



**«Η σκληρότητα ως ποιοτικό χαρακτηριστικό του πόσιμου νερού  
και η επίδραση στην ανθρώπινη υγεία. Η περίπτωση της  
Κέρκυρας.»**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**  
**«Στυλιανής Χρυσικοπούλου»**

**ΧΑΝΙΑ 2010**



**«Η σκληρότητα ως ποιοτικό χαρακτηριστικό του πόσιμου νερού  
και η επίδραση στην ανθρώπινη υγεία. Η περίπτωση της  
Κέρκυρας.»**

## **ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

*Στυλιανής Χρυσικοπούλου*

**Επιβλέπων :**

**Δρ. Γ. Σταυρουλάκης  
Καθηγητής**

**Επιτροπή Αξιολόγησης :**

**Δρ. Κώττη Μελίνα  
Καθηγήτρια Εφαρμογών**

**Παπαφιλιππάκη Ανδρονίκη (MSc)  
Εργαστηριακός Συνεργάτης**

**Ημερομηνία παρουσίασης: 04-02-2010**

**Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας : 35**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΠΡΟΛΟΓΟΣ</b> .....	3
Σκοπος εργασιας .....	3
Δομη εργασιας .....	3
<b>1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b> .....	5
<b>2.ΝΕΡΟ</b> .....	6
2.1 Νερό μέσο ζωής ανάγκη προστασίας Καταστάσεις νερού .....	6
2.2 Καταστάσεις νερού .....	7
2.3 Σύσταση Νερού.....	8
2.4 Δομή του μορίου.....	8
2.5 Φυσικές σύσταση του νερού.....	9
2.6 Χημικές σύσταση του νερού.....	10
2.7 Σύσταση διαφόρων τύπων νερού.....	11
<b>3.ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ-ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΝΕΡΟΥ</b> ..... <b>Σφάλμα! Δεν έχει οριστεί σελιδοδείκτης.</b>	
3.1 Το νερό και η υγεινή παροχή του .....	17
3.2 Ποιότητα πόσιμου νερού .....	18
3.2.1 Φυσικές ιδιότητες του νερού .....	20
3.2.2 Χημικές Ιδιότητες του νερού.....	21
3.2.3Μικροβιολογική ποιότητα πόσιμου νερού και δημόσια υγεία .....	29
3.3 Το νερό και ο ρόλος του στην υγεία του ανθρ. οργανισμού.....	31
3.4 Προβλήματα υγεινής του νερού .....	33
3.5 Διεργασίες καθαρισμού του πόσιμου νερού.....	39
<b>4. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΗΓΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ</b> .....	45
4.1 Εισαγωγή .....	45
4.1.1. Περιοχές προστασίας των υπόγειων υδάτων .....	46
4.2 Μέθοδοι αξιολόγησης πηγών .....	47
4.2.1.Επιτόπια υγεινολογική αναγνώριση.....	48
4.2.2. Μικροβιολογικές αναλύσεις.....	50
4.2.3. Αξιολόγηση προστασίας των πηγών.....	50
4.3 Συμπεράσματα .....	51
4.4 Έργα ύδρευσης .....	52
<b>5. ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ</b> .....	54
5.1 Σκληρότητα νερού .....	54
5.2 Προβλήματα που μπορούν να προκληθούν από τη σκληρότητα.....	59
5.3 Περιβαλλοντικά επίπεδα και ανθρώπινη έκθεση.....	64
5.4 Προσδιορισμός της σκληρότητας του νερού.....	67
5.5 Άλλες εκτιμήσεις .....	71
<b>6.ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ</b> .....	73
6.1 Περιοχή μελέτης .....	73
6.2 Σημαντικές πηγές Κέρκυρας.....	74

6.3 Υδρογεωλογία.....	75
6.4 Τα προβλήματα της Κέρκυρας .....	78
6.5 Υλικά και Μέθοδοι .....	80
6.5.1 Μέθοδοι Προσδιορισμού .....	81
6.6 Διαγράμματα - Αποτελέσματα.....	88
<b>7. ΠΡΟΤ. ΕΡΓΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤ/ΠΙΣΗ ΥΡΔΕΥΤ. ΠΡΟΒ. ΚΕΡΚΥΡΑΣ .....</b>	<b>95</b>
7.1 Το πρόβλημα του γύψου και η αντίστροφη όσμωση ως λύση .....	95
7.2 Προτεινόμενα έργα για την αντιμετώπιση του υδρευτικού προβλήματος .....	96
<b>8. ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....</b>	<b>98</b>
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ.....</b>	<b>99</b>

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή Σταυρουλάκη Γεώργιο και τους συνεργάτες του, Κώττη Μελίνα Καθηγήτρια Εφαρμογών και Παπαφιλιππάκη Ανδρονίκη Εργαστηριακός Συνεργάτης.

## **ΠΡΟΛΟΓΟΣ**

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια των σπουδών μου στο Εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας Υδατικών & Εδαφικών Πόρων του Τμήματος Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Κρήτης – Παραρτήμα Χανίων.

### **Σκοπός εργασίας**

Σκοπός της εργασίας ήταν η μελέτη της σκληρότητας του νερού ως ποιοτικό χαρακτηριστικό του πόσιμου νερού και οι επιπτώσεις της στην ανθρώπινη υγεία, καθώς και τα μέτρα αντιμετώπισης του προβλήματος.

### **Δομή εργασίας**

Η εργασία αποτελείται συνολικά από 8 (οκτώ) κεφάλαια. Τα δύο πρώτα είναι ο πρόλογος και η εισαγωγή της εργασίας, τα αμέσως επόμενα ασχολούνται με το νερό τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του και το ρόλο του στην ανθρώπινη υγεία. Η σκληρότητα του νερού ως βασικός σκοπός της εργασίας, αναπτύσσεται στο επόμενο κεφάλαιο. Ακολουθούν, το πειραματικό μέρος, στο οποίο περιγράφεται η περιοχή μελέτης (Κέρκυρα) τα γενικά χαρακτηριστικά του νησιού η σύσταση του εδάφους και η πειραματική διαδικασία. Τα αποτελέσματα και τα συμπεράσματα από το πειραματικό μέρος της εργασίας παρουσιάζονται στο 6<sup>ο</sup> κεφάλαιο. Η εργασία ολοκληρώνεται με τα προτεινόμενα έργα για την αντιμετώπιση του προβλήματος .

## **ABSTRACT**

This work took place in my studies at the Laboratory Quality Control of Water and Soil Resources Department of Natural Resources and Environment of the Technological Educational Institute of Crete- Annex in Chania.

### **Purpose of Work**

Purpose of the study was to study the hardness of water as a qualitative characteristic of water and its impact on human health, even more the measures to tackle the problem.

### **Working Structure**

The work consists of nine capitals (9). The first two are the foreword and the introduction of work over the next few chapters deal with water quality characteristics as well as its role in human health. The hardness of the water as the main purpose of the work develops in the following section.

Here, the experimental part, which describes the study area (Corfu), the general features of the island and of the soil and moreover the process of the experimental work. The experimental results and conclusions from the experimental work presented in Chapter 6. The work completed by the proposed projects to address the problem.

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό μπορεί να θεωρηθεί ως φυσικός πόρος, ως οικονομικό αγαθό και ως περιβαλλοντικό στοιχείο, ανάλογα με το κύριο κριτήριο και το είδος της διαχείρισής του. Σε σχέση με άλλους φυσικούς πόρους και με άλλα οικονομικά αγαθά έχει μία ιδιαιτερότητα: είναι μοναδικό και αναντικατάστατο και επομένως η βιώσιμη διαχείριση των υδατικών πόρων είναι η βασική παράμετρος της αειφόρου ανάπτυξης.

Το νερό δεν είναι απαραίτητο μόνο για τη συντήρηση της ίδιας της ζωής, αλλά είναι και πρωταρχικής σημασίας για ένα μεγάλο πλήθος σημαντικών δραστηριοτήτων του ανθρώπου, ξεκινώντας από τη γεωργία και φθάνοντας στη βιομηχανική ανάπτυξη, στον τουρισμό και 16 στην παραγωγή ενέργειας. Έτσι, δημιουργούνται δύο αντιφατικές τάσεις: συνεχής μείωση των κατά κεφαλήν διαθέσιμων υδατικών πόρων, από τη μία, εξαιτίας της αύξησης του πληθυσμού, και διαρκής αύξηση των κατά κεφαλήν απαιτήσεων, από την άλλη, αποτέλεσμα της αλλαγής των συνθηκών διαβίωσης, της εντατικοποίησης των ρυθμών της ανάπτυξης αλλά και της εφαρμογής σύγχρονων υδροβόρων τεχνολογικών μέσων και μεθόδων.

Στη φύση το νερό αναζωογονείται με τον κύκλο εξάτμισης -βροχής μέσα στο μαγνητικό πεδίο της γης. Το νερό είναι πλέον μαλακό, οξυγονωμένο και γεμάτο ενέργεια. Το βρόχινο νερό περιέχει ανθρακικό οξύ το οποίο διαλύει από τα επιφανειακά, αλλά και τα υπόγεια στρώματα της γης, μεταξύ άλλων, ασβέστιο και μαγνήσιο. Τα άλατα αυτών (Ασβεστίτης), αποτελούν τη σκληρότητα του νερού. Όταν το νερό αναφέρεται ως "σκληρό" αυτό σημαίνει απλά, ότι περιέχει περισσότερα μεταλλικά στοιχεία από το συνηθισμένο νερό. Αυτά είναι ειδικά τα μεταλλικά στοιχεία ασβέστιο και το μαγνήσιο. Ο βαθμός σκληρότητας του νερού μεγαλώνει, όταν διαλύονται περισσότερο ασβέστιο και μαγνήσιο. Το μαγνήσιο και το ασβέστιο είναι θετικά φορτισμένα ιόντα.

Το νερό στη συνέχεια μέσα από το τεχνικό πέρασμα του από τις σωληνώσεις των δικτύων χάνει τις αναζωογονητικές ιδιότητες που είχε από τη φύση, ενώ διατηρεί και τη σκληρότητα του και εδώ αρχίζει το ορατό πρόβλημα. Στο οικιακό περιβάλλον το σκληρό νερό δεν είναι πολύ αποδοτικό για ορισμένες χρήσεις: για το πλύσιμο των πιάτων και των ρούχων, για το ξύρισμα, για το πλύσιμο του αυτοκινήτου, καταστρέφει το δίκτυο και όλες τις συσκευές που έρχονται σε επαφή με το νερό, απαιτεί διπλάσια ποσότητα απορρυπαντικών, σαπουνιών, μαλακτικών, αποσκληρυντικών, γυαλιστικών, κλπ. Απαιτεί διπλάσια κατανάλωση ρεύματος ή πετρελαίου για θερμοσίφωνες, καλοριφέρ, boilers, παγομηχανές, πλυντήρια ρούχων και πιάτων, καφετιέρες για επαγγελματική και οικιακή χρήση όταν θερμαίνεται το σκληρό νερό τα μεταλλεύματα σκληρότητας μπορεί να συνδέσει τους σωλήνες και τα μεταλλεύματα σκληρότητας παρεμποδίζουν συχνά τις βιομηχανικές διαδικασίες. Το υπόλειμμα του σαπουνιού είναι δύσκολο να απομακρυνθεί και μένει στο δέρμα μετά το μπάνιο. Γεμίζει τους πόρους του δέρματος και σκεπάζει τα μαλλιά. Επίσης είναι πρόσφορο έδαφος για την ανάπτυξη μικροβίων και μπορεί να δημιουργήσει κνησμό και κοκκινίλες στο δέρμα. Η σκληρότητα επίσης μπορεί να δημιουργήσει ανεπιθύμητη γεύση στο πόσιμο νερό, σε μαγειρεμένα φαγητά με λαχανικά και να δημιουργήσει "θολά" παγάκια.<sup>(1)</sup>

## 2. NEPO

### 2.1 Νερό μέσο ζωής ανάγκη προστασίας

"Νερό αρχή των πάντων" κατά τον Θαλή τον Μιλήσιο και ένα από τα τέσσερα βασικά στοιχεία κατά τον Αριστοτέλη. Η Γη είναι ένας πλανήτης κεντημένος με το νερό, που αποτελεί πολύτιμο μέσο ζωής για τον Γαλάζιο Πλανήτη.

Το νερό συμμετέχει σε όλα τα στάδια ανάπτυξης του πλανήτη και κινείται αέναα, με διάφορες 'αμφιέσεις', εναλλασσόμενο στις τρεις καταστάσεις του, μεταξύ γης και ουρανού. Το νερό είναι η περισσότερο διαδεδομένη στη φύση χημική ουσία. Η σπουδαιότητα του νερού για τη διατήρηση της ζωής στον πλανήτη μας είναι φανερή. Το νερό αποτελείται από υδρογόνο και οξυγόνο. Οι άνθρωποι και τα ζώα έχουν στο σώμα τους 60-70% νερό.

Οι ωκεανοί ρύθμισαν το κλίμα και αποτέλεσαν το λίκνο κάθε έμβιου πλάσματος. Εάν ο ανθρώπινος νους μπορούσε να συνειδητοποιήσει ότι το 70% του πλανήτη μας καλύπτεται από τα νερά των ωκεανών και το σημαντικό ρόλο, που παίζει η τεράστια αυτή μάζα νερού στη διατήρηση της ισορροπίας μεταξύ βιοτικών, αβιοτικών και κλιματολογικών παραγόντων, η συμπεριφορά μας απέναντι σε αυτό το αγαθό θα ήταν διαφορετική. Οι μεγάλοι πολιτισμοί γεννήθηκαν κοντά στο νερό και από το νερό. Είναι το πολυτιμότερο αγαθό, που μας παρέχει η φύση. Όρος για την ανάπτυξη, την ευημερία, την υγιεινή διαβίωση, την ίδια την ύπαρξη ζωής.

Αποτελεί το αφθονότερο στοιχείο στην επιφάνεια της γης, έχει ταχύτατο κύκλο στην ατμόσφαιρα, αλλά είναι μεγάλο ψέμα να θεωρείται το γλυκό νερό άφθονο και ανεξάντλητο απόθεμα. Το πόσιμο νερό αντιπροσωπεύει το 1/10 της συνολικής ποσότητας νερού στον πλανήτη. Τα επιφανειακά νερά από πηγή πλούτου, όμως, μπορούν να μετατραπούν σε μια διαρκή και αόρατη απειλή, αν οι κυβερνήσεις όλων των χωρών δεν πάρουν άμεσα δραστικά μέτρα για την διαχείριση και την προστασία τους. Η διασφάλιση της ποιότητας του νερού και των υδατικών πόρων αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την κοινωνική και οικονομική ζωή, ο οποίος σχετίζεται άμεσα και με την προστασία του. Γι αυτό είναι επιτακτική η ανάγκη χάραξης συγκεκριμένης μακροπρόθεσμης στρατηγικής για το νερό και τους υδάτινους πόρους.

Ανάμεσα στις σοβαρές απειλές, που προέρχονται από τη μη ορθολογική χρήση του νερού και μπορούν να επηρεάσουν την υγεία και την ύπαρξη του ανθρώπου, είναι η ρύπανση και μόλυνση των επιφανειακών, των υπόγειων νερών και της θάλασσας από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Η ρύπανση ή η μόλυνση του υδατικού περιβάλλοντος χαρακτηρίζεται από ένα πλήθος παραμέτρων, που διαφέρουν ως προς τη φύση και τις επιπτώσεις τους στο οικοσύστημα. Το φυσικό, όμως, φαινόμενο της εξελικτικής διαδικασίας της ρύπανσης είναι ενιαίο και χαρακτηρίζεται από:

- Την είσοδο του ρυπαντικού φορτίου στο νερό.
- Την ανάμιξη του φορτίου με το σύνολο των νερών και τη μεταφορά του.
- Την ενδεχόμενη αλλοίωση του φορτίου από διάφορες βιοχημικές διαδικασίες κατά τη χωροχρονική εξέλιξη της μεταφοράς του μέσα από τη μάζα του νερού.

Η ρύπανση προέρχεται από παραγωγικές διαδικασίες βιομηχανιών, αγροτικές δραστηριότητες, διασπορά οικιστικών αποβλήτων, ατυχήματα από διασπορά χημικών και πετρελαίου στο νερό. Τα αποτελέσματα της παραμονής από τη διασπορά των αποβλήτων εξαρτώνται από το χρόνο, που χρειάζεται το υλικό να διασπαστεί σε αβλαβή μορφή. Έτσι τα οικιστικά και οργανικά βιομηχανικά απόβλητα διασπώνται πολύ γρήγορα. Η διάθεσή τους γίνεται μέσα από δίκτυο υπονόμων, που το περιεχόμενό του αυξάνει τη "γονιμότητα" του νερού ελευθερώνοντας θρεπτικές ουσίες (π.χ. εμφάνιση πλαγκτόν, ευτροφισμός), με πιθανά μακροπρόθεσμα αποτελέσματα. Η συνηθέστερη και σοβαρότερη μορφή ρύπανσης είναι η



οργανική, εξαιτίας της ποσότητας των οργανικών ουσιών και των συνεπειών τους στο οικοσύστημα. Η μείωσή της, κατά τη διάρκεια της εξελικτικής διαδικασίας, είναι γνωστή σαν αυτοκαθαρισμός. Τα επιζήμια αποτελέσματα της ρύπανσης είναι μολύνσεις, αποοξυγόνωση, ευτροφισμός, αλατότητα, πρόκληση ασθενειών, που μεταφέρονται στον άνθρωπο άμεσα με το νερό, ή έμμεσα, όταν καταναλώνει προσβεβλημένους υδρόβιους οργανισμούς. Το πετρέλαιο χρειάζεται μήνες ως δύο χρόνια για να εξαφανιστεί με φυσικό τρόπο. Τα αγροχημικά και τα πλαστικά είναι πολύ σταθερά στο υδάτινο περιβάλλον, ενώ τα βαρέα τοξικά μέταλλα παρουσιάζουν αυξητικές τάσεις και μειώνονται σταδιακά, μόνο όταν σταματήσει η προσθήκη τους στο σύστημα, οπότε αναπτύσσονται άλλες φυσικές διεργασίες, που συμβάλλουν στη μείωσή τους, όπως καθίζηση και καταβύθιση.

Μέχρι πρόσφατα, η έρευνα για την επίδραση των τοξικών χημικών ουσιών στην υγεία του ανθρώπου στρεφόταν σε κινδύνους για γενετικές μεταλλάξεις, τερατογενέσεις και καρκίνους. Τα τελευταία πέντε χρόνια, οι επιστήμονες ανακάλυψαν ότι πολλές από τις συνθετικές χημικές ουσίες επεμβαίνουν στο ενδοκρινικό σύστημα, διαταράσσοντας τις φυσικές βιολογικές διαδικασίες του σώματος. Είναι αλήθεια, πως ο όγκος των ωκεανών είναι τόσο μεγάλος, που η συσσώρευση των ρυπαντών γίνεται πολύ αργά. Οι οργανισμοί έχουν μεγάλη ικανότητα να προσαρμόζονται στις σταδιακές περιβαλλοντικές αλλαγές, με εγκλιματισμό. Εκτός και αν η ρύπανση είναι πολύ σοβαρή, οπότε επηρεάζεται η θαλάσσια ζωή και τα αρχικά στάδια των οργανισμών.

Οι ωκεανοί αποτελούν πιο ασφαλή μέρη για τη διασπορά ψηλών τοξικών αποβλήτων, σε σχέση με την παραμονή αυτών των αποβλήτων στο έδαφος. Οι ενδιάμεσοι κίνδυνοι της θαλάσσιας ρύπανσης είναι περισσότερο τοπικοί, παρά παγκόσμιοι και συνδέονται με τις παράκτιες περιοχές και τους αργούς ρυθμούς ανάμιξης των νερών, σε κόλπους και λιμνοθάλασσες.

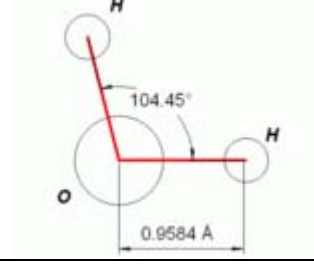
Η έλλειψή του νερού κατά τη διάρκεια της ιστορίας του, συνδέθηκε με πολλά δεινά. Σήμερα ο κίνδυνος της έλλειψής του έγινε πιο ορατός σε όλες τις χώρες. Τα επόμενα 25 χρόνια προβλέπεται ότι η χρήση νερού θ' αυξηθεί κατά 40% και θα χρειαστεί 17% περισσότερο νερό για την αγροτική παραγωγή, για να καλυφθούν οι ανάγκες του πληθυσμού σε τρόφιμα, σύμφωνα με τον FAO (Παγκόσμιος Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας).<sup>(2)</sup>

## 2.2 Οι τρεις καταστάσεις του νερού

Το νερό απαντάται σε τρεις μορφές: στερεή (πάγος, χιόνι), υγρή (νερό πηγών, θαλασσών) και αέρια (υδρατμοί στην ατμόσφαιρα). Επίσης, το νερό υπάρχει σ' όλους τους ζωντανούς (ζωικούς και φυτικούς) οργανισμούς. Στις τροφές υπάρχει σε μεγάλο ποσοστό. Το γάλα π.χ. περιέχει 87%, οι πατάτες 78%, τα αβγά 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 μ' αυτές ένυδρες ενώσεις, συνήθως κρυσταλλικές, όπως είναι ο ένυδρος θειικός χαλκός, ο γύψος, το θειικό ασβέστιο κ.ά. 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.<sup>(3)</sup>

## 2.3 Σύσταση νερού

Το νερό μέχρι το 18<sup>ο</sup> αιώνα θεωρούνταν ως στοιχείο. Πρώτος ο πατέρας της νεότερης χημείας Λαβουαζιέ απέδειξε ότι είναι ένωση του υδρογόνου με το οξυγόνο. Ο χημικός του τύπος είναι H<sub>2</sub>O και η σχετική αναλογία βαρών του υδρογόνου και του οξυγόνου είναι 2,016: 16,000.<sup>(3)</sup>

Γενικές Ιδιότητες	
Όνομασία	Νερό
Μοριακή γεωμετρία (non-SI)	
Χημικός τύπος	H <sub>2</sub> O
εμφάνιση	Διαυγές, σχεδόν άχρωμο υγρό με έναν ελαφρά μπλε τόνο

Σχήμα [1]: μοριακή γεωμετρία του νερού (<http://el.wikipedia.org/wiki/Νερό>)

#### 2.4 Δομή του μορίου

Το μόριο του νερού δεν είναι γραμμικό, δηλαδή οι δεσμοί O-H δε βρίσκονται πάνω στην ευθεία, αλλά σχηματίζουν γωνία 104,5 μοιρών. Το μήκος του δεσμού O-H είναι 0,96 Å (Άγκστρεμ, 1 Å=10<sup>-8</sup> 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 τη πλευρά του οξυγόνου. Μεταξύ των μορίων του νερού αναπτύσσονται ισχυρές δυνάμεις έλξης van der Waals. 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, καθώς επίσης την υψηλή θερμοκρασία βρασμού, έναντι της αλκοόλης και του αιθέρα, που έχουν πολύ μικρότερη θερμοκρασία βρασμού, αν και έχουν μεγαλύτερο μοριακό βάρος.<sup>(3)</sup>

Το νερό στην αέρια κατάσταση του (ατμός) είναι μια χημική ένωση δύο ατόμων υδρογόνου με ένα άτομο οξυγόνου, H<sub>2</sub>O. Τα περισσότερα μόρια του νερού έχουν μοριακό βάρος ίσο με 18. Παρόλα αυτά, επειδή το υδρογόνο και το οξυγόνο έχουν 3 ισότοπα, υπάρχουν 18 πιθανά μοριακά βάρη για το νερό.<sup>(4)</sup>

Παρόλο που ο ίδιος μοριακός τύπος χρησιμοποιείται για όλες τις καταστάσεις νερού, οι συμπυκνωμένες μορφές του (υγρό, πάγος) δεν αποτελούν μια απλή συνάθροιση μορίων. Τα άτομα του υδρογόνου είναι θετικά φωτισμένα και το άτομο του οξυγόνου αρνητικά φορτισμένο. Λόγω αυτής της κατανομής φορτίου του μορίου H<sub>2</sub>O είναι ισχυρά διπολικό και έτσι δημιουργούνται ισχυρές έλξεις μεταξύ των μορίων του νερού που είναι γνωστές ως δεσμοί υδρογόνου (hydrogen bonds). Το νερό παρουσιάζει έντονα το φαινόμενο της σύζευξης. Με τη δημιουργία δεσμών δια γέφυρας υδρογόνου. Τα μόρια δηλαδή του νερού σχηματίζουν δεσμούς μεταξύ του ηλεκτροθετικού υδρογόνου του ενός μορίου και του ηλεκτρομαγνητικού 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 γνωστός H<sub>2</sub>O, αλλά H<sub>180</sub>O<sub>90</sub>.<sup>(3)</sup>

Οι δεσμοί υδρογόνου είναι υπεύθυνοι για πολλές από τις ασυνήθιστες ιδιότητες του νερού. Το νερό είναι το διυδρογονίδιο του οξυγόνου. Αν το συγκρίνουμε με άλλα διυδρογονίδια άλλων στοιχείων της ίδιας ομάδας του περιοδικού πίνακα με αυτήν του οξυγόνου, όπως είναι το υδρόθειο, H<sub>2</sub>S, το υδροσελήνιο, H<sub>2</sub>Se και το υδροτελούριο, H<sub>2</sub>Te,

βρίσκουμε ότι, πολλές από τις φυσικές τους ιδιότητες παρουσιάζουν κάποιες ανωμαλίες. Σε συνήθεις συνθήκες, πίεσης μιας ατμόσφαιρας και 25°C τα βαρύτερα μόρια, όπως H<sub>2</sub>S (MB=34), H<sub>2</sub>Se (MB=81) και H<sub>2</sub>Te (MB=130), είναι όλα αέρια.<sup>(4)</sup>

Το νερό είναι υγρό το οποίο γίνεται αέριο μόνο όταν η θερμοκρασία είναι 100°C ή παραπάνω. Είναι αρκετά πυκνότερο απ' όλα τα σχετικά με αυτό είδη και έχει τη μέγιστη πυκνότητα του σε θερμοκρασία 4 °C. Η επιφανειακή τάση και η διηλεκτρική σταθερά είναι αρκετά υψηλότερες απ' ό,τι θα αναμενόταν από τις ιδιότητες των άλλων διυδρογονιδίων. Το σημείο πήξης του είναι πίο χαμηλό από αυτό που θα περιμέναμε και στερεοποιείται σχηματίζοντας πάγο, μια ουσία με ανοικτή δομή που είναι λιγότερο πυκνή από το υγρό νερό.<sup>(4)</sup>

Η πολικότητα του νερού είναι σπουδαίος παράγοντας στον καθορισμό της διηλεκτρικής του ικανότητας. Τα ορυκτά που βρίσκονται στον ανώτερο φλοιό της Γης είναι στην πλειοψηφία τους ανόργανες ουσίες στις οποίες τα θετικά και αρνητικά φορτισμένα ιόντα αποτελούν ένα κρυσταλλικό πλέγμα ελκώμενα μεταξύ τους με ηλεκτροστατικούς δεσμούς.<sup>(4)</sup>

Το νερό με το διπολικό χαρακτήρα του, έχει την ικανότητα να περιβάλλει ένα θετικά φορτισμένο ιόν με το αρνητικά φορτισμένο μέρος του μορίου (ή και αντίστροφα να περιβάλλει τα αρνητικά φορτισμένα ιόντα κρυστάλλων με το θετικά φορτισμένο μέρος του μορίου του) και έτσι απομονώνει τα ιόντα και εξουδετερώνει τις δυνάμεις έλξης που διατηρούν την ακεραιότητα των κρυστάλλων. Το ιόν περιβαλλόμενο από τα μόρια του νερού μπορεί να φύγει από το κρυσταλλικό πλέγμα και να κινηθεί μέσα στο διάλυμα. Έτσι γίνεται ένα ελεύθερο ιόν.<sup>(4)</sup>

Το νερό διαλύει μερικές (μικρές ή μεγάλες) ποσότητες κάθε στερεού ή υγρού με το οποίο έρχεται σε επαφή. Κατά τον υδρολογικό κύκλο, το νερό έρχεται σε επαφή, με αέρια (συμπεριλαμβανομένων αέριων ρύπων και εκπεμπόμενων σωματιδίων από ηφαιστειακές εκρήξεις) καθώς και με τα ορυκτά που βρίσκονται στον ανώτερο φλοιό της Γης. Σε μικρότερη κλίμακα το νερό κυκλοφορεί σε ανθρωπογενή συστήματα (αγωγοί και σωλήνες κατασκευασμένοι από συνθετικά υλικά, οπλισμένο σκυρόδεμα και μέταλλα όπως σίδηρος και χαλκός). Η διαλυτική ικανότητα του νερού ασκείται σε αυτά τα συστήματα δημιουργώντας φαινόμενα όπως η διάβρωση και η απόθεση αλάτων.<sup>(4)</sup>

## 2.5 Φυσική σύσταση του νερού

Το καθαρό νερό (pure water) σε πίεση μιας ατμόσφαιρας και σε θερμοκρασία 25°C είναι διαυγές, άχρωμο σε λεπτά στρώματα, κυανίζον σε μεγάλους όγκους, άοσμο και άγευστο υγρό απαραίτητο στους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς. Έχει ευχάριστη γεύση, που οφείλεται στα διαλυμένα άλατα και αέρια. Το σημείο πήξης του νερού είναι 0°C, το σημείο βρασμού είναι 100°C και η πυκνότητα του είναι διαφορετική σε διάφορες θερμοκρασίες, με μέγιστη στου 4 °C. Στο παρακάτω πίνακα δίνονται οι τιμές της πυκνότητας του νερού σε διάφορες θερμοκρασίες. Από το πίνακα φαίνεται πως το νερό σε στερεή κατάσταση έχει μικρότερη πυκνότητα απ' ότι 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, με όλες τις ευεργετικές συνέπειες στη ζωή του υδρόβιου κόσμου. Χωρίς την ιδιαιτερότητα αυτή της πυκνότητας του νερού, η ζωή στο πλανήτη μας δε θα υπήρχε, τουλάχιστον με τη σημερινή μορφή, εξαιτίας της βαθμιαίας ψύξης του νερού της επιφάνειας της Γης. Η ιδιορρυθμία της πυκνότητας του νερού είναι αιτία της αποσάθρωσης των βράχων. Το νερό που εισέρχεται στις ρωγμές των βράχων στερεοποιείται κατά τη διάρκεια του χειμώνα και προκαλεί την αποσάθρωση 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.<sup>(3)</sup>

Πίνακας [1]: πυκνότητες νερού και πάγου (<http://el.wikipedia.org/wiki/Νερό>)

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

Το νερό έχει ειδική θερμότητα (θερμοχωρητικότητα) πολύ μεγάλη  $\left(1 \frac{cal}{gr} \times deg\right)$ . Χρησιμοποιείται ευρύτατα ως ψυκτικό μέσο και ως φορέας θερμότητας στα καλοριφέρ.<sup>(3)</sup>

## 2.6 Χημική σύσταση του νερού

Το νερό έχει πολική χημική δράση. Σχηματίζει “ενώσεις δια 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.<sup>(3)</sup>

## 2.7 Σύσταση διαφόρων τύπων νερού

Η γενική σύσταση των διαφόρων τύπων του νερού στην υδρόσφαιρα μπορεί να συζητηθεί σε συνδυασμό με τον υδρολογικό κύκλο. Από τη συνολική μάζα του νερού στο πλανήτη, οι ωκεανοί και οι θάλασσες αποτελούν το 97,13%, οι πολικοί πάγοι και οι παγετώνες το 2,24%, τα υπόγεια νερά το 0,61% και οι ποταμοί, οι λίμνες και οι χείμαρροι μόνο το 0,02%.<sup>(4)</sup>

Το νερό των ωκεανών και θαλασσών είναι προσεγγιστικά διάλυμα 1,1M ανιόντων και κατιόντων. Τα διαλυμένα άλατα των θαλασσινών νερών (τα συνολικά διαλυμένα στερεά, με προσέγγιση, είναι περίπου 34.500mg/l) είναι αρκετά για να ανυψώσουν την πυκνότητα στην τιμή των 1,0243Kg/l (20°C) που είναι σημαντικά μεγαλύτερη από αυτή του καθαρού νερού.<sup>(4)</sup>

Από τους ωκεανούς και τις θάλασσες το νερό εξατμίζεται και μεταφέρεται πάνω από τη Γη όπου μπορεί κατόπιν να εναποθέτει σαν υδατόπτωση (βροχή, χιόνι, χαλάζι). Πιο συγκεκριμένα, λόγω της θέρμανσης και των ανέμων στην επιφάνεια της Γης τα νερά της εξατμίζονται και μαζεύονται ως υδρατμοί στα σύννεφα. Οι υδρατμοί συμπυκνώνονται,

υγροποιούνται και στη συνέχεια πέφτουν ως βροχή εμπλουτίζοντας τις αποθήκες νερού της Γης, είτε είναι επιφανειακές, όπως οι θάλασσες και οι λίμνες είτε είναι υπόγειες. (εικόνα [1] υδρολογικός κύκλος) <sup>(4)</sup>



Εικόνα [1]: Απεικόνιση υδρολογικού κύκλου ([http://el.wikipedia.org/wiki/κύκλος\\_του\\_νερού](http://el.wikipedia.org/wiki/κύκλος_του_νερού))

Κατά τη διάρκεια της μεταφοράς του από τους ωκεανούς στις γήινες εκτάσεις, το νερό έρχεται σε επαφή με το χαμηλότερο στρώμα της ατμόσφαιρας. Πρέπει να τονιστεί ότι η κύρια σύσταση του χαμηλότερου στρώματος της ατμόσφαιρας είναι δυνατό να παρουσιάσει σημαντικές διαφορές, ειδικά στα επίπεδα των δευτερευόντων συστατικών όπως CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> κ.α. τα οποία παράγονται από διεργασίες καύσης και είναι συνδεδεμένα με την ατμοσφαιρική ρύπανση που συνοδεύει αστικές και βιομηχανικές περιοχές. Το νερό φτάνει στη Γη ως αραιότατο οξύ, λόγω του διαλυμένου διοξειδίου του άνθρακα. Τα κύρια ατμοσφαιρικά συστατικά είναι N<sub>2</sub> και O<sub>2</sub> και είναι και τα δυο δυσδιάλυτα στο νερό (17,5 και 39,3 mg/Kg, αντίστοιχα στους 25 °C) ενώ άλλα συστατικά για παράδειγμα το CO<sub>2</sub> και το SO<sub>2</sub> είναι πολύ διαλυτά (1.450 και 94.100mg/Kg, στους 25 °C). Για αυτό το λόγο το φυσικό νερό διαλύει τα δυσδιάλυτα ανθρακικά άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου και τα μετατρέπει σε ευδιάλυτα όξινα ανθρακικά των στοιχείων. <sup>(4)</sup>

Η σύσταση των βροχοπτώσεων είναι ποικίλη και επηρεάζεται αρκετά από τα ατμοσφαιρικά συστατικά. Κοντά στους ωκεανούς οι υδατοπτώσεις περιέχουν περισσότερα ιόντα, όπως SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, CL<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup> και Mg<sup>2+</sup> από όταν πέφτουν πάνω σε μεγάλες εκτάσεις γης. Υδατοπτώσεις που δημιουργούνται σε ατμόσφαιρα που περιέχει υψηλές συγκεντρώσεις σε SO<sub>2</sub>, το οποίο προέρχεται από διαδικασίες καύσης, είναι πολύ όξινα. Έτσι όπως φαίνεται το νερό της βροχής είναι πραγματικά ένα αραιό διάλυμα διαλυμένων αλάτων, δείχνοντας έτσι την αξιοσημείωτη αποδοτικότητα της απόσταξης, το αποτέλεσμα της οποίας είναι η παραγωγή πόσιμου νερού από το νερό της θάλασσας. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι το pH του ρυπασμένου νερού της βροχής (5,5 έως 6,5) είναι σημαντικά χαμηλότερο από το pH του θαλασσινού νερού από το οποίο προέρχεται. Αυτό δείχνει την ισορροπία που υπάρχει μεταξύ

θαλασσινού νερού και ατμοσφαιρικού CO<sub>2</sub>. Το νερό της βροχής έχει μικρή ρυθμιστική ικανότητα έτσι ώστε δεν μπορεί να διατηρήσει το ουδέτερο pH του με την παρουσία έστω και αυτών των μικρών ποσοτήτων των διαλυμένων όξινων αερίων. <sup>(4)</sup>

Κατά τη βροχόπτωση, το νερό πέφτει πάνω στο έδαφος και έρχεται σε επαφή με πετρώματα, ιλύς, χώμα και ζωικούς και φυτικούς οργανισμούς που υπάρχουν στο έδαφος. Κατά την επαφή αυτή γίνονται διάφορες χημικές αντιδράσεις οι οποίες μεταβάλλουν ακόμα περισσότερο τη σύσταση του νερού. Όλες αυτές οι αντιδράσεις μπορούν να ειπωθούν σαν μια γιγαντιαία εξουδετέρωση οξέος-βάσης στην οποία τα οξέα του βροχόνερου (CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> και NO<sub>x</sub>) εξουδετερώνουν τις βάσεις του εδάφους. Από τη στιγμή που η σύσταση του εδάφους και ο βαθμός της βιολογικής δραστηριότητας (συμπεριλαμβανομένης και της ανθρώπινης δραστηριότητας) διαφέρει από τον ένα τόπο στον άλλο, αναμένουμε μια ποικιλία διαφορετικών συστατικών νερού σαν αποτέλεσμα αυτών των αντιδράσεων. Ο χρόνος και η έκταση επαφής μεταξύ νερού και εδάφους επηρεάζει επίσης και τη σύσταση του διαλύματος. <sup>(4)</sup>

Η σύσταση του νερού μετά την επαφή του με το έδαφος εξαρτάται από τη σύσταση του εδάφους. Γενικά, η Γη αποτελείται από έναν πυρήνα (core) πλούσιο σε σίδηρο και νικέλιο πάχους 3.740 Km που περιβάλλεται από τον μανδύα (mantle) με υψηλή περιεκτικότητα σε πυριτικά άλατα μαγνησίου και σιδήρου και ένα εξωτερικό στρώμα, το φλοιό (crust) μέσου πάχους 30Km που αποτελείται κυρίως από ορυκτά πυριτικών αλάτων. Αυτό το λεπτό εξωτερικό στρώμα της Γης, όπου δεν καλύπτεται από θάλασσες και ωκεανούς, είναι το μοναδικό τμήμα του φλοιού της Γης που επιδρά στον καθορισμό της σύστασης των φυσικών επιφανειακών και υπόγειων νερών. Η επίδραση αυτή δεν επεκτείνεται περισσότερο από μερικά χιλιόμετρα από την επιφάνεια του εδάφους. Πρέπει να τονιστεί ότι η μεγάλη ποικιλία πετρωμάτων δεν είναι δυνατόν να παρουσιαστεί με μια σειρά τιμών. Σε γενικές γραμμές ο φλοιός της Γης σε βάθος μέχρι 16 Km αποτελείται κατά 95% από ηφαιστιογενή πετρώματα. Για την εξέταση των φυσικών νερών, τα πετρώματα αυτά δεν παίζουν σημαντικό ρόλο αφού τα περισσότερα ανακτήσιμα υπόγεια νερά βρίσκονται σε βάθη το πολύ 2 Km από την επιφάνεια. Σε αυτό το πολύ λεπτό στρώμα τα κύρια πετρώματα είναι ιζηματογενούς φύσης. <sup>(4)</sup>

Πρόσθετα, τα ηφαιστιογενή πετρώματα θεωρούνται πτωχοί υδροφορείς και δεν αποτελούν αξιόλογες επιφάνειες επαφής με τα νερά, ενώ η παρουσία του στην επιφάνεια του εδάφους είναι περιορισμένη. Για τους λόγους αυτούς, τα ιζηματογενή πετρώματα και το χώμα του εδάφους θεωρούνται ως οι κύριοι παράγοντες καθορισμού της χημικής σύστασης των νερών με τα οποία έρχονται σε επαφή. <sup>(4)</sup>

Επιφανειακά νερά που δημιουργούνται σε γρανιτικά πετρώματα περιέχουν πολύ μικρές ποσότητες διαλυμένων ορυκτών, προσεγγιστικά όχι περισσότερα από 30 mg/l. Ένας δεύτερος τύπος επιφανειακών νερών προέρχεται από εδάφη διαφορετικά από τα προηγούμενα που περιείχαν γρανίτη. Τα νερά αυτά χαρακτηρίζονται από μέτρια σκληρότητα (ασβέστιο και μαγνήσιο), αλκαλικότητα (HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>) και ολική περιεκτικότητα σε ανόργανα συστατικά. Αυτός ο τύπος του νερού χρησιμοποιείται ευρύτατα σαν πόσιμο νερό για την ύδρευση των πόλεων. <sup>(4)</sup>

Τα υπόγεια νερά έχουν γενικά μεγαλύτερες συγκεντρώσεις σε διαλυμένα ανόργανα συστατικά από ότι τα επιφανειακά νερά. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της εκτενούς επαφής μεταξύ νερών με υψηλή περιεκτικότητα σε CO<sub>2</sub>, πετρωμάτων και χώματος στο έδαφος και στη χρονική διάρκεια επαφής που απαιτούνται για τη διάλυση συστατικών από το νερό. Επίσης, το CO<sub>2</sub> μπορεί να προστεθεί στο νερό από τις δραστηριότητες των μικροοργανισμών του εδάφους. Τα υπόγεια νερά απαιτούν συνήθως επεξεργασία για να γίνουν λιγότερο σκληρά και ακολούθως κατάλληλα για οικιακή και βιομηχανική χρήση <sup>(4)</sup>.

Σε έναν πλανήτη ακατοίκητο από ζώντες οργανισμούς τα φυσικά νερά που σχηματίζονται με τις αλληλεπιδράσεις νερού-αέρα-εδάφους θα επέστρεφαν στις θάλασσες και στους ωκεανούς μεταφέροντας τα διάφορα διαλυμένα συστατικά τους και αιωρούμενα σωματίδια

αργιλίου και άμμου. Για την ώρα ας υποθέσουμε ότι έχουμε έναν αποστειρωμένο πλανήτη. Στην επιφάνεια του εδάφους τα οξέα της ατμόσφαιρας «ενώνονται» με βάσεις των πετρωμάτων για να παράγουν νερό που περιέχει διαλυμένα ανόργανα συστατικά. Η διάλυση ορυκτών συστατικών των πετρωμάτων του εδάφους προκαλεί την αποσάθρωση τους και τον τελικό σχηματισμό αργιλικών ορυκτών. Κατιόντα όπως τα  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{+2}$  και  $Mg^{+2}$  αφαιρούνται από τα πετρώματα του εδάφους μαζί με άμμο ( $SiO_2$ ) αφήνοντας πίσω αργιλικά ορυκτά όπως каолинίτη, ιλλίτη ή μοντοριλλονίτη που είναι πλούσια σε πυρίτιο από ότι το «μητρικό» έδαφος. Τα σωματίδια των αργιλικών ορυκτών μαζί με τα διαλυμένα άλατα μεταφέρονται με ποτάμια καταλήγοντας τελικά στις θάλασσες και τους ωκεανούς.<sup>(4)</sup>

Έχει προταθεί ότι μέσα στους ωκεανούς γίνεται το αντίστροφο της αντίδρασης που αποσαθρώνει τα πετρώματα του εδάφους. Κατιόντα, δισανθρακικά ιόντα, διαλυμένο πυρίτιο και αργιλικά ορυκτά αντιδρούν για να δημιουργήσουν νέα πετρώματα στον πυθμένα των θαλασσών και τω ωκεανών. Αν και υπάρχουν διαφωνίες για αυτή τη θεωρία, πιστεύεται ότι η σταθερότητα των  $SiO_2$ ,  $K^+$  και  $HCO_3^-$  στους ωκεανούς αποδίδεται σε αυτή την αντίδραση. Λέγεται ότι αυτή η αντίδραση ρυθμίζει το pH των ωκεανών περίπου στο 8,0. Η αντίδραση επίσης βοηθάει για να ρυθμιστεί το  $CO_2$  που περιέχεται στην ατμόσφαιρα.<sup>(4)</sup>

Η αλληλένδετη φύση αυτών των αντιδράσεων σε μια μεγάλη κλίμακα έχει σημαντικές συνέπειες για την σύσταση των φυσικών νερών. Για παράδειγμα οι συγκεντρώσεις κύριων διαλυμένων συστατικών ( $Na^+$ ,  $Ca^{+2}$ ,  $Mg^+$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ,  $HCO_3^-$ ,  $SiO_{2(aq)}$ ) στα επιφανειακά νερά κυμαίνεται σε μια σχετικά μικρή περιοχή τιμών λόγω της ρυθμιστικής δράσης αυτών των αντιδράσεων. Για τον ίδιο λόγο η σύσταση των ωκεανών είναι τελείως σταθερή για τα περισσότερα από τα παραπάνω αναφερόμενα διαλυμένα συστατικά.<sup>(4)</sup>

Οι δραστηριότητες των φυτών των ζώων και των ανθρώπων είναι σπουδαίες στη μεταβολή της σύστασης των φυσικών νερών σε όλα τα στάδια του υδρολογικού κύκλου. Έχουμε ήδη δει ότι οι ανθρωπογενείς βιομηχανικές δραστηριότητες αυξάνουν την οξύτητα της ατμόσφαιρας και του νερού που έρχεται σε επαφή μαζί της κατά τις υδατοπτώσεις. Αυτή η αυξανόμενη δραστηριότητα μπορεί να διαλύσει περισσότερα συστατικά στη βροχή απ' ότι θα ήταν δυνατό αν ο αέρας δεν ήταν ρυπασμένος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση της τιμής του pH και την αύξηση ανόργανων συστατικών που περιέχονταν σε λίμνες με μικρή ρυθμιστική ικανότητα, όπως στις Σκανδιναβικές χώρες και της Νέα Αγγλίας και του ανατολικού Καναδά.<sup>(4)</sup>

Οι ανθρώπινες δραστηριότητες επηρεάζουν την ποιότητα του νερού με μια ποικιλία τρόπων συμπεριλαμβανομένου της εκροής των αστικών, βιομηχανικών και αγροτικών αποβλήτων στα επιφανειακά και υπόγεια νερά. Τυπικά μια συνηθισμένη αστική χρήση του νερού θα συνεισφέρει περίπου 300 mg/l ολικών διαλυμένων ανόργανων συστατικών στο νερό. Σημαντική συμβολή σε διαλυμένα άλατα έχουν οι αρδευτικές καλλιέργειες. Οι ποσότητες και οι συγκεντρώσεις των διαλυμένων συστατικών είναι διαφορετικές απ' ότι θα αναμενόταν με τη διάλυση των πετρωμάτων. Η υψηλή αλατότητα (TDS=ολικά διαλυμένα στερεά) έχει οδηγήσει σε διαπολιτειακές και διεθνείς διαμάχες, αφού τα φορτία αλάτων που παράγονται από αρδεύσεις στις καλλιέργειες και φυσικές απορροές κάνουν το νερό ακατάλληλα για πολλές χρήσεις στις περιοχές που βρίσκονται κοντά στις εκβολές των ποταμών. Υδατικά απόβλητα από βιομηχανίες, αστικές περιοχές και γεωργό-κτηνοτροφικές εγκαταστάσεις περιέχουν ποικιλία οργανικών ενώσεων. Τυπικά αστικά λύματα περιέχουν περίπου 100-300 mg/l οργανικού άνθρακα, 10-30 mg/l οργανικό άζωτο, 1-2 mg/l φωσφόρου ενωμένο σε οργανικές ενώσεις. Συγκριτικά, στα φυσικά επιφανειακά νερά οι συγκεντρώσεις οργανικού άνθρακα, αζώτου και φωσφόρου είναι περίπου 1-5, <1 και <0,5 mg/l αντίστοιχα. Οι επιπτώσεις που έχουν αυτές οι οργανικές ουσίες των λυμάτων στην ποιότητα των φυσικών νερών ποικίλει. Βιοαποδομήσιμες οργανικές ενώσεις μπορούν να απομακρυνθούν σε μονάδες επεξεργασίας λυμάτων ή να αποδομηθούν από την υπάρχουσα στα φυσικά νερά χλωρίδα και πανίδα. Η αραίωση των λυμάτων με τα φυσικά νερά παίζει σημαντικό ρόλο γιατί οι

συγκεντρώσεις των βιοαποδομήσιμων οργανικών ουσιών στα μη αραιωμένα απαιτούν πολύ περισσότερο οξυγόνο για την αερόβια αποδόμηση τους από αυτό που υπάρχει σε κορεσμένα με οξυγόνο φυσικά νερά που βρίσκονται σε επαφή με την ατμόσφαιρα. Αν δεν επιτευχθεί επαρκής αραιώση, η αποδόμηση αυτής της οργανικής ύλης μπορεί να καταναλώσει όλο το υπάρχον διαλυμένο οξυγόνο και να δημιουργήσει αναερόβιες συνθήκες στα φυσικά νερά. Οι μεταβολές αυτού του είδους έχουν σημαντικές συνέπειες για τη χημική συμπεριφορά πολλών χημικών ειδών.<sup>(4)</sup>

Η παρουσία μη βιοαποδομήσιμων οργανικών ενώσεων στα λύματα έχει επιπτώσεις στα φυσικά νερά που εξαρτώνται από τη φύση της οργανικής ένωσης. Για παράδειγμα το προϊόντα μικροβιακής αποδόμησης (χημικές ενώσεις) μπορούν να προσδιορίσουν στα φυσικά νερά ένα καφέ χρώμα και να επηρεάσουν τη συμπεριφορά των μεταλλοκατιόντων. Τοξικά χημικά είδη (οργανικά και ανόργανα) μπορούν να μεταβάλλουν ή να εμποδίσουν βιολογικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στα φυσικά νερά. Οργανικές ουσίες βιομηχανικής προέλευσης μπορούν να προκαλέσουν δυσάρεστες οσμές και γεύση ή, ακόμη, να έχουν ανεπιθύμητα αποτελέσματα από πλευράς υγείας αν δεν απομακρυνθούν κατά την επεξεργασία πόσιμου νερού. Οργανικά χημικά είδη διαφόρων τύπων είναι δυνατόν να αντιδράσουν με τα χημικά που χρησιμοποιούνται στην επεξεργασία του νερού και να παραχθούν νέα οργανικά χημικά είδη με δυσμενείς επιπτώσεις.<sup>(4)</sup>

Τα φυσικά νερά από μόνα τους δεν είναι ποτέ ελεύθερα ζώντων οργανισμών. Ακόμη και το νερό που έχει απολυμανθεί για χρήση σαν πόσιμο περιέχει μικροοργανισμούς. Η σπουδαιότητα των οργανισμών στα φυσικά νερά σχετίζεται με τους χημικούς μετασχηματισμούς που οι οργανισμοί αυτοί καταλύουν. Μπορούμε να διαχωρίσουμε αυτές τις διεργασίες των οργανισμών σε δύο τύπους : αυτές που παρέχουν χρησιμοποιήσιμη ενέργεια στον οργανισμό (καταβολισμός) και αυτές στις οποίες ο οργανισμός καταναλώνει ενέργεια (αναβολισμός).<sup>(4)</sup>

Η φωτοσύνθεση είναι μια αντίδραση κατά την οποία οι οργανισμοί χρησιμοποιούν ηλιακή ενέργεια για να επιτελέσουν μια αντίδραση οξειδοαναγωγής κατά την οποία το διοξείδιο του άνθρακα ανάγεται σε οργανική ύλη με το νερό και παράγεται οξυγόνο. Η αντίδραση είναι θεμελιώδους σημασίας στα φυσικά νερά γιατί επιβάλλει την προσομοίωση των υδατικών συστημάτων σαν ανοικτά συστήματα. Η φωτοσύνθεση χρησιμοποιεί μια εξωτερική (δηλαδή μη χημική) πηγή ενέργειας για να κινήσει μια αντίδραση που ενεργειακά είναι αδύνατη σε κλειστό σύστημα. Η ύπαρξη του φαινομένου της φωτοσύνθεσης στα φυσικά συστήματα σημαίνει ότι δεν μπορούμε να θεωρήσουμε ότι τα συστήματα αυτά βρίσκονται σε ισορροπία. Πρέπει να βρούμε τη σταθερή κατάσταση που προκύπτει από το συνδυασμό της φωτοσυνθετικής αντίδρασης μη ισορροπίας και των αντιδράσεων χημικής ισορροπίας. Η φωτοσύνθεση είναι τελικά η διεργασία στην οποία οφείλεται η ύπαρξη οργανικής ύλης στη Γη και τα φυσικά νερά της. Όπως σε πολλές άλλες βιολογικές αντιδράσεις, η φωτοσύνθεση επηρεάζει την ποιότητα των φυσικών νερών. Επειδή οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί καταναλώνουν ανόργανο άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{HCO}_3^-$  και  $\text{CO}_3^{2-}$ ) από υδατικό διάλυμα, μειώνουν την αλκαλικότητα και αυξάνουν το pH των νερών μέσα στο οποίο διαβιώνουν. Ουσίες των οποίων η διαλυτότητα είναι αντιστρόφως ανάλογη το pH (π.χ.  $\text{Mg}(\text{OH})_{2(s)}$  και  $\text{CaCO}_{3(s)}$ ) μπορεί να καθιζάνουν σε ένα φυσικό νερό με έντονη φωτοσυνθετική δραστηριότητα. Η φωτοσύνθεση παράγει οξυγόνο και γι' αυτό, αναμένουμε αερόβιες συνθήκες σε νερά που περιέχουν ενεργούς φωτοσυνθετικούς οργανισμούς.<sup>(4)</sup>

Άλλες ενεργό-παραγωγικές αντιδράσεις των οργανισμών εμπλέκουν την αναγωγή του οξυγόνου σε νερό, την αναγωγή νιτρικών σε αμμωνία και αέριο άζωτο, την αναγωγή των θειικών σε θειούχα και την αναγωγή του διοξειδίου του άνθρακα σε μεθάνιο. Όλες αυτές οι αντιδράσεις έχουν σημαντικές επιπτώσεις στην ποιότητα των φυσικών νερών ιδιαίτερα αν ληφθεί υπόψη ότι τα επηρεαζόμενα χημικά είδη εμπλέκονται, πρόσθετα, σε πολλές άλλες χημικές αντιδράσεις. Για παράδειγμα, τα θειούχα ιόντα σχηματίζουν καθιζάνοντα στερεά με



πολλά βαρέα μέταλλα. Η μικροβιακή αναγωγή θεικών σε θειούχα μπορεί να συνοδεύεται από τη μείωση της συγκέντρωσης διαλυμένων μεταλλοϊόντων σε κάποιο φυσικό νερό. <sup>(4)</sup>

Οι αναβολικές διεργασίες των υδατικών οργανισμών επηρεάζουν και αυτές την ποιότητα των φυσικών νερών. Φωτοσυνθετικοί μικροοργανισμοί ανακτούν ανόργανο άνθρακα από το υδατικό διάλυμα για να συνθέσουν οργανικές ενώσεις που χρειάζονται. Μη φωτοσυνθετικοί οργανισμοί συνθέτουν την κυτταρική τους μάζα από οργανικές ενώσεις μετατρέποντας έτσι τις συγκεντρώσεις των οργανικών ενώσεων στα νερά. Αφού η δημιουργία κυταρομάζας απαιτεί τη χρησιμοποίηση στοιχείων, όπως το άζωτο, το φώσφορο και το κάλιο, εκτός του άνθρακα, του υδρογόνου και του οξυγόνου, η ανάπτυξη οργανισμών στα φυσικά νερά θα επηρεάσει τις συγκεντρώσεις όλων αυτών των θρεπτικών στοιχείων.

Η ανάπτυξη μικροφυκών (algae) σε ένα παραγωγικό φυσικό νερό μπορεί να έχει σαν αποτέλεσμα τη σχεδόν πλήρη μείωση των συγκεντρώσεων αζώτου και φωσφόρου. Πράγματι, το ποσό και ο ρυθμός ανάπτυξης των υδατικών φωτοσυνθετικών οργανισμών ελέγχεται από τις συγκεντρώσεις θρεπτικών χημικών ειδών του αζώτου ( $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ) και του φωσφόρου ( $\text{PO}_4^{3-}$ ).

Συμπερασματικά, οι χημικές αντιδράσεις μεταξύ του νερού και των συστατικών της ατμόσφαιρας και του εδάφους έχουν σαν αποτέλεσμα το σχηματισμό αραιών υδατικών διαλυμάτων που καλούμε επιφανειακά και υπόγεια νερά. Τα νερά αυτά μαζί με τα αποσαθρωμένα πετρώματα που παράγονται από τη δράση του νερού και καταλήγουν στις θάλασσες και τους ωκεανούς, όπου λαμβάνουν χώρα αντιδράσεις αντίστροφες από αυτές κατά τη δημιουργία των επιφανειακών και υπόγειων νερών. Οι δραστηριότητες του ανθρώπου και των άλλων ζώντων οργανισμών που διαβιούν μέσα και γύρω από φυσικά νερά μεταβάλλουν σημαντικά τη σύσταση αυτών των αραιών υδατικών διαλυμάτων. <sup>(4)</sup>

## 3. ΝΕΡΟ ΚΑΙ ΥΓΕΙΑ

### 3.1 Το νερό και η υγιεινή παροχή του

Το νερό αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για τον άνθρωπο και είναι απόλυτα συνυφασμένο με την ύπαρξη της ζωής σε όλες τις μορφές της. Ο άνθρωπος χρησιμοποιεί το νερό, όχι μόνο ως πόσιμο, αλλά και σε διάφορες άλλες δραστηριότητες, όπως για οικιακή και βιομηχανική χρήση, καθώς και σε δραστηριότητες αναψυχής. Συνεπώς; η επαρκής διαθεσιμότητα νερού σε σχέση με την ποιότητα και την ποσότητά του, είναι ζωτικής σημασίας. Το νερό αυτό πρέπει να είναι ακίνδυνο από κάθε πλευρά και επομένως δεν θα πρέπει να είναι μολυσμένο (να μην υπάρχουν σε αυτό, δηλαδή, παθογόνα μικρόβια ή προϊόντα τους) και δεν πρέπει να περιέχει ρύπους (επικίνδυνες χημικές ουσίες).<sup>(5)</sup>

Είναι γνωστό σε όλους μας ότι το νερό και ο αέρας είναι τα πλέον απαραίτητα στοιχεία της φύσεως, για την διατήρηση της ζωής του ανθρώπου και παντός ζωικού και φυτικού οργανισμού. Ο άνθρωπος είναι αδύνατο να ζήσει χωρίς νερό για πολλές μέρες. Ο χρόνος ζωής του εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως είναι η γεωγραφική θέση, η εποχή, οι μετεωρολογικές συνθήκες, η αντίσταση του οργανισμού κ.α. Το νερό στην γη υπάρχει από τις συμπυκνώσεις υδρατμών της ατμόσφαιρας προερχόμενοι από εξατμίσεις των θαλασσών, λιμνών, ποταμών και υγρών επιφανειών του εδάφους. Έχει υπολογιστεί ότι η εξάτμιση από την ανωτέρω προέλευση υπερβαίνει τα (1000)κ. χιλιόμετρα ημερησίως κατά μέσο όρο. Οι συμπυκνωμένοι υδρατμοί λόγω διαφόρων μετεωρολογικών συνθηκών πέτουν στην επιφάνεια της γης σε μορφή βροχής, χιόνι, χαλάζι, κ.λπ. τροφοδοτούν τους χείμαρρους, λίμνες, ποταμούς και θάλασσες. Μέρος αυτών απορροφάται από το έδαφος δημιουργώντας την υγρασία του εδάφους και τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες όπου εμφανίζονται στην επιφάνεια της γης φυσικές πηγές, φρεάτια κ.λπ. Τα νερά διακρίνονται σε επιφανειακά και υπόγεια, η ροή αυτών εξαρτάται από την μορφολογία του εδάφους, συστάσεως και κλίσεως αυτού κάθε περιοχής.<sup>(5)</sup>

Τα νερά διακρίνονται σε δυο βασικές κατηγορίες **α)** στα πόσιμα νερά **β)** μη πόσιμα. Τα πόσιμα νερά είναι εκείνα τα οποία είναι κατάλληλα για πόση όπως έχουν και ευρίσκονται από την προέλευση τους, ή δύναται να καταστούν κατάλληλα με την εφαρμογή εύκολων και οικονομικών μέσων. Μη πόσιμα νερά είναι εκείνα που δεν πίνονται, όπως της θάλασσας, αλμυρών λιμνών και πολλά των ιαματικών πηγών και δεν είναι δυνατή η καταλληλότητα τους λόγω δύσκολων και οικονομικών μέσων. Σήμερα, σε μεγαλύτερο βαθμό από κάθε άλλη εποχή, είναι σαφής η ανάγκη που υπάρχει για την επεξεργασία του νερού καθώς, η ρύπανση των πηγών υδροληψίας και γενικότερα των υδατικών πόρων αποτελεί πρόβλημα που λαμβάνει όλο και μεγαλύτερες διαστάσεις. Η διάθεση αστικών λυμάτων και βιομηχανικών αποβλήτων, η υπεράντληση των υπόγειων υδροφορέων καθώς και η χρήση φυτοφαρμάκων, εντομοκτόνων και λιπασμάτων στις γεωργικές δραστηριότητες επιβαρύνουν τα φυσικά υδατικά αποθέματα με ένα πλήθος ανόργανων, οργανικών και βιολογικών ρυπαντών. Επίσης με τη βελτίωση του βιοτικού επιπέδου, οι απαιτήσεις σε νερό καλύτερης ποιότητας αυξάνονται. Επομένως, τα πρότυπα ποιότητας πόσιμου νερού με την πάροδο του χρόνου γίνονται όλο και πιο αυστηρά. Είναι γνωστό σε όλους μας ότι στην εποχή μας το σοβαρό έργο παροχής νερού έχουν αναλάβει με νόμο οι Δημοτικοί φορείς οι οποίοι και είναι υπεύθυνοι για την παροχή υγιεινής ύδρευσης των πολιτών. Σκοπός της ύδρευσης είναι η συνεχής παροχή, η υγιεινή διασφάλιση και η επαρκής ποσότητα για τις ατομικές και οικιακές ανάγκες. Η επίδραση της υδρεύσεως στην Δημόσια υγεία είναι έμμεσος και ουσιώδης. Το νερό είναι έντονο διαλυτικό μέσον, ρυπαίνεται και μολύνεται πολύ εύκολα μεταδίδοντας μέσω των συστημάτων ύδρευσης την μόλυνση σε μεγάλο αριθμό ατόμων και σε βραχύ χρονικό διάστημα. Χαρακτηριστικό των επιδημιών υδρικής προέλευσης είναι η μεγάλη σε έκταση εξάπλωση.<sup>(5)</sup>

### 3.2 Ποιότητα πόσιμου νερού

Πόσιμο νερό: Το χημικώς καθαρό νερό, ως εντόνω διαλυτικό υγρό, εμπλουτίζεται κατά την επαφή του με το περιβάλλον με διάφορες ουσίες οι οποίες διαλύονται σε αυτό. Το ευρισκόμενο στη φύση νερό παρουσιάζει συχνά ορισμένα φυσικά, χημικά, ραδιολογικά, μικροβιολογικά, βιολογικά χαρακτηριστικά, τα οποία οφείλονται κατά βάση στις περιεχόμενες σε αυτό ουσίες. Το πόσιμο νερό πρέπει οργανοληπτικός (γεύση, οσμή, εμφάνιση κ.λπ.) να είναι άμεπτο και από πάσης απόψεως αβλαβές για την υγεία των ανθρώπων, ακόμη δεν πρέπει να προκαλεί σοβαρές ζημιές στα έργα ύδρευσης (διαβρώσεις, εμφράξεις σωληνώσεων κ.λπ.) πρέπει τα χαρακτηριστικά του (φυσικά, χημικά, κ.λπ.) να κυμαίνονται εντός ορίων που αποτελούν το πρότυπο ποιότητας, το (STANDARDS) του πόσιμου νερού. Τα πρότυπα ποιότητας του πόσιμου νερού καθορίζονται βάση κριτηρίων των οποίων πρωτεύοντα θέση κατέχουν τα υγειονομικά, χωρίς βεβαίως να αγνοούνται τα οικονομικά, τεχνικά, αισθητικά κ.λπ. Αυτά καλύπτονται στην χώρα μας και νομοθετικώς με υγειονομικές διατάξεις και νόμους βάση των προτύπων πόσιμου νερού της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας.<sup>(5)</sup>

Τα φυσικά νερά μπορεί να περιέχουν αιωρούμενα και διαλυμένα ανόργανα και οργανικά στερεά καθώς και μικροοργανισμούς. Τα συστατικά αυτά μπορεί να προέρχονται είτε από φυσικές πηγές είτε από τη διάθεση αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων. Η χημική σύσταση των φυσικών νερών οφείλεται στις αντιδράσεις του νερού με τα πετρώματα της γης, με τα οποία έρχεται σε επαφή, στην αποσάθρωση των πετρωμάτων και στην έκπλυση εδαφών και ιζημάτων. Επίσης, η χημική του σύσταση τροποποιείται με τη βοήθεια βιολογικών μεταβολισμών και επηρεάζεται από τον υδρολογικό κύκλο.<sup>(5)</sup>

Το νερό, το οποίο προορίζεται για ανθρώπινη κατανάλωση, δεν πρέπει να έχει μεγάλη σκληρότητα, καθώς αυτή προκαλεί δυσκολίες στην καθημερινή αλλά και τη βιομηχανική του χρήση. Επίσης, δεν πρέπει να περιέχει μεγάλη ποσότητα οργανικών ουσιών, βαρέων μετάλλων αλλά ούτε και παθογόνα παράσιτα ή μικρόβια.<sup>(5)</sup>

Σύμφωνα με την ελληνική και ευρωπαϊκή νομοθεσία, που θέτει προδιαγραφές και όρια σχετικά με την περιεκτικότητα του νερού σε ορισμένα στοιχεία, αλλά και από απόψεως μικροβιακού φορτίου, το υγιεινό νερό πρέπει :

1. Να είναι άχρωμο, διαυγές, άοσμο και αναψυκτικής γεύσεως.
2. Να έχει θερμοκρασία που να προκαλεί ευχάριστο αίσθημα. Η προτιμότερη θερμοκρασία είναι μεταξύ 7 και 12 ο C, με όριο τους 15 ο C.
3. Να μην περιέχει φερτές ύλες.
4. Να έχει αντίδραση ουδέτερη έως ασθενή αλκαλική (όριο 6,5-8,5 : pH 7,0-7,6).
5. Να είναι απαλλαγμένο από ενώσεις μετάλλων που μπορούν να προκαλέσουν διαταραχές στην υγεία και δηλητηριάσεις άμεσες ή μακροπρόθεσμες.
6. Να έχει μέση σκληρότητα περίπου 28-27 γαλλικούς βαθμούς ή 10-15 γερμανικούς.
7. Να μην περιέχει διάφορες χημικές ουσίες πάνω από τα επιτρεπόμενα όρια.
8. Να είναι σε αρκετή ποσότητα και χωρίς διακοπή.
9. Να μην περιέχει παθογόνους μικροοργανισμούς.
10. Να ελέγχεται συνεχώς από επιστημονικό προσωπικό.

#### Εκτίμηση της ποιότητας του πόσιμου νερού<sup>(6)</sup>

Οι παρακάτω διαδικασίες συνδράμουν στον έλεγχο της ποιότητας και της καταλληλότητας του πόσιμου νερού:

1. η επιτόπια υγειονομική εξέταση
2. οι οργανοληπτικές παράμετροι
3. η φυσική εξέταση
4. η χημική εξέταση

- 5. η βιολογική έρευνα
- 6. η μικροβιολογική εξέταση

### **Επιτόπια υγειονομική εξέταση**

Γίνεται από εξειδικευμένο άτομο στην περιοχή της υδροληψίας. Γίνεται εκτίμηση των γενικότερων συνθηκών που αφορούν στην περιοχή και στην ενδεχόμενη ύπαρξη εστιών μόλυνσης και ρύπανσης του νερού, αλλά και της υπόλοιπης τεχνικής υποδομής (αν πρόκειται για υδραγωγείο κλπ.). Είναι απαραίτητη γιατί δίδει σειρά πληροφοριών, που κανενός είδους εξέταση δε μπορεί να δώσει, διότι για παράδειγμα είναι πιθανόν μια πηγή μόλυνσης να μην είναι ενεργοποιημένη με αποτέλεσμα η μικροβιολογική εξέταση να δίνει αποδεκτά αποτελέσματα και έτσι να μην είναι δυνατόν να προληφθεί μια υδατογενής επιδημία.<sup>(6)</sup>

### **Οργανοληπτικές παράμετροι**

Θολρότητα, χρώμα, γεύση και οσμή αποτελούν παραμέτρους που ακόμα και αν το νερό είναι ασφαλές από χημική και μικροβιολογική άποψη, ο καταναλωτής θα έχει πρόβλημα να το καταναλώσει αν δεν είναι αισθητικά αποδεκτό. Έτσι λοιπόν, ένα θολό νερό μπορεί να έχει αδιάλυτες αιωρούμενες ουσίες, π.χ. άργιλος, άμμος, μικροοργανισμοί κλπ., μπορεί να ακολουθεί μια έντονη βροχόπτωση και αυτό σαφώς σημαίνει επικοινωνία του συστήματος ύδρευσης ή της πηγής υδροληψίας με επιφανειακά νερά και κατά την έννοια αυτή είναι δυνατόν αυτό να επισημαίνει κατ' αρχήν υγειονομικό κίνδυνο.<sup>(6)</sup>

### **Φυσική εξέταση**

Το πόσιμο νερό για να είναι αποδεκτό πρέπει να διαθέτει ορισμένα χαρακτηριστικά, ασχέτως του αν είναι από κάθε άλλη άποψη ασφαλές, όπως θερμοκρασία (5-15 βαθμοί Κελσίου). Ειδικότερα, θερμοκρασίες υψηλότερες του κανονικού εκδιώκουν το CO<sub>2</sub> και τα άλλα αέρια που δίδουν στο νερό τη γεύση του.<sup>(6)</sup>

### **Χημική εξέταση**

Σύμφωνα με την σχετική Ελληνική Νομοθεσία που είναι εναρμονισμένη με τη νομοθεσία της Ευρωπαϊκής Ένωσης υπάρχουν πενήντα (50) χημικές παράμετροι που κατατάσσονται ως εξής:

1. Απλές χημικές παράμετροι όπως π.χ. pH, Ασβέστιο κλπ.
2. Ανεπιθύμητες χημικές παράμετροι όπως π.χ. αμμωνία, νιτρώδη, νιτρικά
3. Τοξικές χημικές παράμετροι όπως π.χ. Βαρέα μέταλλα κλπ.<sup>(6)</sup>

### **Βιολογική έρευνα**

Ένα παράδειγμα για τη βιολογική έρευνα είναι η αναζήτηση πρωτόζωων και αλγών, κύρια σε νερά ποταμών που αποθηκεύονται σε δεξαμενές (σε συνδυασμό με τη χημική ανάλυση) για να εκτιμηθεί ο βαθμός π.χ. ανάπτυξης των αλγών και να προβλεφθεί η κατάλληλη χρονική στιγμή για έγκαιρη επέμβαση και πρόληψή της. Διαφορετικά, είναι δυνατόν να προκληθεί πρόβλημα στο δίκτυο με ελάττωση της παροχής νερού, διότι οι άλγες πολλαπλασιάζονται ταχύτατα ορισμένες εποχές του έτους αποφράσσοντας τα φίλτρα των διυλιστηρίων.<sup>(6)</sup>

### **Μικροβιολογική εξέταση**

Οι υδατογενείς επιδημίες προκαλούνται από τα παθογόνα μικρόβια που έχουν προέλευση την κοπρανώδη μόλυνση του νερού. Επειδή ο έλεγχος όλων των παθογόνων μικροβίων που προέρχονται από το εντερικό περιεχόμενο ζώων και ανθρώπων απαιτεί ποικιλία πολύπλοκων, χρονοβόρων και πολυέξοδων αναλύσεων, χρησιμοποιήθηκε η ιδέα της ανίχνευσης μικροβίων – δεικτών που να είναι ενδεικτικοί.<sup>(6)</sup>

### 3.2.1 Φυσικές ιδιότητες του νερού

Οι φυσικές ιδιότητες αφορούν στη χροιά, τη διαύγεια, την οσμή, τη γεύση, τη θερμοκρασία και την αγωγιμότητα. Τα επιτρεπόμενα όρια, για όλα τα στοιχεία που περιέχονται στο νερό, καθορίζονται από την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (WHO). Παράλληλα, επί του θέματος έχει επιληφθεί και η Ευρωπαϊκή Κοινότητα, ενώ υπάρχει και σχετική Υγειονομική διάταξη της ελληνικής νομοθεσίας. Ακολουθεί σύντομη περιγραφή των παραμέτρων αυτών:

#### **Χρώμα**

Το χρώμα είναι ανεπιθύμητο στο πόσιμο νερό. Το χρώμα οφείλεται σε διαλυμένες ή κolloειδείς οργανικές ύλες, ή ανόργανες ουσίες. Παρουσία χρώματος στο νερό δεν σημαίνει ότι είναι πάντοτε επικίνδυνο. Υπάρχει περίπτωση να οφείλεται στην παρουσία χρωστικών ουσιών εν διαλύσει, είτε φυτικών από ρίζες φυτών, φύλλα δέντρων, είτε οργανικών ή ανόργανων (άλατα, σίδηρος από διάβρωση των σωλήνων). Πρέπει να εξεταστεί χημικά για να αναζητηθεί η προέλευση του χρώματος. Η παραμετρική τιμή για το χρώμα είναι «αποδεκτό από τους καταναλωτές» και «άνευ ασυνήθους μεταβολής».<sup>(7)</sup>

#### **Θολότητα (Turbidity)**

Οφείλεται σε κolloειδείς ανόργανες ή οργανικές ύλες που αιωρούνται. Νερό που είναι θολό πρέπει να ελεγχθεί για ρύπανση. Το πόσιμο νερό πρέπει να είναι διαυγές όταν φτάσει στον καταναλωτή. Κατανάλωση θο7λού νερού μπορεί να είναι επικίνδυνη για την υγεία, επειδή η απολύμανση του πόσιμου νερού δεν είναι αποτελεσματική αν υπάρχει θολότητα, (οι παθογόνοι οργανισμοί εγκλωβίζονται στα σωματίδια που αιωρούνται και προστατεύονται από το απολυμαντικό). Επίσης τα σωματίδια μπορεί να απορροφήσουν επιβλαβείς οργανικές ή ανόργανες ουσίες. Η παραμετρική τιμή για τη θολότητα είναι να είναι «αποδεκτό από τους καταναλωτές» και «άνευ ασυνήθους μεταβολής».<sup>(7)</sup>

#### **Οσμή και Γεύση (Odor–Taste)**

Το πόσιμο νερό πρέπει να είναι άοσμο και άγευστο. Όλα τα νερά έχουν την ιδιαίτερη γεύση τους που οφείλεται στα διαλυμένα άλατα (ασβεστίου, νατρίου, μαγνησίου κ.λπ.) και διαλυμένα α

έρια (οξυγόνο ή CO<sub>2</sub>) που περιέχουν. Οσμή και Γεύση που οφείλονται σε χημικές ουσίες όπως φαινόλες, χλώριο, αμμωνία, υδρόθειο, κ.λπ., είτε σε μικροοργανισμούς, είναι ανεπιθύμητες. Νερό με έντονη οσμή πιθανόν να είναι ρυπασμένο, οπότε πρέπει να εξετασθεί για να βρεθεί η αιτία. Η παραμετρική τιμή είναι να είναι «αποδεκτό από τους καταναλωτές» και «άνευ ασυνήθους μεταβολής».<sup>(7)</sup>

#### **Θερμοκρασία (Temperature):**

Η θερμοκρασία είναι παράγοντας που επηρεάζει τη γεύση του νερού. Καθώς το υγιεινό νερό πρέπει να έχει αναψυκτική γεύση, καθορίζεται ως ιδανική θερμοκρασία αυτή των 10-12 οC. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, το νερό είναι λιγότερο εύγευστο, εφόσον εκδιώκονται τα διαλυμένα σ' αυτό αέρια. Όταν η θερμοκρασία του ξεπερνά τους 20 οC, το νερό έχει δυσάρεστη γεύση και κρίνεται ακατάλληλο, καθώς κάτω από αυτές τις συνθήκες πολλαπλασιάζονται τα τυχόν υπάρχοντα σε αυτό μικρόβια.<sup>(7)</sup>

#### **Αγωγιμότητα (Conductivity)**

Η αγωγιμότητα είναι η αριθμητική έκφραση της ικανότητας ενός υδατικού διαλύματος να άγει το ηλεκτρικό ρεύμα. Αυτή η ικανότητα εξαρτάται από την παρουσία ιόντων, την ολική τους συγκέντρωση, το σθένος καθώς και την θερμοκρασία μέτρησης. Η αγωγιμότητα στα

νερά αυξάνει με την θερμοκρασία. Μετράται σε microsiemens ανά εκατοστό ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ). Η παραμετρική τιμή είναι  $2500 \mu\text{S}/\text{cm}$  στους  $20^\circ\text{C}$ .<sup>(7)</sup>

### 3.2.2 Χημικές ιδιότητες του νερού

Το νερό πρέπει να περιέχει άλατα σε περιορισμένη ποσότητα. Νερό που δεν περιέχει άλατα, δεν έχει γεύση και δεν είναι υγιεινό, καθώς συντελεί στην αύξηση της εσωτερικής πίεσης των κυττάρων και συνεπώς στην διόγκωσή τους. Το αντίθετο, δηλαδή η συρρίκνωση των κυττάρων γίνεται όταν το νερό περιέχει υψηλή ποσότητα διαλυμένων αλάτων.

Το νερό, επίσης, μπορεί να περιέχει και δραστικές ουσίες από μέταλλα. Οι ουσίες αυτές προέρχονται από τα εδάφη ή οφείλονται στην ανάμειξη του νερού με εργοστασιακά ή οικιακά απόβλητα. Στο νερό, επιπλέον, πρέπει να ελέγχεται η ύπαρξη παραμέτρων που αφορούν σε τοξικές ουσίες.

Ο έλεγχος της χημικής σύστασης του νερού είναι απολύτως αναγκαίος. Οι παρακάτω χημικές παράμετροι κρίνονται ως οι σημαντικότερες:

#### Συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου (pH)

Το pH δείχνει αν το νερό είναι όξινο ή αλκαλικό. Νερά με  $\text{pH} > 10$  ή με  $\text{pH} < 4$  προκαλούν ερεθισμό στα μάτια και στο δέρμα. Τα περισσότερα νερά στη φύση έχουν pH μεταξύ 6 και 9. Επομένως το pH δεν έχει άμεση επίπτωση στην υγεία, αλλά επηρεάζει τη διαβρωτικότητα του νερού. Η παραμετρική τιμή για το pH είναι:  $6,5 < \text{pH} < 9,5$ .<sup>(7)</sup>

#### Σκληρότητα (Hardness)

Η σκληρότητα εκφράζει το σύνολο των διαλυμένων αλάτων ασβεστίου και μαγνησίου. Διακρίνεται σε ανθρακική (ή παροδική) σκληρότητα που οφείλεται στα όξινα ανθρακικά (διττανθρακικά) άλατα και μη ανθρακική (μόνιμη) σκληρότητα που οφείλεται στα υπόλοιπα άλατα (χλωριούχα, θειικά, νιτρικά, ανθρακικά). Μεγάλες τιμές σκληρότητας δεν αποτελούν κίνδυνο για την υγεία αντιθέτως έχει βρεθεί σημαντική συσχέτιση μεταξύ αυξημένης σκληρότητας και μείωσης των καρδιαγγειακών παθήσεων. Επίσης η σκληρότητα είναι επιθυμητή στην ζυθοποιία και αρτοποιία γιατί βοηθάει την ενζυματική δράση. Το σκληρό νερό δεν έχει καλή γεύση εμποδίζει το καλό βράσιμο των τροφίμων, δεν κάνει αφρό με το σαπούνι και δημιουργεί επικαθίσματα στις σωληνώσεις και στις οικιακές συσκευές. Επίσης σε ορισμένες βιομηχανίες (βυρσοδεψεία, βαφεία, χημικών και φαρμακευτικών προϊόντων) το σκληρό νερό είναι επιζήμιο στην κατεργασία και στο τελικό προϊόν. Νερό με σκληρότητα μέχρι και  $500 \text{ mg}/\text{l CaCO}_3$  μπορεί να χρησιμοποιηθεί για πόσιμο, αλλά οι πιο καλές τιμές είναι μεταξύ 80 και  $150$ .<sup>(7)</sup>

#### Χλωριούχα (Chlorides, Cl<sup>-</sup>)

Είναι ευρέως διαδεδομένα στη φύση σαν άλατα νατρίου, καλίου και ασβεστίου. Προέρχονται από τη διάβρωση των πετρωμάτων. Επειδή είναι πολύ ευκίνητα και ευδιάλυτα εισδύουν στα υπόγεια νερά. Μπορεί όμως να προκύψουν από τη χρήση λιπασμάτων, από λύματα και βιομηχανικά απόβλητα ή διείσδυση θαλασσινού νερού σε παράκτιες περιοχές. Δεν έχουν επιβλαβή επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό, αλλά σε υψηλές συγκεντρώσεις δίνουν στο πόσιμο νερό γλυφή γεύση. Η απότομη αύξηση των χλωριούχων στο νερό, αν δεν οφείλεται στην είσοδο θαλασσινού νερού, δείχνει πιθανή ρύπανση από λύματα και απαιτείται άμεση επιτόπια υγειονομική εξέταση. Η ρύπανση πρέπει να επιβεβαιωθεί και με άλλες μετρήσεις (μικροβιολογικές, αμμωνία, νιτρώδη). Η ενδεικτική παραμετρική τιμή είναι  $250 \text{ mg}/\text{l}$ .<sup>(7),(8)</sup>

#### Φθοριούχα (Fluoride, F<sup>-</sup>)

Το φθόριο συναντάται στα νερά σαν φθοριούχα άλατα, που προέρχονται από ηφαιστειογενή πετρώματα. Χρησιμοποιείται στην παραγωγή αλουμινίου, σε βιομηχανίες χάλυβα και γυαλιού, στα λιπάσματα και στα κεραμικά. Συχνότερα βρίσκεται στα υπόγεια νερά παρά στα επιφανειακά. Δεν βρίσκεται σε στοιχειακή μορφή στη φύση, επειδή είναι πολύ δραστικό. Είναι βασικό στοιχείο για τον άνθρωπο. Σε νερά που δεν περιέχουν φθόριο γίνεται φθορίωση με προσθήκη φθοριούχων και φθοριοπυριτικών ενώσεων. Σ' αυτές τις περιπτώσεις πρέπει να ελέγχεται συχνά η περιεκτικότητα του νερού σε φθόριο, ώστε να μην υπερβεί το επιτρεπτό όριο. Το ποσό των φθοριούχων που λαμβάνεται στοματικός (μέσω του πόσιμου νερού) σχεδόν ολοκληρωτικά απορροφάται από τον ανθρώπινο οργανισμό. Τα επίπεδα των ιόντων φθορίου στο πόσιμο νερό είναι πολύ παραπλήσια με αυτά που ανευρίσκονται στα πηγαία νερά. Τα επίπεδα αυτά συνήθως δεν ξεπερνούν το 1 mg/L, ανάλογα όμως με τον τύπο και την θέση (κατάσταση) της πηγής (προέλευση νερού), είναι δυνατόν να φθάσουν και τα 10 mg/L. Υποθέτοντας μια κατανάλωση νερού περίπου 2lt ημερησίως, η αντίστοιχη πρόσληψη φθοριούχων (ανά ημέρα) ανέρχεται μεταξύ 1.2 και 3.4 mg. Στην χώρα μας το ανώτατο επιτρεπτό όριο παρουσίας φθοριούχων στο πόσιμο νερό ανέρχεται στα 1.5 mg/L. Επίσης, 1.5 mg/L είναι το αντίστοιχο ανώτατο επιτρεπτό όριο στην πρώην Δ. Γερμανία. Η Ε.Ε. συγκαταλέγει το φθόριο στις παραμέτρους που αφορούν τις ανεπιθύμητες ουσίες και θεσπίζει σαν ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση τα 1500  $\mu\text{g/L} = 1.5 \text{ mg/L}$  για θερμοκρασιακή περιοχή 8-12°C. Δηλαδή μπορεί να επισημανθεί το γεγονός ότι η ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση των φθοριούχων στο πόσιμο νερό ποικίλει, ανάλογα με την μέση θερμοκρασία της υπό εξέταση γεωγραφικής περιοχής.<sup>(7),(8)</sup>

Η παρουσία των ιόντων φθορίου στο πόσιμο νερό έχει ιδιαίτερη σημασία αν και κατά καιρούς διατυπώθηκαν αντικρουόμενες απόψεις σχετικά με την επίδραση τους στην υγεία του ανθρώπου. Υπάρχει η άποψη ότι τέτοιου είδους ιόντα στο νερό προφυλάσσουν τα δόντια από τερηδόνα. Αυτός είναι και λόγος που κυκλοφορούν στο εμπόριο οδοντόπαστες που περιέχουν φθοριούχα προερχόμενα από την προσθήκη φθοριούχου νατρίου, ενώ σε μερικές πόλεις στο εξωτερικό φθοριώνουν το νερό. Το φθόριο έχει μεγάλη υγειονομική σημασία διότι εάν βρίσκεται στα επιτρεπτά όρια συντελεί στην καλύτερη ανάπτυξη της αδαμαντίνης των δοντιών, στην παιδική κυρίως ηλικία, με αποτέλεσμα να περιορίζεται η απώλεια των δοντιών σε σημαντικό βαθμό (60-70%). Αντίθετα εάν υπάρχει υπέρβαση, τότε προσβάλλεται η αδαμαντίνη με στίγματα (κηλιδωτή αδαμαντίνη). Το φθόριο θεωρείται βασικό ιχνοστοιχείο για την ανάπτυξη του ανθρώπου, όταν αυτό λαμβάνεται σε μικρές δόσεις. Τα φθοριούχα ιόντα ελαττώνουν την διαλυτότητα του σμάλτου κάτω από όξινες συνθήκες και έτσι παρέχουν προστασία ενάντια στην τερηδόνα των δοντιών, τόσο στα παιδιά όσο και στους ενήλικους.<sup>(7),(8)</sup>

Η ύπαρξη της τερηδόνας μειώνεται καθώς η συγκέντρωση των εν λόγω ιόντων αυξάνεται έως τα 1mg/L περίπου, όταν όμως φθάσει στα 1.5-2.0mg/L μπορεί να συμβεί κηλίδωση του σμάλτου των δοντιών. Η παραμετρική τιμή είναι 1,5 mg/l.<sup>(7),(8)</sup>

### **Θειικά (Sulphates, $\text{SO}^{-2}_4$ )**

Αποτελούν συστατικό πολλών ορυκτών και υπάρχουν σε μεγάλες ποσότητες στα φυσικά νερά. Χρησιμοποιούνται σε πολλές βιομηχανίες (χημικές, γυαλιού, χάρτου, υφαντουργίες), στα λιπάσματα, στα εντομοκτόνα και σαν κροκιδωτικά στην επεξεργασία του νερού. Ακόμη υπάρχουν στην ατμόσφαιρα σαν δευτερογενής ρύπος και αποτίθενται στο έδαφος και τα νερά σαν "όξινη βροχή". Τα θειικά άλατα του νατρίου, ασβεστίου και μαγνησίου σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 700 mg/l δίνουν στο πόσιμο νερό δυσάρεστη γεύση. Ειδικότερα το θειικό μαγνήσιο σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 600 mg/l έχει καθαρτική δράση. Τα θειικά άλατα συμβάλλουν στη διάβρωση των σωληνώσεων. Η παραμετρική τιμή είναι 250 mg/l.<sup>(7)</sup>

### **Νάτριο (Sodium, Na)**

Είναι βασικό στοιχείο για τον άνθρωπο. Τα άλατα νατρίου βρίσκονται σε όλες τις τροφές και το πόσιμο νερό. Λόγω της αφθονίας του στη φύση (έκτο κατά σειρά) περιέχεται σε όλα τα φυσικά νερά σε συγκεντρώσεις που κυμαίνονται από 1-500 mg/l. Στα πόσιμα νερά δεν υπερβαίνει τα 20 mg/l, εκτός των περιπτώσεων που έχει γίνει αποσκλήρυνση με τη μέθοδο της ιοντοανταλλαγής σε νερά με μεγάλη σκληρότητα ή παρατηρείται διείσδυση θαλασσινού νερού. Η παραμετρική τιμή είναι 200 mg/l.<sup>(7)</sup>

### **Αμμώνιο (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)**

Τα υπόγεια νερά περιέχουν συνήθως αμμωνία λιγότερο από 0.2 mg/l. Η αμμωνία δεν επηρεάζει άμεσα την υγεία στις συγκεντρώσεις που ενδέχεται να υπάρχει στα πόσιμα νερά, αποτελεί όμως σημαντικό δείκτη ρύπανσης από κοπρανώδεις ουσίες. Σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 0.2 mg/l δημιουργεί προβλήματα οσμής και γεύσης στο νερό και ελαττώνει την αποτελεσματικότητα της απολύμανσης. Γι αυτό είναι ανάγκη να απομακρύνεται από το νερό που προορίζεται για κατανάλωση (εμφιαλωμένα νερά και νερά δικτύου ύδρευσης), με διάφορες τεχνικές. Τα πόσιμα ύδατα που περιέχουν ίχνη αμμωνίου πρέπει να ελέγχονται επισταμένα και συνήθως κρίνονται ακατάλληλα. Η Ε.Ε. συγκαταλέγει το αμμώνιο στις παραμέτρους που αφορούν τις ανεπιθύμητες ουσίες και θέτει σαν ανωτάτη παραδεκτή συγκέντρωση για το πόσιμο νερό τα 0.5 mg/L = 500μg/l NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, ενώ θεσπίζει σαν ενδεικτικό επίπεδο τα 0.05 mg/L=50μg/l NH<sub>4</sub><sup>+</sup>. Στις Η.Π.Α. το αντίστοιχο επιτρεπτό όριο είναι τα 0.5 mg/L στα επιφανειακά ύδατα, ενώ το επιθυμητό όριο κυμαίνεται από 0.01 mg/L = 10 μg/L.

Επίσης συμβάλλει στο σχηματισμό νιτρωδών στα συστήματα ύδρευσης. Η παραμετρική τιμή είναι 0,50 mg/l.<sup>(7),(8)</sup>

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

Αποτελούν τμήμα του κύκλου του αζώτου στη φύση, επομένως υπάρχουν στα φυσικά νερά, αλλά η συγκέντρωσή τους είναι συνήθως χαμηλή. Σε αερόβιες συνθήκες διεισδύουν στον υδροφόρο ορίζοντα. Τα νιτρικά αποτελούν το τελικό στάδιο οξείδωσης της αμμωνίας και παρουσία τους στα νερά δείχνει παλαιά ρύπανση. Υψηλές συγκεντρώσεις οφείλονται σε λιπάσματα, απορρίμματα και ζωικά ή ανθρώπινα απόβλητα. Υπάρχουν ακόμη και στον αέρα, λόγω της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, με αποτέλεσμα να παρασύρονται από τη βροχή ή να αποτίθενται στο έδαφος. Τα πόσιμα νερά που περιέχουν μεγάλες ποσότητες νιτρικών υπάρχει κίνδυνος να προκαλέσουν στα παιδιά την ασθένεια μεθαιμογλοβιναίμια, λόγω της αναγωγής τους σε νιτρώδη. Τα νιτρώδη και νιτρικά, στο περιβάλλον του στομάχου, σχηματίζουν N-νιτροζοενώσεις, που είναι καρκινογόνες. Σε ότι αφορά στη συγκέντρωση νιτρικών και νιτρωδών η Ε.Ε. συγκαταλέγει τα νιτρικά και τα νιτρώδη στις παραμέτρους που αφορούν τις ανεπιθύμητες ουσίες. Επιπλέον θεσπίζει ως ανώτατο επιτρεπτό όριο συγκέντρωσης για τα νιτρώδη: 0.1mg/L= 100μg/l (για κατανάλωση 2lt νερού ημερησίως). Τα νιτρικά και τα νιτρώδη εξετάζονται μαζί εξαιτίας της μετατροπής από την μια μορφή στην άλλη που συμβαίνει στο περιβάλλον. Οι επιδράσεις των νιτρικών στην υγεία είναι γενικώς το αποτέλεσμα της εύκολης μετατροπής τους σε νιτρώδη ιόντα στο ανθρώπινο σώμα. Η παραμετρική τιμή για τα νιτρικά είναι και 50 mg/l.<sup>(7)</sup>

### **Νιτρώδη (NO<sub>2</sub>)**

Τα νιτρώδη αποτελούν ενδιάμεσο στάδιο οξείδωσης της αμμωνίας και είναι ασταθή στο περιβάλλον. Η παρουσία τους στα νερά δείχνει πρόσφατη ρύπανση. Η παραμετρική τιμή για τα νιτρώδη είναι 0,50 mg/l.<sup>(7)</sup>



## **Ασβέστιο (Calcium, Ca)**

Υπάρχει σε όλα τα φυσικά νερά και προέρχεται από τη διάβρωση των πετρωμάτων (ασβεστόλιθος, δολομίτης, γύψος). Η συγκέντρωση ασβεστίου στο νερό συμβάλλει στην ολική σκληρότητά του. Μικρές συγκεντρώσεις ανθρακικού ασβεστίου εμποδίζουν τη διάβρωση των μεταλλικών σωλήνων γιατί σχηματίζουν ένα προστατευτικό επίστρωμα. Υψηλές συγκεντρώσεις αλάτων ασβεστίου με τη θέρμανση καθιζάνουν σχηματίζοντας σκληρά επικαθήματα στους λέβητες, στους σωλήνες και τα σκεύη μαγειρικής. Δεν έχει αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία και δεν υπάρχει όριο.

Το ασβέστιο είναι ένα στοιχείο, που εντοπίζεται σε κάθε δείγμα νερού και συνήθως μάλιστα, στη μεγαλύτερη αναλογία σε σχέση με τα υπόλοιπα χημικά στοιχεία. Συνδέεται άμεσα με την φυσική σύσταση του νερού και ενώνεται με όξινα ανθρακικά και ανθρακικά ανιόντα, δίνοντας τα επικρατέστερα άλατα που συναντώνται στο πόσιμο νερό, μέρος των οποίων αποδίδουν την σκληρότητα.

Ωστόσο, από την ισχύουσα υγειονομική διάταξη δεν υπάρχει κάποιο ανώτατο επιτρεπτό όριο για το ασβέστιο παρά μόνο ενδεικτικό επίπεδο (100mg/L) γύρω στο οποίο κυμαίνονται οι διάφορες τιμές συγκεντρώσεων.

Το γεγονός ότι δεν έχει επιβληθεί ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή για την ποσότητα του ασβεστίου δηλώνει πως δεν συντρέχει κανένας λόγος ανησυχίας για την ανθρώπινη υγεία, από την πιθανή και μεμονωμένη υπερβολική αύξηση του ασβεστίου σε ορισμένα νερά που προορίζονται για κατανάλωση. Το ασβέστιο που περιέχεται στο πόσιμο νερό βρέθηκε, από προγενέστερες μελέτες, να παρουσιάζει μια ευεργετική αντιτοξική συμπεριφορά, δεδομένου ότι αποτρέπει μέσω μιας άμεσης αντίδρασης την απορρόφηση και την μείωση των επιβλαβών τοξικών στοιχείων όπως είναι το κάδμιο και ο μόλυβδος. Εντούτοις, αυτή η προστατευτική ιδιότητα του ασβεστίου, είναι περιορισμένη ποσοτικά, γεγονός που σημαίνει ότι η αποτελεσματική δράση του στοιχείου ενδεχομένως και να εκλείπει για μεγάλες ποσότητες επιβλαβών ουσιών.<sup>(7),(8)</sup>

## **Μαγνήσιο (Magnesium, Mg)**

Είναι σε αφθονία στη φύση (όγδοο σε σειρά) και είναι από τα συνηθισμένα συστατικά των φυσικών νερών. Τα άλατά του μαζί με τα άλατα του ασβεστίου αποτελούν την ολική σκληρότητα του νερού και όταν θερμανθούν σχηματίζουν επικαθήματα στις σωληνώσεις και τους λέβητες. Το μαγνήσιο αποτελεί επίσης ένα σημαντικό για την υγεία ιχνοστοιχείο και ανιχνεύεται τόσο στο πόσιμο νερό όσο και στα τρόφιμα. Αξίζει να αναφερθεί ότι προϊόντα που παρουσιάζουν μεγάλη διατροφική αξία περιέχουν μεγάλη συγκέντρωση στο συγκεκριμένο στοιχείο. Σχετικά με την επίδραση του μαγνησίου στον ανθρώπινο οργανισμό, θα λέγαμε πως και αυτό με την σειρά του, αλλά σε μικρότερο βαθμό από ότι το ασβέστιο, παρουσιάζει την ευεργετική αντιτοξική επίδραση που περιγράφηκε προηγουμένως. Έρευνες αναφέρουν ότι το μαγνήσιο παρουσιάστηκε να έχει προστατευτική επίδραση ενάντια σε εγκεφαλοαγγειακές ασθένειες και την υπέρταση. Η απορρόφηση του μαγνησίου από τα τρόφιμα στο έντερο είναι περίπου 30%, σε αντίθεση με την απορρόφηση του από το νερό, όπου το ιχνοστοιχείο αυτό παρουσιάζεται με την ελεύθερη μορφή κατιόντων και είναι απορροφήσιμο σε υψηλότερη έκταση 40-60%, όπως αναφέρεται στην έκθεση (Durlach et al, 1985 Durlach, 1988 Neutra, 1999 Sabatier et al, 2002). Δηλαδή η απορρόφηση του μαγνησίου που προέρχεται από το νερό είναι 30% υψηλότερη έναντι του διαιτητικού μαγνησίου (Marx et. al, 1977).<sup>(7),(8)</sup>

Συμπερασματικά θα λέγαμε πως το νερό είναι η καταλληλότερη πηγή ασβεστίου και μαγνησίου, σε σχέση με τα τρόφιμα, δεδομένου ότι όσο υψηλότερο και αν είναι το ποσοστό των ιχνοστοιχείων αυτών στις τροφές, τόσο χαμηλότερη είναι η απορρόφηση αυτών από τον οργανισμό (Bohmer et. al, 2000 Sabatier).<sup>(8)</sup>

Θα πρέπει όμως να επισημανθεί ότι η υπερβολική κατανάλωση του μαγνησίου μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στην ομαλή λειτουργία του οργανισμού και γι αυτό και η ελληνική υγειονομική διάταξη παρουσιάζει κάποια επίπεδα τιμών (ενδεικτικό και ανώτατο) συγκέντρωσης του στοιχείου αυτού, μέσα στα οποία πρέπει να κυμαίνονται οι ποσότητες του στα διάφορα συσκευασμένα νερά. <sup>(8)</sup>

Για την χώρα μας το ενδεικτικό επίπεδο συγκέντρωσης μαγνησίου είναι 30mg/L και το ανώτατο 50mg/L. Επισημαίνεται ότι νερά με συγκεντρώσεις μαγνησίου μεγαλύτερες από 125 mg/ έχουν καθαρτικές και διουρητικές ιδιότητες, ιδιαίτερα κατά τις πρώτες χρήσεις. (Καλλέργης 1986). <sup>(8)</sup>

Δεν υπάρχει όριο

### **Σίδηρος (Iron, Fe)**

Σε ότι αφορά τον σίδηρο, συνήθως οι συγκεντρώσεις του στο πόσιμο νερό είναι μικρότερες των 0.3mg/L. Η πρόσληψη του σιδήρου που προέρχεται από το νερό είναι μικρότερη έναντι αυτής που προέρχεται από την τροφή. Στην χώρα μας το ανώτατο επιτρεπτό όριο παρουσίας του σιδήρου στο νερό που προορίζεται για κατανάλωση είναι 0.1mg/L = 100μg/l, ενώ στις Η.Π.Α. το επιτρεπτό όριο είναι τα 0.3 mg/L = 300μg/l. Η Ε.Ε. συγκαταλέγει τον σίδηρο στις παραμέτρους που αφορούν τις ανεπιθύμητες ουσίες και θεσπίζει σαν ενδεικτικό επίπεδο παρουσίας του στο πόσιμο νερό τα 50 μg/L, ενώ σαν ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση τα 200 μg/L. Υπάρχει κυρίως σε υπόγεια νερά, που διέρχονται από πετρώματα πλούσια σε άλατα σιδήρου. Συνεχής κατανάλωση νερού με υψηλές συγκεντρώσεις σιδήρου, μπορεί να προκαλέσει στον άνθρωπο, και ιδιαίτερα στα παιδιά, βλάβες στους ιστούς (αιμοχρωμάτωση). Ο σίδηρος δίνει στο νερό γεύση που είναι ανιχνεύσιμη σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις. Προκαλεί προβλήματα στα πλυντήρια και υφαντήρια (δημιουργούνται λεκέδες στα υφάσματα) και στους αγωγούς διανομής νερού (ευνοείται η ανάπτυξη βακτηριδίων και δημιουργούνται αποθέσεις). Η παραμετρική τιμή είναι 200 μg/l. <sup>(7)</sup>

### **Μαγγάνιο (Manganese, Mn)**

Θεωρείται από τα στοιχεία τα λιγότερο τοξικά για τον άνθρωπο. Η απορρόφησή του στον οργανισμό συνδέεται άμεσα με την απορρόφηση του σιδήρου. Υψηλές συγκεντρώσεις στο νερό προκαλούν δυσάρεστη γεύση. Δεν έχουν διαπιστωθεί βλαβερές συνέπειες στην υγεία από υψηλές συγκεντρώσεις μαγγανίου. Το μαγγάνιο προκαλεί λεκέδες στα υφάσματα σε πλυντήρια και υφαντήρια. Διευκολύνει την ανάπτυξη μικροοργανισμών στα δίκτυα με αποτέλεσμα αύξηση της θολότητας, δημιουργία οσμών και αποθέσεων. Η παραμετρική τιμή είναι 50 μg/l. <sup>(7)</sup>

### **Κάδμιο (Cadmium, Cd)**

Είναι ένα από τα τοξικότερα μέταλλα. Συναντάται στη φύση σε θειούχα ορυκτά με το μόλυβδο και τον ψευδάργυρο. Στα φυσικά νερά βρίσκεται κυρίως στα ιζήματα των βυθών και σε αιωρούμενα σωματίδια. Σε μη ρυπασμένα νερά η συγκέντρωση του καδμίου είναι κάτω από 1 μg/l. Πηγές του καδμίου στο νερό είναι τα βιομηχανικά απόβλητα και η διάβρωση των γαλβανισμένων σωλήνων. Σε συστήματα ύδρευσης, που τροφοδοτούνται με νερό μαλακό χαμηλού pH, μπορεί να βρεθούν ψηλές συγκεντρώσεις καδμίου, επειδή αυτά τα νερά είναι πιο διαβρωτικά και η διαλυτότητά του καδμίου στο νερό εξαρτάται από το pH και τη σκληρότητα. Το κάδμιο προσβάλλει το συκώτι, τα νεφρά, το σπλήνα και το θυρεοειδή αδέν, εναποτίθεται στα οστά, όπου αντικαθιστά το ασβέστιο προκαλώντας τη νόσο ΙΤΑΙ-ΙΤΑΙ. Έχει βρεθεί ότι προκαλεί καρκίνο σε πειραματόζωα και ορισμένες επιδημιολογικές μελέτες το συνδέουν με καρκίνο στον άνθρωπο. Η παραμετρική τιμή είναι 5 μg/l. <sup>(7)</sup>

### **Χαλκός ( Copper, Cu )**

Είναι βασικό στοιχείο στον ανθρώπινο μεταβολισμό. Τα άλατα του χαλκού είναι τοξικά στα υδρόβια φυτά και χρησιμοποιούνται (κυρίως ο θειικός χαλκός) για να ανασταλεί η ανάπτυξη των φυκών. Λόγω της διάβρωσης των χάλκινων σωληνώσεων, που εξαρτάται από τη σκληρότητα, το pH, το διαλυμένο οξυγόνο και τη θερμοκρασία του νερού, σημαντικές ποσότητες χαλκού διαλύονται στο πόσιμο νερό. Αν το νερό μείνει στάσιμο 12 ώρες στις σωληνώσεις, η συγκέντρωση χαλκού μπορεί να υπερβεί τα 20 mg/l. Ο χαλκός προσδίδει χρώμα και στυπτική γεύση στο πόσιμο νερό. Δημιουργεί λεκέδες στα υφάσματα και στα είδη υγιεινής. Δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι προκαλεί βλάβες στην υγεία. Η παραμετρική τιμή είναι 2 mg/l.<sup>(7)</sup>

### **Αρσενικό (Arsenic, As)**

Τα περισσότερα φυσικά νερά περιέχουν αρσενικό σε συγκεντρώσεις πάνω από 5 µg/l. Το αρσενικό φθάνει στους υδάτινους αποδέκτες από τα μεταλλεία, αφού υπάρχει σχεδόν σε όλα τα θειούχα ορυκτά, από τα εντομοκτόνα και την καύση ορυκτών καυσίμων. Οι φυσικές πηγές αρσενικού στο περιβάλλον είναι οι ηφαιστειογενείς δράσεις και η αποσύνθεση της φυτικής οργανικής ύλης. Είναι τοξικό και πιθανόν καρκινογόνο. Η τοξικότητα του αρσενικού εξαρτάται από τη χημική και φυσική του μορφή, τη δόση, το χρόνο έκθεσης και τον τρόπο που εισάγεται στον ανθρώπινο οργανισμό. Προκαλεί βλάβες στο γαστρικό, νευρικό και αναπνευστικό σύστημα και διάφορες αλλοιώσεις στο δέρμα. Δόσεις μεταξύ 70 και 180 mg As είναι θανατηφόρες. Η παραμετρική τιμή είναι 10 µg/l.<sup>(7)</sup>

### **Μόλυβδος (Lead, Pb)**

Είναι πολύ τοξικό μέταλλο. Τα φυσικά νερά συνήθως περιέχουν μέχρι 5 µg/l μόλυβδο. Μεγαλύτερες συγκεντρώσεις οφείλονται σε απόβλητα ορυχείων, βιομηχανιών, στη διάβρωση μολύβδινων υδραυλικών εγκαταστάσεων. Επίσης χρησιμοποιείται για την παραγωγή μπαταριών, κραμάτων, χρωστικών, αντισκωριακών. Μεγάλες ποσότητες μολύβδου υπάρχουν στην ατμόσφαιρα από τον τετρααιθυλιούχο μόλυβδο που προστίθεται στη βενζίνη σαν αντικροτικό. Για το λόγο αυτό στις περισσότερες χώρες έχει απαγορευθεί η χρήση μολύβδου στη βενζίνη και χρησιμοποιείται αμόλυβδη βενζίνη. Οι επιπτώσεις του μολύβδου στην υγεία μελετήθηκαν πριν πολλά χρόνια, γιατί υπήρξαν δηλητηριάσεις από μόλυβδο στο πόσιμο νερό, που προήλθε από διάβρωση των μολύβδινων υδραυλικών εγκαταστάσεων. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να εγκαταλειφθούν οι μολύβδινοι σωλήνες για το νερό και να απαγορευθεί η χρήση χρωμάτων με βάση το μόλυβδο για εσωτερική διακόσμηση. Είναι δηλητήριο με συσσωρευτική δράση. Προκαλεί βλάβες στο συκώτι, τον εγκέφαλο και το νευρικό σύστημα. Η παραμετρική τιμή είναι 10µg/l.<sup>(7)</sup>

### **Νικέλιο (Nickel, Ni)**

Το νικέλιο απαντάται σε επιφανειακά ορυκτά. Υποκαθιστά το σίδηρο σε σιδηρομαγνητούχα πετρώματα ηφαιστειακής προέλευσης και τείνει να συγκαθιζάνει με οξειδία του σιδήρου και του μαγγανίου. Το νικέλιο χρησιμοποιείται εκτεταμένα για την παρασκευή ανοξείδωτων αντικειμένων και μέσω αυτής της οδού βρίσκει διέξοδο στα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά. Η παραμετρική τιμή είναι 20 µg/l.

### **Υδράργυρος (Mercury, Hg)**

Οι κύριες χρήσεις του υδραργύρου είναι στην κατασκευή καθόδων για την ηλεκτρολυτική παραγωγή χλωρίου και καυστικής σόδας, στην κατασκευή λυχνιών, οργάνων ελέγχου όπως διακόπτες,θερμόμετρα, βαρόμετρα σε οδοντικά αμαλγάματα και σαν πρώτη ύλη στην παρασκευή χημικών ενώσεων όπως μυκητοκτόνων, αντισηπτικών, φαρμακευτικών, και αντιδραστηρίων. Μέσα από αυτές τις δραστηριότητες ο υδράργυρος περνάει σαν απόβλητο

και μολύνει το περιβάλλον. Ο υδράργυρος απαντά στη φύση σε πετρώματα κυρίως υπό τη μορφή θειούχου υδραργύρου (HgS)(κινναβαρίτη).Ο Υδράργυρος στα φυσικά νερά εμφανίζεται σε τρία στάδια οξείδωσης, στοιχειακός υδράργυρος Hg<sup>0</sup>, Hg<sup>+1</sup> , Hg<sup>+2</sup> . Τα αντίστοιχα ανόργανα άλατα που σχηματίζει έχουν διαφορετικό βαθμό διαλυτότητας: Ο βαθμός διαλυτότητας επηρεάζεται από το pH και το οξειδωαναγωγικό δυναμικό. Στοιχειακό υδράργυρο που είναι αδιάλυτος. Χλωριούχο υφυδράργυρο (HgCl) με μικρή διαλυτότητα. Χλωριούχο υδράργυρο (HgCl<sub>2</sub>) με υψηλή διαλυτότητα. Σύμπλοκα ιόντα χλωρίου (HgCl<sub>4</sub><sup>2-</sup>) και θείου (HgS<sub>4</sub><sup>2-</sup>) με υψηλή διαλυτότητα. Οι φυσικές τιμές του υδραργύρου σε υπόγεια και επιφανειακά νερά είναι κάτω των 0,5 μg/L. Εν τούτοις έχουν αναφερθεί στη βιβλιογραφία περιπτώσεις όπου η συγκέντρωση του υδραργύρου ξεπερνά τα 5,5 μg/L σε περιοχές με έντονη ηφαιστειακή δραστηριότητα στην Ιαπωνία. Η παραμετρική τιμή είναι 1.0 μg/l

Ο ανόργανος υδράργυρος απορροφάται σε μικρό ποσοστό 7-15% από το νερό και την τροφή και συσσωρεύεται στα νεφρά. Στα επιφανειακά νερά κάτω από αερόβιες συνθήκες παρουσία μικροοργανισμών παράγεται ο μεθυλιούχος υδράργυρος (CH<sub>3</sub>Hg<sup>+</sup>) μια ιδιαίτερα τοξική μορφή υδραργύρου διαλυτός στο νερό, στα λίπη που συσσωρεύεται στους ιστούς. Ο οργανικός υδράργυρος απορροφάται από το γαστρεντερικό σύστημα και σε ποσοστό 80-90% δεσμεύεται από τα ερυθρά αιμοσφαίρια και λόγω της μεγάλης λιποδιαλυτότητας εισχωρεί στον εγκέφαλο, τον νωτιαίο μυελό και το νευρικό σύστημα.

### **Χρόμιο ( Chromium, Cr)**

Υπάρχει στο φλοιό της γης και εμφανίζεται σαν τρισθενές και εξασθενές χρώμιο. Στα νερά βρίσκονται κυρίως άλατα του εξασθενούς χρωμίου, επειδή είναι ευδιάλυτα, ενώ σπάνια υπάρχει σαν τρισθενές, γιατί οι ενώσεις του είναι αδιάλυτες και καθιζάνουν. Στην ατμόσφαιρα βρίσκεται στα αεροζόλ και παρασύρεται από τη βροχή ή εναποτίθεται στο έδαφος ρυπαίνοντας τα επιφανειακά νερά. Η μέση συγκέντρωση στο νερό της βροχής είναι 0,2–1 μg/l, στο θαλασσίνο 0,05 μg/l και στα φυσικά νερά 0,5–2 μg/l, ενώ στα υπόγεια είναι πολύ χαμηλή. Μεγαλύτερες συγκεντρώσεις οφείλονται σε ρύπανση από βιομηχανικά απόβλητα. Χρησιμοποιείται στις βιομηχανίες χρωμάτων και δέρματος, στα επιμεταλλωτήρια, στην παρασκευή κραμάτων και καταλυτών. Συχνά προστίθενται σε νερά ψύξης χρωμικές ενώσεις για έλεγχο της διάβρωσης. Οι επιδράσεις του χρωμίου στην υγεία εξαρτώνται από τη μορφή του. Το εξασθενές χρώμιο είναι πολύ τοξικό. Προκαλεί βλάβες στο δέρμα και το συκώτι και θεωρείται καρκινογόνο. Το τρισθενές χρώμιο δεν έχει βρεθεί ότι προκαλεί βλάβες στην υγεία. Η παραμετρική τιμή είναι 50 μg/l.<sup>(7)</sup>

### **Σελήνιο (Selenium, Se)**

Σε μεγάλες συγκεντρώσεις το σελήνιο προκαλεί σελήνωση κατά την οποία παρουσιάζονται γαστρεντερικές διαταραχές, νευρικότητα, ψυχική κατάπτωση, ηπατικές και νεφρικές βλάβες ενώ η στέρηση του προκαλεί συμπτώματα έλλειψης που εμφανίζονται με προβλήματα στο μυοκάρδιο και είναι πιθανόν να οδηγήσουν τελικά στο θάνατο. Το σελήνιο αποτελεί απαραίτητο στοιχείο στη διατροφή μας και προσλαμβάνεται από την τροφή ενώ στο πόσιμο νερό βρίσκεται σε μικρές ποσότητες. Αντιδρά, εντός οργανισμού, με άλλα στοιχεία προστατεύοντάς τον από την τοξικότητα των βαρέων μετάλλων όπως του υδράργυρου, του καδμίου, του σιδήρου και του θάλιου. Η παραμετρική τιμή είναι 10μg/l.

### **Αμιάντος**

Οι ίνες αμιάντου εύκολα μπορούν να εμφανιστούν στο νερό μας, από την διάβρωση των αμιαντοσωλήνων. Επειδή έχουν θετικό φορτίο και τα κύτταρά μας αρνητικό, έρχονται και ενώνονται όπως η καρφίτσα με τον μαγνήτη. Στην αρχή, μας καταστρέφουν την μεμβράνη του κυττάρου και στη συνέχεια ανοίγουν το δρόμο για το καρκίνο. Το κακό είναι ότι δεν φαίνονται με γυμνό μάτι, αλλά εντοπίζονται μόνο με ειδικό ηλεκτρονικό μικροσκόπιο. Στην

Ελλάδα εκτιμάται ότι υπάρχουν περισσότερα από 40.000 χιλιόμετρα σωλήνες αμιαντοσιμέντου.<sup>(9)</sup>

### 3.2.3 Μικροβιολογική ποιότητα πόσιμου νερού και δημόσια υγεία.

Το νερό είναι απόλυτα συνυφασμένο με την ύπαρξη της ζωής σε όλες της τις μορφές και για τα θηλαστικά αποτελεί από ποσοτική άποψη το κύριο συστατικό, ίσως εξαιτίας των ιδιαίτερων φυσικοχημικών ιδιοτήτων του μεταξύ των άλλων είναι άριστος διαλύτης και έχει μεγάλη ειδική θερμότητα

Έτσι, σε σχέση με τον άνθρωπο είναι γνωστό ότι στην εμβρυϊκή ηλικία αποτελεί περίπου το 90% και στους ενήλικες το 70 % του σωματικού βάρους. Το νερό ο άνθρωπος το προσλαμβάνει από τα υγρά-ποτά, από τις τροφές, αλλά και από τη δημιουργία ενδογενούς ύδατος από την οξειδωση του υδρογόνου μέσα στο σώμα. Η ημερήσια πρόσληψη σε νερό για τον άνθρωπο κυμαίνεται από 850-2500 ml περίπου ανάλογα με τη θερμοκρασία και τις ανάγκες του.

Πέρα από την παραπάνω χρήση για τον άνθρωπο είναι ακόμη σημαντικό να διαθέτει την κατάλληλη ποσότητα νερού για την παρασκευή της τροφής, την ατομική και την οικιακή του καθαριότητα, οπότε οι ανάγκες του τείνουν στα 200 lt νερού την ημέρα. Το νερό αυτό πρέπει να είναι ακίνδυνο από κάθε πλευρά και επόμενα δεν θα πρέπει να είναι μολυσμένο (να μην έχει δηλαδή παθογόνα μικρόβια ή προϊόντα τους) και να μην περιέχει ρύπους (να μην έχει δηλαδή χημικές ουσίες επικίνδυνες).

Από τους πρώτους που αντιλήφθηκαν τη σημασία της υγιεινής ύδρευσης και αποχέτευσης ήταν οι πολιτισμοί που αναπτύχθηκαν στον Ελληνικό χώρο, με πρωτοπόρους τους κατοίκους της Κνωσού, της Φαιστού και της Ζάκρου όπου ανακαλύφθηκαν τέλεια συστήματα ύδρευσης που χρονολογούνται από το 1700 πΧ. Οι αρχαιολόγοι υποστηρίζουν ότι οι υγεινολογικές γνώσεις των κατοίκων της Μινωικής Κρήτης είχαν επηρεάσει και βρήκαν εφαρμογή αργότερα και στα ανάκτορα της Τίρυνθας και των Μυκηνών.<sup>(6)</sup>

### Βασικά χαρακτηριστικά της μικροβιολογικής εξέτασης

Στα πλαίσια της φιλοσοφίας που διέπει τις παρεμβάσεις που αφορούν στη Δημόσια Υγεία, η Εφαρμοσμένη Μικροβιολογία στη Δημόσια Υγεία πρέπει να χρησιμοποιεί μεθόδους με τα εξής κυρίως χαρακτηριστικά:

- Να είναι ταχείες, ώστε να δίδουν κατά το δυνατόν γρήγορα απαντήσεις
- Να είναι πρακτικές και να μην απαιτούν εξοπλισμό υψηλής τεχνολογίας
- Να είναι φθηνές, ώστε να επαρκούν τα κονδύλια για το μεγάλο αριθμό δειγμάτων που απαιτούνται για την επαγρύπνηση στα πλαίσια της Δημόσιας Υγείας
- Να μην απαιτείται υψηλής εξειδίκευσης προσωπικό

Οφείλουμε να επισημάνουμε τη διαφοροποίηση που έχει μεσολαβήσει τα τελευταία χρόνια με την εισαγωγή στις απαιτήσεις για τη λειτουργία των Εργαστηρίων που πραγματοποιούν τέτοιου είδους δοκιμές των κριτηρίων ποιότητας που τίθενται από το EN 45001 και το ISO 17025. Η παρουσία τέτοιων μικροβίων – δεικτών αποτελεί αδιάμφευτο μάρτυρα κοπρανώδους μόλυνσης του νερού και κατά συνέπεια συνιστά ισχυρή πιθανότητα να συνυπάρχουν και παθογόνα μικρόβια.<sup>(6)</sup> Είναι εύλογο ότι η αξιολόγηση που γίνεται για κάθε ένα από τα μικρόβια – δείκτες σχετίζεται με τη φύση του μικροβίου και το βαθμό συσχέτισής του με τα κόπρανα. Έτσι, σήμερα είναι σε ισχύ η Υπ. Απόφ. Α5/288/23-01-86, ΦΕΚ 53, Τεύχος Β'/20-02-1986 που καθορίζει τα περί ποιότητας του πόσιμου νερού, σε συμμόρφωση προς την 80/778 οδηγία του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων της 15.7.80.

Οι κυριότερες παράμετροι που προβλέπονται να εξετάζονται ως μικρόβια – δείκτες είναι τα:

1. Ολικά κολοβακτηριοειδή

2. Κολοβακτηριοειδή κοπράνων
3. Στρεπτόκοκκοι κοπράνων
4. Κλωστηρίδια αναγωγικών θειωδών αλάτων
5. Καταμέτρηση των συνολικών βακτηριδίων για το πόσιμο νερό, στους 37 βαθμούς και στους 22 βαθμούς Κελσίου.

Η σημασία της ανεύρεσης κάθε μιας από τις παραπάνω παραμέτρους έγκειται στο ότι δίδει με αρκετή προσέγγιση πληροφορίες για το είδος της μόλυνσης που αφορά στο νερό από το οποίο έχει ληφθεί το δείγμα που εξετάστηκε.<sup>(6)</sup>

Έτσι λοιπόν, τα Ολικά Κολοβακτηριοειδή δεν προέρχονται μόνο από τα κόπρανα των ανθρώπων και ζώων αλλά και από το χώμα και τα φυτά και επόμενα μόνη η παρουσία τους, εφόσον δεν συνυπάρχουν και άλλες βακτηριολογικές παράμετροι στα αποτελέσματα μιας εξέτασης νερού, θα μπορούσε π.χ. να υποσημαίνει ενδεχόμενη περιβαλλοντικής προέλευσης μόλυνση του νερού. Τα Κολοβακτηριοειδή Κοπράνων αντίθετα, επειδή έχουν προέλευση τον εντερικό σωλήνα ανθρώπων και θερμόαιμων ζώων υποδεικνύουν μόλυνση κοπρανώδους προέλευσης του νερού και στην περίπτωση αυτή είναι βέβαια αυτονόητος ο κίνδυνος να υπάρχουν και παθογόνοι μικροοργανισμοί με τις όποιες συνέπειες. Η *Escherichia coli* (Κολοβακτηρίδιο) συνιστά ένα τυπικό μέλος της ομάδας αυτής των μικροοργανισμών και κατά συνέπεια η παρουσία έστω και ενός (1) ακόμη και της ενδεχόμενης παρουσίας λυμάτων στο νερό. μικροβιακού κυττάρου σε 100 ml χλωριωμένου νερού είναι ενδεικτική μόλυνσης ή κακής απολύμανσης του. Οι Στρεπτόκοκκοι Κοπράνων είναι μια ομάδα μικροοργανισμών που αποτελείται από είδη που βρίσκονται στον εντερικό σωλήνα ανθρώπων και θερμόαιμων ζώων και αν υπάρχουν, υποδεικνύουν μόλυνση κοπρανώδους προέλευσης του νερού και στην περίπτωση αυτή είναι βέβαια αυτονόητος ο κίνδυνος να υπάρχουν και παθογόνοι μικροοργανισμοί με τις όποιες συνέπειες. Η παρουσία αυτών των μικροοργανισμών επιβεβαιώνει τη μόλυνση του νερού από λύματα και ιδίως όταν δεν ανευρίσκονται *E. coli*, με δεδομένη μάλιστα τη μεγαλύτερη αντοχή τους στην οριακή χλωρίωση αυξάνει η αξία τους στην εκτίμηση της μικροβιολογικής ποιότητας. Περιλαμβάνουν τα είδη *Streptococcus bovis*, *S. avium*, *S. gallinarum*, *S. equinus*, αλλά και τα είδη *S. faecium* & *S. faecalis* που συναντώνται συχνότερα στον εντερικό σωλήνα του ανθρώπου. Οι στρεπτόκοκκοι κοπράνων που ανήκουν στα είδη, *S. gallinarum*, *S. equinus*, *S. faecium* & *S. Faecalis* συνιστούν μια υποομάδα που ονομάζεται εντερόκοκκοι. Το Κλωστηρίδιο το διαθλαστικό είναι ένα σπορογόνο βακτηρίδιο και με τους σπόρους του επιζεί σε αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες, αλλά εμφανίζει και μεγαλύτερη στη χλωρίωση. Η παρουσία του αποτελεί απόδειξη μόλυνσης του νερού ακόμη και στις περιπτώσεις εκείνες που δεν ανιχνεύεται *E. coli*, οπότε και εκτιμάται ότι η μόλυνση είναι παλιά. Η ανίχνευσή του θεωρείται ότι έχει ιδιαίτερη σημασία για τις ελλείψεις που αφορούν στα μικρά συστήματα υδρεύσεων που δεν είναι δυνατόν να ελέγχονται σε τακτική βάση.<sup>(6)</sup>

Η καταμέτρηση των συνολικών βακτηριδίων στο πόσιμο νερό μας δίδει μια εικόνα της μικροβιολογικής καθαρότητας του νερού, ιδίως για τις περιπτώσεις που αυτό χρησιμοποιείται από βιομηχανίες τροφίμων και φαρμάκων. Για τα δίκτυα ύδρευσης η σταθερότητα του αριθμού τους είναι σημαντικός δείκτης της ακεραιότητας του δικτύου και της επάρκειας της χλωρίωσης. Αιφνίδια αύξηση του αριθμού τους κατά 1-2 λογάριθμους μπορεί να υποδηλώνει ανεπάρκεια στο σύστημα επεξεργασίας του νερού, επιμόλυνση της πηγής υδροληψίας ή και ανάπτυξη βιολογικού υμενίου στο δίκτυο. Πολλές φορές είναι το πρώτο ανιχνεύσιμο σημείο μόλυνσης.<sup>(6)</sup>

Άλλα μικρόβια – δείκτες είναι η *Pseudomonas aeruginosa* (εμφιαλωμένα νερά, ύδρευση νοσοκομείων, κολυμβητικές δεξαμενές), *Rodococcus coprophilus* (νοκαρδιόμορφος ακτινομύκητας-ειδικός δείκτης ζωικής μόλυνσης του νερού), οι βακτηριοφάγοι των εντεροβακτηριδίων (ως δείκτες της παρουσίας των ιών στο νερό) κ.ά.<sup>(6)</sup>

### 3.3 Το νερό και ο ρόλος του στην υγεία του ανθρώπινου οργανισμού

Το νερό είναι το πιο σημαντικό στοιχείο του οργανισμού του ανθρώπου. Το σώμα μπορεί να επιβιώσει βδομάδες ή ακόμα και μήνες χωρίς συγκεκριμένες βιταμίνες και μέταλλα, δεκάδες μέρες χωρίς φαγητό, αλλά μόνο λίγες μέρες χωρίς νερό, ενώ η ενέργεια μας μπορεί να μειωθεί με μόνο λίγες ώρες χωρίς νερό. Το σώμα μας αποτελείται περίπου 60% από νερό και οι μυς περίπου 70% από νερό. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να διατηρούμε μια ισορροπία μεταξύ του νερού που αποβάλλουμε και του νερού που προσλαμβάνουμε κατά τη διάρκεια της μέρας, για να μην διαταράσσεται η βιοχημική λειτουργία του οργανισμού μας. Το νερό διαμέσου του κυκλοφορικού συστήματος μεταφέρει ηλεκτρολύτες και άλλα θρεπτικά στοιχεία σε όλο το σώμα και επιπλέον αποβάλλει άχρηστα προϊόντα, ενώ παρέχει τη δυνατότητα ευκολότερης απορρόφησης γύρω απ' τους ιστούς και τα όργανα μας. Όταν βρισκόμαστε σε ζεστό περιβάλλον ή όταν έχουμε αυξημένη φυσική δραστηριότητα, η βασική λειτουργία του νερού είναι να αποβάλλει τη θερμότητα που αναπτύξαμε κατά τη διάρκεια της άσκησης. Το σώμα αποβάλλει τη θερμότητα παραλαμβάνοντας την και μεταφέροντας τη διαμέσου της κυκλοφορίας στο δέρμα, από το οποίο χάνεται μέσω της εφίδρωσης. Επίσης, το νερό είναι το βασικό συστατικό του αίματος, έτσι μόνο με ένα καλά ενυδατωμένο οργανισμό μπορούμε να αποβάλλουμε όλη αυτή τη θερμότητα από το σώμα μας.<sup>(10)</sup>

Το στάδιο της αφυδάτωσης είναι αποτέλεσμα της μείωση του ενδοκυτταρικού, ενδοπλασματικού και ενδοαγγειακού νερού. Η διάθεση για νερό και υγρά δεν προλαβαίνει ικανοποιητικά την αφυδάτωση. Κι αυτό γιατί η δίψα δεν ενεργοποιείται νωρίτερα απ' όταν έχουμε ήδη χάσει 700 ml νερού περίπου, που σημαίνει 1% του συνολικού βάρους μας. Εξάλλου, με μείωση κατά 3% των υγρών του σώματος μας, διαταράσσονται τα επίπεδα ενέργειας που διαθέτουμε. Όταν μειώνεται το 5%, παρουσιάζονται σημάδια έντονης κόπωσης. Όταν μειώνουμε το 7%, βρισκόμαστε στην επικίνδυνη ζώνη και όταν μειώνουμε 10% μπορεί να προκληθεί καρδιακή προσβολή ή και πλήρης αποδιοργάνωση του κυκλοφορικού συστήματος. Το νερό παίζει σημαντικό ρόλο στην υγεία όλων των ζωντανών οργανισμών. Για τον άνθρωπο, ακόμα και η οριακή έλλειψη νερού μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την υγεία και την ευεξία του. Μεγαλύτερη έλλειψη μπορεί να οδηγήσει σε αφυδάτωση και η ακραία έλλειψη σε θάνατο. Αν αυτό το χαμένο νερό δεν αναπληρωθεί τότε μπορεί να προκληθεί μεγαλύτερη δυσφορία όπως: αύξηση του αριθμού των καρδιακών σφυγμών, ανυψωμένη αρτηριακή πίεση, και μειωμένη μυϊκή και πνευματική ικανότητα. Εξάντληση από θερμοπληξία μπορεί να συμβεί όταν η απώλεια των υγρών του σώματος είναι 10% του ανθρώπινου βάρους ιδιαίτερα λόγω της εξαντλητικής φυσικής εξάσκησης. Αποβολή νερού από τα ανθρώπινα κύτταρα μέχρι 20% μπορεί να αποβεί θανατηφόρα. Κάτω από κανονικές συνθήκες, το νερό που παίρνουμε από τα διάφορα υγρά και τις τροφές πρέπει να είναι ισοδύναμο με αυτό που αποβάλλεται.<sup>(10)</sup>

#### **Ρόλος του νερού:**

Οι άνθρωποι είναι «υδροφόρα» όντα. Τουλάχιστον, μισό από το βάρος τους αποτελείται από νερό. Ουσιαστικά κάθε σύστημα του ανθρώπινου οργανισμού βασίζεται στο νερό για να λειτουργήσει κανονικά.<sup>(10)</sup>

Μερικοί από τους ρόλους του νερού είναι:

- Μεταφορά θρεπτικών συστατικών, οξυγόνου και φαρμάκων στον οργανισμό.
- Αποβολή άχρηστων ουσιών από τον οργανισμό.
- Μείωση του προβλήματος της δυσκοιλιότητας.
- Έλεγχος/ ισορρόπηση της θερμοκρασίας του σώματος.
- Προστασία των συνδέσμων και των οργάνων του σώματος από αιφνίδια διαταραχή και ατυχήματα.

- Διατήρηση της υγρασίας του δέρματος.
- Προστασία εναντίον του καρκίνου της ουροδόχου κύστης και πρόληψη επαναφοράς / δημιουργίας νεφρολιθίασης.

Οι ποσοτικές ανάγκες σε νερό εξαρτώνται από:

1. Ηλικία : οι ανάγκες για νερό για τα βρέφη και τα παιδιά είναι μεγαλύτερες από αυτές για τους ενήλικες. Βασικά, οι ενήλικες χρειάζονται 30-35 ml ανά κιλό βάρους (2 κουταλιές νερού ανά κιλό περίπου) ενώ τα βρέφη 150 ml ανά κιλό βάρους.
2. Φυσική άσκηση / ενεργητικότητα. Πριν, κατά την διάρκεια και μετά την άσκηση, ιδίως σε ζεστό καιρό πίνετε ½ -1φλ. νερό κάθε 15-20 λεπτά που γυμνάζεστε.
3. Θερμοκρασία : οι ανάγκες για νερό για τα άτομα που διαμένουν σε ζεστά κλίματα είναι αυξημένες λόγω του ότι η αποβολή του νερού από τους πνεύμονες και το δέρμα αυξάνονται κατά 50-100%.
4. Δίαιτα : οι δίαιτες που είναι ψηλές σε περιεκτικότητα πρωτεΐνης απαιτούν περισσότερο νερό για την αποβολή των άχρηστων ουσιών του μεταβολισμού της πρωτεΐνης.
5. Παθήσεις/ εγκαύματα : ο συνεχής εμετός ή διάρροια μπορεί να προκαλέσει αφυδάτωση. Μεγάλη αποβολή υγρών γίνεται με τα εγκαύματα που η ποσότητα τους εξαρτάται από το βαθμό του εγκαύματος.<sup>(10)</sup>

### Πόσο νερό είναι αρκετό

Ο οργανισμός πρέπει να αναπληρώσει τα υγρά που χάνει κατά την διάρκεια της ημέρας διαμέσου των κανονικών του λειτουργιών όπως η αναπνοή, η εφίδρωση, η ούρηση. Οι ειδικοί συνιστούν κατανάλωση 2 ½ λίτρων υγρών/ νερού ημερησίως (8-10 φλιτζάνια). Από αυτή την ποσότητα, συνιστάται τουλάχιστο το 1 ½ λίτρο (6 φλιτζάνια) να προέρχεται από πόσιμο νερό/ υγρά και το υπόλοιπο από τις τροφές. Η στερεά τροφή μπορεί να προσφέρει το 1/3 από τα υγρά που χρειαζόμαστε.<sup>(10)</sup>

### 3.4 Προβλήματα υγιεινής του νερού

Η έλλειψη και η υποβάθμιση του νερού αποτελεί ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα της εποχής μας. Οι μεσογειακές χώρες είναι ανάμεσα σε εκείνες που υποφέρουν περισσότερο από τις συνέπειες της. Και το πρόβλημα αναμένεται να οξυνθεί εξαιτίας των επιπτώσεων από την αλλαγή του παγκόσμιου κλίματος (μείωση των βροχοπτώσεων και ένταση των ακραίων καιρικών φαινομένων, μεταξύ άλλων). Σε ευρωπαϊκό επίπεδο, η Οδηγία Πλαίσιο για το Νερό (2000/60) θέτει το πολιτικό και θεσμικό πλαίσιο για την προστασία και ολοκληρωμένη διαχείριση των υδάτων σε επίπεδο υδρολογικής λεκάνης με ενεργή συμμετοχή των πολιτών.<sup>(11)</sup>

Είναι αναγκαία μια νέα κουλτούρα για το νερό που θα διασφαλίζει ότι η κάλυψη των ανθρώπινων και κοινωνικών αναγκών δεν αγνοεί την υποχρέωση να εξασφαλίζουμε νερό και για τις ανάγκες των φυσικών οικοσυστημάτων. Η εξοικονόμηση νερού έχει αναγνωριστεί ως κεντρική προτεραιότητα διεθνώς, ενώ το 2006 χαρακτηρίστηκε από την UNESCO ως έτος εκπαίδευσης για τη βιωσιμότητα με θεματικό περιβαλλοντικό περιεχόμενο «Νερό-Γαλάζιος Πλανήτης». Ωστόσο, η έλλειψη ενημέρωσης αποτελεί μεγάλο εμπόδιο στην προσπάθεια συνειδητοποίησης του προβλήματος.<sup>(11)</sup>

Το πρόβλημα βέβαια το έχουμε εμείς, που το δημιουργούμε με τις επιλογές μας, τις παρεμβάσεις μας, τον τρόπο που έχουμε μάθει να «δρούμε» μέσα στη φύση. Τα προβλήματα πολλά, διαφορετικά αλλά και πάρα πολύ όμοια. Η απονίλωση, για παράδειγμα, των τροπικών δασών στην Αφρική για να μετατραπούν σε εκτάσεις εντατικής γεωργίας, και η καταστροφή των (ελάχιστων πλέον) δασικών εκτάσεων της Αττικής για να μετονομαστούν σε οικοδομήσιμα οικόπεδα, έχουν ακριβώς το ίδιο αποτέλεσμα: την ερημοποίηση, τον ελλιπή



εμπλουτισμό των υπόγειων υδάτων, την αλλαγή του μικροκλίματος της περιοχής με την εμφάνιση λιγότερων, αλλά καταρρακτωδών βροχών, τη δημιουργία των συνθηκών εκείνων που ευνοούν τις πλημμύρες. <sup>(11)</sup>

Το νερό είναι πεπερασμένος φυσικός πόρος και άνισα κατανεμημένος στη φύση. Τον περασμένο αιώνα, η άνοδος του βιοτικού επιπέδου των ανθρώπων, κυρίως στο δυτικό κόσμο, βασίστηκε στη βιομηχανική ανάπτυξη, που οδήγησε στην αύξηση της ζήτησης καθαρού, πόσιμου νερού, ενώ ταυτόχρονα «δημιούργησε» περισσότερες εστίες ρύπανσης των πηγών. Παράλληλα, η συγκέντρωση πολλών ανθρώπων σε συγκεκριμένες περιοχές, άσχετα με τη φυσική ικανότητα τους να σηκώσουν το «βάρος», οδήγησε στην εξάντληση των δικών τους φυσικών πόρων και στην ανάγκη μεταφοράς καθαρού νερού από άλλες, μακρινές περιοχές, με έναν τρόπο στην επέκταση του προβλήματος. Όλη αυτή η δραστηριότητα, οι αλλαγές στις χρήσεις γης, τα νέα πρότυπα και οι νέες συνήθειες, είχαν μια σειρά από επιπτώσεις σε αυτόν τον πεπερασμένο πόρο, καθιστώντας τον ακόμα πιο σπάνιο, ένα ακόμα «είδος υπό εξαφάνιση». <sup>(11)</sup>

Η διατήρηση των υδατικών πόρων, κυρίως μέσω της εξοικονόμησης νερού, αποτελεί κεντρική προτεραιότητα για την εξασφάλιση επαρκούς ποσότητας και ποιότητας νερού για τις ανθρώπινες κοινωνίες και τα οικοσυστήματα. Με μεθόδους που ήδη εφαρμόζονται σε πολλές περιοχές, έχουμε την τεχνογνωσία να προωθήσουμε τεχνικές και μέτρα ώστε να αξιοποιούμε κάθε σταγόνα νερού, μειώνοντας την πιθανότητα λειψυδρίας, προστατεύοντας το περιβάλλον και κάνοντας πιο αποτελεσματικές τις δαπάνες και επενδύσεις για το νερό: οι αγρότες μπορούν να μειώσουν την κατανάλωση 10-50%, οι βιομηχανίες 40-90%, οι καταναλωτές 30-40%, χωρίς να θυσιάσουν την απαίτηση για καθαριότητα, υγιεινή και υψηλή ποιότητα ζωής. Η ενημέρωση κι ευαισθητοποίηση, ενεργός ρόλος των μαθητών καθώς και ουσιαστική συμμετοχή των πολιτών στη λήψη και εφαρμογή των αποφάσεων παίζουν καθοριστικό ρόλο. <sup>(11)</sup>

Σαν χώρα δεν έχουμε προετοιμαστεί επαρκώς για εφαρμογή της νέας ευρωπαϊκής πολιτικής. Η διαχείριση μέχρι τώρα είναι αποσπασματική, ενώ δεν υπάρχει σημαντική εμπειρία συμμετοχικών διαδικασιών. <sup>(11)</sup>

### **Γεωργική κατανάλωση**

Στην Ελλάδα, περίπου το 87% της κατανάλωσης νερού προορίζεται για άρδευση. Από αυτή την ποσότητα ένα μεγάλο ποσοστό – μέχρι και 50% του μεταφερόμενου νερού - χάνεται λόγω της κακής κατάστασης των αρδευτικών δικτύων ή των ακατάλληλων τεχνικών! Την κατάσταση έρχεται να επιβαρύνει το γεγονός ότι πολλές άνυδρες καλλιέργειες έχουν αντικατασταθεί από υδροφόρα είδη, όπως οι σύγχρονες ποικιλίες βαμβακιού, εσπεριδοειδή κα. Στον κάμπο της Θεσσαλίας, για παράδειγμα, την περίοδο 1984-1996 οι καλλιεργούμενες εκτάσεις βαμβακιού υπερδιπλασιάστηκαν αντικαθιστώντας ξερικές καλλιέργειες κυρίως σκληρού σίτου. <sup>(12)</sup>

Επιπλέον, ο αγροτικός τομέας ευθύνεται σε σημαντικό και για την υποβάθμιση των επιφανειακών και υπόγειων νερών σε πολλές περιοχές (νιτρορρύπανση, ρύπανση με φυτοφάρμακα, ρύπανση με συσκευασίες αγροχημικών). Σύμφωνα με μια Έκθεση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος (2003) "ίσως χρειαστεί μεγάλο χρονικό διάστημα έως ότου οι αλλαγές στις γεωργικές πρακτικές αρχίσουν να αντικατοπτρίζονται στην ποιότητα των υπόγειων υδάτων. Καθώς η ηλικία των υπόγειων υδάτων κυμαίνεται από δεκαετίες έως χιλιαετίες (παρότι τα υπόγεια νερά που χρησιμοποιούνται για πόσιμο νερό έχουν μέσο όρο ηλικίας 40 ετών), οι τρέχουσες πρακτικές αφήνουν ουσιαστικά μια κληρονομιά ρύπανσης των υπόγειων υδάτων για τις επόμενες γενιές». <sup>(12)</sup>

Τα υπόγεια νερά πρέπει να αντλούνται σε τόση ποσότητα, ώστε να προλαβαίνουν να ανανεώνονται με φυσικό τρόπο, κάτι που δυστυχώς δεν γίνεται σήμερα. Την εικοσαετία 1974-1994 καταναλώθηκαν στη Θεσσαλία ένα δισεκατομμύριο κυβικά μέτρα νερού, αλλά το

80% αυτής της ποσότητας (800.000.000 κυβικά μέτρα νερού) καταναλώθηκε τη δεκαετία 1984- 1994. Το αποτέλεσμα αυτής της υπεράντλησης είναι να μειώνονται ραγδαία τα υπόγεια αποθέματα νερού με ρυθμό πολύ ταχύτερο από την ανανέωσή τους και να κινδυνεύει με μη αναστρέψιμα αποτελέσματα η περιοχή και με ερημοποίηση η Θεσσαλία. Από υπεράντληση υποφέρουν και άλλες περιοχές, όπως ο Αργολικός κάμπος, η πεδιάδα της Θεσσαλονίκης και Σε πολλές περιοχές τα υπόγεια νερά έχουν κατέβει 10 μέτρα (π.χ. περιοχή Τύρναβου) έως και 60 μέτρα (περιοχή Κάρλας- Ριζόμυλος), σε κάποιες περιπτώσεις έως και 100 μέτρα. Υποχώρηση της στάθμης κατά 10m είναι πολύ συνήθης στον ελληνικό χώρο. Σε άλλες περιοχές τα νερά έχουν γίνει υφάλμυρα και δεν είναι πλέον κατάλληλα για πότισμα ή κατανάλωση. Τα υπόγεια και επιφανειακά νερά που παραμένουν μετά τη δέσμευση ή άντλησή τους για τις ανθρώπινες ανάγκες πρέπει να επαρκούν και για τις ανάγκες και λειτουργίες των φυσικών οικοσυστημάτων. Η αναθεώρηση της γεωργικής πολιτικής με τρόπο ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι επιπτώσεις από τις καλλιεργητικές πρακτικές μπορεί να συμβάλει μεταξύ άλλων τόσο στη βελτίωση του περιβάλλοντος όσο και στη διατήρηση των υδατικών πόρων. Σήμερα χώρες όπως η Αυστρία και η Φιλανδία καλύπτουν πάνω από το 70% των γεωργικών εκτάσεων τους με γεωργό-περιβαλλοντικά προγράμματα. Αντίθετα, το ποσοστό αυτό είναι ιδιαίτερα χαμηλό στο νότο της Ευρώπης: Ελλάδα και Ισπανία δεν καλύπτουν πάνω από το 5% των γεωργικών εκτάσεων με γεωργό-περιβαλλοντικά προγράμματα. <sup>(12)</sup>

### **Υπερβολική κατανάλωση νερού στις πόλεις:**

Στις πόλεις, αν και ρέει «άφθονο» από τις βρύσες, το νερό συνήθως έρχεται από μακριά, στην περίπτωση της Αττικής από 200-250 χιλιόμετρα μακριά, με σημαντικό κόστος για την οικονομία αλλά και το οικοσύστημα. Οι πολίτες συνήθως αγνοούν αυτή την πραγματικότητα. Ποτάμια, λίμνες και υπόγεια νερά δεσμεύονται συνήθως σε πολύ μεγάλες αποστάσεις ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες των κατοίκων των πόλεων. Συχνά το ίδιο γίνεται για να καλυφθούν και οι ανάγκες σε νερό μεγάλων γεωργικών περιοχών. Στην Αττική, για παράδειγμα, αν συνεχιστούν οι σημερινές τάσεις στην αύξηση της κατανάλωσης νερού και επέκτασης του δικτύου, και παρά τα έργα (Μαραθόνας, Υλίκη, Μόρνος, Εύηνος) που μπορούν να φέρνουν στην Αττική 600.000.000 κυβικά μέτρα νερού το χρόνο, οι ποσότητες αυτές θα επαρκούν να καλύπτουν τις ανάγκες της Αττικής μέχρι το 2030. Μετά θα πρέπει να εξασφαλισθούν ετησίως μεγαλύτερες ποσότητες. <sup>(12)</sup>

Κατανάλωση νερού στο σπίτι: Στην Ελλάδα, στον οικιακό τομέα αντιστοιχεί το 10% της κατανάλωσης νερού. Το 90% των ελληνικών νοικοκυριών έχουν σήμερα πρόσβαση σε δίκτυο ύδρευσης, έναντι 30% τη δεκαετία του '50. Η χρήση νερού για ύδρευση έχει αυξηθεί κατά 45% σε σχέση με το 1980 και η αυξητική τάση διατηρείται. Η μεγαλύτερη αστική ζήτηση παρατηρείται στην Αττική, όπου οι απώλειες από διαρροές (δίκτυο, κατοικίες κ.α.) αντιστοιχούν στο 10-40% του μεταφερόμενου νερού. <sup>(12)</sup>

### **Αυξάνεται η κατανάλωση**

Αυξήθηκε ο πληθυσμός, αυξήθηκαν οι ανάγκες, αυξήθηκαν οι χρήσεις, και φυσικά η ζήτηση. Στους τρεις παραδοσιακούς τομείς κατανάλωσης νερού, τη γεωργία, τα νοικοκυριά και τη βιομηχανία/βιοτεχνία, προστέθηκαν οι τουριστικές δραστηριότητες (δραστηριότητες αναψυχής, αθλητικές, κ.ά.). Οι διαφορετικοί χρήστες ανταγωνίζονται ποιος θα λάβει τις μεγαλύτερες ποσότητες νερού για να καλύψει τις ολοένα αυξανόμενες ανάγκες του, διαφορώντας για το κατά πόσο εφικτό είναι αυτό. Ιδιαίτερα η γεωργία, που σήμερα αντιπροσωπεύει το 75% της κατανάλωσης παγκοσμίως από τη μια, και οι ανάγκες ύδρευσης των πόλεων και των τουριστικών/αθλητικών εγκαταστάσεων από την άλλη, βρίσκονται σε έντονη διαμάχη. Το νερό έφτασε να θεωρείται ένα ακόμα καταναλωτικό αγαθό, και οι χρήστες του θεωρούνται καταναλωτές: αγοράζουν κάτι, κι ας τους ανήκει.

Παράλληλα, παρατηρείται μια κατασπατάληση του λίγου αυτού νερού. Ενδεικτικά είναι τα νούμερα: οι απώλειες λόγω διαρροών, παράνομων συνδέσεων και σπατάλης αντιπροσωπεύει το 50% της κατανάλωσης καθαρού νερού, ενώ το 60% του νερού που καταναλώνει η γεωργία χάνεται λόγω της εξάτμισης πριν φτάσει στο έδαφος.

Ταυτόχρονα, σε τοπικό επίπεδο, η εποχικότητα της ζήτησης, κυρίως κατά τους θερινούς μήνες, οπότε και πολλαπλασιάζεται ο «πληθυσμός» και αυξάνεται η κατανάλωση νερού, απαιτεί τη δημιουργία υποδομών που θα καλύψουν τις αυξημένες ανάγκες για δυο ή τρεις μήνες του έτους, δημιουργώντας έντονες πιέσεις στο φυσικό περιβάλλον και τους υδατικούς πόρους της περιοχής συνολικά.<sup>(12)</sup>

Η συνολική κατανάλωση νερού στην Αττική αυξάνεται σταθερά σε σχέση με το έτος αναφοράς (1990): η συνολική κατανάλωση το 2004 ήταν αυξημένη κατά 27% περίπου σε σχέση με το 1990, αλλά κατά 62% σε σχέση με το 1993, έτος όπου επιτεύχθηκε σημαντική μείωση της κατανάλωσης. Η εξοικονόμηση έφθασε, το 1993, το 26,5% της κατανάλωσης του 1991, ως αποτέλεσμα της καμπάνιας ευαισθητοποίησης και της πληροφόρησης που αναπτύχθηκε το 1992-1993, χρονιές που τα αποθέματα νερού μειώθηκαν ιδιαίτερα και η Αττική αντιμετώπισε το φάσμα της λειψυδρίας. Η κατανάλωση του νερού έφτασε ξανά στο επίπεδο του 1991 το 1997, τέσσερα χρόνια μετά τη διακοπή της εκστρατείας ενημέρωσης του κοινού για την αναγκαιότητα εξοικονόμησης νερού. Μετά το 1997 έχουμε μια συνεχή αύξηση της κατανάλωσης νερού της τάξης του 5-8% ετησίως. Η οικιακή χρήση νερού δεν αποτελεί τη μεγαλύτερη κατανάλωση, σε σχέση με την γεωργία και τη βιομηχανία, παρόλα αυτά η προσπάθεια εξοικονόμησης νερού στο σπίτι είναι το πιο σημαντικό βήμα για τη διαμόρφωση μιας νέας στάσης απέναντι στη χρήση του νερού.<sup>(12)</sup>

Παραδείγματα από το εξωτερικό μας δείχνουν ότι με το συνδυασμό νέων τεχνολογιών και με μικρές αλλαγές στην καθημερινή χρήση νερού μπορεί να επιτευχθεί σημαντική μείωση στην κατανάλωση νερού. Σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες η οικιακή χρήση νερού έχει μειωθεί από το 1985 λόγω της μεγαλύτερης ευαισθητοποίησης, αλλά και λόγω των σχετικών φόρων. Στο διάστημα αυτό παρατηρείται μείωση των διαρροών, μείωση του ποτίσματος κήπων, αλλά και αντικατάσταση συσκευών με καινούριες που εξοικονομούν νερό.<sup>(12)</sup>

### **Νερό κι αλάτι**

Η ικανοποίηση της αλόγιστα αυξανόμενης ζήτησης ενός πεπερασμένου αγαθού, προϋποθέτει υπερεκμετάλλευση των αποθεμάτων, επιφανειακών και υπόγειων. Στις παράκτιες περιοχές αυτό συνεπάγεται την εισβολή του αλμυρού νερού στον υδροφόρο ορίζοντα και την υποβάθμιση του. Το διαθέσιμο από τη φύση νερό δεν είναι πλέον καταναλώσιμο, και καταφεύγουμε ακόμα και στην αφαλάτωση νερού που προέρχεται από υπόγειους υδροφορείς.<sup>(11)</sup>

### **Μεγάλα κατασκευαστικά έργα**

Για τον ίδιο λόγο, κατασκευάστηκαν και πάνω από 50.000 μεγάλης κλίμακας φράγματα παγκοσμίως, διακόπτοντας την ομαλή ροή ενός μεγάλου αριθμού σημαντικών ποταμών και μεταβάλλοντας τη φυσική ροή τους, επιφέροντας μη αντιστρέψιμες επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα και τις γεωδυναμικές ποτάμιες διαδικασίες. Σήμερα πλέον, τα φράγματα θεωρούνται από σημαντικό τμήμα της επιστημονικής κοινότητας ως καταστροφικά.<sup>(11)</sup>

### **Ρύπανση**

Το νερό καταναλώνεται με διάφορους τρόπους, κι ύστερα μεγάλο ποσοστό του χρησιμοποιημένου νερού επιστρέφει στη φύση, σημαντικά επιβαρημένο με βιομηχανικά ή γεωργικά απόβλητα (λιπάσματα, φυτοφάρμακα κ.λπ.), αστικά λύματα, απορρίμματα κάθε υλικού, στραγγίσματα από τις παράνομες (ή και νόμιμες) χωματερές. Το 90% των αποχετευτικών και το 70% των βιομηχανικών λυμάτων καταλήγουν στο περιβάλλον χωρίς

επεξεργασία. Το πρόβλημα της υγιεινής του νερού άρχισε από τη στιγμή που διαπιστώθηκε ότι αιτία αρκετών εντερικών λοιμώξεων αποτελεί το μολυσμένο νερό. Η μόλυνση αυτή συχνά οφείλεται σε νοσογόνα αίτια, όπως μικρόβια, ιούς, πρωτοζωικές κύστες, ωά ή προνύμφες σκωλήκων κοπρανώδους προέλευσης. Επομένως, ο άνθρωπος μπορεί να προσβληθεί άμεσα, με την κατανάλωση μολυσμένου νερού (εμφάνιση ασθενειών, όπως χολέρα, τυφοειδής πυρετός, παράτυφος μικροβιακή δυσεντερία, λοιμώδης ηπατίτιδα, αμοιβάδωση κλπ.) ή έμμεσα, διαμέσου του εδάφους ή των φυτών και των ζώων (οπότε προκαλούνται ασθένειες όπως ασκαριδίαση, τριχιουρίαση, πλατελμινδίαση ή ταινίες). Έτσι, τα μέτρα πρόληψης από τις μολυσματικές αυτές ασθένειες είναι πρωταρχικής σημασίας και χάρη σ' αυτά κατάφεραν να τεθούν υπό έλεγχο επιδημίες που οφείλονται στο μολυσμένο νερό. Τα τελευταία χρόνια, ωστόσο, η έντονη βιομηχανική και οικιστική ανάπτυξη έχει δυσμενείς επιπτώσεις στην ποιότητα του νερού, κυρίως λόγω απόρριψης χημικών και βιολογικών ουσιών και ιδιαίτερα στις περιοχές, όπου υπάρχουν έντονες δραστηριότητες του ανθρώπου.

Τα οργανικά συστατικά στο νερό προέρχονται από τρεις πηγές: τη διάσπαση των οργανικών ενώσεων που υπάρχουν στη φύση, τις οικιακές, γεωργικές και βιομηχανικές απορροές, τις αντιδράσεις που λαμβάνουν χώρα κατά την επεξεργασία και μεταφορά του νερού.<sup>(13)</sup>

Η διάσπαση οργανικών ενώσεων είναι η μεγαλύτερη ομάδα και αποτελείται από χουμικά υλικά και τους μεταβολίτες τους και υψηλού μοριακού βάρους αλειφατικούς και αρωματικούς υδρογονάνθρακες. Οι ενώσεις αυτές προέρχονται από τη διαδικασία χουμοποίησης διαφόρων συστατικών του εδάφους, όπως είναι τα προϊόντα αποικοδόμησης και αποσύνθεσης των βιολογικών οργανισμών (φυτικοί και ζωικοί), τα οποία εκπλένονται από το νερό. Η χημική σύσταση των χουμικών ενώσεων του νερού δεν είναι πλήρως διευκρινισμένη. Επιπλέον, οι χουμικές ενώσεις είναι πρόδρομοι σχηματισμού των τριαλογονομένων μεθανίων και άλλων αλογονομένων υδρογονανθράκων που σχηματίζονται κατά την χλωρίωση. Απορροές βιομηχανικής, γεωργικής και αστικής προέλευσης, χημικές ενώσεις που έχουν αρνητικές συνέπειες στην υγεία και περιλαμβάνουν τα φυτοφάρμακα, διαλύτες, πλαστικοποιητές, απορρυπαντικά κ.α. Οι οργανικές ενώσεις που δημιουργούνται κατά την επεξεργασία του νερού. Τριαλογονομένα μεθάνια και αλογοακετονιτρίλια.

Οι χημικές ουσίες μπορούν να αποτελέσουν σοβαρό κίνδυνο για τη δημόσια υγεία, όταν βρίσκονται στο νερό σε ποσότητες που υπερβαίνουν τα θεσμοθετημένα όρια. Στις χημικές ουσίες που ρυπαίνουν το νερό και θεωρούνται επικίνδυνες για τη δημόσια υγεία συμπεριλαμβάνονται τα εντομοκτόνα, οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες, τα απορρυπαντικά και οι ραδιενεργές ουσίες.

Σοβαρά προβλήματα δημιουργούν τα εντομοκτόνα που χρησιμοποιούνται στη γεωργία για τη βελτίωση και αύξηση της παραγωγής. Αρκεί για τα περισσότερα μια μικρή ποσότητα της τάξεως 3 μέρη στο εκατομμύριο (3ppm) να βλάψουν τους μυς της καρδιάς και (5 ppm) να νεκρώσουν τα κύτταρα του συκωτιού. Τα εντομοκτόνα καταστρέφουν το μυελό των οστών που παράγει το αίμα όπως και πολλά άλλα ένζυμα. Επίσης ευθύνονται για τη δημιουργία του καρκίνου, βλάβη στα νεφρά κ.λπ. Γενικά, από τα εντομοκτόνα αρκούν να υπάρχουν στο νερό μερικά μέρη στο τρισεκατομμύριο (ppt) ώστε να καθίστανται επικίνδυνα για την υγεία μας.<sup>(9)</sup>

Εξαιρετικά επικίνδυνοι θεωρούνται οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες (όπως το DDT) και οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες (με κυριότερο το βενζοπυρένιο), πολλές ενώσεις των οποίων θεωρούνται καρκινογόνες. Οι υδρογονάνθρακες αυτοί παράγονται από την καύση οργανικών ουσιών και βρίσκονται μεταξύ άλλων και στα καυσαέρια. Όταν σημειωθεί ρύπανση των επιφανειακών υδάτων από αυτές τις ενώσεις, ο άνθρωπος μπορεί να προσβληθεί είτε απ' ευθείας (πίνοντας νερό) είτε μέσω κατανάλωσης ιχθύων και λαχανικών. Η διαδικασία ελέγχου και αφαίρεσης τέτοιων ουσιών από το νερό είναι αναγκαία, κυρίως όταν χρησιμοποιούνται επιφανειακά ύδατα για την ύδρευση οικισμών.<sup>(11)</sup>

Ένας άλλος παράγοντας που θέτει σε κίνδυνο την υγεία του ανθρώπου, έχει σχέση με τους παθογόνους μικροοργανισμούς που τυχόν περιέχονται στο νερό. Το νερό μπορεί να μολυνθεί είτε στην πηγή, από την οποία τροφοδοτείται μια περιοχή, είτε κατά τη διαδρομή του προς τον καταναλωτή. Τέτοιου είδους μολύνσεις έχουν οδηγήσει κατά το παρελθόν σε μεγάλης έκτασης επιδημίες σαλμονέλας, τυφοειδούς πυρετού, δονακίου χολέρας, παράτυφου, λοιμώδους ηπατίτιδας, σιγγέλας, λεπτόσπειρας κλπ.<sup>(11)</sup>

### **Παγκόσμια Κλιματική Αλλαγή**

Μια από τις κύριες συνέπειες της αλλαγής του κλίματος στον πλανήτη είναι η σημαντική μείωση των βροχοπτώσεων και η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας, γεγονότα που θα προκαλέσουν τη μείωση των διαθέσιμων υδατικών πόρων. Η αύξηση εξάτμισης και συμπύκνωσης του νερού θα φτάσει το 7-15%, ενώ αναμένεται μείωση των βροχοπτώσεων στην περιοχή της Μεσογείου έως και 15%.<sup>(11)</sup>

### **Από τον πλανήτη στη Μεσόγειο και στην Ελλάδα**

Όλα αυτά συμβαίνουν σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό σε όλο τον πλανήτη. Οι συνέπειες και στη γειτονιά μας θα είναι μεγάλες: η μεσογειακή λεκάνη εμφανίζεται ως η πλέον ευάλωτη στην υπερθέρμανση του πλανήτη και σύμφωνα με τις εκτιμήσεις το 38% του πληθυσμού της θα ζει σε ζώνες όπου θα παρατηρούνται ελλείψεις σε νερό. Η Ισπανία αντιμετωπίζει τη χειρότερη ξηρασία των τελευταίων δεκαετιών. Στις αρχές της δεκαετίας του '90 η Αθήνα βρέθηκε αντιμέτωπη με το φάσμα της δίψας, εξαιτίας ανάλογης ξηρασίας και κακής διαχείρισης των υδατικών πόρων. Στη Μεσόγειο έχει χαθεί το 50% (σε ορισμένες περιοχές και το 90%) των υγροτόπων της. Τον Αύγουστο και το Σεπτέμβρη του 2004, πέθαναν 30.000 πουλιά και πολλές χιλιάδες ψάρια στη λίμνη Κορώνεια, εξαιτίας της ρύπανσης και της ασυνήθιστα χαμηλής στάθμης του νερού. Χρόνιο είναι το πρόβλημα της λειψυδρίας στις Κυκλάδες και σε ορισμένα νησιά της Δωδεκανήσου κατά τους θερινούς μήνες και συνεχώς επιδεινώνεται: 20 τουλάχιστον νησιά αντιμετωπίζουν σοβαρό πρόβλημα.<sup>(11)</sup>

### **Η κρίση στα μοντέλα διαχείρισης των υδατικών πόρων.**

Πλέον σήμερα είναι κοινά αποδεκτό ότι το μοντέλο διαχείρισης των υδατικών πόρων που ακολουθήθηκε μέχρι σήμερα δεν είναι αποτελεσματικό, αλλά μάλλον προβλήματα δημιουργεί. Το ζητούμενο πλέον δεν είναι να καλυφθεί η ζήτηση και να αυξηθεί η παροχή, αλλά να γίνει διαχείριση και μείωση της ζήτησης. Οι νέες προσεγγίσεις κάνουν λόγο για ορθολογική διαχείριση ενός πεπερασμένου κοινωνικού αγαθού, συμμετοχική διαβούλευση, μείωση της κατανάλωσης, προστασία από τη ρύπανση και επαναχρησιμοποίηση. Δυστυχώς, η πράξη απέχει από τη θεωρία. Φτάνει να δούμε σε ποιο βαθμό και πώς θα εφαρμοστεί.<sup>(11)</sup>

### **3.5 Διεργασίες καθαρισμού του πόσιμου νερού**

Σύμφωνα με υπουργικές αποφάσεις και εγκρίσεις, ΦΕΚ438/3-7-86, τα γλυκά επιφανειακά νερά για την παραγωγή πόσιμου νερού κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες ανάλογα μετά πρότυπα προδιαγραφών που πληρούν. Οι παραπάνω κατηγορίες ανάλογα με την προβλεπόμενη επεξεργασία τους είναι:<sup>(14)</sup>

**α) Κατηγορία Α1.** "Νερά κατάλληλα για ύδρευση μετά από απλή φυσική επεξεργασία και απολύμανση, π.χ. ταχείαδιύλιση και απολύμανση".

**β) Κατηγορία Α2.** "Νερά κατάλληλα για ύδρευση μετά από συνήθη φυσική και χημική επεξεργασία και απολύμανση, π.χ. προχλωρίωση, κατακάθιση (κροκύδωση, ή συσσωμάτωση), διύλιση και απολύμανση".

**γ) Κατηγορία Α3.** "Νερά κατάλληλα για ύδρευση, μετά από προχωρημένη φυσική και χημική επεξεργασία και απολύμανση, π.χ. χλωρίωση μέχρι σημείου θραύσεως (break point), κατακάθιση (κροκύδωση ή συσσωμάτωση), διύλιση, προσρόφηση (ενεργός άνθρακας) και απολύμανση (όζον, τελική χλωρίωση κ.λπ.)".

#### **Διεργασίες Καθαρισμού Πόσιμου Νερού**

- Αερισμός
- Διήθηση
- Κατακάθιση
- Συσσωμάτωση
- Διαύγαση
- Απολύμανση (χλωρίωση, οζονίωση, UV)
- Αποσκλήρυνση
- Έλεγχος οσμής και γεύσης
- Απομάκρυνση σιδήρου & μαγγανίου
- Απομάκρυνση ιχνοστοιχείων και οργανικών ουσιών

#### **Αερισμός:**

Η προσθήκη οξυγόνου απομακρύνει: CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>S, βελτιώνοντας την οσμή και τη γεύση του νερού. Η απομάκρυνση γίνεται με οξειδωση (Fe-Mn) και με εξαέρωση-εξάτμιση (οργανικές ενώσεις).<sup>(14)</sup>

#### **Διήθηση**

Η διήθηση γίνεται με την διέλευση του νερού μέσα από φίλτρα άμμου. Τα φίλτρα της άμμου είναι διαδοχικά στρώματα από πάνω προς τα κάτω λεπτού χαλικοῦ (4-8 mm) και χονδρής ή λεπτής άμμου (1-1,6 mm) όπου από μακρύνονται τα αιωρούμενα σωματίδια και γίνεται μερική βιολογική αποδόμηση των οργανικών ουσιών.

Στις εγκαταστάσεις όπου γίνεται καθαρισμός μεγάλων ποσοτήτων νερού, χρησιμοποιούνται φίλτρα ταχείας διήθησης με πίεση.<sup>(14)</sup>

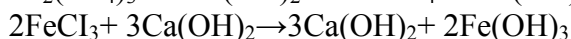
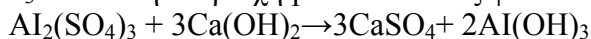
#### **Κατακάθιση**

Η κατακάθιση των αιωρούμενων σωματιδίων γίνεται σε μεγάλες δεξαμενές ικανού χρόνου παραμονής και επιτυγχάνεται με θρόμβωση συσσωμάτωση των σωματιδίων.<sup>(14)</sup>

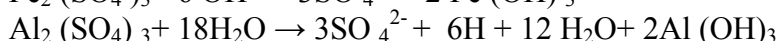
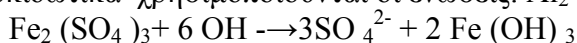
#### **Κροκύδωση – καταβύθιση**

Με χημική καταβύθιση απομακρύνεται ένα μεγάλο μέρος των ενώσεων του φωσφόρου. Κατά την καταβύθιση των ενώσεων αυτών μειώνονται οι τιμές του BOD κατά 50 -70% με τη δέσμευση των οργανικών ενώσεων στα καταβυθιζόμενα σωματίδια.

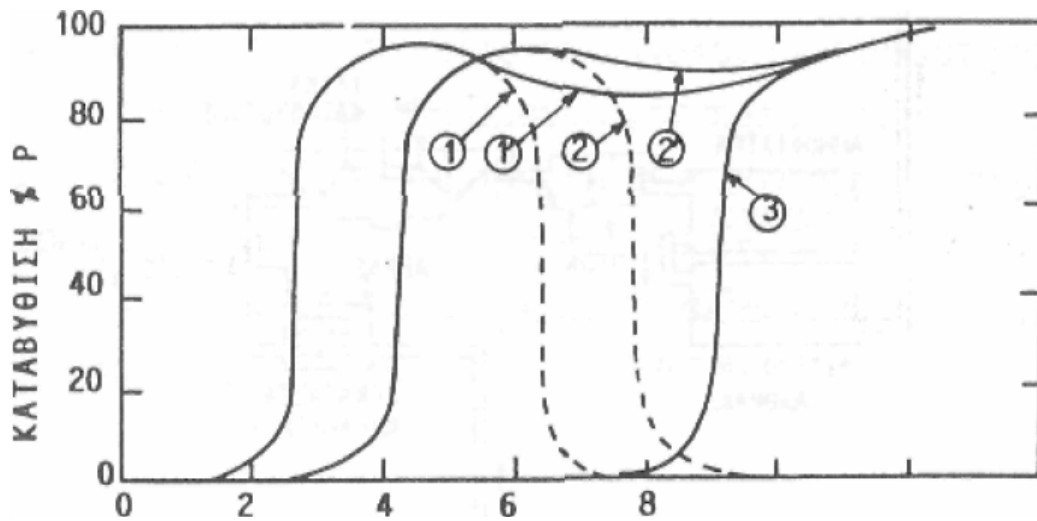
Οι πιο ευνοϊκές συνθήκες για την καταβύθιση των ενώσεων αυτών με Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> και FeCl<sub>3</sub> είναι στην περιοχή pH = 4-8 όπως φαίνεται και στο σχήμα 2.



Ως κροκιδωτικά χρησιμοποιούνται οι ενώσεις: Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> και Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>

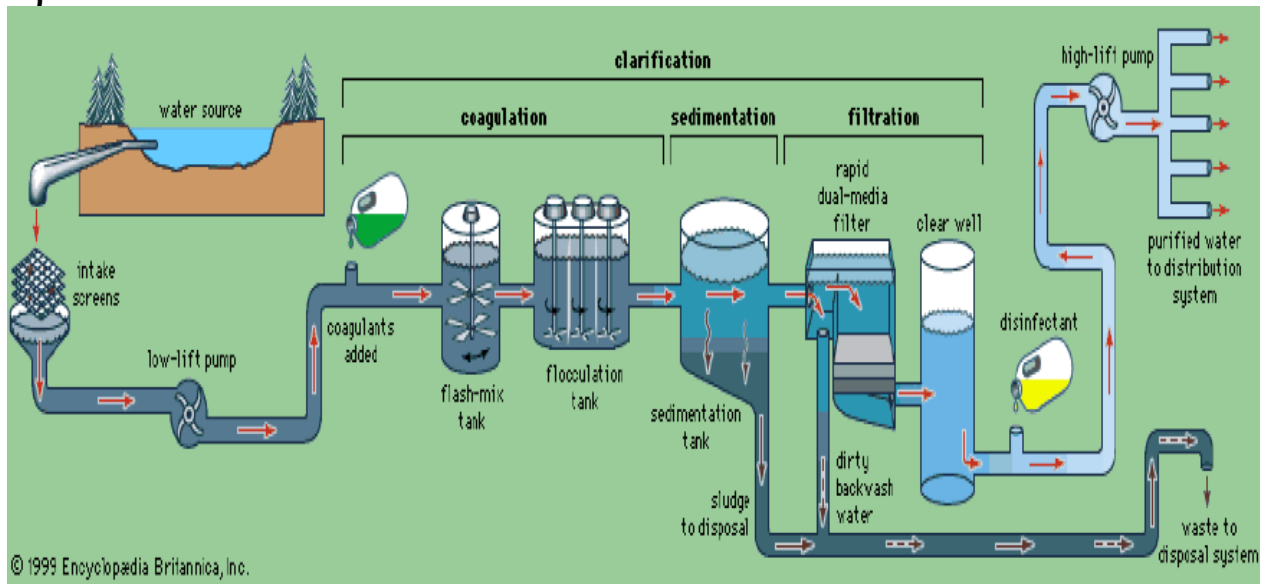


Μηχανισμοί: Εξουδετέρωση φορτίων, Παγίδευση (σάρωση)



Σχήμα [2]: Η επίδραση του pH στην χημική καταβύθιση των ενώσεων του φωσφόρου με την χρήση (1) θεικού αργιλίου (2) τριχλωριούχου σιδήρου (3)  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  και (1se) (2as) η χρήση των (1) και (2) παρουσία ιόντων ασβεστίου (Gustafson και Westberg 1969).<sup>(14)</sup>

**Τυπική εγκατάσταση κατεργασίας επιφανειακών νερών για την παραγωγή πόσιμου νερού**



Εικόνα [2]: σχηματική απεικόνιση τυπικής εγκατάστασης επιφανειακών νερών για τη παραγωγή πόσιμου νερού.<sup>(14)</sup>

**Απολύμανση με οζονίωση**

Το όζον ( $\text{O}_3$ ) είναι μια αλλοτροπική μορφή του οξυγόνου που παράγεται μετά πέρασμα οξυγόνου ή αέρα διαμέσου ηλεκτρικών εκκενώσεων (5.000-20.000 V, 50-500Hz). Είναι ασταθές αέριο, τοξικό και ισχυρό οξειδωτικό με απολυμαντική δράση και γι' αυτό χρησιμοποιείται ως λευκαντικό ή αντιδραστήριο για την απόσμηση.

Ένα από τα πλεονεκτήματα της χρήσης του όζοντος είναι το ότι δεν αφήνει γεύση ή οσμή στο επεξεργασμένο πόσιμο νερό. Για την επεξεργασία καθαρισμού του νερού χρησιμοποιείται κυρίως στις παρακάτω περιπτώσεις:

- α) Αποχρωματισμός και απόσμηση
- β) Απολύμανση

γ) Οξειδωση οργανικών ενώσεων και κυρίως φαινολών και κυανιούχων ενώσεων.<sup>(14)</sup>

Η διαλυτότητα του όζοντος εξαρτάται από την θερμοκρασία ενώ η ημιπερίοδος ζωής σε υδατικά διαλύματα καθορίζεται από το pH. Το όζον είναι πιο οξειδωτικό από το οξυγόνο έχει όμως και το πλεονέκτημα της μικρής θερμοδυναμικής σταθερότητας σε κανονικές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης. Διασπάται τόσο στην αέρια φάση όσο και στην υγρή. Η διάσπαση του είναι πιο έντονη στο νερό όπου καταλύεται από την παρουσία υδροξυλίων (OH<sup>-</sup>).<sup>(14)</sup>

Η οξειδωτική δραστηριότητα του O<sub>3</sub> στις φαινόλες οδηγεί στην σχεδόν πλήρη απομάκρυνση των ενώσεων αυτών καθώς και των αρωματικών προϊόντων διάσπασης της σε μεταλλικά προϊόντα αλειφατικά οξέα ή εστέρες, Συνήθως απαιτούνται 4-6 moles όζοντος για κάθε mole φαινολικής ένωσης. Στις συνθήκες αυτές το 1/3 του αρχικού οργανικού άνθρακα παραμένει στο διάλυμα και το ολικό COD μειώνεται κατά 70-80%. Οι συγκεντρώσεις των αλειφατικών προϊόντων διάσπασης είναι κάτω από 0,5mg/L αφού η δράση του O<sub>3</sub> προχωράει μέχρι την πλήρη οξειδωση με παραγωγή CO<sub>2</sub>. Επειδή το όζον είναι είναι ισχυρά τοξικό η μέγιστη ανεκτή συγκέντρωση του σε συνθήκες συνεχούς έκθεσης είναι 0,1 ppm.<sup>(14)</sup>

### Προσρόφηση με ενεργό άνθρακα (Filtration through activated carbon)

Μετά την οζονίωση το νερό διέρχεται από φίλτρα ενεργού άνθρακα για την απομάκρυνση και των τελευταίων υπολειμμάτων των ουσιών και ιδιαίτερα των οργανικών ενώσεων και των προϊόντων διάσπασης τους.<sup>(14)</sup>

Η στερεά επιφάνεια σε επαφή με το διάλυμα έχει την τάση να συσσωρεύει μια στιβάδα διαλυμένων μορίων, χάρις στα επιφανειακά φορτία, οπότε λαμβάνει χώρα το φαινόμενο της προσρόφησης.<sup>(14)</sup>

Η σχέση και η ισορροπία μεταξύ της συγκέντρωσης των διαλυμένων μορίων μιας ουσίας και των προσροφουμένων στα στερεά σωματίδια εκφράζεται παραστατικά από τις ισόθερμες των Freundlich και Langmuir.<sup>(14)</sup>

### Απολύμανση με χλωρίωση

Η χλωρίωση είναι η πιο γνωστή και διαδεδομένη μέθοδος αποστείρωσης του νερού αλλά συγχρόνως παρουσιάζει και οξειδωτική δράση σε ενώσεις όπως του υδροθείου, τα νιτρώδη άλατα, το δυσθενές μαγνήσιο και σίδηρο και τα κυανιούχα. Η οξειδωτική ικανότητα του χλωρίου συνήθως αυξάνει με την άνοδο του pH. Τα κυανιούχα οξειδώνονται από το χλώριο σε υψηλές τιμές pH οπότε προκύπτουν τα λιγότερο τοξικά κυανικά (CNO<sup>-</sup>). Για μεγαλύτερη ασφάλεια όμως απαραίτητο θεωρείται να οξειδώνονται μέχρι τελικού σημείου (παραγωγή CO<sub>2</sub> και αζώτου).<sup>(14)</sup>

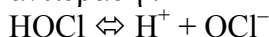
Το χλώριο δίσταται γρήγορα σε υποχλωριώδες οξύ:



Υδατικά διαλύματα υποχλωριώδους νατρίου και ασβεστίου υδrolύονται σε:



Το υποχλωριώδες οξύ είναι ένα ασθενές οξύ και δίσταται σύμφωνα με την ακόλουθη αντίδραση :



Οι δυο χημικές μορφές που σχηματίζονται από το χλώριο στο νερό είναι το υποχλωριώδες οξύ (HOCl) και το υποχλωριώδες ιόν (OCl<sup>-</sup>) και αναφέρονται συχνά σαν ελεύθερο “free” ή διαθέσιμο “available” χλώριο.<sup>(14)</sup>



## Απολύμανση με ακτινοβολία UV

### UV-Radiation

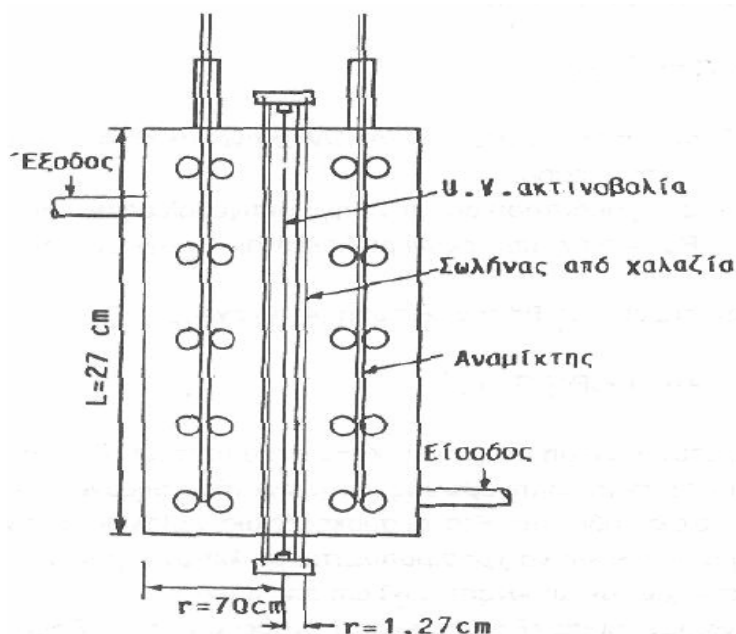
Τα σοβαρά μειονεκτήματα της απολύμανσης με χλώριο (υπολείμματα χλωρίου στο νερό, σχηματισμός χλωροπαραγώγων, σχηματισμός δύσοσμων χλωροαμινών και χλωροφαινολών) έστρεψαν το ενδιαφέρον σε εναλλακτικές μεθόδους απολύμανσης.

Η χρήση της UV ακτινοβολίας ήταν μια καλή απάντηση στο πρόβλημα αφού σαν φυσική διεργασία δεν αφήνει υπολείμματα.

Η ακτινοβολία UV έχει απολυμαντική δράση εναντίον των παθογόνων ιών και των βακτηριδίων.

Μέχρι σήμερα δεν έχει μελετηθεί η πλήρης επίδραση της στα περιεχόμενα χημικά στο νερό. Σε αρκετές περιπτώσεις υπολειμμάτων παρασιτοκτόνων επιταχύνει την διάσπαση αυτών (picloram, dieldrin, monuron, 2,4-D, PCP κ.ά.)

Αντιδραστήρας UV- ακτινοβολίας με πλήρη ανάμιξη του νερού



Σχήμα [3]: Αντιδραστήρας UV-ακτινοβολίας με πλήρη ανάμιξη νερού. <sup>(14)</sup>

### Προχωρημένες οξειδωτικές διεργασίες

Οξείδωση είναι η χημική διεργασία κατά την οποία λαμβάνει χώρα μεταφορά ηλεκτρονίων από ένα χημικό είδος (αναγωγικό) σε άλλο χημικό είδος (οξειδωτικό)

Προχωρημένη οξείδωση είναι η οξείδωση με χρήση ριζών OH. Οι κοινές προχωρημένες οξειδωτικές διεργασίες (AOP's) είναι  $O_3$ ,  $H_2O_2$ ,  $TiO_2$  κατάλυση, ακτινοβολία δέσμης ηλεκτρονίων, και αντιδραστήριο Fenton. Οι προχωρημένες οξειδωτικές διεργασίες απολυμαίνουν οξειδώνοντας χημικούς δεσμούς με βιοτική σημασία στους παθογόνους μικροοργανισμούς. <sup>(14)</sup>

### Διαχωρισμοί μεμβρανών:

#### Μηχανισμοί εκλεκτικότητας

Οι διαχωρισμοί με μεμβράνες βασίζονται στην ιδιότητα μιας ημιπερατής μεμβράνης να επιτρέπει την διέλευση μιας ουσίας μέσα από τους πόρους της ενώ εμποδίζει την διέλευση άλλων ουσιών.

**Μικροδιήθηση** : χρησιμοποιεί μεμβράνες για την κατακράτηση σωματιδίων σχετικά μεγάλης διαμέτρου. Το πορώδες των μεμβρανών κυμαίνεται από 0,2 - 5 μm. Η μέθοδος επιτυγχάνει κατακράτηση αιωρούμενων σωματιδίων, άμμου και βακτηρίων. Δεν απαιτεί ιδιαίτερα υψηλές πιέσεις (συνήθως μικρότερες των 2 bar)

**Υπερδιήθηση**: Φυσικός διαχωρισμός που πραγματοποιείται με την βοήθεια ημιπερατής μεμβράνης και εφαρμογή δυναμικού πίεσης. Στην υπερδιήθηση χρησιμοποιούνται ημιπερατές μεμβράνες με μικρή διασπορά του μεγέθους των πόρων, υψηλή σταθερότητα ροής και υψηλή υδραυλική διαπερατότητα, αντίσταση στο φράξιμο των πόρων και καλή μηχανική αντοχή και μεγάλος χρόνος ζωής. Το διήθημα διαπερνά υπό υψηλή πίεση. Το διήθημα αποτελείται από νερό καθώς και μικρού μοριακού βάρους διαλυτές ενώσεις (ιόντα αλάτων, απορρυπαντικά κ.λπ.). Γαλακτώματα και αιωρούμενα στερεά απορρίπτονται από την μεμβράνη μαζί με ορισμένο ποσοστό ύδατος, ως συμπύκνωμα. Το συμπύκνωμα ανακυκλοφορεί έως την επίτευξη κορεσμού, οπότε και διατίθεται για περαιτέρω επεξεργασία. Το διήθημα απορρίπτεται ή οδηγείται για περαιτέρω επεξεργασία. Η μέθοδος ενδείκνυται για απόβλητα με υψηλές συγκεντρώσεις σε μέταλλα και έλαια. Μπορεί να διαχωρίσει ενώσεις με μοριακό βάρος μεγαλύτερο από 500, όπως αιωρούμενα στερεά, έλαια, λίπη, μεγάλα οργανικά μόρια και σύμπλοκα βαρέων μετάλλων.<sup>(14)</sup>

**Αντίστροφη όσμωση**: απομακρύνει αιωρούμενα και κολλοειδή σωματίδια, αμμωνιακό άζωτο, βαρέα μέταλλα, τα περισσότερα διαλυμένα στερεά και μειώνει σημαντικά το COD και το BOD των αποβλήτων. Συνιστάται σε περιπτώσεις αποβλήτων με υψηλό μη βιο-αποικοδομήσιμο (κυρίως ανόργανο) φορτίο και χαμηλή υδραυλική παροχή. Χρησιμοποιούνται μεμβράνες σε πίεση λειτουργίας 40 bar και άνω, που υπερβαίνει την οσμωτική πίεση και διασφαλίζει υψηλό βαθμό καθαρισμού, καθώς στην ουσία δεν αποτελεί επεξεργασία διαχωρισμού αλλά συμπύκνωσης του διαλύματος (με βαθμό συμπύκνωσης 25 έως 40% κ.ο.).

Το συμπυκνωμένο απόβλητο, μπορεί να ανακυκλωθεί.

Για την κατασκευή των μεμβρανών χρησιμοποιούνται εστέρες κυτταρίνης ή αρωματικά πολυαμίδια σε διαμόρφωση λεπτού φιλμ. Οι μεμβράνες τοποθετούνται σε κυλινδρικούς φορείς διαμέτρου έως και τριχοειδούς (hollow fibbers), πιατέλες ή σπιδράλ πλαίσια τα οποία με την σειρά τους τοποθετούνται σε δοχεία πίεσης. Έχουν περιορισμένη διάρκεια ζωής, που εξαρτάται από την χρήση τους και την συχνότητα καθαρισμού. Ο καθαρισμός πραγματοποιείται μηχανικά

### **Ιδιότητες μεμβρανών**

- Μέσο μέγεθος πόρου
- Κατανομή μεγέθους πόρων
- Πορώδες
- Πάχος της μεμβράνης
- Υδροφιλία-υδροφοβία της επιφάνειας και της φάσης που διέρχεται από αυτήν
- Ομοιομορφία επιφάνειας

### **Ιδιότητες διαλύματος**

- Συγκέντρωση του διαλύματος που διαχωρίζεται
- Ταχύτητα του ρευστού κατά μήκος της μεμβράνης
- Θερμοκρασία
- Επιλογή μεθόδου επεξεργασίας

## 4. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΠΗΓΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

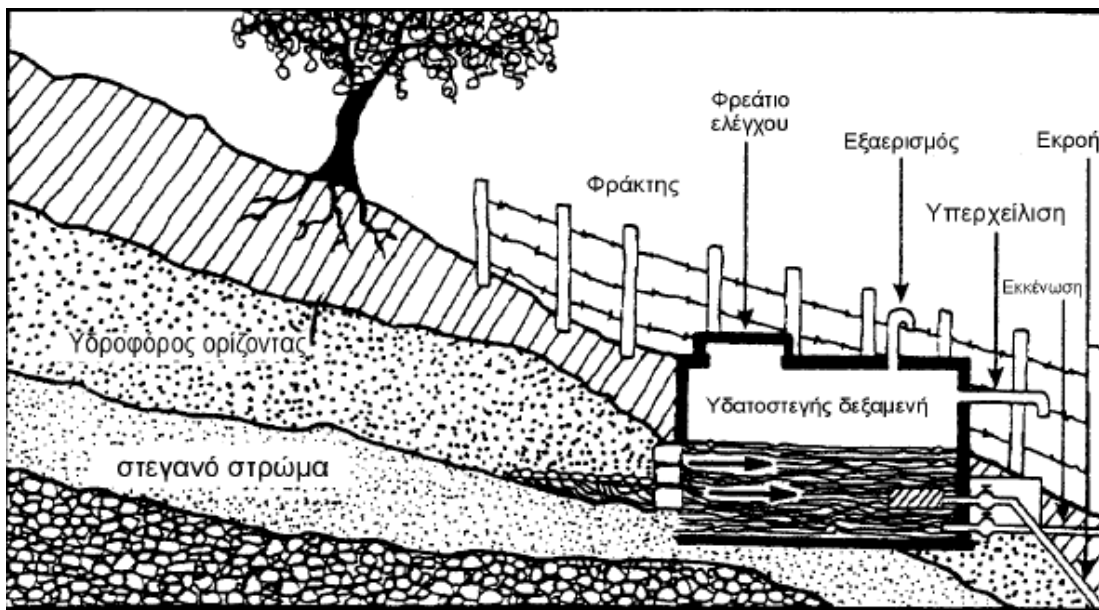
Το υπόγειο νερό αντιπροσωπεύει ένα σημαντικό πόρο πόσιμου ύδατος και η ποιότητά του απειλείται σήμερα από ρύπανση και μόλυνση. Η εξασφάλιση επαρκών ποσοτήτων πόσιμου ύδατος υψηλής ποιότητας αποτελεί προτεραιότητα για κάθε χώρα και η αξιολόγηση των αποθεμάτων ύδατος είναι αναγκαία. Υπάρχουν αρκετές μελέτες που αναφέρονται στην εφαρμογή διάφορων μεθόδων αξιολόγησης της προστασίας πηγών πόσιμου ύδατος. Η πλέον αποτελεσματική μέθοδος αξιολόγησης του μικροβιολογικού κινδύνου (MRA) προτείνεται από την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας (ΠΟΥ) και περιλαμβάνει τον συνδυασμό της εκτίμησης του υγειονομικού κινδύνου (Επιτόπια Υγειονομολογική Αναγνώριση, ΕΥΑ) και των σχετικών μικροβιολογικών αναλύσεων. Ο συνδυασμός των στοιχείων που προκύπτουν από τις δυο διαδικασίες (ΕΥΑ και μικροβιολογικές αναλύσεις) είναι ο ασφαλέστερος τρόπος εκτίμησης του κινδύνου ενώ τα αποτελέσματα της κάθε διαδικασίας ξεχωριστά δεν παρέχουν ασφαλή ένδειξη για την εμφάνιση υδατογενών επιδημιών.<sup>(15)</sup>

### 4.1 Πηγές– Συλλεκτήρια Δεξαμενή – Υδροληψία

Η αξιολόγηση της πηγής πόσιμου ύδατος περιλαμβάνει τρία σημαντικά στοιχεία: Πρώτον τη χαρτογράφηση της περιοχής αξιολόγησης της πηγής, δεύτερον τη διεξαγωγή υγειονομικής αναγνώρισης με την χρήση ερωτηματολογίου σχετικά με τις ενδεχόμενες εστίες μόλυνσης στην παραπάνω χαρτογραφημένη περιοχή, και τρίτον την εκτίμηση της έκθεσης του νερού σε εστίες μόλυνσης. Η αρχική επιτόπια υγειονομολογική αναγνώριση αποβλέπει στην εξακρίβωση της επάρκειας του νερού, της σύστασης του εδάφους, των συνθηκών μαστεύσεως του νερού, των τυχόν επικοινωνίες της υδάτινης συλλογής με επιφανειακά νερά και ιδίως τις πιθανότητες μόλυνσης με αστικά λύματα, βιομηχανικά απόβλητα και επιφανειακούς ρύπους. Η επιτόπια αναγνώριση στοχεύει ακόμα στην μελέτη των τρόπων με τους οποίους είναι δυνατό να προστατευθεί καλύτερα η υδροφόρος συλλογή από ρυπάνσεις.<sup>(15)</sup>

#### **Αν μια πηγή χρησιμοποιείται ως πηγή οικιακού ύδατος:**

1. Θα πρέπει να είναι επαρκής προκειμένου να προμηθεύει την απαιτούμενη ποσότητα και ποιότητα ύδατος για τη μελλοντική χρήση από αρχή μέχρι τέλος του χρόνου.
2. Θα πρέπει να προστατεύεται, προκειμένου να διατηρήσει την ποιότητά της.



Εικόνα [3]. Προστατευμένη πηγή <sup>(15)</sup>

#### 4.1.1. Περιοχές προστασίας των υπόγειων υδάτων

- Καθορισμός ειδικών ζωνών προστασίας γύρω από τα έργα υδροληψίας (Ν.1650/86, Ν.3199/03, Εγκύκλιος Υ2/4852/8-11-2000).
- Κάθε εγκατάσταση υδροληψίας από υπόγεια νερά συνιστά ξεχωριστή περίπτωση.
- Ο προσδιορισμός γύρω από υδρογεωτρήσεις ή πηγές, ομόκεντρων ζωνών ελεγχόμενων δραστηριοτήτων πρέπει να αποτελεί αντικείμενο αυτοτελούς μελέτης.
- Διεθνείς επιστημονικοί οργανισμοί έχουν διατυπώσει οδηγίες
  - ενδεικτικών διαστάσεων των ζωνών προστασίας
  - αντίστοιχων επιτρεπόμενων ή απαγορευμένων δραστηριοτήτων
  - την ταξινόμηση του υπεδάφους σε κατηγορίες

#### Οριοθέτηση τριών ζωνών προστασίας

- **Η Ζώνη Ι** (Απόλυτης Προστασίας): η άμεση γειτονιά των έργων υδροληψίας
  - Απαγορεύεται κάθε δραστηριότητα
  - Η αντίστοιχη έκταση πρέπει να απαλλοτριώνεται, να περιφράζεται και να προστατεύεται από την κατάκλιση επιφανειακών νερών.
  - Επιτρέπεται η δασοκάλυψη ή η κάλυψη με γρασίδι.
- **Η Ζώνη ΙΙ** (Μικροβιολογικής προστασίας ή ζώνη των 50 ημερών): συνορεύει εσωτερικά με την Ι και εξωτερικά με την ΙΙΙ
  - Προστατεύει τα έργα υδροληψίας από μόλυνση και ρύπανση
  - Πλήρης ή τουλάχιστον μερική απαλλοτρίωση
  - Απαγορεύεται κάθε κατασκευαστική δραστηριότητα, οικιστική εγκατάσταση, λατόμευση, απόθεση σκουπιδιών, βιομηχανικών ή χημικών προϊόντων, διάθεση αστικών ή βιομηχανικών αποβλήτων, τουριστική εγκατάσταση, λειτουργία χώρων στάθμευσης οχημάτων, χρήση ζωικών λιπασμάτων, εφόσον υπάρχει πιθανότητα επιφανειακής έκπλυσης τους προς τη Ζώνη Ι

- Επιτρέπεται η χάραξη πεζόδρομων και δρόμων και οι γεωργικές καλλιέργειες με φυσική λίπανση
- **Η Ζώνη III** (Χημικής Προστασίας): περιβάλλει τη Ζώνη II και φθάνει μέχρι τον υδροκρίτη της υπόγειας υδρολογικής λεκάνης. (Υποζώνη IIIA αν εύρος < 2Km, Υποζώνη IIIB αν εύρος > 2Km).
- Προστατεύεται από ρύπους, που είναι αδύνατο να εξουδετερωθούν από την αυτοκαθαριστική ικανότητα του εδάφους.
  - Απαγορεύεται η διάθεση αποβλήτων για γεωργική λίπανση, η κατασκευή εγκαταστάσεων επεξεργασίας αποβλήτων, η εγκατάσταση χωματερών, διυλιστηρίων πετρελαιοειδών, σταθμών βενζίνης, εφαρμογών πυρηνικής ενέργειας, νεκροταφείων, η παραγωγή ανεπεξέργαστων αποβλήτων, η απόθεση ραδιενεργών ή τοξικών υλικών, η μεταφορά καυσίμων κ.ά.
  - Επιτρέπεται κάθε γεωργική δραστηριότητα, εγκατάσταση οικισμών με στεγανό δίκτυο αποχέτευσης και βιομηχανικών μονάδων με αβλαβή για το πόσιμο νερό προϊόντα κ.ά.

### Ταξινόμηση του υπεδάφους

- α) Υπέδαφος με ευνοϊκά χαρακτηριστικά.** Ο υδροφορέας καλύπτεται από συνεχή αδιαπέρατα στρώματα ή στρώματα με σημαντική ικανότητα κατακράτησης των αιωρημάτων.
- β) Υπέδαφος με μέσα χαρακτηριστικά.** Ο υδροφορέας καλύπτεται από διακοπτόμενα ή μικρού πάχους αδιαπέρατα στρώματα, χωρίς ικανότητα κατακράτησης.
- γ) Υπέδαφος με δυσμενή χαρακτηριστικά.** Η αυτοκαθαριστική ικανότητα του υδροφορέα είναι ανεπαρκής και η κάλυψή του από αδιαπέρατα επιφανειακά στρώματα είναι σποραδική. Ενδεικτικές τιμές του εύρους (m) των ζωνών προστασίας του υπόγειου νερού φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

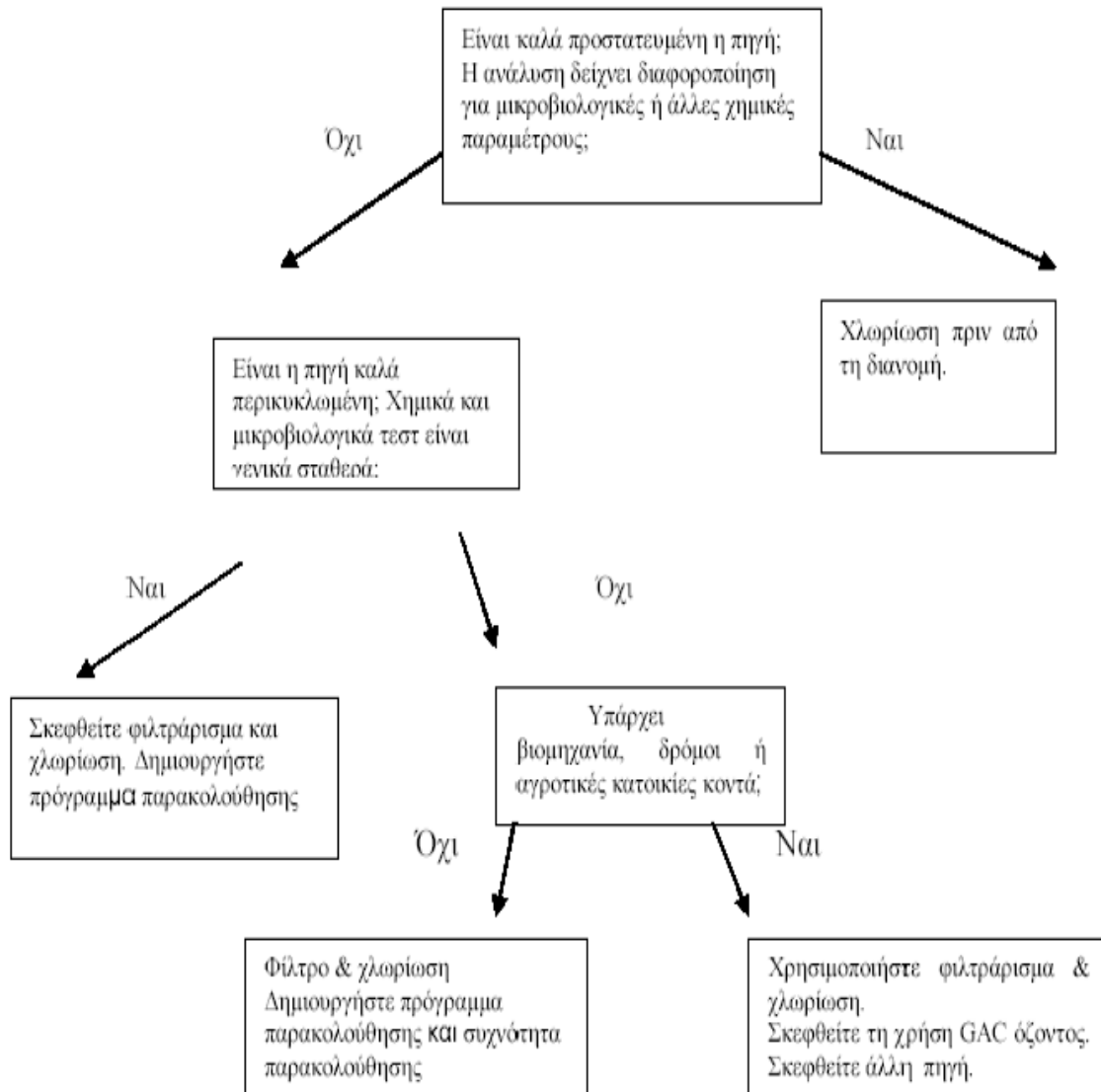
Πίνακας [2]. Ενδεικτικές τιμές του εύρους (m) των ζωνών προστασίας του υπόγειου νερού (Αξιολόγηση και προστασία πηγών υπόγειων υδάτων Γιαννούλης Ν.)

Ζώνη	Χαρακτηριστικά υπεδάφους		
	Ευμενή	Μέσα	Δυσμενή
I	10 - 50	20 – 100	100 μέχρι τον υπόγειο υδροκρίτη
II	50 - 250	100 – 500	Μέχρι τον υπόγειο υδροκρίτη
III	Μέχρι τον υπόγειο υδροκρίτη		

## 4.2 Μέθοδοι αξιολόγησης πηγών

### 4.2.1. Επιτόπια υγεινολογική αναγνώριση (EYA) των πηγών

Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι αξιολόγησης των πηγών και αποτίμησης του κινδύνου. Ένα παράδειγμα μιας απλής μεθόδου αξιολόγησης υπεδάφιας πηγής νερού δίνεται στο σχήμα 4. (15)



Σχήμα [4]. Απλή αποτίμηση κινδύνου υπεδάφιας πηγής νερού και επιλογή της τεχνικής απολύμανσης του ύδατος. (Γιαννούλης Ν. Αξιολόγηση και Προστασία Πηγών Υπόγειων Υδάτων)

Η υγειονομική αναγνώριση χρειάζεται για να συλλεχθούν πληροφορίες που αφορούν σε συγκεκριμένα σημεία κινδύνου στο απόθεμα ύδατος.. Το πλήρες ερωτηματολόγιο της EYA

που χρησιμοποιείται είναι αυτό των κατευθυντήριων οδηγιών της ΠΟΥ για την ποιότητα του πόσιμου νερού.<sup>(15)</sup>

## **Προστατευμένη πηγή**

### **I Στοιχεία**

1. Γενικές πληροφορίες: (Πόλη, Χωριό, Κέντρο Υγείας κ.λπ.)
2. Αρ. Κωδικού: – Διεύθυνση:
3. Αρχή για τους υδάτινους πόρους:

Κοινοτικός αντιπρόσωπος:

Ημερομηνία επίσκεψης:

4. Λήψη δείγματος νερού: Δείγμα Νο .Βαθμολόγηση μικροβιολογικού κινδύνου:

### **II Διαγνωστικές παρατηρήσεις για την εκτίμηση του κινδύνου Κίνδυνος**

1. Είναι η φυσική πηγή νερού απροστάτευτη χωρίς να υπάρχει λιθοδομή, τσιμεντένιος τοίχος ή υδατοστεγής δεξαμενή και επομένως ανοιχτή στην επιφανειακή μόλυνση; N/O
2. Η λιθοδομή προσφέρει ελαττωματική προστασία στην πηγή; N/O
3. Εφόσον υπάρχει υδατοστεγής δεξαμενή, υπάρχει ένα ανθυγιεινό κάλυμμα επιθεώρησης πάνω στην λιθοδομή; N/O
4. Η υδατοστεγής δεξαμενή περιέχει μολυσμένη λάσπη ή ζώα; N/O
5. Αν υπάρχει αγωγός αερισμού της πηγής, είναι ανθυγιεινός; N/O
6. Αν υπάρχει σωλήνας υπερχειλίσης, είναι ανθυγιεινός; N/O
7. Υπάρχει περιοχή γύρω από την πηγή που δεν είναι φραγμένη; N/O
8. Μπορούν τα ζώα να πλησιάσουν σε απόσταση 10 μέτρων από την πηγή; N/O
9. Υπάρχει έλλειψη πάνω από την πηγή ενός χαντακιού εκτροπής των επιφανειακών νερών ή αν υπάρχει, είναι μη λειτουργικό; N/O
10. Υπάρχουν αποχωρητήρια ψηλά στο λόφο; N/O

Συνολική βαθμολογία κινδύνου ΣΝ /10

### **III Αποτελέσματα και συστάσεις**

Τα ακόλουθα σημαντικά σημεία κινδύνου σημειώθηκαν: (κλίμακα 1 – 10) και συστήθηκαν στις τοπικές αρχές επανορθωτικές δράσεις. Για κάθε τύπο πηγής ύδατος η αναλογία ή το ποσοστό των σημείων που καταγράφονται ως θετικά για κίνδυνο κατά τη διάρκεια της υγειονομικής επιθεώρησης δίνουν ένα μέγεθος υγειονομικού κινδύνου. Το μέγεθος του υγειονομικού κινδύνου (αποτέλεσμα του ερωτηματολογίου) ταξινομείται σε διαφορετικά επίπεδα σχετικού κινδύνου σύμφωνα με τον Πίνακα [3].

Πίνακας [3]: Κατηγορίες σχετικού κινδύνου (Γιαννούλης Ν. Αξιολόγηση και προστασία πηγών υπόγειων υδάτων)

Μέγεθος κινδύνου	Κίνδυνος
0	Κανένας παρατηρούμενος κίνδυνος
1 – 3	Μικρός κίνδυνος
4 – 6	Μεσαίος κίνδυνος
7 – 10	Μεγάλος κίνδυνος

#### 4.2.2. Μικροβιολογικές αναλύσεις

Για τις μικροβιολογικές αναλύσεις οι συνήθεις δείκτες που χρησιμοποιούνται είναι τα ολικά κολοβακτηρίδια (ΟΚ), τα κολοβακτηρηρίδια κοπρανώδους προέλευσης και η Escherichia Coli. Τα επίπεδα μόλυνσης που σχετίζονται με την κάθε κατηγορία θα πρέπει να επιλεγούν βάσει των τοπικών συνθηκών. Ένα τυπικό σχήμα ταξινόμησης παρουσιάζεται στον Πίνακα 4, που βασίζεται σε αυξανόμενους βαθμούς του μεγέθους της μόλυνσης.<sup>(15)</sup>

Πίνακας [4]. Ταξινόμηση των ΚΚΠ σε κατηγορίες με κωδικούς χρωμάτων και οι αντίστοιχες κατηγορίες κινδύνου [3]. (Γιαννούλης Ν. Αξιολόγηση και προστασία πηγών υπόγειων υδάτων)

Αριθμός αποικιών ανά 100ml	Κατηγορίες	Κατηγορία κινδύνου
0	A (μπλε)	Σε συμφωνία με την Π.Ο.Υ
1 – 10	B (πράσινο)	Μικρός κίνδυνος
10 – 100	Γ (κίτρινο)	Μεσαίος κίνδυνος
100 – 1000	Δ (πορτοκαλί)	Μεγάλος κίνδυνος
>1000	E (κόκκινο)	Πολύ μεγάλος κίνδυνος

#### 4.2.3. Αξιολόγηση προστασίας των πηγών

Γίνεται συνδυασμός της βαθμολογίας της επιτόπια υγειονομολογική αναγνώρισης και των κατηγοριών ΚΚΠ και καταμετρείται η συχνότητα των συνδυασμών αυτών. Οι συνδυασμοί παρέχουν τον κίνδυνο υδατογενών επιδημιών, ο οποίος με τη σειρά του καθορίζει την προτεραιότητα των μέτρων που πρέπει να ληφθούν.

		Σκορ κινδύνου με βάση την επιτόπια υγειονομολογική αναγνώριση										
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9-10	
Κατηγορία κινδύνου με βάση την εξέταση ΚΚΠ	E											
	D											
	C											
	B											
	A											
		↓										
Κίνδυνος υδατογενούς επιδημίας	Δεν παρατηρήθηκε	Χαμηλός			Ενδιάμεσος προς υψηλός			Πολύ υψηλός				
		↓										
Προτεραιότητα επανορθωτικών δράσεων	Δεν απαιτείται	Χαμηλή			Υψηλή			Επείγουσα				

Σχήμα [5]. Αξιολόγηση του κινδύνου υδατογενούς επιδημίας και της προτεραιότητας των δράσεων. (Γιαννούλης Ν. Αξιολόγηση και προστασία πηγών υπόγειων υδάτων)



### 4.3 Συμπεράσματα

Η επιτόπια υγειονομική αναγνώριση σε συνδυασμό με τη συνεχή παρακολούθηση των μικροβιολογικών δεικτών στα αποθέματα νερού της πηγής μπορεί να ελαχιστοποιήσει τον κίνδυνο υδατογενών επιδημιών. Η μέθοδος μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί για τον προσδιορισμό των ευπρόσβλητων σημείων οποιουδήποτε πόρου πόσιμου νερού, καθώς και των επανορθωτικών δράσεων που απαιτούνται προκειμένου να προστατευθούν οι πηγές.<sup>(15)</sup>

		Σκορ κινδύνου με βάση την επιτόπια υγειονομική αναγνώριση									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9-10
Κατηγορία κινδύνου με βάση την εξέταση ΚΚΠ	E										
	D										
	C										
	B					ΚΕΡΚΥΡΑ					
	A										
⌋											
Κίνδυνος υδατογενούς επιδημίας	Δεν παρατηρήθηκε	Χαμηλός			Ενδιάμεσος προς υψηλός			Πολύ υψηλός			
⌋											
Προτεραιότητα επανορθωτικών δράσεων	Δεν απαιτείται	Χαμηλή			Υψηλή			Επείγουσα			

Σχήμα [6]. Αξιολόγηση του κινδύνου υδατογενούς επιδημίας και της προτεραιότητας των δράσεων. (Αξιολόγηση και προστασία πηγών υπόγειων υδάτων Γιαννούλης Ν.)

Τα εδάφη της Κέρκυρας είναι κατά κύριο λόγο ασβεστολιθικά. Οι ασβεστόλιθοι υδρολιθολογικά κατατάσσονται στους υδροπερατούς σχηματισμούς πορώδους ρωγμών.

Σε τέτοιους είδους υδροφορείς η μετάδοση των ρύπων είναι εύκολη δεδομένου ότι αυτοί οι σχηματισμοί έχουν πολύ μικρή ικανότητα αυτοκαθαρισμού των εισερχομένων ρυπαντικών ουσιών. Η μετάδοση των ρύπων σ' αυτούς μπορεί να φθάσει σε μεγάλες αποστάσεις, επομένως σύμφωνα με το παραπάνω ερωτηματολόγιο συμπεραίνουμε ότι η Κέρκυρα εντάσσεται σε επίπεδο ενδιάμεσου προς υψηλού κινδύνου.

### 4.4 Έργα ύδρευσης

Πολίτες με σειρά αναφορών διαμαρτυρήθηκαν για την υποβάθμιση της ποιότητας του πόσιμου νερού, η οποία οφείλεται είτε σε μόλυνση του νερού από μικροβιακό φορτίο προκαλούμενο από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, είτε σε χημική ρύπανση εξαιτίας βιομηχανικών ή αγροτικών δραστηριοτήτων ή εισροής θαλάσσιου ύδατος στα υδροφόρα στρώματα λόγω υπεράντλησης (υποθέσεις: επιβάρυνση της ποιότητας του νερού λόγω πλημμελούς καθαρισμού και συντήρησης των δεξαμενών και του δικτύου ύδρευσης, μικροβιολογική επιβάρυνση του πόσιμου νερού λόγω γειννίας με βόθρους, χημική επιβάρυνση του πόσιμου νερού, υφαλμύριση του πόσιμου νερού λόγω υπεράντλησης κ.α.).<sup>(15)</sup>

Η υποβάθμιση της ποιότητας του πόσιμου νερού οφείλεται κυρίως σε:

- Έλλειψη συστηματικής και ορθολογικής συντήρησης των δικτύων ύδρευσης. Σε πολλές μάλιστα περιπτώσεις, τα δίκτυα έχουν κατασκευαστεί κατά τη δεκαετία '60-'70 με αποτέλεσμα διαρροές και θραύσεις.

- Γεινίαση των αγωγών ύδρευσης με αγωγούς αποχέτευσης ή με απορροφητικούς βόθρους, χωρίς να έχουν ληφθεί τα απαραίτητα μέτρα στεγανότητας και υδροπροστασίας ή χωρίς να τηρούνται οι απαιτούμενες αποστάσεις.
- Αναποτελεσματική υγειονομική προστασία των συστημάτων ύδρευσης (λεκάνη απορροής, πηγές, γεωτρήσεις, δεξαμενές ύδρευσης, δίκτυο), καθώς και σε ελλείψεις ως προς τη συντήρηση και τον καθαρισμό τους.
- Έλλειψη συστηματικής και επαρκούς απολύμανσης, ιδίως σε περιπτώσεις μικρών δήμων.
- Ανεπαρκή παρακολούθηση και έλεγχο της ποιότητας του πόσιμου ύδατος, παρά τα οριζόμενα στην ΚΥΑ Υ2/2600/2001, σύμφωνα με την οποία, για οικισμούς κάτω των 500 κατοίκων, είναι υποχρεωτική, τουλάχιστον μία φορά τον χρόνο, λήψη δειγμάτων και ανάλυσή τους για σειρά παραμέτρων.

Εν όψει των διαπιστώσεων αυτών, οι υπεύθυνοι πρέπει να ενημερώνουν τους αρμόδιους φορείς (δήμος, διεύθυνση υγιεινής της νομαρχίας, νομάρχης, γενικός γραμματέας της Περιφέρειας) ότι:

Ο πλημμελής έλεγχος της ποιότητας του πόσιμου νερού αποτελεί σοβαρή παράλειψη της διοίκησης, με πιθανές επιπτώσεις στη δημόσια υγεία.

Ο έλεγχος και η συντήρηση των δικτύων ύδρευσης, η λήψη των αναγκαίων μέτρων εξυγίανσης, και η συστηματική δειγματοληψία και παρακολούθηση της ποιότητας του νερού, σύμφωνα με τα οριζόμενα για την ποιότητά του στην ΚΥΑ Υ2/2600/2001, κρίνονται επιβεβλημένα, προκειμένου να εξακριβωθεί με σχετική ακρίβεια η ποιότητα του παρεχόμενου πόσιμου νερού.

Οι συναρμόδιες αρχές πρέπει, σύμφωνα με τα οριζόμενα στο παράρτημα ΙΙΙ της ΚΥΑ Υ2/2600/2001, να εξασφαλίζουν ότι κάθε εργαστήριο, στο οποίο αναλύονται τα δείγματα, διαθέτει σύστημα διασφάλισης ποιότητας, ελεγχόμενο από αρμοδίως εξουσιοδοτημένο φορέα. Με τον τρόπο αυτό, αποφεύγονται οι αποκλίσεις που ενδεχομένως παρατηρούνται από τις αναλύσεις παραμέτρων σε διαφορετικά εργαστήρια.<sup>(15)</sup>

Αν δεν επιτευχθεί η απαιτούμενη βελτίωση της ποιότητας του νερού, πρέπει να εξεταστεί από τη διοίκηση η δυνατότητα περαιτέρω επεξεργασίας του νερού ή να εξευρεθεί άλλη πηγή υδροληψίας ή εναλλακτικός τρόπος υδροδότησης του οικισμού. Μείζον πρόβλημα, αποτελεί η επιλεκτικότητα και η αποσπασματικότητα που χαρακτηρίζει τις απαιτούμενες κατά νόμο δειγματοληψίες. Στην παθογένεια αυτή συντείνει αναμφίβολα η έλλειψη εξοπλισμένων εργαστηρίων στους μικρούς δήμους, αλλά και η σχετική με αυτή έλλειψη προσωπικού και πόρων για τη διενέργεια δειγματοληψιών και την αποστολή των δειγμάτων σε εξοπλισμένα εργαστήρια. Για να ανταποκριθούν στις απαιτήσεις αυτές, οι μεγάλες ΔΕΥΑ έχουν ιδρύσει εργαστήρια ελέγχου ποιότητας νερού. Όμως, τα εν λόγω εργαστήρια είναι επιφορτισμένα και για τον ποιοτικό έλεγχο των λυμάτων. Στις περισσότερες περιπτώσεις, διενεργούνται δειγματοληψίες από τη διεύθυνση υγείας της οικείας νομαρχίας, οι οποίες, πάντως, λόγω των παρατηρούμενων ελλείψεων σε προσωπικό και τεχνικά μέσα, παραμένουν επιλεκτικές. Επιπλέον, σε πολλές περιπτώσεις ούτε οι διευθύνσεις υγείας των νομαρχιών διαθέτουν εξοπλισμένα εργαστήρια και τα δείγματα αποστέλλονται για εξέταση σε κεντρικό εργαστήριο (συνήθως στο Γενικό Χημείο του Κράτους), με αποτέλεσμα να απαιτείται χρονικό διάστημα τουλάχιστον δύο μηνών για τη λήψη της απάντησης, που αποδεικνύεται ιδιαίτερα κρίσιμο σε έκτακτες περιπτώσεις. Σε περιπτώσεις δε που διαπιστώνεται επιβάρυνση της ποιότητας του νερού, ο επανέλεγχος, στις περισσότερες περιπτώσεις, διεξάγεται έπειτα από ικανό χρονικό διάστημα. Αυτές οι διοικητικές πρακτικές καταστρατηγούν την ισχύουσα νομοθεσία και παράλληλα δεν εγγυώνται υψηλή ποιότητα πόσιμου νερού.<sup>(15)</sup>

## 5. ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ

### 5.1 Σκληρότητα νερού

Η σκληρότητα είναι μια μέτρηση της περιεκτικότητας του νερού σε ιόντα μετάλλων. Η σκληρότητα των νερών προέρχεται από την παρουσία δισθενών μεταλλικών κατιόντων, εκ των οποίων τα πιο συνηθισμένα είναι το  $\text{Ca}^{2+}$  και το  $\text{Mg}^{2+}$ . Τα ιόντα αυτά αντιδρούν με το σαπούνι και σχηματίζουν ίζημα και μαζί με ορισμένα ανιόντα, που βρίσκονται στο νερό δημιουργούν κρούστα. Οι περισσότερες από αυτές τις ουσίες αποκτώνται καθώς το νερό της βροχής περνάει από διάφορα πετρώματα. Την μεγαλύτερη περιεκτικότητα την έχει σε άλατα ασβεστίου και μαγνησίου με ελάχιστες ποσότητες από τα υπόλοιπα μέταλλα. Το νερό περιλαμβάνει πολλές διαλυμένες ουσίες πριν αυτό φτάσει στις βρύσες μας.<sup>(16)</sup>

Η αρχική έννοια του όρου σκληρότητα του ύδατος ήταν η ικανότητα του νερού να καταβυθίζει τον σάπωνα. Όπως είναι γνωστό ο σάπωνας σχηματίζει δυσδιάλυτο άλας με τα κατιόντα ασβεστίου, τον ασβεστοσάπωνα. Η ίδια συμπεριφορά παρατηρείται και με τα κατιόντα μαγνησίου. Επιπλέον καταβυθίζεται και με άλλα κατιόντα όπως του στροντίου και του βαρίου (αλκαλικές γαίες), του μαγγανίου, του ψευδαργύρου, του σιδήρου και του αργιλίου. Τα φυσικά νερά περιέχουν κατά κανόνα σημαντικές ποσότητες κατιόντων ασβεστίου και μαγνησίου και για αυτό η σκληρότητα είναι μια χαρακτηριστική παράμετρος που εκφράζει το σύνολο των κατιόντων αυτών με τη μορφή του ανθρακικού ασβεστίου. Εάν συνυπάρχουν και άλλα κατιόντα, όπως αυτά που έχουν αναφερθεί παραπάνω, τότε συμπεριλαμβάνονται και αυτά. Το σύνολο των κατιόντων αυτών εκφράζεται ειδικά σαν ολική σκληρότητα ενώ ανθρακική σκληρότητα είναι το άθροισμα της ανθρακικής και της όξινης ανθρακικής αλκαλικότητας. Αλκαλικότητα νερού ονομάζεται η ικανότητα του νερού να εξουδετερώνει ένα οξύ. Συνήθως η εξουδετέρωση αυτή γίνεται με 0.02 N θειικό οξύ και ανάλογα με τον επιδιωκόμενο σκοπό χρησιμοποιείται δείκτης φαινολοφθαλείνης ή ηλιανθίνης. Η αλκαλικότητα εκφράζεται σε mg  $\text{CaCO}_3$  ανά λίτρο νερού.<sup>(17)</sup>

Έτσι υπάρχουν δύο είδη σκληρότητας που μας ενδιαφέρουν για το νερό. Η μόνιμη σκληρότητα (permanent hardness) και η προσωρινή σκληρότητα (kH) (συνήθως αναφέρεται και ως ανθρακική σκληρότητα). Το άθροισμα αυτών των δύο είναι η γενική σκληρότητα (GH: general hardness). Προσωρινή ή ανθρακική σκληρότητα (kH), ονομάζουμε αυτήν που απορρέει από ανθρακικά και διτανθρακικά ιόντα και εκφράζει άμεσα την ικανότητα buffering του νερού και μπορεί να μειωθεί με βρασμό του νερού. Μόνιμη σκληρότητα ονομάζουμε αυτήν που αναφέρεται σε ιόντα όπως νιτρικά, θειικά, χλωριούχα κ.α. και δεν μπορεί να αφαιρεθεί με το βράσιμο.

Παρόλο ότι υπάρχει σχέση μεταξύ της σκληρότητας του νερού και του buffering, η σκληρότητα είναι βασικά προϊόν από ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου, ενώ το buffering δημιουργείται από ανθρακικά και διτανθρακικά ιόντα. Συνήθως το "σκληρό νερό" έχει υψηλή περιεκτικότητα buffer, ενώ το "μαλακό νερό" έχει λιγότερη. Βεβαίως με επεξεργασία μπορούμε να επιτύχουμε "σκληρό νερό" με μικρή περιεκτικότητα buffer και "μαλακό νερό" με υψηλή. Ο πιο εύκολος τρόπος για να μετρήσουμε τις δύο αυτές σκληρότητες του νερού, είναι να χρησιμοποιήσουμε διάφορα test που κυκλοφορούν στο εμπόριο γι' αυτό το σκοπό.

#### Ολική σκληρότητα

Ως ολική σκληρότητα αναφέρουμε την περιεκτικότητα διαλυμένων ιόντων κυρίως ασβεστίου και μαγνησίου στο νερό. Άλλα ιόντα μπορούν να συνεισφέρουν στην τιμή της ολικής σκληρότητας αν και συνήθως οι περιεκτικότητές τους είναι αμελητέες και δύσκολα μετρούνται. Η τιμή της ολικής σκληρότητας δεν επηρεάζει άμεσα το pH του νερού, παρόλο που συνήθως το "σκληρό νερό" είναι και αλκαλικό λόγω μερικής αλληλεπίδρασης της ανθρακικής και της ολικής σκληρότητας. Τα περισσότερα test μετράνε την ολική σκληρότητα σε γερμανικούς βαθμούς σκληρότητας ( $^{\circ}\text{dH}$ ), το οποίο ισούται με 17.9 mg/lit  $\text{CaCO}_3$ . Αφού τα

mg/lit ισούται με ppm, απλά πολλαπλασιάζουμε την τιμή σε °dH με 17.9 και έχουμε την ίδια τιμή σε ppm. Ο επόμενος πίνακας δίνει μια ιδέα για τη γενική σκληρότητα τι τιμές παίρνει το "σκληρό & μαλακό νερό. Είναι γενικά πιο δύσκολο να αλλάξουμε την ολική σκληρότητα χωρίς να επηρεαστεί η ανθρακική σκληρότητα, από ότι είναι να αλλάξουμε την ανθρακική χωρίς να επηρεαστεί η ολική σκληρότητα.<sup>(18)</sup>

Πίνακας [5] τιμές Ολικής Σκληρότητας (<http://www.thekrib.com/Plants/CO2/khgh.html>)

Πίνακας Ολικής Σκληρότητας		
0-4 °dH	0-70 ppm	πολύ μαλακό
4-8 °dH	70-140 ppm	Μαλακό
8-12 °dH	140-210 ppm	ελαφρώς σκληρό
12-18 °dH	210-320 ppm	μέτρια σκληρό
18-30 °dH	320-530 ppm	Σκληρό
	Μεγαλύτερη τιμή	πολύ σκληρό

### Προσωρινή ή ανθρακική σκληρότητα

Η ανθρακική σκληρότητα προέρχεται από την παρουσία όξινων ανθρακικών αλάτων του Ca<sup>2+</sup> και Mg<sup>2+</sup> δηλ. Ca(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> και Mg(HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>. Τα άλατα αυτά προέρχονται από τη διάλυση αλάτων Ca<sup>2+</sup> και Mg<sup>2+</sup>, που υπάρχουν στα διάφορα πετρώματα ή στο έδαφος μέσα από τα οποία διέρχεται το νερό. Η διάλυση αυτή διευκολύνεται από το CO<sub>2</sub> που ελευθερώνεται από τη βακτηριακή δράση σε οργανικές ουσίες του εδάφους ή προσλαμβάνεται από την ατμόσφαιρα. Όταν το νερό θερμανθεί τα άλατα αυτά αποσυντίθεται στα αντίστοιχα ανθρακικά και πέφτουν ως ίζημα.<sup>(16)</sup>

Στην ανθρακική ή προσωρινή σκληρότητα, μετράμε τη δυνατότητα buffering, ή με άλλα λόγια, τη δυνατότητα του νερού να απορροφά και να εξουδετερώνει προσθήκη οξέος χωρίς να έχουμε μεγάλες μεταβολές στην τιμή του pH. Σκεφτείτε και παραλληλίστε την δυνατότητα buffering σαν ένα σφουγγάρι - όσο μεγαλύτερη η δυνατότητα του buffering, τόσο μεγαλύτερο το σφουγγάρι. Όσο υψηλότερη η τιμή της ανθρακικής σκληρότητας (τόσο μεγαλύτερο το σφουγγάρι), τόσο πιο ανθεκτικό είναι το νερό μας σε μεταβολές της τιμής του pH. Η τιμή της ανθρακική σκληρότητας στο νερό πρέπει να έχει τέτοια τιμή, ώστε να αποτρέπει τις συχνές και μεγάλες διακυμάνσεις στην τιμή του pH. Αν η τιμή της είναι μικρότερη από 4 °dH, ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην τιμή του pH στο νερό, μέχρις ότου να διαπιστωθεί πόσο μεγάλες μεταβολές προκαλεί η τιμή αυτή στο pH.

Η δυνατότητα buffering είναι συγχρόνως και επιθυμητή και ανεπιθύμητη. Ας δούμε τη θετική πλευρά. Κατά τον κύκλο του αζώτου, παράγεται νιτρικό οξύ (nitrate). Αν δεν υπάρχει δυνατότητα buffering (ανθρακική σκληρότητα), η τιμή του pH θα πέφτει με την πάροδο του χρόνου. Ικανοποιητική τιμή της ανθρακικής σκληρότητας (δυνατότητα buffering) θα κρατήσει την τιμή του pH σταθερή. Από την άλλη πλευρά, το "σκληρό νερό" έχει και σχεδόν πάντα υψηλή δυνατότητα buffering. Τότε η υψηλή τιμή της ανθρακικής σκληρότητας θα κάνει δύσκολη την προσπάθεια να κατεβάσουμε την τιμή του pH.<sup>(18)</sup>

### Γενικά

Η σκληρότητα του νερού είναι το πιο σύνηθες πρόβλημα ποιότητας νερού. Το σκληρό νερό εμφανίζεται όταν μεγαλύτερες ποσότητες από τις επιτρεπτές μεταλλικών στοιχείων εισέρχονται στη φυσιολογία του δημιουργώντας έτσι ενοχλητικά προβλήματα. Παρόλο που αυτά τα προβλήματα μπορεί να είναι απογοητευτικά, δεν τίθεται όμως ζήτημα ασφάλειας. Το σκληρό νερό είναι ασφαλές για μαγείρεμα καθώς και για άλλες οικιακές χρήσεις.

Το σκληρό νερό μπορεί να προκαλέσει διάφορα προβλήματα για τους καταναλωτές, η μεγάλη σκληρότητα προκαλεί ελαφρά διάρροια σε όσους πίνουν για πρώτη φορά, ενώ η συνεχής εξωτερική του χρήση προκαλεί ερεθισμό στο δέρμα. Επίσης καταστρέφει τα υφάσματα και φθείρει τις συσκευές συμπεριλαμβάνοντας τη μείωση της ζωής των υδραυλικών εγκαταστάσεων καθώς και άλλων συσκευών που χρησιμοποιούν το νερό. Επίσης αυξάνει τη δυσκολία στο καθαρισμό των άπλυτων και μειώνει την αποδοτικότητα των θερμοσίφωνων. Τέλος είναι υπαίτιο για τα λευκά κατάλοιπα σε διάφορα αντικείμενα όπως στις υδραυλικές εγκαταστάσεις, νεροχύτες και σε άλλα οικιακά σκεύη.

Οι κυριότερες φυσικές πηγές της σκληρότητας του νερού είναι η διάλυση πολυσθενών μεταλλικών ιόντων από ιζηματογενή πετρώματα και η διήθηση. Τα πιο βασικά ιόντα που προκαλούν τη σκληρότητα είναι εκείνα του ασβεστίου και του μαγνησίου ( $\text{Ca}^+$ ,  $\text{Mg}^+$ ) που βρίσκονται σε αρκετά ιζηματογενή πετρώματα εκ των οποίων τα συνηθέστερα είναι ο ασβεστόλιθος και ο ασβεστίτης. Επίσης απαντώνται σε μια ευρεία γκάμα βιομηχανικών προϊόντων καθώς και σε κοινά συστατικά τροφίμων. Όπως προαναφέρθηκε η σκληρότητα μπορεί να προκληθεί και από άλλα πολυσθενή ιόντα παραδείγματος χάρη αργιλίου, σίδηρο, βάριο, μαγγάνιο, στρόντιο και ψευδάργυρο.

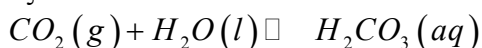
Οι ιοντικές ουσίες έπειτα από τη διάλυση τους στο νερό χωρίζονται στις αρχικές συνιστώσες τους. Για παράδειγμα όταν το  $\text{NaCl}$  (χλωριούχο νάτριο) διαλυθεί στο νερό παράγει  $\text{Na}^+$  και  $\text{Cl}^-$ . Τα ιόντα αυτά παραμένουν στο διάλυμα έως ότου συμβεί κάτι, μετατρέπονται τα σε στερεό ίζημα, για παράδειγμα αν εξατμίσουμε το νερό από ένα διάλυμα άλατος επέρχεται κορεσμός και κρύσταλλοι άλατος κατακρημνίζονται. Επομένως η διαδικασία της διάλυσης δεν είναι χημική αντίδραση και μπορεί να αντιστραφεί με φυσικό τρόπο παρά με χημικό.

Συνοψίζοντας:

1. Η σκληρότητα οφείλεται πρώτιστα στη γεωλογία της περιοχής με την οποία συνδέεται η επιφάνεια του νερού. Για παράδειγμα όταν το νερό εισέρχεται δια μέσου του ασβεστόλιθου είναι πολύ πιθανό να γίνει σκληρό. Αυτό είναι αποτέλεσμα της φυσικά όξινης βροχής, καθώς περιέχει αέριο διοξειδίου του άνθρακα, η οποία σε συνέχεια διαλύει τα πετρώματα προστίθοντας τα διαλυμένα μεταλλεύματα στο νερό.
2. Η διάβρωση είναι η μεγαλύτερη αιτία παραγωγής σκληρού νερού. Λόγω βροχής διάφορες χημικές ουσίες που προκαλούν τη σκληρότητα παρασέρνονται στο νερό παράδειγμα σε μια λίμνη. Η σκληρότητα εν μέρει είναι βασισμένη στα ποσά απορροής διάβρωσης σε έναν υδροκρίτη.

Κατά κύριο λόγο η σκληρότητα στο νερό προκαλείται από την παρουσία των διαλυμένων ιόντων ασβεστίου ( $\text{Ca}_2^+$ ) και μαγνησίου ( $\text{Mg}_2^+$ ). Αλλά κατιόντα όπως εκείνα του αργιλίου ( $\text{Al}^{3+}$ ) και του σιδήρου ( $\text{Fe}^{3+}$ ) μπορούν να συμβάλουν στη σκληρότητα, όμως η παρουσία τους είναι λιγότερο σημαντική.<sup>(19)</sup>

Το πιο συχνό και ενοχλητικό είδος σκληρότητας είναι αυτό που προκαλείται από την παρουσία ( $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ) το οποίο συλλέγεται από το νερό της βροχής και διέρχεται στο ανθρακικό ασβέστιο ( $\text{CaCO}_3$ ). Καθώς το νερό της βροχής πέφτει διαλύει το διοξείδιο του άνθρακα από τον αέρα και μετατρέπεται σιγά σιγά σε όξινη επειδή δημιουργείται ανθρακικό οξύ.<sup>(19)</sup>



Το ανθρακικό ασβέστιο δεν είναι πολύ διαλυτό στο νερό εν τούτοις όταν το ανθρακικό οξύ διέλθει στο ανθρακικό ασβέστιο γίνεται αντίδραση που παράγει διττανθρακικό άλας ασβεστίου που είναι εύκολα διαλυτό.



Κατά συνέπεια το νερό της βροχής συλλέγει τα ιόντα  $Ca_2^+$  και  $HCO_3^-$  και γίνεται σκληρό. Όταν θερμαίνεται το νερό αυτό οι δύο προηγούμενες αντιδράσεις αντιστρέφονται και παράγεται ανθρακικό ασβέστιο, νερό και διοξείδιο του άνθρακα.



Καθώς το ανθρακικό ασβέστιο είναι κατά πολύ λιγότερο διαλυτό στο νερό από το διττανθρακικό ασβέστιο δημιουργεί υπολείμμα ή αλλιώς ίζημα. Επειδή αυτός ο τύπος σκληρότητας είναι εύκολο να απομακρυνθεί (π.χ. με απλή θέρμανση) είναι γνωστός και ως προσωρινή σκληρότητα. Τα στερεά αυτά υπολείμματα ανθρακικού ασβεστίου συνήθως εμφανίζονται σε διάφορες συσκευές θέρμανσης νερού και γενικά συστημάτων που κάνουν χρήση θερμαινόμενου νερού. Εντούτοις, εάν το νερό είναι εξαιρετικά σκληρό, τέτοιου είδους υπολείμματα μπορούν να εμφανιστούν και σε σωλήνες κρύου νερού.<sup>(19)</sup>

Άλλοι τύποι προσωρινής σκληρότητας που δημιουργούνται από την παρουσία ιόντων  $Mg_2^+$  και την ίζηματοποίηση του υδροξειδίου του μαγνησίου ( $Mg(OH)_2$ ) μπορούν να συμβάλλουν στο πρόβλημα της δημιουργίας υπολειμμάτων.<sup>(19)</sup>

Ο συνδυασμός των ιόντων  $Ca_2^+$  και  $Mg_2^+$  με χλωριούχα ( $Cl^-$ ), θειικά ( $SO_4^{2-}$ ) και νιτρικά ( $NO_3^-$ ) ιόντα είναι γνωστός και ως μόνιμη σκληρότητα. Για παράδειγμα σε κάποιες περιοχές το  $CaSO_4$  μπορεί να προκαλέσει μεγάλο βαθμό σκληρότητας. Η μόνιμη σκληρότητα δεν μπορεί να αφαιρεθεί με το βρασμό. Ο όρος γενική σκληρότητα χρησιμοποιείται για να περιγράψει το συνδυασμό σκληρότητας ασβεστίου και μαγνησίου.<sup>(19)</sup>

Ωστόσο οι τιμές της σκληρότητας γενικότερα είναι συνυφασμένες με τις τιμές του  $CaCO_3$  καθώς είναι η πιο συχνή αιτία δημιουργίας υπολειμμάτων. Οι τυποποιημένες ταξινομήσεις δίνονται παρακάτω.<sup>(19)</sup>

Περίπου το 22% του γλυκού νερού της γης είναι υπόγειο και φυσικό συνεπώς καθώς διέρχεται μέσω των χωμάτων και των βράχων, συλλέγει μεταλλικά στοιχεία. Όταν λοιπόν συλλεχθούν μεγάλες ποσότητες μαγνησίου και ασβεστίου οδηγούν στη δημιουργία σκληρού νερού. Η ολική σκληρότητα μπορεί να μετρηθεί σε milligrams ανά λίτρο (mg/l) και σε ppm. Στις διάφορες αναλύσεις νερού οι ενδείξεις mg/l και ppm είναι περίπου ίσες. Μπορούμε να αξιολογήσουμε τη σκληρότητα του νερού της βρύσης με βάση το παρακάτω πίνακα.<sup>(20)</sup>

Πίνακας [6] :Αξιολόγηση σκληρότητας νερού βρύσης (<http://pubs.ext.vt.edu/356/356-490/356-490.html>)

Συγκέντρωση $CaCO_3$ (mg/l)	Εκτίμηση
Λιγότερο από 17.1	Μαλακό
17.1-60	Ήπια σκληρό
60-120	Μέτρια σκληρό
120-180	Σκληρό
Πάνω από 180	Πολύ σκληρό

### Βαθμοί Σκληρότητας

Η σκληρότητα των νερών εκφράζεται σε ανθρακικό ασβέστιο ( $CaCO_3$ ), είτε σε οξείδιο του ασβεστίου ( $CaO$ ) ανάλογα, και καθορίζεται από το βαθμό σκληρότητας.<sup>(21)</sup>

- Γαλλικοί Βαθμοί ( $^{\circ}Fr$ ): Εκφράζουν τη σκληρότητα του ασβεστίου και μαγνησίου σε γραμμάρια ισοδύναμης ποσότητας ανθρακικού ασβεστίου ( $CaCO_3$ ) που περιέχονται ανά 100 λίτρα νερού.

- Γερμανικοί Βαθμοί (°dh): Εκφράζουν τη σκληρότητα του ασβεστίου και μαγνησίου σε γραμμάρια ισοδύναμης ποσότητας οξειδίου του ασβεστίου (CaO) που περιέχονται ανά 100 λίτρα νερού.
- Αγγλικοί Βαθμοί (°e): Εκφράζουν τη σκληρότητα του ασβεστίου και μαγνησίου σε γραμμάρια ισοδύναμης ποσότητας ανθρακικού ασβεστίου (CaCO<sub>3</sub>) που περιέχονται ανά 70 λίτρα νερού.
- Σκληρότητα σε ppm: Εκφράζει τη σκληρότητα του ασβεστίου και μαγνησίου σε ισοδύναμη ποσότητα ανθρακικού ασβεστίου (CaCO<sub>3</sub>) που περιέχονται στα νερά και δίδεται σε ppm.
- Σκληρότητα σε Αγγλικούς Βαθμούς κλίμακας Clark: Εκφράζουν τη σκληρότητα του ασβεστίου και μαγνησίου σε ισοδύναμη ποσότητα ανθρακικού ασβεστίου (CaCO<sub>3</sub>) εκπεφρασμένη σε γραμμάρια κόκκων (grains) ανά αυτοκρατορικό γαλόνι (imperial gallon) που ισοδυναμεί με 4.543 λίτρα νερού. Ένας κόκκος (grain) ισούται με 0,648gr CaCO<sub>3</sub>.
- Σκληρότητα Η.Π.Α.: Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής η σκληρότητα του ασβεστίου και του μαγνησίου εκφράζεται σε ισοδύναμη ποσότητα ανθρακικού ασβεστίου, εκπεφρασμένη σε γραμμάρια κόκκων (grains) ανά αμερικάνικο γαλόνι νερού. Ένα U.S. γαλόνι ισούται με 3.785lt νερού.
- Μονάδα Σκληρότητας Val: Η μονάδα σκληρότητας val χρησιμοποιείται για ορισμένες εργασίες και κυρίως για νερά τροφοδότησης ατμολέβητων υψηλής πίεσης. Οι μονάδες val και mval (χιλιοστοβάλ) εκφράζουν τη σκληρότητα σε meq ιόντων ασβεστίου (Ca<sup>++</sup>) ή σε meq ανθρακικού ασβεστίου (CaCO<sub>3</sub>), είτε σε meq οξειδίου του ασβεστίου (CaO), που περιέχονται σε ένα λίτρο νερό.<sup>(21)</sup>

### **Κατάταξη των νερών ως προς τη σκληρότητα.**

Τα νερά ως προς τη σκληρότητα σε Γερμανικούς βαθμούς χαρακτηρίζονται:

- Πολύ Μαλακά <4 dh
- Μαλακά 4-8 dh
- Μέτρια σκληρά 8-12 dh
- Αρκετά σκληρά 12-18 dh
- Σκληρά 18-30 dh
- Πολύ σκληρά >30 dh

Τα νερά ως προς τη σκληρότητα σε Γαλλικούς βαθμούς χαρακτηρίζονται:

- Μαλακά <10 °Fr
- Ημίσκληρά 10-20 °Fr
- Σκληρά 20-30 °Fr
- Πολύ σκληρά >30 °Fr

Τα νερά ως προς τη σκληρότητα σε ppm χαρακτηρίζονται:

- Μαλακά <100 ppm
- Ημίσκληρά 100-200 ppm
- Σκληρά 200-300 ppm
- Πολύ σκληρά >300 ppm

Τα σκληρά νερά προκαλούν εναποθέσεις δυσδιάλυτων αλάτων «πουρί» στα σκεύη θέρμανσης και βρασμού νερού, σε πλυντήρια πιάτων και πλύσης ρούχων, σε σιδερωτήρια, σε προθερμαντήρες, σε θερμοσίφωνες, σε λέβητες κ.λπ. Δυσχεραίνουν το βρασμό των οσπρίων και του κρέατος, δεν έχουν ευχάριστη γεύση και ιδιαίτερα σε καταναλωτές που έχουν συνηθίσει να πίνουν μαλακά νερά.<sup>(21)</sup>

Καφές και τσάι χάνουν πολύ από τη γεύση τους με τα σκληρά νερά. Σε ορισμένες βιομηχανίες (σαπωνοποιίας, βυρσοδεψίας, βαφείων, χημικών και φαρμακευτικών προϊόντων, υφαντουργίας κ.α.) τα σκληρά νερά προκαλούν σημαντικές ζημιές στη παραγωγή και στη ποιότητα των προϊόντων, με μεγάλες οικονομικές επιπτώσεις.<sup>(21)</sup>

## 5.2 Προβλήματα που μπορούν να προκληθούν από τη σκληρότητα

### Γενικά

Η σκληρότητα του νερού είναι το παραδοσιακό μέτρο της δυναμικότητας του νερού να αντιδράσει με το σαπούνι, το σκληρό νερό απαιτεί πολύ μεγαλύτερη ποσότητα σαπουνιού για να κάνει αφρό. Δε παράγεται από κάποια ενιαία ουσία αλλά από μεγάλη ποικιλία διαλυτών πολυσθενών μεταλλικών ιόντων, κυρίως από τα κατιόντα ασβεστίου και μαγνησίου, καθώς και άλλων κατιόντων όπως εκείνα του βαρίου, του σιδήρου, του μαγγανίου και του ψευδαργύρου. Η σκληρότητα συνήθως εκφράζεται σε χιλιοστόγραμμα (mg) ασβεστίου που ισοδυναμούν σε ένα λίτρο νερού. Το νερό που περιέχει λιγότερο από 60 mg ανθρακικού ασβεστίου ανά λίτρο, γενικά θεωρείται μαλακό.<sup>(19)</sup>

Υπερβολική ποσότητα σαπουνιού χρειάζεται για το πλύσιμο(καθώς το σαπούνι δεν αφρίζει). Κάποια καινούρια απορρυπαντικά γίνονται λιγότερο αποδοτικά λόγω των ανιόντων, αντί να κρατούν τα μόρια της βρωμιάς αντ' αυτού αντιδρούν με τα ιόντα  $Ca^{+2}$  και  $Mg^{+2}$ .<sup>(19)</sup>

Το σαπούνι που έχει ως βάση ζωικά λίπη μπορεί να αντιδράσει με τα ιόντα  $Ca^{+2}$  και  $Mg^{+2}$  και να συμβάλλει στη δημιουργία ιζήματος που μπορεί να καταστρέψει τα ρούχα και να προκαλέσει ερεθισμό στο δέρμα.<sup>(19)</sup>

Κάποια φαγητά κυρίως όσπρια δεν μπορούν να μαγειρευτούν με σκληρό νερό. Για παράδειγμα τα ιόντα ασβεστίου προκαλούν πολυμερισμό μεταξύ των μορίων των φασολιών και η δομή που δημιουργείται αποτρέπει την είσοδο του νερού στα φασόλια και έτσι το εμποδίζει να βράσει. Ένας απλός τρόπος να αποτρέψουμε αυτό το φαινόμενο είναι να προσθέσουμε μαγειρική σόδα (διττανθρακική σόδα ( $NaHCO_3$ )) στο νερό του φαγητού.<sup>(19)</sup>

Τα υπόλοιπα που δημιουργούνται μπορεί να φράξουν τους σωλήνες. Τα συστήματα θέρμανσης μπορεί να γίνουν έως και 90% λιγότερο αποδοτικά με ένα επίστρωμα 25mm  $CaCO_3$ .<sup>(19)</sup>

### Επιπτώσεις σκληρών νερών στην παραγωγή προϊόντων

Όταν δεν υπάρχουν νερά τεχνικών προδιαγραφών για κάθε χρήση σε μια περιοχή αναγκαστικά χρησιμοποιούνται τα υπάρχοντα, στην κατάσταση που βρίσκονται, είτε έπειτα από βελτίωση τους εάν είναι δυνατή.

Παρακάτω σημειώνονται οι επιπτώσεις σε μερικά προϊόντα παραγωγής από τη χρήση σκληρών νερών και η σχετική ποιότητα νερού για καλύτερη παραγωγή.

Τα νερά που χρησιμοποιούνται στις βιομηχανίες παραγωγής προϊόντων διατροφής πρέπει να πληρούν τους όρους των τεχνικών προδιαγραφών ενός καλού πόσιμου νερού. Να είναι δροσερά, διαυγή, άχρωμα, χωρίς γεύση και οσμή, μικρής αλατότητας, βακτηριολογικά καθαρά, με PH 6,5 - 7,5.

Μέχρι τώρα δεν υπάρχουν συμπεράσματα θετικά ότι τα σκληρά νερά έχουν επιβλαβή επίδραση στον ανθρώπινο οργανισμό. Το ανθρώπινο σώμα έχει ανάγκη περίπου 0,7 – 1,0 gr ασβεστίου την ημέρα. Το μέγιστο μέρος της ποσότητας αυτής λαμβάνεται από τη διατροφή.



Διάφοροι μελετητές στη Γαλλία, στην Αυστρία, στην Αμερική κ.α. διαμόρφωσαν τη γνώμη ότι τα μέτρια σκληρά νερά επιδρούν καλύτερα στον ανθρώπινο οργανισμό από εκείνα με μικρή σκληρότητα και ότι δεν έχουν καμία σχέση οι ασθένειες των αρτηριών, των νεφρών και της κύστης με τη σκληρότητα του νερού. Έγιναν επίσης μελέτες για να διαπιστωθεί αν τα σκληρά νερά έχουν σχέση με τη τερηδόνα των δοντιών. Οι μελέτες αυτές έδειξαν ότι δεν υπάρχουν αρκετά και ικανά στοιχεία για να στηρίξουν κάποια σχέση. Στο Οχάιο των Η.Π.Α. χρησιμοποιούνται για ύδρευση υπόγεια νερά με σκληρότητα 2000ppm.

Από τα παραπάνω στοιχεία φαίνεται ότι η σκληρότητα δεν έχει σχέση με τον ανθρώπινο οργανισμό άμεσα, επιδρά όμως έμμεσα με τα βιομηχανικά προϊόντα διατροφής, ως προς τη γεύση και την εμφάνιση τους. Παρακάτω αναφέρουμε την επίδραση των αλάτων της σκληρότητας σε μερικά βιομηχανικά προϊόντα διατροφής.<sup>(21)</sup>

### **Βιομηχανικά προϊόντα διατροφής**

Στα εργοστάσια παραγωγής κονσερβοποιημένων τροφίμων η εκάστοτε αναγκαία ποσότητα νερού, που πρέπει να χρησιμοποιείται, εξαρτάται από το είδος του για κονσερβοποίηση προϊόντος. Τα όσπρια πρέπει να παρασκευάζονται με πολύ μαλακά νερά, γιατί τα άλατα της σκληρότητας, ασβέστιο και μαγνήσιο, αντιδρούν με τις πρωτεΐνες των οσπρίων, τα οποία γίνονται σκληρά και δύσπεπτα. Στην κονσερβοποίηση φρούτων και όξινων προϊόντων, η διττανθρακική σκληρότητα, μειώνει την οξύτητα, αυξάνει το ΡΗ και δρα ευνοϊκά. Τα νιτρικά άλατα γενικά προκαλούν ερυθρωπό χρώμα στα κονσερβοποιημένα κρέατα. Ο σίδηρος και το μαγγάνιο αλλοιώνουν τη γεύση και το χρώμα των γαλακτοκομικών προϊόντων. Γενικά τα θειικά, τα χλωριούχα και τα νιτρικά άλατα της σκληρότητας μαγνησίου προκαλούν διαβρώσεις στα μεταλλικά δοχεία των κονσερβοποιημένων προϊόντων. Τα εργοστάσια αμύλου απαιτούν διαυγή νερά, άχρωμα και άγευστα, μαλακά, χωρίς οργανικές ενώσεις, σίδηρο και μαγγάνιο. Τα σκληρά νερά αυξάνουν την τέφρα του αμύλου και επηρεάζουν άσχημα την ποιότητα του. Το μαγνήσιο ιδιαίτερα προκαλεί θολερότητα στο αμυλοσιρόπιο. Στα εργοστάσια σακχάρου η σκληρότητα ασβεστίου δεν υπολογίζεται ενώ οι συγκεντρώσεις θεικών και ανθρακικών αλκαλίων και κυρίως των νιτρικών εμποδίζει την καλή κρυστάλλωση της σάκχαρης. Τα εργοστάσια οινοπνεύματος και οινοπνευματωδών ποτών απαιτούν πολύ μαλακά νερά, βρόχινα ή απεσταγμένα, είτε αφαλατωμένα. Τα σκληρά νερά και γενικά τα άλατα των νερών προκαλούν θολώματα κατά την αραίωση των ποτών και των αρωμάτων. Στα εργοστάσια παραγωγής ζύθου η ποιότητα του νερού επηρεάζει σημαντικά το χαρακτήρα του παραγόμενου ζύθου. Νερά με πολύ μικρή περιεκτικότητα διττανθρακικών αλάτων και με σημαντική συγκέντρωση θεικών αλάτων σκληρότητας ασβεστίου παρέχουν ζύθο τύπο Pilsen. Σκληρά νερά με υψηλές συγκεντρώσεις διττανθρακικών αλάτων παρέχουν ζύθο τύπο Μονάχου. Στα εργοστάσια παραγωγής κόλλας τα σκληρά νερά προκαλούν κηλίδες. Τα μαλακά νερά, τα βρόχινα και τα αφαλατωμένα αυξάνουν την απόδοση του προϊόντος.<sup>(21)</sup>

### **Κλωστοϋφαντουργία**

Τα εργοστάσια κλωστοϋφαντουργίας τα χρησιμοποιούμενα νερά πρέπει να είναι μαλακά, διαυγή, να μην περιέχουν αιωρήματα, χρωματισμούς, σίδηρο, μαγγάνιο και οργανικές ενώσεις.

Με τη πλύση του μαλλιού τα άλατα της σκληρότητας, ασβέστιο και μαγνησίου, αντιδρούν με τους ελαιosάπωνες και σχηματίζουν δυσδιάλυτους σάπωνες ασβεστίου και μαγνησίου, οι οποίοι προσκολλώνται στις ίνες του μαλλιού, προκαλούν κηλίδες και μειώνουν την ποιότητα και την ανοχή των ινών.

Τα ίδια φαινόμενα παρατηρούνται με τη πλύση και το βρασμό της μέταξας και του βαμβακιού. Προϋπόθεση για την παραγωγή τεχνητών υφαντουργικών ινών καλής ποιότητας είναι η χρησιμοποίηση πολύ μαλακού νερού ή βρόχινου ή αφαλατωμένου.<sup>(21)</sup>

### **Πλυντήρια ρούχων και πιάτων**

Τα χρησιμοποιούμενα νερά πρέπει να είναι μαλακά γιατί όπως γράφουμε παραπάνω οι ασβεστοσάπωνες, που σχηματίζουν με τα άλατα της σκληρότητας, προσκολλώνται στα ρούχα και χάνουν την απαλότητα τους, γίνονται σκληρά, μειώνεται η αντοχή τους και αποκτούν μια ιδιάζουσα και όχι ευχάριστη οσμή. Στα πλυντήρια πιάτων η χρησιμοποίηση σκληρών νερών προκαλεί πουρί στα ακροφύσια των πλυντηρίων και λεκέδες στα γυάλινα αντικείμενα.

Για την αποφυγή αποθέσεων δυσδιάλυτων αλάτων ανθρακικού ασβεστίου και μαγνησίου στα ακροφύσια των πλυντηρίων, όπως και στα ρούχα των πλυντηρίων, χρησιμοποιείται εξαμέτα φωσφορικό νάτριο σε ποσότητα 0,25 – 0,50 ppm. Φέρεται στο εμπόριο σαν calgon και χρησιμοποιείται ευρύτατα στις ΗΠΑ και στην Ευρώπη.

Το Calgon σχηματίζει συμπλόκους ενώσεις με το ασβέστιο και το μαγνήσιο και παρεμποδίζεται έτσι η καταβύθιση τους και ο σχηματισμός δυσδιάλυτων αλάτων «πουρί».<sup>(21)</sup>

### **Εργοστάσια χαρτοποιίας**

Πρέπει να χρησιμοποιούνται μαλακά νερά, γιατί τα άλατα της σκληρότητας, ασβεστίου και μαγνησίου, αποσυνθέτουν τους ρητινοσάπωνες, που σχηματίζονται για το κολλάρισμα του χαρτιού και έτσι αυξάνεται η κατανάλωση του θειικού αργιλίου.

Για την παραγωγή καλής ποιότητας λευκού, είτε ανοιχτόχρωμου χάρτου, τα νερά που χρησιμοποιούνται δεν πρέπει να έχουν αιωρήματα, ενώσεις σιδήρου, μαγγανίου και οργανικών ουσιών.<sup>(21)</sup>

### **Εργοστάσιο βυρσοδεψίας**

Τα νερά που χρησιμοποιούνται στα βυρσοδεψεία δεν πρέπει να περιέχουν οργανικές ενώσεις και μικροοργανισμούς. Οι συγκεντρώσεις διττανθρακικών και ελεύθερου διοξειδίου του άνθρακα πρέπει να είναι μικρές, γιατί αντιδρούν με την υδράσβεστο που χρησιμοποιείται για την αποτρίχωση, με σχηματισμό ανθρακικού ασβεστίου που παρεμποδίζει την καλή δέψη.

Τα υδατοδιαλυτά άλατα του σιδήρου και το μαγγανίου προκαλούν κηλίδες στα δέρματα, ενώ τα θειικά άλατα του ασβεστίου επιδρούν ευνοϊκά.<sup>(21)</sup>

### **Νερά μάλαξης τσιμέντου**

Τα νερά που χρησιμοποιούνται για τη μάλαξη τσιμέντου, μωσαϊκών και τσιμεντοκονιών δεν πρέπει να είναι όξινα, να μην περιέχουν θειούχες ενώσεις και η συγκέντρωση θεικών και κυρίως γύψου να μην υπερβαίνει τα 250 mg/l.

Η γύψος σχηματίζει θειοαργιλικό ασβέστιο, το οποίο διογκώνεται και προκαλεί την αποσάθρωση του τσιμέντου. Ίδια περίπου φαινόμενα σημειώνονται στα μωσαϊκά και στα τσιμεντοκονιάματα.<sup>(21)</sup>

### **Υαλουργεία**

Στα εργοστάσια παραγωγής πρώτων υλών, υαλουργείων και κυρίως κεραμικής, τα νερά που χρησιμοποιούνται πρέπει να είναι διαυγή, να μην περιέχουν σίδηρο και μαγγάνιο και οι συγκεντρώσεις αλάτων θεικών και χλωριούχων να είναι πολύ μικρές. Τα σκληρά νερά, ο σίδηρος και το μαγγάνιο δημιουργούν θολώματα στο γυαλί και κηλίδες στα κεραμικά προϊόντα.<sup>(21)</sup>

## Επιπτώσεις σκληρών νερών στη παραγωγή ατμού

- **Λεβητόλιθος**

Σχηματίζεται στους λέβητες παραγωγής ατμού και είναι σημαντικό πρόβλημα, όχι μόνο για την βιομηχανία, αλλά και για την κίνηση ατμοστρόβιλων, ατμομηχανών, αντλιών κ.α. όπως είναι επίσης πρόβλημα το πουρί που σχηματίζεται στους θερμοσίφωνες, προθερμαντήρες, πλυντήρια και συσκευές θέρμανσης, βρασμού κ.α.

Λεβητόλιθος χαρακτηρίζεται το σύνολο των δυσδιάλυτων αλάτων που αποβάλλονται στη διαρκεί λειτουργίας των συσκευών θέρμανσης και παραγωγής ατμού. Ο σχηματισμός λεβητόλιθου οφείλεται στη τροφοδότηση του λέβητα με σκληρά νερά και γενικά με νερά ακατάλληλα που δεν έχουν βελτιωθεί. Το πουρί είναι το σύνολο των δυσδιάλυτων αλάτων ασβεστίου και μαγνησίου, που εναποτίθεται στις αντιστάσεις θερμοσίφωνων, προθερμαντήρων, σε λέβητες χαμηλής πίεσης κ.α.<sup>(21)</sup>

- **Ποιότητα νερού τροφοδότησης ατμολέβητων**

Πρέπει να είναι πολύ μαλακά, αποσκληρυμένα και όχι αφαλατωμένα, μετά την αποσκλήρυνση τα άλατα του ασβεστίου και του μαγνησίου πρέπει να βρίσκονται, σε ιχνοστοιχειακές συγκεντρώσεις. Να μην περιέχουν ούτε σε ιχνοστοιχειακές συγκεντρώσεις πυριτικά, αιωρούμενα κolloειδή, άλατα σιδήρου και μαγνησίου, διαλυμένες οργανικές ενώσεις και κυρίως λιπαρές και να είναι μικρής αλατότητας μη όξινα και να περιέχουν σε φυσικές συγκεντρώσεις ελεύθερο οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα, χουμικές και σακχαρούχους ενώσεις, νιτρικά θειικά και χλωριούχα άλατα του νατρίου.<sup>(21)</sup>

- **Διαβρώσεις ατμολέβητων χαμηλής και υψηλής πίεσης**

Το οξυγόνο, το ελεύθερο διοξείδιο του άνθρακα, τα νιτρικά και τα θειικά άλατα του νατρίου προκαλούν σημαντικές διαβρώσεις. Το οξυγόνο και το ελεύθερο διοξείδιο του άνθρακα επαναφέρονται στο λέβητα με τα συμπυκνώματα των υδρατμών και η διάβρωση επαναλαμβάνεται στο λέβητα στους συμπυκνωτήρες κ.α. Για την αποφυγή των διαβρώσεων χρησιμοποιείται υδραζίνη ( $H_2NNH_2$ ). Η άνυδρος υδραζίνη αναφλέγεται στους 52 °C ενώ η ένυδρη δεν αναφλέγεται και γι' αυτό προτιμάται.<sup>(21)</sup>

- **Αναβρασμός**

Με τη συνεχή λειτουργία τα νερά της τροφοδότησης του ατμολέβητα συμπυκνώνονται σε μεγάλο βαθμό. Οι μεγάλες συγκεντρώσεις αλάτων εμποδίζουν το συνεχή και κανονικό βρασμό. Οι παραγόμενοι υδρατμοί παρασύρουν σταγονίδια συμπυκνωμάτων και εμπλουτίζονται με άλατα του λέβητα. Οι υδρατμοί καθίστανται ακατάλληλοι για βιομηχανική χρήση και ιδιαίτερα στη κίνηση ατμοστρόβιλων, που σημειώνονται επικαθίσεις αλάτων στις σωληνώσεις και στα πτερύγια των στροβίλων. Οι εκτινάξεις του εκρηκτικού βρασμού, που προκαλούν τα συμπυκνωμένα άλατα του λέβητα, αντιμετωπίζονται με αραιώσεις αλάτων που πρέπει να γίνονται σε τακτά χρονικά διαστήματα και έγκαιρα.<sup>(21)</sup>

## Επιπτώσεις σκληρών νερών σε θερμοανταλλακτές κυκλοφορίας νερού για ψύξη

Ψύξη παράγεται όταν απορροφώνται θερμίδες από ένα ψυχώμενο χώρο με τη βοήθεια ειδικών υγρών χημικών ενώσεων (αμμωνία, Freon κ.α.). Τα ψυκτικά υγρά απορροφούν θερμίδες από τον ψυχόμενο χώρο, υδάτινο και μη, και εκτονώνονται (αέριος φάση). Ακολουθεί απόδοση των θερμίδων στο θερμοανταλλάκτη με συνεχή κυκλοφορία νερού, ενώ τα μέσα ψύξης υδροποιούνται ξανά συμπιεζόμενα.

Το σύστημα ψύξη – θερμοανταλλαγή με νερό είναι συνήθως ομοκεντρικοί σωλήνες. Στον εσωτερικό σωλήνα κυκλοφορούν τα νερά της ψύξης τα οποία θερμαίνονται ανάλογα από την απορρόφηση των θερμίδων από τα εκτονούμενα υγρά που συμπιεζόμενα

υγροποιούνται ξανά. Τα επικαθήμενα δυσδιάλυτα άλατα μειώνουν την θερμοανταλλακτική ικανότητα του συστήματος ψύξης. Το πρόβλημα της βιομηχανίας είναι οι εναποθέσεις αλάτων σκληρότητας ανθρακικού ασβεστίου και μαγνησίου στα εσωτερικά τοιχώματα των σωλήνων κυκλοφορίας σκληρών νερών για ψύξη. Τα νερά ψύξης πρέπει να είναι μαλακά με σχετικά αυξημένη ταχύτητα ροής, για να παρεμποδίζεται η διάσπαση των διττανθρακικών και οι εναποθέσεις δυσδιάλυτων αλάτων. Τα νερά της ψύξης που ανακυκλώνονται διοχετεύονται θερμά στον πύργο ψύξης που καταιονιζόμενα ψύχονται και χρησιμοποιούνται ξανά για ψύξη. Τα ανακυκλούμενα νερά ψύξης επιδέχονται αποσκλήρυνση γιατί οι απώλειες σε αποσκλήρυνμένο νερό με τον καταιονισμό είναι μικρές και κυμαίνονται από 5 – 10%.<sup>(21)</sup>

### 5.3 Περιβαλλοντικά επίπεδα και ανθρώπινη έκθεση

#### Νερό

Οι συγκεντρώσεις πάνω από 100 mg/lt είναι αρκετά συχνές σε φυσικές πηγές νερού, πηγές που περιέχουν 200 mg ασβεστίου ανά λίτρο είναι πιο σπάνιες. Τα άλατα μαγνησίου είναι διαλυτά, οι φυσικές πηγές νερού περιέχουν συνήθως συγκεντρώσεις πάνω από 10 mg/l. Σπανίως τέτοιες πηγές περιέχουν πάνω 100 mg/l. Κυρίως η σκληρότητα που επικρατεί είναι αυτή του ασβεστίου.

Στο πόσιμο νερό το ποσοστό του ανθρακικού ασβεστίου ανά λίτρο ανέρχεται στο 10-50 mg. Κατ' εκτίμηση έχουν αναφερθεί καθημερινές προσλήψεις που ανέρχονται σε 2,3 και 52,1 mg του μαγνησίου σε μαλακό και σκληρό νερό αντίστοιχα, σε ενήλικες που καταναλώνουν 2 λίτρα νερό ημερησίως. (WHO)<sup>(22)</sup>

#### Τρόφιμα

Ουσιαστικά όλα τα φαγητά περιέχουν ασβέστιο και μαγνήσιο, οι διατροφικές προσλήψεις είναι η κύρια οδός της έκθεσης του ανθρώπινου οργανισμού. Τα τυπικά διαιτολόγια παρέχουν περίπου 1000 mg ασβεστίου και 200-400 mg μαγνησίου ανά ημέρα. Τα γαλακτοκομικά προϊόντα μία ιδιαίτερα πλούσια πηγή ασβεστίου ενώ το μαγνήσιο συνδέεται με το κρέας και τα τρόφιμα φυτικής προέλευσης. (WHO)<sup>(22)</sup>

#### Κατ' εκτίμηση συνολική έκθεση και η σχετική συμβολή του πόσιμου νερού:

Στα τυπικά διαιτολόγια το ασβέστιο και το μαγνήσιο ανέρχονται σε ποσοστό 80% της ημερήσιας συνολικής πρόσληψης. Από αυτό το 30% του ασβεστίου και το 35% του μαγνησίου θα απορροφηθεί από τον οργανισμό. Από το νερό προέρχεται το 5-20% του ασβεστίου και του μαγνησίου. (WHO)<sup>(22)</sup>

#### Συνέπειες (επιδράσεις στον άνθρωπο):

Δεν φαίνεται να υπάρχουν οποιαδήποτε πειστικά στοιχεία που να συνηγορούν στο ότι η σκληρότητα μπορεί να προκαλέσει δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία του ανθρώπου. Αντίθετα κάποια αποτελέσματα διαφόρων επιδημιολογικών μελετών έχουν δείξει ότι η σκληρότητα του νερού μπορεί να προστατεύσει τον οργανισμό από ασθένειες. Παρόλα αυτά τα διαθέσιμα στοιχεία δεν είναι επαρκή για να αποδείξουν κάποια πιθανή συνδεσιμότητα. (WHO)<sup>(22)</sup>

#### Καρδιαγγειακές παθήσεις:

Το πόσιμο νερό θεωρείται ο υπ' αριθμόν ένας περιβαλλοντικός παράγοντας ο οποίος δεν μπορεί να λείπει πλέον από καμία επιδημιολογική έρευνα. Από το 1957 έγιναν παγκόσμια πολλές και μεγάλες επιδημιολογικές και εργαστηριακές τέτοιες έρευνες με σκοπό να εξακριβώσου το ρόλο του νερού και ιδιαίτερα της σκληρότητας του, στην εμφάνιση καρδιαγγειακών παθήσεων καθώς και τους θανάτους λόγω καρδιαγγειακών παθήσεων. Αν η πλειοψηφία των ερευνητών παρατήρησε αρνητική συσχέτιση μεταξύ σκληρότητας νερού και

καρδιαγγειακών παθήσεων δεν έχει εξακριβωθεί ακόμη ποιός παράγοντας ακριβώς είναι υπεύθυνος για τη μείωση της εμφάνισης καρδιαγγειακών παθήσεων στους καταναλωτές σκληρών νερών. Άλλοι βασιζόμενοι σε βιοψίες αποδίδουν το γεγονός στην ποσότητα του Mg. Άλλοι πάλι στην διπλάσια συγκέντρωση πυριτικών στο σκληρό νερό, τα οποία μπορεί να έχουν καθοριστική επίδραση στην αθηροσκλήρωση, διότι σαν ορθοπυριτικά ή μεταπυριτικά δρουν σαν γέφυρες –O-Si-O- και συμβάλλουν στην σταθερότητα των πρωτεϊνών του κολλαγόνου. Σε άλλες περιπτώσεις βρέθηκαν αυξημένα επίπεδα Cu, Pb, Cd, Zn κ.α. στο αίμα καταναλωτών μαλακών νερών, μετά την σκλήρυνση των οποίων έπεσαν σε επίπεδα Pb τόσο στο νερό όσο και στο αίμα αυτών. Σαν αιτία του γεγονότος θεωρήθηκε η μεγαλύτερη διαβρωτικότητα των μαλακών νερών η οποία έχει σαν αποτέλεσμα τη διάλυση διαφόρων μετάλλων από τις σωληνώσεις κ.α. Ο βαθμός στον οποίο μεταβλητές όπως κλιματολογικοί, κοινωνικοοικονομικοί ή άλλοι παράγοντες κινδύνου, μπορεί να σχετίζονται με την αντίστροφη αυτή σχέση είναι ασαφής. Ωστόσο, σε κάποιες μελέτες με ταυτόχρονο έλεγχο κλιματολογικών, κοινωνικοοικονομικών ή άλλων σημαντικών παραγόντων κινδύνου (όπως υπέρταση, συνήθειες καπνίσματος, υψηλό ποσοστό λιπιδίων κ.λπ.) και λήψης ανθρακικού ασβεστίου έχει υποδείξει κάποια αντίστροφη συσχέτιση αλλά μόνο σε άτομα που τους χορηγήθηκε ανθρακικό ασβέστιο άνω των 170 mg/l. (WHO) <sup>(22),(23)</sup>

Από τη μελέτη πολλών τέτοιων εργασιών καταλήξαμε στο συμπέρασμα ότι η ολική σκληρότητα του νερού δεν είναι η μόνη παράμετρος που συνδέεται με θνησιμότητα από καρδιαγγειακές παθήσεις. Κάθε μια από τις άλλες παραμέτρους όμως έχει στενή σχέση με την ολική σκληρότητα. Αρκετές υποθέσεις έχουν προταθεί για να εξηγηθεί η πιθανότητα αυτής της αντίστροφης σχέσης, αλλά καμία δεν έχει τεκμηριωθεί πλήρως. Επίσης δεν έχει βρεθεί κάποιο ιδιαίτερο στοιχείο που να συνδέεται συμπερασματικά με τις καρδιαγγειακές παθήσεις. (WHO) <sup>(22),(23)</sup>

Για την Ελλάδα έχουμε να παρατηρήσουμε ότι από το 1972 έχει εγκαταλείψει την τελευταία θέση, ως προς τη θνησιμότητα από ισχαιμική καρδιοπάθεια, μεταξύ των χωρών που επέλεξε ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (Π.Ο.Υ.) για σχετική επιδημιολογική έρευνα. Λόγω της ανοδικής αυτής τάσης έχουν εκκινήσει ή επεκταθεί σχετικές επιδημιολογικές έρευνες, όπως μία μακροχρόνια διεθνής που περιλαμβάνει και δύο αγροτικούς πληθυσμούς της Κρήτης και της Κέρκυρας. Σε καμία όμως δεν εξετάζεται η ποιότητα του νερού σαν παράγοντα κινδύνου μαζί με του κλασικούς προδιαθετικούς παράγοντες όπως το κάπνισμα, η υπέρταση, η υπερχοληστεριναιμία κ.α (WHO) <sup>(22),(23)</sup>

### **Άλλες επιπτώσεις στην υγεία**

Τα αποτελέσματα διάφορων μελετών έχουν δείξει μια ποικιλία άλλων ασθενειών που σχετίζονται αντιστρόφως με τη σκληρότητα του νερού, συμπεριλαμβάνοντας την εγκεφαλοπάθεια και τον καρκίνο διάφορων τύπων. Ωστόσο, η σημασία αυτών των αποτελεσμάτων είναι ασαφής καθώς έχει προταθεί ότι η συσχέτιση μπορεί να αντανακλά μορφές ασθενειών που μπορούν να εξηγηθούν από κοινωνικούς, κλιματολογικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες πάρα από τη σκληρότητα του νερού. Κάποια δεδομένα δείχνουν ότι πολύ μαλακό νερό με ενδείξεις κάτω από 75 mg/l μπορεί να έχει αρνητικές επιδράσεις στη μεταλλική ισορροπία, αλλά λεπτομερείς μελέτες δεν είναι διαθέσιμες. <sup>(24)</sup>

### **Ψάρια**

Η σκληρότητα του νερού είναι πολύ σημαντική για την καλλιέργεια ψαριών και συνήθως είναι μια πτυχή που εξετάζεται όσον αφορά την ποιότητα του νερού τους. Παραδοσιακά μπορεί να μετρηθεί με χημική στοιχειομετρική ανάλυση κατά την οποία μετρίεται η ποσότητα δισθενών ιόντων όπως του ασβεστίου, του μαγνησίου και του σιδήρου στο νερό. Υπάρχουν πολλά δισθενή άλατα, ωστόσο εκείνα του μαγνησίου και του ασβεστίου είναι οι πιο συχνή πηγή σκληρότητας νερού. <sup>(25)</sup>

Η σκληρότητα ενός δείγματος νερού αναφέρεται συνήθως σε milligrams ανθρακικού ασβεστίου ανά λίτρο νερού (mg/l CaCO<sub>3</sub>). Η ανθρακική σκληρότητα είναι ένας όρος που χρησιμοποιείται για να υποδηλώσει τη συνολική ποσότητα των διαλυμένων αλάτων που υπάρχουν σε ένα δείγμα και όχι να προσδιορίσει ποιο συγκεκριμένο άλας προκαλεί τη σκληρότητα στο νερό, καθώς μπορεί να είναι αποτέλεσμα συνδυασμού διαφόρων διαλυμένων αλάτων. Παραδείγματος χάρι είναι πιθανό να έχουμε έναν πολύ υψηλό δείκτη σκληρότητας σε ένα δείγμα που δεν περιέχει καθόλου ασβέστιο, ωστόσο είναι το πιο σημαντικό διαλυμένο άλας για την καλλιέργεια των ψαριών.<sup>(25)</sup>

Το ασβέστιο παίζει πολύ σημαντικό ρόλο στην καλλιέργεια των ψαριών. Είναι απαραίτητο για την ανάπτυξη των κοκάλων, για την κυκλοφορία του αίματος καθώς και για άλλες μεταβολικές αντιδράσεις. Τα ψάρια μπορούν να απορροφήσουν ασβέστιο για τις ανάγκες τους άμεσα από το νερό ή την τροφή τους. Η παρουσία ελεύθερου ασβεστίου σε σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις στο νερό στο οποίο καλλιεργούνται τα ψάρια συμβάλλει στην αποφυγή της απώλειας άλλων αλάτων από τα σωματικά υγρά των ψαριών(π.χ. απώλεια νατρίου και καλίου από το αίμα των ψαριών). Το νάτριο και το κάλιο είναι τα πιο σημαντικά άλατα για το αίμα των ψαριών και είναι απαραίτητα για την ομαλή λειτουργία της καρδιάς, των νεύρων και των μυών τους. Σε ύδατα με χαμηλό δείκτη ασβεστίου τα ψάρια μπορεί να χάσουν (διαρροή) ουσιαστικές ποσότητες αυτών των αλάτων στο νερό. Τα ψάρια έπειτα πρέπει να χρησιμοποιήσουν ενέργεια από το φαγητό τους για να απορροφήσουν εκ νέου τα χαμένα άλατα. Αυτό μπορεί να μειώσει την ενέργεια που είναι διαθέσιμη και να παρατείνει το χρόνο που χρειάζεται το ψάρι για να αναπτυχθεί σε μέγεθος αγοράς. Για μερικά ψάρια το ασβέστιο που βρίσκεται ελεύθερο στο περιβάλλον τους είναι συστατικό καλής διαβίωσης.<sup>(25)</sup>

Πίνακας [7] : Πως επιδρά η σκληρότητα στους οργανισμούς (ψάρια)

([http://tellus.ssec.wisc.edu/outreach/teach/ideas/kotoski/Minifact\\_Sheets/Minifact13\\_Water\\_Hardness.pdf](http://tellus.ssec.wisc.edu/outreach/teach/ideas/kotoski/Minifact_Sheets/Minifact13_Water_Hardness.pdf))

Σκληρότητα (σε ppm)	Επίδραση στους Οργανισμούς
45 ppm -200 ppm	Τα περισσότερα ψάρια ζουν σε αυτό το εύρος
45 ppm -500 ppm	Τα περισσότερα ανθεκτικά ψάρια ζουν σε αυτό το εύρος
Λιγότερο από 45 ppm και μεγαλύτερη από 500 ppm	Ψάρια λιγότερο παραγωγικά Δεν αναπαράγονται
Μεγαλύτερη από 350 ppm	Μπορεί να αποβεί βλαβερή για τους οργανισμούς

#### 5.4 Προσδιορισμός της σκληρότητας του νερού

Το σκληρό νερό παρεμποδίζει κάθε είδος καθαρισμού όπως το πλύσιμο των ρούχων, πιάτων καθώς και τον προσωπικό καθαρισμό. Ο καλύτερος τρόπος να καταλάβουμε αν το νερό μας είναι σκληρό ή όχι είναι να το δοκιμάσουμε. Μπορούμε να ανιχνεύσουμε το σκληρό νερό από βάσει διαφόρων στοιχείων στο σπίτι μας, όπως:

- Περιορισμό δημιουργίας αφρού και τις ικανότητες καθαρισμού των σαπουνιών και των απορρυπαντικών και κατά συνέπεια τη μείωση της αξιοπιστίας του πλυντηρίου και της ζωής των υφασμάτων.
- Αύξηση της συγκέντρωσης υπολειμμάτων άλατος στις υδραυλικές εγκαταστάσεις καθώς και σε διάφορα οικιακά αντικείμενα, όπως το πλυντήριο των πιάτων.
- Αύξηση των δαπανών για τη θέρμανση του νερού λόγω της υψηλής συγκέντρωσης υπολειμμάτων και ορυκτών αποθεμάτων, καθώς συμβάλλει στη συχνότερη αντικατάσταση των εργαλείων που χρησιμοποιούν καυτό νερό.
- Αφήνει ένα επίστρωμα στο ανθρώπινο σώμα με αποτέλεσμα την ξηρότητα δέρματος και δημιουργία θαμπών, άτονων μαλλιών.

- Συμβάλει στο φράξιμο των σωληνώσεων ή άλλων συστημάτων με αποτέλεσμα παρεμπόδιση της ομαλής ροής του νερού και την αύξηση της συχνότητας επισκευών. <sup>(26)</sup>

### **Επεξεργασία**

Το επίπεδο σκληρότητας του νερού αυξάνεται με τα επίπεδα μόλυνσης του φυσικού περιβάλλοντος. Η επιτακτική ανάγκη για εξοπλισμό αποσκλήρυνσης του νερού αυξάνεται όχι μόνο στο επίπεδο του νοικοκυριού αλλά και στο βιομηχανικό τομέα. Ανάλογα τις διαφορετικές ανάγκες και το επίπεδο κατανάλωσης νερού εφαρμόζεται η κατάλληλη μέθοδος επεξεργασίας και φιλτραρίσματος του νερού. Το νερό που χρησιμοποιείται στο λεβητοστάσιο θα πρέπει να πληρεί κάποιες προδιαγραφές. Δεν θα πρέπει να περιέχει μεταλλικά άλατα και κυρίως θα πρέπει να αφαιρεθεί το ανθρακικό ασβέστιο. Το βραστό νερό που περνά από τις σωληνώσεις αφήνει ανθρακικό ασβέστιο το οποίο συσσωρεύεται. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να μειωθεί η θερμαντική ικανότητα του συστήματος.

Οι άνθρωποι μπορούν να εξοικειωθούν σε ένα υψηλό επίπεδο σκληρότητας στο πόσιμο νερό. Εάν το νερό που χρησιμοποιούμε είναι πολύ σκληρό είναι προτιμότερο να αρχίσουμε τη χρήση νερού που έχει υποβληθεί σε επεξεργασία πρωτίστως και έχει αποδειχτεί ότι έχει χαμηλότερο επίπεδο σκληρότητας, όπως για παράδειγμα το νερό κάποιου δημοτικού συστήματος ή το εμφιαλωμένο νερό. Κάποιοι τύποι σκληρότητας μπορούν να απομακρυνθούν με απλό βρασμό. Οι μέθοδοι επεξεργασίας νερού όπως αντιστροφή ώσμωση, ανταλλαγή ιόντων ή τα οξειδωτικά φίλτρα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αντιμετώπιση άλλων τύπων σκληρότητας. Με την διαδικασία ανταλλαγής ιόντων αντλείται νερό από μια δεξαμενή η οποία περιέχει ρητίνη. Η ρητίνη είναι καλυμμένη με ιόντα νατρίου ή καλίου και λειτουργεί σαν μαγνήτης δεσμεύοντας τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου προς ανταλλαγή των ιόντων νατρίου ή καλίου. Αυτή η μέθοδος αποσκλήρυνσης είναι η πιο συχνή. <sup>(27)</sup>

Πιο αναλυτικά έχουμε: η ιοντική ανταλλαγή είναι μια διαδικασία κατά την οποία τα ιόντα που προκαλούν σκληρότητα (ασβεστίου, μαγνησίου) ανταλλάσσονται είτε με ιόντα νατρίου ή περιστασιακά με ιόντα καλίου. Αυτό έρχεται σε πέρας με την κατευθυνόμενη ροή του σκληρού νερού διαμέσου πλαστικών κυλίνδρων ρητίνης. Κάθε κύλινδρος έχει μια μικρή ποσότητα ηλεκτρισμού η οποία κρατάει το νάτριο στους κυλίνδρους. Καθώς το νερό περνάει μέσα από τους κυλίνδρους τα ιόντας σκληρότητας (ασβεστίου, μαγνησίου) δεσμεύονται και αντικαθιστούν αυτά του νατρίου. Κάποια στιγμή οι πλαστικοί κύλινδροι ρητίνης καλύπτονται από τα ιόντα σκληρότητας και δεν είναι ικανοί πλέον να αφαιρέσουν τη σκληρότητα από το νερό. Σε αυτήν την περίπτωση για να απομακρυνθούν τα ιόντα σκληρότητας από τους κυλίνδρους προσθέτουμε διάλυμα άλατος (χλωριούχο νάτριο) στο στρώμα ρητίνης. Το διάλυμα αυτό περιέχει υψηλή συγκέντρωση ιόντων νατρίου η οποία αφαιρεί τα ιόντα σκληρότητας από τους κυλίνδρους. Στη συνέχεια ξεπλένουμε το στρώμα ρητίνης με καθαρό νερό και έτσι τα στρώματα είναι εκ νέου ικανά να αφαιρέσουν τη σκληρότητα. <sup>(27)</sup>

### **Αποσκλήρυνση**

Υπάρχουν τρεις βασικοί τρόποι αποσκλήρυνσης νερού:

- Εξαναγκασμός αδιάλυτων ουσιών (όπως  $\text{CaCO}_3$  και  $\text{Mg(OH)}_2$ ) στη δημιουργία ιζήματος πριν την εισαγωγή του νερού στο σύστημα.
- Αφαίρεση των ιόντων ασβεστίου και μαγνησίου από το νερό.
- Αποτροπή δημιουργίας  $\text{CaCO}_3$  από ιόντα  $\text{Ca}^{2+}$  με συμπλοκοποίηση. <sup>(19)</sup>

#### **Α. Αποσκλήρυνση ανθρακικού νατρίου και ασβεστίου**

Υδροξείδιο ασβεστίου ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) και ανθρακικό νάτριο ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) προσθέτονται στο νερό προκαλώντας την ιζηματοποίηση των  $\text{CaCO}_3$  και  $\text{Mg(OH)}_2$ .

Σε μεγάλα δημοτικά συστήματα ύδρευσης ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) προσθέεται στο νερό και το στερεό ίζημα που δημιουργείται αφαιρείται όμως κάποια λεπτά υπολείμματα παραμένουν στο νερό. Για το λόγο αυτό προστίθεται στο νερό διοξείδιο του άνθρακα και βράζεται μετατρέποντας τα λεπτά υπολείμματα σε διαλυτά διττανθρακικά άλατα. Επειδή ένα μέρος της σκληρότητας σε αυτή τη διαδικασία είναι γνωστή και ως μερική αποσκλήρυνση. Σε χαμηλότερης κλίμακας σκληρότητα  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (γνωστό και ως σόδα πλυντηρίου) μπορεί να προστεθεί στο σκληρό νερό για να διευκολύνει την πλύση των ρούχων.<sup>(19)</sup>

## **B. Ανταλλαγή κατιόντων**

Αυτή η διαδικασία αντικαθιστά τα ιόντα  $\text{Ca}_2$  και  $\text{Mg}_2$  με άλλα ιόντα όπως  $\text{Na}^+$  και  $\text{K}^+$ , όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιείται συνήθως σε μικρές οικιακές εγκαταστάσεις. Η ανταλλαγή κατιόντων είναι μια μέθοδος ολικής αποσκλήρυνσης καθώς αφαιρείται η σκληρότητα στο σύνολο της.<sup>(19)</sup>

## **C. Συμπλοκοποίηση (complexing)**

Μια ακόμη μέθοδος που χρησιμοποιείται σε μικρούς οικιακούς αποσκλήρυντές είναι η προσθήκη πολυφωσφορικών αλάτων (που περιέχουν  $\text{P}_6\text{O}_{18}^{6-}$ ) στο νερό. Αυτά τα άλατα περιβάλλουν τα ιόντα  $\text{Ca}_2$  στο διάλυμα αποτρέποντας τα να κατακρημνιστούν ως  $\text{CaCO}_3$ . Η διαδικασία αυτή είναι γνωστή και ως συμπλοκοποίηση (complexing).<sup>(19)</sup>

## **Λειτουργία συσκευών αποσκλήρυνσης**

Οι συσκευές αποσκλήρυνσης πρέπει να έχουν σύστημα ομοιόμορφης κατανομής νερού, αναστροφής πλύσης, απαέρωσης και διήθησης. Το ύψος της ρητίνης ιοντοανταλλαγής πρέπει να είναι το ενδεδειγμένο για την αποφυγή φαινομένων αυτόματης αναγέννησης.

Η αποσκλήρυνση πολύ σκληρών νερών με υψηλές συγκεντρώσεις χλωριόντων αλλά και νερών μέτριας σκληρότητας με πολύ υψηλές συγκεντρώσεις χλωριόντων δεν είναι πάντοτε δυνατή, γιατί εξαιτίας των υψηλών συγκεντρώσεων χλωριόντων, που αυξάνονται ακόμα σε μεγαλύτερο βαθμό κατά τη διάρκεια της αποσκλήρυνσης, προκαλούνται φαινόμενα αυτόματης αναγέννησης και αύξησης του κόστους παραγωγής.

Για την αποφυγή απωλειών ρητίνης, κυρίως κατά τις ανάστροφες πλύσεις, η συσκευή πρέπει να έχει ανάλογο ύψος. Η ωριαία παροχή των συσκευών αποσκλήρυνσης συνδυάζεται πάντοτε με τη διατομή και την ωριαία παροχή των φίλτρων διαύγασης. Η αναγέννηση των συσκευών αποσκλήρυνσης κύκλου νατρίου γίνεται με διάλυμα αλάτων χλωρίου νατρίου 10%. Τα διαλύματα των αλάτων πρέπει να είναι διαυγή για τους λόγους που ήδη αναφέραμε.

Οι αναγεννήσεις των ρητινών αποσκλήρυνσης (κύκλου χλωριούχου νατρίου) μπορεί να γίνουν με θαλάσσιο νερό με την προϋπόθεση ότι πριν από τη χρησιμοποίησή του θα διαυγάζεται και θα αποστειρώνεται. Η απαιτούμενη εκάστοτε ποσότητα θαλάσσιου νερού για αναγέννηση ανέρχεται σε 7 λίτρα ανά λίτρο ρητίνης. Με θαλάσσιο νερό μπορεί να γίνονται και οι ανάστροφες πλύσεις της ρητίνης, με την προϋπόθεση ότι η αντλία θαλάσσιου νερού θα λειτουργεί συνεχώς με παροχή  $20\text{m}^3/\text{h}$  και πίεση 10 ατμοσφαιρών.<sup>(21)</sup>

## **Η αποσκλήρυνση του νερού με ιοντική ανταλλαγή, διαδικασία 4-σταδίων:**

1) Το δοχείο του αποσκλήρυντή είναι γεμάτο από ρητίνη. Η ρητίνη είναι καλυμμένη με ιόντα νατρίου. Καθώς το σκληρό νερό περνάει από τη ρητίνη λειτουργεί σαν μαγνήτης, έλκει τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου (σκληρότητα του νερού) προς ανταλλαγή των ιόντων νατρίου.

2) Προφανώς η ρητίνη γεμίζει από τα ιόντα αλάτων και πρέπει να γίνει η επαναφόρτιση της. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται αναγέννηση της ρητίνης, και γίνεται με τη βοήθεια της



βαλβίδας ελέγχου στο πάνω μέρος του δοχείου. Η βαλβίδα ελέγχου είναι το “μυαλό” του συστήματος.

3) Κατά τη διάρκεια της αναγέννησης της ρητίνης ένα δυνατό διάλυμα άλμης εκτοξεύεται μέσα στο δοχείο ρητίνης, και εμπλουτίζει τη ρητίνη με ιόντα νατρίου τα οποία αντικαθιστούν τα ήδη συσσωρευμένα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου (σκληρότητα του νερού).

4) Αυτό το διάλυμα που τώρα μεταφέρει τα ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου, φεύγει στην αποχέτευση του συστήματος με το φρέσκο νερό. Έτσι η αναγεννημένη ρητίνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί ξανά και ξανά.



Εικόνα [4]: Η αποσκλήρυνση του νερού με ιοντική ανταλλαγή. Το σκληρό νερό περνάει μέσα από τον αποσκληρυντή. Καθώς περνάει από το στρώμα της ρητίνης, τα άλατα “κολλούν” πάνω στη ρητίνη. Το νερό όταν φτάσει στο πάτο του δοχείου με τη ρητίνη έχει ήδη απαλλαγεί από τα άλατα. Είναι μαλακό.

### **Ηλεκτρικές και μαγνητικές συσκευές κατά της δημιουργίας υπολειμμάτων**

Η χρήση ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων για την αποτροπή δημιουργίας υπολειμμάτων είναι ένα ζήτημα που μας απασχολεί. Δεν υπάρχουν ακριβή δεδομένα που αποδεικνύουν ότι τέτοιου είδους μέθοδοι λειτουργούν πράγματι. Ωστόσο φαίνεται ότι ως ένα βαθμό λειτουργούν, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες. Η ιδέα αυτών των μεθόδων δεν είναι να αφαιρεθούν τα ιόντα  $\text{Ca}_2$  και το  $\text{CaCO}_3$  αλλά να βοηθήσουν στη δημιουργία μιας μορφής ιζήματος  $\text{CaCO}_3$  που το αποτρέπει να φτιάξει στερεό και επίμονο κατακάθι. Φαίνεται πως με το πέρασμα του  $\text{CaCO}_3$  μέσω αυτών των συσκευών ότι επιστρέφει στο νερό σε λεπτόκοκκα αιωρούμενα μόρια ή κατακάθεται σε νιφάδες και έτσι είναι εύκολο να αφαιρεθεί. Μια θεωρία για τον τρόπο με τον οποίο πραγματοποιείται αυτό είναι η ακόλουθη:

Το νερό περνάει διαμέσου των ηλεκτρικών ή μαγνητικών πεδίων τα οποία προκαλούν μια τοπική αύξηση pH (μέσω μιας ηλεκτροχημικής αντίδρασης). Το υψηλό pH επιτρέπει να δημιουργηθούν κρυσταλλικοί πυρήνες  $\text{CaCO}_3$  στη δομή του νερού. Μια μάζα αυτών των κρυστάλλων διαμορφώνουν κολλοειδή. Τα κολλοειδή μεταφέρονται στον νερό και δεν κολλάνε στα τοιχώματα του σωλήνα, επομένως οποιαδήποτε ιζηματοποίηση επέρχεται εναποθέτει το  $\text{CaCO}_3$  στα κολλοειδή και όχι στον σωλήνα. Κατά συνέπεια το  $\text{CaCO}_3$  παραμένει αιωρούμενο σε λεπτά μόρια και έτσι δεν έχουμε υψηλό επίπεδο υπολειμμάτων.<sup>(19)</sup>

Δεδομένου ότι αυτή η μέθοδος απαιτεί ηλεκτρικό ρεύμα το νερό πρέπει να διέλθει μέσω μαγνητικού πεδίου, ο μαγνήτης δεν έχει καμία επίδραση στο στάσιμο νερό. Αυτό έχει

επαληθευτεί πειραματικά. Αυτές οι συσκευές συνήθως τοποθετούνται στα συστήματα θέρμανσης νερού, ωστόσο αρκετοί οικιακοί χρήστες να είναι δυσαρεστημένοι από τη φαινομενικά μικρή απόδοσή τους. Εν απουσία οποιασδήποτε μορφής ιζηματοποίησης δεν θα αφαιρεθεί καθόλου  $\text{CaCO}_3$  από το νερό και η γενική χημική σύστασή του δεν θα αλλάξει, επομένως ο μόνος τρόπος να καθοριστεί η αποτελεσματικότητα των μαγνητικών πεδίων ενάντια στη συγκέντρωση υπολειμμάτων είναι μακράς διάρκειας παρατηρήσεις. Ωστόσο, βιομηχανικοί χρήστες οι οποίοι αντλούν συνεχώς το ίδιο νερό μέσω συστημάτων θέρμανσης που έχουν προσαρμοσμένες μαγνητικές συσκευές φαίνεται να είναι αρκετά ικανοποιημένοι από τη χρήση τους.<sup>(19)</sup>

Ανέκδοτες ενδείξεις παρουσιάζουν φαγητά (όπως όσπρια ) που δεν ήταν ικανά να βράσουν σε σκληρό νερό, να μαγειρεύτηκαν επιτυχώς σε νερό που είχε περάσει μέσω μαγνητικών πεδίων. Αυτό μπορεί να εξηγηθεί από το γεγονός ότι η συσκευή προκαλεί τα ιόντα  $\text{Ca}_2$  , που εμποδίζουν τα όσπρια να μαλακώσουν, να αφαιρεθούν από το διάλυμα σαν πολύ λεπτά μόρια  $\text{CaCO}_3$ .<sup>(19)</sup>

Επειδή η διαδικασία κατά την οποία λειτουργούν αυτές οι συσκευές δεν είναι πλήρως κατανοητή και από το γεγονός ότι τα πειράματα ήταν εν μέρει μη επαναλήψιμα (σε διαφορετικά εργαστήρια ανά τον κόσμο) συμπεραίνουμε ότι, ότι λειτουργεί σε ένα σύστημα νερού μπορεί να μην λειτουργεί σε κάποιο άλλο.<sup>(19)</sup>

### **Υπέρ-αποσκλήρυνση**

Ο υπερβολικός βαθμός αποσκλήρυνσης του νερού μπορεί να έχει αρνητικές συνέπειες στο ποσοστό διάβρωσης του χυτοσιδήρου και των γαλβανισμένων σωλήνων χάλυβα. Το πολύ μαλακό νερό μπορεί επίσης να επιταχύνει την αποσύνθεση συμπαγών δεξαμενών. Το εσωτερικό των σωλήνων σιδήρου συνήθως καλύπτεται από ένα προστατευτικό στρώμα που τους ενισχύει καθώς το νερό ρέει, το στρώμα αυτό περιέχει  $\text{CaCO}_3$  και Fe. Εάν δεν υπάρχουν ιόντα  $\text{Ca}_2$  , μπορεί να διωλιστούν ανθρακικές ενώσεις από τα τοιχώματα με αποτέλεσμα την επιδείνωση της δομικής του ακεραιότητας. Επίσης εάν πολύ μαλακό νερό διέρχεται μέσω γαλβανισμένων σωλήνων το στρώμα ψευδαργύρου αφαιρείται σιγά σιγά αφήνοντας έτσι το χάλυβα εκτεθειμένο. Για αυτό πρέπει να ληφθεί προσοχή κατά τη χρήση μεθόδων ολικής αποσκλήρυνσης του νερού που διέρχεται μέσω σωληνώσεων.<sup>(19)</sup>

### **5.5 Άλλες εκτιμήσεις**

Ανάλογα με την ταυτόχρονη επίδραση και άλλων παραγόντων, όπως το pH και η αλκαλικότητα, το νερό με ένα δείκτη σκληρότητας άνω των 200mg/liter μπορεί να δημιουργήσει κατακάθι στα συστήματα διανομής, καθώς επίσης να συμβάλλει και στην αύξηση της κατανάλωσης σαπουνιών. Σε αντιπαράθεση, το πολύ μαλακό νερό με δείκτη σκληρότητας λιγότερο από 100 mg/liter έχει μεγαλύτερη τάση να προκαλέσει διάβρωση των σωλήνων με αποτέλεσμα την παρουσία βαρέων μετάλλων όπως χαλκός, κάδμιο, μόλυβδος και ψευδάργυρος στο νερό. Ο βαθμός της διάβρωσης και της διάλυσης των μετάλλων εξαρτάται από το pH, την αλκαλικότητα και τη συγκέντρωση διαλυτού οξυγόνου.<sup>(24)</sup>

Κάποια δεδομένα δείχνουν ότι ο ανεφοδιασμός στοιχείων από το νερό είναι σημαντικός για την μεταλλική ομοιοστασία. Η πρώτη μελέτη που αποδεικνύει κάποια σχέση μεταξύ της ποιότητας νερού (εκτός από τη μικροβιακή μόλυνση) και των κινδύνων υγείας προήλθε από την Ιαπωνία. Η μελέτη συσχέτισε το ρυθμό ξαφνικών θανάτων σε διάφορα μέρη της Ιαπωνίας με την οξύτητα του νερού των ποταμών. Αυτήν ακολούθησε ένας μεγάλος αριθμός μελετών σε διάφορες χώρες στις οποίες η σκληρότητα του νερού και αργότερα το ποσοστό μαγνησίου και ασβεστίου χρησιμοποιήθηκαν ως κριτήριο για την ποιότητα του νερού. Έχουν παρουσιαστεί κρίσιμες αξιολογήσεις αυτών των στοιχείων. Οικολογικές μελέτες κατά τις οποίες έχουν συγκριθεί ομάδες πληθυσμού σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές έχουν γίνει

σε πολλές και διάφορες χώρες, 10 από τις 23 τέτοιες μελέτες υποδεικνύουν ότι υπάρχει μια αντίστροφη σχέση μεταξύ σκληρότητας και καρδιαγγειακών παθήσεων. Μόνο 3 περιπτώσεις μελετών με ταυτόχρονο έλεγχο και άλλων πηγών πρόσληψης μαγνησίου με ένα συγκεκριμένο εύρος περιεκτικότητας μαγνησίου στο πόσιμο νερό, έχουν αναφερθεί. Ο κίνδυνος θανάτου από έμφραγμα καρδιάς σχετιζόταν αντίστροφα με την ποσότητα μαγνησίου στο πόσιμο νερό, αλλά βρέθηκαν σημαντικές διαφορές από τα 7.8 mg/liter και άνω. Ανάλογα αποτελέσματα βρέθηκαν και σε άλλες μελέτες. Σε μια άλλη περίπτωση-ελέγχου μελέτη στην οποία δεν βρέθηκε συσχέτιση είχαν χορηγηθεί πολύ μικρές ποσότητες μαγνησίου και κατά συνέπεια δεν ήταν ικανές να αξιολογήσουν τη σχέση. Παρόλο που διάφορες επιδημιολογικές μελέτες έχουν παρουσιάσει σημαντικά στοιχεία για την αντίστροφη σχέση σκληρότητας νερού και καρδιαγγειακών παθήσεων, τα διαθέσιμα στοιχεία είναι ανεπαρκή για να οδηγήσουν στο συμπέρασμα ότι η συσχέτιση είναι αιτιολογημένη. Οι επιδημιολογικές μελέτες δεν μπορούν να αποδείξουν αιτιότητα επομένως απαιτούνται μεσολαβητικές μελέτες για να επιτευχθεί αυτό, τέτοιες μελέτες επέμβασης δεν είναι εφικτές. Όσον αφορά στις ασθένειες μακροπρόθεσμης επαγωγής όπως οι καρδιαγγειακές παθήσεις, καμία κατευθυντήρια εκτίμηση, βασισμένη στην υγεία, για τη σκληρότητα του νερού δεν έχει προταθεί.<sup>(24)</sup>

Έτσι, πρέπει να στηριχτούμε στις μελέτες που μετρούν την ομοιοστασία των μεταλλικών στοιχείων ή στα αποτελέσματα των δεικτών κινδύνου για τις καρδιαγγειακές παθήσεις, όπως την πίεση αίματος.<sup>(24)</sup>

## 6. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### 6.1 Περιοχή μελέτης

#### Γενική περιγραφή της Κέρκυρας

Η Κέρκυρα είναι το βορειότερο νησί του Ιονίου Πελάγους, βρίσκεται στην είσοδο της Αδριατικής Θάλασσας κοντά στις Ηπειρωτικές ακτές. Οι βορειοανατολικές ακτές της πλησιάζουν αρκετά (περ. 2 Km) τις ακτές της Αλβανίας. Έχει σχήμα μακρόστενο πλατύτερο στο βόρειο τμήμα της, ενώ στενεύει προς το νότο. Τα παράλια της έχουν συνολικό μήκος 217 χλμ. και σχηματίζουν αρκετούς όρμους και ακρωτήρια. Το έδαφός της είναι κυρίως ορεινό, ιδιαίτερα στο βόρειο τμήμα. Οι ξένοι την αποκαλούν Κορφού, από τις δύο κορυφές που φαίνονται καθώς πλησιάζει ο επισκέπτης στο νησί. Υψηλότερες κορυφές οι: Παντοκράτορας η αρχαία Ιστώνη (914 μ.), Στραβοσκιάδι (849 μ.). Είναι από τα πλέον πυκνοκατοικημένα νησιά της Μεσογείου με πυκνότητα πληθυσμού 193 κατοίκους ανά τετρ. χλμ.<sup>(28)</sup>

Ο νομός της Κέρκυρας διοικητικά ανήκει στην περιφέρεια Ηπείρου, που είναι μία από τις πιο προβληματικές και οικονομικά ασθενέστερες της Ελλάδας, με εξαίρεση το νομό Κέρκυρας που βρίσκεται σε αρκετά υψηλό οικονομικό και πολιτιστικό επίπεδο.<sup>(28)</sup>

Η Κέρκυρα λόγω της γεωγραφικής της θέσης, στο ακραίο δυτικό σημείο της χώρας, του διεθνούς αεροδρομίου και των θαλάσσιων συγκοινωνιών της συνδέσεως με την Ιταλία, αποτελεί την δυτική πύλη της Ελλάδας. Ο νομός καταλαμβάνει συνολικά 641 τ. χιλ. και είναι κυρίως πεδινός και κατά μικρότερο ποσοστό ημιορεινός. Έχει κλίμα εύκρατο με κύρια χαρακτηριστικά την μεγάλη ηλιοφάνεια και τις πολλές βροχοπτώσεις. Οι κλιματολογικές αυτές συνθήκες ευνοούν την χλωρίδα με αποτέλεσμα την ύπαρξη μεγάλης ποικιλίας φυτικών ειδών και του έντονου πράσινου χρώματος.<sup>(28)</sup>

Στην σημερινή διοικητική του δομή αποτελείται από δύο επαρχίες της Κέρκυρας και των Παξών. Το οδικό δίκτυο του νομού είναι πυκνό, με λίγες δύσβατες περιοχές, τα δίκτυα ύδρευσης είναι παλιά και μέτριας αποτελεσματικότητας ενώ τα δίκτυα αποχετεύσεως ελάχιστα ή ανύπαρκτα. Ο συνολικός πληθυσμός είναι περίπου 111.975 κάτοικοι (απογραφή 2001) με πυκνότητα 193 κάτοικου/τ.χιλ. Αυτό σημαίνει ότι έχει υπερδιπλάσια πυκνότητα κατοίκησης από το μέσο όρο της Χώρας. Περισσότεροι από το 1/3 των κατοίκων αυτών είναι συγκεντρωμένοι στην πόλη της Κέρκυρας. Ο νομός δεν διαθέτει βασικούς αξιοποιήσιμους πόρους ενώ το κατά κεφαλή εισόδημα των κατοίκων είναι χαμηλότερο του μέσου όρου της Ελλάδας.<sup>(28)</sup>

Τα τελευταία χρόνια, σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη του νομού έχει παίξει ο τουρισμός, με αποτέλεσμα την σταδιακή εγκατάλειψη της γεωργίας. Αυτή η μονόπλευρη σχεδόν ανάπτυξη του νομού έχει δημιουργήσει πολλά προβλήματα, στο μεγαλύτερο ποσοστό των κατοίκων που ενώ δεν απολαμβάνουν οικονομικά οφέλη, έχουν όλες τις δυσμενείς επιπτώσεις (μόλυνση, καταστροφή περιβάλλοντος κτλ.). Τα οφέλη οδεύουν προς μεγάλα τουριστικά συγκροτήματα της Αθήνας και του εξωτερικού. Ο τουρισμός αναπτύχθηκε στην Κέρκυρα με πολύ γρήγορο ρυθμό, αλλά απρογραμματίστα και ευκαιριακά. Οι περισσότερες επενδύσεις είχαν καθαρά κερδοσκοπικό χαρακτήρα και έγιναν με παραγνώριση των περιβαλλοντικών, κοινωνικών και λοιπών συνεπειών σε βραχυπρόθεσμη και ακόμα περισσότερο σε μακροπρόθεσμη βάση. Όλα αυτά είχαν σαν αποτέλεσμα την υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος, την ρύπανση των ακτών σε πολλές περιοχές και τη διαμόρφωση μιας πρακτικής που επιζητά την μεγιστοποίηση του άμεσου κέρδους. Παρ' όλα αυτά ο ρόλος που παίζει η Κέρκυρα σε Εθνικό επίπεδο αλλά και σε Διεθνές είναι πολύ σημαντικός στον τομέα του τουρισμού. Η μεγάλη εισροή του τουριστικού συναλλάγματος έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση του τοπικού εισοδήματος αλλά και την αύξηση του εθνικού εισοδήματος.<sup>(28)</sup>

Η Κέρκυρα έχει μία ιδιαίτερη φυσιογνωμία με ιστορική παράδοση, με κοσμοπολίτικο χαρακτήρα, με τουριστική παράδοση και πληθυσμό καλλιεργημένο πνευματικά, με ένα

πλούτο παραδοσιακών σπιτιών και οικισμών στην Ελλάδα. Παράλληλα διαθέτει σπάνια τοπία φυσικού κάλλους. Τα έργα που έχουν γίνει για την τουριστική ανάπτυξη έχουν επηρεάσει σε μεγάλο βαθμό το ευαίσθητο Κερκυραϊκό τοπίο και το περιβάλλον. Για την μελλοντική ανάπτυξη του νομού αλλά και την σωτηρία της ιδιαίτερης φυσιογνωμίας του πρέπει να επιδιωχθεί η παράλληλη ανάπτυξη και των άλλων παραγωγικών τομέων στα πλαίσια του δυνατού, ώστε να επιτευχθεί μία κατά το δυνατόν ισόρροπη ανάπτυξη των τριών βασικών παραγωγικών τομέων. Η εφαρμογή εξειδικευμένων καλλιεργειών και η ίδρυση βιομηχανιών υψηλής τεχνολογίας θα μπορούσαν να συμβάλουν στην αύξηση του κατά κεφαλήν εισοδήματος του νομού αλλά κυρίως στην αποφυγή του τουριστικού τομέα, ο οποίος σε περιόδους κρίσεως μειώνεται μέχρι μηδενισμού. Η στροφή προς τον πρωτογενή τομέα είναι εκτός των άλλων και μία εφεδρεία ηθικής αναβάθμισης.<sup>(28)</sup>

### **Ανθρώπινη δραστηριότητα**

Οι κάτοικοι της Κέρκυρας ασχολούνται κατά κύριο λόγο με το τουρισμό αφού Κέρκυρα έχει ομορφιά. Η άλλη ασχολία των κατοίκων είναι η γεωργία. Το μεγαλύτερο μέρος της καλλιεργήσιμης έκτασης καταλαμβάνουν οι δεντροκαλλιέργειες και κυρίως οι ελιές και τα εσπεριδοειδή. Η Κέρκυρα παρουσιάζει επίσης την πιο αναπτυγμένη κτηνοτροφία απ' όλα τα Επτάνησα, ιδιαίτερα την αγελαδοτροφία. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει και η αλιεία, με την οποία ασχολούνται πολλοί κάτοικοι των παραλίων. Η βιοτεχνία της Κέρκυρας ασχολείται στο μεγαλύτερο μέρος της με την παραγωγή των ειδών διατροφής (ποτοποιία, αεριούχα ποτά, γαλακτοκομικά προϊόντα, ζυθοποιία, πυρηνελαιουργία κ.α.). Υπάρχει μια βιοτεχνία κεραμικών και μερικές παραγωγής έτοιμου μπετόν.<sup>(29)</sup>

## **6.2 Σημαντικές πηγές Κέρκυρας**

### **Πηγές**

Οι πηγαίες εκδηλώσεις αφθονούν στην Κέρκυρα με ποικιλία παροχών, που ανάλογα με τη θέση εκφόρτισης μπορούν να διακριθούν σε δυο μεγάλες κατηγορίες. Στις παράκτιες ή χαμηλού υψομέτρου, αλλά κοντά στην θάλασσα και στις πηγές της ενδοχώρας. Σύμφωνα με τα στοιχεία της υδρογεωλογικής αναγνώρισης του νησιού σχεδόν όλες οι πηγές που βρίσκονται κοντά με τη θάλασσα, ανεξάρτητα με την παροχή τους είναι υφάλμυρες. Από τις πηγές της ενδοχώρας οι περισσότερες και μάλιστα αυτές με τις μεγαλύτερες παροχές είναι βεβαρημένες με θειικά άλατα, που προέρχονται από τη διάλυση γυψούχων πετρωμάτων.<sup>(28)</sup>

Πίνακας [8]: Μέτρηση σκληρότητας αγωγιμότητας και σύνολο αλάτων σε πηγές της Κέρκυρας (Περιβαλλοντική μελέτη μικρών λιμνοδεξαμενών Ν. Κέρκυρας 1981 Αρ. Μελέτης 8981703 )

ΟΝΟΜΑΣΙΑ ΠΗΓΗΣ	ΟΛΙΚΗ ΣΛΗΡΟΤΗΤΑ (ΓΕΡΜ.ΒΑΘΜΟΥΣ)	ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ $\mu\text{Mhos/cm}^2$ (25oC)	ΣΥΝΟΛΟ ΑΛΑΤΩΝ(ppm)
Μελισσούδια	16.9	594	380
Καμαρέλα	20.2	860	550
Παντοκράτωρ	20.2	828	530
Πάνω Βρύση	20.3	844	540
Κάτω Βρύση	26.0	1078	690
Πιτσάκια	22.1	960	615
Νύμφες	20.1	844	540
Βρύση			
Νεοχωρακίου	87.1	3328	2130
Γαρδίκι	43.5	1280	820
Τροχαλάς	27.2	1720	1100
Χρησιίδα	36.1	1515	970
Βρυώνη	76.7	2953	1890
Αγ.Νικόλαος	21.0	836	535
Ευαγγελίστρια	12.7	594	380
Καρτέρι	30.0	1234	790
Έρμομες	25.8	1109	710
Λίμνη	98.0	3875	2480
Μπάκολης	93.8	3594	2300
Κτήμα ΕΟΤ	93.8	4140	2650
Μοναστήρι	78.1	3015	1930
Clumb			
Mediterranee	116.5	4453	2850
Δασιά	89.3	3438	2200
Κεφαλόβρυσο	52.1	2062	1320
Βρύσαρος	Μέτωπο πηγών ακατάλληλων για πόση, σχεδόν στο επίπεδο της θάλασσας		

### 6.3 Υδρογεωλογία

Οι διάφοροι πετρογραφικοί σχηματισμοί που δομούν την Κέρκυρα ταξινομούνται από άποψη διαπερατότητας στις εξής ενότητες. <sup>(28)</sup>

#### -Πετρώματα περατότητας ασυνεχειών (ρωγμές και κάρστ) και εν μέρει πορώδους:

Στην ενότητα αυτή ανήκουν τα Τριαδικά ασβεστολιθικά λατυποπαγή και η περατότητα τους οφείλεται τόσο σε ένα πρωτογενές πορώδες όσο και σε ένα δευτερογενές. Το δευτερογενές δημιουργήθηκε εξ' αιτίας του υψηλού βαθμού κατάκλασης, που προήλθε από τη διαπειρική ανοδική κίνηση του πετρώματος και από τις σύγχρονες επακόλουθες τεκτονικές φάσεις. Επίσης υψηλός βαθμός καρστικοποίησης σε συνδυασμό με το πυκνό δίκτυο αγωγών και η ύπαρξη μαζών γύψου, που η διάλυση της δημιουργεί κενά και αυξάνει το δευτερογενές αυτό πορώδες. <sup>(28)</sup>

#### -Πετρώματα περατότητας ασυνεχειών (ρωγμές και κάρστ) :

Στην ενότητα αυτή ανήκουν οι ασβεστόλιθοι και οι δολομίτες του νησιού και η περατότητα τους οφείλεται στο πυκνό δίκτυο των κατακλάσεων, διακλάσεων, ρωγμών και

των καρστικών αγωγών. Εξαιρούνται οι ασβετόλιθοι των Βιγλών που κατατάσσονται στο ημιπερατούς σχηματισμούς.<sup>(28)</sup>

#### **-Πετρώματα περατότητας ρωγμών και εν μέρει πορώδους:**

Στην ενότητα αυτή ανήκουν τα κροκαλοπαγή, λατυποπαγή και ψαμμιτοκροκαλοπαγή του Μειο-Πλειοκαίνου και οι Τεταρτογενές ψαμμίτες των Κορυσσιών. Η περατότητα των Μειο-Πλειοκαινικών σχηματισμών οφείλεται σε ένα πρωτογενές πορώδες, όσο και στο πλήθος των ρωγμών και διαρρήξεων (δευτερογενές πορώδες). Η περατότητα των Τεταρτογενών ψαμμιτών οφείλεται στις ρωγμές και στα διαχωριστικά διάκενα των ψαμμιτικών τραπεζών.<sup>(28)</sup>

#### **-Πετρώματα καλής περατότητας λόγω πορώδους :**

Στην ενότητα αυτή ανήκουν οι παλιές και νέες θίνες περιοχής Κορυσσιών, τα ασβεστολιθικά κορήματα και οι σύγχρονες προσχώσεις.<sup>(28)</sup>

#### **-Πετρώματα μικρής, λόγω πορώδους περατότητας :**

Στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι Μειο-Πλειοκαινικοί ψαμμίτες, οι προσχώσεις με αργιλική πρόσμιξη, τα σαθρά καλλύματα κλιτύων και τα κορήματα. Η μειωμένη περατότητα τους οφείλεται στην επικράτηση του αργιλο-μαργαϊκού στοιχείου.<sup>(28)</sup>

#### **-Πετρώματα πολύ μικρής διαπερατότητας, λόγω πορώδους :**

Στην ενότητα αυτή κατατάσσονται οι μάργες, οι ψαμμιτομάργες του Μειο-Πλειοκαίνου, ο φλύσχη και οι Ιουρασικοί σχιστόλιθοι. Οι σχηματισμοί αυτοί είναι ουσιαστικά αδιαπέρατοι.<sup>(28)</sup>

### **Λεκάνες απορροής**

Η μορφολογία του νησιού σε συνδυασμό πάντοτε με τους υδρολιθικούς χαρακτήρες των πετρογραφικών σχηματισμών που τη δομούν, δεν ευνοεί την ανάπτυξη ποταμών με τη συνήθη έννοια του όρου. Εν τούτοις το μεγάλο ύψος βροχής και η παρουσία μεγάλου αριθμού πηγαίων εκδηλώσεων καθιστούν ευνοϊκές τις συνθήκες για τη δημιουργία ρεμάτων συνεχούς ροής και χειμάρρων κατά την περίοδο των βροχοπτώσεων. Οι πλέον αξιόλογοι ποταμοί με συνεχή ροή είναι: Ο Μεσόγγης, Έρμονης και ο Τυφλός (Φόνισσα). Η ροή οφείλεται τόσο στις βροχοπτώσεις, όσο και σε πηγές.<sup>(28)</sup>

### **Υπόγειο υδατικό δυναμικό**

Λόγω της μεγάλης ανάπτυξης διαπερατών και ιδιαίτερα καρστικών σχηματισμών σε συνδυασμό με το μεγάλο ύψος βροχοπτώσεων και γενικότερων κλιματολογικών δεδομένων δημιουργούνται πολύ ευνοϊκές συνθήκες για την τροφοδοσία υπόγειων υδροφόρων οριζόντων.

Γενικά στην Κέρκυρα δεν υπάρχει πρόβλημα ποσότητας υπόγειων νερών αλλά ποιότητας, γιατί τα υπόγεια νερά των περισσότερων γεωτρήσεων και πηγών είναι εξαιρετικά σκληρά λόγω της παρουσίας θεικών από τη διάλυση των γύψων. Στις γεωλογικές τομές που δίδονται στην παράγραφο της Γεωλογίας, δίδονται στοιχεία για την ύπαρξη υπόγειων υδροφόρων οριζόντων στις βασικές τεκτονικές μονάδες του νησιού, όπου φαίνεται καθαρά η θέση των γυψούχων σχηματισμών, είτε πρόκειται για Τριαδικές γύψους είτε για Νεογενείς αποθέσεις σε σχέση με τη στάθμη των υδροφόρων οριζόντων.<sup>(28)</sup>

### **Γεωλογία**

Η Κέρκυρα ανήκει στο εξωτικό τμήμα της γεωτεκτονικής Ιόνιας ζώνης και δομείται από ανθρακικά ιζήματα, δολομίτες και λατυποπαγή με γύψους, ηλικίας Τριαδικού μέχρι κατ. Ηωκαίνου. Τότε αρχίζει η φάση απόθεσης του φλύσχη που τελειώνει στο κατ. Μειόκαινο.

Οι ασβετόλιθοι-δολομίτες εξαπλώνονται κυρίως στο ΒΔ τμήμα του νησιού και δομούν το ορεινό συγκρότημα του Παντοκράτορα. Στο κεντρικό τμήμα εμφανίζουν περιορισμένη εξάπλωση, ενώ απουσιάζουν εντελώς από το νότιο τμήμα. Τα λατυποπαγή με γύψους καταλαμβάνουν μεγάλες εκτάσεις στην κεντρική Κέρκυρα, στο νότιο τμήμα η εξάπλωση τους

είναι περιορισμένη, ενώ δεν εμφανίζονται καθόλου στο βόρειο τμήμα. Οι μολασικοί μεταλλικοί σχηματισμοί, μειοπλειοκαινικής ηλικίας, αναπτύσσονται σε όλο το νησί, κυρίως όμως στο ΒΔ και νότιο τμήμα του. Το τεταρτογενές εμφανίζεται κυρίως στις παράκτιες ζώνες των Βόρειων και Νότιων τμημάτων.<sup>(28)</sup>

## **Στρωματογραφία**

### **Τριαδικό**

**Ασβεστόλιθοι:** πρόκειται για στιφρούς, μαύρους ασβεστόλιθους Καρνίου ηλικίας που εμφανίζονται κυρίως στην περιοχή του ακρωτηρίου. Συναντώνται ως φακοί εντός των Τριαδικών εβαποριτικών λατυποπαγών.

**Λατυποπαγή:** πρόκειται για ένα άστρωτο σχηματισμό λατυποπαγούς με μεγάλη εξάπλωση, που συνίσταται από δολομίτες, κυψελώδεις δολομίτες, μαύρους ασβεστόλιθους και σκουρόχρωμα αργιλομαργαϊκά υλικά. Η γένεση του σχηματισμού αυτού οφείλεται στο τεκτονισμό της αρχικής Τριαδικής σειράς, που περιείχε και εβαπορίτες και στον διαπείρισμό των τελευταίων. Αναπτύσσονται στο κεντρικό και νότιο τμήμα του νησιού.

**Γύψος:** σχηματισμός κρυσταλλικός, άστρωτος και σκούρου χρώματος. Απαντάται εντός των τριαδικών λατυποπαγών υπό μορφή ακανόνιστων μαζών. Έχουν προέλθει από την ενυδάτωση του ανυδρίτη μέσα στους εβαπορίτες.<sup>(28)</sup>

### **Ιουρασικό**

Εκπροσωπείται από δολομίτες και δολομιτικούς ασβεστόλιθους, σκούρου χρώματος, που πολλές φορές εμφανίζονται ως δολομιτική άμμος μικρής συνεκτικότητας. Η κύρια εξάπλωση των σχηματισμών αυτών γίνεται στο βόρειο τμήμα, στις κορυφές του Παντοκράτορα και στις κορυφές Βουνιατάδων και Αγίου Μαθαίου. Στους σχηματισμούς αυτούς επικάθονται ασβεστόλιθοι πάχους 300μ. περίπου. Είναι λευκοί, κατά τύπους δολομιτικοί και δεν παρουσιάζουν στρώση. Στα ανώτερα στρώματα γίνονται λεπτοπλακώδεις, ανοιχτόχρωμοι με πυριτόλιθους, πάχους περίπου 600μ. Μια άλλη σειρά, πάχους 150μ. περίπου, που επίσης εμφανίζεται κυρίως στην περιοχή του Παντοκράτορα, αποτελείται από σχιστολιθικές στρώσεις με Ποσειδώνιες και παρεμβολές ασβεστόλιθων σε παχειές τράπεζες.<sup>(28)</sup>

### **Αν. Ιουρασικό – Αν. Κρητιδικό**

Αντιπροσωπεύεται από ασβεστόλιθους ηλικίας Τιθωνίου και Σενωνίου, που επίκεινται των Ιουρασικών σχιστολίθων. Πρόκειται για λεπτοπλακώδεις σχηματισμούς με ενστρώσεις πυριτόλιθων μεγάλου σχετικά πάχους, που εξαπλώνονται συνήθως στον ΒΑ Κέρκυρα. Στους ασβεστόλιθους αυτούς επικάθονται λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι, λευκοί ως υποκίτρινοι με λατύπες και θραύσματα ρουδιστών στη μάζα τους. Εξαπλώνονται σε περιορισμένη έκταση στον Παντοκράτορα. Το πάχος της σειράς αυτής ανέρχεται σε 200m περίπου.<sup>(28)</sup>

### **Παλαιόκαινο – Ηώκαινο**

Αντιπροσωπεύεται από λευκούς – κιτρινόχρους ασβεστόλιθους που εναλλάσσονται με λατυποπαγείς ή μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθους και αποτελούν τους τελευταίους σχηματισμούς της αλπικής σειράς, πριν την απόθεση του φλύσχη. Το πάχος στην περιοχή του Παντοκράτορα ανέρχεται σε 250m ενώ η έκτασή της είναι περιορισμένη. Επίσης σε μικρή έκταση εμφανίζονται στον άξονα Ζυγού – Σπαρτύλα και σε κάπως μεγαλύτερη στην παραλιακή ζώνη Κασσιόπης – Ασπράου.<sup>(28)</sup>

### **Αν. Ηώκαινο – Κατ. Μειόκαινο**

Η περίοδος αυτή εκπροσωπείται από τον φλύσχη και εμφανίζεται στην Β. Κέρκυρα. Επίκειται των Ηώκαινικών ασβεστόλιθων και αποτελείται από εναλλαγές ψαμμιτών, μαργών και οβιογενών ασβεστόλιθων. Το πάχος κυμαίνεται μεταξύ 150m στις περιοχές Σπαρτύλα και Ζυγού έως και 1300m στην περιοχή Επίσκεψη.<sup>(28)</sup>

### **Μέσο Μειόκαινο – Πλεόκαινο**



Αντιπροσωπεύεται από σχηματισμούς Μολασσικού τύπου που επικάθονται ασύμφωνα στους προηγούμενους σχηματισμούς. Πρόκειται για ψαμμιτομαργαϊκούς σχηματισμούς με κατά τόπους εμφανίσεις στρώσεων γύψου και στρώσεων κροκαλοπαγών πάχους 1000m περίπου. Τα κροκαλοπαγή μεταβαίνουν σε μάργες με ψαμμιτικές και κροκαλοπαγείς ενστρώσεις. Επάνω σε αυτά κατά τόπους αναπτύσσεται ορίζοντας μακροκρυσταλλικού γύψου σε τράπεζες μειοκαινικής ηλικίας. Βρίσκονται κυρίως στη Β. Κέρκυρα, σε περιοχές δυτικά της πόλης, σε τμήματα της λεκάνης Ρόπα και στη λεκάνη του Μεσόγγη ποταμού. Γύψοι μειοκαινικής ηλικίας συναντώνται κοντά στην Παλιοκαστρίτσα και άλλες περιοχές. Το Πλειόκαινο αρχίζει με κροκαλοπαγή λατυποπαγή και ακολουθούν κυανές μάργες με αργιλοψαμμιτικές παρεμβολές. Το πάχος της σειράς αυτής είναι μεγαλύτερο των 500m στη Β. Κέρκυρα. στην κεντρική Κέρκυρα το Πλειόκαινο αρχίζει με ένα κροκαλοπαγές και ακολουθούν μάργες πάχους 150m περίπου. Στην Νότια Κέρκυρα το κατώτερο τμήμα περιλαμβάνει ψαμμίτες σε εναλλαγές με μάργες και ακολουθεί ψαμμιτοκροκαλοπαγείς.<sup>(28)</sup>

#### **Τεταρτογενές**

Αποτελείται από σύγχρονες προσχώσεις στις κοιλάδες και στις παράκτιες περιοχές από κορήματα των κλιτύων, από θίνες και από ασβεστιτικούς ψαμμίτες Διλουβιακής ηλικίας.<sup>(28)</sup>

### **6.4 Τα προβλήματα της Κέρκυρας**

Λόγω της υδρογεωλογικής αναγνώρισης του νησιού σχεδόν όλες οι πηγές που βρίσκονται κοντά με τη θάλασσα, ανεξάρτητα με την παροχή τους είναι υφάλμυρες. Εξαιτίας της μεγάλης ανάπτυξης διαπερατών και ιδιαίτερα καρστικών σχηματισμών σε συνδυασμό με το μεγάλο ύψος βροχοπτώσεων και γενικότερων κλιματολογικών δεδομένων δημιουργούνται ευνοϊκές συνθήκες για την τροφοδοσία υπόγειων υδροφόρων οριζόντων. Δεν υπάρχει πρόβλημα ποσότητας υπόγειων νερών αλλά ποιότητας. Στα Ιόνια νησιά, όπου το έδαφος είναι γυψώδες, παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η διαλυτότητα του γύψου  $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$  και του Ανυδρίτη  $\text{CaSO}_4$ . Άλλο ένα σημαντικό πρόβλημα είναι η σκληρότητα του νερού λόγω της ασβεστολιθικής σύστασης του υπεδάφους και τα προβλήματα που δημιουργεί αφού πρέπει να προβλέψουν και συστήματα αποσκλήρυνσης νερού και πολλές φορές και απομετάλλωσης του. Τα εδάφη της Κέρκυρας είναι κατά κύριο λόγο ασβεστολιθικά. Οι ασβεστόλιθοι υδρολιθολογικά κατατάσσονται στους υδροπερατούς σχηματισμούς πορώδους ρωγμών. Σε τέτοιους είδους υδροφορείς η μετάδοση των ρύπων είναι εύκολη δεδομένου ότι αυτοί οι σχηματισμοί έχουν πολύ μικρή ικανότητα αποκαθαρισμού των εισερχομένων ρυπαντικών ουσιών. Και τέλος αυξημένη περιεκτικότητα χλωριόντων και τυχόν εισροή θαλασσινού νερού λόγω υπεράντλησης.

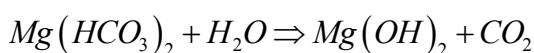
Όπως είναι φυσικό οι απαιτήσεις για τη ποιότητα του νερού εξαρτώνται από τους σκοπούς χρήσης του. Σε μια βιομηχανικά αναπτυγμένη χώρα χρησιμοποιείται:

1. Το 81% του νερού βιομηχανίας σαν νερό ψύξης
2. Το 2% για τροφοδοσία ατμολεβήτων
3. Το 17% για διάφορους άλλους παραγωγικούς σκοπούς όπως π.χ. νερό που ενσωματώνεται στο προϊόν ή χρησιμεύει για πλύσιμο.

Συχνά οι βιομηχανίες και βιοτεχνίες έχουν ανάγκες νερού διαφορετικής ποιότητας από αυτήν του πόσιμου νερού. Ακόμη είναι δύσκολο να ικανοποιηθούν οι ανάγκες μιας περιοχής όταν οι διάφοροι βιομηχανικοί καταναλωτές έχουν και μεταξύ τους διαφορετικές ανάγκες ποιότητας νερού για την παραγωγή τους.

Από τις πιο υδροφόρες βιομηχανίες θεωρούνται οι χαρτοβιομηχανίες με κατανάλωση 900-1000 lt νερό/kg χαρτί ποιότητας. Αυτές όπως και οι βιομηχανίες υφασμάτων, τα πλυντήρια, οι ατμολέβητες απαιτούν μαλακό ή απιονισμένο νερό. Βιομηχανίες τροφίμων (γάλακτος, ζυμαρικών, βαφεία, εκτός από μαλακό, θέλουν επιπλέον το νερό να είναι και ελεύθερο από Fe και Mn). Ζαχαρουρεία χρειάζονται νερό μέσης σκληρότητας και χαμηλής συγκέντρωσης  $\text{NO}_3^-$  ιόντων. Εργοστάσια μύρας νερό ορισμένης σκληρότητας και περιεκτικότητας σε άλατα, με λίγα ιόντα  $\text{Mg}^{++}$  και  $\text{NO}_3^-$ .

Στην παρασκευή του μπετόν πρέπει να αποφεύγονται νερά σκληρά, τα υψηλής περιεκτικότητας σε άλατα γενικά και τα όξινα. Εργαστήρια γυαλιού και κεραμικών θέλουν μαλακό νερό, λίγα ιόντα Cl<sup>-</sup> και καθόλου οξειδία βαρέων μετάλλων. Στην παραγωγή τροφίμων και ποτών έχει δυσμενή επίδραση και το χλωριωμένο νερό και για αυτό το χλώριο πρέπει να απομακρύνεται προηγουμένως. Ιδιαίτερη σημασία πρέπει να αποδίδεται στο νερό τροφοδοσίας λεβήτων διότι στις συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης διασπώνται σχετικά γρήγορα όλα τα διαλυμένα διττανθρακικά και ανθρακικά σε και ελεύθερες βάσεις. Το CO<sub>2</sub> συμπαρασύρεται από τους υδρατμούς και αυξάνει την διαβρωτικότητα του συμπυκνώματος ενώ το νερό του λέβητα γίνεται ανεπιθύμητα υψηλά αλκαλικό.



Παράλληλα με τα ανθρακικά κατά τη θέρμανση των σκληρών νερών εναποτίθενται και θειικά. Στα Ιόνια νησιά, όπου το έδαφος είναι γυψώδες, παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον η διαλυτότητα του γύψου CaSO<sub>4</sub> · 2 H<sub>2</sub>O και του Ανυδρίτη CaSO<sub>4</sub>. Στην πράξη έχει μεγάλη σημασία η μείωση της διαλυτότητας τους με την αύξηση της θερμοκρασίας. Απ' την άλλη η διαλυτότητα του γύψου μεγαλώνει με τη παρουσία ιόντων Αλκαλίων και χλωριόντων. Γενικά ο λεβητόλιθος είναι τόσο σκληρότερος όσο περισσότερο γύψο περιέχει και φτάνει τη σκληρότητα της πορσελάνης όταν αποτίθενται μαζί και πυριτικά. Αντίθετα γίνεται μαλακότερος με τη σύγχρονη απόθεση ένυδρων οξειδίων του σιδήρου. Ειδικά ο μαγνητίτης Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> δημιουργεί συνεκτικό προστατευτικό στρώμα αλλά πάνω από τους 200 °C. Ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες του νερού του ίδιου και του προορισμού του είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν διάφορες μέθοδοι αποσκλήρυνσης και επεξεργασίας.

Άλλη σημαντική παράμετρος του νερού είναι ο δείκτης διαβρωτικότητας ή αλλιώς δείκτης κορεσμού. Αυτός χρησιμοποιείται σαν ένδειξη για την κατά προσέγγιση πρόβλεψη της διαβρωτικής συμπεριφοράς του νερού ως προς τα δομικά υλικά με τα οποία έρχεται σε επαφή, μεταλλικά ή όχι. Στοιχείο για τον υπολογισμό της διαβρωτικότητας με τις διάφορες μεθόδους είναι κυρίως το pH, η συγκέντρωση όξινων ανθρακικών, τα θειικά, η σκληρότητα, τα αμμωνιακά άλατα καθώς και ορισμένα του Mg. Τα διαβρωτικά νερά έχουν τη δυνατότητα να διαλύουν από τους μεταλλικούς αγωγούς ίχνη Fe, Zn, Cu, Pb, Cd κ.α. και να μολύνουν μ' αυτά το πόσιμο νερό. Από τους σωλήνες αμιαντοτσιμέντου μπορούν να διαλύσουν το Ca(OH)<sub>2</sub> και να ανυψώσουν την τιμή του pH του νερού ελευθερώνοντας συγχρόνως και άλλα ανόργανα συστατικά του τσιμέντου και ίνες αμιάντου. Η δυνατότητα διάβρωσης πρέπει να μελετάται πριν από την εγκατάσταση ώστε να προβλέπεται όσο είναι δυνατόν η καταλληλότητα χρήσης και να μη μειώνεται ο χρόνος ζωής σωλήνων, τεπόζιτων ή μετρητών νερού των υδραγωγείων.<sup>(23)</sup>

Όπως στην παραγωγή έτσι και στο δίκτυο πόλης η διακύμανση της σκληρότητας δημιουργεί προβλήματα. Οι βλάβες είναι ακόμη πιθανότερες και σοβαρότερες όταν αναμειγνύονται νερά διαφορετικής σκληρότητας κατ ευθείαν στο δίκτυο. Στην οικονομική επιβάρυνση από τις προαναφερθείσες βλάβες πρέπει να προστεθεί και αυτή από τη συντόμευση του χρόνου ζωής των βιοτεχνικών και οικιακών συσκευών. Άλλο σημαντικό μειονέκτημα των υδραγωγείων με σκληρό νερό είναι ότι οι καταναλωτές αναγκάζονται να πίνουν νερό από πηγάδια ανεξέλεγκτης ποιότητας βάζοντας έτσι σε κίνδυνο την υγεία τους.

Επομένως από κάθε άποψη συμφέρει μια ορθολογικά σχεδιασμένη κεντρική εγκατάσταση αποσκλήρυνσης νερού.

## 6.5 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα δείγματα συλλέχθηκαν 24/08/2006 και 26/03/2008 από τις πηγές με έκπλυση δέκα επαναλήψεων των πλαστικών φιαλιδίων και υπερχειλίση, προκειμένου να απομακρυνθούν τυχόν αιωρούμενα στερεά έτσι ώστε τα δείγματα να βρίσκονται σε άρτιο περιβάλλον για να διεξαχθούν με επιτυχία οι χημικές αναλύσεις. Στα δείγματα προστέθηκε πυκνό νιτρικό οξύ 1% προκειμένου να διατηρηθούν όλα τα χαρακτηριστικά τους και να μεταφερθούν στο εργαστήριο του Τ.Ε.Ι. Χανίων για να πραγματοποιηθούν οι χημικές αναλύσεις. Οι πηγές είναι: Γαρδίκι, Πρασούδι, Καλυβιώτης, Κρητικά, Δραγωνιναί και Φοντάνα Κάβος (εικόνα [5]). Οι οποίες βρίσκονται στην περιοχή της Νότια Κέρκυρας. Τα στοιχεία που μετρήθηκαν ήταν Κ, Na, Ca, Mg και η ολική σκληρότητα. Μετρήθηκαν με σκοπό την αντιμετώπιση της σκληρότητας του νερού. Η μέθοδος που χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό Ca, Mg ήταν η φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης με φλόγα και για τον προσδιορισμό Κ, Na φασματοφωτομετρία ατομική εκπομπής. Η σκληρότητα μετρήθηκε με ογκομετρικός προσδιορισμός με EDTA.



Εικόνα [5]: Σημεία δειγματοληψίας.

### 6.5.1 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ

#### Α. Η φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης

Η φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης (ΦΑΑ) βασίζεται στη μέτρηση της απορρόφησης ακτινοβολίας χαρακτηριστικού μήκους κύματος από ελεύθερα ουδέτερα άτομα ενός στοιχείου που βρίσκονται στη θεμελιώδη κατάσταση. Η ατομοποίηση του προσδιοριζόμενου στοιχείου γίνεται είτε με φλόγα (οπότε έχουμε την φλογοφασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης, ΦΦΑΑ), είτε με ηλεκτρικά θερμαινόμενο κλίβανο (οπότε έχουμε την άφλογη φασματοφωτομετρία ατομικής απορρόφησης, ΑΦΑΑ).<sup>(31)</sup>

Η διέγερση των ατόμων γίνεται με απορρόφηση ακτινοβολίας, η οποία παράγεται από μία εξωτερική πηγή και διαβιβάζεται μέσα από το νέφος των ατόμων. Η ενέργεια που παρέχεται αντιστοιχεί σε αυτή που απαιτείται για μία ηλεκτρονική μετάπτωση από την θεμελιώδη κατάσταση σε μία διεγερμένη κατάσταση. Η θερμοκρασία της φλόγας πρέπει να διατηρείται κατά το δυνατό χαμηλή σε τέτοιο επίπεδο, ώστε η ενέργεια της φλόγας να επαρκεί για την ατομοποίηση του προσδιοριζόμενου στοιχείου. Στην ΦΑΑ ενδιαφέρει ο αριθμός των ατόμων στη θεμελιώδη κατάσταση, ο οποίος αντιπροσωπεύει την πλειονότητα των ατόμων μέσα στη φλόγα. Στην τεχνική αυτή ο νόμος του Beer διατυπώνεται με την σχέση:

$$A = \log(P_0/P) = 0.434 k_v L = \lambda_1 N_0 L = \lambda_2 C$$

όπου:

$A$  = απορρόφηση,

$P_0$  = η ισχύς της ακτινοβολίας που προσπίπτει στο νέφος των ατόμων,

$P$  = η ισχύς της εξερχόμενης ακτινοβολίας, μετά την δίοδο από το νέφος,

$k_v$  = συντελεστής ατομικής απορρόφησης, ο οποίος είναι ανάλογος προς τον αριθμό των ατόμων που απορροφούν την ακτινοβολία συχνότητας  $\nu$ , άρα και της συγκέντρωσης του διαλύματος,

$\lambda_1, \lambda_2$  = σταθερές αναλογίας που σχετίζονται με τον συντελεστή ατομικής απορρόφησης και εξαρτώνται από τις πειραματικές συνθήκες,

$L$  = το μήκος της διαδρομής που διανύθηκε μέσα στο νέφος των ατόμων,

$N_0$  = ο αριθμός των ατόμων που βρίσκονται στη θεμελιώδη κατάσταση ανά μονάδα όγκου του νέφους,

$C$  = η συγκέντρωση του προσδιοριζόμενου στοιχείου στο εισαγόμενο διάλυμα.

Επειδή τελικά  $A = f(C) = \lambda C$ , η χρήση της εξίσωσης στην ανάλυση γίνεται με σχετικές μετρήσεις, με την βοήθεια καμπύλης αναφοράς.

Ο συντελεστής ατομικής απορρόφησης εξαρτάται από το μήκος κύματος της απορροφούμενης ακτινοβολίας και από τις πειραματικές συνθήκες ατομοποίησης. Η ένταση ενός σήματος απορρόφησης εξαρτάται (1) από τον αριθμό των ατόμων που απορροφούν και (2) από την ισχύ του ταλαντωτή (δηλαδή την πιθανότητα ένα άτομο να υποστεί μία ηλεκτρονική μετάπτωση στη μονάδα του χρόνου και να απορροφήσει ένα φωτόνιο).<sup>(31)</sup>

Η φασματική γραμμή μέγιστης απορρόφησης και η γραμμή μέγιστης εκπομπής δεν είναι απαραίτητα. Όταν η γραμμή μέγιστης απορρόφησης δεν συμπίπτει με την γραμμή μέγιστης εκπομπής, η πρώτη έχει μήκος κύματος μικρότερο από την δεύτερη. Ο σίδηρος έχει γραμμή μέγιστης απορρόφησης 248.3 και γραμμή μέγιστης εκπομπής 372.0 nm, ενώ στο ασβέστιο οι δύο γραμμές συμπίπτουν (422.7 nm).

Υπάρχουν δύο τύποι φασματοφωτομέτρων ατομικής απορρόφησης: (α) απλής δέσμης και (β) διπλής δέσμης. Η ακτινοβολία παράγεται από την πηγή (λυχνία κοίλης καθόδου) και διέρχεται διαδοχικά μέσα από την φλόγα (διαδρομή δείγματος) και έξω από αυτή, μέσα από τον αέρα (διαδρομή αναφοράς) με την βοήθεια τεμαχιστή δέσμης. Μετά την φλόγα, οι δύο ακτινοβολίες ακολουθούν την ίδια οπτική διαδρομή μέχρι τον ανιχνευτή.<sup>(31)</sup>

Αν οι ισχύς των δύο ακτινοβολιών είναι ίσες, τότε το σήμα στην έξοδο του ενισχυτή εναλλασσομένου ρεύματος είναι μηδέν. Αν υπάρχει διαφορά στις δύο ισχύς, τότε παράγεται εναλλασσόμενο σήμα, το οποίο στη συνέχεια ενισχύεται. Ο καταμερισμός της ακτινοβολίας σε σειρά διαδοχικών σημάτων, διευκολύνει την ηλεκτρονική διάκριση των σημάτων που προέρχονται από τις δύο δέσμες. Επίσης, είναι δυνατή η διάκριση του εναλλασσομένου σήματος από το συνεχές σήμα που οφείλεται στην ακτινοβολία της φλόγας, με την χρησιμοποίηση ενισχυτή εναλλασσομένου ρεύματος. Ο ενισχυτής αποκρίνεται μόνο σε σήματα διαμορφωμένα στη συχνότητα του τεμαχιστή. Το ενισχυμένο σήμα οδηγείται στο όργανο μέτρησης.

Οι δυσκολίες που οφείλονται (α) στη συνεχή ακτινοβολία της φλόγας και (β) στην αρνητική απορρόφηση (όταν το προσδιοριζόμενο στοιχείο μερικές φορές εκπέμπει ακριβώς

στο ίδιο μήκος κύματος, στο οποίο απορροφά), υπερνικούνται και στα φασματοφωτόμετρα ατομικής απορρόφησης απλής δέσμης με ανάλογη διαμόρφωση της ακτινοβολίας της πηγής (μηχανικά με περιστρεφόμενο ή παλλόμενο τεμαχιστή ή ηλεκτρονικά με τροφοδοτικό εναλλασσομένου ρεύματος).

Για τις περισσότερες αναλύσεις, στις οποίες χρησιμοποιείται η ΦΑΑ, ένα φασματοφωτόμετρο απλής δέσμης είναι επαρκές. Τα φασματοφωτόμετρα ατομικής απορρόφησης διπλής δέσμης πλεονεκτούν ως προς τα φασματοφωτόμετρα απλής δέσμης, διότι: (1) Μπορούν να διορθωθούν σφάλματα που οφείλονται σε διακυμάνσεις της ισχύος της πηγής ακτινοβολίας και σε ολίσθηση καθώς και μεταβολές της ευαισθησίας του ανιχνευτή με την πάροδο του χρόνου. (2) Μπορεί να εξοικονομηθεί χρόνος γιατί είναι επιτρεπτή η έναρξη των μετρήσεων πριν από την σταθεροποίηση της λυχνίας κοίλης καθόδου, που απαιτεί πολύ χρόνο (15-40 min). (3) Είναι δυνατή η ενσωμάτωση διορθωτή σήματος υποβάθρου (συνήθως λυχνία δευτερίου). Δεν μπορούν όμως να υπερπηδηθούν οι δυσκολίες που προκύπτουν από αστάθεια της φλόγας, γιατί η μία δέσμη δεν διέρχεται μέσα από αυτή. Παράλληλα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη το υψηλότερο κόστος και η πολυπλοκότητα των φασματοφωτομέτρων διπλής δέσμης. Τα φλογοφασματοφωτόμετρα ατομικής απορρόφησης μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως φλογοφασματοφωτόμετρα εκπομπής, αφού απομονωθεί η λυχνία, ρυθμιστεί (αν χρειάζεται) η θέση του καυστήρα και επιλεγεί το κατάλληλο σύστημα ενίσχυσης του φωτορεύματος.<sup>(30), (31)</sup>

### **Οι βασικές μονάδες του οργάνου**

Οι βασικές μονάδες των φασματοφωτομέτρων ατομικής απορρόφησης είναι: πηγή ακτινοβολίας, εκνεφωτής και καυστήρας, καύσιμο και οξειδωτικό, φλόγα, μονοχρωμάτορας, ανιχνευτής, ενισχυτής και όργανο μέτρησης.

### **Πηγή ακτινοβολίας**

Η πηγή ακτινοβολίας πρέπει να εκπέμπει σταθερή ακτινοβολία, χαρακτηριστικού μήκους κύματος για το προσδιοριζόμενο στοιχείο, με οξείες κορυφές. Δεν χρησιμοποιείται η ίδια πηγή ακτινοβολίας για όλα τα στοιχεία, αλλά διαφορετική για κάθε στοιχείο ή για μικρό αριθμό στοιχείων, γεγονός που αυξάνει το κόστος της τεχνικής. Επιπλέον, χρησιμοποιούνται πηγές γραμμικής και όχι συνεχούς ακτινοβολίας, επειδή οι ατομικές γραμμές απορρόφησης είναι πολύ στενές, της τάξης του 0.001 nm, ενώ η στενότερη περιοχή φάσματος την οποία μπορεί να απομονώσει ο μονοχρωμάτορας είναι πολύ πλατύτερη, της τάξης του 0.1 nm. Αν χρησιμοποιηθεί πηγή συνεχούς ακτινοβολίας, το μεγαλύτερο μέρος της ακτινοβολίας που προσπίπτει πάνω στον ανιχνευτή δεν θα απορροφάται και λόγω αυτού η διαφορά P<sub>0</sub>-P θα είναι πολύ μικρή, με αποτέλεσμα πολύ μικρή ευαισθησία και πολύ μικρή ακρίβεια. Αντίθετα, αν χρησιμοποιηθεί πηγή γραμμικής ακτινοβολίας οι φασματικές γραμμές της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας είναι πολύ στενές της τάξης του 0.001 nm (κατά κανόνα στενότερες από τις αντίστοιχες γραμμές απορρόφησης, επειδή η θερμοκρασία στη λυχνία είναι μικρότερη από την θερμοκρασία της φλόγας) και λόγω αυτού η ισχύς της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας P<sub>0</sub> μειώνεται αισθητά με απορρόφηση από τα άτομα του προσδιοριζόμενου στοιχείου, με αποτέλεσμα αυξημένη ευαισθησία και ακρίβεια (μέγιστη απορρόφηση ακτινοβολίας συντονισμού επιτυγχάνεται όταν οι κορυφές της γραμμής απορρόφησης των ατόμων και της γραμμής εκπομπής της λυχνίας βρίσκονται στο ίδιο μήκος κύματος).<sup>(30), (31)</sup>

Ως πηγές γραμμικής ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται η λυχνία κοίλης καθόδου (ΛΚΚ, hollow-cathode lamp) και η λυχνία εκκένωσης χωρίς ηλεκτρόδια (ΛΕΧΗ, electrodeless-discharge lamp). Η ΛΚΚ που είναι και η συνηθέστερα χρησιμοποιούμενη αποτελείται από υάλινο σωλήνα γεμάτο με φέρον αέριο (συνήθως ένα ευγενές αέριο, κατά προτίμηση Ar ή Xe) υπό χαμηλή πίεση (1-5 Torr), που φέρει δύο ηλεκτρόδια, από τα οποία η κάθοδος υπό μορφή κυπέλου είναι κατασκευασμένη από το προσδιοριζόμενο στοιχείο (στο εμπόριο κυκλοφορούν ΛΚΚ για 68 στοιχεία). Με εφαρμογή τάσης περίπου 300V μεταξύ των ηλεκτροδίων το ευγενές αέριο ιονίζεται, τα θετικά ιόντα του προσπίπτουν πάνω στην

επιφάνεια της καθόδου και προκαλούν την εξαέρωση και ατομοποίηση μέρους αυτής. Τα άτομα του στοιχείου, που παράγονται μέσα στην κοίλη κάθοδο διεγείρονται από την εκκένωση και εκπέμπουν την επιθυμητή χαρακτηριστική ακτινοβολία του προσδιοριζόμενου στοιχείου. Το απέναντι από την κάθοδο παράθυρο της λυχνίας αποτελείται από χαλαζία για την δίοδο και της υπεριώδους ακτινοβολίας. Ο χρόνος ζωής των λυχνιών κοίλης καθόδου είναι περιορισμένος.<sup>(30), (31)</sup>

Εκτός από τις μονοστοιχειακές λυχνίες ΛΚΚ υπάρχουν και πολυστοιχειακές λυχνίες κοίλης καθόδου στις οποίες η κάθοδος περιέχει περισσότερα από ένα στοιχεία (2-6), αποτελούμενη από κράμα των αντιστοιχών μετάλλων ή από ξεχωριστούς δακτυλίους κάθε μέταλλου. Οι πολυστοιχειακές λυχνίες είναι ιδιαίτερα χρήσιμες, όταν πρόκειται να προσδιοριστούν πολλά στοιχεία στη σειρά ή όταν γίνονται ορισμένοι προσδιορισμοί κατά αραιά χρονικά διαστήματα, οπότε συμφέρει να υπάρχει ως παρακαταθήκη μία τέτοια λυχνία αντί πολλών μονοστοιχειακών λυχνιών. Το μεγαλύτερο κόστος, ο μικρότερος χρόνος ζωής και η μικρότερη ευαισθησία των λυχνιών αυτών σε σύγκριση με τις μονοστοιχειακές λυχνίες, περιορίζουν την χρησιμοποίησή τους. Μειονέκτημα επίσης των πολυστοιχειακών λυχνιών είναι, ότι τα μέταλλα δεν εξαερώνονται στον ίδιο βαθμό. Με την πάροδο του χρόνου το πτητικότερο μέταλλο κατακάθεται και επικαλύπτει τα άλλα μέταλλα, με σχηματισμό τελικά μονοστοιχειακής λυχνίας.<sup>(30), (31)</sup>

Με αύξηση της έντασης του ρεύματος της ΛΚΚ, αυξάνεται η ισχύς της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας, μειώνεται όμως ο χρόνος ζωής της λυχνίας. Από την ένταση του ρεύματος εξαρτάται και το εύρος των εκπεμπόμενων γραμμών. Συνήθως η ένταση του ρεύματος κυμαίνεται από 4 έως 50 mA. Η άριστη τιμή ποικίλλει από στοιχείο σε στοιχείο, εξαρτάται δε και από την κατασκευή της λυχνίας. Συνιστάται η διατήρηση της έντασης του ρεύματος σε όσο το δυνατό χαμηλότερες τιμές, υπό την προϋπόθεση βέβαια, ότι η εκπεμπόμενη ακτινοβολία θα είναι αρκετά ισχυρή και η τιμή του λόγου S/N (σήμα: θόρυβος) ικανοποιητική.<sup>(30), (31)</sup>

Οι λυχνίες εκκένωσης χωρίς ηλεκτρόδια διαφέρουν από τις ΛΚΚ στο ότι η εκκένωση επιτυγχάνεται με μικροκύματα, τα οποία παράγονται από ειδική πηγή. Κυκλοφορούν ΛΕΧΗ μόνο για 11 στοιχεία, τα βασικά τους πλεονεκτήματα είναι ότι έχουν καθαρότερο φάσμα εκπομπής (δεν υπάρχουν οι φασματικές γραμμές του υλικού των ηλεκτροδίων), μεγαλύτερη ισχύ (μέχρι και 100πλάσια από την ισχύ σε ΛΚΚ) και μεγαλύτερο χρόνο ζωής.<sup>(30), (31)</sup>

## **Εκνεφωτής & καυστήρας**

### **Μονοχρωμάτορας**

Ο μονοχρωμάτορας (πρίσμα ή φράγμα) είναι οπτικό σύστημα που διαχωρίζει τις οπτικές δέσμες που παράγονται ανάλογα με το μήκος κύματος επιτρέποντας την δίοδο μόνο της επιθυμητής ακτινοβολίας.

### **Ανιχνευτής**

Κατά κανόνα χρησιμοποιείται φωτοπολλαπλασιαστής.

### **Ενισχυτής**

Χρησιμοποιείται ενισχυτής εναλλασσομένου ρεύματος.

### **Όργανο μέτρησης**

Χρησιμοποιείται μετρητής ή καταγραφέας ή ψηφιακή μονάδα ή εκτυπωτής.

## **Ποσοτικές μέθοδοι ανάλυσης με ΦΑΑ**

### **Προετοιμασία του δείγματος και των προτύπων.**

Η επεξεργασία του δείγματος εξαρτάται από το στοιχείο που προσδιορίζεται, το μητρικό υλικό του δείγματος και την τεχνική ατομοποίησης. Τα χρησιμοποιούμενα αντιδραστήρια στη ΦΑΑ πρέπει να είναι απαλλαγμένα προσμείξεων διαφόρων μετάλλων. Λόγω των εξαιρετικά μικρών συγκεντρώσεων που προσδιορίζονται με την ΦΑΑ, τα διαλύματα των προτύπων και

των δειγμάτων πρέπει να παρασκευάζονται με δις απεσταγμένο νερό, να διατηρούνται σε φιάλες πολυαιθυλενίου, γιατί μερικά μέταλλα προσροφούνται στην επιφάνεια των γυάλινων φιαλών, τα διαλύματα συγκέντρωσης μικρότερης από 1 ppm πρέπει να παρασκευάζονται την ίδια ημέρα από πυκνά διαλύματα παρακαταθήκης και όλα τα σκεύη να εκπλένονται επιμελώς με διαλύματα απορρυπαντικών, αραιού οξέος και δις-απεσταγμένου νερού.<sup>(30), (31)</sup>

### **Μεθοδολογία & υπολογισμοί**

Κατ' αρχήν επιλέγονται η καταλληλότερη φασματική γραμμή και οι άριστες πειραματικές συνθήκες. Το μέγεθος της απορρόφησης εξαρτάται από: 1) την ταχύτητα ψεκασμού και την ταχύτητα εκνέφωσης του δείγματος, 2) το βαθμό ατομοποίησης, 3) την θερμοκρασία της φλόγας, 4) το τμήμα της φλόγας, μέσα από το οποίο διέρχεται η προσπίπτουσα ακτινοβολία, γιατί ο αριθμός των ατόμων ποικίλλει από τη βάση προς την κορυφή της φλόγας, 5) τις διαστοιχειακές αλληλεπιδράσεις μέσα στη φλόγα (χημικές παρεμποδίσεις κλπ) και 6) από το διαλύτη. Για τη μεγιστοποίηση της ακρίβειας, οι πειραματικές συνθήκες πρέπει να διατηρούνται σταθερές καθ' όλη τη διάρκεια μιας σειράς μετρήσεων, η δε καμπύλη αναφοράς να ελέγχεται περιοδικά με πρότυπα διαλύματα.<sup>(30), (31)</sup>

### **Μέθοδος της καμπύλης αναφοράς**

Στη μέθοδο αυτή μετρείται η απορρόφηση σειράς πρότυπων διαλυμάτων του προσδιοριζόμενου στοιχείου, της ίδιας κατά το δυνατόν συστάσεως προς τα δείγματα, και κατασκευάζεται καμπύλη αναφοράς, A ως συνάρτηση της C, είτε γραφικά είτε υπολογιστικά με τη μέθοδο ελάχιστων τετραγώνων, και απ' αυτή υπολογίζεται η συγκέντρωση του στοιχείου στα άγνωστα διαλύματα, με βάση τις αντίστοιχες απορροφήσεις. Όταν έχουμε μικρό αριθμό δειγμάτων ή η καμπύλη αναφοράς παρουσιάζει καμπύλωση, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μέθοδος παρεμβολής.<sup>(30), (31)</sup>

### **Μέθοδος προσθήκης γνωστής ποσότητας**

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται όταν είναι αδύνατη ή δύσκολη η παρασκευή πρότυπων διαλυμάτων με παρόμοια σύσταση προς τα άγνωστα, όπως και όταν αυτά περιέχουν μεγάλη ποσότητα (>0.5 g/L) διαλυμένων ουσιών.<sup>(30), (31)</sup>

### **Εναισθησία**

Ως εναισθησία (ή χαρακτηριστική συγκέντρωση) ορίζεται η συγκέντρωση (συνήθως σε  $\mu\text{g/mL}$ ) υδατικού διαλύματος του στοιχείου, που απορροφά το 1% της προσπίπτουσας ακτινοβολίας, δηλαδή η συγκέντρωση που αντιστοιχεί σε απορρόφηση  $A=1\log(100/99)=0,0044$ . Η εναισθησία αποτελεί μέτρο της κλίσης της καμπύλης αναφοράς,  $A=f(C)$ .

### **Καυστήρας και εκνεφωτής**

Η ομοιόμορφη εισαγωγή του δείγματος στη φλόγα πετυχαίνεται με τη μετατροπή του διαλύματος σε μικρά σταγονίδια (αερόλυμα διαλύματος), με τη βοήθεια ενός εκνεφωτή. Ο εκνεφωτής και ο καυστήρας σχηματίζουν ενιαίο σύστημα, από την ορθή λειτουργία του οποίου εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό η επιτυχία των φλογοφωτομετρικών μεθόδων. Υπάρχουν δύο τύποι καυστήρα, α) άμεσης εισαγωγής, που είναι γνωστοί και ως καυστήρες ολικής καταναλώσεως, και β) προαναμείξεως. Ο καυστήρας άμεσης εισαγωγής, ο οποίος από την κατασκευή του δρα και ως εκνεφωτής (νόμος Bernoulli), αποτελείται από τριχοειδή σωλήνα εισαγωγής του δείγματος και δύο ομόκεντρους σωλήνες, μέσα από τους οποίους διαβιβάζονται τα αέρια. Ο χαρακτηρισμός του καυστήρα αυτού και ως "καυστήρα ολικής καταναλώσεως" αναφέρεται στην ποσοτική εισαγωγή του δείγματος και όχι στην ποσοτική ατομοποίησή του, γιατί σημαντικό τμήμα του δείγματος διέρχεται αναλλοίωτο από τη φλόγα, λόγω του περιορισμένου χρόνου παραμονής του μέσα σε αυτή. Ο καυστήρας αυτός στερείται μνήμης, δηλαδή η σύσταση ενός μικρή επιφάνεια (μικρή οπτική διαδρομή), ο τύπος αυτός

του καυστήρα χρησιμοποιείται σε όργανα που προορίζονται αποκλειστικά για φλογοφασματοφωτομετρία εκπομπής. Ο καυστήρας προαναμείξεως διαθέτει ειδικό θάλαμο, μέσα στον οποίο εκνεφώνεται το δείγμα με τη βοήθεια του οξειδωτικού αερίου. Μέσα στο θάλαμο υπάρχουν πτερύγια για την παραπέρα κατάτμηση των σταγονιδίων. Από αυτά τα μεγάλα συλλέγονται στον πυθμένα του θαλάμου, ενώ τα μικρά παρασύρονται με τα αέρια προς τη φλόγα. Το σύστημα προαναμείξεως επιτρέπει τη χρήση μακρόστενου καυστήρα, συνήθως υπό μορφή μιάς ή περισσότερων σχισμών, που δημιουργεί μεγάλη οπτική διαδρομή και γι' αυτό χρησιμοποιείται κυρίως σε όργανα για τη φλογοφασματοφωτομετρία ατομικής απορροφήσεως. Αν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί σε μετρήσεις εκπομπής, ο καυστήρας στρέφεται κατάλληλα, ώστε να μειωθεί το μήκος του παρατηρούμενου τμήματος της φλόγας και έτσι να αποφευχθεί το φαινόμενο της αυτοαπορροφήσεως.<sup>(31)</sup>

### **Εφαρμογές**

Η ΦΑΑ χρησιμοποιείται πάρα πολύ στη γεωπονική βιοτεχνολογία σε αναλύσεις νερών, βιολογικών δειγμάτων, λιπασμάτων, εδάφους, τροφίμων, σε αναλύσεις για τον έλεγχο της μόλυνσης του περιβάλλοντος κλπ. Η ΦΑΑ είναι συνήθως η τεχνική επιλογής (και η επίσημη τεχνική) για τον προσδιορισμό μεγάλου αριθμού μετάλλων (με αυτή προσδιορίζονται περίπου 70 στοιχεία), ιδιαίτερα (όχι όμως και αποκλειστικά) σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις (0,1-100 ppm) και σε μεγάλη ποικιλία δειγμάτων. Αυτή χρησιμοποιείται και για τον προσδιορισμό κυρίων συστατικών, καθώς και για τον έμμεσο προσδιορισμό ανιόντων και ουσιών που αντιδρούν με μεταλλοϊόντα.

Με τον όρο ατομική φασματοφωτομετρία χαρακτηρίζεται μία ομάδα φασματοσκοπικών τεχνικών, οι οποίες βασίζονται στην αλληλεπίδραση ατόμων με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και βρίσκουν εφαρμογή στην στοιχειακή ανάλυση. Ο προσδιορισμός ιχνοποσοτήτων μετάλλων και αμετάλλων που επιτυγχάνεται με τις διάφορες μεθόδους της ατομικής φασματοφωτομετρίας είναι χρήσιμος για τους γεωπόνους-βιοτεχνολόγους, όπως π.χ. σε θέματα εφαρμοσμένης θρέψης του φυτού.<sup>(30)</sup>

### **Β.Φασματοφωτομετρία Ατομικής Εκπομπής**

Τα διάφορα είδη φασματοφωτομετρίας ατομικής εκπομπής καθορίζονται από τη πηγή διέγερσης, η οποία μπορεί να περιλαμβάνει φλόγα, βολταϊκό τόξο, σπινθήρες, laser ή κάποια μορφή πλάσματος.<sup>(30)</sup>

### **Φασματοφωτομετρία εκπομπής φλόγας**

Στην Φασματοφωτομετρία Ατομικής Εκπομπής (Φ.Α.Ε.) το αερόλυμα του δείγματος μετά τον ψεκασμό εισάγεται στη φλόγα, όπου απομακρύνεται ο διαλύτης, εξατμίζεται και ατομοποιείται, με αποτέλεσμα τα άτομα να ανέρχονται στη διεγερμένη κατάσταση, λόγω θερμικών συγκρούσεων με τα συστατικά των αερίων καύσης. Καθώς επανέρχονται στη βασική ή σε χαμηλότερη ενεργειακή κατάσταση εκπέμπουν ακτινοβολία που είναι χαρακτηριστική. Η ακτινοβολία που εκπέμπεται, διέρχεται από μονοχρωμάτορα, οπότε απομονώνεται το επιθυμητό τμήμα του φάσματος, το οποίο περνά στο φωτοανιχνευτή και το σήμα εξόδου ενισχύεται και καταγράφεται.<sup>(30)</sup>

Η ένταση της φασματικής γραμμής εκπομπής  $I_V$  δίνεται από τη σχέση:

$$I_V = V * A_T * h\nu_0 * N_0 * g_n * e^{-E/kT} / B(T) \text{ όπου:}$$

$V$  είναι ο όγκος της φλόγας που βλέπει ο ανιχνευτής.

$A_T$  ο αριθμός των μεταπτώσεων ανά δευτερόλεπτο για κάθε διεγερμένο άτομο.

$N_0$  ο αριθμός ελεύθερων ατόμων στη βασική κατάσταση στη μονάδα όγκου

$g_n$  στατιστικό βάρος διεγερμένης ατομικής κατάστασης

$E_n$  η ενέργεια της διεγερμένης κατάστασης



k σταθερά Boltzmann

T απόλυτη θερμοκρασία

Τα όργανα που χρησιμοποιούνται στη Φασματοφωτομετρία Εκπομπής Φλόγας πρέπει να έχουν δυνατότητα να ελαχιστοποιούν την εκπομπή υπόβαθρου της φλόγας και να διαχωρίζουν τις ατομικές γραμμές εκπομπής από τις γειτονικές και τα μοριακά μέγιστα της λεπτής υφής του φάσματος. Η τεχνηκή της φλογοφωτομετρίας εφαρμόζεται κυρίως στον προσδιορισμό αλκαλιμετάλλων τα οποία έχουν χαμηλή ενέργεια διέγερσης. Εφαρμόζεται επίσης για της σπάνιες γαίες καθώς και για Ga, In και Tl. Με εξαίρεση τα στοιχεία Ag, Al, Au, Bi, Cd, Cu, Hg, Pb, Te, Sb, Se και Sn για τα οποία η ΦΑΑ έχει καλύτερο όριο ανίχνευσης και μεγαλύτερη ευαισθησία, για τα άλλα στοιχεία και των δύο τεχνικών είναι παρόμοια.

Η επιλογή εξαρτάται από το υπόστρωμα του δείγματος και την επιθυμητή εκλεκτικότητα.<sup>(30)</sup>

### **Γ. Ογκομετρικός προσδιορισμός για τον υπολογισμό της σκληρότητας, με προσθήκη EDTA**

#### **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 αιθιλενο-διαμινο-τετραοξικού οξέος (EDTA) σε αλκαλικό περιβάλλον, παρουσία μεταλογρωμικού δείκτη. Όταν η ογκομέτρηση γίνει σε pH 10 με δείκτη Eriochrome Black T, τότε το αποτέλεσμα αντιστοιχεί στην ολική σκληρότητα. Όταν η ογκομέτρηση γίνει σε pH 13 με δείκτη Calcon τότε το αποτέλεσμα αντιστοιχεί στη σκληρότητα η οποία οφείλεται σε όλα τα κατιόντα εκτός αυτά του μαγνησίου. Η διαφορά ανάμεσα στις δύο ογκομετρήσεις αντιστοιχεί στη συγκέντρωση του μαγνησίου.<sup>(32)</sup>

#### **Παρεμποδιστικές ουσίες στη μέτρηση**

Ιόντα αργιλίου, χαλκού, σιδήρου, μολύβδου, μαγγανίου και ψευδαργύρου μπορεί να επηρεάσουν το αποτέλεσμα δίνοντας θετικό σφάλμα στη μέτρηση ή καθιστώντας δυσδιάκριτο το τελικό σημείο στην τιτλοδότηση. Τα μεταλλικά ιόντα επηρεάζουν τον προσδιορισμό, αν οι συγκεντρώσεις τους υπερβαίνουν τις τιμές: Al 20mg/l, Pb 10mg/l, Fe 2mg/l, Cu 10mg/l, Mn 0,5mg/l και Zn 100mg/l.

Επίσης τα φωσφορικά και ανθρακικά ιόντα, σε αλκαλικό περιβάλλον, μπορεί να καταβυθίσουν το ασβέστιο και έτσι επηρεάζουν το αποτέλεσμα με αρνητικό σφάλμα. Αντίθετα, τα πολυφωσφορικά ιόντα, σε συγκέντρωση ως 5ml/l, δεν επηρεάζουν τη μέτρηση.

Με τη προσθήκη περίπου 250mg κυανιούχου νατρίου, στην ογκομετρική ποσότητα του δείγματος, ο επηρεασμός από ιόντα σιδήρου σε συγκεντρώσεις έως 30ml/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 τη τιμή 10 γιατί επηρεάζεται το χρώμα του δείκτη και εμποδίζεται η μέτρηση.<sup>(33)</sup>

### Προσδιορισμός σκληρότητας

Μεταφέραμε σε μια κωνική φιάλη 25ml δείγματος στην οποία προσθέσαμε 1ml αμμωνία NH<sub>4</sub> και μια ταμπλέτα σκληρότητας. Το διάλυμα μας πήρε ένα χρώμα κόκκινο. Στην συνέχεια τιτλοδοτήσαμε με πρότυπο διάλυμα EDTA 0,01M. Η τιτλοδότηση τελείωσε όταν το διάλυμα μας από κόκκινο έγινε απότομα κυανό.

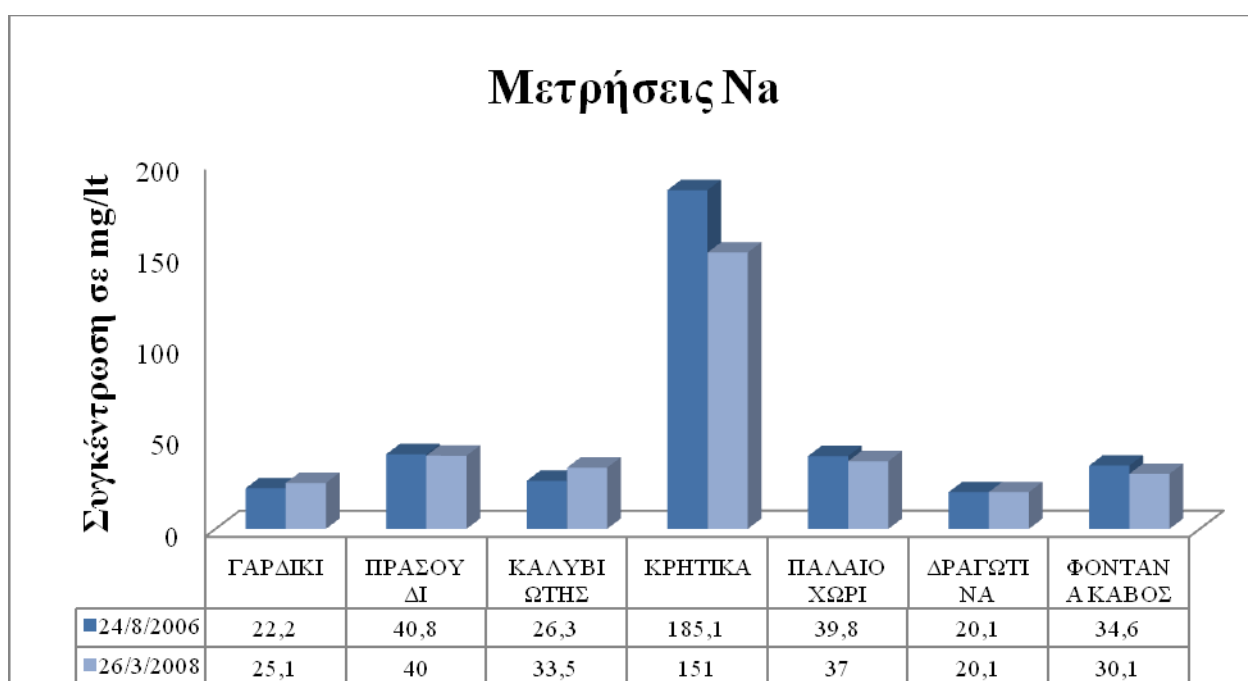
Η ολική σκληρότητα του δείγματος νερού δίνεται από τη σχέση (εφ' όσον το EDTA είναι 0.01M)

$$\text{Ολική Σκληρότητα σε mg CaCO}_3/\text{lt} = V_1 * 1000 / V_2 \text{ όπου :}$$

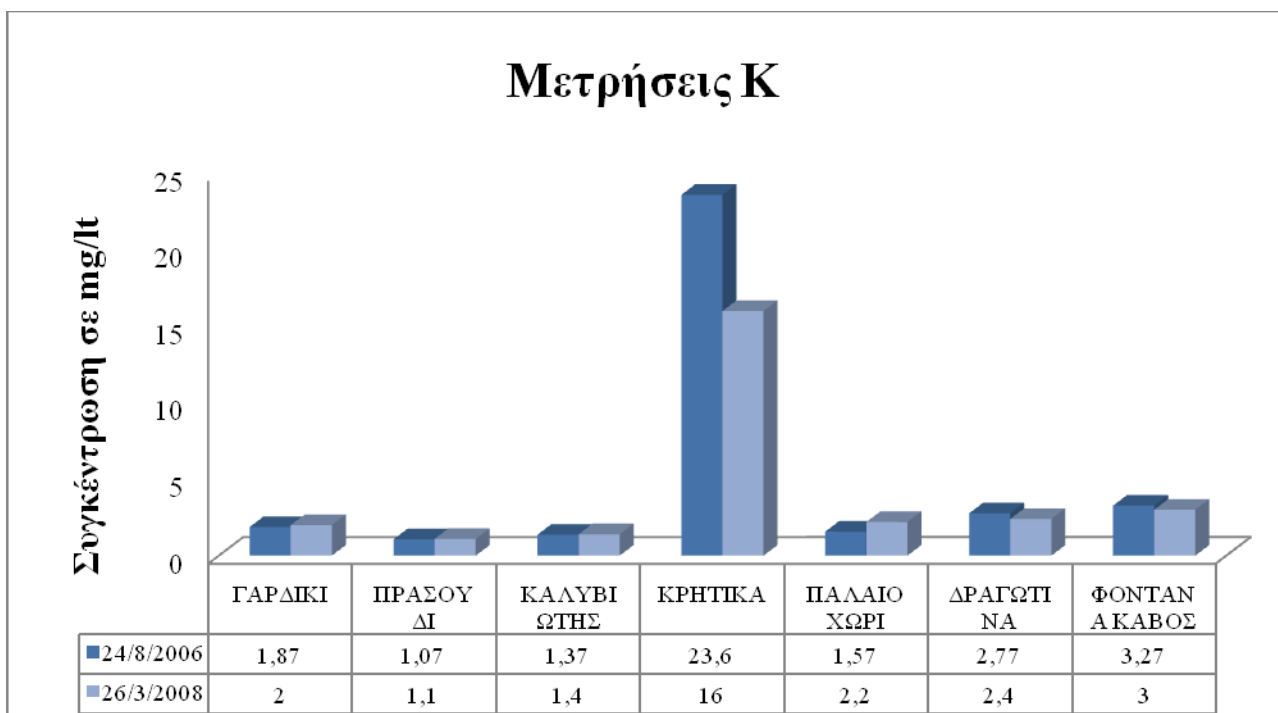
V<sub>1</sub> είναι ο όγκος του διαλύματος EDTA

V<sub>2</sub> είναι ο όγκος του δείγματος.

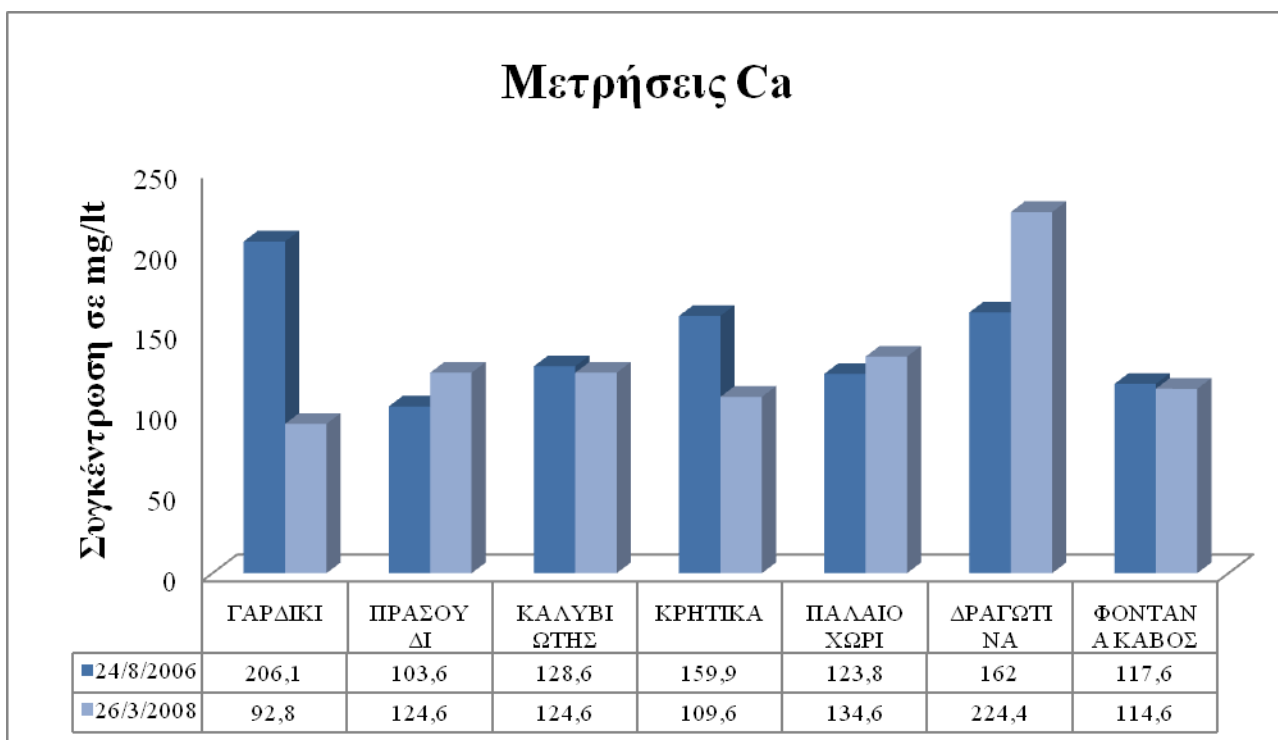
### 6.6 Διαγράμματα-Αποτελέσματα



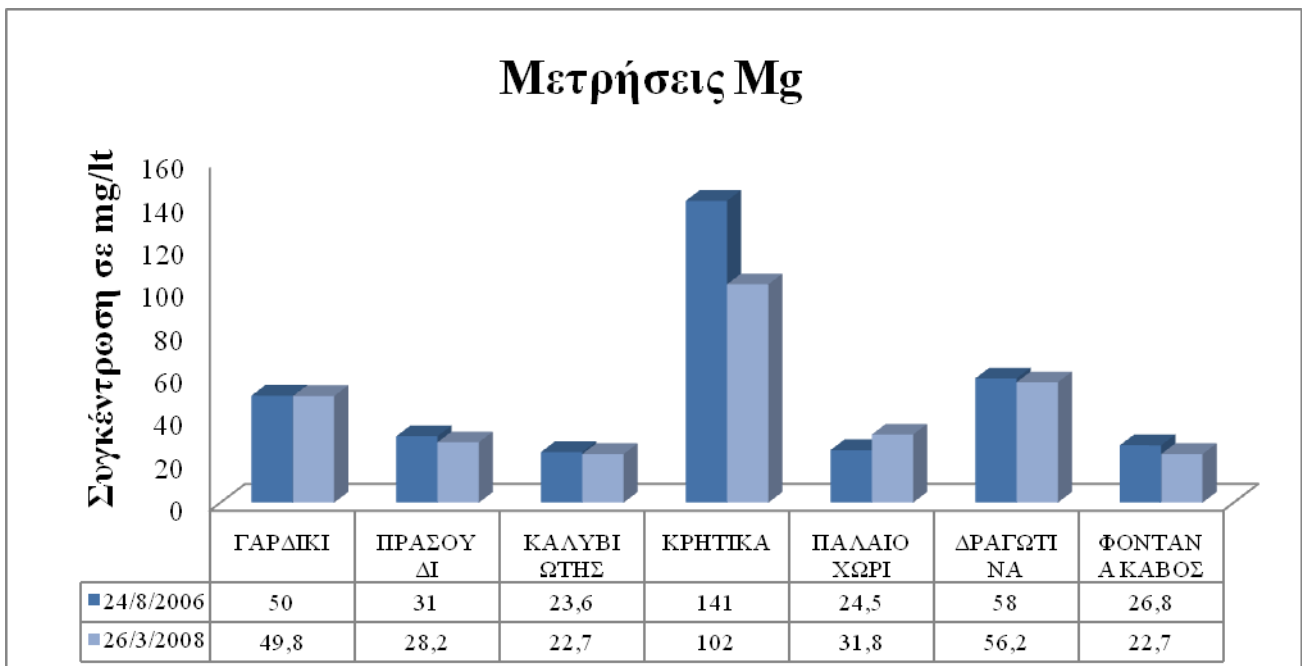
**Συγκριτικό διάγραμμα [1].** Συγκέντρωσης Na (mg/Lt) σε δείγματα νερού από τις πηγές Γαργίκι, Πρασούδι, Καλυβιώτης, Κτητικά, Παλαιοχώρι Δραγωτινά, Φοντάνα Κάβος που συλλέχθηκαν 24/08/2006 και 26/03/2008



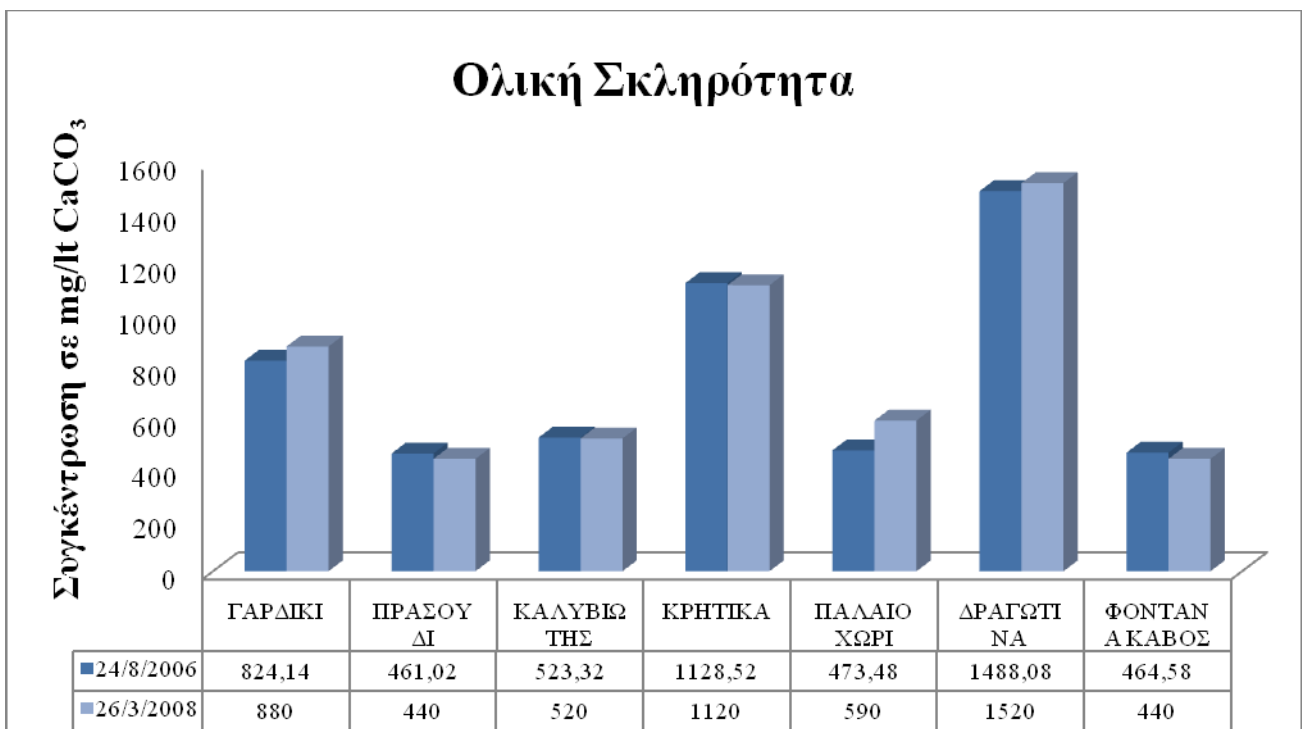
**Συγκριτικό διάγραμμα [2].** Συγκέντρωσης Κ (mg/Lt) σε δείγματα νερού από τις πηγές Γαργίκι, Πρασούδι, Καλυβιώτης, Κτητικά, Παλαιοχώρι Δραγωτινά, Φοντάνα Κάβος που συλλέχθηκαν 24/08/2006 και 26/03/2008



**Συγκριτικό διάγραμμα [3].** Συγκέντρωσης Ca (mg/Lt) σε δείγματα νερού από τις πηγές Γαργίκι, Πρασούδι, Καλυβιώτης, Κτητικά, Παλαιοχώρι Δραγωτινά, Φοντάνα Κάβος που συλλέχθηκαν 24/08/2006 και 26/03/2008



**Διάγραμμα [4].** Συγκέντρωσης Mg (mg/lit) σε δείγματα νερού από τις πηγές Γαργίκι, Πρασούδι, Καλυβιώτης, Κτητικά, Παλαιοχώρι Δραγωτινά, Φοντάνα Κάβος που συλλέχθηκαν 24/08/2006



**Συγκριτικό διάγραμμα [5].** Σκληρότητας CaCO<sub>3</sub> σε mg/lit σε δείγματα νερού από τις πηγές Γαργίκι, Πρασούδι, Καλυβιώτης, Κτητικά, Παλαιοχώρι Δραγωτινά, Φοντάνα Κάβος που συλλέχθηκαν 24/08/2006 και 26/03/2008

## **Αποτελέσματα**

Από τα διαγράμματα παρατηρούμε ότι το Na παρουσιάζει διακύμανση μεταξύ των τιμών ανά περιοχή. Κατά τη πρώτη χρονική περίοδο δειγματοληψιών από 20,1 mg/lt στη περιοχή Δραγωντινά έως 185,1 mg/lt στην περιοχή Κρητικά και κατά τη δεύτερη περίοδο από 20,1 mg/lt πάλι στην περιοχή Δραγωντινά έως 151 mg/lt στην περιοχή Κρητικά.

Ως προς τις τιμές του K, παρουσιάζεται μια σημαντική διακύμανση των τιμών στα σημεία δειγματοληψίας με μικρότερη τιμή 1,07 mg/lt στην περιοχή Πρασούδι και μέγιστη 23,6 mg/lt στην περιοχή Κρητικά, κατά την πρώτη περίοδο διεξαγωγής των δειγματοληψιών. Επίσης, κατά τη δεύτερη περίοδο δειγματοληψιών δεν παρουσιάζονται σημαντικές μεταβολές των τιμών σε σχέση με τις τιμές της πρώτης περιόδου με μικρότερη τιμή 1,1 mg/lt στην περιοχή Πρασούδι και μέγιστη 16 mg/lt στην περιοχή Κρητικά.

Όσον αφορά τις τιμές του Ca, παρουσιάζονται σημαντικές μεταβολές, με βασικότερο σημείο ενδιαφέροντος στις περιοχές, Γαρδίκι όπου κατά τη πρώτη περίοδο δειγματοληψιών η τιμή του ήταν 206,1 mg/lt ενώ κατά τη δεύτερη 92,8 mg/lt, την περιοχή Κρητικά όπου κατά τη πρώτη περίοδο ήταν 159,9 mg/lt ενώ τη δεύτερη 109,6 mg/lt και τέλος στην περιοχή Δραγωντινά όπου κατά τη πρώτη περίοδο δειγματοληψιών η τιμή της ήταν 162 mg/lt ενώ κατά τη δεύτερη 224,4 mg/lt. Σε όλες τις άλλες περιοχές παρουσιάστηκαν τα ίδια σχεδόν επίπεδα τιμών.

Στο Mg έχουμε τιμές μόνο κατά τη πρώτη περίοδο διεξαγωγής δειγματοληψιών όπου παρουσιάζονται και εδώ σημαντικές διακυμάνσεις μεταξύ των τιμών των περιοχών, με χαμηλότερη τιμή 23,6 mg/lt στην περιοχή Καλυβιώτη και μέγιστη 141 mg/lt στη περιοχή Κρητικά.

Οι τιμές της σκληρότητας δεν παρουσιάζουν σημαντικές αποκλίσεις κατά τη πρώτη και τη δεύτερη περίοδο δειγματοληψιών. Οι τιμές στις περιοχές Πρασούδι, Καλυβιώτης, Παλαιοχώρι, Φοντάνα Κάβος είναι κοντά στο όριο (500 mg/lt CaCO<sub>3</sub>), με χαμηλότερη στις περιοχές Πρασούδι, Φοντάνα, 440 mg/lt CaCO<sub>3</sub> κατά τη δεύτερη περίοδο διεξαγωγής δειγματοληψιών και υψηλότερη στην περιοχή Παλαιοχώρι 590 mg/lt CaCO<sub>3</sub>. Οι άλλες περιοχές Γαδρίκι, Κρητικά, Δραγωντινά, παρουσιάζουν υψηλή σκληρότητα, εκτός ορίων, με μικρότερη την τιμή 844 mg/lt CaCO<sub>3</sub> στην περιοχή Γαρδίκι και μέγιστη 1698 mg/lt CaCO<sub>3</sub> στην περιοχή Δραγωντινά, κατά την πρώτη περίοδο δειγματοληψιών.

## **Συμπεράσματα**

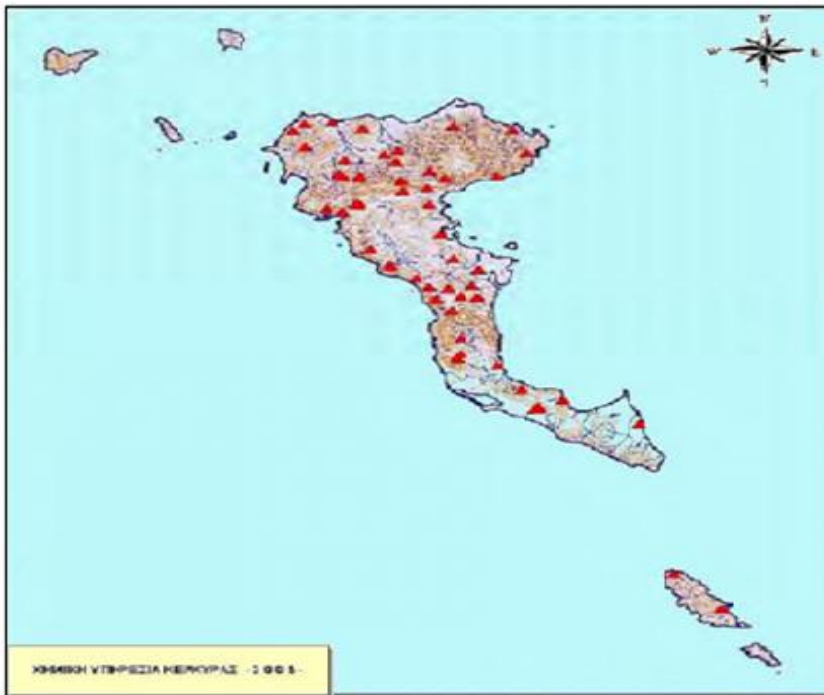
Οι τιμές του Na (νατρίου) και του K (καλίου), σε ορισμένες περιοχές, είναι αρκετά υψηλές, γεγονός που οφείλεται στην έντονη αγροτική δραστηριότητα των κατοίκων της περιοχής. Για το K και το Na παρατηρούμε ότι οι τιμές και για τις δύο χρονικές περιόδους είναι περίπου στα ίδια επίπεδα. Εκτός από τη περιοχή Κρητικά όπου υπάρχει μείωση στην τιμή του K και του Na κατά τη δεύτερη χρονική περίοδο των δειγματοληψιών. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε οποιαδήποτε αλλαγή της καλλιεργητικής δραστηριότητας της περιοχής.

Όσον αφορά το Ca και το Mg οι υψηλές τιμές δεν μας ανησυχούν αντίθετα από προγενέστερες μελέτες το ασβέστιο που περιέχεται στο πόσιμο νερό βρέθηκε να παρουσιάζει μια ευεργετική αντιτοξική συμπεριφορά, δεδομένου ότι αποτρέπει μέσω μιας άμεσης αντίδρασης την απορρόφηση και την μείωση των επιβλαβών τοξικών στοιχείων όπως είναι το κάδμιο και ο μόλυβδος. Σχετικά με την επίδραση του μαγνησίου στον ανθρώπινο οργανισμό, θα λέγαμε πως και αυτό με την σειρά του, αλλά σε μικρότερο βαθμό από ότι το

ασβέστιο, παρουσιάζει την ευεργετική αντιτοξική επίδραση που περιγράφηκε προηγουμένως. Ωστόσο, από την ισχύουσα υγειονομική διάταξη δεν υπάρχει κάποιο ανώτατο επιτρεπτό όριο για το ασβέστιο και το μαγνήσιο παρά μόνο ενδεικτικό επίπεδο γύρω στο οποίο κυμαίνονται οι διάφορες τιμές συγκεντρώσεων. Το γεγονός ότι δεν έχει επιβληθεί ανώτατη επιτρεπόμενη τιμή για την ποσότητα του ασβεστίου και του μαγνησίου δηλώνει πως δεν συντρέχει κανένας λόγος ανησυχίας για την ανθρώπινη υγεία.

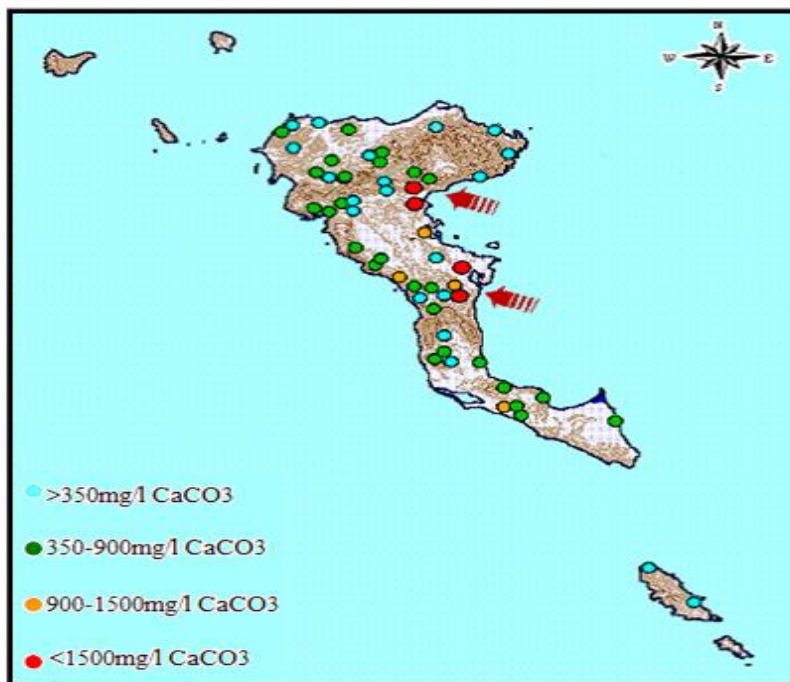
Οι τιμές της σκληρότητας είναι στα ίδια επίπεδα με τις μετρήσεις της προηγούμενης χρονικής περιόδου, γεγονός που αποδεικνύει ότι η σκληρότητα δεν επηρεάζεται από εξωτερικούς παράγοντες, αλλά λόγω της υδρογεωλογικής αναγνώρισης του νησιού σχεδόν όλες οι πηγές βρίσκονται κοντά με τη θάλασσα και ανεξάρτητα με την παροχή τους είναι υφάλμυρες. Το έδαφος είναι γυψώδες και η σύσταση του υπεδάφους είναι ασβεστολιθική. Εξαιτίας της μεγάλης ανάπτυξης διαπερατών και ιδιαίτερα καρστικών σχηματισμών σε συνδυασμό με το μεγάλο ύψος βροχοπτώσεων και γενικότερων κλιματολογικών δεδομένων δημιουργούνται ευνοϊκές συνθήκες για την τροφοδοσία υπόγειων υδροφόρων οριζόντων. Η πηγή Κρητικά μολονότι έχει τις υψηλότερες συγκεντρώσεις σε Mg, δεν παρουσιάζει τη μεγαλύτερη σκληρότητα. Η πηγή Δραγωνιά έχει την υψηλότερη σκληρότητα, χωρίς να έχει διαφορά στο Ca και στο Mg από τις άλλες πηγές. Αυτό οφείλεται στο ποσοστό της Μόνιμης σκληρότητας των νερών το οποίο είναι το 80% της Ολικής, ενώ σε άλλες πόλεις της Ελλάδας είναι 0 μέχρι 10% και το υπόλοιπο αποτελεί τη Παροδική σκληρότητα. Λόγω του γυψώδους υπεδάφους υπάρχει φυσικά μεγάλη ποσότητα θεικών ιόντων. Το πρόβλημα της σκληρότητας του νερού δεν έχει άμεση σχέση με την ασφάλεια των καταναλωτών, προκαλεί όμως τεχνικά προβλήματα. Η σημερινή τεχνολογία σε συνδυασμό με το συνεχή και συστηματικό έλεγχο, παρέχει τη δυνατότητα επεξεργασίας και παροχής καθαρού και υγιεινού νερού με τεχνικές όπως η αντίστροφη όσμωση, η αφαλάτωση που θα αναφερθούν και παρακάτω.

Τον Ιούλιο έως τον Οκτώβριο του 2005 πραγματοποιήθηκε στη Χημική Υπηρεσία Κέρκυρας μια μελέτη από Δρ. Σουλβάνα Αλαμάνου Χ.Υ. Κερκύρας και Δρ. Ελένη Σταυρακάκη προϊσταμένη Χ.Υ. Κερκύρας σε συνεργασία της Δ/σης Υγείας Πρόνοιας Ν.Α. Εξετάστηκαν δείγματα και από τους δεκατρείς (13) δήμους της Κέρκυρας. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν για εμάς τα αποτελέσματα των δήμων της Νότιας Κέρκυρας κυρίως ως προς τη σκληρότητα. Στην παρακάτω εικόνα παρουσιάζονται αναλυτικά τα σημεία δειγματοληψίας.



Εικόνα [5] Έλεγχος παραμέτρων ποιότητας και ασφάλειας νερών Ν.Κέρκυρας-Σημεία Δειγματοληψίας (Διαπίστευση του εργαστηρίου της χημικής υπηρεσίας Κέρκυρας σε αναλύσεις νερών Δρ. Συλβάνα Αλαμάνου και Δρ Ελένη Σταυρακάκη)

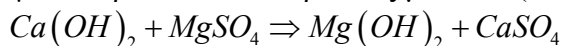
**ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ & ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΝΕΡΩΝ  
Ν. ΚΕΡΚΥΡΑΣ :  
Σ Κ Λ Η Ρ Ο Τ Η Τ Α**



Εικόνα [6] Έλεγχος παραμέτρων ποιότητας και ασφάλειας νερών Ν. Κέρκυρας –Σκληρότητα (Διαπίστευση του εργαστηρίου της χημικής υπηρεσίας Κέρκυρας σε αναλύσεις νερών Δρ. Συλβάνα Αλαμάνου και Δρ. Ελένη Σταυρακάκη)

Σε γενικές γραμμές, όπως είναι ήδη γνωστό, το νερό σε πολλές περιοχές της Κέρκυρας χαρακτηρίζεται από υψηλή σκληρότητα λόγω της ασβεστολιθικής σύστασης του υπεδάφους. Η μέγιστη επιτρεπτή σκληρότητα πόσιμου νερού είναι 500 mg/l. Η Ολική αυτή σκληρότητα οφείλεται στο μεγάλο ποσό Ca και Mg. Για τις περιοχές της νότιας Κέρκυρας η παραπάνω εικόνα μας δείχνει ότι οι τιμές κυμαίνονται από 350-900 mg/l  $\text{CaCO}_3$ , από τα αποτελέσματα μας διαπιστώνουμε ότι υδρεύεται από μείγμα νερών διαφορετικής σκληρότητας, έτσι παρατηρούνται τιμές από 440-1698 mg/l  $\text{CaCO}_3$

Το ποσοστό της Μόνιμης σκληρότητας των νερών είναι 80% της Ολικής, ενώ σε άλλες πόλεις της Ελλάδας είναι 0 μέχρι 10% και το υπόλοιπο αποτελεί τη Παροδική σκληρότητα. Λόγω του γυψώδους υπεδάφους υπάρχει φυσικά μεγάλη ποσότητα θεικών ιόντων. Το υψηλό ποσό των  $\text{SO}_4^-$  στο νερό της Κέρκυρας το καθιστά διαβρωτικό διότι τα θειικά αντιδρούν με τους μεταλλικούς σωλήνες αλλά και με τις ενώσεις του ασβεστίου και του αργιλίου του τσιμέντου φθείροντας τους τσιμεντένιους αγωγούς. Διαβρωτικά στο τσιμέντο δρά και το  $\text{MgSO}_4$  γιατί υδρολύεται αντιδρώντας με το  $\text{Ca(OH)}_2$  του τσιμέντου.



Έτσι τα νερά της Κέρκυρας μπορούν να θεωρηθούν από ασθενώς μέχρι ισχυρά διαβρωτικά λόγω των θεικών και των ιόντων Mg. Η ποιότητα τους δε, θα πρέπει να χειροτερεύει και από τα προϊόντα της διάβρωσης που συμπαρασύρουν Fe, Zn, Cu, Pb κ.α.



## 7. ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΑ ΕΡΓΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ ΤΗΣ ΚΕΡΚΥΡΑΣ

### 7.1 Το πρόβλημα του γύψου και η αντίστροφη όσμωση ως λύση

Σύμφωνα πάντοτε με έγκριτους γεωλόγους επιστήμονες, μερικά εκατομμύρια χρόνια πριν, στην περιοχή όπου έμελλε να δημιουργηθεί η νήσος Κέρκυρα και οι απέναντι σε αυτήν ακτές, υπήρχαν αβαθείς λίμνες στις οποίες η λεγόμενη εξάτμιση είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία στον πυθμένα τους εξαιρετικά μεγάλου πάχους στρώματος γύψου. Η γύψωση αυτή με την πάροδο των γεωλογικών διεργασιών που συνέβησαν στην περιοχή μας, βρέθηκε σε πολύ μεγάλα βάθη καλυμμένη από θάλασσα, ρευστοποιήθηκε και διείσδυσε στα υπερκείμενα στρώματα που εν τω μεταξύ η διάβρωση είχε δημιουργήσει πάνω από τους γύψους. Συνεπώς όταν η συμπίεση των πετρωμάτων ανέδυσε τη νήσο Κέρκυρα και τις απέναντι σε αυτήν ακτές, η γύψωση αυτή διαβρώθηκε εκ νέου, δημιουργώντας νέα στρώματα, μολύνοντας έτσι ουσιαστικά το νησί από τη μια άκρη του στην άλλη. Με αυτόν τον τρόπο η Κέρκυρα βρέθηκε παρά τις μεγάλες βροχοπτώσεις που την έπλητταν να στερείται υδάτων καλής ποιότητας.

Αποτέλεσμα λοιπόν της μηδαμινής ύπαρξης αξιόλογων ποσοτήτων νερού καλής ποιότητας, ήταν η Κέρκυρα κυριολεκτικά να «Βασανίζεται» από έλλειψη νερού. Ιδιαίτερα τα τελευταία 40 χρόνια έπειτα από την ραγδαία ανάπτυξη της πόλης και του τουρισμού, θλιβερά διεπιστώθη πως τα προβλήματα ύδρευσης, πολλαπλασιάστηκαν σε τρομακτικά μεγάλο βαθμό. Σε αυτό το σημείο πάντως, αξίζει να αναφερθεί, ότι στο προαναφερθέν χρονικό διάστημα κατατέθηκαν προτάσεις για:

1. Ύδρευση της Κέρκυρας από την γείτονα Αλβανία,
2. Ύδρευση της Κέρκυρας από την Ήπειρο,
3. Ύδρευση της Κέρκυρας με μονάδες αφαλάτωσης οι οποίες θα λειτουργούσαν με εξάτμιση,
4. Ύδρευση της Κέρκυρας με μονάδες αφαλάτωσης οι οποίες θα λειτουργούσαν με ηλεκτροδιάλυση,
5. Ύδρευση της Κέρκυρας με μεταφορά νερού από την Ηπειρωτική ακτή με πλοία, ενώ παράλληλα, προτάθηκε και μεταφορά νερού με ειδικούς πλαστικούς σάκους και τέλος, ύδρευση της Κέρκυρας με αντίστροφη όσμωση.

Βάσει των προτάσεων αυτών, έγινε προσπάθεια πριν από 30 περίπου χρόνια, να υλοποιηθεί η ύδρευση του νησιού με ηλεκτροδιάλυση. Για του λόγου το αληθές, κατασκευάστηκε εργοστάσιο αφαλάτωσης με τη μέθοδο αυτή στη περιοχή Χρυσίδα, η οποία όμως δεν απέδωσε καρπούς εφ' όσον ανέκυψαν σοβαρά ζητήματα με την ανάγκη απόρριψης μεγάλης ποσότητας νερού καθώς επίσης και προβλήματα όπου παρουσίασε η ίδια η μέθοδος εξαιτίας του πρώιμου σταδίου λειτουργίας της.

Κατόπιν τούτου, συνηθίσαμε να χρησιμοποιούμε σκληρό νερό προκειμένου να καλύψουμε ανάγκες καθαρά διαβίωσης.<sup>(34)</sup>

## Πρόταση για τη λύση του προβλήματος

Η λύση βρίσκεται στην αξιοποίηση της σύγχρονης τεχνολογίας αφαλάτωσης με τη μέθοδο της αντίστροφης όσμωσης και στη δημιουργία μικρών μονάδων από τις οποίες οι κάτοικοι θα μπορούν να προμηθευτούν ελεγμένο υγειονομικά και ποιοτικά νερό κατά τα πρότυπα των δημοσίων κρουνών.

Θα πρέπει να εγκατασταθούν μικρές μονάδες οι οποίες, θα παίρνουν νερό από το δίκτυο της ύδρευσης, θα το αφαλατώνουν και στη συνέχεια θα το επεξεργάζονται. Η αντίστροφη όσμωση είναι ουσιαστικά, μια διαδικασία φίλτρανσης του νερού με ειδικές μεμβράνες οι οποίες έχουν την ιδιότητα να επιτρέπουν στα μόρια του νερού να περνούν από τη μάζα τους, αλλά παράλληλα να απαγορεύουν στα μόρια των υδάτων τη διέλευση αυτή. Συνεπώς με την συγκεκριμένη διαδικασία, δημιουργείται μια ροή καθαρού αφαλατωμένου νερού από την οποία, τροφοδοτούνται οι βρύσες των μονάδων.

Το νερό στις μονάδες αντίστροφης όσμωσης μπαίνει από το δίκτυο, περνάει μια διαδικασία προ-επεξεργασίας προκειμένου να αφαιρεθούν πιθανά αιωρούμενα συστατικά, αλλά κυρίως για να αφαιρεθεί το χλώριο το οποίο ως γνωστόν, καταστρέφει τις μεμβράνες της αντίστροφης όσμωσης. Στη συνέχεια, μια αντλία υψηλής πίεσης αναλαμβάνει να ωθήσει το νερό μέσα στους πόλους της μεμβράνης. Το παραγόμενο τώρα νερό, έχει πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε άλατα και είναι εντελώς άγευστο και για αυτό το λόγο εμπλουτίζεται με άλατα με την προσθήκη μικρής ποσότητας σόδας, ενώ συγχρόνως, μετεχλωριώνεται σύμφωνα πάντοτε με τις προδιαγραφές που ορίζουν οι υγειονομικές διατάξεις. Με αυτόν τον τρόπο, εξασφαλίζεται απολύτως η υγιεινή του νερού.

Ένα σημαντικό πρόβλημα για την εφαρμογή των μονάδων αυτών είναι η έλλειψη και αυτομάτως η ανάγκη για εξεύρεση επιπλέον ποσοτήτων νερού, διότι η αντίστροφη όσμωση απορρίπτει ένα ποσοστό 25 – 30% από το συνολικό νερό που τροφοδοτεί τη μονάδα.

### 7.2 Προτεινόμενα έργα για την αντιμετώπιση του υδρευτικού προβλήματος Κέρκυρας

Τα νησιά της Κέρκυρας και των Παξών είναι από τα σημαντικότερα τουριστικά κέντρα των Ιονίων Νήσων. Και στα δύο νησιά το πρόβλημα της ύδρευσης είναι οξύτατο, κυρίως κατά τους θερινούς μήνες, όπου οι ανάγκες είναι αυξημένες λόγω υπερδιπλασιασμού των καταναλώσεων από την ύπαρξη πολλών χιλιάδων τουριστών.

Η Κέρκυρα λόγω των υψηλών βροχοπτώσεων παρουσιάζει σημαντική υπόγεια υδροφορία. Η ποιότητα όμως των περισσότερων γεωτρήσεων είναι ακατάλληλη για ύδρευση λόγω υψηλών συγκεντρώσεων θεικών που οφείλονται στην παρουσία γύψου στο υπέδαφος του νησιού καθώς και λόγω προβλημάτων υφαλμύρυνσης. Τονίζεται ότι, λόγω της υπερεκμετάλλευσης ορισμένων καλής ποιότητας γεωτρήσεων, τα φαινόμενα υφαλμύρυνσης τείνουν να επεκταθούν. Επίσης, η ποιότητα των υπόγειων νερών των Παξών, στο σύνολό τους, είναι απαράδεκτη.

Με τα προτεινόμενα έργα αντιμετωπίζεται το υδρευτικό πρόβλημα για τα νησιά της Κέρκυρας και των Παξών, με συνολική διαχείριση των υδάτινων πόρων, ώστε με την κατάλληλη αποθήκευση, επεξεργασία και διαχείριση/ εκμετάλλευση των διαθέσιμων πόρων να δώσει σε όλη την εξυπηρετούμενη περιοχή, νερό πόσιμο, εγγυημένης ποιότητας, σύμφωνα με τα πλέον σύγχρονα πρότυπα.

Με το έργο προβλέπεται να εξυπηρετηθούν για το έτος 2040:

- α) Πληθυσμός 128.000 κατοίκων στην Κέρκυρα και 3.000 κατοίκων στους Παξούς.
- β) Επιπροσθέτως, πληθυσμός αιχμής τουριστών, κατά τον μήνα Αύγουστο, 131.500 ατόμων στην Κέρκυρα και 5.200 ατόμων στους Παξούς.

Τα προτεινόμενα έργα στην Κέρκυρα διακρίνονται σε έργα υδροληψίας και επεξεργασίας νερού και σε έργα μεταφοράς. Τα έργα υδροληψίας και επεξεργασίας νερού στη Βόρεια Κέρκυρα περιλαμβάνουν:

- Φράγμα Μελισσούδι Ι (ύψος 50 μ., ταμειυτήρας χωρητικότητας 6,3 εκατ. μ<sup>3</sup>, μέση ετήσια απόληψη 4,5 εκατ. μ<sup>3</sup>) στον χείμαρρο Μελισσούδι.
- Φράγμα εκτροπής Κυπριανάδων, με σήραγγα μήκους 870μ. από το ρέμα Κυπριανάδων (Τρου). (μέσος ετήσιος ωφέλιμος όγκος απόληψης 2,5 εκατ. μ<sup>3</sup>.)
- Διυλιστήριο Μελισσούδι για την επεξεργασία των απολήψεων νερού από τον ταμειυτήρα Μελισσούδι και την εκτροπή Κυπριανάδων, δυναμικότητας 42.000 μ<sup>3</sup>/ημ με πρόβλεψη επέκτασης σε 60.000 μ<sup>3</sup>/ημ.
- Κεντρικό αντλιοστάσιο διυλισμένου νερού στο διυλιστήριο Μελισσούδι, αντλιοστάσιο ενίσχυσης ταμειυτήρα Μελισσούδι Ι με αδιύλιστο νερό εκτροπής Κυπριανάδων.

Τα έργα υδροληψίας και επεξεργασίας νερού στην Κεντρική και Νότια Κέρκυρα περιλαμβάνουν:

- Εγκατάσταση αποσκλήρυνσης υπόγειου νερού (R.O.) Χρυσήδας στο χώρο του παλιού εργοστασίου αφαλάτωσης, δυναμικότητας 10.000 μ<sup>3</sup>/ημ με δυνατότητα επέκτασης σε 15.000 μ<sup>3</sup>/ημ και αντλιοστάσιο προς δεξαμενές Ανάληψης.
- Φράγμα Παναγιάς Καλαμιώτισσας (ύψος 25μ., χωρητικότητα 1,2 εκατ. μ<sup>3</sup>, μέση ετήσια απόληψη 0,7 εκατ. μ<sup>3</sup>), διυλιστήριο δυναμικότητας 6.000 μ<sup>3</sup>/ημ και ωθητικός αγωγός προς τη Δεξαμενή Στρογγύλης (μήκους 1.480 μ. περίπου).
- Εγκατάσταση αποσκλήρυνσης υπόγειου νερού (R.O) στο Νεοχωράκι δυναμικότητας 2.750 μ<sup>3</sup>/ημ και ωθητικός αγωγός προς τη Δεξαμενή Νεοχωρακίου (μήκους 3.030 μ.
- Κεντρικός αγωγός άντλησης πόσιμου νερού από διυλιστήριο Μελισσούδι έως τη δεξαμενή Χωρεπισκόπων, συνολικού μήκους 2,3 χλμ. περίπου.
- Δεξαμενή χωρητικότητας 5.000 μ<sup>3</sup> στη θέση Χωρεπίσκοποι.
- Κεντρικό Υδραγωγείο Βόρειας Κέρκυρας και κεντρικοί αγωγοί σύνδεσης με υφιστάμενες δεξαμενές συνολικού μήκους 92,6 χλμ. περίπου.
- Λοιποί αγωγοί σύνδεσης με υφιστάμενες δεξαμενές και πηγές καλού νερού Βόρειας Κέρκυρας συνολικού μήκους 8,6 χλμ. περίπου με 4 αντλιοστάσια προώθησης.

## 8. ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Το νερό αποτελεί την δεύτερη μεγάλη περιβαλλοντική προτεραιότητα, καθώς η ποιοτική και η ποσοτική του επάρκεια κατά τόπους για τον άνθρωπο και τα οικοσυστήματα είναι συναρτημένη και με τις κλιματικές αλλαγές. Είναι συναρτημένη επίσης με τις χρήσεις, με τα πολιτικά σύνορα μέσα στην ανθρωπότητα, με τα διοικητικά όρια των κρατών και των τοπικών κοινωνιών. Στην κατεύθυνση λοιπόν αυτή το ζήτημα του νερού προσφέρεται για μια διεθνή και διαπεριφερειακή προσέγγιση. Είναι ένα κρίσιμο ζήτημα και ένας καθοριστικός βιοτικός όρος για την ζωή, την υγεία, τον πολιτισμό, τον άνθρωπο και το περιβάλλον. Μην ξεχνάμε όμως την βιοποικιλότητα σε συνάρτηση με το νερό. Είναι γνωστό ότι η ιστορία διαμορφώθηκε κυρίως γύρω από μεγάλα ποτάμια όπως ο Νείλος, ο Γάγγης, ο Τίγρης και ο Ευφράτης ή επίσης σε σχέση με τις περιοχές των εσωτερικών ή των θαλάσσιων υδάτων όπως όλοι οι μεγάλοι μεσογειακοί πολιτισμοί στις ακτές της Μεσογείου.

Το στοιχείο του νερού είναι καθοριστικό για την ζωή. Είναι ένα από τα αναζητούμενα κριτήρια καταλληλότητας των πλανητών και των δορυφόρων τους σε σχέση με την ζωή στο διάστημα.

Βλέποντας λοιπόν το νερό σαν ένα πολιτιστικό παράγοντα και ένα πολιτιστικό αγαθό, σαν θεμελιώδες παράλληλα δημόσιο αγαθό και πεδίο θεμελιώδους δικαιώματος για την ζωή, για τον άνθρωπο και την βιοποικιλότητα, πρέπει στο πεδίο του να δώσουμε τον καλύτερο μας εαυτό σε τοπικό, προσωπικό παράδειγμα αλλά και ευρύτερα. Είναι ένα λοιπόν πεδίο στο οποίο βλέπουμε την κρισιμότητά του. Για παράδειγμα στην Μέση Ανατολή έχει ονομαστεί ποικιλοτρόπως (με μια παράλληλη προσέγγιση κατ' αντιστροφή προς το πετρέλαιο) ως αγαθό το νερό.

Είναι γνωστό ακόμη ότι πίσω από πολλές διενέξεις, ενυπάρχει ο παράγων του νερού (όπως στον πόλεμο των Έξι Ημερών στην Μέση Ανατολή) ως αιτία και αφορμή, ενώ παράλληλα ξέρουμε ότι το ζήτημα αυτό θα γίνει πολύ οξύτερο και θα αποτελέσει και αυτό έναν από τους παράγοντες της εσωτερικής και διεθνούς μετανάστευσης αλλά και σύγκρουσης.

Η εξάρτηση της ποσοτικής και ποιοτικής επάρκειας από την χρήση και από τις κλιματικές αλλαγές καθιστά το νερό προνομιακό πεδίο για μια καθολική αλλαγή των καθημερινών πρακτικών χρήσης του. Είναι ένα σημείο στο οποίο πρέπει να στοιχηματίσουμε για την βελτίωση των επιδόσεων μας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΠΗΓΕΣ

1. [http://www.avpappas.gr/sklhro\\_nero.html](http://www.avpappas.gr/sklhro_nero.html)
2. [http://kepka.org/index.php?option=com\\_content&task=view&id=197&Itemid=48](http://kepka.org/index.php?option=com_content&task=view&id=197&Itemid=48)
3. <http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9D%CE%B5%CF%81%CF%8C>
4. Χαλβαδάκης Κ.Π. Υδατική Χημεία Ιαν. 2004. 4- 22
5. Σκαρδούτσος Γ., Το νερό και η υγιεινή παροχή του,  
<http://www.servitoros.gr/voria/view.php/23/569/>
6. Βελονάκης , Μικροβιολογική ποιότητα πόσιμου νερού και δημόσια υγεία  
[http://www.waterinfo.gr/eedyp/Paros\\_papers/velonakis\\_e.pdf](http://www.waterinfo.gr/eedyp/Paros_papers/velonakis_e.pdf)
7. Παππά Γ., Υγειονομική σημασία των χημικών παραμέτρων στο πόσιμο νερό,  
[http://www.waterinfo.gr/eedyp/Paros\\_papers/pappa\\_g.pdf](http://www.waterinfo.gr/eedyp/Paros_papers/pappa_g.pdf)
8. [http://www.geo.auth.gr/ege2004/articles/HY20\\_314.pdf](http://www.geo.auth.gr/ege2004/articles/HY20_314.pdf)
9. [http://www.buildings.gr/greek/eksoplismos/oikologika\\_ilika/katharonero.htm](http://www.buildings.gr/greek/eksoplismos/oikologika_ilika/katharonero.htm)
10. <http://www.cydadiet.org/main/75,0,121,197-default.aspx>
11. <http://www.watersave.gr/site/content/view/34/33/>
12. <http://www.ecotec.gr/article.php?ID=105>
13. [http://www.waterair.gr/default.aspx?content=pages&cid=459&lid=1#prob\\_molivdo](http://www.waterair.gr/default.aspx?content=pages&cid=459&lid=1#prob_molivdo)
14. Αλμπάνης Τ., Φυσικές και Χημικές Διεργασίες Εξυγίανσης και Παραγωγής Πόσιμου Νερού.
15. Γιαννούλης Ν., Αξιολόγηση και Προστασία Πηγών Υπόγειων Υδάτων
16. [http://www.geo.auth.gr/887/PDF/XYTA\\_3.pdf](http://www.geo.auth.gr/887/PDF/XYTA_3.pdf)
17. Βασιλικιώτη Γ.Σ. – Φυτιάνου Κ. Κ. Θεσσαλονίκη 1986 Μέθοδοι Ελέγχου Ρυπάνσεως Περιβάλλοντος, 66-68 εκδόσεις Ζήτη
18. <http://www.thekrib.com/Plants/CO2/khgh.html>
19. <http://www.itacanet.org/eng/water/Section%206%20Water%20treatment/hard.pdf>
20. <http://pubs.ext.vt.edu/356/356-490/356-490.html>
21. Μαλεφάκης Γ., πρώτη έκδοση 1998 Ποιότητα Επιφανειακών και Υπόγειων Νερών 74-89
22. Hardness in Drinking-water, WHO *Guidelines for Drinking-water Quality WHO/SDE/WSH/03.04/06*
23. Πανδή-Αγαθοκλή Β. - Αγγελοπούλου Ι., Χαρτογράφηση Ποιότητας Νερών Ελλάδας
24. <http://jn.nutrition.org/cgi/content/full/138/2/423S>
25. <http://www.ca.uky.edu/wkrec/HARDNESS.PDF>
26. <http://pubs.ext.vt.edu/356/356-490/356-490.html>
27. [http://www.env.gov.bc.ca/wsd/plan\\_protect\\_sustain/groundwater/library/ground\\_fact\\_sheets/pdfs/hardness\(020715\)\\_fin2.pdf](http://www.env.gov.bc.ca/wsd/plan_protect_sustain/groundwater/library/ground_fact_sheets/pdfs/hardness(020715)_fin2.pdf)
28. Στοιχεία από Μελέτη Μικρών Λιμνοδεξαμενών Βορείου Επτανήσου. Αρ.Μελέτης 8981703
29. [http://1dim-kerkyr.ker.sch.gr/ergasiaE/Geography\\_of\\_Corfu.htm](http://1dim-kerkyr.ker.sch.gr/ergasiaE/Geography_of_Corfu.htm)
30. Παπαδογιάννης Ιωάννης Ν. - Σαμανίδου Βικτωρία Φ. Θεσσαλονίκη 2001 Ενόργανη Χημική Ανάλυση 115-169, εκδόσεις Πήγασος
31. <http://biotech.aula.gr>

32. Κουιμτζή Θ. - Σαμαρά Κ. Κωνσταντίνου Θεσσαλονίκη, Απρίλιος 1994 Έλεγχος Ρύπανσης Περιβάλλοντος 160-163, εκδόσεις Ζήτη
33. Ζανάκη Κ. 2001 Έλεγχος Ποιότητας Νερού 158-160, εκδόσεις Ιων
34. Δαφνής Ι., Οικονομολόγος παρουσίαση ημερίδας Κέρκυρας