

ΒΙΟΛΟΓΙΑ

**Γενικής Παιδείας
Γ' ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ**

ΤΟΜΟΣ 3ος

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΡΧΙΚΗΣ ΕΚΔΟΣΗΣ

Η συγγραφή του βιβλίου είναι αποτέλεσμα συλλογικής εργασίας μελών της Πανελλήνιας Ένωσης Βιολόγων, στα πλαίσια του διαγωνισμού του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου για τη συγγραφή διδακτικών βιβλίων Βιολογίας της Β΄ και Γ΄ Λυκείου.

ΟΜΑΔΑ ΣΥΓΓΡΑΦΗΣ (Α΄ ΕΚΔΟΣΗΣ)

ΑΔΑΜΑΝΤΙΑΔΟΥ ΣΜ., βιολόγος, μέλος του Διεθνούς Συμβουλίου Μουσείων.

ΓΕΩΡΓΑΤΟΥ Μ., βιολόγος, καθηγήτρια Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης.

ΓΙΑΠΙΤΖΑΚΗΣ Χ., δρ Μοριακής,
γενετιστής.

ΛΑΚΚΑ Λ., ΔΕΑ Μοριακής Βιο-
λογίας, ΔΕΑ Περιβαλλοντικής
Εκπαίδευσης, καθηγήτρια Δευ-
τεροβάθμιας Εκπαίδευσης. (Συμ-
μετοχή μόνο στον Εργαστηριακό
Οδηγό)

ΝΟΤΑΡΑΣ Δ., βιολόγος, M.Sc.,
ιδιωτικός εκπαιδευτικός Δευτερο-
βάθμιας Εκπαίδευσης.

ΦΛΩΡΕΝΤΙΝ Ν., δρ Μοριακής Βι-
ολογίας, κυτταρογενετίστρια.

ΧΑΤΖΗΓΕΩΡΓΙΟΥ Γ., ανοσοβιολό-
γος.

ΧΑΝΤΗΚΩΝΤΗ ΟΛ., δρ Βιολογί-
ας, καθηγήτρια Δευτεροβάθμιας
Εκπαίδευσης. (Συμμετοχή μόνο
στον Εργαστηριακό Οδηγό)

**ΟΜΑΔΑ ΑΝΑΜΟΡΦΩΣΗΣ ΤΗΣ Α΄
ΕΚΔΟΣΗΣ**

**ΚΑΛΑΪΤΖΙΔΑΚΗ ΜΑΡΙΑΝΝΑ, δρ
Βιολογίας, εντεταλμένη επίκου-
ρος καθηγήτρια Βιολογίας.**

**ΠΑΝΤΑΖΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ, βιολό-
γος, ιδιωτικός εκπαιδευτικός.**

**ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΓΙΑ ΤΟ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ**

**ΠΕΡΑΚΗ ΒΑΣΙΛΙΚΗ, δρ Βιολογί-
ας, σύμβουλος Παιδαγωγικού Ιν-
στιτούτου.**

ΟΜΑΔΑ ΚΡΙΣΗΣ

**ΚΟΥΣΟΥΛΑΚΟΣ Σ., αναπληρωτής
καθηγητής Ανάπτυξης Βιολογίας
και Ιστολογίας του Πανεπιστημί-
ου Αθηνών.**

ΚΑΣΤΟΡΙΝΗΣ ΑΝΤ., δρ βιολογίας,
εκπαιδευτικός Δευτεροβάθμιας
Εκπαίδευσης.

ΚΑΨΑΛΗΣ ΑΘΑΝ., βιολόγος, εκ-
παιδευτικός Δευτεροβάθμιας Εκ-
παίδευσης.

ΓΛΩΣΣΙΚΗ ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ

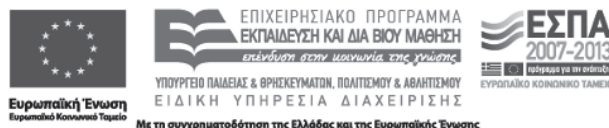
ΚΛΕΙΔΩΝΑΡΗ ΜΑΙΡΙΤΑ, φιλόλο-
γος, καθηγήτρια Δευτεροβάθμιας
Εκπαίδευσης.

ΕΠΙΒΛΕΨΗ ΠΡΟΕΚΤΥΠΩΣΗΣ

ΠΛΑΤΑΝΙΣΤΙΩΤΗ ΣΟΦΙΑ, βιολό-
γος, M.Sc., καθηγήτρια Δευτερο-
βάθμιας Εκπαίδευσης.

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΕΠΑΝΕΚΔΟΣΗΣ

Η επανέκδοση του παρόντος βιβλίου πραγματοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών & Εκδόσεων «Διόφαντος» μέσω ψηφιακής μακέτας, η οποία δημιουργήθηκε με χρηματοδότηση από το ΕΣΠΑ / ΕΠ «Εκπαίδευση & Διά Βίου Μάθηση» / Πράξη «ΣΤΗΡΙΖΩ».



Οι διορθώσεις πραγματοποιήθηκαν κατόπιν έγκρισης του Δ.Σ. του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής

Η αξιολόγηση, η κρίση των προσαρμογών και η επιστημονική επιμέλεια του προσαρμοσμένου βιβλίου πραγματοποιείται από τη Μονάδα Ειδικής Αγωγής του Ινστιτούτου Εκπαιδευτικής Πολιτικής.

Η προσαρμογή του βιβλίου για μαθητές με μειωμένη όραση από το ΙΤΥΕ – ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ πραγματοποιείται με βάση τις προδιαγραφές που έχουν αναπτυχθεί από ειδικούς εμπειρογνώμονες για το ΙΕΠ.

**ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ
ΓΙΑ ΜΑΘΗΤΕΣ
ΜΕ ΜΕΙΩΜΕΝΗ ΟΡΑΣΗ**

ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ



**ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΕΡΕΥΝΑΣ
ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ**

**ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ
ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ**

ΒΙΟΛΟΓΙΑ

**Γενικής Παιδείας
Γ' ΓΕΝΙΚΟΥ ΛΥΚΕΙΟΥ**

**ΑΔΑΜΑΝΤΙΑΔΟΥ ΣΜ.,
ΓΕΩΡΓΑΤΟΥ Μ., ΓΙΑΠΙΤΖΑΚΗΣ Χ.,
ΛΑΚΚΑ Λ., ΝΟΤΑΡΑΣ Δ.,
ΦΛΩΡΕΝΤΙΝ Ν., ΧΑΤΖΗΓΕΩΡΓΙΟΥ Γ.,
ΧΑΝΤΗΚΩΝΤΗ ΟΛ.**

**Η συγγραφή και η επιστημονική
επιμέλεια του βιβλίου
πραγματοποιήθηκε υπό την αιγίδα
του Παιδαγωγικού Ινστιτούτου**

Τόμος 3ος

Ι.Τ.Υ.Ε. «ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ»



Κεφάλαιο 2

ΑΝΘΡΩΠΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

**«Τη γη δεν την κληρονομήσαμε
από τους γονείς μας,
τη δανειστήκαμε από τα παιδιά μας».**



2. ΑΝΘΡΩΠΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Ο άνθρωπος, από την εμφάνισή του στη Γη, βρίσκεται σε διαρκή αλληλεπίδραση με το περιβάλλον του. Το περιβάλλον του ανθρώπου, είτε φυσικό είτε τεχνητό, καθορίζει τις συνθήκες μέσα στις οποίες ο άνθρωπος ζει και αναπαράγεται, ταυτόχρονα όμως διαμορφώνεται από αυτόν, ώστε να ανταποκρίνεται περισσότερο στις ανάγκες του.

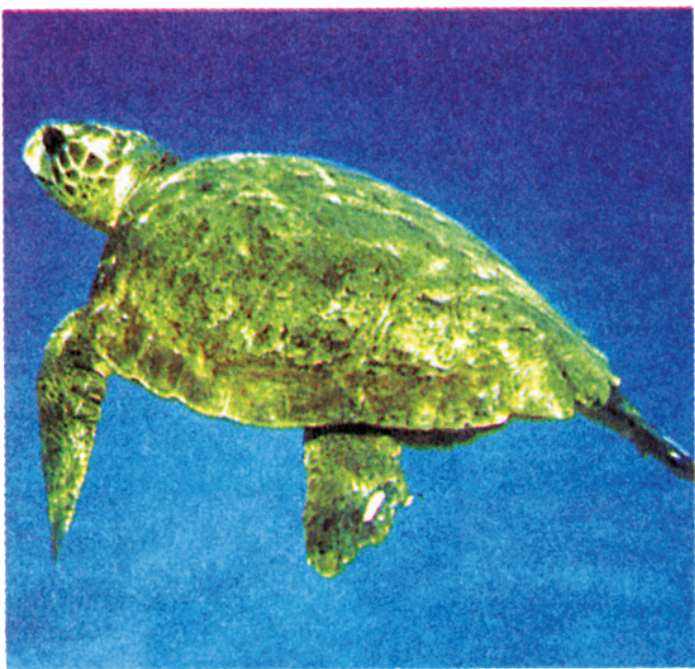
Οικολογία είναι η επιστήμη που μελετά τις σχέσεις των οργανισμών –και φυσικά του ανθρώπου– με:

- τους αβιοτικούς παράγοντες του περιβάλλοντός τους, δηλαδή το κλίμα (υγρασία, θερμοκρασία, ηλιοφάνεια), τη διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων,

τη σύσταση του εδάφους, την αλατότητα του νερού κ.ά.

- τους άλλους οργανισμούς που ανήκουν στο ίδιο ή σε διαφορετικό είδος από αυτούς.





2.1 Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ

Συστατικά του οικοσυστήματος

Η έννοια του οικοσυστήματος αποτελεί θεμελιώδη έννοια για την Οικολογία. Το οικοσύστημα είναι ένα σύστημα μελέτης που περιλαμβάνει τους βιοτικούς παράγοντες μιας περιοχής, δηλαδή το σύνολο των οργανισμών που ζουν σ' αυτήν, τους αβιοτικούς παράγοντες της περιοχής, καθώς και το σύνολο των αλληλεπιδράσεων που αναπτύσσονται μεταξύ τους.

Οι οργανισμοί που ζουν σε ένα οικοσύστημα διακρίνονται, ανάλογα με τον τρόπο που εξασφαλίζουν την τροφή τους, σε παραγωγούς, καταναλωτές και αποικοδομητές.



α



β



γ



δ

Εικόνα 2.1: α) Παραγωγοί, β) καταναλωτής πρώτης τάξης, γ) καταναλωτής δεύτερης τάξης, δ) αποικοδόμηση (μύκητες πάνω σε πεσμένα φύλλα)

Οι παραγωγοί είναι οι οργανισμοί που φωτοσυνθέτουν, έχουν δηλαδή την ικανότητα να δεσμεύουν την ηλιακή ενέργεια και να την αξιοποιούν για την παραγωγή γλυκόζης και άλλων υδατανθράκων από απλά ανόργανα μόρια (διοξείδιο του άνθρακα και νερό). Στους παραγωγούς, που χαρακτηρίζονται και ως αυτότροφοι οργανισμοί, διότι παράγουν οι ίδιοι τις χημικές ουσίες από τις οποίες εξασφαλίζεται η απαραίτητη ενέργεια για την επιβίωσή τους, υπάγονται οι πολυκύτταροι φυτικοί οργανισμοί, τα φύκη και τα κυανοβακτήρια.

Όλοι οι άλλοι οργανισμοί των οικοσυστημάτων, οι οποίοι δε φωτοσυνθέτουν, χαρακτηρίζονται ως ετερότροφοι, γιατί παραλαμβάνουν με την τροφή τους τις χημικές

ουσίες που είναι απαραίτητες για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τους.

Οι ετερότροφοι οργανισμοί διακρίνονται σε καταναλωτές και αποικοδομητές. Στους καταναλωτές, τους οργανισμούς δηλαδή που τρέφονται με φυτικούς ή άλλους ζωικούς οργανισμούς, ανήκουν οι μονοκύτταροι και οι πολυκύτταροι ζωικοί οργανισμοί. Οι καταναλωτές, ανάλογα με «τον αριθμό των βημάτων» που τους χωρίζουν από τους παραγωγούς, διακρίνονται σε:

- καταναλωτές πρώτης τάξης, που είναι τα φυτοφάγα ζώα,**
- καταναλωτές δεύτερης τάξης, που είναι τα σαρκοφάγα ζώα τα οποία τρέφονται με φυτοφάγα,**

- **καταναλωτές τρίτης ή μεγαλύτερης τάξης, που είναι τα σαρκοφάγα τα οποία τρέφονται με άλλα σαρκοφάγα.**

Στους αποικοδομητές ανήκουν ορισμένα βακτήρια και μύκητες που τρέφονται με τη νεκρή οργανική ύλη (φύλλα, καρπούς, απεκκρίσεις, τρίχες, σώματα νεκρών οργανισμών). Οι αποικοδομητές παίζουν σπουδαίο ρόλο στη λειτουργία του οικοσυστήματος, καθώς μετατρέπουν την οργανική ύλη σε ανόργανη, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί εκ νέου από τους φυτικούς οργανισμούς.

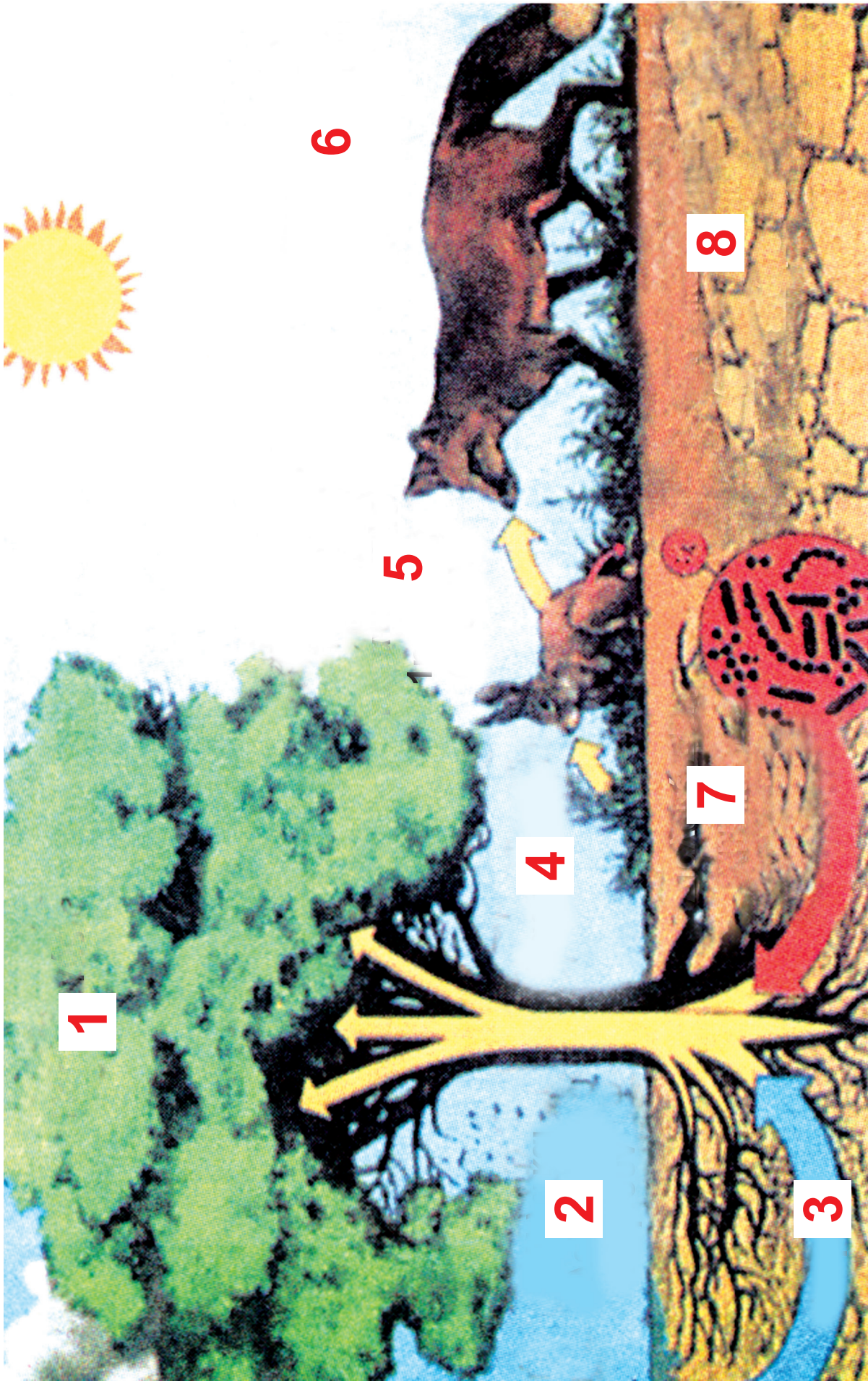
Οι οργανισμοί ενός οικοσυστήματος οι οποίοι ανήκουν στο ίδιο είδος αποτελούν έναν πληθυσμό. Το

σύνολο των διαφορετικών πληθυσμών που ζουν σε ένα οικοσύστημα, αλλά και οι σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ τους αποτελούν τη βιοκοινότητα του οικοσυστήματος, ενώ βιότοπος είναι η περιοχή στην οποία ζει ένας πληθυσμός ή μια βιοκοινότητα.



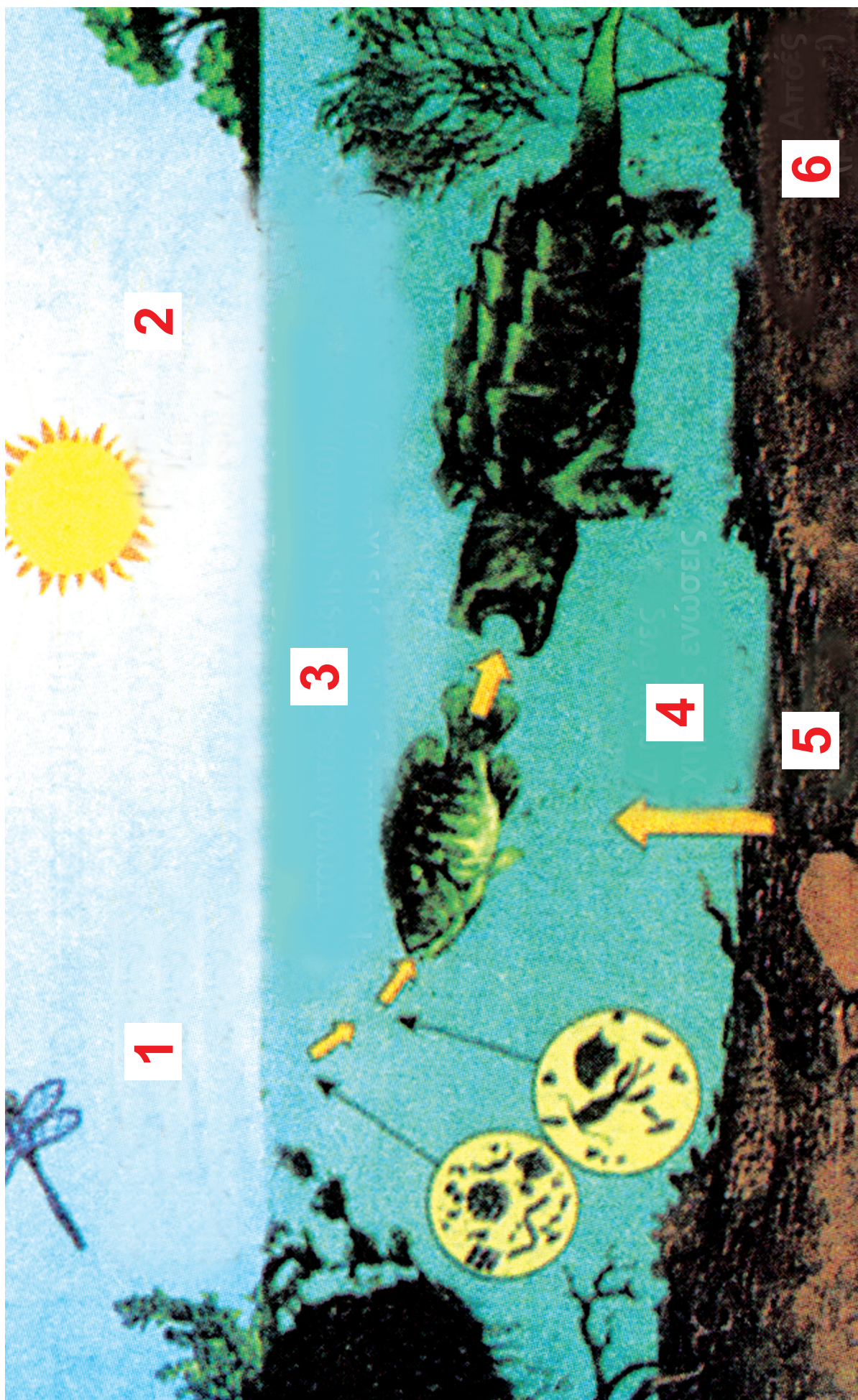
Εικόνα 2.2: Μεσογειακό οικοσύστημα





- 1. Παραγωγός**
- 2. Φύλλα και κλαδιά που πέφτουν**
- 3. νερό**
- 4. Παραγωγοί**
- 5. Καταναλωτής 1ης τάξης (κουνέλι)**
- 6. Καταναλωτής 2ης τάξης (αλεπού)**
- 7. Διαλυμένες χημικές ενώσεις**
- 8. Αποικοδομητές (μικροοργανισμοί εδάφους)**

Εικόνα 2.3: α) Χερσαίο οικοσύστημα,



- 1. Παραγωγοί (ριζωμένα φυτά)**
- 2. Παραγωγοί (φυτοπλαγκτόν)**
- 3. Καταναλωτές 1ης τάξης (ζωοπλαγκτόν)**
Καταναλωτές 2ης τάξης (ψάρια)
Καταναλωτές 3ης τάξης (ψάρια)
- 4. Διαλυμένες χημικές ενώσεις**
- 5. Ίζημα**
- 6. Αποικοδομητές (μικροοργανισμοί)**

21 / 71

Εικόνα 2.3: β) οικοσύστημα μιας λίμνης

Οι αβιοτικοί παράγοντες ενός οικοσυστήματος βρίσκονται σε συνεχή αλληλεπίδραση με τους βιοτικούς και καθορίζουν τη φύση του αλλά και τη λειτουργία του. Για παράδειγμα, το πόσο διαθέσιμο είναι το νερό σε ένα οικοσύστημα καθορίζει την ποικιλία των οργανισμών που ζουν σ' αυτό αλλά και τις μεταξύ τους σχέσεις. Αν, για παράδειγμα, η βροχόπτωση σε μια περιοχή είναι μεγάλη, ευνοείται η αύξηση του πληθυσμού των διαφορετικών φυτικών ειδών και κατ' επέκταση η αύξηση του πληθυσμού των φυτοφάγων ζώων.

Η διατήρηση των οικοσυστημάτων, όπως και κάθε άλλης οργανωμένης δομής, απαιτεί συνεχή

προσφορά ενέργειας. Τα οικοσυστήματα που υπάρχουν στον πλανήτη μας, στην πλειονότητά τους, εισάγουν την ενέργεια που είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της δομής τους με τη μορφή της ηλιακής ακτινοβολίας. Τα οικοσυστήματα αυτά χαρακτηρίζονται ως αυτότροφα και διακρίνονται από τα ετερότροφα, στα οποία η εισαγωγή ενέργειας γίνεται με τη μορφή χημικών ενώσεων. Ένα παράδειγμα ετερότροφου οικοσυστήματος είναι μια πόλη, η οποία εισάγει την ενέργεια που χρειάζεται για την επιβίωση των κατοίκων της με τη μορφή των τροφίμων που δεν έχουν παραχθεί σ' αυτήν αλλά σε άλλα αυτότροφα οικοσυστήματα.

Βέβαια όσο αναγκαία είναι η

τροφοδότηση ενός οικοσυστήματος με ενέργεια άλλο τόσο αναγκαία είναι και η διανομή της στους οργανισμούς του, ώστε να καλύπτουν αυτοί τις ανάγκες τους. Η διανομή ενέργειας γίνεται μέσω των τροφικών σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ των οργανισμών του οικοσυστήματος (ροή ενέργειας).

Τέλος, απαραίτητη προϋπόθεση για τη διατήρηση των οικοσυστημάτων είναι η ανακύκλωση των διάφορων χημικών στοιχείων, ώστε να είναι αυτά συνεχώς διαθέσιμα στους οργανισμούς ενός οικοσυστήματος.

2.1.1 Χαρακτηριστικά οικοσυστημάτων

Μέγεθος και όρια

Επειδή το οικοσύστημα είναι ένα σύστημα μελέτης, δηλαδή ένα σύνολο από αντικείμενα που δεν εξετάζονται ανεξάρτητα το ένα από το άλλο αλλά στην αλληλεπίδρασή τους, το μέγεθος και τα όριά του καθορίζονται κάθε φορά από τον ερευνητή που το μελετά.

Πράγματι, ένα οικοσύστημα μπορεί να είναι τόσο μεγάλο όσο ολόκληρη η βιόσφαιρα, δηλαδή το τμήμα του φλοιού της Γης και της ατμόσφαιρας που επιτρέπει την ύπαρξη ζωής, αλλά και τόσο πολύ μικρό όσο μια γλάστρα με ένα φυτό

στα φύλλα του οποίου επιβιώνει ένας μεγάλος αριθμός μικροοργανισμών. Αναφορικά με τα όρια, αν και καθορίζονται αυθαίρετα από τον ερευνητή, σε μερικές περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα στο οικοσύστημα ενός νησιού, μπορούν να καθοριστούν με σχετική ακρίβεια.



Εικόνα 2.4: Βιόσφαιρα, το μεγαλύτερο γνωστό οικοσύστημα

Ισορροπία - Ποικιλότητα

Τα οικοσυστήματα χαρακτηρίζονται από την τάση να διατηρούν σε ισορροπία τις σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των διάφορων βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων τους. Η ισορροπία όμως αυτή των οικοσυστημάτων δεν αντιπροσωπεύει μια στατική κατάσταση. Αντίθετα, οι σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των παραγόντων ενός οικοσυστήματος μεταβάλλονται συνεχώς και ποσοτικά και ποιοτικά. Οι μηχανισμοί όμως αυτορρύθμισης που διαθέτει κάθε οικοσύστημα το κάνουν ικανό να επαναφέρει την ισορροπία στις σχέσεις μεταξύ βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων, όποτε μια μεταβολή τείνει να τις απορρυθμίσει.

Ένα λιβάδι, για παράδειγμα, μπορεί να φιλοξενήσει ένα συγκεκριμένο αριθμό φυτοφάγων ζώων που είναι ανάλογος με την ποσότητα της διαθέσιμης τροφής (χορτάρι). Αν όμως για κάποιο λόγο, όπως για παράδειγμα εξαιτίας μιας περιορισμένης πυρκαγιάς, μειωθεί η ποσότητα της διαθέσιμης τροφής, θα μειωθεί αναλογικά και ο πληθυσμός των φυτοφάγων ζώων για τα οποία μπορεί να εξασφαλιστεί τροφή από το οικοσύστημα.

Ο όρος «ποικιλότητα» αναφέρεται στα διαφορετικά είδη οργανισμών που υπάρχουν σε ένα οικοσύστημα. Η ποικιλότητα των οικοσυστημάτων, αν και φαινομενικά αντιβαίνει στην ισορροπία τους, καθώς θα ήταν αναμενόμενο οι πιο

απλές δομές να είναι και πιο σταθερές, αντίθετα την ενισχύει. Πράγματι, όσο μεγαλύτερη ποικιλότητα έχει ένα οικοσύστημα, τόσο πιο ισορροπημένο είναι. Αυτό συμβαίνει, γιατί τα οικοσυστήματα με μεγαλύτερη ποικιλότητα παρουσιάζουν και μεγαλύτερη ποικιλία σχέσεων μεταξύ των βιοτικών παραγόντων τους. Έτσι, όποτε μια μεταβολή διαταράσσει την ισορροπία τους, υπάρχουν αρκετοί διαθέσιμοι μηχανισμοί αυτορρύθμισης που την αποκαθιστούν. Αν, για παράδειγμα, σε ένα οικοσύστημα είναι περιορισμένος ο αριθμός των διαφορετικών ειδών που ζουν σ' αυτό, περιορίζεται αναλογικά και το πλήθος των τροφικών σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ τους. Έτσι κάθε διαταραχή της

ισορροπίας του οικοσυστήματος που θα προκαλούσε την εξαφάνιση ενός είδους θα απειλούσε άμεσα και την εξαφάνιση του είδους που εξαρτάται τροφικά από αυτό. Αν αντίθετα υπάρχει μεγάλη ποικιλία οργανισμών, οι εναλλακτικές λύσεις στη διατροφή τους είναι περισσότερες και επομένως η εξαφάνιση ή η μείωση του πληθυσμού ενός είδους δεν απειλεί άμεσα τα είδη που τρέφονται από αυτό. Για το λόγο αυτό τα φυσικά οικοσυστήματα (δάση, λίμνες κτλ.), που έχουν μεγαλύτερη ποικιλότητα από τα τεχνητά (καλλιεργούμενοι αγροί, τεχνητές λίμνες κτλ.), είναι και περισσότερο σταθερά.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η επιστήμη που μελετά τις σχέσεις των οργανισμών –και φυσικά του ανθρώπου– με τους αβιοτικούς παράγοντες του περιβάλλοντός τους, δηλαδή το κλίμα (υγρασία, θερμοκρασία, ηλιοφάνεια), τη διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων, τη σύσταση του εδάφους, την αλατότητα του νερού κτλ., καθώς και με τους άλλους οργανισμούς που ανήκουν στο ίδιο ή σε διαφορετικό είδος από αυτούς ονομάζεται Οικολογία.

Το οικοσύστημα είναι ένα σύστημα μελέτης που περιλαμβάνει τους βιοτικούς και τους αβιοτικούς παράγοντες μιας περιοχής, καθώς και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ τους.

Οι οργανισμοί που ζουν σε ένα οικοσύστημα διακρίνονται, ανάλογα με τον τρόπο που εξασφαλίζουν την τροφή τους, σε παραγωγούς, καταναλωτές και αποικοδομητές. Οι παραγωγοί είναι οι οργανισμοί που φωτοσυνθέτουν και χαρακτηρίζονται ως αυτότροφοι οργανισμοί. Όλοι οι άλλοι οργανισμοί των οικοσυστημάτων οι οποίοι δε φωτοσυνθέτουν χαρακτηρίζονται ως ετερότροφοι. Οι καταναλωτές τρέφονται με φυτικούς ή άλλους ζωικούς οργανισμούς. Στους αποικοδομητές ανήκουν τα βακτήρια του εδάφους και οι μύκητες που τρέφονται με τη νεκρή οργανική ύλη (φύλλα, καρπούς, απεκκρίσεις, τρίχες, σώματα νεκρών οργανισμών).

Οι οργανισμοί ενός οικοσυστήματος οι οποίοι ανήκουν στο ίδιο είδος αποτελούν έναν πληθυσμό. Το σύνολο των διαφορετικών πληθυσμών ενός οικοσυστήματος, αλλά και οι σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ τους αποτελούν τη βιοκοινότητα του οικοσυστήματος.

Επειδή το οικοσύστημα είναι ένα σύστημα μελέτης, το μέγεθος και τα όριά του καθορίζονται κάθε φορά από τον ερευνητή που το μελετά.

Τα οικοσυστήματα χαρακτηρίζονται από την τάση να διατηρούν σε ισορροπία τις σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των διάφορων βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων τους.

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ

Οικολογία
Οικοσύστημα
Βιοτικοί παράγοντες
Αβιοτικοί παράγοντες
Αυτότροφοι οργανισμοί
Ετερότροφοι οργανισμοί
Παραγωγοί
Καταναλωτές
Αποικοδομητές
Πληθυσμός
Βιοκοινότητα
Βιότοπος
Βιόσφαιρα

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

- 1. Ποια είναι τα συστατικά από τα οποία αποτελείται ένα οικοσύστημα; Για ποιο λόγο είναι απαραίτητο να τα μελετούμε στην αλληλεπίδρασή τους και όχι ανεξάρτητα το ένα από το άλλο;**
- 2. Η πόλη στην οποία ζείτε, όπως και κάθε άλλη πόλη, αποτελεί ένα ετερότροφο οικοσύστημα. Να προσδιορίσετε ποιες είναι οι εισροές και ποιες οι εκροές της, ώστε να εξασφαλίζεται η επιβίωση των οργανισμών που ζουν σ' αυτήν και η ισορροπία του οικοσυστήματος.**

- 3. Ποιοι από τους οργανισμούς (παραγωγούς, καταναλωτές, αποικοδομητές) ενός οικοσυστήματος δεν είναι απολύτως απαραίτητοι για την ύπαρξή του; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.**
- 4. Οι γεωργικές καλλιέργειες αποτελούν συνήθως λιγότερο σταθερά οικοσυστήματα από τα φυσικά. Για ποιους κατά τη γνώμη σας λόγους συμβαίνει αυτό;**

2.2 ΡΟΗ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι οργανισμοί έχουν ανάγκη από ενέργεια την οποία εξασφαλίζουν με την τροφή τους. Οι τροφικές σχέσεις μεταξύ των οργανισμών διαφορετικών ειδών είναι ποιοτικές (ποιος τρώει ποιον) και ποσοτικές (τι ποσότητα τρώει).

Η απεικόνιση των ποιοτικών τροφικών σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος γίνεται με τις τροφικές αλυσίδες και τα τροφικά πλέγματα, ενώ η απεικόνιση των ποσοτικών τροφικών σχέσεων γίνεται με τις τροφικές πυραμίδες.

φίδι



βάτραχος



πεταλούδα



μαργαρίτα

Εικόνα 2.5: Τροφική αλυσίδα

2.2.1 Τροφικές αλυσίδες και τροφικά πλέγματα

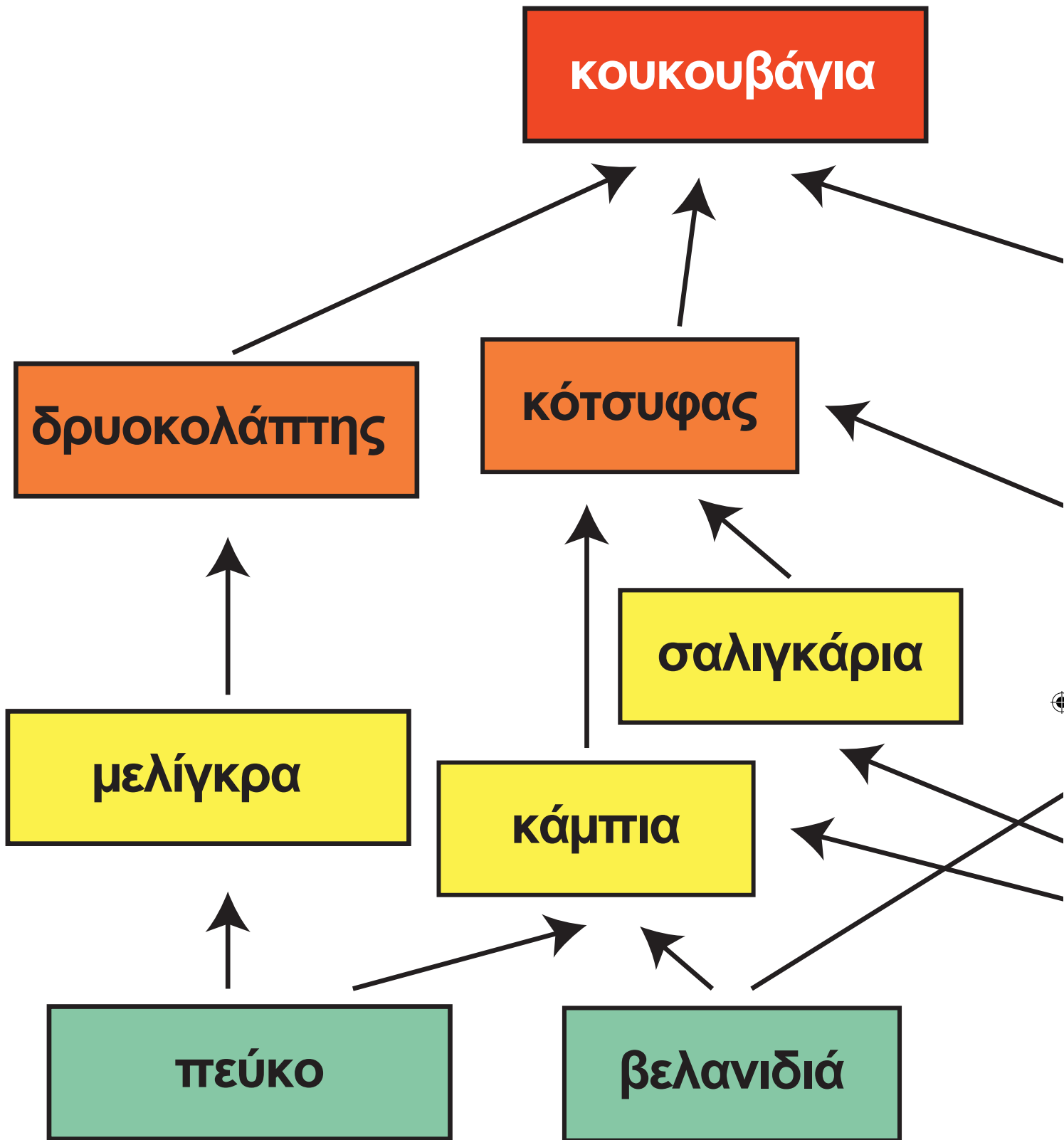
Γνωρίζουμε ότι τα φίδια τρώνε βατράχια, ότι τα βατράχια τρέφονται με πεταλούδες και ότι οι πεταλούδες πίνουν το νέκταρ των λουλουδιών. Για την απεικόνιση αυτής της τροφικής αλληλεξάρτησης μπορούμε να κατασκευάσουμε μια αλυσίδα της οποίας τα βέλη θα δείχνουν τη ροή ενέργειας ανάμεσα στους οργανισμούς που έχουν σχέση καταναλισκόμενου - καταναλωτή. Τέτοιες σχέσεις μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος χαρακτηρίζονται ως τροφικές αλυσίδες.

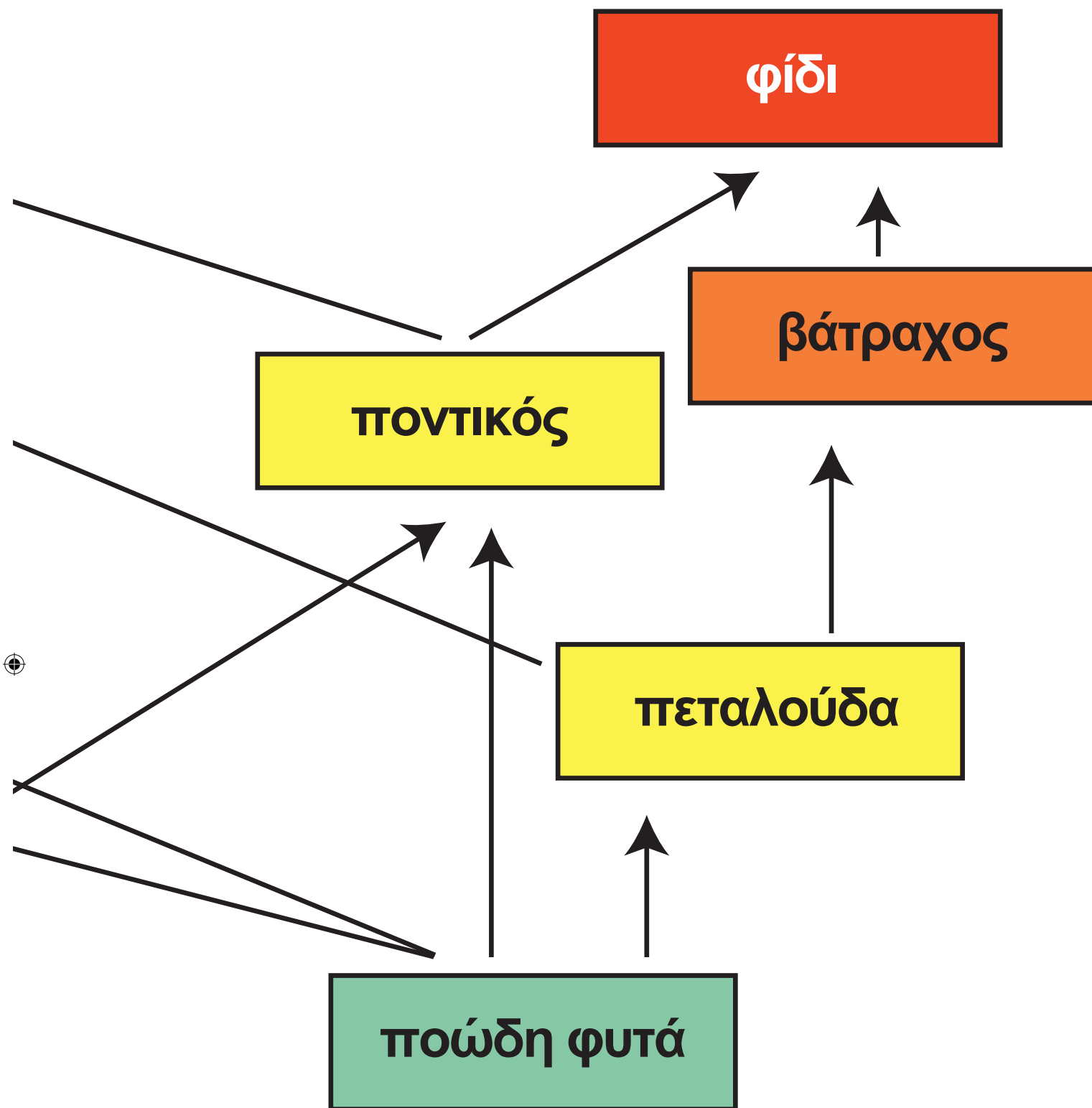
Γνωρίζουμε όμως ότι τα φίδια τρώνε και ποντίκια και ότι οι πεταλούδες τρώγονται και από τα πουλιά. Στην πραγματικότητα λοιπόν

οι τροφικές σχέσεις μεταξύ των οργανισμών είναι περισσότερο πολύπλοκες. Αν θέλαμε να τις απεικονίσουμε πιο ρεαλιστικά, θα καταφεύγαμε στη δημιουργία ενός δικτύου με το οποίο θα δηλώνονταν οι διαφορετικές πηγές από τις οποίες τρέφεται κάθε οργανισμός σε ένα συγκεκριμένο οικοσύστημα.

Το δίκτυο αυτό, που απεικονίζει το σύνολο των τροφικών σχέσεων μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος, ονομάζεται τροφικό πλέγμα. Φαίνεται έτσι ότι οι τροφικές αλυσίδες αποτελούν μέρος των πολύπλοκων τροφικών σχέσεων που παρουσιάζει ένα τροφικό πλέγμα.







Εικόνα 2.6: Τροφικό πλέγμα

Ποιες άλλες όμως πληροφορίες μπορούμε να αντλήσουμε μελετώντας ένα τροφικό πλέγμα; Ας πάρουμε, για παράδειγμα, το τροφικό πλέγμα της εικόνας 2.6. Τι θα συμβεί στο οικοσύστημα, αν το ραντίσουμε με εντομοκτόνο;

- Θα εξαφανιστούν ή θα μειωθούν τα έντομα (πεταλούδες, κάμπιες, μελίγκρες).
- Οι δρυοκολάπτες και οι βάτραχοι δε θα έχουν να φάνε και θα μεταναστεύσουν ή θα μειωθεί ο πληθυσμός τους.
- Τα κοτσύφια θα τρώνε μόνο σαλιγκάρια, των οποίων ο αριθμός θα μειωθεί.
- Τα ποώδη φυτά θα αυξηθούν.
- Οι πληθυσμοί των φιδιών και της κουκουβάγιας θα μειωθούν κ.ο.κ.

2.2.2 Τροφικές πυραμίδες και τροφικά επίπεδα

Οι τροφικές πυραμίδες αποτελούν απεικονίσεις των ποσοτικών σχέσεων που υπάρχουν μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος. Μια τροφική πυραμίδα αποτελείται από τροφικά επίπεδα (επάλληλα ορθογώνια), σε καθένα από τα οποία περιλαμβάνονται όλοι οι οργανισμοί που τρέφονται απέχοντας «ίδιο αριθμό βημάτων» από τον ήλιο. Πιο συγκεκριμένα:

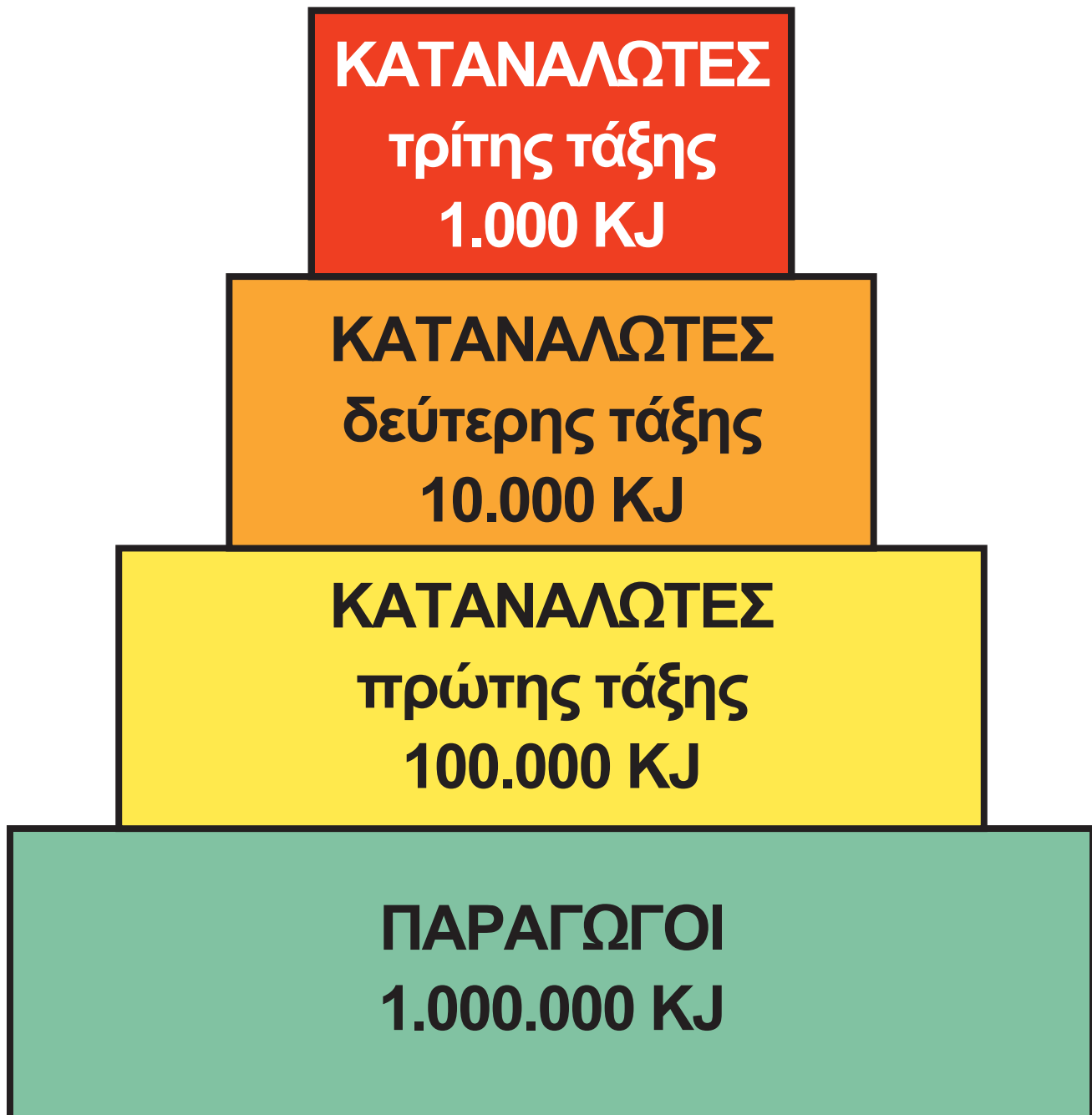
- Το πρώτο τροφικό επίπεδο, που βρίσκεται στη βάση της τροφικής πυραμίδας, είναι αυτό των παραγωγών.
- Το δεύτερο τροφικό επίπεδο είναι αυτό των καταναλωτών πρώτης τάξης.

- Το τρίτο τροφικό επίπεδο είναι αυτό των καταναλωτών δεύτερης τάξης κ.ο.κ.

Μια τροφική πυραμίδα, ανάλογα με το αν απεικονίζει τη μεταβολή της δεσμευμένης ενέργειας ή τη μεταβολή της βιομάζας (δηλαδή της ξηρής μάζας των οργανισμών ανά μονάδα επιφάνειας) ή τη μεταβολή του πληθυσμού από το ένα τροφικό επίπεδο ενός οικοσυστήματος στο άλλο, χαρακτηρίζεται ως πυραμίδα ενέργειας, βιομάζας ή πληθυσμού αντίστοιχα. Το εμβαδόν που δίνεται σε κάθε ορθογώνιο είναι ανάλογο με το μέγεθος της μεταβλητής που απεικονίζεται στο συγκεκριμένο τροφικό επίπεδο.

Αν θέλαμε να απεικονίσουμε την ενέργεια που περικλείεται στα διάφορα τροφικά επίπεδα του

προηγούμενου παραδείγματος, η οποία προσδιορίζεται θερμοδομετρικά, θα παίρναμε την παρακάτω εικόνα:



Εικόνα 2.7: Τροφική πυραμίδα ενέργειας

Στο τροφικό επίπεδο των παραγωγών απεικονίζεται το ποσό της ενέργειας που είναι δεσμευμένο στις βελανιδιές, στα πεύκα και στα ποώδη φυτά. Στο τροφικό επίπεδο των καταναλωτών πρώτης τάξης απεικονίζεται το ποσό της ενέργειας που είναι δεσμευμένο στους ποντικούς, στα σαλιγκάρια και στα έντομα. Στο τροφικό επίπεδο των καταναλωτών δεύτερης τάξης απεικονίζεται το ποσό της ενέργειας που είναι δεσμευμένο στους δρυοκολάπτες, στα κοτσύφια και στα βατράχια. Τέλος, το ποσό της ενέργειας που είναι δεσμευμένο στα φίδια και στην κουκουβάγια απεικονίζεται στο επίπεδο των κορυφαίων καταναλωτών.

Η ενέργεια, με τη μορφή της χημικής ενέργειας που εμπεριέχεται στην τροφή των οργανισμών, περνάει από το κατώτερο τροφικό επίπεδο (των παραγωγών) στο ανώτερο.

Έχει υπολογιστεί ότι μόνο το 10% περίπου της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου περνάει στο επόμενο, καθώς το 90% της ενέργειας χάνεται. Αυτό οφείλεται στο ότι:

- Ένα μέρος της χημικής ενέργειας μετατρέπεται με την κυτταρική αναπνοή σε μη αξιοποιήσιμες μορφές ενέργειας (π.χ. θερμότητα).
- Δεν τρώγονται όλοι οι οργανισμοί.

- Ορισμένοι οργανισμοί πεθαίνουν.
- Ένα μέρος της οργανικής ύλης αποβάλλεται με τα κόπρανα και τα ούρα (απεκκρίσεις), τα οποία αποικοδομούνται.

Σε γενικές γραμμές, η ίδια πτωτική τάση (της τάξης του 90%) που παρουσιάζεται στις τροφικές πυραμίδες ενέργειας εμφανίζεται και στις τροφικές πυραμίδες βιομάζας, καθώς, όταν μειώνεται η ενέργεια που προσλαμβάνει κάθε τροφικό επίπεδο από το προηγούμενό του, είναι λογικό να μειώνεται και η ποσότητα της οργανικής ύλης που μπορούν να συνθέσουν οι οργανισμοί του και συνεπώς μειώνεται η βιομάζα του.

Οι τροφικές πυραμίδες πληθυσμού εμφανίζουν και αυτές πτωτική τάση από τροφικό επίπεδο σε τροφικό επίπεδο. Εδώ όμως παρατηρείται μια ενδιαφέρουσα εξαίρεση. Όταν σε ένα οικοσύστημα υπάρχουν παρασιτικές τροφικές σχέσεις, ο πληθυσμός των ανώτερων επιπέδων γίνεται ολοένα μεγαλύτερος από τον πληθυσμό των κατώτερων. Αν, για παράδειγμα, μια βελανιδιά, που μπορεί να θεωρηθεί ως ένα οικοσύστημα, φιλοξενεί 1.000 κάμπιες, σε καθεμία από τις οποίες παρασιτούν 100 πρωτόζωα, η τροφική πυραμίδα του πληθυσμού θα έχει τη μορφή:



Εικόνα 2.8: Ανεστραμμένη τροφική πυραμίδα πληθυσμού

Μια τέτοια τροφική πυραμίδα χαρακτηρίζεται ως **ανεστραμμένη**.

Η κατάταξη των καταναλωτών στα τροφικά επίπεδα δεν είναι πάντοτε εύκολη, επειδή:

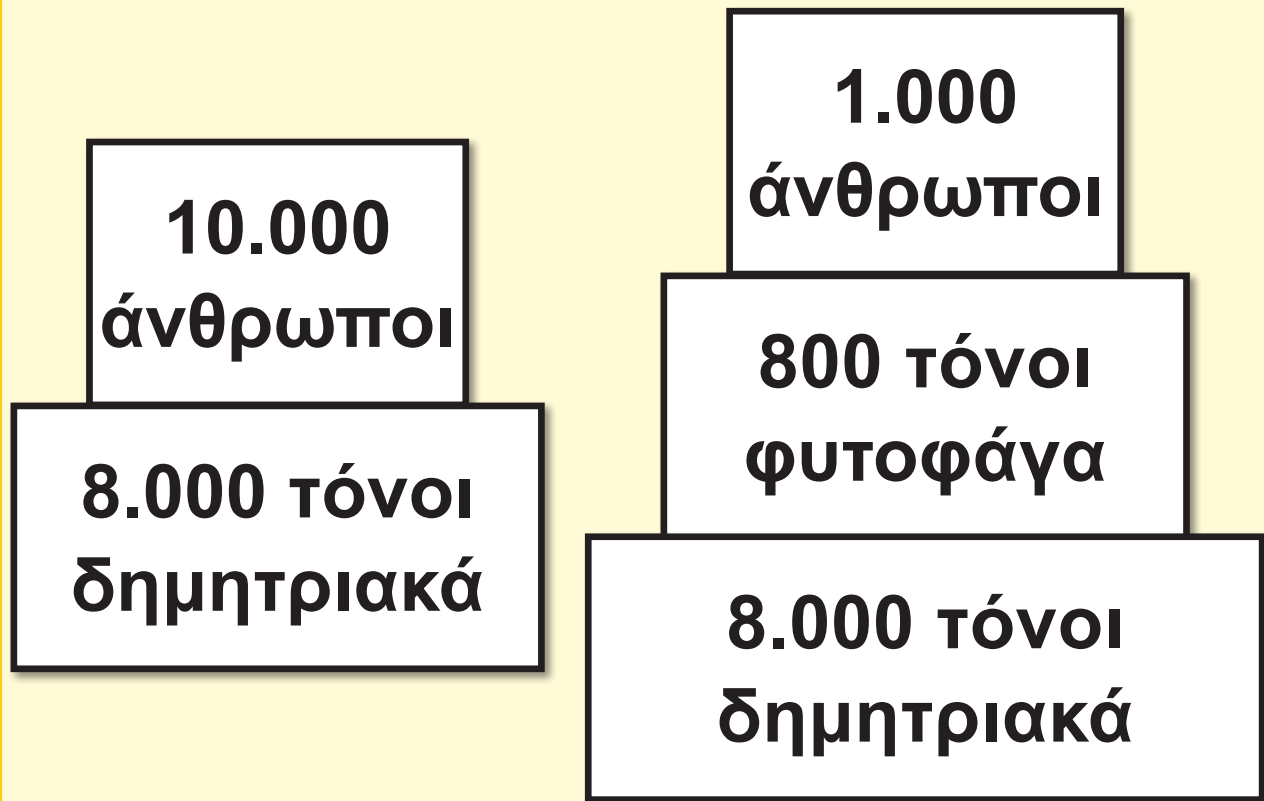
- Υπάρχουν οργανισμοί που είναι ταυτόχρονα φυτοφάγοι και σαρκοφάγοι (π.χ. άνθρωπος).

- Υπάρχουν οργανισμοί που μπορούν να αλλάζουν τις διατροφικές τους συνήθειες ανάλογα με την εποχή (π.χ. αλεπού).
- Οι διατροφικές προτιμήσεις κάποιων οργανισμών αλλάζουν ανάλογα με το στάδιο της ζωής τους. Για παράδειγμα, ο βάτραχος στο στάδιο του γυρίνου είναι φυτοφάγος, ενώ, όταν μεταμορφωθεί σε ώριμο βάτραχο, γίνεται εντομοφάγος.

Οι τροφικές πυραμίδες μάς βοηθούν να κατανοήσουμε έναν από τους λόγους για τους οποίους οι κάτοικοι των χωρών με υπερπληθυσμό είναι κυρίως χορτοφάγοι, ενώ των οικονομικά αναπτυγμένων χωρών είναι παμφάγοι.

Εκτάσεις καλλιεργημένες με σιτηρά θα μπορούσαν να θρέψουν 10.000 ανθρώπους. Εάν οι ίδιες εκτάσεις μετατραπούν σε βοσκότοπους, θα μπορέσουν να θρέψουν μόνο 1.000 ανθρώπους, αφού έτσι ο άνθρωπος θα περάσει από το τροφικό επίπεδο του πρωτογενούς καταναλωτή σ' αυτό του δευτερογενούς, γεγονός που συνδέεται με απώλειες

κατά 90% της διαθέσιμης ενέργειας των παραγωγών.



2.2.3 Η έννοια της παραγωγικότητας

Καθημερινά ο πλανήτης μας «βομβαρδίζεται» με 10^{22} Joules ηλιακής ενέργειας, τα οποία ισοδυναμούν με την ενέργεια που περικλείεται σε 1.000 ατομικές βόμβες όμοιες με αυτήν που έπεσε στη Χιροσίμα. Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της ενέργειας απορροφάται, ανακλάται ή σκεδάζεται από την ατμόσφαιρα και την επιφάνεια του πλανήτη. Ένα μικρό μόνο μέρος, που δεν ξεπερνά το 1%, δεσμεύεται από τους παραγωγούς προκειμένου να χρησιμοποιηθεί στη φωτοσύνθεση. Αυτό όμως το μικρό ποσοστό επαρκεί για την παραγωγή 170 περίπου δισεκατομμυρίων τόνων οργανικής ύλης παγκοσμίως.

Ο ρυθμός με τον οποίο οι οργανισμοί ενός οικοσυστήματος παράγουν οργανική ύλη αποτελεί την παραγωγικότητα του οικοσυστήματος, που διακρίνεται σε πρωτογενή και σε δευτερογενή.

Πρωτογενής παραγωγικότητα είναι ο ρυθμός με τον οποίο οι παραγωγοί ενός οικοσυστήματος δεσμεύουν την ηλιακή ακτινοβολία και τη μετατρέπουν σε χημική (οργανική ύλη).

Δευτερογενής παραγωγικότητα είναι ο ρυθμός με τον οποίο οι καταναλωτές ενός οικοσυστήματος, αξιοποιώντας τη χημική ενέργεια που παραλαμβάνουν με την τροφή τους, παράγουν οργανική ύλη.

Επειδή όμως από την οργανική ύλη που παράγεται είτε στο επίπεδο των παραγωγών είτε στο επίπεδο των καταναλωτών ένα μέρος μόνο δεσμεύεται στους ιστούς τους (γιατί το μεγαλύτερο χρησιμοποιείται για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τους), είναι απαραίτητο τόσο η πρωτογενής όσο και η δευτερογενής παραγωγικότητα να διακρίνονται σε μεικτή και σε καθαρή παραγωγικότητα. Και στις δύο περιπτώσεις η μεικτή παραγωγικότητα αποτελεί το ποσό της συνολικής οργανικής ύλης που παράγεται, ενώ η καθαρή παραγωγικότητα αποτελεί το ποσό της οργανικής ύλης που απομένει, μετά την αφαίρεση της οργανικής ύλης που

οξειδώθηκε, προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών των οργανισμών.



Εικόνα 2.9: Χαρακτηριστικά φυτά φρυγανικού οικοσυστήματος (λαδα- νιά, θυμάρι, ασφάκα, γαλαστοιβή)

Μια απλή μέθοδος για τον υπολογισμό της καθαρής πρωτογενούς παραγωγικότητας ενός οικοσυστήματος είναι ο θερισμός. Ας υποθέσουμε, για παράδειγμα, ότι θέλουμε να μετρήσουμε την καθαρή πρωτογενή παραγωγικότητα ενός φρυγανικού οικοσυστήματος, ενός δηλαδή οικοσυστήματος στο οποίο αφθονούν φυτά όπως το θυμάρι, η λαδανιά, η ρίγανη, η λεβάντα κ.ά. Τα φυτά αυτά είναι ικανά να επιβιώνουν στο άνυδρο και μακρύ καλοκαίρι της πατρίδας μας. Επισκεπτόμαστε λοιπόν το οικοσύστημα και θερίζουμε το Νοέμβριο δέκα τυχαία τεμάχια εμβαδού 1 m^2 το καθένα. Το υλικό που συγκεντρώνουμε (θάμνοι, μικρά ποώδη φυτά κ.ά.) το θερμαίνουμε σε θερμοκρασία $80-90 \text{ }^\circ\text{C}$, ώστε να χάσει το νερό

που περιέχει, το ζυγίζουμε και υπολογίζουμε το μέσο όρο της ξηρής μάζας που αντιστοιχεί σε 1 m^2 επιφάνειας (βιομάζα). Έστω ότι βρήκαμε πως η βιομάζα των παραγωγών του οικοσυστήματος είναι 800 gr ανά m^2 . Αν επαναλάβουμε την ίδια διαδικασία τον Απρίλιο σε δέκα διαφορετικά τεμάχια, θα διαπιστώσουμε ότι η βιομάζα του οικοσυστήματος αυξήθηκε στα 1.200 gr/m^2 . Η μεταβολή της βιομάζας στο διάστημα που έχει μεσολαβήσει (5 μήνες), δηλαδή τα 400 gr/m^2 , αντιπροσωπεύει την οργανική ύλη που ενσωματώθηκε στους παραγωγούς του οικοσυστήματος ή, με άλλα λόγια, την καθαρή πρωτογενή παραγωγικότητα.



**Εικόνα 2.10: Υπολογισμός της καθα-
ρής πρωτογενούς παραγωγικότητας
ενός οικοσυστήματος**



Εικόνα 2.11: Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι έχουν μεγάλη μεικτή πρωτογενή παραγωγικότητα.

Η παραγωγικότητα των οικοσυστημάτων διαφέρει έντονα. Στο ένα άκρο βρίσκονται οι έρημοι, οι βαθιές λίμνες με μικρή πρωτογενή παραγωγικότητα, ενώ στο άλλο άκρο βρίσκονται τα δέλτα των ποταμών,

οι κοραλλιογενείς ύφαλοι με μεγάλη μεικτή πρωτογενή παραγωγικότητα.

Οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν το μέγεθος της πρωτογενούς παραγωγικότητας των οικοσυστημάτων είναι η ηλιοφάνεια, η θερμοκρασία, η διαθεσιμότητα των απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων, η διαθεσιμότητα νερού (μόνο για χερσαία οικοσυστήματα) και το βάθος στο οποίο μπορεί να διεισδύσει το φως (στα υδάτινα οικοσυστήματα).

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Οι οργανισμοί έχουν ανάγκη από ενέργεια την οποία εξασφαλίζουν με την τροφή τους. Οι τροφικές σχέσεις μεταξύ των οργανισμών διαφορετικών ειδών είναι ποιοτικές και ποσοτικές. Η απεικόνιση των ποιοτικών τροφικών σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος γίνεται με τις τροφικές αλυσίδες και τα τροφικά πλέγματα, ενώ η απεικόνιση των ποσοτικών τροφικών σχέσεων γίνεται με τις τροφικές πυραμίδες.

Μια τροφική πυραμίδα αποτελείται από τροφικά επίπεδα (επάλληλα ορθογώνια), σε καθένα από τα

οποία περιλαμβάνονται όλοι οι οργανισμοί που τρέφονται απέχοντας «ίδιο αριθμό βημάτων» από τον ήλιο. Το πρώτο τροφικό επίπεδο, που βρίσκεται στη βάση της τροφικής πυραμίδας, είναι αυτό των παραγωγών, το δεύτερο τροφικό επίπεδο είναι αυτό των καταναλωτών πρώτης τάξης, το τρίτο τροφικό επίπεδο είναι αυτό των καταναλωτών δεύτερης τάξης κ.ο.κ.

Μια τροφική πυραμίδα, ανάλογα με το αν απεικονίζει τη μεταβολή της δεσμευμένης ενέργειας ή τη μεταβολή της βιομάζας ή τη μεταβολή του πληθυσμού από το ένα τροφικό επίπεδο ενός οικοσυστήματος στο άλλο, χαρακτηρίζεται ως πυραμίδα ενέργειας, βιομάζας ή πληθυσμού αντίστοιχα.

Έχει υπολογιστεί ότι μόνο το

10% περίπου της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου περνάει στο επόμενο, καθώς το 90% της ενέργειας χάνεται. Σε γενικές γραμμές, η ίδια πτωτική τάση (της τάξης του 90%) εμφανίζεται και στις τροφικές πυραμίδες βιομάζας. Οι τροφικές πυραμίδες πληθυσμού εμφανίζουν συνήθως πτωτική τάση από το ένα τροφικό επίπεδο στο άλλο, με εξαίρεση την τροφική πυραμίδα πληθυσμού που χαρακτηρίζεται ως ανεστραμμένη.

Ο ρυθμός με τον οποίο οι οργανισμοί ενός οικοσυστήματος παράγουν οργανική ύλη αποτελεί την παραγωγικότητα του οικοσυστήματος, που διακρίνεται σε πρωτογενή και σε δευτερογενή. Τόσο η πρωτογενής όσο και η δευτερογενής παραγωγικότητα διακρίνονται σε

**μεικτή και σε καθαρή παραγωγικό-
τητα.**

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ

**Τροφικές σχέσεις
Τροφικό επίπεδο
Τροφική αλυσίδα
Τροφικό πλέγμα
Τροφική πυραμίδα
Πυραμίδα βιομάζας
Πυραμίδα ενέργειας
Βιομάζα
Πυραμίδα πληθυσμού
Ανεστραμμένη πυραμίδα
Παραγωγικότητα
Πρωτογενής παραγωγικότητα
Δευτερογενής παραγωγικότητα
Μεικτή παραγωγικότητα
Καθαρή παραγωγικότητα
Φρυγανικό οικοσύστημα**

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Δύο κτηνοτρόφοι έχουν από ένα κοπάδι 100 προβάτων ο καθένας και τα πηγαίνουν για βοσκή σε διαφορετικούς βοσκότοπους. Ο πρώτος χρησιμοποιεί για βοσκότοπο μια ερημοποιημένη περιοχή της οποίας η πρωτογενής παραγωγικότητα είναι 500 g/m^2 στους έξι μήνες και δεύτερος χρησιμοποιεί για βοσκότοπο μια περιοχή κοντά στο δέλτα ενός ποταμού με πρωτογενή παραγωγικότητα 2500 g/m^2 στους έξι μήνες. Όλα τα πρόβατα στο διάστημα των έξι μηνών παρουσίασαν την ίδια ανάπτυξη.

- α. Ποιο από τα δύο βοσκοτόπια έχει μεγαλύτερη έκταση και κατά πόσο;**
- β. Αν οι δύο κτηνοτρόφοι χρησιμοποιήσουν για τη βοσκή των προβάτων τους ίσες εκτάσεις των βοσκοτόπων τους, ποιος από τους δύο θα έχει μετά από έξι μήνες πρόβατα με μεγαλύτερο βάρος;**

- 2. Έστω ότι σε μια λίμνη ισχύει η τροφική αλυσίδα:**
φυτοπλαγκτόν → ζωοπλαγκτόν
→ μικρά ψάρια → μεγάλα ψάρια
→ υδρόβια πτηνά.
- Όλοι οι οργανισμοί κάθε τροφικού επιπέδου τρέφονται αποκλειστικά με οργανισμούς του**

προηγούμενου τροφικού επιπέδου. Εάν η βιομάζα των μικρών ψαριών είναι 5×10^4 Kg και η ενέργεια που εμπεριέχεται στο φυτοπλαγκτόν είναι 40 KJoules/Kg φυτοπλαγκτού:

- α. Να υπολογιστεί η βιομάζα των υπόλοιπων τροφικών επιπέδων και να σχεδιαστεί η αντίστοιχη τροφική πυραμίδα.
- β. Να υπολογιστεί η ενέργεια που εμπεριέχεται σε κάθε τροφικό επίπεδο και να σχεδιαστεί η αντίστοιχη τροφική πυραμίδα.
- γ. Με δεδομένο ότι το μέσο βάρος ενός πτηνού είναι 2,5 Kg, να υπολογιστεί ο αριθμός των υδρόβιων πτηνών που μπορούν να εξασφαλίσουν την

τροφή τους μέσω αυτής της τροφικής αλυσίδας.

3. Χρησιμοποιώντας τις πληροφορίες του διαγράμματος να απαντήσετε στις ερωτήσεις:

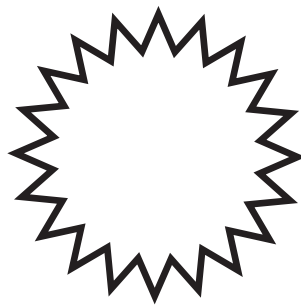
α. Τι ποσοστό της ενέργειας που παίρνουν τα φυτά από τον ήλιο το δεσμεύουν με τη φωτοσύνθεση;

β. Ποια είναι η διαδικασία με την οποία τα φυτά επιστρέφουν στο περιβάλλον τους 2.000 KJ/m^2 ;

γ. Τι ποσοστό της ενέργειας που παίρνουν τα φυτοφάγα πτηνά από τα φυτά το επιστρέφουν στο περιβάλλον τους;

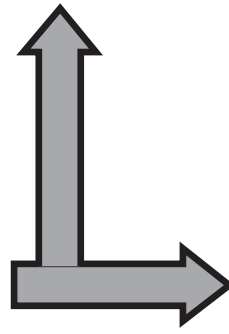
δ. Τι ποσοστό της ενέργειας που προέρχεται από τον ήλιο εν-

**σωματώνεται στους ιστούς των φυτοφάγων πτηνών;
ε. Τι ποσοστό της ενέργειας που προέρχεται από τον ήλιο τα φυτοφάγα αρθρόποδα το επιστρέφουν στο περιβάλλον;**

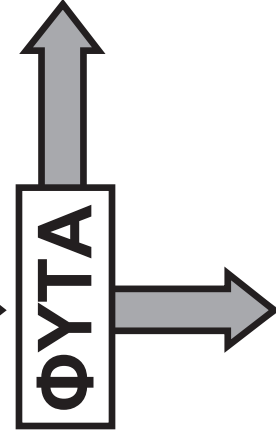


$6,3 \times 10^6 \text{ KJ/m}^2$

Επιστροφή
στο περιβάλλον



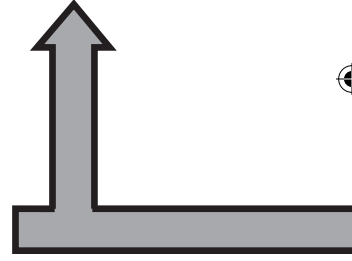
Επιστροφή
στο περιβάλλον
 2.000 KJ/m^2

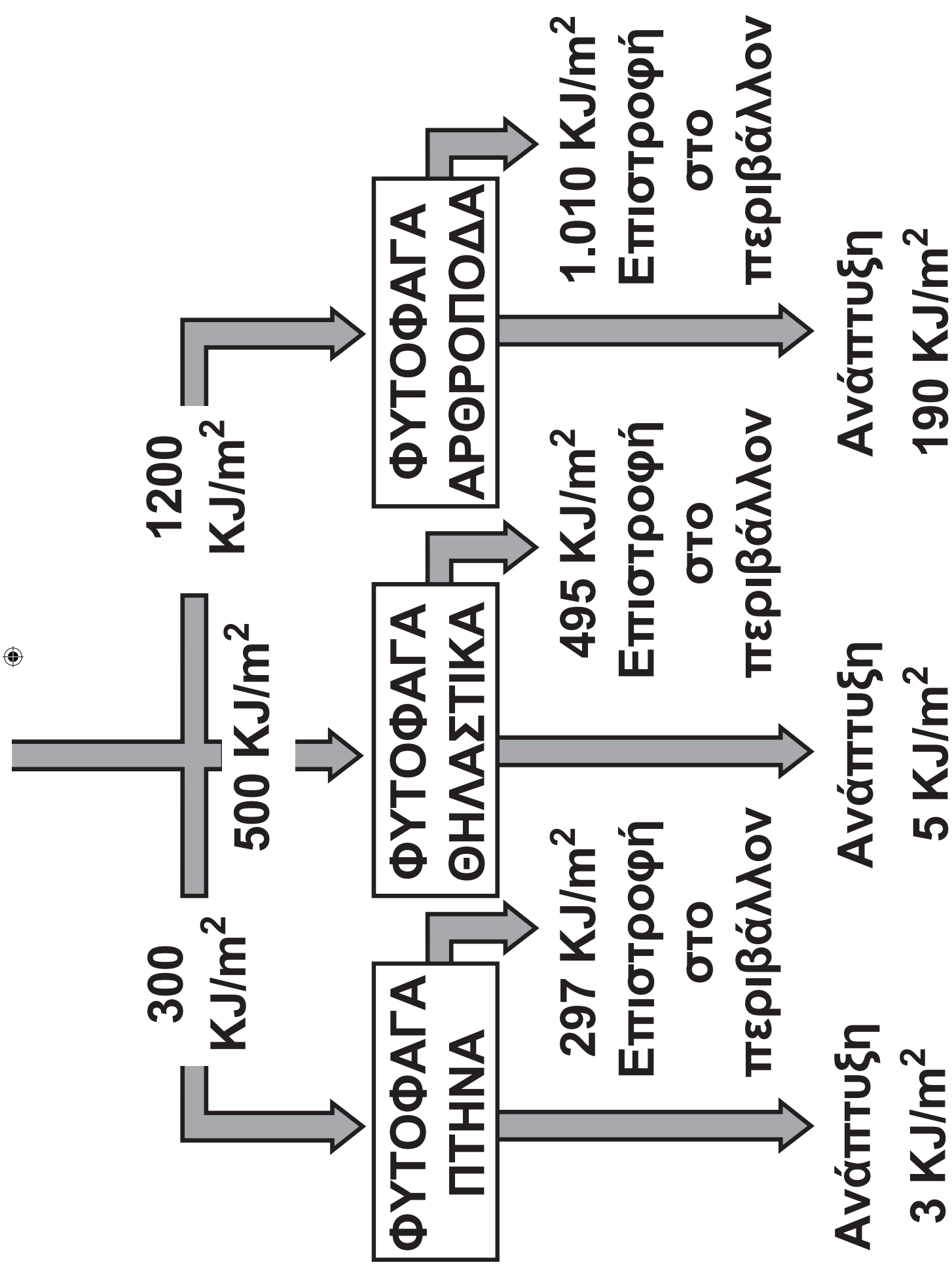


Ανάπτυξη

8.000 KJ/m^2

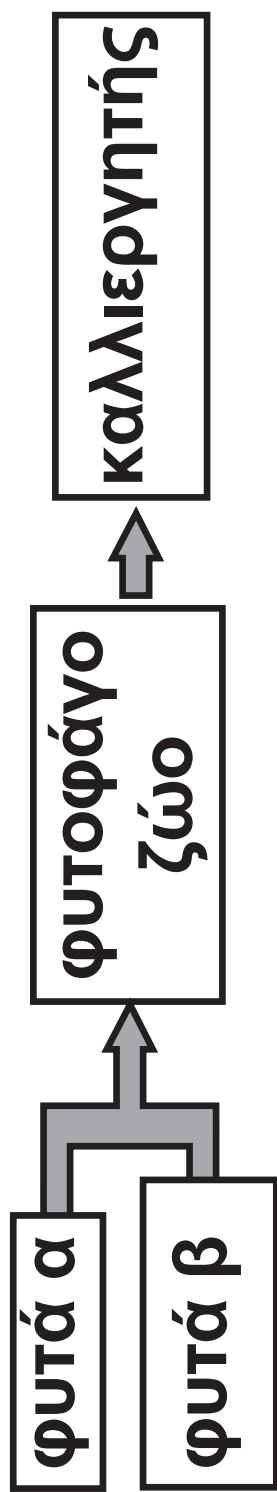
Νεκρό οργανικό
υλικό 6.000 KJ/m^2



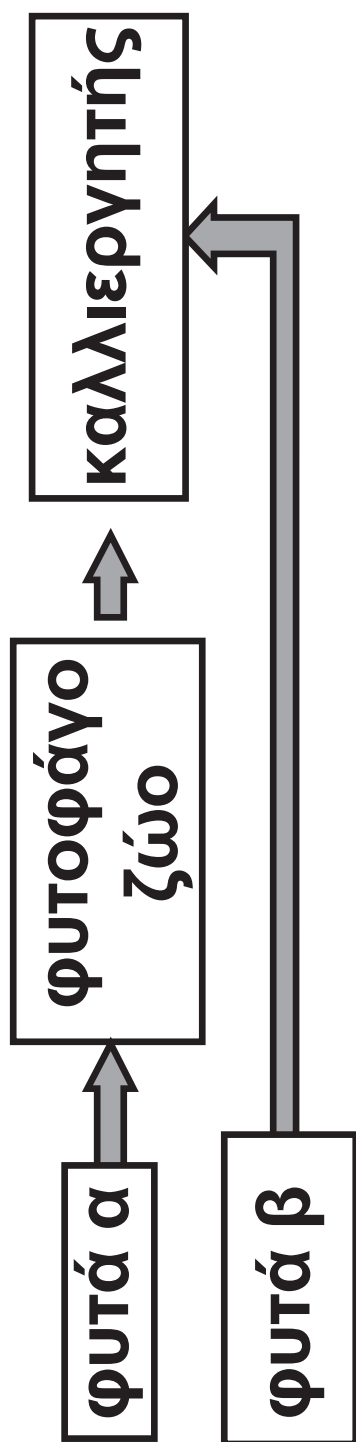


4. Ο καλλιεργητής ενός αγροκτήματος ασχολείται με την καλλιέργεια δύο φυτικών ειδών και την εκτροφή ενός ζωικού είδους που είναι φυτοφάγο. Ποιος από τους εικονιζόμενους τρόπους διατροφής είναι ο λιγότερο και ποιος ο περισσότερο αποδοτικός από ενεργειακή άποψη και γιατί;

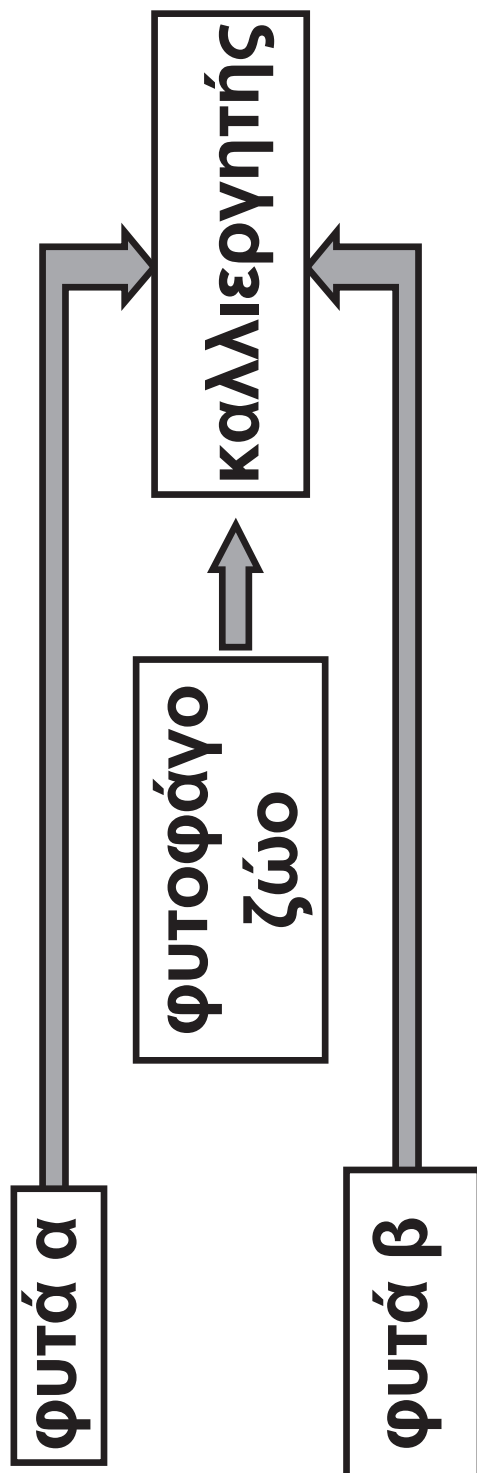
Α΄ ΤΡΟΠΟΣ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ



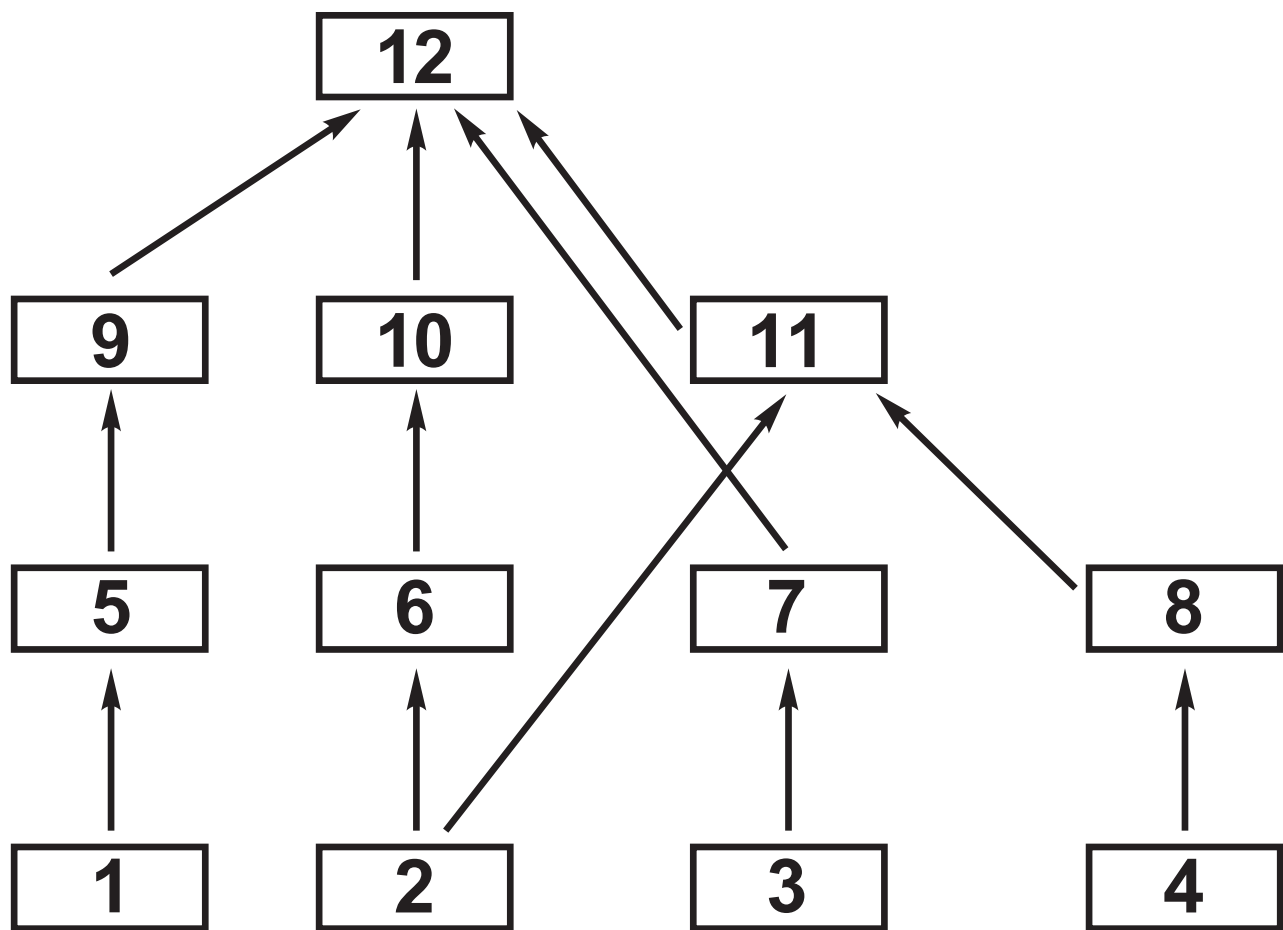
Β΄ ΤΡΟΠΟΣ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ



Γ΄ ΤΡΟΠΟΣ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ



5. Στην εικόνα παρουσιάζονται οι τροφικές σχέσεις σε ένα οικοσύστημα. Αν οι οργανισμοί 1, 2, 3, 4 αντιπροσωπεύουν παραγωγούς και όλοι οι υπόλοιποι καταναλωτές, να απαντήσετε στις ερωτήσεις:



- α. Τι ονομάζουμε τροφική αλυσίδα, τι τροφικό πλέγμα και τι τροφικό επίπεδο;**
- β. Πόσες διαφορετικές τροφικές αλυσίδες διαπιστώνετε ότι υπάρχουν στο οικοσύστημα;**
- γ. Ποιος είναι ο κορυφαίος καταναλωτής του οικοσυστήματος;**
- δ. Ποιος από τους οργανισμούς του οικοσυστήματος συμπεριφέρεται ταυτόχρονα και ως καταναλωτής 2ης και ως καταναλωτής 1ης τάξης; Ποιος οργανισμός είναι η τροφή του σε κάθε περίπτωση;**
- ε. Ποιο επίπεδο καταναλωτών του οικοσυστήματος περιμένετε να είναι μεγαλύτερο σε βιομάζα και γιατί;**

- στ. Ποιος από τους οργανισμούς του οικοσυστήματος συμπεριφέρεται ταυτόχρονα και ως καταναλωτής 3ης και ως καταναλωτής 2ης τάξης; Ποιος οργανισμός είναι η τροφή του σε κάθε περίπτωση;**
- ζ. Με ποιους άλλους οργανισμούς ο οργανισμός της ερώτησης (στ) ανήκει στο ίδιο τροφικό επίπεδο, όταν συμπεριφέρεται ως καταναλωτής 2ης τάξης;**
- η. Ποια από τις έννοιες, η τροφική αλυσίδα ή το τροφικό πλέγμα, είναι πλησιέστερη προς την πραγματικότητα που υπάρχει στα φυσικά οικοσυστήματα και γιατί;**

- θ. Αν εξαφανιστεί ο οργανισμός 2, ποιοι οργανισμοί θα επηρεαστούν τροφικά και γιατί;**
- ι. Ποιοι από τους οργανισμούς της ερώτησης (θ) θα επηρεαστούν περισσότερο και γιατί;**

2.3 ΒΙΟΓΕΩΧΗΜΙΚΟΙ ΚΥΚΛΟΙ

Τα οικοσυστήματα τροφοδοτούνται συνεχώς με ενέργεια από τον ήλιο. Η ενέργεια που δεσμεύεται από τους παραγωγούς, αφού μετατραπεί σε χημική, «ρέει» μονόδρομα, μέσω των τροφικών αλυσίδων, στα διάφορα επίπεδα καταναλωτών και στους αποικοδομητές. Αντίθετα όμως με την ενέργεια, η ύλη που υπάρχει διαθέσιμη στη βιόσφαιρα είναι περιορισμένη, καθώς ο πλανήτης δέχεται ελάχιστα ποσά ύλης από το Διάστημα (μετεωρίτες κτλ.). Για το λόγο αυτό τα χημικά στοιχεία (C, H, O, N, S, P κ.ά.) που είναι απαραίτητα για τη σύνθεση των χημικών ενώσεων, από τις οποίες εξαρτώνται οι δομές

και οι λειτουργίες των οργανισμών, πρέπει να κυκλοφορούν, ώστε να γίνονται εκ νέου διαθέσιμα. Οι επαναλαμβανόμενες κυκλικές πορείες των χημικών στοιχείων στα οικοσυστήματα χαρακτηρίζονται ως **βιογεωχημικοί κύκλοι**, διότι διεκτελούνται με τη συμμετοχή βιολογικών, γεωλογικών και χημικών διαδικασιών.

2.3.1 Ο κύκλος του άνθρακα

Ο άνθρακας είναι το χημικό στοιχείο με βάση το οποίο δομούνται όλες οι οργανικές ενώσεις και συνεπώς όλα τα βιολογικά μακρομόρια. Η πορεία του άνθρακα στα οικοσυστήματα ακολουθεί τη ροή της ενέργειας σ' αυτά, για τον απλό

λόγο ότι η χημική ενέργεια που μεταβιβάζεται από το ένα τροφικό επίπεδο στο άλλο είναι δεσμευμένη στις οργανικές ενώσεις.

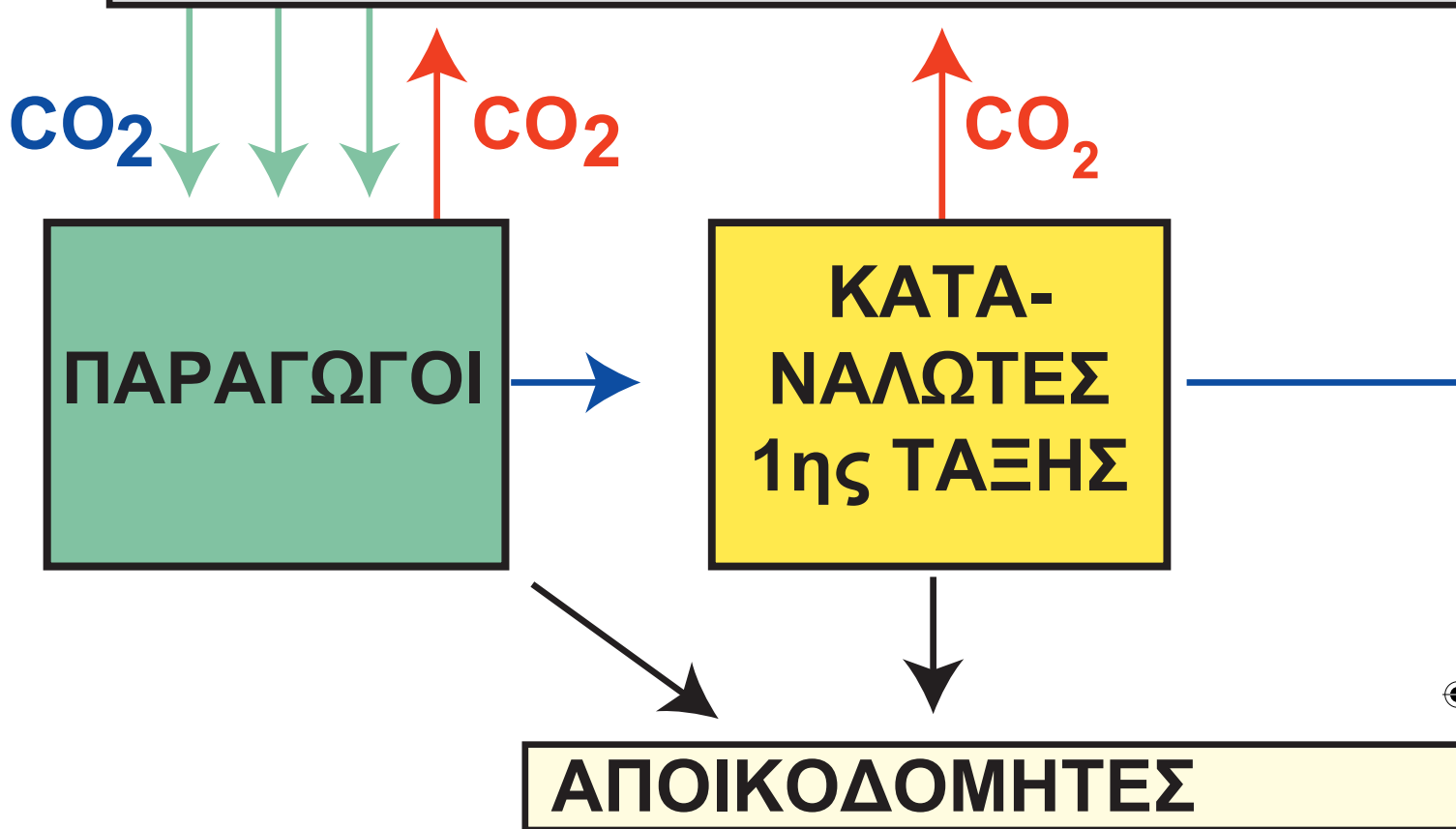
Ο άνθρακας εισέρχεται στα οικοσυστήματα με τη μορφή του διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο βρίσκεται στην ατμόσφαιρα. Το διοξείδιο του άνθρακα παραλαμβάνεται από τους παραγωγούς προκειμένου να μετατραπεί, με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, σε γλυκόζη.

Ένα μέρος της γλυκόζης, αλλά και άλλων ενώσεων που συντίθενται από τους παραγωγούς, χρησιμοποιείται κατά την κυτταρική αναπνοή προκειμένου να απελευθερωθεί ενέργεια για την κάλυψη των αναγκών των παραγωγών. Επειδή όμως κατά την κυτταρική αναπνοή

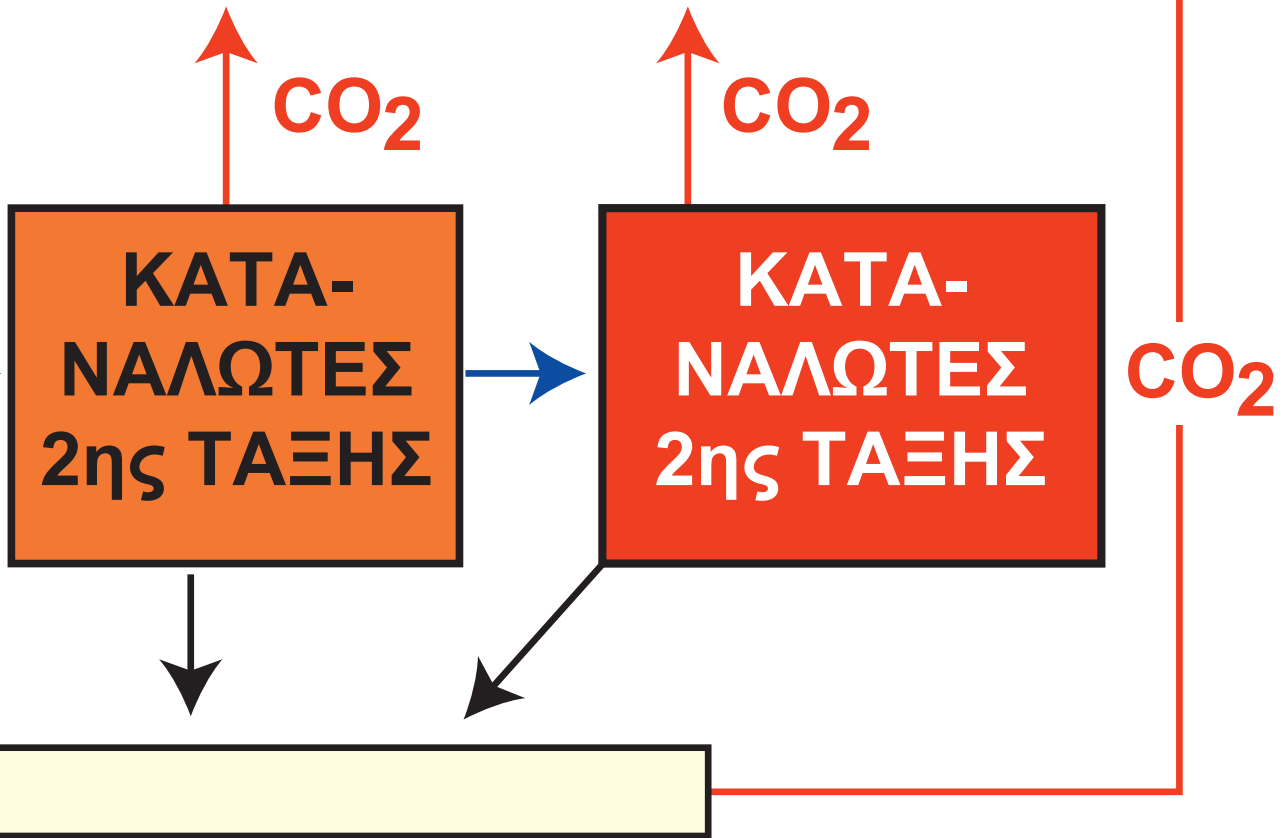
παράγεται και διοξείδιο του άνθρακα, το αέριο αυτό επιστρέφει στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα να ολοκληρώνεται ένας κύκλος πρόσληψης και επαναφοράς από και προς την ατμόσφαιρα.

Από το υπόλοιπο μέρος της οργανικής ύλης που έχει παραχθεί από τους παραγωγούς ένα μέρος μεταβιβάζεται, ως τροφή, στους καταναλωτές, ενώ ένα άλλο καταλήγει ως νεκρή οργανική ύλη (φύλλα, καρποί, κλαδιά κ.ά.) στο έδαφος και γίνεται τροφή για τους αποικοδομητές (βακτήρια και μύκητες) μαζί με τη νεκρή οργανική ύλη ζωικής προέλευσης (σώματα νεκρών οργανισμών, απεκκρίσεις, περιττώματα κ.ά.).

ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ



ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ



Εικόνα 2.12: Ο κύκλος του άνθρακα
Τα πράσινα βέλη αντιπροσωπεύουν
τη φωτοσύνθεση, τα κόκκινα την
κυτταρική αναπνοή, τα κυανά την
κατανάλωση και τα μαύρα την απο-
ικοδόμηση.

Και στην περίπτωση των καταναλωτών και στην περίπτωση των αποικοδομητών η οργανική ύλη οξειδώνεται, με αποτέλεσμα αφ' ενός την απελευθέρωση ενέργειας που χρησιμοποιείται για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών και αφ' ετέρου την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα που επιστρέφει στην ατμόσφαιρα.

Γίνεται λοιπόν αντιληπτό ότι στη βάση της ανταλλαγής του διοξειδίου του άνθρακα μεταξύ της ατμόσφαιρας και των βιοτικών παραγόντων των οικοσυστημάτων βρίσκεται η εναλλαγή δύο διαδικασιών: με τη φωτοσύνθεση προσλαμβάνεται το διοξείδιο του άνθρακα προκειμένου να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή γλυκόζης, ενώ

με την κυτταρική αναπνοή οξειδώνεται η γλυκόζη και επιστρέφει το διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

Παρέμβαση του ανθρώπου στον κύκλο του άνθρακα

Με τη Βιομηχανική Επανάσταση (αρχές του 19ου αιώνα) άρχισε η συστηματική χρήση ορυκτών καυσίμων (γαιανθράκων αρχικά, πετρελαίου και φυσικού αερίου στη συνέχεια).

Αυτά τα καύσιμα, τα οποία προέρχονται από το μετασχηματισμό οργανικής ύλης φυτικών και ζωικών οργανισμών του παρελθόντος, παρέμεναν για εκατομμύρια χρόνια στα έγκατα της Γης, αποτελώντας

μια μεγάλη αποθήκη άνθρακα που έμενε αχρησιμοποίητη. Στη συνέχεια όμως οι αυξανόμενες ενεργειακές ανάγκες της βιομηχανίας και των μεταφορών επέβαλαν την εντατική εξόρυξη του άνθρακα, η καύση του οποίου οδήγησε στην απελευθέρωση τεράστιων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Βέβαια το διοξείδιο του άνθρακα δεσμεύεται από τους παραγωγούς και χρησιμοποιείται στη φωτοσύνθεση. Η καταστροφή ωστόσο των δασών, είτε λόγω της υλοτόμησης, που γίνεται με σκοπό την εκμετάλλευση των προϊόντων της ξυλείας, είτε λόγω των εκχερσώσεων, που αποσκοπούν στην εξεύρεση νέων χώρων κατοικίας και καλλιέργειας, περιορίζει

το συνολικό αριθμό των φωτοσυνθετικών οργανισμών του πλανήτη. Υπάρχει δηλαδή μια τάση για βαθμιαία αύξηση της συγκέντρωσης του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, μια εξέλιξη που μπορεί να έχει δυσάρεστες συνέπειες για το κλίμα του πλανήτη.



Εικόνα 2.13: Άντληση πετρελαίου



Εικόνα 2.14: Απελευθέρωση τεράστιων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα από βιομηχανία

2.3.2 Ο κύκλος του αζώτου

Το άζωτο αποτελεί ένα σημαντικό χημικό στοιχείο για τη ζωή, καθώς είναι συστατικό πολλών βιομορίων όπως των νουκλεϊκών οξέων και των πρωτεϊνών. Αν και το άζωτο αφθονεί στην ατμόσφαιρα, όπου

αποτελεί το 78% κ.ό., δεν μπορεί να αξιοποιηθεί από τους παραγωγούς στη μορφή με την οποία βρίσκεται σ' αυτή (μοριακό άζωτο). Για το λόγο αυτό η εισαγωγή του ατμοσφαιρικού αζώτου στις τροφικές αλυσίδες των οικοσυστημάτων γίνεται με τη διαδικασία της αζωτοδέσμευσης, η οποία μετατρέπει το ατμοσφαιρικό άζωτο σε μορφές αξιοποιήσιμες από τους παραγωγούς.

Η αζωτοδέσμευση διακρίνεται σε ατμοσφαιρική και βιολογική. Κατά την ατμοσφαιρική αζωτοδέσμευση το άζωτο της ατμόσφαιρας αντιδρά είτε με τους υδρατμούς, σχηματίζοντας αμμωνία, είτε με το ατμοσφαιρικό οξυγόνο, σχηματίζοντας νιτρικά ιόντα. Η απαραίτητη ενέργεια προσφέρεται από τις ηλεκτρικές εκκενώσεις (αστραπές,

κεραυνοί). Η αμμωνία και τα νιτρικά ιόντα μεταφέρονται με τη βροχή στο έδαφος. Η ατμοσφαιρική αζωτοδέσμευση κατέχει το 10% της συνολικής αζωτοδέσμευσης.

Η βιολογική αζωτοδέσμευση πραγματοποιείται από ελεύθερους ή συμβιωτικούς μικροοργανισμούς. Σημαντικότερα αζωτοδεσμευτικά βακτήρια είναι αυτά που ζουν συμβιωτικά στις ρίζες των ψυχανθών (όπως είναι το τριφύλλι, η μπιζελιά, η φασολιά, η φακή, η σόγια) σε ειδικά εξογκώματα (φυμάτια). Αυτά τα βακτήρια έχουν την ικανότητα να δεσμεύουν το ατμοσφαιρικό άζωτο και να το μετατρέπουν σε νιτρικά ιόντα, τα οποία μπορούν να απορροφηθούν από τα ψυχανθή. Γι' αυτό το λόγο άλλωστε τα όσπρια είναι πλούσια σε πρωτεΐνες. Η βιολογική

αζωτοδέσμευση κατέχει το 90% της συνολικής αζωτοδέσμευσης.



Εικόνα 2.15: Φυμάτια αζωτοδεσμευτικών βακτηρίων στις ρίζες των ψυχανθών

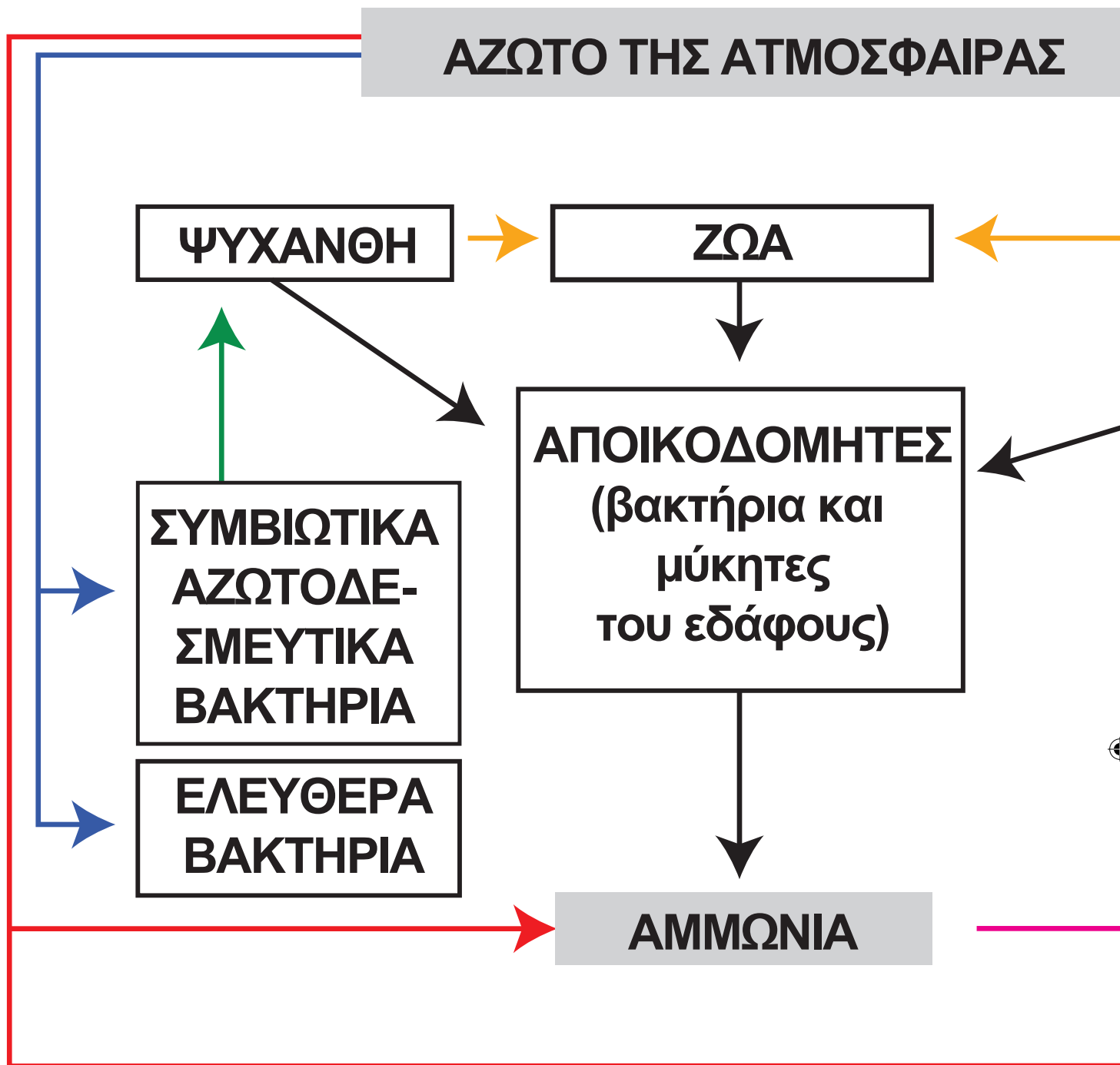
Τα φυτά χρησιμοποιούν τα νιτρικά ιόντα που προσλαμβάνουν από το έδαφος (είτε με τη διαδικασία της ατμοσφαιρικής είτε με αυτήν της

βιολογικής αζωτοδέσμευσης) προκειμένου να συνθέσουν τις αζωτούχες ενώσεις τους όπως τις πρωτεΐνες και τα νουκλεϊκά οξέα. Το άζωτο που περιέχεται στις ουσίες αυτές διακινείται μέσω των τροφικών αλυσίδων στις διάφορες τάξεις των καταναλωτών προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για την παραγωγή πρωτεϊνών.

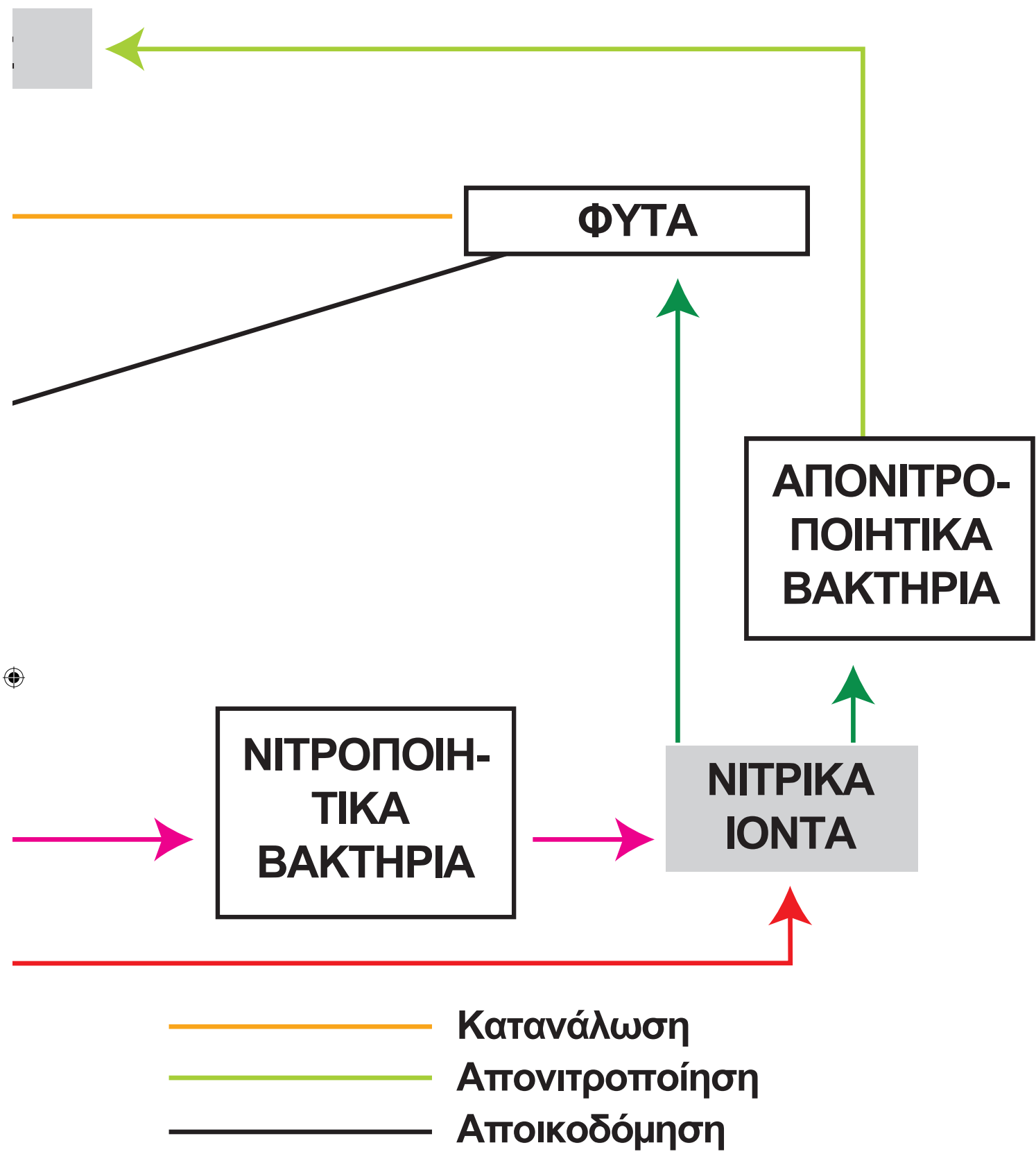
Όμως τόσο τα φυτά όσο και τα ζώα εγκαταλείπουν στο έδαφος νεκρή οργανική ύλη (καρπούς, φύλλα, νεκρά σώματα, τρίχωμα κτλ.) που φυσικά περιέχει άζωτο. Τα ζώα επιπροσθέτως αποβάλλουν αζωτούχα προϊόντα του μεταβολισμού τους, όπως είναι η ουρία, το ουρικό οξύ και τα περιττώματα. Όλες αυτές οι ουσίες διασπώνται από τους αποικοδομητές του εδάφους μέσα

από μια διαδικασία που καταλήγει στην παραγωγή αμμωνίας. Η αμμωνία που συγκεντρώνεται στο έδαφος, υφιστάμενη τη δράση των νιτροποιητικών βακτηρίων του εδάφους, μετατρέπεται τελικά σε νιτρικά ιόντα τα οποία παραλαμβάνονται από τα φυτά. Έτσι κλείνει ένας κύκλος αζώτου στο εσωτερικό του οικοσυστήματος.

Πώς όμως επανέρχεται το άζωτο που έχει απομακρυνθεί από την ατμόσφαιρα πίσω σ' αυτήν; Την εργασία αυτή την αναλαμβάνουν τα απονιτροποιητικά βακτήρια του εδάφους με τη μετατροπή των νιτρικών ιόντων σε μοριακό άζωτο, το οποίο επιστρέφει στην ατμόσφαιρα.



- Βιολογική αζωτοδέσμευση
- Πρόσληψη από τα φυτά
- Νιτροποίηση
- Ατμοσφαιρική αζωτοδέσμευση



Εικόνα 2.16: Ο κύκλος του αζώτου

Παρέμβαση του ανθρώπου στον κύκλο του αζώτου

Ο άνθρωπος επηρεάζει τον κύκλο του αζώτου εισάγοντας αζωτούχα λιπάσματα στα αγροτικά οικοσυστήματα προκειμένου να αυξήσει την παραγωγικότητά τους. Στο παρελθόν χρησιμοποιούνταν για το σκοπό αυτό περιττώματα ζώων (κοπριά). Για παράδειγμα, στην Τήνο με τους υπέροχους περιστεριώνες χρησιμοποιούσαν τις κουτσουλιές των περιστεριών ως κύριο λίπασμα, ενώ στη Χιλή χρησιμοποιούνταν ευρέως τα περιττώματα των ψαροφάγων πουλιών (γκουανό).



Εικόνα 2.17: Περιστεριώνα στην Τήνο

Μετά την ανακάλυψη της μεθόδου παραγωγής αζωτούχων λιπασμάτων από το ατμοσφαιρικό άζωτο, τα οργανικά φυσικά λιπάσματα αντικαταστάθηκαν από τα βιομηχανικά, που μάλιστα χρησιμοποιούνται σε τεράστιες ποσότητες. Ωστόσο λιγότερο από το ένα τρίτο της εκάστοτε προστιθέμενης στο

έδαφος ποσότητας προσλαμβάνεται από τα καλλιεργούμενα φυτά. Το υπόλοιπο παρασύρεται από τη βροχή και καταλήγει στα γλυκά ή στα θαλασσινά νερά οδηγώντας στο φαινόμενο του **ευτροφισμού**, που θα γνωρίσουμε στη συνέχεια. Ο ευτροφισμός βέβαια προκαλείται και με την απόρριψη στα υδάτινα οικοσυστήματα τεράστιων ποσοτήτων αστικών λυμάτων.

Οι δύο πιο οικολογικοί τρόποι εμπλουτισμού του εδάφους σε άζωτο είναι η αγρανάπαυση και η αμειψισπορά. Την ιδιότητα των ψυχανθών να φέρουν στις ρίζες τους αζωτοδεσμευτικά βακτήρια αξιοποιεί η παραδοσιακή γεωργική πρακτική της αμειψισποράς. **Αμειψισπορά** είναι η εναλλαγή στην καλλιέργεια

σιτηρών και ψυχανθών, έτσι ώστε το έδαφος να εμπλουτίζεται με άζωτο και να μην εξασθενεί.

2.3.3 Ο κύκλος του νερού

Το νερό καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα της Γης, οριοθετεί τα υδάτινα οικοσυστήματα και καθορίζει τις ιδιότητές τους. Είναι το μέσο με το οποίο τα θρεπτικά συστατικά εισέρχονται και κυκλοφορούν στο εσωτερικό των αυτότροφων οργανισμών. Το νερό αποτελεί σημαντικό τμήμα των ζωντανών ιστών (το 75% του νωπού βάρους τους) και συμβάλλει στη θερμορρύθμιση τόσο των φυτικών όσο και των ζωικών οργανισμών. Χρησιμοποιείται επίσης στη φωτοσύνθεση των φυτικών οργανισμών.

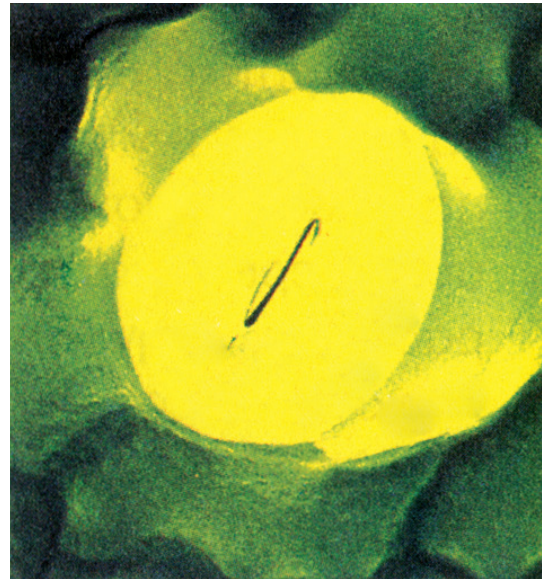
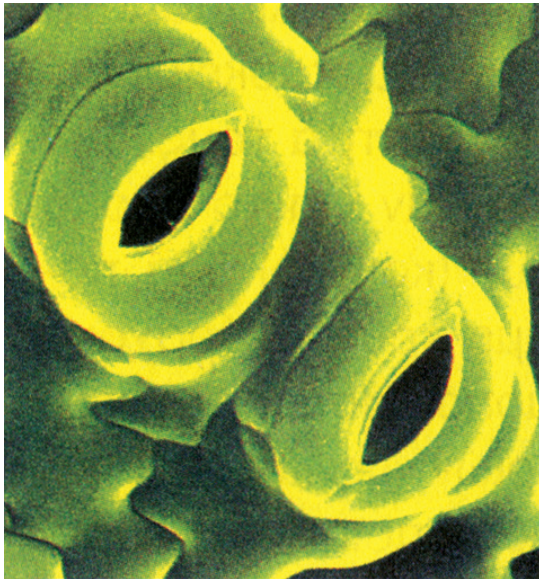
Αν και η ποσότητα του νερού που υπάρχει στην ατμόσφαιρα δεν είναι μεγάλη, εντούτοις το νερό, χάρη στην κινητικότητά του, κυκλοφορεί συνεχώς στον υδρολογικό κύκλο (ή κύκλο του νερού) και έτσι γίνεται διαθέσιμο στα οικοσυστήματα και στους οργανισμούς. Η κυκλοφορία του νερού στηρίζεται κυρίως στην εξάτμιση, στη διαπνοή των φυτών και στις κατακρημνίσεις.

Με την εξάτμιση το νερό απομακρύνεται με τη μορφή υδρατμών από οποιαδήποτε επιφάνεια. Η εξάτμιση του νερού από την επιφάνεια των φύλλων ονομάζεται επιδερμική εξάτμιση και διακρίνεται από τη διαπνοή, που είναι η απομάκρυνση του νερού μέσω των στομάτων, των πόρων δηλαδή της επιδερμίδας των φύλλων.

Το νερό του εδάφους, που είναι πλούσιο σε θρεπτικά στοιχεία, απορροφάται από τις ρίζες των φυτών και κυκλοφορεί στο εσωτερικό τους. Φθάνοντας το νερό στα φύλλα απομακρύνεται με τη διαπνοή από τα στόματά τους, μέσω των οποίων γίνεται επίσης η ανταλλαγή των αερίων μεταξύ των φυτών και της ατμόσφαιρας (είσοδος διοξειδίου του άνθρακα και αποβολή οξυγόνου κατά τη φωτοσύνθεση, αντίστροφα κατά την αναπνοή). Η διαπνοή, αποτελώντας την «κινητήρια δύναμη» για τη μεταφορά των θρεπτικών στοιχείων στο εσωτερικό των φυτικών οργανισμών, συνδέεται αναπόσπαστα με τους βιογεωχημικούς κύκλους των στοιχείων που εισέρχονται στις τροφικές αλυσίδες των οικοσυστημάτων

με πύλη εισόδου τα φυτά.

Με τις κατακρημνίσεις (δηλαδή τη βροχή, το χιόνι, το χαλάζι) το νερό απομακρύνεται από την ατμόσφαιρα και γίνεται διαθέσιμο στα υδάτινα και στα χερσαία οικοσυστήματα.



Εικόνα 2.18: Ανοικτά και κλειστά στόματα φύλλου φυτού

Η ανταλλαγή του νερού μεταξύ των ωκεανών και της ατμόσφαιρας αποτελεί ένα σχετικά απλό μηχανισμό, καθώς περιλαμβάνει μόνο τις διαδικασίες της εξάτμισης και των κατακρημνίσεων. Αντιθέτως, το τμήμα του κύκλου που αφορά την ξηρά είναι περισσότερο πολύπλοκο, διότι σ' αυτήν οι πιθανές πορείες του νερού είναι περισσότερες. Το νερό που πέφτει στην ξηρά μπορεί:

- **Να εξατμιστεί.**
- **Να εισχωρήσει στο υπέδαφος και στο σύστημα των υπόγειων υδάτων.**
- **Να προσληφθεί από τα φυτά και να απομακρυνθεί με τη διαπνοή.**

- **Να απομακρυνθεί με την επιφανειακή απορροή από το χερσαίο περιβάλλον.**

Τα φυτά παίζουν καθοριστικό ρόλο στην απορρόφηση του νερού από το έδαφος. Σε μικρές λεκάνες απορροής, όπου αφαιρέθηκαν όλα τα δέντρα, ο όγκος του επιφανειακού νερού αυξήθηκε πάνω από 200%. Το νερό αυτό κατέληξε στη θάλασσα, ενώ, αν είχε διεισδύσει στο έδαφος, θα είχε αποδοθεί πίσω στην ατμόσφαιρα με τη διαπνοή.

Τα επιφανειακά ρέοντα ύδατα απομακρύνουν και τα θρεπτικά συστατικά τα οποία με μακροχρόνιες διαδικασίες γίνονται διαθέσιμα στους οργανισμούς. Αυτά τα συστατικά θα καταλήξουν τελικά στους υδάτινους αποδέκτες. Γι' αυτό το

Λόγο τα δέλτα των ποταμών εμφανίζουν πολύ υψηλή παραγωγικότητα.



Εικόνα 2.19: Καλλιέργειες στο δέλτα του Νέστου



Εικόνα 2.20: Ο κύκλος του νερού

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα οικοσυστήματα τροφοδοτούνται συνεχώς με ενέργεια από τον ήλιο. Η ενέργεια που δεσμεύεται από τους παραγωγούς, αφού μετατραπεί σε χημική, «ρέει» μονόδρομα, μέσω των τροφικών αλυσίδων, στα διάφορα επίπεδα καταναλωτών και στους αποικοδομητές. Αντίθετα όμως με την ενέργεια, η ύλη που υπάρχει διαθέσιμη στη βιόσφαιρα είναι περιορισμένη, καθώς ο πλανήτης δέχεται ελάχιστα ποσά ύλης από το Διάστημα (μετεωρίτες κτλ.). Για το λόγο αυτό τα χημικά στοιχεία που είναι απαραίτητα για τη σύνθεση των χημικών ενώσεων πρέπει να κυκλοφορούν, ώστε να γίνονται εκ νέου διαθέσιμα. Αυτό

επιτυγχάνεται μέσω των βιογεωχημικών κύκλων.

Ο άνθρακας εισέρχεται στα οικοσυστήματα με τη μορφή του διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο βρίσκεται στην ατμόσφαιρα. Το διοξείδιο του άνθρακα παραλαμβάνεται από τους παραγωγούς προκειμένου να μετατραπεί, με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης, σε γλυκόζη. Ένα μέρος της γλυκόζης, αλλά και άλλων ενώσεων που συντίθενται από τους παραγωγούς, χρησιμοποιείται κατά την κυτταρική αναπνοή προκειμένου να απελευθερωθεί ενέργεια για την κάλυψη των αναγκών των παραγωγών. Από το υπόλοιπο μέρος της οργανικής ύλης που έχει παραχθεί από τους παραγωγούς ένα μέρος μεταβιβάζεται, ως

τροφή, στους καταναλωτές, ενώ ένα άλλο καταλήγει ως νεκρή οργανική ύλη στο έδαφος και γίνεται τροφή για τους αποικοδομητές μαζί με τη νεκρή οργανική ύλη ζωικής προέλευσης. Στους παραγωγούς, στους καταναλωτές και στους αποικοδομητές η οργανική ύλη οξειδώνεται, με αποτέλεσμα αφ' ενός την απελευθέρωση ενέργειας που χρησιμοποιείται για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών και αφ' ετέρου την παραγωγή διοξειδίου του άνθρακα που επιστρέφει στην ατμόσφαιρα. Η καύση των ορυκτών καυσίμων και η καταστροφή των δασών αυξάνουν τη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα, γεγονός που οδηγεί σε δυσμενείς κλιματικές μεταβολές.

Το άζωτο αφθονεί στην ατμόσφαιρα, όπου αποτελεί το 78% κ.ό., αλλά δεν μπορεί να αξιοποιηθεί από τους παραγωγούς στη μορφή με την οποία βρίσκεται σ' αυτή. Για το λόγο αυτό η εισαγωγή του ατμοσφαιρικού αζώτου στις τροφικές αλυσίδες των οικοσυστημάτων γίνεται με τη διαδικασία της αζωτοδέσμευσης, η οποία μετατρέπει το ατμοσφαιρικό άζωτο σε μορφές αξιοποιήσιμες από τους παραγωγούς. Η αζωτοδέσμευση διακρίνεται σε ατμοσφαιρική και βιολογική. Κατά την ατμοσφαιρική αζωτοδέσμευση το άζωτο της ατμόσφαιρας αντιδρά είτε με τους υδρατμούς, σχηματίζοντας αμμωνία, είτε με το ατμοσφαιρικό οξυγόνο, σχηματίζοντας νιτρικά ιόντα. Η βιολογική αζωτοδέσμευση πραγματοποιείται από

ελεύθερους ή συμβιωτικούς μικρο-οργανισμούς. Σημαντικότερα αζωτοδεσμευτικά βακτήρια είναι αυτά που ζουν συμβιωτικά στις ρίζες των ψυχανθών.

Τόσο τα φυτά όσο και τα ζώα εγκαταλείπουν στο έδαφος νεκρή οργανική ύλη και απεκκρίσεις που περιέχουν άζωτο. Όλες αυτές οι ουσίες διασπώνται από τους αποικοδομητές του εδάφους μέσα από μια διαδικασία που καταλήγει στην παραγωγή αμμωνίας. Η αμμωνία που συγκεντρώνεται στο έδαφος, υφίστάμενη τη δράση των νιτροποιητικών βακτηρίων του εδάφους, μετατρέπεται τελικά σε νιτρικά ιόντα, τα οποία παραλαμβάνονται από τα φυτά. Τα απονιτροποιητικά βακτήρια του εδάφους με τη μετατροπή

των νιτρικών ιόντων σε μοριακό άζωτο, το οποίο επιστρέφει στην ατμόσφαιρα, κλείνουν τον κύκλο του αζώτου. Ο άνθρωπος επηρεάζει τον κύκλο του αζώτου εισάγοντας αζωτούχα λιπάσματα στα αγροτικά οικοσυστήματα προκειμένου να αυξήσει την παραγωγικότητά τους. Μεγάλες ποσότητες όμως από αυτά τα λιπάσματα καταλήγουν στα υδάτινα οικοσυστήματα προκαλώντας το φαινόμενο του ευτροφισμού.

Το νερό καλύπτει το μεγαλύτερο τμήμα της Γης, οριοθετεί τα υδάτινα οικοσυστήματα και καθορίζει τις ιδιότητές τους. Είναι το μέσο με το οποίο τα θρεπτικά συστατικά εισέρχονται και κυκλοφορούν στο εσωτερικό των αυτότροφων οργανισμών. Το νερό αποτελεί σημαντικό τμήμα

των ζωντανών ιστών και συμβάλλει στη θερμορρύθμιση τόσο των φυτικών όσο και των ζωικών οργανισμών. Χρησιμοποιείται επίσης στη φωτοσύνθεση των οργανισμών. Η κυκλοφορία του νερού στηρίζεται κυρίως στην εξάτμιση, στη διαπνοή των φυτών και στις κατακρημνίσεις. Ο κύκλος του νερού είναι πιο πολύπλοκος στα χερσαία από ό,τι στα υδάτινα οικοσυστήματα.

ΛΕΞΕΙΣ - ΚΛΕΙΔΙΑ

Βιογεωχημικοί κύκλοι

Φωτοσύνθεση

Γλυκόζη

Κυτταρική αναπνοή

Αζωτοδέσμευση

Βιολογική αζωτοδέσμευση

Ατμοσφαιρική αζωτοδέσμευση

Αζωτοδεσμευτικά βακτήρια

Νιτροποιητικά βακτήρια

Απονιτροποιητικά βακτήρια

Νιτρικά ιόντα

Εξάτμιση

Διαπνοή

Κατακρημνίσεις

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ - ΑΣΚΗΣΕΙΣ - ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Το άζωτο βρίσκεται σε τεράστια ποσότητα στην ατμόσφαιρα (78%). Καθώς η μεγάλη πλειονότητα των αυτότροφων οργανισμών είναι ανίκανη να το χρησιμοποιήσει σ' αυτή την αέρια μοριακή μορφή (N_2), απαιτείται η μετατροπή του σε εύληπτη μορφή. Να περιγράψετε τη διαδικασία με την οποία γίνεται αυτή η μετατροπή.
2. Περιγράψτε συνοπτικά τον κύκλο του νερού. Είναι πιο πολύπλοκος επάνω από τους ωκεανούς ή επάνω από την ξηρά και γιατί;

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- American Cancer Society,
Cancer Facts and Figures 2002.
Αμβρακικός, Φύση και πολιτι-
σμός, Επτά ημέρες, Η Καθημερι-
νή Κυριακή 20 Ιανουαρίου 2002.**
- Αρδίττης Η., Γκιργκινούδης Π.,
Γιαπιτζάκης Χ. κ.ά., Βιολογία Θε-
τικής Κατεύθυνσης Β' Λυκείου,
Ο.Ε.Δ.Β. 2001.**
- Βιολογική επιστήμη - Μοριακή
προσέγγιση, Ευγενίδειο Ίδρυμα,
Αθήνα 1998.**
- Γκαίτλιχ Μ., «Η κρίση της βιο-
ποικιλότητας», Οικολογία και
Επιστήμες του Περιβάλλοντος,
εκδόσεις ΔΙΠΕ, Αθήνα 1998.**
- Δαρβίνος Κ., Ταξιδεύοντας με
το Μπιγκλ, εκδόσεις Στοχαστής,
1998.**

Darwin C., The origin of species by means of natural selection, Penguin Books, 1985.

Gore R., «The dawn of humans», National Geographic, Vol 191, No 2, 1997, pp 72-97.

Hopkin K., «Cancer», The Journal of NIH Research, Vol 8, No 6, 1996, pp 37-41.

Jones M. & Jones G., Biology, Cambridge University Press, 1995.

Κολιάης Σ., Μικροβιολογία, Θεσσαλονίκη 1993.

Lodish H., Baltimore D, Berk A et al Molecular Cell Biology, Scientific American Books, 1995.

Μάνεσης Ε., Βασιλείου Τ., Ιωάννου Α., Καφάτος Α., Λουμάκος Μ., Ντουντουνάκης Σ., Σαμαρά Χ. Έκθεση σε γεωργικά φάρμακα και απουσία μέτρων προφύλαξης σε θερμοκήπια Τυμπακίου Κρήτης, Φυτοφάρμακα -Προβλήματα και Εναλλακτικές Λύσεις. Γενική Γραμματεία Νέας Γενιάς, Αθήνα 1990.

Mader S., Introduction to Biology, WCB Publishers, 1994.

Nature Insight, AIDS, Vol 410, 965 (2001).

Περάκη Β., Μπαρώνα Φ., Μπουρμπουχάκης Ι., Μπότσαρης Ι., Βιολογία Γενικής Παιδείας Γ' Ενιαίου Λυκείου, Ο.Ε.Δ.Β, Αθήνα 2001.

Renaud S., Η μεσογειακή διατροφή, εκδόσεις Τραυλός - Κωσταράκης, Αθήνα 1996.

Raven P. & Johnson G., Understanding Biology, WCB Publishers, 1995.

Rogers D., Breathing new life into asthma treatments, Biologist 43/2/1996.

Σιμιτζής Β., Μια ματιά στη Γη μας, Συνοπτικός οδηγός κρητικών απολιθωμάτων, Εκδόσεις Κέντρο Περιβαλλοντικής Αγωγής και Ενημέρωσης «Φάλκονας», Ρέθυμνο 2000.

Simon E., «Antrax: A guide for biology teachers», The American Biology Teacher, Vol 64, No 1, January 2002.

Scott J., «Renewed hope for vaccines against AIDS», MRC News, Winter 1995, pp 36-40.

Tattersal I., «Δεν ήμασταν οι μόνοι», Scientific American (ελληνική έκδοση), τόμος Β΄, τεύχος 13, 2000, σελ 26-33.

The BSE Enquiry, Commissioned Report of the committee for the Bovine Spongiform Encephalopathy in Great Britain between 1986-1996, UK, November 2000.

«Υγεία και Ασθένειες», Επιστημονική βιβλιοθήκη ΛΑΪΦ, 1965.

Χατζηπέτρου - Κουρουνάκη Λ., Ανοσοβιολογία, Θεσσαλονίκη 1987.

**«Vaccines», Time magazine,
January 21, 2002.
Wellcome News Supplement,
Unveiling the Human Genome,
2001.**



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ 3ου ΤΟΜΟΥ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Άνθρωπος και Περιβάλλον.....	5
2.1 Η έννοια του οικοσυστήματος.....	10
2.1.1 Χαρακτηριστικά οικοσυστημάτων.....	25
2.2 Ροή ενέργειας.....	37
2.2.1 Τροφικές αλυσίδες και τροφικά πλέγματα.....	39
2.2.2 Τροφικές πυραμίδες και τροφικά επίπεδα.....	45
2.2.3 Η έννοια της παραγωγικότητας.....	56
2.3 Βιογεωχημικοί κύκλοι.....	82

2.3.1	Ο κύκλος του άνθρακα	83
2.3.2	Ο κύκλος του αζώτου.....	92
2.3.3	Ο κύκλος του νερού.....	103
	Βιβλιογραφία	120



Βάσει του ν. 3966/2011 τα διδακτικά βιβλία του Δημοτικού, του Γυμνασίου, του Λυκείου, των ΕΠΑ.Λ. και των ΕΠΑ.Σ. τυπώνονται από το ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ και διανέμονται δωρεάν στα Δημόσια Σχολεία. Τα βιβλία μπορεί να διατίθενται προς πώληση, όταν φέρουν στη δεξιά κάτω γωνία του εμπροσθόφυλλου ένδειξη «ΔΙΑΤΙΘΕΤΑΙ ΜΕ ΤΙΜΗ ΠΩΛΗΣΗΣ». Κάθε αντίτυπο που διατίθεται προς πώληση και δεν φέρει την παραπάνω ένδειξη θεωρείται κλεψίτυπο και ο παραβάτης διώκεται σύμφωνα με τις διατάξεις του άρθρου 7 του νόμου 1129 της 15/21 Μαρτίου 1946 (ΦΕΚ 1946,108, Α').

Απαγορεύεται η αναπαραγωγή οποιουδήποτε τμήματος αυτού του βιβλίου, που καλύπτεται από δικαιώματα (copyright), ή η χρήση του σε οποιαδήποτε μορφή, χωρίς τη γραπτή άδεια του Υπουργείου Παιδείας, Έρευνας και Θρησκευμάτων / ΙΤΥΕ - ΔΙΟΦΑΝΤΟΣ.