

ΤΑ ΥΔΑΤΙΝΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ

Μια Εκπαιδευτική Προσέγγιση

ΥΛΙΚΟ ΓΙΑ ΤΑ ΣΕΜΙΝΑΡΙΑ
ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ
(Βιβλίο Θεωρίας και Οδηγίες)



Το υλικό παρήχθη με τη χρηματοδότηση της Ευρωπαϊκής
Ένωσης στο πλαίσιο του προγράμματος
CONFRESH 226682-CP-1-2005-1-GR-COMENIUS-C21
www.nhmc.uoc.gr/confresh

ΤΑ ΥΔΑΤΙΝΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ

Μια Εκπαιδευτική
Προσέγγιση

ΥΛΙΚΟ ΓΙΑ ΤΑ ΣΕΜΙΝΑΡΙΑ
ΤΩΝ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ
(Βιβλίο Θεωρίας και Οδηγίες)

Επιμέλεια έκδοσης:

Δρ. Βορεάδου Κατερίνα

Τμήμα Εκπαίδευσης και Εργαστήριο Υδροβιολογίας, Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ελλάς

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Τα υδάτινα οικοσυστήματα αποτελούσαν ανέκαθεν βασικής σημασίας περιβάλλοντα για τη στήριξη της ζωής. Η υποβάθμιση όμως της ποιότητάς τους από την ανθρώπινη χρήση, οι συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες και η σημερινή κλιματική αλλαγή, έχουν θέσει σε κίνδυνο αυτά τα οικοσυστήματα. Η διάχυση της γνώσης σχετικά με τη λειτουργία, τη σημασία και την αξία τους, είναι εξαιρετικά κρίσιμη στις σημερινές συνθήκες καθώς θα βοηθήσει όλους μας και ειδικά τους νέους, να αντιληφθούμε, πόσο άμεσα είναι συνδεδεμένη η διατήρηση και η καλή ποιότητα του νερού, με την ποιότητα της ζωής μας και θα συμβάλλει στην προστασία των ευαίσθητων και απειλούμενων αυτών οικοσυστημάτων.

Στη Διακήρυξη της 3ης Διεθνούς Συνάντησης του Κιότο για το Νερό (2003), θεσπίστηκε το πλαίσιο για τη σωστή διαχείριση των Υδατικών Πόρων. Είναι γεγονός ότι, αν θέλουμε να διασφαλίσουμε την κάλυψη των ανθρωπίνων αναγκών σε νερό, παράλληλα με την προστασία των υδάτινων οικοσυστημάτων και τη διατήρηση της βιοποικιλότητάς τους, θα πρέπει να πάρουμε γενναίες αποφάσεις τις οποίες θα πρέπει να εφαρμόσουμε.

Σε πολλά Ευρωπαϊκά σχολεία τα θέματα που αφορούν το γλυκό νερό, προσεγγίζονται αποσπασματικά στο πλαίσιο του αναλυτικού προγράμματος. Δεν υπάρχει ένα ολοκληρωμένο διδακτικό υλικό, το οποίο να:

- αναφέρεται στη σημερινή κατάσταση των γλυκών νερών στο σύνολό τους, ούτως ώστε ο μαθητής να λαμβάνει τη γενική εικόνα του Ευρωπαϊκού χώρου
- αναδεικνύει παράλληλα και τις ιδιαιτερότητες των επί μέρους περιοχών της Ευρώπης (ξηρασία των Μεσογειακών χωρών, ενδημισμός νησιωτικών περιοχών κ.ά.)
- βοηθήσει το μαθητή να αντιληφθεί ότι, τα φυσικά οικοσυστήματα του Ευρωπαϊκού χώρου, δεν έχουν σύνορα και ότι οι αλόγιστες ανθρώπινες επεμβάσεις στο εσωτερικό μιας χώρας, μπορεί να επηρεάσουν το φυσικό περιβάλλον και των γειτονικών της χωρών
- παρουσιάζει τις καινοτόμες πρακτικές που έχει υιοθετήσει η Ευρωπαϊκή Ένωση, μέσω της Κοινοτικής Οδηγίας 60/2000 (EU Water Framework Directive-WFD), για την προστασία και αναβάθμιση των οικοσυστημάτων του γλυκού νερού στο σύνολό τους, σεβόμενη παράλληλα τις ιδιαιτερότητες του φυσικού περιβάλλοντος των κρατών μελών της.

Η δημιουργία και η παραγωγή του εκπαιδευτικού υλικού «ΤΑ ΥΔΑΤΙΝΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΗΣ: Μια Εκπαιδευτική Προσέγγιση» πραγματοποιήθηκε με τη χρηματοδότηση της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο πλαίσιο του προγράμματος CONFRESH (226682-CP-1-2005-1-GR-COMENIUS-C21).

Μια ομάδα καθηγητών, επιστημόνων και άλλων ειδικών, δούλεψαν μαζί προκειμένου να καταγραφεί η σύγχρονη γνώση πάνω στα Ευρωπαϊκά οικοσυστήματα των γλυκών νερών, σε μια μορφή κατάλληλη για τα σχολεία της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Το υλικό αυτό που πλαισιώνει τα υδάτινα οικοσυστήματα, ελπίζουμε ότι θα αποτελέσει ένα εργαλείο στα χέρια των εκπαιδευτικών προκειμένου να προωθήσουν τη γνώση και την προστασία των οικοσυστημάτων του γλυκού νερού. Οι βασικότεροι στόχοι μας ήταν η παροχή μιας ολοκληρωμένης διδακτικής πρότασης που να:

- παρουσιάζει μια εμπεριστατωμένη οπτική των Ευρωπαϊκών οικοσυστημάτων του γλυκού νερού
- αναδεικνύει τις ιδιαιτερότητες των περιοχών της Ευρώπης
- αναφέρεται στις καινοτόμες πρακτικές που έχει υιοθετήσει η Ευρωπαϊκή Ένωση, μέσω της Κοινοτικής Οδηγίας 60/2000 (EU Water Framework Directive-WFD), για την προστασία των υδάτινων οικοσυστημάτων
- περικλείει διαθεματικές δραστηριότητες στη φύση που να απευθύνονται στα παιδιά και να είναι υλοποιήσιμες από τα παιδιά
- περικλείει δραστηριότητες στη φύση που παράλληλα θα βοηθούν την ανάπτυξη του συνεργατικού πνεύματος των παιδιών και της επιστημονικής τους σκέψης
- παρουσιάζει ενδεικτικές περιπτώσεις ανθρώπινης διαχείρισης για την αναβάθμιση υποβαθμισμένων υδάτινων οικοσυστημάτων.

Δρ. Βορέαδου Κατερίνα
Συντονίστρια προγράμματος CONFRESH

ΚΑΤΕΥΘΥΝΤΗΡΙΕΣ ΟΔΗΓΙΕΣ ΠΡΟΣ ΤΟΥΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ

Το εκπαιδευτικό υλικό των Μαθητών και των Καθηγητών αποτελείται από ένα διδακτικό εγχειρίδιο, επτά συνολικά κεφαλαίων. Τα έξι πρώτα κεφάλαια παρέχουν βασικές επιστημονικές πληροφορίες αναφορικά με τα οικοσυστήματα των γλυκών νερών. Το τελευταίο κεφάλαιο εισάγει την πολιτισμική διάσταση, σε μια προσπάθεια σύνδεσης της εικαστικής έκφρασης με τον παράγοντα νερό, παρέχοντας ιδέες για θεατρικά δρώμενα.

Τα περισσότερα κεφάλαια που αφορούν το εκπαιδευτικό υλικό των Μαθητών συνοδεύονται από αντίστοιχες δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα μέσα στην τάξη και οι οποίες βασίζονται στο καθαυτό βιβλίο.

Τα κεφάλαια τρία (3), τέσσερα (4), πέντε (5) και έξι (6), περιλαμβάνουν δραστηριότητες οι οποίες πραγματοποιούνται στο πεδίο. Προκειμένου η εργασία στο πεδίο να είναι αποδοτική, θα πρέπει απαραίτητα να έχει προηγηθεί μέσα στη σχολική αίθουσα η κατάλληλη προετοιμασία των μαθητών από τον υπεύθυνο καθηγητή. Οι Κάρτες Αναγνώρισης των Υδρόβιων Ασπόνδυλων αποτελούν επίσης ένα απαραίτητο εργαλείο τόσο για το πεδίο όσο και για τις δραστηριότητες που λαμβάνουν χώρα εντός του εργαστηρίου, καθώς παρέχουν στους μαθητές ενδιαφέρουσες πληροφορίες αναφορικά με την μορφολογία και την οικολογία των υδρόβιων ασπόνδυλων.

Μέσα από την “περίπτωση μελέτης” οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να διερευνήσουν τους υφιστάμενους παράγοντες που οδήγησαν στην οικολογική υποβάθμιση ενός υδάτινου οικοσυστήματος. Επιπλέον τους δίνεται η δυνατότητα να διαπιστώσουν από πρώτο χέρι πώς το υπό μελέτη υδάτινο σύστημα μπορεί να επανέλθει στην αρχική του κατάσταση και να τύχει αειφορικής διαχείρισης.

Το εκπαιδευτικό υλικό που προορίζεται για τους καθηγητές παρέχει στους εκπαιδευτικούς το κατάλληλο γνωσιακό υπόβαθρο επάνω στο οποίο μπορούν να βασίσουν την μελέτη ενός οποιουδήποτε υδάτινου οικοσυστήματος, από τους μαθητές τους. Το παραπάνω υλικό θα χρησιμοποιηθεί στα επιμορφωτικά σεμινάρια τα οποία θα υλοποιηθούν από τους συνεργάτες του προγράμματος CONFRESH (για περισσότερες λεπτομέρειες επισκεφθείτε τον επίσημο ιστότοπο του προγράμματος www.nhmc.uoc.gr/confresh).

Το υλικό διακρίνεται για τον διεπιστημονικό του χαρακτήρα. Μπορεί με ευκολία να ενσωματωθεί στο αναλυτικό πρόγραμμα του σχολείου καθώς σχετίζεται στενά με την επιστήμη της Βιολογίας, της Γεωγραφίας, της Γεωλογίας καθώς και την επιστήμη του Περιβάλλοντος. Η εφαρμογή του παραπάνω υλικού μπορεί να υλοποιηθεί με πολλούς τρόπους, κατά τη διάρκεια ενός ή διαδοχικών σχολικών ετών. Τέλος μπορεί να αποτελέσει εξαιρετικό βοήθημα προς τον καθηγητή στην προσπάθεια ανάληψης και άλλων περιβαλλοντικών δράσεων.

Δρ. Βορέαδου Κατερίνα

Συντονίστρια προγράμματος CONFRESH

Συντελεστές (με αλφαβητική σειρά):

Βορεάδου Κατερίνα

Βιολόγος Ph.d., Υπεύθυνη Εκπαίδευσης και Εργαστηρίου Υδροβιολογίας, Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ελλάς

Bis Barbara

Καθ. Βιολογίας, Τμ. Λιμνολογίας και Οικολογίας Ασπονδύλων, Ινστιτούτο Οικολογίας και Περιβαλλοντικής Προστασίας, Πανεπιστήμιο Łódź, Πολωνία

Γκουλέτσα Σοφία

Βιολόγος M.Sc., Εργαστήριο Υδροβιολογίας, Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ελλάς

Δημητρόπουλος Ανδρέας

Βιολόγος M.Sc., Σύνδεσμος Προστασίας Άγριας Ζωής, Κύπρος

Gonçalves Cecilia

Βιολόγος, Εκπαιδευτικός Δ/θμιας Εκπ/σης, Περιφερειακή Δ/ση Εκπ/σης Alentejo, Υπουργείο Παιδείας, Πορτογαλία

Κομωδρόμος Νίκος

Βιολόγος M.Sc., Εκπαιδευτικός Δ/θμιας Εκπ/σης, Γυμνάσιο Πέρα Χωρίου και Νήσου, Κύπρος

Madeira Ana Cristina

Φιλολόγος, Διευθύντρια, Κέντρο Επιμόρφωσης Εκπαιδευτικών Dr. Rui Grácio, Περιφερειακή Διεύθυνση Εκπαίδευσης του Algarve, Πορτογαλία

Mainwaring Jane

Παλαιοντολόγος Ph.d., Τμήμα Ειδικών Προγραμμάτων και Νέων Προσεγγίσεων Μουσείο Φυσικής Ιστορίας, Λονδίνο, Ηνωμένο Βασίλειο

Morais Manuela

Καθ. Βιολογίας, Κέντρο Περιβαλλοντικής Οικολογίας, Πανεπιστήμιο Évora, Πορτογαλία

Μουστεράκη Σοφία

Γεωλόγος, Εκπαιδευτικός Δ/θμιας Εκπ/σης, 5ο Γυμνάσιο Ηρακλείου «Αντρέας Δελμούζος», Κρήτη, Ελλάς

Pinto Paulo

Καθ. Βιολογίας, Κέντρο Περιβαλλοντικής Οικολογίας, Πανεπιστήμιο Évora, Πορτογαλία

Tapadinhas Helena

Βιολόγος, M.Sc. στη Δημιουργικότητα, Κέντρο Επιμόρφωσης Εκπαιδευτικών Dr. Rui Grácio, Περιφερειακή Διεύθυνση Εκπαίδευσης του Algarve, Πορτογαλία

Χατζηχριστοφόρου Μυρούλα

Βιολόγος M.Sc., τμ. Αλιείας και Θαλασσίων Ερευνών, Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Κύπρος

Design/Layout:

Selena Publications

Selena1@her.forthnet.gr

Μετάφραση στα Ελληνικά:

Αντωνάκη Ιωάννα, Βορεάδου Κατερίνα, Κελεφιώτης Δημήτρης,

Κωμοδρόμος Νίκος, Στάθη Ιάσμη

Διορθώσεις κειμένων:

Βαρδινογιάννη Κατερίνα, Βορεάδου Κατερίνα

Έκδοση 2008

ΤΟ ΝΕΡΟ

Barbara Bis

Καθ. Βιολογίας, Τμ. Λιμνολογίας και Οικολογίας Ασπονδύλων, Ινστιτούτο Οικολογίας και Περιβαλλοντικής Προστασίας, Πανεπιστήμιο Łódź, Πολωνία

1. Νερό - το βασικό στοιχείο της ζωής

Το νερό είναι το σημαντικότερο στοιχείο της ζωής. Το συναντούμε στις τρεις διαφορετικές μορφές του (υγρό, στερεό και αέριο) στην ατμόσφαιρα, στο γλυκό και στο θαλασσινό νερό. Οι περισσότερες λειτουργίες στη φύση στηρίζονται στο νερό. Το νερό δημιουργεί και διατηρεί τη ζωή και είναι βασικής σημασίας για όλους τους ζωντανούς οργανισμούς.

1.1 Η δομή των μορίων του νερού

Το νερό είναι ένα μικροσκοπικό συμμετρικό μόριο που έχει τη μορφή του V και το χημικό τύπο H_2O . Είναι η απλούστερη ένωση και αποτελείται από τα δύο πιο κοινά στοιχεία της Γης: δύο άτομα υδρογόνου (H) που συνδέονται με ένα σχετικά βαρύ άτομο οξυγόνου (O) (Σχήμα 1).

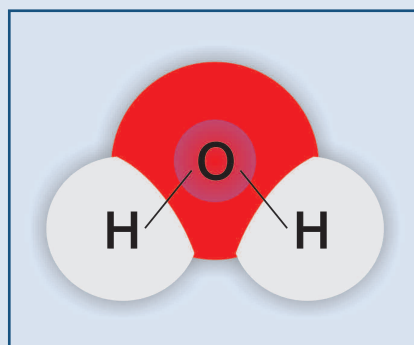
Ένας ομοιοπολικός χημικός δεσμός αποτελείται από ένα ζευγάρι ηλεκτρονίων κοινών μεταξύ δύο ατόμων (Σχήμα

1). Στο μόριο του νερού, το ηλεκτρόνιο του κάθε ατόμου του υδρογόνου, συνδέεται με ένα από τα έξι ηλεκτρόνια της εξωτερικής στοιβάδας του οξυγόνου. Έτσι μένουν τέσσερα ηλεκτρόνια στο άτομο του οξυγόνου που είναι οργανωμένα σε δύο μη συνδεδεμένα ζευγάρια (Charlin 2001, Finney 2001).

Τα άτομα του υδρογόνου ενός μορίου νερού είναι θετικά φορτισμένα και προσελκύουν τα άτομα του οξυγόνου ενός διαφορετικού μορίου νερού που είναι αρνητικά φορτισμένα. Τα μόρια H_2O προσελκύονται μεταξύ τους μέσω ενός ειδικού δεσμού (δίπολου-δίπολου), γνωστού ως δεσμού υδρογόνου.

Το μόριο του H_2O είναι ηλεκτρικά ουδέτερο αλλά τα θετικά και αρνητικά φορτία δεν κατανέμονται ομοιόμορφα, όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 1. Επιπλέον, η πόλωση του μορίου του H_2O μπορεί να είναι ηλεκτρική (προκαλούμενη από την ανακατανομή των ηλεκτρονίων του), γεωμετρική (προκαλούμενη από τις αλλαγές στα μήκη και τις γωνίες των δεσμών) ή/και προσανατολισμένη (προκαλούμενη από την περιστροφή ολόκληρου του μορίου) (Σχήμα 1). Παρά το μικρό μέγεθός του, το μόριο του νερού είναι εντυπωσιακά σύνθετο.

Αυτή η δομή του μορίου του νερού (δίπολο) επηρεάζει όλες τις ουσίες διαλύονται σε αυτό. Το νερό καλείται "παγκόσμιος διαλύτης" επειδή διαλύει τις περισσότερες ουσίες από οποιοδήποτε άλλο υγρό. Αυτό σημαίνει ότι το νερό καθώς κινείται μέσα στο έδαφος, στην ατμόσφαιρα ή στο σώμα μας, μεταφέ-



Σχήμα 1. Η δομή του μορίου του νερού και η κατά προσέγγιση μορφή και κατανομή του ηλεκτρικού φορτίου στο μόριο του νερού. Το μεγαλύτερο άτομο οξυγόνου συνδέεται με δύο μικρότερα άτομα υδρογόνου. Η μέση κατανομή της πυκνότητας των ηλεκτρονίων γύρω από το άτομο του οξυγόνου είναι 10 φορές μεγαλύτερη από αυτήν που υπάρχει γύρω από τα άτομα του υδρογόνου (Charlin 2000).

ρει άλατα, θρεπτικά κι άλλες πολύτιμες χημικές ουσίες. Οι ουσίες που αναμιγνύονται καλά και διαλύονται στο νερό (π.χ. τα άλατα) είναι γνωστές ως "υδρόφιλες" ουσίες (ύδωρ-φίλος), έχουν δηλαδή μια ισχυρή συγγένεια με το νερό. Οι ουσίες που δεν αναμιγνύονται καλά με το νερό (π.χ. λίπη και έλαια) είναι γνωστές ως "υδρόφοβα" συστατικά (ύδωρ-φόβος).

1.2 Φυσικές και χημικές ιδιότητες του νερού

Το νερό είναι μοναδικό επειδή υπάρχει ως υγρό, ως στερεό (πάγος) και ως αέριο (υδρατμός, ατμός) στις θερμοκρασίες που απαντώνται στη Γη (Σχήμα 2, 3).

Ανάμεσα στα 15 εκατομμύρια των περισσότερων γνωστών χημικών ουσιών, το νερό ξεχωρίζει καθώς η στερεή ή μορφή του, ο πάγος, είναι ελαφρότερη (λιγότερο πυκνή) από την υγρή. Έτσι εξηγείται το γεγονός ότι ο πάγος επιπλέει στο νερό. Η μεγαλύτερη πυκνότητα του νερού επιτυγχάνεται στους 4 βαθμούς Κελσίου (4°C) (Σχήμα 4). Στις ψηλότερες και χαμηλότερες θερμοκρασίες είναι λιγότερο πυκνό. Η πυκνότητα του νερού στην υγρή φάση, είναι περίπου 1 γραμμάριο ανά κυβικό εκατοστόμετρο (gr/cm^3) και του πάγου περίπου $0,917 \text{ gr}/\text{cm}^3$.

Το διάγραμμα στο σχήμα 4 δείχνει τη μεταβολή του όγκου και της πυκνότητας του νερού σε σχέση με τη θερμοκρασία. Καθώς το νερό παγώνει, η μεγάλη αύξηση (περίπου 9%) του όγκου του, εξηγεί το γεγονός ότι ο πάγος επιπλέει στο νερό και το ότι οι σωλήνες του νερού σκάνε όταν παγώσουν. Πάνω από τους 4°C , οι δονήσεις των δεσμών μεταξύ O-H γίνονται πιο ισχυρές, ωθώντας μακριά τα μόρια του νερού. Το σημείο ψύξης του νερού είναι στους 0°C και το σημείο βρασμού του στους 100°C .

Στη θερμοκρασία των 100°C , σπάνε οι δεσμοί υδρογόνου ανάμεσα στα μό-



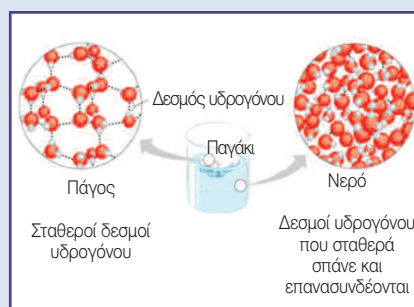
Σχήμα 2. Το νερό όπως εμφανίζεται στις τρεις μορφές του στο φυσικό περιβάλλον. φωτο P. Pinto

ρια του νερού οπότε αυτό εξατμίζεται, μεταφέροντας μαζί του και μια μικρή ποσότητα θερμότητας. Η μεταφορά της θερμότητας σε συνδυασμό με την υψηλή θερμοχωρητικότητα του νερού, αποδεικνύονται ιδιαίτερα σημαντικές ιδιότητες. Καθώς το μεγαλύτερο μέρος του νερού στη Γη βρίσκεται στους ωκεανούς, οι μεγάλες ποσότητες θερμότητας που μεταφέρονται έξω από αυτούς, προστατεύουν τη γήινη επιφάνεια από τις μεγάλες αλλαγές της θερμοκρασίας, ελέγχοντας έτσι και ρυθμίζοντας το παγκόσμιο κλίμα. Οι ωκεανοί απορροφούν τεράστια ποσά ηλιακής ενέργειας και παράλληλα τα ωκεάνια ρεύματα μεταφέρουν αυτήν τη θερμότητα από τον ισημερινό στους πόλους. Το νερό έχει πολύ υψηλή επιφανειακή τάση. Μέσα στο νερό οι δυνάμεις συνοχής κρατούν τα γειτονικά μόρια του νερού ενωμένα. Στην επιφάνεια όμως του νερού, τα μόριά του συγκρατούνται και

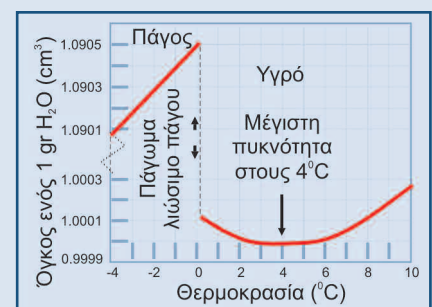
με τα γειτονικά τους μόρια που είναι στα πλάγια και με αυτά κάτω από την επιφάνεια του νερού. Έτσι οι δυνάμεις συνοχής που αναπτύσσονται μεταξύ των επιφανειακών μορίων είναι ισχυρότερες (Σχήμα 5Α). Αυτή η αύξηση των δυνάμεων συνοχής μεταξύ των μορίων στην επιφάνεια, καλείται επιφανειακή τάση και έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας μεμβράνης. Πάνω σ' αυτήν τη μεμβράνη ζουν αρκετοί υδρόβιοι οργανισμοί, οι οποίοι λόγω του μικρού τους βάρους, περπατούν χωρίς να βυθίζονται (Σχήμα 6).

Το σχήμα των σταγόνων του νερού, οφείλεται επίσης στην επιφανειακή τάση. Παρότι παραμορφώνονται εύκολα, οι σταγόνες του νερού τείνουν προς το σφαιρικό σχήμα εξ' αιτίας των δυνάμεων συνοχής της επιφάνειας του νερού αλλά και λόγω της βαρύτητας.

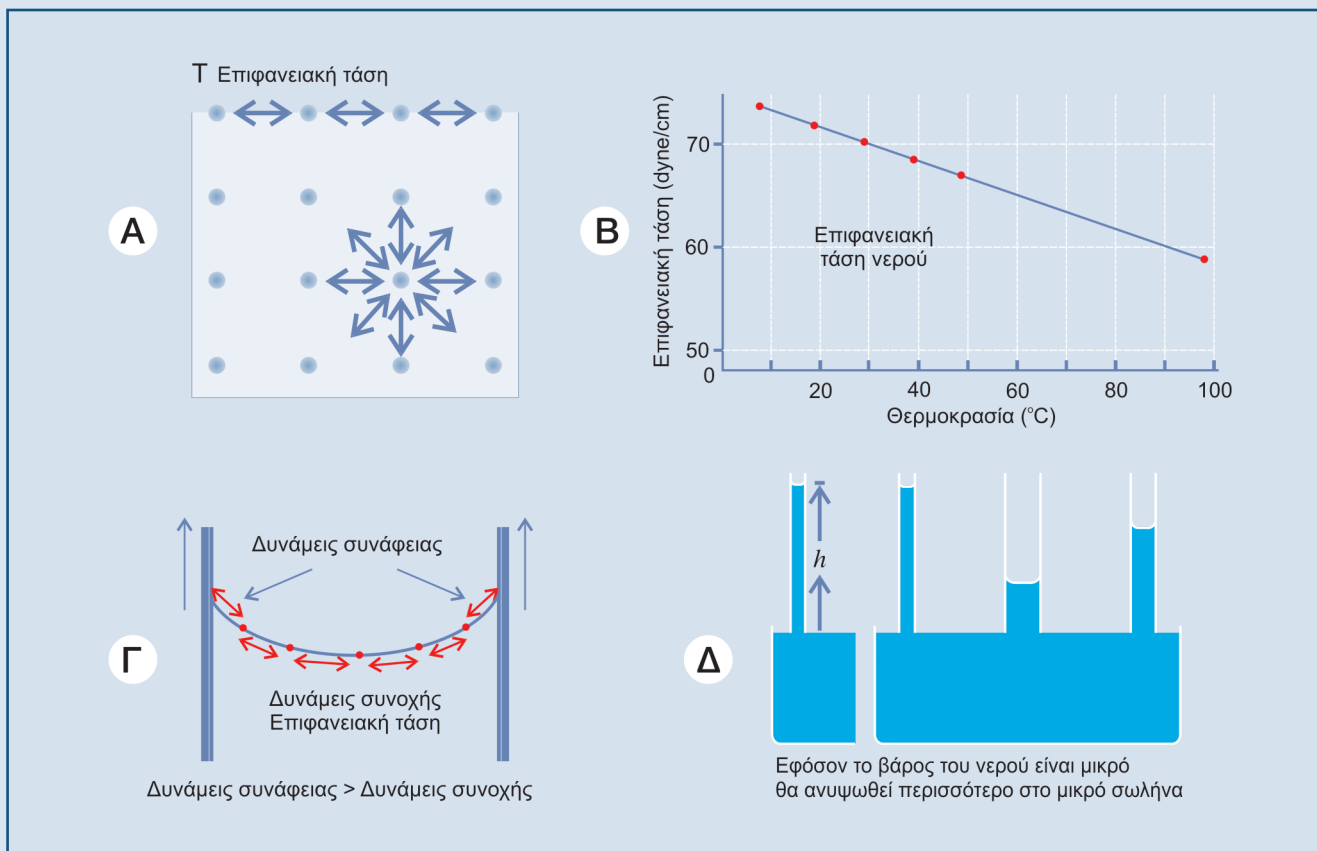
Η επιφανειακή τάση του νερού μειώνεται σημαντικά όσο αυξάνεται η θερ-



Σχήμα 3. Η στερεή και υγρή μορφή του νερού.



Σχήμα 4. Η σχέση μεταξύ όγκου, πυκνότητας και θερμοκρασίας του νερού.

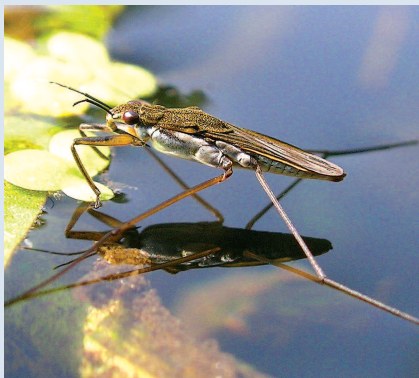


Σχήμα 5. (Α) Απεικόνιση των δυνάμεων της επιφανειακής τάσης: οι ισχυρές δυνάμεις συνοχής μεταξύ των μορίων στην επιφάνεια του νερού (Β) Η αντιστρόφως ανάλογη σχέση μεταξύ της επιφανειακής τάσης και της θερμοκρασίας του νερού (Γ) Η απεικόνιση επεξηγεί τις δυνάμεις που έχουν σχέση με την τριχοειδή δράση. Ένα υγρό ανεβαίνει πάνω σε έναν τριχοειδή σωλήνα χωρίς εξωτερική πίεση. Η τριχοειδής δράση εμφανίζεται όταν οι δυνάμεις συνάφειας ανάμεσα στο υγρό και το τοίχωμα του σωλήνα είναι ισχυρότερες από τις δυνάμεις συνοχής ανάμεσα στα μόρια του υγρού (Δ) Το ύψος h στο οποίο η τριχοειδής δράση θα ανυψώσει το νερό εξαρτάται από το βάρος του νερού που η επιφανειακή τάση θα ανυψώσει.

μοκρασία (Σχήμα 5B). Για το λόγο αυτό το ζεστό νερό είναι ένα αποτελεσματικό μέσο καθαρισμού του σώματός μας κα-

θώς με τη χαμηλότερη επιφανειακή του τάση εισχωρεί ευκολότερα στους πόρους και στις σχισμές του δέρματός μας.

Ένα άλλο φαινόμενο για το οποίο επίσης ευθύνεται η επιφανειακή τάση είναι η τριχοειδής δράση. Η τριχοειδής δράση είναι το αποτέλεσμα των δυνάμεων συνάφειας και της επιφανειακής τάσης. Η συνάφεια του νερού στα τοιχώματα ενός δοχείου προκαλεί μια ανοδική κίνηση στις άκρες του υγρού και οδηγεί στο σχηματισμό ενός κυρτώματος που γυρίζει προς τα πάνω. Ταυτόχρονα, η επιφανειακή τάση (δυνάμεις συνοχής), ενεργεί για να κρατήσει την επιφάνεια άθικτη κι έτσι δεν κινούνται προς τα πάνω μόνο οι άκρες του υγρού αλλά ολόκληρη η υγρή επιφάνειά του (Σχήμα 5 Γ, Δ).

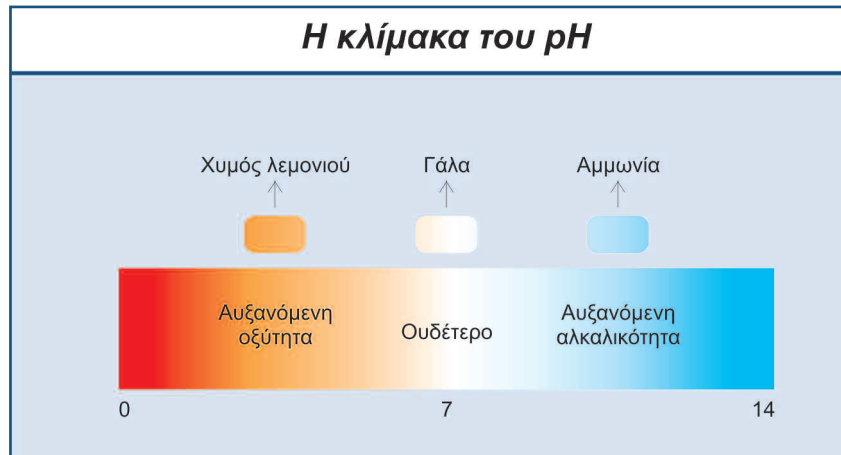
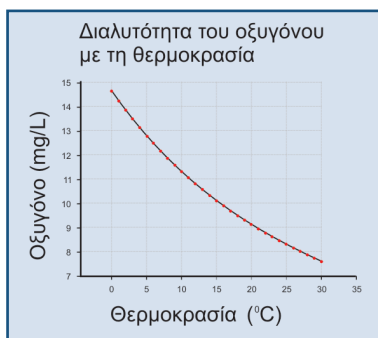


Σχήμα 6. Το έντομο αυτό βαδίζει πάνω στην επιφάνεια των λιμνών και των ποταμών. Όπως τα παγοπέδιλα, έτσι και οι άκρες των ποδιών του δε μπορούν να σπάσουν την επιφανειακή τάση του νερού. Φώτο R. Jaskula

ΠΛΑΙΣΙΟ Ι. ΤΑ ΦΥΣΙΚΑ ΚΑΙ ΧΗΜΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Οι μετρήσεις των χαρακτηριστικών του νερού πρέπει να επαναλαμβάνονται κατά τακτά χρονικά διαστήματα (κάθε 24 ώρες, κάθε εβδομάδα, κάθε εποχή κ.λ.π.) και να λαμβάνονται υπόψη τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά του υδάτινου οικοσυστήματος από όπου λαμβάνονται τα δείγματα του νερού (π.χ. το 5,5 pH χαρακτηρίζει γενικά όξινο νερό αλλά η οξύτητα αυτή μπορεί να είναι η φυσιολογική εάν το δείγμα του νερού προέρχεται από ένα μικρό ρυάκι στην κορυφή ενός βουνού).

Με το **pH** μετράμε πόσο όξινο ή αλκαλικό είναι το νερό. Αυτό συνδέεται με τη σχετική ποσότητα των ελεύθερων ιόντων υδρογόνου και υδροξυλίου στο νερό. Η κλίμακα μεταβάλλεται από το 0-14. Νερό με pH 7 είναι ουδέτερο. Τιμή λιγότερη από 7 δείχνει οξύτητα (το νερό έχει πολλά ελεύθερα ιόντα υδρογόνου) ενώ pH μεγαλύτερο από 7 δείχνει αλκαλικότητα (το νερό έχει πολλά ελεύθερα ιόντα υδροξυλίου). Το pH μπορεί να επηρεαστεί από τις χημικές ουσίες, για το λόγο αυτό αποτελεί επίσης ένα σημαντικό δείκτη της ποιότητας του νερού. Η ρύπανση μπορεί να μεταβάλει το pH του νερού, το οποίο μπορεί στη συνέχεια να γίνει επιβλαβές για τα ζώα και τα φυτά που ζουν σε αυτό. Η μέτρηση του pH μπορεί να γίνει είτε με τη χρήση ειδικού οργάνου είτε με το χαρτί του ηλιοτροπίου.



Η θερμοκρασία του νερού επηρεάζει τη δυνατότητα να δεσμεύει το οξυγόνο.

Το νερό χρησιμοποιείται ως ψυκτικό στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος επειδή μπορεί να απορροφήσει πολλή θερμότητα πριν αρχίσει να ζεσταίνεται. Οι σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος απελευθερώνουν στο περιβάλλον θερμό νερό το οποίο μπορεί να έχει επιπτώσεις στους οργανισμούς.

Η αγωγιμότητα είναι ένα μέτρο της δυνατότητας του νερού να άγει, να μεταφέρει δηλαδή το ηλεκτρικό ρεύμα. Εξαρτάται ιδιαίτερα από το ποσό των διαλυμένων ουσιών στο νερό. Το καθαρό νερό έχει χαμηλή αγωγιμότητα ενώ το θαλασσινό νερό υψηλή. Το νερό της βροχής επειδή διαλύει αέρια και σκόνη που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα, συχνά έχει υψηλότερη αγωγιμότητα από το αποσταγμένο. Η αγωγιμότητα είναι μια σημαντική μέτρηση καθώς αποτελεί μια ένδειξη της ποσότητας των διαλυμένων ουσιών στο νερό που μελετούμε.

Η θολερότητα δείχνει το ποσό των διαλυμένων σωματιδίων που αιωρούνται στο νερό. Τα διαλυμένα αυτά σωματίδια, που κάνουν το νερό θολό, μπορεί να είναι λάσπη άλλες λεπτό-

κοκκες οργανικές και ανόργανες ουσίες και μικροσκοπικοί οργανισμοί όπως παθογόνα μικρόβια ή πλαγκτόν. Τα διαλυμένα σωματίδια που αιωρούνται, εμποδίζουν τη διάχυση του φωτός στο νερό. Για το λόγο αυτό η θολερότητα υπολογίζεται σε συνάρτηση με τη διάχυση του φωτός.

Διαλυμένο οξυγόνο. Οι οργανισμοί που ζουν στο νερό δε χρησιμοποιούν για την αναπνοή τους το οξυγόνο που έχει το κάθε μόριο του νερού. Χρησιμοποιούν το οξυγόνο της ατμόσφαιρας, ένα μικρό ποσοστό του οποίου διαλύεται στο νερό (μέχρι περίπου δέκα μόρια οξυγόνου ανά εκατομμύριο μορίων νερού). Αυτό το διαλυμένο οξυγόνο απαιτείται για την αναπνοή των υδρόβιων οργανισμών όπως του ζωοπλαγκτού, των ασπόνδυλων οργανισμών και των ψαριών. Το τρεχούμενο νερό σε ένα ρυάκι ή σε ένα μεγάλο ποτάμι, περιέχει πολύ διαλυμένο οξυγόνο ενώ το στάσιμο νερό περιέχει χαμηλότερες συγκεντρώσεις. Η ρύπανση στις λίμνες και τα ποτάμια μπορεί να προκαλέσει μείωση του επιπέδου του διαλυμένου οξυγόνου καθώς αυτό είναι απαραίτητο για την αποσύνθεση των ρύπων.



φωτο G. Kosmala

1.3 Νερό και ανθρώπινη υγεία

Το νερό είναι ουσιαστικό για τη ζωή. Είναι η σημαντικότερη ένωση για όλους τους ζωντανούς οργανισμούς. Χωρίς νερό δε μπορούμε να ζήσουμε περισσότερο από 100 ώρες ενώ χωρίς άλλες θρεπτικές ουσίες μπορούμε να επιβιώσουμε για βδομάδες ή μήνες.

Η περιεκτικότητα των οργανισμών σε νερό ποικίλλει και διαφοροποιείται μεταξύ των ατόμων. Τα παιδιά έχουν 60% και οι ενήλικες 50-59%. Η δυνατότητα του νερού να διαλύει πολλές ουσίες επιτρέπει στα κύτταρά μας να χρησιμοποιούν τις πολύτιμες θρεπτικές ουσίες σε όλες τις βιολογικές διαδικασίες. Οι υδατάνθρακες και οι πρωτεΐνες που το σώμα μας χρησιμοποιεί, ενσωματώνονται στις μεταβολικές διαδικασίες και

μεταφέρονται με το νερό στην κυκλοφορία του αίματος. Το ίδιο όμως σημαντική είναι η δυνατότητα του νερού να μεταφέρει περιττές ουσίες έξω από τον οργανισμό μας.

Το ισοζύγιο του νερού στο ανθρώπινο σώμα έχει αρκετά μελετηθεί (Stirling & Parsons 2000). Οι τιμές πρόσληψης και αποβολής νερού από ένα άτομο, ποικίλουν και εξαρτώνται από τη διατροφή, τη δραστηριότητα και το κλίμα. Οι μέσες τιμές για έναν ενήλικα (gr/cm^3) σε εύκρατο κλίμα δίνονται στον πίνακα 1.

1.4 Η συμβολή του νερού στη διατήρηση της ζωής

Το νερό είναι σημαντικό για όλους τους ζωντανούς οργανισμούς κι έχει μοναδικές ιδιότητες που στηρίζουν τη ζωή. Κανένα άλλο υγρό δε μπορεί να το αντικαταστήσει. Αυτές οι ιδιότητες, όπως έχει αναφερθεί, συνδέονται με τις φυσικές ιδιότητες και τη χημική δομή του μορίου του νερού.

Η συνύπαρξη της στερεής, υγρής και αέριας φάσης του νερού στη Γη, είναι ζωτικής σημασίας στην ύπαρξη της ζωής. Εάν η θέση της Γης στο ηλιακό σύστημα ήταν λίγο διαφορετική, δε θα υπήρχαν οι κατάλληλες συνθήκες για την ταυτόχρονη παρουσία και των τριών μορφών του νερού. Επιπλέον, οι υδρατμοί σε συνδυασμό με το διοξείδιο του άνθρακα της ατμόσφαιρας, βοηθούν στη διατήρηση μιας σχετικά σταθερής θερμοκρασίας στην επιφάνεια της Γης.

Ισοζύγιο νερού

Πρόσληψη νερού (ml/μέρα)		Αποβολή νερού (ml/μέρα)	
Ποτά	1500	Ούρα, κόπρανα	1600
Νερό	700	Από το δέρμα, ιδρώτα	500
Νερό από το μεταβολισμό	300	Αναπνοή	400

Πίνακας 1. Τιμές πρόσληψης και αποβολής νερού για έναν ενήλικα σε εύκρατο κλίμα (πηγή Stirling & Parsons, 2000).

ΠΛΑΙΣΙΟ II. ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ

Η λειτουργία του οργανισμού μας θα σταματούσε χωρίς νερό. Το 60% περίπου του σώματός μας είναι νερό το οποίο το χρησιμοποιούμε σε σημαντικές λειτουργίες. Για παράδειγμα το αίμα, που περιέχει αρκετό νερό, μεταφέρει το οξυγόνο σε όλα τα κύτταρα του σώματός μας. Το νερό είναι συστατικό και της λέμφου, ενός υγρού που είναι μέρος του ανοσοποιητικού μας συστήματος.

Το νερό είναι απαραίτητο στην πέψη και στην απομάκρυνση των άχρηστων συστατικών από το σώμα μας και είναι επίσης το κύριο συστατικό του ιδρώτα. Το σώμα μας δεν παίρνει το νερό μόνο από το πόσιμο νερό ή το γάλα. Πολλά τρόφιμα περιέχουν νερό, όπως τα φρούτα και τα λαχανικά. Όταν το σώμα μας δεν έχει αρκετό νερό, τότε αφυδατώνεται.

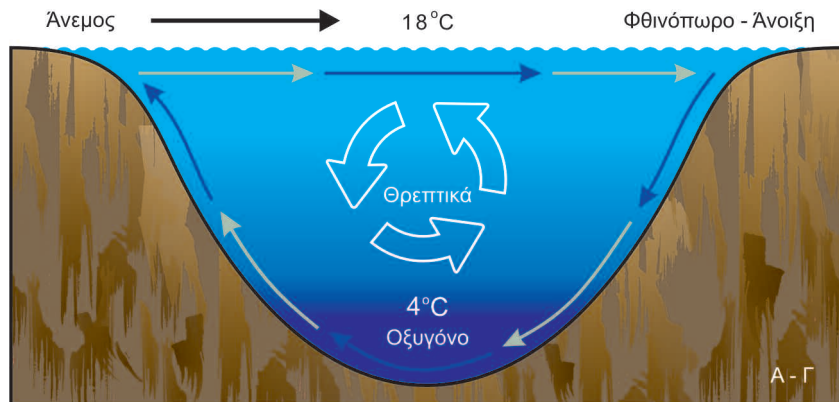
ΠΛΑΙΣΙΟ ΙΙΙ. ΤΟ ΝΕΡΟ ΤΩΝ ΛΙΜΝΩΝ ΣΤΙΣ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΕΣ ΕΠΟΧΕΣ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

Όταν η θερμοκρασία αυξάνει, η πυκνότητα του νερού μειώνεται ενώ όταν η θερμοκρασία μειώνεται το νερό γίνεται πιο πυκνό. Το νερό εμφανίζει μια ιδιομορφία η οποία έχει τεράστια σημασία για τα υδάτινα οικοσυστήματα και κυρίως για τις λίμνες: αποκτά τη μέγιστη πυκνότητά του στους 4°C.

Κάτω από τους 4°C, ο αριθμός των μορίων του νερού που ενώνονται με δεσμούς υδρογόνου αυξάνεται, με αποτέλεσμα να σχηματίζονται χαλαρά συσσωματώματα πάγου. Τα μόρια στον πάγο διαμορφώνουν ένα πολύ δομημένο, ανοικτό πλαίσιο έτσι ώστε ο πάγος να είναι λιγότερο πυκνός από το νερό και συνεπώς να επιπλέει. Έχοντας υπόψη τα παραπάνω, μπορούμε να εξετάσουμε την εποχιακή ή θερμική στρωματοποίηση μέσα στις λίμνες.

Κατά τη διάρκεια της άνοιξης (Α), όταν ο πάγος σε μια λίμνη λιώνει, το νερό έχει την ίδια θερμοκρασία από την επιφάνεια μέχρι το κατώτατο σημείο της λίμνης. Ο αέρας που φυσά κατά μήκος της επιφάνειας προκαλεί την κυκλοφορία και την ανάμιξη του νερού. Το νερό της επιφάνειας ωθείται στο βυθό της λίμνης και το νερό του βυθού αναδύεται στην επιφάνεια. Αυτή η κυκλοφορία επιτρέπει στα σχετικά μεγάλα ποσά οξυγόνου να φθάσουν στο κατώτατο σημείο της λίμνης. Η ανάμιξη των νερών της λίμνης αυτήν την εποχή του έτους ονομάζεται ανοιξιάτικη αναστροφή.

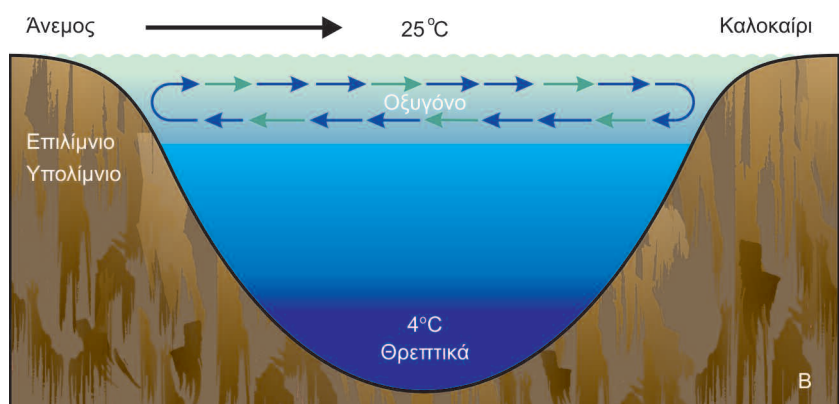
Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (Β), το επιφανειακό στρώμα νερού της επιφάνειας της λίμνης, απορροφά θερμότητα και διαμορφώνεται ένα θερμό στρώμα, το επιλίμνιο. Το



επιλίμνιο επιπλέει πάνω στο ψυχρότερο, βαθύτερο και πυκνότερο νερό που ονομάζεται υπολίμνιο. Το καλοκαίρι αυτά τα στρώματα παραμένουν σαφώς διαχωρισμένα. Μόνο το νερό στο επιλίμνιο ωφελείται από την κυκλοφορία που δημιουργεί ο αέρας αφήνοντας το χαμηλότερο στρώμα (υπολίμνιο) σχεδόν στάσιμο. Χωρίς την ανάμιξη των νερών, που παρέχει διαλυμένο οξυγόνο, το κατώτατο σημείο της λίμνης, που στερείται αρκετό φως για τη λειτουργία της φωτοσύνθεσης, θα είχε πολύ περιορισμένο ανεφοδιασμό με οξυγόνο κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Η αναπνοή από τα ζώα και τους μικροοργανισμούς, μπορεί να μειώσει ακόμα περισσότερο το διαλυμένο οξυγόνο στο κατώτατο σημείο της λίμνης. Μια τέ-

τοιας μορφής στρωματοποιημένη λίμνη λέμε ότι βρίσκεται σε θερινή στασιμότητα.

Το φθινόπωρο το νερό της λίμνης (Γ) έχει γενικά ομοιόμορφες θερμοκρασίες (περίπου 4°C) και ο αέρας μπορεί να το αναμίξει πλήρως. Το νερό της επιφάνειας, που είναι σε άμεση επαφή με τον κρύο αέρα, κρυνώνει γρηγορότερα από ότι το υποκείμενο νερό. Αυτό το κρύο, πυκνό νερό βυθίζεται, με αποτέλεσμα να αναμιγνύονται και πάλι τα νερά της λίμνης. Ακόμα μια φορά το οξυγόνο και οι θρεπτικές ουσίες ξαναγεμίζουν όλη την υδάτινη στήλη. Αυτή η διαδικασία καλείται φθινοπωρινή αναστροφή.

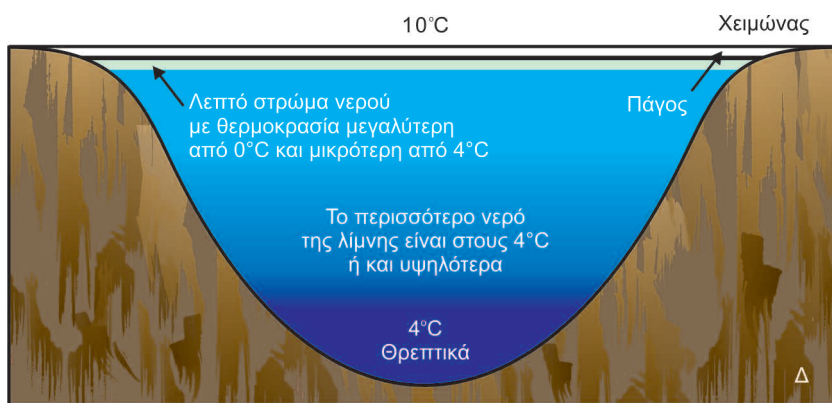


Κατά τη διάρκεια του χειμώνα (Δ) το νερό της επιφάνειας αποκτά θερμοκρασία μικρότερη από 4°C και το νερό δε βυθίζεται πλέον. Τα μόρια νερού αρχίζουν να ευθυγραμμίζονται (δημιουργούν περισσότερους δεσμούς υδρογόνου) για να σταθεροποιηθούν. Καθώς η θερμοκρασία του νερού στην επιφάνεια φθάνει τους 0°C , ο πάγος αρχίζει να καλύπτει την επιφάνεια της λίμνης. Η κάλυψη με πάγο αποτρέπει την ανάμιξη

ωστόσο όμως ένα στρώμα νερού χαμηλής πυκνότητας και πιο κρύο από 4°C αλλά θερμότερο από 0°C , δημιουργείται ακριβώς κάτω από τον πάγο. Κάτω από αυτό το στρώμα, το υπόλοιπο νερό της λίμνης είναι συνήθως κοντά στους 4°C . Αυτήν την εποχή η λίμνη λέμε ότι βρίσκεται στη χειμερινή στασιμότητα. Το νερό είναι επιπλέον ένας ανεκτίμητος φυσικός πόρος για τις ανθρώπινες κοινωνίες στον καθαρισμό και αφαίρεση

στη αποβλήτων, την παραγωγή ενέργειας, την παραγωγή τροφίμων, την ψύξη και τη θέρμανση, τη μεταφορά και την αναψυχή.

Η ορθολογική χρήση του νερού θα πρέπει να είναι αειφόρα ώστε να διασφαλιστεί η μελλοντική του διαθεσιμότητα και χρήση. Επομένως, πρέπει να μελετήσουμε το ρόλο του νερού στη ζωή μας και να μάθουμε περισσότερα για τη λειτουργία των οικοσυστημάτων του γλυκού νερού. Μόνο με την καλύτερη γνώση και κατανόηση μπορούμε να στοχεύσουμε σε οικολογικά σωστούς στόχους για την προστασία του νερού και την αειφόρο διαχείρισή του.



Σχήμα 7. Η Γη όπως φαίνεται από το διάστημα. Ένα μοναδικό γνώρισμα του πλανήτη μας είναι το νερό που καλύπτει περίπου το 71% της γήινης επιφάνειας σε υγρή μορφή και σε μορφή πάγου.

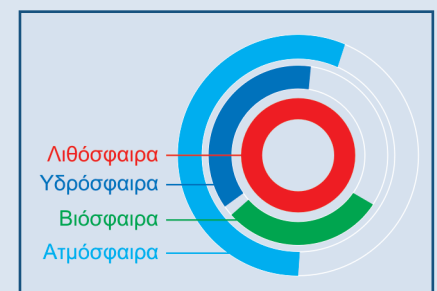
2. Γήινη υδρόσφαιρα

2.1 Μοναδικά χαρακτηριστικά γνωρίσματα της Γης

Η υδρόσφαιρα περιλαμβάνει όλο το νερό που υπάρχει στη Γη. Η αφθονία νερού στη Γη είναι ένα μοναδικό χαρακτηριστικό γνώρισμα που ξεχωρίζει σαφώς το "μπλε πλανήτη μας" από τους άλλους πλανήτες στο ηλιακό σύστημα (71% της Γης καλύπτεται από νερό, Σχήμα 7). Ούτε μια σταγόνα υγρού νερού δεν έχει βρεθεί μέχρι σήμερα οπουδήποτε αλλού στο ηλιακό σύστημα. Το νερό βρίσκεται στη Γη σε υγρή μορφή λόγω της απόστασής της από τον ήλιο (η αρχή "Goldilocks") αλλά και λόγω της μάζας της, της χημικής της σύνθεσης και της ατμόσφαιράς της. Ωστόσο, η μοριακή δομή του νερού και το φάσμα των θερμοκρασιών επιφάνειας και πιέσεων του πλανήτη μας, επιτρέπουν στο νερό να υπάρχει και στις τρεις μορφές (στερεή, υγρή και αέρια).

2.2 Γήινα συστήματα

Η υδρόσφαιρα αλληλεπιδρά και επηρεάζεται από τη βιόσφαιρα, τη λιθόσφαιρα και την ατμόσφαιρα (Σχήμα 8). Η βιόσφαιρα, δηλαδή ο ζωντανός κόσμος, συνδέει τα παραπάνω συστήματα, επιτρέποντας στο νερό να κινηθεί μεταξύ υδρόσφαιρας, λιθόσφαιρας και ατμόσφαιρας κυρίως μέσω της λειτουργίας της διαπνοής, όπου το νερό μετακινείται από τη ρίζα στα φύλλα των φυτών.



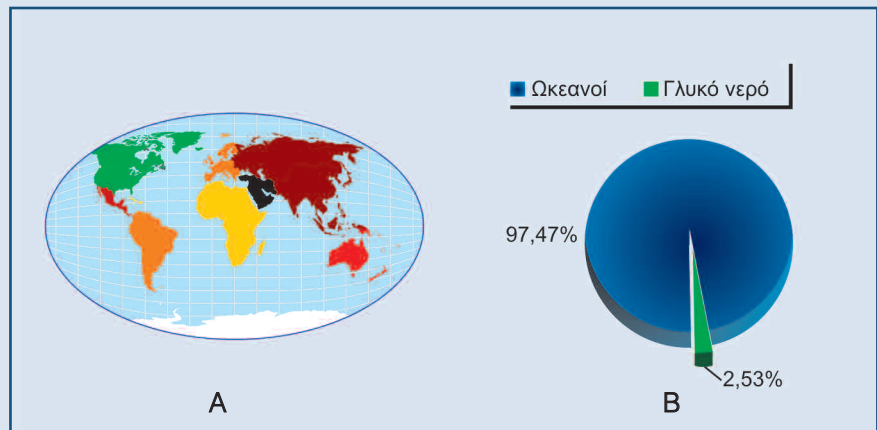
Σχήμα 8. Γήινες σφαίρες/συστήματα.

2.3 Η παγκόσμια κατανομή του νερού

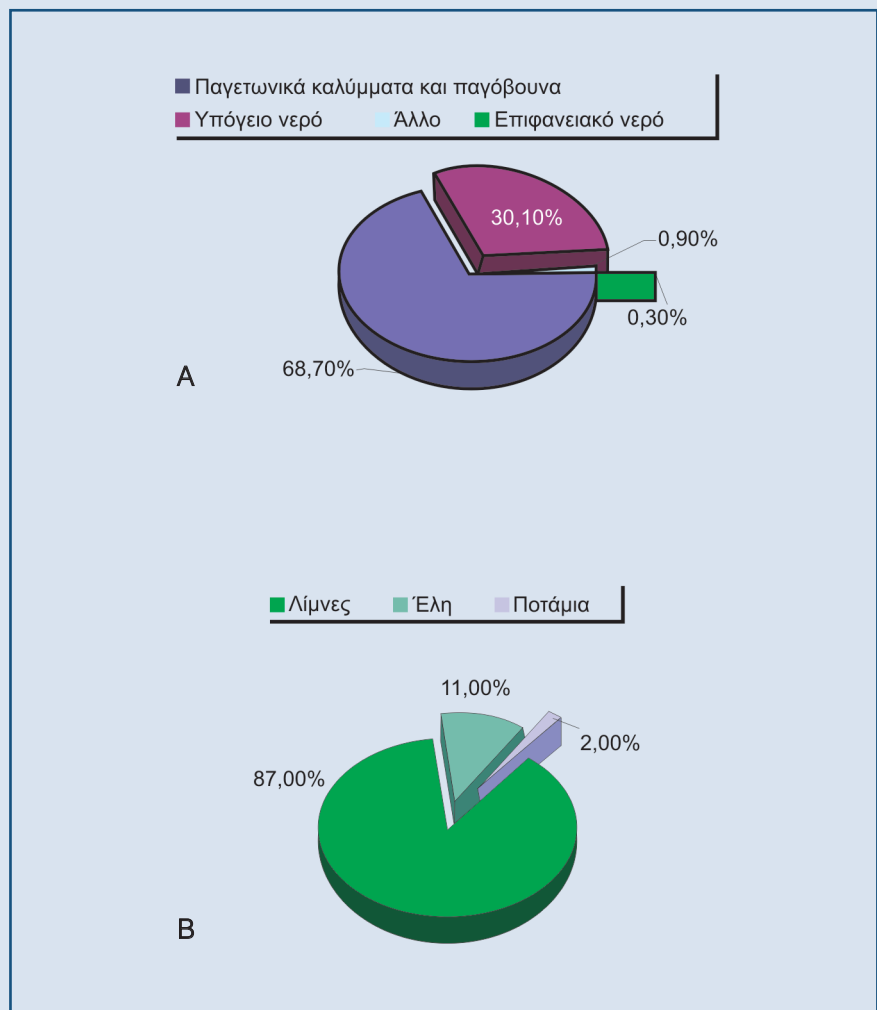
Περίπου το 97, 5% του γήινου νερού διανέμεται στους ωκεανούς και μόνο το 2,5% βρίσκεται στην ξηρά με τη μορφή υδάτινων συστημάτων (Σχήμα 9). Κατά συνέπεια, το γλυκό νερό είναι ένας πολύτιμος φυσικός πόρος που χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή, όσον αφορά την αξιοποίησή του.

Το σχήμα 10 παρουσιάζει την κατανομή του γλυκού νερού στη Γη: (Α) το μεγαλύτερο μέρος, περίπου 69%, είναι εγκλωβισμένο στους παγετώνες και στα παγόβουνα, κυρίως στη Γροιλανδία και την Ανταρκτική (Β) το υπόλοιπο γλυκό νερό είναι υπόγειο και μόνο ένα περίπου 0,3% υπάρχει στους ποταμούς και τις λίμνες. Κατά συνέπεια, οι ποταμοί και οι λίμνες παρέχουν το μεγαλύτερο μέρος του νερού που χρησιμοποιούμε στην καθημερινή μας ζωή.

Τα τελευταία χρόνια και με το δεδομένο ότι η ζήτηση του νερού έχει αυξηθεί, η διαθεσιμότητά του έχει μειωθεί, γεγονός που οδηγεί στην ευαισθητοποίηση των ανθρώπων και στην εφαρμογή μέτρων εξοικονόμησής του στην καθημερινή μας ζωή.



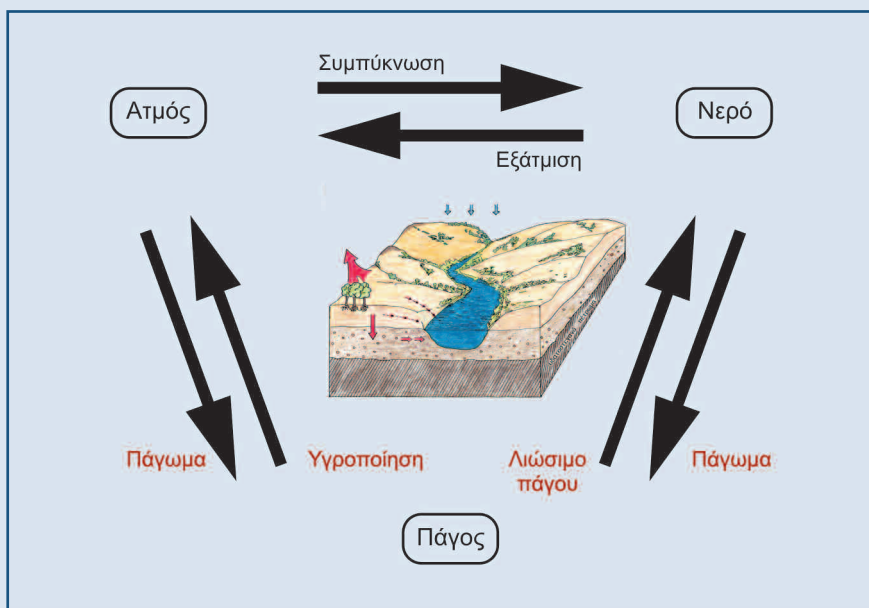
Σχήμα 9 Α. Οι ωκεανοί (Ειρηνικός, Ατλαντικός, Ινδικός, Αρκτικός) και οι ήπειροι (Ευρώπη, Αμερική, Αφρική, Ασία, Αυστραλία, Ανταρκτική). Β. Η κατανομή του νερού στη Γη.



Σχήμα 10. Κατανομή του γλυκού νερού στη Γη.

3. Ο κύκλος του νερού

Ο κύκλος του νερού περιγράφει την ύπαρξη και τη μετακίνηση του νερού μέσα και πάνω στη Γη. Το νερό της Γης είναι πάντα σε κίνηση και αλλάζει φάσεις (υγρό, αέριο και πάγο) (Σχήμα 11).



Σχήμα 11. Η σχηματική περιγραφή του κύκλου του νερού με τις κύριες διαδικασίες που συμβάλλουν στη διαμόρφωση των τριών μορφών του νερού.



Σχήμα 12. Ο κύκλος του νερού. Παρουσιάζονται οι σημαντικότερες πορείες στην κίνησή του. Φώτο Α. Τρικάλη

Το νερό, στις διάφορες μορφές του, παίζει κυρίαρχο ρόλο στο σύστημα του γήινου κλίματος. Για παράδειγμα, το 86% της εξάτμισης λαμβάνει χώρα στους ωκεανούς, που μειώνουν τη θερμοκρασία τους με την εξάτμιση του νερού της επιφάνειάς τους. Χωρίς την ψύξη αυτή, λόγω της εξάτμισης, το φαινόμενο του θερμοκηπίου θα οδηγούσε σε μια πολύ υψηλότερη θερμοκρασία επιφάνειας, που θα έφτανε τους 67°C και κατ' επέκταση σε ένα θερμότερο πλανήτη. Αυτό δε συμβαίνει επειδή το νερό εξατμίζεται από την επιφάνεια συνήθως των τροπικών θαλασσών και δροσίζει την επιφάνεια του πλανήτη (Σχήμα 12). Η κατανόηση του πλήρη κύκλου της εξάτμισης του νερού, του τρόπου σχηματισμού των νεφών και της κατακρημνίσης, είναι η προτεραιότητα για την πρόβλεψη της αλλαγής του κλίματος. Τα κράτη συνεργάζονται και μοιράζονται τις τεχνολογικές προόδους σε μια κοινή προσπάθεια να αποτρέψουν μια παγκόσμια άνοδο της θερμοκρασίας μεγαλύτερη των 2°C μέχρι το 2050.

Ο κύκλος του νερού, ως μια συνεχής κυκλοφορία μέσα στην υδρόσφαιρα της Γης, καθορίζεται από την ηλιακή ακτινοβολία. Καθώς το νερό κινείται, αλλάζει κατάσταση ανάμεσα στην υγρή, τη στερεή και την αέρια φάση. Το νερό αρχίζει τον κύκλο του στους ωκεανούς. Η ενέργεια από τον ήλιο εξατμίζει μέρος αυτού του νερού. Η εξάτμιση αφαιρεί μόνο μόρια νερού αφήνοντας τα άλατα στους ωκεανούς. Καθώς ο υδρατμός ανυψώνεται στην ατμόσφαιρα, ψύχεται και συμπυκνώνεται σε σύννεφα. Τα σύννεφα ωθούνται από τον αέρα και κάτω από κατάλληλες συνθήκες κατακρημνίζονται (βροχή, χιόνι, χιονόνερο). Το νερό αυτό συγκεντρώνεται στην επιφάνεια για να διαμορφώσει τους ποταμούς και τις λίμνες και ένα μέρος του διεισδύει στο έδαφος και σχηματίζει τα υπόγεια νερά. Ωστόσο, ο κύκλος μπορεί να ολοκληρωθεί και με άλλους τρόπους, όπως για

παράδειγμα, το νερό μπορεί να εξατμιστεί, να συμπυκνωθεί, να κατακρήμνιστεί και να καταλήξει σε επιφανειακή απορροή αρκετές φορές πριν φθάσει στον ωκεανό (Σχήματα 11, 12 Πίνακας 2).

Ο κύκλος του νερού περιλαμβάνει τις παρακάτω βασικές φυσικές διαδικασίες:

1. Κατακρήμνιση, όπου το νερό πέφτει στη γη σε οποιαδήποτε από τις μορφές του (βροχή, ομίχλη, χιόνι).
2. Διήθηση και επιφανειακή απορροή, όπου το νερό απορροφάται από το έδα-

φος ή ρέει στην επιφάνεια, αντίστοιχα.

3. Εξάτμιση και διαπνοή, όπου το νερό θερμαίνεται και μετατρέπεται σε υδρατμό ή τα φυτά το αποβάλλουν ως υδρατμό.

4. Συμπύκνωση, όταν οι υδρατμοί ψύχονται σχηματίζοντας τα σύννεφα.

Συστατικά του κύκλου του νερού	Επεξήγηση
Αποθήκευση νερού στους ωκεανούς	Αλμυρό νερό που υπάρχει στους ωκεανούς και στις εσωτερικές θάλασσες.
Εξάτμιση	Η διαδικασία κατά την οποία το νερό αλλάζει από υγρό σε αέριο ή ατμό.
Εξάχνωση	Η μετατροπή μεταξύ των στερεών και αέριων φάσεων της ύλης, χωρίς το ενδιάμεσο υγρό στάδιο. Η εξάχνωση χρησιμοποιείται συχνότερα για να περιγράψει τη διαδικασία του χιονιού και του πάγου που γίνονται υδρατμοί χωρίς πρώτα να λειώσουν σε νερό.
Εξατμισοδιαπνοή	Η διαδικασία κατά την οποία το νερό ελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα ως αποτέλεσμα της εξάτμισης από το χώμα και της διαπνοής από τα φυτά (το σύνολο της εξάτμισης και της διαπνοής).
Νερό στην ατμόσφαιρα	Νερό που αποθηκεύεται στην ατμόσφαιρα ως υδρατμός, όπως τα σύννεφα και η υγρασία. Η εξάτμιση και η διαπνοή αλλάζουν το υγρό νερό σε υδρατμό, το οποίο ανέρχεται στην ατμόσφαιρα λόγω των ανοδικών ρευμάτων αέρα.
Συμπύκνωση	Η διαδικασία κατά την οποία το νερό αλλάζει από υδρατμούς σε υγρό. Η συμπύκνωση ευθύνεται για το σχηματισμό των σύννεφων. Η συμπύκνωση είναι το αντίθετο της εξάτμισης.
Κατακρήμνιση	Η πτώση του νερού σε υγρή ή στερεή κατάσταση από την ατμόσφαιρα στην επιφάνεια της Γης. Μπορεί να έχει τη μορφή βροχής, παγωμένης βροχής, ομίχλης, χιονόνεου, χιονιού ή χαλαζιού. Είναι το αρχικό στάδιο στον κύκλο του νερού, που προβλέπει τη μεταφορά του ατμοσφαιρικού νερού στη Γη. Οι περισσότερες κατακρημνίσεις πέφτουν ως βροχή.
Αποθήκευση νερού στον πάγο και στο χιόνι	Το γλυκό νερό που αποθηκεύεται μέσα στους πάγους, στους παγετώνες και στο χιόνι.
Το λειωμένο χιόνι απορρέει στα ρυάκια	Η μετακίνηση του νερού, από το λιώσιμο του χιονιού ή του πάγου, στην επιφάνεια της Γης.
Επιφανειακή απορροή	Νερό που ρέει πάνω στην επιφάνεια του εδάφους.

Ροή ποταμού	Μετακίνηση του νερού στην κοίτη ενός ποταμού, σ' ένα φαράγγι ή μία χαράδρα.
Αποθήκευση γλυκού νερού	Το γλυκό νερό "αποθηκεύεται" στην επιφάνεια της Γης στα υδάτινα οικοσυστήματα όπως στα ρέματα, στα ποτάμια, στις λίμνες και στα κανάλια και τους υδατοφράκτες που κατασκευάζονται από τον άνθρωπο. Ως "γλυκό νερό" ορίζεται το νερό που περιέχει λιγότερο από 1.000 mg/lit διαλυμένων ουσιών, κυρίως αλάτων.
Διήθηση	Η διείσδυση του νερού από την επιφάνεια του εδάφους μέσα στο χώμα ή σε πορώδη βράχο.
Αποθήκευση υπόγειου νερού	Νερό που υπάρχει για μια παρατεταμένη περίοδο κάτω από την επιφάνεια της Γης. Το μεγαλύτερο μέρος του υπόγειου νερού προέρχεται από τις κατακρημνίσεις που διεισδύουν μέσα στο έδαφος.
Εκροή υπόγειου νερού	Μετακίνηση του νερού έξω από το έδαφος. Το υπόγειο νερό συνεισφέρει σημαντικά στη ροή πολλών ποταμών και επηρεάζει τους βιότοπους των υδρόβιων φυτών και ζώων.
Πηγές	Θέσεις όπου εμφανίζεται το υπόγειο νερό και ρέει στην επιφάνεια του εδάφους.

Πίνακας 2. Ο κύκλος του νερού. Οι βασικές ομάδες φυσικών διαδικασιών.

4. Ο κύκλος του νερού και οι αλλαγές του κλίματος

Το κλίμα της Γης έχει αλλάξει κατά τη διάρκεια των τελευταίων εκατό ετών. Κατά τη διάρκεια του προηγούμενου αιώνα, το φαινόμενο του θερμοκηπίου έχει οδηγήσει σε παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας και κατά συνέπεια ο κύκλος του νερού έχει γίνει εντονότερος ενώ αυξάνονται και τα ποσοστά εξάτμισης και κατακρήμνισης. Υπάρχουν νέα και ισχυρότατα δεδομένα ότι το μεγαλύτερο μέρος της θέρμανσης που παρατηρείται τα τελευταία 50 χρόνια, αποδίδεται στις ανθρώπινες δραστηριότητες. Σύγχρονα μοντέλα υπολογιστών προβλέπουν ότι, λόγω των εκπομπών των αερίων του θερμοκηπίου, οι θερμοκρασίες θα συνεχίσουν να αυξάνονται κατά τη διάρκεια του 21^{ου} αιώνα (Σχήμα 13).

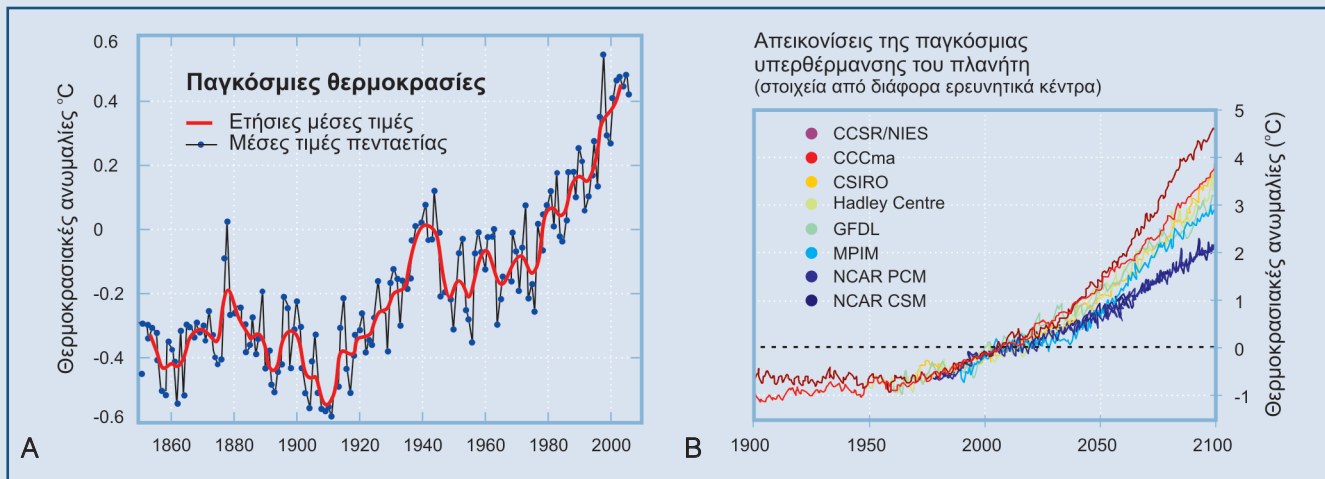
Η υποχώρηση των παγετώνων είναι ένα άλλο παράδειγμα ενός μεταβαλλό-

μενου κύκλου νερού, όπου η τροφοδοσία των παγετώνων με κατακρημνίσεις δεν ισοσταθμίζει την απώλεια νερού από την τήξη και την εξάχνωση.

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες που μεταβάλλουν τον κύκλο του νερού περιλαμβάνουν τη:

- γεωργία
- αλλαγή της χημικής σύνθεσης της ατμόσφαιρας
- κατασκευή φραγμάτων
- αποψίλωση των δασών
- άντληση των υπόγειων νερών από τα φρεάτια
- άντληση νερού από τους ποταμούς
- αστικοποίηση

Οι επιδράσεις ποικίλουν στις διάφορες περιοχές του πλανήτη και δε μπορούν ακόμα να προβλεφθούν με ακρίβεια. Επομένως, αν και δεν έχει καθο-



Σχήμα 13. Α. Σύγκριση της τάσης του μέσου όρου θερμοκρασίας της Γης. Β. Προβλέψεις της αύξησης της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου από 8 διαφορετικά μοντέλα κλίματος.

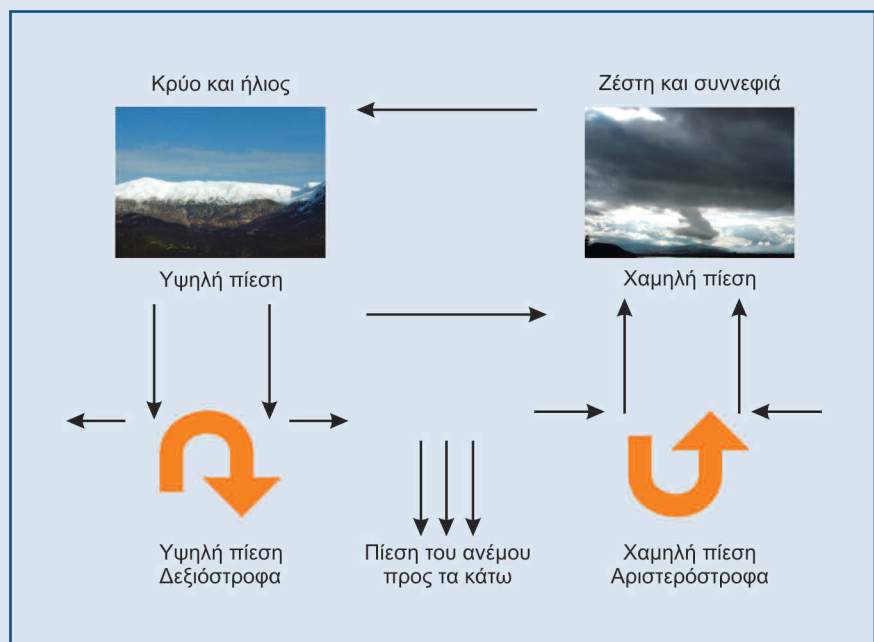
ριστεί ακόμα ένα αποδεκτό επίπεδο για τα αέρια του θερμοκηπίου, η μείωση των εκπομπών αναμένεται να μειώσει τον κίνδυνο. Υπάρχουν πολλές επιλογές για τη μείωση της εκπομπής αερίων θερμοκηπίου, των οποίων οι δαπάνες πρέπει να αντισταθμιστούν με τους κινδύνους που κληροδοτούνται στις μελλοντικές γενεές.

4.1 Κλιματικές και καιρικές συνθήκες

Το κλίμα περιγράφει το σύνολο όλων των καιρικών συνθηκών που εμφανίζονται για κάποιο χρονικό διάστημα σε μια δεδομένη τοποθεσία. Αυτό περιλαμβάνει τις μέσες καιρικές συνθήκες, τις κανονικές καιρικές ακολουθίες (χειμώνας, άνοιξη, καλοκαίρι και φθινόπωρο) και τα ακραία καιρικά φαινόμενα (π.χ. πλημμύρες).

Ο καιρός περιγράφει οτιδήποτε συμβαίνει υπαίθρια σε μια δεδομένη τοποθεσία και σε μια δεδομένη στιγμή και αφορά τη θερμοκρασία, την ατμοσφαιρική πίεση, την υγρασία, τον αέρα, τη συννεφιά και την κατακρήμνιση (Σχήμα 14).

Κατά συνέπεια, τα μετεωρολογικά φαινόμενα είναι αισθητά καιρικά γεγονότα που καθορίζονται από τις μεταβλητές



Σχήμα 14. Το σχέδιο παρουσιάζει τις γενικές καιρικές συνθήκες: Η υψηλή πίεση αέρα σημαίνει ότι ο αέρας ωθείται προς τα κάτω. Ο αέρας κινείται σε ένα υψηλό σύστημα πίεσης δεξιόστροφα. Η χαμηλή πίεση αέρα σημαίνει ότι ο αέρας ωθείται προς τα επάνω. Ο αέρας που ανυψώνεται είναι θερμότερος και κινείται αριστερόστροφα σε ένα χαμηλό σύστημα πίεσης.

που υπάρχουν στη γήινη ατμόσφαιρα. Αυτές είναι η θερμοκρασία, η ατμοσφαιρική πίεση, η υγρασία, οι αλληλεπιδράσεις τους και ο τρόπος με τον οποίο αυτές αλλάζουν.

Ένας μετεωρολογικός σταθμός αποτελείται από όργανα που καταγράφουν και

ελέγχουν τις ατμοσφαιρικές παραμέτρους.

Ένας τυπικός μετεωρολογικός σταθμός περιλαμβάνει τα παρακάτω όργανα (Σχήμα 15):

- **Θερμόμετρο:** χρησιμοποιείται για να μετρήσει τη θερμοκρασία.
- **Ανεμόμετρο:** χρησιμοποιείται για να μετρήσει τη δύναμη και την κατεύθυνση του ανέμου (κλίμακα Beaufort: ο ναύαρχος F. Beaufort έφτιαξε την κλίμακα Beaufort για να μετρήσει την ταχύτητα του ανέμου. Η κλίμακά του έγινε η επίσημη μέθοδος για τη βαθμονόμηση της

ταχύτητας του ανέμου).

- **Βαρόμετρο:** χρησιμοποιείται για να μετρήσει το βάρος ή την πίεση της ατμόσφαιρας και δείχνει την καιρική αλλαγή. Βαρομετρική πίεση είναι η πίεση του αέρα που ωθείται προς τα κάτω. Ο δροσερός αέρας είναι βαρύτερος από το θερμό αέρα και ωθείται προς τα κάτω με μεγαλύτερη πίεση (υψηλή πίεση). Ο θερμός αέρας είναι ελαφρότερος και σχετίζεται με τη χαμηλή πίεση. Καθώς ο αέρας κινείται γρηγορότερα, μειώνεται επίσης η πίεσή του.

- **Υγρόμετρο:** χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της υγρασίας.

- **Βροχόμετρο:** χρησιμοποιείται για να μετρήσει τις κατακρημνίσεις του νερού. Εκτός από τα όργανα που είναι εκτεθειμένα (ανεμόμετρο, μετρητής βροχής), το θερμόμετρο και το υγρόμετρο πρέπει να προστατεύονται σε ένα αεριζόμενο κλωβό (συνήθως μια οθόνη Stevenson). Τα δεδομένα μπορούν να καταγράφονται ηλεκτρονικά χρησιμοποιώντας ειδικά λογισμικά συστήματα τα οποία ρυθμίζονται έτσι ώστε να καταγράφουν τις μετρήσεις σε καθορισμένα χρονικά διαστήματα.



Σχήμα 15. Τυποποιημένος εξοπλισμός σε μετεωρολογικό σταθμό.
Φώτο Μ. Δρετάκης

Αναφορές

1. Campins, H. & M. J. Drake. 2004. Evaluating comets as a source of Earth's water. In: Origins, Evolution and Biodiversity of Microbial Life in the Universe. Ed. J. Seckbach (Kluwer, Dordrecht, 2004) pp. 569-591.
2. Chaplin, M. F. 2000. A proposal for the structuring of water. Biophys. Chem., 83 (3), 211-221.
3. Chaplin, M. F. 2001. Water: its importance to life. Biochem. Mol. Biol. Educ. 29 (2), 54-59.
4. Lake stratification and mixing. 2000. The Illinois EPA, USA.
5. Finney, J. L. 2001. The water molecule and its interactions: the interaction between theory, modelling and experiment, J. Mol. Liquids, 90: 303-312.
6. Stirling, M. H. & K. C. Parsons. 2000. A model of human water balance. J. Therm. Biol. 25, 187-190.
7. Videtich, P.E., Crooks, E.J. 2002. Living with the Great Lakes. Grand Valley State University.

Διαδίκτυο

Το νερό

- Water - Learning and Living - teaching and learning resources about integrated water protection: water, catchments, biodiversity and human impact: <http://www.watercare.net/wll/wc-watercycle.html>
- Water Words Dictionary - a compilation of technical water, water quality, environmental, and water-related terms: <http://water.nv.gov/Water%20planning/dict-1/www-index.htm>
- Water Science for Schools - <http://ga.water.usgs.gov/edu/index.html>
- H₂O - The Mystery, Art & Science of Water - webside focused on the nature, properties, place, significance, importance, and role of water in Earth's life and culture; <http://witcombe.sbc.edu/water/>
- The Global Water Cycle - the webside page with the most important links related to GWC: <http://www.usgcrp.gov/usgcrp/links/waterlinks.htm>
- Water Resources of the U.S.A. - <http://water.usgs.gov/>
- Water resources in Europe - http://maps.grida.no/go/graphic/world_s_water_cycle_schematic_and_residence_time
- Chemistry of Water - <http://www.biology.arizona.edu/biochemistry/tutorials/chemistry/page3.html>
- UNESCO Water Portal: <http://www.unesco.org/water/>
- UNESCO-IHE Institute for Water Education: <http://www.unesco-ihe.org/education/intro.htm>
- UN Water: <http://www.unwater.org/flashindex.html>
- Schools resource on water rights: <http://www.worldaware.org.uk/education/projects/water.html>
- United Nations GEMS/Water Programme: <http://www.gemswater.org/>

Υδρόσφαιρα και κύκλος του νερού

- Hydrosphere: http://earth.rice.edu/MTPE/hydro/hydrosphere/hydrosphere_what.html
- Global Hydrology and Climate Center: http://www.ghcc.msfc.nasa.gov/ghcc_home.html
- Visible Earth: http://visibleearth.nasa.gov/view_set.php?categoryID=629
- Oceans and Water Issues WebPages: <http://www.publicforuminstitute.org/issues/oceans/index.asp>
- World Water Forum: <http://www.worldwaterforum.org/home/home.asp>
- Water in School/educational page: <http://www.epa.gov/highschool/water.htm>

ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΛΥΚΟΥ ΝΕΡΟΥ

Κατερίνα Βορεάδου

Βιολόγος PhD, Υπεύθυνη Εκπαίδευσης και Εργαστηρίου Υδροβιολογίας, Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ελλάδα

Σοφία Γκουλέτσα

Βιολόγος M.Sc., Εργαστήριο Υδροβιολογίας, Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ελλάδα

1. Ευρώπη

1. 1 Θέση και όρια

Η Ευρώπη είναι μια ήπειρος όπου το βορειότερο άκρο της τοποθετείται στις 82° βόρειο πλάτος (Γη του Φραγκίσκου Ιωσήφ) και το νοτιότερο στις 34° 50' βόρειο πλάτος (Γαύδος). Αυτή η τοποθεσία δίνει στην Ευρώπη σημαντικά πλεονεκτήματα καθώς το μεγαλύτερο μέρος της βρίσκεται στην εύκρατη ζώνη, με ήπιο και υγρό κλίμα.

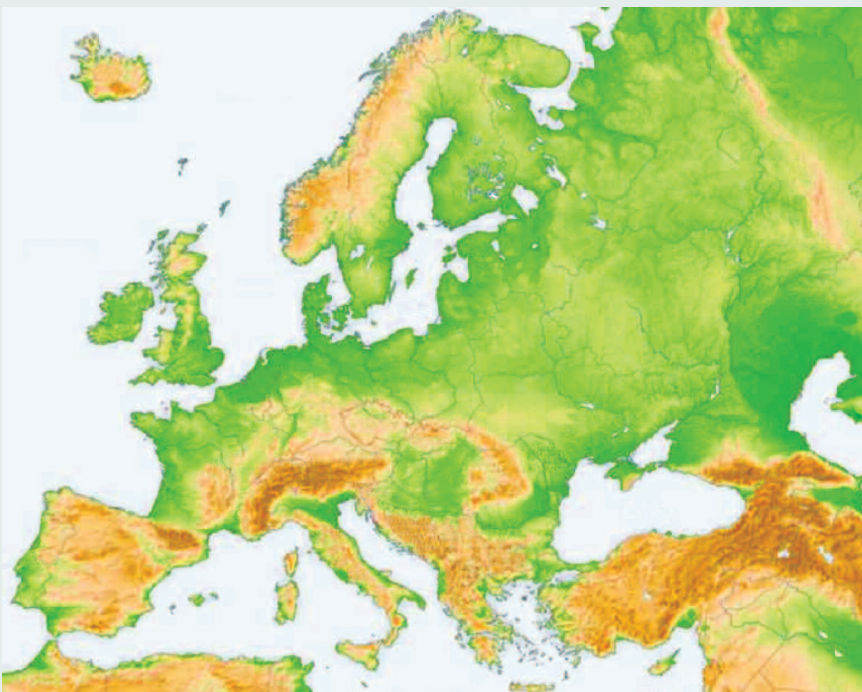
Τα όρια της Ευρώπης είναι: ο Αρκτικός Ωκεανός στο βορρά, η Μεσόγειος Θάλασσα στο νότο, ο Ατλαντικός Ωκεανός στη δύση και η οροσειρά των Ουραλίων όπου μαζί με τον Ουράλη ποταμό αποτελούν το ανατολικό όριο, με την Ασία. Η Κασπία Θάλασσα, το Αζερμπαϊτζάν, η Αρμενία, η Μαύρη Θάλασσα, ο Βόσπορος, η Θάλασσα του Μαρμαρά και τα Δαρδανέλια, οριοθετούν την Ευρώπη με την Ασία στα νοτιοανατολικά.

Μαζί με την Ασία, η Ευρώπη σχηματίζει ένα ενιαίο γεωγραφικό σύνολο την Ευρασία. Η Ευρώπη βρίσκεται κοντά στην Αφρική, με μόνο σύνορο των δύο ηπείρων, τη Μεσόγειο Θάλασσα. Η Ευρώπη, μαζί με την Ασία και την Αφρική συχνά αναφέρονται ως "Παλιός Κόσμος".

Η Ευρώπη είναι η τρίτη πιο πυκνοκατοικημένη ήπειρος μετά την Ασία και την Αφρική. Ο πληθυσμός της το 2005 ανέρχονταν σε 728 εκατομμύρια, σύμφωνα με τα Ηνωμένα Έθνη. Αυτό αντιστοιχεί σε κάτι παραπάνω από το ένα ένατο του παγκόσμιου πληθυσμού.

1. 2 Ευρωπαϊκές χώρες

Ανατολική Ευρώπη: Λευκορωσία, Βουλγαρία, Τσεχία, Ουγγαρία, Μολδαβία, Πολωνία, Ρουμανία, Ρωσία (ευρωπαϊκό τμήμα), Σλοβακία, Ουκρανία.



Εικόνα 1: Χάρτης αναγλύφου της Ευρώπης.

Βόρεια Ευρώπη: Δανία, Εσθονία, Νησιά Φαρόε (Δανία), Φιλανδία, Γροιλανδία (Δανία), Ισλανδία, Ιρλανδία, Λετονία, Λιθουανία, Νορβηγία, Σουηδία, Ηνωμένο Βασίλειο (αποτελούμενο από την Αγγλία, τη Βόρεια Ιρλανδία, τη Σκωτία και την Ουαλία).

Αλβανία, Ανδόρα, Βοσνία και Ερζεγοβίνη, Κροατία, Κύπρος, Γιβραλτάρ (Ηνωμένο Βασίλειο), Ελλάδα, Βατικανό, Ιταλία, Π.Γ.Δ.Μ., Μάλτα, Μαυροβούνιο, Πορτογαλία, Άγιος Μαρίνος, Σερβία, Σλοβενία, Ισπανία, Τουρκία (ευρωπαϊκό τμήμα).

Δυτική Ευρώπη: Αυστρία, Βέλγιο, Γαλλία, Γερμανία, Λουξεμβούργο, Λιχτενστάιν, Μονακό, Ολλανδία, Ελβετία.

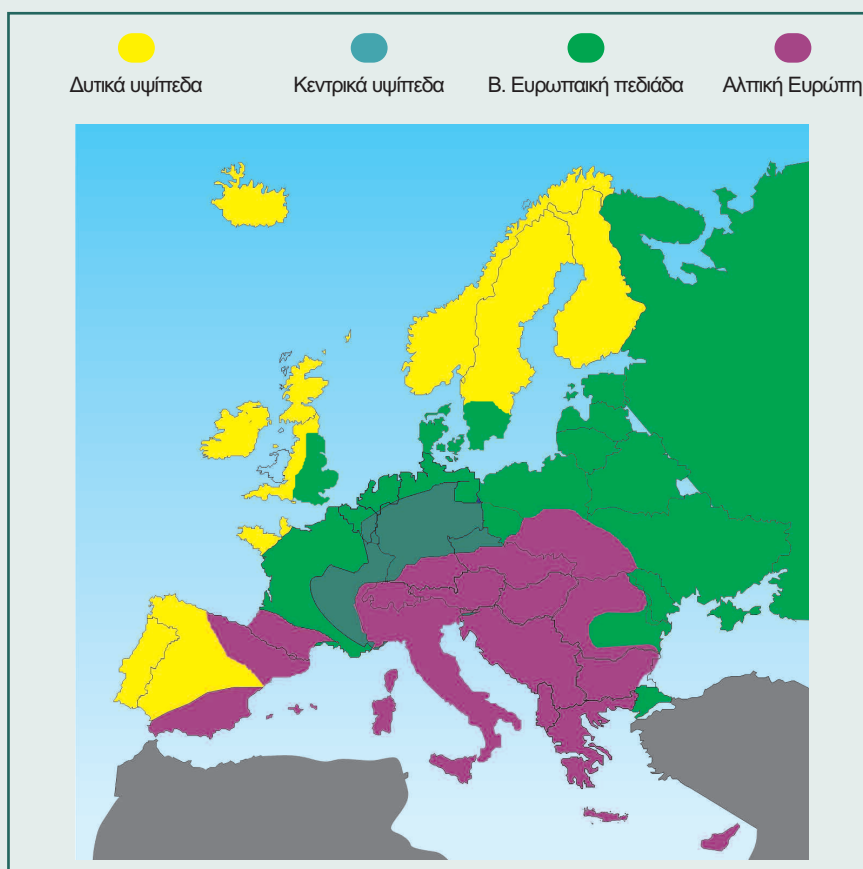
1. 3 Τοπογραφία

Η Ευρώπη είναι μία ομάδα συνδεδεμένων χερσονήσων. Οι δύο μεγαλύτερες εξ αυτών είναι η "ηπειρωτική" Ευρώπη και η Σκανδιναβία στο βορρά, με τη Βαλτική Θάλασσα να τις διαχωρίζει. Τρεις μικρότερες χερσόνησοι - η Ιβηρική, η Ιταλική και η Βαλκανική - αναδύονται από το νοτιότερο άκρο της ηπείρου στη Μεσόγειο Θάλασσα. Προς τα ανατολικά, η ηπειρωτική Ευρώπη πλαταίνει όπως ένα χωνί, ως τα Ουράλια Όρη. Στη Δύση, η Ευρώπη σπάει σε πολλά νησιά, μεγαλύτερα εκ των οποίων είναι το Ηνωμένο Βασίλειο και η Ισλανδία (Εικόνα 1).

Η τοπογραφία της Ευρώπης παρουσιάζει μεγάλη διαφοροποίηση εντός σχετικά μικρών εκτάσεων, ως αποτέλεσμα των ισχυρών γεωλογικών δυνάμεων που έχουν δράσει στην περιοχή.

Τα βουνά της σημερινής Ευρώπης είναι υπολείμματα τριών διαφορετικών ορογενετικών περιόδων και το γεγονός αυτό ερμηνεύει τη σημερινή φυσική γεωγραφία.

Η ηπειρωτική Ευρώπη χαρακτηρίζεται συνολικά από χαμηλό υψόμετρο, αν και οι πιο σημαντικές οροσειρές εντοπίζονται σε αυτή την περιοχή, στο κεντρικό και το νότιο τμήμα της ηπείρου, όπως : Τα Πυρηναία, το φυσικό όριο μεταξύ Γα-



Εικόνα 2: Χάρτης τοπογραφικών περιοχών της Ευρώπης.

λίας και Ισπανίας.

Οι Άλπεις, γνωστή οροσειρά για τις εντυπωσιακές πλαγιές της, που εκτείνονται σε 7 χώρες, την Αυστρία, τη Σλοβενία, την Ιταλία, την Ελβετία, το Λιχτενστάιν, τη Γερμανία και τη Γαλλία. Τα Καρπάθια Όρη, μία σημαντική οροσειρά στην κεντρική και νότια Ευρώπη, που εκτείνεται από την Πολωνία ως τη Ρουμανία. Ο Καύκασος, που, όπως και τα Ουράλια Όρη, αποτελούν τα φυσικά σύνορα που χωρίζουν την Ευρώπη από την Ασία.

Στα βόρεια, μία επιμήκης οροσειρά, οι Σκανδιναβικές Άλπεις, διασχίζουν τη Σκανδιναβική Χερσόνησο, διαχωρίζοντας την Νορβηγία από τη Σουηδία. Στα δυτικά, η Ιβηρική Χερσόνησος είναι αρκετά ορεινή και περιλαμβάνει τα πιο πρόσφατα σχηματισμένα, ψηλά βουνά, όπως η Sierra Nevada, όπως και χαμηλότερους, παλαιότερους και πιο διαβρωμένους ορεινούς όγκους, όπως τη Sierra Morena.

Στο νότο, η Ιταλική και η Βαλκανική χερσόνησος είναι πολύ ορεινές, καθώς προέκυψαν κατά την πιο πρόσφατη διαδικασία σχηματισμού των Άλπεων (αλπική ορογένεση). Τόσο η Ιταλία όσο και η Ελλάδα χαρακτηρίζονται από ορεινές "ραχοκοκαλιές" όπως τα Απέννινα Όρη και η Πίνδος, αντίστοιχα.

Ανάμεσα σε αυτούς τους ορεινούς όγκους, υπάρχουν ορισμένες πολύ σημαντικές πεδιάδες, όπως η πεδιάδα της Λομβαρδίας μεταξύ Άλπεων και Απεννίνων, το μεγάλο Παννονικό Λεκανοπέδιο της Ουγγαρίας και η Γαλικιανή πεδιάδα, βόρειο-ανατολικά των Καρπαθίων. Η νότια Ευρώπη τείνει να μην έχει καθόλου ή να έχει μικρής έκτασης λεκανοπέδια και πεδιάδες, εξαιτίας του διαμελισμένου ανάγλυφου.

Η Ευρώπη χαρακτηρίζεται από μεγάλη ποικιλία φυσικών τοπίων. Παρατηρούνται μεγάλοι υψομέτρου βουνά, μεγάλες κοιλάδες, άνυδρες εκτάσεις, ακόμη και περιοχές καλυμμένες με πάγο, μέσα στα 10.180.000 χλμ² της ηπείρου. Οι γε-

ωγράφοι λοιπόν, διακρίνουν τέσσερις κύριες τοπογραφικές περιοχές (Εικόνα 2), που μοιράζονται κοινά χαρακτηριστικά:

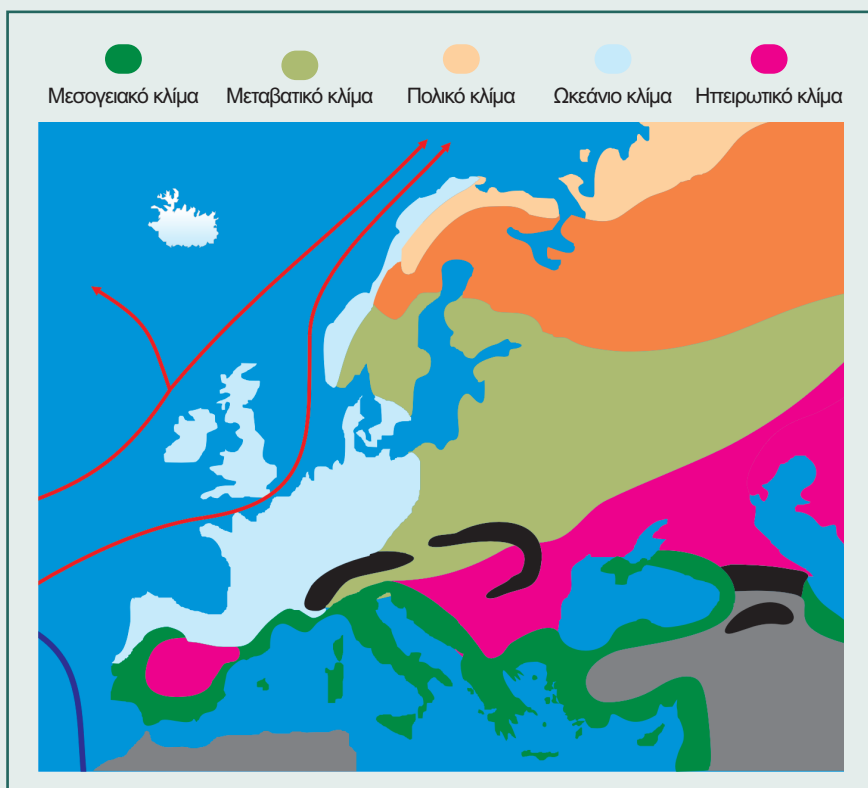
Βορειοευρωπαϊκή πεδιάδα
Αλπική Ευρώπη
Δυτικά και Βόρεια υψίπεδα
Κεντρικά υψίπεδα

1. 4 Κλίμα

Το μεγαλύτερο μέρος της έκτασης που καταλαμβάνει η Ευρωπαϊκή ήπειρος ανήκει στην εύκρατη κλιματική ζώνη, με εξαίρεση ένα μικρό συγκριτικά τμήμα της ηπείρου το οποίο κατατάσσεται στην πολική ζώνη. Για το λόγο αυτό, το κλίμα της Ευρώπης χαρακτηρίζεται γενικά ως εύκρατο, με ορισμένες όμως σημαντικές αποκλίσεις (Εικόνα 3).

Ως ο κυριότερος παράγοντας ρύθμισης του ευρωπαϊκού κλίματος θεωρείται ο Ατλαντικός Ωκεανός. Επιπλέον οι διάσπαρτες θερμές θάλασσες, όπως αυτή της Μεσογείου, φαίνεται ότι επιτελούν ένα σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση του Ευρωπαϊκού κλίματος. Γεγονός αποτελεί ότι όσο πιο μακριά βρίσκεται μία κοινότητα ή μία πόλη από τον ωκεανό, τόσο πιο ψυχροί είναι οι χειμώνες και τόσο πιο θερμά τα καλοκαίρια.

Τα πρότυπα των βροχοπτώσεων στην Ευρώπη, παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία. Οι βροχοπτώσεις είναι πιο συχνές κοντά στον Ατλαντικό Ωκεανό και μειώνονται όσο κινούμαστε προς τα ανατολικά. Στις δυτικές ακτές της Ιρλανδίας και της Νορβηγίας, η ετήσια βροχόπτωση φτάνει το 1 μέτρο μέσα σε 200 μέρες ενώ γύρω από τη Μόσχα, αγγίζει μόλις τα 40 εκατοστά σε 90-100 μέρες. Στην Ευρώπη, παρατηρείται επίσης μεγάλη διαφοροποίηση αναφορικά με την εποχή εκδήλωσης των βροχοπτώσεων. Στη Μεσόγειο, βροχές πέφτουν από το φθινόπωρο έως την άνοιξη, στην κεντρική και δυτική Ευρώπη το φθινόπωρο και το χειμώνα, ενώ στην ανατολική Ευρώπη βρέχει κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου.



Εικόνα 3: Οι κλιματικές ζώνες της Ευρώπης.

Σύμφωνα με τα παραπάνω, στην Ευρώπη διακρίνονται πέντε γεωγραφικές ζώνες ανάλογων κλιματικών χαρακτηριστικών (κλιματικές ζώνες) οι οποίες είναι οι ακόλουθες:

Α) Μεσογειακή κλιματική ζώνη. Περιλαμβάνει τη νότιο-δυτική Βαλκανική Χερσόνησο, την Ιταλία, τη νότια Γαλλία και τη νότιο-ανατολική Ισπανία. Οι παραπάνω περιοχές χαρακτηρίζονται από το λεγόμενο τυπικό Μεσογειακό κλίμα, με κύρια γνωρίσματα τους ήπιους και υγρούς χειμώνες όπου η μέση θερμοκρασία κυμαίνεται γύρω στους 5°C, και τα θερμά και ξηρά καλοκαίρια, με μέση τιμή θερμοκρασίας τους 25°C.

Β) Ωκεάνια κλιματική ζώνη. Περιλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της βόρειο-δυτικής Ευρώπης, τις βόρειες ακτές της Ιβηρικής Χερσονήσου, τα Βρετανικά Νησιά, καθώς και τις βόρειες και δυτικές ακτές της Νορβηγίας. Επηρεάζεται σημαντικά από το ρυθμιστικό ρόλο του Ατλαντικού Ωκεανού, με κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα τους πολύ ήπιους χειμώνες και τα θερμά καλοκαίρια.

Γ) Μεταβατική κλιματική ζώνη. Οι περιοχές ολόκληρης της κεντρικής Ευρώπης, που δεν βρέχονται από τη θάλασσα, ως τη Ρωσική πεδιάδα και το νότιο τμήμα της Σκανδιναβικής χερσονήσου, χαρακτηρίζονται από μεταβατικό κλίμα. Προς τις ακτές, μπορεί να είναι μεταβατικό, αλλά καθώς όμως προχωρούμε προς τα ανατολικά μετατρέπεται σε ηπειρωτικό, με δρυμείς χειμώνες και θερμά καλοκαίρια.

Δ) Ηπειρωτική κλιματική ζώνη. Απαντάται βορειότερα στην Ευρώπη και περιλαμβάνει τη Ρωσική Πεδιάδα και ένα μεγάλο μέρος της Σκανδιναβίας (μαζί με τις Σκανδιναβικές Άλπεις). Οι χειμώνες είναι ψυχροί και τα καλοκαίρια θερμά και υγρά. Γενικά, οι συνθήκες είναι ακραίες, με το έδαφος να παγώνει για τρεις ως έξι μήνες το χρόνο. Τα καλοκαίρια είναι θερμά και άνυδρα με τον άνεμο να ξεσηκώνει σύννεφα σκόνης.

ΠΛΑΙΣΙΟ Ι. ΤΟ ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΟ ΚΛΙΜΑ

Η Μεσόγειος είναι η μεγαλύτερη κλειστή θάλασσα του κόσμου. Περιβάλλεται από το νοτιοανατολικό μέρος της Ιβηρικής χερσονήσου, τη νότια Γαλλία, τη νότια Ιταλία την κεντρική και νότια Ελλάδα, τις ακτές της βόρειας Αφρικής και της δυτικής Ασίας. Το μεσογειακό κλίμα είναι μια μεταβατική κατάσταση μεταξύ των κρύων, εύκρατων και ξηρών, τροπικών κλιμάτων. Με εξαίρεση τα βουνά, το χιόνι σπάνια πέφτει στη Μεσόγειο, αλλά κάποτε εμφανίζονται περίοδοι παγετού. Τα κύρια χαρακτηριστικά του μεσογειακού κλίματος είναι:

α) Η περιφερειακή και τοπική διακύμανση στα επίπεδα θερμοκρασίας και βροχοπτώσεων

β) Μη προβλεψιμότητα: από τον ένα χρόνο στον άλλο, μεταξύ των εποχών ενός δεδομένου έτους και μέσα στην πορεία έστω και μίας μέρας, οι ακραίες θερμοκρασίες, η κατακρήμνιση, οι άνεμοι και άλλοι κλιματικοί παράγοντες, μπορούν να ποικίλουν εντυπωσιακά.

γ) Οι διάφοροι άνεμοι, καθώς επίσης και πολλοί τοπικοί άνεμοι και ρεύματα, αλλά κατά κύριο λόγο, βορινοί άνεμοι, υπερισχύουν το καλοκαίρι όταν η υπερθερμασμένη αφρικανική ήπειρος δημιουργεί ένα νότιο ρεύμα αέρα. Η αντίθετη τάση εμφανίζεται το χειμώνα. Ο αέρας αυξάνει πολύ την εξάτμιση, επιδεινώνοντας ως εκ τούτου τα αποτελέσματα της ξηρασίας και των υψηλών θερμοκρασιών.

Λαμβάνοντας υπόψη αυτόν το μοναδικό συνδυασμό θερμών, ξηρών καλοκαιριών και δροσερών, υγρών χειμώνων, ελάχιστο ή κανένα επιφανειακό νερό είναι διαθέσιμο κατά τη διάρκεια των μηνών όταν είναι ο ήλιος στη μεγαλύτερη ένταση. Τα κύρια χαρακτηριστικά των μεσογειακών οικοσυστημάτων γλυκού νερού είναι οι διακυμάνσεις της στάθμης του νερού και της αλατότητας, οι οποίες αντανακλούν τη μεγάλη διακύμανση στις βροχοπτώσεις τόσο εντός όσο και μεταξύ των ετών.

Ε) Πολική κλιματική ζώνη. Περιλαμβάνει τη βόρεια Φιλανδία και ένα μέρος της Ρωσίας. Εδώ δεν υπάρχουν εποχές και η γενικότερη εικόνα του τοπίου θυμίζει έντονα μία "παγωμένη έρημο". Η μέση μηνιαία θερμοκρασία κυμαίνεται σταθερά κάτω από τους 10°C, ενώ οι βροχοπτώσεις αποτελούν σπάνιο φαινόμενο.

2. Οικοσυστήματα γλυκού νερού

Τα οικοσυστήματα γλυκού νερού δημιουργούνται από το νερό που εισέρχεται στο χερσαίο περιβάλλον ως κατακρήμνιση και ρέει πάνω από αλλά και κάτω από το έδαφος προς τη θάλασσα. Αυτά τα οικοσυστήματα περιλαμβάνουν ένα ευρύ φάσμα ενδιαιτημάτων, όπως οι ποταμοί και οι λίμνες, οι υδρολογικές λεκάνες (βλ. παρακάτω) και οι παρόχθιες ζώνες που συνδέονται με αυτά. Τα όριά τους αλλάζουν συνεχώς ανάλογα με την εποχικότητα του υδρολογικού κύκλου. Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους διανέμονται ευρέως στο χώρο και το χρόνο, μέσω των σύνθετων αλληλεπιδράσεων μεταξύ του κλίματος, της επιφάνειας, των υπόγειων νερών και των παράκτιων θαλάσσιων περιοχών.

Τα υπόγεια νερά αντιπροσωπεύουν τη μεγαλύτερη πηγή του γλυκού νερού στον υδρολογικό κύκλο (περίπου 95% συνολικά), μεγαλύτερη στον

όγκο από όλο το νερό στους ποταμούς, τις λίμνες και τους υγρότοπους μαζί (UNEP-GRID, 2003).

Τα οικοσυστήματα γλυκού νερού διανέμονται άνισα μέσα στην Ευρώπη. Οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν τη διανομή τους είναι το κλίμα (ηλιακή ακτινοβολία, αέρας και αναλογία κατακρήμνισης/εξάτμισης), η τοπογραφία και η γεωλογία (υπόστρωμα).

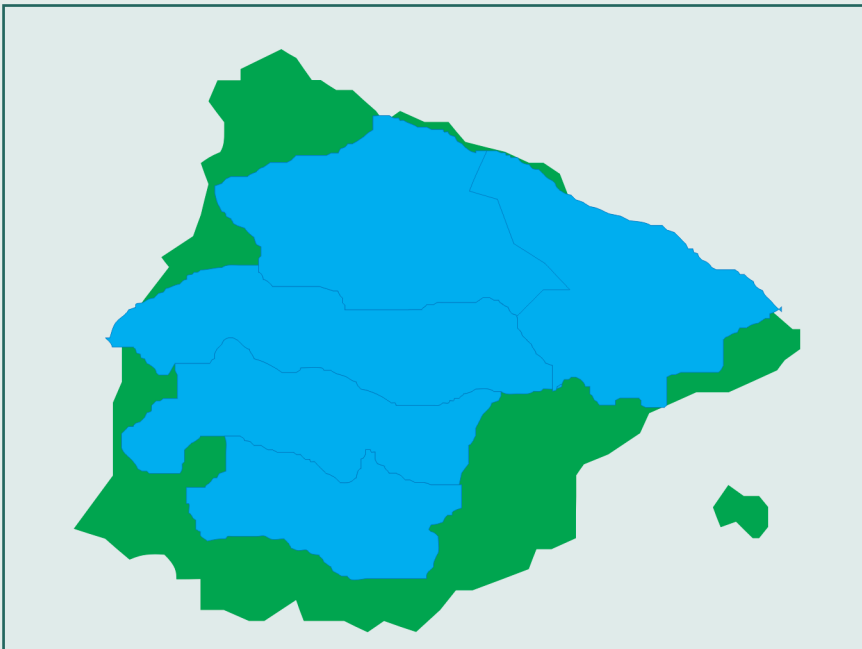
2.1 Λεκάνες απορροής

Λεκάνη απορροής (βλ. επίσης κεφάλαιο 4) (Εικόνα 4) είναι μια φυσική μονάδα τοπογραφίας, που συνδέει τα χερσαία με τα οικοσυστήματα γλυκού νερού. Είναι μια περιοχή ξηράς που στραγγίζει το νερό, το ίζημα και τα διαλυμένα συστατικά σε ένα κοινό σώμα ή μια έξοδο που τα δέχεται και που μπορεί να είναι ένας ποταμός, μια λίμνη ή μια εκβολή. Η λεκάνη απορροής συνδέει διάφορα βιοτικά και αβιοτικά συστατικά του συστήματος, χερσαία και υδρόβια, φυτά και εδάφη, την ατμόσφαιρα και τη βλάστηση, το έδαφος και το νερό, τα ζώα και το νερό. Η λεκάνη απορροής περιλαμβάνει επίσης τα υπόγεια νερά που βρίσκονται κοντά στα επιφανειακά.

2.2 Λίμνες, Ταμιευτήρες

Οι λίμνες (Εικόνα 5) καλύπτουν λιγότερο από το 2% της επιφάνειας της Ευρώπης. Είναι υδάτινοι όγκοι αρκετά βαθείς (περισσότερο από 2μ) ώστε να περιέχουν νερό για μεγάλες χρονικές περιόδους (βλ. κεφάλαιο 3). Μερικοί ρηχοί υδάτινοι όγκοι, ειδικά στην Αρκτική, θεωρούνται λίμνες απλά λόγω της τεράστιας επιφάνειάς τους.

Σε αντίθεση με τη φυσική διαδικασία του σχηματισμού λιμνών, οι ταμιευτήρες ή οι τεχνητές λίμνες (Εικόνα 6) χρησιμοποιούνται για να αποθηκεύσουν νερό για διάφορες χρήσεις.



Εικόνα 4: Μεγάλες λεκάνες απορροής στην Ιβηρική Χερσόνησο.

Πολλοί από αυτούς διαμορφώθηκαν από την κατασκευή φράγματος εγκαύρα ενός ποταμού. Οι ταμιευτήρες χρησιμοποιούνται για να παράγουν υδροηλεκτρισμό, για να παρέχουν νερό για οικιακή και βιομηχανική χρήση, για τις ιχθυοκαλλιέργειες, την άρδευση, τη μεταφορά, την αναψυχή ή τον έλεγχο πλημμύρων. Στην Ευρώπη ο αριθμός ταμιευτήρων είναι περίπου 3.350.

Η κατανομή λιμνών και ταμιευτήρων κατά μήκος των τοπογραφικών περιοχών:

Βορειοευρωπαϊκή Πεδιάδα

Αυτή η τοπογραφική περιοχή περιλαμβάνει τις ακόλουθες δέκα (10) μεγαλύτερες φυσικές λίμνες της Ευρώπης.

Δυτικά υψίπεδα

Το Windermere είναι η μεγαλύτερη φυσική λίμνη στην Αγγλία. Έχει μήκος 17 χλμ, το πλάτος της ποικίλλει από 400 - 1500μ και το βάθος της είναι περίπου 65 μ. Οι λίμνες Lomond (Lough Lomond, 71 χλμ²) και Ness (Loch Ness, 56 χλμ²) είναι επίσης μεγάλες λίμνες στη Σκωτία ενώ η λίμνη Neagh (Lough Neagh, 388 χλμ²) είναι μια μεγάλη λίμνη στη Βόρεια Ιρλανδία.

Ισλανδία: Η μεγαλύτερη λίμνη της Ισλανδίας είναι η Thorisvatn που βρίσκεται στα νότια υψώματα του νησιού. Πολλές ηφαιστειακές λίμνες εμφανίζονται στην Ισλανδία, όπως και στις Αζόρες.

Αζόρες: Τα εννέα (9) νησιά των Αζορών (Πορτογαλία), είναι θερμές ζώνες (hotspots) στον κόσμο δεδομένου ότι κάθε νησί "κάθεται" σε ηφαίστεια ή γεν-



Εικόνα 5: Λίμνη Καστοριά, Ελλάδα.
Φώτο Α. Τριχάς



Εικόνα 6: Ο ταμιευτήρας του Νέστου, Ελλάδα.
Φώτο Α. Τριχάς

Λίμνη	Χώρα	Περιοχή επιφάνειας(χλμ ²)
Ladoga	Ρωσία	17700
Onega	Ρωσία	9610
Vanern	Σουηδία	5585
Greater Saimaa	Φιλανδία	4377
Peipsi	Εσθονία-Ρωσία	3550
Vattern	Σουηδία	1912
Ilmen	Ρωσία	1410
Vygosero	Ρωσία	1250
Malaren	Σουηδία	1140
Paijanne	Φιλανδία	1081

Περιλαμβάνει επίσης 2 από τους 10 μεγαλύτερους ταμιευτήρες στον κόσμο:

Ταμιευτήρας	Χώρα	Περιοχή επιφάνειας(χλμ ²)
Samara	Ρωσία	6450
Bratsk	Ρωσία	5426

νήθηκε από μια ηφαιστειακή έκρηξη μερικά εκατομμύρια χρόνια πριν. Οι ηφαιστειακές λίμνες του Sao Miguel είναι μοναδικής ομορφιάς.

Κεντρικά υψίπεδα

Η επίπεδη έκταση αυτής της τοπογραφικής περιοχής διασχίζεται από λίμνες και έλη (δείτε παρακάτω) κυρίως κοντά στα γερμανο-ολλανδικά σύνορα και κατά μήκος της ακτής Frisian. Το αμμόδες Mecklenburg στη βόρεια Γερμανία έχει πολλές παγετώδεις λίμνες (βλ. κεφάλαιο 3) που χρονολογούνται από την τελευταία παγετώδη περίοδο.

Αλπική Ευρώπη

Στην επιμήκη οροσειρά της αλπικής Ευρώπης βρίσκονται πολλές αλπικές λίμνες (βλ κεφάλαιο 3), όπως οι αλπικές παγετώδεις λίμνες στην Ελβετία, η λίμνη Constance (Γενεύη), οι λίμνες του Salzburg στην Αυστρία, και οι λίμνες Como, Garda, Lugano και Maggiore στην περιοχή της Ιταλίας.

Το νότιο μέρος της Ευρώπης χαρακτηρίζεται από ξηρά, θερμά, σχεδόν άνυδρα καλοκαίρια και ήπιους, βροχερούς χειμώνες. Μόνο λίγοι και μικροί υδάτινοι όγκοι γλυκού νερού εντοπίζονται εκεί. Η Λίμνη Κουρνά, αν και μικρή φυσική λίμνη στο νησί της Κρήτης, είναι η μεγαλύτερη που εντοπίζεται μεταξύ των Μεσογειακών νησιών.

2.3 Ποταμοί

Ένας ποταμός είναι μία φυσική υδάτινη οδός (πορθμός), που ρέει στην επιφάνεια εκτεταμένων κοιτών σχηματισμών (δηλ. κανάλια), ο οποίος αποστραγγίζει ξεχωριστές περιοχές ξηράς, με φυσική κλίση. Σε γενικές γραμμές, η ύπαρξη ενός ποταμού εξαρτάται από τρεις παράγοντες: τη διαθεσιμότητα του επιφανειακού νερού, την ύπαρξη ενός καναλιού στο έδαφος, καθώς και την κλίση του εδάφους. Από αυτή την άποψη, ο όρος "ποταμός" περιλαμβάνει όλα τα είδη των πορθμών. Από τον πιο μικροσκοπικό των ρυακιών ή των κολπίσκων ως έναν ογκώδη ποταμό στο μέγεθος του Αμαζονίου, που ρέει πάνω από 6400 χλμ σε μήκος και που φθάνει πάνω από 3 χλμ σε πλάτος κατά τόπους. Οι 20 μεγαλύτεροι σε μήκος ποταμοί της Ευρώπης καταγράφονται στον πίνακα αριστερά.

Όνομα	Λεκάνη απορροής (χλμ ²)	Μήκος (μ)
Βόλγας	1380000	3690
Δούναβης	817000	2860
Ουράλης	231000	2428
Δνείπερος	503000	2290
Don	425600	1950
Pechora	322000	1809
Kama	522000	1805
Oka	>100000	1500
Belaya	>100000	1430
Δνείστερος	72000	1352
Ρήνος	185000	1320
Έλβας	148000	1165
Βιστούλας	194000	1047
Loire	120000	1012
Sava	95719	945
Ροδανός	98000	810
Γουαδιάνα	66800	778
Γουαδαλκιβίρ		666
Po	74000	650
Garonne	57000	525

Η κατανομή κατά μήκος των τοπογραφικών περιοχών:

Βορειοευρωπαϊκή Πεδιάδα και Κεντρικά υψίπεδα:

Η βορειοευρωπαϊκή πεδιάδα είναι η πλουσιότερη των τοπογραφικών περιοχών της Ευρώπης σε ό,τι αφορά τις μεγάλες λεκάνες απορροής. Οι περισσότεροι μεγάλοι ευρωπαϊκοί ποταμοί, πηγάζουν από τη Ρωσία και εκβάλλουν είτε στη Βόρεια θάλασσα και στην Κασπία θάλασσα είτε στη Μαύρη Θάλασσα και στη Μεσόγειο. Μόνο ένας, ο ποταμός Pechora, εκβάλλει στη θάλασσα Barents του Αρκτικού ωκεανού. Ο ποταμός Βόλγας, που είναι ο μακρύτερος στην Ευρώπη και ο Pechora βρίσκονται εξ ολοκλήρου μέσα στη Ρωσία. Οι άλλοι διασχίζουν επίσης το Καζακστάν, τη Λευκορωσία και την Ουκρανία.

Η κυρίως βορειοευρωπαϊκή πεδιάδα φιλοξενεί επίσης τα χαμηλότερα τμήματα άλλων μεγάλων ποταμών όπως του Vistula (Βιστούλας), του Oder, του Elbe (Έλβας), Ρήνου, Seine, Loire, Garonne και Ροδανού. Αυτοί οι ποταμοί έχουν διασχίσει ήδη τα κεντρικά υψίπεδα πριν φθάσουν στην κύρια βόρειοευρωπαϊκή πεδιάδα.

Δυτικά υψίπεδα

- Δυτική Ιβηρική χερσόνησος: ο ποταμός Douro πηγάζει από την οροσειρά Sierra de Urbion στην κεντρική Ισπανία. Κατόπιν ρέει δυτικά σε ολόκληρη την Ισπανία και τη βόρεια Πορτογαλία προς τον Ατλαντικό Ωκεανό.

Ο Tagus είναι ο μακρύτερος ποταμός στην Ιβηρική χερσόνησο. Πηγάζει από την οροσειρά Sierra de Albarracin της κεντρικής Ισπανίας και διατρέχοντας την Πορτογαλία εκβάλλει στον Ατλαντικό ωκεανό κοντά στη Λισσαβόνα.

- Ηνωμένο Βασίλειο και Ιρλανδία: Ο Severn είναι ο μακρύτερος ποταμός στο Ηνωμένο Βασίλειο και πηγάζει από τα Κάμβρια όρη. Αφού διαπεράσει το Κανάλι του Μπρίστολ (Bristol Channel) εκβάλλει στον Ατλαντικό ωκεανό (Ιρ-

λανδική θάλασσα).

Ο ποταμός Τάμεσης έχει 346 χλμ μήκος. Πηγάζει από το Cotswolds και διατρέχει ανατολικά, μέσω του Λονδίνου, την Αγγλία, εκβάλλει στη Βόρεια Θάλασσα.

Οι ποταμοί Tay (Σκωτία), Bann (Β. Ιρλανδία) και Towy (Ουαλία) είναι επίσης σημαντικά ποτάμια συστήματα στο Ηνωμένο Βασίλειο.

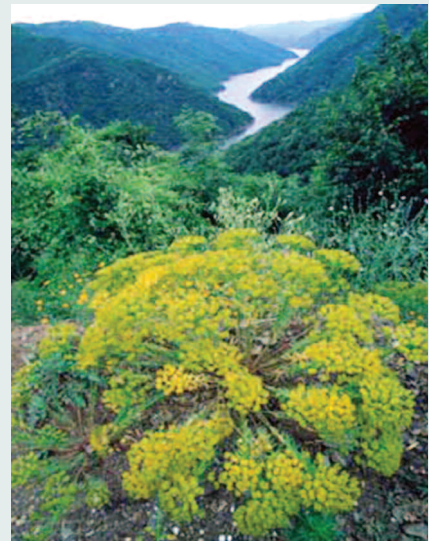
Αλπική Ευρώπη

- Δυτική Αλπική Ευρώπη και Βαλκανική χερσόνησος: αυτή η περιοχή φιλοξενεί το δεύτερο μακρύτερο ποταμό της Ευρώπης, το Δούναβη. Πηγάζοντας από τις Άλπεις (Μέλανας Δρυμός, Γερμανία) διατρέχει ορεινές περιοχές για το ένα τρίτο του μήκους του προτού φθάσει στις πεδιάδες. Εκβάλλει στη Μαύρη Θάλασσα. Ο Δούναβης χωρίζει τις Άλπεις από τα Καρπάθια Όρη και επίσης χωρίζει τις δύο οροσειρές από τη Βαλκανική χερσόνησο.

Ο ποταμός Siena πηγάζει από τις Άλπεις αφού διαπεράσει τέσσερις χώρες (Σλοβενία, Κροατία, Βοσνία-Ερζεγοβίνη και Σερβία) ενώνεται με το Δούναβη. Είναι ο μακρύτερος ποταμός της Βαλκανικής και ο δεύτερος μακρύτερος ταμειυτήρας του Δούναβη (μετά τον ποταμό Tisa).

Ο Έβρος, μαζί με το Νέστο και τον Στρυμόνα έχουν τις πηγές τους στα Βαλκάνια Όρη, στη Βουλγαρία. Ο Νέστος και ο Στρυμόνας διατρέχουν προς το νότο την Ελλάδα και εκβάλλουν στο Αιγαίο Πέλαγος. Ο Έβρος ρέει στο νοτιοανατολικό τμήμα, μεταξύ των Βαλκανίων και της οροσειράς της Ροδόπης, και έπειτα ο βόρειος κλάδος του εισέρχεται στην Τουρκία ενώ ο νότιος κλάδος του εισέρχεται στην Ελλάδα και εκβάλλει επίσης στο Αιγαίο Πέλαγος. Ο ποταμός Αξιός (Vardar) πηγάζει από τις Δειναρικές Άλπεις και διαρρέει τη Σερβία, το Μαυροβούνιο, τη FYR Μακεδονία και την Ελλάδα.

- Ανατολική Ιβηρική χερσόνησος: Στο δυτικό μέρος της Αλπικής Ευρώ-



Εικόνα 7: Ο ποταμός Νέστος, Ελλάδα
Φώτο Α. Τριχάς



Εικόνα 8: Μερικές από τις χώρες που διασχίζει ο Δούναβης



Εικόνα 9: Το εκτεταμένο δέλτα του Δούναβη, που καλύπτει μια περιοχή 3446 χλμ².



Εικόνα 10: Βάλτος, Πορτογαλία. Φώτο M. Morais

πης, ο Γουαδαλκιβίρ (Guadalquivir) και ο Guadiana είναι οι κύριοι ποταμοί. Πηγάζουν από την οροσειρά Sierra Morena και αφού διατρέξουν την Ισπανία, εκβάλλουν στον Ατλαντικό ωκεανό.

■ Ιταλική χερσόνησος:

Ο ποταμός Πάδος (Po) είναι ο σημαντικότερος ποταμός αυτής της περιοχής. Πηγάζει από τις Άλπεις και έχοντας διατρέξει τη μεγάλη πεδιάδα του Πάδου (πεδιάδα Po), εκβάλλει στην Αδριατική θάλασσα. Ο Arno και ο Tiber είναι επίσης μεγάλοι ποταμοί της Ιταλίας. Η ροή και των δύο ξεκινά από τα βορειοκεντρικά Απέννινα Όρη και καταλήγει στην Τυρρηνική Θάλασσα.

2.4 Εκβολές

Μια εκβολή είναι ένας υδάτινος όγκος που διαμορφώνεται εκεί όπου το αλμυρό νερό από τη θάλασσα αναμιγνύεται με το γλυκό νερό από τους ποταμούς, τα ρέματα, τα ρυάκια και τα υπόγεια νερά (βλ. κεφάλαιο 3 εκβολές). Οι εκβολές και τα περιβάλλοντά από αυτές εδάφη είναι ζώνες μετάβασης από την ξηρά στη θάλασσα και από το γλυκό νερό στο αλμυρό. Επηρεάζονται από τις παλίρροιας και προστατεύονται από την πλήρη δύναμη των ωκεάνιων κυμάτων, των ανέμων και των θυελλών χάρη στους σκοπέλους, τους κοραλλιογενείς υφάλους, τα νησιά ή τα φιόρδ, τη λάσπη και την άμμο.

Τέλος, οι εκβολές και τα παράκτια ύδατα είναι μεταξύ των παραγωγικότερων οικοσυστημάτων στη γη, αριθμώντας πολυάριθμα οικολογικά, οικονομικά, πολιτιστικά και αισθητικά οφέλη.

2.5 Υγρότοποι

Οι υγρότοποι είναι περιοχές όπου το νερό καλύπτει το χώμα, ή είναι παρόν κοντά στην επιφάνεια, κατά τη διάρκεια ολόκληρου του έτους ή για κάποιες χρονικές περιόδους. Για αυτόν τον λόγο είναι ζώνες μετάβασης μεταξύ των διαφορετικών βιοτόπων, έχοντας τα

χαρακτηριστικά τόσο των υδάτινων όσο και των χερσαίων οικοσυστημάτων. Ποικίλλουν ευρέως λόγω περιφερειακών και τοπικών διαφοροποιήσεων, όπως είναι τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά, το κλίμα, η τοπογραφία (τοπολογία), η γεωλογία, η ροή και η αφθονία του νερού και άλλους παράγοντες. Οι υγρότοποι εντοπίζονται από την τούνδρα μέχρι τους τροπικούς και σε κάθε ήπειρο.

2.5.1 Βάλτοι

Οι βάλτοι χαρακτηρίζονται από τα σπογγώδη αποθέματα τύρφης (> 40 εκατοστά), τα όξινα ύδατα και ένα βυθό που καλύπτεται από ένα παχύ τάπητα που σχηματίζει το βρύο Sphagnum. Δεν υπάρχει καμία σημαντική εισροή ή εκροή του νερού σε ένα βάλτο, με συνέπεια τα στάσιμα, μη παραγωγικά περιβάλλοντα. Ως αποτέλεσμα, οι βάλτοι είναι φτωχοί σε θρεπτικές ουσίες που απαιτούνται για την ανάπτυξη των φυτών, μια κατάσταση που ενισχύεται από τα όξινα βρύα τύρφης.

Τα μοναδικά και απαιτητικά φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά των βάλτων οδηγούν σε παρουσία φυτικών και των ζωικών κοινοτήτων που διαθέτουν πολλές ειδικές προσαρμογές σε χαμηλά επίπεδα θρεπτικών, συνθήκες κατακλυσμού (ημιβύθισης) και όξινα νερά, όπως αυτά που συναντώνται στα σαρκοφάγα φυτά. Το βρύο Sphagnum είναι το κυρίαρχο φυτό των βάλτων αλλά εντοπίζονται επίσης και μερικά σπάνια αγριολούλουδα, ειδικά ορχιδέες. Λίγα αμφίβια συναντώνται στους βάλτους, δεδομένου ότι δεν μπορούν να επιβιώσουν στις ιδιαίτερα όξινες συνθήκες. Οι βάλτοι καλύπτονται από ένα στρώμα της επιπλέουσας βλάστησης που μπορεί να μοιάζει με στερεό έδαφος. Οι βάλτοι είναι πολύ κοινοί σε ολόκληρο το βόρειο ημισφαίριο όπου παλαιότερα οι εκτάσεις ήταν καλυμμένες από παγετώνες.

2.5.2 Αλκαλικοί τυρφώνες

Οι αλκαλικοί τυρφώνες είναι οικοσυστήματα γλυκού νερού όπου σχηματίζεται τύρφη, λαμβάνουν τις θρεπτικές ουσίες από πηγές που βρίσκονται σε μεγαλύτερο υψόμετρο, μέσω αποστράγγισης από κοιτάσματα ορυκτών και από τη μετακίνηση των υπόγειων νερών.

Οι αλκαλικοί τυρφώνες διαφέρουν από τους βάλτους καθώς το pH του εδάφους τους είναι πιο υψηλό και έχουν πιο αυξημένα επίπεδα θρεπτικών. Είναι επομένως ικανοί να υποστηρίξουν πολύ πιο ποικίλες φυτικές και ζωικές κοινότητες. Αυτά τα συστήματα καλύπτονται συχνά από χλόες, βούρλα, ψαθιά και αγριολούλουδα. Μερικοί αλκαλικοί τυρφώνες χαρακτηρίζονται από παράλληλες ράχες με βλάστηση που χωρίζονται από τις λιγότερο παραγωγικές κοιλότητες.

Αυτός ο τύπος οικοσυστημάτων γλυκού νερού είναι κοινός στις αρκτικές και υπο-αρκτικές περιοχές, που σχετίζονται με χαμηλές θερμοκρασίες και σύντομες περιόδους ανάπτυξης, ενώ η άφθονη κατακρήμνιση προκαλεί την υπερβολική συσσώρευση υγρασίας.

2.5.3 Τέλματα

Ένα τέλμα είναι οποιαδήποτε οικοσύστημα γλυκού νερού στο οποίο επικρατούν τα ξυλώδη φυτά. Στα τέλματα επικρατούν είτε οι θάμνοι, όπως το *Cephalanthus accidentalis* ή μαλακά σκλήθρα είτε τα δέντρα με ανθεκτικότητα στο νερό, όπως το κυπαρίσσι (*Taxodium* sp.), ο Ατλαντικός άσπρος κέδρος (*Chamaecyparis thyoides*), και το δέντρο γένους *Nyssa* (*Nyssa aquatica*). Αυτοί οι δασικοί υγρότοποι αναπτύσσονται σε στάσιμα ή αργά ρέοντα ύδατα στα περιθώρια λιμνών και κατά μήκος των λεκανών απορροής. Τα τέλματα είναι δεξαμενές νερού που μπορεί να είναι σημαντικές σε περιόδους ξηρασίας.



Εικόνα 11: Μία φυτοκοινότητα σε αλκαλικό τυρφώνα κυριαρχείται από βρύα και αναπτύσσεται σε περιοχές με πολύ πλούσιο υδροφόρο ορίζοντα.



Εικόνα 12: Ένα τέλμα δασοκαλυμμένο στη νοτιοανατολική Τσεχία. Η πυκνή δασοκάλυψη αναπτύσσεται σε απολύτως υγρό έδαφος.



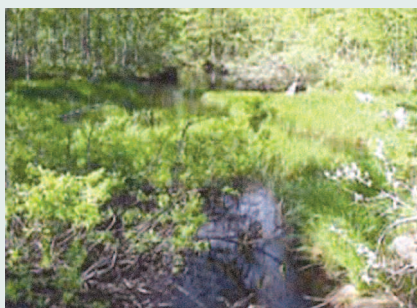
Εικόνα 13: Έλος στα περίχωρα της Ένορα (Πορτογαλία).

Το μεγαλύτερο τέλμα της Ευρώπης είναι το Priwet (98.400 τ.χλμ) στη Λευκορωσία και την Ουκρανία. Τα τέλματα βρίσκονται στην πυκνά δεντροκαλυμμένη λεκάνη του ποταμού Priwet.

2.5.4 Έλη

Τα έλη ορίζονται ως τα οικοσυστήματα γλυκού νερού που είναι συχνά ή συ-

Υπάρχουν πολλά διαφορετικά είδη ελών, που κυμαίνονται από παράκτιο ως εσωτερικό, από γλυκού νερού ως αλμυρού. Όλοι οι τύποι λαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος του νερού από την επιφάνεια αλλά πολλά έλη τροφοδοτούνται επίσης από τα υπόγεια νερά. Οι θρεπτικές ουσίες είναι άφθονες και το pH είναι συνήθως ουδέτερο οδηγώντας σε μια αφθονία φυτών και ζώων



Εικόνα 14: ρηχά ανοιχτά ύδατα σχηματίζουν μια μεγάλη λίμνη.
Φώτο B. Bis



Εικόνα 15. υδάτινο λιβάδι στη νότια Πορτογαλία.
Φώτο M. Morais

ΠΛΑΙΣΙΟ II. ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΓΛΥΚΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗ ΝΟΤΙΑ ΕΥΡΩΠΗ

Το νότιο μέρος της Ευρώπης χαρακτηρίζεται από τα θερμά και σχεδόν ξηρά καλοκαίρια και ήπιους βροχερούς χειμώνες. Μόνο μερικοί, μικροί οργανισμοί του γλυκού νερού βρίσκονται εκεί. Παρά την αραιή διανομή και το μικρό μέγεθός τους, είναι πολύ σημαντικοί. Αυτές οι μικρές λίμνες, ρεύματα ή εκβολές, επηρεάζουν το τοπικό κλίμα και είναι σημαντικές θέσεις για τα αποδημητικά πουλιά.

Οι υφάλμυρες λίμνες της Κύπρου είναι χαρακτηριστικές εποχιακές λίμνες: Η υφάλμυρη λίμνη της Λάρνακας γεμίζει με νερό κατά τη διάρκεια του χειμώνα και στεγνώνει το καλοκαίρι. Χρησιμοποιείται για να παράγει το αλάτι που αποξένεται από τη στεγνή επιφάνειά του. Η υφάλμυρη λίμνη του Ακρωτηρίου μαζί με τους εκτενείς καλαμιώνες στο Φασούρι και τα εκτενή έλη, τα υφάλμυρα έλη και τις ανοικτές παράκτιες περιοχές, συνιστούν μια τοποθεσία με υψηλή αξία για τη βιοποικιλότητα.

νεχώς πλημμυρισμένα με νερό και χαρακτηρίζονται από την επιπλέουσα ποώδη βλάστηση που είναι προσαρμοσμένη σε συνθήκες κορεσμένου εδάφους, μεταβαλλόμενες ροές του νερού και ορυκτά εδάφη.

και τοποθετώντας τα έλη μεταξύ των παραγωγικότερων οικοσυστημάτων στη γη. Τα έλη υπόκεινται σε βαρυτικές αλλαγές της στάθμης του νερού, όμως το νερό παραμένει μέσα στη ζώνη του ριζικού συστήματος των φυτών για το

Αναφορές

1. Blondel J. & Aronson J., "Biology and wildlife of the Mediterranean Region", 1999, Oxford University Press
2. www.nationsonline.org/oneworld/europe
3. www.geography.learnontheinternet.co.uk/topics/climate-zones.html
4. www.wikipedia.org
5. www.blueplanetbiomes.org
6. <http://www.krassanakis.gr/>
7. <http://dictionary.reference.com>

ΛΙΜΝΕΣ ΠΟΤΑΜΙΑ ΚΑΙ ΕΚΒΟΛΕΣ

Manuela Morais

Καθ. Βιολογίας, Κέντρο Περιβαλλοντικής Οικολογίας, Πανεπιστήμιο Ένορα, Πορτογαλία

Paulo Pinto

Καθ. Βιολογίας, Κέντρο Περιβαλλοντικής Οικολογίας, Πανεπιστήμιο Ένορα, Πορτογαλία

Cecilia Gonçalves

Βιολόγος, Εκπαιδευτικός Δ/θμιας Εκπ/σης, Περιφερειακή Δ/ση Εκπ/σης Alentejo, Υπουργείο Παιδείας, Πορτογαλία

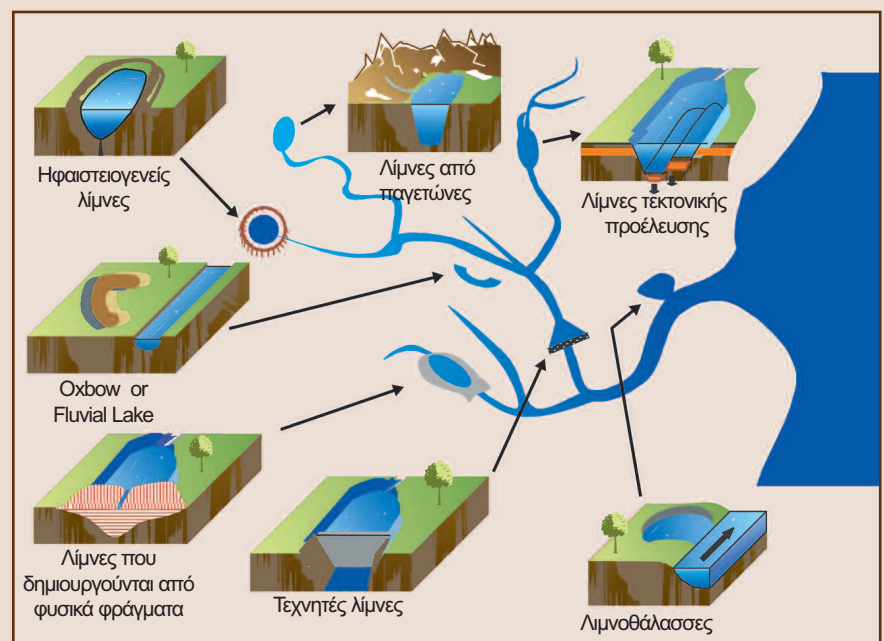
Λίμνες

1. Σχηματισμός των λιμνών

Η γεωμορφολογία και το τοπικό κλίμα επηρεάζουν τα φυσικά και χημικά χαρακτηριστικά των λιμνών. Μολονότι οι περισσότερες λίμνες σχηματίζονται από καταστροφικά γεγονότα, κάποιες σχηματίζονται με πιο αργό ρυθμό.

1.1 Λίμνες που προέρχονται από παγετώνες

Κατά τη διάρκεια του Πλειστόκαινου (ένα εκατομμύριο ως δέκα χιλιάδες χρόνια πριν από σήμερα), ο πλανήτης μας υπέστη τέσσερις συνεχόμενες εποχές παγετώνων. Στις περιόδους μέγιστης κάλυψης, το 31,5% της επι-



Σχήμα 1. Λίμνες διαφορετικών προελεύσεων.



Σχήμα 2. Μία από τις τρεις παγετωνικές λίμνες στην κορυφή της οροσειράς της Πίνδου στην Ελλάδα. Αυτές οι λίμνες είναι οι νοτιότερες παγετωνικές λίμνες στην Ευρώπη. Ονομάζονται Δρακόλιμνες και πάρα πολλοί μύθοι, με δράκους και θεούς, περιβάλουν αυτές τις ορεινές λίμνες.

Φωτο Α. Τριχάς

φανείας της Γης καλυπτόταν από παγετώνες. Η τελευταία περίοδος ευθύνεται σε ένα βαθμό για τη διαμόρφωση του τοπίου των βόρειων εύκρατων περιοχών. Ο παγετωνικός πάγος χάραξε και διάβρωσε τις επιφάνειες των σχετικά επίπεδων και παλιών πετρωμάτων προκαλώντας τη δημιουργία μικρών λεκανών και παρέσυρε τα υλικά χαλαρών πετρωμάτων. Όταν οι παγετώνες αποσύρθηκαν, οι πετρώδεις πυθμένες των λεκανών γέμισαν με νερό από την τήξη των πάγων και έτσι δημιουργήθηκε ένας μεγάλος αριθμός μικρών λιμνών. Οι λίμνες που δημιουργήθηκαν σε παγετωνικά βυθίσματα συναντώνται σε ορεινές περιοχές αρκετών ευρωπαϊκών περιοχών (Σχήμα 2).

1.2 Λίμνες τεκτονικής προέλευσης

Οι τεκτονικές λεκάνες είναι καθιζήσεις που δημιουργούνται από μετακινήσεις βαθύτερων στρωμάτων του φλοιού της Γης. Η πιο σημαντική ανάμεσα σε αυτές είναι η λεκάνη της λίμνης Βαϊκάλης στην ανατολική Σιβηρία, της βαθύτερης λίμνης στο κόσμο, που σχηματίστηκε κατά την πρώτη Τριτογενή περίοδο (περίπου ανάμεσα στα 65 και 1,8 εκατομμύρια χρόνια πριν από σήμερα). Τόσο η λίμνη Βαϊκάλη όσο και πολλές άλλες τεκτονικές

λίμνες, παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον γιατί φιλοξενούν μεγάλο αριθμό παλαιοενδημικών ειδών. Μετακινήσεις του φλοιού της Γης, που προκάλεσαν μέτρια ανύψωση του θαλάσσιου πυθμένα, έχουν απομονώσει και σχηματίσει αρκετές μεγάλες λεκάνες λιμνών. Ο αρχαίος θαλάσσιος πυθμένας της ανατολικής Ευρώπης, ανυψώθηκε και διαχωρίστηκε με το σχηματισμό μιας οροσειράς που απομόνωσε την Κασπία θάλασσα από τη μια μεριά και τη λίμνη της Αράλης από την άλλη.

1.3 1.3 Λίμνες από φυσικά φράγματα

Οι λίμνες αυτές σχηματίζονται σε κοιλάδες ποταμών πίσω από ένα φυσικό φράγμα που δημιουργείται από καθίζηση του εδάφους. Μεγάλες ποσότητες χαλαρού εδάφους, κατολισθαίνουν στην κοίτη της κοιλάδας, φράζουν τον ποταμό και δημιουργείται μια λίμνη. Αυτός ο τύπος λίμνης είναι συνήθως παροδικός, αφού υφίσταται μόνο για μερικές εβδομάδες ή μήνες. Η γρήγορη απομάκρυνση των υλικών του φράγματος, λόγω της έντονης ροής του ποταμού, δημιουργούν πολλές καταστροφικές πλημμύρες.

1.4 Ηφαιστειογενείς λίμνες

Τα καταστροφικά γεγονότα που συνδέονται με την ηφαιστειακή δραστηριότητα, μπορούν να δημιουργήσουν λεκάνες λιμνών με αρκετούς διαφορετικούς τρόπους. Οι λεκάνες που σχηματίζονται από την υποχώρηση της οροφής ενός θαλάμου με μάγμα που έχει σχεδόν αδειάσει, ονομάζονται καλντέρες. Η λίμνη Lagoa das Sete Cidades στις Αζόρες αποτελεί το πιο θεαματικό παράδειγμα τέτοιας λίμνης (Σχήμα 3).

1.5 Καρστικές λίμνες

Οι καρστικές λίμνες είναι πολύ συνηθισμένες στις ασβεστολιθικές περιοχές, συγκεκριμένα στις καρστικές περιοχές της Βαλκανικής χερσονήσου και στις Άλπεις της κεντρικής Ευρώπης. Οι καρστικές λεκάνες συνήθως είναι σχεδόν κυκλικές και κωνικές, αποκαλούμενες δολίνες, και σχηματίζονται καθώς ο ασβεστόλιθος διαβρώνεται βαθμιαία από το νερό της βροχής (Σχήμα 4). Συνήθως οι καταβυθίσεις που σχηματίζονται, είναι αρκετά βαθιές, εκτείνονται ως τον υπό-

γειο υδροφόρο ορίζοντα και περιέχουν μόνιμα νερό.

1.6 Παράπλευρες λίμνες

Πολλές λίμνες σχηματίζονται κατά μήκος των ποταμών όταν οι προσχώσεις που μεταφέρονται από τον ποταμό, εναποτίθενται ως στρώματα στις συμβολές των παραπόταμων. Με αυτόν τον τρόπο πλημμυρίζει η κοιλάδα του παραπόταμου και αυτό οδηγεί στο σχηματισμό μιας παράπλευρης λίμνης. Συχνά συναντάμε αυτό το είδος λιμνών στο ανώτερο μέρος των λεκανών απορροής.

Καθώς ο ποταμός κυλάει ως μαίανδρος κατά μήκος της πλημμυρικής πεδιάδας, ο μεγαλύτερος στροβιλισμός προκαλεί διάβρωση της κοίλης πλευράς της καμπής του ποταμού ενώ ενισχύεται η εναπόθεση στην κυρτή πλευρά όπου τα ρεύματα και ο στροβιλισμός είναι μειωμένα. Με την πάροδο του χρόνου, το κύριο ρεύμα του ποταμού χαράζει μια καινούργια, πιο ευθεία πορεία, αφήνοντας πλάι του την απομονωμένη καμπύλη, που αποτελεί και αυτή μια άλλη περίπτωση παράπλευρης λίμνης (Σχήμα 5).



Σχήμα 3. Η ηφαιστειογενής λίμνη Lagoa das Sete Cidades, Αζόρες, Πορτογαλία. φωτο P.Pinto

1.7 Λιμνοθάλασσες ή παράκτιες λίμνες

Οι θαλάσσιες παράκτιες λίμνες συνήθως δημιουργούνται από ένα φράγμα προσχώσεων κατά μήκος μιας παλιάς εκβολής. Η εκροή του ποταμού και τα παλιρροϊκά ρεύματα είναι αρκετά για να εμποδίσουν τον πλήρη διαχωρισμό της λίμνης από τη θάλασσα. Έτσι ανάλογα με την παλίρροια, η λίμνη μπορεί να έχει γλυκό, υφάλμυρο ή αλμυρό νερό.



Σχήμα 4. Η δολίνη του Κουρνά, Κρήτη, Ελλάς.
Φωτο Α. Τριχάς

2. Μορφολογία, φως και θερμοκρασία

Ο ήλιος με την ενέργειά του καθορίζει τα πρότυπα των ανέμων. Η ενέργεια των ανέμων δημιουργεί κύματα που οδηγούν στην ανάμιξη του νερού των λιμνών. Επίσης η φωτεινή ενέργεια που εισχωρεί στο υδάτινο περιβάλλον εξ' αιτίας της ηλιακής ακτινοβολίας, επηρεάζει τη θερμοκρασία του νερού και την κατανομή των οργανισμών. Τα φυσικά χαρακτηριστικά των λιμνών περιλαμβάνουν τη μορφολογία και την κατανομή του φωτός και της θερμότητας.

2.1 Μορφολογία των λιμνών

Το σχήμα της λεκάνης της λίμνης καθορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την προέλευσή της. Ο χρόνος υδραυλικής κατακράτησης, που ορίζεται ως ο χρόνος που απαιτείται ώστε όλο το νερό της λίμνης να περάσει από το σημείο της εκροής της, είναι μια σημαντική παράμετρος για τον προσδιορισμό της ποιότητας του νερού της λίμνης και την ανίχνευση της ρύπανσης.

2.2 Φως

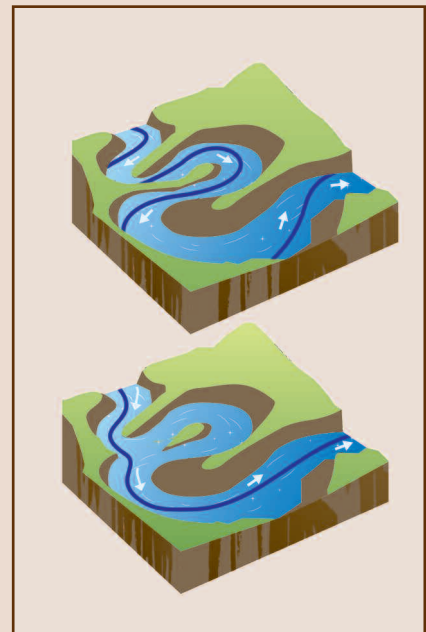
Τα υδρόβια φυτά, οι πρωτογενείς δηλαδή παραγωγοί, μπορούν να λειτουργήσουν μόνο στα επιφανειακά

στρώματα της λίμνης που διαπερνώνται από το ηλιακό φως. Η παραγωγικότητα της λίμνης συχνά εξαρτάται από αυτό το στρώμα.

Τα στοιχεία της δομής μιας λίμνης που επηρεάζονται από τη διάχυση του φωτός, είναι εκείνα που χρησιμοποιούνται πολύ συχνά για να περιγράψουν τις συνθήκες στην όχθη ή στον πυθμένα μιας λίμνης. Η πρωτογενής παραγωγή, στις μεγάλες βαθιές λίμνες, εξαρτάται άμεσα από τη διείσδυση του φωτός.

2.3 Θερμοκρασία και στρωματοποίηση

Το νερό στις λίμνες έχει μια χαρακτηριστική κάθετη θερμοκρασιακή δομή ανεξάρτητη του σχήματος της λεκάνης της λίμνης. Το ηλιακό φως διαπερνά τα επιφανειακά νερά και απορροφάται, μεταφέροντας θερμότητα και ζεσταίνοντας το νερό. Το καλοκαίρι το επιφανειακό στρώμα είναι πολύ πιο θερμό και λιγότερο πυκνό με περισσότερο κρύο και πυκνό νερό στα βαθύτερα στρώματα. Έτσι το νερό της λίμνης εμφανίζει μια στρωματοποίηση (βλ. κεφάλαιο 1).



Σχήμα 5. Σχηματισμός μιας παράπλευρης λίμνης.

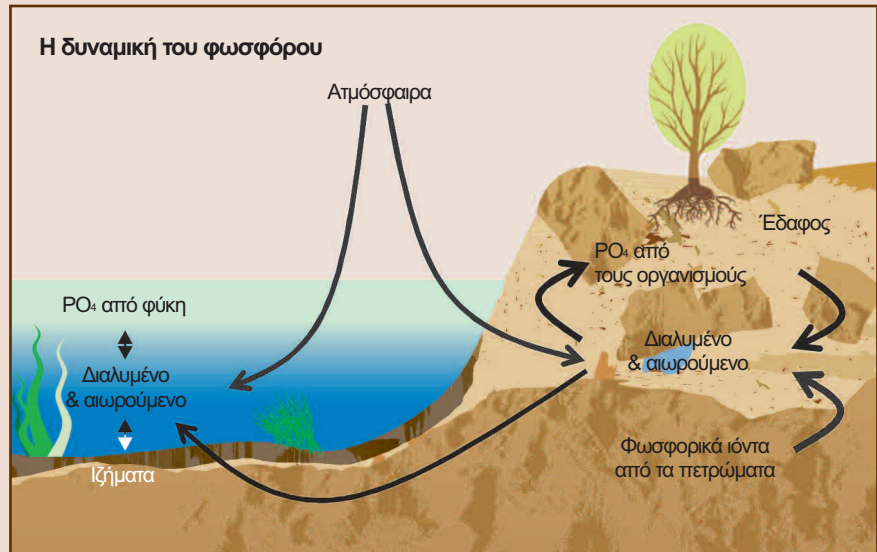
ρου, είναι τα ορθοφωσφορικά ιόντα (PO_4) (Σχήμα 7).

Τα υδρόβια φυτά που έχουν ρίζες, προσλαμβάνουν συχνά μεγάλες ποσότητες ορθοφωσφορικών ιόντων από το ίζημα απελευθερώνοντας κατόπιν φωσφορο στο νερό. Ο φωσφορος απορροφάται εύκολα από τα σωματίδια του εδάφους και δε μεταφέρεται εύκολα από τα επιφανειακά νερά. Υψηλές εισροές οργανικού και ανόργανου φωσφόρου (συνολικός φωσφορος) προέρχονται από τη διάβρωση απότομων πλαγιών που αποτελούνται από χαλαρά υλικά. Την άνοιξη και το καλοκαίρι, η μεγάλη ανάπτυξη των φυκών, δηλαδή η "άνθιση των φυκών" (πυκνότητα ενός είδους φύκους μεγαλύτερη από 2000 κύτταρα/ml νερού), καταναλώνει συνήθως τα ορθοφωσφορικά ιόντα της λίμνης και τα μειώνει σε αρκετά χαμηλά επίπεδα.

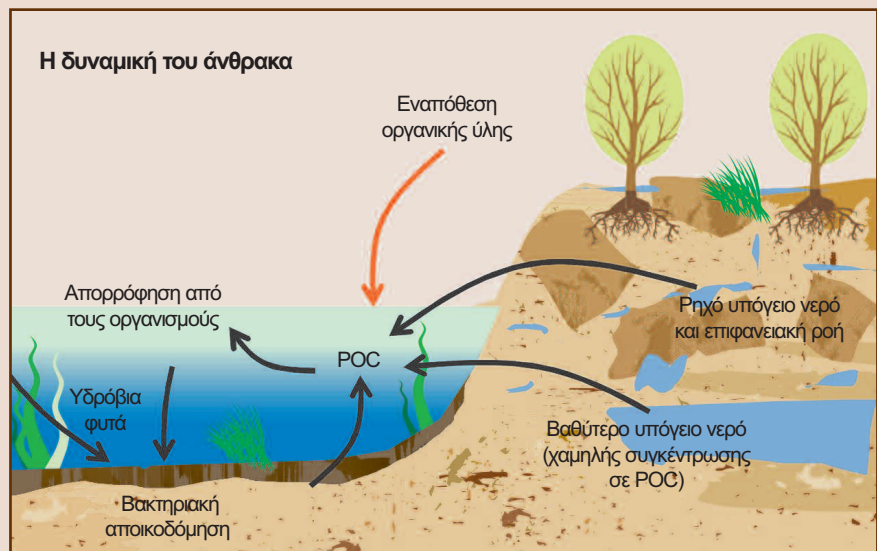
Τα αγροτικά, οικιακά και βιομηχανικά λύματα αποτελούν τις κύριες πηγές φωσφόρου και συχνά συνεισφέρουν στα υψηλά επίπεδα θρεπτικών ουσιών της λίμνης που καταλήγουν σε ευτροφισμό και "άνθιση των φυκών".

3.3 Κύκλος του άνθρακα και οργανικά υπολείμματα

Η προέλευση και η σύσταση της οργανικής ύλης είναι εξαιρετικά ποικίλα. Επιπλέον, στις περισσότερες λίμνες, το μεγαλύτερο μέρος του οργανικού άνθρακα προέρχεται από τη διάσπαση φυτικών υλών που εισέρχονται δια μέσου της επιφανειακής αποστράγγισης στις λίμνες. Αυτός ονομάζεται "αλλόχθων" άνθρακας, αφού εισάγεται στα λιμναία οικοσυστήματα από το γύρω χερσαίο περιβάλλον. Παράλληλα η λίμνη παράγει το δικό της άνθρακα από τις διασπάσεις της οργανικής ύλης. Αυτός θα μπορούσε να ονομαστεί "αυτόχθων" άνθρακας καθώς παράγεται μέσα στη λίμνη.



Σχήμα 7. Ο κύκλος του φωσφόρου. Φαίνονται τα κύρια μεταβολικά μονοπάτια και οι διαφορετικοί μικροβιότοποι.



Σχήμα 8. Τα κύρια μονοπάτια στον κύκλο του άνθρακα στις λίμνες. Το διάγραμμα δείχνει τη σημασία του "αλλόχθων" άνθρακα που προέρχεται από τη λεκάνη απορροής.

4. Οι λίμνες ως οικοσυστήματα

Στις λίμνες υπάρχει μια πολύ παραγωγική περιοχή ανάμεσα στην όχθη και στον κύριο υδάτινο όγκο της. Αυτές οι παρόχθιες περιοχές φιλοξενούν μεγάλη ποικιλία φυτών, από ριζωμένους θάμνους και λόχμες, ως ημιβυθισμένα και επιπλέοντα είδη. Οι σύνθετες αυτές παρόχθιες περιοχές είναι πολύ σημαντικές για τη ρύθμιση του μεταβολισμού της λίμνης. Επειδή οι περισσότερες λίμνες είναι μικρές και σχετικά ρηχές, οι όχθες καθορίζουν την παραγωγικότητά τους. Οι ενδιάμεσες περιοχές αποτελούν τα λιγότερο γνωστά μέρη του οικοσυστήματος των λιμνών και μπορούν να υποδιαιρεθούν σε αρκετές μικρότερες περιοχές σύμφωνα με τη λιμναία διαστρωμάτωση (Σχήμα 9).

4.1 Λιμναία διαστρωμάτωση

α) Παρόχθια ζώνη που εκτείνεται από την όχθη, πάνω από το σημείο που φτάνει το κύμα και τα σταγονίδια του νερού, μέχρι το βάθος που το φως είναι αρκετό για την ανάπτυξη των φυκών και των ριζωμένων φυτών (μακρόφυτα). Στον πυθμένα, μικρά

ζώα (κυρίως ασπόνδυλα) ζουν στο ίζημα.

β) Ευφωτική ζώνη που εκτείνεται από την επιφάνεια της λίμνης και κάθεται στην κολώνα του νερού, μέχρι το επίπεδο όπου το φως είναι το 1% εκείνου της επιφάνειας. Οι αντίστοιχες βιοκοινότητες είναι το πλαγκτόν και τα ψάρια.

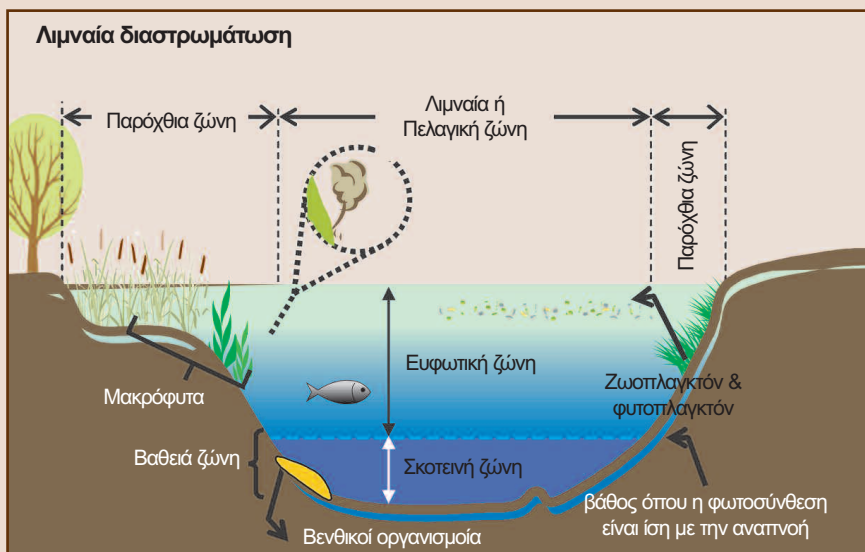
γ) Βαθεία ζώνη που εκτείνεται πέρα από την παρόχθια και την ευφωτική ζώνη, στο βάθος της λίμνης εκεί όπου τα επίπεδα έντασης του φωτός είναι πολύ χαμηλά και δεν επαρκούν για τη φωτοσύνθεση. Σε αυτήν τη ζώνη το οξυγόνο καταναλώνεται από βακτήρια υπεύθυνα για την αποικοδόμηση της οργανικής ύλης.

δ) Πελαγική ζώνη (ή "λιμναία ζώνη") που ονομάζεται το επιφανειακό στρώμα των νερών της λίμνης και η κολώνα του νερού που είναι μακριά από τις όχθες και δεν επηρεάζεται από αυτές.

Τα όρια μεταξύ των ζωνών μεταβάλλονται καθημερινά και εποχιακά ανάλογα με τις μεταβολές της έντασης του ηλιακού φωτός και τη διαφάνεια του νερού. Η διαφάνεια του νερού συνήθως μειώνεται κατά την "άνθιση των φυκών" (πυκνότητα φυκών μεγαλύτερη από 2000 κύτταρα / ml νερού) και μετά από πλημμύρες και έντονη διάβρωση των όχθων, διαταράξεις που επιτρέπουν την εισροή μεγάλων ποσοτήτων φερτών υλικών στα υδάτινα οικοσυστήματα.

4.2 Βιοκοινότητες

α) Το πλαγκτόν, είναι μικροσκοπικοί οργανισμοί που επιπλέουν στο νερό και μετακινούνται παθητικά από τον άνεμο ή τα ρεύματα. Αποτελείται από το φυτοπλαγκτόν - που αποτελεί τους πρωτογενείς παραγωγούς οργανικής ύλης στα υδάτινα οικοσυστήματα ενώ το διατροφικά εξαρτώμενο



Σχήμα 9. Οι τέσσερις κύριοι βιότοποι μιας λίμνης και οι σχετικές βιοκοινότητές τους σύμφωνα με το πρότυπο της λιμναίας διαστρωμάτωσης.

ΠΛΑΙΣΙΟ Ι. Η ΧΡΗΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΒΙΩΝ ΦΥΤΩΝ ΑΠΟ ΤΟΝ ΑΝΘΡΩΠΟ

Τα υδρόβια μακρόφυτα έχουν χρησιμοποιηθεί από τον άνθρωπο ανά τους αιώνες, παρέχοντας τροφή, φάρμακα αλλά και οικοδομικά υλικά. Οι αρχαίοι Αιγύπτιοι χρησιμοποιούσαν τα νούφαρα (*Nymphaea* spp.) για τροφή (Σχήμα 10). Ο έλληνας ιστορικός Ηρόδοτος, περιέγραψε αυτήν την πρακτική κατά τον πέμπτο αιώνα π.Χ. Τα νούφαρα αποξηραίνονταν και οι σπόροι τους συνθλίβονταν ή αλέθονταν για να χρησιμοποιηθούν για την παρασκευή ψωμιού.



Σχήμα 10. Νούφαρα (*Nymphaea alba*) από τη λίμνη Κερκίνη της βόρειας Ελλάδας.
Φωτο Α. Τριχάς

ζωικό μέρος συνιστά το ζωοπλαγκτόν. Επομένως το φυτοπλαγκτόν αποτελεί τη βάση των τροφικών πλεγμάτων στο υδάτινο περιβάλλον. Με τη σειρά του εξαρτάται από τη δραστηριότητα άλλων μικροβιακών οργανισμών, κυρίως των βακτηρίων, που μετατρέπουν την οργανική ύλη στα ανόργανα συστατικά που χρειάζονται τα φυτά. Ορισμένα μέλη του φυτοπλαγκτού κατατάσσονται στα φύκη.

β) Τα φύκη που μεγαλώνουν πάνω στον πυθμένα κύρια στην παρόχθια ζώνη και συνιστούν μαζί με άλλες κοινότητες, όπως μύκητες και βακτήρια, το περίφυτον.

γ) Τα μακρόφυτα που είναι υδρόβια φυτά. Κατατάσσονται στα υδρόβια εάν τα τμήματα του φυτού που εμπλέκονται στη φωτοσύνθεση είναι βυθισμένα ή επιπλέουν στην επιφάνεια του νερού είτε μόνιμα ή τουλάχιστον για αρκετούς μήνες το χρόνο. Τα περισσότερα είναι χερσαία φυτά που προσαρμόστηκαν στη ζωή στο νερό. Ο όρος μακρόφυτα αναφέρεται σε όλα τα φυτά που είναι αρκετά μεγάλα για να είναι ορατά με γυμνό μάτι - όχι μόνο δηλαδή τα ανθοφόρα φυτά αλλά και οι φτέρες, τα βρύα και φύκη.

δ) Τα βενθικά ασπόνδυλα ζουν στον πυθμένα των λιμνών. Είναι μεγαλύτερα από το κεφάλι μιας καρφίτσας (περίπου 5μ). Όπως και τα βακτήρια, αυτοί οι οργανισμοί είναι σημαντικοί για την επεξεργασία και την αποικοδόμηση της οργανικής ύλης σε μορφές κατάλληλες να θρέψουν άλλα υδρόβια ζώα.

ε) Τα ψάρια αποτελούν τους πιο γνωστούς κατοίκους και τους κύριους θηρευτές των συστημάτων των γλυκών νερών. Οι ψαρότοποι των γλυκών νερών είναι σημαντικοί για την εμπορική τους χρήση σε όλο τον κόσμο.

Ποτάμια (Τρεχούμενα νερά)

1. Κατάταξη των τρεχούμενων νερών

Τα τρεχούμενα νερά συναντώνται κάτω από πολύ διαφορετικές συνθήκες βλάστησης, τοπογραφίας και γεωλογίας. Ωστόσο συνδέονται μεταξύ τους εάν λάβουμε υπόψη μας τις επιδράσεις των βροχοπτώσεων και της εξάτμισης που επηρεάζουν τις λεκάνες απορροής τους. Η διαθεσιμότητα δηλαδή του νερού είναι μια σημαντική παράμετρος για την κατάταξη των τρεχούμενων νερών. Πάνω σ' αυτήν τη βάση οι ποταμοί μπορούν να κατηγοριοποιηθούν από τους λιγότερο προβλέψιμους και ελάχιστα σταθερούς, όσον αφορά την επιφανειακή ροή του νερού, όπως τα εφήμερα και τα επεισοδικά συστήματα, μέχρι τα πιο προβλέψιμα, εποχιακά, μόνιμα ή πολυετή συστήματα.

1.1 Εφήμεροι χείμαρροι

Εμφανίζουν επιφανειακή ροή μόνο μετά από αιφνίδιες βροχοπτώσεις και αποστραγγίσεις. Το επιφανειακό νερό εξατμίζεται μέσα σε μερικές μέρες. Αυτά τα ποτάμια υποστηρίζουν μόνο μακροσκοπική υδρόβια ζωή.

1.2 Επεισοδιακοί χείμαρροι

Ξεροί κατά το μεγαλύτερο μέρος του χρόνου με σπάνιες και ακανόνιστες υγρές φάσεις που μπορεί όμως να διαρκέσουν αρκετούς μήνες.

1.3 Διαλείποντες χείμαρροι

Εμφανίζουν εναλλασσόμενες υγρές και ξερές φάσεις αλλά με μικρότερη συχνότητα από τους εποχιακούς χείμαρρους.

1.4 Εποχιακοί χείμαρροι

Εμφανίζουν εναλλασσόμενες υγρές και ξερές φάσεις τακτικά και κάθε χρόνο, ανάλογα με την εποχή. Εμφανίζουν επιφανειακή ροή κατά την υγρή περίοδο του έτους και ξεραίνονται την ξηρή περίοδο. Τα επιφανειακά νερά παραμένουν επί μήνες, έτσι ώστε αρκετά μακροσκοπικά φυτά και ζώα να μπορούν να ολοκληρώσουν τις υδρόβιες φάσεις των κύκλων της ζωής τους.

1.5 Μόνιμοι ή πολυετείς ποταμοί

Εμφανίζουν μόνιμη επιφανειακή ροή αν και οι παροχές του νερού μπορεί και να διαφέρουν. Οι περισσότερες από τις βιοκοινότητές τους δε μπορούν να αντέξουν την ξηρασία.

ΠΛΑΙΣΙΟ Ι. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΤΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ

Η παροχή προσδιορίζεται με την υποδιαίρεση της κάθετης τομής της κοίτης του ποταμού σε τμήματα, στα οποία υπολογίζεται η επί μέρους παροχή. Το άθροισμα των επί μέρους παροχών μας δίνει τη συνολική παροχή του ποταμού.

Η παροχή σε κάθε επί μέρους τμήμα της κάθετης τομής της κοίτης του ποταμού, υπολογίζεται ως το γινόμενο της επιφάνειας (m^2) του τμήματος επί τη μέση ταχύτητα ροής του νερού ($v = m/s$).

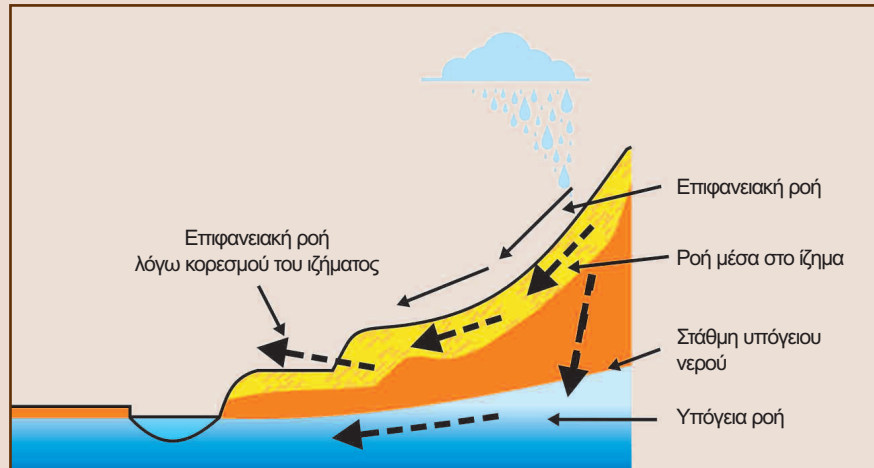
Η επιφάνεια της κάθετης τομής της κοίτης του ποταμού υπολογίζεται από πλάτος w επί το μέσο βάθος d . Έτσι η παροχή υπολογίζεται από τον τύπο $Q = w \cdot d \cdot v$ και μονάδες μέτρησής της είναι το m^3/s .

2. Φυσικές διεργασίες στα τρεχούμενα νερά

2.1 Η ροή και ο σχηματισμός της κοίτης του ποταμού

Κατάντη είναι η κατεύθυνση προς τη φορά της εκβολής και ανάντη προς τη φορά των πηγών. Το νερό κινείται κατάντη, από τις πηγές προς την εκβολή, ακολουθώντας διαφορετικές πορείες είτε επιφανειακές είτε υπόγειες (Σχήμα 1). Το κλίμα, η βλάστηση, η τοπογραφία, η γεωλογία, η χρήση της γης και τα χαρακτηριστικά του εδάφους, καθορίζουν τις παραπάνω πορείες και την ποσότητα της επιφανειακής και την υπόγειας απορροής.

Ως ροή εννοούμε την κατάντη κίνηση του νερού η οποία καθορίζει την έκταση της διάβρωσης της κοίτης του ποταμού, την έκταση της απόθεσης των φερτών υλικών, τη φύση των ιζημάτων καθώς και τις βιολογικές κοινότητες. Η ταχύτητα της ροής είναι σύνθετη εφόσον η κίνηση του νερού δεν είναι ομοιογενής καθ' όλο το μήκος της κοίτης. Αυτό οφείλεται στη διαφορετικού βαθμού τριβή που υφίσταται το νερό καθώς ρέει κατά μήκος της κοίτης. Η ταχύτητα μπορεί να μετρηθεί με τη χρήση μετρητών ροής ή πιο απλά με τη χρονομέτρηση της κίνησης ενός κινούμενου αντικειμένου σε μια δεδομένη απόσταση.



Σχήμα 1. Οι πιθανές πορείες του νερού στην κοίτη ενός ποταμού.

Παροχή είναι ο συνολικός όγκος του νερού που περνά από μια διατομή σε μια συγκεκριμένη χρονική στιγμή (ΠΛΑΙΣΙΟ Ι).

Οι ποσότητες των φερτών υλικών αυξάνονται με τη ροή. Η εναπόθεσή τους ευθύνεται για πολλούς σχηματισμούς στις κοίτες των ποταμών (Σχήμα 2) Στα ποτάμια για παράδειγμα που μεταφέρουν μεγάλα ποσά φερτών υλικών (προσχωσιγενή φορτία), παρατηρούμε το διαχωρισμό της κοίτης τους σε μικρότερα κανάλια που διαχωρίζονται μεταξύ τους από επιμήκεις προσχωσι-



Σχήμα 2. Πλάγια όψη μιας ζώνης από χαλίκια στη λεκάνη απορροής του ποταμού Guadiana στη νότια Πορτογαλία. Φωτο Μ. Morais



Σχήμα 3. Διαπλευρούμενη κοίτη σε ποτάμι στην Κρήτη, Ελλάδα. Φωτο Κ. Βορεάδου



Σχήμα 4. Ορμητικά νερά στη λεκάνη του ποταμού Guadiana στη νότια Πορτογαλία. Φωτο M.Morais



Σχήμα 5. Καταρράκτης στη λεκάνη του ποταμού Guadiana στη νότια Πορτογαλία. Φωτο M.Morais

γενείς ζώνες ή νησίδες (bars) οι οποίες δημιουργούνται από τη συσσώρευση ιζημάτων (Σχήμα 3).

Κατά τη διάρκεια του μεγαλύτερου μέρους του χρόνου, η ροή είναι πολύ μικρή για να αλλάξει την κοίτη ή να μετακινήσει πολύ ίζημα. Ωστόσο, οι πλημμύρες αλλάζουν σημαντικά τις κοίτες και μεταφέρουν πολλά φερτά υλικά. Διαφορετικοί τύποι στη ροή του νερού ενός ποταμού, όπως ορμητικά νερά (Σχήμα 4) και καταρράκτες (Σχήμα 5), συχνά οφείλονται στην παρουσία ιζημάτων με διαφορετικές σκληρότητες και μεγέθη σωματιδίων (χαλίκια, κροκάλες, άμμος κ. ά). Σε πολλά ρυάκια, κυρίως στα ορεινά, παρατηρούνται πολλοί και διαφορετικοί τύποι ροής, από ορμητικά και στροβιλώδη νερά, μικρούς καταρράκτες, νερά ενδιάμεσης ροής μέχρι και στάσιμα νερά (ΠΛΑΙΣΙΟ II).

2.2 Μαιανδρικοί ποταμοί

Οι διαδρομές που ακολουθούν τα ποτάμια συνήθως δεν είναι ευθείες γραμμές. Τα περισσότερα ακολουθούν ένα ελικοειδές μονοπάτι, περίπου μιάμιση φορά μεγαλύτερο από το αντίστοιχο ευθύ, αποτελούμενο από καμπύλες και στροφές που ονομάζεται μαιάνδρος. Μια απλή καμπή έχει μια καμπυλωτή εξωτερική όχθη όπου το ρεύμα είναι ταχύτερο και μια κυρτή εσωτερική όχθη όπου το βραδύτερα κινούμενο νερό εναποθέτει περισσότερες προσχώσεις.

ΠΛΑΙΣΙΟ II. ΚΥΡΙΟΙ ΤΥΠΟΙ ΡΟΗΣ

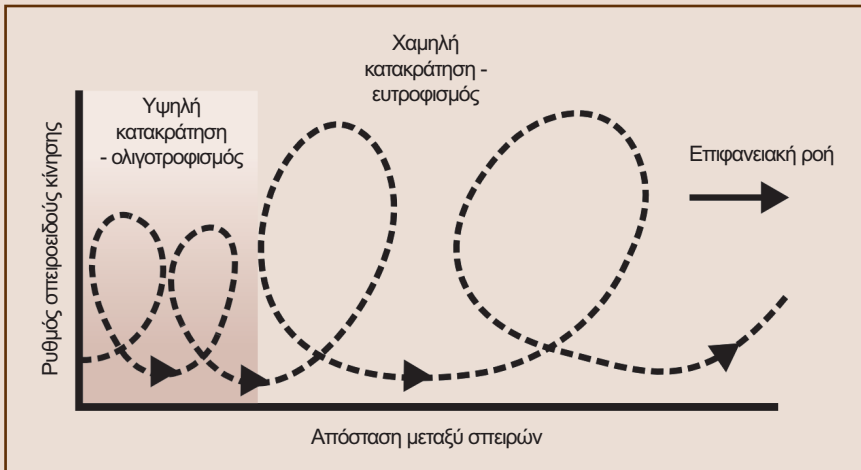
Ενδιαιτήματα ορμητικών νερών	Το νερό κινείται γρήγορα αν και παρουσιάζει μεγάλη ποικιλομορφία στην ταχύτητά του. Ο πυθμένας αποτελείται από μεγάλα χαλίκια και πέτρες, στους διάκενους χώρους των οποίων, διατηρείται μια ποικιλία θώκων με σταθερές αβιοτικές συνθήκες. Η γρήγορη ροή του νερού μεταφέρει αρκετή τροφή και παράλληλα διασφαλίζει την καλή οξυγόνωση αυτών των ενδιαιτημάτων. Για τους λόγους αυτούς χαρακτηρίζονται από υψηλά επίπεδα βιοποικιλότητας.
Ενδιαιτήματα ρεόντων νερών	Αναπτύσσονται σε θέσεις με μεγαλύτερο βάθος και αργά κινούμενα νερά. Στον πυθμένα όπου η ροή είναι μικρότερη, συναντούμε μικρά σωματίδια, όπως άμμο και μικρά χαλίκια, που δημιουργούν ένα σχετικά ομοιόμορφο ενδιαίτημα. Αυτός ο τύπος ενδιαιτηματος δεν υποστηρίζει την ίδια ποικιλία ζωτικών χώρων όπως στα ορμητικά νερά. Τα μεταπλημμυρικά φαινόμενα και η αυξημένη ροή της άνοιξης μεταφέρουν την άμμο, τα χαλίκια και τους οργανισμούς που ζουν εκεί, κατάντη. Η τροφή που έχει κι αυτή μεταφερθεί στην κολώνα του νερού, αποτίθεται στο βυθό. Επειδή τα ρέοντα ύδατα δεν είναι τόσο σταθερά και δεν παρέχουν ποικιλία θώκων (όπως κατάλληλες επιφάνειες για τη συγκράτηση των οργανισμών, ικανοποιητική ταχύτητα ροής, πηγές τροφής και ζωτικούς χώρους) όπως τα ορμητικά νερά, υποστηρίζουν μικρότερη ποικιλία ασπόνδυλων οργανισμών.
Στάσιμα νερά	Είναι περιοχές με μικρό βάθος όπου τα νερά κινούνται αργά. Ο βυθός είναι ομοιόμορφος και αποτελείται από μικρά σωματίδια όπως άμμο και λάσπη. Αυτά τα υλικά στον πυθμένα παρέχουν περιορισμένους ζωτικούς χώρους για τα ασπόνδυλα ζώα. Όταν τα νερά στην κοίτη αποσύρονται, η άμμος, η λάσπη αλλά και οι οργανισμοί που ζουν εκεί, παρασύρονται κι αυτοί κατάντη και επανέρχονται όταν τα νερά καλύψουν ξανά τις όχθες. Τα ενδιαιτήματα των στάσιμων νερών αποτελούν πολύτιμα καταφύγια για τα ψάρια καθώς το νερό στο βυθό είναι δροσερό ενώ η βλάστηση στις όχθες, τους παρέχει προστασία από τους θηρευτές. Η τροφή είναι περιορισμένη και αποτελείται από υλικά που εναποτίθενται στο βυθό του ποταμού ή είναι διαλυμένα στη στήλη του νερού. Στα στάσιμα νερά με μεγαλύτερο βάθος, δεν αναπτύσσονται πολλά φυτά καθώς το φως δεν επαρκεί οπότε η διαθέσιμη τροφή είναι περιορισμένη. Τα στάσιμα νερά υποστηρίζουν μια αρκετά περιορισμένη ποικιλία οργανισμών σε σύγκριση με τα ορμητικά.

3. Η δυναμική των θρεπτικών υλικών και της οργανικής ύλης

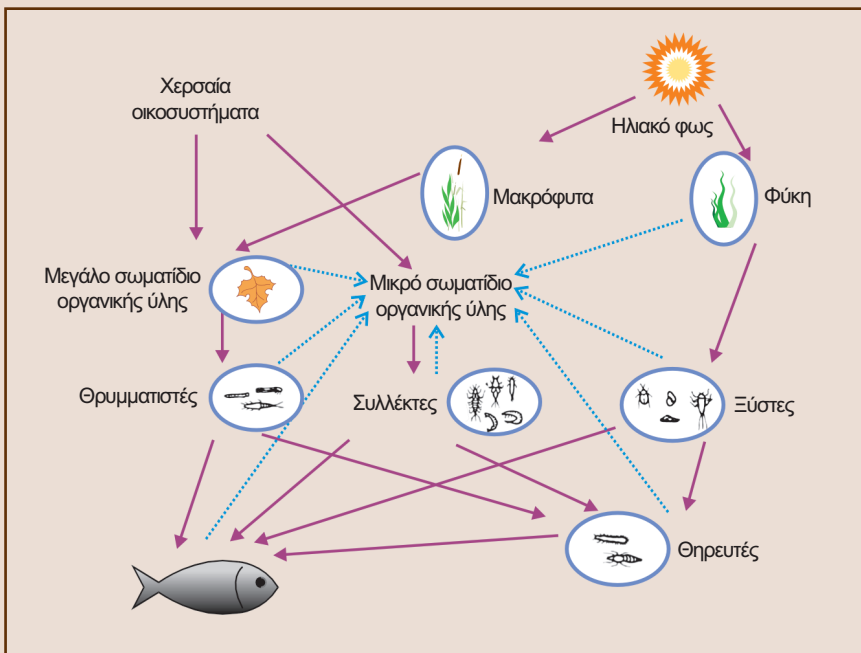
3.1 Σπειροειδής κίνηση των θρεπτικών συστατικών

Τα θρεπτικά συστατικά, καθώς μεταφέρονται από τις πηγές στην εκβολή, ακολουθούν μια σπειροειδή πορεία. Η πορεία αυτή είναι αποτέλεσμα της επιρροής της κίνησης του νερού (Σχήμα 6). Η απόσταση μεταξύ των σπειρών και η διάμετρός τους, αντιστοιχούν στην κατακράτηση των θρεπτικών στον πυθμένα. Αυτή η κατακράτηση επηρεά-

ζεται από διάφορες παραμέτρους όπως τη συγκέντρωση των θρεπτικών, την ταχύτητα ροής του νερού καθώς και την υπάρχουσα βιολογική δραστηριότητα στο ποτάμι δηλαδή από την παρουσία οργανισμών στο σώμα των οποίων αποθηκεύονται και απελευθερώνονται μετά το θάνατό τους, τα θρεπτικά.



Σχήμα 6. Σπειροειδής κίνηση των θρεπτικών συστατικών σε τρεχούμενα νερά. Οι πυκνές σπείρες υποδεικνύουν υψηλή κατακράτηση όπως αυτή που παρατηρείται σε ολιγοτροφικές συνθήκες ή σε ορεινούς χείμαρρους με ορμητικά νερά. Αραιές σπείρες με μεγαλύτερες διαμέτρους αναπαριστούν χαμηλή κατακράτηση, χαρακτηριστικό ευτροφικών συστημάτων με περίσσεια θρεπτικών συστατικών.



Σχήμα 7. Απλοποιημένο μοντέλο του οικοσυστήματος ενός ποταμού που δείχνει τα κύρια βιολογικά συστατικά, τις πηγές ενέργειας και τις διαδρομές των υλικών. Η σημασία των επιμέρους διαδρομών του μοντέλου διαφοροποιείται τόσο μεταξύ των ποταμών όσο και μεταξύ διαφορετικών περιοχών του ίδιου ποταμού. Τα μεγάλα μπλε βέλη αντιστοιχούν στην επιρροή του χερσαίου περιβάλλοντος και αντιπροσωπεύουν την άμεση ροή ενέργειας στο τροφικό πλέγμα. Οι διακεκομμένες καφέ γραμμές δείχνουν τις διαφορετικές διαδρομές σχηματισμού της μικροσωματιδιακής οργανικής ύλης.

3.2 Η ροή της ενέργειας στα τρεχούμενα νερά

Οι κύριες πηγές ενέργειας στα υδάτινα οικοσυστήματα είναι η οργανική ύλη που παράγεται από τη φωτοσύνθεση των υδρόβιων φυτικών οργανισμών (αυτόχθων ύλη) και αυτή που εισέρχεται μέσα στο νερό από το εξωτερικό χερσαίο περιβάλλον (αλλόχθων ύλη).

Όταν για παράδειγμα ένα φύλλο, που αποτελεί ένα μεγάλο σωματίδιο αλλόχθονης οργανικής ύλης (CPOM-Course Particulate Organic Matter), πέσει μέσα στο ποτάμι, μεταφέρεται σε κάποια απόσταση μέχρι να βυθιστεί και να παγιδευτεί. Μέσα σε μερικές μέρες, το φύλλο μπορεί να εποικιστεί από μικροβιακούς πληθυσμούς για την αποικοδόμησή του και από διάφορα φύκη, παρέχοντας τροφή για τα μικρά υδρόβια ζώα που διαθέτουν ξύστρο - βοσκητές (scrapers) όπως τα σαλιγκάρια (ΠΛΑΙΣΙΟ III). Άλλοι υδρόβιοι οργανισμοί όπως οι θρυμματιστές (shredders) θα κομματιάσουν τα υπολείμματα του φύλλου για να τα συλλέξουν ή να τα διηθήσουν οι συλλέκτες (collectors), που τρέφονται με διήθηση (φιλτράρισμα) είτε με συλλογή. Έτσι η μεγαλοσωματιδιακή οργανική ύλη μετατρέπεται σε μικροσωματιδιακή (FPOM-Fine Particulate Organic Matter). Στη συνέχεια η FPOM σιγά σιγά διαλύεται και δημιουργείται η διαλυμένη οργανική ύλη (DOM-Dissolved Organic Matter) (Σχήμα 7).

Ταυτόχρονα, ανάλογα με την κάλυψη της όχθης, την εποχή και τη ζώνη του ποταμού (κοντά στις πηγές, στη μέση της διαδρομής ή κοντά στην εκβολή) εξελίσσεται και η φωτοσύνθεση μέσα στο ποτάμι με αποτέλεσμα την παραγωγή αυτόχθονης οργανικής ύλης. Τα υδρόβια φυτά τεμαχίζονται κι αυτά από τους θρυμματιστές και συλλέγονται στη συνέχεια από τους συλλέκτες.

ΠΛΑΙΣΙΟ ΙΙΙ. ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΕΣ ΔΙΑΤΡΟΦΙΚΕΣ ΟΜΑΔΕΣ ΑΣΠΟΝΔΥΛΩΝ ΖΩΩΝ

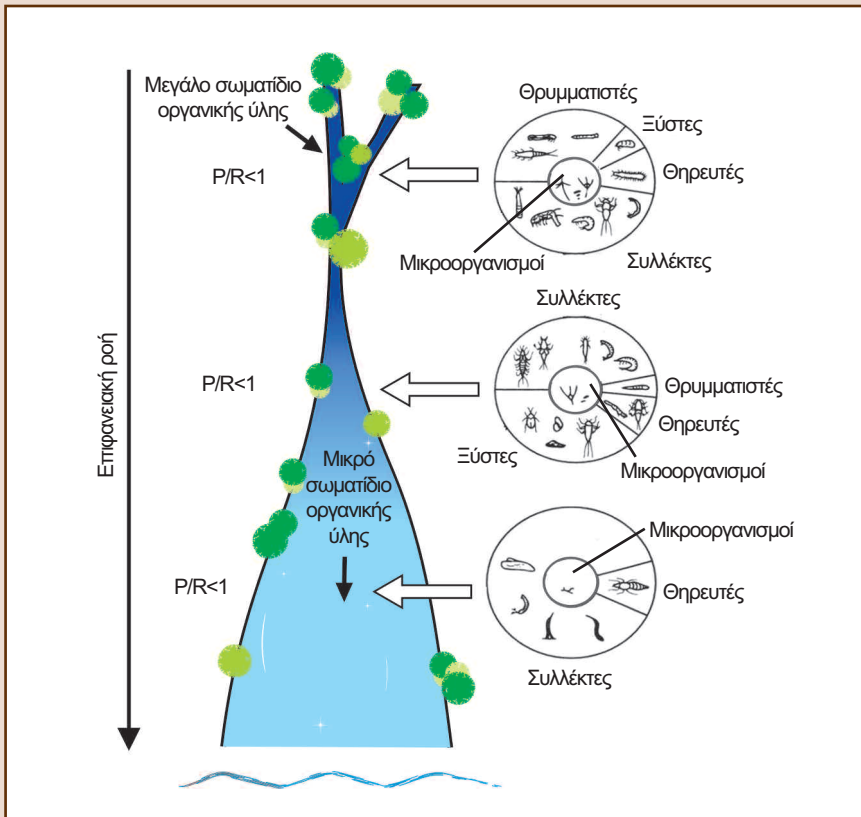
CPOM-Course Particulate Organic Matter: μεγάλο σωματίδιο οργανικής ύλης
FPM-Fine Particulate Organic Matter: μικρό σωματίδιο οργανικής ύλης

Διατροφική ομάδα	Προέλευση τροφής	Τρόπος διατροφής	Παραδείγματα
Θρυμματιστές	Πεσμένα φύλλα, υδρόβια φυτά	Άλεσμα	Τριχόπτερα και μερικά καρκινοειδή
Θρυμματιστές - βοσκητές	Ξύλο, συνήθως σάπιο	Άλεσμα	Τριχόπτερα, μερικά σκαθάρια και δίπτερα έντομα
Συλλέκτες που διηθούν	Αιωρούμενη μικροσωματιδιακή ύλη	Εξειδικευμένα στοματικά όργανα για διήθηση, δίκτυ συλλογής & εκκρίματα	Τριχόπτερα, και δίπτερα έντομα
Συλλέκτες που συλλέγουν	Μικροσωματιδιακή ύλη που κατακάθεται στον πυθμένα	Εξειδικευμένα στοματικά όργανα για συλλογή των μικροβιακών πληθυσμών. Βύθιση στο μαλακό υπόστρωμα.	Πολλά εφημερόπτερα, τριχόπτερα, πλεχόπτερα και δίπτερα έντομα, δακτυλιοσκόληκες και μερικά καρκινοειδή
Θρυμματιστές - βοσκητές	Μικροβιακοί πληθυσμοί, φύκη	Ξύσιμο με ξύστρα και άλλα εξειδικευμένα στοματικά όργανα	Κάποια εφημερόπτερα, σκαθάρια και τριχόπτερα έντομα και σαλιγκάρια
Θηρευτές	Ζωικά θηράματα	Δάγκωμα και τσίμπημα	Οδοντόγναθα, τριχόπτερα, δίπτερα, σκαθάρια και ημίπτερα έντομα και δακτυλιοσκόληκες

4. Το Πρότυπο της Συνέχειας του Ποταμού: ένα μοντέλο για την εξήγηση της κατανομής των υδρόβιων ειδών

Το Πρότυπο της Συνέχειας του Ποταμού (ΠΣΠ) είναι ένα τολμηρό εγχείρημα δημιουργίας ενός και μόνο μοντέλου για την περιγραφή του οικοσυστήματος των ποταμών από την πηγή ως την εκβολή. Κατά μήκος της διαδρομής του, η κοίτη του ποταμού συνεχώς διευρύνεται. Και τούτο διότι, συγκεντρώνει το νερό όλο και περισσότερων παραπόταμων και αποστραγγίζει μια ολοένα αυξανόμενη λεκάνη απορροής (Σχήμα 8). Παράλληλα συμβαίνουν και πολλές βιολογικές αλλαγές κατά μήκος της διαδρομής του.

Η αρχική σύλληψη του Πρότυπου της Συνέχειας του Ποταμού (ΠΣΠ) έγινε σε ένα ποτάμι της εύκρατης ζώνης που διαπερνούσε ένα δάσος. Σύμφωνα με το μοντέλο, στη ζώνη του ποταμού που βρίσκεται κοντά στην πηγή, η κοίτη είναι στενή και καλυμμένη κατά το μεγαλύτερο μέρος από δέντρα, με αποτέλεσμα το φως που φθάνει στον πυθμένα να μην επαρκεί για αυξημένη φωτοσυνθετική δραστηριότητα. Στο υπόστρωμα κυριαρχούν οι μεγάλες πέτρες ενώ η κλίση και η ταχύτητα ροής είναι μεγάλες. Το οικο-



Σχήμα 8. Σχέση ανάμεσα στο μέγεθος του ποταμού, τις ενεργειακές πηγές και τις λειτουργίες του οικοσυστήματος όπως προδιαγράφονται από το Πρότυπο της Συνέχειας του Ποταμού (Vannote et al., 1980).

σύστημα του ποταμού κοντά στις πηγές είναι κύρια ετεροτροφικό καθώς η κάλυψη από τα δέντρα τροφοδοτεί τη μικρή κοίτη του ποταμού με μεγάλες ποσότητες κομματιών ξύλου, κλαδιών και φύλλων. Οι παραποτάμιες εισροές είναι λίγες και η έκπλυση των γύρω εδαφών μικρή οπότε τα θρεπτικά συστατικά είναι περιορισμένα και δεν επαρκούν για να υποστηρίξουν την ανάπτυξη φυκών και υδρόβιων μακρόφυτων.

Στη ζώνη αυτή οι θρυμματιστές εμφανίζουν τη μεγαλύτερη αφθονία τους σε σχέση με τις άλλες ποτάμιες ζώνες. Τεμαχίζουν τα μεγάλα σωματίδια οργανικής ύλης-CPOM) (κομμάτια ξύλου, κλαδιά και φύλλα), έτσι ώστε να είναι διαθέσιμα για τους συλλέκτες που είναι πολυπληθέστεροι κατάντη. Οι βοσκητές είναι λιγοστοί λόγω της απουσίας φυκών.

Όσο προχωρούμε κατάντη διευρύνεται η κοίτη του ποταμού, η σκίαση και

οι εισροές μεγαλοσωματιδιακής οργανικής ύλης από το γύρω χερσαίο περιβάλλον μειώνονται και επαρκές ηλιακό φως φτάνει στον πυθμένα του ποταμού. Οι συλλέκτες εμφανίζουν περίπου την ίδια αφθονία όσο και ανάντη, αν και ανήκουν σε διαφορετικά είδη. Η σημαντικότερη αλλαγή είναι η αναστροφή ανάμεσα στους θρυμματιστές και τους βοσκητές. Η μεγαλοσωματιδιακή οργανική ύλη είναι τώρα λιγότερη ενώ τα φύκη αφθονούν, οπότε οι θρυμματιστές γίνονται πολύ λιγότεροι και οι βοσκητές γίνονται τόσοι όσο και οι συλλέκτες. Τα μεγάλα υδρόβια φυτά, μακρόφυτα, αυξάνουν παράλληλα με την αύξηση του μεγέθους του ποταμού, ιδιαίτερα στους ποταμούς των πεδινών περιοχών όπου η μειωμένη κλίση και τα λεπτότερα ιζήματα στον πυθμένα, δημιουργούν κατάλληλες συνθήκες για την ανάπτυξή τους.

Όσο προχωρούμε προς την εκβολή του ποταμού οι χερσαίες εισροές οργανικού υλικού ελαχιστοποιούνται. Η στήλη του νερού περιέχει ήδη μεγάλες ποσότητες διαλυμένης οργανικής ύλης από την πλεονάζουσα παραγωγή της μέσης ζώνης του ποταμού. Αυτό το διαλυμένο υλικό περιορίζει τη διαπερατότητα του φωτός. Στη ζώνη αυτή μεγάλο ποσοστό κατέχουν οι συλλέκτες (που διηθούν και συλλέγουν). Οι θρυμματιστές και οι βοσκητές απουσιάζουν. Όσον αφορά τους θηρευτές η αφθονία τους παραμένει σχετικά σταθερή καθ' όλο το μήκος του συνεχούς του ποταμού.

Αυτό το μοντέλο της συνέχειας του ποταμού περιγράφει τη φυσική και ιδανική αλληλουχία των διεργασιών. Ωστόσο, οι ανθρώπινες διαταραχές όπως π.χ. τα φράγματα ή η ρύπανση, διακόπτουν αυτές τις συνθήκες με λιγότερο ή περισσότερο γνωστές επιπτώσεις.

5. Η διαστρωμάτωση των ψαριών

Τα ενδιαιτήματα του ποταμού έχουν επηρεάσει και τη βιοκοινότητα των ψαριών τα οποία έχουν προσαρμοστεί στις συγκεκριμένες συνθήκες. Για παράδειγμα τα ισχυρά θωρακικά πτερύγια και οι επίπεδες κατατομές επιτρέπουν σε αρκετά ψάρια να επιβιώνουν με άνεση σε ποταμούς με γρήγορη ροή και ορμητικά νερά. Άλλα έχουν αναπτύξει εξειδικευμένα στόματα για να αξιοποιούν τις πηγές τροφής στα μαλακά υποστρώματα των στάσιμων και τρεχούμενων νερών. Οι προσαρμογές που παρατηρούνται στα ψάρια οδήγησαν στην αξιοποίησή τους στον καθορισμό των ζωνών στα ποτάμια. Οι ζώνες αυτές δεν είναι ακριβείς αλλά αποτελούν μια ένδειξη για τα διαφορετικά ενδιαιτήματα κατά μήκος της διαδρομής των ποταμών. Έτσι στους περισσότερους μεγάλους ποταμούς της Ευρώπης υπάρχουν οι ζώνες της "πέστροφας", του "θύμαλλου", του "κυπρίνου" και του "σπάρου" οι οποίες ορίζονται παρακάτω.

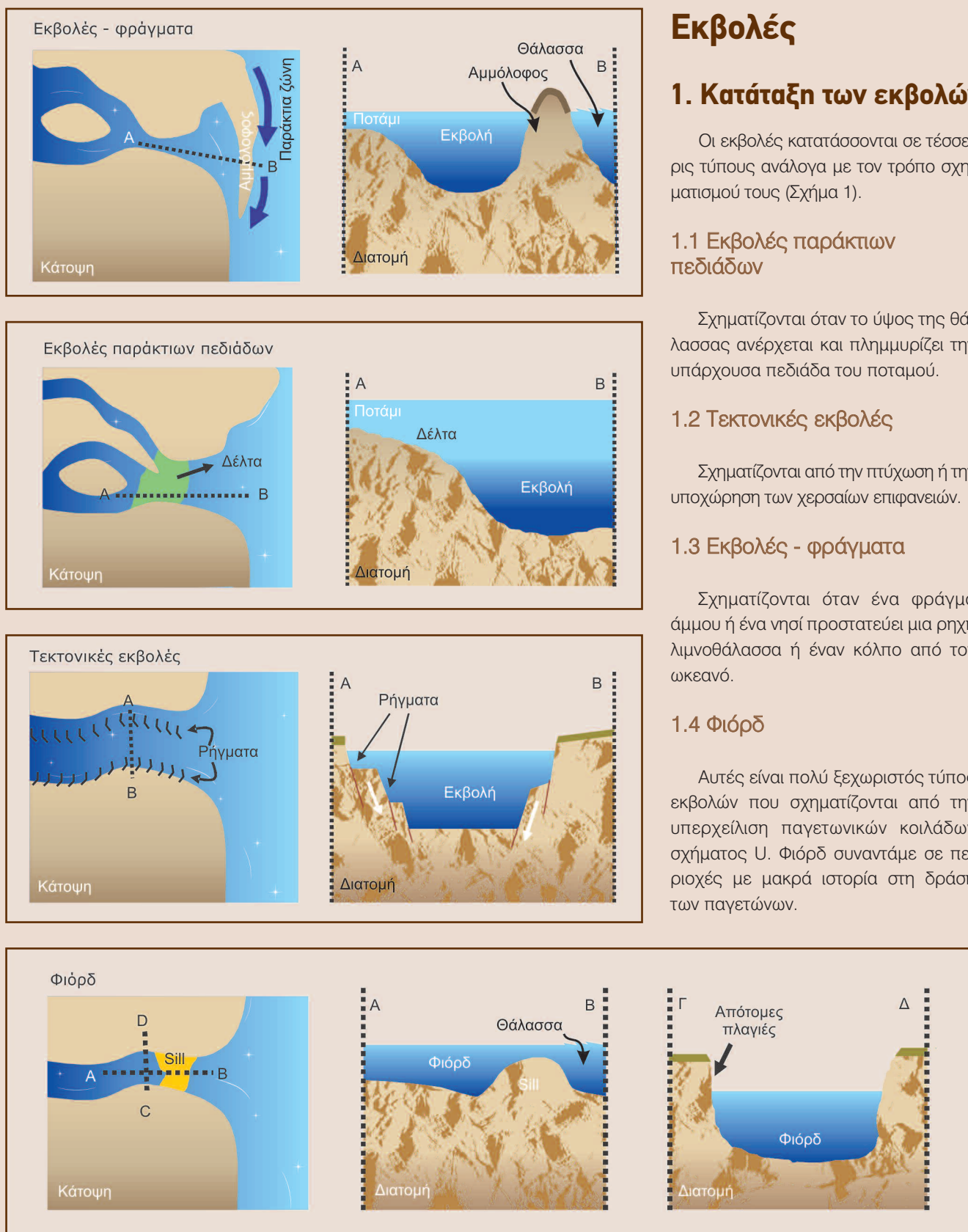
Ζώνη Πέστροφας - Αυτή η ζώνη χαρακτηρίζεται από μεγάλη κλίση, μεγάλη ταχύτητα ροής του νερού και χαμηλές θερμοκρασίες. Η μεγάλη ταχύτητα του νερού δημιουργεί τυρβώδη ροή που συντελεί στην καλή οξυγόνωση του νερού. Τα ψάρια αυτής της περιοχής προσκολλούνται τα αυγά τους στο υπόστρωμα έτσι ώστε να μην παρασύρονται κατόπιν. Χαρακτηριστικά είδη ψαριών είναι: η πέστροφα (*Salmo trutta*), ο σολομός (*Salmo salar*) και ο βίνος (*Barbatula barbatula*).

Ζώνη Θύμαλλου - Τα υδρολογικά χαρακτηριστικά αυτής της ζώνης μοιάζουν με αυτά της Πέστροφας παρόλο που η θερμοκρασία είναι λίγο υψηλότερη. Τα ψάρια αυτής της περιοχής προσκολλούνται κι αυτά τα αυγά τους στο υπόστρωμα. Τα χαρακτηριστικά είδη ψαριών αυτής της ζώνης περιλαμβάνουν όλα τα προηγούμενα και επιπλέον: το θύμαλλο (*Thymallus thymallus*), το φοξίνο ή κοκκινόγαστρο (*Phoxinus phoxinus*),

τον καβεδάνο (*Leuciscus cephalus*) και τον κέφαλο (*Leuciscus leuciscus*).

Ζώνη Κυπρίνου - Αυτή η ζώνη παρόλο που αναπτύσσεται ουσιαστικά στα πεδινά, διατηρεί μερικά χαρακτηριστικά των ζωνών των ορεινών περιοχών. Παρουσιάζει μια μέτρια κλίση και ενδιάμεσες ταχύτητες ροής και θερμοκρασίας. Παρουσιάζει επίσης επαρκή περιεκτικότητα οξυγόνου και υπόστρωμα αποτελούμενο από λάσπη και χαλίκια στο οποίο μπορούν να ριζώσουν φυτά. Τα περισσότερα ψάρια που συναντούμε σ' αυτήν την περιοχή αποθέτουν τα αυγά τους ανάμεσα στην υδρόβια βλάστηση στον πυθμένα του ποταμού. Έτσι εξασφαλίζουν την προστασία και την οξυγόνωση από τα φυτά. Τα χαρακτηριστικά είδη ψαριών αυτής της ζώνης περιλαμβάνουν όλα τα είδη των προηγούμενων ζωνών και επιπλέον: τον κυπρίνο (*Barbus barbus*), το τσιρόνι (*Rutilus rutilus*), την κοκκινόφτερα (*Scardinius erythrophthalmus*), την πέρκα (*Perca fluviatilis*), την τούρνα (*Esox lucius*) και το χέλι (*Anguilla anguilla*).

Ζώνη Σπάρου - Αυτή είναι η πραγματική πεδινή ζώνη του ποταμού, η οποία έχει πολύ μικρή κλίση και αργά κινούμενα νερά ενώ η θερμοκρασία είναι πολύ πιο ασταθής από ότι στις άλλες ζώνες. Το υπόστρωμα είναι λεπτόκοκκο και το νερό συχνά θολό. Τα ψάρια αυτής της ζώνης εναποθέτουν τα αυγά τους και τα κολλούν πάνω στα υδρόβια φυτά. Τα περισσότερα είδη ψαριών των ορεινών περιοχών δεν επιβιώνουν σε αυτήν τη ζώνη. Τα χαρακτηριστικά είδη που συναντούμε είναι μερικά μόνο είδη από τη ζώνη του Κυπρίνου και επιπλέον ο σπάρος (*Abramis brama*), το γλίνι ή χρυσόψαρο (*Tinca tinca*), το κυπρίνι (*Cyprinus carpio*) κ. ά.



Σχήμα 1. Εκβολές διαφορετικών προελεύσεων. Αριστερά είναι οι κατόψεις τους και δεξιά οι τομές τους.

Εκβολές

1. Κατάταξη των εκβολών

Οι εκβολές κατατάσσονται σε τέσσερις τύπους ανάλογα με τον τρόπο σχηματισμού τους (Σχήμα 1).

1.1 Εκβολές παράκτιων πεδιάδων

Σχηματίζονται όταν το ύψος της θάλασσας ανέρχεται και πλημμυρίζει την υπάρχουσα πεδιάδα του ποταμού.

1.2 Τεκτονικές εκβολές

Σχηματίζονται από την πτύχωση ή την υποχώρηση των χερσαίων επιφανειών.

1.3 Εκβολές - φράγματα

Σχηματίζονται όταν ένα φράγμα άμμου ή ένα νησί προστατεύει μια ρηχή λιμνοθάλασσα ή έναν κόλπο από τον ωκεανό.

1.4 Φιόρδ

Αυτές είναι πολύ ξεχωριστός τύπος εκβολών που σχηματίζονται από την υπερχειλίση παγετωνικών κοιλάδων σχήματος U. Φιόρδ συναντάμε σε περιοχές με μακρά ιστορία στη δράση των παγετώνων.

2. Μεσοπαλιρροϊκά ενδιαιτήματα

Τα μεσοπαλιρροϊκά ενδιαιτήματα είναι οι υγρότοποι που βρίσκονται ανάμεσα στις γραμμές της υψηλής και της χαμηλής στάθμης της παλίρροιας στις εκβολές ή τις παράκτιες ζώνες. Τα είδη που ζουν σε αυτά τα ενδιαιτήματα είναι προσαρμοσμένα στις διακυμάνσεις των περιβαλλοντικών συνθηκών, όπως η διακύμανση στην αλατότητα. Μερικά από αυτά τα μεσοπαλιρροϊκά ενδιαιτήματα είναι πολύ παραγωγικά και αντιπροσωπεύουν σημαντικά ενδιαιτήματα άγριας ζωής. Οι λασπότοποι, οι αλμυροί βάλτοι και τα μαγκρόβια έλη είναι σημαντικά μεσοπαλιρροϊκά ενδιαιτήματα.

2.1 Λασπότοποι

Οι λασπότοποι είναι πολύ χαρακτηριστικά ενδιαιτήματα των περισσότερων εκβολών. Σχηματίζονται από την εναπόθεση προσχώσεων από το ποτάμι και από τη θάλασσα. Οι λασπότοποι είναι πολύ παραγωγικά ενδιαιτήματα και οι οργανισμοί που ζουν εκεί συμπληρώνουν ένα πλήρες τροφικό πλέγμα.

2.2 Αλμυροί βάλτοι

Οι αλμυροί βάλτοι συναντώνται σε ήρεμα ρηχά νερά, όπου τα αιωρούμενα σωματίδια μπορούν να κατακαθίσουν και να συσσωρευτούν (Σχήμα 2). Οι αλμυροί βάλτοι είναι σχετικά επίπεδες, παράκτιες περιοχές μέσα στο οικοσύστημα των εκβολών που πλημμυρίζουν με τη θαλάσσια παλίρροια. Κατατάσσονται στις πιο παραγωγικές περιοχές του κόσμου και παράγουν τόσο πολύ οργανική ύλη, που τροφοδοτούν ακόμη και τα βαθιά νερά των ωκεανών. Οι αλμυροί βάλτοι αν και φαίνεται ότι καλύπτονται από χορτάρι στην πραγματικότητα στα επιφανειακά τους εδάφη αναπτύσσονται αρκετά στρώματα από φύκη. Οστρακόδερμα, σαλιγκάρια, έντομα, πτηνά, ερπετά και θηλαστικά αποτελούν τους συνήθεις κατοίκους. Οι αλμυ-



Σχήμα 2. Αλμυρόβαλτος, κατά τη χαμηλή παλίρροια, στην εκβολή του ποταμού Μίρα, Πορτογαλία. Παρατηρείται η ανάπτυξη πυκνής πούδους βλάστησης πάνω στη λάσπη, που διασχίζεται από μικρά μαιανδρικά κανάλια. Φωτο P.Pinto

ροί βάλτοι είναι σημαντικοί τόποι εποχιακής στάθμευσης για τα αποδημητικά πτηνά. Κάθε άνοιξη και φθινόπωρο, χιλιάδες πάπιες και χήνες βρίσκουν σε αυτούς καταφύγιο κατά τη διάρκεια των μακρινών ταξιδιών τους.

2.3 Μαγκρόβια έλη

Τα μαγκρόβια έλη παίρνουν τη θέση των αλμυρών βάλτων κοντά στον Ισημερινό, παρέχοντας πολλές ίδιες λειτουργίες (Σχήμα 3). Αν και δεν είναι τόσο παραγωγικά οικοσυστήματα όσο οι αλμυρόβαλτοι, οι πυκνές και εκτεταμένες ρίζες των μαγκρόβιων δέντρων αποτελούν καταφύγια για τα ψάρια, θηλαστικά, ερπετά και έντομα. Τα πουλιά φωλιάζουν ή κουρνιάζουν στα πυκνά φυλλώματά τους και βρίσκουν την τροφή τους στα ρηχά νερά του έλους. Τα μαγκρόβια έλη συμβάλλουν στην προστασία της ακτογραμμής από τη διάβρωση.



Σχήμα 3. Μαγκρόβια έλη, κατά τη χαμηλή παλίρροια, στην εκβολή του ποταμού Γκάμπια, δυτική Αφρική. Παρατηρείται η ανάπτυξη μεγάλων συστάδων θάμνων πάνω στη λάσπη. Τα μικρά πορτοκαλί σημεία είναι καβούρια που κατοικούν στα μαγκρόβια έλη. Φωτο P.Pinto

3. Κύρια χαρακτηριστικά μιας εκβολής

3.1 Σχηματισμός δέλτα

Η ανάμιξη του γλυκού και θαλασσινού νερού στις εκβολές είναι μια σύνθετη και πολύπλοκη διαδικασία που επηρεάζεται από τη γεωλογία και την τοπογραφία της περιοχής καθώς και από τη ροή του γλυκού νερού. Δέλτα σχηματίζονται σε εκβολές όπου το φορτίο του ιζήματος που μεταφέρεται από το ποτάμι είναι τόσο μεγάλο που οι προσχώσεις κοντά στην έξοδο του ποταμού αναπτύσσονται και προς την πλευρά της θάλασσας. Τα ιζήματα των δέλτα περιλαμβάνουν αντί για άμμο μικρότερα σωματίδια όπως άργιλο και λάσπη. Τα συμπλέγματα των καναλιών που σχηματίζονται στα δέλτα παρέχουν εκτεταμένα προστατευμένα ρηχά ενδιαιτήματα που υποστηρίζουν μια πυκνή βλάστηση.

3.2 Κυκλοφορία του νερού

Η κυκλοφορία του νερού κοντά στην εκβολή επηρεάζεται από τις διαφορές στην πυκνότητα ανάμεσα στο γλυκό και το αλμυρό νερό, τις διαφορές στη θερμοκρασία των νερών, τις διαφορές στις παλιρροϊκές δυνάμεις, την κυκλοφορία εξ αιτίας του ανέμου και τις επιδράσεις του γήινου πεδίου βαρύτητας.

Το λιγότερο πυκνό ή θερμότερο νερό τείνει να παραμένει στα επιφανειακά στρώματα ενώ το πυκνότερο και ψυχρότερο νερό, καταλαμβάνει το βαθύτερο στρώμα. Έτσι η στήλη του νερού είναι στρωματοποιημένη. Ωστόσο, οι άνεμοι και οι παλίρροιες μπορούν να ανακατέψουν τη στήλη του νερού, προκαλώντας κάθετη ανταλλαγή ανάμεσα στην επιφάνεια και τα βαθύτερα στρώματα (Σχήμα 4).

Η ροή μερικών μεγάλων ποταμών είναι τόσο μεγάλη ώστε ένα σφηνοειδές στρώμα από αλμυρό νερό, που αποκαλείται "αλμυρή σφήνα", προωθείται στο εσωτερικό της εκβολής και κατά μήκος του πυθμένα του ποταμού. Αυτή η σφήνα από αλμυρό νερό μπορεί να διεισδύσει αρκετά χιλιόμετρα μέσα στην έξοδο του ποταμού.

Οι εκβολές και τα παράκτια νερά περιέχουν διάφορους συνδυασμούς γλυκού και αλμυρού νερού που δημιουργούν εξειδικευμένες οικολογικές συνθήκες για τους οργανισμούς.

3.3 Βιολογικά στοιχεία

Οι εκβολές κατατάσσονται ανάμεσα στα πιο παραγωγικά από βιολογική άποψη οικοσυστήματα του πλανήτη. Δεκάδες χιλιάδες πτηνών, θηλαστικών, ψαριών και ασπονδύλων βασίζονται στα ενδιαιτήματα των εκβολών για να βρουν καταφύγιο, να τραφούν και να αναπαραχθούν. Οι εκβολές παρέχουν ιδανικά σημεία για ξεκούραση και αναφοδιασμό στα αποδημητικά πτηνά. Πολλά είδη ψαριών και μαλακίων χρησιμοποιούν τα προστατευμένα νερά των εκβολών ως καταφύγια για την εναπόθεση των αυγών τους.

3.3.1 Φυτά

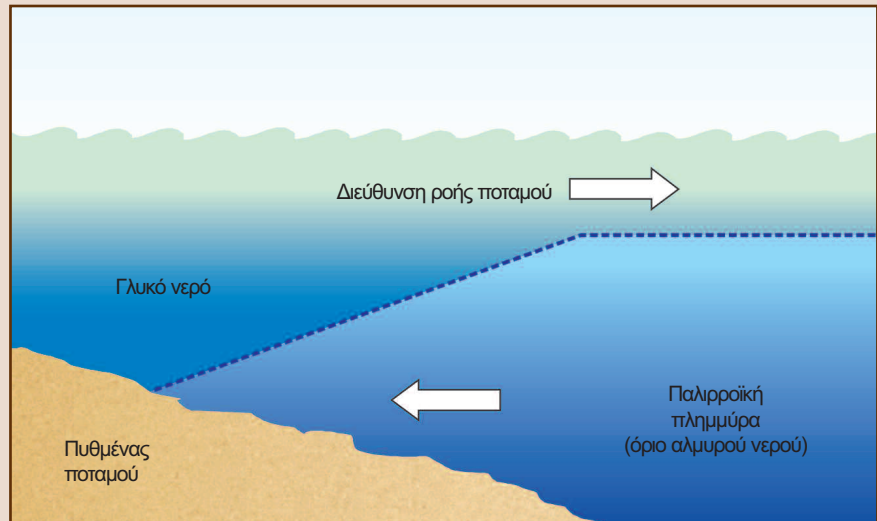
Μόνο συγκεκριμένοι τύποι φυτών μπορούν να αντέξουν τις ιδιαίτερες συνθήκες που χαρακτηρίζουν τις εκβολές και καθένα από αυτά τα φυτά καταλαμβάνει ένα ειδικευμένο οικολογικό θώκο. Μερικά φυτά μπορούν να αντέξουν υψηλά επίπεδα αλατότητας, αποβάλλοντας το αλάτι που προσλαμβάνουν μέσα από ειδικούς πόρους στην επιφάνεια των φύλλων τους, όπως τα χόρτα του γένους *Spartina* και *Distichlis*.

ενώ άλλα ανέχονται μόνο το γλυκό νερό.

Ένας δεύτερος παράγοντας που επηρεάζει την ανάπτυξη των φυτών σε μια εκβολή είναι η ένταση της πλημμύρας. Όσο περισσότερο χρόνο και σε μεγαλύτερο βάθος πλημμυρίζει μια περιοχή τόσο λιγότερο οξυγόνο παραμένει διαθέσιμο στο έδαφος. Έτσι τα φυτά που μεγαλώνουν σε αυτές τις περιοχές είναι προσαρμοσμένα στην έλλειψη οξυγόνου. Στα εύκρατα κλίματα κυριαρχεί το αγγειόσπερμο *Zostera marina*, σταθεροποιώντας τις παράκτιες προσχώσεις. Το θαλάσσιο γρασίδι μπορεί επίσης να συλλεχθεί και να χρησιμοποιηθεί ως λίπασμα για τα αμμώδη εδάφη. Αυτή ήταν μια σημαντική δραστηριότητα στο Ria de Aveiro, της Πορτογαλίας.

3.3.2 Ζώα

Οι εκβολές αποτελούν βασικά ενδιαίτηματα για συγκεκριμένα ζώα σε συγκεκριμένα στάδια της ζωής τους. Μόνο λίγοι οργανισμοί μπορούν να επιβιώσουν σε αυτό το περιβάλλον για όλη τη ζωή τους. Θα πρέπει να έχουν προσαρμοστεί σε συνεχείς αλλαγές στην αλατότητα, στα επίπεδα οξυγόνου και στη θερμοκρασία. Έτσι τα περισσότερα ζώα είναι περαστικά και τις επισκέπτονται μόνο για να τραφούν ή να αναπαραχθούν. Όσον αφορά τους θηρευτές η επιβίωσή τους εξαρτάται από τους πληθυσμούς των ψαριών και των πουλιών που χρησιμοποιούν αυτά τα παράκτια οικοσυστήματα για να περάσουν κάποια στάδια του κύκλου ζωής τους. Μια ποικιλία από ασπόνδυλα, όπως δίθυρα, πεταλίδες, σαλιγκάρια, αμφίποδα, σκουλήκια κ.ά. ζουν στις εκβολές και τρέφονται με τα υπολείμματα οργανικής και ανόργανης ύλης ενώ ταυτόχρονα γίνονται λεία σε μια ποικιλία ψαριών και πουλιών.



Σχήμα 4. Η ανάμιξη των νερών σε μια εκβολή. Παρατηρούμε το σχηματισμό ζωνών πυκνότητας. Το αλμυρό νερό, ως πυκνότερο, διεισδύει στο εσωτερικό της εκβολής κοντά στον πυθμένα. Το γλυκό νερό, που είναι λιγότερο πυκνό, παραμένει στο ανώτερο στρώμα της στήλης του νερού.

Στις εκβολές μπορούμε να βρούμε διάφορα είδη πουλιών όπως την λασποσκαλίδρα (*Calidris alpina*), την αβοκέτα (*Recurvirostra avosetta*), το αργυροπούλι (*Pluvialis squatarola*), τον αμμοσφυριχτή (*Charadrius hiaticula*), το θαλασσοσφυριχτή (*Charadrius alexandrinus*) και τον καλαμοκανά (*Himantopus himantopus*). Ακόμα μπορεί κάποιος να βρει δελφίνια, ερωδιούς, κύκνους, φλαμίνγκος, ποταμοπούλια, πάπιες και βίδρες. Όλα αυτά, είναι ένα δείγμα της ποικιλότητας της ζωής στις εκβολές.

4. Ροή θρεπτικών συστατικών στις εκβολές

Οι εκβολές αποτελούν μια φυσική και βιολογική "παγίδα" θρεπτικών και ένα αυτό εμπλουτιζόμενο υδάτινο σύστημα. Και τούτο διότι παρατηρείται σε αυτές κατακράτηση και γρήγορη ανακύκλωση των θρεπτικών, σχηματισμός οργανικών συσσωματωμάτων και υπολειμμάτων και γρήγορη απελευθέρωση θρεπτικών από τις ρίζες των φυτών και από τα ιζήματα μέσω της μικροβιακής δραστηριότητας.

Η στεριά με τη διάβρωση και την αποσάθρωσή της τροφοδοτεί τις εκβολές

με ποσότητες στοιχείων που στη συνέχεια εισέρχονται στη θάλασσα. Η αποικοδόμηση των οργανικών ουσιών στα γλυκά νερά τροφοδοτεί επίσης τους θαλάσσιους φυτικούς οργανισμούς με θρεπτικά όπως για παράδειγμα με άζωτο. Παράλληλα κι άλλες πηγές όπως οι κατακρημνίσεις και οι ανθρωπίνες δραστηριότητες συμβάλλουν κι αυτές στην τροφοδοσία της θάλασσας με άζωτο.

5. Οι εκβολές και η σημασία τους

Τα ενδιαφέροντα των εκβολών εκτός από το ότι είναι σημαντικά για την επιβίωση της άγριας ζωής, έχουν και άλλες πολύτιμες λειτουργίες. Τα νερά που εκπλύνονται από τις λεκάνες απορροής μεταφέρουν φερτά υλικά, θρεπτικά στοιχεία και ρύπους. Καθώς το νερό ρέει δια μέσου των γλυκών και αλμυρών βάλτων μεγάλο μέρος των θρεπτικών και των ρύπων φιλτράρονται ή κατακρατούνται. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα το νερό να γίνεται πιο καθαρό και διαυγές έτσι ώστε να είναι ωφέλιμο για την υδροβία ζωή. Τα φυτά και τα εδάφη των υγροτόπων λειτουργούν ως ένα φυσικό φράγμα ανάμεσα στην ξηρά και τη θάλασσα προστατεύοντας τα γύρω εδάφη και τους οργανισμούς από τα νερά των πλημμύρων και από τα κύματα των καταιγίδων. Παράλληλα τα φυτά των αλμυρών βάλτων και τα άλλα φυτά των εκβολών συμβάλλουν στην πρόληψη της διάβρωσης και τη σταθεροποίηση της ακτογραμμής.

Οι εκβολές αποτελούν ενδιάμεσες ζώνες ανάμεσα στη στεριά και τη θάλασσα. Για το λόγο αυτό είναι ανεκτίμητα ζωντανά εργαστήρια για τους επιστήμονες παρέχοντας παράλληλα μαθήματα βιολογίας, γεωλογίας, χημείας, φυσικής, ιστορίας και κοινωνιολογίας. Ακόμη είναι πολύτιμοι χώροι αναψυχής και ανάπαυσης.

Δεν πρέπει τέλος να παραβλέψουμε τα άμεσα και έμμεσα οικονομικά οφέλη από τις εκβολές. Ο τουρισμός, τα ιχθυοτροφεία και πολλές άλλες εμπορικές δραστηριότητες ευδοκιμούν εξ αιτίας του πλούτου των φυσικών πόρων που παρέχουν οι εκβολές. Επιπλέον τα προστατευμένα παράκτια νερά των εκβολών υποστηρίζουν σημαντικές υποδομές που είναι ζωτικοί για την ναυτιλία, τις μεταφορές και τη βιομηχανία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ ΤΩΝ ΓΛΥΚΩΝ ΝΕΡΩΝ

Barbara Bis

Καθ. Βιολογίας, Τμ. Λιμνολογίας και Οικολογίας Ασπονδύλων, Ινστιτούτο Οικολογίας και Περιβαλλοντικής Προστασίας, Πανεπιστήμιο Łódź, Πολωνία

1. Η νέα Ευρωπαϊκή πολιτική βασισμένη στην Οδηγία Πλαίσιο για το Νερό (Ο.Π.Ν.).

Η κρίσιμη υποβάθμιση της βιοποικιλότητας και της ποιότητας του νερού σε παγκόσμιο επίπεδο επιβεβαίωσε τη θλιβερή πραγματικότητα πως η έγκυρη διαχείριση των νερών απαιτεί αποτελεσματικά εργαλεία και μεθοδολογία διαχείρισης για να μπορέσει να ελέγξει τη μεταφορά των ρύπων από τις υποβαθμισμένες περιοχές στα οικοσυστήματα των γλυκών νερών.

Το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και το Ευρωπαϊκό Συμβούλιο ενέκριναν το Σεπτέμβριο του 2000, την 2000/60/EC Οδηγία Πλαίσιο για το Νερό (Ο.Π.Ν.). Πρόκειται για ένα νέο κανονισμό για τις δραστηριότητες της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο πεδίο της πολιτικής για το νερό, που ετέθη σε ισχύ την 22^η Δεκεμβρίου 2000 ως μέρος της συνολικής αναδόμησης της πολιτικής της Ευρωπαϊκής Ένωσης για το νερό.

Σήμερα η Ο.Π.Ν. είναι το πιο αποτελεσματικό νομικό εργαλείο σε επίπεδο ΕΕ για την προστασία του νερού (π.χ. Jungwirth et al. 2000; Butterworth et al., 2001; Statzner et al., 2001; Bis, 2002; Bis & Usseglio-Polatera, 2004; Furse et al., 2006) και η εφαρμογή της σε πανευρωπαϊκή κλίμακα αποτελεί μια τε-

ράστια πρόκληση για τη διαχείριση των υδάτινων οικοσυστημάτων της Ευρώπης (Σχήμα 1).

Ένας από τους κύριους στόχους της Ο.Π.Ν. είναι η δημιουργία ενός πλαισίου για την προστασία όλων των τύπων υδάτων στην Ευρώπη: των εσωτερικών επιφανειακών νερών, των μεταβατικών (δηλαδή των γλυκών νερών που αναμιγνύονται με τα νερά της θάλασσας), των παράκτιων και των υπόγειων.

Στις μέρες μας οι περιβαλλοντικές πολιτικές εφαρμόζονται όλο και περισσότερο σε μεγάλες βιογεωγραφικές περιοχές (οικοπεριοχές ή λεκάνες απορροής). Παράλληλα, οι πρόσφατες επιστημονικές αντιπαραθέσεις γύρω από την αειφόρο διαχείριση των υδάτων οδήγησε στον επαναπροσδιορισμό σημαντικών περιβαλλοντικών στόχων έτσι ώστε να ενισχυθεί και να προστατευτεί η βιοποικιλότητα και η οικολογική ακεραιότητα των υδάτινων οικοσυστημάτων στην Ευρώπη.

Με αυτόν τον τρόπο προωθείται η εκ νέου οργάνωση όλων των συστημάτων παρακολούθησης των υδάτων στα Ευρωπαϊκά κράτη με σκοπό όχι μόνο την απλή καταγραφή της ρύπανσης αλλά

το συνολικό έλεγχο της καλής οικολογικής κατάστασης του υδάτινου περιβάλλοντος και την ενσωμάτωση παραμέτρων όπως η ποιότητα, η ποσότητα και η καλή φυσική κατάσταση των οικοσυστημάτων με τη χρήση οικολογικών δεικτών. Ανάμεσα στους κύριους δείκτες για την κατάσταση των υδάτινων συστημάτων θα είναι από εδώ και πέρα και η υγεία των υδρόβιων φυτών και ζώων.

Συνεπώς η Οδηγία Πλαίσιο για το Νερό έχει ως κύριους στόχους:

- Τη συγκράτηση της υποβάθμισης των υδάτινων συστημάτων.
- Τη διατήρηση της "υψηλής ποιότητας" (συνθήκες αναφοράς) τουλάχιστον σε εκείνα τα υδάτινα οικοσυστήματα όπου ήδη υπάρχει.
- Την επίτευξη της "καλής κατάστασης" σε όλους τους τύπους υδάτων (εσωτερικών επιφανειακών νερών, μεταβατικών, παράκτιων και υπόγειων) της Ευρώπης μέχρι το 2015.

Επιπλέον οι δευτερεύοντες στόχοι της Οδηγίας Πλαισίου για το Νερό είναι η:

- Ενίσχυση της προστασίας όχι μόνο των υδάτινων οικοσυστημάτων αλλά και των χερσαίων οικοσυστημάτων που εξαρτώνται άμεσα από αυτά.
- Προώθηση της μακροχρόνιας προστασίας των διαθέσιμων υδάτινων πόρων στη βάση της αειφόρου χρήσης του νερού.
- Καθιέρωση ενός μητρώου "προστατευόμενων περιοχών" (στις οποίες θα προστατεύονται και οι βιότοποι αλλά και οι οργανισμοί).
- Παροχή ενισχυμένης προστασίας και αναβάθμισης του υδάτινου περιβάλλοντος με τη μείωση των εκπομπών και διαρροών συγκεκριμένων (επικίνδυνων) ουσιών.
- Παροχή ικανοποιητικής ποσότητας και καλής ποιότητας επιφανειακού και υπόγειου νερού ύδρευσης και άρδευσης για αειφόρο, ισορροπημένη και σωστή χρήση.



Σχήμα 1. Η πολιτική των νερών της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) (επάνω αριστερά ο λογότυπος της εφαρμογής της ΕΕ - Ο.Π.Ν. στα κράτη μέλη της ΕΕ. Οι 27 χώρες της ΕΕ προσδιορίζονται με το μπλε χρώμα).

Αυτή η προσέγγιση της Ο.Π.Ν. από την ΕΕ είναι η βασική φιλοσοφία που διέπει σήμερα και την ανάπτυξη της περιβαλλοντικής πολιτικής αλλά και τον καθορισμό όλων των υποστηρικτικών πολιτικών, κοινωνικο-οικονομικών και οικολογικών στόχων για την ενίσχυση του υδάτινου τομέα.

2. Προσδιορισμός των υδάτινων συστημάτων σύμφωνα με την Οδηγία Πλαίσιο για το Νερό

Όλα τα υδάτινα συστήματα στην Ευρώπη συμπεριλαμβανομένων

- των εσωτερικών υδάτων (επιφανειακών και υπόγειων) και
- των μεταβατικών και παράκτιων υδάτων

πρέπει από εδώ και πέρα να εξετάζονται και να μελετώνται μέσα στα ευρύτερα όρια των λεκανών απορροής τους οι οποίες είναι οι βασικές μονάδες διαχείρισης (WFD CIS 2, 2003; WFD CIS 10, 2003).

Συνεπώς, κάθε διαχειριστικό μέτρο και απόφαση που λαμβάνεται από τις περιφερειακές εθνικές αρχές που ασχολούνται με το νερό, οφείλει να συνυπολογίσει τις πιθανές επιπτώσεις στην ευρύτερη κλίμακα της λεκάνης απορροής των ποταμών, ιδιαίτερα στην περίπτωση διασυνοριακών υδάτινων συστημάτων (αυτών δηλαδή που εκτείνονται και ρέουν ανάμεσα σε περισσότερες από μία χώρες).

3. Κατηγορίες επιφανειακών νερών

Η Ο.Π.Ν. εισάγει τρεις διαφορετικές κύριες κατηγορίες επιφανειακών υδάτινων συστημάτων:

- ✓ Φυσικά συστήματα επιφανειακών νερών
- ✓ Ποταμοί
- ✓ Λίμνες
- ✓ Μεταβατικά νερά
- ✓ Παράκτια νερά

- Ιδιαίτεως τροποποιημένα επιφανειακά υδάτινα συστήματα (που έχουν υποστεί έντονες τροποποιήσεις από ανθρώπινες δραστηριότητες).

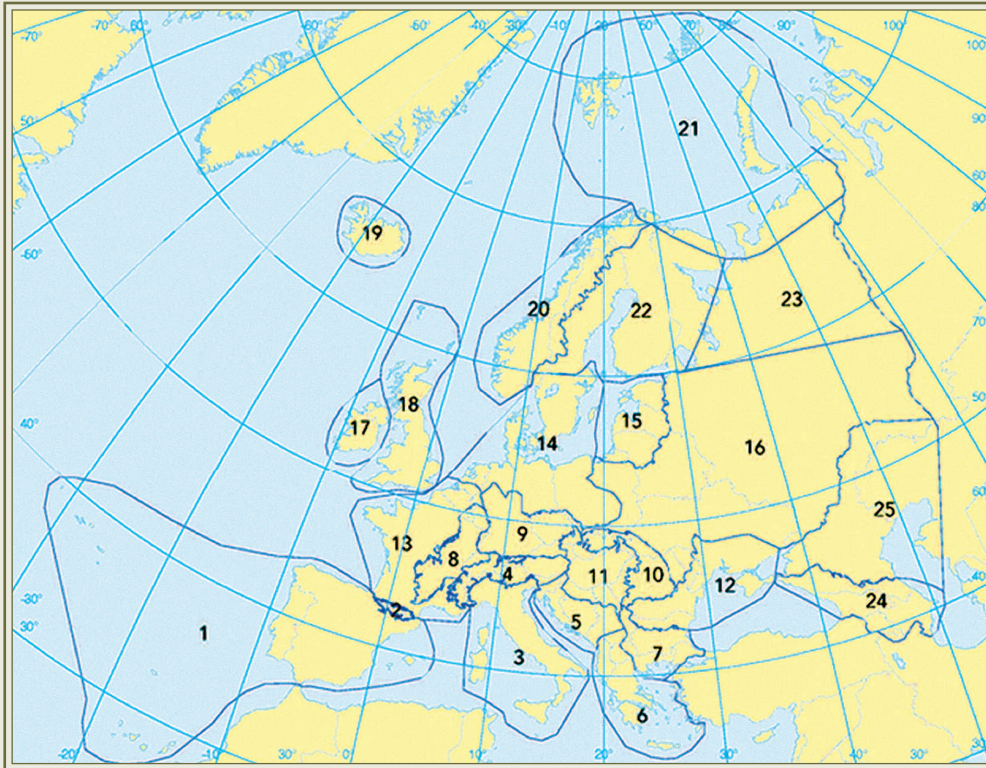
- Τεχνητά επιφανειακά υδάτινα συστήματα.

Οι παραπάνω υποδιαιρέσεις των συστημάτων των επιφανειακών νερών και ο διαχωρισμός τους σε ιδιαίτερες τροποποιημένα και τεχνητά νερά, έγινε για την καλύτερη και αποτελεσματικότερη διαχείρισή τους καθώς η ποιότητα αυτών των νερών θα πρέπει να βελτιωθεί αισθητά.

Είναι επίσης σημαντικό, για τους παραπάνω στόχους, να καταγράψουμε τους κύριους ρύπους και τα φορτία τους, τις ποικίλες χρήσεις του νερού και τις τοπικές προστατευόμενες περιοχές (π.χ. περιοχές Natura 2000).



Φώτο R. Jaskula



**Διάκριση του Ευρωπαϊκού
χώρου σε οικοπεριοχές:**

- 1 Ιβηρική - Ibero Macaronesian
- 2 Πυρηναία
- 3 Ιταλία, Κορσική και Μάλτα,
- 4 Άλπεις
- 5 Δειναρικά Δυτικά Βαλκάνια
- 6 Ελληνικά Δυτικά Βαλκάνια
- 7 Ανατολικά Βαλκάνια
- 8 Δυτικά Υψίπεδα
- 9 Κεντρικά Υψίπεδα
- 10 Καρπάθια
- 11 Πεδινή Ουγγαρία
- 12 Επαρχία του Πόντου
- 13 Δυτικές πεδιάδες
- 14 Κεντρικές πεδιάδες
- 15 Επαρχία της Βαλτικής
- 16 ανατολικές πεδιάδες
- 17 Ιρλανδία και Νότια Ιρλανδία
- 18 Μεγάλη Βρετανία
- 19 Ισλανδία
- 20 Βόρεια υψίπεδα Borealic
- 21 Τούνδρα
- 22 Fennoscandia - scandinavian shield
- 23 Τάιγκα
- 24 Καύκασος
- 25 Καταβύθιση της Κασπίας

Σχήμα 2. Οικοπεριοχές βασισμένες στις βιοκοινότητες της πανίδας που ζει στα χερσαία επιφανειακά νερά (Ο παραπάνω χάρτης δημοσιοποιήθηκε στο παράρτημα XI, της Οδηγίας Πλαίσιο για το Νερό στην επίσημη εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων).

4. Τυπολογία των επιφανειακών υδάτινων συστημάτων: λεκάνες απορροής και οικοπεριοχές

Όπως ήδη αναφέρθηκε, ανάμεσα στις επιδιώξεις της Ο.Π.Ν., είναι όλες οι ευρωπαϊκές λεκάνες απορροής να είναι ομαδοποιημένες στα όρια των οικοπεριοχών (Σχήμα 2). Οι οικοπεριοχές αντιπροσωπεύουν περιοχές στον ευρωπαϊκό χώρο με παρόμοια ποικιλομορφία και βιοποικιλότητα των υδάτινων οικοσυστημάτων τους καθώς επίσης και παρόμοιες γεωλογικές δομές και υδρολογικά καθεστώτα.

Για τον χαρακτηρισμό (τυπολογία) όλων των λεκανών απορροής των ποταμών, τα κράτη μέλη της ΕΕ πρέπει να χρησιμοποιούν καθορισμένα κριτήρια όπως:

- Την οικοπεριοχή που καλύπτει την υπό μελέτη λεκάνη απορροής.
- Το μέγεθος (επιφάνεια) της λεκάνης απορροής.
- Τη γεωλογία της λεκάνης απορροής

(ασβεστολιθική, πυριτική, οργανική).

- Το γεωγραφικό εντοπισμό του μελετώμενου τμήματος του ποταμού μέσα στη συγκεκριμένη λεκάνη απορροής (γεωγραφικό μήκος και πλάτος).
- Το υψόμετρο, όπως προσδιορίζεται από το υψόμετρο της πηγής ή του τμήματος του ποταμού που εξετάζεται (ορεινοί ποταμοί: >800μ πάνω από τη θάλασσα, ημιορεινοί ποταμοί: 200-800μ πάνω από τη θάλασσα και πεδινοί ποταμοί: <200μ πάνω από τη θάλασσα).

Ωστόσο, τα κράτη μέλη της ΕΕ μπορούν να χρησιμοποιήσουν και άλλα συμπληρωματικά κριτήρια που θεωρούν ως σημαντικά για τον προσδιορισμό των τοπικών και ιδιαίτερων χαρακτηριστικών των συστημάτων των ποταμών.

5. Συνθήκες αναφοράς και κατάσταση υψηλής οικολογικής ποιότητας

Ο προσδιορισμός των συνθηκών αναφοράς, δηλαδή οι καλύτερες ποιοτικά συνθήκες για ένα συγκεκριμένο τύπο ποταμού (π.χ. πεδινό ή ορεινό ποτάμι), άρα με τις ελάχιστες δυνατές ανθρωπινες παρεμβάσεις, αποτελεί μια απαραίτητη προϋπόθεση για τον προσδιορισμό της οικολογικής ποιότητας των ευρωπαϊκών υδάτινων οικοσυστημάτων (Σχήμα 3).

Για να επιτευχθούν οι κύριοι στόχοι της Ο.Π.Ν. που αφορούν τη βελτίωση της οικολογικής κατάστασης, είναι αναγκαία η καταγραφή και η κατανόηση των συνθηκών αναφοράς σε εντελώς

"παρθένες" και ανεπηρέαστες συνθήκες. Όταν οι συνθήκες αναφοράς καθιερωθούν, ένα σύστημα ελέγχου και βαθμονόμησης, θα είναι δυνατός ο έλεγχος των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, ο καθορισμός του επιπέδου προστασίας ή των διαφοροποιήσεων της βιοποικιλότητας σε ένα δεδομένο τύπο υδάτων.

Τα κράτη μέλη της ΕΕ αναμένεται να αναπτύξουν ένα δίκτυο περιοχών αναφοράς για κάθε τύπο υδάτινου συστήματος, που θα περιλαμβάνει έναν ικανοποιητικό αριθμό από περιοχές υψηλής οικολογικής ποιότητας.

ΠΛΑΙΣΙΟ Ι. ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΣΥΜΦΩΝΑ ΜΕ ΤΗΝ Ο.Π.Ν.

Οι συνθήκες αναφοράς (Σ.Α.) δεν αντιστοιχούν υποχρεωτικά σε εντελώς αδιατάραχτες συνθήκες. Συμπεριλαμβάνουν πολύ μικρές διαταραχές στα υδάτινα οικοσυστήματα που σημαίνει πως οι ανθρωπογενείς πιέσεις επιτρέπονται στο βαθμό που προκαλούν ελάχιστη ή καθόλου οικολογική επιβάρυνση.

◆ Οι Σ.Α. ισοδυναμούν με την "υψηλή οικολογική κατάσταση" (καθόλου ή αμελητέες ενδείξεις διαταραχής για κάθε ένα από τα βασικά φυσικο-χημικά, υδρομορφολογικά και προπάντων βιολογικά στοιχεία ποιότητας).

◆ Οι Σ.Α. θα πρέπει να καθιερωθούν σε κάθε τύπο υδάτινων συστημάτων και τα στοιχεία ποιότητας θα πρέπει να αναθεωρούνται κάθε 5 χρόνια.

Οι προσεγγίσεις για τον προσδιορισμό των συνθηκών αναφοράς (μη-δενική ή μικρή επιβάρυνση) στις μελετούμενες περιοχές είναι:

◆ Επιλογή των περιοχών που πληρούν απόλυτα τα κριτήρια των Σ.Α. (χρησιμοποιείται όταν υπάρχουν πολλές περιοχές αναφοράς).

◆ Προσδιορισμός των συνθηκών αναφοράς με βάση τις καλύτερες δυνατές συνθήκες που μπορούμε να βρούμε σε ένα δεδομένο τύπο υδάτινων συστημάτων (χρησιμοποιείται όταν υπάρχουν λίγες περιοχές αναφοράς ή όταν δεν έχουν καταγραφεί επαρκώς ή όταν οι υποψήφιοι περιοχές αναφοράς δε συμπληρώνουν απόλυτα τα κριτήρια).



Σχήμα 3. Παράδειγμα συνθηκών αναφοράς σε διάφορους τύπους υδάτινων συστημάτων: σε μικρά ορεινά ρυάκια και μεσαίου μεγέθους πεδινά ποτάμια.

Φωτο B. Bis

6. Εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης

Σύμφωνα με την Ο.Π.Ν., η οικολογική κατάσταση των επιφανειακών υδάτων ορίζεται ως "... έκφραση της ποιότητας, της δομής και της λειτουργίας των υδάτινων οικοσυστημάτων που αντιστοιχούν στο συγκεκριμένο υδάτινο τύπο" (Ο.Π.Ν., 2000; Furse, et al., 2006).

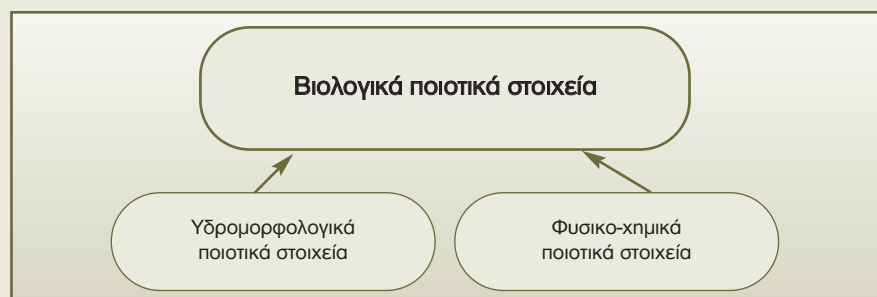
Συνεπώς, η εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης θα πρέπει να υπολογίσει σε ποιο βαθμό και με ποιο τρόπο οι ανθρωπογενείς πιέσεις έχουν αλλοιώσει τη βιολογική δομή και τις λειτουργίες του οικοσυστήματος (π.χ. επιβάρυνση από θρεπτικά συστατικά, τοξικές ή άλλες επικίνδυνες ουσίες, μεταβολές των βιοτόπων κ.ά.).

Οι απαιτήσεις της Ο.Π.Ν. συνιστούν μια καινοτόμο προσέγγιση στην ευρωπαϊκή πολιτική των υδάτων, η οποία στο παρελθόν βασιζόταν απλά στην καταγραφή των τιμών των εκπομπών των ρύπων ενώ τώρα εστιάζει στα "οικοσυστήματα αποδέκτες" και οριοθετεί αυστηρά τις επιτρεπόμενες επιδράσεις σε αυτά. Αυτή η εννοιολογική προσέγγιση συνδέεται στενά με τη γενικότερη νομολογία της ΕΕ για την προστασία του περιβάλλοντος, όπως η "Οδηγία για τα

πουλιά" (79/409/EEC) και η "Οδηγία για τους Βιότοπους" (92/43/EEC), που έχουν θεσμοθετήσει ένα νομοθετικό πλαίσιο για την προστασία και τη διατήρηση της άγριας ζωής και των βιοτόπων στην Ευρώπη (δημιουργία ενός συνεκτικού οικολογικού δικτύου από προστατευμένες περιοχές σε όλη την έκταση της ΕΕ - δίκτυο Natura 2000).

Σύμφωνα με την Ο.Π.Ν., τρία είναι τα βασικά Στοιχεία Ποιότητας που χρησιμοποιούνται στην εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης ενός υδάτινου οικοσυστήματος (Σχήματα 4 και 5):

1. Κριτήρια βιολογικής ποιότητας (ποικιλία και αφθονία οργανισμών όπως φύκη, φυτοπλαγκτόν, μακρόφυτα, μακροασπόνδυλα, ψάρια).



Σχήμα 4. Τα τρία βασικά κριτήρια ποιότητας για την αξιολόγηση της οικολογικής κατάστασης.

Βιολογικά ποιοτικά στοιχεία (με τη σειρά)	Φυσικο-χημικά ποιοτικά στοιχεία	Υδρομορφολογικά ποιοτικά στοιχεία
 Φυτοπλαγκτόν (μόνο σε μεγάλα ποτάμια και λίμνες) Φυτά του πυθμένα Μακρόφυτα Ζώα του πυθμένα Ψάρια	 Οξυγόνο Θρεπτικά Αλατότητα Θερμοκρασία Οξύνιση pH Βλαβερά συστατικά	 Μορφολογία Υδρολογία Η συνέχεια του ποταμού

Σχήμα 5. Τα ποιοτικά κριτήρια για την εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης: (1) κριτήρια βιολογικής ποιότητας (φύκη, φυτοπλαγκτόν, μακρόφυτα, μακροασπόνδυλα, ψάρια), (2) κριτήρια φυσικο-χημικής ποιότητας, με συγκεκριμένα επίπεδα συγκέντρωσης για τις επικίνδυνες ουσίες (3) υδρομορφολογική εκτίμηση της κοίτης και της λεκάνης απορροής του ποταμού.
Φώτο B. Bis

2. Κριτήρια φυσικο-χημικής ποιότητας.
 3. Κριτήρια υδρομορφολογικής ποιότητας τόσο στην κοίτη του ποταμού όσο και στη λεκάνη απορροής του.
- Είναι πολύ σημαντικό να σημειώσουμε πως σύμφωνα με την Ο.Π.Ν. οι υδρομορφολογικές και οι φυσικο-χημικές παράμετροι αποτελούν μόνο υποστηρι-

κτικά στοιχεία των βιολογικών στοιχείων. Τα τελευταία είναι βασικά τα μόνα που μπορούν να καθορίσουν την οικολογική ποιότητα ενός υδάτινου οικοσυστήματος.

Επιπλέον, για την ανάπτυξη του Εθνικού Συστήματος Οικολογικής Ταξινόμησης των υδάτινων οικοσυστημάτων, όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ οφείλουν να επιλέξουν τα καλύτερα εργαλεία και τη βέλτιστη μεθοδολογία για την εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης στις δικές τους βιογεωγραφικές συνθήκες.

ΠΛΑΙΣΙΟ II. ΟΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΗΣ Ο.Π.Ν. ΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η οικολογική κατάσταση των φυσικών υδάτων:

- ◆ πρέπει να προσδιορίζεται με τη χρήση αποκλειστικά βιολογικών κριτηρίων ποιότητας (ΒΚΠ).
- (ΒΚΠ: φυτοβένθος/φυτοπλαγκτόν, μακρόφυτα, μακροασπόνδυλα, ψάρια).

- ◆ Η βιολογική εκτίμηση είναι η βάση για την κατάταξη του υδάτινου συστήματος.
- ◆ Η οικολογική κατάταξη θέτει τις βάσεις για τη διαχείριση των υδάτων των λεκανών απορροής των ποταμών.

7. Τυποποίηση των ορίων της οικολογικής ταξινόμησης στην Ευρώπη

Κάθε κράτος της ΕΕ οφείλει να προσδιορίσει και να εφαρμόσει τις πέντε κλάσεις ποιότητας της κλίμακας της οικολογικής ποιότητας του νερού (Σχήμα 6) που σχετίζεται με την ανθρώπινη παρέμβαση, για όλα τα κριτήρια της βιολογικής ποιότητας (ΒΚΠ) στους διάφορους τύπους υδάτινων συστημάτων (π.χ. WFD CIS 10, 2003; UKTAG, 2005; Urkiaga et al., 2006).

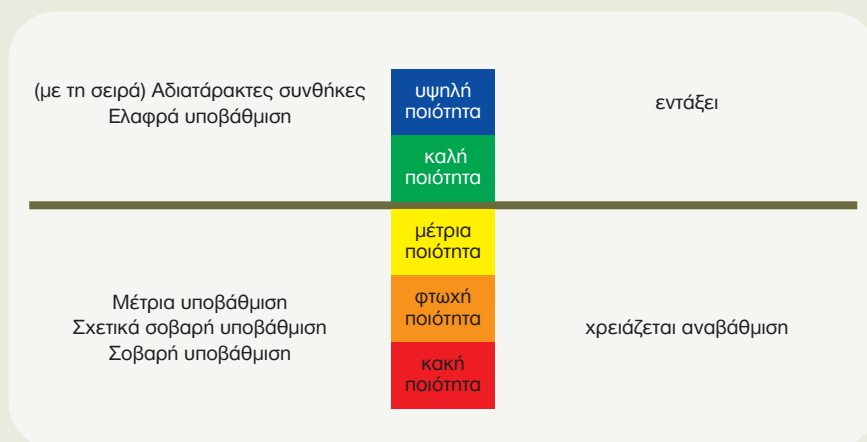
Η Ο.Π.Ν. προσδιορίζει τις κλάσεις ποιότητας με τον παρακάτω τρόπο:

- Υψηλή κατάσταση: αντιστοιχεί στις αδιατάρακτες συνθήκες ή έστω με πολύ μικρές ενδείξεις υποβάθμισης.
- Καλή κατάσταση: χαμηλού επιπέδου ανθρωπογενείς επεμβάσεις και μικρή απόκλιση από τις αδιατάρακτες συνθήκες.
- Κακή κατάσταση: υψηλού επιπέδου απόκλιση και υποβάθμιση.

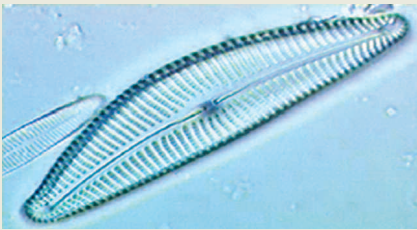
Στο πλαίσιο των στόχων της Ο.Π.Ν. είναι ιδιαίτερα σημαντικό ο προσδιορισμός του ορίου ανάμεσα στην καλή και τη μέτρια κατάσταση (στο προσεχές μέλλον όλα τα υδάτινα συστήματα πρέπει να φθάσουν στο επίπεδο της καλής κατάστασης). Στην πράξη θα προσδιορίσει τους στόχους για την αποκατάσταση των υδάτινων συστημάτων που κινδυνεύουν να μην εκπληρώσουν τα

οικολογικά κριτήρια της καλής κατάστασης.

Αυτή η κεντρική θεώρηση αποτελεί μια μεγάλη καινοτομία για τις περιβαλλοντικές αρχές της ΕΕ - Ο.Π.Ν.. Στο παρελθόν κάθε τυποποιημένο σύστημα ελέγχου βασιζόταν στον απλό έλεγχο της υδροχημικής ποιότητας και τα όρια προσδιορίζονταν με ευκολία. Από εδώ και πέρα, τα όρια ελέγχου για όλες τις ομάδες των οργανισμών δεικτών (διάτομα, μακρόφυτα, βενθικά μακροσπόνδυλα, ψάρια) και οι αντιδράσεις των παραπάνω οργανισμών στις ανθρώπινες παρεμβάσεις πρέπει να καταγραφούν έτσι ώστε να έχουμε μια ολοκληρωμένη τελική εκτίμηση της οικολογικής κατάστασης των γλυκών νερών. Αν και ο προσδιορισμός των παραπάνω ορίων είναι πολύ πιο δύσκολος, μπορεί όμως να συνδεθεί άμεσα με την προστασία των υδάτινων οικοσυστημάτων και τη μελλοντική προσεκτική διαχείρισή τους.



Σχήμα 6. Διάγραμμα των πέντε κλάσεων ποιότητας, σύμφωνα με την Ο.Π.Ν., που βασίζονται στην αξιολόγηση της οικολογικής κατάστασης (βιολογικά, υδροχημικά και υδρομορφολογικά κριτήρια ποιότητας), μαζί με τον προσδιορισμό της ευθύνης για τις ενέργειες αποκατάστασης του ποταμού.



Σχήμα 7. Διάτομο.
Φωτο M.Morais

8. Γιατί τα βιολογικά κριτήρια ποιότητας (ΒΚΠ) αποτελούν τη βάση για την οικολογική εκτίμηση;

Οι βιολογικοί δείκτες μπορούν να αξιοποιηθούν στον έλεγχο της κατάστασης του περιβάλλοντος, στην έγκαιρη πρόγνωση των αλλαγών στο περιβάλλον ή στη διάγνωση της αιτίας των περιβαλλοντικών προβλημάτων. Το ιδανικό σύνολο των δεικτών θα πρέπει να αντικατοπτρίζει καίριες πληροφορίες για τη δομή, τη λειτουργία και τη σύσταση του οικοσυστήματος (Markert et al., 2003).

Οι βιολογικοί δείκτες πρέπει αφενός να παίρνουν υπόψη τους τις πολυπλοκότητες του οικοσυστήματος και ταυτόχρονα να είναι αρκετά απλοί για συχνή και εύκολη καταγραφή και χρήση.

Συμπερασματικά, οι βιολογικοί δείκτες θα πρέπει να πληρούν τις παρακάτω προδιαγραφές. Να:

- προσδιορίζονται εύκολα.
- είναι ευαίσθητοι στις πιέσεις που ασκούνται στο υδάτινο σύστημα.
- αντιδρούν στην πίεση με προβλέψιμο τρόπο.
- να προβλέπουν τις διαταραχές που μπορούν στη συνέχεια να αποτραπούν με κατάλληλες διαχειριστικές ενέργειες.
- να έχουν γνωστές αντιδράσεις σε φυσικές μεταβολές και σε ανθρωπογενείς πιέσεις.

Τα φύκη ως βιολογικοί δείκτες

Ως πρωτογενείς παραγωγοί, τα φύκη και τα υδρόβια φυτά (μακρόφυτα) θεωρούνται ομάδες προειδοποίησης, με συγκεκριμένες αντιδράσεις σε υδροχημικές διαταραχές (π.χ. ευτροφισμός= πληθώρα θρεπτικών στοιχείων σε κάθε τύπο ήρεμων νερών, κυρίως σε λίμνες και λιμνοθάλασσες).

Το περίφυτο είναι τα φύκη (μαζί με μύκητες και βακτήρια) που προσκολλώνται σε επιφάνειες του πυθμένα όπως πέτρες ή μεγαλύτερα φυτά. Είναι κυρίως διάτομα (Σχήμα 7), τα οποία θεωρούνται καλοί βιολογικοί δείκτες επειδή: έχουν μεγάλο αριθμό ειδών, αντιδρούν

γρήγορα τόσο στη διαταραχή όσο και στην ανάκαμψη του οικοσυστήματος, η δειγματοληψία τους είναι εύκολη και απαιτεί μικρό ανθρώπινο δυναμικό και τέλος επειδή γνωρίζουμε την ευαισθησία και την ανθεκτικότητα πολλών ειδών σε συγκεκριμένες αλλαγές των περιβαλλοντικών συνθηκών.

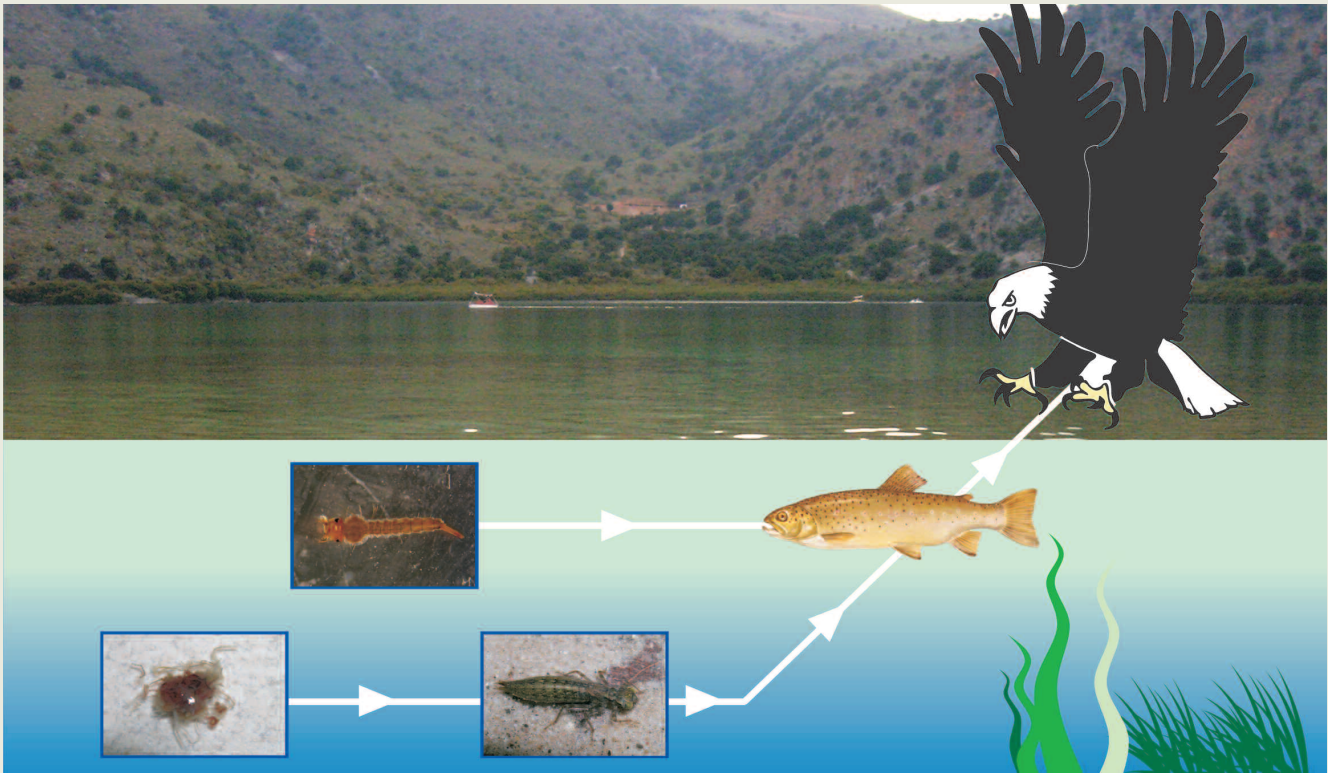
Η χρήση των φυκών παράλληλα με τη χρήση των μακροασπόνδυλων οργανισμών και των ψαριών, βελτιώνει την αξιοπιστία των βιολογικών εκτιμήσεων.

Υδρόβια και χερσαία φυτά ως βιολογικοί δείκτες

Τα μακρόφυτα είναι υδρόβια φυτά, που αναπτύσσονται μέσα ή κοντά στο νερό και είναι είτε μερικώς ή ολικώς βυθισμένα, είτε επιπλέοντα. Τα μακρόφυτα, ως πρωτογενείς παραγωγοί (δηλαδή ως οργανισμοί που παράγουν βιομάζα από ανόργανα στοιχεία, αυτότροφοι οργανισμοί), αποτελούν εξαιρετικούς δείκτες της κατάστασης του υδάτινου συστήματος επειδή: αντιδρούν στα θρεπτικά στοιχεία, το φως, τους τοξικούς ρύπους, τα μέταλλα, τα ζιζανιοκτόνα, τη θολρότητα, την αλλαγή της στάθμης του νερού και την αλατότητα αποτελούν δείκτες του συνόλου των περιβαλλοντικών συνθηκών (π.χ. θρεπτικά στοιχεία, σύσταση εδάφους, αλατότητα).

Τα μακροασπόνδυλα ως βιολογικοί δείκτες

Από τα υδρόβια ασπόνδυλα ζώα εκείνα που εμπλέκονται στη βιοεκτίμηση, ζουν στον πυθμένα των υδάτινων συστημάτων. Αποκαλούνται επίσης βενθικά μακροασπόνδυλα, ή βένθος (βένθος= πυθμένας, μάκρο= μεγάλο, ασπόνδυλο= ζώο χωρίς ραχοκοκαλιά) και αποτελούν τους καλύτερους δείκτες της ποιότητας του νερού επειδή: ζουν μέσα στο νερό για το σύνολο ή το μεγαλύτερο μέρος της ζωής τους, μένουν στις περιοχές που είναι κατάλλη-



Σχήμα 8. Ο ρόλος των μακροασπόνδυλων στην υδρόβια τροφική αλυσίδα. Τονίζεται η δομική και λειτουργική σπουδαιότητα αυτής της ομάδας στο υδάτινο οικοσύστημα (έντονα κίτρινα πλαίσια).
Φώτο Α. Τριχάς

λες για την επιβίωσή τους και η παρουσία τους δεν επηρεάζεται από εποχιακές αλλαγές, είναι εύκολη η συλλογή τους, παρουσιάζουν διαφορές στην αντοχή τους στην ποσότητα και την ποιότητα των ρύπων, είναι εύκολο να αναγνωριστούν στο εργαστήριο, συχνά η διάρκεια της ζωής τους ξεπερνάει το ένα έτος, έχουν περιορισμένη κινητικότητα και τέλος απεικονίζουν με τον καλύτερο τρόπο τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

Ο ρόλος των κοινοτήτων των μακροασπονδύλων στα υδρόβια τροφικά πλέγματα (Σχήμα 8) ως πρωτογενείς καταναλωτές των παραγωγών (περίφυτου) και των αποικοδομητών (ετερότροφα βακτήρια και μύκητες) και ως λεία για τους δευτερογενείς και τριτογενείς καταναλωτές (ψάρια), καθιστούν αυτήν την ομάδα των οργανισμών σημαντική στην ολιστική οικολογική εκτίμηση των ποταμών ενώ αποτελούν δείκτες όχι μόνο όλων των τύπων διατα-



Φώτο R. Jaskula

Καθαρά νερά - πολύ ευαίσθητοι μακροσπόνδυλοι βιοδείκτες



Larva of Plecoptera



Larva of Ephemeroptera



Hydropsyche sp.

Νερά μέτριας ποιότητας - ευαίσθητοι βιοδείκτες



Gammarus sp. (Amphipoda)



Larva of Sialis sp.

Νερά χαμηλής ποιότητας - ανθεκτικοί βιοδείκτες



Asellus aquaticus (Isopoda)



Anodonta anatina



Hirudo medicinalis

Νερά κακής ποιότητας - πολύ ανθεκτικοί βιοδείκτες



Tubifex tubifex



Larva of Chironomus sp. (Chironomidae)



Stratiomys sp. (Stratiomyidae)

Σχήμα 9. Βιολογικοί δείκτες των γλυκών νερών (βενθικά μακροσπόνδυλα) για τα οικοσυστήματα των γλυκών νερών.
Φώτο R. Jaskula

ραχής (χημική μόλυνση, οργανική ρύπανση, οξύνιση, μορφολογική και βιοτική υποβάθμιση) αλλά και της Είναι ευρέως αποδεκτή η χρησιμότητα της δομής της κοινότητας των μακροασπόνδυλων για την περιγραφή της ποιότητας του υδάτινων οικοσυστημάτων και τη διάγνωση των ανθρωπογενών πιέσεων. Αν και στην Ευρώπη υπάρχουν πάνω από εκατό μέθοδοι βιολογικής εκτίμησης, τα δύο τρίτα από αυτές βασίζονται στα μακροασπόνδυλα (π.χ. Rosenberg and Resh 1993, Verdonschot 1990, 2000) (Σχήμα 9).

Τα ψάρια ως βιολογικοί δείκτες

Τα ψάρια είναι εξαιρετικοί δείκτες της υγείας του υδάτινου συστήματος επειδή:

ζουν στο νερό καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους, παρουσιάζουν διαφορές στην αντοχή τους όσον αφορά την ποσότητα και την ποιότητα των ρύπων, είναι εύκολη η συλλογή τους με τον κατάλληλο εξοπλισμό, ζουν για αρκετά χρόνια και τέλος αναγνωρίζονται εύκολα στο πεδίο.

Σε γενικές γραμμές, τα ψάρια είναι πολύ καλοί βιολογικοί δείκτες για την αξιολόγηση των ποταμών στο επίπεδο της λεκάνης απορροής, για συγκεκριμένες μορφολογικές ιδιότητες του συστήματος του ποταμού (δομή βιότοπου, καταφύγια) και ακόμη για την παρακολούθηση του θαλάσσιου και του παράκτιου συστήματος. Οι υδροχημικές συνθήκες αποτελούν επιπρόσθετους παράγοντες της κατανομής τους στο σύστημα του ποταμού, επομένως αυτή η ομάδα οργανισμών αξιοποιείται κυρίως σε οικοτοξικολογικές μελέτες. Συμπερασματικά, η προσέγγιση της οικολογικής κατάστασης, στο πλαίσιο της φιλοσοφίας της ΟΠΝ (2000) και οι έρευνες για τις πιθανές ανθρωπογενείς επιδράσεις σε όλα τα επίπεδα της βιολογικής οργάνωσης σε διαφορετικές γεωγραφικές κλίμακες, έχουν σημασία για την προστασία της βιοποικιλότητας και την εκτίμηση των εν δυνάμει οικολογικών κινδύνων (π.χ. Lanz & Scheuer, 2001).

ΠΛΑΙΣΙΟ ΙΙΙ. ΓΙΑΤΙ ΕΙΝΑΙ ΤΟΣΟ ΣΗΜΑΝΤΙΚΗ Η ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΗΣ ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ;

Η βιοποικιλότητα αντιπροσωπεύει την ποικιλία των ζωντανών οργανισμών. Όλοι οι οργανισμοί βασίζονται σε άλλες μορφές ζωής για την επιβίωσή τους. Για παράδειγμα, οι οργανισμοί που χρησιμοποιούν οξυγόνο για την αναπνοή τους βασίζονται στα φυτά που είναι οι μοναδικοί οργανισμοί που παράγουν οξυγόνο. Κάθε αλλαγή στους αριθμούς ενός είδους έχει επιπτώσεις στα άλλα είδη αλλά και στη λειτουργικότητα του οικοσυστήματος.

Ο όρος βιοποικιλότητα χρησιμοποιείται συχνά για να περιγράψει την ποικιλία των οργανισμών σε μια συγκεκριμένη περιοχή ("τοπική" βιοποικιλότητα). Η ανθρώπινη δραστηριότητα μπορεί να ωθήσει ένα ή περισσότερα είδη μακριά από μια περιοχή και σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να προκαλέσει την τοπική ή και την πλήρη εξαφάνιση ενός είδους.

Σε παγκόσμιο επίπεδο, περισσότερα από 10.000 είδη εξαφανίζονται κάθε χρόνο και μολοντί ο ακριβής

προσδιορισμός του παραπάνω αριθμού είναι δύσκολος, είναι βέβαιο πως ο ρυθμός εξαφάνισης έχει αυξηθεί ανησυχητικά τα τελευταία χρόνια. Η κύρια αιτία της εξαφάνισης των ειδών είναι η καταστροφή των φυσικών βιότοπων από τους ανθρώπους.

Είναι σίγουρο ότι η βιοποικιλότητα είναι ανεκτίμητη.

Αναφορές

1. Bis, B. 2005. Feasibility Study Methodology: Environmental Integrity Assessment - AQUAREC/IWA Guideline Draft, EC Report: 210pp.
2. Bis, B. 2002. Ecological Integrity Assessment as a Strategic Component of Sustainable Water Management. In: Zalewski, M. (ed.), Guidelines For The Integrated Management of The Watershed - Phytotechnology and Ecohydrology. Chapter 9: 157-167, FIETC Freshwater Management Series - Issue 5, United Nations Environmental Programme - Division of Technology, Industry and Economics - International Environmental Centre (UNEP-DTIE-IETC), UNESCO-IHP, Osaga & Shiga Office, Japan.
<http://www.unep.or.jp/ietc/Publications/Freshwater/FMS5/9/A-B.asp>
3. Bis, B., Usseglio-Polatera, P. 2004. STAR: Framework Method For Calibrating Different Biological Survey Results Against Ecological Quality Classification To Be Developed For The Water Framework Directive. DELIVERABLE N2 - Species Traits. EC: EVK1-CT-2001-000895; 145pp.
<http://www.eu-star.at/frameset.htm>
4. Bis B., Zdanowicz A., Zalewski M. 2000. Effects of catchment properties on hydrochemistry, habitat complexity and invertebrate community structure in a lowland river. *Hydrobiologia*, 422/423: 369-387.
5. Butterworth, F.M., Gunatilaka, A., Gensebatt, M.E. 2001. Biomonitoring and Biomarkers as Indicators of Environmental Change 2. Environmental Science Research, Vol.56, Plenum Press, 508pp.
6. European Commission, 2003. Guidance Document on Identification of water bodies: Horizontal guidance document on the application of the term "water body" in the context of the Water Framework Directive.
7. European Commission, 2003. Guidance on establishing reference conditions and ecological status class boundaries for inland surface waters. Produced by Working Group 2.3 (REFCOND) under the EU CIS.
8. Furse, M.T., Hering, D., Brabec, K., Buffagni, A., Sandin, L., Verdonschot, P.F.M. (eds.) 2006. The ecological status of European rivers: evaluation and intercalibration of assessment methods (Developments in Hydrobiology). Springer-Kluwer AP, 562pp.
9. Illies, J. (ed.) 1978.: Limnofauna Europaea. - G. Fischer.
10. Jungwirth, M., Muhar, S., Schmutz, S. (eds). 2000. Assessing of Ecological Integrity of Running Waters. Developments in Hydrobiology 149, Kluwer AP, 487pp.
11. Kothay, L. 2003. Implementing the Water Framework Directive at an Environmental and Water Directorate, Hungary: www.tikovizig.hu
12. Lanz K. & Scheuer, S. 2001. EEE Handbook on EU Water Policy under the Water Framework Directive. European Environmental Bureau, 56 pp.
13. Murray, N., Eisenreich, S., Heiskanen, A.S., van de Bund, W., Cardoso, AC. 2002. Ecological Status Classification of Surface Waters - A Challenge for Implementation of the Water Framework Directive. SWAP Meeting. JRC European Commission.
14. Markert, B.A. & Breure, A.M., Zechmeister, H.G. (eds.) 2003. Bioindicators & Biomonitoring. Principles, concepts and adaptations. Elsevier, Amsterdam-Tokyo, pp.997.
15. Rosenberg, D. M. & Resh, V. H. (Eds.) 1993. Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates. Chapman and Hall, London.
16. Statzner B., Bis B., Doledec S., Usseglio-Polatera P. 2001. Perspectives for biomonitoring at large spatial scales: a unified measure for the functional diversity of invertebrate communities in European running waters. *Basic Appl. Ecol.* 2:73-85.
17. Usseglio-Polatera, P., M. Bournaud P. Richoux & H. Tachet, 2000. Biological and ecological traits of benthic freshwater macroinvertebrates: relationships and definition of groups with similar traits. *Freshwat. Biol.* 43: 175-205.
18. Urkiaga, L. De las Fuentes, L., Bis, B., Hernandez, F., Koksic, T., Bodo, B., Chiru, E., 2006. Handbook on feasibility studies for water reuse systems. AQUAREC (eds.): 154 pp.
19. UKTAG, 2005. Progress report: development of UK classification tools (v.1.08.05)
20. WFD, 2000. Directive of the European Parliament and of the Council 2000/60/EC Establishing a Framework for Community Action in the Field of Water Policy, 1997/0067(COD), C5-0347/2000, LEX 224, PE-CONS 3639/1/00, REV1.
21. Verdonschot, P.F.M. 1990. Ecological characterization of surface waters in the province of Overijssel (The Netherlands). Ph.D.Thesis, Research Institute for Nature Management, 254 pp.
22. Verdonschot, P.F.M. 2000. Integrated ecological assessment methods as a basis for sustainable catchment management. *Hydrobiologia*, 422/423: 389-412.

Αναφορές στο διαδίκτυο

Οδηγία Πλαίσιο για το Νερό (Water Framework Directive)

- The EU Water Framework Directive - integrated river basin management for Europe: http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/index_en.html
- Implementation of the EU-WFD: <http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/implementation.html>
- Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive:
<http://www.eeb.org/activities/water/Common%20EU%20Strategy%20for%20WFD%20Implementation.pdf>
- WFD page at EMWIS website:
<http://www.emwis.org/WFD/WFD.htm>
- Environmental Agency - the WFD: <http://www.environmentagency.gov.uk/aboutus/512398/289428/655695/>
- CIRCA Forum Implementing the WFD:
<http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/wfd/home>
Join Research Centre - Institute for Environment and Sustainability
http://www.jrc.cec.eu.int/default.asp@sidsz=our_organisation&sidstsz=ies.htm

Προστασία των υδάτινων οικοσυστημάτων και Αειφόρος διαχείριση (Freshwater Protection and Sustainable Management)

- European Rivers Network: <http://www.rivernet.org/>
- WaterWeb: <http://www.waterweb.org/resources.php>
- Freshwater Life: <http://freshwaterlife.info/index.jsp>
- WWF - Freshwater Work:
http://www.panda.org/about_wwf/what_we_do/freshwater/index.cfm
- Euro-Mediterranean Information System on the Know-how in the Water Sector - EMWIS:
<http://www.emwis.org/>
- US Environmental Protection Agency -
<http://www.epa.gov/>
- International Year of Freshwater 2003:
http://www.wateryear2003.org/en/ev.php-URL_ID=1456&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html;
- European Environmental Bureau Handbook:
http://www.eeb.org/publication/chapter-4_5.pdf

Προστασία των υδάτινων οικοσυστημάτων, Βιολογικοί δείκτες, Παρακολούθηση υδάτινων οικοσυστημάτων και Εκπαίδευση (Freshwater Protection, Biological Indicators, Biomonitoring & Education)

- CEH's School Net - is the educational section of CEH Web, and is intended to be used as a resource by teachers of primary and GCSE-aged school children:
<http://schools.ceh.ac.uk/>
- EEK! Environmental Education for Kids:
<http://www.dnr.state.wi.us/org/caer/ce/ee/teacher/index.htm>
- Educational Materials:
http://www.ucar.edu/learn/1_1_2_1t.htm
- Stream Biomonitoring Unit - Key to Aquatic Macroinvertebrates:
<http://www.dec.state.ny.us/website/dow/stream/index.htm>
- Digital Key to Aquatic Insects - North Dakota:
<http://www.xerces.org/CD-ROM%20for%20web/id/index.htm>
- Freshwater Macroinvertebrates - Oregon
<http://www.nwnature.net/macros/>
- EPA - Biological Indicators of Watershed Health:
<http://www.epa.gov/bioindicators/html/invertebrate.html>
- Stream Biomonitoring
http://www.yni.org/yi/monitoring/stream_biomonitoring.html
- ACD Technical Assistance - Stream Monitoring
http://www.anokaswcd.org/tech_assist/monitoring/biomonitoring.htm
- Drinking Water and Groundwater Kids Stuff
http://www.epa.gov/safewater/kids/kids_9-12.html
- NSW Water Bug Survey - Bugasaurus Explor!:
<http://www.bugsurvey.nsw.gov.au/>

ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ

Κατερίνα Βορεάδου

Βιολόγος PhD, Υπεύθυνη Εκπαίδευσης και Εργαστηρίου Υδροβιολογίας Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Κρήτης, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ελλάδα

Σοφία Μουστεράκη

Γεωλόγος, Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης, 5Ο/ Γυμνάσιο Ηρακλείου "Αντρέας Δελμούζος", Κρήτη, Ελλάδα

Νίκος Κομωδρόμος

Βιολόγος M.Sc., Εκπαιδευτικός Β/θμιας Εκπ/σης, Γυμνάσιο Πέρα Χωρίου και Νήσου, Κύπρος

1. Διαταραχές

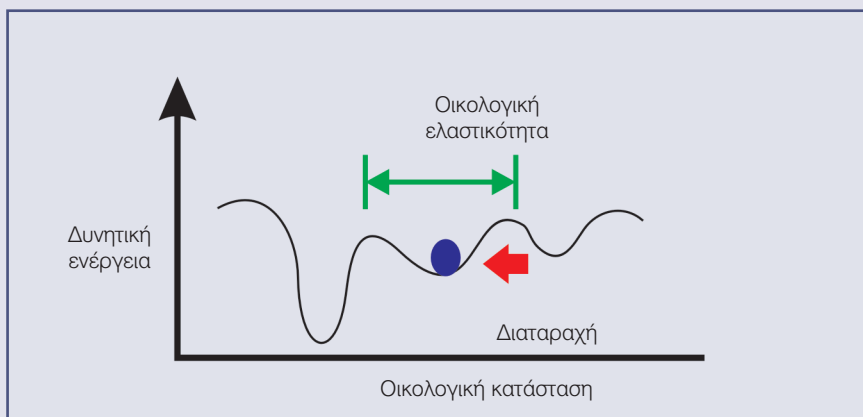
Διαταραχή θεωρείται ένα γεγονός έντονης περιβαλλοντικής πίεσης που συμβαίνει κατά τη διάρκεια μιας σχετικά μικρής χρονικής περιόδου και προκαλεί μεγάλες αλλαγές στο σύστημα το οποίο επηρεάζει.

Η διαταραχή μπορεί να προκύψει από φυσικές αιτίες (φυσική διαταραχή) όπως, φωτιές, πλημμύρες, ξηρασίες, ηφαιστειακές εκρήξεις, τυφώνες, ανεμοστρόβιλοι, σεισμοί και κατά τη διάρκεια του γεωλογικού χρόνου από το σχηματισμό και το λιώσιμο παγετώνων. Μπορεί επίσης να είναι αποτέλεσμα ανθρώπινων δραστηριοτήτων (ανθρωπογενής διαταραχή) όπως η υλοτόμηση, η αποψίλωση, η αποξήρανση των υδά-

τινων οικοσυστημάτων, η εκχέρωση περιοχών για καλλιέργεια, η ρύπανση ή η εισαγωγή ξενικών ειδών.

Η έκταση με την οποία εμφανίζεται η διαταραχή μπορεί να ποικίλει. Οι πιο εκτεταμένες διαταραχές συντελούν στη διαμόρφωση τοπίων και μπορεί να έχουν επιπτώσεις σε ολόκληρες ηπείρους π.χ. παγετώνες. Μερικές διαταραχές όμως, έχουν τοπικά αποτελέσματα, όπως μια πλημμύρα.

Όταν ένα οικοσύστημα επηρεάζεται από μια σημαντική διαταραχή, μπορεί να μειωθεί ο πληθυσμός ή να εξαφανιστούν μεμονωμένοι οργανισμοί, ακόμη και ολόκληρα είδη. Επίσης μπορεί να εμφανιστούν και άλλες αρνητικές επιδράσεις στο περιβάλλον όπως αλλαγές στις υδρολογικές διαδικασίες ή μόλυνση του εδάφους. Όμως μόλις τελειώσει η διαταραχή, αρχίζει μια διαδικασία γνωστή ως διαδοχή, η οποία μπορεί τελικά να δημιουργήσει ένα οικοσύστημα παρόμοιο με αυτό που υπήρξε πριν από τη διαταραχή. Η βιολογική ποικιλομορφία εξαρτάται από τη φυσική διαταραχή. Πολύ συχνά η επιτυχής επιβίωση μιας ποικιλίας ειδών, διαφόρων ταξινομικών ομάδων, είναι στε-



Σχήμα 1. Ελαστικότητα ενός οικοσυστήματος σε σχέση με τη διαταραχή.

νά συνδεδεμένη με φυσικές διαταραχές όπως η πυρκαγιά, η πλημμύρα και η θύελλα.

Η Υπόθεση της Ενδιάμεσης Διαταραχής είναι μια οικολογική υπόθεση που υποστηρίζει ότι η βιοποικιλότητα είναι υψηλότερη όταν η διαταραχή δεν είναι ούτε πάρα πολύ σπάνια ούτε πάρα πολύ συχνή. Αντίσταση είναι η δυνατότητα ενός οικοσυστήματος να αντιστέκεται

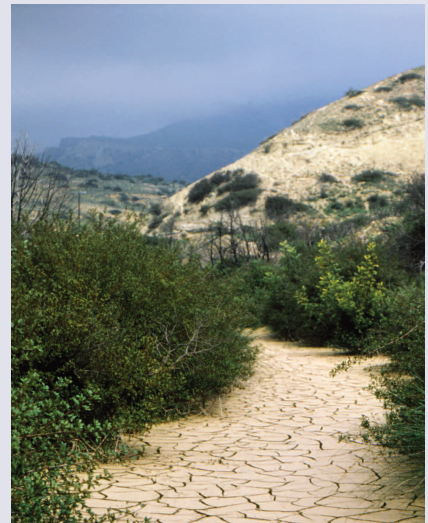
στις διαταραχές και ελαστικότητα είναι η δυνατότητα ενός οικοσυστήματος να επανέρχεται μετά από μια διαταραχή και να επιστρέφει στη σταθερή κατάσταση του (Σχήμα 1).

2. Φυσικές διαταραχές

Οι απρόβλεπτες (προσωρινές ή ξαφνικές) ξηρασίες και πλημμύρες είναι οι πιο κοινές φυσικές διαταραχές για τα οικοσυστήματα του γλυκού νερού. Οι ξηρασίες προκαλούνται από την ανεπαρκή βροχόπτωση, για εκτεταμένες χρονικές περιόδους και σχετίζονται με το ισοζύγιο βροχόπτωσης και εξατμισοδιαπνοής (εξατμισμό + διαπνοή) σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Με την ξηρασία συνδέονται συχνά και άλλοι κλιματικοί παράγοντες όπως η υψηλή θερμοκρασία, ο ισχυρός άνεμος και η χαμηλή σχετική υγρασία. Με την εμφάνιση ξηρασίας παρατηρείται διαδοχική πτώση στη βροχόπτωση, την επιφανειακή απορροή, την υγρασία του εδάφους, τη στάθμη των υπόγειων νερών και της επιφανειακής ροής των ποταμών. Σε έντονες ξηρασίες ολόκληρα τμήματα της κοίτης των ποταμών μπορεί να χάσουν οποιοδήποτε ίχνος επιφανειακού νερού και επίσης να διακοπεί η υδρολογική σύνδεση με το υπόγειο νερό (Σχήμα 2). Στην κοίτη των ποταμών μπορεί να εμφανιστούν τέλματα είτε μόνιμα, δηλαδή με νερό καθ' όλη την περίοδο της ξηρασίας είτε προσωρινά τα οποία σύντομα ξεραίνονται. Όταν η ροή του ποταμού μειωθεί, οι εκβολές του μπορεί να χάσουν τη σύνδεσή τους με τη θάλασσα και να σχηματιστούν έτσι λιμνοθάλασσες με χαμηλή ποιότητα νερού και πιθανότητα μείωσης των πληθυσμών των οργανισμών.

Οι ξαφνικές ξηρασίες είναι απρόβλεπτες ως προς τη χρονική στιγμή που θα εμφανιστούν και τη διάρκειά τους και για το λόγο αυτό είναι πιο δύσκολο για τους οργανισμούς να τις αντιμετωπίσουν. Οι υδρόβιες κοινότητες χαρακτηρίζονται από την προσαρμογή τους στο υδάτινο περιβάλλον. Οι ξηρασίες ακολουθούνται από πτώση της στάθμης του νερού, με αποτέλεσμα να μειώνεται ο διαθέσιμος αριθμός ενδιαιτημάτων για τα περισσότερα υδρόβια είδη. Μεγάλοι πληθυσμοί ζώων του γλυκού νερού μπορούν να παγιδευτούν στα τέλματα όπου παράγοντες όπως οι υψηλές θερμοκρασίες του νερού, η χαμηλή περιεκτικότητα σε οξυγόνο και η χαμηλή διαθεσιμότητα τροφής, μπορεί να είναι θανατηφόροι παράγοντες για αυτά.

Η ανθρώπινη δράση πολλές φορές συμβάλει στην επιδείνωση της ξηρασίας μιας περιοχής. Η υπεράντληση των υδάτων και οι κλιματολογικές αλλαγές λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας μπορεί να οδηγήσουν σε παρατεταμένες ξηρασίες, τις οποίες ήδη βιώνουν πολλές περιοχές του πλανήτη. Σύμφωνα με την τρίτη έκθεση της διακυβερνητικής επιτροπής για τις κλιματικές αλλαγές, η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας της επιφάνειας του πλανήτη, επηρεάζει σημαντικά τα αποθέματα του νερού για ύδρευση και άρδευση. Οι περιστασιακές ή επεισοδικές πλημμύρες μπορεί επίσης να προκαλέσουν σημα-



Σχήμα 2. Ξηρασία στην κοίτη του χειμάρρου Μπραμιανού και στην λίμνη Κορώνεια, Ελλάδα.

Φώτο Κ. Βορεάδου - R. Jaskula



Σχήμα 3. Χαλκιδική, Ελλάδα, καλοκαίρι 2006. Πλημμύρες μετά τις πυρκαγιές στη γύρω περιοχή.

Φώτο Σ. Μουστεράκη

ντικές αλλαγές στις ζωικές κοινότητες του γλυκού νερού. Πλημμύρα είναι η υψηλή ροή ή υπερχειλίση του νερού από ένα ρυάκι, ποταμό ή άλλο υδάτινο σώμα. Οι αιφνίδιες ή επεισοδικές πλημμύρες είναι εκείνες στις οποίες έχουμε απότομη αύξηση της στάθμης του νερού και εμφανίζονται συνήθως ως αποτέλεσμα δυνατών βροχών κατά τη διάρκεια μιας μικρής χρονικής περιόδου, λίγων ωρών ή ακόμη λιγότερο. Ποικίλοι παράγοντες συμβάλλουν στην εμφάνιση και στο είδος της πλημμύρας. Οι δύο βασικοί παράγοντες είναι η ένταση και η διάρκεια των βροχοπτώσεων. Ένταση, είναι η ποσότητα και η ταχύτητα της βροχόπτωσης και διάρ-

κεια, το χρονικό διάστημα κατά το οποίο ο πέφτει η βροχή. Η τοπογραφία, οι εδαφολογικές συνθήκες και η επιφανειακή κάλυψη, διαδραματίζουν επίσης ένα σημαντικό ρόλο. Σε δύο ρυάκια στην Ισπανία, το La Rambla del Moro, παραπόταμος του Segura και το ρυάκι Matarranya, που ανήκει στη λεκάνη απορροής του ποταμού Ebro, ο πληθυσμός των υδρόβιων μακρο-ασπόνδυλων μειώθηκε κατά 97 -.99% και ο αριθμός τάων, φυτών και ζώων μειώθηκε μαζί στο 32-.40% του αριθμού τους.

Η ανθρώπινη δράση έχει επιδεινώσει τις συνέπειες των υψηλών βροχοπτώσεων. Η αστικοποίηση είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που ενισχύουν τη δράση των πλημμύρων. Η δόμηση στις πλημμυρικές πεδιάδες των ποταμών δεν αφήνει το νερό της βροχής να διεισδύσει στο έδαφος και να φτάσει τον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα. Ο σχεδιασμός των πόλεων και η ανάγκη για οικιστικές περιοχές, πολλές φορές οδήγησαν στη δόμηση των πλημμυρικών πεδιάδων των ποταμών. Η αστικοποίηση και η ασαφής θεσμοθέτηση συνετέλεσαν στα έντονα πλημμυρικά φαινόμενα, γεγονότα που δεν συνέβαιναν τα τελευταία σαράντα χρόνια. Η αποψίλωση και οι εκχερσώσεις έχουν επίσης επιδεινώσει τις συνέπειες των υψηλών βροχοπτώσεων ενώ οι πρόσφατες κλιματικές αλλαγές (βλ. παρακάτω) μπορεί να συντελέσουν σε πιο έντονα καιρικά φαινόμενα (Σχήμα 3).

ΠΛΑΙΣΙΟ Ι. Η ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ

Στην περιοχή γύρω από τη Μεσόγειο, υπάρχουν εποχιακές ξηρασίες και πλημμύρες. Τα περισσότερα από τα ποτάμια της περιοχής είναι επίσης εποχιακά με την περίοδο ξηρασίας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και την περίοδο των πλημμύρων κατά τη διάρκεια του φθινοπώρου, του χειμώνα ή της άνοιξης (Σχήμα 4). Αυτές οι εποχιακές ξηρασίες και πλημμύρες δε θεωρούνται διαταραχές επειδή τα ζώα και τα φυτά του γλυκού νερού μπορούν και επιβιώνουν και στις δύο φάσεις λόγω φυσιολογικών και μορφολογικών προσαρμογών αλλά και αλλαγών στον κύκλο ζωής τους. Οι περιοδικές εποχιακές ξηρασίες και πλημμύρες είναι πολύ σημαντικές για τα Μεσογειακά ρυάκια. Όπως μια απρόβλεπτη ξηρασία μπορεί να έχει δραματικές επιπτώσεις στους οργανισμούς που ζουν σ' ένα ποτάμι μόνιμης ροής, έτσι και στην περίπτωση των χειμάρρων, κάποια είδη της εποχικής πανίδας μπορεί να εξαφανιστούν εάν ο χειμάρρος κάποια χρονιά δεν ξεραθεί ή εάν υπάρξει σημαντική αλλαγή στη διάρκεια ή την ακολουθία της κανονικής περιόδου ξηρασίας.



Σχήμα 4. Εποχιακή ξηρασία (με συσσώρευση φυλλοστρωμνής) και πλημμύρα σε χειμάρρο, Κρήτη, Ελλάδα. Φώτο Κ. Βορεάδου

3. Διαταραχές από τον άνθρωπο

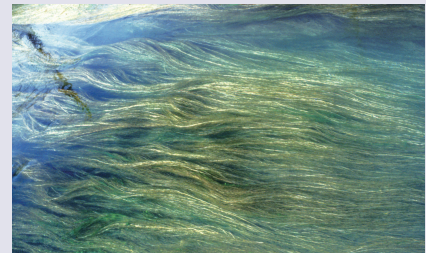
Ανθρωπογενείς διαταραχές στα συστήματα του γλυκού νερού προκαλούνται από το φαινόμενο του θερμοκηπίου, την όξινη βροχή, τη ρύπανση των υδάτων, την υπεράντλησή τους και την κατασκευή μεγάλων τεχνικών έργων, όπως εκτροπές υδάτινων συστημάτων, κατασκευή λιμνοδεξαμενών και φραγμάτων, αποστράγγιση περιοχών, καταστροφή δασών κ.ά.

Τα γλυκά νερά στη φύση περιέχουν χημικές ουσίες που διαλύονται από τα εδάφη και τα πετρώματα μέσα από τα οποία ρέουν. Τα σημαντικότερα ανόργανα στοιχεία είναι το ασβέστιο, το μαγνήσιο, το νάτριο, το κάλιο, ο άνθρακας, το χλώριο, το θείο αλλά και ουσίες που είναι θρεπτικές για τα φυτά, όπως το άζωτο, το πυρίτιο και ο φώσφορος. Επίσης απαντώνται και οργανικές ενώσεις που προέρχονται από την αποσύνθεση βιολογικών υλικών. Αυτές οι χημικές ουσίες, ως αποτέλεσμα ανθρώπινων δραστηριοτήτων που αυξάνουν τη συγκέντρωση των συγκεκριμένων ενώσεων πάνω από τα φυσιολογικά επίπεδα μπορεί να προκαλέσουν προβλήματα ρύπανσης των νερών και καλούνται ρύποι. Οι ρύποι μπορεί να προσληφθούν από τα φυτά και τα ζώα μέσω της επαφής με τα μολυσμένα ιζήματα ή άμεσα από το νερό.

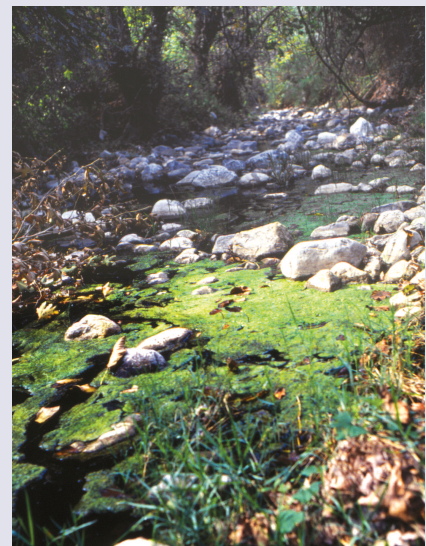
Η σύγχρονη γεωργία εξαρτάται από τα χημικά λιπάσματα, τα φυτοφάρμακα και την άρδευση για να παράγει υψηλής ποιότητας προϊόντα που θα καταναλωθούν από ανθρώπους και ζώα. Για τη μεγιστοποίηση της παραγωγής, χρησιμοποιούνται στο έδαφος λιπάσματα βασισμένα στο άζωτο. Επιπλέον, φώσφορος και άλατα άλλων ουσιών μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν όπου υπάρχει έλλειψή τους ή μειωμένο ποσοστό τους στο έδαφος. Συχνά σε καλλιεργημένες εκτάσεις, για να βελτιώσουν την παραγωγή, χρησιμοποιούν ζιζανιοκτόνα (για να σκοτώσουν τα ζιζάνια) και εντομοκτόνα (για να σκοτώσουν τα έντομα). Όλη η ποσότητα των λιπασμάτων και των φυτο-

φαρμάκων δεν παραμένει εκεί όπου εφαρμόζεται. Ορισμένη ποσότητα απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα, άλλη περνά στα υπόγεια νερά, ή μεταφέρεται σε λίμνες και ποτάμια ως απορροή, προκαλώντας προβλήματα ρύπανσης. Τα φυτοφάρμακα, τα ζιζανιοκτόνα και τα εντομοκτόνα μπορεί να προκαλέσουν τοξικότητα ενώ τα λιπάσματα, που περιέχουν μεγάλα ποσά θρεπτικών ουσιών (άζωτο και φώσφορο), μπορούν να οδηγήσουν στον ευτροφισμό, την υπερβολική αύξηση των υδρόβιων φυτών και φυκών (Σχήματα 5, 6). Όταν αυτά τα φύκη πεθαίνουν και αποσυντίθενται, η αποικοδόμηση της μάζας τους χρησιμοποιεί το περισσότερο οξυγόνο που είναι διαλυμένο στο νερό, μειώνοντας το ποσό του οξυγόνου που είναι διαθέσιμο για τα ψάρια και τους άλλους υδρόβιους οργανισμούς. Τα απόβλητα των υπονόμων και των κατοικιών περιέχουν επίσης θρεπτικά συστατικά.

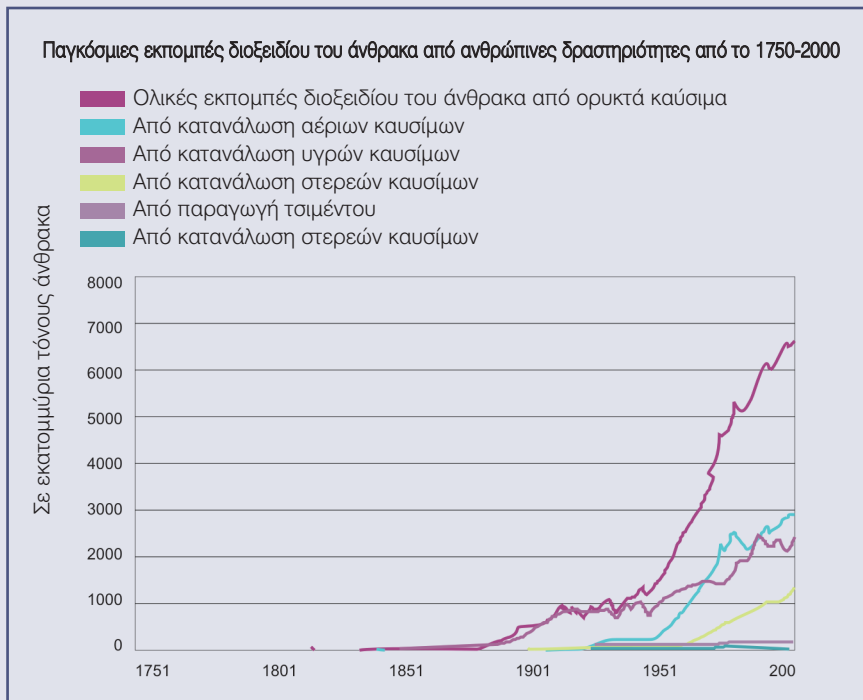
Η διάθεση αστικών και βιομηχανικών λυμάτων γίνεται τις περισσότερες φορές με τρόπο που υποβαθμίζει τα υδάτινα οικοσυστήματα. Οι βιομηχανίες διοχετεύουν ποικίλους ρύπους με τα υγρά απόβλητά τους, μεταξύ των οποίων βαριά μέταλλα, οργανικές τοξίνες, μηχανέλαια, θρεπτικές ουσίες και στερεά σώματα, με συνέπεια την τοξικότητα του νερού. Η βιομηχανία είναι επίσης κυρίως υπεύθυνη για την όξινη βροχή ή ακριβέστερα την όξινη κατακρήμνιση, όρος που χρησιμοποιείται συνήθως για την απόθεση των όξινων συστατικών στη βροχή, το χιόνι, την πάχνη ή τα ξηρά σωματίδια. Η όξινη βροχή εμφανίζεται όταν εκπέμπονται στην ατμόσφαιρα το διοξείδιο του θείου και τα οξείδια του αζώτου, τα οποία μετασχηματίζονται χημικά και απορροφώνται από τα σταγονίδια νερού στα σύννεφα. Τα σταγονίδια πέφτουν έπειτα στη γη ως βροχή, χιόνι, ξηρή σκόνη, χαλάζι, ή χιονόνερο. Αυτό αυξάνει την οξύτητα του εδάφους και έχει επιπτώσεις στη χημική ισορροπία των λιμνών και των



Σχήμα 5. Ευτροφισμός στη λίμνη Κουρνά, Κρήτη, Ελλάδα.
Φώτο Α. Τριχάς



Σχήμα 6. Ευτροφισμός στο χείμαρρο Αποσελέμη, Κρήτη, Ελλάδα.
Φώτο Κ. Βορεάδου



Σχήμα 7. Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα από ανθρώπινες δραστηριότητες από το 1750 μέχρι το 2004.

ποταμών. Η όξινη βροχή προκαλεί μια αλυσίδα αρνητικών επιπτώσεων, μειώνει ή απομακρύνει μεμονωμένα είδη και πληθυσμούς.

Η βιομηχανία επίσης, συντελεί στην όξυνση του "φαινομένου του θερμοκηπίου" και την κλιματική αλλαγή της Γης επειδή είναι κυρίως υπεύθυνη για την αύξηση της εκπομπής του διοξειδίου του άνθρακα και άλλων αερίων στην ατμόσφαιρα (Σχήμα 7). Η συσσώρευση αυτών των αερίων θεωρείται ότι μεταβάλλει το προστατευτικό στρώμα της Γης επειδή περισσότερη ηλιακή θερμότητα απορροφάται και παγιδεύεται μέσα στη γήινη ατμόσφαιρα, προκαλώντας αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη. Η αύξηση της θερμοκρασίας και πολλές άλλες επιδράσεις όπως το λιώσιμο των πολικών πάγων, θα ανεβάσουν τη στάθμη της θάλασσας. Η θάλασσα είναι πολύ σημαντική για τους ανθρώπους και μερικές από τις μεγαλύτερες πόλεις του κόσμου είναι κτισμένες στις ακτές. Αλλαγή στο επίπεδο της θάλασσας θα επηρεάσει τα παράκτια οικοσυστήματα όπως τα δέλτα των ποταμών, τους υγροτόπους,

τους βάλτους και τα παράκτια χαμηλά δάση, τα οποία διαδραματίζουν ένα σημαντικό ρόλο στην εξασφάλιση υπηρεσιών για τους ανθρώπους. Επίσης θα επηρεάσει τη βιοποικιλότητα αυτών των συστημάτων.

Μία άλλη διαταραχή για τα οικοσυστήματα του γλυκού νερού είναι η υπεράντληση των υδροφόρων στρωμάτων από τους ανθρώπους για οικιακή, αστική, βιοτεχνική, βιομηχανική, αρδευτική και αγροτική χρήση. Υπεράντληση έχουμε όταν η συνολική επήρεια αντλούμενη ποσότητα νερού είναι μεγαλύτερη από τη συνολική φυσική επήρεια ανανέωση νερού. Σ' αυτήν την περίπτωση προκαλείται μόνιμη υποχώρηση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα που είναι τόσο πιο μεγάλη, όσο πιο έντονη και μακροχρόνια είναι η υπεράντληση. Έτσι τα φυσικά αποθέματα νερού μειώνονται συνεχώς. Οι συνέπειες της υπεράντλησης των υδροφόρων στρωμάτων διακρίνονται σε:

α) Συνέπειες στον ίδιο τον υδροφόρο από την υπεράντλησή του, π.χ. μείωση της περατότητας κ.ά.

β) Μείωση παροχής ή στέρευση πηγών, μείωση στάθμης των νερών ή αποξήρανση λιμνών.

γ) Υφαλμύριση των παράκτιων υδροφόρων στρωμάτων, δηλαδή διείσδυση αλμυρού νερού στο υπέδαφος όπου έρχεται σε επαφή με το νερό των υδροφόρων στρωμάτων. Η υφαλμύριση εκτός από ανθρωπογενής διαταραχή μπορεί να είναι και φυσικό φαινόμενο.

Η αντιμετώπιση της υπεράντλησης των υδροφορέων γίνεται σε τρεις βασικούς άξονες που επίσης αποτελούν ανθρωπογενείς διαταραχές στα οικοσυστήματα του γλυκού νερού:

1. Βελτίωση και εκσυγχρονισμός υφιστάμενων έργων και μεθόδων άρδευσης.

Τα τελευταία χρόνια συνεχώς βελτιώνονται και εκσυγχρονίζονται τα εγχειρίδια έργα και χρησιμοποιούνται νέες μέθοδοι άρδευσης, με αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ποσοτήτων νερού.

2. Τεχνητό εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων.

Ως τεχνητό εμπλουτισμό υπόγειων υδροφορέων θα μπορούσαμε να χαρακτηρίσουμε την αύξηση των ποσοτήτων νερού που εισέρχονται στα υδροφόρα στρώματα με χρήση τεχνικών έργων από τον άνθρωπο. Στην πιο ευρεία έννοια θα λέγαμε ότι τεχνητός εμπλουτισμός είναι η εισαγωγή πρόσθετων ποσοτήτων νερού στον υδροφόρο. Το πρόσθετο αυτό νερό μπορεί να προέρχεται από επιφανειακό νερό ή νερό από παρακείμενο(-α) υδροφόρο(-α) στρώμα(-τα).

3. Κατασκευή λιμνοδεξαμενών και φραγμάτων καθώς και εκτροπές ποταμών.

Τα έργα αυτά κατασκευάζονται για να καλύψουν την αυξημένη ζήτηση σε νερό για ύδρευση και άρδευση. Σε ορισμένες περιπτώσεις κατασκευάζονται για την προστασία μιας περιοχής από την πλημμυρική δράση του νερού και σε άλλες για την παραγωγή ενέργειας.

Η αποστράγγιση γίνεται σε περιοχές όπου είναι αναγκαία η πτώση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα προκειμένου να δημιουργηθούν εκτάσεις κυρίως για γεωργική εκμετάλλευση.

Με όλες τις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις για την εξασφάλιση των απαιτούμενων ποσοτήτων νερού ή την παραγωγή ενέργειας, επέρχονται πάντοτε μικρότερες ή μεγαλύτερες διαταραχές στα υδάτινα οικοσυστήματα. Επίσης, οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις επιφέρουν κοινωνικοοικονομικές διαφοροποιήσεις μιας περιοχής επειδή συντελούν στη διαφοροποίηση π.χ. της γεωργίας, της κτη-

νοτροφίας, της αλιείας, της μεταποίησης προϊόντων, του τουρισμού κ.ά. Η συνεχής βελτίωση του διεθνούς και του εθνικού νομοθετικού πλαισίου και η αυξημένη ευαισθητοποίηση των κυβερνήσεων και του κοινού σχετικά με τα οικοσυστήματα του γλυκού νερού, συνεχίζουν να είναι ζητούμενα.

ΠΛΑΙΣΙΟ II. ΜΕΣΟΓΕΙΟΣ ΚΑΙ ΡΥΠΑΝΣΗ

Η περιοχή γύρω από τη Μεσόγειο είναι αρκετά ξηρή και οι βροχοπτώσεις ιδιαίτερα μεταβλητής έντασης, με εκτεταμένες περιόδους ξηρασίας κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού. Τα επιφανειακά υδάτινα σώματα που είναι λιγοστά έχουν περιορισμένη παροχή νερού και εποχιακή επιφανειακή ροή. Και τα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά, αν και συνδέονται άμεσα, έχουν υποβιβαστεί σοβαρά από την ανθρωπίνη χρήση. Οι ρύποι από τις γεωργικές, αστικές και βιομηχανικές πηγές όπως τα θρεπτικά, οι χημικές ουσίες, τα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα, έχουν αλλάξει την ισορροπία των οικοσυστημάτων και έχουν οδηγήσει στις "ανθήσεις των φυκών" (ευτροφισμός) και οξεία ή χρόνια τοξικότητα (Σχήμα 8). Στη μεσογειακή περιοχή, δυστυχώς, οι ρύποι δεν αραιώνονται επαρκώς, δεδομένου ότι οι βροχοπτώσεις είναι ελάχιστες. Έτσι, έχουν μια εντονότερη επίδραση στο οικοσύστημα του γλυκού νερού από ότι θα συνέβαινε σε περιοχές με περισσότερη βροχόπτωση. Για τους λόγους αυτούς ένα ολοκληρωμένο

σχέδιο διαχείρισης σύμφωνα με τις αρχές της Οδηγίας Πλαίσιο για το Νερό 60/2000 (βλ. κεφ. 4) είναι σημαντικό και ουσιαστικό για τη Μεσόγειο.



Σχήμα 8. Απόβλητα ελαιοτριβείου σε ένα μεσογειακό χείμαρρο, Κρήτη, Ελλάδα. Φώτο Α. Τριχάς

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΚΑΙ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΝΩΝ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

Μυρούλα Χατζηχριστοφόρου

Βιολόγος M.Sc., Τμ. Αλιείας και Θαλασσίων Ερευνών, Υπουργείο Γεωργίας, Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Κύπρος

Ανδρέας Δημητρόπουλος

Βιολόγος M.Sc., Σύνδεσμος Προστασίας Άγριας Ζωής, Κύπρος

Τα οικοσυστήματα που κινδυνεύουν περισσότερο στον πλανήτη είναι αυτά των γλυκών νερών ή αλλιώς τα υδάτινα οικοσυστήματα. Πολλοί ανθρώπινοι πολιτισμοί εγκαταστάθηκαν και αναπτύχθηκαν σε κοιλάδες ποταμών και στις κοντινές τους περιοχές. Όμως, μόνο πρόσφατα αρχίσαμε να καταλαβαίνουμε τη σημασία των υδάτινων οικοσυστημάτων και τον τρόπο λειτουργίας τους, που βελτιώνει την ποιότητα του νερού και παρέχει προστασία από τις πλημμύρες και έλεγχο της διάβρωσης.

Τα οικοσυστήματα των γλυκών νερών είναι σημαντικά στοιχεία των λεκανών απορροής, διότι λειτουργούν ως σύνδεσμος ανάμεσα στους χερσαίους και τους υδάτινους πόρους. Οι λειτουργίες ενός υδάτινου οικοσυστήματος και η αξία των λειτουργιών αυτών για τις ανθρώπινες κοινωνίες εξαρτώνται από ένα πολύπλοκο σύστημα σχέσεων ανάμεσα στο οικοσύστημα αυτό και σε άλλα στοιχεία της λεκάνης απορροής. Τα υδάτινα οικοσυστήματα αποθηκεύουν άνθρακα στο υπόστρωμα και στις φυτοκοινωνίες τους αντί να τον απελευθερώνουν στην ατμόσφαιρα ως διοξείδιο του άνθρακα. Έτσι, τα οικοσυστήματα αυτά συμβάλλουν στη ρύθμιση των κλιματικών συνθηκών σε παγκόσμια κλίμακα.

Τα υδάτινα οικοσυστήματα παίζουν ζωτικό ρόλο στην οικολογία των λεκανών απορροής. Ο συνδυασμός του ρηχού νε-

ρού με τα υψηλά επίπεδα θρεπτικών συστατικών (άζωτο και φώσφορος) και τα φυτά, είναι ιδανικός για την ανάπτυξη οργανισμών που αποτελούν τη βάση του τροφικού πλέγματος. Πολλά είδη πουλιών και θηλαστικών βασίζονται στα οικοσυστήματα των γλυκών νερών για τροφή, νερό και καταφύγιο, ιδίως κατά την περίοδο της μετανάστευσης και της αναπαραγωγής.

Τα πλημμυρικά εδάφη των υδάτινων οικοσυστημάτων παρέχουν νερό και γόνιμα εδάφη, τα οποία στη συνέχεια, σε πολλά μέρη του κόσμου, χρησιμοποιούνται στη γεωργία (π.χ. οι καλλιέργειες ρυζιού αναπτύσσονται σε πλημμυρικά εδάφη). Τα οικοσυστήματα των γλυκών νερών χρησιμοποιούνται επίσης για την παραγωγή ξυλείας, το ψάρεμα, το κυνήγι, τις μεταφορές, την παρατήρηση πουλιών, την αναψυχή και άλλες δραστηριότητες.

Τα υδάτινα οικοσυστήματα είναι πολύ πλούσια σε ενδιαιτήματα και οργανισμούς και εμφανίζουν υψηλό ενδημισμό, δηλαδή φιλοξενούν είδη που ζουν μόνο σε μια συγκεκριμένη περιοχή και πουθενά αλλού (ενδημικά είδη) (Σχήματα 1, 2). Αυτό είναι ιδιαίτερα εμφανές σε ποτάμια συστήματα, που θεωρούνται παλιά, όσον αφορά το γεωλογικό χρόνο. Πολλά είδη είναι ενδημικά ή σπάνια σε συγκεκριμένα υδάτινα οικοσυστήματα. Στα υποβαθμισμένα οικοσυστήματα γλυκών νερών η βιοποικιλότητα μειώθηκε πολύ περισσότερο από ότι

σε αντίστοιχα χερσαία ή θαλάσσια ενώ υπάρχει μεγαλύτερος κίνδυνος για περαπέρω μείωση. Έχει υπολογιστεί ότι, από το 1900, περίπου το 50% των υδάτινων οικοσυστημάτων σε όλο τον κόσμο έχει εξαφανιστεί. Κατά τη διάρκεια του πρώτου μισού του 20^{ου} αιώνα, αυτές οι εξαφανίσεις συνέβησαν κυρίως στη βόρεια εύκρατη ζώνη ενώ από τη δεκαετία του 1950 και μετά, το φαινόμενο εξαπλώθηκε ραγδαία και στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές.

Τα υδάτινα οικοσυστήματα είναι πολύ ευάλωτα γιατί η διατήρησή τους εξαρτάται από μια σταθερή επανατροφοδότηση νερού (βροχή). Σε πολλές περιοχές, όπως στη Μεσόγειο, το νερό γίνεται όλο και πιο σπάνιο. Η τεχνητή αποξήρανση, η υπεράντληση υπόγειων υδάτων και η κατασκευή φραγμάτων είναι μερικές από τις απειλές που αντιμετωπίζουν. Άλλες απειλές είναι οι οικισμοί και η αστικοποίηση, η ρύπανση (συμπεριλαμβανομένου του ευτροφισμού) και η εισαγωγή και εγκατάσταση ξενικών προς το οικοσύστημα ειδών (alien species). Σε πολλές περιοχές της Μεσογείου έχει εντατικοποιηθεί η εκμετάλλευση των υπόγειων νερών με αποτέλεσμα την πτώση της στάθμης του υπόγειου υδροφόρου ορίζοντα σε τέτοιο βαθμό που τελικά εξαφανίζονται οι πηγές και τα ρυάκια και μαζί με αυτά, τα φυτά και τα ζώα που ζουν εκεί. Η υπεράντληση όμως έχει κι άλλες συνέπειες, οικονομικής κυρίως φύσης, που μπορεί να είναι δραματικές, όπως για παράδειγμα η υφαλμύριση των υπόγειων υδροφορέων με την είσοδο θαλασσινού νερού σε αυτούς.

Τα ζώα και τα φυτά των υδάτινων οικοσυστημάτων συχνά εξαρτώνται από μια συγκεκριμένη στάθμη νερού και μπορεί να επηρεαστούν από αλλαγές που διαταράσσουν την οικολογική ισορροπία και σταθερότητα. Ακόμα και οι αλμυρές λίμνες χρειάζονται γλυκό νερό για να λειτουργήσουν και να υποστηρίξουν τους ευαίσθητους κύκλους αλατότητας που είναι απαραίτητοι για την αναπαραγωγή των υδρόβιων ειδών που βρίσκονται στη βάση της τροφικής αλυσίδας αυτών των



Σχήμα 1. *Campanula pelviformis*, ένα ενδημικό φυτό της Κρήτης που αναπτύσσεται κοντά σε ποτάμια.
Φώτο Μ. Αβραμάκης



Σχήμα 2. *Pelophylax cretensis*, ενδημικός βάτραχος της Κρήτης.
Φώτο Α. Τριχάς



Σχήμα 3. Υπερβολική ανάπτυξη φυκών σε ένα ρυάκι.
Φώτο Κ. Βορεάδου



Σχήμα 4. *Procambarus clarkii*. Ένα ξενικό είδος που έχει εισβάλει σε πολλά υδάτινα οικοσυστήματα της Κύπρου.
Φώτο Α. Δημητρίου

λιμνών. Για παράδειγμα, η μικρή γαρίδα της άλμης Αρτέμια (*Artemia salina*), χρειάζεται νερό χαμηλής αλατότητας, στην αρχή της χειμερινής περιόδου έτσι ώστε, οι κύστεις (αυγά) της να μπορέσουν να εκκολαφθούν και να αρχίσουν ξανά το βιολογικό τους κύκλο. Αν η αλατότητα παραμείνει υψηλή, οι κύστεις δεν εκκολάπτονται και όλη η τροφική αλυσίδα διαταράσσεται. Αυτό σημαίνει ότι τα φλαμίνγκο, που κανονικά τρέφονται με την Αρτέμια, δε θα βρουν τροφή και θα πρέπει, αν έχουν τη δυνατότητα, να μετακινηθούν σε άλλες περιοχές. Έτσι, αν στις αλμυρές λίμνες η εισροή γλυκού νερού δεν είναι επαρκής, τα φλαμίνγκο δε θα έχουν την απαραίτητη τροφή.

Τα υδάτινα οικοσυστήματα είναι επίσης αποδέκτες της ρύπανσης, όχι μόνο από συγκεκριμένες πηγές (π.χ. εργοστάσια) αλλά και από διάχυτες, όπως για παράδειγμα από τις εκπλύσεις των καλλιεργημένων εδαφών που μεταφέρουν λιπάσματα και εντομοκτόνα στα χαμηλότερα σημεία των λεκανών απορροής δηλαδή στα ποτάμια και τις λίμνες. Τα λιπάσματα εμπλουτίζουν τις υδάτινες μάζες με θρεπτικά συστατικά (άζωτο και φώσφορο), προκαλώντας υπερβολική ανάπτυξη των φυκών, φαινόμενο γνωστό ως “ευτροφισμός” (Σχήμα 3). Ο ευτροφισμός οδηγεί σε έλλειψη οξυγόνου, ανοξικές συνθήκες και τελικά σε δραματική μείωση της βιοποικιλότητας και εξαφάνιση των βιοτόπων.

Η επαναφορά ενός υποβαθμισμένου ή κατεστραμμένου υδάτινου οικοσυστήματος στην αρχική του καλή οικολογική κατάσταση μπορεί να αποδειχθεί αδύνατη, ιδίως αν έχουν εξαφανιστεί ενδημικές μορφές ζωής.

Η εισαγωγή ξενικών ειδών σε ένα συγκεκριμένο υδάτινο οικοσύστημα μπορεί να προκαλέσει όλεθρο, όπως έχει φανεί σε πολλές περιπτώσεις. Κάποια ξενικά είδη είναι ιδιαίτερα επεκτατικά, δηλαδή εξαπλώνονται πολύ γρήγορα σε ένα νέο οικοσύστημα, στο οποίο δεν υπάρχουν οι φυσικοί εχθροί που θα ελέγξουν τον πληθυσμό τους. Μερικά από τα χειρότερα είδη που έχουν εισαχθεί είναι υδρόβια, όπως το κουνουπόψαρο (*Gambusia affinis*), η κοκκινόλαιμη χελώνα (*Trachemys scripta elegans*), ο βουβαλοβάτραχος (*Rana catesbeiana*), ο αστακός της Λουιζιάνα (*Procambarus clarkii*) και μερικά υδρόβια σαλιγκάρια. Αυτό που κάνει τις εισαγωγές αυτές πιο επικίνδυνες είναι ότι σε ένα υδάτινο οικοσύστημα είναι πρακτικά αδύνατο να ελεγχθούν, αφού δεν υπάρχει περίπτωση να εξολοθρευτούν τα ξενικά είδη. Με άλλα λόγια, μόλις κάποιο ξενικό είδος εισαχθεί σε ένα υδάτινο οικοσύστημα, είναι σίγουρο ότι θα παραμείνει εκεί. Αυτό έχει αποδειχτεί σε πολλές περιπτώσεις, τόσο σε γλυκά νερά όσο και σε θαλάσσια οικοσυστήματα (Σχήμα 4).

Υπάρχουν πολύ γνωστά παραδείγματα, όπως αυτό με τον υδρόβιο υάκινθο, την πέρκα του Νείλου στη λίμνη Βικτώρια στην Αφρική και τα δύο φύκη *Caulerpa taxifolia* και *Caulerpa racemosa* στη Μεσόγειο. Η πέρκα του Νείλου είναι ένα ψάρι του γλυκού νερού που μπορεί να φτάσει τα 200 κιλά σε βάρος και τα 2 μέτρα σε μήκος. Εισήχθη το 1954 στη λίμνη Βικτώρια και συνέβαλε στην εξαφάνιση περισσότερων από 200 ενδημικών ψαριών είτε λόγω θήρευσης είτε λόγω ανταγωνισμού για τροφή. Ο αστακός της Λουιζιάνα

είναι σήμερα μάστιγα σε πολλά υδάτινα οικοσυστήματα της Ευρώπης. Εμφανίζεται κυρίως στις θερμότερες χώρες της νότιας Ευρώπης, όπου η εγκατάστασή του έχει προκαλέσει δραματικές αλλαγές στις αυτόχθονες βιοκοινωνίες. Τα τοπικά είδη έχουν ανακάμψει αλλά μια και δεν υπάρχουν οι φυσικοί του αστακού αυτού εχθροί, ο πληθυσμός του δε μπορεί να ελεγχθεί. Είναι μια βασική απειλή για τις καλλιέργειες ρυζιού, όπου προκαλεί τεράστιες οικονομικές ζημιές.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω παραδείγματα και κατανοώντας τους διάφορους κινδύνους που απειλούν τα υδάτινα οικοσυστήματα, είναι προφανές ότι οι κίνδυνοι διαφέρουν από χώρα σε χώρα και από περιοχή σε περιοχή. Ωστόσο, κατά γενική ομολογία, τα οικοσυστήματα αυτά είναι τα περισσότερο απειλούμενα στον πλανήτη και εξαφανίζονται τόσο γρήγορα που οι κυβερνήσεις θα πρέπει εγκαίρως να συνεργαστούν για να καθορί-

σουν τις κατάλληλες δράσεις για την προστασία τους. Σε παγκόσμιο επίπεδο υπάρχει μια συμφωνία ή σύμβαση, γνωστή ως *Σύμβαση Ραμσάρ*, που αφορά την προστασία των υδάτινων οικοσυστημάτων (στη σύμβαση αναφέρονται ως “υγρότοποι”). Το επίσημο όνομα της σύμβασης αυτής, “Σύμβαση για τους Υγρότοπους Διεθνούς Σημασίας, ειδικά ως Βιότοποι Υδροβίων Πουλιών” - “*The Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat*” αντανakλά την έμφαση της Σύμβασης στη διατήρηση και τη σωστή χρήση των υδάτινων οικοσυστημάτων, έτσι ώστε να διασφαλίζουν πρώτιστα υγιείς βιότοπους για τα πουλιά. Ωστόσο, αργότερα, οι στόχοι της Σύμβασης αυτής διευρύνθηκαν έτσι ώστε, να καλύπτουν όλα τα θέματα που αφορούν την προστασία και τη σωστή χρήση των υδάτινων οικοσυστημάτων, αναγνωρίζοντας τα γλυκά νερά σαν οικοσυστήματα υψηλής σημασίας για τη

ΠΛΑΙΣΙΟ Ι. ΟΙ ΥΓΡΟΤΟΠΟΙ RAMSAR ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ

Δύο υγρότοποι της Κύπρου έχουν ενταχθεί στη Σύμβαση Ραμσάρ, οι αλμυρές λίμνες στη Λάρνακα και στο Ακρωτήρι. Και οι δυο είναι εποχιακές

λίμνες που φιλοξενούν χιλιάδες φλαμίνγκο (Σχήματα 5, 6) και άλλα υδρόβια πουλιά.



Σχήμα 5. Η Αλυκή της Λάρνακας ήταν ο πρώτος υγρότοπος στην Κύπρο που εντάχθηκε στη Σύμβαση Ραμσάρ.
Φώτο Α. Δημητρόπουλος



Σχήμα 6. Οι κύστες (αυγά) της μικρής γαρίδας της άλμης Αρτέμιδας στις όχθες της Αλυκής της Λάρνακας. Όταν εκκολαφθούν αποτελούν τροφή των φλαμίνγκο και άλλων πουλιών.
Φώτο Α. Δημητρόπουλος

διατήρηση της βιοποικιλότητας γενικότερα και την ευημερία των ανθρώπινων κοινοτήτων. Για το λόγο αυτό η σύμβαση αυτή είναι γνωστή στο ευρύ κοινό ως “Σύμβαση για τους Υγροτόπους” (Convention on Wetlands).

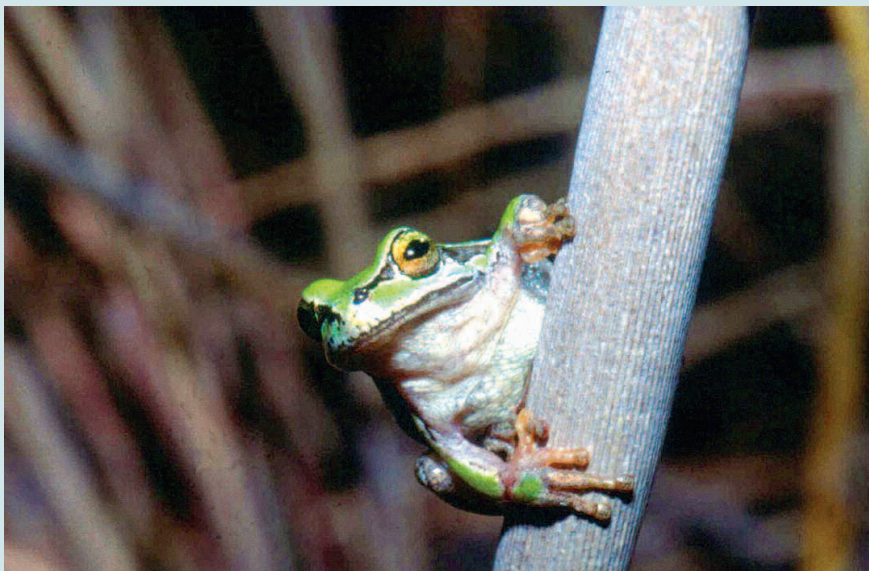
Η Σύμβαση αυτή θεσπίστηκε το 1971 στην πόλη Ραμσάρ του Ιράν και άρχισε να εφαρμόζεται το 1975. Μέχρι τον Αύγουστο του 2008 είχαν υπογράψει 158 χώρες. Περισσότεροι από 1759 υγροβιότοποι έχουν προταθεί και ενταχθεί στον Κατάλογο των Υγροτόπων Διεθνούς Σημασίας, καλύπτοντας γύρω στα 161 εκατομμύρια εκτάρια (ΠΛΑΙΣΙΟ).

Ανησυχώντας για την υποβάθμιση ή την εξαφάνιση των οικοσυστημάτων των γλυκών νερών στη Μεσόγειο διάφοροι οργανισμοί και χώρες ίδρυσαν το *MedWet Initiative*. Λειτουργεί στο πλαίσιο της Σύμβασης Ραμσάρ και είναι μια μακροπρόθεσμη προσπάθεια συνεργασίας με σκοπό την προστασία και τη σωστή χρήση των υδάτινων οικοσυστημάτων της Μεσογείου (στο *MedWet Initiative* τα υδάτινα οικοσυστήματα αναφέρονται επίσης ως “υγρότοποι”). Το δίκτυο *MedWet* συνδέει όλες τις κυβερνήσεις της περιοχής, την Παλαιστινιακή Αρχή, το UNDP, την

Ευρωπαϊκή Επιτροπή (European Commission), τις *Συνθήκες της Βαρκελώνης, Βέρνης και Ραμσάρ*, μη κυβερνητικές οργανώσεις (NGOs) και Κέντρα Υγροτόπων. Ο στόχος της Στρατηγικής για τους Μεσογειακούς Υγρότοπους είναι “να σταματήσουν και να αναστραφεί η εξαφάνιση και η υποβάθμιση των Μεσογειακών Υγροτόπων, ως συνεισφορά στη διατήρηση της βιοποικιλότητας και στην αειφόρο ανάπτυξη της περιοχής”.

Η προστασία των υδάτινων οικοσυστημάτων και η ορθή χρήση τους, που είναι και οι στόχοι όλων των παραπάνω συμφωνιών, δεν είναι μια απλή υπόθεση. Οι σύγχρονες πρακτικές, για παράδειγμα, που αφορούν τη χρήση του γλυκού νερού αντικατοπτρίζουν τις πολιτικές προτεραιότητες, λαμβάνοντας υπόψη το οικονομικό και κοινωνικό αντίκτυπο του εκάστοτε πολιτικού σχεδιασμού. Αυτό φαίνεται συχνά στις τιμές του νερού. Το νερό για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας αποτελεί θέμα συζήτησης μόνο τις τελευταίες δεκαετίες, έτσι αποτελεί ένα νέο θέμα στα πολιτικά δρώμενα. Τα κυριότερα προβλήματα όσον αφορά τη διαθεσιμότητα και τη ζήτηση νερού στις μεσογειακές περιοχές είναι πολύ γνωστά. Δεν μπορούν να παραβλεφθούν. Το νερό είναι λιγοστό και αποτελεί πολύτιμο αγαθό, που λιγοστεύει περισσότερο καθώς η ζήτησή του αυξάνεται με την αύξηση του πληθυσμού και το υψηλό επίπεδο διαβίωσης, με τις γεωργικές πρακτικές και τον τουρισμό.

Η μείωση των θρεπτικών συστατικών που εισέρχονται στα υδάτινα οικοσυστήματα δεν είναι εύκολη. Απαιτεί καθαρές εισροές στις περιοχές των πηγών και μείωση των φυτοφαρμάκων και λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες. Τα οικιακά απόβλητα κι άλλες εισροές πρέπει να επιστρέφονται στο περιβάλλον ως καθαρό νερό. Τα τελευταία χρόνια η φράση “ο ρυπαίνων πληρώνει” ακούγεται όλο και περισσότερο, δίνοντας έτσι έμφαση στο ότι οι βιομηχανίες έχουν την ευθύνη να επιστρέφουν το νερό στην ίδια κατάσταση με αυτήν που το παρέλαβαν.



Σχήμα 7. *Hyla savignyi* - ένας δένδροβάτραχος που, όπως και άλλοι βάτραχοι στο νησί, ο πληθυσμός του έχει ανακάμψει μετά από την απαγόρευση της χρήσης του DDT. Τώρα είναι ένα πολύ κοινό είδος σε κάποια σημεία της Κύπρου, παρότι ακόμη απειλείται. Φώτο Α. Δημητρώπουλος

Η εκπαίδευση, η κοινωνική ευαισθητοποίηση και συμμετοχή του κοινού μπορούν να βοηθήσουν και να επηρεάσουν το πολιτικό σκεπτικό και τις πολιτικές αποφάσεις. Πολλά από τα λάθη του παρελθόντος οφείλονται προφανέστατα σε έλλειψη γνώσεων και σε πολλές περιπτώσεις σε διαφορετικές προτεραιότητες. Η καταπολέμηση της ελονοσίας σε κάποιες περιοχές της Μεσογείου, για παράδειγμα, ήταν προτεραιότητα τη δεκαετία του 1950. Η αποξήρανση ελών και η χρήση εντομοκτόνων, όπως το DDT, βοήθησαν αλλά προκάλεσαν πολλά άλλα προβλήματα που έγιναν αντιληπτά δεκαετίες αργότερα (Σχήμα 7).

Η περισσότερη γνώση, οι νέες τεχνολογίες και η καλύτερη κατανόηση των διαδικασιών έχουν οδηγήσει σε πιο αποτελεσματικές εναλλακτικές λύσεις για την αντιμετώπιση τέτοιων θεμάτων. Πολλά μη βλαβερά είδη επανέρχονται από το χείλος της εξαφάνισης, ως αποτέλεσμα τέτοιων σύγχρονων προσεγγίσεων. Πιο αποτελεσματικός έλεγχος της ρύπανσης έχει οδηγήσει σε πιο υγιή υδάτινα οικοσυστήματα. Σήμερα στην Ευρώπη και σε όλη τη Μεσογειακή λεκάνη γίνονται πολλά, όχι μόνο για τη διαφύλαξη των γλυκών και θαλάσσιων υδάτινων μαζών από περαιτέρω υποβάθμιση αλλά και για να αναστραφεί η διαδικασία της υποβάθμισης. Η σχετική εθνική νομοθεσία στις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ) είναι υποχρεωτική. Όλες οι χώρες της ΕΕ οφείλουν να συμμορφώνονται με τις Οδηγίες και τους κανονισμούς της ΕΕ, ενώ η εφαρμογή νέων προτύπων είναι μια σημαντική πρόοδος. Η εκπαίδευση και η ευαισθητοποίηση του κοινού (Σχήμα 8) αναπόφευκτα βελτιώνουν την κατάσταση, όμως πρέπει να γίνουν ακόμη πολλά.

Η “σωστή χρήση” που αναφέρεται στη Σύμβαση Ραμσάρ δείχνει ότι τα οικοσυστήματα αυτά μπορούν να χρησιμοποιηθούν αλλά με σοφία. Στη Σύμβαση Ραμσάρ η έννοια “σωστή χρήση” ορίζεται ως: “Η σωστή χρήση των υγροτόπων είναι η αειφορική εκμετάλλευσή τους προς όφελος της ανθρωπότητας με τρόπο συμβα-



Σχήμα 8. Η εκπαίδευση παίζει σημαντικό ρόλο στην προστασία των υδάτινων οικοσυστημάτων.
Φώτο Κ. Βπρεάδου

τό με τη διατήρηση των φυσικών ιδιοτήτων του οικοσυστήματος”. Ο ορισμός αυτό είναι συνώνυμος με την “αειφορική χρήση”.

Οι “Οδηγίες για Σωστή Χρήση” προτρέπουν τις συμβαλλόμενες με τη Σύμβαση Ραμσάρ χώρες να:

- υιοθετήσουν εθνική πολιτική για τα γλυκά νερά, κάνοντας μια αναθεώρηση της υπάρχουσας νομοθεσίας και των θεσμικών τους κανονισμών έτσι ώστε να αντιμετωπίζουν τα θέματα που αφορούν τα γλυκά νερά (είτε ως αυτόνομα πολιτικά εργαλεία είτε ως μέρος των εθνικών περιβαλλοντικών σχεδίων δράσης, των εθνικών στρατηγικών για τη βιοποικιλότητα ή άλλων εθνικών στρατηγικών σχεδιασμών),
- αναπτύξουν προγράμματα για την απογραφή των υδάτινων οικοσυστημάτων, την παρακολούθησή τους, την έρευνα, την κατάρτιση, την εκπαίδευση και την κοινωνική ευαισθητοποίηση και
- αναπτύξουν δράσεις στα υδάτινα οικοσυστήματα που να περιλαμβάνουν την ανάπτυξη σχεδίων ολοκληρωμένης διαχείρισης στο επίπεδο των λεκανών απορροής τους καλύπτοντας έτσι κάθε διάσταση των υδάτινων οικοσυστημάτων.

Η ΤΕΧΝΗ ΩΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟ ΓΙΑ ΑΛΛΑΓΗ

Helena Tapadinhas

Βιολόγος, M.Sc. στη Δημιουργικότητα, Κέντρο Επιμόρφωσης Εκπαιδευτικών Dr. Rui Grácio, Περιφερειακή Διεύθυνση Εκπαίδευσης του Algarve, Πορτογαλία

Στο κεφάλαιο αυτό προτείνεται μια μεθοδολογία, στην οποία εφαρμόζονται τεχνικές της τέχνης του δράματος στην περιβαλλοντική εκπαίδευση, ως μέρος μιας διαδικασίας που μπορεί να οδηγήσει σε αλλαγή συμπεριφοράς απέναντι στην κατανάλωση νερού.

Η διδακτική αυτή μεθοδολογία συμπεριλαμβάνεται στο πρόγραμμα "Περιβαλλοντική Εκπαίδευση μέσω της Τέχνης" της Περιφερειακής Διεύθυνσης Εκπαίδευσης του Algarve Πορτογαλίας και αποτελεί τη βάση μιας σειράς σεμιναρίων για εκπαιδευτικούς.

Οι δραστηριότητες που αναφέρονται παρακάτω είναι πρακτικές που χρησιμοποιούν παιχνίδια και μιμήσεις για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Οι δραστηριότητες αυτές δίνουν την ευκαιρία σε κάποιον να χρησιμοποιήσει τις προσωπικές του ικανότητες για να αντιπροσωπεύσει ή να εκφράσει τον εαυτό του και να δημιουργήσει υλικό που θα χρησιμοποιηθεί αργότερα μέσα στην ομάδα. Οι δραστηριότητες αυτές προϋποθέτουν τη χρήση φαντασίας και μνήμης καθώς και την ικανότητα να φέρνουν στον παρόντα χρόνο, παλιές εμπειρίες ή να σχεδιάζουν μελλοντικές δράσεις.

Υπάρχουν πολλές τεχνικές δραματοποίησης για την περιβαλλοντική εκπαίδευση, θεωρήσαμε όμως ότι κάποιες σχετίζονται περισσότερο με το θέμα του περιβάλλοντος, όπως παιχνίδια και δραματοουργία.

Παιχνίδια: περιλαμβάνουν κίνηση του σώματος, φωνή, δημιουργικότητα, συναισθήματα, ομαδικότητα, βοηθούν στο ξεμπλοκάρισμα των αναστολών, οδηγούν σε αστείες καταστάσεις και σε μια όμορφη ατμόσφαιρα καθ' όλη τη διάρκεια της δραστηριότητας. Ο στόχος των παιχνιδιών στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι να κάνουν τους μαθητές να κατανοήσουν πιο εύκολα αυτό που θέλουμε να τους δείξουμε.

Δραματοποίηση: δραματοποίηση είναι να δώσεις δραματική δομή σε κάτι που εξ αρχής δεν έχει καθόλου. Είναι μια δράση που λαμβάνει χώρα σε συγκεκριμένο χώρο και χρόνο με κάποιους χαρακτήρες. Μπορούμε να παίξουμε ένα θεατρικό, να δραματοποιήσουμε ένα κείμενο, να αφηγηθούμε μια ιστορία, χρησιμοποιώντας ήχους, αντικείμενα, χαρακτήρες κ.ά.

Η μεθοδολογία που παρουσιάζουμε χρησιμοποιεί μια σειρά τεχνικών δραματοποίησης ώστε οι μαθητές να έρθουν αντιμέτωποι με τη δική τους στάση απέναντι σε σημαντικά περιβαλλοντικά θέματα και με αυτόν τον τρόπο να συμβάλει στην πιθανή αλλαγή στάσης είτε ενός ατόμου είτε ολόκληρης της ομάδας απέναντι σε τέτοια θέματα. Αυτό θα μπορούσε να γίνει με τη δημιουργία κάποιου προϊόντος ή παρουσιάζοντας τα αποτελέσματα με έναν καλλιτεχνικό τρόπο.

Τα διαφορετικά στάδια αυτής της διαδικασίας σχετίζονται με συγκεκριμένες δραστηριότητες και έχουν συγκεκριμένους στόχους:

Στάδιο 1: ευαισθητοποίηση / προσέγγιση στο θέμα

Έχει ως στόχο να δώσει κίνητρα και να βοηθήσει τους μαθητές να γνωρίσουν το θέμα με το οποίο θα δουλέψουν.

Στάδιο 2: δημιουργία χαρακτήρων

Έχει ως στόχο να κάνει τους μαθητές να εκφράσουν τις προσωπικές τους απόψεις και να ακούσουν των άλλων αλλά κυρίως να βρουν το δικό τους πεδίο αναφοράς. Επίσης να σκεφτούν νέες ιδέες που θα τους οδηγήσουν στη δημιουργία νέων σχετικών θεματικών πεδίων.

Στάδιο 3: δημιουργία προϊόντων καλλιτεχνικής έκφρασης με κάποιο συγκεκριμένο μήνυμα

Έχει ως στόχους να:

1. δημιουργηθούν προτάσεις για τη δομή ενός θεατρικού έργου που να βασίζεται σε φανταστικούς χαρακτήρες.
2. αποφασίσει η ομάδα ποια προϊόντα καλλιτεχνικής έκφρασης θα παρουσιάσουν βασισμένα σε κάποια ήδη υπάρχουσα δραματική δομή: τραγούδι, χορογραφία, παραμύθι, ραδιοφωνικό πρόγραμμα, ραδιοφωνικό θέατρο, κινούμενα σχέδια, σενάριο ταινίας κ.ά.

Στάδιο 4: πρόταση παρέμβασης / δημόσια παρουσίαση και αξιολόγηση

1. η ομάδα αποφασίζει ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος προκειμένου το κάθε άτομο να αποκτήσει την καλύτερη συμπεριφορά.
2. η ομάδα αποφασίζει πώς η δημόσια παρουσίαση της δουλειάς της θα έχει μεγαλύτερο αντίκτυπο στο κοινό.
3. η ομάδα αποφασίζει ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος για να παρουσιάσει και να αξιολογήσει τη δουλειά της.

Στάδιο 5: παρουσίαση / συζήτηση

Όλοι θα κληθούν να δείξουν τη δουλειά τους, ενώ η συζήτηση θα γίνει μετά την παρουσίαση. Οι παρατηρητές κάνουν τις παρατηρήσεις τους ανοιχτά, μπροστά στα άτομα της ομάδας έτσι ώστε, να μπορέσει κανείς να δει κατά πόσο έγινε κατανοητό το επιθυμητό μήνυμα που η ομάδα ήθελε να περάσει.

Στάδιο 6: συμπεράσματα

Οι μαθητές εκφράζουν στην ομάδα τα συναισθήματά τους, τις σκέψεις τους, τις απόψεις τους σχετικά με το θέμα καθώς και τη σημασία και την πιθανότητα εφαρμογής της δουλειάς τους. Πρέπει να αποκτήσουν κριτική στάση, συνδυαστική ικανότητα και να συνειδητοποιήσουν ποια είναι η θέση τους στα περιβαλλοντικά θέματα.

1. Δραστηριότητες

Τώρα θα παρουσιάσουμε προτάσεις για δραστηριότητες που μπορούν να γίνουν σε κάθε ένα από τα παραπάνω στάδια, κατά τη διάρκεια μιας πρωτοβουλίας που θα αφορά την κατανάλωση του νερού.

Στάδιο 1: ευαισθητοποίηση / προσέγγιση στο θέμα

Στην αρχή, ο συντονιστής ζητά από τους συμμετέχοντες να απαριθμήσουν καθημερινές συμπεριφορές στο σπίτι τους με τις οποίες θα μπορούσαν να περιορίσουν τη σπατάλη του νερού της βρύσης και να καθορίσουν το θέμα της ομάδας σε συνάφεια με τους αναμενόμενους στόχους. Με αυτά τα παραδείγ-

ματα είναι πιο εύκολο να έρθουν σε επαφή με το θέμα και να βρουν το άμεσο υλικό που θα χρησιμοποιηθεί στις επόμενες δραστηριότητες.

Τέτοιες συμπεριφορές θα μπορούσαν να είναι:

- Να επιδιορθώνουμε τις βρύσες που χάνουν νερό.
- Να κλείνουμε τη βρύση όταν βουρτσίζουμε τα δόντια μας ή σαπουνίζουμε τα χέρια μας.
- Να προτιμάμε το ντους αντί για το μπάνιο σε γεμάτη με νερό μπανιέρα.
- Να χρησιμοποιούμε τα πλυντήρια μόνο όταν είναι τελείως γεμάτα.
- Να γεμίζουμε το καζανάκι με 1,5 λίτρο νερό.
- Να ποτίζουμε τους κήπους είτε πολύ πρωί είτε αργά το απόγευμα για να αποφύγουμε την εξάτμιση από τις 12 μέχρι τις 3 το μεσημέρι.
- Να καλύπτουμε την πισίνα για να αποφύγουμε την εξάτμιση.
- Να πλένουμε το αυτοκίνητο χρησιμοποιώντας νερό σε κουβά και όχι με το λάστιχο.
- Η Αλίκη στη Χώρα του Νερού

Όλοι οι συμμετέχοντες σχηματίζουν έναν κύκλο και κάθε ένας αυτοσυστήνεται χρησιμοποιώντας μια έκφραση με το όνομά του και μια λέξη που να σχετίζεται με το νερό, όπως π.χ. "Αλίκη στη Χώρα του Νερού". Όταν πει τον τίτλο του ο καθένας, πρέπει να κάνει ένα βήμα μπροστά και να χαιρετήσει και μετά κάνει πάλι πίσω πηγαίνοντας στην αρχική του θέση στον κύκλο. Αυτό θα γίνει από όλους τους συμμετέχοντες. Μπορεί να συνοδεύεται από χορογραφικές κινήσεις και μουσική.

- Το παιχνίδι με τις καρέκλες

Στο κέντρο του δωματίου τοποθετήστε καρέκλες λιγότερες από τους μαθητές. Ο συντονιστής ζητά από όλους να περπατήσουν γύρω από τις καρέκλες και να εκφράσουν κάποιες προτάσεις όπως π.χ. "περπατήστε σαν να είστε στάλες βροχής που πέφτουν στην ξερή γη" κινώντας κατάλληλα το σώμα τους. Όταν ο συντονιστής χτυπήσει παλαμά-

κια σημαίνει ότι πρέπει να καθίσουν στις καρέκλες. Όσοι δεν κατάφεραν να καθίσουν σε κάποια καρέκλα δεν ξαναπαίζουν. Αυτό θα συνεχιστεί μέχρι να μείνουν δύο καρέκλες στο δωμάτιο και να βγει κάποιος νικητής.

Οι συμμετέχοντες θα μπορούσαν να μιμηθούν:

- στάλες νερού που πέφτουν γρήγορα από μία βρύση που δεν έχει κλείσει καλά.
- μπάνιο σε ντους με τη βρύση ανοιχτή.
- στάλες νερού που εξατμίζονται το μεσημέρι.
- στάλες νερού που "ταξιδεύουν" μέσα στις σωλήνες του δικτύου ύδρευσης και φτάνουν στη βρύση του επιστημονικού εργαστηρίου του σχολείου τους.
- στάλες νερού υψηλής πίεσης που εκτοξεύονται από έναν σπασμένο αγωγό διανομής νερού.

Στάδιο 2: δημιουργία χαρακτήρων

- Καταιγισμός ιδεών

Ο "καταιγισμός ιδεών" εφαρμόζεται στη δημιουργία χαρακτήρων που διακωμωδούν συγκεκριμένες συμπεριφορές. Ο συντονιστής ζητά από κάθε μαθητή, αρχικά, να γράψει σε ένα χαρτί μία από τις συμπεριφορές που είχαν καθοριστεί στο πρώτο στάδιο ως συμβολή στην καλύτερη διαχείριση του νερού στο σπίτι, όπως για παράδειγμα την επιδιόρθωση των βρυσών που στάζουν.

Στη συνέχεια του ζητά να γράψει τις πρώτες ιδέες που του έρχονται στο μυαλό για ένα χαρακτήρα ο οποίος έχει εμμονή ή ψύχωση που σχετίζεται με τη συμπεριφορά αυτή ή με το αντίθετό της, π.χ. θέλει μονίμως να φτιάχνει χαλασμένες βρύσες ή να τοποθετεί χαλασμένες βρύσες.

Ο συντονιστής θα φτιάξει μετά μια λίστα με τις ιδέες για το συγκεκριμένο χαρακτήρα, όπως:

Όνομα, ψευδώνυμο, ηλικία, σωματικά χαρακτηριστικά και ψυχολογικό προφίλ, για ποιο λόγο ο χαρακτήρας

είναι παγκοσμίως γνωστός, ποιο ήταν το παιδικό τραύμα που τον οδήγησε σε αυτήν του την εμμονή ή ψύχωση, το όνομα του χειρότερου του εχθρού, πού βρίσκεται τώρα ο χαρακτήρας αυτός και με τι ασχολείται.

Ο πρώτος χαρακτήρας δημιουργείται από τον ίδιο το συγγραφέα, ο οποίος τον παρουσιάζει στην τάξη. Ο δεύτερος χαρακτήρας μπορεί να περιγραφεί όταν η ιστορία έχει αρχίσει να σχηματίζεται. Η δημιουργία ενός χαρακτήρα μπορεί να γίνει ως εξής: επιλέγεται ένα διάσημο δίδυμο ήρωας/κακοποιός και γίνεται η περιγραφή του σύμφωνα με τις παραμέτρους που αναφέρθηκαν παραπάνω. Την ίδια στιγμή δημιουργείται ένα νέο δυνατό και ανάλογο δίδυμο που σχετίζεται με το μήνυμα πάνω στο οποίο θέλει να δουλέψει ο συντονιστής. Για παράδειγμα, ο Καζανάκης Πλημμύρας (Πίνακας 1) είναι ένα μεγάλο και χοντρό καζανάκι που του αρέσει να σπαταλάει νερό και να περνά όλη του τη μέρα πατώντας το ίδιο του το κουμπί. Νιώθει πολύ περήφανος που ξέρει ότι αυτός είναι υπεύθυνος για τη μεγαλύτερη σπατάλη νερού στο σπίτι! Είναι ο μόνος που αντιμετωπίζει τον Καπετάνιο Ενάμιση Λίτρο, ο οποίος, με το σώμα του που μοιάζει με μπουκάλι, βουτάει μέσα στον Καζανάκη Πλημμύρα και τον αναγκάζει να εξοικονομήσει ενάμιση λίτρο νερού κάθε φορά που τραβάει το καζανάκι.

■ Δημιουργικά παιχνίδια γλώσσας

Πώς θα βρείτε δημιουργικά ονόματα για τους χαρακτήρες;

Σε έναν καταγισμό ιδεών ζητήστε από τους μαθητές να γράψουν λέξεις που σχετίζονται με το μέρος που αντιστοιχεί στη διαφάνεια που προβάλλεται. Για παράδειγμα, αν πρόκειται για το θέμα "επιδιόρθωση βρυσών που στάζουν" πρέπει οι μαθητές να συσχετίσουν το μήνυμα/αποστολή με χώρους όπου υπάρχουν βρύσες, όπως για παράδειγμα το μπάνιο. Τέτοιοι συσχετισμοί μπορεί να είναι ο νιπτήρας, το καζανάκι, η μπανιέρα, η ντουζιέρα, η βούρτσα, το

σαμπουάν, το σαπούνι, το φως, η πετσέτα, κ.ά και να δημιουργούνται ονόματα όπως η δεσποινίς Μικρή Βρύση ή ο κύριος Σαπούνιος Ντους.

Στάδιο 3: δημιουργία προϊόντων καλλιτεχνικής έκφρασης με κάποιο συγκεκριμένο μήνυμα

Οι συμμετέχοντες οργανώνονται σε δύο ομάδες ανάλογα με τη σχέση τους με το μήνυμα/αποστολή. Για κάθε ομάδα πρέπει να υπάρχουν 1) ένα καθαρό και καθορισμένο μήνυμα, 2) χαρακτήρες, 3) αντιδικία, 4) καθορισμός χώρου και χρόνου, 5) σενάριο, 6) τρόποι έκφρασης.

Παράδειγμα:

1. Ξεκάθαρο και καθορισμένο μήνυμα: να μειωθεί η σπατάλη νερού τοποθετώντας ένα μπουκάλι νερού 1,5 λίτρου μέσα στο καζανάκι.

Χαρακτήρας	Πρόβλημα
Στρατηγός Νιτρικός	Χρήση χημικών στις καλλιέργειες, δηλητηρίαση του υδροφόρου ορίζοντα
Δεσποινίς Μπουλντόζα σε Υπερβολική Χρήση	Κακή διαχείριση μηχανών που οδηγεί σε επιφανειακή διαρροή και μη αναπλήρωση του νερού του υδροφόρου ορίζοντα
Αρχιτέκτονας Αστικό Χάος	Αστικό χάος που οδηγεί σε επιφανειακή διαρροή και μη αναπλήρωση του νερού του υδροφόρου ορίζοντα
Κύριος Παγκόσμιους Ευκάλυπτος	Κακή διαχείριση δασών που οδηγεί σε μεγάλη κατανάλωση νερού
Γιατρός Βρωμερό Γουρούνι	Λίπη, γράσσα κ.ά. που οδηγούν στη δηλητηρίαση των επιφανειακών υδάτων
Καζανάκης Πλημμύρας	Σπατάλη νερού στο σπίτι
Τζο Γεώτρησης	Δημόσια σπατάλη νερού

2. χαρακτήρες: Καπετάνιος Ενάμιση Λίτρο και Καζανάκης Πλημμύρας.

3. αντιδικία: ο Καπετάνιος Ενάμιση Λίτρο, που το σώμα του μοιάζει με μπουκάλι, βουτάει μέσα στον Καζανάκη Πλημμύρα και τον αναγκάζει να κάνει οικονομία 1,5 λίτρου νερού κάθε φορά που τραβάει το καζανάκι.

4. καθορισμός χώρου και χρόνου: μέσα στο σπίτι μας.

5. σενάριο: η σειρά των δράσεων από τη στιγμή που ο Καπετάνιος Ενάμιση Λίτρο φτάνει σπίτι, πηγαίνει στο μπάνιο και καταφέρνει να ανοίξει το καπάκι του Καζανάκη Πλημμύρα χωρίς αυτός να τον αντιληφθεί.

6. τρόποι έκφρασης: ραδιοφωνικό θέατρο και κινούμενα σχέδια.

▪ Ομαδική αφήγηση παραμυθιού

Μετά τον καθορισμό των παραπάνω παραμέτρων, κάθε ομάδα έχει να πει μια ιστορία. Τα διάφορα μέρη της ιστορίας μοιράζονται τυχαία σε κάθε συμμετέχοντα και η αφήγηση της ιστορίας γίνεται ομαδικά, σχηματίζοντας ένα κύκλο.

Στάδιο 4: πρόταση παρέμβασης / δημόσια παρουσίαση και αξιολόγηση

Η ομάδα καθορίζει τις συμπεριφορές για καθένα από τους χαρακτήρες καθώς και τον τρόπο που πρέπει να παρουσιαστούν ώστε να υπάρξουν αποτελέσματα.

Στο παράδειγμα αυτό, οι συμμετέχοντες δεσμεύονται να βάλουν ένα μπουκάλι νερού 1,5 λίτρου στα καζανάκια τους και να ετοιμάσουν ένα φυλλάδιο που θα στείλουν σε όλα τα σπίτια της πόλης τους. Στο φυλλάδιο αυτό προτείνουν στον κόσμο να χρησιμοποιήσει το μπουκάλι αυτό και να καταγράψει πόσες φορές χρησιμοποιεί το καζανάκι κατά τη διάρκεια μιας βδομάδας. Τέλος, ζητείται να στείλουν το συμπληρωμένο φυλλάδιο πάλι πίσω στο σχολείο για να γίνει ο υπολογισμός του νερού που εξοικονομήθηκε.

Στάδια 5 και 6: παρουσίαση / συζήτηση / συμπεράσματα

Η δουλειά παρουσιάζεται, ακολουθεί συζήτηση και αξιολογείται σύμφωνα με κάποια στρατηγική που καθορίζεται από την ομάδα. Για παράδειγμα στο κοινό παρουσιάζονται οι ιστορίες που δημιουργήθηκαν καθώς και τα αποτελέσματα που βγήκαν από τις δράσεις που έγιναν για την εξοικονόμηση του νερού στα σπίτια.

2. Συμπέρασμα

Με την παραπάνω μεθοδολογία:

1. Αυξάνεται η ευαισθητοποίηση των μαθητών σε καθορισμένα περιβαλλοντικά θέματα και ταυτόχρονα ο εκπαιδευτικός ανακαλύπτει τις στάσεις των μαθητών στα θέματα αυτά. Με το παιχνίδι έρχονται στην επιφάνεια τα συναισθήματα των μαθητών χωρίς όμως να υπόκεινται σε κανενός είδους κριτική.

2. Ο μαθητής αισθάνεται μέρος της ομάδας, με μια ταυτότητα, ένα χώρο και μία αξία. Με το να προτείνει και να εφαρμόζει κάποια περιβαλλοντική δράση, γίνεται ο ίδιος πρωταγωνιστής σε ένα κοινωνικό θέμα.

3. Παράγεται μια ολοκληρωμένη καλλιτεχνική δημιουργία που αξιολογείται και διαχέεται.

