

ΥΔΡΟΣΦΑΙΡΑ, ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑ.

Το νερό θεωρείται ανόργανη χημική ένωση, βασικό συστατικό της Γης, σε μεγάλη αφθονία και γι' αυτό είναι το κύριο χαρακτηριστικό του γαλάζιου πλανήτη, με ουσιαστική, αναντικατάστατη και καθοριστική βιολογική και γεωλογική αξία. Το νερό υπάρχει ως ένωση μέσα στους οργανισμούς, είναι το υδατικό διάλυμα των κυττάρων, αλλά και περιβάλλον ανάπτυξης της ζωής. Νερό των ποταμών, των λιμνών, των πάγων, του ωκεανού και του γήινου φλοιού. Το ποσοστό του νερού στο σώμα των θηλαστικών είναι της τάξης του 70%. Της ίδιας τάξης αναλογία νερού έχει και ο πλανήτης μας, όπως δηλαδή οι ζωντανοί οργανισμοί. Ο γήινος φλοιός φιλοξενεί νερό στα πολύ επιφανειακά του στρώματα, σε υγρή μορφή που κυκλοφορεί ανάμεσα στους πόρους όλων σχεδόν των πετρωμάτων, αλλά κυρίως των μη συνεκτικών πετρωμάτων και από αυτό αντλούμε, ενώ συγχρόνως έχει δεσμευμένες επίσης τεράστιες ποσότητες του στα κρυσταλλικά πλέγματα πολλών ορυκτών των πετρωμάτων του.

Οι ωκεανοί είναι η μεγάλη υδαταποθήκη του πλανήτη, αφού καλύπτουν το 71% περίπου της επιφάνειας της Γης και περιλαμβάνουν περισσότερο από το 90% της παγκόσμιας επιφανειακής ποσότητας του νερού. Δεν είναι όμως μια υδατοδεξαμενή στάσιμου νερού. Δεν είναι τυχαίο που στην ελληνική μυθολογία ο Ωκεανός θεωρούνταν γιός της Γης και του Ουρανού, ο «*τελείης ποταμός*», με τρεις χιλιάδες γιους, τους ποταμούς και τρεις χιλιάδες κόρες τις Ωκεανίδες. Το νερό των ωκεανών βρίσκεται σε συνεχή κίνηση και ανακύκλωση, συμμετέχοντας σ' ένα ευρύτερο κύκλο ανακύκλωσης. Επεκτείνοντας τη φράση του Ηράκλειτου «... *ου δεις αναβήναι τον αυτόν ποταμόν...*», μπορούμε να ισχυριστούμε ότι ποτέ δεν βλέπουμε την ίδια λίμνη, την ίδια θάλασσα, δεν πλέουμε στον ίδιο ωκεανό, το νερό του είναι κάθε φορά διαφορετικό.

Κάθε ζωικός οργανισμός μπορεί να θεωρηθεί ως συνέχεια του υδάτινου περιβάλλοντός του, αφού γεννιέται, ζει και υπάρχει χάρη στο νερό. Μια μεμβράνη διαχωρίζει πολλούς μονοκύτταρους οργανισμούς, από το νερό που τους περιβάλλει και μέσα στο οποίο ζουν. Το εσωτερικό του κυττάρου τους είναι πάλι νερό με διαφορετική περιεκτικότητα σε χημικά στοιχεία και

ενώσεις. Η κυτταρική μεμβράνη αποτελεί τη λεπτή διαχωριστική γραμμή μεταξύ ανόργανου νερού και έμβιου όντος, πλήρως νερού. Περισσότερο από το μισό νερό των οργανισμών βρίσκεται μέσα στα κύτταρα και το υπόλοιπο είναι εξωκυτταρικό, που παρέχει το κυτταρικό περιβάλλον. Στο γονιμοποιημένο ωάριο το ποσοστό του νερού φτάνει σε ποσοστό 95%. Το ενδοκυτταρικό νερό είναι ο μεγάλος διαλύτης μέσα στον οποίο γίνονται όλες σχεδόν οι ενδοκυτταρικές χημικές αντιδράσεις. Χημικές διεργασίες γίνονται τόσο στο εξωκυτταρικό, όσο και στο νερό που περιβάλλει τους οργανισμούς θαλασσών, λιμνών, ποταμών, τελμάτων, σπηλαίων, αλλά ακόμη και στην υγρασία του αέρα. «Οργανικό» και «ανόργανο» νερό έχουν μια συνέχεια, αναλαμβάνοντας διαφοροποιημένους φυσικοχημικούς ρόλους.

Τα φυτά ανακυκλώνουν ετησίως πολύ μεγάλες ποσότητες νερού. Ένα μέσου μεγέθους θηλαστικό, όπως ο άνθρωπος που καταναλώνει τουλάχιστον 2,5 λίτρα νερού ημερησίως, ανακυκλώνει περίπου χίλια λίτρα το χρόνο, δηλαδή περί τους 70 τόνους σε όλη τη διάρκεια της ζωής του, 6 δισεκατομμύρια άνθρωποι, πολλά περισσότερα ζώα μικρά και μεγάλα, πόσο; Η φυτομάζα του πλανήτη, σημερινή και εκείνη του γεωλογικού παρελθόντος των δισεκατομμυρίων χρόνων, πόσο; Πόσες φορές ανακυκλώθηκε το νερό του πλανήτη; πόσες φορές πέρασαν τα ίδια μόρια του από πόσους οργανισμούς;

Αναξαγόρας και Αριστοτέλης αντιλαμβάνονταν την αέναη ανακύκλωση του νερού μεταξύ ξηράς και ατμόσφαιρας και διατύπωσαν για πρώτη φορά την έννοια του υδρολογικού κύκλου. Σ' αυτόν τον κύκλο του νερού, μας εισάγει ο ποιητής και ραψωδός, από τον Κολοφώνα των παραλίων της Ιωνίας, Ξενοφάνης (6^{ος}-5^{ος} αιώνας π.Χ.). «... πηγή δ' εστί θάλασσα ύδατος, πηγή σ' ανέμοιο... ούτε ροαί ποταμών, ουτ' αιθέρος, όμβριον ύδωρ, αλλά μέγας πόντος γενέτωρ νεφέων ανέμων τε και ποταμών...», η θάλασσα είναι πηγή του νερού και του ανέμου, ούτε τα ρεύματα των ποταμών ούτε το νερό της βροχής και της ατμόσφαιρας θα υπήρχε χωρίς τον ωκεανό. Αυτός είναι ο γεννήτορας των νερών, των ανέμων και των ποταμών. Λακωνική και πολύ σαφής διατύπωση του υδρολογικού κύκλου.

Αν η μεταβολή και συνεχής αλλαγή των πετρωμάτων είναι ιδιαίτερα αργή και χάνεται στο βάθος του γεωλογικού χρόνου, η κίνηση ολόκληρης της

μάζας του νερού στη Γη είναι πιο γρήγορη και αδιάκοπη και μας γίνεται αντιληπτή σε καθημερινή και ετήσια βάση. Φυσικά αυτή η κίνηση δεν περιορίζεται στον κυματισμό της θάλασσας, τη ροή των ποταμών και τη μετακίνηση των νεφών, είναι ένα ευρύτερο φαινόμενο ο λεγόμενος υδρολογικός κύκλος. Το νερό εξατμίζεται από την επιφάνεια των ωκεανών, των λιμνών, του εδάφους και με τη διαδικασία της διαπνοής από τα φυτά. Η διαπνοή είναι πολύ σημαντική γεωβιολογική λειτουργία, αφού το 1/3 του νερού της ξηράς διαφεύγει στην ατμόσφαιρα από τα φυτά. Τα ζώα βρίσκονται σε συνεχή καθημερινή ανακύκλωση του νερού τους. Από την ατμόσφαιρα, με τη μορφή βροχής και χιονιού ξαναγυρίζει άμεσα στον παγκόσμιο ωκεανό και στην ξηρά. Επίσης ρέει επιφανειακά από τα ψηλότερα προς τις θάλασσες, ενώ ταυτόχρονα εξατμίζεται. Το νερό της εξάτμισης στην ατμόσφαιρα επιστρέφει πάλι στην επιφάνεια, κατά μέσο όρο, σε μια βδομάδα. Το νερό των ποταμών κυλά σε χρονικά διαστήματα ημερών και μηνών, ενώ εκείνο των λιμνών παραμένει για χρόνια και το νερό των πιο βαθιών ωκεανών έχει χρόνο αποθήκευσης χιλιάδων ετών. Το επιφανειακό νερό της ξηράς, που κατεισδύει σε βαθύτερα στρώματα του ανώτερου φλοιού, τροφοδοτεί τους υπόγειους υδροφορείς. Το υπόγειο νερό πολύ γρήγορα επιστρέφει στη επιφάνεια από πηγές και γεωτρήσεις.

Αυτός είναι σε γενικές γραμμές ο κύκλος του νερού στη φύση, όπως τον αντιλαμβανόμαστε. Με αυτό το γενικό τρόπο διακινείται η μεγαλύτερη ποσότητα νερού στον πλανήτη μας για εκατομμύρια χρόνια. Στον κύκλο αυτό υπεισέρχεται νέο νερό ή και «διαφεύγει»; Πώς; Η ηφαιστειακή δραστηριότητα είναι ένας μηχανισμός που τροφοδοτεί το φλοιό και κυρίως την ατμόσφαιρα με «νέο νερό». Το λιωμένο υλικό του βάρους, το μάγμα, που προέρχεται από το μέσο ή κατώτερο φλοιό, αλλά έχει τις ρίζες του στο μανδύα, κουβαλάει μεταξύ των άλλων, υδρογόνο και οξυγόνο, και απελευθερώνει στην ατμόσφαιρα τεράστιες ποσότητες υδρατμών κατά τη διάρκεια των ηφαιστειακών εκρήξεων. Σεισμοί επίσης απελευθερώνουν κρυσταλλικό νερό από τα πετρώματα του φλοιού. Το νεοφερμένο αυτό νερό μας θυμίζει τα πρώτα στάδια δημιουργίας του γήινου επιφανειακού νερού.

Πολλά ορυκτά συστατικά των πετρωμάτων περιέχουν στο κρυσταλλικό τους πλέγμα ρίζες υδροξυλίου, έτοιμες να δώσουν νερό μόλις αλλάξουν οι

φυσικοχημικές συνθήκες που τις συγκρατούν στα κρυσταλλικά τους καλούπια. Πιέσεις επί των πετρωμάτων, αύξηση της θερμοκρασίας και σεισμοί ελευθερώνουν κρυσταλλικά μόρια παγιδευμένου νερού που τροφοδοτούν υπόγειους υδροφορείς ή και επιφανειακά ακόμη νερά. Επίσης, υπόγεια νερά σε κάποια παλαιότερη γεωλογική περίοδο ξέφυγαν από τον υδρολογικό κύκλο, αφού παγιδεύτηκαν σε ορισμένα στρώματα πετρωμάτων. Έμειναν κλεισμένα για χιλιάδες ή εκατομμύρια χρόνια, αφού χρέωσαν ένα έλλειμμα στον κύκλο. Κάποτε επανέρχονταν ή μπορεί να επανέλθουν στον υδρολογικό κύκλο ξανά στο μέλλον, όταν διαμορφωθούν συνθήκες διαφυγής από τις παγίδες τους, όπως ρήγματα ή διάβρωση των επιφανειακών στρωμάτων που τα καλύπτουν. Ο νέος γεωλογικός παράγοντας όμως, ο άνθρωπος, έχει τα μέσα σήμερα με γεωφυσικές διασκοπήσεις να τα ανακαλύπτει και με γεωτρήσεις να τα επαναφέρει στην επιφάνεια για χρήση του. Μ' αυτόν τον τρόπο τα επαναφέρει στο γενικό κύκλο τους, πολύ νωρίτερα απ' ότι πιθανά θα τα έφερνε η ίδια γεωλογική διεργασία. Τέτοια *κοιτάσματα απολιθωμένων νερών* ανακαλύπτονται σήμερα στην έρημο Σαχάρα και στην άνυδρη αραβική χερσόνησο. Επειδή δεν αποτελούν όμως τμήμα αυτού του αέναου υδρολογικού κύκλου, δεν είναι ανεξάντλητες πηγές, φθίνουν γρήγορα και εξυπηρετούν βραχυπρόθεσμες ανθρώπινες ανάγκες. Τα υπόγεια νερά, εκτός από τα απολιθωμένα, κινούνται συνεχώς, δεν είναι στάσιμα. Εντυπωσιακό είναι ότι επηρεάζονται και από τις παλίρροιες. Στις παράκτιες ζώνες η παλίρροια της θάλασσα μπορεί να έχει μια μικρή επίδραση στην αυξομείωση της στάθμης των υπόγειων υδροφορέων, αλλά και στην ενδοχώρα η παλίρροια του φλοιού επηρεάζει τα υπόγεια νερά, από λίγα χιλιοστά αυξομείωση μέχρι λίγα εκατοστά. Ιδιαίτερα χαμηλές στάθμες νερών μετρήθηκαν σε γεωτρήσεις, κατά την κάτω και άνω μεσουράνηση της Σελήνης.

Αέναη είναι η κίνηση των υδάτινων μαζών στον πλανήτη μας. Ούτε ο παγκόσμιος ωκεανός είναι αιώνιος, ούτε οι φαινομενικά στάσιμες λίμνες, όλα ανανεώνονται συνέχεια. Μικρές σχετικά ποσότητες αυτού του νερού περνούν και από τους ζωικούς οργανισμούς, των ανθρώπων συμπεριλαμβανομένων, με τη διαδικασία της καθημερινής πρόσληψης (πόσης) και αποβολής (ούρησης και ιδρώτα). Το νερό των θαλασσών και των λιμνών δεν είναι ποτέ

το ίδιο, ανακυκλώνεται στο πλαίσιο του υδρολογικού κύκλου, αλλά και γεωλογικά με το νερό του φλοιού. Πιστεύεται ότι ολόκληρος ο όγκος του ωκεάνιου νερού ανακυκλώνεται μέσα από κρυσταλλικά πετρώματα, κάθε 8 με 10 εκατομμύρια χρόνια. Ποιες δυνάμεις όμως κινούν συνεχώς αυτές τις τεράστιες μάζες του νερού;

Πρώτη και σπουδαιότερη θεωρείται η θερμική ενέργεια του Ήλιου. Αυτή συντελεί στο να εξατμίζεται το νερό, θέτει σε κινητική λειτουργία την ατμόσφαιρα, την κυκλοφορία των νεφών, των βροχοπτώσεων και του χιονιού. Επιπλέον επηρεάζει επιφανειακά τα νερά του ωκεανού, δημιουργεί θαλάσσια ρεύματα, θερμά και ψυχρά, και θέτει σε κίνηση τις πυκνότερες σε σχέση με τον αέρα ρευστές μάζες των θαλασσών, σε μια διαφορετική κυκλοφορία με καταλυτικές επιδράσεις στην ίδια τη ζωή.

Οι δυνάμεις της βαρύτητας είναι ο δεύτερος παράγοντας κίνησης του νερού. Με την επίδρασή τους πέφτουν οι σταγόνες της βροχής, ρέουν τα επιφανειακά ύδατα, γίνεται κατείσδυση του υπόγειου νερού και κινούνται οι παγετώνες. Η διαρκής αυτή κυκλοφορία δεν είναι μόνο κυκλοφορία των μορίων του νερού, αλλά συμπαρασύρει κροκάλες, χαλίκια, άμμο, μικρόκοκκους ορυκτών, μικρό και μέγα οργανισμούς, διαλυμένα μόρια ανόργανων και οργανικών ενώσεων και ιόντα, συνδέοντας μ' αυτόν τον τρόπο την υδρόσφαιρα με τις άλλες γεώσφαιρες του πλανήτη μας, ατμόσφαιρα, λιθόσφαιρα και βιόσφαιρα. «Σταγόνες ύδατος πέτρας κοιλαίνουσι (=βαθουλώνουν)» κατά την πολύ εύστοχη παρατήρηση του Θαλή του Μιλήσιου. Ο μεγάλος αυτός κύκλος του νερού έχει μια μόνιμη μεγάλη δεξαμενή, τον παγκόσμιο ωκεανό. Η δεξαμενή αυτή έχει το 97% περίπου του συνόλου του επιφανειακού νερού της Γης και τροφοδοτεί τον υδρολογικό κύκλο, τη συνεχή δηλαδή ανακύκλωση του. Μια αντίληψη διατυπωμένη σε πολλά κείμενα της αρχαίας ελληνικής φιλοσοφίας. Τα υπόγεια νερά της ξηράς εκτιμούνται σε 0.6% περίπου, ενώ σημαντικές ποσότητες νερού είναι «αποθηκευμένες» στους πολικούς πάγους (2,14% περίπου). Όπως φαίνεται από αυτές τις αναλογίες του νερού στον πλανήτη, οι ωκεανοί διατηρούν τη ζωή και τις κλιματικές ισορροπίες, οι πολικοί πάγοι παίζουν ένα πολύ σημαντικό ρόλο σ' αυτές τις ισορροπίες, ενώ το πολύτιμο νερό της ξηράς,

επιφανειακό ή υπόγειο έχει πολύ μικρότερο και δευτερεύοντα ρόλο σ' αυτό το κρίσιμο παιχνίδι των λεπτών ισορροπιών.

Οι ωκεανοί φαίνεται να κυριαρχούν στις φωτογραφίσεις του πλανήτη μας από τεχνητούς δορυφόρους. Ο Άρθουρ Κλαρκ (Arthur Clark) σημείωνε με έμφαση «... πόσο άτοπα ονομάσουμε αυτόν τον πλανήτη Γη, ενώ καταφανώς είναι Ωκεανός». Οι ωκεανοί είναι το χαρακτηριστικό εξωτερικό γνώρισμα της Γης. Καταλαμβάνουν τα τέσσερα πέμπτα της επιφάνειας της, έχουν ένα μέσο βάθος 3.200 μέτρα, αν και ορισμένες περιοχές τους κοντά στις ηπείρους δεν ξεπερνούν τα 120 με 200 μέτρα, ενώ ορισμένοι τάφροι φτάνουν τα 5.000 και 11.000 μέτρα. Συμβάλλουν και αυτοί με τη σειρά τους στη σταθεροποίηση της θερμοκρασίας της Γης, τόσο ως μεγάλη ανόργανη μάζα, όσο και με τους ζωικούς οργανισμούς που «φιλοξενούν». Επιτελούν δηλαδή οι ωκεανοί μια βιο-γεωλογική λειτουργία. Η προσφορά στη θερμοκρασιακή ισορροπία του πλανήτη γίνεται ως αδιαίρετο βιο-γεωσύνολο νερού και ζωής. Ο διαχωρισμός σε ξεχωριστές δομικές και λειτουργικές οντότητες είναι αποτέλεσμα της κατακερματισμένης επιστημονικής σκέψης αιώνων και της εκπαίδευσής μας κατ' επέκταση. Γι' αυτό η έκφραση «ο ωκεανός ή η Γη φιλοξενούν ζωή» φαίνεται στο πλαίσιο των νέων αντιλήψεων τελείως λαθεμένη. Η μισή περίπου ζωντανή ύλη βρίσκεται στο υγρό στοιχείο. Όμως ο παγκόσμιος ωκεανός δεν είναι ανεξάρτητος από τις λειτουργίες της ατμόσφαιρας και της λιθόσφαιρας.

Ο όγκος των ωκεανών δεν είναι μόνο νερό. Πολλά διαλυμένα αέρια βρίσκονται στη μεγάλη αυτή υδατοδεξαμενή, που ρυθμίζει τη σύσταση και λειτουργία της ατμόσφαιρας. Χωρίς τη δυνατότητα της ατμόσφαιρας να απορροφά τους υδρατμούς από τον ωκεανό, της ξηράς να δέχεται το νερό, των φυτών να το διαπνέουν και όλοι μαζί να το ανακυκλώνουν, μαζί με άλλα χημικά στοιχεία και ενώσεις, οι θάλασσες δεν θα ήταν γεμάτες με ζωή και η ξηρά θα ήταν κατάξηρη. Η ζωή υπάρχει λόγω του νερού και ο ωκεανός λόγω της ζωής. Σήμερα, η χημική σύνθεση και οι φυσικοχημικές λειτουργίες του παγκόσμιου ωκεανού νοούνται μόνο στο πλαίσιο των βιογεωλογικών διεργασιών.

Οι διαλυμένες ανόργανες ουσίες του ωκεανού έχουν πολύ μεγάλη σημασία για την καλή λειτουργία του και τη λειτουργία της Γης συνολικά. Κατά

τη διάρκεια της εξέλιξης της Γης, στο διάβα του γεωλογικού χρόνου, το διαρκώς ανακυκλούμενο νερό ξέπλυνε τεράστιους όγκους πετρωμάτων, κατεδάφισε ολόκληρες οροσειρές και μετέφερε με τα ποτάμια απείρως μεγάλες ποσότητες υλικών και διαλυμάτων. Θα έπρεπε κανονικά η αλατότητα του να ήταν πολύ μεγάλη, αβιοτική, όπως συμβαίνει σε μια περίπτωση στη Γη, στη γνωστή μας Νεκρή Θάλασσα της Παλαιστίνης. Δεν συμβαίνει όμως αυτό. Απεναντίας η αλατότητα του παγκόσμιου ωκεανού παραμένει σταθερή γύρω στο 3,4% και ευνοεί την ύπαρξη ζωής. Το μεγαλύτερο μέρος της ζώσας ύλης αναπτύσσεται στις θάλασσες και μέσα από τις λειτουργίες της ρυθμίζεται και η ποσότητα των διαλυμένων αλάτων, όπως αντίστοιχα συμβαίνει και στην ατμόσφαιρα. Μια αμφίδρομη δυναμική σχέση νερού και ζωής, «ανόργανης» και «οργανικής» ύλης. Χαρακτηριστικό των ωκεανών είναι μια φυσική, χημική και βιολογική «σταθερότητα», που διαρκεί από τότε που εμφανίστηκε και σταθεροποιήθηκε η ζωή.

Το επιφανειακό νερό της υδρόσφαιρας πιστεύεται ότι δημιουργήθηκε, στα πρώιμα στάδια της εξέλιξης του πλανήτη, από τις ηφαιστειακές εκρήξεις και την αεριοπαροχή θερμών υδρατμών. Έχει δηλαδή προέλευση από το μανδύα, από το εσωτερικό της Γης. Στα πρώτα γήινα στάδια, όταν τα πετρώματα ήταν πιο θερμά, ήταν σαφώς λιγότερο. Η σύγχρονη αστροφυσική υποστηρίζει ότι το νερό έχει προέλθει κυρίως εξωπλανητικά, στα πολύ πρώιμα στάδια δημιουργίας του πλανητικού μας συστήματος και της Γης. Σήμερα έχουμε ενδείξεις ότι ο πλανήτης εξακολουθεί να βομβαρδίζεται συνεχώς από ενδοαστρικούς πολύ μικρούς παγοκρυστάλλους και να εμπλουτίζεται με αυτόν τον τρόπο σε νερό (!). Αλλά δυστυχώς ισχυρές αποδείξεις για την πολύ μακρινή εκείνη εποχή φαίνεται ότι δεν διατηρούνται στο γεωλογικό αρχείο