

Environmental Science, 15e

G. TYLER MILLER | SCOTT E. SPOOLMAN

3

Οικοσυστήματα: Τι είναι και πώς λειτουργούν;

Βασική μελέτη περίπτωσης: Τα τροπικά δάση εξαφανίζονται

- Καλύπτουν μόνο το 2% της επιφάνειας της γης, αλλά μπορεί να περιέχει έως και τα μισά από τα χερσαία φυτικά και ζωικά είδη του κόσμου
 - ✓ Καταστράφηκε από την υλοτομία, την ανάπτυξη των καλλιεργειών, τη βοσκή των βοοειδών και την καταπάτηση του πολιτισμού
- Γιατί πρέπει να ανησυχείτε για την εξαφάνιση των τροπικών δασών; Μπορείτε να προσδιορίσετε το οικοσύστημα στο οποίο ζείτε;

3.1 Πώς λειτουργεί το Σύστημα Υποστήριξης της Ζωής της Γης;

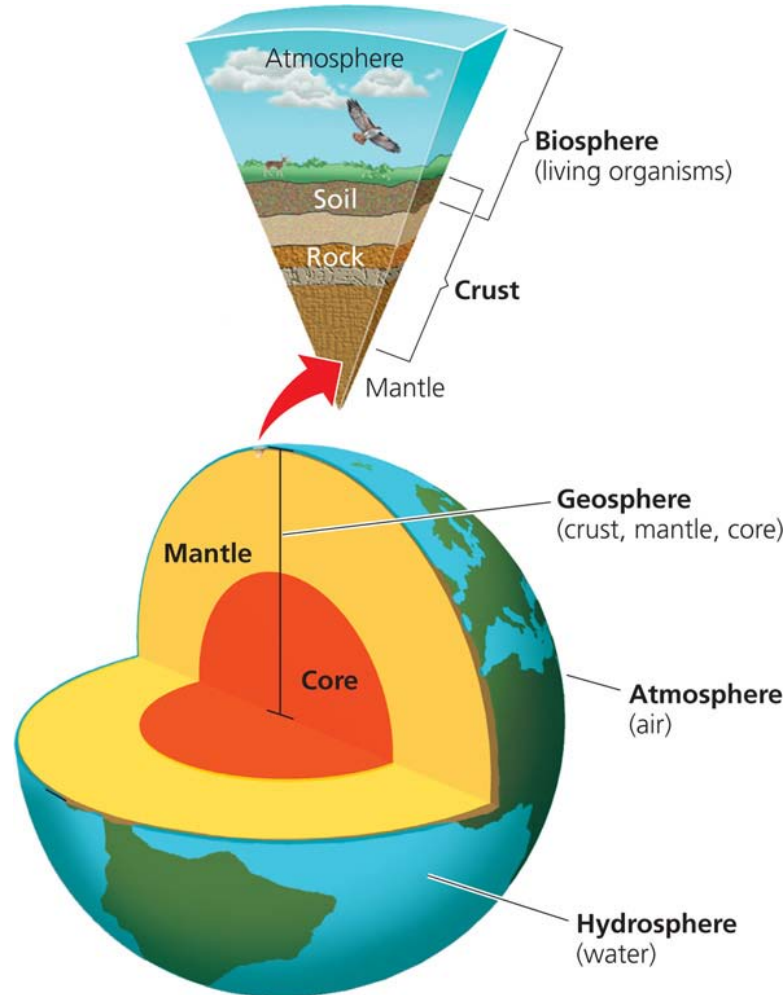
- Το σύστημα υποστήριξης της ζωής της Γης έχει τέσσερα σφαιρικά στοιχεία που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους
- Η ζωή συντηρείται από τον κύκλο των θρεπτικών ουσιών και της ενέργειας μεταξύ και μέσω αυτών των συστημάτων



Το σύστημα υποστήριξης της ζωής της Γης έχει τέσσερα κύρια στοιχεία

- Ατμόσφαιρα – αποτελείται από την τροπόσφαιρα και τη στρατόσφαιρα
- Υδρόσφαιρα - νερό στην επιφάνεια της γης ή κοντά στην επιφάνεια της γης (πάγος, νερό και υδρατμοί)
- Γεώσφαιρα - αποτελείται από έναν θερμό πυρήνα, έναν παχύ, κυρίως βραχώδη μανδύα και έναν λεπτό εξωτερικό φλοιό
- Βιόσφαιρα – οπουδήποτε βρίσκεται ζωή στις άλλες τρεις σφαίρες

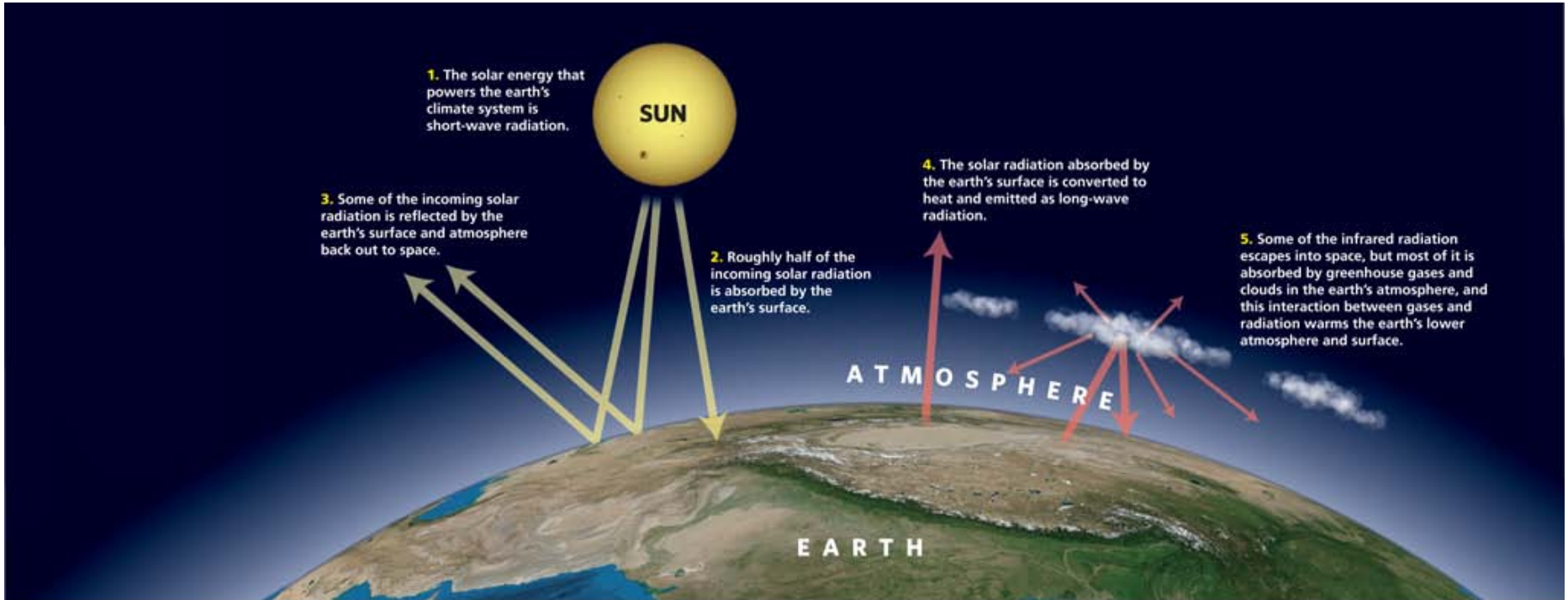
Φυσικό κεφάλαιο: Τα τέσσερα συστήματα υποστήριξης της ζωής της Γης



© Cengage Learning

Τρεις Παράγοντες Διατηρούν τη Ζωή της Γης

- Η μονόδρομη ροή υψηλής ποιότητας ενέργειας
 - ✓ Η αρχή της αειφορίας της ηλιακής ενέργειας Το φαινόμενο του θερμοκηπίου
 - ✓ Ο κύκλος των θρεπτικών συστατικών
- Η αρχή της αειφορίας του χημικού κύκλου
- Βαρύτητα



National Geographic

3.2 Ποια είναι τα κύρια συστατικά ενός οικοσυστήματος;

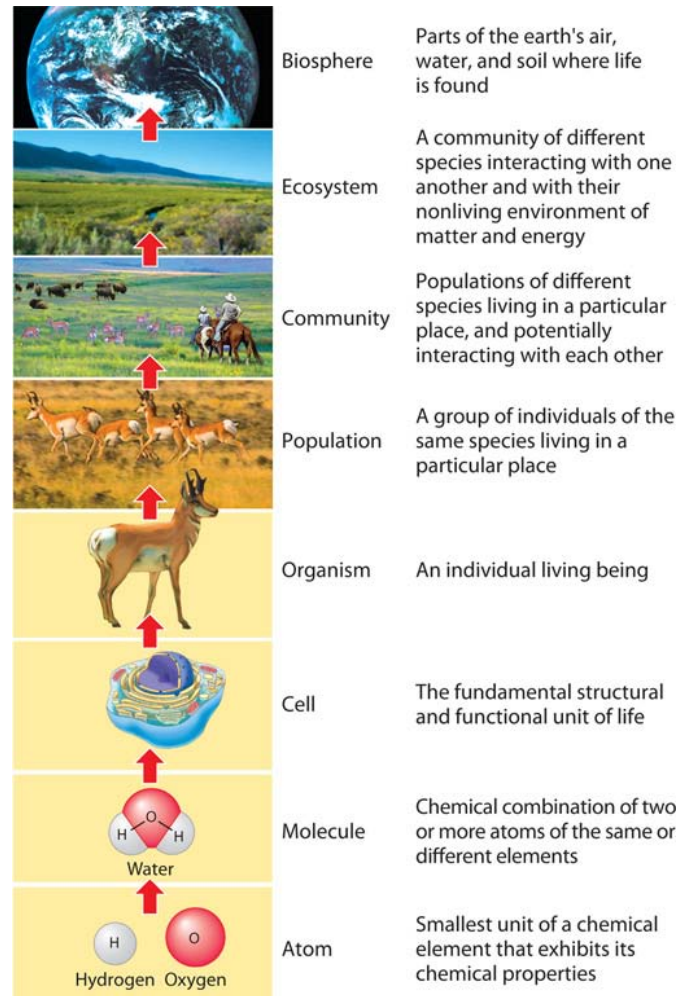
- Οργανισμοί που:
 - ✓ Παράγουν τη δική τους διατροφή
 - ✓ Ικανοποιούν τις διατροφικές απαιτήσεις καταναλώνοντας άλλους οργανισμούς
 - ✓ Αποσυνθέτουν τα απόβλητα και τα υπολείμματα οργανισμών ανακυκλώνοντας έτσι τα θρεπτικά συστατικά



Τα οικοσυστήματα έχουν αρκετά σημαντικά στοιχεία....

- Οικολογία: οι οργανισμοί αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και με το μη ζωντανό περιβάλλον τους
- Τα βιοτικά (ζωντανά) και αβιοτικά (μη ζωντανά) μέρη του περιβάλλοντος παρουσιάζουν διαδοχικά επίπεδα οργάνωσης
- Πέντε από αυτά τα επίπεδα: οργανισμοί, πληθυσμοί, κοινότητες, οικοσυστήματα και βιόσφαιρα

Επίπεδα Οργάνωσης της Ύλης στη Φύση



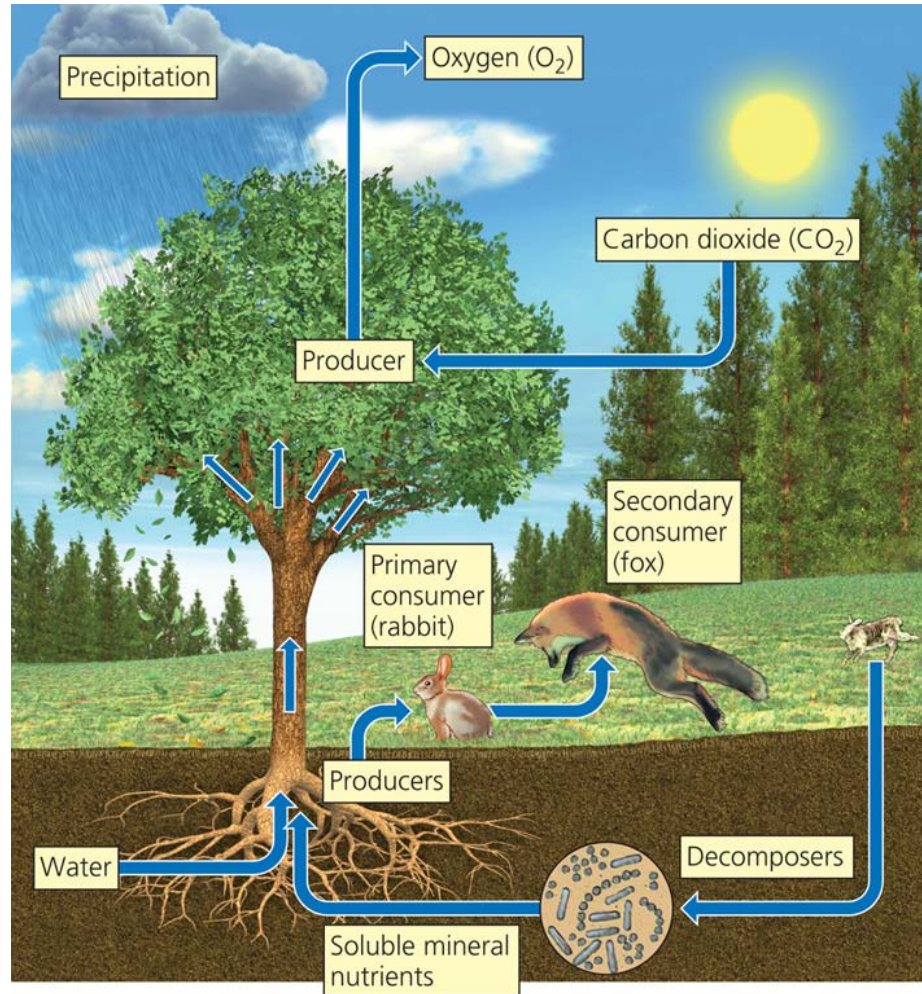
© Cengage Learning



Παραγωγοί και Καταναλωτές

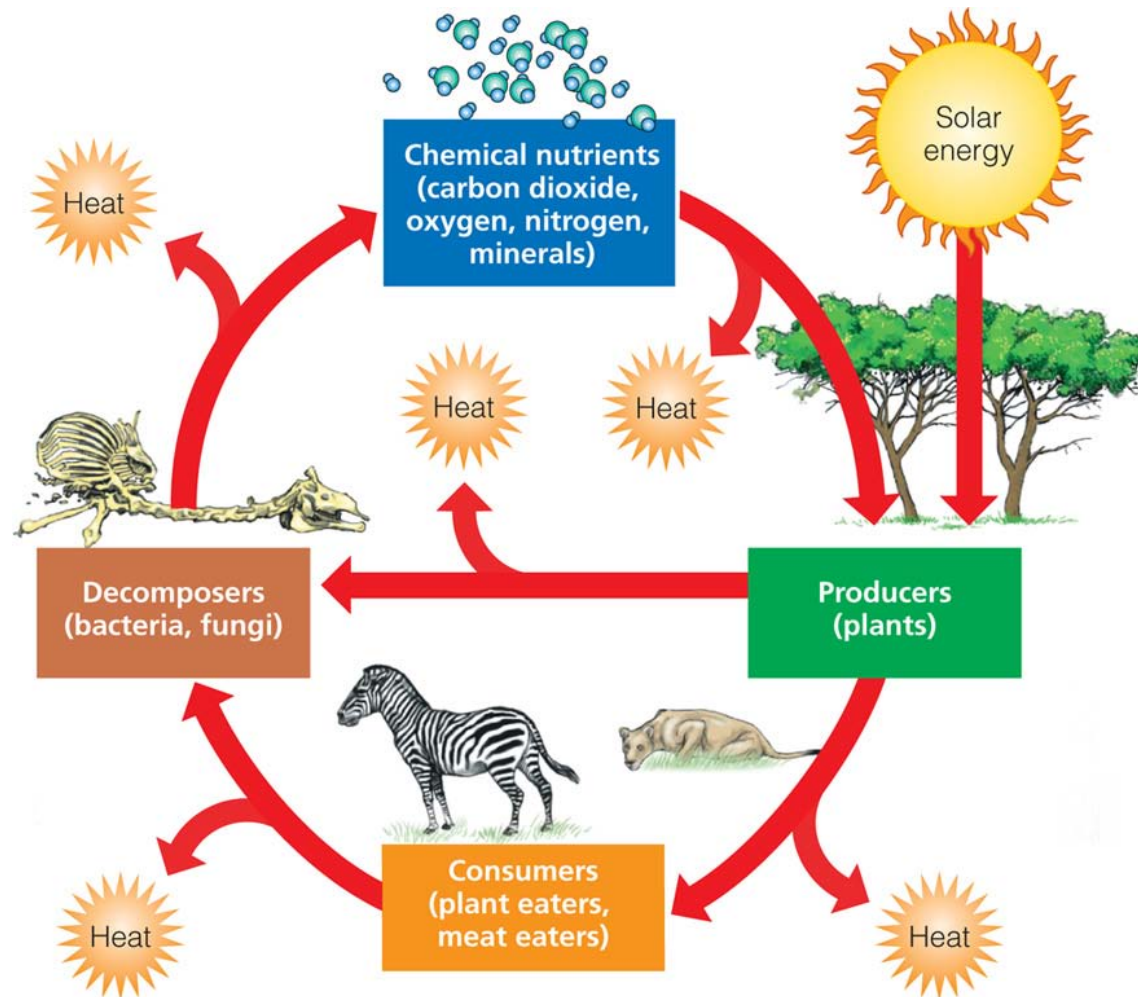
- Οι οργανισμοί ανήκουν σε επίπεδα διατροφής/τροπικά ανάλογα με την πηγή των θρεπτικών συστατικών τους
- Οι παραγωγοί (αυτότροφα – φυτά) χρησιμοποιούν τη φωτοσύνθεση για να παράγουν θρεπτικά συστατικά
- Οι καταναλωτές (ετερότροφοι) τρέφονται με άλλους οργανισμούς ή τα υπολείμματά τους
 - ✓ Μπορεί να είναι φυτοφάγα (φυτοφάγοι), σαρκοφάγα (κρεατοφάγοι) ή παμφάγα (τρώνε και φυτά και κρέας)

Ζώντα (Βιοτικά) και Μη Ζώντα (Αβιοτικά) Συστατικά



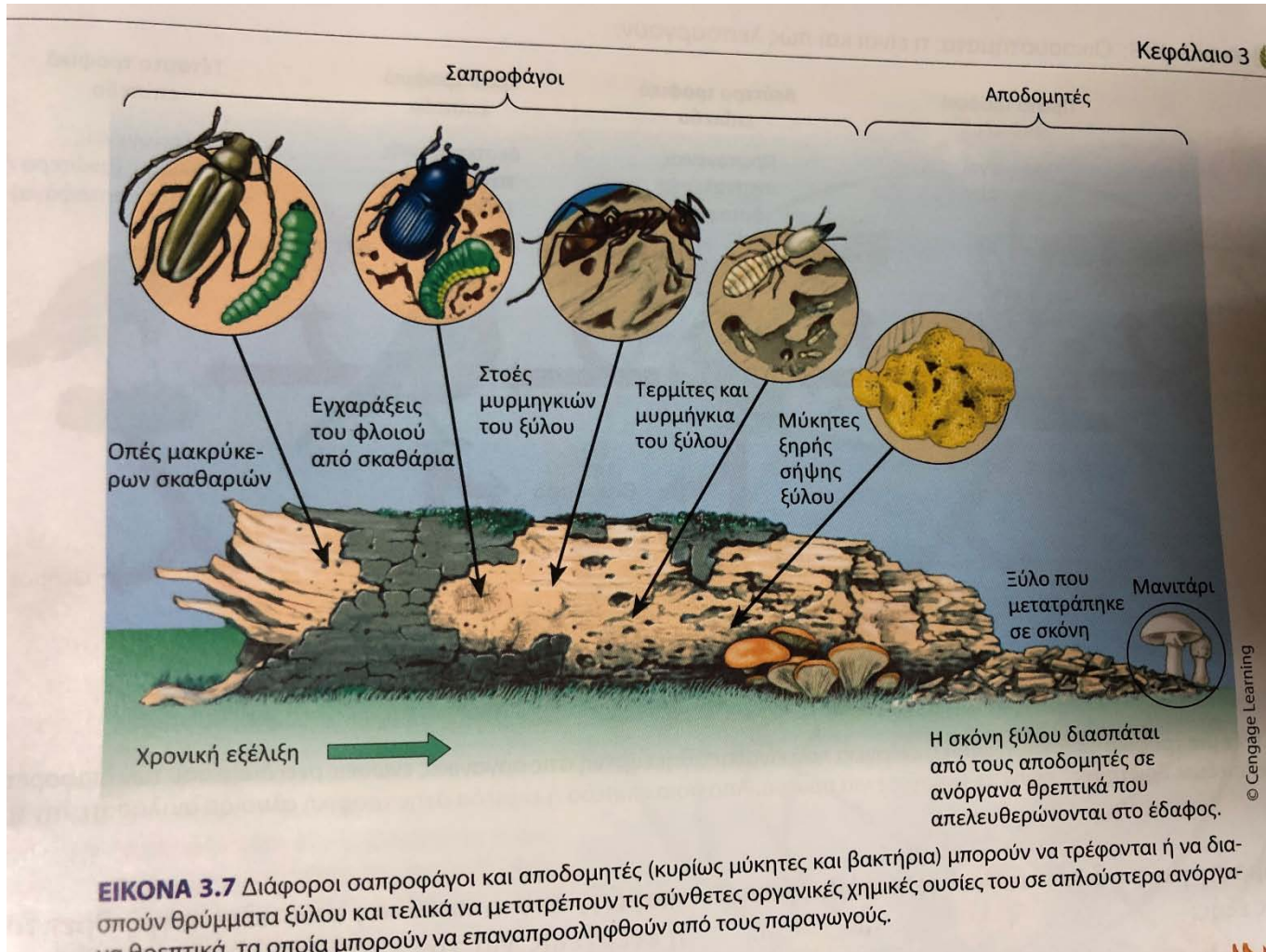
© Cengage Learning

Φυσικό κεφάλαιο: Τα κύρια συστατικά ενός οικοσυστήματος





Σαπροφάγοι

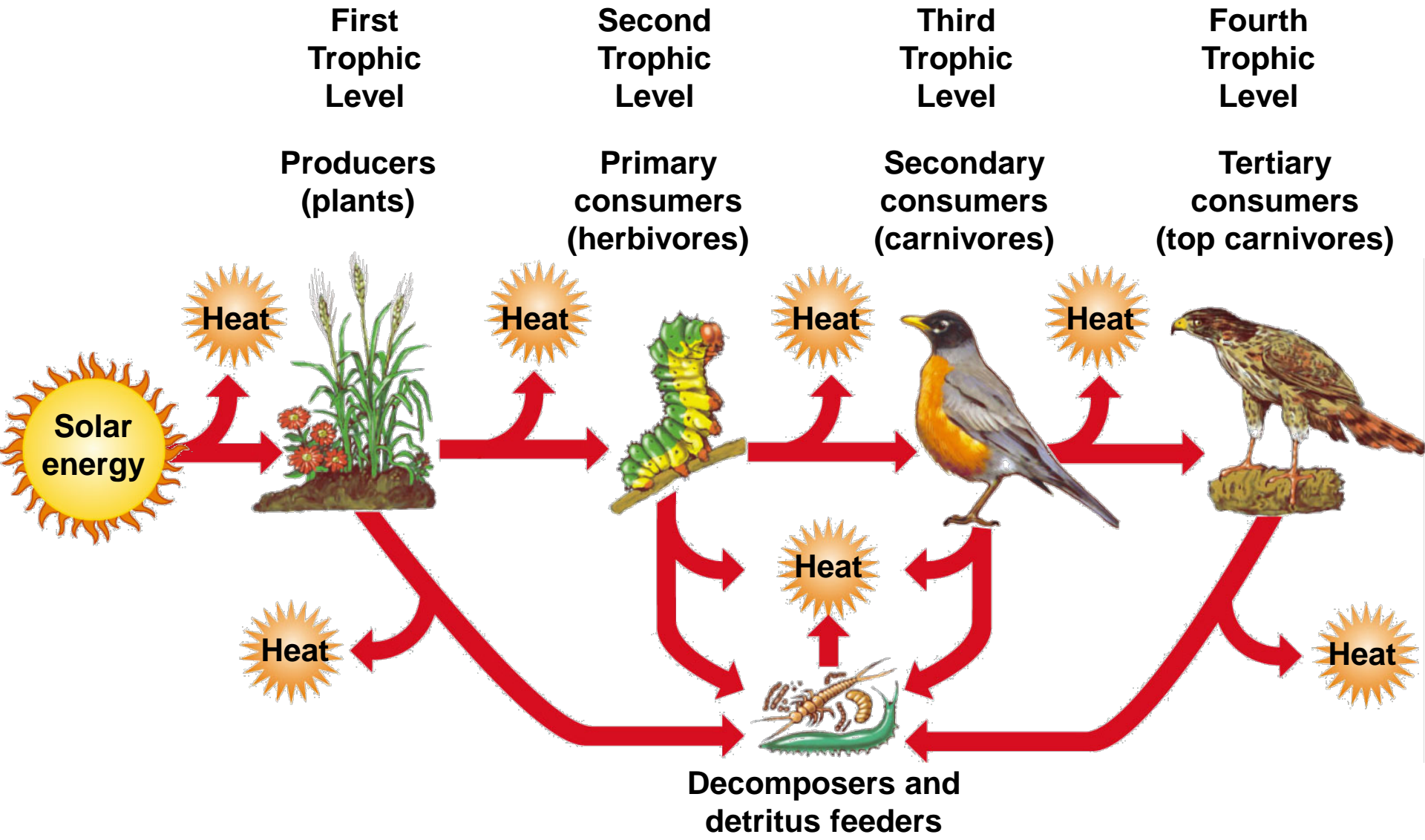


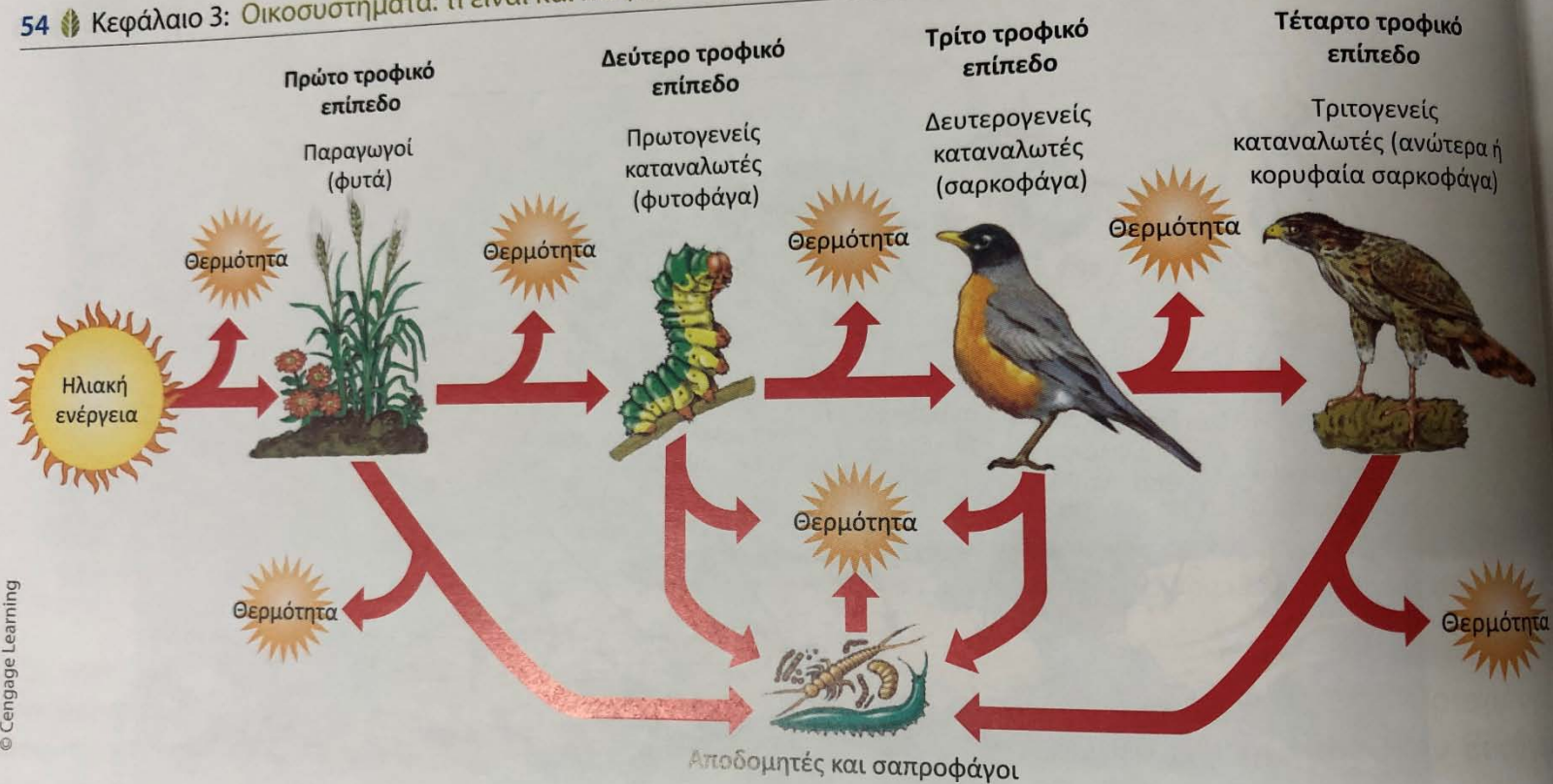
3.3 Τι συμβαίνει με την ενέργεια σε ένα οικοσύστημα;

- Η ενέργεια ρέει μέσω των οικοσυστημάτων μέσω της κίνησης μεταξύ των τροφικών επιπέδων μέσω των τροφικών αλυσίδων και των τροφικών ιστών
 - Η ποιότητα της ενέργειας που διατίθεται στους οργανισμούς μειώνεται καθώς επιτυγχάνεται κάθε διαδοχικό τροφικό επίπεδο, επειδή χάνεται τόση πολλή ενέργεια (θερμότητα) μεταβαίνοντας από το ένα επίπεδο στο άλλο.

Η ενέργεια ρέει μέσω των οικοσυστημάτων στις τροφικές αλυσίδες και στους ιστούς τροφίμων

- Τροφική αλυσίδα
 - ✓ Μια ακολουθία οργανισμών, καθένας από τους οποίους χρησιμεύει ως θρεπτική πηγή για τον επόμενο (τα μεγάλα ψάρια τρώνε τα μικρά ψάρια)
- Διατροφικοί ιστοί
 - ✓ Ένα πολύπλοκο δίκτυο διασυνδεδεμένων τροφικών αλυσίδων
- Πυραμίδα της ροής ενέργειας
 - ✓ Ροή ενέργειας μέσω διαφόρων τροφικών επιπέδων

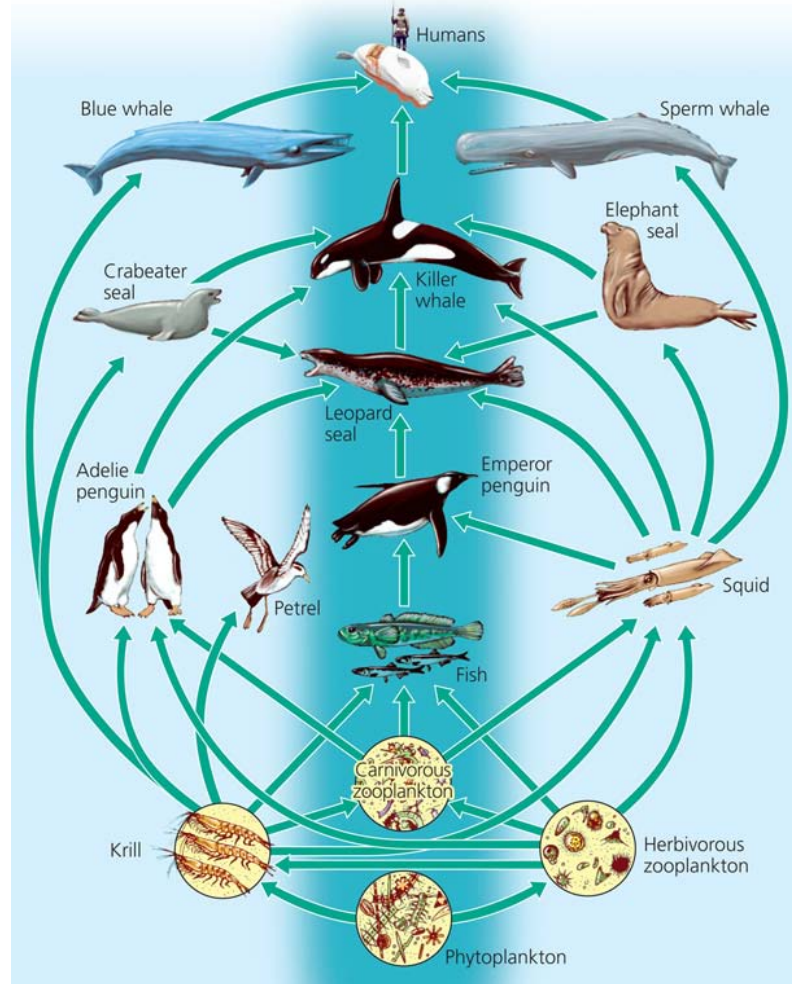




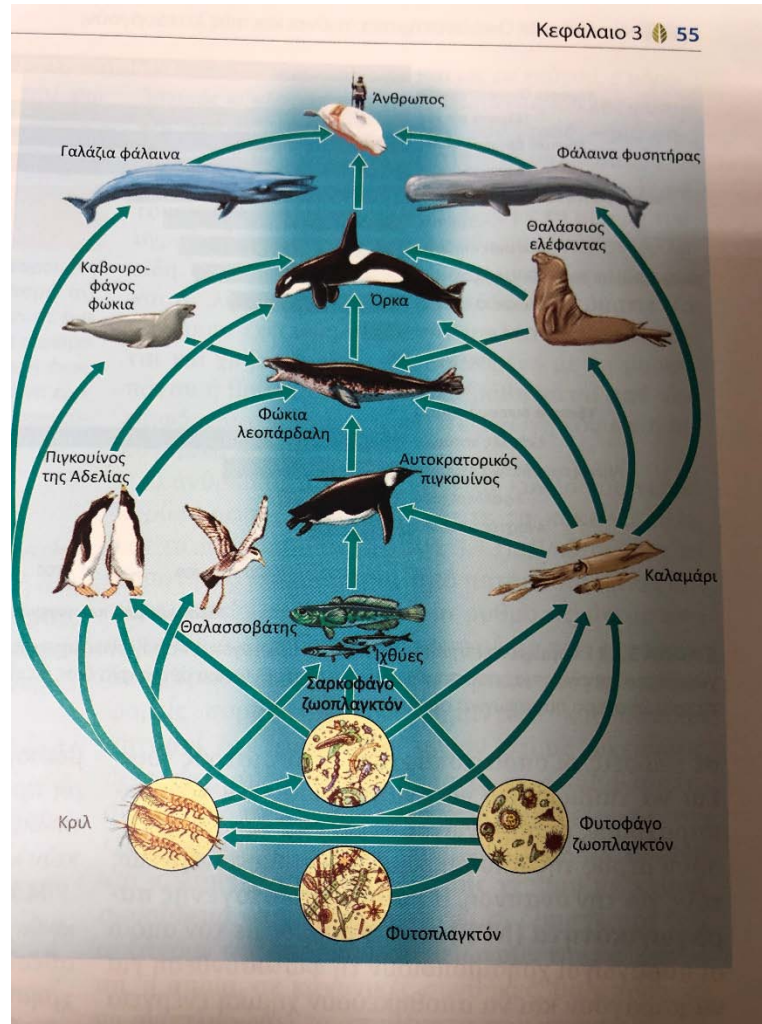
© Cengage Learning

ΕΙΚΟΝΑ 3.9 Σε μια τροφική αλυσίδα, η χημική ενέργεια που είναι αποθηκευμένη στις οργανικές ενώσεις ρέει διαμέσου των διαφορετικών τροφικών επιπέδων. **Ερώτηση:** Σκεφτείτε τι γράφετε για πρώτο. Από ποιο επίπεδο ή επίπεδα στην τροφική αλυσίδα αντλήσατε την τρο-

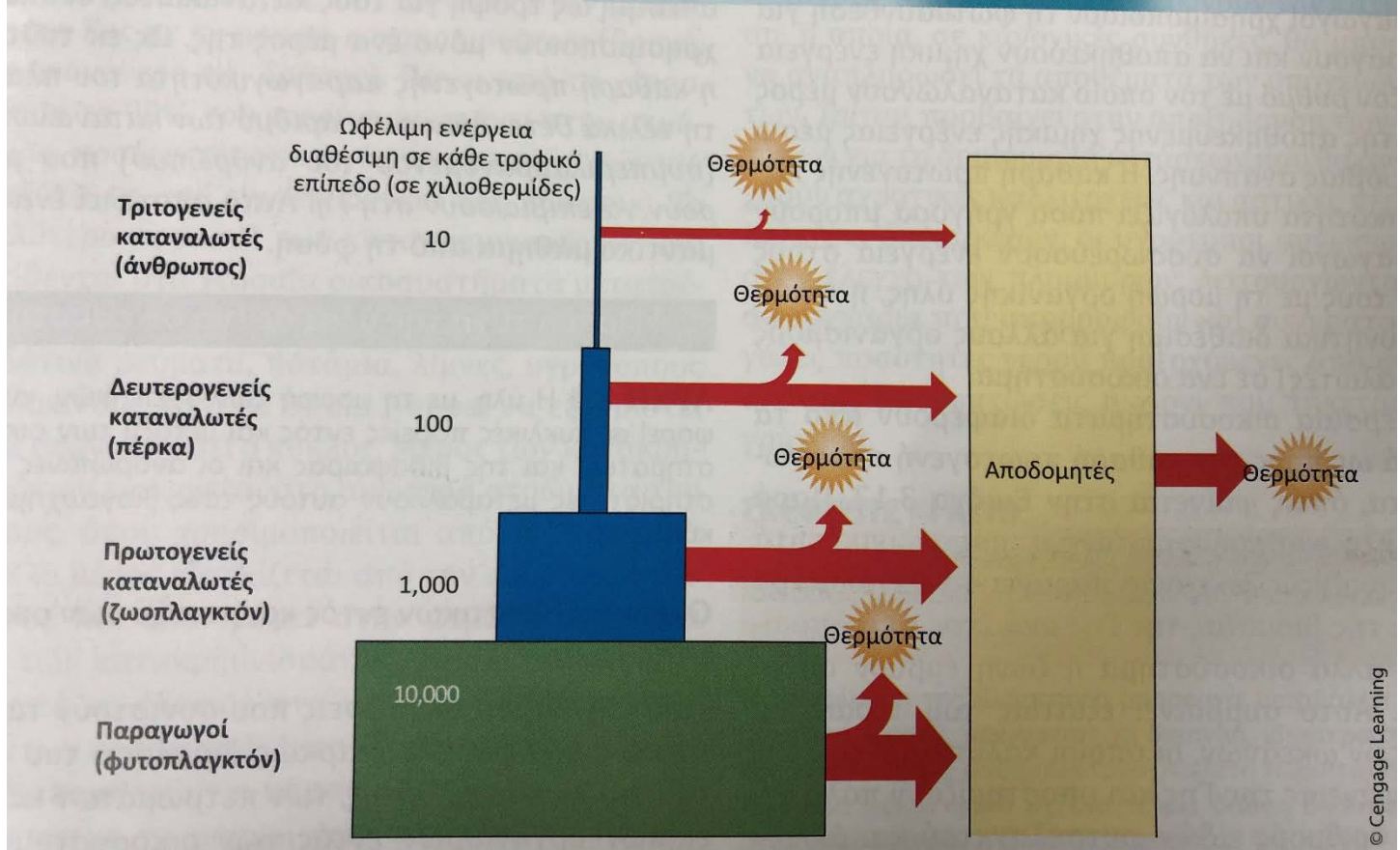
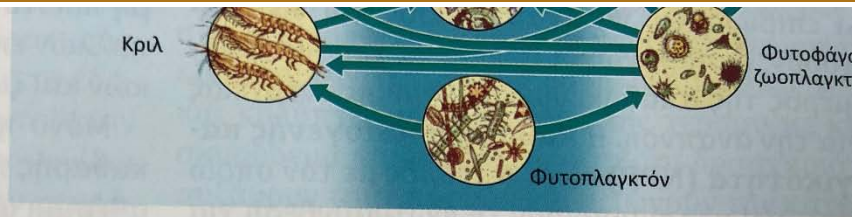
φή αντίδραση για τη διαδικασία της αερόβιας αναπνοής ως εξής:



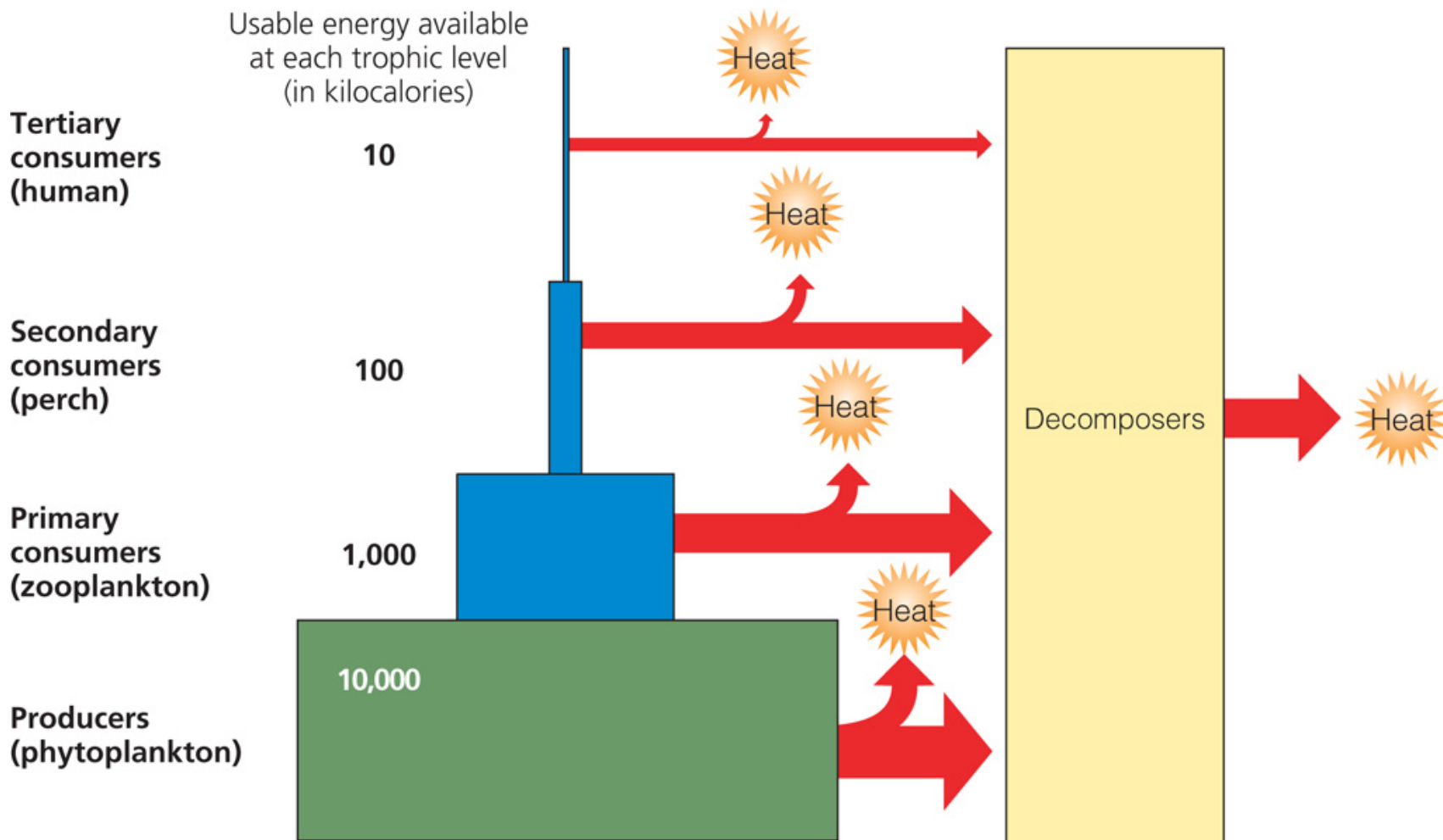
© Cengage Learning



ύν τμήμα του δικτύου, συμπεριλαμβανομένης
 ας σειράς από αποδομητές και θρυματοφάγους,
 ν εμφανίζονται εδώ. **Ερώτηση:** Μπορείτε να φα-
 αστείτε ένα τροφικό δίκτυο στο οποίο ανήκετε;
 κιάστε να σχεδιάσετε ένα απλό διάγραμμα αυ-
 ύ του δικτύου.



Μια Γενικευμένη Πυραμίδα Ενεργειακής Ροής



Μερικά οικοσυστήματα παράγουν φυτική ύλη πιο γρήγορα από άλλα

- GPP (ακαθάριστη πρωτογενής παραγωγικότητα)
 - ✓ Ο ρυθμός που οι παραγωγοί ενός οικοσυστήματος μετατρέπουν την ενέργεια σε βιομάζα
- NPP (καθαρή πρωτογενής παραγωγικότητα)
 - ✓ Ο ρυθμός με τον οποίο οι παραγωγοί χρησιμοποιούν τη φωτοσύνθεση για την παραγωγή και αποθήκευση χημικής ενέργειας μείον τον ρυθμό με τον οποίο χρησιμοποιούν ενέργεια για αερόβια αναπνοή

Μερικά οικοσυστήματα παράγουν φυτική ύλη πιο γρήγορα από άλλα

- Τα χερσαία και τα υδάτινα οικοσυστήματα διαφέρουν ως προς το NPP (καθαρή πρωτογενή παραγωγικότητα)
- Παρά το χαμηλό NPP, οι ωκεανοί παράγουν το μεγαλύτερο μέρος της βιομάζας του κόσμου λόγω του τεράστιου μεγέθους τους
- Τα τροπικά δάση έχουν υψηλό NPP - πολλά χάνονται λόγω της υποβάθμισης του φυσικού κεφαλαίου
- Μόνο φυτική ύλη που αντιπροσωπεύεται από το NPP είναι διαθέσιμη ως θρεπτικά συστατικά για τους καταναλωτές

Ο κύκλος των θρεπτικών ουσιών εντός και μεταξύ των οικοσυστημάτων

- Ο βιογεωχημικός κύκλος, που οδηγείται από την εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία και τη βαρύτητα της γης συνεχώς, μετακινεί θρεπτικά συστατικά και ενέργεια μέσω του αέρα, του νερού, του εδάφους, των πετρωμάτων και των ζωντανών οργανισμών
 - ✓ Υποστηρίζει την αρχή της βιωσιμότητας του χημικού κύκλου

3.4 Τι συμβαίνει στην ύλη σε ένα οικοσύστημα;

- Η ύλη με τη μορφή θρεπτικών ουσιών και ενέργειας ανακυκλώνεται φυσικά και ανακυκλώνεται μέσω των οικοσυστημάτων και της βιόσφαιρας
 - ✓ Ωστόσο, αυτοί οι χημικοί κύκλοι μεταβάλλονται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες

Ο Κύκλος του Νερού – Εξάτμιση και Διαπνοή

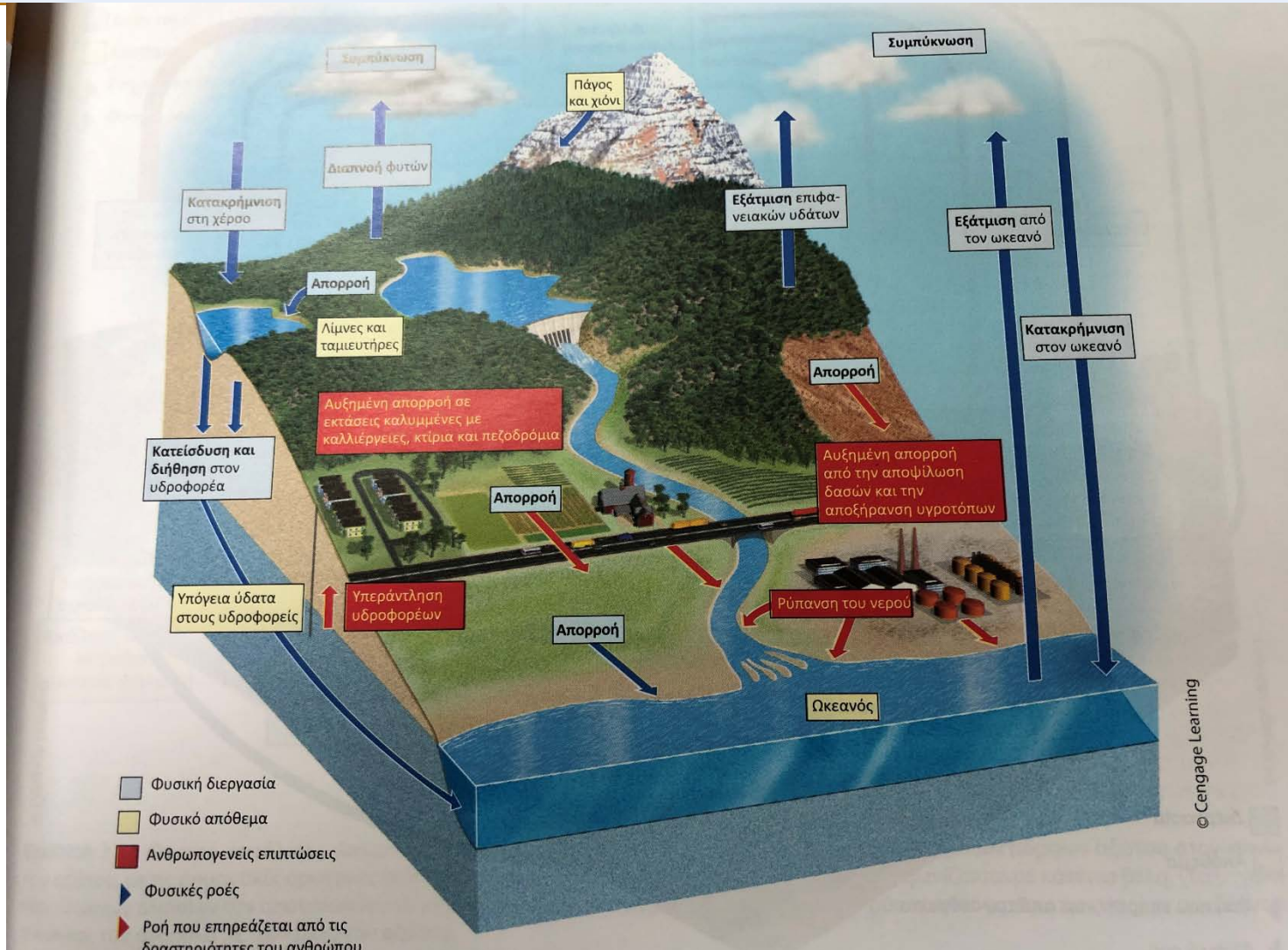
- Ο υδρολογικός κύκλος ή ο κύκλος του νερού συλλέγει, καθαρίζει και διανέμει τη σταθερή παροχή νερού της γης
 - Ο κύκλος της φυσικής ανανέωσης της ποιότητας του νερού

Η εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία μετακινεί το νερό στην επιφάνεια στην ατμόσφαιρα μέσω της εξάτμισης

- Κυρίως μέσω της διαπνοής (εξάτμιση από την επιφάνεια των φυτών)

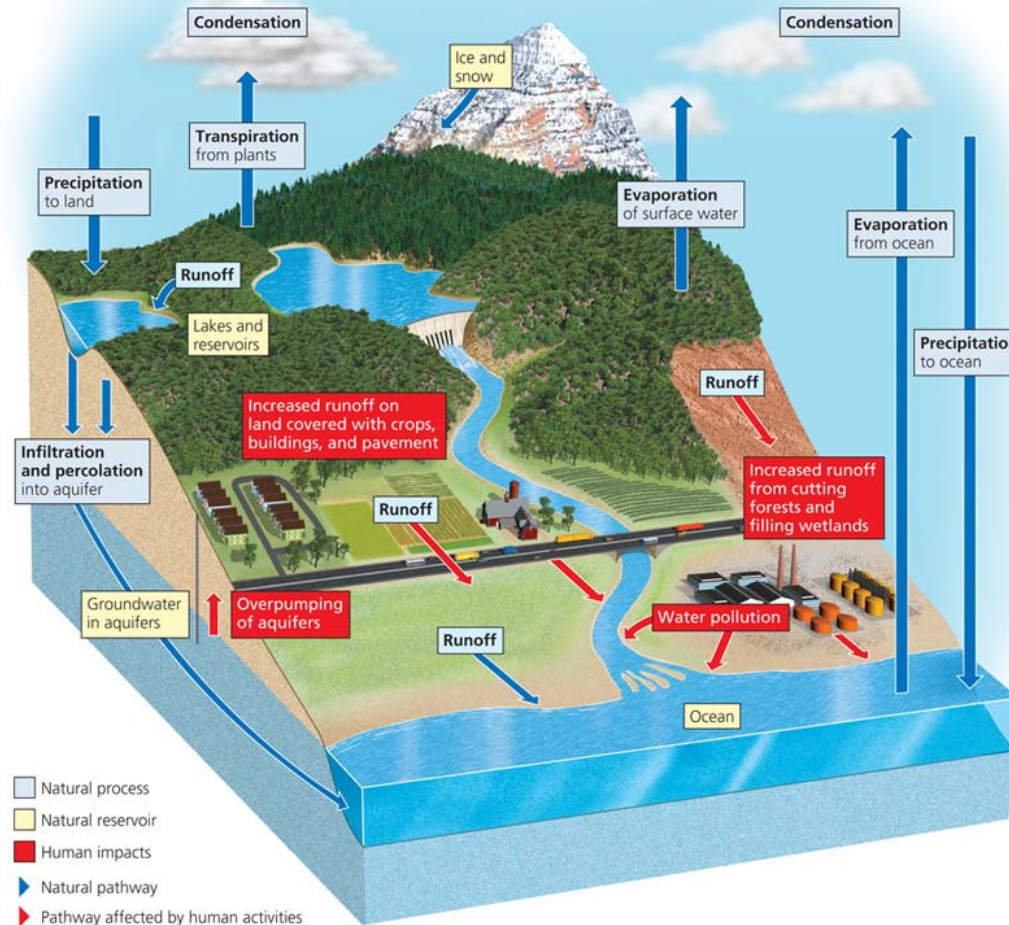
The Water Cycle – Precipitation and Surface Runoff

- Η συμπύκνωση στην ατμόσφαιρα και οι επιπτώσεις της βαρύτητας δημιουργούν βροχόπτωση που επιστρέφει το νερό στην επιφάνεια της γης
 - ✓ Επιφανειακή απορροή
 - ✓ Υδροφορείς και υπόγεια νερά
- Μόνο ένα πολύ μικρό μέρος του νερού της γης είναι γλυκό νερό
- Το υπόλοιπο βρίσκεται σε ωκεανούς, είναι αποθηκευμένο ως πάγος ή είναι πολύ βαθιά για πρόσβαση



© Cengage Learning

Natural Capital – The Hydrologic Cycle



© Cengage Learning



Πώς αλλάζουν οι άνθρωποι τον κύκλο του νερού;

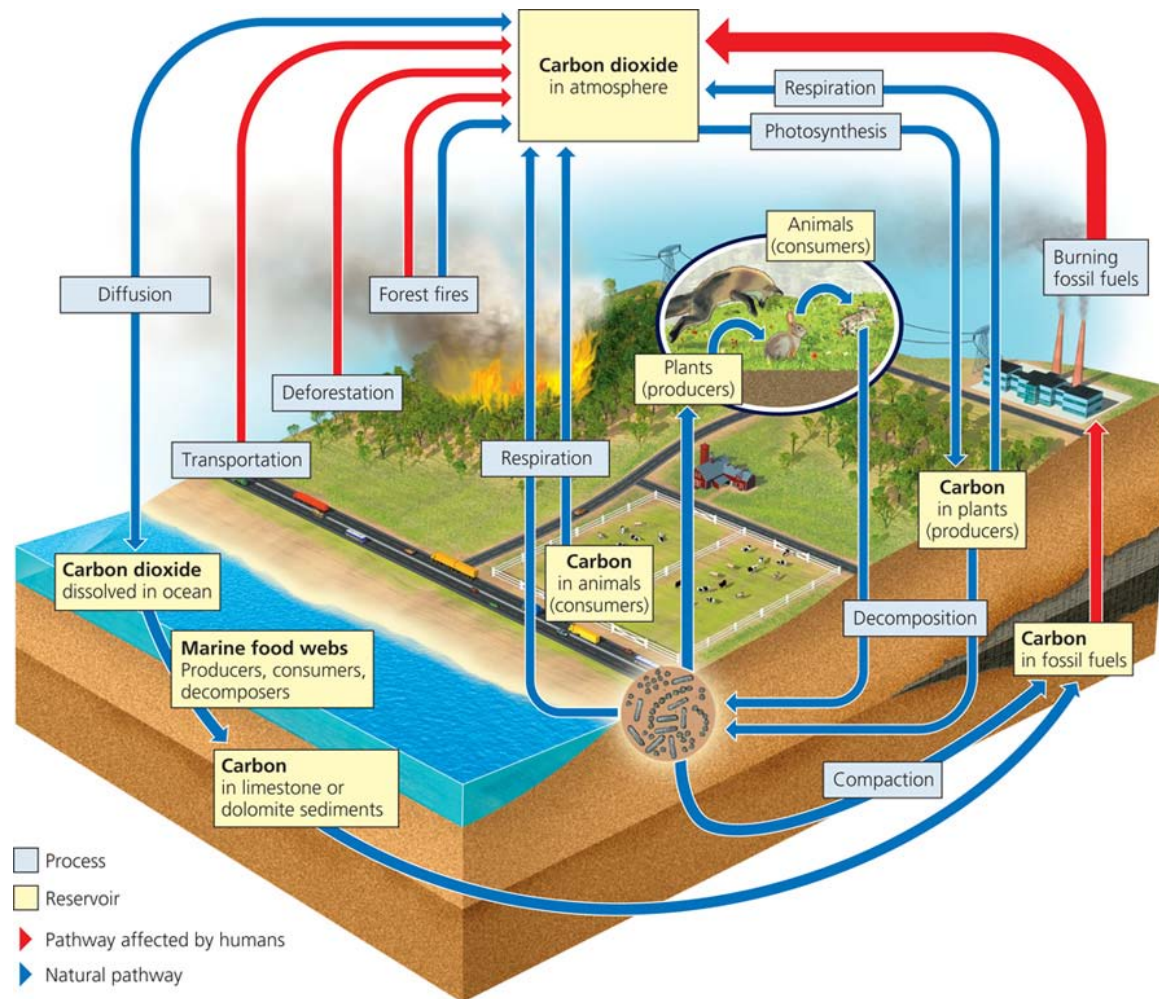
- Με την απόσυρση των πόρων γλυκού νερού γρηγορότερα από τις φυσικές διεργασίες, αναπληρώνονται
- Με την αντικατάσταση των δασών/βλάστησης με αστική ανάπτυξη – μείωση της διαπνοής και αύξηση της απορροής
- Με αποστράγγιση και πλήρωση υγροτόπων, που διαταράσσει τις ανανεωτικές ικανότητες του υδρολογικού κύκλου



The Carbon Cycle

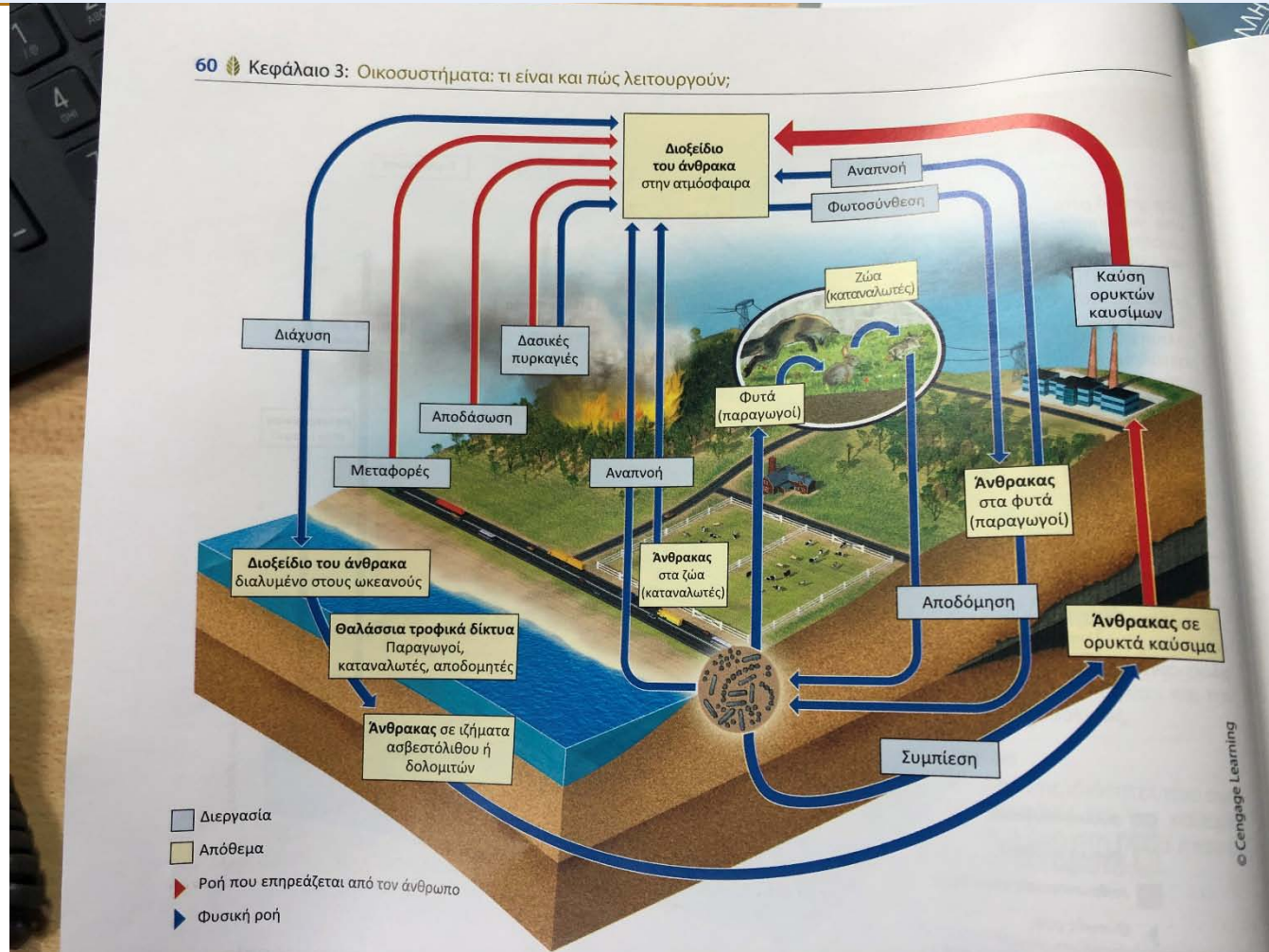
- Atmospheric carbon dioxide, a key component of the carbon cycle, has a significant temperature effect (greenhouse effect)
- How does carbon cycle through the biosphere?
 - Photosynthesis by producers
 - Aerobic respiration by producers, consumers and decomposers

Natural Capital: The Global Carbon Cycle

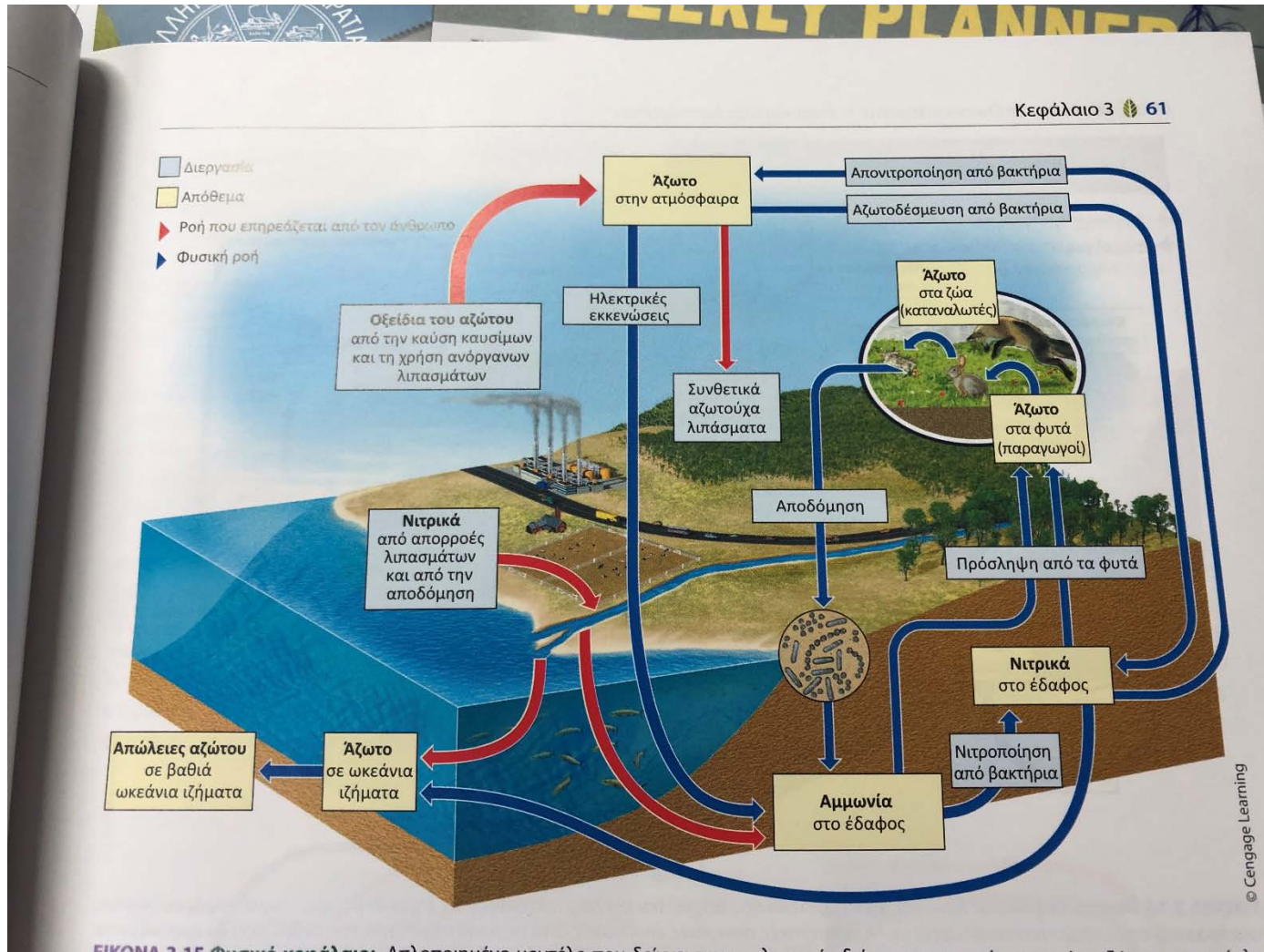


© Cengage Learning

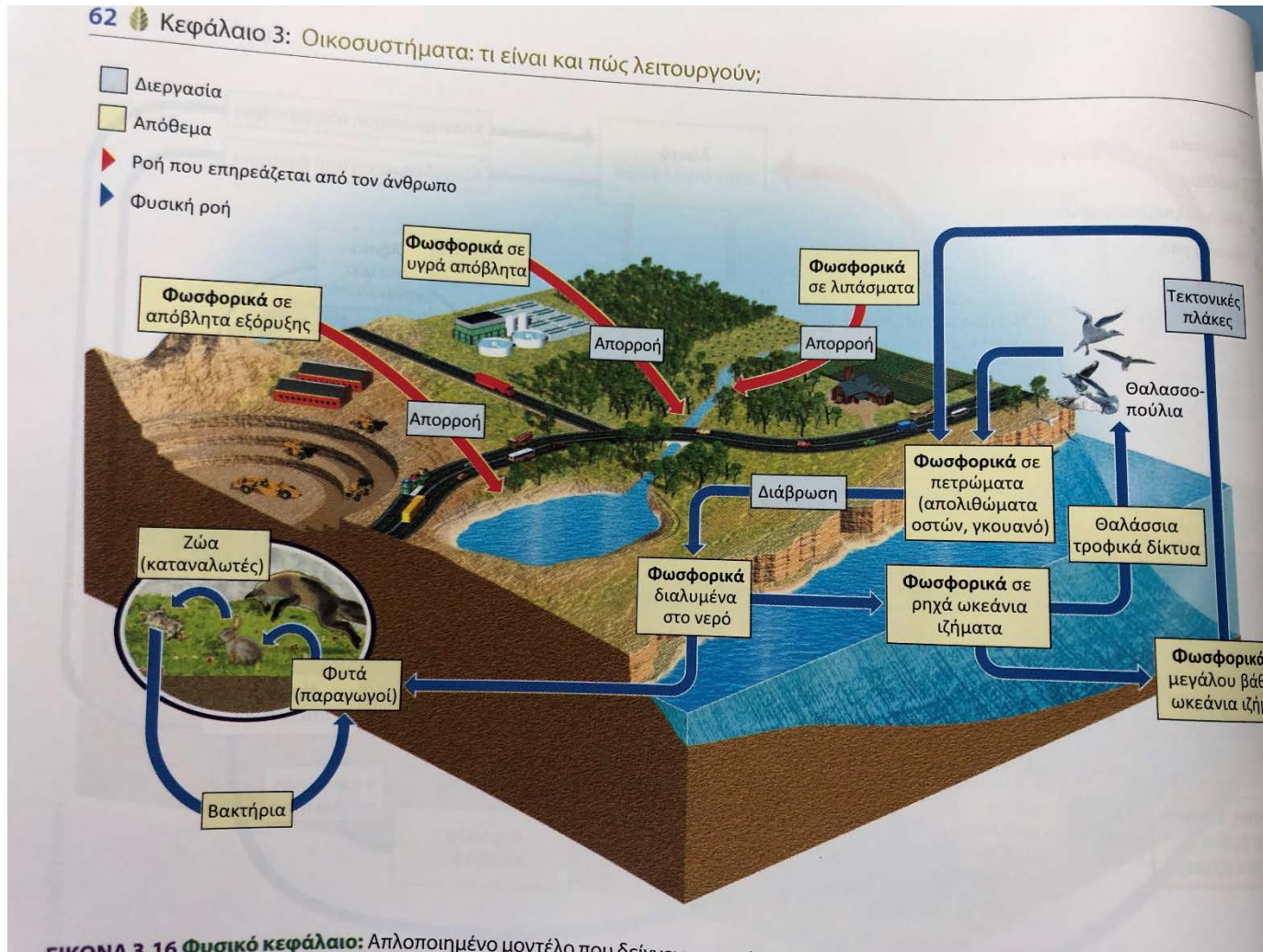
Διοξείδιο του άνθρακα



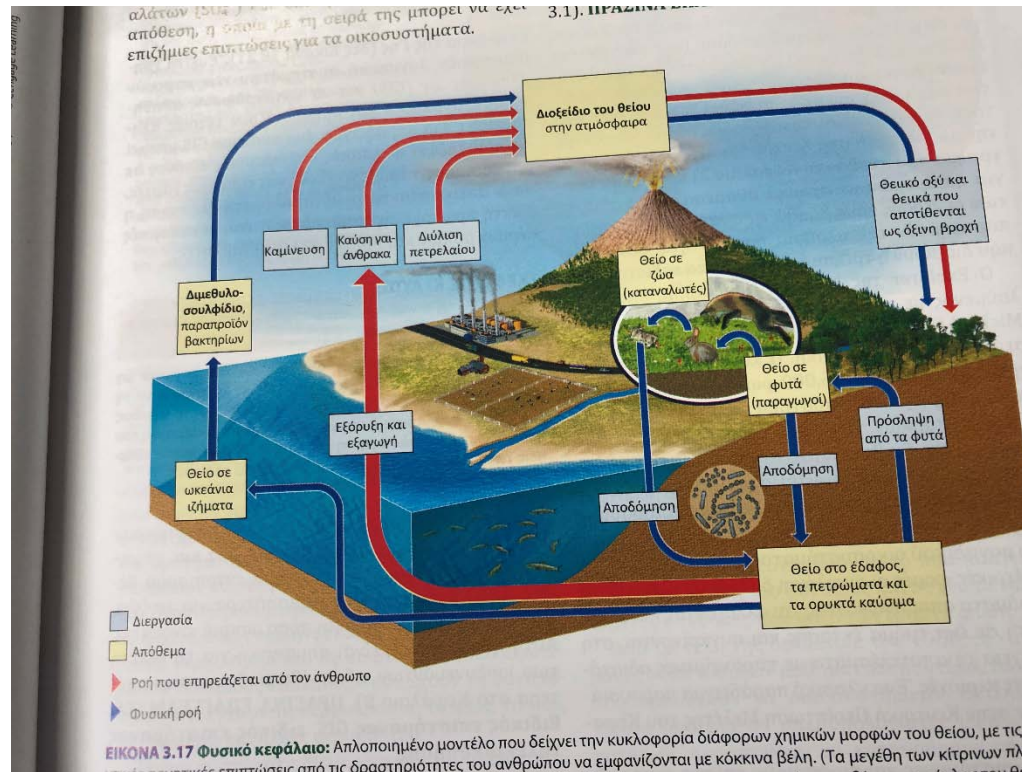
Άζωτο



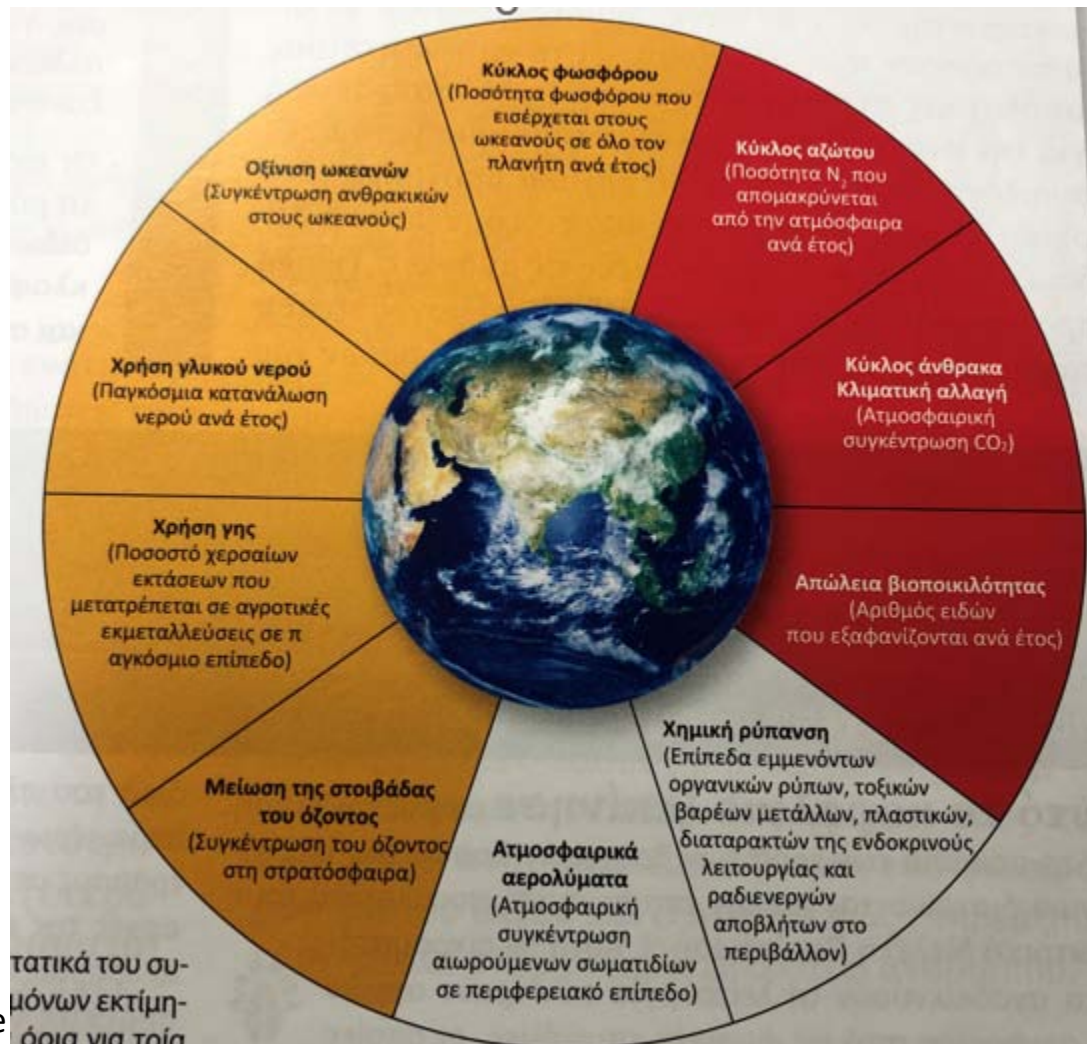
Κύκλος φωσφόρου



Διοξείδιο του θείου



Τα όρια του πλανήτη



τατικά του συ-
μόνων εκτίμη-
όρια για ταία

Πώς οι άνθρωποι αλλάζουν τον κύκλο του άνθρακα;

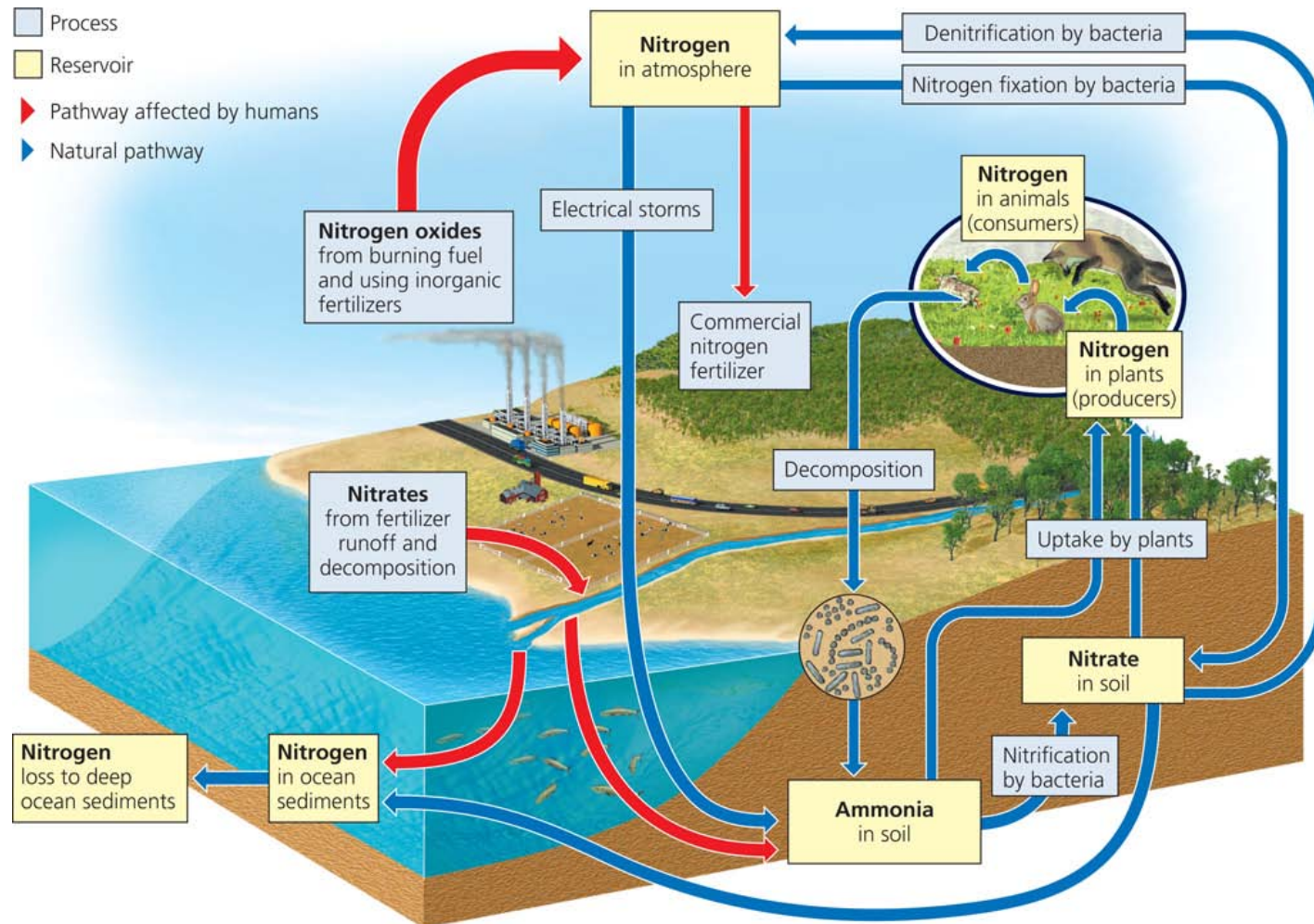
- Με την εξόρυξη και την καύση ορυκτών καυσίμων με πολύ υψηλότερο ρυθμό από ό,τι σχηματίζονται φυσικά
 - Αυτό προσθέτει διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα
- Καταστρέφοντας τα δάση γρηγορότερα από ό,τι αναγεννούνται
 - Αυτό καταστρέφει τη βλάστηση που απορροφά άνθρακα



The Nitrogen Cycle: Bacteria in Action

- How does nitrogen cycle through the biosphere?
 - Atmospheric nitrogen cannot be absorbed or used directly by most organisms
 - Bacteria convert the nitrogen into a usable form so it becomes a useful plant nutrient
 - Consumers (herbivores) and decomposers convert the nitrogen back into nitrogen gas which is then released into the atmosphere

Natural Capital: The Nitrogen Cycle



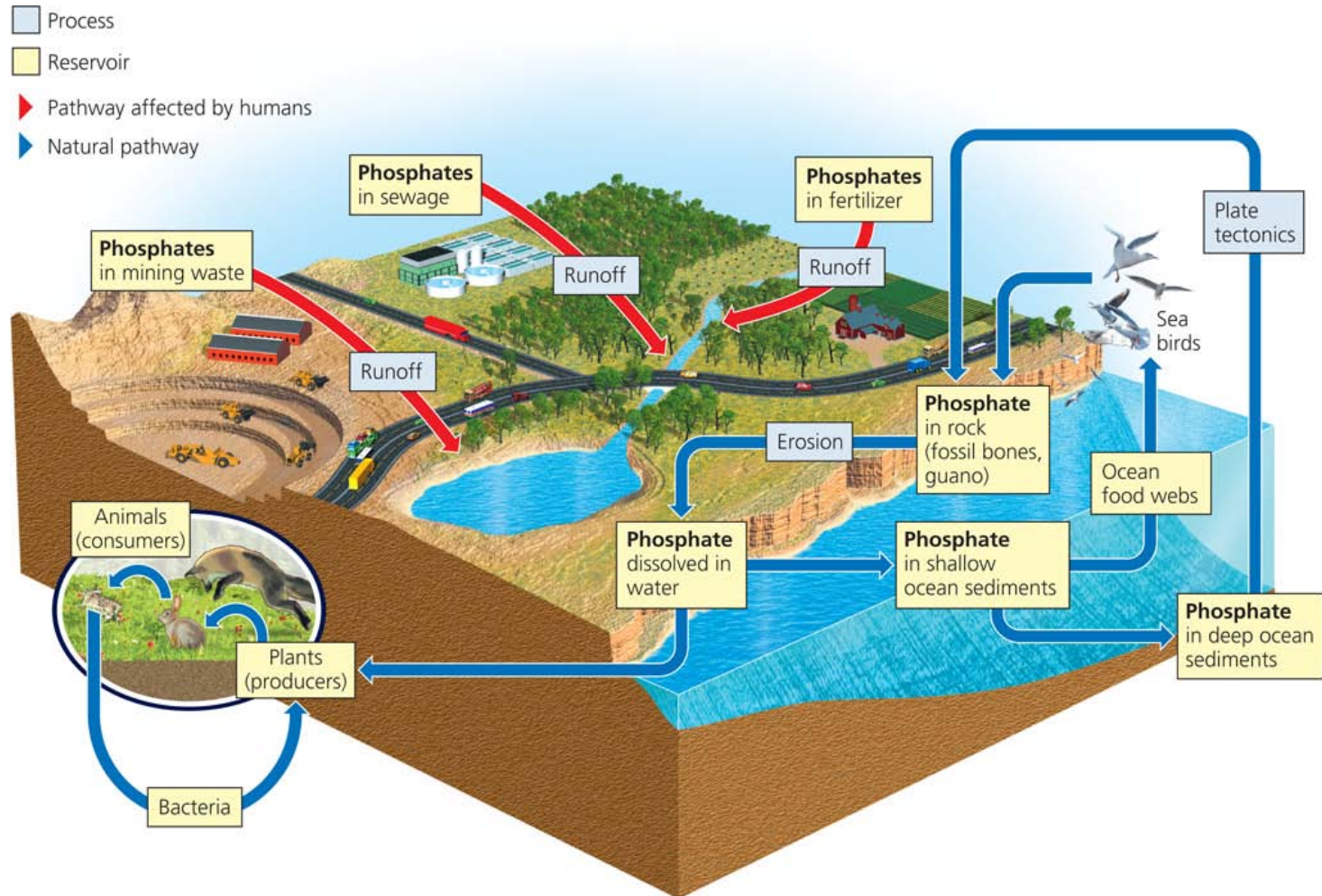
How Do Humans Alter the Nitrogen Cycle?

- By burning fossil fuels that adds nitric oxide to the atmosphere
 - Nitrogen dioxide gas/nitric acid vapor causes acid rain
- By removing atmospheric nitrogen to make fertilizer
 - Agricultural runoff from fields into the water supply leads to algal overgrowth that disrupts the oxygen balance in aquatic systems

The Phosphorus Cycle

- How does phosphorus cycle through the biosphere?
 - Cycles through soils, rocks, water and plants, but not through the atmosphere
 - Can be temporarily removed from natural cycling when washed into oceans and trapped in marine sediments
 - As with nitrogen, contributes to agricultural runoff

Natural Capital: The Phosphorus Cycle



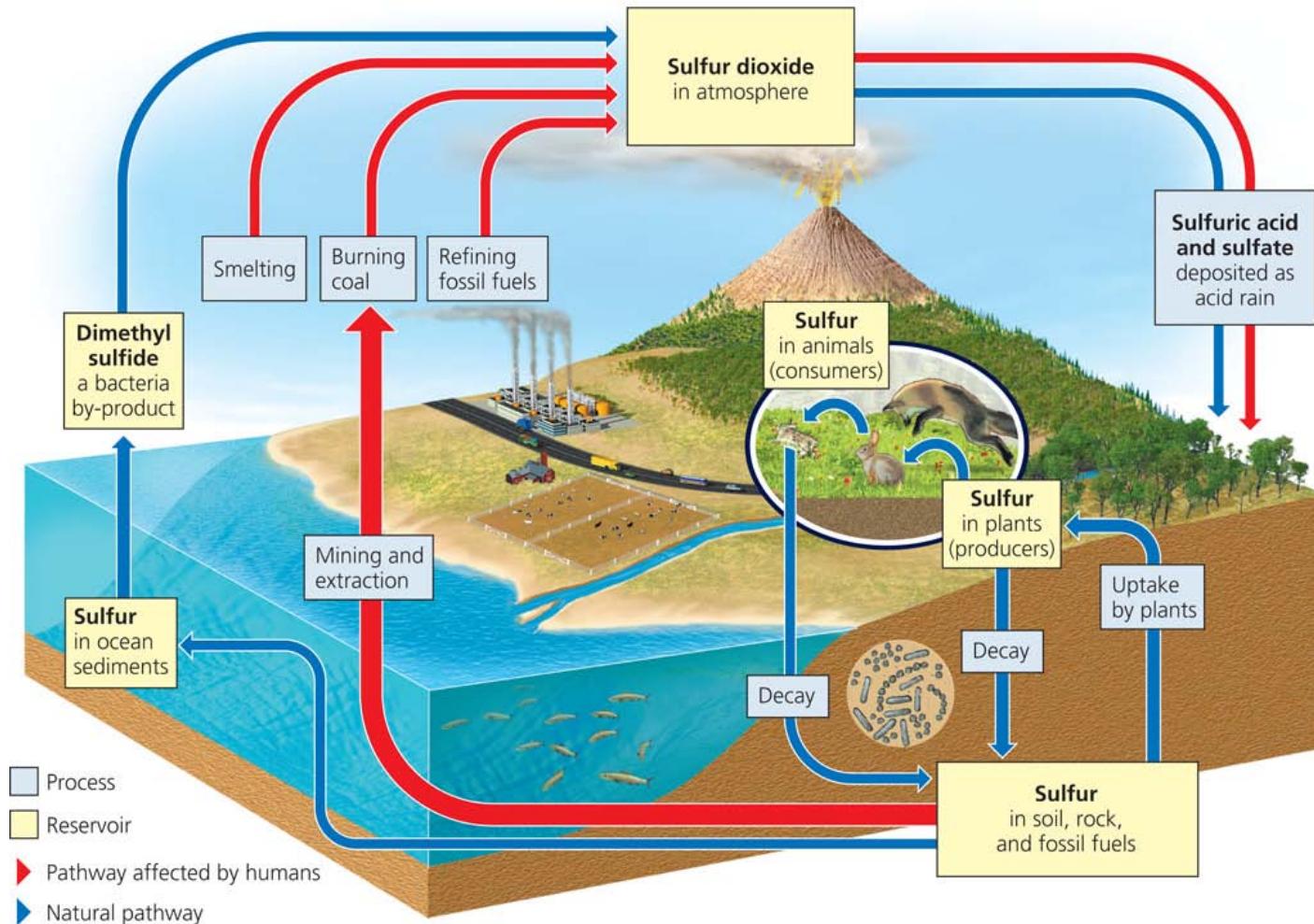
How Do Humans Alter the Phosphorus Cycle?

- By mining phosphorus deposits to make fertilizer
- Through clearing of tropical forests, which reduces phosphorus in the topsoil
- Through agricultural runoff and topsoil erosion, which disturbs biogeochemical cycling

Ο κύκλος του θείου

- How does sulfur cycle through the biosphere?
 - Via mining of ore deposits/ocean sediments
 - From active volcanoes – as poisonous hydrogen sulfide and sulfur dioxide gases
 - Through decomposition of organic matter in wetlands
 - From sea spray, dust storms, and forest fires
 - Absorption by plant roots

Natural Capital: The Sulfur Cycle



How Do Humans Alter the Sulfur Cycle?

- By releasing sulfur dioxide into the atmosphere
 - Burning sulfur containing coal and oil in power plants to generate electricity
 - Refining sulfur containing oil to make gasoline
 - Mining and smelting metals from sulfur deposits
- The key components of acid rain are nitrogen dioxide and sulfuric acid

3.5 How Do Scientists Study Ecosystems?

- Scientists learn about ecosystems by:
 - Using field and laboratory research
 - Designing controlled experiments
 - Developing mathematical and statistical models



Some Scientists Study Nature Directly


- Make direct observations and take measurements of ecosystems in the field
- Fly over ecosystems to photograph them
- Carry out controlled experiments
- Use radio transmitters and remote sensing to track organisms
- Run mathematical models for issues that cannot be studied in the lab or field

Some Ecologists Use Laboratory Experiments or Modeling

- How do scientists model ecosystems in the lab?
 - With culture tubes, aquariums, greenhouses, and in indoor/outdoor chambers with controlled variables (light, temperature, etc.)
- Pros: small, controlled lab experiments save money and are faster to carry out
- Con: these experiments may not reflect reality well enough

We Need To Learn More About the Health of the World's Ecosystems

- The 2005 ecosystem assessment shows that more baseline ecologic data is needed to:
 - Evaluate the status of the world's ecosystems
 - Develop effective strategies for preventing and slowing ecosystem degradation
 - Identify planetary boundaries that lead to irreversible changes if passed – and help us to avoid reaching or passing them



Additional Case Study: Ecosystems – An Overview

- Ecosystems – watch the video and learn how scientists study ecosystems to understand them and predict how they change over time
 - Choose an ecosystem from the video and describe its components and structure
 - How did the scientists study the ecosystem you chose?

Ecosystems and Three Big Ideas

- Life is sustained by the flow of energy and nutrients through ecosystems which are continually recycled
- Ecosystems are characterized by producers, consumers, and decomposers – All aid in the cycling process
- Human activities impact ecosystem cycling, sometimes negatively, sometimes positively (e.g., Yellowstone)

Η έννοια του οικοσυστήματος

Η ζωή ενός οργανισμού εξαρτάται από παράγοντες όπως η θερμοκρασία, το νερό, το φως, το έδαφος, κ.α. οι οποίοι ονομάζονται *αβιοτικοί παράγοντες*, σε αντίθεση με τους *βιοτικούς παράγοντες* που είναι οι ζωντανοί οργανισμοί. Η βιοκοινότητα μιας περιοχής μαζί με τους αβιοτικούς παράγοντες με τους οποίους συνδέεται, αποτελούν ένα **οικοσύστημα**. Ενώ στο επίπεδο της βιοκοινότητας το ενδιαφέρον εστιάζεται στις σχέσεις μεταξύ των οργανισμών, στο επίπεδο του οικοσυστήματος το ενδιαφέρον μετατοπίζεται στις αλληλεπιδράσεις των οργανισμών με το αβιοτικό περιβάλλον και ιδιαίτερα στις ανταλλαγές ύλης και ενέργειας

- Η δομή ενός οικοσυστήματος (δηλαδή τα βιοτικά και αβιοτικά στοιχεία από τα οποία αποτελείται) βρίσκεται σε άμεση σχέση με τις λειτουργίες που επιτελούνται σε αυτό: Η δομή καθορίζει τις λειτουργίες που μπορούν να πραγματοποιηθούν σε ένα οικοσύστημα, αλλά και οι λειτουργίες τροποποιούν τη δομή ενός οικοσυστήματος, μεταβάλλοντας για παράδειγμα των αριθμών των ειδών, ή μεταβάλλοντας τα επίπεδα οργάνωσης ενός οικοσυστήματος, όπως θα δούμε στις ενότητες που ακολουθούν.

- Όσο αφορά στη δομή ενός οικοσυστήματος, σχεδόν σε όλα τα **οικοσυστήματα** θα βρούμε στοιχεία του ανόργανου περιβάλλοντος, καθώς και ζωντανούς οργανισμούς τους οποίους κατατάσσουμε σε τρεις κατηγορίες, ανάλογα με τη θέση τους στη τροφική πυραμίδα: παραγωγούς, καταναλωτές και αποικοδομητές.

Αυτότροφοι Οργανισμοί

- **Παραγωγοί** είναι οι οργανισμοί που μετατρέπουν τα ανόργανα υλικά σε οργανικές ενώσεις τις οποίες μπορούν να χρησιμοποιήσουν τόσο οι ίδιοι όσο και οι υπόλοιποι ζωντανοί οργανισμοί για τις διάφορες βιολογικές τους λειτουργίες.
- Η ικανότητα μετατροπής των ανόργανων στοιχείων σε οργανικές ουσίες ανήκει στους οργανισμούς που μπορούν να φωτοσυνθέτουν (δηλ. σε όλα τα φυτά), και προϋποθέτει τη χρήση της ενέργειας του ήλιου.

- Τα ζώα κατατάσσονται στην κατηγορία των **καταναλωτών**, γιατί παίρνουν 'έτοιμες' οργανικές ενώσεις από τα φυτά, είτε άμεσα όπως τα φυτοφάγα ζώα, είτε έμμεσα, όπως τα σαρκοφάγα, τρώγοντας άλλα ζώα.

- Οι **αποικοδομητές** είναι οργανισμοί οι οποίοι επιτελούν την ακριβώς αντίθετη διαδικασία από τα φυτά: μετατρέπουν την νεκρή οργανική ύλη σε ανόργανες ενώσεις

Ετερότροφοι Οργανισμοί

- Καταναλωτές,
- Αποικοδομητές

Έδαφος

- Το **έδαφος** είναι μια ιδιαίτερα σύνθετη δομή. Περιέχει αποσαθρωμένα πετρώματα, σωματίδια ορυκτών υλικών, οργανικό υλικό και πολλούς οργανισμούς. Το έδαφος παρέχει θρεπτικά υλικά, νερό, φώλιασμα και υπόστρωμα στήριξης για πολλούς οργανισμούς, φυτά και ζώα.

Ατμόσφαιρα

- Η **ατμόσφαιρα** παρέχει διοξείδιο του άνθρακα για τη φωτοσύνθεση και οξυγόνο για την αναπνοή των οργανισμών. Αποτελεί κρίσιμο στάδιο στο κύκλο πολλών θρεπτικών στοιχείων, συμπεριλαμβανομένου και του νερού. Επίσης, χαρακτηριστικά της ατμόσφαιρας που έχουν σχέση με το κλίμα μιας περιοχής, όπως η θερμοκρασία και η υγρασία είναι σημαντικά για το είδος των οργανισμών που μπορούν να επιβιώσουν σε μια συγκεκριμένη περιοχή.

Νερό

- Το **νερό** είναι το σημαντικότερο σε ποσότητα συστατικό των ζωντανών ιστών. Είναι το μέσο με το οποίο μεταφέρονται τα θρεπτικά συστατικά στα φυτά, ενώ είναι απαραίτητο και στη φωτοσύνθεση.

Ηλιακή ακτινοβολία

- Η **ηλιακή ακτινοβολία** είναι το απαραίτητο ενεργειακό μέσο για την πραγματοποίηση της διαδικασίας της φωτοσύνθεσης. Επίσης ζεσταίνει την ατμόσφαιρα και συμμετέχει στη πραγματοποίηση του κύκλου του νερού, καθώς ρυθμίζει την εξάτμισή του στην ατμόσφαιρα. Το ηλιακό φως και για την ακρίβεια, η μεταβολή της διάρκειας της ημέρας κατά την εναλλαγή των εποχών, όπως και η εναλλαγή φωτός και σκότους κατά την διάρκεια ενός 24ωρου, διαδραματίζει σημαντικό ρόλο στη ρύθμιση διάφορων δραστηριοτήτων πολλών ζώων, όπως η μετανάστευση.

- Υπάρχουν **οικοσυστήματα** στα οποία λείπει κάποιο από τα κύρια δομικά στοιχεία και κατά συνέπεια δεν είναι σε θέση να επιτελέσουν τις αντίστοιχες λειτουργίες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα **οικοσυστήματα** στα βάθη των ωκεανών. Στα μεγάλα βάθη δεν φτάνει το ηλιακό φως, επομένως δεν μπορούν να υπάρξουν και να φωτοσυνθέσουν τα φυτά.

- Παράδειγμα ατελούς οικοσυστήματος μπορούν να θεωρηθούν και οι ανθρώπινες πόλεις, στις οποίες κυριαρχούν οι καταναλωτές (ο ανθρώπινος πληθυσμός), ενώ σχεδόν απουσιάζουν οι παραγωγοί και οι αποικοδομητές: Ένα αστικό οικοσύστημα για να συντηρηθεί πρέπει να εισάγει τρόφιμα που έχουν παραχθεί αλλού και ταυτόχρονα να εξάγει αλλού τα απορρίμματά του.

Η ροή των θρεπτικών στοιχείων (βιογεωχημικοί κύκλοι)

- Οι ζωντανοί οργανισμοί χρειάζονται 20 με 30 χημικά στοιχεία για να πραγματοποιήσουν τις διάφορες μεταβολικές διεργασίες. Τα στοιχεία αυτά τα χαρακτηρίζουμε **θρεπτικά στοιχεία**, εξαιτίας της σημασίας τους για την επιβίωση των οργανισμών.
- Διακρίνουμε δύο κύριες κατηγορίες θρεπτικών στοιχείων, ανάλογα με την απαιτούμενη από τους οργανισμούς ποσότητά τους.
- Τα *μακροθρεπτικά στοιχεία* είναι αυτά που αποτελούν περισσότερο από το 0.2% του ξηρού βάρους των οργανισμών. Από αυτά, το οξυγόνο, το υδρογόνο, το άζωτο και ο φώσφορος, αποτελούν περισσότερο από το 1% του ξηρού βάρους κάθε οργανισμού. Άλλα μακροθρεπτικά στοιχεία είναι το θείο, το χλώριο, το ασβέστιο, ο χαλκός, ο σίδηρος, το μαγνήσιο, το κάλιο και το νάτριο.
- Τα *μικροθρεπτικά στοιχεία* αποτελούν λιγότερο από το 0.2% του ξηρού βάρους των οργανισμών. Σε αυτά περιλαμβάνονται το βόριο, το βρώμιο, το χρώμιο, το αργίλιο, το κοβάλτιο, το ιώδιο, το μαγγάνιο, το μολυβδαίνιο, το σελήνιο, το πυρίτιο, το στρόντιο, το τιτάνιο, το βανάδιο, το γάλλιο, το φθόριο, ο κασσίτερος και ο ψευδάργυρος.

- Η κατανόηση της πορείας καθενός θρεπτικού στοιχείου απαιτεί τη γνώση διαδικασιών που περιλαμβάνουν τη βιολογία των οργανισμών, τη γεωλογική διαθεσιμότητα του στοιχείου και την οργανική και ανόργανη χημική του συμπεριφορά. Λόγω της συμμετοχής βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων στην πορεία ενός θρεπτικού στοιχείου, αποκαλούμε την όλη διαδικασία **βιογεωχημικό κύκλο**.

- ✓ Μη διαθέσιμο οργανικό υλικό
- ✓ Κάρβουνο πετρέλαιο
- ✓ Διαθέσιμο Οργανικό υλικό
- ✓ **Ζωντανοί οργανισμοί**
- ✓ *απολίθωση*
- ✓ **Φωτοσύνθεση αφομοίωση**
- ✓ **Αναπνοή**
- ✓ **Αποσύνθεση εκκρίσεις**

Διάβρωση- αποσάθρωση

- Η αποσάθρωση των πετρωμάτων είναι από τις κύριες αιτίες τροφοδότησης των οικοσυστημάτων με θρεπτικά συστατικά. Κάποια από τα θρεπτικά συστατικά τα οποία απελευθερώνονται με την αποσάθρωση των πετρωμάτων είναι το ασβέστιο, το μαγνήσιο, ο σίδηρος, ο φώσφορος, και όλα τα ιχνοστοιχεία

- Αντίθετα, ο άνθρακας, το οξυγόνο και το άζωτο, δεν ακολουθούν κάποια διαδικασία αποσάθρωσης. Η κύρια πηγή απελευθέρωσης αυτών των στοιχείων στην ατμόσφαιρα είναι η αποικοδόμηση του οργανικού υλικού

Ατμοσφαιρική δέσμευση

Μεγάλες ποσότητες θρεπτικών συστατικών εισέρχονται στα **οικοσυστήματα** από την ατμόσφαιρα, και κυρίως:

- ο άνθρακας, με τη διαδικασία της φωτοσύνθεσης
- το άζωτο με τις βροχοπτώσεις και τις αστραπές
- το θείο, το ασβέστιο, το νάτριο με τις βροχοπτώσεις

Αζωτοδέσμευση

- Η αζωτοδέσμευση είναι μια βιοχημική διαδικασία κατά την οποία το άζωτο δεσμεύεται σε οργανική μορφή από τους ζωντανούς οργανισμούς. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται από περιορισμένο αριθμό ειδών, κυρίως βακτήρια, κυανοβακτήρια και ακτινομύκητες.

Μετανάστευση

- Οι μετακινήσεις των ζωντανών οργανισμών συμβάλλουν συχνά σημαντικά στη διάθεση ποσοτήτων θρεπτικών συστατικών στα **οικοσυστήματα**, όπως στις περιπτώσεις που μεταναστευτικά πουλιά συγκεντρώνονται σε μεγάλους αριθμούς σε συγκεκριμένες περιοχές προκειμένου να αναπαραχθούν.

Εδαφική διάβρωση

- Η διάβρωση του εδάφους είναι η σημαντικότερη αιτία απώλειας θρεπτικών ουσιών από ένα οικοσύστημα. Αποτελεί ιδιαίτερα σημαντικό πρόβλημα σε αγροτικά και δασικά **οικοσυστήματα**, όπου η βόσκηση, η ξύλευση και η εντατική καλλιέργεια αφήνουν το έδαφος γυμνό από βλάστηση. Όταν η επιφάνεια του εδάφους δεν καλύπτεται από βλάστηση, τότε είναι εύκολη η απώλεια χώματος από τον δυνατό αέρα, ή από το νερό της βροχής.

Στράγγιση

- Πολλές φορές το νερό περνάει από την επιφάνεια του εδάφους σε κατώτερα στρώματα και μπορεί να καταλήξει σε υπόγειες "δεξαμενές" νερού, πολύ κάτω από την επιφάνεια του εδάφους, ή να μετακινηθεί υπόγεια και να καταλήξει σε λίμνες, ποτάμια, ή στη θάλασσα. Με αυτό τον τρόπο χάνονται από τα εδαφικά **οικοσυστήματα** μεγάλες ποσότητες θρεπτικών στοιχείων. Η στράγγιση είναι πιο συχνή σε υποβαθμισμένα **οικοσυστήματα**. Σε υγιή **οικοσυστήματα**, η ανεπτυγμένη βλάστηση και η ομαλή ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων, εμποδίζει την απώλειά τους εξαιτίας της στράγγισης

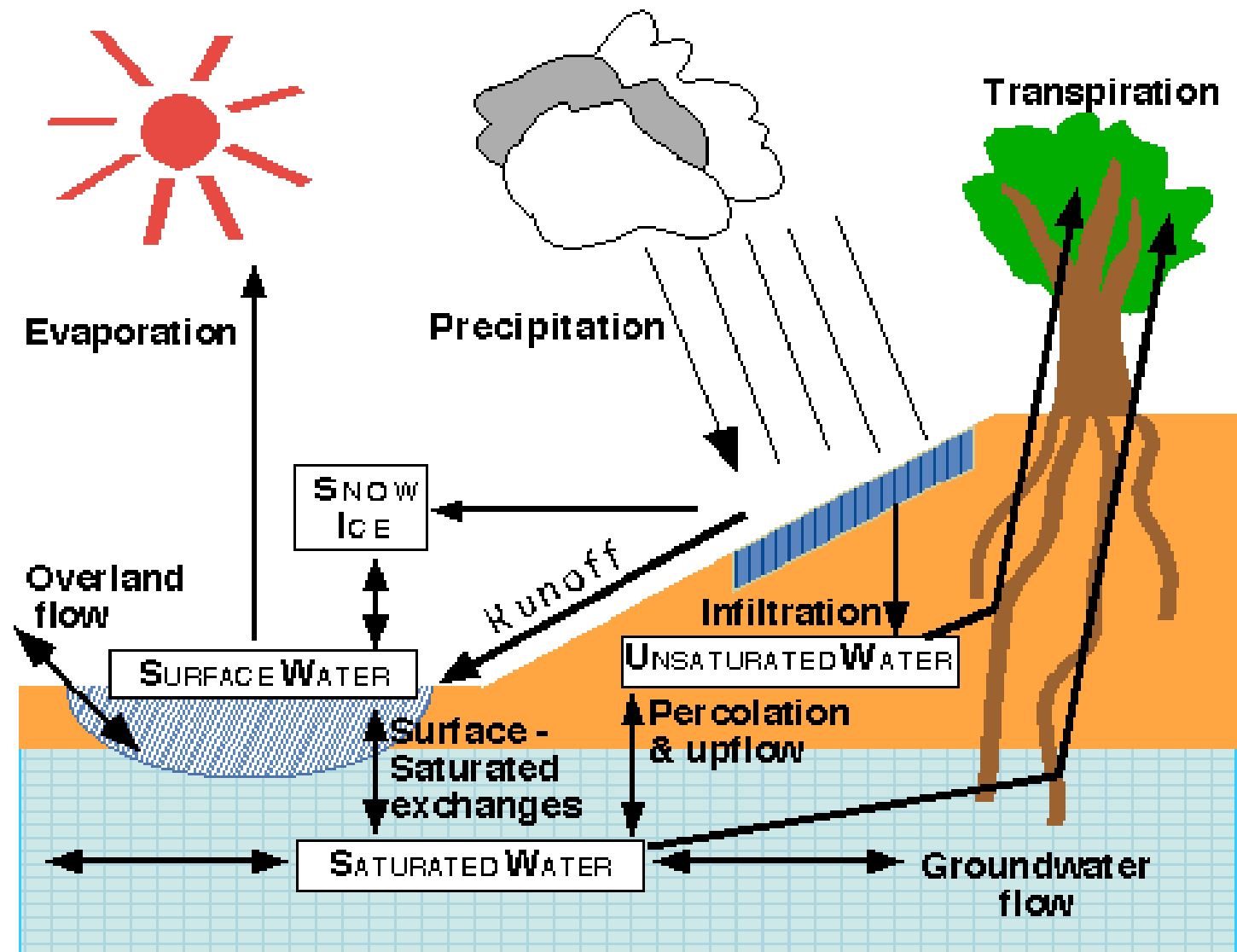
Απώλειες αερίων

- Απώλειες θρεπτικών συμβαίνουν όταν περιβαλλοντικές συνθήκες ευνοούν την απώλεια θρεπτικών σε αέρια μορφή. Όταν η διαδικασία της αποικοδόμησης είναι αναερόβια, πολλά θρεπτικά στοιχεία μετατρέπονται σε αέρια και φεύγουν στην ατμόσφαιρα.

Μετανάστευση

- Οι μετακινήσεις ζωντανών οργανισμών γίνονται αιτία τόσο για την είσοδο θρεπτικών στοιχείων σε ένα οικοσύστημα, όσο και για την απώλεια τους. Παρόμοια, η αφαίρεση της βλάστησης μιας περιοχής από τον άνθρωπο συνεπάγεται την απώλεια πολύ σημαντικών ποσοτήτων θρεπτικών στοιχείων από ένα οικοσύστημα.

- **Ο κύκλος του άνθρακα**
- **Ο κύκλος του οξυγόνου**
- **Ο κύκλος του αζώτου**
- **Ο κύκλος του φωσφόρου**
- **Ο κύκλος του θείου**
- **Ο κύκλος του νερού**



Η ροή της ενέργειας

- Οι ζωντανοί οργανισμοί λαμβάνουν με τη τροφή τους όχι μόνο θρεπτικά συστατικά, αλλά και την ενέργεια που τους είναι απαραίτητη για να επιβιώσουν. Η ενέργεια, με τη μορφή της χημικής ενέργειας, περνάει, όπως και τα θρεπτικά στοιχεία, από τους παραγωγούς στους καταναλωτές και στους αποικοδομητές. Ανεξάρτητα από την πολυπλοκότητα ενός τροφικού πλέγματος, το σύνολο των οργανισμών που βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο κατανάλωσης τροφής ανήκουν στο ίδιο *τροφικό επίπεδο*: όλα τα φυτά ανήκουν στο τροφικό επίπεδο των παραγωγών, τα φυτοφάγα ζώα είναι καταναλωτές πρώτης τάξης, τα σαρκοφάγα που τρέφονται από τα φυτοφάγα ανήκουν στο τροφικό επίπεδο των καταναλωτών δεύτερης τάξης κ.ο.κ

Σε αντίθεση όμως με τα θρεπτικά στοιχεία, η ενέργεια δεν ανακυκλώνεται. Αντίθετα, έχει υπολογιστεί ότι μόνο το 10% κατά μέσο όρο της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου περνάει στο επόμενο. Αυτό οφείλεται:

- Στο ότι ένα μέρος της χημικής ενέργειας μετατρέπεται με την κυτταρική αναπνοή σε μη αξιοποιήσιμες (από τους ζωντανούς οργανισμούς) μορφές ενέργειας (πχ. θερμότητα).
- Δεν είναι όλα τα τμήματα του σώματος ενός οργανισμού αφομοιώσιμα από τους καταναλωτές του (πχ. ο άνθρωπος δεν αφομοιώνει την κυτταρίνη των φυτών)
- Ένα μέρος της οργανικής ύλης αποβάλλεται με τις διάφορες εκκρίσεις των οργανισμών.

- Καθημερινά ο πλανήτης μας «βομβαρδίζεται» με 1022 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% κατά μέσο όρο, 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.

Παραγωγικότητα του οικοσυστήματος

- 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.

- Μια απλή μέθοδος για τον υπολογισμό της καθαρής πρωτογενούς παραγωγικότητας ενός οικοσυστήματος είναι ο θερισμός.

Το έδαφος και η σημασία του

- Το έδαφος είναι η περιοχή εισόδου των περισσότερων θρεπτικών στοιχείων (εκτός από τον άνθρακα) στη τροφική αλυσίδα. Οι ρίζες των φυτών απορροφούν από το έδαφος νερό και θρεπτικά στοιχεία όπως άζωτο και φώσφορο

- Σε μια κάθετη τομή του εδάφους, διακρίνονται μια σειρά από οριζόντια στρώματα διαφορετικού πάχους, που ονομάζονται **εδαφικοί ορίζοντες**.

- Χαρακτηριστικό γνώρισμα του εδάφους είναι η μηχανική του σύσταση. Με τον όρο αυτό ορίζεται η εκατοστιαία αναλογία του εδάφους σε άμμο, πηλό και άργιλο, τα σωματίδια δηλαδή που το αποτελούν, εάν αφαιρέσουμε το οργανικό υλικό και το νερό.

- Μία ακόμη χαρακτηριστική ιδιότητα των εδαφών είναι το pH. Οι τιμές του pH θεωρητικά κυμαίνονται μεταξύ 0 και 14, αλλά στη πλειονότητα των εδαφικών τύπων βρίσκεται μεταξύ 4 και 8. Τιμές μεταξύ 6.5 και 7.5 εξασφαλίζουν την μεγαλύτερη διαθεσιμότητα στοιχείων για τα φυτά. Ανάλογα με τις διαβαθμίσεις του pH στα εδάφη, αναπτύσσονται αντίστοιχες κατηγορίες φυτών. Τα κωνοφόρα είδη για παράδειγμα αναπτύσσονται σε όξινα εδάφη.