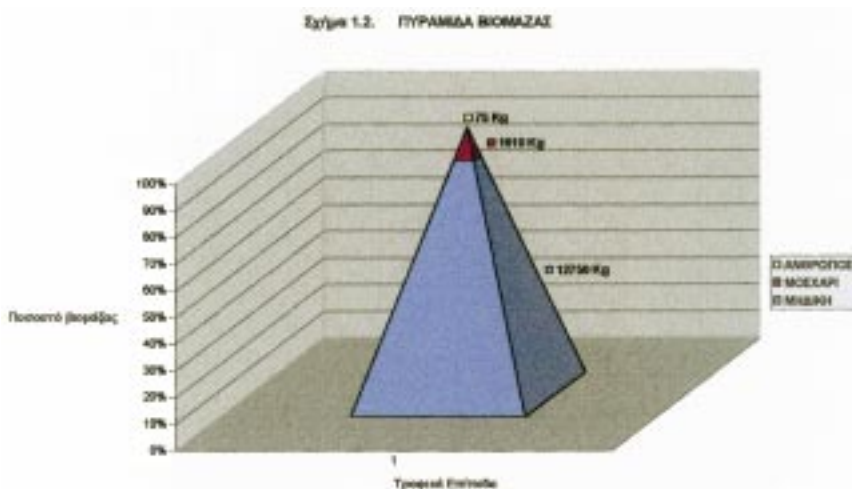


Μεταξύ των τροφικών επιπέδων παρατηρούνται σημαντικές απώλειες ενέργειας. Οι οργανισμοί μπορούν να δεσμεύσουν μονάχα το 10% περίπου της ενέργειας που υπάρχει στους οργανισμούς του αμέσως προηγούμενου τροφικού επιπέδου. Ένα ποσοστό 80 με 90% καταναλώνεται από τους ίδιους τους οργανισμούς του κατώτερου επιπέδου, για να ολοκληρώσουν τις βιολογικές τους λειτουργίες (π.χ. αναπνοή, δέσμευση νερού και θρεπτικών, για τα φυτά, κίνηση – αναζήτηση τροφής για τα ζώα).

Αυτός ο περιορισμός του 10% είναι καθοριστικός για το συνολικό αριθμό των τροφικών επιπέδων σε ένα οικοσύστημα. Είναι φανερό πως δεν είναι δυνατό να υπάρξουν πολλά τροφικά επίπεδα, καθώς κάτι τέτοιο θα απαιτούσε τεράστιες ποσότητες διαθέσιμης ενέργειας από τους παραγωγούς (πρώτο τροφικό επίπεδο). Διαπιστώνουμε, λοιπόν, ότι η ποσότητα της ενέργειας που είναι διαθέσιμη σε κάθε τροφικό επίπεδο εξαρτάται από τη δυνατότητα που έχουν οι παραγωγοί του οικοσυστήματος να δεσμεύουν ενέργεια από τον ήλιο (ένταση φωτοσυνθετικής δραστηριότητας).

Ως άμεσο αποτέλεσμα της ελάττωσης της διαθέσιμης ενέργειας σε κάθε οικοσύστημα, κατά το πέρασμα από ένα τροφικό επίπεδο σε ένα άλλο, παρατηρείται μείωση τόσο της συνολικής **βιομάζας**, όσο και του αριθμού των οργανισμών. Αυτό σημαίνει ότι η βιομάζα των φυτών (παραγωγοί) είναι μεγαλύτερη από αυτή των φυτοφάγων και βεβαίως των σαρκοφάγων ζώων. Αν κάναμε δηλαδή τη γραφική παράσταση της διαθέσιμης βιομάζας ανά τροφικό επίπεδο, θα σχηματιζόταν μια φθίνουσα πυραμίδα (**Σχήμα 1.2**, πυραμίδα βιομάζας – για ευκολία θεωρούμε την παρουσία ενός μόνο οργανισμού ανά τροφικό επίπεδο).



Στο σχήμα φαίνεται πως σε κάθε άνθρωπο βάρους 75 κιλών, αντιστοιχεί ένας αριθμός μοσχαριών συνολικού βάρους 1.610 κιλών, τα οποία με τη σειρά τους έχουν διαθέσιμα στο αμέσως επόμενο τροφικό επίπεδο 12.750 κιλά μηδικής (τριφύλλι).

Αντίθετα με την ελάττωση της ενέργειας και της βιομάζας κατά τη μετάβαση σε επόμενα τροφικά επίπεδα, είναι δυνατό κάποιες ουσίες να περνούν σχεδόν αναλλοίωτες από τους παραγωγούς στους οργανισμούς των υψηλότερων επιπέδων. Οι ουσίες αυτές συσσωρεύονται στους οργανισμούς σε πολλαπλάσιες από τις αρχικές συγκεντρώσεις, ανάλογα πάντοτε με το στάδιο της τροφικής αλυσίδας στο οποίο ανήκουν. Το φαινόμενο αυτό, το οποίο ονομάζεται **βιοσυσσωρεύση**, είναι ιδιαίτερα σημαντικό καθώς εξηγεί την εμφάνιση μεγάλων συγκεντρώσεων τοξικών ουσιών στους οργανισμούς των υψηλών τροφικών επιπέδων, ανάμεσα στους οποίους βρίσκεται και ο άνθρωπος.

Στα νερά μιας παράκτιας περιοχής, για παράδειγμα, στην οποία καταλήγουν οι απορροές καλλιεργούμενων εκτάσεων είναι αναμενόμενες χαμηλές συγκεντρώσεις τοξικών ουσιών που προέρχονται από τα χρησιμοποιούμενα φυτοφάρμακα. Οι συγκεντρώσεις αυτές μπορεί να είναι αμελητέες (της τάξης του 1 μέρους στο δισεκατομμύριο ή 1 ppb). Αν μετρήσουμε όμως τις συγκεντρώσεις των ίδιων ουσιών στο φυτοπλαγκτό, τα ψάρια και τα ψαροφάγα πουλιά, θα διαπιστώσουμε ότι οι συγκεντρώσεις πολλαπλασιάζονται σημαντικά φτάνοντας ακόμα και τις εκατοντάδες χιλιάδες μέρη στο εκατομμύριο για το ανώτερο τροφικό επίπεδο, με αποτέλεσμα τη δηλητηρίαση και συχνά το θάνατο των οργανισμών αυτών.

1.3 Διαιρέση και χαρακτηριστικά των οικοσυστημάτων

Τα οικοσυστήματα μπορούν να διακριθούν σε φυσικά και σε τεχνητά ή ανθρωπογενή, ανάλογα με το βαθμό επέμβασης του ανθρώπου στη δημιουργία και διατήρησή τους. Παραδείγματα φυσικών οικοσυστημάτων αποτελούν τα δάση, τα λιβάδια, οι ωκεανοί, οι εκβολές των ποταμών, κλπ. Αντίστοιχα, ανθρωπογενή οικοσυστήματα αποτελούν οι καλλιεργούμενες εκτάσεις, οι τεχνητοί υγρότοποι, οι υδατοκαλλιέργειες, οι οικισμοί, κλπ.

Τα τεχνητά οικοσυστήματα μπορούν να χαρακτηριστούν ως ασταθή, καθώς η επιβίωσή τους συνδέεται στενά με τη διαρκή τροφοδότησή τους με εισροές από τον άνθρωπο. Οι καλλιέργειες, για παράδειγμα, απαιτούν τη σπορά, τη λίπανση και γενικότερα τη φροντίδα του γεωργού, διαφορετικά χάνουν τη μορφή τους και σταδιακά μεταβάλλονται σε άλλου τύπου οικοσυστήματα (φυσικά).

Ανεξάρτητα από το φυσικό ή ανθρωπογενή τους χαρακτήρα, τα οικοσυστήματα μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες:

- Στα **χερσαία οικοσυστήματα**. Εδώ ανήκουν τα δάση, οι θαμνώνες, τα λιβάδια (φυσικοί και τεχνητοί λειμώνες), αλλά και σχηματισμοί μακρινοί για τη χώρα μας όπως η έρημος (π.χ. Σαχάρα και Καλαχάρι στην Αφρική, Αριζόνα στη Β. Αμερική, κλπ.), η σαβάννα, η στέπα, η τούνδρα, κλπ.



Φωτογραφία 1.6

Τμήμα χερσαίου οικοσυστήματος

Πηγή: Αρχείο Π. Πετρολέκα

- Στα υδατικά οικοσυστήματα. Εδώ περιλαμβάνονται οι παράκτιοι υγρότοποι, οι ωκεανοί, οι λίμνες, τα ποτάμια, οι υδατοκαλλιέργειες, κλπ. Στην Ελλάδα, τα υδατικά οικοσυστήματα είναι τα πλέον συνηθισμένα, λόγω της γεωμορφολογίας (έντονο ανάγλυφο που συνδυάζεται με πολλά εσωτερικά νερά – λίμνες, ποτάμια, χείμαρροι, έλη, κλπ.) και της μεγάλης έκτασης που καταλαμβάνει το θαλάσσιο τμήμα της χώρας.



Φωτογραφία 1.7

Υδατικό Οικοσύστημα

Πηγή: Αρχείο Α. Χαραλάμπους

1.4 Χημεία Περιβάλλοντος

Ο άνθρωπος, από τα πρώτα κιόλας χρόνια της εξελικτικής του πορείας, προσπάθησε να εξηγήσει τα φαινόμενα που συμβαίνουν στη φύση. Η ερμηνεία των φυσικών διεργασιών και η δυνατότητα πρόβλεψής τους συνδέεται με την ανάπτυξη επιστημών όπως η φυσική, η χημεία, η γεωλογία, τα μαθηματικά, η βιολογία, κλπ. Στα πλαίσια των επιστημών αυτών, η διατύπωση αρχών και θεωριών για την κατανόηση της φύσης στηρίχθηκε τόσο στην παρατήρηση όσο και στη χρήση εργαστηριακών μεθόδων.

Η ραγδαία τεχνολογική πρόοδος κατά τις τελευταίες δεκαετίες, οδήγησε τις θετικές επιστήμες σε σημαντικές ανακαλύψεις σχετικά με τους μηχανισμούς που προκαλούν τα φυσικά φαινόμενα, αλλά και με τις μεθόδους με τις οποίες μπορεί να τα ελέγξει. Η Χημεία, δίνοντας έμφαση στην εργαστηριακή αναπαραγωγή των διαδικασιών της φύσης μέσα σε ελεγχόμενες συνθήκες, κατάφερε να δώσει ικανοποιητικές εξηγήσεις:

- ☐ για τη δομή της ύλης
- ☐ για το μηχανισμό των χημικών αντιδράσεων
- ☐ για τα άμεσα αποτελέσματα δραστηριοτήτων του ανθρώπου που σχετίζονται με την κάλυψη των αναγκών του για ενέργεια (πετροχημική βιομηχανία, πυρηνικά εργοστάσια, κλπ.), τροφή (πλαστικές συσκευασίες, φυτοφάρμακα, λιπάσματα, κλπ.) και υγεία (βιομηχανίες φαρμάκων, καλλυντικών, κλπ.).

Παρόλα αυτά, καθημερινά διαπιστώνονται κενά στην κατανόηση των έμμεσων και μακροχρόνιων αποτελεσμάτων των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, αλλά και των αλλαγών που προκαλούνται στις φυσικές διεργασίες. Οι ελλείψεις αυτές είναι ιδιαίτερα σημαντικές σε μακροσκοπικό επίπεδο. Αρκεί να αναλογιστεί κανείς την άγνοια - μέχρι πρόσφατα - για την καταστροφή του στρώματος του όζοντος στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας ή για τους μηχανισμούς που προκαλούν τις παγκόσμιες κλιματικές αλλαγές, για να κατανοήσει την ανάγκη να ενταθούν οι προσπάθειες διερεύνησης των φυσικών φαινομένων με έμφαση στη «μάκρο» διάσταση.

Την προσέγγιση αυτή ακολουθεί η **Περιβαλλοντική Χημεία**, ένας ξεχωριστός κλάδος της Χημείας που γνωρίζει ιδιαίτερη ανάπτυξη τα τελευταία χρόνια, ως αποτέλεσμα τόσο της εξέλιξης των φυσικών επιστημών και της τεχνολογίας, όσο και της γενικότερης ευαισθητοποίησης απέναντι στα περιβαλλοντικά ζητήματα.

Η Περιβαλλοντική Χημεία ασχολείται με τη μελέτη των κινήσεων

και των μεταβολών που συντελούνται στα στοιχεία και τις χημικές ενώσεις που βρίσκονται στο φυσικό περιβάλλον. Εξετάζει δηλαδή τους μηχανισμούς **σύνθεσης, μεταφοράς και αποικοδόμησης** των ουσιών στο φυσικό και το ανθρωπογενές περιβάλλον, αλλά και των νέων συνθηκών που δημιουργούνται εξαιτίας αυτών. Για τη διευκόλυνση της μελέτης, μπορούμε να τη διαχωρίσουμε σε δύο ενότητες:

- Στη **Βασική Περιβαλλοντική Χημεία**. Έχει ως αντικείμενο την εξέταση των συγκεντρώσεων σε θρεπτικά άλατα, οργανική ύλη, βαρέα μέταλλα, κλπ., καθώς και των χημικών μεταβολών που συμβαίνουν στο περιβάλλον, όπως για παράδειγμα των βιογεωχημικών κύκλων του άνθρακα, του αζώτου και άλλων στοιχείων και ενώσεων. Μελετά, δηλαδή, τα χημικά φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα στο περιβάλλον.
- Στην **Εφαρμοσμένη Περιβαλλοντική Χημεία**. Ασχολείται με την εξέταση συγκεκριμένων περιβαλλοντικών ζητημάτων, όπως για παράδειγμα, τη ρύπανση της ατμόσφαιρας μιας πόλης, τη δημιουργία πετρελαιοκηλίδων στη θάλασσα, την αύξηση της θερμοκρασίας σε πλανητικό επίπεδο («φαινόμενο του θερμοκηπίου»), την αραίωση της συγκέντρωσης του όζοντος στην στρατόσφαιρα («τρύπα του όζοντος»), κλπ.

Η Περιβαλλοντική Χημεία προσπαθεί να περιγράψει και να εξηγήσει τις λειτουργίες που λαμβάνουν χώρα στο περιβάλλον, με τη χρήση μιας σειράς δεικτών – χημικών παραμέτρων τόσο στην ατμόσφαιρα όσο και στο έδαφος και τα νερά. Παράλληλα, με τη χρήση των δεικτών αυτών γίνεται εφικτή η μέτρηση του βαθμού στον οποίο είναι ρυπασμένη η κάθε περιοχή που εξετάζεται. Τέτοιοι δείκτες-παραμέτροι αποτελούν μεταξύ άλλων, η οργανική ύλη, τα βαρέα μέταλλα, τα θρεπτικά άλατα, οι χλωροφύλλες (χαρακτηρίζουν το φυτοπλαγκτόν), οι παθογόνοι μικρο-οργανισμοί, τα βαρέα μέταλλα, κλπ.

ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Με την έννοια *Περιβάλλον* εκφράζουμε όλα όσα μας «περιβάλλουν», δηλαδή το σύνολο των στοιχείων που συνθέτουν την εικόνα που συναντάμε καθημερινά γύρω μας. Οι πολλαπλές μορφές που συχνά αποδίδουμε στο περιβάλλον οφείλονται στη δυνατότητα που μας δίνεται τότε να θεωρούμε ως πλαίσιο αναφοράς τον εαυτό μας ή το χώρο στον οποίο αναπτύσσουμε δραστηριότητες και τότε κάποιον άλλο άνθρωπο ή χώρο, συχνά σε τελείως διαφορετική γεωγραφική περιοχή.
- Ανέκαθεν, οι επεμβάσεις του ανθρώπου στη φύση είχαν το ίδιο κίνητρο, δηλαδή την εξυπηρέτηση των ατομικών ή συλλογικών του αναγκών. Ο άνθρωπος, ακόμα και αυτός των σπηλαίων, πάντοτε προκαλούσε πιέσεις στο φυσικό περιβάλλον, συχνά μάλιστα επέφερε την υποβάθμιση των τοπικών ή και ευρύτερων οικοσυστημάτων. Σταδιακά, η χρήση του περιβάλλοντος από τον άνθρωπο αφενός ως πηγή πόρων και αφετέρου ως αποδέκτη αποβλήτων έγινε ακόμα πιο έντονη, με αποτέλεσμα την υποβάθμισή του και τη δημιουργία σημαντικών κινδύνων για το μέλλον της ζωής στον πλανήτη. Η περιβαλλοντική συνείδηση και η ευαισθητοποίηση απέναντι στα φλέγοντα ζητήματα που αφορούν στο μέλλον του πλανήτη αναπτύσσονται καθημερινά σε όλους σχεδόν τους κατοίκους της γης.
- Η συγκέντρωση μεγάλου αριθμού κατοίκων στις πόλεις έχει αλλάξει σημαντικά τον τρόπο ζωής των ανθρώπων που διαμένουν σε αυτές. Παράλληλα με τη διαδικασία της αστικοποίησης, η πληθυσμιακή έκρηξη που παρατηρείται σε παγκόσμιο επίπεδο και πλήττει κυρίως τις αναπτυσσόμενες χώρες, έχει ήδη αρχίσει να προκαλεί αυξανόμενες αρνητικές επιπτώσεις στο περιβάλλον και την ποιότητα ζωής των ανθρώπων. Τα βασικά και πρωτογενή αίτια για την υποβάθμιση της ποιότητας ζωής και του περιβάλλοντος δε θα πρέπει να αναζητηθούν στην υπέρμετρη αύξηση του πληθυσμού, αλλά στην αποτυχία της αναπτυξιακής πολιτικής που ακολουθείται σε διεθνές επίπεδο και που φανερώνει αδυναμία να προσφέρει ισότητα στην κατανομή των

εισοδημάτων και των προοπτικών για υγεία, εκπαίδευση και εργασία.

✚ Τα **οικοσυστήματα** αποτελούν σχετικά αυτόνομες ενότητες (βασικές μονάδες μελέτης) που περιλαμβάνουν ένα σύνολο ζωντανών οργανισμών (φυτά, ζώα, μικροοργανισμοί) και το αβιοτικό τους περιβάλλον (έδαφος, κλίμα, νερό, κτλ.). Σε κάθε γεωγραφική περιοχή, το σύνολο των ζωντανών οργανισμών αποτελεί μια **βιοκοινότητα**, ενώ το ανόργανο ή αλλιώς αβιοτικό περιβάλλον των οργανισμών αυτών αποτελεί ένα **βιότοπο**. Η **οικολογία** είναι η επιστήμη του περιβάλλοντος που εξετάζει τις σχέσεις τόσο μεταξύ των ζωντανών οργανισμών, όσο και ανάμεσα στους ζωντανούς οργανισμούς και το ανόργανο περιβάλλον τους.

✚ Η συμπεριφορά των οργανισμών στη μεταβολή των παραγόντων αυτών ακολουθεί το **νόμο της ανοχής** ή αλλιώς **νόμο του ελαχίστου**. Η οικολογία, για να διευκολύνει τη μελέτη των οικοσυστημάτων, έχει οργανώσει τα έμβια (ή αλλιώς βιολογικά) συστήματα του περιβάλλοντος σε τρία βασικά επίπεδα, τον οργανισμό, τον πληθυσμό και τη βιοκοινότητα. Η λειτουργική οργάνωση των οικοσυστημάτων βασίζεται στη ροή της ενέργειας και διακρίνεται σε τρία βασικά επίπεδα, τους αυτότροφους οργανισμούς, τους ετερότροφους οργανισμούς και τους αποικοδομητές. Τα επίπεδα οργάνωσης των οικοσυστημάτων συνδέονται μεταξύ τους με μια αλυσιδωτή σχέση που βασίζεται στην προσφορά τροφής, δηλαδή ενέργειας και που ονομάζεται τροφική αλυσίδα. Μεταξύ των τροφικών επιπέδων παρατηρούνται σημαντικές απώλειες ενέργειας.

✚ Τα οικοσυστήματα μπορούν να διακριθούν σε **φυσικά** και σε **τεχνητά** ή **ανθρωπογενή**, ανάλογα με το βαθμό επέμβασης του ανθρώπου στη δημιουργία και διατήρησή τους. Ανεξάρτητα από το φυσικό ή ανθρωπογενή τους χαρακτήρα, τα οικοσυστήματα μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες, τα χερσαία και τα υδατικά.

✚ Η Περιβαλλοντική Χημεία ασχολείται με τη μελέτη των κινήσεων και των μεταβολών που συντελούνται στα στοιχεία και τις χημικές ενώσεις που βρίσκονται στο φυσικό περιβάλλον. Εξετάζει δηλαδή

τους μηχανισμούς *σύνθεσης*, *μεταφοράς* και *αποδόμησης* των ουσιών στο φυσικό και το ανθρωπογενές περιβάλλον, αλλά και των νέων συνθηκών που δημιουργούνται εξαιτίας αυτών. Για τη διευκόλυνση της μελέτης, μπορούμε να τη διαχωρίσουμε σε δύο ενότητες, τη βασική και την εφαρμοσμένη περιβαλλοντική χημεία.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ

- 1.1 Πως αντιλαμβάνεστε την έννοια «Περιβάλλον»; Σκεφτείτε πως διαμορφώσατε την αντίληψη αυτή.
- 1.1 Περιγράψτε τη σχέση ανθρώπου – φύσης κατά την περίοδο της γεωργικής, της βιομηχανικής και της τεχνολογικής επανάστασης.
- 1.2 Σε τι διαφέρει ένα οικοσύστημα από μια βιοκοινότητα;
- 1.3 Σε μια καλλιέργεια όπου το έδαφος είναι φτωχό σε άζωτο και φώσφορο, ο γεωργός χρησιμοποιεί μεγάλες ποσότητες αζωτούχων λιπασμάτων. Παρατηρώντας ότι εξακολουθεί να μην αποδίδει ικανοποιητικά η καλλιέργειά του, τι από τα παρακάτω θα τον συμβουλευάτε να κάνει;
 - α. Να αυξήσει την ποσότητα του λιπάσματος που χρησιμοποιεί.
 - β. Να ελαττώσει την ποσότητα του αζωτούχου λιπάσματος και να συμπληρώσει τη λίπανση με φωσφορούχα λιπάσματα (με τις υποδείξεις του γεωπόνου της περιοχής του).
 - γ. Να αλλάξει το είδος που καλλιεργεί, επιλέγοντας κάποιο που δεν απαιτεί μεγάλες ποσότητες αζώτου και φωσφόρου (με τη βοήθεια του γεωπόνου της περιοχής του).
- 1.4 Ποια είναι τα βασικά επίπεδα οργάνωσης της ζωής και πως συνδέονται μεταξύ τους;
- 1.5 Από τι εξαρτάται η διαθέσιμη ενέργεια στο δεύτερο και από τι στο τρίτο τροφικό επίπεδο;
- 1.6 Γιατί είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη η παρουσία μη αποικοδομήσιμων ουσιών, έστω και σε αμελητέες συγκεντρώσεις, στους παραγωγούς και γενικότερα στους οργανισμούς των κατώτερων τροφικών επιπέδων;
- 1.7 Με τι ασχολείται η Περιβαλλοντική Χημεία;