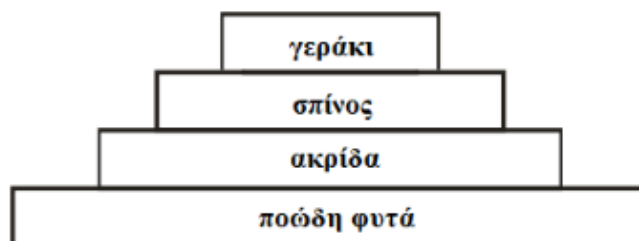


2.2 Ροή ενέργειας

Τροφικές πυραμίδες

1.

4.1 Δίνεται η παρακάτω τροφική πυραμίδα ενός δασικού οικοσυστήματος.



α. Στο συγκεκριμένο οικοσύστημα καταμετρήθηκαν από ορνιθολόγους 150 γεράκια με μέσο σωματικό βάρος 3 Kg το καθένα. Να υπολογίσετε τη συνολική βιομάζα των γερακιών (μονάδες 6).

β. Να υπολογίσετε την βιομάζα των άλλων τροφικών επιπέδων (μονάδες 2) και να αιτιολογήσετε τους υπολογισμούς σας (μονάδες 4).

Μονάδες 12

2.

4.1 Ένα οικοσύστημα μπορεί να είναι τόσο μεγάλο όσο ολόκληρη η βιόσφαιρα αλλά και τόσο μικρό όσο ένα δέντρο, όπως ένα έλατο, ύψους 15 μέτρων που φιλοξενεί περίπου 25.000 έντομα (πχ αράχνες, μύγες, σκαθάρια, αφίδες, μυρμήγκια). Τα έντομα αποτελούν τροφή για 80 σπουργίτια που φιλοξενούνται επίσης από το δέντρο.

α. Να εξηγήσετε αν το δέντρο χαρακτηρίζεται ως φυσικό αυτότροφο οικοσύστημα ή ως φυσικό ετερότροφο οικοσύστημα (μονάδες 6).

β. Να σχεδιάσετε την τροφική πυραμίδα βιομάζας (μονάδες 3) και πληθυσμού του οικοσυστήματος (μονάδες 3).

Μονάδες 12

3.

4.1 Τα μεγαλύτερα ζώα του πλανήτη μας αποτελούν σχεδόν αποκλειστικά καταναλωτές 1ης τάξης, δηλαδή τρέφονται με παραγωγούς. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η καμηλοπάρδαλη, η οποία τρέφεται αποκλειστικά με φύλλα και βλαστούς ψηλών δέντρων.

α) Να εξηγήσετε ποιοι οργανισμοί χαρακτηρίζονται ως καταναλωτές 1ης τάξης και ποιοι ως παραγωγοί (μονάδες 6).

β) Να εξηγήσετε, με βάση τις απώλειες ενέργειας που παρατηρούνται μεταξύ των οργανισμών των τροφικών επιπέδων, γιατί συνήθως ένα μεγαλόσωμο ζώο είναι φυτοφάγο (μονάδες 6).

Μονάδες 12

4.

4.1 Σ' ένα παράλιο οικοσύστημα, στο οποίο θεωρούμε ότι δεν υπάρχουν μετακινήσεις των πληθυσμών, ζουν σαρδέλες (τρέφονται με ζωοπλαγκτόν), γλάροι (τρέφονται με σαρδέλες), φυτοπλαγκτόν και ζωοπλαγκτόν. Η ενέργεια που περιέχεται συνολικά σε όλες τις σαρδέλες είναι 5.000 KJ.

α. Να εξηγήσετε ποιοι οργανισμοί ανήκουν στο ανώτερο τροφικό επίπεδο του οικοσυστήματος (μονάδες 3) και να σχεδιάσετε την τροφική αλυσίδα του οικοσυστήματος (μονάδες 3).

β. Αν η μέση ενέργεια, που αποθηκεύει κάθε σαρδέλα στο σώμα της είναι 25 KJ, να υπολογίσετε τον πληθυσμό των σαρδελών (μονάδες 3), καθώς και τη συνολική ενέργεια που περιέχεται σε κάθε τροφικό επίπεδο του συγκεκριμένου οικοσυστήματος (μονάδες 3).

Μονάδες 12

5.

4.2 Σε ένα χερσαίο οικοσύστημα υπάρχουν 2 πεύκα, στα οποία φιλοξενούνται συνολικά 50.000 κάμπιες, με μέση βιομάζα 2g η κάθε μία. Σε κάθε κάμπια παρασιτούν 100 πρωτόζωα.

α. Να υπολογίσετε τον πληθυσμό του κάθε τροφικού επιπέδου (μονάδες 2), να σχεδιάσετε την πυραμίδα πληθυσμού (μονάδες 2) και να εξηγήσετε τη μορφή της (μονάδες 3).

β. Να υπολογίσετε τη βιομάζα κάθε τροφικού επιπέδου (μονάδες 3) και να σχεδιάσετε την αντίστοιχη πυραμίδα βιομάζας (μονάδα 1). Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας (μονάδες 2)

Μονάδες 13

6.

4.1 Ο Γιάννης επέλεξε να παρακολουθήσει μαθήματα καταδύσεων. Η σχολή στην οποία κατέληξε, εκτός του καταδυτικού προγράμματος, προσέφερε και μία θεωρητική εκπαίδευση πάνω στα θαλάσσια οικοσυστήματα. Μετά τη θεωρητική εκπαίδευση μια σειρά από ερωτήσεις έδινε στους συμμετέχοντες και πιστοποίηση. Ο Γιάννης χρειάζεται τη βοήθειά σας για να απαντήσει στο ακόλουθο τελικό θέμα:

Στον υδροβιότοπο που μελετήσατε βρίσκονται οι παρακάτω οργανισμοί: δελφίνια, φυτοπλαγκτόν, μικρά ψάρια, ζωοπλαγκτόν. Εάν η βιομάζα των μικρών ψαριών είναι 2×10^5 Kg και η ενέργεια που περιέχεται στο φυτοπλαγκτόν είναι 20 KJ/Kg φυτοπλαγκτόν:

α. Να σχεδιάσετε τη τροφική αλυσίδα του παραπάνω υδροβιότοπου (μονάδα 1), να υπολογίσετε τη βιομάζα των υπόλοιπων τροφικών επιπέδων (μονάδες 3) και να σχεδιάσετε την αντίστοιχη τροφική πυραμίδα (μονάδες 2).

β. Να υπολογίσετε την ενέργεια που περιέχεται σε κάθε τροφικό επίπεδο (μονάδες 4) και να σχεδιάσετε την αντίστοιχη τροφική πυραμίδα (μονάδες 2).

(Να λάβετε υπόψη, ότι οι οργανισμοί κάθε τροφικού επιπέδου τρέφονται αποκλειστικά με οργανισμούς του προηγούμενου τροφικού επιπέδου).

Μονάδες 12

7.

4.1 Σε ένα χερσαίο οικοσύστημα υπάρχουν 20 βελανιδιές. Σε καθεμία από αυτές ζουν 50.000 κάμπιες και σε καθεμία από τις κάμπιες παρασιτούν 1.000 πρωτόζωα. Αν υποθέσουμε ότι η μέση βιομάζα κάθε κάμπιας είναι 1 g:

α. Να σχεδιάσετε (μονάδες 3) και να εξηγήσετε τη μορφή της πυραμίδας πληθυσμού του συγκεκριμένου οικοσυστήματος (μονάδες 3).

β. Να υπολογίσετε τη βιομάζα κάθε τροφικού επιπέδου (μονάδες 3) και να βρείτε πόσο ζυγίζει κατά μέσο όρο μία βελανιδιά (μονάδα 1), αιτιολογώντας την απάντησή σας (μονάδες 2).

Μονάδες 12

8.

4.2 Αρκετά συχνά διάφορες οικολογικές οργανώσεις αναδεικνύουν το πρόβλημα της έλλειψης τροφής στις αναπτυσσόμενες χώρες του πλανήτη μας, σε συνδυασμό με την αυξητική τάση που παρουσιάζει το μέγεθος του ανθρώπινου πληθυσμού. Μια από τις λύσεις που προτείνεται είναι να μειωθεί η υπερκατανάλωση κρέατος από τις οικονομικά ανεπτυγμένες κοινωνίες.

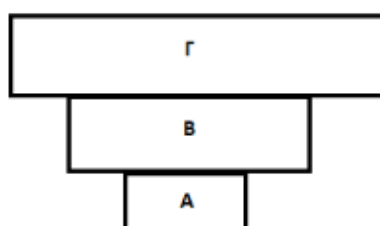
α. Να εξηγήσετε που οφείλεται η ελάττωση, τόσο της ενέργειας (μονάδες 4) όσο και της βιομάζας (μονάδες 3) που παρατηρείται από τη βάση προς την κορυφή των αντίστοιχων τροφικών πυραμίδων των οικοσυστημάτων.

β. Να εξηγήσετε, με κριτήριο τις απώλειες της ενέργειας και της βιομάζας στις τροφικές πυραμίδες των οικοσυστημάτων, γιατί η υπερκατανάλωση κρέατος από τις οικονομικά ανεπτυγμένες κοινωνίες επιτείνει το πρόβλημα έλλειψης τροφής στις αναπτυσσόμενες χώρες του πλανήτη μας (μονάδες 3) και να δικαιολογήσετε το λόγο για τον οποίο προτείνεται ως αντιμετώπιση του προβλήματος, η αύξηση της κατανάλωσης παραγωγών στις διατροφικές μας συνήθειες (μονάδες 3).

Μονάδες 13

9.

4.1 Οι τροφικές πυραμίδες αποτελούν απεικονίσεις των ποσοτικών σχέσεων που υπάρχουν μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος. Μια τροφική πυραμίδα αποτελείται από τροφικά επίπεδα και μπορεί να αναφέρεται σε βιομάζα, ενέργεια ή σε αριθμό (πληθυσμό) ατόμων .



α. Να χαρακτηρίσετε την παραπάνω τροφική πυραμίδα αναφορικά με το σχήμα της (μονάδες 3). Να εξηγήσετε ποια μεταβλητή θα μπορούσε να περιγράψει αυτή η πυραμίδα (μονάδες 3).

β. Να εξηγήσετε πότε μπορεί να συναντήσουμε μία τέτοια πυραμίδα στα οικοσυστήματα (μονάδες 3). Να χαρακτηρίσετε τους οργανισμούς που παριστάνονται στο τροφικό επίπεδο Α, αναφορικά με τον τρόπο που εξασφαλίζουν την τροφή τους (μονάδες 3).

Μονάδες 12

10.

4.2 Σε ένα οικοσύστημα υπάρχουν 2 πλατάνια που φιλοξενούν συνολικά 5.000 κάμπιες. Σε κάθε κάμπια παρασιτούν 100 πρωτόζωα.

α. Να σχεδιάσετε την τροφική πυραμίδα πληθυσμού του παραπάνω οικοσυστήματος (μονάδες 3) και να εξηγήσετε τη μορφή της (μονάδες 3).

β. Αν η ενέργεια που περιέχεται στο τροφικό επίπεδο των καμπιών είναι 50.000 KJ, να σχεδιάσετε την πυραμίδα ενέργειας (μονάδες 3), υπολογίζοντας την ενέργεια στα υπόλοιπα τροφικά επίπεδα (μονάδες 4).

Μονάδες 13

11.

4.2 Σε ένα οικοσύστημα, όπου συναντάμε ψάρια και ψαροπούλια, ζωοπλαγκτόν και φυτοπλαγκτόν, βρέθηκε ότι η συνολική ενέργεια στο επίπεδο των ψαριών είναι 500.000 KJ.

α. Να σχεδιάσετε την τροφική αλυσίδα (μονάδες 2) και την τροφική πυραμίδα ενέργειας του οικοσυστήματος (μονάδες 4).

β. Αν γνωρίζουμε ότι η φυτική βιομάζα στο παραπάνω οικοσύστημα είναι 100.000Kg, να υπολογίσετε την βιομάζα των ψαριών που μπορεί να υποστηρίξει το οικοσύστημα (μονάδες 5), καθώς και την

ενέργεια που περιέχουν 1Kg ψαριών (μονάδες 2).

Μονάδες 13

2.2.2 Ενδεικτικές Απαντήσεις

1.

4.1

α. Με βάση τα παραπάνω οι βιομάζες των οργανισμών θα είναι:

Βιομάζα γερακιών = $150 \times 3 \text{ Kg} = 450 \text{ Kg}$

β. Έχει υπολογιστεί ότι μόνο το 10% περίπου της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου περνάει στο επόμενο, καθώς το 90% της ενέργειας χάνεται (επειδή ένα μέρος της χημικής ενέργειας μετατρέπεται με την κυτταρική αναπνοή σε μη αξιοποιήσιμες μορφές ενέργειας ή δεν τρώγονται όλοι οι οργανισμοί κλπ) οπότε παρουσιάζεται μια πτωτική τάση στις τροφικές πυραμίδες ενέργειας 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.

Βιομάζα ακρίδων = $600 \text{ Kg} \times 10 = 4.500 \text{ Kg}$

Βιομάζα σαλιγκαριών = $6.000 \text{ Kg} \times 10 = 45.000 \text{ Kg}$

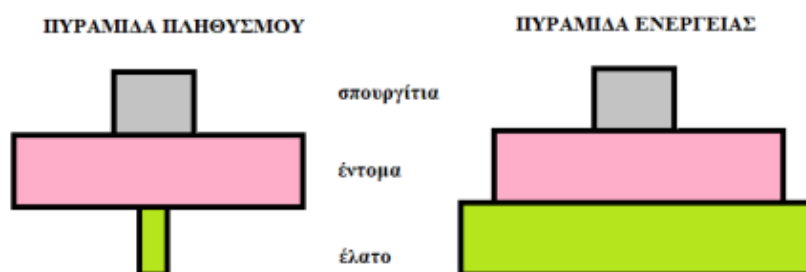
Βιομάζα ποωδών φυτών = $60.000 \text{ Kg} \times 10 = 450.000 \text{ Kg}$

2.

4.1

α. Το δέντρο χαρακτηρίζεται ως φυσικό αυτότροφο οικοσύστημα. Το συγκεκριμένο οικοσύστημα (δέντρο) εισάγει την ενέργεια που είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της δομής του με τη μορφή της ηλιακής ακτινοβολίας και όχι με την μορφή των χημικών ενώσεων όπως στο ετερότροφο οικοσύστημα. Η ενέργεια με την μορφή χημικών ενώσεων διανέμεται μεταξύ των υπολοίπων οργανισμών (έντομα και σπουργίτια) μέσω των τροφικών σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ τους (ροή ενέργειας).

β.



3.

4.1

α. Οι ετερότροφοι οργανισμοί διακρίνονται σε καταναλωτές και αποικοδομητές. Οι καταναλωτές, ανάλογα με «τον αριθμό των βημάτων» που τους χωρίζουν από τους παραγωγούς, διακρίνονται σε καταναλωτές 1ης, 2ης κτλ τάξης. Ως καταναλωτές πρώτης τάξης χαρακτηρίζονται τα φυτοφάγα ζώα, τα οποία τρέφονται με παραγωγούς. 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).

β. Έχει υπολογιστεί ότι μόνο το 10% περίπου της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου περνάει στο επόμενο, καθώς το 90% της ενέργειας χάνεται. Γι αυτό το λόγο, τα μεγαλόσωμα ζώα του πλανήτη, που έχουν μεγάλες ενεργειακές απαιτήσεις, προτιμούν να τρέφονται απευθείας από παραγωγούς, οι οποίοι περιέχουν τη μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας των οικοσυστημάτων.

4.

4.1

α. Το ανώτερο τροφικό επίπεδο του οικοσυστήματος συνίσταται από τους γλάρους, οι οποίοι θεωρούνται οι κορυφαίοι καταναλωτές, του συγκεκριμένου οικοσυστήματος, καθώς δεν καταναλώνονται από κάποιον άλλο ανώτερο καταναλωτή. Η τροφική αλυσίδα του οικοσυστήματος είναι η εξής:

φυτοπλαγκτόν → ζωοπλαγκτόν → σαρδέλες → γλάροι.

β. Στο οικοσύστημα υπάρχουν $5.000 \text{ KJ} / 25 \text{ KJ} = 200$ σαρδέλες (πληθυσμός σαρδελών).

Από το ένα τροφικό επίπεδο του οικοσυστήματος στο επόμενο, παρατηρείται πτωτική τάση στην ενέργεια της τάξης του 90%, δηλαδή μόνο το 10% της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου μεταφέρεται στο επόμενο τροφικό επίπεδο. Άρα, η ενέργεια στο τροφικό επίπεδο των γλάρων, που τρέφονται από τις σαρδέλες θα είναι $5.000 \text{ KJ} \times 10\% = 500 \text{ KJ}$. Ομοίως, η ενέργεια στο επίπεδο του ζωοπλαγκτού θα είναι $5.000 \text{ KJ} \times 10 = 50.000 \text{ KJ}$ και η ενέργεια στο επίπεδο του φυτοπλαγκτού θα είναι $50.000 \text{ KJ} \times 10 = 500.000 \text{ KJ}$.

5.

4.2.

α. Η πυραμίδα πληθυσμού και ο πληθυσμός κάθε τροφικού επιπέδου φαίνεται στο σχήμα.

Η πυραμίδα είναι ανεστραμμένη, καθώς όταν υπάρχουν παρασιτικές τροφικές σχέσεις, ο πληθυσμός των ανώτερων επιπέδων γίνεται ολοένα μεγαλύτερος

από τον πληθυσμό των κατώτερων, ενώ το εμβαδόν κάθε επάλληλου ορθογωνίου (τροφικό επίπεδο) είναι ανάλογο με το μέγεθος της μεταβλητής (πληθυσμός στη συγκεκριμένη περίπτωση) που απεικονίζεται.



β. Η πυραμίδα βιομάζας και η βιομάζα κάθε τροφικού επιπέδου απεικονίζεται στο παρακάτω σχήμα.

Η βιομάζα των καμπιών είναι:

$50.000 \times 2 \text{ g} = 100.000 \text{ g} = 100 \text{ Kg}$ ή 0.1 tn .



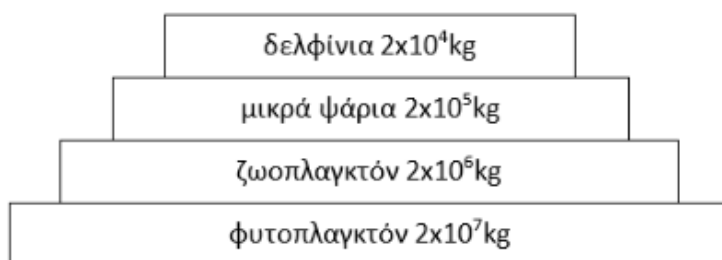
Έχει υπολογιστεί ότι μόνο το 10% περίπου της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου περνάει στο επόμενο, καθώς το 90% της ενέργειας χάνεται. Σε γενικές γραμμές, η ίδια πτωτική τάση (της τάξης του 90%) που παρουσιάζεται στις τροφικές πυραμίδες ενέργειας εμφανίζεται και στις τροφικές πυραμίδες βιομάζας, καθώς, 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.

6.

4.1

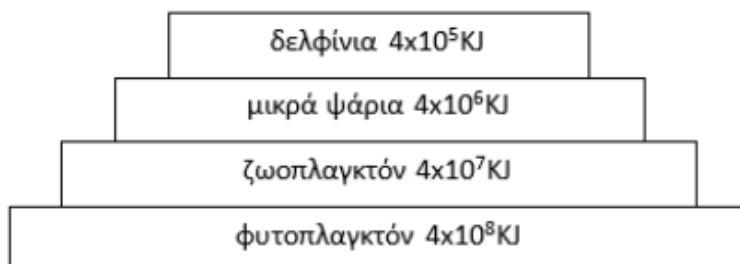
α. Η τροφική αλυσίδα είναι: φυτοπλαγκτόν → ζωοπλαγκτόν → ψάρια → δελφίνια

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%) 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. Επομένως αν η βιομάζα των μικρών ψαριών είναι 2×10^5 Kg τότε του φυτοπλαγκτόν θα είναι 2×10^7 Kg, του ζωοπλαγκτόν θα είναι 2×10^6 Kg και των δελφινιών θα είναι 2×10^4 Kg.



Τροφική πυραμίδα βιομάζας

β. Αν σε κάθε κιλό φυτοπλαγκτόν περιέχονται 20 KJ τότε στα 2×10^7 Kg φυτοπλαγκτόν θα περιέχονται 4×10^8 KJ. Από το ένα τροφικό επίπεδο περνά στο επόμενο το 10%. Επομένως αν η ενέργεια του φυτοπλαγκτόν είναι 4×10^8 KJ τότε του ζωοπλαγκτόν θα είναι 4×10^7 KJ, των μικρών ψαριών θα είναι 4×10^6 KJ και των δελφινιών θα είναι 4×10^5 KJ.

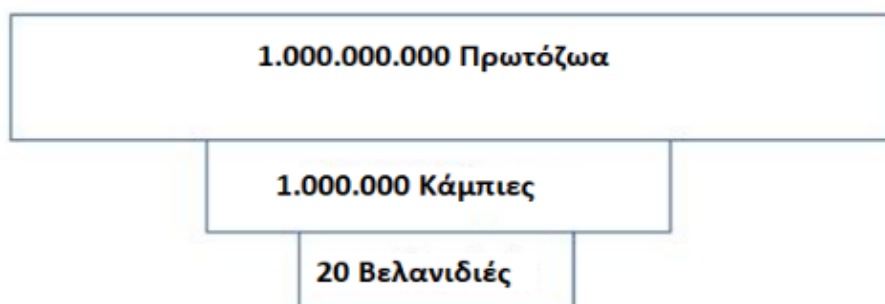


Τροφική πυραμίδα ενέργειας

7.

4.1

α. Συνολικά στο πρώτο τροφικό επίπεδο των παραγωγών υπάρχουν 20 βελανιδιές. Από κάθε βελανιδιά τρέφονται 50.000 κάμπιες, άρα συνολικά υπάρχουν $20 \times 50.000 = 1.000.000$ κάμπιες. Στο ανώτερο τροφικό επίπεδο (καταναλωτές 2ης τάξης) υπάρχουν $1.000.000 \times 1.000 = 10^9$ πρωτόζωα (δεδομένου ότι σε κάθε κάμπια παρασιτούν 1.000 πρωτόζωα). Η τροφική πυραμίδα πληθυσμού έχει την ακόλουθη μορφή:



Πρόκειται για μια ανεστραμμένη τροφική πυραμίδα πληθυσμού. Όταν σε ένα οικοσύστημα υπάρχουν παρασιτικές τροφικές σχέσεις, ο πληθυσμός των ανώτερων επιπέδων γίνεται ολοένα και μεγαλύτερος από τον πληθυσμό των κατώτερων.

β. Η βιομάζα των καμπιών είναι: $1.000.000 \times 1 \text{ g} = 1.000.000 \text{ g} = 1.000 \text{ Kg}$.

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%) που παρουσιάζεται στις τροφικές πυραμίδες ενέργειας εμφανίζεται και στις τροφικές πυραμίδες βιομάζας, καθώς, όταν μειώνεται η ενέργεια που προσλαμβάνει κάθε τροφικό επίπεδο από το προηγούμενο του, είναι λογικό να μειώνεται και η ποσότητα της οργανικής ύλης που μπορούν να συνθέσουν οι οργανισμοί του και συνεπώς μειώνεται η βιομάζα του. Σύμφωνα με τα παραπάνω, η βιομάζα των πρωτοζώων υπολογίζεται 100 Kg, ενώ η βιομάζα των βελανιδιών 10.000 Kg ή 10 tn. Άρα κάθε δέντρο βελανιδιάς ζυγίζει $10.000 \text{ Kg} / 20 = 500 \text{ Kg}$ το καθένα.

8.

4.2

α. 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 (πχ θερμότητα).
- Δεν τρώγονται όλοι οι οργανισμοί ή όλα τα μέρη τους.
- 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 προηγούμενο του, είναι λογικό να μειώνεται και η ποσότητα της οργανικής ύλης που μπορούν να συνθέσουν οι οργανισμοί και συνεπώς μειώνεται η βιομάζα του.

β. Η υπερκατανάλωση κρέατος, προϋποθέτει την εκτροφή πολλών φυτοφάγων ζώων, τα οποία καταναλώνει ο άνθρωπος. Από τη συνολική ενέργεια και βιομάζα των παραγωγών που καλλιεργούνται για να θρέψουν τα φυτοφάγα αυτά ζώα, στους ανθρώπους καταλήγει περίπου το 1%, αφού μεταξύ των παραγωγών και του ανθρώπου έχουν μεσολαβήσει τα

ζώα. Αν όλες αυτές οι εκτάσεις που καλλιεργούνται για την εκτροφή των φυτοφάγων ζώων καλλιεργούνταν με φυτά που θα έτρεφαν απευθείας φυτοφάγους ανθρώπους, θα έφτανε τελικά σε αυτούς το 10% της συνολικής ενέργειας και της βιομάζας των παραγωγών του οικοσυστήματος, δηλαδή, με άλλα λόγια, από την ίδια ενέργεια των παραγωγών θα μπορούσε να συντηρηθεί μεγαλύτερος πληθυσμός ανθρώπων.

9.

4.1

α. Πρόκειται για μια ανεστραμμένη πυραμίδα. 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. Η συγκεκριμένη πυραμίδα δεν μπορεί παρά να είναι τροφική πυραμίδα πληθυσμού, καθώς οι τροφικές πυραμίδες βιομάζας και ενέργειας έχουν πάντα πτωτική τάση.

β. Μία τέτοια πυραμίδα μπορεί να σχηματιστεί όταν οι οργανισμοί του οικοσυστήματος σχετίζονται τροφικά μεταξύ τους με παρασιτική σχέση. Το πρώτο τροφικό επίπεδο (Α), που βρίσκεται στη βάση της τροφικής πυραμίδας, είναι αυτό των παραγωγών. Αυτοί οι οργανισμοί, αναφορικά με τον τρόπο διατροφής τους, χαρακτηρίζονται ως αυτότροφοι.

10.

4.2

α. Η τροφική πυραμίδα πληθυσμού έχει την ακόλουθη μορφή. Μια τέτοια τροφική πυραμίδα χαρακτηρίζεται ως ανεστραμμένη. Όταν σε ένα οικοσύστημα υπάρχουν παρασιτικές τροφικές σχέσεις, ο πληθυσμός των ανώτερων επιπέδων γίνεται ολοένα και μεγαλύτερος από τον πληθυσμό των κατώτερων.

**Τροφική Πυραμίδα Πληθυσμού**

β. Για το σχεδιασμό της πυραμίδας ενέργειας υπολογίζουμε τη μεταβλητή (ενέργεια) σε κάθε τροφικό επίπεδο λαμβάνοντας υπόψη ότι το 10% περίπου της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου περνάει στο επόμενο, καθώς το 90% της ενέργειας χάνεται. Έτσι, η ενέργεια στους παραγωγούς είναι 500.000 KJ, στις κάμπιες είναι 50.000 KJ και στους καταναλωτές δεύτερης τάξης (πρωτόζωα) είναι 5.000KJ.

**Τροφική Πυραμίδα Ενέργειας**

11.