

## Υπεριώδης Ακτινοβολία UV

Η υπεριώδης ακτινοβολία είναι, όπως άλλωστε και το κανονικό φως, μια ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, μία ενέργεια που διαδίδεται μέσω της ταλάντωσης των ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων. Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχει δυαδικό χαρακτήρα : κύμα - σωματίδιο ( φωτόνια )

Τα κύματα χαρακτηρίζονται από το μήκος κύματος ενώ τα φωτόνια από την ενέργειά τους. Όσο μικρότερο είναι το μήκος του κύματος, τόσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια των φωτονίων και αντιστρόφως. Το μήκος κύματος της υπεριώδους ακτινοβολίας UV είναι μικρότερο από εκείνο του κανονικού φωτός, αλλά περιέχεται περισσότερη ενέργεια.

Τα μήκη κύματος που έχουν ταξινομηθεί από τη Διεθνή Επιτροπή Φωτισμού (CIE) είναι UV-C ( $\lambda < 280\text{nm}$ ) UV-B ( $280\text{nm} < \lambda < 315\text{nm}$ ) UV-A ( $315\text{nm} < \lambda < 400\text{nm}$ ).

Η UVC διαθέτει ισχυρή απολυμαντική δράση. Μικροοργανισμοί όπως οι ιοί, τα βακτήρια και οι μύκητες καταστρέφονται ή απενεργοποιούνται χάρη στη φωτοχημική δράση που παρέχει η υπεριώδης ακτινοβολία UVC.

Η υπεριώδης ακτινοβολία δεν σκοτώνει μικροοργανισμούς αλλά αδρανοποιεί το πυρηνικό DNA με αποτέλεσμα να μην λειτουργεί ο αναπαραγωγικός μηχανισμός. Εδώ πρέπει να επισημάνουμε το φαινόμενο της φωτοενεργοποίησης (photoreactivation). Η επίδραση του φωτός ορισμένου κύματος είναι δυνατόν να επανεργοποιήσει ορισμένους μικροοργανισμούς οι οποίοι στην συνέχεια θα πολλαπλασιαστούν και θα γίνουν λοιμογόνοι. Αυτό το φαινόμενο παρατηρείται σε ορισμένα βακτήρια (κολοβακτηριοειδή , σιγκέλλες), ενώ δεν παρατηρείται στους ιούς.

Η μέθοδος απολύμανσης του νερού με υπεριώδη ακτινοβολία είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική στην καταστροφή μονοκύτταρων μικροοργανισμών , όπως είναι τα παθογόνα μικρόβια. Η καταστροφή των μικροοργανισμών οφείλεται στην απορρόφηση της ακτινοβολίας από το γενετικό υλικό των κυττάρων. Η μέγιστη καταστροφική ικανότητα της υπεριώδους ακτινοβολίας επιτυγχάνεται σε μήκος κύματος περίπου 265 nm, όπου αναφέρεται η μέγιστη απορρόφησή της από τα νουκλεϊνικά οξέα. Όταν το γενετικό υλικό των κυττάρων απορροφά την ενέργεια από την υπεριώδη ακτινοβολία, σχηματίζονται διμερή πυριμιδίνης μεταξύ γενετικών βάσεων πυριμιδίνης στην ίδια αλυσίδα DNA. Χάρη σε αυτό το δεσμό διμερών στην αλυσίδα του DNA οι μικροοργανισμοί προσβάλλονται με τέτοιο τρόπο ώστε ο διαχωρισμός των κυττάρων και επομένως ο πολλαπλασιασμός τους να είναι αδύνατος : ο μικροοργανισμός γίνεται επομένως αβλαβής και πεθαίνει.

Αν και όλοι μικροοργανισμοί προσβάλλονται από την υπεριώδη ακτινοβολία, η ευαισθησία τους ποικίλλει, εξαρτώμενη από την αντίσταση στη διείσδυση της υπεριώδους ακτινοβολίας. Η χημική σύνθεση του κυτταρικού τοιχώματος και το πάχος του καθορίζουν την αντίσταση των μικροοργανισμών στην υπεριώδη ακτινοβολία.

Η απολύμανση του νερού επιτυγχάνεται κατά τη διέλευση μέσα από ειδικές συσκευές ακτινοβόλησής του με υπεριώδη ακτινοβολία (UV). Η υπεριώδης ακτινοβολία εκπέμπεται από λαμπτήρες πολύ χαμηλής πίεσης ατμών υδραργύρου

με ισχύ έως και 200 W οι οποίες έχουν μέσο χρόνο ζωής μεταξύ 2000 και 4000 ωρών. Τα εκπεμπόμενα μήκη κύματος κυμαίνονται από 200 - 300 nm. Το νερό ρέει γύρω από το λαμπτήρα και σε επίπεδο τόσο ρηχό, όσο χρειάζονται οι υπεριώδεις ακτίνες να απορροφηθούν γρήγορα από το νερό.

Για το συνηθισμένο πάχος νερού 15 - 20 cm μια λάμπα ισχύος 36 W είναι ικανή για αποστείρωση 3 m<sup>3</sup>/h. Στην πράξη για ικανοποιητική απολύμανση υπολογίζεται ότι απαιτούνται 40 Wh/m ειδική κατανάλωση ενέργειας.

Η ακτινοβολία UV παράγεται από κατάλληλες λάμπες ατμών υδραργύρου. Οι λάμπες αυτές είναι παρόμοιες με τους συνήθεις λαμπτήρες φθορισμού που χρησιμοποιούνται για φωτισμό. Μία σημαντική διαφορά είναι ότι στην περίπτωση του φθορισμού η επιφάνεια του γυαλιού του μακρόστενου λαμπτήρα έχει καλυφθεί με φωσφορίζουσα ουσία που μετατρέπει την υπεριώδη ακτινοβολία σε φωτεινή ακτινοβολία μικρότερης ενέργειας η οποία αντιστοιχεί στην ορατή περιοχή. Στην περίπτωση των λαμπών UV η επιφάνεια του γυαλιού δεν είναι καλυμμένη και έτσι εξέρχεται η ακτινοβολία UV αφού φυσικά απορροφηθεί ένα σχετικά μικρό ποσοστό από το γυαλί της λάμπας.

Οι λάμπες UV χρησιμοποιούνται για την απολύμανση του πόσιμου νερού σε δύο διαφορετικές λειτουργικές διαμορφώσεις. Στην μία διαμόρφωση (διαμόρφωση Α), η λάμπα UV περιβάλλεται από διαφανή σωλήνα από χαλαζία. Μεταξύ της λάμπας UV και του περιβλήματος από χαλαζία υπάρχει μία δακτυλιοειδής διαχωριστική περιοχή. Το προς απολύμανση νερό ρέει περιλούοντας την εξωτερική επιφάνεια του περιβλήματος. Το περίβλημα από χαλαζία προσαρμόζεται στη διάταξη απολύμανσης κατά τέτοιον τρόπο ώστε να διασφαλίζεται η υδατοστεγανότητα της δακτυλιοειδούς διαχωριστικής περιοχής.

Η άλλη διαμόρφωση Β, αντιστοιχεί σε ροή του νερού δια μέσου συστοιχίας διαφανών σωλήνων, (από τεφλόν ή από χαλαζία) και ακτινοβολία του νερού από λάμπες UV οι οποίες είναι κατάλληλα τοποθετημένες με τον άξονά τους προς τους διαφανείς σωλήνες.

Ο βαθμός αδρανοποίησης ή θανάτωσης των μικροοργανισμών από την ακτινοβολία UV είναι ανάλογος της δόσης UV που εφαρμόζεται. Η δόση UV υπολογίζεται από την σχέση :

$$D = I * t$$

Όπου :

D : η δόση UV , mWs/cm<sup>2</sup> I : η ένταση της ακτινοβολίας , mW/cm<sup>2</sup> t : ο χρόνος έκθεσης

Οι αντιδραστήρες απολύμανσης με UV διακρίνονται σε κλειστού τύπου και σε ανοικτού τύπου (ανοικτά κανάλια). Για την περίπτωση του πόσιμου νερού η προτίμηση είναι στους αντιδραστήρες κλειστού τύπου.

Η κατάλληλη δόση για απολύμανση ποικίλει για τους διάφορους μικροοργανισμούς. Οι πιο πολλοί μικροοργανισμοί καταστρέφονται για επίπεδο δόσεων στην περιοχή 20 έως 30 Mw.s/cm<sup>2</sup>.

Τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα της απολύμανσης με UV είναι : (1) δεν

προστίθεται κάποια ουσία στο νερό, (2) ο χρόνος έκθεσης είναι μικρός και (3) η χρήση δόσεων μεγαλύτερων από τις ενδεδειγμένες δεν δημιουργεί προβλήματα.

Η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης με UV (ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία) δεν εξαρτάται από μερικά χημικά χαρακτηριστικά του νερού όπως π.χ. pH, αλκαλικότητα και ολικός ανόργανος άνθρακας. Πάντως σημειώνεται ότι τα σκληρά νερά δημιουργούν προβλήματα επικαθήσεων στις επιφάνειες των λαμπών UV. Ακόμη η παρουσία αιωρούμενου ή και διαλυτού οργανικού υλικού ενδέχεται να προφυλάσσει μερικώς τους μικροοργανισμούς από την επίδραση της υπεριώδους ακτινοβολίας. **Συνεπώς η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τη διαύγεια του νερού και την ύπαρξη αιωρούμενων σωματιδίων σε αυτό.**

Τα μειονεκτήματα συνίστανται στην απουσία υπολειμματικής δράσης σε αντίθεση με τη χλωρίωση και το υπολειμματικό χλώριο, ή διοξείδιο του χλωρίου, στην απουσία μεθόδων μέτρησης της δόσης, γεγονός που παρεμποδίζει επίσης τον έλεγχο και στην πιθανότητα φωτοεπισκευής των κυττάρων που έχουν πληχθεί από την ακτινοβολία UV. Τα σημαντικότερα όμως μειονεκτήματα - προβλήματα είναι η πτώση της απόδοσης των συσκευών ακτινοβολίας και της διάρκειας ζωής των λαμπτήρων και ότι οι λαμπτήρες και οι επιφάνειες ανάκλασης λερώνουν με την πάροδο του χρόνου..



Εικόνα 7. Συστοιχία λαμπτήρων UV .



**Εικόνα 8. Τυπική διάταξη με UV .**



**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](mailto:enerchem@enerchem.gr)

web site: [www.enerchem.gr](http://www.enerchem.gr)