

Γενικές Αρχές Οικολογίας

Γιώργος Αμπατζίδης

Παιδαγωγικό Τμήμα Ειδικής Αγωγής, Πανεπιστήμιο
Θεσσαλίας

ακαδημαϊκό έτος 2016-17

Στο προηγούμενο μάθημα

- Βιοκοινότητα και ιδιότητές της
- Οικολογική διαδοχή: πρωτογενής και δευτερογενής
- Οικοσύστημα
 - ✓ βιοτικοί παράγοντες
 - ✓ αβιοτικοί παράγοντες

Εκπαιδευτικοί στόχοι

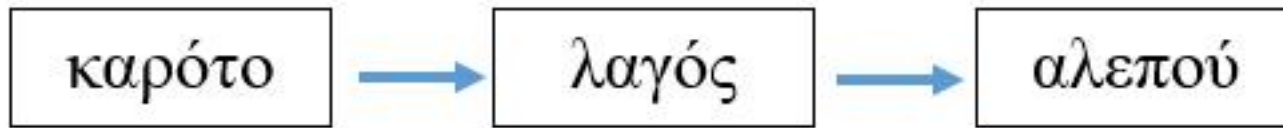
- Να κατανοήσουν οι φοιτητές την έννοια της τροφικής αλυσίδας και του τροφικού πλέγματος
- Να κατανοήσουν οι φοιτητές την έννοια του τροφικού επιπέδου
- Να κατανοήσουν οι φοιτητές την πυραμίδα αριθμών και την πυραμίδα ενέργειας
- Να εξοικειωθούν οι φοιτητές με τον κανόνα του 10% αναφορικά με την ενέργεια των τροφικών επιπέδων
- Να κατανοήσουν οι φοιτητές την έννοια της βιοσυσσώρευσης

Τροφική αλυσίδα

- Οι αβιοτικοί και βιοτικοί παράγοντες του οικοσυστήματος συνδέονται μεταξύ τους μέσω της ροής ενέργειας και ύλης
- Για να μελετήσουμε τη ροή της ενέργειας στο οικοσύστημα πρέπει να ξεκινήσουμε από τις έννοιες
 - ✓ τροφική αλυσίδα
 - ✓ τροφικό πλέγμα
 - ✓ τροφικά επίπεδα

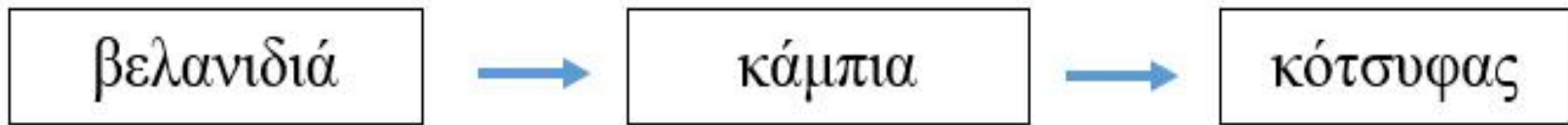


Τροφική αλυσίδα



- Προσέξτε πως η κατεύθυνση του βέλους είναι από αυτόν που τρώγεται προς αυτόν που τρώει
- Το καρότο τρώγεται από τον λαγό και ο λαγός τρώγεται από την αλεπού
- Σχετική με την τροφική αλυσίδα είναι και η έννοια του τροφικού επιπέδου

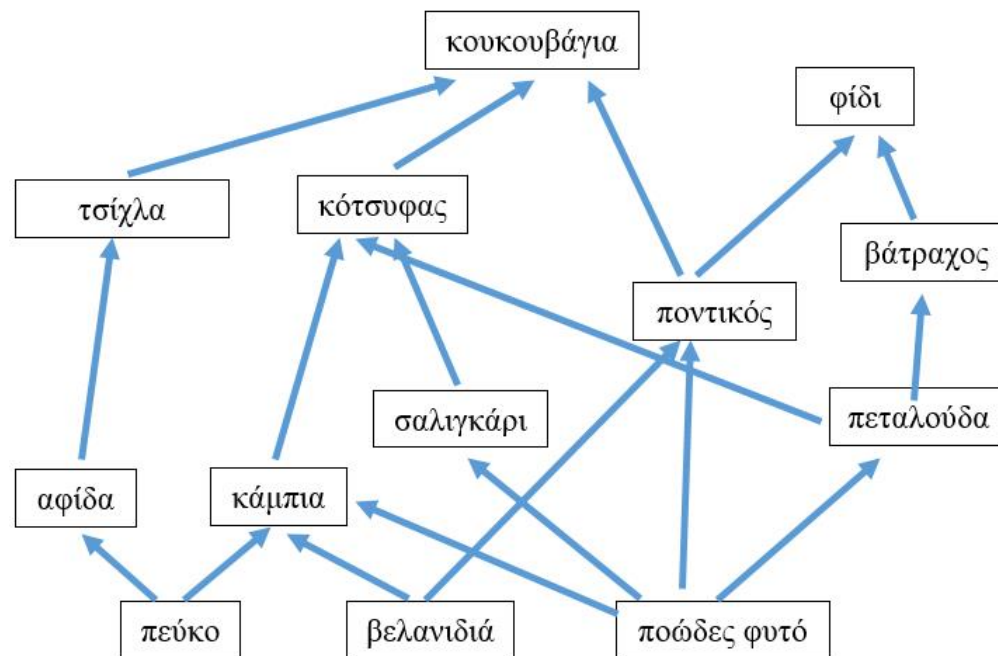
Τροφικά επίπεδα



- Η βελανιδιά ανήκει στο 1^ο τροφικό επίπεδο (παραγωγός)
- Η κάμπια ανήκει στο 2^ο τροφικό επίπεδο (καταναλωτής 1^{ης} τάξης)
- Ο κότσυφας ανήκει στο 3^ο τροφικό επίπεδο (καταναλωτής 2^{ης} τάξης)
- Προσέξτε πως στο 1^ο τροφικό επίπεδο βρίσκονται πάντα παραγωγοί (γιατί;)
 - ✓ Οι παραγωγοί είναι εκείνοι που παράγουν τροφή
- Προσέξτε πως οι καταναλωτές 1^{ης} τάξης (φυτοφάγοι οργανισμοί) βρίσκονται στο 2^ο τροφικό επίπεδο

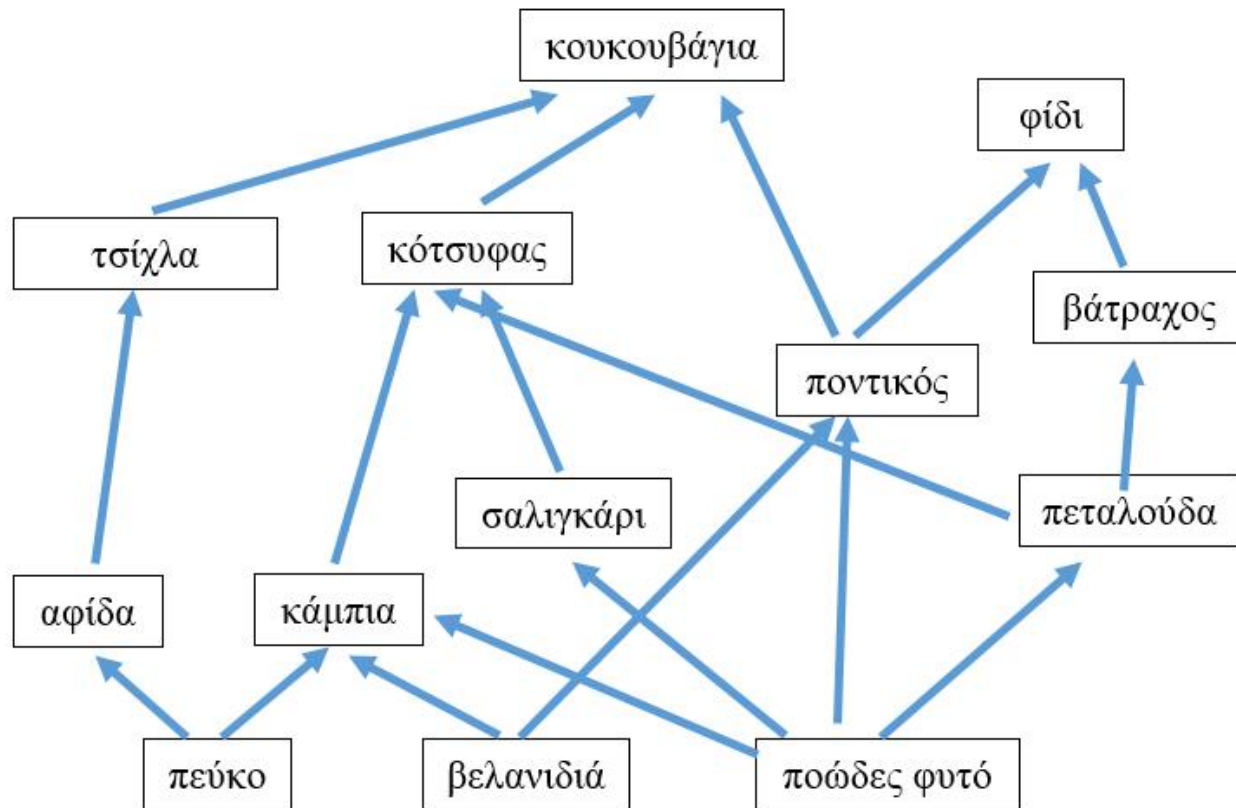
Τροφικό πλέγμα

- Συνήθως τα ζώα τρέφονται με περισσότερα από ένα είδη οργανισμών
- Ένα τροφικό πλέγμα περιλαμβάνει πολλές τροφικές αλυσίδες και δίνει πιο σφαιρική εικόνα των τροφικών σχέσεων



Τροφικό πλέγμα

- Πόσες και ποιες τροφικές αλυσίδες περιλαμβάνει το παρακάτω τροφικό πλέγμα; 

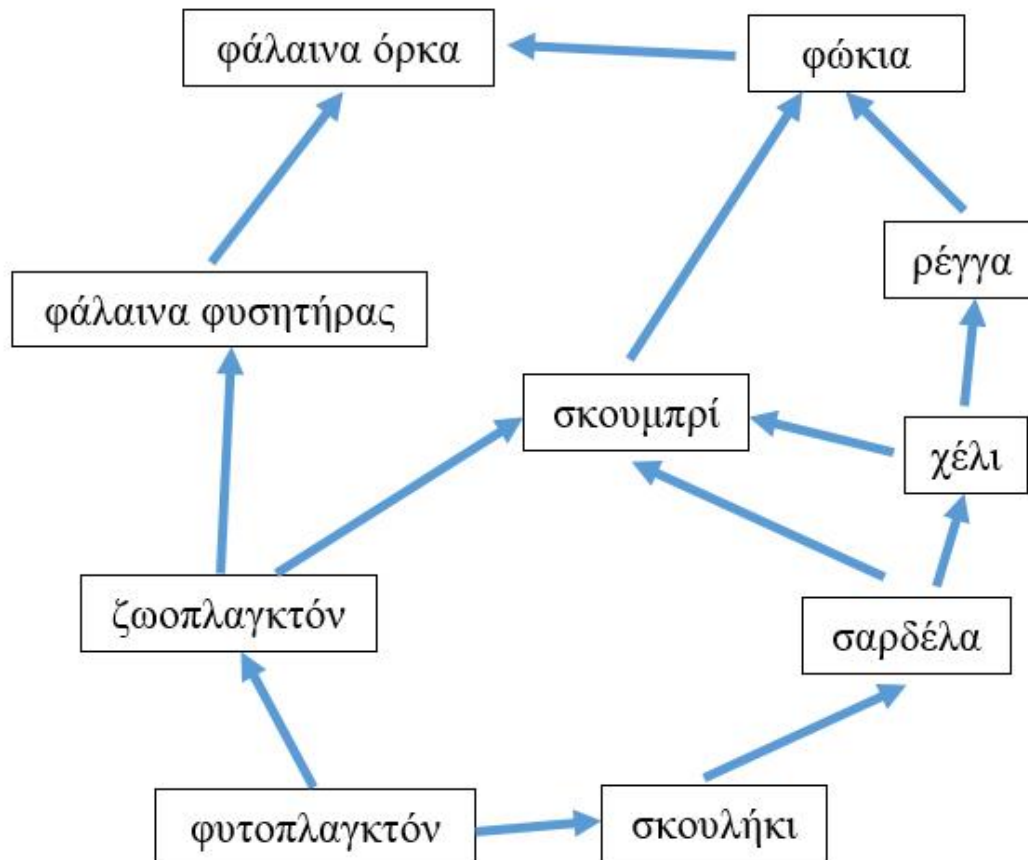


Τροφικό πλέγμα

- Τροφικές αλυσίδες που περιλαμβάνει το παραπάνω τροφικό πλέγμα ενδεικτικά:
 - πεύκο -> αφίδα -> τσίχλα -> κουκουβάγια
 - πεύκο -> κάμπια-> κότσυφας-> κουκουβάγια
 - βελανιδιά -> ποντικός -> φίδι
 - ποώδες φυτό -> σαλιγκάρι -> κότσυφας -> κουκουβάγια
 - ποώδες φυτό -> πεταλούδα -> βάτραχος -> φίδι

Τροφικό πλέγμα

- Σε ποιο τροφικό επίπεδο ανήκει το σκουμπρί στο παρακάτω τροφικό πλέγμα; 

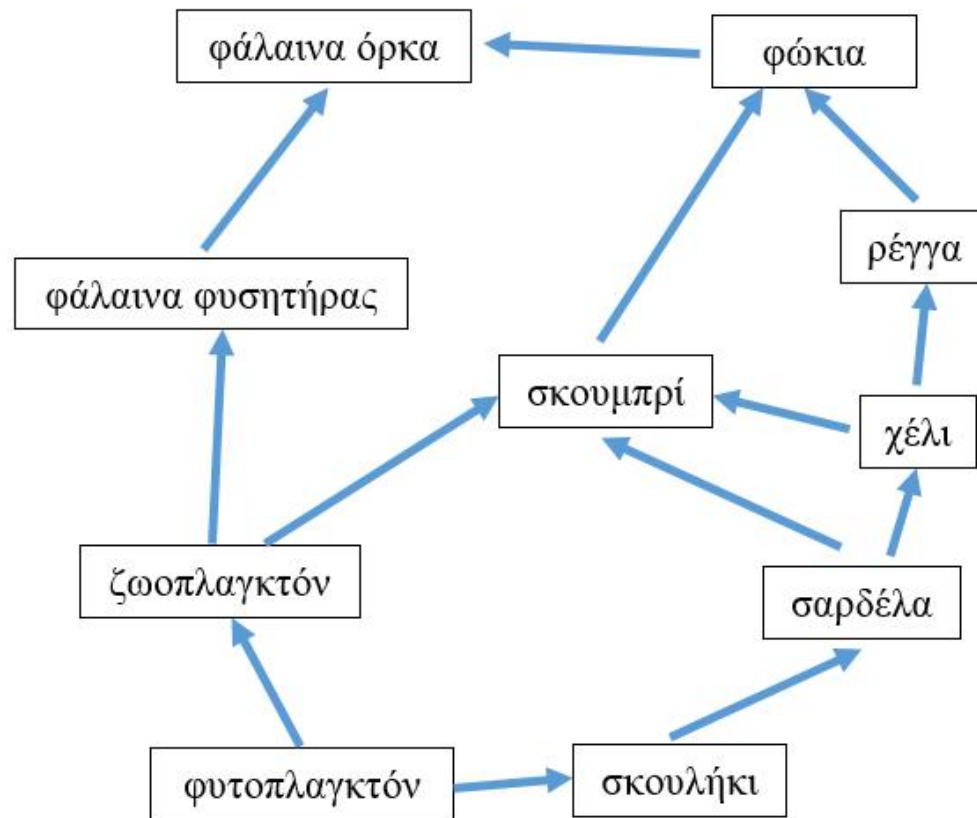


Τροφικό πλέγμα

- Ανάλογα με την τροφική αλυσίδα, το σκουμπρί μπορεί να είναι:
- καταναλωτής 2^{ης} τάξης / 3^ο τροφικό επίπεδο
 - φυτοπλαγκτόν -> ζωοπλαγκτόν -> σκουμπρί -> φώκια -> φάλαινα όρκα
- καταναλωτής 3^{ης} τάξης / 4^ο τροφικό επίπεδο
 - φυτοπλαγκτόν -> σκουλήκι -> σαρδέλα -> σκουμπρί -> φώκια -> φάλαινα όρκα
- καταναλωτής 4^{ης} τάξης / 5^ο τροφικό επίπεδο
 - φυτοπλαγκτόν -> σκουλήκι -> σαρδέλα -> χέλι -> σκουμπρί -> φώκια -> φάλαινα όρκα

Τροφικό πλέγμα

- Τι θα μπορούσε να συμβεί με τον πληθυσμό των σκουμπριών και τι με τον πληθυσμό των ρεγγών εάν εξαφανιζόταν ξαφνικά ο πληθυσμός των χελιών; 



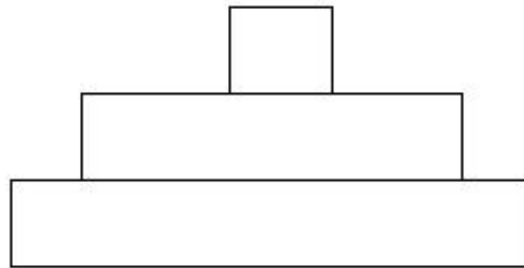
Τροφικό πλέγμα

- Οι ρέγγες έχοντας μοναδική τροφική επιλογή τα χέλια θα αναγκάζονται να μεταναστεύσουν ή θα εξαφανίζονται από ασιτία αν για κάποιο λόγο εξαφανιζόταν ξαφνικά ο πληθυσμός των χελιών
- Τα σκουμπριά, αν και φαίνεται να πλήττονται από την ξαφνική εξαφάνιση του πληθυσμού των χελιών, πλεονεκτούν σε σχέση με τις ρέγγες αφού έχουν τις εναλλακτικές τροφικές επιλογές του ζωπλαγκτού και των σαρδελών
- Έτσι, μπορεί να μειωθεί λίγο ο πληθυσμός τους ή να συνεχίσει να ισορροπεί στο ίδιο μέγεθος που ισορροπούσε και πριν, αν οι σαρδέλες απουσία των χελιών αυξηθούν και μπορούν να υποστηρίξουν τροφικά περισσότερα σκουμπριά

Πυραμίδα αριθμών

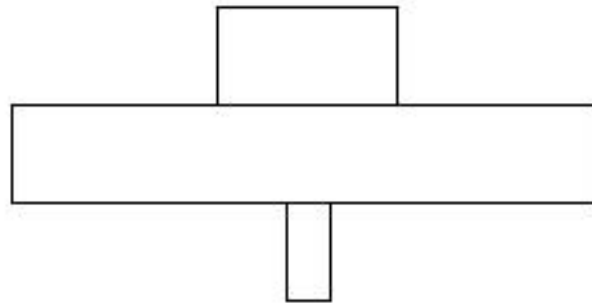
- Οι τροφικές αλυσίδες και τα τροφικά πλέγματα δείχνουν ποιοι οργανισμοί υπάρχουν σε κάθε τροφικό επίπεδο, αλλά όχι πόσοι
- Για παράδειγμα, μπορεί να χρειάζονται πολλά φυτά για κάθε φυτοφάγο ζώο και πολλά φυτοφάγα ζώα για κάθε σαρκοφάγο, πράγμα που δεν απεικονίζεται στις τροφικές αλυσίδες και τα τροφικά πλέγματα
- Οι πυραμίδες αριθμών δείχνουν πόσοι οργανισμοί υπάρχουν σε κάθε τροφικό επίπεδο, δηλ. πόσα άτομα

Πυραμίδα αριθμών



- Δεν λαμβάνουν όμως υπόψη το μέγεθος των οργανισμών
- Ένα πεύκο και ένα χορτάρι μετράνε το ίδιο, αλλά ένα πεύκο μπορεί να δώσει τροφή σε μεγάλο αριθμό φυτοφάγων ζώων, ενώ ένα χορτάρι σε πολύ μικρότερο
- Έτσι, οι πυραμίδες αριθμών μπορεί να έχουν περίεργα σχήματα

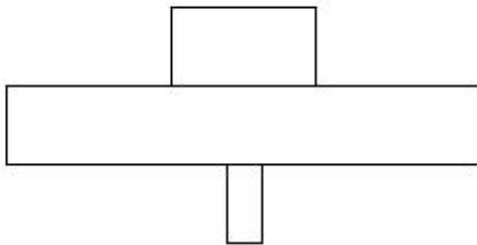
Πυραμίδα αριθμών



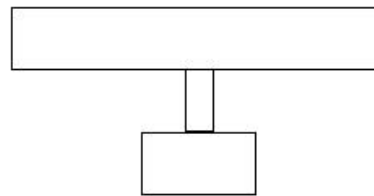
- Λίγα πεύκα είναι αρκετά για να υποστηρίξουν τροφικά μεγάλο αριθμό καμπιών
- Έτσι, η βάση της πυραμίδας, δηλ. το 1^ο τροφικό επίπεδο, μπορεί να είναι μικρότερο από το 2^ο τροφικό επίπεδο

Πυραμίδα αριθμών

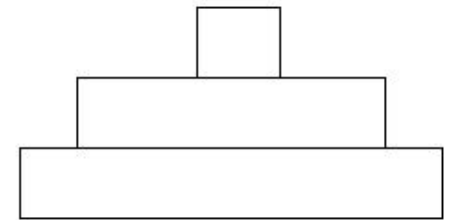
- Ποια τροφική αλυσίδα αντιστοιχεί σε κάθε πυραμίδα αριθμών;
- Α) καρότο -> λαγός -> αλεπού
- Β) μηλιά -> αφίδα -> πασχαλίτσα
- Γ) σιτάρι -> αρουραίος -> ψύλλος



1



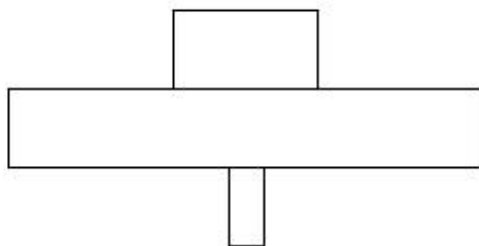
2



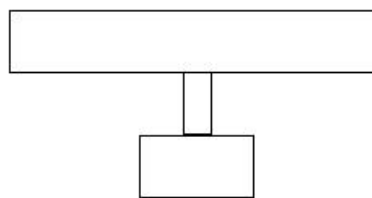
3

Πυραμίδα αριθμών

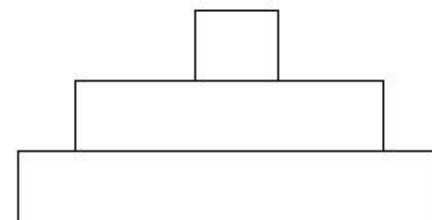
- Α) καρότο -> λαγός -> αλεπού (3)
- Β) μηλιά -> αφίδα -> πασχαλίτσα (1)
- Γ) σιτάρι -> αρουραίος -> ψύλλος (2)



1



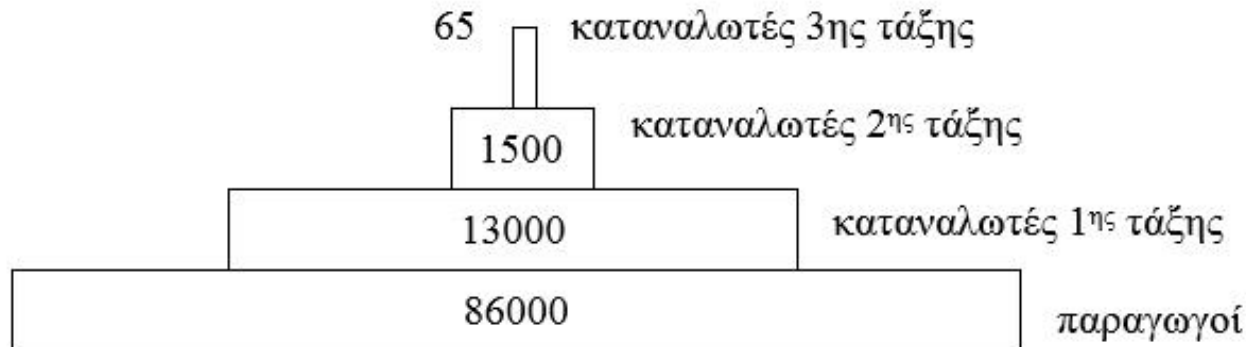
2



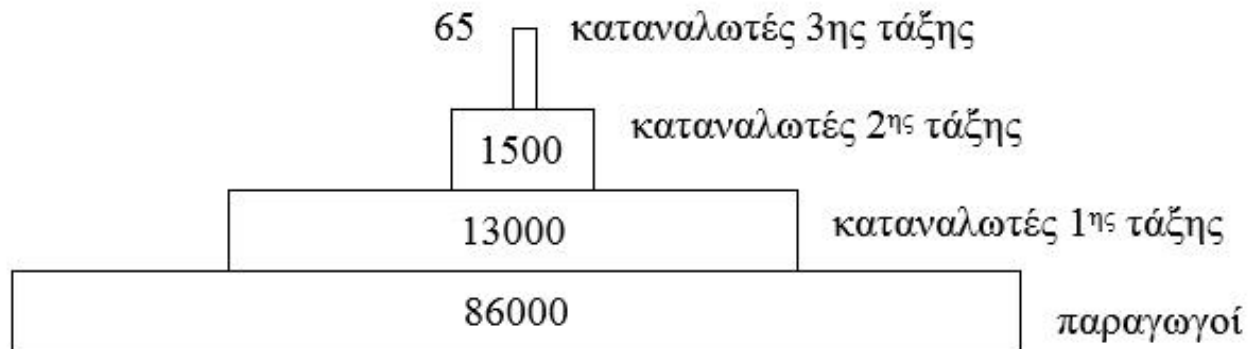
3

Πυραμίδα ενέργειας

- Οι πυραμίδες ενέργειας δείχνουν το ποσό της ενέργειας που περνάει από το ένα τροφικό επίπεδο στο επόμενο (ανά μονάδα έκτασης και ανά μονάδα χρόνου)
- Η ενέργεια που μπορεί να περάσει από το ένα τροφικό επίπεδο στο άλλο είναι αυτή που έχει ενσωματωθεί στη βιομάζα των οργανισμών του αρχικού τροφικού επιπέδου

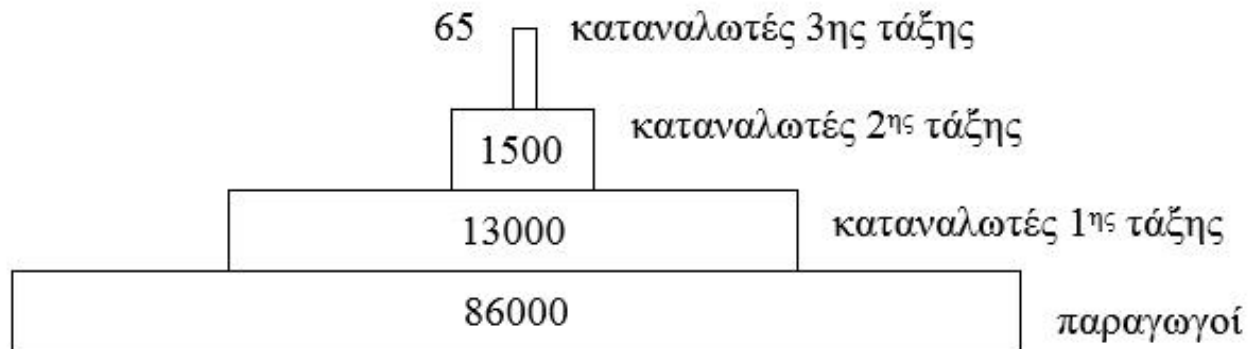


Πυραμίδα ενέργειας



- Τι μας δείχνει αυτή η πυραμίδα ενέργειας;
- 86000 kcal (ανά μονάδα επιφάνειας και μονάδα χρόνου) έχουν ενσωματωθεί στη βιομάζα των παραγωγών και είναι διαθέσιμα στους καταναλωτές 1ης τάξης
- Οι καταναλωτές 1ης τάξης ενσωματώνουν 13000 kcal (ανά μονάδα επιφάνειας και μονάδα χρόνου) στη βιομάζα τους και αυτά είναι διαθέσιμα στους καταναλωτές 2ης τάξης

Πυραμίδα ενέργειας



- Οι καταναλωτές 2^{ης} τάξης ενσωματώνουν 1500 kcal (ανά μονάδα επιφάνειας και μονάδα χρόνου) στη βιομάζα τους και αυτά είναι διαθέσιμα στους καταναλωτές 3^{ης} τάξης
- Οι καταναλωτές 3^{ης} τάξης ενσωματώνουν 65 kcal (ανά μονάδα επιφάνειας και μονάδα χρόνου) στη βιομάζα τους

Πυραμίδα ενέργειας

- Εάν όμως από τα 86000 kcal (ανά μονάδα επιφάνειας και μονάδα χρόνου) που είναι διαθέσιμα στο 1^ο τροφικό επίπεδο οι οργανισμοί του 2^{ου} τροφικού επιπέδου ενσωματώνουν μόνο τα 13000 στη βιομάζα τους, τα 73000 kcal έχουν χαθεί
- Πώς έχουν χαθεί;
- Οι καταναλωτές 1^{ης} τάξης χρησιμοποιούν ένα μέρος της ενέργειας που παίρνουν καταναλώνοντας τα φυτά για τη δραστηριότητά τους και αποβάλλουν θερμότητα
- Ένα άλλο μέρος δεν ενσωματώνεται γιατί αποβάλλεται με τις απεκκρίσεις τους
- Τέλος, ένα μέρος των φυτών δεν καταναλώνονται

Ροή της ενέργειας

- Καθημερινά η γη δέχεται από τον ήλιο ένα μεγάλο ποσό ενέργειας
- Το μεγαλύτερο μέρος αυτής την ενέργειας απορροφάται, ανακλάται ή σκεδάζεται από την ατμόσφαιρα και την επιφάνεια του πλανήτη
- Το υπόλοιπο δεσμεύεται από τους παραγωγούς προκειμένου να χρησιμοποιηθεί στη φωτοσύνθεση
- Ο ρυθμός με τον οποίο οι παραγωγοί ενός οικοσυστήματος δεσμεύουν την ηλιακή ενέργεια και τη μετατρέπουν σε χημική ενέργεια (ενέργεια χημικών δεσμών οργανικής ύλης) ονομάζεται πρωτογενής παραγωγικότητα

Ροή της ενέργειας

- Από αυτή την οργανική ύλη (και άρα χημική ενέργεια) που παράγουν οι παραγωγοί, ένα μέρος της χρησιμοποιείται για την κάλυψη των ενεργειακών τους αναγκών
- Η οργανική ύλη που δεν χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας ενσωματώνεται στους ιστούς τους (και άρα στη βιομάζα τους)
- Έτσι, το σύνολο της οργανικής ύλης που παράγουν οι παραγωγοί ανά μονάδα επιφάνειας και ανά μονάδα χρόνου δεσμεύοντας την ηλιακή ενέργεια ονομάζεται μικτή παραγωγικότητα

Ροή της ενέργειας

- Αν από τη μικτή παραγωγικότητα αφαιρέσουμε την οργανική ύλη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας, τότε αναφερόμαστε στην καθαρή παραγωγικότητα
- Δηλαδή, η καθαρή πρωτογενής παραγωγικότητα ενός οικοσυστήματος είναι η οργανική ύλη που ενσωματώνεται στη βιομάζα των παραγωγών ανά μονάδα επιφάνειας και ανά μονάδα χρόνου
- Η καθαρή πρωτογενής παραγωγικότητα των οικοσυστημάτων διαφέρει έντονα

Ροή της ενέργειας

- Οι κύριοι παράγοντες που καθορίζουν το μέγεθος της πρωτογενούς παραγωγικότητας είναι η ηλιοφάνεια, η θερμοκρασία, η διαθεσιμότητα των απαραίτητων θρεπτικών στοιχείων, η διαθεσιμότητα του νερού (χερσαία οικοσυστήματα), το βάθος στο οποίο μπορεί να διεισδύσει το φως (υδάτινα οικοσυστήματα)
- Η καθαρή πρωτογενής παραγωγικότητα του φυλλοβόλου δάσους υπολογίζεται στα $5000 \text{ kcal/m}^2/\text{year}$
- Η καθαρή πρωτογενής παραγωγικότητα του τροπικού δάσους υπολογίζεται στα $15000 \text{ kcal/m}^2/\text{year}$
- Η καθαρή πρωτογενής παραγωγικότητα της ερήμου υπολογίζεται στα $500 \text{ kcal/m}^2/\text{year}$

Ροή της ενέργειας

- Η καθαρή πρωτογενής παραγωγικότητα των αγροτικών οικοσυστημάτων που δημιουργεί ο άνθρωπος συναγωνίζεται και πολλές φορές ξεπερνάει εκείνη των φυσικών οικοσυστημάτων
- Η καθαρή πρωτογενής παραγωγικότητα των καλλιεργειών ζαχαροκάλαμου στη Χαβάη υπολογίζεται στα 25000 kcal/m²/year
- Η καθαρή πρωτογενής παραγωγικότητα ορισμένων ποικιλιών μηδικής υπολογίζεται στα 15000 kcal/m²/year

Ροή της ενέργειας

- Ο άνθρωπος εξαρτάται από την πρωτογενή παραγωγικότητα του πλανήτη και άμεσα καταναλώνοντας φυτά (δημητριακά, φρούτα) και έμμεσα καταναλώνοντας ζώα που έχουν τραφεί με φυτά (βοοειδή, αιγοπρόβατα) και ζωικά προϊόντα (αβγά, γάλα)
- Ακόμα, ο άνθρωπος χρησιμοποιεί την πρωτογενή παραγωγικότητα του πλανήτη για να καλύψει και άλλες ανάγκες πέρα της διατροφής (πχ ξύλα για έπιπλα ή καύση, φυτικούς ιστούς για την παραγωγή υφασμάτων)
- Συνολικά, ο άνθρωπος χρησιμοποιεί το 1/3 της καθαρής πρωτογενούς παραγωγικότητας του πλανήτη

Ροή της ενέργειας

- Το σύνολο της οργανικής ύλης που «παράγουν» οι καταναλωτές ανά μονάδα επιφάνειας και ανά μονάδα χρόνου αξιοποιώντας τη χημική ενέργεια που προσλαμβάνουν καταναλώνοντας τους παραγωγούς ονομάζεται μεικτή δευτερογενής παραγωγικότητα
- Αν από τη μικτή παραγωγικότητα αφαιρέσουμε την οργανική ύλη που χρησιμοποιείται για την παραγωγή ενέργειας τότε αναφερόμαστε στην καθαρή παραγωγικότητα
- Δηλαδή, η καθαρή δευτερογενής παραγωγικότητα ενός οικοσυστήματος είναι η οργανική ύλη που ενσωματώνεται στη βιομάζα των καταναλωτών ανά μονάδα επιφάνειας και ανά μονάδα χρόνου

Ροή της ενέργειας

- Όπως είδαμε και στις προηγούμενες πυραμίδες ενέργειας, από το ένα τροφικό επίπεδο στο επόμενο παρατηρούνται μεγάλες απώλειες ενέργειας
- Έχει υπολογιστεί πως κατά μέσο όρο μόλις το 10% της καθαρής παραγωγικότητας ενός τροφικού επιπέδου ενσωματώνεται ως χημική ενέργεια στους ιστούς των οργανισμών του επόμενου τροφικού επιπέδου
- Πού χάνεται το 90%;

Ροή της ενέργειας

- Όπως είδαμε:
- Ένα μέρος της ενέργειας που παίρνουν οι οργανισμοί καταναλώνοντας εκείνους του προηγούμενου τροφικού επιπέδου χρησιμοποιείται για τη δραστηριότητά τους και αποβάλλεται θερμότητα
- Ένα άλλο μέρος δεν ενσωματώνεται γιατί αποβάλλεται με τις απεκκρίσεις τους
- Τέλος, ένα μέρος των οργανισμών του προηγούμενου τροφικού επιπέδου μένει «αφάγωτο»

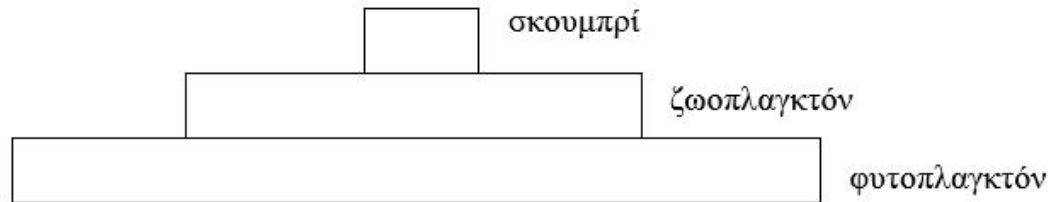
Ροή της ενέργειας

- Η μεγάλη απώλεια ενέργειας που διαπιστώνεται από το ένα τροφικό επίπεδο στο επόμενο εξηγεί γιατί μια χορτοφαγική διατροφή μπορεί να υποστηρίξει τροφικά περισσότερους ανθρώπους από ότι η διατροφή με κρέας
- Αφαιρώντας «κρίκους» από την τροφική αλυσίδα ή αλλιώς «τροφικά επίπεδα» εξασφαλίζεται τροφή για περισσότερους ανθρώπους
- Όσο πιο μικρή είναι η τροφική αλυσίδα, τόσο λιγότερες είναι οι απώλειες ενέργειας

Ροή της ενέργειας

- Η μεγάλη απώλεια ενέργειας που διαπιστώνεται από το ένα τροφικό επίπεδο στο επόμενο εξηγεί ακόμα γιατί τα περισσότερα μεγάλα σε όγκο ζώα είναι συνήθως χορτοφάγα
- Ακόμα, εξηγεί γιατί οι θηρευτές είναι συνήθως λιγότεροι από τα θηράματα
- Τέλος, η μεγάλη απώλεια ενέργειας που διαπιστώνεται από το ένα τροφικό επίπεδο στο επόμενο εξηγεί γιατί αν ο ήλιος δεν παρείχε τόσο μεγάλα ποσά ενέργειας στη γη η ζωή δεν θα μπορούσε να υποστηριχθεί

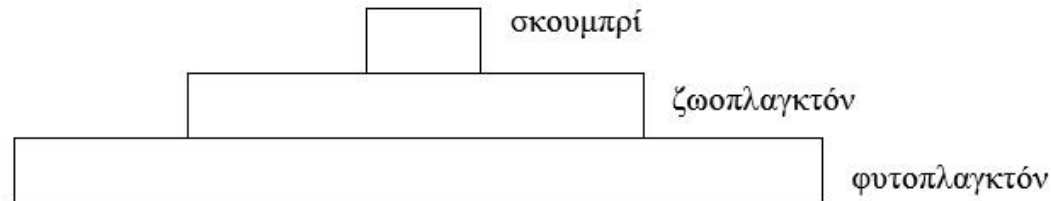
Ροή της ενέργειας



- Υπολογίστε την ενέργεια που έχει ενσωματώσει στους ιστούς του το ζωοπλαγκτόν, αν το φυτοπλαγκτόν έχει πρωτογενή μεικτή παραγωγικότητα ίση με 350000 kcal (ανά μονάδα επιφάνειας και μονάδα χρόνου) και χρησιμοποιεί για τις ενεργειακές του ανάγκες ενέργεια ίση με 150000 kcal (ανά μονάδα επιφάνειας και μονάδα χρόνου)

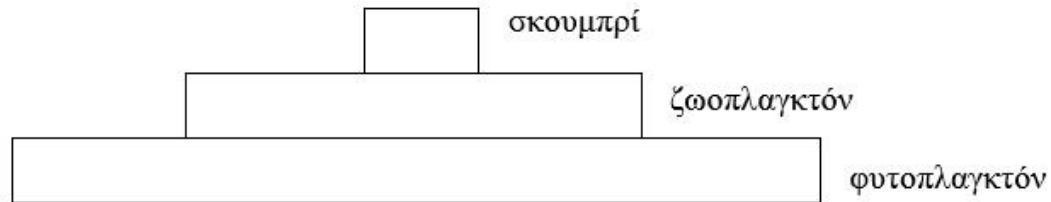


Ροή της ενέργειας



- Η πρωτογενής καθαρή παραγωγικότητα είναι 200000 kcal (αφαιρούμε τις ενεργειακές ανάγκες των παραγωγών από τη μεικτή πρωτογενή παραγωγικότητα)
- Η ενέργεια που ενσωματώνει στους ιστούς του το ζωοπλαγκτόν είναι ίση με το 10% της καθαρής πρωτογενούς παραγωγικότητας, δηλαδή 20000 kcal

Ροή της ενέργειας



- Η ενέργεια που ενσωματώνουν στους ιστούς τους τα σκουμπριά είναι ίση με το 10% της ενέργειας που ενσωματώνει στους ιστούς του το ζωοπλαγκτόν, δηλαδή 2000 kcal

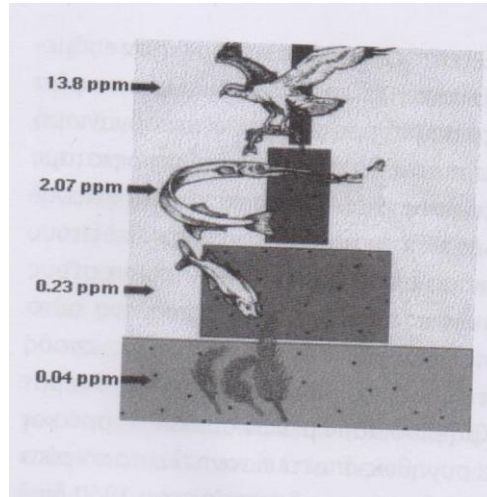
Βιοσυσώρευση

- Διάφορες τοξικές ουσίες δεν διασπώνται από τους οργανισμούς, με αποτέλεσμα, ακόμη και αν βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις, να συσσωρεύονται στους κορυφαίους καταναλωτές, καθώς περνούν από το ένα τροφικό επίπεδο στο επόμενο
- Αν, για παράδειγμα, μια κάμπια φάει φύλλα ενός φυτού που έχει ραντιστεί με DDT, αυτό θα απορροφηθεί από τον οργανισμό της, δεν θα διασπαστεί και θα ενσωματωθεί στους ιστούς της
- Αν ένας κότσυφας καταναλώσει πολλές κάμπιες, τότε το DDT από όλες τις κάμπιες θα ενσωματωθεί στους δικούς του ιστούς

Βιοσυσσώρευση

- Αν, στη συνέχεια, μια κουκουβάγια καταναλώσει πολλούς κότσυφες, τότε το DDT από όλους τους κότσυφες θα ενσωματωθεί στους ιστούς της και το DDT θα έχει μεγάλη συγκέντρωση
- Το φαινόμενο αυτό κατά το οποίο αυξάνεται η συγκέντρωση τοξικών χημικών ουσιών στους ιστούς των οργανισμών καθώς προχωρούμε κατά μήκος της τροφικής αλυσίδας ονομάζεται βιοσυσσώρευση
- Η βιοσυσσώρευση αφορά φυσικά και τον άνθρωπο σε μεγάλο βαθμό, καθώς συνήθως αποτελεί τον κορυφαίο κρίκο σε πολλές τροφικές αλυσίδες

Βιοσυσώρευση



- Όπως βλέπετε στην εικόνα, η οποία δίνει δεδομένα ενός πραγματικού οικοσυστήματος, στους κορυφαίους καταναλωτές η συγκέντρωση της τοξικής ουσίας έφτασε να είναι 400 φορές μεγαλύτερη από ότι στους παραγωγούς

Συνοψίζοντας

- Τροφική αλυσίδα
- Τροφικό πλέγμα
- Τροφικό επίπεδο
- Πυραμίδα αριθμών
- Πυραμίδα ενέργειας
- Κανόνας του 10%
- Βιοσυσσώρευση
- *Οι εικόνες είναι από το βιβλίο: Γενικές αρχές οικολογίας και ελληνικά φυσικά συστήματα των Κ. Κορφιάτη και Σ. Παρασκευόπουλου (Δίσιγμα, 2010)*