

Η οργάνωση στο επίπεδο των πληθυσμών

Ο πληθυσμός στο οικοσύστημα

✚ Ομαδοποίηση οργανισμών & ατόμων του ίδιου είδους που ζουν στον ίδιο χώρο $\boxtimes$ εξετάζονται ως ενιαίο σύνολο $\boxtimes$ έννοια του πληθυσμού (βασική οικολογική μονάδα).

✚ Πληθυσμοί σχηματίζονται από ομάδες ατόμων του ίδιου βιολογικού είδους που ζουν σε ένα χώρο, έτσι ώστε να μπορούν να αναπαραχθούν μεταξύ τους.

✚ Σύνολο όλων των πληθυσμών ενός χώρου = βιολογική κοινότητα.

#Πληθυσμιακή οικολογία: πρόβλεψη

#μεταβολής των πληθυσμών στο χρόνο.

#κατανομής των πληθυσμών στο χώρο.

#αφθονίας του κάθε πληθυσμού μέσα στη βιολογική κοινότητα.

#κατανομής των ατόμων ενός πληθυσμού κατά ηλικία και φύλο.

#Πληθυσμός: χαρακτηριστική περίπτωση συστήματος $\boxtimes$ περιγραφή από **παραμέτρους & μεταβλητές** που δεν έχουν νόημα για καθένα από τα άτομα, αλλά μόνο για το σύνολο (πχ μέγεθος πληθυσμού, γεννητικότητα, θνησιμότητα, μετανάστευση, κατανομή των ηλικιών κ.λπ.)

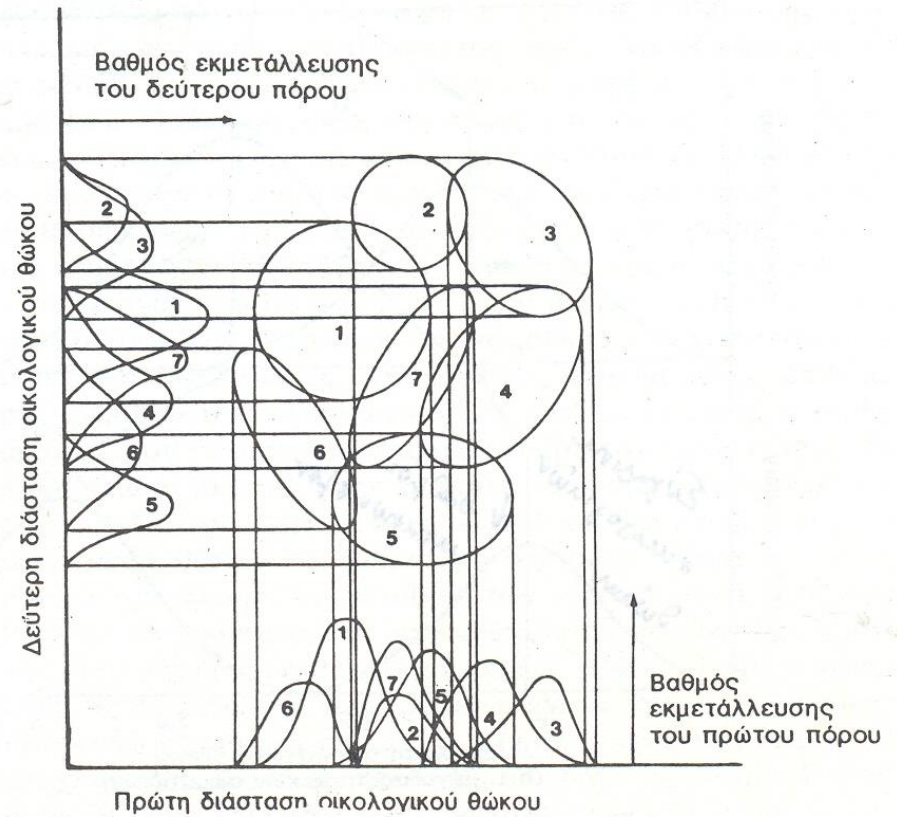
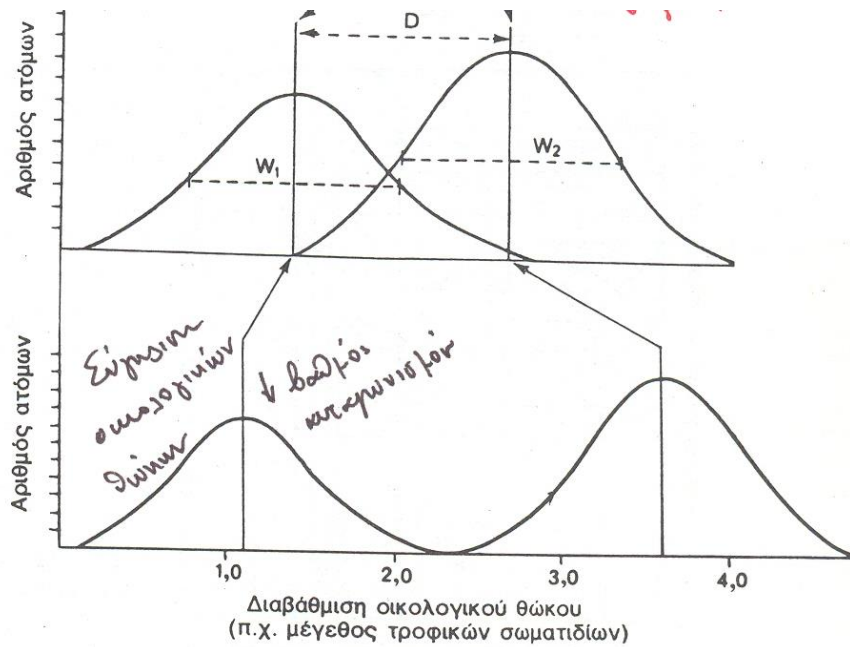
Χώρος οικολογικής δραστηριότητας ενός
πληθυσμού = όχι γεωγραφική έννοια αλλά
υπερχώρος πολλών διαστάσεων (διάσταση =
οικολογική παράμετρος)

Οικοθέση (ecological niche) ή Οικολογικός θώκος

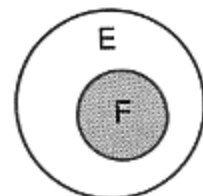
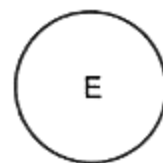
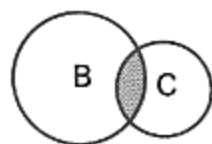
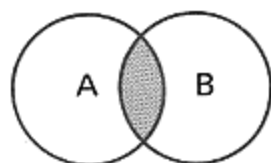
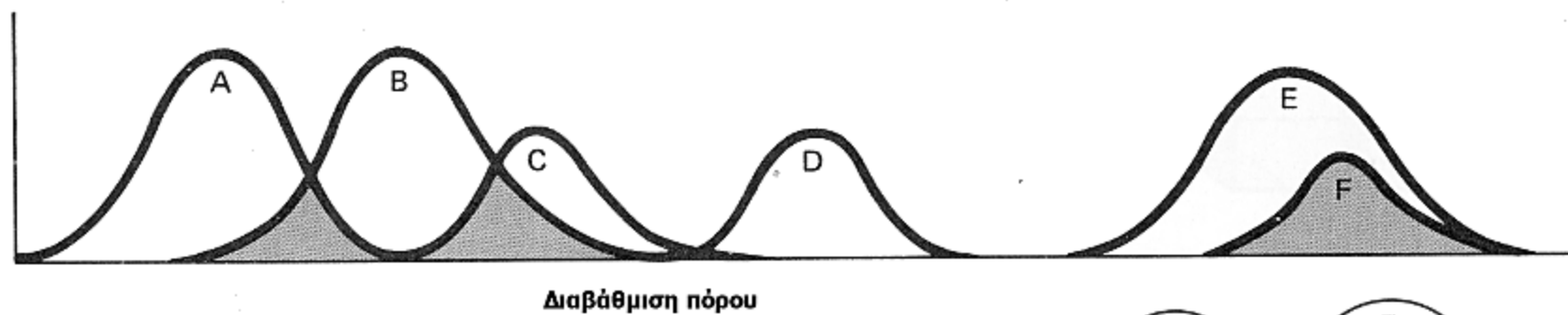
Οικολογικό ενδιαίτημα

σύνολο γεωγραφικών, αβιοτικών και
βιοτικών συνθηκών του φυσικού
περιβάλλοντος που ταιριάζουν σε έναν
πληθυσμό ~ βιότοπος

Γεωγραφική περιοχή



ΣΧΗΜΑ 7.7 Σχηματική απεικόνιση του βαθμού επικάλυψης των οικολογικών θώκων 7 ειδών όταν λαμβάνονται υπόψη δύο διαστάσεις κάθε οικολογικού θώκου. Όπως φαίνεται, η επικάλυψη είναι πολύ μεγάλη όταν θεωρείται η μια διάσταση μόνο. Όταν όμως λαμβάνονται υπόψη και οι δύο διαστάσεις μαζί, η επικάλυψη των οικολογικών θώκων ελαχιστοποιείται. May 1976.



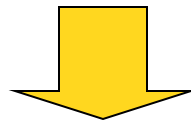
Εσωτερικές δυνάμεις

Εξωτερικοί παράγοντες

**Ανάπτυξη
πληθυσμού**

✚ Εσωτερική τάση πληθυσμού να αυξάνεται με σταθερό ρυθμό ανά άτομο $\boxtimes$ αρχικά εκθετική μεταβολή.

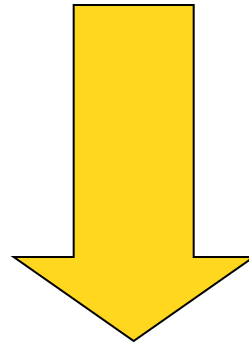
✚ Η ταχύτητα όμως της αύξησης ανακόπτεται $\Rightarrow$ επίδραση παραγόντων αβιοτικού περιβάλλοντος (θερμοκρασία, ακτινοβολία, υγρασία, θρεπτικά άλατα κ.λπ.) ή βιοτικού περιβάλλοντος (απλές ή πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις με άλλους πληθυσμούς του οικοσυστήματος).



Περιοριστικοί παράγοντες

+ 3 παράμετροι καθορίζουν τη μεταβολή μεγέθους ενός πληθυσμού στη διάρκεια του χρόνου :

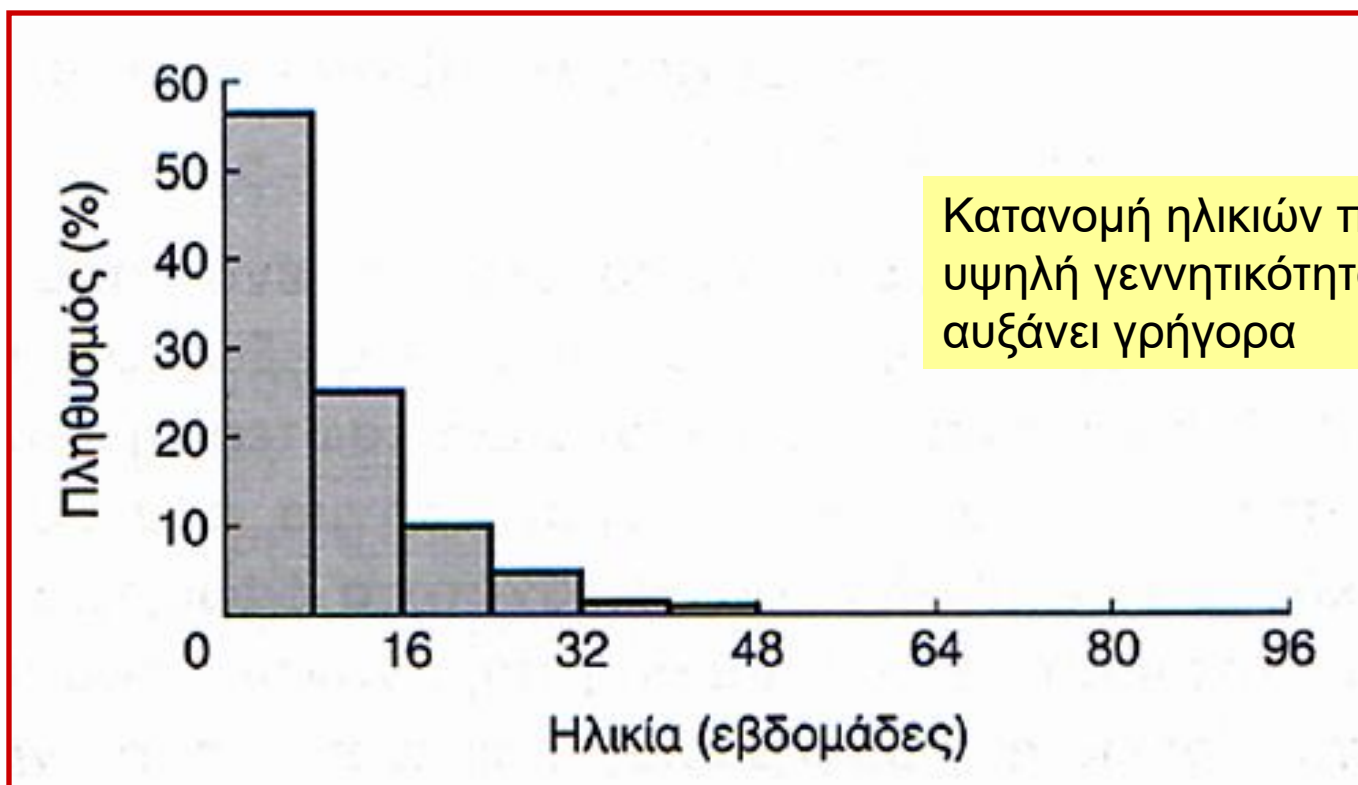
- **γεννητικότητα ή ταχύτητα γέννησης.**
- **θνησιμότητα ή ταχύτητα θανάτου.**
- **ρυθμός μετανάστευσης ατόμων από ή προς τον πληθυσμό.**



Πληθυσμιακή Οικολογία ή Δημογραφία

Κατανομή ηλικιών

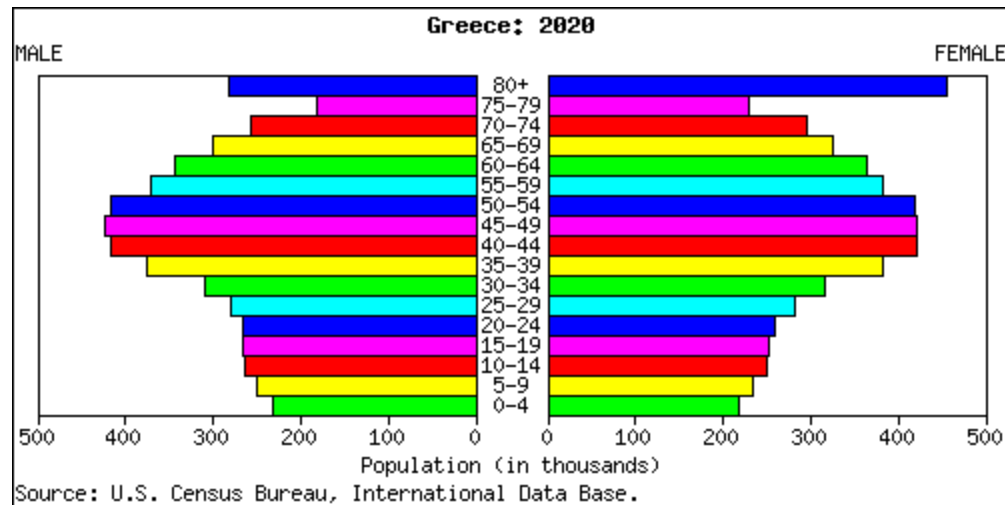
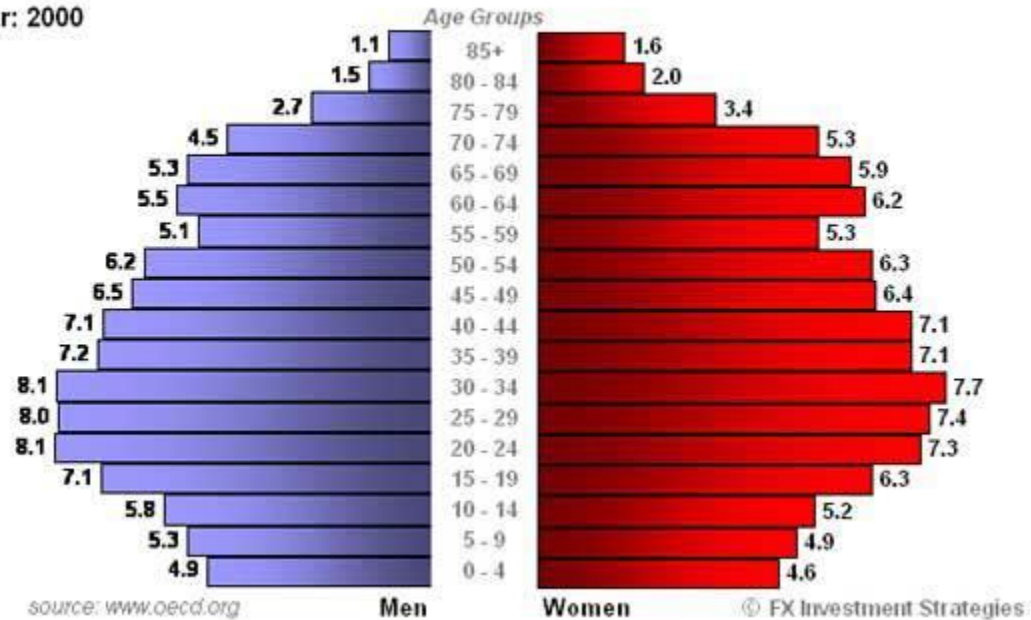
✚ Υποδιαίρεση πληθυσμού σε κλάσεις ηλικίας.



Ηλικιακές κατανομές ανθρώπινων πληθυσμών

Greece: Population by age group and gender in percentage of total population in each group

Year: 2000



✚Γεννητικότητα & θνησιμότητα χρονικά αμετάβλητες ⇒ γίνεται σταθερή και η κατανομή ηλικιών του πληθυσμού.

Δυναμική των πληθυσμών

✚ Εξέταση του τρόπου μεταβολής μεγέθους πληθυσμών στην διάρκεια του χρόνου & διερεύνηση αιτίων της μεταβολής $\boxtimes$ πρόβλεψη ή και έλεγχος του μεγέθους διαφόρων ανθρώπινων ή άλλων πληθυσμών ζώων, φυτών ή μικροοργανισμών.

✚ Απλά ή σύνθετα μοντέλα.

✚ Στα απλούστερα μοντέλα $\Rightarrow$ βασική παραδοχή ότι όλα τα άτομα του πληθυσμού είναι πανομοιότυπα $\Rightarrow$ η κατάσταση του πληθυσμού περιγράφεται με μία μόνο μεταβλητή, το μέγεθος του N .

✚ Ευστάθεια $\Rightarrow$ αποτελεί προϋπόθεση για τη σταθερότητα $\Rightarrow$ σημαντικό κριτήριο για την αξιολόγηση των μοντέλων που χρησιμοποιούνται για να περιγράψουν τα φαινόμενα.

✚ Οι θεωρητικές προσεγγίσεις περιορίζονται στη διερεύνηση σταθεροποιητικών παραγόντων $\boxtimes$ ενδοπληθυσμιακός ανταγωνισμός, ποικιλότητα των ειδών ή των φυσικών συνθηκών ή των αλληλεπιδράσεων...

Μοντέλα μεταβολής του μεγέθους ενός πληθυσμού

1. Εκθετικό μοντέλο

- ✚ Η ταχύτητα μεταβολής του πληθυσμού ανά άτομο παραμένει σταθερή
⇒ το κάθε άτομο θα παράγει ένα σταθερό αριθμό απογόνων σε δεδομένο χρονικό διάστημα.

$$\frac{dN}{dt} = rN$$

- όπου dN/dt : ταχύτητα μεταβολής του πληθυσμού.
- σταθερή ταχύτητα μεταβολής ανά άτομο $r = \gamma - \theta$,
 - όπου γ η γεννητικότητα και θ η θνησιμότητα του πληθυσμού
 - εσωτερικός ρυθμός φυσικής αύξησης.

$$N = N_0 e^{rt}$$

→ Αρχικό μέγεθος πληθυσμού

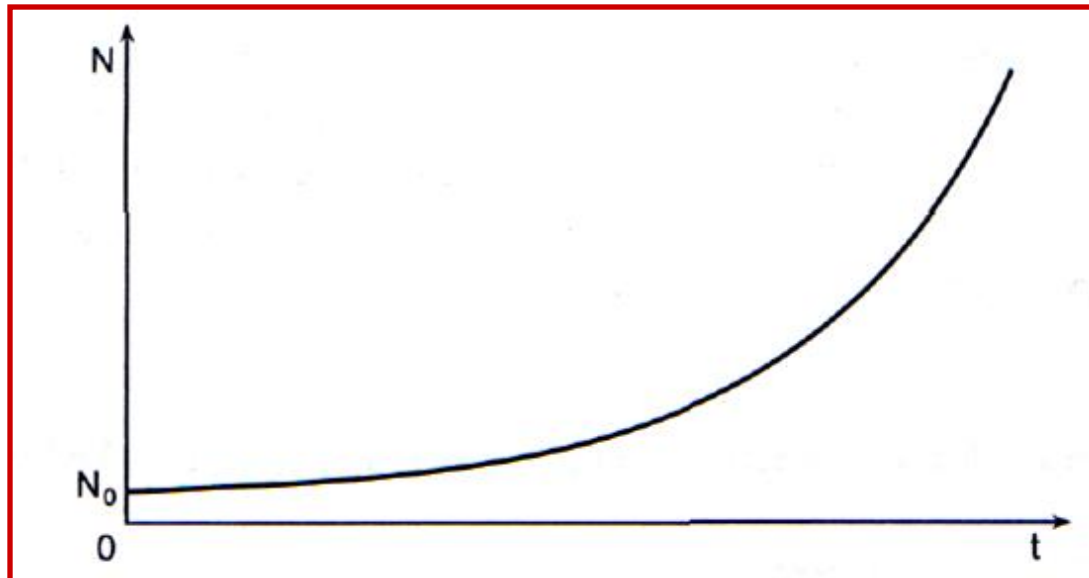
■ Εκθετικό μοντέλο $\Rightarrow$ περιγράφει απεριόριστη αύξηση του πληθυσμού.

■ Βασικές υποθέσεις:

■ ο πληθυσμός ζει σε άπειρο χώρο και

■ διαθέτει άπειρους πόρους για την ανάπτυξη του (κανένας περιοριστικός παράγοντας).

■ Οι συνθήκες αυτές δεν παρατηρούνται μόνιμα στη φύση.



Λογιστικό μοντέλο

■ Περιορισμός εκθετικής αύξησης από τις επιδράσεις του βιοτικού και αβιοτικού περιβάλλοντος.

■ Αύξηση μεγέθους πληθυσμού $\Rightarrow$ εντείνει τον ανταγωνισμό μεταξύ των ατόμων του $\Rightarrow$ διεκδίκηση πόρων & ειδικότερα αυτού που αντιπροσωπεύει ο περιοριστικός παράγοντας $\boxtimes$ ενδοπληθυσμιακός ανταγωνισμός $\neq$ διαπληθυσμιακός ανταγωνισμός.

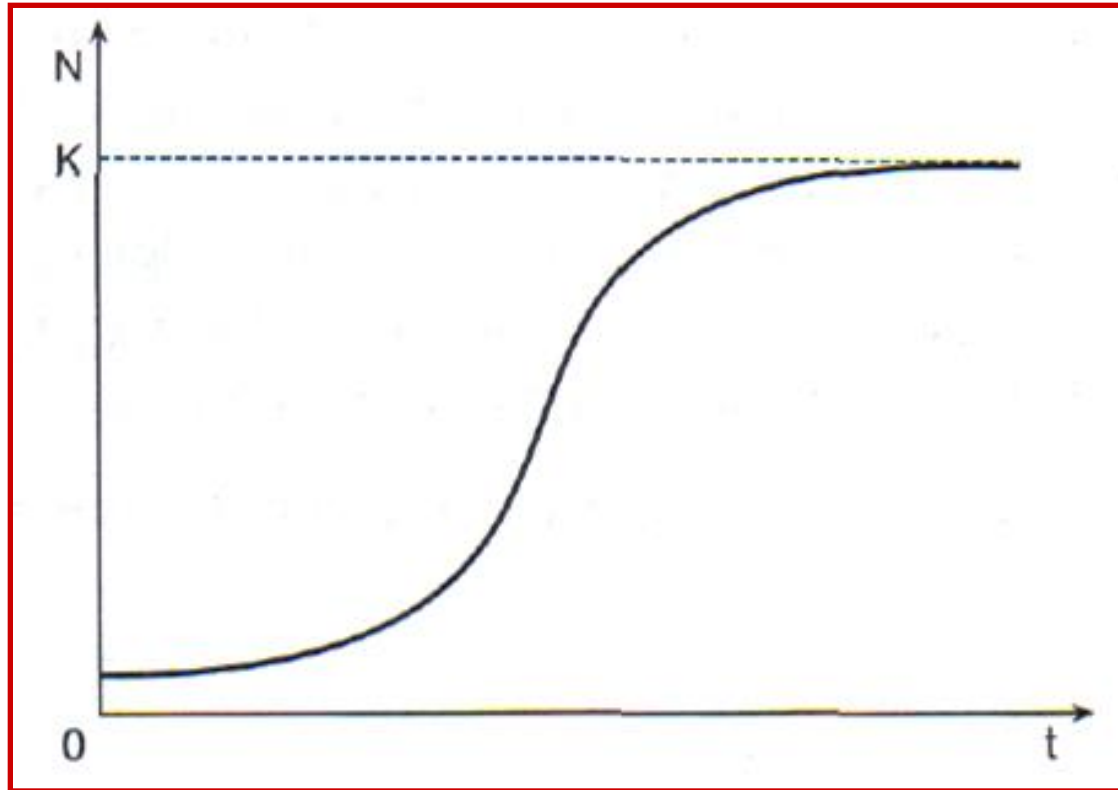
■ Αυτοπεριορισμός πληθυσμού:

$$\frac{dN}{dt} = rN - qN^2$$

◆ q : σταθερός συντελεστής

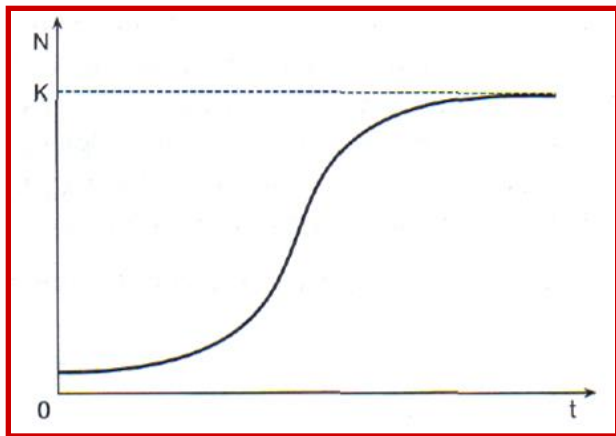
◆ η ταχύτητα μεταβολής ανά άτομο δεν είναι σταθερή.

◆ r : εσωτερικός ρυθμός φυσικής αύξησης



■ Πρώτη φάση καμπύλης: εκθετική αύξηση.

■ Μετά το σημείο καμπής η αύξηση επιβραδύνεται σημαντικά και οριακά μηδενίζεται, λόγω του εντεινόμενου ενδοπληθυσμιακού ανταγωνισμού.



Αν στη λογιστική εξίσωση θέσουμε $q = (r/K)$, έχουμε:

$$\frac{dN}{dt} = rN \left(1 - \frac{N}{K} \right)$$

- για $N \ll K$, η αύξηση είναι πρακτικά εκθετική
- για $N \rightarrow K$, η αύξηση συνεχώς επιβραδύνεται
- για $N = K$, η μεταβολή μηδενίζεται και ο πληθυσμός σταθεροποιείται
- για $N > K$, το μέγεθος N μειώνεται μέχρι να γίνει $N = K$.

■ τιμή K : οριακό μέγεθος του πληθυσμού που μπορεί να ζήσει στο δεδομένο περιβάλλον $\boxtimes$ **φέρουσα ικανότητα ή χωρητικότητα του περιβάλλοντος**

■ καθορίζεται κάθε στιγμή από τον ισχύοντα περιοριστικό παράγοντα.

■ Ενδεχόμενη κατάργηση περιοριστικού παράγοντα $\boxtimes$ εκθετική αύξηση και πιθανή πληθυσμιακή έκρηξη.

■ Εκδήλωση άλλου περιοριστικού παράγοντα $\boxtimes$ το σύστημα επανέρχεται σε αυτοπεριοριζόμενη αύξηση, αλλά με διαφορετική φέρουσα ικανότητα.

■ Αν υπάρχει αλλαγή των φυσικών συνθηκών ή κατάλληλη ανθρώπινη επέμβαση στη διάρκεια του χρόνου, θα εμφανιστεί μια διαδοχή περιοριστικών παραγόντων και αντίστοιχων φερουσών ικανοτήτων.

Η ολοκλήρωση της λογιστικής εξίσωσης (για K σταθερό) δίνει:

$$N = \frac{K}{1 + \left[\left(\frac{K}{N_0} \right) - 1 \right] e^{-rt}}$$

■ Λογιστικό μοντέλο $\Rightarrow$ ικανοποιητική περιγραφή της μεταβολής των πληθυσμών στη φύση.

■ Πχ αύξηση μονοκύτταρων οργανισμών με μικρή διάρκεια ζωής και μεγάλη ταχύτητα αναπαραγωγής.

Αλληλεπιδράσεις μεταξύ δύο πληθυσμών

- Δύσκολη κατάταξη $\boxtimes$ ποικιλία τρόπων με τους οποίους τα διάφορα φυσικά ή ζωικά είδη ανταγωνίζονται για χώρο ή τροφή, αλληλοϋποστηρίζονται, ψάχνουν ή χρησιμεύουν για τροφή.
- Η κάθε βιολογική αλληλεπίδραση αποτελεί μια ξεχωριστή περίπτωση.
- Η δυσκολία αυτή μπορεί να ξεπεραστεί αν καταταγούν οι αλληλεπιδράσεις με βάση όχι τις διεργασίες που συμβαίνουν, αλλά τα ποσοτικά αποτελέσματα που επιφέρουν $\boxtimes$ ποσοτικές σχέσεις & μαθηματικά μοντέλα.
- Αποτελέσματα της αλληλεπίδρασης $\boxtimes$ θετικά, αρνητικά ή ουδέτερα

$$\blacksquare dN_1 dt = \alpha_{11}N_1 + \alpha_{21}N_1N_2 - \beta_{31}N_1N_3$$

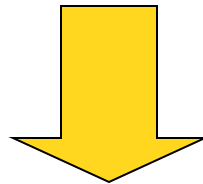
$\blacksquare$ η μεταβολή του πληθυσμού N_1 υφίσταται θετική επίδραση από τον πληθυσμό N_2 , αρνητική από τον N_3 , ενώ είναι ουδέτερη η επίδραση ενός άλλου πληθυσμού N_4 , που είναι ενδεχομένως παρών.

$\blacksquare$ Περιπτώσεις αλληλεπιδράσεων:

$\blacksquare$ + + $\boxtimes$ συμβίωση

$\blacksquare$ - - $\boxtimes$ ανταγωνισμός

$\blacksquare$ + - $\boxtimes$ θήρευση ή αλληλεπίδραση θηρευτή – θηράματος



Επίδραση στην εξέλιξη των αντίστοιχων ειδών (φυσική επιλογή)

Συμβίωση δύο πληθυσμών

✗ Η αύξηση του κάθε πληθυσμού επηρεάζεται θετικά από την παρουσία του άλλου.

✗ Η αλληλεπίδραση τείνει να οδηγήσει το σύστημα των δύο πληθυσμών σε ταχύτερη αύξηση ή να διευρύνει τη φέρουσα ικανότητα του περιβάλλοντος.

✗ Αν ο ένας πληθυσμός εξαφανιστεί:

✗ ο άλλος θα εξαφανιστεί επίσης, αν είναι πλήρως εξαρτημένος από τον πρώτο.

✗ εάν επιβιώσει, θα αυξάνεται βραδύτερα ή θα ισορροπεί σε μικρότερο μέγεθος.

Ανταγωνισμός δύο πληθυσμών

- Διαπληθυσμιακός $\boxtimes$ σχέση δύο πληθυσμών που αμφότεροι έχουν ανάγκη κάποιον από τους περιορισμένους πόρους του περιβάλλοντος $\boxtimes$ περιοριστικοί παράγοντες.
- Η αύξηση των πληθυσμών εντείνει τον μεταξύ τους ανταγωνισμό - για τον πόρο που αντιπροσωπεύει ο περιοριστικός παράγοντας.
- Καθένας από τους πληθυσμούς προσπαθεί να εμποδίσει την αύξηση του άλλου και να επωφεληθεί μόνον αυτός από τον διαθέσιμο πόρο.

■ A. Ανταγωνισμός εκμετάλλευσης ☒ όταν η διαθεσιμότητα ενός πόρου για τον κάθε πληθυσμό είναι μειωμένη, λόγω της χρήσης του πόρου από τον άλλο.

■ B. Ανταγωνισμός παρέμβασης ☒ ειδική συμπεριφορά (π.χ. υπεράσπιση επικράτειας) ή με επίδραση χημικής μορφής (π.χ. μέσω τοξικής ουσίας) στον ανταγωνιστή.

■ Αναγκαία προϋπόθεση για την ύπαρξη ανταγωνισμού είναι μια σημαντική επικάλυψη των οικοθέσεων των δύο πληθυσμών.

■ **Νόμος του Gause – διεκδίκηση ίδιων περιορισμένων πόρων από 2 πληθυσμούς $\Rightarrow$ ο ανταγωνισμός τους δε μπορεί να διαρκέσει απεριόριστο χρόνο υπό σταθερές περιβαλλοντικές συνθήκες $\Rightarrow$ επικράτηση του ενός**

■ **1. Χρονική μεταβλητότητα:** Αν οι συνθήκες του περιβάλλοντος μεταβάλλονται μπορεί να προκύψει μόνιμη συνύπαρξη.

■ **Απαραίτητη προϋπόθεση για την επικράτηση του ενός ανταγωνιστή είναι να παραμένουν σταθερές οι ικανότητες των δύο ειδών.**

■ Σε περίπτωση εξέλιξης/επαρκούς διαφοροποίησης των οικοθέσεων, μπορούν να συνεχίσουν να συνυπάρχουν.

■ **2. Χωρική μεταβλητότητα:** Σε μία περιοχή του οικοσυστήματος, ο ένας ανταγωνιστής μπορεί να έχει πλεονεκτήματα έναντι του άλλου και να τον εκτοπίζει (το αντίθετο σε άλλη περιοχή του οικοσυστήματος) ☒ συνύπαρξη ανταγωνιστών.

■ **3. Θηρευτές:** επιτιθέμενοι στο αφθονότερο είδος, είναι δυνατόν να μην το αφήσουν να αυξηθεί αρκετά, ώστε να μπορέσει να εξαλείψει τους ανταγωνιστές του.

Μοντέλα ανταγωνισμού δύο πληθυσμών

Ανταγωνισμός σύμφωνα με το εκθετικό μοντέλο:

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 - a_{21} N_1 N_2$$

$$\frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2 - a_{12} N_1 N_2$$



ο ρυθμός αύξησης του κάθε πληθυσμού μειώνεται λόγω της παρουσίας του άλλου

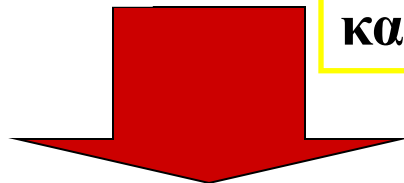
Ανταγωνισμός σύμφωνα με το λογιστικό μοντέλο:

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 - a_{21} N_1 N_2 - q_1 N_1^2$$

$$\frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2 - a_{12} N_1 N_2 - q_2 N_2^2$$



το κάθε άτομο των δύο πληθυσμών υφίσταται ένα διπλό ανταγωνισμό, ενδοπληθυσμιακό και διαπληθυσμιακό



Επίδραση του ανταγωνισμού $\Rightarrow$ μειωμένοι ρυθμοί αύξησης των δύο πληθυσμών & μεγέθη που δεν μπορούν να φθάσουν τη φέρουσα ικανότητα του περιβάλλοντος

Αν όμως ο ένας πληθυσμός εξαφανιστεί, ο άλλος θα αυξηθεί ταχύτερα, απολαμβάνοντας όλη τη φέρουσα ικανότητα του περιβάλλοντος.

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 - a_{21} N_1 N_2 - q_1 N_1^2$$

$$\frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2 - a_{12} N_1 N_2 - q_2 N_2^2$$

συντελεστές a_{21} και a_{12} $\boxtimes$ ρυθμίζουν την αρνητική επίδραση του ενός πληθυσμού στο ρυθμό αύξησης του άλλου (εξαρτάται από το $N_1 N_2$ - η παρουσία του γινομένου είναι αναγκαία

- ο κάθε πληθυσμός να απαλλάσσεται από τον διαπληθυσμιακό ανταγωνισμό αν μηδενιστεί το μέγεθος του ανταγωνιστή του
- μηδενίζεται η ταχύτητα μεταβολής του πληθυσμού αν μηδενιστεί το δικό του μέγεθος

$$dN_1/dt = r_1 N_1 (1 - (N_1 + a_{21}^* N_2)/K_1)$$

$$dN_2/dt = r_2 N_2 (1 - (N_2 + a_{12}^* N_1)/K_2)$$

$$K_1 = r_1/q_1 \quad K_2 = r_2/q_2 \quad a_{12}^* = a_{12}K_1/r_1 \quad a_{21}^* = a_{21}K_2/r_2$$

- $dN_1/dt = 0$, αν $K_1 = N_1 + a_{21}^* N_2$ και $dN_2/dt = 0$, αν $K_2 = N_2 + a_{12}^* N_1$
- Αν $K_1 < r_2/a_{12}$ και ταυτόχρονα $K_2 < r_1/a_{21}$ τότε το σύστημα έχει ευσταθή ισορροπία $\Rightarrow$ οι δύο ανταγωνιστικοί πληθυσμοί συνυπάρχουν μόνιμα. Αυτό συμβαίνει επειδή η αύξηση του μεγέθους του κάθε πληθυσμού εμποδίζει τη δική του αύξηση περισσότερο απ' όσο εμποδίζει την αύξηση του ανταγωνιστή του. Στην περίπτωση αυτή ο ανταγωνισμός μπορεί να διαρκέσει απεριόριστο χρόνο, διότι έχει αρκετά μικρή ένταση (ο νόμος του Gause δεν ισχύει).
- Σε κάθε περίπτωση όπου η προηγούμενη συνθήκη δεν ικανοποιείται, το σύστημα δεν έχει ευσταθή ισορροπία, επομένως ο ανταγωνισμός δεν μπορεί να διαρκέσει για πολύ.

Αλληλεπίδραση θηρευτή -θηράματος

+ Τροφική σχέση όπου ένας οργανισμός καταναλώνει έναν άλλον (και παρασιτισμός)

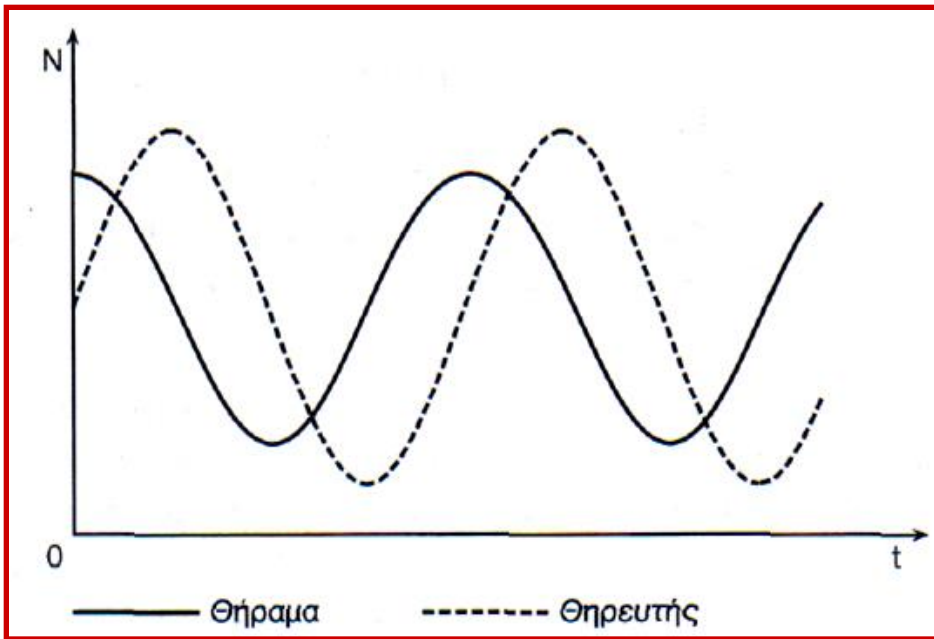
+ Αλληλεπιδράσεις θηρευτή-θηράματος ☒

- 1. Θηρευτές που φονεύουν πολλά θηράματα (τα περισσότερα σαρκοφάγα και μερικά φυτοφάγα).**
- 2. Θηρευτές που καταναλώνουν μόνο ένα μέρος από πολλά θηράματα, χωρίς να τα φονεύσουν (τα περισσότερα φυτοφάγα).**
- 3. Θηρευτές που φονεύουν μόνο ένα θήραμα στην διάρκεια της ζωής τους (ορισμένα έντομα παράσιτα άλλων εντόμων).**
- 4. Θηρευτές που καταναλώνουν ένα μέρος από ένα μόνο θήραμα στην διάρκεια της ζωής τους (τα περισσότερα παράσιτα).**

 Στη φύση, οι παρατηρούμενες αλληλεπιδράσεις εμφανίζουν μεγάλη ποικιλία, λόγω των διαφορών ανάμεσα στα είδη, αλλά επίσης και λόγω της επίδρασης πολυάριθμων παραγόντων του περιβάλλοντος.

 Γενικά η αλληλεπίδραση θηρευτή - θηράματος δεν καταλήγει σε εξαφάνιση του ενός ή και των δύο πληθυσμών.

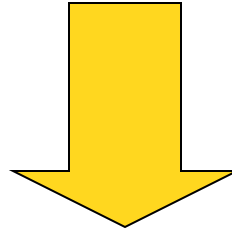
Πχ η μόνιμη ταλάντωση των δύο πληθυσμών με διαφορά φάσης



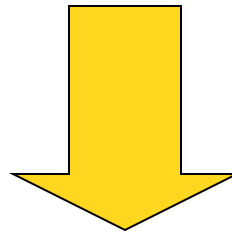
Ελαστικότητα συστήματος στην περίπτωση που το πλάτος των ταλαντώσεων είναι μικρό.

Στα φυσικά οικοσυστήματα οι σχέσεις είναι κατά κανόνα πολυμερείς και όχι διμερείς, οπότε το θήραμα μπορεί να περιορίζεται από άλλο παράγοντα ή ο θηρευτής να διαθέτει εναλλακτική πηγή τροφής.

 Οι τροφικές σχέσεις και κατά συνέπεια οι αλληλεπιδράσεις θηρευτή-θηράματος είναι συχνά διαδοχικές στην φύση



Τροφικές αλυσίδες



Τροφικά πλέγματα / δίκτυα

Μοντέλα αλληλεπίδρασης θηρευτή-θηράματος

Εξισώσεις Lotka - Volterra:

Εκθετικό μοντέλο

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 - \alpha_{21} N_1 N_2$$

$$\frac{dN_2}{dt} = -r_2 N_2 + \alpha_{12} N_1 N_2$$

Λογιστικό μοντέλο

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 - \alpha_{21} N_1 N_2 - q_1 N_1^2$$

$$\frac{dN_2}{dt} = -r_2 N_2 + \alpha_{12} N_1 N_2 - q_2 N_2^2$$

- r_1 : ρυθμός αύξησης του θηράματος όταν δεν υπάρχει θηρευτής
- $-r_2$: ρυθμός μείωσης του θηρευτή όταν δεν υπάρχει θήραμα, δηλαδή τροφή.
- συντελεστές α_{21} και α_{12} $\boxtimes$ ρυθμίζουν την ένταση της αλληλεπίδρασης των δύο πληθυσμών.

Μοντέλα αλληλεπίδρασης θηρευτή-θηράματος

- Ταχύτητα αύξησης του θηράματος $\Rightarrow$ μειώνεται λόγω της παρουσίας του θηρευτή
- Ταχύτητα αύξησης του θηρευτή $\Rightarrow$ αυξάνεται λόγω της παρουσίας του θηράματος.
- αν $N_2 = 0$ (απουσία θηρευτή), ο πληθυσμός N_1 του θηράματος αυξάνεται. Αν όμως $N_1 = 0$ (απουσία θηράματος), ο πληθυσμός N_2 του θηρευτή μειώνεται, διότι υποτίθεται ότι ο θηρευτής δεν έχει άλλη πηγή τροφής, πλην του θηράματος.
- Σε περίπτωση που ο θηρευτής διαθέτει εναλλακτική πηγή τροφής, η δεύτερη εξίσωση πρέπει να γραφεί χωρίς το σημείο (-) στον όρο $r_2 N_2$.

$$\frac{dN_2}{dt} = \cancel{r_2} N_2 + \alpha_{12} N_1 N_2$$

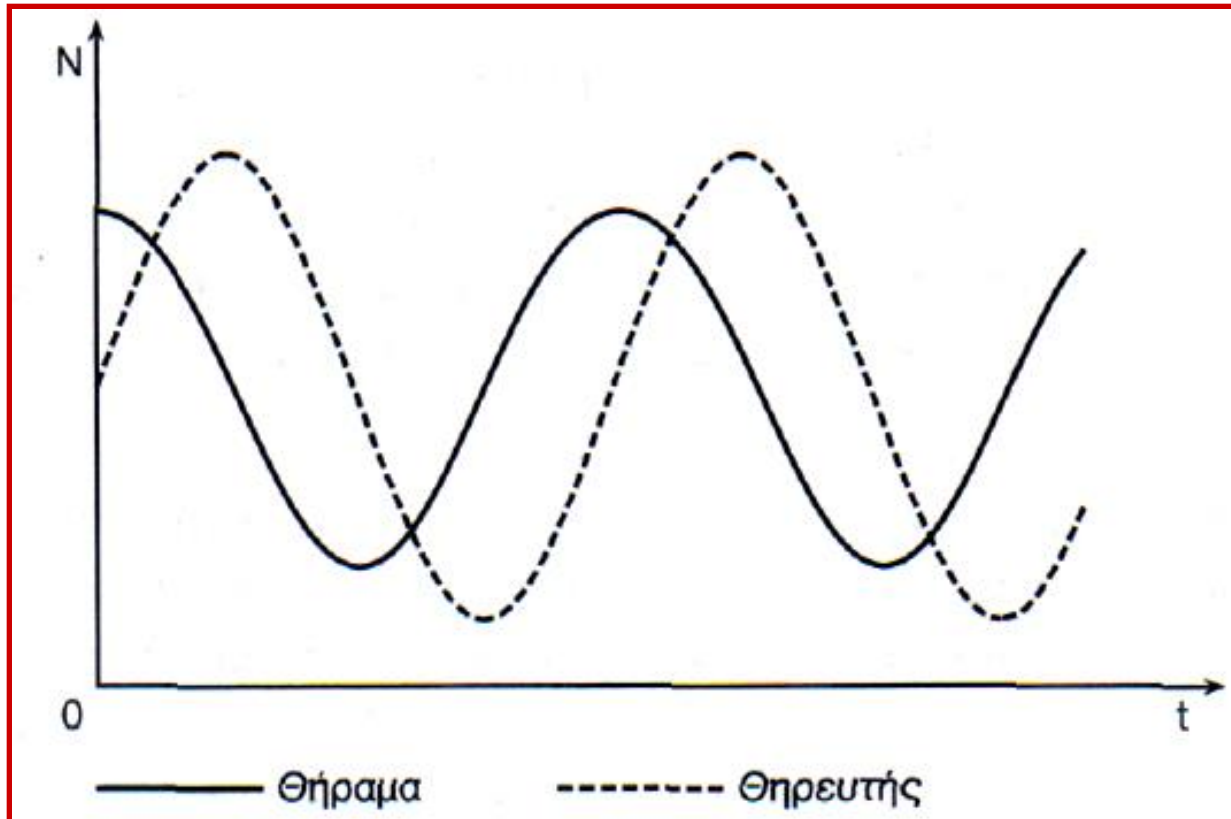
$$\frac{dN_2}{dt} = \cancel{r_2} N_2 + \alpha_{12} N_1 N_2 - q_2 N_2^2$$

Παραδοχές μοντέλων:

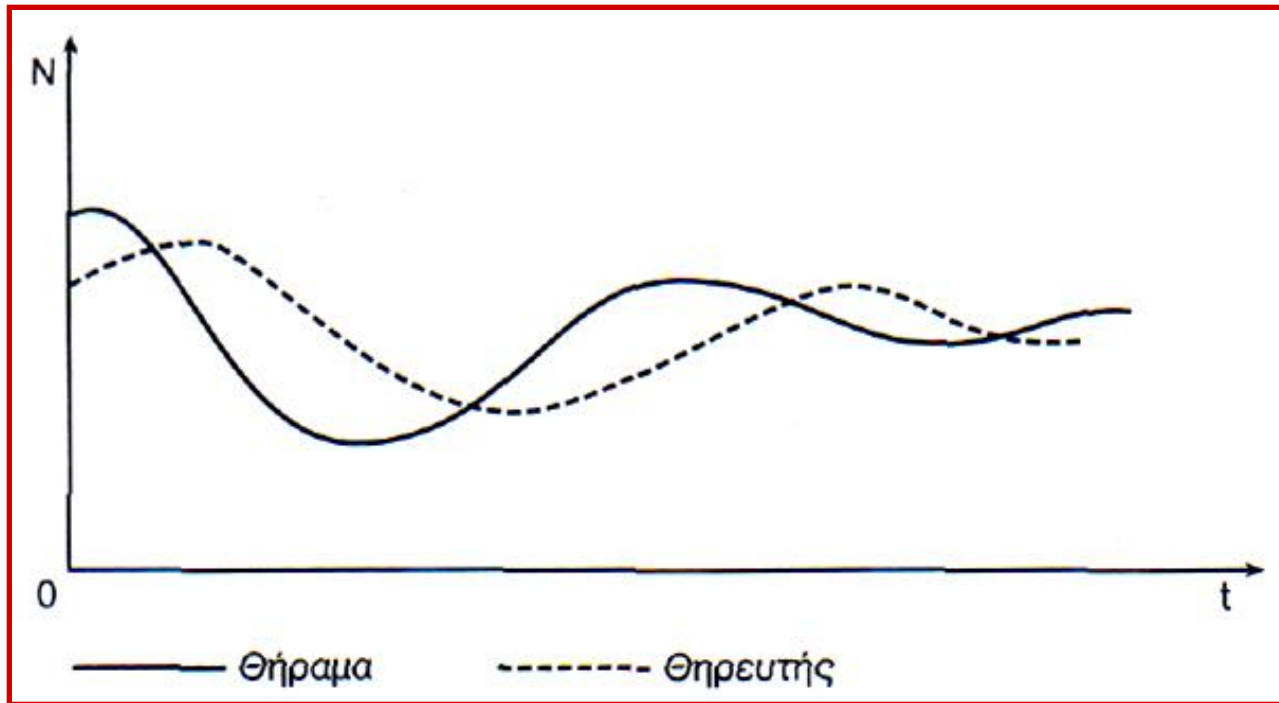
- 1. Ο αριθμός των θηραμάτων που καταναλώνονται από το θηρευτή είναι ανάλογος (γραμμική συνάρτηση) του μεγέθους του πληθυσμού του θηράματος.**
- 2. Η μεταβολή του πληθυσμού του θηρευτή είναι ανάλογη (γραμμική συνάρτηση) του αριθμού θηραμάτων που καταναλώνονται από αυτόν.**
- 3. Η αλληλεπίδραση θηρευτή-θηράματος προκαλεί ακαριαίες επιπτώσεις στους δύο πληθυσμούς (θνησιμότητα).**

Γραφική παράσταση του συστήματος $\boxtimes$ περιοδικές ταλαντώσεις (ίδια περίοδος για τους δύο πληθυσμούς, αλλά διαφορά φάσης)

A. Ταλαντώσεις σταθερού πλάτους αν εφαρμοστεί το εκθετικό μοντέλο – ουδέτερη ισορροπία (αδιάφορη).



Β. Φθίνουσες ταλαντώσεις αν τουλάχιστον ο ένας πληθυσμός εμφανίζει αυτοπεριορισμό – ευσταθής ισορροπία.



■ Σταθεροποιητικό ρόλο μπορεί να παίξει η έννοια του καταφυγίου

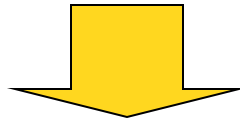
■ Χωρικό

■ Χρονικό π.χ. η ύπαρξη βιολογικών σταδίων του θηράματος ή του θηρευτή, τα οποία δε συμμετέχουν στη θήρευση.

Στρατηγικές επιβίωσης πληθυσμών

■ Η χρονική ποσοτική μεταβολή του πληθυσμού πραγματοποιείται υπό την επίδραση του περιβάλλοντος (τροφή, φυσικές συνθήκες, καταστροφές, θήρευση, ανταγωνισμός).

■ Ο πληθυσμός υφίσταται μια αργή ποιοτική μεταβολή μέσω της δράσης του περιβάλλοντος, με τη μορφή της φυσικής επιλογής.



■ Στόχος είναι η μέγιστη αύξηση του μεγέθους του, με αποτέλεσμα να διαμορφώνει ο πληθυσμός μια στρατηγική επιβίωσης και ανάπτυξης.

■ **Σύνδεση διαφόρων χαρακτηριστικών των ατόμων με χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, όπως:**

■ **Η σχέση του μεγέθους των ατόμων με τη θερμοκρασία (μεγάλο μέγεθος δείχνει προσαρμογή στο κρύο, λόγω βελτιωμένης σχέσης επιφάνειας/όγκου του σώματος).**

■ **Η σχέση του χρώματος των ατόμων με το υπόστρωμα.**

■ **Η θηρευτική συμπεριφορά σε σχέση με τον τύπο του θηράματος.**

■ **Ο πληθυσμός είναι υποχρεωμένος να αναπτύξει διάφορες στρατηγικές για να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις του περιβάλλοντος.**

■ Στρατηγική επιβίωσης $\Rightarrow$ ένα κόστος για τον πληθυσμό: ενεργειακή δαπάνη $\Rightarrow$ πρέπει ο μηχανισμός που αναπτύσσεται να αυξάνει αρκετά την καταλληλότητα του πληθυσμού $\Rightarrow$ κέρδος

■ δύο βασικές παράμετροι:

■ παράμετρος r $\boxtimes$ εσωτερικός ρυθμός φυσικής αύξησης (τρέχων ρυθμός και όχι ο μέγιστος δυνατός).

■ παράμετρος K $\boxtimes$ φέρουσα ικανότητα του περιβάλλοντος (δεν αποτελεί ανώτατο όριο, αλλά σημείο ισορροπίας).

■ Οι θεμελιώδεις αυτές παράμετροι αναφέρονται σε ορισμένο χρονικό διάστημα, είναι ανεξάρτητες από την κατάσταση του πληθυσμού και εξαρτώνται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες.

■ Δύο βασικές στρατηγικές επιβίωσης των πληθυσμών:

■ **1. Στρατηγική r:** τάση για αύξηση του r , επένδυση στη γεννητικότητα.

■ Αύξηση βιομάζας πληθυσμού μέσω αναπαραγωγής, μεγάλος αριθμός απογόνων, γρήγορη εξέλιξη – δημιουργία νέων ειδών.

■ **2. Στρατηγική K:** τάση για αύξηση του K , επένδυση στη βιωσιμότητα.

■ Αποθέματα λίπους / θρεπτικών ουσιών, χειμερία νάρκη, ανθεκτικοί σπόροι, αργή ή ανύπαρκτη εξέλιξη – τελειοποιημένα είδη.

■ Στη φύση οι στρατηγικές r και K αποτελούν τις ακραίες περιπτώσεις ενός συνεχούς φάσματος ενδιάμεσων στρατηγικών.