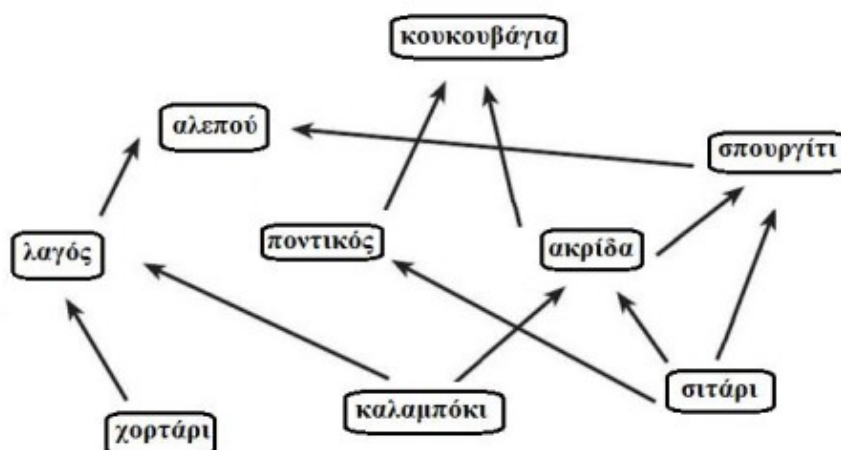


2.2 Ροή ενέργειας

Τροφικές αλυσίδες - Τροφικά πλέγματα

1.

4.1 Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει ένα τροφικό πλέγμα ενός οικοσυστήματος σε μια αγροτική περιοχή.



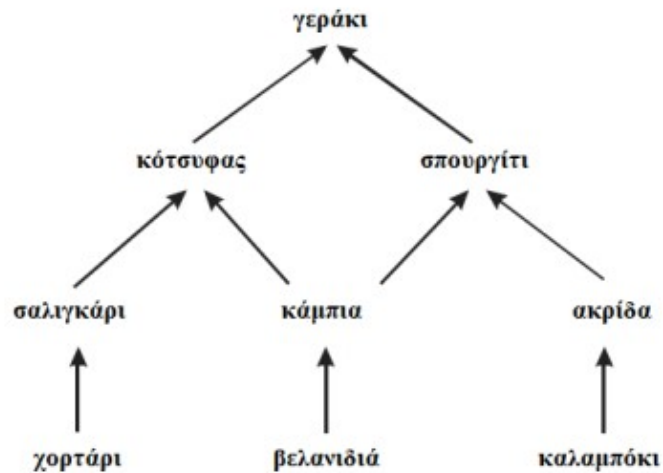
α. Να αναφέρετε το είδος του οργανισμού από τους πληθυσμούς του οικοσυστήματος που συμπεριφέρεται ταυτόχρονα και ως καταναλωτής 1ης και ως καταναλωτής 2ης τάξης (μονάδες 2). Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας (μονάδες 4).

β. Να γράψετε πόσα τροφικά επίπεδα μπορεί να υποστηρίξει το συγκεκριμένο οικοσύστημα (μονάδες 3) και να αιτιολογήσετε την απάντησή σας (τους οργανισμούς που ανήκουν σε περισσότερα από ένα επίπεδα, να τους κατατάξετε στο ανώτερο από τα επίπεδα στα οποία ανήκουν) (μονάδες 3).

Μονάδες 12

2.

4.2 Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται οι τροφικές σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος.



α. Να γράψετε το μέγιστο αριθμό τροφικών αλυσίδων που συμμετέχουν στο παραπάνω τροφικό πλέγμα (μονάδες 3). Να υποδείξετε, στη συνέχεια, τις τροφικές αλυσίδες του οικοσυστήματος (μονάδες 4).

β. Να εξηγήσετε πως χαρακτηρίζεται το οικοσύστημα που αναπαριστά το τροφικό πλέγμα με βάση τον τρόπο που εισάγεται η ενέργεια σε αυτό (μονάδες 6).

Μονάδες 13

3.

4.2 Οι οργανισμοί έχουν ανάγκη από ενέργεια την οποία εξασφαλίζουν με την τροφή τους. Οι τροφικές σχέσεις μεταξύ των οργανισμών διαφορετικών ειδών μπορούν να περιγραφούν, από τους επιστήμονες που τις μελετούν, με ποιοτικό ή ποσοτικό τρόπο.

α. Να δώσετε τον ορισμό της έννοιας της τροφικής αλυσίδας (μονάδες 4) και να αναφέρετε αν αποτελεί ποιοτική ή ποσοτική απεικόνιση των τροφικών σχέσεων των οργανισμών (μονάδες 2).

β. Δίνεται η παρακάτω τροφική αλυσίδα ενός χερσαίου οικοσυστήματος:

μαργαρίτες → έντομα → βάτραχος → φίδι

Να εξηγήσετε ποιοι από τους οργανισμούς της αλυσίδας δεσμεύουν την ηλιακή ενέργεια (μονάδες 2). Να προσδιορίσετε τον αριθμό των τροφικών επιπέδων των καταναλωτών του οικοσυστήματος (μονάδες 2) και να αιτιολογήσετε ποιο είναι το τροφικό επίπεδο με τη μικρότερη βιομάζα (μονάδες 3).

Μονάδες 13

4.

2.2 Οι τροφικές σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των οργανισμών διαφορετικών ειδών σε ένα οικοσύστημα μπορεί να μελετηθούν με τρόπο ποιοτικό και ποσοτικό.

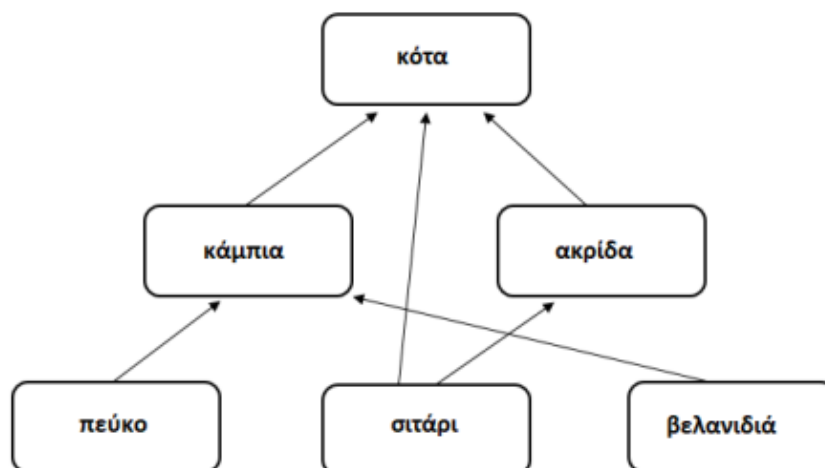
α. Να αναφέρετε ποιοι τύποι απεικονίσεων των τροφικών σχέσεων των οργανισμών του οικοσυστήματος είναι ποιοτικοί και ποιοι ποσοτικοί (μονάδες 6).

β. Ποια ποιοτική απεικόνιση των τροφικών σχέσεων των οργανισμών θεωρείτε περισσότερο πολύπλοκη και ρεαλιστική με βάση τις τροφικές σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος (μονάδες 3); Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας (μονάδες 4).

Μονάδες 13

5.

4.1 Το παρακάτω τροφικό πλέγμα απεικονίζει τις τροφικές σχέσεις ανάμεσα στους οργανισμούς σε μια αγροτική περιοχή.



α. Να περιγράψετε το κριτήριο που θα χρησιμοποιούσατε ώστε να διακρίνετε τους οργανισμούς του διαγράμματος σε παραγωγούς και καταναλωτές (μονάδες 4). Να αναφέρετε ποια άλλη κατηγορία οργανισμών του οικοσυστήματος, που δεν απεικονίζεται στο τροφικό πλέγμα, αποτελεί τους ετερότροφους οργανισμούς του οικοσυστήματος (μονάδες 2).

β. Ποιος από τους οργανισμούς του τροφικού πλέγματος συμπεριφέρεται ταυτόχρονα και ως καταναλωτής 1ης και ως καταναλωτής 2ης τάξης (μονάδες 2); Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας (μονάδες 4).

Μονάδες 12

6.

4.2. Σε ένα χερσαίο οικοσύστημα υπάρχουν κάμπιες, κουκουβάγιες (τρέφονται από κοτσύφια), ποώδη φυτά, κοτσύφια (τρέφονται από κάμπιες). Οι οργανισμοί που αναφέρονται εντάσσονται σε μια τροφική αλυσίδα. Η βιομάζα των κοτσυφιών είναι 40 Kg και κάθε ομάδα καταναλωτών τρέφεται αποκλειστικά από οργανισμούς της αμέσως προηγούμενης ομάδας.

α. Να σχεδιάσετε την τροφική αλυσίδα για την απεικόνιση αυτής της τροφικής αλληλεξάρτησης (μονάδες 4) και να αναφέρετε την τάξη καταναλωτών στην οποία ανήκουν οι κάμπιες (μονάδες 2).

β. Να υπολογίσετε τη βιομάζα κάθε ομάδας οργανισμών της τροφικής αλυσίδας (μονάδες 3). Να αιτιολογήσετε την απάντησή σας (μονάδες 4).

Μονάδες 13

7.

2.1 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).

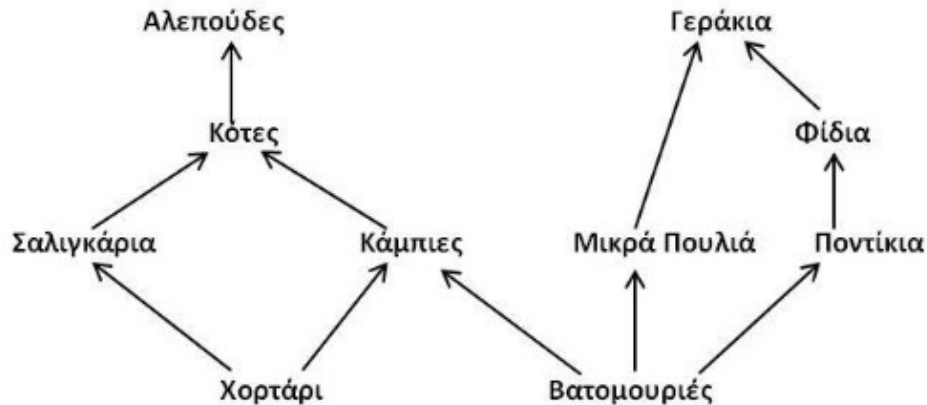
α. Να αναφέρετε τους δύο τρόπους με τους οποίους γίνεται η απεικόνιση των ποιοτικών τροφικών σχέσεων (μονάδες 2) και να εξηγήσετε ποιον από τους τρόπους αυτούς θα χρησιμοποιούσατε για να απεικονίσετε τις ποιοτικές τροφικές σχέσεις ενός δασικού οικοσυστήματος (μονάδες 4).

β. Η απεικόνιση των ποσοτικών τροφικών σχέσεων γίνεται με τις τροφικές πυραμίδες. Να εξηγήσετε από τι αποτελούνται οι τροφικές πυραμίδες (μονάδες 3) και να περιγράψετε τα είδη των τροφικών πυραμίδων που υπάρχουν, ανάλογα με τη μεταβολή της μεταβλητής που παρουσιάζουν (μονάδες 3).

Μονάδες 12

8.

4.2 Στο ακόλουθο τροφικό πλέγμα απεικονίζονται οι τροφικές σχέσεις που αναπτύσσονται ανάμεσα στους οργανισμούς ενός χερσαίου οικοσυστήματος.



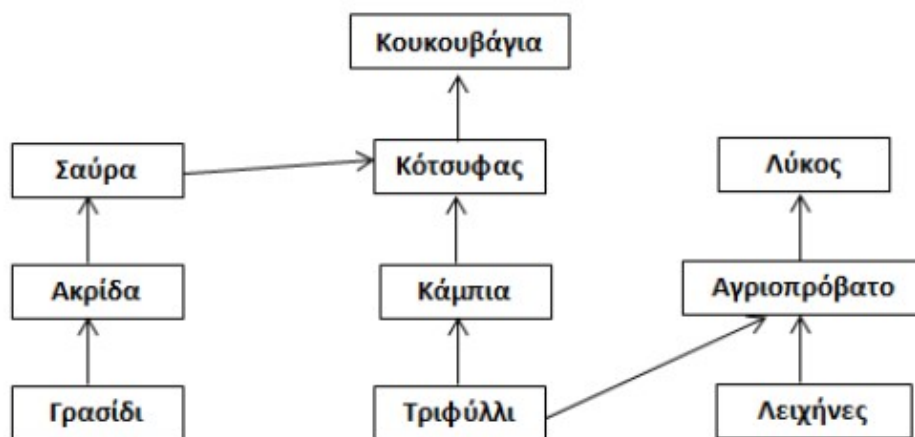
α. Να γράψετε όλες τις τροφικές αλυσίδες που περιέχονται στο τροφικό πλέγμα (μονάδες 5) και να εξηγήσετε σε ποιο τροφικό επίπεδο και σε ποια τάξη καταναλωτών ανήκουν οι κότες (μονάδες 2).

β. Αν η συνολική βιομάζα των ποντικών είναι 6.000 Kg και η μέση ξηρή μάζα ενός φιδιού είναι 2 Kg, να υπολογίσετε τη βιομάζα των φιδιών (μονάδες 2) και τον αριθμό των φιδιών (μονάδες 2) που ζουν στο εν λόγω οικοσύστημα. Αν υποθέσουμε ότι εξαιτίας μιας ασθένειας θα εξαφανιστούν τα ποντίκια του οικοσυστήματος, να εξηγήσετε τις μεταβολές που θα παρατηρηθούν αρχικά στους πληθυσμούς των βατομουριών και των φιδιών (μονάδες 2).

13 Μονάδες

9.

4.2 Στο παρακάτω τροφικό πλέγμα απεικονίζονται οι τροφικές σχέσεις των οργανισμών ενός χερσαίου οικοσυστήματος.



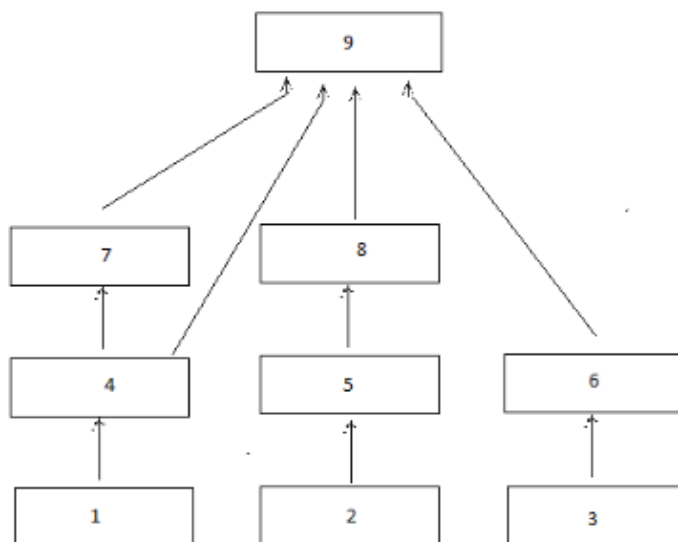
α. Να υποδείξετε τους παραγωγούς του οικοσυστήματος (μονάδες 3) και να προβλέψετε τι θα συμβεί αρχικά στον πληθυσμό του γρασιδιού, της σαύρας και του κότσουφας, αν ο πληθυσμός της ακρίδας εξαφανιστεί (μονάδες 3).

β. Να γράψετε τις τροφικές αλυσίδες του οικοσυστήματος (μονάδες 4) και να ονομάσετε έναν καταναλωτή 2ης τάξης (μονάδες 1) και έναν οργανισμό που συμπεριφέρεται ταυτόχρονα ως καταναλωτής 3ης και 4ης τάξης (μονάδες 2).

Μονάδες 13

10.

4.2 Στο παρακάτω τροφικό πλέγμα οι οργανισμοί 1,2, και 3 είναι παραγωγοί ενώ όλοι οι άλλοι είναι καταναλωτές.



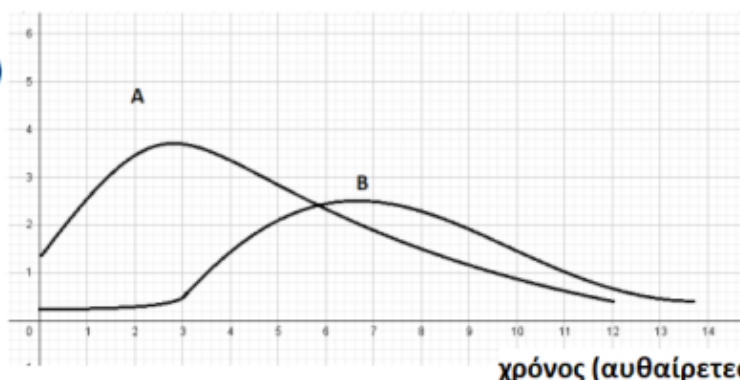
- α. Να αναφέρετε σε ποιο τροφικό επίπεδο ανήκουν οι οργανισμοί 8 και 9 (μονάδες 6).
- β. Αν εξαφανιστεί ο οργανισμός 4 να εξηγήσετε πως μπορεί να επηρεαστούν αρχικά οι οργανισμοί 1, 7, και 8 (μονάδες 3). Πιστεύετε ότι η αλλαγή αυτή θα είναι μόνιμη στο οικοσύστημα (μονάδες 4);

Μονάδες 13

11.

4.1 Στο παρακάτω διάγραμμα παριστάνονται οι πληθυσμοί δύο ειδών πρωτοζώων σε δείγματα από στάσιμα νερά σε συνάρτηση με το χρόνο. Μετά από μικροσκοπική παρατήρηση νωπών παρασκευασμάτων, οι μικροοργανισμοί ταυτοποιήθηκαν και διαπιστώθηκε ότι πρόκειται για τα πρωτόζωα *Paramecium* και *Didinium*. Η μικροσκοπική παρατήρηση υπέδειξε, επίσης, ότι το *Didinium* τρέφεται από το *Paramecium*, καθώς παρατηρήθηκαν άτομα του δεύτερου να “κατασπαράσσονται” από τα άτομα του πρώτου. Με βάση αυτά μπορείτε:

αριθμός μικροβίων
(αυθαίρετες μονάδες)



α. Να αντιστοιχίσετε τις καμπύλες Α και Β στα δύο είδη μικροβίων (μονάδες 2) και να αιτιολογήσετε την απάντησή σας από τη μορφή των καμπυλών (μονάδες 4).

β. Μετά από ακτινοβόληση των δειγμάτων του νερού και μικροσκοπική παρατήρηση στη συνέχεια ανιχνεύθηκαν κάποια ενδοσπόρια. Να εξηγήσετε αν είναι δυνατόν να προήλθαν από κάποιο από τα παραπάνω πρωτόζωα (μονάδες 2) και να αναφέρετε ποια άλλη κατηγορία μικροοργανισμού πιθανότατα υπάρχει στο συγκεκριμένο οικοσύστημα (μονάδες 2). Με βάση τα παραπάνω να προτείνετε μια πιθανή τροφική αλυσίδα, που ισχύει στα στάσιμα νερά που εξετάστηκαν, θεωρώντας ότι ο μικροοργανισμός που συνυπάρχει στο συγκεκριμένο οικοσύστημα με τα πρωτόζωα μπορεί να παράγει μόνος του την ενέργεια που χρειάζεται για την επιβίωσή του (μονάδες 2).

12 Μονάδες

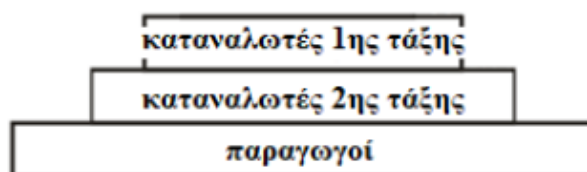
2.2.1 Ενδεικτικές Απαντήσεις

1.

4.1

α. Το σπουργίτι. Καταναλωτής 1ης τάξης (σιτάρι → σπουργίτι → αλεπού) και καταναλωτής 2ης τάξης (καλαμπόκι → ακρίδα → σπουργίτι → αλεπού / εναλλακτικά: σιτάρι → ακρίδα → σπουργίτι → αλεπού).

β. Το οικοσύστημα μπορεί να στηρίξει 3 τροφικά επίπεδα. Αιτιολόγηση: Το 1^ο επίπεδο είναι των παραγωγών (χορτάρι, καλαμπόκι, σιτάρι), το 2^ο επίπεδο είναι των καταναλωτών της 1ης τάξης (λαγός, ποντικός, ακρίδα) και το 3^ο επίπεδο είναι των καταναλωτών της 2ης τάξης (αλεπού, κουκουβάγια, σπουργίτι).



2.

4.2

α. Οι τροφικές αλυσίδες είναι 4.

χορτάρι → σαλιγκάρι → κότσυφας → γεράκι

βελανιδιά → κάμπια → κότσυφας → γεράκι

βελανιδιά → κάμπια → σπουργίτι → γεράκι

καλαμπόκι → ακρίδα → σπουργίτι → γεράκι

β. Το οικοσύστημα είναι αυτότροφο γιατί εισάγει όλη την ενέργεια που είναι απαραίτητη για τη διατήρηση της δομής του με τη μορφή της ηλιακής ακτινοβολίας (περιέχει παραγωγούς που συμβάλλουν σε αυτό).

3.

4.2

α. Τροφική αλυσίδα: Μια απεικόνιση ποιοτικών τροφικών σχέσεων μεταξύ των οργανισμών του οικοσυστήματος, στην οποία οι οργανισμοί που συμμετέχουν σχηματίζουν μια αλυσίδα, της οποίας τα βέλη δείχνουν τη ροή ενέργειας από τον καταναλισκόμενο στον καταναλωτή.

β. Οι οργανισμοί που δεσμεύουν την ηλιακή ενέργεια στην αλυσίδα είναι οι μαργαρίτες, που αποτελούν τους παραγωγούς και κάνουν φωτοσύνθεση. Τα τροφικά επίπεδα των καταναλωτών συνίστανται από τα έντομα, τους βατράχους και τα φίδια και είναι τρία. Το επίπεδο με τη μικρότερη βιομάζα θα είναι εκείνο των φιδιών, καθώς έχει υπολογιστεί ότι μόνο το 10% περίπου της ενέργειας ενός τροφικού επιπέδου περνάει στο επόμενο, καθώς το 90% της ενέργειας χάνεται. Την ίδια πτωτική τάση με την ενέργεια παρουσιάζει και η βιομάζα των οργανισμών.

4.

2.2

α. Οι τροφικές αλυσίδες και τα τροφικά πλέγματα αποτελούν ποιοτικές απεικονίσεις των τροφικών σχέσεων, ενώ οι τροφικές πυραμίδες αποτελούν ποσοτικές απεικονίσεις.

β. Το τροφικό πλέγμα, αποτελεί πιο ρεαλιστική απεικόνιση, γιατί απεικονίζει το σύνολο των τροφικών σχέσεων μεταξύ των οργανισμών ενός οικοσυστήματος. Στην πραγματικότητα, οι τροφικές σχέσεις μεταξύ των οργανισμών σε ένα οικοσύστημα 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.

5.

4.1

α. Οι οργανισμοί που ζουν σε ένα οικοσύστημα διακρίνονται, ανάλογα με τον τρόπο που εξασφαλίζουν την τροφή τους, σε παραγωγούς και καταναλωτές. (Συγκεκριμένα, οι παραγωγοί παράγουν οι ίδιοι τις χημικές ουσίες από τις οποίες εξασφαλίζεται η απαραίτητη ενέργεια για την επιβίωσή τους. Οι υπόλοιποι ετερότροφοι οργανισμοί παραλαμβάνουν με την τροφή τους τις χημικές ουσίες που είναι απαραίτητες για την κάλυψη των ενεργειακών αναγκών τους). Άλλη μία κατηγορία ετερότροφων οργανισμών είναι οι αποικοδομητές, δηλαδή βακτήρια και μύκητες του εδάφους που οξειδώνουν τη νεκρή οργανική ύλη.

β. Η κότα συμπεριφέρεται ταυτόχρονα και ως καταναλωτής 1ης και ως καταναλωτής 2ης τάξης. Συγκεκριμένα : Καταναλωτής 1ης τάξης (σιτάρι → κότα) και καταναλωτής 2ης τάξης (πεύκο → κάμπια → κότα / εναλλακτικά: σιτάρι → ακρίδα → κότα / βελανιδιά → κάμπια → κότα).

6.

4.2.

α. Η τροφική αλυσίδα είναι: ποώδη φυτά → κάμπια → κοτσύφια → κουκουβάγιες.

Οι κάμπιες ανήκουν στους καταναλωτές 1^{ης} τάξης.

β. Η βιομάζα στα ποώδη φυτά είναι: 4000 Kg, στις κάμπιες 400 Kg, στις κουκουβάγιες 4 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 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.

7.

2.1

α. Με τις τροφικές αλυσίδες και τα τροφικά πλέγματα. Για το δασικό οικοσύστημα θα πρέπει να χρησιμοποιηθεί το τροφικό πλέγμα με το οποίο δηλώνονται οι διαφορετικές πηγές με τις οποίες τρέφεται κάθε οργανισμός του δάσους, καθώς οι τροφικές σχέσεις μεταξύ των οργανισμών του συγκεκριμένου οικοσυστήματος είναι περισσότερο πολύπλοκες.

β. Οι τροφικές πυραμίδες αποτελούνται 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.

8.

4.2

α. Εμφανίζονται πέντε τροφικές αλυσίδες:

1^η: Χορτάρι → Σαλιγκάρια → Κότες → Αλεπούδες.

2^η: Χορτάρι → Κάμπιες → Κότες → Αλεπούδες.

3^η: Βατομουριές → Κάμπιες → Κότες → Αλεπούδες.

4^η: Βατομουριές → Μικρά πουλιά → Γεράκια.

5^η: Βατομουριές → Ποντίκια → Φίδια → Γεράκια.

Οι κότες ανήκουν στο 3^ο τροφικό επίπεδο και είναι καταναλωτές δεύτερης τάξης καθώς τρέφονται με σαλιγκάρια και κάμπιες που είναι φυτοφάγοι οργανισμοί.

β. Τα φίδια τρέφονται αποκλειστικά με ποντίκια. Αφού η συνολική βιομάζα των ποντικών είναι 6.000 Kg, η συνολική βιομάζα των φιδιών θα είναι 600 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. Με δεδομένο ότι η ξηρή μάζα κάθε φιδιού είναι 2Kg, ο αριθμός των φιδιών είναι $600 : 2 = 300$ φίδια. Αν εξαφανιστεί ο πληθυσμός των ποντικών, τότε θα εξαφανιστεί αρχικά και ο πληθυσμός των φιδιών τα οποία τρέφονται αποκλειστικά με ποντικούς. Ο πληθυσμός των βατομουριών θα αυξηθεί αρχικά, αφού από το οικοσύστημα εξαφανίζεται ένας σημαντικός καταναλωτής τους (τα ποντίκια).

9.

4.2

α. Οι παραγωγοί ή αυτότροφοι οργανισμοί του οικοσυστήματος περιλαμβάνουν το γρασίδι, τα τριφύλλια και τις λειχήνες. Το γρασίδι καταναλώνεται αποκλειστικά από τις ακρίδες, συνεπώς η εξαφάνιση του πληθυσμού της ακρίδας θα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του γρασιδιού. Αντίθετα, ο πληθυσμός της σαύρας αρχικά θα μειωθεί και ίσως εξαφανιστεί ή θα μεταναστεύσει σε άλλο γειτονικό οικοσύστημα, διότι η μοναδική πηγή τροφής του είναι η ακρίδα. Αντίθετα, οι κότσυφες, επειδή διαθέτουν και άλλη εναλλακτική πηγή τροφής θα τραφούν από αυτή.

β. Οι τροφικές αλυσίδες είναι:

Γρασίδι → Ακρίδα → Σαύρα → Κότσυφας → Κουκουβάγια

Τριφύλλι → Κάμπια → Κότσυφας → Κουκουβάγια

Τριφύλλι → Αγριοπρόβατο → Λύκος

Λειχήνες → Αγριοπρόβατο → Λύκος

Ένας καταναλωτής 2ης τάξης είναι η σαύρα (εναλλακτικά: ο κότσυφας ή ο λύκος).

Ένας καταναλωτής 3ης και 4ης τάξης ταυτόχρονα είναι η κουκουβάγια, στην 2η και 1η τροφική αλυσίδα, αντίστοιχα.

10.

4.2

α. Το πρώτο τροφικό επίπεδο 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. Με βάση αυτά λοιπόν, ο οργανισμός 8 ανήκει στο τρίτο τροφικό επίπεδο. Όμως, η κατάταξη των καταναλωτών στα τροφικά επίπεδα δεν είναι πάντοτε εύκολη, επειδή υπάρχουν οργανισμοί που μπορούν να αλλάζουν τις διατροφικές τους συνήθειες ανάλογα με την εποχή. Έτσι, ο οργανισμός 9 ανήκει στο τρίτο τροφικό επίπεδο όταν τρέφεται από τους οργανισμούς 6 και 4, ενώ όταν καταναλώνει τους οργανισμούς 8 και 7 τοποθετείται στο τέταρτο τροφικό επίπεδο.

β. Ο πληθυσμός του είδους 1 θα αυξηθεί γιατί θα σταματήσει να καταναλώνεται. Τα άτομα του είδους 7 δε θα έχουν να φάνε και θα μεταναστεύσουν ή θα μειωθεί ο πληθυσμός τους. Ο πληθυσμός του είδους 8 θα μειωθεί αρχικά. Αυτό θα συμβεί καθώς τα άτομα του είδους

9, μετά την εξαφάνιση του 4 και την μείωση του πληθυσμού του είδους 7, θα τρέφονται περισσότερο από άτομα από τον πληθυσμό του 8 (αλλά και με άτομα από τους πληθυσμούς των ειδών 6 και 7). Η αλλαγή αυτή δεν θα είναι μόνιμη γιατί οι μηχανισμοί αυτορρύθμισης που διαθέτει κάθε οικοσύστημα (και ιδιαίτερα τα οικοσυστήματα με μεγαλύτερη ποικιλότητα) το κάνουν ικανό να επαναφέρει την ισορροπία στις σχέσεις μεταξύ βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων, όποτε μια μεταβολή τείνει να τις απορρυθμίσει.

11.

4.1

α. Η καμπύλη Α αντιστοιχεί στο *Paramecium* και η Β στο *Didinium*. Εφόσον το *Paramecium* αποτελεί τροφή για το *Didinium*, το *Paramecium* βρίσκεται στο αμέσως προηγούμενο τροφικό επίπεδο. Άρα ο πληθυσμός του *Paramecium* αυξάνεται πριν από αυτόν του *Didinium* και αποκτά μεγαλύτερη τιμή από αυτόν. Πράγματι η καμπύλη Α αποκτά τη μέγιστη τιμή της πριν από την καμπύλη Β και η μέγιστη τιμή της Α είναι μεγαλύτερη από αυτήν της Β. Επίσης, παρατηρούμε ότι η καμπύλη Α αρχίζει να φθίνει όταν η καμπύλη Β αρχίζει να αυξάνεται, πράγμα που δικαιολογείται από το γεγονός ότι τα άτομα του *Paramecium* αρχίζουν να μειώνονται όταν τα άτομα του *Didinium* τα τρώνε, αυξάνοντας αυτά τον πληθυσμό τους. Στη συνέχεια ο πληθυσμός των *Didinium* θα μειωθεί λόγω της μείωσης του πληθυσμού του *Paramecium* που κατανάλωσε.

β. Τα πρωτόζωα δεν σχηματίζουν ενδοσπόρια, άρα αποκλείεται τα ενδοσπόρια να προέκυψαν από κάποιο από τα παραπάνω πρωτόζωα. Τα βακτήρια σε αντίξοες συνθήκες, όπως, στην προκειμένη περίπτωση, υπό τη δράση ακτινοβολιών, μετατρέπονται σε ανθεκτικές μορφές, τα ενδοσπόρια. Επομένως, στα νερά συνυπάρχει με τα πρωτόζωα και τουλάχιστον ένα είδος φωτοσυνθετικού βακτηρίου (πιθανότατα κυανοβακτήριο) και, εφόσον γνωρίζουμε ότι το *Didinium* τρέφεται από το *Paramecium*, μια πιθανή τροφική αλυσίδα στο οικοσύστημα είναι η εξής: Βακτήρια → *Paramecium* → *Didinium*.