



Παραδείγματα προϊόντων τα οποία κατά τη χρήση πιθανόν να προσδώσουν ξενοβιοτικές ενώσεις στα αποχετευτικά συστήματα είτε μέσω απευθείας εισαγωγής είτε μέσω του ανθρώπινου μεταβολισμού.

Ύπαρξη Ξενοβιοτικών Ενώσεων σε Επεξεργασμένα Αστικά Λύματα: Ένα Αναδυόμενο Περιβαλλοντικό Πρόβλημα

Η ύπαρξη ξενοβιοτικών ενώσεων (δηλαδή ενώσεων ξένων προς τη φύση και τον άνθρωπο και άρα συνθετικών) στα αστικά λύματα αλλά και στα φυσικά νερά, αποτελεί σήμερα ένα νέο πεδίο έρευνας και ταυτόχρονα ακόμα μία ανησυχία, αναφορικά με τις επιπτώσεις που μπορεί οι ενώσεις αυτές να επιφέρουν τόσο στο περιβάλλον, όσο και στην ανθρώπινη υγεία. Τέτοιες ενώσεις είναι ουσίες οι οποίες χρησιμοποιούνται σε πληθώρα καταναλωτικών προϊόντων (Εικόνα 1) τα οποία χρησιμοποιούμε στα σπίτια μας και στους χώρους εργασίας, με αποτέλεσμα αυτές να καταλήγουν στους σταθμούς επεξεργασίας μέσω των αποχετευτικών συστημάτων. Στη συνέχεια οι εν λόγω ενώσεις καταλήγουν στο περιβάλλον μέσω της διοχέτευσης των επεξεργασμένων λυμάτων σε υδάτινα σώματα, στη θάλασσα προς άρδευση ή για εμπλουτισμό υδροφορέων. Και αυτό συμβαίνει λόγω του ότι οι παραδοσιακές μέθοδοι επεξεργασίας οι οποίες εφαρμόζονται σήμερα στους σταθμούς επεξεργασίας λυμάτων δεν επαρκούν για την απομάκρυνση τέτοιων ενώσεων οι οποίες θεωρούνται ανθεκτικές και δεν οξειδώνονται/αφαιρούνται εύκολα.

Οι ξενοβιοτικές ενώσεις, όπως για παράδειγμα φυτοφάρμακα, αλκυφαινόλες (περιέχονται π.χ. σε καλλυντικά και απορρυπαντικά), στεροειδείς ορμόνες (στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται επιπλέον και τα φυσικά οιστρογόνα τα οποία εκκρίνονται από τις γυναίκες όπως οιστραδιόλη, οιστρονίη, οιστριόλη αλλά και τα συνθετικά τα οποία περιέχονται στα αντισυλληπτικά χάπια όπως η αιθινυλοιστραδιόλη), δισφαινόλη (περιέχεται π.χ. σε πλαστικά προϊόντα), φθάλικοι εστέρες (περιέχονται π.χ. σε πλαστικά και εντομοκτόνα), πολυχλωρωμένα διφαινόλια, πολυκυκλικό αρωματικό υδρογονάνθρακες κ.λπ., δεν αποικοδομούνται εύκολα και ούτε απομακρύνονται σε ικανοποιητικό βαθμό με τις παραδοσιακές μεθόδους που εφαρμόζονται στους σταθμούς επεξεργασίας λυμάτων. Μια από μελέτες των τελευταίων 10 ετών, έχει διαπιστωθεί ότι τέτοιες ενώσεις μπορούν να επιφέρουν ενδοκρινικές διαταραχές σε οργανισμούς. Είναι βέβαια λογικό να σκεφθεί κανείς ότι τέτοιες ενώσεις υπήρχαν στα λύματα εδώ και πολλά χρόνια. Είναι τα τελευταία 10 χρόνια όμως που κατέστη δυνατός ο ποσοτικός προσδιορισμός τους σε χαμηλά επίπεδα συγκεντρώσεων μέσω νέων προχωρημένων χημικών αναλυτικών μεθόδων. Έτσι η ύπαρξη των ενώσεων αυτών συνδέθηκε με περιβαλλοντικά προβλήματα τα οποία υπάρχουν εδώ και καιρό, η συσχέτιση των οποίων όμως με τις ουσίες αυτές δεν ήταν προηγουμένως εφικτή, λόγω της αδυναμίας των αναλυτικών χημικών και βιολογικών εργαστηριακών μεθόδων να προσδιορίζουν τις ενώσεις αυτές. Οι συγκεντρώσεις που απελευθερώνονται στο περιβάλλον είναι σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα (νανο-γραμμάρια ή μικρο-γραμμάρια στο λί-



Ξενοβιοτικές ενώσεις στο περιβάλλον και θηλυκοποίηση οργανισμών

τρο) αλλά η συνεχής εισαγωγή τους στο περιβάλλον είναι το γεγονός που δημιουργεί τα ερωτηματικά ως προς τη δυνατότητα που έχουν να επιφέρουν αρνητικές επιπτώσεις.

Η κατηγορία των χημικών ενώσεων που προκαλούν ενδοκρινική διαταραχή αποτελεί ένα από τα πιο σοβαρά σύγχρονα προβλήματα για το περιβάλλον και τη δημόσια υγεία. Η ανησυχία των επιστημόνων έχει εκφραστεί σε παγκόσμιο επίπεδο και ήδη έχουν εγκριθεί από την Ευρωπαϊκή Ένωση αρκετά σχετικά ερευνητικά προγράμματα. Οι ενώσεις που έχουν προαναφερθεί είτε 'μιμούνται' τις φυσικές ορμόνες με αποτέλεσμα να επιφέρουν διαταραχή στο ενδοκρινικό σύστημα το οποίο ως γνωστό ελέγχει όλες τις βασικές λειτουργίες του ανθρώπου, στέλνοντας 'λάθος μηνύματα' μέσα στον οργανισμό είτε εμποδίζουν την κανονική λειτουργία των φυσικών ορμονών. Τέτοιες ενώσεις έχουν ήδη ανιχνευθεί σε πουλιά, ψάρια και μαλάκια, χελώνες και άλλους οργανισμούς σε όλο τον κόσμο, των οποίων βασικές λειτουργίες όπως η αναπαραγωγή διαφοροποιείται ή ακόμα επιφέρει θηλυκοποίηση των αρσενικών ειδών (Εικόνα 2). Τέτοια παραδείγματα έχουν εντοπισθεί σε πολλές χώρες της Ευρώπης αλλά και στην Αμερική.

Μία νέα κατηγορία που εξετάζεται σήμερα, διεθνώς, είναι αυτή των φαρμακευτικών καταλοίπων. Οι φαρμακευτικές ενώσεις, εξαιτίας της συνεχώς αυξανόμενης και μη ελεγχόμενης χρήσης τους, αποτελούν σήμερα ένα νέο περιβαλλοντικό πρόβλημα. Στην Ευρώπη αλλά και στην Κύπρο, περίπου 4000 ενεργά φαρμακευτικά συστατικά πωλούνται προς χρήση για τον άνθρωπο. Στην πραγματικότητα, μετά τη χρήση τους, συχνά, οι φαρμακευτικές ενώσεις και ειδικότερα τα ενεργά τους συστατικά αποβάλλονται από τον άνθρωπο



Εισαγωγή φαρμακευτικών ενεργών συστατικών στην αποχέτευση

οργανισμό είτε σε μεταβολισμένη είτε σε μη μεταβολισμένη μορφή με αποτέλεσμα να εισέρχονται στα αποχετευτικά συστήματα και στη συνέχεια στους σταθμούς επεξεργασίας αστικών λυμάτων (Εικόνα 3).

Μερικά από αυτά απομακρύνονται μόνο μερικώς στους σταθμούς και έτσι μέσω των επεξεργασμένων ροών λυμάτων καταλήγουν στη συνέχεια σε επιφανειακά νερά, εδάφη, καλλιέργειες, κ.λπ. Έρευνες που έχουν διεξαχθεί μέχρι τώρα, έχουν δείξει ότι οι σταθμοί επεξεργασίας λυμάτων είναι οι κύριες πηγές απόρριψης τέτοιων ουσιών στο περιβάλλον. Άλλες

τέτοιες πηγές είναι οι κοπριές που χρησιμοποιούνται ως λίπασμα σε καλλιέργειες, διότι αυτές περιέχουν φαρμακευτικές ενώσεις που έχουν χορηγηθεί σε ζώα. Παρόλο που οι συγκεντρώσεις των ουσιών αυτών σύμφωνα με τη διεθνή βιβλιογραφία είναι σε χαμηλότερα επίπεδα από αυτά που μπορούν να επιφέρουν επιπτώσεις οξείας τοξικότητας σε οργανισμούς που ζουν σε υδάτινα σώματα, η διεθνή επιστημονική κοινότητα τονίζει την αβεβαιότητα ακόμα για τις τελικές επιπτώσεις αυτού του φαινομένου. Συστήνει ότι θα πρέπει να διερευνηθεί σε μεγαλύτερο βαθμό ο κίνδυνος από αυτές τις ουσίες προς τον άνθρωπο και γενικότερα προς το περιβάλλον.

Αυτό που έχει ήδη διαπιστωθεί είναι η ανάπτυξη βακτηρίων στο περιβάλλον τα οποία είναι ανθεκτικά σε αντιβιοτικά, γεγονός που έχει σημαντικές προεκτάσεις για την ανθρώπινη υγεία. Το DNA που ευθύνεται για την ανθεκτικότητα των μικροοργανισμών στις φαρμακευτικές ουσίες ρυπαίνεται όλο και περισσότερο τα νερά και τα εδάφη, από τις οικιακές βρώσες μέχρι και τα γεωργικά προϊόντα.

Οι επιστήμονες σήμερα προειδοποιούν ότι

είν ο κίνδυνος από αυτό τον τύπο ρύπανσης δεν αντιμετωπισθεί, θα μπορούσε να επιδεινωθεί το ήδη διογκούμενο πρόβλημα της φαρμακευτικής αντοχής μεταξύ των δυνητικά επιβλαβών μικροβίων. Τα γονίδια του DNA, λοιπόν, εντάσσονται πλέον στο μακρύ κατάλογο των ρύπων που απαντούν σε υδατικά συστήματα, και θέτουν προκλήσεις αναφορικά με την ανάπτυξη αποτελεσματικών μέσων για την επεξεργασία των λυμάτων αλλά και άλλων υδατικών συστημάτων. Πρόσφατα, ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) ανέφερε ότι τα μικρόβια με ανθεκτικότητα στα φάρμακα προσβάλλουν ετησίως στις ΗΠΑ περισσότερους από 2 εκατομμύρια ανθρώπους, ενώ συνεισφέρει αυτών των μολύνσεων καταγράφονται περίπου 14.000 θάνατοι, (Scientific American, February 2007). Στην Κύπρο λόγω του έντονου προβλήματος έλλειψης νερού η κυβέρνηση τα τελευταία χρόνια έχει στρέψει την προσοχή της προς την εκμετάλλευση κάθε σταγόνας διαθέσιμου νερού και κυρίως προς την επαναχρησιμοποίηση των επεξεργασμένων αστικών λυμάτων για αρδευτικούς σκοπούς και για εμπλουτισμό υδροφορέων. Παρόλο το μεγάλο πρόβλημα έλλειψης νερού και της ευρείας χρήσης ανακυκλωμένου νερού ακόμα και για εδωδιμους καρπούς, δεν έχουν πραγματοποιηθεί έλεγχοι που να αφορούν τις ξενοβιοτικές ουσίες. Η ανησυχία έγκειται στο γεγονός ότι οι σταθμοί στην Κύπρο εφαρμόζουν σύστημα ενεργού ιλύος το οποίο θεωρείται ένα από τα κλασικά και παραδοσιακά συστήματα επεξεργασίας το οποίο όμως δεν είναι ικανό να απομακρύνει μερικές από τις ενώσεις αυτές πλήρως. Για την ικανοποιητική απομάκρυνση τους απαιτείται η εφαρμογή νέων καινοτόμων μεθόδων.

Σχετική έρευνα η οποία χρηματοδοτείται από το Ίδρυμα Προώθησης Έρευνας και το Πανεπιστήμιο Κύπρου διεξάγεται από το Τμήμα των Πολιτικών Μηχανικών και Μηχανικών Περιβάλλοντος σε συνεργασία με ερευνητικά κέντρα του εξωτερικού και εστιάζει στην ύπαρξη καταλοίπων φαρμακευτικών ενώσεων στα επεξεργασμένα λύματα. Συγκεκριμένα η ΓΑΙΑ, ένα από τα εργαστήρια Μηχανικής Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Κύπρου, δραστηριοποιείται Κύπρου στα θέματα που αφορούν την ύπαρξη ξενοβιοτικών ενώσεων στο περιβάλλον, με την αξιολόγηση του κινδύνου που να προέρχεται από την παρουσία τέτοιων ενώσεων στο περιβάλλον καθώς και με το σχεδιασμό και εφαρμογή συστημάτων προχωρημένης επεξεργασίας με στόχο την απομάκρυνση τέτοιων ενώσεων από νερά και υγρά απόβλητα. Η κυβέρνηση θα πρέπει, επομένως, να δώσει σημασία στο θέμα αυτό και να προχωρήσει σε πρώτο στάδιο σε έμεση διερεύνηση για τον προσδιορισμό και άλλων κατηγοριών ξενοβιοτικών ενώσεων στα επεξεργασμένα λύματα τα οποία επαναχρησιμοποιούνται στην Κύπρο για πολλαπλούς διαφορετικούς σκοπούς.



Της Δ. Κάσιου, Επίκουρης Καθηγήτριας Πανεπιστημίου Κύπρου