

**Φώτης Φωτόπουλος – Αριστοτέλης Χαραλαμπάκης**

# **ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ**

**ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΘΕΩΡΙΑΣ**

**ΛΥΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ**

**ΛΥΜΕΝΑ ΘΕΜΑΤΑ ΕΞΕΤΑΣΕΩΝ**

**ΑΘΗΝΑ 1995**

## Πρόλογος

Οι σημειώσεις αυτές γράφτηκαν για τους φοιτητές του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου και καλύπτουν πλήρως το μάθημα της Οικολογίας που διδάσκεται κατά τα χειμερινό εξάμηνο στο τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Οι σημειώσεις αυτές είναι μέρος της σειράς για τα μαθήματα Γενικού Τμήματος που κυκλοφορεί.

Σκοπός των σημειώσεων αυτών είναι να δοθούν με σαφήνεια και απλότητα όλες οι έννοιες και οι εφαρμογές της Οικολογίας, διατηρώντας όμως παράλληλα την επιστημονική αυστηρότητα και ευκρίνεια που πρέπει να διέπει τέτοιες προσπάθειες.

Πρωταρχική προσπάθεια υπήρξε η διεξοδική επεξήγηση και διερεύνηση των εφαρμογών (των πρακτικών) που έχουν τα όσα διδάσκονται στο μάθημα αυτό. Για το λόγο αυτό, χωρίστηκαν οι σημειώσεις αυτές σε δυο κεφάλαια. Στο πρώτο κεφάλαιο υπάρχουν απαντημένες πολλές ερωτήσεις θεωρίας, όπως αυτές δόθηκαν στις εξετάσεις που έγιναν τα τελευταία 6 χρόνια. Πιστεύουμε ότι οι απαντήσεις είναι υποδειγματικές και ότι θα βοηθήσουν στη μελέτη του μαθήματος.

Στο δεύτερο κεφάλαιο, παραθέσαμε μεγάλο πλήθος ασκήσεων που χαρακτηρίζονται από αξιοσημείωτη ποικιλία. Οι πιο πολλές αποτέλεσαν θέματα του παρελθόντος. Λάβαμε επίσης υπόψη το πεπερασμένο πλήθος που έχουν αυτές οι ασκήσεις ώστε να αποφύγουμε άσκοπες επαναλήψεις και περιττά σχόλια. Μετά το δεύτερο κεφάλαιο προσαρτήσαμε ένα παράρτημα με θέματα εξετάσεων όπως ακριβώς αυτά δόθηκαν.

Παρ' όλους τους περιορισμούς στη βιβλιογραφία πιστεύουμε ότι δημιουργήσαμε ένα αξιόλογο φυλλάδιο που θα βοηθήσει σημαντικά τους αναγνώστες. Καταβάλαμε μεγάλη προσπάθεια για τη συγκέντρωση του υλικού και ταυτόχρονα φροντίστηκε να υπάρχει ομοιογένεια στην έκφραση καθώς και στη διατύπωση για να μην δημιουργούνται προβλήματα στους αναγνώστες.

Τέλος η συγγραφική ομάδα θα ήθελε να ευχαριστήσει τον κ. Π. Νικολακόπουλο που της εμπιστεύθηκε την εργασία αυτή καθώς και εσάς που προτιμήσατε τις σημειώσεις αυτές για τη μελέτη σας και ταυτόχρονα να εγγυηθεί την ορθότητα και αρτιότητά των.

Φ. Φωτόπουλος

A. Χαραλαμπάκης

## **Κεφάλαιο 1ο: Απαντημένα Θέματα**

### **Ερώτηση 1η**

ε ποιο κριτήριο χωρίζονται οι οργανισμοί σε

- α) αυτοτροφικούς και ετεροτροφικούς
- β) φωτοσυνθετικούς και χημικοσυνθετικούς
- γ) παραγωγικούς και καταναλωτικούς

### **Απάντηση:**

α) Οι αυτοτροφικοί οργανισμοί έχουν την ικανότητα να συνθέτουν οργανική ύλη από ανόργανες ύλες. Ειδικότερα παίρνουν τον απαραίτητο άνθρακα από το CO<sub>2</sub> που βρίσκεται στην ατμόσφαιρα ή είναι διαλυμένο στο νερό. Αντίθετα οι ετεροτροφικοί οργανισμοί προμηθεύονται τον απαραίτητο άνθρακα από ζωντανή ή νεκρή οργανική ύλη. Δηλαδή διαφέρουν στον τρόπο με τον οποίο προμηθεύονται τον απαραίτητο C.

β) Οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί παίρνουν την απαιτούμενη ενέργεια από το ηλιακό φως με τη διεργασία της φωτοσύνθεσης. Οι δε χημικοσυνθετικοί παίρνουν την αναγκαία ενέργεια από τις τροφές με οξειδωση διαφόρων οργανικών ή ανόργανων ενώσεων. Άρα διαφέρουν από τον τρόπο με τον οποίο προμηθεύονται την απαραίτητη γι' αυτούς ενέργεια.

γ) Οι παραγωγικοί είναι αυτοτροφικοί-φωτοσυνθετικοί οργανισμοί που έχουν τη θεμελιώδη ικανότητα να κατασκευάζουν σύνθετη οργανική ύλη χρησιμοποιώντας ανόργανη ύλη και ηλιακή ενέργεια. Από την άλλη, οι καταναλωτικοί οργανισμοί είναι ετεροτροφικοί-χημικοσυνθετικοί εκτός από τα βακτηρίδια και τους μύκητες. Δε μπορούν να συνθέσουν οργανική ύλη παρά μόνο αφού προμηθευτούν άνθρακα και ενέργεια από τους παραγωγικούς. Διακρίνονται έτσι με βάση τη θέση τους στο οικοσύστημα από την πλευρά της ενεργειακής ροής.

**(29/9/95)**

---

**Ερώτηση 2<sup>η</sup>**

Ποιος θεωρείται σήμερα ο βασικός μηχανισμός που προκαλεί την εξέλιξη των ειδών στη φύση;

**Απάντηση:**

Βασικός μηχανισμός που προκαλεί την εξέλιξη των ειδών στη φύση θεωρείται σήμερα ότι είναι η φυσική επιλογή, η οποία μπορεί να ορισθεί ως η διαφορική αναπαραγωγή των γενετικών τύπων. Ως παράδειγμα μπορούμε να αναφέρουμε την εξέλιξη που παρατηρείται στα έντομα με την ανάπτυξη της αντίστασής των στα εντομοκτόνα. Πράγματι επιζούν μόνο αυτά που αντέχουν στα εκάστοτε εντομοκτόνα και οι απόγονοί τους, κληρονομούν την ιδιότητα αυτή.

**(29/9/95)**

---

**Ερώτηση 3η**

Ποια είναι η απαραίτητη προϋπόθεση για να παρατηρηθεί διαφορική αναπαραγωγή γενετικών τύπων σε ένα πληθυσμό;

**Απάντηση:**

Η απαραίτητη προϋπόθεση για να καταστεί εφικτή η βασική επιλογή σε ένα πληθυσμό είναι να υπάρχει σ' αυτόν γενετική ποικιλία. Πράγματι αν όλα τα έντομα είχαν την ίδια αντοχή στα εντομοκτόνα, τότε μπορεί να εξαφανίζονταν κάποια στιγμή όλα μαζί, καθότι δε θα ήταν δυνατή η επιβίωση μέρους από αυτά.

**(29/9/95)-(19/1/95)**

---

**Ερώτηση 4<sup>η</sup>**

Οι γενετικές μεταλλάξεις παίζουν ρόλο στην εξέλιξη των ειδών;

**Απάντηση:**

Σαφώς. Βασικός μηχανισμός που δημιουργεί νέα γενετική ποικιλία στον πληθυσμό είναι η μετάλλαξη, δηλαδή η τυχαία απότομη μεταβολή της γενετικής πληροφορίας. Αν και οι περισσότερες μεταλλάξεις είναι βλαβερές ή και θανατηφόρες οπότε απορρίπτονται από το μηχανισμό της φυσικής επιλογής, υπάρχει και το (σπάνιο) ενδεχόμενο να υποστούν τα διάφορα είδη μερικές ωφέλιμες γι' αυτά μεταλλάξεις που αυξάνουν την προσαρμοστικότητα του είδους και που μπορούν διαδοχικά να οδηγήσουν στη δημιουργία νέων ειδών.

**(29/9/95)**

---

### **Ερώτηση 5<sup>η</sup>**

Να διατυπωθεί ο νόμος του ελαχίστου (von Liebig).

### **Απάντηση:**

Ο νόμος του ελαχίστου του von Liebig αναφέρει ότι η ποσότητα ζωντανής ύλης σε ένα δεδομένο περιβάλλον περιορίζεται από εκείνο τον παράγοντα που χαρακτηρίζεται από την μικρότερη, αναλογικά, διαθεσιμότητα, υπό την προϋπόθεση ότι δεν παρεμβαίνουν άλλοι παράγοντες αρνητικοί. Παράδειγμα: ο περιοριστικός παράγοντας σε μια έρημο είναι το νερό.

**(29/9/95)-(91)-(13/1/1992)**

---

### **Ερώτηση 6<sup>η</sup>**

Ποιοι από τους ακόλουθους ρύπους μειώνονται με τη χρήση καταλυτικών μετατροπών στα αυτοκίνητα:

CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, H<sub>μ</sub>C<sub>ν</sub>, Pb, S.S. (αιωρούμενα στερεά).

### **Απάντηση:**

Τα καταλυτικά αυτοκίνητα χρησιμοποιούν καύσιμα με μικρότερη περιεκτικότητα σε θείο, και με σαφώς λιγότερο ή καθόλου μόλυβδο. Άρα ελαττώνονται καταρχήν τα Pb, SO<sub>2</sub>. Εξάλλου λόγω της απουσίας μολύβδου, επιτυγχάνεται η οξειδωση άκαυστων υδρογονανθράκων άρα μειώνονται οι εκπομπές H<sub>μ</sub>C<sub>ν</sub>. Η δε οξειδωση του CO διευκολύνεται και το NO ανάγεται σε N<sub>2</sub> το οποίο προφανώς δε συγκαταλέγεται στα ρυπαντικά. Άρα

μειώνονται οι δυο προηγούμενοι ρύποι. Ομοίως για το NO<sub>2</sub>. Τέλος τα μόνα που παραμένουν "αδιάφορα" πριν και μετά τη χρήση καταλυτών είναι τα S.S. και το CO<sub>2</sub>.

**(29/9/95)**

---

### **Ερώτηση 7<sup>η</sup>**

Οι καταλυτικοί μετατροπείς μειώνουν τη φωτοχημική ρύπανση των πόλεων, την όξινη βροχή και το φαινόμενο του θερμοκηπίου;

### **Απάντηση:**

Η απάντησή μας θα βασιστεί στην απάντηση της ερώτησης 6. Τα αέρια του θερμοκηπίου σε σειρά σημαντικότητας είναι τα H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CFCs, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, O<sub>3</sub>,... Παρατηρούμε όμως ότι η χρήση καταλυτών δεν επηρεάζει κάποιο από τα παραπάνω αέρια, άρα δεν θα επηρεάζει και το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Η φωτοχημική ρύπανση των πόλεων (νέφος) δημιουργείται από την οξείδωση με μεθανιούχων οργανικών ενώσεων (NMOC) υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας προς σχηματισμό όζοντος, το οποίο είναι ισχυρά οξειδωτικό. Τα οξείδια του αζώτου παίζουν το ρόλο του καταλύτη στην αντίδραση αυτή. Επειδή αυτά με τη χρήση καταλυτών (ή μάλλον η εκπομπή τους) μειώνονται, το νέφος θα απαλυνθεί. Προφανώς με τη μείωση της εκπομπής του SO<sub>2</sub> θα απαλυνθεί και το φαινόμενο της όξινης βροχής.

**(29/9/95)-(19/1/95)**

---

### **Ερώτηση 8<sup>η</sup>**

Σε ποια οικολογικά συστήματα παρουσιάζεται το φαινόμενο της συνεξέλιξης;

### **Απάντηση:**

Σε κάθε ένα από τα συστήματα "θηρευτής - θήραμα" , "παράσιτο - ξενιστής" και "ανταγωνιστής - ανταγωνιστής" παρατηρείται αμοιβαία πίεση για εξέλιξη με το μηχανισμό της φυσικής επιλογής. Έτσι ο θηρευτής εξωθεί τον πληθυσμό του θηράματος σε διαφορετική αναπαραγωγή με αποτέλεσμα τη βελτίωση των μηχανισμών που διαθέτει το θήραμα για

διαφυγή. Αντίστροφα, η τελευταία αυτή βελτίωση ωθεί το θηρευτή σε βελτίωση των μηχανισμών προσβολής του θηράματος, δια μέσου και πάλι της φυσικής επιλογής. Οι ως άνω αλληλοεπηρεαζόμενες εξελικτικές μεταβολές ονομάζονται συνεξέλιξη.

**(19/1/95)**

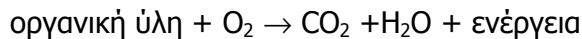
---

**Ερώτηση 9<sup>η</sup>**

Ποιοι ρύποι που περιέχονται στα αστικά λύματα προκαλούν αποξυγόνωση στα υδατικά οικοσυστήματα και με ποιο τρόπο;

**Απάντηση:**

Τα αστικά λύματα περιέχουν οργανικές ύλες. Το BOD μιας ποσότητας οργανικής ύλης είναι η μάζα του οξυγόνου που καταναλώνεται κατά τη βιολογική οξειδωση της ύλης αυτής. Έτσι χάνεται οξυγόνο και άρα λέμε πως έχουμε αποξυγόνωση. Δηλαδή, η παρουσία οργανικών υλών σε ένα αποδέκτη (άρα και στα υδατικά οικοσυστήματα) έχει ως αποτέλεσμα την κατανάλωση του διαλυμένου οξυγόνου του αποδέκτη λόγω της αερόβιας αναπνοής σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση:



**(19/1/95)**

---

**Ερώτηση 10<sup>η</sup>**

Ποια η σημασία του νόμου Stefan - Boltzmann για τη θερμική ισορροπία και τη σταθερότητα του κλίματος της Γης;

**Απάντηση:**

Όπως γνωρίζουμε η ένταση της ακτινοβολίας εξαρτάται από την επιφανειακή θερμοκρασία. Σύμφωνα με τη σχέση των Stefan - Boltzmann είναι:

$$R_0 = \varepsilon \sigma T^4$$

Όπου  $T$  = θερμοκρασία σε βαθμούς Kelvin

$\sigma$  = σταθερά Stefan - Boltzmann  $= 8,13 \times 10^{-11}$

$\epsilon$  = λόγος της πραγματικής ακτινοβολίας προς την ακτινοβολία ενός τέλει ακτινοβολητή - απορροφητή (μελανό σώμα) στην ίδια θερμοκρασία. Συνήθως  $0,95 < \epsilon < 0,98$  .

Η παραπάνω σχέση εξηγεί τον τρόπο με τον οποίο επιτυγχάνεται η θερμική ισορροπία του πλανήτη μας. Η Γη δέχεται τεράστιες ποσότητες ηλιακής ενέργειας που θα προκαλούσαν συνεχή ανύψωση της θερμοκρασίας της. Αυτό όμως δε γίνεται επειδή η άνοδος της θερμοκρασίας αυξάνει ταχύτητα ( $T^4$ ) την εκπομπή ενέργειας με τη μορφή υπέρυθρης ακτινοβολίας με τελικό αποτέλεσμα να διατηρείται η θερμική ισορροπία και να μένει κατά μέσο όρο σταθερή η επιφανειακή θερμοκρασία του πλανήτη. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου τείνει να ανυψώσει τη θερμοκρασία της θερμικής ισορροπίας.

**(4/3/91)**

### **Ερώτηση 11'**

Ποια η οικολογική σημασία της θερμικής στρωμάτωσης και της φθινοπωρινής αναστροφής των λιμνών;

### **Απάντηση:**

Η οικολογική σημασία της θερμοκρασιακής στρωμάτωσης και των εποχικών αναστροφών είναι μεγάλη. Πραγματικά: α) οι θερμοκρασιακές μεταβολές επηρεάζουν άμεσα τις δραστηριότητες των οργανισμών. β) η θερινή στρωμάτωση εμποδίζει την ανάμιξη και επομένως το οξυγόνο το απορροφούμενο από την ατμόσφαιρα κυκλοφορεί βασικά μόνο στο επιλίμνιο, το δε υπολίμνιο τείνει να στερηθεί το οξυγόνο. γ) κατά τις εποχικές αναστροφές, οι τροφές αναμιγνύονται και αναδιανέμονται. Τροφές που είχαν βυθιστεί σε χαμηλά υδάτινα στρώματα ανέρχονται στα επιφανειακά στρώματα όπου πλέον είναι διαθέσιμες για φωτοσύνθεση και άλλες μεταβολικές διαδικασίες.

Το φθινόπωρο εξάλλου, οι επιφανειακές μάζες ψύχονται, γίνονται πυκνότερες από τις υποκείμενες και βυθίζονται, ενώ θερμότερες και αραιότερες μάζες νερού ανέρχονται στην



επιφάνεια. Η αναστροφή αυτή των υδάτινων μαζών ονομάζεται φθινοπωρινή ή μεγάλη αναστροφή και τείνει να εδραιώσει σταθερή θερμοκρασία σε όλο το βάθος του νερού.

**(4/3/91)**

---

### **Ερώτηση 12<sup>η</sup>**

Ποια συνθετικά οργανικά δηλητήρια έχουν μεγάλη σταθερότητα; Ποια είναι τα πλεονεκτήματα και ποιες οι συνέπειες των μη έμμονων συνθετικών οργανικών δηλητηρίων;

### **Απάντηση:**

Από τα συνθετικά οργανικά δηλητήρια, οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες έχουν μεγάλη σταθερότητα και τείνουν να συγκεντρώνονται στις ανώτερες τροφικές στάθμες. Για παράδειγμα το DDT και το βιολογικά δραστικό προϊόν της διάσπασης του DDE έχουν χρόνο υποδιπλασιασμού (χρόνος που απαιτείται για τη διάσπαση του 50% της μάζας τους) πολύ μεγαλύτερο από μια δεκαετία. Σε αντικατάστασή τους χρησιμοποιούνται οργανοφωσφορικά όπως το παραθείο, το Azodrin κα, και καρβαμιδικά όπως το Baygon, το Sevin κα. Τα πλείστα των άνω δηλητηρίων αδρανοποιούν το ένζυμο χολιστεράση που έχει κύρια συμμετοχή στη χημική μεταβίβαση των νευρικών ερεθισμάτων.

Θα μπορούσαμε να πούμε ότι τα παραπάνω δηλητήρια δίνουν μια καλή λύση στο πρόβλημα ελέγχου των εντόμων και άλλων εχθρικών οργανισμών με την προϋπόθεση ότι θα χρησιμοποιούνται προσεκτικά και θα αποφεύγονται οι άμεσες τοξικές επιδράσεις τους στον άνθρωπο και στα ζώα. Δυστυχώς όμως η χρήση των ανωτέρω δηλητηρίων, όπως άλλωστε και των χλωριωμένων υδρογονανθράκων έχει μερικές σοβαρές οικολογικές συνέπειες.

Τα συνθετικά δηλητήρια κινητοποιούν το μηχανισμό της φυσικής επιλογής, με αποτέλεσμα να αναπτύσσουν οι εχθρικοί οργανισμοί μεγάλη αντίσταση στην τοξική δράση τους. Μερικά έντομα και μερικοί άλλοι οργανισμοί ανεπιθύμητοι στη γεωργία έχουν ήδη αναπτύξει, με την ταχεία διαδοχή των γενεών, αντίσταση σε όλα σχεδόν τα εφαρμοζόμενα δηλητήρια. Άλλες συνέπειες σχετίζονται με το ότι τα δηλητήρια διαταράσσουν κρίσιμες σχέσεις μεταξύ των ειδών όπως είναι οι σχέσεις θηρευτή - θηράματος και παράσιτου - ξενιστή. Προκαλούν συχνά μεγάλη αύξηση των εχθρικών οργανισμών θηραμάτων που ήταν ο στόχος των δηλητηρίων. Η μείωση των θηρευτών μπορεί να προκαλέσει είτε άμεσα από το

δηλητήριο είτε έμμεσα ως συνέπεια της μείωσης του πληθυσμού των θηραμάτων ή ακόμη και άλλων οργανισμών που αποτελούν τροφή των θηρευτών.

**(4/3/1991)**

---

**Ερώτηση 13<sup>η</sup>**

Σε ποια περίπτωση το όζον (O<sub>3</sub>) είναι ρύπος και σε ποια είναι ωφέλιμο για τη βιόσφαιρα;

**Απάντηση:**

Το O<sub>3</sub> βρίσκεται καταρχήν σε μορφή στρώματος στην στρατόσφαιρα. Το στρώμα αυτό είναι εξαιρετικά ωφέλιμο δια τη βιόσφαιρα, καθόσον απορροφά μεγάλο ποσοστό της υπεριώδους ακτινοβολίας και αποτελεί έτσι κρίσιμη ασπίδα για την προστασία των γήινων οργανισμών. Έτσι ευρισκόμενο στην στρατόσφαιρα είναι εξαιρετικά ευεργετικό και απαραίτητο για τη βιόσφαιρα. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου προέρχεται από την παρουσία ορισμένων ιχνοαερίων στη γήινη ατμόσφαιρα γνωστά ως "αέρια θερμοκηπίου". Από αυτά τα αέρια τα πιο σημαντικά είναι τα H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, CFCs, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O και O<sub>3</sub>. Πράγματι το O<sub>3</sub> της τροπόσφαιρας συντελεί στο φαινόμενο του θερμοκηπίου και τότε αποτελεί ρύπο.

**(13/1/92)-(4/2/1994)**

---

**Ερώτηση 14<sup>η</sup>**

Σε ποιες περιπτώσεις οι χλωροφθοράνθρακες βλάπτουν το περιβάλλον;

**Απάντηση:**

Καταρχήν όπως είπαμε και στην ερώτηση 12, οι χλωροφθοράνθρακες (CFCs) είναι σημαντικά αέρια θερμοκηπίου και άρα εντείνουν το φαινόμενο αυτό βλάπτοντας έτσι το περιβάλλον. Οι χλωροφθοράνθρακες έχουν ευρεία εφαρμογή ως προωστικά αέρια (σπρέι), ως ψυκτικά και ως διαλυτικά υλικά. Το χλώριο όμως που περιέχουν καταλύει τη μετάπτωση του όζοντος σε οξυγόνο. Συνεπώς καταστρέφουν και το στρώμα του όζοντος της στρατόσφαιρας αποτελώντας έτσι μεγάλη απειλή για το περιβάλλον.

**(13/1/92)**

---

**Ερώτηση 15<sup>η</sup>**

Τι είναι βιολογικός χρόνος υποδιπλασιασμού ενός ραδιενεργού ισότοπου, ποιο το φαινόμενο της βιολογικής μεγέθυνσης και πώς αυτά επηρεάζουν τα αποτελέσματα της ιονίζουσας ακτινοβολίας επί της ζωντανής ύλης;

**Απάντηση:**

Ο χρόνος υποδιπλασιασμού δεν πρέπει να συγχέεται με το βιολογικό χρόνο υποδιπλασιασμού (ΒΧΥ) δηλαδή με το χρόνο που χρειάζεται ένας ζωντανός οργανισμός για να αποβάλει με τις κανονικές βιολογικές διαδικασίες από τμήμα ή σύνολο του σώματός του το μισό της δόσης μιας ραδιενεργού και γενικότερα μιας τοξικής ύλης. Ο ΒΧΥ λαμβάνεται ίδιος για όλα τα ισότοπα ενός στοιχείου. Μεγαλύτεροι ΒΧΥ σημαίνουν δυνατότητα για μακρότερη παραμονή του ραδιενεργού ισότοπου στο σώμα και συνεπώς για μεγαλύτερη απορρόφηση ραδιενέργειας.

Πολλοί ρύποι θα μπορούσαν να χαρακτηρισθούν "γενικοί" από την άποψη ότι βρίσκονται σε περισσότερα από ένα μέσα μεταφοράς (αέρας, έδαφος, τροφές, νερό). Αρκετοί γενικοί ρύποι που βρίσκονται στις τροφικές αλυσίδες, εμφανίζονται με συνεχώς αυξανόμενες συγκεντρώσεις κατά την κίνησή τους με τις τροφές από τις χαμηλότερες προς τις υψηλότερες τροφικές στάθμες. Το φαινόμενο αυτό είναι γνωστό ως " βιολογική μεγέθυνση" ή "βιολογική συσσώρευση".

Το πώς επηρεάζει ο ΒΧΥ τα αποτελέσματα της ιονίζουσας ακτινοβολίας επί της ζωντανής ύλης είναι σαφές και αναφέρθηκε παραπάνω. Για τη δε βιολογική μεγέθυνση αρκεί να τονίσουμε πώς εξαιτίας αυτής η ραδιενεργή ποσότητα που υπάρχει σε μια στάθμη μιας τροφικής αλυσίδας, μεταβιβάζεται στην επόμενη και μάλιστα αυξάνεται.

**(4/2/1994)**

**Ερώτηση 16<sup>η</sup>**

Ένα λιμναίο οικοσύστημα ρυπαίνεται από χείμαρρο που μεταφέρει αστικά λύματα και γεωργικά απόβλητα. Για ποιους λόγους παρατηρούνται τα κάτωθι φαινόμενα:

- α) μεγάλη εποχική αύξηση αλγών
- β) αυξημένη συγκέντρωση νιτρικών αλάτων στο νερό
- γ) θάνατος ψαριών
- δ) έκλυση μεθανίου και δυσάρεστης οσμής από τη λίμνη.

**Απάντηση:**

**Δεν** θα απαντήσουμε τα ερωτήματα με την ίδια σειρά με την οποία δίδονται. Τα γεωργικά και τα αστικά λύματα περιέχουν μεγάλες ποσότητες οργανικών υλών. Έτσι εμφανίζεται το φαινόμενο της αποξυγόνωσης. Ταυτόχρονα εξαιτίας της λίπανσης των αγρών έχουμε ρύπανση της λίμνης με φώσφορο και άζωτο. Επειδή δε ο φώσφορος και το άζωτο είναι οι περιοριστικές τροφές για την εμφάνιση αλγών είναι πρόδηλο ότι θα έχουμε μεγάλη εποχική αύξηση αλγών. Το "εποχική" δικαιολογείται από το γεγονός ότι η λίπανση των αγρών δεν είναι πάντοτε ίδια κατά τη διάρκεια του έτους.

Όμως έχει παρατηρηθεί ότι η ύπαρξη προβλημάτων λόγω οσμής και γεύσης στο πόσιμο νερό είναι κατά κανόνα συνδεδεμένη με την ύπαρξη αλγών στις πηγές υδροληψίας. Οι δημιουργούμενες οσμές και γεύσεις ποικίλουν ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες και τα είδη των αλγών. Όταν υπάρχει μεγάλη συγκέντρωση αλγών, είναι σύνθηρες το φαινόμενο δηλητηρίασεως των ψαριών. Εξάλλου αυτά πεθαίνουν και λόγω αποξυγόνωσης από ασφυξία.

Επίσης με την παρέμβαση των αποσυνθετικών οργανισμών το οργανικό άζωτο αμμωνιοποιείται και έτσι το σύνολο του αζώτου μπορεί να καταλήξει να φορτίζει τα υδάτινα σώματα και το έδαφος με τη μορφή νιτρικών ( $\text{NO}_3^-$ ) και άρα παρουσιάζεται αυξημένη συγκέντρωση νιτρικών αλάτων στο νερό.

**(4/2/1994)**

---

**Ερώτηση 17'**

Πώς βλάπτει ο μόλυβδος το περιβάλλον; Ποιες οι συνέπειές του στους ανθρώπους;

**Απάντηση:**

Ο μόλυβδος επιδρά στην παραγωγή και λειτουργία μιας ποικιλίας ενζύμων που έχουν σοβαρό ρόλο στη λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού. Μεταβολές στη στάθμη των ενζύμων είναι ανιχνεύσιμες όταν η συγκέντρωση μολύβδου στο αίμα φθάσει 0,3 ppm. Οι βλάβες εκδηλώνονται στο μυαλό και στο νευρομυϊκό, κυκλοφοριακό και πεπτικό σύστημα με συμπτώματα την απώλεια ορέξεως, αδυναμία, απάθεια, ιδιαίτερος δε στα παιδιά παρατηρείται μείωση της διανοητικής ικανότητας.

Οι κυριότερες πηγές εκπομπής μολύβδου είναι σήμερα η βιομηχανία και το αυτοκίνητο. Συγκεκριμένα ο τετρααιθυλιούχος μόλυβδος που προστίθεται στη βενζίνη για την αύξηση των οκτανίων είναι σημαντικά τοξικότερος από το στοιχειακό μόλυβδο. Τελικός αποδέκτης ενός μεγάλου μέρους του μολύβδου είναι οι ωκεανοί. Ο μόλυβδος είναι το μόνο βαρύ μέταλλο που η συγκέντρωσή του στον ανοικτό ωκεανό έχει αυξηθεί σοβαρά εξαιτίας των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Έχει αποδειχθεί ότι τα φυτά, ενώ δεν προσλαμβάνουν εύκολα μεταλλικό μόλυβδο από το έδαφος, προσλαμβάνουν με πολύ μεγαλύτερη ευκολία τον τετρααιθυλιούχο μόλυβδο από το έδαφος και πιθανώς κατ' ευθείαν από την ατμόσφαιρα. Οι παρατηρούμενες συγκεντρώσεις φθάνουν σε υψηλά επίπεδα, αυτό δε είναι ένας λόγος για τον οποίο οι τροφές μεταφέρουν περισσότερο μόλυβδο στο ανθρώπινο σώμα παρά η αναπνοή.

Κατά τα τελευταία χρόνια η διευρυνόμενη χρήση αμόλυβδης βενζίνης στα αυτοκίνητα θα πρέπει να περιορίσει σημαντικά τη συνολική εκπομπή μολύβδου στην ατμόσφαιρα.

---

### **Ερώτηση 18'**

Τι γνωρίζετε για τη γραμμική υπόθεση; Υπάρχει δόση κατωφλίου στον άνθρωπο;

### **Απάντηση:**

Το συμπέρασμα των μελετών της επίδρασης ραδιενεργής ακτινοβολίας στον άνθρωπο και στα ζώα είναι ότι ακόμη και μικρές δόσεις ακτινοβολίας πάνω από τη βασική προκαλούν πρόσθετα περιστατικά καρκίνων και γενετικών ανωμαλιών. Σήμερα είναι γενικών αποδεκτή η λεγόμενη γραμμική υπόθεση κατά την οποία το πλήθος των άνω περιστατικών

είναι ανάλογο με τη δόση. Δηλαδή, αν δόση 0.10 rem προκαλεί Α περιστατικά σε ένα πληθυσμό, τότε δόση 1 rem θα προκαλέσει 10Α περιστατικά στον ίδιο πληθυσμό.

Υπάρχει κάποια διχογνωμία ως προς την ύπαρξη δόσης κατωφλίου δηλαδή κάποιας οριακής δόσης κάτω από την οποία η ακτινοβολία δεν έχει δυσάρεστα αποτελέσματα. Η επικρατούσα όμως άποψη είναι ότι δεν υπάρχει τέτοια οριακή τιμή και ότι συνεπώς ακόμη και η πιο μικρή αύξηση της απορροφούμενης ακτινοβολίας θα επιφέρει ανάλογη αύξηση στα περιστατικά καρκίνου και γενετικών ανωμαλιών.

### **Ερώτηση 19'**

Σε ποια περίπτωση έχουμε οξυγόνωση του αποδέκτη;

### **Απάντηση:**

Όταν η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στον αποδέκτη ( C ) είναι μικρότερη από την τιμή κορεσμού Cs, τότε παρατηρείται το φαινόμενο της οξυγόνωσης του αποδέκτη κατά το οποίο το οξυγόνο από την ατμόσφαιρα εισέρχεται και διαλύεται στο νερό του αποδέκτη εμπλουτίζοντάς τον. Η ταχύτητα οξυγόνωσης ( $dO_2/dt$ ) είναι ανάλογη της διαφοράς (Cs-C) η οποία καλείται έλλειμμα οξυγόνου.

$$dO_2/dt = K_2(C_s - C)$$

Ο συντελεστής επαναερισμού  $K_2$  εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά του αποδέκτη (βάθος, επιφάνεια) την τύρβη που επικρατεί στην διεπιφάνεια υγρού-αέρα καθώς και από άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες (πχ θερμοκρασία).

Στην περίπτωση αυτή και μόνο τότε είναι δυνατή η οξυγόνωση του αποδέκτη.

**(4/3/91)**

### **Ερώτηση 20'**

Αναφέρατε το εκθετικό μοντέλο που χρησιμοποιείται στη δυναμική των πληθυσμών. Ποια τα πλεονεκτήματά του και ποια τα μειονεκτήματά του;

**Απάντηση:**

Αν δεχτούμε ότι η ταχύτητα μεταβολής του πληθυσμού ανά άτομο είναι σταθερή τότε προκύπτει το απλό ομοίωμα:

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

όπου  $dN/dt$  η ταχύτητα μεταβολής

$r$  η σταθερά μεταβολής του πληθυσμού (ταχύτητα μεταβολής ανά άτομο)

Η ολοκλήρωση της παραπάνω εξίσωσης δίνει:

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

όπου  $N_0$  είναι το αρχικό μέγεθος του πληθυσμού (δηλαδή όταν  $t=0$ ).

Το εκθετικό αυτό ομοίωμα περιγράφει μια απεριόριστη αύξηση του πληθυσμού. Βασικές προϋποθέσεις του είναι ότι ο πληθυσμός ζει σε άπειρο χώρο και διαθέτει άπειρους πόρους για την ανάπτυξή του. Οι συνθήκες αυτές οπωσδήποτε δεν παρατηρούνται στη φύση. Είναι ωστόσο πραγματοποιήσιμες σε ειδικές περιπτώσεις και για περιορισμένο χρόνο, οπότε είναι δυνατόν να παρατηρηθεί ένας πληθυσμός που αυξάνεται προσωρινά σύμφωνα με το εκθετικό ομοίωμα.

**Ερώτηση 21'**

Αναφέρατε το λογιστικό μοντέλο που χρησιμοποιείται στη δυναμική των πληθυσμών. Ποια τα πλεονεκτήματά του και ποια τα μειονεκτήματά του;

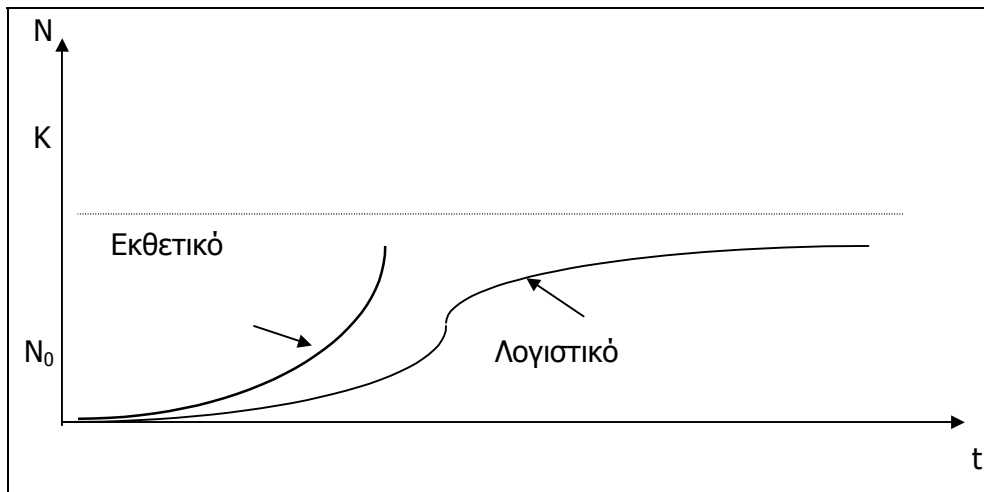
**Απάντηση:**

Κάθε πληθυσμός έχει τη φυσική ικανότητα να αυξάνεται εκθετικά, η αύξησή του όμως περιορίζεται από τις επιδράσεις του βιοτικού και αβιοτικού περιβάλλοντος. Οι διαθέσιμοι πόροι είναι πάντοτε περιορισμένοι στη φύση, επομένως ο πολλαπλασιασμός του μεγέθους του πληθυσμού εντείνει και τον ανταγωνισμό μεταξύ των ατόμων του πληθυσμού,

τα οποία προσπαθούν να διεκδικήσουν πόρους. Ο ανταγωνισμός αυτός ονομάζεται ενδοπληθυσμιακός, σε αντίθεση με τον ανταγωνισμό δυο διαφορετικών πληθυσμών που ονομάζεται διαπληθυσμιακός. Η χρονική μεταβολή ενός πληθυσμού κάτω από τέτοιες συνθήκες μπορεί να περιγραφεί από μια εξίσωση της μορφής:

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

όπου  $r$  η σταθερά αύξησης του πληθυσμού και  $q$  σταθερός συντελεστής. Η εξίσωση αυτή ορίζει το λογιστικό ομοίωμα αύξησης του πληθυσμού, που μπορεί να παρασταθεί με μια σιγμοειδή καμπύλη. Μαζί της σημειώνουμε αυτή του εκθετικού μοντέλου.



Η πρώτη φάση της καμπύλης που περιγράφει το λογιστικό ομοίωμα αντιστοιχεί κατά προσέγγιση στο εκθετικό ομοίωμα όπως μπορούμε να δούμε, ενώ μετά το σημείο καμπής, η αύξηση επιβραδύνεται και οριακά στο  $K$  σταματά, λόγω της εντεινόμενης επίδρασης των περιοριστικών δυνάμεων του περιβάλλοντος.

Εάν στη λογιστική εξίσωση θέσουμε  $q=r/K$  τότε παίρνουμε:

$$\frac{dN}{dt} = rN - \frac{r}{K}N^2 \Rightarrow \frac{dN}{dt} = rN \left( 1 - \frac{N}{K} \right)$$

Παρατηρούμε ότι για  $N \ll K$  η αύξηση είναι εκθετική για  $N \rightarrow K$  η αύξηση συνεχώς επιβραδύνεται, για  $N=K$  η μεταβολή μηδενίζεται, άρα ο πληθυσμός σταθεροποιείται, ενώ για



$N > K$  το μέγεθος μειώνεται έως ότου  $N = K$ . Επομένως η τιμή  $K$  είναι οριακό μέγεθος του πληθυσμού που μπορεί να ζήσει στο δεδομένο περιβάλλον, γι' αυτό και ονομάζεται φέρουσα ικανότητα ή χωρητικότητα του περιβάλλοντος.

Το λογιστικό ομοίωμα δίνει σε αρκετές περιπτώσεις μια ικανοποιητική περιγραφή της μεταβολής των πληθυσμών στη φύση. Εμφανίζεται πχ πετυχημένο για μονοκύτταρους οργανισμούς με μικρή διάρκεια ζωής και μεγάλη ταχύτητα αναπαραγωγής. Ωστόσο στις περισσότερες περιπτώσεις φυσικών πληθυσμών η μεταβολή είναι περισσότερο πολύπλοκη και δύσκολη στην ερμηνεία της.

---

### **Ερώτηση 22<sup>η</sup>**

Ποια τα κύρια στάδια επεξεργασίας λυμάτων; Ποιες οι συνηθέστερες διαδικασίες βιολογικής επεξεργασίας λυμάτων;

### **Απάντηση:**

Οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες διαδικασίες βιολογικής επεξεργασίας των λυμάτων είναι το σύστημα ενεργού ιλύος και το βιολογικό φίλτρο, ενώ αρκετά συχνά χρησιμοποιούνται διάφοροι τύποι λιμνών σταθεροποίησης καθώς και οι βιολογικοί δίσκοι. Για σταθεροποίηση της ιλύος εφαρμόζονται η αναερόβια ή η αερόβια χώνευση με συνηθέστερη την πρώτη.

Τα κύρια στάδια επεξεργασίας λυμάτων είναι το στάδιο της πρωτοβάθμιας επεξεργασίας που επιτυγχάνει την απομάκρυνση των αιωρούμενων στερεών, το στάδιο της δευτεροβάθμιας επεξεργασίας που στηρίζεται σε βιολογικές διεργασίες και τέλος το στάδιο της τριτοβάθμιας επεξεργασίας που ποικίλλει ανάλογα με τους ρύπους που πρόκειται να υποστούν επεξεργασία.

---

### **Ερώτηση 23<sup>η</sup>**

Περιγράψτε το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

**Απάντηση:**

Το διάστημα είναι ένας ψυχρός χώρος με θερμοκρασία κοντά στο απόλυτο μηδέν. ( $-273^{\circ}\text{C}$ ). Η Γη από την άλλη είναι ένας ζωντανός πλανήτης που στο εσωτερικό του γίνονται αντιδράσεις (πυρηνικές) που παράγουν θερμότητα (εσωτερική θερμότητα).

Η Γη ζεσταίνεται από την ακτινοβολούμενη ενέργεια του ηλίου. Εκπέμπει και αυτή δευτερογενή ακτινοβολία στο υπέρυθρο φάσμα (βλ. Stefan - Boltzmann). Επέρχεται έτσι μια ισορροπία που σύμφωνα με τα παραπάνω, η θερμοκρασία της ισορροπίας θα έπρεπε να βρίσκεται κοντά στους  $-18^{\circ}\text{C}$ .

Από μετρήσεις που έχουν γίνει γνωρίζουμε ότι η μέση της θερμοκρασία είναι  $15^{\circ}\text{C}$ . Υπάρχει όπως βλέπουμε μια διαφορά της τάξης των  $33^{\circ}\text{C}$  που οφείλεται στο φαινόμενο του θερμοκηπίου. Για να γίνει πιο σαφές αρκεί να σκεφτούμε ότι η Γη περιβάλλεται από διάφορα αέρια που αποτελούν την ατμόσφαιρα και τα κυριότερα από αυτά είναι  $\text{N}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{Ar}$  και κατά δεύτερο λόγο  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_3$  κλπ. Η δε ακτινοβολία του ηλίου απορροφάται σε ορισμένα μόνο μήκη κύματος από την ατμόσφαιρα. Η ακτινοβολία αυτή θερμαίνει τη Γη και η τελευταία εκπέμπει στο διάστημα υπέρυθρη ακτινοβολία.

Η υπέρυθρη ακτινοβολία απορροφάται κατά ένα μεγάλο μέρος από την ατμόσφαιρα και έτσι δε διαφεύγει στο διάστημα. Αυτή προστίθεται στην εσωτερική ενέργεια του πλανήτη. Τα αέρια που εγκλωβίζουν την ακτινοβολία αυτή έχουν πάνω από δυο άτομα στο μόριό τους. Τα τελευταία χρόνια αυτά αυξάνονται (σε συγκέντρωση όχι σε είδος) οπότε αυξάνει και η απορρόφηση της εκπεμπόμενης ενέργειας από τη Γη και άρα και η μέση θερμοκρασία της.

**Ερώτηση 24<sup>η</sup>**

Τι γνωρίζετε για τον ευτροφισμό;

**Απάντηση:**

Ευτροφισμό καλούμε την υπερβολική ανάπτυξη αλγών. Προκαλείται με την αύξηση της συγκέντρωσης της περιοριστικής τροφής όπως είναι ο P και το N. Αυτό μπορεί να συμβεί

αν στο εκάστοτε υδατικό οικοσύστημα καταλήγουν ρύποι που περιέχουν τις περιοριστικές αυτές τροφές.

Οι κυριότερες επιπτώσεις του ευτροφισμού είναι οι ακόλουθες:

- i) Δημιουργία οσμών, χρώματος και άσχημης γεύσης στο νερό
- ii) Προβλήματα κατά την επεξεργασία του φυσικού νερού
- iii) Δημιουργία γλοιωδών επικαλύψεων
- iv) Τοξικότητα
- v) Ραδιενέργεια
- vi) Αποξυγόνωση
- vii) Δημιουργία πυκνού στρώματος αλγών
- viii) Μείωση της διαφάνειας του ύδατος
- ix) Απώλεια της αισθητικής αξίας των αποδεκτών

Έτσι συμπεραίνουμε ότι ο ευτροφισμός έχει μόνον αρνητικές επιπτώσεις στους αποδέκτες και καλό είναι να αποφεύγεται η εκδήλωσή του.

### **Ερώτηση 25<sup>η</sup>**

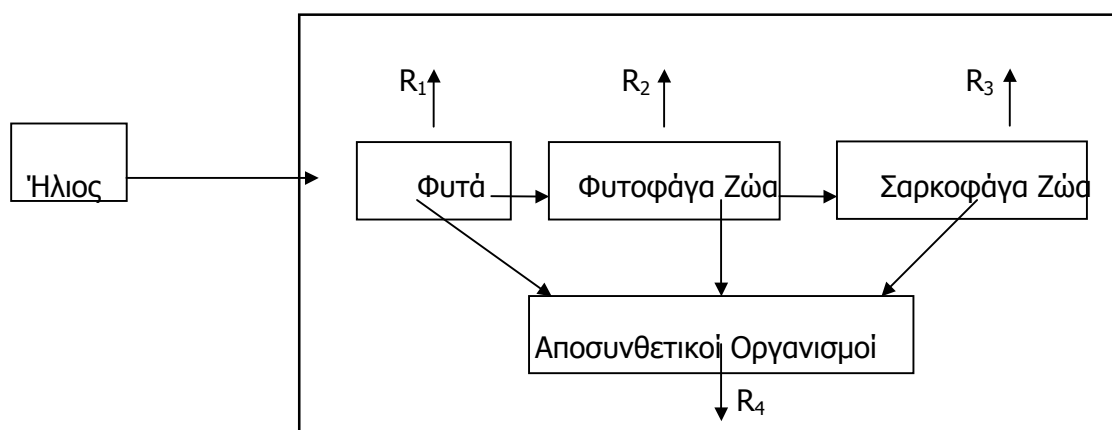
Να μελετηθεί η ροή ενέργεια σε ένα οικοσύστημα που περιλαμβάνει φυτά, φυτοφάγα ζώα, σαρκοφάγα ζώα και αποσυνθετικούς οργανισμούς. Πώς χαρακτηρίζεται η φάση στην οποία βρίσκεται το οικοσύστημα σε σχέση με τη ροή ενέργειας;

### **Απάντηση:**

Κάνουμε καταρχήν το παρακάτω διάγραμμα. Υποθέτουμε ότι  $H$  είναι η ενέργεια που εισέρχεται σ' αυτό μέσω του ήλιου,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$ ,  $R_4$  οι επιμέρους ενέργειες.

Επειδή οι εσωτερικές ροές δε μας ενδιαφέρουν, τότε αν:

1.  $H = R_1 + R_2 + R_3 + R_4$  τότε έχουμε κατάσταση ισορροπίας δηλαδή δεν έχουμε ανάπτυξη, ούτε παρακμή αλλά ώριμη κατάσταση.



2.  $H > R_1 + R_2 + R_3 + R_4$  τότε το οικοσύστημα βρίσκεται σε φάση ανάπτυξης και συσσωρεύει ενέργεια με ενδόθερμες αντιδράσεις.
3.  $H < R_1 + R_2 + R_3 + R_4$  τότε το οικοσύστημα βρίσκεται σε φάση παρακμής (πχ καταστροφή δάσους)

### **Ερώτηση 26'**

Να περιγραφεί η εξίσωση θερμικής ισορροπίας. Ποιοι φυσικοί παράγοντες επιδρούν στους οργανισμούς;

### **Απάντηση:**

Οι φυσικοί παράγοντες που επιδρούν στους οργανισμούς είναι:

- i) η θερμοκρασία
- ii) η υγρασία
- iii) ο άνεμος
- iv) η ακτινοβολία

Το κοινό χαρακτηριστικό τους είναι ότι πρόκειται για ενεργειακούς παράγοντες και η ανταλλαγή (η εκάστοτε) γίνεται μεταξύ οργανισμού και περιβάλλοντος.

Η εξίσωση της θερμικής ισορροπίας είναι η παρακάτω:

$$R_s + R_e + M = R_o \pm H + E$$

όπου:

$R_s$  = ενέργεια από τον ήλιο (ηλιακή ακτινοβολία)

$R_e$  = ενέργεια από λοιπές ακτινοβολίες

$M$  = μεταβολισμός

$R_o$  = εκπομπή ακτινοβολίας από το ίδιο το σώμα

$H$  = ανταλλαγή θερμότητας (θετική ή αρνητική), εξαρτάται από θερμοκρασία.

$E$  = εξάτμιση, εξαρτάται από την υγρασία, τον άνεμο, τη θερμοκρασία περιβάλλοντος.

### **Ερώτηση 27'**

Ποιες οι συνέπειες της θερμικής ρύπανσης;

### **Απάντηση:**

Η θερμική ρύπανση των υδάτινων σωμάτων προκαλεί καταστροφή στα ψάρια και άλλους υδρόβιους οργανισμούς. Η καταστροφή τους συνδέεται άμεσα με την ποικιλοθερμίας τους. Θερμική ρύπανση είναι η ανύψωση της θερμοκρασίας του νερού εξαιτίας της αποχέτευσης στους αποδέκτες θερμού νερού, το οποίο έχει συνήθως χρησιμοποιηθεί από τους ενεργειακούς σταθμούς και άλλα εργοστάσια για ψυκτικούς σκοπούς.

Ένας από τους κύριους λόγους των καταστροφών είναι ότι με τη συνεπαγόμενη αύξηση της ταχύτητας μεταβολισμού των ψαριών αυξάνουν ανάλογα και οι απαιτήσεις τους σε οξυγόνο σε βαθμό που να μην επαρκεί το οξυγόνο το διαλυμένο στο νερό. Εξάλλου η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού προκαλεί μείωση της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου. Τα ψάρια επομένως και οι λοιποί υδρόβιοι οργανισμοί παθαίνουν ασφυξία.

### **Ερώτηση 28'**

Ποιες είναι οι δυνατότητες επίδρασης ενός πληθυσμού σε έναν άλλο;

**Απάντηση:**

Έχουμε:

- i) (++) συμβίωση (όπως τα ψυχανθή φυτά)
- ii) (--) ανταγωνισμός (όπως οι λαγοί και τα κουνέλια)
- iii) (0) δεν υπάρχει αλληλεπίδραση (δέντρα και λύκοι)
- iv) (-+) θηρευτής - θήραμα (πρόβατα και λύκοι)

Συγκεντρωτικά έχουμε τον παρακάτω πίνακα:

	<b>+</b>	<b>-</b>	<b>0</b>
<b>+</b>	++	+-	+0
<b>-</b>	-+	--	-0
<b>0</b>	0+	0-	00

**Ερώτηση 29<sup>η</sup>**

Τι γνωρίζετε για τους παθογόνους μικροοργανισμούς;

**Απάντηση:**

Σημαντικότεροι παθογόνοι μικροοργανισμοί του νερού είναι τα βακτηρίδια του τύφου, παράτυφου, δυσεντερίας, χολέρας και διάφοροι ιοί, κυρίως οι ιοί της λοιμώδους ηπατίτιδας και πολιομυελίτιδας.

Κύρια πηγή ρύπανσης των υδάτινων σωμάτων με παθογόνους μικροοργανισμούς είναι τα δημοτικά και κτηνοτροφικά λύματα με τα περιττώματα ανθρώπων και ζώων που περιέχουν. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί βρίσκονται στο νερό σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις και η ανίχνευσή τους είναι δύσκολη. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται ως μικροοργανισμοί ενδεικτικοί της μόλυνσεως τα κολοβακτηρίδια τα οποία δεν είναι γενικά παθογόνα αλλά εκκρίνονται από τον άνθρωπο σε πολύ μεγάλους αριθμούς  $100 \cdot 10^9$  -  $400 \cdot 10^9$  ανά άτομο και ημέρα.

Μια ομάδα κολοβακτηριδίων, τα κολοβακτηρίδια του Escherich (κολοβακτηρίδια E) αναπτύσσονται μόνο στο πεπτικό σύστημα και έτσι η παρουσία τους στο νερό δηλώνει ρύπανση με περιπτώματα και συνεπώς δυνητική παθογένεια.

Ένα άλλο χαρακτηριστικό των κολοβακτηριδίων που τα κάνει κατάλληλο ενδεικτικό μέτρο της παθογένειας, είναι ότι η απολύμανση του νερού τα καταστρέφει, γενικά, δυσκολότερα σε σύγκριση με τα παθογόνα βακτηρίδια. Έτσι η εξάλειψη των κολοβακτηριδίων εξασφαλίζει την εξάλειψη των παθογόνων βακτηριδίων. Πάντως η σχετική αντιπροσώπευση των ιών από τα κολοβακτηρίδια δεν έχει εδραιωθεί ικανοποιητικά.

Οι Υγειονομικές Διατάξεις ορίζουν τις μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις των κολοβακτηριδίων στο νερό ανάλογα με τη χρήση του (πόση, κολύμβηση κα).

### **Ερώτηση 30'**

Να γραφούν οι διαφορικές εξισώσεις που περιγράφουν τις εξής αλληλεπιδράσεις:

- α) Ανταγωνισμός δυο ειδών (ακολουθούν λογιστικό ομοίωμα)
- β) Θηρευτής και Θήραμα
- γ) Συμβίωση δυο ειδών

Σε κάθε περίπτωση να μελετηθεί τι θα γίνει αν εκλείψει ο ένας από τους δυο πληθυσμούς. Τέλος να γίνουν οι γραφικές παραστάσεις θηράματος - θηρευτή και συμβίωσης δυο ειδών.

### **Απάντηση:**

#### 1. Ανταγωνισμός Δυο Ειδών

Έστω  $N_1$  ο πρώτος πληθυσμός και  $N_2$  ο δεύτερος. Τότε θα έχουμε:

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

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

Αν εκλείψει ο ένας, ο άλλος αυξάνεται.

## 2. Περίπτωση θηρευτή - θηράματος

Έστω  $N_1$  ο πληθυσμός του θηράματος και  $N_2$  ο πληθυσμός του θηρευτή. Τότε:

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

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

Το αρνητικό πρόσημο στον πρώτο όρο της εξίσωσης που περιγράφει τη μεταβολή του πληθυσμού του θηρευτή δείχνει πως αυτός (ή μάλλον ο πληθυσμός του) θα μειωθεί αν αρχίσει να του λείπει τροφή (δηλ. θήραμα). Έτσι αν εκλείψει το θήραμα εκλείπει και ο θηρευτής. Το αντίστροφο δεν ισχύει γιατί τότε (θεωρητικά) το θήραμα θα αυξάνεται ανεξέλεγκτα.

## 3. Συμβίωση δυο ειδών

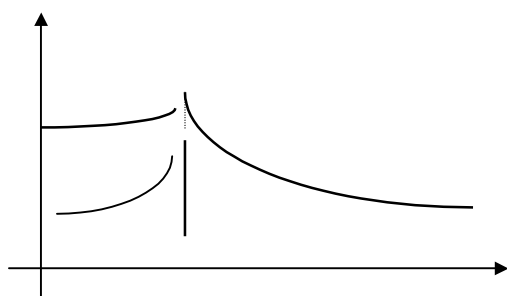
Έστω  $N_1$  ο πρώτος πληθυσμός και  $N_2$  ο δεύτερος. Τότε θα έχουμε:

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

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

Είναι επίσης σαφές ότι αν εκλείψει ο ένας, ο άλλος σταθεροποιείται.

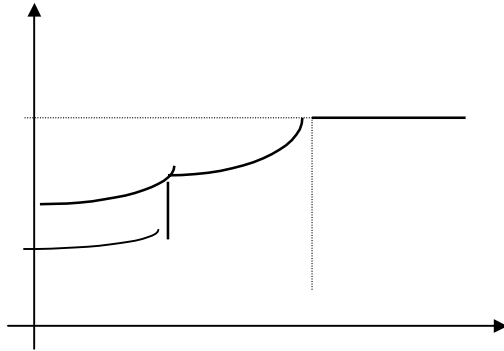
- Γραφικές Παραστάσεις.



Θήραμα - Θηρευτής

Παρατηρούμε την έκλειψη του θηράματος και τη συνεπαγόμενη έκλειψη του θηρευτή.





Συμβίωση δυο ειδών.

Αξίζει να παρατηρηθεί η παροδική αύξηση του πληθυσμού του ενός είδους και η μετέπειτα σταθεροποίησή του αν εκλείψει ο άλλος πληθυσμός για κάποιο λόγο.

---

## Κεφάλαιο 2ο: Λυμένες Ασκήσεις

### Πρόβλημα 1<sup>ο</sup>

Να γραφούν οι εξισώσεις που περιγράφουν τη λειτουργία του οικοσυστήματος χόρτο - κατσίκα - λύκος. Τι θα άλλαζε αν ο λύκος ήταν και χορτοφάγος;

### Απάντηση:

Οι εξισώσεις θα έχουν ως εξής:

$$\text{(χόρτο)} \quad \frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 - a_{21} N_1 N_2 - q_1 N_1^2$$

$$\text{(κατσίκα)} \quad \frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2 + a_{12} N_1 N_2 - a_{32} N_1 N_2$$

$$\text{(λύκος)} \quad \frac{dN_3}{dt} = -r_3 N_3 + a_{23} N_2 N_3$$

Παρατηρήσεις: το μείον (-) στην αρχή της 3ης εξίσωσης υπάρχει για να δείξουμε ότι ο πληθυσμός των λύκων μειώνεται αν δεν υπάρχει θήραμα. Θα μπορούσαμε να βάλουμε και ένα μείον (-) μπροστά από τη 2η εξίσωση για να δείξουμε ότι και η κατσίκα θα μειώνεται αν δεν υπάρχει χόρτο. Γενικά, μπορούν να γραφούν διάφορες παραλλαγές αυτών των εξισώσεων που να ικανοποιούν το πρόβλημα αυτό καθώς δεν είναι σαφώς και μονοσήμαντα ορισμένο. Ένα πιο ειδικό πρόβλημα εξετάζεται στην άσκηση 2.

Αν τώρα ο λύκος ήταν και χορτοφάγος:

$$\text{(χόρτο)} \quad \frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 - a_{21} N_1 N_2 - q_1 N_1^2 - a_{31} N_1 N_2$$

$$\text{(κατσίκα)} \quad \frac{dN_2}{dt} = r_2 N_2 + a_{12} N_1 N_2 - a_{32} N_1 N_2$$

$$\text{(λύκος)} \quad \frac{dN_3}{dt} = -r_3 N_3 + a_{23} N_2 N_3 + a_{13} N_1 N_3$$

Βλέπουμε ότι τώρα οι μόνες εξισώσεις που μεταβλήθηκαν είναι οι 1 και 3, πράγμα που το αναμέναμε. Αν η εκφώνηση έλεγε ότι ο λύκος είναι μόνο χορτοφάγος, τότε θα είχαμε ανταγωνισμό μεταξύ κατσίκας - λύκου και θα άλλαζαν πάλι οι εξισώσεις.

### **Πρόβλημα 2°**

Σύστημα τριών πληθυσμών Α,Β,Γ με αντίστοιχα μεγέθη  $N_1, N_2, N_3$  έχει α) Β,Γ θηρευτές του Α, β) ο Α παρουσιάζει ενδοπληθυσμιακό ανταγωνισμό. , γ) οι Β,Γ δεν παρουσιάζουν ενδοπληθυσμιακό ανταγωνισμό, δ) ο πληθυσμός Β μειώνεται όταν δεν υπάρχει θήραμα, ο Γ όχι.

### **Απάντηση:**

Για τον πληθυσμό Α έχουμε:

$$\frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 - a_{21} N_1 N_2 - a_{31} N_1 N_3 - q_1 N_1^2$$

Η εκφώνηση λέει ότι ο πληθυσμός Α παρουσιάζει ενδοπληθυσμιακό ανταγωνισμό. Αυτό είναι εντελώς ισοδύναμο με το να πει ότι ο πληθυσμός Α ακολουθεί το λογιστικό ομοίωμα. Έτσι εξηγείται η ύπαρξη του 1ου και του 4ου όρου του δευτέρου μέλους της παραπάνω διαφορικής. Επίσης σύμφωνα με τα δεδομένα, οι πληθυσμοί Β και Γ είναι θηρευτές του Α οπότε και προσθέτουμε τους όρους 2 και 3. Πρέπει να τονισθεί ότι δεν χρειάζεται να επιλύσουμε τις διαφορικές αυτές εξισώσεις, αρκεί μόνο να τις ορίσουμε.

Με το ίδιο σκεπτικό για τον πληθυσμό Β έχουμε:

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

Πράγματι, ο πληθυσμός Β μειώνεται όταν δεν υπάρχει θήραμα, γι' αυτό και στον πρώτο όρο της παραπάνω εξίσωσης βάλουμε το πρόσημο (-). Επειδή δε ο πληθυσμός αυξάνεται όταν "τρώει" τον Α, βάλουμε (+) στο δεύτερο όρο.

Τέλος για τον τρίτο πληθυσμό έχουμε:

$$\frac{dN_3}{dt} = r_3 N_3 + a_{13} N_1 N_3$$

Το μόνο που έχουμε να παρατηρήσουμε είναι ότι πρέπει να δοθεί κάποια προσοχή στους δείκτες και μάλιστα στη σειρά των δεικτών των συντελεστών  $a$ . Για παράδειγμα στην τρίτη εξίσωση είπαμε  $a_{13}$  και όχι  $a_{31}$  καθότι πρώτα μπαίνει ο αριθμός της εξίσωσης που αναφερόμαστε και ύστερα ο αριθμός της εξίσωσης που επεξεργαζόμαστε (δηλαδή την 3).

Καθόσον η άσκηση ορίζει πλήρως τα δεδομένα για τους τρεις πληθυσμούς, οιαδήποτε άλλη απάντηση είναι λανθασμένη. Συνολικά έχουμε:

$$(A) \frac{dN_1}{dt} = r_1 N_1 - a_{21} N_1 N_2 - a_{31} N_1 N_3 - q_1 N_1^2$$

$$(B) \frac{dN_2}{dt} = -r_2 N_2 + a_{12} N_1 N_2$$

$$(Γ) \frac{dN_3}{dt} = r_3 N_3 + a_{13} N_1 N_3$$

### **Πρόβλημα 3°**

Σ' ένα οικοσύστημα που αποτελείται από φυτά, φυτοφάγα ζώα, σαρκοφάγα ζώα και αποσυνθετικούς οργανισμούς μετρήθηκαν τα εξής ενεργειακά μεγέθη:

1. Φωτοσύνθεση  $125 \cdot 10^6$  Kcal/έτος
2. Αναπνοή φυτών  $65 \cdot 10^6$  Kcal/έτος
3. Αναπνοή φυτοφάγων ζώων  $30 \cdot 10^6$  Kcal/έτος
4. Αναπνοή σαρκοφάγων ζώων  $8 \cdot 10^6$  Kcal/έτος
5. Αναπνοή αποσυνθετικών οργανισμών  $20 \cdot 10^6$  Kcal/έτος

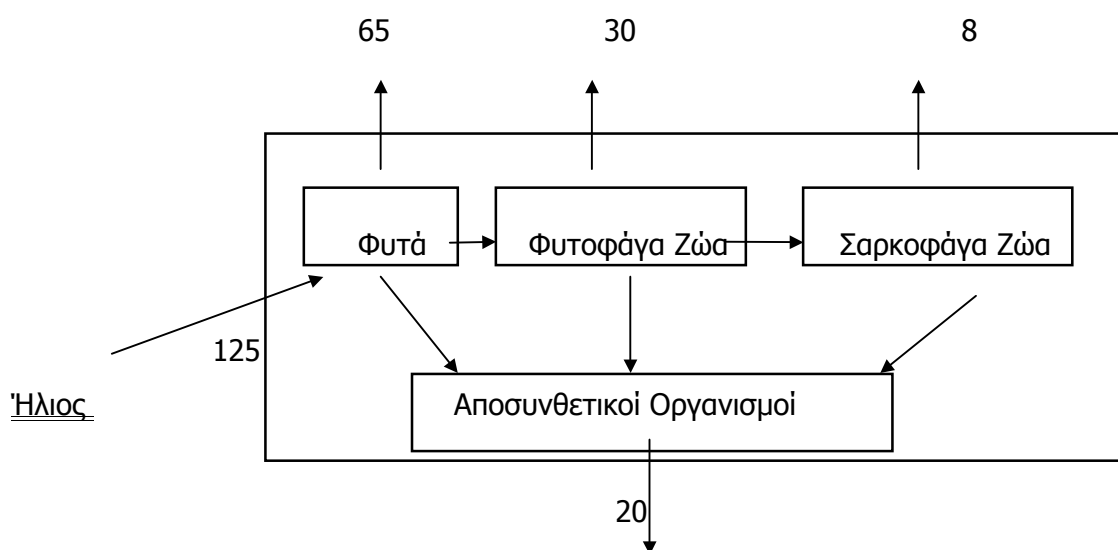
α) Να σχεδιασθεί ένα απλό ενεργειακό διάγραμμα του οικοσυστήματος με τις τιμές των ενεργειακών ροών (όσες είναι γνωστές).

β) Να εκτιμηθεί η συμβολή του οικοσυστήματος στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

**(4/2/1994)**

**Απάντηση:**

α) Σχεδιάζουμε καταρχήν το απλό αυτό διάγραμμα:



Στο παραπάνω διάγραμμα όλες οι ενέργειες είναι εκφρασμένες σε Gcal/έτος.

β) Η ενέργεια που απορροφάται είναι  $125 \cdot 10^6$  Kcal/έτος ενώ η ενέργεια που εκλύεται είναι ίση με  $65 + 30 + 20 + 8 = 123 \cdot 10^6$  Kcal/έτος. Το οικοσύστημα λοιπόν αυτό απορροφάει περισσότερη ενέργεια από αυτή που εκλύει. Είναι λοιπόν σαφές ότι βρίσκεται σε φάση ανάπτυξης και επομένως αποδυναμώνει το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Στην περίπτωση που οι δυο ενέργειες (η απορροφώμενη και η εκλυόμενη) ήταν ίσες θα απαντούσαμε ότι το οικοσύστημα δεν ασκεί ουδεμία επιρροή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου καθώς βρίσκεται σε κατάσταση ισορροπίας.

Αν επίσης η εκλυόμενη ενέργεια ήταν μεγαλύτερη από της απορροφώμενη μέσω της φωτοσύνθεσης, τότε το οικοσύστημα θα βρισκόταν σε κατάσταση παρακμής και επομένως θα ενέτεινε το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

Αυτά όλα γίνονται περισσότερο σαφή και κατανοητά με τη μελέτη της επόμενης άσκησης, της 4.

### **Πρόβλημα 4<sup>ο</sup>**

Σ' ένα απλοποιημένο οικοσύστημα που αποτελείται από άλγη, φυτοφάγο ζωοπλαγκτόν και αποσυνθετικούς οργανισμούς μετρήθηκαν τα εξής ενεργειακά μεγέθη σε Kcal/έτος:

1. Φωτοσύνθεση 625
2. Αναπνοή αλγών 450
3. Αναπνοή ζωοπλαγκτού 50
4. Αναπνοή αποσυνθετικών οργανισμών 125
5. Κατανάλωση αλγών από αποσυνθετικούς οργανισμούς 75
6. Κατανάλωση ζωοπλαγκτού από αποσυνθετικούς οργανισμούς 50

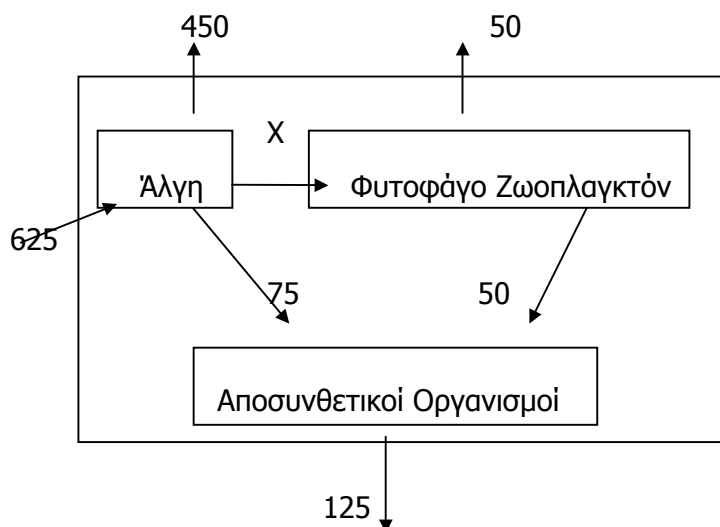
α) Να υπολογισθεί η κατανάλωση αλγών από το φυτοφάγο ζωοπλαγκτόν σε Kcal/έτος.

β) Να εκτιμηθεί η συμβολή του οικοσυστήματος στο φαινόμενο του θερμοκηπίου.

**(19/1/95)**

### **Απάντηση:**

α) Είναι χρήσιμο σε τέτοιες ασκήσεις να σχεδιάζουμε το διάγραμμα ροής:



Τοποθετούμε κοντά στα διάφορα βέλη που παριστάνουν τις εκάστοτε ενεργειακές ροές, όλες τις γνωστές ενέργειες. Ας καλέσουμε  $X$  την άγνωστη ενέργεια που είναι και η ζητούμενη. Δεν θα ήταν απόλυτα σωστό να πούμε ότι:

$$X+450+75=625 \Rightarrow X=100$$

Παρόλο που αυτό είναι το σωστό αποτέλεσμα θα πρέπει να εξετάσουμε το φαινόμενο σφαιρικά και όχι μεμονωμένα. Δηλαδή το X υπεισέρχεται στα άλγη καθώς και στο φυτοφάγο ζωοπλαγκτόν (όχι όμως και στους αποσυνθετικούς οργανισμούς). Άρα θα έχουμε:

$$625 \geq 450 + X + 75 \Rightarrow X \leq 100 \text{ Kcal/έτος (1)}$$

Αν τώρα λάβουμε υπόψη μας τις ενέργειες για το φυτοφάγο ζωοπλαγκτόν παίρνουμε:

$$X \geq 50 + 50 \Rightarrow X \geq 100 \text{ Kcal/έτος (2)}$$

Είναι πρόδηλο ότι οι (1) και (2) συναληθεύουν μόνον για  $X=100 \text{ Kcal/έτος}$  που είναι και η ζητούμενη ενέργεια.

β) Έχουμε εισερχόμενη ενέργεια ίση με  $625 \text{ Kcal/έτος}$ . Η δε εξερχόμενη ενέργεια μέσω της αναπνοής θα είναι ίση με  $450 + 50 + 125 = 625 \text{ Kcal/έτος}$ . Συμπεραίνουμε ότι η απορροφώμενη ενέργεια είναι ίση με την εκλυόμενη ενέργεια, επομένως το οικοσύστημα δε θα έχει καμιά απολύτως συμβολή στο φαινόμενο του θερμοκηπίου καθώς θα βρίσκεται σε κατάσταση (φάση) ισορροπίας. (βλ. και άσκηση 3).

### **Πρόβλημα 5°**

Υποθέτουμε ότι η χρονική μεταβολή ενός πληθυσμού εντόμων δίνεται από την εξίσωση:

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

όπου  $N$  το μέγεθος του πληθυσμού των εντόμων και  $t$  ο χρόνος. Εξηγείστε:

α) Τι σημαίνουν οι παράμετροι  $r$  και  $N_m$ .

β) τι θα συμβεί αν για κάποιο λόγο τα έντομα γίνουν πάρα πολλά;

**(13/1/92)-(4/2/1994)**

**Απάντηση:**

α) Το  $r$  είναι η σταθερά μεταβολής του πληθυσμού (ταχύτητα μεταβολής ανά άτομο).

Σύμφωνα με το λογιστικό ομοίωμα έχω διαδοχικά:

$$\frac{dN}{dt} = rN - qN^2 \Rightarrow \frac{dN}{dt} = N(r - qN)$$

Θέτω τώρα  $q=r/N_m$  οπότε η παραπάνω εξίσωση (διαφορική) γράφεται:

$$\begin{aligned} \frac{dN}{dt} &= N \left( r - \frac{r}{N_m} N \right) \Rightarrow \frac{dN}{dt} = Nr \left( 1 - \frac{N}{N_m} \right) \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{dN}{dt} &= Nr \left( \frac{N_m - N}{N_m} \right) \end{aligned}$$

Άρα και σύμφωνα πλέον με τη θεωρία έχουμε όπου  $N_m=K$  το οριακό μέγεθος του πληθυσμού που μπορεί να ζήσει στο δεδομένο περιβάλλον, που ονομάζεται φέρουσα ικανότητα ή χωρητικότητα του περιβάλλοντος.

β) Όταν  $N$  πολύ μεγάλο, τότε προφανώς

$$N \gg N_m \Rightarrow \frac{N_m - N}{N_m} < 0 \Rightarrow dN/dt < 0$$

Κάτι τέτοιο όμως σύμφωνα και με την παραπάνω εξίσωση σημαίνει ότι το μέγεθος (δηλαδή ο πληθυσμός των εντόμων) μειώνεται έως ότου  $N=N_m$ .

**Πρόβλημα 6°**

Μια θαλάσσια περιοχή είναι αποδέκτης λυμάτων με αποτέλεσμα να προκαλείται ευτροφισμός. Οι συγκεντρώσεις άνθρακα, αζώτου και φωσφόρου στο θαλάσσιο νερό βρέθηκαν ίσες με 1500, 150 και 50  $\mu\text{gr/lit}$  αντίστοιχα. Δεχόμαστε ότι τα ανωτέρω στοιχεία



βρίσκονται στο πρωτόπλασμα των αλγών στην αναλογία C:N:P=41:7:1. Να βρεθεί ποια είναι η περιοριστική τροφή των αλγών και ποιο από τα C, N, P πρέπει να απομακρυνθεί κατά προτεραιότητα από τα λύματα, προκειμένου να περιορισθεί ο ευτροφισμός.

**(29/9/95)**

**Απάντηση:**

Σύμφωνα με το νόμο του von Liebig περιοριστική τροφή είναι εκείνη η οποία βρίσκεται σε **μικρότερη αναλογικά** διαθεσιμότητα. Επομένως θα πάρουμε την αναλογία που μας δίδεται και θα δούμε ποια τροφή είναι αναλογικά η μικρότερη. Κατά την επίλυση του προβλήματος είναι απαραίτητο να γράψουμε (αν δε ζητείται σε άλλο σκέλος του θέματος) το νόμο του von Liebig που εξάλλου περιγράφει το πώς θα κινηθούμε για την επίλυση του προβλήματος. Δεν είναι τόσο απαραίτητο να δοθεί έμφαση στην ακρίβεια και εμφάνιση των μαθηματικών πράξεων όσο στη σκέψη που ακολουθήθηκε προκειμένου να λύσουμε την άσκηση αυτή.

Για το φώσφορο έχουμε ότι το 1 θέλει 7 μέρη , τα 50 μέρη που έχουμε 350. Άρα το N είναι σε μικρότερη σχετικά αναλογία από το φώσφορο καθόσον θα θέλαμε 350 μέρη N και όχι 150 που έχουμε τώρα.

Πάλι με απλή μέθοδο των τριών για το άζωτο και τον άνθρακα παίρνουμε: ζητούμενη ποσότητα άνθρακα για να εκμεταλλευτούμε πλήρως τη δοσμένη ποσότητα αζώτου =  $41 \cdot 150 / 7 = 879 < 1500$ .

Επομένως με 879 μέρη C εκμεταλλευόμαστε πλήρως το άζωτο. Εμείς έχουμε πιο πολύ άνθρακα (1500) άρα κάποια αναλογική περίσσεια. Δηλαδή η περιοριστική τροφή θα είναι το άζωτο. Αυτό που μένει τώρα είναι να συγκρίνουμε τις διαθέσιμες ποσότητες φωσφόρου και άνθρακα για να δούμε πιο είναι το δεύτερο κατά σειρά σε μικρότερη διαθεσιμότητα ώστε να απαντήσουμε στο ποιο πρέπει να απομακρυνθεί κατά προτεραιότητα.

Η αναλογία C:P=41:1 άρα τα 50 μέρη P θα ήθελαν για πλήρη εκμετάλλευσή τους τουλάχιστον  $41 \cdot 50 / 1 = 2050$  μέρη άνθρακα. Εμείς δεν έχουμε τόσα. Έχουμε μόνον 1500 και άρα ο άνθρακας "περιορίζει" την εκμετάλλευση του φωσφόρου που βρίσκεται, πάντα αναλογικά, σε περίσσεια. Έτσι κατά σειρά και για τον περιορισμό του ευτροφισμού πρέπει να απομακρύνουμε:

N, C, P.
----------

Αυτή είναι η πλήρης απάντηση του προβλήματος.

---