

ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗ

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Απολύμανση είναι η κύρια διεργασία κατά την οποία οι παθογόνοι μικροοργανισμοί που περιέχονται στο νερό καταστρέφονται ή αδρανοποιούνται, χωρίς απαραίτητως το νερό να είναι αποστειρωμένο (AWWA, 1999; Droste, 1997). Ωστόσο, όλες οι διεργασίες επεξεργασίας του πόσιμου νερού επιτυγχάνουν σημαντική μείωση του αριθμού των παθογόνων μικροοργανισμών, παρόλο που δεν είναι πρωταρχικός τους στόχος (AWWA, 1999). Ουσιαστικά η απολύμανση είναι ένα από τα μεγαλύτερα επιτεύγματα του 20^{ου} αιώνα για τη διασφάλιση της ανθρώπινη υγείας (U.S EPA., 2003b).

Η ικανοποιητική παροχή ασφαλούς πόσιμου νερού είναι βασική προϋπόθεση για την ανθρώπινη υγεία. Η πρωταρχική σημασία του καθαρού νερού και η συσχέτιση μολυσμένου νερού και ασθενειών αναγνωρίστηκαν στο πρόσφατο παρελθόν. Ωστόσο, η πραγματική αιτία των ασθενειών έγινε αντιληπτή κατά το δεύτερο μισό του 19^{ου} αιώνα, οπότε η ανάγκη για απολύμανση του πόσιμου νερού έγινε εντονότερη (Harrison, 2001). Η προστασία της δημόσιας υγείας από τη μετάδοση παθογόνων μικροοργανισμών με το πόσιμο νερό είναι ένα διαδεδομένο πρόβλημα, το οποίο έχει επιπτώσεις όχι μόνο στις χώρες με χαμηλά πρότυπα υγιεινής αλλά και στις βιομηχανικές χώρες (Droste, 1997; Schoenen, 2002).

Δυστυχώς, παρόλο που η ανάπτυξη των προχωρημένων μεθόδων επεξεργασία ύδατος είναι ραγδαία, οι ασθένειες που μεταδίδονται μέσω του νερού αποτελούν βασική αιτία για το θάνατο πολλών ανθρώπων σε όλο τον πλανήτη (Harrison, 2001). Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (W.H.O.) υπολογίζει πως 1,1 δισεκατομμύρια άνθρωποι σε όλο τον πλανήτη πίνουν ακατάλληλο νερό και το 90% των θανάτων που οφείλονται στην ποιότητα του νερού είναι θάνατοι παιδιών (W.H.O., 2003). Στις αναπτυγμένες χώρες έχουν γίνει τεράστιες αλλαγές στις μεθόδους επεξεργασίας και παροχής του νερού, καθώς η γνώση για τους παθογόνους μικροοργανισμούς είναι αυξημένη. Οι βασικότεροι κίνδυνοι που σχετίζονται με τη μικροβιολογική μόλυνση του νερού έχουν ξεπεραστεί με την επεξεργασία τόσο των λυμάτων όσο και των μεγάλων ποσοτήτων νερού (Harrison, 2001). Εντούτοις, οι παθογόνοι μικροοργανισμοί πάντα θα αποτελούν ένα βασικό ζήτημα για την ανθρώπινη υγεία και είναι επιτακτική η ανάγκη συνεχούς επαγρύπνησης, καθώς βρισκόμαστε αντιμέτωποι όχι μόνο με τη διαρκή εξέλιξη των παθογόνων μικροοργανισμών (ιός SARS), αλλά και με τη μείωση της ζώνης του όζοντος που έχει ως αποτέλεσμα μικροβιακές

2 ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

Η χρήση της τεχνολογίας επεξεργασίας του νερού δεν είναι νέα, αλλά χρονολογείται πίσω 6000 έτη, όταν οι Έλληνες χρησιμοποιούσαν φίλτρα, βρασμό, διήθηση και έκθεση στο φως του ήλιου για να βελτιωθεί η αισθητική ποιότητα του προς κατανάλωση ύδατος (WHO, 2003). Ο Ηρόδοτος (5^{ος} αιώνας π.Χ.) καταγράφει πως ο Σύριος ο Μέγας κουβαλούσε βρασμένο νερό σε ασημένια φλασκιά, όταν ταξίδευε. Η εφαρμογή της πρακτικής αυτής στηριζόταν στο γεγονός ότι ο βρασμός σκότωνε τους παθογόνους μικροοργανισμούς και τα ιόντα αργύρου λειτουργούσαν ως ανασταλτικός παράγοντας ανάπτυξης βακτηρίων.

Οι Ρωμαίοι είχαν αναπτύξει ένα σύνθετο δίκτυο ύδρευσης προμηθεύοντας τις πόλεις τους με καθαρό νερό από μη μολυσμένες πηγές και είχαν διαχωρίσει τη διάθεση των λυμάτων από το δίκτυο. Ο Ιούλιος ο Φροντίνιος ο οποίος ήταν υπεύθυνος για την ύδρευση της Ρώμης τον 1^ο αιώνα μ.Χ. είναι γνωστός ως ο πρώτος μηχανικός υδραυλικών έργων. Γνώριζε ιδιαίτερα καλά τα προβλήματα που σχετίζονται με την παροχή καθαρού νερού σε ικανοποιητική ποσότητα για μία πόλη. Όμως, η περισσότερη γνώση των Ρωμαίων σχετικά με την ύδρευση χάθηκε μετά την πτώση της Ρωμαϊκής Αυτοκρατορίας με εξαίρεση ορισμένα μοναστήρια που ακόμη διατηρούν τέτοια συστήματα (Harrison, 2001).

Με το πέρασμα των αιώνων καθώς μεγάλωναν οι πόλεις, αυξάνονταν και τα προβλήματα σχετικά με την παροχή νερού και το 19^ο αιώνα η εμφάνιση τύφου και χολέρας 'έφερε' φόβο στις μεγαλύτερες πόλεις της Ευρώπης και της Βόρειας Αμερικής (Harrison, 2001). Ουσιαστικά η επεξεργασία του νερού άρχισε να εφαρμόζεται μετά την επιδημία χολέρας που χτύπησε το Αμβούργο το 1892, στην οποία 16.956 άνθρωποι αρρώστησαν ενώ 8605 πέθαναν, και το Λονδίνο το 1854 (Cheremisinoff, 1995; Schoenen, 2002). Ανακαλύφθηκε πως το νερό ήταν η πηγή μόλυνσης και πιο συγκεκριμένα ο John Snow αναγνώρισε την αντλία παροχής νερού στη Broadwick Street ως αιτία μετάδοσης της ασθένειας. Έγιναν τότε προσπάθειες για απολύμανση με χρήση υποχλωριώδους ασβεστίου (Cheremisinoff, 1995; Harrison, 2001). Την εποχή αυτή παράλληλα αναπτυσσόταν η θεωρία των μικροβιακών ασθενειών (germ theory of disease) από τους Pauster και Koch. Το 1881 ο Koch είχε αποδείξει πως το χλώριο μπορούσε να σκοτώσει βακτήρια, αλλά η χλωρίωση του πόσιμου νερού άρχισε να γίνεται συστηματική μετά τον τυφώδη πυρετό που ξέσπασε στο Λονδίνο το 1905 (Cheremisinoff, 1995). Στην Ευρώπη η πρώτη μεθοδική εφαρμογή απολύμανσης πόσιμου νερού πραγματοποιήθηκε στο Middelkerke στο Βέλγιο το 1902, ενώ στις Ηνωμένες Πολιτείες στο New Jersey και στο Chicago το 1908 (Cheremisinoff, 1995; Harrison, 2001).

Στη συνέχεια η χλωρίωση του πόσιμου νερού διαδόθηκε πολύ γρήγορα τόσο στις Ηνωμένες Πολιτείες, όσο και στην Ευρώπη, μέχρι τη δεκαετία του 1970, όπου η ανάπτυξη των αναλυτικών μεθόδων ελέγχου της ποιότητας του νερού, όπως αέρια χρωματογραφία, έφερε στο φως το κύριο μειονέκτημα της χλωρίωσης, που είναι ο σχηματισμός οργανικών παραπροϊόντων επιβλαβών για την υγεία. Το γεγονός αυτό έδωσε την ώθηση για την ανάπτυξη νέων μεθόδων απολύμανσης για την εξουδετέρωση των παθογόνων μικροοργανισμών που μεταδίδουν ασθένειες στο νερό, με στόχο παράλληλα την αποφυγή ή μείωση του σχηματισμού των οργανικών παραπροϊόντων της χλωρίωσης (Droste, 1997; Harrison, 2001). Οι μέθοδοι που αναπτύχθηκαν ήταν κυρίως η απολύμανση με όζον (O_3), βρώμιο (Br_2), υπεροξείδιο του χλωρίου (ClO_2) και υπεριώδη ακτινοβολία (UV). Ως απολυμαντικό έχει χρησιμοποιηθεί και ο άργυρος, ο οποίος είναι βακτηριοκτόνος (Droste, 1997).

3 ΠΑΘΟΓΟΝΟΙ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΟΙ

Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί είναι βιολογικά είδη που προκαλούν ασθένειες στον ανθρώπινο ξενιστή οργανισμό. Οι μικροοργανισμοί αυτοί διακρίνονται στις εξής κατηγορίες :

- ο Ιοί
- ο Βακτήρια
- ο Παράσιτα
- ο Μύκητες

Οι μικροοργανισμοί συνήθως προέρχονται από αποθέσεις ανθρωπίνων αποβλήτων, αποβλήτων μονάδων εκτροφής ζώων, βιομηχανικών αποβλήτων επεξεργασίας τροφών, νοσοκομειακών αποβλήτων και από διαρροές σηπτικών δεξαμενών. Η μετάδοση των ασθενειών δεν γίνεται μόνο με την κατανάλωση πόσιμου νερού, αλλά και με την επαφή με άνθρωπο που έχει ήδη μολυνθεί (αλλαγή πάνας), την κολύμβηση σε ακατάλληλα νερά και την κατανάλωση τροφής (Cheremisinoff, 1995; www.epa.gov). Μέχρι το 2001 είχαν καταγραφεί από τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (W.H.O.) 1415 είδη μικροοργανισμών που είναι παθογόνοι για τον άνθρωπο (W.H.O., 2003).

3.1 Ιοι

Οι ιοί είναι παράσιτα που μπορούν να αναπαραχθούν μόνο κυριαρχώντας στις εσωτερικές διαδικασίες των κυττάρων του ξενιστή και χρησιμοποιώντας τα κύτταρα αυτά για την αναπαραγωγή τους. Οι ιοί είναι εξαιρετικά μικρά σωματίδια των οποίων η επιφάνεια αποτελείται από πρωτεΐνες και αλλάζει σε μέγεθος και όγκο με αλλαγή του pH. Απορροφούν διάφορες ουσίες κάτω από συγκεκριμένες χημικές συνθήκες και έχουν ποικίλη αντίσταση σε περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως θερμοκρασία και υγρασία.

Οι εντερικοί ιοί έχουν αντοχή τόσο στο όξινο περιβάλλον όσο και στη θερμοκρασία (60°C). Οι περισσότεροι ιοί που προκαλούν ασθένειες στον άνθρωπο εισέρχονται στο νερό από αποθέσεις αποβλήτων (Πίνακας 1) (Cheremisinoff, 1995).

Πίνακας 1: Παθογόνοι Ιοί, Πηγή : Ashbolt,2004; Cheremisinoff, 1995

| ΟΝΟΜΑ ΙΟΥ | ΑΣΘΕΝΕΙΑ | ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ |
|---------------------------------|---|--------------------|
| Enteroviruses | | |
| <i>Polio viruses (3 τύποι)</i> | Πολιομυελίτιδα | Ανθρώπινα απόβλητα |
| <i>Coxsackie virus, group A</i> | Μηνιγγίτιδα | Ανθρώπινα απόβλητα |
| <i>Coxsackie virus, group B</i> | Μηνιγγίτιδα | Ανθρώπινα απόβλητα |
| <i>Echovirus (30 τύποι)</i> | Μηνιγγίτιδα | Ανθρώπινα απόβλητα |
| <i>Άλλοι εντερικοί ιοί</i> | Εγκεφαλίτιδα | Ανθρώπινα απόβλητα |
| <i>Rotavirus</i> | Γαστρεντερίτιδα | Ανθρώπινα απόβλητα |
| <i>Adenovirus</i> | Αναπνευστικές ασθένειες | Ανθρώπινα απόβλητα |
| <i>Hepatitis virus A</i> | Λοιμώδης Ηπατίτιδα | Ανθρώπινα απόβλητα |
| <i>Hepatitis virus E</i> | Λοιμώδης Ηπατίτιδα, Αποβολή και Θάνατος | Ανθρώπινα απόβλητα |
| <i>Reovirus</i> | Μόλυνση από τον ιό | Ανθρώπινα απόβλητα |
| <i>Norwalk agent</i> | Σποραδική Γαστρεντερίτιδα | Ανθρώπινα απόβλητα |
| <i>Norovirus</i> | Γαστρεντερίτιδα | Νερό |

3.2 ΒΑΚΤΗΡΙΑ

Τα βακτήρια είναι μονοκύτταροι μικροοργανισμοί με μέγεθος μικρότερο από 1μm και διάμετρο από 5-15μm. Σε αντίθεση με τους υπόλοιπους μικροοργανισμούς, μπορούν να αναπαραχθούν και χωρίς την παρουσία ξενιστή οργανισμού. Επίσης μπορούν να αναπτυχθούν και να αναπαραχθούν σε διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες, ωστόσο διαρκής παραμονή σε χαμηλές θερμοκρασίες οδηγεί σε ύπνωση, ενώ σε υψηλές θερμοκρασίες σε αδρανοποίηση. Παρόλα αυτά υπάρχουν ορισμένα βακτήρια που είναι ανθεκτικά στις υψηλές θερμοκρασίες. Τα παθογόνα βακτήρια είναι ετερότροφοι μικροοργανισμοί και οι βέλτιστες συνθήκες ανάπτυξης είναι σε τιμές pH 6.5-7.5. Τα κυριότερα βακτήρια που προκαλούν ασθένειες στον άνθρωπο βρίσκονται στα ανθρώπινα απόβλητα (Πίνακας 2) (Cheremisinoff, 1995).

Πίνακας 2: Παθογόνα Βακτήρια, Πηγή : Ashbolt,2004; Cheremisinoff, 1995

| ΟΝΟΜΑ ΒΑΚΤΗΡΙΟΥ | ΑΣΘΕΝΕΙΑ | ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ |
|--------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| <i>Arizon hinshawii</i> | Μόλυνση από το βακτήριο | Ανθρώπινα απόβλητα |
| <i>Bacillus Cereus</i> | Γαστρεντερίτιδα | Ανθρώπινα απόβλητα |
| <i>Campylobacter jejuni</i> | Γαστρεντερίτιδα | Ανθρώπινα και ζωικά απόβλητα |
| <i>Vibrio Cholera</i> | Χολέρα | Ανθρώπινα και ζωικά απόβλητα |
| <i>Clostridium perfringens</i> | Γαστρεντερίτιδα | Ανθρώπινα και ζωικά απόβλητα |
| <i>Clostridium tetani</i> | Τέτανο | Ανθρώπινα και ζωικά απόβλητα |

| | | |
|------------------------------------|---|------------------------------|
| <i>Escherichia coli</i> | Μόλυνση από το βακτήριο, Γαστρεντερίτιδα και Οξεία διάρροια | Ανθρώπινα απόβλητα |
| <i>Legionella pneumophila</i> | Λεγιονέλα (πνευμονία) | Ζεστό νερό |
| <i>Leptospira spp.</i> | Λεπτοσπίρωση | Ζωικά και ανθρώπινα απόβλητα |
| <i>Mycobacterium tuberculosis</i> | Φυματίωση | |
| <i>Salmonella paratyphi</i> | Παρατυφώδης πυρετός | Ανθρώπινα απόβλητα |
| <i>Salmonella sendai</i> | Παρατυφώδης πυρετός | Ανθρώπινα και ζωικά απόβλητα |
| <i>Salmonella spp</i> | Σαλμονέλα και Οξεία διάρροια | Ανθρώπινα και ζωικά απόβλητα |
| <i>Salmonella typhi</i> | Τυφώδης πυρετός | Ανθρώπινα απόβλητα |
| <i>Shigella spp.</i> | Δυσεντερία και Οξεία διάρροια | Ανθρώπινα απόβλητα |
| <i>Yersinia enterocolitida</i> | Γαστρεντερίτιδα | Ανθρώπινα και ζωικά απόβλητα |
| <i>Yersinia pseudotuberculosis</i> | Περιτοναϊκή λεμφαδενίτιδα | Ανθρώπινα και ζωικά απόβλητα |
| <i>Various mycobacteria</i> | Πνευμονικές ασθένειες | Έδαφος και νερό |
| <i>Opportunistic bacteria</i> | Διάφορες | Νερό |

3.2.1 ΛΕΓΙΟΝΕΛΛΑ

Τα πιο πρόσφατα κρούσματα ασθενειών που μεταδίδονται από το νερό οφείλονται στο βακτήριο *Legionella*. Στις Ηνωμένες Πολιτείες μέχρι το 1994 υπήρχε έξαρση των περιστατικών που οφείλονταν σε αυτό το βακτήριο, ενώ σε 24 χώρες της Ευρώπης έχουν καταγραφεί κρούσματα λεγεονέλλωση με πιο πρόσφατο στην Ισπανία το 1996.

Τα βακτήρια *Legionella* ανακαλύφθηκαν μετά από ένα ξέσπασμα πνευμονίας στη Συνθήκη Λεγεώνων το 1976 στη Φιλαδέλφεια των Ηνωμένων Πολιτειών. Έχουν σχήμα ράβδου και φυσικές διαστάσεις 0,3 - 0,9μm πλάτος και 2 - 20μm μήκος. Τα περισσότερα από αυτά φέρουν μαστίγια. Τα κυτταρικά τους τοιχώματα είναι διαφορετικά από εκείνα των υπόλοιπων βακτηρίων και περιέχουν σημαντικές ποσότητες λιπαρών οξέων. Είναι αερόβια βακτήρια και ο μεταβολισμός τους στηρίζεται στην καταστροφή των αμινοξέων, πηγή ενέργειας.

Πειράματα έχουν δείξει ότι το βακτήριο *Legionella* στο αποστειρωμένο νερό βρύσης έχει μακροπρόθεσμη επιβίωση αλλά δεν πολλαπλασιάζεται, ενώ στο μη αποστειρωμένο νερό βρύσης επιζεί και πολλαπλασιάζεται. Επιπλέον το βακτήριο αυτό μπορεί να επιζήσει σε ποικίλες συνθήκες περιβάλλοντος, σε θερμοκρασίες 0-63°C, σε pH 5.0-8.5 και σε συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στο νερό 0.2-15 ppm.

Τα πολυάριθμα ξεσπάσματα λεγεονέλλωσης έχουν συνδεθεί με μονάδες ανταλλαγής θερμότητας (πύργοι ψύξεως και συμπυκνωτές αέρα) στα νοσοκομεία, ξενοδοχεία, και δημόσια κτήρια, καθιερώνοντας σαφώς αυτές τις δεξαμενές ως βιότοπους για τα βακτήρια *Legionella*. Εντούτοις, δεδομένου ότι η γνώση και η συνειδητοποίηση της οικολογίας και της επιδημιολογίας για το βακτήριο αυτό έχουν αυξηθεί, η προσοχή

έχει μετατοπιστεί από τις μονάδες ανταλλαγής θερμότητας στα συστήματα διανομής πόσιμου ύδατος ως σημαντικότερες πηγές έκθεσης και μόλυνσης για τον άνθρωπο.

Οι ιαματικές πηγές αποτελούν επίσης ιδανικούς βιοτόπους για το βακτήριο *Legionella* επειδή διατηρούν το ιδανικό επίπεδο θερμοκρασίας για την αύξηση του αριθμού των βακτηρίων και επειδή οργανικές θρεπτικές ουσίες απαραίτητες για τη βακτηριακή αύξηση συσσωρεύονται συχνά σε αυτά τα ύδατα. Επιπλέον, οι ιαματικές πηγές μπορούν να παράγουν σταγονίδια ύδατος αναπνεύσιμου μεγέθους μέσω των οποίων το βακτήριο *Legionella* είναι δυνατό να μεταδοθεί στους ανθρώπους. Άλλες πηγές όπου έχει προσδιοριστεί το βακτήριο αυτό είναι οι σάουνες και πηγές νερού (U.S EPA.,2001).

3.3 ΠΑΡΑΣΙΤΑ

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν τα πρωτόζωα, τα νηματοειδή και τα παρασιτικά σκουλήκια (Cheremisinoff, 1995). Τα παθογόνα πρωτόζωα είναι ευκαρυωτικοί μονοκύτταροι μικροοργανισμοί με μέγεθος 8-25μm (U.S EPA, 1999a). Μεταφέρονται στον άνθρωπο σε μορφή κύστης (ανενεργή και απαθής μορφή του μικροοργανισμού) και ο κύκλος ζωής τους εξαρτάται από τον ξενιστή οργανισμό, καθώς τρέφονται από αυτόν. Στη συνέχεια η κύστη μετατρέπεται σε ενεργό οργανισμό και αναπαράγεται. Τα παθογόνα παράσιτα αναφέρονται στον Πίνακα 3.3 (Cheremisinoff, 1995). Το πιο διαδεδομένο ονομάζεται *Cryptosporidium parvum* και προκαλεί διάρροια για διάστημα 14 ημερών. Χαρακτηρίζεται από την ανθεκτικότητά του στο χλώριο και ο πιο συνηθισμένος τρόπος απομάκρυνσής του είναι η ανάμιξη, η συσσωμάτωση και η διήθηση (Harrison, 2001). Η πιο αποτελεσματική μέθοδος απομάκρυνσης του, ώστε να μην αποτελεί κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία, είναι η UV ακτινοβολία, όπου καταστρέφεται το DNA (Rochelle et al., 2005). Το πιο πρόσφατο κρούσμα αναφέρεται στο Milwaukee των Ηνωμένων Πολιτειών και προκάλεσε αρκετούς θανάτους. Μεταφέρεται από άνθρωπο σε άνθρωπο, από την κατανάλωση μολυσμένου γάλακτος και από τις πισίνες (Harrison, 2001).

Τα νηματοειδή είναι σκουλήκια των οποίων το μέγεθος μπορεί να φτάσει μέχρι 36εκ. μέσα στο ανθρώπινο έντερο. Τα νηματοειδή δεν παραμένουν συνεχώς στο έντερο, αλλά μεταφέρονται και μέχρι τα μάτια. Δημιουργούν μία κύστη, παρόμοια με εκείνη των πρωτόζωων που προκαλεί ερεθισμό και αύξηση του νηματοειδούς ιστού στον ξενιστή οργανισμό.

Πίνακας 3: Παθογόνα Παράσιτα, Πηγή : Ashbolt,2004; Cheremisinoff, 1995

| ΟΝΟΜΑ ΠΑΡΑΣΙΤΟΥ | ΑΣΘΕΝΕΙΑ | ΠΡΟΕΛΕΥΣΗ |
|--|--|------------------------------|
| Πρωτόζωα | | |
| <i>Acanthamoeba castellanii</i> | Μηνιγγοεγκεφαλίτιδα | Ανθρώπινα απόβλητα |
| <i>Acanthamoeba spp</i> | Μηνιγγοεγκεφαλίτιδα | Ανθρώπινα απόβλητα |
| <i>Balantidium coli</i> | Δυσεντερία | Ανθρώπινα και ζωικά απόβλητα |
| <i>Cryptosporidium homonis</i> , <i>C. parvum</i> | Γαστρεντερίτιδα θηλαστικών απόβλητα | Νερό, ανθρώπινα και άλλων |

| | | |
|------------------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| <i>Dientamoeba fragilis</i> | Μόλυνση από το παράσιτο | Ανθρώπινα και ζωικά απόβλητα |
| <i>Entamoeba histolytica</i> | Δυσεντερία | Ανθρώπινα και ζωικά απόβλητα |
| <i>Gardia lambia</i> | Γαστρεντερίτιδα | Νερό και ζωικά απόβλητα |
| <i>Isosora bella</i> | Μυκητίαση | Ζωικά απόβλητα |
| <i>Naegleria fowleri</i> | Μηνιγγοεγκεφαλίτιδα | Ζεστό νερό |
| <i>Toxoplasmosis gondi</i> | Τοξοπλάσμωση | Νερό |
| Νηματοειδή | | |
| <i>Ancylostoma dirodenale</i> | Νηματοσκωλίαση | Ανθρώπινα και ζωικά απόβλητα |
| <i>Ancylostoma spp</i> | Δερματικές παθήσεις | Ανθρώπινα και ζωικά απόβλητα |
| <i>Ascaris lumbricoides</i> | Πνευμονία | Ανθρώπινα και ζωικά απόβλητα |
| <i>Enterobius vermicularis</i> | Ασθένεια από το νηματοειδές | Ανθρώπινα απόβλητα |
| <i>Necator americanus</i> | Νηματοσκωλίαση | Ανθρώπινα απόβλητα |
| <i>Strongyloides stercoralis</i> | Νηματοσκωλίαση | Ανθρώπινα απόβλητα |
| <i>Toxocara canis</i> | Νηματοσκωλίαση | Ζωικά απόβλητα |
| <i>Toxocara trichiura</i> | Νηματοσκωλίαση | Ζωικά απόβλητα |
| <i>Trichuris trichiura</i> | Ασθένεια από το νηματοειδές | Ανθρώπινα απόβλητα |
| Παρασιτικά σκουλήκια | | |
| <i>Diphyllobothrium latum</i> | Ταινία | Ζωικά απόβλητα |
| <i>Echinococcus granulosis</i> | | Λαχανικά και ζωικά απόβλητα |
| <i>Echinococcus multilocularis</i> | Ασθένεια τύπου ηπατίτιδας | Λαχανικά και ζωικά απόβλητα |
| <i>Hymenolepis diminuta</i> | Ταινία | Ζωικά απόβλητα |
| <i>Hymenolepis nana</i> | Ταινία | Ζωικά απόβλητα |
| <i>Taenia saginata</i> | Ταινία | Ζωικά απόβλητα |
| <i>Taenia solium</i> | Ταινία | Ζωικά απόβλητα |

Τα παθογόνα νηματοειδή είναι δυνατόν να μεταδοθούν απευθείας από τον έναν άνθρωπο στον άλλον (Cheremisinoff, 1995).

Τα παρασιτικά σκουλήκια είναι ουσιαστικά ταινίες που μπορεί να έχουν μήκος πάνω από 30εκ. Τα πιο διαδομένα σχετίζονται με τα ζώα και κυρίως με τα βόδια, τα γουρούνια και τα ποντίκια. Μεταδίδονται κυρίως με το μη καλά μαγειρεμένο κρέας. Αναπτύσσονται στην πιο απλή τους μορφή στο έντερο και απελευθερώνουν αυγά. Στις πιο σοβαρές περιπτώσεις εντοπίζονται στα μάτια, στα αυτιά, στην καρδιά και στο νευρικό σύστημα (Cheremisinoff, 1995). Το πιο επικίνδυνο ονομάζεται *Ascaris lumbricoides*, αναπτύσσεται κυρίως σε τροπικές και ημιτροπικές περιοχές και προκαλεί 60.000 θανάτους το χρόνο (Ashbolt,2004).

3.4 ΜΥΚΗΤΕΣ

Οι μύκητες είναι μονοκύτταροι μη φωτοσυνθετικοί μικροοργανισμοί, οι οποίοι αναπαράγονται με σπόρια δημιουργώντας αποικίες. Το μέγεθος των σπόρων κυμαίνεται από 10 έως 100μm. Συνήθως βρίσκονται στη βιολογική λάσπη και αναπτύσσονται ραγδαία, όταν βρίσκονται στο κομπόστ. Οι παθογόνοι μύκητες παρουσιάζονται στον Πίνακα 4 και είναι ιδιαίτερα επικίνδυνοι οι σπόροι τους, όταν προέρχονται από ανθρώπους οι οποίοι έχουν ήδη προσβληθεί από κάποια αρρώστια, όπως διαβήτη ή κάνουν χρήση ναρκωτικών. Οι σπόροι του μύκητα *Aspergillus fumigatus* είναι ευρέως διαδεδομένοι στο περιβάλλον και έχουν βρεθεί σε βοσκοτόπους, σε κοπριές, σε σανό και στα υπόγεια των περισσότερων σπιτιών (Cheremisinoff, 1995).

Πίνακας 4: Παθογόνοι Μύκητες, Πηγή : Cheremisinoff, 1995

| ΟΝΟΜΑ ΜΥΚΗΤΑ | ΑΣΘΕΝΕΙΑ |
|------------------------|-----------|
| <i>Actinomyces spp</i> | Μυκητίαση |

4 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ

Οι ουσίες που χρησιμοποιούνται για την απολύμανση του νερού είναι είτε χημικές είτε φυσικές (AWWA, 1999). Η επιλογή του απολυμαντικού μέσου καθορίζεται τόσο από την αποτελεσματικότητα του, όσο και από τους παράγοντες που περιγράφονται παρακάτω (Droste, 1997). Τα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα απολυμαντικό μέσο είναι τα εξής :

- Αποτελεσματικό στη καταστροφή ή αδρανοποίηση των μικροοργανισμών
- Μη τοξικό για τους ανθρώπους και τα ζώα
- Μη τοξικό για τα ψάρια και τα υδατικά οικοσυστήματα
- Εύκολη μεταφορά, αποθήκευση και διάθεση
- Χαμηλό κόστος
- Δράση σε μεγάλη κλίμακα θερμοκρασίας και pH
- Δράση ακόμη και στη διεργασία της ανάμιξης και
- Εύκολη παρακολούθηση κατά τη διάρκεια της απολύμανσης (Droste, 1997; Cheremisinoff, 1995).

5 ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΔΡΑΣΗΣ ΤΩΝ ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ

Οι μηχανισμοί δράσης των απολυμαντικών ουσιών είναι οι εξής :

- Καταστροφή του κυτταρικού τοιχώματος
- Μεταβολή της διαπερατότητας του κυττάρου που επιτρέπει σε βασικά θρεπτικά (άζωτο και φώσφορο) να διαφύγουν από τη μεμβράνη
- Μεταβολή της κολλοειδούς φύσης του πρωτοκλάσματος που καταστρέφει τις πρωτεΐνες
- Παρεμπόδιση της σύνθεσης πρωτεϊνών, πυρηνικών οξέων και της κυτταρικής μεμβράνης και της δράσης των ενζύμων (Cheremisinoff, 1995; U.S EPA., 1999a).

Ο συνδυασμός των παραπάνω δράσεων εξαρτάται από το είδος του μικροοργανισμού και του απολυμαντικού. Οι πιο αποτελεσματικοί τρόποι δράσης είναι η καταστροφή της κυτταρικής μεμβράνης και η παρεμπόδιση των κυτταρικών λειτουργιών (U.S EPA., 1999a).

6 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΑΖΟΥΝ ΤΗΝ ΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ

Η βιοκτόνος δράση των απολυμαντικών ουσιών εξαρτάται από τους εξής παράγοντες:

- το είδος του απολυμαντικού
- το είδος των μικροοργανισμών
- τη συγκέντρωση του απολυμαντικού

- ο το χρόνο επαφής
- ο το pH
- ο τη θερμοκρασία
- ο τη θολότητα
- ο τη συγκέντρωση των διαλυμένων στερεών και
- ο την αρχική απαίτηση οξειδωτικού.

Η δράση των απολυμαντικών ουσιών σε σχέση με το χρόνο επαφής εκφράζεται με το νόμο του Chick :

$$N_t = N_0 e^{-kt}$$

όπου

N_0 και N_t αριθμός μ/ο συγκεκριμένου είδους ανά μονάδα όγκου σε χρόνο μηδέν και ύστερα από χρόνο t αντίστοιχα

t χρόνος επαφής

k σταθερά δράσης (Νικολάου, 2001).

7 ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΑΠΟΛΥΜΑΝΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Παρόλο που πρωταρχικός στόχος των απολυμαντικών ουσιών είναι η αδρανοποίηση των παθογόνων μικροοργανισμών που περιέχονται στο νερό, χρησιμοποιούνται και ως οξειδωτικά μέσα με στόχο :

- το μειωμένο σχηματισμό των παραπροϊόντων της απολύμανσης
- την οξείδωση σιδήρου και μαγγανίου
- τον περιορισμό ανάπτυξης αλγών στις δεξαμενές καθίζησης και στα φίλτρα
- τη διατήρηση της βιωσιμότητας του συστήματος επεξεργασίας του νερού
- την αύξηση της αποδοτικότητας της κροκίδωσης
- την απομάκρυνση χρωμάτων, οσμών και γεύσεων (U.S EPA., 1999a).



ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΥΓΡΩΝ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ

Αχαρνών 364 & Γλαράκι 10B, Αθήνα, 11145

Τηλ: 211 1820 163-4-5 Φαξ: 211 1820 166

e-mail: enerchem@enerchem.gr

web site: www.enerchem.gr