

2013-2014

Ρύπανση Υδάτων



Ρύπανση Υδάτων

Μάθημα: Ερευνητική Εργασία

Σχολείο: Πρότυπο Πειραματικό Λύκειο Πάτρας

Μαθητές: Αυγέρος Φώτης, Βγενοπούλου Αγγελική, Ευθυμάκη Παναγιώτα, Κορδοπάτη Γεωργία, Γιαννακόπουλος Λάμπρος, Οικονόμου Αθανάσιος, Σοφιανός Ιωάννης, Σταυρόπουλος Θεόδωρος, Ξένου Ολυμπία, Φωτόπουλος Νικόλαος, Μπότσαρη Νικαέλα, Παπαδόπουλος Αλέξης, Παπαδόπουλος Δημήτρης, Πολίτης Σπυρίδων, Παναγιωτοπούλου Ιωάννα, Σκούτα Άρτεμις, Φώτη Άλκηστις, Σιμωτά Ζαφειρία, Τραγόσαλος Φώτης.

Επιβλέπων καθηγητής: Κασσαπάκη Κατερίνα

Τόπος: Πάτρα

Σχολικό Έτος: 2013-2014

Περιεχόμενα

Περίληψη.....σελ.4	
Εισαγωγή.....σελ.5	
Κυρίως μέρος.....σελ. 6	
1)Η σπουδαιότητα νερού για τον άνθρωπο.....σελ.6	
2)Η δομή του νερού και οι φυσικοχημικές του ιδιότητες..σελ.7	
3)Η επεξεργασία του νερού μέχρι να φτάσει στη βρύση μας 12	
4)Ρύπανση υδάτων –αίτια-.....σελ.18	
I.Παθογενείς μολύνσεις.....σελ.18	
II.Αστικά λύματα.....σελ.18	
III.Απόβλητα που απαιτούν οξυγόνο.....σελ.19	
IV.Ανόργανες ενώσεις.....σελ.20	
V.Υδρογονάνθρακες.....σελ.2	
1	
VI.Συνθετικές οργανικές ενώσεις.....σελ.21	
VII.Απορρίματα.....σελ.2	
2	
VIII.Θερμότητα.....σελ.2	
3	
IX.Ρύπανση από πετρελαιοειδή.....σελ.23	
X.Τοξικές χημικές ουσίες.....σελ.24	
XI.Όξινη βροχή.....σελ.25	
4)Επιπτώσεις της ρύπανσης των υδάτων.....σελ.26	
I.Εισαγωγή.....σελ.26	
II.Μείωση του οξυγόνου που είναι διαλυμένο στο νερό.....σελ.26	
III.Ευτροφισμός των νερών.....σελ.27	
IV.Ρύπανση υπογείων νερών.....σελ.28	
V.Μόλυνση νερών.....σελ.29	
VI.Υφαλμύρνηση υπόγειων νερών.....σελ.29	
VII.Ρύπανση πόσιμου νερού.....σελ.30	
VIII.Βιοσυσσώρευση.....σελ.31	
IX.Οξίνιση των ωκεανών.....σελ.32	

Επίλογος.....σελ.34

Βιβλιογραφία.....σελ.35

Περίληψη

Η εργασία πραγματεύεται τη ρύπανση του υδάτινου περιβάλλοντος. Οι μαθητές ασχολήθηκαν με τη σημασία του νερού για τον άνθρωπο, τις ιδιότητές του, τη χημική του σύσταση, τα αίτια της ρύπανσης των υδάτων αλλά και τις επιπτώσεις που προκαλούνται απ' αυτή. Στόχος της εργασίας είναι η ευαισθητοποίηση του κοινού για τη σημαντική θέση που κατέχει ο υδάτινος ορίζοντας για τη ζωή και την επιβίωση του ανθρώπου.

Εισαγωγή

Το νερό είναι ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία της Γης αφού αποτελεί το 72% αυτής. Η ποιοτική του και ποσοτική του επάρκεια αλληλεπιδρά άμεσα με τον άνθρωπο και τα οικοσυστήματα αφού παίζει πρωταρχικό ρόλο στην αλλαγή του κλίματος.

Συγκεκριμένα στη χώρα μας το υδάτινο στοιχείο συνδέεται με την ιστορία , τον πολιτισμό μας και ιδίως με την οικονομική ανάπτυξή της. Η σημασία του νερού φαίνεται από τη θέση που ανέπτυξε ο αρχαίος Έλληνας φιλόσοφος Θαλής ο Μιλήσιος που πίστευε ότι το νερό είναι η αρχή των πάντων, υποστήριζε λοιπόν ότι οτιδήποτε υπάρχει στη φύση αποτελείται στο μεγαλύτερο βαθμό του από νερό.

Άλλοι πολιτισμοί κατάφεραν να αναπτυχθούν χάρις στο νερό. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι Αιγύπτιοι με τον ποταμό Νείλο , στο Περού οι Μάγια στην πόλη τους Μάτσου Πίτσου η οποία είχε διαμορφωθεί ειδικά με την παροχή νερού. Άρα βλέπουμε ότι έπαιξε σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση και προώθηση πολλών πολιτισμών.

Ωστόσο δεν έχουν όλοι οι λαοί την ίδια πρόσβαση σε πηγές πόσιμου και καθαρού νερού. Γνωστή έλλειψη στο νερό έχει η Αφρική και η Ασία. Ιδίως στην Αφρική εξαιτίας του τρόπου διαβίωσης σημειώνονται αρκετοί θάνατοι που οφείλονται στην ανεπάρκεια καθαρού νερού.

Απ' όλα όσα προαναφέρθηκαν φαίνεται ο σημαντικός ρόλος του νερού για την επιβίωση όχι μόνο του ανθρώπου αλλά και ολόκληρου του πλανήτη.

Κυρίως μέρος

Νερό-Η σημασία για τον άνθρωπο

«Δεν πίνω ποτέ νερό. Αυτό το πράγμα σκουριάζει τους σωλήνες.»

Fields

Φαίνεται ότι τα τελευταία χρόνια, ύστερα από την υπερκατανάλωση του νερού καταλήξαμε στο συμπέρασμα που αυξάνει και μεγιστοποιεί την αξία και τη σπουδαιότητα του.

Ο άνθρωπος και ο τρόπος ζωής του δείχνουν να απαιτούν την ύπαρξη του H₂O καθώς γνωρίζουμε ότι ο οργανισμός μας αποτελείται περίπου 70% από αυτό.

Τα κόκκαλα μας αποτελούνται στο 1/5 τους από νερό καθώς και οι μύες του σώματος άρα και ο εγκέφαλος είναι 75% διαμορφωμένα από το νερό. Το νερό είναι ασυμπίεστο. Άμεσα προκύπτει το συμπέρασμα ότι η έλλειψη του προκαλεί πονοκεφάλους, δυσκαμψία και προβλήματα



στη γενικότερη, ορθή λειτουργία του ανθρώπινου οργανισμού. Η προστασία ευαίσθητων περιοχών του ανθρώπου όπως τα μάτια, η σπονδυλική στήλη και το μυαλό οφείλουν την εύρυθμη λειτουργία τους στο νερό καθώς αυτό τους προσδίδει ευελιξία, αποφεύγει και ελαχιστοποιεί τους έντονους κραδασμούς. Επιπρόσθετα, το νερό είναι το βασικότερο δομικό συστατικό του κυτταροπλάσματος το οποίο αποτελεί το σπουδαιότερο κυτταρικό στοιχείο για όλους τους έμβιους οργανισμούς. Το πλάσμα το οποίο το συναντάμε στο αίμα φαίνεται ότι διαμορφώνεται στο μεγαλύτερο μέρος του από το H₂O, άρα το αίμα εξαρτάται άμεσα από τη σωστή ενυδάτωση του οργανισμού. Το αίμα είναι υπεύθυνο για τη μεταφορά όλων των θρεπτικών συστατικών, οξυγόνου και ορμονών, που λαμβάνει ο άνθρωπος, σε όλα τα μέρη του σώματος του.

Όσον αφορά την έλλειψη του H₂O στην ανθρώπινη αντίληψη φαίνεται πως όταν «ακουμπήσει» το 20% υπάρχει άμεσος θάνατος. Μόλις στο 1% νιώθουμε το αίσθημα της δίψας, στο 5% γίνεται η εμφάνιση του πυρετού και στο 8% υπάρχει δυσλειτουργία των αδένων και ξεκινάει το μελάνωμα.

Οι τροφές μας προσφέρουν μόνο το 10-15% του νερού που απαιτεί ο ανθρώπινος οργανισμός για την ομαλή και συνεχή λειτουργία του.

Ο αρχαίος Έλληνας φιλόσοφος Θαλής ο Μιλήσιος πίστευε ότι το νερό είναι η αρχή των πάντων, υποστήριζε λοιπόν ότι οτιδήποτε υπάρχει στη φύση αποτελείται στο μεγαλύτερο βαθμό του από νερό.

Στην αρχαιότητα, δεν ήταν λίγοι οι γιατροί που παρότρυναν τους ασθενείς τους να κάνουν θεραπείες με τη χρήση νερού καθώς έτσι μπορούσαν να «καθαρίσουν» το σώμα και κυριότερα το πνεύμα τους. Ο Αριστοφάνης, ο Πλάτωνας αλλά και ο Ιπποκράτης (γνωστός ως ο πατέρας της λουτροθεραπείας) υποστήριζαν με ζήλο τις θεραπευτικές ιδιότητες του νερού.

Αξίζει ακόμα να αναφερθούμε στη στάση των Ρωμαίων απέναντι στα δημόσια λουτρά και τον τρόπο δράσης τους. Οι διαδικασίες στις οποίες υποβάλλονταν οι πολίτες που επέλεγαν να παρευρεθούν σε ένα από αυτά ήταν ένα πρόγραμμα ζεστού-χλιαρού-κρύου λουτρού (ή αντίστροφα) με απώτερο στόχο το ανεβοκατέβασμα της θερμοκρασίας στον ανθρώπινο οργανισμό και την προσαρμοστικότητα του στις διάφορες αλλαγές.

Ακόμα, είναι προφανές ότι οι Βαβυλώνιοι θεωρούσαν το νερό ένα από τα συστατικά της ύλης, εκτιμούσαν και σέβονταν τις χρήσεις του.

Τα κρυολογήματα καθώς και διάφορα είδη καρκίνων δείχνουν τα ελαχιστοποιούν τις πιθανότητες εμφάνισής τους αν ο ανθρώπινος οργανισμός καταφέρει να προσλάβει τουλάχιστον 1,7 L νερού που αποβάλλει κατά τη διάρκεια μιας ημέρας.

Η ύπαρξη νερού στον πλανήτη μας, έπαιξε σπουδαίο ρόλο στην εμφάνιση ζωής στη συνέχεια. Αρχικά, το νερό είναι άρρηκτα συνδεδεμένο με το φαινόμενο της ζωής αφού βοήθησε στη δημιουργία των πρώτων οργανικών ενώσεων. Όλα τα προαναφερθέντα επαληθεύονται αν ρίξουμε μια ματιά στον πλανήτη μας καθώς οι έρημες και ξηρές περιοχές του παρουσιάζουν έντονη την έλλειψη του νερού. Αντίθετα τα δάση και γενικότερα οι περιοχές που σφύζουν από ζωντάνια έχουν μεγάλα αποθέματα αυτού.

ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Χημική εξίσωση: $H_2(g) + 1/2 O_2(g) \rightarrow H_2O(g)$

Ο σχηματισμός του μορίου του νερού (H₂O) μπορεί να εξηγηθεί με βάση την ηλεκτρονιακή του δομή. Καθένα από τα δύο άτομα του υδρογόνου έχει ένα ηλεκτρόνιο (1e⁻) στην εξωτερική του στιβάδα (K). Το άτομο του οξυγόνου έχει έξι ηλεκτρόνια (6e⁻) στην εξωτερική του στιβάδα (L), η οποία χρειάζεται οκτώ ηλεκτρόνια (8e⁻), για να είναι συμπληρωμένη. Όταν τα άτομα αυτά συνδυαστούν για τη συγκρότηση ενός μορίου νερού, έχουμε αμοιβαία συνεισφορά ηλεκτρονίων της εξωτερικής τους στιβάδας. Σχηματίζονται έτσι ζεύγη ηλεκτρονίων, που ανήκουν ταυτόχρονα και στα δύο άτομα.

Με τον τρόπο αυτό το άτομο του οξυγόνου συμπληρώνει την εξωτερική του στιβάδα με $8e^-$, ενώ κάθε άτομο υδρογόνου συμπληρώνει τη δική του (K στιβάδα) με $2e^-$. Ο τρόπος αυτός σύνδεσης των ατόμων, με αμοιβαία συνεισφορά ηλεκτρονίων, λέγεται ομοιοπολικός δεσμός.

Τα κοινά ζεύγη ηλεκτρονίων έλκονται και από τους τρεις πυρήνες. Επειδή όμως ο πυρήνας του οξυγόνου, λόγω των περισσότερων πρωτονίων, έλκει πιο ισχυρά τα ζεύγη των ηλεκτρονίων, το άτομο αποκτά αρνητικό φορτίο (δ^-). Αντίστοιχα, τα άτομα του υδρογόνου αποκτούν θετικό φορτίο (δ^+). Αυτό έχει ως συνέπεια να εμφανίζονται στο μόριο του νερού δύο πόλοι ή, με άλλα λόγια, το μόριο του νερού να συμπεριφέρεται ως ηλεκτρικό δίπολο.

ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

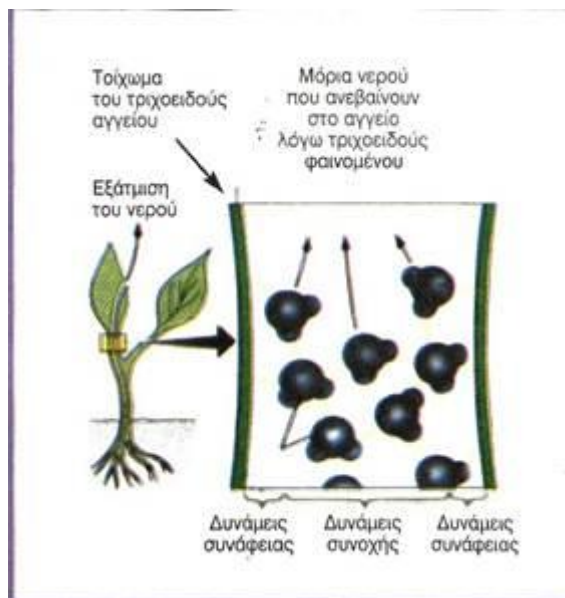
• Μεγάλη συνοχή

Οι δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των μορίων του νερού δημιουργούν ένα πλέγμα, που εκτείνεται σ' όλη τη μάζα του. Το πλέγμα αυτό προσδίδει στο νερό συνοχή, με αποτέλεσμα το νερό να διατηρείται σε υγρή κατάσταση, στις συνήθεις θερμοκρασίες του περιβάλλοντος. Η εμφάνιση και εξέλιξη της ζωής στον πλανήτη Γη θα ήταν αδύνατο να πραγματοποιηθεί, αν το νερό δε βρισκόταν σε υγρή φάση. Οι δυνάμεις συνοχής του νερού συμβάλλουν πάρα πολύ στην ικανότητά του, να κινείται μέσα σε τριχοειδείς

σωλήνες, ενάντια στη δύναμη της βαρύτητας. Για παράδειγμα, το νερό μπορεί να κινηθεί κατακόρυφα μέσα στους ξυλώδεις σωλήνες των φυτών.

• Συνάφεια με άλλα σώματα

Το νερό μπορεί να αναπτύξει δυνάμεις συνάφειας με τα περισσότερα υλικά σώματα. Γι' αυτό και ορισμένα σώματα διαβρέχονται, όταν βυθιστούν στο νερό, γιατί αποτελούνται από πολικά μόρια, ενώ άλλα, που αποτελούνται από μη πολικά μόρια, όχι. Οι δυνάμεις συνάφειας, που αναπτύσσονται μεταξύ των μορίων του νερού και των τοιχωμάτων των τριχοειδών σωλήνων, των διαφόρων οργανισμών, συμβάλλουν, μαζί με τις δυνάμεις συνοχής, στην κίνηση του νερού μέσα στους τριχοειδείς αυτούς σωλήνες. Οι δυνάμεις μάλιστα είναι τόσο ισχυρές, ώστε να μην παρατηρείται διακοπή στη στήλη του νερού, ακόμη και στην περίπτωση, κάθετης ανόδου του νερού.



Ως αποτέλεσμα των δεσμών υδρογόνου, τα μόρια του νερού προσκολλώνται σε άλλα μόρια νερού (δυνάμεις συνοχής). Τα μόρια του νερού επίσης σχηματίζουν δεσμούς υδρογόνου με άλλα μόρια (δυνάμεις συνάφειας). Τελικά το νερό κινείται προς τα πάνω μέσω των λεπτών αγγείων του φυτού (τριχοειδές φαινόμενο).

· Χαμηλό ιξώδες

Η αντίσταση ενός υγρού στη ροή καλείται **ιξώδες**. Η γρήγορη κίνηση του νερού μέσα σε στενούς σωλήνες και αγγεία των οργανισμών οφείλεται στο χαμηλό ιξώδες που παρουσιάζει.

· Μεγάλη ειδική θερμοχωρητικότητα

Αύξηση της θερμοκρασίας μιας ποσότητας νερού προϋποθέτει αύξηση της κινητικής κατάστασης των μορίων του. Αυτό μπορεί να γίνει με τη διάσπαση των δεσμών υδρογόνου, που υπάρχουν μεταξύ των μορίων του νερού και τα μόρια αρχίζουν να κινούνται πιο ελεύθερα. Η διάσπαση των δεσμών υδρογόνου όμως, απαιτεί μεγάλα ποσά θερμικής ενέργειας και γι' αυτό το νερό έχει μεγάλη ειδική θερμοχωρητικότητα. Έτσι η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται αργά, όταν βρίσκεται σε θερμότερο περιβάλλον, ενώ αντίθετα, διατηρείται σταθερή, για μεγάλο χρονικό διάστημα, όταν βρίσκεται σε ψυχρότερο.

Η ιδιότητα αυτή είναι πολύ σημαντική για πολλούς οργανισμούς με ψηλή περιεκτικότητα σε νερό, γιατί τους καθιστά ικανούς να διατηρούν τη θερμοκρασία του σώματός τους σταθερή μέσα στα επιτρεπτά όρια θερμοκρασίας, για τη ζωή, όταν οι διακυμάνσεις στις θερμοκρασίες του περιβάλλοντος είναι μεγάλες. Στο κυτταρικό επίπεδο, η θερμότητα, που εκλύεται από τις εξώθερμες αντιδράσεις του μεταβολισμού, απορροφάται από το νερό, χωρίς να παρατηρείται αξιοσημείωτη αύξηση της θερμοκρασίας του κυττάρου, που θα οδηγούσε στη καταστροφή του.

· Μεγάλη επιφανειακή τάση

Επιφανειακή τάση είναι η τάση που έχουν τα υγρά να ελαττώνουν την επιφάνειά τους και οφείλεται στις ελκτικές δυνάμεις μεταξύ των μορίων των υγρών, που τείνουν να αναγκάσουν τα μόρια να πλησιάσουν όσο το δυνατό περισσότερο μεταξύ τους. Στην ελεύθερη επιφάνεια του νερού, τα μόρια διατάσσονται με τρόπο που οι δεσμοί υδρογόνου προσανατολίζονται προς το εσωτερικό της μάζας του. Το γεγονός αυτό προσδίδει στο νερό μεγάλη επιφανειακή τάση, τη μεγαλύτερη απ' όλα τα υγρά εκτός του υδραργύρου. Έτσι διάφορα έντομα, μπορούν ελεύθερα να περπατήσουν και να στηριχθούν στην ελεύθερη επιφάνεια του νερού.

· Ανώμαλη θερμική διαστολή

Τα περισσότερα υγρά παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη πυκνότητα τους στο σημείο πήξεώς τους. Δε συμβαίνει όμως το ίδιο με το νερό, που παρουσιάζει μια ανωμαλία στη θερμική του διαστολή, με αποτέλεσμα να φθάνει στη μεγαλύτερη πυκνότητα του σε θερμοκρασία 4 0C. Όταν το νερό πήζει στους ποταμούς, στις λίμνες και τις θάλασσες, σχηματίζει μια κανονική κρυσταλλική δομή, που οφείλεται στους δεσμούς υδρογόνου μεταξύ των μορίων του. Η κανονική κρυσταλλική αυτή δομή κάνει το πάγο να έχει μικρότερη πυκνότητα από το υπόλοιπο νερό, που βρίσκεται σε υγρή φάση, με αποτέλεσμα ο πάγος να επιπλέει στο νερό. Έτσι το στρώμα του πάγου, που δημιουργείται στις υδάτινες εκτάσεις του πλανήτη, κατά τους χειμερινούς μήνες, θερμομονώνει τα κατώτερα στρώματα του νερού και γι' αυτό διατηρούνται σε υγρή κατάσταση. Το γεγονός αυτό έχει μεγάλη βιολογική σημασία, γιατί κάτω από τους πάγους, μέσα στο νερό, επιβιώνει η υδρόβια ζωή.

· Μεγάλη διαλυτική ικανότητα

Το νερό είναι ένα αποτελεσματικό διαλυτικό μέσο. Αυτό οφείλεται στην ικανότητά του να σχηματίζει δεσμούς υδρογόνου με όσες χημικές ουσίες διαθέτουν πολικότητα στα μόριά τους ή βρίσκονται σε μορφή ιόντων. Έτσι, στο νερό μπορεί να διαλυθεί ένα ευρύ φάσμα χημικών ουσιών, όπως για παράδειγμα, άλατα, αέρια, σάκχαρα,

αμινοξέα, μικρά νουκλεϊνικά οξέα και πρωτεΐνες, πράγμα αδύνατο για άλλα συνηθισμένα υγρά. Η μεγάλη διαλυτική ικανότητα του νερού έχει μεγάλη σημασία, για το πρωτόπλασμα και για τους οργανισμούς γενικά, γιατί με το νερό διασφαλίζεται η μεταφορά των διάφορων χημικών ουσιών και η πραγματοποίηση των διάφορων βιοχημικών αντιδράσεων, οι οποίες γίνονται συνήθως υπό μορφή διαλυμάτων.

· Χημική αδράνεια

Το νερό είναι σχετικά χημικά αδρανές, δηλαδή δεν αντιδρά με τις ουσίες που διαλύει. Έτσι οι ιδιότητες των ουσιών αυτών δεν αλλάζουν, με αποτέλεσμα να είναι πλήρως

αξιοποιήσιμες από το πρωτόπλασμα. Παρ' όλα αυτά το νερό λαμβάνει μέρος σε διάφορες βιοχημικές αντιδράσεις αυτούσιο, ιδίως αν υπάρχουν τα κατάλληλα ένζυμα.

· Σχετικά καλός αγωγός της θερμότητας

Η πιο πάνω ιδιότητα του νερού εξασφαλίζει την ομοιόμορφη κατανομή της θερμότητας στο πρωτόπλασμα.

· Διαύγεια

Το νερό είναι διαυγές υγρό, με αποτέλεσμα να καθίσταται δυνατή η λειτουργία της φωτοσύνθεσης, σε αρκετό βάθος, μέσα στις υδάτινες εκτάσεις και το φως να μπορεί να διεισδύσει βαθιά, μέσα στους ιστούς των οργανισμών.

ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΔΑΤΟΣ

Επεξεργασία νερού

Οι σύγχρονες προδιαγραφές για την ποιότητα του πόσιμου νερού απαιτούν ένα ελάχιστο επίπεδο επεξεργασίας ανάλογα με την προέλευση του και την κατάσταση της πηγής

υδρολήψιας. Στις περιπτώσεις που το νερό προέρχεται από γεωτρήσεις με υγιές υπόστρωμα (ασβεστόλιθος), η ελάχιστη επεξεργασία είναι η προληπτική απολύμανση. Ωστόσο σε περιπτώσεις που το νερό προέρχεται από επιφανειακούς όγκους ή γεωτρήσεις σε υδροφόρο αποθέσεων απαιτούνται πιο σύνθετες εγκαταστάσεις επεξεργασίας όπως κροκίδωση, καθίζηση και διύλιση.



μονάδα επεξεργασίας νερού.

Το νερό που φτάνει στις ΜΕΝ (Μονάδες Επεξεργασίας Νερού) είναι ακατέργαστο. Περιέχει διάφορα στερεά (κλαδιά, χώμα, λάσπη) που έχει παρασύρει κατά το πέρασμά του, όπως επίσης μικρόβια και μικροοργανισμούς που δεν είναι ορατά με γυμνό μάτι.

Το νερό με την επεξεργασία στην οποία υποβάλλεται (εσχάρωση, κροκίδωση, καθίζηση, διύλιση, απολύμανση), απαλλάσσεται από τα παραπάνω στοιχεία.

Στις ΜΕΝ ακολουθείται η παρακάτω αλληλουχία σταδίων για την επεξεργασία του νερού:

1ο στάδιο: Προσθήκη χλωρίου (απολύμανση)

Με την προχλωρίωση θανατώνονται τα μικρόβια που υπάρχουν στο νερό και διευκολύνεται η μετέπειτα επεξεργασία του.

2ο στάδιο: Προσθήκη θειικού αργιλίου (κροκίδωση)

Το διάλυμα του θειικού αργιλίου βοηθάει τα στερεά σωματίδια που υπάρχουν μέσα στο νερό να συσσωματωθούν μεταξύ τους και, αφού αποκτήσουν μεγαλύτερο βάρος, να κατακαθίσουν. Η όλη διαδικασία ονομάζεται κροκίδωση. Η κροκίδωση συντελείται σε δύο στάδια που διαφέρουν μεταξύ τους στη σφοδρότητα της ανάμειξης του νερού που προκαλείται είτε με μηχανικά μέσα (αναδευτήρες) είτε με υδραυλικά μέσα (με το στροβιλισμό του νερού από την πρόσκρουσή του στα τοιχώματα των ειδικών δεξαμενών).



μονάδα κροκίδωσης-καθίζησης.

Διάμετρος άνω βάσης : 30,0 m

Διάμετρος στροφείου ανάμιξης: 7,5 m

Ισχύς στροφείου ανάμιξης :15 kw

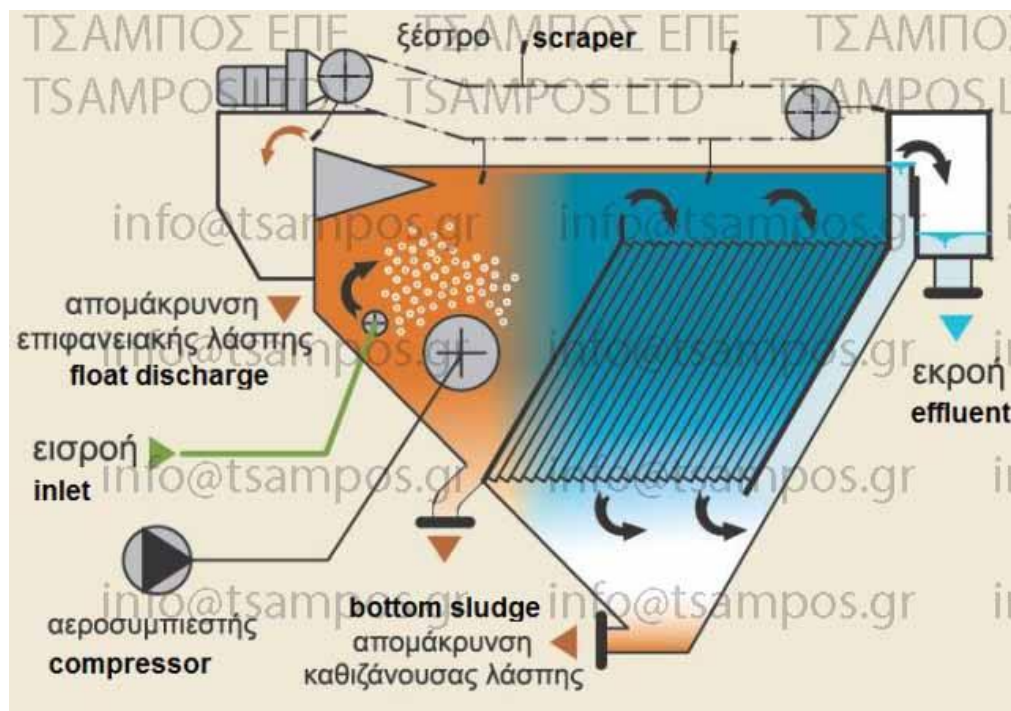
Χρόνος παραμονής καθίζησης: 72 min

Χρόνος παραμονής κροκίδωσης: 30 min

Επιφανειακή φόρτιση αιχμής :4,3 m³/h/m²

Όγκος :3.600 m³

Διάμετρος κάτω βάσης: 19,9 m



Μονάδα επίπλευσης Daf

Περιλαμβάνει:

- δοχείο κροκίδωσης με ανάδευση ή εναλλακτικά με μαιανδρικό τύπο κροκιδωτή από ανοξείδωτο σωλήνα και σημεία δοσομέτρησης χημικών
- δεξαμενή επίπλευσης
- επιφανειακό ξέστρο σάρωσης και απόρριψης λάσπης
- σύστημα παραγωγής και διάχυσης μικροφουσαλίδας μεγέθους της τάξης των Φ100-400μm
- ανοξείδωτο ηλεκτρικό πίνακα με τον απαιτούμενο αυτοματισμό λειτουργίας της μονάδος

Το σύστημα διάχυσης στη μονάδα επίπλευσης (DAF) είναι μία νέα τεχνολογία δοκιμασμένη με μεγάλη επιτυχία και εξαιρετικά αποτελέσματα.

Το νέο σύστημα καταργεί όλο εκείνο τον εξοπλισμό που περιλαμβάνει μία συνήθης κλασική μονάδα επίπλευσης όπως:

- Αντλία υψηλής πίεσης ανακυκλοφορίας του νερού εξόδου, το οποίο περιέχει συνήθως στερεά και είναι εξαιρετικά προβληματικό για την αντλία
- Πιεστικό δοχείο
- Βάνες αντεπίστροφα , κλπ.

Όλα τα ανωτέρω αντικαθίστανται με ένα απλό σύστημα τροφοδοσίας μικροφουσαλίδας 2 μικρά (μm) αποτελούμενο από ειδικούς διαχύτες γερμανικής προέλευσης και ένα κομπρεσέρ τροφοδοσίας πεπιεσμένου αέρα.

Τα πλεονεκτήματα του συστήματος είναι:

- Απρόσκοπτη λειτουργία χωρίς προβλήματα εμφράξεων σωλήνων αντλιών πιεστικού δοχείου όπως συμβαίνει σε συνήθεις μονάδες DAF, αφού η διάχυση γίνεται μέσω του διαχύτη σε πίεση μόλις 2 έως 2,5 bar με ελάχιστη απαιτούμενη ποσότητα αέρα.
- Παραγωγή φυσαλίδας διαμέτρου 2 μm (μικρά) σε αντίθεση με τις μονάδες εκτόνωσης του αέρα από τα 5 bar που η διάμετρος της φυσαλίδας είναι της τάξης των 250 μm
- Ελάχιστη έως μηδαμινή ενέργεια εφόσον δεν απαιτείται αντλία ανακυκλοφορίας νερού υψηλής πίεσης και μεγάλης ισχύος που είναι ενεργοβόρες.
- Ελάχιστη χρήση χημικών εφόσον λίπη και στερεά λόγω της μικροφυσαλίδας μπορούν να διαχωριστούν στην επιφάνεια και χωρίς χρήση χημικών.

Δίνονται εναλλακτικές λύσεις και προσφέρεται στις επιθυμητές παροχές επεξεργασίας αποβλήτων .

3ο στάδιο: Καθίζηση

Μετά την κροκίδωση τα συσσωματωμένα στερεά (κροκίδες) καθιζάνουν στον πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης. Με αυτόν τον τρόπο το νερό καθαρίζεται σε ποσοστό 80%.

4ο στάδιο: Φίλτραυση

Τα πολύ ελαφρά σωματίδια που δεν καθιζάνουν (20%), κατακρατούνται σε ειδικά αμμόφιλτρα από τα οποία το νερό βγαίνει πια καθαρό για να δοθεί στην κατανάλωση.



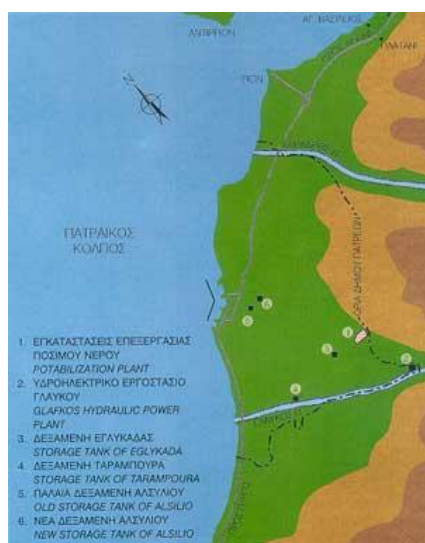
5ο στάδιο: Μεταχλωρίωση

εφόσον η προχλωρίωση δεν είναι ικανοποιητική, προσθέτουμε συμπληρωματικά χλώριο κατά την είσοδο του νερού στις κλειστές δεξαμενές αποθήκευσης και πριν την είσοδό του στο δίκτυο ύδρευσης.

Μονάδες επεξεργασίας νερού της ΔΕΥΑΠ

Εγκατάσταση Ριγανόκαμπου

Επεξεργάζεται το επιφανειακό νερό του Γλαύκου που λαμβάνεται μετά τον ΥΗΣ της ΔΕΗ. Η εγκατάσταση, μέγιστης δυναμικότητας 2600 m³/h, πραγματοποιεί απομάκρυνση των αιωρούμενων κολλοειδών στερεών (θολότητα), του χρώματος που οφείλεται στα στερεά αυτά και των μικροοργανισμών του νερού, που φθάνει εκεί από την διώρυγα φυγής ΥΗΣ του ποταμού Γλαύκου. Η διαδικασία περιλαμβάνει μονάδα κροκίδωσης και καθίζησης με χρήση θεικού αργιλίου και πολυηλεκτρολύτη, μονάδα διύλισης με κλίνες άμμου και μονάδα απολύμανσης με διοξείδιο του χλωρίου. Η εγκατάσταση έχει κατασκευασθεί (1994) και λειτουργεί σύμφωνα με την πλέον σύγχρονη τεχνολογία. Το όλο έργο είναι πλήρως αυτοματοποιημένο, παρακολουθείται και λειτουργεί μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή. Το παραγόμενο πόσιμο νερό είναι άριστης ποιότητας, και καλύπτει τόσο τις προδιαγραφές της Ε.Ο.Κ. όσο και της Ελληνικής νομοθεσίας.



Εγκατάσταση περιοχής «Μακρυγιάννη».

Επεξεργάζεται το νερό των γεωτρήσεων της μέσης ζώνης του Γλαύκου για την κατακράτηση φυσικών ρύπων που παρατηρούνται σε διάφορες συγκεντρώσεις. Η επεξεργασία περιλαμβάνει διύλιση σε κλίνες άμμου υποβοηθούμενη από επίπλευση διαλελυμένου αέρα και απολύμανση με διοξείδιο του χλωρίου. Η εγκατάσταση έχει δυναμικότητα 1000 m³/h και ευρίσκεται σε λειτουργία από το 1993. Λειτουργεί κυρίως τους θερινούς μήνες όταν οι εγκαταστάσεις Ριγανόκαμπου λειτουργούν με μειωμένη παροχή αφού το διαθέσιμο επιφανειακό νερό διατίθεται κατά το μεγαλύτερο ποσοστό για άρδευση.

Επιπλέον των ανωτέρω εγκαταστάσεων υπάρχουν εγκαταστάσεις απολύμανσης με χρήση υποχλωριώδους νατρίου στα περιφερειακά δίκτυα κυρίως των ορεινών περιοχών όπου το νερό που παράγεται στις κατά τόπους ορεινές γεωτρήσεις διανέμεται κατευθείαν στις τοπικές κοινότητες.

ΡΥΠΑΝΣΗ ΥΔΑΤΩΝ –ΑΙΤΙΑ-

Παθογενείς μολύνσεις

Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί περιλαμβάνουν βακτήρια, πρωτόζωα, παρασιτικούς σκώληκες, ιούς και προέρχονται από ακατέργαστα ή μερικώς κατεργασμένα απόβλητα ή λύματα ανθρώπων και ζώων. Η μικροβιακή ρύπανση είναι η μόνη ρύπανση που ορθώς αποκαλείται μόλυνση, σε αντιδιαστολή με όλες τις άλλες ρυπάνσεις που εσφαλμένα αποκαλούνται κι αυτές αδιακρίτως μολύνσεις.

Όλα τα παθογόνα μικρόβια που προκαλούν λοιμώξεις των εντέρων (τύφος, δυσεντερία, χολέρα, κ.ο.κ.) και οι ιοί που προκαλούν τη λοιμώδη ηπατίτιδα και την πολυομυελίτιδα μεταδίδονται με το νερό. Τα οικιακά λύματα περιέχουν κυρίως περιττωματικές ουσίες με μεγάλη ποικιλία παθογόνων ή μη μικροοργανισμών. Μετά την είσοδο των μικροοργανισμών στον υδάτινο αποδέκτη διάφοροι παράγοντες και συνθήκες (θερμοκρασία, ηλιακή ακτινοβολία, κ.ά.) καθορίζουν τη συγκέντρωση, τη διασπορά ή την καταστροφή τους και διεργασίες, όπως κροκίδωση και ιζηματοποίηση. Την τύχη τους όμως καθορίζουν και άλλοι μικροοργανισμοί.

Αστικά λύματα

Δραστηριότητες που εμπλουτίζουν ή ρυπαίνουν υδάτινους αποδέκτες, είναι οι απορρίψεις που αφορούν ανθρώπινες χρήσεις. Τα ακάθαρτα νερά χαρακτηρίζονται από τη μεγάλη τους περιεκτικότητα σε οργανικά συστατικά και συνήθως αποχετεύονται σε θαλάσσιους, λιμναίους ή ποτάμιους αποδέκτες ή και απορροφητικούς βόθρους, ρυπαίνοντας έτσι και τα υπόγεια νερά.

Στη χώρα μας, οι απορροφητικοί βόθροι που εξακολουθούν να χρησιμοποιούνται σε μεγάλο ποσοστό, αποτελούν το χειρότερο μέσο διάθεσης των ακάθαρτων νερών, αφού ρυπαίνουν το φυσικό αποδέκτη, το έδαφος και τα υπόγεια νερά.

Οι αστικές αυτές απορρίψεις με το μικροβιακό τους φορτίο προξενούν διάφορες μολύνσεις. Συγκεκριμένα, ορισμένα βακτήρια προξενούν τυφοειδή πυρετό, δυσεντερία, γαστρεντερίτιδα και χολέρα. Ιοί στο νερό και ορισμένα στελέχη τους προκαλούν πολυομυελίτιδα και ηπατίτιδα, ενώ αυγά και νύμφες μερικών παρασίτων (ασκαρίδα κ.ά.) βρίσκονται πολλές φορές στα ακάθαρτα νερά, προκαλώντας άλλες ασθένειες. Οι τύποι των παθογόνων αυτών μικροοργανισμών βρίσκονται σε αστικά και κτηνοτροφικά λύματα.

Τα παθογενή μικρόβια και οι ιοί βρίσκουν συνήθως αφιλόξενο περιβάλλον στο θαλασσινό νερό και γρήγορα αδρανοποιούνται.

Μολύνσεις, όμως, αλλά ραδιενεργές, προκαλούνται στα νερά από ατυχήματα ή βλάβες στους πυρηνικούς σταθμούς και από πυρηνικές δοκιμές ή εκρήξεις. Ο υπολογισμός των απορριμμάτων που βρίσκονται στις θάλασσες και τους ωκεανούς είναι δύσκολος αλλά εκτιμάται ότι το 70% του συνόλου βρίσκονται στο βυθό, το 15% στις ακτές και το υπόλοιπο 15% επιπλέει στην επιφάνεια. Ενδεικτικό στοιχείο των επιπτώσεων των απορριμμάτων

είναι η ετήσια θανάτωση εξαιτίας των πλαστικών περισσότερων του 1 εκατ. πουλιών και 100 χιλιάδων θαλάσσιων θηλαστικών και χελωνών. Το πρόβλημα των απορριμμάτων αυξάνεται σταθερά παρά τις εθνικές και διεθνείς προσπάθειες να ελεγχθεί.



Απόβλητα που απαιτούν οξυγόνο

Στην κατηγορία των αποβλήτων που απαιτούν οξυγόνο εντάσσουμε τις ουσίες εκείνες, κυρίως οργανικές, οι οποίες βιοαποικοδομούνται από τους μικροοργανισμούς, παρουσία οξυγόνου, οπότε το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο (**Dissolved Oxygen, DO**) καταναλώνεται. Παραδείγματα ρυπαντών αυτής της κατηγορίας είναι τα αστικά λύματα, τα λιπάσματα, τα απόβλητα βιομηχανιών τροφίμων, σφαγείων, βυρσοδεψείων, κ.λπ. Τα αστικά λύματα καθώς και τα λιπάσματα ρυπαίνουν το υδάτινο περιβάλλον κυρίως με οργανικές ουσίες οι οποίες διασπώνται από αποσυνθέτοντες μικροοργανισμούς σε διοξείδιο του άνθρακα, νερό και *θρεπτικά άλατα (nutrients)*, φωσφορικά, αμμωνιακά, νιτρώδη, νιτρικά και πυριτικά. Στη συνέχεια τα θρεπτικά άλατα καταναλώνονται από τους φυτικούς οργανισμούς, οι οποίοι, όταν νεκρωθούν, συνεισφέρουν στην αύξηση της οργανικής ύλης, κ.ο.κ. Οι φυτικοί οργανισμοί χρησιμεύουν ως τροφή για το ζωοπλαγκτόν, το δε ζωοπλαγκτόν για τα μικρά ψάρια κ.ο.κ. Η τροφική αλυσίδα ρυθμίζεται από τα υπάρχοντα άλατα φωσφόρου και αζώτου των οποίων κύρια πηγή προέλευσης είναι τα απορρυπαντικά και τα λιπάσματα. Όταν η αναπλήρωση των θρεπτικών αλάτων γίνεται κανονικά, τότε το οικοσύστημα διατηρεί την ισορροπία του. Η είσοδος όμως υπερβολικών ποσοτήτων οργανικών ουσιών προκαλεί μεγάλη αύξηση φυτικών οργανισμών με επακόλουθο τη μείωση ή και εξαφάνιση του διαλυμένου οξυγόνου και την εμφάνιση **ανοξικών συνθηκών**. Αν το διαλυμένο οξυγόνο μειωθεί κάτω του ορίου για τη διατήρηση κανονικής βιοκοινωνίας σε μια υδατική μάζα, τότε η υδατική μάζα χαρακτηρίζεται «ρυπασμένη». Για τη διατήρηση της ζωής των ψαριών απαιτείται συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου 4-6ppm. Ο κορεσμός των υδάτων σε οξυγόνο ποικίλλει κι εξαρτάται από τη θερμοκρασία και την αλατότητα.

Το μέτρο της φόρτισης των αποβλήτων παρέχεται με τη έκφραση **Βιοχημικός Απαιτούμενο Οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand, B.O.D.)**. Μετράται με επώαση δείγματος ύδατος επί 5 ημέρες στους 20ο C, οπότε προσδιορίζεται χημικός το διαλυμένο οξυγόνο πριν και μετά την επώαση. Οι τιμές του B.O.D. εκφράζονται σε μέρη ανά εκατομμύριο (ppm). Τιμή 1ppm χαρακτηρίζει μια περιοχή ως καθαρή, ενώ 5 ppm ως ρυπασμένη.

Σε περιπτώσεις όπου οι τιμές B.O.D. είναι πολύ μικρές (όταν τα απόβλητα περιέχουν τοξικές ουσίες και καταστρέφουν τους μικροοργανισμούς), μετρούμε το **Χημικός**

Απαιτούμενο Οξυγόνο (Chemical Oxygen Demand, C.O.D.). Οι τιμές του C.O.D. μπορεί να διαφέρουν από αυτές του B.O.D. και να είναι μεγαλύτερες λόγω της παρουσίας τοξικών ενώσεων ή δύσκολα βιοαποικοδομήσιμων ενώσεων.

Ανόργανες ενώσεις

Σ'αυτές περιλαμβάνονται τα βαριά μέταλλα, τα οξέα, τα άλατα κ.ά. Οι κυριότερες πηγές φυσικής προέλευσης βαρέων μετάλλων στο νερό είναι η διάβρωση των ακτών, τα απορρίμματα και τα προϊόντα αποικοδόμησης οργανισμών, η σκόνη που μεταφέρεται με τον άνεμο από τις ακτές, η εξαλλοίωση πετρωμάτων και η μεταφορά τους στη συνέχεια μέσα) των ποταμών, τα ιζήματα του πυθμένα της θάλασσας που ελευθερώνουν βαρέα μέταλλα με διάφορες φυσικοχημικές διεργασίες κ.ά. Οι ανθρωπογενείς πηγές της επιβάρυνσης του νερού με μέταλλα συνδέονται με τις βιομηχανικές δραστηριότητες, όπως εξώρυξη, επεξεργασία μεταλλευμάτων, βιομηχανίες παραγωγής που χρησιμοποιούν τα μέταλλα ως καταλύτες, κ.λπ. Άλλες πηγές βαρέων μετάλλων είναι οι ναυπηγικές δραστηριότητες με τη χρησιμοποίηση υφαλοχρωμάτων, οι γεωργικές δραστηριότητες, τα νερά της έκπλυσης των δρόμων από τις βροχές, τα απορρυπαντικά, τα οικιακά λύματα λόγω της διάβρωσης των συστημάτων ύδρευσης, τα διάφορα χρώματα, η βενζίνη των αυτοκινήτων κ.ά.

Βαρέα μέταλλα θεωρούνται εκείνα που έχουν ειδικό βάρος μεγαλύτερο από εκείνο του σιδήρου, Fe, όπως Cu, Zn, Pb, Cd, Co, Ni, Cr, κ.ά. Μερικά από αυτά είναι *απαραίτητα* για τον οργανισμό σε ελάχιστες ποσότητες (**ιχνοστοιχεία**), ενώ άλλα όχι, όπως ο Pb, Cd, Hg κ.ά. Ακόμη όμως και τα απαραίτητα πάνω από μια ορισμένη ποσότητα γίνονται τοξικά για τον οργανισμό.

Η βιοσυσσώρευση των βαρέων μετάλλων ποικίλλει από μέταλλο σε μέταλλο και από οργανισμό σε οργανισμό. Μεγάλες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων έχουν ως αποτέλεσμα τη διατάραξη της φυσικής ισορροπίας στο περιβάλλον, καθώς και στους βιογεωχημικούς κύκλους των οικοσυστημάτων με τραγικές συνέπειες. Μερικά από τα αποτελέσματα της τοξικότητας ορισμένων βαρέων μετάλλων είναι: νευροφυσιολογικές διαταραχές, αλλοιώσεις των κυττάρου με αποτέλεσμα μεταλλάξεις, τερατογενέσεις κ.ά. Μια από τις σοβαρότερες δηλητηριάσεις που έχουν αναφερθεί έγινε στον κόλπο της Minamata (Ιαπωνία) το 1953, όπου 100 άτομα πέθαναν λόγω αυξημένων συγκεντρώσεων Hg στους θαλάσσιους οργανισμούς που κατανάλωναν. Ο Hg προέρχονταν από βιομηχανία παρασκευής ακεταλδεύδης και παρόλο που οι ποσότητες ήταν ελάχιστες άρχισε να συσσωρεύεται στα ψάρια που ήταν η κύρια τροφή των κατοίκων. Έχουν αναφερθεί οξείες δηλητηριάσεις από Pb με κύρια συμπτώματα τη ναυτία, το μούδιασμα των χεριών, τις νευρικές συσπάσεις, κ.λπ. Επίσης δηλητηριάσεις από Cd, Zn, Cr. οργανοκασσιτερούχες ενώσεις (TBT) κ.ά.



Υδρογονάνθρακες

Η συνεχούς αυξανόμενη χρήση των υγρών καυσίμων τα τελευταία χρόνια έχει ως αποτέλεσμα τη συνεχή επιβάρυνση των υδάτων με πετρελαιοειδή. Υπολογίζεται ότι κάθε χρόνο αποχύνονται στις θάλασσες 5-10 εκατομμύρια τόνοι πετρελαίου, με κυριότερες αιτίες τα ναυτικά ατυχήματα που προκαλούν και τις μεγαλύτερες καταστροφές γιατί χιλιάδες τόνοι πετρελαίου έχουν τελική απόληξη τις παράκτιες περιοχές, τις διαρροές από δεξαμενόπλοια που χρησιμοποιούν θαλάσσιο νερό για έρμα, αλλά και από τις διαρροές των μηχανών εσωτερικής καύσης, τις διαρροές από διυλιστήρια, από την άντληση πετρελαίου από υποβρύχιες πετρελαιοπηγές, από τα αστικά απόβλητα (απόνερα πλύσης μηχανών), κ.λπ.

Τα πετρελαιοειδή είναι εξαιρετικά επιβλαβή για το περιβάλλον λόγω ορισμένων ιδιοτήτων τους. Το πετρέλαιο μπορεί να κατανεμηθεί σεμονομοριακό επιφανειακό υμέναιο (*film*), γι' αυτό και απλώνεται σε πολύ μεγάλη έκταση. Ένα γαλόνι πετρελαίου καλύπτει μια έκταση 4 στρεμμάτων. Μετά την εξάπλωση του πετρελαίου αρχίζει η εξάτμιση των ελαφρών κλασμάτων, ενώ τα βαριά κλάσματα σχηματίζουν σφαιρίδια πίσσας (*tar balls*). Με την πάροδο του χρόνου το πετρέλαιο εμπλουτίζεται σε αρωματικούς υδρογονάνθρακες (βενζόλιο, τολουόλιο, ξυλόλιο), ενώσεις ιδιαίτερα τοξικές. Μερικές από τις επιπτώσεις από την έκχυση πετρελαιοειδών στο περιβάλλον είναι και η μείωση της φωτοσύνθεσης, λόγω της μείωσης της διαπερατότητας του φωτός, η μείωση της διαλυτότητας του οξυγόνου από την ατμόσφαιρα, λόγω παρουσίας της λεπτής στοιβάδας με αποτέλεσμα τη δημιουργία ασφυκτικών καταστάσεων στις βιοκοινωνίες. Στα πτηνά η επίδραση του πετρελαίου είναι ακόμη σοβαρότερη. Η κάλυψη των πτηνών με πετρέλαιο συγκολλά τα φτερά τους και δεν μπορούν να πετάξουν, μειώνει τη θερμομόνωσή τους, μειώνει τον όγκο τους και ουσιαστικά προκαλεί το θάνατο τους.

Συνθετικές οργανικές ενώσεις

Στην κατηγορία αυτή κατατάσσουμε τα απορρυπαντικά, τα ζιζανιοκτόνα και εντομοκτόνα, προωθητικά, παραπροϊόντα κατεργασίας πετρελαίου κλπ. Ας σημειωθεί ότι επειδή καμία από τις ενώσεις αυτές δεν υπάρχει φυσιολογικά στο περιβάλλον, ο προσδιορισμός τους υποδηλώνει ανθρωπογενή επιβάρυνση.

Βασικά μειονεκτήματα των απορρυπαντικών είναι ότι δεν βιοαποικοδομούνται εύκολα, παρουσιάζουν έντονο αφρισμό με βλαπτικές επιπτώσεις στις βιοκοινωνίες και περιέχουν προσθετικά, κυρίως πολυφωσφορικά άλατα. Τα φωσφορικά άλατα είναι βασικά θρεπτικά συστατικά. Σοβαρά προβλήματα έχουν προκύψει από τη χρησιμοποίηση ζιζανιοκτόνων και εντομοκτόνων, κυρίως λόγω του ότι οι ενώσεις αυτές δεν είναι βιοαποικοδομήσιμες. Κυριότερος εκπρόσωπος της κατηγορίας αυτής είναι η οργανοχλωριωμένη ένωση (διχλωρο-διφαινιλο-τριχλωροαιθάνιο, DDT) που ουσιαστικά είναι η πρώτη συνθετική οργανική ένωση που χρησιμοποιήθηκε τόσο εκτεταμένα. Η χρησιμοποίηση της όμως σε τόσο μεγάλο βαθμό προκάλεσε αφενός την ανθεκτικότητα ορισμένων εντόμων σ' αυτή και αφετέρου την εξαφάνιση άλλων χρήσιμων. Η μεγάλη συσσώρευση του DDT, που οφείλεται στο ότι το μόριο του DDT είναι πολύ ανθεκτικό στη διάσπαση και την βιοαποικοδόμηση, είχε ως αποτέλεσμα τη συγκέντρωση του DDT μέσω της διατροφής τόσο στα ζώα, όσο και στον άνθρωπο. Από το 1960 αρχίζει ο περιορισμός της χρήσης του DDT και τέλος η απαγόρευσή του.

Άλλη κατηγορία συνθετικών οργανικών ενώσεων είναι τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια. (PCB's) που βρίσκουν πολλές εφαρμογές, λόγω των εξαιρετικών ιδιοτήτων τους (θερμικά σταθερές, μικρή ηλεκτρική αγωγιμότητα, σταθερές έναντι των περισσότερων χημικών αντιδραστηρίων κ.ά.). Οι ενώσεις αυτές είναι τοξικές, δύσκολα αποικοδομούνται και συσσωρεύονται μέσω της τροφικής αλυσίδας στους λιπαρούς ιστούς των οργανισμών.



Απορρίμματα

Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνουμε τις τεράστιες ποσότητες σκουπιδιών πάσης φύσεως (πλαστικές φιάλες, κατεστραμμένα αντικείμενα, κουτιά, κ.ά.) που δεν προκαλούν μόνο "αισθητική" ρύπανση αλλά και ουσιαστική, δεδομένου ότι πολλά από αυτά τα αντικείμενα δεν αποικοδομούνται, ελευθερώνουν τοξικές ουσίες στο περιβάλλον, προκαλούν τραυματισμούς ή θανάτους σε πτηνά, ψάρια και θηλαστικά. Η σοβαρότερη όμως παράμετρος από αυτή τη ρύπανση είναι η οικονομική επίπτωση από τον περιορισμό της χρήσης των υδάτων για λόγους αναψυχής.



Θερμότητα

Η θερμική αλλοίωση προκαλείται κυρίως από απόβλητα εργοστασίων παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, διυλιστηρίων, κ.ά, που χρησιμοποιούν νερά στους πύργους ψύξης. Οι ποσότητες νερού που καταναλώνονται στη βιομηχανία κατά 70% χρησιμοποιούνται για την ψύξη.

Ρύπανση από πετρελαιοειδή

Τα πετρελαιοειδή έχουν την ιδιότητα να διασπείρονται και να εξαπλώνονται σε τεράστιες εκτάσεις, επειδή σχηματίζουν μονομοριακές στρώσεις. Έτσι, καλύπτοντας την επιφάνεια του νερού, εμποδίζουν την ανταλλαγή των αερίων μεταξύ αέρα και νερού και βλάπτουν τους υδρόβιους οργανισμούς. Ακόμη, το πετρέλαιο επιδρά στις τροφικές αλυσίδες, ρυπαίνει τις πηγές τροφής που βρίσκονται στην αρχή της τροφικής αλυσίδας, εμποδίζει την αναπαραγωγή της θαλάσσιας ζωής και μειώνει την φυσική αντίσταση των οργανισμών. Ωστόσο, πολλά βακτήρια που ζουν στο πετρέλαιο, έχουν την ικανότητα να το διασπούν, εξυγιαίνοντας έτσι τις ρυπασμένες περιοχές. Το πετρέλαιο διασπάται επίσης από την κίνηση του κυματισμού και της παλίρροιας. Παρόλο που οι συνολικές εισροές

πετρελαιοειδών στη θάλασσα κατά τις αρχές του 21^{ου} αιώνα μειώθηκαν κατά 37% σε σχέση με τα επίπεδα του 1985, εξακολουθούν να εμφανίζονται σημαντικά επεισόδια από ατυχήματα πλοίων (πετρελαιοκηλίδες). Ωστόσο το μεγαλύτερο πρόβλημα που εξακολουθεί να υφίσταται και να αυξάνεται είναι οι φυσικές διαρροές. Πιο συγκεκριμένα, οι ετήσιες συνολικές εισροές στη θάλασσα πετρελαιοειδών το 1985 ήταν 3.250 εκατ. τόνοι ενώ το 2003 περιορίστηκαν στους 1.269 εκατ. τόνους. Σχεδόν οι μισές εισροές (47%) οφείλονται στις φυσικές διαρροές, το 21% στις εκκενώσεις των μεγάλων πλοίων, το 11% σε χερσαίες πηγές (αστικά και βιομηχανικά απόβλητα και απορροές) ενώ το 8% οφείλεται στα ατυχήματα πλοίων. Ένα από τα μεγαλύτερα πρόσφατα ναυάγια tanker που προκάλεσε τεράστια οικολογική και οικονομική καταστροφή ήταν η περίπτωση του 'Prestige', το οποίο βυθίστηκε το 2002 κοντά στις ακτές της Γαλικίας. Η πετρελαιοκηλίδα που προκλήθηκε από τους περίπου 10.000 τόνους αργού πετρελαίου που διέρρευσαν (άλλοι υπολογισμοί

ανεβάζουν την τελική διαρροή στους 60.000 τόνους), είχε τεράστιες επιπτώσεις στα ευαίσθητα οικοσυστήματα της περιοχής και στην αλιεία.



Τοξικές χημικές ουσίες

Τοξικές χημικές ουσίες για τα υδάτινα οικοσυστήματα είναι τα βαριά μέταλλα, δηλαδή ο σίδηρος (Fe), το χρώμιο (Cr), ο μόλυβδος (Pb), ο υδράργυρος (Hg), το κάδμιο (Cd), ο ψευδάργυρος (Zn), το μαγγάνιο (Mn), ο χαλκός (Cu), το νικέλιο (Ni), το αρσενικό (As) κ.ά. Ακόμη, φυτοφάρμακα, παρασιτοκτόνα, ζιζανιοκτόνα και οξέα πάνω από ένα όριο, προκαλούν δηλητηριάσεις, ανασχεση της ανάπτυξης και της φωτοσύνθεσης, εκλεκτική συσσώρευση και απορρόφηση σε ορισμένα είδη. Ρυπάνσεις από παρασιτοκτόνα και ζιζανιοκτόνα προέρχονται από τα απόβρατα των βιομηχανιών παραγωγής τους, από υφαντουργεία, από βιομηχανίες επεξεργασίας τροφών και από γεωργικές χρήσεις.

Η ρύπανση από βαριά μέταλλα στα ελληνικά υδάτινα οικοσυστήματα είναι σχετικά χαμηλή και σε παραπλήσια επίπεδα με εκείνα που δίνονται διεθνώς για περιοχές με σχετικά μι-

κρη
ρύπανση.



Όξινη βροχή

Το φαινόμενο της όξινης βροχής παρουσιάζεται όταν το νερό της βροχής έχει πολύ αυξημένες όξινες ιδιότητες, δηλαδή pH 5 ή και μικρότερο, λόγω οξέων τα οποία βρίσκονται στην ατμόσφαιρα. Πως δημιουργείται ;

Το διοξείδιο του θείου και του αζώτου, τα οποία εκλύονται στην ατμόσφαιρα από κάποια χημικά σκευάσματα, οξειδώνονται σε τριοξείδια, τα οποία στην συνέχεια με την παρουσία της υγρασίας της ατμόσφαιρας μετατρέπονται σε θειικό και νιτρικό οξύ. Τα οξέα αυτά είναι δυνατόν να μεταφερθούν από τους ανέμους σε μεγάλες αποστάσεις και να πέσουν στην Γη υπό την μορφή όξινης βροχής.

Επιπτώσεις της ρυπάνσεως των υδάτων

Μείωση του οξυγόνου που είναι διαλυμένο στο νερό

Σε αντίθεση με την ατμόσφαιρα, όπου η συγκέντρωση του οξυγόνου είναι σχεδόν πάντα σταθερή και ανεξάρτητη από τη ρύπανση, τα νερά απειλούνται συχνά με πλήρη ή μερική αποξυγόνωση (αναερόβιες συνθήκες). Όσο αυξάνεται η ρύπανση των νερών, κυρίως, με οργανικές ύλες, και ανεβαίνει η θερμοκρασία τους, τόσο μειώνεται το διαλυμένο οξυγόνο, γιατί καταναλώνεται λόγω της αερόβιας αναπνοής των μικροοργανισμών που κάνουν αποσύνθεση. Όταν, λοιπόν, ρυπαίνονται τα επιφανειακά νερά με απόβλητα που περιέχουν ουσίες, που αποσυντίθενται από μικροοργανισμούς (οργανικές ύλες), εκτός των άλλων "αφαιρείται" από τα νερά και το οξυγόνο, που είναι απαραίτητο για την επιβίωση των φυτικών και ζωικών υδρόβιων οργανισμών. Οι συνέπειες μπορεί να είναι καταστροφικές για τους περισσότερους υδρόβιους οργανισμούς, αφού κινδυνεύουν από ασφυξία. Έτσι, η ρύπανση με αστικά λύματα ή άλλα απόβλητα, που περιέχουν οργανικό φορτίο, μπορεί να απειλήσει με καταστροφή ένα ολόκληρο υδατικό οικοσύστημα.

Ευτροφισμός των νερών

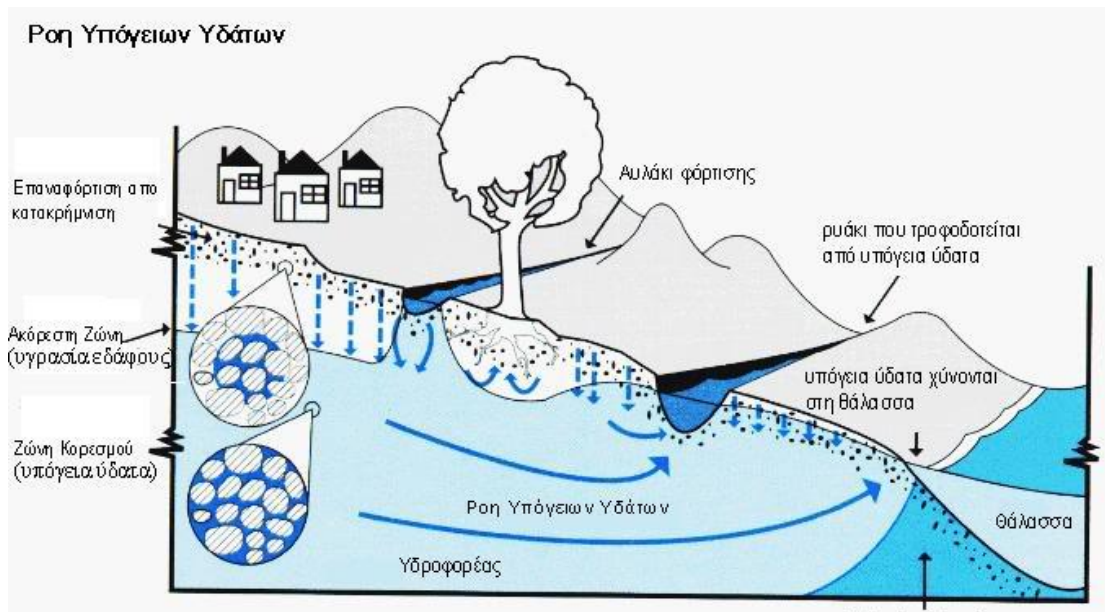
Ανάλογα αποτελέσματα για τα επιφανειακά νερά έχει και η ρύπανση με ανόργανα άλατα που περιέχουν άζωτο και φωσφόρο, που περιέχονται συνήθως σε λιπάσματα, απόβλητα κτηνοτροφικών και πτηνοτροφικών μονάδων, απορρυπαντικά και σε ορισμένα βιομηχανικά



απόβλητα.

Το σημαντικότερο πρόβλημα, που δημιουργεί το άζωτο και ο φώσφορος είναι ο ευτροφισμός, δηλαδή η υπερβολική ανάπτυξη αλγών (φυτοπλαγκτόν) στα επιφανειακά νερά από την υπερβολική τροφοδοσία των νερών με θρεπτικά συστατικά. Το φαινόμενο αυτό αποτελεί σοβαρή διαταραχή του υδατικού οικοσυστήματος με διάφορες δυσμενείς συνέπειες, μεταξύ των οποίων είναι η υπερβολική ανάπτυξη ορισμένων ειδών σε βάρος όλων των άλλων, η μείωση ή και εξαφάνιση της ποικιλίας ειδών με θανάτωση ή μετανάστευσή τους, καθώς και η πλήρης ή μερική αποξυγόνωση των νερών.

Ρύπανση υπόγειων νερών



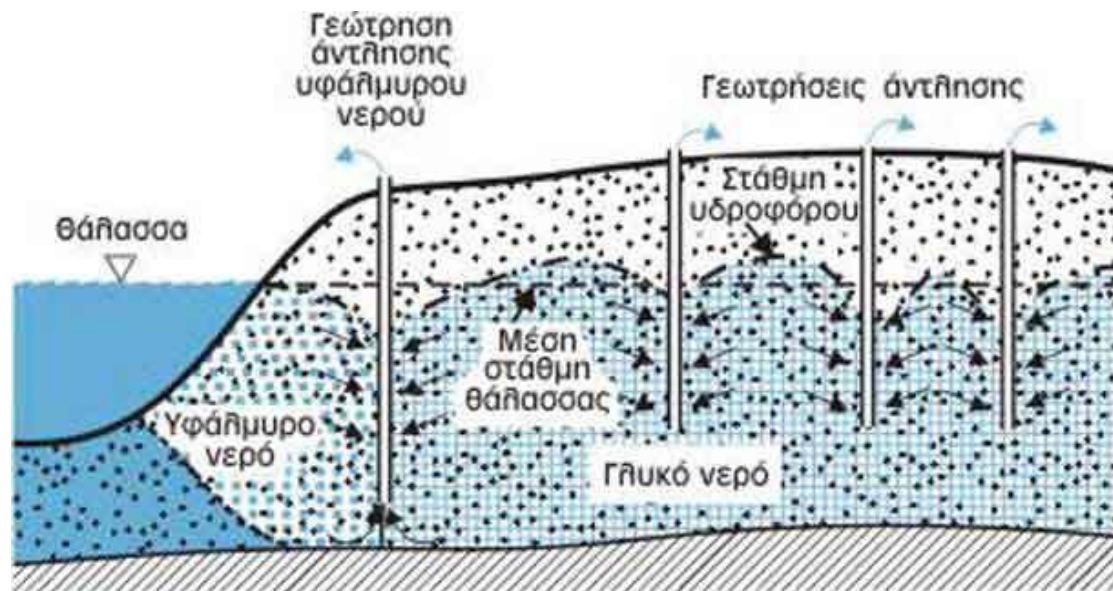
Τα υπόγεια νερά είναι, επίσης, πολύ ευαίσθητα στη ρύπανση και έχουν περιορισμένη ικανότητα αυτοκαθαρισμού. Η κατάληξη αστικών λυμάτων, ξεπλυμάτων εδάφους από εντατική χρήση χημικών λιπασμάτων, αλλά και κτηνοτροφικών αποβλήτων στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα έχει ως κύριο αποτέλεσμα την αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών αλάτων. Εξαιτίας αυτής της ρύπανσης, τα υπόγεια νερά γίνονται επικίνδυνα για τον άνθρωπο και τους ζωικούς οργανισμούς. Τα νιτρικά, ενώσεις του αζώτου, είναι επικίνδυνα για τον άνθρωπο αν ξεπεράσουν τα 50 mg/l στο πόσιμο νερό και στα 500 mg/l γίνονται επικίνδυνα και για τα ζώα. Η ρύπανση του εδάφους με τοξικές ουσίες ή βιομηχανικά απόβλητα μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένες συγκεντρώσεις βαρέων μετάλλων ή άλλων τοξικών ουσιών στα υπόγεια νερά. Είναι εξαιρετικά δύσκολο και δαπανηρό να καθαρίσουμε τα υπόγεια νερά από επικίνδυνες και τοξικές ουσίες.

Μόλυνση νερών

Μια άλλη μορφή επιβάρυνσης των επιφανειακών και των υπόγειων νερών είναι η μόλυνσή τους, δηλαδή η παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών στα νερά. Αυτή οφείλεται κατά κανόνα σε αστικά ή κτηνοτροφικά λύματα. Η ανίχνευση των παθογόνων μικροοργανισμών στο νερό μπορεί να γίνει και έμμεσα, μέσω της μέτρησης, για παράδειγμα, των κολοβακτηριδίων.

Υφαλμύρυνση υπόγειων νερών

Η εντατική άντληση των υπόγειων νερών με ρυθμό, που δεν επιτρέπει την ανανέωση τους, προκαλεί την εισβολή αλμυρού νερού από τη θάλασσα στους υδροφορείς. Όταν η στάθμη του υπόγειου νερού υποχωρήσει κάτω από την στάθμη του θαλάσσιου νερού με το οποίο συνδέεται, τότε αντί να έχουμε ροή από τον υπόγειο υδροφόρο στη θάλασσα, έχουμε αντιστροφή του φαινομένου και νερό από την θάλασσα εισέρχεται στο υπόγειο νερό. Αλμυρό νερό αναμένεται να εισβάλλει σε μεγαλύτερη έκταση σε παράκτιες περιοχές, εξαιτίας της ανόδου της στάθμης της θάλασσας (έως και εβδομήντα εκατοστά μέσα στις επόμενες δεκαετίες) λόγω της κλιματικής αλλαγής ή της μείωσης των βροχοπτώσεων.



Ρύπανση πόσιμου νερού

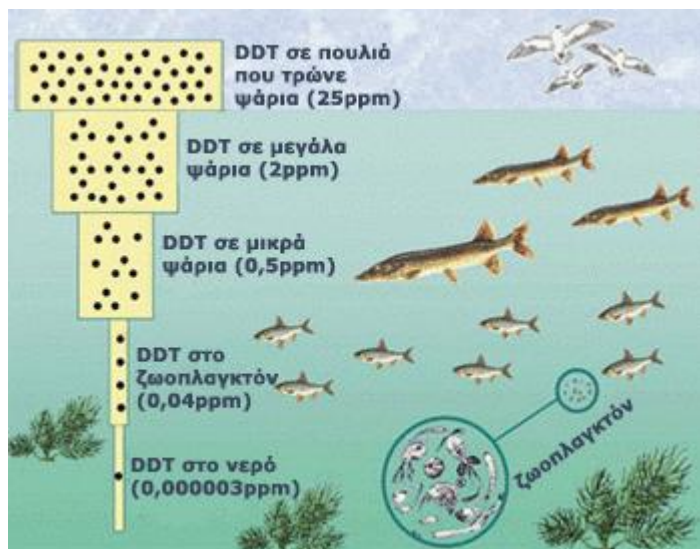


Το πόσιμο νερό είναι και θα έπρεπε να είναι το καλύτερα ελεγχόμενο μέσο διατροφής. Η νομοθεσία προσδιορίζει τις συγκεντρώσεις διαφόρων ουσιών, που επιτρέπεται να υπάρχουν μέσα στο πόσιμο νερό, ώστε να ανταποκρίνεται στις υψηλές ποιοτικές προδιαγραφές, που απαιτούνται σε σχέση με αυτό το σημαντικό για τη ζωή μας αγαθό. Η τεχνολογία που διατίθεται σε αρκετές χώρες είναι σε θέση να ανιχνεύει στο νερό ιχνοστοιχεία, που βρίσκονται σε συγκεντρώσεις του δισεκατομμυριοστού του γραμμαρίου ανά λίτρο. Αν και τα τελευταία χρόνια έχουν γίνει σημαντικές προσπάθειες, περίπου 1200 χημικά είδη, που περιέχουν 230 δραστικές ουσίες κυκλοφορούν στο εμπόριο και χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες ως φυτοφάρμακα, λιπάσματα ή ζιζανιοκτόνα. Πολλά από τα φυτοφάρμακα είναι ιδιαίτερα ανθεκτικά στο χρόνο και γι' αυτό εξαιρετικά επικίνδυνα, όταν καταλήγουν στο νερό. Το όριο που έχει υιοθετηθεί για την περιεκτικότητα σε φυτοφάρμακα είναι 0,5 μικρογραμμάρια (εκατομμυριοστό του γραμμαρίου) ανά λίτρο συνολικά, και ειδικά για ορισμένα οργανο-χημικά (τα ίδια ή τα προϊόντα αποικοδόμησής τους είναι ιδιαίτερα τοξικά) το όριο είναι το 0,1 μικρογραμμάριο ανά λίτρο.

Βιοσυσσώρευση

Με τον όρο βιοσυσσώρευση εννοούμε το φαινόμενο κατά το οποίο αυξάνεται στους ιστούς των οργανισμών η συγκέντρωση μη μεταβολιζόμενων χημικών ουσιών, κατά την

πρόοδο της τροφικής αλυσίδας προς την κορυφή. Πάνω από ένα κρίσιμο όριο συγκέντρωσης, αυτές οι ουσίες γίνονται τοξικές. Το φαινόμενο έχει πολύ μεγάλη σημασία για τον άνθρωπο, καθώς αυτός βρίσκεται συνήθως στο τελευταίο καταναλωτικό επίπεδο.



Κατά τα μέσα της δεκαετίας του 1960 παρατηρήθηκε η αυξημένη συγκέντρωση του εντομοκτόνου DDT σε ιστούς πολλών οργανισμών. Το φαινόμενο αποδόθηκε στην εκτεταμένη χρήση του για την καταπολέμηση της ελονοσίας στην κεντροδυτική Αφρική. Η ανησυχία έγινε εντονότερη, καθώς εντοπίστηκε και σε είδη που απείχαν πολύ από τις εστίες ψεκασμού, όπως για παράδειγμα σε πιγκουίνους της Ανταρκτικής ή το μητρικό γάλα των Εσκιμών. Από την άλλη, το εύρος των τιμών της βιοσυσώρευσης σε διαφορετικά είδη, οδήγησε τους επιστήμονες στο συμπέρασμα, ότι καθώς το DDT δεν είναι βιοδιασπώμενο, αυτό συσσωρεύεται κατά μήκος των τροφικών αλυσίδων. Η βιοσυσώρευση γίνεται με εκθετικούς ρυθμούς από το ένα τροφικό επίπεδο στο άλλο, καθώς η βιομάζα του ενός τροφικού επιπέδου αναλογεί μόνο στο 1/10 περίπου της βιομάζας του επόμενου. Αν δηλαδή μετρηθεί 1 mg DDT/Kg βιομάζας στα φυτά, στη βιομάζα των φυτοφάγων ζώων η συγκέντρωση θα είναι 10 mg/Kg, στα σαρκοφάγα του επόμενου τροφικού επιπέδου 100 mg/Kg κ.ο.κ. Δραματικές ήταν οι συνέπειες για κάποιους κορυφαίους καταναλωτές, όπως αρπακτικά πουλιά, των οποίων επηρεάστηκε η χημική σύνθεση των κελυφών των αυγών. Έτσι αυτά έγιναν εξαιρετικά εύθραυστα, ελαττώθηκε σημαντικά ο αριθμός των απογόνων και απειλήθηκαν με εξαφάνιση πολλά είδη. Αποτέλεσμα ήταν να διαταραχθεί σημαντικά η ισορροπία των τροφικών πλεγμάτων. (Για τον παραπάνω λόγο απαγορεύτηκε η χρήση του DDT στις περισσότερες αναπτυγμένες χώρες, όπως και στην Ελλάδα το 1977).

Οξίνιση των ωκεανών

Οι ωκεανοί είναι οι κύριοι ρυθμιστές του παγκόσμιου κλίματος και κρύβουν τεράστια ποικιλία ειδών και οικοσυστημάτων. Περίπου το 90% της βιομάζας του πλανήτη βρίσκεται στους ωκεανούς, από μικρόβια μέχρι τα πιο έξυπνα ζώα της Γης, τις φάλαινες. Παρόλη την

σημαντικότητα των ωκεάνιων, θαλάσσιων και παράκτιων οικοσυστημάτων ακόμη ο υδάτινος αυτός κόσμος δε λαμβάνει της αναγκαίας προσοχής. Τα προβλήματα που αφορούν στα οικοσυστήματα αυτά απλώς τυγχάνουν μιας επιφανειακής/πρόχειρης επεξεργασίας και αντιμετώπισης, σε ό,τι αφορά τόσο στη λήψη αποφάσεων όσο και στην ολοκλήρωση σχεδίων δράσης και μελετών.

Ο άνθρωπος φαίνεται ότι ακόμα και σήμερα θεωρεί δεδομένη τη συνεχή εκμετάλλευση των υπηρεσιών που προσφέρουν τα οικοσυστήματα. Η αντίληψη της ανεξάντλητης ρυποχωρητικότητας των ωκεανών, η ανεξέλεγκτη εκμετάλλευση πόρων και η εισαγωγή ξενικών εισβαλόντων ειδών οδήγησε στη ρύπανση, στην υποβάθμιση ή ακόμα και καταστροφή οικοτόπων και στην εξαφάνιση ειδών. Τα ιχθυοαποθέματα εξαιτίας της υπεραλίευσης, της παράνομης αλιείας και της χρήσης καταστρεπτικών αλιευτικών εργαλείων βρίσκονται σε πορεία κατάρρευσης, ενώ το θαλάσσιο-ωκεάνιο περιβάλλον γίνεται όλο και πιο θερμό, όξινο και αφιλόξενο. Όλα αυτά τα προβλήματα μεγεθύνονται υπό το πρίσμα της επιταχυνόμενης κλιματικής αλλαγής εξαιτίας της ανθρώπινης δραστηριότητας.



Παγκοσμίως ήδη γίνονται αντιληπτές αλλαγές στο περιβάλλον με έντονες επιπτώσεις, όπως αύξηση της στάθμης της θάλασσας, επιδείνωση της συχνότητας των έντονων καιρικών φαινομένων (καταιγίδες κτλ), μείωση στη διαθεσιμότητα των φυσικών πόρων, διαταραχή εποχικών καιρικών μοτίβων, λιώσιμο πολικών πάγων, αλλαγές στην παροχή και ποιότητα γλυκού νερού. Αυτές οι αλλαγές συμβαίνουν με ρυθμούς ταχύτατους, άνευ προηγουμένου, που τελικά έχουν αντίκτυπο και στον άνθρωπο, είτε μέσω της υποβάθμισης της υγείας και της ποιότητας ζωής του, είτε μέσα από την γενικευμένη κρίση στην οικονομία.

Ένας πολύ σημαντικός δείκτης της υποβάθμισης των ωκεανών, είναι το φαινόμενο της οξίνισής τους, δηλαδή της μείωσης του pH τους. Με λίγα λόγια, οι ωκεανοί μπορούν να

λειτουργούν ως «παγίδες» διοξειδίου του άνθρακα, μετριάζοντας μάλιστα έτσι τα αποτελέσματα των αυξημένων εκπομπών του αερίου αυτού εξαιτίας της ανθρώπινης δραστηριότητας, αυξάνοντας όμως ταυτόχρονα την οξύτητα του νερού. Συγκεκριμένα, απορροφούν μεταξύ του $\frac{1}{4}$ και $\frac{1}{2}$ του ανθρωπογενούς CO₂, ενώ από την εποχή της βιομηχανικής επανάστασης η οξίνιση της επιφάνειας των ωκεανών αυξήθηκε κατά 30%. Ο ρυθμός με τον οποίο αυξάνεται η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα εξαιτίας της ανθρώπινης δραστηριότητας υπολογίζεται ότι είναι περίπου 100 φορές μεγαλύτερος τα τελευταία 650.000 χρόνια.

Αν αυτή η κατάσταση συνεχιστεί και στο μέλλον, σημαντικοί θαλάσσιοι οργανισμοί με ασβεστολιθικό εξωσκελετό (π.χ. ασβεστολιθικοί κοραλλιογενείς ύφαλοι, εξωτερικά προστατευτικά περιβλήματα οργανισμών), όπως κοράλλια και πλαγκτό, θα αντιμετωπίσουν δυσκολίες επιβίωσης. Η διαταραχή στη σύνθεση των θαλάσσιων οικοσυστημάτων, εξαιτίας της αδυναμίας των οργανισμών αυτών να προσαρμοστούν στις ταχύτατα μεταβαλλόμενες συνθήκες στη χημεία των θαλασσών, μπορεί να προκαλέσει στο τέλος ακόμα και την κατάρρευση ιχθυαποθεμάτων (καταστροφή οικοτόπων, μείωση τροφής) σε πολλές περιοχές και συνεπώς την οικονομική καταστροφή παράκτιων και θαλάσσιων αλιείων, αλλά και την τουριστική υποβάθμιση αυτών των περιοχών (π.χ. κοραλλιογενείς ύφαλοι αποτελούν θέλγητρο για τους λάτρεις της κατάδυσης).

Επίλογος

Από όλα όσα προαναφέρθηκαν φαίνεται ότι η ρύπανση των υδάτων φαίνεται πλήττει σημαντικά την ομαλή λειτουργία του πλανήτη. Γι' αυτό θα πρέπει να υπάρξει ευαισθητοποίηση από την πλευρά των ανθρώπων για να συνεχίσει η ανάπτυξη της ζωής στη Γη.

Βιβλιογραφία

http://www.doyk.gr/vivliothiki/pdf/perivallon/rypansi_nerou.pdf

<http://www.watersave.gr/index.php/2013-11-08-12-12-08>

<http://www.slideshare.net/aggelab/ss-16008143>

<http://8gym-perist.att.sch.gr/Programes/water/water6.htm>

http://eprints.teikoze.gr/198/1/GEWPE10_2010.pdf

http://europa.eu/legislation_summaries/environment/water_protection_management/l28002b_el.htm

http://www.tsirigotisxirio.gr/index.php?option=com_content&task=section&id=4&Itemid=27

<http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BD%CE%B1%CE%BA%CF%8D%CE%BA%CE%BB%CF%89%CF%83%CE%B7>

<http://www.neo.gr/website/ergasiamathiti/36.htm>

<http://8gym-perist.att.sch.gr/Programes/water/water6.htm>

<http://www.env-edu.gr/Chapters.aspx?id=115>

<http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-B115/90/712,2696/>

http://www.kosmonea.gr/wp-content/uploads/2013/11/astika_lymata.jpg

http://content-mcdn.ethnos.gr/filesystem/images/20110531/engine/assets_LARGE_t_420_44457552_type12128.jpg

<http://1gym-kilkis.kil.sch.gr/joo/images/stories/nero-pollution03.jpg>

http://www.real.gr/Files/Articles/Photo/550_334_148445.jpg

<http://www.econews.gr/wp-content/thumbnails/47505.jpg>

<http://www.afentoulis-geo.gr/images/products/pr0131.jpg>

<http://www.dietmet.gr/articles/diatrofi/98-i-simantikotita-toy-neroy-stin-ygeia-mas.html>

<http://www.atlantide.gr/component/content/article/41-2012-01-23-07-02-09/55-left-column>

www.akida.info/index.php?option=com_

Βιβλίο μαθητή Βιολογίας Β' λυκείου- ένθετο

http://www.biosyn-oelmek.org/ekpaideftiko_yliko/ekpaideftiko_yliko_files/Water.pdf

https://www.eydap.gr/index.asp?a_id=69

<http://www.solon.org.gr/index.php/2008-07-15-19-12-42/54-2008-07-15-14-19-18/259-2008-07-31-14-10-39.html>