

ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ, ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΝΕΟΛΑΙΑΣ

ΒΙΟΛΟΓΙΑ

Β΄ ΛΥΚΕΙΟΥ
ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ
ΥΠΟΣΤΗΡΙΚΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

ΕΝΟΤΗΤΑ 7: ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ



ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ΒΙΟΛΟΓΙΑ Β΄ ΛΥΚΕΙΟΥ, ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ

ΕΝΟΤΗΤΑ 7: ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ

Συγγραφική ομάδα:

Δρ Ανδρέας Χατζηχαμπής, *Βοηθός Διευθυντής,
Λειτουργός Αναλυτικών Προγραμμάτων Βιολογίας*

Δρ Δήμητρα Παρασκευά-Χατζηχαμπή, *Εκπαιδευτικός
Λειτουργός Αναλυτικών Προγραμμάτων Βιολογίας*

Γιώργος Λάζου
Εκπαιδευτικός Βιολογίας Μέσης Γενικής Εκπαίδευσης

Νικόλας Παπανικόλας
Εκπαιδευτικός Βιολογίας Μέσης Γενικής Εκπαίδευσης

Δρ Κωνσταντίνος Κορφιιάτης, *Αναπληρωτής Καθηγητής
Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου*

Δρ Σπύρος Σφενδουράκης, *Καθηγητής
Τμήμα Βιολογικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Κύπρου*

Επιτροπή κρίσης-Αξιολόγησης:

Ομάδα Αναλυτικών Προγραμμάτων Βιολογίας

Σύνδεσμος Επιθεωρητής:

Δρ π. Δημήτριος Ματπούρας, *Επιθεωρητής Μέσης Εκπαίδευσης
Φυσιογνωστικών/Βιολογίας, ΥΠΠΑΝ*

Επιστημονικοί συνεργάτες:

Για το επιστημονικό περιεχόμενο: Δρ Σπύρος Σφενδουράκης, *Καθηγητής,
Τμήμα Βιολογικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Κύπρου*

Για τη διδακτική προσέγγιση: Δρ Κωνσταντίνος Κορφιιάτης, *Αναπληρωτής Καθηγητής,
Τμήμα Επιστημών της Αγωγής, Πανεπιστήμιο Κύπρου*

Λειτουργοί Αναλυτικών Προγραμμάτων Βιολογίας:

Δρ Ανδρεανή Μπάιτελμαν, *Διευθύντρια Μέσης Γενικής Εκπαίδευσης*

Δρ Ανδρέας Χατζηχαμπής, *Βοηθός Διευθυντής Μέσης Γενικής Εκπαίδευσης*

Δρ Δήμητρα Παρασκευά-Χατζηχαμπή, *Βοηθός Διευθύντρια Μέσης Γενικής Εκπαίδευσης*

Εποπτεία:

Δρ π. Δημήτριος Ματπούρας, *Επιθεωρητής Μέσης Εκπαίδευσης
Φυσιογνωστικών/Βιολογίας, ΥΠΠΑΝ*

Επιμέλεια έκδοσης:

Μαρίνα Άστρα Ιωάννου, *Λειτουργός Υπηρεσίας Ανάπτυξης Προγραμμάτων*

Συντονισμός έκδοσης:

Χρίστος Παρπούνας, *Συντονιστής Υπηρεσίας Ανάπτυξης Προγραμμάτων*

Δοκιμαστική Έκδοση 2020

Εκτύπωση: Κώνος Λτδ

© ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ, ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ ΚΑΙ ΝΕΟΛΑΙΑΣ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΚΥΠΡΟΥ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

ISBN: 978-9963-54-243-7

Σενάριο – Καθοδηγητικό Ερώτημα



Η **κυπριακή αλεπού**, με το επιστημονικό όνομα ***Vulpes vulpes indutus***, είναι ένα ενδημικό υποείδος της κόκκινης αλεπούς και το μόνο θηλαστικό της τάξης Σαρκοφάγα στην Κύπρο. Λόγω του ότι θεωρήθηκε επιβλαβές είδος για την κτηνοτροφία και τα θηράματα, κυνηγήθηκε ανελέητα στο παρελθόν με αποτέλεσμα ο πληθυσμός της να μειωθεί αισθητά. Σήμερα, όμως, επιστημονικές μελέτες καταδεικνύουν ότι έχει μικρή επίδραση στην πτηνοτροφία και στους πληθυσμούς των θηρεύσιμων ζώων, ενώ παράλληλα αναδεικνύεται ο ωφέλιμος ρόλος που έχει στα φυσικά οικοσυστήματα, κυρίως μέσα από τον έλεγχο των πληθυσμών των τρωκτικών, όπως η ποντίκα.

Η αλεπού λόγω της μεγάλης δεδομένης επιτυχίας της σε κάθε τύπο βιοτόπου, συναντάται σε όλη την επικράτεια του νησιού: σε ορεινές, πεδινές και παραθαλάσσιες περιοχές, σε πυκνά δάση, σε θαμνώνες, ακόμη και κοντά σε κατοικημένες περιοχές, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα φαγητού. Ζει συνήθως σε σπηλιές, πυκνούς θάμνους ή σε τρύπες στο έδαφος τις οποίες ανοίγει η ίδια.

Η αναπαραγωγική περίοδος της κόκκινης αλεπούς αρχίζει Ιανουάριο με Φεβρουάριο. Η διάρκεια της κυοφορίας διαρκεί περίπου 50 ημέρες και γεννά 3 με 7 μικρά κάθε φορά, τα οποία φροντίζει μέχρι το φθινόπωρο. Στη συνέχεια τα μικρά αλεπουδάκια απομακρύνονται σταδιακά από την περιοχή της φωλιάς και ανεξαρτητοποιούνται.



Τα τελευταία χρόνια, σύμφωνα με δεδομένα της Υπηρεσίας Θήρας και Πανίδας, φαίνεται ότι σημειώνεται κάποια αύξηση στους πληθυσμούς του είδους στη χώρα με αποτέλεσμα η επιστημονική κοινότητα, αλλά και η ευρύτερη κοινωνία να προβληματίζεται σχετικά με τη διαχείριση την οποία πρέπει να τύχουν οι πληθυσμοί της.

Καθοδηγητικό ερώτημα

Από διάφορες ομάδες στην κυπριακή κοινωνία διατυπώνεται η άποψη πως η αύξηση στον πληθυσμό των αλεπούδων αποτελεί απειλή για τους πληθυσμούς άλλων ζώων, ιδιαίτερα για τον λαγό και την πέρδικα, δύο από τα πιο δημοφιλή θηράματα κατά την κυνηγετική περίοδο. Υποστηρίζουν ακόμη ότι σε μερικές περιπτώσεις οι αλεπούδες έχουν εξαφανίσει τοπικά τα είδη αυτά.

Επιστήμονες και άλλοι, ανταποκρινόμενοι σε αυτή την ανησυχία παραθέτουν τους δικούς τους προβληματισμούς και ερωτήματα τα οποία παρουσιάζονται πιο κάτω:

- Ποιο είναι το ακριβές διαιτολόγιο της αλεπούς στην κυπριακή ύπαιθρο;
- Ποιοι άλλοι λόγοι είναι πιθανό να επηρεάζουν αρνητικά τους πληθυσμούς του λαγού και της πέρδικας;
- Είναι πιθανή η περίπτωση ο πληθυσμός ενός θηρευτή να ακολουθεί αυξητική πορεία για μεγάλο χρονικό διάστημα ενόσω ο πληθυσμός του/των θηράματος/ων να μειώνεται σταθερά;

Να συλλέξετε πληροφορίες σχετικά με το πιο πάνω ζήτημα και σε ακόλουθη συνάντηση μέσω ενός παιχνιδιού ρόλων να αναπτύξετε την ανάλογη συζήτηση οργανωμένοι σε δύο “αντίπαλες” ομάδες σχετικά με το ποια διαχείριση πρέπει να τύχει ο πληθυσμός της κυπριακής αλεπούς.

7.1 Βασικές έννοιες Οικολογίας

7.1.1 Από το άτομο στη βίοςφαιρα

Τον όρο «Οικολογία» επινόησε για πρώτη φορά ο Γερμανός βιολόγος Ernst Haeckel το 1866, συνθέτοντας τις ελληνικές λέξεις «οίκος» και «λόγος». Ο ίδιος όρισε την Οικολογία ως «επιστήμη της σχέσης των οργανισμών με το περιβάλλον τους». Ωστόσο, πρόδρομος και πατέρας της Οικολογίας, θεωρείται ο Θεόφραστος (μαθητής του Αριστοτέλη), ο οποίος περιέγραψε αλληλεπιδράσεις μεταξύ οργανισμών καθώς και μεταξύ οργανισμών και του περιβάλλοντός τους, ήδη από τον 4^ο αι. π.Χ.

Το πρώτο οικολογικό εγχειρίδιο γράφτηκε το 1895 από τον Δανό βοτανικό, Eugenius Warming, ο οποίος αναφέρεται ως ο θεμελιωτής της σύγχρονης Οικολογίας. Οι οικολόγοι εξετάζουν διάφορα επίπεδα στην ιεραρχία των έμβιων όντων, από τους μεμονωμένους οργανισμούς έως ολόκληρο τον πλανήτη. Κάθε επίπεδο βιολογικής οργάνωσης που παρουσιάζεται συνοπτικά στο Ένθετο 1 συνοδεύεται από **ένα παράδειγμα ερευνητικού ερωτήματος** που απασχολεί τον αντίστοιχο κλάδο της οικολογίας στο συγκεκριμένο επίπεδο.

	Άτομο είναι ένας μεμονωμένος οργανισμός ενός είδους. Η οργανισμική οικολογία μελετά πώς αποκρίνονται η δομή, η φυσιολογία και (στην περίπτωση των ζώων) η συμπεριφορά των οργανισμών στις προκλήσεις που θέτει το περιβάλλον τους. ➤ Πώς επιλέγει το ταίρι της η κόκκινη αλεπού;
	Πληθυσμός είναι το σύνολο των ατόμων ενός είδους που ζουν σε δεδομένο χώρο και χρόνο και έχουν τη δυνατότητα αναπαραγωγικής συνεύρεσης και επιτυχίας. Η πληθυσμιακή οικολογία αναλύει τους παράγοντες που επηρεάζουν το μέγεθος των πληθυσμών, όπως επίσης το πώς και γιατί μεταβάλλεται το μέγεθος αυτό στο πέρασμα του χρόνου. ➤ Ποιοι περιβαλλοντικοί παράγοντες επηρεάζουν τον αναπαραγωγικό ρυθμό των αλεπούδων;
	Βιοκοινότητα είναι μια ομάδα από πληθυσμούς διαφορετικών ειδών που συνυπάρχουν και αλληλεπιδρούν μεταξύ τους σε μια περιοχή (το βιοτικό στοιχείο του περιβάλλοντος). Η οικολογία των βιοκοινοτήτων εξετάζει τη δομή και οργάνωση των βιοκοινοτήτων και πώς επηρεάζεται από τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαφόρων ειδών, π.χ. από τη θήρευση και τον ανταγωνισμό. ➤ Ποιοι παράγοντες επηρεάζουν την ποικιλότητα των ειδών που φιλοξενεί ένα δάσος;
	Οικοσύστημα είναι το σύνολο των βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων καθώς και οι μεταξύ τους αλληλεπιδράσεις. Η οικολογία των οικοσυστημάτων δίνει έμφαση στη ροή ενέργειας και στους βιογεωχημικούς κύκλους μεταξύ οργανισμών και περιβάλλοντος. ➤ Ποιοι παράγοντες ελέγχουν τη φωτοσυνθετική παραγωγικότητα σε ένα εύκρατο δάσος;
	Τοπίο είναι ένα μωσαϊκό αποτελούμενο από οικοσυστήματα που συνδέονται μεταξύ τους. Η οικολογία τοπίου επικεντρώνεται στους παράγοντες που ελέγχουν την ανταλλαγή ενέργειας, υλικών και οργανισμών μεταξύ πολυάριθμων οικοσυστημάτων. ➤ Σε ποιον βαθμό τα δέντρα που περιστοιχίζουν ένα ποτάμι χρησιμεύουν ως διάδρομοι διασποράς για τα ζώα;
	Βίοςφαιρα είναι το τμήμα του πλανήτη που συντηρεί ή μπορεί να συντηρήσει τη ζωή. Η βίοςφαιρα μπορεί να θεωρηθεί το μέγιστο οικοσύστημα. ➤ Πώς επηρεάζεται η παγκόσμια κατανομή των καρκινοειδών από την κυκλοφορία του ωκεάνιου νερού;

Ο όρος **οικοσύστημα** αποτελεί κεντρική έννοια της οικολογίας. Το οικοσύστημα είναι μια οργανωμένη και αυτορυθμιζόμενη ενότητα αβιοτικών παραγόντων (π.χ. έδαφος, νερό, θερμοκρασία, διαθέσιμα θρεπτικά, pH, αλατότητα) και βιοτικών παραγόντων (φυτά, ζώα, μικροοργανισμοί, μύκητες) που συνυπάρχουν στον χώρο, αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και ανταλλάσσουν υλικά και πληροφορίες με κινητήρια δύναμη την ενέργεια. Συνήθως το οικοσύστημα το ορίζουμε βάσει ορισμένων βιολογικών (π.χ. γενική κατηγορία βλάστησης) ή γεωμορφολογικών (π.χ. έρημος) χαρακτηριστικών. Το οικοσύστημα μπορεί να έχει μικροσκοπικές διαστάσεις (π.χ. το εσωτερικό ενός κυττάρου είναι το οικοσύστημα στο οποίο ζει ένα ενδοκυτταρικό παράσιτο) ή να περιλαμβάνει ολόκληρη τη βιόσφαιρα.

Εικόνα 1: Δασικό Οικοσύστημα



Το **ενδιαίτημα** είναι ο χώρος και τα χαρακτηριστικά του φυσικού περιβάλλοντος όπου ζει ή μπορεί να ζήσει πληθυσμός ενός είδους π.χ. ενδιαίτημα αλεπούς, καφέ αρκούδας, ρίγανης. Περιλαμβάνει τόσο αβιοτικά όσο και έμβια στοιχεία. Ο όρος **οικότοπος** είναι παρόμοιος με το ενδιαίτημα και χρησιμοποιείται κυρίως στον χώρο της διαχείρισης της φύσης, ιδιαίτερα σε τεχνικές μελέτες και στην ευρωπαϊκή και εθνική νομοθεσία, αν και συνήθως αφορά «τύπους» ενδιαίτηματος. Ο **βιότοπος** είναι η περιοχή (ο τόπος) στην οποία ζει μια βιοκοινότητα. Η **οικοθέση** (γνωστή και ως οικολογικός θώκος) δεν έχει διαστάσεις χώρου, παρότι λεκτικά παραπέμπει σε αυτόν. Σε αντίθεση με το ενδιαίτημα, η οικοθέση είναι μια αφηρημένη έννοια. Η οικοθέση αποτελεί χαρακτηριστικό των ειδών, αφού συνοψίζει το σύνολο των πόρων που χρησιμοποιεί ένα είδος, δηλ. όλες τις απαιτήσεις του, και

προσδιορίζει τον ρόλο του είδους στη βιοκοινότητα.

Η έννοια της οικοθέσης όπως την ορίζουμε σήμερα συμπεριλαμβάνει όλο το φάσμα των περιβαλλοντικών συνθηκών που είναι απαραίτητες σ' ένα είδος για να μπορέσει να διατηρήσει βιώσιμο πληθυσμό καθώς και τους πόρους που του χρειάζονται για τον ίδιο σκοπό (π.χ., για τα φυτά νερό, θρεπτικά, φως, για τα ζώα θέσεις φωλιάσματος, χρόνος δραστηριοποίησης). Οι βιότοποι, οι οποίοι είναι πραγματικές θέσεις στον χώρο, παρέχουν δυνατότητες για πολυάριθμες οικοθέσεις. Ο βιότοπος πευκοδάσος του Τροόδους, για παράδειγμα, παρέχει οικοθέσεις για πεύκα, αλεπούδες, αράχνες, μυρμηγκία και μύρια όσα άλλα είδη.

Γνωρίζετε ότι ...

Ο Αμερικανός οικολόγος Eugene Odum χρησιμοποίησε την παρακάτω αναλογία για να εξηγήσει την έννοια της οικοθέσης.

Αν το ενδιαίτημα ενός οργανισμού αντιστοιχεί στη «διεύθυνσή» του, τότε η οικοθέση αντιστοιχεί στο «επάγγελμά» του. Με άλλα λόγια, η οικοθέση ενός οργανισμού συνιστά τον οικολογικό του ρόλο –τη «θέση» του στο οικοσύστημα. Για παράδειγμα, η οικοθέση μιας τροπικής δενδρόβιας σαύρας αποτελείται, μεταξύ πολλών άλλων, από το θερμοκρασιακό εύρος που μπορεί αυτή να ανεχθεί, το μέγεθος των κλαδιών στα οποία φωλιάζει, τις ώρες της ημέρας κατά τις οποίες είναι δραστήρια, αλλά και από το μέγεθος και το είδος των εντόμων με τα οποία τρέφεται.



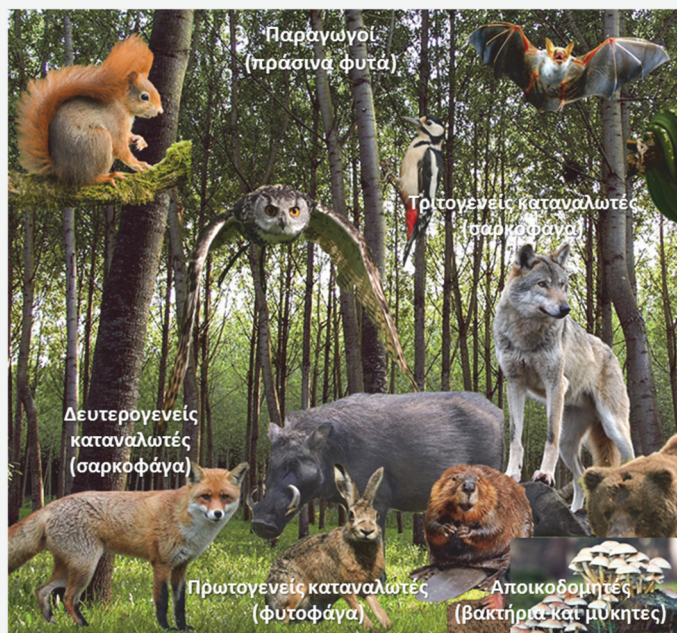
Δραστηριότητα 7.1

- (α) Να εξηγήσετε τις διαφορές μεταξύ του οικοσυστήματος και της βιοκοινότητας.
- (β) Να περιγράψετε το οικοσύστημα της κυττάριακής αλεπούς.
- (γ) Ποιες είναι οι διαστάσεις ενός οικοσυστήματος;

7.1.2 Πρωταγωνιστές στα οικοσυστήματα

Ο τρόπος με τον οποίο οι οργανισμοί αποκτούν την τροφή τους, τους κατατάσσει σε τρεις μεγάλες κατηγορίες: τους παραγωγούς, τους καταναλωτές και τους αποικοδομητές.

Καταναλωτές θεωρούνται όλοι οι οργανισμοί, οι οποίοι δεν έχουν τη δυνατότητα να συνθέσουν από μόνοι τους όλες τις οργανικές τους ουσίες και αναγκάζονται να τις παίρνουν έτοιμες, τρώγοντας άλλους οργανισμούς ή μέρη τους.



Οι καταναλωτές διακρίνονται σε 1^{ης}, 2^{ης}; κ.λπ. τάξης (πρωτογενείς, δευτερογενείς κ.λπ.). Οι καταναλωτές 1^{ης} τάξης τρέφονται με φωτοσυνθετικούς οργανισμούς (φυτοφάγοι), οι καταναλωτές 2^{ης} τάξης είναι σαρκοφάγοι οργανισμοί και τρέφονται με καταναλωτές 1^{ης} τάξης κ.ο.κ.

Αποικοδομητές είναι οι οργανισμοί (βακτήρια, αρχαία, μύκητες) που με τη δράση τους διασπούν τις οργανικές ουσίες των νεκρών σωμάτων άλλων οργανισμών.

Οι αποικοδομητές διασπούν επίσης τις οργανικές ουσίες που αποβάλλουν οι άλλοι οργανισμοί κατά τη διάρκεια της ζωής τους (περιττώματα, ούρα κ.λπ.) σε απλές ανόργανες (ανοργανοποίηση).

Με τη διάσπαση που προκαλούν οι αποικοδομητές επαναφέρουν στο περιβάλλον απλές ανόργανες ουσίες που θα χρησιμοποιηθούν από τους παραγωγούς.

Ένθετο 2: Παραγωγοί, καταναλωτές, αποικοδομητές

Δραστηριότητα 7.2:

(α) Το φθινόπωρο τα φύλλα πέφτουν από τα δέντρα. Ωστόσο, τα χημικά στοιχεία που υπάρχουν στα φύλλα μπορούν να επαναπροσληφθούν από τα φυτά. Να εξηγήσετε με ποιον τρόπο συμβαίνει αυτό.

(β) Σε ποια από τις παραπάνω κατηγορίες οργανισμών συναντούμε τα παμφάγα ζώα;

(γ) Να βάλετε στη σωστή σειρά τις παρακάτω έννοιες, που δίνονται με αλφαβητική σειρά, ώστε η προηγούμενη να περιέχει την επόμενη:

Άτομο – βιοκοινότητα – βιότοπος – βιόσφαιρα - πληθυσμός – οικοθέση – οικοσύστημα.

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). Η απεικόνιση των ποιοτικών τροφικών σχέσεων που αναπτύσσονται μεταξύ των οργανισμών ενός

οικοσυστήματος γίνεται με τις **τροφικές αλυσίδες** (Εικόνα 2) και τα **τροφικά πλέγματα** (Εικόνα 3), ενώ η απεικόνιση των ποσοτικών τροφικών σχέσεων γίνεται με τις **τροφικές πυραμίδες**. Στο πλαίσιο του οικοσυστήματος οι οργανισμοί κατατάσσονται σε διαφορετικά τροφικά επίπεδα ανάλογα με τις τροφικές ανάγκες και συνήθειές τους.

Δραστηριότητα 7.3:

Αφού μελετήσετε την τροφική αλυσίδα και το τροφικό πλέγμα πευκοδάσους στα οποία συμμετέχει η αλεπού, να απαντήσετε στα ερωτήματα που ακολουθούν:



(α) Τι ονομάζουμε τροφική αλυσίδα και τι τροφικό πλέγμα;

(β) Ποια από τις έννοιες, τροφική αλυσίδα ή τροφικό πλέγμα, είναι πλησιέστερη προς την πραγματικότητα που υπάρχει στα φυσικά οικοσυστήματα; Να εξηγήσετε την απάντησή σας.

(γ) Σε πόσες τροφικές αλυσίδες συμμετέχει η αλεπού στο οικοσύστημα του πευκοδάσους;

(δ) Ποιος/ποιοι είναι οι κορυφαίοι καταναλωτές του πευκοδάσους;

(ε) Ποιος οργανισμός του πευκοδάσους συμπεριφέρεται ταυτόχρονα ως καταναλωτής και 1^{ης}, και 2^{ης} και 3^{ης} τάξης;

(στ) Αν από το τροφικό πλέγμα του πευκοδάσους εξαφανιστούν οι λαγοί, οι πληθυσμοί ποιων ειδών θα επηρεαστούν άμεσα και γιατί;

(Ζ) Μια ασθένεια των πεύκων προκάλεσε την ξήρανση όλων των πεύκων του πευκοδάσους. Ποιο είδος θα επηρεαστεί περισσότερο και γιατί;

(η) Να επιχειρηματολογήσετε κατά πόσο μπορείτε με βάση την τροφική αλυσίδα και το τροφικό πλέγμα να εξαγάγετε αξιόπιστα συμπεράσματα για την ποσότητα της τροφής των διάφορων οργανισμών.

7.1.3.2 Τροφικά επίπεδα και τροφικές πυραμίδες

Οι **τροφικές πυραμίδες** αποτελούν μοντέλα απεικόνισης των **ποσοτικών 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 «ίδιο αριθμό βημάτων» από τον ήλιο. Πιο συγκεκριμένα:

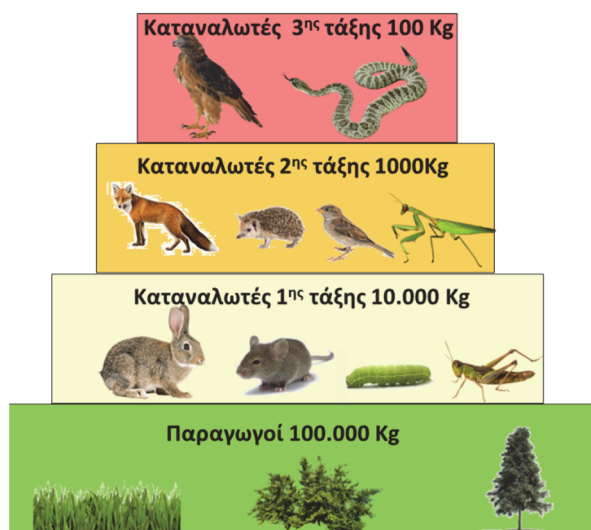
- Το πρώτο τροφικό επίπεδο, που βρίσκεται στη βάση της τροφικής πυραμίδας, είναι αυτό των παραγωγών.
- Το δεύτερο τροφικό επίπεδο είναι αυτό των καταναλωτών 1^{ης} τάξης.
- Το τρίτο τροφικό επίπεδο είναι αυτό των καταναλωτών 2^{ης} τάξης κ.ο.κ.

Υπάρχουν 3 είδη τροφικών πυραμίδων:

- Βιομάζας
- Ενέργειας
- Αριθμών

Τροφική πυραμίδα Βιομάζας

Οι **πυραμίδες της βιομάζας** παριστάνουν το σύνολο της βιομάζας κάθε τροφικού επιπέδου ανά μονάδα επιφάνειας (m²) για κάποιο δεδομένο χρονικό διάστημα. **Βιομάζα** είναι η ποσότητα της μάζας (ξηρού βάρους) των οργανισμών που ζουν σε ένα τροφικό επίπεδο κάποιου οικοσυστήματος. Συνήθως μόνο το 10% της βιομάζας ενός τροφικού επιπέδου περνά στο επόμενο τροφικό επίπεδο.

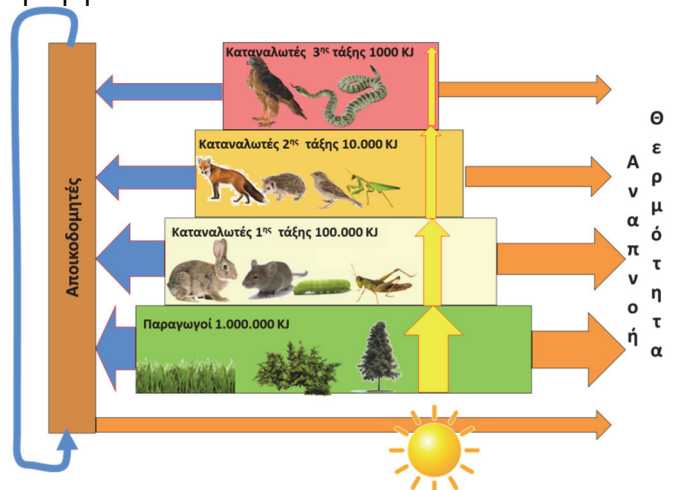


Εικόνα 4: Τροφική πυραμίδα βιομάζας

Τροφική πυραμίδα ενέργειας - Μετατρεπτική αποδοτικότητα

Οι **πυραμίδες ενέργειας** δείχνουν τη ροή της ενέργειας στα διάφορα τροφικά επίπεδα.

Η ενέργεια, με τη μορφή της χημικής ενέργειας που εμπεριέχεται στην τροφή των οργανισμών, περνάει από το κατώτερο τροφικό επίπεδο (των παραγωγών) στο ανώτερο. Η **μετατρεπτική αποδοτικότητα** είναι το ποσό της ενέργειας που μεταφέρεται από το ένα επίπεδο στο άλλο μέσα από την τροφή.



Εικόνα 5: Τροφική πυραμίδα ενέργειας

Δραστηριότητα 7.4:

Η Εικόνα 5 παρουσιάζει τροφική πυραμίδα ενέργειας σε πευκοδάσος.

(α) Να υπολογίσετε το ποσοστό της ενέργειας που περνάει και το ποσοστό της ενέργειας που χάνεται από το ένα τροφικό επίπεδο στο άλλο.

(β) Να δώσετε τέσσερα (4) επιχειρήματα που να εξηγούν που οφείλεται η απώλεια ενέργειας από το ένα επίπεδο στο άλλο.

(γ) Να εξηγήσετε τι θα συνέβαινε σε ένα οικοσύστημα εάν εξαφανίζονταν οι αποικοδομητές.

(δ) Ο άνθρωπος σήμερα με τη βοήθεια της τεχνολογίας μπορεί να παράγει ουσίες που δεν τις «γνωρίζουν» οι αποικοδομητές (π.χ. πλαστικά). Ποια επίπτωση μπορεί να έχει αυτό στα οικοσυστήματα;

Προσέξτε!

Αν:

η βιομάζα του 1^{ου} τροφικού επιπέδου είναι αη βιομάζα του 2^{ου} τροφικού επιπέδου είναι βη βιομάζα του 3^{ου} τροφικού επιπέδου είναι γ

Τότε, αν δίνεται η βιομάζα σε ένα τροφικό επίπεδο, μπορούμε να βρούμε τη βιομάζα:

(I) στο αμέσως ανώτερο τροφικό επίπεδο διαιρούμε με το 10.

$$\beta = \alpha / 10$$

$$\gamma = \beta / 10 = \alpha / 100$$

(II) στο αμέσως κατώτερο τροφικό επίπεδο πολλαπλασιάζουμε με το 10.

$$\beta = 10\gamma$$

$$\alpha = 10\beta = 100\gamma$$

Το ίδιο γίνεται και στην πυραμίδα ενέργειας.

Διευκρινίζεται ότι το 1:10 αντιπροσωπεύει 'τάξη μεγέθους' και όχι απόλυτο και ακριβή κανόνα.

Δραστηριότητα 7.5:

Στο οικοσύστημα του πευκοδάσους ισχύει η παρακάτω τροφική αλυσίδα:

Αόρατος → κάμπιες → σκαντζόχοιροι → αλεπούδες

Έστω ότι όλοι οι οργανισμοί του κάθε τροφικού επιπέδου τρέφονται αποκλειστικά με οργανισμούς του προηγούμενου τροφικού επιπέδου. Η βιομάζα των καμπίων είναι 5×10^2 Kg και η ενέργεια που εμπεριέχεται στους αόρατους είναι 40,000,000 KJ.

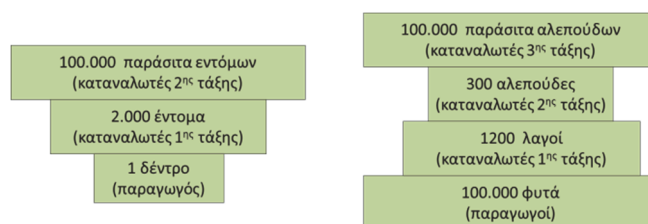
(α) Να υπολογίσετε τη βιομάζα των υπόλοιπων τροφικών επιπέδων.

(β) Να υπολογίσετε την ενέργεια που περικλείεται σε κάθε τροφικό επίπεδο.

(γ) Με δεδομένο ότι το βάρος μιας μέσης αλεπούς είναι 2,5Kg, να υπολογιστεί ο αριθμός των αλεπούδων που μπορούν να εξασφαλίσουν τροφή μέσω αυτής της τροφικής αλυσίδας.

Τροφική πυραμίδα αριθμών

Οι **πυραμίδες αριθμών** παριστάνουν τους αριθμούς των οργανισμών σε κάθε τροφικό επίπεδο σ' ένα οικοσύστημα. Στις περισσότερες πυραμίδες αυτού του είδους, ο αριθμός των οργανισμών ενός τροφικού επιπέδου είναι μικρότερος από αυτόν του προηγούμενου επιπέδου. Σε αρκετές περιπτώσεις, όμως, όταν οι καταναλωτές είναι πολύ μικροί σε μέγεθος, αριθμητικά είναι περισσότεροι από τους παραγωγούς και έτσι οι πυραμίδες των αριθμών είναι **αντεστραμμένες**. Αντεστραμμένη μορφή έχουν συνήθως οι ποσοτικές τροφικές απεικονίσεις παρασυν- των σχέσεων μεταξύ των οργανισμών.

**Εικόνα 6:** Τροφικές πυραμίδες αριθμών**Δραστηριότητα 7.6:**

Σ' ένα γιγαντιαίο δέντρο βιομάζας 50.000 Kg ζουν 1.000 πουλιά τα οποία τρέφονται με τις 5.000.000 κάμπιες που ζουν σ' αυτό. (α) Να σχεδιάσετε την τροφική πυραμίδα βιομάζας και την πυραμίδα αριθμών.

(β) Ποια είναι η μέση μάζα των πουλιών;

Δραστηριότητα 7.7:

Στον Πίνακα 1 αναφέρονται μερικά στοιχεία σχετικά με τους οργανισμούς που συγκροτούν την τροφική αλυσίδα ενός οικοσυστήματος.

Πίνακας 1

Είδος οργανισμού	Αριθμός ατόμων	Μέσο βάρος ατόμου
A	20.000.000	1 Kg
B	40	5kg
Γ	200	1.000Kg
Δ	10.000	200g

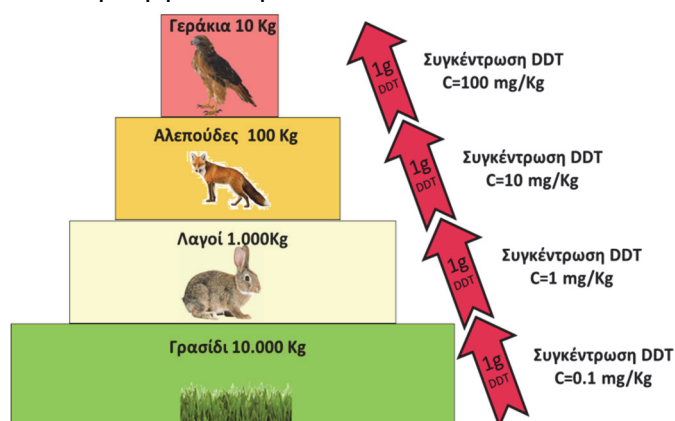
Με βάση τα αναφερόμενα στοιχεία να σχεδιάσετε την τροφική πυραμίδα βιομάζας του οικοσυστήματος.

7.1.4 Βιοσυσσώρευση

Οι οργανισμοί προσλαμβάνουν τοξικές ουσίες από το περιβάλλον μαζί με τις θρεπτικές ουσίες και το νερό. Μερικά από αυτά τα δηλητήρια μεταβολίζονται και απεκκρίνονται από τον οργανισμό τους. Άλλες όμως τοξικές ουσίες (συνήθως προϊόντα της χημικής βιομηχανίας) αποτίθενται και συσσωρεύονται στους ιστούς των οργανισμών, εφόσον δεν διαθέτουν απεκκριτικούς μηχανισμούς για να τις αποβάλουν. Αν αυτές οι χημικές ουσίες ενσωματωθούν στο κατώτερο επίπεδο μιας τροφικής αλυσίδας θα βρεθούν σε πολύ μεγαλύτερες συγκεντρώσεις στους οργανισμούς των ανώτερων τροφικών επιπέδων.

Βιοσυσσώρευση είναι το πρόβλημα της αύξησης της συγκέντρωσης τοξικών ουσιών στους ανώτερους καταναλωτές. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι, αν και η βιομάζα ελαττώνεται όσο προχωρούμε σε ανώτερα τροφικά επίπεδα, η συγκέντρωση των τοξικών ουσιών δεν ελαττώνεται και έτσι η συγκέντρωσή τους στους σαρκοφάγους οργανισμούς αυξάνεται σημαντικά. Μια γνωστή περίπτωση βιοσυσσώρευσης

που προκάλεσε βλάβες σε κορυφαίους σαρκοφάγους οργανισμούς αφορά το DDT, χημική ουσία που χρησιμοποιήθηκε για την καταπολέμηση εντόμων, όπως τα κουνούπια και τα γεωργικά παράσιτα.



Εικόνα 7: Ροή του DDT στην πυραμίδα βιομάζας του πευκοδάσους

Όπως φαίνεται στην Εικ. 7, 1g DDT σε 10.000 Kg φυτών έχει συγκέντρωση (C) 0,1mg/Kg. Τα φυτά αυτά στο οικοσύστημα συντηρούν 10Kg γεράκια. Όταν το 1g DDT που ψεκάστηκε στο γρασίδι καταλήγει στα αρπακτικά πτηνά θα έχει συγκέντρωση C=100mg/Kg.

Δραστηριότητα 7.8:

(α) Τα ποώδη φυτά στο πευκοδάσος ψεκάστηκαν με 2g εντομοκτόνο DDT προκειμένου να καταστραφούν οι κάμπιες που ήταν επιβλαβείς για αυτά. Με τη βοήθεια της Εικόνας 7, να συμπληρώσετε τον Πίνακα 2 για τη ροή του DDT στην πυραμίδα βιομάζας του πευκοδάσους.

Πίνακας 2

Οργανισμοί	Βιομάζα	Ποσότητα μη βιοδιασπώμενης ουσίας	Συγκέντρωση μη βιοδιασπώμενης ουσίας
Πόες			
Λαγοί			
Αλεπούδες			
Γεράκια			

(β) Σε ποια συμπεράσματα μπορείτε να καταλήξετε για το πώς μεταβάλλεται:

- I. Η βιομάζα
- II. Η ποσότητα της μη βιοδιασπώμενης ουσίας
- III. Η συγκέντρωση της μη βιοδιασπώμενης ουσίας

(γ) Υποθέστε ότι αντί του DDT επιλεγόταν η προσθήκη στο οικοσύστημα ενός εντόμου που είναι ανταγωνιστικό της κάμπιας, αλλά δεν τρέφεται με τα ποώδη φυτά. Να αναφέρετε ένα πλεονέκτημα και ένα μειονέκτημα της μεθόδου αυτής.

Δραστηριότητα 7.9:

Ο υδράργυρος (Hg) αποτελεί τοξική, μη βιοδιασπώμενη ουσία. Υποθέτουμε ότι η συσσώρευση 10mg υδραργύρου στους ιστούς ενός ανθρώπινου οργανισμού προκαλεί θάνατο. Στις ακτές μιας λίμνης ζουν ψαράδες οι οποίοι καθημερινά τρέφονται, μεταξύ άλλων, με ένα μεγάλο ψάρι μέσης μάζας 0,5Kg ο καθένας. Από κάποιο εργοστάσιο ελευθερώνεται στο νερό της λίμνης Hg. Το φυτοπλαγκτόν της λίμνης, το οποίο έχει βιομάζα 40.000.000Kg, δεσμεύει συνολικά 250mg Hg. Η τροφική αλυσίδα της λίμνης περιλαμβάνει επίσης το ζωοπλαγκτόν και τα μικρά ψάρια.

(α) Να φτιάξετε την τροφική αλυσίδα της λίμνης που περιγράφεται πιο πάνω

(β) Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω στοιχεία, να σχεδιάσετε την τροφική πυραμίδα βιομάζας της λίμνης

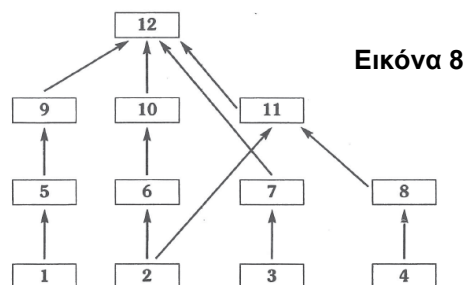
(γ) Να υπολογίσετε ποια είναι η συγκέντρωση του Hg η οποία συσσωρεύεται στους ιστούς των πιο πάνω οργανισμών.

(δ) Πόσα Kg ψάρια πρέπει να καταναλώσει ο άνθρωπος για να συσσωρευτεί 10 mg υδραργύρου στους ιστούς του;

(ε) Σε πόσες μέρες θα επέλθει ο πρώτος ανθρώπινος θάνατος από την κατανάλωση των μεγάλων ψαριών;

Ασκήσεις Υποενότητας 7.1 – Βασικοί Οικολογικοί Όροι

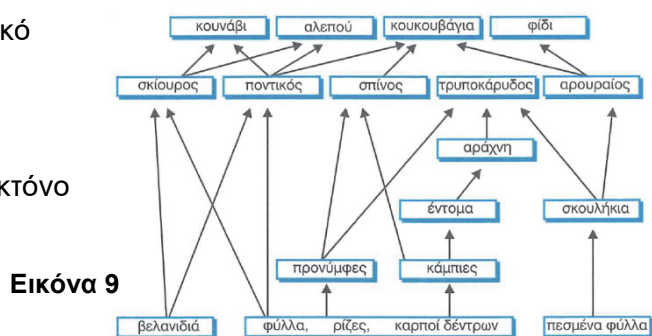
1. Στην Εικόνα 8 παρουσιάζονται οι τροφικές σχέσεις σε ένα οικοσύστημα. Αν οι οργανισμοί 1, 2, 3 και 4 αντιπροσωπεύουν παραγωγούς και όλοι οι υπόλοιποι καταναλωτές, να απαντήσετε στα ερωτήματα που ακολουθούν.



- (α) Πόσες τροφικές αλυσίδες διαπιστώνετε ότι υπάρχουν στο οικοσύστημα;
 (β) Ποιος είναι ο κορυφαίος καταναλωτής του οικοσυστήματος;
 (γ) Ποιος οργανισμός του οικοσυστήματος συμπεριφέρεται ταυτόχρονα και ως καταναλωτής 1^{ης} τάξης και ως καταναλωτής 2^{ης} τάξης. Ποιος οργανισμός αποτελεί την τροφή του σε κάθε περίπτωση;
 (δ) Ποιοι από τους καταναλωτές του οικοσυστήματος αναμένεται να είναι μεγαλύτεροι σε βιομάζα και γιατί;
 (ε) Αν εξαφανιστεί ο οργανισμός 2, ποιοι οργανισμοί θα επηρεαστούν τροφικά και γιατί;

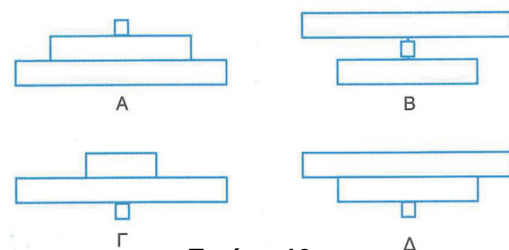
2. Ποιο θα ήταν το αποτέλεσμα για το τροφικό πλέγμα της Εικόνας 9 από:

- (α) Την απομάκρυνση των σκουληκιών
 (β) Τον ψεκασμό των δέντρων με εντομοκτόνο



3. Να αντιστοιχήσετε κάθε μια από τις τροφικές αλυσίδες που ακολουθούν με την κατάλληλη τροφική πυραμίδα από αυτές που υπάρχουν στην Εικόνα 10:

- σιτάρι → αρουραίοι → ψύλλοι
- βελανιδιά → ψείρες φυτών → πουλιά
- πόες → λαγοί → αλεπούδες
- μαρούλι → κάμπιες → σφήκες



4. Να αναφέρετε τρία επιχειρήματα που υποστηρίζουν τη χρησιμότητα των επιστημονικών μοντέλων από τους επιστήμονες.
5. Το μέσο βάρος των καταναλωτών 3^{ης} τάξης (κορυφαίοι καταναλωτές) ενός οικοσυστήματος είναι 50Kg και ο πληθυσμός τους 200 άτομα. Το μέσο βάρος των καταναλωτών 2^{ης} και 1^{ης} τάξης είναι 25 Kg και 1 Kg αντίστοιχα, ενώ ο πληθυσμός των παραγωγών είναι 108 άτομα. Σε κάθε 1Kg παραγωγών περιέχονται 0,2ng DDT.

- (α) Να σχεδιάσετε την πυραμίδα βιομάζας του οικοσυστήματος.
 (β) Να σχεδιάσετε την πυραμίδα πληθυσμού ατόμων του οικοσυστήματος.
 (γ) Να υπολογίσετε την ποσότητα DDT που περιέχεται στο σύνολο των καταναλωτών 1^{ης} τάξης του οικοσυστήματος.
 (δ) Να υπολογίσετε την ποσότητα DDT που αναμένεται να βρεθεί σε 1Kg καταναλωτών 2^{ης} τάξης του οικοσυστήματος.
 (ε) Να υπολογίσετε την ποσότητα DDT που αναμένεται να βρεθεί στο σώμα ενός κορυφαίου καταναλωτή του οικοσυστήματος.

6. Προκειμένου να απαλλαγεί μια λίμνη από ένα είδος κουνουπιού, οι αρχές της περιοχής αποφάσισαν να την ψεκάσουν με εντομοκτόνο. Αυτό φάνηκε αποτελεσματικό διότι αρχικά η λίμνη απαλλάχτηκε από τα κουνούπια, ενώ τα άλλα είδη ζώων φάνηκε να μην επηρεάζονται από το εντομοκτόνο αυτό. Ο ψεκασμός επαναλήφθηκε και την επόμενη χρονιά. Λίγα χρόνια αργότερα βρέθηκαν νεκρά τα υδρόβια πουλία που ζούσαν κοντά στη λίμνη.

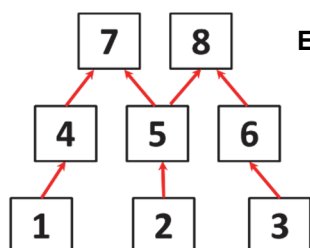
Η εξέταση των υπόλοιπων ζώων και φυτών έδειξε τα αποτελέσματα που αναφέρονται στον Πίνακα 3.

Πίνακας 3

Οργανισμοί	Ποσότητα εντομοκτόνου / μονάδα μάζας
Μικρά ψάρια	10 μονάδες
Ζωοπλαγκτόν	5 μονάδες
Φυτοπλαγκτόν	1 μονάδες
Μεγάλα ψάρια	100 μονάδες
Νερό της λίμνης	0,3 μονάδες
Ψαροπούλια	1.600 μονάδες

- (α) Λαμβάνοντας υπόψη τα στοιχεία του πίνακα να σχεδιάσετε την τροφική αλυσίδα της λίμνης.
 (β) Σε ποια κατηγορία οργανισμών βρέθηκε η μεγαλύτερη ποσότητα εντομοκτόνου και γιατί;
 (γ) Να εξηγήσετε πού μπορεί να οφείλεται ο θάνατος των υδρόβιων πουλιών.

7. Δίνεται το τροφικό πλέγμα της Εικόνας 11 και η βιομάζα 5 πληθυσμών.



Εικόνα 11

Βιομάζα πληθυσμού 1: 5.000Kg
 Βιομάζα πληθυσμού 2: 4.000Kg
 Βιομάζα πληθυσμού 3: 1.000Kg
 Βιομάζα πληθυσμού 7: 60Kg
 Βιομάζα πληθυσμού 8: 40Kg

- (α) Από πόσες και ποιες τροφικές αλυσίδες αποτελείται το συγκεκριμένο τροφικό πλέγμα;
 (β) Να υπολογίσετε τη βιομάζα των πληθυσμών 4, 5 και 6, και να αιτιολογήσετε την απάντησή σας.
 (γ) Να κατασκευάσετε την τροφική πυραμίδα βιομάζας του οικοσυστήματος.
 (δ) Εάν το μέσο βάρος των ατόμων του πληθυσμού 7 είναι 6Kg και του πληθυσμού 8 είναι 4Kg, να υπολογίσετε τον αριθμό των ατόμων των πληθυσμών 7 και 8 που μπορούν να υποστηριχθούν από το οικοσύστημα.
 (ε) Ποιο ποσοστό της βιομάζας του πληθυσμού 5 περνάει τελικά στον πληθυσμό 7 και ποιο ποσοστό στον πληθυσμό 8;

7.2 Ατομικές Στρατηγικές

7.2.1 Εύρος ανοχής - αντοχής

Ο κάθε οργανισμός για να ζήσει και να αναπτυχθεί έχει ανάγκη από ορισμένες προϋποθέσεις στο περιβάλλον του. Αυτές δεν είναι ίδιες για όλους τους οργανισμούς αλλά διαφέρουν ουσιαστικά μεταξύ των ειδών και κατά περίπτωση.

Για κάθε παράγοντα του περιβάλλοντος, ένα δεδομένο είδος έχει ένα εύρος ανοχής που καθορίζεται από το γενετικό του κώδικα και την ικανότητά του να προσαρμόζεται στις περιβαλλοντικές συνθήκες.

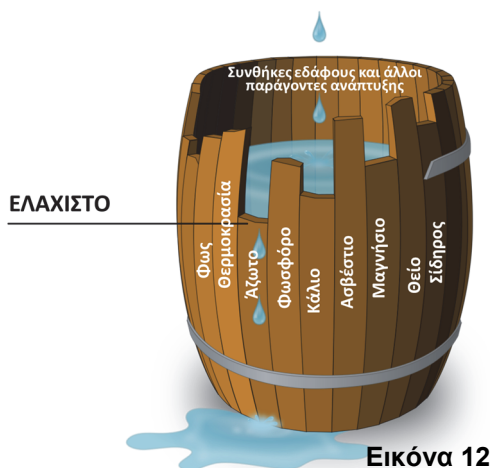
Για κάθε είδος οργανισμού υπάρχει ένα ελάχιστο όριο απαραίτητων συνθηκών περιβάλλοντος και η ομαλή ανάπτυξη του οργανισμού εξαρτάται από το στοιχείο εκείνο του περιβάλλοντος που βρίσκεται στη μικρότερη σχετικά ποσότητα. Το στοιχείο αυτό ονομάζεται **περιοριστικός παράγοντας**. Αυτό είναι γνωστό ως **νόμος του ελαχίστου** ή νόμος του Liebig (Λίμπιχ). Για παράδειγμα, σε μία έρημο περιοριστικός παράγοντας είναι το νερό (υγρασία) ενώ σε μία λίμνη μπορεί να είναι το διαλυμένο οξυγόνο ή κάποιο άλλο θρεπτικό στοιχείο.

Δραστηριότητα 7.10:

Η Εικόνα 12 παρουσιάζει ένα μοντέλο που είναι γνωστό ως το «Βαρέλι του Λίμπιχ». Σε αυτό κάθε μία από τις σανίδες του βαρελιού αντιπροσωπεύει ένα στοιχείο για την ανάπτυξη ενός φυτικού είδους Α.

(α) Ποιοξείναι ο πιο καθοριστικός παράγοντας για την έξοδο του νερού από το βαρέλι;

(β) Να συμπληρώσετε στον Πίνακα 4 την αναλογία του μοντέλου με την πραγματική ανάπτυξη του φυτού.



Πίνακας 4

Βαρέλι του Λήμπιχ	Ανάπτυξη φυτικού είδους Α
Μήκος σανίδας	
Κοντύτερη σανίδα	
Ποσότητα νερού που εξέρχεται	

Δραστηριότητα 7.11:

Μια θαλάσσια περιοχή είναι αποδέκτης λυμάτων με αποτέλεσμα να προκαλείται ευτροφισμός με μεγάλη παραγωγή φυκών. Οι συγκεντρώσεις άνθρακα (C), αζώτου (N) και φωσφόρου (P) στο θαλάσσιο νερό βρέθηκαν ίσες με 1.500, 150 και 15μgr/lit αντίστοιχα. Ανάλυση στο πρωτόπλασμα των κυττάρων των φυκών έδειξε ότι τα πιο πάνω στοιχεία βρίσκονται στην αναλογία C:N:P = 41:7:1. Μια μονάδα επεξεργασίας λυμάτων θέλει να εντοπίσει ποιος είναι ο περιοριστικός παράγοντας (από τα C, N και P) για τα συγκεκριμένα φύκη, ο οποίος πρέπει να απομακρυνθεί κατά προτεραιότητα από τα λύματα, προκειμένου να περιορισθεί ο ευτροφισμός. Να κάνετε τους σχετικούς υπολογισμούς και να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

Τα όρια ανοχής ενός οργανισμού στη μεταβολή των παραμέτρων του περιβάλλοντος δεν είναι απεριορίστα. Κάθε οργανισμός ανέχεται κάποια όρια μεταβολών των συνθηκών του περιβάλλοντος, χαρακτηριστικά για κάθε είδος. Συνεπώς, για κάθε είδος υπάρχουν μέγιστα και ελάχιστα όρια περιβαλλοντικών συνθηκών στα οποία μπορεί να επιβιώσει και να ευδοκιμήσει ένας οργανισμός (όρια ανοχής). Αυτό είναι γνωστό, ως **νόμος της ανοχής** ή νόμος του Shelford (Σέλφορντ).

Η Εικόνα 13 παρουσιάζει τα όρια ανοχής ενός οργανισμού ως προς έναν αβιοτικό παράγοντα.



Εικόνα 13: Όρια ανοχής ενός οργανισμού ως προς έναν αβιοτικό παράγοντα

Δραστηριότητα 7.12:

Μια ομάδα μαθητών πραγματοποίησε πείραμα που διερευνούσε την επιβίωση δύο ειδών «γαρίδων» των αλυκών, *Artemia salina* (Είδος Α) και *Brachynella spinosa* (Είδος Β) που απαντώνται στην αλυκή Λάρνακας και Ακρωτηρίου, αντίστοιχα. Ο πιο κάτω πίνακας παρουσιάζει τον αριθμό ατόμων που επιβίωσαν σε διαφορετικές συγκεντρώσεις αλατότητας (S).

Αλατότητα (S)	Αριθμός Ατόμων Είδους Α	Αριθμός Ατόμων Είδους Β
0,1	0	0
0,2	0	0
0,3	5	5
0,4	12	8
0,5	15	14
0,6	30	40
0,7	36	45
0,8	40	50
0,9	42	45
1,0	44	40
1,1	43	17
1,2	42	12
1,3	40	7
1,4	38	6
1,5	35	2
1,6	28	0
1,7	15	0
1,8	6	0
1,9	2	0
2,0	0	0

(α) Να σχεδιάσετε τις γραφικές παραστάσεις του αριθμού των ατόμων κάθε είδους που επιβίωσαν (άξονας Ψ) ως προς την αλατότητα (S) (άξονας Χ).

(β) Ποιες ομοιότητες και διαφορές παρουσιάζουν οι καμπύλες επιβίωσης των δύο ειδών;

(γ) Σε ποια συμπεράσματα καταλήγετε ως προς την επιβίωση των ειδών Α και Β σε αυξανόμενες συγκεντρώσεις αλατότητας (S);

(δ) Να διακρίνετε 5 περιοχές στην καμπύλη επιβίωσης του Είδους Α χαρακτηρίζοντας τις περιοχές αυτές με έναν από τους επόμενους 3 χαρακτηρισμούς: (i) άριστη επιβίωση, (ii) ζώνη ανοχής (καταπόνησης ή επιβίωσης), (iii) ζώνη μη ανοχής.

(ε) Μελετώντας την καμπύλη του Είδους Β να χαρακτηρίσετε τις περιοχές με αλατότητα 0,3-0,5, 0,6-1,0 και 1,1-1,5.

(στ) Ποιο είδος έχει μεγαλύτερο εύρος ανοχής στην αλατότητα (ευρύοικο); και ποιο είδος παρουσιάζει μικρότερο εύρος ανοχής (στενόοικο);

7.2.2 Ευρύοικοι - στενόοικοι οργανισμοί

Ανάλογα με το εάν ανέχεται μεγάλες ή μικρές μεταβολές ενός παράγοντα (π.χ. θερμοκρασία, υγρασία, αλατότητα κ.ά.) του περιβάλλοντός του, ο οργανισμός μπορεί να χαρακτηριστεί ως **ευρύοικος** ή **στενόοικος**. Για παράδειγμα, οργανισμοί χαρακτηρίζονται «ευρύθερμοι» όταν ανέχονται μεγάλο φάσμα θερμοκρασιών και «στενόθερμοι» στην αντίθετη περίπτωση, ή «ευρύαλοι» όταν ανέχονται ευρύ φάσμα αλατότητας ή «στενόαλοι» στην αντίθετη περίπτωση.

Οι οργανισμοί που είναι στενόοικοι μπορούν να χρησιμεύσουν ως **δείκτες** για μια μεταβολή στο περιβάλλον ως προς τον παράγοντα για τον οποίο παρουσιάζουν αυτή την περιορισμένη ανοχή. Για παράδειγμα, οι υδρόβιες νύμφες των εντόμων Οδοντόγναθα (οι γνωστές λιβελλούλες), έχουν χαμηλά όρια ανοχής σε υψηλές συγκεντρώσεις ρύπων και σε χαμηλή περιεκτικότητα σε οξυγόνο, και έτσι αποτελούν **δείκτες** καθαρότητας των γλυκών νερών.



Εικόνα 14: Λιβελλούλα

Πίνακας 6: Σχέση εύρους ανοχής και περιβαλλοντικών παραγόντων

Παράγοντας	Εύρος ανοχής	
	Μικρό	Μεγάλο
Αλατότητα	Στενόαλα	Ευρύαλα
Τροφή	Στενότροφα	Ευρύτροφα
Θερμοκρασία	Στενόθερμα	Ευρύθερμα
Επιλογή βιοκοινότητας	Στενόοικα	Ευρύοικα
Έδαφος	Στενοεδαφικά	Ευρυεδαφικά

7.2.3 Ενδοθερμία - Εξωθερμία

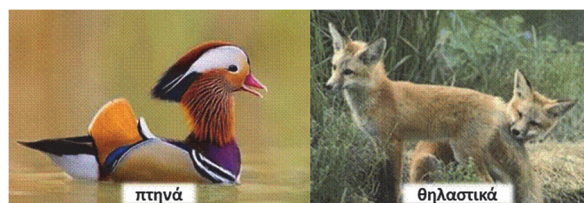
Η επιβίωση ενός οργανισμού σε ένα οικοσύστημα εξαρτάται από τις προσαρμοστικές του δυνατότητες, ιδιαίτερα στις κλιματικές συνθήκες, όπως η θερμοκρασία. Δεδομένου ότι η θερμοκρασία μπορεί να κυμαίνεται έντονα, όχι μόνο από εποχή σε εποχή, αλλά και στη διάρκεια μιας μόνο μέρας, γίνεται αντιληπτό ότι κατά τη διάρκεια της εξελικτικής πορείας οι οργανισμοί θα έπρεπε να αναπτύξουν μηχανισμούς που θα τους απελευθέρωναν σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό από τη θερμοκρασιακή εξάρτηση. Με κριτήριο τη θερμοκρασία του σώματος διακρίνουμε τους ζωικούς οργανισμούς σε δύο κατηγορίες: εξώθερμους και ενδόθερμους.

Οι **εξώθερμοι**, είναι οι οργανισμοί των οποίων η θερμοκρασία του σώματος αλλάζει με τις μεταβολές της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος. Εξώθερμα ζώα είναι τα περισσότερα ασπόνδυλα, τα ψάρια, τα αμφίβια και τα ερπετά.



Εικόνα 15: Εξώθερμα ζώα

Οι **ενδόθερμοι οργανισμοί** μπορούν να διατηρούν τη θερμοκρασία του σώματος σχετικά σταθερή, ανεξάρτητα από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, παράγοντας θερμότητα μέσω του μεταβολισμού τους. Ενδόθερμα ζώα κυρίως είναι τα θηλαστικά και τα πτηνά.

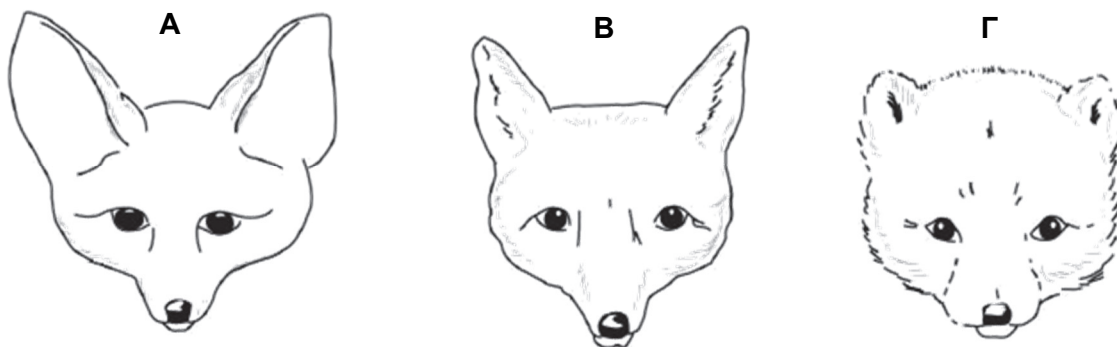


Εικόνα 15: Ενδόθερμα ζώα

7.2.3.1 Προσαρμογές των ενδόθερμων ζώων ανάλογα με τις μεταβολές της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος

Δραστηριότητα 7.13: Κανόνας του Allen (Άλεν)

Τα άκρα (π.χ. ρύγχος, δάχτυλα, ουρά) ενδόθερμων ζώων διαθέτουν πλούσια αιμοφόρα αγγεία τα οποία λειτουργούν σαν ψυκτήρες, αφού σε αυτά παρατηρείται μεγάλη απώλεια θερμότητας. Πιο κάτω παρουσιάζεται το κεφάλι τριών διαφορετικών ειδών αλεπούς (Α, Β, Γ) από τρεις διαφορετικές γεωγραφικές και κλιματικές περιοχές (ισημερινός, Βόρειος Πόλος, εύκρατες περιοχές).



(α) Να επιχειρηματολογήσετε ποιο είδος προέρχεται από την κάθε γεωγραφική και κλιματική περιοχή.

(β) Να διατυπώσετε τον Κανόνα του Allen, ο οποίος αναφέρεται στα άκρα των ομοιόθερμων ζώων σε σχέση με τις γεωγραφικές και κλιματικές ζώνες.

(γ) Ποιο από τα κεφάλια Α-Γ, μπορεί να ανήκει στην Κυπριακή Αλεπού; Να εξηγήσετε γιατί.

Δραστηριότητα 7.14:

Τα ενδόθερμα ζώα ρυθμίζουν τη θερμοκρασία τους με παραγωγή θερμότητας εντός του σώματός τους. Για να αντιμετωπίσουν τις χαμηλές θερμοκρασίες και να περιορίσουν την αποβολή θερμότητας από το σώμα τους, χρησιμοποιούν διάφορους μηχανισμούς. Στον Πίνακα 7, παρουσιάζονται τέσσερις (4) τέτοιοι μηχανισμοί. Να εξηγήσετε με ποιον τρόπο ο κάθε μηχανισμός συμβάλλει στη θερμορύθμιση στο σώμα τους.

Πίνακας 7

Μηχανισμός	Συμβολή στη θερμορύθμιση
Τρίχωμα (θηλαστικά) ή πτέρωμα (πουλιά)	
Υποδόριο λίπος	
Αύξηση καύσεων του υποδόριου λίπους	
Επιφανειακά αιμοφόρα αγγεία	

Δραστηριότητα 7.15:

Δίνονται 3 είδη αλεπούς. Ένα που συναντάται στην εύκρατη ζώνη, ένα στον ισημερινό, και ένα στον Βόρειο Πόλο.

**Αλεπού Α**

$$S = 0,6\text{m}^2$$

$$V = 0,6\text{m}^3$$

**Αλεπού Β**

$$S = 0,5\text{m}^2$$

$$V = 0,7\text{m}^3$$

**Αλεπού Γ**

$$S = 0,4\text{m}^2$$

$$V = 0,8\text{m}^3$$

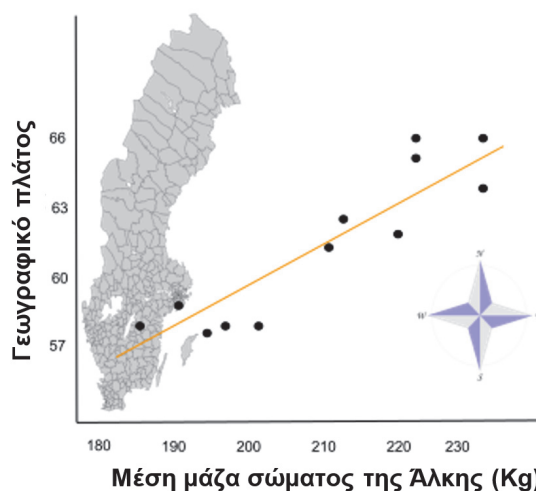
(α) Να υπολογίσετε για κάθε είδος αλεπούς τον λόγο επιφάνειας σώματος προς όγκο σώματος, S/V .

(β) Να εξηγήσετε πώς μεταβάλλεται ο λόγος S/V στις αλεπούδες Α, Β και Γ.

(γ) Ποια αλεπού μπορεί να συναντάται στον ισημερινό, ποια στην εύκρατη ζώνη και ποια στον Βόρειο Πόλο;

(δ) Σε ποιο συμπέρασμα μπορείτε να καταλήξετε αναφορικά με το πώς μεταβάλλεται ο λόγος S/V του συγκεκριμένου ζώου καθώς κινούμαστε από τον ισημερινό προς τους πόλους;

(ε) Η πιο κάτω γραφική παράσταση παρουσιάζει τη σχέση του γεωγραφικού πλάτους (άξονας Ψ) ως προς τη μέση μάζα σώματος της Άλκης (*Alces alces* L.) ενός είδους ελαφιού. Σε ποιο συμπέρασμα καταλήγετε;



Πηγή: Sand et al. (1995)

(στ) Να διατυπώσετε τον Κανόνα του Bergmann (Μπέργκμαν), ο οποίος αναφέρεται στο πώς σχετίζεται ο λόγος S/V ενός ζώου με το γεωγραφικό πλάτος εξάπλωσής του.

7.2.4 Χρόνος αναπαραγωγής - Γονική επένδυση & Γονική φροντίδα

Ένας οργανισμός, για να έχει τη μεγαλύτερη συνεισφορά στις μελλοντικές γενιές, πρέπει να εξισορροπήσει τις άμεσες αναπαραγωγικές προσπάθειες με τις ανάγκες του για επιβίωση (ανάπτυξη, σύλληψη τροφής, υπεράσπιση περιοχής, αποφυγή θηρευτών).

(i) Χρόνος αναπαραγωγής

Μία στρατηγική είναι να επενδύσει αρχικά όλη του την ενέργεια στην ανάπτυξη και στη συνέχεια να την επενδύσει σε μία μόνο μαζική αναπαραγωγική προσπάθεια στη διάρκεια της ζωής του, και μετά να πεθάνει. Αυτή η αναπαραγωγική στρατηγική εμφανίζεται σε πολλά έντομα και άλλα ασπόνδυλα, σε μερικά είδη ψαριών και στα μονοετή φυτά. Οι οργανισμοί αυτοί θυσιάζουν τις μελλοντικές προοπτικές ξοδεύοντας όλη τους την ενέργεια σε μία και μοναδική πράξη αναπαραγωγής. Αυτός ο τρόπος αναπαραγωγής ονομάζεται **μονοτοκία**.

Μία άλλη στρατηγική είναι να παράγονται λιγότερα μικρά σε μια σειρά ξεχωριστών αναπαραγωγικών γεγονότων, έπειτα από τα οποία ο οργανισμός επιβιώνει και αναπαράγεται πάλι. Αυτή η στρατηγική ονομάζεται **πολυτοκία**. Το πρόβλημα για έναν πολύτοκο οργανισμό είναι η «επιλογή» του χρόνου της αναπαραγωγής - σε μικρή ή σε μεγάλη ηλικία. Η πρώιμη αναπαραγωγή ελαττώνει τη βιωσιμότητα και το δυναμικό για αναπαραγωγή αργότερα. Η καθυστερημένη αναπαραγωγή συμβάλλει στην αύξηση των οργανισμών, βελτιώνει την επιβίωση αλλά μειώνει τη γεννητικότητα.

(ii) Γονική επένδυση και Γονική φροντίδα

Ο αριθμός των μικρών που παράγονται σε κάθε αναπαραγωγική περίοδο μπορεί να κυμαίνεται από ένα έως πολλά. Ο αριθμός σχετίζεται με την ποσότητα της **γονικής επένδυσης** (πριν από τη γέννηση) για κάθε μικρό. Εάν ο γονέας γεννά πολλά μικρά, μπορεί να αντέξει το κόστος μόνο μιας ελάχιστης γονικής επένδυσης ανά άτομο. Σε

αυτές τις περιπτώσεις **δεν** παρέχεται **γονική φροντίδα** (μετά τη γέννηση). Τέτοιοι οργανισμοί κατοικούν σε διαταραγμένες περιοχές ή σε απρόβλεπτα περιβάλλοντα, ή σε μέρη όπως οι ανοικτοί ωκεανοί όπου οι δυνατότητες για γονική φροντίδα είναι ελάχιστες ή περιορισμένες. Οι γονείς που γεννούν λίγα μικρά μπορούν να επενδύσουν περισσότερη ενέργεια σε κάθε άτομο μετά τη γέννηση (γονική φροντίδα). Η ποσότητα της ενέργειας φυσικά ποικίλλει ανάλογα με τον αριθμό των απογόνων, το μέγεθός τους, και το στάδιο της ανάπτυξής τους όταν γεννιούνται. Κάποιοι οργανισμοί ξοδεύουν λιγότερη ενέργεια κατά την εκκόλαψη ή την κυοφορία και επενδύουν περισσότερη ενέργεια μετά τη γέννηση των μικρών. Τα μικρά γεννιούνται αβοήθητα και απαιτούν αυξημένη γονική φροντίδα. Άλλα ζώα έχουν μακρύτερες περιόδους εκκόλαψης και κυοφορίας, τα μικρά γεννιούνται σε μεταγενέστερο αναπτυξιακό στάδιο και μπορούν να φροντίσουν τον εαυτό τους λίγο μετά τη γέννησή τους (π.χ. τα σπληφόρα θηλαστικά). Ο μεγαλύτερος βαθμός φροντίδας εμφανίζεται στα σπονδυλωτά, με τα θηλαστικά να επιδεικνύουν το μεγαλύτερο βαθμό γονικής φροντίδας απέναντι στα μικρά.



Εικόνα 16: Το λιοντάρι είναι είδος με μεγάλη γονική φροντίδα που διαρκεί έξι με οκτώ εβδομάδες.

Δραστηριότητα 7.16:

(α) Να χρησιμοποιήσετε τους όρους **μονοτοκία**, **πολυτοκία**, **γονική επένδυση**, **γονική φροντίδα**, **αριθμός απογόνων** για να κατασκευάσετε εννοιολογικό χάρτη που θα σας βοηθήσει να κατανοήσετε τις διαφορές στην αναπαραγωγική στρατηγική διαφορετικών ειδών.

(β) Να πραγματοποιήσετε μία σύντομη βιβλιογραφική έρευνα για να δώσετε παραδείγματα οργανισμών στον πιο πάνω εννοιολογικό χάρτη.

Ασκήσεις Υποενότητας 7.2 – Ατομικές στρατηγικές

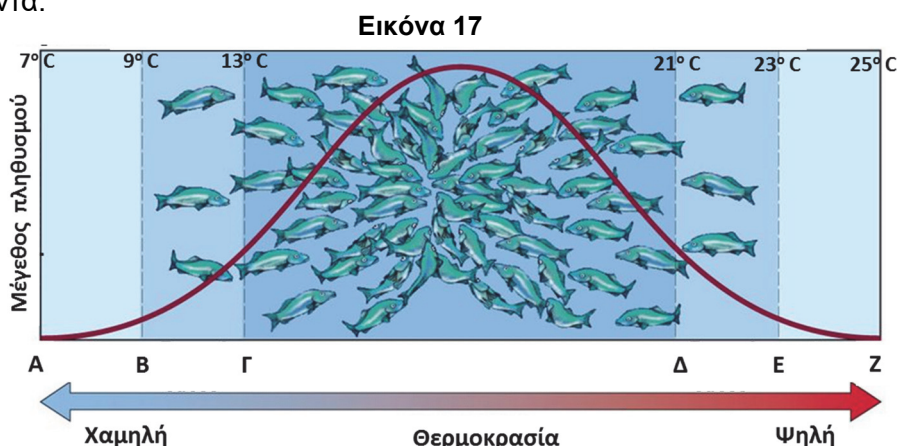
1. Σε ένα πείραμα μετρήθηκε η αρχική διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος και καταγράφηκαν τα πιο κάτω αποτελέσματα:

Διαθεσιμότητα θρεπτικών στοιχείων στο έδαφος ($\mu\text{gr}/\text{cm}^3$)					
N	P	K	Ca	Mg	Zn
25	20	3	40	5	6

Στη συνέχεια έγιναν κάποιες δοκιμές με την προσθήκη διαφορετικών ειδών λιπασμάτων.

Ρυθμός αύξησης φυτών (g ξηρής μάζας)		Χρόνος (μέρες)					
		0	5	10	15	20	25
A	Αρχική Μέτρηση	2	2,1	2	2	1,9	2
B	Προσθήκη P	1,9	2,1	2,1	1,9	2	2,1
Γ	Προσθήκη N	2	1,9	2	2,1	2,1	2
Δ	Προσθήκη K	2	2,1	2,4	2,5	2,7	3
Ε	Προσθήκη Mg	2,1	2	1,9	2	2,1	2

- (α) Η προσθήκη ποιου θρεπτικού στοιχείου βοήθησε στην ανάπτυξη τη φυτού;
 (β) Ποιο συμπέρασμα μπορείτε να διατυπώσετε αναφορικά με το πιο στοιχείο αποτελεί περιοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη του φυτού;
2. Να εξηγήσετε με ποιους προσαρμοστικούς μηχανισμούς ρυθμίζουν τη θερμοκρασία του σώματός τους τα ενδόθερμα ζώα για ν' αντιμετωπίσουν τις υψηλές θερμοκρασίες.
3. Ένα χαρακτηριστικό της εξωθερμίας είναι ότι δεν ξοδεύεται μεταβολική ενέργεια ή χρόνος για τη θερμορύθμιση. Να αναφέρετε ένα πλεονέκτημα και ένα μειονέκτημα για τα εξώθερμα ζώα που να προκύπτει από το πιο πάνω χαρακτηριστικό.
4. Στην Εικόνα 17 φαίνεται το εύρος ανοχής της πέστροφας σε έναν αβιοτικό παράγοντα.



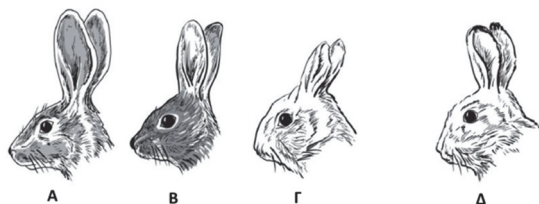
- (α) Ποιος αβιοτικός παράγοντας επηρεάζει την επιβίωση της πέστροφας στην Εικ. 17;
 (β) Σε ποια/ποιες ζώνες (Α-Ζ) η πέστροφα εμφανίζει το βέλτιστο εύρο ανοχής;
 (γ) Σε ποιο εύρος θερμοκρασιών η πέστροφα παρουσιάζει τη μεγαλύτερη αφθονία;
 (δ) Σε ποια/ποιες ζώνες η πέστροφα βρίσκεται σε περιβαλλοντικό στρες;

- (ε) Σε ποιο εύρος θερμοκρασιών η πέστροφα παρουσιάζει χαμηλή αφθονία;
 (στ) Ποιο είναι το χαμηλότερο όριο ανοχής της πέστροφας στη θερμοκρασία;
 (ζ) Ποιο είναι το ψηλότερο όριο ανοχής της πέστροφας στη θερμοκρασία;
 (η) Ποιο είναι το εύρος ανοχής της πέστροφας στη θερμοκρασία;
 (θ) Σε ποια/ποιες ζώνες είναι πιο πιθανό να αναπαράγεται η πέστροφα; Να εξηγήσετε την απάντησή σας.
 (ι) Ποιος νόμος της οικολογίας επιβεβαιώνεται με το παράδειγμα της Εικόνας 17; Να εξηγήσετε τον συγκεκριμένο νόμο με στοιχεία από την πέστροφα.

5. Στην Εικόνα 18 παρουσιάζονται 4 λαγοί.

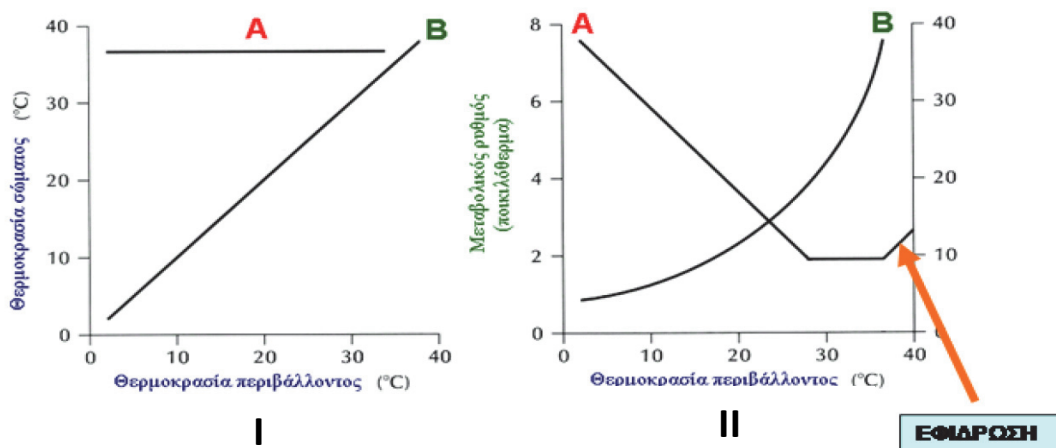
(α) Να αντιστοιχήσετε τους λαγούς Α-Γ με τα είδη: αρκτικός λαγός, λαγός της ερήμου, ευρωπαϊκός λαγός. Να εξηγήσετε την απάντησή σας.

(β) Τον λαγό Δ είναι πιο πιθανό να τον συναντήσουμε στην τροπική, την εύκρατη ή την πολική ζώνη της Γης; Να εξηγήσετε την απάντησή σας.



Εικόνα 18

6. Στην Εικόνα 19 παρουσιάζεται η επίδραση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος στη θερμοκρασία του σώματος (I) και στον μεταβολισμό (II) μιας αγελάδας και μιας κατσαρίδας.



Εικόνα 19

- (α) Ποια από τις καμπύλες Α και Β παρουσιάζει επίδραση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος στην αγελάδα και ποια στην κατσαρίδα;
 (β) Να εξηγήσετε πώς μεταβάλλεται η θερμοκρασία του σώματος της αγελάδας και πώς της κατσαρίδας, καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία του περιβάλλοντος.
 (γ) Να εξηγήσετε πώς μεταβάλλεται ο μεταβολισμός της αγελάδας και πώς της κατσαρίδας, καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

7. Να αναφέρετε τις διαφορές και τις ομοιότητες μιας επιστημονικής θεωρίας και ενός νόμου στη Βιολογία.
 8. Πολλοί θεωρούν ότι οι επιστημονικοί νόμοι, εφόσον είναι νόμοι, θα ισχύουν για πάντα. Να επιχειρηματολογήσετε υπέρ ή κατά του ισχυρισμού αυτού.

7.3 Μεταβολή Πληθυσμών

7.3.1 Γεννητικότητα - Θνησιμότητα - Προσδόκιμο ζωής

Ένας πληθυσμός δεν παραμένει αμετάβλητος στον χρόνο, αφού το πέρασμά του συνδέεται με διάφορα γεγονότα. Άτομα **γεννιούνται**, **μεγαλώνουν**, **φθάνουν σε αναπαραγωγική ηλικία**, **γεννούν**, μπορεί να **μεταναστεύσουν**, μπορεί να **αποικίσουν** νέες περιοχές, **γερνούν** και τέλος **πεθαίνουν**. Λόγω αυτών των γεγονότων προκύπτουν ιδιότητες που χαρακτηρίζουν τους πληθυσμούς, όπως η **γεννητικότητα** (ο ρυθμός με τον οποίο γεννιούνται άτομα που προστίθενται στον πληθυσμό), η **αποδημία** (εκροή ατόμων σε άλλες περιοχές), ο **αποικισμός** (εισροή νέων ατόμων από άλλες περιοχές), η **θνησιμότητα** (ο ρυθμός με τον οποίο χάνονται άτομα από τον πληθυσμό λόγω θανάτου) αλλά και η **πυκνότητα** (το μέγεθος του πληθυσμού ανά μονάδα επιφάνειας). Σημασία επίσης έχει και το **προσδόκιμο ζωής**, δηλαδή η πιθανότητα να ζήσει πραγματικά για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα ένα μέσο άτομο, και όχι το πόσο θα

μπορούσε να ζήσει προστατευόμενο από τους όποιους κινδύνους απειλούν τη ζωή του. Το τι θα συμβεί στον πληθυσμό, επομένως, είναι αποτέλεσμα του ισοζυγίου μεταξύ κερδών (γεννήσεις, αποικισμοί) και απωλειών (θάνατοι, αποδημίες), δηλαδή, η τελική τιμή του ισοζυγίου είναι αποτέλεσμα δυναμικών διαδικασιών.

Βασικοί Όροι

Γεννητικότητα: ο ρυθμός με τον οποίο γεννιούνται άτομα που προστίθενται στον πληθυσμό.

Θνησιμότητα: ο ρυθμός με τον οποίο χάνονται άτομα από τον πληθυσμό λόγω θανάτου.

Προσδόκιμο ζωής: το χρονικό διάστημα που αναμένεται να ζήσει πραγματικά ένα μέσο άτομο συγκεκριμένης ηλικίας.

Δραστηριότητα 7.17

Αν συμβολίσουμε τους ακόλουθους παράγοντες με:

N_{μέλλον}: το μέγεθος ενός πληθυσμού σε μια μελλοντική στιγμή,

N_{τώρα}: το μέγεθος ενός πληθυσμού τώρα,

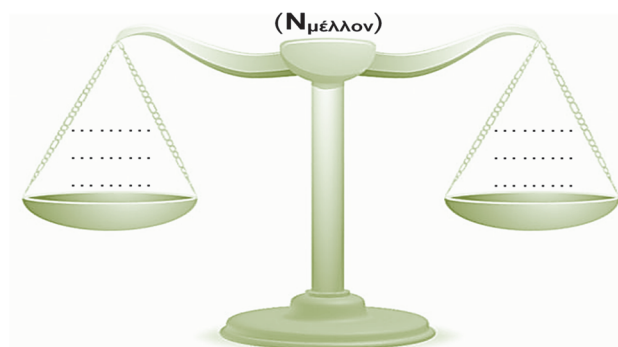
Γ : τις γεννήσεις,

A : τους αποικισμούς,

Θ : τους θανάτους και

M : τις αποδημίες που θα συμβούν στο συγκεκριμένο διάστημα,

- i. να τους τοποθετήσετε στην κατάλληλη θέση της ακόλουθης «ζυγαριάς», έτσι ώστε να υπολογίζετε το μελλοντικό μέγεθος ενός πληθυσμού.



- ii. Χρησιμοποιώντας τους προηγούμενους παράγοντες, να εξάγετε και να γράψετε μία απλή εξίσωση η οποία να εκφράζει τη στοιχειώδη οικολογική διαδικασία με την οποία υπολογίζεται το μελλοντικό μέγεθος ενός πληθυσμού.

$$N_{\text{μέλλον}} = (\quad) (\quad)$$

Δραστηριότητα 7.18

Εάν θεωρήσουμε έναν απομονωμένο πληθυσμό με ένα αρχικό μέγεθος ($N_{\text{τώρα}}$), στον οποίο δεν συμβαίνουν ούτε αποδημίες (M) ούτε αποικισμοί (A), τότε:

- από ποιους παράγοντες θα εξαρτάται η μεταβολή του πληθυσμιακού του μεγέθους;
- πώς υπολογίζεται με βάση τον προηγούμενο τύπο που έχετε εξάγει στη Δραστηριότητα 7.4.1. ;

7.3.2 Εγγενής ρυθμός αύξησης

Αν ονομάσουμε τον ρυθμό μεταβολής ενός πληθυσμού, εγγενή ρυθμό αύξησης (r), τότε προκύπτει η απλή εξίσωση:

$$r = b - d$$

r : ο ρυθμός μεταβολής, ή εγγενής ρυθμός αύξησης του πληθυσμού

b : γεννητικότητα του πληθυσμού

d : θνησιμότητα του πληθυσμού

Η τιμή του r υποδεικνύει εάν ένας πληθυσμός αυξάνεται ($r > 0$) ή μειώνεται ($r < 0$). Μηδενική αύξηση του πληθυσμού σημαίνει ότι οι κατά κεφαλήν ρυθμοί γεννήσεων και θανάτων είναι ίσοι ($r = 0$). Σε έναν τέτοιο πληθυσμό εξακολουθούν βέβαια να σημειώνονται γεννήσεις και θάνατοι, όμως αντισταθμίζονται ακριβώς μεταξύ τους.

Προσέξτε!

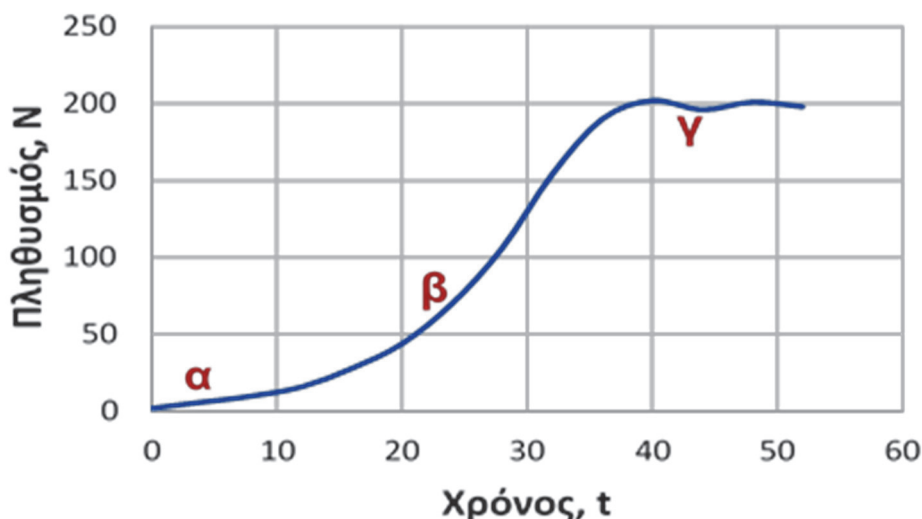
Να θυμάσαι ότι ο εγγενής ρυθμός αύξησης (r), στην απλή του εκδοχή, αφορά έναν απομονωμένο πληθυσμό στον οποίο δεν συμβαίνουν ούτε αποδημίες ούτε αποικισμοί, παρά μόνο γεννήσεις και θάνατοι.

Ο εγγενής ρυθμός αύξησης (r) μεγιστοποιείται όταν ο πληθυσμός, N , εξισωθεί με το ήμισυ της φέρουσας ικανότητας K (r_{max} όταν $N = K/2$) εφόσον αυτός αυξάνεται με βάση τη λογιστική εξίσωση (βλ. 7.3.4.2).

7.3.3 Φέρουσα ικανότητα

Δραστηριότητα 7.19

Η αύξηση ενός πληθυσμού ενός είδους εντόμου, η οποία καταμετρήθηκε σε διάφορες χρονικές στιγμές και σε συγκεκριμένο ενδιαίτημα, φαίνεται στη γραφική παράσταση (διάγραμμα), που ακολουθεί.



- i. Να συμπληρώσετε τις ακόλουθες δηλώσεις, διαγράφοντας την κατάλληλη λέξη, έτσι ώστε να περιγράφεται σωστά το κάθε τμήμα **α**, **β** και **γ** του διαγράμματος.

α : **Ελάχιστα** / **Πολλά** άτομα που ακόμα εγκλιματίζονται στο ενδιαίτημα. **Μικρός** / **Μεγάλος** ρυθμός αναπαραγωγής και **αργή** / **ταχύτατη** αύξηση πληθυσμού.

β : **Ελάχιστοι** / **Άφθονοι** πόροι και **ευνοϊκές** / **δυσμενείς** συνθήκες. **Αργός** / **Γρήγορος** ρυθμός αναπαραγωγής, **μεγαλύτερος** / **μικρότερος** από τη θνησιμότητα, και **μικρή** / **μεγάλη** αύξηση πληθυσμού.

γ : Περιοριστικός παράγοντας (όριο), όπου η αναπαραγωγή είναι **μεγαλύτερη** / **ίση** / **μικρότερη** με τη θνησιμότητα με αποτέλεσμα τη σταθεροποίηση του πληθυσμού.

- ii. Στο σημείο γ παρατηρείται μία σταθεροποίηση του πληθυσμού (N). Χρησιμοποιώντας το διάγραμμα που φαίνεται πιο πάνω, να υπολογίσετε το μέγεθος του πληθυσμού και να την παραστήσετε γραφικά.
- iii. Δώστε έναν κατάλληλο ορισμό που να εξηγεί αυτόν τον περιοριστικό παράγοντα του πληθυσμού.
- iv. Πώς ονομάζεται ο περιοριστικός παράγοντας που συναντά ένας πληθυσμός σ' ένα ενδιαίτημα και πώς συμβολίζεται;
- v. Αν γνωρίζετε ότι η **K** ποικίλλει στον χώρο και τον χρόνο ανάλογα με την αφθονία των περιοριστικών πόρων, δώστε μερικά παραδείγματα τέτοιων περιοριστικών πόρων.

Προσέξτε!

Να θυμάσαι ότι ο περιοριστικός παράγοντας που συναντά κάθε πληθυσμός ονομάζεται φέρουσα ικανότητα του περιβάλλοντος και συμβολίζεται με K . Αντιπροσωπεύει τον ανώτατο αριθμό ατόμων που μπορούν να επιβιώσουν επ' αόριστον σε συγκεκριμένο περιβάλλον.

Γνωρίζετε ότι ...

Για παράδειγμα, η φέρουσα ικανότητα ενός βιοτόπου όσον αφορά τις αλεπούδες μπορεί να είναι υψηλή όταν σε αυτόν αφθονούν τα τρωκτικά και τα λαγούμια (φωλιές) αλλά να είναι πιο χαμηλή όταν υπάρχει μεν αφθονία τροφής αλλά οι θέσεις που προσφέρονται για φώλιασμα είναι λιγότερες.

Δραστηριότητα 7.20

Στον ακόλουθο πίνακα σας δίνονται οι μετρήσεις του πληθυσμού των ελεφάντων στο Εθνικό Πάρκο Kruger της Νότιας Αφρικής οι οποίες είχαν καταγραφεί σε χρονικό διάστημα εβδομήντα περίπου χρόνων (1900-1970).

Χρονολογία	Αριθμός Ατόμων
1900	80
1904	90
1906	100
1908	120
1924	160
1930	220
1932	260
1936	380
1938	400
1944	520
1946	600
1954	800
1958	1000
1960	1300
1962	2000
1964	3500
1968	8000

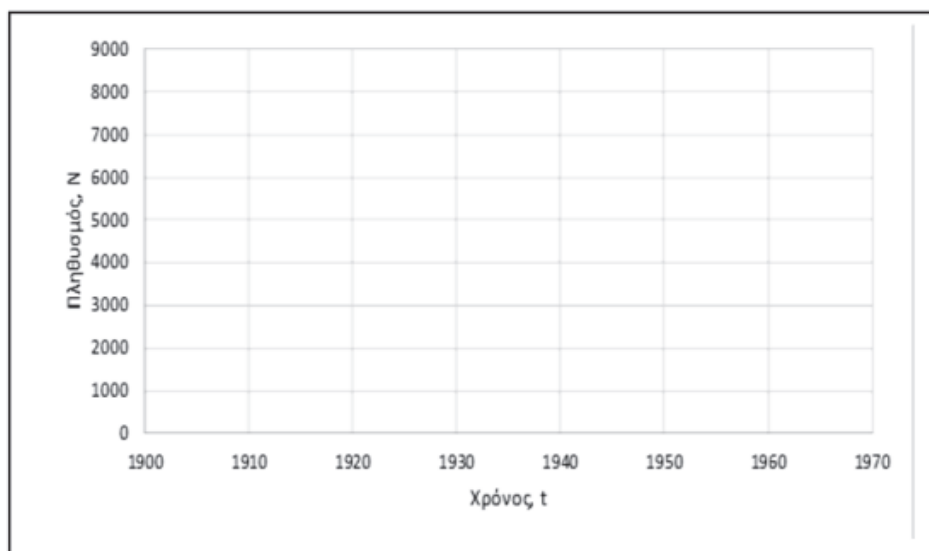
(α) Να παραστήσετε γραφικά τα δεδομένα που σας δίνονται στον πίνακα τιμών χρησιμοποιώντας το ακόλουθο διάγραμμα.

(β) Τι παρατηρείτε ως προς τη μορφή της γραφικής παράστασης που προκύπτει και τι είδους αύξηση παρουσιάζει **ο πληθυσμός των ελεφάντων**;

(γ) Ποια ανθρώπινη δραστηριότητα ή και παρέμβαση μπορεί να οδήγησε σ' αυτό το είδος αύξησης;

(δ) Ποιες ήταν οι πιθανές άμεσες επιπτώσεις στο οικοσύστημα του συγκεκριμένου πάρκου απ' αυτό το είδος αύξησης;

(ε) Ποια ή ποιες ανθρώπινες ενέργειες-παρεμβάσεις, οι οποίες ακολούθησαν αυτή την αύξηση, πιστεύετε ότι έγιναν ή θα έπρεπε να γίνουν ώστε να επανέλθει το συγκεκριμένο οικοσύστημα στην πρότερη κατάσταση;



7.3.4 Μοντέλα αύξησης πληθυσμών – Ο ρόλος της πυκνότητας

7.3.4.1 Μοντέλο εκθετικής αύξησης

Σε περιβάλλον που καλύπτει χωρίς περιορισμό τις τροφικές και άλλες απαιτήσεις των μελών του πληθυσμού (ιδεατό), ο πληθυσμός ακολουθεί τον **εγγενή ρυθμό αύξησης** και αυξάνεται εκθετικά. Η μεταβολή του πληθυσμού εκφράζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$dN / dt = rN$$

Το κλάσμα dN/dt εκφράζει τον ρυθμό μεταβολής του πληθυσμού (N) και το r τον ρυθμό αύξησης.

Η επίλυση της εξίσωσης αυτής μας δίνει γραφικές παραστάσεις της μορφής J.

Αυτό το πρότυπο πληθυσμιακής μεταβολής, το οποίο αποκαλούμε **πρότυπο εκθετικής πληθυσμιακής αύξησης**, ακολουθούν κατά κύριο λόγο πληθυσμοί βακτηρίων, εντόμων, ορισμένων ειδών ψαριών, καθώς και πληθυσμοί φυτών και ζώων που θα βρεθούν σε περιβάλλον όπου κανένας παράγοντας δεν περιορίζει την αύξησή τους (π.χ. φυτοφάγα ζώα που θα βρεθούν σε περιβάλλοντα με άφθονη τροφή και χωρίς σαρκοφάγα ζώα - θηρευτές).

Η καμπύλη σχήματος J της εκθετικής αύξησης είναι χαρακτηριστική επίσης και για ορισμένους πληθυσμούς που εισάγονται σε νέο περιβάλλον ή που ο αριθμός τους έχει μειωθεί δραστικά από κάποιο καταστροφικό συμβάν και βρίσκονται σε φάση ανάκαμψης, (βλέπε δραστηριότητα 7.23).

7.3.4.2 Μοντέλο λογιστικής αύξησης

Καθώς ένας πληθυσμός αυξάνεται, οι διαθέσιμοι πόροι για κάθε άτομο του πληθυσμού περιορίζονται. Κατά συνέπεια, αναπτύσσεται ανταγωνισμός μεταξύ των μελών του πληθυσμού για την απόκτηση όσο το δυνατόν μεγαλύτερου μεριδίου από τους

διαθέσιμους περιορισμένους πόρους. Το είδος αυτό του ανταγωνισμού μεταξύ μελών του ίδιου πληθυσμού (άρα του ίδιου είδους) ονομάζεται **ενδοειδικός ανταγωνισμός**. Το χαρακτηριστικό των πληθυσμών που ακολουθούν το εκθετικό πρότυπο αύξησης είναι ότι εξαιτίας ακριβώς του ταχύτατου ρυθμού αύξησής τους, ο ενδοειδικός ανταγωνισμός εκδηλώνεται απότομα σε μεγάλες πληθυσμιακές πυκνότητες και γι' αυτό έχει καταστροφικά αποτελέσματα για το μέλλον του πληθυσμού.

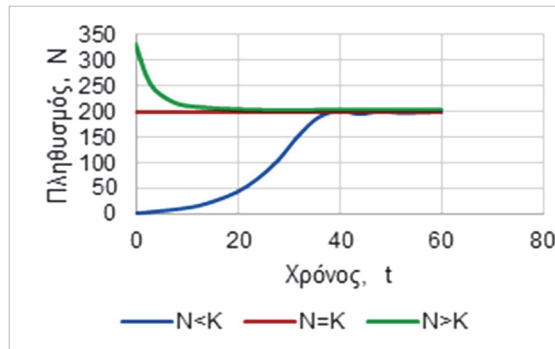
Στις περιπτώσεις εκθετικής αύξησης, εάν δεν παρέμβει κάποιος εξωτερικός παράγοντας (π.χ. κάποιος θηρευτής), ο πληθυσμός ακολουθεί την αυτοκαταστροφική πορεία. Αντίθετα, σε άλλους πληθυσμούς, ο ενδοειδικός ανταγωνισμός εκδηλώνεται σταδιακά, καθώς αυξάνεται το πληθυσμιακό μέγεθος. Οι πληθυσμοί αυτοί ακολουθούν το επανομαζόμενο **λογιστικό πρότυπο αύξησης** το οποίο εκφράζεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$dN / dt = rN \{ (K-N) / K \}$$

Το λογιστικό μοντέλο αποτελεί χρήσιμη αφετηρία για τη μελέτη της αύξησης των πληθυσμών και για την κατασκευή άλλων, πιο περίπλοκων μοντέλων. Χρησιμεύει επίσης στη **βιολογία διατήρησης**, όπου μας βοηθά να προβλέψουμε πόσο γρήγορα μπορεί να αυξηθεί ένας δεδομένος πληθυσμός μετά τη συρρίκνωσή του, καθώς και στον υπολογισμό της βιώσιμης συγκομιδής από πληθυσμούς ψαριών και άγριων ειδών. Στη βιολογία διατήρησης, το μοντέλο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον υπολογισμό του κρίσιμου μεγέθους πληθυσμού κάτω από το οποίο ενδέχεται να εξαφανιστεί ένα απειλούμενο είδος, όπως π.χ. η κυπριακή τουλίπα, *Tulipa cypria*, ή η ορχιδέα μελισσάκι *Ophrys kotschy*.

Δραστηριότητα 7.21

Αφού μελετήσετε την ακόλουθη γραφική παράσταση του πληθυσμού ($N \times 10^3$ άτομα) του απειλούμενου είδους της κυπριακής τουλίπας, *Tulipa cypria*, σε σχέση με τον χρόνο (t σε χρόνια), και λάβετε υπόψη την εξίσωση της λογιστικής αύξησης:



(α) Να εξηγήσετε και να περιγράψετε τι συμβαίνει με τον ρυθμό αύξησης της rN , σε κάθε μια από τις τρεις περιπτώσεις:

- i. όταν το $N = K$
- ii. όταν το $N > K$
- iii. όταν το $N < K$

(β) Να συγκρίνετε τον χρόνο που χρειάζεται ο πληθυσμός της τουλίπας για να μειωθεί μέχρι την τιμή της φέρουσας ικανότητας (K) με τον αντίστοιχο να αυξηθεί.

(γ) Να προτείνετε έναν λόγο που να δικαιολογεί τη μείωση του πληθυσμού και έναν που να δικαιολογεί την αύξησή του.

7.3.5 Φάσμα $r - K$ επιλεγόμενων πληθυσμών

Οι παράμετροι r και K , οι οποίες αντιπροσωπεύουν αντίστοιχα τον εγγενή ρυθμό αύξησης (εξαρτώμενο κυρίως από τη βιολογία του οργανισμού) και τη φέρουσα ικανότητα, χρησιμοποιούνται και για να δηλώσουν συγκεκριμένα πρότυπα ζωής των ειδών που αναπτύχθηκαν και εδραιώθηκαν μέσω της εξέλιξης. Έτσι διακρίνουμε είδη **r -στρατηγικής** και είδη **K -στρατηγικής**.

Οργανισμοί που ζουν σε ευμετάβλητα (εποχικά πλημμυρισμένα έλη, ζώνες παλίρροιας κ.ά.) ή σε «νέα» περιβάλλοντα (π.χ. έπειτα από φωτιά ή όταν ένας αγρός παύει να καλλιεργείται), στηρίζονται στην ταχύτητα εξάπλωσής τους προκειμένου να

«προλάβουν» τους ανταγωνιστές τους. Είναι επομένως πληθυσμοί που ακολουθούν το εκθετικό πρότυπο αύξησης και για να το πετύχουν αυτό έχουν αναπτύξει ένα σύνολο χαρακτηριστικών που τους προσδίδουν μεγάλη τιμή εγγενούς ρυθμού αύξησης (r). Τα είδη r στρατηγικής είναι «καιροσκοπικά» και με μεγάλη ικανότητα διασποράς (όπως τα πρωτοπόρα είδη των αρχικών σταδίων διαδοχής), μπορεί να διατηρούνται σε πολύ χαμηλές πυκνότητες για μεγάλα χρονικά διαστήματα και να αυξάνονται σε εντυπωσιακό βαθμό όταν οι συνθήκες γίνονται ευνοϊκές. Τέτοιοι ιδιαίτερα μεγάλοι πληθυσμοί συνήθως καταρρέουν στη συνέχεια, γεγονός που επαναφέρει το είδος στις αρχικές χαμηλές του πυκνότητες.

Γνωρίζετε ότι ...

Μερικοί κοινοί οργανισμοί που ακολουθούν r-στρατηγική είναι:

- το κοινό ποντίκι, με μέγιστη διάρκεια ζωής τα τρία (3) χρόνια,
- η μύγα, η οποία παράγει επτά γενιές απογόνων κάθε χρόνο (από 120 απόγονους κάθε φορά),
- ορισμένα είδη στρειδιών, τα οποία παράγουν ένα εκατομμύριο αβγά σε κάθε αναπαραγωγική περίοδο.

Γνωρίζετε ότι ...

Μερικοί κοινοί οργανισμοί που ακολουθούν την K-στρατηγική είναι:

- οι αφρικανικοί ελέφαντες, οι οποίοι ζουν μέχρι και 70 χρόνια και έχουν περίοδο κύησης 22 μήνες,
- τα περισσότερα είδη πουλιών, τα οποία γεννούν λιγότερα από 12 μικρά κάθε χρόνο.

Αντίθετα, σε περιβάλλον όπου διαβιούν πολλοί οργανισμοί, οι οποίοι ανταγωνίζονται μεταξύ τους για την επιβίωση, ευνοούνται οι οργανισμοί που ακολουθούν την K-στρατηγική, δηλαδή εκείνοι που σχηματίζουν σταθερούς πληθυσμούς κοντά στη **φέρουσα ικανότητα (K)** του περιβάλλοντος. Αυτοί οι οργανισμοί δεν έχουν να κερδίσουν κάτι από τον μεγάλο ρυθμό πληθυσμιακής αύξησης. Στα είδη K-στρατηγικής, είναι δυνατές οι μετατοπίσεις πάνω και κάτω από μια μέση τιμή μεγέθους του πληθυσμού στην

κατάσταση ισορροπίας (K), οφειλόμενες σε δυσμενείς ή ευνοϊκές περιβαλλοντικές συνθήκες, αντίστοιχα.

Ωστόσο, οι μετατοπίσεις αυτές ακολουθούνται από αλλαγές προς την αντίθετη κατεύθυνση, οι οποίες τείνουν να επαναφέρουν τον πληθυσμό στη μέση τιμή μεγέθους του.

Έτσι, οι πληθυσμιακές αυξήσεις αναμένονται να είναι πιο συχνές όταν οι πληθυσμοί είναι μικροί και οι μειώσεις όταν είναι μεγάλοι. Τέτοια είδη επικρατούν στα μεταγενέστερα στάδια της πορείας διαδοχής.

Η **r-στρατηγική** ευνοεί οργανισμούς με:

- μικρό σωματικό μέγεθος
- μικρή διάρκεια ζωής
- γρήγορη ανάπτυξη
- πρώιμη αναπαραγωγή
- μεγάλο αριθμό μικρών
- ελάχιστη γονική επένδυση σε κάθε μικρό
- ελάχιστη γονική φροντίδα
- πολύ μεγάλο αριθμό απογόνων
- εκθετικά υψηλό ρυθμό πληθυσμιακής αύξησης
- υψηλή θνησιμότητα στα πρώιμα στάδια της ζωής του ατόμου

Η **K-στρατηγική** ευνοεί οργανισμούς με:

- μεγάλο σωματικό μέγεθος
- μεγάλη διάρκεια ζωής
- αργή ανάπτυξη
- καθυστερημένη αναπαραγωγή
- μικρό αριθμό μικρών
- υψηλή γονική επένδυση σε κάθε μικρό
- μεγάλη γονική φροντίδα
- μικρό αριθμό απογόνων
- χαμηλό ρυθμό πληθυσμιακής αύξησης
- υψηλή θνησιμότητα στα τελευταία στάδια της ζωής του ατόμου

Δραστηριότητα 7.22:

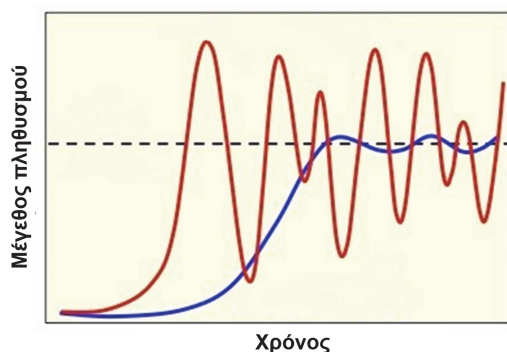
(α) Αξιοποιώντας στοιχεία από τις παραπάνω αναπαραγωγικές στρατηγικές (r και K) να συμπληρώσετε τον Πίνακα 7 γράφοντας Μικρό(ς) ή Μεγάλο(ς), αναφορικά με την αλεπού και τους ψύλλους που παρασιτούν στην αλεπού.

Πίνακας 7

	Αλεπού	Ψύλλοι αλεπούς
Σωματικό μέγεθος		
Αριθμός απογόνων		
Ρυθμός αύξησης		
Διάρκεια ζωής		
Χρόνος αναπαραγωγής		
Γονική επένδυση		
Γονική φροντίδα		
Ρυθμός πληθυσμιακής αύξησης		

(β) Ποια αναπαραγωγική στρατηγική ακολουθεί η αλεπού και ποια οι ψύλλοι;

(γ) Ποιο κάτω παρουσιάζεται γραφική παράσταση του μεγέθους του πληθυσμού (άξονας Ψ) σε σχέση με τον χρόνο (άξονας Χ) δύο ειδών: της ακρίδας και της αλεπούς. Ποια καμπύλη αντιστοιχεί στο κάθε είδος; Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.



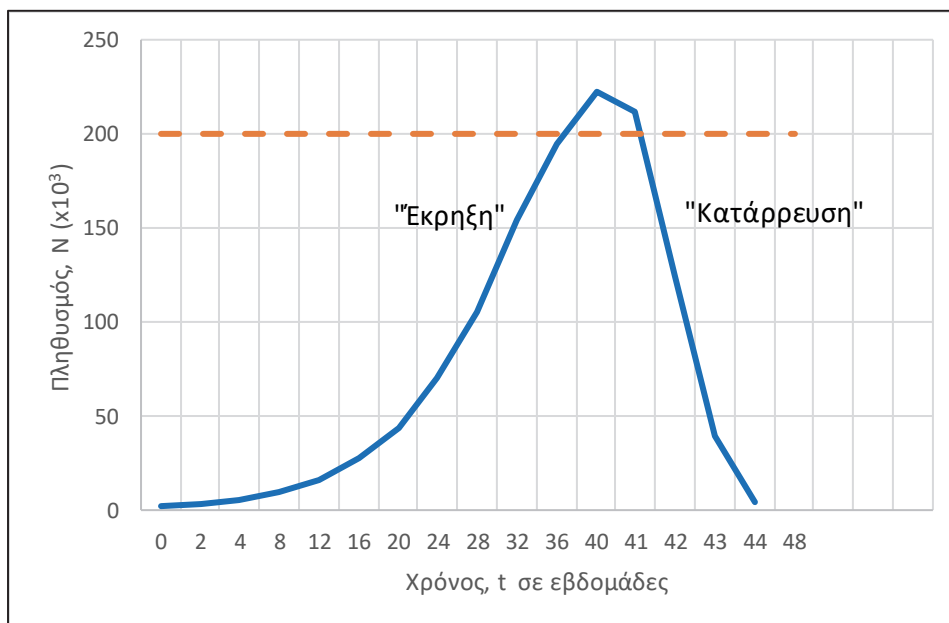
(δ) Στην Κύπρο περιοδικά παρουσιάζεται το φαινόμενο της πληθυσμιακής έξαρσης ακρίδων. Με βάση τα προηγούμενα της Δραστηριότητας 7.22, να διατυπώσετε έναν επιστημονικό ισχυρισμό σχετικά με το φαινόμενο αυτό και να τον υποστηρίξετε.

(ε) Γιατί τα φαινόμενα αυτά της πληθυσμιακής έξαρσης των ακρίδων είναι περιοδικά;

7.3.6 Διαχείριση πληθυσμών

Δραστηριότητα 7.23

Αφού μελετήσετε την ακόλουθη γραφική παράσταση του πληθυσμού ($N \times 10^3$ άτομα) της ακρίδας, σε σχέση με τον χρόνο (t σε εβδομάδες):



(α) Να περιγράψετε τι συμβαίνει με τον ρυθμό αύξησης του πληθυσμού (N) της ακρίδας, σε κάθε μία από τις δύο περιπτώσεις:

- i. κατά την περίοδο «έκρηξης»,
- ii. κατά την περίοδο «κατάρρευσης».

(β) Να συγκρίνετε τον χρόνο που χρειάζεται ο πληθυσμός της ακρίδας για να αυξηθεί μέχρι τη μέγιστή του τιμή, με τον αντίστοιχο χρόνο να μειωθεί. Να δικαιολογήσετε την απάντησή σας.

(γ) Να προτείνετε από, τουλάχιστον, έναν λόγο, που να δικαιολογεί την αύξηση και μετέπειτα τη μείωση του πληθυσμού.

(δ) Να εξηγήσετε τι είδους στρατηγική αύξησης (r ή K), ακολούθησαν οι ακρίδες σ' αυτήν την περίπτωση.

(ε) Αν η σημαντικότερη τροφή της ακρίδας, στη συγκεκριμένη περίπτωση, ήταν μόνο το γρασίδι, να περιγράψετε σύντομα τι θα συμβεί με τον πληθυσμό του γρασιδιού καθ' όλη τη διάρκεια της εμφάνισης της ακρίδας. Να προτείνετε και να σχεδιάσετε τη μορφή που θα έχει το διάγραμμα πληθυσμού (N) του γρασιδιού σε σχέση με τον χρόνο t σε μη βαθμολογημένους άξονες.

Η ανάλυση της στρατηγικής ενός πληθυσμού δίνει πολύτιμες πληροφορίες για τη σωστή διαχειριστική πρακτική που πρέπει να ακολουθήσουμε απέναντί του εφόσον χρειαστεί κάτι τέτοιο:

Σε πληθυσμό r-στρατηγικής πρέπει να βρίσκουμε τρόπους να διατηρούμε χαμηλό το πληθυσμιακό μέγεθος, αφαιρώντας, για παράδειγμα, άτομα από όλες τις ηλικιακές κατηγορίες του πληθυσμού - και από τις αναπαραγωγικές - καθώς το αναπαραγωγικό δυναμικό αυτών των οργανισμών επιτρέπει την ταχύτατη αύξηση του πληθυσμού. Το πρόβλημα σε αυτές τις περιπτώσεις είναι η σωστή εκτίμηση του κατώτατου μεγέθους του πληθυσμού έτσι ώστε να αποφεύγεται η πληθυσμιακή έκρηξη αλλά ταυτόχρονα να μην κινδυνεύσει ο πληθυσμός από κάποια αιφνίδια μείωσή του (κατάρρευση), π.χ. από κάποια αρρώστια.

Σε πληθυσμούς K-στρατηγικής, προτιμάται η απομάκρυνση των ατόμων μεγάλης ηλικίας, οι οποίοι δεν συμβάλλουν στην αναπαραγωγή. Η απομάκρυνση των ατόμων αυτών δεν επηρεάζει την αναπαραγωγική δυναμική του πληθυσμού, ενώ επιπλέον αφήνει διαθέσιμους περισσότερους τροφικούς πόρους στα υπόλοιπα άτομα. Διαχειριστικές πρακτικές όπως το μέγεθος των «ματιών» στα αλιευτικά δίχτυα, η αραίωση δασικών συστάδων με την αφαίρεση μερικών μεγάλων δέντρων, το ελεγχόμενο κυνήγι μεγάλων σε μέγεθος (άρα και σε ηλικία) χορτοφάγων θηλαστικών, αποτελούν εφαρμογές της αναφερθείσας διαχειριστικής λογικής.

7.3.7 Βιολογικός έλεγχος παρασίτων

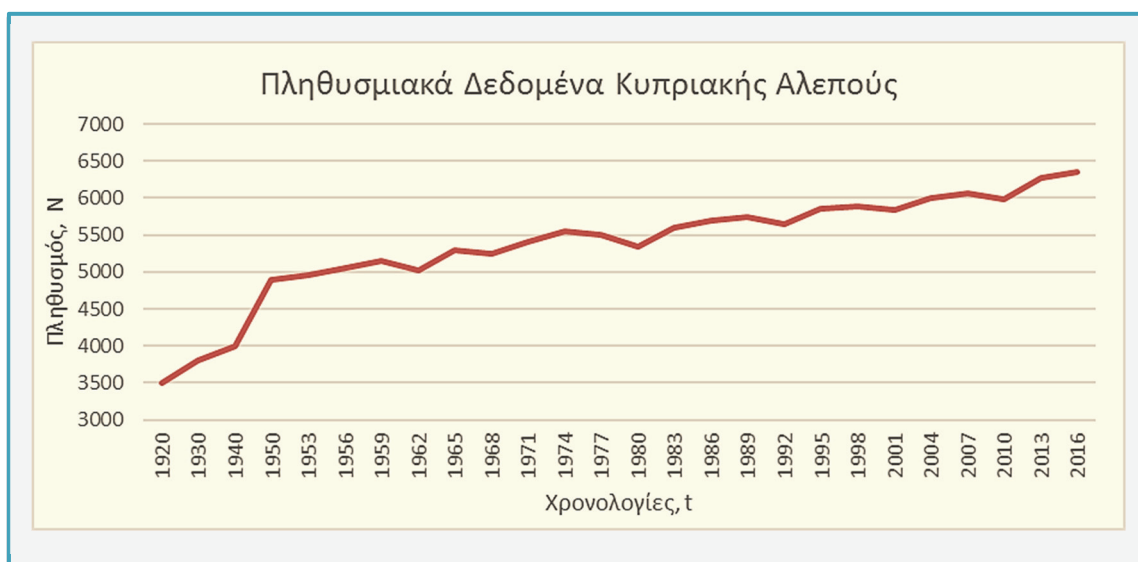
Η πληθυσμιακή ρύθμιση είναι ένας τομέας της οικολογίας με πολλές πρακτικές εφαρμογές. Πολλές από αυτές αφορούν τη γεωργία, όπως η καταπολέμηση παρασιτικών εντόμων ή ζιζανίων, τα οποία εισβάλλουν στις καλλιέργειες και εξαπλώνονται γρήγορα προξενώντας ζημιές στη γεωργική παραγωγή.



Εικόνα 19: Βιολογικός έλεγχος παρασίτων

Ασκήσεις Υποενότητας 7.3 – Μεταβολή Πληθυσμών

1. Να γράψετε ποια είναι η ειδοποιός διαφορά ανάμεσα στην εκθετική και τη λογιστική αύξηση ενός πληθυσμού. Να δώσετε τις μαθηματικές σχέσεις που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό της κάθε μιας, εξηγώντας όλους τους όρους τους.
2. (α) Να γράψετε τον ορισμό της φέρουσας ικανότητας (K) ενός πληθυσμού.
(β) Να εξηγήσετε γιατί το μέγεθος ενός πληθυσμού κυμαίνεται (παρουσιάζει αυξομειώσεις) ως προς τη φέρουσα ικανότητα.
3. Το ακόλουθο διάγραμμα δείχνει τη μεταβολή του συνολικού πληθυσμού της κυπριακής αλεπούς για περίοδο περίπου 100 χρόνων (1920-2016).
Αφού το μελετήσετε προσεκτικά, να απαντήσετε στα ακόλουθα ερωτήματα, λαμβάνοντας υπόψη ότι η Κύπρος είναι νησί, άρα γεωγραφικά απομονωμένο από τις γειτονικές της χέρσους. Αυτό, συνεπάγεται ότι δεν μπορεί να γίνει εύκολα φυσική μετανάστευση ή αποικισμός αλεπούς. Έτσι, ο πληθυσμός της στο νησί επηρεάζεται μόνο από τις γεννήσεις και τους θανάτους της.



- (α) Να υπολογίσετε (με ακρίβεια τριών δεκαδικών ψηφίων) και να σχολιάσετε τον ρυθμό αύξησης (r) του πληθυσμού της αλεπούς στις ακόλουθες χρονικές περιόδους, κάνοντας αναφορά στη γεννητικότητα (ρυθμός αναπαραγωγής) και τη θνησιμότητα (ρυθμός θανάτων), καθώς και στους πιθανούς περιοριστικούς παράγοντες.
- i. από το 1920 ($N_{1920}=3500$) μέχρι το 1950 ($N_{1950}=4900$).
 - ii. από το 1950 ($N_{1950}=4900$) μέχρι το 2016 ($N_{2016}=6350$).

Υπόδειξη: Για τον υπολογισμό, μπορείτε να χρησιμοποιήσετε τον μαθηματικό τύπο: $rN_t = dN_t/dt \rightarrow rt = \ln(N_t/N_0)$, όπου N_0 : αρχικός πληθυσμός, N_t : πληθυσμός σε χρόνο t, t: χρονική διάρκεια.

(β) Να υπολογίσετε (κατ' εκτίμηση), τη φέρουσα ικανότητα, K, της Κύπρου ως προς τον πληθυσμό της κυπριακής αλεπούς.

(γ) Οι προβλέψεις που αφορούν την αύξηση της μέσης παγκόσμιας θερμοκρασίας του πλανήτη μας για τα επόμενα 50 χρόνια είναι δυσοίωνες. Για την ανατολική Μεσόγειο προβλέπεται ακόμα μεγαλύτερη αύξηση της μέσης θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα η Κύπρος να υποφέρει ήδη από μειωμένη βροχόπτωση και ενδεχόμενη απερίημωση. Δεδομένων αυτών, αλλά και των αποτελεσμάτων του r που πήρατε από το υποερώτημα (α), να προβλέψετε και να εξηγήσετε τι μπορεί να συμβεί στον πληθυσμό της κυπριακής αλεπούς σε 50 χρόνια από σήμερα.

(δ) Με βάση τα στοιχεία που σας δίδονται στην υποενότητα 7.1, καθώς και αυτά που προκύπτουν από το διάγραμμα πληθυσμού της κυπριακής αλεπούς, να εξηγήσετε ποια στρατηγική (r ή K) αύξησης του πληθυσμού ακολουθεί η κυπριακή αλεπού.

4. Οι κρότνες (τσιμπούρια ή τσιβίτζια), είναι μικρά αραχνοειδή αρθρόποδα, τα οποία ζουν παρασιτικά σε διάφορα ζώα αλλά και στον άνθρωπο. Κάποια από τα είδη τους χρησιμοποιούν ως κύριο ξενιστή και την κυπριακή αλεπού, μεταφέροντας και μολύνοντάς την μάλιστα με άλλα παθογόνα μικρόβια και ιούς. Οι θηλυκοί κρότνες, μετά την απομύζηση αίματος, πέφτουν στο έδαφος όπου γεννούν έως και 18 χιλιάδες αυγά ο καθένας, και ύστερα πεθαίνουν. Αντέχουν σε νηστεία από 3 έως 18 χρόνια. Αν σε ένα οικοσύστημα με συνολικά 10 άτομα αλεπούς (που αντιστοιχεί και στη φέρουσα ικανότητά του σε αλεπούδες) καταμετρήθηκαν 25 θηλυκοί κρότνες ανά αλεπού, να απαντήσετε στα ακόλουθα ερωτήματα.



(α) Πόσοι κρότνες θα γεννηθούν σε έναν μόνο χρόνο στο συγκεκριμένο οικοσύστημα αν υποθέσουμε ότι όλα τα αυγά τους θα εκκολαφθούν;

(β) Αν ο αρχικός πληθυσμός των κροτώνων είναι αυτός που έχετε υπολογίσει στο υποερώτημα (α) και ο ρυθμός αύξησης, r , του πληθυσμού τους είναι 0,0575, πόσος θα γίνει ο πληθυσμός τους στα επόμενα πέντε χρόνια;

(γ) Με βάση τα προηγούμενα αποτελέσματά σας, αλλά λαμβάνοντας υπόψη και τη φέρουσα ικανότητα του συγκεκριμένου οικοσυστήματος σε αλεπούδες, να εξηγήσετε αν θα μπορούσε ο πληθυσμός των παρασιτικών κροτώνων να αυξάνεται επ' αόριστον.

δ) Να εξηγήσετε ποια στρατηγική (r ή K) αύξησης του πληθυσμού ακολουθούν οι κρότνες.

7.4 Αλληλεπιδράσεις μεταξύ ατόμων και πληθυσμών

7.4.1 Ενδοειδικές και διαειδικές αλληλεπιδράσεις

Όλοι οι οργανισμοί με την παρουσία και τη δράση τους προκαλούν μεταβολές στο περιβάλλον, όπως για παράδειγμα η απελευθέρωση οξυγόνου στην ατμόσφαιρα από τους οργανισμούς που φωτοσυνθέτουν. Επίσης, αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους επηρεάζοντας με ποικίλους τρόπους ο ένας τον άλλο. Οι αλληλεπιδράσεις αυτές μπορεί να συμβαίνουν μεταξύ ατόμων του ίδιου είδους (**ενδοειδικές**) ή μεταξύ ατόμων διαφορετικών ειδών (**διαειδικές**).

Ένας τρόπος ταξινόμησης των αλληλεπιδράσεων αυτών μπορεί να γίνει με βάση το κατά πόσο η επίδραση που έχουν αυτές σε κάθε άτομο που συμμετέχει σε μια αλληλεπιδράση είναι θετική, αρνητική ή ουδέτερη.

7.4.2. Ταξινόμηση των αλληλεπιδράσεων

Κάθε άτομο είναι δυνατόν να εισπράττει οφέλη (+), να μην επηρεάζεται (0) ή να επηρεάζεται αρνητικά (-) από μια αλληλεπιδράση. Τα οφέλη ή οι ζημιές αφορούν πάντα την αρμοστικότητα των ατόμων, δηλαδή τη δυνατότητά τους να αφήσουν απογόνους.

Πίνακας 8: Τα είδη των αλληλοεπιδράσεων

Είδος αλληλεπίδρασης	Συμβολισμοί: + κάποιος οργανισμός επωφελείται - κάποιος οργανισμός βλάπτεται 0 καμία αρνητική ή θετική επίδραση	
Αμοιβαιότητα	++	Και οι δύο οργανισμοί επωφελούνται.
Θήρευση	- +	Ο ένας οργανισμός σκοτώνει τον άλλο καθώς εξασφαλίζει την τροφή του.
Παρασιτισμός	- +	Ο ένας οργανισμός, το παράσιτο, εξασφαλίζει θρεπτικά από τον δεύτερο οργανισμό, τον ξενιστή, χωρίς να τον σκοτώνει, τουλάχιστον άμεσα.
Ομοσιτισμός	+ 0	Ο ένας οργανισμός επωφελείται αλλά δεν παρατηρείται οποιαδήποτε μετρήσιμη επίδραση στον δεύτερο.
Ασιτισμός	- 0	Ένας οργανισμός με τη δράση του προκαλεί αρνητική επίδραση στον άλλο, χωρίς όμως ο πρώτος να επηρεάζεται.
Ουδετερότητα	0 0	Κανένας από τους οργανισμούς που αλληλεπιδρούν δεν επηρεάζεται (Πρόκειται για σπάνια αλληλεπίδραση, η οποία δεν παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον για την οικολογία).
Ανταγωνισμός	--	Και τα δύο άτομα υφίστανται αρνητική επίδραση καθώς η παρουσία ή η δράση του άλλου περιορίζει την πρόσβαση προς κάποιον πόρο.

7.4.3 Αμοιβαιότητα

Οι σχέσεις που αναπτύσσονται πολλές φορές είναι προαιρετικές και οι οργανισμοί έχουν τη δυνατότητα να επιβιώνουν και χωρίς αυτές. Μία τέτοια περίπτωση αφορά το δεκάποδο *Dardanus calidus* και τις θαλάσσιες ανεμώνες που προσκολλώνται στο κέλυφος του γαστερόποδου μέσα στο οποίο ζει το δεκάποδο. Οι δύο οργανισμοί μπορούν να επιβιώνουν και από μόνοι τους. Σε άλλες περιπτώσεις οι σχέσεις είναι απόλυτα υποχρεωτικές και οι οργανισμοί δεν μπορούν να επιβιώσουν μόνοι τους. Μία τέτοια περίπτωση υποχρεωτικής σχέσης παρατηρείται κατά τον σχηματισμό μυκόρριζας μεταξύ των νηματοειδών υφών του μύκητα *Amanita muscaria* και της σημύδας. Οι υφές του μύκητα διεισδύουν στις ρίζες του δέντρου, έτσι ο μύκητας προσλαμβάνει γλυκόζη από το φυτό και το φυτό με τη σειρά του επωφελείται καθώς προμηθεύεται με θρεπτικά συστατικά όπως φωσφορικά ιόντα, άλατα ασβεστίου και

νατρίου, τα οποία απελευθερώνονται από τη δράση του μύκητα.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι σχέσεις αμοιβαιότητας μεταξύ εντόμων και ανθοφόρων φυτών, καθώς τα έντομα τρέφονται με νέκταρ από τα άνθη και παράλληλα μεταφέρουν γύρη και επικονιάζουν τα φυτά. Οι σχέσεις αυτές πολλές φορές είναι προαιρετικές αλλά και σε πολλές άλλες περιπτώσεις απόλυτα υποχρεωτικές, στις οποίες ένα είδος φυτού εξαρτάται αποκλειστικά από την παρουσία συγκριμένου είδους εντόμου για την επικονιάσή του. Η σχέση αυτή είναι πάρα πολύ διαδεδομένη στις ομάδες των εντόμων και των φυτών και έτσι πολλά χαρακτηριστικά των φυτών και των εντόμων αποτελούν προϊόν **συνεξέλιξης**, συμβάλλοντας σημαντικά στην παγκόσμια βιοποικιλότητα.

Ένθετο 3: Σχέσεις αμοιβαιότητας



Φαινόμενα συνεξέλιξης παρατηρούνται στις περιπτώσεις όπου διαφορετικά είδη βρίσκονται σε στενή οικολογική επαφή. Πολλά είδη φυτών είναι είτε σε πολύ μεγάλο βαθμό είτε ακόμη και απόλυτα εξαρτημένα από τους εποικονιαστές τους (κυρίως έντομα) καθώς αναπτύσσουν εξειδικευμένες μοναδικές σχέσεις με αυτούς. Οι σχέσεις αυτές στην πλειονότητά τους αφορούν περιπτώσεις αμοιβαιότητας που μπορεί να είναι υποχρεωτικές για το ένα ή και για τα δύο είδη.

Προαιρετική σχέση αμοιβαιότητας ανάμεσα στο δεκάποδο *Dardanus calidus* και τις θαλάσσιες ανεμώνες τις οποίες μεταφέρει.

Συμβιωτικές σχέσεις μεταξύ ριζών του δέντρου της Σημύδας και νηματοειδών υφών του μύκητα *Amanita muscaria*.



7.4.4 Θήρευση

Από τη σκοπιά της οικολογίας, θηρευτής ονομάζεται ένας οργανισμός ο οποίος εξασφαλίζει ενέργεια και θρεπτικά συστατικά από έναν άλλο, το θήραμα (ή λεία), και ως αποτέλεσμα αυτού το θήραμα πεθαίνει. Σύμφωνα με αυτό τον ορισμό συμπεριλαμβάνονται εδώ και τα φυτοφάγα ζώα (θηρευτές βοσκής) αλλά και τα παρασιτοειδή, αφού τρέφονται από τον ξενιστή τους οδηγώντας τον τελικά στον θάνατο.



Ένθετο: Τα παρασιτοειδή σκοτώνουν τον ξενιστή τους καθώς γεννούν τα αυγά τους μέσα ή πάνω στο σώμα του. Όταν τα αυγά εκκολαφθούν, η προνύμφη τους τρέφεται με το σώμα του ξενιστή ενόσω αυτός είναι ακόμα ζωντανός. Στην εικόνα, προνύμφη του Υμενόπτερου *Acrodactyla quadrisculpta* τρέφεται με το σώμα μίας ζωντανής αράχνης.

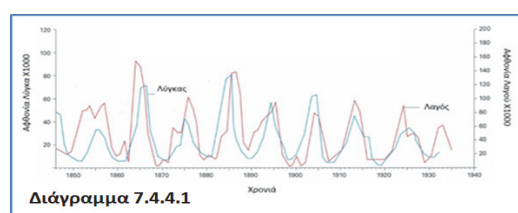
7.4.5 Σχέση θηρευτή – Θηράματος

Όπως έχει αναφερθεί, οι σαρκοφάγοι θηρευτές εξασφαλίζουν την τροφή τους σκοτώνοντας το θήραμά τους, αφαιρώντας έτσι άτομα από τον πληθυσμό του. Μελετώντας τη σχέση θηράματος και θηρευτή στον εξελικτικό χρόνο, μπορούμε να δούμε την εξέλιξη αμυντικών χαρακτήρων από τα θηράματα, όπως η ικανότητα διαφυγής με μεγάλη ταχύτητα, η απόκρυψη (καμουφλάζ), αμυντικά όργανα (π.χ. κέρατα), παραγωγή απωθητικών ουσιών κ.ά. Επίσης, οι θηρευτές εξελίσσουν «αντίμετρα», όπως όργανα που διευκολύνουν τη σύλληψη (κοφτερά δόντια, μεγάλα νύχια, μεγάλη ταχύτητα, πολύ καλή όραση κ.ά.) που εξουδετερώνουν τις άμυνες των θηραμάτων.

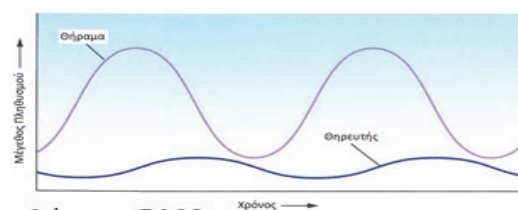
Δηλαδή, εκτυλίσσεται ένας διαρκής «αγώνας εξοπλισμών».

Στον οικολογικό χρόνο, πάλι, οι πληθυσμοί θηρευτών και θηραμάτων παρουσιάζουν συχνά συντονισμένες διακυμάνσεις (με μικρή καθυστέρηση του θηρευτή), οι οποίες οφείλονται στον χρόνο που χρειάζεται ο πληθυσμός του θηρευτή (ή του θηράματος, αντίστοιχα) για να ανταποκριθεί στις μεταβολές του πληθυσμού του θηράματος (ή του θηρευτή, αντίστοιχα). Στο διάγραμμα 7.4

Δραστηριότητα 7.24



Διάγραμμα 7.4.4.1



Διάγραμμα 7.4.4.2

α) Στο διάγραμμα 7.4.4.1 παρουσιάζονται δεδομένα που αφορούν το μέγεθος των φυσικών πληθυσμών ενός θηρευτή και ενός από τα θηράματά του ενώ στο διάγραμμα 7.4.4.2 τα δεδομένα προέρχονται από μετρήσεις σε ελεγχόμενες πειραματικές συνθήκες. Στο διάγραμμα 7.4.4.2 παρατηρούμε πιο ομαλές επαναλαμβανόμενες διακυμάνσεις στους δύο πληθυσμούς σε σχέση με το διάγραμμα 7.4.4.1. Πώς μπορούμε να αιτιολογήσουμε αυτή τη διαφορά;

β) Ιστότοποι με σχετικό ψηφιακό υλικό

<http://www.netlogoweb.org/launch#http://www.netlogoweb.org/assets/modelslib/Sample%20Models/Biology/Wolf%20Sheep%20Predation.nlogo>

παρουσιάζεται η διακύμανση των πληθυσμών του καναδικού λύγκα και του λαγού του χιονιού που αποτελεί το κύριο θήραμά του, μεταξύ των ετών 1836 και 1946, στον Καναδά.

7.4.6 Παρασιτισμός

Η περίπτωση του παρασιτισμού μοιάζει πολύ με εκείνη της θήρευσης, με βασική διαφορά το ότι το θήραμα δεν σκοτώνεται, τουλάχιστον άμεσα. Τα παράσιτα εξασφαλίζουν τροφή και καταφύγιο πάνω στον ξενιστή, προκαλώντας του ζημιά. Μία τέτοια περίπτωση αποτελούν σκώληκες, όπως οι ταινίες (Πλατυέλμινθες), που ζουν στο πεπτικό σύστημα των θηλαστικών.

7.4.7 Ομοσιτισμός

Στην περίπτωση αυτού του τύπου αλληλεπίδρασης μόνο ο ένας οργανισμός ωφελείται ενώ ο άλλος δεν επηρεάζεται. Τα πτηνά του είδους *Bubulcus ibis* ακολουθούν μεγάλα φυτοφάγα ζώα, όπως αγελάδες, οι οποίες συνήθως ανασκάπτουν το έδαφος και διαταράσσουν τη βλάστηση όπως βοσκούν. Έτσι, πολλά έντομα και μικρά ασπόνδυλα εγκαταλείπουν το καταφύγιό τους και τα πτηνά επωφελούνται καθώς μπορούν να τραφούν ευκολότερα με αυτά.

7.4.8 Ανταγωνισμός

Ο ανταγωνισμός είναι μία περίπτωση αλληλεπίδρασης μεταξύ ατόμων που μοιράζονται κάποιον πόρο, προκαλώντας μείωση της βιωσιμότητας, της ανάπτυξης ή ακόμα και της αναπαραγωγής και των δύο. Μπορεί να εκδηλώνεται τόσο μεταξύ ατόμων του ίδιου είδους (**ενδοειδικός**) όσο και διαφορετικών ειδών (**διαειδικός**). Υπάρχουν αρκετές μορφές αυτής της αλληλεπίδρασης, όπως όταν οι οργανισμοί καταναλώνουν τον ίδιο πόρο σε διαφορετική χρονική στιγμή, έτσι ώστε αυτός να στερείται μετά τη χρήση του ή όταν εκδηλώνεται άμεση αντιπαράθεση των οργανισμών για την πρόσβαση σε κάποιον πόρο (τροφή, άλλο φύλο, χώρος φωλιάσματος κ.λπ.). Υπάρχει ακόμα περίπτωση να θεωρήσουμε ότι δύο οργανισμοί ανταγωνίζονται ενώ και οι δύο στην πραγματικότητα επηρεάζονται από κάποιον τρίτο.

Μία ιδιαίτερη περίπτωση αλληλεπίδρασης που δεν αφορά τον τρόπο που τρέφονται οι οργανισμοί αποτελεί η περίπτωση του ασιτισμού. Στην περίπτωση αυτή ένας οργανισμός με τη δράση του επηρεάζει αρνητικά έναν άλλο χωρίς ο πρώτος να υφίσταται οποιαδήποτε επίδραση. Παράδειγμα τέτοιας αλληλεπίδρασης αποτελεί η καταστροφή της υποκείμενης βλάστησης από περιπτώματα πτηνών που κουρνιάζουν σε ψηλά δέντρα χρησιμοποιώντας τα ως χώρο ανάπαυσης.



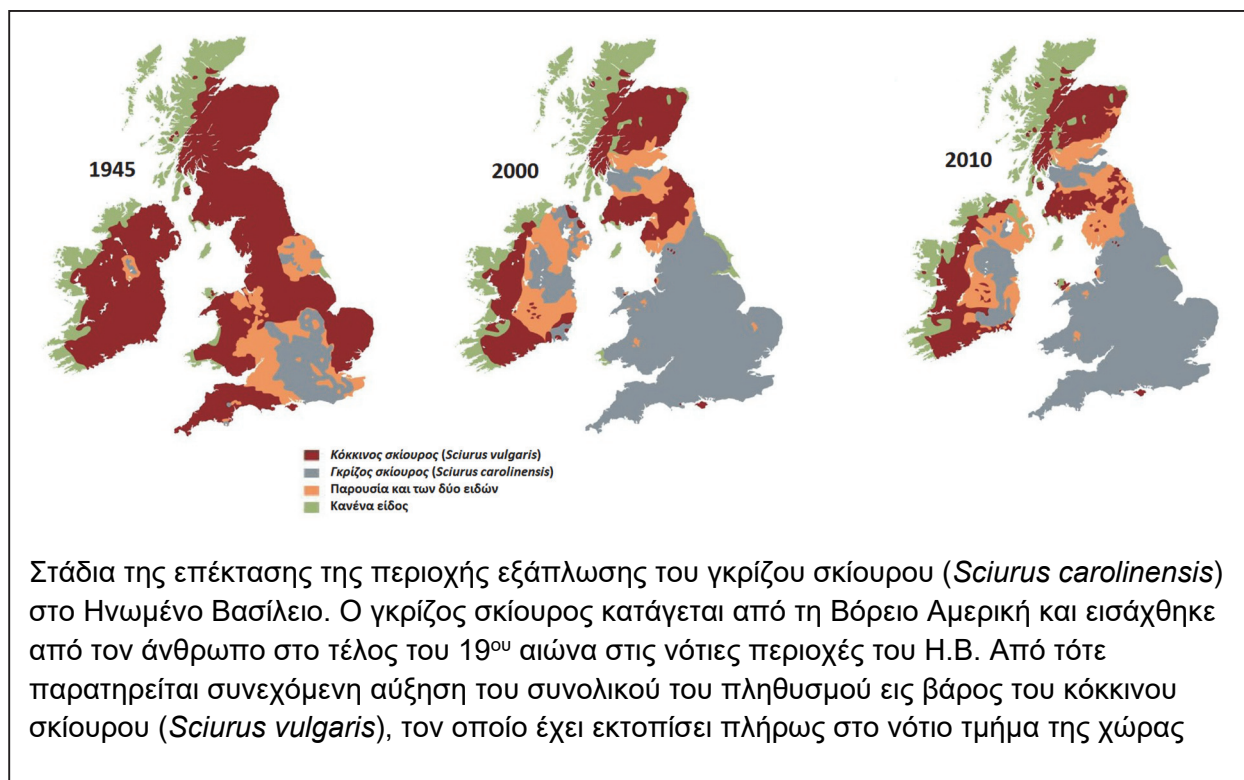
Τα πτηνά του είδους *Bubulcus ibis* ακολουθούν συνήθως μεγάλα φυτοφάγα.

7.4.9 Ανταγωνιστικός αποκλεισμός

Ο ανταγωνισμός μεταξύ ειδών με παρόμοιες οικολογικές απαιτήσεις μελετήθηκε πειραματικά από τον Ρώσο οικολόγο G. F. Gause, χρησιμοποιώντας δύο συγγενικά βλεφαριδοφόρα πρώτιστα, τα *Paramecium aurelia* και *P. caudatum*. Αρχικά, καλλιέργησε τα δύο είδη σε ξεχωριστές καλλιέργειες και μελέτησε τον ρυθμό αύξησης του πληθυσμού τους, ο οποίος στα πρώτα στάδια μίας νεαρής καλλιέργειας ήταν πολύ υψηλός. Ακολούθως, παρατήρησε σταθερή κατάσταση στους πληθυσμούς τους καθώς έφθαναν στο μέγιστο δυνατό μέγεθος.

Κατόπιν, καλλιέργησε τα δύο είδη σε μεικτές καλλιέργειες και παρατήρησε ότι, σύντομα, το είδος *P. caudatum* οδηγήθηκε σε εξαφάνιση. Συμπέρανε ότι τα δύο είδη ανταγωνίζονταν για τους ίδιους πόρους οπότε ακόμη και πολύ μικρές διαφορές στην αποτελεσματικότερη χρήση των πόρων ή ένα μικρό αναπαραγωγικό πλεονέκτημα έχουν ως αποτέλεσμα την εξαφάνιση του κατώτερου ανταγωνιστή. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται ανταγωνιστικός αποκλεισμός.

Ένα καλά μελετημένο παράδειγμα ανταγωνιστικού αποκλεισμού σε φυσικές συνθήκες παρουσιάζεται στην πιο κάτω εικόνα.



Δραστηριότητα 7.25

A			B		
Ημέρες	<i>P. caudatum</i>	<i>P. aurelia</i>	Ημέρες	<i>P. caudatum</i>	<i>P. bursaria</i>
1	1	1	1	1	1
2	4	4	2	6	3
3	27	25	3	10	6
4	115	56	4	16	8
5	125	80	5	19	10
6	80	105	6	21	10
7	57	120	7	22	10
8	40	137	8	22	10
9	33	155	9	22	11
10	32	163	10	22	10
11	28	163	11	22	11
12	24	163	12	22	11
13	18	160	13	23	11
14	10	163	14	22	11
15	0	162	15	23	11

Στους δύο πιο πάνω πίνακες παρουσιάζονται τα δεδομένα από μετρήσεις (κύτταρα/mm³) ανά εικοσιτετράωρο (24h) για δεκαπέντε (15) συνεχόμενες ημέρες σε δύο διαφορετικές (Α και Β) μεικτές καλλιέργειες μονοκύτταρων οργανισμών. Και στις δύο περιπτώσεις συμμετέχει το είδος *P. caudatum* με την ταυτόχρονη παρουσία του είδους *P. aurelia* (καλλιέργεια Α) και του είδους *P. bursaria* (καλλιέργεια Β). Παρατηρούμε πως οι αρχικοί πληθυσμοί και στις δύο καλλιέργειες είναι ίσοι.

Χρησιμοποιώντας τα δεδομένα των πιο πάνω πινάκων να δημιουργήσετε δύο ξεχωριστά διαγράμματα που να παρουσιάζουν τη μεταβολή των πληθυσμών των ειδών στις δύο καλλιέργειες. Να εξηγήσετε τις διαφορές στη μεταβολή των πληθυσμών αυτών.

Δραστηριότητα 7.26

(α) Να συμπληρώσετε τον Πίνακα 9 που αφορά τη σύγκριση μεταξύ ενδοειδικού και διαειδικού ανταγωνισμού.

Πίνακας 9

	Ενδοειδικός ανταγωνισμός	Διαειδικός ανταγωνισμός
Αφορά:		
Αριθμός διαφορετικών ειδών τα οποία εμπλέκονται		
Κύρια αιτία του ανταγωνισμού		
Ανταγωνισμός για την ευκαιρία αναπαραγωγής	ΝΑΙ/ΟΧΙ	ΝΑΙ/ΟΧΙ

(β) Η θήρευση και ο παρασιτισμός αποτελούν περιπτώσεις αλληλεπιδράσεων του τύπου + -. Πώς διακρίνονται μεταξύ τους;

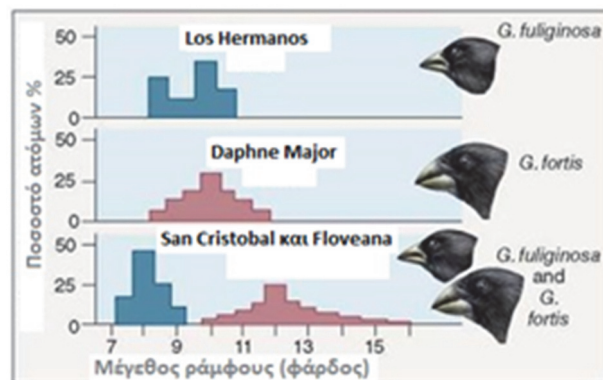
(γ) Σε πολλές περιπτώσεις ο χαρακτηρισμός κάποιου οργανισμού ως παράσιτο ή ως θηρευτή σχετίζεται με το μέγεθος του ξενιστή του ή του θηράματός του. Να διακρίνετε τη σχέση παρασιτισμού ή θήρευσης ανάμεσα στα πιο κάτω ζεύγη οργανισμών:

- I. Αγρινό – Λατζιά
- II. Αφίδα – Μαρούλι
- III. Κρόττρες – Αλεπού
- IV. Αράχνη – Κουνούπι

7.4.10 Απόκλιση χαρακτήρων

Οι σπίζες των νησιών Γκαλάπαγκος είναι γνωστές ως «σπίνοι του Δαρβίνου». Στο νησί Los Hermanos υπάρχει μόνο το είδος *Geospiza fuliginosa*, στο νησί Daphne μόνο το είδος *G. fortis* και στα νησιά San Cristobal και Floreana ζουν και τα δύο είδη. Μετρήσεις στο μέγεθος του ράμφους δείχνουν ότι ανάμεσα στα είδη παρατηρείται σημαντική διαφορά μεταξύ των **συμπάτριων** (που ζουν στα ίδια νησιά) και των **αλλοπάτριων** (που ζουν σε διαφορετικά νησιά) πληθυσμών. Το μέγεθος του ράμφους καθορίζει σε σημαντικό βαθμό τις τροφικές προτιμήσεις των ειδών. Εκεί που ζουν μαζί, κάθε είδος εξελίχθηκε κάπως διαφορετικό μέγεθος ράμφους έτσι τα δύο είδη έχουν πρόσβαση σε διαφορετικές πηγές τροφής (σπόροι

φυτών). Η περίπτωση στην οποία παρατηρείται διαφοροποίηση χαρακτηριστικών των ειδών, τα οποία αρχικά ήταν πολύ παρόμοια, με άμεσο αποτέλεσμα να μειώνεται ο ανταγωνισμός μεταξύ τους, ονομάζεται **απόκλιση χαρακτήρα**.



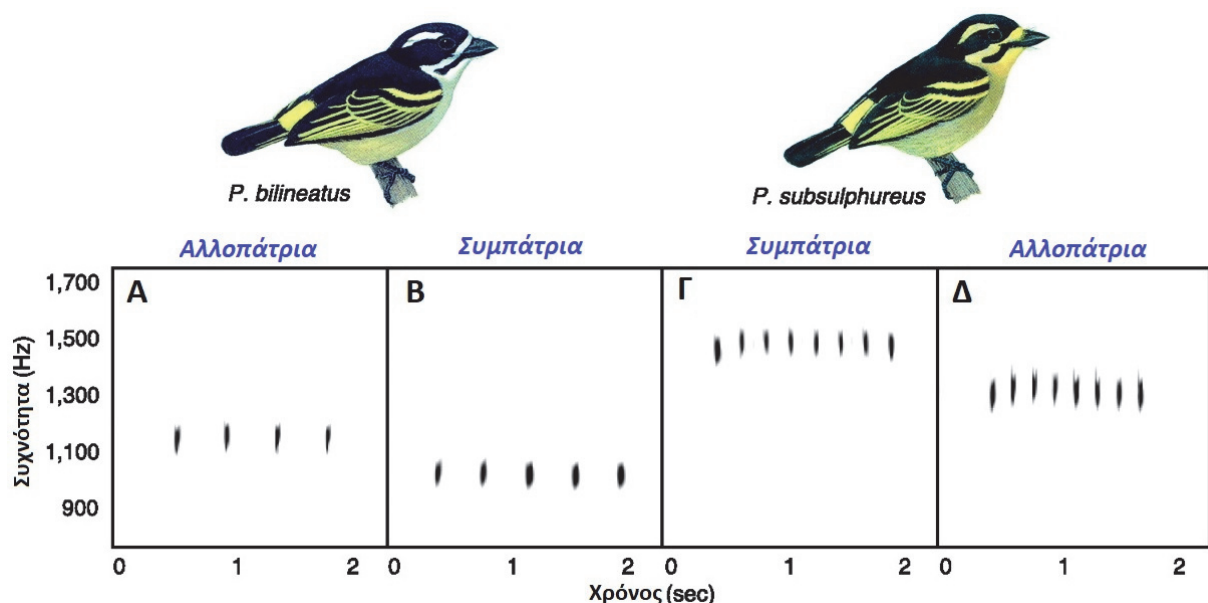
Εικόνα 22: Σύγκριση του μεγέθους του ράμφους μεταξύ συμπάτριων και αλλοπάτριων πληθυσμών σε δύο είδη σπίνων του συμπλέγματος των νησιών Γκαλάπαγκος.

Δραστηριότητα 7.27

Σε πολλά είδη πτηνών παρατηρείται η εκτέλεση τραγουδιού από το ένα φύλο (συνήθως από το αρσενικό) ή και από τα δύο φύλα. Το τραγούδι χρησιμοποιείται σε διάφορες πτυχές της ζωής των πτηνών, όπως στην επιλογή συντρόφου, στην εγκαθίδρυση και διατήρηση χωροκράτειας (ζωτικού χώρου από όπου εξασφαλίζουν τροφή, καταφύγιο, θέση φωλιάσματος) κ.λπ.

Στην Εικόνα 23 παρουσιάζονται δύο διαφορετικά είδη πτηνών του γένους *Pogoniulus* (*Pogoniulus bilineatus* και *Pogoniulus subsulphureus*), τα οποία ζουν στην Αφρική. Σε κάποιες περιοχές παρατηρούνται πληθυσμοί και των δύο ειδών (συμπάτρια κατάσταση) και σε άλλες περιοχές παρατηρείται είτε το ένα είτε το άλλο είδος (αλλοπάτρια κατάσταση). Σε διάφορους πληθυσμούς των πιο κάτω ειδών έχει μελετηθεί η δομή του τραγουδιού που εκτελούν και τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στα τέσσερα πιο κάτω ηχογράμματα Α-Δ. Τα ηχογράμματα Α και Β παρουσιάζουν τη δομή του τραγουδιού του είδους *P. bilineatus* σε αλλοπάτρια και συμπάτρια κατάσταση αντίστοιχα ενώ τα Γ και Δ αφορούν το είδος *P. subsulphureus* επίσης αντίστοιχα.

(Σημείωση: Ένα διάγραμμα ηχογράμματος μας παρέχει πληροφορίες για τη συχνότητα, τη διάρκεια και την ένταση στην οποία εκτελείται ένα σύνολο ήχων.)



Πηγή: (Kirschel, Blumstein et al. 2009)

Συγκρίνοντας τα τραγούδια που εκτελούν τα είδη σε αλλοπάτρια κατάσταση, παρατηρούμε ότι το είδος *P. bilineatus* περιορίζει την εκτέλεση του τραγουδιού του σε μέση συχνότητα στα 1150Hz, ενώ το *P. subsulphureus* σε μέση συχνότητα στα 1300Hz. Παρατηρείται δηλαδή διαφορά 150Hz. Στις περιπτώσεις των συμπάτριων πληθυσμών η διαφορά αυτή αυξάνεται με αποτέλεσμα να μην παρατηρείται αλληλεπικάλυψη στις συχνότητες ανάμεσα στα τραγούδια των δύο ειδών.

(α) Πώς μπορούμε να εξηγήσουμε τη διαφορά στα χαρακτηριστικά των τραγουδιών των δύο ειδών μεταξύ συμπάτριας και αλλοπάτριας κατάστασης;

(β) Ποιο πρότυπο αλληλεπιδράσεων μπορεί να έχει προκαλέσει αυτή τη διαφορά;

(γ) Με ποιον τρόπο διευκολύνει τη συνύπαρξη των δύο ειδών η μετατόπιση στις συχνότητες των τραγουδιών και στα δύο είδη, σύμφωνα με τα πιο πάνω δεδομένα;

Προτεινόμενοι ιστότοποι με σχετικό ψηφιακό υλικό:

- <http://photodentro.pi.ac.cy/subject-search?locale=el>
- <http://photodentro.edu.gr/aggregator/>
- <http://www.ahahah.eu/trucs/pp/>
- <https://www.biologysimulations.com/>

Πηγές:

Βώκου Δ. (2009). Γενική Οικολογία: Μια εισαγωγή. University Studio Press,Θεσσαλονίκη .

Reece, J. B., Urry, L. A., Cain, M. L. 1., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V., Jackson, R., & Campbell, N. A. (2014). Campbell biology (Tenth edition.). Boston: Pearson.

Αδαμαντιάδου, Σ., Γεωργάτου, Μ., Παπιτζάκης Χ., Λάκκα Α., Νοταράς, Δ., Φλωρεντίν, Ν., Χατζηγεωργίου Γ., Χατζηκωσταντή, Ολ. (2013). Βιολογία Γενικής Παιδείας Γ' Ενιαίου Λυκείου, Ο.Ε.Δ.Β, Αθήνα.

Sand, Håkan K.; Cederlund, Göran R.; Danell, Kjell (June 1995). "Geographical and latitudinal variation in growth patterns and adult body size of Swedish moose (*Alces alces*)". *Oecologia*. 102 (4): 433–442. Bibcode:1995Oecol.102..433S. doi:10.1007/BF00341355. PMID 28306886.

Kent, M., 2000. *Advanced biology*. Oxford University Press.

Begon, M., Harper, J.L. and Townsend, C.R., 1986. *Ecology. Individuals, populations and communities*. Blackwell scientific publications.

Sadava, D.E., Heller, H.C., Purves, W.K., Orians, G.H. and Hillis, D.M., 2008. *Life: The science of biology*. MacMillan.

OCR A level Biology A Second Edition Sue Hocking Frank Sochacki Mark Winterbottom ALWAYS LEARNING

Βιβλίο επιστήμης περιβάλλοντος Β Λυκείου

Dhondt AA. Interspecific competition in birds. Oxford University Press; 2012.

Haavie, J., Borge, T., Bures, S., Garamszegi, L.Z., Lampe, H.M., Moreno, J., Qvarnström, A., Török, J. and Sætre, G.P., 2004. Flycatcher song in allopatry and sympatry—convergence, divergence and reinforcement. *Journal of Evolutionary Biology*, 17(2), pp.227-237.

Kirschel, A.N., Blumstein, D.T. and Smith, T.B., 2009. Character displacement of song and morphology in African tinkerbirds. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(20), pp.8256-8261.

Sand, Håkan K.; Cederlund, Göran R.; Danell, Kjell (June 1995). "Geographical and latitudinal variation in growth patterns and adult body size of Swedish moose (*Alces alces*)". *Oecologia*. 102 (4): 433–442. Bibcode:1995Oecol.102..433S. doi:10.1007/BF00341355. PMID 28306886.

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f9/Northern red fox %26 southern desert red fox.jpg/435px-Northern red fox %26 southern desert red fox.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f9/Northern_red_fox_%26_southern_desert_red_fox.jpg/435px-Northern_red_fox_%26_southern_desert_red_fox.jpg)

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f9/Northern red fox %26 southern desert red fox.jpg/435px-Northern red fox %26 southern desert red fox.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f9/Northern_red_fox_%26_southern_desert_red_fox.jpg/435px-Northern_red_fox_%26_southern_desert_red_fox.jpg)

<https://images.fineartamerica.com/images/artworkimages/medium/1/winter-fur-coat-arctic-white-fox-athena-mckinzie.jpg>

<https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/56090/ENTO-74.pdf?sequence=1>

[https://en.wikipedia.org/wiki/File:Calliactis and Dardanus 001.JPG](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Calliactis_and_Dardanus_001.JPG)

<https://slideplayer.com/slide/5326744/>

<https://www.nytimes.com/2010/12/14/science/14angier.html>

<https://www.pinterest.com/eddiebrackett1/identified-unidentified-flying-objects-of-every-fe/>

<https://www.antario.lv/tanzanija-zanzibara>

<https://sciencing.com/ant-adaptation-8765248.html>

<https://www.sandiegoseedcompany.com/seedsaving/insect-pollinated-plants/>

<https://www.flickr.com/photos/philphotography/7530096866>

<http://rock95.com/bird-poo-island/>

<https://slideplayer.com/slide/5326744/>

https://www.google.com/search?client=firefox-b&biw=1523&bih=723&tbm=isch&sa=1&ei=Rz7oWrenFMnVwAL6mJaQAQ&q=red+fox&oq=red+fox&gs_l=psy-ab..0l2j0i30k1l8.19012.20240.0.20398.7.7.0.0.0.156.1014.0j7.7.0....0...1c.1.64.psyab..0.7.1008...0i67k1.0.GpEuvhL4et8#imgsrc=K7iKgCfGyWxOkM:

<http://www.startribune.com/keeping-an-eye-on-the-foxes-in-st-paul-s-como-park/235630551/>

<https://www.dpreview.com/galleries/3383006929/photos/1260262/swift-fox-vixen-stands-so-her-eight-kits-can-nurse-img0587>

<http://www.ahahah.eu/trucs/pp/>

<http://photodentro.edu.gr/aggregator/lo/photodentro-lor-8521-8683>

<http://photodentro.pi.ac.cy/subject-search?locale=el>

<https://www.biologysimulations.com/>

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f9/Northern red fox %26 southern desert red fox.jpg/435px-Northern red fox %26 southern desert red fox.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f9/Northern_red_fox_%26_southern_desert_red_fox.jpg/435px-Northern_red_fox_%26_southern_desert_red_fox.jpg)

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f9/Northern red fox %26 southern desert red fox.jpg/435px-Northern red fox %26 southern desert red fox.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/f/f9/Northern_red_fox_%26_southern_desert_red_fox.jpg/435px-Northern_red_fox_%26_southern_desert_red_fox.jpg)

<https://images.fineartamerica.com/images/artworkimages/medium/1/winter-fur-coat-arctic-white-fox-athena-mckinzie.jpg>

