

ΒΙΟΣΥΣΣΩΡΕΥΣΗ

Σοβαρή πηγή ρύπανσης των υδάτινων οικοσυστημάτων είναι και η βιομηχανική δραστηριότητα. Στα βιομηχανικά απόβλητα περιέχονται επικίνδυνες χημικές ουσίες, οργανικοί διαλύτες και πετρελαιοειδή. Επίσης τα παρασιτοκτόνα, τα εντομοκτόνα και τα ραδιενεργά απόβλητα και παραπροϊόντα είναι πολύ τοξικοί ρύποι.

Το κοινό στοιχείο όλων των παραπάνω ουσιών είναι ότι είναι μη βιοδιασπώμενες ουσίες. Τέτοιες μη βιοδιασπώμενες ουσίες εισέρχονται στον οργανισμό των ζώων και των φυτών με την αναπνοή και τη διατροφή και κατακρατούνται στους ιστούς. Μερικά από τα ζώα της θάλασσας έχουν την ιδιότητα να βιοσυσσωρεύουν τους ρύπους κατά εκατοντάδες φορές. Το φαινόμενο αυτό κατά το οποίο αυξάνεται η συγκέντρωση τοξικών χημικών ουσιών στους ιστούς των οργανισμών καθώς προχωρούμε κατά μήκος της τροφικής αλυσίδας ονομάζεται **βιοσυσσώρευση**.

Η βιοσυσσώρευση εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως είναι το είδος και η συγκέντρωση του ρύπου, ο χρόνος έκθεσης καθώς και το είδος, η ηλικία, ο ιστός ή το όργανο και γενικά ο βιολογικός κύκλος του οργανισμού.

Η συσσώρευση των μη βιοδιασπώμενων ουσιών αφορά και τον ίδιο τον άνθρωπο, για τον απλό λόγο ότι συνήθως αποτελεί τον τελευταίο κρίκο σε πολλές διατροφικές αλυσίδες.

Πράγματι, στα μέσα της δεκαετίας του 1960 διαπιστώθηκε ότι, εξαιτίας των τεράστιων ποσοτήτων εντομοκτόνου που είχαν ριφθεί στην αφρικανική ήπειρο τα προηγούμενα χρόνια για την καταπολέμηση του κουνουπιού (που είναι ο φορέας του πλασμοδίου που προκαλεί ελονοσία), ένα πλήθος οργανισμών παρουσίαζε αυξημένη συγκέντρωση DDT στους ιστούς του. Το εκπληκτικό στις έρευνες που επακολούθησαν ήταν ότι το εντομοκτόνο είχε συσσωρευτεί ακόμη και στους πικουίνους της Ανταρκτικής και στο μητρικό γάλα των Εσκιμώων. Η συνειδητοποίηση των κινδύνων που εγκυμονεί η χρήση DDT οδήγησε στην αντικατάστασή του από άλλα βιοδιασπώμενα εντομοκτόνα. Ωστόσο το τίμημα της συσσώρευσής του στους οργανισμούς το έχει ήδη πληρώσει ακριβά το περιβάλλον: η συσσώρευσή του στα αρπακτικά πτηνά καθιστά εύθραυστα τα κελύφη των αυγών τους, με συνέπεια τη δραματική μείωση των ρυθμών αναπαραγωγής τους που μπορεί να τα φέρει στα πρόθυρα της εξαφάνισης.

Ας παρακολουθήσουμε όμως με ένα παράδειγμα πώς αποτυπώνεται ποσοτικά η αύξηση της συγκέντρωσης μιας μη βιοδιασπώμενης ουσίας σε έναν οργανισμό. Έστω ότι σε κάθε κιλό ενός φυτού έχει αποθεθεί 1 mg μιας μη βιοδιασπώμενης ουσίας. Ένα φυτοφάγο, για να αυξήσει τη βιομάζα του κατά 1 κιλό, θα πρέπει να φάει 10 κιλά από το φυτό, τα οποία βεβαίως θα περιέχουν 10 mg της ουσίας. Αφού η ουσία αυτή δεν μπορεί να διασπαστεί και να αποβληθεί από το φυτοφάγο οργανισμό, η συγκέντρωσή της στους ιστούς του θα φτάσει τα 10 mg ανά κιλό. Σε ένα σαρκοφάγο η συγκέντρωση θα γίνει 100 mg ανά κιλό κ.ο.κ. Βλέπουμε λοιπόν ότι η συγκέντρωση μιας μη βιοδιασπώμενης ουσίας αυξάνεται καθώς πηγαίνουμε σε ανώτερα τροφικά επίπεδα.

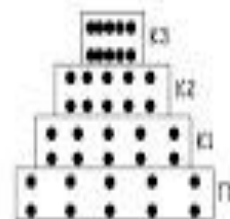
ΒΙΟΙΥΣΙΩΡΕΥΣΗ

Προκαλείται από ουσίες με βιοδιασπώμενες, δηλαδή ουσίες οι οποίες:

- 1) δε βιοδιασπώνονται (αίμα από το τεταμένο κέντρο της αραχνοειδούς κλίμακας ή από τους σπινθηροειδείς - δεν αποικοδομούνται)
- 2) δε μεταβολίζονται (δεν οξυδώνονται με την καταρκτική ουσία)
- 3) δεν αποβάλλονται με απέκκριτες (ύλη και ούρα)

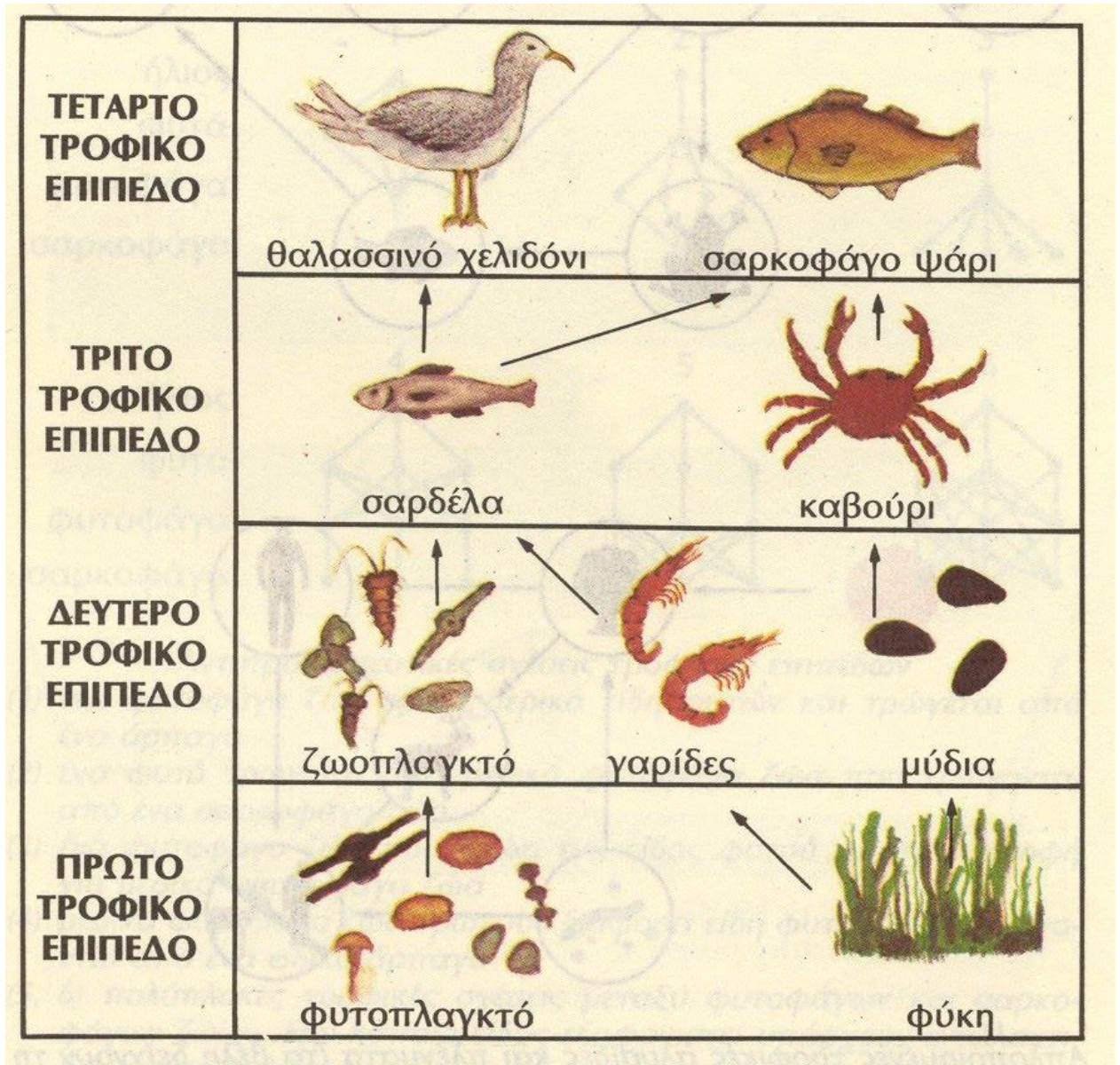
4) στο παρεμπόδιον στους ιστούς και μεταφέρονται με την τροφή στο ανώτερο τροφικό επίπεδο χωρίς να μεταβάλλεται η ποσότητά τους **(ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΣΤΑΘΕΡΗ)**

$$\frac{\text{ΠΟΣΟΤΗΤΑ}}{\text{ΒΙΩΜΑΧΑ}} = \text{ΣΥΝΚΕΝΤΡΩΣΗ}$$

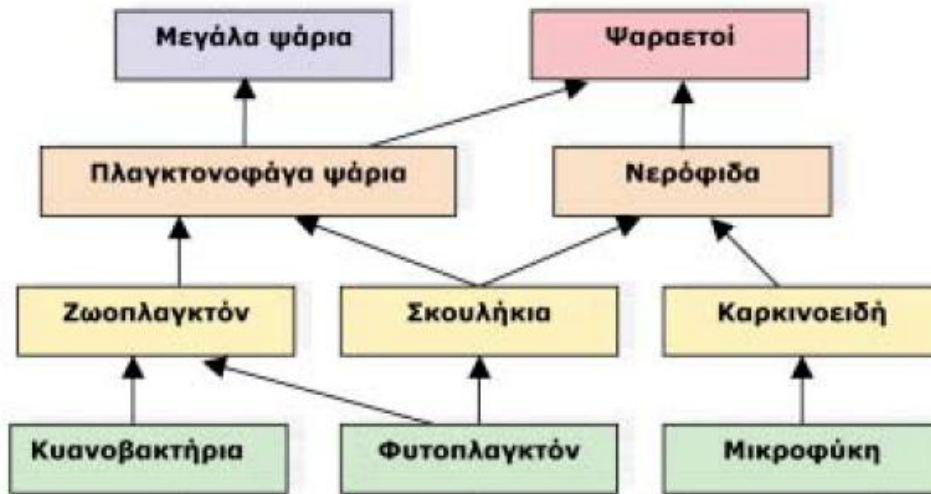


Ξέρουμε όμως ότι η βιομάζα των τροφικών επιπέδων μειώνεται στο 10% κάθε φορά που η τροφή περνά προς το ανώτερο τροφικό επίπεδο **(Η ΒΙΩΜΑΧΑ ΜΕΙΩΝΕΤΑΙ)**

5) στο **ανωτερότερο** στο ανώτερο τροφικό επίπεδο και αυτή η αύξηση της συγκέντρωσης μπορεί να προκαλέσει σοβαρές βλάβες ή το θάνατο στους κεραιόπους καταναλωτές **(Η ΣΥΝΚΕΝΤΡΩΣΗ ΑΥΞΑΝΕΤΑΙ)**



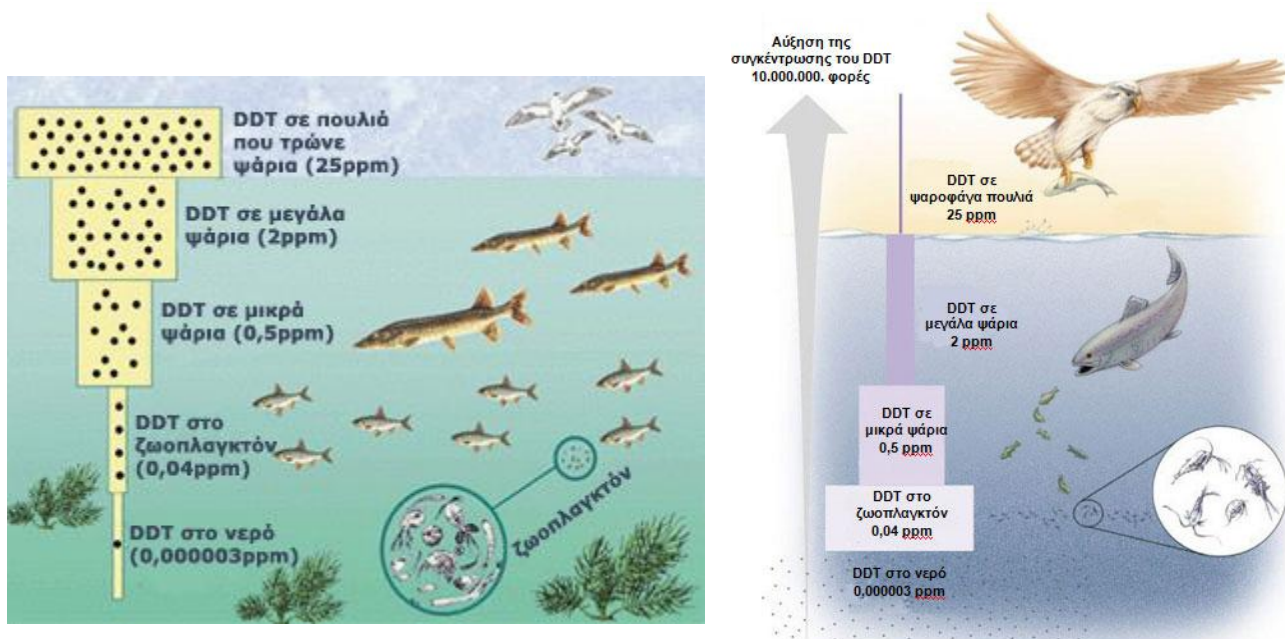
Εικόνα 1: Παράδειγμα τροφικού πλέγματος, όπου διακρίνονται οι τροφικές αλυσίδες και τα τροφικά επίπεδα.



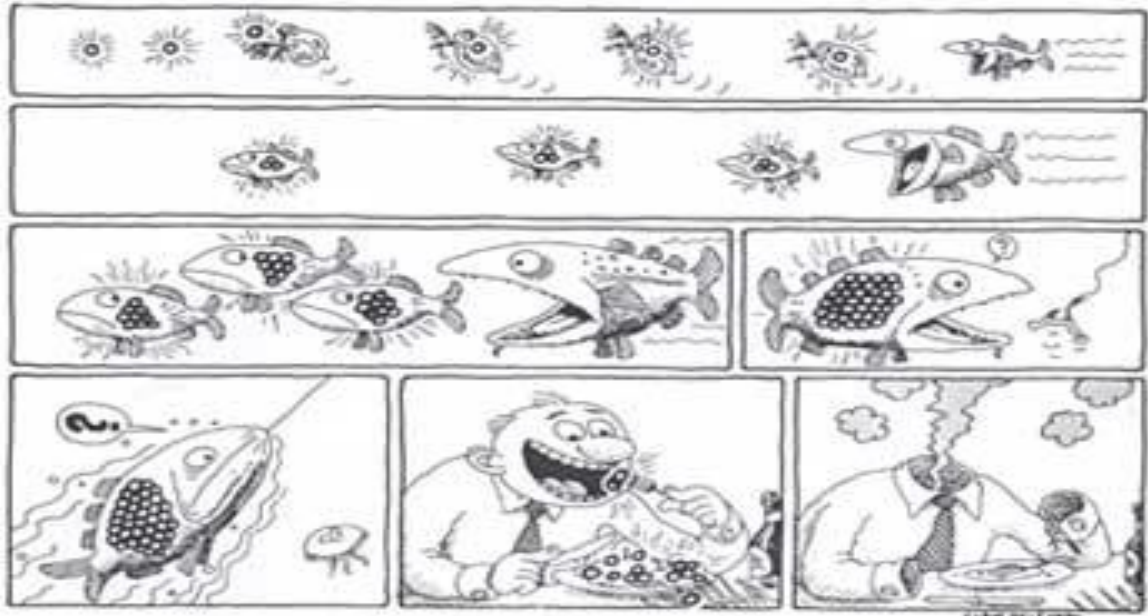
Εικόνα 1: Παράδειγμα τροφικού πλέγματος

Τροφικά επίπεδα	Βιομάζα (τόνοι)	Ποσότητα DDT (mg)	Συγκέντρωση DDT (mg/Kg)
Καταναλωτές 3ης τάξης	1	10 ⁶	1000
Καταναλωτές 2ης τάξης	10	10 ⁶	100
Καταναλωτές 1ης τάξης	100	10 ⁶	10
Παραγωγοί	1.000	10 ⁶	1

Εικόνα 2: Αριθμητική απεικόνιση βιοσυσσώρευσης



Εικόνα 5: Περιπτώσεις βιοσυσσώρευσης σε οικοσυστήματα



Εικόνα 6: Η βιοσυσσωρευση με πιο εύθυμη ματιά

Βιομεταφορά.

Οι βιοσυσσωρευμένοι ρύποι δεν εξαφανίζονται με τον θάνατο του οργανισμού, αλλά μεταφέρονται διαμέσου των τροφικών αλυσίδων σε επόμενα τροφικά επίπεδα. Με τον τρόπο αυτό ένας ρύπος μπορεί να μεταφερθεί σταδιακά σε περιοχές πολύ μακρινές από το σημείο απόρριψής του.

Βιομεγέθυνση.

Ορισμένοι ρύποι έχουν την ιδιότητα να αυξάνουν σε συγκέντρωση όταν περνούν από κατώτερο τροφικό επίπεδο σε ανώτερο. Ξέρουμε ότι αυτό ισχύει για τα εντομοκτόνα, πολλούς άλλους συνθετικούς οργανικούς ρύπους και από τα μέταλλα για τον υδράργυρο. Καθώς οι ρύποι αυτοί περνούν από κατώτερο τροφικό επίπεδο σε ανώτερο, έχουν την ιδιότητα να αυξάνουν δραματικά τη συγκέντρωσή τους Ένας τέτοιος ρύπος είναι και ο υδράργυρος.

Ιδιαίτερα επικίνδυνες είναι οι οργανικές μορφές υδραργύρου που προσβάλλουν το νευρικό σύστημα του ανθρώπου. Απόβλητα ενός εργοστασίου που περιείχαν Hg, στον κόλπο της Μίναμاتا στην Ιαπωνία. (1950-60), προκάλεσαν σοβαρές ασθένειες. Συγκεκριμένα, οι κάτοικοι της περιοχής μετά από επιδημίες γρίπης αντιμετώπιζαν νευροκινητικά συμπτώματα που κάποια από αυτά κατέληγαν σε θάνατο (46 θανατηφόρα κρούσματα). Τι είχε συμβεί; Κατά την επιδημία οι ασθενείς, προκειμένου να ενισχύσουν το αμυντικό σύστημα του οργανισμού τους καταλάωναν συκώτι ψαριού επειδή το θεωρούσαν δυναμωτικό. Όμως ο Hg, ενώ κατ'αρχάς συσσωρεύτηκε στο πλαγκτόν, τα όστρακα με τη διαδικασία της βιοσυσσωρευσης κατέληξε στο συκώτι των ψαριών και από εκεί στους ανθρώπους (φαινόμενα βιομεταφοράς και βιομεγέθυνσης) με τις συνέπειες που αναφέρθηκαν.

	Minamata	Μη ρυπασμένες περιοχές
Μύδια	11-39 mg/kg	1,7-6 mg/kg
Ψάρια	10-55 mg/kg	0,01-1,7 mg/kg
Άνθρωπος (νεφρά)	22-144 mg/kg	0,25-10,7 mg/kg