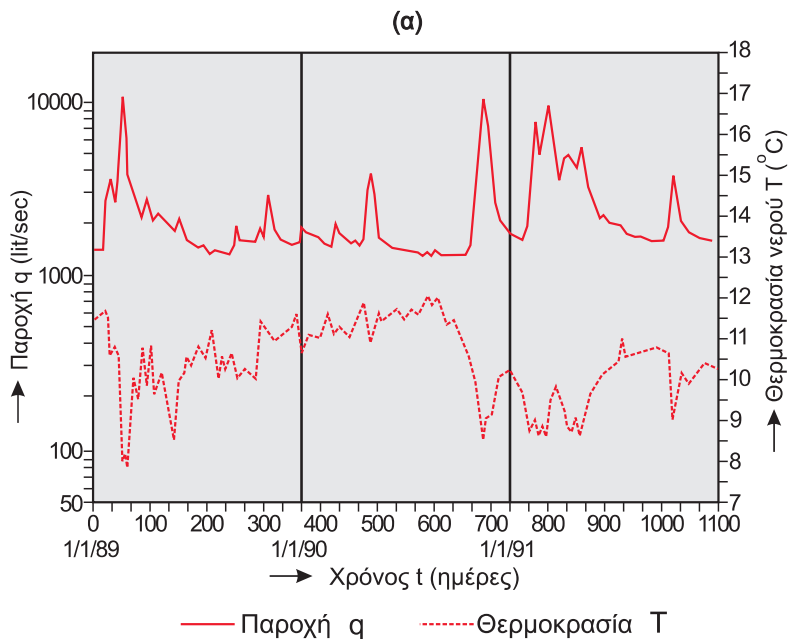
- Τα *φυσικά χαρακτηριστικά*
- Τα *χημικά χαρακτηριστικά*

- *Ειδικές παράμετροι*
- *Τα βιολογικά χαρακτηριστικά*

ii. *Φυσικά χαρακτηριστικά.* Τα κυριότερα είναι τα εξής:

- *Χρώμα.* Το νερό πρέπει να είναι άχρουν. Διάφορες διαλυμένες ή αιωρούμενες ουσίες μπορούν να του προσδώσουν περισσότερο ή λιγότερο έντονο χρώμα. Υπάρχουν κλίμακες μέτρησης χρώματος.
- *Οσμή.* Το νερό πρέπει να είναι άοσμο. Η περιεκτικότητα σε χημικά ή και βιολογικά στοιχεία μπορεί να του προσδώσουν οσμή.
- *Θολότητα.* Το νερό πρέπει να είναι διαυγές. Η περιεκτικότητά του όμως σε αιωρούμενες ενώσεις και σωματίδια (κυρίως αργιλλικά) του προσδίδουν θολότητα. Αυτή μετράται σε ορισμένα όργανα, τα *θολορόμετρα*. Θολότητα του νερού πέρα από ορισμένη τιμή το καθιστά, κατά περίπτωση, ακατάλληλο για ορισμένες χρήσεις.
- *Θερμοκρασία T.* Η θερμοκρασία του υπόγειου νερού, στο ίδιο σημείο είναι σταθερή με το χρόνο, γιατί βρίσκεται στη ζώνη της ομοιοθερμίας, ή μεταβάλλεται ελάχιστα εφόσον πρόκειται για πολύ ρηχό υδροφόρο στρώμα. Με εξαίρεση περιοχές γεωθερμικών πεδίων, η μέση θερμοκρασία του υπόγειου νερού σε συνήθη βάθη είναι περίπου 14-15°C, η δε συνήθης χωρική διακύμανση είναι από 10°C έως 20°C. Αντίθετα η θερμοκρασία του νερού των πηγών, κυρίως των καρστικών, μεταβάλλεται συνήθως κατά 4-5°C, ενίοτε περισσότερο, ιδίως όταν η ζώνη τροφοδοσίας είναι ορεινή. Συνήθως η μεταβολή της θερμοκρασίας γίνεται αντίστροφα ως προς τη μεταβολή της παροχής, σχήμα Z1.2.
- *Ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C.* Η τιμή του συντελεστή ηλεκτρικής αγωγιμότητας συνδέεται με το σύνολο των διαλυμένων ουσιών (T.D.S.) στο νερό (βλ. πιο κάτω). Πάντως στις συνήθεις περιπτώσεις των υπόγειων νερών παίρνει τιμές από 140 μS/cm έως 1100 μS/cm. Τα ελαφρά νερά έχουν ηλεκτρική αγωγιμότητα έως 400 μS/cm ενώ τα βαρεία νερά πάνω από 900 μS/cm. Τα υφάλμυρα νερά έχουν ηλεκτρική αγωγιμότητα συνήθως πάνω από 2000-3000 μS/cm έως και 30.000 μS/cm, ενώ κάποιες παλιές «σαλαμούρες» (παλιά υπεράλμυρα νερά) έχουν ηλεκτρική αγωγιμότητα έως και πάνω από 100.000 μS/cm.

Στα υπόγεια νερά των υδροφόρων στρωμάτων η ηλεκτρική αγωγιμότητα χρονικά μεταβάλλεται στα ρηχά λίγο, στα βαθιά ελάχιστα έως καθόλου, σχήμα Z1.3, ενώ χωρικά μπορεί να μεταβάλλεται έως πολύ έντονα επηρεαζόμενη από τη γεωλογική σύσταση και ιδίως την υφαλμύρωση, ή τα διάφορα κατάλοιπα. Γενικά η ηλεκτρική αγωγιμότητα μεταβάλλεται με τη θερμοκρασία του νερού (περίπου 2% ανά 1°C).



Σχ. Ζ1.2. (α): Διάγραμμα παράλληλης μεταβολής της παροχής q και της θερμοκρασίας T με το χρόνο t στην πηγή Αγίου Νικολάου Νάουσας, (β): Διάγραμμα θερμοκρασίας T -παροχής q στην ίδια πηγή για το ίδιο χρονικό διάστημα.