

Φαινόμενα ρύπανσης στο θαλάσσιο περιβάλλον. Επιπτώσεις στις βιοκοινωνίες.

Σαχινίδης Συμεών

Εισαγωγή

Οι θάλασσες πάντοτε ήταν η εύκολη λύση για την εναπόθεση κάθε μορφής και είδους σκουπιδιών. Μέχρι πρόσφατα επικρατούσε η άποψη της απεριόριστης δυνατότητας του βυθού να δεχτεί οτιδήποτε. Έτσι φτάσαμε σήμερα, μια σειρά από κλειστές θάλασσες, όπως η Αράλη να είναι νεκρή και άλλες, όπως η Βαλτική, η Μαύρη Θάλασσα και η Μεσόγειος, να κινδυνεύουν με ανεπανόρθωτες καταστροφές.

Μία σημαντική επίπτωση της ανθρώπινης δραστηριότητας στις θάλασσες είναι η ρύπανση. Δεν είναι μόνο η ρύπανση από διαρροές πετρελαίου και την απόρριψη τοξικών αποβλήτων. Είναι επίσης τα λύματα αποχετεύσεων, τα βιομηχανικά απόβλητα, τα αστικά και βιομηχανικά λύματα, τα βιομηχανικά ατυχήματα, την εξόρυξη μεταλλευμάτων, τις γεωργικές απορροές και τα φυτοφάρμακα, και τη διαρροή ραδιενέργειας.

Κυρίως Θέμα

Ως θαλάσσια ρύπανση ορίζεται η ανθρωπογενής είσοδος ουσιών ή ενέργειας στο θαλάσσιο περιβάλλον, με αποτέλεσμα: (α) τη δηλητηρίαση της πανίδας και χλωρίδας, (β) τη δημιουργία επικίνδυνων συνθηκών για τη δημόσια υγεία, (γ) τον περιορισμό των θαλάσσιων δραστηριοτήτων, όπως αυτή της αλιείας ή της ψυχαγωγίας, και (δ) την αλλοίωση της ποιότητας του θαλασσινού νερού ώστε να καταστεί ακατάλληλο για κάθε χρήση.

Ρύποι θεωρούνται οι ουσίες εκείνες οι οποίες, όταν απορρίπτονται στο θαλάσσιο περιβάλλον, μπορεί να προκαλέσουν σημαντική αλλοίωση των φυσικών, χημικών και βιολογικών παραμέτρων που χαρακτηρίζουν το θαλάσσιο περιβάλλον. Οι ρύποι διακρίνονται σε φυσικούς και τεχνητούς. Φυσικοί ρύποι θεωρούνται τα στοιχεία ή/και ενώσεις οι οποίες υπάρχουν στο γήινο περιβάλλον, ανεξαρτήτως της παρουσίας του ανθρώπου, ως αποτέλεσμα φυσικών διεργασιών και δρουν ως ρύποι σε τοπική κλίμακα, μόνο όταν η συγκέντρωσή τους αυξηθεί λόγω των ανθρώπινων δραστηριοτήτων πάνω από τα όρια στα οποία βρίσκονται συνήθως.

Τεχνητοί ρύποι θεωρούνται ουσίες που κατασκευάστηκαν από τον άνθρωπο και εμφανίστηκαν στο γήινο περιβάλλον κατά τη διάρκεια της εξέλιξης του. Οι φυσικοί ρύποι διακρίνονται σε: (i) ανόργανα σωματίδια, (ii) θρεπτικές ουσίες και οργανικό υλικό, (iii) παθογόνους μικροοργανισμούς, (iv) πετρέλαια, (v) ραδιενεργά στοιχεία και (vi) βαρέα μέταλλα. Οι τεχνητοί ρύποι συμπεριλαμβάνουν: (i) τους χλωριωμένους υδρογονάνθρακες και κυρίως τα ζιζανιοκτόνα και φυτοφάρμακα (ii) τις πολυχλωριωμένες διφαινόλες, (iii) τους πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (iv) τα οργανομεταλλικά χρώματα. Στην κατηγορία αυτή υπάγεται μια ιδιαίτερη κατηγορία ρύπων υπό τη γενικότερη ονομασία οικιακά/καταναλωτικά στερεά απόβλητα. (Παπαθεοδώρου κ.α.,2004).

Οι ρυπαντές που εισέρχονται στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι ανόργανες και οργανικές ουσίες σε στερεά, υγρή και αέρια μορφή και κατανέμονται στην επιφάνεια, στον κύριο όγκο του νερού και στον πυθμένα, ανάλογα με την προέλευση τους, τον τρόπο μεταφοράς τους από την πηγή παραγωγής τους και τη χημική τους σύσταση.

Θαλάσσια βιοκοινωνία είναι το σύνολο των οργανισμών που ζουν σε μια καθορισμένη περιοχή. Θαλάσσιο οικοσύστημα είναι η βιοκοινωνία σε συνδυασμό με το φυσικό (ανόργανο) περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσεται. Βασικές μονάδες κάθε οικοσυστήματος είναι τα φυτά, τα ζώα και τα βακτήρια και η τροφική τους αλληλοεξάρτηση αποτελεί την τροφική αλυσίδα. Οι θεμελιώδεις φυσικοί, χημικοί και βιολογικοί παράγοντες που επηρεάζουν τους θαλάσσιους οργανισμούς είναι το φως, η θερμοκρασία, το οξυγόνο, τα θρεπτικά ανόργανα άλατα και η βόσκηση.

α) Θερμοκρασία. Η θερμοκρασία θεωρείται από τους σπουδαιότερους ρυθμιστές της φυσιολογίας, αναπαραγωγής, ανάπτυξης και κατανομής των θαλάσσιων οργανισμών στο χώρο και το χρόνο.

β) Φως. Η ένταση του φωτός είναι σημαντικός παράγοντας κυρίως για τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς και καθοριστικός ρυθμιστής της πρωτογενούς παραγωγής.

γ) Οξυγόνο. Το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο είναι απαραίτητο για τη ζωή όλων σχεδόν των θαλάσσιων οργανισμών, με εξαίρεση ελάχιστα αναερόβια ζώα και βακτήρια. Το οξυγόνο αυτό προέρχεται αφ' ενός μεν από τη φωτοσυνθετική δραστηριότητα των φυτών και αφ' ετέρου από την ατμόσφαιρα στην υδάτινη στήλη μέσω των κυματισμών. Ανοξικές

καταστάσεις παρατηρούνται σε βαθιά νερά και ιζήματα του πυθμένα σε περιπτώσεις έντονων οξειδώσεων της οργανικής ύλης που περιέχονται σ' αυτό λόγω ρύπανσης, η οποία προέρχεται από οικιακά και γεωργικά ή βιομηχανικά απόβλητα.

Όλες οι μορφές ρύπανσης στο θαλάσσιο περιβάλλον αξιολογούνται με βάση: α) τη χρονική τους διάρκεια, εάν δηλαδή είναι χρόνια ή περιστασιακά (μικρής διάρκειας) φαινόμενα και β) τη σοβαρότητα των επιπτώσεων στη φυσιολογία των οργανισμών ή τις οικολογικές διαταραχές που προκαλούν στο θαλάσσιο οικοσύστημα

Η γεωγραφική θέση μιας θαλάσσιας περιοχής είναι ένας σημαντικός παράγοντας που επηρεάζει τη χρονική διάρκεια της ρύπανσης. Οι κλειστοί κόλποι που ρυπαίνονται από συνεχή παροχή αστικών λυμάτων ή από νερά ποταμών που μεταφέρουν γεωργικά απόβλητα αποτελούν κατά κανόνα περιοχές χρόνιας ρύπανσης. Οι επιπτώσεις της χρόνιας ρύπανσης ελαττώνονται σε σχέση με την απόσταση από την πηγή παροχής των ρύπων. Τα περιστασιακά φαινόμενα ρύπανσης συμβαίνουν αδιακρίτως σε παράκτιες και σε ωκεάνιες περιοχές και η χρονική τους διάρκεια εξαρτάται κυρίως από την ταχύτητα διασποράς τους μέσω των θαλάσσιων ρευμάτων, καθώς και από τη χημική σύσταση των ρύπων

Τα σημαντικότερα φαινόμενα ρύπανσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος είναι ο ευτροφισμός, η ρύπανση από τοξικά μέταλλα, από πετρελαιοειδή και από ραδιενεργές ουσίες. **Ευτροφισμός** ονομάζεται το φαινόμενο υπερβολικής αύξησης της οργανικής ουσίας λόγω αύξησης της πρωτογενούς παραγωγής και της βιομάζας των φυτοπλακτονικών οργανισμών σε περιοχές (κυρίως κόλπους) που ρυπαίνονται από αστικά λύματα. Ο ευτροφισμός είναι μία ακόμη αρνητική συνέπεια της αυξημένης ρύπανσης των νερών με αζωτούχα και φωσφορικά λιπάσματα και απορρυπαντικά. Ο ευτροφισμός ενός υδάτινου οικοσυστήματος (λίμνες, ποτάμια, αβαθείς κόλποι θαλασσών) είναι αποτέλεσμα της αύξησης νιτρικών, φωσφορικών και άλλων θρεπτικών υλικών που αυξάνουν υπερβολικά την παραγωγή οργανικής ύλης (φυτοπλακτόν, φύκη), με αποτέλεσμα να καταναλώνεται το σύνολο του διαλυμένου οξυγόνου. Στα βαθιά νερά το οξυγόνο δεν ανανεώνεται και τα φύκια και το φυτοπλακτόν εκτοπίζουν άλλους οργανισμούς, ενώ αναγκάζονται να χρησιμοποιήσουν ως πηγή οξυγόνου τα νιτρικά και θειικά άλατα με

αντίστοιχη παραγωγή αμμωνίας (NH₃) και υδρόθειου (H₂S) που αυξάνουν την τοξικότητα του περιβάλλοντος. (Sutcliffe DW., Jones JG.,1992).

Θαλάσσια βιοκοινωνία είναι το σύνολο των οργανισμών που ζουν σε μια καθορισμένη περιοχή. Θαλάσσιο οικοσύστημα είναι η βιοκοινωνία σε συνδυασμό με το φυσικό περιβάλλον στο οποίο αναπτύσσεται. Βασικές μονάδες κάθε οικοσυστήματος είναι τα φυτά, τα ζώα και τα βακτήρια.

α) Φυτικοί οργανισμοί. Η βάση της θαλάσσιας τροφικής αλυσίδας αποτελείται από τους φυτικούς οργανισμούς, οι οποίοι είναι αυτότροφοι, δηλαδή συνθέτουν οργανική ουσία μέσω φωτοσύνθεσης. Οι σπουδαιότερες κατηγορίες των θαλάσσιων φυτών είναι το φυτοπλαγκτόν και το φυτοβένθος. Το φυτοπλαγκτόν αποτελείται από μονοκύτταρους μικροσκοπικούς οργανισμούς, οι οποίοι πλέουν παθητικά στο θαλάσσιο νερό. Το φυτοβένθος αποτελείται από φυτικούς οργανισμούς προσκολλημένους σε σχετικά μικρού βάθους παράκτιες περιοχές, οι οποίες δέχονται επαρκή φωτισμό για τη φωτοσυνθετική τους δραστηριότητα.

β) Ζωικοί οργανισμοί. Οι σπουδαιότερες ομάδες των θαλάσσιων ζωικών οργανισμών είναι το ζωοπλαγκτόν, το νηκτόν και το ζωοβένθος. Το ζωοπλαγκτόν αποτελείται από ζωικούς οργανισμούς, οι οποίοι στερούνται ικανότητας αυτοδύναμης μετακίνησης και πλέουν παθητικά στο θαλάσσιο νερό (κωπήποδα, μέδουσες). Στο νηκτόν κατατάσσονται οι οργανισμοί που πλέουν ενεργητικά στο θαλάσσιο νερό. Νηκτονικοί οργανισμοί είναι οι ιχθείς και οι σπουδαιότεροι αντιπρόσωποι της ομάδας αυτής είναι οι κυκλόστομοι (π.χ. λάμπραινα), οι ελασμοβράγχιοι (π.χ. σελάχι) και οι τελεόστεοι (π.χ. τσιπούρα). Στο νηκτόν υπάγονται επίσης τα θαλάσσια θηλαστικά (δελφίνια, φάλαινες, φώκες). Το ζωοβένθος περιλαμβάνει όλους τους οργανισμούς που ζουν εντός ή επάνω από το θαλάσσιο πυθμένα (σφουγγάρια, κοράλλια, βρυόζωα, εχινόδερμα, μαλάκια, αρθρόποδα, σκώληκες, βραγχιόποδα).

γ) Βακτήρια. Τα βακτήρια αποτελούν τους διασπαστές της οργανικής ουσίας που προέρχεται από τα προϊόντα εκκρίσεων όλων των οργανισμών, καθώς και από τα νεκρά φυτά και ζώα. Ανάλογα με τις απαιτήσεις τους σε οξυγόνο, τα βακτήρια διακρίνονται σε αερόβια, τα οποία χρησιμοποιούν οξυγόνο, σε αναερόβια, τα οποία ζουν σε πλήρως ανοξικές συνθήκες.

Τα βακτήρια παίζουν επίσης σημαντικούς ρόλο στην παραγωγή

μεθανίου (CH₄), κάτω από ανοξικές συνθήκες στα ιζήματα (πηγή του 80% του μεθανίου που εισέρχεται στην ατμόσφαιρα), διασπών υδρογονάνθρακες, βιοδιασπών οργανική ύλη, δεσμεύουν το άζωτο της ατμόσφαιρας με τη μετατροπή του σε αμμωνιακά άλατα.

Επίσης, καταλύουν τη νιτροποίηση (nitrification), δηλαδή τη μετατροπή αμμωνιακών σε νιτρικά άλατα, ανάγουν τα νιτρικά προς νιτρώδη αμμωνιακά άλατα (nitrate reduction). Τέλος, προκαλούν την απονίτρωση (denitrification), δηλαδή το μηχανισμό κατά τον οποίο το δεσμευμένο άζωτο επανέρχεται στην ατμόσφαιρα. (Σκούλλος Μ., 1997)

Επιπτώσεις της ρύπανσης στις βιοκοινωνίες

Το πετρέλαιο αποτελεί ένα μείγμα από οργανικές ενώσεις πολλές από τις οποίες είναι τοξικές για τους θαλάσσιους οργανισμούς.

Γενικά διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες:

A. Μικρού μοριακού βάρους, που είναι πτητικές (δηλαδή εξατμίζονται γρήγορα) και για τούτο έχουν σχετικά μικρές επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον.

B. Μεσαίου μοριακού βάρους που παραμένουν για μεγαλύτερο διάστημα στο θαλάσσιο περιβάλλον και είναι οι κυρίως υπεύθυνες για την τοξικότητα του πετρελαίου.

Γ. Μεγάλου μοριακού βάρους (πίσσες) που είναι αδρανείς από χημική άποψη αλλά προκαλούν μηχανικής φύσης παρενέργειες στο οικοσύστημα. (Nelson.,1973).

Κάθε χρόνο εξορύσσονται 3 δισεκατομμύρια τόνοι αργού πετρελαίου και το μισό αυτής της ποσότητας μεταφέρεται διά θαλάσσης, με αποτέλεσμα 3 περίπου εκατομμύρια τόνοι να χύνονται στην θάλασσα. Από αυτά:

7% οφείλεται σε μη ανθρωπογενείς διαρροές

5% σε διαρροές από μόνιμες εγκαταστάσεις (δυλιστήρια, πλατφόρμες εξόρυξης κλπ.)

45% οφείλεται στην διαδικασία της μεταφοράς (τακτικοί χειρισμοί δεξαμενοπλοίων, επισκευές και δεξαμενισμός πλοίων, ατυχήματα κλπ).

43% σε διάφορες αιτίες (αστικά και βιομηχανικά απόβλητα κλπ).

Από τα παραπάνω μόνο το 15% οφείλεται σε ατυχήματα δεξαμενοπλοίων που είναι και τα πλέον γνωστά στην κοινή γνώμη λόγω των έντονων επιπτώσεών τους.

Σε περισσότερα από 40 ναυτικά ατυχήματα που έγιναν από το 1960 έως το 1997, διέρρευσαν 3.145.000 τόνοι πετρελαίου στη θάλασσα. (Δεν συμπεριλαμβάνονται ατυχήματα σε χώρους άντλησης.) Πολλά από τα πλοία ήταν Ελληνικών συμφερόντων.

Η μεγαλύτερη ποσότητα (287.000 τόνοι) διέρρευσε από το ατύχημα του ATLANTIC EMPRESS (1979) στο Τομπάγκο.

Στην Ελλάδα είχε γίνει το ατύχημα του TRADER το 1972. Διέρρευσαν 34.000 τόνοι πετρελαίου. Το 1980 έγινε στην Πύλο το ατύχημα του IRENES SERENADE, από το οποίο διέρρευσαν 82.000 τόνοι πετρελαίου.

Υπολογίζεται ότι στη διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, κατέληξαν στη θάλασσα πάνω από 4 εκατομμύρια τόνοι πετρελαίου. Το 1991, κατά τη διάρκεια του πολέμου στο Ιράκ, χύθηκαν στον Περσικό Κόλπο 1.470.000 τόνοι πετρελαίου. (Mitchell R., 1995, 2002)

Η τοξικότητα του πετρελαίου σε θαλάσσιους οργανισμούς έχει μελετηθεί τόσο με εργαστηριακά πειράματα, όσο και με πειράματα πεδίου από τα πολυάριθμα ναυτιλιακά ατυχήματα των τελευταίων δεκαετιών. Το πετρέλαιο που είναι κυρίως μίγμα άκυκλων και κυκλικών υδρογονανθράκων, περιέχει επίσης αρκετές αρωματικές ενώσεις (βενζόλιο, τολουόλιο, ναφθαλένιο) και πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες (ΠΑΥ, polycyclic aromatic hydrocarbons, PAH), πολλοί εκ των οποίων είναι καρκινογόνες ουσίες. Σημαντικό μέρος του πετρελαίου στο περιβάλλον με τον καιρό εξατμίζεται, διασκορπίζεται ανάλογα με τις καιρικές συνθήκες σε μικρά συσσωματώματα που καταβυθίζονται στα ιζήματα, ενώ συγχρόνως υπόκειται σε φωτοχημική διάσπαση και μικροβιακή αποσύνθεση. (Baussant T et al., 2001).

Τα υδατοδιαλυτά συστατικά του αργού πετρελαίου και των διυλισμένων προϊόντων του, περιέχουν μια ποικιλία ενώσεων που είναι τοξικές για ένα ευρύ φάσμα θαλασσίων οργανισμών. Τα αυγά, οι προνύμφες των ψαριών και τα νεαρά άτομα είναι γενικά πιο ευαίσθητα στη ρύπανση από πετρελαιοειδή. Το πετρέλαιο προκαλεί διαταραχές στη φυσιολογία και τη συμπεριφορά των οργανισμών, καθώς και ανωμαλίες στην ανάπτυξη των ψαριών, οδηγώντας τελικά στον πρόωρο θάνατο τους. Ακόμη και 1 μγ./l

πετρελαίου στη θάλασσα μπορεί να βλάψει τους πιο ευαίσθητους οργανισμούς. Ίχνη πετρελαίου στο νερό επηρεάζουν τη σεξουαλική συμπεριφορά των θαλασσιών οργανισμών, τη δυνατότητα προσανατολισμού τους και τους ρυθμούς αφομοίωσης της τροφής. Κάποιες από τις συνέπειες αυτές ενισχύονται από τη χαμηλή αλατότητα και τις υψηλές θερμοκρασίες, ενώ υπάρχει συνεργιστική δράση ανάμεσα στους αρωματικούς υδρογονάνθρακες και κάποια μέταλλα (Ψωμάς Σ., 1992).

Οι διάφοροι θαλάσσιοι οργανισμοί υφίστανται διάφορες επιπτώσεις από την δράση του πετρελαίου ανάλογα με τον τρόπο διαβίωσής τους, όπως :

Το πλαγκτόν, και ιδιαίτερα το νευστόν, υφίσταται εντονότερα την τοξική δράση του πετρελαίου στην πρώτη φάση, όταν δηλαδή επιπλέει, διότι περιέχει ακόμη μεγάλες ποσότητες μικρού και μεσαίου μοριακού βάρους ενώσεις που είναι και οι πλέον τοξικές, έχει σχετικά μικρό ειδικό βάρος και κατά συνέπεια συγκρατείται στα ανώτερα στρώματα της στήλης του νερού. Εκτός της τοξικής χημικής δράσης του σημαντική είναι και η φυσική: το πετρέλαιο έχει την τάση να απλωθεί σε όσο γίνεται μεγαλύτερη έκταση στην επιφάνεια του νερού δημιουργώντας έτσι ένα λεπτό στρώμα (σαν φιλμ) το οποίο εμποδίζει την ανταλλαγή των αερίων αλλά και την εισχώρηση της ηλιακής ακτινοβολίας που είναι απαραίτητη για την φωτοσύνθεση. Οι επιπτώσεις αυτές όμως δεν διαρκούν πολύ και φαίνεται ότι το πλαγκτονικό σύστημα ανακάμπτει σχετικά γρήγορα.

Το πλαγκτόν και ιδιαίτερα το νευστόν που ζει στην επιφάνεια της θάλασσας είναι ιδιαίτερα ευπαθές στις πετρελαιοκηλίδες. Πολύ χαμηλές συγκεντρώσεις υδρογονανθράκων, της τάξης των 50 ng/g, επιταχύνουν τη φωτοσύνθεση επειδή δρουν ίσως ως θρεπτικά. Πάνω από τις συγκεντρώσεις αυτές όμως υπάρχει μια σταδιακή ελάττωση των ρυθμών της φωτοσύνθεσης. Σε συγκεντρώσεις της τάξης των 250ng/g διατροφικές συνήθειες και λειτουργίες κάποιων οργανισμών μεταβάλλονται. Μια σειρά από άλλες επιπτώσεις σε πλαγκτονικούς μικροοργανισμούς μαρτυρούν ότι το πετρέλαιο δρα ως δηλητήριο για το πλαγκτόν, παρεμποδίζοντας την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό του και οδηγώντας στον πρόωρο θάνατο πολλών οργανισμών (Ψωμάς Σ., 1992).

Η τοξικότητα του πετρελαίου, ανάλογα με τη συγκέντρωση, οδός έκθεσης και τις φυσικές συνθήκες, μπορεί να είναι θανατηφόρος σε πτηνά, υδρόβιους οργανισμούς και μικροοργανισμούς, μεσαίας τοξικότητας σε

άλλους οργανισμούς ή και χρόνια λόγω της καρκινογόνου δράση των ΠΑΥ.(Clark R.,1992).

Η τοξικολογική επίδραση του πετρελαίου και των προϊόντων του σε υδρόβιους οργανισμούς και οικοσυστήματα έχει μελετηθεί με έρευνες περιβαλλοντικής τοξικολογίας και με οικοτοξικολογικές έρευνες πεδίου. (Girling A.,1992).

Στην δεκαετία του '60 εμφανίστηκε η ασθένεια της Minamata. Περίπου 800 άτομα πέθαναν και άλλα 2000 υπέστησαν σοβαρές βλάβες όταν τα λύματα ενός εργοστασίου που περιείχαν υδράργυρο διοχετεύτηκαν στη θάλασσα. Εκεί συσσωρεύτηκαν σε θαλάσσιους οργανισμούς οι οποίοι στη συνέχεια καταναλώθηκαν από τους ανύποπτους παθόντες. (IRUKAJAM,1967). Τα βαρέα μέταλλα είναι μία όχι ορατή αλλά πολύ σημαντική μορφή ρύπανσης για το θαλάσσιο περιβάλλον εξαιτίας της τοξικότητάς τους. Με τον όρο βαρέα μέταλλα εννοούμε εκείνα που έχουν ειδικό βάρος μεγαλύτερο του σιδήρου (Fe) και κυρίως τον μόλυβδο (Pb), τον υδράργυρο (Hg), τον χαλκό (Cu), το κάδμιο (Cd), το χρώμιο (Cr) κλπ.

Τα βαρέα μέταλλα σχετίζονται με πλήθος ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Η χρήση τους στην χημική βιομηχανία είναι ο κανόνας: βιομηχανίες παραγωγής χρωμάτων, φωτογραφικών υλικών, ηλεκτρονικού υλικού, παρασιτοκτόνων, συσσωρευτών, πυρομαχικών, μεταλλουργεία κλπ χρησιμοποιούν σε διάφορες ποσότητες ενώσεις που περιέχουν βαρέα μέταλλα είτε σαν πρώτη ύλη είτε σαν καταλύτες.

Πολλές βιομηχανίες χρησιμοποιούν χάλκινους σωλήνες για την ψήξη των μηχανημάτων τους και λόγω της διάβρωσης σημαντικές ποσότητες χαλκού οδηγούνται στη θάλασσα κατά την έξοδο του νερού από το σύστημα ψήξης. Η χρήση μολύβδου στην βενζίνη έχει σαν αποτέλεσμα την απελευθέρωση σημαντικών ποσοτήτων ενώσεων μολύβδου στην ατμόσφαιρα που εν συνεχεία μέσω των νερών της βροχής οδηγούνται στα ποτάμια ή κατευθείαν στην θάλασσα.

Τα αστικά λύματα περιέχουν επίσης κάποιες ποσότητες βαρέων μετάλλων που προέρχονται από την κατανάλωση διαφόρων βιομηχανικών προϊόντων που περιέχουν ενώσεις βαρέων μετάλλων, από την χρήση ορισμένων τύπων απορρυπαντικών κλπ.

Η καύση απορριμμάτων είναι ένας ακόμη παράγον εμπλουτισμού της ατμόσφαιρας σε σωματίδια που περιέχουν ενώσεις βαρέων μετάλλων και

στη συνέχεια καταλήγουν με τα νερά της βροχής στην θάλασσα. Ένα μέρος των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων που βρίσκονται στη θάλασσα οφείλεται και σε φυσικές πηγές. Κυρίως πρόκειται για διάβρωση πετρωμάτων που είναι πλούσια σε ορυκτά που περιέχουν βαρέα μέταλλα. (Dean. et al., 1972).

Τα βαρέα μέταλλα που έχουν βιολογικό ενδιαφέρον διαιρούνται σε δυο κατηγορίες:

- α) Στα μέταλλα τα οποία σε μικρές ποσότητες είναι απαραίτητα στο μεταβολισμό των οργανισμών, αλλά σε μεγάλες ποσότητες είναι τοξικά. Μερικά από αυτά περιέχονται στις αναπνευστικές χρωστικές των οργανισμών, όπως είναι ο σίδηρος (σπονδυλωτά), ο χαλκός (αρθρόποδα) και το βανάδιο (χιτωνοφόρα) και άλλα, όπως ο ψευδάργυρος, κοβάλτιο, μαγγάνιο, χρώμιο, σελήνιο, νικέλιο, και κασσίτερος, είναι συστατικά ενζύμων ή χρησιμεύουν ως καταλύτες σε διάφορες βιοχημικές αντιδράσεις.
- β) Στα μέταλλα, υδράργυρος, κάδμιο, μόλυβδος, κασσίτερος, σελήνιο και αρσενικό επειδή βρίσκονται στα ανώτερα επίπεδα της τροφικής αλυσίδας (ιδιότητα βιομεγέθυνσης), συσσωρεύουν στους μυϊκούς ιστούς τους μεγάλες ποσότητες μεθυλικού υδραργύρου, ο οποίος αυξάνεται με την ηλικία τους (ιδιότητα βιοσυσσωρεύσης) και είναι εξαιρετικά τοξικός για τον άνθρωπο (Forstner and Wittman. ,1983).

Τα θαλάσσια πτηνά που τρέφονται από ψάρια τα οποία περιέχουν υδράργυρο συσσωρεύουν το μέταλλο αυτό στο συκώτι και τα φτερά τους, με αποτέλεσμα να επηρεάζονται σοβαρά οι φυσιολογικές τους λειτουργίες ή να προκαλείται θάνατος. Αντιθέτως, τα θαλάσσια θηλαστικά (π.χ. φώκιες, δελφίνια) διαθέτουν ένα φυσικό μηχανισμό αποτοξίνωσης εναντίον του υδραργύρου, που οφείλεται στην παραγωγή της αντιτοξικής ουσίας από το σελήνιο που περιέχεται στους ιστούς τους και τον προσλαμβάνόμενο με τη διατροφή τους μεθυλικό υδράργυρο.

Το κάδμιο συσσωρεύεται στους ιστούς των θαλάσσιων φυτών και ζώων. Οργανισμοί οι οποίοι συσσωρεύουν μεγάλες ποσότητες καδμίου είναι κυρίως τα μαλάκια (κτένια, πεταλίδες, στρείδια).

Ο χαλκός είναι ένα απαραίτητο μέταλλο για τα θαλάσσια ζώα και κυρίως για τα αρθρόποδα (π.χ. γαρίδες), τα γαστερόποδα (π.χ. πορφύρα) και τα κεφαλόποδα (π.χ. χταπόδι), στα οποία η αναπνευστική χρωστική του αίματος, η αιμοκυανίνη, περιέχει χαλκό. Οι οργανισμοί αυτοί, όταν ζουν σε

περιοχές που ρυπαίνονται από χαλκό, συγκεντρώνουν μεγάλες ποσότητες του μετάλλου αυτού στο ηπατοπάγκρεας, αλλά και στο μυϊκό ιστό.

Ο χαλκός θεωρείται ως ένα από τα πλέον τοξικά μέταλλα για τους θαλάσσιους οργανισμούς και έχει παρατηρηθεί ότι η πρόσληψη του σε μεγάλες ποσότητες έχει προκαλέσει το θάνατο του πλαγκτού, των ιχθύων και των βενθικών οργανισμών που διαβιούσαν σε περιοχές με έντονη ρύπανση από αυτό το μέταλλο. Ο χαλκός μέσω θαλάσσιας διατροφής σπάνια είναι επικίνδυνος για τη δημόσια υγεία.

Το μέταλλο αυτό είναι τοξικό για τους θαλάσσιους οργανισμούς και η πρόσληψη του προκαλεί διαταραχές σε ορισμένες φυσιολογικές τους λειτουργίες, π.χ. στους ιχθείς προκαλεί αναστολή της ανάπτυξης, της ικανότητας πλεύσης και της αντίληψης εξωτερικών ερεθισμάτων. Τα μαλάκια γενικώς απορροφούν και εναποθέτουν στους ιστούς τους περισσότερο μόλυβδο από τους άλλους θαλάσσιους οργανισμούς και θεωρούνται δείκτες ρύπανσης αυτού του μετάλλου. Μερικά είδη, όπως, π.χ., τα μύδια, συσσωρεύουν στο πεπτικό τους σύστημα το μέταλλο αυτό χωρίς τα ίδια να υποφέρουν από παρενέργειες, επειδή διαθέτουν μηχανισμούς αποτοξίνωσης. (Fabiano M. et al., 1994).

Τα βαρέα μέταλλα και τα ραδιενεργά ισότοπα προσλαμβάνονται επιλεκτικά από τους ιστούς και τα όργανα των θαλάσσιων οργανισμών προκαλώντας σημαντικά επικίνδυνες διαταραχές τόσο στη φυσιολογία τους, όσο και στη δομή των βιοκοινωνιών. Από τα πλέον επικίνδυνα σε τοξικότητα μέταλλα για τους θαλάσσιους οργανισμούς είναι ο χαλκός, ενώ για τον άνθρωπο είναι ο υδράργυρος. Ένα ραδιοϊσότοπο θεωρείται επικίνδυνο για τους θαλάσσιους οργανισμούς, όταν προσλαμβάνεται σε μεγάλες δόσεις και έχει μεγάλο χρόνο ημιζωής. (Apostolopoulou.et al., 1975).

Συμπέρασμα

Σήμερα, ένα μεγάλο οικολογικό πρόβλημα αποτελεί η ρύπανση της θάλασσας από πετρέλαια. Τα θαλάσσια νερά καθώς και τα νερά των ποταμών και των λιμνών δέχονται καθημερινά ρύπους, μπορεί να περάσουν από όλα τα επίπεδα της τροφικής αλυσίδας ενός θαλάσσιου οικοσυστήματος και να το διαταράξουν. Πολλά είδη θαλάσσιων ζώων βρίσκονται υπό εξαφάνιση μ' αποτέλεσμα την καταστροφή της πανίδας.

Η κατάσταση αυτή βέβαια είναι το αποτέλεσμα της συνδυασμένης δράσης

πολλών ρύπων και όχι μόνο του πετρελαίου. Επιβάλλεται λοιπόν η περαιτέρω έρευνα για τη διαπίστωση των βλαβών και διαταραχών που επιφέρει η πετρελαϊκή ρύπανση στη θαλάσσια ζωή. Και φυσικά απαιτούνται άμεσα μέτρα για τη μείωση των ρυπαντικών φορτίων που επιβαρύνουν τη θάλασσα. Γι' αυτό το λόγο πρέπει να ληφθούν «δρακόντια μέτρα» για την προστασία της θάλασσας γιατί αποτελεί πηγή ζωής όχι μόνο για τους ανθρώπους, αλλά και για όλους τους ζωντανούς οργανισμούς που ζουν στον πλανήτη γη. Πρέπει να υπερασπίσουμε την υγρή περιουσία μας και τους ίδιους τους εαυτούς μας. Μια πολιτική ελαχιστοποίησης της ρύπανσης από πετρελαιοειδή, δεν μπορεί και δεν πρέπει να εξαντλείται σε τεχνικής και νομοθετικής φύσης ρυθμίσεις όπως η σύμβαση MARPOL ή άλλες διεθνείς συμφωνίες, αφού αυτές αποδεικνύονται στην πράξη ανίσχυρες να αναχαιτίσουν από μόνες τους τις επιπτώσεις της ρύπανσης και να προστατέψουν το περιβάλλον. Μόνη λύση φαίνεται πως είναι η βαθμιαία αποδέσμευση από το πετρέλαιο, την οποία επιβάλλουν τόσο περιβαλλοντικοί, όσο και ενεργειακοί λόγοι, και η άμεση στροφή στην εξοικονόμηση και στις ήπιες και ανανεώσιμες πηγές ενέργειας. (Ψωμάς Σ., 1992).

Βιβλιογραφία

Παπαθεοδώρου Γ., Φερεντίνος Γ., Ιγνατιάδου Λ., 2004. Επιπτώσεις των αποβλήτων στο θαλάσσιο περιβάλλον και στα εσωτερικά ύδατα. Τόμος Δ. Εκδότης ΕΑΠ, Πάτρα. Σελ. 255-260, 304-307.

Σκούλλος Μ. Χημική Ωκεανογραφία. Μια εισαγωγή στη χημεία του θαλασσιού περιβάλλοντος. 3η εκδ. Τμ. Χημείας, Παν/μιο Αθηνών, Αθήνα, 1997.

Ψωμάς Σ, υπεύθυνος του ελληνικού Γραφείου της Greenpeace για τα τοξικά και πετρελαιοειδή. 1992. Η ρύπανση της θάλασσας από το πετρέλαιο. Έκδοση του Ελληνικού Γραφείου της Greenpeace. Σελ: 12-13, 14, 19.

Apostolopoulou-Moraitou and Iagnatiadis L. Pollution effects on the phytoplankton-zooplankton relationships in an inshore environment, *Hydrobiologia* 75, 259-266, 1980.

Baussant T, Sanni S, Jonsson G, Skadsheim A, Borseth JF. Bioaccumulation

of polycyclic aromatic hydrocarbons: 1. Bioconcentration in two marine species and in semipermeable membrane devices during chronic exposure to dispersed crude oil. *Environ Toxicol Chem*, 2001, 20: 1175-1184.

Clark RB, ed. *The Long-term Effects of Oil Pollution on Marine Population, Communities and Ecosystems*. Royal Society, London, 1982.

Clark R.B. *Marine Pollution*, Clarendon Press, Oxford, 1998.

Dean J.G., Bosqui F.L. and Lanouette V.H.: Removing heavy metals from waste water, *Environ., Sci. Technol.* 6, pp. 518-522, 1972.

Fabiano M., Danovaro R., Magi E. and Mazzucotelli, A. <<Effects of heavy metals on benthic bacteria in coastal marine sediments: a field result>> *Marine Pollution Bulletin* 28, 18-23, 1994.

Forstner U. and Wittman G.: *metal pollution in the Aquatic Environment*.

Girling AE, Markarian RK, Bennett D. Aquatic toxicity testing of oil products-some recommendations. *Chemosphere*, 1992, 24: 1469-1472.

IRUKAJAMA K. (1967), The pollution of Minamata bay and Minamata disease. *Advances in Water Poll. Res.* 3: 153-168.

Mitchell RB. Lessons from international oil pollution. *Environment* 1995, 37:10-41; *The Worldwatch Institute. Vital Signs* 2002.

Nelson Anthony –Smith. *Oil Pollution and Marine Ecology*. New York. 1973.

Springer, Berlin, Heidelberg, New York, pp.486, 1983

Sutcliffe DW, Jones JG, eds. *Eutrophication: Research and Application to Water Supply*. Freshwater Biological Association, Ambleside, England. 1992.