



*Συμμετοχή των επιφανειακών νερών στην ρύπανση του  
κόλπου Παλαιόχωρας*



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

*Φωτεινή Καρυδοπούλου*

ΧΑΝΙΑ 2011



*Συμμετοχή των επιφανειακών νερών στην ρύπανση του  
κόλπου Παλαιόχωρας*

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

*Φωτεινή Καρυδοπούλου*

Επιβλέπων :

Δρ Γ Σταυρουλάκης  
Καθηγητής

Επιτροπή Αξιολόγησης :

Δρ. Κώττη Μελίνα  
Καθηγήτρια Εφαρμογών

Παπαφιλιππάκη Ανδρονίκη (MSc)  
Εργαστηριακός Συνεργάτης

Ημερομηνία παρουσίασης : 02/11/2011

Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας : 31

Ευρετήριο .....	Σελ.
Πρόλογος.....	6
<b>Κεφάλαιο 1ο</b>	
1.1 Εισαγωγή.....	7
1.2 Ποιότητα υδατικών πόρων και διαχρονικές μεταβολές της.....	7
1.3 Πηγές και διαδικασίες ρύπανσης υπόγειων νερών.....	9
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο</b>	
2.1 Φυσικοχημικές παράμετροι.....	11
2.1.1 Θερμοκρασία.....	11
2.1.2 pH.....	12
2.1.3 Ηλεκτρική αγωγιμότητα.....	12
2.1.4 Ολικά στερεά.....	12
2.1.5 Σκληρότητα.....	13
2.2 Ανόργανα συστατικά.....	13
2.2.1 Αμμωνιακά ιόντα.....	13
2.2.2 Νιτρικά ιόντα.....	14
2.2.3 Φώσφορος.....	14
2.2.4 Διαλυμένο οξυγόνο.....	15
2.2.5 Χλωριόντα.....	15
2.2.6 Θειικά ιόντα.....	16
2.3 Οργανικά συστατικά.....	16
2.3.1 Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο - BOD.....	16
2.3.2 Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο -COD.....	17
2.4 Μικροβιολογικά χαρακτηριστικά.....	17
2.4.1 Ολικά κολοβακτηριοειδή.....	18
2.4.2 E.coli.....	18
2.4.3 Εντερόκοκκοι.....	18
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο</b>	
3.1 Γενικά υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά.....	19
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο</b>	
4.1 Γενικά.....	23
4.2 Δημογραφικά χαρακτηριστικά.....	23
4.3 Βοσκότοποι.....	24
4.4 Αγροτικές βιομηχανίες.....	24
4.4.1 Αγροτικοί συνεταιρισμοί.....	24
4.5. Φυτική παραγωγή.....	25
4.5.1 Ελαιοκομία.....	25
4.5.2 Αμπελουργία.....	25
4.5.3 Κηπευτικά υπό κάλυψη (θερμοκηπίου).....	25
4.6 Τριτογενής τομέας.....	28

4.7 Υποδομές Άρδευσης.....	28
----------------------------	----

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο

5.1 Γενικά.....	29
5.2 Υδρογεωλογικά στοιχεία του Δήμου Πελεκάνου.....	30
5.3 Υδρολογική λεκάνη Πελεκανιώτη-Σαρακινιώτη.....	33
5.4 Γεωμορφολογικά και υδρολογικά χαρακτηριστικά.....	37
5.5 Υδρογεωλογικές συνθήκες.....	39
5.6 Γεωλογική σύσταση.....	39
5.6.1 Στρωματογραφική διάρθρωση και τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά των σχηματισμών των θέσεων των έργων αντιπλημμυρικής προστασίας στην έξοδο του χειμαρροποτάμου Πελεκανιώτη και Σαρακινιώτη.....	39
5.7 Υδρολογικά στοιχεία για το ρέμα Πελεκανιώτη και Σαρακινιώτη.....	44
5.7.1 Γενικά.....	44
5.8 Συμπεράσματα γεωμορφολογικών – γεωλογικών και υδρολογικών δεδομένων.....	46
5.9 Βλάστηση – χλωρίδα – πανίδα.....	46
5.10 Στοιχεία σεισμικότητας της περιοχής.....	46
5.11 Προτεινόμενα μέτρα για την πρόληψη και την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων.....	47
5.11.1 Έδαφος.....	47
5.11.2 Νερά.....	47
5.12 Προτεινόμενα έργα κοίτης χειμαρροπόταμου Πελεκανιώτη.....	47
5.13 Συναγωγή σημαντικών πορισμάτων.....	48
5.14 Σκοπιμότητα του έργου αποκατάστασης χειμαρροπόταμου Πελεκανιώτη.....	49

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο

6.1 Πειραματικό μέρος.....	51
6.1.1 Διαδικασία δειγματοληψίας.....	51
6.1.2 Ποσότητα δείγματος.....	51
6.2 Υλικά και μέθοδοι ανάλυσης.....	52
6.2.1 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά.....	52
6.2.1.1 Θολερότητα.....	52
6.2.1.1.1 Νεφελομετρική μέθοδος.....	53
6.2.1.2 pH.....	53
6.2.1.2.1 Δειγματοληψία και συντήρηση δείγματος.....	53
6.2.1.2.2 Παρεμποδιστικές ουσίες και περιορισμοί μεθόδου.....	53
6.2.1.2.3 Τι πρέπει να γνωρίζουμε για το pH –μετρο.....	54
6.2.1.2.4 Αντιδραστήρια.....	54
6.2.1.2.5 Διαδικασία μέτρησης.....	55
6.2.1.3 Ηλεκτρική αγωγιμότητα.....	55
6.2.1.3.1 Γενικές πληροφορίες.....	55
6.2.1.3.2 Διαδικασία.....	56
6.2.1.4 Ολικά στερεά στους 105 <sup>0</sup> C.....	56
6.2.1.4.1 Περιγραφή διαδικασίας.....	56
6.2.1.5 Σκληρότητα (προσδιορισμός με τη μέθοδο EDTA).....	56
6.2.1.5.1 Αρχή μεθόδου.....	57

6.2.1.5.2 Εργαστηριακός εξοπλισμός.....	57
6.2.1.5.3 Αντιδραστήρια.....	57
6.2.1.5.4 Διάλυμα EDTA 0,01M.....	57
6.2.1.5.5 Περιγραφή διαδικασίας.....	57
6.2.1.5.6 Υπολογισμός.....	58
6.2.1.7 Νιτρικό άζωτο (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N).....	58
6.2.1.8 Διαλυμένο οξυγόνο.....	59
6.2.1.9 Χλωριόντα (Cl <sup>-</sup> ).....	59
6.2.1.9.1 Μέθοδος νιτρικού αργύρου.....	59
6.2.1.9.2 Παρεμποδιστικές ουσίες.....	59
6.2.1.9.3 Εργαστηριακός εξοπλισμός.....	59
6.2.1.9.4 Αντιδραστήρια.....	59
6.2.1.9.5 Βασική αρχή μεθόδου ανάλυσης.....	59
6.2.1.9.6 Υπολογισμοί.....	60
6.2.1.10 Θεικά SO <sub>4</sub> .....	60
6.2.1.10.1 Πειραματική διαδικασία.....	60
6.2.1.11 Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο – BOD.....	61
6.2.1.11.1 Αρχή της μεθόδου.....	61
6.2.1.11.2 Προετοιμασία δείγματος.....	61
6.2.1.12 Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο-COD.....	61
6.2.1.13 Προσδιορισμός μικροβιολογικού φορτίου.....	61
6.2.1.13.1 Περιγραφή διαδικασίας ανάλυσης – μέτρησης.....	62
6.2.1.14 Θερμοκρασία.....	62
6.2.1.15 Προσδιορισμός καλίου (Φωτομετρική μέθοδος).....	63
6.2.1.15.1 Αρχή της μεθόδου.....	64
6.2.1.15.2 Όργανα και σκευή.....	64
6.2.1.15.3 Αντιδραστήρια.....	64
6.2.1.15.4 Πειραματική διαδικασία.....	64
6.2.1.16 Προσδιορισμός νατρίου (Φωτομετρική μέθοδος).....	64
6.2.1.17 Προσδιορισμός ασβεστίου (Φωτομετρική μέθοδος).....	65

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο

7.1 Κακοδικιανός γέφυρα.....	66
7.2 Κακοδικιανός εκβολές.....	70
7.3 Πελεκανιώτης.....	74
7.4 Σύγκριση των μέσων όρων των ποταμών.....	78

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8ο

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	83
-------------------	----

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	85
-------------------	----

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σήμερα η απειλή από ένα πλήθος περιβαλλοντικών πιέσεων καθιστά αναγκαία τη γνώση εκείνων των παραγόντων που οδηγούν στην υποβάθμιση των υδάτινων οικοσυστημάτων και συγκεκριμένα του Κακοδικιανού και του Πελεκανιώτη. Η μελέτη αυτή εκτός από το αρχικά θεμελιώδες επιστημονικό ενδιαφέρον φιλοδοξούμε να έχει εφαρμογή στις θεμελιώδεις αρχές και στο σχεδιασμό των στρατηγικών διαχείρισης του οικοσυστήματος. Ευελπιστούμε, η παρούσα μελέτη να συμβάλλει στη γνώση που σχετίζεται με τους ποταμούς Κακοδικιανό και Πελεκανιώτη, να καταγράψει μέρος των προβλημάτων που σχετίζονται με τη ρύπανση και να οδηγήσει στη λήψη των απαιτούμενων μέτρων για την προστασία τους. Η παρούσα μελέτη έχει ως αντικείμενο την έρευνα και καταγραφή παραμέτρων ποιότητας όπως είναι η θερμοκρασία, pH, Αγωγιμότητα, Χλωριόντα(Cl<sup>-</sup>), Νιτρικά(NO<sub>3</sub>-N), Αμμωνιακά(NH<sub>4</sub>-N), Θειικά(SO<sub>4</sub>) Διαλυμένο οξυγόνο(DO%), Βιομηχανικά απαιτούμενο οξυγόνο(BOD<sub>5</sub>), Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο(COD), Ολικός φωσφόρος(PO<sub>4</sub>-P), Θολερότητα, Ολικά στερεά, Σύνολο διαλελημενών στερεών(TDS), Νάτριο(Na), Ασβέστιο(Ca), Κάλιο(K), Σκληρότητα, Φαινόλες, Ολικά κολοβακτήρια(Total coliforms), E-coli, Εντερόκοκκοι(S.faecalis), στους ποταμούς Κακοδικιανού και Πελεκανιώτη. Η έρευνα, οι επιτόπιες μετρήσεις και οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο Ελέγχου Ποιότητας Υδατικών & Εδαφικών Πόρων του Τμήματος Φυσικών Πόρων & Περιβάλλοντος του ΤΕΙ Κρήτης στα Χανιά.

### Abstract

Today the threat from a host of environmental stress requires knowledge of those factors leading to degradation of aquatic ecosystems and particularly of Kakodikianou and Pelekanioti. This study except for the first fundamental scientific interest aspire to apply the fundamental principles and design of strategic management of the ecosystem. Hopefully, this study contributes to knowledge associated with rivers and Kakodikiano Pelekanioti to record some of the problems associated with pollution and lead to the adoption of appropriate measures for their protection. The present study is to survey and record water quality parameters such as temperature, pH, conductivity, chlorine (Cl<sup>-</sup>), nitrate (NO<sub>3</sub>-N), ammonium (NH<sub>4</sub>-N), Sulphates (SO<sub>4</sub>) Dissolved Oxygen (DO% ), Biochemical Oxygen Demand (BOD<sub>5</sub>), Chemical Oxygen Demand (COD), Total Phosphorus (PO<sub>4</sub>-P), Turbidity, Total solids, Total dissolved solids (TDS), sodium (Na), calcium (Ca), potassium (K) , hardness, phenols, total coliforms, E-coli, Enterococci (S.faecalis), of the rivers Kakodikianou and Pelekanioti. The research, field measurements and analysis were carried out in the Laboratory of Water & Soil Resources Quality Control of the Department of Natural Resources & Environment, Technological Educational Institute of Crete in Chania.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

### 1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό είναι μοναδικός φυσικός πόρος, τόσο διότι είναι απαραίτητο για την επιβίωση του ανθρώπου και των άλλων οργανισμών, όσο και διότι, σε μακροχρόνια κλίμακα, θεωρητικά η συνολική διαθέσιμη ποσότητα νερού σε κάθε περιοχή, είναι περίπου σταθερή. Το παραδοσιακό μοντέλο διαχείρισης των υδατικών πόρων, όπως και οποιοδήποτε άλλου φυσικού πόρου, στηρίζεται στην τεχνοκρατική αντίληψη, σύμφωνα με την οποία σημασία έχει η οικονομική ανάπτυξη και η τεχνολογική πρόοδος και συνεπώς κάθε φυσικός πόρος αποτελεί μία από τις συνιστώσες της ανάπτυξης αυτής. Το αποτέλεσμα της μακροχρόνιας εφαρμογής του μοντέλου αυτού εκδηλώνεται τα τελευταία χρόνια, ιδιαίτερα στις αναπτυσσόμενες περιοχές, με την ανεπάρκεια νερού, η οποία οφείλεται στην αύξηση των απαιτήσεων σε νερό και την υποβάθμιση της ποιότητάς του. Ο όρος «ποιότητα του νερού» δεν συνιστά από μόνος του μία συγκεκριμένη αξία διότι υπόκειται εννοιολογικά και πρακτικά σε συνεχείς μεταβολές και συνεπώς πρέπει να θεωρείται και να μελετάται σε σχέση με τα οικολογικά συστήματα και τις διαφορετικές χρήσεις του νερού. Μόνο μία λεπτομερής ανάλυση των ποσοτικών και ποιοτικών απαιτήσεων των διαφορετικών χρήσεων του νερού, μπορεί να οδηγήσει στην εκτίμηση της ποιότητας και της επάρκειας ή της ανεπάρκειας των διαθέσιμων υδατικών πόρων.

### 1.2 Ποιότητα υδατικών πόρων και διαχρονικές μεταβολές της

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες η φυσική ποιότητα των υδατικών πόρων μεταβλήθηκε σημαντικά εξ' αιτίας των διαφόρων ανθρώπινων δραστηριοτήτων και χρήσεων του νερού. Οι περισσότερες περιπτώσεις ρύπανσης αναπτύχθηκαν βαθμιαία μέχρις ότου έγιναν φανερές και μετρήσιμες. Χρειάστηκε πολύς χρόνος μέχρι να φτάσει ο άνθρωπος στην αναγνώριση των προβλημάτων ρύπανσης και ακόμα περισσότερος για να γίνουν οι απαραίτητες μετρήσεις και οι έλεγχοι. Στα μέσα του εικοστού αιώνα και ταυτόχρονα με τη μεγάλη βιομηχανική ανάπτυξη, εμφανίστηκε στα μεγάλα ποτάμια της Ευρώπης και Β. Αμερικής, το πρόβλημα της σοβαρής εποχιακής μείωσης του οξυγόνου, το οποίο οφειλόταν στην υπερφόρτωση των ποταμών με αποικοδομούμενα οργανικά λύματα αστικής και βιομηχανικής προέλευσης. Το γεγονός αυτό προκάλεσε γενική υποβάθμιση της ποιότητας των νερών τους. Το πρόβλημα αυτό ακολούθησαν και άλλα διαφορετικής μορφής, έκτασης και έντασης ποιοτικά προβλήματα (ευτροφισμός, συσσώρευση βαρέων μετάλλων και οργανικών μικρορύπων, οξίνιση και τέλος αύξηση της συγκέντρωσης των νιτρικών).

Η υπερφόρτιση των υδατορευμάτων με βιοαποικοδομήσιμα οργανικά απόβλητα από τους παρόχθιους οικισμούς και βιομηχανίες αντιμετωπίστηκε με την εγκατάσταση βιολογικών σταθμών επεξεργασίας και το αποτέλεσμα ήταν η βαθμιαία αποκατάσταση της ποιότητας του νερού των ποταμών. Παράλληλα όμως εμφανίστηκε το πρόβλημα του ευτροφισμού, που οφείλεται στις εισροές κυρίως φωσφόρου και αζώτου. Ο έλεγχος του ευτροφισμού επιτεύχθηκε με την μείωση του φωσφορου, ενός από τα βασικά θρεπτικά συστατικά, αν και η αποκατάσταση των λιμνών και ταμιευτήρων γίνεται βραδώς και για την πλήρη αποκατάσταση τους απαιτείται αρκετός χρόνος. Στη δεκαετία του 1970 νέα προβλήματα εμφανίζονται από τη βαθμιαία αύξηση των βαρέων μετάλλων στα ιζήματα και στο νερό των ποταμών και λιμνών. Η βιοσυσσώρευση στα ψάρια είχε σαν αποτέλεσμα την ανάγκη επέμβασης στις πηγές τους, ιδιαίτερα των πιό επιβλαβών μετάλλων, όπως ο υδράργυρος και ο μόλυβδος. Την ίδια περίοδο η ρύπανση του περιβάλλοντος εισέρχεται σε μια νέα φάση από την παραγωγή και χρήση πολλών συνθετικών ουσιών. Το αποτέλεσμα είναι να υπάρχουν αυτές παντού σήμερα στα υπόγεια και επιφανειακά νερά. Οι επιπτώσεις στην υγεία των ανθρώπων και των οικοσυστημάτων άρχισαν να μελετούνται εντατικά και η έρευνα για τον έλεγχο, μείωση ή περιορισμό τους αποτελούν την κύρια προσπάθεια των επόμενων ετών.

Άλλα προβλήματα που εμφανίστηκαν αυτή την περίοδο είναι η ατμοσφαιρική μεταφορά των αερίων ρύπων από τις καύσεις των ορυκτών καυσίμων, η οξίνιση των λιμνών και των ποταμών και η μεταφορά των ρύπων αυτών στα υπόγεια νερά. Από τα πρώτα χρόνια της δεκαετίας του ογδόντα παρατηρήθηκε ότι τα νιτρικά στα υπόγεια και επιφανειακά νερά σε πολλές περιπτώσεις υπερβαίνουν τα συνιστώμενα όρια. Η αιτία είναι η εκτεταμένη χρήση των αζωτούχων λιπασμάτων και των στερεών αποβλήτων (ζώων και λάσπης βιολογικών

σταθμών). Τα τελευταία χρόνια τα περιβαλλοντικά προβλήματα επεκτείνονται σε παγκόσμια κλίμακα. Στα προβλήματα αυτά περιλαμβάνονται η αύξηση της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου από την αύξηση των εκπομπών κυρίως του CO<sub>2</sub>, η αύξηση του επιπέδου της θάλασσας από το λιώσιμο των πάγων των πόλων, οι μεγάλες και καταστροφικές πλημμύρες λόγω της αύξησης της ραγδαιότητας των βροχών, και η ερημοποίηση νέων εκτάσεων λόγω των κλιματικών αλλαγών.

Η χώρα μας, η οποία δεν ακολούθησε την ίδια πορεία ανάπτυξης με αυτή των χωρών της Βόρειας Ευρώπης, δεν αντιμετώπισε με την ίδια χρονολογική ακολουθία και ένταση παρόμοια προβλήματα ρύπανσης των επιφανειακών υδατικών πόρων της. Όμως η συγκέντρωση του πληθυσμού σε ορισμένα αστικά κέντρα, η ευρύτατη και ανεξέλεγκτη εφαρμογή χημικών λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων στη γεωργία, η ραγδαία αυξανόμενη εισαγωγή χημικών ουσιών στο περιβάλλον, η ευρύτατη διασυννοριακή μεταφορά ρύπων, η γενική αλλαγή των υδρογεωλογικών κύκλων και η απουσία συστηματικής εφαρμογής μέτρων ελέγχου, φέρνουν τη χώρα μας μπροστά σε προβλήματα ρύπανσης δεύτερης και τρίτης γενιάς, τη στιγμή που δεν έχουν ακόμα αντιμετωπιστεί επαρκώς τα «παραδοσιακά» προβλήματα ρύπανσης. Η ρύπανση και η μόλυνση των υδατικών πόρων απασχολεί επί δεκαετίες τη διεθνή κοινότητα. Η μόλυνση του νερού από παθογόνους μικροοργανισμούς είναι το κύριο πρόβλημα στις περισσότερες υπανάπτυκτες και αναπτυσσόμενες χώρες, ενώ η χημική ρύπανση του νερού έχει ανακύψει σαν εξίσου σοβαρή απειλή σ' όλες τις χώρες με γεωργική και βιομηχανική ανάπτυξη. Αυτοί οι κίνδυνοι για τον άνθρωπο και το περιβάλλον αναγνωρίστηκαν από τον Ο.Η.Ε. και το 1975, στα πλαίσια του προγράμματός του για το περιβάλλον (UNEP), ιδρύθηκε το Παγκόσμιο Περιβαλλοντικό Σύστημα Επιμελητείας (GEMS). Πολλά διεθνή προγράμματα ελέγχου εφαρμόστηκαν από την UNEP, τον Παγκόσμιο Οργανισμό Υγείας (WHO), τον Παγκόσμιο Οργανισμό Μετεωρολογίας (WMO), τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (FAO), τον Οργανισμό Εκπαίδευσης, Επιστήμης και Πολιτισμού (UNESCO) και άλλους διεθνείς και διακυβερνητικούς οργανισμούς. Ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην ποιότητα και τη συμφωνία των στοιχείων που λαμβάνονται (ίδιες μεθοδολογίες μέτρησης), γεγονός που αυξάνει την αξία και την εγκυρότητα των μετρήσεων, έτσι ώστε τα στοιχεία αυτά να καταστούν χρήσιμα δεδομένα για την εκτίμηση της κατάστασης του περιβάλλοντος.

Παρόμοια δράση ανέλαβε η ΕΟΚ (1977), θεσπίζοντας κοινή διαδικασία ανταλλαγής πληροφοριών σχετικά με την ποιότητα των γλυκών επιφανειακών νερών. Η απόφαση έχει τροποποιηθεί το 1986. Οι τρεις βασικοί στόχοι της απόφασης είναι: 1) Να χαρακτηριστεί ο βαθμός ρύπανσης των ποταμών της Κοινότητας και να χαραχθούν κατευθυντήριες γραμμές για τον έλεγχο της ρύπανσης και των οχλήσεων. 2) Να παρακολουθούνται οι μακροπρόθεσμες τάσεις και οι βελτιώσεις που προκύπτουν ως αποτέλεσμα της εφαρμογής της εθνικής και κοινοτικής νομοθεσίας. 3) Να καταστεί δυνατή η σύγκριση των αποτελεσμάτων των μετρήσεων που διενεργούνται στους σταθμούς δειγματοληψίας ή μετρήσεων. Τα κράτη μέλη μετρούν 19 συγκεκριμένες φυσικές, χημικές, μικροβιολογικές και βιολογικές παραμέτρους σε 126 σταθμούς, που βρίσκονται κυρίως στους μεγάλους ποταμούς της Ευρώπης και διαβιβάζουν τα αποτελέσματα των μετρήσεων στην Επιτροπή, κάθε χρόνο. Η Ελλάδα άρχισε να αναφέρει δεδομένα το 1982 από 6σταθμούς. Οι παράμετροι αυτές είναι: **Φυσικές:** Παροχή, Θερμοκρασία, pH και Αγωγιμότητα στους 20 °C. **Χημικές:** Χλωριόντα, Νιτρικά, Αμμώνιο, Διαλυμένο οξυγόνο, BOD<sub>5</sub>, COD, Ολικός φωσφόρος, Τασιενεργές ουσίες, Ολικό Κάδμιο και Υδράργυρος. **Μικροβιολογικές:** Κολοβακτηρίδια κοπράνων, Ολικά κολοβακτηρίδια, Στρεπτόκοκκοι κοπράνων και Σαλμονέλα. **Βιολογικές:** Βιολογικοί δείκτες.

Η Επιτροπή δημοσιεύει συγκεντρωτική έκθεση των δεδομένων αυτών κάθε τρία χρόνια. Η αξιολόγηση των χρονικών τάσεων των μετρούμενων παραμέτρων βασίζεται στις μέσες ετήσιες τιμές. Από το 1971 η εφαρμογή του προγράμματος εκτέλεσης ελέγχου ποιότητας αρδευτικών υδάτων από το Υπουργείο Γεωργίας, έχει δημιουργήσει ένα σημαντικό αρχείο στοιχείων ποιότητας των επιφανειακών και υπόγειων νερών της χώρας.

Η μελέτη της ποιότητας του νερού των υδατορευμάτων έχει απασχολήσει πολλούς ξένους και έλληνες επιστήμονες από το τέλος του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου και μετά, οπότε εμφανίστηκαν και τα πρώτα προβλήματα ρύπανσης. Ιδιαίτερα όμως κατά την τελευταία τριακονταετία και επειδή τα προβλήματα αυτά συνεχώς εντείνονται ή αλλάζουν μορφή και η ευαισθητοποίηση της κοινής γνώμης αυξάνεται, το ζήτημα δεν περιορίζεται στα



πλαίσια της επιστημονικής έρευνας, αλλά έγινε υπόθεση εθνική και διεθνής και η έρευνα βρίσκεται στην υπηρεσία διεθνών και εθνικών οργανισμών και φορέων θεσμοθέτησης, διαχείρισης και ελέγχου των υδατικών πόρων (Βοζινάκης & Κουγιάννη, 2004).

### 1.3 Πηγές και διαδικασίες ρύπανσης υπόγειων νερών

Η διαμόρφωση της ποιότητας του νερού στο έδαφος και τους υπόγειους υδροφορείς εξαρτάται από τη μεταφορά μάζας των διαφόρων ουσιών και στοιχείων που την καθορίζουν. Η ποιότητα του υπόγειου και εδαφικού νερού αναφέρεται στη χημική του σύνθεση, με τα διαλυμένα και αιωρούμενα υλικά, στην ενεργειακή του κατάσταση, και στους μικροοργανισμούς. Η διαμόρφωση της σύστασης του νερού είναι αποτέλεσμα φυσικών, χημικών, βιολογικών διαδικασιών και ανθρώπινης επέμβασης, είτε με την απευθείας εισαγωγή χημικών και βιολογικών ουσιών στα υπόγεια νερά, είτε έμμεσα επεμβαίνοντας στις φυσικές διαδικασίες που επηρεάζουν το σύστημα των υπόγειων νερών (π.χ. η εισροή θαλασσινού νερού). Η χημική σύσταση του υπόγειου νερού εξαρτάται μόνο από τις φυσικές διαδικασίες και είναι αποτέλεσμα της υδρογεωλογικής και γεωχημικής ιστορίας του. Η ανθρώπινη επέμβαση προσδιορίζεται σε περιοχές με σημαντική χρήση της γης, όπως στις αστικοποιημένες περιοχές, μεταλλεία και αγροτικές περιοχές.

Το νερό, είτε προέρχεται από τις βροχοπτώσεις ή από τα υγρά απόβλητα που εφαρμόζονται στο έδαφος είναι ο κύριος παράγοντας μεταφοράς ουσιών μέσα στο έδαφος. Το επιφανειακό νερό διηθείται στο έδαφος και διαμέσου της ακόρεστης ζώνης κινείται προς τους υπόγειους υδροφορείς, όπου διακλαδίζεται προς διάφορες διευθύνσεις ανάλογα με τις συνθήκες ροής που επικρατούν στον υδροφορέα. Το ρυπασμένο νερό ακολουθεί τις καθορισμένες διαδικασίες κίνησης του υπόγειου νερού. Με την παρέλευση του χρόνου η ένταση της ρύπανσης του νερού είτε μειώνεται μέσα στο υδροφορέα ή το ρυπασμένο νερό οδηγείται προς ένα φρεάτιο ή ευκαιριακά εξέρχεται στα επιφανειακά υδάτινα συστήματα (ποτάμια, λίμνες, θάλασσα). Η ταφή των στερεών αποβλήτων (χωματερές από σκουπίδια οικισμών και στερεών αποβλήτων βιομηχανιών) μπορεί να αποτελέσει αιτία υποβάθμισης της ποιότητας των υπόγειων νερών λόγω της έκπλυσης που προκαλεί το νερό που διέρχεται από τη μάζα των αποβλήτων. Τα εκπλύματα (leachates) αποτελούνται από το νερό που κατά την κίνησή του δια μέσου της μάζας των στερεών αποβλήτων εμπλουτίζεται με ρύπους και τα παράγωγα της αποικοδόμησης των αποβλήτων με τις χημικές και βιοχημικές αντιδράσεις.

Η άρδευση σε ξηρά και ημίξηρα κλίματα είναι υπεύθυνη για τη μεταφορά και εναπόθεση των ανόργανων ενώσεων και αλάτων στην ακόρεστη ζώνη. Λόγω της εξατμισοδιαπνοής, αυξάνει η συγκέντρωση των αλάτων στο εδαφικό νερό με αποτέλεσμα το νερό που διηθείται βαθιά να περιέχει διαλυμένα άλατα σε συγκεντρώσεις δύο και τρεις φορές μεγαλύτερες από αυτές του εφαρμοζόμενου νερού. Στα διαπερατά εδάφη, η περίσσεια νερού που περνά τη ζώνη παρασέρνει τα διαλυμένα υλικά (ιδιαίτερα τα ιόντα χλωρίου, θειικών, νιτρικών και νατρίου) στα υπόγεια νερά. Η επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση του νερού για άρδευση είναι μία σοβαρή διαδικασία συσσώρευσης των αλάτων στα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά.

Με την εφαρμογή των λιπασμάτων στο έδαφος, που συνήθως περιέχουν ανόργανα στοιχεία, προκαλείται αύξηση των λιπασματικών στοιχείων στο εδαφικό διάλυμα. Ποιοτικά οι πιο επιβλαβείς ρύποι για την υγεία του ανθρώπου, από τη γεωργία, είναι τα νιτρικά ιόντα, τα οποία με μεγάλη ευκολία μεταφέρονται με το νερό που διηθείται βαθιά δια μέσου της ακόρεστης ζώνης του εδάφους και της υπόγειας ροής στους υπόγειους υδροφορείς. Η άρδευση και η εφαρμογή των λιπασμάτων που περιέχουν ανόργανο άζωτο φαίνεται ότι συντελούν στην ταχύτερη αύξηση των νιτρικών σε πολλές αγροτικές περιοχές. Αλλά αύξησή τους μπορεί να παρατηρηθεί και σε μη αρδευόμενες περιοχές με οργανικά εδάφη. Σ' αυτή την περίπτωση τα νιτρικά απελευθερώνονται κατά την ανοργανοποίηση των φυτικών υπολειμμάτων και των ζωικών αποβλήτων που ενσωματώνονται στο έδαφος. Τα στερεά απόβλητα (κοπριές) των ζώων είναι επίσης σημαντικές πηγές νιτρικών και διαλυμένων αλάτων. Τα φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται σε μεγάλη κλίμακα στη γεωργία για την προστασία των καλλιεργειών από τα έντομα (εντομοκτόνα), μύκητες (μυκητοκτόνα) και βακτήρια (βακτηριοκτόνα) και την καταπολέμηση των ζιζανίων (ζιζανιοκτόνα) αποτελούν σημαντικό κίνδυνο ρύπανσης των υπογείων νερών. Παρότι οι που χρησιμοποιούνται σαν φυτοφάρμακα είναι ταχείας αποικοδόμησης, σημαντικές ποσότητες αυτών και των

προϊόντων της διάσπασής τους έχουν καταγραφεί στα υπόγεια νερά. Σημαντικό ρόλο για τη σοβαρότητα της ρύπανσης από τα αγροχημικά αποτελεί η τοξικότητα, η ποσότητα και ο χρόνος παραμονής της ουσίας στο έδαφος καθώς και ο τρόπος εφαρμογής τους στο έδαφος.

Οι πιο σπουδαίοι μικροοργανισμοί στα υπόγεια νερά είναι τα παθογόνα βακτήρια, οι μύκητες και διάφορα άλλα παράσιτα. Τα σοβαρότερα προβλήματα υγείας που προκαλούνται από τους μικροοργανισμούς του υπόγειου νερού είναι ο τύφος, η χολέρα και η ηπατίτιδα. Οι πηγές των μικροοργανισμών είναι τα ανθρώπινα και ζωικά λύματα και απόβλητα. Η ρύπανση των υπόγειων νερών προκαλείται από την εδάφια διάθεση των λυμάτων των σταθμών επεξεργασίας αστικών λυμάτων και σηπτικών δεξαμενών, τις εκπλύσεις από τους σκουπιδότοπους, και τις ποικίλες γεωργικές πρακτικές, όπως η διάθεση στο έδαφος της ζωικής κόπρου για οργανική λίπανση.

Τα μη αναμίξιμα με το νερό υγρά (non-aqueous phase liquids NAPLs), είναι ρύποι, που η παρουσία τους στην ακόρεστη ζώνη παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον τα τελευταία χρόνια. Γενικά τα NAPLs είναι υγρά τα οποία έχουν πυκνότητα μεγαλύτερη ή μικρότερη από του νερού. Διακρίνονται σε LNAPLs που είναι τα μη αναμίξιμα με το νερό υγρά με πυκνότητα μικρότερη από το νερό και σε DNAPLs που έχουν πυκνότητα μεγαλύτερη από το νερό. Παράδειγμα ελαφρότερων από το νερό είναι τα υγρά καύσιμα των υδρογονανθράκων, όπως η βενζίνη, το πετρέλαιο θέρμανσης, η κηροζίνη. Στα DNAPLs περιλαμβάνονται οι χλωριωμένοι υδρογονάνθρακες όπως οι τετραχλωράνθρακες, το 1,1,1 τριχλωροαιθάνιο, οι χλωροφαινόλες, τα χλωροβενζόλια, τα τετραχλωροαιθυλένια και τα πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs).

Η σημασία των NAPLs στα υπόγεια νερά οφείλεται στην εμμονή τους κάτω από το έδαφος και την ικανότητα που έχουν να ρυπαίνουν μεγάλους όγκους νερού λόγω της μικρής δυνατότητας απομάκρυνσής του. Η μετακίνηση των ουσιών αυτών στο έδαφος εξαρτάται από την ποσότητα που ελευθερώνεται στο έδαφος, τις φυσικές ιδιότητες του εδάφους και τη δομή του εδάφους δια μέσου του οποίου μετακινούνται.

Η μεταβολή της υδραυλικής ισορροπίας λόγω της άντλησης και υπεράντλησης των υπόγειων νερών είναι η αιτία για την εισροή νερών χαμηλής ποιότητας, υφάλμυρων ή εμπλουτισμένων με ιχνοστοιχεία και βαριά μέταλλα από διπλανούς, επάλληλους υδροφορείς και από τη θάλασσα. Είναι η αιτία της υφαλμύρωσης των παραθαλάσσιων υδροφορέων.

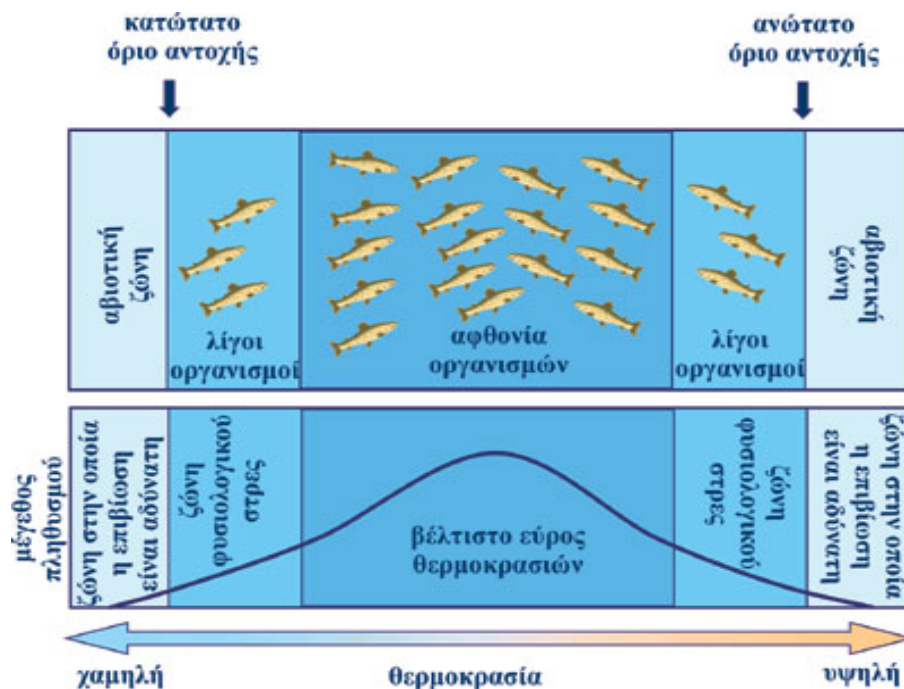
Η εκτίμηση της ρύπανσης των υπόγειων νερών και της επικινδυνότητας γίνεται με τη χρησιμοποίηση μαθηματικών μοντέλων που περιγράφουν τη μεταφορά μάζας, τους μετασχηματισμούς και τις αλληλοεπιδράσεις με τα στερεά του εδάφους στην κορεσμένη και ακόρεστη ζώνη. Λόγω της πληθώρας δεδομένων που απαιτούνται για την εφαρμογή των μοντέλων αυτών, την τελευταία δεκαετία, αναπτύσσονται απλοποιημένες διαδικασίες εκτίμησης της πιθανότητας ρύπανσης των υπόγειων νερών που μπορούν να εφαρμοστούν σε μεγάλη χωρική κλίμακα και για διαφορετικές περιβαλλοντικές συνθήκες. Απλά μοντέλα δείκτες που χρησιμοποιούνται την τελευταία δεκαετία για τον προσδιορισμό των ευπρόσβλητων περιοχών των υπόγειων νερών είναι το DRASTIC, οι παράγοντες εξασθένησης και επιβράδυνσης (AF, Rf) και ο δείκτης έκπλυσης (LI). Με τους δείκτες αυτούς μπορούν να παραχθούν χάρτες ευπρόσβλητικότητας των υπόγειων νερών που αποτελούν τη βάση για τη διαχείριση χρήσεων γης και εκμετάλλευσης των υδατικών πόρων ώστε να μειωθούν οι κίνδυνοι επέκτασης της υποβάθμισης των υπόγειων νερών (Βοζινάκης & Κουγιάννη, 2004).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### 2.1 ΦΥΣΙΚΟΧΗΜΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

#### 2.1.1 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία είναι καθοριστικός παράγοντας στη λειτουργία του οικοσυστήματος της λίμνης επειδή επηρεάζει τη διαλυτότητα του οξυγόνου και άλλων συστατικών, το μεταβολισμό των υδρόβιων οργανισμών αλλά και τη διαδικασία διάσπασης των οργανικών ουσιών που υπάρχουν. Οι τιμές των βέλτιστων θερμοκρασιών για τους υδρόβιους φυτικούς και ζωικούς οργανισμούς ποικίλουν (Σχήμα 2.1).



Εικόνα 2.1 Η θερμοκρασία επηρεάζει τους υδρόβιους πληθυσμούς.

Οι υδρόβιοι πληθυσμοί μπορούν να διακριθούν γενικά σε θερμοανθεκτικούς με αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες και σε ψυχοανθεκτικούς με αντοχή στις χαμηλές θερμοκρασίες. Όσον αφορά το εύρος των θερμοκρασιών μέσα στο οποίο είναι δυνατή η επιβίωση των υδρόβιων πληθυσμών, οι διάφοροι οργανισμοί μπορούν να διακριθούν σε ευρύθερμους, με ανθεκτικότητα σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών και σε στενόθερμους, με ανθεκτικότητα σε μικρές μόνο μεταβολές της θερμοκρασίας.

Όσο η θερμοκρασία του νερού πλησιάζει τη βέλτιστη τιμή για κάποιους υδρόβιους οργανισμούς, τόσο οι οργανισμοί αυτοί γίνονται περισσότερο δραστήριοι, καταναλώνουν περισσότερη τροφή και χρησιμοποιούν περισσότερο οξυγόνο.

Συνεπώς, η θερμοκρασία του νερού όχι μόνο διαμορφώνει τη σύνθεση των βιοκοινοτήτων, αλλά επιδρά και στη συμπεριφορά τους και στο μέγεθος κατ' επέκταση των πληθυσμών τους.

Η θερμοκρασία μαζί με το διαλυμένο οξυγόνο αποτελούν τις σημαντικότερες ίσως παραμέτρους που επηρεάζουν τη ζωή των υδρόβιων οργανισμών. Όλοι οι υδρόβιοι οργανισμοί μπορούν να ζήσουν σε πολύ συγκεκριμένο εύρος θερμοκρασιών, το ξεπέρασμα του οποίου επιφέρει, αρχικά «στρες» και στη συνέχεια το θάνατο. Γι' αυτό η μέτρηση της θερμοκρασίας πρέπει να συνοδεύει κάθε δειγματοληψία.

Η θερμοκρασίας είναι ακόμη απαραίτητη στη διαδικασία μέτρησης ορισμένων χαρακτηριστικών του νερού, όπως το pH, η αγωγιμότητα, η αλατότητα, το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο κλπ.

Επίσης, σε ωκεανογραφικές και λιμνολογικές έρευνες, η μέτρηση της θερμοκρασίας μαζί με εκείνη του βάθους, του διαλυμένου οξυγόνου και της αλατότητας είναι βασική προϋπόθεση προκειμένου να υπολογιστεί το επίπεδο κορεσμού του νερού σε οξυγόνο.

Η θερμοκρασία των επεξεργασμένων αποβλήτων που αποχετεύονται στη θάλασσα ή άλλα επιφανειακά νερά επίσης, πρέπει να βρίσκεται σε ορισμένα όρια (25-40 °C) και πρέπει να ελέγχεται τακτικά σύμφωνα με τη νομοθεσία μας (Κουιμτζή & Σαμαρά, 1994).

### 2.1.2 pH

Το pH του νερού αποτελεί ένα μέτρο της ισορροπίας όξινων και βασικών ενώσεων που βρίσκονται σε διάλυση. Υπάρχει μια κλίμακα μέτρησης του pH με εύρος από 0 - 14. Στην κλίμακα αυτή το 7 σημαίνει ουδέτερο διάλυμα από 7 και κάτω το διάλυμα γίνεται όξινο ενώ πάνω από το 7 το διάλυμα γίνεται αλκαλικό.

Το pH των φυσικών νερών έχει ιδιαίτερη σημασία για τους ζωντανούς οργανισμούς οι οποίοι παρουσιάζουν μικρή αντοχή στις μεταβολές του. Κάποια είδη σαύρας και βατράχων είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στις μεταβολές του κυρίως στο χαμηλό pH.

Μελέτες έχουν δείξει ότι νερά με pH μεταξύ 6,7 και 8,6 βοηθούν την ανάπτυξη των ψαριών με άριστες τιμές 7,5 έως 8,5. Όσο οι τιμές του pH βρίσκονται μέσα σε αυτά τα όρια δεν υπάρχει δυσμενής επίπτωση για την ανάπτυξη της ζωής και για την αναπαραγωγή. Πολλά είδη ψαριών βέβαια μπορούν να ζήσουν και σε νερά με τιμές υψηλότερες ή χαμηλότερες.

Αν διαπιστώσουμε ότι μια υδάτινη μάζα έχει pH έξω από τα όρια 7 - 8,5 τότε πρέπει να υποπτευθούμε ότι υπάρχει μόλυνση και ρύπανση του νερού.

Οι υψηλές τιμές pH μπορούν να έχουν έμμεσες επιπτώσεις στην υγεία, αφού μειώνουν την απολυμαντική ικανότητα της χλωρίωσης και συντελούν στην αύξηση της διάβρωσης των σωλήνων, αυξάνοντας έτσι τις συγκεντρώσεις των διαλυμένων αλάτων στο νερό. Υψηλές τιμές, pH μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα αισθητικής, όπως έντονο χρωματισμό και πικρή γεύση (Κουιμτζή & Σαμαρά, 1994).

### 2.1.3 Ηλεκτρική αγωγιμότητα

Η αγωγιμότητα ορίζεται ως το αντίστροφο της αντίστασης  $R$  ( $L=1/R$ ) και εκφράζει την ευκολία με την οποία το ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται μέσα από τους διάφορους αγωγούς. Η μονάδα μέτρησης της ειδικής αγωγιμότητας είναι  $mhos/cm$  ή  $dS/m$ ,  $1 dS/m = 1 mhos/cm$ . Η ειδική αγωγιμότητα του νερού επηρεάζεται σημαντικά από τη θερμοκρασία.

Είναι μία πολύ χρήσιμη παράμετρος στον έλεγχο της ποιότητας και του βαθμού ρύπανσης των νερών. Η παράμετρος αυτή δίνει ένα μέτρο της συγκέντρωσης των διαλυμένων αλάτων στο νερό. Ως εκ τούτου δε μπορεί να συνδεθεί άμεσα με την υγεία. Επομένως, μπορεί να θεωρηθεί μόνο σαν μία σημαντική λειτουργική παράμετρος.

Το, νερό που διέρχεται μέσα από ασβεστόλιθους, που αποτελούν την πλειοψηφία των ελληνικών βουνών, διαλύει σημαντική ποσότητα ανθρακικού ασβεστίου ( $CaCO_3$ ) που συντελεί στην αύξηση της αγωγιμότητας. Έτσι το νερό των γεωτρήσεων και των χειμάρρων είναι συνήθως πάνω από  $250 \mu S/cm$ .

Επίσης η τιμή της ειδικής αγωγιμότητας μας πληροφορεί για:

- Το βαθμό καθαρότητας του αποιονισμένου νερού και
- Το βαθμό επιβάρυνσης του νερού της βροχής με διάφορα ιόντα.

Οι καθαρές βροχές έχουν κατά κανόνα τιμές αγωγιμότητας που κυμαίνονται από 20-50  $\mu S/cm$ . Βροχές που σχηματίζονται ή περνούν από περιοχές με αυξημένη ρύπανση εμφανίζουν αυξημένες τιμές οι οποίες ορισμένες φορές φθάνουν και τα  $500 \mu S/cm$  (Κουιμτζή & Σαμαρά, 1994).

### 2.1.4 Ολικά στερεά

Μία από τις πιο σημαντικές παραμέτρους του νερού και των υγρών αποβλήτων είναι η συγκέντρωση των ολικών στερεών σωματιδίων που συνίσταται από αιωρούμενη, καθιζώμενη, κολλοειδή και διαλυμένη μάζα. Ως ολικά στερεά σωματίδια ορίζεται όλη εκείνη η μάζα που παραμένει ως στερεό υπόλειμμα, όταν ένα δείγμα νερού ή υγρών αποβλήτων υποστεί εξάτμιση στους  $105^\circ C$ .

Από άποψη ρύπανσης του υδάτινου περιβάλλοντος μεγάλη σημασία έχουν τα αιωρούμενα στερεά, γιατί κατά τη διοχέτευση των απόβλητων σε έναν υδάτινο φορέα συσσωρεύονται στον πυθμένα δημιουργώντας στρώμα λάσπης και ανεπιθύμητες αναερόβιες συνθήκες για το οικοσύστημα του φορέα.

Μία αναλυτική έκφραση που συνδέει με ικανοποιητική ακρίβεια (της τάξης του 10%) την ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) με τα TDS (Total Dissolved Solids - TDS) είναι η ακόλουθη:  
$$\text{TDS (mg/l)} = 640 \times \text{EC (mmhos ή dS/m)}$$

Όσον αφορά το πόσιμο νερό, η παράμετρος των TDS χρησιμοποιείται, κυρίως, στην αξιολόγηση της ποιότητάς του με ανώτατη επιτρεπτή τιμή 1500 mg/L. Συνήθως, όμως, οι τιμές του πόσιμου νερού κυμαίνονται στα 300-400 mg/L (Κουιμτζή & Σαμαρά, 1994).

### 2.1.5 Σκληρότητα

Η σκληρότητα του νερού είναι μια χαρακτηριστική ιδιότητα του νερού που οφείλεται στην παρουσία διαλυμένων αλάτων ασβεστίου και μαγνησίου δεσμευμένων με ανθρακικά και δισανθρακικά ιόντα σχηματίζοντας τις ενώσεις  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ ,  $\text{CaCO}_3$  κτλ. Η σκληρότητα μπορεί να προέλθει και από άλλα κατιόντα, συνήθως όμως, η συμμετοχή τους στη σκληρότητα είναι μικρή και είναι δύσκολο να προσδιοριστεί.

Όταν αναφερόμαστε στη σκληρότητα τη διακρίνουμε σε ολική, ανθρακική και μη ανθρακική. Η ολική σκληρότητα έχει αριθμητική τιμή, ίση με το άθροισμα της ανθρακικής και μη ανθρακικής σκληρότητας.

Η ανθρακική σκληρότητα αντιστοιχεί στον παλιότερο όρο "παροδική σκληρότητα" και η μη ανθρακική σκληρότητα στον όρο "μόνιμη" ή "παραμένουσα σκληρότητα". Ο προσδιορισμός της ανθρακικής σκληρότητας γίνεται με τον προσδιορισμό της αλκαλικότητας.

Στην περίπτωση που η ολική σκληρότητα έχει αριθμητική τιμή, μεγαλύτερη από την ολική αλκαλικότητα (ανθρακική και δισανθρακική), τότε η αλκαλικότητα εκφράζει την ανθρακική ή παροδική σκληρότητα. Η διαφορά της αλκαλικότητας από την ολική σκληρότητα, εκφράζει την μη ανθρακική ή μόνιμη σκληρότητα.

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

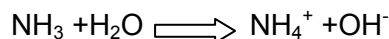
Η σκληρότητα εκφράζεται με διάφορες μονάδες μέτρησης. Οι συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες μονάδες είναι: mg/l  $\text{CaCO}_3$ , mmole/l και meq/l αλκαλικών ιόντων ή Γαλλικοί, Γερμανικοί και Βρετανικοί βαθμοί.

Η σκληρότητα του νερού παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις, από μηδενική τιμή έως αρκετές εκατοντάδες mg/l  $\text{CaCO}_3$ , ανάλογα με την προέλευση και επεξεργασία που έχει υποστεί. Η σκληρότητα των φυσικών νερών οφείλεται στη γεωλογική σύσταση των πετρωμάτων από τα οποία διέρχεται το νερό (Κουιμτζή & Σαμαρά, 1994).

## 2.2 ΑΝΟΡΓΑΝΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

### 2.2.1 Αμμωνιακά ιόντα

Το αμμωνιακό άζωτο μπορεί να βρίσκεται υπό την μορφή αμμωνιακών ιόντων ( $\text{NH}_4^+$ ) ή ελεύθερης αμμωνίας ( $\text{NH}_3$ ), ανάλογα με το pH του διαλύματος, σύμφωνα με την παρακάτω σχέση ισορροπίας:



Η αμμωνία είναι προϊόν αποσύνθεσης των φυτικών και ζωικών πρωτεϊνών και απορριμμάτων. Σχηματίζεται ακόμα από την διάσπαση της ουρίας και του ουρικού οξέος. Με δεδομένο ότι πολλά λιπάσματα περιέχουν αμμωνία και ενώσεις αμμωνίας, η έκπλυση των χωραφιών μπορεί να συμβάλλει στην αύξηση της συγκέντρωσης της αμμωνίας στο νερό. Μελετώντας κάποιος τον κύκλο του αζώτου σε ένα φυσικό οικοσύστημα καταλαβαίνει και τον ρόλο της αμμωνίας.

Το αμμώνιο δεν επηρεάζει την υγεία στις συνήθεις συγκεντρώσεις που απαντάται στο πόσιμο νερό (συνήθως κάτω από 0,5 mg/L) αλλά ούτε και σε υψηλότερες. Συνήθως αυξημένες συγκεντρώσεις γίνονται αντιληπτές με την οσμή. Εν τούτοις, είναι ιδιαίτερης σημασίας για το πόσιμο νερό επειδή είναι δείκτης κοπρανώδους μόλυνσης και αντιδρά με το χλώριο που τυχόν προστίθεται για απολύμανση και μειώνει την αποτελεσματικότητά του. Η ύπαρξη αυξημένων συγκεντρώσεων αμμωνίου ευνοεί την ανάπτυξη αυτοχθόνων βακτηρίων

και φυκών στο νερό επειδή αποτελεί βασικό θρεπτικό συστατικών αυτών. Επίσης το αμμώνιο συμβάλλει σημαντικά στη διάβρωση του χαλκού και των κραμάτων αυτού.

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία, στη χώρα μας, η ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση αμμωνιακών στο πόσιμο νερό είναι 0,50 mg/L (Κουιμτζή & Σαμαρά,1994).

### 2.2.2 Νιτρικά ιόντα

Το νιτρικό ιόν είναι η σταθερή μορφή του οξειδωμένου αζώτου. Στη φύση μπορεί να υποστεί αναγωγή και μετατροπή του σε νιτρώδες μέσω βακτηριακής δράσης.

Τα νιτρικά άλατα χρησιμοποιούνται κυρίως ως λιπάσματα. Η εντατικοποίηση της αγροτικής παραγωγής οδήγησε στη χρήση, μετά το 1950, τεράστιων ποσοτήτων λιπασμάτων που περιείχαν άζωτο με την μορφή των νιτρικών ιόντων. Τα νιτρικά ιόντα είναι προϊόν της αποικοδόμησης των πρωτεϊνών στο νερό. Τα φυτά δεν αξιοποιούν το σύνολο του προστιθέμενου αζώτου και σε συνδυασμό με την μεγάλη διαλυτότητα των νιτρικών ιόντων στο νερό αυτά παρασύρονται προς τα βαθύτερα υδροφόρα στρώματα. Εκεί αν επικρατούν αερόβιες συνθήκες παραμένουν σαν νιτρικά ενώ αν επικρατούν αναερόβιες συνθήκες ανάγονται σε νιτρώδη ιόντα αλλά η διαδικασία αυτή μπορεί να φθάσει και μέχρι πλήρους μετατροπής σε μοριακό άζωτο.

Ο κίνδυνος είναι ιδιαίτερα μεγάλος για τα νεογνά μέχρι ηλικίας 3 μηνών τα οποία μπορούν να πάθουν ένα είδος αναιμίας, τη μεθαιμογλοβιναιμία, γνωστή και ως κυάνωση του βρέφους. Η αιμογλοβίνη των νεογνών είναι πιο επιρρεπής σε μετατροπή σε μεθαιμογλοβίνη σε σχέση με τα μεγαλύτερα παιδιά και τους ενήλικες.

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία, στη χώρα μας, η ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση νιτρικών στο πόσιμο νερό είναι 50 mg/L (Κουιμτζή & Σαμαρά,1994).

### 2.2.3 Φώσφορος

Στα επιφανειακά νερά και στα απόβλητα, ο φώσφορος απαντάται σε πολλές μορφές, πιο συχνά με τη μορφή ορθοφωσφορικών ( $H_2PO_4^-$ ,  $HPO_4^{2-}$ ,  $PO_4^{3-}$ ) και πολυορθοφωσφορικών (π.χ.  $Na_3(PO_3)_6$ ) ιόντων και ως οργανικός φώσφορος, δεσμευμένος σε οργανικές ενώσεις.

Όταν τα νερά είναι καθαρά, τα ορθοφωσφορικά ιόντα ανιχνεύονται σε μικρές μόνο ποσότητες. Τα ιόντα αυτά προέρχονται κατά το πλείστον από τις βροχές και από τη διάβρωση ορθοφωσφορικών πετρωμάτων. Η παρουσία τους οφείλεται και σε πολλές άλλες πηγές, φυσικής ή ανθρωπογενούς προέλευσης. Λύματα και απόβλητα καταλήγουν στους επιφανειακούς αποδέκτες, επιβαρημένα με σημαντικές ποσότητες φωσφόρου. Τα φωσφορούχα λιπάσματα που εφαρμόζονται στις καλλιέργειες, δε δεσμεύονται ποσοτικά από τα φυτά ή το έδαφος και έτσι οι εκπλήξεις εδαφών περιέχουν και αυτές σημαντικά φορτία φωσφόρου.

Ο φώσφορος είναι το βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη των οργανισμών και η έλλειψή του μπορεί να περιορίσει την ανάπτυξη της πρωτογενούς παραγωγής σε μια υδατική μάζα. Σε περιπτώσεις όπου ο φώσφορος είναι περιοριστικός παράγοντας, η διοχέτευση επεξεργασμένων ή ανεπεξέργαστων λυμάτων, κτηνοτροφικών αποβλήτων, εκπλύσεων γεωργικών εδαφών ή ορισμένων βιομηχανικών αποβλήτων μπορεί να προκαλέσει την υπέρμετρη ανάπτυξη φωτοσυνθετικών, υδρόβιων φυτών ή μακρόφυτων που με τη σειρά τους προκαλούν ευτροφισμό. Ο ευτροφισμός αποτελεί ένα ευρέως διαδεδομένο πρόβλημα σε ποταμούς, λίμνες, εκβολές ποταμών και παράκτιες περιοχές.

Μία από τις μεγαλύτερες πηγές ορθοφωσφορικών ως ρυπαντές των νερών είναι τα απορρυπαντικά. Η αντίδραση συνθετικών απορρυπαντικών με ιόντα ασβεστίου και μαγνησίου για να σχηματίσουν σύμπλοκα ιόντα, ελατώνει την ικανότητα καθαρισμού των απορρυπαντικών. Τα πολυφωσφορικά ιόντα, τα οποία είναι ανιόντα που περιέχουν διάφορες φωσφορικές ομάδες ενωμένες με κοινό άτομο οξυγόνου, προστίθενται στα απορρυπαντικά ως πρόσθετα, σχηματίζοντας έτσι ευδιάλυτα σύμπλοκα με τα μέταλλα αυτά. Με τον τρόπο αυτό επιτρέπουν τα μόρια του απορρυπαντικού να δράσουν ως παράγοντες καθαρισμού, παρά να είναι δεσμευμένα ως σύμπλοκα με τα ιόντα  $Ca^{2+}$  και  $Mg^{2+}$ . Ένας άλλος ρόλος των προσθέτων είναι ότι μετατρέπουν το νερό πλυσίματος σε αλκαλικό, γεγονός που βοηθάει στην απομάκρυνση των ρύπων από διάφορους τύπους υφασμάτων.

Σύμφωνα με την νομοθεσία το επιθυμητό όριο ορθοφωσφορικών στο πόσιμο νερό είναι 0,4 mg/L  $P_2O_5$  ενώ το ανώτατο όριο είναι 0,7 mg/L (Κουιμτζή & Σαμαρά, 1994).

#### 2.2.4 Διαλυμένο οξυγόνο

Η συγκέντρωση του οξυγόνου στο νερό επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η πίεση, η ηλιοφάνεια, ο κυματισμός, τα ρεύματα, η περιεκτικότητα σε ανόργανα άλατα και οργανικές ουσίες, περιεχόμενο σε μικροοργανισμούς κ.α. Από τους παράγοντες αυτούς, εκείνοι που επηρεάζουν περισσότερο τη διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό, είναι η θερμοκρασία (αυξανόμενης της θερμοκρασίας μειώνεται η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό και αντιστρόφως), η αλατότητα (αυξανόμενης της αλατότητας μειώνεται η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό και αντιστρόφως) και η πίεση (αυξανόμενης της πίεσης μειώνεται η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό και αντιστρόφως). Έτσι κάτω από δεδομένες συνθήκες θερμοκρασίας, αλατότητας και πίεσης η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό είναι συγκεκριμένη και εφόσον δεν υπάρχουν άλλοι παράγοντες μπορεί να υπολογιστεί ή να βρεθεί από πίνακες. Η τιμή αυτή αντιστοιχεί στην τιμή κορεσμού του νερού σε οξυγόνο και αποτελεί μέτρο για την κατάσταση των επιφανειακών υδάτων. Υπάρχουν πολλοί παράγοντες που μπορούν να μειώσουν την περιεκτικότητα του νερού σε οξυγόνο (σε σχέση με την τιμή κορεσμού), όπως οι οργανικές ουσίες από λύματα ή απόβλητα που για την αποσύνθεσή τους (από αερόβιους μικροοργανισμούς) απαιτούν την κατανάλωση οξυγόνου. Αντίθετα πρόσδοση οξυγόνου στο νερό γίνεται από τους φωτοσυνθέτοντες οργανισμούς, όπως είναι τα μικροφύκη και τα υδρόβια φυτά. Πολλές φορές μάλιστα σε συνθήκες ευτροφισμού, παρατηρείται το φαινόμενο, την ημέρα να υπάρχει υπερκορεσμός σε οξυγόνο ενώ την νύχτα και ιδιαίτερα τις πρώτες πρωινές ώρες να παρατηρείται σημαντική μείωση του οξυγόνου (σε σχέση με την τιμή κορεσμού) που σε ορισμένες περιπτώσεις μπορεί να φτάσει το επίπεδο ανοξίας. Το φαινόμενο αυτό συναντάται ιδιαίτερα σε λίμνες και σε κλειστούς κόλπους.

Συνεπώς από μόνη της η μέτρηση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό, δεν μπορεί να αξιολογηθεί, παρά μόνο εφόσον συνοδεύεται από τη μέτρηση της θερμοκρασίας και της αλατότητας (στα θαλασσινά νερά).

Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία στη χώρα μας, τα πόσιμα νερά πρέπει να έχουν διαλυμένο οξυγόνο 75% τουλάχιστον της τιμής κορεσμού, στα νερά κολύμβησης το διαλυμένο οξυγόνο πρέπει να είναι 80-120% της τιμής κορεσμού, ενώ στα γλυκά νερά, στα οποία διαβίουν πέστροφες και άλλα είδη της οικογένειας των σαλμονιδών, το διαλυμένο οξυγόνο πρέπει να είναι στο 50% των εξετασθέντων δειγμάτων μεγαλύτερο από 9 και στο 100% των δειγμάτων μεγαλύτερο από 6 (Κουιμτζή & Σαμαρά, 1994).

#### 2.2.5 Χλωριόντα

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

Υψηλές συγκεντρώσεις χλωριόντων αλλοιώνουν τα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά του πόσιμου νερού, αυξάνουν το ρυθμό διάβρωσης των μεταλλικών επιφανειών και έχουν βλαβερές συνέπειες στην ανάπτυξη των περισσότερων φυτών.

Υπάρχουν πολλές μέθοδοι για τον προσδιορισμό των χλωριόντων. Η μέθοδος νιτρικού αργύρου είναι η παλαιότερη και συνηθέστερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος, κατάλληλη για σχετικά καθαρά νερά με συγκέντρωση χλωριόντων από 1,5 έως 100 mg/L. Πρόκειται για ογκομετρική μέθοδο που στηρίζεται στη δέσμευση των χλωριόντων υπό τη μορφή  $AgCl_2$ , παρουσία δείκτη χρωμικού καλίου κατά την ογκομέτρηση ορισμένης ποσότητας δείγματος με διάλυμα νιτρικού αργύρου ( $AgNO_3$ ).

Το ποσό των χλωριόντων που προσλαμβάνει ο άνθρωπος από το πόσιμο νερό είναι ελάχιστο σε σχέση με αυτό που προσλαμβάνει από την τροφή του. Με βάση αυτό που η ΠΟΥ δεν το θεωρεί σαν μια παράμετρο που σχετίζεται με την υγεία, αλλά σαν μια παράμετρο που επηρεάζει την αισθητική του πόσιμου νερού και έτσι έχει προσδιορίσει την επιθυμητή

τιμή. Τα χλωριόντα πρέπει επίσης να ελέγχονται και σαν λειτουργική παράμετρος στον βαθμό που επιταχύνουν την διαδικασία της διαβρώσεως.

Σε ουδέτερο ή ελαφρά αλκαλικό περιβάλλον (pH 8,3) και παρουσία δείκτη χρωμικού καλίου, γίνεται ποσοτική καταβύθιση των χλωριόντων, με σχηματισμό χλωριούχου αργύρου και χρωμικού αργύρου. Ο χλωριούχος άργυρος έχει καταβυθιστεί ποσοτικά όταν αρχίζει να εμφανίζεται το κόκκινο χρώμα του χρωμικού αργύρου. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε νερά και απόβλητα με συγκεντρώσεις χλωριόντων από 1,5 ως 100 mg/l (Κουιμτζή & Σαμαρά, 1994).

### 2.2.6 Θεϊικά ιόντα

Η παρουσία των θειικών ιόντων στα επιφανειακά και υπόγεια νερά οφείλεται από την γεωλογική σύσταση των πετρωμάτων από τα οποία διέρχεται το νερό ή σε ορισμένες χρήσεις του νερού από τον άνθρωπο. Η συγκέντρωση των θειικών ιόντων στα φυσικά νερά παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις, ανάλογα με το είδος των πετρωμάτων από τα οποία διέρχονται και το είδος και την ένταση των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων.

Ο έλεγχος των θειικών ιόντων στο νερό έχει μεγάλη σημασία γιατί έχει βρεθεί ότι τα θειικά άλατα ασβεστίου και μαγνησίου έχουν καθαρτική δράση στον ανθρώπινο οργανισμό, γι' αυτό και το ανώτερο επιτρεπτό όριο θειικών ιόντων στο πόσιμο νερό είναι 250mg/L (Κουιμτζή & Σαμαρά, 1994).

## 2.3 ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ

### 2.3.1 Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο - B.O.D (Biochemical Oxygen Demand)

Το οργανικό φορτίο που βρίσκεται σ' ένα φυσικό υδάτινο οικοσύστημα, μαζί με ορισμένα ανόργανα συστατικά αποτελεί κατάλληλο θρεπτικό υλικό για μια ποικιλία μικροοργανισμών. Οι μικροοργανισμοί αυτοί για να εξασφαλίσουν την ενέργεια που τους χρειάζεται, αφομοιώνουν τις οργανικές αυτές ουσίες μ' έναν πολύπλοκο μηχανισμό.

Ο μηχανισμός αυτός καταλήγει τελικά στη διάσπαση των οργανικών ουσιών και στη μετατροπή τους στην πιο σταθερή μορφή που είναι ανόργανα άλατα, ενώ ταυτόχρονα εκλύονται διάφορα αέρια. Η αποικοδόμηση είναι αερόβια όταν υπάρχει διαλυμένο στο νερό οξυγόνο και γίνεται από αερόβιους μικροοργανισμούς με τελικά προϊόντα  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_3^{2-}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  και αναερόβια όταν δεν υπάρχει διαλυμένο ελεύθερο οξυγόνο και γίνεται από αναερόβιους οργανισμούς με τελικά προϊόντα  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ , που είναι δύσσομα, τοξικά κι εκρηκτικά κι επηρεάζουν την υγεία φυτών και ζώων. Γι' αυτό μας ενδιαφέρει να επικρατούν στο περιβάλλον αερόβιες συνθήκες αποδόμησης.

Το οξυγόνο που χρειάζεται για τη βιοχημική αποδόμηση των οργανικών ουσιών του υδάτινου αποδέκτη από αερόβιους μικροοργανισμούς ονομάζεται βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο (Biochemical Oxygen Demand).

Το βιοχημικά απαιτούμενο οξυγόνο αποτελεί σήμερα μια σημαντική παράμετρο όσον αφορά την ποιότητα του νερού. Αποτελεί ένδειξη για το βαθμό της οργανικής ρύπανσης που προκαλεί το αποσυντιθέμενο οργανικό υλικό.

Το B.O.D. μετρά το ποσό του οξυγόνου που καταναλώνουν οι μικροοργανισμοί όχι μόνο για την αποικοδόμηση μιας ρυπαντικής ουσίας αλλά όλου του υπάρχοντος οργανικού υλικού.

Το οργανικό υλικό στα νερά προέρχεται από αστικά λύματα, γεωργοκτηνοτροφικά και βιομηχανικά απόβλητα, καθώς και υπολείμματα σοδειάς, λιπάσματα, φυτοφάρμακα, όπως επίσης και από τη φυσική βλάστηση της περιοχής που όταν αποξηραίνεται εμπλουτίζει τους αποδέκτες. Επειδή η αποσύνθεση του οργανικού αυτού υλικού απαιτεί οξυγόνο, η μέτρηση του B.O.D. μας διευκολύνει να εκτιμήσουμε τα επίπεδα της ρύπανσης.

Τα ρυπασμένα νερά αυτοκαθαρίζονται βιολογικά με τους αερόβιους αποικοδομητές - βακτήρια χρησιμοποιώντας το διαλυμένο οξυγόνο. B.O.D 20mg/l σημαίνει ότι 20 mg οξυγόνου καταναλώνονται σε ένα λίτρο ακάθαρτων νερών σε 5 ημέρες και στους 20°C. Ο χρόνος των 5 ημερών είναι συμβατικός και χρησιμοποιείται διεθνώς γιατί μετρήθηκε ότι οι οργανικές ουσίες που υπάρχουν στα αστικά λύματα διασπώνται κατά 70 - 80% μέσα σε 5 ημέρες. Υδάτινες περιοχές με μικρή επιβάρυνση από τον άνθρωπο έχουν γενικά B.O.D. > 2 mg/l ενώ όταν είναι πάνω από 5 mg/l θα πρέπει να αναζητηθεί η πηγή ρύπανσης.

Υπάρχει και το C.O.D. (χημικά απαιτούμενο οξυγόνο) σε περιπτώσεις που η βιολογική διάσπαση είναι βραδεία (π.χ. ξερά καλάμια αργούν να αποικοδομηθούν βιολογικά), οπότε το B.O.D. σε 5 ημέρες δεν μπορεί να δείξει το πραγματικό οργανικό φορτίο. Στις παραπάνω



περιπτώσεις χρησιμοποιούνται ισχυρά οξειδωτικά μέσα όπου οξειδώνεται ολόκληρο το οργανικό περιεχόμενο του νερού. Ανάμεσα σε C.O.D. και B.O.D. δεν υπάρχει υποχρεωτικά συσχέτιση.

Υποστηρίζεται ότι ο προσδιορισμός του B.O.D. είναι σημαντικότερος ακόμη και από τον προσδιορισμό του διαλυμένου οξυγόνου επειδή, μειωμένη κατανάλωση οξυγόνου μπορεί να σημαίνει ότι το νερό είναι απαλλαγμένο από μεγάλο αριθμό μικροοργανισμών ή ότι οι υπάρχοντες μικροοργανισμοί δεν "ενδιαφέρονται" για τη διάσπαση της οργανικής ύλης ή ακόμα ότι ένας μεγάλος αριθμός μικροοργανισμών από εκείνους που αρχικά υπήρχαν έχει αποβιώσει (Κουιμτζή & Σαμαρά, 1994).

### **2.3.2 Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)**

Το χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD) είναι η ισοδύναμη ποσότητα οξυγόνου που απαιτείται για την οξείδωση των οργανικών ενώσεων που περιέχονται σε δείγμα υδάτων ή αποβλήτων. Είναι μια ακριβής και γρήγορη μέτρηση, χρήσιμη στην εκτίμηση της ρύπανσης των επιφανειακών υδάτων και για έλεγχο και σχεδιασμό συστημάτων βιολογικού καθαρισμού λυμάτων και αποβλήτων.

Σε ορισμένα δείγματα το COD μπορεί να συσχετιστεί με το BOD, τον Οργανικό Άνθρακα (TOC) ή το περιεχόμενο σε οργανικές ουσίες. Ο βαθμός συσχέτισης του COD με το θεωρητικά απαιτούμενο οξυγόνο, για τη πλήρη οξείδωση των οργανικών ενώσεων του δείγματος, εξαρτάται από τη δυνατότητα πλήρους οξείδωσης των ουσιών που περιέχονται σ' αυτό. Πολλές οργανικές ενώσεις οξειδώνονται σε ποσοστό 90 - 100% και σε νερά που περιέχουν κυρίως τέτοιες ενώσεις, όπως τα αστικά λύματα, η τιμή του COD είναι ένα αρκετά καλό μέτρο του θεωρητικά απαιτούμενου οξυγόνου.

Η οξείδωση ανόργανων συστατικών, κυρίως των χλωριόντων, των νιτρωδών, του διασθενούς σιδήρου και των θειούχων είναι παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τη τιμή του COD, επομένως, η σημασία της τιμής του COD εξαρτάται από τη σύσταση του νερού που εξετάζεται. Αυτό πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όταν αξιολογούνται τα αποτελέσματα που προκύπτουν με τη μέθοδο αυτή (Κουιμτζή & Σαμαρά, 1994).

## **2.4 Μικροβιολογικά χαρακτηριστικά**

Όπως είναι γνωστό η εκτίμηση της ποιότητας του νερού, από μικροβιολογική άποψη, βασίζεται στην αναζήτηση μικροβίων δεικτών, κυρίως παρουσίας περιττωματικών ουσιών στο νερό. Οι δείκτες αυτοί είναι αλλόχθονοι μικροοργανισμοί, οι οποίοι περνούν παροδικά μέσα στο υδάτινο οικοσύστημα, προερχόμενοι κυρίως από το γαστρεντερικό σωλήνα του ανθρώπου και των θερμοαίμων ζώων. Οι παθογόνοι μικροοργανισμοί, αν υπάρχουν στο νερό, υπάρχουν σε πολύ χαμηλότερο αριθμό από την κοινή φυσιολογική χλωρίδα του εντέρου, για δε την απομόνωση τους απαιτούνται πολύπλοκες, χρονοβόρες και δαπανηρές εξετάσεις. Η αναζήτηση παθογόνων μικροοργανισμών δεν είναι κατάλληλη για έλεγχο ρουτίνας, δεδομένου ότι από άποψη Δημόσιας Υγείας μας ενδιαφέρει όχι τόσο εάν το νερό περιέχει πράγματι παθογόνους μικροοργανισμούς, όσο το αν μπορεί να περιέχει.

Η αναζήτηση της φυσιολογικής εντερικής χλωρίδας παρέχει πολύ μεγαλύτερο όριο ασφαλείας.

Οι συχνότερα χρησιμοποιούμενοι δείκτες είναι τα ολικά κολοβακτηριοειδή, η *E.coli*, οι Εντερόκοκκοι, το *Cl. perfringens*, οι κοινοί μεσόφιλοι μικροοργανισμοί, η *Ps. Aeruginosa* (Κουιμτζή & Σαμαρά, 1994).

### **2.4.1 Ολικά κολοβακτηριοειδή**

Ανήκουν στην οικογένεια των Εντεροβακτηριακών. Τυπικά γένη συναντώμενα στα δίκτυα νερού είναι τα *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Hafnia*, *Serratia*, *Klebsiella*. Δεν θεωρούνται σαν ειδικοί δείκτες κοπρανώδους μόλυνσης του νερού, δεδομένου ότι πολλά είδη είναι περιβαλλοντικής προέλευσης (έδαφος, φύλλα κ.λ.π.) Παρέχουν ενδείξεις για άλλης προέλευσης μικροβιακής μόλυνσης του νερού, συμπληρώνοντας έτσι τα στοιχεία που παρέχονται από άλλες παραμέτρους. Αποτελούν ενδεικτική παράμετρο (Κουιμτζή & Σαμαρά, 1994).

#### 2.4.2 E.coli

Ανήκει στα κολοβακτηριοειδή, συνεπώς είναι μέλος της οικογένειας των Εντεροβακτηριακών και θεωρείται ο βασικός δείκτης κοπρανώδους μόλυνσης, τόσο του πρωτογενούς, όσο και του κατεργασμένου νερού. Η E.coli αποτελεί μόνιμο ξενιστή του εντέρου των ανθρώπων και των θερμόαιμων ζώων, όπου μπορεί να υπάρχει σε μεγάλους αριθμούς (μέχρι και  $10^9$  /gr κοπράνων) και μπορεί να αντιπροσωπεύει το 95% των Εντεροβακτηριακών που ανευρίσκονται στα κόπρανα. Τα χαρακτηριστικά επιβίωσης και η ευαισθησία της στα απολυμαντικά είναι όμοια με εκείνα πολλών παθογόνων μικροβίων, ιδιαίτερα δε με την Σαλμονέλλα και την Σιγκέλλα. Λόγω των ιδιοτήτων αυτών, η E.coli είναι ο καλλίτερος βιολογικός δείκτης κοπρανώδους μόλυνσης του νερού. Η απομόνωση της από δείγματα νερού, αποδεικνύει πέρα από κάθε αμφιβολία την πρόσμιξη του νερού με περιττωματικές ουσίες, υποδηλώνοντας ότι και οποιοσδήποτε άλλος μικροοργανισμός που τυχόν βρίσκεται στο έντερο των ανθρώπων και των ζώων μπορεί να εισχωρήσει στο νερό και κατ' επέκταση και παθογόνοι μικροοργανισμοί, επισημαίνοντας τους δυνητικούς κινδύνους μετάδοσης λοιμωδών νοσημάτων (Κουιμτζή & Σαμαρά, 1994).

#### 2.4.3 Εντερόκοκκοι

Ανήκουν στην οικογένεια των Στρεπτοκόκκων, στην ομάδα των D κατά Lancefield. Αποτελούνται από διάφορα είδη που υπάρχουν στα κόπρανα ανθρώπων και θερμόαιμων ζώων. Στα κόπρανα ανθρώπων οι εντερόκοκκοι σπανίως υπερβαίνουν τους  $10^6$  /gr, ενώ στα κόπρανα των ζώων υπάρχουν σε μεγαλύτερο αριθμό από την E.coli. Σπανίως πολλαπλασιάζονται στο νερό και παρουσιάζουν μεγαλύτερη ανθεκτικότητα στα περιβαλλοντικά stress και στην χλωρίωση από την E.coli. Η παρουσία τους αποτελεί απόδειξη μόλυνσης του ύδατος με περιττωματικές ουσίες και δη παλαιότερης μόλυνσης. Ο κύριος λόγος αναζήτησης τους είναι η εκτίμηση της σημασίας της παρουσίας Ολικών Κολοβακτηριοειδών επί απουσίας E.coli καθώς και η παροχή συμπληρωματικών πληροφοριών για την εκτίμηση της έκτασης πιθανής κοπρανώδους μόλυνσης (Κουιμτζή & Σαμαρά, 1994).

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ	ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΗ ΤΙΜΗ
<i>E.coli</i>	0/100 ml
Εντερόκοκκοι	0/100 ml
Ολικά κολοβακτηρίδια	0/100 ml

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

### ΝΟΜΟΣ ΧΑΝΙΩΝ

#### 3.1 Γενικά υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά

Η Κρήτη είναι ένα από τα 14 υδατικά διαμερίσματα της χώρας μας. Ο νομός Χανίων είναι ο πλουσιότερος σε υδάτινο δυναμικό νομός του νησιού μας. Ετησίως, πέφτουν  $2,5 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup> νερού, με μέσο ύψος βροχής 1100 mm/έτος. Από αυτά, το 55% επιστρέφει στην ατμόσφαιρα μέσω της εξατμισοδιαπνοής, δηλαδή τα  $1,4 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup>/έτος. Το 15% απορρέει επιφανειακά, δηλαδή  $0,35 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup> νερού/έτος. Το 30% απορρέει υπόγεια, δηλαδή  $0,75 \cdot 10^9$  m<sup>3</sup> έτος, με μεγάλη χρονική υστέρηση στην απορροή του (Δίαιτα υπόγειας απορροής). Η τελευταία ιδιότητα έχει πρακτικό ενδιαφέρον, δεδομένης της άνισης χρονικής κατανομής της βροχόπτωσης στο νομό, 95% το χειμώνα και 5% το θέρους (Πίνακας 3.1).

**Πίνακας 3.1** Γενικά στοιχεία νομού Χανίων

Συνολική έκταση (στρέμματα)	Συνολική γεωργική γη	Συνολική αρδευόμενη έκταση (στρέμματα)	Υδατικές ανάγκες αρδευόμενης έκτασης (106 m <sup>3</sup> /έτος)	Υδατικές ανάγκες αρδευθείσας έκτασης (106 m <sup>3</sup> /έτος)	Διαθέσιμο υδατικό δυναμικό (109m <sup>3</sup> /έτος)	Πλέον (109m <sup>3</sup> /έτος)
2320000	600000	258000	130	300	1.1	0.97

\*Αρδευθείσα έκταση: Έκταση δυνάμενη να αρδευτεί.

**Πίνακας 3.2** Υδρολογικά στοιχεία νομού Χανίων

Ύψος βροχής mm/έτος	Συνολικός όγκος νερού (109 m <sup>3</sup> /έτος)	Εξατμισοδιαπνοή (109 m <sup>3</sup> /έτος)	Επιφανειακή απορροή (106m <sup>3</sup> /έτος)	Κατείσδυση (106m <sup>3</sup> /έτος)
1100	2.5	1.4	350	750

- Οι μόνιμοι κάτοικοι είναι 150.289(απογραφή 2001).
- Η ύδρευση του νομού απαιτεί περίπου  $11 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/έτος.
- Οι τουριστικές κλίνες στο νομό είναι 42706( ΕΟΤ 2003).
- Η κάλυψη των αναγκών σε νερό για την τουριστική χρήση είναι περίπου  $4,5 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/έτος. Αρθ.Δ ΙΙ/Φ 16/8500 (ΦΕΚ 174/Β/25/3/1991) (καθορισμός κατώτατων και ανώτατων ορίων των αναγκαίων ποσοτήτων για την ορθολογική χρήση του νερού στην ύδρευση).

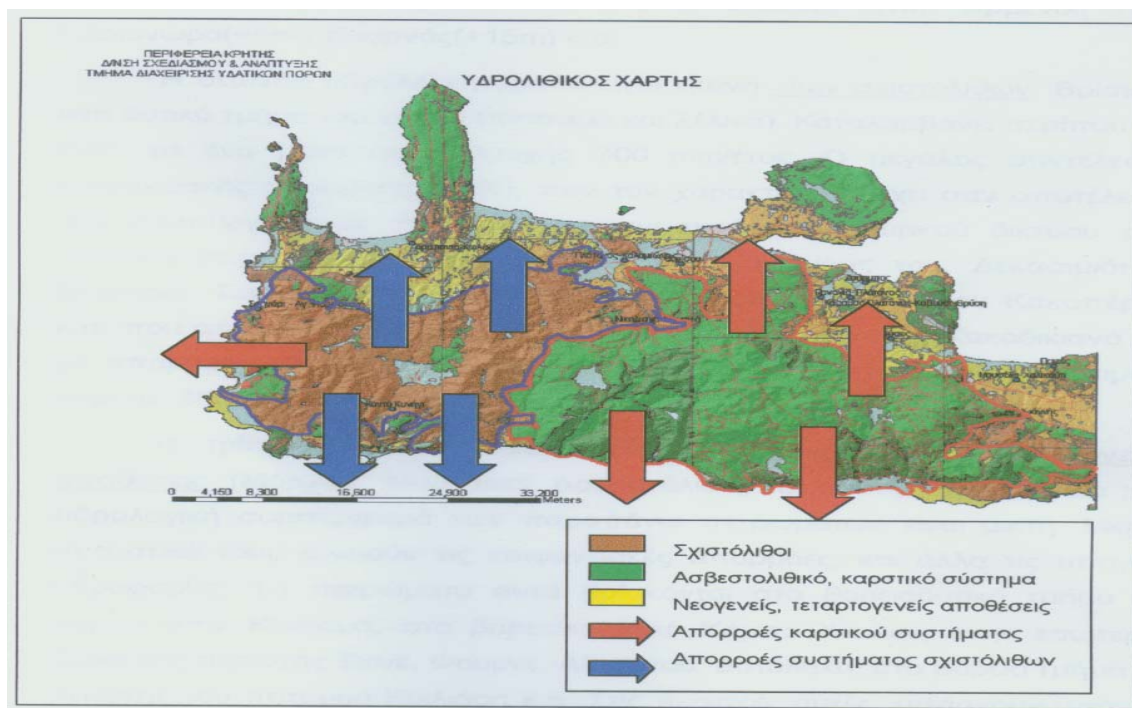
Το υδατικό δυναμικό του πίνακα 3.2 καλούμαστε να το διαχειριστούμε με ορθολογικό τρόπο, σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία ν. 3199/9/12/2002 και την Οδηγία 2000/60 ΕΚ.

Το όλο πλέγμα των δραστηριοτήτων διαχείρισης των υδατικών πόρων διακρίνεται στην στρατηγική διαχείριση και στην λειτουργική διαχείριση. Η έννοια της στρατηγικής διαχείρισης περιλαμβάνει τη γενική φιλοσοφία, τις αρχές και το γενικό σχεδιασμό που διέπουν τη διαχείριση των υδάτινων πόρων. Η έννοια της λειτουργικής διαχείρισης περιλαμβάνει το σύνολο των μέτρων και δράσεων, με τα οποία εφαρμόζεται η διαχείριση των υδάτινων πόρων μέχρι του τελικού χρήστη/καταναλωτή, στο στάδιο της αδειοδότησης, της κατασκευής, της λειτουργίας και της συντήρησης των υδροληπτικών έργων, καθώς και των παρεχόμενων υπηρεσιών σε κάθε ένα από τα προαναφερόμενα στάδια. Η λειτουργική διαχείριση γίνεται σήμερα σε επίπεδο Νομαρχιακής Αυτοδιοίκησης, Κανονιστικές αποφάσεις των Νομαρχών (ν.1739/1987) που περιγράφουν τους όρους προστασίας των υδάτινων πόρων και καθορίζουν το πλαίσιο των προϋποθέσεων για την έκδοση αδειών κατασκευής έργων υδροληψίας, και αδειών χρήσης νερού κατά κατηγορία χρήσης. Η αρμοδιότητα αυτή με το νέο νόμο 3199/2003 περνάει στις Περιφέρειες, με την σύσταση της Διεύθυνσης Διαχείρισης Υδατικών πόρων από 1-1-2005 της Περιφέρειας της Κρήτης.

Οι υδρολογικές συνθήκες καθορίζονται στο νόμο από μερικούς βασικούς παράγοντες, π.χ ύψος βροχής, κλίσεις εδάφους, θερμοκρασία κ.α.

Σημαντικός όμως παράγων είναι η γεωλογία του, και η τεκτονική του δομή (Χάρτης 3.1). Στο νομό υπάρχουν τρεις κύριες υδρολιθικές ομάδες πετρωμάτων:

- A. Ασβεστολιθικό καρστικό σύστημα των Λευκών Ορέων.
- B. Οι σχιστόλιθοι (Φυλλίτες / Χαλαζίτες)
- Γ. Οι νεογενείς, και τεταρτογενείς αποθέσεις (προσχώσεις).



**Χάρτης 3.1** Υδρολιθικός χάρτης.

Η σημαντικότερη υδρολιθική ομάδα πετρωμάτων είναι το καρστικό ασβεστολιθικό σύστημα των Λ.Ορέων. Βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα του νομού, με απορροές προς βορρά και νότο. Οι ετήσιες εκροές στο βόρειο χερσαίο τμήμα είναι περί τα  $500 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Καταλαμβάνει έκταση  $850 \text{ Km}^2$ , με ένα μέσο ύψος βροχόπτωσης περί τα  $1700 \text{ mm/έτος}$  (Ι.Γ.Μ.Ε.). Χαρακτηρίζεται από υψηλό συντελεστή κατείδυσης (50%), έτσι ώστε, μεγάλες ποσότητες νερού (περισσότερο από  $700 \cdot 10^6 \text{ m}^3/έτος$ , ΙΓΜΕ  $720 \cdot 10^6 \text{ m}^3/έτος$ ) να διακινούνται ετησίως υπόγεια μέσου αυτού. Η υπόγεια διαδρομή του νερού εμπλουτίζει τους υπόγειους ταμιευτήρες, οι οποίοι υπάρχουν στον γεωλογικό αυτό σχηματισμό, σε διάφορες θέσεις και υψόμετρα. Π.χ Αγυία (+40m), Κουφός (+50m), Μεσκλά (+210m), Στύλος (+17m), Αρμένιο (+18m), Ελαιονώρα (+1m), Κουρνάς (+15m) κ.α.

Η δεύτερη υδρολιθική ομάδα είναι εκείνη των σχιστόλιθων. Βρίσκεται στο δυτικό τμήμα του νομού (Κίσσαμο και Σέλινο). Καταλαμβάνει περίπου  $500 \text{ Km}^2$ , με ένα μέσο ύψος βροχής  $700 \text{ mm/έτος}$ . Ο μεγάλος συντελεστής επιφανειακής απορροής (95%), που τον χαρακτηρίζει, έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία ενός πλούσιου επιφανειακού υδρογραφικού δικτύου στην περιοχή (π.χ Ταυρωνίτης, με τους παραποτάμους του, Δεκασιμιότη ή Ντεριανό, Σεμπρεωνιότη, Ρουματιανό, τον Τυφλό ποταμό, τον Κακοπέρατο κ.α. που απορρέουν βόρεια, και Πελεκανιώτη, Σαρακινιώτη, Κακοδικιανό κ.α. με απορροές νότια). Το συνολικό ισοζύγιο της παραπάνω ζώνης εκτιμάται περί τα  $300 \cdot 10^6 \text{ m}^3/έτος$ .

Η τρίτη υδρολιθική ομάδα είναι οι Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις (Μάργες, Μαργαικοί ασβεστόλιθοι, ψαμμίτες, άργιλοι κ.α.). Η υδρολογική συμπεριφορά των παραπάνω πετρωμάτων είναι μικτή. Μερικά συστατικά τους ευνοούν τις επιφανειακές απορροές, και άλλα τις υπόγειες υδροφορίες. Τα πετρώματα αυτά βρίσκονται στο βορειοδυτικό τμήμα του νομού στην Κίσσαμο, στο βορειοκεντρικό Κάμπο Χανίων, στην εσωτερική ζώνη της περιοχής Σκινέ, Φουρνέ, Αλικιανού, Βατόλακο, στο βόρειο τμήμα της λεκάνης του ποταμού Κοιλιάρη κ.α. Στις περιοχές αυτές υπάρχουν υπόγειες δεξαμενές, με σημαντικό υδατικό απόθεμα, το οποίο εκτιμάται σε αρκετές δεκάδες  $10^6 \text{ m}^3$  νερού/έτος. Η

τροφοδοσία με νερό, των παραπάνω υπόγειων δεξαμενών γίνεται είτε από την βροχόπτωση που δέχονται, είτε από μετάγγιση νερού από τους δύο προηγούμενους γεωλογικούς σχηματισμούς, δεδομένου ότι βρίσκονται σε υψηλότερα σχετικά υψόμετρα.

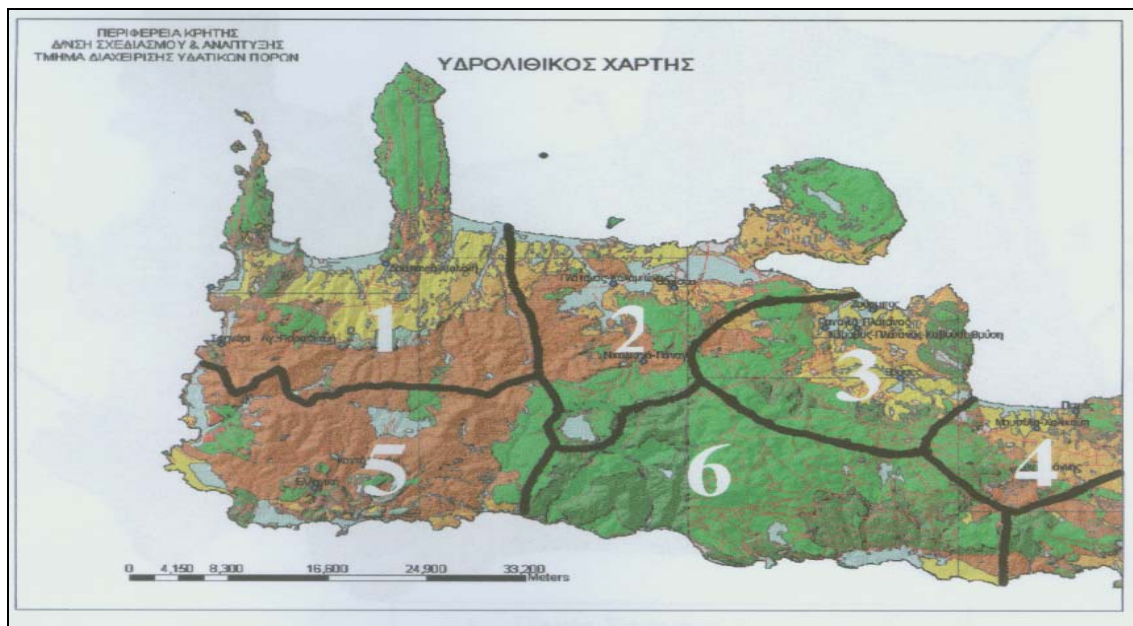
Η μορφολογία του εδάφους του νομού Χανίων (Χάρτης 3.2), με τους επιφανειακούς υδροκρίτες, καθορίζουν την ροή των επιφανειακών υδάτων, σχηματίζοντας πολυάριθμες υδρολογικές λεκάνες (Στατιστική Υπηρεσία Της Ελλάδος, 2005).



**Χάρτης 3.2** Γεωφυσικός χάρτης.

Η γεωλογία και η τεκτονική του νερού καθορίζει τους υπόγειους υδροκρίτες, οι οποίοι με την σειρά τους κατευθύνουν την κίνηση του υπόγειου νερού και σχηματίζουν τους υπόγειους ταμειευτήρες. Το σύνολο του νερού μιας περιοχής, επιφανειακό και υπόγειο, ο τρόπος που κινείται, οι αλληλοεπιδράσεις μεταξύ επιφανειακού και υπόγειου νερού, επιφανειακοί και υπόγειοι υδροκρίτες μαζί, καθορίζουν την έννοια της λεκάνης απορροής ποταμού. Αυτή ορίζεται σαν μία αυτόνομη εδαφική έκταση από την οποία συγκεντρώνεται το σύνολο της απορροής του νερού, και παροχετεύεται στην θάλασσα με ενιαίο στόμιο ποταμού (Οδηγία Πλαίσιο 60/2000 άρθρο 2, παρ. 13). Στο νομό μας, υπάρχουν έξι λεκάνες απορροής ποταμού (Χάρτης 3.3), διαμέσου των οποίων απορρέει το σύνολο του υδατικού δυναμικού του. Γίνεται μερική ομαδοποίηση (περιοχή λεκάνης απορροής ποταμού, (Οδηγία Ε.Ε. 60/2000 αρθ.2 παρ.15), με κριτήρια την μεταξύ τους γειτνίαση, τα κοινά χαρακτηριστικά, την επάρκεια της υδατικής τους ικανότητας κ.α. Αυτές είναι:

1. Λεκάνη Ταυρωνίτη Κολένη
2. Λεκάνη Κερίτη
3. Λεκάνη Στύλου, Αρμένων, Ζούρμπου, Βρύσες
4. Λεκάνη Κουρνά, Γεωργιούπολης
5. Λεκάνη Πελεκανιώτη, Σαρακηνιώτη, Κακοδικιανού, Χρυσοκαλλιτίσας, Αγίας Ειρήνης
6. Λεκάνη ορεινού όγκου Λευκών Ορέων, Φραγκοκαστέλλου



*Χάρτης 3.3 Υδρολιθικός χάρτης με τις λεκάνες απορροής ποταμού.*

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

### Ο ΔΗΜΟΣ ΠΕΛΕΚΑΝΟΥ

#### 4.1 Γενικά

Ο Δήμος Πελεκάνου προήλθε από τη συνένωση των κοινοτήτων της Παλαιόχωρας, της Σαρακίνας, του Βουτά, της Σκλαβοπούλας και των Βοθιανών και βρίσκεται στο νοτιοδυτικό άκρο του νομού Χανίων. Οι πανέμορφες παραλίες του αρχίζουν από το περίφημο Ελαφονήσι και καταλήγουν στην παραλία της αρχαίας Λίσσου, ενώ οι κορυφές του Αι-Δικαίου και της Υρτακίνας καθορίζουν τα βόρεια όρια του Δήμου.

Η ενασχόληση με τον τουρισμό και την καλλιέργεια των πρώιμων κηπευτικών στην Κουντούρα σε συνδιασμό με την παραδοσιακή καλλιέργεια της ελιάς και την κτηνοτροφία καθιστούν τον Δήμο Πελεκάνου σημαντικό παράγοντα οικονομικής ανάπτυξης για την ευρύτερη περιοχή, ενώ τα πολιτιστικά, ιστορικά και περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά του αλλά και οι υφιστάμενες υποδομές στην παιδεία τον αναδεικνύουν σε κέντρο της πολιτιστικής ζωής της επαρχίας Σελίνου.

Έδρα του Δήμου είναι η Παλαιόχωρα που βρίσκεται χτισμένη σε μία μικρή χερσόνησο ανάμεσα σε δύο βραβευμένες με γαλάζια σημαία παραλίες. Ωστόσο, πέρα από το κάστρο ο επισκέπτης του Δήμου Πελεκάνου μπορεί να θαυμάσει πλήθος ιστορικών και αρχαιολογικών μνημείων όπως τα σημαντικά απομεινάρια της βυζαντινής κληρονομιάς που ανέρχονται σε πάνω από εκατό εκκλησιάκια. Ενδεικτικά αναφέρουμε τον Αι-Γιώργη στους Ανύδρους, την Αγία Μαρίνα στον Πλατανιά, τον Άγιο Ιωάννη στον Κάλαμο, αλλά και τα ερείπια της αρχαίας Λίσσου, της αρχαίας Υρτακίνας, της Βιέννας, της Καλαμύδης και της αρχαίας απέλκης, από την οποία ο Δήμος Πελεκάνου πήρε το όνομά του.

Άξιο προσοχής είναι ακόμα το μουσείο Ακριτών της Ευρώπης που αποτελεί καύχημα και καμάρι της πόλης της Παλαιόχωρας αλλά και οι απaráμιλλης φυσικής ομορφιάς διαδρομές προς το φαράγγι των Ανύδρων, όπως και το μονοπάτι προς το Κεδρόδασος και τη Σούγια. Από την άλλη, όσοι αγαπούν τις περιπέτειες στη θάλασσα μπορούν να επιλέξουν τις θαλάσσιες διαδρομές με τα караβάκια που συναντούν δελφίνια και φάλαινες απολαμβάνοντας παράλληλα την καθάρια ομορφιά του Λιβυκού πελάγους.

#### 4.2 Δημογραφικά χαρακτηριστικά

Ο Δήμος Πελεκάνου περιλαμβάνει 3 Δημοτικά Διαμερίσματα (Πίνακας 4.1), τα οποία είναι Δ.Δ. Πελεκάνου, Δ.Δ. Παλαιόχωρας και Δ.Δ. Σαρακίνας (Στατιστική υπηρεσία της Ελλάδος, 2005).

Καταλαμβάνει έκταση συνολικά 166,62 χιλιάδων στρεμμάτων και αριθμεί 3.306 κατοίκους βάσει των στοιχείων Απογραφής Πληθυσμού και Κατοικιών που διενέργησε η Εθνική Στατιστική Υπηρεσία Ελλάδος (Ε.Σ.Υ.Ε) το 2001 και στις οποίες τα στοιχεία θα στηριχθεί η ανάλυση που ακολουθεί:

**Πίνακας 4.1** Διαχρονική εξέλιξη πληθυσμού 1991-2001 Δήμος Πελεκάνου

A/A	Δημοτικά Διαμερίσματα	Μορφή Εδάφους	Έκταση (χλμ. στρεμ.)	Πληθυσμός	(απόλυτες τιμές)	Ποσοστιαία Εξέλιξη Πληθυσμού (ποσά σε %)	Πυκνότητα (σε Km <sup>2</sup> )
				1991	2001	1991-2001	
1	Πελεκάνου	Ορεινό	96,54	1155	1.502	23,2	15.57
2	Παλαιόχωρας	Ορεινό	55,282	2147	2.553	15,9	46.18
3	Σαρακίνας	Ορεινό	14,796	162	202	19,8	1.36
	ΣΥΝΟΛΟ		151.837	3.464	4.259	18,67	28.05

Το Δημοτικό Διαμέρισμα της Παλαιόχωρας που αποτελεί και την έδρα του Δήμου Πελεκάνου είναι το μεγαλύτερο σε πληθυσμό διαμέρισμα του Δήμου (Ε.Σ.Υ.Ε.) το 2001 με 2553 κατοίκους (73.7% του συνόλου του πληθυσμού του Δήμου) ενώ σε όρους έκτασης τα πρωτεία κατέχει το διαμέρισμα Πελεκάνου με 96,54 χιλιάδες στρέμματα (63.6% έκτασης Δήμου).

### 4.3 Βοσκότοποι

Στον πίνακα 4.2 που ακολουθεί έχει γίνει η κατανομή των δεικτών Βοσκοφόρτωσης – Βοσκοικανότητας του Δήμου Πελεκάνου.

**Πίνακας 4.2** Δήμος Πελεκάνου

Βοσκότοποι	Βοσκο-φόρτωση	Βοσκο-ικανότητα	Δείκτης ισοζυγίου	Σχόλια
Δ.Πελεκάνου	2.998	11.940	0,25	ΕΝΤΟΝΟ ΠΛΕΟΝΑΣΜΑ
Κ.Παλαιόχωρας	1.030	3.850	0,27	
Κ.Πελεκάνου	1.815	7.430	0,24	
Κ.Σαρακήνας	153	660	0,23	

ΠΗΓΗ: Μελέτη Βοσκοικανότητας – Βοσκοφόρτιση, Υπ.Γε.Δ/ση Αγροτικής Πολιτικής & Τεκμηρίωσης

Οι βοσκότοποι στο Δήμο έχουν έλλειψη, ακόμα η έλλειψη σχεδίου διαχείρισης τους, οδηγεί στην ληστροική εκμετάλλευση τους ενώ επίσης υπάρχουν ελλείψεις σε έργα υποδομής και έργα φυτοτεχνικής βελτίωσης. Το ιδιοκτησιακό τους καθεστώς (ιδιωτικές) δρα σαν ανασταλτικός παράγοντας στην εφαρμογή ενός ενιαίου συστήματος διαχείρισής του. Στον πίνακα 4.3 παρουσιάζονται ο αριθμός των ζώων ανά κατηγορία και ανά δημοτικό διαμέρισμα:

**Πίνακας 4.3** Αναλυτικοί πίνακες με τον αριθμό των ζώων ανά κατηγορία και ανά δημοτικό διαμέρισμα για τον **Δήμο Πελεκάνου**

ΔΗΜΟΤΙΚΑ ΔΙΑΜΕΡΙΣΜΑΤΑ	ΧΟΙΡΟΙ	ΠΡΟΒΑΤΑ			ΑΙΓΕΣ		
		οικ	κοπ	νομ	οικ	κοπ	νομ
ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΑΣ	25	1.000	2.000	200	800	1.200	700
ΒΟΘΙΑΝΩΝ	2	300	400	300	400	800	100
ΣΚΛΑΒΟΠΟΥΛΑΣ	3	600	700	600	550	1.300	100
ΣΑΡΑΚΗΝΑΣ	1	250	300	0	180	300	0
ΠΕΛΕΚΑΝΟΥ	5	700	500	0	0	0	0
<b>ΣΥΝΟΛΟ</b>	36	2.850	3.900	1.100	1.930	3.600	900

### 4.4 Αγροτικές βιομηχανίες

Ο μεγαλύτερος αριθμός τους αφορά ελαιοπυργεία λόγω που κύριο προϊόν είναι το ελαιόλαδο. Η πλειοψηφία τους χρησιμοποιεί φυγοκεντρικά ντεκάντερ 3 φάσεων.

#### 4.4.1 Αγροτικοί συνεταιρισμοί

Σε κάθε δημοτικό διαμέρισμα υπάρχει ένας Πρωτοβάθμιος Αγροτικός Συνεταιρισμός (ΠΑΣ). Οι ΠΑΣ λόγω μικρού μεγέθους και έλλειψης οργάνωσης και κεφαλαίου έχουν περιορισμένη δραστηριότητα στην χορήγηση εφοδίων όπως λιπάσματα και ζωοτροφές.



## 4.5. Φυτική παραγωγή

### 4.5.1 Ελαιοκομία

Το βασικότερο προϊόν που παράγεται στην περιοχή είναι το λάδι, διαμορφώνει το αγροτικό εισόδημα κατά 60 – 70 % (Γεωργική στατιστική της Ελλάδος,2001).

Κύρια οι καλλιέργειες ελιάς διακρίνονται σε δύο ποικιλίες. Η λιανολιά (ψιλολιά ή ψιλή) απαντάται στις ημιορεινές και πεδινές ζώνες. Είναι παραγωγική (ο ελαιόκαρπος έχει περιεκτικότητα σε λάδι 20 – 25 %), ανθεκτική στις ξηρασίες, αξιοποιεί επικλινή και μικρής γονιμότητας εδάφη.

Η τσουνάτη ευδοκίμει στην ορεινή ζώνη είναι παραγωγική (περιεκτικότητα ελαιοκάρπου σε λάδι 24 – 27 %), έχει προσαρμοστεί στο μεγάλο υψόμετρο, αναπτύσσει δέντρα μεγάλου μεγέθους, είναι ανθεκτική στις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα.

### 4.5.2 Αμπελουργία

Η αμπελουργία είναι η 3<sup>η</sup> σε θέση καλλιέργεια στην περιοχή του Δήμου Πελεκάνου. Μαζί με την ελιά αποτέλεσε τον άριστο συνδυασμό γεωργικών εκμεταλλεύσεων που αξιοποίησε με τον καλύτερο δυνατό τρόπο τα ξηρικά εδάφη της περιοχής.

### 4.5.3 Κηπευτικά υπό κάλυψη (θερμοκηπίου)

Οι θερμοκηπιακές καλλιέργειες έχουν μεγάλο συγκριτικό πλεονέκτημα ανάπτυξης στη Νότια Κρήτη (Πίνακας 4.4). Λόγω του ήπιου κλίματος μπορούν για μεγάλο χρονικό διάστημα να καλλιεργηθούν χωρίς θέρμανση. Υπάρχουν μεγάλες δυνατότητες ανάπτυξης των κηπευτικών υπό κάλυψη και άλλων τροπικών και υποτροπικών καλλιεργειών στην περιοχή Κουντούρας. Ήδη υπάρχει συστηματική καλλιέργεια ντομάτας υπό κάλυψη που λειτουργεί κάτω από καθεστώς ομάδας παραγωγών. Συγκεκριμένα για τον δήμο Πελεκάνου έχουμε:

ΔΗΜΟΣ ΠΕΛΕΚΑΝΟΥ(Κουντούρα-Παλαιόχωρα)(ΣΥΝΟΛΑ:1516,3)

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.4** Θερμοκήπια

	Υαλόφρακτα	Μεταλλικά θερμοκήπια (τοξοτά)	Μεταλλικά θερμοκήπια (δίρικτα)	Ημιμεταλλικά	Υποποιημένα ξύλινα	Χωρ.τύπου ξύλινα
ΘΕΡΜΕΝΟΜΕΝΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ	5,1	0	0	0	0	0
ΜΗ ΘΕΡΜΕΝΟΜΕΝΑ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΑ	39,2	0	494	60	10	908

**ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5 :** Αναλυτικοί πίνακες με τα πλέον πρόσφατα δεδομένα για τις γεωργικές εκτάσεις ανά καλλιέργεια, ανά κατηγορία και ανά δημοτικό διαμέρισμα για τον **ΔΗΜΟ ΠΕΛΕΚΑΝΟΥ**.

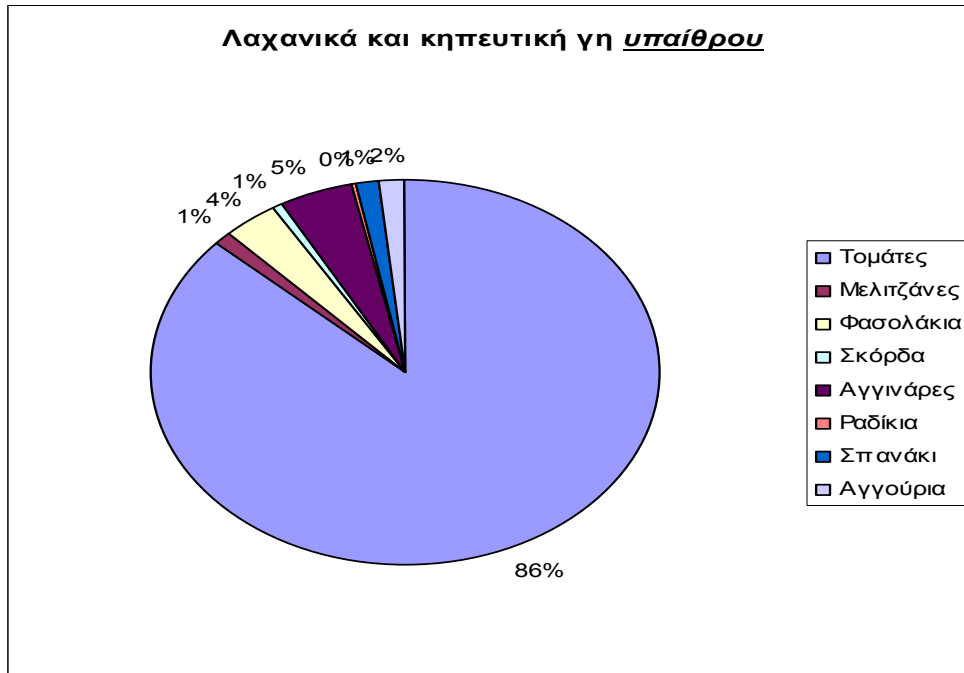
Δημοτικό διαμέρισμα	Αροτραίες καλλιέργειες(σε στρέμματα)	Γη λαχανόκηπων – φυτώρια – σπορεία – εμπορικοί ανθόκηποι	Θερμοκήπια (τομάτες)	Δενδρώδεις καλλιέργειες	Παραγωγή ελαιολάδου 2002-2003	Άμπελοι-σταφιδάμπελοι
Παλαιόχωρας	100	42	25	6.846	483.102	35
Βοθιανών	56	24	0	1.588	24.232	62
Σκλαβοπούλας	84	665	632	2.779	0	78
Σαρακήνας	23	15	0	5.186	278.460	90
Πελεκάνου	73	824	759	3.573	219.807	90

Συγκεκριμένα, παρακάτω παρατίθενται δύο γραφήματα που μας δίνουν μία πιο συγκεκριμένη εικόνα για το ποσοστό των λαχανικών και της κηπευτικής γης τόσο υπαίθρια όσο και στα θερμοκήπια (Σχήμα 4.1-4.2).

Οι τιμές αναλυτικά (Πίνακας 4.1) παρουσιάζονται:

**Πίνακας 4.1 :** Λαχανικά και κηπευτική γη στην ύπαιθρο και στο θερμοκήπιο.

	<i>παραγωγή σε τόνους</i>	<i>Ποσοστό (%)</i>
<b>Τομάτες</b>	3.699	86%
<b>Φασολάκια</b>	1.305	4%
<b>Σκόρδα</b>	266	1%
<b>Αγκινάρες</b>	1.632	5%
<b>Ραδίκια</b>	131	0%
<b>Σπανάκι</b>	500	1%
<b>Αγγούρια</b>	594	2%
<b>Μελιτζάνες</b>	145	1%



**Σχήμα 4.1** Αναλυτικός πίνακας με λαχανικά και κηπευτική γη υπαίθρου.



**Σχήμα 4.2** Αναλυτικός πίνακας με λαχανικά και κηπευτική γη θερμοκηπίου.

Οι τιμές αναλυτικά (Πίνακας 4.2) παρουσιάζονται:  
**Πίνακας 4.2 :** Λαχανικά και κηπευτική γη στην ύπαιθρο και στο θερμοκήπιο.

<b>ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ</b>	<b>παραγωγή σε τόνους</b>	<b>ποσοστό(%)</b>
<b>Τομάτες</b>	2.406	62%
<b>Φασολάκια</b>	1.315	34%
<b>Αγγούρια</b>	145	4%
<b>Μελιτζάνες</b>	10	0%

#### 4.6 Τριτογενής τομέας

Ο τριτογενής τομέας κατέχει με βάση τον αριθμό των απασχολούμενων την δεύτερη θέση στην οικονομία της περιοχής, με τάση αξιολόγησης αύξησης.

Οι τουριστικές επιχειρήσεις (Πίνακας 4.3) λειτουργούν εποχιακά. Υπάρχουν και μικρές οικογενειακές επιχειρήσεις, οι οποίες αξιοποίησαν προγράμματα (Στατιστική επιτηρίδα της Ελλάδος).

**Πίνακας 4.3:** Τύποι τουριστικών επιχειρήσεων.

<b>Τύπος τουριστικής επιχείρησης</b>	<b>Αριθμός επιχειρήσεων</b>	<b>Σύνολο κλινών ανά τύπο</b>
<i>Ξενοδοχεία</i>	17	575
<i>Ενοικιαζόμενα δωμάτια</i>	82	1.188
<i>Στούντιο</i>	46	764

Ο μέσος όρος αποβλήτων των ξενοδοχείων υπολογίζεται κλίνες x 200 λίτρα ανά άτομο = **115.000**

#### 4.7 ΥΠΟΔΟΜΕΣ ΑΡΔΕΥΣΗΣ

Το έντονο κλίμα που επικρατεί στην περιοχή κάνει την δημιουργία υποδομών άρδευσης ανάγκη. Υπάρχει η δυνατότητα επέκτασης και εκσυγχρονισμού των αρδευτικών δικτύων. Το σύνολο των αρδευόμενων περιοχών ανέρχεται σε 5.188 στρέμματα, ήτοι στο 21.21% της γεωργικής γης. Χρησιμοποιούνται τα συστήματα με κατάκλιση ή χαντάκια και μόνο σε 15% η σύγχρονη μέθοδος στάγδην, δηλαδή 778.2 στρέμματα.

Από τις δενδρώδεις καλλιέργειες, οι περισσότερες αρδεύονται σε μικρό ποσοστό. Τα κηπευτικά που καλλιεργούνται αρδεύονται συνήθως με αυλάκια. Αντίθετα στα κηπευτικά υπό κάλυψη χρησιμοποιούνται σύγχρονα συστήματα άρδευσης με λιπαντήρες για τη διενέργεια ταυτόχρονα με την άρδευση λίπανσης ή ριζοποτισμάτων για την αντιμετώπιση ασθενειών.

Μπορούμε να προσθέσουμε ότι στο Δήμο Πελεκάνου δίνεται η δυνατότητα παραγωγής βιολογικών προϊόντων. Πιο συγκεκριμένα αν αντικατασταθεί η ανόργανη λίπανση με οργανική και εγκαταλειφθεί η χημική ζιζανιοκτονία είναι δυνατή η παραγωγή βιολογικών σταφυλιών, κρασιού, πετιμεζιού και τσικουδιάς, δεδομένου ότι στις περισσότερες περιοχές τα φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται επιτρέπονται στη βιολογική γεωργία.

Η παραγωγή βιολογικού ελαιολάδου και βρώσιμων ελιών είναι δυνατή αν οι δολωματικοί ψεκασμοί εφαρμόζονται σε ειδικές χορτοπανίδες που θα συλλέγονται και θα καταστρέφονται στο τέλος της δασοκτονίας ή βελτιωθούν και εφαρμοστούν στην πράξη οι σύγχρονες βιοτεχνολογικές μέθοδοι αντιμετώπισης του δάκου της ελιάς.

Τα αμύγδαλα, τα κάστανα και τα καρύδια πρέπει να θεωρηθούν ως βιολογικά προϊόντα. Το ίδιο ισχύει για τα σύκα, τα αχλάδια, τα μήλα και η ελιά.

Η κύρια φυτική παραγωγή στο Δήμο Πελεκάνου αποτελείται από ελιές 117.100 δέντρα. Αμπέλια 678 στρέμματα και κηπευτικά 1.223 στρέμματα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>ο</sup>

### Υδρολογική λεκάνη Πελεκανιώτη, Κακοδικιανού, Χρυσосκαλλίτισας, Αγίας Ειρήνης, Σαρακινιώτη

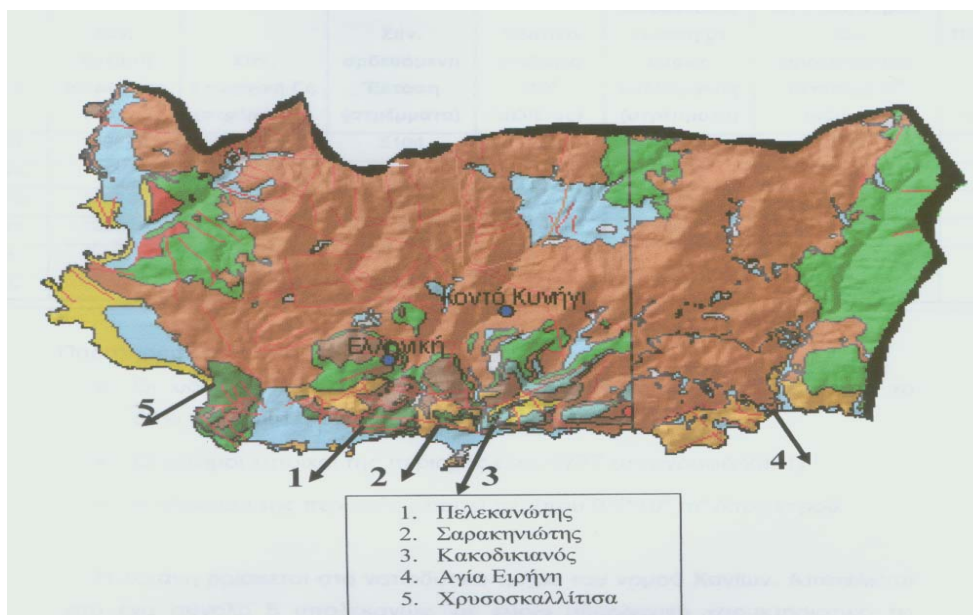
#### 5.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η λεκάνη βρίσκεται στο νοτιοδυτικό τμήμα του νομού Χανίων. Αποτελείται από ένα σύνολο 5 υπολεκανών (Χάρτης 5.1), με κύριο υδρολογικό χαρακτηριστικό τις επιφανειακές απορροές λόγω της παρουσίας των σχιστόλιθων, οι οποίοι καλύπτουν την μεγαλύτερη έκταση της λεκάνης. Οι απορροές αυτές αξιοποιούνται με υδρομαστεύσεις και παρόχθια φρέατα. Οι 4 υπολεκάνες απορρέουν προς τον νότο στην περιοχή της Κουντούρας, Παλαιόχωρας και Σούγιας, η Πέμπτη στο νότιο δυτικό άκρο του νομού στην Χρυσοσκαλλίτσια. Το υδατικό ισοζύγιο για τις τρεις πρώτες εκτιμάται σε  $16 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$  (Δ.Ε.Β.). Το ισοζύγιο των άλλων δύο δεν είναι γνωστό.

Στο νότιο τμήμα της υπολεκάνης του Πελεκανιώτη υπάρχουν καρστικοί θύλακες, ένας εκ των οποίων σχηματίζει υπόγειο ταμιευτήρα στην θέση Φράγμα με στάθμες στα 70 m απόλυτο υψόμετρο. Η υδατοχωρητικότητα του δεν είναι γνωστή. Στο νότιο τμήμα του Κακοδικιανού επίσης υπάρχουν καρστικοί υδροφορείς με στάθμες στο επίπεδο της θάλασσας, και ο κίνδυνος υφαλμύρισης τους είναι υπαρκτός. Στην υπολεκάνη Χρυσοσκαλλίτισας η υπόγεια υδροφορία συναντάται στην θέση Βολακιάς, μέσα στους γύψους, και το νερό τους είναι βεβαρημένο με θειικά ιόντα. Από τις επιφανειακές απορροές της λεκάνης τροφοδοτείται με νερό η λιμνοδεξαμενή των Αγίων Θεοδώρων (χωρητικότητα  $600000 \text{ m}^3$  νερού).

Φορείς λειτουργικής διαχείρισης λεκάνης:

- Δήμος Πελεκάνου (ύδρευση)
- Τ.Ο.Ε.Β. Παλαιόχωρας (άρδευση)
- Τ.Ο.Ε.Β. Κουντούρας (άρδευση)
- Τ.Ο.Ε.Β. Χρυσοσκαλλίτισας (άρδευση)
- Δήμος Ιναχωρίου (ύδρευση, άρδευση)



**Χάρτης 5.1** Λεκάνη Πελεκανιώτη, Σαρακινιώτη, Κακοδικιανού, Χρυσοσκαλλίτισας, Αγίας Ειρήνης

**Πίνακας 5.1** Λεκάνη Πελεκανιώτη, Σαρακηνιώτη, Κακοδικιανού, Χρυσосκαλλίτισας, Αγίας Ειρήνης.

Δήμοι	Συν.έκταση (στρέμματα)	Συν.γεωργική γη (στρέμματα)	Συν.αρδεύομενη έκταση (στρέμματα)	Υδατικό ισοζύγιο (106 m <sup>3</sup> /έτος)	Αρδευθείσα έκταση με κύριες καλλιέργειες (στρέμματα)	Ανάγκες νερού ήδη αρδευομένης έκτασης ((106 m <sup>3</sup> /έτος)	Πλεόνασμα - έλλειμμα (106 m <sup>3</sup> /έτος)
Πελεκάνου	169590	22512	5104		22512	2.15	
Δ.Κανδάνου							
Δ.Ινναχωρίου	135050	27695	15722		24615	3.01	
Δ.Σελίνου	132950	18632	1901		18632	1.02	
<b>Σύνολο λεκάνης</b>	<b>437590</b>	<b>68839</b>	<b>22727</b>	<b>20</b>	<b>65759</b>	<b>6.18</b>	<b>13.82</b>

Παρατηρήσεις :

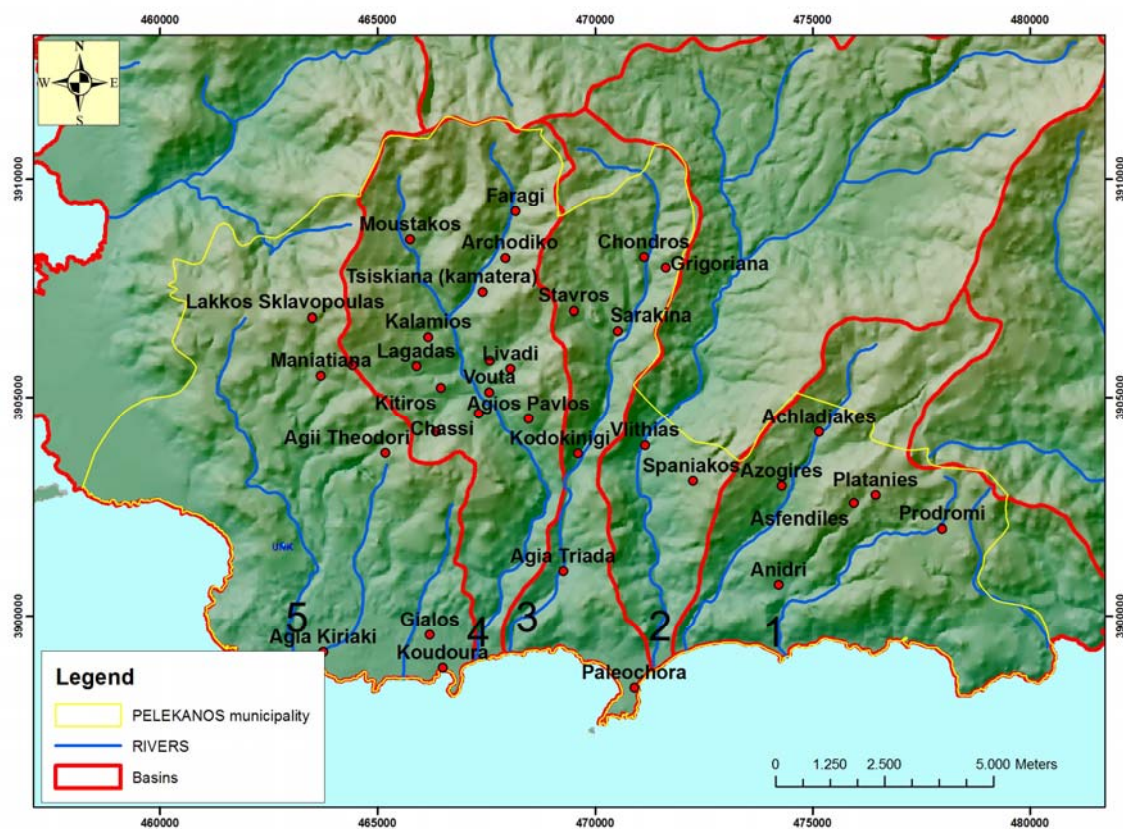
- Οι υδατικές ανάγκες άρδευσης Ιουλίου/Αυγούστου υπερβαίνουν το 50% των συνολικών.
- Οι μόνιμοι κάτοικοι της περιοχής είναι 8777 (απογραφή 2001).
- Η ύδρευση της περιοχής απαιτεί περίπου 0,5\*106 m<sup>3</sup>/έτος νερού.

## 5.2 Υδρογεωλογικά στοιχεία του Δήμου Πελεκάνου

### Χειμαροπόταμοι Πελεκανιώτης και Σαρακηνιώτης

Ο χειμαροπόταμος Πελεκανιώτης, βρίσκεται δυτικά της Παλαιόχωρας στο Δήμο Πελεκάνου. Η λεκάνη απορροής του χειμαροπόταμου Πελεκανιώτη (Χάρτης 5.2) αποτελεί σήμερα αυτοτελή υδρολογική ενότητα με ένα κεντρικό κλάδο 4<sup>ης</sup> τάξης, που αναπτύσσει ελάχιστους δευτερεύοντες κλάδους σε μήκος περίπου 5.5χλμ. από την ακτή γενικής διεύθυνσης Β-Ν, ενώ στο υπόλοιπο τμήμα περίπου 9.5χλμ. ο κύριος κλάδος και γενικά το υδρογραφικό δίκτυο κάμπτεται ΒΔ/κά. Μόνο σ' αυτό το ψηλότερο τοπογραφικά τμήμα της λεκάνης, που αποτελεί τον Άνω ρου, αναπτύσσεται υδρογραφικό δίκτυο δενδροειδούς μορφής. Η έκταση της είναι περίπου 40χλμ<sup>2</sup>.

Αντίθετα η λεκάνη απορροής του χειμαροπόταμου Σαρακηνιώτη αποτελεί αυτοτελή υδρολογική ενότητα με ένα βασικό επιμήκη κλάδο διεύθυνσης Β-Ν. Η έκταση της είναι περίπου 23 χλμ<sup>2</sup> και αποτελεί υποσύνολο μιας μεγαλύτερης ενότητας που προσδιορίζεται από δύο υδρογραφικά αυτοτελή μέρη του χειμαροπόταμου Σαρακηνιώτη στο ανατολικό τμήμα και του χειμαροπόταμου Πελεκανιώτη στο δυτικό τμήμα.



**Χάρτης 5.2** Υδρογραφικό δίκτυο. (1. Ανυδριώτης, 2. Κακοδικιανός, 3. Σαρακινιώτης, 4. Πελεκανιώτης, 5. Σκλαβοπουλιώτης)



**Εικόνα 5.1** Σημείο δειγματοληψίας ποταμού Πελεκανιώτη.

Σήμερα οι δύο λεκάνες αποτελούν διακριτές ενότητες, οπότε εξετάζονται χωριστά αν και τα γεωλογικά και υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά τους είναι ταυτόσημα.

Η λεκάνη απορροής των χειμαροπόταμων Πελεκανιώτη και Σαρακινιώτη παρουσιάζεται γεωμορφολογικά και υδρολογικά με δύο διακριτά τμήματα:

1. Το τμήμα του Άνω ρού, όπου διαμορφώνεται το κυρίως υδρογραφικό δίκτυο δενδροειδούς μορφής και
2. Το στενό τμήμα του Κάτω ρού με ένα κεντρικό πρωτεύοντα κλάδο, που δέχεται ελάχιστες απορροές. Αυτή η διαφοροποίηση στο γεωμορφολογικό ανάγλυφο της υδρολογικής λεκάνης, οφείλεται σε δύο βασικούς παράγοντες, τόσο της γεωλογικής και τεκτονικής δομής στα δύο τμήματα, όσο και της έντονης διάβρωσης.

Η περιοχή είναι έξω από τα όρια της περιοχής NATURA με ονομασία: ΠΑΡΑΛΙΑ ΑΠΟ ΧΡΥΣΟΣΚΑΛΙΤΙΣΣΑ ΜΕΧΡΙ ΑΚΡΩΤΗΡΙΟ ΚΡΙΟΣ.

Η κοίτη είναι οριοθετημένη με απόφαση του Νομάρχη Χανίων: Έγκριση οριογραμμών ρέματος ΑΡ.ΠΡΩΤ.4928/11-8-2000.

Η υφιστάμενη κατάσταση της κοίτης του χειμαροπόταμου Πελεκανιώτη έχει τα παρακάτω τεχνικά και φυσικά χαρακτηριστικά:

Το τμήμα 1 της κοίτης του χειμαροπόταμου Πελεκανιώτη, που περιλαμβάνει την περιοχή από τις εκβολές του μέχρι και τη δίδυμη πλακοσκεπή από οπλισμένο σκυρόδεμα γεφύρατου ασφαλτοστρωμένου επαρχιακού δρόμου Παλαιόχωρας – Κουντούρας, παρουσιάζεται σχεδόν αδιαμόρφωτο και πλήρως απροστάτευτο. Το έδαφος αυτού χαρακτηρίζεται αποκλειστικά σαν αμμοχαλικώδες.

Αξιοσημείωτο είναι ότι στην ανατολική όχθη του χειμάρρου υπάρχει συρματοκιβώτιο μήκους περίπου 40m το οποίο όμως έχει υποστεί καθίζηση, λόγω μη επαρκούς προφανώς θεμελίωσης και υποσκαφής από τα νερά του ποταμού – χειμάρρου.

Στις όχθες του χειμαροπόταμου έχουν αναπτυχθεί δενδρώδεις καλλιέργειες και κηπευτικά, καθώς επίσης και αξιόλογες θερμοκηπιακές καλλιέργειες.

Το **τμήμα 1** της κοίτης του χειμαροπόταμου φαίνεται χαρακτηριστικά σημειωμένο στο συνημμένο Τοπογραφικό Διάγραμμα ενώ εξ'άλλου μια αρκετά ενημερωτική άποψη για την επικρατούσα κατάσταση τόσο στην κοίτη του χειμαροπόταμου όσο και στην ευρύτερη περιοχή λαμβάνεται από το διατιθεμένο φωτογραφικό υλικό.

Το **τμήμα 2** της κοίτης του χειμαροπόταμου Πελεκανιώτη περιλαμβάνει την περιοχή αμέσως ανάντη από τη δίδυμη πλακοσκεπή από οπλισμένο σκυρόδεμα γέφυρα του ασφαλτοστρωμένου επαρχιακού δρόμου Παλαιόχωρας – Κουντούρας.

Στο τμήμα αυτό της κοίτης του χειμαροπόταμου Πελεκανιώτη υπάρχει προστατευτικός κρηπιδότοιχος από οπλισμένο σκυρόδεμα αναπτυσσόμενος κατά μήκος τόσο της ανατολικής όσο και της δυτικής όχθης του χειμαροπόταμου. Ο κρηπιδότοιχος αυτός κατασκευάστηκε ταυτόχρονα με τη δίδυμη πλακοσκεπή γέφυρα από την οποία και ξεκινά αναπτυσσόμενος προς τα ανάντη σε μήκος περίπου 40m εκατέρωθεν της κοίτης διαμορφώνοντας κατά κάποιο τρόπο και τις επικυρωμένες οριογραμμές του χειμαροπόταμου Πελεκανιώτη στη θέση αυτή.

Ενώ ολόκληρο το υπόλοιπο τμήμα 2 της κοίτης του ποταμού χαρακτηρίζεται από παντελή έλλειψη προστασίας, ενώ γίνεται προφανής εξ'άλλου και η μη διαμόρφωση – οριοθέτησή της.

Το έδαφος του τμήματος αυτού όσον αφορά αυτήν καθ'αυτήν την κοίτη του ποταμού είναι αποκλειστικά αμμοχαλικώδες, ενώ τα εδάφη της αμέσως ευρύτερης περιοχής, έχουν διαμορφωθεί κυρίως από αλλουβιακές αποθέσεις.

Στις όχθες του χειμαροπόταμου έχουν αναπτυχθεί δενδρώδεις καλλιέργειες και κηπευτικά, καθώς επίσης και αξιόλογες θερμοκηπιακές καλλιέργειες.



### 5.3 Υδρολογική λεκάνη Πελεκανιώτη-Σαρακινιώτη

Είναι γνωστή η κίνηση της ανάδυσης της δυτικής Κρήτης και της κατάδυσης της ανατολικής, μάλιστα στην ευρύτερη περιοχή από το 3<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ. έχει παρατηρηθεί ανοδική κίνηση μέχρι και 7.3μ. Αυτή η ανοδική κίνηση επέδρασε στη διαμόρφωση και "αποκοπή" του όμορου υδρογραφικού δικτύου της λεκάνης του χειμαροπόταμου Πελεκανιώτη.

Στο ψηφιακό μοντέλο εδάφους της λεκάνης απορροής του χειμαροπόταμου Πελεκανιώτη και του όμορου Σαρακινιώτη, αν και φαίνονται ως δύο χωριστές υδρολογικές ενότητες, αρχικά αποτελούσαν μία ενιαία υδρολογική λεκάνη με μία μόνο έξοδο. Από την επίδραση όμως της νεοτεκτονικής δράσης στη διάρκεια των τελευταίων 2000 χρόνων, διαχωρίστηκε ο ανατολικός κλάδος του Σαρακινιώτη και δημιουργήθηκε νέα έξοδος, καθώς η συνεχής ανοδική κίνηση της Δυτικής Κρήτης μέχρι σήμερα, δημιούργησε τελικά νέα ανεξάρτητη λεκάνη απορροής.



**Εικόνα 5.2** Σημείο δειγματοληψίας ποταμού Κακοδικιανού(εκβολή).



**Εικόνα 5.3** Η πρόσμιξη θαλάσσιου νερού με τον ποταμό Κακοδικιανό στις εκβολές.

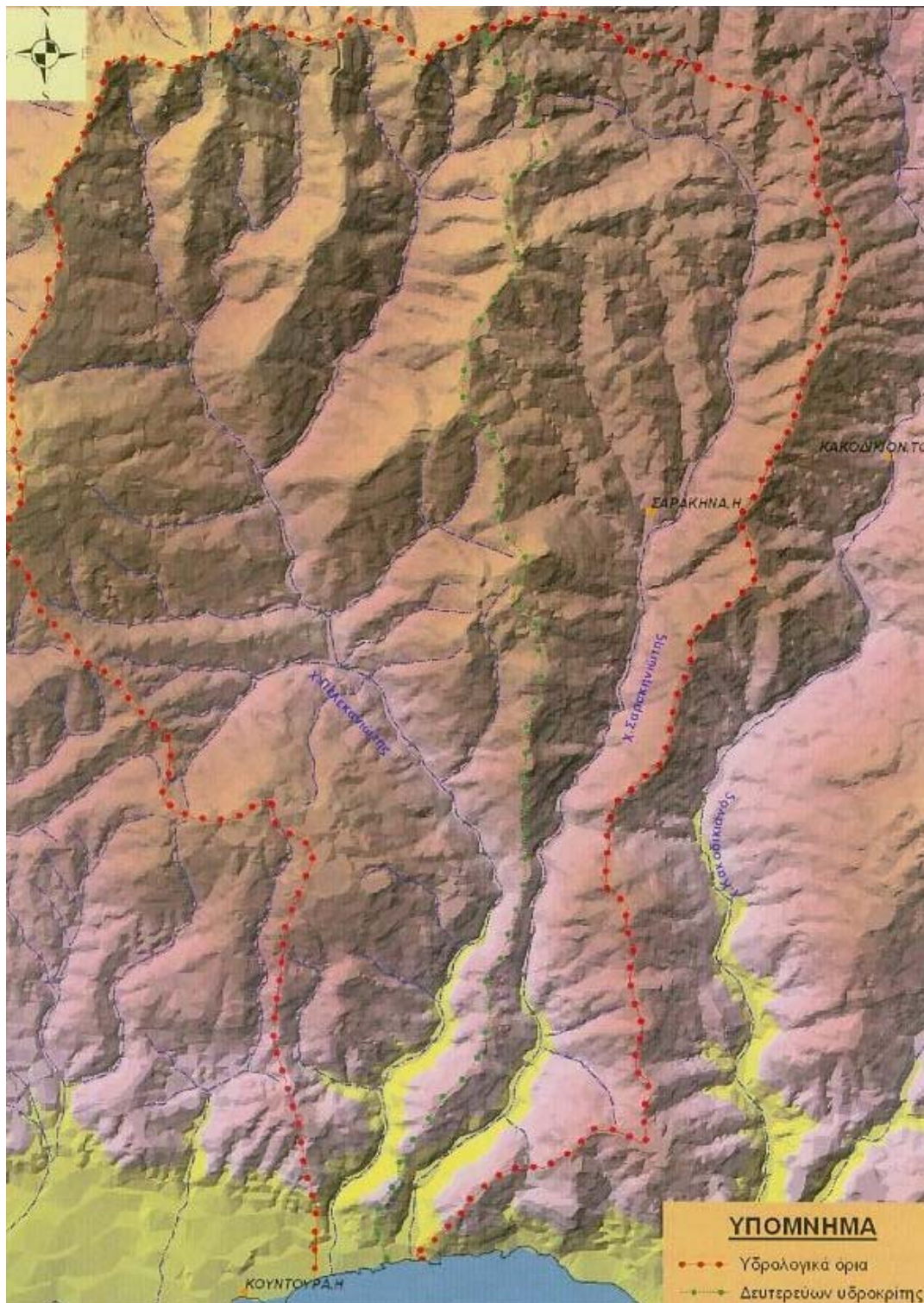


**Εικόνα 5.4** Πηγές πιθανής ρύπανσης στις εκβολές του ποταμού Κακοδικιανού.



**Χάρτης 5.3** Η λεκάνη απορροής του χειμαροτόταμου Σαρακινιώτη σε κλίμακα 1:50.000, όπως οριοθετείται από τον κύριο υδροκρήτη και σημειώνεται η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου.

Στον πιο κάτω Χάρτη 5.4 είναι εμφανής πλέον ο διαχωρισμός της υδρολογικής λεκάνης σε δύο υδρογραφικά αυτοτελή μέρη, στο δυτικό τμήμα του χειμαροτόταμου Πελεκανιώτη, που αποτελεί και το κύριο κορμό με έκταση περίπου διπλάσια (40 χλμ<sup>2</sup>) από το ανατολικό τμήμα του χειμαροτόταμου Σαρακηνιώτη.



**Χάρτης 5.4** Ψηφιακό μοντέλο εδάφους Υδρολογικής λεκάνης Πελεκανιώτη και Σαρακινιώτη.

Μάλιστα τα ίχνη της ανοδικής κίνησης είναι εμφανή ως υπολείμματα των χειμαρροποτάμιων αναβαθμίδων στα πρανή της εξόδου της λεκάνης Πελεκανιώτη και Σαρακινιώτη, όπως φαίνεται χαρακτηριστικά στη πιο κάτω εικόνα 5.5.



**Εικόνα 5.5** .Φαίνονται χαρακτηριστικά τα ίχνη των χειμαρροποτάμιων αναβαθμίδων σε μεγάλα υψόμετρα, όπως δείχνουν τα βέλη, που άφησαν στο πολύ πρόσφατο παρελθόν (από 3<sup>ο</sup> αιώνα μ.Χ.), όταν άρχισε η ανοδική κίνηση στη δυτική και ιδιαίτερα νοτιοδυτική Κρήτη.

Βέβαια η συνέχιση αυτής της κίνησης θα οδηγήσει τελικά στο απώτερο μέλλον στη μείωση της κλίσης της κεντρικής κοίτης και στις δύο εξόδους των χειμάρων και επομένως στη μείωση της ταχύτητας ροής του νερού. Το σενάριο αυτό, όπως προβλέπεται, θα συνδράμει στην αναβάθμιση της ποιότητας της καρστικής υδροφορίας, καθόσον θα ανυψούται συνέχεια το υδατοστεγανό υπόβαθρο των Φυλλιτών-Χαλαζιτών-Σχιστολίθων και θα εμποδίζει τη διείσδυση της θάλασσας υπόγεια προς τη χέρσο. Επίσης θα οδηγήσει τελικά σε αντιπλημμυρική συμπεριφορά και επομένως μπορεί να υποθεθεί ότι θα υποβοηθηθούν τα προτεινόμενα έργα αντιπλημμυρικής προστασίας και διευθέτησης, έστω και σε βαθμό που πιθανό να είναι ασήμαντος στη διάρκεια ζωής των έργων. Η επίδραση του φαινομένου της ανοδικής κίνησης χρήζει εμπειριστατωμένης παρακολούθησης και έρευνας, τα συμπεράσματα της οποίας θα αποβούν χρήσιμα για όλη την περιοχή.

#### **5.4 Γεωμορφολογικά και υδρολογικά χαρακτηριστικά**

Η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου στην έκταση της λεκάνης απορροής του χειμαρροπόταμου Πελεκανιώτη και Σαρακινιώτη γίνεται, με έναν σχεδόν βασικό κλάδο σε μεγάλο μήκος του υδρογραφικού δικτύου(περίπου 4.5χλμ.). Στο υπόλοιπο και πολύ μεγαλύτερο τμήμα σε μήκος και έκταση, αναπτύσσεται το ανώτερο τμήμα της λεκάνης (Άνω ρούς) με δενδροειδή μορφή, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την απλή καμπύλη στο υδρογράφημα της λεκάνης με ένα μέγιστο προς το τέλος του χρόνου κάθε βροχομετρικού συμβάντος. Στο ανάντη τμήμα του Άνω ρού της λεκάνης η ταχύτητα κίνησης του επιφανειακού νερού στο κεντρικό κλάδο 4<sup>ης</sup> τάξης είναι πολύ μεγαλύτερη από την αντίστοιχη στο τμήμα του Κάτω ρού, εξαιτίας της διαφοράς στη κλίση της κοίτης του χειμάρρου. Αυτή η διαφοροποίηση στη ταχύτητα ροής έχει σημασία για τα έργα επέμβασης στη κοίτη, που πρέπει να αποσκοπούν στη μείωση της ταχύτητας και την ομαλοποίηση της ροής από τυρβώδη, εκεί που προσφέρεται και συγκεκριμένα στο ανάντη τμήμα του Άνω ρού της λεκάνης με αναβαθμούς συνήθως μορφής δασικών αναβαθμίδων.

Η κοίτη του κεντρικού χειμάρρου ξεκινάει από τη περίμετρο της λεκάνης απορροής σχεδόν από το όριο του κύριου υδροκρίτη και φθάνει μέχρι μήκος 15χλμ. και 13,5χλμ για τον Σαρακινιώτη, έως την έξοδό της στην ακτογραμμή στο κόλπο μεταξύ Κουντούρας και Παλαιόχωρας. Σε μεγάλο τμήμα του μήκους του (περίπου μήκος 4.5χλμ. για τον Πελεκανιώτη και περίπου 10χλμ. για τον Σαρακινιώτη) ο κεντρικός κλάδος είναι σχεδόν μοναδιαίος, καθόσον δέχεται ελάχιστες απορροές, γεγονός που πρέπει να ληφθεί υπόψη στη διάταξη των έργων αντιπλημμυρικής προστασίας.

Η αναφορά στην ερμηνεία του γεωαναγλύφου, γίνεται καθόσον οποιαδήποτε έργα στη κοίτη του χειμάρρου, θα επηρεάζονται από τους ίδιους παράγοντες, που έχουν επιδράσει κατά τους γεωλογικούς χρόνους στη διαμόρφωσή του. Έτσι π.χ. το επίμηκες σχήμα του χειμάρρου στην έξοδό του και μάλιστα σε μήκος που φθάνει τα 4.5χλμ. και 10χλμ.

αντίστοιχα σε συνδυασμό με τη γεωλογική δομή από υδροπερατούς κυρίως σχηματισμούς (ασβεστόλιθους), δημιουργούν κατάλληλες συνθήκες κατασκευής έργων αντιπλημμυρικής προστασίας στο τμήμα ανάπτυξης των υδροπερατών ασβεστόλιθων.

Έτσι τα έργα που προτείνονται στο τελευταίο χιλιόμετρο της εξόδου του χειμάρρου, θα αυξήσουν την κατείσδυση του νερού των πλημμυρικών απορροών στη μάζα των ασβεστόλιθων από τη κοίτη του χειμάρρου, από την οποία εξάλλου γίνεται και το μεγαλύτερο μέρος των κατεισδύσεων. Αυτή η λειτουργία των προτεινόμενων έργων αντιπλημμυρικής προστασίας στη κοίτη του χειμάρρου, επειδή θα εμποδίζουν την κίνηση των πλημμυρικών ροών, αλλά και θα συγκρατούν κάποιες ποσότητες νερού, θα εμπλουτίζει κάθε χρόνο τους υπόγειους καρστικούς υδροφορείς που δημιουργούνται στη περιοχή. Επίσης θα μειώνεται η στερεοπαροχή προς τα κατάντη των έργων διευθέτησης και αντιπλημμυρικής προστασίας με τη συγκράτηση των φερτών υλών και ιλύος.

Στο τμήμα της λεκάνης του Άνω ρού στα ψηλότερα τοπογραφικά σημεία, όπου και διαμορφώνεται ο κύριος κορμός του υδρογραφικού δικτύου της υδρολογικής λεκάνης, οι ταχύτητες του ρέοντος νερού είναι μεγάλες, εξαιτίας των μεγάλων κλίσεων της κοίτης των κλάδων που μεταφέρουν το νερό και κυρίως του κεντρικού κλάδου στον οποίο συγκεντρώνονται όλα τα ρέοντα νερά. Επίσης εξαιτίας της γεωλογικής δομής στο τμήμα αυτό, από υδατοστεγανούς σχηματισμούς η επιφανειακή απορροή είναι πολύ μεγάλη, οπότε κινούνται προς τα κατάντη σημαντικές ποσότητες νερού και φερτών υλών, αυξάνουν τη διάβρωση και αποσάθρωση των πετρωμάτων, από τα οποία αποσπώνται μεγάλα τεμάχια και παρασύρονται προς τα κάτω. Αυτή η μεταφορά μεγάλων τεμαχίων με τη συνεχή κίνησή τους, αλλά και με την επίδραση της στερεοπαροχής, έχει ως αποτέλεσμα να στρογγυλοποιούνται σε κροκάλες διαφόρων μεγεθών, αλλά και ογκόλιθους, το μέγεθος των οποίων αυξάνει όσο απομακρυνόμαστε από την εκβολή του χειμάρρου.

Οι διαστάσεις και η μορφή αυτών των κροκαλών, δείχνει πόσο μεγάλη τιμή έχει η μέση ταχύτητα του νερού(m/s) για τη παράσυρση υλικών (Πίνακας 5.2), όπως προκύπτει στο παρακάτω πίνακα που ανάλογα με τη διάμετρο των μεταφερόμενων υλικών στην κοίτη χειμάρρου, απαιτείται η ελάχιστη μέση ταχύτητα του νερού για παράσυρση.

**Πίνακας 5.2** Μέση ταχύτητα νερού για τη παράσυρση σύμφωνα με τη διάμετρο του μεταφερόμενου υλικού σε mm.

Διάμετρος μεταφερόμενου υλικού σε mm	Μέση ταχύτητα νερού για τη παράσυρση σε m/s
0.04	0.15
0.7	0.20
1.7	0.30
9.2	0.70

Κατά τη ροή τους τα νερά των χειμάρρων προκαλούν διαβρώσεις, μεταφορές και αποθέσεις υλικών. Αυτές οι τρεις φάσεις εξαρτώνται από τις διαστάσεις των μεταφερόμενων υλικών και από την ταχύτητα ροής του νερού. Εάν η μάζα των υλικών που βρίσκονται μέσα στη κοίτη των ρεμάτων, υπερβεί τη μάζα που μπορεί να μεταφερθεί ή εάν μειωθεί η ταχύτητα του ρέοντος νερού, εγκαταλείπεται μέρος των υλικών και αποτίθεται στο πυθμένα, για να μετακινηθεί αργότερα, όταν η ροή του νερού αποκτήσει μεγαλύτερη σέρτική δύναμη. Τα μικρότερα σε μέγεθος υλικά είναι τα πρώτα που μετακινούνται, ενώ τα μεγαλύτερα είναι πάντοτε τα πρώτα που αποτίθενται.

Επομένως σε ένα ρέμα ή χείμαρρο γίνεται ο διαχωρισμός των υλικών κατά μήκος της κοίτης του ρέματος ή του χειμάρρου. Στις αφητηρίες των ρεμάτων και των χειμάρρων κυριαρχούν τα χονδρόκοκκα υλικά, ενώ αντίθετα στις εκβολές κυριαρχούν οι διευρυμένες κοίτες με λεπτόκοκκα υλικά, ενώ οι κλίσεις των πυθμένων είναι μειωμένες και ομαλές.

## 5.5 Υδρογεωλογικές συνθήκες

Τα πετρώματα που δομούν τα δύο τμήματα της λεκάνης απορροής του Πελεκανιώτη και του Σαρακινιώτη έχουν διαφορετική υδρολιθολογική συμπεριφορά, γεγονός που αντανάκλα και στη διαφοροποίηση των υδρογεωλογικών συνθηκών. Έτσι στο μεν τμήμα του Άνω ρού επικρατούν οι σχηματισμοί των Φυλλιτών-Χαλαζιτών-Σχιστολίθων που χαρακτηρίζονται ως υδατοστεγανοί σχηματισμοί, γεγονός που αυξάνει στο υδρολογικό ισοζύγιο την επιφανειακή απορροή. Σημειώνεται εδώ ότι η ανάπτυξη επιφανειακών στρωμάτων μικρού σχετικά πάχους, από τα υλικά διάβρωσης και αποσάθρωσης, επανοτροφοδοτούν την επιφανειακή απορροή μέσω των πολυπλιθών μικροαναβλύσεων.

Αντίθετα στο τμήμα του Κάτω ρού επικρατούν σχηματισμοί που χαρακτηρίζονται ως υδροπερατοί σχηματισμοί, όπως είναι οι ασβεστόλιθοι με αποτέλεσμα στο τμήμα αυτό η κατείσδυση να κυριαρχεί της απορροής. Όμως αυτή η καρστική υδροφορία φαίνεται ότι επηρεάζεται από τη διείσδυση της θάλασσας με την οποία έρχεται σε άμεση υδραυλική επαφή.

Επομένως τα προτεινόμενα έργα στο τμήμα του Κάτω ρού και μάλιστα στην έξοδο του χειμάρρου σε απόσταση περίπου 1χλμ. από την ακτή, θα αυξήσουν τουλάχιστον ακόμη περισσότερο τη κατείσδυση διαμέσου της κοίτης και θα εμπλουτίσουν τον υπόγειο υδροφόρα των ανθρακικών πετρωμάτων (ασβεστολίθων), που επικοινωνεί υπόγεια με τη θάλασσα. Έτσι θα συμβάλλουν και στη ποιοτική αναβάθμιση των υπόγειων νερών, που επηρεάζονται από τη διείσδυση της θάλασσας.

## 5.6 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ

### 5.6.1 Στρωματογραφική διάρθρωση και τεχνικογεωλογικά χαρακτηριστικά των σχηματισμών των θέσεων των έργων αντιπλημμυρικής προστασίας στην έξοδο του χειμαρροποτάμου Πελεκανιώτη και Σαρακινιώτη.

Η στρωματογραφική διάρθρωση των γεωλογικών σχηματισμών που αναπτύσσονται στη στενή περιοχή της εξόδου της λεκάνης απορροής του χειμαρροποτάμου Σαρακινιώτη, δίνεται στο συνημμένο γεωλογικό χάρτη κλίμακας 1:5.000 και είναι οι εξής (Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων-Πελεκάνος 2004):

- Χειμαρροποτάμιες και παράκτιες αποθέσεις

Τα υλικά που μεταφέρει, αποθέτει, επαναμεταφέρει κ.ο.κ. η ροή του νερού στη κοίτη του χειμάρρου, έχουν μεγάλη διαβάθμιση μεγέθους, από λεπτόκοκκο άργιλο μέχρι ευμεγέθεις ογκολίθους που όλα βρίσκονται αποτιθέμενα κατά μήκος και πλάτος της κοίτης τους στην έξοδο του χειμάρρου. Η κατακόρυφη ανάπτυξη αυτών των υλικών δεν είναι εμφανής, εκτιμάται ότι στη θέση των προτεινόμενων έργων που φθάνει 6-7μ. απαιτείται να επιβεβαιωθεί από ανάλογη γεωτεχνική έρευνα. Στη παραλιακή ζώνη μεταξύ τους εξόδου των χειμαρροποτάμων Σαρακινιώτη και Πελεκανιώτη, έχει δημιουργηθεί από την επίδραση και της θάλασσας, εκτεταμένη περιοχή με αμμοθίνες. Η ανάπτυξη θαμνώδους βλάστησης έχει ως αποτέλεσμα την συγκράτηση τους στη περιοχή, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα 5.6:



**Εικόνα 5.6** Στη παραλιακή ζώνη μεταξύ της εξόδου των χειμαροποτάμων Σαρακινιώτη και Πελεκανιώτη, έχουν δημιουργηθεί αμμοθίνες, γεγονός που αποτελεί ιδιαίτερο βιότοπο.

- Ποτάμιες αναβαθμίδες

Στα ψηλότερα σημεία της κοίτης και τις δύο παρειές του χειμαροπόταμου έχουν αποτεθεί σχετικά λεπτόκοκκα υλικά που μετέφερε το νερό από τα ψηλότερα τοπογραφικά σημεία και τα απέθετε στις δύο πλευρές της κοίτης. Οι ποτάμιες αναβαθμίδες είχαν εξαπλωθεί κατά μήκος της παραλίας μεταξύ των εξόδων των χειμαροποτάμων Σαρακινιώτη και Πελεκανιώτη σε εκτεταμένη ζώνη σχηματισμού δέλτα. Το ύψος απόθεσης που φαίνεται χαρακτηριστικά στη πιο κάτω εικόνα 5.7 από τα υπολείμματα των αποθέσεων, δείχνει την μεγάλη ανύψωση που έχει υποστεί η περιοχή εξαιτίας της νεοτεκτονικής δράσης από τους ιστορικούς χρόνους μέχρι σήμερα και φθάνει περίπου τα 10μ..



**Εικόνα 5.7** Η νεοτεκτονική δράση άφησε τα σημάδια της με τα υπολείμματα των χειμαροποτάμιων αποθέσεων στην έξοδο του χειμάρρου Σαρακινιώτη.

Τα υλικά των χειμαροποτάμιων αναβαθμιδών είναι σχετικά λεπτόκοκκα σε σχέση με αυτά της κοίτης, γεγονός που σε περιόδους πλημμύρων κατά το παρελθόν ήταν τα πρώτα απομακρυνόμενα. Το γεγονός αυτό σε συνδιασμό με τη χαλαρή λεπτόκοκκη δομή των



αναβαθμίδων που εύκολα αποπλύνεται, έχει σαν αποτέλεσμα την εύκολη απομάκρυνσή τους.

Η γεωλογική δομή της λεκάνης απορροής του Σαρακηνιώτη δίνεται στο συνημμένο γεωλογικό χάρτη σε κλίμακα 1:50.000, καθώς και σε κλίμακα 1:5.000 στις θέσεις των προτεινόμενων έργων στην εκβολή του. Όπως παρατηρείται στο γεωλογικό χάρτη της υδρολογικής λεκάνης Σαρακηνιώτη, τα πετρώματα που τη δομούν, στο μεγαλύτερο τμήμα της λεκάνης που είναι στο βόρειο μέρος της του Άνω ρου, ανήκουν στο πρώτο τεκτονικό κάλυμμα της Κρήτης, που αποτελεί το γεωλογικό υπόβαθρο και του υπόλοιπου κατάντη τμήματος της λεκάνης, με τη μορφή του ημιμεταμορφωμένου συστήματος των Φυλλιτών-Χαλαζιτών Σχιστολίθων.

Στο ανάντη τμήμα που αναπτύσσεται ο κύριος κορμός του υδρογραφικού δικτύου, οι επιφανειακές απορροές δεν είναι μόνο μεγάλες, αλλά και έντονες με μεγάλη συρτική ικανότητα, γεγονός που δημιουργεί σε μεγάλη έκταση φαινόμενα διάβρωσης και αποσάθρωσης. Έτσι έχουν σχηματισθεί μεγάλης έκτασης χαλαροί σχηματισμοί, στους οποίους επικρατούν τα χονδρόκοκκα υλικά από χαλίκια, κροκάλες, και άμμους, που καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση στο βόρειο τμήμα του Άνω ρου.

Στο τμήμα του Κάτω ρου, πάνω στο υπόβαθρο των Φυλλιτών-Χαλαζιτών-Σχιστολίθων έχουν αποθεθεί τα πετρώματα της γεωτεκτονικής ενότητας της Τρίπολης και ακολουθεί κατά θέσεις η επωθημένη σειρά της γεωτεκτονικής ενότητας Πίνδου. Συγκεκριμένα οι γεωλογικοί σχηματισμοί στην έκταση της λεκάνης απορροής κατά σειρά αρχαιότητας είναι:

- Ημιμεταμορφωμένο σύστημα Φυλλιτών-Χαλαζιτών-Σχιστολίθων

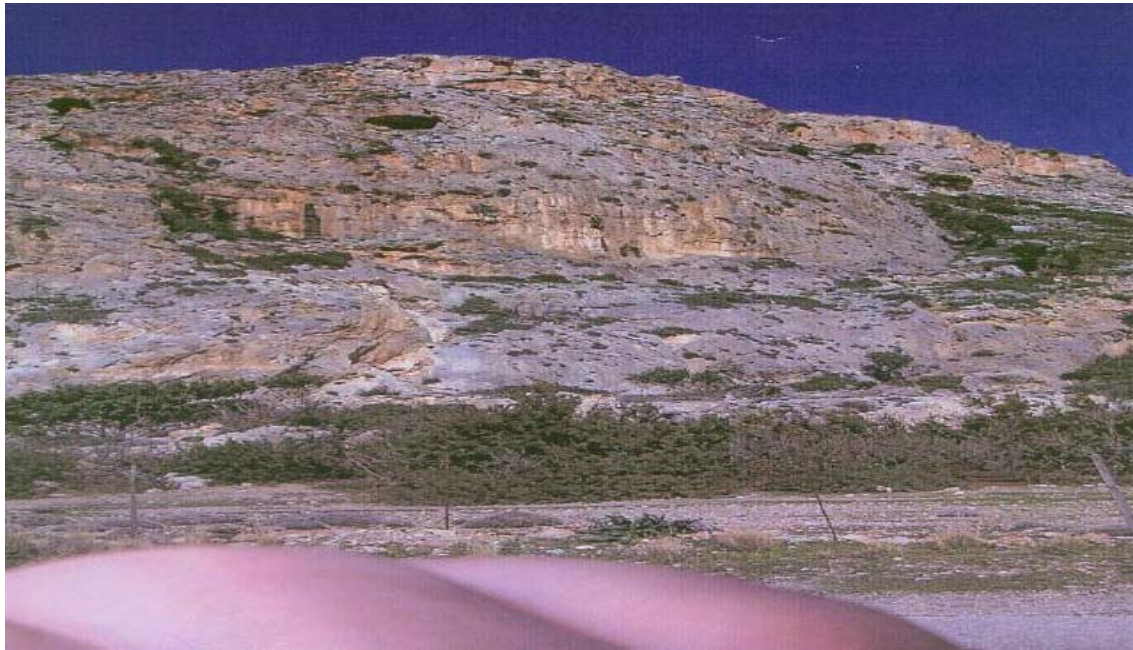
Αποτελεί το πρώτο τεκτονικό κάλυμμα στη γεωτεκτονική δομή της Κρήτης και για την έκταση της λεκάνης απορροής του Σαρακηνιώτη, το γεωλογικό υπόβαθρο. Δεν είναι ένας ενιαίος γεωλογικός-πετρολογικός σχηματισμός, αλλά αποτελείται από πετρώματα που δημιουργήθηκαν στον ίδιο χώρο ιζηματογένεσης κατά τη γεωλογική περίοδο από το Ανώτερο Πέρμιο και ενδεχομένως έφθανε μέχρι το Κατώτερο Τριαδικό και στη περιοχή εμφανίζεται με το ανώτερο τμήμα του, που είναι:

- Φυλλίτες-Χαλαζίτες-Σχιστόλιθοι

Αυτή η ομάδα γεωλογικών σχηματισμών δομεί τη μεγαλύτερη έκταση της λεκάνης απορροής του Σαρακηνιώτη και ιδιαίτερα στο τμήμα του άνω ρού, γεγονός που συμβάλλει στη διαφοροποίηση της δημιουργίας υδρολογικών και υδρογεωλογικών συνθηκών σε σχέση με το τμήμα του κάτω ρού. Η μορφή που επικρατεί στη περιοχή είναι αυτή των Φυλλιτών-Χαλαζιτών και ακολουθούν οι Σχιστόλιθοι. Συμβαίνει και οι τρεις γεωλογικοί σχηματισμοί να έχουν ίδια υδρογεωλογική συμπεριφορά, δηλαδή χαρακτηρίζονται κυρίως ως υδατοστεγανοί σχηματισμοί, οπότε στην έκταση τους υπερτερεί οπωσδήποτε η επιφανειακή απορροή από τη κατείδυση. Το γεγονός αυτό της έντονης επιφανειακής απορροής στην έκταση των Φυλλιτών-Χαλαζιτών-Σχιστολίθων, αντανακλάται και στο μεγάλο μέγεθος των αποσπώμενων και μεταφερόμενων υλικών στη κοίτη του χειμάρρου, γεγονός που πρέπει να ληφθεί υπόψη στις πιθανές επεμβάσεις κατά μήκος της κοίτης.

- Γεωτεκτονική ενότητα Τρίπολης

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί αυτής της ενότητας στη περιοχή εμφανίζονται με τη μορφή φλύσχη(Λ) και τους υποκείμενους ασβεστόλιθους (Κ.κ). Στο σημείο αυτό αναφέρεται ότι τόσο στη λεκάνη απορροής του Σαρακηνιώτη, όσο και στην όμορη του χειμαρροποτάμου Πελεκανιώτη οι ασβεστόλιθοι που επικρατούν στο τμήμα του Κάτω ρου και των δύο λεκανών, θεωρούμε ότι ανήκουν στη Ζώνη της Τρίπολης, παρόλο που οι συμβολισμοί στο συνημμένο χάρτη αντιστοιχούν στη νεώτερη επωθημένη Ζώνη Πίνδου με βάση τα στοιχεία του φύλλου Παλαιόχωρας του ΙΓΜΕ. Ως κριτήριο έχει ληφθεί η εμφάνιση των ασβεστόλιθων στη περιοχή (Εικόνα 5.8), από τους οποίους ελλείπει η λεπτοπλακκώδης εμφάνιση αλλά και η χαρακτηριστική παρουσία κερατολιθικών ενστρώσεων των ασβεστόλιθων της Ζώνης Πίνδου. Άλλωστε συμβαίνει η ανθρακική σειρά Τρίπολης να τελειώνει στη περιοχή 2 και να ακολουθούν τα ιζήματα της επωθημένης σειράς Πίνδου. Από υδρογεωλογική άποψη που αφορά τη παρούσα μελέτη τόσο οι ασβεστόλιθοι Τρίπολης όσο και εκείνοι της Πίνδου χαρακτηρίζονται ως υδροπερατοί σχηματισμοί με μικρή διαφορά στη περατότητα.



**Εικόνα 5.8.** Η εμφάνιση των ασβεστόλιθων στη παραλιακή ζώνη μεταξύ των εκβολών των χειμαρροποτάμων Σαρακηνιώτη και Πελεκανιώτη. Η χαρακτηριστική παχυστρωνατώδης δομή, καρστικότητα στη μάζα τους και η έλλειψη κερατολιθικών ενστρώσεων, προσιδιάζει σε ασβεστόλιθους της σειράς Τρίπολης και όχι της νεώτερης επωθημένης Πίνδου.

- Γεωτεκτονική ενότητα Πίνδου

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της ενότητας αυτής είναι νεώτεροι και επωθημένοι στρωματογραφικά πάνω στους σχηματισμούς της Τρίπολης ή κατευθείαν επωθημένοι στο υπόβαθρο των Φυλλιτών-Χαλαζιτών-Σχιστολίθων. Η παρουσία τους γίνεται με τη νεότερη μορφή του φλύσχη (K.ft ή fo ή Jo), που εμφανίζεται κατά θέσεις στο νότιο τμήμα του Κάτω ρου της λεκάνης απορροής. Ακολουθεί η ανθρακική σειρά από λεπτοπλακκώδεις ασβεστολίθους, που εμφανίζονται και αυτοί κατά θέσεις και διεσπαρμένοι στο νοτιότερο τμήμα της λεκάνης απορροής του Κάτω ρου. Φαίνεται ότι σε πολλές θέσεις βρίσκονται με μορφή υπολειμμάτων είτε επωθημένοι πάνω στους ασβεστόλιθους ή στο φλύσχη της Τρίπολης, είτε πάνω κατευθείαν στο υπόβαθρο των Φυλλιτών-Χαλαζιτών-Σχιστολίθων.

- Νεογενή ιζήματα

Σε κατά θέσεις και στα ψηλότερα τοπογραφικά σημεία του νότιου τμήματος στο Κάτω ρου, αναπτύσσονται υπολειμματικές μορφές νεογενών ιζημάτων Μειοκαινικής ηλικίας (Μο) με τη χαρακτηριστική μορφή των μαργαϊκών ασβεστόλιθων. Η ανάπτυξη σε ψηλότερα τοπογραφικά σημεία, δείχνει κυρίως την επίδραση της νεοτεκτονικής δράσης με συνεχιζόμενη ανοδική κίνηση.

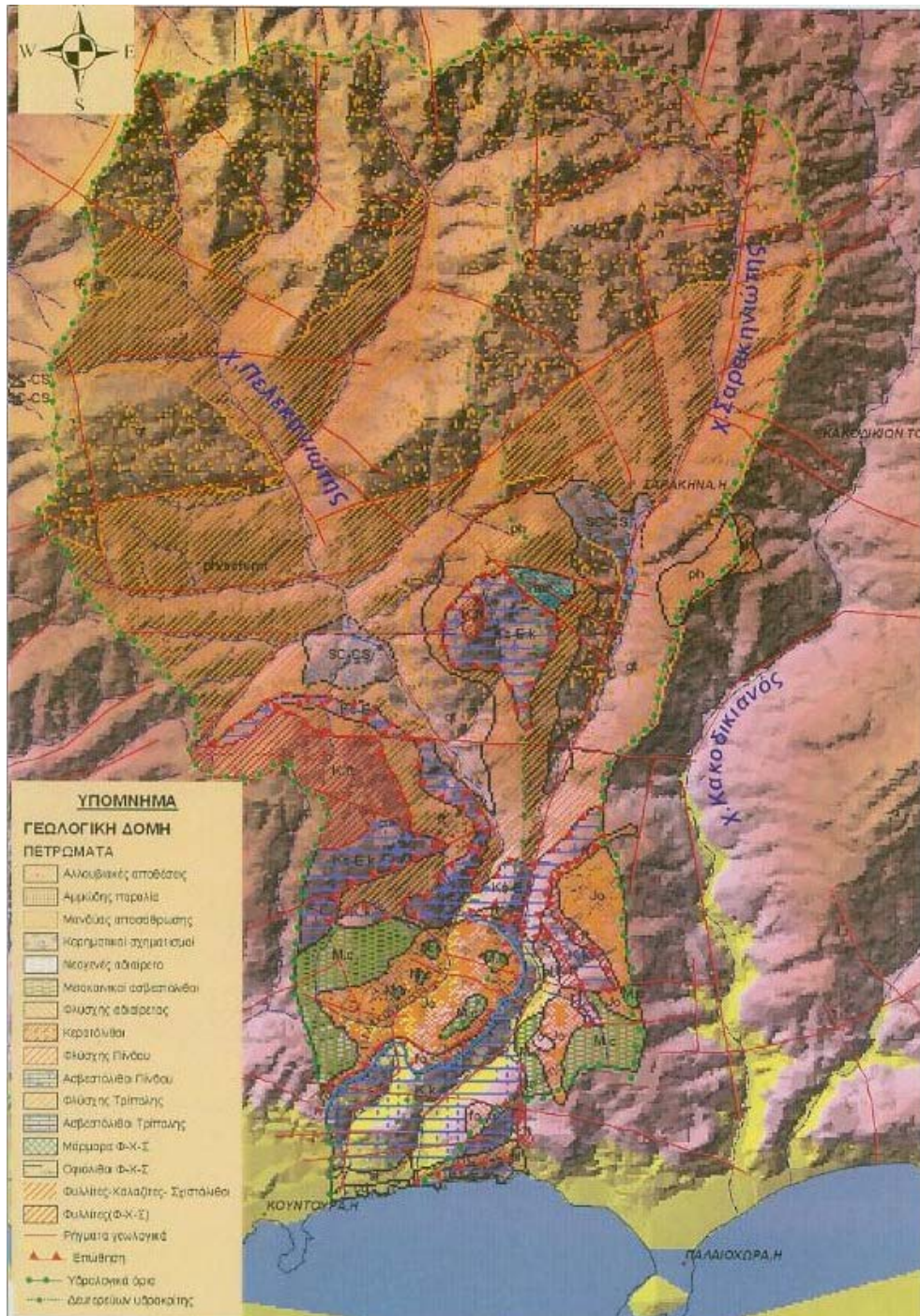
- Τεταρτογενείς αποθέσεις

Οι δυνάμεις της διάβρωσης και αποσάθρωσης δημιούργησαν τους σύγχρονους γεωλογικούς σχηματισμούς, όπως είναι τα πλευρικά κορήματα και οι κώνοι κορημάτων (SC-CS), καθώς επίσης και οι νεώτερες αποθέσεις διάβρωσης και αποσάθρωσης και χειμαρρώδεις αποθέσεις κατά μήκος της κοίτης του Σαρακηνιώτη. Η ανάπτυξη των χειμαρρώδων αποθέσεων στις θέσεις που προτείνονται τα έργα αντιπλημμυρικής προστασίας και διευθέτησης αναμένεται να έχουν μεγάλο πάχος, γεγονός που πρέπει να ερευνηθεί για την ασφαλή θεμελίωση των έργων.

Στους σύγχρονους σχηματισμούς ανήκει και ο μανδύας διάβρωσης και αποσάθρωσης ιδιαίτερα των Σχιστολίθων αλλά και δευτερευόντως των Φυλλιτών-Χαλαζιτών, που κατά θέσεις αποκτά σημαντικό πάχος και δίνει τη δημιουργία πηγαίων αναβλύσεων, όταν δημιουργούνται ευνοϊκές υδρογεωλογικές συνθήκες.

Όσον αφορά στη τεκτονική δράση, εκτός από τη νεοτεκτονική δράση με την ανοδική κίνηση της Δυτικής Κρήτης, που επηρέασε και επηρεάζει τη περιοχή της λεκάνης απορροής του Σαρακηνιώτη, υπάρχει και η ρηγματογόνος δράση, όπως φαίνεται στον παρακάτω Χάρτη 5.5. Η ρηγματογόνος δράση διακόπτει τη συνέχεια των πετρωμάτων και έχει σημαντική ταύτιση με τους κλάδους του υδρογραφικού δικτύου. Έτσι στη θέση που δημιουργείται ασυνέχεια στο πέτρωμα συνήθως ακολουθείται από το επιφανειακό νερό, καθόσον η κίνηση

του νερού ακολουθεί το μικρότερο ενεργειακά δρόμο, που συνήθως είναι οι θέσεις αδυναμίας των πετρωμάτων, όπως είναι αυτές των ρηγμάτων. Για τη περιοχή της λεκάνης απορροής του χειμαρροποτάμου Σαρακηνιώτη, φαίνεται η χαρακτηριστική περίπτωση του ρήγματος που έχει δημιουργήσει το μοναδιαίο κεντρικό κλάδο του δικτύου. Το γεγονός αυτό πρέπει να ληφθεί υπόψη στη κατασκευή των αντιπλημμυρικών έργων και των έργων διευθέτησης στο τμήμα της κοίτης του χειμαρροποτάμου.



**Χάρτης 5.5.** Γεωλογικός-τεκτονικός χάρτης της λεκάνης απορροής των χειμαροπόταμων Σαρακηνιώτη και Πελεκανιώτη στον οποίο είναι εμφανής η μεγάλη ταύτιση των διευθύνσεων των γεωλογικών ρηγμάτων με το υδρογραφικό δίκτυο.

## 5.7 Υδρολογικά στοιχεία για τους χειμαροποτάμους Πελεκανιώτη και Σαρακινιώτη

### 5.7.1 Γενικά

Η υδρολογική μελέτη του ρέματος *Πελεκανιώτη*, αλλά και του *Σαρακινιώτη*, βρίσκεται πλησίον και δυτικά της Παλαιόχωρας, υπολογίζει τις πλημμυρικές παροχές αιχμής της λεκάνης του.

Τα όρια των λεκανών απορροής του υπό μελέτη ρέματος εμβαδομετρήθηκαν και η επιφάνειά τους ανέρχεται για τον Πελεκανιώτη σε  $F=40,15 \text{ χλμ}^2$ , ενώ για τον Σαρακινιώτη ανέρχεται σε  $F=23,28 \text{ χλμ}^2$ .

Παρακάτω παρουσιάζονται οι διάφορες υδρολογικές παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη και συγκεκριμένα η καμπύλη έντασης – διάρκειας βροχοπτώσεων στην περιοχή και η μεθοδολογία υπολογισμού των πλημμυρικών παροχών των λεκανών απορροής ενώ στη συνέχεια υπολογίζονται τα στοιχεία των λεκανών απορροής, δηλαδή το μέσο υψόμετρο της λεκάνης, ο χρόνος συγκέντρωσης και η πλημμυρική παροχή.

### ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

- **Καμπύλη έντασης – διάρκειας βροχοπτώσεων**

Η καμπύλη έντασης – διάρκειας βροχοπτώσεων για περίοδο επαναλήψεως  $T=50$  έτη (συχνότητα 1:50) που χρησιμοποιείται στην παρούσα έκθεση, περιγράφεται από την ακόλουθη εξίσωση:

$$I=7.52 t^{-0.499} \text{ σε χλστά / π.λεπτό}$$

- **Μεθοδολογία υπολογισμού πλημμυρικής παροχής λεκάνης απορροής**

Η πλημμυρική παροχή (αιχμή της απορροής) υπολογίζεται από τη σχέση Π.Δ696 / 74):

$Q = C * I * F$ , η οποία για συγκεκριμένες μονάδες γίνεται:

$$Q = 0,1666 * C * I * F,$$

Όπου :  $Q$  : Η πλημμυρική παροχή (αιχμή της απορροής) σε  $\text{m}^3 / \delta\lambda$

$C$ : Ο μέσος συντελεστής απορροής

$i$ : Η ένταση κρίσιμης βροχόπτωσης για διάρκεια βροχής ίση προς το χρόνο συγκέντρωσης (χλστά. / πρώτο λεπτό)

$F$ : Η επιφάνεια της λεκάνης απορροής σε εκτάρια

Ο συντελεστής απορροής  $C$  αντιπροσωπεύει το ποσοστό της εντατικής βροχής  $i$ , που μετατρέπεται σε επιφανειακή απορροή και εκτιμάται με βάση τα φυσικά γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά, την κλίση του εδάφους, την κάλυψη του εδάφους καθώς και το είδος και την περατότητα των γεωλογικών σχηματισμών.

Για τις υπό μελέτη λεκάνες λαμβάνεται  $C = 0,60$ .

Ο χρόνος συγκέντρωσης  $t$  από λεκάνες μίας κύριας μισγάγγειας, της οποίας δεν προβλέπεται η διευθέτηση, εκτιμάται από τον τύπο του Giandotti :

$$t = 4\sqrt{F} + 1,5L \\ 0,8\Lambda Z$$

όπου :  $t$ : Ο χρόνος συγκέντρωσης σε h.

$F$ : Η επιφάνεια της λεκάνης σε  $\text{km}^2$ .

$L$ : Το μήκος της κύριας μισγάγγειας σε km .

$Z$ : Η υψομετρική διαφορά του μέσου υψομέτρου της λεκάνης από το υψόμετρο εκβολής.

Η παροχή αιχμής  $Q_{100}$  από κρίσιμες βροχοπτώσεις με περίοδο επανάληψης  $T = 100$  έτη, υπολογίζονται με βάση την παροχή  $Q_{50}$  για περίοδο επανάληψης  $T = 50$  έτη από τον τύπο του Fuller:

$$Q = 1 + 0,8 \chi \log t \\ \times Q_{50}$$

$$Q = 1 + 0,8 \chi$$

Επομένως :

$$\text{Για } \tau=100 \text{ \u03b5\u03c4\u03b7 } Q_{100} = 2,60 / 2,36 \times Q_{50} = 1,10x$$

• **ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΛΕΚΑΝΩΝ ΑΠΟΡΡΟΗΣ**

Στον \u03c0\u03b9\u03bd\u03b1\u03ba \u0391 5.3 \u03ba\u03b9 5.4 \u03c0\u03b1\u03c5 \u03b1\u03ba\u03bf\u03bb\u03bf\u03b3\u03b7\u03b4\u03b9 \u03b4\u03b9\u03bd\u03b5\u03b9 \u03c1 \u03b7\u03c0\u03bf\u03bb\u03bf\u03b3\u03b9\u03c3\u03bc\u03cc\u03c2 \u03c4\u03bf\u03c5 \u03bc\u03b5\u03c3\u03bf\u03c5 \u03c5\u03c6\u03bf\u03bc\u03b5\u03c4\u03c1\u03bf\u03c5 \u03c4\u03b7\u03c2 \u03c5\u03c0\u03cc \u03bc\u03b5\u03bb\u03b5\u03c4\u03b7 \u03bb\u03b5\u03ba\u03b1\u03bd\u03b7\u03c2 \u03b1\u03c0\u03c1\u03c1\u03bf\u03b7\u03c2.

**\u03a0\u03b9\u03bd\u03b1\u03ba\u03c2 5.3** \u03a7\u03b5\u03b9\u03bc\u03b1\u03c1\u03bf\u03c0\u03cc\u03c4\u03b1\u03bc\u03bf\u03c2 \u03a0\u03b5\u03bb\u03b5\u03ba\u03b1\u03bd\u03b9\u03c9\u03c4\u03b7\u03c2

\u03a5\u03c6\u03bf\u03bc\u03b5\u03c4\u03c1\u03bf	\u039c\u03b5\u03c3\u03bf \u03c5\u03c6\u03bf\u03bc\u03b5\u03c4\u03c1\u03bf $H_{\mu}$ (\u03bc)	\u0395\u03bc\u03b2\u03b1\u03b4\u03cc\u03bd \u03bb\u03b5\u03ba\u03b1\u03bd\u03b7\u03c2 \u03ba\u03c4\u03ac \u03c4\u03b7\u03c1\u03b5\u03bc\u03b1\u03c4\u03b1 F (\u03c7\u03bb\u03bc\u00b2)	F * $H_{\mu}$
0-100	50	0,92	46
100-200	150	1,86	279
200-300	250	2,65	662,5
300-400	350	4,08	1.428
400-500	450	5,23	2.353,50
500-600	550	5,83	3.206,50
600-700	650	6,22	4.043
700-800	750	5,32	3.990
800-900	850	5,5	3.825
900-1000	950	2,55	2.422,50
1000-1100	1050	0,75	787,5
1100-1200	1150	0,24	276,5
\u0391\u03b8\u03c1\u03bf\u03b9\u03c3\u03bc\u03b1		40,15	23.319,50

$$H = 23.319,50 / 40,15 = 580,8 \mu$$

**\u03a0\u03b9\u03bd\u03b1\u03ba\u03c2 5.4** \u03a7\u03b5\u03b9\u03bc\u03b1\u03c1\u03bf\u03c0\u03cc\u03c4\u03b1\u03bc\u03bf\u03c2 \u03a3\u03b1\u03c1\u03b1\u03ba\u03b9\u03bd\u03b9\u03c9\u03c4\u03b7\u03c2

\u03a5\u03c6\u03bf\u03bc\u03b5\u03c4\u03c1\u03bf	\u039c\u03b5\u03c3\u03bf \u03c5\u03c6\u03bf\u03bc\u03b5\u03c4\u03c1\u03bf $H'_{\mu}$ (\u03bc)	\u0395\u03bc\u03b2\u03b1\u03b4\u03cc\u03bd \u03bb\u03b5\u03ba\u03b1\u03bd\u03b7\u03c2 \u03ba\u03c4\u03ac \u03c4\u03b7\u03c1\u03b5\u03bc\u03b1 F (\u03c7\u03bb\u03bc\u00b2)	F X $H'_{\mu}$
0-100	50	0,60	30,00
100-200	150	1,54	231,00
200 - 300	250	1,84	460,00
300 - 400	350	2,40	840,00
400 - 500	450	3,43	1.543,50
500 - 600	550	5,67	3.118,50
600 - 700	650	4,53	2.944,50
700 - 800	750	1,77	1.327,50
800 - 900	850	0,73	620,50

900-1000	950	0,53	503,50
1000-1100	1050	0,24	252,00
Άθροισμα		23,28	11.871,00

$$H_{\mu} = 11.871,00/23,28 = 509,9 \mu$$

Ο χρόνος συγκεντρώσεως  $t_c$  στις λεκάνες απορροής υπολογίζεται με τον τύπο το Giandotti, για τον Σαρακηνώτη  $t_d = 1,97$  ώρες.

Η πλημμυρική παροχή αιχμής  $Q_{50}$  των λεκανών απορροής από κρίσιμες βροχοπτώσεις με περίοδο επανάληψης  $T = 50$  έτη, για τον Σαρακηνώτη  $= 162 \mu^3/\delta\lambda$ .

Η πλημμυρική παροχή αιχμής  $Q_{100}$  των λεκανών απορροής από κρίσιμες βροχοπτώσεις με περίοδο επανάληψης  $T = 100$  έτη, για τον Σαρακηνώτη  $= 1,1 \chi 162 \mu^3/\delta\lambda = 178 \mu^3/\delta\lambda$ .

### 5.8 Συμπεράσματα γεωμορφολογικών – γεωλογικών και υδρολογικών δεδομένων.

- Στο τμήμα του Άνω ρού που έχουμε τη μεγαλύτερη ποσότητα των υδρομετεώρων επικρατούν οι σχηματισμοί των Φυλλιτών – Χαλαζιτών – Σχιστολίθων, που χαρακτηρίζονται ως υδατοστεγανοί, γεγονός που αυξάνει στο υδρολογικό ισοζύγιο και την επιφανειακή απορροή, που γίνεται ορμητική και τυρβώδης, όπως δείχνουν τα μεταφερόμενα υλικά.
- Στο τμήμα του κάτω ρού επικρατούν σχηματισμοί που χαρακτηρίζονται ως υδροπερατοί σχηματισμοί, όπως είναι οι ασβεστόλιθοι, με αποτέλεσμα στο τμήμα αυτό η κατείσδυση να κυριαρχεί της απορροής. Έτσι επιτελείται σχεδόν αποκλειστικά ο εμπλουτισμός των υπόγειων υδροφορέων, που όμως έρχονται σε άμεση επαφή με τη θάλασσα γεγονός που υποβιβάζει τη ποιότητα του.
- Η περιοχή, όπως δείχνουν οι παλαιότερες αποθέσεις των ποτάμιων αναβαθμιδών σε μεγάλα σχετικά υψόμετρα, υπόκειται σε ανοδική κίνηση που συμβαίνει και σήμερα, όπως είναι γνωστή στο τμήμα αυτό της Κρήτης.

### 5.9 Βλάστηση – χλωρίδα – πανίδα

Η ευρύτερη περιοχή γύρω από το ρέμα του Πελεκανιώτη είναι τέτοια ώστε σε συνδυασμό με την τοπογραφία να διαμορφώνει διάφορα περιβάλλοντα στα οποία εμφανίζονται διαφορετικοί οικότοποι και είδη βλάστησης.

Στο νότιο και στην έξοδο κυρίως του χειμάρρου συναντάμε ελαιώνες και σύνθετα συστήματα καλλιέργειας τα οποία αφορούν κυρίως θερμοκηπιακές καλλιέργειες πρώιμων κηπευτικών.

Στο ανατολικό και στο δυτικό τμήμα του ρέματος υπάρχει σκληροφυλλική βλάστηση από τυπικά φουνανικά οικοσυστήματα.

Σε μεγάλα υψόμετρα του δυτικού τμήματος του χειμάρρου φυσικοί βοσκότοποι.

Στη παραλιακή ζώνη μεταξύ της εξόδου των χειμάρρων Σαρακηνώτη και Πελεκανιώτη, έχει δημιουργηθεί από την επίδραση και της θάλασσας, εκτεταμένη περιοχή με αμμοθίνες.

Συμπερασματικά μπορεί να λεχθεί ότι τα περισσότερα φυτικά είδη που συναντώνται στην περιοχή μελέτης είναι κοινά για την Κρήτη, πέρα των αμμοθινών της παραλιακής ζώνης που χρίζουν προστασίας.

### 5.10 Στοιχεία σεισμικότητας της περιοχής

Το σύνολο της νήσου Κρήτης ευρίσκεται στο σημείο όπου η Ευρωπαϊκή πλάκα συναντά την αφρικανική πλάκα και το σεισμικό τόξο της Δυτικής Ελλάδας συναντά το νότιο τόξο, το οποίο προεκτείνεται μέχρι την Μικρά Ασία.

Στα δύο άκρα της περιοχής μελέτης (Παλαιόχωρα και Κίσαμος) έχουν εντοπιστεί επίκεντρα σεισμών, τα οποία δίνουν σεισμούς της τάξεως των 5-6 βαθμών της κλίμακας Richter (Πίνακας 5.5).

**Πίνακας 5.5:** Επίκεντρα σεισμών.

Ημερομηνία	Επίκεντρο	Επιφανειακό μέγεθος Ms
11/9/1977	ΚΑΣΤΕΛΙ	6.3
29/11/1973	ΠΑΛΑΙΟΧΩΡΑ	6.0
4/5/1972	ΚΑΝΤΑΝΟΣ	6.5
9/4/1965	ΚΑΝΤΑΝΟΣ	6.1
26/6/1962	ΔΥΤ.ΚΡΗΤΗ	6.2

Το επίκεντρο όλων των σεισμικών αυτών δονήσεων ευρίσκεται στο υποθαλάσσιο χώρο και σε βάθος το οποίο συνήθως δεν έχει δραματικές συνέπειες για την περιοχή.

## **5.11 Προτεινόμενα μέτρα για την πρόληψη και την αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων**

### **5.11.1 Έδαφος**

- Η σύνταξη εκτενέστερης γεωλογικής μελέτης δεν είναι απαραίτητη καθώς τα υφιστάμενα στοιχεία σε συνδιασμό με τα γεωμορφολογικά και υδρολογικά δεδομένα παρέχουν μεγάλο βαθμό ασφάλειας στην υλοποίηση και εφαρμογή της τεχνικής μελέτης ενώ οι επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον είναι πολύ μικρές.
- Προτείνεται να ερευνηθεί το πάχος ανάπτυξης των χειμαρρωδών αποθέσεων και το υπόβαθρο θεμελίωσης στις θέσεις κατασκευής των έργων, για την καλύτερη και ασφαλέστερη θεμελίωση.
- Προτείνεται στη θεμελίωση των έργων διευθέτησης και αντιπλημμυρικής προστασίας (συρματοκιβώτια, αναβαθμός), να τοποθετηθεί κατάλληλο γεωύφασμα (ανάλογα με τη κοκκομετρία του υποβάθρου), ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα εσωτερικής διάβρωσης στην έδραση και στη συνέχεια υποσκαφής.
- Τα περισσεύματα των προϊόντων εκσκαφής θα εναποτεθούν στο χώρο εναπόθεσης δανείων του θεσμοθετημένου ΧΥΤΑ (Χώρου Υγειονομικής Ταφής Απορριμάτων) του Δήμου Πελεκάνου Αρμόδιος μέτρου ο ανάδοχος του έργου.

### **5.11.2 Νερά**

- Η κατασκευή εγκάρσια της κοίτης αναβαθμού και συρματοκιβωτίων θα εγκλωβίσει σημαντική στερεοπαροχή.
- Προτείνεται στη θεμελίωση των έργων διευθέτησης και αντιπλημμυρικής προστασίας (συρματοκιβώτια, αναβαθμός) να τοποθετηθεί κατάλληλο γεωύφασμα (ανάλογα με τη κοκκομετρία του υποβάθρου), ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα διάβρωσης στην έδραση και στη συνέχεια υποσκαφής.

## **5.12 Προτεινόμενα έργα κοίτης χειμαρροπόταμου Πελεκανιώτη**

Η παρούσα μελέτη αποσκοπεί στην υλοποίηση των επικυρωμένων οριογραμμών του χειμαροπόταμου Πελεκανιώτη, στην περιοχή των εκβολών και αμέσως ανάντη, που ευρίσκεται στα διοικητικά όρια των δημοτικών διαμερισμάτων Κουντούρας και Παλαιόχωρας του Δήμου Πελεκάνου.

Η υλοποίηση των επικυρωμένων οριογραμμών του χειμαροπόταμου Πελεκανιώτη ορίζονται επακριβώς στα συνημμένα και επικυρωμένα Τοπογραφικά Διαγράμματα και έχει βέβαια σκοπό και στόχο αφ' ενός μεν την οριοθέτηση – οριστική διαμόρφωση της κοίτης και αφ' ετέρου την προστασία των παρόχθιων καλλιεργειών (δενδρώδεις και θερμοκηπιακές καλλιέργειες).

Τα προβλεπόμενα αντιπλημμυρικά έργα διευθέτησης – οριοθέτησης και προστασίας της κοίτης του χειμαροπόταμου Πελεκανιώτη θα εκτελεστούν σύμφωνα με τις επικυρωμένες οριογραμμές από την Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών Νομού Χανίων και την σύμφωνη γνώμη του Δημοτικού Συμβουλίου του Δήμου Πελεκάνου, στα διοικητικά όρια του οποίου ανήκουν οι περιοχές επέμβασης και οι οποίες οριογραμμές φαίνονται στα συνημμένα Τοπογραφικά Διαγράμματα.

Τα προτεινόμενα από την παρούσα μελέτη αντιπλημμυρικά έργα για την διευθέτηση – οριοθέτηση και προστασία της κοίτης του χειμαροπόταμου Πελεκανιώτη, στις θέσεις που αναφέρονται στα συνημμένα Τοπογραφικά Διαγράμματα θα περιλαμβάνουν τις παρακάτω αναφερόμενες εργασίες:

- Θα εκτελεστούν οι αναγκαίες και απαραίτητες χωματοουργικές εργασίες διαμόρφωσης της κοίτης ώστε να εξασφαλιστεί ο χώρος εργασίας που χρειάζεται για την υλοποίηση της επικυρωμένης οριοθέτησης της κοίτης των χειμαροποτάμων.
- Θα πραγματοποιηθούν οι χωματοουργικές εργασίες εκσκαφής για την έντεχνη και ασφαλή θεμελίωση των συρματοκιβωτίων που προτείνεται να τοποθετηθούν για την επιβεβλημένη διευθέτηση της κοίτης των χειμαροποτάμων και την προστασία των παρακείμενων δένδρων κυρίως καλλιεργειών.
- Πριν την κατασκευή των συρματοκιβωτίων στη βάση θα τοποθετηθεί το απαραίτητο γαιωύφασμα προστασίας των κάτωθεν και παρακείμενων εδαφών. Το γαιωύφασμα θα καλυφθεί με θραυστό υλικό για την προστασία αυτού.
- Θα κατασκευαστούν συρματοκιβώτια διευθέτησης της κοίτης των χειμαροποτάμων, για την προστασία των παρόχθιων καλλιεργειών, σύμφωνα με τα προβλεπόμενα από τις ισχύουσες Τεχνικές Προδιαγραφές κατασκευής συρματοκιβωτίων σε διαστάσεις και διάταξη που προκύπτουν από τους υδραυλικούς υπολογισμούς.
- Οι τυπικές διατομές διευθέτησης της κοίτης προέκυψαν από υδραυλικούς υπολογισμούς λαμβάνοντας υπ όψη τις πλημμυρικές παροχές των χειμαροποτάμων – το είδος της ροής – τις κατά μήκος κλίσεις της κοίτης που καθορίζουν την ταχύτητα ροής και φυσικά τις εγκεκριμένες οριογραμμές για την οριοθέτηση των χειμαροποτάμων στις συγκεκριμένες θέσεις.

Οι προτεινόμενες από την μελέτη τυπικές διατομές της κοίτης των χειμαροποτάμων φαίνονται λεπτομερώς στα αντίστοιχα σχέδια που συνοδεύουν την μελέτη:

- Θα κατασκευαστεί αναγκαίος και απαραίτητος αναβαθμός από σκυρόδεμα, σύμφωνα με τις προτεινόμενες από την μελέτη τυπικής διατομής αναβαθμού και τις προκύπτουσες εργασίες κατασκευής της λεκάνης πρόσπτωσης καθώς και τις ανάντη και κατάντη επενδύσεις από σκυρόδεμα και κοιτοστρώσεις από συρματοκιβώτια.
- Ιδιαίτερη προσεκτική αντιμετώπιση θα πρέπει να εφαρμοστεί στις περιπτώσεις των υπαρχόντων παρόχθιων πηγαδιών και των τοίχων από σκυρόδεμα που τα συνοδεύουν, για να μη δημιουργηθούν προβλήματα με απρόβλεπτα μεγάλες καταστροφές σε περιπτώσεις ύπαρξης πλημμυρικών παροχών.

Τέλος θα πρέπει να απομακρυνθούν όλα τα περισσεύοντα υλικά και φυτικά από τις εκσκαφές διαμόρφωσης της κοίτης και του συνόλου των αντιπλημμυρικών έργων που αναφέρονται στην παρούσα μελέτη.

### **Πρόταση για την λεκάνη Πελεκανιώτη, Σαρακηνιώτη, Κακοδικιανού, Χρυσοσκαλλίτισας, Αγίας Ειρήνης**

- Καταγραφή όλων των μικροπηγών του Πελεκανιώτη, οι οποίες υπάρχουν στο ορεινό τμήμα του ανατολικού και του δυτικού Σελίνου. Οι μικροπηγές εξυπηρετούν τοπικές ανάγκες ύδρευσης και άρδευσης. Η καλλιέργεια τους μπορεί να βελτιώσει την απόδοσή τους.
- Αξιοποίηση του νερού των μικρών καρστικών δεξαμενών, όπου υπάρχουν, ιδίως για υδρευτική χρήση π.χ. Πελεκανιώτη.
- Κατασκευή των λιμνοδεξαμενών Κουντούρας, χωρητικότητας  $1,5 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ .

### **5.13 Συναγωγή σημαντικών πορισμάτων**

Από τα παραπάνω βγαίνουν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Βελτιώνεται η λεκάνη απορροής του Πελεκανιώτη, στην έξοδο της οποίας θα κατασκευασθούν τα προτεινόμενα έργα διευθέτησης και αντιπλημμυρικής προστασίας, οπότε:



1. Η κατασκευή και λειτουργία τους θα επηρεάσει θετικά τις υδρογεωλογικές συνθήκες της λεκάνης απορροής του Πελεκανιώτη με την αύξηση κατείδουσας της πλημμυρικής ροής στην κοίτη.
2. Η κατασκευή εγκάρσια της κοίτης αναβαθμού και συρματοκιβωτίων θα εγκλωβίσει σημαντική στερεοπαροχή, που μπορεί να αυξηθεί με δασικές αναβαθμίδες στα ανάντη.
3. Οπωσδήποτε σημαντική είναι η λειτουργία των προτεινόμενων έργων στην αντιπλημμυρική προστασία της κατάντη παραλιακής ζώνης.
4. Προτείνεται στη θεμελίωση των έργων διευθέτησης και αντιπλημμυρικής προστασίας (συρματοκιβώτια, αναβαθμός) να τοποθετηθεί κατάλληλο γεωύφασμα (ανάλογα με τη κοκκομετρία του υποβάθρου), ώστε να αποφευχθούν φαινόμενα εσωτερικής διάβρωσης στην έδραση και στη συνέχεια υποσκαφή της θεμελίωσης.
5. Προτείνεται να ερευνηθεί το πάχος ανάπτυξης των χειμαρρωδών αποθέσεων και το υπόβαθρο θεμελίωσης στις θέσεις κατασκευής των έργων, για την καλύτερη και ασφαλέστερη θεμελίωση.
  - Το σύνολο των έργων λόγω της φύσης του εδάφους δεν προβλέπεται να δημιουργήσουν προβλήματα κατολισθήσεων ή καθιζήσεων.
  - Κατά την υλοποίηση του έργου θα προκληθούν μικρές εκπομπές σκόνης στην ατμόσφαιρα και θόρυβος από τη χρήση μηχανημάτων.
  - Το σύνολο των έργων επηρεάζει θετικά το Οικοσύστημα της περιοχής αφού προστατεύονται οι αμμωθίνες στην έξοδο της κοίτης του ποταμού από έντονα πλημμυρικά φαινόμενα.
  - Δε θα ενοχληθεί η πτηνοπανίδα της περιοχής καθώς δε χρησιμοποιούνται εκρηκτικά.
 Συμπερασματικά λοιπόν μπορεί να λεχθεί ότι το υπό εκτέλεση έργο δεν θα προκαλέσει δυσμενείς επιπτώσεις στο περιβάλλον αλλά θα προστατεύσει συνολικά τη γύρω περιοχή από τη ροή του χειμαροποτάμου.

#### **5.14 Σκοπιμότητα του έργου αποκατάστασης χειμαροπόταμου Πελεκανιώτη**

Η παρούσα μελέτη αποσκοπεί στην υλοποίηση των επικυρωμένων οριογραμμών του χειμαροπόταμου Πελεκανιώτη, στην περιοχή και αμέσως ανάντη.

Τα προβλήματα που αντιμετωπίζουμε έχουν τα εξής χαρακτηριστικά:  
 Η λεκάνη απορροής του χειμαροπόταμου Πελεκανιώτη αποτελεί σήμερα αυτοτελή υδρολογική ενότητα με ένα κεντρικό κλάδο 4<sup>ης</sup> τάξης, που αναπτύσσει ελάχιστους δευτερεύοντες κλάδους σε μήκος περίπου 5.5 χλμ. από την ακτή γενικής διεύθυνσης Β-Ν, ενώ στο υπόλοιπο τμήμα περίπου 9.5 χλμ. ο κύριος κλάδος και γενικά το υδρογραφικό δίκτυο κάμπτεται ΒΔ/κά. Μόνο σ' αυτό το ψηλότερο τοπογραφικά τμήμα της λεκάνης, που αποτελεί τον Άνω ρού, αναπτύσσεται υδρογραφικό δίκτυο δενδροειδούς μορφής. Η έκτασή της είναι περίπου 40 χλμ.

Η λεκάνη απορροής του χειμαροπόταμου Πελεκανιώτη αποτελεί υποσύνολο μιας μεγαλύτερης ενότητας που προσδιορίζεται από δύο υδρογραφικά αυτοτελή μέρη του χειμαροπόταμου Σαρακινιώτη στο ανατολικό τμήμα και του χειμαροπόταμου Πελεκανιώτη στο δυτικό τμήμα.

Σήμερα οι δύο λεκάνες αποτελούν διακριτές υδρολογικές ενότητες, οπότε εξετάζονται χωριστά αν και τα γεωλογικά και υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά τους είναι ταυτόσημα:

1. Το τμήμα του Άνω ρού, όπου διαμορφώνεται το κυρίως υδρογραφικό δίκτυο δενδροειδούς μορφής και
2. Το στενό τμήμα του Κάτω ρού με ένα κεντρικό πρωτεύοντα κλάδο, που δέχεται ελάχιστες απορροές. Αυτή η διαφοροποίηση στο γεωμορφολογικό ανάγλυφο της υδρολογικής λεκάνης, οφείλεται σε δύο βασικούς παράγοντες τόσο της γεωλογικής και τεκτονικής δομής στα δύο τμήματα, όσο και της έντονης διάβρωσης.
  - Εξαιτίας της γεωλογικής δομής στο τμήμα αυτό από υδοτοστεγανούς σχηματισμούς η επιφανειακή απορροή είναι πολύ μεγάλη, οπότε κινούνται προς τα κατάντη σημαντικές ποσότητες νερού.
  - Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι οι μεγάλες ταχύτητες σε συνδυασμό με τις μεγάλες ποσότητες του μεταφερόμενου νερού, να αυξάνουν τη διάβρωση και αποσάθρωση των πετρωμάτων, από τα οποία αποσπώνται μεγάλα τεμάχια και παρασύρονται προς τα κάτω.

Με βάση τα παραπάνω εξειδικεύονται οι στόχοι της επέμβασης που είναι:

- Η υλοποίηση των επικυρωμένων οριογραμμών και οριοθέτηση – οριστική διαμόρφωση της κοίτης με παράλληλη προστασία των παράχθιων καλλιεργειών (δενδρώδεις και θερμοκηπιακές καλλιέργειες).
- Η αύξηση της κατείσδυσης του νερού των πλημμυρικών απορροών στη μάζα των ασβεστόλιθων στο τελευταίο χιλιόμετρο της εξόδου του χειμάρρου στην οποία εξάλλου γίνεται και το μεγαλύτερο μέρος των κατεισχύσεων.
- Ο εμπλουτισμός του υπόγειου υδροφορέα των ανθρακικών πετρωμάτων (ασβεστόλιθων), που επικοινωνεί υπόγεια με τη θάλασσα, οπότε θα έχουμε θετική συμβολή στη ποιοτική αναβάθμιση των υπόγειων νερών, που επηρεάζονται από τη διείσδυση της θάλασσας.
- Ο περιορισμός και η υποβάθμιση του περιβάλλοντος μέσω της αξίας που αυτό αποκτά κυρίως στην έξοδο του ποταμού όπου συναντούμε αμμωθίνες.
- Η επαναφορά καλλιεργειών που εγκαταλείφθηκαν ή που απειλούνται από βίαια καιρικά φαινόμενα ώστε να τονωθεί το εισόδημα των καλλιεργητών της περιοχής.
- Η ενίσχυση του εισοδήματος της τοπικής κοινωνίας.
- Η υλοποίηση του έργου και η σύνδεσή του με άλλα υπάρχοντα στην περιοχή θα αυξήσουν τον αριθμό των επισκεπτών τόσο σε αριθμό όσο και σε εύρος χρόνου.

Άμεσα ωφελούμενοι είναι οι κάτοικοι της περιοχής παρέμβασης του έργου αφού εκμεταλλευόμενοι την τεχνογνωσία τους στις καλλιεργητικές τεχνικές έχουν τη δυνατότητα να αυξήσουν την παραγωγικότητα και ανταγωνιστικότητα των προϊόντων τους αφού θα τους παρέχεται υψηλή προστασία από χιμαιρικά φαινόμενα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6°

### 6.1 ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

#### Μελέτη στην ρύπανση του κόλπου Παλαιόχωρας

##### 6.1.1 Διαδικασία δειγματοληψίας

- Ο δειγματολήπτης και το δοχείο δειγματοληψίας έχουν εκπλυθεί με απιονισμένο νερό και είναι στεγνά
- Τόσο ο δειγματολήπτης, το δοχείο και τα πώματα των δοχείων δειγματοληψίας ξεπλένονται με έντονη ανακίνηση των δοχείων τρεις φορές το λιγότερο με νερό από το σημείο δειγματοληψίας. Τα εκπλύματα δεν επιστρέφονται στο σημείο δειγματοληψίας αλλά χύνονται σε σημείο που δεν θα επιτρέψει την ανάμιξη τους με το προς ανάλυση δείγμα.
- Οι φιάλες γεμίζονται προσέχοντας το δείγμα κατά την διάρκεια της λήψης και της έκχυσης του στο δοχείο να έχει όσο το δυνατόν λιγότερες αναταράξεις.
- Αν είναι δυνατό λαμβάνεται θερμοκρασία από το σημείο δειγματοληψίας, αλλιώς η μέτρηση της θερμοκρασίας γίνεται αμέσως από την πληρωμένη φιάλη με δείγμα (το θερμομέτρο έχει ξεπλυθεί προηγούμενος και με το νερό από το ίδιο το δείγμα).
- Οι φιάλες γεμίζουν έως ότου να υπερχειλίσουν και πωματίζονται αεροστεγώς, προσέχοντας να μην εγκλωβιστεί αέρας στο δοχείο.
- Συμπληρώνουμε τις απαραίτητες ετικέτες πάνω στις φιάλες και στην συνέχεια τις τοποθετούμε σε φορητό ψυγείο με παγοκύστες για να μεταφερθούν στο εργαστήριο εντός τεσσάρων ωρών.

##### 6.1.2 Ποσότητα δείγματος

Για της περισσότερες φυσικές και χημικές αναλύσεις δείγμα όγκου δυο λίτρων είναι αρκετό. Για ορισμένους προσδιορισμούς μπορεί να χρειαστούν μεγαλύτερες ποσότητες ο πίνακας 6.1 δίνει τους όγκους που συνήθως απαιτούνται για ανάλυσης.

**Πίνακας 6.1 Ποσότητα και συνθήκες μεταφοράς και διατήρησης δειγμάτων**

άμετρος που θα προσδιοριστεί	Υλικό της φιάλης δειγματοληψίας	Ποσότητα δείγματος (ml)	Συντήρηση δείγματος	Μέγιστος χρόνος συντήρησης
Χρώμα	Γ	500	Ψύξη(4° C)	-
Οσμή	Γ	500	Άμεση ανάλυση	-
Θολερότητα	Γ,Π	-	Ανάλυση την ίδια μέρα	24 ώρες (σε σκοτάδι)
Θερμοκρασία	Γ,Π	-	Άμεση μέτρηση	-
pH	Π,Γ(B)	-	Άμεση μέτρηση	-
Αλατότητα	Γ	240	Άμεση μέτρηση	-
Αγωγιμότητα	Γ,Π	500	Ψύξη(4° C)	28 ημέρες

Σκληρότητα	Γ,Π	100	Προσθήκη HNO <sub>3</sub>	6 μήνες
Στερεά	Γ(B),Π	-		-
Αμμωνία	Γ,Π	500	Άμεση ανάλυση ή Προσθήκη H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> και ψύξη	7 ημέρες
Νιτρικά	Γ,Π	100	Προσθήκη H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> και ψύξη	-
Φώσφορος	Γ(A)	100	Άμεση διήθηση και ψύξη σε -10°C	½
Διαλυμένο Οξυγόνο	Γ	300	Άμεση ανάλυση	ώρα
BOD	Γ,Π	1000	Ψύξη(4° C)	6 ώρες
COD	Γ,Π	100	Προσθήκη H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> pH<2	7 ημέρες

**Όπου:**

Γ: γυάλινη φιάλη

Π: πλαστική φιάλη (από πολυαιθυλένιο ή ισοδύναμο υλικό)

Γ(B): γυάλινη από βοροπυρίτιο

Γ(A): γυάλινη φιάλη ξεβγαλμένη με HNO<sub>3</sub>, 1 + 1

## 6.2 Υλικά και μέθοδοι ανάλυσης

### 6.2.1 Οργανοληπτικά χαρακτηριστικά

#### 6.2.1.1 Θολερότητα

##### 6.2.1.1.1 Νεφελομετρική μέθοδος

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

Το δείγμα πρέπει να αναλύεται όσο το δυνατόν συντομότερα. Αν αυτά δεν είναι δυνατόν, το δείγμα πρέπει να καταψύχεται ή να συντηρείται στους 4°C για να περιοριστεί η μικροβιακή αποσύνθεση των στερεών.

1. Οι μετρήσεις της θολότητας πραγματοποιήθηκε με φορητό θολερόμετρο (Lovibond CR3210) (Εικόνα 6.1), αρχικά πρέπει να γίνει η βαθμονόμηση του οργάνου τα πρότυπα είναι τέσσερα 1, 10, 100, 1000 NTU κατόπιν παίρνουμε την κυψελίδα όπου περιέχεται στο κουτί του οργάνου και την γεμίζουμε με το δείγμα μας στην συνέχεια τοποθετείτε στον υποδοχέα του οργάνου και έτσι μετράμε την θολότητα του δείγματος θα πρέπει να επισημάνουμε ότι οι σωλήνες πρέπει να είναι καθαροί και πριν την μέτρηση τους στο θολερόμετρο σκουπίζονται με χαρτί εμποτισμένο σε αιθυλική αλκοόλη. Κατά τη διάρκεια των διαφόρων χειρισμών οι σωλήνες πρέπει να πιάνονται μόνο από το πάνω μέρος τους (Βλάχου Α. – Κατσιμεντέ Ε.2007, Χωροχρονική Διευρένηση Των Μεταβολών Των Ποιοτικών Παραμέτρων Των Επιφανειακών Νερών Της Υδρολογικής Λεκάνης Του Ποταμού Κερίτη. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Φυσικών πόρων και περιβάλλοντος. Τ.Ε.Ι Κρήτης).



*Εικόνα 6.1 φορητό θολερόμετρο Lovibond*

## **6.2.1.2pH**

### **6.2.1.2.1 Δειγματοληψία και συντήρηση δείγματος**

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

### **6.2.1.2.2 Παρεμποδιστικές ουσίες και περιορισμοί μεθόδου**

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

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

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

### **6.2.1.2.3 Τι πρέπει να γνωρίζουμε για το pH –μετρο**

- Τα ηλεκτρόδια της υαλού ή τα συνδυασμένα ηλεκτρόδια, πριν χρησιμοποιηθούν για πρώτη φορά, πρέπει να ενεργοποιηθούν σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.
- Στο χρόνο μεταξύ των χρήσεων των ηλεκτροδίων πρέπει ν' αποφεύγεται η ξήρασή τους. γι' αυτό διατηρούνται πάντα βυθισμένα σε νερό ή κορεσμένο διάλυμα KCl.
- Το ελαστικό πώμα με το οποίο φράσσεται η οπή πλήρωσης με KCl του ηλεκτροδίου του καλομέλανος, αφαιρείται κατά τη μέτρηση και επαναφέρεται στη θέση του μετά τη μέτρηση.
- Η παρατεταμένη χρήση των ηλεκτροδίων για μετρήσεις σε εδάφη αλκαλικής αντίδρασης και μάλιστα πλουσίων σε ανθρακικό ασβέστιο, μπορεί να δημιουργήσει λεπτό στρώμα  $\text{CaCO}_3$  στην εξωτερική επιφάνεια της γυάλινης μεμβράνης του ηλεκτροδίου με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η καλή λειτουργία του. Στην περίπτωση αυτή τα ηλεκτρόδια βυθίζονται για ένα περίπου λεπτό σε αραιό διάλυμα HCl.
- Όταν το συνδυασμένο ηλεκτρόδιο χρησιμοποιείται συχνά για μετρήσεις pH σε πάστα εδάφους, συνήθως, αποφράσσεται η οπή εκροής του ηλεκτρολυτικού συνδέσμου (κάτω μέρος του ηλεκτροδίου). Σε αυτές τις περιπτώσεις γίνεται έλεγχος της κανονικής εκροής, κάθε 20-30 μετρήσεις, βυθίζοντας το ηλεκτρόδιο σε διάλυμα  $\text{AgNO}_3$  0,1 N. Αν αναπυυχθεί λευκό νεφέλωμα γύρω από την οπή εκροής σημαίνει ότι το ηλεκτρόδιο έχει καλή λειτουργία, αν όχι, προσπαθούμε ν' αποκαταστήσουμε την εκροή σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.

- Η ανταπόκριση του ηλεκτροδίου της υαλού δεν είναι ακαριαία και η ανάγνωση της τιμής του pH γίνεται συνήθως 30 δευτερόλεπτα περίπου μετά τη βύθιση του ηλεκτροδίου στο αναλυόμενο διάλυμα. Σε αραιά διαλύματα στα οποία έχουν προστεθεί ρυθμιστικές ουσίες και έχουν pH γύρω από το 7 η ισορροπία αργεί ν' αποκατασταθεί και πολλές φορές απαιτείται έντονη ανάδευση. Η λήψη της ανάγνωσης γίνεται 5-10 λεπτά μετά τη βύθιση του ηλεκτροδίου στο διάλυμα.

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

Τιμές του pH πάνω από 10 προκαλούν ερεθισμό ή ακόμα βλάβη στο δέρμα. Όσο υψηλότερη είναι η τιμή του pH τόσο εντονότερος είναι ο ερεθισμός που μπορεί να προκληθεί στα μάτια.

Υψηλές τιμές pH μπορούν επίσης να έχουν εμμέσως επιπτώσεις στην υγεία αφού μειώνουν την απολυμαντική ικανότητα της χλωρίωσης και συντελούν στην αύξηση της διάβρωσης των σιδηρών σωλήνων, αυξάνοντας έτσι τις συγκεντρώσεις των διαλυμένων μετάλλων στο νερό. Υψηλές τιμές pH μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα αισθητικής, όπως έντονος χρωματισμός και πικρή γεύση.

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

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

όπου:  $[H^+]$  = συγκέντρωση υδρογονιόντων, σε moles/L

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

Η κλίμακα μέτρησης του pH είναι από 0 ως 14. Η ουδετερότητα αντιστοιχεί σε pH = 7. Τιμές μικρότερες δείχνουν όξινο περιβάλλον (υπεροχή υδρογονιόντων) ενώ τιμές μεγαλύτερες αλκαλικό περιβάλλον (υπεροχή υδροξυλιόντων).

Η μέτρηση του pH, είναι μία από τις σημαντικότερες και βασικότερες μετρήσεις κατά την εξέταση των υδάτων και αποβλήτων. Σε δεδομένη θερμοκρασία, το pH δείχνει πόσο όξινο ή αλκαλικό είναι ένα διάλυμα, ή τον βαθμό ιονισμού του διαλύματος. Με το pH δεν μετράται η οξύτητα ή ανηλικότητα του δείγματος, όμως τιμές pH μικρότερες από 7, δείχνουν μια τάση του δείγματος προς την οξύτητα και τιμές pH μεγαλύτερες από 7 δείχνουν μία τάση προς την αλκαλικότητα.

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

#### 6.2.1.2.4 Αντιδραστήρια

- **Ρυθμιστικά διαλύματα:** Στο εμπόριο, κυκλοφορούν έτοιμα ρυθμιστικά διαλύματα, σε διάφορα πεδία pH (4.01, 7 και 10), για τη ρύθμιση του πεχάμετρου πριν από κάθε μέτρηση pH.

- **Δείγματα νερού** (από την υδρολογική λεκάνη Κακοδικιανού και Πελεκανιώτη)
- **Απιονισμένο νερό**

#### 6.2.1.2.5 Διαδικασία μέτρησης

Πριν από κάθε μέτρηση, κάναμε βαθμονόμηση του πεχάμετρου (pH-μέτρο HACH sension™156), σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Η βαθμονόμηση γινόταν σε δύο τουλάχιστον τιμές, μεταξύ των οποίων βρίσκεται το pH του δείγματος και οι οποίες απέχουν τρεις ή περισσότερες μονάδες pH μεταξύ τους. Στη συνέχεια, τοποθετούσαμε σε μαγνητικό αναδευτήρα στο ποτήρι ζέσεως, που περιέχει τόση ποσότητα από το δείγμα ή το ρυθμιστικό διάλυμα, ώστε να καλύπτονται τα ευαίσθητα μέρη των ηλεκτροδίων και να είναι δυνατή η κίνηση της μαγνητικής ράβδου.

Τα ηλεκτρόδια βυθίζοντουσαν απευθείας στο νερό σε κατάλληλο βάθος ώστε να κινούνται -στο νερό- με τέτοιο τρόπο, και να εξασφαλίζουν την κίνηση του υγρού ανάμεσα από τα ευαίσθητα στοιχεία των ηλεκτροδίων. Οι ικανοποιητικές συνθήκες ανάδευσης φαινόταν από τη σταθερότητα των ενδείξεων του οργάνου.

Πριν από κάθε μέτρηση, ξεπλέναμε τα ηλεκτρόδια με απιονισμένο νερό και τα σκουπίζαμε μαλακά με απορροφητικό χαρτί. Στη συνέχεια, τα βυθίζαμε σε ένα ποτήρι ζέσεως που περιέχει το δείγμα και έβαζα σε λειτουργία το μαγνητικό αναδευτήρα. Ο ρυθμός ανάδευσης δεν έπρεπε να επιτρέπει την μεταφορά αέρα από την ατμόσφαιρα στο δείγμα. Τέλος σημειώναμε την τιμή του pH και της θερμοκρασίας των διαφόρων δειγμάτων. Επαναλαμβάναμε τη μέτρηση, διαδοχικά, με νέες ποσότητες από τα δείγματα, ωστόσο η διαφορά των τιμών να είναι μικρότερη από 0,1 μονάδες pH, αυτό συνήθως γινόταν για να έχουμε σωστά και ακριβείς αποτελέσματα.

Στη συνέχεια, ξεπλέναμε και πάλι τα ηλεκτρόδια με απιονισμένο νερό, τα σκουπίζαμε μαλακά με απορροφητικό πανί και τα βυθίζαμε σε ποτήρι ζέσεως που περιείχε απιονισμένο νερό.

Χρησιμοποιήθηκε το pH-μετρο της εικόνας 6.2, HACH (session™156), κατά τη μέτρηση του pH κρίνεται απαραίτητη η συνεχής ανάδευση του δείγματος για να επιτευχθεί η ομοιογένειά το (Βλάχου Α. – Κατσιμεντέ Ε.2007, Χωροχρονική Διευρένηση Των Μεταβολών Των Ποιοτικών Παραμέτρων Των Επιφανειακών Νερών Της Υδρολογικής Λεκάνης Του Ποταμού Κερίτη. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Φυσικών πόρων και περιβάλλοντος. Τ.Ε.Ι Κρήτης).



**Εικόνα 6.2:** pH-μέτρο HACH session™156

### **6.2.1.3 Ηλεκτρική αγωγιμότητα**

#### **6.2.1.3.1 Γενικές πληροφορίες**

Το νερό που διέρχεται μέσα από τους ασβεστόλιθους, διαλύει σημαντική ποσότητα ανθρακικού ασβεστίου ( $\text{CaCO}_3$ ) που συντελεί στην αύξηση της αγωγιμότητας. Έτσι το νερό των γεωτρήσεων ή και των χειμάρρων είναι συνήθως πάνω από  $250 \frac{\mu\text{S}}{\text{cm}}$ .

#### **6.2.1.3.2 Διαδικασία**

Η μέτρηση της ειδικής αγωγιμότητας του νερού γίνεται με τη βοήθεια της γέφυρας *Wheatstone*. Στη γέφυρα αυτή εξισορροπείται η αγωγιμότητα του άγνωστου δείγματος με την αγωγιμότητα γνωστών διαλυμάτων.

Το αγωγιμόμετρο που χρησιμοποιήσαμε κατά την διεξαγωγή της πτυχιακής άσκησης ήταν εφοδιασμένο με διάταξη αυτόματης αντιστάθμισης της θερμοκρασίας, η οποία επέτρεπε την άμεση ανάγνωση, με πολύ καλή προσέγγιση, της ειδικής αντίστασης στη θερμοκρασία αναφοράς. Η περιοχή της θερμοκρασίας για την οποία η αντιστάθμιση γινόταν αυτόματα, συνήθως καθορίζεται από τον κατασκευαστή.

Αφού θέτουμε το αγωγιμόμετρο σε λειτουργία (σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή). Ξεπλέναμε αρκετές φορές τα ηλεκτρόδια του αγωγιμόμετρου με απιονισμένο νερό και στη συνέχεια τουλάχιστον δύο φορές με το δείγμα που επρόκειτο να εξεταστεί. Το όργανο διέθετε αυτόματη διάταξη αντιστάθμισης της θερμοκρασίας (με αποτέλεσμα να μη χρειαζόταν να ρυθμίζουμε κάθε φορά τη θερμοκρασία για τα διάφορα δείγματα) και έτσι βυθίζαμε τα ηλεκτρόδια του οργάνου στο δείγμα και καταγράφαμε τις αντίστοιχες μετρήσεις για την αγωγιμότητα και τη θερμοκρασία.

Χρησιμοποιήθηκε το αγωγιμόμετρο *HACH (session™156)*, (Εικόνα 6.3) το οποίο αποτελείται από την ίδια ακριβώς συσκευή με τη μόνη διαφορά ότι το ηλεκτρόδιο είναι διαφορετικό και ειδικό για τη μέτρηση της αγωγιμότητας.

Κατά τη μέτρηση της αγωγιμότητας κρίνεται απαραίτητη η συνεχής ανάδευση του δείγματος για να επιτευχθεί η ομοιογένειά του. Σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή μετά τη χρήση του αγωγιμόμετρου το ηλεκτρόδιο του, το τοποθετούσαμε σ' ένα ποτήρι ζέσεως.



Εικόνα 6.3 Αγωγιμόμετρο *HACH session™156*

#### 6.2.1.4 ΟΛΙΚΑ ΣΤΕΡΕΑ ΣΤΟΥΣ 105°C

##### 6.2.1.4.1 Περιγραφή διαδικασίας

- Τοποθετούμε το ποτήρι ζέσεως στον φούρνο ξήρανσης σε θερμοκρασία 105 °C για περίπου μια ώρα, προκειμένου να εξατμιστεί η πιθανή υγρασία που μπορεί να έχει το ποτήρι μας.
- Στην συνέχεια τοποθετούμε το ποτήρι ζέσεως στο ξηραντήρα στον οποίο υπάρχει silica gel (με μπλε χρώμα) έως ότου φτάσει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- Ζυγίζουμε το ποτήρι ζέσεως και καταγράφουμε το βάρος ως «αρχικό βάρος» σε γραμμάρια.
- Προσθέτουμε 100 ml από το δείγμα μας στο προ-ζυγισμένο ποτήρι ζέσεως **(το ποτήρι δεν είναι στον ζυγό επάνω)**.
- Τοποθετούμε το ποτήρι ζέσεως στον φούρνο ξήρανσης σε θερμοκρασία 105 °C για 24 ώρες έως ότου το περιεχόμενο του να εξατμισθεί και να μείνει το στερεό υπόλειμμα (ίζημα) στον πυθμένα.
- Τοποθετούμε το ποτήρι ζέσεως στο ξηραντήρα και αφήνουμε να επανέλθει σε θερμοκρασία περιβάλλοντος.
- Στην συνέχεια το ζυγίζουμε και καταγράφουμε το βάρος ως «βάρος μετά την ξήρανση» σε γραμμάρια.

$$\text{Ολικά στερεά} = (B-A) \cdot 10.000 \text{ mg/l}$$

Όπου:

**A:** αρχικό βάρος (gr)

**B:** βάρος μετά την ξήρανση (gr)

#### 6.2.1.5 ΣΚΛΗΡΟΤΗΤΑ (προσδιορισμός με τη μέθοδο EDTA)

##### 6.2.1.5.1 Αρχή μεθόδου

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



### 6.2.1.5.2 Εργαστηριακός εξοπλισμός

Τα όργανα τα οποία χρησιμοποιήσαμε είναι:

- Κωνική φιάλη 250 ml
- ποτήρι ζέσεως
- Προχοίδα
- Ογκομετρικός κύλινδρος 25 ml
- Χωνί
- Θάλαμος εξαερισμού και
- Σιφώνιο πλήρώσεως 1 ml

### 6.2.1.5.3 Αντιδραστήρια

Τα δείγματα μας για την για την σκληρότητα:

- Δείγματα νερού της υδρολογικής λεκάνης Κακοδικιανού και Πελεκανιώτη
- EDTA
- Χρησιμοποιήσαμε 1 ταμπλέτα ERIOT (γενικά ο δείκτης *Eriochrome Black T* :μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως αλκοολούχο διάλυμα ή σε ξηρή μορφή ή σε μείγμα με χλωριούχο νάτριο) και
- 1 ml NH<sub>3</sub>.

### 6.2.1.5.4 Διάλυμα EDTA 0,01 M.

Διαλύονται 3,7g Na<sub>2</sub> EDTA σε αποσταγμένο νερό και αραιώνονται σε ογκομετρική φιάλη του λίτρου μέχρι χαραγής. Το διάλυμα διατηρείται σε φιάλη πολυαιθυλαινίου (το EDTA έχει την τάση να δεσμεύει κατιόντα από τα απλά γυάλινα δοχεία). Το διάλυμα EDTA ελέγχεται με το πρότυπο διάλυμα ασβεστίου. Για την τιτλοδότηση, χρησιμοποιούνται 20 ml πρότυπο διάλυμα ασβεστίου και αραιώνονται σε 50 ml αποσταγμένο νερό. Η συγκέντρωση του διαλύματος EDTA υπολογίζεται από τον τύπο:

$$C = 0,01 \times \frac{V_1}{V_2}$$

όπου:

**C:** η συγκέντρωση του διαλύματος EDTA mol/l

**V<sub>1</sub>:** ο όγκος του πρότυπου διαλύματος ασβεστίου ml

**V<sub>2</sub>:** ο όγκος του διαλύματος EDTA ml

### 6.2.1.5.5 Περιγραφή διαδικασίας

Σε μια κωνική φιάλη των 250 ml τοποθετούσαμε 25 ml δείγματος νερού, προσθέσαμε μια ταμπλέτα ERIOT και 1 ml NH<sub>3</sub> και τότε το διάλυμα χρωματίζονταν κόκκινο (Εικόνα.4.4). Στην συνέχεια ογκομετρούσαμε αμέσως με διάλυμα EDTA το οποίο είχαμε ήδη τοποθετήσει στην προχοίδα, με ταυτόχρονη ανάδευση. Η ογκομέτρηση έχει ολοκληρωθεί όταν το διάλυμα είχε γίνει πράσινο (Εικόνα.4.5) και αυτό διότι η ταμπλέτα ERIOT περιείχε δείκτη ο οποίος χρωμάτιζε το διάλυμα στην αρχή κόκκινο και στην συνέχεια πράσινο με την προσθήκη EDTA.

### 6.2.1.5.6 Υπολογισμός

Για τον υπολογισμό της σκληρότητας χρησιμοποιήσαμε τον παρακάτω τύπο:

$$\text{Σκληρότητα (EDTA) σε } \frac{\text{mg}}{\text{l}} \text{ CaCO}_3 = \frac{A \times B \times 1000}{\text{ml δείγματος}}$$

όπου:

**A:** ml του διαλύματος EDTA που χρησιμοποιήθηκαν.

**B:** mg του CaCO<sub>3</sub> που περιέχονται σε 1 ml διαλύματος EDTA.

Συνήθως όμως χρησιμοποιούσα και άλλες μονάδες μέτρησης για την σκληρότητα όπως: mg/l CaCO<sub>3</sub>, mmole/l και meq/l αλκαλικών ιόντων ή Γαλλικοί, Γερμανικοί και Βρετανικοί βαθμοί (Βλάχου Α. – Κατσιμεντέ Ε.2007, Χωροχρονική Διευρένηση Των Μεταβολών Των Ποιοτικών Παραμέτρων Των Επιφανειακών Νερών Της Υδρολογικής Λεκάνης Του Ποταμού Κερίτη. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Φυσικών πόρων και περιβάλλοντος. Τ.Ε.Ι Κρήτης).

### 6.2.1.7 ΝΙΤΡΙΚΟ ΑΖΩΤΟ (NO<sub>3</sub><sup>-</sup> -N)

Για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας των δειγμάτων σε νιτρικά ιόντα, χρησιμοποιήθηκε το spectroquant Nitrate test (1.09713.0001) της Merck με εύρος μέτρησης 0,10-25,0 mg/l NO<sub>3</sub><sup>-</sup> -N. Με την πλαστική σύριγγα, που περιέχεται μέσα στο test, μεταφέρονται 4 ml από το αντιδραστήριο NO<sub>3</sub>-1 μέσα σε δοκιμαστικό σωλήνα. Ακολούθως, προστίθενται στο δοκιμαστικό σωλήνα 0,5 ml δείγματος και 0,5 ml από το αντιδραστήριο NO<sub>3</sub>-2 με πιπέτα ακριβείας. Βιδώνεται ο δοκιμαστικός σωλήνας και ανακινείται με προσοχή γιατί το περιεχόμενο του ζεσταίνεται αρκετά. Αφήνουμε το δοκιμαστικό σωλήνα για 10 λεπτά σε ηρεμία ώστε να πραγματοποιηθεί η αντίδραση.

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

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

**Προσοχή:** μην ρίξετε στα φιαλίδια κρύο νερό.

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

### 6.2.1.8 Διαλυμένο οξυγόνο

Το ηλεκτρόδιο οξυγόνου είναι ένας ηλεκτρικός αισθητήρας που χρησιμοποιείται στη μέτρηση του διαλυμένου οξυγόνου σε υδατικά διαλύματα. Αποτελείται από ένα σύστημα ηλεκτροδίου με άνοδο και κάθοδο, διαχωριζόμενο από το δείγμα με μια μεμβράνη, διαπερατή στο οξυγόνο (Βλάχου Α. – Κατσιμεντέ Ε.2007, Χωροχρονική Διευρένηση Των Μεταβολών Των Ποιοτικών Παραμέτρων Των Επιφανειακών Νερών Της Υδρολογικής Λεκάνης Του Ποταμού Κερίτη. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Φυσικών πόρων και περιβάλλοντος. Τ.Ε.Ι Κρήτης).

Κατά τη μέτρηση είναι απαραίτητο το ηλεκτρόδιο να μη μένει ακίνητο αλλά να κινείται ελαφρώς μέσα στο νερό ώστε να λαμβάνεται πιο γρήγορα η μέτρηση.

Πριν από κάθε μέτρηση, κάναμε βαθμονόμηση του οργάνου (HACH sension™156),(Εικόνα 6.4) ώστε να δείχνει το 100% της τιμής κορεσμού.



**Εικόνα 6.4** HACH sension™156

### 6.2.1.9 ΧΛΩΡΙΟΝΤΑ (Cl<sup>-</sup>)

#### 6.2.1.9.1 Μέθοδος νιτρικού αργύρου

Υψηλές συγκεντρώσεις χλωριόντων στο νερό προσδίδουν μια δυσάρεστη γεύση. Η επιθυμητή τιμή των  $250 \frac{mg}{l}$  που έχει ορίσει η ΠΟΥ βασίζεται μόνο στην αρνητική επίπτωση στη γεύση του νερού. Νερό με συγκέντρωση μεγαλύτερη από  $150 \frac{\mu S}{cm}$  επιταχύνει την διαδικασία της διάβρωσης στους μεταλλικούς αγωγούς με αποτέλεσμα να εντείνονται τα φαινόμενα «καφετί» χρωματισμού του νερού λόγω σκουριάς.

#### 6.2.1.9.2 Παρεμποδιστικές ουσίες

- Τα ιόντα βρωμίου, ιωδίου και τα θειώδη ιόντα τιτλοδοτούνται σαν ισοδύναμες ποσότητες ιόντων χλωρίου.
- Το χρώμα και η θολερότητα θα πρέπει να απομακρύνονται πριν τον προσδιορισμό των χλωριόντων.
- Τα ορθοφωσφορικά ιόντα, όταν είναι περισσότερα από 25 mg/l, καθιζάνουν σαν φωσφορικός άργυρος.
- Ο σίδηρος, σε συγκέντρωση μεγαλύτερη από 10 mg/l, παρεμποδίζει τη σωστή αναγνώριση αλλαγής του χρώματος του δείκτη στο τέλος της ογκομέτρησης.

#### 6.2.1.9.3 Εργαστηριακός εξοπλισμός

Τα όργανα που χρησιμοποιήσαμε για τον προσδιορισμό των ιόντων χλωρίου στα διάφορα δείγματα νερού ήταν:

- ✓ Σιφώνι πληρώσεως 1 ml
- ✓ Προχοίδα
- ✓ Κωνική φιάλη των 250 ml
- ✓ Ογκομετρικός κύλινδρος των 25 ml
- ✓ Χωνί
- ✓ Σπάτουλα
- ✓ Ηλεκτρονικός ζυγός

#### 6.2.1.9.4 Αντιδραστήρια

- **Νερό απαλλαγμένο ιόντων χλωρίου, διασποσταγμένο ή απιονισμένο**
- **Πρότυπο διάλυμα νιτρικού αργύρου  $AgNO_3$  0,014 N:** Διαλύονταν περίπου 2,4g  $AgNO_3$  σε αποσταγμένο νερό και αραιώνονται σε 1000 ml. Το διάλυμα τιτλοδοτείται με διάλυμα  $NaCl$  0,014N. Το διάλυμα του νιτρικού αργύρου ( $AgNO_3$ ) φυλάσσεται σε γυάλινη σκουρόχρωμη φιάλη.
- **Δείκτης χρωμικού καλίου ( $K_2CrO_4$ ):** Διαλύονται 50 g  $K_2CrO_4$  σε 100 ml αποσταγμένο νερό. Προσθέτουμε μερικές σταγόνες διαλύματος νιτρικού αργύρου μέχρι να σχηματιστεί κόκκινο ίζημα. Το διάλυμα αφήνεται σε ηρεμία ,προστατευμένο από φως, για 12 ώρες. Διηθείται από σκληρό ηθμό πορώδους πορσελάνης, για απομάκρυνση του ιζήματος και αραιώνεται μέχρι 1 λίτρο με αποσταγμένο νερό.
- **$CaCO_3$**
- **Δείγματα νερού**

#### 6.2.1.9.5 Βασική αρχή μεθόδου ανάλυσης

Όπως γνωρίζουμε υπάρχουν πολλές μέθοδοι για τον προσδιορισμό των χλωριόντων. Ωστόσο η μέθοδος του νιτρικού αργύρου είναι η παλαιότερη και η πιο πολυχρησιμοποιούμενη μέθοδος, κατάλληλη για σχετικά καθαρά νερά με συγκέντρωση των χλωριόντων από 1,5 έως  $100 \frac{mg}{l}$ .

Μέσα σε κωνική φιάλη των 250 ml και με την βοήθεια του ογκομετρικού κυλίνδρου των 25 ml προσθέτουμε 25 ml δείγματος και με το σιφώνι πληρώσεως 1ml δείκτη  $K_2CrO_4$  ο οποίος έχει κίτρινο χρώμα και χρωματίζει το διάλυμα. Έχοντας προετοιμάσει την προχοίδα με διάλυμα  $AgNO_3$  ογκομετρούσαμε τα διαλύματα των δειγμάτων που είχαμε φτιάξει έως

όπου αυτά αλλάζανε χρώμα και από κίτρινο γινόταν κεραμιδί (Εικ.4.8). Για να έχουμε ακριβείς αποτελέσματα, θα έπρεπε να επαναλαμβάναμε τη διαδικασία δύο φορές επιπλέον και να παίρναμε το μέσο όρο των τιμών αυτών.

Την ίδια διαδικασία ακολουθούσαμε και για το τυφλό διάλυμα. Συγκεκριμένα με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού ζυγού και της σπάτουλας, ζύγιζαμε περίπου 0,5gr  $\text{CaCO}_3$  και σε κωνική φιάλη των 250 ml τοποθετούσαμε 1 ml δείκτη  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  και 25 ml απιονισμένου νερού και ογκομετρούσαμε με  $\text{AgNO}_3$  διάλυμα (Βλάχου Α. – Κατσιμεντέ Ε.2007, Χωροχρονική Διευρένηση Των Μεταβολών Των Ποιοτικών Παραμέτρων Των Επιφανειακών Νερών Της Υδρολογικής Λεκάνης Του Ποταμού Κερίτη. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Φυσικών πόρων και περιβάλλοντος. Τ.Ε.Ι Κρήτης).

#### 6.2.1.9.6 Υπολογισμοί

Σύμφωνα με την διπλανή σχέση  $\text{mg/l Cl}^- = \frac{(A - B) \times N \times 35450}{C}$  βρίσκαμε τα ιόντα χλωρίου σε  $\text{mg/l}$ .

Όπου:

**A:** Ο μέσος όρος των ογκομετρήσεων σε ml του διαλύματος  $\text{AgNO}_3$  που καταναλώθηκαν για το δείγμα.

**B:** Τα ml του διαλύματος  $\text{AgNO}_3$  που καταναλώθηκαν για το τυφλό.

**C:** Τα ml του δείγματος.

**N:** Η κανονικότητα του διαλύματος  $\text{AgNO}_3$ .

#### 6.2.1.10 ΘΕΙΪΚΑ $\text{SO}_4$

Η παρουσία των θειικών ιόντων στα επιφανειακά και υπόγεια νερά μπορεί να προέρχεται από την γεωλογική σύσταση των πετρωμάτων από τα οποία διέρχεται το νερό ή από ορισμένες χρήσεις του νερού από τον άνθρωπο. Η συγκέντρωση των θειικών ιόντων στα φυσικά νερά παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις, ανάλογα με το είδος των πετρωμάτων από τα οποία διέρχονται και το είδος και την ένταση των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Ο έλεγχος των θειικών ιόντων στο νερό έχει μεγάλη σημασία γιατί έχει βρεθεί ότι τα θειικά άλατα ασβεστίου και μαγνησίου έχουν καθαρτική δράση στον ανθρώπινο οργανισμό, γι' αυτό και το ανώτερο επιτρεπτό όριο θειικών ιόντων στο πόσιμο νερό είναι 250 mg/l (Βλάχου Α. – Κατσιμεντέ Ε.2007, Χωροχρονική Διευρένηση Των Μεταβολών Των Ποιοτικών Παραμέτρων Των Επιφανειακών Νερών Της Υδρολογικής Λεκάνης Του Ποταμού Κερίτη. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Φυσικών πόρων και περιβάλλοντος. Τ.Ε.Ι Κρήτης).

##### 6.2.1.10.1 Πειραματική διαδικασία

Παίρνουμε από το δείγμα όγκο 2,5 ml με ένα σιφόνι και το αδειάζουμε σε ένα κενό φιαλίδιο. Στη συνέχεια προσθέτουμε 2 σταγόνες από το αντιδραστήριο  $\text{SO}_4$ -1 και ανακινούμε το φιαλίδιο. Μετά βάζουμε 1 κουταλάκι από το αντιδραστήριο  $\text{SO}_4$ -2 και αφού το αναδεύσουμε, το αφήνουμε στο υδατόλουτρο για 5 min στους 40 °C.

Μετά το τέλος των 5 min προσθέτουμε 2,5 ml από το αντιδραστήριο  $\text{SO}_4$ -3 και το αναδεύουμε. Στη συνέχεια φιλτράρουμε όλο το περιεχόμενο του φιαλιδίου με απλό ηθμό σε άλλο φιαλίδιο. Προσθέτουμε 4 σταγόνες από το αντιδραστήριο  $\text{SO}_4$ -4 και το αναδεύουμε. Αφήνουμε το φιαλίδιο στο υδατόλουτρο για άλλα 7 min στους 40 °C.

## 6.2.1.11 Βιοχημικά Απαιτούμενο Οξυγόνο - B.O.D (Biochemical Oxygen Demand)

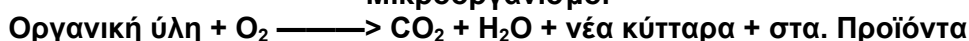
### 6.2.1.11.1 Αρχή της μεθόδου

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

Συγκεκριμένος όγκος δείγματος με ρυθμισμένο pH τοποθετείτε σε σφραγισμένο δοχείο μέσα σε θερμοθάλαμο στους 20° C για 5 ημέρες. Η κατανάλωση του περιεχομένου οξυγόνου στο δοχείο κατά την διάσπαση του οργανικού φορτίου του δείγματος από τους μικροοργανισμούς, υπολογίζεται ως από τι μεταβολή της πίεσεως στο δοχείο και μετράτε μανόμετρα (Βλάχου Α. – Κατσιμεντέ Ε.2007, Χωροχρονική Διευρένηση Των Μεταβολών Των Ποιοτικών Παραμέτρων Των Επιφανειακών Νερών Της Υδρολογικής Λεκάνης Του Ποταμού Κερίτη. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Φυσικών πόρων και περιβάλλοντος. Τ.Ε.Ι Κρήτης).

**Η διεργασία περιγράφεται στην παρακάτω εξίσωση:**

**Μικροοργανισμοί**



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

### 6.2.1.11.2 Προετοιμασία δείγματος:

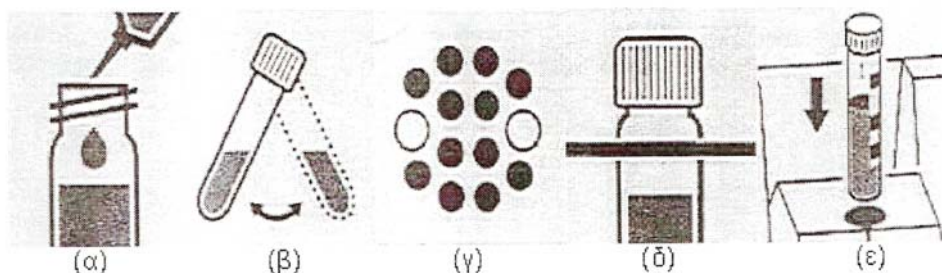
- Θέτουμε σε λειτουργία τον θερμοθάλαμο σε θερμοκρασία 20°C.
- Στο δείγμα μετράτε το pH και ρυθμίζεται από 6 έως 7,5 (για την ρύθμιση του pH προτείνεται η χρήση διαλύματος HCl 0,01 M).
- Σε ειδική σκουρόχρωμη φιάλη των 500 ml τοποθετείται ποσότητα 428 ml δείγματος αν το BOD του δείγματος αναμένεται υψηλό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

### 6.2.1.12 Χημικά απαιτούμενο οξυγόνο (COD)

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

Κατά τη διαδικασία μέτρησης του COD ακολουθείται η εξής διαδικασία:

Προστίθεται στο τυποποιημένο φιαλίδιο, προσεκτικά, με πιπέτα, 3ml δείγματος, βιδώνεται το καπάκι και αναδεύεται καλά. (Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στο γεγονός ότι το φιαλίδιο ζεσταίνεται πολύ κατά την ανάδευση και γι 'αυτό το λόγο θα πρέπει να μην έρθει σε επαφή με το δέρμα, (Εικόνα 6.5).



**Εικόνα 6.5** Διαδικασία προετοιμασίας για την μέτρηση του COD.

Στη συνέχεια, το φιαλίδιο τοποθετείται στους 148°C, σε ειδικό θερμοριάκτορα για 120 min. Αφού περάσει η προκαθορισμένη ώρα, βγαίνει από τον θερμοριάκτορα και τοποθετείται στο πλέγμα στήριξης για να κρυώσει, (Εικόνα 6.6).



**Εικόνα 6.6** Θερμοαντιδραστήρας

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

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

### 6.2.1.13 Προσδιορισμός μικροβιολογικού φορτίου

Μετά από διήθηση του δείγματος υπό κενό, το φίλτρο που χρησιμοποιήθηκε στη διήθηση εμποτίζεται σε θρεπτικό υλικό και επώάζεται σε θάλαμο επώασης ρυθμισμένης θερμοκρασίας.

Απαιτούμενος εξοπλισμός και διαλύματα: Κατά τη διαδικασία μέτρησης των κοπρανωδών κολοβακτηριδίων και ολικών κολοβακτηριδίων χρησιμοποιήθηκε αντλία κενού, με αποστειρωμένα φίλτρα 47mm - 0,45 μm (*Pall GN-6 mertica® Grid*), μαγνητική χοάνη διήθησης 300ml, μεταλλική λαβίδα με στρογγυλεμένα άκρα, πιπέτες ρυθμιζόμενου όγκου 1 - 10 ml, ογκομετρικοί κύλινδροι, θάλαμοι επώασης (*G®-Cell 075*) και (*Heraeus kentro UB6*) ρυθμισμένοι σε θερμοκρασία 44°C και 37°C αντίστοιχα. Χρησιμοποιήθηκαν επίσης, αποστειρωμένα τρυβλία *Petri*. Τα υλικά για την παρασκευή των θρεπτικών υλικών που χρειάστηκαν είναι: Για τα ολικά και κοπρανώδη κολοβακτήρια χρησιμοποιήθηκε *Agar* και *Membrane Laury/ Su/phate Broth (Lab 82)*. Για τους εντερόκοκκους χρησιμοποιήθηκε το *S/anetz & Bart/ey Medium (Lab 166)*.

#### 6.2.1.13.1 Περιγραφή διαδικασίας ανάλυσης - μέτρησης

Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε σε αποστειρωμένες φιάλες όγκου 500ml.

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

**Προετοιμασία θρεπτικού υλικού :** Για την δημιουργία του θρεπτικού υλικού που θα χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση των ολικών και κοπρανωδών κολοβακτηριδίων ακολουθείται

η εξής διαδικασία. Σε ειδικό μπουκάλι που αντέχει σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, τοποθετείται η ποσότητα του *Agar* και του *Membrane Laury/ Sulphate Broth (Lab 82)*, ανάλογα με την ποσότητα των τρυβλίων που θα χρησιμοποιηθούν. Συμπληρώνεται με απιονισμένο νερό και τοποθετείται μαγνητικός αναδευτήρας για τη διάλυση των στερεών υλικών. Το καπάκι του μπουκαλιού τοποθετείται χωρίς να βιδωθεί και στη συνέχεια, τοποθετείται το μπουκάλι στον κλίβανο αποστείρωσης για 10 λεπτά. Όταν τελειώσει η λειτουργία του κλιβάνου, το θρεπτικό υλικό μοιράζεται στα αποστειρωμένα τρυβλία και αφήνονται σε θερμοκρασία δωματίου για να έρθει το θρεπτικό υλικό σε μορφή ζελέ.

Για την δημιουργία του θρεπτικού υλικού που θα χρησιμοποιηθεί για τη μέτρηση των εντερόκοκκων ακολουθείται η εξής διαδικασία. Σε ειδικό μπουκάλι που αντέχει σε πολύ υψηλές θερμοκρασίες, τοποθετείται ανάλογη ποσότητα του *S/anetz & Bart/ey Medium (Lab 166)* με τα τρυβλία που θα χρησιμοποιηθούν. Συμπληρώνεται με απιονισμένο νερό και τοποθετείται μαγνητικός αναδευτήρας για τη διάλυση των στερεών υλικών. Το καπάκι του μπουκαλιού τοποθετείται χωρίς να βιδωθεί. Τοποθετείται στην θερμαντική πλάκα και αφήνεται έως ότου να γίνει διαυγές. Στην συνέχεια μοιράζετε στα τρυβλία.

**Διήθηση:** Η μαγνητική χοάνη προσαρμόζεται στη συσκευή διήθησης. Παίρνουμε την λαβίδα και την αποστειρώνουμε με οινόπνευμα, χωρίς την παρέμβαση εξωγενών παραγόντων με την λαβίδα αυτή λαμβάνεται ένα αποστειρωμένο φίλτρο το οποίο τοποθετείται πάνω στη βάση της μαγνητικής χοάνης της συσκευής διήθησης, Κατόπιν ανοίγεται η αντλία κενού και διηθείται το δείγμα μας (100ml).

Και τοποθετείτε στα υποστρώματα πρέπει να αναφέρω ότι κάνουμε διήθηση για κάθε δέγμα 3 φορές όσα δηλαδή είναι και η παράμετροι που πρέπει να μετρήσουμε. Επώαση: Τα τρυβλία των ολικών κολοβακτηριδίων (*Total Coliforms*) αναποδογουρίζονται και τοποθετούνται για 22 - 24 ώρες σε θάλαμο επώασης στους 37°C.

Τα τρυβλία των κοπρανωδών κολοβακτηριδίων (*Faecal Coliforms*) αναποδογουρίζονται και τοποθετούνται για 24 ώρες σε θάλαμο επώασης στους 44 °C. Προτείνεται, πριν από την επώαση στους 44 °C

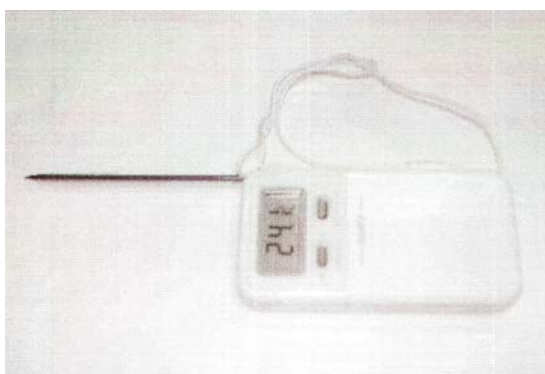
Τέλος, τα τρυβλία των εντερόκοκκων αναποδογουρίζονται και τοποθετούνται για 48 ώρες σε θάλαμο επώασης στους 37°C.

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

**Υπολογισμός:** αφού δεν γίνεται καμία αραιώση στα δείγματα το αποτέλεσμα εκφράζεται σε αριθμό αποικιών /100ml (ποσότητα δείγματος που διηθούνταν κάθε φορά) , (Βλάχου Α. – Κατσιμεντέ Ε.2007, Χωροχρονική Διευρένηση Των Μεταβολών Των Ποιοτικών Παραμέτρων Των Επιφανειακών Νερών Της Υδρολογικής Λεκάνης Του Ποταμού Κερίτη. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Φυσικών πόρων και περιβάλλοντος. Τ.Ε.Ι Κρήτης).

#### 6.2.1.14 ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η μέτρηση της θερμοκρασίας του νερού (0C) στα δείγματα μας έγινε με ψηφιακό θερμόμετρο ακίδος.



Εικόνα 6.7 θερμόμετρο

### 6.2.1.15 ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΚΑΛΙΟΥ (Φωτομετρική μέθοδος)

#### 6.2.1.15.1 Αρχή της μεθόδου

Όταν διάλυμα που περιέχει ιόντα μετάλλων εκχέεται (ψεκάζεται) σε φλόγα χαμηλής θερμοκρασίας, τα ηλεκτρόνια των ιόντων διεγείρονται και μεταβαίνουν σε υψηλότερη ενεργειακή κατάσταση

Όταν τα ηλεκτρόνια από διεγείρονται επανέρχονται στην αρχική τους κατάσταση και εκπέμπουν σε συγκεκριμένο μήκος κύματος. Αυτή η εκπομπή σε συγκεκριμένο μήκος κύματος μπορεί να απομονωθεί με την χρήση καταλλήλων οπτικών φίλτρων και να ανιχνευθεί από έναν φώτο-ανιχνευτή. Η ένταση της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας είναι ανάλογη της συγκέντρωσης των ιόντων στην φλόγα και επακόλουθα, του διαλύματος (αυτό ισχύει για διαλύματα χαμηλών συγκεντρώσεων)

Το ηλεκτρικό σήμα από τον φώτο-ανιχνευτή, ενισχύεται και αναγράφεται σε ψηφιακή μορφή.

Για τα ιόντα του Καλίου ισχύει η παραπάνω διαδικασία για συγκεντρώσεις έως και 10,00 ppm, η καμπύλη προτυποποίησης είναι ευθεία γραμμή (Βλάχου Α. – Κατσιμεντέ Ε.2007, Χωροχρονική Διευρένηση Των Μεταβολών Των Ποιοτικών Παραμέτρων Των Επιφανειακών Νερών Της Υδρολογικής Λεκάνης Του Ποταμού Κερίτη. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος. Τ.Ε.Ι Κρήτης).

#### 6.2.1.15.2 Όργανα και σκευή

- Φλογοφωτόμετρο με κατάλληλο οπτικό φίλτρο για των προσδιορισμό Καλίου.



Εικόνα 6.7 φλογοφωτόμετρο

#### 6.2.1.15.3 Αντιδραστήρια

- Πρότυπα διαλύματα Κ διαφορών συγκεντρώσεων από 0,01 ppm έως 10,00 ppm

#### 6.2.1.15.4 Πειραματική διαδικασία

- Αρχικά μετρούνται τα πρότυπα δείγματα καθώς και το τυφλό και οι ενδείξεις του οργάνου καταγράφονται για κάθε ένα από αυτά.
- Από τις παραπάνω μετρήσεις χαράσσεται καμπύλη αναφοράς
- Στην συνέχεια μετρούνται τα δείγματα και από τις ενδείξεις του οργάνου και την καμπύλη προτυποποίησης, υπολογίζεται η αντίστοιχη συγκέντρωση του κάθε δείγματος.

### 6.2.1.16 Προσδιορισμός νατρίου (Φωτομετρική μέθοδος)

#### Όργανα και σκευή

- Φλογοφωτόμετρο με κατάλληλο οπτικό φίλτρο για των προσδιορισμό Νατρίου.

#### Αντιδραστήρια

- Πρότυπα διαλύματα Na διαφορών συγκεντρώσεων από 0,01 ppm έως 10,00 ppm

#### Πειραματική διαδικασία

1. Αρχικά μετρούνται τα πρότυπα δείγματα καθώς και το τυφλό και οι ενδείξεις του οργάνου καταγράφονται για κάθε ένα από αυτά.
2. Από τις παραπάνω μετρήσεις χαράσσεται καμπύλη αναφοράς
3. Στην συνέχεια μετρούνται τα δείγματα και από τις ενδείξεις του οργάνου και την καμπύλη προτυποποίησης, υπολογίζεται η αντίστοιχη συγκέντρωση του κάθε δείγματος.



### **6.2.1.17 Προσδιορισμός ασβεστίου (Φωτομετρική μέθοδος)**

#### **Όργανα και σκεύη**

- Φλογοφωτόμετρο με κατάλληλο οπτικό φίλτρο για των προσδιορισμό Ασβεστίου.

#### **Αντιδραστήρια**

- Πρότυπα διαλύματα Ca διαφορών συγκεντρώσεων από 0,00 ppm έως 100,00 ppm

#### **Πειραματική διαδικασία**

1. Αρχικά μετρούνται τα πρότυπα δείγματα καθώς και το τυφλό και οι ενδείξεις του οργάνου καταγράφονται για κάθε ένα από αυτά.
2. Από τις παραπάνω μετρήσεις χαράσσεται καμπύλη αναφοράς.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7°

### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

#### 7.1 Κακοδικιανός γέφυρα

Οι τιμές της θερμοκρασίας (°C) κυμάνθηκαν από 14,5°C έως 25,4°C από τις 21/3/2008\* έως τις 29/5/2008\*. Σε σχέση με τη φυσική σύσταση των νερών το ενδεικτικό επίπεδο της θερμοκρασίας είναι 12°C και η ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση ανέρχεται στους 25°C (Κουιμτζή Θ. – Σαμαρά Κ. – Φυτιανού Κ.1998, Χημεία Περιβάλλοντος).

Η θολερότητα παρουσίασε μικρές διακυμάνσεις στις τιμές της, της τάξης των 0,8 NTU έως 4,4 NTU.

Η τιμή του pH στην γέφυρα του Κακοδικιανού κυμάνθηκαν από 8,2 έως 8,39.

Οι τιμές των ολικών αιωρούμενων στερεών (mg/l) που περιγράφονται στο σχετικό διάγραμμα κυμάνθηκαν μεταξύ 292 mg/l και 319 mg/l.

Συγκρίνοντας τις τιμές της αγωγιμότητας (μS/cm) παρατηρούμε μείωση αυτών, δηλαδή από 535 μS/cm έφτασε στο 496 μS/cm.

Για το σύνολο των διαλυμένων στερεών (TDS σε mg/l), οι τιμές ανέρχονται από 236 mg/l στα 259 mg/l, τιμές που δεν μεγάλη απόκλιση μεταξύ τους.

Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου (Cl<sup>-</sup> σε mg/l) στη διάρκεια της μελέτης δεν ξεπέρασαν τα όρια της νομοθεσίας των 200 mg/l. Από το αντίστοιχο γράφημα διαπιστώνεται μια διακύμανση των τιμών η οποία ξεκινά από 46,99 mg/l και φτάνει στα 55,01 mg/l.

Το επιτρεπτό όριο για την συγκέντρωση του νατρίου (Na σε mg/l) σύμφωνα με την νομοθεσία ανέρχεται στα 175 mg/l, έτσι στο σχετικό διάγραμμα διαπιστώνεται πως οι συγκεντρώσεις νατρίου διατηρήθηκαν κάτω από τα όρια, με εύρος τιμών μεταξύ 20,3 έως 28,5 mg/l.

Η σκληρότητα (mg/l) δεν παρουσίασε μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ τους, δηλαδή από 174 mg/l έως τα 218 mg/l.

Τέλος η συγκέντρωση του ασβεστίου (Ca σε mg/l) κυμαίνεται αρκετά χαμηλά με τιμές που δεν ξεπερνούν τα 70 mg/l, από 27,9 έως 31,1.

Τα αμμωνιακά ιόντα (NH<sub>4</sub>-N σε mg/l) της γέφυρας του Κακοδικιανού διατηρήθηκαν σε χαμηλά επίπεδα σε όλες τις υπό εξέταση δειγματοληψίες. Δηλαδή έχουμε 0,05 mg/l έως 0,4 mg/l.

Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου (DO%) απ' όσο φαίνεται και στο διάγραμμα είναι σχεδόν σταθεροποιημένη γύρω στα 100% της τιμής κορεσμού κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών με το εύρος τιμών να είναι μεταξύ 80,1% και 96,6%.

Η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων (NO<sub>3</sub>-N σε mg/l) κινήθηκαν σε πολύ χαμηλά επίπεδα σε σχέση με την ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση που ορίζει ο νομοθέτης, δηλαδή 50 mg/l, αφού οι τιμές είναι 0,9 mg/l έως 1,8 mg/l.

Οι τιμές του BOD κυμαίνονται μεταξύ 0 έως 3 mg/l, με βάση τη νομοθεσία τα νερά ποταμών χωρίς ρύπανση πρέπει να είναι <1, ενώ τα νερά ποταμών που έχουν ρυπανθεί είναι >10.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων για τα φωσφορικά ιόντα (PO<sub>4</sub>-P σε mg/l) δείχνουν ότι η συγκέντρωσή τους βρίσκεται εντός των ορίων της Ελληνικής και Διεθνούς νομοθεσίας. Οι τιμές που πήραμε ήταν από 0,02 mg/l έως 0,06 mg/l.

Η συγκέντρωση του COD κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών κυμάνθηκε μεταξύ του 2,5 mg/l και του 6,5 mg/l.

Η παρουσία των θειικών ιόντων (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> σε mg/l) σύμφωνα με το διάγραμμα, έδειξε ότι σε όλες τις δειγματοληψίες οι τιμές τους δεν ξεπέρασαν το επιτρεπτό όριο των 250 mg/l που ορίζει η νομοθεσία. Η συγκέντρωση των θειικών ιόντων κυμάνθηκε μεταξύ του 50 mg/l και του 152 mg/l.

Μελετώντας το κάλιο από το αντίστοιχο γράφημα. Όλες οι τιμές του βρίσκονται αρκετά χαμηλά από το όριο που ορίζει η νομοθεσία στα 12 mg/l. Το εύρος τιμών του καλίου κυμαίνεται από 2,4 mg/l ως και 3,1 mg/l.

Η μεταβολή των φαινολών (mg/l) μετρήθηκε από 0,01 και φτάνει στο 0,11.

**Σχήμα 7.1** Μεταβολή θερμοκρασίας, θολερότητας, pH, ολικών στερεών, αγωγιμότητας, TDS, χλωριόντων, Na, Ca και σκληρότητας στην γέφυρα του Κακοδικιανού.

**Σχήμα 7.2** Μεταβολή  $\text{NO}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{DO}\%$ ,  $\text{BOD}$ ,  $\text{COD}$ ,  $\text{K}$  και φαινολών στην γέφυρα του Κακοδικιανού.

Σε ότι αφορά τα ολικά κολοβακτηρίδια (total coliforms σε cfu/100ml) όπως αυτές παρουσιάζονται από το διάγραμμα δείχνουν μια έντονη διακύμανση μεταξύ των δειγματοληψιών, με έξαρση των συγκεντρώσεων κυρίως το καλοκαίρι. Έτσι ξεκινώντας με 368 cfu/100ml αυξάνεται κάθε φορά και παίρνουμε την τελευταία τιμή στα 1990 cfu/100ml.

Η συγκέντρωση των κοπρανωδών κολοβακτηριδίων (E-coli σε cfu/100ml) ακολουθεί αυξητικά τα ολικά κολοβακτήρια, αλλά αυτό σταματάει στην τελευταία δειγματοληψία όπου μειώνεται. Το εύρος τιμών που καταγράφηκε είναι μεταξύ 70 και 1780 αποικίες/ 100 ml.

Τελευταίος από τους μικροβιακούς δείκτες που αναλύθηκαν ήταν ο εντερόκοκκος (S.faecalis σε cfu/100ml) με μια εμφανή διακύμανση των τιμών που καταμετρήθηκαν μεταξύ 90 και 1036 αποικίες /100 ml.

Τέλος επιβεβαιώνοντας τις μετρήσεις των S.faecalis διαπιστώνουμε πως οι τιμές κυμάνθηκαν μεταξύ 88 και 1036 αποικίες /100 ml.

**Σχήμα 7.3** Μεταβολή total coliforms, E-coli, S.faecalis και επιβεβαιώσεων S.faecalis στην γέφυρα του Κακοδικιανού.

## 7.2 Κακοδικιανός εκβολές

Οι τιμές της θερμοκρασίας ( $^{\circ}\text{C}$ ) κυμάνθηκαν από  $15,1^{\circ}\text{C}$  έως  $22,6^{\circ}\text{C}$  από τις 31/1/2008\* έως τις 12/6/2008\*. Σε σχέση με τη φυσική σύσταση των νερών το ενδεικτικό επίπεδο της θερμοκρασίας είναι  $12^{\circ}\text{C}$  και η ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση ανέρχεται στους  $25^{\circ}\text{C}$ .

Η θολερότητα παρουσίασε μικρές διακυμάνσεις στις τιμές της, της τάξης των 0,5 NTU έως 3,9 NTU.

Η τιμή του pH στην γέφυρα του Κακοδικιανού ήταν από 7,56 έως 8,33 εύρος που δεν ξεπερνά την ελάχιστη και μέγιστη τιμή που ορίζεται από την νομοθεσία.

Οι τιμές των ολικών αιωρούμενων στερεών (mg/l) που περιγράφονται στο σχετικό διάγραμμα κυμάνθηκαν μεταξύ 196 mg/l και 417 mg/l.

Συγκρίνοντας τις τιμές της αγωγιμότητας ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) παρατηρούμε αύξηση αυτών, δηλαδή από 483  $\mu\text{S}/\text{cm}$  έφτασε στο 623  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Για το σύνολο των διαλυμένων στερεών (TDS σε mg/l), οι τιμές ανέρχονται από 234 mg/l στα 303 mg/l, τιμές που δεν μεγάλη απόκλιση μεταξύ τους.

Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου ( $\text{Cl}^-$  σε mg/l) στη διάρκεια της μελέτης δεν ξεπέρασαν τα όρια της νομοθεσίας των 200 mg/l. Από το αντίστοιχο γράφημα διαπιστώνεται μια διακύμανση των τιμών η οποία ξεκινά από 43,99 mg/l και φτάνει στα 65,59 mg/l.

Το επιτρεπτό όριο για την συγκέντρωση του νατρίου (Na σε mg/l) σύμφωνα με την νομοθεσία ανέρχεται στα 175 mg/l, έτσι στο σχετικό διάγραμμα διαπιστώνεται πως οι συγκεντρώσεις νατρίου διατηρήθηκαν κάτω από τα όρια, με εύρος τιμών μεταξύ 20,8 έως 76,2 mg/l, η οποία πάρηκε στην τελευταία δειγματοληψία.

Η σκληρότητα (mg/l) δεν παρουσίασε μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ τους, δηλαδή ξεκινά με 140 mg/l και καταλήγει στα 240 mg/l.

Τέλος η συγκέντρωση του ασβεστίου (Ca σε mg/l) κυμαίνεται αρκετά χαμηλά με τιμές που δεν ξεπερνούν τα 70 mg/l, ξεκινώντας από 27,9 έως 35 όπου και αυτή η τιμή πάρηκε στην τελευταία δειγματοληψία.

Τα αμμωνιακά ιόντα (NH<sub>4</sub>-N σε mg/l) της γέφυρας του Κακοδικιανού διατηρήθηκαν σε χαμηλά επίπεδα σε όλες τις υπό εξέταση δειγματοληψίες. Δηλαδή έχουμε 0,04 mg/l έως 0,15 mg/l.

Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου (DO%) κυμαίνεται μεταξύ 57,9% και 106,9%.

Η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων (NO<sub>3</sub>-N σε mg/l) κινήθηκαν σε πολύ χαμηλά επίπεδα σε σχέση με την ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση που ορίζει ο νομοθέτης, δηλαδή 50 mg/l, αφού οι τιμές είναι 0,9 mg/l έως 2,3 mg/l.

Οι τιμές του BOD κυμαίνονται μεταξύ 1 έως 3 mg/l, με βάση τη νομοθεσία τα νερά ποταμών χωρίς ρύπανση πρέπει να είναι <1, ενώ τα νερά ποταμών που έχουν ρυπανθεί είναι >10.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων για τα φωσφορικά ιόντα (PO<sub>4</sub>-P σε mg/l) δείχνουν ότι η συγκέντρωση τους βρίσκεται εντός των ορίων της Ελληνικής και Διεθνούς νομοθεσίας. Οι τιμές που πήραμε ήταν από 0, mg/l έως 0,94 mg/l.

Η συγκέντρωση του COD κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών κυμάνθηκε μεταξύ του 0 mg/l και του 5,2 mg/l.

Η παρουσία των θειικών ιόντων (SO<sub>4</sub> σε mg/l) σύμφωνα με το διάγραμμα, έδειξε ότι σε όλες τις δειγματοληψίες οι τιμές τους δεν ξεπέρασαν το επιτρεπτό όριο των 250 mg/l που ορίζει η νομοθεσία. Η συγκέντρωση των θειικών ιόντων κυμάνθηκε μεταξύ του 49 mg/l και του 153 mg/l.

Μελετώντας το κάλιο από το αντίστοιχο γράφημα παρατηρούμε πως όλες οι τιμές του βρίσκονται αρκετά χαμηλά και μακριά από το όριο που ορίζει η νομοθεσία στα 12 mg/l. Το εύρος τιμών του καλίου κυμαίνεται από 2,3 mg/l ως και 3,3 mg/l.

Η μεταβολή των φαινολών (mg/l) μετρήθηκε από 0,02 και φτάνει στο 0,13.

**Σχήμα 7.4** Μεταβολή θερμοκρασίας, θολερότητας, pH, ολικών στερεών, αγωγιμότητας, TDS, χλωριόντων, Na, Ca και σκληρότητας στην εκβολή του Κακοδικιανού.

**Σχήμα 7.5** Μεταβολή  $\text{NO}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{DO}\%$ ,  $\text{BOD}$ ,  $\text{COD}$ ,  $\text{K}$  και φαινολών στην εκβολή του Κακοδικιανού.

Σε ότι αφορά τα ολικά κολοβακτηρίδια (total coliforms σε cfu/100ml) όπως αυτές παρουσιάζονται από το διάγραμμα δείχνουν μια έντονη διακύμανση μεταξύ των δειγματοληψιών, με έξαρση των συγκεντρώσεων κυρίως το καλοκαίρι, εκτός της τιμής στην τελευταία δειγματοληψία η οποία μειώνεται αρκετά. Έτσι ξεκινάει με 164 cfu/100ml και παίρνουμε την τελευταία τιμή στα 1472 cfu/100ml.

Η συγκέντρωση των κοπρανωδών κολοβακτηριδίων (E-coli σε cfu/100ml) καταγράφηκε μεταξύ 20 και 1830 αποικίες/ 100 ml.

Τελευταίος από τους μικροβιακούς δείκτες που αναλύθηκαν ήταν ο εντερόκοκκος (S.faecalis σε cfu/100ml) με μια εμφανή διακύμανση των τιμών που καταμετρήθηκαν μεταξύ 45 και 988 αποικίες /100 ml.

Τέλος επιβεβαιώνοντας τις μετρήσεις των S.faecalis διαπιστώνουμε πως οι τιμές κυμάνθηκαν μεταξύ 42 και 988 αποικίες /100 ml.

**Σχήμα 7.6** Μεταβολή total coliforms, E-coli, S.faecalis και επιβεβαιώσεων S.faecalis στην εκβολή του Κακοδικιανού.

- Η θερμοκρασία δεν μετρήθηκε στις 31/1/2008 και 16/3/2008.
- Το BOD δεν μετρήθηκε στις 31/1/2008, 16/3/2008 και 21/3/2008.
- Οι επιβεβαιώσεις S.faecalis δεν μετρήθηκαν στις 31/1/2008.
- Οι φαινόλες δεν μετρήθηκαν στις 31/1/2008 και 12/6/2008.
- \*Οι ημερομηνίες δειγματοληψίας από 31/1/2008 έως 12/6/2008.



### 7.3 Πελεκανιώτης

Η τιμή της θερμοκρασίας (°C) στον ποταμό Πελεκανιώτη ήταν 17,3 η οποία πάρθηκε στις 4/4/08. Σε σχέση με τη φυσική σύσταση των νερών το ενδεικτικό επίπεδο της θερμοκρασίας είναι 12°C και η ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση ανέρχεται στους 25°C.

Η θολερότητα παρουσίασε μικρές διακυμάνσεις στις τιμές της, της τάξης των 2,8 NTU έως 3,6 NTU.

Η τιμή του pH στο σημείο δειγματοληψίας για τον Πελεκανιώτη ήταν από 8,02 έως 8,29 εύρος που δεν ξεπερνά την ελάχιστη και μέγιστη τιμή που ορίζεται από την νομοθεσία.

Οι τιμές των ολικών αιωρούμενων στερεών (mg/l) που περιγράφονται στο σχετικό διάγραμμα κυμάνθηκαν μεταξύ 263 mg/l και 488 mg/l.

Συγκρίνοντας τις τιμές της αγωγιμότητας (μS/cm) παρατηρούμε αύξηση αυτών, δηλαδή από 473 μS/cm έφτασε στο 814 μS/cm. Οι τιμές της αγωγιμότητας των δειγμάτων νερού παρουσιάζουν αύξηση με την αύξηση της θερμοκρασίας. Η αγωγιμότητα είναι μία παράμετρος η οποία βοηθά στον έλεγχο της ποιότητας του νερού και του βαθμού ρύπανσής του. Ωστόσο και οι δύο οι συγκεντρώσεις είναι χαμηλότερες από το όριο των 2500 μS/cm που ορίζει η νομοθεσία.

Για το σύνολο των διαλυμένων στερεών (TDS σε mg/l), οι τιμές ανέρχονται από 229 mg/l στα 397 mg/l, τιμές που δεν μεγάλη απόκλιση μεταξύ τους.

Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου (Cl<sup>-</sup> σε mg/l) στη διάρκεια της μελέτης δεν ξεπέρασαν τα όρια της νομοθεσίας των 200 mg/l. Από το αντίστοιχο γράφημα διαπιστώνεται μια διακύμανση των τιμών η οποία ξεκινά από 46,99 mg/l και φτάνει στα 116,96 mg/l, γεγονός που μπορεί να οφείλεται σε βιομηχανικά απόβλητα.

Το επιτρεπτό όριο για την συγκέντρωση του νατρίου (Na σε mg/l) σύμφωνα με την νομοθεσία ανέρχεται στα 175 mg/l, έτσι στο σχετικό διάγραμμα διαπιστώνεται πως οι συγκεντρώσεις νατρίου διατηρήθηκαν κάτω από τα όρια, με εύρος τιμών μεταξύ 25,5 έως 65,2 mg/l.

Η σκληρότητα (mg/l) δεν παρουσίασε μεγάλες αποκλίσεις μεταξύ τους, δηλαδή από 198 mg/l έως τα 220 mg/l.

Η συγκέντρωση του ασβεστίου (Ca σε mg/l) κυμαίνεται αρκετά χαμηλά με τιμές που δεν ξεπερνούν τα 70 mg/l, ξεκινώντας από 28,1 έως 33,3.

Τα αμμωνιακά ιόντα (NH<sub>4</sub>-N σε mg/l) της γέφυρας του Κακοδικιανού διατηρήθηκαν σε χαμηλά επίπεδα σε όλες τις υπό εξέταση δειγματοληψίες. Δηλαδή έχουμε 0,06 mg/l έως 0,07 mg/l.

Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου (DO%) κυμαίνεται μεταξύ 86,1% και 101,4%.

Η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων (NO<sub>3</sub>-N σε mg/l) κινήθηκαν σε πολύ χαμηλά επίπεδα σε σχέση με την ανώτατη παραδεκτή συγκέντρωση που ορίζει ο νομοθέτης, δηλαδή 50 mg/l, αφού οι τιμές είναι 0,06 mg/l έως 0,7 mg/l.

Οι τιμές του BOD κυμαίνονται στο 1 mg/l, με βάση τη νομοθεσία τα νερά ποταμών χωρίς ρύπανση πρέπει να είναι <1, ενώ τα νερά ποταμών που έχουν ρυπανθεί είναι >10.

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων για τα φωσφορικά ιόντα (PO<sub>4</sub>-P σε mg/l) δείχνουν ότι η συγκέντρωσή τους βρίσκεται εντός των ορίων της Ελληνικής και Διεθνούς νομοθεσίας. Οι τιμές που πήραμε ήταν από 0,02 mg/l έως 0,9 mg/l.

Η συγκέντρωση του COD κατά την διάρκεια των δειγματοληψιών κυμάνθηκε μεταξύ του 0,9mg/l και του 2,6 mg/l.

Η παρουσία των θειικών ιόντων (SO<sub>4</sub> σε mg/l) σύμφωνα με το διάγραμμα, έδειξε ότι σε όλες τις δειγματοληψίες οι τιμές τους δεν ξεπέρασαν το επιτρεπτό όριο των 250 mg/l που ορίζει η νομοθεσία. Η συγκέντρωση των θειικών ιόντων κυμάνθηκε μεταξύ του 88 mg/l και του 234 mg/l.

Μελετώντας το κάλιο από το αντίστοιχο γράφημα παρατηρούμε πως όλες οι τιμές του βρίσκονται αρκετά χαμηλά και μακριά από το όριο που ορίζει η νομοθεσία στα 12 mg/l. Το εύρος τιμών του καλίου κυμαίνεται από 1,3 mg/l ως και 4 mg/l.

Η μεταβολή των φαινολών (mg/l) μετρήθηκε στα 0,07.

**Σχήμα 7.7** Μεταβολή θερμοκρασίας, θολερότητας, pH, ολικών στερεών, αγωγιμότητας, TDS, χλωριόντων, Na, Ca και σκληρότητας στον Πελεκανιώτη.

**Σχήμα 7.8** Μεταβολή  $\text{NO}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{DO}\%$ ,  $\text{BOD}$ ,  $\text{COD}$ ,  $\text{K}$  και φαινολών στον Πελεκανιώτη.

Σε ότι αφορά τα ολικά κολοβακτηρίδια (total coliforms σε cfu/100ml) όπως αυτές παρουσιάζονται από το διάγραμμα δείχνουν μια έντονη διακύμανση μεταξύ των δειγματοληψιών, με έξαρση των συγκεντρώσεων όσο προχωράμε σε καλοκαιρινούς μήνες. Έτσι ξεκινώντας με 104 cfu/100ml αυξάνεται και παίρνουμε την τελευταία τιμή στα 2424 cfu/100ml.

Η συγκέντρωση των κοπρανωδών κολοβακτηριδίων (E-coli σε cfu/100ml) ακολουθεί αυξητικά τα ολικά κολοβακτήρια. Το εύρος τιμών που καταγράφηκε είναι μεταξύ 40 και 152 αποικίες/ 100 ml.

Τελευταίος από τους μικροβιακούς δείκτες που αναλύθηκαν ήταν ο εντερόκοκκος (S.faecalis σε cfu/100ml) με μια εμφανή διακύμανση των τιμών που καταμετρήθηκαν μεταξύ 90 και 1036 αποικίες /100 ml.

Τέλος επιβεβαιώνοντας τις μετρήσεις των S.faecalis διαπιστώνουμε πως οι τιμές κυμάνθηκαν μεταξύ 21 και 56 αποικίες /100 ml.

**Σχήμα 7.9** Μεταβολή total coliforms, E-coli, S.faecalis και επιβεβαιώσεων S.faecalis στον Πελεκανιώτη.

#### **7.4 Σύγκριση των μέσων όρων των ποταμών**

**Σχήμα 7.10** Μεταβολή θερμοκρασίας, θολερότητας, pH, ολικών στερεών, αγωγιμότητας, TDS, χλωριόντων, Na, Ca και σκληρότητας στον Μ.Ο του Κακοδικιανού και Πελεκανιώτη.

**Σχήμα 7.11** Μεταβολή  $\text{NO}_4\text{-N}$ ,  $\text{NO}_3\text{-N}$ ,  $\text{PO}_4\text{-P}$ ,  $\text{SO}_4$ ,  $\text{DO}\%$ ,  $\text{BOD}$ ,  $\text{COD}$ ,  $\text{K}$  και φαινολών στον Μ.Ο του Κακοδικιανού και Πελεκανιώτη.

**Σχήμα 7.12** Μεταβολή total coliforms, E-coli, S.faecalis και επιβεβαιώσεων S.faecalis στον Μ.Ο του Κακοδικιανού και Πελεκανιώτη.

Σύμφωνα με τα παραπάνω διαγράμματα θα ακολουθήσουν παρατηρήσεις που αφορούν τις δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν στις 21/03/2008-12/06/2008.

1. Οι τιμές της θερμοκρασίας δεν παρουσίασαν μεγάλες διακυμάνσεις με ελάχιστη τιμή 17,3 °C στο σημείο του Κακοδικιανού και τη μέγιστη τιμή τους 17,75 °C στο σημείο του Πελεκανιώτη. Η θερμοκρασία θεωρείται ότι βρίσκεται σε φυσιολογικά επίπεδα για την εποχή, μιας και η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε Μάρτιο με Ιούνιο.

2. Από τα στοιχεία που παρουσιάστηκαν στο σχετικό διάγραμμα βλέπουμε ότι η διακύμανση των τιμών του pH από 8,16 έως 8,23 είναι εντός των επιτρεπτών ορίων (6,5 έως 8,5) που ορίζει η νομοθεσία. Χαμηλότερη τιμή παρατηρήθηκε στο σημείο του Πελεκανιώτη και η υψηλότερη στο σημείο του Κακοδικιανού.

3. Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου (D.O.%) κυμαίνεται από 92,03%-93,75%. Συγκεκριμένα τη μεγαλύτερη τιμή διαλυμένου οξυγόνου την έχει το σημείο του Πελεκανιώτη με 93,75% και την ελάχιστη, το σημείο δειγματοληψίας του Κακοδικιανού με 92,03%. Σύμφωνα με την ισχύουσα νομοθεσία όλες οι τιμές βρίσκονται μέσα στο επιθυμητό όριο 80-120% της τιμής κορεσμού.

4. Οι τιμές της αγωγιμότητας παρουσιάζουν μεγάλες διακυμάνσεις με ελάχιστη τιμή 504,50 μS/cm στο σημείο του Κακοδικιανού και μέγιστη τιμή 643,50 μS/cm στο σημείο του Πελεκανιώτη. Εμφανές λοιπόν είναι ότι στις περιοχές που έγινε η δειγματοληψία, η αγωγιμότητα είναι χαμηλή, εκτός μιας, γεγονός που σημαίνει ότι δεν εμφανίζουν προβλήματα τα οποία να οφείλονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις αλάτων, μιας και οι τιμές της κυμαίνονται μέσα στα όρια που ορίζει η νομοθεσία.

5. Οι τιμές του BOD βρέθηκαν εντός επιτρεπτών ορίων οπότε τα επίπεδα μόλυνσης δεν θεωρούνται σημαντικά. Συγκεκριμένα τη μεγαλύτερη τιμή την εμφάνισε η δειγματοληψία στον Κακοδικιανό με 1,75 mg/l, ενώ την ελάχιστη το σημείο δειγματοληψίας του Πελεκανιώτη με τιμή συγκέντρωσης 1,00 mg/l.

6. Γενικά μπορούμε να αναφέρουμε πως το COD είναι η ποσότητα του οξυγόνου που καταναλώνεται για τη χημική οξείδωση των οργανικών ενώσεων που υπάρχουν στα νερά. Δηλαδή αποτελεί μια έμμεση μέτρηση της ποσότητας των οργανικών ενώσεων στο νερό. Σύμφωνα λοιπόν με το ραβδόγραμμα οι συγκεντρώσεις του χημικά απαιτούμενου οξυγόνου κυμάνθηκαν με μέγιστη τιμή COD στο σημείο του Κακοδικιανού με συγκέντρωση 3,83 mg/l, και ελάχιστη στο σημείο του Πελεκανιώτη με συγκέντρωση 1,75 mg/l.

7. Το αμμώνιο 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. Παρατηρώντας το σχετικό ραβδόγραμμα τα αμμωνιακά ιόντα διατηρήθηκαν σε χαμηλές συγκεντρώσεις με εξαίρεση αυτήν στο σημείο του Κακοδικιανού που παρατηρήθηκε η υψηλότερη τιμή του παρουσιάζοντας συγκέντρωση 0,15 mg/l και η μικρότερη συγκέντρωση με τιμή 0,07 mg/l μετρήθηκε στο σημείο του Πελεκανιώτη.

8. Οι τιμές των συγκεντρώσεων νιτρικών που μετρήθηκαν στα επιμέρους στάδια επεξεργασίας για τις δύο διαφορετικές περιοχές δειγματοληψίας παρουσιάζονται στο σχετικό ραβδόγραμμα. Η συγκέντρωση των νιτρικών βρέθηκε να κυμαίνεται μεταξύ της μέγιστης τιμής στη θέση Κακοδικιανού με τιμή 1,28 mg/l και της ελάχιστης στη θέση Πελεκανιώτη με τιμή 0,38 mg/l.

9. Η παρουσία του φωσφόρου σε καθαρά νερά μπορεί να έχει προκληθεί από ρήψη διαφόρων λιπασμάτων. Οι πηγές του μπορεί να είναι φυσικές (μεταφορά σκόνης, αποσάθρωση, και διάβρωση εδαφών και πετρωμάτων κ.α) ή ανθρωπογενείς (κτηνοτροφικά απόβλητα, εκροές βιολογικών καθαρισμών, καύση οικιακών και βιομηχανικών αποβλήτων κλπ). Ωστόσο τα αποτελέσματα των μετρήσεων για την συγκεκριμένη υπό εξέταση περιοχή δείχνουν ότι η συγκέντρωση του φωσφόρου βρίσκεται εντός ορίων της Ελληνικής και Διεθνούς νομοθεσίας. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων σε γενικές γραμμές κυμάνθηκαν σε χαμηλά επίπεδα με εξαίρεση το σημείο δειγματοληψίας του Πελεκανιώτη στο οποίο βρέθηκε η μέγιστη συγκέντρωση φωσφορικών με τιμή 0,46 mg/l, ενώ η χαμηλότερη ανιχνεύθηκε στο σημείο του Κακοδικιανού με συγκέντρωση 0,04 mg/l.

10. Η παρουσία των θειικών ιόντων στα νερά οφείλεται κυρίως στην επαφή τους με γύψους, έχοντας σαν αποτέλεσμα των εμπλουτισμό τους με θειικά άλατα (SO<sub>4</sub>). Η

συγκέντρωση των θειικών ιόντων σε όλες τις περιοχές δειγματοληψίας, βρέθηκε πολύ κάτω από το επιτρεπτό όριο των 250 mg/l που ορίζει η νομοθεσία γεγονός που δεν μας προκαλεί κάποια ανησυχία. Η ελάχιστη συγκέντρωση θειικών σημειώθηκε στον Κακοδικιανό με τιμή 116,50 mg/l και υψηλότερη στον Πελεκανιώτη με τιμή 161 mg/l.

11. Στο συγκεντρωτικό σχήμα των χλωριόντων παρουσιάζονται όλες οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου για τα δείγματα που αναλύθηκαν στην παρούσα εργασία. Οι τιμές της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου είναι σχεδόν ίδιες για όλα τα σημεία δειγματοληψίας με μια μικρή διαφορά μεταξύ τους. Μεγαλύτερη τιμή παρατηρείται στη θέση του Πλεκανιώτη με μέγιστη τιμή συγκέντρωσης 81,97 mg/l, ενώ η ελάχιστη τιμή σημειώθηκε στην περιοχή του Κακοδικιανού με 49,94 mg/l. Οι τιμές της συγκέντρωσης ιόντων χλωρίου στη διάρκεια της μελέτης δεν ξεπέρασαν τα όρια της νομοθεσίας των 250 mg/l.

12. Από την κατανομή του ραβδογράμματος της θολότητας παρατηρούμε τιμές της τάξης από 2,5 έως 3,2 NTU. Η υψηλότερη τιμή θολότητας ήταν στη θέση Πελεκανιώτη με 3,20 νεφομετρικές μονάδες και η χαμηλότερη στη θέση Κακοδικιανού με 2,65 NTU. Οι σχετικά χαμηλές τιμές συγκέντρωσης της θολότητας μπορεί ωστόσο να οφείλεται στην ένταση και την συχνότητα των βροχοπτώσεων.

13. Από το διάγραμμα μεταβολής της σκληρότητας στα υπό εξέταση σημεία δειγματοληψίας που μετρήθηκε, δεν διακρίνουμε κάποια αισθητή επιβάρυνση του υδροφορέα λόγω συγκέντρωσης αλάτων. Η ελάχιστη συγκέντρωση βρέθηκε στην θέση του Κακοδικιανού με τιμή 197 mg/l και την υψηλότερη 209 mg/l στον Πελεκανιώτη.

14. Οι τιμές των ολικών στερεών κυμάνθηκαν μεταξύ της ελάχιστης συγκέντρωσης που σημειώθηκε στον ποταμό Κακοδικιανό με τιμή 304,25 mg/l και της μέγιστης που καταγράφηκε στον ποταμό Πελεκανιώτη με τιμή 375,50 mg/l. Γενικά θα μπορούσαμε να πούμε ότι διατηρήθηκαν σε χαμηλά επίπεδα με μικρές διακυμάνσεις. Η περιεκτικότητα του νερού σε στερεά όταν είναι υψηλή μπορεί να επηρεάσει τη διαύγεια, τη θερμοκρασία και το διαλυμένο οξυγόνο.

15. Επιπλέον των φυσικοχημικών παραμέτρων, προσδιορίστηκαν και μικροβιολογικές παράμετροι όπως τα ολικά κολοβακτηρίδια/100ml, τα E.coli/100ml, και οι εντερόκοκκοι/100ml, σύμφωνα με τις πρότυπες μεθόδους ανάλυσης για τα επιφανειακά νερά. Όσον αφορά τα ολικά κολοβακτηρίδια διαπιστώθηκε μια έξαρση σχεδόν σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας μιας και η συγκέντρωσή τους άγγιξε τις 1264 αποικίες/100 ml. Για τα E.coli δεν ήταν η ίδια η διαμόρφωση των αποτελεσμάτων. Εκτός του ποταμού Κακοδικιανού στην οποία οι αποικίες μετρήθηκαν 773/100 ml, στον ποταμό Πλεκανιώτη διακυμάνθηκαν σε χαμηλά και μεν επίπεδα 96/100 ml. Ο νομοθέτης ορίζει μέχρι 100 αποικίες/100 ml σε κάθε τριβλίο. Η τελευταία κατά σειρά μικροβιολογική παράμετρος είναι αυτή του εντερόκοκκου, σύμφωνα με την οποία τα επίπεδα του δείκτη διακυμάνθηκαν μεταξύ 38,50-584,50 αποικίες/100 ml. Γενικά λοιπόν αναφέρουμε μια πιθανή μόλυνση του νερού από κόπρανά ανθρώπων, ζώων αλλά και από το χώμα, ή και τα λύματα της ευρύτερης περιοχής.

16. Μελετώντας το κάλιο από το σχετικό διάγραμμα, διαπιστώνεται η μικρή διακύμανση της συγκέντρωσης του από περιοχή σε περιοχή. Όλες βρίσκονται χαμηλά και μακριά από το όριο που ορίζει η νομοθεσία (12 mg/l) με τον ποταμό Κακοδικιανό να έχει την μέγιστη συγκέντρωση με τιμή 2,75 mg/l και τον ποταμό Πελεκανιώτη με ελάχιστη τιμή 2,65 mg/l, εκτός ορίου και αυτή.

17. Το ασβέστιο υπάρχει σε όλα τα φυσικά νερά και προέρχεται από τα πετρώματα (ασβεστόλιθος, δολομίτης, γύψος) δια μέσου των οποίων διέρχεται στο νερό. Η μέγιστη συγκέντρωση καταγράφηκε στον ποταμό Πελεκανιώτη με 30,70 mg/l Ca και η ελάχιστη στον ποταμό Κακοδικιανό με 29,55 mg/l Ca.

18. Οι φαινόλες βρίσκονται στα αστικά λύματα, κυρίως όμως στα βιομηχανικά απόβλητα, αφού χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παρασκευή πολυμερών υλικών, χρωμάτων, φαρμάκων, παρασιτοκτόνων, εκρηκτικών, κ.α. Στο διάγραμμα δεν παρατηρούμε υψηλή συγκέντρωση φαινόλων αφού στα τρία σημεία δειγματοληψίας βρέθηκε να κυμαίνονται στο 0,07 mg/l.

19. Τέλος τα ολικά διαλυμένα στερεά TDS βρέθηκαν στον ποταμό Κακοδικιανό στα 304,25 mg/l και στον ποταμό Πελεκανιώτη στα 375,50 mg/l, δείχνωντας μας την ποιότητα του νερού με ανώτατη επιτρεπτή τιμή που ανέρχεται στα 1500 mg/l.





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

### ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Παρατηρώντας συνολικά τις μεταβολές των τιμών των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού των τριών σημείων δειγματοληψίας της υδρολογικής λεκάνης του Πελεκανιώτη και του Κακοδικιανού διαπιστώνεται ανάλογη τάση εποχιακής μεταβολής τους. Η θερμοκρασία, η ηλεκτρική αγωγιμότητα, η θολότητα, η συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου, η συγκέντρωση του νιτρικού αζώτου και οι μικροβιολογικές παράμετροι εμφανίζουν γενικά παρόμοιες εποχιακές διακυμάνσεις.

Το pH του νερού μπορεί να χαρακτηριστεί ελαφρώς αλκαλικό σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας. Άλλωστε τα επιφανειακά νερά της Ελλάδας είναι στο σύνολό τους αλκαλικά λόγω συγκεκριμένων ποτάμιων υλικών και της κυριάρχησης ανθρακικών πετρωμάτων και ορυκτών.

Η παράλληλη μεταβολή της τιμής της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και της συγκέντρωσης των ιόντων χλωρίου, υποδηλώνει μια σχέση αιτίου-αποτελέσματος μεταξύ των δύο παραμέτρων. Σε γενικές γραμμές τα αποτελέσματα των αναλύσεων έδειξαν χαμηλές συγκεντρώσεις ηλεκτρικής αγωγιμότητας σε όλα σχεδόν τα σημεία δειγματοληψίας με εξαίρεση την περιοχή δειγματοληψίας του Πελεκανιώτη .

Η πηγή του Πελεκανιώτη παρουσιάζει τιμές αγωγιμότητας που κυμαίνονται γύρω στα 600  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , οι οποίες μπορεί να συνδέονται με κάποιο γεωλογικό υπόβαθρο της θέσης δειγματοληψίας.

Η παρουσία νιτρικών ιόντων στα επιφανειακά νερά μπορεί οφείλεται εν μέρει στη διαρκή επαφή τους με την ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα τον κορεσμό τους σε αέριο άζωτο. Όπως επίσης και σε διάχυτες πηγές ρύπανσης που οφείλονται σε εισροές από εφαρμογή λιπασμάτων ανόργανου αζώτου από γειτονικές καλλιεργήσιμες εκτάσεις.

Τα στερεά απόβλητα (κοπριές) των ζώων θεωρούνται σημαντικές πηγές νιτρικών και διαλυμένων αλάτων. Επιπλέον η έντονη αύξηση της συγκέντρωσης του νιτρικού αζώτου μπορεί να θεωρηθεί αποτέλεσμα του συνδυασμού χαμηλής ροής (εποχιακή μείωση παροχής) και σταθερής σημειακής εστίας επιβάρυνσης της ποιότητας του νερού. Συνεπώς η παρουσία του νιτρικού ιόντος στα επιφανειακά νερά σε χαμηλές συγκεντρώσεις θεωρείται φυσιολογική.

Οι τιμές των αμμωνιακών ιόντων σε όλα τα σημεία δειγματοληψίας κυμαίνονται γενικά σε χαμηλά επίπεδα ( $<0,1 \text{ mg/l}$ ). Απότομα αυξημένες τιμές μπορούν να αποδοθούν αποκλειστικά σε εξωτερικές επιδράσεις. Με δεδομένο ότι πολλά λιπάσματα περιέχουν αμμωνία και ενώσεις αμμωνίας, η έκπλυση των χωραφιών μπορεί να συνέβαλε στην απότομη αύξηση του αμμωνιακού αζώτου στο νερό.

Οι συγκεντρώσεις των υπό μελέτη περιοχών σε φωσφορικά ιόντα κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα. Μεγαλύτερες τιμές μπορεί να οφείλονται σε σημειακές πηγές ρύπανσης (έκπλυση λιπασμάτων, αποχετεύσεις). Πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι κατά τους χειμερινούς και εαρινούς μήνες (περίοδος λίπανσης) αναμένεται γεωργική ρύπανση από εκροές λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων.

Η συγκέντρωση του BOD, στην περιοχή δειγματοληψίας της γέφυρας του Κακοδικιανού, παρουσιάζει μία αύξηση ως προς την θερινή περίοδο και μείωση μετά το χειμώνα, ακολουθώντας την εποχιακή μεταβολή των συγκεντρώσεων των ολικών και κοπρανωδών κολοβακτηριδίων. Αυτό είναι αναμενόμενο αφού όπως είναι γνωστό ο υπολογισμός του BOD είναι ένας έμμεσος τρόπος προσδιορισμού τόσο του μικροβιακού όσο και του οργανικού φορτίου του νερού.

Οι χαμηλές τιμές COD στις περιοχές που μελετήθηκαν στην παρούσα εργασία επιβεβαιώνουν την απουσία βιομηχανικής ρύπανσης. Οι τιμές του BOD είναι δύσκολο να συγκριθούν με ακριβείς τιμές του COD στην παρούσα εργασία καθώς στις περισσότερες δειγματοληψίες το COD απλώς διαπιστώθηκε  $<10 \text{ mg/l}$ .

Όσον αφορά το μικροβιακό φορτίο της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Κακοδικιανού, μπορεί να αποδοθεί σε πηγές μικροοργανισμών από ανθρώπινα και ζωικά λύματα και απόβλητα. Μόλυνση μπορεί επίσης να προκληθεί από την εδάφια διάθεση των λυμάτων των σταθμών επεξεργασίας αστικών λυμάτων και σηπτικών δεξαμενών, τις εκπλύσεις από τους σκουπιδότοπους, και τις ποικίλες γεωργικές πρακτικές, όπως η διάθεση στο έδαφος της ζωικής κόπρου για οργανική λίπανση. Μικροί οικισμοί και εποχιακή αύξηση του πληθυσμού, κατά τους θερινούς μήνες, δημιουργούν επίσης συχνά τοπικά προβλήματα από την παραγωγή και διάθεση των λυμάτων.

Παράλληλα με την αύξηση του μικροβιακού φορτίου παρατηρείται αύξηση του διαλυμένου οξυγόνου. Η καθαρότητα του νερού είναι σε μεγάλο βαθμό εξαρτημένη από τη συνεχή οξυγόνωσή του, η οποία ευνοείται σε συνθήκες υψηλής ροής που βελτιώνουν τον επιφανειακό αερισμό. Αντίθετα, σε χαμηλές ροές, που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου, ευνοείται η συσσωμάτωση των ρύπων που μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρά προβλήματα ποιότητας νερού. Επίσης υψηλότερες θερμοκρασίες νερού και η μείωση των βροχοπτώσεων κατά τη διάρκεια της ξηρής περιόδου μπορεί να οδηγήσουν σε χαμηλότερη τιμή κορεσμού διαλυμένου οξυγόνου.

Λαμβάνοντας υπόψη όλα τα παραπάνω, για τον έλεγχο της ρύπανσης όλων των σημείων δειγματοληψίας κρίνεται αναγκαίο ένα ολοκληρωμένο σχέδιο διαχείρισης για τις υδρολογικές λεκάνες των ποταμών Κακοδικιανού και Πελεκανιώτη. Επίσης σε κάθε περιοχή είναι απαραίτητος ο έλεγχος των πρακτικών που εφαρμόζονται για άρδευση και λίπανση, καθώς και η ενημέρωση των αγροτών για τις συνιστώμενες πρακτικές.

Όσο προχωράμε σε αύξηση της θερμοκρασίας, όπως είδαμε, λόγω των υψηλών θερμοκρασιών, της εξατμισοδιαπνοής που φτάνει στο μέγιστο και της χαμηλής ροής των νερών ευνοούνται φαινόμενα ρύπανσης. Η εποχή αυτή συμπίπτει με τις αυξημένες απαιτήσεις νερού και την έντονη πληθυσμιακή αύξηση λόγω του τουρισμού. Συνεπώς είναι απαραίτητο να ληφθούν μέτρα, όπως π.χ. η ενημέρωση των κατοίκων, προκειμένου να γίνεται σωστή διάθεση των λυμάτων των τοπικών οικισμών και μονάδων αναψυχής για να αποφεύγεται η περαιτέρω επιβάρυνση του υδάτινου συστήματος.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

1. Αντιπλημμυρική Προστασία – Οριοθέτηση Κοίτης – Αποκατάσταση Ποταμού Πελεκανιώτη Δήμου Πελεκάνου, Δήμος Πελεκάνου 2004.
2. Εφημερίδα της Κυβερνήσεως της Ελληνικής Δημοκρατίας, Τεύχος Δεύτερο Αρ. Φύλλου 438, Υπουργική Απόφαση με αρ. 46399/1352/86, Απαιτούμενη ποιότητα των επιφανειακών νερών που προορίζονται για: «πόσιμα», «κολύμβηση», «διαβίωση ψαριών σε γλυκά νερά» και «καλλιέργεια και αλιεία οστρακοειδών», μέθοδοι μέτρησης, συχνότητα δειγματοληψίας και ανάλυση των επιφανειακών νερών που προορίζονται για πόσιμα, σε συμμόρφωση με τις οδηγίες του Συμβουλίου των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων 75/440/ΕΟΚ, 76/160/ΕΟΚ, 78/659/ΕΟΚ, 79/293/ΕΟΚ και 79/869/ΕΟΚ.
3. Τζιάνα Αναστασία, 2002/03-Πολύτιμο νερό, Εργασία για το μάθημα Διαχείριση Υδατικών Πόρων, ΤΕΙ Κρήτης, τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος.
4. Βοζινάκης Κ- Κουγιάννη Σ. 2004, Υδατικοί Πόροι Νομού Χανίων και Διαχείρισή τους, Διεύθυνση Εγγείων Βελτιώσεων και Υδατικών Πόρων, Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση.
5. Βλάχου Α. – Κατσιμεντέ Ε. 2007, Χωροχρονική Διευρένηση Των Μεταβολών Των Ποιοτικών Παραμέτρων Των Επιφανειακών Νερών Της Υδρολογικής Λεκάνης Του Ποταμού Κερίτη. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Φυσικών πόρων και περιβάλλοντος. Τ.Ε.Ι Κρήτης.
6. Σταυρουλάκης Γ, 2007. Εγχειρίδιο Εργαστηρίου Τεχνολογίας Ελέγχου Ποιότητας Νερού. Τμήμα Φυσικών πόρων και περιβάλλοντος. Τ.Ε.Ι Κρήτης.
7. Κουιμτζή Θ. – Σαμαρά Κ. 1994, Έλεγχος Ρύπανσης Περιβάλλοντος.
8. Κουιμτζή Θ. – Σαμαρά Κ. – Φυτιανού Κ. 1998, Χημεία Περιβάλλοντος.
9. Γεωργική Στατιστική Υπηρεσία Της Ελλάδος, 2001.
10. Στατιστική Υπηρεσία Της Ελλάδος, 2005.