

Το νερό: ένα υπερπολύτιμο αγαθό που κινδυνεύει. Η Πράσινη Χημεία στην προστασία του νερού.

Λάγουρη Μαρίνα¹, Μαρούλης Απόστολος,
Χατζάτογλου Αμαλία, Χατζηαντωνίου Κωνσταντίνα
Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Τμήμα Χημείας

1. Εισαγωγή

Σκοπός της εργασίας είναι να προσεγγίσουμε το νερό σφαιρικά κάνοντας αναφορά στην ιδιαίτερα μεγάλη σημασία που έχει από την αρχαιότητα μέχρι σήμερα στη ζωή των ανθρώπων, στο φαινόμενο της ρύπανσης και μόλυνσης των υδάτων, καθώς και τους παράγοντες και τις επιπτώσεις της ρύπανσης στο περιβάλλον και την υγεία των ανθρώπων. Γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στο ρόλο της πράσινης χημείας στην πρόληψη της ρύπανσης, στην εξοικονόμηση νερού και στην επεξεργασία του.

1.1. Ιστορική αναδρομή

Οι περισσότεροι πολιτισμοί (Μίνωες, Αρχαίοι Έλληνες, Φοίνικες, Αιγύπτιοι, Άραβες, Ρωμαίοι) γεννήθηκαν και αναπτύχθηκαν γύρω από το νερό. Σ' αυτούς τους πολιτισμούς μέχρι σήμερα το νερό δίνει ζωή, επιτρέπει την καλλιέργεια της τροφής, τη μεταφορά αγαθών και την ανταλλαγή πολιτιστικών στοιχείων. Αποτυπώνεται στη μυθολογία, στη φιλοσοφία, στη θρησκεία, στα ήθη και στα έθιμα των λαών, στη ζωγραφική, στην ποίηση και στη φωτογραφία. Άλλοτε εξυμνείται ως θεότητα και άλλοτε θεωρείται πηγή ζωής και ενέργειας που χαρίζει δύναμη και καλή υγεία.

1.2. Δομή, φυσικές και χημικές ιδιότητες του νερού

Πρόκειται για ανόργανη χημική ένωση του υδρογόνου και του οξυγόνου που συναντάται σε όλα τα τμήματα της βιόσφαιρας και με τις τρεις μορφές της ύλης, ο χημικός του τύπος του είναι H_2O . Ανάμεσα στα άτομα οξυγόνου και υδρογόνου σχηματίζεται απλός ομοιοπολικός δεσμός. Το νερό παρουσιάζει έντονα το φαινόμενο της σύζευξης, με τη δημιουργία δεσμών γέφυρας υδρογόνου. Δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των μορίων του νερού υπάρχουν και σε υψηλή σχετικά θερμοκρασία. Είναι υγρό στους 20°C, διαυγές, άχρωμο σε λεπτά στρώματα, κυανό σε μεγάλους όγκους. Το καθαρό νερό είναι άγευστο, ενώ το καλό πόσιμο νερό έχει ευχάριστη γεύση, που οφείλεται στα διαλυμένα άλατα και αέρια. Η πυκνότητα του νερού εξαρτάται από τη θερμοκρασία, με τη μέγιστη στους 4°C. Το σημείο πήξης του είναι 0°C, το σημείο βρασμού 100°C και η πυκνότητα του (στους 4°C) 1,0000 Kg/l. Είναι κακός ηλεκτρολύτης, διαλύει και ιοντοποιεί μεγάλο ποσοστό ουσιών, η θρεπτική του αξία είναι μηδαμινή, είναι κύριο συστατικό των έμβιων όντων, χαρακτηρίζεται από μεγάλη θερμοχωρητικότητα και οι μεταβολές στην θερμοκρασία του συντελούνται με αργούς ρυθμούς. Το νερό είναι αρκετά σταθερή ένωση με ποικίλη χημική δράση. Πολύ συνηθισμένες χημικές αντιδράσεις του νερού είναι οι οξειδοαναγωγικές, η θερμική διάσπαση, ο σχηματισμός υδριτών.

1.3. Σπουδαιότητα του νερού για τη ζωή και τον άνθρωπο -χρήσεις του νερού

Το νερό είναι η περισσότερο διαδεδομένη χημική ένωση, αποτελεί βασικό στοιχείο της ζωής, αναπτύσσει διάφορες βιολογικές λειτουργίες, από την πέψη και τον μεταβολισμό μέχρι τη ρύθμιση της θερμοκρασίας του σώματος. Αποτελεί τον κυριότερο διαλύτη για τις βιταμίνες, μέταλλα, αμινοξέα, γλυκόζη και άλλα θρεπτικά

συστατικά. Η ανεπαρκής ενυδάτωση του οργανισμού και οι αυξημένες απώλειες υγρών οδηγούν στην αφυδάτωση. Κύριες χρήσεις του νερού: Το 86% του νερού χρησιμοποιείται στη γεωργία για την άρδευση φυτικών καλλιεργειών, 11% για βιομηχανική χρήση, 3% για οικιακή χρήση το ποσοστό αυτό εξαρτάται από το βιοτικό επίπεδο μιας χώρας και από το είδος του πληθυσμού.

1.4. Η παγκόσμια κατανομή νερού

Αν και το 70% της επιφάνειας του πλανήτη καλύπτεται από νερό, μόνο το 2,5% των υδάτων είναι γλυκά, ενώ το 97,5%, βρίσκεται στις θάλασσες. Το 99% του πόσιμου νερού είναι δεσμευμένο στους παγετώνες ή βρίσκεται βαθιά κάτω από την επιφάνεια της γης, στα οποία δεν έχει πρόσβαση ο άνθρωπος. Μόνο το 1% είναι άμεσα διαθέσιμο.

2. Η ρύπανση των υδάτινων πόρων

2.1. Αστική, αγροτική και βιομηχανική ρύπανση

Με τον όρο ρύπανση του νερού εννοούμε κάθε ανεπιθύμητη αλλαγή στα φυσικά, χημικά και βιολογικά χαρακτηριστικά του, η οποία μπορεί να γίνει ζημιογόνος για τον άνθρωπο, τους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς. Η ρύπανση δημιουργείται με την απελευθέρωση σε λίμνες, ποτάμια και θάλασσες, ουσιών οι οποίες ή διαλύονται, ή κατακάθονται στον πυθμένα. Διακρίνεται στην άμεση ρύπανση, που είναι άμεσα ορατή και την έμμεση η οποία δεν είναι ορατή και δεν γίνεται γρήγορα αντιληπτή. Μόλυνση είναι μια ειδική κατηγορία ρύπανσης, που οφείλεται σε μικροοργανισμούς. Αιτίες ρύπανσης α) από διάλυση τοξικών και δηλητηριωδών ουσιών που προκαλείται από χημικές, συνθετικές και ραδιενεργές ουσίες, χημική ρύπανση β) από ελάττωση του διαλυμένου οξυγόνου και αύξηση της θερμοκρασίας, βιολογική ρύπανση.

Τα αστικά λύματα με μεγάλη περιεκτικότητα σε οργανικά συστατικά καταλήγουν συνήθως σε θάλασσες, λίμνες, ποτάμια. Οι χωματερές και οι χώροι ενταφιασμού απορριμμάτων αποτελούν πηγή ρύπανσης των υπόγειων υδάτων.

Η αγροτική ρύπανση αφορά τη ρύπανση από τα λιπάσματα και τη ρύπανση από τα φυτοφάρμακα. Ποιοτικά οι πιο επιβλαβείς ρύποι από τη γεωργία, είναι τα νιτρικά ιόντα. Η άρδευση και η χρήση των λιπασμάτων ανόργανου αζώτου συντελούν στην ταχύτατη αύξηση των νιτρικών σε πολλές αγροτικές περιοχές.

Οι κύριες κατηγορίες της βιομηχανικής ρύπανσης του νερού: Οργανική, από τις βιομηχανίες τροφίμων. Ρύπανση με θρεπτικά από βιομηχανίες λιπασμάτων. Ρύπανση με βαρέα μέταλλα, από χημικές βιομηχανίες και βυρσοδεψεία. Θερμική ρύπανση από νερά ψύξης.

Άλλες μορφές ρύπανσης είναι από πετρελαιοειδή, που καλύπτουν την επιφάνεια του νερού, εμποδίζοντας την ανταλλαγή των αερίων μεταξύ αέρα και νερού και έτσι βλάπτουν τους υδρόβιους οργανισμούς, επιδρούν στις τροφικές αλυσίδες, εμποδίζουν την αναπαραγωγή της θαλάσσιας ζωής και μειώνουν την φυσική αντίσταση των οργανισμών. Πολλά βακτήρια που ζουν στο πετρέλαιο, έχουν την ικανότητα να το διασπούν, εξυγιαίνοντας έτσι τις ρυπασμένες περιοχές. Ρύπανση των υδάτων έχουμε και από τοξικές χημικές ουσίες, βαριά μέταλλα, αέριους ρύπους, πλαστικά και άλλα απορρίμματα, το φαινόμενο της όξινης βροχής.

3. Αποτελέσματα της ρύπανσης

3.1. Ευτροφισμός των νερών

Κατά τον ευτροφισμό αυξάνεται υπέρμετρα η συγκέντρωση θρεπτικών στοιχείων, που προκαλείται από τον εμπλουτισμό των υδάτων με απορροές θρεπτικών στοιχείων από τα απόβλητα αγροτικών περιοχών με τα διαλυμένα σ' αυτά αστικά λύματα και τα βιομηχανικά υγρά απόβλητα (νιτρικά και φωσφορικά ιόντα από λιπάσματα και απορρυπαντικά). Ρύπανση και ευτροφισμός δεν είναι το ίδιο πράγμα. Μία περιοχή μπορεί να είναι ρυπασμένη χωρίς να έχει γίνει ευτροφική. Ο ευτροφισμός μπορεί να οδηγήσει σε ρύπανση, προξενώντας έλλειψη οξυγόνου στο νερό, μαζική ανάπτυξη φυκιών κ.ά.

3.2. Μείωση του διαλελυμένου οξυγόνου 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. Όσο αυξάνεται η ρύπανση των νερών, με οργανικές ύλες, και ανεβαίνει η θερμοκρασία τους, τόσο μειώνεται το διαλυμένο οξυγόνο.

3.3. Υφαλμύρωση υπόγειων υδάτων

Η εντατική άντληση των υπόγειων νερών με ρυθμό που δεν επιτρέπει την ανανέωση τους, καθώς και έργα αποστράγγισης υγροτόπων προκαλούν την υφαλμύρωση των γλυκών υπόγειων υδάτων σε κάποια απόσταση από την ακτή. Παρουσιάζεται σε αρκετές παράκτιες περιοχές της Ελλάδας δημιουργώντας προβλήματα τόσο στις καλλιέργειες (Αργολίδα, δέλτα Έβρου, Νέστου, Ευρώτα και Άραχθου) όσο και στην ύδρευση οικισμών (Κασσάνδρα Χαλκιδικής και όλη η παράκτια ζώνη του Θερμαϊκού).

3.4. Ρύπανση Θαλασσών, ποταμών και λιμνών

Οι ζώνες του ωκεανού που έχουν τη μεγαλύτερη σημασία για την επιβίωση των ζωντανών οργανισμών είναι εκείνες που βρίσκονται περισσότερο εκτεθειμένες στη μόλυνση. Μερικές ενώσεις υδραργύρου είναι αβλαβείς για τους ζωντανούς οργανισμούς όταν φτάσουν στο βυθό μετατρέπονται από τα βακτηρίδια σε μεθύλιο υδράργυρο που είναι θανατηφόρος. Εξαιτίας των ιδιοτήτων του, το νερό επιδρά πάνω σε ουσίες που προκαλούν μόλυνση, φτάνει να είναι βιοδιασπώμενες. Μέταλλα, όπως ο χαλκός, σίδηρος, νίκελ, κοβάλτιο και ιδιαίτερα το μαγγάνιο, ιονίζονται και μεταφέρονται στον πυθμένα του ωκεανού, κατακαθίζουν συνήθως σαν οξείδια γύρω από μικρά αντικείμενα, το μεγαλύτερο μέρος των απορριμμάτων που φτάνουν στη θάλασσα διαλύεται, μερικές ουσίες όπως είναι το θειικό οξύ εξουδετερώνονται πολύ εύκολα. Η Μεσόγειος είναι μια κλειστή θάλασσα, ιδιαίτερα ευαίσθητη στη ρύπανση. Οι ελληνικές ακτές, είναι ιδιαίτερα ευάλωτες, τα σοβαρότερα προβλήματα εστιάζονται σε Ελευσίνα, Θερμαϊκό, Παγασητικό, Αμβρακικό και Αργολικό Κόλπο, σε Πάτρα, Ηράκλειο και στη λιμνοθάλασσα Μεσολογίου. Ρύπανση εντοπίζεται και στα ανοιχτά του Αιγαίου Πελάγους. Τα ποτάμια οικοσυστήματα κινδυνεύουν παντού εξαιτίας της κατάχρησης των περιορισμένων αποθεμάτων γλυκού νερού. Εκπέμπεται SOS για δέκα από τα μεγαλύτερα ποτάμια του πλανήτη: Δούναβη, Νείλο, Ρίο Γκράντε, Λα Πλάτα, Γιανγκτσέ, Μεκόνγκ, Σαλούιν, Γάγγη και Μάρεϊ – Ντάρλινγκ. Μόνο 5 από τα 55 μεγάλα ποτάμια της Ευρώπης θεωρούνται καθαρά. Στην Ελλάδα του 2011 η μεγαλύτερη ρύπανση εντοπίζεται σε ποταμούς της Β. Ελλάδας, Νέστο, Αλιάκμονα, Αξιό και Έβρο με μεγάλες συγκεντρώσεις αζώτου φωσφόρου, σοβαρές ενδείξεις ρύπανσης εντοπίζονται και στον Λούρο, Καλαμά, Πηνεϊό (υδάτινη χωματερή της Θεσσαλίας) και Ασωπό, που χαρακτηρίστηκε ως έγκλημα κατά της δημόσια υγείας.

Σχεδόν οι μισές λίμνες του κόσμου αλλοιώθηκαν από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Οι κύριες απειλές οφείλονται στην υπεραλίευση, μόλυνση, επέκταση των πόλεων και επιπτώσεις από βιομηχανικές και γεωργικές δραστηριότητες. Η κατάσταση των ελληνικών λιμνών είναι περισσότερο κρίσιμη, γιατί είναι αποδέκτες ρύπων μέσω αποστραγγίσεων γεωργικών εκτάσεων ή απ' ευθείας απόρριψης αστικών λυμάτων και βιομηχανικών υγρών αποβλήτων (λίμνη Ιωαννίνων, Καστοριάς, Πετρών, Βεγορίτιδα και Βιστωνίδα), οι οποίες εμφανίζουν προβλήματα ευτροφισμού. Σε αρκετές λίμνες (Βιστωνίδα, Βόλβη, Μικρή Πρέσπα), ανιχνεύονται οργανοχλωριωμένα φυτοφάρμακα, (DDT, Dieldrin, Endrin, Aldrin, Isodrin) και Πτητικές Οργανικές Ενώσεις (VOC). Χαρακτηριστικό παράδειγμα η ρύπανση και καταστροφή της λίμνης Κορώνειας.

4. Το πόσιμο νερό

4.1 Τι είναι το πόσιμο νερό

Πόσιμο νοείται το νερό που χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση, είτε με προηγούμενη επεξεργασία, είτε όχι, οποιαδήποτε και αν είναι η προέλευσή του. Πρέπει να είναι διαυγές, άχρωμο, άοσμο, δροσερό (θερμοκρασίας 7 - 11 βαθμών Κελσίου) και να περιέχει μικρή ποσότητα ανόργανων αλάτων (0,5 γραμ. στο λίτρο). Το νερό, που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση δεν πρέπει να περιέχει χημικές ουσίες και μικροοργανισμούς σε ποσότητες που μπορεί να έχουν επιπτώσεις στην υγεία. Η Υγειονομική Διάταξη για το πόσιμο νερό, που ισχύει σήμερα Περιλαμβάνει 62 παραμέτρους ταξινομημένες σε πέντε βασικές ομάδες: Οργανοληπτικές - Φυσικοχημικές - Ανεπιθύμητες - Τοξικές - Μικροβιολογικές.

4.2 Το εμφιαλωμένο νερό

Ως εμφιαλωμένο ορίζεται το νερό που πωλείται σε σφραγισμένες φιάλες. Χαρακτηρίζεται ακόμη και “νερό πηγής”, ή “μεταλλικό νερό”, ενώ υπάρχει και το επιτραπέζιο (κοινό πόσιμο συσκευασμένο νερό). Επίσης, μπορεί να προέρχεται και από άλλες υδάτινες πηγές, οι οποίες έπειτα από κατάλληλη επεξεργασία καθίστανται πόσιμες.

5. Οι Πράσινες λύσεις

5.1 Η σημασία της πρόληψης

Η αρχή της πρόληψης είναι μία από τις βασικές αρχές των πολιτικών Βιώσιμης Ανάπτυξης και της Πράσινης Χημείας. Στα πλαίσια της ρύπανσης του νερού η αρχή αυτή θα μπορούσε να διατυπωθεί ως εξής: **«είναι προτιμότερο να προλάβουμε τους παράγοντες που ρυπαίνουν τους υδάτινους πόρους αντί να προσπαθούμε να τους αντιμετωπίσουμε εκ των υστέρων».**

5.2 Ο ρόλος της Πράσινης Χημείας στην παγκόσμια κρίση νερού.

Πρωταρχικός στόχος της Πράσινης Χημείας είναι η πρόληψη της ρύπανσης, με την εφαρμογή ενός συνόλου αρχών που μειώνουν ή εξαλείφουν τη χρήση και το σχηματισμό επικίνδυνων χημικών ουσιών κατά τα στάδια του σχεδιασμού, της παρασκευής και της χρήσης των χημικών προϊόντων.

5.3 Πράσινες μέθοδοι στην πρόληψη της ρύπανσης του νερού.

Έρευνες έχουν δείξει ότι μεταξύ των βιομηχανοποιημένων κρατών η χημική

βιομηχανία κατέχει, με διαφορά, την πρώτη θέση στην κατανάλωση νερού (43%). Ακολουθούν οι διαδικασίες επεξεργασίας μετάλλων (26%) και η επεξεργασία χαρτιού (11%). Οι δραστηριότητες αυτές είναι ζημιογόνες τόσο διότι απαιτούν την κατανάλωση τεραστίων ποσοτήτων νερού, όσον και διότι οδηγούν στη δημιουργία αποβλήτων, τα οποία ρυπαίνουν το περιβάλλον στο οποίο αποτίθενται.

Η Πράσινη Χημεία δραστηριοποιείται στους τομείς αυτούς ώστε να προτείνει καινοτόμες και βιώσιμες εναλλακτικές λύσεις έναντι στις συμβατικές μεθόδους. Ήδη έχουν γίνει σημαντικά βήματα σε πολλούς τομείς με τεχνικές που εφαρμόζονται άλλες σε μεγάλο και άλλες σε μικρότερο βαθμό. Ενδεικτικά αναφέρονται εφαρμογές που αφορούν: στην επεξεργασία του βιομηχανικού νερού, στη διαδικασία παραγωγής χαρτιού, στην κατασκευή ημιαγωγών, στη φαρμακευτική βιομηχανία (με εναλλακτικές μεθόδους σύνθεσης φαρμάκων που παράγουν λιγότερα παραπροϊόντα), στην παρασκευή φυτοφαρμάκων (με την αντικατάσταση των συνθετικών οργανικών μεθόδων παρασκευής), στις διάφορες επεξεργασίες των μετάλλων καθώς και στις μεθόδους αποσκλήρυνσης του νερού.

6. Πράσινες μέθοδοι στην επεξεργασία του νερού.

6.1 Αφαλάτωση του νερού

Αφαλάτωση ονομάζεται γενικά η διεργασία αφαίρεσης αλάτων από μια ουσία και κυρίως από αλατούχα ύδατα. Κατ' επέκταση λοιπόν, η αφαλάτωση είναι μια μέθοδος ανάκτησης πόσιμου νερού από θαλασσινό νερό, υφάλμυρα ποτάμια και λίμνες.

Η πιο διαδεδομένη τεχνική αφαλάτωσης είναι αυτή της αντίστροφης όσμωσης. Η τεχνική βασίζεται στη διέλευση του θαλασσινού σε υψηλή πίεση μέσα από μεμβράνες που διαχωρίζουν το νερό εισόδου σε δύο κλάσματα. Το διήθημα και το συμπύκνωμα. Στο συμπύκνωμα παραμένει το 99,8 % των αλάτων του διηθήματος. Το διήθημα είναι νερό εξαιρετικά χαμηλής περιεκτικότητας σε άλατα κατάλληλο για ύδρευση, άρδευση και για τις περισσότερες βιομηχανικές χρήσεις.

6.2 Φωτοκαταλυτικές μεμβράνες για την απομάκρυνση οργανικών ρύπων από το νερό

Το συνδυασμένο αυτό σύστημα μεμβρανών και φωτοκατάλυσης κάνει χρήση της μεμβράνης για το διαχωρισμό του καταλύτη από το διάλυμα που υποβάλλεται σε κατεργασία, ώστε να χρησιμοποιηθεί στη φωτοοξειδωτική αποικοδόμηση των οργανικών ρύπων, αλλά και ως ένα είδος φράγματος για τους μη οξειδωμένους ρύπους και τα ποικίλα παραπροϊόντα.

6.3 Οι υπέρηχοι στον καθαρισμό του νερού

Οι υπέρηχοι συνιστούν το εύρος των συχνοτήτων του ήχου πέραν των ορίων που μπορεί να αντιληφθεί ο άνθρωπος. Οι υπέρηχοι αποτελούν εργαλείο για την αντιμετώπιση της ρύπανσης του νερού καθώς αποτελούν έναν αποτελεσματικό τρόπο επεξεργασίας του που δεν είναι ρυπογόνος όπως η χημική επεξεργασία (π.χ. καθαρισμός πετρελαιοκηλίδων). Η ικανότητα των υπερήχων να προκαλούν τη δημιουργία φυσαλίδων στα υγρά είναι η πιο ενδιαφέρουσα απ' τις ιδιότητές τους για την επεξεργασία των αποβλήτων υδάτων. Το είδος του παραγόμενου αποτελέσματος καθορίζεται κυρίως από τη συχνότητα των υπερήχων. Μεταβάλλοντας αυτή την παράμετρο δημιουργούνται διάφορα χημικά ή μηχανικά φαινόμενα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

“Green chemistry and the global water crisis”

Dennis L. Hjeresen, The Green Chemistry Institute, American Chemical Society. Pure Appl. Chem., Vol. 73, No. 8, pp. 1237–1241, 2001.

“Ultrasonic waste-water treatment: incidence of ultrasonic frequency on the rate of phenol and carbon tetrachloride degradation.”

Christian Pdtrier *, Anne Francony, Ultrasonics Sonochemistry 4 (1997) 295
300