

# ΑΝΘΡΩΠΟΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

---

# Τι ονομάζουμε ροή ενέργειας σε ένα οικοσύστημα;

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



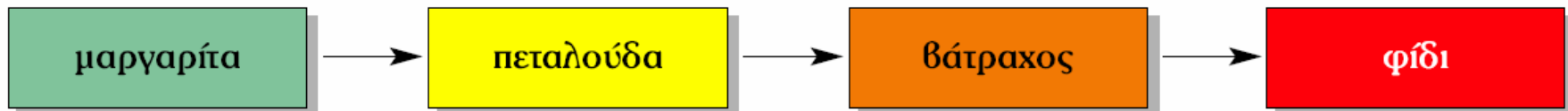
Raw Meat  
sounds  
good



Just  
give me  
a  
carrot

# Τι γνωρίζετε για τις τροφικές αλυσίδες;

Για την απεικόνιση της τροφικής εξάρτησης μπορούμε να κατασκευάσουμε μια αλυσίδα της οποίας τα βέλη θα δείχνει τη ροή ενέργειας ανάμεσα στους οργανισμούς που έχουν σχέση καταναλισκόμενου - καταναλωτή. Αυτές οι σχέσεις μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος χαρακτηρίζονται ως τροφικές αλυσίδες.



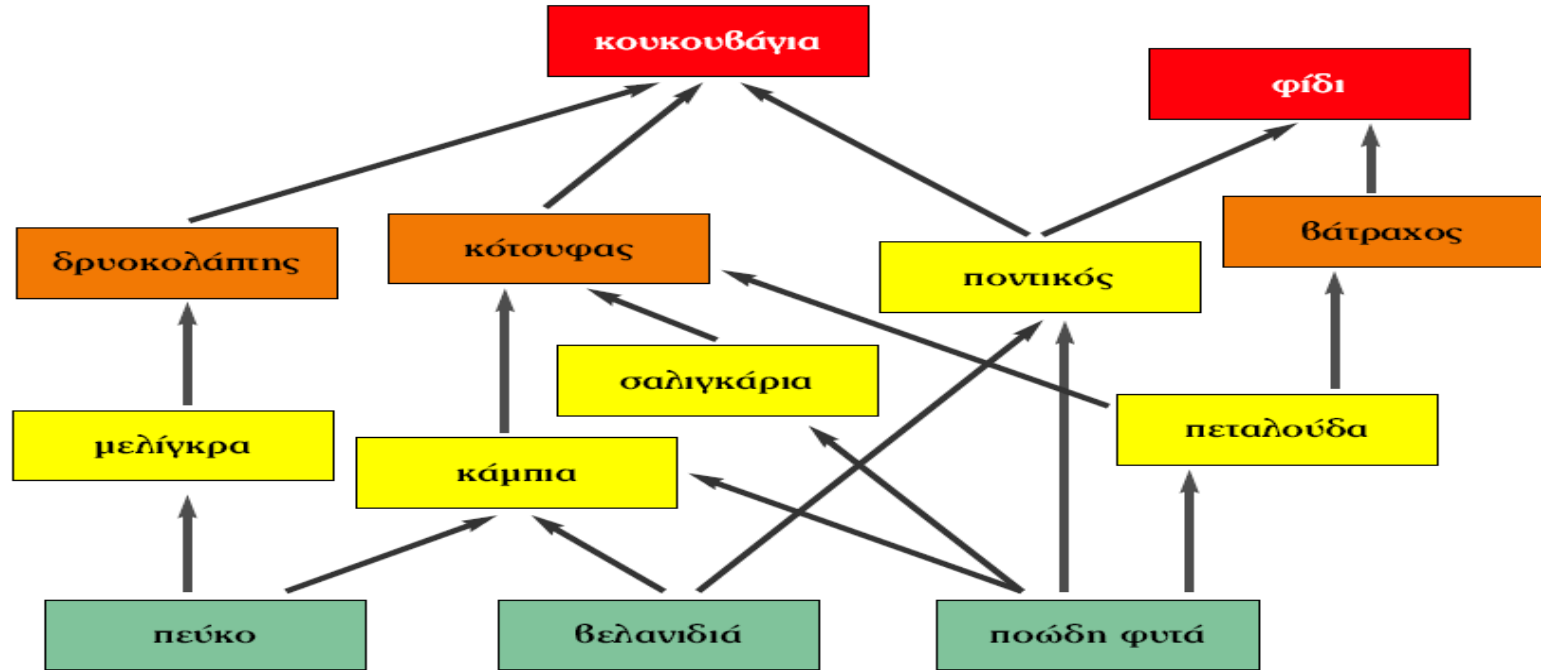
# ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΡΟΦΙΚΗΣ ΑΛΥΣΙΔΑΣ

1. Μια τροφική αλυσίδα δεν μας δείχνει τις εναλλακτικές επιλογές που έχει ένας καταναλωτής, όσον αφορά την πρόσληψη της τροφής του.
2. Μια τροφική αλυσίδα δεν μας δίνει εικόνα της βιοκοινότητας ενός οικοσυστήματος, αφού σε κάθε τροφικό επίπεδο, υπάρχει μόνο ένας εκπρόσωπος οργανισμού π.χ. από όλους τους παραγωγούς το χορτάρι, από όλους τους καταναλωτές 1<sup>ης</sup> τάξης ο λαγός κ.λ.π.

## Παραδείγματα τροφικών αλυσίδων

|           |           |            |          |
|-----------|-----------|------------|----------|
| λουλούδια | → έντομα  | → πτηνό    | → γεράκι |
| φυτά      | → έντομα  | → βάτραχος | → φίδι   |
| φυτά      | → πρόβατο | → λύκος    |          |

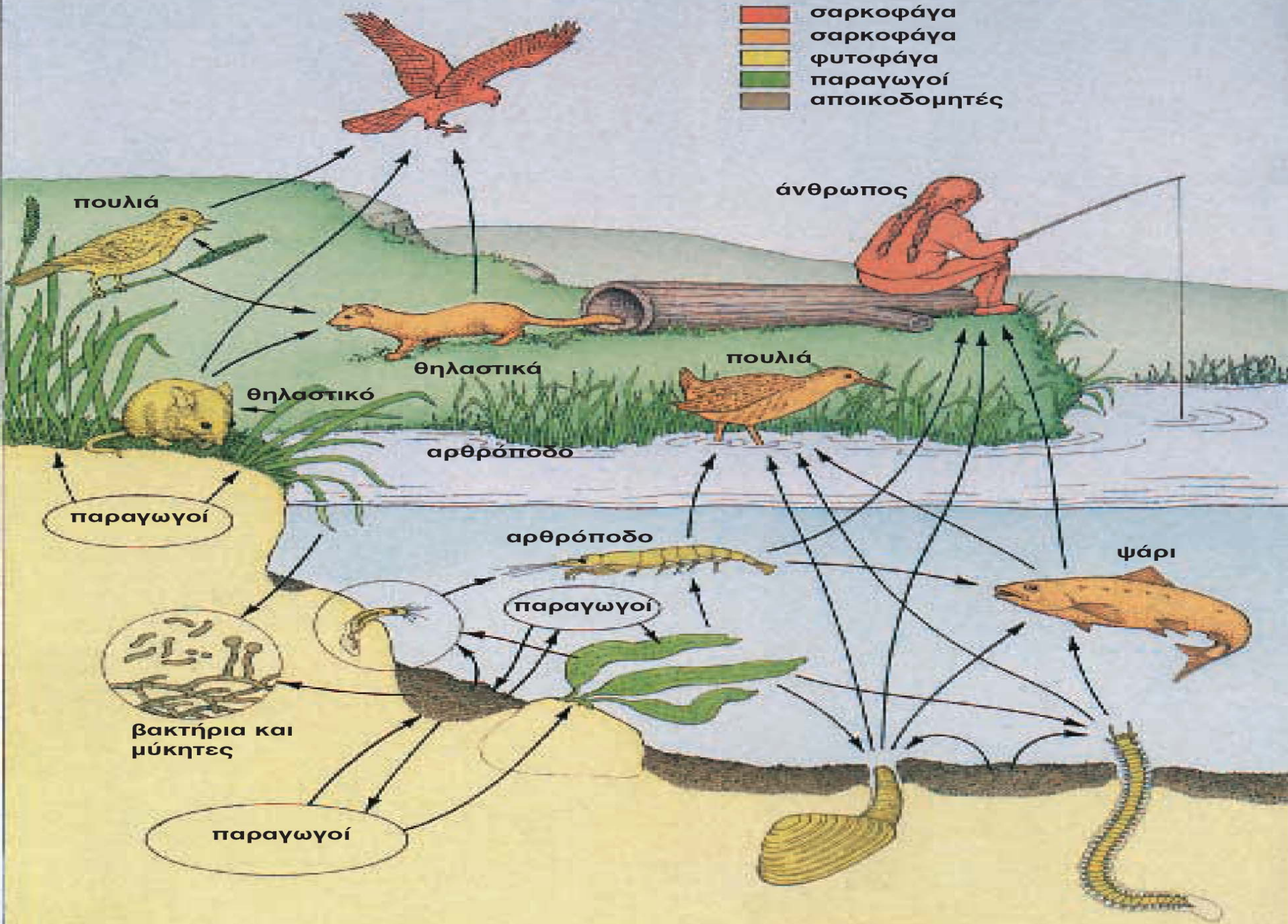
# Τι γνωρίζετε για τα τροφικά πλέγματα;



Το δίκτυο που απεικονίζει το σύνολο των τροφικών σχέσεων μεταξύ οργανισμών ενός οικοσυστήματος καλείται τροφικό πλέγμα και οι τροφικές αλυσίδες αποτελούν μέρος των πολύπλοκων τροφικών σχέσεων που παρουσιάζει ένα τροφικό πλέγμα.



- σαρκοφάγα
- σαρκοφάγα
- φυτοφάγα
- παραγωγοί
- αποικοδομητές

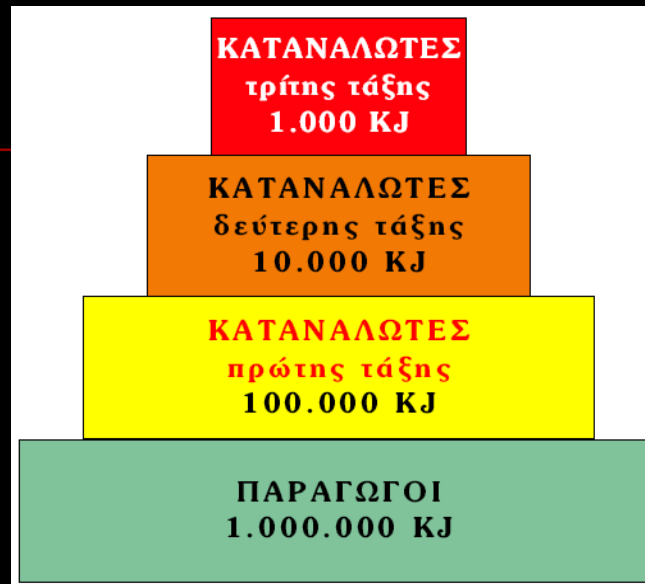


## Η μελέτη ενός τροφικού πλέγματος μας πληροφορεί:

---

1. Για τις εναλλακτικές επιλογές τροφής που έχει ένας καταναλωτής (ανάλογα με το στάδιο της ανάπτυξης στο οποίο βρίσκεται ή την εποχή του έτους).
2. Για τα είδη των διαφορετικών πληθυσμών που συνθέτουν τη βιοκοινότητα ενός οικοσυστήματος.
3. Για τις μεταβολές που μπορεί να επιφέρει μια διαταραχή στους πληθυσμούς των διαφορετικών ειδών του οικοσυστήματος (αύξηση, μείωση ή και εξαφάνισή τους).

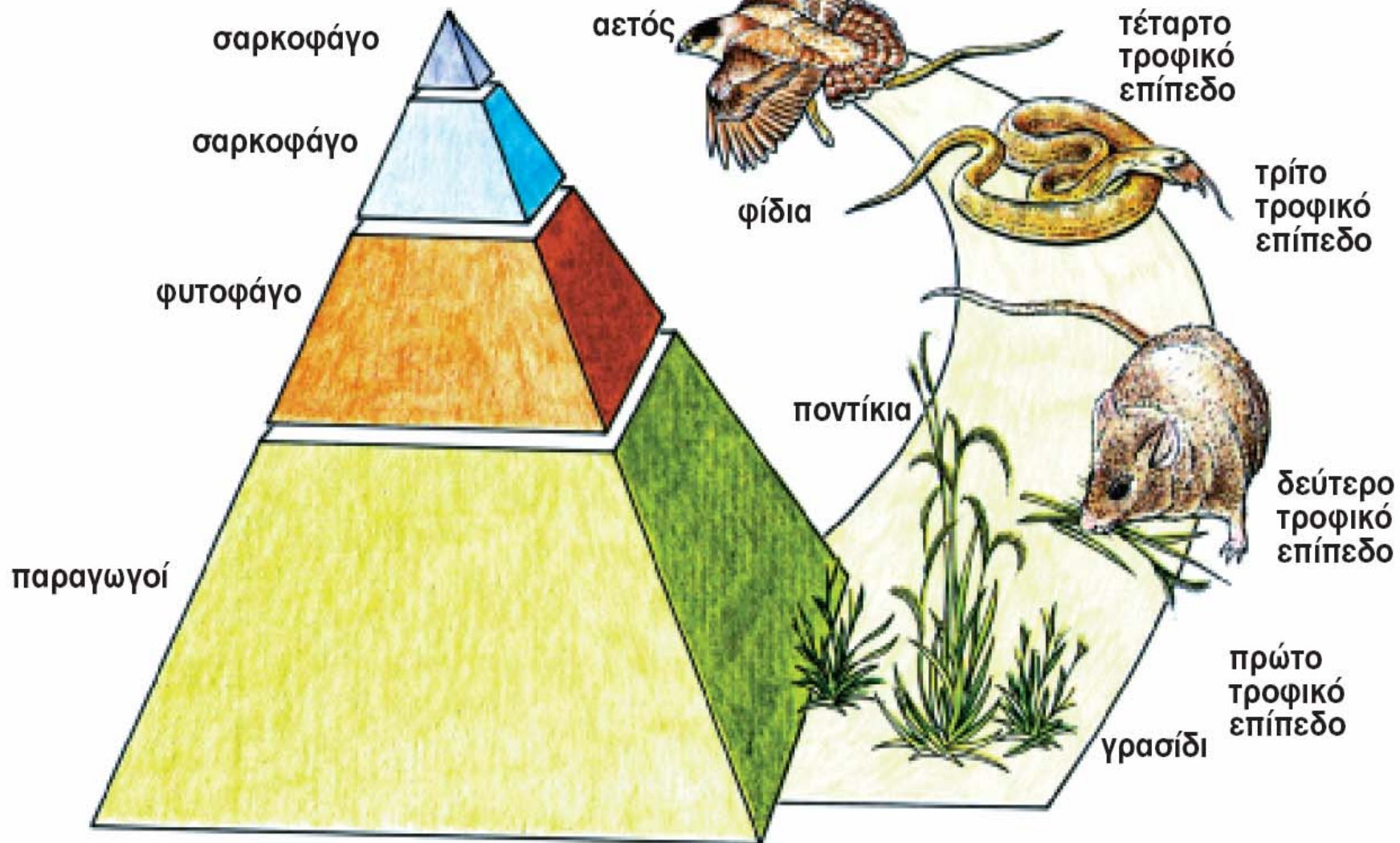
# Τι γνωρίζετε για τις τροφικές πυραμίδες;



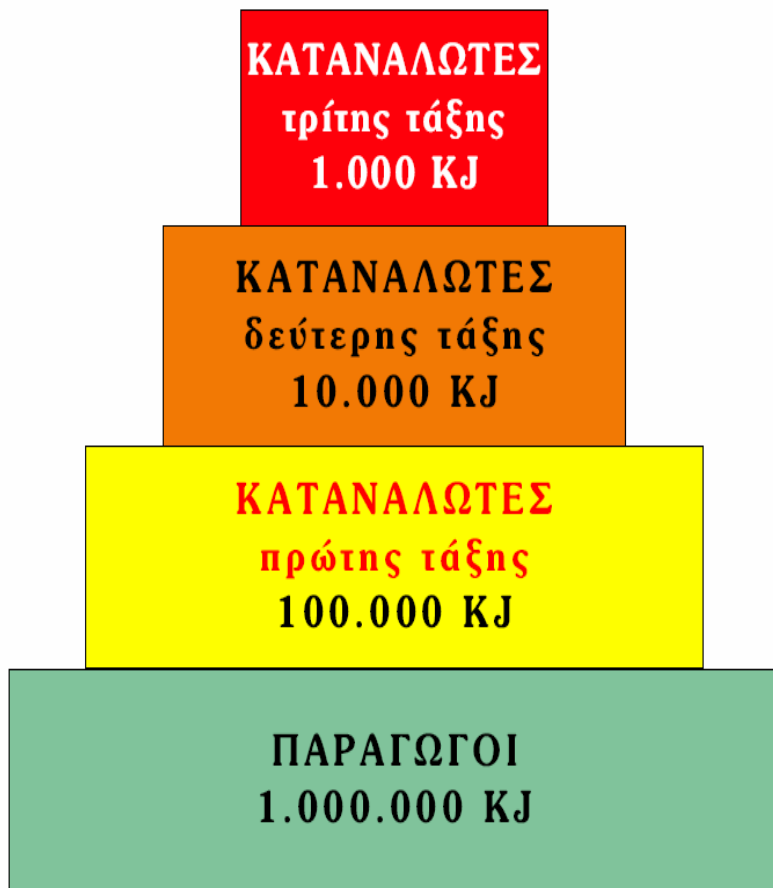
Οι τροφικές πυραμίδες αποτελούν απεικονίσεις των ποσοτικών τροφικών σχέσεων που υπάρχουν μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος.

Μια τροφική πυραμίδα αποτελείται από τροφικά επίπεδα (επάλληλα ορθογώνια) σε καθένα από τα οποία περιλαμβάνονται όλοι οι οργανισμοί που τρέφονται, απέχοντας ίσα βήματα από τον ήλιο.

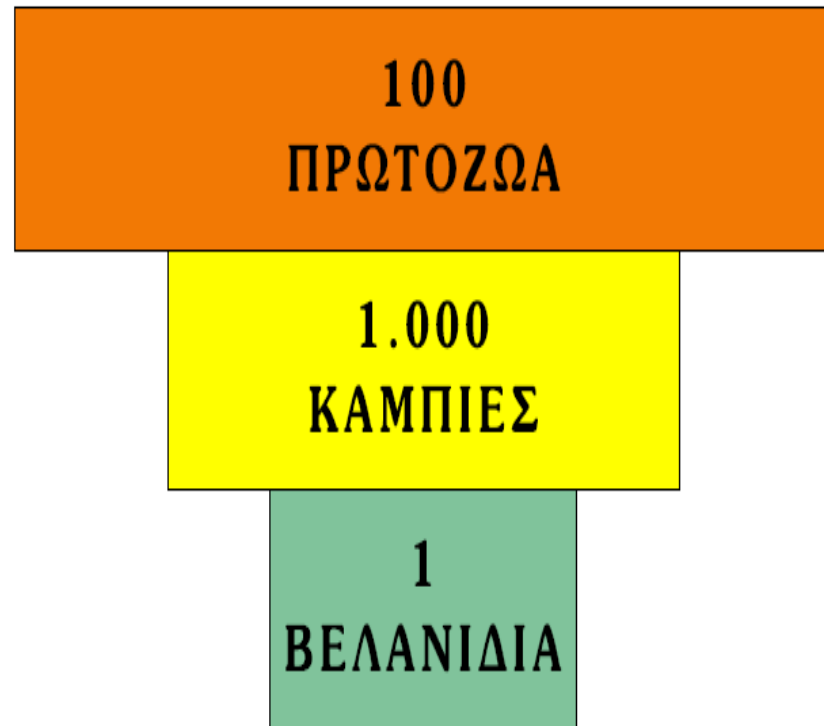




Μια τροφική πυραμίδα, ανάλογα με το αν απεικονίζει τη μεταβολή της δεσμευμένης ενέργειας ή τη μεταβολή της βιομάζας (δηλαδή της ξηρής μάζας των οργανισμών ανά μονάδα επιφανείας) ή τη μεταβολή του πληθυσμού από το ένα τροφικό επίπεδο στο άλλο, χαρακτηρίζεται ως πυραμίδα ενέργειας, βιομάζας ή πληθυσμού. Αν θέλουμε να απεικονίσουμε την ενέργεια που περικλείεται στα διάφορα τροφικά επίπεδα τότε στο τροφικό επίπεδο των παραγωγών απεικονίζεται το ποσό ενέργειας που είναι δεσμευμένο στα φυτά.



Εικόνα 2.7: Τροφική πυραμίδα ενέργειας

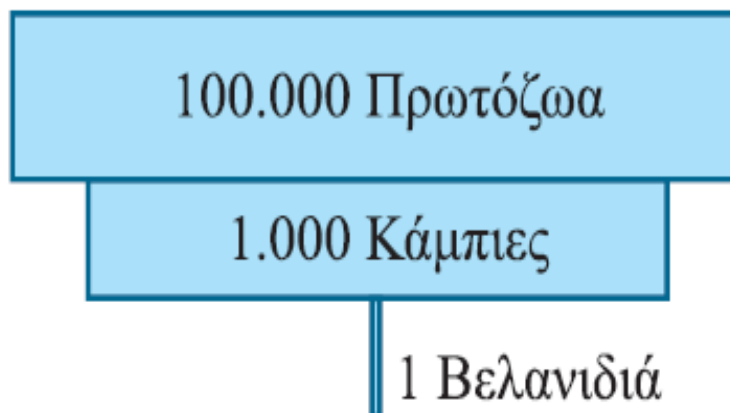


Εικόνα 2.8: Ανεστραμμένη τροφική πυραμίδα πληθυσμού

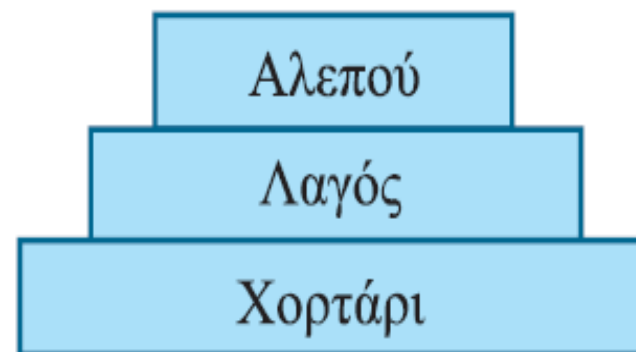
*Ενέργεια εμπεριέχεται με τη μορφή της χημικής στην τροφή των οργανισμών και περνά από τα κατώτερα τροφικά επίπεδα στα ανώτερα. Έχει υπολογιστεί ότι μόνο το 10% περίπου της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου περνά στο επόμενο, καθώς το 90% της ενέργειας χάνεται διότι,*

- α. μέρος της χημικής ενέργειας μετατρέπεται με την κυτταρική αναπνοή σε μη αξιοποιήσιμες πηγές ενέργειας (π.χ. θερμότητα).*
- β. δεν τρώγονται όλοι οι οργανισμοί.*
- γ. ορισμένοι οργανισμοί πεθαίνουν.*
- δ. ένα μέρος της οργανικής ύλης αποβάλλεται με τα κόπρανα τα οποία αποικοδομούνται.*

**Π.χ.** *Ανεστραμμένη Πυραμίδα  
πληθυσμού ατόμων*



*Κανονική Πυραμίδα  
πληθυσμού ατόμων*



Τέλος η κατάταξη των καταναλωτών στα τροφικά επίπεδα δεν είναι πάντοτε εύκολη, διότι:

- α.** υπάρχουν οργανισμοί που είναι ταυτόχρονα φυτοφάγοι και σαρκοφάγοι **π.χ.** άνθρωπος.
- β.** υπάρχουν οργανισμοί που μπορούν να αλλάζουν τις διατροφικές συνήθειες ανάλογα με την εποχή **π.χ.** αλεπού
- γ.** Οι διατροφικές προτιμήσεις κάποιων οργανισμών αλλάζουν ανάλογα με το στάδιο της ζωής τους **π.χ.** βάτραχος: όταν είναι γυρίνος - φυτοφάγος, ώριμος βάτραχος - εντομοφάγος.

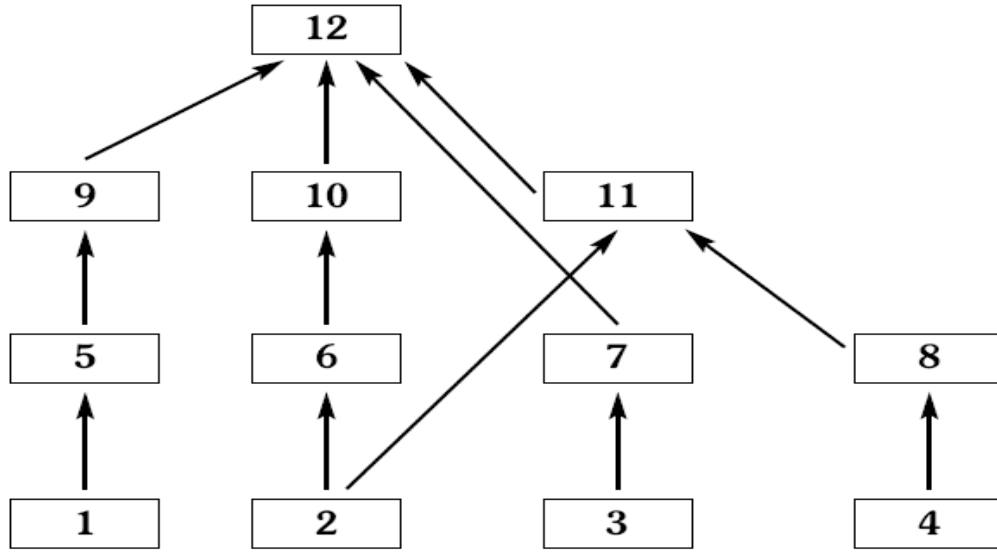
2. Έστω ότι σε μια λίμνη ισχύει η τροφική αλυσίδα:

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  $5 \times 10^4$  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.





- 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. Ποιοι από τους καταναλωτές του οικοσυστήματος αναμένετε να είναι οι μεγαλύτεροι 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;

# ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ

---

- 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 %, 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.

# ΟΡΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑΣ

---

- 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). **Παράγοντες επίδρασης** είναι η ηλιοφάνεια, η θερμοκρασία, διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων και νερού και το βάθος διείσδυσης φωτός στο νερό

# 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.

# Μικτή – Καθαρή Παραγωγικότητα

---

- 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 **μικτή** και σε **καθαρή παραγωγικότητα**.



# Ορισμοί Μεικτής-Καθαρής Παραγωγικότητας

---

- 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.**

# Μέτρηση καθαρής πρωτογενής παραγωγικότητας

---

- 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.

# Διαδικασία μέτρησης

---

- Επισκεπτόμαστε λοιπόν το οικοσύστημα και θερίζουμε το Νοέμβριο δέκα τυχαία τεμάχια εμβαδού  $1 \text{ m}^2$  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  $1 \text{ m}^2$  επιφάνειας (βιομάζα).

## Διαδικασία μέτρησης

---

- Έστω ότι βρήκαμε πως η βιομάζα των παραγωγών του οικοσυστήματος είναι **800 gr ανά m<sup>2</sup>**.
- Αν επαναλάβουμε την ίδια διαδικασία τον Απρίλιο σε δέκα διαφορετικά τεμάχια, θα διαπιστώσουμε ότι η βιομάζα του οικοσυστήματος αυξήθηκε στα **1.200 gr/m<sup>2</sup>**.

# Συμπέρασμα πειράματος

---

- Η μεταβολή της βιομάζας στο διάστημα που έχει μεσολαβήσει (5 μήνες), δηλαδή τα **400 gr/m<sup>2</sup>**, αντιπροσωπεύει την οργανική ύλη που ενσωματώθηκε στους παραγωγούς του οικοσυστήματος ή, με άλλα λόγια, **την καθαρή πρωτογενή παραγωγικότητα.**

# Σύγκριση παραγωγικότητας οικοσυστημάτων

---

- 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.



## Παράγοντες που καθορίζουν το μέγεθος της πρωτογενούς παραγωγικότητας των οικοσυστημάτων

---

- 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).

**ΑΣΚΗΣΕΙΣ**

---

# Άσκηση 1

---

- 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  $5 \times 10^4$  Kg και η ενέργεια που εμπεριέχεται στο φυτοπλαγκτόν είναι 40 KJ/Kg φυτοπλαγκτού:

# Ζητούμενα

---

- **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.

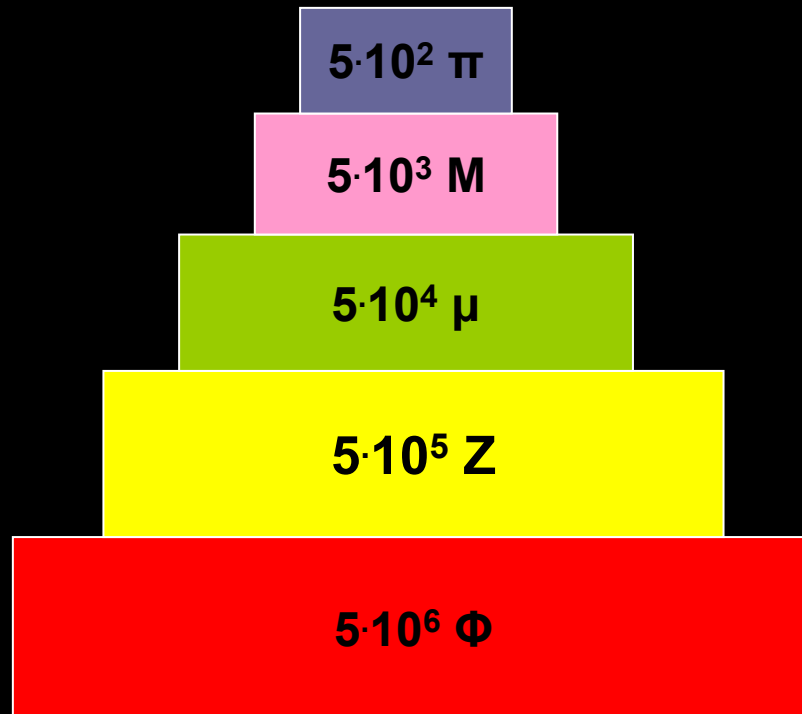
# ΑΠΑΝΤΗΣΗ

---

- Έχει υπολογιστεί ότι το 10% περίπου της ενέργειας περνά από το ένα τροφικό επίπεδο στο αμέσως ανώτερο.
- Την ίδια πτωτική τάση εμφανίζουν και οι πυραμίδες βιομάζας.

# ΠΥΡΑΜΙΔΑ ΒΙΟΜΑΖΑΣ (σε kg)

---



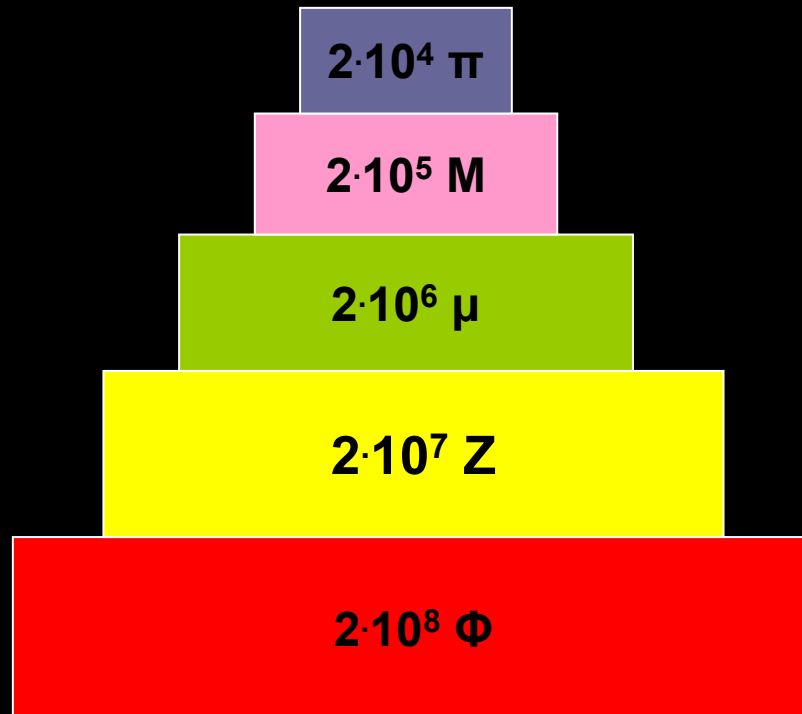


# ΠΥΡΑΜΙΔΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

---

# ΠΥΡΑΜΙΔΑ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (σε kJ)

---



# Αριθμός πτηνών

---

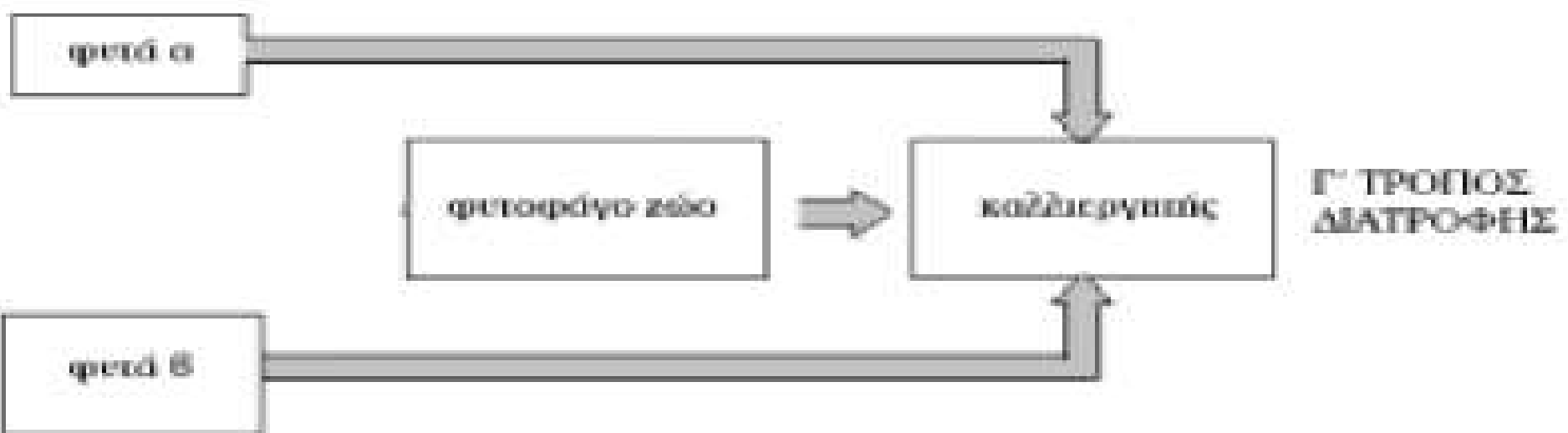
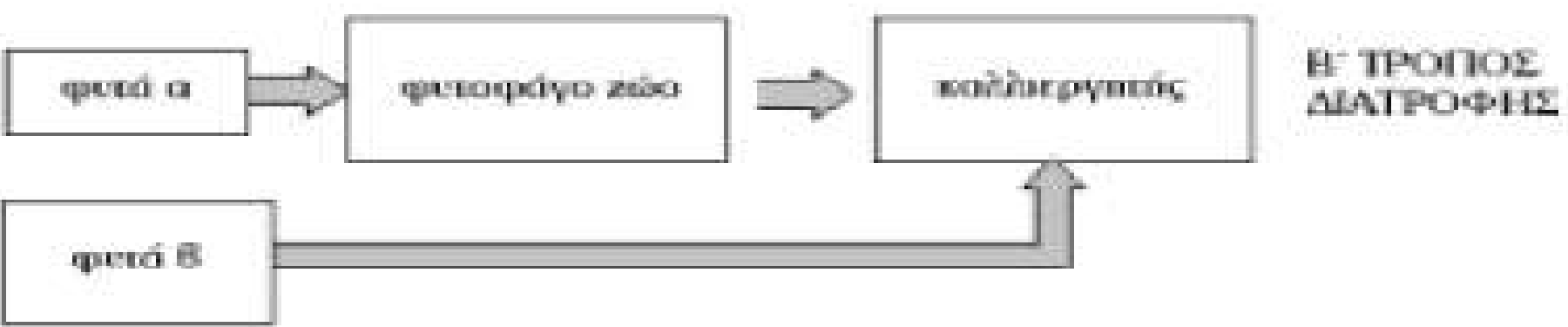
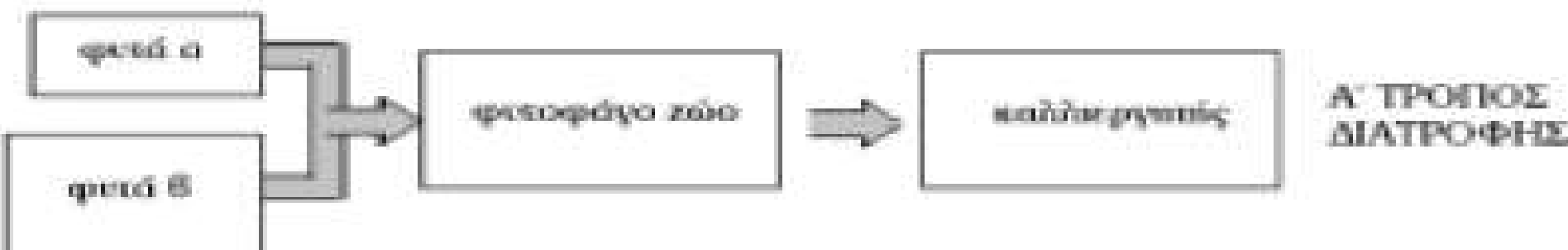
- Η βιομάζα του επιπέδου των υδρόβιων πτηνών είναι  $5 \cdot 10^2 \text{kg}$ .
- Αφού το μέσο βάρος ενός πτηνού είναι  $2,5 \text{ kg}$ , μπορούν να συντηρηθούν:

$$5 \cdot 10^2 / 2,5 = 200 \text{ υδρόβια πτηνά.}$$

## Άσκηση 2

---

- 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;



## Αποκλεισμός περίπτωσης Α

---

- Στον Α΄ τρόπο διατροφής ο καλλιεργητής προσλαμβάνει μόνο το 1% της ενέργειας που λαμβάνεται από τη βιομάζα των φυτών.
- Αυτό γίνεται γιατί θα αξιοποιήσει το 10% της βιομάζας του φυτοφάγου ζώου, που με τη σειρά του έχει αξιοποιήσει το 10% της βιομάζας των φυτών ( $1/10 \cdot 1/10 = 1/100$ )

# Αποκλεισμός περίπτωσης Γ

---

- Στον Γ' τρόπο διατροφής ο καλλιεργητής αξιοποιεί το 1/10 (10%) της βιομάζας όλων των φυτών, αλλά και το 1/10 (10%) της βιομάζας του φυτοφάγου ζώου.
- Υπάρχει ωστόσο η ιδιορρυθμία ότι δεν φαίνεται να υπάρχει κάποια πηγή τροφής για το φυτοφάγο ζώο (δεν τρέφεται ούτε από τα φυτά α ούτε από τα φυτά β).