

**Η ΧΡΗΣΗ ΚΑΙ Η ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ  
ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ  
ΤΡΟΦΙΜΩΝ.(ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ,ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ,ΜΕΘΟΔΟΙ  
ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ)**



**ΚΛΑΜΠΑΤΣΕΑΣ Ε. ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ.  
ΔΡ. ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ ΔΑΛΑΜΑΓΚΑΣ**

**ΣΤΕΓ(ΤΕΓΕΠ)  
Π.407**

Θέλω να ευχαριστήσω θερμά για την πολύτιμη βοήθεια τους τον ξάδελφο Σωτήρη Ταρασουλέα χημικό μηχανικό στο Γενικό Χημείο του κράτους. Τους εξαιρετους καθηγητές μου προϊστάμενο του τμήματος (τετρο) Γ. Ζακυνθινό και τον επιβλέπον καθηγητή μου Δρ. Β. Δαλαμάγκα για την πίστη και υπομονή που μου έδειξαν.

## Περίληψη

Η μόλυνση του νερού είναι ένα μεγάλο ζήτημα της εποχής, το οποίο προκαλεί πολλά προβλήματα, ασθένειες και χρήζει ταχείας λύσης για αποφυγή ιδιαίτερα δυσμενών συνεπειών για το μέλλον. Είναι γεγονός ότι κάθε χρόνο περίπου 2.187.000 άνθρωποι χάνουν την ζωή τους εξαιτίας του μολυσμένου νερού και των ασθενειών που προκαλεί. Για να τηρούνται οι ποιοτικές προδιαγραφές για το πόσιμο νερό, οι υπεύθυνες επιχειρήσεις ύδρευσης και οι βιομηχανίες τροφίμων απαιτείται να διασφαλίζουν, με τα κατάλληλα μέτρα προστασίας την πολύ καλή ποιότητα των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων, εφαρμόζοντας τις κατάλληλες και απαραίτητες μεθόδους επεξεργασίας του νερού πριν από τη διάθεση του.

Το νερό αποτελεί σημαντικό παράγοντα σε μια βιομηχανία τροφίμων καθώς συμμετέχει σε μεγάλο αριθμό εφαρμογών και διαδικασιών οι οποίες απαιτούν νερό πολύ καλής ποιότητας και υψηλών προδιαγραφών. Τα επιθυμητά και αναγκαία ποιοτικά χαρακτηριστικά εξασφαλίζονται με την κατάλληλη επεξεργασία του νερού, η οποία περιλαμβάνει διάφορα στάδια και είναι απαραίτητη σε όλες τις περιπτώσεις των βιομηχανιών τροφίμων. Η επεξεργασία του νερού είναι ένα κρίσιμο και ουσιαστικό ζήτημα το οποίο απασχολεί ολοένα και περισσότερο τους υπεύθυνους, καθώς η διαθέσιμη ποσότητα των υδάτινων πόρων συνεχώς περιορίζεται και η ποιότητα τους υποβαθμίζεται λόγω της εκτεταμένης μόλυνσης. Έτσι, είναι φανερό ότι η ύπαρξη σωστού και ολοκληρωμένου συστήματος επεξεργασίας νερού, αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την εύρυθμη, αποτελεσματική και ποιοτική λειτουργία μιας βιομηχανίας τροφίμων στην οποία το νερό συμμετέχει εκτός των άλλων και ως συστατικό.

Η σημασία της επεξεργασίας έγκειται στο γεγονός ότι, το νερό που χρησιμοποιείται δεν μπορεί να διατεθεί απευθείας προς χρήση, εξαιτίας της ενδεχόμενης, σχετικά χαμηλής του ποιότητας. Τα επιφανειακά και τα υπόγεια ύδατα συχνά περιέχουν χημικούς ρύπους και υψηλό μικροβιακό φορτίο, με αποτέλεσμα να κρύβουν κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία. Για να απομακρυνθούν όλες οι επικίνδυνες προσμίξεις και να παραχθεί νερό κατάλληλο για χρήση, το νερό υποβάλλεται σε μια σειρά διεργασιών οι οποίες πραγματοποιούνται παράλληλα ή διαδοχικά και αποσκοπούν στην απομάκρυνση όλων των επιβλαβών ουσιών και

παθογόνων μικροοργανισμών. Έτσι εξασφαλίζεται η παραγωγή κατάλληλων προϊόντων τα οποία δεν προκαλούν προβλήματα στο καταναλωτικό κοινό και είναι ασφαλή για την ανθρώπινη υγεία.

|   |   |           |
|---|---|-----------|
| 2.8.1   | Γενικά.....                               | 23        |
| 2.8.2   | Σκλήροτητα.....                           | 23        |
| 2.8.3   | Αλκαλικότητα.....                         | 25        |
| 2.8.4   | Ολικά διαλυμένα στερεά.....               | 25        |
| 2.8.5   | Ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα.....         | 26        |
| 2.8.6   | Θολότητα.....                             | 26        |
| 2.8.7   | Μέτρηση αιωρούμενων σωματιδίων.....       | 26        |
| 2.8.8   | Μέτρηση οργανικών ενώσεων.....            | 27        |
| 2.8.9   | Οργανοληπτικός έλεγχος.....               | 27        |
| 2.8.10  | Υπολειμματικό χλώριο.....                 | 27        |
| <br><b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>: Μικροβιολογικά χαρακτηριστικά νερού.....</b> |   | <b>28</b> |
| 3.1   | Εισαγωγή.....                             | 28        |
| 3.2   | Το πλήθος των μικροοργανισμών.....        | 29        |
| 3.3   | Κατηγορίες μικροοργανισμών.....           | 30        |
| 3.4   | Συστηματική κατάταξη μικροοργανισμών..... | 31        |
| 3.5   | Κατηγορίες μικροοργανισμών.....           | 32        |
| 3.5.1   | Βακτήρια.....                             | 32        |
| 3.5.1.1.  | Είδη βακτηρίων στο νερό.....              | 32        |
| 3.5.2   | Ακτινομύκητες.....                        | 39        |
| 3.5.3   | Μύκητες.....                              | 39        |

|   |           |
|---|-----------|
| 3.5.3.1. Είδη μυκήτων στο νερό.....   | 40        |
| 3.5.4 Ζύμες.....  | 40        |
| 3.5.5 Φύκη.....   | 41        |
| 3.5.5.1. Είδη αλγών στο νερό.....   | 42        |
| 3.5.6 Τα πρωτόζωα.....  | 43        |
| 3.5.6.1. Είδη πρωτοζώων στο νερό.....   | 45        |
| 3.5.7 Ιοί.....  | 47        |
| 3.5.7.1. Ιοί στο νερό.....  | 48        |
| 3.6. Παράγοντες ανάπτυξης των μικροοργανισμών.....                            | 49        |
| 3.7. Πηγές μικροβιακής μόλυνσης.....  | 57        |
| 3.8. Μικροβιολογικός έλεγχος του νερού.....                                   | 59        |
| 3.8.1 Γενικά.....   | 59        |
| 3.8.2 Δειγματοληψία.....  | 59        |
| 3.8.3 Μικροβιολογική ανάλυση και μέθοδοι ανάλυσης.....                        | 61        |
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο: Χρήσεις και απαιτήσεις νερού στη βιομηχανία τροφίμων.....</b> | <b>70</b> |
| 4.1 Γενικά.....   | 70        |
| 4.2 Χρήσεις νερού.....  | 71        |
| 4.3 Απαιτήσεις νερού σε ενδεικτικές περιπτώσεις βιομηχανιών τροφίμων.....     | 72        |

|  |           |
|--|-----------|
| <b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο: Επεξεργασία νερού.....</b>                     | <b>73</b> |
| <b>5.1 Γενικά.....</b>   | <b>73</b> |
| <b>5.2 Αερισμός.....</b>                                       | <b>75</b> |
| <b>5.3 Κροκίδωση- συσσωμάτωση.....</b>                         | <b>77</b> |
| <b>5.3.1. Γενικά.....</b>                                      | <b>77</b> |
| <b>5.3.2. Κροκίδωση.....</b>                                   | <b>77</b> |
| <b>5.3.3. Παράγοντες που επηρεάζουν την κροκίδωση.....</b>     | <b>78</b> |
| <b>5.3.4. Κροκιδωτικά μέσα.....</b>                            | <b>78</b> |
| <b>5.3.4.1. Γενικά.....</b>                                    | <b>78</b> |
| <b>5.3.4.2. Ανόργανα κροκιδωτικά.....</b>                      | <b>80</b> |
| <b>5.3.4.3. Οργανικά κροκιδωτικά.....</b>                      | <b>81</b> |
| <b>5.3.5 Ανάμιξη και Αναμικτήρες.....</b>                      | <b>82</b> |
| <b>5.3.6 Συσσωμάτωση.....</b>                                  | <b>83</b> |
| <b>5.4 Καθίζηση.....</b>                                       | <b>84</b> |
| <b>5.4.1 Γενικά.....</b>                                       | <b>84</b> |
| <b>5.4.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την καθίζηση.....</b>       | <b>84</b> |
| <b>5.4.3 Είδη δεξαμενών καθίζησης.....</b>                     | <b>86</b> |
| <b>5.5 Επίπλευση.....</b>                                      | <b>90</b> |
| <b>5.5.1 Γενικά.....</b>                                       | <b>90</b> |
| <b>5.5.2 Είδη επίπλευσης- Επίπλευση με διαλυμένο αέρα.....</b> | <b>90</b> |
| <b>5.5.3 Δεξαμενή επίπλευσης.....</b>                          | <b>91</b> |

|   |     |
|---|-----|
| 5.5.4 Σύγκριση καθίζησης και επίπλευσης.....          | 92  |
| 5.6 Διήθηση.....                                      | 93  |
| 5.6.1 Γενικά.....                                     | 93  |
| 5.6.2 Είδη διήθησης.....                              | 94  |
| 5.6.3 Διήθηση χώρου.....                              | 94  |
| 5.6.3.1 Γενικά.....                                   | 94  |
| 5.6.3.2 Χαρακτηριστικά και είδη διηθητικών μέσων..... | 95  |
| 5.6.3.3 Αντίστροφη πλύση.....                         | 97  |
| 5.6.3.4 Φίλτρα άμμου.....                             | 99  |
| 5.6.3.5 Φίλτρα ενεργού άνθρακα.....                   | 100 |
| 5.6.4 Διήθηση επιφάνειας.....                         | 102 |
| 5.6.4.1 Γενικά.....                                   | 102 |
| 5.6.4.2 Είδη διήθησης επιφάνειας.....                 | 102 |
| 5.6.4.3 Φίλτρα προεπίστρωσης.....                     | 103 |
| 5.6.4.4 Φίλτρα μικροπλέγματος.....                    | 104 |
| 5.6.4.5 Φίλτρα κενού.....                             | 104 |
| 5.6.4.6 Φίλτρα μεμβρανών.....                         | 104 |
| 5.6.4.7 Υπερδιήθηση.....                              | 107 |
| 5.6.4.8 Αντίστροφη ώσμωση.....                        | 107 |
| 5.6.4.9 Ηλεκτροδιάλυση.....                           | 109 |
| 5.6.4.10 Νανοδιήθηση.....                             | 111 |



|              |   |     |
|--------------|---|-----|
| 5.6.4.11     | Μικροδιήθηση.....   | 111 |
| 5.6.5        | Φίλτρα με φυσίγγια.....   | 112 |
| 5.7          | Αποσκλήρυνση.....   | 113 |
| 5.7.1        | Γενικά.....   | 113 |
| 5.7.2        | Αποσκλήρυνση με υδροξείδιο του ασβεστίου/νάτριου.....                       | 113 |
| 5.7.3        | Αποσκλήρυνση με ιοντοεναλλαγή.....  | 114 |
| 5.8          | Απολύμανση.....   | 117 |
| 5.8.1        | Γενικά.....   | 117 |
| 5.8.2        | Μηχανισμοί απολύμανσης.....   | 118 |
| 5.8.3        | Παράγοντες που επηρεάζουν την απολύμανση.....                               | 118 |
| 5.8.4        | Επιλογή μέσου απολύμανσης.....  | 120 |
| 5.8.5        | Είδη απολύμανσης.....   | 122 |
| 5.8.5.1      | Γενικά.....   | 122 |
| 5.8.5.2      | Υπεριώδης ακτινοβολία.....  | 123 |
| 5.8.5.3      | Θερμότητα.....  | 126 |
| 5.8.5.4      | Χλωρίωση.....   | 126 |
| 5.8.5.5      | Οζονισμός.....  | 131 |
| 5.9          | Παραδείγματα εγκαταστάσεων επεξεργασίας νερού σε βιομηχανίες τροφίμων...136 |     |
| Κεφάλαιο 6°: | Νομοθεσία και προδιαγραφές νερού.....                                       | 137 |

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| 6.1 Νομοθεσία νερού.....            | 137 |
| 6.1.1 ιστορική ανάδρομη-Γενικά..... | 137 |
| 6.1.2 ισχύουσα νομοθεσία.....       | 137 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 6.2 Προδιαγραφές νερού..... | 144 |
|-----------------------------|-----|

## Παράρτημα

|   |     |
|---|-----|
| I. Επιπλέον πίνακες.....  | 148 |
| II. Κατάλογος μεθόδων μικροβιολογικού ελέγχου του νερού κατά ISO..... | 150 |
| III. Οδηγία 98/83/EK για το νερό.....                                 | 153 |
| IV. Εγκύκλιος για το νερό Υ2/4852 (8/11/2000).....                    | 168 |

## Βιβλιογραφία

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| • Βιβλία .....           | 175 |
| • Άρθρα-περιοδικά.....   | 176 |
| • Πρακτικά ημερίδων..... | 178 |
| • Ιστοσελίδες.....       | 178 |

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο

### Νερό, γενικά στοιχεία και βιομηχανία τροφίμων

#### 1.1 Το νερό στον πλανήτη [1], [14], [40], [51], [54]

Το νερό αποτελεί τη βάση της ύπαρξης και διαβίωσης των ζωντανών οργανισμών και εξασφαλίζει τη συνέχιση της ζωής στον πλανήτη. Είναι το πιο πολύτιμο αγαθό και αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για το ζωικό και το φυτικό βασίλειο, όπως επίσης και για το κλίμα της γης, καθώς διαμορφώνει τις κλιματολογικές συνθήκες του περιβάλλοντος. Το νερό διαδραματίζει ιδιαίτερο ρόλο στη ζωή του ανθρώπου, καθώς είναι βασικό είδος για τη διατροφή του και χρησιμοποιείται σε όλες σχεδόν τις δραστηριότητες του.

Το νερό αποτελεί το 70% του πλανήτη και μόλις το 30% αντιστοιχεί στην ξηρά, ενώ ταυτόχρονα οι περισσότεροι οργανισμοί αποτελούνται κατά το μεγαλύτερο μέρος τους από νερό, συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπου στον οποίο είναι νερό τα 2/3 του σώματός του.

Βέβαια στην υδρόγειο, η μεγαλύτερη ποσότητα των υδάτων (97,5%) είναι αλμυρό νερό, το οποίο δεν είναι εύκολα εκμεταλλεύσιμο, ενώ μόλις το υπόλοιπο 2,5% αποτελεί το γλυκό νερό. Το γλυκό νερό είναι εκείνο το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τις ανάγκες του ανθρώπου, ωστόσο όμως δεν είναι όλο διαθέσιμο, καθώς το 70% είναι σε στέρεα μορφή (πάγος και χιόνι) και βρίσκεται κυρίως στους πόλους της γης, ενώ όλο σχεδόν το υπόλοιπο υφίσταται είτε ως υγρασία στην ατμόσφαιρα, είτε είναι δεσμευμένο σε μεγάλο βάθος στο εσωτερικό της γης και δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Ουσιαστικά μόλις το 1% του υπάρχοντος γλυκού νερού στον πλανήτη είναι διαθέσιμο για τις ανθρώπινες δραστηριότητες, ποσότητα πολύ μικρή, καθώς αντιστοιχεί στο 0,007% του συνολικού υπάρχοντος νερού. [1], [54]

Η διαθέσιμη ποσότητα νερού κατανέμεται στα επιφανειακά και στα υπόγεια ύδατα, όπου εκεί περιλαμβάνονται οι λίμνες, οι ποταμοί και οι υπόγειοι υδροφόροι ορίζοντες. Η ποσότητα του νερού στον πλανήτη δεν αυξάνεται ούτε μειώνεται, παραμένει πάντοτε σταθερή η ποσότητα του, ωστόσο μεταβάλλεται η ποιότητα και η σύσταση του, εξαιτίας ορισμένων φυσικών ή ανθρώπινων παρεμβάσεων. Συγκεκριμένα, παρατηρείται ελάττωση του καθαρού-γλυκού νερού που υπάρχει στον πλανήτη, λόγω των επιβλαβών και ρυπογόνων ανθρώπινων δραστηριοτήτων. [51]

Το νερό συμμετέχει στα καιρικά φαινόμενα της ατμόσφαιρας, τα διαμορφώνει και μέσω αυτών πραγματοποιείται η ανακύκλωση του στη γη. Φτάνει στο έδαφος μέσω της βροχής, του χιονιού και του χαλαζιού και απομακρύνεται από αυτό μέσω της εξάτμισης και της διαπνοής των φυτικών οργανισμών. Αυτή είναι μια διαδικασία η οποία επαναλαμβάνεται συνεχώς, διατηρώντας σταθερό το ισοζύγιο του νερού. Διάφοροι ερευνητές συγκλίνουν στην άποψη ότι η ποσότητα του νερού που υπάρχει στη γη ως υγρό, στερεό και αέριο, είναι της τάξης των  $1,36 \cdot 10^9 \text{ Km}^3$  και ότι η ατμόσφαιρα περιέχει  $13.000 \text{ Km}^3$ , δηλαδή το 0,02% από τη συνολική ποσότητα νερού, η οποία μάλιστα διακινείται με ταχείς ρυθμούς. [1], [14]

Στη σύγχρονη εποχή το νερό αποτελεί ένα ευαίσθητο και κρίσιμο σημείο για τον πλανήτη και τους ανθρώπους, καθώς η ποιότητα του συνεχώς υποβαθμίζεται, με αποτέλεσμα να μειώνεται η κατάλληλη και διαθέσιμη προς άμεση χρήση ποσότητά του και να απαιτείται η εφαρμογή ειδικών μεθόδων επεξεργασίας. Η μόλυνση του νερού είναι ένα μεγάλο ζήτημα της εποχής, το οποίο προκαλεί πολλά προβλήματα, ασθένειες και χητίζει ταχείας λύσης για αποφυγή ιδιαίτερα δυσμενών συνεπειών για το μέλλον. Είναι γεγονός ότι κάθε χρόνο περίπου 2.187.000 άνθρωποι ζωή χάνουν τη τους εξαιτίας του μολυσμένου νερού και των ασθενειών που προκαλεί. Το νερό μολύνεται επι καθημερινής βάσης από πολλές πηγές και επιβαρύνεται με διάφορους αέριους, υγρούς και στερεούς ρύπους. [40]

Οι αέριοι ρύποι επηρεάζουν την ποιότητα του νερού, καθώς συμπαρασύρονται όταν αυτό επιστρέφει στη γη υπό μορφή βροχής, “εμπλουτίζοντας” το με ποικίλα σωματίδια σκόνης, χημικές, τοξικές ουσίες και μικροοργανισμούς. Όλες αυτές οι προσμίξεις μεταφέρονται και στο έδαφος, όπου μολύνουν στη συνέχεια και τους υδροφόρους ορίζοντες (υπόγεια ύδατα) και τα επιφανειακά ύδατα (ρυάκια, ποταμούς, λίμνες και θάλασσες). [1]

Τα επιφανειακά ύδατα συλλέγουν επιπλέον μεγάλο αριθμό ξένων ουσιών και ρύπων, καθώς διέρχονται από αγροτικές εκτάσεις, αστικές και βιομηχανικές περιοχές. Οι αγροτικές δραστηριότητες επιβαρύνουν το νερό με φυτοφάρμακα, λιπάσματα και απορρίμματα ζώων, ενώ οι αστικές και βιομηχανικές περιοχές ρυπαίνουν το νερό με κάθε είδους απόβλητα και πλήθος παθογόνων μικροοργανισμών. Εκτός των άλλων, πολλά στερεά απόβλητα καταλήγουν στα επιφανειακά ύδατα λόγω της ανθρώπινης αδιαφορίας και επιτηδειότητας, συντελώντας έτσι στη μεγέθυνση του προβλήματος.

Είναι αλήθεια ότι το νερό δεν πρέπει πια να αντιμετωπίζεται ως μια αστείρευτη και επαρκής πηγή η οποία μπορεί να χρησιμοποιείται για πάντα. Η αλόγιστη χρήση του νερού και η εκτενής ρύπανση του έχουν οδηγήσει σε κρίσιμα όρια, και γι' αυτό είναι αναγκαία η εφαρμογή σωστών

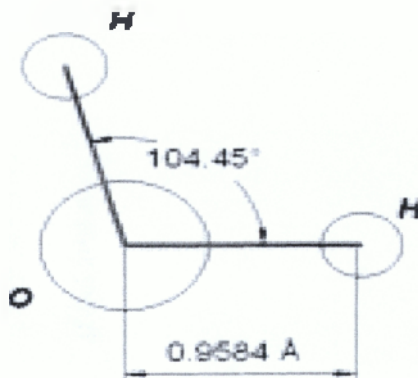


διαπνοής απελευθερώνεται και πάλι στην ατμόσφαιρα. Το υπόλοιπο νερό συγκεντρώνεται στα βαθύτερα στρώματα της γης, όπου και εμπλουτίζει τους υδροφόρους ορίζοντες σε αποθέματα.

### 1.3 Δομή του μορίου του νερού [1], [8], [15]

Το μόριο του νερού αποτελείται από δυο άτομα υδρογόνου και από ένα άτομο οξυγόνου. Είναι πολικό μόριο με χημικό τύπο:  $H_2O$  και με μοριακό βάρος 18. τα μόρια του νερού συνδέονται μεταξύ τους με δεσμούς υδρογόνου γεγονός που εξηγεί το υψηλό σημείο ζέσης του σε σχέση με το μοριακό του βάρος. Στην πραγματικότητα το νερό αποτελείται από μείγμα μορίων διαφορετικού μοριακού βάρους, καθώς υπάρχουν τρία γνωστά ισότοπα υδρογόνου και έξι του οξυγόνου, με αποτέλεσμα να υφίστανται 18 πιθανοί συνδυασμοί ισotόπων του νερού.

Εικόνα 2: Δομή του μορίου του νερού



## 1.4 Κατανάλωση νερού [42], [45], [46], [51]

Το νερό είναι αναγκαίο για την πραγματοποίηση των περισσότερων ανθρωπίνων δραστηριοτήτων, και γι' αυτό χρησιμοποιείται συνεχώς σε ευρεία κλίμακα. Οι χρήσεις του είναι ποικίλες και βρίσκει εφαρμογές σε πολλούς τομείς, με κυριότερους τους εξής παρακάτω:

- Γεωργία
- Παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας
- Βιομηχανία
- Οικιακές χρήσεις
- Πόσιμο νερό

Είναι γεγονός ότι παγκοσμίως, η μεγαλύτερη ποσότητα νερού καταναλώνεται για αγροτικούς σκοπούς και για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας ωστόσο σημαντική είναι και η ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται για τις ανάγκες των βιομηχανιών. [46]

Η αύξηση του πληθυσμού, οι υψηλές απαιτήσεις των βιομηχανικών και αγροτικών δραστηριοτήτων, μαζί με τη μόλυνση, την υπερβολική κατανάλωση και την αλόγιστη χρήση του, έχουν συντελέσει σε σημαντική πτώση των αποθεμάτων νερού. Το γεγονός αυτό είναι περισσότερο εμφανές στις βιομηχανικές χώρες, όπως της Ευρώπης και των Ηνωμένων Πολιτειών, όπου τα παραπάνω φαινόμενα παρουσιάζουν μεγαλύτερη ένταση.

Η υπερβολική κατανάλωση του νερού είναι μια δυσάρεστη πραγματικότητα, και τα υπάρχοντα δεδομένα είναι ανησυχητικά για το μέλλον. Είναι αλήθεια ότι από το 1950 μέχρι το 1990 η κατανάλωση νερού στη Νότια Αμερική αυξήθηκε 100%, στην Αφρική 300% και στην Ευρώπη περίπου 500%. είναι ενδεικτικό ότι σε ορισμένα άρθρα του περιοδικού Time, αναφέρεται ότι η παγκόσμια ζήτηση για νερό διπλασιάζεται κάθε 21 χρόνια, γεγονός ιδιαίτερα κρίσιμο για τις μελλοντικές εξελίξεις. [51]

Μάλιστα ο βιομηχανικός τομέας είναι εκείνος που προκαλεί την πιο ραγδαία αύξηση στη χρήση υδάτινων πόρων, ενώ ταυτόχρονα αποτελεί ίσως το πιο βασικό υπεύθυνο για τη μόλυνση και ποιοτική υποβάθμιση του νερού.

Επισημαίνεται ότι στον ελλαδικό χώρο, το μεγαλύτερο μέρος της διαθέσιμης ποσότητας

νερού (80%), χρησιμοποιείται για την άρδευση, ενώ η βιομηχανία στο σύνολό της καταναλώνει μόνο το 5%. [45]

Στο βιομηχανικό τομέα, οι απαιτήσεις σε νερό είναι υψηλές, ενδεικτικά αναφέρονται τα παρακάτω παραδείγματα:

- Αυτοκινητοβιομηχανία: 400 m<sup>3</sup> νερού για την παραγωγή ενός αυτοκινήτου
- Αλευρόμυλοι: 1,5 m<sup>3</sup> νερού/ kg αλεύρι.
- Κλωστοϋφαντουργία: 50-500 m<sup>3</sup>/tn προϊόντος
- Τυροκομεία 100-2000 m<sup>3</sup>/tn προϊόντος
- Χαρτοβιομηχανία: 200 m<sup>3</sup>/ tn προϊόντος
- Βυρσοδεψία: 100-200 m<sup>3</sup>/ tn προϊόντος
- Κονσερβοποιία: 20-50 m<sup>3</sup>/ tn προϊόντος
- Χαλυβουργία: 30-40 m<sup>3</sup>/ tn προϊόντος
- Ζυθοποιία: 10 m<sup>3</sup>/ tn προϊόντος
- Διυλιστήρια: 2-4 m<sup>3</sup>/ tn προϊόντος

[51], [42]



## 1.5 Το νερό στη βιομηχανία τροφίμων [11]

Το νερό είναι κύριο στοιχείο κάθε βιομηχανίας και έχει πολλές χρήσεις σε όλους τους κλάδους του δευτερογενούς τομέα. Ιδιαίτερα στην περίπτωση των βιομηχανιών τροφίμων, το νερό αποτελεί βασικό παράγοντα, καθώς εκτός των υπολοίπων εφαρμογών του, συμμετέχει και ως πρώτη ύλη (συστατικό) των τροφίμων. Είναι γεγονός ότι απαιτούνται σημαντικές ποσότητες νερού για την εκπλήρωση των αναγκών μιας βιομηχανίας τροφίμων σε όλα τα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας.

Οι υψηλές απαιτήσεις νερού των βιομηχανιών τροφίμων καλύπτονται είτε από ιδιωτικούς, είτε από δημόσιους φορείς. Συνήθως το νερό που προμηθεύονται προέρχεται από υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες (ιδιωτικές ή δημόσιες γεωτρήσεις), από εταιρείες ύδρευσης, όπως είναι στην πρωτεύουσα η ΕΥΔΑΠ και από αντίστοιχες δημοτικές επιχειρήσεις. Αξίζει να σημειωθεί ότι λόγω της προσπάθειας εξοικονόμησης υδάτινων πόρων, ορισμένες βιομηχανίες τροφίμων καλύπτουν μέρος των αναγκών τους, επαναχρησιμοποιώντας το νερό που αποβάλλεται από τις διάφορες διεργασίες με την εφαρμογή κατάλληλου συστήματος επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων ή και με άλλες διατάξεις ανακύκλωσης μέσα στην παραγωγική διαδικασία.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο

### Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά νερού

#### 2.1 Γενικά [1]

Η μοριακή δομή του νερού προσδίδει σε αυτό ιδιαίτερες φυσικοχημικές ιδιότητες, οι οποίες έχουν πρακτικό ενδιαφέρον για την ποιότητα, την επεξεργασία και τη διάθεση του στη βιομηχανία των τροφίμων. Έτσι το νερό έχει την ικανότητα να διαλύει μεγάλο αριθμό ενώσεων και να μεταφέρει ως αιωρούμενα στερεά διάφορα συστατικά, τα οποία επηρεάζουν την ποιότητα του.

Η ύπαρξη αυτών των σωματιδίων στο νερό επιδρά στα φυσικοχημικά, βιολογικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του, τα οποία χρήζουν ιδιαίτερης προσοχής σε μια βιομηχανία τροφίμων, καθώς το νερό, εκτός των άλλων χρήσεων, συμμετέχει και ως συστατικό (πρώτη ύλη) σε διάφορα τρόφιμα και προϊόντα.

Το νερό μπορεί να περιέχει σε διάλυση ή να μεταφέρει ανόργανα, οργανικά συστατικά, διάφορα αιωρούμενα στερεά, ακόμη και ραδιενεργά σωματίδια.

## 2.2 Ανόργανα συστατικά [1], [15]

Τα συνηθέστερα ανόργανα συστατικά ενός φυσικού νερού είναι το ασβέστιο, το μαγνήσιο, το νάτριο, το κάλιο και τα όξινα ανθρακικά, τα θειικά, τα χλωριούχα, τα νιτρικά και τα πυριτικά ιόντα. Οι συγκεντρώσεις των συστατικών αυτών σε ένα φυσικό νερό μπορεί να κυμαίνονται από 1 έως 1.000 mg/L, και αναφορικά για τα νερά της Ελλάδας τα ανόργανα συστατικά βρίσκονται σε συγκεντρώσεις 1-100 mg/L, εκτός των όξινων ανθρακικών, τα οποία βρίσκονται στην περιοχή των 200-400 mg/L. Τα συστατικά αυτά παίζουν σημαντικό ρόλο στην επεξεργασία που πρέπει να υποστεί το νερό, και η παρουσία τους επηρεάζει αρνητικά και το προϊόν, αλλά και τον εξοπλισμό της βιομηχανίας.

Ωστόσο στο νερό περιέχονται και άλλα ιόντα, τα οποία υπάρχουν σε μικρότερες συγκεντρώσεις (0,01-1 mg/L) και τα οποία είναι αρκετά σημαντικά είτε βιολογικά, είτε γιατί επιδρούν πάνω σε συγκεκριμένες βιομηχανικές εφαρμογές. Σε αυτά ανήκουν η αμμωνία, τα νιτρώδη, τα φωσφορικά, ο σίδηρος, το μαγγάνιο και το φθόριο.

Τέλος, αναφέρονται και τα ιχνοστοιχεία που περιέχονται στο νερό σε συγκεντρώσεις της τάξης των mg/L, και τα οποία ενδέχεται να αντιστοιχούν σε οποιοδήποτε στοιχείο του περιοδικού πίνακα.

Η χημική σύσταση των φυσικών νερών οφείλεται στην παράσυρση ενώσεων του εδάφους και στις χημικές αντιδράσεις του νερού με τα πετρώματα της γης (υπόγεια ύδατα), με τα οποία έρχεται σε επαφή, καθώς επίσης στην αποσάθρωση των πετρωμάτων και την έκπλυση εδαφών και ιζημάτων (επιφανειακά ύδατα), αφού το νερό της βροχής, από την οποία κυρίως προέρχονται τα φυσικά νερά, περιέχει πάρα πολύ χαμηλή συγκέντρωση αλάτων. Βέβαια, πρέπει να αναφερθεί, ότι ιδιαίτερα στις μέρες μας, για το επιβαρυνόμενο φορτίο των νερών με ποικίλες επικίνδυνες χημικές ενώσεις ευθύνεται και η μόλυνση του από γεωργικούς και βιομηχανικούς ρύπους.

Το νερό με τα συστατικά του εδάφους αλληλεπιδρά με δράσεις διάλυσης, οξειδωαναγωγής, ιοντοεναλλαγής και συμπλοκοποίησης. Η ιοντοεναλλαγή αποτελεί την κυριότερη δράση έκπλυσης των εδαφών, εμπλουτίζει το νερό με ανεπιθύμητα πολλές φορές συστατικά ανθρώπινης δραστηριότητας, όπως είναι τα λιπάσματα και τα φυτοφάρμακα.

### 2.3 Αιωρούμενα στερεά [1], [15]

Τα αιωρούμενα στερεά στο νερό είναι σωματίδια με μεγαλύτερο μέγεθος από εκείνο του μορίου, και συνήθως δεν γίνονται αντιληπτά με γυμνό μάτι. Η κύρια πηγή προέλευσης τους είναι η αποσάθρωση των πετρωμάτων και οι βιολογικές διεργασίες. Αναλυτικότερα, η αποσάθρωση αργιλικών πετρωμάτων και η αποσύνθεση των αλγών, των βακτηρίων καθώς και άλλων ανώτερων μικροοργανισμών εμπλουτίζει το νερό με αιωρούμενα σωματίδια.

Τα αιωρούμενα στερεά μπορεί να προέρχονται εκτός από φυσικούς, και από ανθρωπογενείς παράγοντες. Συγκεκριμένα, οι βιομηχανικές και οι αγροτικές δραστηριότητες ενισχύουν τις φυσικές διεργασίες δημιουργίας αιωρούμενων στερεών, όπως επίσης και η άμεση ρύπανση του νερού με τα βιομηχανικά και αγροτικά απόβλητα και παραπροϊόντα.

Τα αιωρούμενα στερεά επιδρούν αρνητικά στην ποιότητα του νερού, και αυτό διότι, λόγω του μικρού τους μεγέθους, εμφανίζουν μεγάλη ειδική επιφάνεια, η οποία συχνά λειτουργεί ως μέσο προσρόφησης τοξικών συστατικών, όπως είναι τα βαρέα μέταλλα και οι αλογονωμένοι υδρογονάνθρακες. Επιπλέον η μεγάλη επιφάνεια των αιωρούμενων στερεών προκαλεί ισχυρή διάχυση του φωτός, αλλοιώνοντας έτσι τη διαύγεια του νερού. Τέλος, η επιφάνεια των αιωρούμενων στερεών αποτελεί και εστία, κατάλληλο υπόστρωμα ανάπτυξης διαφόρων μικροοργανισμών, το οποίο ταυτόχρονα τους προστατεύει έναντι στις μεθόδους απολύμανσης.

## 2.4 Διαλυμένα αέρια [10]

Το νερό περιέχει σε διάλυση αέρια, τα οποία προέρχονται είτε από φυσικές πηγές ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ), όπως ο ατμοσφαιρικός αέρας, είτε από γεωχημικές διεργασίες ( $\text{H}_2\text{S}$ ), οι οποίες λαμβάνουν χώρα στο υπέδαφος, είτε από αποσύνθεση οργανισμών ( $\text{CH}_4$ ), όπως είναι τα φυτά, τα ζώα και οι μικροοργανισμοί.

## **2.5 Οργανικά συστατικά [1], [15]**

### **2.5.1 Γενικά**

Το πόσιμο νερό περιέχει οργανικά συστατικά τα οποία προέρχονται, είτε από φυσική αποικοδόμηση φυτικών και ζωικών οργανισμών, είτε από αστική, αγροτική ή βιομηχανική ρύπανση. Επισημαίνεται ότι τα επιφανειακά νερά συνήθως περιέχουν υψηλότερες συγκεντρώσεις οργανικών ενώσεων, σε αντίθεση με τα υπόγεια, καθώς τα μεν πρώτα γίνονται ευκολότερα δέκτες και έρχονται σε επαφή με τους ρύπους. Έτσι σε πολλούς υδροφόρους ορίζοντες, η περιεκτικότητα των νερών σε οργανικές ουσίες είναι μηδενική, ενώ σε αρκετά επιφανειακά νερά, λόγω της μόλυνσης, φθάνει μέχρι και μερικές δεκάδες mg/L.

Ωστόσο, ορισμένες μελέτες δεν συμφωνούν με την προηγούμενη άποψη, καθώς αναφέρουν ότι τα υπόγεια νερά ρυπαίνονται όπως και τα επιφανειακά, και ότι σε κάποιες περιπτώσεις τα υπόγεια ύδατα περιέχουν μεγαλύτερο οργανικό ρυπαντικό φορτίο. Το αποτέλεσμα αυτό εξηγείται, λόγω του γεγονότος ότι στα υπόγεια νερά οι ρύποι δεν έρχονται σε επαφή με την ατμόσφαιρα, οι πτητικές οργανικές ενώσεις δεν μπορούν να διαφύγουν από το νερό, και η διαδικασία της αερόβιας αποσύνθεσης είναι περισσότερο περιορισμένη.

### **2.5.2 Φυσικές οργανικές ενώσεις [1], [15]**

Οι φυσικές οργανικές ενώσεις αποτελούν συνήθως το μεγαλύτερο ποσοστό του οργανικού φορτίου που υπάρχει στο νερό. Αναλυτικότερα οι ενώσεις αυτές προέρχονται από τη διαδικασία χουμοποίησης διάφορων συστατικών του εδάφους, όπως είναι τα προϊόντα αποικοδόμησης και αποσύνθεσης των βιολογικών οργανισμών (φυτικοί και ζωικοί), τα οποία εκπλένονται από το νερό.

### **2.5.3 Συνθετικές οργανικές ενώσεις [1], [15]**

Οι περισσότερο κοινοί ρυπαντές του πόσιμου νερού είναι οι πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) στις οποίες ανήκουν οι διαλυτές, οι αλογονωμένοι υδρογονάνθρακες, τα καύσιμα και τα ψυκτικά υγρά. Η παρουσία τους στο νερό οφείλεται στις μεγάλες ποσότητες παραγωγής τους, στη χημική τους σταθερότητα, καθώς και στην αμελητέα προσρόφηση τους από το έδαφος.

Οι συνθετικοί οργανικοί ρύποι είναι δυνατό να είναι πρωτογενείς, αλλά και δευτερογενείς. Οι

πρωτογενείς ρύποι αναφέρονται σε εκείνους τους οργανικούς ρύπους που μολύνουν άμεσα το νερό. Ωστόσο υπάρχουν και οργανικές ενώσεις- δευτερογενείς ρύποι, οι οποίοι σχηματίζονται μετά κατά την επεξεργασία του νερού.

Συγκεκριμένα, όπως θα αναφερθεί και σε επόμενο κεφάλαιο, κατά τη χλωρίωση του νερού η ύπαρξη πρωτογενών ρύπων οδηγεί στο σχηματισμό διαφόρων τοξικών αλογονούχων οργανικών ενώσεων, ως αποτέλεσμα της αντίδρασης τους με το μέσο απολύμανσης. Οι περισσότερο κοινές ενώσεις του είδους αυτού είναι τα τριαλογονομεθάνια (THMs), με πιο γνωστούς εκπροσώπους τους τα  $\text{CHCl}_3$ ,  $\text{CHBrCl}_2$ ,  $\text{CHBr}_2\text{Cl}$ ,  $\text{CHCl}_2\text{I}$  και  $\text{CHIBrCl}$ .

## 2.7 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά [1], [57]

Στα χαρακτηριστικά αυτά του νερού περιλαμβάνεται η οσμή, η γεύση και το χρώμα του. Το νερό πρέπει φυσιολογικά να είναι άοσμο, άγευστο και διαυγές για να είναι πόσιμο και κατάλληλο για χρήση, ωστόσο οι απαιτήσεις αυτές συχνά δεν ικανοποιούνται.

Η ύπαρξη δυσάρεστης γεύσης, οσμής και χαρακτηριστικού χρώματος οφείλεται κατά μεγάλο ποσοστό στην αποικοδόμηση φυτικών υλικών και στα προϊόντα μεταβολισμού των μικροοργανισμών. Υπεύθυνοι μικροοργανισμοί για αυτό είναι τα νηματοειδή βακτήρια, οι ακτινομύκητες και τα πράσινο-μπλε άλγη. Συγκεκριμένα, δυο χαρακτηριστικά προϊόντα μεταβολισμού των ακτινομυκήτων και των πράσινο-μπλε αλγών είναι η γεωσμίνη και η μεθυλοισοβορνεόλη (MIB), ενώσεις οι οποίες είναι ιδιαίτερα δύσοσμες και υπεύθυνες για την πολύ γνωστή οσμή γαιώδη- μούχλας που προσδίδουν στο νερό.

Επίσης πρόβλημα στη γεύση και την οσμή προκαλεί το υπολειπόμενο χλώριο που παραμένει στο νερό, αλλά και οι ενώσεις που προκύπτουν από την αντίδραση του με τα οργανικά συστατικά του νερού. Στον πίνακα φαίνονται οι συγκεντρώσεις εμφάνισης οσμής ορισμένων ενώσεων.

Πίνακας 1: Συστατικά και οι συγκεντρώσεις τους εμφάνισης οσμής [1]

| Συστατικό            | Συγκέντρωση εμφάνισης οσμής (mg/L) |
|----------------------|------------------------------------|
| Διχλωρομεθάνιο       | 24                                 |
| Χλωροφόρμιο          | 20                                 |
| Τριχλωροφόρμιο       | 0,5                                |
| Τετραχλωροαιθυλένιο  | 0,3                                |
| Τετραχλωράνθρακας    | 0,2                                |
| Τολουόλιο            | 0,14                               |
| 2-οκτανόλη           | 0,13                               |
| Στυρένιο             | 0,05                               |
| Ναφθαλένιο           | 0,007                              |
| Μεθυλοσουλφίδιο      | 0,003                              |
| 1,4- διχλωροβενζόλιο | 0,0003                             |
| Γεωσμίνη             | 0,000005                           |
| Μεθυλοϊσοβορνεόλη    | 0,000005                           |



Η δυσάρεστη οσμή και γεύση ορισμένων υπόγειων νερών οφείλεται στο περιεχόμενο υδρόθειο, το οποίο δημιουργείται από την αναγωγή των θεικών, εξαιτίας αναερόβιων βιολογικών διεργασιών. Η ύπαρξη ικανής ποσότητας  $H_2S$  σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 0,1 mg/L ανιχνεύεται και επισημαίνεται με τη χαρακτηριστική οσμή αλλοιωμένου αυγού. Επιπλέον, άλλες θειούχες ενώσεις που προέρχονται από μικροβιολογικές δράσεις είναι τα μεθυλοπολυσουλφίδια και η μεθυλομερκαπτάνη, οι οποίες δημιουργούν οσμές και γεύσεις έλους- ιχθύος στο νερό.

Τα προβλήματα γεύσης στο νερό οφείλονται στα διαλυμένα άλατα, όπως επίσης στην παρουσία κάποιων συγκεκριμένων μετάλλων, όπως είναι ο σίδηρος, ο χαλκός, το μαγγάνιο και ο ψευδάργυρος. Στον πίνακα 2 παρουσιάζονται οι συγκεντρώσεις των προηγούμενων συστατικών τα οποία προσδίδουν γεύση στο πόσιμο νερό.

Πίνακας 2: Συστατικά και συγκεντρώσεις τους εμφάνισης γεύσης [1]

| Συστατικό        | Συγκέντρωση γεύσης (mg/L) |
|------------------|---------------------------|
| $Zn^{+2}$        | 4-9                       |
| $Cu^{+2}$        | 2-5                       |
| $Fe^{+2}$        | 0,04-0,1                  |
| $Mn^{+2}$        | 4-30                      |
| 2-χλωροφαινόλη   | 0,004                     |
| 2,4-χλωροφαινόλη | 0,008                     |
| 2,6-χλωροφαινόλη | 0,002                     |
| Φαινόλη          | >1,0                      |

## 2.8 Δείκτες και μέθοδοι μέτρησης ποιότητας νερού

### 2.8.1 Γενικά

Τα διάφορα χαρακτηριστικά του νερού που προαναφέρθηκαν σχετίζονται με την ποιότητα του, και είναι απαραίτητο να εκφράζονται σε ανάλογες κλίμακες και να λαμβάνουν αντίστοιχες τιμές. Έτσι, για να είναι δυνατή η γνώση, η παρακολούθηση και ο έλεγχος των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του νερού διεξάγονται ορισμένες μετρήσεις και χρησιμοποιούνται συγκεκριμένοι δείκτες για την ποιότητα του. Στη συνέχεια αναφέρονται τα βασικά χαρακτηριστικά και τα μεγέθη που μετρούνται για να προσδιοριστεί η ποιότητα του νερού.

### 2.8.2 Σκληρότητα [1], [6], [7], [15], [51]

Η σκληρότητα εκφράζει την περιεκτικότητα του νερού σε πολυσθενή κατιόντα, και κυρίως σε  $\text{Ca}^{+2}$  και  $\text{Mg}^{+2}$ . Η σκληρότητα του νερού μπορεί να διακριθεί σε δυο είδη, την παροδική που οφείλεται στα ανθρακικά άλατα του ασβεστίου και μαγνησίου και τη μόνιμη σκληρότητα που οφείλεται στα θειικά και χλωριούχα άλατα ασβεστίου και μαγνησίου. Η σκληρότητα εξαρτάται από την προέλευση του νερού, και ειδικά για τα υπόγεια ύδατα είναι συνάρτηση του άους άντλησης και του τύπου του υπεδάφους. [6], [7]

Η σκληρότητα αποτελεί σπουδαία παράμετρο, όσον αφορά το νερό για βιομηχανικές χρήσεις, γιατί δείχνει την τάση του νερού για σχηματισμό ανθρακικών και άλλων επικαθήσεων στους λέβητες και τους πύργους ψύξης, την ικανότητα δέσμευσης καθαριστικών και την απόδοση δυσάρεστης γεύσης στα τρόφιμα. Αναλυτικότερα, το νερό υψηλής σκληρότητας περιέχει ιόντα  $\text{Ca}^{+2}$  και  $\text{Mg}^{+2}$  τα οποία σχηματίζουν συσσωματώματα, με αποτέλεσμα να μειώνεται η αποτελεσματικότητα της πλύσης, καθώς δημιουργούνται οι ενώσεις του στεατικού νατρίου ( $\text{C}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2\text{Na}$ ) και του στεατικού μαγνησίου ( $\text{C}_{18}\text{H}_{35}\text{O}_2\text{Mg}$ ) που είναι αδιάλυτες και εμποδίζουν τη δραστηριότητα των καθαριστικών μέσων. Ιδιαίτερα καταστρεπτικές είναι οι επικαθήσεις που προκαλούν τα ανθρακικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου ( $\text{CaCO}_3, \text{MgCO}_3$ ), τα οποία εμφανίζονται σε ολόκληρο τον εξοπλισμό και μειώνουν τη διάρκεια ζωής των ατμολεβήτων. [6], [7]

Η σκληρότητα μετρείται σε τρεις διαφορετικές κλίμακες:

- γερμανικούς βαθμούς ( $^\circ\text{dH}$ ): ο ένας γερμανικός βαθμός αντιστοιχεί σε 1mg  $\text{CaO}/100\text{mL}$

νερού

- γαλλικούς βαθμούς (<sup>0</sup>f): ο ένας γαλλικός βαθμός αντιστοιχεί σε 1mg CaCO<sub>3</sub>/100mL νερού
- αγγλικούς βαθμούς: ο ένας αγγλικός βαθμός ορίζεται ως 1 κόκκος CaCO<sub>3</sub> (1 grain= 0.0648g) ανά γαλόνι νερού (10000 κόκκους)

[7]

Ο υπολογισμός της σκληρότητας γίνεται σχηματίζοντας το άθροισμα των meq ασβεστίου και μαγνησίου το οποίο λαμβάνεται ίσο με το meq του ανθρακικού ασβεστίου. Επίσης ισχύει:

$$\text{meq/L CaCO}_3 \cdot 50 = \text{mg/L CaCO}_3$$

Ανάλογα με τις τιμές που λαμβάνει η παράμετρος της σκληρότητας, το νερό χαρακτηρίζεται ως μαλακό, μετρίως μαλακό, σκληρό και πολύ σκληρό. Στη συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένες τιμές και οι αντίστοιχοι χαρακτηρισμοί σχετικά με τη σκληρότητα του νερού.

- Μαλακό: σκληρότητα 0-100 mg/L CaCO<sub>3</sub>
- Μετρίως σκληρό: σκληρότητα 100-200 mg/L CaCO<sub>3</sub>
- Σκληρό: σκληρότητα 200-300 mg/L CaCO<sub>3</sub>
- Πολύ σκληρό: σκληρότητα >300 mg/L CaCO<sub>3</sub>

[1]

- Μαλακό: σκληρότητα 0-50 mg/L CaCO<sub>3</sub>
- Μετρίως σκληρό: σκληρότητα 50-100 mg/L CaCO<sub>3</sub>
- Σκληρό: σκληρότητα 100-200 mg/L CaCO<sub>3</sub>
- Πολύ σκληρό: σκληρότητα 200-300 mg/L CaCO<sub>3</sub>

[22]

- Μαλακό: σκληρότητα 0-60 mg/L CaCO<sub>3</sub>

- Μετρίως σκληρό: σκληρότητα 60-120 mg/L CaCO<sub>3</sub>
- Σκληρό: σκληρότητα 120-180 mg/L CaCO<sub>3</sub>
- Πολύ σκληρό: σκληρότητα >180 mg/L CaCO<sub>3</sub>

[23]

### 2.8.3 Αλκαλικότητα [49]

Η αλκαλικότητα του νερού ισούται με το άθροισμα των ανθρακικών, ανθρακικών και ένυδρων ιόντων. Ωστόσο για πρακτικούς λόγους η αλκαλικότητα αναφέρεται μόνο στον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων ανθρακικού ασβεστίου και μαγνησίου. Η γνώση της αλκαλικότητας παίζει σημαντικό ρόλο, καθώς εκτιμάται η ποσότητα CO<sub>2</sub> που παράγεται κατά τη θέρμανση του νερού. Το CO<sub>2</sub> προκαλεί διάβρωση σε πολλές περιπτώσεις στον εξοπλισμό, παρόλο που το pH του είναι ουδέτερο. Συνήθεις τιμές αλκαλικότητας γύρω στα 300ppm δεν συνιστούν πρόβλημα για διάφορες εφαρμογές.

### 2.8.4 Ολικά διαλυμένα στερεά [1], [15], [51]

Τα ολικά διαλυμένα στερεά περιλαμβάνουν όλα τα ιόντα που υπάρχουν σε διάλυση στο νερό. Η μέτρηση τους γίνεται με διήθηση του νερού για απομάκρυνση των αιωρουμένων στερεών, εξάτμιση μέχρι ξηρού του διηθήματος και ζύγιση του στερεού υπολείμματος. Αν και τα ολικά διαλυμένα στερεά δεν φαίνεται να είναι επικίνδυνα για την ανθρώπινη υγεία, συνήθως συνιστάται να είναι λιγότερα από 500 mg/L στο πόσιμο νερό, καθώς για μεγαλύτερες συγκεντρώσεις το νερό αρχίζει σταδιακά να αποκτά ιδιόζουσα γεύση. Επίπεδα μεγαλύτερα από 900 ppm επηρεάζουν την απόδοση των διατάξεων αποσκλήρυνσης του νερού, προκαλώντας αύξηση της σκληρότητας και διαφυγή σιδήρου, όπως επίσης επηρεάζουν και δυσχεραίνουν την αποδοτική λειτουργία των διατάξεων αντίστροφης ώσμωσης (πόλωση των μεμβρανών).

### 2.8.5 Ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα [1], [15]

Η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα εκφράζει την ενεργότητα των ιόντων του διαλύματος υπό το πρίσμα της ικανότητας τους να μεταφέρουν ηλεκτρικό ρεύμα ( $m\Omega/cm$ ). Είναι και αυτή μια παράμετρος που δίνει τη διαβρωτική τάση του νερού και σχετίζεται με τα ολικά διαλυμένα στερεά. Έτσι σε νερά με χαμηλή περιεκτικότητα αλάτων ισχύει με ικανοποιητική προσέγγιση η σχέση:

$$[EHA]=2 \cdot TDS$$

Για συγκεντρώσεις  $TDS > 1000 \text{ mg/L}$ , η σχέση λαμβάνει τη μορφή:

$$[EHA]=1,11 \cdot TDS$$

### 2.8.6 Θολότητα [1], [15], [46], [51]

Με τον όρο θολότητα ορίζεται η οπτική ιδιότητα του δείγματος νερού να προκαλεί διάχυση του φωτός και απορρόφηση, χωρίς να επιτρέπει τη διέλευση του. Η θολότητα του νερού προσδιορίζεται νεφελομετρικά και μετρείται με μια διάταξη που περιλαμβάνει μια δέσμη ορατού φωτός και έναν ανιχνευτή διαχεόμενης ακτινοβολίας, όπου τα αποτελέσματα δίνονται σε μονάδες θολότητας.

Η θολότητα έχει ιδιαίτερη σημασία και αποτελεί την πλέον μεταβαλλόμενη παράμετρο και βασικό κριτήριο ποιότητας του νερού και σχετίζεται με τα αιωρούμενα και τα κολλοειδή σωματίδια του νερού. Αποτελεί δείκτη των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών του νερού, είναι σημαντική ένδειξη για τη μικροβιολογική κατάσταση του νερού και φανερώνει τη δυνατότητα ανάπτυξης και μεταφοράς μικροοργανισμών με τα αιωρούμενα στερεά. Υψηλές τιμές στη μετρούμενη θολότητα αντιστοιχούν σε δυσκολία καταστροφής των μικροοργανισμών κατά το στάδιο της απολύμανσης, καθώς τα σωματίδια αντιδρούν με τα χημικά μέσα απολύμανσης και απορροφούν την υπεριώδη ακτινοβολία.

### 2.8.7 Μέτρηση αιωρούμενων σωματιδίων [1], [15]

Η μέτρηση των αιωρούμενων σωματιδίων πραγματοποιείται με κατάλληλους ανιχνευτές για το προσδιορισμό της κατανομής των σωματιδίων κατά μέγεθος (1-6-  $\mu m$  και 2,5-150  $\mu m$ ),

κατατάσσοντας τα αιωρούμενα σωματίδια σε 12 περιοχές μεγέθους.

### **2.8.8 Μέτρηση οργανικών ενώσεων [1], [15]**

Το σύνολο των οργανικών ενώσεων στο νερό μετρείται με γενικές μεθόδους, όπως είναι η μέτρηση του χρώματος, η απορρόφηση της υπεριώδους ακτινοβολίας, ο φθορισμός, ο ολικός οργανισμός άνθρακα (TOC) και τα ολικά οργανικά αλογούχα (TOX). Η επί μέρους οργανική ένωση μετρείται με εξειδικευμένες τεχνικές, όπως με παραλαβή σε οργανικούς διαλύτες των οργανικών ενώσεων του νερού με εκχύλιση-συμπύκνωση και με ταυτοποίηση τους με αέρια χρωματογραφία (GC), φασματοσκοπία μάζας (MS), υγρή χρωματογραφία υψηλής πίεσης (HPLC), καθώς επίσης και με συνδυασμό των τεχνικών αυτών μεταξύ τους (GC-MS).

### **2.8.9 Οργανοληπτικός έλεγχος**

Με το συγκεκριμένο έλεγχο εξετάζεται οργανοληπτικά η εμφάνιση του νερού, η οσμή και η γεύση του.

### **2.8.10 Υπολειμματικό χλώριο [46]**

Το υπολειμματικό χλώριο είναι μια μικρή ποσότητα χλωρίου η οποία σκοπίμως απομένει μετά την απολύμανση του νερού, για να αποφευχθεί η μόλυνση του νερού μέσα στο δίκτυο διανομής (σωληνώσεις). Η απουσία υπολειμματικού χλωρίου είναι σημαντική ένδειξη στασιμότητας του νερού και πιθανότατα μόλυνσης του από μικροοργανισμούς.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο

### Μικροβιολογικά χαρακτηριστικά νερού

#### 3.1 Εισαγωγή [30]

Οι μικροοργανισμοί απαντώνται σε μεγάλο αριθμό και υπάρχουν παντού στη φύση. Έτσι και το νερό περιέχει αναπόφευκτα πολλά είδη μικροοργανισμών, σε ικανό αριθμό. Ο αριθμός των μικροοργανισμών και μάλιστα των παθογόνων, είναι περισσότερο αυξημένος, σήμερα καθώς τα ύδατα επιβαρύνονται με διάφορα απόβλητα, όταν διέρχονται από αγροτικές, αστικές και βιομηχανικές περιοχές.

Είναι φανερό ότι η παρουσία των μικροοργανισμών συνδέεται άμεσα με την ποιότητα και την καταλληλότητα του νερού. Οι μικροοργανισμοί θεωρούνται υπεύθυνοι για τις περισσότερες ασθένειες που προέρχονται από το νερό, γι' αυτό και οι βιομηχανίες τροφίμων δίνουν ιδιαίτερη σημασία στον έλεγχο και την προστασία από τους μικροοργανισμούς. Η ύπαρξη μικροοργανισμών στο νερό, όταν χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη, οδηγεί στην αλλοίωση-μόλυνση των τροφίμων η οποία μπορεί να οδηγήσει σε ευρεία διάδοση ασθενειών και προβλημάτων υγείας για τους καταναλωτές. Επίσης οι μικροοργανισμοί είναι υπεύθυνοι για την απόδοση δυσάρεστων οσμών και γεύσεων στα τρόφιμα και τη διάβρωση του εξοπλισμού, καθώς δρουν ως μέσο εναλλαγής θερμότητας.

Τα τελευταία χρόνια έχουν εμφανιστεί “νέοι” παθογόνοι μικροοργανισμοί στο νερό και στο δίκτυο διανομής του. Ωστόσο αυτοί οι μικροοργανισμοί δεν είναι στην πραγματικότητα “καινούργιοι”, οι περισσότεροι προϋπήρχαν και ήταν υπεύθυνοι για διάφορα προβλήματα και ασθένειες παλαιότερα, ωστόσο δεν είχαν αναγνωρισθεί και προσδιορισθεί προηγουμένως, λόγω έλλειψης ικανών μεθόδων ανάλυσης. Σε αυτούς τους μικροοργανισμούς ανήκουν οι ιοί και τα παράσιτα (πρωτόζωα), τα οποία παλιότερα θεωρούνταν μόνο παθογόνα των ζώων και δεν συνδέονταν με μολύνσεις των υδάτων.

### 3.2 Το πλήθος των μικροοργανισμών [19], [20]

Το πλήθος των μικροοργανισμών στο νερό είναι ένας μεταβλητός παράγοντας και οι μεταβολές αυτές οφείλονται κυρίως στις διαδικασίες άντλησης, προμήθειας, αποθήκευσης, μεταφοράς, διακίνησης και επεξεργασίας του νερού.

Σε καθαρό νερό ή σε νερό με χαμηλή περιεκτικότητα σε θρεπτικά, ο ολικός αριθμός των μικροοργανισμών είναι περιορισμένος, ωστόσο όμως δύναται να υπάρξει μεγάλη ποικιλία ειδών. Εάν η περιεκτικότητα του νερού σε θρεπτικά συστατικά αυξηθεί, αυξάνει και ο αριθμός των μικροοργανισμών, ενώ η ποικιλία των ειδών μειώνεται.

Ο αριθμός των μικροοργανισμών χαρακτηρίζει άμεσα την ασφάλεια και την ποιότητα του νερού, και όταν είναι αυξημένος, η ποιότητα του είναι κακή και είναι επικίνδυνο για τη δημόσια υγεία. Υψηλός αριθμός μικροοργανισμών στο νερό προκαλεί αντίστοιχα την εμφάνιση μόλυνσης και μεγάλου αριθμού μικροοργανισμών στα περισσότερα τρόφιμα, καθώς αποτελεί την πρώτη ύλη και το μέσο με το οποίο έρχονται σε επαφή τα τρόφιμα κατά τις διάφορες διεργασίες. Έτσι, για να διασφαλιστεί η παραγωγή των προϊόντων με όσο το δυνατό ελάχιστο αριθμό μικροοργανισμών, η εκάστοτε βιομηχανία λαμβάνει μέτρα και ελέγχει (υπεύθυνο τμήμα ποιοτικού ελέγχου-τμήμα διασφάλισης ποιότητας) αναλυτικά και με προσοχή το χρησιμοποιούμενο νερό καθώς και τον εξοπλισμό μέσω του οποίου διακινείται, την καθαρότητα του βιομηχανικού χώρου και των εργαζομένων. Με αυτόν τον τρόπο γίνεται καλύτερη αξιολόγηση των συνθηκών υγιεινής που επικρατούν στη βιομηχανία και ορθότερη εκτίμηση των πιθανών παραγόντων μόλυνσης του νερού. Είναι φανερό ότι ο προσδιορισμός του μικροβιακού φορτίου και η τήρηση των προδιαγραφών είναι απαραίτητα, καθώς οδηγεί στη λήψη μέτρων για τη μείωση του.

Κατά τον έλεγχο του αριθμού των μικροοργανισμών παρατηρείται παρουσία διαφορετικών ειδών, για τα οποία υπάρχει ξεχωριστή αντιμετώπιση, όπως στην περίπτωση των παθογόνων, των οποίων ο αριθμός είναι σημαντικότερος για την εκτίμηση του ολικού μικροβιακού φορτίου. Μετά τον προσδιορισμό του αριθμού των μικροοργανισμών εξετάζεται, εάν τα επίπεδα παρουσίας μικροοργανισμών είναι αποδεκτά ή μη, και ποιες διορθωτικές ενέργειες θα πρέπει να ακολουθηθούν.



### 3.3 Κατηγορίες μικροοργανισμών [2]

Οι μικροοργανισμοί είναι συνήθως μονοκύτταροι και διακρίνονται ανάλογα με τη δομή του κυττάρου τους σε δυο κατηγορίες, τους προκαρυωτικούς και τους ευκαρυωτικούς.

Οι προκαρυωτικοί είναι μικροοργανισμοί με μέγεθος  $<5\mu\text{m}$ , το γενετικό τους υλικό αποτελείται από ένα κυκλικό μόριο DNA και στο κύτταρο τους παρατηρείται μερικές φορές και ένα επιπλέον γενετικό υλικό που ονομάζεται πλασμίδιο. Ο πολλαπλασιασμός τους γίνεται με διχοτόμηση και στους προκαρυωτικούς μικροοργανισμούς ανήκουν τα βακτήρια, οι ακτινομύκητες και τα κυανοφύκη.

Οι ευκαρυωτικοί είναι μεγαλύτεροι μικροοργανισμοί από τους προκαρυωτικούς, με κυτταρική δομή παρόμοια με εκείνη των κυττάρων ανώτερων οργανισμών. Το γενετικό τους υλικό περιβάλλεται από την πυρηνική μεμβράνη, και η αναπαραγωγή τους μπορεί να είναι σεξουαλική ή ασεξουαλική και ο κύκλος ζωής τους συχνά είναι πολύ σύνθετος. Σε αυτήν την κατηγορία περιλαμβάνονται οι μύκητες, τα φύκη, τα άλγη και τα πρωτόζωα.

Ως ξεχωριστή κατηγορία που δεν έχει δομική μονάδα το κύτταρο (δεν είναι ούτε προκαρυωτικοί ούτε ευκαρυωτικοί), θεωρούνται οι ιοί. Οι οργανισμοί αυτοί δρουν υποχρεωτικά ως ξενιστές των κυττάρων άλλων οργανισμών.

### 3.4 Συστηματική κατάταξη μικροοργανισμών [2]

Όλες οι κατηγορίες των μικροοργανισμών κατατάσσονται σύμφωνα με την εξής γενική ακολουθία:

#### **Συνομοταξία-Ομοταξία-Τάξη-Υπόταξη-Οικογένεια-Γένος-Είδος-Στέλεχος**

Με βάση την προηγούμενη κατάταξη, συχνά για λόγους απλούστευσης και ευκολίας, επικρατεί η ταξινόμηση των μικροοργανισμών σύμφωνα με το δυνώνυμο σύστημα με βάση το οποίο κάθε μικροοργανισμός ονομάζεται με δυο λατινικά ονόματα. Το πρώτο είναι το όνομα του γένους στο οποίο ανήκει και γράφεται με κεφαλαίο αρχικό γράμμα (π.χ. *Escherichia*) και το δεύτερο είναι το όνομα του είδους και γράφεται με μικρό αρχικό γράμμα (π.χ. *Escherichia coli*). Μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο το πρώτο γράμμα του γένους και ολόκληρο το όνομα του είδους (π.χ. *E. coli*). [2]

## 3.5 Κατηγορίες μικροοργανισμών

### 3.5.1 Βακτήρια [2]

Τα βακτήρια έχουν μέγεθος 0,1-10 μm και διακρίνονται ανάλογα με το σχήμα του κυττάρου τους, σε κάκκους, βάκιλλους και σπειρίλλια . Σήμερα είναι γνωστά περίπου 15.000 είδη βακτηρίων. Το κύτταρο τους περιβάλλεται από το κυτταρικό τοίχωμα, στο οποίο υπάρχουν συχνά όργανα προσκόλλησης, τα ινίδια, και όργανα κίνησης, τα μαστίγια.

Η αναπαραγωγή τους γίνεται με διχοτόμηση η οποία, υπό ευνοϊκές συνθήκες διαβίωσης, μπορεί να γίνεται κάθε 20 min. Τα πιο πολλά βακτήρια ζουν σε ουδέτερο pH αν και υπάρχουν και οξυάντοχα είδη. Τα βακτήρια σχηματίζουν ανθεκτικά σπόρια, τα οποία υπό δυσμενείς συνθήκες βρίσκονται σε λανθάνουσα κατάσταση και ενεργοποιούνται, όταν βρεθούν σε κατάλληλο περιβάλλον.

Τα βακτήρια κατατάσσονται σε οικογένειες, γένη και είδη ανάλογα με το σχήμα τους, τη διάταξη των κυττάρων στο μικροσκόπιο, την κινητικότητα τους, τις ανάγκες τους σε οργανικές ουσίες, σε O<sub>2</sub> ή CO<sub>2</sub>, την παραγωγή σποριδίων, τη χρώση κατά Gram και κυρίως με βάση βιοχημικούς ελέγχους.

Αναφέρεται ότι ορισμένα βακτήρια είναι φωτοσυνθετικά και βρίσκονται στα ύδατα, όπου και αποτελούν μέρος του πλαγκτόν, και απαντώνται μέχρι βάθους 200 m, όπου είναι δυνατή η εισχώρηση του φωτός.

#### 3.5.1.1 Είδη βακτηρίων στο νερό [1], [11], [18], [50]

Τα είδη των βακτηρίων στο νερό ποικίλλουν και αυξομειώνονται ανάλογα με τι επικρατούσες συνθήκες. Στα βακτήρια που ενδιαφέρουν κυρίως την ποιότητα του νερού, συμπεριλαμβάνονται τα βακτήρια του σιδήρου, του θείου και τα βακτήρια του μεθανίου. Τα συγκεκριμένα βακτήρια δημιουργούν πολλές ανεπιθύμητες καταστάσεις, όπως είναι η διάβρωση σωλήνων και προβλήματα στην οσμή και τη γεύση του νερού.

Ο λόγος ύπαρξης των περισσότερων βακτηρίων είναι η παρουσία στο νερό ημιτελώς οξειδωμένων ενώσεων μετάλλων, όπως είναι του σιδήρου και του μαγγανίου, οι οποίες αποτελούν πηγή ενέργειας για τα βακτήρια.

Τα σιδηροβακτήρια οξειδώνουν το  $Fe^{-2}$  σε  $Fe^{-3}$ , είναι όλα αερόβια και πολλά από αυτά είναι νηματοειδή. Τα θειο- οξειδωτικά βακτήρια αναπτύσσονται σε νερό που περιέχει θείο και έχουν την ικανότητα να οξειδώνουν το θείο προς θειικά. Τα θειο- αναγωγικά βακτήρια έχουν την ικανότητα να ανάγουν τα θειικά σε θειούχα. Είναι αναερόβια και εκμεταλλεύονται το οξυγόνο των θειικών για να οξειδώσουν οργανικό υλικό, λαμβάνοντας με τον τρόπο αυτό την απαραίτητη ενέργεια για την ανάπτυξη τους.

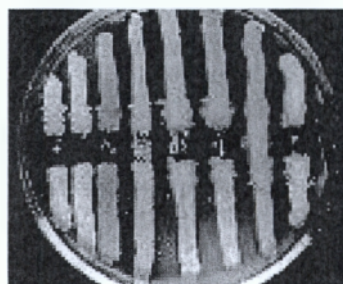
Στα αζωτοβακτήρια ανήκει η κατηγορία των νιτροζομονάδων, η οποία περιλαμβάνει μικροοργανισμούς οι οποίοι αναπτύσσονται σε νερό που περιέχει αμμωνία. Οι νιτροζομονάδες οξειδώνουν την αμμωνία σε νιτρώδη και σχηματίζουν μια γλοιώδη μεμβράνη στα τοιχώματα των σωλήνων μεταφοράς του νερού, με αντίστοιχα πρακτικά και αισθητικά προβλήματα.

Στις βιομηχανίες τροφίμων, εκείνα τα είδη των βακτηρίων που ενδιαφέρουν, είναι αναλυτικά:

- Ψευδομονάδες

Οι ψευδομονάδες είναι Gram- αρνητικά, σε οξειδάση θετικά, ραβδόμορφα βακτήρια τα οποία απαντώνται συνήθως ως ευθείες και άλλοτε ως ελαφρώς καμπυλωμένες ράβδοι. Αποτελούν βακτήρια ιδιαίτερα κινητικά τα οποία διαθέτουν μαστίγιο που τα βοηθά στην κίνηση τους. Δεν απαιτούν οργανικά θρεπτικά υλικά και αναπτύσσονται σε απλά θρεπτικά υποστρώματα, χρησιμοποιώντας μεγάλη ποικιλία ενώσεων χαμηλού μοριακού βάρους. Οι συγκεκριμένοι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται σε ουδέτερο σχεδόν pH και είναι μεσόφιλοι. Τα βασικά είδη του γένους είναι: *P. aeruginosa*, *P. cepacia*, *P. chlororaphis*, *P. cichori*, *P. fluorescens*, *P. mallei*, *P. pseudomallei*, *P. putida*, *P. solanacearum*, *P. stutzeri*, *P. syringae* και *P. testosterone*, πολλά από τα οποία παράγουν χρωστικές όπως κίτρινη, ερυθρή ή καφέ.

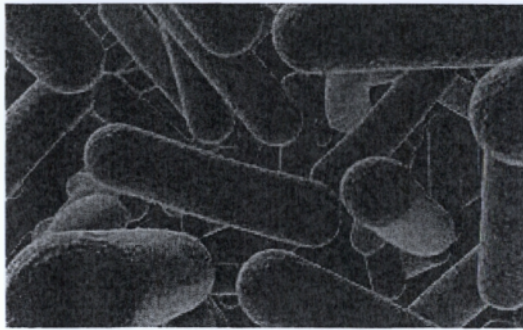
Εικόνα 3: Καλλιέργεια ψευδομονάδας



Τα βακτήρια της ψευδομονάδας χαρακτηρίζονται ως παθογενή και απαντώνται στο έδαφος και στο νερό, όπως επίσης και στην επιφάνεια των φυτών και περιστασιακά και σε εκείνη των ζώων. Στη φύση οι ψευδομονάδες βρίσκονται, είτε πάνω σε μια βιολογική μεμβράνη, η οποία είναι

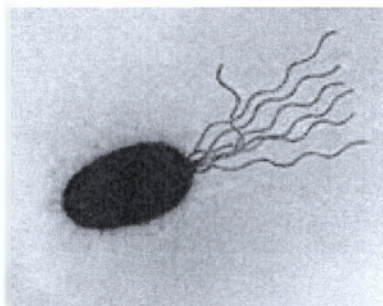
προσκολλημένη σε ένα υπόστρωμα, είτε υπό μορφή πλαγκτόν ως ένας μονοκύτταρος οργανισμός που αιωρείται με τη βοήθεια μαστιγίου. Συγκεκριμένα για τα υδατικά συστήματα, τα βακτήρια αυτά θεωρούνται από τα πιο δραστήρια και πλέον ευκίνητα.

Εικόνα 4: Ψευδομονάδες



Το βακτήριο *Pseudomonas aeruginosa* είναι ο πιο διαδεδομένος εκπρόσωπος αυτού του είδους και βρίσκεται συχνά στο νερό. Αναπτύσσεται στους 37-42°C και η ανάπτυξη τους στους 42°C, το διαχωρίζει από τις άλλες ψευδομονάδες. Ανάγει τα νιτρικά και νιτρώδη, παράγει αμμωνία από τη διάσπαση του ακεταμιδίου, ρευστοποιεί τη ζελατίνη, υδρολύει την καζεΐνη και παράγει μια κυανοπράσινη χρωστική.

Εικόνα 5: *Pseudomonas aeruginosa*



© 2004 Dennis Kunkel Microscopy, Inc.

Στη βιομηχανία τροφίμων το νερό πρέπει να είναι ελεύθερο από ψευδομονάδα, και αυτό απαιτεί προσοχή, καθώς είναι κλασική αιτία λοιμώξεων και εμφανίζει αντοχή στη χλωρίωση.

- *Aeromonas hydrophila*

Τα βακτήρια του γένους *Aeromonas hydrophila* είναι προαιρετικά αναερόβιοι μικροοργανισμοί, Gram αρνητικοί και έχουν σχήμα ράβδου με διαστάσεις 1,1 με 4,4 μm μήκος και 0,4 με 1,0 μm πλάτος. Τα συγκεκριμένα βακτήρια διαθέτουν μαστίγιο και είναι ιδιαίτερα ευκίνητα. Είναι ετερότροφοι οργανισμοί, ζυμώνουν τους υδατάνθρακες προς οξύ και αέριο, παράγουν

καταλάση και ανάγουν τα νιτρικά σε νιτρώδη. Χαρακτηρίζονται ως μεσόφιλοι μικροοργανισμοί, αναπτύσσονται από 4 έως 43°C με άριστη θερμοκρασία τους 28°C και σε pH από 4,5 μέχρι 9. έχουν ικανότητα να επιβιώνουν στο νερό για μεγάλα χρονικά διαστήματα και να αναπτύσσονται ακόμη και σε διαλύματα με χαμηλές συγκεντρώσεις οργανικών ενώσεων. [18]

Τα συγκεκριμένα βακτήρια απαντώνται στο περιβάλλον και ιδιαίτερα στο νερό, γεγονός που υποδηλώνεται και από την ονομασία του μικροοργανισμού. Ο αριθμός των *Aeromonas hydrophila* που ενδέχεται να υπάρχουν στο νερό είναι περισσότερο αυξημένος κατά τους θερινούς μήνες και σε ύδατα που έχουν μολυνθεί από περιττώματα. Είναι παθογόνα βακτήρια και προκαλούν γαστρεντερίτιδα.

- Legionella

Το γένος *Legionella* αποτελείται από Gram αρνητικά βακτήρια, τα οποία έχουν σχήμα βακίλου και τα κύτταρά τους είναι λεπτά με μήκος 2-20 μm. Είναι καταλάση θετικοί, σε ουρεάση αρνητικοί μικροοργανισμοί και απαιτούν για την ανάπτυξη τους την ύπαρξη ιόντων τρισθενούς σιδήρου. Είναι ευκίνητοι μικροοργανισμοί και διαθέτουν μαστίγιο που βοηθά στην κίνηση τους. Αναπτύσσονται σε θερμοκρασιακό εύρος από 20 έως 46°C με άριστη θερμοκρασία τους 36°C. Στο γένος αυτό ανήκουν 39 είδη, όπως τα πιο γνωστά *Legionella pneumophila* και *Legionella micdadei*. [18]

Εικόνα 6: *Legionella*



Τα βακτήρια του γένους *Legionella* απαντώνται συχνά στο πόσιμο νερό και στα επιφανειακά ύδατα, καθώς και στο νερό που χρησιμοποιείται στους πύργους ψύξης, στους ψεκαστήρες και στους εναλλάκτες θερμότητας. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι παρατηρείται σημαντικός αριθμός αυτών των μικροοργανισμών σε ύδατα που περιέχουν αμοιβάδες, καθώς μπορούν να αναπτυχθούν ακόμα και εσωκυτταρικά των αμοιβάδων. Ωστόσο δεν αναπτύσσονται σε στείρο υδάτινο περιβάλλον, αν

και δύναται να επιβιώσουν σε αυτό για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Τέλος τα βακτήρια *Legionella* παρουσιάζουν ανθεκτικότητα στις μεθόδους απολύμανσης με χλώριο και θέρμανση.

Ο κυριότερος εκπρόσωπος του γένους *Legionella* είναι το είδος *L. pneumophila*, το οποίο προκαλεί πνευμονία (ασθένεια των Λεγεωνάριων) και ένα είδος πυρετού (*Pontiac fever*).

- *Yersinia*

Στο γένος *Yersinia* ανήκουν τα εξής παθογόνα είδη *Y. pestis*, *Y. pseudotuberculosis* και *Y. Enterocolitica* με το τελευταίο να εμφανίζεται συχνότερα στα ύδατα.

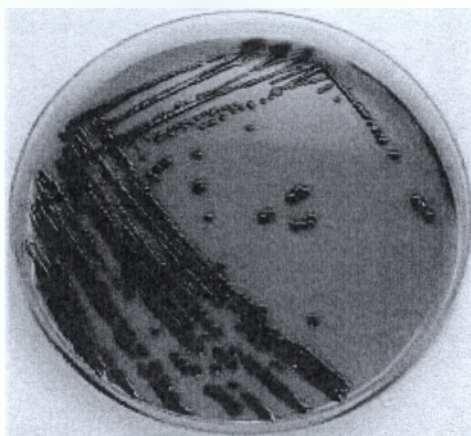
Η *Y. enterocolitica* είναι Gram αρνητικό, σε οξειδάση και σε καταλάση θετικό βακτήριο το οποίο έχει σχήμα ράβδου (περιστασιακά και κόκκου) και μήκος 1-3 μm και πλάτος 0,5-0,8 μm. Το συγκεκριμένο βακτήριο δεν σχηματίζει σπόρια, διαθέτει μαστίγιο, είναι προαιρετικά αναερόβιο και ανάγει τα νιτρικά σε νιτρώδη. Εμφανίζει την εξής χαρακτηριστική συμπεριφορά, είναι ευκίνητο σε θερμοκρασίες 22-25°C, ενώ δεν κινείται σε σχετικά υψηλότερες 35-37°C. επίσης αναφέρεται ότι είναι σε ουρεάση θετικός μικροοργανισμός, ζυμώνει τη μανιτόλη και παράγει οξύ και όχι αέριο από τη γλυκόζη. [18]

Από τα επιφανειακά ύδατα κυρίως μπορεί να περιέχουν το είδος *Yersinia enterocolitica* και αυτό οφείλεται στη μόλυνση τους από περιττώματα άγριων ή κατοικίδιων ζώων και από διαρροές αποχετεύσεων. Ωστόσο αν και το νερό αποτελεί κατάλληλο και σύνηθες περιβάλλον ανάπτυξης του συγκεκριμένου είδους, ορισμένα μόνο στελέχη του είναι παθογόνα και προκαλούν γαστρεντερίτιδα στον άνθρωπο.

- *Escherichia coli*

Το *Escherichia coli* είναι ένας Gram- αρνητικός, αρνητικός σε οξειδάση μικροοργανισμός. Έχει σχήμα ράβδου μήκους 2-6 μm και πλάτους 1-1,5 μm, είναι ευκίνητος και διαθέτει μαστίγιο. Ο μικροοργανισμός αυτός είναι προαιρετικά αναερόβιος, ζυμώνει τη λακτόζη και παράγει οξύ και αέρια προϊόντα. Αναπτύσσεται σε υπόστρωμα το οποίο μπορεί να περιέχει μόνο μια οργανική ένωση, όπως γλυκόζη και μια πηγή αζώτου. Αναπτύσσεται σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών 15-45°C και είναι ανθεκτικός και σε υψηλότερες θερμοκρασίες (60°C). [11], [18]

Εικόνα 7: E. coli σε θρεπτικό υλικό



Τα στελέχη εκείνα του E. Coli που σχετίζεται άμεσα με το νερό, είναι το Vero cytotoxin-producing E. coli το οποίο προκαλεί αιμορραγική κολίτιδα και έχει αιμολυτικό ουραιμικό σύνδρομο. Συνήθως βρίσκεται σε νερό το οποίο έχει μολυνθεί προηγουμένως από περιτώματα βοοειδών και απαντάται κυρίως σε νερό προερχόμενο από γεωτρήσεις.

Εικόνα 8: Βακτήρια E. coli



#### • Κλωστρίδια

Τα Κλωστρίδια είναι Gram θετικά, αναερόβια βακτήρια τα οποία έχουν σχήμα ραβδοειδές. Ανήκουν στο γένος των σπορογόνων βακτηρίων και στη διάρκεια της σπορογονίας εξογκώνονται στο κέντρο και παίρνουν σχήμα ατρακτοειδές. Τα κλωστρίδια είναι ακίνητα, συντελούν στην ζύμωση ορισμένων απλών ενώσεων και παράγουν αέρια όπως CO<sub>2</sub> και H<sub>2</sub>.



Εικόνα 9: Κλωστρίδια



Τα Κλωστρίδια απαντώνται στο έδαφος και στα επιφανειακά ύδατα και ιδιαίτερα στην περίπτωση του νερού, ενδιαφέρει το είδος *C. perfringens* το οποίο προκαλεί γαστρεντερίτιδα.

- Στρεπτόκοκκοι

Οι στρεπτόκοκκοι είναι Gram θετικοί, σε καταλάση αρνητικοί μικροοργανισμοί σφαιρικού ή ωοειδούς κόκκου με μέγεθος 0,7-1 μm. Αποτελούν βακτήρια τα οποία απαντώνται υπό μορφή ζευγών και μικρών αλύσων. Οι στρεπτόκοκκοι διακρίνονται σε αερόβιους και αναερόβιους.

Στους στρεπτόκοκκους περιλαμβάνονται οι εντερόκοκκοι, οι οποίοι αναπτύσσονται κυρίως σε υποστρώματα με πυκνότητα NaCl 6,5%, με pH=9,9, τα οποία περιέχουν και ορισμένα άλλα συστατικά όπως βιταμίνες του συμπλέγματος Β.

- Campylobacter

Το γένος *Campylobacter* περιλαμβάνει Gram αρνητικά βακτήρια, σε οξειδάση θετικά τα οποία έχουν σχήμα σπειρίλλιου με μήκος 1,5-5,0 μm και πλάτος 0,2-0,5 μm. Είναι μη σπορογόνα, διαθέτουν ένα ή δυο (και στους δυο πόλους) μαστίγια και αναπτύσσονται σε θερμοκρασιακό εύρος 37-42°C. Επίσης ανάγουν τα νιτρικά προς τα νιτρώδη. Στο γένος *Campylobacter* ανήκουν τα είδη *C. jejuni*, *C. coli*, *C. lari* και *C. upsaliensis*. [18]

Τα βακτήρια του συγκεκριμένου γένους απαντώνται στο νερό και αυτό οφείλεται στη μόλυνση του από περιττώματα και απόβλητα που προέρχονται από πουλερικά και φάρμες βοοειδών. Το είδος *Campylobacter jejuni* εμφανίζεται συχνότερα ως μολυντής του νερού, και αρκούν μόνο 500 κύτταρα του μικροοργανισμού για να προκαλέσει γαστρεντερίτιδα και δυσφορία.

- Salmonella

Στο γένος *Salmonella* ανήκουν βακτήρια τα οποία είναι προαιρετικά αναερόβιοι, Gram αρνητικοί, ραβδόμορφοι μικροοργανισμοί, οι οποίοι κινούνται χάρη στα μαστίγια που διαθέτουν διατεταγμένα στο κύτταρο τους. Οι σαλμονέλες αναπτύσσονται καλύτερα σε θερμοκρασίες 35-37°C και καταβολίζουν μεγάλη ποικιλία υδατανθράκων, παράγοντας οξέα και αέρια.

Εικόνα 10: *Salmonella*



Τα είδη εκείνα που εμφανίζονται στο νερό και προκαλούν ασθένειες είναι: *S. Typhi*, *S. Enteritidis* και *S. Typhimurium*.

### 3.5.2 Ακτινομύκητες [2], [11]

Οι ακτινομύκητες μοιάζουν με τους μύκητες στην κυτταρική τους δομή, αλλά έχουν μέγεθος όμοιο με τα βακτήρια. Είναι ευρύτατα διαδεδομένοι στα φυσικά νερά και στο έδαφος. Είναι αερόβιοι οργανισμοί και η παρουσία τους στο νερό είναι ενοχλητική, διότι προκαλούν προβλήματα δυσάρεστης οσμής και γεύσης.

### 3.5.3 Μύκητες [2], [11]

Οι μύκητες είναι αερόβιοι πολυκύτταροι οργανισμοί, οι οποίοι διακρίνονται σε δυο κατηγορίες: τους μακρομύκητες (τα κοινά μανιτάρια) και τους μικρομύκητες (τις κοινές μούχλες). Οι μύκητες είναι παρασιτικοί και σαπροφυτικοί, εμφανίζονται στα φυσικά νερά συχνά και προσδίδουν δυσάρεστη γεύση και οσμή. Υπάρχουν σήμερα πάνω από 100.000 είδη μυκήτων.

Είναι νηματώδεις οργανισμοί. καθώς ο θαλλός τους αποτελείται από νημάτια (υφές) των οποίων η διάμετρος είναι πάντοτε μεγαλύτερη από 3 μm και το μήκος τους δύναται να φτάσει τα 18m. Οι υφές αυτές μπορεί, είτε να εισχωρούν στο στερεό υπόστρωμα, οπότε και ονομάζονται εμβυθισμένες, είτε να παραμένουν στον αέρα (εναέριες). Στις εναέριες υφές βρίσκονται ειδικά διαμορφωμένα μορφώματα στα οποία υπάρχουν τα σπόρια (αναπαραγωγικά κύτταρα), που σχηματίζονται σεξουαλικά είτε ασεξουαλικά.

Το χαρακτηριστικό των μυκήτων είναι ότι παρουσιάζουν το φαινόμενο του κοινοκυτταρισμού, κατά το οποίο τα κύτταρα ενώνονται μεταξύ τους και σχηματίζουν μια πολυπύρηνη μάζα. Σε αυτόν τον σχηματισμό διαπιστώνεται ότι οι πυρήνες κινούνται ελεύθερα και δεν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένοι, αλλά βρίσκονται διασκορπισμένοι σε τυχαίες θέσεις. Επίσης οι μύκητες είναι πιο ανθεκτικοί από ότι τα βακτήρια σε ξηρό περιβάλλον και σε όξινο pH.

### 3.5.3.1 Είδη μυκήτων στο νερό

Ορισμένα είδη μυκήτων που ενδιαφέρουν στις βιομηχανίες τροφίμων και σχετίζονται με το νερό, καθώς προσδίδουν άσχημη γεύση και οσμή, είναι:

- Μούχλες

Οι μούχλες αποτελούν κατώτερους φυτικούς μικροοργανισμούς και πρόκειται για μικροσκοπικούς μύκητες που αναπτύσσονται υπό μορφή αποικιών. Έχουν άλλοτε βελούδινη μορφή και άλλοτε εμφανίζονται σε διάφορα χρώματα και όψεις, ανάλογα με το είδος. Από τις μούχλες μπορούν να αναφερθούν ο πολύ κοινός, μούκος ο ευρώς και τα είδη *Penicillium italicum* (κυανό χρώμα), *Penicillium digitatum* (γκρι χρώμα) και *Penicillium glaucum* (πράσινο χρώμα). [11]

### 3.5.4 Ζύμες [2], [11]

Οι ζύμες είναι μονοκύτταροι οργανισμοί και θεωρείται ότι προήλθαν από τους μύκητες, χάνοντας την τάση του κοινοκυτταρισμού. Τα κύτταρα των ζυμών δύναται σε ορισμένες περιπτώσεις να ενωθούν, σχηματίζοντας ειδικά μορφώματα που ονομάζονται ψευδομυκήλια. Ωστόσο η περίπτωση των ζυμών δεν απασχολεί τις βιομηχανίες τροφίμων για τον έλεγχο του νερού, καθώς δεν παρατηρούνται εύκολα στα ύδατα.

### 3.5.5 Φύκη [2], [3], [11], [47]

Τα περισσότερα φύκη είναι πολυκύτταρα, αλλά υπάρχουν και μονοκύτταρα φυκή, με την ονομασία άλγη. Η πλειοψηφία των ειδών ζουν στα νερά και αποτελούν τους κύριους παραγωγούς οργανικής ύλης που ανιχνεύεται στο νερό. Είναι οι κύριοι παραγωγοί οξυγόνου για τη γήινη ατμόσφαιρα, μιας και ο μεταβολισμός τους είναι φωτοσυνθετικός. Διαθέτουν περιορισμένη ικανότητα κίνησης και καταναλώνουν  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$  και  $\text{PO}_4^{-3}$  για την παραγωγή νέων κυττάρων και οξυγόνου. Η φωτοσυνθετική τους δραστηριότητα ελέγχεται από χρωστικές ουσίες, οι οποίες δίνουν στα άλγη χαρακτηριστικά χρώματα, όπως είναι το γαλαζοπράσινο, πράσινο ή κιτρινοπράσινο. Σε συνθήκες όπου δεν υπάρχει ηλιακό φως, ορισμένα είδη επιβιώνουν, εκτελώντας χημειοσυνθετικό μεταβολισμό, έχοντας όμως παράλληλα υψηλότερες απαιτήσεις σε οξυγόνο.

Τα μικροσκοπικά φύκη είναι μονοκύτταρα, με σχήμα σφαιρικό, ελικοειδές ή κυλινδρικό και είναι γνωστά με το όνομα φυτοπλαγκτόν- άλγη και αποτελούν βασικό κομμάτι της τροφικής αλυσίδας των μεγαλύτερων υδροοργανισμών. Ορισμένα είδη είναι ακίνητα, αλλά έχουν ασκούς με αέριο για να επιπλέουν και άλλα διαθέτουν μαστίγιο.

Τα άλγη για την παραγωγή οξυγόνου χρησιμοποιούν προϊόντα οργανικής φύσης που δημιουργούνται από την αποσύνθεση βακτηρίων και άλλων αλγών, βοηθώντας έτσι στη διατήρηση αερόβιου περιβάλλοντος. Κατά την απουσία οργανικής ύλης η ανάπτυξη των αλγών εξαρτάται από την περιεκτικότητα του νερού σε άλατα.

Τα πολυκύτταρα φύκη είναι αποικίες οι οποίες απαντώνται ως λεπτά νήματα, μακριοί σωλήνες και είναι δυνατό να περιέχουν κύτταρα τα οποία να εκτελούν διαφορετικές λειτουργίες.

Η συστηματική τους κατάταξη στηρίζεται στις κυτταρικές τους ιδιότητες, τον τύπο του κυτταρικού του τοιχώματος, τα είδη των χρωστικών που χρησιμοποιούν για τη φωτοσύνθεση και την οργάνωση των μαστιγίων στις κινητές μορφές. Αν κάποιο είδος πολλαπλασιαστεί υπέρμετρα, τότε μπορεί να δώσει χαρακτηριστικό χρώμα, γεύση, οσμή στο νερό.

Μια κατάταξη των φυκών μπορεί να γίνει με βάση το χρώμα τους στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 3: Ταξινόμηση φυκών και τα χαρακτηριστικά τους [3]

| Διαίρεση   | Χρώμα            | Μορφή   | Περιβάλλον                        |
|------------|------------------|---|-----------------------------------|
| Χλωρόφυτα  | Πράσινο          | Νηματοειδείς αποικίες                                       | Γλυκό καθαρό νερό                 |
| Χρυσόφυτα  | Κίτρινο- πράσινο | Σπογγώδη  | Καθαρό ψυχρό νερό                 |
| Πυρόφυτα   | Κίτρινο- καφέ    | 90% μονοκύτταρα, δυο μαστίγια                               | Θαλάσσιο νερό                     |
| Ευγενόφυτα | Πράσινο          | Μονοκύτταρα, μαστίγιο, απαίτηση σε N <sub>2</sub>           | Γλυκό νερό                        |
| Ροδόφυτα   | Κόκκινο          | Αποικίες  | Θαλάσσιο, καθαρό, λίαν θερμό νερό |
| Φυόφυτα    | Καφέ             | Αποικίες, μεγάλο μέγεθος                                    | Θαλάσσιο, δροσερό νερό            |
| Κυανόφυτα  | Κυανό- πράσινο   | Μονοκύτταρα, ζελατινώδεις μάζες, όχι χλωροπλάστες ή πυρήνας | Γλυκό νερό                        |

### 3.5.5.1 Είδη αλγών στο νερό [1]

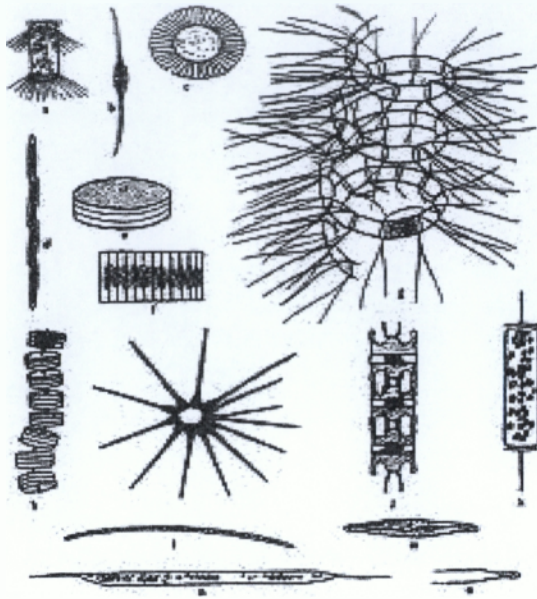
Η παρουσία των αλγών στο νερό είναι πολύ σπουδαία, εξαιτίας της επίδρασης τους στην ισορροπία του διαλυμένου οξυγόνου και της έντονης οσμής και γεύσης που δίνουν στο νερό. Ορισμένες κατηγορίες αλγών με τους αντίστοιχους εκπροσώπους τους, που ενδιαφέρουν στην περίπτωση του νερού, παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 4: Είδη αλγών που ενδιαφέρουν στην περίπτωση ελέγχου του νερού [1]

| Είδος           | Μέλη                    |
|-----------------|-------------------------|
| Cyanophyta      | Anacystis (Microcystis) |
|                 | Oscillatoria            |
|                 | Aphonitomenon           |
|                 | Anabaena                |
| Chlorophyta     | Chlamydomonas           |
|                 | Sphaerocystis           |
|                 | Scenedesmus             |
|                 | Volvox                  |
|                 | Selenastrum             |
|                 | Oocystis                |
| Diatoms         | Asterionella mclusira   |
|                 | Diatoma cyclotella      |
|                 | Fragilaria navicula     |
| Dinoflagellates | Ceratium                |
| Xanthophyceae   | Peridinium              |
| Chrysophyceae   | Dinobryon               |
| Euglenoide      |                         |
| Phaeophyta      |                         |
| Rhodophyta      |                         |

Ορισμένα κύρια άλγη του παραπάνω πίνακα παρουσιάζονται στην παρακάτω εικόνα.

Εικόνα 11: Είδη αλγών στο νερό



### 3.5.6 Τα πρωτόζωα [2], [3], [18]

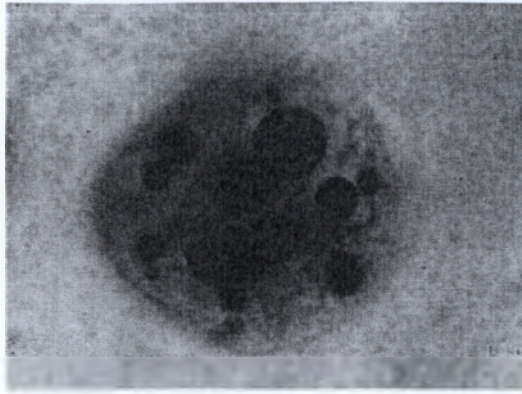
Τα πρωτόζωα είναι μονοκύτταροι οργανισμοί μεγέθους 10-100 μm, οι οποίοι πολλαπλασιάζονται ασεξουαλικά με διχοτόμηση. Τα περισσότερα είναι αερόβια και ετερότροφα και τρέφονται κυρίως με βακτήρια και μπορεί να είναι σαπροφυτικά. Επιβιώνουν σε αντίξοες συνθήκες, σχηματίζοντας κύστες με τοιχώματα μεγάλου πάχους.

Η κατάταξη των κοινών εδαφικών και υδατικών πρωτόζωων γίνεται με βάση τα μέσα που χρησιμοποιούν για την κίνηση τους.

- Ψευδόποδα

Τα ψευδόποδα διαθέτουν κυτταρική μεμβράνη η οποία αλλάζει συνεχώς σχήμα και κινούνται εκτεινώντας το κυτταρόπλασμα για εύρεση τροφής. Οι προεκτάσεις που σχηματίζουν ονομάζονται ψευδόποδα και είναι χαρακτηριστικά των αμοιβάδων. Οι σαρκοδίνες είναι σαπροφυτικά είδη και ορισμένα από αυτά είναι παθογόνα όπως η *Entamoeba histolytica* η οποία προκαλεί δυσεντερία στον άνθρωπο.

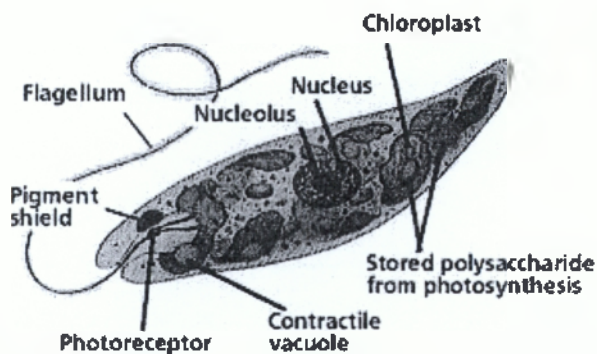
Εικόνα 12: *Entamoeba histolytica*



- Μαστιγοφόρα

Τα μαστιγοφόρα, όπως μαρτυρά και η ονομασία τους, διαθέτουν μαστίγιο και ορισμένα είδη είναι φωτοσυνθετικά, εμφανίζοντας ταυτόχρονα χαρακτηριστικά πρωτοζώων και φυκών μαζί. Ορισμένα μαστιγοφόρα είναι παρασιτικά. Χαρακτηριστικά είδη της κατηγορίας είναι τα *Euglena* και *Giardia*.

Εικόνα 13: Μαστιγοφόρα δομή ενός κυττάρου *Euglena*

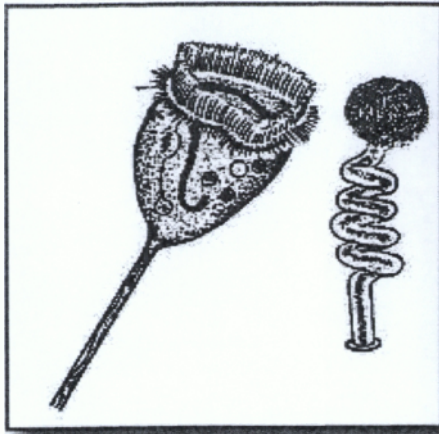


- Βλεφαριδοφόρα

Τα βλεφαριδοφόρα διαθέτουν λεπτά τριχίδια ή βλεφαρίδες, οι οποίες έχουν διπλό ρόλο, να βοηθούν στην κίνηση τους και να συλλαμβάνουν την τροφή. Χαρακτηριστικά είδη είναι το *Paramecium* και το *Vorticella*.

Εικόνα 14: *Vorticella*





- Παρασιτικά πρωτόζωα

Τα πρωτόζωα αυτής της κατηγορίας περιλαμβάνουν τα είδη *suctoria* (μετακινούμενα) και τα σπορόζωα (ακίνητα). Χαρακτηριστικό είδος είναι το *Plasmodium* που προκαλεί ελονοσία.

### 3.5.6.1 Είδη πρωτοζώων στο νερό [18], [24], [26], [27], [48], [52]

Τα πρωτόζωα είναι υπεύθυνα για ορισμένες από τις σοβαρότερες ασθένειες που προέρχονται από μολυσμένο νερό και κατ' επέκταση αποτελούν σημαντικό κίνδυνο για τη βιομηχανία τροφίμων. Τα είδη που απασχολούν την μικροβιολογία του νερού είναι κυρίως η *Entamoeba histolytica*, το *Cryptosporidium parvum* και η *Giardia lamblia*. Στη συνέχεια περιγράφονται τα κυριότερα και τα περισσότερο απαντώμενα πρωτόζωα στο νερό.

- Αμοιβάδα

Η αμοιβάδα είναι ένας ετερότροφος οργανισμός ο οποίος δεν έχει σταθερό σχήμα και διαθέτει ψευδόποδες οι οποίοι συντελούν στη μετακίνησή της.

- *Giardia lamblia*

Το πρωτόζωο *Giardia lamblia* διαθέτει πέντε μαστίγια τα οποία το βοηθούν να κινείται. Βρίσκεται συχνά σε πολλές λίμνες και ποταμούς από όπου λαμβάνεται νερό. Η κατάποση ακόμη και πολύ μικρού αριθμού κύστεων του συγκεκριμένου πρωτόζωου προκαλεί ασθένεια γνωστή ως “τζιαρντίαση”, η οποία συνήθως δεν είναι θανάσιμη αλλά προκαλεί την εμφάνιση συμπτωμάτων, όπως διάρροια, διαταραχές στομάχου και εντέρου, γαστρικούς σπασμούς και απώλεια όρεξης.



Εικόνα 15: Giardia lamblia

- Κρυπτοσπορίδιο

Το κρυπτοσπορίδιο επιβιώνει για αρκετούς μήνες και προέρχεται από τα περιττώματα ζώων και ανθρώπων. Δεν βρίσκεται στα υπόγεια ύδατα αλλά απαντάται συχνά στα επιφανειακά νερά (ποταμούς, λίμνες). Το κρυπτοσπορίδιο είναι ιδιαίτερα ανθεκτικό σε όλες τις μεθόδους απολύμανσης με χημικά μέσα και με ακτινοβολία UV.

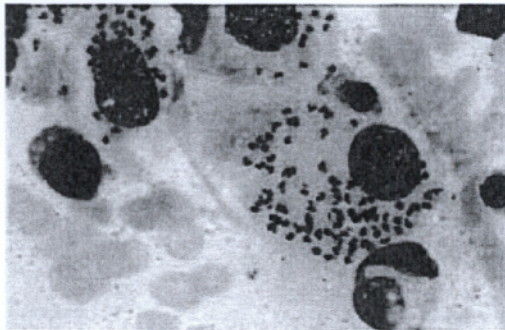
Το κρυπτοσπορίδιο, όπως και άλλοι παθογόνοι μικροοργανισμοί του νερού, ολοκληρώνει τον κύκλο ζωής του στο γαστρεντερικό σύστημα. Ο κύκλος αρχίζει με την κατάποση των ωοκυστών (διαμέτρου 3 μm), οι οποίες διαρρηγνύονται και απελευθερώνουν τους σποροζωίτες. Στη συνέχεια οι σποροζωίτες εισβάλλουν και εγκαθίστανται στα επιθήλια κύτταρα του γαστρεντερικού συστήματος.

Η ασθένεια που προκαλείται ονομάζεται κρυπτοσποριδίαση και προκαλεί συνήθως διάρροια ή δυσφορία, εξάντληση, ναυτία ανορεξία και ελάττωση του σωματικού βάρους, ωστόσο σε ορισμένες περιπτώσεις δύναται να προκαλέσει το θάνατο. Αρκούν μόνο 10 ωοκύστες για να προκαλέσουν μόλυνση και θεωρητικά ακόμα και μόνο μια.

Το κρυπτοσπορίδιο ανιχνεύτηκε για πρώτη φορά στους ανθρώπους το 1976 και σχεδόν για την επόμενη δεκαετία παρουσιάζονταν κρούσματα του αποκλειστικά σε ασθενείς του AIDS. Το είδος που ευθύνεται για τις περισσότερες μολύνσεις είναι το *Cryptosporidium parvum* και ενδεικτικό παράδειγμα της επικινδυνότητας του και του εύρους της μόλυνσης που προκαλεί ήταν η προσβολή 400.000 στο Milwaukee των ΗΠΑ από το συγκεκριμένο πρωτόζωο με κόστος το οποίο ξεπέρασε τα 54 εκατομμύρια δολάρια και η μόλυνση πάνω από 500 εκατομμυρίων ατόμων ετησίως

στην Ασία, την Αφρική και τη Λατινική Αμερική (1991). Ακόμη επισημαίνεται ότι το 30-40% των ασθενειών που προέρχονται από το νερό σχετίζονται με το εν λόγω παθογόνο πρωτόζωο. [24], [26], [27], [52]

Εικόνα 16: Κρυπτοσπορίδια



### 3.5.7 Ιοί [2], [3], [18], [30]

Οι ιοί έχουν μέγεθος 0,01-0,3 μm, δεν θεωρούνται ως οργανισμοί και το κύτταρο τους αποτελείται βασικά από νουκλεϊκά οξέα και πρωτεΐνες. Οι ιοί δεν διαθέτουν εσωτερικά ένζυμα με αποτέλεσμα να μην είναι σε θέση να αναπτυχθούν και να μεταβολίσουν ουσίες μόνοι τους. Το νουκλεϊκό οξύ του πυρήνα τους είναι συνήθως DNA ή RNA που περιβάλλεται από ένα πρωτεϊνικό κάλυμμα το οποίο καλείται καψίδιο. Το είδος των πρωτεϊνών που περιβάλλει τα πυρηνικά οξέα βοηθά στην ταυτοποίηση των ιών. Επισημαίνεται ότι οι ιοί σχηματίζονται ακολουθώντας τους γεωμετρικούς κανόνες της συμμετρίας.

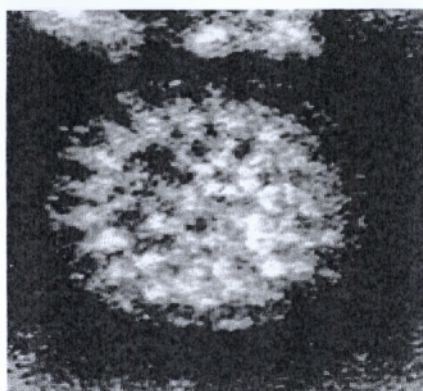
Το βασικό τους χαρακτηριστικό είναι ότι είναι υποχρεωτικά παρασιτικοί οργανισμοί, δηλαδή ότι ακόμα και αν καταφέρουν να επιβιώσουν για κάποιο χρονικό διάστημα στο περιβάλλον, δεν πολλαπλασιάζονται παρά μόνο μέσα σε κάποιον άλλο ζωντανό οργανισμό. Οι ιοί εξουδετερώνονται μόνο εάν μεταβληθεί η μοριακή τους δομή.

Οι ιοί προσβάλλουν τους ανθρώπους, τα ζώα, τα φυτά αλλά και τα βακτήρια. Οι ιοί που ζουν μέσα σε βακτήρια λέγονται βακτηριοφάγοι και παίζουν σημαντικό ρόλο στη συστηματική κατάταξη και τη μελέτη των βακτηρίων. Οι ιοί μπορεί να είναι συμβιωτικοί με το φορέα τους αλλά μπορεί να είναι και παθογόνοι.

#### 3.5.7.1 Ιοί στο νερό

Στο νερό απαντώνται οι ιοί rotavirus, calicivirus, astrovirus, Norwalk virus και ο ιός της ηπατίτιδας Α. Από τους πρώτους ιούς που ανιχνεύτηκαν και μεταδίδεται μέσω του νερού είναι ο ιός της ηπατίτιδας Α. Οι εντερικοί ιοί (rotavirus, calicivirus, Norwalk virus) είναι δύσκολα ανιχνεύσιμοι καθώς δεν είναι εύκολη η καλλιέργεια τους. Όλοι οι προηγούμενοι ιοί προκαλούν γαστρεντερίτιδα.

Εικόνα 17: rotavirus



### 3.6 Παράγοντες ανάπτυξης των μικροοργανισμών [1], [2], [4], [11], [19], [20]

Ο όρος ανάπτυξη για τους μικροοργανισμούς είναι δισδιάστατος καθώς αφορά την αύξηση του κυττάρου τους και την πληθυσμιακή τους αύξηση. Ωστόσο, όταν γίνεται αναφορά στην ανάπτυξη των μικροοργανισμών, εννοείται κυρίως η πληθυσμιακή αύξηση, ο πολλαπλασιασμός των μικροβιακών κυττάρων.

Μελετώντας τους μηχανισμούς της πληθυσμιακής ανάπτυξης των μικροοργανισμών παρατηρείται ότι με την πάροδο του χρόνου και υπό ευνοϊκές συνθήκες πραγματοποιείται διχοτόμηση των κυττάρων τους. Ο πολλαπλασιασμός των μικροοργανισμών ακολουθεί εκθετική αύξηση, ωστόσο δεν είναι συνεχώς εκθετικός και ακολουθεί διάφορα στάδια. Αρχικά εμφανίζεται μια φάση κατά την οποία δεν φαίνεται να γίνεται κανένας πολλαπλασιασμός και ονομάζεται φάση αδράνειας και η διάρκεια της είναι συνάρτηση διαφόρων παραγόντων. Η επόμενη φάση, την οποία ακολουθεί ο μικροβιακός πληθυσμός, είναι η εκθετική φάση. Στη συνέχεια σε περίπτωση εξάντλησης- έλλειψης κάποιου από τα συστατικά του υποστρώματος, απαραίτητου για τον πολλαπλασιασμό των μικροοργανισμών, τότε παρατηρείται η στατική φάση. Κατά τη διάρκεια αυτής της φάσης ο αριθμός των μικροοργανισμών με την πάροδο του χρόνου παραμένει σταθερός

και τα κύτταρα τους διατηρούν τη ζωτικότητα τους. Ενδεχόμενη παράταση της στατικής φάσης συνιστά τη θανάτωση των μικροοργανισμών και χαρακτηρίζεται ως φάση θανάτωσης. Επισημαίνεται ότι ο μεγαλύτερος αριθμός των μικροοργανισμών σε μια καλλιέργεια βρίσκεται στο τέλος της στατικής φάσης. [4], [11]

Η ύπαρξη των μικροοργανισμών στο νερό όπως και η χρονική διάρκεια των παραπάνω φάσεων, εξαρτάται σημαντικά από τις κατάλληλες συνθήκες που επικρατούν και δίνουν τη δυνατότητα στις αποικίες να αναπτυχθούν. Οι επικρατούσες συνθήκες, όταν είναι άριστες, προκαλούν την ταχεία ανάπτυξη των μικροβίων (ορισμένοι μικροοργανισμοί αναπαράγονται κάθε 15-20 min), ενώ όταν είναι κακές, συνεπάγεται επιμήκυνση της περιόδου της φάσης αδράνειας (λανθάνουσα κατάσταση) και τη μείωση της αναπαραγωγής.

Συγκεκριμένα η ανάπτυξη των μικροοργανισμών επηρεάζεται από ορισμένους παράγοντες, οι οποίοι διακρίνονται σε ενδογενείς και εξωγενείς και έχουν άμεση σχέση με το περιβάλλον. Οι παράγοντες αυτοί είναι η θερμοκρασία, το pH, η υγρασία, οι θρεπτικές ουσίες, το δυναμικό οξειδοαναγωγής, η παρουσία αερίων, οι μικροβιακές αλληλεπιδράσεις και η ακτινοβολία.

#### • Η θερμοκρασία

Η θερμοκρασία είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες ανάπτυξης των μικροοργανισμών. Η θερμοκρασία επηρεάζει το μέγεθος και τη σύνθεση του κυττάρου, του μεταβολισμού, της απαίτησης θρεπτικών υλικών και των ενζυμικών δράσεων των μικροοργανισμών. Γενικά η αύξηση της θερμοκρασίας συντελεί στην αύξηση του ρυθμού των χημικών αντιδράσεων που συμβαίνουν και στο μικροβιακό κύτταρο, γεγονός το οποίο όμως σταματά, όταν αρχίσει η μετουσίωση των ενζύμων, οπότε και αναστέλλονται οι δράσεις.

Οι μικροοργανισμοί επιβιώνουν σε ένα μεγάλο εύρος θερμοκρασιών, όπου η χαμηλότερη θερμοκρασία ανάπτυξης είναι  $-34^{\circ}\text{C}$  και η υψηλότερη κοντά στους  $100^{\circ}\text{C}$ . Οι μικροοργανισμοί διακρίνονται, ανάλογα με τη θερμοκρασία ανάπτυξης τους, σε ψυχρόφιλους και ψυχότροφους, μεσόφιλους και θερμόφιλους. Οι περισσότεροι μικροοργανισμοί είναι μεσόφιλοι, αναπτύσσονται δηλαδή σε ήπιες θερμοκρασίες. [1], [2], [11], [19], [20]

Πίνακας 5: Κατηγορίες μικροοργανισμών με βάση τη θερμοκρασία [11]

| Μικροοργανισμός | Θερμοκρασία |        |         |
|-----------------|-------------|--------|---------|
|                 | Ελάχιστο    | Άριστο | Μέγιστο |
| Ψυχρόφιλοι      | -15-5       | 10-30  | 20-40   |
| Ψυχότροφοι      | -5-5        | 25-30  | 30-40   |
| Μεσόφιλοι       | 5-25        | 25-40  | 40-50   |
| Θερμόφιλοι      | 35-45       | 45-65  | 60-90   |

Γενικά κάθε μικροοργανισμός έχει μια ελάχιστη, μια μέγιστη και μια άριστη τιμή θερμοκρασίας όπου δύναται να αναπτυχθεί. Η άριστη- βέλτιστη θερμοκρασία αντιστοιχεί στη θερμοκρασιακή τιμή εκείνη κατά την οποία ο ρυθμός αύξησης του είναι μέγιστος (πίνακας 6).

Πίνακας 6: Ορισμένα είδη μικροοργανισμών και το θερμοκρασιακό εύρος ανάπτυξης τους [11]

| Μικροοργανισμός      | Θερμοκρασία |        |         |
|----------------------|-------------|--------|---------|
|                      | Ελάχιστο    | Άριστο | Μέγιστο |
| Κλωστρίδιο           | 0-45        | -      | 60      |
| Escherichia coli     | 3-10        | 37-41  | 48-50   |
| Ψευδομονάδα          | -7-4        | 20-30  | 31-43   |
| Aeromonas hydrophila | 4-5         | 28     | 42-43   |
| Legionella           | 20          | 36     | 46      |
| Salmonella           | 5-10        | 35-37  | 46-49   |
| Σταφυλόκοκκος        | 5-10        | 35-40  | 46-48   |
| Στρεπτόκοκκος        | -           | 25-30  | -       |
| Ζύμες                | 0-7         | 17-42  | 29-50   |
| Μούχλες              | -1-5        | 25-40  | 25-30   |

Οι ψυχρόφιλοι μικροοργανισμοί θεωρούνται εκείνοι που δύναται να αναπτυχθούν ικανοποιητικά στους 0<sup>0</sup>C. Παρόμοιος ορισμός ισχύει και για τους ψυχρότροφους στους οποίους ανήκει η ψευδομονάδα και ο στρεπτόκοκκος, οι οποίοι αναπτύσσονται και σε συνθήκες ψύξης. Οι ψυχρόφιλοι οργανισμοί είναι ευρύτατα διαδεδομένοι στο νερό.

Οι μεσόφιλοι μικροοργανισμοί πολλαπλασιάζονται σε μέτριες θερμοκρασίες και είναι

ιδιαίτερα σημαντικοί, καθώς ευθύνονται για αρκετές μολύνσεις και για ασθένειες. Σε αυτήν την κατηγορία ανήκουν η σαλμονέλα, ο σταφυλόκοκκος και το κλωστρίδιο.

Γενικά οι θερμοφιλοι μικροοργανισμοί αναπτύσσονται γρηγορότερα από τους μεσόφιλους και τους ψυχρόφιλους, γι' αυτό και προκαλούν άμεση μόλυνση. Οι μούχλες πολλαπλασιάζονται σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών σε σχέση με τα βακτήρια και έχει παρατηρηθεί ανάπτυξη τους σε συνθήκες ψύξης. Οι ζύμες έχουν τάση να αναπτύσσονται κοντά στα όρια θερμοκρασιών των θερμοφίλων, χωρίς όμως να ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία. [1], [2], [11], [19], [20]

#### • pH

Το pH αποτελεί μια ένδειξη της φαινόμενης συγκέντρωσης, της ενεργότητας των ηλεκτρολυτών στο διάλυμα. Η τιμή του pH επηρεάζει τη διαλυτότητα των ιόντων, τη διάσπαση των μορίων, καθώς και το φυσικό μετασχηματισμό των ενώσεων που προσλαμβάνονται από τους μικροοργανισμούς. Επίσης το pH επιδρά στην διαπερατότητα των κελιών των μικροβίων, η οποία διαδραματίζει αποφασιστικό ρόλο για την ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό τους.

Οι μικροοργανισμοί επιβιώνουν σε μεγάλο εύρος τομών pH και γι' αυτή την περιοχή υπάρχει η μέγιστη, η ελάχιστη και η άριστη τιμή ανάπτυξης τους (πίνακας 7). Οι διαφορές στην τιμή του pH που αναπτύσσεται ένας μικροοργανισμός οφείλονται στον τύπο του υποστρώματος, στο οξύ ή τη βάση που χρησιμοποιείται ως ρυθμιστής του pH κ.α.

Οι περισσότεροι πάντως μικροοργανισμοί αναπτύσσονται καλύτερα σε τιμές pH κοντά στη περιοχή 7 (περίπου 6,6-7,5), ενώ λιγότεροι αναπτύσσονται σε όξινες συνθήκες, όπως οι μούχλες και οι ζύμες σε  $\text{pH} < 4$  και άλλοι σε βασικές συνθήκες. [1], [2], [11], [19], [20]

Πίνακας 7: Ορισμένα είδη μικροοργανισμών και το εύρος του pH όπου αναπτύσσονται [11]

| Μικροοργανισμός  | pH       |         |          |
|------------------|----------|---------|----------|
|                  | Ελάχιστο | Άριστο  | Μέγιστο  |
| Κλωστρίδιο       | 4,8-5,0  | 6,0-8,0 | 8,5-8,8  |
| Escherichia coli | 4,3-4,4  | 6,6-8,0 | 9,0-10,0 |
| Ψευδομόναδα      | 5,6      | 6,0-7,0 | 8,0      |
| Salmonella       | 4,5-5,0  | 6,0-7,5 | 8,0-9,6  |
| Σταφυλόκοκκος    | 4,0-4,7  | 6,0-7,0 | 9,5-9,8  |
| Στρεπτόκοκκος    | 4,1-4,8  | 6,4     | 9,2      |
| Ζύμες            | 1,5-3,5  | 4,0-6,5 | 8,0-8,5  |
| Μούχλες          | 1,5-3,5  | 4,5-6,8 | 8,0-11,0 |

- Υγρασία

Η υγρασία αποτελεί απαραίτητη συνθήκη για την ανάπτυξη των μικροοργανισμών, συνθήκη η οποία είναι φανερό ότι ικανοποιείται καθώς εξετάζονται οι μικροοργανισμοί που αναπτύσσονται στο νερό. Η σημασία του ίδιου του νερού έγκειται στο γεγονός ότι οι μικροοργανισμοί απουσία νερού, δεν έχουν δυνατότητα να εκτελέσουν τις βασικές ενέργειες του μεταβολισμού τους, όπως και να αναπαραχθούν. Είναι γεγονός πως οι μικροοργανισμοί μπορούν να αναπτυχθούν μόνο σε υδατικά διαλύματα, ενώ δεν έχουν την ικανότητα αυτή σε ξηρό περιβάλλον ή σε εντελώς καθαρό νερό.

Γενικά το νερό αποτελεί το καλύτερο διαλυτικό μέσο, εφόσον διαλύει σχεδόν όλες τις ουσίες, με αποτέλεσμα να μεταφέρει και τα θρεπτικά συστατικά στα κελιά των μικροοργανισμών και να απομακρύνει τα άχρηστα παραπροϊόντα τους. Ταυτόχρονα το νερό συμμετέχει και σε χημικές δράσεις, όπου συντελείται η διάσπαση των υποστρωμάτων σε χρήσιμα μόρια για τους μικροοργανισμούς, όπως η υδρόλυση των πεπτιδικών δεσμών στις πρωτεΐνες, η διάσπαση των δεσμών των εστέρων στα λίπη και η μετατροπή των πολυσακχαριτών σε μονοσακχαρίτες. Επίσης το νερό αποτελεί πηγή υδρογονοκατιόντων και συνεισφέρει στη ρύθμιση του ενδοκυτταρικού pH, της θερμοκρασίας και λειτουργεί ως λιπαντικό μέσο για τους ιστούς. [2], [11], [19], [20]

- Θρεπτικές ουσίες

Οι μικροοργανισμοί χρειάζονται ορισμένες χημικές ουσίες για να επιβιώσουν και να αναπαραχθούν. Κάθε μικροβιακό κελί εκτελεί χημικές δράσεις και προσπαθεί να αποκτήσει ενέργεια, ώστε να συνθέσει το κυτταρικό του πρωτόπλασμα από το γύρω περιβάλλον. Οι βασικές πηγές που παρέχουν θρεπτικά υλικά στους μικροοργανισμούς είναι πηγές ενέργειας (άνθρακας), το



άζωτο, παράγοντες ανάπτυξης (όπως οι βιταμίνες), τα μεταλλικά στοιχεία και το νερό. Η δυνατότητα αυτή των μικροοργανισμών να χρησιμοποιούν διάφορες ουσίες και να συνθέτουν συστατικά, οφείλεται στην παρουσία των ενζύμων που αυτοί διαθέτουν.

Ως πηγές ενέργειας για τους περισσότερους μικροοργανισμούς μπορούν να χαρακτηριστούν η ζάχαρη, οι αλκοόλες και τα αμινοξέα. Αυτές αποτελούν άμεσα επεξεργάσιμες ουσίες από τους μικροοργανισμούς, ενώ λίγοι από αυτούς είναι ικανοί να χρησιμοποιήσουν σύνθετους υδατάνθρακες, όπως άμυλο, κυτταρίνη. Πηγή άνθρακα αποτελεί επίσης και ο διαλυμένος στο νερό οργανικός άνθρακας ο οποίος προέρχεται από την βιοαποικοδόμηση άλλων μικροοργανισμών, όπως άλλα βακτήρια και άλγη. Επιπλέον η χρήση μη κατάλληλων υλικών που αποτελούν το σύστημα διανομής του νερού στη βιομηχανία, όπως σωλήνες, εξαρτήματα και σύνδεσμοι αποτελούν πηγές άνθρακα.

Το άζωτο είναι βασικό χαρακτηριστικό των αμινοξέων τα οποία χρησιμοποιούνται για να συντεθούν οι κυτταρικές πρωτεΐνες και τα ένζυμα. Μερικοί μικροοργανισμοί χρειάζεται να λάβουν έτοιμα τα αμινοξέα από το υπόστρωμα τους, άλλοι έχουν δυνατότητα να χρησιμοποιούν νουκλεοτίδια, πεπτίδια, πρωτεΐνες, ενώ ορισμένοι, όπως το *Escherichia coli* δύνανται να χρησιμοποιούν το άζωτο υπό μορφή νιτρικών αλάτων ή αμμωνίας για να συνθέσουν τα αμινοξέα.

Τα μεταλλικά στοιχεία είναι απαραίτητα σε ποσότητες ιχνών για το κελί των μικροοργανισμών, καθώς ενισχύουν την ενεργητικότητα των ενζύμων και χρησιμοποιούνται για τη σύνθεση τοξινών και δευτερευόντων προϊόντων μεταβολισμού. Συγκρίνοντας τα προσφερόμενα στοιχεία, σε μεγαλύτερο ποσοστό βρίσκονται το νάτριο, το κάλιο, το ασβέστιο και το μαγνήσιο, ενώ σε μικρότερες ο σίδηρος, ο χαλκός, το μαγγάνιο, ο ψευδάργυρος, το κοβάλτιο και το μολυβδαίνιο. Ο φώσφορος και το θείο είναι εξίσου απαραίτητα για τους μικροοργανισμούς.

Άλλοι παράγοντες ανάπτυξης των μικροοργανισμών αποτελούν οι βιταμίνες (σύμπλεγμα β) σε μικρές ποσότητες. Για παράδειγμα τα θετικά Gram βακτήρια δεν είναι ικανά να συνθέσουν τα απαραίτητα για αυτά συστατικά, ενώ τα αρνητικά Gram βακτήρια και οι μούχλες έχουν τη δυνατότητα αυτή. [2], [11], [19], [20]

#### • Παρουσία αερίων

Το είδος των αερίων που βρίσκονται στην ατμόσφαιρα καθορίζει σημαντικά το είδος των μικροοργανισμών που θα αναπτυχθούν. Η παρουσία οξυγόνου ευνοεί την ανάπτυξη αερόβιων μικροοργανισμών, ενώ η απουσία του επιτρέπει την ανάπτυξη αναερόβιων μικροοργανισμών. Ωστόσο υπάρχουν μικροοργανισμοί που μπορούν να αναπτυχθούν σε αερόβιο και σε αναερόβιο

περιβάλλον (προαιρετικά αναερόβιοι), όπως επίσης και μικροαερόφιλοι που απαιτούν μικρές συγκεντρώσεις οξυγόνου.

Αναφορικά με την ύπαρξη του CO<sub>2</sub> (έως 10%), ορισμένοι μικροοργανισμοί δεν μπορούν να επιβιώσουν, ενώ αντίθετα άλλοι εμφανίζονται ανθεκτικοί σε αυτές τις συνθήκες. Συχνά η παρουσία διοξειδίου του άνθρακα διευρύνει τη χρονική διάρκεια της φάσης της υστέρησης (λανθάνουσα κατάσταση) και αυξάνει την ελάχιστη απαίτηση της ενεργότητας για ανάπτυξη. Αντίθετα μικρή περιεκτικότητα σε CO<sub>2</sub> <1%, ενισχύει την πρόσληψη οξυγόνου από τα βακτήρια. Επίσης το CO<sub>2</sub> αναχαιτίζει τη διαδικασία σύνθεσης της ψευδομονάδας, καθώς το μικροβιακό κελί βρίσκεται σε λανθάνουσα κατάσταση μεταβολισμού. [2], [11], [19], [20]

- Μικροβιακές αλληλεπιδράσεις

Οι μικροοργανισμοί αλληλεπιδρούν μεταξύ τους και δύνανται να επηρεάσουν θετικά ή αρνητικά την ανάπτυξη και άλλων ειδών. Έτσι παρατηρούνται φαινόμενα παρασιτισμού, όπου οι αδύνατοι μικροοργανισμοί επιβιώνουν με τη βοήθεια άλλων ισχυρότερων και συμβίωσης όπου τα διάφορα είδη μικροβίων συνυπάρχουν αρμονικά. [2], [11], [19], [20]

- Δυναμικό οξειδοαναγωγής

Το φαινόμενο της οξειδοαναγωγής, δηλαδή οι οξειδοαναγωγικές αντιδράσεις διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο για τη λειτουργία και την ανάπτυξη των μικροοργανισμών. Οι μικροοργανισμοί παρουσιάζουν διαφορετική συμπεριφορά- ευαισθησία, ανάλογα με το δυναμικό οξειδοαναγωγής του υποστρώματος, όπου αναπτύσσονται.

Οι μικροοργανισμοί γενικά, καθώς εκτελούν τις ενέργειες του μεταβολισμού τους, προκαλούν ελάττωση του δυναμικού οξειδοαναγωγής του υποστρώματος, η οποία οφείλεται στην παραγωγή οξυγόνου και άλλων αναγωγικών ουσιών.

Οι μικροοργανισμοί, όπως έχει ήδη αναφερθεί, διακρίνονται σε αερόβιους και αναερόβιους. Οι αερόβιοι χρειάζονται την παρουσία του οξυγόνου, απαιτούν θετικό δυναμικό (οξειδώνονται) και παρουσιάζουν μικρή μείωση του δυναμικού τους κατά τη φάση της υστέρησης, λόγω κατανάλωσης απαραίτητου για αυτούς οξυγόνου. Στην αρχή της εκθετικής φάσης, η κατανάλωση του οξυγόνου αυξάνει και προκαλεί απότομη πτώση του δυναμικού (400-500mV) και όταν ο ρυθμός ανάπτυξης των μικροοργανισμών ελαττώνεται, το δυναμικό λαμβάνει αρνητικές τιμές.

Σχετικά με τους αναερόβιους μικροοργανισμούς οι οποίοι θέλουν αρνητικό δυναμικό

(ανάγονται) για να αναπτυχθούν, στην αρχή της ανάπτυξης των αποικιών επηρεάζουν την τιμή του δυναμικού του υποστρώματος παρόμοια με τους αερόβιους, ενώ στη φάση της θανάτωσης παρουσιάζουν βραδύτερο ρυθμό. Όταν οι αναερόβιοι μικροοργανισμοί εισέλθουν στην εκθετική φάση, το δυναμικό ελαττώνεται απότομα (700-800 mV) και στην εκκίνηση και κατά τη διάρκεια της στατικής φάσης το δυναμικό τους κυμαίνεται σε πιο θετικές τιμές.

Έτσι ορισμένοι μικροοργανισμοί χρειάζονται αναγωγικές συνθήκες για να αρχίσουν να αναπτύσσονται (δυναμικό, -200mV), όπως το κλωστρίδιο, ενώ κάποιοι άλλοι (βάκιλος) απαιτούν οξειδωτικές συνθήκες, δηλαδή θετικό δυναμικό. Μερικοί αερόβιοι μικροοργανισμοί όπως ο στρεπτόκοκκος, αναπτύσσονται καλύτερα σε ελαφρώς αναγωγικές συνθήκες και χαρακτηρίζονται ως μικροαερόφιλοι. [2], [11], [19], [20]

#### • Ακτινοβολία

Η ακτινοβολία ορισμένου μήκους κύματος (250-1100 nm) επηρεάζει τους μικροοργανισμούς, είτε θετικά είτε αρνητικά. Η θετική δράση έγκειται στη προσφορά της απαραίτητης για τη φωτοσύνθεση ενέργειας, προκαλεί προσανατολισμένη ανταπόκριση (κινήσεις τακτισμού, τροπισμού), ενεργοποιεί τη σπορίωση στους μύκητες, αλλά σε αρκετούς μικροοργανισμούς, έχει αρνητική επίπτωση, καθώς είναι τοξική ή και θανατηφόρα.

Η δομή των χρωστικών ουσιών (χλωροφύλλη, φυκομπιλλίνες, καροτενοειδή) δεν είναι ίδια σε όλους τους μικροοργανισμούς, γι' αυτό και όλα τα στελέχη δεν έχουν τα ίδια φάσματα απορρόφησης. Το είδος των μικροοργανισμών, οι οποίοι θα αναπτυχθούν, εξαρτάται λοιπόν από το μήκος κύματος του φωτός. Για τους περισσότερους μικροοργανισμούς που δεν φωτοσυνθέτουν, το φως είναι περιττό και σε πολλές περιπτώσεις ιδιαίτερα βλαβερό. Επισημαίνεται όμως ότι στην περίπτωση ορισμένων μυκήτων, η έναρξη της σπορίωσης επιτυγχάνεται πολλές φορές με υπεριώδη ακτινοβολία. Ο φωτισμός μπορεί να επηρεάσει ορισμένες φορές και την παραγωγή των ίδιων των χρωστικών, έτσι μερικοί μικροοργανισμοί, που κανονικά περιέχουν χρωστικές, δεν μπορούν να τις συνθέσουν ή τις συνθέτουν σε μικρές ποσότητες, αν αναπτυχθούν στο σκοτάδι.

Ορισμένα είδη ακτινοβολίας επιδρούν αρνητικά στους μικροοργανισμούς, αυτό συμβαίνει διότι είναι δυνατό να απορροφηθούν από διάφορα συστατικά του κυττάρου και να προκαλέσουν χημικές μεταβολές, με αποτέλεσμα τη θανάτωση των κυττάρων. Αναλυτικότερα, η ορατή ακτινοβολία (400-750 nm) δεν είναι επιβλαβής, επειδή απορροφάται από σχετικά λίγα συστατικά των μικροοργανισμών που φωτοσυνθέτουν. Το ίδιο ισχύει για τη μεγάλη μήκους κύματος υπεριώδη ακτινοβολία (300-400 nm). Η υπεριώδης ακτινοβολία 200-300 nm απορροφάται από τις

πρωτεΐνες και τα νουκλεϊνικά οξέα στα οποία, ακόμη και σε χαμηλές δόσεις, προκαλεί χημικές μεταβολές, γενετικές μεταλλάξεις και πολλές φορές το θάνατο. [1]

### 3.7 Πηγές μικροβιακής μόλυνσης [25], [51]

Το μικροβιακό φορτίο του νερού και γενικότερα η μικροβιολογική του κατάσταση επιβαρύνεται, όταν αυτό διέρχεται από περιοχές κοντά σε αστικά κέντρα, βιομηχανίες και αγροτικά συγκροτήματα. Εκτός από τα επιφανειακά ύδατα και τα υπόγεια ύδατα μολύνονται με μικροβιακούς ρύπους, ιδιαίτερα στην περίπτωση όπου οι υδροφόροι ορίζοντες βρίσκονται κοντά στις προαναφερθείσες περιοχές. Οι κύριες πηγές της μικροβιακής μόλυνσης του νερού χετίζονται με τα απόβλητα που προέρχονται από τις ανθρώπινες και τις βιομηχανικές δραστηριότητες και από τα περιττώματα των ζώων.

Οι περισσότερες ασθένειες που προέρχονται από το νερό οφείλονται στη μόλυνση του από παθογόνους μικροοργανισμούς που υπάρχουν στα περιττώματα των ζώων και ανθρώπων, τα οποία περιέχουν μεγάλη ποικιλία ιών, βακτηρίων και πρωτόζωων.

- Ανθρώπινα απόβλητα- περιττώματα

Τα περισσότερα επιφανειακά ύδατα, όπως οι λίμνες και οι ποταμοί συχνά ρυπαίνονται με μεγάλο όγκο αποβλήτων και απορρίψεις αποχετεύσεων από τα αστικά κέντρα. Η κατάσταση αυτή επιβαρύνει τα νερά με μεγάλο αριθμό μικροοργανισμών και κυρίως παθογόνων οι οποίοι είναι επικίνδυνοι για τη δημόσια υγεία.

Σε αυτό συμβάλλει η ελλιπής ή ακόμη και η ανύπαρκτη επεξεργασία των αστικών λυμάτων. Συγκεκριμένα η ανεπαρκής λειτουργία των βιολογικών καθαρισμών οδηγεί στη διοχέτευση “επεξεργασμένων” υδάτων στο περιβάλλον με κακή ποιότητα και με υψηλό μικροβιακό φορτίο (παθογόνους μικροοργανισμούς), μολύνοντας και τα επιφανειακά ύδατα και τους υπόγειους υδροφορείς. Ακόμη, η ύπαρξη υπονόμων σε τοποθεσίες κοντά σε υπόγεια ύδατα προκαλεί την πλήρη υποβάθμιση τους και την ανάπτυξη πλήθους βακτηρίων και ιών, καθιστώντας τα ακατάλληλα για πόση και χρήση για αγροτικούς και βιομηχανικούς σκοπούς.

- Ζωικά απόβλητα

Τα ζώα και κυρίως τα περιττώματά τους είναι σημαντική πηγή μόλυνσης των υδάτων και κυρίως των επιφανειακών, καθώς μεταφέρουν παράσιτα, μύκητες και βακτήρια σε συγκεντρώσεις πλέον του ενός δισεκατομμυρίου/g. Πρέπει να τονισθεί ότι η μόλυνση είναι μεγάλη, εάν αναφέρεται σε συγκροτήματα εκτροφής ζώων, όπως ορνιθοτροφεία, ποιμνιοστάσια και φάρμες.

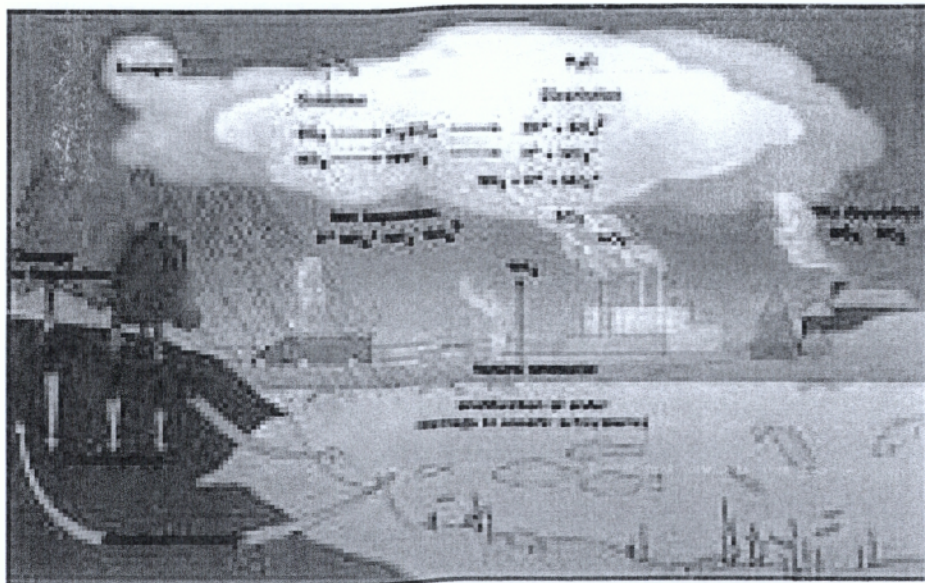
Τα βοοειδή εκκρίνουν μαζί με τα κόπρανα τους εκατομμύρια μικροοργανισμούς όπως E. coli

O157:H7, *Campylobacter jejuni*, *Cryptosporidium parvum* και *Giardia lamblia*. Τα πουλερικά παράγουν περιττώματα που μεταφέρουν τα παθογόνα βακτήρια του γένους *Salmonella* και *Campylobacter*.

- Ελλιπής επεξεργασία νερού

Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι “πηγή” μόλυνσης αποτελεί και η ελλιπής και η κακή επεξεργασία του νερού. Η επεξεργασία του νερού περιλαμβάνει πολλά στάδια τα οποία είναι πολύ σημαντικά για την τελική του ποιότητα και τη μικροβιολογική του κατάσταση. Έτσι, αν ένα ή περισσότερα στάδια δεν αποδίδουν, το νερό θα είναι μολυσμένο. Εδώ πρέπει να τονισθεί ότι ελλείψει ορθής επεξεργασίας, υπάρχει περίπτωση να μολυνθεί νερό το οποίο δεν έφερε αρχικό μικροβιακό φορτίο. Αυτό συμβαίνει, όταν δεν πραγματοποιείται καλή συντήρηση και καθαρισμός του εξοπλισμού που επεξεργάζεται και διοχετεύει το νερό.

Εικόνα 18: Πηγές μόλυνσης του νερού



## 3.8 Μικροβιολογικός έλεγχος του νερού

### 3.8.1 Γενικά [11], [19], [20]

Οι μικροβιολογικές αναλύσεις είναι απαραίτητες για κάθε βιομηχανία τροφίμων και συμπεριλαμβάνονται στον ποιοτικό έλεγχο που υφίστανται τα προϊόντα και οι πρώτες ύλες στις οποίες συμπεριλαμβάνονται και το νερό, καθημερινά. Οι αναλύσεις αυτές, όντας σημαντικές, πιστοποιούν την καταλληλότητα, την υγιεινή και την άριστη ποιότητα των τελικών προϊόντων. Έτσι, πρέπει να διεξάγονται με ιδιαίτερη προσοχή και ενδιαφέρον, όπως και με συχνότητα που σχετίζεται με το είδος του προϊόντος και τον όγκο της παραγωγής του.

Οι μικροβιολογικοί έλεγχοι πραγματοποιούνται στο μικροβιολογικό εργαστήριο, και για την ορθή διεκπεραίωση τους χρειάζεται να τηρούνται συγκεκριμένες τακτικές, ώστε τα αποτελέσματα τους να είναι πραγματικά και αντιπροσωπευτικά. Η μικροβιολογική ανάλυση ακολουθεί μετά από μια σειρά ενεργειών (δειγματοληψία, προετοιμασία του δείγματος), οι οποίες πρέπει εξίσου να λαμβάνουν χώρα με ιδιαίτερη προσοχή.

### 3.8.2 Δειγματοληψία [11], [19], [20]

Η καλή και σωστή δειγματοληψία είναι πολύ σημαντική για τις μικροβιολογικές αναλύσεις και πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή κατά τη διεξαγωγή της. Η δειγματοληψία δύναται να γίνει, είτε άμεσα στο χώρο των εγκαταστάσεων, είτε μπορεί τα δείγματα να παραδίδονται απευθείας στο μικροβιολογικό εργαστήριο για ανάλυση. Στην πρώτη περίπτωση απαιτείται η μετάβαση του ελεγκτή στους χώρους αυτούς, για να πραγματοποιηθεί η δειγματοληψία, ενώ στη δεύτερη περίπτωση ακολουθεί απευθείας η μικροβιολογική ανάλυση.

Τα εκάστοτε δείγματα, για να παρέχουν σωστές πληροφορίες, πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικά της ποσότητας του νερού, να συλλέγονται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να μην μολύνονται από τον ανθρώπινο παράγοντα και τον περιβάλλοντα χώρο, όπως επίσης και να λαμβάνονται την κατάλληλη χρονική στιγμή.

Η αντιπροσωπευτικότητα των δειγμάτων είναι σημαντική, ωστόσο επισημαίνεται ότι συχνά οι μικροοργανισμοί δεν διασπείρονται ομοιογενώς και έτσι σημαντικό ρόλο διαδραματίζει αρχικά η ανάμιξη. Η ανάμιξη καθιστά ομοιογενοποιημένο το δείγμα, οπότε η δειγματοληψία είναι εύκολη για το νερό που βρίσκεται σε υγρή μορφή.

Η δειγματοληψία που λαμβάνει χώρα στο βιομηχανικό χώρο, μπορεί να γίνεται στις γραμμές παραγωγής, στους αποθηκευτικούς χώρους, στις δεξαμενές κ.α. Όταν λαμβάνονται δείγματα από τις γραμμές παραγωγής, τα δείγματα είναι αντιπροσωπευτικά και σε αυτό συντελεί και ο μεγάλος αριθμός παραγωγής προϊόντων που αυξάνει την τυχαιότητα λήψης, όπως επίσης και η προηγούμενη ανάμιξη των προϊόντων. Αναφέρεται ακόμη ότι ο τρόπος αυτός δειγματοληψίας είναι πλεονεκτικότερος από τη δειγματοληψία στους αποθηκευτικούς χώρους. Σχετικά με τη δειγματοληψία από τις δεξαμενές, τα δείγματα είναι αντιπροσωπευτικά λόγω της ύπαρξης συνεχούς ροής και ανάμιξης που δεν επιτρέπει την ανομοιόμορφη συσσώρευση των μικροοργανισμών.

Η δειγματοληψία συναρτάται άμεσα και με τον αριθμό και τη συχνότητα λήψης δειγμάτων, τα οποία εξαρτώνται από το μέγεθος, τον όγκο της παραγωγής, την ιδιαιτερότητα του είδους του προϊόντος (ευπάθεια), την προηγούμενη εμπειρία κ.α. Ο αριθμός των δειγμάτων και η συχνότητα λήψης τους καθορίζεται με βάση τις υπάρχουσες προδιαγραφές.

Το βασικό μέρος της δειγματοληψίας είναι η ορθή μέθοδος λήψης των δειγμάτων, η κατάλληλη συλλογή τους, χωρίς επηρεασμό αυτών από την ακολουθούμενη τεχνική. Η γενικότερη τεχνική που ακολουθείται πρέπει να είναι ασηπτική, για να προστατεύονται τα δείγματα από επιπρόσθετη μόλυνση.

Η ασηπτική μέθοδος απαιτεί τα όργανα δειγματοληψίας να είναι αποστειρωμένα συνεχώς, και είναι προτιμότερο όποτε είναι δυνατό, τα όργανα αυτά να αποστειρώνονται στο εργαστήριο, παρά στο χώρο της δειγματοληψίας.

Η αποστείρωση γίνεται με διάφορες μεθόδους οι οποίες είναι:

- Με ατμό στους  $121,5^{\circ}\text{C}$  σε κλίβανο αποστείρωσης (αυτόκλειστος κλίβανος) για 15 με 30 min , η χρονική διάρκεια εξαρτάται από το μέγεθος των οργάνων.
- Με φούρνο θερμού αέρα για 1-3 h στους  $160$  με  $180^{\circ}\text{C}$ .

Εναλλακτικές μέθοδοι αποστείρωσης είναι:

- Με έκθεση σε ατμό  $100^{\circ}\text{C}$  για 1 h και χρήση την ίδια ημέρα.
- Με εμβάπτιση στο νερό  $100^{\circ}\text{C}$  για 5 min και άμεση χρήση.
- Με εμβάπτιση σε οινόπνευμα (αιθυλική αλκοόλη  $>70\%$ ) και καύση με φλόγα για άμεση χρήση.



- Με καύση με φλόγα υδρογονάνθρακα (προπάνιο, βουτάνιο), χρησιμοποιώντας φλόγιστρο.

Οι εναλλακτικές μέθοδοι αποστείρωσης είναι σχετικά ικανοποιητικές, καθώς έχει διατυπωθεί ότι το κάψιμο μετά την εμβάπτιση με αλκοόλη δεν αποστειρώνει πλήρως το σκεύος, λόγω του ότι αυτό δεν θερμαίνεται αρκετά και συν το γεγονός ότι δημιουργείται κίνδυνος φωτιάς, γι' αυτό συνιστάται η χρήση του φλόγιστρου βουτανίου ή προπανίου. Στη συγκεκριμένη περίπτωση ακολουθείται μια μέθοδος αποστείρωσης συνδυασμού των παραπάνω δυο τεχνικών για καλύτερα αποτελέσματα. [19], [20]

Σύμφωνα με τα παραπάνω, για τη δειγματοληψία που λαμβάνει χώρα στους διάφορους χώρους της βιομηχανίας τροφίμων, όπως η συλλογή δειγμάτων του χρησιμοποιούμενου νερού, ακολουθείται μια συγκεκριμένη ασηπτική τεχνική. Επειδή τα δείγματα στη συγκεκριμένη περίπτωση είναι υγρής μορφής, η δειγματοληψία πραγματοποιείται από τις αντίστοιχες βάνες. Έτσι για να εξασφαλίζονται συνθήκες αποστείρωσης, η αντίστοιχη βάνα δειγματοληψίας διαβρέχεται με καθαρό οινόπνευμα και καίγεται με το φλόγιστρο μέχρι να πυρωθεί. Στη συνέχεια ανοίγεται η βάνα και το υγρό ρέει για λίγο και ακολουθεί συλλογή του σε αποστειρωμένες φιάλες ή αποστειρωμένους πλαστικούς υποδοχείς, έχοντας αναμμένο το φλόγιστρο κοντά στην περιοχή λήψης. Με αυτόν τον τρόπο καταστρέφονται οι ανεπιθύμητοι μικροοργανισμοί που τυχόν βρίσκονται στην εξωτερική επιφάνεια του σημείου δειγματοληψίας και εκείνοι που μπορεί να προέρχονται από τον περιβάλλοντα χώρο (αέρας, άνθρωποι) και οι οποίοι είναι σε θέση να προκαλέσουν επιπλέον μόλυνση του δείγματος.

Μετά τη δειγματοληψία, τα δείγματα πρέπει να αναλύονται αμέσως και εάν αυτό δεν είναι εφικτό, είναι απαραίτητο να φυλάσσονται στο ψυγείο για την αποφυγή περαιτέρω ανάπτυξης οποιωνδήποτε μικροοργανισμών. Όταν απαιτείται μεταφορά των δειγμάτων σε μεγάλη απόσταση, τότε αυτά χρειάζεται να καταψύχονται. Συγκρίνοντας την ψύξη με την κατάψυξη των δειγμάτων, επισημαίνεται ότι η δεύτερη μερικές φορές προκαλεί καταστροφή των μικροοργανισμών, με συνέπεια να εξάγονται εσφαλμένα αποτελέσματα κατά τη μετέπειτα μικροβιολογική ανάλυση. [11], [19], [20]

### 3.8.3 Μικροβιολογική ανάλυση και μέθοδοι ανάλυσης [4], [11], [19], [20]

Η διαδικασία της μικροβιολογικής ανάλυσης πραγματοποιείται με διάφορες μεθόδους οι οποίες εξαρτώνται από το είδος του δείγματος και τις ιδιαιτερότητες του. Η ιδανική μέθοδος για τους ελέγχους αυτούς χρειάζεται να είναι ακριβής, γρήγορη, φθηνή και εφαρμόσιμη σε ευρύ φάσμα

δειγμάτων.

Οι διάφοροι μέθοδοι που ακολουθούνται είναι οι εξής:

- Απευθείας μέτρηση με μικροσκόπιο (direct microscopic count)
- Ενσωμάτωση (pour plate)
- Χρήση δοκιμαστικού σωλήνα (roll tube)
- Χρήση γυαλιού για μικροσκόπιο (slide plate)
- Διήθηση με μεμβράνη (membrane filter)
- Φασματοφωτομετρία (spectrophotometric)
- ATP (adenosine triphosphate)
- Αναγωγή (reductase tests)
- Χημικοί δείκτες (chemical indicators)
- pH
- Μέτρηση παραγόμενων αερίων (measurement of gas production)
- Μικροθερμιδομετρία (microcalorimetry)

Οι μέθοδοι αυτές βρίσκουν εφαρμογή στις ανάλογες περιπτώσεις αναλύσεων για τον προσδιορισμό των μικροοργανισμών και η επιλογή μιας μεθόδου από αυτές βασίζεται στο σκοπό που εξυπηρετούν οι πληροφορίες που λαμβάνονται. Δηλαδή, εάν τα αποτελέσματα χρησιμεύουν για την ικανοποίηση των μικροβιολογικών προδιαγραφών, τότε εφαρμόζεται συνήθως η μέθοδος της ενσωμάτωσης, ενώ, εάν τα αποτελέσματα αφορούν μόνο τον "προσωπικό" ποιοτικό έλεγχο της εταιρείας, δύναται να επιλεχθούν άλλες μέθοδοι πιο γρήγορες, πιο απλές και χαμηλότερου κόστους. Επίσης άλλοι παράγοντες που καθορίζουν την επιλογή μιας συγκεκριμένης μεθόδου είναι η ακρίβεια, η αξιοπιστία, η ταχύτητα που ζητείται, όπως και το κόστος της κάθε μεθόδου. [11], [19], [20]

Ορισμένες από αυτές είναι περισσότερο διαδεδομένες, όπως χαρακτηριστικά αναφέρονται

εκείνες που λαμβάνουν χώρα συχνότερα, και εκείνες που παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον σχετικά με την περίπτωση του νερού.

- Απευθείας μέτρηση με μικροσκόπιο

Η μέθοδος αυτή είναι πολύ γρήγορη και δίνει άμεσα αποτελέσματα, μιας και δεν απαιτεί την επώαση των μικροοργανισμών για την ανάπτυξη τους. Τα υγρά, όπως το νερό, ελέγχονται απευθείας, ενώ τα στερεά πρέπει πρώτα να διαλυθούν (δημιουργία αιωρήματος). Ωστόσο επισημαίνεται, ότι με την απευθείας μέτρηση με μικροσκόπιο μετρώνται όλοι οι παρατηρούμενοι μικροοργανισμοί και οι ζωντανοί και οι νεκροί, γεγονός που δεν εξυπηρετεί σε αρκετές περιπτώσεις, την εξαγωγή πραγματικών συμπερασμάτων.

Ο προσδιορισμός των μικροοργανισμών με τη συγκεκριμένη μέθοδο, γίνεται ανά επιφάνεια, υπολογίζοντας πρώτα το μέσο αριθμό των αποικιών ανά πεδίο και διαιρώντας τον με την επιφάνεια του πεδίου. Η παραπάνω μέθοδος, εκτός του ότι είναι γρήγορη, πλεονεκτεί και στο γεγονός ότι δε είναι δύσκολη, δεν απαιτεί ειδικό εξοπλισμό εκτός του μικροσκοπίου και χρησιμοποιεί μικρή ποσότητα δειγμάτων. Παρόλα αυτά όμως, επειδή μετρά και τις ενεργές, αλλά και τις νεκρές αποικίες των μικροβίων, δεν μπορεί να εφαρμοστεί με αξιοπιστία για τον προσδιορισμό του πραγματικού μικροβιακού φορτίου των δειγμάτων του νερού. [11], [19], [20]

- Ενσωμάτωση

Η ενσωμάτωση είναι μια συνήθης μέθοδος στις μικροβιολογικές αναλύσεις, κατά την οποία χρησιμοποιούνται μικρά δείγματα (έως 2 mL) και εφαρμόζεται σε περιπτώσεις όπου είναι γενικά δύσκολο να χρησιμοποιηθεί άλλη μέθοδος, όπως η διήθηση.

Αναλυτικά, κατά την ενσωμάτωση χρησιμοποιούνται αποστειρωμένα τρυβλία χωρίς απορροφητικό υπόθεμα στα οποία τοποθετείται μια μικρή ποσότητα από το δείγμα και έπειτα προστίθεται το αποστειρωμένο θρεπτικό υπόστρωμα. Επισημαίνεται ότι, κατά την ενσωμάτωση, πρέπει να επιτυγχάνεται ομοιογενοποίηση του δείγματος με το θρεπτικό υπόστρωμα. Επίσης πρέπει να δίνεται προσοχή ώστε να μην έλθει σε επαφή το περιεχόμενο του τρυβλίου με το κάλυμμα του, διότι είναι πιθανό να μολυνθεί.

Το περιεχόμενο του τρυβλίου μετά από λίγο στερεοποιείται, οπότε και αποκτά τη μορφή πήγματος (gel). Όταν συμβεί αυτό, το τρυβλίο αναστρέφεται, ώστε να αποφευχθεί η μόλυνση από τους εγκλωβισμένους υδρατμούς (υγρασία) και εισάγεται στον επωαστικό θάλαμο, όπου επικρατούν κατάλληλες συνθήκες θερμοκρασίας και υγρασίας, για αντίστοιχο χρονικό διάστημα.

Το διάστημα αυτό και η θερμοκρασία ποικίλλουν ανάλογα με το μικροοργανισμό, έτσι για το ολικό μικροβιακό φορτίο απαιτούνται 3 ημέρες στους 35°C, για τις ζύμες και μούχλες 5 ημέρες στους 30°C και για τα κοπρανώδη αρκούν 24h στους 44,5°C για να εμφανιστούν οι αποικίες. Μετά το πέρας του χρονικού διαστήματος καλλιέργειας των μικροοργανισμών ελέγχεται η τυχόν ύπαρξη τους στα δείγματα και καταμετρείται ο αριθμός τους. [11], [19], [20]

Η μέθοδος της ενσωμάτωσης είναι απλή, καλύπτει ευρύ φάσμα εφαρμογών και πιθανότατα ως τώρα αποτελεί την περισσότερο ακριβή μέθοδο προσδιορισμού των μικροοργανισμών που αναπτύσσονται σε θρεπτικό υλικό. Παρόλα αυτά, η ενσωμάτωση μειονεκτεί στο ότι είναι χρονοβόρα, καθώς η χρονική διάρκεια της επώασης δύναται να είναι από 2 έως 10 ημέρες για να εμφανισθούν οι αποικίες και να μετρηθούν. Επίσης θεωρείται ότι έχει υψηλό κόστος και ότι αν και απλή, απαιτείται καλή εκπαίδευση και ικανότητα του ελεγκτή για την αποφυγή μόλυνσης των δειγμάτων.

- Διήθηση με μεμβράνη

Η μέθοδος διήθησης με μεμβράνη χρησιμοποιείται για υγρά δείγματα και πολύ συχνά για τον έλεγχο του νερού. Η διήθηση γίνεται υπό κενό και βασίζεται στο γεγονός ότι στα υγρά δείγματα που διηθούνται μέσω της μεμβράνης, οι μικροοργανισμοί κατακρατούνται στα φίλτρα, όταν αυτοί είναι μεγαλύτεροι από τους πόρους της (φίλτρα με πόρους 0,45 και 0,80 μm).

Κατά τη μέθοδο αυτή ρίχνεται λαμβάνεται ορισμένη ποσότητα από το δείγμα νερού με το σιφώνιο και αυτό διηθείται. Έπειτα τα φίλτρα μεταφέρονται σε αποστειρωμένα τρυβλία με απορροφητικό υπόθεμα, στα οποία υπάρχει το αντίστοιχο θρεπτικό υλικό και στα οποία αναπτύσσονται οι μικροοργανισμοί. Τα τρυβλία εισάγονται στους επωαστικούς κλιβάνους και μετά από 6-12 h, οι πρωτοσχηματιζόμενες αποικίες δύναται να παρατηρηθούν και να μετρηθούν με χρήση μικροσκοπίου. Στην πραγματικότητα, η ανάπτυξη των μικροοργανισμών γίνεται αντιληπτή με παραμονή των τρυβλίων για 2 με 5 ημέρες στους επωαστικούς θαλάμους. [11], [19], [20]

Η διήθηση με μεμβράνη είναι μια μέθοδος που εφαρμόζεται συχνά και ιδιαίτερα στις μικροβιολογικές αναλύσεις όπου αναμένεται σχετικά υψηλός αριθμός μικροοργανισμών. Η αναγνώριση των διαφόρων ειδών μικροοργανισμών πραγματοποιείται με βάση το χρώμα και την εμφάνιση της καλλιέργειας που σχηματίζεται και αναπτύσσεται.

- pH

Η μέτρηση του pH δίνει μια ένδειξη της ύπαρξης μικροοργανισμών, καθώς όταν αυτά αναπτύσσονται παράγονται ενώσεις, όπως η αμμωνία και αμίνες, οι οποίες ανεβάζουν την τιμή του pH.

- Μέτρηση του παραγόμενου αερίου

Η μέθοδος αυτή υποδεικνύει την ανάπτυξη μικροοργανισμών, στηριζόμενη στο γεγονός της παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα κατά το μεταβολισμό των υπαρχόντων μικροοργανισμών.

### 3.9 Μικροβιολογικοί δείκτες [1], [3], [11], [26], [28]

Η μικροβιολογική ανάλυση του νερού η οποία γίνεται στο εργαστήριο της βιομηχανίας τροφίμων, δεν έχει ως βασικό στόχο την πλήρη ανίχνευση όλων των μικροοργανισμών οι οποίοι ενδέχεται να υπάρχουν σε αυτό, αλλά τον εντοπισμό των επικίνδυνων για την ανθρώπινη υγεία, παθογόνων μικροοργανισμών. Ο εντοπισμός των παθογόνων είναι δύσκολος, λόγω του μικρού αριθμού αυτών σε σχέση με τους υπόλοιπους μικροοργανισμούς, αντιοικονομικός και εμφανίζει τεχνικές δυσκολίες κατά τις συνηθισμένες αναλύσεις νερών. Έτσι για τον προσδιορισμό του αριθμού των παθογόνων μικροοργανισμών, χρησιμοποιούνται ορισμένοι οργανισμοί οι οποίοι χαρακτηρίζονται και ονομάζονται ως δείκτες.

Οι δείκτες είναι μικροοργανισμοί μη παθογόνοι οι οποίοι, όταν υπάρχουν στο νερό, υποδηλώνουν άμεσα τη μόλυνση του από παθογόνους μικροοργανισμούς οι οποίοι είναι αυτοί που κυρίως ενδιαφέρουν. Ο ιδανικός μικροοργανισμός δείκτης για να είναι κατάλληλος και αξιόλογος, πρέπει να έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- Να εφαρμόζεται σε όλα τα νερά
- Να συνυπάρχει με τα παθογόνα είδη
- Να απαντάται σε ικανοποιητικές συγκεντρώσεις σε σχέση με τους παθογόνους μικροοργανισμούς
- Η συγκέντρωσή του να είναι ανάλογη με το βαθμό μόλυνσης

- Ο χρόνος ζωής του να είναι παραπλήσιος με εκείνο των παθογόνων. Ο μικροβιολογικός δείκτης να επιβιώνει για λίγο μεγαλύτερο διάστημα απ' ότι ο παθογόνος μικροοργανισμός (περιθώριο ασφαλείας)
- Να μην υπάρχει σε καθαρά νερά
- Να ανιχνεύεται εύκολα
- Να έχει σταθερά βιοχημικά χαρακτηριστικά για ανίχνευση
- Να μην είναι βλαβερός [1], [3]

Προφανώς, μικροβιολογικός δείκτης, δηλαδή μικροοργανισμός ο οποίος να πληρεί τις παραπάνω προϋποθέσεις και χαρακτηριστικά δεν υπάρχει, ωστόσο, συγκεκριμένα γένη βακτηρίων, όπως τα ολικά κολοβακτηρίδια, τα κοπρανώδη κολοβακτηρίδια, οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι, τα θειοαναγωγικά κλωστρίδια και ο συνολικός αριθμός μικροβίων, δύνανται να χρησιμοποιηθούν ως μικροβιολογικοί δείκτες. Από αυτούς τους μικροοργανισμούς, τα ολικά κολοβακτηρίδια είναι εκείνα τα οποία χρησιμοποιούνται περισσότερο και πληρούν καλύτερα τα προηγούμενα χαρακτηριστικά.

Η χρήση των κολοβακτηριδίων ως δεικτών μόλυνσης του νερού, αν και πιο συνήθης, έχει ορισμένα μειονεκτήματα. Συγκεκριμένα οι μικροοργανισμοί αυτοί ενδέχεται να αναπτυχθούν στο νερό και να ενσωματωθούν στην πανίδα του, οπότε σε αυτήν την περίπτωση η ανίχνευση τους δίνει μη πραγματικές θετικές ενδείξεις. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι, σημαντικό σφάλμα στην ανίχνευση των παθογόνων, κατά τη χρήση των μικροοργανισμών δεικτών, αποτελεί η επιλογή κολοβακτηριδίων με χρόνο ζωής μικρότερο των παθογόνων μικροοργανισμών. Επισημαίνεται ότι η παρουσία στο νερό των πρωτόζωων *Cryptosporidium parvum* και *Giardia lamblia* δεν μπορεί να ανιχνευτεί με χρήση των ολικών κολοβακτηριδίων ως μικροβιολογικών δεικτών, λόγω τις ευαισθησίας των τελευταίων στο χλώριο.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά οι μικροοργανισμοί δείκτες που προαναφέρθηκαν και χρησιμοποιούνται κατά τις μικροβιολογικές αναλύσεις των νερών.

#### • Ολικά κολοβακτηρίδια

Τα κολοβακτηρίδια (coliforms) είναι αερόβιοι και αναερόβιοι μη σπορογόνοι μικροοργανισμοί οι οποίοι ανήκουν στα Gram- αρνητικά βακτήρια και ζυμώνουν τη λακτόζη με

παραγωγή αερίου. Στην ομάδα των ολικών κολοβακτηριοειδών συμπεριλαμβάνονται τα είδη: *Escherichia coli*, *Enterobacter aerogenes*, *Serratia*, *Citrobacter freundii* και *Klebsiella*. Ο όρος ολικά κολοβακτηρίδια (Total Coliform Rule- TCR) πρωτοεμφανίστηκε και χρησιμοποιήθηκε το 1989 και αναφέρεται σε μια κατηγορία βακτηρίων βασισμένη σε λειτουργικά χαρακτηριστικά και όχι με βάση την ταξινόμηση. [1], [26]

Τα ολικά κολοβακτηρίδια απομονώνονται εύκολα και αποτελούν έναν πολύ χρήσιμο δείκτη για την πιθανή παρουσία εντερικών, παθογόνων βακτηρίων και ιών στο νερό. Εννοείται ότι τα ολικά κολοβακτηρίδια δεν πρέπει να υπάρχουν στο νερό που χρησιμοποιείται προς πόση και ως πρώτη ύλη στη βιομηχανία τροφίμων. Έτσι, ένα νερό το οποίο είναι απαλλαγμένο από ολικά κολοβακτηριοειδή, είναι αυτόματα απαλλαγμένο και από βακτήρια που μεταδίδουν επιδημίες, όπως ο τυφώδης πυρετός, η δυσεντερία και η χολέρα.

- Κοπρανώδη κολοβακτηρίδια

Τα κοπρανώδη κολοβακτηρίδια αναπτύσσονται σε υψηλές θερμοκρασίες, εξαιτίας της ικανότητας προσαρμογής των πρωτεϊνών τους. Οι μικροοργανισμοί αυτοί ζυμώνουν τη λακτόζη, παράγοντας αέριο και οξύ. [11]

- Κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι

Η ομάδα αυτή των βακτηρίων περιλαμβάνει Gram- θετικούς κόκκους και ο φυσιολογικός χώρος διαβίωσης τους είναι ο εντερικός σωλήνας των ανθρώπων και των θερμόαιμων ζώων και γι' αυτό το λόγο τους αποδίδεται και η ονομασία εντερόκοκκοι. Στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται τα εξής είδη και υποείδη: *Streptococcus faecalis*, *Streptococcus faecalis* subsp *liquefy aciens*, *Streptococcus faecalis* subsp *zygogenes*, *Streptococcus faecium*, *Streptococcus bovis* και *Streptococcus equinus*.

Η παρουσία τους στο νερό φανερώνει κοπρανώδη και γι' αυτό μερικοί κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι έχουν ονομασία σχετική με την αιτία που προκαλεί την εμφάνιση. Οι μικροοργανισμοί *S. bovis* και *S. equinus*, υποδηλώνουν μόλυνση που προέρχεται από κόπρανα μη ανθρώπινης προέλευσης και συνήθως μόλυνση από βιομηχανίες κρεάτων ή από απόβλητα γαλακτοκομίας. Επίσης, για τους συγκεκριμένους μικροοργανισμούς πρέπει να σημειωθεί ότι επειδή έχουν περιορισμένο χρόνο ζωής έξω από το δικό τους φυσικό περιβάλλον, η παρουσία τους στο νερό φανερώνει πρόσφατη μόλυνση. [1], [11], [28]

Επισημαίνεται ότι οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι, λόγω της περιορισμένης βιωσιμότητας τους στο περιβάλλον, δεν ενδείκνυνται αποκλειστικά η χρήση τους για τον καθορισμό της ποιότητας του νερού, αλλά σε συνδυασμό με άλλους μικροβιολογικούς δείκτες, όπως με τα κοπρανώδη κολοβακτηρίδια.

Στα πλαίσια αυτής της συσχέτισης ορίζεται ο λόγος της συγκέντρωσης των κοπρανωδών κολοβακτηριδίων (FC) προς τη συγκέντρωση των κοπρανωδών στρεπτόκοκκων (FS). Ο λόγος αυτός με βάση τις τιμές που έχουν ήδη υπολογισθεί και παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα, φανερώνει την πιθανή πηγή μόλυνσης. [1]

Πίνακας 8: Τιμές του λόγου FC/FS [1]

| Πηγή μόλυνσης              | FC/FS |
|----------------------------|-------|
| Άνθρωπος                   | 4,4   |
| Πάπια                      | 0,6   |
| Πρόβατο- πουλερικά- χοίρος | 0,4   |
| Βοοειδή                    | 0,2   |

Κατά τον προσδιορισμό αυτού του λόγου, θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη προσοχή στο pH, καθώς η συγκέντρωση των στρεπτόκοκκων μπορεί να αλλοιωθεί σημαντικά για τιμές pH>9 και pH<4 και στον τρόπο και τη θέση δειγματοληψίας, καθώς επιβάλλεται να λαμβάνει χώρα όσο το δυνατόν πιο κοντά στην εστία μόλυνσης, λόγω μικρού χρόνου ζωής των κοπρανωδών στρεπτόκοκκων εκτός του φυσικού τους περιβάλλοντος (εντερικός σωλήνας).

- Θειοαναγωγικά κλωστρίδια

Τα θειοαναγωγικά κλωστρίδια είναι Gram- θετικά, αναερόβια, σπορογόνα βακτήρια που ανάγουν τα θειικά σε θειούχα άλατα. Τα θειοαναγωγικά κλωστρίδια σχηματίζουν σπόρους, οι οποίοι είναι ανθεκτικοί στις επιδράσεις του περιβάλλοντος, σε σχέση με τις βλαστικές μορφές του μικροβίου, ιδιότητα που χρησιμοποιείται για την ανίχνευση τους στο νερό.

Τα θειοαναγωγικά κλωστρίδια έχουν σχέση με μόλυνση κοπρανώδους προέλευσης και αν αυτά ανιχνευτούν, χωρίς επιπλέον ανίχνευση άλλων μικροοργανισμών- δεικτών κοπρανώδους μόλυνσης, φανερώνουν μόλυνση που συνέβη στο παρελθόν. [1]

- Ολικός αριθμός βακτηρίων



Τα ολικά βακτήρια είναι μια ομάδα ετερότροφων βακτηρίων στα οποία περιλαμβάνεται μια μεγάλη ποικιλία από μεσόφιλα αερόβια και προαιρετικά αναερόβια βακτήρια που βρίσκονται στο νερό και αναπτύσσονται στους 22°C. Επισημαίνεται ότι ο προσδιορισμός τους δεν είναι τόσο μεγάλης σημασίας, όπως είναι των άλλων μικροβιολογικών δεικτών μόλυνσης του νερού, ωστόσο είναι χρήσιμος δείκτης, διότι φανερώνει τη γενική μικροβιολογική κατάσταση και ποιότητα του νερού. [1]

Για τον προσδιορισμό των μικροβιολογικών δεικτών που αναφέρθηκαν, χρησιμοποιούνται οι μέθοδοι του πιο πιθανού αριθμού (MPN) και της διήθησης με μεμβράνες (MF). [3]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο

### Χρήσεις και απαιτήσεις νερού στη βιομηχανία τροφίμων

#### 4.1 Γενικά [45]

Οι βιομηχανίες τροφίμων αποτελούν μια ιδιαίτερη περίπτωση βιομηχανιών σχετικά με το θέμα του νερού, καθώς χρησιμοποιούν μεγάλες ποσότητες νερού σε καθημερινή βάση. Επίσης σε αυτό το είδος των βιομηχανιών δεν ενδιαφέρει μόνο η ποσότητα του νερού αλλά ιδιαίτερα σημαντική και κρίσιμη είναι η ποιότητα του νερού.

Οι βιομηχανίες τροφίμων που έχουν περισσότερες και αυξημένες απαιτήσεις σε νερό, είναι:

- Οι βιομηχανίες αναψυκτικών και νερών
- Τα κονσερβοποιία
- Η βιομηχανία ζυμαρικών
- Η αρτοποιία
- Η βιομηχανία ζάχαρης

- Η ζυθοποιία

## 4.2 Χρήσεις νερού [11], [42]

Το νερό στις βιομηχανίες τροφίμων χρησιμοποιείται σε πολλές διαδικασίες και εφαρμογές οι οποίες ανάλογα με το είδος, τις απαιτήσεις και τη δυναμικότητα της βιομηχανίας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση των βιομηχανιών τροφίμων, το νερό συμμετέχει και ως συστατικό των τροφίμων στα διάφορα στάδια της παραγωγικής διαδικασίας.

Οι χρήσεις του νερού σε μια τυπική βιομηχανία τροφίμων και οι διεργασίες όπου χρησιμοποιείται, συνολικά είναι οι εξής:

- Πρώτη ύλη, συστατικό
- Μέσο διασποράς
- Διαλυτικό μέσο
- Εναλλάκτες θερμότητας
- Ατμός
- Πύργοι ψύξης
- Πυρόσβεση
- Κοινόχρηστο νερό
- Πότισμα
- Καθαρισμός, πλύσιμο εξοπλισμού και εγκαταστάσεων
- Λέβητες
- Εργαστηριακές αναλύσεις

### 4.3 Απαιτήσεις νερού σε ενδεικτικές περιπτώσεις βιομηχανιών τροφίμων

- Βιομηχανία ζυμαρικών [12]

Σε μια τυπική βιομηχανία παραγωγής ζυμαρικών, η ημερήσια ποσότητα νερού που απαιτείται και χρησιμοποιείται είναι περίπου  $110 \text{ m}^3$ , εκ των οποίων τα  $50\text{-}60 \text{ m}^3$  χρησιμοποιούνται ως συστατικό των προϊόντων, ενώ τα υπόλοιπα  $50 \text{ m}^3$  για τις λοιπές χρήσεις και τις ανάγκες του εργοστασίου.

- Βιομηχανία αναψυκτικών [41]

Η βιομηχανία αναψυκτικών χρησιμοποιεί μεγάλες ποσότητες νερού, ειδικά για την παρασκευή των αναψυκτικών, καθώς το νερό (ως συστατικό) αποτελεί το 75-90% των προϊόντων της, αλλά και για υπόλοιπες χρήσεις. Συγκεκριμένα ένα τυπικό εργοστάσιο αναψυκτικών απαιτεί  $485 \text{ m}^3$  νερού την ημέρα ως συστατικό για την παραγωγή των προϊόντων, επιπλέον καταναλώνει  $160 \text{ L/h}$  για τους ατμολέβητες,  $5.220 \text{ L/h}$  για τους συμπυκνωτήρες και  $11.241 \text{ L/h}$  για τα μηχανήματα πλυσίματος των μονάδων εμφιάλωσης. Συνολικά το ακατέργαστο νερό που χρησιμοποιεί μια βιομηχανία αναψυκτικών για να καλύψει τις ανάγκες όλης της παραγωγικής διαδικασίας είναι περίπου  $110 \text{ m}^3/\text{h}$ .

- Κονσερβοποιείο φρούτων και λαχανικών [42]

Το κονσερβοποιείο αποτελεί σημαντικό καταναλωτή τεράστιων ποσοτήτων νερού, καθώς χρησιμοποιεί  $45.000\text{-}50.000 \text{ m}^3$  ημερησίως. Η μεγάλη αυτή ποσότητα νερού οφείλεται στην κάλυψη των αναγκών της βιομηχανίας, οι ποιες περιλαμβάνουν εκτός των συνηθισμένων χρήσεων και το νερό που απαιτείται για το πλύσιμο των πρώτων υλών.

- Βιομηχανία ζάχαρης [42]

Η βιομηχανία παραγωγής ζάχαρης (από ζαχαρότευτλα) έχει ανάγκες σε νερό, οι οποίες κυμαίνονται σε  $162.000 \text{ m}^3$  την ημέρα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

### Επεξεργασία νερού

#### 5.1 Γενικά

Το νερό αποτελεί σημαντικό παράγοντα σε μια βιομηχανία τροφίμων καθώς συμμετέχει σε μεγάλο αριθμό εφαρμογών και διαδικασιών οι οποίες απαιτούν νερό πολύ καλής ποιότητας και υψηλών προδιαγραφών. Τα επιθυμητά και αναγκαία ποιοτικά χαρακτηριστικά εξασφαλίζονται με την κατάλληλη επεξεργασία του νερού, η οποία περιλαμβάνει διάφορα στάδια και είναι απαραίτητη σε όλες τις περιπτώσεις των βιομηχανιών τροφίμων.

Η επεξεργασία του νερού είναι ένα κρίσιμο και ουσιαστικό ζήτημα το οποίο απασχολεί ολοένα και περισσότερο τους υπεύθυνους, καθώς η διαθέσιμη ποσότητα των υδάτινων πόρων συνεχώς περιορίζεται και η ποιότητα τους υποβαθμίζεται λόγω της εκτεταμένης μόλυνσης. Έτσι, είναι φανερό ότι η ύπαρξη σωστού και ολοκληρωμένου συστήματος επεξεργασίας νερού, αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση για την εύρυθμη, αποτελεσματική και ποιοτική λειτουργία μιας βιομηχανίας τροφίμων στην οποία το νερό συμμετέχει εκτός των άλλων και ως συστατικό.

Η σημασία της επεξεργασίας έγκειται στο γεγονός ότι, το νερό που χρησιμοποιείται δεν μπορεί να διατεθεί απευθείας προς χρήση, εξαιτίας της ενδεχόμενης, σχετικά χαμηλής του ποιότητας. Τα επιφανειακά και τα υπόγεια ύδατα συχνά περιέχουν χημικούς ρύπους και υψηλό μικροβιακό φορτίο, με αποτέλεσμα να κρύβουν κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία. Για να απομακρυνθούν όλες οι επικίνδυνες προσμίξεις και να παραχθεί νερό κατάλληλο για χρήση, το νερό υποβάλλεται σε μια σειρά διεργασιών οι οποίες πραγματοποιούνται παράλληλα ή διαδοχικά και αποσκοπούν στην απομάκρυνση όλων των επιβλαβών ουσιών και παθογόνων μικροοργανισμών.

Έτσι εξασφαλίζεται η παραγωγή κατάλληλων προϊόντων τα οποία δεν προκαλούν προβλήματα στο καταναλωτικό κοινό και είναι ασφαλή για την ανθρώπινη υγεία. Επιπλέον το επεξεργασμένο νερό χρησιμοποιείται και σε άλλες χρήσεις, όπου εκεί η βελτίωση της ποιότητας του συντελεί στην προστασία του εξοπλισμού από επικαθήσεις, διαβρώσεις και άλλες μολύνσεις.

Στον πίνακα 9 παρουσιάζονται συνοπτικά οι διάφορες μέθοδοι και τεχνολογίες επεξεργασίας του νερού στις βιομηχανίες τροφίμων, τα σωματίδια που απομακρύνουν όπως επίσης και τα αντίστοιχα κόστη.

Πίνακας 9: Μέθοδοι επεξεργασίας νερού και αντίστοιχα κόστη. [1], [17]

| Μέθοδος επεξεργασίας   | Ρύποι που απομακρύνονται   | Αρχικό κόστος | Λειτουργικό κόστος |
|------------------------|--|---------------|--------------------|
| Αερισμός               | Αέρια (H <sub>2</sub> S, CO <sub>2</sub> ), πτητικές οργανικές ενώσεις, γεύση, οσμές | ++            | +                  |
| Θρόμβωση               | Άλγη, βακτήρια, χουμικές ουσίες  | +             | ++                 |
| Φίλτρα ενεργού άνθρακα | Οργανικές ενώσεις, οσμές, χρώμα, ορισμένα πρωτόζωα και βακτήρια                      | ++            | ++ με +++          |
| Ιοντοεναλλαγή          | Ανόργανες ενώσεις, μέταλλα, νιτρικά  | ++            | ++ με +++          |
| Φίλτρα με φυσίγγια     | Πρωτόζωα, βακτήρια   | + με ++       | ++                 |
| Αντίστροφη ώσμωση      | Μικροοργανισμοί, διαλυτά άλατα, οργανικές ενώσεις μικτού Μ.Β, μέταλλα, χρώμα         | ++            | +++                |
| Ηλεκτροδιάλυση         | Ανόργανες ενώσεις  | +++           | +++                |
| Χλωρίωση               | Μικροοργανισμοί  | +             | +                  |
| Υπεριώδης ακτινοβολία  | Μικροοργανισμοί  | ++            | +                  |
| Οζονισμός              | Μικροοργανισμοί  | ++            | +                  |

Αξίζει να σημειωθεί ότι το σύστημα επεξεργασίας του νερού που εφαρμόζεται διαφέρει σε κάθε βιομηχανία τροφίμων, και αυτό διότι εξαρτάται από την αρχική ποιότητα του νερού, τις προδιαγραφές και τις ειδικές απαιτήσεις της εκάστοτε παραγωγικής διαδικασίας. Ωστόσο, ένα τυπικό δίκτυο διαδικασιών, μέσα από το οποίο διέρχεται το ακατέργαστο νερό περιλαμβάνει συνήθως διεργασίες, όπως είναι η προχλωρίωση, η θρόμβωση, η καθίζηση, η διήθηση, η αποσκλήρυνση και η απολύμανση.

## 5.2 Αερισμός [1], [13], [16]

Ο αερισμός είναι μια διαδικασία κατά την οποία το νερό έρχεται σε επαφή με μια αέρια φάση (συνήθως αέρα), με σκοπό την απομάκρυνση διάφορων πτητικών συστατικών. Τα πτητικά αυτά συστατικά, τα οποία μπορεί να περιέχονται στο νερό και ευθύνονται για την ύπαρξη δυσάρεστης οσμής και γεύσης, είναι το  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{SO}_2$ , η  $\text{NH}_3$  και ορισμένες πτητικές οργανικές πτητικές οργανικές ενώσεις όπως το χλωροφόρμιο και το τριχλωροαιθυλένιο.

Το στάδιο του αερισμού χρησιμοποιείται κατά την επεξεργασία του νερού στη βιομηχανία τροφίμων, ανάλογα με την πηγή προέλευσης του νερού. Έτσι ο αερισμός είναι χρήσιμος, κυρίως όταν χρησιμοποιούνται υπόγεια ύδατα με σχετικά υψηλή συγκέντρωση  $\text{CO}_2$ , ενώ δεν βρίσκει εφαρμογή στα επιφανειακά ύδατα. [13]

Στα υπόγεια ύδατα, τα οποία συχνά περιέχουν ικανές συγκεντρώσεις  $\text{CO}_2$  και  $\text{H}_2\text{S}$ , ο αερισμός συντελεί στην απομάκρυνση τους. Στην περίπτωση αυτή, η μέθοδος του αερισμού χρησιμοποιείται επίσης και ως διαδικασία προσθήκης οξυγόνου στο νερό (κυρίως σε ύδατα μικρής αρχικής περιεκτικότητα σε  $\text{O}_2$ ), οπότε πραγματοποιείται και απομάκρυνση των μετάλλων του σιδήρου και του μαγγανίου τα οποία οξειδώνονται. Ωστόσο, επισημαίνεται ότι ο αερισμός δεν βρίσκει εφαρμογή σε επιφανειακά ύδατα, όπως επίσης και σε υπόγεια ύδατα με περιεκτικότητα  $\text{CO}_2 < 10\text{ppm}$ . [13]

Για να επιτευχθεί ο αερισμός του νερού χρησιμοποιούνται διάφορα συστήματα επαφής νερού- αέρα, τα οποία επιλέγονται με βάση την πάγια δαπάνη και το λειτουργικό κόστος, όπως επίσης και την πολυπλοκότητα και τις απαιτήσεις συντήρησης των συστημάτων αυτών.

Τα συστήματα που βρίσκουν εφαρμογή για το στάδιο του αερισμού είναι:

- Στήλες με πληρωτικό υλικό
- Διαχυτήρες αέρα
- Ακροφύσια ψεκασμού
- Δίσκοι αερισμού

Από τα προαναφερθέντα συστήματα αερισμού, καταλληλότερα για την απομάκρυνση πτητικών ενώσεων από το νερό, είναι εκείνα των στηλών με πληρωτικό υλικό.

Ο αερισμός του νερού εφαρμόζεται για τη μερική απομάκρυνση των προαναφερθείσων ουσιών και έχει ως επιπλέον αποτέλεσμα τη μείωση του κόστους και την αύξηση της αποτελεσματικότητας των επόμενων σταδίων επεξεργασίας του νερού.

Η μέθοδος αυτή δεν προτιμάται για ύδατα με ιδιαίτερα μικρή συγκέντρωση  $\text{CO}_2$ , όπως τα επιφανειακά, για οικονομικούς λόγους, καθώς υπάρχουν φθηνότερες μέθοδοι, για τον ίδιο σκοπό, όπως η εξουδετέρωση με  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Παρόλα αυτά υπάρχουν περιπτώσεις όπου το κόστος των χημικών μέσων (π.χ. Βάσεις) είναι πολύ υψηλό και ταυτόχρονα το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνει το σύστημα αερισμού, αρκετά χαμηλό, οπότε ενδείκνυται η χρησιμοποίηση του αερισμού. [13]

Στα αρνητικά σημεία του αερισμού συγκαταλέγεται η αδυναμία του να απομακρύνει πλήρως τις οσμές και τη δυσάρεστη γεύση του ακατέργαστου νερού. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι οι συμβατικές μέθοδοι αερισμού δεν μπορούν να απομακρύνουν και τις οργανικές ενώσεις χαμηλής πτητικότητας. Ακόμη ο εμπλουτισμός του νερού με οξυγόνο αυξάνει το διαλυμένο οξυγόνο και ενδέχεται να προκαλέσει προβλήματα διάβρωσης του εξοπλισμού (σωληνώσεων). Επιπλέον ο αερισμός δεν μπορεί να έπεται άλλων διαδικασιών όπως το φιλτράρισμα, καθώς υπάρχει κίνδυνος μόλυνσης του νερού από τον χρησιμοποιούμενο αέρα.

## 5.3 Κροκίδωση- Συσσωμάτωση [1], [9], [13]

### 5.3.1 Γενικά

Η κροκίδωση (coagulation) και η συσσωμάτωση (flocculation) αποτελούν ιδιαίτερα σημαντικές διεργασίες επεξεργασίας του νερού και αφορούν την απομάκρυνση σωματιδίων μικρού μεγέθους (<10 μm), όπως είναι αιωρούμενα σωματίδια, μικροοργανισμοί, χουμικά οξέα, μέταλλα, οργανικές ενώσεις κ.α τα οποία προκαλούν την εμφάνιση της θολότητας και χρώματος στο νερό.

Τα δυο αυτά φαινόμενα προκαλούν το σχηματισμό θρόμβων, λαμβάνουν χώρα περίπου την ίδια στιγμή συχνά στην ίδια δεξαμενή (ωστόσο η συσσωμάτωση έπεται της κροκίδωσης), αλληλεπικαλύπτονται και έτσι συχνά ταυτίζονται ή παρερμηνεύονται, ενώ στην πραγματικότητα οι μηχανισμοί που τα περιγράφουν διαφέρουν μεταξύ τους.

### 5.3.2 Κροκίδωση

Η κροκίδωση είναι μια διεργασία αποσταθεροποίησης του φορτίου των αιωρούμενων σωματιδίων και των κολλοειδών, κατά την οποία συμβαίνει μείωση των απωστικών δυνάμεων των ομώνυμα σωματιδίων και κολλοειδών. Η κροκίδωση πραγματοποιείται με προσθήκη και ανάμιξη μιας κροκιδωτικής χημικής ουσίας στο νερό, με σκοπό τη συσσωμάτωση των σωματιδίων για τη μετέπειτα πιο εύκολη απομάκρυνση τους.

Η κροκίδωση των κολλοειδών μπορεί να προκύψει ως φυσικό επακόλουθο, ωστόσο η φυσική κροκίδωση πραγματοποιείται πολύ αργά. Έτσι, για να γίνει η αποσταθεροποίηση των συστημάτων διασποράς, έχουν αναπτυχθεί τεχνικές με τις οποίες επιταχύνεται το φαινόμενο της κροκίδωσης. Τέτοιοι μηχανισμοί αποσταθεροποίησης είναι:

- Συμπίεση ηλεκτρικής διπλοστοιβάδας
- Ηλεκτροστατική έλξη
- Σχηματισμός εσωτερικών μοριακών γεφυρών
- Παγίδευση σωματιδίων

[1]

Η κροκίδωση στοχεύει κατά κύριο λόγο στην ελάττωση της θολότητας του νερού



(αιωρούμενα σωματίδια) σε προκαθορισμένη προδιαγραφή. Ο στόχος αυτός εξυπηρετεί ταυτόχρονα και τη μείωση των παθογόνων μικροοργανισμών οι οποίοι σχετίζονται με τη θολότητα και απομακρύνονται κατά την κροκίδωση. Επιπλέον, κατά το στάδιο αυτό πραγματοποιείται και η επιθυμητή απομάκρυνση του χρώματος και διαφόρων οργανικών ενώσεων από το νερό.

### 5.3.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την κροκίδωση

- Προέλευση του ακατέργαστου νερού

Το νερό στην βιομηχανία, ως γνωστό, μπορεί να προέρχεται είτε από επιφανειακά είτε από υπόγεια ύδατα. Τα υπόγεια ύδατα παρουσιάζουν σταθερή θερμοκρασία και ποιοτικά χαρακτηριστικά, ενώ τα επιφανειακά επηρεάζονται από τις μεταβολές των καιρικών συνθηκών.

- Θερμοκρασία

Οι χαμηλές θερμοκρασίες επιδρούν αρνητικά στη κροκίδωση.

- pH

Το pH αποτελεί σημαντικό παράγοντα της κροκίδωσης και συνήθως βρίσκεται σε ουδέτερη τιμή. Έτσι, όταν χρησιμοποιούνται ως κροκιδωτικά άλατα του αργιλίου, το pH κυμαίνεται από 5,5-7 με συνηθέστερη τιμή το 7 και για άλατα σιδήρου 5-8,5 με τυπική τιμή το 7,5. [13]

Το φυσικό ακατέργαστο νερό έχει χαμηλό pH και έτσι είναι απαραίτητη η προσθήκη καυστικής σόδας NaOH και ασβέστου Ca(OH)<sub>2</sub> για να αυξηθεί η τιμή του.

### 5.3.4 Κροκιδωτικά μέσα

#### 5.3.4.1 Γενικά

Στο στάδιο της κροκίδωσης- συσσωμάτωσης χρησιμοποιούνται ορισμένες χημικές ουσίες, τα κροκιδωτικά μέσα, έτσι ώστε να επιτευχθεί η κροκίδωση και ο σχηματισμός των θρόμβων. Η προσθήκη αυτών των μέσων κροκίδωσης εξυπηρετεί δυο κύριες λειτουργίες, την αποσταθεροποίηση των σωματιδίων και τη σταθεροποίηση των σχηματιζόμενων θρόμβων, ώστε να μειωθεί η πιθανότητα διάσπασης τους.

Τα χαρακτηριστικά που διακρίνουν ένα μέσο κροκιδώσης είναι:

- Η φύση (κατιονικό, ανιονικό, μη ιοντικό)
- Το ειδικό βάρος
- Το ιξώδες
- Η κοκκομετρία

Στο στάδιο της κροκιδώσης, χρησιμοποιούνται ανόργανα και οργανικά κροκιδωτικά μέσα ανάλογα με την περίπτωση. Τα κροκιδωτικά μέσα διακρίνονται σε υγρά και στερεά, όπου τα υγρά πλεονεκτούν από τα στερεά, καθώς αυτά πρέπει να μετατραπούν πρώτα σε διαλύματα για να χρησιμοποιηθούν. Ορισμένα τυπικά κροκιδωτικά μέσα είναι τα εξής: θειικό αργίλιο, τριγλωριούχος σίδηρος, θειικός σίδηρος, υδροξείδιο του ασβεστίου και πολυμερή αργιλίου. [1]

Η σημασία και η χρησιμότητα του μέσου κροκιδώσης καθιστά σαφές ότι η κατάλληλη επιλογή του αποτελεί σημαντικό και κρίσιμο παράγοντα κατά την επεξεργασία του νερού. Η επιλογή του μέσου κροκιδώσης γίνεται έχοντας ως στόχο την ποιότητα, αλλά ταυτόχρονα λαμβάνοντας υπόψη και τον οικονομικό παράγοντα μαζί με την αξιοπιστία, την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια του κροκιδωτικού μέσου. Η οικονομική διάσταση είναι ιδιαίτερα σημαντική καθώς το κύριο λειτουργικό κόστος της διεργασίας οφείλεται στη χρήση των κροκιδωτικών μέσων.

Με βάση τα παραπάνω χαρακτηριστικά, αλλά και ορισμένους επιπλέον πρακτικούς περιορισμούς, τα κροκιδωτικά μέσα πρέπει να έχουν χαμηλό κόστος, να είναι εύκολα στη χρήση τους, να είναι διαθέσιμα και να παρουσιάζουν χημική σταθερότητα κατά τη διάρκεια της αποθήκευσής τους. Επιπλέον, τα κροκιδωτικά μέσα πρέπει να σχηματίζουν εξαιρετικά αδιάλυτες ενώσεις ή να απορροφώνται ισχυρά στην επιφάνεια των σωματιδίων, έτσι ώστε η συγκέντρωση των διαλυτών υπολειμμάτων, τα οποία επιβαρύνουν το νερό κατά την επεξεργασία του, να είναι ελάχιστη.

Επίσης σημαντικό ρόλο για την εκλογή προς χρήση ενός συγκεκριμένου μέσου κροκιδώσης, διαδραματίζει και η παραγόμενη ιλύς και η δυνατότητα αποθήκευσής της. Η ποσότητα ιλύος που παράγεται και πρέπει να απομακρυνθεί, εξαρτάται από το εκάστοτε μέσο κροκιδώσης (τα κροκιδωτικά ιόντων μετάλλου σχηματίζουν λιγότερη ιλύ από τα πολυμερή).

Πολλές φορές η επιλογή συνδυασμένης χρήσης οργανικών και ανόργανων κροκιδωτικών μέσων αποδεικνύεται η περισσότερο αποτελεσματική και οικονομική επιλογή. Η αποτελεσματικότητα της κροκιδώσης μπορεί να βελτιωθεί με προσθήκη του σταδίου του προοξονισμού, όπου ο οξονισμός συντελεί στη μείωση της αναγκαίας ποσότητας κροκιδωτικού μέσου, καθώς λόγω της υψηλής οξειδωτικής ικανότητας του όζοντος οξειδώνονται πολλές ανόργανες και οργανικές ενώσεις. Επίσης η χρήση, πριν την κροκιδώση, του αερισμού ή της χημικής οξειδωσης (με υπερμαγγανικό κάλιο) βοηθά την κροκιδώση, καθώς οξειδώνεται ο σίδηρος και το μαγγάνιο και διευκολύνεται ο σχηματισμός θρόμβων.

Στη συνέχεια αναφέρονται αναλυτικά τα ανόργανα και τα οργανικά μέσα κροκιδώσης και τα χαρακτηριστικά τους.

#### 5.3.4.2 Ανόργανα κροκιδωτικά [1], [56]

##### • Υδρολυμένα άλατα Al και Fe<sup>-3</sup>

Στα άλατα του αργιλίου και σιδήρου, το αργίλιο και ο τρισθενής σίδηρος ενυδατώνονται προς τα σύμπλοκα ιόντα  $\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$  και  $\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6^{3+}$  και στη συνέχεια αυτά τα ενυδατωμένα ιόντα σχηματίζουν κατιονικά, ανιονικά ή μη ιονικά σύμπλοκα ιόντα. Στην πραγματικότητα δημιουργούνται πολυπυρηνικά υδροξυμεταλλικά σύμπλοκα του γενικού τύπου:  $[\text{Me}_x(\text{OH})_y(\text{H}_2\text{O})_n]^{(3x-y)+}$ , τα οποία είναι ενδιάμεσα προϊόντα κατά την κινητική της μετάβασης από τα μεταλλοϊόντα στα αδιάλυτα υδροξείδια. Έτσι συνεπάγεται ότι η αποσταθεροποίηση των κολλοειδών σχετίζεται άμεσα με τα πολυπυρηνικά σύμπλοκα, τα οποία οδηγούν σε αυτό ως εξής:

- με τη βοήθεια γεφυρών υδρογόνου είναι δυνατή η προσρόφηση στις επιφάνειες των κολλοειδών σωματιδίων
- με την προοδευτική υδροξυλίωση τους μειώνεται η τάση ενυδάτωσης τους και έτσι γίνονται πιο υδρόφοβα και μπορούν να πάρουν κάποια θέση στη στερεά επιφάνεια των κολλοειδών σωματιδίων, αποσταθεροποιώντας αυτά.

Η αποτελεσματικότητα των κροκιδωτικών των αλάτων  $\text{Al}^{+3}$  και  $\text{Fe}^{+3}$  εξαρτάται από τη δόση-προστιθέμενη ποσότητα του ίδιου του μέσου, το pH και τη συγκέντρωση των διασπαρμένων σωματιδίων.

Το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο άλας στην κροκίδωση, είναι το θεικό αργίλιο το οποίο εξουδετερώνει τα αρνητικά φορτία των κολλοειδών σωματιδίων, αντιδρά χημικά με τα ανθρακικά άλατα του νερού και παράγει ίζημα υδροξειδίου του αργιλίου. Έτσι, τα κολλοειδή παύουν να αιωρούνται (φαινόμενο θρόμβωσης) και συσσωματώνονται σχηματίζοντας με το υδροξείδιο του αργιλίου σωματίδια με μεγαλύτερο όγκο. Οι παραγόμενες κροκίδες, έχοντας μεγαλύτερο ειδικό βάρος από το νερό, καθιζάνουν και στα επόμενα στάδια της επεξεργασίας αφαιρούνται (καθίζηση, διήθηση). [56]

- Ενεργοποιημένο πυριτικό οξύ

Το  $\text{SiO}_2$  υπό τη μορφή ενεργοποιημένου πυριτικού οξέος χρησιμοποιείται ως θρομβωτικό, καθώς έχει τη δυνατότητα να προσροφάται στην επιφάνεια των αιωρούμενων σωματιδίων. Το ενεργοποιημένο πυριτικό οξύ έχει ως πλεονέκτημα ότι δεν είναι τοξικό, οπότε μπορεί να χρησιμοποιείται χωρίς περιορισμούς στην επεξεργασία του νερού. Ωστόσο μειονεκτεί στο γεγονός ότι πρέπει να γίνεται προσεκτική παρασκευή των διαλυμάτων του, ώστε να σχηματίζονται τα επιθυμητά πολυμερή και να μην σχηματίζεται άμορφο  $\text{SiO}_2$ .

- Άλλες ανόργανες ενώσεις

Ορισμένες ανόργανες χημικές ενώσεις που χρησιμοποιούνται στο στάδιο τη κροκίδωσης είναι: το  $\text{CuSO}_4\text{-Ca(OH)}_2$ , νεοπαρασκευαζόμενο  $\text{CaCO}_3$ , ενεργός άνθρακας υπό μορφή σκόνης, γη διατομών και το όζον. [1]

### 5.3.4.3 Οργανικά κροκιδωτικά [1], [15]

- Φυσικά οργανικά πολυμερή

Τα φυσικά οργανικά μέσα κροκίδωσης διακρίνονται στους πολυσακχαρίτες και στα πολυμερή φυσικών πρωτεϊνών και η δράση τους οφείλεται στο σχηματισμό γεφυρών μεταξύ των διασπαρμένων σωματιδίων. Εκπρόσωποι αυτής της κατηγορίας είναι η καρβοξυμεθυλοκυτταρίνη (CMC) και η ζελατίνη.

- Συνθετικά οργανικά πολυμερή

Τα συνθετικά οργανικά πολυμερή αποτελούνται από μακρομόρια, τα οποία διακρίνονται σε κατιονικά, ανιονικά και ουδέτερα πολυμερή, και γι' αυτό ονομάζονται και πολυηλεκτρολύτες. Η

κροκιδωτική τους ικανότητα οφείλεται κυρίως σε δυο μηχανισμούς: την εξουδετέρωση φορτίου και τη δημιουργία γεφυρών.

Τα συνθετικά πολυμερή χρησιμοποιούνται σε συγκεντρώσεις 1-5 mg/L και σε αντίθεση με τα ιόντα αργιλίου και σιδήρου, δε δημιουργούν ογκώδεις θρόμβους και δεν παράγουν μεγάλες ποσότητες ιλύος. Σήμερα, τα πολυμερή δεν βρίσκουν ευρεία εφαρμογή στην επεξεργασία του νερού στη βιομηχανία τροφίμων, και αυτό οφείλεται στο υψηλό κόστος και στη δημιουργία ανεπιθύμητων προϊόντων, τα οποία είναι τοξικά, όπως μονομερή (ακρολαμίδιο).

### 5.3.5 Ανάμιξη και Αναμικτήρες [1], [13]

Η ανάμιξη και ο εξοπλισμός που θα χρησιμοποιηθεί παίζουν σημαντικό ρόλο στην κροκιδωση και στη συσσωμάτωση. Η κροκιδωση στηρίζεται στην ανάμιξη, καθώς, για να επιτευχθεί ο σχηματισμός των θρόμβων και να είναι αποτελεσματική, τα κροκιδωτικά μέσα πρέπει να έχουν διασπαρεί ομοιόμορφα. Η διάταξη ανάμιξης εξασφαλίζει την ταχεία και προσεκτική διασπορά του στο νερό με έντονη ανάδευση και αποτελεί ένα στάδιο το οποίο διαρκεί λιγότερο από 1 min και οδηγεί στην κροκιδωση των σωματιδίων. Ο τρόπος με τον οποίο γίνεται η ανάμιξη, καθώς και ο απαιτούμενος χρόνος εξαρτώνται από τη ροή του νερού, την προστιθέμενη χημική ουσία και τις απαιτήσεις του ίδιου του προς επεξεργασία νερού.

Η συσσωμάτωση απαιτεί ανάμιξη μικρότερης ταχύτητας, με αιώτερο σκοπό την αύξηση των συγκρούσεων, των προσκολλήσεων και των επαφών μεταξύ των θρόμβων, χωρίς παράλληλη καταστροφή τους και εμφάνιση φαινομένων επαναδιάλυσης. [1]

Η επίτευξη της κροκιδωσης προϋποθέτει τη χρήση κατάλληλων αναδευτήρων με υψηλές ταχύτητες. Στη συσσωμάτωση, ενώ για τα κολλοειδή σωματίδια (<1 μm) η κίνηση Brown είναι ικανή για να πραγματοποιηθεί το φαινόμενο, στην πραγματικότητα όμως, είναι αμελητέα και απαιτείται η χρήση ειδικών αναμικτήρων. Τα είδη αναμικτήρων τα οποία χρησιμοποιούνται, είναι:

- Μηχανικοί
- Αναμικτήρες με αντλία
- Αναμικτήρες με αέρα
- Υδραυλικοί

- Αναμικτήρες με διάφραγμα
- Αναμικτήρες μέσα στον αγωγό

### 5.3.6 Συσσωμάτωση [1], [15], [52]

Η συσσωμάτωση είναι η συσσώρευση των προηγούμενων σωματιδίων και κολλοειδών και ο σχηματισμός ορατών θρόμβων μεγέθους από 0,1 έως 3 mm ή μικρών θρόμβων με μέγεθος <0,1 mm. Η συσσωμάτωση στηρίζεται στις συγκρούσεις των ήδη σχηματισμένων από κροκίδωση θρόμβων, είτε λόγω της μοριακής, είτε λόγω προκαλούμενης ανάμιξης. Με τη συσσωμάτωση δεν θανατώνονται οι παθογόνοι μικροοργανισμοί, ωστόσο όμως ταυτόχρονα με την απομάκρυνση των διαφόρων σωματιδίων, απομακρύνεται και το 60-98% των κολοβακτηριοειδών, το 65-99% των ιών και το 60-90% του παθογόνου πρωτόζωου *Giardia lamblia*. [52]

Πολλές φορές, στο στάδιο της συσσωμάτωσης, είναι σκόπιμη η χρησιμοποίηση βοηθητικών ουσιών, όπως ανιονικών ή μη ιονικών πολυμερών υψηλού M.B ή ενεργοποιημένης silica. για την ενίσχυση των συσσωματωμάτων, αυξάνοντας έτσι και την αποτελεσματικότητα των επόμενων σταδίων όπως το φιλτράρισμα (κατακρατούνται πιο εύκολα από τα φίλτρα).

Πίνακας 11: Χαρακτηριστικές τιμές των παραμέτρων κροκίδωσης και συσσωμάτωσης [11]

| Διεργασία                        | Κροκίδωση                            | Συσσωμάτωση                       |
|----------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|
| Φύση σωματιδίων                  | Αρκετά μικρά σωματίδια               | Διάσπαρτα ιζήματα σε μορφή gel    |
| Είδος χημικού μέσου              | Χαμηλού M.B για εξουδετέρωση φορτίου | Υψηλού M.B για σύνδεση σωματιδίων |
| Απαίτηση ενέργειας               | Ταχεία ανάμιξη                       | Αργή ανάδευση                     |
| Χρόνος διεργασίας                | Έως 5 min                            | 10-30 min                         |
| Περιφερειακή ταχύτητα αναδευτήρα | ~5 m/s                               | 0,5-1,5 m/s                       |
| Ισχύς ανάδευσης                  | 50-200 W/m <sup>3</sup>              | 10-30 W/m <sup>3</sup>            |

## 5.4 Καθίζηση [1], [15]

### 5.4.1 Γενικά

Η καθίζηση στηρίζεται στο φαινόμενο του διαχωρισμού λόγω της επίδρασης της βαρύτητας. Κατά τη διεργασία αυτή τα σωματίδια που έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα από του νερού, καθιζάνουν λόγω των δυνάμεων βαρύτητας.

Κ καθίζηση χρησιμοποιείται συχνά για την απομάκρυνση των σωματιδίων και έχει ευρεία χρήση, λόγω του χαμηλού πάγιου κόστους και της μικρής κατανάλωσης ενέργειας. Επιπλέον στα θετικά σημεία του σταδίου αυτού συγκαταλέγεται και το γεγονός ότι είναι μια εξαιρετικά απλή διεργασία η οποία όμως σε ορισμένες περιπτώσεις παρουσιάζει πολλές περιπλοκές. Στην επεξεργασία του νερού η καθίζηση βρίσκει εφαρμογή στο διαχωρισμό διασπορών, οι οποίες είναι δυνατόν να χαρακτηρίζονται από μικρή συγκέντρωση διακεκριμένων σωματιδίων έως μεγάλη συγκέντρωση θρόμβων.

Η καθίζηση των σωματιδίων του νερού επιταχύνεται είτε με αύξηση του μεγέθους των σωματιδίων είτε με μείωση της διαδρομής καθίζησης. Η πρώτη περίπτωση εξασφαλίζεται πάντα, καθώς το στάδιο της θρόμβωσης προηγείται πάντοτε από την καθίζηση σε όλες τις μονάδες επεξεργασίας νερού. Σχετικά με τη δεύτερη επιλογή, είναι δυνατόν να επιτευχθεί με την κατασκευή ρηχών δεξαμενών καθίζησης, γεγονός όμως που έρχεται σε αντίθεση με την απαίτηση της αποθήκευσης της λάσπης, χωρίς να συμπαρασύρεται, και της ύπαρξης μηχανισμού απομάκρυνσης της λάσπης, την επίδραση των ανέμων στην επιφάνεια της δεξαμενής κ.α. τα οποία θα αναπτυχθούν εκτενέστερα στη συνέχεια. [1], [15]

### 5.4.2 Παράγοντες που επηρεάζουν την καθίζηση [1]

Η καθίζηση επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες οι οποίοι σχετίζονται με το νερό αλλά και με τις συνθήκες λειτουργίας των δεξαμενών καθίζησης.

- Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία επηρεάζει την καθίζηση, διότι προκαλεί τη δημιουργία εσωτερικών ρευμάτων στον όγκο του νερού, τα οποία εμποδίζουν την ομαλή πορεία της καθίζησης. Συγκεκριμένα η άνοδος της θερμοκρασίας, λόγω της επίδρασης του ηλιακού φωτός, ιδιαίτερα κατά τη θερινή

περίοδο, προκαλεί θέρμανση του νερού στην επιφάνεια της δεξαμενής και των τοιχωμάτων της, τα οποία θερμαίνουν το νερό με το οποίο έρχονται σε επαφή. Έτσι, η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού οδηγεί σε ελάττωση της διαλυτότητας των αερίων, προκαλώντας την έκλυση τους και τη μείωση της πυκνότητας του νερού.

Η θερμοκρασιακή ανομοιομορφία, η οποία προκαλείται στο προς επεξεργασία νερό, και η εμφάνιση ζωνών διαφορετικής θερμοκρασίας, έχει ως φυσικό αποτέλεσμα την εμφάνιση ρευμάτων τα οποία προκαλούν αναταραχή και εμποδίζουν την ομαλή καθίζηση των αιωρούμενων σωματιδίων και των σχηματισμένων θρόμβων.

Επιπλέον, η περίπτωση εισόδου νερού σε μια δεξαμενή καθίζησης με υψηλότερη θερμοκρασία (επομένως με μικρότερη πυκνότητα), σε σχέση με το ήδη υπάρχον νερό, έχει ως αποτέλεσμα τη μετακίνηση του θερμού νερού προς την επιφάνεια και του ψυχρού νερού προς τον πυθμένα της δεξαμενής. Η ύπαρξη αυτών των εσωτερικών ρευμάτων νερού εκτός των προαναφερθέντων προβλημάτων που προκαλεί, συντελεί και στη μερική χρήση της δεξαμενής, και τη μείωση της αποτελεσματικότητας της καθίζησης, καθώς καθίσταται μικρότερος ο υδραυλικός χρόνος παραμονής. [1]

- Συγκέντρωση διαλυμένων σωματιδίων

Η μεταβολή της συγκέντρωσης των διαλυμένων σωματιδίων στο εισερχόμενο νερό, προκαλεί παρόμοια αποτελέσματα με τη μεταβολή της θερμοκρασίας, καθώς και σε αυτή την περίπτωση εμφανίζεται διαφορά δυναμικού (μεταβολή της πυκνότητας), η οποία αποτελεί την κινητήρια δύναμη για τη δημιουργία εσωτερικών ρευμάτων. Μεταβολές στη συγκέντρωση των εν λόγω σωματιδίων είναι δυνατό να συμβούν σε περίπτωση που η βιομηχανία τροφίμων χρησιμοποιεί περισσότερες από μια πηγές προμήθειας ή άντλησης νερού, είτε όταν για κάποιο λόγο (όπως βλάβη) η εταιρεία ύδρευσης που παρέχει το νερό, δεν κάνει καλή και προγραμματισμένη προεπεξεργασία, με αποτέλεσμα να υπάρχουν διακυμάνσεις στις προδιαγραφές του ακατέργαστου νερού. [1]

- Επίδραση ανέμων

Η καθίζηση σε ανοικτές δεξαμενές επηρεάζεται από τους ανέμους και ιδιαίτερα όταν οι



δεξαμενές είναι μεγάλης διαμέτρου. Οι άνεμοι, ανάλογα με την κατεύθυνση τους, μετακινούν το νερό στην επιφάνεια, με αποτέλεσμα την υπετροφοδοσία του αντίστοιχου τμήματος της υπερχειλίσης. Το φαινόμενο αυτό σε δεξαμενές με διάμετρο μεγαλύτερη από 30 m, έχει ως αποτέλεσμα την κακή απόδοση της καθίζησης και την εκροή χαμηλής ποιότητας νερού. Για να αποφευχθεί και να αντιμετωπισθεί η αρνητική δράση των ανέμων, επιλέγονται είτε κλειστές δεξαμενές, είτε κατασκευάζονται ανεμοφράκτες ή τοποθετούνται ανακλαστήρες στην επιφάνεια των δεξαμενών, κάθετα στον άνεμο. [1]

- Εισροή και εκροή του νερού

Η ταχύτητα εισροής του νερού στη δεξαμενή καθίζησης επιδρά στη διαδικασία της καθίζησης, καθώς όταν αυτή γίνεται με σχετικά υψηλή ταχύτητα, τα σωματίδια αιωρούνται, προκαλείται αναταραχή και εντός της δεξαμενής και εμποδίζεται η καθίζηση τους. Ομοίως ισχύει και για την εκροή.

Είναι φανερό ότι η πραγματοποίηση της εισροής και της εκροής του νερού στη δεξαμενή καθίζησης με μικρή ταχύτητα ευνοεί την ομαλή και ταχεία εξέλιξη του φαινομένου της καθίζησης.

- Μηχανισμοί απομάκρυνσης λάσπης

Οι διάφοροι μηχανισμοί συλλογής και μετακίνησης της λάσπης (ξέστρα με αλυσίδα, περιστρεφόμενες γέφυρες), οι οποίοι χρησιμοποιούνται στις δεξαμενές καθίζησης, επηρεάζουν την καθίζηση ανάλογα με την κίνηση τους. Όταν η κίνηση αυτή είναι έντονη, δημιουργούν ρεύματα, τα οποία εμποδίζουν την καθίζηση. Επίσης μπορεί να προκληθεί μεταφορά της λάσπης πάλι στον κύριο όγκο του νερού και να υποβαθμιστεί η ποιότητα του νερού που υπερχειλίζει. Αντίθετα, για μικρότερες ταχύτητες (1 m/min) η διεργασία της καθίζησης διεξάγεται ομαλά.

### 5.4.3 Είδη δεξαμενών καθίζησης [1], [13], [15]

Οι δεξαμενές καθίζησης είναι συνήθως παραλληλόγραμμες ή κυκλικής διατομής, με βάθος περίπου 3 m και διαθέτουν διατάξεις ομοιόμορφης και ομαλής εισαγωγής του νερού και κανάλια υπερχειλίσης για την ομαλή εκροή και απομάκρυνση του επεξεργασμένου ύδατος. Στις

περισσότερες δεξαμενές καθίζησης, το προς επεξεργασία νερό εισάγεται αντίθετα προς την πορεία καθίζησης της λάσπης (αντιρροή).

Όπως θα αναφερθεί στη συνέχεια πιο αναλυτικά, χρησιμοποιούνται και άλλα είδη δεξαμενών καθίζησης, όπως οι δεξαμενές καθίζησης με κεκλιμένα επίπεδα ή με αγωγούς, επαφής λάσπης και επαφής λάσπης με κεκλιμένα επίπεδα. Οι τεχνολογικά εξελιγμένες δεξαμενές καθίζησης πλεονεκτούν σε σχέση με τις απλές δεξαμενές και αυτό διότι επιτυγχάνουν μεγάλες ταχύτητες καθίζησης και υψηλό βαθμό συγκράτησης αιωρούμενων σωματιδίων από αραιές διασπορές, όπως είναι αυτές που αφορούν την επεξεργασία επιφανειακού ή υπόγειου νερού για την παραγωγή βιομηχανικού νερού.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται τα είδη των δεξαμενών καθίζησης, τα χαρακτηριστικά, οι εφαρμογές και οι σχεδιαστικές παράμετροι τους.

- Παραλληλόγραμμη δεξαμενή καθίζησης

Η παραλληλόγραμμη δεξαμενή καθίζησης χρησιμοποιείται ευρύτατα καθώς είναι εύκολη η λειτουργία της και έχει χαμηλό λειτουργικό κόστος και κόστος συντήρησης. Επίσης, ο συγκεκριμένος τύπος δεξαμενής καθίζησης διακρίνεται από μεγάλη ανοχή σε ακραίες υδραυλικές φορτίσεις και πλεονεκτεί στο γεγονός ότι μπορεί να γίνει πρόβλεψη της συμπεριφοράς σε οποιαδήποτε μεταβολή των παραμέτρων λειτουργίας. Ωστόσο επισημαίνεται ότι απαιτείται προσεκτικός υδραυλικός σχεδιασμός της διάταξης εισόδου και εξόδου του νερού. [1]

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται οι χαρακτηριστικές τιμές των παραμέτρων σχεδιασμού των δεξαμενών καθίζησης.

Πίνακας 12: Χαρακτηριστικές τιμές των παραμέτρων σχεδιασμού των παραλληλόγραμμων δεξαμενών καθίζησης [1]

| Παράμετρος σχεδιασμού           | Τιμή    |
|---------------------------------|---------|
| Επιφανειακή φόρτιση (m/h)       | 0,8-2,5 |
| Βάθος νερού (m)                 | 3-5     |
| Υδραυλικός χρόνος παραμονής (h) | 1,5-3   |

- Κυκλική δεξαμενή καθίζησης

Η κυκλική δεξαμενή καθίζησης επιλέγεται συνήθως λόγω του χαμηλότερου κόστους κατασκευής ανά μονάδα επιφάνειας και της απλότητας της κατασκευής της. Επιπλέον, έχει το πλεονέκτημα της λειτουργίας χωρίς προβλήματα, περιστροφικού ξέστρου απομάκρυνσης της λάσπης και παρουσιάζει υψηλές αποδόσεις διαχωρισμού και συγκράτησης των σωματιδίων. Στα αρνητικά αυτού του τύπου δεξαμενής καθίζησης, αναφέρεται η σχετικά χαμηλή ανοχή σε μεγάλες υδραυλικές φορτίσεις. [1]

Για τις απλές κυκλικές δεξαμενές καθίζησης ισχύουν οι χαρακτηριστικές τιμές των παραμέτρων σχεδιασμού που δίνονται στον πίνακα.

Πίνακας 13: Χαρακτηριστικές τιμές των παραμέτρων σχεδιασμού των κυκλικών δεξαμενών καθίζησης [1]

| Παράμετρος σχεδιασμού                | Χωρίς ανακύκλωση | Με ανακύκλωση |
|--------------------------------------|------------------|---------------|
| Χρόνος θρόμβωσης (min)               | -                | ~20           |
| Επιφανειακή φόρτιση (m/h)            | 1-2              | 2-3           |
| Βάθος υγρού (m)                      | 3-5              | 3-5           |
| Χρόνος παραμονής (h)                 | 1-3              | 1-2           |
| Φόρτιση υπερχειλίσεων ( $m^3/m^2h$ ) | <7               | 7-15          |

Μια κυκλική δεξαμενή καθίζησης που περιλαμβάνει στο κέντρο της τμήμα συσσωμάτωσης και διάταξη ανακυκλοφορίας της λάσπης, βελτιώνει την απόδοση της καθίζησης, αλλά και της συσσωμάτωσης, και οδηγεί στην κατασκευή μικρότερου μεγέθους εγκαταστάσεων και επιπλέον παρουσιάζει μεγαλύτερη ανοχή από τις απλές κυκλικές δεξαμενές καθίζησης στις υδραυλικές διακυμάνσεις, αλλά απαιτεί περισσότερο εξειδικευμένο προσωπικό για την επίβλεψη της λειτουργίας.

- Τετράγωνη δεξαμενή καθίζησης

Η τετράγωνη δεξαμενή καθίζησης συνδυάζει το πλεονέκτημα της συλλογής λάσπης της κυκλικής δεξαμενής και της εύκολης κατασκευής των τοιχωμάτων της (ευθύγραμμο). Οι διατάξεις εισροής και εκροής του νερού, καθώς επίσης και της συλλογής της λάσπης, είναι όμοιες με της

κυκλικής δεξαμενής. Ωστόσο χρησιμοποιείται σπάνια, καθώς υπάρχουν σοβαρά προβλήματα κατά την απομάκρυνση της λάσπης από τις γωνίες της δεξαμενής, γεγονός που επηρεάζει τη λειτουργικότητα των δεξαμενών αυτών.

- Δεξαμενή καθίζησης με επαφή λάσπης

Ο συγκεκριμένος τύπος δεξαμενής καθίζησης χαρακτηρίζεται από υψηλή απόδοση συγκράτησης σωματιδίων για αραιές κυρίως διασπορές, και παρουσιάζει σχετικά μικρές ανοχές στις διακυμάνσεις ποιότητας της εισερχόμενης διασποράς και στις υδραυλικές υπερφορτίσεις. Ταυτόχρονα όμως απαιτεί απασχόληση εξειδικευμένου προσωπικού για την παρακολούθηση της λειτουργίας της και έχει υψηλό κόστος συντήρησης.

Στο συγκεκριμένο τύπο δεξαμενής καθίζησης, το τμήμα επαφής με τη λάσπη ενισχύει τη συσσωμάτωση της εισερχόμενης διασποράς και την καθίζηση της. Επιπλέον, όλη η διεργασία γίνεται με σχετικά υψηλούς ρυθμούς και σε μια μόνο δεξαμενή, με αποτέλεσμα να απαιτούνται και μικρότερες εγκαταστάσεις. [1]

- Δεξαμενή καθίζησης με κεκλιμένες επιφάνειες

Η δεξαμενή καθίζησης με κεκλιμένες επιφάνειες περιλαμβάνει εσωτερικά τοιχώματα-επιφάνειες τα οποία είναι κεκλιμένα, έτσι ώστε να μειώνεται η διαδρομή καθίζησης. Ουσιαστικά στη δεξαμενή καθίζησης με κεκλιμένες επιφάνειες διαχωρίζεται ο χώρος της καθίζησης σε μικρότερα τμήματα και έτσι υπάρχει το πλεονέκτημα της διολίσθησης ταυτόχρονα της σχηματιζόμενης λάσπης στον πυθμένα της δεξαμενής. Οι επιφάνειες οι οποίες χρησιμοποιούνται είναι είτε επίπεδες, είτε σωλήνες οποιασδήποτε διαμέτρου και σχήματος διατομής (κύκλος, τετράγωνο, κανονικό εξάγωνο) και έχουν κλίση μεταξύ 30 και 60°. [1]

## 5.5 Επίπλευση [1], [15]

### 5.5.1 Γενικά

Η επίπλευση είναι μια φυσικοχημική διεργασία η οποία στηρίζεται στην επίδραση της βαρύτητας. Κατά τη διεργασία αυτή τα σωματίδια που έχουν μικρότερη πυκνότητα από εκείνη του νερού ( $< \text{g/mL}$ ), οδηγούνται στην επιφάνεια και επιπλέουν. Με τη μέθοδο αυτή απομακρύνονται από το ακατέργαστο νερό τα αιωρούμενα στερεά σωματίδια, το κολλοειδή και τα γαλακτώματα. Ειδικότερα η επίπλευση προκαλεί το διαχωρισμό των αλγών από το νερό και την απομάκρυνση του χρώματος.

Η επίπλευση μπορεί να είναι “αυθόρμητη” ή και “τεχνητή”. Με τον όρο “αυθόρμητη” εννοείται η επίπλευση η οποία λαμβάνει χώρα ως λογικό επακόλουθο της φυσικής διαφορετικής πυκνότητας των προς απομάκρυνση σωματιδίων (μικρότερη πυκνότητα) από εκείνη του νερού.

“Τεχνητή” ονομάζεται η επίπλευση κατά την οποία γίνεται προσθήκη φυσαλίδων στον όγκο του νερού και προκαλείται ο σχηματισμός συναθροίσματος σωματισίου- φυσαλίδων αέρα με μέση πυκνότητα μικρότερη της πυκνότητας του νερού. Στην περίπτωση αυτή επιτυγχάνεται η μεταφορά σωματιδίων με μεγαλύτερη πυκνότητα από εκείνη του νερού στην επιφάνεια του νερού ως σύμπλεγμα σωματιδίου- φυσαλίδων αέρα. [1]

Συμπερασματικά, είναι σαφές ότι η “φυσική” επίπλευση είναι πιο αργή από την “τεχνητή”, με αποτέλεσμα να απαιτείται η εφαρμογή τεχνικών που να εξαναγκάζουν σε επίπλευση τα σωματίδια.

### 5.5.2 Είδη επίπλευσης- Επίπλευση με διαλυμένο αέρα [1]

Διακρίνονται τρία είδη επίπλευσης:

- Η ηλεκτρολυτική επίπλευση
- Η επίπλευση με διασκορπισμένο αέρα
- Η επίπλευση με διαλυμένο αέρα

Από τις προηγούμενες τεχνικές, η επίπλευση με διαλυμένο αέρα είναι εκείνη η οποία εφαρμόζεται στην επεξεργασία του νερού στη βιομηχανία τροφίμων. Αυτό το είδος “τεχνητής”

επίπλευσης πραγματοποιείται στη δεξαμενή επίπλευσης και βασίζεται στην εισαγωγή αέρα υπό μορφή μικρών φυσαλίδων (διαμέτρου 40-70  $\mu\text{m}$ ), μέσα στη μάζα του νερού. Επισημαίνεται ότι η πραγματοποίηση της “τεχνητής” επίπλευσης με διαλυμένο αέρα προϋποθέτει ότι οι δυνάμεις συνάφειας μεταξύ σωματιδίου και αερίου είναι μεγαλύτερες από την τάση διαβροχής του σωματιδίου από το υγρό.

Είναι φανερό ότι οι φυσαλίδες αποτελούν κρίσιμο παράγοντα στο συγκεκριμένο τύπο επίπλευσης και τα χαρακτηριστικά τους παίζουν σημαντικό ρόλο. Έτσι, η διάμετρος των φυσαλίδων επηρεάζει άμεσα την ικανότητα προσκόλλησης των φυσαλίδων στα σωματίδια και γι' αυτό πρέπει να είναι μικρότερη από εκείνη των σωματιδίων (θρόμβων- κροκίδες). Η επιτυχία της “τεχνητής” επίπλευσης απαιτεί ήπια ταχύτητα- ροή των φυσαλίδων, ώστε να μην προκληθούν φαινόμενα διάσπασης των θρόμβων και καταστροφής της συσσωμάτωσης. Τα δυο συγκεκριμένα χαρακτηριστικά είναι αλληλένδετα, καθώς η μείωση της διαμέτρου των φυσαλίδων του αέρα αντιστοιχεί σε μείωση της ταχύτητας ανόδου τους μέσα στο νερό. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του χρόνου παραμονής των φυσαλίδων στη μάζα του νερού, την καλύτερη κατανομή τους μέσα σε αυτό, και επομένως τη σημαντική ενίσχυση της πιθανότητας προσκόλλησης τους στους θρόμβους, γεγονός που οδηγεί στην πραγματοποίηση της επίπλευσης.

Στον πίνακα 14 δίνονται ορισμένες χαρακτηριστικές τιμές των παραμέτρων της επίπλευσης με διαλυμένο αέρα.

Πίνακας 14: Χαρακτηριστικές τιμές των παραμέτρων της επίπλευσης με διαλυμένο αέρα [1]

| Παράμετρος          | Τιμή  |
|---------------------|---|
| Απαίτηση αέρα       | 8-10 $\text{g}/\text{m}^3$ νερού            |
| Επιφανειακή φόρτιση | 6-12 $\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ |
| Χρόνος παραμονής    | 5-15 min                                    |
| Βάθος               | 1,2-2m                                      |

### 5.5.3 Δεξαμενή επίπλευσης [1]

Η επίπλευση λαμβάνει χώρα σε δεξαμενή η οποία είναι είτε ορθογωνικής είτε κυκλικής διατομής. Συνήθως επιλέγεται η χρήση ορθογωνικής δεξαμενής επίπλευσης, η οποία μπορεί να είναι αυτόνομη ή να αποτελεί ενιαία κατασκευή με το τμήμα θρόμβωσης για ελαχιστοποίηση του

απαιτούμενου χώρου και του κόστους.

Η δεξαμενή επίπλευσης συνδέεται με το τμήμα παραγωγής μικροφυσαλίδων και διαχέονται σε αυτήν οι παραγόμενες φυσαλίδες μέσω εκτόνωσης από κατάλληλη βαλβίδα μιας παροχής νερού, η οποία έχει κορεσθεί σε αέρα στο δοχείο συμπίεσης.

Γενικά είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν τρεις εναλλακτικοί τρόποι συμπίεσης: η ολική συμπίεση της τροφοδοσίας, η συμπίεση ενός τμήματος της τροφοδοσίας και η ανακύκλωση (περίπου 10-30%) και συμπίεση τμήματος της εκροής του επεξεργασμένου νερού. Συνηθέστερα εφαρμόζεται ο τρίτος τρόπος και η κατανάλωση του αέρα κυμαίνεται από 8 έως 10 g αέρα/ m<sup>3</sup> επεξεργαζόμενου νερού και η πίεση στο δοχείο κορεσμού λαμβάνει τιμές από 3-6 bar. [1]

Η δεξαμενή επίπλευσης διαθέτει και ένα σύστημα επιφανειακού ξέστρου το οποίο χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση της επιφανειακής λάσπης από το νερό.

#### **5.5.4 Σύγκριση καθίζησης και επίπλευσης [1]**

Η καθίζηση και η επίπλευση είναι διεργασίες οι οποίες στηρίζονται στη βαρύτητα και έπονται των σταδίων της κροκιδώσης και της συσσωμάτωσης. Συγκρίνοντας τις συγκεκριμένες διεργασίες, παρατηρείται ότι διαφέρουν σημαντικά ως προς το κόστος. Αναλυτικότερα, η καθίζηση έχει σχετικά υψηλότερο πάγιο κόστος εγκατάστασης και μικρότερο κόστος λειτουργίας, σε σχέση με την επίπλευση. Αντίθετα η επίπλευση έχει μεγαλύτερο κόστος λειτουργίας, εξαιτίας της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλώνεται στο τμήμα παραγωγής φυσαλίδων.

Η καθίζηση εφαρμόζεται πιο συχνά στην επεξεργασία του νερού στις βιομηχανίες τροφίμων, καθώς τα περισσότερα σωματίδια, που συνήθως υπάρχουν στο νερό, έχουν μεγαλύτερη πυκνότητα από αυτό και επιπλέον έχει απλούστερη λειτουργία και δεν απαιτεί υψηλά ειδικευμένο προσωπικό. Ωστόσο, η περίπτωση κατά την οποία επιλέγεται η επίπλευση αντί για την καθίζηση είναι όταν υπάρχει έντονη ανάπτυξη- παρουσία μικροοργανισμών (ευτροφισμός) στη λάσπη της καθίζησης, η οποία υποβαθμίζει και την ποιότητα του επεξεργασμένου νερού.

## 5.5 Διήθηση [1], [9], [11], [13], [15], [16], [21], [44], [49], [51], [52]

### 5.6.1 Γενικά

Η διήθηση (φιλτράρισμα) αποτελεί ίσως το πιο σημαντικό και κρίσιμο στάδιο κατά την επεξεργασία του νερού και έχει ιδιαίτερη σημασία για την τελική ποιότητα του. Στον τομέα της διήθησης έχει σημειωθεί σημαντική πρόοδος και ταυτόχρονα έχουν ήδη αναπτυχθεί και αναπτύσσονται διάφορα είδη φίλτρων που βασίζονται σε νέες τεχνολογίες, τα οποία εξυπηρετούν τις υψηλές απαιτήσεις για την επεξεργασία του νερού στις βιομηχανίες τροφίμων.

Το φιλτράρισμα είναι η προσομοίωση της φυσικής διαδικασίας στην οποία υποβάλλεται το νερό όταν διέρχεται μέσω των πετρωμάτων και των στρωμάτων του εδάφους και συγκεντρώνεται στους υπόγειους υδροφορείς. Η διήθηση αποτελεί μια μέθοδο επεξεργασίας του νερού, με την οποία απομακρύνεται μεγάλη ποικιλία σωματιδίων διαφορετικής μορφολογίας, σχήματος και με μέγεθος το οποίο κυμαίνεται μεταξύ 0,1-1000 μm. Κατά τη διεργασία αυτή, το νερό διέρχεται μέσα από ένα υλικό διήθησης και τα σωματίδια που περιέχει απομακρύνονται είτε με συσσώρευση στην επιφάνεια του διηθητικού μέσου, είτε με συγκράτηση στη μάζα του.

Χαρακτηριστικά αναφέρονται ορισμένα από τα κύρια είδη σωματιδίων που απομακρύνονται με χρήση των φίλτρων, όπως είναι τα σωματίδια της λάσπης, οι μικροοργανισμοί (ακόμα και οι ιοί), τα κολλοειδή, οι χουμικές ουσίες, διάφορες οργανικές ενώσεις και άλατα μετάλλων, όπως του αργιλίου, σιδήρου, ασβεστίου και μαγνησίου που προήλθαν και από προηγούμενες διεργασίες.

Εδώ είναι αναγκαίο να διευκρινισθεί ότι η αποτελεσματικότητα της διήθησης ως προς την απομάκρυνση των παραπάνω ουσιών, ελέγχεται συνεχώς από τους υπεύθυνους του αντίστοιχου τμήματος ελέγχου και διασφάλισης ποιότητας της εκάστοτε βιομηχανίας τροφίμων, με την διεξαγωγή μικροβιολογικών, χημικών και οργανοληπτικών αναλύσεων στο επεξεργασμένο νερό. Έτσι, παρέχεται η δυνατότητα παρακολούθησης της σωστής λειτουργίας των φίλτρων όπως και η λήψη κατάλληλων μέτρων (καθαρισμός, αντικατάσταση) και εξασφαλίζεται η συνεχής παραγωγή κατάλληλου νερού υψηλών προδιαγραφών.

Το φιλτράρισμα εφαρμόζεται πάντοτε σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους επεξεργασίας του νερού, όπως είναι η θρόμβωση και η καθίζηση, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται η πλήρης απομάκρυνση όλων των ειδών και μεγεθών σωματιδίων. Σε όλες τις εγκαταστάσεις, αποτελεί το τελευταίο στάδιο της φυσικής επεξεργασίας του νερού, πριν την απολύμανση, και αυτό διότι τα φίλτρα αποδίδουν καλύτερα, όταν έχει ήδη απομακρυνθεί ένα μεγάλο μέρος των ξένων σωμάτων



(μεγαλύτερης διαμέτρου) στο νερό, αφού έτσι δεν εμφανίζονται εκτεταμένα προβλήματα ρύπανσης και πύλωσης.

### **5.6.2 Είδη διήθησης**

Η διήθηση με βάση το μηχανισμό που ακολουθείται, διακρίνεται σε δυο κύριες κατηγορίες, στη διήθηση επιφάνειας και στη διήθηση χώρου. Η διήθηση επιφάνειας, είναι η διήθηση κατά την οποία το προς επεξεργασία ρευστό (νερό), διέρχεται μέσω μιας πορώδους επιφάνειας η οποία κατακρατεί τα αιωρούμενα σωματίδια. Σε αυτή την κατηγορία ανήκει και η διήθηση με μεμβράνες η οποία χρησιμοποιείται ευρέως. Η διήθηση χώρου αποτελεί μια διεργασία κατά την οποία το ρευστό διέρχεται μέσα από ένα παχύ στρώμα πορώδους υλικού, εντός της μάζας του οποίου εγκλωβίζονται και συγκρατούνται τα σωματίδια που περιέχει (διήθηση με κοκκώδη μέσα).

Οι δυο αυτές βασικές κατηγορίες διήθησης θα αναπτυχθούν αναλυτικότερα στη συνέχεια, καθώς είναι ιδιαίτερης σημασίας και απαντώνται κατά κύριο λόγο στις βιομηχανίες τροφίμων για την επεξεργασία του νερού.

Εκτός της προηγούμενης διάκρισης, η διήθηση κατηγοριοποιείται με βάση την κινητήρια δύναμη η οποία ωθεί- οδηγεί το νερό και γενικότερα ένα ρευστό να διέλθει μέσα από το διηθητικό μέσο. Έτσι, υπάρχει η διήθηση με χρήση της βαρύτητας (φίλτρα βαρύτητας) και η διήθηση υπό πίεση (φίλτρα πίεσης). Τα φίλτρα πίεσης χρησιμοποιούνται κυρίως σε μεσαίες βιομηχανικές εγκαταστάσεις γιατί είναι πιο οικονομικά, ενώ για μεγάλες βιομηχανίες με υψηλές απαιτήσεις και ανάγκες σε νερό, επιλέγονται τα φίλτρα βαρύτητας. Επίσης τα φίλτρα βαρύτητας επιτρέπουν την παρακολούθηση της λειτουργίας τους και δεν υπόκεινται σε κατασκευαστικούς περιορισμούς ως προς το μέγεθος.

Τέλος, η διήθηση σύμφωνα με την ταχύτητα που διεξάγεται, διακρίνεται σε γρήγορη και σε αργή διήθηση.

### **5.6.3 Διήθηση χώρου [1], [11], [13], [15], [16], [21], [51]**

#### **5.6.3.1 Γενικά**

Η διήθηση χώρου αποτελεί βασική μέθοδο διήθησης και χρησιμοποιείται ευρέως στην

επεξεργασία του νερού στη βιομηχανία τροφίμων. Στο συγκεκριμένο τύπο διήθησης χρησιμοποιούνται στρώματα από κοκκώδη μέσα φιλτραρίσματος, όπως άμμος και ενεργός άνθρακας, τα οποία σχηματίζουν μια κλίση αρκετά υψηλή και διαμέσου αυτής διέρχονται τα αιωρούμενα σωματίδια του νερού, τα οποία και συγκρατούνται. Αναφέρεται ότι ο μηχανισμός συγκράτησης των αιωρούμενων σωματιδίων από το διηθητικό μέσο είναι αρκετά πολύπλοκος και γι' αυτό απομακρύνονται και σωματίδια μικρότερου μεγέθους από τα διάκενα των πόρων της κλίνης.

Πρέπει να σημειωθεί ότι η ορθή λειτουργία των φίλτρων διήθησης χώρου εξαρτάται από την ποσότητα των σωματιδίων τα οποία συγκρατούνται ανάμεσα στους κόκκους του διηθητικού μέσου, και δεν πρέπει κατά μέσο όρο να καταλαμβάνει περισσότερο από το 1/4 του κενού όγκου, ώστε να είναι δυνατή η ροή του νερού.

Τα φίλτρα αυτά βρίσκουν καλύτερα σε αιωρήματα με συγκέντρωση αιωρούμενων στερεών σωματιδίων <150 mg/l και επιτρέπουν έτσι τη χρήση τους σε υψηλούς ρυθμούς περίπου 15 m<sup>3</sup>/h. Η κατακράτηση των στερεών σωματιδίων ποικίλλει από 90 με 98% σε ένα καλά σχεδιασμένο σύστημα. [1], [15]

Η διήθηση χώρου και τα φίλτρα που χρησιμοποιούνται, διακρίνονται και σε ορισμένες υποκατηγορίες όπως είναι:

- η διήθηση βαρύτητας (φίλτρα βαρύτητας, ταχύτητα διήθησης 5-20 m/h) και η διήθηση πίεσης (φίλτρα πίεσης, ταχύτητα διήθησης >50 m/h)
- η γρήγορη (ταχύτητα διήθησης 5-20 m/h) και η αργή διήθηση (ταχύτητα διήθησης 0,04-0,40 m/h)

### **5.6.3.2 Χαρακτηριστικά και είδη διηθητικών μέσων**

Τα μέσα διήθησης αποτελούν το κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα των φίλτρων χώρου και είναι η σημαντικότερη σχεδιαστική παράμετρος, καθώς το φαινόμενο της διήθησης διεξάγεται στη μάζα των υλικών αυτών. Έτσι, οι ιδιότητες αυτών των υλικών, παρουσιάζουν ιδιαίτερα πρακτικό και τεχνικό ενδιαφέρον. Οι ιδιότητες των διηθητικών μέσων, οι οποίες επηρεάζουν την απόδοση της διήθησης είναι:

- Μέγεθος κόκκων και κατανομή μεγέθους

Το μέγεθος των κόκκων ενός διηθητικού μέσου κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 0,3-0,5 mm, 0,6-0,8 mm, 0,9-1,35 mm και 3-25 mm. Το μέγεθος των κόκκων συναρτάται με το είδος και το μέγεθος των σωματιδίων τα οποία περιέχει το νερό και πρέπει να διαχωριστούν και να κατακρατηθούν.

- Σχήμα κόκκων

Το σχήμα των κόκκων επηρεάζει την πτώση πίεσης κατά τη διήθηση και συγκεκριμένα οι μη σφαιρικοί κόκκοι (τραχεία επιφάνεια) προκαλούν μικρότερη πτώση πίεσης από τους σφαιρικούς (λεία επιφάνεια). Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι επιτρέπουν στο νερό να διέρχεται ευκολότερα ανάμεσα τους, καθώς σχηματίζουν μεγαλύτερες διόδους (μεγαλύτερο πορώδες). [1]

- Πυκνότητα κόκκων
- Φαινομενική πυκνότητα
- Σκληρότητα κόκκων

Η σκληρότητα των κόκκων σχετίζεται άμεσα με τη διάρκεια ζωής και την καταλληλότητα τους για τις απαιτήσεις της διήθησης. Είναι επιθυμητό οι κόκκοι να χαρακτηρίζονται από σκληρότητα, καθώς έτσι αυξάνει η διάρκεια ζωής τους. Ταυτόχρονα η αντοχή των κόκκων θρυμματίζονται εύκολα σε μικρότερα σωματίδια και φράσσουν την κλίνη φιλτραρίσματος. [1], [15]

- Πορώδες σταθερής κλίνης

Το πορώδες επιδρά στην πτώση πίεσης του φίλτρου, το βαθμό συγκράτησης και την ποσότητα των αιωρούμενων σωματιδίων και εξαρτάται από τη σφαιρικότητα και το μέγεθος των κόκκων του μέσου διήθησης.

Τα είδη των κοκκωδών μέσων φιλτραρίσματος που χρησιμοποιούνται για την πλήρωση της κλίνης των φίλτρων χώρου, είναι η χαλαζιακή άμμος, ο ανθρακίτης, ο γρανίτης, ο σχιστόλιθος, ο ιλμενίτης και ο ενεργός άνθρακας. Από αυτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον και εφαρμογή για την επεξεργασία του νερού στη βιομηχανία τροφίμων έχουν η άμμος και ο ενεργός άνθρακας των οποίων τα αντίστοιχα φίλτρα θα αναλυθούν εκτενέστερα σε επόμενες ενότητες.

Τα παραπάνω μέσα φιλτραρίσματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν είτε αποκλειστικά ως ένα είδος για τη λειτουργία ενός φίλτρου διήθησης, είτε και να συνδυαστούν για την κατασκευή

πολυστρωματικής κλίνης διήθησης.

Στην περίπτωση των φίλτρων με πολλά διαφορετικά στρώματα έχει μεγάλη σημασία ο εμφανής διαχωρισμός ανάμεσα στα ανεξάρτητα στρώματα. Βέβαια, αυτό δεν μπορεί να εξασφαλιστεί πλήρως, ωστόσο ταυτόχρονα είναι επιθυμητό και αναγκαίο να υπάρχει κάποιος βαθμός ανάμιξης των στρωμάτων. Επίσης πρέπει να καθορίζονται η σύσταση και το ύψος της πολυστρωματικής κλίνης τα οποία εξαρτώνται από την προηγούμενη επεξεργασία του νερού, το ρυθμός διήθησης, καθώς επίσης και από τη φύση της διασποράς.

Για παράδειγμα, αναφέρεται ότι σε ένα φίλτρο το οποίο αποτελείται από δυο είδη μέσων φιλτραρίσματος (άμμος, ανθρακίτης), πρέπει το στρώμα της άμμου να αποτελεί τα 2/5 και του ανθρακίτη τα 3/5 της κλίνης. Το ολικό ύψος μιας κλίνης δυο στρωμάτων αντιστοιχεί και ισοδυναμεί με το 70% περίπου του βάθους μιας κλίνης ενός στρώματος. [1]

Στην περίπτωση κατά την οποία η κλίνη αποτελείται από περισσότερα από δυο στρώματα, είναι πολύ σημαντική η διευθέτηση και η σωστή σειρά των στρωμάτων. Για αυτά τα φίλτρα, συνήθως ο άνθρακας αποτελεί το πάνω στρώμα της κορυφής και η άμμος το τελευταίο στρώμα του πυθμένα της δεξαμενής. Τα στερεά κατακρατούνται στα φίλτρα σε όλη την απόσταση (βάθος) των στρωμάτων φιλτραρίσματος.

### 5.6.3.3 Αντίστροφη πλύση

Η αντίστροφη πλύση αποτελεί μια ιδιαίτερα σημαντική διαδικασία για τη συντήρηση και τον καθαρισμό των φίλτρων χώρου. Τα φίλτρα σε μια βιομηχανία τροφίμων, η οποία έχει συνήθως υψηλές απαιτήσεις σε νερό, επιβαρύνονται από την εντατική, καθημερινή λειτουργία τους. Έτσι τα σωματίδια που περιέχονται στο προς επεξεργασία νερό, συγκρατούνται στα φίλτρα, με αποτέλεσμα να ρυπαίνονται, να κλείνουν οι πόροι τους και να μην είναι ικανή η περαιτέρω αποτελεσματική διήθηση του νερού.

Όλη αυτή η κατάσταση απαιτεί την απομάκρυνση των εγκλωβισμένων σωματιδίων από τη μάζα του διηθητικού μέσου και την αναγέννηση της κλίνης με απόρριψη τους. Η αναγέννηση της κλίνης επιτυγχάνεται με τη μέθοδο της αντίστροφης πλύσης. Η αντίστροφη λύση εφαρμόζεται σε τακτά προγραμματισμένα χρονικά διαστήματα σε μια εγκατάσταση επεξεργασίας του νερού, προκειμένου να εξασφαλιστεί η καλή κατάσταση των φίλτρων κοκκωδών διήθησης.

Η χρονική στιγμή της αντίστροφης πλύσης επιλέγεται και καθορίζεται με έλεγχο της διαφορετικής πίεσης που μετρείται με τα αντίστοιχα όργανα μέτρησης και η οποία όσο αυξάνει, υποδεικνύει ότι τα στρώματα φιλτραρίσματος πλησιάζουν να πληρωθούν εξολοκλήρου με στερεά σωματίδια. Η χρονική διάρκεια μεταξύ δύο διαδοχικών πλύσεων του φίλτρου ονομάζεται κύκλος διήθησης. [1]

Για τον καθορισμό των φίλτρων, διαβιβάζεται μέσα από το κοκκώδες διηθητικό μέσο, νερό ή/και αέρας με ροή αντίθετη από εκείνη της διήθησης (συνήθως από κάτω προς τα πάνω) με σκοπό να απομακρυνθούν και να παρασυρθούν οι εγκλωβισμένες ακαθαρσίες. Το νερό και ο αέρας συνήθως χρησιμοποιούνται μαζί για την αντίστροφη πλύση, είτε ταυτόχρονα είτε διαδοχικά.

Στην πρώτη περίπτωση το νερό και ο αέρας διοχετεύονται ταυτόχρονα, ώστε το νερό, χωρίς να προκαλεί διαστολή της άμμου, να παρασύρει τις ακαθαρσίες που αποκολλά ο αέρας. Η ταχύτητα κενού χώρου του νερού πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 5 m/h, ενώ του αέρα μεγαλύτερη από 15 m/h. Επισημαίνεται ότι όσο μεγαλύτερες είναι οι ταχύτητες αυτές, τόσο ταχύτερος και αποτελεσματικότερος είναι ο καθαρισμός των φίλτρων. Ωστόσο υπάρχει και μια μέγιστη τιμή για τις ταχύτητες η οποία εξαρτάται από τη φύση και το μέγεθος του διηθητικού μέσου, καθώς επίσης και από τις άλλες σχεδιαστικές παραμέτρους της κλίνης. Τέλος, η διάρκεια αυτού του τύπου αντίστροφης πλύσης είναι συνήθως περίπου 10 min, οπότε σταματά η τροφοδοσία του αέρα και συνεχίζει για μερικά min η ροή του νερού για πλήρη καθαρισμό της κλίνης.

Στη δεύτερη περίπτωση αντίστροφης πλύσης, αρχικά διαβιβάζεται στην διηθητική κλίνη ο αέρας, ο οποίος παρασύρει τα αιωρούμενα σωματίδια από τους πόρους του μέσου. Στη συνέχεια διοχετεύεται και το νερό, το οποίο απομακρύνει ευκολότερα τα σωματίδια. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται κυρίως σε φίλτρα τα οποία χρησιμοποιούν ως διηθητικό μέσο λεπτή άμμο ή ενεργό άνθρακα, όπου η προηγούμενη μέθοδος της ταυτόχρονης χρήσης νερού και αέρα αυξάνει την πιθανότητα απώλειας του μέσου φιλτραρίσματος με συμπαρασυρμό. [1], [11], [21]

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι συνθήκες λειτουργίας του παραπάνω φίλτρου και οι θέσεις των βανών, ανάλογα με την επιθυμητή κατάσταση λειτουργίας του φίλτρου.

Πίνακας 15: Συνθήκες λειτουργίας των φίλτρων (άνθρακα, άμμου) [11]

| Βάνα/ Λειτουργία    | B1 | B2 | B3 | B4 | B5 | B6 | B7 | B8 |
|---------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|
| Κανονική λειτουργία | A  | A  | K  | K  | K  | K  | A  | K  |
| Άδειασμα (πλύσιμο)  | A  | K  | K  | K  | A  | A  | K  | K  |
| Αντίστροφη πλύση    | A  | K  | K  | A  | A  | A  | K  | K  |
| Ευθεία πλύση        | A  | A  | K  | K  | A  | K  | K  | A  |
| Άτμιση              | A  | K  | K  | K  | K  | K  | K  | A  |

A: ανοικτή, K: κλειστή

#### 5.6.3.4 Φίλτρα άμμου

Τα φίλτρα άμμου αποτελούν το πρώτο είδος φίλτρων που χρησιμοποιήθηκε και συνεχίζει να χρησιμοποιείται ευρέως σε όλες τις μονάδες επεξεργασίας νερού. Η διήθηση με χρήση της άμμου ως μέσο φιλτραρίσματος είναι μια εύκολη και πολύ αξιόπιστη διεργασία φιλτραρίσματος η οποία δεν απαιτεί υψηλό κόστος για την εγκατάσταση της και μπορεί να παρακολουθείται και να ελέγχεται και από μη εξειδικευμένο προσωπικό.

Ένα αμμόφιλτρο αποτελείται από διάφορα στρώματα λεπτόκοκκης άμμου και ένα στρώμα χαλικιού το οποίο υπάρχει στον πυθμένα της κλίνης. Το στρώμα χαλικιού στηρίζει την υπερκείμενη άμμο και σε αυτό βρίσκεται ενσωματωμένο ένα αποστραγγιστικό σύστημα στο οποίο συλλέγεται το νερό. Το αποστραγγιστικό σύστημα το οποίο μπορεί να είναι απλό, όπως ένα δίκτυο από διάτρητους σωλήνες, καλυμμένους με αμμοχάλικο βαθμωτού μεγέθους ή πιο πεπλεγμένης δομής, με σχισμοειδή ακροφύσια ή αγωγούς που κατακρατούν την λεπτή άμμο. Ταυτόχρονα στον πυθμένα του φίλτρου υπάρχει και ένα δεύτερο σύστημα, το οποίο επιτρέπει τη χρήση ταυτόχρονα αέρα και υγρού για αντίστροφη πλύση και καθαρισμό της κλίνης. [11]

Τα συγκεκριμένα φίλτρα διακρίνονται, όπως έχει αναφερθεί, σε φίλτρα βαρύτητας και σε φίλτρα πίεσης. Τα φίλτρα βαρύτητας λειτουργούν με βάση τη διαφορά ύψους μεταξύ της εισροής και της εκροής του νερού, και το επεξεργασμένο νερό λαμβάνεται από τον πυθμένα του φίλτρου. Τα φίλτρα αυτά μειονεκτούν στο γεγονός ότι καταλαμβάνουν πολύ χώρο και αποδίδουν μικρές ροές στο υπόλοιπο σύστημα.

Στην ελληνική πραγματικότητα, στις βιομηχανίες τροφίμων βρίσκουν εφαρμογή τα αμμόφιλτρα πίεσης, τα οποία ανάλογα με τις απαιτήσεις σε νερό της εκάστοτε βιομηχανίας

τροφίμων χρησιμοποιούνται σε αντίστοιχο αριθμό και συνδέονται παράλληλα ή σε σειρά.

Η κλίνη άμμου έχει ελάχιστο ύψος 0,6 m και μέγιστο 1,5 m, συνήθως τα περισσότερα φίλτρα άμμου διαθέτουν κλίνη 1 m. επισημαίνεται ότι όσο επιπλέον στρώματα άμμου επιτρέπουν την πραγματοποίηση περισσότερων αντίστροφων πλύσεων μέχρι να αντικατασταθεί η κλίνη. Για παράδειγμα, η προσθήκη 0,3- 0,5 m επιπλέον άμμου επιμηκύνει τη ζωή του φίλτρου για 3-4 χρόνια. Σε ορισμένες νέες κατασκευές, για να αποφευχθεί ο συχνός καθαρισμός, χρησιμοποιείται ένα επιπρόσθετο στρώμα (geotextile) στην κορυφή της διηθητικής κλίνης άμμου.

Οι ταχύτητες διήθησης κυμαίνονται μεταξύ 0,04 και 0,40 m/h με συνηθέστερη ταχύτητα διήθησης στην περιοχή των 0,1 m/h για νερά που δεν έχουν υποστεί καμία προκατεργασία. Υψηλότερες ταχύτητες διήθησης χρησιμοποιούνται στην περίπτωση χρησιμοποίησης προκαθίζησης, για αύξηση του κύκλου διήθησης. [1]

Η διηθητική άμμος μπορεί να καθαριστεί αρκετές φορές με αντίστροφη πλύση, έως ότου είναι επιβεβλημένη η αντικατάστασή της. Η διάρκεια ενός κύκλου ποικίλλει από ένα έως έξι μήνες, εξαρτώμενη από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του επεξεργαζόμενου νερού και την ταχύτητα διήθησης.

Τέλος, αναφέρεται ότι η αντικατάσταση και η χρήση νέας άμμου, δεν εξασφαλίζει άμεσα την ικανοποιητική ποιότητα νερού και η απόδοση του φίλτρου δεν είναι στο άριστο επίπεδο. Έτσι πρέπει να αφεθεί το αμμόφιλτρο να λειτουργήσει περίπου για μια εβδομάδα, έως ότου είναι πλήρως κατάλληλο για την επεξεργασία του νερού και ενδεχομένως να είναι επιθυμητή και η ταυτόχρονη χλωρίωση του νερού.

- Ταχείας διήθησης αμμόφιλτρα

Στα συγκεκριμένα αμμόφιλτρα, το νερό διηθείται με γρήγορη ροή διαμέσου της κοκκώδους κλίνης άμμου, με ταχύτητα η οποία κυμαίνεται από 5 έως 25 m/h. Τα αμμόφιλτρα ταχείας διήθησης χρησιμοποιούνται για νερό το οποίο έχει ήδη υποστεί επεξεργασία στα στάδια της θρόμβωσης και της καθίζησης.

### 5.6.3.5 Φίλτρα ενεργού άνθρακα

Τα φίλτρα ενεργού άνθρακα χρησιμοποιούνται ευρέως σε όλες τις βιομηχανίες τροφίμων για την επεξεργασία νερού, καθώς είναι κατάλληλα για την απομάκρυνση ουσιών που ενδιαφέρουν τα τρόφιμα και προκαλούν δυσάρεστη γεύση και οσμή. Ο ενεργός άνθρακας έχει την ικανότητα να απομακρύνει διάφορες οργανικές ενώσεις, όπως και το χλώριο που υπάρχει στο νερό λόγω του σταδίου της χλωρίωσης αλλά και τα επικίνδυνα παραπροϊόντα της χλωρίωσης (τριαλογονομεθάνια-THMs).

Ο ενεργός άνθρακας που χρησιμοποιείται σε αυτά τα φίλτρα παράγεται είτε από κάρβουνο, ξύλο, τύρφη ή λιγνίτη. Υπάρχουν διάφορα είδη ενεργού άνθρακα και ανάλογα με τα σωματίδια που απαιτείται να απομακρυνθούν, επιλέγεται ο κατάλληλος τύπος άνθρακα (π.χ ενεργός άνθρακας με υψηλή περιεκτικότητα αργιλιοπυριτικών ορυκτών λιγνιτικής προέλευσης χρησιμοποιείται στην κατακράτηση των βαρέων μετάλλων). Ο ενεργός άνθρακας χρησιμοποιείται είτε σε μορφή κόκκων, είτε σε μορφή σκόνης. [1]

Το στρώμα ενεργού άνθρακα αποτελείται συνήθως από κόκκους μεγέθους 1 mm και ενεργεί ως ένα σκληρό, τραχύ φίλτρο το οποίο παρέχει επίσης και κροκιδωτική ικανότητα. Η ποσότητα ενεργού άνθρακα από την οποία αποτελείται το φίλτρο είναι ανάλογη της διάρκειας ζωής του και έχει κατάλληλο ύψος για να εξασφαλίζεται η επαρκής επαφή με το προς επεξεργασία νερό. Το ύψος του μέσου φιλτραρίσματος συνήθως κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 0,7-1 m, ωστόσο υπάρχουν και φίλτρα στα οποία η κλίνη άνθρακα εκτείνεται στα 2,5 m. Η πρώτη περίπτωση εφαρμόζεται κυρίως στις βιομηχανίες τροφίμων, όπου χρησιμοποιούνται σε σειρά περισσότερα από δυο φίλτρα ενεργού άνθρακα και η δεύτερη χρησιμοποιείται κυρίως σε ειδικές εφαρμογές, όπου είναι επιθυμητή μεγαλύτερη ικανότητα κατακράτησης σωματιδίων.

Ένας τύπος φίλτρου άνθρακα ο οποίος χρησιμοποιείται σε μια βιομηχανία τροφίμων (χυμών και αναψυκτικών), έχει τα εξής χαρακτηριστικά:

- Τύπος: NORIT 0,8
- Διάμετρος:  $D= 2,1 \text{ m}$
- Ύψος κλίνης άνθρακα:  $h= 1,5 \text{ m}$
- Πίεση λειτουργίας: 5-6 bar (=5,3 bar)
- Μέγιστη παροχή:  $Q_{\max}= 30 \text{ m}^3/\text{h}$

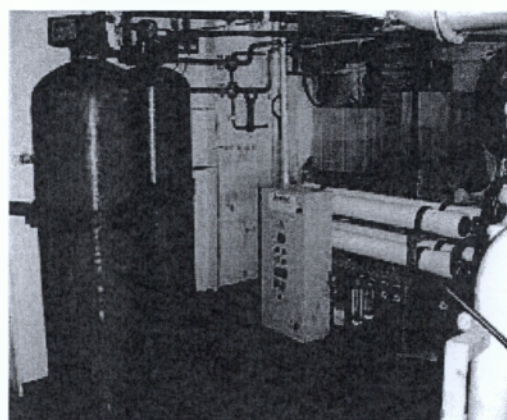


- Μέγιστη παροχή αντίστροφης πλύσης:  $Q_{bw, max} = 120 \text{ m}^3/\text{h}$
- Υλικό κατασκευής: Χάλυβας St37 (με εποξειδική βαφή)

[11]

Τα φίλτρα ενεργού άνθρακα χρησιμοποιούνται στις βιομηχανίες τροφίμων για την απομάκρυνση ανεπιθύμητων συστατικών του νερού και κυρίως ενώσεων οι οποίες αλλοιώνουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά των τροφίμων. Τα συγκεκριμένα φίλτρα χάρη στην ιδιότητα της φυσικής προσρόφησης του ενεργού άνθρακα στην επιφάνεια του, δεσμεύουν ουσίες, όπως οργανικοί διαλύτες, αρωματικές ενώσεις, βαρέα μέταλλα και ιόντα χλωρίου. Επίσης τα φίλτρα άνθρακα κατακρατούν και ορισμένους παθογόνους μικροοργανισμούς, ενώ δυσκολότερα διηθούνται ενώσεις, όπως οι αλκοόλες και οι αλδεΐδες.

Τα φίλτρα ενεργού άνθρακα χρησιμοποιούνται, αφού έχουν προηγηθεί άλλα στάδια επεξεργασίας του νερού, όπως η θρόμβωση, η καθίζηση, η προχλωρίωση και η χρήση φίλτρων άμμου. Επίσης τα συγκεκριμένα φίλτρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε συνδυασμό με χημική επεξεργασία, όπως είναι η χλωρίωση. Το πλεονέκτημα αυτού του συνδυασμού, είναι η καταστροφή μέσω της χλωρίωσης των μικροοργανισμών και η προστασία του διηθητικού μέσου από υπερβολική συσσώρευση ζωντανών μικροοργανισμών, οι οποίοι προκαλούν και δευτερογενή ρύπανση και ταυτόχρονα η απομάκρυνση του απολυμαντικού μέσου, χλωρίου με προσρόφηση στον ενεργό άνθρακα.



Εικόνα 19 Φίλτρα ενεργού άνθρακα.

#### 5.6.4 Διήθηση επιφάνειας [1], [10], [12], [15], [16], [21], [39], [44], [49], [51], [52]

##### 5.6.4.1 Γενικά

Η διήθηση επιφάνειας χρησιμοποιείται συχνά στις βιομηχανίες τροφίμων, αποτελεί συνήθως το τελευταίο στάδιο της επεξεργασίας του νερού και χάρη στη σημαντική ανάπτυξη της τεχνολογίας των μεμβρανών κατέχει ξεχωριστή θέση. Η αρχή λειτουργίας του συγκεκριμένου τύπου διήθησης βασίζεται στη συγκράτηση των αιωρούμενων σωματιδίων του νερού στην επιφάνεια του διηθητικού μέσου, εξαιτίας της διαφοράς μεγέθους των σωματιδίων και των οπών του διηθητικού μέσου.

#### **5.6.4.2 Είδη διήθησης επιφάνειας**

Τα είδη της επιφανειακής διήθησης διακρίνονται κυρίως με βάση το μέγεθος των σωματιδίων που συγκρατούν. Επίσης μπορούν να ταξινομηθούν και με κριτήριο τη συνεχή ή διακοπτόμενη λειτουργία και την εφαρμογή ή μη πίεσης.

#### **5.6.4.3 Φίλτρα προεπίστρωσης**

Τα φίλτρα προεπίστρωσης αποτελούν φίλτρα επιφάνειας που χρησιμοποιούν ως διηθητικό μέσο ένα στρώμα λεπτόκοκκου υλικού, το οποίο βρίσκεται πάνω σε κατάλληλο διαπερατό διάφραγμα. Για το σχηματισμό αυτής της επίστρωσης, τα φίλτρα αρχικά τροφοδοτούνται με ειδικό διάλυμα του υλικού προεπίστρωσης, το οποίο σχηματίζει έναν πλακούντα πάνω στο διάφραγμα. Ο σχηματισθείς πλακούντας διαθέτει πολλές διόδους μικρής διαμέτρου, μέσω των οποίων κατακρατούνται τα αιωρούμενα σωματίδια και πραγματοποιείται η διήθηση του νερού. Η απομάκρυνση των σωματιδίων γίνεται κατά κανόνα στην επιφάνεια του διηθητικού μέσου και ελάχιστα στη μάζα του, γι' αυτό τα φίλτρα αυτά ανήκουν στην κατηγορία των φίλτρων επιφάνειας. [1]

Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι, έχοντας ως ένδειξη την πτώση πίεσης, μετά από μια ορισμένη τιμή η διήθηση είναι αδύνατο να συνεχιστεί, οπότε η πρώτη επίστρωση του φίλτρου αντικαθίσταται από νέο υλικό επίστρωσης.

Το πάχος του μέσου επίστρωσης κυμαίνεται μεταξύ των 1,5 με 3 mm με πόρους οι οποίοι είναι αρκετά μικρής διαμέτρου, ώστε να διαχωρίζονται πολύ μικρά σωματίδια που υπάρχουν στο νερό όπως σωματίδια 1-2 μm. [1]

Τα υλικά που χρησιμοποιούνται για επίστρωση είναι κυρίως:

- Κυτταρίνη
- Περλίτης
- Ενεργός άνθρακας
- Ιοντοανταλλακτικές ρητίνες
- Γη διατόμων

Η γη διατόμων αποτελεί το πιο συνηθισμένο και διαδεδομένο υλικό επίστρωσης των συγκεκριμένων φίλτρων. Στην επεξεργασία του νερού βρίσκει εφαρμογή στην απομάκρυνση από το νερό αλγών, αργλικών αλάτων, ινών αμιάντου, σίδηρο, μαγγάνιο, έλαια και υδρογονάνθρακες.

#### **5.6.4.4 Φίλτρα μικροπλέγματος**

Τα φίλτρα μικροπλέγματος είναι κυλινδρικού σχήματος και είναι βυθισμένα στο νερό κατά το 70% της διαμέτρου τους. Στην περιφέρεια τους βρίσκεται τοποθετημένο πλέγμα με μεταλλικές ή πλαστικές ίνες, οι οποίες φέρουν διάκενα 10 έως 40  $\mu\text{m}$ . Η διήθηση του νερού πραγματοποιείται με εισροή του νερού στο εσωτερικό του περιστρεφόμενου κυλινδρικού φίλτρου και με εκροή του ακτινικά από αυτόν, ενώ ταυτόχρονα γίνεται η κατακράτηση των διαφόρων σωματιδίων. Τα σωματίδια που εγκλωβίζονται στο εσωτερικό του φίλτρου συσσωρεύονται σε αυτό και όταν φτάσουν στο μέγιστο επιτρεπόμενο ύψος, απορρίπτονται από το φίλτρο μικροπλέγματος με χρήση νερού υπό πίεση. [1], [16]

Τα συγκεκριμένα φίλτρα χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση κυρίως του πλαγκτόν, των αιωρούμενων σωματιδίων και των υπολειμμάτων από την αποσύνθεση των φυτικών και ζωικών οργανισμών που περιέχονται στο νερό.

#### **5.6.4.5 Φίλτρα κενού**

Αποτελούν μια παραλλαγή των φίλτρων μικροπλέγματος, ωστόσο διαφέρουν στο γεγονός ότι ο κύλινδρος εφάπτεται περιφερειακά με το νερό, είναι βυθισμένος μόνο κατά το 25% της επιφάνειας του και είναι εφοδιασμένος με μια αντλία κενού. Η ύπαρξη κενού συντελεί στη διευκόλυνση της ροής του νερού προς το εσωτερικό του φίλτρου, καθώς σε αυτή την περίπτωση η διήθηση του νερού γίνεται με κατεύθυνση από την εξωτερική επιφάνεια του κυλινδρικού φίλτρου

προς το εσωτερικό. Τα σωματίδια επικάθονται στην επιφάνεια του κυλίνδρου, όπου και σχηματίζουν πλακούντα, ο οποίος στη συνέχεια δημιουργεί τις προϋποθέσεις για τη συγκράτηση του αιωρήματος. Το πάχος του πλακούντα αυξάνει με την πορεία της διήθησης και όταν ξεπεράσει μια συγκεκριμένη τιμή, η διήθηση δυσχεραίνεται σημαντικά και το στρώμα απομακρύνεται με απόξυση, αφού έχει αφυδατωθεί με τη βοήθεια της αντλίας κενού. [1]

#### 5.6.4.6 Φίλτρα μεμβρανών

Τα φίλτρα μεμβρανών χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα για την επεξεργασία του νερού σε όλες τις βιομηχανίες τροφίμων. Η αυξημένη χρήση των μεμβρανών στη διήθηση οφείλεται στις υψηλές απαιτήσεις και προδιαγραφές για άριστης ποιότητας νερό και στην πολυδιάστατη μόλυνση των νερών με ποικίλους ρύπους. Η τεχνολογία στον τομέα των μεμβρανών διήθησης έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο, με αποτέλεσμα να υπάρχουν διάφοροι τύποι και μεγέθη μεμβρανών με εξειδικευμένη λειτουργία και χρήση.

Η διήθηση μέσω μεμβρανών αποτελεί μια φυσική διεργασία κατά την οποία τα αιωρούμενα σωματίδια του νερού συγκρατούνται στην επιφάνεια της μεμβράνης εξαιτίας της διαφοράς μεγέθους των σωματιδίων και των πόρων της. Η διαχωριστική ικανότητα των μεμβρανών ποικίλλει, ωστόσο εξαιρετική σημασία έχει το γεγονός ότι ορισμένα είδη μεμβρανών έχουν τη δυνατότητα να απομακρύνουν σωματίδια μοριακής φύσης, ιόντα και ιούς. Οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται στα αντίστοιχα φίλτρα διαθέτουν πόρους των οποίων η διάμετρος κυμαίνεται από 0,001 έως 1000  $\mu\text{m}$ .

Τα φίλτρα μεμβρανών, ανάλογα με την τεχνολογία κατασκευής τους, απομακρύνουν μεγάλο εύρος ξένων σωμάτων και ανεπιθύμητων ουσιών από το νερό, όπως όλο το πλήθος των μικροοργανισμών, αιωρούμενα και κolloειδή σωματίδια, απλές ή σύνθετες επικίνδυνες ενώσεις, αλλά και ιόντα και μέταλλα. Επισημαίνεται ότι η διήθηση μεμβρανών δεν αλλοιώνει την χημική σύσταση του νερού, είναι φυσική μέθοδος και δεν εξαρτάται από το pH, τη θερμοκρασία, το είδος και τη συγκέντρωση των προς απομάκρυνση σωματιδίων.

Στα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου συγκαταλέγονται, εκτός των προηγούμενων, η μη προσθήκη χημικών μέσων, η απομάκρυνση και όχι η καταστροφή των μικροοργανισμών και των άλλων ενώσεων που θα μπορούσε να οδηγήσει σε δευτερογενή και ίσως επικινδυνότερη ρύπανση του νερού.

Τα είδη των μεμβρανών, όπως έχει ήδη αναφερθεί, είναι ποικίλα και βρίσκουν χρήσιμες εφαρμογές στην επεξεργασία του νερού. Ορισμένοι τύποι μεμβρανών που χρησιμοποιούνται συνήθως είναι οι ακόλουθοι:

- Λεπτή κοίλη ίνα
- Σωληνοειδής

Οι σωληνοειδείς μεμβράνες χρησιμοποιούνται κυρίως στην υπερδιήθηση είναι άλλοτε στην αντίστροφη ώσμωση.

- Τριχοειδής
- Κεραμική
- Ελικοειδής

Τα αντίστοιχα φίλτρα μεμβρανών και οι διεργασίες διήθησης οι οποίες χρησιμοποιούνται για το φιλτράρισμα του νερού, συνοπτικά είναι:

- Αντίστροφη ώσμωση
- Ηλεκτροδιάλυση
- Υπερδιήθηση
- Μικροδιήθηση
- Νανοδιήθηση
- Μοριακή διήθηση

Στη συνέχεια παρουσιάζεται ένας συνοπτικός πίνακας όπου γίνεται σύγκριση των πιο γνωστών μεθόδων διήθησης με μεμβράνες με βάση τα χαρακτηριστικά τους.

Πίνακας 16: Σύγκριση μεθόδων διήθησης με μεμβράνες

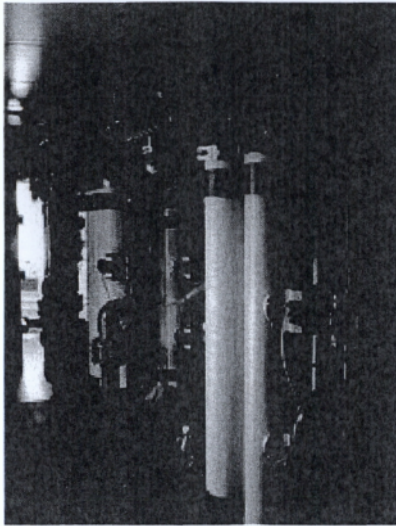
| Χαρακτηριστικό        |                        | Μικροδιήθηση             | Υπερδιήθηση              | Νανοδιήθηση        | Αντίστροφη ώσμωση  |
|-----------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|
| Απομάκρυνση           | αιωρούμενων σωματιδίων | ναι                      | ναι                      | ναι                | ναι                |
|                       | διαλυμένων οργανικών   | όχι                      | ναι                      | ναι                | ναι                |
|                       | διαλυμένων ανόργανων   | όχι                      | όχι                      | 20-85% απομάκρυνση | 95-99% απομάκρυνση |
|                       | μικροοργανισμών        | πρωτόζωα, άλγη, βακτήρια | πρωτόζωα, άλγη, βακτήρια | σχεδόν όλοι        | σχεδόν όλοι        |
| Χρήση ενέργειας       |                        | χαμηλή                   | χαμηλή                   | μέτρια             | μέτρια             |
| Σταθερότητα μεμβράνης |                        | υψηλή                    | υψηλή                    | μέτρια             | μέτρια             |

#### 5.6.4.7 Υπερδιήθηση

Η υπερδιήθηση είναι μια διεργασία κατά την οποία εφαρμόζεται πίεση για να επιτευχθεί ο διαχωρισμός των κolloειδών και του υψηλού μοριακού βάρους σωματιδίων από το νερό. Σε αυτό τον τύπο διήθησης χρησιμοποιούνται ημιπερατές μεμβράνες οι οποίες απομακρύνουν μεγαλομόρια με μοριακά βάρη από 1000-50000. Η πίεση που απαιτείται στην υπερδιήθηση κυμαίνεται από 2 έως 7 atm και συνήθως χρησιμοποιούνται φυγόκεντροι αντλίες. [39]

Στην υπερδιήθηση βρίσκουν εφαρμογή διάφορα είδη μεμβρανών, κυρίως πολυμερικές αλλά και κεραμικές, με μέγεθος πόρων 5-20 nm. Οι πολυμερικές μεμβράνες υπερδιήθησης κατασκευάζονται από πολυμερή υλικά, όπως πολυακρυλονιτρίλιο, πολυαιθυλαίνιο, τεφλόν, οξική κυτταρίνη, πολυβινυλοαλκοόλη, πολυσουλφόνη κ.α.

Η υπερδιήθηση διαχωρίζει από το νερό ιούς, ορισμένα βακτήρια, πρωτόζωα, κολλοειδή και οργανικά μεγαλομόρια. Ωστόσο τα φίλτρα υπερδιήθησης δεν απομακρύνουν τα διαλυμένα άλατα, τα μικρά μόρια και τα ιόντα.



Εικόνα 20 Συσκευές υπερδιήθησης

#### 5.6.4.8 Αντίστροφη ώσμωση

Η αντίστροφη ώσμωση είναι μια διεργασία με κινητήρια δύναμη την πίεση, η οποία κυμαίνεται μεταξύ 30-150 atm και επιτρέπει το διαχωρισμό των διαλυτών συστατικών από το νερό. Αποτελεί μια μέθοδο διήθησης κατά την οποία το νερό ρέει διαμέσου μιας ημιπερατής μεμβράνης όπου τα διαλυτά συστατικά του κατακρατούνται λόγω της διαφοράς πίεσης του νερού. Συγκεκριμένα, η πίεση που εφαρμόζεται σε αυτή τη μέθοδο επιλέγεται έτσι ώστε να υπερβαίνει την οσμωτική πίεση του υδατικού διαλύματος και μέσω της ημιπερατής μεμβράνης να εξαναγκάζει τη διέλευση του καθαρού νερού μέσω της μεμβράνης και την απομάκρυνση των συστατικών του. [1], [39]

Στην αντίστροφη ώσμωση χρησιμοποιούνται μεμβράνες οι οποίες κατασκευάζονται από διάφορα πολυμερή, όπως είναι η κυτταρίνη, το πολυαμίδιο, πολυαιθεραμίδιο, πολυαιθεραμίνη, το πολυακρilonιτρίλιο κ.α δομημένα σε δυο κυρίως στρώματα. Οι μεμβράνες αυτές αποτελούνται από δυο στρώματα, το πρώτο στρώμα είναι μια πολύ λεπτή και πυκνή χωρίς πόρους επιδερμίδα, η οποία είναι εκείνη που διαχωρίζει το νερό από τα διαλυτά συστατικά του και βρίσκεται πάντα προς το μέρος της όπου γίνεται η υπό πίεση τροφοδοσία του νερού. Το δεύτερο στρώμα είναι σπογγώδους δομής με αυξημένο πορώδες και χρησιμεύει για τη στήριξη του πρώτου στρώματος, αυξάνοντας τη μηχανική αντοχή του.

Στην αντίστροφη ώσμωση χρησιμοποιούνται δυο είδη μεμβρανών: οι ελικοειδείς και οι λεπτές κοίλες μεμβράνες από τις οποίες συνήθως προτιμώνται οι πρώτες οι οποίες είναι κατασκευασμένες από οξική κυτταρίνη ή είναι αραμιδικές. [21]

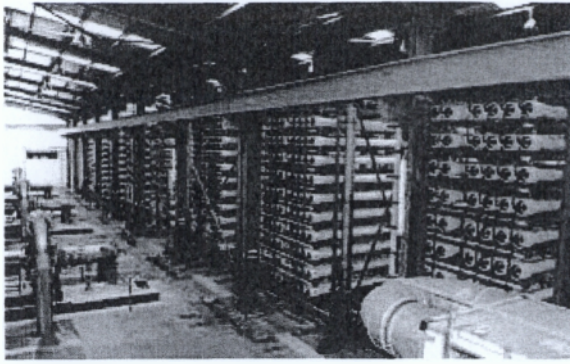
Η αντίστροφη ώσμωση και συγκεκριμένα οι μεμβράνες που χρησιμοποιούνται σε αυτήν, επηρεάζονται από τη θερμοκρασία, την πίεση, τη συγκέντρωση των αλάτων στο νερό τροφοδοσίας και το pH, καθώς οι παράγοντες αυτοί εμποδίζουν την αποτελεσματικότητα της μεθόδου και μειώνουν το χρόνο ζωής των μεμβρανών.

Ο συγκεκριμένος τύπος διήθησης οδηγεί σε νερό υψηλής καθαρότητας, το οποίο πλησιάζει την ποιότητα του απιονισμένου νερού. Η μέθοδος της αντίστροφης ώσμωσης απομακρύνει το 90-98% των μετάλλων, των οργανικών, των βακτηρίων και των ιών που βρίσκονται στο νερό. Επίσης διαχωρίζονται ενώσεις, όπως τα θετικά, τα χλωρίδια και τα νιτρικά, αλλά δεν μπορούν να απομακρυνθούν τα υπάρχοντα διαλυμένα αέρια, όπως χλώριο και υδρόθειο.

Η αντίστροφη ώσμωση πάντα σε όλες τις βιομηχανίες τροφίμων, όπου λαμβάνει χώρα επεξεργασία του νερού, έπεται μετά από άλλα στάδια, όπως κροκίδωση, καθίζηση και από άλλα είδη φιλτραρίσματος (αμμόφιτρα, φίλτρα ενεργού άνθρακα, φίλτρα φυσιγγίου- cartridge). Αυτό συμβαίνει για να εξασφαλιστεί η αποτελεσματικότητα, η αποδοτικότητα της μεθόδου και να μην καταστραφεί η μεμβράνη από την υπερβολική συγκέντρωση σωματιδίων και ανεπιθύμητων ενώσεων. Συγκεκριμένα, τα αιωρούμενα σωματίδια επιδρούν αρνητικά στην απόδοση των διατάξεων αντίστροφης ώσμωσης, καθώς οι αντίστοιχες μεμβράνες έχουν περιορισμένη ανοχή σε υψηλές τιμές TDS, λόγω της εμφάνισης του φαινομένου της πόλωσης. Επίσης απαιτείται χαμηλή σκληρότητα νερού όπως και να έχει απομακρυνθεί όλη η ποσότητα σιδήρου.

Η αντίστροφη ώσμωση έχει σημαντικές εφαρμογές στη βιομηχανία τροφίμων και εξυπηρετεί ταυτόχρονα και τις απαιτήσεις για κατάλληλο ποιοτικά νερό για την παραγωγή των προϊόντων, αλλά και υψηλής καθαρότητας νερό για την τροφοδοσία των ατμολεβήτων. Ειδικά στην περίπτωση των ατμολεβήτων, η αντίστροφη ώσμωση είναι άριστη λύση, καθώς προστατεύει τον λέβητα από τις επικαθίσεις και επιμηκύνει τη διάρκεια ζωής του. [12]





Εικόνα 21 Διατάξεις φίλτρων αντίστροφης ώσμωσης

#### 5.6.4.9 Ηλεκτροδιάλυση

Η ηλεκτροδιάλυση αποτελεί μια ηλεκτροχημική μέθοδο διαχωρισμού των διαλυτών συστατικών του νερού μέσω μιας μεμβράνης ηλεκτροδιάλυσης υπό την επίδραση ενός ηλεκτρικού πεδίου. Διαφέρει από τις προαναφερθείσες διηθήσεις με μεμβράνη, καθώς σε αυτή την περίπτωση η κινητήρια δύναμη δεν είναι η πίεση αλλά το ηλεκτρικό δυναμικό. Η ηλεκτροδιάλυση είναι μια διεργασία, κατά την οποία με τη βοήθεια του ηλεκτρικού ρεύματος τα ιόντα μεταφέρονται διαμέσου της μεμβράνης από διαλύματα μικρότερης συγκέντρωσης σε διαλύματα μεγαλύτερης συγκέντρωσης.

Στην ηλεκτροδιάλυση το προς επεξεργασία νερό ρέει επαπτόμενο στις μεμβράνες, ενώ η κίνηση των ιόντων γίνεται κάθετα προς αυτές. Αναλυτικά, ο διαχωρισμός των ιόντων του νερού με τη βοήθεια της συγκεκριμένης μεθόδου στηρίζεται στην εφαρμογή ενός ηλεκτρικού πεδίου το οποίο προκαλεί την κίνηση των κατιόντων προς την κάθοδο και των ανιόντων προς την άνοδο. Ταυτόχρονα, για να πραγματοποιηθεί ο διαχωρισμός, ανάμεσα στα ηλεκτρόδια υπάρχει μια σειρά ειδικών μεμβρανών οι οποίες εναλλάσσονται, έτσι ώστε οι μισές να είναι διαπερατές στα ανιόντα και οι υπόλοιπες μισές στα κατιόντα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία διαμερισμάτων, ορισμένα από τα οποία χαρακτηρίζονται από υψηλότερη συγκέντρωση σε διαλυτά συστατικά και άλλα διαμερίσματα που έχουν χαμηλότερη συγκέντρωση σε σχέση με την αρχική συγκέντρωση των συστατικών αυτών στο νερό.

Ένα τυπικό σύστημα ηλεκτροδιάλυσης περιλαμβάνει 300-500 ζεύγη στοιχείων, όπου το κάθε ζεύγος στοιχείων αποτελείται από μια μεμβράνη διέλευσης των ανιόντων, ένα διάστημα ροής νερού με υψηλή συγκέντρωση ιόντων, μια μεμβράνη διέλευσης των κατιόντων και ένα διάστημα ροής νερού με χαμηλή συγκέντρωση ιόντων, καλείται δε ζεύγος στοιχείων. Ένα τυπικό σύστημα ηλεκτροδιάλυσης περιέχει 300 έως 500 ζεύγη στοιχείων. [1]

Η ηλεκτροδιάλυση αποτελεί μια ηλεκτροχημική μέθοδο διαχωρισμού των διαλυτών συστατικών του νερού μέσω μιας μεμβράνης ηλεκτροδιάλυσης υπό την επίδραση ενός ηλεκτρικού πεδίου. Διαφέρει από τις προαναφερθείσες διηθήσεις με μεμβράνη καθώς σε αυτή την περίπτωση η κινητήρια δύναμη δεν είναι η πίεση αλλά το ηλεκτρικό δυναμικό. Η ηλεκτροδιάλυση είναι μια διεργασία κατά την οποία με τη βοήθεια του ηλεκτρικού ρεύματος τα ιόντα μεταφέρονται διαμέσου της μεμβράνης από διαλύματα μικρότερης συγκέντρωσης σε διαλύματα μεγαλύτερης συγκέντρωσης.

Στην ηλεκτροδιάλυση το προς επεξεργασία νερό ρέει επαπτόμενο στις μεμβράνες, ενώ η κίνηση των ιόντων γίνεται κάθετα προς αυτές. Αναλυτικά, ο διαχωρισμός των ιόντων του νερού με τη βοήθεια της συγκεκριμένης μεθόδου στηρίζεται στην εφαρμογή ενός ηλεκτρικού πεδίου, το οποίο προκαλεί την κίνηση των κατιόντων προς την κάθοδο και των ανιόντων προς την άνοδο. Ταυτόχρονα, για να πραγματοποιηθεί ο διαχωρισμός ανάμεσα στα ηλεκτρόδια, υπάρχει μια σειρά ειδικών μεμβρανών οι οποίες εναλλάσσονται έτσι ώστε οι μισές να είναι διαπερατές στα ανιόντα και οι υπόλοιπες μισές στα κατιόντα. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία διαμερισμάτων, ορισμένα από τα οποία χαρακτηρίζονται από υψηλότερη συγκέντρωση σε διαλυτά συστατικά και άλλα διαμερίσματα που έχουν χαμηλότερη συγκέντρωση σε σχέση με την αρχική συγκέντρωση των συστατικών αυτών στο νερό.

Ένα τυπικό σύστημα ηλεκτροδιάλυσης περιλαμβάνει 300-500 ζεύγη στοιχείων, όπου το κάθε ζεύγος στοιχείων αποτελείται από μια μεμβράνη διέλευσης των ανιόντων, ένα διάστημα ροής νερού με υψηλή συγκέντρωση ιόντων, μια μεμβράνη διέλευσης των κατιόντων και ένα διάστημα ροής νερού με χαμηλή συγκέντρωση ιόντων, καλείται δε ζεύγος στοιχείων. Ένα τυπικό σύστημα ηλεκτροδιάλυσης περιέχει 300 έως 500 ζεύγη στοιχείων. [1]

Οι μεμβράνες ηλεκτροδιάλυσης επιτρέπουν τη διέλευση όλων των ιόντων μεταξύ των διαλυμάτων που βρίσκονται εκατέρωθεν τους υπό την επίδραση της διαφοράς δυναμικού, ωστόσο δεν επιτρέπουν τη διέλευση του νερού. Οι μεμβράνες αυτές έχουν μορφή ημιδιαφανούς πλαστικού φύλλου και είναι ενισχυμένες με συνθετικό ινώδες κάλυμμα. Έχουν πάχος 0,5 mm, είναι ορθογώνιου επίπεδου σχήματος και κατασκευάζονται σε διάφορα μεγέθη. Διακρίνονται σε κατιονικές και ανιονικές και αυτό για να επιτυγχάνεται η αντίστοιχη μεταφορά των διαλυμένων ιόντων του νερού στη σωστή κατεύθυνση. Παρουσιάζουν υψηλή εκλεκτικότητα της τάξης του 98% παρόλα αυτά όμως οι μεμβράνες ηλεκτροδιάλυσης δεν είναι ιδανικές και επιτρέπουν τη διέλευση προς τη μη επιθυμητή κατεύθυνση ενός μικρού ποσοστού ιόντων. [1]

Η ηλεκτροδιάλυση χρησιμοποιείται κυρίως για ανόργανα ιόντα και διαχωρίζει σωματίδια με

μέγεθος 0,0004 έως 0,1  $\mu\text{m}$ . Δεν ενδείκνυται για την απομάκρυνση των μικροοργανισμών και διαλυμένων οργανικών ενώσεων.

Οι μεμβράνες ηλεκτροδιάλυσης, όπως και όλες οι μεμβράνες, αντιμετωπίζουν προβλήματα ρύπανσης, καθώς ορισμένα ιόντα προσκολλώνται στην επιφάνεια τους και δεσμεύουν τις φορτισμένες θέσεις ιοντοεναλλαγής. Έτσι σχηματίζεται ένα σταθερό στρώμα φορτίου, το οποίο εμποδίζει τη διέλευση των ιόντων διαμέσου της μεμβράνης. Επιπλέον, ρύπανση προκαλούν και τα κολλοειδή σωματίδια (κυρίως του σιδήρου), τα οποία όντας φορτισμένα κινούνται προς τη μεμβράνη όπου αποφορτίζονται και επικάθονται υπό μορφή ιλύος.

Όπως και στην περίπτωση της αντίστροφης ώσμωσης, απαιτείται αντίστοιχη κατάλληλη προεπεξεργασία πριν γίνει η εισαγωγή του νερού στη διεργασία της ηλεκτροδιάλυσης. Πρέπει το νερό τροφοδοσίας να είναι απαλλαγμένο από υπολειμματικό χλώριο (πάνω από 0,5 mg/L), σίδηρο (πάνω από 0,3 mg/L), υδρόθειο (πάνω από 0,3 mg/L) και θολότητα άνω των 2 NTU.

Η ηλεκτροδιάλυση χρησιμοποιείται αποκλειστικά για υφάλμυρα και γλυφά νερά, ενώ ακόμη δεν χρησιμοποιείται ευρέως στη βιομηχανία τροφίμων για την επεξεργασία του νερού. Ωστόσο αποτελεί μια υποσχόμενη μέθοδο διήθησης, καθώς η ποιότητα των υδάτων επιβαρύνεται και η διαθέσιμη ποσότητα τους μειώνεται σε κρίσιμα όρια. Έτσι στο μέλλον για βιομηχανικές χρήσεις θα κριθεί αναγκαία η εκμετάλλευση υδάτινων πόρων ανεκμετάλλευτων μέχρι σήμερα, λόγω της αλμυρότητας τους και στην περίπτωση των ελληνικών βιομηχανιών ίσως αυτό να είναι περισσότερο χρήσιμο λόγω της υφαλμυρότητας των υπόγειων υδάτων από την γειτνίαση τους μετα θαλάσσια ύδατα.

#### **5.6.4.10 Νανοδιήθηση**

Η νανοδιήθηση αποτελεί μια διεργασία διαχωρισμού υπό την εφαρμογή πίεσης (5-20 atm) κατά την οποία απομακρύνονται σωματίδια με μέγεθος έως και 0,001  $\mu\text{m}$ . Συγκεκριμένα, απομακρύνονται μικροοργανισμοί, ουσίες που προκαλούν την εμφάνιση χρώματος και θολότητας στο νερό και ολικά διαλυμένα στερεά. Επίσης, κατακρατούνται ενώσεις, όπως παραπροϊόντα της απολύμανσης, συνθετικές οργανικές ενώσεις και φυτοφάρμακα. Οι μεμβράνες νανοδιήθησης είναι όμοιες με εκείνες που χρησιμοποιούνται στην αντίστροφη ώσμωση. [39]

#### 5.6.4.11 Μικροδιήθηση

Η μικροδιήθηση είναι η πιο παλιά μέθοδος διήθησης από όλες τις προηγούμενες και αποτελεί μια διεργασία με κινητήρια δύναμη την εφαρμογή πίεσης (1-3 atm) κατά την οποία απομακρύνονται διαλυτά και μη διαλυτά σωματίδια του νερού με μέγεθος έως 0,1 μm. [39]

Οι μεμβράνες μικροδιήθησης είναι είτε κεραμικές είτε πολυμερικές και χρησιμοποιούνται κυρίως για την απομάκρυνση των μικροοργανισμών, συγκεκριμένα των πρωτόζωων, αλλά και ορισμένων βακτηρίων και ιών. Τα μικρόφιλτρα συγκρατούν σε ικανοποιητικό βαθμό τα πρωτόζωα, όπως η *Giardia lamblia* και το *Cryptosporidium parvum* τα οποία παρουσιάζουν μεγάλη αντίσταση σε χημικά μέσα και αντιστέκονται στις μεθόδους απολύμανσης. Επιπλέον, με την μικροδιήθηση απομακρύνονται και κολλοειδή σωματίδια. Στα φίλτρα μικροδιήθησης είναι δυνατή η ανάπτυξη μικροοργανισμών οι οποίοι συσσωρεύονται και εγκλωβίζονται στην επιφάνεια των μεμβρανών.

#### 5.6.5 Φίλτρα με φυσίγγια

Τα φίλτρα με φυσίγγια (cartridge filters) είναι φίλτρα μικρού μεγέθους τα οποία χρησιμοποιούνται πριν από τα φίλτρα μεμβρανών (αντίστροφη ώσμωση, ηλεκτροδιάλυση) για την προστασία των μεμβρανών από υπερβολική μόλυνση και συσώρευση σωματιδίων. Σε αυτά τα φίλτρα χρησιμοποιούνται μεμβράνες οι οποίες είναι είτε πολυμερικές είτε κεραμικές και συνήθως βρίσκουν εφαρμογή οι μεμβράνες πολυπροπυλενίου, τεφλόν και κυτταρίνης. Τα φυσίγγια των συγκεκριμένων φίλτρων διαθέτουν επιφάνεια η οποία είναι είτε λεία είτε με πτυχές. Τα πτυχωτά φυσίγγια πλεονεκτούν των απλών καθώς οι πτυχές αυξάνουν την επιφάνεια φιλτραρίσματος, επομένως την αποτελεσματικότητα των φίλτρων.

Τα φίλτρα με φυσίγγια λόγω του μικρού μεγέθους τους δεν απαιτούν μεγάλους χώρους εγκατάστασης και έχουν σχετικά μικρό κόστος επένδυσης. Η απόδοσή τους είναι πολύ καλή και ανάλογα με την διαχωριστική ικανότητα της μεμβράνης τους κυμαίνεται και το κόστος των φυσιγγίων. Τα φυσίγγια είναι αναλώσιμα και αντικαθίστανται, ωστόσο πριν χρειασθεί αυτό, είναι δυνατός ο καθαρισμός τους για επαναχρησιμοποίηση. [10]



Εικόνα 22 Φίλτρα με φυσίγγια απλά

## 5.6 Αποσκλήρυνση [1], [9], [13], [15], [16], [49]

### 5.7.1 Γενικά

Η αποσκλήρυνση είναι μια διεργασία η οποία στοχεύει στην απομάκρυνση κυρίως των ιόντων  $\text{Ca}^{+2}$  και  $\text{Mg}^{+2}$  από το νερό, τα οποία είναι ανεπιθύμητα σε πολλές βιομηχανικές εφαρμογές επειδή δημιουργούν επικαθίσεις και προσδίδουν άσχημη γεύση στα τρόφιμα. Επίσης, με την αποσκλήρυνση, απομακρύνονται και άλλα ιόντα όπως τα  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Mn}^{+2}$ ,  $\text{Ba}^{+2}$ ,  $\text{Zn}^{+2}$ ,  $\text{Al}^{+3}$  τα οποία όμως βρίσκονται στο νερό συνήθως σε μικρότερες συγκεντρώσεις. Η αποσκλήρυνση είναι μια πολύ σημαντική διαδικασία στις βιομηχανίες τροφίμων διότι συχνά το νερό που χρησιμοποιείται έχει υψηλή σκληρότητα η οποία πρέπει να απομακρυνθεί.

Η σκληρότητα ως γνωστό εκφράζεται σαν περιεκτικότητα του νερού σε πολυσθενή κατιόντα και κυρίως σε  $\text{Ca}^{+2}$  και  $\text{Mg}^{+2}$ . Η σκληρότητα του νερού αποτελεί σημαντικό πρόβλημα για την

καλή λειτουργία της βιομηχανίας τροφίμων διότι προκαλεί αρνητικές συνέπειες και εμπλέκεται σε όλες τις βιομηχανικές χρήσεις. Συγκεκριμένα, η χρήση «σκληρού» νερού οδηγεί στο σχηματισμό ανθρακικών και άλλων επικαθίσεων στον εξοπλισμό του εργοστασίου, στους ατμολέβητες, στις σωληνώσεις, στους πύργους ψύξης, επίσης μειώνει την αποτελεσματικότητα των καθαριστικών μέσων και επιδρά αρνητικά στη γεύση των παραγόμενων τροφίμων. Είναι εμφανές ότι η σκληρότητα συντελεί στην αύξηση του κόστους συντήρησης του εξοπλισμού μιας βιομηχανίας τροφίμων και στην υποβάθμιση των προϊόντων της.

Με βάση τα παραπάνω, η αποσκλήρυνση δικαιολογεί τη μεγάλη σημασία που έχει και γι' αυτό βρίσκει εφαρμογή σε όλες τις βιομηχανίες τροφίμων ως στάδιο επεξεργασίας του νερού. Η αποσκλήρυνση πραγματοποιείται με δυο τρόπους, με χρήση υδροξειδίου του ασβεστίου ή νατρίου και ιοντοεναλλαγή, οι οποίοι θα αναφερθούν στη συνέχεια.

### **5.7.2 Αποσκλήρυνση με υδροξείδιο του ασβεστίου/ νατρίου**

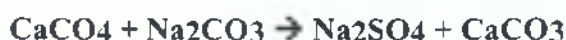
Το υδροξείδιο του ασβεστίου χρησιμοποιείται πολύ συχνά στην αποσκλήρυνση και έχει πολλαπλή δράση. Συγκεκριμένα, εξουδετερώνει το διοξείδιο του άνθρακα, μετατρέπει τα δισόξινα ανθρακικά άλατα ασβεστίου σε ανθρακικά άλατα ασβεστίου και προκαλεί την καθίζηση του ανθρακικού ασβεστίου και του υδροξειδίου του μαγνησίου.

Οι αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα είναι οι εξής:



Η απομάκρυνση πραγματοποιείται και με την προσθήκη υδροξειδίου του νατρίου, όπου απομακρύνονται και μη ανθρακικά άλατα και συμβαίνουν οι παρακάτω αντιδράσεις:





Σε πολλές περιπτώσεις χρησιμοποιείται συνδυασμός υδροξειδίου ασβεστίου και νατρίου ο οποίος έχει μικρότερο λειτουργικό κόστος. [9], [13]

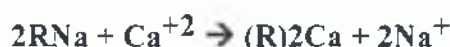
### 5.7.3 Αποσκλήρυνση με ιοντοεναλλαγή

Η ιοντοεναλλαγή αποτελεί μια φυσικοχημική διεργασία (ρόφηση) κατά την οποία λαμβάνει χώρα μεταφορά ιόντων από το νερό σε ένα αδιάλυτο στερεό και αντίστροφα. Είναι μια μέθοδος η οποία βρίσκει συχνά εφαρμογή στις βιομηχανίες τροφίμων για την απομάκρυνση της σκληρότητας, δηλαδή των μετάλλων τα οποία υφίστανται στο νερό ως ιόντα και εμφανίζουν θετικό φορτίο.

Η πραγματοποίηση της αποσκλήρυνσης με ιοντοεναλλαγή γίνεται με τη χρήση ειδικών ρητινών, οι οποίες κυρίως παρασκευάζονται από τον συμπολυμερισμό του στυρενίου και του διβινυλοβενζολίου. Το συμπολυμερές αυτό έχει ως βάση το πολυστυρένιο, ενώ το διβινυλοβενζόλιο χρησιμοποιείται ως συνδετικό πλέγμα μεταξύ των αλυσίδων του πολυστυρενίου, εξασφαλίζοντας έτσι τη σκληρότητα και τη δυσδιαλυτότητα του.

Οι ρητίνες ιοντοεναλλαγής έχουν τη μορφή σφαιρικών κόκκων και η διάμετρος τους κυμαίνεται από 0,3 έως 1,2 mm. Διακρίνονται σε ανιονικές και κατιονικές ρητίνες, με τις ανιονικές ρητίνες να παρουσιάζουν μικρότερη χημική σταθερότητα από τις κατιονικές, με αποτέλεσμα να παρατηρείται βαθμιαία ελάττωση της συνολικής εναλλακτικής τους ικανότητας. [1]

Για την επεξεργασία του νερού, χρησιμοποιούνται ισχυρά κατιονικές ρητίνες οι οποίες κατά τη διαδικασία της αποσκλήρυνσης, δεσμεύουν το ασβέστιο και το μαγνήσιο του νερού, αποδεσμεύοντας παράλληλα νάτριο. Η συγκεκριμένη διεργασία αποσκλήρυνσης περιγράφεται από τις εξής αντιδράσεις:



Η δέσμευση των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου που περιέχονται στο νερό, επιτυγχάνεται σε όλη τη μάζα της κλίνης ιοντοεναλλαγής, καθώς το νερό εισέρχεται από το πάνω μέρος της

κλίνης και στη συνέχεια μέσω ενός συστήματος κατανομής, ρέει ομοιόμορφα ανάμεσα στις ρητίνες ιοντοεναλλαγής και εξέρχεται από το σύστημα συλλογής στο κάτω μέρος της στήλης.

Ωστόσο, η συνεχής και αποτελεσματική λειτουργία μιας κλίνης ιοντοεναλλαγής δεν βασίζεται μόνο στη διαδικασία της δέσμευσης των ιόντων που περιέχει το νερό και προκαλούν την εμφάνιση σκληρότητας, αλλά προϋποθέτει και την αναγέννηση των ρητινών ιοντοεναλλαγής. Συγκεκριμένα, κατά την αποσκλήρυνση του νερού με ιοντοεναλλαγή, διεξάγονται τα εξής στάδια:

- Δέσμευση των ιόντων
- Αντίστροφη πλύση
- Αναγέννηση
- Εκτόπιση
- Έκπλυση

Η ύπαρξη των υπόλοιπων σταδίων εκτός της δέσμευσης, είναι αναγκαία καθώς είναι προφανές ότι η ικανότητα των ρητινών να δεσμεύουν ιόντα είναι πεπερασμένη. Έτσι, μετά την ολοκλήρωση ορισμένων κύκλων αποσκλήρυνσης, οι ρητίνες κορένονται και η διεργασία της ιοντοεναλλαγής σταματά.

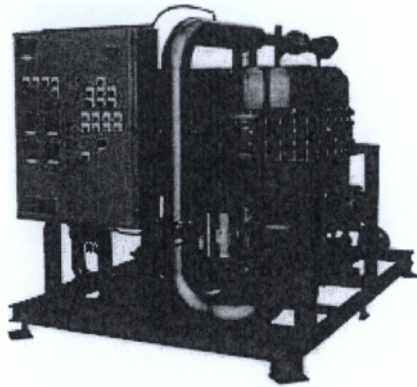
Η αντίστροφη πλύση της κλίνης, συντελεί στην αναδιάταξη των κόκκων της ρητίνης με τη δημιουργία βαθμιαίας αύξησης του μεγέθους τους από την κορυφή προς τον πυθμένα της κλίνης και οδηγεί στην απομάκρυνση των αιωρούμενων σωματιδίων που συγκρατούνται από τη ρητίνη.

Η αναγέννηση συντελεί στην αποδέσμευση των ιόντων που έχει ήδη συγκρατήσει η ρητίνη και πραγματοποιείται διαβιβάζοντας πυκνό διάλυμα χλωριούχου νατρίου. Στην περίπτωση της επεξεργασίας νερού σε βιομηχανίες τροφίμων, επιλέγεται διάλυμα χλωριούχου νατρίου, καθώς το NaCl αποτελεί δότη του ιόντος που θέλουμε να δεσμεύσει η ρητίνη, δηλαδή του νατρίου. Η ροή του διαλύματος αναγέννησης γίνεται είτε κατά την ίδια κατεύθυνση του προς επεξεργασία νερού (ομοροή), είτε κατά την αντίθετη κατεύθυνση (αντιροή).

Το στάδιο της εκτόπισης, συμβάλλει στην απομάκρυνση του διαλύματος της αναγέννησης και γι' αυτό διοχετεύεται νερό μέσα από την κλίνη, με ίδια κατεύθυνση ροής με εκείνη του σταδίου της αναγέννησης. Τέλος, η έκπλυση αποτελεί μια διαδικασία όπου εισέρχεται καθαρό νερό από το



πάνω μέρος της κλίνης ιοντοεναλλαγής, με σκοπό την πλήρη απομάκρυνση του αντιδραστηρίου αναγέννησης που στην προκειμένη περίπτωση είναι το NaCl. [1], [9], [13]



Εικόνα 23 Αποσκληρύντες με ιοντοεναλλαγή.

## 5.7 Απολύμανση [1], [9], [10], [11], [13], [14], [16], [30], [31], [32], [33], [34], [35], [36], [37], [38], [43], [53], [58]

### 5.8.1 Γενικά

Η απολύμανση αποτελεί μια διεργασία επεξεργασίας του νερού, η οποία στοχεύει στην θανάτωση ή στην αδρανοποίηση των μικροοργανισμών, κυρίως των παθογόνων που μπορεί να περιέχονται στο νερό. Αποσκοπεί στην ελάττωση του μικροβιακού φορτίου σε μηδενική τιμή ή σε πάρα πολύ χαμηλά επίπεδα, έτσι ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος για την ασφάλεια των παραγόμενων τροφίμων που περιέχουν ως συστατικό το νερό και κατ' επέκταση για τη δημόσια υγεία.

Η αναγκαιότητα εφαρμογής ειδικών μεθόδων για την απομάκρυνση και την καταστροφή των μικροοργανισμών στο νερό, έγκειται στο γεγονός ότι οι προαναφερθείσες διεργασίες επεξεργασίας του νερού (κροκίδωση, συσσωμάτωση, διήθηση) δεν έχουν αυτό ως βασικό σκοπό

και αδυνατούν να το επιτύχουν στον αναγκαίο και επιθυμητό βαθμό. Επίσης, πρέπει να αναφερθεί ότι λόγω του πολύ μικρού μεγέθους των μικροοργανισμών (όπως οι ιοί), είναι δύσκολο να απομακρυνθούν πλήρως από το νερό, μόνο με τις προηγούμενες φυσικοχημικές διεργασίες, με αποτέλεσμα η απολύμανση του νερού να είναι απαραίτητη.

Ωστόσο, η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης ως προς τη θανάτωση των παθογόνων μικροοργανισμών, υπόκειται σε συνεχή έλεγχο, με την πραγματοποίηση κατάλληλων μικροβιολογικών αναλύσεων οι οποίες υποδεικνύουν την πραγματική καλή κατάσταση του νερού ή την ανάγκη λήψης επιπρόσθετων μέτρων (αντικατάσταση, ισχυρότερη απολύμανση) και διορθώσεων.

Οι διεργασίες απολύμανσης οδηγούν στην καταστροφή των μικροοργανισμών, ακολουθώντας συγκεκριμένους μηχανισμούς οι οποίοι και θα αναφερθούν στη συνέχεια. Ωστόσο, η μικροβιοκτόνος δράση της απολύμανσης εξαρτάται από το είδος των μέσων που θα χρησιμοποιηθούν, τις επικρατούσες συνθήκες, το είδος των μικροοργανισμών και την ποιότητα του προς επεξεργασία νερού. Τέλος, επισημαίνεται ότι οι μέθοδοι απολύμανσης πρέπει να υπόκεινται σε ορισμένους περιορισμούς, καθώς λόγω της ισχυρής δράσης τους, είναι απαραίτητο να εξασφαλίζεται ότι ταυτόχρονα δεν προκαλούν δευτερογενή μόλυνση του νερού.

### **5.8.2 Μηχανισμοί απολύμανσης**

Η απολύμανση και τα μέσα που χρησιμοποιούνται για την καταστροφή των μικροοργανισμών, δρουν σύμφωνα με τρεις διαφορετικούς τρόπους:

- Καταστροφή ή εξασθένιση της οργάνωσης της κυτταρικής δομής
- Παρέμβαση στο μεταβολισμό των μικροβιακών κυττάρων
- Αναστολή στη βιοσύνθεση και την ανάπτυξη των κυττάρων

Γενικότερα, η απολύμανση προκαλεί τη δημιουργία τοξικών ουσιών που δηλητηριάζουν και οδηγούν στη θανάτωση των μικροοργανισμών, τη μεταβολή της χημικής σύνθεσης των ενζύμων και την αδρανοποίησή τους, με αποτέλεσμα την απορρύθμιση του μεταβολισμού, την αλλοίωση της δομής και την παρεμπόδιση της ανάπτυξης των μικροβιακών κυττάρων. [1]

### 5.8.3 Παράγοντες που επηρεάζουν την απολύμανση

Η απολύμανση είναι μια διεργασία, η οποία εξαρτάται από πολλούς παράγοντες που έχουν σχέση είτε με τα χαρακτηριστικά και τις ιδιότητες του ίδιου του μέσου απολύμανσης, είτε με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού. Στη συνέχεια αναφέρονται οι πιο κρίσιμοι παράγοντες που επιδρούν στην αποτελεσματικότητα της απολύμανσης.

- Χαρακτηριστικά του μέσου απολύμανσης

Τα χαρακτηριστικά ενός απολυμαντικού μέσου που ενδιαφέρουν είναι η οξειδωτική του ικανότητα, η δυνατότητα διάχυσης του μέσα στο κύτταρο και η μικροβιοκτόνος δράση του.

- Δόση απολυμαντικού μέσου

Η δόση του μέσου απολύμανσης που θα προστεθεί στο νερό, είναι βασικός παράγοντας, στον οποίο βασίζεται η αποδοτικότητα και η πλήρης καταστροφή των μικροοργανισμών. Η ποσότητα που προστίθεται εξαρτάται από την δραστηριότητα του μέσου και από το μικροβιακό φορτίο του νερού.

- Χρόνος επαφής

Πολύ σημαντική μεταβλητή για την ορθή απολύμανση αποτελεί ο χρόνος επαφής του μέσου απολύμανσης με το νερό. Ο χρόνος επαφής είναι ένας ελεγχόμενος παράγοντας, εκτιμάται προσεκτικά και επιλέγεται ανάλογα με το πλήθος, το είδος των μικροοργανισμών και το επίπεδο καταστροφής που απαιτείται να επιτευχθεί.

- Ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού

Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού τα οποία επηρεάζουν την απόδοση της απολύμανσης, είναι:

- Τα σωματίδια που περιέχει το νερό και τα οποία εμποδίζουν την απολύμανση, καθώς αποτελούν πυρήνες ανάπτυξης και εστίες προστασίας των μικροοργανισμών από τη δράση του απολυμαντικού μέσου.

- Οι οργανικές ενώσεις οι οποίες δρουν αρνητικά επειδή αντιδρούν με τα απολυμαντικά μέσα, εξουδετερώνοντας τα και σχηματίζοντας νέες ενώσεις οι οποίες δεν έχουν μικροβιοκτόνο ικανότητα.
- Ενώσεις όπως ο σίδηρος, το μαγγάνιο, το υδρόθειο, τα κυανιούχα και τα νιτρώδη άλατα, επιβαρύνουν τη δράση των απολυμαντικών μέσων, καθώς οξειδώνονται από αυτά και καταναλώνουν σημαντικές ποσότητες αυτών.
- Το pH του νερού, το οποίο εκτός από τις επιδράσεις που έχει στους ίδιους τους μικροοργανισμούς, μεταβάλλει και τη χημική μορφή του απολυμαντικού μέσου, η οποία έχει άμεση σχέση με τη δραστηριότητα του.
- Η θερμοκρασία, όπως σε όλες τις αντιδράσεις, επηρεάζει το ρυθμός των διαφόρων δράσεων που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της απολύμανσης, όπως τη διάχυση του μέσου στα κυτταρικά τοιχώματα, το ρυθμό αντίδρασης του με τα ένζυμα και την ταχύτητα σχηματισμού δευτερογενών μικροβιοκτόνων ενώσεων.

[1]

- Μικροοργανισμοί

Οι μικροοργανισμοί αποτελούν το σπουδαιότερο παράγοντα, καθώς το πλήθος του μικροβιακού φορτίου, το είδος των μικροοργανισμών και η ανθεκτικότητα που αυτοί παρουσιάζουν σχετίζεται άμεσα με την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης.

Είναι γνωστό ότι πολλοί μικροοργανισμοί υπάρχουν σε ειδικές μορφές, οι οποίες είναι εξαιρετικά ανθεκτικές στα μέσα απολύμανσης. Ενδεικτικό παράδειγμα αποτελούν τα σπόρια των βακτηρίων, οι ιοί, οι κύστες και οι ωοκύστες των πρωτόζωων. Η ανθεκτικότητα τους οφείλεται στην περίπτωση των βακτηρίων και των πρωτόζωων στην αντίσταση του κυτταρικού τους τοιχώματος, το οποίο εμποδίζει τη διάχυση του μέσου απολύμανσης στο εσωτερικό του κυττάρου και στους ιούς στην έλλειψη ενζύμων και άλλων ευαίσθητων ευπρόσβλητων μονάδων σε αυτούς.

Ο αριθμός των μικροοργανισμών είναι επίσης κρίσιμος παράγοντας γιατί απαιτεί την

προσθήκη κατάλληλης ποσότητας μέσου απολύμανσης, αλλά και η ποικιλία των μικροοργανισμών είναι σημαντικό θέμα. καθώς ενδέχεται η απολύμανση να μην μπορεί να αντιμετωπίσει ισοδύναμα και να καταστρέψει όλο το φάσμα των μικροβίων.

#### **5.8.4 Επιλογή μέσου απολύμανσης**

Κατά την επιλογή ενός μέσου απολύμανσης, λαμβάνονται υπόψη αρκετά κριτήρια συμπεριλαμβανομένων και ορισμένων παραγόντων, οι οποίοι αναφέρθηκαν παραπάνω και σχετίζονται με την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης. Οι κυριότεροι παράγοντες οι οποίοι εξετάζονται για να επιλεγεί το κατάλληλο μέσο απολύμανσης είναι:

- Η υψηλή μικροβιοκτόνος δράση
- Το ευρύ φάσμα δράσης του να καλύπτει αποτελεσματικά όλες τις κατηγορίες των μικροοργανισμών που υπάρχουν στο νερό
- Το χαμηλό κόστος εγκατάστασης και συντήρησης του εξοπλισμού συστήματος απολύμανσης, αλλά και του λειτουργικού κόστους
- Να μην δημιουργεί τοξικά και επικίνδυνα παραπροϊόντα
- Να είναι φιλικό προς τους εργαζόμενους και να μην δημιουργεί σοβαρούς κινδύνους για την υγεία του προσωπικού και το περιβάλλον
- Να μην επηρεάζει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού
- Επίσης ένα σημαντικό παράγοντας είναι η ικανότητα του απολυμαντικού μέσου να διατηρεί μια υπολειμματική συγκέντρωση στο σύστημα διανομής.

Με βάση τα παραπάνω κριτήρια και προϋποθέσεις γίνεται η επιλογή του μέσου απολύμανσης, η οποία ωστόσο δεν οδηγεί άμεσα στην άριστη λύση για αυτό και επιβάλλεται η τελική επιλογή να γίνεται με συγκριτική εργαστηριακή δοκιμή των προτεινόμενων απολυμαντικών μέσων.

Στον επόμενο πίνακα παρουσιάζονται συνοπτικά τα χαρακτηριστικά των πιο γνωστών και συχνότερα χρησιμοποιούμενων μεθόδων απολύμανσης στις βιομηχανίες τροφίμων και

πραγματοποιείται σύγκριση μεταξύ τους με βάση τις ιδιότητες τους. 2

Πίνακας 17: Σύγκριση των μεθόδων απολύμανση [16]

| Μέθοδος                   | Χλωρίωση              |                  | Οξονισμός         | Υπεριώδης ακτινοβολία |
|---------------------------|-----------------------|------------------|-------------------|-----------------------|
|                           | Αέριο Cl <sub>2</sub> | ClO <sub>2</sub> |                   |                       |
| Κατηγορία                 |                       |                  |                   |                       |
| Μέγεθος εργοστασίου       | όλα τα μεγέθη         | μικρά έως μεσαία | μεσαία έως μεγάλα | μικρά έως μεσαία      |
| Αξιοπιστία εξοπλισμού     | καλή                  |                  | μέτρια            | μέτρια                |
| Πολυπλοκότητα τεχνολογίας | μέτρια                |                  | ιδιαίτερη         | μέτρια                |
| Ασφάλεια                  | καλή                  |                  | μέτρια            | ελάχιστη              |
| Ευκολία εγκατάστασης      | ναι                   |                  | ναι               | ναι                   |
| Ευκολία συντήρησης        | ναι                   |                  | όχι               | ναι                   |
| Συχνότητα συντήρησης      | συχνή                 |                  | συνεχής           | όχι συχνή             |
| Σύστημα ελέγχου           | καλό                  | μέτριο           | καλό              | εξαιρετικό            |
| Κίνδυνοι                  | υψηλοί                | μέτριοι          | υψηλοί            | χαμηλοί               |
| Μικροβιοκτόνος δράση      | σχετικά καλή          |                  | άριστη            | πολύ καλή             |
| Οξειδωτική ισχύς          | καλή                  |                  | άριστη            | πολύ καλή             |

|                                |                     |          |                    |                   |
|--------------------------------|---------------------|----------|--------------------|-------------------|
| <b>Εξάρτηση από pH</b>         | μεγάλη              | ελάχιστη | ελάχιστη           | καθόλου           |
| <b>Αντίδραση με αμμωνία</b>    | ναι                 | όχι      | όχι                | όχι               |
| <b>Χρόνος επαφής</b>           | μέτριος (30-60 min) |          | μικρός (10-20 min) | ελάχιστος (5 sec) |
| <b>Υπολειμματικό μέσο</b>      | ελάχιστο            | μέτριο   | καθόλου            | καθόλου           |
| <b>Επικίνδυνα παραπροϊόντα</b> | αρκετά              | λίγα     | σχεδόν καθόλου     | καθόλου           |
| <b>Πάγιο κόστος</b>            | χαμηλό              |          | υψηλό              | χαμηλό            |
| <b>Λειτουργικό κόστος</b>      | χαμηλό              | μέτριο   | υψηλό              | χαμηλό            |
| <b>Κόστος συντήρησης</b>       | μέτριο              |          | υψηλό              | χαμηλό            |

### 5.8.5 Είδη απολύμανσης

#### 5.8.5.1 Γενικά

Η απολύμανση του νερού επιτυγχάνεται με χημικά και μη χημικά μέσα. Στα μη χημικά μέσα απολύμανσης του νερού ανήκουν η υπεριώδης ακτινοβολία, η θέρμανση, η αποστειρωτική διήθηση και η ραδιενεργός ακτινοβολία. Στα χημικά απολυμαντικά μέσα ανήκουν το αέριο χλώριο, το υποχλωριώδες νάτριο, το διοξείδιο του χλωρίου, το βρώμιο, το ιώδιο, οι χλωραμίνες, το υπεροξείδιο του υδρογόνου και το όζον, όπως επίσης και ορισμένες οργανικές ενώσεις, το μεθυλενοδιθειοκυάνιο, το διβρωμονιτριλοπροπιοναμίδιο, οι ισοθειαζολόνες κ.α.

Επιπλέον, τα χημικά μέσα παίζουν αρκετά σημαντικό ρόλο εκτός από το τελικό στάδιο της απολύμανσης, και στις υπόλοιπες διεργασίες επεξεργασίας του νερού και γι' αυτό προστίθενται σε αρκετά σημεία των αντίστοιχων διατάξεων. Συνήθως χρησιμοποιούνται για την επίτευξη μιας σειράς στόχων, όπως είναι:

- Η απομάκρυνση του χρώματος
- Η βελτίωση των οργανοληπτικών χαρακτηριστικών (οσμής- γεύση)
- Η καταστροφή ορισμένων οργανικών ρυπαντών
- Η ιζηματοποίηση μετάλλων

[1]

#### **5.8.5.2 Υπεριώδης ακτινοβολία [1], [9], [10], [16], [30], [31], [32], [33], [34], [35], [53]**

Η υπεριώδης ακτινοβολία βρίσκει εφαρμογή στην απολύμανση του νερού, καθώς είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική στην καταστροφή μονοκύτταρων μικροοργανισμών, όπως είναι τα παθογόνα μικρόβια. Η καταστροφή των μικροοργανισμών οφείλεται στην απορρόφηση της υπεριώδους ακτινοβολίας (ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία 100-400 nm) από το γενετικό υλικό των κυττάρων.

Η επεξεργασία του νερού πραγματοποιείται σε δυο μήκη κύματος στα 254 nm και στα 185 nm. Η ακτινοβολία της τάξης των 254 nm έχει την ικανότητα να διαπερνά το εξωκυτταρικό τοίχωμα, να εισέρχεται στο κυτταρόπλασμα του μικροοργανισμού και να μεταλλάσσει το γενετικό του υλικό (DNA). Επισημαίνεται ότι ως άριστο μήκος κύματος θεωρείται η τιμή των 265 nm. Ένα τυπικό σύστημα απολύμανσης με υπεριώδη ακτινοβολία αποτελείται από ένα κυλινδρικό θάλαμο εφοδιασμένο με λυχνίες υπεριώδους ακτινοβολίας (πλάσματος υδραργύρου ή αντιμονίου) οι οποίες βρίσκονται μέσα σε σωληνοειδή περιβλήματα χαλαζία. Πάνω σε αυτά τα καλύμματα ρέει το νερό, γύρω από το λαμπτήρα σε ρηχό επίπεδο, έτσι ώστε οι υπεριώδεις ακτίνες να απορροφούνται γρήγορα από το νερό (χρόνος επαφής <1min) και να καταστρέφονται οι διάφοροι μικροοργανισμοί. [10]

Για την πραγματοποίηση της απολύμανσης χρησιμοποιούνται ορισμένα είδη λυχνίων, όπως φαίνονται και στον πίνακα 18. Συνήθως επιλέγονται λαμπτήρες χαμηλής πίεσης ατμών υδραργύρου



με ισχύ έως και 200 W, οι οποίοι εκπέμπουν μήκη κύματος σε εύρος 200-250 nm και έχουν μέση διάρκεια ζωής 2000 και 4000 h.

Πίνακας 18: Είδη και χαρακτηριστικά λυχνιών υπεριώδους ακτινοβολίας [31]

| Παράμετροι                        | Είδος λυχνίας                     |                                  |                                  |
|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
|                                   | Χαμηλής πίεσης<br>Χαμηλής έντασης | Χαμηλής πίεσης<br>Υψηλής έντασης | Μεσαίας πίεσης<br>Υψηλής έντασης |
| Κατανάλωση ενέργειας (W)          | 15-70                             | 120-260                          | 4000                             |
| Εκπομπή της λυχνίας<br>(W/cm, nm) | 0,1-0,2<br>245                    | 0,5-1,0<br>254                   | 3<br>συνολικό UVC                |
| Θερμοκρασία<br>(oC)               | 30                                | 100                              | 600                              |

Δίνεται ως παράδειγμα, ότι για πάχος 15-20 cm, στο οποίο επιδρά υπεριώδης ακτινοβολία που εκπέμπεται από λυχνία ισχύος 36 W, επικρατεί ρυθμός αποστείρωσης 3 m<sup>3</sup>/h. Πρακτικά για ικανοποιητική απολύμανση απαιτούνται 40 W·h/m<sup>3</sup> ειδική κατανάλωση ενέργειας.

Η υπεριώδης ακτινοβολία καταστρέφει τους μικροοργανισμούς σε ποσοστό άνω του 90% και είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική μέθοδος στην περίπτωση των ιών και αρκετών παθογόνων βακτηρίων. Ωστόσο, ενώ οι περισσότεροι μικροοργανισμοί προσβάλλονται από την υπεριώδη ακτινοβολία, ορισμένοι παρουσιάζουν διαφορετική ανθεκτικότητα, που εξαρτάται από τη δομή και το πάχος του κυτταρικού τοιχώματος. Αρκετά είδη μικροοργανισμών αδρανοποιούνται για ένα μικρό χρονικό διάστημα και στη συνέχεια επαναδραστηριοποιούνται ερχόμενα σε επαφή με το ηλιακό φως.

Ιδιαίτερα ανθεκτικά στην υπεριώδη ακτινοβολία είναι τα πρωτόζωα (*Giardia Lamblia*, *Cryptosporidium parvum*) που είναι κρίσιμοι μολυντές, τα σπόρια, τα φλαβοβακτήρια, οι μύκητες και οι ζύμες. Γι' αυτά τα μικροβιακά είδη και κυρίως τα πρωτόζωα *Giardia Lamblia* και *Cryptosporidium parvum*, παρατηρείται από κάποια πειράματα ότι η μετάβαση από τη χρήση λυχνιών μεσαίας πίεσης και υψηλής έντασης οδηγεί στην καταστροφή τους έως 99%.

Βέβαια, εκτός του είδους των μικροοργανισμών, η επιτυχής απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία εξαρτάται και από άλλους παράγοντες, όπως είναι ο αριθμός των μικροοργανισμών, τα σωματίδια (οργανικά, σίδηρος) που περιέχει το νερό, διάφορες φυσαλίδες και η δόση της υπεριώδους ακτινοβολίας (= [ένταση]· [χρόνος επαφής]). Είναι γεγονός ότι η ύπαρξη πολλών ξένων σωμάτων (υψηλή θολότητα) στο νερό μειώνει δραστικά την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης, καθώς αυτά απορροφούν σημαντικό μέρος της ακτινοβολίας και αποτελούν προστατευτικό κάλυμμα για τους μικροοργανισμούς. Ακόμη και η σκληρότητα του νερού επιδρά αρνητικά στην απολύμανση, καθώς οδηγεί στο σχηματισμό επικαθίσεων στις διατάξεις γύρω από τη λυχνία, που ελαττώνουν την ένταση της ακτινοβολίας. [33]

Η απολύμανση με υπεριώδη ακτινοβολία είναι μια άμεση μέθοδος επεξεργασίας του νερού, η οποία δεν απαιτεί τη χρήση δοχείων αναμονής και είναι πλήρως συμβατή με τις άλλες μεθόδους επεξεργασίας. Πλεονεκτεί σε σχέση με τις άλλες μεθόδους απολύμανσης, στο γεγονός ότι δεν μεταβάλλει την ποιότητα του νερού, καθώς δεν προσδίδει σε αυτό χρώμα, οσμή, γεύση και δεν οδηγεί στο σχηματισμό επικίνδυνων παραπροϊόντων. Είναι μια μέθοδος η οποία απλά διοχετεύει ενέργεια υπό μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στο νερό για να επιτευχθεί η θανάτωση των μικροοργανισμών.

Με βάση τα παραπάνω, είναι εμφανές ότι το είδος αυτό της ακτινοβολίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε μεγάλες δόσεις, χωρίς κίνδυνο δευτερογενούς μόλυνσης, έχοντας ως αντίβαρο το επιπλέον κόστος περισσότερης ενέργειας και ισχυρότερων λυχνιών ή απλά τη δαπάνη μεγαλύτερου χρόνου επαφής της ακτινοβολίας με το νερό.

Επίσης, σημαντικό πλεονέκτημα αποτελεί το χαμηλό κόστος εγκατάστασης, όπως και το σχετικά μικρό κόστος της μεθόδου. Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι η θερμοκρασία και το pH δεν επηρεάζουν την απόδοση της απολύμανσης με υπεριώδη ακτινοβολία.

### 5.8.5.3 Θερμότητα [1]

Η θέρμανση (βρασμός) αποτελεί μια μέθοδο απολύμανσης του νερού η οποία καταστρέφει τους περισσότερους σπορογόνους μικροοργανισμούς. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται σε

ορισμένες βιομηχανίες τροφίμων, δεν προσφέρεται όμως για μεγάλες ποσότητες νερού εξαιτίας του υψηλού κόστους που απαιτείται.

#### **5.8.5.4 Χλωρίωση** [1], [9], [10], [11], [13], [16], [30], [34], [35], [36], [37], [58]

Η χλωρίωση αποτελεί την πιο διαδεδομένη μέθοδο απολύμανσης του νερού για την καταστροφή των μικροοργανισμών. Γι' αυτή τη διεργασία χρησιμοποιούνται χημικές ενώσεις με βάση το χλώριο, με κυριότερους εκπρόσωπους, το αέριο χλώριο, τα υποχλωριώδη άλατα και το διοξείδιο του χλωρίου. Συγκεκριμένα στις βιομηχανίες τροφίμων, από τα προηγούμενα χημικά μέσα χλωρίωσης, προτιμάται η χρήση κυρίως των υποχλωριωδών αλάτων.

Η χρήση του χλωρίου και των παραγώγων του στην απολύμανση, έχει ορισμένα πλεονεκτήματα τα οποία είναι:

- Παρουσιάζουν σχετικά καλή μικροβιοκτόνο δράση
- Δεν επηρεάζονται από τα άλατα του νερού
- Είναι αποτελεσματικά ακόμη και σε υψηλή αραίωση
- Καταστρέφουν μεγάλο εύρος μικροοργανισμών
- Παρασκευάζονται και χρησιμοποιούνται εύκολα
- Χρησιμοποιούνται εύκολα σε ποικίλες συγκεντρώσεις

Πίνακας 19: Διαθέσιμο χλώριο ορισμένων μέσων χλωρίωσης του νερού [1]

| Ένωση                   | % διαθέσιμο χλώριο |
|-------------------------|--------------------|
| Cl <sub>2</sub> (αέριο) | 100                |
| ClO <sub>2</sub>        | 263                |
| Ca(OCl) <sub>2</sub>    | 70                 |
| NaOCl                   | 12-15              |
| NaOCl (κοινή)           | 3-5                |
| (CONCl) <sub>3</sub>    | 85                 |

Η χλωρίωση σε μια βιομηχανία τροφίμων λαμβάνει χώρα σε δυο στάδια, έτσι σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις υπάρχει το στάδιο της προχλωρίωσης και το στάδιο της μεταχλωρίωσης. Η προχλωρίωση είναι μια διεργασία, η οποία έχει ως σκοπό την αντιμετώπιση της βιολογικής λάσπης, τη διευκόλυνση της θρόμβωσης, την ελάττωση του μικροβιακού φορτίου και την οξείδωση ορισμένων ενώσεων και ιόντων όπως το H<sub>2</sub>S, το Fe και το Mn και η μεταχλωρίωση είναι ουσιαστικά η διαδικασία όπου πραγματοποιείται η απολύμανση του νερού. [16]

- Αέριο χλώριο

Το αέριο χλώριο έχει μικροβιοκτόνο δράση και απολυμαίνει το νερό, στην πραγματικότητα όμως το υποχλωριώδες οξύ είναι εκείνο που έχει απολυμαντική δράση. Το υποχλωριώδες οξύ παράγεται από το αέριο χλώριο όταν αυτό διαλυθεί στο νερό, οπότε και λαμβάνει χώρα ταχεία υδρόλυση του σύμφωνα με την παρακάτω αντίδραση:



Το υποχλωριώδες οξύ που σχηματίζεται είναι ασθενές οξύ και η παρουσία του στο νερό εξαρτάται κυρίως από το pH. Έτσι, σε τιμές pH < 2, η προηγούμενη δράση μετατοπίζεται προς τα δεξιά, με αποτέλεσμα το χλώριο να υφίσταται ως αέριο, σε τιμές pH 2 έως 6 παράγεται το HOCl, ενώ για τιμές pH > 6 το HOCl διάσπασται σε υποχλωριώδη ιόντα (OCl<sup>-</sup>). Η απολυμαντική δράση του

HOCl οφείλεται στο μικρό μοριακό του μέγεθος, αλλά και στην ηλεκτρική του ουδετερότητα που του επιτρέπει να διαπερνά ευκολότερα την κυτταρική μεμβράνη.

Είναι εμφανές ότι η δράση του αερίου χλωρίου εξαρτάται σημαντικά από το pH του νερού. Ταυτόχρονα η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης με αέριο χλώριο είναι συνάρτηση και της θερμοκρασίας, της δόσης της χλωρίωσης, του χρόνου επαφής, του είδους των μικροοργανισμών, την παρουσία οργανικής ύλης στο νερό, καθώς και από άλλα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού (θολότητα). Η ύπαρξη αιωρούμενων σωματιδίων στο νερό υποβαθμίζει σημαντικά τη μικροβιοκτόνο δράση της χλωρίωσης, καθώς οι παθογόνοι μικροοργανισμοί ενσωματώνονται στα σωματίδια και προστατεύονται από το χλώριο με το οποίο δεν έρχονται σε επαφή.

Το αέριο χλώριο καταστρέφει αρκετούς μικροοργανισμούς, ωστόσο εμφανίζει μικρή αποτελεσματικότητα έναντι στα παράσιτα και τα πρωτόζωα. Επίσης, χρειάζονται σχετικά υψηλές δόσεις χλωρίου για τη θανάτωση των σπορίων και των κυστών.

Σχετικά με το pH, όπως προαναφέρθηκε, η απολυμαντική δράση του χλωρίου (συνεπάγεται του HOCl) είναι καλύτερη σε χαμηλές τιμές του pH. Η αύξηση της θερμοκρασίας σε χαμηλό θερμοκρασιακό εύρος και για ορισμένη συγκέντρωση χλωρίου δρα θετικά, μειώνοντας το χρόνο καταστροφής των μικροοργανισμών. Ωστόσο όμως, συμβαίνει το αντίθετο, εάν η θερμοκρασία του νερού πλησιάζει 100°C, οπότε μειώνεται η συγκέντρωση του χλωρίου και η μικροβιοκτόνος δράση του καθίσταται πολύ χαμηλή. [1]

Το χλώριο είναι ισχυρά οξειδωτικό σώμα και εκτός της μικροβιοκτόνου δράσης του, αντιδρά με πολλές ενώσεις που μπορεί να υπάρχουν στο νερό, όπως  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{Fe}^{+2}$ ,  $\text{Mn}^{+2}$ ,  $\text{S}^{-2}$ ,  $\text{CN}^-$  και διάφορες οργανικές ενώσεις. Αυτή η συμπεριφορά του χλωρίου οδηγεί στην ανάγκη εκτίμησης της ποσότητας χλωρίου που χρειάζεται για την οξείδωση των προηγούμενων ενώσεων, η οποία πρέπει να συνυπολογιστεί με την απαιτούμενη ποσότητα χλωρίου για την καταστροφή των μικροοργανισμών. Επισημαίνεται ότι είναι ιδιαίτερα σημαντικό να εξασφαλίζεται πάντα κατά την προσθήκη του χλωρίου, να υπάρχει υπολειμματικό χλώριο στο νερό, ώστε και έπειτα από τη χλωρίωση του, κατά την διακίνηση του στις σωληνώσεις να μην υπάρχει κίνδυνος επανεμφάνισης μικροοργανισμών.

Το αέριο χλώριο έχει πρασινοκίτρινο χρώμα, είναι 2,5 φορές βαρύτερο από τον αέρα και παρουσία υγρασίας οξειδώνει ταχύτατα τα συνηθισμένα μέταλλα. Διαλύεται στο νερό σε συγκεντρώσεις οι οποίες κυμαίνονται από 1,5-3 g/L  $\text{Cl}_2$  και διατίθεται στο εμπόριο συμπιεσμένο και υγροποιημένο μέσα σε χαλύβδινες φιάλες. Στις συσκευές τροφοδοσίας αερίου χλωρίου, η

απαιτούμενη ποσότητα αναρροφάται με τη βοήθεια μιας αντλίας υπό κενό και διαχέεται στη συνέχεια στη δεξαμενή χλωρίωσης.

Το πάγιο κόστος εγκατάστασης ενός συστήματος χλωρίωσης με αέριο χλώριο είναι σημαντικά μεγαλύτερο, σε σχέση με τα εναλλακτικά συστήματα χλωρίωσης του νερού, εξαιτίας κυρίως των προδιαγραφών υψηλής ασφάλειας. Το λειτουργικό όμως κόστος χρήσης αερίου χλωρίου είναι χαμηλότερο σε σχέση με τα άλλα χημικά οξειδωτικά. Εκτιμάται ότι η χρήση αερίου χλωρίου είναι οικονομικά συμφέρουσα για καταναλώσεις μεγαλύτερες από 50 g/h.

Η εγκατάσταση των συσκευών χλωρίωσης γίνεται σε ειδικά διαμορφωμένους χώρους, έτσι ώστε να είναι στεγνοί και να βρίσκονται στο έδαφος.

Η απολύμανση με βάση το αέριο χλώριο είναι μια πολύ καλή μέθοδος επεξεργασίας του νερού, παρόλα αυτά εμφανίζει ορισμένα προβλήματα τα οποία πρέπει να λαμβάνονται υπόψη. Συγκεκριμένα:

- Αδρανοποιείται από οργανικές ουσίες
- Είναι ασταθές κατά την αποθήκευση του
- Σε μεγάλες ποσότητες αποτελεί διαβρωτικό μέσο
- Είναι ερεθιστικό
- Έχει ενοχλητική οσμή
- Σχηματίζει ιζήματα σε νερό μεγάλης συγκέντρωσης σε ιόντα σιδήρου
- Η αποτελεσματικότητά του μειώνεται με την αύξηση του pH
- Είναι αναποτελεσματικό αρκετές φορές έναντι στις κύστες της *Giardia lamblia* και τις ωκύστες του *Cryptosporidium parvum*
- Δημιουργεί επικίνδυνα παραπροϊόντα (τριαλογονομεθάνια, αλοοξεικικά οξέα)

Τα παραπροϊόντα της χλωρίωσης προέρχονται από την αντίδραση του χλωρίου με τις οργανικές ενώσεις που μπορεί να περιέχει το νερό, και αποτελούν το μεγαλύτερο και το πιο σημαντικό πρόβλημα της συγκεκριμένης μεθόδου απολύμανσης. Οι ουσίες αυτές είναι επικίνδυνες

για την υγεία και θεωρούνται ως ύποπτες καρκινογένησης. Τα παραπροϊόντα διακρίνονται σε έξι κατηγορίες:

- Τριαλογονομεθάνια (THMs)
- Αλοοξεικά οξέα (HAAs)
- Αλοακετονιτρίλια (HANs)
- Αλοακετόνες (HKs)
- Χλωράλη (CH)
- Χλωροπικρίνη (CP)

Από τα παραπάνω παραπροϊόντα της χλωρίωσης η σημαντικότερη ομάδα είναι εκείνη των τριαλογονομεθανίων (χλωροφόρμιο, βρωμοδιχλωρομεθάνιο, χλωροδιβρωμομεθάνιο, βρωμοφόρμιο) και έπεται η ομάδα των αλοοξεικών οξέων (διχλωροοξεικό οξύ, τριχλωροοξεικό οξύ, διβρωμοοξεικό οξύ). Η συνολική συγκέντρωση των τριαλογονομεθανίων δεν πρέπει να ξεπερνά την τιμή των 100 µg/L (EPA) και των αλοοξεικών οξέων την τιμή των 60 µg/L. [36], [37]

- Υποχλωριώδη άλατα

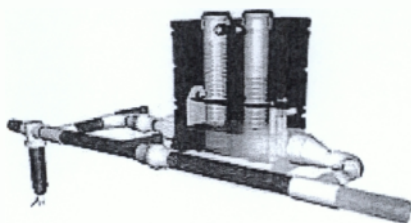
Τα υποχλωριώδη άλατα είναι παράγωγα του χλωρίου, τα οποία χρησιμοποιούνται ευρέως στις βιομηχανίες τροφίμων για την απολύμανση του νερού. Συνήθως επιλέγονται τα υποχλωριώδη άλατα του ασβεστίου και του νατρίου, τα οποία δίστανται στο νερό και δίνουν HOCl και OCl<sup>-</sup> (ανάλογα με την τιμή pH). Για παράδειγμα, το NaOCl δρα ως εξής:



Τα υποχλωριώδη άλατα συμβάλλουν στην καταστροφή μεγάλου εύρους βακτηρίων όπως και ζυμών, μυηλών, και ορισμένων ιών (πιο ανθεκτικοί). Οι ενώσεις αυτές ευρισκόμενες σε υδατικά διαλύματα, όπως φαίνεται και στην αντίδραση, παρέχουν το υποχλωριώδες οξύ το οποίο έχει την ικανότητα να εισέρχεται στο κύτταρο των μικροοργανισμών και να οξειδώνει τμήματα των

ενζύμων, επηρεάζοντας των μεταβολισμό τους και οδηγώντας τα σε θανάτωση.

Το υποχλωριώδες νάτριο είναι διαθέσιμο υπό μορφή διαλυμάτων σε συγκεντρώσεις 1-16% και διατίθεται σε φιάλες. Το υποχλωριώδες ασβέστιο κυκλοφορεί εμπορικά υπό μορφή σκόνης ή πελατών σε συγκέντρωση 70% περίπου. [58]



Εικόνα 24 Σύστημα υποχλωριώδους ασβεστίου.

- Διοξειδίου του χλωρίου

Το διοξείδιο του χλωρίου αποτελεί απολυμαντικό μέσο το οποίο χρησιμοποιείται σε περιορισμένο βαθμό στην επεξεργασία του νερού και βρίσκεται εφαρμογές κυρίως σε περιπτώσεις όπου η ποιότητα του νερού είναι χαμηλή και η χρήση αέριου χλωρίου δημιουργεί προβλήματα στα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του νερού, αλλά και οδηγεί στο σχηματισμό επικίνδυνων παραπροϊόντων (τριαλογονομεθάνια).

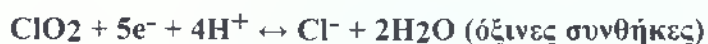
Το διοξείδιο του χλωρίου οξειδώνει πολλές οργανικές και θειούχες ενώσεις, φαινόλες, δεν αντιδρά με την αμμωνία, με τις χουμικές ουσίες και δεν σχηματίζει τριαλογονομεθάνια. Επίσης, είναι πιο αποτελεσματικό έναντι στο ανθεκτικό παθογόνο *Giardia lamblia*, καθώς σε σχέση με το αέριο χλώριο δρα 5 φορές πιο γρήγορα. Ακόμη δεν επηρεάζεται από την τιμή του pH και βελτιώνει τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του επεξεργασμένου νερού (οσμή, γεύση). Ωστόσο, εμφανίζει ορισμένα μειονεκτήματα τα οποία σχετίζονται με το υψηλότερο κόστος από το αέριο χλώριο και το σχηματισμό ανόργανων παραπροϊόντων όπως χλωρίτες ( $\text{ClO}_2^-$ ) και χλωρικά άλατα ( $\text{ClO}_3^-$ ). Το διοξείδιο του χλωρίου παράγεται σύμφωνα με τις αντιδράσεις:



Η δράση του διοξειδίου του χλωρίου στο νερό, αποτυπώνεται στις επόμενες χημικές



ενώσεις:



#### 5.8.5.5 Οξονισμός [1], [9], [10], [14], [16], [33], [34], [35], [38], [43]

Ο οξονισμός είναι μια αποτελεσματική μέθοδος απολύμανσης η οποία καταστρέφει ολόκληρο το εύρος των παθογόνων μικροοργανισμών του νερού. Χρησιμοποιείται κυρίως στην Ευρώπη, όπου και βρίσκεται εφαρμογή κυρίως στις βιομηχανίες νερού (εμφιαλωτήρια), ενώ δεν συναντάται συχνά στις μονάδες επεξεργασίας νερού των βιομηχανικών τροφίμων.

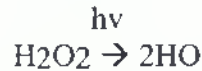
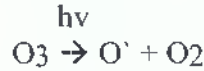
Ο οξονισμός βασίζεται στο όζον το οποίο αποτελεί μια τριατομική αλλοτροπική ένωση του οξυγόνου. Το όζον στην αέρια μορφή του έχει μπλε χρώμα, στην υγρή φάση είναι μαύρο- μπλε και στη στερεή μορφή, το χρώμα του είναι μαύρο. Είναι ασταθές αέριο βαρύτερο κατά 1,6 φορές από τον αέρα και με σημείο ζέσης τους  $-111,5 \text{ }^\circ\text{C}$  και σημείο τήξης τους  $-192,5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Σε συγκεντρώσεις στον αέρα άνω των  $2 \text{ mg/L}$  παρουσιάζει χαρακτηριστική οσμή, η οποία γίνεται αντιληπτή από την ανθρώπινη όσφρηση. [1]

Το όζον, όπως αναφέρθηκε, είναι ασταθές, με αποτέλεσμα να διασπάται γρήγορα προς οξυγόνο, ελευθερώνοντας θερμότητα. Επίσης, είναι επικίνδυνο σε υψηλές συγκεντρώσεις, καθώς διασπάται με εκρηκτικό τρόπο, κάτι που συμβαίνει ακόμα και σε χαμηλές θερμοκρασίες. Εκτός από την ιδιαίτερα έντονη απολυμαντική του ικανότητα, η οποία θα αναλυθεί στη συνέχεια, το όζον είναι ισχυρά οξειδωτικό σώμα με δυναμικό οξείδωσης  $2,07 \text{ V}$ , με αποτέλεσμα να έχει τη δυνατότητα να οξειδώνει πλήθος ανόργανων και οργανικών ενώσεων.

Το όζον διαλύεται εύκολα στο νερό (20 φορές περισσότερο από το οξυγόνο), ωστόσο όμως δεν είναι ασταθές στα υδατικά διαλύματα, καθώς εμφανίζει χρόνο ημιζωής 20-30 min στους  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ . Σε χαμηλότερες θερμοκρασίες ο χρόνος ημιζωής του αυξάνεται σημαντικά, ενώ εξαρτάται αρκετά από τις μεταβολές του pH και την παρουσία οργανικής ύλης η οποία καταναλώνει όζον για την οξείδωση της.

Η απολύμανση του νερού με όζον βασίζεται σε δυο μηχανισμούς, στην απευθείας οξείδωση (άμεση) και στην αλκαλική οξείδωση (έμμεση). Η λεγόμενη απευθείας οξείδωση πραγματοποιείται

υπό όξινες συνθήκες, αποτελεί μια σχετικά αργή διαδικασία, ωστόσο μπορεί να επιταχυνθεί σημαντικά, εάν η απαραίτητη ενέργεια για το σχηματισμό των ριζών δίδεται υπό τη μορφή υπεριώδους ακτινοβολίας (από λυχνίες υδραργύρου χαμηλής πίεσης). Ο μηχανισμός της αντίδρασης που λαμβάνει χώρα είναι ο παρακάτω:



Η αλκαλική οξειδωση λαμβάνει χώρα μέσω του ενδιάμεσου σχηματισμού υδροξυλιόντων, σύμφωνα με τις επόμενες δράσεις:



[14]

Η ισχυρή απολυμαντική δράση του όζοντος όπως και η οξειδωτική του ικανότητα, οφείλεται στο μεγάλο δυναμικό οξειδοαναγωγής του. Έχει σημαντική μικροβιοκτόνο ικανότητα καθώς καταστρέφει και τα πιο ανθεκτικά είδη μικροοργανισμών (σπόρια, ιοί, άλγη) ακόμα και σε μικρές δόσεις. Είναι πολύ πιο αποτελεσματικό και πιο γρήγορο μέσο απολύμανσης σε σχέση με τα υπόλοιπα μέσα και δεν απαιτεί τη χρήση υψηλών συγκεντρώσεων. Συγκεντρώσεις όζοντος 0,1- 0,2 mg/L είναι αρκετές για την άριστη επεξεργασία του νερού και την παραγωγή νερού ελεύθερου από μικροοργανισμούς σε λίγα δευτερόλεπτα. Θανατώνει μεγάλο εύρος μικροοργανισμών, όπως βακτήρια, μύκητες, άλγη, πρωτόζωα και ιούς, και δρα ιδιαίτερα γρήγορα και αποτελεσματικά στις ανθεκτικές μορφές των προηγούμενων μικροβίων, όπως είναι τα σπόρια και οι κύστες.

Ο οζονισμός είναι μια διεργασία η οποία δεν έχει ανεπιθύμητες επιδράσεις στη γεύση, την οσμή και την εμφάνιση του νερού και δεν οδηγεί κατά κανόνα στο σχηματισμό επικίνδυνων παραπροϊόντων, καθώς ακόμα και η περίσσεια του καταλήγει σε οξυγόνο. Ωστόσο, η χρήση του όζοντος για την απολύμανση του νερού, παρουσιάζει σημαντικό πρόβλημα, όταν το νερό περιέχει βρωμιόντα. Το όζον οξειδώνει τα ιόντα βρώμιου που υπάρχουν συχνά στο νερό και οδηγεί στο

σχηματισμό των επικίνδυνων βρωμικών ιόντων ( $\text{BrO}_3^-$ ).

Το συγκεκριμένο πρόβλημα του οζονισμού έχει ιδιαίτερη σημασία για τα ελληνικά ύδατα, την επεξεργασία τους και κατ' επέκταση την ευρεία εφαρμογή του οζονισμού στις βιομηχανίες τροφίμων. Τα βρωμιόντα υφίστανται σε συγκεντρώσεις από 0,05 έως 05 mg/L, σε όλα σχεδόν τα νερά του ελληνικού χώρου, γεγονός το οποίο συμβαίνει λόγω της γειτνίασης της χώρας με τη θάλασσα. Η κρισιμότητα και η επικινδυνότητα των βρωμικών ( $\text{BrO}_3^-$ ) για την ανθρώπινη υγεία είναι εμφανής και από το γεγονός ότι η Ευρωπαϊκή Ένωση μείωσε στη νέα οδηγία την ανώτατη επιτρεπτή συγκέντρωσή τους στο νερό από 25 mg/L σε 10 mg/L. Ένας ακόμη σημαντικός παράγοντας που καθιστά ανεφάρμοστη την αντικατάσταση της χλωρίωσης και τη χρήση του οζονισμού ως μέθοδο απολύμανσης του νερού στις βιομηχανίες τροφίμων αποτελεί η δυσχερής απομάκρυνση των βρωμικών ιόντων από το νερό με μη ικανοποιητική απόδοση και υψηλό κόστος. [43]

Το όζον που χρησιμοποιείται για την απολύμανση του νερού, παράγεται με πολλούς τρόπους:

- Από τον αέρα με υπεριώδη ακτινοβολία
- Με έντονη θέρμανση αερίου οξυγόνου
- Ως παραπροϊόν σε ηλεκτρολυτικές και χημικές διεργασίες
- Από καθαρό οξυγόνο
- Με ενεργοποίηση του οξυγόνου του ατμοσφαιρικού αέρα σε ηλεκτρικό πεδίο

Βιομηχανικά το όζον παράγεται με βάση την τελευταία μέθοδο, καθώς οι άλλες μέθοδοι παράγουν μικρούς όγκους όζοντος και με πολύ μικρή απόδοση. Συγκεκριμένα, το όζον παράγεται με επιβολή ηλεκτρικής εκκένωσης σε ρεύμα αέρα ή οξυγόνου, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ηλεκτρικού πεδίου το οποίο ξεπερνά τη διηλεκτρική σταθερά του χρησιμοποιούμενου αερίου και προκαλεί τον ιονισμό των μορίων του. Για να υπάρχει συνεχής παραγωγή όζοντος το οξυγόνο ή ο αέρας κυκλοφορούν ανάμεσα σε δυο επίπεδες ή κοίλες αγωγίμες επιφάνειες ή ηλεκτρόδια, τα οποία χωρίζονται από ένα μικρού πλάτους διάστημα ομοιόμορφου πάχους που λέγεται ζώνη εκκένωσης.

Η συσκευή που παράγει το όζον ονομάζεται γεννήτρια οζονισμού και αποτελείται από τη διάταξη προετοιμασίας-τροφοδοσίας του αέρα (ή του οξυγόνου), μια πηγή εναλλασσόμενου

ρεύματος υψηλής τάσης, δυο ηλεκτρόδια στα οποία ανάμεσα υπάρχει διηλεκτρικό υλικό (μονωτικό) και μια διάταξη που φέρει νερό ψύξης στο ένα ηλεκτρόδιο. Το όζον παράγεται με διαβίβαση του αέρα ή του οξυγόνου ανάμεσα στα δυο ηλεκτρόδια όπου συμβαίνει εκκένωση και ένα μέρος του οξυγόνου μετατρέπεται στην αλλοτροπική μορφή (δηλαδή σε όζον). Επισημαίνεται ότι για να παραχθεί όζον και να λειτουργεί αποτελεσματικά η συσκευή οζονισμού, πρέπει να χρησιμοποιείται πολύ καθαρό και ξηρό αέριο το οποίο να έχει θερμοκρασία κοντά στη θερμοκρασία περιβάλλοντος (περίπου 20 °C) για να αποφευχθεί υπερθέρμανση που μπορεί να καταστρέψει το όζον. [9]

Υπάρχουν δυο τύποι συσκευών οζονισμού, οι οζονιστές τύπου πλακών και οι οζονιστές τύπου σωλήνων. Οι οζονιστές πλακών αποτελούνται από επίπεδα διηλεκτρικά υλικά και μεταλλικά ηλεκτρόδια, ενώ οι οζονιστές τύπου σωλήνων αποτελούνται από δυο ομόκεντρα ηλεκτρόδια και ένα διηλεκτρικό σωλήνα. Οι διαφορές τους εντοπίζονται στην οριζόντια ή κάθετη θέση των ηλεκτροδίων και στην τοποθέτηση του διηλεκτρικού υλικού σε σχέση με το νερό ψύξης. [9]

Η προσθήκη του όζοντος στο προς επεξεργασία νερό γίνεται με τη χρήση διαχυτήρων και ειδικών αναδευτήρων. Οι συσκευές οζονισμού έχουν σχετικά υψηλό κόστος, και γι' αυτό ο οζονισμός στις βιομηχανίες τροφίμων δεν έχει σημειώσει μεγάλη διάδοση, παρά μόνο στις βιομηχανίες νερού (εμφιαλωτήρια).

Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι ο οζονισμός εκτός από την ιδιαίτερα αποτελεσματική μικροβιοκτόνο δράση του, χάρη στην ισχυρή οξειδωτική του ικανότητα, συντελεί και σε άλλους τομείς για την επεξεργασία του νερού, όπως είναι η θρόμβωση. Συγκεκριμένα, συμβάλλει στην απομάκρυνση του χρώματος και των οσμών του νερού, απομακρύνει με οξείδωση το σίδηρο, το μαγγάνιο, τις θειούχες ενώσεις και μετατρέπει τις οργανικές ενώσεις σε CO<sub>2</sub> και νερό. Επίσης, οδηγεί στην απομάκρυνση των οργανοφωσφορικών φυτοφαρμάκων, όπως είναι το παραθείο, το μαλαθείο και το μεθυλοπαραθείο, ειδικά όταν γίνεται επεξεργασία υδάτων κοντά σε αγροτικές δραστηριότητες.

## 5.8 Παραδείγματα εγκαταστάσεων επεξεργασίας νερού σε βιομηχανίες τροφίμων

Τα συστήματα επεξεργασίας νερού διαφέρουν στις βιομηχανίες τροφίμων ανάλογα με τις ανάγκες και τις προδιαγραφές τους και βέβαια με βάση την ιδιαιτερότητα των προϊόντων που παράγουν. Έτσι, ανάλογα με την ποσότητα και την ποιότητα που απαιτείται, αλλά και σύμφωνα με τα αρχικά ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού, η κάθε βιομηχανία εφαρμόζει το δικό της δίκτυο επεξεργασίας, προκειμένου να εξασφαλίσει τη συνεχή και ομαλή λειτουργία της παραγωγικής διαδικασίας και την ασφάλεια των τροφίμων.

Ωστόσο, σε αρκετές περιπτώσεις, υπάρχουν κοινές διεργασίες επεξεργασίας του νερού οι οποίες συναντώνται σε κάθε βιομηχανία. Ακόμη, αρκετές φορές ακολουθούνται οι ίδιοι βασικοί συνδυασμοί οι οποίοι συνήθως είναι ως εξής:

- Οξείδωση - Κροκίδωση –Συσσωμάτωση – Καθίζηση – Διήθηση - Απολύμανση
- Κροκίδωση – Συσσωμάτωση - Καθίζηση – Διήθηση – Απολύμανση
- Κροκίδωση – Συσσωμάτωση - Διήθηση – Απολύμανση
- Διήθηση – Απολύμανση

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>

### Νομοθεσία και προδιαγραφές νερού

#### 6.1 Νομοθεσία νερού [5], [8], [46], [55]

##### 6.1.1 Ιστορική αναδρομή- Γενικά [8]

Στη νομοθεσία όλων των εποχών, από την Αρχαιότητα (Αίγυπτος, Βαβυλωνία, Ελλάδα, Ρώμη) έως σήμερα, το νερό κατέχει πάντα περίοπτη θέση. Ανατρέχοντας σύντομα στο παρελθόν, στο δίκαιο των ελληνικών πόλεων, υπάρχουν διατάξεις εσωτερικού ή διεθνούς συμβατικού δικαίου με τις οποίες ρυθμιζόταν η χρήση και η προστασία των υδάτων. Έπειτα, στο ρωμαϊκό δίκαιο συναντώνται αντίστοιχες απλές με ρυθμίσεις, οι οποίες ωστόσο με τον καιρό έγιναν ολοένα και περισσότερο πολύπλοκες και λεπτομερείς.

Τα εσωτερικά ύδατα, όπως έχει αναφερθεί, διακρίνονται σε επιφανειακά και σε υπόγεια, και χρησιμοποιούνται, εκμεταλλεύονται και προστατεύονται βάσει της ελληνικής και της ευρωπαϊκής νομοθεσίας. Ειδική νομοθεσία ρυθμίζει τη χρησιμοποίηση των νερών που παρουσιάζουν ορισμένες φυσικές ή χημικές ιδιότητες, όπως τα μεταλλικά, τα θερμικά, τα ραδιενεργά κλπ.

Περνώντας στη σύγχρονη νομοθεσία των ευρωπαϊκών χωρών σύμφωνα με την οποία συμμορφώνεται και προσαρμόζεται και η Ελλάδα, εμφανίζεται προοδευτικά κάποιος περιορισμός της ατομικής ιδιοκτησίας στα νερά και, αντίθετα, ρυθμίζεται αυστηρότερα και ειδικότερα το καθεστώς των δημόσιων νερών. Στο αστικό δίκαιο, καθορίζονται λεπτομερώς υποχρεώσεις των ιδιοκτητών από τη ροή των υδάτων που επηρεάζει ενδεχομένως τα δικαιώματα άλλων ιδιοκτητών. Τέλος, και στο ποινικό δίκαιο υπάρχουν διατάξεις που ενδιαφέρουν το θέμα των νερών.

##### 6.1.2 Ισχύουσα νομοθεσία [5], [46], [55]

Σχετικά με την οδηγία 98/83/ΕΚ του συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3<sup>ης</sup> Σεπτεμβρίου 1998, για την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, αναφέρεται εκτός των

άλλων, η απαίτηση αναθεώρησης της ισχύουσας 80/778/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 15ης Ιουλίου 1980, ώστε να καταστεί εφικτή η τήρηση των βασικών ποιοτικών και υγειονομικών παραμέτρων. Επίσης, τονίζεται ότι, τα κράτη μέλη της Ε.Ε έχουν τη δυνατότητα και την ελευθερία να προσθέσουν και άλλες παραμέτρους, όπου κρίνουν αναγκαίο. Η ευρωπαϊκή οδηγία λαμβάνει υπόψη τη σημασία της ποιότητας του νερού προς κατανάλωση για την ανθρώπινη υγεία, και επιβάλλει τη θέσπιση σε κοινοτικό επίπεδο των βασικών ποιοτικών προδιαγραφών οι οποίες παρουσιάζονται παρακάτω και συνολικά και στο Παράρτημα ΙΙΙ.

Οι προδιαγραφές και οι τιμές που έχουν καθορισθεί, τόσο για τα χημικά αλλά και για τα μικροβιολογικά χαρακτηριστικά και τους κινδύνους, βασίζονται στην υπάρχουσα επιστημονική εμπειρία και στο σκεπτικό της προληπτικής δράσης, καθώς οι τιμές αυτές επιλέχτηκαν, ώστε να εξασφαλίζεται η ασφαλής δια βίου κατανάλωση νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση, επιτυγχάνοντας έτσι υψηλό επίπεδο προστασίας της υγείας των καταναλωτών.

Βέβαια, για να τηρούνται οι ποιοτικές προδιαγραφές για το πόσιμο νερό, οι υπεύθυνες επιχειρήσεις ύδρευσης απαιτείται να διασφαλίζουν, με τα κατάλληλα μέτρα προστασίας την πολύ καλή ποιότητα των επιφανειακών και των υπόγειων υδάτων, εφαρμόζοντας τις κατάλληλες και απαραίτητες μεθόδους επεξεργασίας του νερού πριν από τη διάθεση του.

Σε αυτή την οδηγία, επισημαίνεται ότι επιβάλλεται να συμπεριληφθεί και το νερό που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία παραγωγής τροφίμων, με εξαίρεση την περίπτωση κατά την οποία διαπιστώνεται ότι η χρησιμοποίηση τέτοιου νερού δεν επηρεάζει την υγιεινή και την καταλληλότητα του τελικού προϊόντος.

Συγκεκριμένα, στο άρθρο 2 της οδηγίας 98/83 ΕΚ αναφέρεται εκτός των άλλων, το ορίζεται ως «νερό ανθρώπινης κατανάλωσης». Έτσι, ως «νερό ανθρώπινης κατανάλωσης» νοείται:

Α) το νερό, είτε στη φυσική του κατάσταση είτε μετά από επεξεργασία, που προορίζεται για πόση, μαγείρεμα, προπαρασκευή τροφής ή άλλες οικιακές χρήσεις, ανεξάρτητα από την προέλευσή του και από το εάν παρέχεται από δίκτυο διανομής, από βυτίο, ή σε φιάλες ή δοχεία.

Β) το νερό που χρησιμοποιείται στις επιχειρήσεις παραγωγής τροφίμων για την παρασκευή, επεξεργασία, συντήρηση ή εμπορία προϊόντων ή ουσιών που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, εκτός αν οι αρμόδιες εθνικές αρχές κρίνουν ότι η ποιότητα του νερού δεν μπορεί να επηρεάσει την υγιεινή των τροφίμων στην τελική τους μορφή.

Στο δεύτερο μέρος του άρθρου 2 υποδηλώνεται η ευθύνη των βιομηχανιών τροφίμων για το νερό που χρησιμοποιούν στις παραγωγικές τους διεργασίες και τα αυστηρά μέτρα και προδιαγραφές που θα πρέπει να τηρούν και να εξασφαλίζουν.

Στο άρθρο 5, περιγράφονται οι ποιοτικές προδιαγραφές που πρέπει να τηρούνται και καθορίζονται οι τιμές για τις παραμέτρους του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, οι οποίες αναφέρονται στο επόμενο υποκεφάλαιο και στο Παράρτημα III. Ταυτόχρονα, δίνεται η δυνατότητα στα κράτη μέλη να καθορίζουν τιμές για πρόσθετες παραμέτρους που δεν περιλαμβάνονται στην οδηγία, εάν αυτό συντελεί στην προστασία της δημόσιας υγείας.

Στο άρθρο 6 καθορίζεται ότι οι παραμετρικές τιμές του άρθρου 5, πρέπει να τηρούνται:

α) για το νερό που παρέχεται από δίκτυο διανομής, στο σημείο, εντός του κτιρίου ή της κτιριακής εγκατάστασης, στο οποίο βγαίνει από τις βρύσες που χρησιμοποιούνται συνήθως για ανθρώπινη κατανάλωση

β) για το νερό που παρέχεται από βυτίο, στο σημείο όπου το νερό βγαίνει από το βυτίο·

γ) για νερό που τοποθετείται σε φιάλες ή δοχεία προς πώληση, στο σημείο στο οποίο το νερό τοποθετείται σε φιάλες ή δοχεία.

δ) για το νερό που χρησιμοποιείται σε επιχείρηση παραγωγής τροφίμων, στο σημείο όπου το νερό χρησιμοποιείται στην επιχείρηση.

Τέλος, στο άρθρο 11, αναφέρεται η δυναμική της οδηγίας, καθώς προσδιορίζεται η αναθεώρηση των παραρτημάτων τουλάχιστον ανά πενταετία. Η ευρωπαϊκή επιτροπή αναθεωρεί τα παραρτήματα I, II, III που υπάρχουν στο κείμενο της οδηγίας, υπό το πρίσμα της επιστημονικής και τεχνικής προόδου και υποβάλλει, εφόσον χρειάζεται, προτάσεις τροπολογιών.

Σχετικά με την προηγούμενη και μέχρι τώρα, ισχύουσα οδηγία (80/778/ΕΟΚ), έχει αποφασιστεί η κατάργηση της έπειτα από 5 έτη από την έναρξη ισχύος της παρούσας οδηγίας (25 Δεκεμβρίου 1998). Τα κράτη μέλη έχουν 2 χρόνια περιθώριο, δηλαδή έως τις 25 Δεκεμβρίου 2000 να μεταφέρουν την εν λόγω οδηγία στην εθνική τους νομοθεσία. Επίσης, τα κράτη μέλη υποχρεούνται σε διάστημα 5 ετών (25 Δεκεμβρίου 2003) να εξασφαλίσουν ότι το πόσιμο νερό υπακούει στις προδιαγραφές, εξαιρούνται τα βρώμικα άλατα (10 χρόνια), ο μόλυβδος (15 χρόνια) και τα τριαλογονομεθάνια (10 χρόνια) όπου δίνεται μεγαλύτερο χρονικό περιθώριο.



Συμπερασματικά, η νέα οδηγία προχωρεί στην αναθεώρηση των προδιαγραφών, θέτοντας νέα και πιο αυστηρά όρια σε ορισμένες παραμέτρους σύμφωνα με τις προτάσεις και τις κατευθύνσεις επιστημονικών οργανισμών, όπως ο παγκόσμιος οργανισμός υγείας (WHO), η επιστημονική επιτροπή τοξικολογίας και οικοτοξολογίας (Scientific Committee on Toxicology and Ecotoxicology), λαμβάνοντας υπόψη τις διαθέσιμες μεθόδους ανάλυσης και τις διακυμάνσεις των περιβαλλοντικών συνθηκών στην Ευρωπαϊκή Ένωση. [46]

Η νέα οδηγία έχει υιοθετήσει ορισμένες βασικές αλλαγές σε σχέση με την προηγούμενη, οι οποίες είναι:

- Προσθήκη νέων παραμέτρων

Πίνακας 20: Νέες παράμετροι που προστίθενται στην οδηγία 98/83/ΕΚ [46]

| Παράμετρος                            | Όριο      |
|---------------------------------------|-----------|
| Ακρυλαμίδιο                           | 0,1 µg/L  |
| Βενζόλιο                              | 1 µg/L    |
| Βενζο-α-πυρένιο                       | 0,01 µg/L |
| Βρωμικά                               | 10 mg/L   |
| 1,2 διχλωροαιθάνιο                    | 3 µg/L    |
| Επιγλωρυδρίνη                         | 0,1 µg/L  |
| Τετραχλωροαιθέριο και τριχλωροαιθέριο | 10 µg/L   |
| Βινυλοχλωρίδιο                        | 0,5 µg/L  |
| Ολικά τριαλογονομεθάνια               | 100 µg/L  |

- Τροποποίηση ανωτάτων επιτρεπτών ορίων για ορισμένες παραμέτρους

Πίνακας 21: Παράμετροι που τροποποιούνται [46]

| Παράμετρος | Όριο                   |                 |
|------------|------------------------|-----------------|
|            | Οδηγία 80/778/ΕΟΚ      | Οδηγία 98/83/ΕΚ |
| Αντιμόνιο  | 10 µg/L                | 5 µg/L          |
| Αρσενικό   | 50 µg/L                | 10 µg/L         |
| Βόριο      | Υπήρχε ενδεικτική τιμή | 1 µg/L          |
| Χαλκός     | Υπήρχε ενδεικτική τιμή | 2 µg/L          |
| Μόλυβδος   | 50 µg/L                | 10 µg/L         |
| Νικέλιο    | 50 µg/L                | 20 µg/L         |
| Νιτρώδη    | 0,10 µg/L              | 0,50 µg/L       |

- Κατάργηση σημαντικού αριθμού προηγούμενων παραμέτρων

Οι παράμετροι που καταργούνται είναι οι εξής: [46]

- Πυρίτιο
- Ασβέστιο
- Μαγνήσιο
- Κάλιο
- Ολική σκληρότητα

- Ξηρό υπόλειμμα
- Ψευδάργυρος
- Θερμοκρασία
- Ελεύθερο CO<sub>2</sub>
- Άζωτο κατά Kjeldahl
- Υδροθείο
- Ύλες που εκχυλίζονται με χλωροφόρμιο
- Υδρογονάνθρακες εν διαλύσει- ορυκτέλαια
- Φαινόλες
- Επιφανειοδραστικοί παράγοντες
- Βηρύλλιο
- Φώσφορος
- Κοβάλτιο
- Ύλες εν αιωρήσει
- Χλώριο υπολειμματικό
- Βάριο
- Άργυρος
- Βανάδιο

• Αλλαγή στον τρόπο κατηγοριοποίησης και κατάταξης των διαφόρων παραμέτρων

Στην οδηγία 80/778/ΕΟΚ οι παράμετροι κατηγοριοποιούνταν ως εξής:

- Οργανοληπτικές παράμετροι
- Φυσικοχημικές παράμετροι
- Παράμετροι που αφορούν ανεπιθύμητες ουσίες
- Παράμετροι τοξικών ουσιών
- Μικροβιολογικές παράμετροι

Ενώ στη νέα οδηγία 98/83/ΕΚ, ισχύει η εξής κατάταξη: [46]

- Χημικές παράμετροι
- Μικροβιολογικές παράμετροι
- Ενδεικτικές παράμετροι
- Παράμετροι για τη ραδιενέργεια

## 6.2 Προδιαγραφές νερού [5], [46]

Στη συνέχεια παρατίθενται πίνακες των ποιοτικών χαρακτηριστικών του πόσιμου νερού οι οποίοι ισχύουν και προτείνονται σύμφωνα με την νέα ΚΥΑ Υ2/2600/01 σε εναρμόνιση με την οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 3/11/1998.

Πίνακας 22: Μικροβιολογικές παράμετροι

| Παράμετροι       | Όγκος του διαλύματος (mL) | Όριο |
|------------------|---------------------------|------|
| Escherichia coli | 100                       | 0    |
| Εντερόκοκκοι     | 100                       | 0    |

Πίνακας 23: Μικροβιολογικές παράμετροι για νερό που πωλείται σε φιάλες ή δοχεία

| Παράμετροι             | Όγκος του διαλύματος (mL) | Όριο                        |
|------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Αριθμός αποικιών       | 1                         | 20 για 37οC<br>100 για 22οC |
| Escherichia coli       | 100                       | 0                           |
| Pseudomonas aeruginosa | 250                       | 0                           |
| Εντερόκοκκοι           | 250                       | 0                           |

Πίνακας 24: Χημικές παράμετροι

| Παράμετρος         | Όριο | Μονάδα μέτρησης |
|--------------------|------|-----------------|
| Ακρυλαμίδιο        | 0,10 | μg/L            |
| Αντιμόνιο          | 5,0  | μg/L            |
| Αρσενικό           | 10   | μg/L            |
| Βενζόλιο           | 1    | μg/L            |
| Βενζο-α-πυρένιο    | 0,01 | μg/L            |
| Βόριο              | 1    | μg/L            |
| Βρωμικά άλατα      | 10   | μg/L            |
| Κάδμιο             | 5    | μg/L            |
| Χρώμιο             | 50   | μg/L            |
| Χαλκός             | 2    | μg/L            |
| Κυανιούχα άλατα    | 50   | μg/L            |
| 1,2-διγλωροαιθάνιο | 3    | μg/L            |
| Επιγλωρυδρίνη      | 0,10 | μg/L            |
| Φθοριούχα άλατα    | 1,5  | μg/L            |
| Μόλυβδος           | 10   | μg/L            |
| Υδράργυρος         | 1,0  | μg/L            |

|   |      |      |
|---|------|------|
| Νικέλιο   | 20   | μg/L |
| Νιτρικά άλατα                                       | 50   | μg/L |
| Νιτρώδη άλατα                                       | 0,50 | μg/L |
| Παρασιτοκτόνα                                       | 0,10 | μg/L |
| Σύνολο<br>παρασιτοκτόνων                            | 0,50 | μg/L |
| Πολυκυκλικοί<br>αρωματικοί υδρο-<br>Γονάνθρακες H/C | 0,10 | μg/L |
| Σελήνιο   | 10   | μg/L |
| Τετραχλωροαιθένιο και<br>Τριχλωροαιθένιο            | 10   | μg/L |
| Ολικά<br>τριαλογονομεθάνια                          | 100  | μg/L |
| Βινυλοχλωρίδιο                                      | 0,50 | μg/L |

Πίνακας 25: Ενδεικτικές παράμετροι

| Παράμετρος  | Όριο                                   | Μονάδα μέτρησης     |
|---|--|---------------------|
| Αγωγιμότητα   | 2500                                   | μS/cm (20 οC)       |
| pH  | > 6,5 & < 9,5                          | Μονάδες pH          |
| Οξειδωσιμότητα  | 5,0                                    | mg/L O <sub>2</sub> |
| Αργίλιο   | 200                                    | μg/L                |
| Αμμώνιο   | 0,50                                   | mg/L                |
| Χλωριούχο   | 250                                    | mg/L                |
| Σίδηρος   | 200                                    | μg/L                |
| Μαγγάνιο  | 50                                     | μg/L                |
| Θεικά   | 250                                    | mg/L                |
| Νάτριο  | 200                                    | mg/L                |
| Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)   | Άνευ ασυνήθους μεταβολής               |                     |
| <b>Clostridium perfringens</b><br>(συμπεριλαμβανομένων και των σπορίων) | 0                                      | Αριθμός/100 mL      |
| Αριθμός αποικιών (σε 22οC και 37οC)                                     | Άνευ ασυνήθους μεταβολής               |                     |
| Κολοβακτηριοειδή  | 0                                      | Αριθμός/100 mL      |
| Χρώμα   | Αποδεκτό για τους καταναλωτές και άνευ |                     |



|                 |  |  |
|-----------------|--|--|
|                 | ασυνήθους μεταβολής  |  |
| <b>Οσμή</b>     | Αποδεκτή για τους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής |  |
| <b>Γεύση</b>    | Αποδεκτή για τους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής |  |
| <b>Θολότητα</b> | Αποδεκτή για τους καταναλωτές και άνευ συνήθους μεταβολής  |  |

Πίνακας 26: Παράμετροι ραδιενέργειας

| <b>Παράμετρος</b>            | <b>Όριο</b> | <b>Μονάδα μέτρησης</b> |
|------------------------------|-------------|------------------------|
| <b>Τρίτιο</b>                | 100         | Bq/L                   |
| <b>Ολική ενδεικτική δόση</b> | 0,10        | mSv/έτος               |

## ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

### I. Επιπλέον πίνακες

Πίνακας 27: Τιμολόγιο νερού για διάφορες χρήσεις (Ε.Υ.Δ.Α.Π) [56]

| Κατηγορία τιμολογίου      | Κατανάλωση (m <sup>3</sup> /μήνα) | Τιμή (ευρώ/m <sup>3</sup> ) |              |              |
|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|--------------|--------------|
|                           |                                   | Από 1/1/2002                | Από 1/1/2003 | Από 1/1/2004 |
| Γενικό οικιακής χρήσης    | 0-5                               | 0,36                        | 0,38         | 0,38         |
|                           | 5-20                              | 0,56                        | 0,57         | 0,58         |
|                           | 20-27                             | 1,61                        | 1,66         | 1,67         |
|                           | 27-35                             | 2,26                        | 2,32         | 2,34         |
|                           | >35                               | 2,82                        | 2,88         | 2,93         |
| Βιομηχανικό-Επαγγελματικό | <1000                             | 0,72                        | 0,74         | 0,75         |
|                           | >1000                             | 0,85                        | 0,88         | 0,88         |
| Δημόσιο-Δημοτικά          | Ανεξάρτητα κατανάλωσης            | 0,86                        | 0,88         | 0,89         |
| Φιλανθρωπικά              | Ανεξάρτητα κατανάλωσης            | 0,24                        | 0,25         | 0,25         |
| Κοινόχρηστοι κρούνοι      | Ανεξάρτητα κατανάλωσης            | 0,60                        | 0,62         | 0,63         |
| Ενίσχυση δικτύων δήμων    | Ανεξάρτητα κατανάλωσης            | 0,30                        | 0,31         | 0,41         |
| Εφοδιασμός πλοίων         | Ανεξάρτητα κατανάλωσης            | 2,11                        | 2,17         | 2,19         |

|                       |                                   |      |      |      |
|-----------------------|-----------------------------------|------|------|------|
| <b>Αδιόλιστο νερό</b> | <b>Ανεξάρτητα<br/>κατανάλωσης</b> | 0,16 | 0,17 | 0,17 |
|-----------------------|-----------------------------------|------|------|------|

Πίνακας 28: Μέγιστες επιτρεπόμενες συγκεντρώσεις σιδήρου και μαγγανίου στο νερό για διάφορες εφαρμογές [1]

| <b>Χρήση</b>                    | <b>Μέγιστη συγκέντρωση (mg/L)</b> |           |                |
|---------------------------------|-----------------------------------|-----------|----------------|
|                                 | <b>Fe</b>                         | <b>Mn</b> | <b>Fe + Mn</b> |
| <b>Κλιματισμός</b>              | -                                 | 0,5       | 0,5            |
| <b>Ζυθοποιία</b>                | 0,1                               | 0,1       | 0,1            |
| <b>Κονσερβοποιία</b>            | -                                 | 0,2       | 0,2            |
| <b>Ανθρακούχα ποτά</b>          | 0,1-0,2                           | 0,2       | 0,1-0,2        |
| <b>Νερό ψύξης</b>               | 0,5                               | 0,2-0,5   | 0,2-0,5        |
| <b>Βαφεία</b>                   | -                                 | 0         | 0              |
| <b>Επιμετάλλωση</b>             | Ίχνη                              | -         | -              |
| <b>Επεξεργασία<br/>τροφίμων</b> | 0,2                               | 0,2       | 0,2            |
| <b>Παραγωγή πάγου</b>           | -                                 | 0,2       | 0,2            |
| <b>Πλύσιμο</b>                  | 0,2-0,1                           | -         | -              |
| <b>Βιομηχανία γάλακτος</b>      | -                                 | 0,03-0,1  | -              |
| <b>Εμφάνιση<br/>φωτογραφιών</b> | 0,1                               | 0         | 0              |
| <b>Βιομηχανία</b>               | 0,1                               | 0,05      | 0,1            |

|                             |         |          |          |
|-----------------------------|---------|----------|----------|
| <b>επεξεργασίας χάρτου</b>  |         |          |          |
| <b>Βιομηχανία ζάχαρης</b>   | 0,1-0,1 | -        | -        |
| <b>Νήματα (γενικά)</b>      | 0,1-0,1 | 0,1-0,25 | 0,1-0,25 |
| <b>Νήματα (βαφή)</b>        | -       | 0,25     | 0,25     |
| <b>Βιομηχανία πλαστικών</b> | -       | 0,02     | 0,02     |

## II. Κατάλογος μεθόδων μικροβιολογικού ελέγχου κατά ISO

### • Detection of coliform bacteria and Escherichia coli

ISO 4831:1991 Microbiology- General guidance for the enumeration of coliforms- Most probable number technique

ISO 4832:1991 Microbiology- General guidance for the enumeration of coliforms- Colony count technique

ISO 7251:1993 Microbiology- General guidance for the enumeration of presumptive Escherichia coli- Most probable number technique

ISO 7402:1993 Microbiology- General guidance for the enumeration of Enterobacteriaceae without resuscitation- MPN technique and colony-count technique

ISO 8623:1991 Microbiology- General guidance for the detection of Enterobacteriaceae with pre-enrichment

ISO 9308-1:1990 Water quality- Detection and enumeration of Escherichia coli and coliforms bacteria- Part 1: Membrane filtration method

ISO/DIS 9308-1 Water quality Enumeration of coliforms organisms, thermotolerant coliform organisms and, presumptive Escherichia coli- Part 1: Membrane filtration method

ISO 9308-2:1990 Water quality- Detection and enumeration of coliform organisms, thermotolerant coliform organisms and, presumptive - Part 2: Multiple tube (most probable number) method

ISO 9308-3:1998 Water quality- Detection and enumeration of Escherichia coli and coliforms bacteria in surface and waste water- Part 3: Miniatured method (most probable number) by inoculation in liquid medium

- Detection of Bacillus cereus

ISO 7932:1993 Microbiology- General guidance for the enumeration of Bacillus cereus- Colony- count technique at 30 degrees C

- Detection of faecal streptococci and enterococci

ISO 7899-1:1998 Water quality- Detection and enumeration of intestinal enterococci in surface and waste water- Part 1: Miniatured method (most probable number) by inoculation in liquid medium

ISO 7899-2:1984 Water quality- Detection and enumeration of faecal streptococci- Part 2: Method by membrane filtration

ISO/DIS 7899-2 Water quality- Detection and enumeration of intestinal enterococci- Part 2: Method by membrane filtration

- Detection of Salmonella

ISO 6340:1995 Water quality- Detection of salmonella species

ISO 6579:1993 Microbiology- General guidance on methods for the detection of salmonella

- Detection of Clostridia

ISO 6461-1:1986 Water quality- Detection and enumeration of the spores of sulfite- reducing anaerobes (clostridia)- Part 1: Method by enrichment in a liquid media

ISO 6461-1:1986 Water quality- Detection and enumeration of the spores of sulfite- reducing anaerobes (clostridia)- Part 2: Method by membrane filtration

- Detection of Legionella

ISO 11731:1998 Water quality- Detection and enumeration of Legionella

- Detection of bacteriophages

ISO 10705-1:1995 Water quality- Detection and enumeration of bacteriophages- Part 1: Enumeration of F- specific RNA bacteriophages

ISO/FDIS 10705-2 Water quality- Detection and enumeration of bacteriophages- Part 2: Enumeration of somatic coliphages

ISO/CD 10705-3 Water quality- Detection and enumeration of bacteriophages- Part 3: validation of methods for concentration of bacteriophages from water

ISO/DIS 10705-4 Water quality- Detection and enumeration of bacteriophages- Part 4: Enumeration of bacteriophages infecting *Bacteroides fragilis*

- Materials

ISO 7704:1985 Water quality- Evaluation of membrane filters used for microbiological analyses

ISO 9998:1991 Water quality- Practices for evaluating and controlling microbiological colony count media used in water quality tests

[59]

### III. Οδηγία 98/83/ΕΚ για το νερό

## ΟΔΗΓΙΑ 98/83/ΕΚ ΤΟΥ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ

της 3ης Νοεμβρίου 1998

σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης

ΤΟ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΪΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ,

Έχοντας υπόψη:

τη συνθήκη για την ίδρυση της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, και

ιδίως το άρθρο 130 Σ παράγραφος 1,

την πρόταση της Επιτροπής (1),

τη γνώμη της Οικονομικής και Κοινωνικής Επιτροπής (2),

τη γνώμη της Επιτροπής των Περιφερειών (3),

Αποφασίζοντας σύμφωνα με τη διαδικασία που προβλέπεται στο

άρθρο 189 Γ (4),

Εκτιμώντας:

(1) ότι επιβάλλεται η προσαρμογή στην επιστημονική και τεχνολογική πρόοδο της οδηγίας 80/778/ΕΟΚ του Συμβουλίου,

της 15ης Ιουλίου 1980, περί της ποιότητας του

πόσιμου νερού (5)· ότι, με βάση την εμπειρία που

αποκτήθηκε από την εφαρμογή της προαναφερόμενης

οδηγίας, απαιτείται η εκπόνηση του ενδεδειγμένου

ελαστικού και διαφανούς νομικού πλαισίου ώστε να

μπορούν τα κράτη μέλη να επιλύουν τα προβλήματα

τήρησης των προδιαγραφών· ότι, επιπλέον, η οδηγία αυτή

θα πρέπει να επανεξετασθεί υπό το πρίσμα της συνθήκης

για την Ευρωπαϊκή Ένωση, και ιδίως της αρχής της

επικουρικότητας.

(2) ότι, παράλληλα με τις διατάξεις του άρθρου 3B της

συνθήκης, που ορίζει ότι η δράση της Κοινότητας δεν

υπερβαίνει να αναγκαία όρια για την επίτευξη των στόχων

της συνθήκης, απαιτείται η αναθεώρηση της οδηγίας 80/

778/ΕΟΚ ώστε να καταστεί εφικτή η τήρηση των βασικών

ποιοτικών και υγειονομικών παραμέτρων, παρέχοντας στα

κράτη μέλη την ελευθερία να προσθέτουν και άλλες παραμέτρους,

όπου χρειάζεται.

(3) ότι, σύμφωνα με την αρχή της επικουρικότητας, η δράση

της Κοινότητας πρέπει να υποστηρίζει και να συμπληρώνει

τη δράση που αναλαμβάνουν οι αρμόδιες αρχές στα κράτη

μέλη·

(4) ότι, σύμφωνα με την αρχή της επικουρικότητας, οι φυσικές

και κοινωνικοοικονομικές διαφορές μεταξύ των διαφόρων

περιοχών της Ένωσης επιβάλλουν τη λήψη των περισσότερων

αποφάσεων σχετικά με ελέγχους, αναλύσεις και

μέτρα αντιμετώπισης των προβλημάτων, τήρησης των

προδιαγραφών, σε τοπικό, περιφερειακό ή εθνικό επίπεδο,

στο βαθμό κατά τον οποίο οι διαφορές αυτές δεν αφαιρούν

την αξία της εγκαθίδρυσης του πλαισίου νομοθετικών,

κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων που θεσπίζεται

στην παρούσα οδηγία·

---

(1) ΕΕ C 131 της 30.5.1995, σ. 5 και



EE C 213 της 15.7.1997, σ. 8.

(2) EE C 82 της 19.3.1996, σ. 64.

(3) EE C 100 της 2.4.1996, σ. 134.

(4) Γνώμη του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου της 12ης Δεκεμβρίου 1996 (EE C 20 της 20.1.1997, σ. 133), κοινή θέση του Συμβουλίου της 19ης Δεκεμβρίου 1998 (EE C 91 της 26.3.1998, σ. 1) και απόφαση του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου της 13ης Μαΐου 1998 (EE C 167 της 1.6.1998, σ. 92).

(5) EE L 229 της 30.8.1980, σ. 11· οδηγία όπως τροποποιήθηκε τελευταία από την πράξη προσχώρησης του 1994

(5) ότι επιβάλλεται η θέσπιση κοινοτικών προδιαγραφών για βασικές και προληπτικές ποιοτικές παραμέτρους σε θέματα υγείας, για το νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση, προκειμένου να καθορισθούν οι προς επίτευξη ελάχιστοι ποιοτικοί περιβαλλοντικοί στόχοι, σε συνδυασμό και με άλλα κοινοτικά μέτρα, ώστε να διατηρείται και να προωθείται η αειφόρος χρήση του νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση·

(6) ότι, λόγω της σημασίας για την ανθρώπινη υγεία της ποιότητας του νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση, επιβάλλεται να θεσπισθούν σε κοινοτικό επίπεδο οι βασικές ποιοτικές προδιαγραφές με τις οποίες πρέπει να συμμορφώνεται το νερό που προορίζεται για το σκοπό αυτό·

(7) ότι επιβάλλεται να συμπεριληφθεί και το νερό που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία παραγωγής τροφίμων εκτός αν διαπιστώνεται ότι η χρησιμοποίηση τέτοιου νερού δεν επηρεάζει την υγιεινότητα του τελικού προϊόντος·

(8) ότι για να τηρούνται οι ποιοτικές προδιαγραφές για το πόσιμο νερό από τις επιχειρήσεις ύδρευσης, θα πρέπει να διασφαλιστεί με τα κατάλληλα μέτρα προστασίας η καθαρότητα των επιφανειακών και υπογείων υδάτων· ότι ο σκοπός αυτός μπορεί επίσης να εξασφαλισθεί με κατάλληλα μέτρα επεξεργασίας του νερού πριν από τη διάθεσή του·

(9) ότι η συνοχή της ευρωπαϊκής πολιτικής για τα ύδατα προϋποθέτει την έκδοση κατάλληλης οδηγίας-πλαίσιου για τα ύδατα σε εύθετο χρόνο·

(10) ότι επιβάλλεται να αποκλεισθούν από το πεδίο εφαρμογής της παρούσας οδηγίας τα φυσικά μεταλλικά νερά και τα νερά φαρμακευτικών ιδιοτήτων αφού έχουν θεσπισθεί ειδικοί κανόνες για αυτούς τους τύπου νερού·

(11) ότι χρειάζονται μέτρα για να μπορούν να επιτευχθούν όλες οι άμεσα σχετικές με την υγεία παράμετροι και άλλες παράμετροι, όπου διαπιστώνεται υποβάθμιση της ποιότητας· ότι επιπλέον τέτοια μέτρα θα πρέπει να συντονίζονται κατάλληλα με την εφαρμογή της οδηγίας 91/414/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 15ης Ιουλίου 1991, σχετικά με τη διάθεση στην αγορά φυτοπροστατευτικών προϊόντων (1), και της οδηγίας 98/8/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 18ης Φεβρουαρίου 1998 σχετικά

με τη διάθεση στην αγορά βιοκτόνων προϊόντων (2).  
(12) ότι επιβάλλεται να καθορισθούν ιδιαίτερες παραμετρικές τιμές για ουσίες σημαντικές στην Κοινότητα, σε αρκετά αυστηρά επίπεδα ώστε να εξασφαλίζεται η επίτευξη των στόχων της παρούσας οδηγίας·

(13) ότι οι παραμετρικές τιμές βασίζονται στην υπάρχουσα επιστημονική εμπειρία και ότι η αρχή της προληπτικής δράσης, ελήφθη επίσης υπόψη· ότι οι τιμές αυτές επιλέχθηκαν ώστε να εξασφαλίζεται η ασφαλής διά βίου κατανάλωση νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση, επιτυγχάνοντας έτσι υψηλό επίπεδο προστασίας της υγείας·

(14) ότι θα πρέπει να επιτευχθεί ισορροπία για την πρόληψη τόσο των μικροβιολογικών όσο και των χημικών κινδύνων· ότι, προς τούτο, και με βάση μελλοντική επανεξέταση των παραμετρικών τιμών, η κατάρτιση των παραμετρικών τιμών που θα εφαρμόζονται στο νερό που προορίζεται για ανθρώ-

---

(1) ΕΕ L 230 της 19.8.1991, σ. 1· οδηγία όπως τροποποιήθηκε τελευταία από την οδηγία 96/68/ΕΚ της Επιτροπής (ΕΕ L 277 της 30.10.1996, σ. 25).

(2) ΕΕ L 123 της 24.4.1998, σ. 1.

πινη κατανάλωση θα πρέπει να βασίζεται σε κριτήρια δημόσιας υγείας και σε μέθοδο αξιολόγησης του κινδύνου·

(15) ότι, προς το παρόν, δεν υπάρχουν επαρκείς αποδείξεις στις οποίες θα μπορούσαν να βασισθούν παραμετρικές τιμές για τις χημικές ουσίες που διαταράσσουν τη λειτουργία των ενδοκρινών αδένων, εντείνεται όμως η ανησυχία για τις πιθανές επιπτώσεις βλαβερών για την υγεία ουσιών στα ανθρώπινα όντα και στην άγρια ζωή·

(16) ότι ιδίως οι προδιαγραφές που παραρτήματος I βασίζονται γενικά στις κατευθυντήριες γραμμές της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας για την ποιότητα του πόσιμου νερού, καθώς και στη γνώμη της επιστημονικής συμβουλευτικής επιτροπής της Επιτροπής για την εξέταση της τοξικότητας και της οικοτοξικότητας των χημικών ουσιών·

(17) ότι επιβάλλεται τα κράτη μέλη να καθορίζουν τιμές άλλων πρόσθετων παραμέτρων μη συμπεριλαμβανομένων στο παράρτημα I, όπου το κρίνουν σκόπιμο για να προστατεύουν την ανθρώπινη υγεία στο έδαφός τους·

(18) ότι τα κράτη μέλη μπορούν να ορίσουν τιμές για άλλες πρόσθετες παραμέτρους που δεν περιλαμβάνονται στο παράρτημα I, όταν αυτό κρίνεται απαραίτητο για λόγους που αφορούν την εξασφάλιση της ποιότητας της παραγωγής, διανομής και επιθεώρησης του νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση·

(19) ότι, όταν τα κράτη μέλη κρίνουν απαραίτητο να θεσπίσουν προδιαγραφές αυστηρότερες από εκείνες που ορίζονται στο

παράρτημα Ι μέρη Α και Β, ή προδιαγραφές για πρόσθετες παραμέτρους που δεν περιλαμβάνονται στο παράρτημα Ι αλλά είναι απαραίτητες για την προστασία της ανθρώπινης υγείας, κοινοποιούν τις εν λόγω προδιαγραφές στην Επιτροπή·

(20) ότι τα κράτη μέλη είναι υποχρεωμένα, όταν θεσπίζουν ή διατηρούν αυστηρότερα μέσα προστασίας, να τηρούν τις αρχές και τους κανόνες της συνθήκης, όπως έχουν ερμηνευθεί από το Δικαστήριο·

(21) ότι οι παραμετρικές τιμές πρέπει να τηρούνται στο σημείο όπου το νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση διατίθεται στον κατάλληλο καταναλωτή·

(22) ότι η ποιότητα του νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση μπορεί να επηρεάζεται από το σύστημα κατ' οίκον διανομής· ότι, επιπλέον, αναγνωρίζεται ότι η ευθύνη για το σύστημα κατ' οίκον διανομής και τη συντήρησή του, δεν μπορεί να βαρύνει τα κράτη μέλη·

(23) ότι θα πρέπει να θεσπισθούν προγράμματα ελέγχου από κάθε κράτος μέλος για το νερό που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση σχετικά με την τήρηση των απαιτήσεων της παρούσας οδηγίας· ότι τέτοια προγράμματα ελέγχου θα πρέπει να είναι τα ενδεδειγμένα για τις τοπικές ανάγκες και να τηρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις ελέγχου που θεσπίζονται στην παρούσα οδηγία·

(24) ότι οι χρησιμοποιούμενες για την ποιοτική ανάλυση του νερού μέθοδοι όταν αυτό προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση θα πρέπει να είναι τέτοιες ώστε να εξασφαλίζεται η αξιοπιστία και συγκρισιμότητα των λαμβανομένων αποτελεσμάτων·

(25) ότι τα οικεία κράτη μέλη θα πρέπει, σε περίπτωση μη τήρησης των προδιαγραφών της παρούσας οδηγίας, να προβαίνουν στη διερεύνηση των αιτίων και να εξασφαλίζουν ότι αναλαμβάνεται η ενδεδειγμένη επανορθωτική δράση ώστε να αποκαθίσταται το ταχύτερο δυνατόν η ποιότητα του νερού·

(26) ότι είναι βασικής σημασίας η πρόληψη ενδεχόμενων κινδύνων για τη δημόσια υγεία προερχομένων από μολυσμένο νερό· ότι θα πρέπει να διακόπτεται η παροχή ή να περιορίζεται η χρήση τέτοιου νερού·

(27) ότι, σε περίπτωση μη τήρησης μιας παραμέτρου ενδεικτικής σημασίας, τα οικεία κράτη μέλη εξετάζουν αν η εν λόγω μη τήρηση δημιουργεί κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία· ότι θα πρέπει να αναλαμβάνουν επανορθωτική δράση προκειμένου να αποκατασταθεί η ποιότητα του νερού όπου αυτό είναι απαραίτητο για την προστασία της ανθρώπινης υγείας·

(28) ότι όπου απαιτείται κάποια επανορθωτική δράση για την αποκατάσταση της ποιότητας του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, σύμφωνα με το άρθρο 130 Ρ παράγραφος 2 της συνθήκης, θα πρέπει να δίδεται προτεραιότητα σε δράσεις που αντιμετωπίζουν το πρόβλημα στην πηγή του·

(29) ότι, υπό ορισμένες συνθήκες, τα κράτη μέλη θα πρέπει να

επιτρέπεται να χορηγούν παρεκκλίσεις από την παρούσα οδηγία· ότι, επιπλέον, απαιτείται η εκπόνηση του κατάλληλου πλαισίου για τις εν λόγω παρεκκλίσεις, με την επιφύλαξη ότι η παρέκκλιση δεν ενέχει ενδεχόμενους κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία και ότι η υδροδότηση για την ανθρώπινη κατανάλωση της σχετικής περιοχής δεν είναι δυνατόν να διατηρηθεί με κανένα άλλο εύλογο τρόπο·

(30) ότι, επειδή κατά την παρασκευή ή τη διανομή νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση, μπορεί να χρησιμοποιούνται ορισμένες ουσίες ή ορισμένα υλικά, απαιτείται η θέσπιση κανόνων που θα διέπουν τη χρήση τους κατά τρόπο ώστε να αποφεύγονται ενδεχόμενες ανεπιθύμητες δράσεις για την ανθρώπινη υγεία·

(31) ότι η επιστημονική και τεχνική πρόοδος μπορεί να απαιτήσει τη γρήγορη προσαρμογή των τεχνικών απαιτήσεων που προβλέπονται στα παραρτήματα II και III· ότι, περαιτέρω, για να διευκολυνθεί η εφαρμογή των μέτρων που απαιτούνται για το σκοπό αυτό, θα πρέπει να προβλεφθεί διαδικασία με βάση την οποία η Επιτροπή θα μπορεί να θεσπίσει προσαρμογές αυτής της φύσεως με την επικουρία μιας επιτροπής αποτελούμενης από εκπροσώπους των κρατών μελών·

(32) ότι θα πρέπει οι καταναλωτές να ενημερώνονται κατά τον κατάλληλο και ενδεδειγμένο τρόπο σχετικά με την ποιότητα του νερού που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση, για κάθε παρέκκλιση που υιοθετείται από τα κράτη μέλη, καθώς και για κάθε επανορθωτική δράση που αναλαμβάνεται από τις αρμόδιες αρχές· ότι, επιπλέον, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι τεχνικές και στατιστικές ανάγκες της Επιτροπής και το δικαίωμα όλων των πολιτών στην πλήρη ενημέρωση σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης·

(33) ότι, σε εξαιρετικές περιστάσεις και για καθορισμένες γεωγραφικές περιοχές, τα κράτη μέλη μπορεί να χρειασθούν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα για να συμμορφωθούν με ορισμένες διατάξεις της παρούσας οδηγίας·

(34) ότι η παρούσα οδηγία δεν θα πρέπει να επηρεάζει τις υποχρεώσεις των κρατών μελών που αφορούν τις προθεσμίες μεταγραφής στην εθνική νομοθεσία, ή τις προθεσμίες εφαρμογής, που αναφέρονται στο παράρτημα IV

## ΕΞΕΔΩΣΕ ΤΗΝ ΠΑΡΟΥΣΑ ΟΔΗΓΙΑ:

### Άρθρο 1

#### Στόχος

1. Η παρούσα οδηγία αφορά την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης.
2. Στόχος της παρούσας οδηγίας είναι η προστασία της ανθρώπινης υγείας από τις δυσμενείς επιπτώσεις που οφείλονται στη μόλυνση του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, μέσω της εξασφά-

λισης ότι είναι υγιεινό και καθαρό.

## Άρθρο 2

### Ορισμοί

Για τους σκοπούς της παρούσας οδηγίας νοούνται ως:

1. «νερό ανθρώπινης κατανάλωσης»:

α) το νερό, είτε στη φυσική του κατάσταση είτε μετά από επεξεργασία, που προορίζεται για πόση, μαγείρευμα, προπαρασκευή τροφής ή άλλες οικιακές χρήσεις, ανεξάρτητα από την προέλευσή του και από το εάν παρέχεται από δίκτυο διανομής, από βυτίο, ή σε φιάλες ή δοχεία·

β) το νερό που χρησιμοποιείται στις επιχειρήσεις παραγωγής τροφίμων για την παρασκευή, επεξεργασία, συντήρηση ή εμπορία προϊόντων ή ουσιών που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση, εκτός αν οι αρμόδιες εθνικές αρχές κρίνουν ότι η ποιότητα του νερού δεν μπορεί να επηρεάσει την υγιεινή των τροφίμων στην τελική τους μορφή·

2. «οικιακά συστήματα διανομής»: ο σωληνώσεις, τα εξαρτήματα και οι συσκευές που έχουν εγκατασταθεί μεταξύ των βρυσών που συνήθως χρησιμοποιούνται για ανθρώπινη κατανάλωση και του δικτύου διανομής, αλλά μόνον εφόσον αυτά δεν υπάγονται στην ευθύνη του φορέα ύδρευσης, υπό την ιδιότητά του αυτή.

## Άρθρο 3

### Εξαιρέσεις

1. Η παρούσα οδηγία δεν εφαρμόζεται:

α) στο φυσικό μεταλλικό νερό που αναγνωρίζεται ως τέτοιο από τις αρμόδιες εθνικές αρχές, σύμφωνα με την οδηγία 80/777/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 15ης Ιουλίου 1980, περί προσεγγίσεως των νομοθεσιών των κρατών μελών σχετικά με την εκμετάλλευση και τη θέση στο εμπόριο των φυσικών μεταλλικών νερών (1)·

β) στο νερό που θεωρείται φαρμακευτικό ιδιοσκεύασμα κατά την έννοια της οδηγίας 65/65/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 26ης Ιανουαρίου 1965, περί της προσεγγίσεως των νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων σχετικά με τα φάρμακα (2).

2. Τα κράτη μέλη μπορούν να εξαιρούν από τις διατάξεις της παρούσας οδηγίας:

α) το νερό που προορίζεται αποκλειστικά για σκοπούς για τους οποίους οι αρμόδιες αρχές κρίνουν ότι η ποιότητα του νερού δεν επηρεάζει, άμεσα ή έμμεσα, την υγεία των ενδιαφερόμενων καταναλωτών·

(1) ΕΕ L 229 της 30.8.1980, σ. 1· οδηγία όπως τροποποιήθηκε τελευταία από την οδηγία 96/70/ΕΚ (ΕΕ L 299 της 23.11.1996, σ. 26).

(2) ΕΕ L 22 της 9.2.1965, σ. 369· οδηγία όπως τροποποιήθηκε τελευταία από την οδηγία 93/39/ΕΟΚ (ΕΕ L 214 της 24.8.1993, σ. 22).

β) το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης που λαμβάνεται από συγκριμένη πηγή με παροχή κάτω των 10 m<sup>3</sup> ημερησίως κατά

μέσο όρο ή που εξυπηρετεί κάτω από 50 άτομα, εκτός εάν το νερό διατίθεται στο πλαίσιο εμπορικής ή δημόσιας δραστηριότητας.

3. Τα κράτη μέλη που εφαρμόζουν τις εξαιρέσεις της παραγράφου 2 στοιχείο β) εξασφαλίζουν ότι, ο ενδιαφερόμενος πληθυσμός ενημερώνεται σχετικά καθώς και για κάθε ενέργεια που μπορεί να αναληφθεί για να προστατευθεί η ανθρώπινη υγεία από τις δυσμενείς επιπτώσεις που οφείλονται στη μόλυνση του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης. Επιπλέον, όταν ένας ενδεχόμενος κίνδυνος για την ανθρώπινη υγεία λόγω της ποιότητας του νερού αυτού είναι προφανής, πρέπει να παρέχονται αμέσως οι κατάλληλες οδηγίες στον ενδιαφερόμενο πληθυσμό.

#### Άρθρο 4

##### Γενικές υποχρεώσεις

1. Με την επιφύλαξη των υποχρεώσεών τους δυνάμει άλλων κοινοτικών διατάξεων, τα κράτη μέλη λαμβάνουν τα αναγκαία μέτρα ώστε να εξασφαλιστεί ότι το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης είναι υγιεινό και καθαρό. Για τους σκοπούς των ελαχίστων απαιτήσεων της παρούσας οδηγίας, το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης είναι υγιεινό και καθαρό εφόσον:

α) είναι απαλλαγμένο μικροοργανισμών και παρασίτων, και οποιωνδήποτε ουσιών, σε αριθμούς και συγκεντρώσεις, που αποτελούν ενδεχόμενο κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία και  
β) πληροί τις ελάχιστες απαιτήσεις του παραρτήματος I μέρη A και B,

και εφόσον, σύμφωνα με τις σχετικές διατάξεις των άρθρων 5 έως 8 και 10, τα κράτη μέλη λαμβάνουν, σύμφωνα με τη συνθήκη, όλα τα αναγκαία μέτρα προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης συμμορφούται προς τις απαιτήσεις της παρούσας οδηγίας.

2. Τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι τα μέτρα που λαμβάνονται για την εφαρμογή των διατάξεων της παρούσας οδηγίας δεν οδηγούν, σε καμιά περίπτωση, σε άμεση ή έμμεση υποβάθμιση της σημερινής ποιότητας του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, στο μέτρο που αυτό αφορά την προστασία της ανθρώπινης υγείας, ούτε σε αύξηση της ρύπανσης του νερού που χρησιμοποιείται για την παραγωγή πόσιμου νερού.

#### Άρθρο 5

##### Ποιοτικές προδιαγραφές

1. Τα κράτη μέλη καθορίζουν τιμές για τις παραμέτρους του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης οι οποίες αναφέρονται στο παράρτημα I.

2. Οι τιμές που καθορίζονται σύμφωνα με την παράγραφο 1 δεν πρέπει να είναι λιγότερο αυστηρές από τις τιμές του παραρτήματος I. Όσον αφορά τις παραμέτρους του παραρτήματος I μέρος Γ, οι τιμές καθορίζονται μόνον για λόγους παρακολούθησης και για την τήρηση των υποχρεώσεων του άρθρου 8.

3. Τα κράτη μέλη καθορίζουν τιμές για πρόσθετες παραμέτρους που δεν περιλαμβάνονται στο παράρτημα I όταν το επιβάλλει η προστασία της δημόσιας υγείας στο εθνικό τους

έδαφος ή σε μέρος αυτού. Οι καθοριζόμενες τιμές θα πρέπει να πληρούν, τουλάχιστον, τις απαιτήσεις του άρθρου 4 παράγραφος 1 στοιχείο α).

## Άρθρο 6

### Σημείο τήρησης

1. Οι παραμετρικές τιμές που καθορίζονται σύμφωνα με το άρθρο 5, πρέπει να τηρούνται:

α) για το νερό που παρέχεται από δίκτυο διανομής, στο σημείο, εντός του κτιρίου ή της κτιριακής εγκατάστασης, στο οποίο βγαίνει από τις βρύσες που χρησιμοποιούνται συνήθως για ανθρώπινη κατανάλωση·

β) για το νερό που παρέχεται από βυτίο, στο σημείο όπου το νερό βγαίνει από το βυτίο·

γ) για νερό που τοποθετείται σε φιάλες ή δοχεία προς πώληση, στο σημείο στο οποίο το νερό τοποθετείται σε φιάλες ή δοχεία·

δ) για το νερό που χρησιμοποιείται σε επιχείρηση παραγωγής τροφίμων, στο σημείο όπου το νερό χρησιμοποιείται στην επιχείρηση.

2. Στην περίπτωση του νερού της παραγράφου 1 στοιχείο α), τα κράτη μέλη τεκμαίρεται ότι πληρούν τις υποχρεώσεις του παρόντος άρθρου, του άρθρου 4 και του άρθρου 8 παράγραφος 2, εφόσον είναι δυνατόν να αποδειχθεί ότι η μη τήρηση των παραμετρικών τιμών που καθορίζονται σύμφωνα με το άρθρο 5, οφείλεται στο οικιακό σύστημα διανομής ή στη συντήρησή του, εξαιρουμένων των κτιρίων και κτιριακών εγκαταστάσεων όπου το νερό παρέχεται στο κοινό, όπως στα σχολεία, τα νοσοκομεία και τα εστιατόρια.

3. Όταν εφαρμόζεται η παράγραφος 2, και υπάρχει κίνδυνος ότι το νερό της παραγράφου 1 στοιχείο α), δεν ανταποκρίνεται στις παραμετρικές τιμές που καθορίζονται σύμφωνα με το άρθρο 5, τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν παρόλα ταύτα ότι:

α) είτε λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα ώστε να μειωθεί ή να εξαλειφθεί ο κίνδυνος μη τήρησης των παραμετρικών τιμών, όπως η παροχή οδηγιών στους ιδιοκτήτες σχετικά με κάθε ενδεχόμενη επανορθωτική ενέργεια που θα μπορούσαν να αναλάβουν ή/και

λαμβάνονται άλλα μέτρα, όπως κατάλληλες τεχνικές επεξεργασίας, προκειμένου να μεταβληθεί η φύση ή οι ιδιότητες του νερού πριν από τη διάθεσή του ώστε να μειωθεί ή να εξαλειφθεί ο κίνδυνος ότι το νερό δεν ανταποκρίνεται στις παραμετρικές τιμές μετά τη διάθεση

και

β) οι ενδιαφερόμενοι καταναλωτές ενημερώνονται δεόντως και λαμβάνουν οδηγίες για ενδεχόμενες πρόσθετες επανορθωτικές ενέργειες που θα πρέπει να αναλάβουν.

## Άρθρο 7

### Παρακολούθηση

1. Τα κράτη μέλη λαμβάνουν όλα τα αναγκαία μέτρα ώστε να εξασφαλίσουν ότι παρακολουθείται τακτικά η ποιότητα του

νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, προκειμένου να ελέγχεται αν το διατιθέμενο στους καταναλωτές νερό πληροί τις απαιτήσεις της παρούσας οδηγίας, και ιδίως τις παραμετρικές τιμές που καθορίζονται σύμφωνα με το άρθρο 5. Θα πρέπει να λαμβάνονται δείγματα τα οποία να είναι αντιπροσωπευτικά της ποιότητας του νερού που καταναλίσκεται καθόλη τη διάρκεια του έτους. Επιπλέον, τα κράτη μέλη λαμβάνουν όλα τα αναγκαία μέτρα ώστε να εξασφαλίζεται ο έλεγχος της αποτελεσματικής απολύμανσης του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, όταν αυτή αποτελεί μέρος της διαδικασίας επεξεργασίας ή διανομής του νερού και ότι οποιαδήποτε επιμόλυνση από υποπροϊόντα απολύμανσης συγκροτείται σε όσο το δυνατόν πιο χαμηλά όρια, χωρίς να διακυβεύεται η απολύμανση.

2. Για την τήρηση των υποχρεώσεων της παραγράφου 1, οι αρμόδιες αρχές καταρτίζουν κατάλληλα προγράμματα παρακολούθησης του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης. Τα εν λόγω προγράμματα παρακολούθησης πρέπει να πληρούν τις ελάχιστες απαιτήσεις του παραρτήματος II.

3. Τα σημεία δειγματοληψίας καθορίζονται από τις αρμόδιες αρχές και πρέπει να συμμορφούνται με τις σχετικές απαιτήσεις του παραρτήματος II.

4. Για την παρακολούθηση που αναφέρεται στο παρόν άρθρο, μπορούν να καθορίζονται κοινοτικές κατευθυντήριες γραμμές σύμφωνα με τη διαδικασία του άρθρου 12.

5. α) Τα κράτη μέλη πρέπει να τηρούν τις προδιαγραφές ανάλυσεως παραμέτρων που καθορίζονται στο παράρτημα III

β) Αντί των μεθόδων που αναφέρονται στο παράρτημα III μέρος 1, είναι δυνατόν να χρησιμοποιούνται εναλλακτικές μέθοδοι εφόσον μπορεί να αποδειχθεί ότι τα λαμβανόμενα αποτελέσματα είναι τουλάχιστον εξίσου αξιόπιστα με εκείνα των μεθόδων που έχουν προκαθοριστεί. Τα κράτη μέλη που χρησιμοποιούν εναλλακτική μέθοδο διαβιβάζουν στην Επιτροπή όλα τα σχετικά στοιχεία που αφορούν τη μέθοδο αυτή και την ισοδυναμία της.

γ) Για τις παραμέτρους του παραρτήματος III μέρη 2 και 3, είναι δυνατόν να χρησιμοποιείται οποιαδήποτε μέθοδος ανάλυσης εφόσον τηρούνται οι απαιτήσεις των μερών αυτών.

6. Τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι διενεργείται συμπληρωματική κατά περίπτωση παρακολούθηση για τις ουσίες και τους μικροοργανισμούς για τους οποίους δεν καθορίζεται παραμετρική τιμή σύμφωνα με το άρθρο 5, όταν υπάρχουν λόγοι να πιστεύεται ότι οι ουσίες ή οι οργανισμοί αυτοί ενδέχεται να υπάρχουν σε ποσότητες ή αριθμούς που αποτελούν ενδεχόμενο κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία.

## Άρθρο 8

### **Επανορθωτικές ενέργειες και περιορισμοί χρήσεως**

1. Τα κράτη μέλη μεριμνούν ώστε να διερευνάται αμέσως κάθε παράλειψη της τήρησης των παραμετρικών τιμών που καθορίζονται σύμφωνα με το άρθρο 5 ώστε να εντοπίζονται τα αίτια.



2. Εάν, παρά τα μέτρα που λαμβάνονται για να τηρηθούν οι υποχρεώσεις του άρθρου 4 παράγραφος 1, το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης εξακολουθεί να μην πληροί τις παραμετρικές τιμές που καθορίζονται σύμφωνα με το άρθρο 5, και με την επιφύλαξη του άρθρου 6 παράγραφος 2, τα ενδιαφερόμενα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι αναλαμβάνονται, το ταχύτερο δυνατόν, οι απαιτούμενες επανορθωτικές ενέργειες για την αποκατάσταση της ποιότητάς του, και δίνουν προτεραιότητα την εφαρμογή τους, λαμβάνοντας μεταξύ άλλων υπόψη τον βαθμό υπέρβασης των σχετικών παραμετρικών τιμών και τον ενδεχόμενο κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία.

3. Ανεξαρτήτως του αν έχει σημειωθεί ή όχι η μη τήρηση των παραμετρικών τιμών, τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι απαγορεύεται η παροχή νερού ανθρώπινης κατανάλωσης το οποίο αποτελεί ενδεχόμενο κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία ή ότι περιορίζεται η χρήση του ή ότι αναλαμβάνονται οι όποιες απαιτούμενες ενέργειες για να προστατευθεί η ανθρώπινη υγεία. Στις περιπτώσεις αυτές, οι καταναλωτές ενημερώνονται αμέσως σχετικά και τους παρέχονται οι αναγκαίες οδηγίες.

4. Οι αρμόδιες αρχές ή άλλοι αρμόδιοι φορείς αποφασίζουν ποιές ενέργειες δυνάμει της παραγράφου 3θα πρέπει να αναληφθούν, λαμβάνοντας επίσης υπόψη τους κινδύνους για την ανθρώπινη υγεία οι οποίοι θα προέκυπταν από τυχόν διακοπή της παροχής ή περιορισμό της χρήσης νερού ανθρώπινης κατανάλωσης.

5. Τα κράτη μέλη μπορούν να καθορίζουν κατευθύνσεις για να επικουρούν τις αρμόδιες αρχές κατά την εκπλήρωση των υποχρεώσεών τους δυνάμει της παραγράφου 4.

6. Σε περίπτωση μη τήρησης των παραμετρικών τιμών ή των προδιαγραφών του παραρτήματος Ι μέρος Γ, τα κράτη μέλη εξετάζουν κατά πόσον αυτή η μη τήρηση δημιουργεί κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία. Τα κράτη μέλη αναλαμβάνουν επανορθωτικές ενέργειες για την αποκατάσταση της ποιότητας του νερού εφόσον αυτό απαιτείται για την προστασία της ανθρώπινης υγείας.

7. Τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι, όταν αναλαμβάνονται επανορθωτικές ενέργειες, οι καταναλωτές ενημερώνονται σχετικά εκτός από τις περιπτώσεις κατά τις οποίες οι αρμόδιες αρχές κρίνουν ότι η μη τήρηση των παραμετρικών τιμών είναι άνευ σημασίας.

## Άρθρο 9

### Παρεκκλίσεις

1. Τα κράτη μέλη μπορούν να προβλέπουν παρεκκλίσεις από τις παραμετρικές τιμές που καθορίζονται στο παράρτημα Ι μέρος Β ή που καθορίζονται σύμφωνα με το άρθρο 5 παράγραφος 3, μέχρις ενός ανώτατου ορίου που καθορίζουν τα ίδια, εφόσον η παρέκκλιση δεν συνεπάγεται πιθανό κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία και εφόσον η παροχή νερού ανθρώπινης κατανάλωσης στη συγκεκριμένη περιοχή δεν μπορεί να εξασφαλισθεί με άλλον εύλογο τρόπο. Οι παρεκκλίσεις πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερης διάρκειας και δεν πρέπει να υπερβαίνουν

την τριετία προς το τέλος της οποίας πρέπει να πραγματοποιείται επανεξέταση προκειμένου να καθοριστεί κατά πόσον έχει σημειωθεί ικανοποιητική πρόοδος. Όταν τα κράτη μέλη προτίθενται να παραχωρήσουν δεύτερη παρέκκλιση, γνωστοποιούν την επανεξέταση και τους λόγους για την απόφασή τους για παραχώρηση δεύτερης παρέκκλισης, στην Επιτροπή. Αυτή η δεύτερη παρέκκλιση δεν πρέπει επίσης να υπερβαίνει την τριετία.

2. Σε εξαιρετικές περιπτώσεις, τα κράτη μέλη μπορούν να υποβάλλουν στην Επιτροπή αίτηση για τρίτη παρέκκλιση για περίοδο που δεν υπερβαίνει την τριετία. Η Επιτροπή αποφασίζει σχετικά με την αίτηση αυτή εντός τριών μηνών.

3. Στις παρεκκλίσεις που παραχωρούνται σύμφωνα με την παράγραφο 1 ή 2, διευκρινίζονται τα ακόλουθα:

α) ο λόγος της παρέκκλισης·

β) η συγκεκριμένη παράμετρος, τα σχετικά αποτελέσματα της προηγούμενης παρακολούθησης, και η ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή βάσει της παρέκκλισης·

γ) η γεωγραφική περιοχή, η ημερησίως παρεχόμενη ποσότητα νερού, ο θιγόμενος πληθυσμός, καθώς και κατά πόσον ή όχι θίγεται κάποια αφορώμενη επιχείρηση παραγωγής τροφίμων·

δ) ένα κατάλληλο σύστημα παρακολούθησης, με αυξημένη συχνότητα παρακολούθησης, εφόσον απαιτείται·

ε) η σύνοψη του προγράμματος των απαιτούμενων επανορθωτικών ενεργειών, στο οποίο συμπεριλαμβάνονται

χρονοδιάγραμμα εργασιών, εκτίμηση κόστους και διατάξεις για την επανεξέταση·

στ) η αιτούμενη διάρκεια της παρέκκλισης.

4. Εάν οι αρμόδιες αρχές κρίνουν ότι η μη τήρηση της παραμετρικής τιμής είναι άνευ σημασίας και εφόσον, με τις επανορθωτικές ενέργειες που αναλαμβάνονται σύμφωνα με το άρθρο 8 παράγραφος 2, είναι δυνατόν να αντιμετωπισθεί το πρόβλημα εντός 30 το πολύ ημερών, δεν απαιτείται η εφαρμογή των απαιτήσεων της παραγράφου 3.

Στην περίπτωση αυτή, οι αρμόδιες αρχές ή άλλοι αρμόδιοι φορείς καθορίζουν μόνον την ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή της συγκεκριμένης παραμέτρου καθώς και τον επιτρεπόμενο χρόνο για την αντιμετώπιση του προβλήματος.

5. Η προσφυγή στην παράγραφο 4 δεν είναι πλέον δυνατή αν η μη τήρηση μιας παραμετρικής τιμής για συγκεκριμένη παροχή νερού παρουσιάστηκε για περισσότερες από 30 ημέρες συνολικά κατά τη διάρκεια των δώδεκα προηγούμενων μηνών.

6. Τα κράτη μέλη που εφαρμόζουν τις παρεκκλίσεις του παρόντος άρθρου εξασφαλίζουν ότι ο θιγόμενος από την παρέκκλιση αυτή πληθυσμός ενημερώνεται αμέσως και με τον κατάλληλο τρόπο για την παρέκκλιση και τους όρους της. Επιπλέον, τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι, εφόσον απαιτείται, παρέχονται οδηγίες σε συγκεκριμένες πληθυσμιακές ομάδες για τις οποίες η παρέκκλιση ενδέχεται να δημιουργήσει ειδικούς κινδύνους.

Οι υποχρεώσεις αυτές δεν ισχύουν στην περίπτωση που αναφέρεται στην παράγραφο 4, εκτός αν οι αρμόδιες αρχές αποφασίσουν διαφορετικά.

7. Με την εξαίρεση των παρεκκλίσεων που παρέχονται σύμφωνα με την παράγραφο 4, τα κράτη μέλη ενημερώνουν την Επιτροπή εντός δύο μηνών για τις παρεκκλίσεις που αφορούν ατομική παροχή άνω των 1 000 m<sup>3</sup> ημερησίως κατά μέσο όρο ή εξυπηρετούν άνω των 5 000 ατόμων, παρέχοντας και τα στοιχεία που αναφέρονται στην παράγραφο 3.

8. Το παρόν άρθρο δεν ισχύει για το νερό ανθρώπινης κατανάλωσης το οποίο διατίθεται προς πώληση σε φιάλες ή δοχεία.

#### Άρθρο 10

##### **Εξασφάλιση της ποιότητας επεξεργασίας, εξοπλισμού και υλικών**

Τα κράτη μέλη λαμβάνουν όλα τα αναγκαία μέτρα ώστε να εξασφαλιστεί ότι κάθε ουσία ή κάθε υλικό νέων εγκαταστάσεων που χρησιμοποιείται για την παρασκευή ή τη διανομή νερού ανθρώπινης κατανάλωσης και οι προσμείξεις που προέρχονται από αυτές τις ουσίες ή υλικά νέων εγκαταστάσεων δεν παραμένουν στο νερό ανθρώπινης κατανάλωσης σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από εκείνες που απαιτούνται για τους σκοπούς της χρήσης τους και δεν υποβαθμίζουν, άμεσα ή έμμεσα, την προστασία της ανθρώπινης υγείας, όπως προβλέπεται στην παρούσα οδηγία· τα ερμηνευτικά έγγραφα και οι τεχνικές προδιαγραφές, δυνάμει του άρθρου 3 και του άρθρου 4 παράγραφος 1 της οδηγίας 89/106/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 21ης Δεκεμβρίου 1988, για την προσέγγιση των νομοθετικών, κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων των κρατών μελών όσον αφορά τα προϊόντα του τομέα των δομικών κατασκευών (1), πρέπει να τηρούν τις απαιτήσεις της παρούσας οδηγίας.

#### Άρθρο 11

##### **Αναθεώρηση των παραρτημάτων**

1. Τουλάχιστον ανά πενταετία, η Επιτροπή αναθεωρεί το παράρτημα I, υπό το πρίσμα της επιστημονικής και τεχνικής πρόοδου και υποβάλλει, εφόσον χρειάζεται, προτάσεις τροπολογιών σύμφωνα με τη διαδικασία που καθορίζεται στο άρθρο 189 Γ της συνθήκης.

-----  
(1) ΕΕ L 40 της 11.2.1989, σ. 12· οδηγία όπως τροποποιήθηκε τελευταία από την οδηγία 93/68/ΕΟΚ (ΕΕ L 220 της 30.8.1993, σ. 1).

2. Τουλάχιστον ανά πενταετία, η Επιτροπή προσαρμόζει τα παραρτήματα II και III στην επιστημονική και τεχνική πρόοδο. Ο απαιτούμενες τροποποιήσεις θεσπίζονται σύμφωνα με τη διαδικασία που καθορίζεται στο άρθρο 12.

#### Άρθρο 12

1. Η Επιτροπή επικουρείται από επιτροπή.

2. Στις περιπτώσεις που γίνεται αναφορά στο παρόν άρθρο, εφαρμόζονται τα άρθρα 4 και 7 της απόφασης 1999/468/ΕΚ (1), τηρουμένων των διατάξεων του άρθρου 8 της ίδιας απόφασης. Η περίοδος που προβλέπεται από το άρθρο 4 παράγραφος 3 της απόφασης 1999/468/ΕΚ ορίζεται σε τρεις μήνες.

#### 4 Η επιτροπή θεσπίζει τον εσωτερικό κανονισμό της.

##### Άρθρο 13

##### **Ενημέρωση και εκθέσεις**

1. Τα κράτη μέλη λαμβάνουν τα αναγκαία μέτρα ώστε να εξασφαλιστεί ότι παρέχονται στους καταναλωτές κατάλληλες και ενημερωμένες πληροφορίες σχετικά με την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης.
2. Με την επιφύλαξη της οδηγίας 90/313/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 7ης Ιουνίου 1990, σχετικά με την ελεύθερη πληροφόρηση για θέματα περιβάλλοντος (2), κάθε κράτος μέλος δημοσιεύει ανά τριετία έκθεση για την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης με στόχο την ενημέρωση των καταναλωτών. Η πρώτη από τις εκθέσεις αυτές καλύπτει τα έτη 2002, 2003 και 2004. Κάθε έκθεση αφορά, τουλάχιστον, τις ατομικές παροχές νερού που υπερβαίνουν τα 1 000 m<sup>3</sup> ημερησίως κατά μέσον όρο, ή εξυπηρετούν άνω των 5 000 ατόμων, καλύπτει τρία ημερολογιακά έτη και δημοσιεύεται πριν από το τέλος του ημερολογιακού έτους που έπεται της περιόδου στην οποία αναφέρεται.
3. Τα κράτη μέλη διαβιβάζουν τις εκθέσεις τους στην Επιτροπή εντός δύο μηνών από τη δημοσίευσή τους.
4. Η μορφή και οι ελάχιστες απαιτούμενες πληροφορίες για τις εκθέσεις που αναφέρονται στην παράγραφο 2 καθορίζονται λαμβανομένων ιδιαίτερος υπόψη των μέτρων που αναφέρονται στο άρθρο 3 παράγραφος 2, στο άρθρο 5 παράγραφοι 2 και 3, στο άρθρο 7 παράγραφος 2, στο άρθρο 8, στο άρθρο 9 παράγραφοι 6 και 7 και στο άρθρο 15 παράγραφος 1, και, εφόσον απαιτείται, τροποποιούνται με τη διαδικασία του άρθρου 12.
5. Η Επιτροπή εξετάζει τις εκθέσεις των κρατών μελών και, ανά τριετία, δημοσιεύει συγκεφαλαιωτική έκθεση για την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης στην Κοινότητα. Η έκθεση αυτή δημοσιεύεται εντός εννέα μηνών από την παραλαβή των εκθέσεων των κρατών μελών.
6. Μαζί με την πρώτη έκθεση για την παρούσα οδηγία, όπως αναφέρεται στην παράγραφο 2, τα κράτη μέλη συντάσσουν επίσης έκθεση η οποία υπβάλλεται στην Επιτροπή σχετικά με τα μέτρα τα οποία έλαβαν ή σχεδιάζουν να λάβουν για την εκπλήρωση των υποχρεώσεών τους δύναμει του άρθρου 6 παράγραφος 3 και του παραρτήματος Ι μέρος Β σημείωση 10. Η Επιτροπή θα υποβάλει, ανάλογα με την περίπτωση, πρόταση για

(1) Απόφαση 1999/468/ΕΚ του Συμβουλίου, της 28ης Ιουνίου 1999, για τον καθορισμό των επιμέρους ρυθμίσεων της άσκησης των εκτελεστικών αρμοδιοτήτων που έχουν ανατεθεί στην Επιτροπή (ΕΕ L 184 της 17.7.1999, σ. 23).

(2) ΕΕ L 158 της 23.6.1990, σ. 56.

τη διάρθρωση της έκθεσης αυτής, σύμφωνα με τη διαδικασία η οποία ορίζεται στο άρθρο 12.

##### Άρθρο 14

### **Χρονοδιάγραμμα συμμόρφωσης**

Τα κράτη μέλη λαμβάνουν τα αναγκαία μέτρα ώστε να εξασφαλιστεί ότι η ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης ανταποκρίνεται προς την παρούσα οδηγία εντός πέντε ετών από την έναρξη ισχύος της, με την επιφύλαξη των σημειώσεων 2, 4 και 10 του παραρτήματος Ι μέρος Β.

### **Άρθρο 15**

#### **Εξαιρετικές περιστάσεις**

1. Σε εξαιρετικές περιστάσεις και για συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές, τα κράτη μέλη μπορούν να υποβάλλουν ειδική αίτηση στην Επιτροπή για περίοδο μεγαλύτερη από αυτήν που προβλέπεται στο άρθρο 14. Η πρόσθετη περίοδος δεν πρέπει να υπερβαίνει την τριετία προς το τέλος της οποίας πρέπει να πραγματοποιείται επανεξέταση που διαβιβάζεται στην Επιτροπή η οποία μπορεί, βάσει της επανεξέτασης αυτής, να παραχωρήσει δεύτερη πρόσθετη περίοδο τριών το πολύ ετών. Η διάταξη αυτή δεν εφαρμόζεται στο νερό ανθρώπινης κατανάλωσης που διατίθεται προς πώληση σε φιάλες ή δοχεία.
2. Στην προαναφερόμενη αίτηση, η οποία πρέπει να αιτιολογείται δεόντως, εκτίθενται οι δυσκολίες που συναντώνται και περιλαμβάνονται, τουλάχιστον, όλες οι πληροφορίες που αναφέρονται στο άρθρο 9 παράγραφος 3.
3. Η Επιτροπή εξετάζει την αίτηση αυτή σύμφωνα με τη διαδικασία που ορίζεται στο άρθρο 12.
4. Τα κράτη μέλη που εφαρμόζουν το παρόν άρθρο εξασφαλίζουν ότι ο πληθυσμός τον οποίο αφορά η αίτηση ενημερώνεται αμέσως και με κατάλληλο τρόπο για την έκβαση της αίτησης. Επιπλέον, τα κράτη μέλη εξασφαλίζουν ότι, εφόσον απαιτείται, παρέχονται οδηγίες σε συγκεκριμένες πληθυσμιακές ομάδες για τις οποίες η αίτηση ενδέχεται να δημιουργήσει ειδικούς κινδύνους.

### **Άρθρο 16**

#### **Κατάργηση**

1. Η οδηγία 80/778/ΕΟΚ καταργείται πέντε έτη μετά την έναρξη ισχύος της παρούσας οδηγίας. Με την επιφύλαξη της παραγράφου 2, η κατάργηση αυτή δεν θίγει τις υποχρεώσεις των κρατών μελών όσον αφορά τις προθεσμίες μεταγραφής της στην εθνική νομοθεσία και εφαρμογής της, όπως προβλέπεται στο παράρτημα ΙV. Οι παραπομπές στην καταργούμενη οδηγία θεωρούνται ως παραπομπές στην παρούσα οδηγία σύμφωνα με τον πίνακα αντιστοιχίας του παραρτήματος V.
2. Αφ' ης στιγμής ένα κράτος μέλος θέσει σε ισχύ τις αναγκαίες νομοθετικές, κανονιστικές και διοικητικές διατάξεις προκειμένου να συμμορφωθεί με την παρούσα οδηγία και λάβει τα μέτρα που προβλέπονται στο άρθρο 14, όσον αφορά την ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης στο κράτος μέλος αυτό, εφαρμόζεται η παρούσα οδηγία και όχι η οδηγία 80/778/ΕΟΚ.

#### Άρθρο 17

##### **Μεταγραφή στο εθνικό δίκαιο**

1. Τα κράτη μέλη θέτουν σε ισχύ τις αναγκαίες νομοθετικές, κανονιστικές και διοικητικές διατάξεις προκειμένου να συμμορφωθούν με την παρούσα οδηγία εντός δύο ετών από την έναρξη ισχύος της. Ενημερώνουν αμέσως την Επιτροπή σχετικά.

Οι διατάξεις αυτές, όταν θεσπίζονται από τα κράτη μέλη, αναφέρονται στην παρούσα οδηγία ή συνοδεύονται από παρόμοια αναφορά κατά την επίσημη δημοσίευσή τους. Οι λεπτομερείς διατάξεις για την αναφορά αυτή καθορίζονται από τα κράτη μέλη.

2. Τα κράτη μέλη ανακοινώνουν στην Επιτροπή τα κείμενα των διατάξεων εθνικού δικαίου που θεσπίζουν στον τομέα που διέπεται από την παρούσα οδηγία.

#### Άρθρο 18

##### **Έναρξη ισχύος**

Η παρούσα οδηγία αρχίζει να ισχύει την εικοστή ημέρα από τη δημοσίευσή της στην Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων.

#### Άρθρο 19

##### **Αποδέκτες**

Η παρούσα οδηγία απευθύνεται στα κράτη μέλη.

### **III. Έλεγχος πόσιμου ύδατος και συστημάτων ύδρευσης και λήψη μέτρων για την προστασία της δημόσιας υγείας**

Η παρούσα εγκύκλιος έχει ως θέμα την με συστηματικούς ελέγχους παρακολούθηση της ποιότητας του πόσιμου ύδατος για λόγους προστασίας της δημόσιας υγείας. Αναφέρεται επίσης στην εξειδίκευση ευθυνών σε όλα τα επίπεδα της Δημόσιας Διοίκησης (Υπουργεία, Περιφέρειες, Νομαρχιακές Αυτοδιοικήσεις, Δήμοι).

Η διασφάλιση παροχής καθαρού και υγιεινού νερού από τα υπόγεια και επιφανειακά νερά σε όλους τους πολίτες της χώρας μας αποτελεί μια από τις σημαντικότερες ευθύνες της Δημόσιας Διοίκησης. Για την επίτευξη του στόχου αυτού πέρα από τον προγραμματισμό και σχεδιασμό σωστών έργων, είναι αναγκαίο να τηρούνται ανελλιπώς οι διαδικασίες ελέγχου από τους αρμόδιους φορείς, όπως προβλέπεται από την κείμενη νομοθεσία.

Εντούτοις, έχει διαπιστωθεί ότι συχνά ο έλεγχος αυτός είναι ελλιπής, οι υπεύθυνοι δεν επιδεικνύουν την προσήκουσα επιμέλεια, και οι φορείς Τοπικής Αυτοδιοίκησης δεν αξιολογούν με προτεραιότητα τα έργα εκσυγχρονισμού των δικτύων ύδρευσης.

Συγκεκριμένα:

1. Δεν λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα για την προστασία των πηγών ύδρευσης (γεωτρήσεις, υδρομαστεύσεις, φυσικές δεξαμενές ύδατος κλπ)
2. Τα συστήματα ύδρευσης (εξωτερικά και εσωτερικά δίκτυα) δεν συντηρούνται επαρκώς, δεν ελέγχονται συστηματικά και δεν αντικαθίστανται τα φθαρμένα δίκτυα με προτεραιότητα.
3. Οι έλεγχοι που προβλέπονται από την κείμενη νομοθεσία δεν εφαρμόζονται επαρκώς

Στόχος του Υπουργείου Υγείας και Πρόνοιας είναι να συστηματοποιηθεί ο έλεγχος του πόσιμου νερού και να υπάρξει πλήρης εικόνα των προβλημάτων και του ελέγχου σε επίπεδο Δήμου, Νομού και Επικράτειας. Σε αυτήν την κατεύθυνση, με την παρούσα δίνονται σαφείς οδηγίες στους δήμους και τις Νομαρχιακές Αυτοδιοικήσεις που έχουν την ευθύνη για τον πρωτοβάθμιο έλεγχο και ο ρόλος των Περιφερειών και του Υπουργείου Υγείας και Πρόνοιας.

Από λήψεως της παρούσης εγκυκλίου, οι αποδέκτες της θα εφαρμόζουν απαρέγκλιτα τις οδηγίες που περιλαμβάνονται σε αυτήν και θα αποστέλλουν τα στοιχεία στο Υπουργείο Υγείας και

Πρόνοιας, Δ/νση Υγιεινής Περιβάλλοντος, όπως ορίζεται παρακάτω.

#### A. Αποδέκτες της εγκυκλίου

Η εγκύκλιος απευθύνεται στις Περιφέρειες, τις Νομαρχιακές Αυτοδιοικήσεις και στις Τ.Ε.Δ.Κ των Νομών οι οποίες υποχρεούνται μετά τη λήψη της να την γνωστοποιήσουν ενυπογράφως στους ΟΤΑ της περιοχής τους, και να παρακολουθούν στενά την πιστή εφαρμογή της από όλο το προσωπικό, που θα ενημερωθεί σχετικά με ευθύνη τους.

#### B. Υπάρχον θεσμικό πλαίσιο

Το υπάρχον θεσμικό πλαίσιο για την ποιότητα του πόσιμου νερού περιλαμβάνει τις ακόλουθες διατάξεις:

Την Α5/288/86 (ΦΕΚ 53 Β 379 Β) Υγειονομική Διάταξη «Περί ποιότητας πόσιμου νερού» σε εναρμόνιση με την οδηγία 80/778/ΕΟΚ η οποία αναφέρεται στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του πόσιμου νερού, στη συχνότητα των δειγματοληψιών και στις υποχρεώσεις των υπευθύνων.

Την Γ3α/761/68 Υγ διάταξη, όπως έχει τροποποιηθεί (ΦΕΚ 189/68 Β, 988/74Β) που περιλαμβάνει συμπληρωματικές διατάξεις για τους υπεύθυνους ύδρευσης του νερού, καθώς και τις υποχρεώσεις τους.

Την ΥΜ/5673/57 (ΦΕΚ 5/58 Β) Υγ. Διάταξη, που αναφέρεται στις μεθόδους απολύμανσης του νερού ύδρευσης.

Την Ε1β/221/65 (ΦΕΚ 138/τ.β/24-2-65) Υγ. διάταξη, στην οποία προβλέπονται αποστάσεις ασφαλείας των πηγών υδροληψίας από χώρους διάθεσης λυμάτων.

Τα άρθρα 8 έως 17 του Υγειονομικού Κανονισμού, που αναφέρονται σε μέτρα προστασίας πηγών υδροληψίας και συστημάτων ύδρευσης.

Την Β1/οικ 5508/98 Υπουργική Απόφαση, που αναφέρεται στην αναγνώριση των Πανεπιστημιακών εργαστηρίων των Ιατρικών Σχολών, Θεσ/νικης, Ιωαννίνων, Πατρών, Κρήτης και Αθηνών, ως Κέντρα Αναφοράς ελέγχου νερών κλπ.



Την Α5/2280/85 (ΦΕΚ 720/τ.β./13-12-83) Υγ. Διάταξη, με την οποία ρυθμίζονται θέματα προστασίας των πηγών υδροληψίας της ευρύτερης περιοχής της Πρωτεύουσας (λίμνες και υδραγωγεία Μαραθώνα, Υλίκης, Μόρνου), από υπέρμετρη ρύπανση και θεσπίζονται διάφοροι περιορισμοί και ζώνες προστασίας.

Υπενθυμίζεται επίσης ότι η παράγραφος 1.1 του άρθρου 4 της Ε1β/221/65 Υγειονομικής διάταξης έχει καταργηθεί, καθόσον ισχύουν τα προβλεπόμενα στην 46399/1352/86 (ΦΕΚ 438B) Κοινή Υπουργική Απόφαση, με την οποία καθορίζονται τρεις κατηγορίες επιφανειακών νερών, που προορίζονται για πόσιμα (Α1, Α2, Α3) και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά τους σε συνδυασμό με την αντίστοιχη απαιτούμενη ελάχιστη επεξεργασία.

### Γ. Μέτρα εφαρμογής

#### 1. Καθορισμός ευθυνών

##### Α) Υπεύθυνοι ύδρευσης (πρώτος βαθμός ευθύνης)

Σύμφωνα με το άρθρο 11.2 της Α5/288/86 (ΦΕΚ 53B 379B) Υγ. Διάταξη και το άρθρο 9 της Γ3α/761/68 Υγ. Διάταξης ύδρευσης είναι:

- Για τις υδρεύσεις Δήμων η Δημοτική Αρχή, σύμφωνα με τα καθοριζόμενα στο άρθρο 23 παρ. 1 του Ν. 1065/80 «Περί κυρώσεως Δημοτικού και Κοινοτικού Κώδικα» (ΦΕΚ 168 Α), ή ο αντίστοιχος για την ύδρευση τοπικός Οργανισμός ή Επιχείρηση ή Σύνδεσμος Δήμων και Κοινοτήτων και κατά τα προβλεπόμενα από τον Ν. 1416/84 (λ.χ Δ.Ε.Υ.Α)
- Για τις βιομηχανίες, ιδρύματα κλπ. τα οποία διαθέτουν δική τους ύδρευση οι νομικοί εκπρόσωποι τους.
- Για τις βιομηχανίες, που βρίσκονται εγκατεστημένες μέσα σε βιομηχανικές περιοχές που διαθέτουν κεντρικό δίκτυο ύδρευσης η ΕΤΒΑ
- Για τις ιδιωτικές υδρεύσεις οι ιδιοκτήτες ή οι νομείς των εγκαταστάσεων ύδρευσης

##### Υποχρεώσεις υπευθύνων ύδρευσης

Οι ως άνω υπεύθυνοι ύδρευσης φέρουν την ευθύνη της μελέτης, κατασκευής, λειτουργίας

και συντήρησης του συστήματος ύδρευσης, της ραδιενέργειας υγειονομικών αναγνωρίσεων, εργαστηριακών εξετάσεων και γενικά της λήψης κάθε μέτρου, προκειμένου να παρέχεται πόσιμο νερό σε ποσότητα επαρκή για τις ανάγκες του υδρευόμενου πληθυσμού, χωρίς διακοπές και το σύστημα ύδρευσης να είναι απαλλαγμένο από κάθε υγειονομικό κίνδυνο και υποχρεούνται:

- Να θέτουν στην διάθεση των αρμόδιων υγειονομικών αρχών το αρχείο υγειονομικών αναγνωρίσεων, εργαστηριακών εξετάσεων, το ημερολόγιο ύδρευσης (που οφείλουν να τηρούν), καθώς και κάθε πληροφορία και στοιχείο που αφορά στην εκλογή της πηγής υδροληψίας, και την μελέτη, κατασκευή, λειτουργία και συντήρηση του συστήματος ύδρευσης, και το χρησιμοποιούμενο προσωπικό.
- Να γνωστοποιούν αμέσως στην Δ/ση Υγείας της Ν.Α κάθε υγειονομικό κίνδυνο που εμφανίζεται, καθώς τα μέτρα που θα ληφθούν για την εξουδετέρωση του.
- Να συμμορφώνονται στις υποδείξεις και οδηγίες των οικείων υπηρεσιών υγείας.
- Να διενεργούν την προβλεπόμενη σύμφωνα με την ΥΜ/5673/57 (ΦΕΚ 5/58 Β) Υγ. Διάταξη υποχρεωτική απολύμανση που επιβάλλεται για υδρεύσεις, που εξυπηρετούν οικισμούς άνω των 3000 κατοίκων.
- Να αναθέσουν σε συγκεκριμένο πρόσωπο (με μόνιμο αναπληρωτή του για τις περιπτώσεις απουσίας του), την παρακολούθηση της κανονικής λειτουργίας και συντήρησης του εξοπλισμού απολύμανσης του πόσιμου νερού για τη σωστή εφαρμογή της απολύμανσης. Τα ονόματα των ως άνω προσώπων (τακτικού και αναπληρωτή) θα αποστέλλονται εγγράφως στην Δ/ση υγείας, η οποία μπορεί να μην τα εγκρίνει και να ζητήσει την αποκατάστασή τους, εφόσον κριθούν ανεπαρκή για την εργασία αυτή. Τα στοιχεία κοινοποιούνται υποχρεωτικά και στην οικεία Περιφέρεια.
- Να τηρούν ειδικό βιβλίο, στο οποίο θα καταχωρούνται τα αποτελέσματα μετρήσεων υπολειμματικού χλωρίου, οι οποίες θα γίνονται με συχνότητες που καθορίζονται στην ΥΜ/5673/57 (ΦΕΚ 5/58 Β) Υγ. Διάταξη και προσδιορίζεται με τη μέθοδο DPD (χρωματομετρική) και όχι της ορθοτολιδίνης.
- Να διενεργούν δειγματοληπτικούς και εργαστηριακούς ελέγχους σε αντιπροσωπευτικά προκαθορισμένα σημεία ολόκληρου του δικτύου διανομής από την πηγή υδροληψίας μέχρι τη διάθεση στον καταναλωτή. Προς τούτο πρέπει να καταρτίσουν προγράμματα παρακολούθησης, τα οποία θα αναφέρονται μεταξύ άλλων και στον καθορισμό των

σημείων δειγματοληψίας. Ένα ποσοστό των δειγμάτων πρέπει να λαμβάνεται από σταθερά σημεία (αντλιοστάσια, δεξαμενές αποθήκευσης) ως επίσης και σε μέρη όπου υπήρξαν προβλήματα στο παρελθόν. Άλλα δείγματα να λαμβάνονται τυχαία στο δίκτυο μεταξύ των οποίων θα περιλαμβάνονται κατά προτεραιότητα πολυσύχναστα κτίρια λ.χ νοσοκομεία, σχολεία, δημόσια κτίρια, πολυκατοικίες, ξενοδοχεία, εργοστάσια και άλλες θέσεις που υπάρχει μεγάλη πιθανότητα κινδύνου μόλυνσης λ.χ διακλαδώσεις, σημεία υποπίεσης. Τα προγράμματα αυτά υποβάλλονται στην Δ/ση υγείας της Ν.Α προς έγκριση, μαζί με την κατάλληλη απεικόνιση σε σχέδια των σημείων δειγματοληψίας, και κοινοποιούνται στις Περιφέρειες.

#### Β) Διευθύνσεις υγείας των Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων (δεύτερος βαθμός ευθύνης)

Οι Δ/σεις υγείας της Ν.Α, σύμφωνα με τα άρθρα 10 και 11 της Α5/288/86 (ΦΕΚ 53Β 379Β) Υγ. Διάταξη, είναι οι Αρμόδιες Αρχές για την εφαρμογή και εκτέλεση των υγειονομικών διατάξεων, καθώς και τον έλεγχο των υπευθύνων ύδρευσης για την τήρηση των όρων της νομοθεσίας, την οργάνωση και διενέργεια προγραμμάτων ολοκληρωμένων υγειονομικών αναγνωρίσεων των συστημάτων ύδρευσης, την συνεργασία και σχετική ενημέρωση της αρμόδιας Δ/σης της Περιφέρειας και της Δ/σης Υγιεινής Περιβάλλοντος του Υπουργείου Υγείας και Πρόνοιας.

#### Γ) Διευθύνσεις Υγείας των Περιφερειών

Οι Δ/σεις υγείας των Περιφερειών παρακολουθούν την ορθή εφαρμογή του θεσμικού πλαισίου στα γεωγραφικά όρια ευθύνης τους. Συγκεντρώνουν τα στοιχεία παρακολούθησης της ποιότητας του πόσιμου νερού τα οποία αξιολογούν και προτείνουν στις αρμόδιες αρχές μέτρα που πρέπει να ληφθούν καθ' όλη τη διαδρομή του συστήματος ύδρευσης από την θέση υδροληψίας (θέσπιση εδαφικών ζωνών προστασίας), έως τη διάθεση του πόσιμου νερού στον καταναλωτή.

Παράλληλα, συνεργάζονται με την Δ/ση Υγιεινής Περιβάλλοντος του Υπουργείου Υγείας και Πρόνοιας στην οποία αποστέλλουν (με την συχνότητα που περιγράφεται στην παράγραφο 4) αξιολογημένα τεχνικά δελτία ποιότητας πόσιμου νερού καθώς και προτάσεις για την αντιμετώπιση ενδεχόμενων προβλημάτων. Οι Γενικοί Γραμματείς των Περιφερειών με προτεραιότητα χρηματοδοτούν έργα βελτίωσης και επέκτασης των δικτύων ύδρευσης.

#### Δ) Υπουργείο Υγείας και Πρόνοιας

Το Υπουργείο Υγείας και Πρόνοιας συγκεντρώνει όλα τα σχετικά στοιχεία και συνεργάζεται

με το Υπουργείο Εσωτερικών Δημοσίας Διοίκησης και Αποκέντρωσης για την αξιολόγηση τους και λήψη μέτρων για την προστασία της Δημόσιας Υγείας. Το Υπουργείο Υγείας και Πρόνοιας αποστέλλει τα στοιχεία που απαιτούνται, για κάθε σχετική ενημέρωση και εμπρόθεσμη γνωστοποίηση στην Επιτροπή Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων.

## 2. Υγειονομική Αναγνώριση

Η υγειονομική αναγνώριση των διαφόρων τμημάτων του συστήματος ύδρευσης και του τρόπου λειτουργίας του σε συνδυασμό με λήψη δειγμάτων νερού προκειμένου να παρακολουθείται συστηματικά η κατάσταση των συστημάτων ύδρευσης.

Τα κυριότερα στοιχεία που εξετάζονται κατά την αναγνώριση είναι:

Λεκάνη απορροής υδροληψίας, πηγή υδροληψίας, εξωτερικοί αγωγοί, αντλιοστάσιο, δεξαμενές, δίκτυο διανομής, σύστημα επεξεργασίας, απολύμανση, εσωτερικές υδραυλικές εγκαταστάσεις.

Σημειώνεται ότι εκτός από την κατάλληλη υγειονομική προστασία των υπόγειων πηγών υδροληψίας και των αγωγών μεταφοράς του νερού, πρέπει υποχρεωτικά να τηρούνται και οι κατάλληλες αποστάσεις ασφαλείας από γειτονικές εστίες ρύπανσης και μόλυνσης.

## 3. Εργαστηριακοί Έλεγχοι

Η ελάχιστη συχνότητα των εργαστηριακών ελέγχων, ανάλογα με την παρεχόμενη ποσότητα πόσιμου νερού, φαίνεται στους συνημμένους πίνακες.

Οι εργαστηριακές αναλύσεις των υπεύθυνων ύδρευσης θα διενεργούνται σε οργανωμένα εργαστήρια των υπευθύνων Ο.Τ.Α, Δ.Ε.Υ.Α, Ε.Τ.Β.Α, της περιοχής ευθύνης του ή σε συνεργασία με οργανωμένα εργαστήρια γειτονικών Ο.Τ.Α, ενώ οι αναλύσεις για λογαριασμό των αρμόδιων Αρχών θα διενεργούνται σε Δημόσια (Κ.Ε.Δ.Υ, Γ.Χ.Κ) και Πανεπιστημιακά εργαστήρια.

Στις περιπτώσεις όπου σήμερα δεν υφίστανται δομές εργαστηριακών ελέγχων για τους υπεύθυνους ύδρευσης α' βαθμού, θα χρησιμοποιούνται οι εργαστηριακές δομές ελέγχων του Δημοσίου και των Πανεπιστημίων.

Οι Γενικοί Γραμματείς των Περιφερειών στα πλαίσια του νέου προγραμματισμού του Γ' Κοινοτικού Πλαισίου Στήριξης 2000-2006 με προτεραιότητα προωθούν έργα ενίσχυσης δομών εργαστηρίων ελέγχου στις περιοχές όπου υπάρχει έλλειμμα και φροντίζουν για την κατά νόμο πιστοποίηση τους.

Υπενθυμίζεται ότι οι εργαστηριακές εξετάσεις δεν αποτελούν τη μόνη βάση για να γίνει αποδεκτή ή να απορριφθεί μια ύδρευση, αν δεν επιβεβαιώνονται από τα πορίσματα της υγειονομικής αναγνώρισης. Τα αποτελέσματα των εργαστηριακών εξετάσεων και ιδιαίτερα των μικροβιολογικών, ερμηνεύονται πάντα κάτω από το φως των παρατηρήσεων της υγειονομικής αναγνώρισης της περιοχής υδροληψίας, για την οποία η εργαστηριακή εξέταση αποτελεί συμπληρωματικό και όχι αποφασιστικό στοιχείο. Κάθε εξέταση δεν αντικατοπτρίζει παρά την κατάσταση της στιγμής της δειγματοληψίας, ενώ η αναγνώριση επιτρέπει την επισήμανση των υπαρκτών και ακόμη δυνητικών κινδύνων.

#### 4. Παρακολούθηση και έλεγχος εφαρμογής της εγκυκλίου

Η εφαρμογή της παρούσας εγκυκλίου θα παρακολουθείται από την Δ/ση Υγιεινής Περιβάλλοντος του Υπουργείου Υγείας και Πρόνοιας σε συνεργασία με τις αρμόδιες υπηρεσίες του Υπουργείου Εσωτερικών, Δημόσιας Διοίκησης και Αποκέντρωσης.

Οι Δ/σεις Υγείας των Νομαρχιακών Αυτοδιοικήσεων υποχρεούνται να υποβάλλουν στην Περιφέρεια και το Υπουργείο τεχνικό δελτίο ποιότητας πόσιμου νερού με βάση το παράρτημα που ακολουθεί, ανά τρεις μήνες για τους οικισμούς άνω των 50.000 κατοίκων και ανά εξάμηνο για οικισμούς κάτω των 10.000 κατοίκων, το οποίο θα καταχωρείται σε σχετικό πληροφοριακό σύστημα για την στατιστική παρακολούθηση. Η καταχώρηση των στοιχείων στο πληροφοριακό σύστημα, καθώς και πρόσθετες πληροφορίες, γίνεται από την Δ/ση Υγιεινής Περιβάλλοντος του Υπουργείου.

Τεχνικά Δελτία ποιότητας πόσιμου νερού θα υποβληθούν από 1-1-2001

Η παράβαση των ρυθμίσεων της παρούσης εγκυκλίου συνεπάγεται διοικητικό, πειθαρχικό και ποινικό έλεγχο για τους παραβάτες. [59]

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### • Βιβλία

- [1] Μ. Μήτρακας, (1996), «Ποιοτικά Χαρακτηριστικά και Επεξεργασία Νερού», Θεσσαλονίκη
- [2] Μ. Παπαπετροπούλου, Α. Μαυρίδου, «Μικροβιολογία του υδάτινου περιβάλλοντος- Βασικές αρχές», Π. Τραυλός- Ε. Κωσταράκη
- [3] Φ. Ρήγας, (1998), «Επιστήμη και τεχνολογία περιβάλλοντος», ΕΜΠ, Αθήνα
- [4] Π. Ταούκης, (1997), «Αρχές κινητικής, ρεολογίας και μηχανικών διεργασιών στα τρόφιμα- Σημειώσεις επιστήμης και τεχνικής των τροφίμων», ΕΜΠ, Αθήνα
- [5] (3 Νοεμβρίου 1998), «Ευρωπαϊκή οδηγία 98/83», Ευρωπαϊκή Ένωση
- [6] Β. Ρηγοπούλου, Α. Μουτσάτσου, (1997) «Ανόργανη Χημεία- Σημειώσεις», ΕΜΠ, Αθήνα
- [7] Θ. Π. Χατζηιωάννου, (1989), «Εργαστηριακές Ασκήσεις Ποσοτικής Αναλυτικής Χημείας», 5η έκδοση, Αθήνα
- [8] «Εγκυκλοπαίδεια Νέα Δομή», Εκδόσεις Δομή
- [9] Ζ. Τριάντη, (Σεπτέμβριος 1997), «Διπλωματική Εργασία: Διασφάλιση ποιότητας και ασφάλειας σε εμφιαλωτήριο», ΕΜΠ, Αθήνα
- [10] Π. Αγνιάδη, (1996), «Διπλωματική Εργασία: Μελέτη εργοστασίου εμφιάλωσης νερού», ΕΜΠ, Αθήνα
- [11] Π.Κλαμπατσέας,(Απρίλιος 2012), «Μικροβιολογικός έλεγχος των προϊόντων της 3<sup>E</sup>», Θήβα
- [12] Π.Κλαμπατσέας, (Απρίλιος 2012), «Εργασία στην ΜΙΣΚΟ-BARILLA», Θήβα
- [13] American Society of Civil Engineers, American Water Works Association (1990) «Water Treatment Plant Design», 2<sup>nd</sup> edition, McGraw-Hill Publishing Company, New York
- [14] B. Elvers, S. Hawkins, W.Russe, (195) «UImann's encyclopedia of industrial Chemistry- volume b8 environmental protection and industrial safety II», 5<sup>th</sup> edition, VCH Germany

- [15] J.M. Montgomery, (June 1985), «**Water Treatment Principles and Design**», John Wiley & Sons, New York
- [16] American Water Works Association, F.W.Pontius, (1990), «**Water quality and Treatment**» John Wiley & Sons, New York
- [17] J. A. Cotruvo, G.E. Craun, N.Hearne, (1999) «**Providing safe drinking water in small systems-Technology, operations and economics**» NSF International, World Health Organization Pan American Health Organization, Lewis Publishers
- [18] B. M. Lund, T. C. Baird-Parker, G. W. Gould, (2000), «**The microbiological safety and quality of food-volume II**», Aspen, Maryland
- [19] G. J. Banwart, (1989), «**Basic Food Microbiology**», 2<sup>nd</sup> edition, Chapman and Hall, New York
- [20] J. M. Jay, (1996), «**Modern Food Microbiology**», 5<sup>th</sup> edition, Chapman and Hall, New York
- [21] R. H. Perry, D. W. Green, (1999), «**Chemical Engineer's Handbook**», 6<sup>th</sup> edition, McGraw-Hill
- [22] P. R. Ashurt, (1995), «**Production and packaging of non-carbonated fruit juices and fruit beverages**», Chapman & Hall
- [23] D. L. Downing, (May 1996), «**A complete course in canning and related processes- Book I: Fundamental information on canning**», 13<sup>th</sup> edition, CTI publications, New York

• **Άρθρα- Περιοδικά**

- [24] K. Blair, (1995), «**Cryptosporidium and Public Health**», Journal of Environmental Health 58 Vol. 34, September
- [25] «**Microbial Pollutants in Our Nation's Water**», Environmental and Public Health Issues
- [26] L.O. Gostin, JD, LLD (Hon), Z. Lazzarini, JD, MPH, V.S. Neslud, JD & M. T. Osterholm, PhD, MPH, (June 2000), «**Water Quality Laws and Waterborne Diseases: Cryptosporidium and Other Emerging Pathogens**», American Journal of Public Health vol. 90 no 6
- [27] J. K. Donnelly, E. I. Stentiford, (1997), «**Water-borne cryptosporidiosis: a recurring problem**», Environmental Management and Health, MCB University Press, U.K., pp. 112-123

- [28] S. C. Edberg, (January- February 1996), «**Assessing Health Risk in Drinking water from Naturally Occurring Microbes**», Journal of Environmental Health vol.58, pp 18-24
- [29] (15 July 2000), «**UV nixes Cl<sub>2</sub>**», Beverage world vol. 119 no 1692, pp. 54-57
- [30] U. Szewzyk, R. Szewzyk, W. Manz, K. H. Schleifer, (2000), «**Microbiological Safety of Drinking Water**», Annual Review Microbiology 2000, Germany, pp. 81-127
- [31] A. Kolch, (October 1999), «**Disinfecting drinking water with UV light**», Pollution engineering vol.31 no 10, pp 34-36
- [32] K. Canning, (December 1999), «**UV system to protect against Cryptosporidium, Giardia**» Pollution engineering vol. 31, no 13, pp 19-20
- [33] B. D. Hanzon, R. Vigilia, (November 1999), «**Just the facts**», Water Environment & Technology vol. 11 no 11, pp. 34-42
- [34] (April 1998), «**Disinfection, taste & odor control**», Public Works vol. 129 no5, pp. C21-C25
- [35] A. Naude, (13 October 1997), «**Finding choices in disinfection**», Chemical Market Reporter vol. 252, pp. FR5-FR6
- [36] K. Jin Lee, B. Hwa Kim, J. Eun Hong, Hee Soo Pyo, Song-Ja Park, D. Woon Lee, (17 November 2000), «**A study on the distribution of chlorination by-products (CBPs) in treated water in Korea**», Wat. Res. Vol 35 no 12, Seoul, pp. 2861-2872
- [37] C. P. Weisel, H. Kim, P. Haltmeier, J. B. Klotz, (February 1999), «**Exposure estimates to disinfection by-products of chlorinated drinking water**», Environment health perspectives vol. 107 no 2, pp. 103-110
- [38] D.W. Ferguson, J. T. Gramith, M. J. McGuire, (1991), «**Applying ozone for organics control and disinfection: a utility perspective**», Journal AWWA, pp. 32-39
- [39] S. Madaeni, (April 1998), «**The application of membrane technology for water disinfection**», Wat. Res. Vol. 33 no 2, Iran, pp. 301-308
- [40] E. Mintz, J. Bartram, P. Lochery, M. Wegelin, (October 2001), «**Not just a drop in the bucket: Expanding access to point-of-use water**», American Journal of Public Health vol. 91 no



- **Πρακτικά ημερίδων**

[41] Ι. Καμμένος, «Σχεδιασμός και ανάλυση εργοστασίου αναψυκτικών», Σεμινάριο ΤΕΕ: Σύγχρονες τεχνικές οργάνωσης και ελέγχου παραγωγής, ΤΕΕ, Δεκέμβριος 1992

[42] «Εξοικονόμηση νερού στη βιομηχανία», Πρακτικά Ημερίδας ΤΕΕ & ΠΣΧΜ, Αθήνα, 28 Ιανουαρίου 1991

[43] Μ. Μήτρακας, Κ. Συμεωνίδης, Χ. Τερζίδης, (31 Μαΐου- 2 Ιουνίου 1998), «Αξιολόγηση της απολυμαντικής ικανότητας και του σχηματισμού BrO<sub>3</sub>- σε σχέση με την προστιθέμενη δόση O<sub>3</sub> κατά την επεξεργασία του πόσιμου νερού», 3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο Χημικής Μηχανικής, ΕΜΠ Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Αθήνα, σελ. 1073-1080

[44] Σ. Γιάντσιος, Α. Καράμπελας, (31 Μαΐου- 2 Ιουνίου 1998) «Καθαρισμός πόσιμου νερού με μεμβράνες υπερδιήθησης- Πειραματική διερεύνηση σχηματισμού και απομάκρυνσης επικαθίσεων στις μεμβράνες», 3<sup>ο</sup> Πανελλήνιο Επιστημονικό Συνέδριο Χημικής Μηχανικής, ΕΜΠ Τμήμα Χημικών Μηχανικών, Αθήνα, σελ. 721- 724

[45] (22 Μαΐου 2010), «Οδηγία πλαίσιο για τα νερά», Πρακτικά Ημερίδας για την οδηγία 2000/60, ΕΜΠ, Αθήνα

[46] (2 Ιουλίου 2010), «Η ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης. Η οδηγία 98/83 ΕΟΚ και η ελληνική πραγματικότητα», Πρακτικά Ημερίδας για την οδηγία 98/83, ΓΧΚ, Αθήνα

- **Ιστοσελίδες**

[47] [www.imsa.edu/team/bio/micro/watermicro/intro.html](http://www.imsa.edu/team/bio/micro/watermicro/intro.html)

[48] [www.camp.ca/aerobiology/giardia/htm](http://www.camp.ca/aerobiology/giardia/htm)

[49] [www.cheresources.com/waterchem.shtml](http://www.cheresources.com/waterchem.shtml)

[50] <http://gsbs.utmb.edu/microbook/ch040.htm>

[51] [www.culligan.com](http://www.culligan.com)

[52] [www.provinnenceco-op.com/waterfaq/waterfaq.htm](http://www.provinnenceco-op.com/waterfaq/waterfaq.htm)

[53] [www.ohiopurewaterco.com/ultraviolet-disinfection.html#Advantages](http://www.ohiopurewaterco.com/ultraviolet-disinfection.html#Advantages)

[54] [www.who.org](http://www.who.org)

[55] [www.europa.int](http://www.europa.int)

[56] [www.eydap.gr](http://www.eydap.gr)

[57] [www.who.int](http://www.who.int)

[58] [www.shielco.gr](http://www.shielco.gr)

[59] [www.watermicro.gr](http://www.watermicro.gr)



ΥΠΕΥΘΥΝΗ ΔΗΛΩΣΗ  
(άρθρο 8 Ν. 1599/1986)

Η ακρίβεια των στοιχείων που υποβάλλονται με αυτή τη δήλωση μπορεί να ελεγχθεί με βάση το αρχείο άλλων υπηρεσιών  
(άρθρο 8 παρ. 4 Ν. 1599/1986)

|                                      |                    |          |                                     |                        |            |
|--------------------------------------|--------------------|----------|-------------------------------------|------------------------|------------|
| ΠΡΟΣ <sup>(1)</sup> :                |                    |          |                                     |                        |            |
| Ο - Η Όνομα:                         | ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ         | Επώνυμο: | ΚΛΑΜΠΑΤΣΕΑΣ                         |                        |            |
| Όνομα και Επώνυμο Πατέρα:            | ΕΜΜΑΝΟΥΗΛ          |          |                                     |                        |            |
| Όνομα και Επώνυμο Μητέρας:           | ΧΡΥΣΑΝΘΗ           |          |                                     |                        |            |
| Ημερομηνία γέννησης <sup>(2)</sup> : | 99-08-82           |          |                                     |                        |            |
| Τόπος Γέννησης:                      | ΧΟΛΑΡΓΟΣ - ΑΤΤΙΚΗΣ |          |                                     |                        |            |
| Αριθμός Δελτίου Ταυτότητας:          | ΑΜ 9000185         | Τηλ.:    | 210-2520602                         |                        |            |
| Τόπος Κατοικίας:                     | ΜΕΑ 10 ΝΙΑ         | Οδός:    | ΜΠΟΥΡΝΟΒΑ                           | Αριθ.:                 | 4 ΤΚ: 1493 |
| Αρ. Τηλεομοιοτύπου (Fax):            |                    |          | Δ/ση Ηλεκτρ. Ταχυδρομείου (E-mail): | Takis_Klampsas@hotmail |            |

Με ατομική μου ευθύνη και γνωρίζοντας τις κυρώσεις<sup>(3)</sup>, που προβλέπονται από τις διατάξεις της παρ. 6 του άρθρου 22 Ν. 1599/1986, δηλώνω ότι:

Η ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ: ΧΡΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΤΗΝ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΑ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΑΝΗΚΕΙ ΣΤΟΝ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ ΚΛΑΜΠΑΤΣΕΑ ΜΕ Α.Μ 9000185.

Ημερομηνία, 17/06/2012

Ο - Η Δηλ. Ο. Ν

(Υπογραφή)

- (1) Αναγράφεται από τον ενδιαφερόμενο πολίτη ή Αρχή ή η Υπηρεσία του δημοσίου τομέα, που απευθύνεται η αίτηση.
- (2) Αναγράφεται ολογράφως.
- (3) Όποιος εν γνώσει του δηλώνει ψευδή γεγονότα ή αρνείται ή αποκρύπτει τα αληθινά με έγγραφη υπεύθυνη δήλωση τι άρθρου 8 τιμωρείται με φυλάκιση τουλάχιστον τριών μηνών. Εάν ο υπαίτιος αυτών των πράξεων σκόπευε να προσπορίσει στ εαυτόν του ή σε άλλον περιουσιακό όφελος βλάπτοντας τρίτον ή σκόπευε να βλάψει άλλον, τιμωρείται με κάθειρξη μέχρι 10 ετώ
- (4) Σε περίπτωση ανεπάρκειας χώρου η δήλωση συνεχίζεται στην πίσω όψη της και υπογράφεται από τον δηλούντα ή τη δηλούσα.