

Κ Ε Φ Α Λ Α Ι Ο 1

ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΑΡΧΕΣ  
ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ  
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ  
ΦΥΣΙΚΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ





## 1.1 Βασικές οικολογικές έννοιες

Ο όρος **οικολογία** χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά από τον E. Haeckel το 1869. Προέρχεται, ως γνωστόν, από τις ελληνικές λέξεις «οίκος» και «λόγος» και αναφέρεται στην επιστήμη που μιλά (λόγος) και περιγράφει την λειτουργία του «οίκου». «Οίκος» στη γλώσσα μας δεν είναι βεβαίως μόνο η οικία αλλά και το περιεχόμενό της το «σπιτικό» γενικά. Σύμφωνα με άλλους σύγχρονους ορισμούς, οικολογία είναι η επιστήμη των σχέσεων των οργανισμών με το περιβάλλον τους. Κατά τον Bourliere είναι η οικονομία και η κοινωνιολογία της φύσης ή, ακόμη πιο απλά, η επιστήμη που μελετά τη λειτουργία των έμβιων όντων στη φύση ως αναπόσπαστο τμήμα ενός συνόλου που λέγεται οικοσύστημα.

Ο όρος οικοσύστημα διατυπώθηκε για πρώτη φορά το 1935 από τον Tansley, ο οποίος υπογράμμισε ότι με τη λέξη αυτή εννοούνται, όχι μόνο οι οργανισμοί που ζουν σε μια περιοχή (βιοκοινότητα), αλλά και το σύνολο των ανόργανων φυσικών παραγόντων, οι οποίοι επηρεάζουν την επιβίωσή τους και συνθέτουν επί της ουσίας το περιβάλλον μέσα στο οποίο ζουν (βίοτοπος). Λίγα χρόνια αργότερα (1942), ο Lindemann προχώρησε σε έναν αυστηρότερο ορισμό, λέγοντας ότι «**οικοσύστημα είναι ένα σύστημα αποτελούμενο από φυσικές, χημικές και βιολογικές διεργασίες, οι οποίες ενεργούν σε μία χωρο-χρονική μονάδα οποιουδήποτε μεγέθους**».

Αξίζει να παρατηρηθεί ότι ο ορισμός του Lindemann δεν περιλαμβάνει κάποια πληροφορία για τα όρια, δηλαδή το μέγεθος του οικοσυστήματος και εισάγει το συνδυασμό χώρου και χρόνου. Τα περισσότερα οικοσυστήματα δεν έχουν σαφή όρια. Εισχωρούν το ένα στο άλλο μέσω των στοιχείων που τα αποτελούν **π.χ. ένα αποδημητικό πτηνό μπορεί να γίνει διαδοχικά στοιχείο διαφορετικών οικοσυστημάτων**. Με άλλα λόγια, ενώ το οικοσύστημα αντιπροσωπεύει μια πραγματική και όχι φανταστική περιοχή του χώρου, δεν μπορεί να εντοπιστεί με απόλυτη ακρίβεια (π.χ. σε ένα χάρτη), επειδή στην πραγματικότητα δεν είναι παρά ένα εργαλείο μελέτης, το οποίο μας επιτρέπει να διαιρούμε το χώρο σε μικρότερα τμήματα, προσδιορίζοντας με σχετική ακρίβεια τις συνθήκες που πρέπει να ληφθούν υπόψη.

Πολύ αργότερα ο Müller (1997) διατυπώνει την άποψη ότι το οικοσύστημα είναι η βασική μονάδα μελέτης για την επιστήμη της οικολογίας, ενώ ο Ulanowicz (2003) το ορίζει με τη σειρά του ως ένα «**συνδυασμό της βιοκοινωνίας και των άβιων στοιχείων του περιβάλλοντος που δρουν ως ένα λειτουργικό σύνολο**».

Οι βασικοί λοιπόν παράγοντες που συγκροτούν ένα οικοσύστημα είναι αβιοτικοί και βιοτικοί. Με τον όρο **αβιοτικοί** παράγοντες εννοούνται όλα τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά ενός οικοσυστήματος: το φως, η θερμοκρασία, το νερό, το έδαφος, τα θρεπτικά συστατικά κ.λπ., ενώ με τον όρο **βιοτικοί**, εννοούνται οι ζωντανοί οργανισμοί, δηλαδή τα φυτά, τα ζώα, οι μύκητες και τα βακτήρια.

Όλοι οι οργανισμοί ενός οικοσυστήματος που ανήκουν στο ίδιο είδος αποτελούν έναν **πληθυσμό**, ενώ το σύνολο των διαφορετικών πληθυσμών που ζουν σε ένα οικοσύστημα και οι σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ τους, συνθέτουν μια **βιοκοινότητα**. Μια περιοχή, τέλος, στην οποία ζει ένας πληθυσμός ή μια βιοκοινότητα αποτελεί ένα **βίοτοπο**.



Υγρότοπος Κοτυχίου-Στροφυλιάς: Οι εποχικές λιμνούλες γλυκού νερού που σχηματίζονται την άνοιξη είναι πολύτιμες για τα 7 είδη αμφιβίων που ζουν στην περιοχή. Εδώ ζευγαρώνουν και αφήνουν τα αυγά τους. Οι γυρίνοι θα έχουν εξελιχθεί σε ολοκληρωμένα βατράχια προτού οι λιμνούλες στεγνώσουν εντελώς στα μέσα του καλοκαιριού.

© ΦΔ Κοτυχίου Στροφυλιάς

## 1.2 Οργάνωση & χαρακτηριστικά οικοσυστημάτων

### Τροφικές σχέσεις - Ροή ύλης & ενέργειας

Υπάρχουν διάφοροι τρόποι για να προσεγγίσουμε ένα οικοσύστημα. Μια αρκετά καθαρή εικόνα προκύπτει εάν εξετάσουμε τις τροφικές σχέσεις που υπάρχουν σε αυτό. Από τροφική άποψη, ένα οικοσύστημα αποτελείται από παραγωγούς και καταναλωτές. **Παραγωγοί** ή αυτότροφοι οργανισμοί είναι εκείνοι που συνθέτουν οργανική ύλη (κυρίως υδαάνθρακες αλλά και αμινοξέα ή πρωτεΐνες) από ανόργανα συστατικά ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , θρεπτικά άλατα), μέσω της φωτοσύνθεσης, δεσμεύοντας ένα μικρό ποσό της ηλιακής ενέργειας που εισέρχεται στα οικοσυστήματα (η υπόλοιπη ενέργεια ανακλάται ή «χάνεται» στο περιβάλλον ως θερμότητα).

Η **φωτοσύνθεση** είναι μια σημαντικότερη βιολογική διεργασία, με την οποία οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί προμηθεύονται τον άνθρακα και το οξυγόνο, που είναι απαραίτητα για τη θρέψη τους. Η διεργασία αυτή γίνεται παρουσία νερού και με την ενέργεια του ηλιακού φωτός σε δύο στάδια. Κατά το πρώτο στάδιο το νερό διαλύει και μεταφέρει το διοξείδιο του άνθρακα μέχρι τα κύτταρα και τους χλωροπλάστες των φύλλων. Εκεί με την ενέργεια του φωτός (hv) που απορροφά η χλωροφύλλη (υπάρχουν και άλλες φωτοδεσμευτικές ουσίες, όπως η ξανθοφύλλη, η φυκοκυανίνη κ.λπ.) διασπάται το νερό στα στοιχεία του με τη διαδικασία της φωτόλυσης. Το οξυγόνο απελευθερώνεται στο περιβάλλον, ενώ το ατομικό υδρογόνο δεσμεύεται από διάφορα ένζυμα (NADP). Με τη βοήθεια αυτών των ενζύμων το υδρογόνο αντιδρά με το διοξείδιο του άνθρακα. Στο δεύτερο αυτό στάδιο αντιδράσεων δεν απαιτείται ηλιακή ενέργεια, (γι' αυτό οι αντιδράσεις αυτές ονομάζονται «σκοτεινές») και η βασική ουσία που παράγεται είναι η γλυκόζη, η οποία, προκειμένου να αποθηκευθεί, μετατρέπεται σε άμυλο. Αυτό μεταφέρεται σε όλα τα μέρη του φυτού τη νύχτα, όταν παύει η φωτοσύνθεση.

Εκτός από τα ανώτερα πράσινα φυτά, υπάρχουν και κατώτεροι οργανισμοί χωρίς χλωροφύλλη (με άλλες φωτοδεσμευτικές ουσίες, π.χ. βακτηριοχλωροφύλλη που διασπούν το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας και συνθέτουν οργανικές ουσίες (**χημειοσύνθεση** και **φωτοχημειοσύνθεση**). Τέτοιοι οργανισμοί είναι μερικά βακτήρια (σιδηροβακτήρια, θειοβακτήρια κ.λπ.) αλλά και ορισμένα πρωτίστα, όπως η ευγλήνη η πράσινη (Euglena) και σχεδόν όλα τα φύκη.

Εκτός από τις πρώτες ύλες της φωτοσύνθεσης, τα φυτά για να σχηματίσουν τις δομές τους χρειάζονται και χημικά στοιχεία όπως μαγνήσιο, άζωτο, φώσφορο και πολλές φορές πυρίτιο και θείο. Η πλειοψηφία των φωτοσυνθετικών χερσαίων φυτών παίρνουν αυτές τις επιπρόσθετες ουσίες από το έδαφος. Τα φυτά που ζουν στο νερό απορροφούν ανόργανες ουσίες απευθείας από το περιβάλλον τους.

Ο ρυθμός με τον οποίο η ηλιακή ενέργεια δεσμεύεται με τη φωτοσύνθεση και αποθηκεύεται στον παραγωγό, ονομάζεται **πρωτογενής παραγωγή** (μετράται σε kcal/m<sup>2</sup>/μέρα ή σε βάρος βιομάζας). Με την μετατροπή της φωτεινής ενέργειας σε χημική έχει γίνει το πρώτο βήμα και, από εκεί και πέρα, συνεχίζεται η κυκλοφορία ύλης και ενέργειας στο οικοσύστημα. Τα **φυτά**, λοιπόν, είναι οι πρωτογενείς παραγωγοί της τροφής και αποτελούν το **πρώτο τροφικό επίπεδο** ενός οικοσυστήματος.

Στο δεύτερο και τρίτο τροφικό επίπεδο κατατάσσονται τα **φυτοφάγα** και **σαρκοφάγα ζώα** ή **καταναλωτές** που προμηθεύονται την ενέργεια που χρειάζονται για όλες τις λειτουργίες τους από τη δεσμευμένη χημική ενέργεια της φυτικής ύλης του πρώτου τροφικού επιπέδου. Οι καταναλωτές διακρίνονται σε **πρώτης τάξης** που τρέφονται από τους παραγωγούς (φυτοφάγα ζώα), **δεύτερης τάξης** (σαρκοφάγα ζώα) που τρέφονται από τα φυτοφάγα και ούτω καθεξής. Ο κύκλος κλείνει με τους **αποικοδομητές** (σαπρόφυτα, βακτήρια) που μετατρέπουν την οργανική ύλη των νεκρών κυττάρων και μεταβολικών προϊόντων σε ανόργανα συστατικά.

Η ενέργεια λοιπόν μεταφέρεται μεταξύ των ειδών ενός οικοσυστήματος με τις τροφικές σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ τους και είναι ποιοτικές και ποσοτικές. Η ποιοτική απεικόνιση αυτών των τροφικών σχέσεων, όπου οι οργανισμοί έχουν σχέση καταναλωτή – καταναλισκόμενου είναι οι **τροφικές αλυσίδες**. Στην πραγματικότητα, οι τροφικές σχέσεις μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος δεν αποτελούν γραμμικές απεικονίσεις, αλλά διακλαδίζονται σχηματίζοντας τα **τροφικά πλέγματα**. Κάθε τροφικό πλέγμα αποτελείται από πολλές τροφικές αλυσίδες.

Οι απεικονίσεις των ποσοτικών τροφικών σχέσεων μεταξύ των οργανισμών του οικοσυστήματος είναι οι **τροφικές πυραμίδες**. Κάθε τροφική πυραμίδα αποτελείται από τροφικά επίπεδα (επάλληλα ορθογώνια) όπου φαίνεται η μεταβολή της ενέργειας (πυραμίδα ενέργειας), της βιομάζας (πυραμίδα βιομάζας), ή του πληθυσμού (πυραμίδα πληθυσμού) από το ένα τροφικό επίπεδο του οικοσυστήματος στο άλλο.

Έχει υπολογιστεί ότι σε κάθε πέρασμα προς ανώτερο τροφικό επίπεδο υπάρχει απώλεια ενέργειας της τάξης του 50% για τη σύνθεση βιομάζας από τους παραγωγούς και 90% για τη σύνθεση βιομάζας από τους καταναλωτές. Γενικά, από την ολική φωτεινή ενέργεια ένα μόνο μέρος απορροφάται και αφομοιώνεται από τους παραγωγούς και μετατρέπεται στην **ολική πρωτογενή παραγωγή**, ενώ το υπόλοιπο χάνεται ως θερμότητα. Ο ίδιος ο οργανισμός χρησιμοποιεί για τις λειτουργίες του ένα μέρος της ενέργειας που προέρχεται από την ολική πρωτογενή παραγωγή. Το υπόλοιπο θεωρείται ως «**καθαρή πρωτογενής παραγωγή**» που αντιπροσωπεύει μόλις το 10% της αρχικής ενέργειας.



*Συναρτημένο με τη σταδιακή μείωση της βιομάζας είναι και το χαρακτηριστικό φαινόμενο της **βιοσυγκέντρωσης** (bioconcentration), που συνίσταται στο γεγονός ότι ουσίες σε ίχνη, όπως τοξικοί ρύποι (π.χ. DDT, υδράργυρος, μόλυβδος κ.ά.) δεν αποβάλλονται από τους οργανισμούς σε ποσοστό ανάλογο με την κατανάλωση ενέργειας κατά την εξέλιξή τους ή κατά το πέρασμα από το ένα επίπεδο στο επόμενο, αλλά συσσωρεύονται εκλεκτικά σε μερικούς ιστούς των οργανισμών. Θα πρέπει επίσης να γίνει διάκριση μεταξύ των εννοιών **βιοσυσσώρευση** (bioaccumulation) και **βιομεγέθυνση** (biomagnification). Η πρώτη αναφέρεται στην διαρκή απόθεση ενός στοιχείου ή χημικής ένωσης και αύξηση της συγκέντρωσής του στους ιστούς ενός οργανισμού, ενώ η δεύτερη αναφέρεται στην αύξηση της συγκέντρωσης στον τελικό καταναλωτή μέσω της τροφικής αλυσίδας.*





Μέσα στο έδαφος ενός δάσους υπάρχει μια «τράπεζα φυτικών σπερμάτων» που έχει δημιουργηθεί από τους σπόρους των διαφόρων φυτών που ευδοκίμούν σε αυτό. Όταν μια πυρκαγιά καταστρέφει το δασικό οικοσύστημα τότε δημιουργούνται οι κατάλληλες συνθήκες για να βλαστήσουν οι σπόροι και να αρχίσει με αυτό τον τρόπο ο μηχανισμός αυτορρύθμισης του δασικού οικοσυστήματος και επαναφοράς του σε κατάσταση ισορροπίας. Αν όμως κατά τη διάρκεια της «φυσικής αποκατάστασής του» την κρίσιμη περίοδο αναγέννησης του δάσους επιδράσουν άλλοι εξωτερικοί παράγοντες όπως η βόσκηση ή μια δεύτερη πυρκαγιά τότε το αποτέλεσμα θα είναι η απώλεια της φυσικής ισορροπίας και η υποβάθμιση του οικοσυστήματος.

\* Π.χ. οργανισμοί χαρακτηρίζονται ως «ευρύθερμοι» όταν ανέχονται μεγάλο φάσμα θερμοκρασιών και «στενόθερμοι» στην αντίθετη περίπτωση, ή «ευρύαλοι» όταν ανέχονται ένα ευρύ φάσμα αλατοτήτων ή «στενόαλοι» στην αντίθετη περίπτωση.

Μόνο η ενέργεια αυτή παραμένει διαθέσιμη για το επόμενο τροφικό επίπεδο! Όσο επιμηκύνεται η τροφική αλυσίδα τόσο μειώνεται η διαθέσιμη ενέργεια με την μορφή βιομάζας.

### Οι νόμοι του «ελαχίστου» και της «ανοχής»

Ο κάθε οργανισμός για να ζήσει και να αναπτυχθεί έχει ανάγκη από ορισμένες προϋποθέσεις στο περιβάλλον του. Αυτές δεν είναι ίδιες για όλους τους οργανισμούς αλλά διαφέρουν ουσιαστικά μεταξύ των ειδών και κατά περίπτωση.

Ο νόμος του Liebig ή νόμος του ελαχίστου (law of minimum) (1840), αναφέρει ότι για κάθε είδος οργανισμού υπάρχει ένα ελάχιστο όριο απαραίτητων συνθηκών υποστρώματος και η ανάπτυξη του οργανισμού εξαρτάται από το στοιχείο εκείνο του υποστρώματος που βρίσκεται σε μικρότερη σχετικά ποσότητα από την αναλογικά απαιτούμενη για την ομαλή εξέλιξη ενός φυσιολογικού οργανισμού. Το στοιχείο αυτό ονομάζεται **περιοριστικός παράγοντας** (limiting factor). Για παράδειγμα, σε μία έρημο περιοριστικός παράγοντας είναι το νερό (υγρασία) ενώ σε μία λίμνη μπορεί να είναι το διαλυμένο οξυγόνο ή κάποιο θρεπτικό στοιχείο.

Ο νόμος του Shelford ή νόμος της ανοχής (law of tolerance) (1919), αναφέρει ότι τα όρια ανοχής ενός οργανισμού στη μεταβολή των παραμέτρων του περιβάλλοντος δεν είναι απεριόριστα. Κάθε οργανισμός ανέχεται κάποια όρια μεταβολών των συνθηκών του περιβάλλοντος, χαρακτηριστικά για κάθε είδος. Ανάλογα εάν ανέχεται μεγάλες ή μικρές μεταβολές μιας παραμέτρου (π.χ. θερμοκρασία, υγρασία, αλατότητα κ.ά.) του περιβάλλοντός του, ο οργανισμός μπορεί να χαρακτηριστεί **ευρύοικος** (euryeco) ή **στενόοικος** (stenoco).\*

### Εξέλιξη & σταδιακή αλλαγή των οικοσυστημάτων

Η εξέλιξη και σταδιακή αλλαγή των οικοσυστημάτων είναι φαινόμενο φυσιολογικό που συχνά συγχέεται με το αποτέλεσμα των επιπτώσεων διαφόρων εξωτερικών αιτιών και ρυπάνσεων. Παρατηρώντας τα οικοσυστήματα διαχρονικά, θα διαπιστώσουμε ότι οι βιοκοινότητες δεν είναι στατικές αλλά μεταβάλλονται τόσο ως προς τη δομή τους όσο και ως προς τα είδη που περιλαμβάνουν κατά τρόπο σχετικά προβλέψιμο.

Η διαδοχή αυτή οφείλεται σε αλλαγές που συμβαίνουν στο φυσικό περιβάλλον από επιδράσεις της ίδιας της βιοκοινότητας και ο ρυθμός της καθορίζεται από το φυσικό υπόστρωμα του βιότοπου. Όλη αυτή η μεταβολή τείνει σε σταθεροποιημένο οικοσύστημα με την ανώτατη δυνατή βιομάζα. Τα πρόδρομα στάδια ονομάζονται «αρχικά» και τα τελευταία σταθεροποιημένα στάδια χαρακτηρίζονται ως «κορύφωση». Το οικοσύστημα στην εξέλιξή του τείνει να αυ-

ξήσει την αντοχή του, δηλαδή, τείνει να αποκτήσει μια σύνθετη δομή που να το προστατεύει από διαταραχές (υψηλή **ομοιότητα**), δηλαδή να φτάσει στο σημείο να ανθίσταται αποτελεσματικά στις μεταβολές και να παραμένει σε κατάσταση ισορροπίας.

Με την πάροδο του χρόνου, περιοχές πφαισειακών εκχύσεων, δέλτα ποταμών, τεχνητές λίμνες και αμμοθύνες, περιοχές αρχικά αφιλόξενες για την πλειονότητα των οργανισμών, σταδιακά εποίκίζονται από ποικίλες φυτικές και ζωικές μορφές. Εξελικτικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα σε βιοτικά ανεργές περιοχές αποτελούν τη λεγόμενη **πρωτογενή διαδοχή**.

**Ένα παράδειγμα πρωτογενούς διαδοχής είναι τα οικοσυστήματα που αναπτύσσονται πάνω στις πφαισειακές εκχύσεις. Οι πρώτοι οργανισμοί που αναπτύσσονται πάνω στα γυμνά πετρώματα είναι τα βρύα και οι λειχήνες, μορφές ζωής ανθεκτικές στην έκθεση στο φως, τη διακύμανση της θερμοκρασίας και την ξηρασία. Τα «πρωτόβρα» αυτά είδη αποσπλώνουν σταδιακά την επιφάνεια των πετρωμάτων δημιουργώντας ένα υποτυπώδες έδαφος. Την αποσύνθεσή τους αναλαμβάνουν «πρωτόβρο» αποικοδομητές, οι βιολογικές λειτουργίες των οποίων, διαμορφώνουν ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξη στη συνέχεια άλλων φυτικών μορφών. Τα νέα φυτικά είδη, πώδη φυτά, σκιάζουν τα βρύα και τις λειχήνες που σταδιακά εξαφανίζονται. Τα πώδη φυτά αντικαθίστανται από θαμνώδη είδη τα οποία, με τη σειρά τους, αντικαθίστανται από δέντρα και έτσι δημιουργείται ένα δασικό οικοσύστημα που αποτελεί και το τελικό στάδιο της πρωτογενούς διαδοχής, την κατάσταση ισορροπίας («κορύφωση»).**

Οι αλλαγές αυτές κατά τη διάρκεια της διαδοχής είναι φανερό ότι προκαλούν και αλλαγές στη δομή και τη σύνθεση της ζωικής κοινότητας στην περιοχή καθώς και στην κοινότητα των αποικοδομητών. Αν το κλίμα δεν μεταβληθεί σημαντικά και δεν επιδράσουν εξωτερικοί παράγοντες όπως ρύπανση, φωτιά, υλοτόμηση, εκκερνώσεις κ.ά., οι περαιτέρω αλλαγές στο δασικό οικοσύστημα είναι βραδείες και μικρής έκτασης.

Όταν όμως σε ένα «διαμορφωμένο» οικοσύστημα επιδράσουν εξωτερικοί παράγοντες όπως πυρκαγιά, αποψίλωση, βόσκηση κ.ά., διακόπτεται η πρωτογενής διαδοχή και μπορεί να ξεκινήσει μία νέα διαδικασία, η λεγόμενη **δευτερογενής διαδοχή**, που θα οδηγήσει το οικοσύστημα σε νέα κατάσταση ισορροπίας. Αυτού του είδους οι διαταραχές δημιουργούν νέες συνθήκες, που μπορούν πολλές φορές να οδηγήσουν στην ανάπτυξη ενός οικοσυστήματος αρκετά ή και εντελώς «διαφορετικού» από το αρχικό. Η διαδικασία της δευτερογενούς διαδοχής διαρκεί πολύ λιγότερο από την πρωτογενή.

## Ποικιλία και Ευστάθεια

Η έννοια της **ποικιλίας** των ειδών σε μια βιοκοινότητα, έχει σχέση με τον πλούτο των λειτουργιών της, όπως αυτές καθορίζονται από τα συμμετέχοντα είδη. Η ποικιλία είναι μέτρο των δυνατοτήτων του οικοσυστήματος για δημιουργία μηχανισμών αυτοελέγχου. Μεγαλύτερη ποικιλία σημαίνει μεγαλύτερες και πολυπλοκότερες τροφικές αλυσίδες. Σε πρώτη προσέγγιση θα μπορούσαμε να θεωρήσουμε ότι η ποικιλία είναι το πλήθος των ειδών μιας βιοκοινότητας. Πρέπει όμως μέσα στον υπολογισμό αυτό να συμπεριληφθεί και ο αριθμός των ατόμων κάθε είδους, δεδομένου ότι είναι διαφορετικές οι λειτουργίες ενός οικοσυστήματος 100 οργανισμών και 4 ειδών, αν οι πληθυσμοί είναι 25,25,25,25 από αυτές ενός οικοσυστήματος με πληθυσμούς 97,1,1,1. Για τον ενιαίο τρόπο χαρακτηρισμού της ποικιλίας των οικοσυστημάτων χρησιμοποιούνται διάφοροι δείκτες (π.χ. δείκτης Simpson και δείκτης Shannon).\*

Η ποικιλία έχει μεγάλη σημασία για την **ευστάθεια** ενός οικοσυστήματος, για τη δυνατότητα του δηλαδή να επανέρχεται στην αρχική κατάσταση ισορροπίας μετά την επιβολή κάποιας εξωτερικής «έντασης» ή «διαταραχής». Εάν η ευστάθεια είναι μικρή τότε μετά από μια σημαντική διαταραχή το οικοσύστημα ξεπερνά το δεδομένο «όριο ανοχής» (range of tolerance) και δεν μπορεί να επανέλθει στην αρχική κατάσταση ισορροπίας και άρα καταστρέφεται ή υποβαθμίζεται. Η μεγάλη ποικιλία των ειδών ενός οικοσυστήματος συνεπάγεται αυξημένη σταθερότητα διότι παρέχει πολλές δυνατές διεξόδους και δικλείδες ασφαλείας για τη ροή της ύλης και ενέργειας στο οικοσύστημα, λόγω μεγάλου και πολύπλοκου πλέγματος ενεργειακών ροών το οποίο και απορροφά τη διαταραχή και διατηρεί την ισορροπία.

Παράδειγμα παραγωγικών συστημάτων πολύ φτωχής ποικιλίας και μικρής ευστάθειας, παρέχουν οι ανθρωπογενείς μονοκαλλιέργειες (π.χ. σιτηρά, τριφύλλι, οπωροφόρα κ.ά.). Τα συστήματα αυτά, ενώ έχουν μεγάλη παραγωγή, έχουν πολύ μικρό δείκτη ποικιλίας ειδών και είναι πολύ ευαίσθητα σε κλιματικές ή άλλες μεταβολές του φυσικού υποστρώματος, με αποτέλεσμα τις συχνές καταστροφές τους από ασθένειες ή από μεταβολή των αβιοτικών παραγόντων.

Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι γενικά και η ρύπανση μιας περιοχής μειώνει δραστικά την ποικιλία των ειδών και κάνει το οικοσύστημα περισσότερο ευάλωτο και ασταθές.

## Αβιοτικοί παράγοντες στα οικοσυστήματα

Οι κύριοι αβιοτικοί παράγοντες για την επιβίωση, ανάπτυξη και εξέλιξη των οικοσυστημάτων, υδατικών ή χερσαίων είναι το νερό, το σύνολο των διαλυτών αλάτων (αλατότητα, ιονική ισχύς), το φως, η θερμοκρασία, η φύση του εδάφους ή των ιζημάτων του πυθμένα, το οξυγόνο και άλλα αέρια, το pH, τα

θρεπτικά συστατικά, τα ιχνοστοιχεία. Οι παράγοντες αυτοί συνδέονται άμεσα ή έμμεσα μεταξύ τους με διάφορους μηχανισμούς στους οποίους ιδιαίτερο ρόλο παίζει η γεωμορφολογία του κάθε συστήματος, η φύση και η σύσταση του εδάφους, η κυκλοφορία των υδάτινων ή αερίων μαζών, η εποχή κ.ά. Η υπέρβαση των φυσιολογικών ορίων μέσα στα οποία κινείται κάθε ένας από τους παραπάνω παράγοντες μπορεί να αποτελεί ρύπανση ή αποτέλεσμα ρύπανσης.

Στη συνέχεια δίδονται κάποια βασικά στοιχεία για μερικούς από τους βασικούς αβιοτικούς παράγοντες:

**Θερμοκρασία:** Ο πλανήτης Γη, λόγω της παρουσίας του νερού, το οποίο διαθέτει μεγάλη θερμοχωρητικότητα σε όλες τις φάσεις του και ιδιαίτερα στην υγρή, είναι ένα άριστα θερμοστατημένο σύστημα σε σύγκριση με άλλα αστρικά σώματα του γαλαξία.

Οι θερμοκρασίες που παρατηρούνται στην επιφάνεια της γης σπάνια ξεπερνούν τα όρια  $-60^{\circ}\text{C}$  έως  $+60^{\circ}\text{C}$ . Στα υδάτινα συστήματα και ιδιαίτερα στις θάλασσες τα όρια είναι ακόμη μικρότερα, συνήθως μεταξύ  $-2^{\circ}\text{C}$  έως  $+35^{\circ}\text{C}$ . Η πλειονότητα των φυτικών και ζωικών οργανισμών του πλανήτη αναπτύσσεται σε σχετικά στενά όρια θερμοκρασιών, αν και υπάρχουν και οργανισμοί με ευρύτερο φάσμα αντοχής. Σε ένα οικοσύστημα οι μεγάλες εναλλαγές στην θερμοκρασία εισάγουν θερμικές εντάσεις (stress) που μπορεί να προκαλέσουν βλάβες. Οι μικρότερες εναλλαγές είναι συχνά επιθυμητές και συνδέονται άμεσα με τον κύκλο της ζωής και την κυκλοφορία των αερίων ή υδάτινων μαζών στο συγκεκριμένο σύστημα, ενώ οι οριακές τιμές των διακυμάνσεων καθορίζουν την αντοχή και ανάπτυξη των οικοσυστημάτων.

**Φως:** Αποτελεί βασική προϋπόθεση για την ανάπτυξη των περισσότερων μορφών ζωής και βέβαια της φωτοσύνθεσης, η οποία στα υδατικά οικοσυστήματα μειώνεται αισθητά με το βάθος.\*\* Σε βάθη μεγαλύτερα από 100 μέτρα πρακτικά παύει η φωτοσυνθετική δραστηριότητα. Σε λίμνες, ποτάμια ή παραλιακά νερά με μεγάλο φορτίο αιωρούμενης σωματιδιακής ύλης ή μεγάλη πρωτογενή παραγωγή όπου αφθονεί το φυτοπλαγκτόν και το ζωοπλαγκτόν, η φωτοσυνθετική δραστηριότητα περιορίζεται σε ένα στρώμα βάθους μερικών μέτρων. Η αυξομείωση του φωτισμού στη διάρκεια της ημέρας ή στις διάφορες εποχές συχνά προκαλεί σειρά φαινομένων όπως λ.χ. κάθετη μετακίνηση του φυτοπλαγκτού στην υδάτινη στήλη που έχει ως παρεπόμενο την διαφοροποίηση του οξυγόνου και σειράς χημικών συστατικών που βρίσκονται στα διάφορα βάθη.

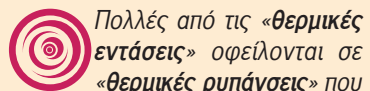
**Υπόστρωμα:** Τα χερσαία οικοσυστήματα δεν μπορούν πρακτικά να αναπτυχθούν χωρίς ένα στοιχειωδώς γόνιμο και σταθερό έδαφος. Η διάβρωση της γης, αποτέλεσμα τόσο φυσικών φαινομένων όσο και ακατάλληλων μεθόδων γεωργικής πρακτικής ή κτηνοτροφίας, δασικών πυρκαγιών κ.λπ., μπορεί

\* Δείκτης Simpson:  $D = -\log(n_i/N)^2$   
Δείκτης Shannon:  $H = -\sum(n_i/N)\log(n_i/N)$   
Όπου  $n_i$  το πλήθος των ατόμων του είδους και  $N$  το πλήθος των ατόμων της βιοκοινότητας.

\*\*Απορροφάται το κόκκινο και το κυανό μήκος κύματος της φωτεινής ακτινοβολίας, το δε πράσινο που παραμένει απορροφάται σε μικρότερο βαθμό από τις διαλυτές και σωματιδιακές ενώσεις π.χ. κλωροφύλλες, χυμικά συστατικά κ.ά.







Πολλές από τις «**θερμικές εντάσεις**» οφείλονται σε «**θερμικές ρυπάνσεις**» που είναι συχνά αποτέλεσμα εκπομπής μεγάλων ποσοτήτων βιομηχανικού νερού ψύξεως σε υδάτινους αποδέκτες. Οι θερμικές ρυπάνσεις εκτός από την ένταση και ενδεχόμενη μόνιμη διαφοροποίηση της τοπικής βιοκοινότητας προκαλούν ακόμη δραματική μείωση της ποσότητας του διαλυμένου οξυγόνου αλλά και όλων των αερίων, στρωμάτωση των υδάτων και παρεμπόδιση οξυγόνωσης των βαθύτερων στρωμάτων, αύξηση της διαλυτότητας μερικών αλάτων από τα ιζήματα ή τα αιωρούμενα σωματίδια, αύξηση της ταχύτητας μερικών βιοχημικών και χημικών αντιδράσεων κ.ά. Για παράδειγμα για αύξηση της θερμοκρασίας κατά 10°C, διπλασιάζεται ή τριπλασιάζεται η ταχύτητα αναπνοής, ενώ ελαττώνεται δραστικά η περίοδος επώασης με απρόβλεπτες, τις περισσότερες φορές σοβαρά αρνητικές συνέπειες.

Οι περισσότερες νομοθεσίες προβλέπουν για τη ζώνη της Μεσογείου, όπου ανήκει και η Ελλάδα, ανώτατη αποδεκτή θερμοκρασία σε απόβλητα και νερά ψύξης τους 40°C, που έχει βέβαια καθοριστεί εμπειρικά με βάση κυρίως τον αναμενόμενο ρυθμό ανάμιξης και ανταλλαγής θερμότητας.

να απογυμνώσει μεγάλες εκτάσεις γης από το λεπτό κάλυμμα χώματος, που συμβάλλει στη συσσώρευση θρεπτικών συστατικών και στην ανάπτυξη της φυτικής κάλυψης, παραγόντων δηλαδή που βοηθούν την ανάπτυξη ποικίλων οικοσυστημάτων. Η ορυκτολογική σύσταση εδαφών και ιζημάτων, η περιεκτικότητά τους σε οργανικό άνθρακα, ο βαθμός συνοχής τους και η δυνατότητά τους να συγκρατούν νερό και οξυγόνο συνδέεται άμεσα με τη δυνατότητα να συγκρατούν και θρεπτικά συστατικά.

Στα υδατικά συστήματα η ύπαρξη ασταθών πυθμένων και υδάτων φορτωμένων με αιωρούμενη σωματιδιακή ύλη, παρεμποδίζει την ανάπτυξη βενθικών βιοκοινωνιών και ευνοεί την παρουσία βακτηριδίων και ελαχίστων άλλων οργανισμών. Επιπλέον, η παρουσία της αιωρούμενης σωματιδιακής ύλης μειώνει τη διαπερατότητα του φωτός και άρα τη φωτοσύνθεση αλλά και τη διακριτική ικανότητα των ψαριών δυσχεραίνοντας τη λήψη τροφής και την άμυνα τους, ενώ παράλληλα καθιστά το νερό ακατάλληλο για αστικές ή βιομηχανικές χρήσεις.

**Αλατότητα:** Η περιεκτικότητα του νερού σε διαλυμένα άλατα και οι διακυμάνσεις της αποτελούν πρωταρχικής σημασίας παράγοντα για την ανάπτυξη ή μη διαφόρων οργανισμών. Σε περιοχές με συχνές και μεγάλες μεταβολές αλατότητας, όπως π.χ. οι εκβολές ποταμών, αναπτύσσονται οικοσυστήματα με ιδιαίτερα χαρακτηριστικά («ευρύαλα» οικοσυστήματα). Οι περισσότερες θάλασσες έχοντας συγκεντρώσεις κλωριούχου νατρίου (NaCl) της τάξης των 35 g ανά 1 kg θαλασσινού νερού (0,5 M), αποτελούν ένα αρκετά πυκνό διάλυμα αλάτων (ηλεκτρολυτών) που συμπεριφέρεται αρκετά διαφορετικά από το καθαρό νερό σε ό,τι αφορά τις διάφορες φυσικοχημικές και βιολογικές διεργασίες που αποκαθίστανται εκεί.



Αεροφωτογραφία του μεγαλύτερου καλαμιώνα της ΝΑ Ευρώπης, στον Αμβρακικό (Ευγενική παραχώρηση του ΦΔ Υγροτόπων Αμβρακικού).  
© Νίκος Καραμπελας,  
Ίδρυμα Ακτία Νικόπολης Πρέβεζα

### 1.3. Βιογεωχημικοί κύκλοι

Οι επαναλαμβανόμενες κυκλικές διαδικασίες μεταφοράς θρεπτικών στοιχείων, νερού και άλλων χημικών ενώσεων, μεταξύ των οργανισμών και του αβιοτικού τους περιβάλλοντος, ονομάζονται βιογεωχημικοί κύκλοι. Οι πιο σημαντικοί κύκλοι στοιχείων είναι αυτοί του άνθρακα, του νερού και των λεγόμενων «θρεπτικών συστατικών» δηλαδή του αζώτου, του φωσφόρου και του πυριτίου (ιδιαίτερα για τα θαλάσσια συστήματα). Οι κύκλοι του θείου και του σιδήρου είναι επίσης ιδιαίτερα σημαντικοί.

#### Οι κύκλοι του άνθρακα του αζώτου & του φωσφόρου

Ο **άνθρακας** είναι το χημικό στοιχείο που περιέχεται σε όλες τις οργανικές ενώσεις που δομούν τα βιολογικά μακρομόρια. Εισέρχεται στα οικοσυστήματα μέσω του διοξειδίου του άνθρακα της ατμόσφαιρας, το οποίο παραλαμβάνεται από τους παραγωγούς και, με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, μετατρέπεται σε οργανική ύλη (φυτά, φυτοπλαγκτόν κ.λπ.). Στους παραγωγούς, καταναλωτές και αποικοδομητές η οργανική ύλη οξειδώνεται (κυτταρική αναπνοή), με αποτέλεσμα αφενός την παραγωγή ενέργειας που χρησιμοποιείται για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών και αφετέρου την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα που απελευθερώνεται εκ νέου στην ατμόσφαιρα. Επίσης, διοξείδιο του άνθρακα επανέρχεται στην ατμόσφαιρα και μέσω της αποσύνθεσης της οργανικής ύλης, αλλά και με την καύση φυτικής ύλης και ορυκτών καυσίμων.

Το **άζωτο**, σημαντικό χημικό στοιχείο πολλών βιομορίων (π.χ. αμινοξέων και πρωτεϊνών), αν και υπάρχει σε αφθονία στην ατμόσφαιρα ως αέριο (79% της ατμόσφαιρας), δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αυτή τη μορφή από ζώα και φυτά. Έτσι το άζωτο εισέρχεται στις τροφικές αλυσίδες των οικοσυστημάτων μέσω της **αζωτοδέσμευσης**. Με τη διαδικασία αυτή, που διακρίνεται σε **ατμοσφαιρική** και **βιολογική**, το ατμοσφαιρικό άζωτο μετατρέπεται σε αμμωνία, νιτρικά και νιτρικά ιόντα, ουσίες που μπορούν να αξιοποιηθούν από τους παραγωγούς. Τα φυτά χρησιμοποιούν τα νιτρικά ιόντα για να συνθέσουν τις δικές τους αζωτούχες ενώσεις όπως νουκλεϊκά οξέα και πρωτεΐνες. Τα αμινοξέα που περιέχονται στους παραγωγούς μεταφέρονται μέσω των τροφικών αλυσίδων στους καταναλωτές προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για τη σύνθεση των δικών τους πρωτεϊνών.

Οι **αποικοδομητές** διασπούν τις οργανικές ουσίες που βρίσκονται στο έδαφος με τη μορφή νεκρής οργανικής ύλης (φύλλα, νεκρή φυτική ή ζωική ύλη κ.λπ.) ή απεκκρίσεων (ουρία, περιττώματα) και παράγουν διοξείδιο του άνθρακα (ή μεθάνιο), αμμωνία και φωσφορικά ιόντα. Η αμμωνία μέσω των **νιτροποιητικών** βακτηρίων οξειδώνεται σε νιτρικά ιόντα και έτσι κλείνει ο κύκλος



*Η αλόγιστη χρήση ορυκτών καυσίμων (γαιανθράκων, πετρελαίου και φυσικού αερίου) έχει ως αποτέλεσμα την απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Αυτό σε συνδυασμό με την καταστροφή των δασών και τη μείωση της φυτοκάλυψης οδηγεί σε σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα με καταστρεπτικές επιπτώσεις για το περιβάλλον. Υπολογίζεται ότι η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα αυξήθηκε κατά 80% την περίοδο 1970-2004. (IPPC, 2007)*

του αζώτου στο εσωτερικό ενός οικοσυστήματος. Μερική επαναφορά του αζώτου στην ατμόσφαιρα επιτυγχάνεται μέσω των απονιτροποιητικών βακτηρίων του εδάφους, τα οποία μετατρέπουν κάτω από ανοξικές συνθήκες τα νιτρικά και αμμωνιακά ιόντα σε μοριακό άζωτο.

Ο **φώσφορος** στους ζωντανούς οργανισμούς βρίσκεται κυρίως με τη μορφή φωσφορικών αλάτων σε βιοχημικά μόρια, στο DNA και RNA και στα φωσfolιπίδια των κυτταρικών μεμβρανών. Ο κύκλος του φωσφόρου στη βίοςφαιρα ξεκινά με την εκκύλιση των φωσφορικών αλάτων από βράχους με το νερό της βροχής και τη μεταφορά τους μέσω των ποταμών. Τα διαλυμένα φωσφορικά άλατα ενσωματώνονται στα υδρόβια φυτά και στη συνέχεια περνούν στα υδρόβια ζώα. Στα χερσαία οικοσυστήματα, τα φωσφορικά άλατα υπάρχουν στο έδαφος και μέσω των ριζών περνούν στα φυτά και μετά στα φυτοφάγα ζώα. Ο φώσφορος ξαναγυρίζει στο χερσαίο και υδάτινο περιβάλλον είτε με τα απορρίμματα των ζώων, είτε μέσω της αποσύνθεσης της οργανικής ύλης (βλ. αποικοδομητές). Μεγάλες ποσότητες φωσφορικών αλάτων καταλήγουν στους ωκεανούς και καταβυθίζονται ως ιζήματα στους πυθμένες. Ένα τμήμα των φωσφορικών ιζημάτων χρησιμοποιείται από τους υδρόβιους οργανισμούς για τροφή, αλλά το μεγαλύτερο μέρος θάβεται στον πυθμένα και απαιτείται νέα ποσότητα πρωτογενούς φωσφόρου για τη βίοςφαιρα.

#### Ο Υδρολογικός κύκλος ή κύκλος του νερού

Περίπου το 95% του συνολικού νερού της γης είναι θαλασσινό. Το υπόλοιπο 5% είναι γλυκό, από το οποίο το 4% είναι παγωμένο στις πολικές περιοχές. Επομένως, όλο το γλυκό νερό στις λίμνες και τα ποτάμια, το σύνολο της υγρασίας στην ατμόσφαιρα, στο έδαφος, στη βλάστηση, καθώς και το υπόγειο νερό ανέρχεται μόλις στο 1% του συνολικού διαθέσιμου νερού. Ωστόσο, μόλις το 0,03% του συνολικού αποθέματος γλυκού νερού στη γη είναι προσιτό στον άνθρωπο. Πρόκειται κυρίως για τα επιφανειακά, αλλά και για υπόγεια νερά που μπορούν να αντληθούν.

Παρά το γεγονός ότι το συνολικό απόθεμα νερού στον πλανήτη μπορεί να



*Οι κύκλοι του φωσφόρου και του αζώτου επηρεάζονται από την υπέρμετρη χρήση λιπασμάτων στη γεωργία και την ανεξέλεγκτη χρήση φυτοφαρμάκων που καταστρέφει τους μικροοργανισμούς του εδάφους που δεσμεύουν άζωτο. Η μείωση του αζώτου στο έδαφος είναι επίσης αποτέλεσμα της συχνής καλλιέργειας φυτών που απορροφούν μεγάλες ποσότητες αζώτου (π.χ. καλαμπόκι). Η χρήση υπερβολικής ποσότητας αζωτούχων και φωσφορικών λιπασμάτων στις καλλιέργειες έχει ως αποτέλεσμα η ποσότητα που δεν απορροφάται από τα καλλιεργούμενα φυτά να παρασύρεται από τη βροχή και να καταλήγει στα υδάτινα οικοσυστήματα (λίμνες, ποτάμια, θάλασσα) προκαλώντας σε συνδυασμό και με την ύπαρξη των άλλων θρεπτικών συστατικών, ταχύτατη ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού και των φυκών (ευτροφισμός).*





Κατά την εξάτμιση του νερού, τα περισσότερα διαλυμένα σ' αυτό συστατικά δεν εξατμίζονται, με αποτέλεσμα το βρόχινο νερό που επιστρέφει στη γη να είναι σχετικά καθαρό. Επειδή σε αυτό διαλύεται το φυσικά υπάρχον διοξείδιο του άνθρακα, η καθαρή βροχή είναι ελαφρώς όξινη σε αντίθεση με τα καθαρά ποτάμια και λίμνες που είναι σχεδόν ουδέτερα και το θαλασσινό νερό που είναι σαφώς αλκαλικό. Η ατμοσφαιρική ρύπανση μπορεί να κάνει τη βροχή πολύ περισσότερο όξινη. Η καύση ορυκτών καυσίμων (π.χ. ανθρακίτη ή λιγνίτη) ελευθερώνει στην ατμόσφαιρα εκτός από διοξείδιο του άνθρακα και διοξείδιο του θείου. Επιπλέον, στον ατμοσφαιρικό αέρα περιέχονται και οξειδία του αζώτου και πολλά αιωρούμενα σωματίδια (π.χ. αιθάλη), που εκπέμπονται από τις εξατμίσεις των αυτοκινήτων και άλλες δραστηριότητες του ανθρώπου. Το διοξείδιο του θείου και τα οξειδία του αζώτου, σε συνδυασμό με το βρόχινο νερό σχηματίζουν δύο ιδιαίτερα ισχυρά οξέα: το θειικό και το νιτρικό οξύ. Το νερό λοιπόν που εξατμίστηκε μπορεί να επιστρέφει με τη μορφή «όξινης βροχής». Έτσι, η πάλαι ποτέ καθαρή βροχή συχνά περιέχει αυτά τα δύο οξέα, που διαλύουν συστατικά από εδάφη και ιζήματα και τα μεταφέρουν στα νερά και μπορούν να καταστρέψουν δάση, να εξαφανίσουν πληθυσμούς ψαριών από λίμνες και ποτάμια, αλλά και να προσβάλουν μαρμάρια μνημεία.

θεωρηθεί σταθερό, το νερό βρίσκεται σε συνεχή κίνηση μέσα σε ένα κλειστό σύστημα. Ο υδρολογικός κύκλος περιγράφεται με την κυκλική μεταφορά του νερού από τους ωκεανούς και την ξηρά μέσω **εξάτμισης** προς την ατμόσφαιρα και την επαναφορά του στη στεριά και τη θάλασσα μέσω των **κατακρημνίσεων** (βροχή, χιόνι, καλάζι κ.ά).

Με την εξάτμιση από ωκεανούς, λίμνες, ποτάμια, παγετώνες, αλλά και από το έδαφος, το νερό μεταφέρεται με τη μορφή υδρατμών προς την ατμόσφαιρα. Η **διαπνοή** των φυτών είναι μια ακόμη λειτουργία που αποδίδει υδρατμούς στην ατμόσφαιρα. Ανοδικά ρεύματα αέρα ανεβάζουν τους υδρατμούς σε ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, όπου, λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών, ένα μέρος τους συμπυκνώνεται και σχηματίζει τα σύννεφα. Τα ρεύματα του αέρα κινούν τα σύννεφα γύρω απ' την υδρόγειο. Παράλληλα, τα σταγονίδια νερού που σχηματίζουν τα σύννεφα συγκρούονται και συσσωματώνονται και τελικά πέφτουν απ' τον ουρανό ως κατακρημνίσματα.

Η μεγαλύτερη ποσότητα κατακρημνισμάτων πέφτει απευθείας στους ωκεανούς, αν και ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο βρέχει περισσότερο στη στεριά παρά στη θάλασσα. Από την ποσότητα του νερού που πέφτει στη στεριά, ένα ση-

μαντικό μέρος καταλήγει και πάλι στους ωκεανούς μέσω απορροής με τη βοήθεια χειμάρρων και ποταμών και έτσι κλείνει ο υδρολογικός κύκλος.

Ένα άλλο μέρος του νερού **διηθείται** («κατεισθύει») στο έδαφος, όπου ένα ποσοστό του απορροφάται από τα φυτά και ένα άλλο σχηματίζει υπόγειους ποταμούς, λίμνες και υδροφόρους ορίζοντες, οι οποίοι μπορούν να αποθηκεύσουν τεράστιες ποσότητες νερού για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Ένα τμήμα του νερού αυτού μπορεί να ξαναβρεί το δρόμο του προς τα επιφανειακά υδάτινα σώματα (αναβλύσεις σε πηγές, λίμνες, ωκεανούς), οπότε αρχίζει εκ νέου ο κύκλος. Το τμήμα εκείνο που απομονώνεται σε αδιαπέραστα στρώματα αποτελεί το λεγόμενο «**ορυκτό νερό**». Πολλά από τα σημαντικά αποθέματα «ορυκτού νερού» σε διάφορες περιοχές του πλανήτη αντλούνται ήδη και άρα, εφόσον δεν ανανεώνονται, θα εξαντληθούν. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι αυτό της εξάντλησης του «ορυκτού νερού» της Σαχάρας το οποίο και αντλεί συστηματικά η Λιβύη.

Ο υδρολογικός κύκλος, όμως, θα πρέπει να μελετηθεί με βάση δύο ακόμη συνιστώσες: το χώρο και το χρόνο. Σε ορισμένες περιοχές το φαινόμενο της κατακρημνίσης είναι εντονότερο σε σχέση με κάποιες άλλες όπου η εξάτμιση κυ-

### Μια διατάραξη του υδρολογικού κύκλου: το φράγμα του Ασουάν

Το φράγμα του Ασουάν, 17 φορές μεγαλύτερο σε όγκο από την πυραμίδα του Χέοπος, κατασκευασμένο στα νότια του Δέλτα του Νείλου, δημιουργεί μια τεχνητή λίμνη πλάτους 500 χλμ., και μέγιστου βάθους 70 μ. Ο στόχος του έργου ήταν πολλαπλός: να παράγει μια μεγάλη ποσότητα ηλεκτρισμού (10 δισ. kWh το χρόνο), να αποτελέσει μια τεράστια υδατοδεξαμενή για άρδευση και να διευθετήσει την παροχή του Νείλου, ώστε να αντιμετωπισθούν αφενός μεν οι πλημμύρες αφετέρου δε η ξηρασία την άνοιξη περίοδο. Ωστόσο το φράγμα προκάλεσε τελικά και πολλά καταστροφικά αποτελέσματα:

- Η τεχνητή πλημμύρα του φράγματος κατέκλυσε καλλιεργήσιμα χωράφια - η λίμνη εκτείνεται σε επιφάνεια 5.000 τετρ. χλμ.

- Η κατακράτηση του φράγματος συντελεί στο να χάνεται μια τεράστια ποσότητα νερού, (υπολογίζεται ότι κάθε χρόνο εξατμίζονται 10.000 δισ. κ.μ.).

- Το φράγμα κατακρατεί τα αιωρούμενα στερεά και

τεράστιες ποσότητες λάσπης που μεταφέρονταν από το ποτάμι προς το Δέλτα και σχημάτιζαν «λουρονησίδες», δηλαδή φυσικά φράγματα ανάμεσα στη θάλασσα και τις λιμνοθάλασσες γλυκού νερού. Το νερό του Νείλου χωρίς τη λάσπη, τα διαβρώνει αντί να τα σταθεροποιεί.

- Η εύφορη ιλύς, το φυσικό αυτό λίπασμα που παραρσυμένο από το ποτάμι κατακάθιζε στα χωράφια την εποχή των ετήσιων πλημμύρων, συσσωρεύτηκε στο βυθό της τεχνητής λίμνης, και, επειδή δεν φτάνει πια στις καλλιέργειες, έχει αντικατασταθεί από τεχνητά λιπάσματα.

- Χωρίς την ιλύ και τα θρεπτικά άλατα που μετέφερε ο ποταμός, οι τροφικές αλυσίδες διαταράχθηκαν. Η ποσότητα γαύρου, σαρδέλας και άλλων ψαριών, που αποτελούσαν σημαντική τροφή για τους κατοίκους του Δέλτα του Νείλου και των παραλίων, ελαττώθηκε σημαντικά.

- Στις όχθες της λίμνης και κατά μήκος των αρδευτικών αγωγών, πολλαπλασιάστηκε ένα είδος γαστερόποδου που ευνοεί την ανάπτυξη πολύ μικρών υδρόβιων

σκουληκιών. Αυτά, ως παράσιτα τού ανθρώπινου σώματος, εισχωρούν στην κυκλοφορία του αίματος και προκαλούν μια σοβαρή και μερικές φορές θανατηφόρα ασθένεια. Η επιδημία πλήττει ποσοστό μεγαλύτερο από τα 3/4 τού αγροτικού πληθυσμού της κοιλάδας.

- Το αρδευτικό δίκτυο που ξεκινά από το Νείλο και απλώνεται σε έκταση πολλών χιλιομέτρων διαπότισε με μεγάλες ποσότητες νερού το υπέδαφος της κοιλάδας, που περικλείει τεράστια κοιτάσματα άλατος ενίοτε σε στερεή (αδιάλυτη) μορφή. Τα άλατα αυτά κάτω από την συνεχή τροφοδοσία με νερό διαλύθηκαν και απορροφήθηκαν από τα υπόγεια στρώματα. Το αρδευτικό νερό, αλμυρό σε πολλές περιπτώσεις, καταστρέφει τις καλλιέργειες. Έτσι, ακόμα και πολλά αποθέματα γλυκού νερού και πηγάδια απειλούνται τώρα από τα άλατα.

Τα περιστατικά αυτά δείχνουν γι' άλλη μία φορά ότι η τυφλή επέμβαση του ανθρώπου σ' ένα φυσικό σύστημα μπορεί να έχει σοβαρές συνέπειες, όταν δεν λαμβάνονται υπόψη όλα τα οικολογικά δεδομένα του συστήματος αυτού (Simonnef, 1985).

ριαρχεί. Έτσι, π.χ. στην περιοχή της Μεσογείου, η κατανομή του νερού είναι πολύ άνιση και χρονικά και τοπικά και η λειψυδρία είναι συχνό φαινόμενο. Δυστυχώς, τις τελευταίες δεκαετίες οι ανθρώπινες παρεμβάσεις που σχετίζονται ιδιαίτερα με την εντατικοποίηση της γεωργίας προκάλεσαν σοβαρότατες επιπτώσεις στον υδρολογικό κύκλο. Τέτοιες παρεμβάσεις είναι:

- ▼ Η κατασκευή φραγμάτων και η υπεράντληση των υπόγειων υδάτων για άρδευση και ύδρευση.
- ▼ Η εκχέρωση και η αποξήρανση υγροτόπων για τη δημιουργία καλλιεργήσιμων εκτάσεων, πόλεων και δρόμων.
- ▼ Τα αποστραγγιστικά έργα, η ρύθμιση (“εγκιβωτισμός”) της κοίτης και η κατασκευή καναλιών στα ποτάμια.

#### 1.4 Βιοποικιλότητα

Μετά τη Διεθνή Διάσκεψη για το Περιβάλλον και την Αειφόρο Ανάπτυξη στο Ρίο της Βραζιλίας το 1992 και την υπογραφή, μεταξύ άλλων, της **Σύμβασης για τη Βιοποικιλότητα**, ο όρος «βιοποικιλότητα» άρχισε να χρησιμοποιείται ευρέως χωρίς όμως να υπάρχει μια απολύτως ακριβής, λειτουργική και κοινά αποδεκτή ερμηνεία του όρου. Αυτό οφείλεται, κυρίως, στο γεγονός ότι δεν υφίσταται μόνο μία, αλλά πολλές εκφάνσεις της βιοποικιλότητας, σε διάφορα επίπεδα οργάνωσης των οικοσυστημάτων. Πρακτικά και σύμφωνα με τις ευρύτερα επικρατούσες απόψεις, μπορούν να διακριθούν τρία διαφορετικά επίπεδα βιοποικιλότητας: γενετική βιοποικιλότητα, βιοποικιλότητα των ειδών και βιοποικιλότητα οικοσυστημάτων.



Δρυώδης κέδρος (*Juniperus drupacea*): Μοναδικό στον ελληνικό χώρο είδος, με εξάπλωση στην Συρία και Τουρκία αλλά βρίσκεται μόνο στον Πάρνωνα σε αμιγείς συστάδες. (Ευγενική παρασκόρηση του ΦΔ Όρους Πάρνωνα και Υγρότοπου Μουστού)  
© Φορέας Διαχείρισης Πάρνωνα - Μουστού

Στην Ελλάδα, εξαιτίας της γεωγραφικής της θέσης, της ποικιλίας των κλιματικών της τύπων, της ορογραφικής της διαμόρφωσης και της γεωλογικής ιστορίας της, τα είδη φυτών και ιδιαίτερα δένδρων, παρουσιάζουν πολύ μεγάλη **γενετική βιοποικιλότητα**, η οποία όμως έχει ερευνηθεί ελάχιστα. Κατά τη διάρκεια των παγετώνων, πολλά είδη της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης μετανάστευσαν νοτιότερα και έφθασαν μέχρι την Ελλάδα, δημιουργώντας είτε ετερογενείς πληθυσμούς ενός είδους, είτε υβρίδια με τα προϋπάρχοντα είδη, διευρύνοντας έτσι το εύρος των κληρονομικών τους καταβολών. Το γεγονός αυτό προσδίδει μια πολύ μεγάλη σημασία στην περιοχή ως τράπεζα γονιδίων και γενικότερα γενετικού υλικού.





*Η βιοποικιλότητα των ειδών δεν είναι ομοιογενώς κατανομημένη σε όλη τη βιόσφαιρα του πλανήτη. Αυξάνεται πλησιάζοντας τον Ισημερινό, ενώ μειώνεται στις πολικές περιοχές. Παράλληλα, η ποικιλότητα των χερσαίων ειδών μειώνεται όσο αυξάνεται το υψόμετρο. Άλλοι παράγοντες που επηρεάζουν τη βιοποικιλότητα μιας περιοχής είναι η συχνότητα των βροχοπτώσεων και η αφθονία των διαθέσιμων θρεπτικών συστατικών.*

*Η Ελλάδα, εμφανίζει πολύ μεγάλη βιοποικιλότητα οικοσυστημάτων και ποικιλότητα τοπίων που κυρίως οφείλεται στην Παλαιοκλιματολογία της περιοχής (επίδραση παγετώνων), στην μικρή έκταση της (132.000 km<sup>2</sup>), στο μεγάλο μήκος ακτογραμμών (16.000 km) και στο έντονο εδαφικό ανάγλυφο, στην ποικιλία γεωλογικών σχηματισμών και πετρωμάτων και στην μεγάλη ποικιλία κλιματικών τύπων, από σχεδόν ξηρικό (Κρήτη) μέχρι υγρό-ψυχρο ηπειρωτικό (Ροδόπη), με ενδιάμεσους τύπους μεσογειακού κλίματος.*

Η **γενετική βιοποικιλότητα** εκφράζει την ποικιλία των γονιδίων ενός συγκεκριμένου είδους. Όσο μεγαλύτερη είναι η «ποικιλία» αυτή, τόσο μεγαλύτερη είναι η ικανότητα επιβίωσης του είδους απέναντι σε πιέσεις από εξωτερικούς παράγοντες όπως επιδημίες, κλιματικές αλλαγές κ.λπ. Τα φυσικά είδη έχουν πολύ μεγαλύτερο εύρος κληρονομικών καταβολών και συνεπώς πολύ μεγαλύτερη αντοχή και ικανότητα επιβίωσης από τα «τεχνητά» ή γενετικά βελτιωμένα (τροποποιημένα) είδη.

Η **βιοποικιλότητα των ειδών** εκφράζεται με τον αριθμό των ειδών φυτών και ζώων που απαντούν σε μια συγκεκριμένη περιοχή ή οικοσύστημα. Μεγαλύτερη βιοποικιλότητα ειδών σε ένα οικοσύστημα οδηγεί σε μεγαλύτερη σταθερότητα του οικοσυστήματος, απρόσκοπτες ροές ενέργειας, βιομάζας, ανακύκλωσης των θρεπτικών στοιχείων και αποτελεσματικότερους μηχανισμούς ανάδρασης. Ποικίλες έρευνες εκτιμούν ότι ο αριθμός των ειδών στον πλανήτη κυμαίνεται από 5 έως 100 εκατομμύρια, ενώ οι πιο έγκυρες από αυτές θεωρούν ότι στη βιόσφαιρα της Γης ζουν 10 εκατομμύρια διαφορετικά είδη. Ωστόσο, μόλις 1,4 εκατομμύρια έχουν προς το παρόν καταγραφεί και επονομαστεί. Ο **αριθμός των ειδών** που συναντώνται σε μια περιοχή χρησιμοποιείται συχνά ως **μέτρο της βιοποικιλότητάς** της. Ακριβέστερες εκτιμήσεις της ποικιλότητας των ειδών βασίζονται στη διερεύνηση της ποικιλίας των ταξινομικών ομάδων «τάχα» που συνθέτουν μια βιοκοινότητα. **Π.χ. ένα νησί με δύο είδη πουλιών και ένα είδος ερπετού είναι ταξινομικά πιο ποικίλο από ένα άλλο με τρία είδη πουλιών και κανένα είδος ερπετού.** Επίσης, αν και περισσότερα είδη ζουν στην ξηρά απ' όσα στη θάλασσα, τα χερσαία είδη δεν αντιπροσωπεύουν το μεγαλύτερο ποσοστό της ποικιλότητας ειδών, γιατί φυλογενετικά συνδέονται στενά μεταξύ τους. Ως εκ τούτου, η βιοποικιλότητα των θαλάσσιων οικοσυστημάτων, όταν μετρηθεί με βάση την αφθονία των διαφορετικών και φυλογενετικά απομακρυσμένων ταξινομικών ομάδων, είναι μεγαλύτερη από αυτήν των χερσαίων.

Η **βιοποικιλότητα οικοσυστημάτων**, εκφράζεται με τον αριθμό των συνδυασμών ειδών φυτών και ζώων (βιοκοινοτήτων) που συναντώνται σε μια υπό μελέτη περιοχή (οικοσύστημα). Ο αριθμός των επί μέρους οικοσυστημάτων (π.χ. δάσος, υγρότοπος κ.ά.) και ο τρόπος διάταξης και κατανομής τους στο χώρο, δηλαδή το μωσαϊκό των τύπων οικοσυστημάτων που αποτελούν ένα ευρύτερο οικοσύστημα (π.χ. οικοσύστημα ενός νησιού), χαρακτηρίζει το **τοπίο** (σύνολο οικοσυστημάτων) μιας περιοχής. Το τοπίο, εκτός από οικολογική αξία, ενσωματώνει επίσης σημαντική αισθητική και πολιτιστική αξία, ως αποτέλεσμα των διαφόρων ιστορικών χρήσεων γης που αναπτύχθηκαν στην περιοχή με την πάροδο των αιώνων. Η καλή κατάσταση των οικοσυστημάτων εξασφαλίζει, όχι μόνο την προστασία των ειδών που τα συνθέτουν, αλλά και τη διατήρηση της φυσιογνωμίας των τοπίων.

Η βιοποικιλότητα ειδών και οικοσυστημάτων είναι προϋπόθεση για τη διατήρηση της ζωής πάνω στη Γη. Είναι δύσκολο να προσδιορισθεί η αξία της βιοποικιλότητας καθώς οι «υπηρεσίες» που προσφέρει είναι πολλαπλές και δεν μπορούν να υπολογισθούν μόνο με οικονομικά κριτήρια. Εκτός από τα αγαθά που προσφέρει η βιοποικιλότητα ειδών και οικοσυστημάτων όπως τρόφιμα, φαρμακευτικές ουσίες, υλικά δόμησης (π.χ. ξυλεία) κ.λπ., παρέχει και μια σειρά από πολύτιμες υπηρεσίες, αναγκαίες για τη διατήρηση της ζωής όπως καθαρισμό της ατμόσφαιρας και των νερών, υποβοήθηση του κύκλου του νερού, ρύθμιση των κλιματικών αλλαγών (πλημμύρες, ακραία καιρικά φαινόμενα κ.λπ.), ανακύκλωση θρεπτικών στοιχείων, διατήρηση γενετικών πόρων κ.λπ. Παράλληλα, η μελέτη της προσφέρει τεράστιες ευκαιρίες για έρευνα και εκπαίδευση (επιστημονική και εκπαιδευτική αξία), συμβάλλει στην ψυχική και πνευματική υγεία του ανθρώπου (αισθητική, πολιτισμική και πνευματική αξία), και παρέχει δυνατότητες αναψυχής και τουριστικής αξιοποίησης μιας περιοχής, μέσα από δραστηριότητες όπως η παρατήρηση της άγριας ζωής, ορειβασία, πεζοπορία, καταδύσεις, ψάρεμα κ.λπ.

Μετά την βιομηχανική επανάσταση και ιδιαίτερα τις τελευταίες δεκαετίες, η βιοποικιλότητα του πλανήτη υποβαθμίζεται με ταχύτατους ρυθμούς. Κοινό συμπέρασμα όλων των επιστημόνων είναι ότι οι «υπηρεσίες» που προσφέρει η βιοποικιλότητα υποβαθμίζονται και ότι οι φυσικοί πόροι εξαντλούνται με ρυθμούς που θέτουν σε κίνδυνο την ικανότητα των οικοσυστημάτων να υποστηρίξουν τις μελλοντικές γενιές. Η έννοια **απώλεια βιοποικιλότητας** ορίζεται συνήθως ως η μείωση της ποικιλομορφίας ειδών και γενετικού υλικού που προέρχεται κυρίως από την απώλεια και κατάτμηση των φυσικών και ημι-φυσικών οικοσυστημάτων, που προκαλείται από την άσκηση παραγωγικών δραστηριοτήτων με μη αιφορικό τρόπο (εντατική γεωργία, εξαντλητική υλοτομία, υπεραλίευση, εξορύξεις, μαζικός τουρισμός, υπερβόσκηση κ.λπ.), την ρύπανση (εδάφους, νερού, ατμόσφαιρας), την ερημοποίηση, την ευρείας έκτασης και σε μικρό χρόνο αλλαγή χρήσεων γης (δόμηση, κατασκευή μεγάλων έργων, υποδομές για μεταφορές κ.ά.), τις φυσικές καταστροφές (πυρκαγιές, πλημμύρες κ.λπ.), την εισαγωγή ξενικών ειδών αλλά και την κλιματική αλλαγή. Η σχετική σημασία των πιέσεων αυτών ποικίλει ανάλογα με την περιοχή και πολύ συχνά το τελικό αποτέλεσμα οφείλεται στο συνδυασμό τους. Η δημογραφική αύξηση και η αύξηση της κατά κεφαλήν κατανάλωσης, η παγκοσμιοποίηση της οικονομίας, συμπεριλαμβανομένου και του εμπορίου, αυξάνουν ακόμη περισσότερο τις πιέσεις που ασκούνται στη βιοποικιλότητα και τα οικοσυστήματα.

Στις απειλές πρέπει τέλος να συμπεριληφθούν και η προβληματική διακβέρνηση και η αδυναμία των παραδοσιακών οικονομιών να αναγνωρίσουν και να ενσωματώσουν την οικονομική αξία των φυσικών πόρων και των υπηρε-



σιών που παρέχουν τα οικοσυστήματα. Έτσι, παρατηρείται ουσιαστική αγνόηση τους από τις περισσότερες κυβερνήσεις σε κεντρικό ή περιφερειακό επίπεδο κατά την κατάσχεση και εφαρμογή των τομεακών τους πολιτικών (π.χ. αγροτικής, μεταφορών, ενέργειας ακόμη και εκπαιδευτικής κ.λπ.). Η μικρή συνειδητοποίηση της σημασίας και αξίας της βιοποικιλότητας και των απειλών και πιέσεων που υφίσταται είναι επίσης ευθέως ανάλογη με την ελλιπή ενημέρωση και ευαισθητοποίηση και την ανεπαρκή σχετική εκπαίδευση.

Το 2001 με προτροπή του Γενικού Γραμματέα των Ηνωμένων Εθνών κ. Kofi Annan, ξεκίνησε μία παγκόσμια κλίμακας μελέτη με τίτλο **Millennium Ecosystem Approach** (MEA) ([www.millenniumassessment.org](http://www.millenniumassessment.org)) με σκοπό την εκτίμηση των επιπτώσεων των αλλαγών που προκαλούνται στα οικοσυστήματα, στον άνθρωπο και στο περιβάλλον. Από το 2001 ως το 2005, περίπου 1.400 εμπειρογνώμονες από όλο τον κόσμο αξιολόγησαν τις επιπτώσεις από την κατάρρευση ζωτικής σημασίας οικοσυστημάτων και συμπέραναν ότι πλέον απειλείται το 60%, γεγονός που κρύβει σημαντικούς κινδύνους για την ποιότητα ζωής και την οικονομική ανάπτυξη. Η MEA υπογράμμισε επίσης την ανάγκη για περισσότερα μέτρα για την αντιμετώπιση της απώλειας βιοποικιλότητας.

Μέχρι πρόσφατα, δεν είχε εφαρμοστεί κάποιο κατάλληλο αναλυτικό οικονομικό μοντέλο για την πρόβλεψη και αξιολόγηση των καθαρά οικονομικών συνεπειών από την απώλεια της βιοποικιλότητας και την ανάπτυξη πολιτικών για την συγκράτησή της. Στη συνάντηση των Υπουργών Περιβάλλοντος των G8 και των 5 νέων βιομηχανικά ανεπτυγμένων χωρών στο Potsdam, το Μάρτιο του 2007, η Γερμανική Κυβέρνηση πρότεινε την εκπόνηση μελέτης με τίτλο «The economic significance of the global loss of biological diversity», στα πλαίσια της γνωστής ως Πρωτοβουλίας Potsdam για τη βιοποικιλότητα (Potsdam Initiative) στην οποία συμφωνήθηκε «η ανάγκη διεξαγωγής παγκόσμιας μελέτης για την ανάλυση του οικονομικού οφέλους που περιλαμβάνει η βιοποικιλότητα, και του κόστους που σχετίζεται τόσο με την απώλειά της όσο και με την μη λήψη αποτελεσματικών μέτρων για την διατήρησή της». Η πρόταση της Γερμανίας εγκρίθηκε στη Σύνοδο του Heiligendamm τον Ιούνιο του 2007.

Στο πλαίσιο αυτό, το Υπουργείο Περιβάλλοντος της Γερμανίας και η Ευρωπαϊκή Επιτροπή με την υποστήριξη και άλλων εταίρων, ξεκίνησαν μια παγκόσμια μελέτη με τίτλο «**The Economics of Ecosystems & Biodiversity**» (TEEB). Τα αποτελέσματα της πρώτης φάσης της μελέτης αυτής ανακοινώθηκαν το Μάιο του 2008, στη CBD-COP 9 στη Βόννη και δίνουν μία πρώτη εκτίμηση του κόστους για την παγκόσμια οικονομία από τη μελλοντική απώλεια υπηρεσιών οικοσυστημάτων εξαιτίας της μείωσης της βιοποικιλότητας. Η μελέτη εκτιμά ότι ο παγκόσμιος πληθυσμός θα έχει φτάσει τα 9,1 δις μέχρι το 2050 με συνεπαγόμενη τουλάχιστον 50% αύξηση σε απαιτήσεις για τροφή, νερό,

καύσιμα και καταλύματα. Θεωρεί επίσης ότι μεταξύ 2005 και 2050 η μέση αύξηση του ΑΕΠ παγκοσμίως θα είναι 2,8%, με μεγαλύτερη αύξηση σε Ινδία και Κίνα και ότι η συνολική κατανάλωση ενέργειας από 280 EJ (exajoules) το 2000 θα φτάσει τα 600 EJ το 2050. Με βάση τις υποθέσεις αυτές, υπολογίζεται ότι:

▼ Κάθε χρόνο χάνεται βιοποικιλότητα που προσφέρει υπηρεσίες οικοσυστημάτων αξίας 50 δισεκ. Ευρώ.

▼ Μέχρι το 2010 θα έχουν χαθεί χερσαία οικοσυστήματα αξίας 545 δισεκ. Ευρώ, ποσό που αντιστοιχεί σε 1% του παγκόσμιου ΑΕΠ.

▼ Η ετήσια απώλεια υπηρεσιών οικοσυστημάτων που θα προέλθει από την συνολική μείωση της βιοποικιλότητας μέχρι το 2050, θα έχει κόστος της τάξης των 14 τρισεκ. Ευρώ, που αντιστοιχεί σε περίπου 7% του παγκόσμιου ΑΕΠ του 2050.

Οι παραπάνω υπολογισμοί δεν περιλαμβάνουν το κόστος από την απώλεια της θαλάσσιας βιοποικιλότητας, που αν συνεχιστεί, αναμένεται να οδηγήσει σε κατάρρευση των ιχθυοαποθεμάτων και σημαντική απώλεια παράκτιων και κοραλλιογενών οικοσυστημάτων.

Το δεύτερο και πιο σημαντικό τμήμα της μελέτης TEEB ξεκινά το 2009 και τα τελικά αποτελέσματα αναμένεται να ανακοινωθούν στη CBD – COP 10 το 2010. Σκοπός είναι να συγκριθεί σε παγκόσμιο επίπεδο το κόστος της απώλειας της βιοποικιλότητας και των παρεχόμενων υπηρεσιών οικοσυστημάτων με το κόστος της αποτελεσματικής προστασίας, διατήρησης και αειφορικής χρήσης τους. Τα αποτελέσματα αναμένεται να αυξήσουν την ευαισθητοποίηση γύρω από την αξία της βιοποικιλότητας και των οικοσυστημάτων και να διευκολύνουν την ανάπτυξη και εφαρμογή αποτελεσματικών μέτρων και πολιτικών (EC report, 2008).



*Η απώλεια της βιοποικιλότητας παγκοσμίως έχει επιταχυνθεί δραματικά τις τελευταίες δεκαετίες. Ειδικά στην Ευρώπη το 42% των θηλαστικών απειλείται με εξαφάνιση, όπως και το 43% των πουλιών, το 52% των ψαριών του γλυκού νερού, το 45% των ερπετών και πεταλούδων και το 30% των αμφίβιων οργανισμών. Πολλά ευρωπαϊκά οικοσυστήματα βρίσκονται σε κίνδυνο όπως υδροβιότοποι, δάση, θαλάσσιες περιοχές και αρκετοί τύποι άνυδρων και άγονων οικοσυστημάτων. Τα περισσότερα από τα σημαντικά θαλάσσια αποθέματα ψαριών βρίσκονται κάτω από τα ασφαλή βιολογικά όρια, ενώ περίπου 800 φυτικά είδη κινδυνεύουν να εξαλειφθούν. Μόλις το 1-3% των δασών της δυτικής Ευρώπης μπορεί να θεωρηθεί ότι δεν έχει διαταραχθεί από τον άνθρωπο. Από το 1950 μέχρι σήμερα η Ευρώπη έχει απολέσει περισσότερο από το 50% των υγροτόπων και των γεωργικών εκτάσεων που θεωρούνται υψηλής φυσικής αξίας, ενώ ταυτόχρονα έχουν υποβαθμιστεί και πολλά από τα θαλάσσια οικοσυστήματά της. Η Αρκτική αλεπού, ο Ιβηρικός λίσκος, η Μεσογειακή φώκια είναι μερικά από τα χαρακτηριστικά είδη που απειλούνται με εξαφάνιση. Οι περισσότεροι επιστήμονες συμφωνούν ότι αν η απώλεια της βιοποικιλότητας συνεχιστεί με τους σημερινούς ρυθμούς, τότε η ανθρωπότητα θα αντιμετωπίσει το έκτο μεγαλύτερο γεγονός φυσικής καταστροφής που έχει συμβεί στο πλανήτη στα 3,5 δις. χρόνια της ιστορίας του (EEA, 2005).*

## 1.5 Τύποι χλωρίδας και πανίδας στην Ελλάδα

Στην Ελλάδα απαντούν τέσσερις βασικοί τύποι χλωρίδας: η **μεσογειακή**, που εμφανίζεται σε μία ευρύτερη ή στενότερη λωρίδα κατά μήκος των ακτών και στα νησιά του Ιονίου και Αιγαίου πελάγους, η **μεσοευρωπαϊκή** που κυριαρχεί στις ορεινές περιοχές της Κεντρικής και Βόρειας Ελλάδος και η **ιρανοκασπική**, στοιχεία της οποίας συναντώνται στη Θράκη και στα νησιά του ΒΑ Αιγαίου. Τέλος στην Κρήτη απαντούν επίσης ορισμένα στοιχεία **υποτροπικής** χλωρίδας.

Εξαιτίας λοιπόν της γεωγραφικής της θέσης και της συνύπαρξης των παραπάνω χλωριδικών περιοχών, η χλωρίδα της χώρας είναι αναλογικά με την έκτασή της, από τις πλουσιότερες της Ευρώπης με πάνω από 6.000 είδη φυτών. Επιπλέον, η ορεινή γεωμορφολογία της και ο μεγάλος αριθμός νησιών δημιουργούν συνθήκες απομόνωσης και ενδημισμού, με αποτέλεσμα ένα σημαντικό ποσοστό των ειδών και υποειδών των φυτών (13%) να είναι ενδημικά. Τέλος, πρέπει να αναφερθεί ότι από τα 6.000 είδη και υποείδη φυτών τα 263 θεωρούνται ως σπάνια και απειλούμενα σύμφωνα με την Κόκκινη Βίβλο\* των σπάνιων και απειλούμενων ειδών φυτών.

Πληροφορίες για την **πανίδα** της Ελλάδας υπάρχουν από πολύ παλιά, ουσιαστικά από τον Αριστοτέλη που πριν από 2.300 χρόνια έγραψε το *Περί ζώων ιστορία*, όπου περιέγραψε με ιδιαίτερη λεπτομέρεια περίπου 600 είδη. Σύμφωνα με πρόσφατες απογραφές (Fauna Europaea 2004), στην Ελλάδα έχουν καταγραφεί 23.130 είδη ζώων της ξηράς και των γλυκών νερών (Λεγάκις, 2004) και άλλα 3.500 είδη της θάλασσας. Αν σ' αυτά προσθέσουμε και έναν αριθμό ειδών που έχει καταγραφεί αλλά δεν περιλαμβάνεται στους σημερινούς καταλόγους, φθάνουμε σε ένα σύνολο περίπου 30.000 ειδών. Παρόλ' αυτά, πρέπει να σημειωθεί ότι γενικά θεωρείται ότι η πανίδα της Ελλάδας δεν είναι καλά μελετημένη. Περισσότερες πληροφορίες υπάρχουν για τα Σπονδυλόζωα και πολύ λιγότερες για τα Ασπόνδυλα, που υπερτερούν συντριπτικά σε αριθμό.

Εκτιμάται ότι η ελληνική πανίδα, συνολικά, περιλαμβάνει περίπου 50.000 είδη (Λεγάκις, 2007). Από αυτά:

- ▼ 555 είναι ψάρια (447 θαλάσσια και 108 είδη γλυκού νερού)
- ▼ 22 είναι αμφίβια
- ▼ 61 είναι ερπετά
- ▼ 436 είναι πουλιά
- ▼ 111 είναι θηλαστικά (98 χερσαία και 13 θαλάσσια)
- ▼ 24.700 περίπου είναι ασπόνδυλα.

Η πανίδα της Ελλάδας έχει περισσότερες συγγένειες με την πανίδα της ανατολικής Μεσογείου, μιας περιοχής που επηρεάζεται από την Ευρώπη, την κεντρική Ασία, την Ανατολία, τη Μέση Ανατολή και την Αφρική ενώ παρουσιάζει και υψηλό ποσοστό ενδημισμού. Από τα δεδομένα του προγράμματος Fauna Europaea προκύπτει ότι μέχρι σήμερα έχουν καταγραφεί 3.956 ενδημικά είδη της ξηράς και των γλυκών νερών.

Αυτή η μεγάλη ποικιλότητα της πανίδας της χώρας μας εξηγείται όπως και η ποικιλότητα στη χλωρίδα. Από τη μία πλευρά, ο ελληνικός χώρος λειτούργησε ως καταφύγιο για τα ζώα της Βόρειας Ευρώπης που ήθελαν να αποφύγουν τους παγετώνες και από την άλλη, η τεράστια ποικιλία οικοτόπων της χώρας βοήθησε στην ανάπτυξη διαφορετικών πληθυσμών άγριων ζώων, οι οποίοι έδωσαν νέα είδη και υποείδη. Σημαντικό ρόλο έπαιξε επίσης η μακροχρόνια απομόνωση και ο μεγάλος αριθμός των ελληνικών νησιών, η αυξομείωση της στάθμης της θάλασσας σε διάφορες γεωλογικές περιόδους, η ύπαρξη πολλών σπηλαίων κ.ά.

Από τα 147 θηλαστικά της Ευρώπης, 111 περίπου είδη διαβιούν στην Ελλάδα είτε ως άγριοι πληθυσμοί, είτε ως κατοικίδια, είτε ως ζώα εκτροφής. Από τα **άγρια θηλαστικά**, τα εντομοφάγα συμμετέχουν στην ελληνική πανίδα με 12 είδη με επικρατέστερα το σκαντζόχοιρο (*Erinaceus concolor*), τα χειρότερα ή νυκτερίδες με 24, οι λαγοί με 2 είδη (λαγός-*Canis lupus* και αγριοκούνελο-*cuniculus Oryctolagus*) και τα τρωκτικά με 26 είδη. Από τα εντομοφάγα σπάνια είναι η κηπομυγαλίδα της Λέσβου (*Crociodura suaveolens*), από τις νυκτερίδες σπάνια είναι η αιγυπιακή νυκτερίδα (*Nycteris thebaica*) και η μυώπιδα του Bechstein (*Myotis bechsteini*), ενώ αρκετά είδη βρίσκονται σε κίνδυνο, όπως ο νυκτονόμος (*Tadarida teniotis*), η τραχονυκτερίδα (*Eptesius serotinus*), η ωτονυκτερίδα (*Plecotus austriacus*) κ.α. Από τα λαγόμορφα, σπάνιο είναι το αγριοκούνελο και από τα τρωκτικά, ο δασομυωξός (*Glis glis argenteus*) και ο ακανθοποντικός (*Acomys minous*).

Από τα **σαρκοφάγα θηλαστικά** υπάρχουν στην Ελλάδα 12 είδη, όπως η καφετιά αρκούδα (*Ursus arctus*) στα βόρεια, ο λύκος (*Canis lupus*) στα κεντρικά και βόρεια, το τσακάλι (*Canis aureus*) στα ηπειρωτικά, στα ιόνια νησιά και στη Λέσβο, η αλεπού (*Vulpes vulpes*) σε ολόκληρη την ηπειρωτική Ελλάδα, η αγριόγατα στα δάση των ορεινών περιοχών (*Felix sylvestris*) το ζαρκάδι (*Capreolus capreolus*) και το ελάφι (*Cervus elaphus*) κινδυνεύουν, η βίδρα, η αγριόγατα και το πλατόνι (*Cervus dama* ή *Dama dama*) απειλούνται με εξαφάνιση, ενώ το μεγαλύτερο αιλουροειδές της Ευρώπης, ο λύγκας (*Lynx lynx*), έχει μάλλον εξαφανιστεί από την Ελλάδα.

Από τα **κτώδη θηλαστικά** που ζουν στη θάλασσα, σπάνια είναι η περοφάλαινα (*Balaenoptera physalus*), ο φυσπτήρας (*Physeter macrocephalus*), η όρκη η σπαθοδέλφινο (*Orcinus orca*) και το σταχτοδέλφινο (*Crampus griseus*), ενώ με εξαφάνιση απειλείται και η Μεσογειακή φώκια (*Monachus monachus*) της οποίας οι περισσότεροι πληθυσμοί συναντώνται στην Ελλάδα. Οι Σποράδες, οι Κυκλάδες, οι βραχονησίδες στο Αιγαίο αλλά και η Κεφαλονιά και η Ιθάκη στο Ιόνιο είναι μερικές από τις περιοχές όπου διαβιούν σήμερα πληθυσμοί Μεσογειακής φώκιας.

Από την άποψη της **ορνιθοπανίδας** έχουν καταγραφεί στον ελληνικό χώρο 436 είδη που φωλιάζουν στους βιότοπους της χώρας ή περνούν από εδώ κατά την μεταναστευτική τους πορεία. Σημαντική είναι και η ποικιλία των **αρπακτικών**. Τριάντα έξι είδη είναι τα ημερόβια αρπακτικά στη χώρα από τα 39 της Ευρώπης, ενώ από τα 13 νυκτόβια τα 8 βρίσκονται στην Ελλάδα. Πουλιά που βρίσκονται σε κίνδυνο

\* Η ζωή στη Γη εξαφανίζεται γρήγορα και θα συνεχίσει να γίνεται αυτό αν δεν ληφθούν επείγοντως τα κατάλληλα μέτρα. 41.415 είδη περιλαμβάνονται στην Κόκκινη Βίβλο της IUCN για το 2007, 16.306 από τα οποία απειλούνται με εξαφάνιση (Ένα στα τέσσερα θηλαστικά, ένα στα οκτώ πουλιά, το 1/3 όλων των αμφιβίων και το 70% των καταγεγραμμένων στον κατάλογο φυτών). Ο αντίστοιχος αριθμός για το 2004 ήταν 15.589. Η ανθρώπινη δραστηριότητα, έχει αυξήσει το ρυθμό εξαφάνισης ειδών κατά 1.000 φορές. Από το 1500 μ.Χ. μέχρι σήμερα έχουν καταγραφεί 785 εξαφανίσεις. Η αύξηση αυτή, που οφείλεται κυρίως στις ανθρώπινες δραστηριότητες, οδηγεί πολλούς επιστήμονες στην πεποίθηση ότι η ζωή στη Γη εισέρχεται σε μια περίοδο μαζικής εξάλειψης ειδών.

είναι ο ροδοπελεκάνος (*Pelecanus onocrotalus*), ο αργυροπελεκάνος (*Pelecanus crispus*), ο αργυροτσικνιάς (*Ardea alba*), ο μαυροπελαργός (*Ciconia nigra*), η καλκόκοτα (*Plegadis falcinellus*), η κουλιάρωμα (*Platalea leucorodia*), η νανόχηνα (*Anser erythropus*), η σταχτόχηνα (*Anser anser*), η κοκκινόχηνα (*Brandia ruficollis*), η καστανόπαπια (*Tadorna ferruginea*), ο τσίφτης (*Milvus migrans*), ο θαλασσαετός (*Haliaeetus albicilla*) το σπανιότερο πτηνό στην Ελλάδα, ο γυπαετός (*Gypaetus barbatus*), ο μαυρογύπας (*Aegyptius monachus*), ο λιβαδόκιρκος (*Circus pygargus*), ο βασιλαετός (*Aquila heliaca*) το σπανιότερο και πιο απειλούμενο είδος αετού στην Ευρώπη, ο αιγαιόγλαρος (*Larus audouinii*), ο μαυροπετρίτης (*Falco eleonorae*) το πιο σημαντικό από τα είδη που φιλοξενεί η Ελλάδα, κ.ά.

Πλούσια είναι και η **ερπετοπανίδα**: Περιλαμβάνει 16 είδη αμφιβίων και 58 είδη ερπετών από τα 90 συνολικά είδη που ζουν στην Ευρώπη. Ειδικότερα συναντώνται 8 είδη χελώνας (3 θαλάσσιες, 2 των γλυκών νερών και 3 της στεριάς), 28 είδη σαύρας και 20 είδη φιδιών. Σπάνια είναι η σαλαμάνδρα στην Κάρπαθο, ο χαμαιλέοντας της Δωδεκανήσου ενώ κινδυνεύει η κόκκινη οχιά της Μήλου (*Macrovipera schweizeri*) και απειλείται με εξαφάνιση η γνωστή σε όλους θαλάσσια χελώνα (*Caretta caretta*).

Η **ιχθυοπανίδα** των ελληνικών θαλασσών αποτελείται από 447 είδη, από τα οποία 283 έχουν ατλαντο-μεσογειακό χαρακτήρα. Υπάρχουν επίσης 21 είδη κοσμοπολίτικης\* εξάπλωσης, 44 παγκόσμιας, 86 ενδημικά της Μεσογείου και 33 είδη έχουν μεταναστεύσει στον ελληνικό θαλάσσιο χώρο από την Ερυθρά θάλασσα (Κουσσούρης & Αθανασάκης, 1999).

Η ελληνική ιχθυοπανίδα του γλυκού νερού θεωρείται από τις πιο πλούσιες της Ευρώπης. Από τα 79 αυτόχθονα είδη ψαριών του γλυκού νερού στην Ελλάδα τα 39 είναι ενδημικά στα υδατικά συστήματα της ενδοχώρας και των γειτονικών κρατών, ενώ υπάρχουν και 41 ενδημικά ποσειδίδη. Από τα είδη αυτά είναι σπάνια και κινδυνεύουν τόσο από τη ρύπανση όσο και από τη μείωση του όγκου των νερών και τα τεχνικά έργα, η πέστροφα (*Salmo trutta*), η παλαμίδα (*Sarda sarda*), το μυλωνάκι (*Gobio banarescui*), ο κουτσουράς (*Carassius carassius*) και ο ποντοπυγώστεος (*Pungitius platygaster*), καθώς και η θρίτσα στη Βιστωνίδα (*Alosa vistonica*), η μπριάνια στις Πρέσπες (*Barbus perspensis*), το πετρόψαρο στην Εύβοια (*Barbus euboicus*), ο ζυρνάς στη δυτική Ελλάδα (*Valencia letourmeixu*), το γκαβόχελο (*Eudontomyzon hellenicus*) στις Σέρρες στη Δράμα και αλλού.

Τέλος, τα **ασπόνδυλα** στην Ελλάδα δεν έχουν μελετηθεί αρκετά και ο ακριβής αριθμός τους δεν είναι γνωστός. Γι' αυτό και είναι άγνωστα τα απειλούμενα είδη. Το λογικό είναι να απειλούνται όσα έχουν πολύ στενά όρια εξάπλωσης όπως π.χ. όσα βρίσκονται σε σπήλαια, σε φαράγγια ή σε υγρότοπους, οι οποίοι είναι και οι πιο πλούσιοι βιότοποι για τα ασπόνδυλα όπως τα οδοντόγναθα, οι λιβελούλες κ.α. Επίσης περιοχές με ευαίσθητη πανίδα ασπονδύλων είναι και οι αμμώδεις ακτές, οι θύνες καθώς και περιοχές που μεταβάλλονται συστηματικά από ανθρωπογενείς δραστηριότητες ή φυσικά αίτια.

## 1.6 Τύποι οικοσυστημάτων στην Ελλάδα

### Φυσικά χερσαία οικοσυστήματα\*\*

Λόγω του μεγάλου αριθμού πιθανών συνδυασμών κλιματικών συνθηκών, μπτρικού πετρώματος, πανίδας και κλωρίδας έχουν αναπτυχθεί στη χέρσο πολλοί τύποι οικοσυστημάτων. Κάνοντας αρκετές γενικεύσεις θα μπορούσαν να περιγραφούν τα βασικά χερσαία οικοσυστήματα της Ελλάδας με βάση το υψόμετρο. Μέχρι τα 500 περίπου μέτρα κυριαρχούν συνήθως τα **μεσογειακού τύπου οικοσυστήματα**. Πρόκειται για χαμηλούς θαμνώνες -φρύγανα- που απαντώνται στις περισσότερες ξηρές περιοχές, ή για ψηλούς και πυκνούς θαμνώνες -μακί- στους οποίους κυριαρχούν αείφυλλα και σκληρόφυλλα φυτά όπως η αγριελιά, η μυρτιά, η δάφνη, η κουμαριά και το πουρνάρι.

Μετά το νοτιό όριο του υψόμετρου των 500 μέτρων διαπιστώνεται η παρουσία φυσικών οικοσυστημάτων στα οποία κυριαρχούν **φυλλοβόλα είδη** δένδρων όπως οι βελανιδιές, οι οξές και οι καστανιές.

Σε μεγαλύτερα υψόμετρα που ξεπερνούν τα 1.200 μέτρα, τα φυλλοβόλα δένδρα δίνουν τη θέση τους σε **δάση κωνοφόρων** όπως τα έλατα, τα οποία με τη σειρά τους υποχωρούν σε υψόμετρα μεγαλύτερα των 1.800 μέτρων. Από το υψόμετρο αυτό και πάνω συναντώνται τα λεγόμενα **αλπικά συστήματα** τα οποία ξεκινούν ως χαμηλοί θαμνώνες με είδη ξυλωδών δένδρων όπως ο κέδρος για να καταλήξουν στα ανοικτά αλπικά λιβάδια.

### Μια πιο προσεκτική ματιά στα χερσαία οικοσυστήματα όπως αυτά αναπτύσσονται με βάση το υψόμετρο:

Τα **φρύγανα** είναι φυτικοί σχηματισμοί που αποτελούνται από χαμηλούς θάμνους με μικρά φύλλα, αγκαθωτά κλαδιά και είναι προσαρμοσμένοι στη θερμική ξηρασία. Κυρίαρχα είδη είναι το θυμάρι (*Corydorthymus capitatus*), η αστοιβή (*Sarcopoterium spinosum*), η γαλαστοιβή (*Euphorbia acanthothamnus*), η θρούμπα (*Satureja thymbra*), η ασφάκα (*Phlomis fruticosa*), οι λαδανιές (είδη *Cistus*), η λεβάντα (*Lavandula stoechas*), η αφάνα (*Genista acanthoclada*), η ρίγανη (είδη *Origanum*), το αμάραντο (*Helichrysum cicutum*), το λυχνάρaki (*Ballota acetabulosa*), η ασμυριά (*Anthyllis hermaniae*), το ασπροθύμαρο (*Phagnalon graecum*) κ.ά.

Αναπτύσσονται σε ξηρές περιοχές, όπως στα ελληνικά νησιά, αλλά και σε περιοχές όπου η φωτιά και η βόσκηση έχουν υποβαθμίσει την προϋπάρχουσα βλάστηση. Χαρακτηριστικό τους γνώρισμα είναι ότι έχουν μικρά φύλλα το καλοκαίρι και σχετικά μεγάλα το χειμώνα, για να μπορούν να ρυθμίζουν την ταχύτητα απώλειας του νερού μέσω της διαπνοής. Παρέχουν στο έδαφος προστασία από τη διάβρωση εξαιτίας του εκτεταμένου ριζικού συστήματος που διαθέτουν.

Ο ρόλος των πουλιών στην ισορροπία της φύσης είναι ιδιαίτερα σημαντικός και κάθε είδος συμβάλλει σ' αυτή με διαφορετικό τρόπο. Τα πουλιά που τρώνε καρπούς βοηθούν στην εξάπλωση των φυτών μεταφέροντας τους σπόρους που αποβάλλουν από το πεπτικό τους σύστημα. Όσα τρώνε έντομα ελέγχουν τους πληθυσμούς των εντόμων ενώ τα σαρκοφάγα διατηρούν σε ευεξία και υγεία τους πληθυσμούς των θηραμάτων τους κυνηγώντας τα άρρωστα, τα γέρικά και ανήμπορα, ενώ οι γύπες εξυγιάνουν τη φύση τρώγοντας τα πτώματα των ζώων.

\* Κοσμοπολίτικα θεωρούνται όσα είδη εξαπλώνονται σε περισσότερους από δύο ωκεανούς.

\*\* Προσαρμοσμένο από ΥΠΕΧΩΔΕ, 2003.



Τα φρύγανα καταλαμβάνουν το 12,5 % της έκτασης της Ελλάδος και εξαπλώνονται κυρίως στις Κυκλάδες, στα Δωδεκάνησα, στην Κρήτη, στη Λήμνο, στην Κεφαλλονιά και στη δυτική Αιτωλοακαρνανία. Στα βόρεια της χώρας η εξάπλωσή τους είναι μικρή και παρατηρούνται μόνο σε θέσεις όπου η βλάστηση έχει υποβαθμιστεί.

Στις διαμορφώσεις **μακί (αείφυλλα – σκληρόφυλλα)**, τα κυρίαρχα φυτά είναι θάμνοι ύψους μέχρι 2–2,5 μέτρων με βαθιές ρίζες για να αντλούν το απαραίτητο νερό και μικρά δερματώδη φύλλα για να περιορίζουν τη διαπνοή το καλοκαίρι, όταν η ξηρασία γίνεται έντονη. Αναπτύσσονται σε υψόμετρο μέχρι 700 μέτρα, και σε δασικές περιοχές που υποβαθμίστηκαν από φωτιά ή βόσκηση. Κυρίαρχα είδη είναι το πουρνάρι (*Quercus coccifera*), η κουμαριά (*Arbutus unedo*), ο σκίνος (*Pistacia lentiscus*), το φιλύκι (*Phillyrea media*), η αριά (*Quercus ilex*), η χαρουπιά (*Ceratonia siliqua*), τα ρείκια (είδη *Erica*), η μυρτιά (*Myrtus communis*), η αγριελιά (*Olea oleaster*), κι ακόμη μαζί τους απαντώνται αείφυλλα ή φυλλοβόλα είδη όπως η δάφνη (*Laurus nobilis*), η λαδανιά (είδη *Cistus*), η άρκευθος (*Juniperus oxycedrus*), το αγριοκυπάρισσο (*Juniperus phoenicea*), η αγριοκουμαριά (*Arbutus adrachnae*), η κοκκορεβυθιά (*Pistacia terebinthus*), η κουτσουπιά (*Cercis siliquastrum*), το σπάρτο (*Spartium junceum*), η ασπαραθιά (*Callicotome villosa*), ο αρκουδόβατος (*Smilax aspera*). Στις πιο υγρές περιοχές των ορίων εξάπλωσης των μακί και στις όχθες χειμάρρων ή ρευμάτων, απαντώνται, δείχνοντας το δρόμο του νερού, η πικροδάφνη (*Nerium oleander*) και η λυγαριά (*Vitex agnus – castus*).

Οι τυπικές περιοχές της χώρας που απαντώνται τα μακί είναι η Χαλκιδική, το Πήλιο (μέχρι τα 500 μέτρα), η Εύβοια, η Κρήτη, η παράκτια Θράκη, τα νησιά του Αιγαίου (εκτός από το μεγαλύτερο μέρος των Κυκλάδων), ο Όλυμπος (από τα 300 έως 600 μέτρα υψόμετρο) και τα παράλια του Αμβρακικού.

**Τα μεσογειακά δάση κωνοφόρων** απαντούν στις παράλιες και πεδινές μεσογειακές περιοχές, με κυρίαρχο ένα μόνο είδος κωνοφόρου, όπως η χαλέπιος πεύκη, οι κουκουναριές κ.ά. Τα πιο κοινά είναι τα δάση με χαλέπιο πεύκη (*Pinus halepensis*), που εμφανίζονται κυρίως σε ασβεστολιθικά αλλά και αμμώδη εδάφη μέχρι το υψόμετρο των 1.200 μέτρων. Περιοχές της χώρας όπου απαντώνται είναι η Πελοπόννησος, τα Ιόνια νησιά, η Αττική, η Βοιωτία, η Εύβοια και η Χαλκιδική. Στην Κρήτη, στα νησιά του Αιγαίου, στη Θράκη, τη Θάσο και μικρό τμήμα της Χαλκιδικής τη θέση της χαλεπίου πεύκης παίρνει ένα άλλο είδος η τραχεία πεύκη ή θασίτικο πεύκο (*Pinus brutia*), είδος που παρουσιάζει ανθεκτικότητα τόσο στους ανέμους και την ξηρασία, όσο και στο ψύχος.

Τα δάση κουκουναριάς (*Pinus pinea*) απαντώνται κυρίως σε αργιλοαμμώδη εδάφη και η έκτασή τους είναι εξαιρετικά περιορισμένη στην Ελλάδα. Κύριες περιοχές εμφάνισής τους είναι η Δ. Πελοπόννησος, ο Μαραθώνας, η Σκιά-

θος, η Νάξος και τμήμα της χερσονήσου του Άθω. Σε ακόμη μικρότερη έκταση παρουσιάζονται τα δάση κυπαρισσιού (*Cupressus sempervirens*). Απαντώνται κυρίως στην Κρήτη, στη Ρόδο, στη Σάμο και στη Σύμη και αποτελούν πιθανότατα υπολείμματα παλαιάς ευρύτερης εξάπλωσης.

Τα **μικτά δάση φυλλοβόλων** είναι φυτικές διαπλάσεις, όπου κυριαρχούν είδη βελανιδιάς του γένους *Quercus*, καθώς και οξιές. Παρουσιάζονται σε περιοχές που η θερμοκρασία το χειμώνα πέφτει κάτω από το όριο του παγετού. Αποτελούν τα πλουσιότερα αποθέματα ξύλου της χώρας. Κύριο χαρακτηριστικό των δασών αυτών είναι η φυλλόπτωση το φθινόπωρο, ως μέσο εξοικονόμησης ενέργειας και προστασίας στις σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες. Τα δάση πλατύφυλλης δρυός (*Quercus frainetto*), είναι τα πιο εκτεταμένα αλλά απαντούν συνεχή και συμπαγή μόνο στη Βόρειο Ελλάδα, ενώ νοτιότερα στη Στερεά Ελλάδα και Πελοπόννησο σχηματίζουν διάσπαρτες συστάδες. Τα δάση με κνοώδη δρυ (*Quercus pubescens*), απαντούν είτε αμιγή (σε ξηρές περιοχές) είτε σε μίξη με τα προηγούμενα. Η καστανιά εμφανίζεται συνήθως σε νησίδες στις υγρότερες σχετικά θέσεις και πάνω σε εδάφη που προέρχονται από όξινα πετρώματα στη ζώνη των δρυοδασών. Στις ορεινές περιοχές της Θεσσαλίας, της Ηπείρου και της Μακεδονίας, πάνω από τα 1.700 μέτρα απαντούν δάση δασικής οξιάς (*Fagus sylvatica*), τα οποία είναι συνήθως αμιγή. Στην ανατολική Μακεδονία και μέχρι τη χερσόνησο του Άθω απαντά η ανατολική οξιά (*Fagus orientalis*). Τα δάση της οξιάς στην Ελλάδα δεν εμφανίζονται σε συνεχή ζώνη όπως στη Μεσευρώπη ή άλλες χώρες της Βαλκανικής αλλά κατά νησίδες κυρίως στις βόρειες, βορειοανατολικές και βορειοδυτικές περιοχές και σχεδόν αποκλειστικά σε πυριτικά πετρώματα, δημιουργώντας διάφορους τύπους φυτοκοινωνιών.

Τα **ορεινά δάση κωνοφόρων** απαντώνται σε υψόμετρο πάνω από τα 800 μέτρα με κυρίαρχα είδη κωνοφόρα που αντέχουν στο ψύχος όπως η μαύρη πεύκη (*Pinus nigra*), η κεφαλληνιακή ελάτη (*Abies cephalonica*), η δασική πεύκη (*Pinus sylvestris*), το ρόμπολο (*Pinus leucodermis*), και η υβριδογενής ελάτη (*Abies borisii-regis*). Δάση μαύρης πεύκης απαντώνται κυρίως στα βουνά της Πελοποννήσου και στην Κεντρική και Βόρεια Ελλάδα ξεκινώντας από χαμηλότερο υψόμετρο. Δάση δασικής πεύκης σχηματίζονται πυκνά κυρίως στα όρη των Σερρών και της Δράμας, ενώ αραιές συστάδες παρουσιάζονται και σε άλλα βουνά με νοτιότερο όριο εξάπλωσης τα Πιέρια και τον Όλυμπο σε υψόμετρα μεγαλύτερα των 1.100 μέτρων. Δάση ρόμπολου εμφανίζονται από τα 1.700 μέτρα και πάνω, νοτιότερο όριο εξάπλωσης τους για την Ευρώπη είναι ο Όλυμπος και απαντώνται κυρίως στην Πίνδο και το Βέρμιο. Η κεφαλληνιακή ελάτη είναι ενδημική των ελληνικών βουνών και εμφανίζεται σε όλες τις υψηλές οροσειρές της Νότιας και Κεντρικής Ελλάδας μέχρι τον Όλυμπο, ανάμεσα στα 700 και 800 μέτρα. Βορειότερα τη θέση της παίρνει η υβριδογενής



ελάτη που σχηματίζει αμιγή δάση στις υψηλότερες πλαγιές στον Όλυμπο, την Πίνδο, το Βέρμιο και τον Άθω, ενώ χαμηλότερα σχηματίζει μικτά δάση με άλλα κωνοφόρα ή και με φυλλοβόλα.

**Υποαλπικά και αλπικά συστήματα:** Στις κορυφές των βουνών και σε υψόμετρο πάνω από 1.700 έως 2.900 μέτρα απαντώνται φυτά και ζώα που συνθέτουν τα ελληνικά αλπικά συστήματα. Η θερμοκρασία στις περιοχές αυτές δεν ξεπερνά τους 0°C από τον Οκτώβριο μέχρι τον Μάιο και καλύπτονται από χιόνι το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου. Τα δέντρα αναπτύσσονται μεμονωμένα μέχρι κάποιο ύψος και ψηλότερα δίνουν τη θέση τους σε θάμνους και ποώδη φυτά που σχηματίζουν τα αλπικά λιβάδια. Οι συνηθέστεροι θάμνοι είναι η ξεραγκαθιά (*Berberis cretica*), οι τετραγκαθιές (είδη *Astragalus*), ο κοινός αγριόκεδρος (*Juniperus communis*) και η σκλήθρα (*Alnus viridis*). Στα αλπι-

κά λιβάδια συνήθως απαντώνται διάφορα είδη αγριολούλουδων καθώς και είδη αγρωστωδών.

Στην Ελλάδα **υποτροπική βλάστηση** παρουσιάζεται κατά θέσεις μόνο στην Κρήτη και συγκεκριμένα στο περίφημο φοινικόδασος του Βάι με τον φοίνικα του Θεόφραστου (*Phoenix theophrastii*), που είναι εύρωστο είδος και προστατευόμενο από την ελληνική νομοθεσία και τη Σύμβαση της Βέρνης. Μικρότερο σε έκταση με εξαιρετική ομορφιά είναι και το φοινικόδασος στο Κουρταλιώτικο φαράγγι. Φοινικόδάση απαντώνται σε πολύ μικρότερη όμως έκταση και σε άλλες περιοχές της Κρήτης.

Τέλος, **αζωνικά** χαρακτηρίζονται τα δάση των οποίων η σύνθεση σε είδη και η εν γένει ύπαρξή τους δεν εξαρτάται από τις κλιματικές συνθήκες αλλά από την παρουσία υδάτων. Πρόκειται για παρόχθια, παραποτάμια ή παραλίμνια δά-



Μύτικας (2918μ.), Στεφάνι (2912μ.), Σκάλα (2882μ.): Τρεις από τις ψηλότερες κορυφές του Ολύμπου, ενός βουνού που δίκαια διεκδικεί τους ομηρικούς χαρακτηρισμούς μακρύς, μέγας, ψηλός, απόκρημνος, πολύπτυχος. Είναι το πιο ψηλό και ιερό βουνό των Ελλήνων, η κατοικία των δώδεκα θεών της αρχαιότητας, το βουνό των θρύλων και των παραδόσεων, πραγματικό μνημείο της φύσης, που καταφέρνει να συνδυάζει την ιστορική του αξία με τη μαγευτική του ατμόσφαιρα. Αποτελεί σύμβολο της ελληνικής μυθολογίας και δείγμα της πανέμορφης ελληνικής φύσης, λίκνο πολιτισμών και παγκόσμιο σημείο αναφοράς. (Ευγενική παραχώρηση του ΦΔ Εθνικού Δρυμού Ολύμπου)  
© Κοσμίδης Γεώργιος



ση, δάση δελταϊκών σχηματισμών ή περιοχών με άφθονα υπόγεια νερά. Τέτοια δάση είναι οι πλαταμώνες, δάση πλατάνων (*platanus orientalis*) που εμφανίζονται κυρίως στους κώνους απόθεσης των χειμάρρων και ποταμών, τα δάση από ασημοϊτιές (*Salix alba*), λεύκες και κλήθρα (*Alnus glutinosa*) κατά μήκος των οχθών ποταμών ή λιμνών και τα δάση φράξου (*Fraxinus oxycarpa*) φτελιάς (*Ulmus minor*) και ποδισκοφόρου δρυός (*Quercus pendiculata*) των δελταϊκών σχηματισμών ή υγροτοπικών περιοχών. Μέχρι και τις αρχές του προηγούμενου αιώνα τα δάση αυτά καταλάμβαναν σημαντικές εκτάσεις ιδιαίτερα στη Θεσσαλία, τη Μακεδονία και τη Θράκη. Στις μέρες μας με εξαίρεση τους πλαταμώνες, τα υπόλοιπα αζωνικά δάση έχουν περιοριστεί σημαντικά. Ένα από τα πιο σημαντικά που σώζονται σήμερα είναι το δάσος του Φράξου, στη βόρεια περιοχή του Δέλτα του Αχελώου, κοντά στο Λεσίνι. Έχει έκταση 60 εκτάρια περίπου, έχει ανακηρυχθεί σε Μνημείο της Φύσης και σχηματίζεται κυρίως από αιωνόβιους φράξους. Εδώ βρίσκεται καταφύγιο σημαντικός αριθμός ζώων και, λόγω της ύπαρξης νερού, υπάρχει μεγάλος αριθμός αμφιβίων και ερπετών.

### Υδατικά οικοσυστήματα

Η διάκριση των υδατικών οικοσυστημάτων σε διάφορους τύπους γίνεται κυρίως για να διευκολυνθεί η περιγραφή και κατ' επέκταση η μελέτη τους, αλλά και επειδή τα νομικά κείμενα πάνω στα οποία στηρίζεται η διαχείρισή τους σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης -ιδιαίτερα η Οδηγία 2000/60/ΕΕ, γνωστή ως **Οδηγία Πλαίσιο για τα Νερά** (Water Framework Directive)- προσεγγίζουν το θέμα εξειδικεύοντας τα μέτρα προστασίας ανάλογα με τους διάφορους τύπους υδάτων. Με βάση λοιπόν την παραπάνω Οδηγία Πλαίσιο τα υδατικά οικοσυστήματα διακρίνονται σε **Παράκτια & Μεταβατικά** που περιλαμβάνουν θάλασσες και λιμνοθάλασσες, σε οικοσυστήματα **Εσωτερικών Υδάτων**, που περιλαμβάνουν λίμνες και ρέοντα ύδατα, και σε **Υγροτοπικά οικοσυστήματα**, που τοποθετούνται μεταξύ υδατικών και χερσαίων οικοσυστημάτων.

#### **Μια πιο προσεκτική ματιά στα υδατικά οικοσυστήματα: ΠΑΡΑΚΤΙΑ & ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΑ ΥΔΑΤΑ: Θάλασσες & Λιμνοθάλασσες**

Οι συνθήκες που επικρατούν στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι εξαιρετικά ποικίλες και διαμορφώνουν ποικίλα οικολογικά περιβάλλοντα: από τα επιφανειακά νερά, πλούσια σε οξυγόνο και ηλιακή ακτινοβολία, μέχρι τα νερά των αβύσσων με μόνιμη απουσία φωτός, τεράστιες πιέσεις, χαμηλές θερμοκρασίες και συχνά έλλειψη οξυγόνου. Δεν είναι τυχαίο ότι η πολυμορφία των συνθηκών έδωσε τη δυνατότητα ανάπτυξης μεγάλης ποικιλίας οργανισμών (από μονοκύτταρα φύκη έως μεγάλα θηλαστικά) που προσαρμόσαν τις λειτουργίες τους αναλόγως.

Οι **Ελληνικές Θάλασσες** είναι από τις πλέον ενδιαφέρουσες θαλάσσιες περιοχές του κόσμου. Κάθε μία τους έχει διαφορετικά γεωμορφολογικά, υδρολογικά, κλιματολογικά και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά που αντικατοπτρίζονται στη σύνθεση της θαλάσσιας πανίδας και χλωρίδας που εποίκίζουν τις λεκάνες αυτές. Ένα ακόμη στοιχείο που συμβάλλει καθοριστικά στην αυξημένη βιοποικιλότητα των Ελληνικών θαλασσών είναι η τοπογραφική ιδιαιτερότητα τους (π.χ. μεγάλο μήκος βραχώδων και αμμωδών ακτών, περισσότερα από 2.000 νησιά) γεγονός που έχει σαν αποτέλεσμα να αναπτύσσονται πολλοί διαφορετικοί τύποι ενδιαιτημάτων.

Το μεγαλύτερο μέρος της ερευνητικής δραστηριότητας από το 1970 μέχρι και σήμερα, σχετικά με την θαλάσσια βιοποικιλότητα στην Ελλάδα αφορά κυρίως την καταγραφή ειδών, τη συστηματική τους ταξινόμηση, την διερεύνηση των ενδιαιτημάτων τους, ενώ τα τελευταία χρόνια έχει επεκταθεί και σε θέματα διερεύνησης μηχανισμών λειτουργίας των οικοσυστημάτων, γενετικής ποικιλότητας ειδών αλλά και διερεύνησης της δυναμικής πληθυσμών και διαχείρισης των αποθεμάτων με αλιευτικό εμπορικό ενδιαφέρον (π.χ. σπόγγοι, κνιδόζωα, μαλάκια, καρκινοειδή, ψάρια). Η ενδελεχής έρευνα είχε ως αποτέλεσμα να είναι διαθέσιμες σήμερα αξιόπιστες λίστες ειδών για πάρα πολλές ταξινομικές ομάδες τόσο φυτικών όσο και ζωικών οργανισμών (π.χ. θαλάσσια φανερόγαμα, μακροφύκη, σπόγγοι, κνιδόζωα, πολύχαιτοι δακτυλιοσκώληκες, σωληνοειδή, μαλάκια, καρκινοειδή, εχινόδερμα, ασκίδια, ψάρια) που εξαπλώνονται στα νερά των θαλασσών μας. Παράλληλα η συστηματική διερεύνηση της βιοποικιλότητας είχε ως αποτέλεσμα να καταγραφούν και να περιγραφούν αρκετά νέα είδη ως **ενδημικά** των Ελληνικών Θαλασσών. Από ένα σύνολο 4.550 μακροβενθικών ειδών που ανήκουν στις ταξινομικές ομάδες που προαναφέρθηκαν και που εξαπλώνονται στη λεκάνη της Μεσογείου, 2.320 είδη έχουν καταγραφεί στις Ελληνικές θάλασσες με το 20% από αυτά να έχουν αναφερθεί στις έρευνες των τελευταίων 15 χρόνων.

Το Αιγαίο παρουσιάζει υψηλή βιοποικιλότητα, υψηλότερη από άλλες λεκάνες της Μεσογείου όπως την Αδριατική Θάλασσα και την Κεντρική Μεσόγειο. Γενικότερα, οι διαφορετικές θαλάσσιες περιοχές της **Μεσογείου** τοποθετούνται σε ένα επίπεδο διαβάθμισης ποικιλότητας: (α) ζώνη υψηλής ποικιλότητας (Δυτική Μεσόγειος), (β) ζώνη μέτριας ποικιλότητας (Κεντρική Μεσόγειος, Αδριατική, Αιγαίο και Λεβαντίνη) και (γ) ζώνη χαμηλής ποικιλότητας (Θάλασσα του Μαρμαρά και Μαύρη Θάλασσα) (Κουτσούμπας, 2003).





Τα **θαλάσσια οικοσυστήματα** διακρίνονται κυρίως με βάση βαθυμετρικά και γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά καθώς και με βάση τον τύπο του υποστρώματος (βραχώδες, αμμώδες, ιλυώδες). Έτσι αναφέρονται τα οικοσυστήματα των αβαθών κόλπων, οι αμμοσύρτες, οι εκβολές ποταμών και οι ύφαλοι.

Οι αβαθείς κόλποι είναι προστατευμένοι από τη δράση των κυμάτων, περιλαμβάνουν μεγάλη ποικιλία υποστρωμάτων και ιζημάτων και παρουσιάζουν μεγάλη βιοποικιλότητα και καλή ζώνωση των βενθικών κοινωτών.

Οι αμμοσύρτες είναι ρηχές αμμώδεις περιοχές με βάθος που δεν ξεπερνά τα 20 μέτρα. Ο βυθός είναι γυμνός ή καλύπτεται από τα θαλάσσια φανερόγαμα *Zostera* και *Cymodocea*. Εκτός από τις βενθικές βιοκοινωνίες φιλοξενούν και πολλά διαχειμάζοντα πουλιά.

Οι εκβολές ποταμών είναι περιοχές με υφάλμυρα νερά, αβαθείς, γεγονός που επιτρέπει τη διείσδυση του φωτός μέχρι τον πυθμένα, ενώ το υπόστρωμά τους είναι ως επί το πλείστον ιλυώδες από τις αποθέσεις των ποταμών. Είναι εύτροφα γενικά οικοσυστήματα των οποίων η βλάστηση περιλαμβάνει βενθικά φύκη, λιβάδια φανερόγαμων κ.ά. χώρους ανάπτυξης πυκνών βιοκοινωνιών ασπονδύλων και αναζήτησης τροφής πουλιών.

Οι ύφαλοι αποτελούν βραχώδη υποστρώματα, βυθισμένα ή προεξέχοντα από την επιφάνεια της θάλασσας με χαρακτηριστική ζώνωση των βενθικών φυτικών και ζωικών βιοκοινωνιών. Πολλοί από τους οργανισμούς καλύπτουν με τη μορφή κρούστας τους βράχους. Στους ανώτερους οριζόντες χαρακτηριστικά είναι τα φωτόφιλα φύκη, όπως είδη του φύκου *Cystoseira*, ενώ σε σκιερές σχισμές βράχων και μεγαλύτερα βάθη επικρατούν κοραλλιογενή ροδοφύκη. Η πανίδα αποτελείται από εδραία ασπόνδυλα όπως μύδια, σπόγγους, βρυόζωα, θυσανόποδα, καρκινοειδή.



Τα λιβάδια ποσειδωνίας προσφέρουν καταφύγιο σε πολλούς οργανισμούς όπως σε πίννες (*Pinna nobilis*), συνεισφέρουν στην πρωτογενή παραγωγή, σταθεροποιούν με τις ρίζες τους το υπόστρωμα και συμβάλλουν σημαντικά στην οξυγόνωση του νερού  
© H. Schaffer


Ιδιαίτερης σημασίας είναι τα **λιβάδια ποσειδωνίας** που απαντούν κυρίως σε μαλακό αλλά και σε σκληρό υπόστρωμα. Τα λιβάδια ποσειδωνίας σχηματίζονται από το ενδημικό για τη Μεσόγειο αγγειόσπερμο *Posidonia oceanica*, σε βάθη από 1 έως 40 μέτρα. Σχηματίζουν εκτεταμένα λιβάδια ή συστάδες στον αμμώδη βυθό κοντά στις ακτές μέχρι το βάθος των 40 μέτρων. Έχουν μακριά λεπτά φύλλα με μήκος 50 περίπου εκατοστά, βγάζουν άνθη και καρπούς και οι ρίζες τους στερεώνονται στην άμμο. Ως φυτά φωτοσυνθέτουν με την κλωροφύλλη που διαθέτουν και με την ενέργεια του ηλιακού φωτός, δημιουργώντας οργανική ύλη από ανόργανα συστατικά που βρίσκον-


ται στο νερό. Το οξυγόνο που ελευθερώνεται από τη φωτοσύνθεση, συμβάλει σημαντικά στην οξυγόνωση του νερού. Είναι χαρακτηριστικό ότι ένα τετραγωνικό μέτρο ποσειδωνίας παράγει μέσα σε 24 ώρες, 20 λίτρα οξυγόνου.

Τα λιβάδια ποσειδωνίας έχουν μεγάλη οικολογική σημασία διότι συνεισφέρουν σημαντικά στην πρωτογενή παραγωγή, σταθεροποιούν τις ρίζες του υποστρώματος, και έτσι δημιουργούν «φράχτες», επιφάνειες που προφυλάσσουν τις παραλίες από τη διάβρωση από τα κύματα και τα παράκτια ρευμάτα. Προσφέρουν καταφύγιο σε άλλους οργανισμούς και αποτελούν τόπο αναπαραγωγής και ανάπτυξης των

νεαρών μορφών πολλών ειδών πανίδας συμβάλλοντας έτσι σημαντικά στην διατήρηση της βιοποικιλότητας. Απαντώνται σε πολλές παράκτιες περιοχές της Ελλάδας και ιδιαίτερα γύρω από τα νησιά (Βόρειες Σποράδες, Ζάκυνθος, Κίμωλος, Φούρνοι, Κάρπαθος, Ρόδος κ.ά.). Η ποσειδωνία αντέχει σημαντικά στις μεταβολές της θερμοκρασίας και της κίνησης του νερού, είναι όμως ευαίσθητη στις μεταβολές της αλατότητας και στη ρύπανση, ενώ απειλείται και από άλλες επεμβάσεις του ανθρώπου, όπως τα συρόμενα αλιευτικά εργαλεία (μπχανότρατες) που ξεριζώνουν μεγάλες εκτάσεις, τις άγκυρες των πλοίων κ.ά.



 Πρόσφατα δεδομένα δείχνουν επιδείνωση της ρύπανσης στη **Μεσόγειο** καθώς στις ακτές της βρίσκονται 584 μεγάλες πόλεις, 55 διωλιστήρια, 180 θερμοηλεκτρικοί σταθμοί, 238 εγκαταστάσεις αφαλάτωσης και επιπλέον εκβάλλουν αρκετοί ποταμοί που μεταφέρουν τη χημική ρύπανση της κεντρικής Ευρώπης. Πρόσθετα, η κλειστή αυτή λεκάνη δέχεται το 17% της παγκόσμιας θαλάσσιας ρύπανσης πετρελαίου και επιβαρύνεται με το 30% της παγκόσμιας εμπορικής ναυσιπλοΐας. (UNEP/MAP)

 Το θαλάσσιο περιβάλλον της **Ευρώπης** αντιμετωπίζει διογκούμενες και σοβαρές απειλές με τη θαλάσσια βιοποικιλότητα να φθίνει και να αλλοιώνεται συνεχώς και τα θαλάσσια ενδιαιτήματα να καταστρέφονται και να υποβαθμίζονται. Ως κυριότερες απειλές αναφέρονται οι επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών, η ρύπανση, η υπεραλίευση, η εισαγωγή ξενικών ειδών και ο ευτροφισμός. Όμως η υποβάθμιση του θαλάσσιου περιβάλλοντος, έχει και πολλαπλές οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις σε μία σειρά άλλων δραστηριοτήτων όπως ο τουρισμός και η αλιεία προκαλώντας απώλεια θέσεων εργασίας και εισοδήματος.

Οι **λιμνοθάλασσες** σχηματίζονται είτε στις εκβολές ποταμών είτε σε κορραλλιογενείς υφάλους. Απαραίτητη προϋπόθεση για το σχηματισμό τους είναι η απουσία υψηλού κυματισμού και ισχυρής παλίρροιας. Για τους λόγους αυτούς λιμνοθάλασσες σχηματίζονται συχνότερα σε κλειστές θάλασσες (Μεσόγειος, Βαλτική κ.λπ.) παρά στον ανοικτό ωκεανό. Παγκοσμίως, οι λιμνοθάλασσες καλύπτουν περίπου το 10% των ακτογραμμών και αποτελούν θέσεις μεγάλης οικολογικής και οικονομικής αξίας.

Ο σταδιακός αποκλεισμός των νερών της λιμνοθάλασσας, από τα σημεία επικοινωνίας με την θάλασσα μέχρι τα πλέον απομακρυσμένα σημεία προς την ενδοχώρα, δημιουργεί μια μεγάλη ποικιλία ενδιαιτημάτων που φιλοξενούν μεγάλο αριθμό φυτικών και ζωικών ειδών. Οι λιμνοθάλασσες χαρακτηρίζονται από πλούσιο βένθος και πλαγκτόν, παρουσία υδροχαρών φυτών στις όχθες τους όπου βρίσκουν καταφύγιο και τροφή πολλά είδη ψαριών, αμφιβίων, ερπετών, εντόμων και μικρών θηλαστικών. Συνήθως εντάσσονται σε ευρύτερα δελταϊκά συστήματα και συνδυάζονται με παροδικές υδατοσυλλογές γλυκού νερού, καλαμιώνες, αλμυρά έλη κ.λπ. συγκροτώντας υγροτόπους με ιδιαίτερα πλούσια πανίδα και χλωρίδα.

Τα ψάρια των λιμνοθαλασσών διακρίνονται σε μη μεταναστευτικά, που περνούν όλη τους τη ζωή μέσα στη λιμνοθάλασσα και σε μεταναστευτικά, που επισκέπτονται τη λιμνοθάλασσα, συνήθως μόνο για να γεννήσουν τ' αυγά τους. Στη Μεσόγειο η «φάση της λιμνοθάλασσας» φαίνεται πως είναι ο γενικός κανόνας για τα νεαρά άτομα όλων των θαλασσιών ειδών ψαριών.

Μέχρι τα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα οι λιμνοθάλασσες, ιδιαίτερα οι Μεσογειακές, αποτελούσαν χώρους μειωμένου οικονομικού ενδιαφέροντος, λόγω της ελονοσίας που μάστιζε τις γύρω περιοχές και επειδή η μόνη εφικτή αναπτυξιακή δραστηριότητα ήταν η εκτατική υδατοκαλλιέργεια. Για το λόγο αυτό πολλές λιμνοθάλασσες αποξηράνθηκαν και αποδόθηκαν στη γεωργία. Η ανάπτυξη όμως νέων τεχνικών υδατοκαλλιέργειας οδήγησε σε εντατικές και ημιεντατικές μορφές εκμετάλλευσης του ενάλιου πλούτου των λιμνοθαλασσών, που παρουσιάζουν, πλέον, μεγάλο οικονομικό ενδιαφέρον και είναι, ως ένα βαθμό, συμβατές με τη διατήρηση της οικολογικής αξίας των λιμνοθαλασσών.

Η «μπούκα» της λιμνοθάλασσας Κοτύχι με τις ιχθυοσυλληπτικές εγκαταστάσεις του δίβαριού. (Ευγενική παραχώρηση του ΦΔ Υγροτόπων Κοτυχίου- Στροφυλιάς)  
© Ε. Τζοβάνη







Οι λιμνοθάλασσες δεν κινδυνεύουν μόνο από την αποξήρανση. Η διευθέτηση της ροής των ποταμών, με την κατασκευή φραγμάτων, οδηγεί στη μείωση των φερτών υλικών στην εκβολή. Έτσι, η δυναμική ισορροπία μεταξύ προσφοράς από τον ποταμό και διευθέτησης από τη θάλασσα καταρρέει, οι αμμολωρίδες διαβρώνονται και η λιμνοθάλασσα τείνει να μετατραπεί σταδιακά σε κόλπο, χάνοντας τα ιδιαίτερα φυσικά και βιολογικά χαρακτηριστικά της. Το φαινόμενο αυτό είναι πολύ συχνό στις Μεσογειακές λιμνοθάλασσες και αντιμετωπίζεται συνήθως με έργα προστασίας των αμμολωρίδων από τη διάβρωση. Η διατήρηση όμως των λιμνοθαλασσών ως σημείων ιδιαίτερου οικονομικού και οικολογικού ενδιαφέροντος, δεν πρέπει να εξασφαλίζεται με εκ των υστέρων διορθωτικές παρεμβάσεις, αλλά με ορθολογικό σχεδιασμό της αξιοποίησης των ευρύτερων λεκανών απορροής όπου εντάσσονται.

Πελάδα, σε νησίδα της λιμνοθάλασσας Μεσολογίου. (Ευγενική παραχώρηση από τον ΦΔ Λιμνοθάλασσας Μεσολογίου)



\* Λεκάνη απορροής ή αποστράγγισης λέγεται η λεκάνη συλλογής και απομάκρυνσης του νερού, η οποία συνήθως είναι μια επιφάνεια εδάφους που περιβάλλεται από υψώματα.

### ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ: Λίμνες και ρέοντα ύδατα

Σε κάθε λίμνη, η έκταση, ο όγκος της, το μέσο και μέγιστο βάθος της, το μήκος της ακτής της, αλλά και η γεωλογική σύσταση της ευρύτερης **λεκάνης απορροής\*** στην οποία εντάσσεται, το κλίμα και η χρήση της επηρεάζουν το είδος και την ποσότητα των χημικών στοιχείων στο νερό και στο ίζημά της και αποτελούν σημαντικές παραμέτρους του λιμναίου οικοσυστήματος, ενώ ο έμβιος κόσμος του λιμναίου περιβάλλοντος διαφοροποιείται και ως προς την απόσταση από την ακτή της λίμνης.

Στις λίμνες, όπως και στις θάλασσες, οι υδάτινες μάζες διακρίνονται γενικά σε **ολιγοτροφικές**, εκείνες δηλαδή που εμφανίζουν χαμηλές ποσότητες βιομάζας και μικρές συγκεντρώσεις θρεπτικών αλάτων και **ευτροφικές** που έχουν περίσσεια θρεπτικών και εμφανίζουν μεγάλη παραγωγή βιομάζας.

Στις λίμνες ο **φυσικός ευτροφισμός**, σε αντιδιαστολή με τον ανθρωπογενή, είναι μία φυσική διεργασία. Από τη στιγμή της δημιουργίας τους, οι λίμνες παρουσιάζουν μια σειρά διαδοχικών σταδίων, με τελευταίο στάδιο το «θάνατο», δηλαδή την εξαφάνισή τους. Από τη στιγμή που σχηματισθεί μία λίμνη, το βάθος της αρχίζει να ελαττώνεται βαθμιαία από τα φερτά υλικά (προσχώσεις). Εγκαθίστανται βιοκοινωνίες φυτών και ζώων και αυξάνεται σταδιακά η παραγωγικότητα της υδάτινης μάζας. Συνεπώς, η γεωλογική ιστορία κάθε λίμνης αρχίζει από χαμηλή παραγωγικότητα (ολιγοτροφισμός), συνεχίζει με μέτρια παραγωγικότητα (μεσοτροφισμός) και καταλήγει σε υψηλή παραγωγικότητα (ευτροφισμός). Η συνολική διάρκεια των διεργασιών αυτών κυμαίνεται από μερικές εκατοντάδες χρόνια μέχρι χιλιετίες.

Ο ευτροφισμός επιταχύνει το φαινόμενο της πρόσκωψης της λίμνης και τείνει αρχικά να την μετατρέψει σε έλος και τελικά να την εξαφανίσει. Ωστόσο, η ολοκληρωτική πρόσκωψη της λίμνης δεν είναι μια μοιραία κατάληξη, αλλά αποτελεί την πλέον πιθανή πορεία εξέλιξης. Η πορεία της φυσικής αυτής γήρανσης εξαρτάται από μορφομετρικές, εδαφικές και κλιματικές συνθήκες.

Ο **ανθρωπογενής ή τεχνητός ευτροφισμός** αποτελεί σημαντικό πρόβλημα για τις περισσότερες πεδινές λίμνες της εύκρατης ζώνης, που υποβαθμίζονται ραγδαία τις τελευταίες δεκαετίες. Η γεωργία αναπτύσσεται συχνά χωρίς σχεδιασμό και πρόβλεψη για τις επιπτώσεις της εντατικοποίησης της στους υδάτινους αποδέκτες. Έτσι δημιουργείται διπλό πρόβλημα, με τις αυξημένες απαιτήσεις για νερό άρδευσης και τις αυξημένες απορροές λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Το πρόβλημα επιδεινώνει η προστιθέμενη αστική και η βιομηχανική ρύπανση. Ωστόσο, ο ανθρωπογενής ευτροφισμός δεν είναι μία ανεπίστρεπτη υποβάθμιση του οικοσυστήματος. Η διαχείριση του οικοσυστήματος μπορεί να δώσει λύσεις στα προβλήματα ή ακόμη και να αντλήσει οφέλη, αρκεί να συνδυαστούν αρμονικά οι γνώσεις του αβιοτικού περιβάλλοντος, των οργανισμών και οι μεταξύ τους σχέσεις, με αυτές της τεχνολογίας.

Ως **ρέοντα ύδατα** χαρακτηρίζονται τα επιφανειακά ρεύματα νερού μόνιμης και εποχικής ροής όπως οι ποταμοί και οι χείμαρροι. Το σύνολο των επιφανειακών ρευμάτων νερού που συνδέονται μεταξύ τους με καθορισμένο τρόπο και δημιουργούν συγκεκριμένους τύπους απορροής σχηματίζει το **υδρογραφικό δίκτυο**. Είναι φανερό ότι το νερό που κινείται υπόγεια έχει τη δική του λεκάνη απορροής, η οποία δεν συμπίπτει υποχρεωτικά με τη λεκάνη της επιφανειακής απορροής.

Από τις πηγές ενός ποταμού έως τις εκβολές του υπάρχει διαρκής μεταβολή των φυσικών του παραμέτρων όπως το πλάτος, το βάθος, η ταχύτητα ροής, η παροχή και η θερμοκρασία. Συνεπώς, η βιολογική οργάνωση ενός ποταμού θα είναι προσαρμοσμένη σ' αυτές τις βαθμιαίες μεταβολές σχηματίζοντας μια «συνέχεια». Σε κάθε περιοχή κατά μήκος ενός ποταμού οι βιοκοινωνίες βρίσκονται σε δυναμική ισορροπία. Σε περιοχές όπου τα είδη περιορίζονται από την έλλειψη τροφής υπάρχει μια τάση για πιο αποτελεσματική χρήση της διαθέσιμης τροφής και έτσι ελαχιστοποιούνται οι απώλειες. Άλλα επιπρόσθετα είδη μπορούν να καταλάβουν το ενδιάμεσο μόλις υπάρξει επί πλέον διαθέσιμη τροφή. Αν ένα είδος που επικρατεί εξαφανιστεί λόγω μεταβολών των περιβαλλοντικών συνθηκών (π.χ. θερμοκρασία), θα αντικατασταθεί από άλλο. Συνεπώς, κατά τη διάρκεια του έτους παρατηρούνται αλλαγές στην επικράτηση των ειδών.

Κάθε υδάτινο ρεύμα έχει τα δικά του χαρακτηριστικά και είναι δύσκολο να ταξινομηθεί σε γενικές κατηγορίες σύμφωνα με τις βιοκοινωνίες που ζουν σ' αυτό. Ωστόσο, έχουν γίνει προσπάθειες για την ταξινόμηση τμημάτων ρεμάτων και ποταμών καθορίζοντας **ζώνες**, δηλαδή τμήματα με παρόμοιες περιβαλλοντικές συνθήκες, που καθορίζονται από την παρουσία ειδών «δεικτών».

Το κλασικό σύστημα ζώνωσης που χρησιμοποιείται στη Δυτική Ευρώπη αναπτύχθηκε για τον ποταμό Ρήνο στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα. Κάθε ζώνη παίρνει το όνομά της από το χαρακτηριστικό είδος ψαριού που ζει εκεί: α-Ζώνη της πέστροφας (*Salmo trutta*, *S. gairdneri*), β-Ζώνη του τυλιναριού (*Leuciscus cephalus*) ή του κοκκινόγαστρου (*Phoxinus phoxinus*), γ-Ζώνη της μπριάνας ή μουστακάτου (*Barbus barbus*) ή του τσιρωνιού (*Rutilus rutilus*), δ-Ζώνη της λεστιάς (*Abramis brama*).



## ΥΓΡΟΤΟΠΙΚΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Ως υγροτοπικά οικοσυστήματα ή υγρότοποι ή υγροβιότοποι, χαρακτηρίζονται περιοχές όπου το έδαφος είναι κορεσμένο με νερό ή καλύπτεται από αβαθές στρώμα νερού και όπου, τουλάχιστον κατά περιόδους, η βλάστηση χαρακτηρίζεται από υδρόφυτα, δηλαδή φυτά που έχουν προσαρμοστεί να ζουν στο νερό.

Οι υγρότοποι μπορεί να βρίσκονται κοντά στην ακτή (παράκτιοι) ή στο εσωτερικό της χέρσου (εσωτερικοί), να είναι φυσικοί ή τεχνητοί. Οι παράκτιοι υγρότοποι σχετίζονται συνήθως με εκβολές ποταμών και λιμνοθάλασσες. Οι εσωτερικοί υγρότοποι σχετίζονται με ποτάμια, λίμνες ή πηγές. Οι τεχνητοί σχετίζονται με ανθρώπινες παρεμβάσεις στη φύση, όπως φράγματα, εκσκαφές για την εξόρυξη υλικών από τη γη (π.χ. λατομεία και αλατορυχεία), καθώς και ειδικές καλλιέργειες (π.χ. ορυζώνες).


Οι υγρότοποι είναι από τους πλέον πολύτιμους πόρους του πλανήτη μας, παρουσιάζουν μεγάλη βιοποικιλότητα και παραγωγικότητα. Φιλοξενούν αρκετά και σημαντικά είδη πανίδας και χλωρίδας όπως πολλά φυτά και ασπόνδυλα, ενώ χαρακτηριστική είναι η παρουσία μεγάλου αριθμού μεταναστευτικών ψαριών και πουλιών, που βρίσκουν εδώ καταφύγιο, τροφή και ευνοϊκές συνθήκες διαχείμασης. Ο ρόλος τους στην υδροοικονομία, στο κλίμα στη σύνθεση των βιοκοινοτήτων είναι ιδιαίτερα σημαντικός. Ρυθμίζουν τη ροή και τη στάθμη του νερού και αποτελούν περιοχές όπου αναπαράγονται ορισμένα είδη αλιευμάτων. Η μεγάλη τους βιολογική ποικιλότητα είναι απαραίτητη για τη βελτίωση καλλιεργούμενων φυτών, αγροτικών ζώων και μικροοργανισμών, για ένα μέρος της επιστημονικής προόδου, ιδιαίτερα στην ιατρική, για πολλές τεχνολογικές καινοτομίες και σε πολλές εφαρμογές όπου χρησιμοποιούνται ζωντανοί οργανισμοί. Η αξία τους (για τον άνθρωπο) είναι πολλαπλή. Προσφέρουν νερό για ύδρευση και άρδευση, εμπλουτίζουν τους υπόγειους υδρόφορους ορίζοντες, προστατεύουν από πλημμύρες και άλλα καιρικά φαινόμενα (παγετούς, καύσωνες), παράγουν αλιεύματα, συντηρούν θηράματα, δίνουν πλούσια τροφή σε αγροτικά ζώα, ενεργούν ως φίλτρα καθαρισμού ρυπογόνων ουσιών και παρέχουν ευκαιρίες για αναψυχή, άθληση, τουρισμό, εκπαίδευση και έρευνα και είναι συνδεδεμένοι με την ιστορία, τη μυθολογία και την πολιτιστική παράδοση.

Η Ελλάδα θεωρείται χώρα πλούσια σε υγρότοπους διάφορων τύπων από τους οποίους τα δέλτα των ποταμών, οι λιμνοθάλασσες και τα έλη είναι τα πολυτιμότερα από άποψη πλούτου και ποικιλότητας φυτικών και ζωικών ειδών. Η απογραφή των υγροτόπων της χώρας που έγινε το 1993 από το ΕΚΒΥ με τη συνεργασία του Τμήματος Διαχείρισης Φυσικού Περιβάλλοντος του ΥΠΕΧΩΔΕ, αποκάλυψε ότι υπάρχουν 378 υγρότοποι διάσπαρτοι σε όλη τη χώρα, συνολικής έκτασης 2 εκατομμυρίων στρεμμάτων, πολλοί από αυτούς είναι σύνθετοι και σχηματίζουν μωσαϊκά υγροτόπων ή συμπλέγματα.

Πενήντα χρόνια πριν, η Ελλάδα είχε τριπλάσια έκταση υγροτόπων. Τότε, η κυριότερη απειλή για τους υγροτόπους ήταν οι αποξηράνσεις για αύξηση της γεωργικής γης και του διαθέσιμου αρδευτικού νερού και για την αντιμετώπιση της ελονοσίας. Συνολικά, από το 1920 μέχρι τις μέρες μας αποξηράνθηκε το 60% των ελληνικών υγροτόπων. Σήμερα, οι κυριότεροι λόγοι υποβάθμισης των υγροτόπων είναι η **μείωση της έκτασής τους** (εξαιτίας της οικιστικής ανάπτυξης, των καταπατήσεων και των αυθαιρέτων, του μαζικού τουρισμού, της επέκτασης των καλλιεργειών και της κτηνοτροφίας), η **ρύπανση** (από αστικά, γεωργικά και βιομηχανικά απόβλητα), η **κλιματική αλλαγή**, η **μείωση των υγροτοπικών πόρων** (εξαιτίας των αποξηράνσεων, της υπέρμετρης άρδευσης, των αμμοληψιών, των εκχερσώσεων, του κυνηγιού, της υλοτομίας, της αλιείας) και η μεταβολή των υδρολογικών παραγόντων (κατασκευή φραγμάτων, αρδευτικών δικτύων).

*Ο ορισμός των υγροτόπων σύμφωνα με τη Σύμβαση Ramsar είναι «φυσικές ή τεχνητές περιοχές αποτελούμενες από έλη με ξυλώδη βλάστηση, από μη αποκλειστικώς ομβροδίαιτα έλη με τυρφώδες υπόστρωμα, από τυρφώδεις γαίες ή από νερό. Οι περιοχές αυτές κατακλύζονται μονίμως, ή προσωρινώς με νερό, το οποίο είναι στάσιμο ή ρέον, γλυκό, υφάλμυρο ή αλμυρό. Σ' αυτές περιλαμβάνονται και εκείνες που καλύπτονται με θαλασσινό νερό, το βάθος του οποίου κατά την αμψώτιδα δεν υπερβαίνει τα έξι μέτρα. Στους υγρότοπους μπορούν να περιλαμβάνονται και οι παράκτιες ή παράκτιες ζώνες που γειτνεύουν με υγρότοπους ή με νησιά ή με θαλάσσιες υδατοσυλλογές και που είναι βαθύτερες από έξι μέτρα κατά την αμψώτιδα».*



 Στον Ελληνικό χώρο πολλά είδη πουλιών (τουλάχιστον 138) που μάλιστα ορισμένα από αυτά χαρακτηρίζονται ως παγκοσμίως απειλούμενα, εξαρτώνται έμμεσα ή άμεσα από τους υγρότοπους.

Αλλά και πολλά θηλαστικά, αμφίβια και ερπετά που διαβιούν στους υγρότοπους, όπως η βίδρα (*Lutra lutra*), ο βάτραχος (*Rana ridibunda*), το νερόφιδο (*Natrix natrix*) και οι νεροχελώνες (οικογένεια *Emydididae*) κινδυνεύουν με εξαφάνιση στην Ευρώπη.



Υγρότοπος Μουστού: Ο σημαντικότερος υγρότοπος της Ανατολικής Πελοποννήσου. (Ευγενική παραχώρηση του ΦΔ Όρους Πάρωνα και Υγρότου Μουστού)  
© Θανάσης Τζώκας





Ο Φάρος του Πολεμικού Ναυτικού και το νησί της Αφροδίτης στο Ακρωτήριο Κάβουρα στο Δέλτα του Αξιού (Ευγενική παραχώρηση του ΦΔ Δέλτα Αξιού - Λουδία - Αλιάκμονα)  
© Γιώργος Χατζησπύρου

