



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΤΟΜΕΑΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΕΛΕΓΧΟΥ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ & ΕΔΑΦΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ

---



**«ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ  
ΜΟΥΣΟΥΡΩΝ»**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΣΕΡΒΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ**  
ΧΑΝΙΑ 2009



**«ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΥΔΡΕΥΣΗΣ ΤΟΥ ΔΗΜΟΥ  
ΜΟΥΣΟΥΡΩΝ»**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΣΕΡΒΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑ**

Επιβλέπων :

Δρ Γ Σταυρουλάκης  
Καθηγητής

Επιτροπή Αξιολόγησης :

Παπαφιλιππάκη Ανδρονίκη (MSc)  
Εργαστηριακός Συνεργάτης

Μαυροκεφαλίδου Ελένη (MSc)  
Εργαστηριακός Συνεργάτης

Ημερομηνία παρουσίασης:

16/07/09

Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας : 29

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η πραγματοποίηση της εργασίας αυτής, δεν θα ήταν εφικτή χωρίς την βοήθεια και την υποστήριξη του επιβλέποντος καθηγητή μου κ. Γεώργιου Σταυρουλάκη. Σημαντική ακόμα ήταν και η συνεισφορά των συμφοιτητών μου Μαριλένας Καστρουνή και Έυης Τσότσου στο πειραματικό μέρος της εργασίας. Καθώς επίσης και την πολύτιμη βοήθεια του κ. Στάθη Λουκά στην καθοδήγηση μου στα σημεία των δειγματοληψιών και της εξωτερικής εργαστηριακής βοηθού κα Λαμπάκη Π. Τέλος, ανεκτίμητης αξίας είναι η ηθική και συναισθηματική στήριξη της οικογένειας μου στις επιλογές μου.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1</u></b>	<b>Σελ.11</b>
1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	Σελ.11
1.2 ΓΕΝΙΚΑ	Σελ.11
1.3 ΣΥΣΤΑΣΗ	Σελ.13
1.4 ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΜΟΡΙΟΥ	Σελ.13
1.5 ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	Σελ.13
1.6 ΧΗΜΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	Σελ.14
1.7 ΒΑΡΗ ΚΑΙ ΥΠΕΡΒΑΡΗ ΥΔΩΡ	Σελ.15
1.8 ΦΥΣΙΚΟ ΝΕΡΟ	Σελ.15
1.9 ΑΛΑΤΑ ΣΤΟ ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΑΠΟΣΚΛΗΡΥΝΣΗ	Σελ.15
1.10 ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΣ ΡΟΛΟΣ	Σελ.16
1.11 ΙΑΜΑΤΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ	Σελ.16
1.12 ΠΟΣΙΜΟ ΝΕΡΟ	Σελ.16
1.13 ΓΛΥΚΟ ΝΕΡΟ	Σελ.17
1.14 ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΛΕΙΨΥΝΔΡΕΙΑΣ	Σελ.17
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2</u></b>	<b>Σελ.18</b>
2.1 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	Σελ.18
2.1.1 ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΤΗ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	Σελ.18
2.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ	Σελ.18
2.3 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ	Σελ.21
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3</u></b>	<b>Σελ.27</b>
3.1 ΠΟΣΙΜΟ ΝΕΡΟ	Σελ.27
3.1.1 ΓΕΝΙΚΑ	Σελ.27
3.2 ΣΤΑΔΙΑ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΔΑΤΟΣ	Σελ.28
3.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑΣ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΑΥΤΩΝ	Σελ.28
3.3.1 ΕΚΦΥΣΗΣΗ ΑΕΡΑ ΚΑΙ ΑΕΡΙΣΜΟΣ	Σελ.28
3.3.2 ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΥΣΣΩΜΑΤΩΣΗΣ ΑΙΩΡΟΥΜΕΝΩΝ ΣΤΕΡΕΩΝ	Σελ.29
3.3 ΚΑΘΙΖΗΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΠΛΕΥΣΗ	Σελ.30
3.4 ΔΙΗΘΗΣΗ	Σελ.33
3.5 ΙΟΝΤΟΑΝΤΑΛΛΑΓΗ-ΠΡΟΣΡΟΦΗΣΗ ΑΝΟΡΓΑΝΩΝ	Σελ.34
3.6 ΧΗΜΙΚΗ ΚΑΘΙΖΗΣΗ	Σελ.34
3.7 ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ ΜΕΜΒΡΑΝΗΣ	Σελ.35

<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4</u></b>	<b>Σελ.37</b>
<b>4.1 ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΤΗΣ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ</b>	<b>Σελ.37</b>
<b>4.1.1 ΠΡΟΚΛΗΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΟΓΕΝΩΝ ΕΠΙΔΗΜΙΩΝ</b>	<b>Σελ.37</b>
<b>4.2 ΝΕΕΣ ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗΣ ΤΗΣ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ</b>	<b>Σελ.37</b>
<b>4.3 ΒΙΟΕΠΙΚΑΘΙΣΕΙΣ ΣΤΟ ΔΙΚΤΥΟ</b>	<b>Σελ.38</b>
<b>4.3.1 ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ</b>	<b>Σελ.39</b>
<b>4.3.2 ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ</b>	<b>Σελ.39</b>
<b>4.3.3 ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ</b>	<b>Σελ.39</b>
<b>4.4 ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΤΟΥ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΠΟ ΤΗ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΥΜΕΝΙΟΥ</b>	<b>Σελ.40</b>
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5</u></b>	<b>Σελ.41</b>
<b>5.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΠΟΛΥΜΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ</b>	<b>Σελ.41</b>
<b>5.2 ΧΛΩΡΙΩΣΗ</b>	<b>Σελ.41</b>
<b>5.2.1 ΠΑΡΑΠΡΟΙΟΝΤΑ ΧΛΩΡΙΩΣΗ ΚΑΙ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΔΗΜΟΣΙΑ ΥΓΕΙΑ</b>	<b>Σελ.42</b>
<b>5.3 ΧΛΩΡΑΜΙΝΩΣΗ</b>	<b>Σελ.43</b>
<b>5.4 ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΧΛΩΡΙΟΥ</b>	<b>Σελ.43</b>
<b>5.5 ΟΖΟΝ</b>	<b>Σελ.44</b>
<b>5.6 ΥΠΕΡΜΑΓΓΑΝΙΚΟ ΚΑΛΙΟ</b>	<b>Σελ.44</b>
<b>5.7 ΥΠΕΡΙΩΔΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑ</b>	<b>Σελ.44</b>
<b>5.8 ΟΙΚΙΑΚΕΣ ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ</b>	<b>Σελ.45</b>
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6</u></b>	<b>Σελ.47</b>
<b>6.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ</b>	<b>Σελ.47</b>
<b>6.1.1 ΓΕΝΙΚΑ</b>	<b>Σελ.47</b>
<b>6.2 ΒΑΣΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ</b>	<b>Σελ.47</b>
<b>6.3 ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΩΝ</b>	<b>Σελ.48</b>
<b>6.4 ΣΤΙΓΜΙΑΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΑ</b>	<b>Σελ.49</b>
<b>6.5 ΘΟΛΕΡΟΤΗΤΑ</b>	<b>Σελ.49</b>
<b>6.5.1 ΝΕΦΕΛΟΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ</b>	<b>Σελ.49</b>
<b>6.5.2 ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ</b>	<b>Σελ.50</b>
<b>6.5.3 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ</b>	<b>Σελ.50</b>
<b>6.5.4 ΘΟΛΕΡΟΜΕΤΡΟ Ή ΝΕΦΕΛΟΜΕΤΡΟ</b>	<b>Σελ.50</b>
<b>6.5.5 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ</b>	<b>Σελ.50</b>
<b>6.5.6 ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΟΛΕΡΟΤΗΤΑΣ, ΜΙΚΡΟΤΕΡΗΣ ΑΠΟ 40 NTU</b>	<b>Σελ.50</b>
<b>6.5.7 ΜΕΤΡΗΣΗ ΘΟΛΕΡΟΤΗΤΑΣ ΜΕΓΑΛΥΤΕΡΗΣ ΑΠΟ 40 NTU</b>	<b>Σελ.50</b>
<b>6.6 ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ</b>	<b>Σελ.51</b>
<b>6.6.1 Ph</b>	<b>Σελ.51</b>

6.6.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	Σελ.51
6.6.3 ΗΛΕΚΤΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ	Σελ.51
6.6.4 ΑΡΧΗ ΜΕΘΟΔΟΥ	Σελ.51
6.6.5 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	Σελ.51
6.6.6 ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΜΕΘΟΔΟΥ	Σελ.52
6.6.7 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	Σελ.52
6.6.8 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ	Σελ.52
6.6.9 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	Σελ.52
6.6.10 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ	Σελ.53
6.7 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ	Σελ.54
6.7.1 ΓΕΝΙΚΑ	Σελ.54
6.7.2 ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΟΡΙΣΜΕΝΩΝ ΙΟΝΤΩΝ	Σελ.54
6.7.3 ΑΡΧΗ ΜΕΘΟΔΟΥ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	Σελ.54
6.7.4 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ	Σελ.54
6.7.5 ΑΠΙΟΝΙΣΜΕΝΟ ΝΕΡΟ	Σελ.54
6.7.6 ΠΡΟΤΥΠΑ ΔΙΑΛΥΜΑΤΑ ΧΛΩΡΙΟΥΧΟΥ ΚΑΛΙΟΥ	Σελ.54
6.7.7 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	Σελ.54
6.7.8 ΑΓΩΓΙΜΟΜΕΤΡΟ	Σελ.54
6.7.9 ΣΤΟΙΧΕΙΟ ΜΕΤΡΗΣΗΣ	Σελ.54
6.8 ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ	Σελ.55
6.8.1 ΓΕΝΙΚΑ	Σελ.55
6.8.2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ	Σελ.55
6.8.3 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΕΔΤΑ	Σελ.55
6.8.4 ΑΡΧΗ ΜΕΘΟΔΟΥ	Σελ.55
6.8.5 ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ ΣΤΗ ΜΕΤΡΗΣΗ	Σελ.56
6.8.6 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ	Σελ.56
6.8.7 ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ	Σελ.56
6.9 ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ	Σελ.57
6.9.1 ΑΜΜΩΝΙΑ	Σελ.57
6.9.2 ΓΕΝΙΚΑ	Σελ.57
6.9.3 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	Σελ.58
6.10 ΝΙΤΡΙΚΑ ΙΟΝΤΑ	Σελ.58
6.10.1 ΓΕΝΙΚΑ	Σελ.58
6.10.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ	Σελ.59
6.11 ΦΩΣΦΟΡΟΣ	Σελ.59
6.11.1 ΓΕΝΙΚΑ	Σελ.59
6.11.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΛΑΣΙΑ	Σελ.60

<b>6.12 ΧΛΩΡΙΟ</b>	<b>Σελ.60</b>
<b>6.12.1 ΓΕΝΙΚΑ</b>	<b>Σελ.60</b>
<b>6.12.2 ΜΕΘΟΔΟΣ ΝΙΤΡΙΚΟΥ ΑΡΓΥΡΟΥ</b>	<b>Σελ.60</b>
<b>6.12.3 ΑΡΧΗ ΜΕΘΟΔΟΥ</b>	<b>Σελ.60</b>
<b>6.12.4 ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ</b>	<b>Σελ.61</b>
<b>6.12.5 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΟΣ ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ</b>	<b>Σελ.61</b>
<b>6.12.6 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ</b>	<b>Σελ.61</b>
<b>6.12.7 ΕΙΔΙΚΑ ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΠΟΜΑΚΡΥΝΣΗ ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΤΙΚΩΝ ΟΥΣΙΩΝ</b>	<b>Σελ.61</b>
<b>6.12.8 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ</b>	<b>Σελ.62</b>
<b>6.12.9 ΟΓΚΟΜΕΤΡΗΣΗ</b>	<b>Σελ.62</b>
<b>6.13 ΥΠΟΛΕΙΜΜΑΤΙΚΟ ΧΛΩΡΙΟ</b>	<b>Σελ.62</b>
<b>6.13.1 ΓΕΝΙΚΑ</b>	<b>Σελ.62</b>
<b>6.13.2 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΚΑΙ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ ΤΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ</b>	<b>Σελ.63</b>
<b>6.13.3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ</b>	<b>Σελ.63</b>
<b>6.13.4 ΧΡΩΜΑΤΟΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ DPD</b>	<b>Σελ.63</b>
<b>6.13.5 ΓΕΝΙΚΑ</b>	<b>Σελ.63</b>
<b>6.13.6 ΠΑΡΕΜΠΟΔΙΣΤΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ</b>	<b>Σελ.64</b>
<b>6.13.7 ΟΡΙΑ ΜΕΘΟΔΟΥ</b>	<b>Σελ.64</b>
<b>6.13.8 ΑΝΤΙΔΡΑΣΤΗΡΙΑ</b>	<b>Σελ.64</b>
<b>6.13.9 ΡΥΘΜΙΣΤΙΚΟ ΔΙΑΛΥΜΑ ΦΩΣΦΟΡΙΚΩΝ</b>	<b>Σελ.64</b>
<b>6.13.10 ΔΙΑΛΥΜΑ ΔΕΙΚΤΗ DPD</b>	<b>Σελ.64</b>
<b>6.13.11 ΔΙΑΛΥΜΑ ΙΩΔΙΟΥΧΟΥ ΚΑΛΙΟΥ</b>	<b>Σελ.65</b>
<b>6.13.12 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΜΕΤΡΗΣΗΣ</b>	<b>Σελ.65</b>
<b>6.13.13 ΕΛΕΓΧΟΣ ΕΛΕΥΘΕΡΟΥ ΧΛΩΡΙΟΥ</b>	<b>Σελ.65</b>
<b>6.13.14 ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΛΙΚΟΥ ΧΛΩΡΙΟΥ</b>	<b>Σελ.65</b>
<b>6.13.15 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ</b>	<b>Σελ.65</b>
<b>6.14 ΘΕΙΙΚΑ ΙΟΝΤΑ</b>	<b>Σελ.65</b>
<b>6.14.1 ΓΕΝΙΚΑ</b>	<b>Σελ.65</b>
<b>6.14.2 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ</b>	<b>Σελ.66</b>
<b>6.15 ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ</b>	<b>Σελ.66</b>
<b>6.15.1 ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ(BOD)</b>	<b>Σελ.66</b>
<b>6.15.2 ΑΡΧΗ ΜΕΘΟΔΟΥ</b>	<b>Σελ.66</b>
<b>6.15.3 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ</b>	<b>Σελ.67</b>
<b>6.16 ΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ (COD)</b>	<b>Σελ.68</b>
<b>6.17 ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΤΑΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ</b>	<b>Σελ.69</b>
<b>6.17.1 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΟΥ ΦΟΡΤΙΟΥ</b>	<b>Σελ.69</b>
<b>6.17.2 ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑΣ ΑΝΑΛΥΣΗΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ</b>	<b>Σελ.69</b>

<b>6.17.3 ΠΡΟΕΤΟΙΜΑΣΙΑ ΘΡΕΠΤΙΚΟΥ ΥΛΙΚΟΥ</b>	<b>Σελ.69</b>
<b>6.17.4 ΔΙΗΘΗΣΗ</b>	<b>Σελ.69</b>
<b>6.17.5 ΕΠΩΑΣΗ</b>	<b>Σελ.69</b>
<b>6.17.6 ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΗ ΑΠΟΙΚΙΩΝ</b>	<b>Σελ.70</b>
<b>6.17.7 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ</b>	<b>Σελ.70</b>
<b>6.18 ΔΕΙΚΤΕΣ ΡΥΠΑΝΣΗΣ ΤΟΥ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ</b>	<b>Σελ.70</b>
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7</u></b>	<b>Σελ.72</b>
<b>7.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΩΝ ΔΗΜΟΣ ΜΟΥΣΟΥΡΩΝ</b>	<b>Σελ.74</b>
<b>ΣΧΗΜΑ 7.1 ΑΛΙΚΙΑΝΟΣ</b>	<b>Σελ.74</b>
<b>ΣΧΗΜΑ 7.2 ΑΛΙΚΙΑΝΟΣ</b>	<b>Σελ.75</b>
<b>ΣΧΗΜΑ 7.3 ΑΛΙΚΙΑΝΟΣ</b>	<b>Σελ.76</b>
<b>ΣΧΗΜΑ 7.4 ΑΛΙΚΙΑΝΟΣ</b>	<b>Σελ.77</b>
<b>ΣΧΗΜΑ 7.5 ΒΑΤΟΛΑΚΚΟΣ</b>	<b>Σελ.78</b>
<b>ΣΧΗΜΑ 7.6 ΒΑΤΟΛΑΚΚΟΣ</b>	<b>Σελ.79</b>
<b>ΣΧΗΜΑ 7.7 ΒΑΤΟΛΑΚΚΟΣ</b>	<b>Σελ.80</b>
<b>ΣΧΗΜΑ 7.8 ΒΑΤΟΛΑΚΚΟΣ</b>	<b>Σελ.81</b>
<b>ΣΧΗΜΑ 7.9 ΚΟΥΦΟΣ</b>	<b>Σελ.82</b>
<b>ΣΧΗΜΑ 7.10 ΚΟΥΦΟΣ</b>	<b>Σελ.83</b>
<b>ΣΧΗΜΑ 7.11 ΚΟΥΦΟΣ</b>	<b>Σελ.84</b>
<b>ΣΧΗΜΑ 7.12 ΚΟΥΦΟΣ</b>	<b>Σελ.85</b>
<b>ΣΧΗΜΑ 7.13 ΦΟΥΡΝΕ</b>	<b>Σελ.86</b>
<b>ΣΧΗΜΑ 7.14 ΦΟΥΡΝΕ</b>	<b>Σελ.87</b>
<b>ΣΧΗΜΑ 7.15 ΦΟΥΡΝΕ</b>	<b>Σελ.88</b>
<b>ΣΧΗΜΑ 7.16 ΦΟΥΡΝΕ</b>	<b>Σελ.89</b>
<b>ΣΧΗΜΑ 7.17 ΤΡΙΠΛΕΤΑ (ΑΛΙΚΙΑΝΟΣ, ΒΑΤΟΛΑΚΚΟΣ, ΚΟΥΦΟΣ, ΦΟΥΡΝΕ)</b>	<b>Σελ.90</b>
<b><u>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8</u></b>	<b>Σελ.91</b>
<b>8.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΕΙΣ</b>	<b>Σελ.92</b>
<b>8.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ</b>	<b>Σελ.93</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>Σελ.95</b>



## **THE STUDY OF WATERING NETWORK OF MANICIPALITY MOUSOURON**

The aim of diplomatic project is the study of the watering network, which is based on the water quality parameters of the sources, tans and watering network of the Manicipality Mousouron, in the Chania prefecture. The samphing sites where: Alikianos, Vatolakkos, Fournes and Koufos. The chronical start of the sample collection for the study of the network begin in September 2005 and it was completed in March 2006, so as to examine the natural and chemical characteristics of water in all seasons periods, in order to have a clear perception of changes and also how much the microbiological consistence is effected as well as its wider characteristics by the seasons' changes.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

### 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

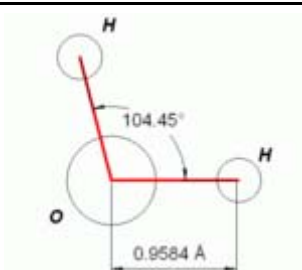
Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη του δικτύου ύδρευσης, που βασίζεται στη μελέτη των παραμέτρων ποιότητας του νερού των πηγών, δεξαμενών και του δικτύου ύδρευσης του Δήμου Μουσούρων στο νομό Χανίων. Η περιοχή οι οποίες πραγματοποιήθηκαν η δειγματοληψίες και κατ'επέκταση οι εργαστηριακές αναλύσεις για να ληφθούν τελικώς τα ακόλουθα αποτελέσματα είναι οι εξής: Αλικιανός, Βατόλακκος, Φουρνές και Κουφός. Οι χρονική έναρξη των δειγματοληψιών για τη μελέτη του δικτύου ξεκίνησε το Σεπτέμβριο 2005 και ολοκληρώθηκε το Μάρτιο του 2006 έτσι ώστε να αναλυθούν τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού όλες τις εποχιακές περιόδους για να έχουμε μια πλήρη εικόνα των αλλαγών και πόσο επηρεάζεται η μικροβιολογική του σύσταση καθώς και τα ευρύτερα χαρακτηριστικά του από τις εποχικές αλλαγές.

### 1.2 ΓΕΝΙΚΑ

Νερό (ή στην καθαρεύουσα ύδωρ), λέξη από την οποία και πολλοί παράγωγοι όροι (υδατικό, ένυδρο κ.λ.π.) είναι η περισσότερο διαδεδομένη χημική ένωση και είναι απαραίτητη σε όλες γνωστές μορφές ζωής στον πλανήτη. Οι άνθρωποι και τα ζώα έχουν στο σώμα τους 60-70% νερό(κατά βάρος), ενώ φτάνει μέχρι και το 90% εκείνου των κυττάρων. Το νερό αποτελείται από υδρογόνο και οξυγόνο.

Απαντάται και στις 3 μορφές: στερεή (πάγος, χιόνι), υγρή (νερό πηγών, ποταμών, θαλασσών) και αέρια (υδρατμί στην ατμόσφαιρα). Επίσης, το νερό υπάρχει σε όλους τους ζωντανούς (ζωικούς και φυτικούς) οργανισμούς. Στις τροφές υπάρχει σε μεγάλο ποσοστό. Το γάλα π.χ περιέχει 87%, οι πατάτες 78%, τα αυγά 74%, τα λαχανικά και τα φρούτα μέχρι 93% νερό. Στο ανθρώπινο σώμα το νερό περιέχεται σε ποσότητα 70% και στο αίμα 90%. Μερικές φορές προσκολλάται σε διάφορες χημικές ουσίες και σχηματίζει με αυτές ένυδρες ενώσεις, συνήθως κρυσταλλικές, όπως είναι ο ένυδρος θειικός χαλκός, ο γύψος, το θειικό ασβέστιο κ.α. το νερό αυτό ονομάζεται "κρυσταλλικό νερό". Άλλοτε πάλι το νερό ενώνεται σταθερά με τα μόρια των χημικών ενώσεων και σχηματίζεται νέα χημική ένωση. Έτσι π.χ το τριοξείδιο του θείου και το πεντοξείδιο του φωσφόρου ενώνονται με το νερό και δίνουν νέες χημικές ενώσεις, το θειικό οξύ και το φωσφορικό οξύ. Το νερό αυτό ονομάζεται "χημικό" και δεν είναι δυνατό να απομακρυνθεί με θέρμανση όπως το κρυσταλλικό νερό.

# ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΝΕΡΟΥ

Ιδιότητες	
Γενικές	
Όνομασία	Νερό
Μοριακή γεωμετρία (non-SI)	
Χημικός τύπος	H <sub>2</sub> O
εμφάνιση	Διαυγές, σχεδόν άχρωμο υγρό με έναν ελαφρά μπλε τόνο [1].
Φυσικές	
Ατομικό βάρος	18.01528 amu
Σημείο τήξεως	273.15 K (0 °C)
Σημείο ζέσεως	373.15 K (100 °C)
Κρίσιμη θερμοκρασία	647 K
Κρίσιμη πίεση	22.1 MPa
Πυκνότητα (μεγ.)	999.972 kg/m <sup>3</sup> στους 4 °C
Δείκτης διάθλασης	1.333 (υγρό νερό, 20 °C)
Θερμοχημεία	
$\Delta_f H^0_{\text{αέριο}}$	-241.83 kJ/mol
$\Delta_f H^0_{\text{υγρό}}$	-285.83 kJ/mol
$\Delta_f H^0_{\text{στερεό}}$	-291.83 kJ/mol
$S^0_{\text{αέριο, 1 bar}}$	188.84 J/(mol·K)
$S^0_{\text{υγρό, 1 bar}}$	69.95 J/(mol·K)
$S^0_{\text{στερεό}}$	41 J/(mol·K)
Ασφάλεια	
Κατάποση	Απαραίτητο για τη συντήρηση της ζωής. Υπερβολική κατανάλωση μπορεί να προκαλέσει κράμπες, και μπορεί να οδηγήσει τελικά σε ανισορροπία ηλεκτρολυτών εξαιτίας της <u>όσμωσης</u> , προκαλώντας πονοκέφαλο, σύγχυση και πιθανόν <u>κώμα</u> ή θάνατο (μετά από ώρες).
Εισπνοή	Μπορεί να οδηγήσει σε ασφυκτικά συμπτώματα παρ' <u>όλιγον</u> πνιγμό ή ημιπνιγμό και <u>πνιγμό</u> .
Επιδερμίδα	Παρατεταμένη εμβάπτιση (παραμονή στο νερό) μπορεί να προκαλέσει ξεφλούδισμα (απολέπιση).
Μάτια	Δεν ενέχει κίνδυνο.
<b>Μονάδες SI χρησιμοποιήθηκαν όπου ήταν δυνατό. Εκτός αν αναφέρεται διαφορετικά, τα μεγέθη αναφέρονται σε κανονικές συνθήκες.</b>	

### 1.3 Σύσταση

Το νερό μέχρι το 18ο αιώνα θεωρούνταν ως στοιχείο. Πρώτος ο πατέρας της νεότερης χημείας Λαβουαζιέ απέδειξε ότι είναι ένωση του υδρογόνου και του οξυγόνου. Κάθε μόριο νερού περιέχει δύο άτομα υδρογόνου και ένα άτομο οξυγόνου. Έτσι ο χημικός του τύπος του νερού είναι  $H_2O$  και η σχετική αναλογία βαρών του υδρογόνου και του οξυγόνου είναι 2,016: 16,000.

### 1.4 Δομή του μορίου

Το μόριο του νερού δεν είναι γραμμικό, δηλαδή οι δεσμοί O-H δε βρίσκονται πάνω στην ίδια ευθεία, αλλά σχηματίζουν γωνία 104,5 μοιρών. Το μήκος του δεσμού O-H είναι 0,96 Å (Άγκστρεμ,  $1 \text{ \AA} = 10^{-8} \text{ cm}$ ). Λόγω της γωνιακής διάταξης του δεσμού O-H, το μόριο του νερού είναι ασύμμετρο και έχει υψηλή διπολική ροπή. Το κέντρο του θετικού φορτίου βρίσκεται προς την πλευρά του υδρογόνου και του αρνητικού προς την πλευρά του οξυγόνου. Ο υψηλός πολικός χαρακτήρας του μορίου εξηγεί τη μεγάλη του διηλεκτρική σταθερά (78 στους 25°C) και άλλες ιδιότητες αυτού, όπως είναι η διάλυση ετεροπολικών ενώσεων στο νερό, ιδιότητα που το καθιστά ένα από τα καλύτερα διαλυτικά μέσα.

Το νερό παρουσιάζει έντονα το φαινόμενο της σύζευξης, με τη δημιουργία δεσμών διά γέφυρας υδρογόνου. Τα μόρια δηλαδή του νερού σχηματίζουν δεσμούς μεταξύ του ηλεκτροθετικού υδρογόνου του ενός μορίου και του ηλεκτροαρνητικού οξυγόνου του άλλου μορίου.

Δεσμοί υδρογόνου μεταξύ των μορίων του νερού εξακολουθούν να υπάρχουν και σε υψηλή σχετικά θερμοκρασία. Έτσι, στους 25°C ο αριθμός των δεσμών υδρογόνου μεταξύ των μορίων του νερού έχει τέτοια τιμή, ώστε ο στοιχειομετρικός τύπος του, στους 25°C, δεν είναι ο γνωστός  $H_2O$ , αλλά  $H_{180}O_{90}$ .

### 1.5 Φυσικές ιδιότητες

Το νερό είναι υγρό, διαυγές, άχρωμο σε λεπτά στρώματα, κυανίζον σε μεγάλους όγκους. Η καθαρή ουσία είναι άγευστη, ενώ το καλό πόσιμο νερό έχει ευχάριστη γεύση, που οφείλεται στα διαλυμένα άλατα και αέρια. Η πυκνότητα του νερού είναι διαφορετική σε διάφορες θερμοκρασίες, με μέγιστη στους 4°C. Στον παρακάτω πίνακα δίνονται οι τιμές της πυκνότητας του νερού σε διάφορες θερμοκρασίες.

ΠΥΚΝΟΤΗΤΕΣ ΝΕΡΟΥ ΚΑΙ ΠΑΓΟΥ	
Θερμοκρασία σε °C	Πυκνότητα (gr/cm <sup>3</sup> )
100	0.9586
80	0.9719
60	0.9833
40	0.9923
20	0.9982
10	0.9997
5	0.9999
3.98	1.0000
0 (νερό)	0.9998
0 (πάγος)	0.9170

Από τον πίνακα φαίνεται πως το νερό σε στερεή κατάσταση έχει μικρότερη πυκνότητα απ' ό,τι στην υγρή. Αυτό έχει μεγάλη σημασία για την οικονομία της φύσης: Οι πάγοι επιπλέουν στο νερό και δρουν ως μονωτικά, εμποδίζοντας το νερό που βρίσκεται από

κάτω να παγώσει, μ' όλες τις ευεργετικές συνέπειες στη ζωή του υδρόβιου κόσμου. Χωρίς την "ανωμαλία" αυτή της πυκνότητας του νερού, η ζωή στον πλανήτη μας δε θα υπήρχε, τουλάχιστον με τη σημερινή της μορφή, εξαιτίας της βαθμιαίας ψύξης του νερού της επιφάνειας της Γης. Η ιδιορρυθμία της πυκνότητας του νερού είναι η αιτία της αποσάθρωσης των βράχων. Το νερό που εισέρχεται στις ρωγμές των βράχων στερεοποιείται κατά τη διάρκεια του χειμώνα και προκαλεί την αποσάθρωσή τους. Ακόμα, το σπάσιμο των σωλήνων διανομής του νερού κατά το χειμώνα οφείλεται στην αύξηση του όγκου του νερού κατά τη μετάβαση από την υγρή στη στερεή κατάσταση. Το νερό έχει ειδική θερμότητα(θερμοχωρητικότητα) πολύ μεγάλη ( $1 \frac{cal}{gr} \times deg$ ). Χρησιμοποιείται ευρύτατα ως ψυκτικό μέσο και ως φορέας θερμότητας στα καλοριφέρ.

## 1.6 Χημικές ιδιότητες

Το νερό έχει ποικίλη χημική δράση. Σχηματίζει "ενώσεις διά προσθήκης" με πολλά άλατα, καθώς και με πολλά μόρια άλλων ουσιών. Οι ενώσεις αυτές ονομάζονται υδρίτες ή ένυδρες ενώσεις. Οι δυνάμεις που ενώνουν τα μόρια των ουσιών και του νερού είναι:

1. Ελκτικές δυνάμεις μεταξύ του θετικού ιόντος του μετάλλου και του αρνητικού οξυγόνου του πεπολωμένου μορίου του νερού
2. Σχηματισμός ημιπολικού δεσμού μεταξύ του ατόμου του οξυγόνου και του ιόντος του μετάλλου με ένα ζεύγος ηλεκτρονίων.
3. Σχηματισμός γέφυρας υδρογόνου μεταξύ του μορίου του νερού και της ουσίας.

Άλλος σημαντικός τύπος αντίδρασης του νερού είναι η υδρόλυση.

Το νερό επιτελεί αντιδράσεις οξειδοαναγωγής, όπου δρα άλλοτε ως οξειδωτικό και άλλοτε ως αναγωγικό μέσο.

## 1.7 Βαρύ και υπερβαρύ ύδωρ

Εκτός από το συνηθισμένο νερό ( $H_2O$ ), που είναι το οξείδιο του πρωτίου (H), έχουμε και το βαρύ ύδωρ, που είναι το οξείδιο του δευτερίου ( $D_2O$ ), καθώς και το υπερβαρύ ύδωρ, που είναι το οξείδιο του τριτίου ( $T_2O$ ). Βρέθηκε ότι στο φυσικό νερό περιέχεται το  $D_2O$  (βαρύ ύδωρ) σε ποσότητα 1:6.000 περίπου. Καθαρό  $D_2O$  παρασκευάζεται με εξαντλητική ηλεκτρόλυση υδατικών διαλυμάτων αλκαλίων, γιατί ηλεκτρολύεται κατά προτίμηση το κοινό νερό και συνεπώς, τα υπολείμματα της ηλεκτρόλυσης του νερού εμπλουτίζονται σε βαρύ νερό.

## 1.8 Φυσικό νερό

Το φυσικό νερό (πηγών, ποταμών κ.λ.π.) δεν είναι καθαρή χημική ένωση. Περιέχει σχεδόν πάντοτε διαλυμένα ανόργανα άλατα, αέρια και άλλες ουσίες, πολλές φορές και οργανικές. Σχηματίζεται από τη συμπύκνωση των υδρατμών που παράγονται από την εξάτμιση του νερού των ποταμών, των λιμνών και των θαλασσών που πέφτει ως βροχή, χιόνι ή χαλάζι. Η ανακύκλωση του νερού του πλανήτη μέσω συνεχών μετατροπών στη φυσική του κατάσταση είναι γνωστή και ως *υδρολογικός κύκλος* ή *κύκλος του νερού*.

Το νερό της βροχής διαλύει διάφορα συστατικά της ατμόσφαιρας, π.χ. διοξείδιο του άνθρακα ( $CO_2$ ), λίγο οξυγόνο και άζωτο, συμπαρασύρει σκόνη, αιθάλη και άλλες αιωρούμενες ουσίες. Φτάνει στη γη ως αραιότατο οξύ, λόγω του διαλυμένου διοξειδίου του άνθρακα. Για το λόγο αυτόν, το φυσικό νερό διαλύει τα δυσδιάλυτα ανθρακικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου και τα μετατρέπει σε ευδιάλυτα όξινα ανθρακικά άλατα των στοιχείων.

## 1.9 Άλατα στο νερό και αποσκλήρυνση

Όλα σχεδόν τα πόσιμα νερά περιέχουν, εκτός από τα όξινα ανθρακικά άλατα, και άλλα που διαλύονται στο νερό, όταν αυτό τα συναντά στο έδαφος, όπως χλωριούχο νάτριο ( $\text{NaCl}$ ), θειϊκό ασβέστιο ( $\text{CaSO}_4$ ), θειϊκό μαγνήσιο ( $\text{MgSO}_4$ ) κ.λ.π. Όταν το νερό περιέχει μεγάλη ποσότητα διαλυμένων αλάτων, λέγεται σκληρό νερό. Το σκληρό νερό είναι ακατάλληλο για την πλύση με σαπούνι, γιατί σχηματίζονται σ' αυτό αδιάλυτοι σάπωνες ασβεστίου και μαγνησίου, δηλ. ελαϊκά, παλμιτικά και στεατικά άλατα ασβεστίου και μαγνησίου που δεν έχουν καμία απορρυπαντική ικανότητα και επιπλέον δε σχηματίζεται καθόλου αφρός σαπουνιού. Το σκληρό νερό προκαλεί διάφορες σοβαρές βιομηχανικές ενοχλήσεις στους ατμολέβητες και αφήνει μετά την εξάτμιση σημαντικές ποσότητες στερεών αποθεμάτων (πουρί).

Παλαιότερα, η αποσκλήρυνση του νερού, η αφαίρεση δηλαδή των όξινων ανθρακικών αλάτων του ασβεστίου και του μαγνησίου, γινόταν χημικώς, αναμειγνύοντας και αναταράζοντας το νερό με γάλα ασβέστου. Μετά την ανατάραξη κατακαθόταν το ευδιάλυτο όξινο ανθρακικό ασβέστιο ως αδιάλυτο ανθρακικό ασβέστιο. Αφηνόταν να καταπέσει το στερεό ανθρακικό ασβέστιο ( $\text{CaCO}_3$ ) και λαμβανόταν το διαυγές νερό, που ήταν σχεδόν χωρίς σκληρότητα. Με βρασμό το νερό χάνει τη σκληρότητά του.

Άλλωστε στην αντίδραση αυτή οφείλεται ο σχηματισμός των σταλακτιτών (από την οροφή του σπηλαίου) και των σταλαγμιτών (από το δάπεδο). Οι μεγάλες όμως βιομηχανίες δεν μπορούσαν να καλυφτούν με τις μεθόδους αυτές αποσκλήρυνσης του νερού. Εδώ και πολλά χρόνια χρησιμοποιείται η μέθοδος αποσκλήρυνσης με περμουτίτες. Οι περμουτίτες είναι τεχνητοί ζεόλιθοι (ένυδρα πολυπυριτικό - αργιλικά άλατα αλκαλίων, όπως π.χ. ο νατρόλιθος).

Το σκληρό νερό αφήνεται να κατέλθει από ένα στενό πύργο γεμάτο με κόκκους περμουτίτη, οπότε τα κατιόντα του ασβεστίου και του μαγνησίου που περιέχονται στο σκληρό νερό ανταλλάσσονται με ισοδύναμη ποσότητα κατιόντων νατρίου από το ζεόλιθο, ενώ τα ανιόντα παραμένουν στο νερό.

Η ανταλλαγή αυτή είναι αμφίδρομη, και όταν εξαντληθεί ο ζεόλιθος, δηλ. όταν όλο το νάτριο αντικατασταθεί από ασβέστιο και μαγνήσιο, τότε διαβιβάζεται από τον πύργο διάλυμα χλωριούχου νατρίου, το οποίο εκτοπίζει το ασβέστιο ή το μαγνήσιο που είναι ενωμένο με το ζεόλιθο και έτσι "αναγεννιέται" ο ζεόλιθος.

Πιο σύγχρονη μέθοδος αποσκλήρυνσης του νερού είναι η μέθοδος με ανταλλαγή ιόντων. Κατά τη μέθοδο αυτή είναι δυνατό να αφαιρούνται και τα θετικά και τα αρνητικά ιόντα με χρησιμοποίηση κατάλληλων συνθετικών ρητινών από γιγαντιαία οργανικά μόρια. Το νερό αυτό χρησιμοποιείται ως απεσταγμένο.

## 1.10 Βιολογικός ρόλος

Η σημαντικότητα του βιολογικού ρόλου του νερού καθίσταται εμφανής αν υπολογίσει κανείς ότι στο εσωτερικό περιβάλλον των κυττάρων το νερό καταλαμβάνει ένα πολύ μεγάλο ποσοστό της κατά βάρος σύστασής των, που μπορεί να μην είναι το ίδιο σε όλα τα κύτταρα, και που κυμαίνεται μεταξύ 70 και 90%. Και ακόμη ότι το μεσοκυττάριο υγρό αποτελεί το υδατικό περιβάλλον που αναπτύσσονται τα κύτταρα των πολυκυττάρων οργανισμών.

Οι περισσότερες χημικές ουσίες που παρατηρούνται στο εσωτερικό των κυττάρων είναι "ευδιάλυτες" στο νερό. Το γεγονός αυτό επιτρέπει στις διαλυμένες ουσίες την εύκολη μετακίνησή τους από το ένα σημείο του κυττάρου σε άλλο και κατά συνέπεια την επαφή τους και την εξ αυτής πραγματοποίηση των χημικών αντιδράσεων μέσα στο κύτταρο. Χαρακτηριστικό τέτοιο παράδειγμα αποτελεί η υδρόλυση των μακρομορίων κατά την οποία μάλιστα το νερό συμμετέχει ως αντιδρόν σώμα.

Σημαντικότεροι λόγοι που καθιστούν το νερό τόσο απαραίτητο στοιχείο της ζωής είναι ακριβώς οι φυσικοχημικές του ιδιότητες που αποτελούν απόρροια της πολικότητας και της ικανότητας των μορίων του να συνδέονται μεταξύ τους με δεσμούς υδρογόνου.

Αναλυτικότερα οι φυσικοχημικές του αυτές ιδιότητες είναι:

1. Η μεγάλη διαλυτική ικανότητα.

2. Η μεγάλη αντίσταση σε θερμικές μεταβολές, (μεγαλύτερη από κάθε υγρό).
3. Η ανάπτυξη ισχυρών δυνάμεων συνοχής και συνάφειας.
4. Η μεγάλη πυκνότητα σε υγρή μορφή απ' ότι σε στερεή.
5. Η αντιστρεπτή διάσταση του νερού σε κατιόντα υδρογόνου και ανιόντα υδροξυλίου.

### 1.11 Ιαματικές πηγές

Το νερό της βροχής μερικές φορές διεισδύει μέσα στο έδαφος και γίνεται θερμότερο, γι' αυτόν το λόγο διαλύει περισσότερες στερεές ουσίες με τις οποίες έρχεται σε επαφή. Το νερό αυτό βγαίνει στην επιφάνεια και σχηματίζει πηγές που λέγονται "θερμές πηγές" ή "μεταλλικές" ή "ιαματικές". Ανάλογα με τις ουσίες που είναι διαλυμένες στο νερό, οι θερμές πηγές διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες, όπως σε "οξυανθρακικές" (Νιγρίτα, Σουρωτή), που περιέχουν διοξείδιο του άνθρακα, "θειούχες" (Λαγκαδάς, Σέδες, Σιδηρόκαστρο), που περιέχουν υδρόθειο και άλλα θειούχα άλατα, "αλκαλικές" (Λουτράκι, Αιδηψός), που περιέχουν όξινο ανθρακικό νάτριο ή λίθιο, "πικρές", που περιέχουν θειϊκό μαγνήσιο, θειϊκό νάτριο, "σιδηρούχες" και τέλος "ραδιενεργές", λόγω των ραδιενεργών αερίων που περιέχουν. Οι Ιαματικές πηγές εμφανίστηκαν για πρώτη φορά στην πόλη Σπα του Βελγίου.

### 1.12 Πόσιμο νερό

Το πόσιμο νερό πρέπει να είναι διαυγές, άχρωμο, άοσμο, δροσερό (θερμοκρασίας 7 - 11 βαθμών Κελσίου). Πρέπει να περιέχει μικρή ποσότητα ανόργανων αλάτων (0,5 γραμ. στο λίτρο), γιατί το καθαρό νερό χωρίς διαλυμένα άλατα είναι βλαβερό για τον οργανισμό, εξαιτίας της μεγάλης διαπιδυτότητας των κυττάρων. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο τα θαλασσινά ψάρια πεθαίνουν όταν μεταφερθούν σε γλυκό νερό και ψάρια του γλυκού νερού πεθαίνουν αμέσως μόλις τοποθετηθούν μέσα σε απεσταγμένο νερό, γιατί καταστρέφονται τα ερυθρά αιμοσφαίρια (αιμόλυση). Το πόσιμο νερό περιέχει διαλυμένο οξυγόνο, άζωτο, διοξείδιο του άνθρακα, ελάχιστα ίχνη οργανικών ουσιών, καθώς και ίχνη φυτικών μικροοργανισμών.

**Έλεγχος του πόσιμου νερού:** Το πόσιμο νερό πρέπει να εξετάζεται φυσικώς (θερμοκρασία, διαύγεια, γεύση, οσμή), χημικώς (ποιοτικός και ποσοτικός έλεγχος ουσιών, σκληρομετρία), μικροσκοπικώς (έρευνα μικροοργανισμών), βακτηριολογικώς (καλλιέργεια των μικροβίων του νερού) και τοπογραφικώς (θέση πηγής, διαδρομής του νερού).

### 1.13 Γλυκό νερό

Με τον όρο **γλυκό ύδωρ** χαρακτηρίζεται σε αντίθεση προς τη θάλασσα κάθε υδάτινη έκταση με γλυκό νερό π.χ. λίμνες, ποταμοί. Για την περίπτωση αυτή έχει ορισθεί ειδική γραμμή φόρτωσης πλοίου (μέγιστου δυνατού φορτίου) που ονομάζεται **γραμμή φόρτωσης γλυκών υδάτων** (fresh water line). Επίσης στα πλοία, χαρακτηρίζεται γλυκό νερό το νερό που τοποθετείται στις δεξαμενές γλυκού ύδατος (fresh water tanks) για διάφορες χρήσεις.

### 1.14 Το πρόβλημα της λειψυδρίας

Εξαιτίας της ραγδαίας αύξησης του πληθυσμού της γης, της μαζικής κατανάλωσης, της κατάχρησης των φυσικών πόρων και της μόλυνσης του νερού η διαθεσιμότητα του πόσιμου νερού δεν επαρκεί για να καλύψει τις ανάγκες της σύγχρονης εποχής και διαρκώς μειώνεται. Για αυτό το λόγο, το νερό αποτελεί στρατηγικής σημασίας αγαθό σε όλη την υφήλιο και αιτία για πολλές πολιτικές διενέξεις. Πολλοί έχουν προβλέψει ότι το καθαρό νερό θα γίνει το **πετρέλαιο του μέλλοντος** καθιστώντας τον Καναδά με τα πλεονάζοντα αποθέματα νερού την πιο πλούσια χώρα του πλανήτη. Σύμφωνα με την έρευνα της UNESCO που πραγματοποιήθηκε το 2003 για τα παγκόσμια αποθέματα νερού, στα επόμενα 20 χρόνια η ποσότητα του νερού που αναλογεί στον καθένα προβλέπεται να μειωθεί κατά 30%. 40% από τους ανθρώπους που ζουν στη γη δεν έχουν επαρκές νερό ακόμα και για υποτυπώδη υγιεινή. Περισσότεροι από 2,2 εκατομμύρια άνθρωποι πέθαναν

το 2000 από ασθένειες που σχετίζονται με την κατανάλωση μολυσμένου νερού ή με ξηρασία . Το 2004 , σε μια έρευνα που πραγματοποιήθηκε από τη φιλανθρωπική οργάνωση WaterAid αναφέρεται ότι στη Βρετανία ένα παιδί πεθαίνει κάθε 15 δευτερόλεπτα από ασθένειες που σχετίζονται με το νερό . Το πόσιμο νερό - τώρα πολυτιμότερο από κάθε άλλη φορά στην ιστορία λόγω της εντατικής χρησιμοποίησης του στη γεωργία , στη σύγχρονη βιομηχανία και στην παραγωγή ενέργειας - χρειάζεται καλύτερη διαχείριση και λογική χρήση εάν δεν επιθυμούμε να ζήσουμε τραγικές καταστάσεις στο μέλλον. [6]



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### 2.1 Νομοθεσία

Ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης σε συμμόρφωση προς την οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης της 3ης Νοεμβρίου 1998.(Κοινή Υπουργική Απόφαση Υ2/2600/2001).

Οι Υπουργοί Εσωτερικών, Δημοσίας Διοίκησης και Αποκέντρωσης-Εθνικής Οικονομίας-Ανάπτυξης-Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων-Υγείας και Πρόνοιας.

Σκοπός της παρούσας Απόφασης είναι η προσαρμογή της Ελληνικής Νομοθεσίας προς την οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τη ποιότητα του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης που δημοσιεύθηκε στην επίσημη εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 3ης Νοεμβρίου 1998, με στόχο την προστασία της ανθρώπινης υγείας από τις δυσμενείς επιπτώσεις που οφείλονται στη ρύπανση ή και μόλυνση του νερού ανθρώπινης κατανάλωσης, διασφαλίζοντας ότι είναι υγιεινό και καθαρό.(ΕΕ L330/98). [8]

#### 2.1.1 Προσέγγιση της ποιότητας του νερού από τη νομοθεσία

Η Ελληνική νομοθεσία καθορίζει νομοθετικά την ποιότητα του νερού με αντίστοιχες Υγειονομικές διατάξεις ή με Προεδρικά Διατάγματα τα οποία είναι η προσαρμογή της Νομοθεσίας της Ευρωπαϊκής Ένωσης στο Ελληνικό κράτος.

Η ισχύουσα Νομοθεσία χωρίζει το νερό σε 4 κατηγορίες:

1. Πόσιμο νερό δικτύου ύδρευσης.
2. Εμφιαλωμένο νερό, το οποίο νομοθετικά διαχωρίζεται σε φυσικό μεταλλικό νερό και σε επιτραπέζιο νερό.
3. Νερό κολυμβητηρίων
4. Επιφανειακό νερό αναψυχής.

### 2.2 ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΕΣ ΤΙΜΕΣ

#### ( πίνακας 2.1) Μικροβιολογικές παράμετροι πόσιμου νερού

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή (αριθμός/100 ml)
Escherichia coli (E.coli)	0
Εντερόκοκκοι	0

Για το νερό που πωλείται σε φιάλες ή δοχεία, ισχύουν τα ακόλουθα:

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή
Escherichia coli (E.coli)	0/250 ml
Εντερόκοκκοι	0/250 ml
Pseudomonas aeruginosa	0/250 ml
Αριθμός αποικιών σε 22 <sup>0</sup> C	100/ml
Αριθμός αποικιών σε 37 <sup>0</sup> c	20/ml

**(πίνακας 2.2) Χημικές παράμετροι πόσιμου νερού**

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα
Ακρυλαμίδιο	0,10	μg/l
Αντιμόνιο	5,0	μg/l
Αρσενικό	10	μg/l
Βενζόλιο	1,0	μg/l
Βενζο-α-πυρένιο	0,01,	μg/l
Βόριο	1,0	mg/l
Βρώμικα	10	μg/l
Κάδμιο	5,0	μg/l
Χρώμιο	50	μg/l
Χαλκός	2,0	mg/l
Κυανιούχα	50	μg/l
1,2 –γ	3,0	μg/l
Επιχλωρυδρίνη	0,10	μg/l
Φθοριούχα	1,5	mg/l
Μόλυβδος	10	μg/l
Υδράργυρος	1,0	μg/l
Νικέλιο	20	μg/l
Νιτρικά	50	mg/l
Νιτρώδη	0,50	mg/l
Παρασιτοκτόνα	0,10	μg/l
Σύνολο παρασιτοκτόνων	0,50	μg/l
Πολυκυκλικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες	0,10	μg/l
Σελήνιο	10	μg/l
Τετραχλωροαιθέριο και Τριχλωροαιθέριο	10	μg/l
Ολικά τριαλογονομεθάνια	100	μg/l
Βινυλοχλωρίδιο	0,50	μg/l

**(πίνακας 2.3) Ενδεικτικές παράμετροι πόσιμου νερού**

Παράμετρος	Παραμετρική τιμή	Μονάδα
Αργίλιο	200	μg/l
Αμμώνιο	0,50	mg/l
Χλωριούχα	250	mg/l
Clostridium perfringens (συμπεριλαμβανομένων των σπόρων)	0	Αριθμός/100 ml
Χρώμα	Αποδεκτό για τους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Αγωγιμότητα	2500	cm <sup>-1</sup> στους 20°C
Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου	≥ 6,5 και ≤ 9,5	Μονάδες pH
Σίδηρος	200	μg/l
Μαγγάνιο	50	μg/l

Οσμή	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Οξειδωσιμότητα	5	mg/IO <sub>2</sub>
Θειικά	250	mg/l
Νάτριο	200	mg/l
Γεύση	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Αριθμός αποικιών σε 22° C και 37° C	Άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Κολοβακτηριοειδή	0	Αριθμός/100 ml
Ολικός οργανικός άνθρακας (TOC)	Άνευ ασυνήθους μεταβολής	
Υπολειμματικό χλώριο		mg/l
Θολότητα	Αποδεκτή στους καταναλωτές και άνευ ασυνήθους μεταβολής	

### 2.3 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

Στη χώρα μας ο χαρακτηρισμός της ποιότητας των πόσιμων υδάτων καθορίζεται με τη Διυπουργική Απόφαση, με αριθμό Α5/288/23-1-86(ΦΕΚ 53/Β/20-2-1986) "για τη ποιότητα του πόσιμου νερού, σε συμμόρφωση προς την οδηγία του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, με αριθμό 80/778 της 15.7.80".

Με την απόφαση αυτή, καθορίζονται οι επιτρεπόμενες τιμές των ποιοτικών χαρακτηριστικών, που χαρακτηρίζουν το νερό ως κατάλληλο για πόση. Οι τιμές των ποιοτικών χαρακτηριστικών του πόσιμου νερού πρέπει να είναι κατώτερες ή ίσες με τις τιμές, που προσδιορίζονται από τον τίτλο ως "Ανώτατη Παραδεκτή Συγκέντρωση" και να προσεγγίζουν τις τιμές που προσδιορίζονται με τον τίτλο "Ενδεικτικό επίπεδο".

Παραεκκλίσεις από τις τιμές αυτές επιτρέπονται, προκειμένου να αντιμετωπισθούν: α) συνθήκες που έχουν σχέση με την φύση και τη σύσταση του εδάφους στην περιοχή, η οποία τροφοδοτεί την υπό εξέταση πηγή, β) συνθήκες που έχουν σχέση με εξαιρετικά μετεωρολογικά φαινόμενα ή πρόσκαιρες τεχνικές δυσχέρειες.

Οι παραεκκλίσεις δεν αφορούν σε καμία περίπτωση, τους τοξικούς ή μικροβιολογικούς παράγοντες, και σε κάθε περίπτωση, πρέπει να αποκλείουν τους κινδύνους για τη Δημόσια υγεία.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του πόσιμου νερού, σύμφωνα με την απόφαση, που προαναφέρθηκε, ταξινομούνται σε 6 κατηγορίες:

A. Οργανοληπτικές παράμετροι

B. Φυσικοχημικές παράμετροι

Γ. Παράμετροι που αφορούν τις ανεπιθύμητες ουσίες

Δ. Παράμετροι που αφορούν τοξικές ουσίες

E. Μικροβιολογικές παράμετροι

ΣΤ. Ελάχιστη απαιτούμενη συγκέντρωση για το πόσιμο νερό που έχει υποστεί κατεργασία αποσκλήρυνσης

Για την παρουσία ραδιενεργών ουσιών, στο νερό, ισχύουν τα ανώτατα όρια που καθορίζονται στην Υ.ΑΓ3α/761 της 26.3.1968.

Οι επιτρεπόμενες τιμές για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του πόσιμου νερού είναι, ανά κατηγορία, οι εξής:

## Όρια ποιότητας νερού

### A. ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ (πίνακας 2.4)

Παράμετρος	Έκφραση των αποτελεσμάτων	Ενδεικτικό επίπεδο	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση
1. Χρώμα	mg/L κλίμακα pt/Co	1	20
	m δίσκου secchi	6	2
2. Θολερότητα	mg/L SiO <sub>2</sub>	1	10
	μονάδες jackson	0,4	4
3. Οσμή	Ποσοστό διαλύσεως	0	2 μέχρι 12°C 3 μέχρι 25°C
4. Γεύση	Ποσοστό διαλύσεως	0	2 μέχρι 12°C 3 μέχρι 25°C

### B. ΦΥΣΙΚΟ-ΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ (πίνακας 2.5)

Παράμετροι	Έκφραση των αποτελεσμάτων	Ενδεικτικό επίπεδο	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση
5. Θερμοκρασία	°C	12	25
6. Συγκέντρωση σε ιόντα υδρογόνου	μονάδα pH	6,5<pH<8,5	9,5
7. Αγωγιμότητα	μS/cm, 20° C	400	2500
8. Χλώριο	mg/l Cl <sup>-</sup>	25	200
9. Θειικά	mg/l SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	25	250
10. Πυρίτιο	mg/l SiO <sub>2</sub>		
11. Ασβέστιο	mg/l Ca <sup>2+</sup>	100	
12. Μαγνήσιο	mg/l Mg <sup>2+</sup>	30	50
13. Νάτριο	mg/l Na <sup>+</sup>	20	175
14. Κάλιο	mg/l K <sup>+</sup>	10	12
15. Αργίλιο	mg/l Al <sup>3+</sup>	0,05	0,2
16. Ολική σκληρότητα			
17. Ξηρό υπόλειμμα	mg/l, 180° C		1500
18. Διαλυμένο οξυγόνο	% O <sub>2</sub>		
19. Ελεύθερο διοξείδιο του άνθρακα	mg/l CO <sub>2</sub>		

### Γ. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΑΝΕΠΙΘΥΜΗΤΕΣ ΟΥΣΙΕΣ (πίνακας 2.6)

Παράμετρος	Έκφραση αποτελεσμάτων των	Ενδεικτικό επίπεδο	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση
20. Νιτρικά	mg/l	25	50
21. Νιτρώδη	mg/l		0,1
22. Αμμώνιο	mg/l	0,05	0,5
23. Αζωτο	μg/l		1
24. Οξειδωσιμότητα	mg/l	2	5
25. Ολικός οργαν. Άνθρακας	mg/l		
26. Υδρόθειο	μg/l		
27. Ύλες που εκχυλίζονται με χλωροφόρμιο	mg/l	0,1	
28. Υδρογονάνθρακες διαλυμένοι	μg/LC $C_6H_5OH$		10
29. Φαινόλαι	μg/l		0,5
30. Βόριο	μg/l B	1000	
31. Σίδηρος	μg/l Fe	50	200
32. Μαγγάνιο	μg/l Mn	20	
33. Χαλκός	μg/l Cu	100	
34. Ψευδάργυρος	μg/l Zn	100	
35. Φώσφορος	μg/l $P_2O_5$	400	5000
36. Φθόριο	μg/l $F^-$ 8-12°C 25-30°C		1500 700
37. κοβάλτιο	μg/l Co		
38. Υπολειμματικό χλώριο	μg/l $Cl^-$		

### Δ. ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΠΟΥ ΑΦΟΡΟΥΝ ΤΟΞΙΚΕΣ ΟΥΣΙΕΣ (πίνακας 2.7)

Παράμετρος	Έκφραση αποτελεσμάτων των	Ενδεικτικό επίπεδο	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση
39. Αρσενικό	μg/l As		50
40. Βηρύλλιο	μg/l Be		
41. Κάδμιο	μg/l Cd		5
42. Κυανούχα άλατα	μg/l $CN^-$		50
43. Χρώμιο	μg/l Cr		50
44. Υδράργυρος	μg/l Hg		1
45. Νικέλιο	μg/l Ni		50
46. Μόλυβδος	μg/l Pb		50
47. Αντιμόνιο	μg/l Sb		10
48. Σελήνιο	μg/l Se		10
49. Βανάδιο	μg/l V		

## Ε. ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ (πίνακας 2.8)

Παράμετρος	Αποτελέσματα όγκος του δείγματος (σε ml)	Ενδεικτικό επίπεδο	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Μέθοδος διηθητικών μεμβρανών)	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση (Μέθοδος πολλαπλών σωλήνων)NPP
50. Ολικά κολοβακτηριοειδή	100	-	0	NPP<1
51. Κολοβακτηριοειδή κοπράνων	100	-	0	NPP<1
52. Στρεπτόκοκκοι κοπράνων	100	-	0	NPP<1
53. Κλωστρίδια αναγωγικά θειωδών αλάτων	20	-	-	NPP<1
Παράμετρος	Θερμοκρασία επώασης	Αποτελέσματα όγκος του δείγματος (σε ml)	Ενδεικτικό επίπεδο	Ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση
54. Καταμέτρηση συνολικών βακτηρίων για το πόσιμο νερό	37°C 22°C	1 1	10 100	- -
55. Καταμέτρηση των συνολικών βακτηρίων για τα συσκευασμένα νερά	37°C 22°C	1 1	5 20	20 100

## ΣΤ. ΕΛΑΧΙΣΤΗ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΣΗ ΓΙΑ ΤΟ ΠΟΣΙΜΟ ΝΕΡΟ ΠΟΥ ΕΧΕΙ ΥΠΟΣΤΕΙ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΑΠΟΣΚΛΗΡΥΝΣΕΩΣ (πίνακας 2.9)

Παράμετρος	Έκφραση των αποτελεσμάτων	Ελάχιστη απαιτούμενη συγκέντρωση (νερά που έχουν υποστεί αποσκλήρυνση)
1. Ολική σκληρότητα	mg/L Ca	30 ή 150 mg/L CaCO <sub>3</sub>
2. Συγκέντρωση σε ιόντα υδρογόνου	pH	
3. Αλκαλικότητα	mg/L HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	30

Στην ίδια Απόφαση, καθορίζεται και το είδος των αναλύσεων που πρέπει να εκτελούνται στους τακτικούς και περιοδικούς ελέγχους καθώς και ο ελάχιστος αριθμός δειγμάτων που πρέπει να αναλύονται, το έτος, σε σχέση με την κατανάλωση νερού και τον εξυπηρετούμενο πληθυσμό.

Οι απόλυτα απαραίτητοι προσδιορισμοί αφορούν τις εξής παραμέτρους:

- Οσμή
- Γεύση
- Ηλεκτρική Αγωγιμότητα(ή μια άλλη φυσικοχημική παράμετρος )
- Υπολειμματικό χλώριο
- Ολικά κολοβακτηριοειδή (ή συνολικές μετρήσεις αποικιών σε 22°C και 37°C)
- Κολοβακτηριοειδή κοπράνων

Οι τακτικοί έλεγχοι αφορούν:

- Οσμή
- Γεύση
- Θολερότητα
- Θερμοκρασία
- Ηλεκτρική Αγωγιμότητα
- pH
- Υπολειμματικό χλώριο
- Νιτρικά
- Νιτρώδη
- Αμμωνία
- Ολικά κολοβακτηριοειδή
- Κολοβακτηριοειδή
- Ολικός αριθμός βακτηρίων, στους 22°C και 37°C

Οι περιοδικοί έλεγχοι περιλαμβάνουν, εκτός από τους προσδιορισμούς που γίνονται στους τακτικούς ελέγχους και άλλες παραμέτρους που καθορίζονται κατά περίπτωση.

Σε ειδικές περιπτώσεις ή σε ατυχήματα, γίνονται έκτακτοι έλεγχοι. Η αρμόδια αρχή καθορίζει τις παραμέτρους που πρέπει, εκτάκτως, να ελεγχθούν, ανάλογα με τις συνθήκες.

Οι έλεγχοι του νερού διενεργούνται από τα Δημόσια Κεντρικά και Περιφερειακά Εργαστήρια, τα οποία καθορίζονται με απόφαση του Υπουργού Υγείας και Πρόνοιας και Κοινωνικών Ασφαλίσεων. Έλεγχοι γίνονται ακόμα και από οργανωμένα εργαστήρια Δημοτικών Επιχειρήσεων ή Ο.Τ.Α., εφόσον έχουν την απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή.

Με κοινή Απόφαση των Υπουργών Εσωτερικών και Δημόσιας Τάξης και Υγείας, Πρόνοιας και Κοινωνικών Ασφαλίσεων, συντάσσονται πρόσθετες προδιαγραφές, εφόσον απαιτούνται, που αφορούν επιφανειακά και υπόγεια νερά (ζώνες προστασίας, φυσικοχημικές παράμετροι, κτλ.) για διασφάλιση της ποιότητας του πόσιμου νερού.

Αρμόδια Αρχή για την εφαρμογή των υγειονομικών διατάξεων είναι οι Υγειονομικές Υπηρεσίες του Υπουργείου Υγείας, Πρόνοιας και Κοινωνικών Ασφαλίσεων.

Υπεύθυνοι για την εφαρμογή των όρων των Υγειονομικών Διατάξεων για το πόσιμο νερό, δηλαδή:

α) για τη μελέτη, κατασκευή, λειτουργία, συντήρηση και αναγνώριση των συστημάτων ύδρευσης.

β) για τον τεχνητό καθορισμό και την παρακολούθηση της ποιότητας του πόσιμου νερού, μέσω Εργαστηρίων του Δημοσίου ή Εργαστηρίων Δημοτικών Επιχειρήσεων ή Ο.Τ.Α. εφόσον διατίθενται και έχουν την απαιτούμενη υλικοτεχνική υποδομή.

γ) γενικά για τη λήψη κάθε μέτρου που θα διασφαλίζεται κανονική παροχή υγιεινού νερού, σε μόνιμη βάση, είναι:

- για τις υδρεύσεις Δήμων και Κοινοτήτων, η Δημοτική ή Κοινοτική Αρχή ή ο αντίστοιχος για την ύδρευση Οργανισμός ή Επιχείρηση ή Σύνδεσμος Δήμων και Κοινοτήτων.

- για τις βιομηχανίες, ιδρύματα κτλ. Τα οποία διαθέτουν δική τους ύδρευση, οι νόμιμοι εκπρόσωποι τους.

- για τις βιομηχανίες που βρίσκονται μέσα σε βιομηχανικές περιοχές οι οποίες διαθέτουν κεντρικό δίκτυο ύδρευσης, η ΕΤΒΑ.

- για τις ιδιωτικές υδρεύσεις, οι ιδιοκτήτες ή νομείς των εγκαταστάσεων ύδρευσης.

Σύμφωνα με τη Διυπουργική Απόφαση περί πόσιμων νερών, ο ολικός αριθμός κολοβακτηριοειδών, πρέπει να είναι μηδέν στα 100 mL δείγματος, όταν ο προσδιορισμός γίνεται με τη μέθοδο των μεμβρανών και μικρότερος από 1 στα 100 ml δείγματος, όταν γίνεται με τη μέθοδο των πολλαπλών σωλήνων.

Μηδενικός πρέπει να είναι και ο αριθμός των κοπρικών κολοβακτηρίων και κοπρικών στρεπτόκοκκων όταν οι προσδιορισμοί γίνονται με τη μέθοδο των μεμβρανών και μικρότερος από ένα με τη μέθοδο των πολλαπλών σωλήνων.

Ακόμα, τα νερά που προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση δεν πρέπει να περιέχουν παθογόνους οργανισμούς. Προκειμένου να είναι πλήρης μια μικροβιολογική εξέταση πόσιμου νερού-προτείνεται από τη Διυπουργική Απόφαση-να εξετάζονται, ανάλογα με τις ανάγκες, και τα εξής παθογόνα βακτήρια:

-Σαλμονέλες

- Παθογόνοι Σταφυλόκοκκοι
- Βακτηριοφάγοι κοπράνων
- Εντερικοί ιοί

Εξάλλου, τα πόσιμα νερά δεν πρέπει να περιέχουν:

- Παρασιτικούς οργανισμούς
- Φύκη

Άλλα μορφοποιημένα στοιχεία(ζωάρια)

Ο ολικός αριθμός βακτηρίων, στο πόσιμο νερό, πρέπει να είναι μικρότερος από 10 βακτήρια ανά ml, στους 37°C (ενδεικτικό επίπεδο) και μικρότερος από 100 βακτήρια ανά mL στους 22°C (ενδεικτικό επίπεδο). Νερά που έχουν υποστεί απολύμανση, πρέπει να έχουν σαφώς μικρότερες τιμές στην έξοδο του συστήματος απολύμανσης. Κάθε υπέρβαση των τιμών αυτών, εφόσον επαναλαμβάνεται, κατά την διάρκεια διαδοχικών δειγματοληψιών, πρέπει να οδηγεί σε πληρέστερο έλεγχο.[3]



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

### 3.1 ΠΟΣΙΜΟ ΝΕΡΟ

#### 3.1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Το νερό, που προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση δεν πρέπει να περιέχει χημικές ουσίες και μικροοργανισμούς σε ποσότητες που μπορεί να έχουν επιπτώσεις στην υγεία.

Πρέπει να είναι ασφαλές και ακίνδυνο για την υγεία, να μην είναι θολό και να μην έχει χρώμα και δυσάρεστη οσμή και γεύση.

Η τοποθεσία, η κατασκευή, η λειτουργία και η επίβλεψη μιας πηγής υδροληψίας (πηγές, δεξαμενές, επεξεργασία και διανομή νερού) πρέπει να είναι τέτοιες που να αποκλείουν οποιαδήποτε ρύπανση και του νερού.

Οι περισσότερες χώρες στον κόσμο έχουν καθιερώσει πρότυπα ποιότητας του πόσιμου νερού που εφαρμόζουν στην επικράτειά τους και χρησιμοποιούν μεθόδους ανάλυσης και έκφρασης των αποτελεσμάτων παρόμοιες για να είναι εύκολη η σύγκριση μεταξύ τους.

Επίσης, επιδημίες από ασθένειες υδρικής προέλευσης μπορεί να αποφευχθούν εάν γίνονται αυστηροί έλεγχοι από τους υπευθύνους των συστημάτων υδροληψίας και τις αρμόδιες αρχές υγείας, όσον αφορά την ποιότητα του πόσιμου νερού. Σύμφωνα με την Υγειονομική Διάταξη, “πόσιμο νερό” νοείται το νερό που χρησιμοποιείται για ανθρώπινη κατανάλωση, είτε με προηγούμενη επεξεργασία, είτε όχι, οποιαδήποτε και αν είναι η προέλευσή του.

#### 3.2 Στάδια επεξεργασίας ύδατος

##### 1<sup>ο</sup> στάδιο: Προσθήκη χλωρίου (απολύμανση)

Με την προχλωρίωση θανατώνονται τα μικρόβια που υπάρχουν στο νερό και διευκολύνεται η μετέπειτα επεξεργασία του.

##### 2<sup>ο</sup> στάδιο: Προσθήκη θειϊκού αργιλίου (κροκίδωση)

Το διάλυμα του θειϊκού αργιλίου βοηθάει τα στερεά σωματίδια που υπάρχουν μέσα στο νερό να συσσωματωθούν μεταξύ τους και, αφού αποκτήσουν μεγαλύτερο βάρος, να κατακαθίσουν. Η όλη διαδικασία ονομάζεται κροκίδωση. Η κροκίδωση συντελείται σε δύο στάδια που διαφέρουν μεταξύ τους στη σφοδρότητα της ανάμειξης του νερού που προκαλείται είτε με μηχανικά μέσα (αναδευτήρες) είτε με υδραυλικά μέσα (με το στροβιλισμό του νερού από την πρόσκρουσή του στα τοιχώματα των ειδικών δεξαμενών)

##### 3<sup>ο</sup> στάδιο: Καθίζηση

Μετά την κροκίδωση τα συσσωματωμένα στερεά (κροκίδες) καθιζάνουν στον πυθμένα της δεξαμενής καθίζησης. Με αυτόν τον τρόπο το νερό καθαρίζεται σε ποσοστό 80%.

##### 4<sup>ο</sup> στάδιο: Φίλτραυση

Τα πολύ ελαφρά σωματίδια που δεν καθιζάνουν (20%), κατακρατούνται σε ειδικά αμμόφιλτρα από τα οποία το νερό βγαίνει πια καθαρό για να δοθεί στην κατανάλωση.

##### 5<sup>ο</sup> στάδιο: Μεταχλωρίωση

Εφόσον η προχλωρίωση δεν είναι ικανοποιητική, προσθέτουμε συμπληρωματικά χλώριο κατά την είσοδο του νερού στις κλειστές δεξαμενές αποθήκευσης.

#### 3.3 Μέθοδοι Επεξεργασίας Πόσιμου Νερού και Δυνατότητες των Μεθόδων Αυτών

Θα περιγράψουν σε συντομία οι φυσικές και χημικές διεργασίες που εφαρμόζονται για την επεξεργασία του πόσιμου νερού.

Μερικές από αυτές τις διεργασίες εφαρμόζονται και στην επεξεργασία των υγρών αποβλήτων, όπως π.χ η καθίζηση.

Η κατά περίπτωση σύνθεση των φυσικών και χημικών διεργασιών, όπως απαιτείται από την ποιότητα του νερού προς επεξεργασία, συνιστά τη μέθοδο που υιοθετείται στην κάθε εφαρμογή.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται συνοπτικά οι χημικές και φυσικές διεργασίες που εφαρμόζονται για τον καθορισμό του νερού.

### 3.3.1 Εκφύσηση αέρα και αερισμός

Η εκφύσηση με αέρα και ο αερισμός χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία του νερού για την απομάκρυνση διαλυμένων αερίων, όπως διοξείδιο του άνθρακα, υδρόθειο, και άλλων ενώσεων που προκαλούν δυσάρεστη οσμή, γεύση, όπως πτητικές οργανικές ενώσεις (VOC). Ο αερισμός χρησιμοποιείται επίσης και για την οξειδωση του σιδήρου και του μαγγανίου, που είναι δυνατό να υπάρχουν στο νερό και επίσης για την αποφυγή αναγωγικών συνθηκών, που είναι υπεύθυνες για τη δημιουργία προβλημάτων οσμής και γεύσης.

Πολλές μέθοδοι έχουν εφαρμοστεί για την εκφύσηση των διαλυμένων αερίων και για την οξυγόνωση του νερού. Η μέθοδος εξαρτάται από το τι θέλουμε να απαλλαγεί το νερό και από τα οικονομικά των εναλλακτικών λύσεων.

Η πιο κοινή τεχνική λύση είναι η χρήση ακροφυσίων, όπου το νερό από τον αγωγό, όπου βρίσκεται υπό πίεση, έρχεται σε επαφή με τον αέρα σχηματίζονται πίδακες. Όταν το επιτρέπει το υψόμετρο, χρησιμοποιούνται πολλαπλές μικρές υδατοπτώσεις. Χρησιμοποιούνται και άλλες μέθοδοι, όπως η διοχέτευση αέρα με διαχυτές, η χρήση πύργων με πληρωτικό υλικό, όπου το νερό έρχεται σε επαφή με τον αέρα που διοχετεύεται στο κάτω μέρος του πύργου. Σε μερικές περιπτώσεις χρήσης πύργων εκφύσησης απαιτείται η συλλογή και ο καθορισμός των αερίων εκφύσησης, επειδή είναι δυνατόν να περιέχουν οργανικές ενώσεις.

### 3.3.2 Διεργασίες συσσωμάτωσης αιωρούμενων στερεών

Οι διεργασίες συσσωμάτωσης των αιωρούμενων στερεών, χρησιμοποιούνται κατά την επεξεργασία του νερού για το σχηματισμό μεγαλύτερων σε μέγεθος στερεών (συσσωμάτωση), η απομάκρυνση των οποίων είναι ευκολότερη με την καθίζηση και τη διήθηση. Τούτο επειδή και οι δυο αυτές διεργασίες αποδίδουν καλύτερα όσο το μέγεθος των αιωρούμενων στερεών αυξάνει.

Οι διεργασίες της συσσωμάτωσης περιλαμβάνουν την ηλεκτροχημική αποσταθεροποίηση των σταθερών αιωρημάτων και την πρόκληση της επαφής των στερεών, έτσι ώστε να είναι δυνατή η συσσωμάτωση τους προς μεγαλύτερα στερεά. Τα στερεά, που συνήθως υπάρχουν στο νερό, είναι άργιλλος, φυσική οργανική ύλη και άλλα υλικά συνδεδεμένα με τα στερεά, όπως μικροοργανισμοί, τοξικά μέταλλα, συνθετικά οργανικά χημικά, σίδηρος και μαγγάνιο. Αυτοί οι ρυπαντές συχνά προσροφώνται σε ΑΣ ή συνδέονται μ' αυτά και επομένως η απομάκρυνση των ΑΣ απαλλάσσει το νερό και απ' αυτούς τους ρυπαντές.

Οι διεργασίες της συσσωμάτωσης περιλαμβάνουν τρία χωριστά στάδια:

- Την προσθήκη και διασκορπισμό του κροκιδωτικού –ανάμιξη
- Την αποσταθεροποίηση του αιωρήματος
- Το σχηματισμό των συσσωματωμάτων

Τα άλατα αργιλίου και σιδήρου είναι τα περισσότερο χρησιμοποιούμενα κροκιδωτικά στην επεξεργασία του νερού, με το αργίλιο να έχει σαφώς τη μεγαλύτερη εφαρμογή. Ο σχηματισμός του περισσότερο δραστικού κροκιδωτικού συμπλόκου εξαρτάται από τη συγκέντρωση και την ποιότητα του αιωρήματος, τη συγκέντρωση του κροκιδωτικού, το pH, τη θερμοκρασία, την ιοντική ισχύ και το χρόνο αντίδρασης.

Εργαστηριακές δοκιμές με τη μέθοδο jar test καθορίζουν την άριστη δόση κροκιδωτικού για ένα συγκεκριμένο αιώρημα.

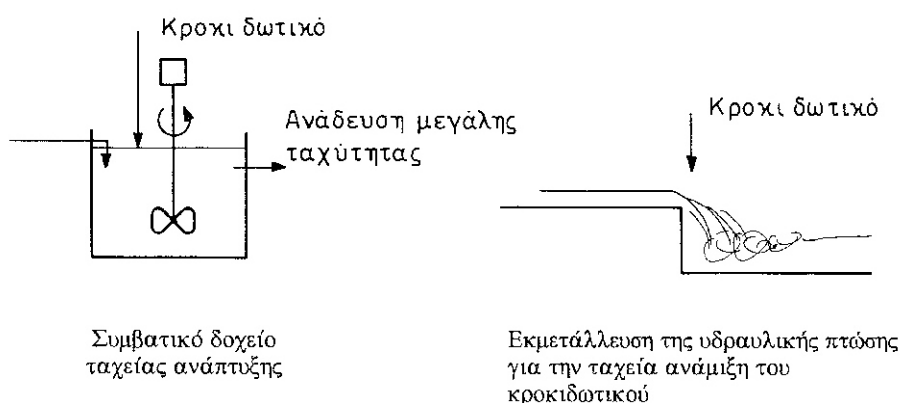
Η χρήση πολυηλεκτρολύτων για την κροκίδωση και σύγχρονη συσσωμάτωση είναι εναλλακτική πρόταση της χρήσης των μεταλλοίωντων.

Με τη χρήση πολυηλεκτρολύτων παράγονται μικρότερες ποσότητες ιλύος. Το πρόβλημα με τους πολυηλεκτρολύτες είναι ότι έχουν εξειδικευμένη χρήση για ορισμένη ποιότητα νερού και επομένως παρουσιάζουν αδυναμία να κροκιδωθούν σε μεταβαλλόμενη ποιότητα νερού.

Οι οργανικοί πολυηλεκτρολύτες χρησιμοποιούνται περισσότερο επιτυχώς ως βοηθητικά κροκιδώσης προωθώντας τη συσσωμάτωση μέσω της γεφύρωσης των στερεών και τη δημιουργία μεγαλύτερων συσσωματωμάτων, που έτσι απομακρύνονται ευκολότερα με την καθίζηση.

Τα τελευταία χρόνια έχει δημιουργηθεί μεγάλο ενδιαφέρον για την ύπαρξη χημικών στο επεξεργασμένο νερό. Τα χημικά αυτά προέρχονται από την ύπαρξη υλικών που γίνεται κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας του.

Η άμεση (ταχεία) ανάμιξη του κροκιδωτικού είναι αποφασιστικής σημασίας για το σωστό διασκορπισμό του και την αποφυγή δημιουργίας υπερ- ή υπό δόσης σε ορισμένα τμήματα του νερού. Ο χρόνος επίσης μέσα στον οποίο γίνεται διασκορπισμός του κροκιδωτικού καθορίζει το χημικό είδος του κροκιδωτικού, που τελικά σχηματίζεται. Η πιο κοινή μέθοδος ανάμιξης είναι η χρήση αναδευτήρα ανάμιξης στο δοχείο ταχείας ανάμιξης. Άλλες μέθοδοι περιλαμβάνουν σημεία απορρόφησης ενέργειας των εγκαταστάσεων, όπως γωνίες, ταύ, βάννες, στατικούς αναμικτήρες κ.λ.π.



**ΣΧΗΜΑ:3.1**

Η συσσωμάτωση γίνεται στα δοχεία συσσωμάτωσης, όπου η αργή ανάδευση ευνοεί τη σύγκρουση και τη συγκόλληση των στερεών σε μεγαλύτερα συσσωματώματα, χωρίς να δημιουργεί πεδία υψηλών διατμητικών τάσεων που θα προκαλούσαν θραύση των μεγαλύτερων συσσωματών.

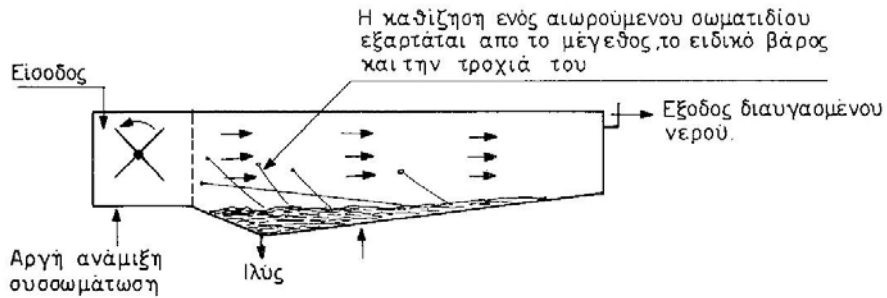
### 3.3 Καθίζηση και Επίπλευση

Η καθίζηση και η επίπλευση είναι διεργασίες διαχωρισμού των ΑΣ με τη βοήθεια της βαρύτητας και της άνωσης. Κατά την καθίζηση τα στερεά και τα συσσωματώματα καθιζάνουν στην ομώνυμη δεξαμενή λόγω βαρύτητας. Ο σχεδιασμός της δεξαμενής είναι τέτοιος, που επιτρέπει την απομάκρυνση των στερεών μέχρι κάποιο μέγεθος. Στην επίπλευση διαχωρίζονται ΑΣ με ειδικό βάρος μικρότερο του νερού, όπως είναι π.χ τα μικροφύκη. Η επίπλευση υποβοηθάται με τη διοχέτευση ή τη δημιουργία μικρών φυσαλίδων αέρα στη μάζα του αιωρήματος. Οι φυσαλίδες αυτές προσκολλούνται στα ΑΣ και τα υποβοηθούν να ανέλθουν με μεγαλύτερη ταχύτητα.

Τόσο κατά την καθίζηση, που είναι και η κύρια διεργασία απομάκρυνσης στερεών, όσο και κατά την επίπλευση, παράγονται ποσότητες ιλύος που πρέπει να διατεθούν.

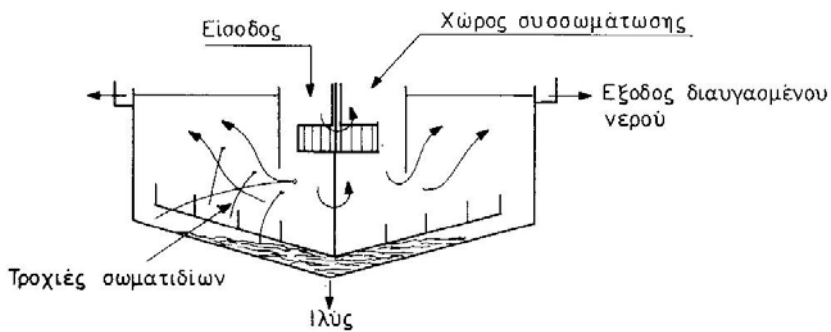
Η καθίζηση χρησιμοποιείται γενικώς σε συνδυασμό με την κροκιδώση και τη συσσωμάτωση, για την απομάκρυνση των μεγαλύτερων συσσωματωμάτων και την καλύτερη απόδοση της διήθησης που ακολουθεί.

Η καθίζηση χρησιμοποιείται μερικές φορές και ως προκαταρκτική επεξεργασία, όταν στο νερό τροφοδοσίας υπάρχουν μεγάλες συγκεντρώσεις ΑΣ όπως είναι δυνατό να συμβεί, όταν το νερό προέρχεται από ποταμό με υψηλή θολότητα.



**Σχήμα :** Οριζόντια ορθογώνια δεξαμενή καθίζησης

Υπάρχουν πολλοί τύποι δεξαμενών καθίζησης. Ο παραδοσιακός τύπος σχεδιασμού είναι οι ορθογώνιες δεξαμενές οριζόντιας ροής (Horizontal Rectangular Tank).

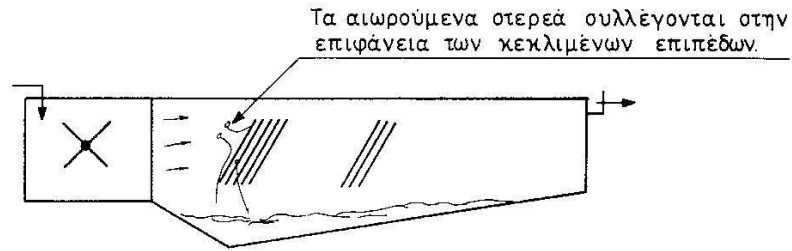


**Σχήμα: 3.2** Ορθογώνια και κυκλική δεξαμενή ακτινωτής ροής.

Οι κυκλικές δεξαμενές ακτινωτής ροής πολλές φορές συνδυάζουν την ανάμιξη των χημικών και τη συσσωμάτωση με την απομάκρυνση των στερεών (Circular Tanks).

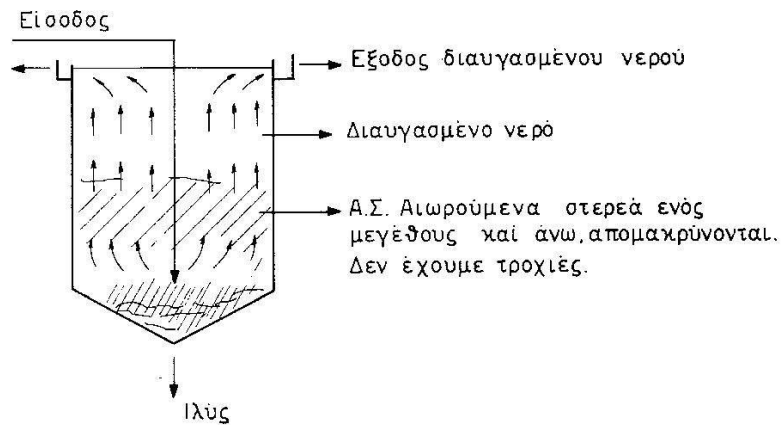
Οι δεξαμενές με κεκλιμένα επίπεδα έχουν μεγαλύτερη απόδοση στην απομάκρυνση ΑΣ μικρότερου μεγέθους. Τα ΑΣ παρασύρονται στην υπερχειλίση των άλλων δεξαμενών ίσου μεγέθους (Plate settlers).

Οι δεξαμενές επίπλευσης είναι παρόμοιες με τις δεξαμενές καθίζησης, μόνο που η ιλύς συγκεντρώνεται στην επιφάνεια και υπάρχει σε ορισμένες περιπτώσεις διάταξη διοχέτευσης αέρα στο νερό για την υποβοήθηση της επίπλευσης.



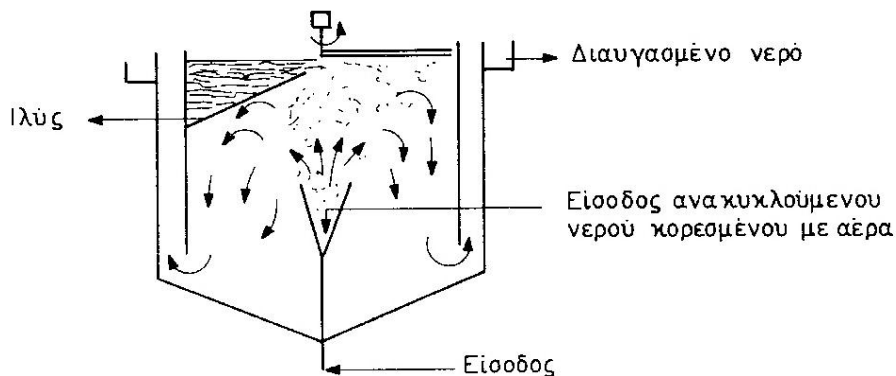
Σχήμα : Δεξαμενή με κεκλιμένα επίπεδα

Σε μερικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται οι δεξαμενές καθίζησης ανοδικής ροής (Upflow Tanks).



Σχήμα : Δεξαμενή ανοδικής ροής

Σχήμα:3.3: Δεξαμενή με κεκλιμένα επίπεδα και ανοδικής ροής



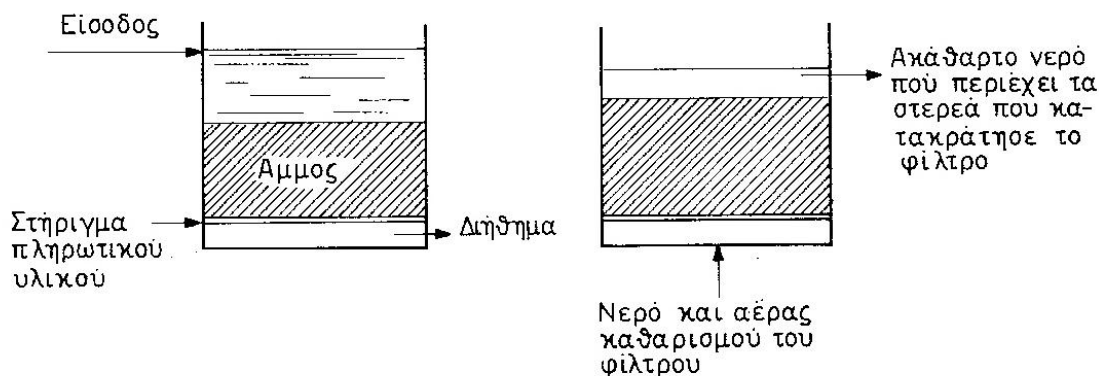
Σχήμα: 3.4 Δεξαμενή επίπλευσης

### 3.4 Διήθηση

Τα ΑΣ που απομακρύνονται από το νερό είναι άργιλος, κolloειδή και ιζηματοποιημένα φυσικά οργανικά άλατα μετάλλων και μ/ο. Επομένως, η διήθηση βελτιώνει την αισθητική εικόνα του νερού, αλλά συγχρόνως το απαλλάσσει και από τους μ/ο. Στις ΗΠΑ η διήθηση

είναι υποχρεωτική για τα επιφανειακά νερά και θεωρείται ως μέρος της διαδικασίας απολύμανσης του νερού.

Οι διατάξεις διήθησης (φίλτρα) περιέχουν κοκκώδη πληρωτικά υλικά όπως η άμμος, ο ανθρακίτης και σε μερικές περιπτώσεις ο ενεργός άνθρακας. Τα φίλτρα μπορεί να είναι ανοικτά, οπότε λειτουργούν με βαρύτητα, ή κλειστά, οπότε λειτουργούν υπό πίεση.



**Σχήμα: 3.7** Φίλτρο βαρύτητας

Το είδος του πληρωτικού υλικού και το μέγεθος των κόκκων, η ταχύτητα διήθησης, καθώς και η μέθοδος πλύσης του στρώματος του κοκκώδους υλικού εξαρτώνται από την ποιότητα του νερού που διηθείται. Μεγάλη επίσης σημασία για το σχεδιασμό του φίλτρου έχει το εάν προηγείται ή όχι καθίζηση. Σε πολλές περιπτώσεις η καλή λειτουργία των φίλτρων εξαρτάται από την καλή λειτουργία των δεξαμενών καθίζησης. Η χρήση του ενεργού άνθρακα ως ένα ξεχωριστό στρώμα πάνω από την άμμο, εξαρτάται από την ύπαρξη οργανικών ενώσεων που πρέπει να απομακρυνθούν.

Στα συμβατικά φίλτρα που χρησιμοποιούνται σήμερα, η διήθηση γίνεται με το βάθος ( deep bed filters). Όταν το στρώμα κορεστεί, γεγονός που γίνεται αντιληπτό είτε με την αύξηση της πτώσης πίεσης είτε με τη διέλευση στο διήθημα περισσότερων από όσων θέλουμε στερεών, γίνεται πλύση κατ' αντιστροφή.

Πιο παλιά χρησιμοποιούνταν – σε μερικές χώρες, όπως η Αγγλία, συνεχίζουν να λειτουργούν – τα φίλτρα χαμηλής ροής. Στα φίλτρα αυτά η διήθηση δε γίνεται σε βάθος αλλά στην επιφάνεια της άμμου. Εκεί δημιουργείται ένα βιολογικό στρώμα που εκτελεί τη διήθηση και το στρώμα της άμμου απλώς στηρίζει το βιολογικό στρώμα. Από καιρό σε καιρό το βιολογικό αυτό στρώμα απομακρύνεται μηχανικά. Τα φίλτρα χαμηλής ταχύτητας απαιτούν μεγάλες εγκαταστάσεις και γι' αυτό εγκαταλείφθηκαν.

Σε μερικές περιπτώσεις χρησιμοποιούνται φίλτρα «προεπενδεδυμένα» (Procoated filters). Στα ΠΕ φίλτρα χρησιμοποιείται ένα αιώρημα πολύ λεπτού υλικού – γη διατόμων – που επιτίθεται πάνω σε κοκκώδες υλικό του φίλτρου. Το προεπενδεδυμένο φίλτρο διηθεί καλύτερα τα αιωρούμενα στερεά.

### 3.5 Ιοντοανταλλαγή – Προσρόφηση ανοργάνων

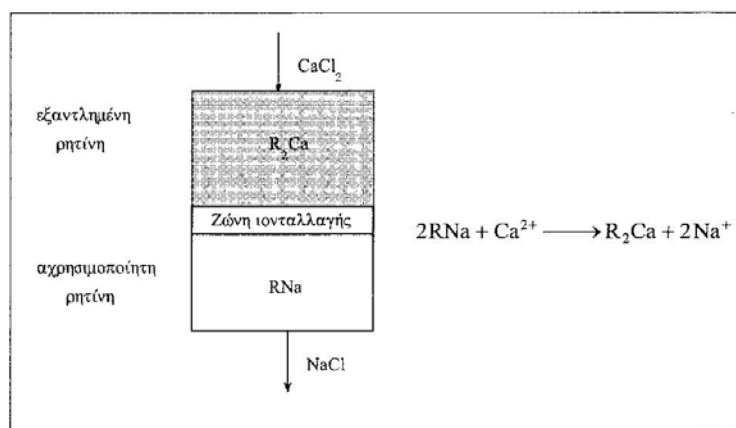
Ιοντοανταλλαγή με συνθετικές ρητίνες ή χρήση προσροφητικών, όπως ενεργός αλουμίνα, χρησιμοποιείται σε πολύ ειδικές περιπτώσεις για την απομάκρυνση διαλυμένων μετάλλων, που συμβατικές μέθοδοι δε μπορούν να απομακρύνουν.

Οι διεργασίες αυτές είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν για την απομάκρυνση κατιόντων με τοξικές ραδιενεργές ιδιότητες, όπως βάριο, αρσενικό, χρώμιο, φθοριόντα, νιτρικά, ράδιο και ουράνιο.

### 3.6 Χημική καθίζηση

Η διεργασία της χημικής καθίζησης χρησιμοποιείται για την αποσκλήρυνση του νερού και για την απομάκρυνση του σιδήρου και του μαγγανίου. Η χημική καθίζηση είναι επίσης αποτελεσματική για την απομάκρυνση των βαρέων μετάλλων και ραδιενεργών ουσιών. Η χημική καθίζηση μπορεί επίσης να απαλλάξει το νερό μερικώς και από τα διαλυμένα οργανικά καθώς και τους μικροοργανισμούς.

Η πιο κοινή μέθοδος είναι η χρήση υδρασβεστίου. Χρησιμοποιούνται επίσης ανθρακικό και καυστικό νάτριο. Η επιλογή του χημικού εξαρτάται από τη μορφή της σκληρότητας, εάν είναι ανθρακική, οπότε η υδράσβεστος επαρκεί, ή εάν είναι σε κάποιο ποσοστό μη ανθρακική, οπότε απαιτείται ανθρακικό νάτριο. Μετά την αποσκλήρυνση απαιτείται διόρθωση του pH και αυτό γίνεται με την επανθράκωση του νερού (re-carbonation) με διοξείδιο του άνθρακα.



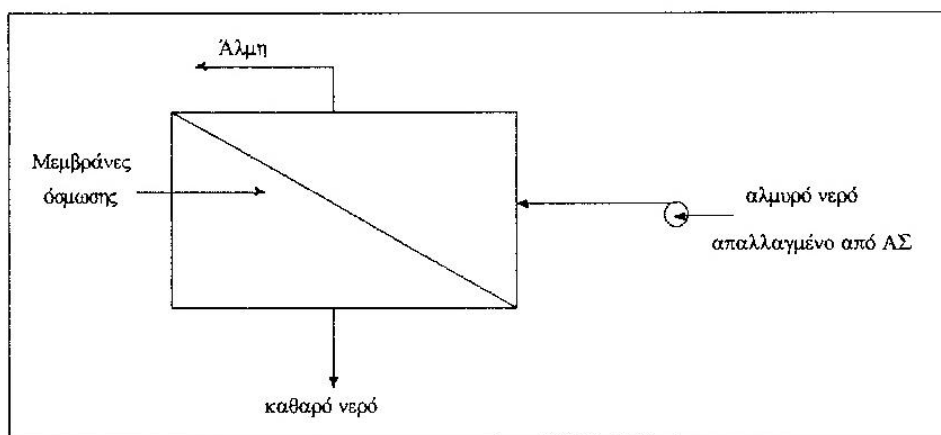
Σχήμα 3.8: ιονταλλακτική στήλη

### 3.7 Διεργασίες διαχωρισμού με μεμβράνες

Η χρήση μεμβρανών περιλαμβάνει πολλές εναλλακτικές περιπτώσεις όπως:

- Αντίστροφη όσμωση (ΑΟ – RO)
- Υπερδιήθηση (ΥΔ – UF)
- Μικροδιήθηση ( ΜΔ – NF)
- Ηλεκτροδιάλυση (ΗΔ- ED)

Οι διεργασίες της ΑΟ και της ΗΔ χρησιμοποιούνται για την αφαλάτωση, ενώ οι διεργασίες της ΥΔ και ΜΔ είναι δυνητικές για την απομάκρυνση μικρορυπαντών, όπως προδρόμους των τρι-αλογονομεθανίων (THM), χρώμα και ΑΣ κolloειδών διαστάσεων.



Σχήμα: 3.9: Αντίστροφη όσμωση

Στην εφαρμογή τεχνολογίας των μεμβρανών μεγάλη σημασία έχει η προεπεξεργασία του νερού για την απομάκρυνση των ΑΣ και την προστασία, μ' αυτόν τον τρόπο των μεμβρανών

από το μπλοκάρισμα. Η χρήση ή όχι των μεμβρανών εξαρτάται από την ύπαρξη ή όχι εναλλακτικών πηγών νερού και από τα οικονομικά μεγέθη κατασκευής των εγκαταστάσεων και λειτουργίας των. [2]



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### 4.1 ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗ ΤΗΣ ΜΙΚΡΟΒΙΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ ΣΕ ΔΙΚΤΥΟ ΥΔΡΕΥΣΗΣ

#### 4.1.1 Πρόκληση των υδατογενών επιδημιών

Ο πρωταρχικός στόχος της υγιεινής του πόσιμου νερού είναι το νερό που φτάνει στον καταναλωτή να είναι ασφαλές και να μην δημιουργεί οποιαδήποτε προβλήματα υγείας.

Πολλοί παθογόνοι μικροοργανισμοί έχουν ανιχνευθεί στα πόσιμα νερά. Προέρχονται από νοσούντα άτομα, ζώα κτηνοτροφικών μονάδων ή άγρια ζώα και πουλιά. Οι μικροοργανισμοί αυτοί προσβάλλουν κυρίως το γαστρεντερικό σύστημα του ανθρώπου και των ζώων. Οι μολύνσεις προκαλούνται από κατανάλωση νερού, το οποίο έχει υποστεί ρύπανση από αστικά λύματα, μολυσμένων ψαριών και θαλασσινών καθώς και ωμών λαχανικών που έχουν ποτιστεί με λύματα. Μόλυνση μπορεί να προκαλέσει και η εισπνοή μικροσταγονιδίων μολυσμένων με *Legionella pneumophila* ή σπόρια παθογόνων μυκήτων. Ο χρόνος επιβίωσης των παθογόνων μικροοργανισμών στο νερό μπορεί να είναι από λίγα λεπτά της ώρας μέχρι και ένα χρόνο και η μολυσματική τους δόση ποικίλλει από λίγα κύτταρα μέχρι αρκετές χιλιάδες.

Πολλοί μικροοργανισμοί (βακτήρια, ιοί, πρωτόζωα, σκώληκες ) ευθύνονται για τις υδατογενείς επιδημίες, και ο κατάλογος συνεχώς μεγαλώνει όσο εξελίσσονται οι τεχνικές απομόνωσής τους. Ένα πρόσφατο παράδειγμα είναι το *Helicobacter pylori*, το οποίο συσχετίζεται με το έλκος του στομάχου. Προσοχή χρειάζεται στους δυνητικά παθογόνους μικροοργανισμούς. Οι περισσότεροι προσβάλλουν το δέρμα, τα αυτιά, τα μάτια και τον ρινοφάρυγγα. Στις χώρες που υπάρχουν επιδημιολογικά στοιχεία φαίνεται ότι, από τα παθογόνα βακτήρια, τις περισσότερες επιδημίες έχει προκαλέσει το *campylobacter jejuni*. Ακολουθεί η *E.coli*, η *Salmonella* (1700 ορότυποι), η *Shigella* (4 ορότυποι), το *Vibrio cholera* και η *Yersinia enterocolitica*. Από τους ιούς συχνότερα προκαλούν υδατογενείς επιδημίες οι *Adenovirus*(31 τύποι), οι *Enteroviruses*(71 τύποι) και ο ιός *Hepatitis.A.* . από τα πρωτόζωα το *Balantidium coli*, η *Entamoeba histolytica*, η *Giardia lamblia* και το *Cryptosporidium* και από τους έλμινθες τα *Ancylostoma duodenale*, *Ascaris lumbricoides*, *Dracunculus medinensis*, *Echinococcus granulosus*, *Taenia spp.* Από τους ορότυπους των Σαλμονέλλων στο νερό και τα λαχανικά συχνότερα απομονώνεται ο *S.paratyphi B* και *S. Typhimurium*.

Η συσχέτιση της παρουσίας στο νερό παθογόνων βακτηριδίων του γαστρεντερικού συστήματος με τους δείκτες κοπρανώδους ρύπανσης του νερού είναι πολύ καλή. Για παράδειγμα *Salmonella spp* ανιχνεύεται πάντοτε όταν ο αριθμός των κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών ξεπεράσει τους 2000/100ml. Δεν υπάρχει όμως συσχέτιση της παρουσίας δυνητικών παθογόνων βακτηριδίων, πρωτοζώων και ιών με τους κοπρανώδεις δείκτες.

#### 4.2 Νέες κατευθύνσεις της υγιεινής του νερού

Το νερό όμως δεν πρέπει να είναι μόνο ασφαλές αλλά πρέπει να είναι και ευχάριστο στον καταναλωτή. Ένα δυσάρεστο νερό μπορεί να προκαλεί την εντύπωση ότι δεν είναι ασφαλές. Τότε είναι πιθανόν ο καταναλωτής να καταφύγει σε άλλες ανεξέλεκτες πηγές ύδρευσης. Άρα το νερό πρέπει να είναι αποδεκτό και ως προς τις οργανοληπτικές και αισθητικές του ιδιότητες. Οι οργανοληπτικές ιδιότητες του νερού είναι συχνά ένας ασφαλής και εύκολα διακρινόμενος δείκτης της ποιότητας του νερού. Η παρουσία ορισμένων τοξικών ουσιών, για παράδειγμα, μπορεί να βρεθεί μετρώντας παράγοντες όπως η γεύση, οσμή, χρώμα και θολρότητα.

Τα τελευταία χρόνια η υγιεινή του πόσιμου νερού έχει πάρει διεθνώς νέες κατευθύνσεις. Δεν δίνεται πλέον μόνο έμφαση στον αριθμό των μικροοργανισμών-δεικτών που ανιχνεύονται σε δείγματα νερού. Μεγαλύτερη σημασία δίνεται στην καθημερινή και συστηματική παρακολούθηση της ποιότητας του νερού, στην πηγή υδροληψίας, στην αποτελεσματικότητα της απολύμανσης και στην ακεραιότητα του δικτύου ύδρευσης.

Καταιγίδες, πλημμύρες και υπερχειλίση αγωγών αστικών λυμάτων συχνά ευθύνονται για την ρύπανση των υπόγειων νερών. Η αλλαγή της αντίληψης προήλθε κυρίως από τον συνεχώς αυξανόμενο αριθμό υδατογενών επιδημιών που αναφέρονται διεθνώς, κυρίως προερχόμενες από μικρά συστήματα ύδρευσης με ελλιπή απολύμανση και συντήρηση του δικτύου.

Η αύξηση των υδατογενών επιδημιών διεθνώς οφείλεται σε πολλούς και σύνθετους παράγοντες. Ο υπερπληθυσμός, η συσσώρευση πολλών ανθρώπων σε πόλεις χωρίς επαρκή οργάνωση της Δημόσιας υγείας, η ανεξέλεκτη μετακίνηση πληθυσμών είναι μερικές από τις αιτίες που προκάλεσαν υδατογενείς επιδημίες ή και πανδημίες, όπως η πανδημία της χολέρας. Κατά ορισμένους ερευνητές, για να ανιχνευθεί *Salmonella* σε αποχετευτικό δίκτυο, χρειάζονται οικισμοί που να αποτελούνται τουλάχιστον από 50-100 σπύτια, και η παρουσία της γίνεται σταθερή όταν η οικιστική περιοχή στεγάζει τουλάχιστον 4000 κατοίκους. Αντίθετα νερά ποταμών που δέχονται μη επεξεργασμένα αστικά λύματα ή λύματα κρεατοπαραγωγικών μονάδων μπορεί να μεταφέρουν πολλά εκατομμύρια σαλμονελλών το δευτερόλεπτο.

Οι νέες απόψεις άλλαξαν και τις πεποιθήσεις όσον αφορά την μικροβιολογική ποιότητα του νερού. Τώρα μας ενδιαφέρει η μεταβλητότητα (και όχι τόσο η απόλυτες τιμές) της μικροβιολογικής ποιότητας του υδροβολέα (λίμνη, ποταμός, υπόγεια νερά) και η αποτελεσματικότητα της απολύμανσης ώστε να εμποδίζει την είσοδο και τον πολλαπλασιασμό "ενοχλητικών" μικροοργανισμών στο δίκτυο (και όχι μόνο εντεροβακτηριακών). Έτσι η προσεκτική απολύμανση και η τακτική συντήρηση των εγκαταστάσεων σε συνδιασμό με αυστηρή προστασία του υδροβολέα είναι οι βασικές φροντίδες των υπεύθυνων των υδρεύσεων. Μέσα στα πλαίσια της συντήρησης του δικτύου μεγάλη σημασία δίνεται στη δημιουργία βιολογικού υμενίου (biofilm) στο δίκτυο.

### **4.3 Βιοεπικαθίσεις (biofouling) στο δίκτυο**

Σε όλα τα οικοσυστήματα, φυσικά ή τεχνικά, οι μικροοργανισμοί προτιμούν να προσκολλώνται σε κάθε διαθέσιμη επιφάνεια παρά να πλέουν μέσα στο νερό. Κανένα προϊόν, όσο ειδικό και να είναι, δεν παρουσιάζει πλήρη προστασία από την δημιουργία βιολογικού υμενίου και δεν υπάρχει κανένα βακτήριο που να μην έχει κάποια δυνατότητα προσκόλλησης. Οι βράχοι των ποταμών και της θάλασσας, μέρη του ανθρώπινου σώματος (π.χ τα δόντια), σωληνώσεις κλπ είναι σημεία προσκόλλησης του βιολογικού υμενίου.

Η παρουσία βιολογικού υμενίου θεωρείται σαν ένα φυσιολογικό φαινόμενο για κάθε σύστημα ύδρευσης. Σε φίλτρα διήθησης μονάδων επεξεργασίας νερού παρατηρήθηκε υμένιο πάχους 500μm, με αποτέλεσμα την δυσλειτουργία του φίλτρου. Βιολογικό υμένιο παρατηρείται και μέσα στις βρύσες και οφείει μικρές ποσότητες θρεπτικών ουσιών που περιέχει το νερό. Αυτό μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα και την κατακράτηση του ελεύθερου χλωρίου του νερού.

Βιολογικό υμένιο κολοβακτηριοειδών μελετήθηκε πρόσφατα σε ορισμένες συνοικίες του Λονδίνου. Η επιβάρυνση του δικτύου από βιολογικές παραμέτρους είναι ένα φαινόμενο που συνήθως γίνεται αντιληπτό έμμεσα, δηλαδή από τις επιπτώσεις του στην ποιότητα του νερού. Το φαινόμενο των βιοεπικαθίσεων είναι αποτέλεσμα μιας σειράς δραστηριοτήτων των μικροοργανισμών του νερού που περιλαμβάνουν την αποίκιση του δικτύου, την ανάπτυξη του υμενίου και την δημιουργία διαδοχικών επιστρώσεων στις σωληνώσεις που έχουν σαν αποτέλεσμα την παρεμπόδιση της κανονικής ροής του νερού. Συχνά παρατηρείται διάβρωση του δικτύου από την παραγωγή οργανικών οξέων και υδρόθειου στο βιοφίλμ.

Οι βιοεπικαθίσεις συντελούνται στα μεσοδιαστήματα των δομικών υλικών του δικτύου και δημιουργούν διάφορες μορφές και σχήματα στα σημεία της παρουσίας τους. Οι σχηματισμοί αυτοί αποτελούνται από βακτηριακά εκκρίματα και επικαθίσεις διαφόρων ιόντων (π.χ μετάλλων) και μπορούν να μειώσουν την ροή του νερού στο δίκτυο με τον αυξημένο όγκο τους. Συχνά σχηματίζονται ανθεκτικοί φυματώδεις σχηματισμοί. Στις μεταλλικές επιφάνειες (σωλήνες, δεξαμενές) φυματώδεις σχηματισμοί καλύπτουν σημεία που έχουν διαβρωθεί. Η βιομάζα στο εσωτερικό του φυματώδους είναι συχνά υπεύθυνη για τη διάβρωση. Οι επικαθίσεις μαγγανίου γίνονται συχνά σε σημεία δικτύου με ελλιπή χλωρίωση. Άλλες φορές η μείωση της ροής οφείλεται στην παραγωγή του βιοαερίου το οποίο εγκλωβίζεται μέσα στις σωληνώσεις, είτε στην παγίδευση άλλων, μή βιολογικών, αιωρούμενων σωματιδίων τα οποία μεγαλώνουν ακόμα περισσότερο τις βιολογικές

επικαθίσεις. Αν το υμένιο μεγαλώσει πολύ συχνά αποκολλάται και αποδίδει στο νερό μεγάλους αριθμούς βακτηριακών κυττάρων καθώς και οργανικές ή ανόργανες ουσίες.

Η αρχή του φαινομένου γίνεται με την προσκόλληση βακτηρίων στην επιφάνεια του δικτύου. Μετά την προσκόλληση τα βακτήρια πολλαπλασιάζονται και δημιουργούν ένα προστατευτικό κάλυμμα από πολυμερή το οποίο συγκρατεί νερό και θρεπτικές ουσίες και παίζει προστατευτικό ρόλο για τα βακτηριακά κύτταρα έναντι της χλωρίωσης ή άλλων παραγόντων. Αργότερα περισσότερα είδη βακτηρίων ενσωματώνονται στο βιολογικό υμένιο και συμμετέχουν στην δημιουργία του. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία ζωνών (stratification) βακτηρίων μέσα σε αυτό ανάλογα με τις μεταβολικές τους ανάγκες. Για παράδειγμα ένα εξωτερικό στρώμα θα αποτελείτο από αερόβια ενώ ένα εσωτερικό από αναερόβια βακτήρια.

Η τελική εγκατάσταση και ωρίμανση του βιολογικού υμενίου εξαρτάται από πολλές χημικές, φυσικές και βιολογικές παραμέτρους:

#### 4.3.1 Φυσικές παράμετροι

Οι φυσικές παράμετροι που επηρεάζουν το βιολογικό υμένιο είναι η θερμοκρασία, το pH και το δυναμικό οξειδοαναγωγής του νερού. Κατά τους Donlan και Pipes ο αριθμός των αυτότροφων μικροοργανισμών του νερού είναι σημαντικά μεγαλύτερος στους 22-25°C από τους 5°C. Το χλιαρό νερό ( $\theta=20-45^{\circ}\text{C}$ ) και το στάσιμο νερό είναι βασικές αιτίες υδατογενών λοιμώξεων λόγω πολλαπλασιασμού δυνητικά παθογόνων μικροοργανισμών στο δίκτυο.

#### 4.3.2 Χημικές παράμετροι

Χημικές παράμετροι είναι κυρίως οι χημικές ενώσεις οι οποίες αποτελούν θρεπτικές ουσίες των μικροοργανισμών. Οι θρεπτικές αυτές ουσίες μπορούν να συμβάλλουν στις καταβολικές και αναβολικές λειτουργίες του μικροβιακού κυττάρου. Το νερό ενός δικτύου μπορεί να εμπλουτιστεί με θρεπτικές ουσίες κατά τη διάρκεια επισκευών, από ρωγμές, κακοτεχνίες, συγκολλήσεις με ουσίες που καταβολίζονται από τους μικροοργανισμούς (π.χ το καλάι ) και από ανοιχτές δεξαμενές. Στο πολλαπλασιασμό των μικροοργανισμών μεγάλη σημασία έχει, όχι μόνο η ποσοτική παρουσία διαφόρων οργανικών και ανόργανων ουσιών, αλλά και η αναλογία άνθρακα : αζώτου: φωσφόρου(C: N :P).

#### 4.3.3 Βιολογικές παράμετροι

Οι βιολογικές παράμετροι του βιολογικού υμενίου είναι η ομάδες (consortia) των μικροοργανισμών που τα απαρτίζουν. Στο υμένιο αυτό συνυπάρχουν αυτόχθονοι και αλλόχθονοι μικροοργανισμοί οι οποίοι κατάφεραν να εγκατασταθούν στο δίκτυο λόγω ευνοϊκών συνθηκών. Τα αλλόχθονα βακτήρια μπορεί να είναι παθογόνα ή δυνητικά παθογόνα. Από τα βακτήρια του υμενίου άλλα παρεμβαίνουν στην ποσοτική απόδοση του δικτύου και άλλα την ποιοτική του απόδοση. Αναλυτικά οι συνήθεις μικροοργανισμοί του υμενίου είναι οι παρακάτω:

- *Pseudomonas* spp
- *Legionella* spp
- Εντεροβακτηρικά
- *Mycobacteria*
- Θειοαναγωγικά βακτήρια
- Άλλα θειοβακτηρίδια
- Αρχαιοβακτήρια
- Στρεπτόκοκκοι
- Σπορογόνα βακτήρια
- Αντινομύκητες
- Πρωτόζωα

#### 4.4 Προστασία του δικτύου από την δημιουργία βιολογικού υμενίου

Η επιβίωση των βακτηρίων μέσα στο βιολογικό υμένιο γίνεται ευκολότερη διότι προστατεύονται από ένα μεγάλο αριθμό μικροβιοκτόνων παραμέτρων, όπως η υπεριώδης ακτινοβολία, οι βακτηριοφάγοι, η θερμοκρασία και τα χημικά απολυμαντικά. Κατά τους Holah και συνεργάτες (1990) οι οποίοι δοκίμασαν την αντιμικροβιακή δράση 7 απολυμαντικών, η συγκέντρωση των απολυμαντικών πρέπει να μεγαλώσει 10-100 φορές για να επιδράσει στο υμένιο σε σχέση με τα βακτήρια μέσα στο νερό. Η αντοχή αυτή αυξάνει με την ωρίμανση του υμενίου.

Η προστασία του δικτύου από τη δημιουργία υμενίου είναι ένα σύνθετο θέμα το οποίο απαιτεί προσπάθεια από τους υπεύθυνους της ύδρευσης, τους διαχειριστές των κατοικιών και τον καταναλωτή.

Οι υγειονομικές αρχές που ασχολούνται με την ύδρευση πρέπει να φροντίζουν για τη σωστή και συνεχή απολύμανση του νερού, το συστηματικό καθαρισμό των φίλτρων και την αποφυγή σημείων στο δίκτυο με στατικό νερό, νερό που μπορεί να δημιουργήσει θερμική διαστρωμάτωση και ιζήματα.

Οι υπεύθυνοι συντηρητές των κατοικιών πρέπει να φροντίζουν το καθαρισμό του δικτύου τουλάχιστον μια φορά το χρόνο. Να μην υπάρχουν τυφλές απολήξεις σωληνώσεων ή σημεία του δικτύου που δε χρησιμοποιούνται. Επίσης δε πρέπει να επιβαρύνουν το δίκτυο με ξένες ουσίες κατά τη διάρκεια επισκευών ή επεκτάσεων.

Οι καταναλωτές πρέπει να προσέχουν τη χρήση του πρώτου πρωινού νερού ή νερού μετά από περιόδους απουσίας. [2]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### 5.1 Μέθοδοι Απολύμανσης του Νερού

Η απολύμανση του πόσιμου νερού πριν από την κατανάλωση και η τελική απολύμανση των αποβλήτων πριν αποδοθούν στο περιβάλλον είναι σημαντικές διαδικασίες για την εξασφάλιση της δημόσιας υγείας. Η απολύμανση του πόσιμου νερού με χλωρίωση χρησιμοποιήθηκε από τις αρχές του 20ού αιώνα και συνέβαλλε στην πάταξη των λοιμωδών νοσημάτων περισσότερο από όλα τα άλλα μέτρα πρόληψης (εμβολιασμοί, πρόοδος της κλινικής ιατρικής).

Πρέπει να τονιστεί ότι η χλωρίωση ή οποιαδήποτε άλλη τελική επεξεργασία του νερού έχουν σαν σκοπό την απολύμανση, δηλαδή την προστασία του νερού από παθογόνους μικροοργανισμούς, και όχι την αποστείρωση, δηλαδή την καταστροφή όλων των ζωντανών οργανισμών που υπάρχουν στο νερό.

Η απολύμανση είναι απαραίτητη διαδικασία για το πόσιμο νερό. Η απολύμανση νερού που προορίζεται για πόσιμο δεν έχει σαν στόχο την εξυγίανση νερού που έχει υποστεί ρύπανση αλλά αποτελεί ένα μέτρο προφύλαξης νερού που είναι ήδη ελεύθερο από παθογόνους μικροοργανισμούς. Πρέπει όμως πάντα να ελέγχουμε την πιθανότητα δημιουργίας παραπροϊόντων της απολύμανσης, τα οποία συνήθως είναι χημικές ουσίες που προέρχονται από χημικές αντιδράσεις της απολυμαντικής ουσίας με στοιχεία του νερού. Παραπροϊόντα της χλωρίωσης, κυρίως τα τριαλομεθάνια, έχουν ενοχοποιηθεί για επιπτώσεις στην υγεία του καταναλωτή.

Οι περισσότερες απολυμαντικές ουσίες εκτός από την προστασία έναντι των παθογόνων βοηθούν και με άλλους τρόπους την βελτίωση της ποιότητας του νερού, όπως με οξειδωση ανόργανων ουσιών (σίδηρος, μαγγάνιο), βελτίωση της κροκίδωσης και διηθησης κ.λ.π

### 5.2 Χλωρίωση

Μία ευρέως διαδεδομένη μέθοδος απολύμανσης είναι η χρήση ελεύθερου ή υπολειμματικού χλωρίου, το οποίο είναι τοξικό στους περισσότερους παθογόνους μικροοργανισμούς. Ελεύθερο (ή υπολειμματικό) είναι το χλώριο στην μοριακή του μορφή και τα παράγωγα του (υποχλωριώδες οξύ, υποχλωριώδη ιόντα). Το χλώριο διατίθεται στο εμπόριο σε αέρια μορφή, σε υγρή (υποχλωριώδες νάτριο) ή σε σκόνη (υποχλωριωδών αλάτων). Η επιλογή της μορφής που θα χρησιμοποιηθεί για την απολύμανση του νερού εξαρτάται από το κόστος, τις συνθήκες ασφαλείας και τις λειτουργικές ιδιαιτερότητες της εγκατάστασης. Όταν το Ρh του νερού είναι όξινο ( $pH < 5$ ) το χλώριο παραμένει στην μοριακή του μορφή, ενώ για  $pH > 5$  δημιουργείται υποχλωριώδες οξύ. Το μεγάλο προτέρημα της χλωρίωσης, έναντι άλλων απολυμαντικών ουσιών, είναι η ισχυρή δραστηριότητα του σε πολλούς παθογόνους μικροοργανισμούς αλλά και η υπολειμματική του δράση (παραμένει σαν προστατευτικός παράγοντας για αρκετό χρονικό διάστημα μέσα στο νερό). Ένα πρόβλημα που μπορεί να παρουσιαστεί σε συστήματα ύδρευσης είναι αυτό της προσκόλλησης των μικροοργανισμών σε τοιχώματα των σωλήνων και η δημιουργία biofilms κάνοντας το έργο της απολύμανσης πολύ δύσκολο. Άλλοι ερευνητές παρατήρησαν ότι οι κοπρανώδεις μικροοργανισμοί των χλωριωμένων νερών δεν ανταποκρίνονται καλά στις νέες ενζυμικές μικροβιολογικές τεχνικές που προτείνονται για τον έλεγχο του πόσιμου νερού.

Κατά την μέτρηση του ελεύθερου χλωρίου στο νερό έχει μεγάλη σημασία να χρησιμοποιείται η σωστή τεχνική η οποία να μετράει πράγματι ελεύθερο και όχι συνδεδεμένο ή ολικό χλώριο. Η μέθοδος DPD έχει την δυνατότητα να μετρά την κάθε μια από αυτές τις παραμέτρους χωριστά.

## 5.2.1 Παραπροϊόντα Χλωρίωσης και Επιπτώσεις στην Δημόσια Υγεία

Παρόλο ότι όλοι αναγνωρίζουν τη σημασία της απολύμανσης του νερού στην δημόσια υγεία υπάρχει και κάποια ανησυχία για της πιθανές παρενέργειες των απολυμαντικών και ιδίως του χλωρίου στην υγεία των καταναλωτών. Από την δεκαετία του 70 και λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας άρχισαν να ανιχνεύονται σε χλωριωμένα νερά ορισμένες ουσίες οι οποίες είναι παραπροϊόντα της χλωρίωσης. Ορισμένες χημικές ενώσεις που βρίσκονται διαλυμένες στο νερό ( χουμικά και φούλβικα οξέα, υδρόφιλα οξέα, αμινοξέα, υδαάνθρακες κ.λ.π) αντιδρούν με το χλώριο και δημιουργούν τα τριαλομεθάνια (THM). Το ποίο σημαντικό τριαλομεθάνιο ως προς τις επιπτώσεις του στην υγεία είναι το χλωροφόρμιο. Ορισμένες από τις χημικές ενώσεις 'προπομπούς' των THM μπορεί να παρέχονται και από ζωντανούς υδρόβιους οργανισμούς όπως φύκη ενώ ανόργανες ενώσεις (αιθανόλη, ακεταλδευδη κ.λπ) από απόβλητα βιομηχανικών μονάδων δημιουργούν επίσης με το χλώριο THM. Η συνολική ποσότητα των οργανικών ουσιών σε κάποιο δείγμα νερού αποτελεί τα ολικά τριαλομεθάνια (ΤΤΗΜ). Δυστυχώς η Ελληνική νομοθεσία δεν έχει θεσπίσει ακόμα όρια συγκέντρωσης ΤΤΗΜ στις αντίστοιχες οδηγίες.

Η συγκέντρωση των THM σε κάποια πηγή υδροληψίας μεταβάλλεται σημαντικά υπό την επίδραση διαφόρων παραγόντων και γιαυτό πρέπει η μέτρηση τους να γίνεται τουλάχιστον 4 φορές το χρόνο σε διάφορες εποχές. Η συγκέντρωση τους είναι μεγαλύτερη σε επιφανειακά από υπόγεια νερά όπου απαντώνται μόνο αν αναμιχθούν με επιφανειακές πηγές ρύπανσης. Στα επιφανειακά νερά παρατηρείται μεγαλύτερη συγκέντρωση μετά από βροχοπτώσεις επειδή γειτονικά προς την πηγή υδροληψίας εδάφη παρασύρονται μέσα στο νερό. Το σχηματισμό των THM ευνοεί η αύξηση της θερμοκρασίας και έτσι παρατηρούνται μεγαλύτερες συγκεντρώσεις το καλοκαίρι. Η ανησυχία για τις πιθανές επιπτώσεις των THM στην υγεία των καταναλωτών άρχισε με την υπόθεση ότι το χλωροφόρμιο είναι καρκινογόνο. Σήμερα όμως και άλλες παρενέργειες μελετώνται όπως η στειρότητα, η τερατογένεση, η επίδραση στα νεφρά και το συκώτι, επιπτώσεις στο νευρικό και το αιμοποιητικό σύστημα.

Η εκτίμηση της καρκινογένεσης από χρήση χλωριωμένου νερού γίνεται με δυο τρόπους: με επιδημιολογικές μελέτες και με πειράματα σε πειραματόζωα. Οι επιδημιολογικές μελέτες είναι πολύ δύσκολες διότι δεν υπάρχουν πάντα στοιχεία για το πόσα χρόνια κατανάλωναν τα άτομα αυτά χλωριωμένο νερό και για το αν το νερό αυτό περιείχε THM, αφού μόνο πρόσφατα η μέτρηση τους στο νερό έγινε εργαστηριακά δυνατή. Ένα άλλο πρόβλημα είναι ότι σε μια επιδημιολογική μελέτη για την καρκινογένεση πρέπει να συναξιολογηθούν και άλλοι παράγοντες όπως το κάπνισμα, το άγχος, η διατροφή, περιβαλλοντική παράγοντες όπως η μόλυνση της ατμόσφαιρας, οι συνθήκες εργασίας κλπ. Έτσι το θέμα είναι πολύ πολύπλοκο. Παρά τις δυσκολίες αυτές πολλοί ερευνητές υποδεικνύουν μια συσχέτιση ανάμεσα στη κατανάλωση χλωριωμένου νερού και στο καρκίνο της χολής, του παχέος εντέρου και του ορθού. Συνοπτικά μπορούμε να πούμε ότι δεν υπάρχουν προς το παρόν σαφείς ενδείξεις για τις επιπτώσεις των THM στην υγεία. Σε έκθεση της National Academy of Science Safe Drinking Water Committee των Η.Π.Α το 1987 γίνονται οι κάτωθι επισημάνσεις για πιθανές παθήσεις από την απολύμανση του νερού, εκτός από καρκινογένεση:

Το ClO<sub>2</sub> και ορισμένα παραπροϊόντα του επιδρούν στο αιμοποιητικό σύστημα του σώματος, και μπορεί να βλάψουν κυρίως άτομα με προβλήματα στην παραγωγή ορισμένων ενζύμων. Επίσης προβλήματα μπορεί να έχουν άτομα που πάσχουν στον θυροειδή τους αδένες.

Οι χλωραμίνες μπορεί να έχουν αρνητικές επιπτώσεις σε νεφροπαθείς, και σε άτομα που πάσχουν στο συκώτι.

Το ελεύθερο χλώριο μπορεί να βλάψει άτομα που πάσχουν από το θυροειδή και από το συκώτι.

Ποσό εισαγομένου χλωρίου, τόσο ώστε να παρέχει υπόλειμμα χλωρίου στα ακρότατα σημεία υδρεύσεως τουλάχιστον 0,2 mg /l δράση του χλωρίου θα πρέπει να εξασφαλίζεται για χρονικό διάστημα τουλάχιστον 20 min από την εισαγωγή του μέχρι την κατανάλωση. Για τον έλεγχο της χλωρίωσης καθορίζεται ελάχιστος αριθμός χλωριομετρήσεων σε συνάρτηση με τον υδροδοτούμενο πληθυσμό

Το χλώριο αντιδρά οξειδωτικά με ανόργανες και οργανικές ενώσεις, που δεσμεύουν το "απαιτούμενο" και παραμένει το "υπολειμματικό" χλώριο .

Επιπλέον απολυμαντική δράση από χλωραμίνες όταν το νερό περιέχει αμμωνία ή αζωτούχες οργανικές ενώσεις.

### 5.3 Χλωραμίνωση

Η χλωραμίνες χρησιμοποιούνται συχνά σε συνδιασμό με το ελεύθερο χλώριο διότι βοηθούν στην απομάκρυνση δυσάρεστων οσμών και γεύσης που αφήνει στο νερό η χλωρίωση. Οι χλωραμίνες έχουν πολύ ασθενέστερη απολυμαντική δράση από το ελεύθερο χλώριο, όμως αφήνουν στο νερό ένα πιο χημικά σταθερό υπολειμματικό απολυμαντικό και δεν ευνοούν την δημιουργία THM και άλλων παραπροϊόντων της απολύμανσης. Η απολύμανση με χλωραμίνωση απαιτεί εγκαταστάσεις που να επιτρέπουν μεγάλο χρόνο επίδρασης. Έχουν αρκετή απολυμαντική ικανότητα έναντι πολλών παθογόνων βακτηρίων αλλά δεν είναι αποτελεσματικές έναντι της legionella, των πρωτοζώων (giardia) και των ιών. Η μικροβιοκτόνος δράση της οφείλεται σε αναστολή πρωτεϊνικών αντιδράσεων στον κυτταρικό μεταβολισμό. Έτσι συνιστάται η χρήση τους σαν δευτερογενής απολύμανση, για τη βελτίωση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων του χλωρισμένου νερού και για την παρουσία σταθερού υπολειμματικού απολυμαντικού στο νερό. Επίσης έχουν μεγαλύτερη ικανότητα διείσδυσης από το ελεύθερο χλώριο μέσα στο βιολογικό υμένιο των σωλήνων. Ένα μειονέκτημα της χρήσης χλωραμινών είναι ότι ευνοούν τον πολλαπλασιασμό νιτροβακτηρίων στις δεξαμενές του νερού, τα οποία με την σειρά τους μπαίνουν στην τροφική αλυσίδα άλλων μικροοργανισμών και έτσι μεγαλώνει ο ολικός αριθμός μικροοργανισμών του νερού. Οι χλωραμίνες δεν διατίθενται στο εμπόριο σαν έτοιμο προϊόν. Παράγονται επί τόπου στο σημείο χρήσης από χλώριο και αμμωνία.

### 5.4 Διοξειδίο του χλωρίου

Η χρήση του διοξειδίου του χλωρίου τα τελευταία χρόνια έχει αρκετά εξαπλωθεί διότι συνδιάζει καλό απολυμαντικό αποτέλεσμα και πολύ περιορισμένη δημιουργία παραπροϊόντων, κυρίως THM. Ένα βασικό πρόβλημα στη χρήση του σαν βασικό απολυμαντικό είναι ότι η χημική μορφή του είναι ένα μάλλον ασταθές αέριο το οποίο δεν μπορεί να παραχθεί σε εμπορεύσιμη μορφή χωρίς να υπάρχουν κίνδυνοι κατά την μεταφορά και χρήση του. Έτσι πρέπει να παράγεται στο σημείο χρήσης του και υπό υψηλές διαγραφές ασφάλειας. Η παραγωγή του γίνεται από  $\text{NaClO}_2$  ή  $\text{NaCl}_3$  σύμφωνα με την αντίδραση  $2\text{NaCl}_2 + \text{Cl}_2 = 2\text{ClO}_2 + 2\text{NaCl}$

Το  $\text{ClO}_2$  θεωρείται ισχυρό απολυμαντικό, αποτελεσματικό έναντι βακτηρίων, πρωτοζώων και ιών. Οι τιμές c.ι που απαιτούνται για απολύμανση με διοξειδίο του χλωρίου είναι κατά μέσο όρο οι μισές από τις αντίστοιχες του ελεύθερου χλωρίου και ανεξάρτητα από το pH του νερού. Το διοξειδίο του χλωρίου έχει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα από το ελεύθερο χλώριο έναντι των παθογόνων βακτηρίων αλλά το ελεύθερο χλώριο είναι περισσότερο αποτελεσματικό έναντι των ιών. Η αποτελεσματικότητά του έναντι της giardia δεν επηρεάζεται από το pH σε αντίθεση με το ελεύθερο χλώριο. Η ποσότητα διοξειδίου του χλωρίου στο νερό δεν επηρεάζεται από την αμμωνία, όπως γίνεται με την ποσότητα του υπολειμματικού χλωρίου, όμως μπορεί να επηρεαστεί από ανόργανες ουσίες όπως σίδηρος, μαγγάνιο και θειικά ιόντα. Αν το νερό είναι πλούσιο σε κάποια από αυτά τα συστατικά τότε μπορεί να είναι δύσκολο να έχει κανείς σταθερή ποσότητα διοξειδίου του χλωρίου στο νερό. Αντίθετα αυτή η ιδιότητα του μπορεί να το κάνει χρήσιμο, σαν συμπληρωματικό απολυμαντικό, για την βελτίωση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων του νερού που περιέχει τέτοιες ανόργανες ουσίες.

### 5.5 Όζον

Το όζον είναι το ισχυρότερο οξειδωτικό από όλα τα κοινά απολυμαντικά του νερού. Η χρήση του εξαπλώνεται ταχύτατα διότι δεν δημιουργεί THM. Η δράση του όμως επηρεάζεται από το pH, τη συγκέντρωση μονοξειδίου και διοξειδίου του άνθρακα και άλλων οργανικών και ανόργανων ουσιών στο νερό. Έτσι έχει μεγάλη σημασία η καλή γνώση των χαρακτηριστικών του νερού πριν εφαρμοστεί οζόνωση για την απολύμανση του.

Το όζον ( $\text{O}_3$ ) σε θερμοκρασία και πίεση του περιβάλλοντος είναι ένα ασταθές αέριο, και γίνεται οξυγόνο σε θερμοκρασίας  $>35^\circ\text{C}$ . Έτσι πρέπει να παράγεται στο σημείο χρήσης του. Μετά την τροφοδοσία του όζοντος στο νερό παραμένει για ένα μικρό χρονικό διάστημα,

αρκετό για την απολυμαντική δράση του, και μετά αποσυντίθεται. Η απολυμαντική του δράση είναι ισχυρή και ταχεία. Ο ιός της πολυομελίτιδας αδρανοποιείται σε ποσοστό 99,99% σε 4-6 λεπτά υπό την επίδραση 0,4ppm όζοντος. Έχει μεγάλη απολυμαντική δράση έναντι των πρωτοζώων. Είναι επίσης πολύ αποτελεσματικό έναντι των βιοεπικαθήσεων. Έχει επίσης προταθεί για την απολύμανση κλειστών θαλάσσιων συστημάτων. Σαν οξειδωτικό συμβάλλει στην συντήρηση των φίλτρων.

Η απολυμαντική δράση του όζοντος οφείλεται σε οξειδωτικές αντιδράσεις που καταστρέφουν βασικές δομές του μικροβιακού κυττάρου. Έχει επίδραση σε ευρεία κατηγορία μικροοργανισμών και προτείνεται για βασικό απολυμαντικό, αρκεί το νερό να μην έχει αυξημένη θολρότητα. Τα αιωρούμενα σωματίδια του νερού προφυλάσσουν το κύτταρο των μικροοργανισμών από την οξειδωτική επίδραση του όζοντος.

## 5.6 Υπερμαγγανικό κάλιο

Το υπερμαγγανικό κάλιο χρησιμοποιείται ευρέως στη διατήρηση της ποιότητας του νερού. Δεν χρησιμοποιείται σαν κυρίως απολυμαντικό, αλλά για την βελτίωση των οργανοληπτικών ιδιοτήτων του νερού μετά την χλωρίωση (οσμές,χρώμα) για την απομάκρυνση σιδήρου και μαγγάνιου και για τον έλεγχο των παραπροϊόντων της χλωρίωσης. Η δράση του είναι κυρίως οξειδωτική. Διατίθεται στην αγορά σε μορφή κρυστάλλων.

Έχει ισχυρή αντιμικροβιακή δράση έναντι πολλών βακτηρίων,μυκήτων και ιών.Σε όξινο pH θεωρείται καλό απολυμαντικό για την απομάκρυνση συστημάτων ύδρευσης που έχουν επισκευαστεί ή μετά από την αρχική τους εγκατάσταση αλλά και συστημάτων που έχουν αποικιστεί με Legionella. Θεωρείται ιδιαίτερα αποτελεσματικό έναντι του ιού της πολυομελίτιδος. Η αντιμικροβιακή του δράση είναι καλύτερη σε όξινο περιβάλλον. Επηρεάζεται από την συγκέντρωση και τον χρόνο επαφής, την θερμοκρασία και την παρουσία άλλων αντιοξειδωτικών ουσιών.

## 5.7 Υπεριώδης ακτινοβολία

Η υπεριώδης ακτινοβολία μπορεί να αδρανοποιήσει βακτήρια και ιούς, έχει όμως μικρότερη αποτελεσματικότητα έναντι των πρωτοζώων. Έχει καλύτερη εφαρμογή στην απολύμανση των υπογείων νερών, των νερών που προορίζονται για εμφιάλωση καθώς και στην τελική φάση της απολύμανσης των λυμάτων. Το αποτελεσματικότερο μήκος κύματος είναι 240-380nm. Το μεγάλο πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι δεν δημιουργούνται καθόλου παραπροϊόντα.

Για πρακτικούς λόγους χρησιμοποιείται κυρίως σε μικρά συστήματα. Η υπεριώδης ακτινοβολία δεν σκοτώνει τους μικροοργανισμούς, όπως τα οξειδωτικά απολυμαντικά, αλλά επιδρά στο πυρηνικό DNA με αποτέλεσμα να μην λειτουργεί ο αναπαραγωγικός μηχανισμός. Πρέπει όμως να δίνεται προσοχή στο φαινόμενο της φωτοενεργοποίησης. Ορισμένοι μικροοργανισμοί, υπό την επίδραση φωτός ορισμένου μήκους κύματος, επανενεργοποιούνται, πολλαπλασιάζονται και είναι πάλι λοιμογόννοι. Αυτό το φαινόμενο παρατηρείται και σε βακτήρια που έχουν σημασία για την δημόσια υγεία, όπως κολοβακτηριοειδή και οι σιγκέλλες. Δεν παρατηρείται στους ιούς. Επειδή η υπεριώδης ακτινοβολία δεν έχει υπολειμματικό απολυμαντικό πρέπει να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλες μεθόδους απολύμανσης.

## 5.8 Οικιακές συσκευές βελτίωσης της ποιότητας του νερού

Οι συσκευές αυτές χρησιμοποιούν διάφορες τεχνικές επεξεργασίας του νερού όπως διήθηση,προσρόφηση,ανταλλαγή ιόντων,αντίστροφη όσμωση και απόσταξη ή συνδυασμό των τεχνικών αυτών για να επιτύχουν την επιθυμητή βελτίωση ορισμένων φυσικών, χημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών του νερού.

Οι **συσκευές διήθησης** αποτελούνται από μεμβράνες ελεγχόμενου πορώδους, συχνά επικαλυμμένες με ενεργό άνθρακα και μειώνουν κυρίως την θολρότητα, τις οσμές και τους χρωματισμούς από το νερό. Μια στρώση γης διατόμων μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την συγκράτηση κύστεων της Giardia.

Οι συσκευές κοκκώδους ενεργού άνθρακα χρησιμοποιούνται για την αφαίρεση δυσάρεστης οσμής και γεύσης που οφείλονται στην χλωρίωση,σε οργανικές ουσίες και σε παράγωγα μικροοργανισμών(ακτινομύκητες,σιδηροβακτήρια,θειοβακτήρια,φύκη). Οι



συσκευές ενεργού άνθρακα διαφέρουν μεταξύ τους τόσο στην διάρκεια ζωής όσο και στα χαρακτηριστικά της εκλεκτικής χημικής προσρόφησης.

Η μικροβιολογική ποιότητα του νερού που παράγεται από οικιακές συσκευές καθαρισμού του νερού που χρησιμοποιούν ενεργό άνθρακα παρουσιάζει τεράστια ποικιλία, και εξαρτάται από τους μικροοργανισμούς του νερού, τον χρόνο που το φίλτρο έχει χρησιμοποιηθεί, την θερμοκρασία του νερού και το πόσο συχνά έχει το νερό την ευκαιρία να παραμείνει στο σύστημα χωρίς να ρέει. Ανάλογα με τις παραπάνω συνθήκες τα φίλτρα συχνά υποβαθμίζουν την μικροβιολογική ποιότητα του νερού.

Το πρόβλημα είναι ο πολλαπλασιασμός των μικροοργανισμών του νερού στην επιφάνεια του άνθρακα. Οι οικιακές συσκευές ενεργού άνθρακα εξουδετερώνοντας το χλώριο από το νερό, απομακρύνουν αυτόν τον παράγοντα προστασίας του. Έτσι αν η συσκευή δεν χρησιμοποιηθεί για ορισμένες ώρες οι μικροοργανισμοί έχουν την ευκαιρία να πολλαπλασιαστούν στην επιφάνεια του. Στον πολλαπλασιασμό των μικροοργανισμών βοηθάει και η παρουσία στην επιφάνεια του άνθρακα αυξημένης ποσότητας άλλων ουσιών που επίσης κατακρατούνται.

Αν τύχει να βρεθούν δυνητικά παθογόνοι ή παθογόνοι μικροοργανισμοί στο νερό, ο πολλαπλασιασμός τους στην ενεργό επιφάνεια του άνθρακα μπορεί να φθάσει στην μολυσματική δόση, δηλαδή σε αριθμούς αρκετούς να προκαλέσουν λοίμωξη τουλάχιστον σε ορισμένες κατηγορίες ατόμων (ηλικιωμένους, παιδιά, ασθενείς).

Οι συσκευές ιονταλλακτικών ρητινών χρησιμοποιούνται για την ανταλλαγή «μαλακών» ιόντων νατρίου με «σκληρά» ιόντα ασβεστίου, μαγνησίου και σιδήρου του νερού. Τα συστήματα αυτά απομακρύνουν νιτρικές και θειικές ενώσεις.

Οι συσκευές απόσταξης θερμαίνουν το νερό μέχρι να εξατμιστεί, αφαιρούν τις πτητικές ενώσεις, διαχωρίζουν τα αιωρούμενα στερεά, ψύχουν και υγροποιούν το καθαρό νερό.

Η τεχνική της αντίστροφης όσμωσης είναι επίσης δημοφιλής στον καθαρισμό του νερού. Τα διαλυμένα στερεά αφαιρούνται εφαρμόζοντας διαφορά πίεσης μέσω ημιδιαπερατής μεμβράνης η οποία επιτρέπει την διόδο του νερού όχι όμως και των διαλυμένων ουσιών, μορίων και ιόντων. Αποδίδουν νερό υψηλής ποιότητας και, αν επικρατούν οι προβλεπόμενες από τον κατασκευαστή συνθήκες πίεσης του νερού, παρέχουν προστασία έναντι πολλών μικροοργανισμών.

Εκτός από αυτές τις βασικές κατηγορίες συσκευών στην αγορά κυκλοφορούν πολλές άλλες οι οποίες στηρίζονται σε ευρεσιτεχνίες οι οποίες αντιμετωπίζουν συγκεκριμένα προβλήματα. Για παράδειγμα συσκευές χαλκού και αργύρου προτείνονται για προστασία από την αποίκηση του συστήματος με *Legionella*. Όλες οι συσκευές πρέπει να χρησιμοποιούνται με πολύ μεγάλη προσοχή, και ακολουθώντας χωρίς καμιά παρέκκλιση τις οδηγίες του κατασκευαστή. Στην αντίθετη περίπτωση όχι μόνο δεν επιφέρουν βελτίωση στην ποιότητα του νερού αλλά μπορούν να συμβάλλουν σε σημαντική υποβάθμισή της.[4]

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### 6.1 Πειραματικό μέρος

#### 6.1.1 Γενικά

Ως δειγματοληψία νοούνται όλες οι διαδικασίες επιλογής, συλλογής, διατήρησης και μεταφοράς προς ανάλυση μιας ενδεικτικής ποσότητας ενός υλικού. Η ποσότητα αυτή (δείγμα) πρέπει να ανταποκρίνεται στα χαρακτηριστικά του προς ανάλυση υλικού και να επιτρέπει την αναγωγή των παραμέτρων που θα προσδιοριστούν στο δείγμα.

Πριν την δειγματοληψία μελετάται το υλικό που πρόκειται να αναλυθεί, καθορίζονται οι απαιτούμενοι προσδιορισμοί που επιλέγονται οι ποσότητες που θα χρησιμοποιηθούν ως δείγμα. Η αντιπροσωπευτικότητα εξασφαλίζεται με επιλογή των κατάλληλων σημείων και του χρόνου δειγματοληψίας και της συχνότητας συλλογής δειγμάτων.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων πρέπει να είναι κατά το δυνατόν επαναλήψιμα, για αυτό το σημείο δειγματοληψίας σε υδάτινους αποδέκτες πρέπει να ορίζονται σε σχέση με σταθερά σημεία ή να προσδιορίζονται και να σημειώνονται.

Η συλλογή δειγμάτων από λίμνες παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις, κατά τη διάρκεια της ημέρας και του έτους, απαιτεί συνήθως ειδική μελέτη για τον καθορισμό σημείων δειγματοληψίας και τη συχνότητα συλλογής δειγμάτων.

Βασική αρχή για την συλλογή δειγμάτων από επιφανειακούς αποδέκτες, είναι η δειγματοληψία από σημεία όπου το νερό του αποδέκτη έχει πλήρως αναμιχθεί με νερό πλευρικών εκβολών ή παραπόταμων, εκτός αν ο σκοπός της δειγματοληψίας είναι να προσδιοριστεί η τοπική επίδραση μιας εκβολής στο κυρίως υδατόρευμα.

Η συλλογή δειγμάτων από λίμνες δεν πρέπει να γίνεται κοντά στην εκβολή των ποταμών ή χειμάρων ή στάσιμα νερά. Η συλλογή δειγμάτων σε λίμνες πρέπει να γίνεται σε διάφορα βάθη, δεδομένου ότι υπάρχουν διαφοροποιήσεις στα χαρακτηριστικά του νερού αυξανόμενου του βάθους.[1]

### 6.2 Βασικοί κανόνες δειγματοληψίας

Το δείγμα πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικό και να αντιστοιχεί στις συνηθισμένες συνθήκες του προς ανάλυση υλικού.

Η συλλογή και μεταφορά του δείγματος στο εργαστήριο πρέπει να εξασφαλίζουν τη διατήρηση χαρακτηριστικών του δείγματος και να αποκλείουν την αλλοίωση του.

Η συλλογή δειγμάτων νερού γίνεται συνήθως σε επιμελώς καθαρές φιάλες . αν πρόκειται και για μικροβιολογικές παραμέτρους, το δοχείο δειγματοληψίας πρέπει να είναι αποστειρωμένο. Οι λεπτομέρειες δειγματοληψίας διαφέρουν σημαντικά, ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες. Η ποσότητα, ο τρόπος διατήρησης και μεταφοράς δειγμάτων στο εργαστήριο.[1]

#### ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΠΟΣΙΜΟΥ ΝΕΡΟΥ

Η λήψη των δειγμάτων πόσιμο νερού μπορεί να γίνει από πηγάδια, πηγές ποταμούς και από διάφορα σημεία επεξεργασίας του πόσιμου νερού και από το δίκτυο διανομής. Η λήψη του δείγματος πρέπει να είναι τυχαία και τα σημεία του δικτύου πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικά του δικτύου. Έτσι πρέπει να λαμβάνονται δείγματα από τις δεξαμενές παροχής και από τα τελικά σημεία των δικτύων όπου πολλές φορές συγκεντρώνεται στάσιμο νερό. Για τη λήψη των δειγμάτων χρησιμοποιούνται φιάλες, συνήθως σκουρόχρωμες, που έχουν πλυθεί και ξεβγαλθεί προσεκτικά με κοινό νερό στην αρχή, με απεσταγμένο νερό μετά και τελικά έχουν αποστειρωθεί σε υγρό κλίβανο στους 121°C για 30 λεπτά ή σε ξηρό κλίβανο για 1ώρα. Εάν το νερό περιέχει χλώριο χρησιμοποιούνται φιάλες που περιέχουν αναγωγική ουσία σε συγκέντρωση 18 mg/l. Έτσι για κάθε φιάλη 100ml πρέπει να προστίθεται πριν από την αποστείρωση 0.1ml από το 1.8w/v διαλύματος της αναγωγικής ουσίας. Η αναγωγική ουσία ουδετεροποιεί οποιοδήποτε απολυμαντικό και προφυλάσσει από την συνεχιζόμενη αντιμικροβιακή του δράση κατά τη

διάρκεια της μεταφοράς του δείγματος. Έτσι ο αριθμός και τα είδη των μικροοργανισμών που θα μετρηθούν θα αντιπροσωπεύουν τον πραγματικό μικροβιακό πληθυσμό του δείγματος. Εάν το νερό περιέχει χαλκό ή άλλα βαρέα μέταλλα τότε στις φιάλες προστίθεται EDTA που ελαττώνει την τοξικότητά τους. Αυτό είναι ιδιαίτερα απαραίτητο όταν το νερό βρίσκεται σε συνθήκες μεταφοράς για χρονικό διάστημα μεγαλύτερο των 4 ωρών. Η φιάλη συλλογής του δείγματος διατηρείται κλειστή μέχρι την στιγμή που θα χρησιμοποιηθεί. Αφαιρείται το πώμα με μεγάλη προσοχή για να αποφευχθεί η μόλυνση. Καλόν είναι το πώμα να επικαλύπτεται πριν την αποστείρωση με αλουμινόχαρτο ή λαδόκολλα, το οποίο θα παραμείνει μέχρι το τέλος των μικροβιολογικών αναλύσεων.

Η αποστείρωση της βρύσης με φλόγα δεν θεωρείται από όλους απαραίτητη. Πολλοί θεωρούν ότι η αποστείρωση με φλόγα έχει πολύ περιορισμένο αποτέλεσμα εκτός αν εφαρμοστεί για μεγάλο χρονικό διάστημα οπότε κινδυνεύει να καταστρέψει την βρύση. Μεγαλύτερο κίνδυνο επιμόλυνσης έχει το δείγμα από τις φλάτζες παρά από τη βρύση αυτή καθαυτή, πλην οριακών καταστάσεων. Αφήνουμε το νερό να τρέξει για 2-3 λεπτά ώστε να έχουμε ομοιογενές δείγμα. Δεν αφήνουμε το νερό να τρέξει σε ειδικές περιπτώσεις που θέλουμε να ελέγξουμε τον αποικισμό σωλήνων ή βρυσών με παθογόνους μικροοργανισμούς, όπως στην περίπτωση δειγματοληψίας για *Legionella*. Δεν επιτρέπουμε ροή με μεγάλη πίεση για να μην επιμολυνθεί το δείγμα με σταγονίδια.

Εάν στη βρύση έχει προσαρμοσθεί φίλτρο κάθαρσης νερού θα πρέπει να αφαιρείται οπωσδήποτε πριν από τη λήψη. Σε περιπτώσεις πλαστικών βρυσών πρέπει να καθαρίζονται με βαμβακοφόρο στυλέο εμποτισμένο σε διάλυμα 1:10 χλωρίνης εμπορίου. Αφήνεται να δράσει το διάλυμα χλωρίου για 3λεπτά και στη συνέχεια το νερό αφήνεται να τρέξει για 5λεπτά. Έπεται η συλλογή του δείγματος στη φιάλη. Η φιάλη δεν πρέπει να είναι τελείως γεμάτη για να μπορεί να αναδευθεί πριν τη μικροβιολογική ανάλυση (2.5εκ. κενό μέρος τουλάχιστον) και ταχύτατα τοποθετείται το πώμα. Ο όγκος και η ταχύτητα ροής του νερού πρέπει να είναι καθορισμένη και σταθερή.

Ο όγκος του δείγματος δεν πρέπει να είναι λιγότερος από 200ml. Για μια ανάλυση ρουτίνας χρειάζονται 250ml δείγματος και για την ανίχνευση παθογόνων βακτηρίων τουλάχιστον 1L δείγματος.

Επί της φιάλης τοποθετείται ετικέτα όπου αναγράφεται η ημερομηνία της δειγματοληψίας, ο τόπος συλλογής, το είδος λήψης και άλλα απαραίτητα στοιχεία. Καλό είναι τα δείγματα να συνοδεύονται από ειδικό δελτίο δειγματοληψίας, στο οποίο αναγράφονται με μεγαλύτερες λεπτομέρειες τα χαρακτηριστικά του δείγματος και οι συνθήκες δειγματοληψίας.

Η τοποθέτηση των φιαλών σε φορητό ψυγείο για τη μεταφορά στο εργαστήριο, εάν δεν μπορούν να φτάσουν στο εργαστήριο μέσα σε 1 ώρα, θεωρείται απαραίτητη. Τα δείγματα που φτάνουν στο εργαστήριο τοποθετούνται στο ψυγείο του εργαστηρίου και καλλιεργούνται, αν είναι δυνατόν εντός 2 ωρών. Ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα στην δειγματοληψία και την μικροβιολογική ανάλυση δεν πρέπει να υπερβαίνει τις 24h, και πρέπει να γίνεται προσπάθεια να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος, κυρίως ευτροφικά ή πολύ ρυπασμένα δείγματα.

Οι δεξαμενές και οι πυργίσκοι συλλογής νερού εύκολα υπόκεινται σε ρυπάνσεις, για αυτό οι δειγματοληψίες νερού θα πρέπει να γίνονται συχνά από τις βρύσες που υπάρχουν για το λόγο αυτό στις δεξαμενές και τους πυργίσκους. Η δειγματοληψία των επιφανειακών νερών πρέπει να γίνεται σε βάθος 30cm από την επιφάνεια. Τέλος η δειγματοληψία από πηγάδια πρέπει να γίνεται από την κύρια έξοδο πριν από την είσοδο του νερού στην δεξαμενή αποθήκευσης. Το δείγμα πρέπει να λαμβάνεται με αποστειρωμένη φιάλη στην οποία δεν έχει προστεθεί αναγωγική ουσία.[5]

### **6.3 Συχνότητα δειγματοληψιών**

Η συχνότητα των δειγματοληψιών σε ένα δίκτυο ύδρευσης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η αρχική ποιότητα του νερού στη πηγή, ο τρόπος απολύμανσης, ο όγκος του παρεχόμενου νερού, η ηλικία του δικτύου και το μέγεθος του πληθυσμού που υδρεύεται. Ειδικά εκπαιδευμένο υγειονομικό προσωπικό θα αποφασίσει κατά περίπτωση.

Σε δίκτυα χωρίς ιδιαίτερα προβλήματα ο αριθμός των δειγματοληψιών νερού ανά έτος εξαρτάται από τον πληθυσμό που αυτό τροφοδοτεί. [1]

Η συχνότητα των δειγματοληψιών στο Δήμο Μουσούρων ήταν ανά μήνα (28/9/05, 14/10/05, 3/11/05, 11/12/05, 31/3/06)

## **6.4 Στιγμαία δείγματα**

Με τον όρο “στιγμαία δείγματα” νοούνται τα δείγματα που συλλέγονται σε μια ορισμένη ώρα και θέση και αντιπροσωπεύουν τη συγκεκριμένη σύνθεση της πηγής, τη στιγμή της δειγματοληψίας.

Αν η πηγή θεωρείται ότι έχει συγκεκριμένα και αμετάβλητα χαρακτηριστικά στη διάρκεια του χρόνου τότε μπορούμε να θεωρήσουμε το δείγμα αντιπροσωπευτικό. Αν η πηγή παρουσιάζει διακυμάνσεις στο χρόνο απαιτείται να συλλέγονται στιγμαία δείγματα, ανά ορισμένα χρονικά διαστήματα και να αναλύονται, ξεχωριστά. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να έχουμε τη συχνότητα και τη διάρκεια των ημερήσιων διακυμάνσεων. Στη συνέχεια, συλλέγουμε δείγματα ανά χρονικά διαστήματα που αντιστοιχούν στις αναμενόμενες μεταβολές. Όταν η σύσταση των νερών ποικίλλει στο χώρο παρά στο χρόνο, πρέπει να συλλέγεται σειρά δεδομένων από διάφορα σημεία πηγής.[1]

## **ΟΡΓΑΝΟΛΗΠΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

### **6.5 Θολερότητα**

Θολερότητα είναι μια έκφραση οπτικής ιδιότητας ενός δείγματος νερού να σκεδάζει και απορροφά το φως που διέρχεται από αυτό και να μη μεταδίδει το φως σε ευθεία γραμμή. Η μέτρηση της θολερότητας είναι μια σημαντική μέτρηση στην εξέταση των επιφανειακών και υπόγειων υδάτων, γιατί η διαύγεια του νερού επηρεάζει τους υδρόβιους οργανισμούς και τις χρήσεις των νερών. Η θολερότητα στα επιφανειακά νερά προέρχεται από αιωρούμενα σωματίδια, ανόργανης ή οργανικής φύσης (όπως χρώμα, πηλός, βακτήρια). Συσχέτιση της θολερότητας με το περιεχόμενο του δείγματος σε βάρος εναιωρούμενων στερεών είναι δύσκολη διότι το διαφορετικό μέγεθος, σχήμα και σύσταση των στερεών επηρεάζουν τη σκέδαση του φωτός.

Ο προσδιορισμός της θολερότητας αποτελεί μια σημαντική παράμετρο για την εκτίμηση της ποιότητας του νερού των λιμνών. Η μέτρηση της θολερότητας επιτρέπει τον έλεγχο και αυτοματοποίηση των μονάδων καθαρισμού του νερού και αποβλήτων διότι μπορεί να μετρηθεί με όργανα συνεχούς καταγραφής.

#### **6.5.1 Νεφελομετρική μέθοδος**

Η μέθοδος αυτή βασίζεται στη σύγκριση της έντασης σκεδασμού του φωτός από το δείγμα σε σχέση με ένα πρότυπο αιώρημα αναφοράς. Όσο μεγαλύτερη είναι η σκέδαση του φωτός από το δείγμα, τόσο μεγαλύτερη είναι η θολερότητα και τα αποτελέσματα της μέτρησης εκφράζονται με Νεφελομετρικές Μεθόδους Θολερότητας (N.T.U). Για τη ρύθμιση του οργάνου, χρησιμοποιείται πρότυπο αιώρημα φορμαζίνης, που παρασκευάζεται από πολυμερές της φορμαζίνης που αναπαράγει αρκετά πιστά την θολερότητα των φυσικών νερών.

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται στα πόσιμα, επιφανειακά και θαλασσινά νερά, στην περιοχή από 0 ως 40 νεφελομετρικές μονάδες (N.T.U).

#### **6.5.2 Παρεμποδιστικές ουσίες**

Η θολερότητα με αυτή τη μέθοδο, μπορεί να προσδιοριστεί σε οποιοδήποτε δείγμα που δεν περιέχει ευμεγέθη στερεά ή σωματίδια που καθιζάνουν γρήγορα. Επίσης, στο δείγμα δεν πρέπει να περιέχουν φυσαλίδες αερίων ή να είναι έγχρωμο.

### 6.5.3 Εργαστηριακός εξοπλισμός

#### 6.5.4 Θολερόμετρο ή νεφελόμετρο

Το θολερόμετρο αποτελείται από μια πηγή φωτός, ένα ή δύο φωτοηλεκτρικούς ανιχνευτές και διάταξη άμεσης ανάγνωσης της έντασης του φωτός. Η ευαισθησία του οργάνου πρέπει να είναι τέτοια που να ανιχνεύει διαφορές θολερότητας 0,02 μονάδων N.T.U, σε νερά με θολερότητα μικρότερη από 1 N.T.U. Το εύρος μέτρησης κυμαίνεται από 0-40 N.T.U. Διαφορές Στο σχεδιασμό των οργάνων δημιουργούν, συνήθως διαφορετικές τιμές θολερότητας γι' αυτό στην επιλογή του οργάνου πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα παρακάτω:

α) η πηγή φωτός από λάμπα βολφραμίου λειτουργεί σε θερμοκρασία 2200-3000 0C.

β) η οπτική διαδρομή του φωτός από την φωτεινή πηγή ως το φωτοκύτταρο, δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 10 cm.

γ) το φωτοκύτταρο πρέπει να εστιάζεται σε 900 από την προσπίπτουσα ακτίνα και να μη διαφέρει περισσότερο από  $\pm 300$  από την διεύθυνση της ακτίνας που σκεδάζεται. Το σύστημα των φίλτρων αν χρησιμοποιείται, πρέπει να προκαλεί στο φωτοκύτταρο τη μέγιστη απόκριση στην περιοχή από 400-600 nm.

δ) η μέγιστη τιμή θολερότητας του οργάνου είναι 40 N.T.U.

#### 6.5.5 Περιγραφή διαδικασίας

Το θολερόμετρο ρυθμίζεται σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Μετρούνται στο θολερόμετρο πρότυπα αιωρήματα που να καλύπτουν την περιοχή, η οποία ελέγχεται η αντιστοιχία των ενδείξεων του οργάνου με σειρά προτύπων διαλυμάτων.

#### 6.5.6 Μέτρηση θολερότητας, μικρότερης από 40 N.T.U.

Το δείγμα αναδεύεται, ώστε να γίνει τέλεια διασπορά των αιωρούμενων στερεών και αφού εξαφανιστούν οι μικρές φυσαλίδες αέρα, μεταφέρεται ορισμένη ποσότητα δείγματος στο σωλήνα του θολομέτρου. Διαβάζουμε κατευθείαν τη ένδειξη του οργάνου.

#### 6.5.7 Μέτρηση θολότητας, μεγαλύτερης απο 40 N.T.U.

Το δείγμα ανακινείται και αραιώνεται με νερό χωρίς θολερότητα δύο ή περισσότερες φορές ώστε η θολερότητα του διαλύματος να ν μικρότερη από 30-40 N.T.U. υπολογίζουμε τη θολερότητα του δείγματος από την τιμή της θολερότητας του διαλύματος επί τον συντελεστή αραιώσης.

## 6.6 ΦΥΣΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

### 6.6.1 pH

Ο όρος pH,εκφράζει την συγκέντρωση υδρογονιόντων, που περιέχει ένα δείγμα και ορίζεται ως η αρνητική λογαριθμική συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου, που περιέχει ένα διάλυμα ( $-\log[H^+]$ ) ή ως η αρνητική δύναμη, στην οποία πρέπει να υψωθεί ο αριθμός 10 για να ληφθεί η συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου, εκφρασμένη σε γραμμοϊόντα ή γραμμάρια ανά λίτρο διαλύματος.

Το καθαρό νερό είναι ελάχιστα ιονισμένο και σε κατάσταση ισορροπίας η συγκέντρωση υδρογονιόντων και υδροξυλιόντων διέπεται από τη σχέση:

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14}, \text{ στους } 25^\circ \text{C και } [H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$$

Όπου  $[H^+]$ = η συγκέντρωση υδρογονιόντων, σε moles/L

$[OH^-]$ = η συγκέντρωση υδροξυλιόντων, σε moles/L

Η κλίμακα μέτρησης του pH, είναι από 0 ως 14. Η ουδετερότητα αντιστοιχεί σε  $pH = 7,0$ . Τιμές μικρότερες δείχνουν όξινο περιβάλλον (υπεροχή υδρογονιόντων) ενώ τιμές μεγαλύτερες από αλκαλικό περιβάλλον (υπεροχή υδροξυλιόντων). Η μέτρηση του pH, είναι μια από τις σημαντικότερες και βασικότερες μετρήσεις κατά την εξέταση των υδάτων και αποβλήτων. Σε δεδομένη θερμοκρασία, το pH δείχνει πόσο όξινο ή αλκαλικό είναι ένα διάλυμα, ή τον βαθμό ιονισμού του διαλύματος. Με το pH δεν μετράται η οξύτητα ή η αλκαλικότητα του δείγματος, όμως τιμές pH μεγαλύτερες από 7 δείχνουν μια τάση προς την αλκαλικότητα.

Στα νερά φυσικής προέλευσης, το pH κυμαίνεται συνήθως από 6,5 ως 8,5 (χωρίς να αποκλείονται ακραίες τιμές). Σε αυτά τα όρια, πρέπει να βρίσκεται και το pH των λυμάτων και αποβλήτων πριν τη διάθεση τους σε ρέματα και υπονόμους

### **6.6.2 Μέθοδος μέτρησης**

Το pH μετράται ηλεκτρομετρικά. Ο ηλεκτρομετρικός προσδιορισμός του pH γίνεται με τη χρήση ειδικών οργάνων, γνωστών ως πεχάμετρα. Τα όργανα αυτά είναι συσκευές ηλεκτρικών μετρήσεων με αισθητήριο αποτελούμενο από ηλεκτρόδιο υάλου συνδεδεμένο με ηλεκτρόδιο αναφοράς ή σύνθετο ηλεκτρόδιο.

Προσδιορισμοί στο ύπαιθρο, μπορούν να γίνουν και χρωματομετρικά με τη χρησιμοποίηση δεικτών που αλλάζουν χρώμα σε διαφορετικά πεδία pH. Η σύγκριση του δημιουργούμενου χρώματος με πρότυπη χρωματική κλίμακα δίνει την τιμή του Ph.

### **6.6.3 Ηλεκτρομετρικός προσδιορισμός**

#### **6.6.4 Αρχή μεθόδου**

Το pH ενός δείγματος νερού προσδιορίζεται ηλεκτρομετρικά με τη χρήση ειδικού οργάνου, γνωστού ως πεχάμετρο. Το όργανο αυτό αποτελείται από ποτενσιόμετρο, με αισθητήριο από ηλεκτροδίου υάλου και ηλεκτρόδιο αναφοράς ή σύνθετο ηλεκτρόδιο. Ο ηλεκτρομετρικός προσδιορισμός του pH μπορεί να εφαρμοστεί στα πόσιμα, επιφανειακά, καθώς και σε λύματα και σε βιομηχανικά απόβλητα.

#### **6.6.5 Δειγματοληψία και συντήρηση δείγματος**

Ο προσδιορισμός του pH στα δείγματα, πρέπει να γίνεται κατά προτίμηση αμέσως μετά τη δειγματοληψία. Αν αυτό δεν είναι δυνατόν, η μεταφορά του δείγματος στο εργαστήριο πρέπει να γίνεται το συντομότερο δυνατόν από τη στιγμή της δειγματοληψίας. Τα δοχεία δειγματοληψίας γεμίζονται ως απάνω και διατηρούνται σφραγισμένα μέχρι τη στιγμή του προσδιορισμού.

#### **6.6.6 Παρεμποδιστικές ουσίες και περιορισμοί μεθόδου**

Το ηλεκτρόδιο υάλου δεν επηρεάζεται από το χρώμα, τη θολρότητα, τα κολλοειδή διαλύματα, τις αναγωγικές και οξειδωτικές ουσίες, που υπάρχουν στα διαλύματα και την αλατότητα.

Η επικάλυψη του ηλεκτροδίου με ελαιώδεις ουσίες ή αιωρούμενα στερεά μπορεί να επηρεάσει την τιμή μέτρησης του pH. Αυτή η επικάλυψη μπορεί να απομακρυνθεί με ελαφρό στέγνωμα ή πλύσιμο με απορρυπαντικό και ξέβγαλμα του ηλεκτροδίου με αποσταγμένο νερό. Εφόσον απαιτείται, γίνεται πρόσθετη κατεργασία με έκπλυση του ηλεκτροδίου με διάλυμα HCl (1+9).

Η θερμοκρασία επηρεάζει την τιμή του pH, για αυτό πρέπει να αναφέρεται, πάντα, μαζί με την τιμή του pH και η θερμοκρασία του δείγματος τη στιγμή της μέτρησης. Επειδή η ακρίβεια του οργάνου επηρεάζεται από τη θερμοκρασία του δείγματος, τα πεχάμετρα σκόπιμο είναι να διαθέτουν αντισταθμική διάταξη θερμοκρασίας. Αλλιώς το όργανο θα πρέπει να ρυθμίζεται στη θερμοκρασία του δείγματος.

#### **6.6.7 Εργαστηριακός εξοπλισμός**

Πεχάμετρο εργαστηριακού τύπου ή φορητό για επιτόπιες μετρήσεις πλήρες με ηλεκτρόδιο υάλου και ηλεκτρόδιο αναφοράς ή σύνθετο ηλεκτρόδιο.

Το ηλεκτρόδιο αναφοράς είναι καλομέλανος ή Ag-AgCl ή άλλου τύπου, σταθερού δυναμικού. Τα σύνθετα ηλεκτρόδια περιλαμβάνουν, στο ίδιο στέλεχος, το ηλεκτρόδιο υάλου και το ηλεκτρόδιο αναφοράς, είναι εύκολα στη χρήση και απαιτούν ελάχιστη συντήρηση.

### 6.6.8 Αντιδραστήρια ρυθμιστικά διαλύματα

Στο εμπόριο, κυκλοφορούν έτοιμα ρυθμιστικά διαλύματα, σε διάφορα πεδία pH, για τη ρύθμιση του πεχαμέτρου πριν από κάθε μέτρηση pH.

### 6.6.9 Διαδικασία μέτρησης

Πριν από κάθε μέτρηση, γίνεται βαθμονόμηση του πεχαμέτρου, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Η βαθμονόμηση γίνεται σε δύο τουλάχιστον τιμές, μεταξύ των οποίων βρίσκεται το pH του δείγματος οι οποίες απέχουν τρεις ή περισσότερες μονάδες pH μεταξύ τους.

Στη συνέχεια τοποθετείται σε μαγνητικό αναδευτήρα ποτήρι ζέσεως, που περιέχει τόση ποσότητα από το δείγμα ή το ρυθμιστικό διάλυμα, ώστε να καλύπτονται τα ευαίσθητα μέρη του ηλεκτροδίου και να είναι δυνατή η κίνηση της μαγνητικής ράβδου. Αν πρόκειται να γίνουν επιτόπιες μετρήσεις, τα ηλεκτρόδια πρέπει να βυθίζονται απευθείας στο νερό σε κατάλληλο βάθος και να κινούνται στο νερό με τέτοιο τρόπο, ώστε να εξασφαλίζεται αρκετή κίνηση του υγρού ανάμεσα από τα ευαίσθητα στοιχεία του ηλεκτροδίου. Οι ικανοποιητικές συνθήκες ανάδευσης φαίνονται από τη σταθερότητα της ένδειξης του οργάνου.

Αν η θερμοκρασία διαφέρει περισσότερο από 2 °C από την θερμοκρασία των ρυθμιστικών διαλυμάτων, οι τιμές του pH που διαβάζονται στο όργανο πρέπει να διορθωθούν. Τα περισσότερα σύγχρονα όργανα είναι εφοδιασμένα με αυτόματους εξισορροπητές της θερμοκρασίας.

Πριν από κάθε μέτρηση τα ηλεκτρόδια ξεπλένονται με απεσταγμένο νερό και σκουπίζονται μαλακά απορροφητικό χαρτί. Στη συνέχεια, βυθίζονται σε ποτήρι ζέσεως που περιέχει το δείγμα και τίθεται σε λειτουργία ο μαγνητικός αναδευτήρας. Ο ρυθμός ανάδευσης πρέπει να μην επιτρέπει τη μεταφορά αέρα από την ατμόσφαιρα στο δείγμα (σπηλαιώση). Σημειώνουμε και καταγράφουμε την τιμή του pH και της θερμοκρασίας του δείγματος. Επαναλαμβάνουμε τη μέτρηση διαδοχικά, με νέες ποσότητες δείγματος ωστόσο η διαφορά των τιμών να είναι μικρότερη από 0,1 μονάδες pH. Στη συνέχεια το ηλεκτρόδιο ξεπλένεται με απεσταγμένο νερό, σκουπίζεται μαλακά με απορροφητικό πανί και το ηλεκτρόδιο βυθίζεται σε ποτήρι ζέσεως που περιέχει ρυθμιστικό διάλυμα 0,7 μονάδων ή σε απεσταγμένο νερό.

### 6.6.10 Υπολογισμός

Τα πεχάμετρα μετρούν απευθείας σε μονάδες pH. Το pH εκφράζεται με προσέγγιση 0,1 μονάδες pH και η θερμοκρασία με προσέγγιση 1 °C.

## 6.7 Ηλεκτρική αγωγιμότητα

### 6.7.1 Γενικά

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα είναι η αριθμητική έκφραση των ηλεκτρικών φορτίων που φέρει ένα υδατικό διάλυμα. Η αγωγιμότητα ενός δείγματος νερού εξαρτάται, κυρίως, από την ολική συγκέντρωση των ιονιζόμενων ουσιών, που περιέχονται στο δείγμα και τη θερμοκρασία, στην οποία έγινε η μέτρηση.

Τα περισσότερα ανόργανα οξέα, βάσεις και άλατα π.χ. (HCl, NaCO<sub>3</sub>, NaCl κλπ.) που δίστανται στο νερό έχουν μεγάλη αγωγιμότητα ενώ αντίθετα τα οργανικά μόρια έχουν πολύ μικρή αγωγιμότητα. Μονάδα μέτρησης είναι μmhos/cm ή mS/m (1mS/m=10μmhos/cm). Νερό πρόσφατα απεσταγμένο έχει αγωγιμότητα 0,5-2 μmhos/cm, ενώ μετά από μερικές βδομάδες παραμονής, λόγω απορρόφησης διοξειδίου του άνθρακα από την ατμόσφαιρα, η αγωγιμότητα του φθάνει τα 2-4 μmhos/cm. Στα πόσιμα νερά η αγωγιμότητα, συνήθως κυμαίνεται από 500-1500 μmhos/cm ενώ σε ορισμένα βιομηχανικά απόβλητα η αγωγιμότητα φθάνει πάνω από 10,000 μmhos/cm.

Η μέτρηση της αγωγιμότητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο για την επίδραση των διαφόρων ιόντων στις χημικές ισορροπίες, τον ρυθμό διάβρωσης των

μετάλλων, την ανάπτυξη φυτών και ζώων , κλπ. Επίσης, ως κριτήριο για την Απόδοση των ιοντοανταλλακτικών ρητινών ή άλλων συσκευών αποσκλήρυνσης του νερού. Ακόμη η μέτρηση της αγωγιμότητας μπορεί να γίνει μια γρήγορη εκτίμηση των ημερήσιων διακυμάνσεων των διαλυμένων μεταλλοϊόντων στα απόβλητα των βιομηχανιών. Με ανάλογο τρόπο μπορεί να συσχετιστεί η απαιτούμενη ποσότητα χημικών ουσιών που απαιτείται για την εξουδετέρωση, την κροκίδωση ορισμένων αποβλήτων ή για τον υπολογισμό της συγκέντρωσης των ολικών διαλυμένων στερεών σε ένα δείγμα.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα των συνηθέστερα απαντωμένων ιόντων στο νερό είναι:

### 6.7.2 Ηλεκτρική αγωγιμότητα ορισμένων ιόντων

ION	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ ΣΕ $\mu\text{S}/\text{cm}$ (ανά $\text{mg}/\text{L}$ )
ΧΛΩΡΙΟ ( $\text{Cl}^-$ )	2,14
ΝΙΤΡΙΚΑ ( $\text{NO}_3^-$ )	1,15
ΔΙΣΣΑΝΘΡΑΚΙΚΑ ( $\text{HCO}_3^-$ )	0,715
ΑΝΘΡΑΚΙΚΑ ( $\text{CO}_3^-$ )	2,82
ΘΕΙΪΚΑ ( $\text{SO}_4^{2-}$ )	1,54
ΝΑΤΡΙΟ ( $\text{Na}^+$ )	2,13
ΚΑΛΙΟ ( $\text{K}^+$ )	1,84
ΑΣΒΕΣΤΙΟ ( $\text{Ca}^{++}$ )	2,60
ΜΑΓΝΗΣΙΟ ( $\text{Mg}^{++}$ )	3,82

### 6.7.3 Αρχή μεθόδου μέτρησης

Μετράται η ειδική αντίσταση ή η ειδική αγωγιμότητα ενός κύβου νερού, ίσου με 1  $\text{cm}^3$ , που βρίσκεται μεταξύ δύο παράλληλων ηλεκτροδίων πλατίνας ή (καλυμμένων με μαύρο πλατίνας). Ο βαθμός αντίστασης εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά αγώγιμων συστατικών του εξεταζόμενου δείγματος.

Η μέτρηση της αγωγιμότητας γίνεται με ειδικά όργανα γνωστά ως αγωγιμόμετρα. Τα όργανα αυτά μετρούν την αντίσταση του διαλύματος ή την τάση του εναλλασσόμενου ρεύματος. Τα αγωγιμόμετρα, συνήθως αποτελούνται από μια πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος γέφυρα Wheatstone και κύτταρο αγωγιμότητας και δίνουν κατευθείαν τιμή της αγωγιμότητας.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα σε αντίθεση με την αγωγιμότητα των μετάλλων αυξάνει με την αύξηση της θερμοκρασίας, με ρυθμό περίπου 1,9%/°C. Σημαντικές διαφορές στις μετρήσεις προέρχονται συνήθως, από τη διαφορετική θερμοκρασία μέτρησης, για αυτό, η μέτρηση της αγωγιμότητας πρέπει πάντα να πραγματοποιείται σε σταθερή θερμοκρασία συνήθως (20,0 °C) η οποία και να αναγράφεται δίπλα στο αποτέλεσμα της μέτρησης.

#### 6.7.3.1 Πειραματική διαδικασία

Σε ποτηράκια ζέσεως των 100 ml λαμβάνονταν ικανοποιητική ποσότητα δείγματος ώστε να καλύπτει τον αισθητήρα του ηλεκτροδίου και αναδευόταν συνεχώς με τη βοήθεια μίας διάταξης. Στη συνέχεια σημειώνεται η ένδειξη του οργάνου.

### 6.7.4 Αντιδραστήρια

#### 6.7.5 Απιονισμένο νερό

Χρησιμοποιείται απιονισμένο νερό που λαμβάνεται από ιοντοανταλλακτική στήλη κατιόντων και ανιόντων. Η ειδική αγωγιμότητα του νερού αυτού πρέπει να είναι μικρότερη από 1  $\mu\text{hos}/\text{cm}$ , στους 20 °C. Το απιονισμένο νερό πρέπει να χρησιμοποιείται αμέσως μόλις διέλθει στη στήλη.

#### 6.7.6 Πρότυπα διαλύματα χλωριούχου καλίου

Παρασκευάζονται τρία πρότυπα διαλύματα χλωριούχου καλίου με συγκεντρώσεις 0,1 mol/L , 0,01 mol/L και 0,001 mol/L σε χλωριούχο κάλιο. Το διάλυμα παρασκευάζεται από



αναλυτικώς καθαρό χλωριούχο κάλιο, σε μορφή σκόνης ή μικρών κρυστάλλων, που έχει ξηρανθεί, πριν τη ζύγιση, στους  $105 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ .

### **6.7.7 Εργαστηριακός εξοπλισμός**

#### **6.7.8 Αγωγιμόμετρο**

Στο εμπόριο κυκλοφορούν πολλοί τύποι αγωγιμόμετρων. τα περισσότερα είναι εφοδιασμένα με διάταξη αυτόματης αντιστάθμισης της θερμοκρασίας, η οποία επιτρέπει την άμεση ανάγνωση, με πολύ καλή προσέγγιση, της ειδικής αντίστασης στη θερμοκρασία αναφοράς. Η περιοχή της θερμοκρασίας για τη οποία η αντιστάθμιση γίνεται αυτόματα.

#### **6.7.9 Στοιχείο μέτρησης**

Το στοιχείο μέτρησης της αγωγιμότητας αποτελείται από δυο ηλεκτρόδια καλυμμένα με πλατίνα, που απέχουν μεταξύ τους σταθερή απόσταση και βρίσκονται μέσα σε γυάλινη θήκη. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΗΣ ΕΙΔΙΚΗΣ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΠΟΥ ΕΞΕΤΑΖΕΤΑΙ Το στοιχείο μέτρησης ξεπλένεται, πολλές φορές με απιονισμένο νερό και μετά τουλάχιστον δύο φορές με το δείγμα που πρόκειται να εξεταστεί. Αν το όργανο δεν διαθέτει διάταξη αυτόματης αντιστάθμισης της θερμοκρασίας, η θερμοκρασία του δείγματος ρυθμίζεται στους  $20 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0,10 \text{ }^\circ\text{C}$  και βυθίζεται το στοιχείο του οργάνου στο δείγμα. Στη συνέχεια, γίνονται μετρήσεις, κάθε φορά με νέο δείγμα, ώσπου οι τιμές να μην διαφέρουν περισσότερο από 0,2%.

### **6.8 Σκληρότητα**

#### **6.8.1 Γενικά**

Η σκληρότητα του νερού είναι μια χαρακτηριστική ιδιότητα του νερού που οφείλεται στην παρουσία διαλυμένων αλάτων ασβεστίου και μαγνησίου δεσμευμένων με ανθρακικά και δισανθρακικά ιόντα σχηματίζοντας τις ενώσεις  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$  κλπ. Η σκληρότητα μπορεί να προέλθει και από άλλα κατιόντα, συνήθως όμως, η συμμετοχή τους στη σκληρότητα είναι μικρή και είναι δύσκολο να προσδιοριστεί. Όταν αναφερόμαστε στη σκληρότητα τη διακρίνουμε σε ολική, ανθρακική και μη ανθρακική. Η ολική σκληρότητα έχει αριθμητική τιμή, ίση με το άθροισμα της ανθρακικής και μη ανθρακικής σκληρότητας.

Η ανθρακική σκληρότητα αντιστοιχεί στον παλιότερο όρο “παροδική σκληρότητα” και μη ανθρακική σκληρότητα στον όρο “μόνιμη” ή “παραμένουσα σκληρότητα”. Ο προσδιορισμός της ανθρακικής σκληρότητας γίνεται με τον προσδιορισμό της αλκαλικότητας. Στην περίπτωση που η ολική σκληρότητα έχει αριθμητική τιμή, μεγαλύτερη από την ολική αλκαλικότητα, τότε η αλκαλικότητα εκφράζει την ανθρακική ή παροδική σκληρότητα. Η διαφορά της αλκαλικότητας από την ολική σκληρότητα, εκφράζει τη μη ανθρακική ή μονιμη σκληρότητα.

Στην περίπτωση που η ολική σκληρότητα έχει αριθμητική τιμή ίση ή μικρότερη από την ολική αλκαλικότητα, τότε όλη η ολική σκληρότητα αναφέρεται ως ανθρακική σκληρότητα και δεν υπάρχει μη ανθρακική σκληρότητα.

Η σκληρότητα εκφράζεται με διάφορες μονάδες μέτρησης. Οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες μονάδες είναι: mg/L  $\text{CaCO}_3$ , mmole/L και meq/L αλκαλικών ιόντων ή Γαλλικοί, Γερμανικοί και Βρετανικοί βαθμοί.

Η σκληρότητα του νερού παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις, από μηδενική ως αρκετές εκατοντάδες mg/L  $\text{CaCO}_3$ , ανάλογα με την προέλευση και την επεξεργασία που έχει υποστεί. Η σκληρότητα των φυσικών νερών οφείλεται στη γεωλογική σύσταση των πετρωμάτων από τα οποία διέρχεται το νερό.

#### **6.8.2 Μέθοδοι προσδιορισμού**

Δύο μέθοδοι μέτρησης χρησιμοποιούνται συνήθως για τον προσδιορισμό της σκληρότητας. Η πρώτη μέθοδος βασίζεται στον υπολογισμό της σκληρότητας στοιχειομετρικά, αφού προσδιοριστούν ξεχωριστά οι συγκεντρώσεις των ιόντων ασβεστίου, μαγνησίου.

Η δεύτερη μέθοδος είναι ογκομετρική και βασίζεται στην από κοινού, δέσμευση των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου από τη χημική ένωση E.D.T.A.

### 6.8.3 Προσδιορισμός με τη μέθοδο EDTA

#### 6.8.4 Αρχή μεθόδου

Ο προσδιορισμός της σκληρότητας με αυτή τη μέθοδο βασίζεται στην, από κοινού, δέσμευση των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου από το δινάτριο άλας του αιθυλενο-διαμινο-τετραοξικού οξέος (EDTA) σε αλκαλικό περιβάλλον ( pH:10± 0,1), παρουσία δείκτη Eriochrome Black T.

#### 6.8.4.1 Πειραματική διαδικασία

Βάζουμε σε μία κωνική φιάλη των 250 ml, 25 ml από το δείγμα μας και προσθέτουμε μία ταμπλέτα δείκτη EBT (Eriochrome Black T) και 1 ml NH<sub>3</sub>. Και ογκομετρούμε με EDTA μέχρι την αλλαγή του χρώματος. Η σκληρότητα υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\frac{A * B * 1000}{\text{ml δείγματος}}$$

όπου : A είναι τα ml του διαλύματος EDTA που χρησιμοποιήθηκαν

B είναι τα mg του CaCO<sub>3</sub> που περιέχονται σε 1ml διαλύματος EDTA

#### 6.8.5 Παρεμποδιστικές ουσίες στη μέτρηση

Ιόντα αργιλίου, χαλκού, σιδήρου, μολύβδου, μαγνησίου και ψευδαργύρου μπορεί να επηρεάσουν το αποτέλεσμα δίνοντας θετικό σφάλμα στη μέτρηση ή καθιστώντας δυσδιάκριτο το τελικό σημείο στην πιλοδότηση. Τα μεταλλικά αυτά ιόντα επηρεάζουν τον προσδιορισμό, αν οι συγκεντρώσεις τους υπερβαίνουν τις παρακάτω τιμές :

Al	20 mg/L
Pb	10 mg/L
Fe	2 mg/L
Cu	10 mg/L
Mn	0.5 mg/L
Zn	100 mg/L

Επίσης, τα φωσφορικά και ανθρακικά ιόντα, σε αλκαλικό περιβάλλον, μπορεί να καταβυθίζουν το ασβέστιο και έτσι επηρεάζουν το αποτέλεσμα με αρνητικό σφάλμα. Αντίθετα, τα πολυφωσφορικά ιόντα, σε συγκέντρωση ως 5 mg/L, δεν επηρεάζουν την μέτρηση.

Με την προσθήκη, περίπου 250 mg κυανούχου νατρίου, στην ογκομετρική ποσότητα του δείγματος, ο επηρεασμός από ιόντα σιδήρου σε συγκεντρώσεις ως 30 mg/ L μπορεί να αποκλειστεί.

Σε δείγματα που περιέχουν μεγάλες συγκεντρώσεις από μεταλλοϊόντα, συνιστάται να μην χρησιμοποιείται αυτή η μέθοδος και να χρησιμοποιείται η υπολογιστική μέθοδος για τον προσδιορισμό της σκληρότητας.

Κατά την εκτέλεση της ανάλυσης, το pH δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή, γιατί επηρεάζεται το χρώμα του δείκτη και εμποδίζεται η μέτρηση.

#### 6.8.6 Αντιδραστήρια

##### 6.8.7 Ρυθμιστικό διάλυμα

Δείκτης ERIOCHROME BLACK T

Δείκτης ΕΡΥΘΡΟ ΤΟΥ ΜΕΘΥΛΙΟΥ

Πρότυπο διάλυμα ασβεστίου 0,01 mol/L

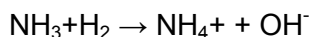
Διάλυμα EDTA 0,01 M ERIOCHROME BLACK T

## 6.9 Ανόργανα συστατικά

### 6.9.1 ΑΜΜΩΝΙΑ (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N)

#### 6.9.2 Γενικά

Το αμμωνιακό άζωτο μπορεί να βρίσκεται υπό μορφή αμμωνιακών ιόντων (NH<sub>3</sub>), ανάλογα με το pH και τη θερμοκρασία του διαλύματος, σύμφωνα με την παρακάτω σχέση ισορροπίας:



Σε αλκαλικό περιβάλλον, η αντίδραση μετατοπίζεται προς τα αριστερά, ενώ σε όξινο περιβάλλον προς τα δεξιά. Όσο αυξάνει η θερμοκρασία, η αντίδραση μετατοπίζεται προς τα αριστερά και αντίστροφα.

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία χώρα μας, η ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση ιόντων αμμωνίου, είναι 0,5 mg/L ενώ το ανώτατο επιτρεπτό όριο στα γλυκά νερά για την διαβίωση της πέστροφας και ειδών της οικογένειας των Σαλμονίδων και Κυπρινίδων, είναι 0,025 mg/L. Στα απόβλητα που εκβάλουν στα επιφανειακά νερά, η τιμή της ολικής αμμωνίας, δεν πρέπει να είναι περισσότερο από 15 mg/L.

#### 6.9.3 Πειραματική διαδικασία

Κατά τη διαδικασία μέτρησης με το Ammonium reagent test MERCK 14752, με χρήση σιφωνίου λαμβάνονται 5,0ml του εξεταζόμενου δείγματος σε δοκιμαστικό σωλήνα. Προστίθεται με τη βοήθεια ρυθμιζόμενου σιφωνίου ακριβείας 0,6 ml του αντιδραστήριου NH<sub>4</sub>-1B και ο δοκιμαστικός σωλήνας αναδεύεται σε αναδευτήρα (Minishaker MS2, IKA WORKS). Προστίθεται μια δόση του αντιδραστήριου NH<sub>4</sub>-2B και ακολουθεί ανάδευση για να διαλυθεί το στερεό αντιδραστήριο. Ο σωλήνας αφήνεται σε ηρεμία για 5 λεπτά. Κατόπιν προστίθεται 4 δόσεις (σταγόνες) του αντιδραστήριου NH<sub>4</sub>-3B και ακολουθεί ανάδευση. Ο σωλήνας διατηρείται σε ηρεμία για ακόμη 5 λεπτά.

Ανοίγεται το καπάκι του φωτόμετρου (MERCK Spectroquant NOVA 60), ώστε να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο (self-check) όλου του συστήματος και επιλέγει αυτόματα τον τρόπο μέτρησης Concentration (συγκέντρωση). Στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη "insert cell or start measurement". Η κυψελίδα αναγνώρισης (autoselector) τοποθετείται στον υποδοχέα των κυλινδρικών κυψελίδων. Με αυτόν τον τρόπο αναγνωρίζεται από το όργανο το συγκεκριμένο test που χρησιμοποιείται. Η κάθετη γραμμή (μαρκάρισμα) του autoselector πρέπει να δείχνει προς την εγκοπή του φωτόμετρου. Το δείγμα μεταφέρεται σε μία ορθογώνια κυψελίδα χαλαζίας πάχους 10 mm, η οποία σκουπίζεται πολύ καλά με κάποιο ύφασμα και τοποθετείται στον υποδοχέα των ορθογώνιων κυψελίδων του φωτόμετρου. Κατόπιν εμφανίζεται η ένδειξη "measuring" (μέτρηση) και το αποτέλεσμα εμφανίζεται στην οθόνη. Η μέτρηση αυτή πρέπει να διεξάγεται αμέσως μετά την δειγματοληψία, επίσης δείγματα με μεγάλη θολότητα πρέπει απαραίτητα να διηθούνται γιατί δίνουν θετικό σφάλμα στη μέτρηση. Για τις φωτομετρικές μετρήσεις οι κυψελίδες που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι καθαρές.

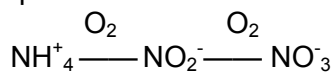
Το εύρος του test είναι 0,05-3,00mg/L NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N.

Ο χρωματισμός στο διάλυμα μετά το τέλος της αντίδρασης παραμένει σταθερός για 60 λεπτά αλλά η μέτρηση πρέπει να γίνεται αυστηρά στα 15 λεπτά.

## 6.10 Νιτρικά ιόντα (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

### 6.10.1 Γενικά

Τα νιτρικά ιόντα αποτελούν το τελικό στάδιο οξειδωσης των αζωτούχων ενώσεων:



Στα επιφανειακά υπόγεια νερά, οι συγκεντρώσεις των νιτρικών είναι συνήθως μικρές. Η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων στα επιφανειακά και υπόγεια νερά, είναι δείκτης ρύπανσης των υδάτων από λιπάσματα ή λύματα και απόβλητα. Τα ανεπεξέργαστα λύματα δεν περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών, γιατί το μεγαλύτερο μέρος του αζώτου που βρίσκεται δεσμευμένο σε οργανικές ενώσεις. Αντίθετα, τα επεξεργαζόμενα λύματα περιέχουν

συνήθως, υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών ως αποτέλεσμα του παρατεταμένου αερισμού που οδηγεί στην νιτροποίηση των ενώσεων. Η ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση των νιτρικών στο πόσιμο είναι 50 mg/L, στα απόβλητα που διαθέτονται στα ρέματα (ΕΥΔΑΠ) 4 mg/L.

### 6.10.2 Πειραματική διαδικασία

Για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας των δειγμάτων σε νιτρικά ιόντα, χρησιμοποιήθηκε το spectroquant Nitrate test (1.09713.0001) της Merck με εύρος μέτρησης 0,10-25,0 mg/l  $\text{NO}_3^-$ -N. Με την πλαστική σύριγγα, που περιέχεται μέσα στο test, μεταφέρονται 4 ml από το αντιδραστήριο  $\text{NO}_3^-$ -1 μέσα σε δοκιμαστικό σωλήνα. Ακολούθως, προστίθενται στο δοκιμαστικό σωλήνα 0,5 ml δείγματος και 0,5 ml από το αντιδραστήριο  $\text{NO}_3^-$ -2 με πιπέτα ακριβείας. Βιδώνεται ο δοκιμαστικός σωλήνας και ανακινείται με προσοχή γιατί το περιεχόμενο του ζεσταίνεται αρκετά. Αφήνουμε το δοκιμαστικό σωλήνα για 10 λεπτά σε ηρεμία ώστε να πραγματοποιηθεί η αντίδραση. Μετά το πέρας των 10 λεπτών, ανοίγεται το καπάκι του φωτόμετρου, ώστε να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο (self-check) όλου του συστήματος και επιλέγει αυτόματα τον τρόπο μέτρησης Concentration (συγκέντρωση). Στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη “insert cell or start measurement”. Η κυψελίδα αναγνώρισης (autoselector) τοποθετείται στον υποδοχέα των κυλινδρικών κυψελίδων. Με αυτόν τον τρόπο αναγνωρίζεται από το όργανο το συγκεκριμένο test που χρησιμοποιείται. Η κάθετη γραμμή (μαρκάρισμα) του autoselector πρέπει να δείχνει προς την εγκοπή του φωτόμετρου. Το δείγμα μεταφέρεται σε μία ορθογώνια κυψελίδα χαλαζίας πάχους 10 mm, η οποία σκουπίζεται πολύ καλά με κάποιο ύφασμα και τοποθετείται στον υποδοχέα των ορθογώνιων κυψελίδων του φωτόμετρου. Κατόπιν εμφανίζεται η ένδειξη “measuring” (μέτρηση) και το αποτέλεσμα εμφανίζεται στην οθόνη.

Η μέτρηση αυτή πρέπει να διεξάγεται αμέσως μετά την δειγματοληψία, επίσης δείγματα με μεγάλη θολότητα πρέπει απαραίτητως να διηθούνται γιατί δίνουν θετικό σφάλμα στη μέτρηση. Επιπροσθέτως, τυχόν αιωρούμενα που μπορεί να υπάρχουν μέσα στο δείγμα πρέπει να διαλύονται ή να απομακρύνονται με κατάλληλη μέθοδο.

Κατά τη μέτρηση, τα φιαλίδια πρέπει να είναι καθαρά ή να καθαρίζονται με στεγνό, καθαρό πανί. Δείγματα στα οποία διακρίνεται θολερότητα, τα αποτελέσματα της μέτρησης δεν είναι αξιόπιστα. Ο χρωματισμός στο διάλυμα μετά το τέλος της αντίδρασης παραμένει σταθερός για 30 λεπτά αλλά η μέτρηση πρέπει να γίνεται αυστηρά στα 10 λεπτά.

## 6.11 Φώσφορος ( $\text{PO}_4^{3-}$ -P)

### 6.11.1 Γενικά

Στα επιφανειακά νερά και απόβλητα απαντάται σε πολλές μορφές, πιο συχνά με τη μορφή ορθοφωσφορικών και πολυφωσφορικών ιόντων, ως οργανικός φώσφορος, δεσμευμένος σε οργανικές ενώσεις. Η παρουσία του φωσφόρου στα επιφανειακά νερά, οφείλεται σε πολλές πηγές, φυσικής ή ανθρωπογενούς προέλευσης. Λύματα και απόβλητα καταλήγουν στους επιφανειακούς αποδέκτες, επιβαρημένα σε σημαντικές ποσότητες φωσφόρους. Τα φωσφορούχα λιπάσματα που εφαρμόζονται στις καλλιέργειες, δεν δεσμεύονται ποσοτικά από τα φυτά ή το έδαφος και έτσι οι εκπλύσεις εδαφών περιέχουν και αυτές σημαντικά φορτία φωσφόρου. Ο οργανικός φώσφορος δημιουργείται κυρίως από βιολογικές διαδικασίες. Ο οργανικός φώσφορος περιέχεται στα περιττώματα και υπολείμματα τροφών και συνεπώς και σε λύματα. Φώσφορος υπάρχει ακόμα, στα ιζήματα λιμνών λιμνοθαλασσών και κλειστών κόλπων και στη βιολογική ιλύ.

Ο φώσφορος είναι το βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη των οργανισμών και η έλλειψη του μπορεί να περιορίσει την ανάπτυξη της πρωτογενούς παραγωγής, σε μια υδατική μάζα. Σε περιπτώσεις όπου οι φώσφορος είναι περιοριστικός παράγοντας η διοχέτευση επεξεργασμένων ή ανεπεξέργαστων λυμάτων, κτηνοτροφικών αποβλήτων, εκπλύσεων γεωργικών εδαφών ή ορισμένων βιομηχανικών αποβλήτων μπορεί να προκαλέσει την υπέρμετρη ανάπτυξη φωτοσυνθετικών, υδρόβιων φυκιών ή μακρόφυτων που με τη σειρά του προκαλούν ευτροφισμό.

Το ανώτατο επιτρεπτό όριο των φωσφορικών στο επιφανειακό νερό σύμφωνα με τη νομοθεσία είναι 0,4-0,7 mg/l.

### 6.11.2 Πειραματική διαδικασία

Κατά τη διαδικασία μέτρησης, προστίθεται 5,0 ml δείγμα, με τη χρήση πιπέτας, σε κάθε φιαλίδιο και στη συνέχεια 5 σταγόνες του αντιδραστήριου P-1A σε ένα δοκιμαστικό σωλήνα. Ακολουθεί ανάδευση σε αναδευτήρα (Minishaker MS2, IKA WORKS). Κατόπιν προστίθεται 1 δόση του αντιδραστήριου P-2A με μικροκουταλάκι. Ακολουθεί έντονη ανάδευση έως ότου διαλυθεί το ίζημα. Ο σωλήνας διατηρείται σε ηρεμία για 5 λεπτά. Ανοίγεται το καπάκι του φωτομέτρου (MERCCK Spectroquant NOVA 60), ώστε να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο (self-check) όλου του συστήματος και επιλέγει αυτόματα τον τρόπο μέτρησης Concentration (συγκέντρωση). Στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη "insert cell or start measurement". Η κυψελίδα αναγνώρισης (autoselector) τοποθετείται στον υποδοχέα των κυλινδρικών κυψελίδων. Με αυτόν τον τρόπο αναγνωρίζεται από το όργανο το συγκεκριμένο test που χρησιμοποιείται. Η κάθετη γραμμή (μαρκάρισμα) του autoselector πρέπει να δείχνει προς την εγκοπή του φωτομέτρου. Το δείγμα μεταφέρεται σε μία ορθογώνια κυψελίδα χαλαζίας πάχους 10 mm, η οποία σκουπίζεται πολύ καλά με κάποιο ύφασμα και τοποθετείται στον υποδοχέα των ορθογώνιων κυψελίδων του φωτομέτρου. Κατόπιν εμφανίζεται η ένδειξη "measuring" (μέτρηση) και το αποτέλεσμα εμφανίζεται στην οθόνη. Η μέτρηση αυτή πρέπει να διεξάγεται αμέσως μετά την δειγματοληψία, επίσης δείγματα με μεγάλη θολότητα πρέπει απαραίτητα να διηθούνται γιατί δίνουν θετικό σφάλμα στη μέτρηση. Δείγματα που περιέχουν  $Cl^- > 1000 \text{ mg/l}$  πρέπει να αραιώνονται με απιονισμένο νερό.

Το εύρος του test είναι 0,05-3,00mg/L  $PO_4-P$ .

Για την διασφάλιση της ποσότητας του test μπορεί να χρησιμοποιηθεί πρότυπο διάλυμα με 0,80 mg/l  $PO_4-P$  (Spectroquant Combicheck 10) για τον έλεγχο του φωτομετρικού συστήματος μέτρησης (αντιδραστήρια των test, της συσκευής μέτρησης, χειρισμός) και του τρόπου λειτουργίας και επίσης ένα πρόσθετο διάλυμα για τον προσδιορισμό ξένων ουσιών που ενδέχεται να επηρεάσουν το αποτέλεσμα. Για τις φωτομετρικές μετρήσεις οι κυψελίδες που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι καθαρές.

## 6.12 Χλωριόντα $Cl^-$

### 6.12.1 Γενικά

Το χλώριο υπό μορφή χλωριόντων, αποτελεί ένα από τα βασικά ανιόντα των υδάτων και αποβλήτων. Στα φυσικά επιφανειακά νερά, η συγκέντρωση χλωριόντων διαφέρει και εξαρτάται κυρίως από τη χημική σύσταση των πετρωμάτων, από τα οποία διέρχεται το νερό. Στη χώρα μας σε πολλές περιοχές παρατηρούνται υψηλές τιμές χλωριόντων στα υπόγεια νερά. Υψηλές τιμές χλωριόντων παρατηρούνται και σε όλα σχεδόν τα υπόγεια νερά των παράκτιων περιοχών, λόγω των υπεραντλήσεων και της προέλασης του θαλάσσιου μετώπου.

Στα αστικά λύματα, η συγκέντρωση των χλωριόντων είναι υψηλότερη από εκείνη των πόσιμων νερών γιατί κατά τη χρήση του από τον άνθρωπο, το νερό επιβαρύνεται με άλατα και κυρίως με χλωριούχο νάτριο.

### 6.12.2 Μέθοδος νιτρικού αργύρου

#### 6.12.3 Αρχή μεθόδου

Σε ουδέτερο ή αλκαλικό περιβάλλον pH(8.3) και παρουσία δείκτη χρωμικού καλίου, γίνεται ποσοτική καταβύθιση των χλωριόντων, σε σχηματισμό χλωριούχου αργύρου και χρωμικού αργύρου. Ο χλωριούχος άργυρος έχει καταβυθιστεί ποσοτικά όταν αρχίζει να εμφανίζεται το κόκκινο χρώμα του χρωμικού αργύρου.

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε νερά και απόβλητα με συγκεντρώσεις χλωριόντων από 1,5 ως 100 mg/L  $Cl^-$ .

#### 6.12.4 Παρεμποδιστικές ουσίες

Τα ιόντα βρωμίου, ιωδίου και τα θειώδη ιόντα τιτλοδοτούνται σαν ισοδύναμες ποσότητες ιόντων χλωρίου.

Το χρώμα και η θολρότητα θα πρέπει να απομακρύνονται πριν τον προσδιορισμό των χλωριόντων.

Τα ορθοφωσφορικά ιόντα, όταν είναι περισσότερα από 25 mg/L, καθιζάνουν σαν φωσφορικός άργυρος.

Ο σίδηρος, σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από 10 mg/L, παρεμποδίζει τη σωστή αναγνώριση αλλαγής του χρώματος του δείκτη στο τέλος της ογκομέτρησης.

### **6.12.5 Εργαστηριακός εξοπλισμός**

#### **6.12.6 Αντιδραστήρια**

Νερό απαλλαγμένο ιόντων χλωρίου, δισαποσταγμένο ή απιονισμένο

Πρότυπο διάλυμα νιτρικού αργύρου  $\text{AgNO}_3$  0.0141N

Διαλύονται 2,395  $\text{AgNO}_3$  σε αποσταγμένο νερό και αραιώνονται σε 1000 mL. Το διάλυμα τιτλοδοτείται με διάλυμα  $\text{NaCl}$  0.0141 N. Το διάλυμα του νιτρικού αργύρου φυλάσσεται σε γυάλινη σκουρόχρωμη φιάλη.

Πρότυπο διάλυμα χλωριούχου νατρίου  $\text{NaCl}$  0.0141N

Διαλύονται 824,1 mg  $\text{NaCl}$  σε απεσταγμένο νερό και το διάλυμα αραιώνεται μέχρι 1000 mL.

Δείκτη χρωμικού καλίου

Διαλύονται 50 g  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  σε 100 mL απεσταγμένο νερό. Προσθέτουμε μερικές σταγόνες διαλύματος νιτρικού αργύρου μέχρι να σχηματιστεί κόκκινο ίζημα. Το διάλυμα αφήνεται σε ηρεμία, προστατευόμενο από φως για 12 ώρες. Διηθείται από σκληρό ηθμό πορώδους πορσελάνης, για απομάκρυνση του ιζήματος και αραιώνεται μέχρι 1 λίτρο με απεσταγμένο νερό.

### **6.12.7 Ειδικά αντιδραστήρια για την απομάκρυνση παρεμποδιστικών ουσιών**

#### **Αιώρημα υδροξειδίου του αργιλίου**

Υδροξείδιο νατρίου  $\text{NaOH}$  1N

Θειικό οξύ  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1N

Δείκτης φαινολοφθαλείνης (10g/l)

Υπεροξείδιο του υδρογόνου (30%)

### **6.12.8 Αρχή της μεθόδου ανάλυσης**

Ο προσδιορισμός των χλωριόντων έγινε με τη μέθοδο του νιτρικού αργύρου. Σε ουδέτερο ή ελαφρά αλκαλικό περιβάλλον και παρουσία δείκτη χρωμικού καλίου, γίνεται ποσοτική καταβύθιση των χλωριόντων, με σχηματισμό χλωριούχου αργύρου και χρωμικού αργύρου. Ο χλωριούχος άργυρος έχει καταβυθιστεί ποσοτικά όταν αρχίζει να εμφανίζεται το κόκκινο χρώμα του χρωμικού αργύρου

#### **6.12.8.1 Πειραματική διαδικασία**

Βάζουμε σε μια κωνική φιάλη των 250 ml, 25 ml από το δείγμα μας και προσθέτουμε 2 ml  $\text{KCr}_2$ . Μετά ξεπλένουμε την προχοϊδα με απιονισμένο νερό και στη συνέχεια τη γεμίζουμε με  $\text{AgNO}_3$ . Στη συνέχεια ογκομετρούμε έως ότου το κίτρινο χρώμα να πάρει μια ελαφριά απόχρωση προς το κεραμιδί. Η συγκέντρωση των χλωριόντων υπολογίζεται από τη σχέση :

$$\frac{(A - B) * N * 35450}{\text{ml δείγματος}}$$

όπου : A είναι τα ml του διαλύματος  $\text{AgNO}_3$  που καταναλώθηκαν στο δείγμα

B είναι τα ml του διαλύματος  $\text{AgNO}_3$  που καταναλώθηκαν στο τυφλό

N είναι η κανονικότητα του διαλύματος  $\text{AgNO}_3$

### **6.12.9 Ογκομέτρηση**

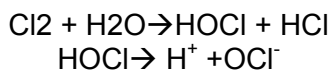
Δείγματα 7-10 pH, ογκομετρούνται αμέσως. Δείγματα που βρίσκονται σε αυτή την περιοχή ρυθμίζονται με διάλυμα  $\text{H}_2\text{SO}_4$  1 ή  $\text{NaOH}$  1N. Προσθέεται mL δείκτη χρωμικού καλίου στο δείγμα και ογκομετρείται με πρότυπο διάλυμα  $\text{AgNO}_3$ , μέχρις ότου το κίτρινο χρώμα πάρει μια ελαφρά απόχρωση προς το κόκκινο. Τιτλοδοτείται το διάλυμα νιτρικού αργύρου και ογκομετρείται ένα λευκό με την πιο πάνω μέθοδο.

## 6.13 Υπολλειματικό χλώριο

### 6.13.1 Γενικά

Η συνηθέστερη μέθοδος για την απολύμανση των πόσιμων υδάτων, λυμάτων και αποβλήτων, είναι η χλωρίωση. Η χλωρίωση των υδάτων μπορεί να γίνει με χρήση καθαρού χλωρίου, σε αέρια μορφή ή με ενώσεις του χλωρίου, όπως το υποχλωριώδες νάτριο ( $\text{NaOCl}_2$ ) και το υποχλωριώδες ασβέστιο ( $\text{Ca(OCl)}_2$ ), σε μορφή σκόνης ή διαλύματος.

Κατά τη διάλυση του χλωρίου στο νερό, σχηματίζεται υποχλωριώδες οξύ και υδροχλωρικό οξύ. Το υποχλωριώδες οξύ διίσταται σε υδρογονιόντα και υποχλωριώδη ιόντα, σύμφωνα με τη σχέση :



Η πιο δραστική ένωση του χλωρίου είναι το υποχλωριώδες οξύ. Η μικροβιοκτόνος δράση του υποχλωριώδους οξέους οφείλεται, κατ' αρχήν στην ευκολία με την οποία προσεγγίζει τους μικροοργανισμούς που έχουν συνήθως αρνητικά φορτία και στη συνέχεια στην προσβολή των ενζύμων των μικροοργανισμών και παρεμπόδιση του μεταβολισμού τους.

Αν το δείγμα περιέχει αμμωνία, τότε το υποχλωριώδες οξύ αντιδρά με την αμμωνία και σχηματίζει μονοχλωραμίνες, διχλωραμίνες ή τριχλωραμίνες, ανάλογα με τις ποσότητες χλωρίου και αμμωνίας που εμπριέχονται στο δείγμα.

Τα ιόντα  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{ClO}_3^-$ ,  $\text{ClO}_2^-$ , αποτελούν το ελεύθερο υπολλειματικό χλώριο ενώ η χλωραμίνες αποτελούν το δεσμευμένο υπολλειματικό χλώριο. Για να διαπιστωθεί αν έχει γίνει επαρκής χλωρίωση στο πόσιμο νερό ή τα επεξεργασμένα λύματα, προσδιορίζεται το υπολλειματικό χλώριο. Η τιμή του υπολλειματικού χλωρίου, ανάλογα με την κατηγορία του νερού, πρέπει να βρίσκεται σε κάποια όρια. Στο πόσιμο νερό και τα επεξεργασμένα λύματα και απόβλητα, η συγκέντρωση του ελεύθερου υπολλειματικού χλωρίου, πρέπει να είναι 0,5mg/l.

Στην Ελλάδα, χλωρίωση γίνεται στο πόσιμο νερό όλων των μεγάλων πόλεων καθώς και στα λύματα που υφίστανται βιολογική επεξεργασία και διαθέτονται στη συνέχεια σε επιφανειακούς αποδέκτες.

Οι συζητήσεις σχετικά με την αντικατάσταση του χλωρίου ως μέσου απολύμανσης του πόσιμου νερού με άλλα απολυμαντικά μέσα (U.V.,  $\text{O}_3$  κ.λ.π.), οφείλονται στο γεγονός πως οι χλωραμίνες είναι καρκινογόνες ουσίες. Η πιθανότητα να δημιουργηθούν χλωραμίνες υπάρχει, συνήθως, σε επιφανειακά ύδατα που χρησιμοποιούνται και για αποχέτευση αποβλήτων ή στραγγισμάτων από καλλιεργούμενες περιοχές.

### 6.13.2 Δειγματοληψία και περιορισμοί της μέτρησης

Το υπολλειματικό χλώριο είναι ασταθές στα υδατικά διαλύματα, ιδιαίτερα όταν βρίσκεται σε μικρές συγκεντρώσεις, για αυτό, ο προσδιορισμός του πρέπει να γίνεται αμέσως μετά τη δειγματοληψία. Ιδιαίτερα πρέπει να αποφεύγεται η έκθεση του δείγματος σε δυνατό φως και η έντονη ανάδευση του. Συντήρηση δείγματος δεν είναι δυνατή. Οι λόγοι αυτοί καθιστούν ανέφικτο το αξιόπιστο προσδιορισμό του υπολλειματικού χλωρίου σε λύματα και απόβλητα. Στη συνέχεια, παρατίθενται οι βασικές αρχές μεθόδων για τον εργαστηριακό προσδιορισμό του υπολλειματικού χλωρίου και δεν γίνεται αναλυτική περιγραφή των μεθόδων για τους λόγους που προαναφέρθηκαν. Οι δυσκολίες αξιόπιστου προσδιορισμού του υπολλειματικού χλωρίου στα σημεία δειγματοληψίας μπορούν να υποκατασταθούν με εύχρηστες δοκιμασίες (kits-test), οι οποίες όμως δεν αποτελούν πρότυπη μέθοδο αν και οι αρχές λειτουργίας τους, στις περισσότερες περιπτώσεις, αναφέρονται στις πρότυπες μεθόδους και έχουν γίνει από διάφορους Εθνικούς και Διεθνείς Οργανισμούς ελέγχου υδάτων και αποβλήτων. Η εκτέλεση των δοκιμασιών περιγράφεται στις οδηγίες του κατασκευαστή.

Στη χώρα μας, ο προσδιορισμός του υπολλειματικού χλωρίου στα πόσιμα νερά, λύματα και απόβλητα, παλαιότερα αντιμετωπιζονταν με τη δοκιμασία της ορθοτολουδίνης, που σήμερα έχει καταργηθεί εξαιτίας της τοξικότητας της ουσίας αυτής. Σήμερα, η νομοθεσία μας προδιαγράφει, για τη μέτρηση του υπολλειματικού χλωρίου, στα πόσιμα νερά την ογκομέτρηση και φασματοφωτομετρία.

### 6.13.3 Μέθοδοι προσδιορισμού

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι για τον προσδιορισμό του υπολειμματικού χλωρίου στα νερά, οι περισσότερες υπόκεινται σε σφάλματα από την παρουσία πολλών παρεμποδιστικών ουσιών. Ιδιαίτερα δύσκολος είναι ο προσδιορισμός του υπολειμματικού χλωρίου στα λύματα και απόβλητα όπου η παρουσία οργανικών ενώσεων και οξειδωτικών παραγόντων, επηρεάζει όλες τις χρωματομετρικές μεθόδους. Σύμφωνα με την τελευταία έκδοση της Αμερικάνικης Υπηρεσίας Δημόσιας Υγείας οι προτεινόμενες μέθοδοι, είναι:

Η ιωδομετρική μέθοδος είναι χρωματομετρική μέθοδος.

Η αμπερομετρική μέθοδος είναι ευαίσθητη μέθοδος.

Η μέθοδος DPD είναι χρωματομετρική μέθοδος.

Η μέθοδος FACTS.

Στη συνέχεια, περιγράφεται η μέθοδος DPD η οποία χρησιμοποιείται περισσότερο στην χώρα μας και η οποία έχει αντικαταστήσει τη μέθοδο της ορθοτολουδίνης.

### 6.13.4 Χρωματομετρική Μέθοδος DPD

#### 6.13.5 Γενικά

Η χημική ουσία DPD αντιδρά αμέσως με το ελεύθερο υπολειμματικό χλώριο και δημιουργεί χαρακτηριστικό κόκκινο χρώμα. Η ένταση του δημιουργημένου χρώματος, είναι ανάλογη της συγκέντρωσης του ελεύθερου χλωρίου και συγκρίνεται με πρότυπη χρωματομετρική κλίμακα ή φωτομετρικά.

Η προσθήκη ιόντων ιωδίου, αντιδρά με το δεσμευμένο χλώριο, υπό τη μορφή χλωραμινών. Η ένταση του δημιουργούμενου χρώματος, είναι ανάλογη της συγκέντρωσης του ολικού χλωρίου (ελεύθερου και δεσμευμένου) και μετράται χρωματομετρικά ή φωτομετρικά.

Ο συνηθέστερος τρόπος μέτρησης του υπολειμματικού χλωρίου, είναι με φορητά kits-test, που περιέχουν τα απαιτούμενα αντιδραστήρια σε διαλύματα ή κάψουλες, σωλήνες για την εκτέλεση της ανδρασης καθώς και χρωματομετρική κλίμακα για τη σύγκριση του δημιουργούμενου χρώματος. Τελευταία, έχει κυκλοφορήσει στην ελληνική αγορά και φορητό φωτόμετρο, αποκλειστικά για τη μέτρηση του υπολειμματικού χλωρίου.

Στη συνέχεια, περιγράφεται η μέτρηση του DPD με kit-test, αλλά θα αναλυθεί η σύνθεση των αντιδραστηρίων, οι παρεμποδιστικές ουσίες και οι περιορισμοί της μεθόδου σαν η μέτρηση να γινόταν εργαστηριακά.

Τα kit-test χρησιμοποιούν σήμερα, ευρέως, από τις επιχειρήσεις ύδρευσης και αποχέτευσης στον έλεγχο της χλωρίωσης σε διάφορα σημεία του δικτύου ύδρευσης και στέξοδο των συστημάτων βιολογικής επεξεργασίας των λυμάτων. Τα kit-test, χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο του χλωρίου σε πισίνες και σε πολλά εργαστήρια πριν την μικροβιολογική εξέταση δειγμάτων και τη μέτρηση του BOD.

### 6.13.6 Παρεμποδιστικές ουσίες

Η πιο σημαντική παρεμποδιστική ουσία στη μέτρηση του υπολειμματικού χλωρίου με τη μέθοδο DPD, είναι η οξειδωμένη μορφή του μαγγανίου. Παρεμποδιστικός παράγοντας είναι και ο χαλκός. Συγκεντρώσεις χαλκού ως 10 mg/l, μπορούν να αντιμετωπιστούν με προσθήκη EDTA στο διάλυμα του DPD.

### 6.13.7 Όρια μεθόδου

Στο εμπόριο κυκλοφορούν διάφορα kit-test, με διαφορετικά πεδία μέτρησης. Επιλέγεται το kit-test με το επιθυμητό πεδίο μέτρησης, ανάλογα με το είδος των εξεταζόμενων δειγμάτων.

### 6.13.8 Αντιδραστήρια

#### 6.13.9 Ρυθμιστικό διάλυμα φωσφορικών

Διαλύονται 24g άνυδρου όξινου φωσφορικού νατρίου ( $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ ) και 46g άνυδρου όξινου φωσφορικού καλίου ( $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) σε απεσταγμένο νερό. Προσθέτονται 100ml απεσταγμένου νερού, στο οποίο έχουν διαλυθεί 800mg δινάτριο άλας EDTA. Το διάλυμα



συμπληρώνεται ως 1 λίτρο με απεσταγμένο νερό. Προσθέτονται 20mg Hgcl<sub>2</sub> για να παρεμποδιστεί η ανάπτυξη μούχλας και ο επηρεασμός της μέτρησης του ελεύθερου χλωρίου από τη παρουσία ιωδίου στα αντιδραστήρια (ΠΡΟΣΟΧΗ! Το Hgcl<sub>2</sub> είναι τοξικό).

### **6.13.10 Διάλυμα δείκτη DPD**

Διαλύεται 1g οξαλικού DPD ή 1,1g άνυδρου θειικού DPD, σε απεσταγμένο νερό, που περιέχει 8ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1+3) και 200mg δινάτριου άλατος EDTA. Το διάλυμα συμπληρώνεται ως 1 λίτρο, με απεσταγμένο νερό και αποθηκεύεται σε γυάλινη σκουρόχρωμη φιάλη στο σκοτάδι και απορρίπτεται όταν αποχρωματιστεί. Περιοδικά ελέγχεται το διάλυμα φωτομετρικά και σε περίπτωση, που η απορρόφηση στα 515 nm, υπερβεί τα 0,002/cm, απορρίπτεται.

Το ρυθμιστικό διάλυμα και ο δείκτης διαθέτονται στο εμπόριο ως σύνθετο αντιδραστήριο, σε μορφή σκόνης με μεγάλη διάρκεια ζωής.

ΠΡΟΣΟΧΗ! Το οξαλικό DPD είναι τοξικό. Να λαμβάνονται μέτρα προστασίας!

### **6.13.11 Διάλυμα ιωδιούχου καλίου (KI)**

Διαλύονται 500 mg KI σε απεσταγμένο νερό, πρόσφατα βρασμένου που έχει αφεθεί να κρυώσει σε θερμοκρασία δωματίου και αραιώνονται ως 100 ml.

Το διάλυμα αποθηκεύεται σε γυάλινη σκουρόχρωμη φιάλη, κατά προτίμηση στο ψυγείο. Το διάλυμα απορρίπτεται όταν το διάλυμα γίνει κίτρινου χρώματος. Το διάλυμα αυτό κυκλοφορεί στο εμπόριο, σε μορφή σκόνης, με μεγάλη διάρκεια ζωής.

### **6.13.12 Διαδικασία μέτρησης**

#### **6.13.13 Έλεγχος ελεύθερου χλωρίου**

Προστίθεται ορισμένη ποσότητα σκόνης ή διαλύματος ή μια ταμπλέτα σύνθετου αντιδραστηρίου, στα ειδικά ογκομετρημένα δοχεία του kit-test. Το δοχείο συμπληρώνεται με το εξεταζόμενο δείγμα έως τη χαραγή και αναδεύεται. Παρουσία ελεύθερου χλωρίου, το διάλυμα χρωματίζεται κόκκινο. Η ένταση του δημιουργούμενου χρώματος, είναι ανάλογη της συγκέντρωσης του ελεύθερου χλωρίου. Το χρώμα του διαλύματος, συγκρίνεται με τη χρωματομετρική κλίμακα που διαθέτει το χρησιμοποιούμενο kit-test. Η κλίμακα αυτή, συνήθως, είναι φτιαγμένη από σκληρό πλαστικό και έχει σχήμα δίσκου ή πλακέτας. Τελευταία, κυκλοφόρησε στο εμπόριο, φορητό φωτόμετρο (με μπαταρία), με φίλτρο κατάλληλο για τη μέτρηση μόνο του υπολειμματικού χλωρίου. Έτσι η μέτρηση είναι πίο ακριβής διότι εξαλείφεται ο υποκειμενικός παράγοντας κατά τη σύγκριση των χρωμάτων.

#### **6.13.14 Έλεγχος ολικού χλωρίου**

Στο ίδιο ογκομετρικό δοχείο, όπου έγινε η μέτρηση του ελεύθερου χλωρίου, προσθέτονται ορισμένες σταγόνες διαλύματος ή ορισμένη ποσότητα σκόνης ή μια ταμπλέτα ιωδιούχου καλίου. Τα ιόντα ιωδίου δρουν ως καταλύτης στις δεσμευμένες ενώσεις του χλωρίου (μονοχλωραμίνες ή διχλωραμίνες) που διασπώνται σε ελεύθερο χλώριο και έτσι αναπτύσσεται κόκκινο χρώμα στο διάλυμα. Η μέτρηση του χρώματος γίνεται όπως περιγράφηκε στο ελεύθερο χλώριο.

#### **6.13.15 Υπολογισμός**

Στα περισσότερα kit-test, η ένδειξη του ελεύθερου και του ολικού χλωρίου δίνεται κατευθείαν στην χρωματομετρική κλίμακα ή το φωτόμετρο.

Η συγκέντρωση του δεσμευμένου χλωρίου προκύπτει από τη διαφορά του ελεύθερου χλωρίου από το ολικό χλώριο.

## **6.14 Θεϊικά ιόντα SO<sub>4</sub><sup>-</sup>**

### **6.14.1 Γενικά**

Η παρουσία θεϊκών ιόντων στα επιφανειακά και υπόγεια νερά, μπορεί να προέρχεται από την γεωλογική σύσταση των πετρωμάτων τα οποία διέρχεται το νερό ή από ορισμένες χρήσεις από τον άνθρωπο. Η συγκέντρωση των θεϊκών ιόντων στα φυσικά νερά, παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις, ανάλογα με το είδος των πετρωμάτων, από τα οποία διέρχονται και το είδος και την ένταση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Ο έλεγχος των θεϊκών ιόντων στο νερό έχει μεγάλη σημασία γιατί έχει βρεθεί ότι τα θεϊκά άλατα ασβεστίου και μαγνησίου έχουν καθαρτική δράση στον ανθρώπινο οργανισμό, γι' αυτό και το ανώτερο επιτρεπτό όριο θεϊκών ιόντων στο πόσιμο νερό είναι 250 mg/l..

### **6.14.2 Πειραματική διαδικασία**

Παίρνεται από το δείγμα όγκος 2,5 ml με ένα σιφόνι και το αδειάζεται σε ένα κενό φιαλίδιο. Στη συνέχεια προστίθεται 2 σταγόνες από το αντιδραστήριο SO<sub>4</sub>-1 και ανακινείται το φιαλίδιο. Μετά μπαίνει 1 κουταλάκι από το αντιδραστήριο SO<sub>4</sub>-2 και αφού αναδευτεί, αφήνεται στο υδατόλουτρο για 5 min στους 40 °C.

Μετά το τέλος των 5 min προστίθεται 2,5 ml από το αντιδραστήριο SO<sub>4</sub>-3 και αναδεύεται. Στη συνέχεια φιλτράρεται όλο το περιεχόμενο του φιαλιδίου με απλό ηθμό σε άλλο φιαλίδιο. Προστίθεται 4 σταγόνες από το αντιδραστήριο SO<sub>4</sub>-4 και το αναδεύεται. Αφήνεται το φιαλίδιο στο υδατόλουτρο για άλλα 7 min στους 40 °C.

Μετά το πέρας του χρόνου επώασης μετρίεται το δείγμα στο φωτόμετρο με τη βοήθεια κυψελίδας.

Ανοίγεται το καπάκι του φωτόμετρου (MERCK Spectroquant NOVA 60), ώστε να τεθεί σε λειτουργία το όργανο. Το φωτόμετρο διεξάγει έναν αυτοέλεγχο (self-check) όλου του συστήματος και επιλέγει αυτόματα τον τρόπο μέτρησης Concentration (συγκέντρωση). Στην οθόνη εμφανίζεται η ένδειξη "insert cell or start measurement". Η κυψελίδα αναγνώρισης (auto selector) τοποθετείται στον υποδοχέα των κυλινδρικών κυψελίδων. Με αυτόν τον τρόπο αναγνωρίζεται από το όργανο το συγκεκριμένο test που χρησιμοποιείται. Η κάθετη γραμμή (μαρκάρισμα) του auto selector πρέπει να δείχνει προς την εγκοπή του φωτόμετρου. Το δείγμα μεταφέρεται σε μία ορθογώνια κυψελίδα χαλαζίας πάχους 10 mm, η οποία σκουπίζεται πολύ καλά με κάποιο ύφασμα και τοποθετείται στον υποδοχέα των ορθογώνιων κυψελίδων του φωτόμετρου. Κατόπιν εμφανίζεται η ένδειξη "measuring" (μέτρηση) και το αποτέλεσμα εμφανίζεται στην οθόνη. Η μέτρηση αυτή πρέπει να διεξάγεται αμέσως μετά την δειγματοληψία.

Το εύρος του test είναι 25-300 mg/l SO<sub>4</sub>.

Για τις φωτομετρικές μετρήσεις οι κυψελίδες που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι καθαρές.

## **6.15 ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ**

### **6.15.1 ΒΙΟΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ - B.O.D (Biochemical Oxygen Demand)**

#### **6.15.2 Αρχή μεθόδου**

Η ποσότητα του οξυγόνου που απαιτείται από τους μικροοργανισμούς του δείγματος για να καταναλώσουν αερόβια την περιεχομένη οργανική ουσία που περιέχεται στο δείγμα. Η βιοχημική απαίτηση οξυγόνου ή βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο BOD εκφράζεται σε χιλιοστογραμμάρια απαιτούμενου οξυγόνου ανά λίτρο αποβλήτου (mg/l) ή σε ισοδύναμες μονάδες: γραμμάρια ανά κυβικό μέτρο (g/m<sup>3</sup>).

Συγκεκριμένος όγκος δείγματος με ρυθμισμένο pH τοποθετείτε σε σφραγισμένο δοχείο μέσα σε θερμοθάλαμο στους 20° C για 5 ημέρες. Η κατανάλωση του περιεχομένου οξυγόνου στο δοχείο κατά την διάσπαση του οργανικού φορτίου του δείγματος από τους μικροοργανισμούς, υπολογίζεται ως από τι μεταβολή της πίεσεως στο δοχείο και μετράτε μανόμετρα.

**Η διεργασία περιγράφεται στην παρακάτω εξίσωση:**

**Μικροοργανισμοί**

**Οργανική ύλη + O<sub>2</sub> ———> CO<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O + νέα κύτταρα + Προϊόντα**

Το παραγόμενο CO<sub>2</sub> για να μην επηρεάζει την μεταβολή της πίεσεως στο δοχείο, δεσμεύεται από φίλτρο στερεού NaOH που βρίσκεται μέσα στην φιάλη.

### **6.15.3 Προετοιμασία δείγματος :**

1. Θέεται σε λειτουργία ο θερμοθάλαμος σε θερμοκρασία 20°C.
2. Στο δείγμα μετράτε το pH και ρυθμίζεται από 6 έως 7,5 (για την ρύθμιση του pH προτείνεται η χρήση διαλύματος HCl 0,01 M).
3. Σε ειδική σκουρόχρωμη φιάλη των 500 ml τοποθετείται ποσότητα 428 ml δείγματος αν το BOD του δείγματος αναμένεται υψηλό τότε προτείνεται αραιώση. Η αραιώση του δείγματος μπορεί να επιτηδευθεί με την μείωση της ποσότητας του δείγματος που τοποθετείται στο δοχείο συμφωνά με το πινάκα παρακάτω.
4. Τοποθετούμε μαγνητικός αναδευτήρας μέσα στην φιάλη.
5. Τοποθετούμε την λαστιχένια βάση για το αλκαλικό αντιδραστήριο στο λαιμό της φιάλης.
6. Τοποθετούμε μερικούς κρυστάλλους στέρεου NaOH στην λαστιχένια βάση προσέχοντας να μην έρθουν σε επαφή με το δείγμα μας.
7. Τοποθετούμε την ειδική μανομετρική συσκευή μέτρησης του BOD στην κορυφή της φιάλης *χωρίς όμως να την κλείσουμε αεροστεγώς.*
8. Τοποθετούμε την φιάλη στο αεροθάλαμο πάνω στους μαγνητικούς αναδευτήρες ώστε να υπάρχει συνεχείς ανάδευση.
9. Αφήνουμε στους 20° C για 15 λεπτά για να γίνει εξισορρόπηση της θερμοκρασίας της φιάλης και του δείγματος με αυτήν του θερμοθαλάμου.
10. Όταν η θερμοκρασία σταθεροποιηθεί, σφραγίζουμε την φιάλη βιδώνοντας την ειδική μανομετρική συσκευή μέτρησης του BOD.
11. Μηδενίζουμε την συσκευή πατώντας τα πλήκτρα «» και «» ταυτόχρονα έως οι ενδείξεις του οργάνου να μηδενιστούν.
12. Αφήνουμε στο θερμοθάλαμο για 5 ημέρες την φιάλη με διαρκή ανάδευση και σταθερή θερμοκρασία 20° C.
13. Μετά το πέρας των 5 ημερών λαμβάνουμε την τιμή που αναγράφεται στην συσκευή του BOD και την καταγράφουμε ως « *ένδειξη οργάνου* »

<b>Μετρήσιμο εύρος BOD mg/l</b>	<b>Όγκος δείγματος</b>	<b>Πολλαπλασιαστικός παράγοντας</b>
0 – 4	428	1
0 – 80	360	2
0 – 200	244	5
0 – 400	157	10
0 – 800	94	20
0 – 2000	56	50
0 - 4000	21,7	100

Πχ:

Μετρήσιμο Εύρος: 0 – 400 ml

Όγκος δείγματος: 157ml.

Πολ. Παράγοντας: 10

Μετρήσιμη τιμή οργάνου: 18

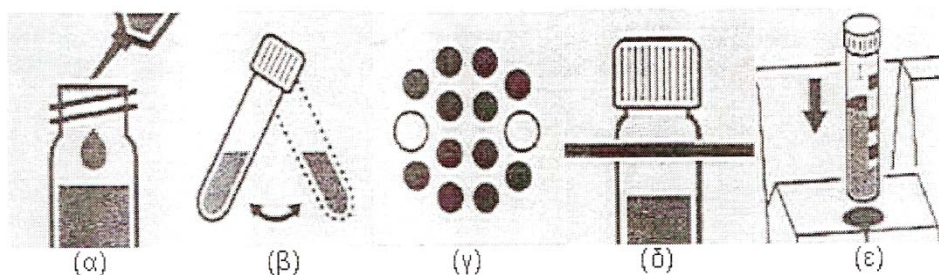
Αποτέλεσμα: (18 x 10) BOD mg/l

## 6.16 ΧΗΜΙΚΑ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΟ ΟΞΥΓΟΝΟ-COD (Chemical Oxygen Demand)

Για τη μέτρηση του COD χρησιμοποιήθηκε ημιποσοτική φωτομετρική μέθοδος με kit. Στις δειγματοληψίες χρησιμοποιήθηκε το COD Cell Test MERCK 14540.

Κατά τη διαδικασία μέτρησης του COD ακολουθείται η εξής διαδικασία:

Προστίθεται στο τυποποιημένο φιαλίδιο, προσεκτικά, με πιπέτα, 3ml δείγματος, βιδώνεται το καπάκι και αναδεύεται καλά (εικ.6.1). (Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στο γεγονός ότι το φιαλίδιο ζεσταίνεται πολύ κατά την ανάδευση και γι 'αυτό το λόγο θα πρέπει να μην έρθει σε επαφή με το δέρμα).



**Εικ.6.1** Διαδικασία προετοιμασίας για την μέτρηση του COD.

Στη συνέχεια, το φιαλίδιο τοποθετείται στους 148°C, σε ειδικό θερμοριάκτορα (εικ.6.2) για 120 min. Αφού περάσει η προκαθορισμένη ώρα, βγαίνει από τον θερμοριάκτορα και τοποθετείται στο πλέγμα στήριξης για να κρυώσει.



**Εικ.6.2** Θερμοαντιδραστήρας

Αφού περάσουν 10 min και το φιαλίδιο είναι χλιαρό, ανακινείται και τοποθετείται ξανά στη πλέγμα στήριξης έως ότου κρυώσει καλά.

Για να μετρηθεί το COD χρησιμοποιούμε το φωτόμετρο MERCK Spectroquant® NOVA 60. Ανοίγουμε το καπάκι για να τεθεί σε λειτουργία το όργανο και τοποθετούμε το φιαλίδιο στην υποδοχή με την κατακόρυφη γραμμή να δείχνει την εγκοπή μετά από λίγα δευτερόλεπτα εμφανίζετε στην οθόνη το αποτέλεσμα .[1]

## 6.17 Μικροβιολογική εξέταση των υδάτων

### 6.17.1 Προσδιορισμός μικροβιολογικού φορτίου

Μετά από διήθηση του δείγματος υπό κενό, το φίλτρο που χρησιμοποιήθηκε στη διήθηση τοποθετείται σε θρεπτικό υλικό και επωάζεται σε θάλαμο επώασης σταθερής θερμοκρασίας.

Απαιτούμενος εξοπλισμός και διαλύματα: Κατά τη διαδικασία μέτρησης των κοπρανωδών

κολοβακτηριδίων και ολικών κολοβακτηριδίων χρησιμοποιήθηκε αντλία κενού, αποστειρωμένα τρυβλία με υπόστρωμα, αποστειρωμένα φίλτρα 47mm - 0,45 μm (Pall GN-6 mertica/® Grid), μαγνητική χοάνη διήθησης 300ml, μεταλλική λαβίδα με στρογγυλεμένα άκρα, πιπέτες ρυθμιζόμενου όγκου 1 - 10 ml, ογκομετρικοί κύλινδροι, θάλαμοι επώασης (G®-Cell 075) και (Heraeus kentro UB6) ρυθμισμένοι σε θερμοκρασία 44°C και 37°C αντίστοιχα. Για τα ολικά και κοπρανώδη κολοβακτήρια χρησιμοποιήθηκε Agar και Membrane Lauryl Sulphate Broth (Lab M 82). Για τους εντερόκοκκους χρησιμοποιήθηκε το S/anetz & Bartley Medium (Lab M 166).

### **6.17.2 Περιγραφή διαδικασίας ανάλυσης μέτρησης**

Αραίωση δειγμάτων: Ανάλογα με το ιστορικό του κάθε δείγματος γίνεται η ανάλογη αραίωση.

### **6.17.3 Προετοιμασία θρεπτικού υλικού**

Για την δημιουργία του θρεπτικού υλικού που θα χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση των ολικών και κοπρανωδών κολοβακτηριδίων ακολουθείται η εξής διαδικασία. Σε φιάλη Boro τοποθετείται η ποσότητα του Agar και του Membrane Lauryl Sulphate Broth (Lab 82), ανάλογα με την ποσότητα των τρυβλίων που θα χρησιμοποιηθούν. Συμπληρώνεται με απιονισμένο νερό και τοποθετείται μαγνητικός αναδευτήρας για τη διάλυση των στερεών υλικών. Το καπάκι του μπουκαλιού τοποθετείται χωρίς να βιδωθεί και το μπουκάλι τοποθετείται στον κλίβανο υγρής αποστείρωσης για 10 λεπτά. Όταν τελειώσει η λειτουργία του κλιβάνου, το θρεπτικό υλικό μοιράζεται στα αποστειρωμένα τρυβλία. Αφου κρυώσει και πήξει φυλάσσεται στο ψυγείο μέχρι την χρήση του.

Για την δημιουργία του θρεπτικού υλικού που θα χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση των εντερόκοκκων ακολουθείται η εξής διαδικασία. Σε ειδικό μπουκάλι που αντέχει σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, τοποθετείται ανάλογη ποσότητα του S/anetz & Bartley Medium (Lab 166) με τα τρυβλία που θα χρησιμοποιηθούν. Συμπληρώνεται με απιονισμένο νερό και τοποθετείται μαγνητικός αναδευτήρας για τη διάλυση των στερεών υλικών. Βιδώνεται το καπάκι του μπουκαλιού και τοποθετείται στην θερμαντική πλάκα με ανάδευση έως ότου αρχίσει ο βρασμός και γίνει διαυγές. Στην συνέχεια μοιράζετε στα τρυβλία. Αφου κρυώσει και πήξει φυλάσσεται στο ψυγείο μέχρι την χρήση του.

### **6.17.4 Διήθηση**

Η μαγνητική χοάνη προσαρμόζεται στη συσκευή διήθησης. Αποστειρώνουμε με οινόπνευμα την λαβίδα με την οποία τοποθετείται το αποστειρωμένο φίλτρο πάνω στη βάση της μαγνητικής χοάνης. Κατόπιν ανοίγεται η αντλία κενού και διηθείται το δείγμα μας (100ml).

### **6.17.5 ΕΠΩΑΣΗ**

Τα τρυβλία των ολικών κολοβακτηριδίων (Total/ Co/iforms) τοποθετούνται για 22 - 24 ώρες σε θάλαμο επώασης στους 37°C. Τα τρυβλία των κοπρανωδών κολοβακτηριδίων (Faeca/ Co/iforms) τοποθετούνται για 24 ώρες σε θάλαμο επώασης στους 44 °C. Τέλος, τα τρυβλία των εντερόκοκκων τοποθετούνται για 48 ώρες σε θάλαμο επώασης στους 37°C.

### **6.17.6 Καταμέτρηση αποικιών**

Τα ολικά κολοβακτήρια καθώς και τα κοπρανώδη κολοβακτήρια δημιουργούν αποικίες κίτρινου χρώματος, ενώ οι εντερόκοκκοι εμφανίζουν κόκκινο χρώμα.

### **6.17.7 Υπολογισμός**

Αφού δεν γίνεται καμία αραίωση στα δείγματα το αποτέλεσμα εκφράζεται σε αριθμό αποικιών /100ml (ποσότητα δείγματος που διηθούνταν κάθε φορά).

## **6.18 Δείκτες ρύπανσης του πόσιμου νερού**

Η μικροβιακή καταλληλότητα του πόσιμου νερού ελέγχεται με την καταμέτρηση των μικροβιακών δεικτών. Δείκτες αυτοί είναι αλλόχθονοι μικροοργανισμοί οι οποίοι, περνούν

παροδικά μέσα στο υδάτινο οικοσύστημα, προέρχονται συνήθως από το γαστρεντερικό σωλήνα των ανθρώπων ή των ζώων. Η συχνότερα χρησιμοποιούμενη, σήμερα, δείκτης είναι τα ολικά κολοβακτηριοειδή, τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή και οι κοπρανώδης στρεπτόκοκκοι.

A. Στην ομάδα των κολοβακτηριοειδών (total coliforms) περιλαμβάνονται όλα τα αερόβια και προαιρετικώς αναερόβια μη σπορογόνα Gram-αρνητικά βακτήρια τα οποία ζυμώνουν την λακτόζη με παραγωγή αερίου σε 48h στους  $36\pm 1$  °C.

B. Τα κοπρανώδη κολοβακτηριοειδή (faecal coliforms) έχουν τις ίδιες ιδιότητες με τα κολοβακτηριοειδή αλλά μπορούν να πολλαπλασιαστούν στους  $44,5\pm 0,2$ °C μετά από επώαση 48h (θερμοανθεκτική μικροοργανισμοί). Η E.coli είναι το πιο τυπικό είδος της ομάδας των κοπρανωδών κολοβακτηριοειδών που παράγει ινδόλη από την τρυπτοφάνη στους  $44,5\pm 0,2$ °C. Τόσο τα κολοβακτηριοειδή κοπράνων όσο και οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι βρίσκονται στον γαστρεντερικό σωλήνα του ανθρώπου και των άλλων θερμόαιμων ζώων και η παρουσία τους στο νερό υποδεικνύει ρύπανση κοπρανώδους προέλευσης και η πιθανή παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών. Η επιβίωση τους στο νερό ποικίλει από ώρες έως βδομάδες.

C. Οι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι (faecal streptococci) είναι Gram-θετικοί, καταλάση-αρνητικοί κόκκοι που απαντούν ανά ζεύγη ή μικρές αλύσους.

Από τη σχέση των κοπρανωδών στρεπτοκόκκων προς τα κολοβακτηριοειδή κοπράνων δυνατόν να ληφθούν πολύτιμες πληροφορίες για την πηγή ρύπανσης. Επειδή ορισμένοι κοπρανώδεις στρεπτόκοκκοι προσβάλλουν συγκεκριμένους ξενιστές, για αυτό δεν πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο εντερικός δείκτης για τον έλεγχο της ρύπανσης του νερού αλλά τουλάχιστον 2.

Εκτός των ανωτέρων δεικτών, ο συστηματικός προσδιορισμός των αεροβίων και προαιρετικώς αναερόβιων ετερότροφων βακτηρίων στο νερό δίνει σημαντικές πληροφορίες ως προς την σταθερότητα της ποιότητας του.[4]

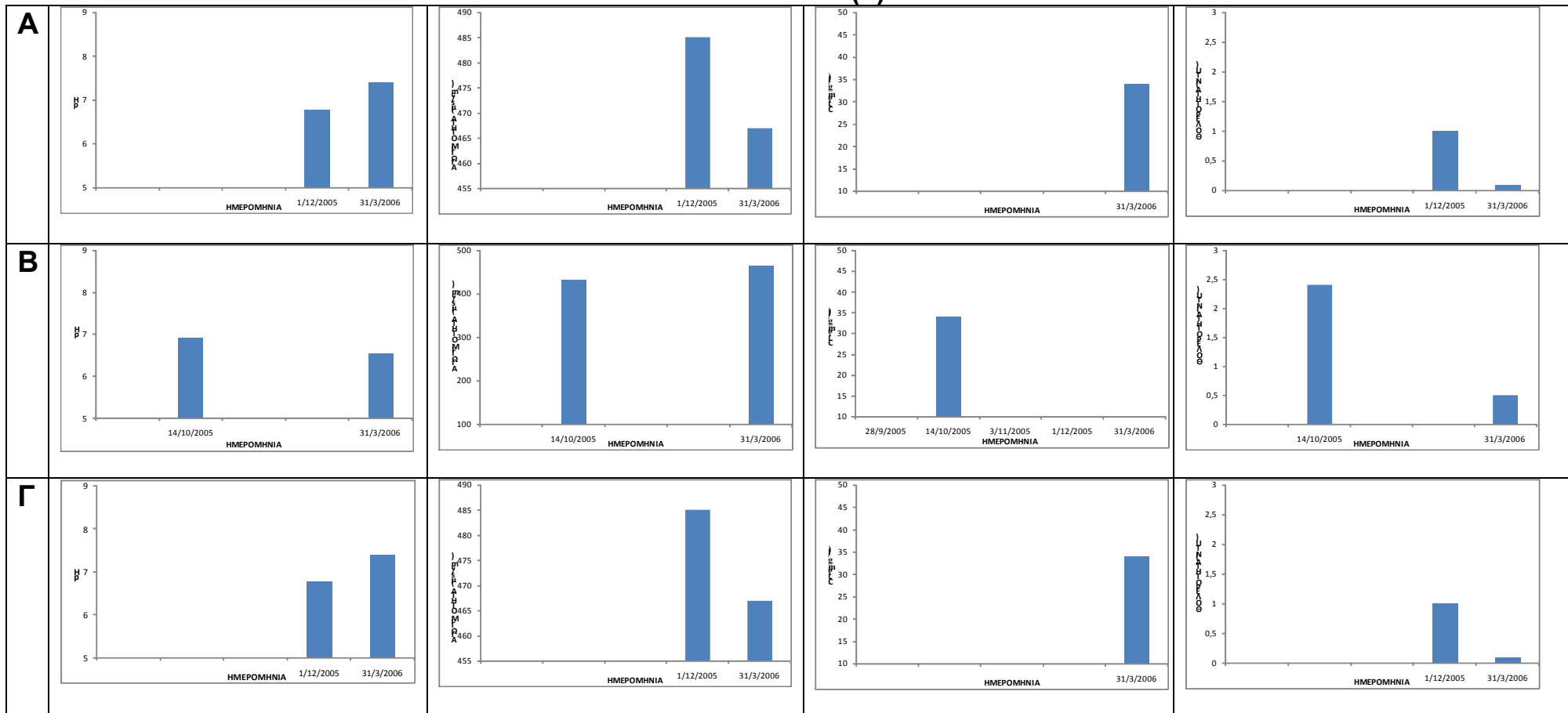
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### 7.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΩΝ ΔΗΜΟΣ ΜΟΥΣΟΥΡΩΝ

Οι δειγματοληψίες του πόσιμου νερού από τις περιοχές Αλικιανός, Βατόλακος, Κουφός και Φουρνέ του Δήμου Μουσούρων πραγματοποιήθηκαν τους μήνες Σεπτέμβριο, Οκτώβριο, Νοέμβριος Δεκέμβριος και Μάρτιος το χρονικό διάστημα 2005-2006.

Οι δειγματοληψίες νερού έγιναν σε χρονικά διαστήματα ανάλογα με το ενδιαφέρον των αποτελεσμάτων και τις εποχικές αλλαγές. Τα δείγματα νερού μεταφέρονται με φορητό ψυγείο στο εργαστήριο όπου μετρήθηκαν : το pH, θολερότητα, αγωγιμότητα, σκληρότητα, χλώριο, υπολειμματικό χλώριο, νιτρικά, θειικά φωσφορικά και αμμωνιακά ιόντα, ολικά στερεά, BOD, COD. Επιπλέον έγιναν και μικροβιολογικές αναλύσεις διήθησης νερού σε αποστειρωμένα φίλτρα κυτταρίνης τα οποία τοποθετήθηκαν σε κατάλληλα υποστρώματα. Ακολούθησε η επώαση των τρυβλίων σε θερμοκρασίες 37°C για 24 ώρες, 44°C για 24 ώρες, 44°C για 48 ώρες για την ανάπτυξη των αποικιών των Total coliforms, E.coli και Faecalis Streptococcus αντίστοιχα.

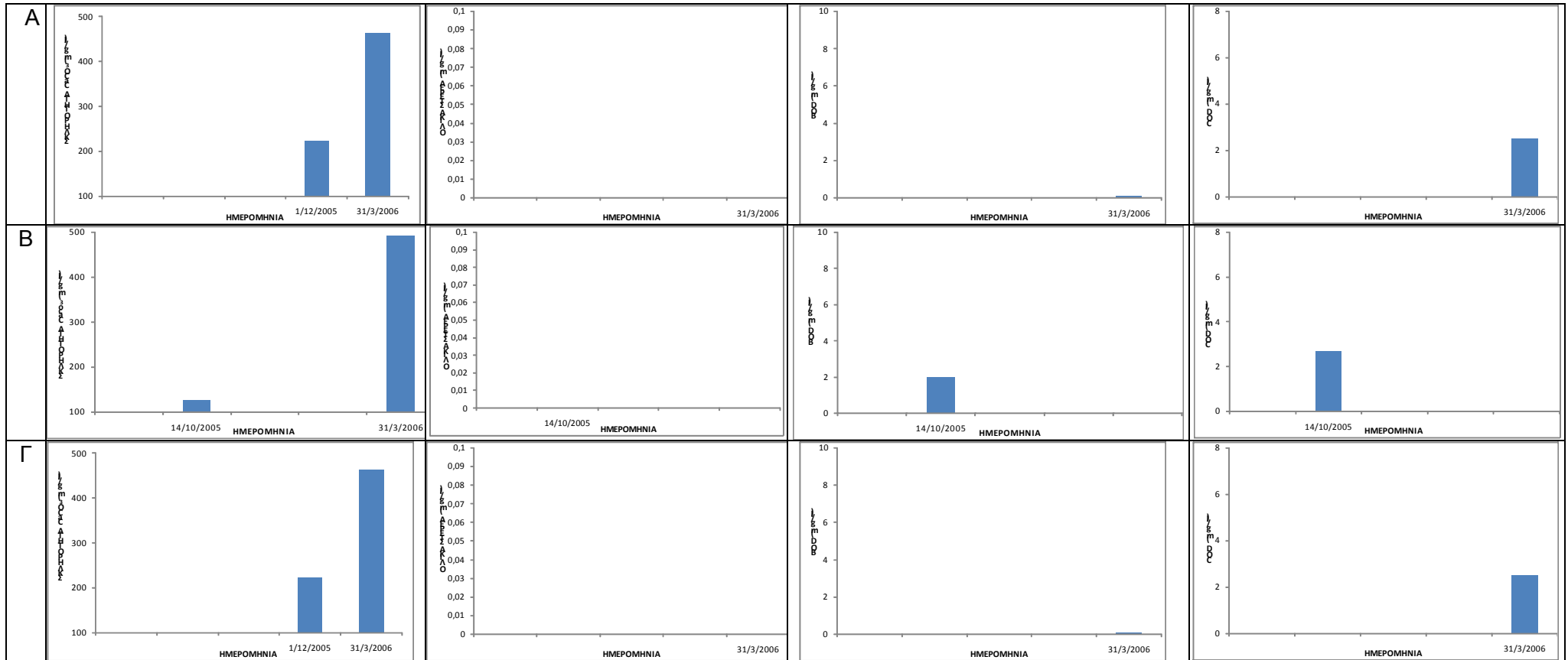
## ΑΛΙΚΙΑΝΟΣ(1)



**Σχήμα 7.1** Μεταβολή των μικροβιολογικών παραμέτρων ποιότητας, pH, EC, CL-, Θολερότητα (NTU), σε δείγματα νερού από τα σημεία Πηγή (A), Δεξαμενή (B) και Βρύση καταναλωτή (Γ) την χρονική περίοδο από 28/09/06 μέχρι 31/03/06 στα σημεία των γραφικών παραστάσεων όπου δεν εμφανίζεται η ημερομηνία δεν έχει μετρηθεί η αντίστοιχη παράμετρος ενώ όπου υπάρχει ημερομηνία χωρίς ράβδο σημαίνει μηδενική τιμή παραμέτρου στην εν λόγω ημερομηνία δειγματοληψίας

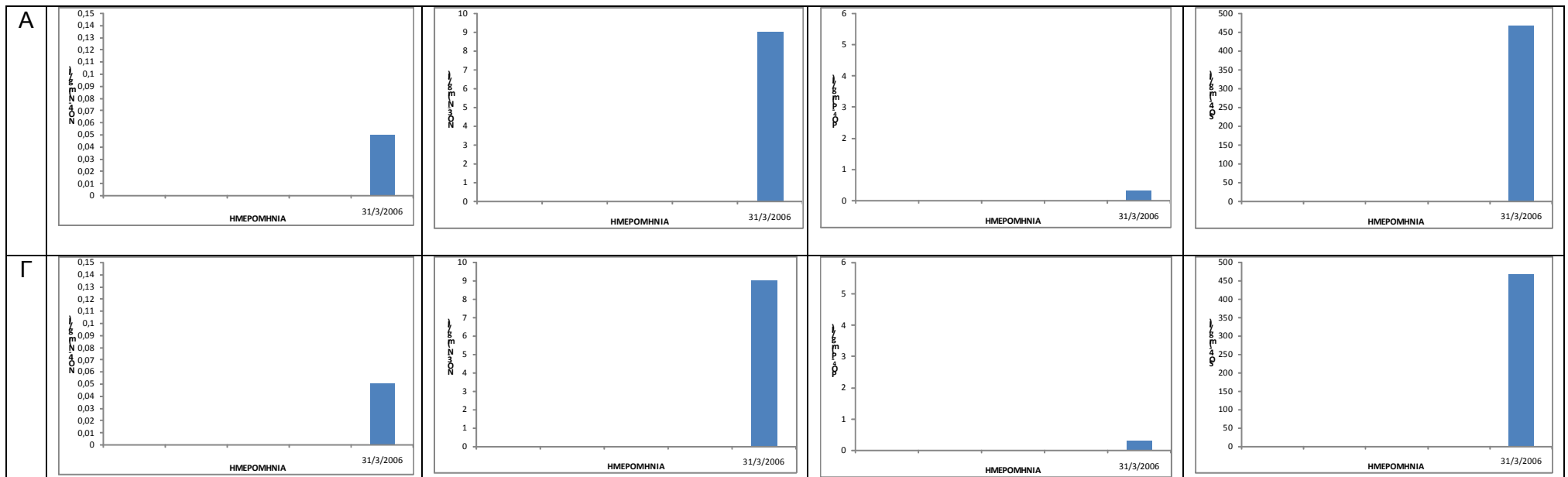


## ΑΛΙΚΙΑΝΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗ (1)



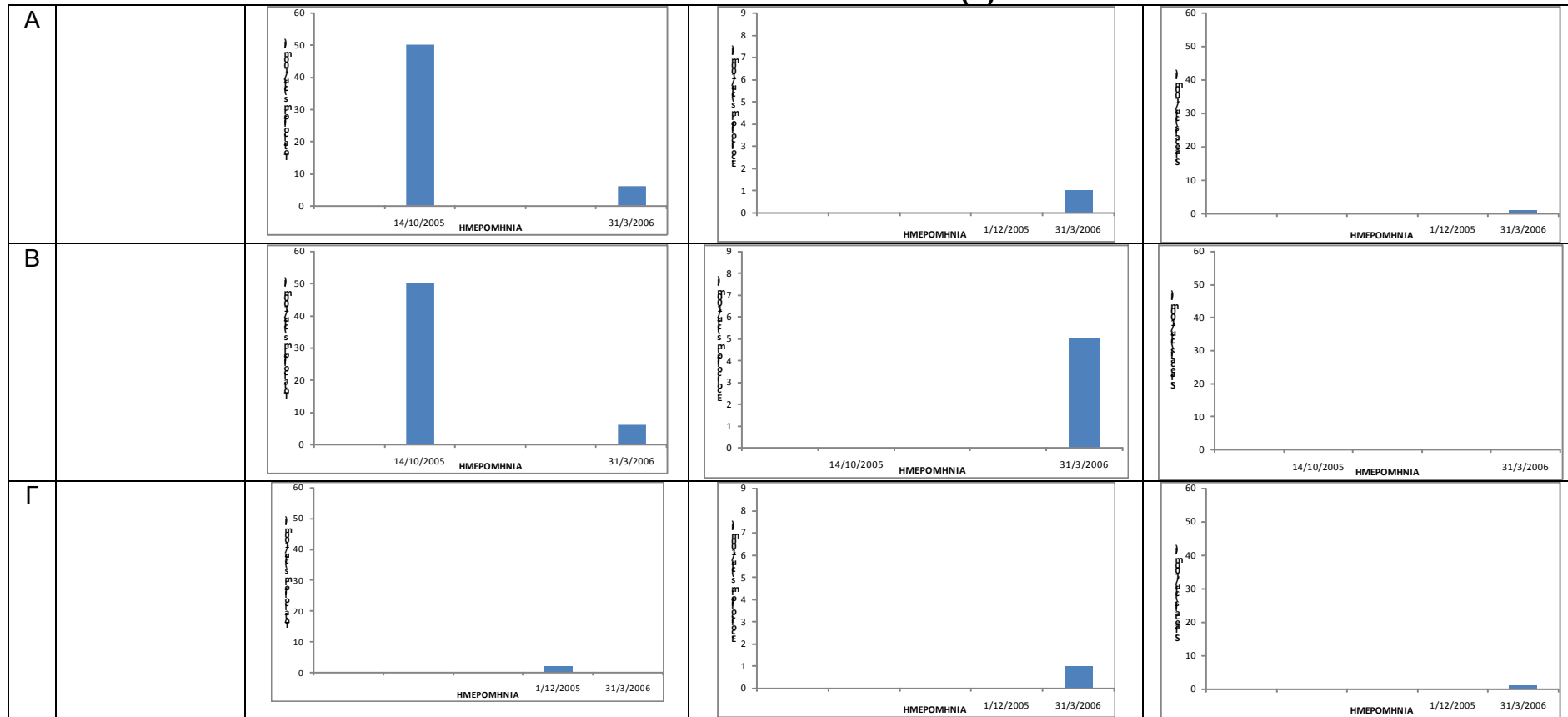
**Σχήμα 7.2** Μεταβολή των μικροβιολογικών παραμέτρων ποιότητας, Σκληρότητα, Ολικά στερεά, BOD, COD, σε δείγματα νερού από τα σημεία Πηγή (A), Δεξαμενή (B) και Βρύση καταναλωτή (Γ) την χρονική περίοδο από 28/09/05 μέχρι 31/03/06 στα σημεία των γραφικών παραστάσεων όπου δεν εμφανίζεται η ημερομηνία δεν έχει μετρηθεί η αντίστοιχη παράμετρος ενώ όπου υπάρχει ημερομηνία χωρίς ράβδο σημαίνει μηδενική τιμή παραμέτρου στην εν λόγω ημερομηνία δειγματοληψίας

## ΑΛΙΚΙΑΝΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗ(1)



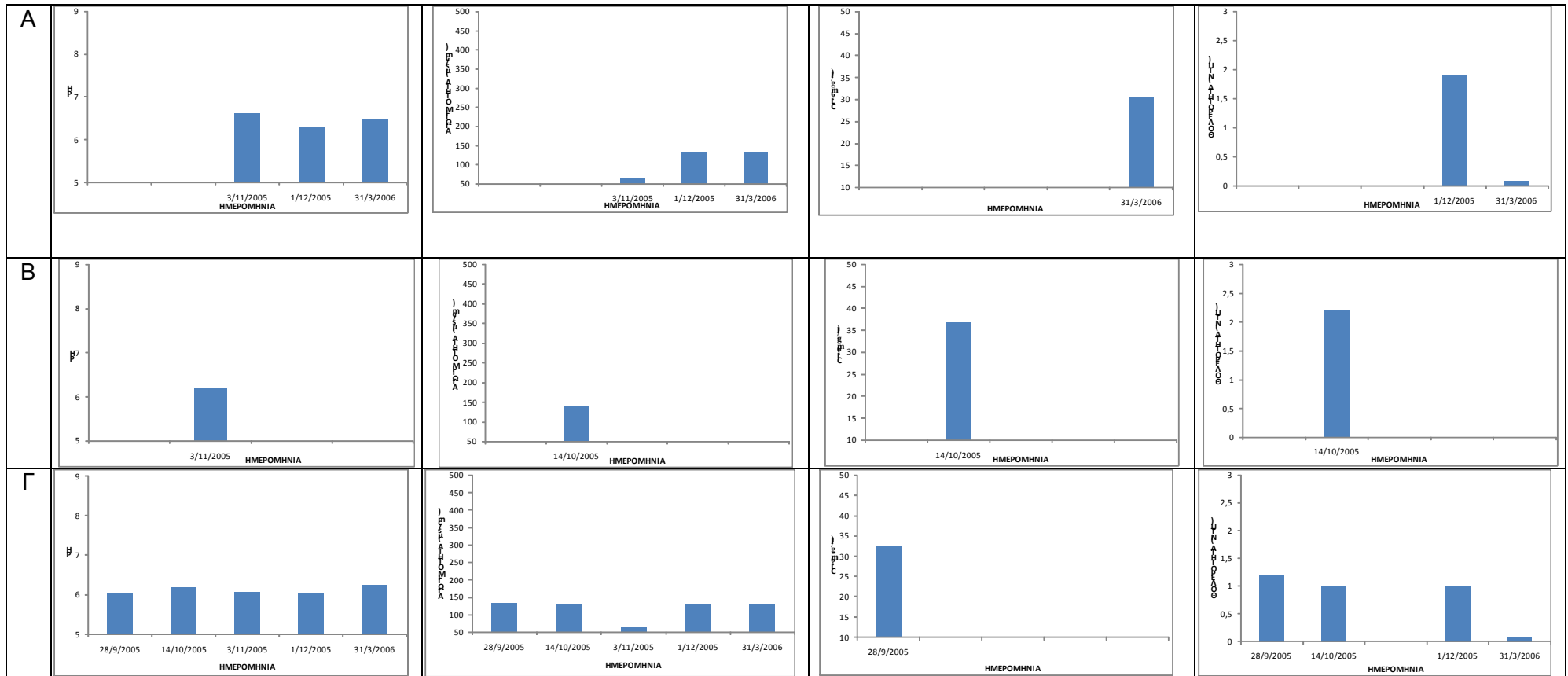
**Σχήμα 7.3** Μεταβολή των μικροβιολογικών παραμέτρων ποιότητας, NO<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, SO<sub>4</sub>, σε δείγματα νερού από τα σημεία Πηγή (Α), Δεξαμενή (Β) και Βρύση καταναλωτή (Γ) την χρονική περίοδο από 28/09/05 μέχρι 31/03/06 στα σημεία των γραφικών παραστάσεων όπου δεν εμφανίζεται η ημερομηνία δεν έχει μετρηθεί η αντίστοιχη παράμετρος ενώ όπου υπάρχει ημερομηνία χωρίς ράβδο σημαίνει μηδενική τιμή παραμέτρου στην εν λόγω ημερομηνία δειγματοληψίας.

## ΑΛΙΚΙΑΝΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗ(1)



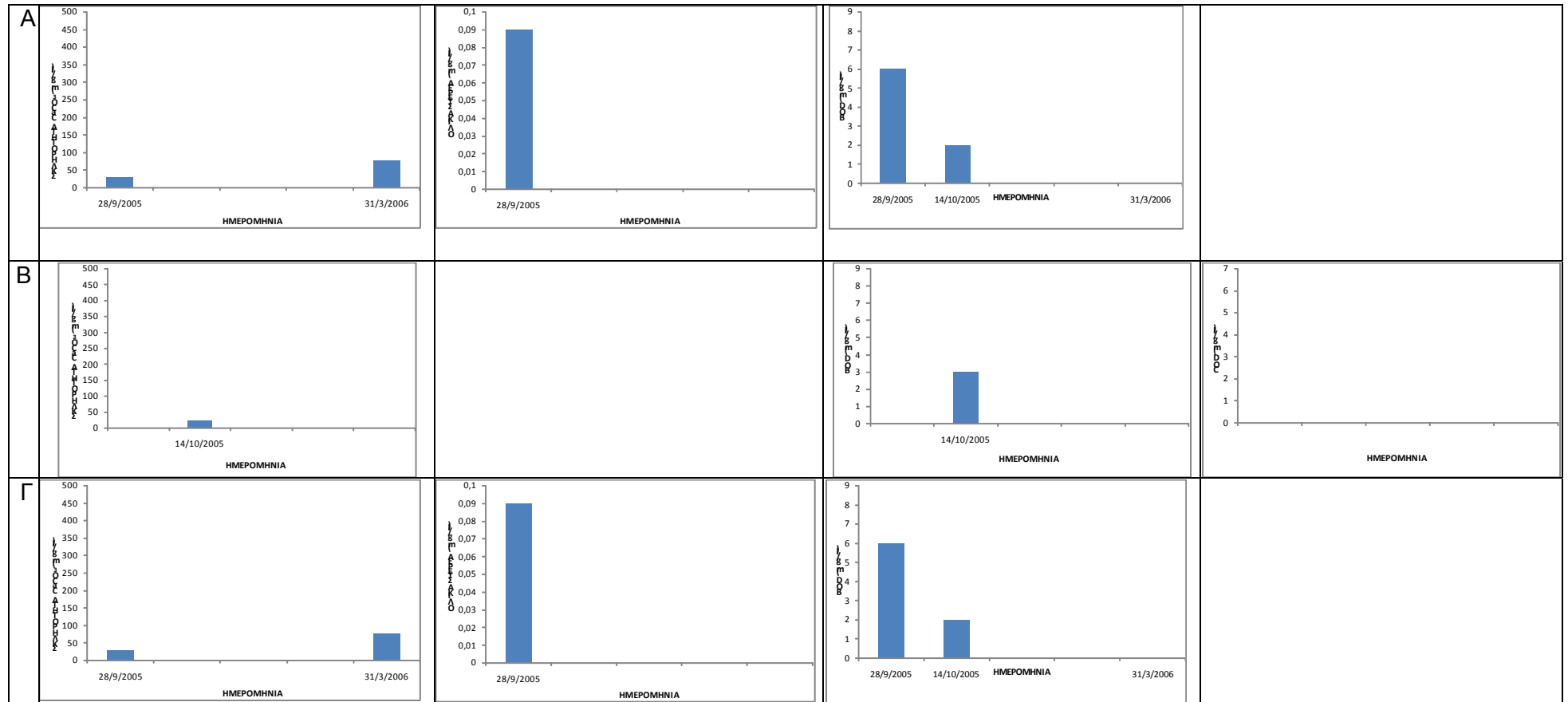
**Σχήμα 7.4** Μεταβολή των μικροβιολογικών παραμέτρων ποιότητας, Total coliforms, E coli, S faecalis, σε δείγματα νερού από τα σημεία Πηγή (A), Δεξαμενή (B) και Βρύση καταναλωτή (Γ) την χρονική περίοδο από 28/09/05 μέχρι 31/03/06. Στα σημεία των γραφικών παραστάσεων όπου δεν εμφανίζεται η ημερομηνία δεν έχει μετρηθεί η αντίστοιχη παράμετρος ενώ όπου υπάρχει ημερομηνία χωρίς ράβδο σημαίνει μηδενική τιμή παραμέτρου στην εν λόγω ημερομηνία δειγματοληψίας.

## ΒΑΤΟΛΑΚΚΟΣ(2)



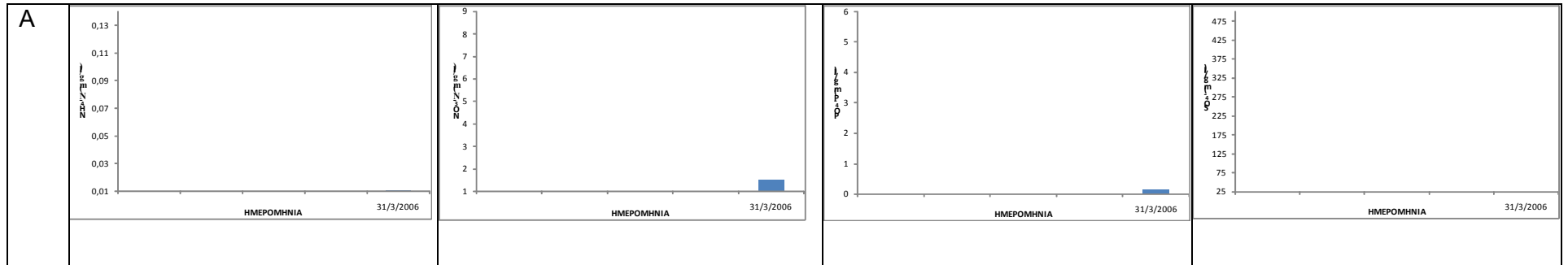
**Σχήμα 7.5** Μεταβολή των μικροβιολογικών παραμέτρων ποιότητας, pH, EC, Cl<sup>-</sup>, Θολερότητα (NTU), σε δείγματα νερού από τα σημεία Πηγή (A), Δεξαμενή (B) και Βρύση καταναλωτή (Γ) την χρονική περίοδο από 28/09/05 μέχρι 31/03/06. Στα σημεία των γραφικών παραστάσεων όπου δεν εμφανίζεται η ημερομηνία δεν έχει μετρηθεί η αντίστοιχη παράμετρος ενώ όπου υπάρχει ημερομηνία χωρίς ράβδο σημαίνει μηδενική τιμή παραμέτρου στην εν λόγω ημερομηνία δειγματοληψίας

## ΒΑΤΟΛΑΚΚΟΣ(2)



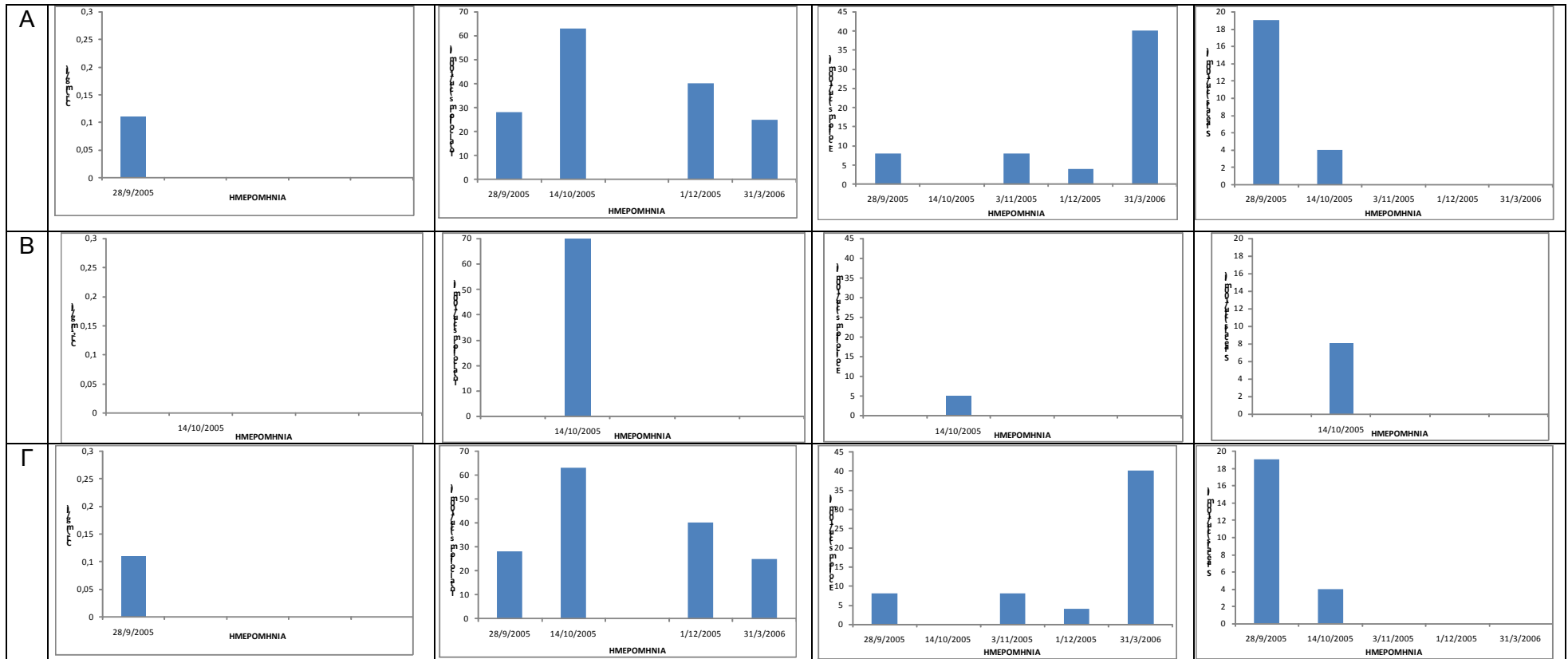
**Σχήμα 7.6** Μεταβολή των μικροβιολογικών παραμέτρων ποιότητας, Σκληρότητα, Ολικά στερεά, BOD, COD, σε δείγματα νερού από τα σημεία Πηγή (A), Δεξαμενή (B) και Βρύση καταναλωτή (Γ) την χρονική περίοδο από 28/09/05 μέχρι 31/03/06 στα σημεία των γραφικών παραστάσεων όπου δεν εμφανίζεται η ημερομηνία δεν έχει μετρηθεί η αντίστοιχη παράμετρος ενώ όπου υπάρχει ημερομηνία χωρίς ράβδο σημαίνει μηδενική τιμή παραμέτρου στην εν λόγω ημερομηνία δειγματοληψίας

## ΒΑΤΟΛΑΚΚΟΣ(2)



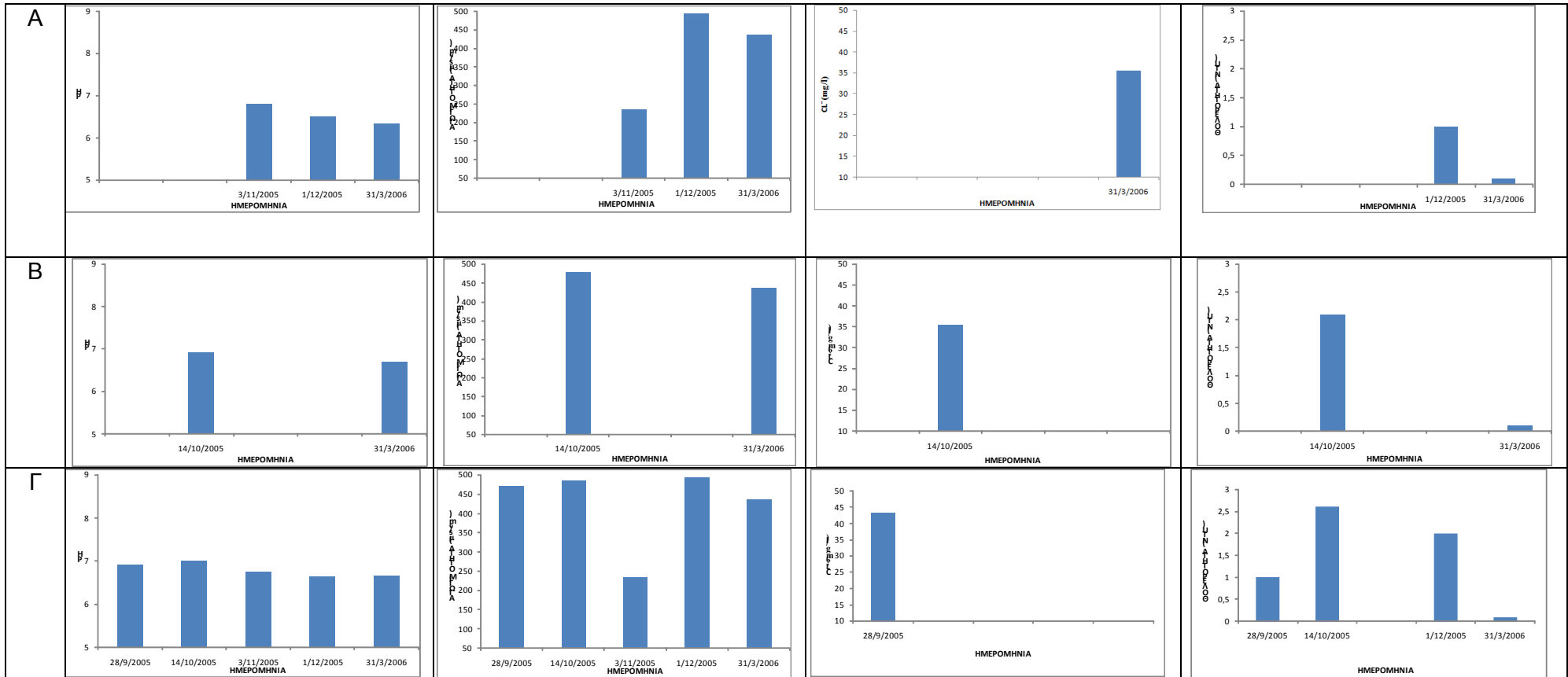
**Σχήμα 7.7** Μεταβολή των μικροβιολογικών παραμέτρων ποιότητας, NO<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, SO<sub>4</sub>, σε δείγματα νερού από τα σημεία Πηγή (Α), Δεξαμενή (Β) και Βρύση καταναλωτή (Γ) την χρονική περίοδο από 28/09/05 μέχρι 31/03/06 στα σημεία των γραφικών παραστάσεων όπου δεν εμφανίζεται η ημερομηνία δεν έχει μετρηθεί η αντίστοιχη παράμετρος ενώ όπου υπάρχει ημερομηνία χωρίς ράβδο σημαίνει μηδενική τιμή παραμέτρου στην εν λόγω ημερομηνία δειγματοληψίας

## ΒΑΤΟΛΑΚΚΟΣ (2)



**Σχήμα 7.8** Μεταβολή των μικροβιολογικών παραμέτρων ποιότητας,  $Cl_2^-$ , Total coliforms, E coli, S faecalis, σε δείγματα νερού από τα σημεία Πηγή (Α), Δεξαμενή (Β) και Βρύση καταναλωτή (Γ) την χρονική περίοδο από 28/09/05 μέχρι 31/03/06 στα σημεία των γραφικών παραστάσεων όπου δεν εμφανίζεται η ημερομηνία δεν έχει μετρηθεί η αντίστοιχη παράμετρος ενώ όπου υπάρχει ημερομηνία χωρίς ράβδο σημαίνει μηδενική τιμή παραμέτρου στην εν λόγω ημερομηνία δειγματοληψίας

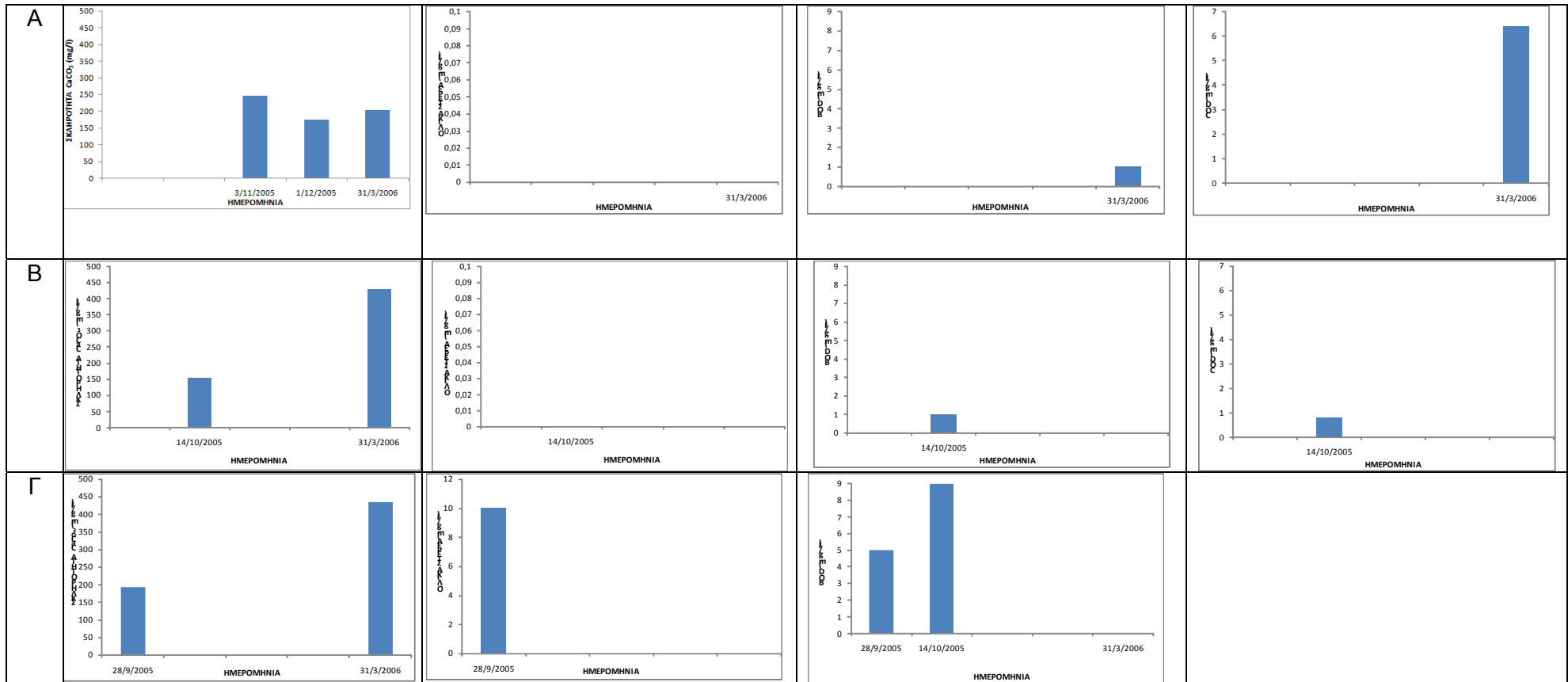
## ΚΟΥΦΟΣ(3)



**Σχήμα 7.9** Μεταβολή των μικροβιολογικών παραμέτρων ποιότητας, pH, αγωγιμότητα, Cl<sup>-</sup>, θολερότητα, σε δείγματα νερού από τα σημεία Πηγή (Α), Δεξαμενή (Β) και Βρύση καταναλωτή (Γ) την χρονική περίοδο από 28/09/05 μέχρι 31/03/06 στα σημεία των γραφικών παραστάσεων όπου δεν εμφανίζεται η ημερομηνία δεν έχει μετρηθεί η αντίστοιχη παράμετρος ενώ όπου υπάρχει ημερομηνία χωρίς ράβδο σημαίνει μηδενική τιμή παραμέτρου στην εν λόγω ημερομηνία δειγματοληψίας

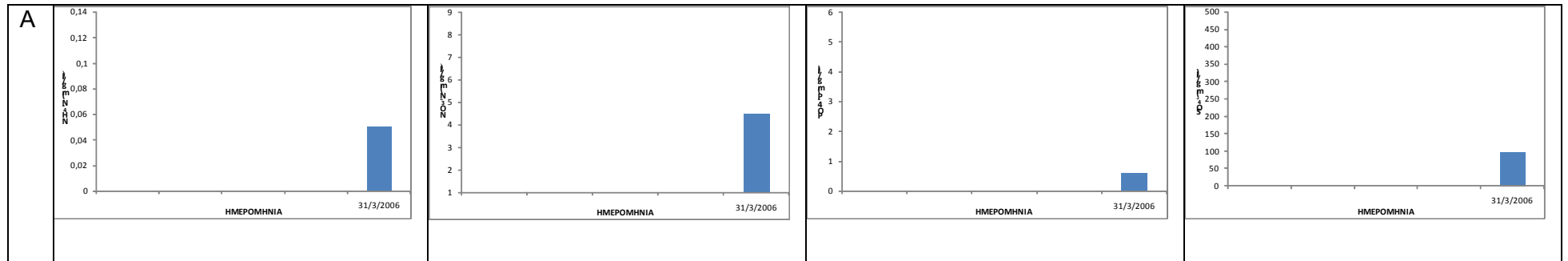


### ΚΟΥΦΟΣ(3)



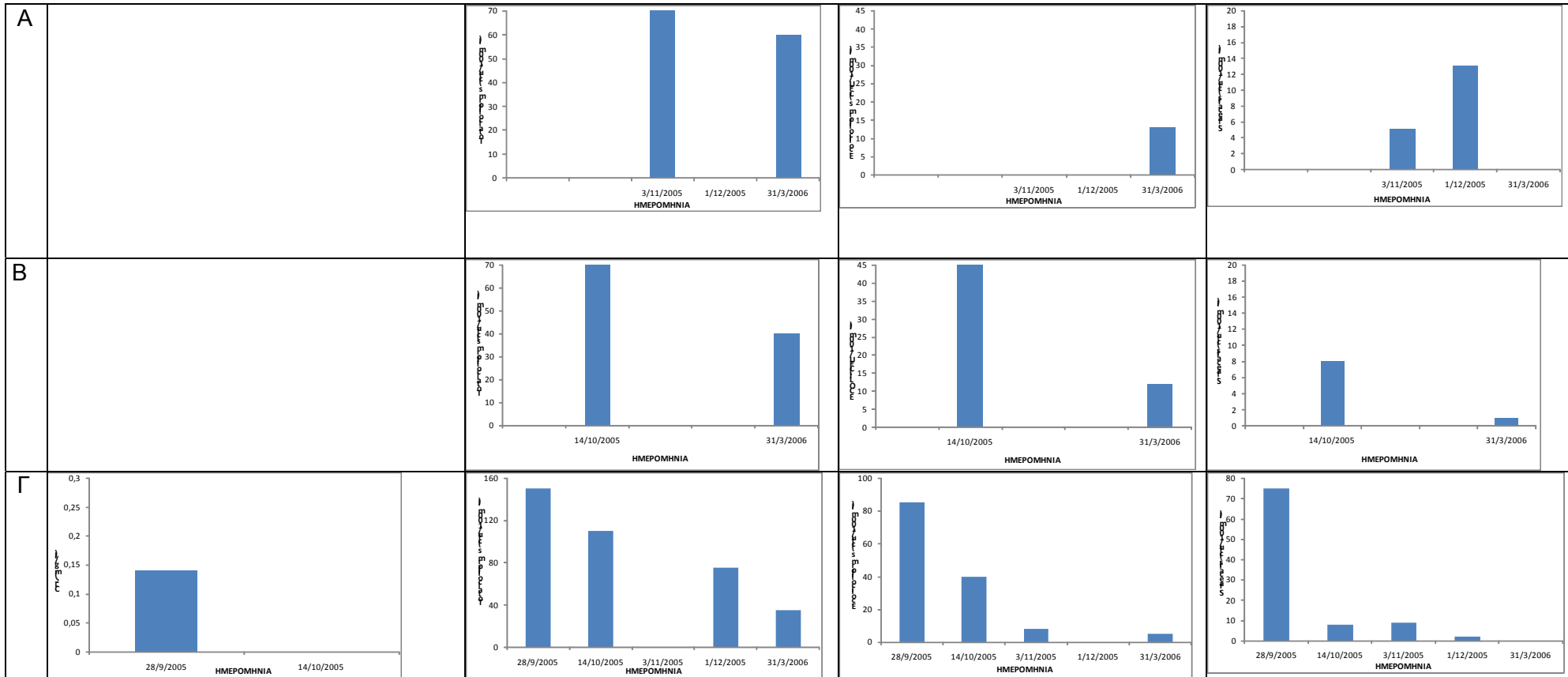
**Σχήμα 7.10** Μεταβολή των μικροβιολογικών παραμέτρων ποιότητας, Σκληρότητα, Ολικά στερεά, BOD, COD, σε δείγματα νερού από τα σημεία Πηγή (Α), Δεξαμενή (Β) και Βρύση καταναλωτή (Γ) την χρονική περίοδο από 28/09/05 μέχρι 31/03/06 στα σημεία των γραφικών παραστάσεων όπου δεν εμφανίζεται η ημερομηνία δεν έχει μετρηθεί η αντίστοιχη παράμετρος ενώ όπου υπάρχει ημερομηνία χωρίς ράβδο σημαίνει μηδενική τιμή παραμέτρου στην εν λόγω ημερομηνία δειγματοληψίας

### ΚΟΥΦΟΣ (3)



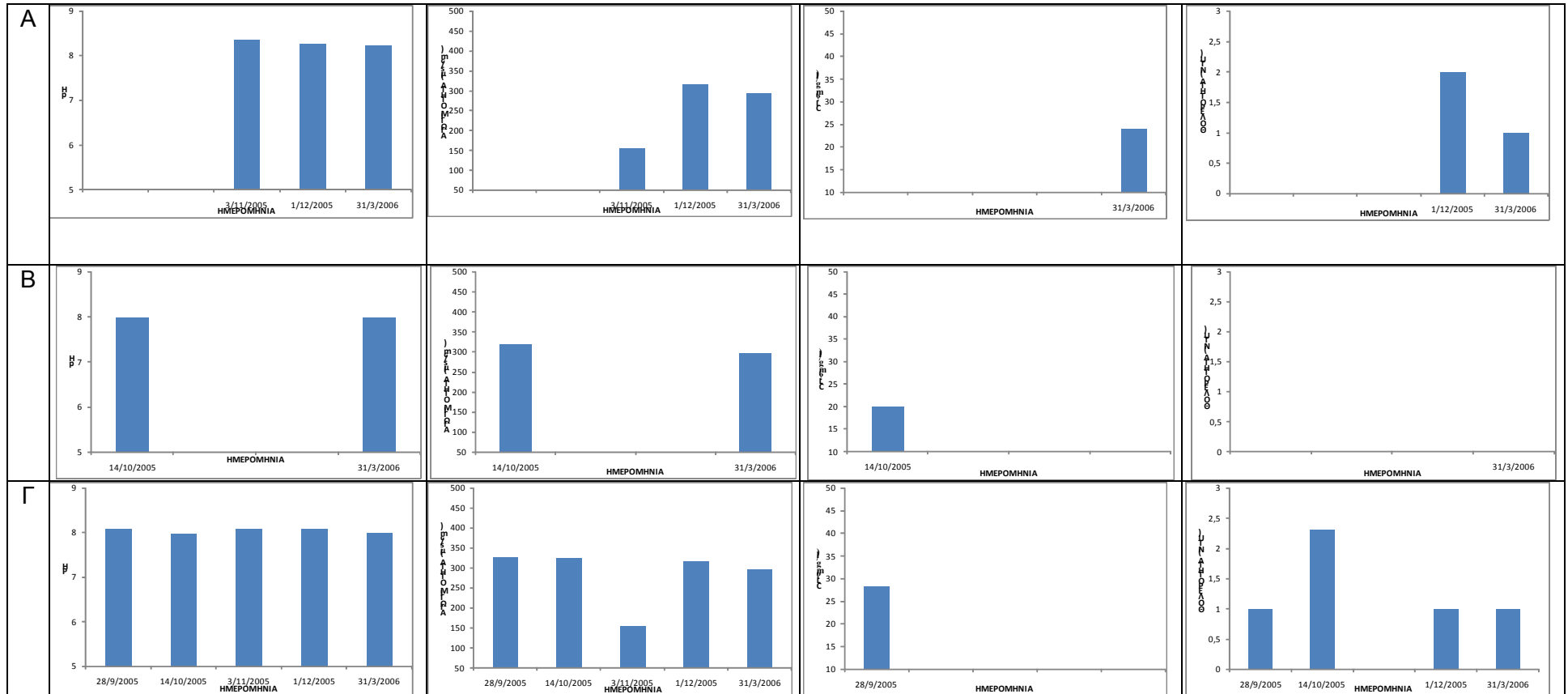
**Σχήμα 7.11** Μεταβολή των μικροβιολογικών παραμέτρων ποιότητας, NO<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, SO<sub>4</sub>, σε δείγματα νερού από το σημείο Πηγή (A) την χρονική περίοδο από 28/09/05 μέχρι 31/03/06 στα σημεία των γραφικών παραστάσεων όπου δεν εμφανίζεται η ημερομηνία δεν έχει μετρηθεί η αντίστοιχη παράμετρος ενώ όπου υπάρχει ημερομηνία χωρίς ράβδο σημαίνει μηδενική τιμή παραμέτρου στην εν λόγω ημερομηνία δειγματοληψίας

### ΚΟΥΦΟΣ (3)



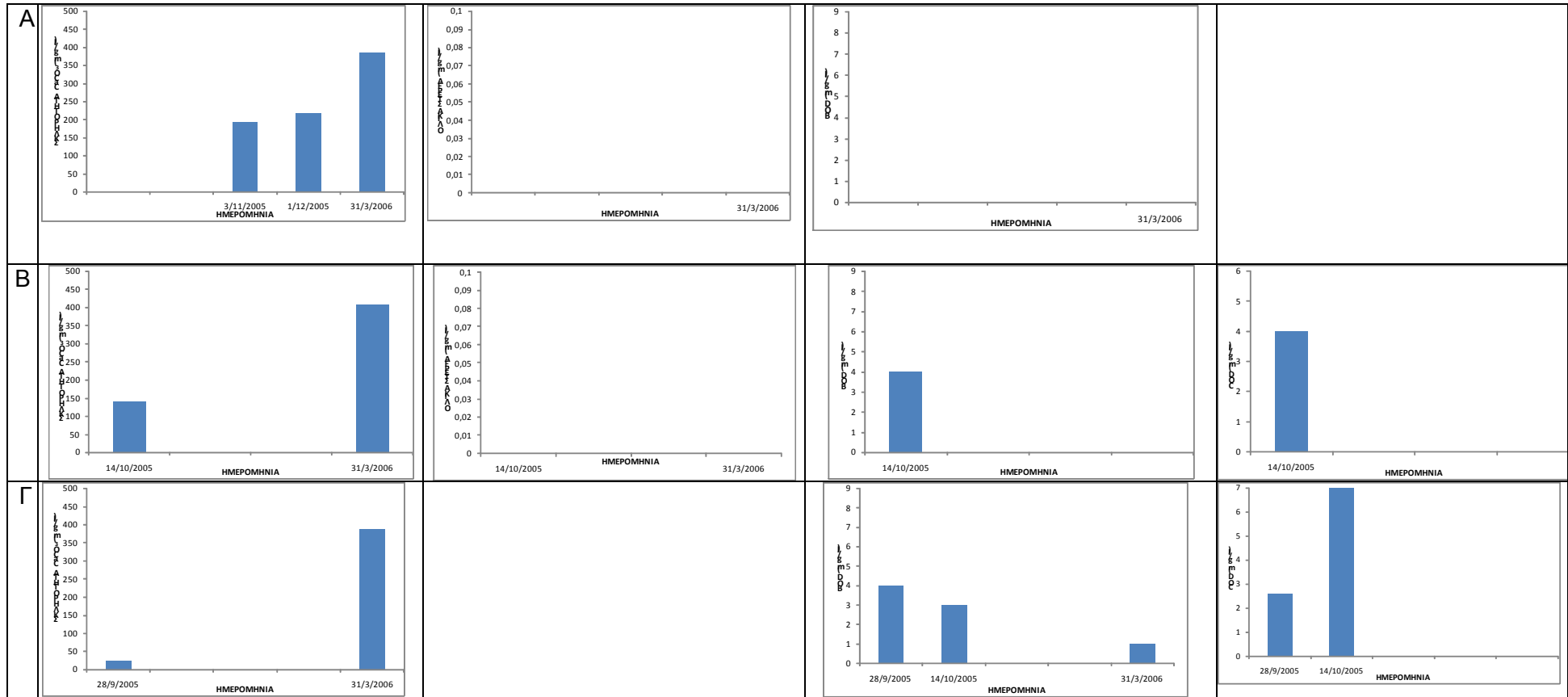
**Σχήμα7.12** Μεταβολή των μικροβιολογικών παραμέτρων ποιότητας, Cl<sub>2</sub>-, Total coliforms, E coli, S faecalis, σε δείγματα νερού από τα σημεία Πηγή (A), Δεξαμενή (B) και Βρύση καταναλωτή (Γ) την χρονική περίοδο από 28/09/05 μέχρι 31/03/06 στα σημεία των γραφικών παραστάσεων όπου δεν εμφανίζεται η ημερομηνία δεν έχει μετρηθεί η αντίστοιχη παράμετρος ενώ όπου υπάρχει ημερομηνία χωρίς ράβδο σημαίνει μηδενική τιμή παραμέτρου στην εν λόγω ημερομηνία δειγματοληψίας

## ΦΟΥΡΝΕ(4)



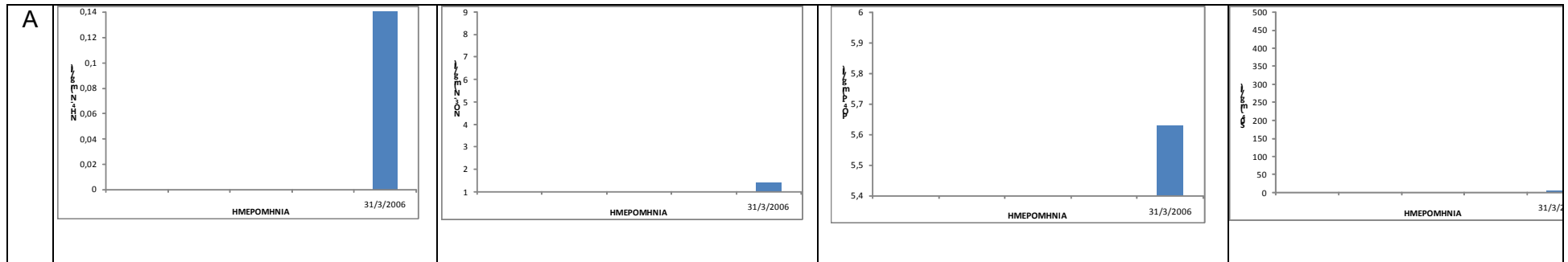
**Σχήμα 7.13** Μεταβολή των μικροβιολογικών παραμέτρων ποιότητας, pH, EC, CL-, Θολρότητα (NTU), σε δείγματα νερού από τα σημεία Πηγή (A), Δεξαμενή (B) και Βρύση καταναλωτή (Γ) την χρονική περίοδο από 28/09/06 μέχρι 31/03/06 στα σημεία των γραφικών παραστάσεων όπου δεν εμφανίζεται η ημερομηνία δεν έχει μετρηθεί η αντίστοιχη παράμετρος ενώ όπου υπάρχει ημερομηνία χωρίς ράβδο σημαίνει μηδενική τιμή παραμέτρου στην εν λόγω ημερομηνία δειγματοληψίας

## ΦΟΥΡΝΕ(4)



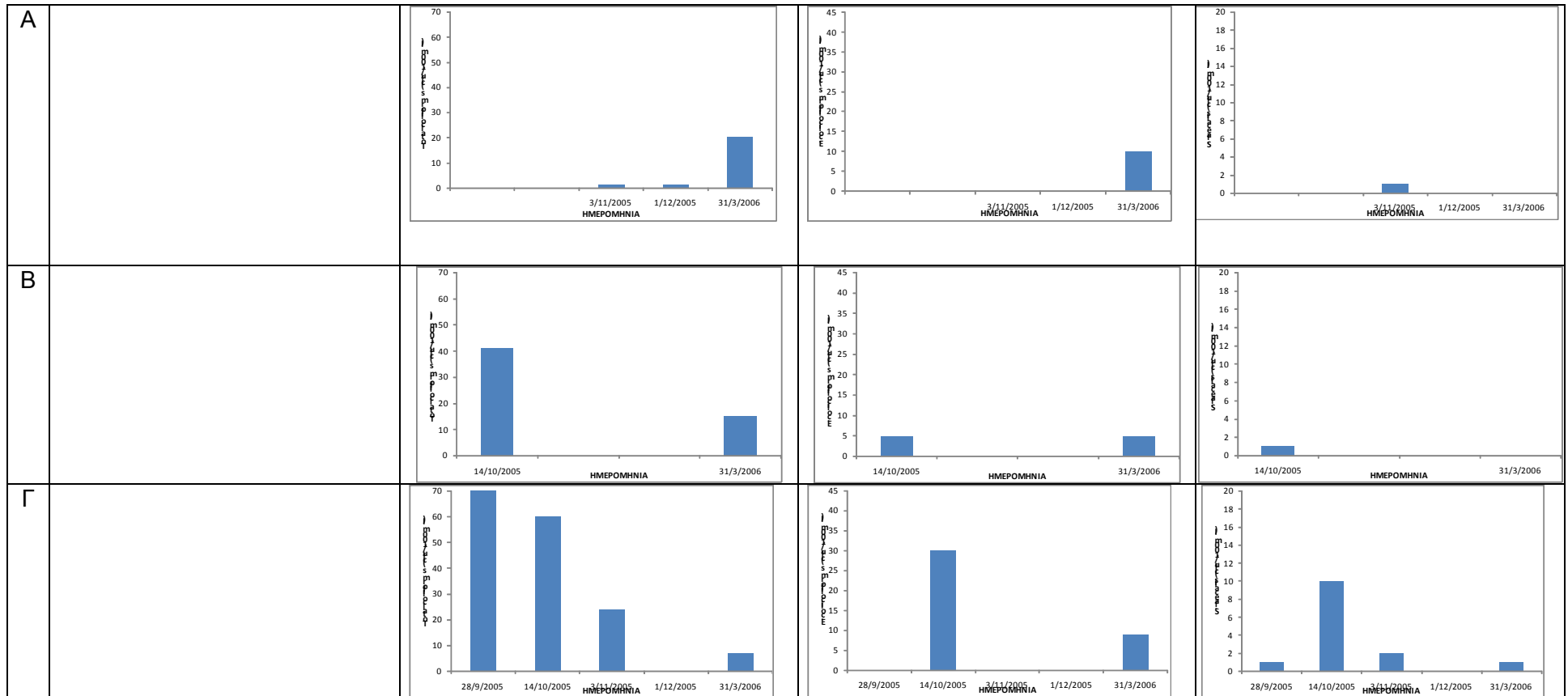
**Σχήμα 7.14** Μεταβολή των μικροβιολογικών παραμέτρων ποιότητας, Σκληρότητα, Ολικά στερεά, BOD, COD, σε δείγματα νερού από τα σημεία Πηγή (A), Δεξαμενή (B) και Βρύση καταναλωτή (Γ) την χρονική περίοδο από 28/09/05 μέχρι 31/03/06 στα σημεία των γραφικών παραστάσεων όπου δεν εμφανίζεται η ημερομηνία δεν έχει μετρηθεί η αντίστοιχη παράμετρος ενώ όπου υπάρχει ημερομηνία χωρίς ράβδο σημαίνει μηδενική τιμή παραμέτρου στην εν λόγω ημερομηνία δειγματοληψίας

## ΦΟΥΡΝΕ(4)



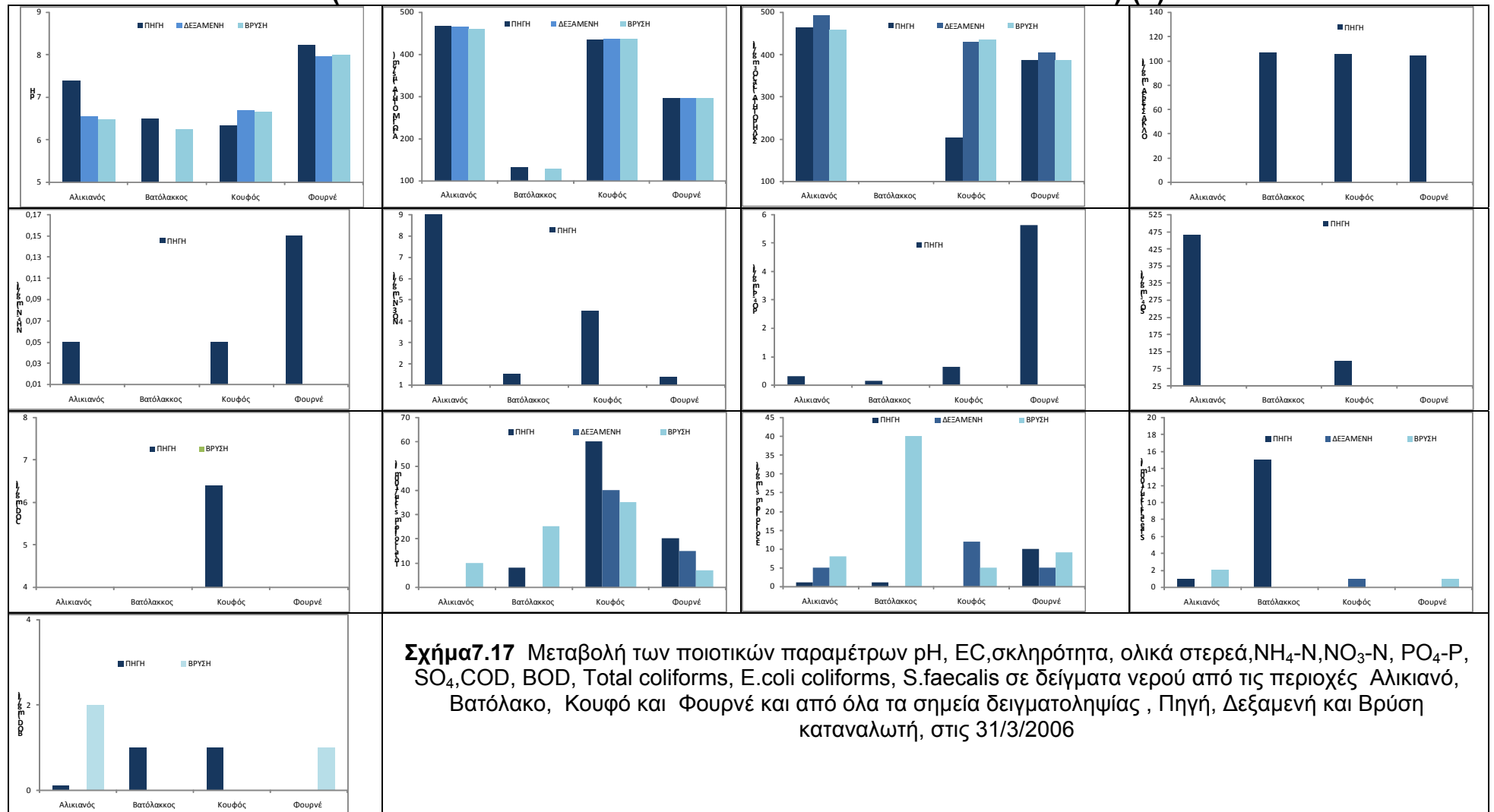
**Σχήμα 7.15** Μεταβολή των μικροβιολογικών παραμέτρων ποιότητας, NO<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, PO<sub>4</sub>-P, SO<sub>4</sub>, σε δείγματα νερού από τα σημεία Πηγή (Α), Δεξαμενή (Β) και Βρύση καταναλωτή (Γ) την χρονική περίοδο από 28/09/05 μέχρι 31/03/06 στα σημεία των γραφικών παραστάσεων όπου δεν εμφανίζεται η ημερομηνία δεν έχει μετρηθεί η αντίστοιχη παράμετρος ενώ όπου υπάρχει ημερομηνία χωρίς ράβδο σημαίνει μηδενική τιμή παραμέτρου στην εν λόγω ημερομηνία δειγματοληψίας

## ΦΟΥΡΝΕ(4)



**Σχήμα7.16** Μεταβολή των μικροβιολογικών παραμέτρων ποιότητας, Total coliforms, E coli, S faecalis, σε δείγματα νερού από τα σημεία Πηγή (A), Δεξαμενή (B) και Βρύση καταναλωτή (Γ) την χρονική περίοδο από 28/09/05 μέχρι 31/03/06. Στα σημεία των γραφικών παραστάσεων όπου δεν εμφανίζεται η ημερομηνία δεν έχει μετρηθεί η αντίστοιχη παράμετρος ενώ όπου υπάρχει ημερομηνία χωρίς ράβδο σημαίνει μηδενική τιμή παραμέτρου στην εν λόγω ημερομηνία δειγματοληψίας.

(ΑΛΙΚΙΑΝΟΣ-ΒΑΤΟΛΑΚΚΟΣ-ΦΟΥΡΝΕΣ-ΚΟΥΦΟΣ 31/03/06 ) (5)





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

### 8.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στο κεφάλαιο που ακολουθεί καταγράφονται τα συμπεράσματα που παρατηρούνται από την ανάλυση των αποτελεσμάτων των δειγματοληψιών που πραγματοποιήθηκαν στις περιοχές Αλικιανός, Βατόλακκος, Κουφός και Φουρνέ στα σημεία πηγή, δεξαμενή και κατανάλωση (βρύση), την χρονική περίοδο 28/9/2005 έως 31/3/2006.

Τα περισσότερα προβλήματα στην ποιότητα του πόσιμου νερού, κυρίως στις μικρές κοινότητες, απορρέουν από μολύνσεις κοπρανώδους προέλευσης. Αρκετές φορές όμως, παρουσιάζονται σοβαρά προβλήματα από χημική ρύπανση, που οφείλεται σε φυσικές ή ανθρώπινες πηγές. Για τη διερεύνηση αυτών των περιπτώσεων πρέπει να γίνουν χημικές αναλύσεις. Ωστόσο θα ήταν πολύ δαπανηρό και χρονοβόρο να προσδιορισθούν πολλές παράμετροι και σε συνεχή βάση, ιδίως σε υδρεύσεις μικρών πληθυσμών. Γι' αυτό το λόγο οι παράμετροι που συνιστώνται για την παρακολούθηση της ποιότητας του πόσιμου νερού, είναι εκείνες που θα καθορίσουν την υγιεινή και ασφάλεια του συστήματος ύδρευσης.

Οι τιμές του pH στην περιοχή του Αλικιανού και στα τρία σημεία δειγματοληψίας δεν παρουσίασαν ιδιαίτερες διακυμάνσεις, οι τιμές κυμάνθηκαν από 6,5 έως 7,4 ανεξάρτητα με τη εποχή δειγματοληψίας. Η EC σε όλα τα σημεία με μέσο όρο 450  $\mu\text{s}/\text{cm}$  είναι μέσα στα επιτρεπτά όρια και η σκληρότητα (193 έως 498  $\text{mg}/\text{l}$ ) είναι επίσης στα παραδεκτά από τη νομοθεσία όρια, λαμβάνοντας όμως υπόψη ότι οι ιδανικότερες τιμές σύμφωνα με βιβλιογραφικές πηγές είναι από 80 έως 150  $\text{mg}/\text{l}$ . Υπολειμματικό χλώριο, μετρήθηκε μόνο στην περιοχή του καφέ στις 28/09/05 όπου υπήρχε ένδειξη τιμής 0,11 $\text{mg}/\text{l}$  όλες οι υπόλοιπες τιμές είναι μηδενικές που σημαίνει ότι δεν γινόταν επαρκής χλωρίωση.

Οι συγκεντρώσεις των  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$  που μετρήθηκε στην περιοχή της πηγής 31/03/06 είναι όλες σε φυσιολογικά επίπεδα εκτός από τις τιμές των  $\text{SO}_4^{2-}$  (467 $\text{mg}/\text{l}$ ) με ανώτατο όριο 250 $\text{mg}/\text{l}$ . Η αύξηση αυτή μπορεί να οφείλεται στην γεωλογική σύσταση των πετρωμάτων από τα οποία διέρχεται το νερό. Οι τιμές των δεικτών οργανικής ρύπανσης BOD, COD είναι σε φυσιολογικά επίπεδα.

Τέλος παρατηρείται επιβάρυνση μικροβιολογικού φορτίου σε όλα τα σημεία των δειγματοληψιών. Κυρίως στο σημείο της κατανάλωσης όπου καταγράφηκαν 51 εντερόκοκκοι και 57 total coliforms. Σε αντίστοιχη έρευνα που έγινε στη Πάφο της Κύπρου σχετικά με τη μικροβιολογική ποιότητα του νερού, ο αριθμός των κολοβακτηριοειδών ανήλθε στα 14 και του εντερόκοκκου στα 2 δείχνοντας με βάση τα όρια της νομοθεσίας αυξημένο μικροβιολογικό φορτίο.

Οι τιμές του pH στην περιοχή του Βατόλακκου και στα τρία σημεία δειγματοληψίας δεν παρουσίασαν ιδιαίτερες διακυμάνσεις, οι τιμές κυμάνθηκαν από 6,02 έως 6,61 ανεξάρτητα με τη εποχή δειγματοληψίας. Η EC σε όλα τα σημεία με μέσο όρο 130  $\mu\text{s}/\text{cm}$  είναι μέσα στα επιτρεπτά όρια και η σκληρότητα (24 έως 77  $\text{mg}/\text{l}$ ) η οποία βρίσκεται μέσα στα επιτρεπτά όρια αλλά και μέσα στις ιδανικότερες τιμές (80-150 $\text{mg}/\text{l}$ ). Υπολειμματικό χλώριο, μετρήθηκε μόνο στην περιοχή του καφέ στις 28/09/05 όπου υπήρχε ένδειξη τιμής 0,11  $\text{mg}/\text{l}$  για το υπολειμματικό και στις 14/10/05 στην δεξαμενή υπήρξε ένδειξη τιμής 106  $\text{mg}/\text{l}$  υπολειμματικού χλωρίου συμπεραίνεται λοιπόν ότι υπάρχει πιθανή ανθρωπογενείς επιβάρυνσης.

Οι συγκεντρώσεις των  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$   $\text{SO}_4^{2-}$  που μετρήθηκε στην περιοχή της πηγής 31/03/06 είναι όλες σε φυσιολογικά επίπεδα. Οι τιμές των δεικτών οργανικής ρύπανσης BOD, COD είναι σε φυσιολογικά επίπεδα.

Τέλος παρατηρείται επιβάρυνση μικροβιολογικού φορτίου σε όλα τα σημεία των δειγματοληψιών. Με σημαντική αύξηση αποικιών των total coliforms στη πηγή που αγγίζει τον αριθμό των 3000/100ml δείγματος και οι εντερόκοκκοι φθάνουν τις 15 αποικίες.

Μικροβιολογικές αναλύσεις που έχουν διεξαχθεί, στη Κύπρο και συγκεκριμένα στη Λεμεσό, εκτός των νόμιμων ορίων ήταν το πόσιμο νερό που ελήφθη, αφού η ανάλυση κατέδειξε τα εξής: κολοβακτηριοειδή 1, εντερικά κολοβακτηριοειδή 1 και εντερόκοκκος 2.

Οι τιμές του pH στην περιοχή του Κουφού και στα τρία σημεία δειγματοληψίας δεν παρουσίασαν ιδιαίτερες διακυμάνσεις, οι τιμές κυμάνθηκαν από 6,03 έως 7 ανεξάρτητα με τη εποχή δειγματοληψίας. Η EC σε όλα τα σημεία με μέσο όρο 450  $\mu\text{s}/\text{cm}$  είναι μέσα στα επιτρεπτά όρια και η σκληρότητα 154 έως 434  $\text{mg}/\text{l}$  λαμβάνοντας υπόψη ότι οι ιδανικότερες τιμές είναι από 80 έως 150  $\text{mg}/\text{l}$  συμπεραίνουμε ότι το νερό βρίσκεται από φυσιολογικά μέχρι επιτρεπτά όρια. Υπολειμματικό χλώριο μετρήθηκε στην περιοχή του καφέ και της δεξαμενής όπου δεν υπήρχε ένδειξη σημαντικής χλωρίωσης.

Οι συγκεντρώσεις των  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$   $\text{SO}_4^-$  που μετρήθηκε στην περιοχή της πηγής 31/03/06 είναι όλες σε φυσιολογικά επίπεδα. Οι τιμές των δεικτών οργανικής ρύπανσης BOD, COD είναι άνω των επιτρεπτών ορίων συνεπώς έχουμε ρύπανση.

Τέλος παρατηρείται επιβάρυνση μικροβιολογικού φορτίου σε όλα τα σημεία με μεγάλο αριθμό εντερόκκων που ξεπερνάει τις 75 αποικίες, total coliforms 150 αποικίες και E.coli stis 80 αποικίες.

Παρατηρώντας, τη μικροβιολογική ανάλυση που έγινε στην περιοχή των Κονίων της Κύπρου τα κολοβακτηριοειδή ανήλθαν στα 2. Επισημαίνεται ότι, με βάση τη νομοθεσία και τα όρια που θεσπίστηκαν για το πόσιμο νερό, δηλαδή το νερό της υδατοπρομήθειας, και οι τρεις παράμετροι -τα κολοβακτηριοειδή, τα εντερικά κολοβακτηριοειδή και ο εντερόκοκκος- πρέπει να δείχνουν ένδειξη 0, ώστε το νερό να είναι εντός των αποδεκτών ορίων.[9]

Οι τιμές του pH στην περιοχή του Φουρνέ και στα τρία σημεία δειγματοληψίας δεν παρουσίασαν ιδιαίτερες διακυμάνσεις, οι τιμές κυμάνθηκαν από 7,9 έως 8,3 ανεξάρτητα με τη εποχή δειγματοληψίας. Η EC σε όλα τα σημεία με μέσο όρο 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$  είναι μέσα στα επιτρεπτά όρια και η σκληρότητα (24 έως 405 mg/l) και λαμβάνοντας υπόψη ότι οι ιδανικότερες τιμές είναι από 80 έως 150 mg/l συμπεραίνουμε ότι κυμαίνεται από φυσιολογικά μέχρι επιτρεπτά όρια. Υπολειμματικό χλώριο μετρήθηκε στη περιοχή του καφέ δίνοντας τιμή 1 mg/l συμπεραίνοντας ότι υπάρχει αυξημένη δόση χλωρίου.

Οι συγκεντρώσεις των  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{NH}_4\text{-N}$ ,  $\text{SO}_4^-$  που μετρήθηκε στην περιοχή της πηγής 31/03/06 είναι όλες σε φυσιολογικά επίπεδα, εκτός από τα  $\text{PO}_4\text{-P}$  που έχουμε αυξημένη τιμή 5,63 που υποδηλώνει την συγκεκριμένη εποχή χρήση λιπασμάτων και γενικότερα ανθρωπογενείς δραστηριότητα. Οι τιμές των δεικτών οργανικής ρύπανσης BOD είναι σε φυσιολογικά επίπεδα σε αντίθεση με το COD που φτάνει μέχρι 20,6.

Τέλος παρατηρείται το μικροβιολογικό φορτίο αυξημένο, με, total coliforms να φτάνουν τις 120 αποικίες, 30 αποικίες E.coli και 10 αποικίες εντερόκοκκων στο σημείο της κατανάλωσης (καφέ).

Σε γενικές γραμμές και με βάση τα παραπάνω αποτελέσματα και συμπεράσματα μπορούμε να χαρακτηρίσουμε γενικότερα το νερό του Δήμου Μουσούρων ως νερό ακατάλληλο για πόση εξαιτίας του αυξημένου επικίνδυνα μικροβιολογικού φορτίου και των τεσσάρων περιοχών. Η ανώτατη παραδεκτή τιμή για όλα τα μικροβιολογικά του νερού είναι 0 και εμείς παρατηρούμε μεγάλη μικροβιολογική επιβάρυνση.[5-6]

## 8.2 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Το νερό είναι κυρίαρχο στοιχείο της ζωής και αγαθό πρωταρχικής ανάγκης για την επιβίωση του ανθρώπου και των οικοσυστημάτων. Η έλλειψή του είναι ένα από τα πλέον ανησυχητικά προβλήματα της νέας χιλιετίας, ενώ σε πολλές περιοχές της χώρας μας έχει φτάσει στα όρια της λειψυδρίας, καθώς η ρύπανση μειώνει ακόμα περισσότερο το κατάλληλο για χρήση νερό, και παράλληλα συντελεί στην καταστροφή των υδάτινων πόρων. Σε μια χώρα με τις γεωλογικές ιδιαιτερότητες της Ελλάδας, παρατηρούνται μεγάλες γεωγραφικές διαφοροποιήσεις στη διαθεσιμότητα των υδατικών πόρων, οι οποίες, σε συνδυασμό με τις εξίσου μεγάλες εποχιακές ποσοτικές διακυμάνσεις στις παροχές, καθιστούν απαραίτητη την αντιμετώπιση της παροχής ασφαλούς πόσιμου νερού στον πληθυσμό, μέσω ενός προγράμματος ολοκληρωμένης διαχείρισης και έργων αξιοποίησης των υδατικών πόρων.

Η προστασία του υδατικού περιβάλλοντος μπορεί να επιτευχθεί μόνο με την ενοποίηση πολιτικών και ενεργειών που μπορούν να συμβάλουν στη βελτίωση της ποιότητας του νερού. Η βελτίωση και η αντιμετώπιση των προβλημάτων ύδρευσης, απαιτεί σημαντικές, ολοκληρωμένες και συνδυασμένες παρεμβάσεις με σημαντικές επενδύσεις, αλλά και οργάνωση και δραστηριοποίηση ενός μηχανισμού που θα υποστηρίξει τόσο τη συντήρηση των βασικών επενδύσεων όσο και την παρακολούθηση των προβλημάτων ποιότητας.

Απαραίτητη κρίνεται η συνεργασία μεταξύ όλων των εμπλεκόμενων φορέων για την αντιμετώπιση των αντικειμενικά πολυδιάστατων προβλημάτων του νερού. Προς αυτή την κατεύθυνση θα βοηθήσει και η επικοινωνία με καταρτισμένους επιστήμονες που μελετούν, χειρίζονται και αντιμετωπίζουν τα προβλήματα των υδατικών πόρων. Τέλος, η ενίσχυση της βασικής και εφαρμοσμένης έρευνας, η καινοτομία και η στροφή σε νέες τεχνολογίες αποτελούν και θα αποτελέσουν σημαντικά εργαλεία ανάπτυξης για τη χώρα μας.

Συνεπώς συνοψίζοντας τα παραπάνω για τη σωστή διαχείριση του πόσιμου νερού μπορούν να ληφθούν τα ακόλουθα μέτρα:

- Απολύμανση του νερού.
- Προστατευτικά περιγράμματα στις πηγές και τις δεξαμενές.

- Ενημέρωση των αγροτών και των κτηνοτρόφων για τη χρήση λιπασμάτων κοντά στις πηγές και της βοσκής των ζώων αντίστοιχα.
- Καταρτισμένους επιστήμονες για την επιστημονική παρακολούθηση του δικτύου.

Η απαίτηση για καθαρό περιβάλλον προϋποθέτει εκτός από τον έλεγχο της ποιότητας του νερού, και συνεχή ενημέρωση του κοινού για θέματα ποιότητας αλλά και ποσότητας, καθώς είναι κοινή πλέον η διαπίστωση ότι η προστασία του υδατικού περιβάλλοντος είναι υπόθεση όλων μας. Το νερό μας αφορά όλους και όλοι πρέπει να έχουν γνώση αλλά και ευθύνη της σωστής χρήσης και κατανάλωσής του. Το μέλλον δεν περιμένει. Θέλει σχεδιασμό και οργάνωση πολύ πριν μας προλάβουν τα γεγονότα. Άλλωστε, όπως είχε πει κάποτε και ο Βενιαμίν Φραγκλίνος “...δε μπορείς να καταλάβεις την αξία του νερού έως ότου στερέψει το πηγάδι σου...”.

## ΠΗΓΕΣ-ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Βιβλιογραφία:

1. Ζανάκη Κ., 2001. <<Έλεγχος Ποιότητας Νερού.>> Εκδόσεις Ίων, 508 σελίδες.
2. Θεμιστοκλής Δ. Λέκκας 1996. <<Διαχείριση Υδατικών Πόρων >>Περιβαλλοντική Μηχανική Ι Πανεπιστήμιο Αιγαίου Τμήμα περιβάλλοντος ISBN 960-85905-0-7, 676 σελίδες.
3. Γ.Σταυρουλάκης Εκπαιδευτικό υλικό 2005. <<Έλεγχος Ποιότητας Νερού>> Τ.Ε.Ι Κρήτης Παράρτημα Χανίων, Τμήμα Τεχνολογίας Συστημάτων και Διαχείρισης Φυσικών Πόρων, 65 σελίδες
4. Γ.Σταυρουλάκης Εκπαιδευτικό υλικό. <<Μικροβιολογία του Υδάτινου Περιβάλλοντος>> Βασικές Αρχές. Τ.Ε.Ι Κρήτης Παράρτημα Χανίων, Τμήμα Τεχνολογίας Συστημάτων και Διαχείρισης Φυσικών Πόρων, 222 σελίδες

### Πηγές:

5. [http://triton.chania.teicrete.gr/arxeiapdf/epistimonika%20arth/9\\_Agia\\_1.pdf](http://triton.chania.teicrete.gr/arxeiapdf/epistimonika%20arth/9_Agia_1.pdf)
6. [http://www.ekke.gr/estia/gr\\_pages/erevnit\\_prg/life/valitsaki/4\\_fusikoxhmika\\_xaraxthristika.pdf](http://www.ekke.gr/estia/gr_pages/erevnit_prg/life/valitsaki/4_fusikoxhmika_xaraxthristika.pdf)
7. <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%B5%CF%81%CF%8C>
8. [http://www.elinyae.gr/el/lib\\_life\\_upload/1132b\\_06.1174309872116.pdf](http://www.elinyae.gr/el/lib_life_upload/1132b_06.1174309872116.pdf)
9. <http://www.sigmalivecom/simerini/news/local/30023>