



**ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ – ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ**

**ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ**

**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

# **Υδρολογία υπόγειων νερών του υδροφόρου συστήματος Βορειοδυτικής Αχαΐας**

---



**Χρυσανθόπουλος Ευθύμιος**

**ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Α. ΚΑΛΛΙΩΡΑΣ,  
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ Ε.Μ.Π**

**Αθήνα, Σεπτέμβριος 2016**

## **Εξεταστική επιτροπή**

**Δρ. Καλλιώρας Ανδρέας**  
(Επιβλέπων)

Επίκουρος Καθηγητής Τομέα Γεωλογικών Επιστημών  
Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων- Μεταλλουργών  
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

**Δρ. Ροντογιάννη – Τσιαμπάου**  
**Θεοδώρα**

Καθηγήτρια Τομέα Γεωλογικών Επιστημών  
Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων- Μεταλλουργών  
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

**Δρ. Μενεγάκη Μαρία**

Επίκουρη Καθηγήτρια Τομέα Μεταλλευτικής  
Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών  
Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ .....	4
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ .....	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ .....	5
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΧΑΡΤΩΝ.....	5
Πρόλογος-Ευχαριστίες .....	7
Περίληψη .....	8
Abstract .....	9
1. Εισαγωγή.....	10
2. Ρύπανση Υ.Ν – Διάχυτες πηγές (αγροτική, θαλάσσια διείσδυση) – Σημειακές Πηγές ..	11
2.1 Ρύπανση υπόγειων νερών .....	11
2.2 Σημειακές πηγές ρύπανσης (Χωματερές-ΧΥΤΑ) .....	14
2.3 Βιομηχανική Ρύπανση .....	24
2.4 Γεωργική Ρύπανση .....	25
2.5 Αλλές πηγές και αιτίες ρύπανσης υπόγειων υδάτων.....	27
2.6 Θαλάσσια Διείσδυση.....	28
3. Φυσικά Χαρακτηριστικά- Χρήσεις Γης- Γεωμορφολογία- Γεωγραφικά Στοιχεία .....	30
3.1 Φυσικά Χαρακτηριστικά .....	30
3.2 Χρήσεις Γης .....	31
3.3 Γεωμορφολογία.....	31
3.3.1 Υδρογραφικό δίκτυο.....	34
3.4 Γεωγραφικά Στοιχεία.....	40
4. Επιφανειακή Υδρολογία.....	43
4.1 Κλιματικά στοιχεία .....	43
4.2 Βροχοπτώσεις.....	46
4.3 Εξατμισοδιαπνοή.....	47
4.4 Κατείσδυση.....	47
4.5 Επιφανειακές απορροές.....	49
4.6 Εκτίμηση υδρολογικού ισοζυγίου επιμέρους περιοχών.....	49
5. Γεωλογικά Στοιχεία .....	51
5.1 Γενικά.....	51
5.2 Στρωματογραφία .....	52
5.3 Μεταλλικοί σχηματισμοί.....	53
5.4 Φλύσχης.....	55
5.5 Ασβεστόλιθοι .....	56
5.6 Τεκτονική.....	57

5.7 Παλαιογεωγραφία.....	58
6. Υδρογεωλογικά Στοιχεία.....	59
6.1 Υδρολιθική κατάσταση των γεωλογικών σχηματισμών .....	61
6.2 Υπόγεια Υδροφορία.....	62
6.3 Εκτίμηση των σημερινών και των μελλοντικών αναγκών σε νερό .....	63
6.4 Ποιοτικές συνθήκες υπογείων νερών .....	64
6.5 Ποιοτικές συνθήκες επιφανειακών νερών .....	65
6.6 Πηγές ρύπανσης υδατικών πόρων .....	66
7. Υδροχημικά στοιχεία.....	67
7.1 Πειραματικά αποτελέσματα.....	67
7.2 Επί τόπου μετρήσεις.....	74
7.3 Χημικές αναλύσεις.....	83
7.4 Υδρογεωχημικά διαγράμματα.....	102
8. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	110
9. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....	112

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

<u>Εικόνα 2.6.1: Διάγραμμα ροής γλυκού και αλμυρού νερού σε ελεύθερο παράκτιο υδροφόρο (Todd, 1974).....</u>	<u>26</u>
<u>Εικόνα 3.3.1: Λίμνη Στροφυλιά.....</u>	<u>30</u>
<u>Εικόνα 3.3.2: Ποταμός Πείρος.....</u>	<u>32</u>
<u>Εικόνα 3.3.3: Ποταμός Παραπεύρος .....</u>	<u>33</u>
<u>Εικόνα 3.3.4: Ποταμός Σερδινή .....</u>	<u>34</u>
<u>Εικόνα 3.4.1: Περιοχή Έρευνας.....</u>	<u>35</u>
<u>Εικόνα 3.4.2: Δήμος Δυτικής Αχαΐας.....</u>	<u>36</u>
<u>Εικόνα 3.4.3: Δήμος Δυτικής Αχαΐας (Όρια).....</u>	<u>37</u>
<u>Εικόνα 3.4.4: Δήμος Ερυμάνθου (Όρια).....</u>	<u>38</u>
<u>Εικόνα 5.1.1: Γεωλογικός Χάρτης Βόρειας Πελοποννήσου.....</u>	<u>47</u>
<u>Εικόνα 7.1.1: Δειγματοσυλλέκτης.....</u>	<u>64</u>
<u>Εικόνα 7.1.2: Δειγματοληψία με δειγματοσυλλέκτη.....</u>	<u>65</u>
<u>Εικόνα 7.1.3: Πλαστικά μπουκάλια φύλαξης.....</u>	<u>66</u>
<u>Εικόνα 7.1.4: Όργανο μέτρησης pH και Θερμοκρασίας.....</u>	<u>67</u>
<u>Εικόνα 7.1.5: Όργανο μέτρησης Ειδικής Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας και Θερμοκρασίας...68</u>	<u>68</u>

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 2.2.1: Σύνθεση του Βιοαερίου .....	16
Πίνακας 2.2.2: Σύνθεση στραγγίσματος σε νέους και ώριμους ΧΥΤΑ .....	18
Πίνακας 4.1.1: Στοιχεία Μετεωρολογικού Σταθμού Λουσικών (2015).....	41
Πίνακας 4.1.2: Στοιχεία Μετεωρολογικού Σταθμού Λουσικών (2016).....	41
Πίνακας 4.1.3: Στοιχεία Μετεωρολογικού Σταθμού Λάππα (2015).....	42
Πίνακας 4.1.4: Στοιχεία Μετεωρολογικού Σταθμού Λάππα (2016).....	42
Πίνακας 4.1.5: Μέσες μηνιαίες και μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα για το χρονικό διάστημα 1971-1980.....	43
Πίνακας 4.2.1: Μέσο ετήσιο ύψος βροχής (1964-1978) .....	44
Πίνακας 4.5.1: Παροχή αιχμής Ποταμού Πείρου .....	46
Πίνακας 4.6.1: Παράμετροι Υδρολογικού Ισοζυγίου Περιοχής Έρευνας .....	47
Πίνακας 7.2.1: Επί τόπου μετρήσεις επιφανειακών υδάτων .....	69
Πίνακας 7.2.2: Επί τόπου μετρήσεις υπόγειων υδάτων .....	70
Πίνακας 7.3.1: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων Επιφανειακών Υδάτων .....	78
Πίνακας 7.3.2: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων Υπόγειων Υδάτων .....	78
Πίνακας 7.4.1: Υδροχημικός τύπος Υπόγειων Υδάτων .....	97
Πίνακας 7.4.2: Υδροχημικός τύπος Επιφανειακών Υδάτων .....	98

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Διάγραμμα 1: Διάγραμμα Duqon υπόγεια ύδατα .....	99
Διάγραμμα 2: Διάγραμμα Duqon επιφανειακά ύδατα.....	100
Διάγραμμα 3: Διάγραμμα Piper υπόγεια ύδατα .....	101
Διάγραμμα 4: Διάγραμμα Piper επιφανειακά ύδατα.....	102
Διάγραμμα 5: Διάγραμμα Wilcox υπόγειων υδάτων .....	103
Διάγραμμα 6: Διάγραμμα Wilcox επιφανειακών υδάτων .....	104

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΧΑΡΤΩΝ

Χάρτης 1: Σημεία Δειγματοληψίας Υπόγειων Υδάτων στην περιοχή της Βορειοδυτικής Αχαΐας.....	63
Χάρτης 2: Σημεία Δειγματοληψίας Επιφανειακών Υδάτων στην περιοχή της Βορειοδυτικής Αχαΐας.....	64
Χάρτης 3 : Χάρτης Χωρικής κατανομής της Ειδικής Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας (Sec) των Υπόγειων Υδάτων.....	72
Χάρτης 4 : Χάρτης Ειδικής Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας Επιφανειακών Υδάτων.....	73
Χάρτης 5: Χάρτης Χωρικής Κατανομής Ph Υπόγειων Υδάτων.....	74

Χάρτης 6 : Χάρτης Ph Επιφανειακών Υδάτων.....	75
Χάρτης 7: Χάρτης Χωρικής Κατανομής Θερμοκρασιών Υπόγειων Υδάτων.....	77
Χάρτης 8: Χάρτης Χωρικής Κατανομής Χλωριόντων Υπόγειων Υδάτων.....	80
Χάρτης 9 : Χάρτης Χλωριόντων Επιφανειακών Υδάτων.....	81
Χάρτης 10 : Χάρτης Χωρικής Κατανομής Όξινων Ανθρακικών Υπόγειων Υδάτων.....	82
Χάρτης 11: Χάρτης Κατανομής Όξινων Ανθρακικών Επιφανειακών Υδάτων.....	83
Χάρτης 12 : Χάρτης Χωρικής Κατανομής Ιόντων Ασβεστίου Υπόγειων Υδάτων.....	85
Χάρτης 13 : Χάρτης Χωρικής Κατανομής Ιόντων Μαγνησίου Υπόγειων Υδάτων.....	86
Χάρτης 14 : Χάρτης Κατανομής Νιτρικών Υπόγειων Υδάτων.....	88
Χάρτης 15 : Χάρτης Νιτρικών Επιφανειακών Υδάτων.....	89
Χάρτης 16 : Χάρτης Χωρικής Κατανομής Κατιόντων Καλίου Υπόγειων Υδάτων.....	90
Χάρτης 17: Χάρτης Κατιόντων Καλίου Επιφανειακών Υδάτων.....	91
Χάρτης 18: Χάρτης Κατιόντων Νατρίου Επιφανειακών Υδάτων.....	91
Χάρτης 19 : Χάρτης Χωρικής Κατανομής Κατιόντων Νατρίου Υπόγειων Υδάτων.....	92
Χάρτης 20: Χάρτης Κατανομής Θεικής Ρίζας Επιφανειακών Υδάτων.....	93
Χάρτης 21 : Χάρτης Χωρικής Κατανομής Θεικής Ρίζας Υπόγειων Υδάτων.....	94
Χάρτης 22 : Χάρτης Χωρικής Κατανομής Ορθοφωσφορικών Ιόντων Υπόγειων Υδάτων.....	96

## Πρόλογος-Ευχαριστίες

Η εργασία αυτή είναι αποτέλεσμα συλλογικής δουλειάς και υποστήριξης, καθώς και προσωπικής προσπάθειας. Η συμβολή όλων όσων αναφέρονται παρακάτω ήταν καθοριστική. Γι' αυτό ευχαριστώ τους:

- Κύριο Ανδρέα Καλλιώρα, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, αναθέτοντας μου τη συγκεκριμένη διπλωματική εργασία, με ενέπνευσε να ασχοληθώ με το αντικείμενο της Υδρογεωλογίας, μέσω των διαλέξεων του στο μάθημα της Υδρογεωλογίας και για τη συνεχή βοήθεια του κατά τη διάρκεια της πραγματοποίησης της εργασίας.
- Κυρία Μάρθα Περδικάκη, μεταπτυχιακής φοιτήτριας του Δ.Π.Μ.Σ. Επιστήμης και Τεχνολογίας Υδατικών Πόρων Ε.Μ.Π., που η βοήθεια της ήταν πολύτιμη στη διαδικασία των χημικών αναλύσεων και στη διαδικασία ψηφιοποίησης των δεδομένων που προέκυψαν από τις αναλύσεις.
- Κύριο Κωνσταντίνο Μαρκαντώνη, μέλος του Εργαστηριακού Διδακτικού Προσωπικού της σχολής Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών Ε.Μ.Π., για τη συνεισφορά του κατά τη διεξαγωγή των εργαστηριακών χημικών αναλύσεων και για τη χορήγηση σημαντικής βιβλιογραφίας.
- Κύριο Αναστάσιο Μητρόπαπα, υποψήφιου διδάκτορα του τμήματος Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών, για τη βοήθεια του με τα πληροφοριακά πακέτα γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών.

Στη συγκεκριμένη εργασία βοήθησαν και επιμέρους παράγοντες, εξίσου σημαντικοί για την διεκπεραίωση της. Η συμβολή ορισμένων έχει ιδιαίτερη συναισθηματική αξία. Γι' αυτό λοιπόν ευχαριστώ:

- Την οικογένεια μου που με στήριξε καθ'όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, με θυσίες, και για την μακροχρόνια μετάδοση αξιών, αρχών και γνώσεων που θα με ακολουθούν σε όλη μου τη ζωή.
- Τον πατέρα μου Ιωάννη Χρυσανθόπουλο για την ουσιαστική συμβολή του στη συλλογή των δειγμάτων.
- Την μητέρα μου Αγγελική Τσουμπρή, για την πολύτιμη βοήθεια της στην μεταφορά των δειγμάτων από την περιοχή της Αχαΐας στην Αθήνα.
- Το θεσμό του Δημόσιου και Δωρεάν Πανεπιστημίου, που παρά τις δύσκολες συνθήκες διαφυλάσσει τη δυνατότητα φοίτησης για όλους/ες
- Τον παππού μου Θύμιο Χρυσανθόπουλο, ο οποίος καταγόταν από την περιοχή στην οποία έγινε η έρευνα και έφυγε από τη ζωή πριν λίγο καιρό, που μου μετέδωσε καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του πολύτιμες αξίες και ιδανικά, τα οποία θα με συντροφεύουν, όπως και η θύμησή του εφ' όρου ζωής.
- Τον φίλο μου Νώντα Φλώρο, μεταπτυχιακό φοιτητή του Δ.Π.Μ.Σ. Επιστήμης και Τεχνολογίας Υδατικών Πόρων Ε.Μ.Π, για τη βοήθεια του με τις χημικές αναλύσεις των δειγμάτων.

## Περίληψη

Οι πηγές ρύπανσης των υπόγειων υδάτων διακρίνονται σε σημειακές και διάχυτες. Στις σημειακές συμπεριλαμβάνονται η ρύπανση από ΧΥΤΑ και βιομηχανίες, ενώ στις διάχυτες η γεωργική ρύπανση και η θαλάσσια δεισδυση. Η συλλογή δεδομένων σχετικά με την υδρολογία της περιοχής είναι το αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας. Η περιοχή μελέτης είναι το βορειοδυτικό κομμάτι του νομού Αχαΐας. Η έρευνα που διεξήχθη αφορά τη μελέτη του υδρολογικού καθεστώτος της περιοχής, τόσο από τη βιβλιογραφική αναζήτηση ζητημάτων αναφορικά με τη ρύπανση των υπόγειων υδάτων, τη γεωλογική μορφή, τις κλιματικές συνθήκες και την έρευνα πεδίου με τη λήψη και επεξεργασία δεδομένων από τις γεωτρήσεις της περιοχής. Επιπρόσθετα, υλοποιήθηκαν χημικές αναλύσεις των δειγμάτων, ως προς τα βασικά τους ιόντα. Τέλος, τα αποτελέσματα παρουσιάστηκαν σε χάρτες και διαγράμματα χρησιμοποιώντας τα πακέτα πληροφοριακών δεδομένων QGIS 2.12.2 Lyon, ArcMap 10.1, Surfer 11 και Aquachem 2014.2 (trial).



## **Abstract**

The sources of groundwater pollution are divided into point and diffuse. In point including pollution from landfills and industries, while in diffuse agricultural pollution and water penetration. The collection of data on the hydrology of the area is the subject of this thesis. The study area is the northwestern part of the prefecture of Achaia. The research was conducted on the study of the hydrological regime of the area, both from the literature review of issues concerning the contamination of groundwater, the geological form, the climatic conditions and the field research for receiving and processing data from the drilling area. In addition, chemical analyzes of the samples were carried out, in terms of their basic ions. Finally, the results presented in maps and charts using IT Data QGIS 2.12.2 Lyon packages, ArcMap 10.1, Surfer 11 and Aquachem 2014.2 (trial).

## 1. Εισαγωγή

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του μαθήματος της Εφαρμοσμένης Υδρογεωλογίας της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου. Το θέμα της εργασίας ανατέθηκε από τον επίκουρο καθηγητή του τομέα Γεωλογικών Επιστημών, Ανδρέα Καλλιώρα, κάτω από την συνεχή επίβλεψη και τη βοήθεια του οποίου περατώθηκε. Το θέμα της μελέτης είναι η διερεύνηση των υδρολογικών συνθηκών στην περιοχή της Βορειοδυτικής Αχαΐας, με εστίαση στα υδροχημικά χαρακτηριστικά των υπόγειων υδάτων. Κατά τη συλλογή των δειγμάτων στην ύπαιθρο έγινε δειγματοληψία και από επιφανειακά ύδατα, με αποτέλεσμα να γίνει υδροχημική μελέτη (περιορισμένου εύρους) και για τα επίγεια νερά.

Για την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας ακολουθήθηκαν συγκεκριμένα στάδια κατά τη διάρκεια της διεξαγωγής της:

1. Μελέτη βιβλιογραφίας (ελληνικής και ξένης) σε θέματα που άπτονται της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων, των πηγών ρύπανσης των υδάτων (σημειακές – διάχυτες), της ρύπανσης από ΧΥΤΑ-BIΟΜΗΧΑΝΙΕΣ, του φαινομένου της θαλάσσιας διείσδυσης.
2. Εκμάθηση πληροφοριακών πακέτων γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών μέσω της επιλογής και παρακολούθησης του μαθήματος «Εφαρμογές Η/Υ στην Γεωλογία»
3. Αναζήτηση στοιχείων για την γεωμορφολογία, την γεωλογία, την υδρογεωλογία της περιοχής, από ελληνική βιβλιογραφία, από παλαιότερες μελέτες και διατριβές.
4. Συγκέντρωση συντεταγμένων υδρογεωτρήσεων της περιοχής Βορειοδυτικής Αχαΐας από στοιχεία του ΙΓΜΕ (βοήθησε στην καλή διασπορά των δειγμάτων και στην πιο εύκολη προσέγγιση των σημείων δειγματοληψίας).
5. Έρευνα στην περιοχή της Βορειοδυτικής Αχαΐας, συλλογή δειγμάτων από τις υδρογεωτρήσεις, αλλά και τα επιφανειακά νερά, επί τόπου μετρήσεις στην ύπαιθρο (pH, ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα, θερμοκρασία).
6. Μεταφορά των δειγμάτων στο εργαστήριο Υδρογεωλογίας της σχολής Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών και χημική ανάλυση των δειγμάτων.
7. Χρήση πληροφοριακών πακέτων για την παρουσίαση και την κατανόηση των αποτελεσμάτων, των επί τόπου μετρήσεων και των χημικών αναλύσεων, και την εξαγωγή συμπερασμάτων

## 2. Ρύπανση Υ.Ν - Διάχυτες πηγές (αγροτική, θαλάσσια διείδυση) – Σημειακές Πηγές

### 2.1 Ρύπανση υπόγειων νερών

Σύμφωνα με τον Todd (1980) η ρύπανση υπογείων νερών είναι η τεχνητά προκαλούμενη υποβάθμιση της ποιότητας τους. Βέβαια στην βιβλιογραφία, η υποβάθμιση της ποιότητας του νερού αναφέρεται και ως μόλυνση (Bouwer, 1978). Η χρησιμοποίηση των δύο αυτών όρων είτε με ταυτόσημο, είτε με διαφορετικό περιεχόμενο δημιουργήσε σύγχυση και η προσπάθεια διαχωρισμού τους ανάλογα με τα αίτια που προκαλούν την υποβάθμιση της ποιότητας του νερού, ουσιαστικά δεν έδωσε λύση το πρόβλημα αλλά το διόγκωσε. Οπότε ως ρύπανση ή μόλυνση θα αναφέρουμε οποιαδήποτε υποβάθμιση της φυσικής ποιότητας του νερού, που είναι αποτέλεσμα δραστηριοτήτων του ανθρώπου.

Η ρύπανση του νερού, ανάλογα με την έκταση της μπορεί να αποβεί καθοριστικός παράγοντας στη μη χρησιμοποίηση του, αλλά και στη δημιουργία κινδύνων στη δημόσια υγεία (τοξικότητα του νερού, μετάδοση ασθενειών). Στα υπόγεια νερά οι δυσκολίες που αντιμετωπίζονται για τον εντοπισμό της ρύπανσης καθώς και την αντιμετώπισή της είναι πολύ μεγαλύτερες από τι στα επιφανειακά ύδατα.

Παρακάτω θα περιγράψουμε συνοπτικά τις αιτίες που μπορούν να προκαλέσουν ρύπανση και μόλυνση των υπόγειων νερών. Τα οικιακά, δημόσια λύματα καθώς και τα βιομηχανικά απόβλητα(οργανικά απόβλητα, επεξεργασία τροφίμων, επεξεργασία σκουπιδιών – παλιών αντικειμένων κ.λπ.) προκαλούν ρύπανση του υπόγειου νερού. Μια άλλη κατηγορία αποβλήτων που συμπεριλαμβάνεται στα αίτια της υποβάθμισης είναι τα μεταλλευτικά απόβλητα, τα οποία κατά κύριο λόγο προέρχονται από μεταλλουργικές βιομηχανίες, μεταλλευτικές βιομηχανίες όπου γίνεται εξόρυξη μεταλλευμάτων, διυλιστήρια πετρελαίου και χημικές βιομηχανίες. Επίσης, μεταλλευτικά απόβλητα δημιουργούνται και στη διαδικασία εξόρυξης του πετρελαίου καθώς και σε διάφορες άλλες δραστηριότητες. Βέβαια, υποβάθμιση της ποιότητας του υπόγειου νερού μπορεί να συμβεί και σε περιπτώσεις ανάπτυξης, χρήσης και επαναχρησιμοποίησης νερού. Συγκεκριμένα παραδείγματα είναι οι επιστροφές από το νερό άρδευσης, η επιφανειακή στράγγιση, η διήθηση, η επικοινωνία υδροφόρων, λόγω κακής κατασκευής ή εγκατάλειψης γεώτρησης, η εξάντληση υδροφόρων λόγω υπεράντλησης, η διείδυση της θάλασσας, η διαταραχή του ισοζυγίου αλάτων, η άνοδος νεαρού ή συγγεντικού νερού λόγω υπεράντλησης και η μόλυνση από επιφανειακά νερά λόγω κακής κατασκευής γεωτρήσεων.

Το μεγαλύτερο μέρος της ρύπανσης ,που δημιουργούν οι αιτίες που αναφέρθηκαν, προέρχεται από την απόρριψη αποβλήτων πάνω ή μέσα στο έδαφος. Μερικοί από τους τρόπους απόρριψης των αποβλήτων είναι η τοποθέτηση τους,

- σε λεκάνες διήθησης
- σε ορύγματα και τάφρους διήθησης
- σε ξερά υδατορεύματα
- σε σκουπιδότοπους
- σε αβαθείς γεωτρήσεις απόρριψης
- σε βαθιές γεωτρήσεις έκχυσης

Οι πηγές και οι αιτίες της ρύπανσης ανάλογα με τη γεωμετρία της εστίας διακρίνονται σε σημειακές, γραμμικές και διάχυτες. Στην συγκεκριμένη διπλωματική αυτές που θα μας απασχολήσουν είναι οι σημειακές και πιο συγκεκριμένα η ρύπανση από ΧΥΤΑ ή βιομηχανία. Επίσης θα ασχοληθούμε με τις διάχυτες, οι οποίες στην περίπτωση μας αναφέρονται σε αγροτική ρύπανση και θαλάσσια διείδυση.

Εφόσον παραπάνω, αναλύσαμε τις πηγές και τις αιτίες ρύπανσης των υπογείων νερών, εν συνεχεία θα αναφέρουμε τις κατηγορίες των ρύπων που έχουν διακριθεί με το πέρασμα του

χρόνου. Σε πηγές ρύπανσης οι οποίες προέρχονται από την πυρηνική βιομηχανία, τη μεταλλεία και επεξεργασία ραδιενεργών μεταλλευμάτων, τους σταθμούς πυρηνικής ενέργειας, τον εμπλουτισμό του ουρανίου και την απόρριψη ραδιενεργών αποβλήτων συναντάμε τους ραδιενεργούς ρύπους. Μια άλλη κατηγορία ρύπων είναι τα ιχνοστοιχεία τα οποία μπορεί να είναι άκρως τοξικά ακόμα και θανατηφόρα για τον άνθρωπο. Τα ιχνοστοιχεία προέρχονται από απόβλητα μεταλλευτικών δραστηριοτήτων, από απορροές, στερεά ή υγρά απόβλητα που προέρχονται από αστικές περιοχές, από αγροτικά απόβλητα και λιπάσματα και τέλος από τα υγρά καύσιμα. Είναι μεταλλικά στοιχεία και μερικά από αυτά που έχουν εντοπιστεί στο υπόγειο νερό είναι: Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, Li, Mn, Sn, Zn κ.α. Τα θρεπτικά, τα ιόντα ή οργανικές ενώσεις του P και του N, ανήκουν κι αυτά με τη σειρά τους στους ρυπαντές του υπογείου νερού. Κυρίως τα συναντάμε στη μορφή  $\text{NO}_3^-$  και  $\text{NH}_4$  και προέρχονται από γεωργική χρήση λιπασμάτων, κτηνοτροφία και την καλλιέργεια παρθένων εδαφών όπου αφθονεί η οργανική ύλη με αποτέλεσμα να οξειδώνονται μεγάλες ποσότητες αζώτου. Άλλα ανόργανα είδη που ρυπαίνουν το νερό είναι τα μεταλλικά ιόντα σε συγκεντρώσεις σημαντικά υψηλές. Τέτοια είναι το  $\text{Ca}^{+2}$ , το  $\text{Mg}^{+2}$ , το  $\text{Na}^{+2}$  αλλά και αμέταλλα ιόντα που περιέχουν C ή S. Πολλά από τα ανόργανα είδη συμβάλλουν στην αλατότητα του υπογείου νερού, ενώ πολύ τοξικό είναι το φθόριο που σε συγκεντρώσεις πάνω από 1,5 mg/l καταστρέφει τις οδοντοστοιχίες και το Na το οποίο προκαλεί υπέρταση αλλά και σε ακόμη υψηλότερες συγκεντρώσεις αλλάζει το χημισμό του αίματος ή του κυττάρου.

Παραπάνω, λοιπόν, κάναμε μια διεξοδική ανάλυση της ρύπανσης των υπογείων νερών, παραθέτοντας στοιχεία τόσο για τις πηγές και τις αιτίες της, όσο και για τους ρύπους πιο συγκεκριμένα. Στην συνέχεια θα ασχοληθούμε με τις σημειακές πηγές ρύπανσης, και αναλυτικότερα με αυτές που προέρχονται από ΧΥΤΑ και Βιομηχανίες.

Ο ΧΥΤΑ ( Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων), είναι το σύνολο των εγκαταστάσεων και των φυσικών μέσων εκείνων που χρησιμοποιούνται για την απόθεση των απορριμμάτων στο έδαφος και έχουν σχεδιασθεί με τέτοια τεχνολογία ώστε να ελαχιστοποιούνται οι επιδράσεις τους, λόγω της λειτουργίας τους, στην ανθρώπινη υγεία και το περιβάλλον. Άρα, από το σύντομο ορισμό που δόθηκε ακριβώς επάνω καταλαβαίνουμε πως ο ΧΥΤΑ δεν είναι μια κατηγορία χωματερής, αλλά είναι ο χώρος που περιλαμβάνει τόσο τη «χωματερή» όσο και τις εγκαταστάσεις και το φυσικό και τεχνικό εξοπλισμό της. Για να έχουμε μια γενική εικόνα στους χώρους υγειονομικής ταφής τα απορρίμματα μετά από συμπύκνωση αποτίθενται σε στρώματα και καλύπτονται από γαιώδη υλικά.

Πριν κάνουμε, όμως διεξοδική ανάλυση για τις κατηγορίες χωματερών και ΧΥΤΑ που συναντάμε, καθώς και τον τρόπο με τον οποίο κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με γεωλογικά, υδρογεωλογικά κ.α κριτήρια, θα πρέπει να αναφερθούμε στα είδη απορριμμάτων που αποτίθενται στους χώρους αυτούς. Οι χώροι αυτοί, είναι σχεδιασμένοι ως επί το πλείστον για την απόθεση οικιακών απορριμμάτων, δηλαδή των άχρηστων καταλοίπων, συνήθως στερεών, που προέρχονται από τις δραστηριότητες των ανθρώπων και των ζώων. Ένας άλλος όρος για την περιγραφή των καταλοίπων που προέρχονται από ανθρώπινες αλλά και ζωικές δραστηριότητες είναι τα στερεά απόβλητα. Σ' αυτά εκτός των απορριμμάτων που προέρχονται από την αστική κοινότητα, έρχονται να προστεθούν και οι ομοιογενείς συγκεντρώσεις των αγροτικών, βιομηχανικών και μεταλλευτικών δραστηριοτήτων. Κατανοούμε οπότε πως η ύπαρξη όλων αυτών απορριμμάτων, αλλά και η ανάγκη για απομάκρυνση τους από το περιβάλλον, οδήγησε στην δημιουργία χωματερών ή και στην καύση. Πολλές φορές όμως, η μη ελεγχόμενη, αλλά και η ελεγχόμενη αλλά ανοργάνωτη, απόθεση απορριμμάτων δημιούργησε προβλήματα υγείας και οικολογικές διαταραχές.

Μερικές από τις κυριότερες επιπτώσεις της ανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων είναι:

- Η ανεξέλεγκτη συγκέντρωση τρωκτικών και πτηνών καθώς και η μετάδοση ασθενειών
- Οι οσμές

- Η ρύπανση υδροφόρων και επιφανειακών νερών, η οποία προέρχεται από το στράγγισμα που παράγεται στις χωματερές ( ιδιαίτερα τις ανοργάνωτες) σε ποσότητα της τάξης του 1 m<sup>3</sup> ετησίως ανά στρέμμα ενεργού επιφάνειας του ΧΥΤΑ, δηλαδή της επιφάνειας που βρίσκεται σε εκσκαφή και δέχεται απορρίμματα και νερά. Το στράγγισμα αυτό, λοιπόν όπως συμπεραίνουμε είναι εξαιρετικά τοξικός ρυπαντής για τα επιφανειακά και τα υπόγεια νερά. Ως μέσα αντιμετώπισης του προβλήματος θεωρήθηκαν, από τον Coe (1970), η επιλογή της κατάλληλης θέσης του χώρου υγειονομικής ταφής με παράλληλη αποτελεσματική κάλυψη των απορριμμάτων, καθώς και ο έλεγχος της φύσης των υλικών που προορίζονται προς ενταφιασμό.
- Η ρύπανση του εδάφους
- Οι κίνδυνοι πρόκλησης πυρκαγιών αλλά και εκρήξεων
- Η αισθητική ρύπανση
- Η ρακοσυλλογή
- Η ρύπανση από τοξικά υλικά, όπως οι παλιές μπαταρίες, λόγω του περιεχομένου τους. Μόλυβδος, κάδμιο, νικέλιο και γενικά βαρέα μέταλλα περιέχονται σε μπαταρίες τόσο οικιακών συσκευών όσο και αυτοκινήτων. Τα μέταλλα αυτά, όταν διαχέονται στο περιβάλλον παρεμποδίζουν βιολογικές λειτουργίες αποικοδόμησης των οργανικών ουσιών, ενώ προστιθέμενα στο στράγγισμα αυξάνουν την τοξικότητα του και δυσχεραίνουν την διάθεση του. Τα υλικά αυτά λόγω της τοξικότητάς τους, θα πρέπει είτε να αποκλείονται από τις χωματερές είτε να συγκεντρώνονται σε ξεχωριστά τμήματα, απομονωμένα από τα κοινά απορρίμματα.
- Η ρύπανση λόγω εκπομπών σκόνης

Πέραν όμως των επιπτώσεων της διάθεσης των απορριμμάτων, θα ήταν χρήσιμο να παρατηρήσουμε και την αυξανόμενη ποσότητα παραγόμενων σκουπιδιών, σύμφωνα με στατιστικά στοιχεία. Αν μας ενδιαφέρουν οι συνέπειες των απόθεσης των απορριμμάτων σίγουρα πρέπει να μας ενδιαφέρει κι ο λόγος που αυτά συνεχώς αυξάνονται. Η αύξηση λοιπόν των παραγόμενων απορριμμάτων είναι συνάρτηση πολλών παραγόντων, κυρίως όμως οικονομικών και κοινωνικών.

Ας ασχοληθούμε καταρχήν, με τους οικονομικούς παράγοντες. Η αύξηση του εισοδήματος αυξάνει την κατανάλωση αλλά και τη σπατάλη σε όλους τους τομείς. Ειδικά έχει παρατηρηθεί ότι σε οικογένειες με γρήγορη αύξηση του εισοδήματος αυξάνεται η παραγωγή οργανικών καταλοίπων, υλικών συσκευασίας, αντικειμένων μιας χρήσης, στάχτης, γυάλινων και πλαστικών φιαλών κ.λπ.

Σε ότι αφορά το κοινωνικό κομμάτι της αύξησης των παραγόμενων απορριμμάτων, υπάρχουν περιπτώσεις όπου η επιδεικτική απόρριψη μεγάλων ποσοτήτων σκουπιδιών εκλαμβάνεται ως ένδειξη κοινωνικού κύρους και ευημερίας. Η εμπειρία πάντως από πειραματικές προσπάθειες ανακύκλωσης χρησίμων υλικών (χαρτί, γυαλί, αλουμίνιο) έδειξε ότι σε περιοχές υψηλού κοινωνικού και μορφωτικού επιπέδου επιτεύχθηκε και η μεγαλύτερη απόδοση της προσπάθειας παρόλο που οι κάτοικοι ούτε κατά διάνοια είχαν την ανάγκη των χρημάτων από τη διάθεση των υλικών. Σε οικολογικά ενημερωμένες οικογένειες έχει παρατηρηθεί συνειδητή μείωση του όγκου των σκουπιδιών, όχι μόνο με την διαλογή ανακυκλώσιμων υλικών αλλά και με την μη αγορά συσκευασιών μιας χρήσης.

Μετά τους παράγοντες που επηρεάζουν την αύξηση της ποσότητας των απορριμμάτων στις μέρες μας, θεωρείται αναγκαίο να ασχοληθούμε και με τη σύνθεση των οικιακών απορριμμάτων αυτών καθ'εαυτών.

Με την αστικοποίηση όλο και περισσότερου πληθυσμού στην χώρα μας, έχει αυξηθεί κατακόρυφα ο όγκος των παραγόμενων απορριμμάτων, καθώς έχει διαφοροποιηθεί και η ποιοτική τους σύνθεση. Καμιά σχέση δεν έχουν τα σκουπίδια που παράγει το σύγχρονο

νοικοκυριό σε σχέση με το παραδοσιακό αγροτικό. Παλιότερα γινόταν πλήρης ανακύκλωση των οργανικών καταλοίπων στις αγροτικές κοινωνίες. Τα κατάλοιπα αυτά, χρησιμοποιούνταν ως ζωοτροφή στα οικόσιτα ζώα. Έτσι, λοιπόν, δεν υπήρχε μεγάλη συκέντρωση οργανικών υλικών σε ένα σημείο. Μια διαφορά του παραδοσιακού αγροτικού με το σημερινό νοικοκυριό είναι η χρήση του πλαστικού. Το πλαστικό είναι ένα υλικό το οποίο μετά την χρήση του καταλήγει στα απορρίμματα, διότι δεν υπάρχει τρόπος αξιοποίησης ή έστω προσωρινής αποθήκευσης του για μελλοντική χρήση. Τέλος, παρατηρείται ότι η ποιότητα των οικιακών απορριμμάτων είναι συνάρτηση της οικονομικής και κοινωνικής κατάστασης του πληθυσμού.

Παραπάνω, ασχοληθήκαμε τόσο με τους παράγοντες της δημιουργίας των απορριμμάτων όσο και με τη σύνθεσή τους. Στις επόμενες παραγράφους θα επικεντρωθούμε στους χώρους όπου αυτά αποτίθενται (χωματερές- ΧΥΤΑ), οι οποίοι αποτελούν σημειακές πηγές ρύπανσης.

## 2.2 Σημειακές πηγές ρύπανσης (Χωματερές-ΧΥΤΑ)

Η χωματερή είναι ο χώρος στον οποίο μετά από κατάλληλη τεχνική παρέμβαση αποτίθενται τα απορρίμματα. Ο ορισμός του ΧΥΤΑ δόθηκε στην προηγούμενη ενότητα. Ο ΧΥΤΑ περιλαμβάνει εκτός από την χωματερή, δηλαδή των χώρο απόθεσης, και τις εγκαταστάσεις και το φυσικό και τεχνικό εξοπλισμό της. Τα απορρίμματα μετά από συμπύκνωση αποτίθενται σε στρώματα και καλύπτονται από γαιώδη υλικά. Οι χωματερές ανάλογα με διάφορα κριτήρια διακρίνονται σε κατηγορίες.

Από γεωλογικής και υδρογεωλογικής άποψης διακρίνονται σε:

- **Χωματερή φυσικής εξασθένησης της ρύπανσης ή φυσικά ελεγχόμενη** ( Natural Attenuation Landfill ή Natural Controll Landfill). Στη συγκεκριμένη χωματερή η αντιμετώπιση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (εξουδετέρωση στραγγίσματος π.χ) εναπόκειται στις φυσικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στην ακόρεστη ζώνη (προσρόφηση, ιοντοανταλλαγή, απορρόφηση) ιδιαίτερα όταν αυτή έχει σημαντικό πάχος και αποτελείται από αργιλικά υλικά – όχι όμως από ερυθρογαίες (οξειδία – υδροξειδία του σιδήρου και του αργίλιου), τα σωματίδια των οποίων δεν έχουν αρνητικά φορτία με αποτέλεσμα η ιοντοανταλλακτική ικανότητά τους να είναι ασήμαντη. Η υπόβαση πρέπει να απέχει από την ανώτατη στάθμη του υδροφόρου τουλάχιστον 1,2 μέτρα. Κάτω από τα πρώτα (βαθύτερα) κελιά θα πρέπει να τοποθετείται στρώμα από λεπτόκοκκο υλικό πάχους τουλάχιστον 2 μέτρων και  $k \leq 10^{-7}$  cm/s (ιλύς – άργιλος).
- **Επενδυμένη ή τεχνικά διαμορφωμένη ή χωματερή τύπου Φακέλου** (Lined Landfill ή Engineered Landfill). Η συγκεκριμένη χωματερή επενδύεται η υπόβαση με φυσικούς, τεχνητούς ή φυσικούς και τεχνητούς φραγμούς (πολλαπλοί φραγμοί) προκειμένου να ελεγχθεί και να συλληχθεί το στράγγισμα. Και ο ΧΥΤΑ αυτού του τύπου κατασκευάζεται στην ακόρεστη ζώνη όταν αυτή παρουσιάζει σχετικά αυξημένη υδροπερατότητα ή το πάχος της είναι μικρό ή συμβαίνουν και τα δύο.
- **Χωματερή κορεσμένης ζώνης** ( Zone-of-Saturation Landfills). Η συγκεκριμένη χωματερή κατασκευάζεται στη ζώνη κορεσμού όταν το πάχος της ακόρεστης ζώνης είναι ασήμαντο και η υδροπερατότητα του εδαφικού μανδύα και του υδροφόρου είναι μικρή ( $k \leq 10^{-7}$  cm/s). Μια παραλλαγή της κατηγορίας αυτής είναι ο ΧΥΤΑ υδραυλικού ελέγχου (Hydraulic gradient control, Landfill).

Ανάλογα με τον τρόπο απόθεσης των απορριμμάτων οι χωματερές διακρίνονται σε:

### 1. Επιφανειακές χωματερές

Η χωματερή αυτού του τύπου έχει τη μορφή ορύγματος μεγάλων διαστάσεων που διαμορφώνεται είτε με εκσκαφή της επιφάνειας απόθεσης, είτε με την κατασκευή αναχωμάτων που περιβάλλουν την επιφάνεια απόθεσης.

Μια άλλη κατηγορία χωματερής είναι αυτή της φυσικής κοιλάδας ή παλιών λατομείων, δανειοθαλάμων κ.λπ., όπου γίνεται εκμετάλλευση της μορφολογικής ταπείνωσης της επιφάνειας του εδάφους. Η χωματερή τύπου εκσκαφής ενδείκνυται για περιοχές όπου υπάρχει επιτόπου αξιόλογο πάχος υλικού επικάλυψης και ο υδροφόρος είναι ανύπαρκτος, βαθύς ή τέτοιας ποιότητας που να μην είναι δυνατή οποιαδήποτε χρήση του. Οι αντίθετες ακριβώς συνθήκες προσφέρονται για την ανάπτυξη «επιφανειακής χωματερής».

- **Χωματερή «εκσκαφής»**

Κατασκευάζεται σε περιοχές στις οποίες υπάρχει επιτόπια αρκετό πάχος από υλικό επικάλυψης και το βάθος της κορεσμένης ζώνης είναι σημαντικό. Η εκσκαφή κατά περίπτωση μπορεί να γίνεται είτε εξαρχής στο σύνολο της μελλοντικής χωματερής (χωματερή ανοικτής εκσκαφής, Area Method), οπότε τοποθετούνται εξαρχής και οι διατάξεις ελέγχου του στραγγίσματος και του βιοαερίου, είτε προοδευτικά ανά κελί ή ανά όρυγμα (χωματερή τύπου κελιού ή ορύγματος, Cell/ Trench Method). Το υλικό που αφαιρείται χρησιμοποιείται ως «υλικό επικάλυψης» τόσο των «ημερήσιων κελιών» («ημερήσιων θαλάμων, κυττάρων»), όσο και ως υλικό τελικής επικάλυψης. Τα κελιά επενδύονται με στεγανό υλικό φυσικό (συμπυκνωμένη άργιλος) ή τεχνητό (συνδυασμός γεωμεμβράνων και γεωυφασμάτων) ή με παράλληλη χρήση φυσικού και τεχνητού υλικού, προκειμένου να περιοριστεί η κίνηση τόσο του στραγγίσματος όσο και του βιοαερίου.

- **Επιφανειακή Χωματερή ή αναχώματος (Exploitation en digues)**

Κατασκευάζεται σε περιοχές που δεν προσφέρονται για εκσκαφή, ώστε να δημιουργηθούν κελιά για τον ενταφιασμό των απορριμμάτων, λόγω μη εκσκαψιμότητας των πετρωμάτων, επιτόπιας έλλειψης υλικών επικάλυψης ή/και μικρού βάθους της κορεσμένης ζώνης.

Και στην περίπτωση αυτή επενδύεται ο πυθμένας της χωματερής ενώ εγκαθίσταται και σύστημα ελέγχου του στραγγίσματος. Το υλικό επικάλυψης εφόσον δεν γίνει εκσκαφή πρέπει να μεταφερθεί από γειτονική περιοχή ή από γειτονικά λατομεία αργίλου και θα προωθηθεί με κατάλληλα μηχανήματα (προωθητήρες γαιών κ.λπ.). Στις περιπτώσεις που δεν είναι διαθέσιμο υλικό επικάλυψης χρησιμοποιείται «κομπόστα» που παράγεται από τα απορρίμματα ή κοπριά από στάβλους αλλά μόνο για την ενδιάμεση επικάλυψη.

### 2. Χωματερή τύπου ράμπας (Ramp Method)

Η χωματερή τύπου ράμπας κατασκευάζεται σε κεκλιμένες επιφάνειες πάνω στις οποίες απλώνονται και συμπυκνώνονται τα απορρίμματα ενώ το υλικό επικάλυψης παίρνεται απευθείας από το μέτωπο εργασίας και συμπυκνώνεται επιτόπου. Πρακτικά πρόκειται για παραλλαγή της επιφανειακής χωματερής.

- **Χωματερή τύπου χαράδρας ή φυσικής/τεχνητής ταπείνωσης (Canyon/Depression Method)**

Πρόκειται για μάλλον όχι αθώα, περιβαλλοντικά, μέθοδο κατά την οποία, αξιοποιούνται χαράδρες, παλιοί δανειοθάλαμοι, παλιά λατομεία κ.λπ. Στις δύο

τελευταίες περιπτώσεις είναι από αμφίβολος έως προβληματικός ο έλεγχος του στραγγίσματος και του βιοαερίου.

### 3. Υπόγειες χωματερές (αποθηκεύσεις)

Χρησιμοποιούνται κυρίως για τη διάθεση τοξικών ή ραδιενεργών απόβλητων. Διαχωρίζονται ανάλογα με τη φύση των απορριμμάτων και ανάλογα με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούν. Σύμφωνα με τους Gray et al (1974), σε μια πολύ ενδιαφέρουσα συνθετική τους εργασία (Q. Jl. Engin. Geol. Vol. 7, pp. 181-196), η οποία στηρίχθηκε σε έρευνα που έγινε σε 2494 σκουπιδότοπους στην Αγγλία και την Ουαλία, κατέληξαν στην πρόταση να επιλέγονται οι θέσεις των σκουπιδότοπων ανάλογα με τη φύση των απορριμμάτων τα οποία κατέταξαν σε 3 κατηγορίες.

Για τα τοξικά και βιομηχανικά απόβλητα (επικίνδυνα για την υγεία του ανθρώπου) προτείνουν την επιλογή της θέσης σε περιοχές με ελάχιστο πάχος στεγανών υλικών πάνω από τον υδροφόρο τουλάχιστον 15 μέτρων και εγγύτερη απόσταση από το έργο υδρομάστευσης 2 χλμ.

Για την κατηγορία των αστικών απορριμμάτων στη θέση ενταφιασμού θα πρέπει να υπάρχει ακόρεστη ζώνη από κοκκώδη υλικά τουλάχιστον 15 μέτρων και η μικρότερη απόσταση από το έργο υδρομάστευσης να είναι 800 μέτρα.

Οι ερευνητές, που προαναφέρθηκαν, προτείνουν στεγανοποίηση του δαπέδου του χώρου ταφής πριν την έναρξη της απόθεσης καθώς και επικάλυψη των συμπυκνωμένων απορριμμάτων, στο τέλος της ημερήσιας ταφής με στεγανό έδαφος. Επίσης, επισημαίνουν τα πιθανά προβλήματα που θα δημιουργηθούν από τη χρησιμοποίηση αργιλικών υλικών για τη στεγανοποίηση και κάλυψη, όπως είναι η διόγκωση, η απολέπιση, η δημιουργία ρωγμών τη θερινή περίοδο λόγω ξήρανσης, η αναδιάταξη, λόγω μικροκαθιζήσεων του χώρου ταφής ή του σωρού των απορριμμάτων, η οποία μπορεί να οδηγήσει στη θραύση του καλύμματος. Το κάλυμμα, είναι δυνατόν να εμφανίσει κύρτωση της μορφής «δόμου», με επακόλουθο τη θραύση του λόγω εξώθερμης αποσύνθεσης των απορριμμάτων στο χώρο ταφής και της απελευθέρωσης μεθανίου, διοξειδίου του άνθρακα κ.λπ.

Σύμφωνα, τώρα με τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκαλούνται, αλλά και ανάλογα με την εθνική στρατηγική μπορούν να διακριθούν οι εξής τύποι χωματερές:

#### a) Χωματερή τύπου αντιδραστήρα

Η συγκεκριμένη χωματερή παράγει υποπροϊόντα σε προβλέπιμη ποσότητα, ποιότητα και διάρκεια ζωής. Τα υποπροϊόντα αυτά μέσα σε 30 χρόνια πρέπει να πληρούν τα σταθερότυπα του αέρα και του πόσιμου νερού χωρίς επιπλέον επεξεργασία. Με βάση τα συγκεκριμένα στοιχεία, η χωματερή μετά από 30 χρόνια θα πρέπει να μετατρέπεται σε «τελικής αποθήκευσης».

#### b) Χωματερή τελικής αποθήκευσης

Τα απορρίμματα έχουν εξ αρχής την ποιότητα της τελικής αποθήκευσης, μετά από προεπεξεργασία, π.χ. καύση, αδρανοποίηση, εξουδετέρωση, είναι πλήρως συμβατά με τη λιθόσφαιρα (ορυκτά και συμπεριφέρονται ως αδρανή. Αυτός είναι ο τύπος της χωματερές του 2000.

Μια άλλη ταξινόμηση που έχει υιοθετηθεί ευρέως στην Β. Αμερική διακρίνει τις χωματερές σε:

- a) **Χώρους Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ, Sanitary Landfills)**, είναι οι χώροι με το σύνολο των εγκαταστάσεων και του εξοπλισμού, που βρίσκονται σε περιοχές που εξυπηρετούν ισοδύναμο πληθυσμό ίσο ή μεγαλύτερο από 5000 κατοίκους, οι οποίοι χώροι μπορεί να υποδεχτούν και στους οποίους μπορεί να ενταφιαστούν όλων των τα αστικά στερεά απόβλητα.



- b) **Τροποποιημένους ΧΥΤΑ** (Modified Sanitary Landfills), οι συγκεκριμένοι ΧΥΤΑ έχουν τα χαρακτηριστικά των από πάνω, αλλά εξυπηρετούν ισοδύναμο πληθυσμό μικρότερο των 5000 κατοίκων και κατά συνέπεια ορισμένα κριτήρια και περιορισμοί που ισχύουν για τους ΧΥΤΑ είναι δυνητικοί για τους τροποποιημένους ΧΥΤΑ. Οι ΧΥΤΑ αυτού του τύπου δεν είναι αποδεκτοί για μεμονωμένες βιομηχανικές περιοχές, χώρους αναψυχής και εγκαταστάσεις ή εργοτάξια έρευνας ή κατασκευής. Τα αστικά απορρίμματα από αυτούς τους χώρους είναι προτιμότερο να υφίστανται καύση σε κατάλληλους κλιβάνους.
- c) **Χωματερές απορριμμάτων διαλογής** (Selected Waste Landfills). Το σύνολο των εγκαταστάσεων και εξοπλισμού υποδοχής και ενταφιασμού ορισμένων τύπων στερεών αποβλήτων που έχουν προέλθει από διαλογή, μη συμπεριλαμβανομένων οργανικών υλικών που μπορούν να υποστούν αποσύνθεση και να δημιουργήσουν δύσσομα υποπροϊόντα (putrescibles). Στα στερεά απόβλητα που μπορεί να γίνουν αποδεκτά από αυτού του τύπου τις χωματερές, περιλαμβάνονται τα μπάζα κάθε είδους, τα στερεά βιομηχανικά απόβλητα (πλην των ειδικών αποβλήτων) και σε ειδικές περιπτώσεις μηχανήματα, ψυγεία, πλυντήρια, οχήματα, θερμάστρες κ.λπ.

Πίνακας 2.2.1: Σύνθεση του βιοαερίου

<b>Αέριο</b>	<b>% (σε ξηρό όγκο)</b>
Μεθάνιο	45-60
Διοξείδιο του άνθρακα	40-60
Άζωτο	2-5
Οξυγόνο	0,1-1,0
Σουλφίδια, δισουλφίδια, μερκαπτάνες κ.λπ	0-1,0
Αμμωνία	0,1-1,0
Υδρογόνο	0-0,2
Μονοξείδιο του άνθρακα	0-0,2
Ιχνοστοιχεία	0,01-0,6

Και για τις χωματερές αυτού του τύπου ορισμένα κριτήρια ή περιορισμοί που ισχύουν για τους ΧΥΤΑ είναι δυνητικοί.

Η λειτουργία των χωματερών, βέβαια, μπορεί να μας εξασφαλίζει την απομάκρυνση των απορριμμάτων από τις πόλεις μας, δεν μπορούμε να ξεχνάμε όμως τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις που προκύπτουν από αυτή τη διαδικασία. Όλες οι χωματερές ανεξαρτήτως της κατηγορίας που ανήκουν, λειτουργούν ως βιοαντιδραστήρες, στους οποίους εισάγονται απορρίμματα και νερό και εξάγονται βιοαέριο (biogas) και στράγγισμα (leachate).

Το βιοαέριο συνιστάται από μια σειρά αερίων που απαντούν σε σημαντικές ποσότητες (κύρια αέρια) και από άλλα που απαντούν σε πολύ μικρές (ιχνοστοιχεία). Τα κύρια αέρια είναι τα CH<sub>4</sub>, NH<sub>3</sub>, CO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>S, N<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> και O<sub>2</sub>. Μεταξύ των ιχνοαερίων σημαντική θέση κατέχουν οι υδρογονάνθρακες μεγαλύτερου μοριακού βάρους καθώς και ακετόνες, βινίλια, ξυλένια κ.α.

Η παραγωγή των συγκεκριμένων αερίων εξαρτάται από την υγρασία στο σκουπιδότοπο. Αυξάνει όταν αυξάνεται η υγρασία μέχρι το σημείο κορεσμού των υλικών. Μετά τον κορεσμό και με άνοδο του υπόγειου νερού στο χώρο που βρίσκονται τα απορρίμματα, η παραγωγή αερίων μειώνεται και ιδιαίτερα του μεθανίου.

Η παραγωγή του βιοαερίου γίνεται σε 5 φάσεις (Farquhar-Rovers, 1973): την αερόβια, την αναερόβια χωρίς παραγωγή μεθανίου, την αναερόβια με ασταθή παραγωγή μεθανίου, την αναερόβια με σταθερή παραγωγή μεθανίου και την αερόβια χωρίς παραγωγή μεθανίου.

Στους περισσότερους σκουπιδότοπους η σταθερή παραγωγή μεθανίου, επιτυγχάνεται σε 180-500 ημέρες, ενώ οι αρχικές φάσεις μόνο σε μερικές ημέρες ως εβδομάδες.

Το μεγαλύτερο μέρος του αερίου που σχηματίζεται στο χώρο ταφής διαφεύγει στην ατμόσφαιρα.

Στο κατώτερο στρώμα των απορριμμάτων συνήθως σχηματίζεται μεγάλη ποσότητα διοξειδίου του άνθρακα. Η συγκέντρωση του τελευταίου στο υπόγειο νερό είναι συνάρτηση του βάθους της στάθμης του στο χώρο ταφής του υδροφόρου και του όγκου του υπόγειου νερού που διακινείται. Ο έλεγχος του παραγόμενου αερίου έχει επιτυχώς αντιμετωπιστεί με τη δημιουργία στεγανού δαπέδου στο χώρο ταφής, την κάλυψη των απορριμμάτων, τον αερισμό, την καύση κ.λπ.

Ο Weaver (1964) αναφέρει ότι η απόπλυση των απορριμμάτων οδηγεί σε οργανική, μεταλλική και βακτηριολογική ρύπανση και ότι παρόλο που η βακτηριολογική και οργανική ρύπανση μπορεί να είναι σχετικά περιορισμένες, η χημική (περιλαμβάνονται οι ρύποι διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, αμμωνία και υδρόθειο) μπορεί να φτάσει σε μεγάλες αποστάσεις.

### **Το στράγγισμα ως ρυπαντής και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις**

Είναι δεδομένο ότι αν δεν υπάρξει προσφορά νερού από εξωτερική πηγή, ή ακόμα και περίσσεια ρευστού από τη σύνθλιψη των απορριμμάτων, δεν μπορεί να δημιουργηθεί (ή να μεταναστεύσει) στράγγισμα. Αυτό, προφανώς συμβαίνει επειδή τα υλικά στο χώρο ταφής έχουν μικρότερη υγρασία από την υγροσκοπική ικανότητα του εδάφους. Συμπεραίνουμε, λοιπόν, ότι το στράγγισμα δεν μπορεί να δημιουργηθεί μόνο από την αποσύνθεση των απορριμμάτων.

Τι είναι όμως το στράγγισμα; Το **στράγγισμα** ή **έκκριμα** ή **leachate** είναι η δημιουργία τοξικού υγρού, από την απόπλυση των απορριμμάτων και των προϊόντων της αποσύνθεσης τους, μέσω της επαφής τους με επιφανειακά ή βρόχινα νερά. Το στράγγισμα αυτό κατεισδύει προς τον επικείμενο υδροφόρο, κινούμενο κατακόρυφα, τον οποίο μολύνει ενώ παράλληλα εκτείνεται προς την περιφέρεια, κινούμενο οριζόντια του χώρου απόθεσης των απορριμμάτων, με αποτέλεσμα τη δημιουργία πηγών ή διηθήσεων σε επιφανειακά στρώματα νερού (υδρορεύματα) και τη μόλυνση (ρύπανση) των τελευταίων. Το μολυσμένο στη συνέχεια επιφανειακό νερό μεταφέρεται με μεγάλη ταχύτητα στην κατάντη περιοχή και μπορεί να προκαλέσει είτε προβλήματα στους χρήστες του ή νέα μόλυνση άλλων υδροφόρων με τους οποίους βρίσκεται σε υδραυλική επικοινωνία.

Τρεις είναι οι παράγοντες που επηρεάζουν την ποσότητα του παραγόμενου στραγγίσματος.

- Η ποσότητα των όμβριων που φθάνουν στην χωματερή πριν καλυφθούν τα απορρίμματα. Το στράγγισμα αυξάνει με την ποσότητα των όμβριων που φθάνουν στη χωματερή.

- Η αποτελεσματικότητα της στράγγισης μετά την κάλυψη των απορριμμάτων ή την τελική επικάλυψη τους. Το στράγγισμα μειώνεται με την καλύτερη στράγγιση.
- Καθοριστικός παράγοντας είναι και η υγρασία των απορριμμάτων. Το στράγγισμα αυξάνει με την αύξηση της υγρασίας.

Έχει αναφερθεί (19680 ότι ο χρόνος που μεσολαβεί ανάμεσα στην λειτουργία του σκουπιδότοπου και την εμφάνιση του στραγγίσματος εξαρτάται από την εποχή της λειτουργίας του πρώτου και την αρχική περιεκτικότητα υγρασίας. Σε μια άλλη περίπτωση αναφέρεται ότι η συγκέντρωση του στραγγίσματος, αρχικά άρχισε να μειώνεται μετά από τέσσερις εβδομάδες και ξανάρχισε να αυξάνει μετά από οκτώ εβδομάδες (Quasim-Burchinal, 1970) ενώ το στράγγισμα παρουσίασε την τάση βακτηριολογικού και χημικού αυτοκαθαρισμού. Σύμφωνα με τους Andersen-Dornbush (1968, 1972) και Andersen (1972) οι πιο σίγουρες παράμετροι για τον εντοπισμό της μόλυνσης από το στράγγισμα είναι τα χλωριόντα και τα ιόντα νατρίου. Επίσης διαπίστωσαν ότι κατά την υγρή εποχή του έτους η παραγωγή στραγγίσματος υπερिशύει της αραίωσης του, η ποιότητα του νερού βελτιώνεται όσο αυξάνει η κατάντη απόσταση από το σκουπιδότοπο και ότι η κατασκευή τάφρου συλλογής του μολυσμένου νερού προκάλεσε σημαντική βελτίωση της ποιότητας του νερού κατάντη.

Πίνακας 2.2.2 :Σύνθεση στραγγίσματος σε νέους και ώριμους ΧΥΤΑ (Σύνθεση από Tchobanoglous, G.-H. Theisen – S. Vigil, 1993, Freeze – Cherry, 1979 και Bouwer, 1978)

<b>Συστατικό</b>	<b>Τιμή mg/l</b>	<b>Τιμή mg/l</b>	<b>Τιμή mg/l</b>
	<b>Εύρος κύμανσης Νεαρός ΧΥΤΑ(&lt;2χρόνια)</b>	<b>Τυπικές τιμές Νεαρός ΧΥΤΑ (&lt;2 χρόνια)</b>	<b>Εύρος κύμανσης Ωριμος ΧΥΤΑ (&gt;10 χρόνια)</b>
<b>BOD<sub>5</sub></b>	2.000-30.000	10.000	100-200
<b>TOC</b>	1500-20000	6.000	80-160
<b>COD</b>	3.000-60.000	18.000	100-500
<b>TSS</b>	200-2.000	500	100-400
<b>Οργανικό N</b>	10-800	200	80-120
<b>NH<sub>3</sub> - N</b>	10-800	200	20-40
<b>NO<sub>3</sub></b>	5-40	25	5-10
<b>Ολικός P Ορθοφωσφορικά</b>	5-100	30	5-10
<b>Αλκαλικότητα ως CaCO<sub>3</sub></b>	1.000-10.000	3.000	200-1.000
<b>pH</b>	4,5-7,5	6	6,6-7,5
<b>Ολική σκληρότητα ως CaCO<sub>3</sub></b>	300-10.000	3.500	200-500
<b>Ca</b>	200-3.000	1000	100-400
<b>Mg</b>	50-1.500	250	50-200
<b>K</b>	200-1.000	300	50-400
<b>Na</b>	200-2.500	500	100-200

<b>Mn</b>	0,01-1.400		0,01-100
<b>Zn</b>	0,01-100		0,01-135
<b>Ni</b>	0,01-1		
<b>Cu</b>	<10		
<b>Pb</b>	<5		
<b>Cl</b>	200-3.000	500	100-400
<b>SO<sub>4</sub></b>	50-1.000	300	20-50
<b>Ολικός Fe</b>	50-1.200	60	20-200

Ενδιαφέρουσα είναι η παρατήρηση των ίδιων ερευνητών ότι η καύση πρέπει να αποφεύγεται διότι αυξάνει την υδροπερατότητα και έτσι τη δημιουργία στραγγίσματος ενώ συνιστούν το συνδυασμό συνεκτικής κάλυψης των απορριμμάτων και καλής στράγγισης ώστε να αποφευχθεί η απόπλυση που δημιουργεί το στράγγισμα.

Για την μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων του στραγγίσματος, βασική προϋπόθεση είναι η σωστή επιλογή της θέσης των σκουπιδότοπων από τοπογραφική, γεωλογική και υδρολογική άποψη. Επίσης, η ορθή σχεδίαση τους και ο εξοπλισμός τους με τις απαραίτητες διατάξεις συλλογής των όμβριων, των επιφανειακών νερών και του στραγγίσματος. Κατανοούμε, λοιπόν, πως είναι δυνατή η ελαχιστοποίηση και η επιβράδυνση της παραγωγής του τοξικού στραγγίσματος με την ελαχιστοποίηση ή τον αποκλεισμό της εισόδου των νερών της βροχής ή των επιφανειακών νερών στο χώρο ταφής των απορριμμάτων, όπου συνήθως η υγρασία είναι μικρότερη από την υγροσκοπική ικανότητα του εδάφους.

Η παραγωγή στραγγίσματος είναι σημαντική κατά τις πρώτες δεκαετίες. Οι πληροφορίες που υπάρχουν αναφέρουν 35 χρόνια. Βέβαια, η παραγωγή αυτή σε πολλές περιπτώσεις μπορεί να συνεχιστεί επί εκατονταετίες. Είναι χαρακτηριστικό ότι έχει παρατηρηθεί παραγωγή στραγγίσματος από σκουπιδότοπους που λειτουργούσαν κατά την εποχή της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας. Άρα, συμπεραίνουμε πως ακόμα και μετά το κλείσιμο τους οι σκουπιδότοποι συνεχίζουν να παράγουν στράγγισμα για τουλάχιστον αρκετές δεκαετίες.

Για την κατανόηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, τη δημιουργία στραγγίσματος και τα κριτήρια επιλογής των θέσεων για ανάπτυξη χώρων υγειονομικής ταφής απορριμμάτων κρίνουμε σκόπιμη την αναδρομή σε μερικές έγκυρες επιστημονικές αναφορές.

Τα «στραγγίσματα» παράγονται κατά κανόνα υπό αναερόβιες συνθήκες (περίπτωση υγειονομικής ταφής με στεγανό κάλυμμα) με αποτέλεσμα να περιέχουν υψηλές συγκεντρώσεις διαλυμένων οργανικών ενώσεων οι οποίες προέρχονται από την αποσύνθεση οργανικών υλικών (φυτικά υλικά, χαρτί). Έχουν αναφερθεί σε πρόσφατα ενταφιασμένα απορρίμματα, συγκεντρώσεις σε mg/t, COD γύρω στα 11600, BOD περί τα 7250, νιτρικά (ως άζωτο) 340, χλωριόντων 2100, θεικών 460, νατρίου 2500, μαγνησίου 390, σιδήρου 160 και ασβεστίου 1150 (Barber, Note on Water Research, no 31, Water. Res. Center, Medmenham, 1982). Ο ίδιος ερευνητής αναφέρει ότι ένας μικρός σκουπιδότοπος έκτασης 1000 στρεμμάτων υπό τις υδρολογικές συνθήκες της Νότιας Αγγλίας με ύψος βροχής 900 χιλστ. Μπορεί, ιδιαίτερα κατά τους μήνες Νοέμβριο μέχρι Απρίλιο, να παράγει μέχρι 8 m<sup>3</sup> στραγγίσματος το 24ώρο, (με ελαχιστοποιημένη απορροή).

Η μόλυνση του υδροφόρου περιορίζεται κατά κανόνα στο ανώτερο τμήμα του ενώ η ανάμιξη του μολυσμένου νερού κατά την κατακόρυφο είναι συνήθως περιορισμένη. Η μόλυνση αυτή εξαπλώνεται κατά την κατεύθυνση ροής του υπογείου νερού και έχουν αναφερθεί περιπτώσεις στις οποίες εντοπίστηκε ακόμα και σε αποστάσεις της τάξης των μερικών χιλιομέτρων κατάντη του χώρου ταφής.

Οι περισσότερες έρευνες στον τομέα αυτό έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι οι αιτίες της μόλυνσης των υπόγειων νερών από σκουπιδοτόπους είναι η κατείσδυση και η περαιτέρω διήθηση των επιφανειακών απορροών, η αποσύνθεση των απορριμμάτων και η κίνηση του μολυσμένου νερού στον υδροφόρο.

Οι Argar – Lugmuir (1971) αναφέρουν ρυθμούς μετανάστευσης του στραγγίσματος της τάξης των 2-3,5 m/ χρόνο και βάθος μόλυνσης που φθάνει και ξεπερνά μερικές φορές τα 15 μέτρα. Οι ίδιοι ερευνητές σημειώνουν υψηλές τιμές χλωριόντων, ειδικής αγωγιμότητας, BOD, νιτρικών και ιόντων σιδήρου ενώ οι Salvato et al (1971), αναφέρουν ως κύριους ρύπους τα Bod, COD και τα ιόντα σιδήρου, χλωρίου και τα νιτρικά. Οι τελευταίοι θεωρούν ότι τα μέσα για το έλεγχο του στραγγίσματος είναι η κατασκευή στεγανών φραγμών, επιφανειακών και υπόγειων στραγγιστηριών και φρεάτων συλλογής του στραγγίσματος.

Αναφορικά με την τύχη του στραγγίσματος το οποίο όλοι οι ερευνητές δέχονται ότι θα πρέπει να συλλέγεται, έχουν αναφερθεί απόψεις για τη διαβίβαση του σε σύστημα αποχέτευσης το οποίο θα το οδηγήσει σε σταθμό επεξεργασίας αποβλήτων ή άλλο σύστημα επεξεργασίας (Chian – De Walle, 1976) για την ανακύκλωση του μέσα στο σκουπιδοτόπο (Pohland Kang, 1975) ή για τη χρησιμοποίησή του για άρδευση (Nordsted et al., 1975). Για την παραγωγή του στραγγίσματος απαιτείται αν και έχουν διατυπωθεί αντίθετες απόψεις, ο κορεσμός των συμπυκνωμένων απορριμμάτων. Δηλαδή τα συμπυκνωμένα απορρίμματα θα πρέπει να απορροφήσουν κάποια ποσότητα νερού για να αρχίσει η παραγωγή στραγγίσματος. Η ελάχιστη αυτή ποσότητα απορρόφησης νερού για να αρχίσει η παράγωγη στραγγίσματος ανέρχεται κατ' άλλους σε 100-104 χλστ. ανά μέτρο πάχους των συμπυκνωμένων απορριμμάτων (Rover – Farquhar, 1973) κατ' άλλους δε πολύ λιγότερο γιατί θεωρούν ότι η παραγωγή στραγγίσματος μπορεί ν' αρχίσει πριν από τον πλήρη κορεσμό τους. Είναι χαρακτηριστικό ότι κατά τους Hughes et al (1976) για την παραγωγή στραγγίσματος χρειάστηκαν 4-7 χρόνια από τη λειτουργία των σκουπιδοτόπων στο Illinois των ΗΠΑ.

Σημειώνεται ότι η παρουσία ορισμένου τύπου απορριμμάτων οδηγεί στην παραγωγή εξαιρετικά τοξικού στραγγίσματος. Έτσι η απόρριψη ηλεκτρικών μετασχηματιστών εμπλουτίζει το στράγγισμα με το πολύ ανθεκτικός στους μηχανισμούς εξασθένησης και καρκινογόνο PCB.

Για την παραγωγή του στραγγίσματος, χρειάζεται κάποιος χρόνος, μικρότερος ή μεγαλύτερος ανάλογα με την περίπτωση. Έχει αναφερθεί σε μία περίπτωση (Hughes et al., 1975) ότι χρειάστηκε χρόνος 4-7 ετών μέχρι να παραχθεί «έκκριμα».

Η χημική σύσταση, τώρα, του στραγγίσματος εξαρτάται από τη φύση των σκουπιδιών και γενικά των αποβλήτων, το βαθμό «έκκρισης», την «ηλικία» του σκουπιδοτόπου (οι συγκεντρώσεις διάφορων στοιχείων ελαττώνονται με το χρόνο και ενδεχόμενα φτάνουν σε σχετικά σταθερά επίπεδα συγκέντρωσης) κ.λπ.

Στον παραπάνω πίνακα δίνεται ενδεικτικά η χημική σύνθεση (mg/l) «στραγγίσματος», οικιακών κυρίως απορριμμάτων. Από τον πίνακα αυτόν φαίνεται πόσο μεγάλος είναι ο κίνδυνος μόλυνσης των υπόγειων νερών. Η σκληρότητα του «στραγγίσματος» οφείλεται στο CO<sub>2</sub> που προέρχεται από την αποσύνθεση των απορριμμάτων. Αυτό το CO<sub>2</sub> σχηματίζει ανθρακικό οξύ, το οποίο διαλύει ενώσεις του Ca του εδάφους και προκαλεί αύξηση της σκληρότητας του υπόγειου νερού. Η άμεση απόρριψη χημικών αποβλήτων, χωρίς προηγούμενη επεξεργασία ή η απόρριψη σε δοχεία από τα οποία είναι δυνατόν να υπάρξουν αργότερα διαρροές, μπορεί να προσθέσει στο στράγγισμα βαρέα μέταλλα,

αρσενικό, παρασιτοκτόνα, κυανιούχα, τοξικές ουσίες κ.λπ. (Lazar, 1975). Όταν στους σκουπιδότοπους απορρίπτεται και λάσπη, από λύματα ή από σηπτικούς βόθρους, τότε προστίθενται στο «έκκριμα» και παθογόνοι μικροοργανισμοί (Gebra et al., 1975). Σαν παραπροϊόντα κατά την αποσύνθεση των απορριμμάτων παράγονται τα αέρια CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>, και H<sub>2</sub>S (βιοαέριο).

Τέλος, έχει διαπιστωθεί (Cartwright – McComas, 1969) μετανάστευση του στραγγίσματος σε απόσταση τριακοσίων πέντε μέτρων από το σκουπιδότοπο. Οι μετρήσεις θερμοκρασίας εντόπισαν μία άλω, υψηλότερων θερμοκρασιών γύρω από το σκουπιδότοπο, καθώς και περιοχές εμπλουτισμού από τα επιφανειακά νερά.

### **Μέτρα ελέγχου του στραγγίσματος**

Το στράγγισμα όπως προαναφέρθηκε είναι το ρευστό «εξωτερικής προέλευσης» που κυκλοφόρησε εν μέσω των στερεών απορριμμάτων από τα οποία «παρέλαβε» με απόπλυση, διάλυση κ.λπ. διαλυμένα ή/ και αιωρούμενα υλικά. Η «εξωτερική προέλευση» του ρευστού μπορεί να είναι η επιφανειακή απορροή, τα όμβρια, το υπόγειο νερό ή ακόμη και το νερό από υπερδαφικές πηγές και τέλος το ρευστό που παράγεται από την αποσύνθεση των απορριμμάτων. Η χημική του σύνθεση ποικίλει ανάλογα με την ηλικία του ΧΥΤΑ, το στάδιο (όξινο, μεθανογένεσης) κατά το οποίο έγινε η δειγματοληψία, τη φύση των απορριμμάτων κ.λπ..

Κατά την όξινη φάση το pH του στραγγίσματος είναι χαμηλό ενώ είναι υψηλές οι συγκεντρώσεις BOD<sub>5</sub>, TOC, COD, θρεπτικών και βαρέων μετάλλων. Αντίθετα κατά τη φάση της μεθανογένεσης το pH κυμαίνεται μεταξύ 6,5 και 7,5 ενώ οι τιμές BOD<sub>5</sub>, TOC, COD, θρεπτικών και βαρέων μετάλλων είναι χαμηλές (μικρή διαλυτότητα σε ουδέτερο pH). Οι τιμές του pH εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό και από τη μερική πίεση του CO<sub>2</sub>, στο βιοαέριο που βρίσκεται σε επαφή με το στράγγισμα.

Η βιοδιάσπαση του στραγγίσματος μεταβάλλεται με το χρόνο και η τιμή BOD<sub>5</sub>/COD είναι ένας καλός δείκτης. Τιμές μεταξύ 0,4 και 0,6 μαρτυρούν εύκολη βιοδιάσπαση. Στους «ώριμους» ΧΥΤΑ, ο ως άνω λόγος έχει συχνά τιμές μεταξύ 0,05- 0,2 λόγω υψηλής περιεκτικότητας χουμικού και φουλβικού οξέων που δεν βιοδιασπώνται. Αρχικά οι τιμές BOD<sub>5</sub>/COD είναι της τάξης του 0,5. Η σχεδίαση κατά συνέπεια των συστημάτων επεξεργασίας του στραγγίσματος προσαρμόζεται στο βαθμό βιοδιάσπασης του στραγγίσματος.

Το παραγόμενο στράγγισμα στους ΧΥΤΑ που δεν είναι υπενδεδυμένοι με στεγανό υλικό κινείται κυρίως κατακορύφως ενώ η πλευρική μετακίνηση είναι λιγότερο σημαντική. Ακολουθώντας από τον πυθμένα του ΧΥΤΑ κινείται οριζόντια σύμφωνα με το νόμο του Darcy, στον οποίο κρίσιμο μέγεθος είναι η υδροπερατότητα των σχηματισμών.

Όσον αφορά στην τύχη των συστατικών του στραγγίσματος κατά την υπόγεια μετακίνηση του αυτή εξαρτάται από τη ρόφηση, καθίζηση και ανταλλαγή ιοντική και αέρια, την αραίωση, τη διασπορά και τη μικροβιακή διάσπαση στην οποία υπόκεινται τα πιο πάνω συστατικά.

Τα βαρέα μέταλλα απομακρύνονται με το μηχανισμό της ιοντοανταλλαγής ενώ οι μικροοργανισμοί με την προσρόφηση. Και οι δύο μηχανισμοί είναι εξαιρετικά ισχυροί στα κολλοειδή υλικά (άργιοι). Με την προσρόφηση απομακρύνονται επίσης οι οργανικές ενώσεις. Καθώς το στράγγισμα «διηθείται» στο υπέδαφος υφίσταται «απορρύπανση» λόγω διήθησης και προσρόφησης ιδιαίτερα αν το έδαφος είναι αργιλικό, όπως στην περίπτωση του ΧΥΤΑ Άργους – Ναυπλίου και ομόρων κοινοτήτων. Παρά ταύτα η πρακτική και η φιλοσοφία ότι η πρόληψη είναι καλύτερη από τη θεραπεία επιβάλλει την ελαχιστοποίηση της παραγωγής του και τον περιορισμό στην εξάπλωση του. Αυτό επιτυγχάνεται με την επένδυση του ΧΥΤΑ με αργιλικό υλικό συχνά σε συνδυασμό με γεωμεμβράνες.

Η επένδυση, λοιπόν, μια χωματερής γίνεται για την ελαχιστοποίηση της διήθησης του στραγγίσματος στην υπόβαση του ΧΥΤΑ ώστε να προστατευθεί ο υδροφόρος. Οπότε

συμπαιρνούμε πως η επένδυση των ΧΥΤΑ πρακτικά είναι συστήματα αποτελούμενα από περισσότερες συνιστώσες, οι οποίες ελέγχουν τη μετανάστευση του στραγγίσματος εκτός της χωματερής. Τα συστήματα επένδυσης διακρίνονται σε:

- Απλή επένδυση ή αργιλική επένδυση
- Σύνθετη επένδυση ή επένδυση εύκαμπτων μεμβρανών. Η απλούστερη μορφή της σύνθετης επένδυσης αποτελείται εκτός από την αργιλική επένδυση και από εύκαμπτη μεμβράνη από πολυαιθυλένιο μεγάλου ειδικού βάρους ελαχίστου πάχους 60 mil., που τοποθετείται πάνω από την αργιλική επένδυση. Οι εύκαμπτες μεμβράνες βελτιώνουν τις συνθήκες στεγανότητας που προσφέρουν οι αργιλικές επενδύσεις, εξασφαλίζουν περισσότερο χώρο για απορρίμματα παρά για άργιλο και τέλος καθιστούν περιττή την υψηλού κόστους εισαγωγή αργίλου που δεν υπάρχει στην περιοχή. Παράλληλα τοποθετούνται και γεωδίκτυα που διευκολύνουν τη διοχέτευση του στραγγίσματος στα στραγγιστήρια. Το βασικό πρόβλημα με τις συνθετικές επενδύσεις είναι η αλλοίωση τους λόγω χημικών αντιδράσεων με ορισμένα απορρίμματα. Η πιο πρόσφατη εξέλιξη στο αντικείμενο (1986) είναι η χρήση γεωσυνθετικής αργιλικής επένδυσης. Το πλεονέκτημα της επένδυσης αυτής έναντι των παραδοσιακών αργιλικών και των γεωμεμβράνων είναι η ευκολία εγκατάστασης, η χαμηλή υδροπερατότητα και η ικανότητα αυτο-επισκευής σχισμών ή οπών με διόγκωση του μπετονίτη από τον οποίο έχει κατασκευαστεί. Το πάχος της γεωσυνθετικής επένδυσης είναι μικρό και έτσι αυξάνεται η χωρητικότητα της χωματερής. Η γεωσυνθετική επένδυση αποτελείται από λεπτό στρώμα μπετονίτη που προσαρτάται πάνω σε γεωμεμβράνη ή τοποθετείται μεταξύ δύο φύλλων από γεωύφασμα.

Ακόμα ένας τρόπος για τον έλεγχο του στραγγίσματος είναι η συλλογή του. Οι τύποι του συστήματος συλλογής του στραγγίσματος είναι συνάρτηση του τύπου της επένδυσης που επιλέγεται και προϋποθέτει τη διαμόρφωση της υπόβασης του ΧΥΤΑ σε επάλληλα κεκλιμένα επίπεδα, στα χαμηλότερα σημεία των οποίων τοποθετούνται οι σωλήνες για την απομάκρυνση του στραγγίσματος. Σε περίπτωση που λόγω της φύσης των υλικών (στεγανά) απουσιάζει υδροφόρος, ή ο τελευταίος δεν έχει νερό καλής ποιότητας, αρκεί ίσως η κατασκευή επένδυσης από ένα στρώμα αργίλου μιας γεωμεμβράνης – κυρίως για τον έλεγχο του στραγγίσματος και του βιοαερίου – εξοπλισμένης με κατάλληλα στρώματα στράγγισης και προστατευτικού γαιώδους υλικού. Το στράγγισμα μετά τη συλλογή του μπορεί να ανακυκλωθεί μέσα στο ΧΥΤΑ, να τοποθετηθεί σε δεξαμενή ώστε να εξαμισωθεί και ένα μέρος που θα παραμείνει να ανακυκλωθεί στο τμήμα του ΧΥΤΑ που έχει ήδη πληρωθεί, να υποστεί επεξεργασία και ακολούθως να διατεθεί επιφανειακώς ή υπογείως – αναλόγως του βαθμού επεξεργασίας και τέλος να οδηγηθεί στο κεντρικό αποχετευτικό δίκτυο ώστε να φθάσει στο βιολογικό καθαρισμό, αφού προηγηθεί προεπεξεργασία. Στην περίπτωση της διάθεσης του στραγγίσματος σε δεξαμενές εξάτμισης, ο έλεγχος των οσμών γίνεται με τη δημιουργία ρεύματος αέρα σε φίλτρο από «κομπόστα» ή γαιώδη υλικά.

Η φυσική εξασθένηση του στραγγίσματος αποτελεί συχνά το βασικότερο μηχανισμό μείωσης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Καθώς το στράγγισμα κινείται από τη χωματερή προς το υπέδαφος, όταν το τελευταίο έχει αργιλική σύσταση τα περισσότερα βαρέα μέταλλα, όπως τα Pb, As, Zn, Cd και Hg συγκρατούνται από αυτό. Η φυσική εξασθένηση της ρυπογόνου δράσης του στραγγίσματος, γενικώς γίνεται με τους εξής μηχανισμούς:

- Με μηχανική διήθηση κατά την οποία το λεπτόκοκκο έδαφος, ιδιαίτερα όταν είναι παχύ συγκρατεί τα αιωρούμενα υλικά και τα μικρόβια.
- Με καθίζηση μερικών συστατικών τα οποία, λόγω μεταβολής του pH της θερμοκρασίας και της σύνθεσης του διαλύματος, οδηγούνται σε ακινητοποίηση και καθίζηση (π.χ βαρέα μέταλλα)

- Με προσρόφηση των διαλυτών ρυπαντών που έχουν χημικούς δεσμούς με τα αργιλικά ορυκτά, τα υδροξείδια και την οργανική ύλη. Ο βαθμός προσρόφησης είναι συνάρτηση της ικανότητας κατιοντικής ανταλλαγής.
- Με αραίωση και διασπορά των ρυπαντών λόγω ανάμιξης τους με το υπόγειο νερό.
- Με μικροβιακή δράση με την πρόσληψη και χρησιμοποίηση από τα μικρόβια οργανικών και ανόργανων ρυπαντών. Περαιτέρω η μικροβιακή δράση μπορεί να μεταβάλλει το pH του στραγγίσματος.
- Με εξάτμιση προς την ατμόσφαιρα

Η συλλογή επιφανειακών νερών, επίσης, αποτελεί αποφασιστικό παράγοντα για τη μείωση της παραγωγής στραγγίσματος. Μιλάμε, δηλαδή για την συλλογή των όμβριων και των άλλων επιφανειακών, υπόγειων και πηγαίων νερών. Ο σωστός σχεδιασμός της τελικής κάλυψης, η δημιουργία επιφανειακής κλίσης 3-5 % και η επαρκής αποχέτευση των όμβριων είναι απαραίτητα στοιχεία για την ελαχιστοποίηση παραγωγής του στραγγίσματος. Για την αντιμετώπιση των εισροών στο ΧΥΤΑ θα πρέπει να γίνεται εκτροπή των επιφανειακών νερών έξω από το μη πληρωμένο με απορρίμματα τμήμα του. Στην περίπτωση εκσκαφής απαιτείται ειδική σχεδίαση τόσο της εκτροπής όσο και της συλλογής των όμβριων. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος συλλογής των όμβριων είναι ο συνδυασμός της κατάλληλης κλίσης των περιθωρίων του ΧΥΤΑ και της κατασκευής στραγγιστικής τάφρου. Το συλλεγόμενο νερό οδηγείται σε δεξαμενές συγκέντρωσης. Οι ημερήσιοι θάλαμοι του ΧΥΤΑ καλύπτονται από αργιλικό υλικό, γεωμεμβράνες ή «κομπόστα» ώστε να εμποδίζεται η κατείσδυση όμβριων στα απορρίμματα («ενδιάμεση κάλυψη»). Η ενδιάμεση κάλυψη έχει πάχος 15-30 cm. ενώ σε μερικές περιπτώσεις τοποθετείται προσωρινή ενδιάμεση κάλυψη πάχους 1,5 – 2 μέτρων.

### 2.3 Βιομηχανική Ρύπανση

Οι κυριότερες χρήσεις του νερού στη βιομηχανία, είναι η ψύξη, η επεξεργασία και παραγωγή βιομηχανικών προϊόντων και οι εργασίες καθαρισμού.

Η ποιότητα του χρησιμοποιούμενου νερού ποικίλει ανάλογα με το είδος της βιομηχανίας και το είδος της χρήσης. Η απόρριψη βλαβερών και τοξικών βιομηχανικών αποβλήτων, συχνά, γίνεται με χρησιμοποίηση βαθιών γεωτρήσεων έκχυσης, με τα οποία τα ρευστά οδηγούνται σε αλμυρούς, πολύ βαθύτερα από τους αξιοποιήσιμους υδροφόρους (Kaufman 1974, Warner 1965, Warner-Lehr 1977).

Οι υδρογεωτρήσεις απόρριψης των βιομηχανικών αποβλήτων, έχουν βάθος 200-4000 μ. Και η έκχυση γίνεται γενικά σε ψαμμίτες, ανθρακικά πετρώματα και βασάλτες. Οι πιέσεις που χρησιμοποιούνται, κατά την έκχυση, είναι μικρότερες από  $7 \times 10^3$  kN/m<sup>2</sup>, ο δε ρυθμός έκχυσης 500-1400 l/min. Η έκχυση του απόβλητου δημιουργεί ένα ύβωμα (το αντίθετο του κώνου κατάπτωσης) στην πιεζομετρική επιφάνεια, το οποίο εκτείνεται ασυμμετρικά, κατά την κατεύθυνση της ροής του υπόγειου νερού στην περιοχή.

Η ανάπτυξη του ανεστραμμένου κώνου κατάπτωσης, γίνεται, όπως και στην περίπτωση του κώνου κατάπτωσης, και γι' αυτό ισχύουν ίδιες εξισώσεις. Η επέκταση του ανεστραμμένου κώνου, γίνεται πολύ πιο γρήγορα από την επέκταση της ζώνης την αποβλήτων. Η διεπιφάνεια, ανάμεσα στο νερό του υδροφόρου και στα απόβλητα είναι μια μεταβατική ζώνη, που δημιουργείται με το μηχανισμό της διασποράς. Ο κύριος κίνδυνος της μόλυνσης των υδροφόρων, προέρχεται από την ενδεχόμενη ύπαρξη στη γειτονιά των «γεωτρήσεων έκχυσης», παλιών εγκαταλελειμμένων πηγαδιών ή υδρογεωτρήσεων που βρίσκονται σε λειτουργία και σε βάθη στα οποία μπορεί να φτάσει ο ανεστραμμένος κώνος.

Ένα άλλο πρόβλημα είναι η πρόκληση σεισμικών δονήσεων, λόγω αύξησης της πίεσης των πόρων κατά μήκος ρηγμάτων, από την έκχυση αποβλήτων σε πολύ βαθιές γεωτρήσεις. Στις



ΗΠΑ, κατά την έκχυση χημικών αποβλήτων σε γεώτρηση βάθους 3671μ., που διέτρησε αρχικά ιζήματα και περατώθηκε σε σχιστόλιθους και γρανιτογενεύσιους, με ρυθμό 12-25 l/sec και πίεση 3-7  $10^6$  N/m<sup>2</sup>, εκδηλώθηκαν σεισμικές δονήσεις, που άρχισαν ένα μήνα μετά την πρώτη έκχυση και τα επίκεντρό τους βρισκόντουσαν σε μια κυκλική περιοχή διαμέτρου 16 km., με κέντρο τη γεώτρηση της έκχυσης. Χαρακτηριστική ήταν η απόλυτη συσχέτιση της συχνότητας των δονήσεων και των εκχύσεων.

### **Διαφυγές από δεξαμενές και αγωγούς**

Είναι συνηθισμένη η αποθήκευση, στο υπέδαφος, καυσίμων και χημικών προϊόντων. Σε περίπτωση ατυχημάτων στις υπόγειες δεξαμενές αποθήκευσης ή τους υπόγειους αγωγούς μεταφοράς ή διανομής, οι διαφυγές των αποθηκευμένων υλικών προκαλούν ρύπανση των υπόγειων νερών. Σε πολλές περιπτώσεις, τα υγρά καύσιμα και τα παραπροϊόντα του πετρελαίου είναι υπεύθυνα για τη ρύπανση των υπόγειων νερών, ιδιαίτερα από τις υπόγειες αποθήκες των σταθμών βενζίνης (Matis 1971, Osgood 1974). Ένα, μη αναμίξιμο με το νερό, υγρό όπως π.χ το ορυκτέλαιο, διηθείται στο υπέδαφος, μέχρι να φθάσει στην ελεύθερη επιφάνεια του υδροφόρου. Μετά απλώνεται για να σχηματίσει ένα στρώμα πάνω στο νερό και μεταναστεύει πλευρικά, χωρίς να χρειάζεται ροή του υπόγειου νερού. Καμιά φορά αποθηκεύονται σε υπόγειες δεξαμενές υγρά ραδιενεργά απόβλητα. Στην περίπτωση των διαρροών από τέτοιες δεξαμενές, τα προβλήματα ρύπανσης των υπόγειων νερών είναι εξαιρετικά επικίνδυνα.

### **Μεταλλευτική δραστηριότητα**

Τα μεταλλεία μπορεί να προκαλέσουν μια ποικιλία ρυπάνσεων στο υπόγειο νερό, (Banes – Clarke 1964, Emrich – Meritt 1969, Mink et al. 1972). Η ρύπανση εξαρτάται από το είδος του μεταλλεύματος που εξάγεται τη μέθοδο εκμετάλλευσης κ.λπ. Οι σοβαρότερες ρυπάνσεις προκαλούνται από τα μεταλλεία του κάρβουνου, των φωσφορικών και του ουρανίου. Σοβαρά προβλήματα ρύπανσης προκαλούνται από τα μεταλλεία σιδήρου, χαλκού ψευδάργυρου και μολύβδου. Λιγότερα προβλήματα προκαλεί η εξόρυξη λατομικών ορυκτών και πετρωμάτων. Συχνά οι μεταλλευτικές εργασίες εκτείνονται από τη στάθμη του νερού, με αποτέλεσμα να απαιτείται στράγγιση, προκειμένου να προχωρήσουν οι μεταλλευτικές δραστηριότητες. Το αντλούμενο κατά τις εργασίες αυτές νερό, μπορεί να περιέχει πολλά μεταλλικά στοιχεία και σε αυξημένες πολλές φορές συγκεντρώσεις είναι δε γνωστό σαν «όξινο νερό μεταλλείου». Τα συνήθη χαρακτηριστικά του αντλούμενου αυτού νερού είναι το χαμηλό pH και η υψηλή συγκέντρωση σιδήρου αργιλίου και θειικών (Miller et al., 1980).

## **2.4 Γεωργική Ρύπανση**

Το μισό, μέχρι τα δύο τρίτα, από την ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται στην άρδευση, καταναλίσκεται με τη διαδικασία της εξατμισοδιαπνοής. Το υπόλοιπο νερό, το οποίο αποτελεί την επιστρεφόμενη «αρδευτική ροή» (irrigation return flow) στραγγίζεται στο επιφανειακό στραγγιστικό δίκτυο ή τροφοδοτεί τον επικείμενο υδροφόρο. Το νερό της επιστροφής έχει τριπλάσια μέχρι δεκαπλάσια αλατότητα, σε σχέση με την αλατότητα του νερού που χρησιμοποιήθηκε στην άρδευση (Jenke, 1974). Αυτή η αύξηση της αλατότητας, οφείλεται, στην προσθήκη αλάτων στο νερό με τη διαδικασία της διάλυσης κατά την άρδευση, στα άλατα των λιπασμάτων ή των βελτιωτικών του εδάφους και στη συμπύκνωση των αλάτων με το μηχανισμό της εξατμισοδιαπνοής. Τα επικρατούντα κατιόντα στα αρδευτικά νερά της «επιστροφής», είναι το Ca, το Mg και το Na. Τα επικρατούντα ανιόντα είναι HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Cl, NO<sub>3</sub>. Στις ξηρές και ημίξηρες περιοχές της υδρογείου, η κυρίαρχη χρήση του νερού είναι η άρδευση, σ' αυτές λοιπόν τις περιοχές, το επιστρεφόμενο αρδευτικό νερό είναι η κύρια αιτία ρύπανσης των υπόγειων νερών (Euhrlinsan – Barton, 1971).

## Κτηνοτροφικά απόβλητα

Στις κτηνοτροφικές μονάδες, όπου σε περιορισμένο χώρο έχουν συγκεντρωθεί ζώα προκειμένου να παραχθεί κρέας ή γάλα, δημιουργούνται μεγάλες ποσότητες αποβλήτων, που συνήθως απορρίπτονται στο έδαφος. Έτσι στις 120-150 ημέρες διατροφής ενός μοσχαριού παράγεται πάνω από μισός τόνος κοπριάς. Με τη συγκέντρωση μεγάλου αριθμού ζώων σε έναν περιορισμένο χώρο, είναι φανερό ότι ξεπερνιέται η ικανότητα του εδάφους να δεχθεί τόσο μεγάλες ποσότητες αποβλήτων.

Το νερό, από ισχυρές βροχοπτώσεις ή καταιγίδες, έρχεται σε επαφή με τις κοπριές και μεταφέρει ψηλές συγκεντρώσεις ρύπων στα επιφανειακά και υπόγεια νερά. Τα κτηνοτροφικά απόβλητα είναι πλούσια σε άλατα, οργανικές ενώσεις και βακτήρια. Ο βασικότερος ρύπος και πιο ανθεκτικός είναι τα ιόντα αζώτου και νιτρικών (Abriano et al. 1971, Gillham – Webber 1969, Robbins – Kriz 1969). Όταν οι σταύλοι καθαρίζονται κανονικά, η ρύπανση από τα νιτρικά είναι πιο σοβαρή απ' ό,τι αν αφήνονταν οι κοπριές να συγκεντρωθούν. Στην τελευταία περίπτωση, το έδαφος κάτω από τις κοπριές είναι αναερόβιο και δεν μπορεί να γίνει νίτρωση. Και στην περίπτωση της επιλογής της θέσης για τη δημιουργία σταύλων, ισχύει ότι και για τους σκουπιδότοπους. Έχει εφαρμοσθεί με επιτυχία (Erickson et al., 1972), τεχνική μείωσης της περιεκτικότητας αζώτου σε βαθύ υδροφόρο που ρυπαίνονται από κτηνοτροφικά απόβλητα. Αναπτύχθηκε αρχικά στην επιφάνεια του εδάφους, με αερισμό, μια αερόβια ζώνη, στην οποία το άζωτο μετατρέπεται σε  $\text{NO}_3$  και στη συνέχεια αφαιρέθηκε το άζωτο σε μια κατώτερη ζώνη, όπου επικρατούσαν αναερόβιες συνθήκες. Η τελευταία δημιουργήθηκε με την τοποθέτηση ενός ασφαλτικού τάπητα, σε βάθος 2 μ., που δεν επέτρεπε την οξειδωση του υποκείμενου εδάφους. Με τον τρόπο αυτό αφαιρέθηκε το 96-99% του αζώτου από τα απόβλητα, που περιείχαν πριν το «φιλτράρισμα» 310- 660 mg/l αζώτου. Πρέπει να αναφερθεί, ότι στην ακόρεστη ζώνη, πάνω από τον υδροφόρο, το άζωτο που φθάνει σ' αυτή μετατρέπεται σε νιτρική ρίζα.

## Λιπάσματα και βελτιωτικά εδάφους

Όταν λιπαίνεται ένα έδαφος, ένα μέρος των λιπασμάτων συνήθως στραγγίζει προς τον ελεύθερο υδροφόρο. Τα κύρια λιπάσματα είναι ενώσεις του άζωτο, του φωσφόρου και του καλίου. Τα φωσφορικά και τα καλιούχα λιπάσματα προσροφούνται εύκολα από τους κόκκους του εδάφους και σπάνια δημιουργούν προβλήματα ρύπανσης. Όμως το διαλυμένο άζωτο χρησιμοποιείται εν μέρει από τα φυτά ή προσροφάται από το έδαφος και αποτελεί τον κύριο ρύπο, μεταξύ των λιπασμάτων, του υπόγειου νερού.

Στις υγρές περιοχές της υδρογείου, η πρόσληψη αζώτου από το ριζικό σύστημα κυμαίνεται μεταξύ 50 και 200 kg/εκτάριο, την αρδευτική περίοδο (Stewart et al., 1975). Το άζωτο αυτό μπορεί να προέρχεται, μερικά από οργανικές ενώσεις του εδάφους, ή από την ατμόσφαιρα, μέσω βακτηριδίων που ζουν στο ριζικό σύστημα σε ορισμένα, ιδιαίτερα, λαχανικά και φυσιικά από τα λιπάσματα. Το ποσό του αζώτου που χρησιμοποιούν τα φυτά στις καλλιεργούμενες περιοχές ανέρχεται στο 40-80% του προστιθέμενου με τα λιπάσματα (Stewart et al., 1975). Μέρος από το 20-60% του αζώτου που δεν χρησιμοποιείται από τα φυτά, επιστρέφει μερικά στην ατμόσφαιρα, με τη διαδικασία της «απαζώτωσης» ή με τη μορφή της πτητικής αμμωνίας. Το υπόλοιπο άζωτο, μετατρέπεται στην ακόρεστη ζώνη σε νιτρική ρίζα και εισέρχεται έτσι στους υδροφόρους ή στο διηθούμενο βαθύτερα νερό.

Η απαζώτωση γίνεται γρηγορότερα στα ζεστά παρά στα κρύα εδάφη και είναι πιο σημαντική στα υγρά ή λεπτοκόκκα παρά στα ξερά η χονδροκόκκα εδάφη. Η απαζώτωση απαιτεί την ύπαρξη οργανικών ουσιών στο έδαφος σαν πηγή ενέργειας, την οποία χρησιμοποιούν αζωτοβακτηρίδια. Γενικά σε μέσες συνθήκες, από πλευράς κοκκομετρίας, εδάφους και κλίματος, 10-30% του αζώτου των λιπασμάτων, δηλαδή το μίσο από τη μη χρησιμοποιούμενη από τα φυτά ποσότητα, υφίσταται απαζώτωση (Broadbent – Clark, 1965). Το υπόλοιπο 10-30% στραγγίζει από τη ζώνη των ριζών προς το βάθος, με τη μορφή νιτρικής ρίζας. Το TDS τέλος κυμαίνεται μεταξύ 250-450 mg/l (Logan – Shwab, 1976).

Στις ξηρές περιοχές της υδρογείου, η άρδευση είναι εντονότερη και η συγκέντρωση  $\text{NO}_3 - \text{N}$  είναι πολύ υψηλότερη (15-50 mg/l) ενώ αναφέρεται και περιεκτικότητα 690 mg/l (Kreitler – Jones 1975, Viets 1975), σε μη αρδευόμενη ημίξηρη περιοχή.

Στις ημίξερους περιοχές, στις οποίες ανήκει και η Ελλάδα, η συγκέντρωση  $\text{NO}_3$  φθάνει τα 50-60 mg/l (Kreitler – Jones, 1975).

Τα επιστρεφόμενα νερά στους αλλουβιακούς κώνους, περιέχουν περισσότερο άζωτο από εκείνα των αλλουβιακών λεκανών, όπου το έδαφος είναι πιο λεπτόκοκκο. Η συνεχής κατάκλυση στις περιοχές π.χ. των ορυζώνων, προκαλεί μικρότερη συγκέντρωση αζώτου, προφανώς λόγω της μεγαλύτερης διάλυσης και απαζώτωσης.

Το TDS, στις ξηρές περιοχές, στο επιστρεφόμενο νερό, φθάνει στα 100-1000 mg/l. Το ριζικό σύστημα απορροφά καθαρό νερό και έτσι εμπλουτίζει στην ουσία το TDS στο έδαφος. Αν δεν αποπλένεται το έδαφος, αθροιστική συγκέντρωση αλάτων το καθιστά αλατούχο και μη παραγωγικό.

Στα περισσότερα επιφανειακά αρδευτικά συστήματα, το 30-50% του αρδευτικού νερού διηθείται βαθύτερα, έτσι που να ανατρέπεται το ισοζύγιο των αλάτων στη ριζική ζώνη. Με το ψεκάσμο και τη «στάγδην» άρδευση ελέγχεται καλύτερα το ισοζύγιο αλάτων.

Τέλος στην γεωργική ρύπανση περιλαμβάνεται και η ρύπανση από τη χρήση παρασιτοκτόνων. Σ' αυτά περιλαμβάνεται κάθε χημική ουσία, που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο, την καταστροφή, ή τη μείωση των ζωικών ή φυτικών παράσιτων. Όταν αναφερόμαστε λοιπόν στα παρασιτοκτόνα, περιλαμβάνουμε σ' αυτά τα ζιζανιοκτόνα, τα εντομοκτόνα, τα ακριοκτόνα, τα σκωληκοκτόνα, τα μυκητοκτόνα, τα τρωκτικοκτόνα κ.λπ. (Stewart et al., 1975). Τα παρασιτοκτόνα αποτελούν συχνά την κυριότερη διάχυτη πηγή ρύπανσης των υπόγειων νερών. Αρκούν ελάχιστες συγκεντρώσεις των παρασιτοκτόνων στο πόσιμο νερό, για να το κάνουν επικίνδυνο. Πολύ πιο ευπρόσβλητα, βέβαια, στη ρύπανση από παρασιτοκτόνα είναι τα επιφανειακά νερά. Αυτό συμβαίνει γιατί τα παρασιτοκτόνα έχουν την τάση να προσροφούνται από τους κόκκους τους εδάφους. Σε μερικές χώρες έχει απαγορευθεί από το 1972 η χρήση πολυ τοξικών, ανθεκτικών και πιθανόν καρκινογόνων παρασιτοκτόνων, όπως τα DDT, dieldrin, aldrin, chlordance, heptachlor, και mirec (Bouwer, 1978). Γενικά η επίδραση των παρασιτοκτόνων στην ποιότητα του υπογείου νερού, εξαρτάται από τις ιδιότητες του υπολείμματος των παρασιτοκτόνων, την ένταση της βροχής, την ποσότητα του νερού που χρησιμοποιείται στην άρδευση και τα χαρακτηριστικά του εδάφους (Todd-McNulty, 1976).

## **2.5 Άλλες πηγές και αιτίες ρύπανσης υπόγειων υδάτων**

### **Ανταλλαγή ανάμεσα σε υδρογεωτρήσεις**

Οι υδρογετρήσεις αποτελούν κατακόρυφες συνδέσεις, ισχυρής υδραυλικής αγωγιμότητας. Έτσι προσφέρονται ως δρόμοι ρύπανσης του υπόγειου νερού, όταν η κατασκευή τους είναι ελαττωματική, η απομόνωση των επιφανειακών τμημάτων ατελής, ή η εγκατάλειψη τους γίνεται χωρίς τη λήψη προστατευτικών μέτρων. Αν π.χ. υπάρχει διαφορά υδραυλικού φορτίου μεταξύ δύο υδροφόρων, εκ των οποίων ο ένας είναι ρυπασμένος ή περιέχει μεταλλικό νερό, η κατασκευή υδρογεώτρησης σ' αυτούς, χωρίς καλή απομόνωση του ανεπιθύμητου υδροφόρου, προκαλεί ρύπανση και του άλλου. Αν επίσης η κεφαλή της γεώτρησης είναι έτσι κατασκευασμένη, ώστε να μπαίνουν σ' αυτήν επιφανειακά νερά, τότε η ρύπανση του υπόγειου νερού είναι σίγουρη. Τέλος θα πρέπει να ταπώνονται και να βουλώνονται, κατά το ανώτερο τουλάχιστον τμήμα τους, υδατοστεγώς.

## Ρυπασμένα επιφανειακά νερά

Ρυπασμένα επιφανειακά νερά, που εμπλουτίζουν υδροφόρους, αποτελούν εστία ρύπανσης. Ο εμπλουτισμός μπορεί να είναι φυσικός, από μια ρεματιά ή μπορεί να είναι επαγωγικός, από μια γειτονική αντλούμενη γεώτρηση. Επειδή η πιο ασφαλής, από πλευράς υδροφορίας, τοποθέτηση των γεωτρήσεων είναι, κατά κανόνα, η γειτονική σε υδρορεύματα, κάτι που συνήθως επιδιώκουν οι υδρογεωλόγοι ώστε να εξασφαλίσουν σίγουρο εμπλουτισμό και μεγάλες ειδικές αποδόσεις, η ρύπανση των υπόγειων νερών από τα επιφανειακά νερά είναι πολύ πιθανή.

## 2.6 Θαλάσσια Διείσδυση

Η θαλάσσια διείσδυση είναι ένα είδος περιβαλλοντικής ρύπανσης, που οφείλεται σε ανθρώπινες δραστηριότητες ή και σε γεωλογικούς παράγοντες. Το πρόβλημα αυτό καταγράφεται σε πολλούς παράκτιους υδροφορείς, που αποτελούν την κύρια πηγή για την κάλυψη των υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών. Η θαλάσσια διείσδυση είναι το αποτέλεσμα κυρίως της υπερεκμετάλλευσης των υπόγειων νερών και αφορά πολλούς παράκτιους υδροφορείς.

Οι παράκτιοι υδροφόροι κάτω από φυσικές συνθήκες, αποστραγγίζονται προς τη θάλασσα. Οι έντονες αντλήσεις, στις παράκτιες περιοχές, ελαττώνουν ή αναστρέφουν τη φυσική υδραυλική βαθμίδα προς της θάλασσα. Το φαινόμενο αυτό της μείωσης ή αναστροφής της υδραυλικής κλίσης αποτελεί τη διείσδυση του θαλασσινού νερού προς την ενδοχώρα. Έτσι, τα αντλούμενα κατακόρυφα υδρομαστευτικά έργα, μολύνονται από το θαλασσινό νερό, με αποτέλεσμα καταστρεπτικό, όχι μόνο για τους υδροφόρους, αλλά συχνά και για την οικονομική ζωή της περιοχής.

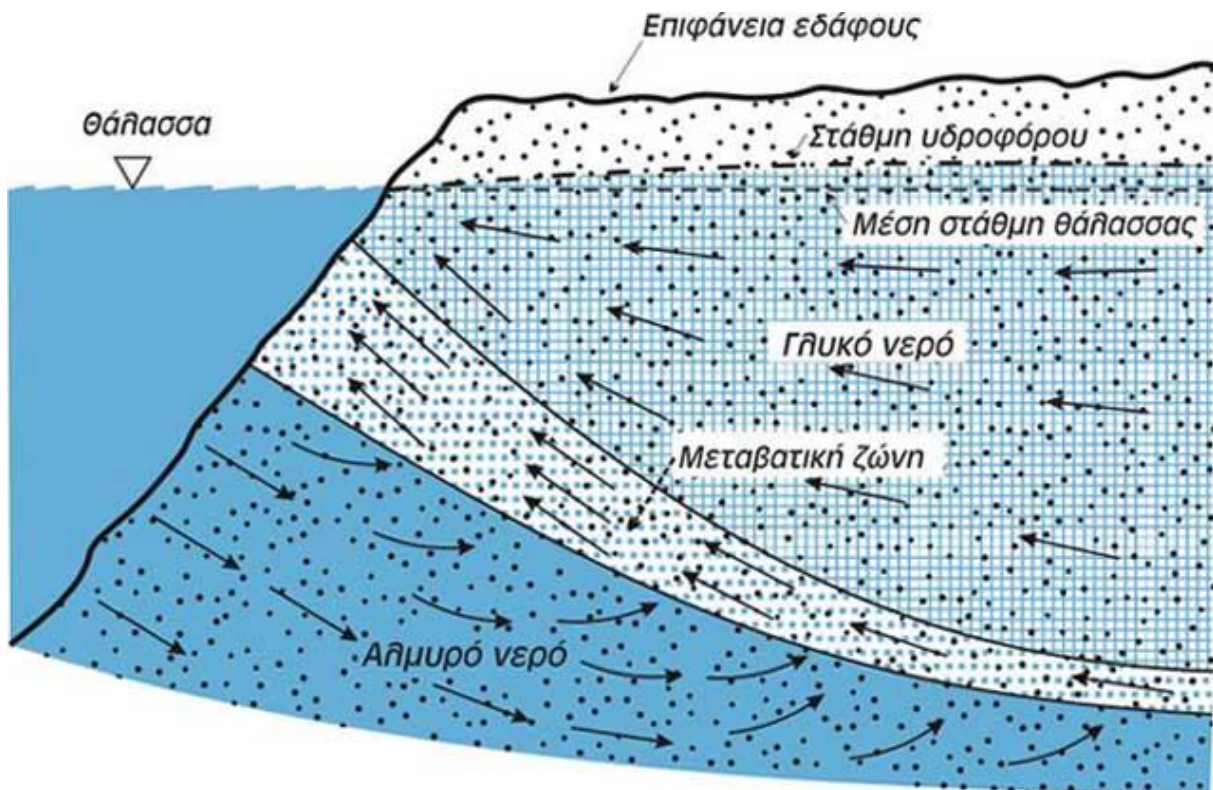
Αν δεχθούμε ότι το γλυκό και το θαλασσινό νερό δεν αναμιγνύονται και δεδομένου ότι έχουν διαφορετικές πυκνότητες, σχηματίζεται ανάμεσα τους μια διεπιφάνεια που το σχήμα της καθορίζεται από το υδροδυναμικό ισοζύγιο, οπουδήποτε τα δύο ρευστά βρίσκονται σε επαφή. Κατά τους Ghyben (1888,1889) και Herzberg (1901), υπάρχει ένα σημείο, όπου συναντώνται οι διατομές της ακτής, της διεπιφάνειας, της στάθμης της θάλασσας και του υδροφόρου.

Το υπόγειο νερό σταθερής πυκνότητας, κινείται προς την κατεύθυνση στην οποία ελαττώνεται το φορτίο. Όταν η πυκνότητα μεταβάλλεται στο χώρο, π.χ κατά μήκος της ακτής, οι μετρήσεις του φορτίου δεν δείχνουν άμεση διεύθυνση ροής (Kohout, 1960). Σε υδρογεωτρήσεις που περιέχουν αλμυρό νερό, πρέπει να υπολογισθεί το φορτίο που αντιστοιχεί στο γλυκό νερό. Η μετατροπή του φορτίου αλμυρού νερού σε φορτίο γλυκού νερού, σε δεδομένη υδρογεώτρηση δίνεται από την εξίσωση της υδροστατικής πίεσης (Kohout, 1960):  $p = \rho g l_c$

Όπου:  $p$  η πίεση στο κάτω άκρο της σωλήνωσης

$\rho$  η πυκνότητα του νερού σ' αυτή και

$l_c$  το μετρημένο μήκος νερού πάνω από το πέρας της σωλήνωσης



Εικόνα 2.6.1: Διάγραμμα ροής γλυκού και αλμυρού νερού σε ελεύθερο παράκτιο υδροφόρο (Todd, 1974)

Στην παραπάνω εικόνα φαίνεται η κίνηση του αλμυρού νερού προς τη στεριά, το πάχος της μεταβατικής ζώνης γλυκού-αλμυρού νερού και η ροή στις τρεις υπόγειες ζώνες (γλυκού, αλμυρού και ενδιάμεσης ποιότητας νερού). Το πάχος της μεταβατικής ζώνης γίνεται μεγαλύτερο κοντά στην ακτή, εκεί όπου τα παλιρροιακά φαινόμενα είναι έντονα.

### **3. Φυσικά Χαρακτηριστικά- Χρήσεις Γης- Γεωμορφολογία- Γεωγραφικά Στοιχεία**

Παρατηρώντας τη μορφολογία της ΒΔ Πελοποννήσου εξάγουμε το συμπέρασμα ότι το γεωμορφολογικό ανάγλυφο της περιοχής χαρακτηρίζεται γενικά ορεινό (600-2400m.) στο εσωτερικό τμήμα του Υδατικού Διαμερίσματος, με κυριότερα όρη από τα δυτικά, το Παναχαϊκό, τον Ερύμανθο, τα Αροάνια (Χελμό), την Κυλλήνη (Ζήρια). Στην εξωτερική περίμετρο του το Υδατικό Διαμέρισμα χαρακτηρίζεται ημιορεινό (100-600 m.), ενώ στην παράκτια ζώνη είναι πεδινό με το υψόμετρο να κυμαίνεται από 0-100m. Στις λεκάνες των ποταμών Πηνιού, Πείρου, Σελινούντα, Βουραϊκού καθώς και στην παράκτια ζώνη των λεκανών της Βόρειας και ΒΑ Κορινθίας, αναπτύσσονται οι μεγαλύτερες πεδινές εκτάσεις. Η λεκάνη απορροής του ποταμού Πείρου, είναι η περιοχή έρευνας της συγκεκριμένης διπλωματικής. Πεδινές εκτάσεις ωστόσο παρατηρούμε ότι σχηματίζονται και στις κλειστές λεκάνες Φενεού, Στυμφαλίας και Μάνας Λουσών. Παράκτιες λίμνες και λιμνοθάλασσες σχηματίζονται στο ΒΔ τμήμα στην περιοχή Αράξου και Κυλλήνης.

#### **3.1 Φυσικά Χαρακτηριστικά**

Η περιοχή της μελέτης μας εστιάζεται στο Βορειοδυτικό και στο Δυτικό τμήμα του νομού Αχαΐας, ο οποίος έχει συνολική έκταση 3.271 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Τα φυσικά όρια της περιοχής μελέτης είναι οι απολήξεις του ορεινού όγκου του Παναχαϊκού όρους από τα ανατολικά, ο ορεινός όγκος του Ερυμάνθου και η απόληξη του Κομποβουνίου, στα δυτικά τα όρια του νομού Ηλείας, ενώ βόρεια και βορειοδυτικά βρέχεται από τη θάλασσα του Πατραϊκού και του Κυλλήνιου κόλπου. Η μορφολογία του εδάφους ποικίλει από τις πεδινές παραλιακές εκτάσεις του Πατραϊκού και Κυλλήνιου κόλπου και την κεντρική πεδινή ζώνη με γεωργική γη υψηλής αποδοτικότητας προς τις ημιορεινές περιοχές και το ορεινό τμήμα στα νότια του Νομού. Η περιοχή διατρέχεται από τον ποταμό Πείρο, και τους παραποτάμους του Παραπίερο και Σερδίνη, που πηγάζει από τον Ερύμανθο και εκβάλλει στον Πατραϊκό κόλπο. Οι κυριότεροι ορεινοί όγκοι της περιοχής είναι το όρος Μόβρη, με υψόμετρο 692 m., το όρος Σκόλλις, με την υψηλότερη κορυφή στα 965 m., το όρος Κομποβούνι με υψόμετρο 765 m. Ως δευτερεύουσες απολήξεις του Κομποβουνίου αναφέρονται το ύψωμα Πεζουλίτσες υψόμετρου 765 m. και το ύψωμα Φαλιατσόρες. Το κλίμα του νομού ανήκει στο Μεσογειακό τύπο, με υψηλά ποσοστά υγρασίας, ιδίως κατά τους χειμερινούς μήνες και με σχετικά υψηλές θερμοκρασίες, ακόμη και κατά τη χειμερινή περίοδο. Τέλος το υδάτινο δυναμικό του νομού είναι αξιόλογο αλλά παραμένει ουσιαστικά ανεκμετάλλευτο λόγω της ανυπαρξίας υδατικών έργων πολλαπλής χρήσης.

Από το 2009 έχει ξεκινήσει η κατασκευή του φράγματος Πείρου- Παραπίερου δίπλα στο χωριό Αστέρι, με σκοπό την ύδρευση της Πάτρας, της ΒΙ.ΠΕ Πατρών αλλά και της δυτικής Αχαΐας γενικότερα. Στο Αστέρι θα δημιουργηθεί χωμάτινο φράγμα ταμίευσης νερού ενώ στη Βαλμαντούρα χαμηλό φράγμα υδροληψίας από σκυρόδεμα και αγωγός μεταφοράς νερού ο οποίος θα είναι από χαλυβδοσωλήνες και θα οδηγεί τα συλλεγμένα νερά στον ταμιευτήρα του φράγματος στο Αστέρι.

### 3.2 Χρήσεις Γης

Για την εξαγωγή των στοιχείων για τις χρήσεις γης στην Βόρεια Πελοπόννησο χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Corine ( Corine Land Cover 2000). Σύμφωνα με τα δεδομένα που εξήχθησαν από το πρόγραμμα, το 52% της επιφάνειας της περιοχής καλύπτεται από «Φυσική βλάστηση – Δάση», το 43% από «Καλλιεργήσιμη γη», το 3% από «Αστικές περιοχές» και το 2% από «Βάλτους – Υγρότοπους». Εστιάζοντας συγκεκριμένα στην περιοχή της Δυτικής Αχαΐας, η οποία καταλαμβάνει συνολική έκταση 1.343.899 m<sup>2</sup> παρατηρούμε ότι οι χρήσεις γης κατανέμονται ως εξής:

- Η καλλιεργήσιμη γη κατανέμεται σε ποσοστό 56%
- Οι βοσκότοποι σε ποσοστό 29%
- Οι δασικές εκτάσεις σε ποσοστό 8%
- Οι εκτάσεις οι οποίες είναι καλυπτόμενες από νερά σε ποσοστό 2%
- Οικισμοί, δρόμοι, κ.λπ. σε ποσοστό 4% και τέλος εκτάσεις για διάφορες άλλες χρήσεις σε ποσοστό 1 %.

Στην περιοχή της Δυτικής Αχαΐας, αναλυτικότερα διακρίνουμε από οικιστικής άποψης το σύστημα 7 συνεχόμενων παραλιακών οικισμών στο βορειοδυτικό άκρο του Δήμου, οι οποίοι αποτελούν περιοχές πρώτης κατοικίας με έντονη ανοικοδόμηση και ισχυρές επιδράσεις από το αστικό κέντρο της Πάτρας. Οι κοινότητες αυτές υφίστανται έντονες οικιστικές πιέσεις και άναρχη συσσώρευση χρήσεων αναψυχής, με όλες τις αναμενόμενες επιπτώσεις, όπως είναι οι συγκρούσεις χρήσεων, η κυκλοφοριακή συμφόρηση, η ρύπανση του περιβάλλοντος και η αισθητική υποβάθμιση.

Η αγροτική ενδοχώρα αποτελείται από 8 κοινότητες στα δυτικά του Δήμου. Στα ανατολικά 12 πεδινές κοινότητες διαρρέονται από τους ποταμούς Πείρο και Παραπείρο. Η περιοχή των κοινοτήτων αυτών είναι κύρια γεωκτηνοτροφική με ένα ισόρροπο δίκτυο οικισμών με κύρια χαρακτηριστικά τις επιπτώσεις που δέχονται από τον πολεοδομικό ιστό της Πάτρας και από τη λειτουργία μέσα στη ζώνη αυτή της ΒΙ.ΠΕ. του Αγ. Στεφάνου. Επίσης στην περιοχή αυτή, και συγκεκριμένα στο δημοτικό διαμέρισμα Φλόκα λειτουργεί Χ.Υ.Τ.Α με έκταση 165.720,78 m<sup>2</sup>.

Η ενότητα των 4 γεωργικών κοινοτήτων, με αξιοποίηση του δασικού όγκου της Μόβρης που ανήκουν, και το αξιόλογο φυσικό περιβάλλον, θα μπορούσε να επηρεάσει την οικιστική εξέλιξη τους που χαρακτηρίζεται από την πολυδιάσπαση τους σε πολλούς οικισμούς.

### 3.3 Γεωμορφολογία

Ο ρόλος της γεωμορφολογικής ανάπτυξης μια περιοχής είναι σημαντικός όσον αφορά τη διαμόρφωση των υδρογεωλογικών της συνθηκών. Η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου, το μέγεθος της κατείσδυσης και των επιφανειακών απορροών, η διακύμανση των κλιματολογικών και μετεωρολογικών παραμέτρων είναι στοιχεία που εξαρτώνται, εκτός των άλλων, και από τη γεωμορφολογία της περιοχής και τις μεταβολές του υψομέτρου.

Η γεωμορφολογική ανάπτυξη της περιοχής μας χαρακτηρίζεται από ήπιο ανάγλυφο με μεγάλη εξάπλωση, σε έκταση, της πεδινής ζώνης, με ομαλή και ήπια μετάβαση στην λοφώδη και ημιορεινή ζώνη. Οι παράγοντες που έχουν συντελέσει στην διαμόρφωση του ανάγλυφου είναι κυρίως η δράση του νερού και του αέρα, η θερμοκρασία, η υγρασία, η ένταση των βροχοπτώσεων και γενικότερα οι κλιματολογικές συνθήκες σε συνδυασμό με τη γεωλογική δομή της περιοχής και ιδιαίτερα τα λιθολογικά χαρακτηριστικά, την στρωματογραφία και την τεκτονική καταπόνηση των πετρωμάτων.

Το έδαφος του νομού Αχαΐας μπορεί να χωριστεί νοητά σε δύο διαφορετικές ζώνες, την ορεινή, που είναι και η μεγαλύτερη (60% περίπου της συνολικής έκτασης του νομού) και εκτείνεται στα νότια και νοτιοανατολικά με βασικούς ορεινούς όγκους τον Ερύμανθο 2.224 m. , το Παναχαϊκό με μέγιστο υψόμετρο τα 1.926 m. , και τον Χελμό με 2.341 m. Η δεύτερη ζώνη είναι η εύφορη πεδινή κατά μήκος του Πατραϊκού κόλπου και κύρια προς τα δυτικά. Οι ορεινοί αυτοί όγκοι έχουν διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και αποτελούν συνέχεια των ορεινών όγκων της Ελλάδας και Ηπείρου.

Η έκταση των γεωμορφολογικών ζωνών της περιοχής μας και η ποσοτική αναλογία τους επί τις εκατό σε σχέση με την ολική έκταση της λεκάνης (σύμφωνα με τον Ξενοφών Σταυρόπουλο) είναι η εξής:

- Ημιορεινή περιοχή, έκταση 38,87 km<sup>2</sup>, ποσοστό 13,42%
- Λοφώδης περιοχή, έκταση 14,32 km<sup>2</sup>, ποσοστό 4,95%
- Πεδινή περιοχή, έκταση 229,44 km<sup>2</sup>, ποσοστό 79,23%
- Λιμνοθάλασσες, έκταση 6,94 km<sup>2</sup>, ποσοστό 2,40%

### **Πεδινή ζώνη**

Η πεδινή ζώνη αποτελεί το μεγαλύτερο μέρος της συνολικής έκτασης της περιοχής έρευνας και γεωλογικά χαρακτηρίζεται από την επικράτηση ιζημάτων και αποθέσεων του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς. Τα όρια της πεδινής περιοχής είναι σαφή, στην ΝΑ πλευρά φθάνει περίπου μέχρι τις παρυφές του όρους Μόβρη, στην Β-ΒΔ πλευρά διακόπτεται από τους μικρής έκτασης λόφους και στο υπόλοιπο τμήμα ορίζεται από τις ακτές και τον υδροκρίτη. Στη συγκεκριμένη ζώνη παρατηρείται πολύ ήπιο, σχεδόν οριζόντιο ανάγλυφο, με πάρα πολύ μικρές κλίσεις προς όλες τις διευθύνσεις. Στην νοτιοανατολική της πλευρά, στις παρυφές του όρους Μόβρη σχηματίζονται ποταμοχειμαρώδεις αναβαθμίδες με ελαφρά εντονότερο ανάγλυφο. Οι αλλουβιακές αποθέσεις, στο μεγαλύτερο μέρος της έκτασης της πεδινής περιοχής, επικαλύπτουν του σχηματισμούς των πλειοπλειστοκαινικών ιζημάτων. Στη βορειοδυτική πλευρά της πεδινής περιοχής βρίσκονται οι λίμνες Στροφυλιά, Λαμία και η λιμνοθάλασσα Καλογερά. Στα περιθώρια των λιμνών αναπτύσσονται περιοδικά κατακλυζόμενες εκτάσεις. Σε περιόδους παρατεταμένων βροχοπτώσεων οι κατακλυζόμενες εκτάσεις καταλαμβάνουν σημαντικό μέρος της δυτικής πλευράς της πεδινής περιοχής και ενώνονται με τις λίμνες ή επικοινωνούν με φυσικές ή τεχνητές τάφρους με τη θάλασσα. Οι ακτές της περιοχής, από πλευράς μορφολογικών κριτηρίων κατατάσσονται στον τύπο των χαμηλών ακτών που έχουν σχηματισθεί από μη συμπαγή υλικά, έχουν υποστεί όλη τη διαδικασία της θαλάσσιας διάβρωσης και έχουν την τάση να αναπτύσσονται σε βάρος της θάλασσας. Εξαιρεση σ' αυτή την εικόνα αποτελούν οι σχετικά απότομες ακτές των ασβεστόλιθων του λόφου Μαύρα Βουνά και του φλύσχη του λόφου Λάκκα Ντράσα στη Β-ΒΔ πλευρά της περιοχής. Η παραλιακή ζώνη στη δυτική πλευρά της περιοχής μελέτης, κατά μήκος του δάσους της Στροφυλιάς, είναι αμμώδης με ήπιο ανάγλυφο. Το μέσο πλάτος της είναι περίπου 100 μ. Και το μέσο υψόμετρο της περίπου 5 μ. Τη γεωμορφολογική εικόνα συμπληρώνουν οι θίνες και οι αιολικές αποθέσεις οι οποίες σχηματισθήκαν από θαλάσσια άμμο που μετακινήθηκε από τους ισχυρούς ανέμους. Το δάσος της Στροφυλιάς έχει



λειτουργήσει ως φυσικό ανάχωμα και έχει συντελέσει στον περιορισμό των αμμοθίνων στα σημερινά τους όρια στην παράκτια ζώνη. Το εθνικό πάρκο υγροτόπων λιμνοθάλασσας Κοτυχίου και δάσους Στροφυλιάς είναι προστατευόμενη περιοχή στους νομούς Αχαΐας και Ηλείας. Τμήμα του πάρκου είναι τα Μαύρα βουνά, το Δάσος Στροφυλιάς, η Λίμνη Λάμια, η Λίμνη Προκόπου, η Λιμνοθάλασσα Κοτυχίου, η Λίμνη Πάπα, ο ποταμός Λάρισσος, το ακρωτήριο Άραξος, τα Λουτρά Υρμίνης, ο αρχαιολογικός χώρος του Τείχους Δυμαίων και οι παραλίες της Καλόγριας. Ανακηρύχθηκε εθνικό πάρκο το 2008. Έχει συνολική έκταση 143.000 στρέμματα και προστατεύεται από τις διεθνείς συνθήκες Ραμσάρ και Φύση 2000.

Το πάρκο είναι καταφύγιο άγριας ζωής και πλούσιος υδροβιότοπος με πολλά έλη, τεχνητά κανάλια, ποταμούς, λιμνοθάλασσες, θίνες και αμμόλοφους. Το Δάσος Στροφυλιάς έκτασης 22.000 στρεμμάτων με κουκουναριές, χαλέπιο πεύκη και Βελανιδιές. Στο πάρκο βρίσκουν καταφύγιο πάπιες, ερωδιοί, βίδρες, χαλκόκοτες, φοινικόπτεροι, φαλαρίδες, αργυροπελεκάνοι, νεροχελίδονα, νανογλάρωνα, καλαμοκανάδες, καλαμόκιρκοι, πολλά είδη αμφίβιων, ερπετών, τρωκτικών, χελώνες, αλεπούδες κ.λπ.



Εικόνα 3.3.1: Λίμνη Στροφυλιά

Η λίμνη Στροφυλιά επικοινωνεί με την θάλασσα μέσω εκβαθυσμένου φυσικού αύλακα στο βόρειο άκρο της στο ακρωτήριο Άραξος και μέσω τεχνητής τάφρου στην ανατολική πλευρά της. Εποχική διακύμανση παρουσιάζουν το πάχος του νερού της με ελάχιστο 4,5 μ. και μέγιστο 5μ. και η επιφάνεια της, με μέγιστη έκταση 5 km<sup>2</sup> και ελάχιστη 4 km<sup>2</sup>. Τροφοδοτείται με νερό από τις βροχοπτώσεις, τις απορροές μικροχειμάρρων, αριθμό πηγών εκφόρτισης

της καρστικής υδροφορίας του λόφου Μαύρα Βουνά και από την τεχνητή και ρυθμιζόμενη εισροή της θάλασσας. Στη λίμνη λειτουργεί μονάδα υδατοκαλλιέργειας σύμφωνα με τις ανάγκες της οποίας ρυθμίζεται η εισροή της θάλασσας και η μίξη θαλάσσιου – γλυκού νερού.

### **Ημιορεινή-Λοφώδης Ζώνη**

Η ημιορεινή ζώνη αποτελείται από την ΒΔ προέκταση του όρους Μόβρη και έχει μέγιστο υψόμετρο 718 μ. Το έντονο ανάγλυφο είναι το επικρατέστερο στην ημιορεινή ζώνη, η οποία επίσης χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη πυκνού υδρογραφικού δικτύου. Ο σχηματισμός του φλύσχη επικρατεί σε όλη την περιοχή και έχει υποστεί σημαντική τεκτονική καταπόνηση που εκφράζεται αφ' ενός από την παρουσία ρηγμάτων και αφ' ετέρου από μεγάλο αριθμό διακλάσεων, ρωγματώσεων και άλλων ασυνχειών που έχουν υποβοηθήσει στην αποσάθρωση των πετρωμάτων που τον αποτελούν. Η δημιουργία του μανδύα αποσάθρωσης, μικρού πάχους στα υψηλότερα σημεία και μεγαλύτερου πάχους στις παρυφές του όρους είναι αποτέλεσμα της διάβρωσης, αποσάθρωσης και μεταφοράς των προϊόντων της αποσάθρωσης κυρίως από τα νερά που απορρέουν επιφανειακά. Στην ζώνη αυτή είναι εμφανής η επίδραση του ανθρώπινου παράγοντα, κι αυτό γίνεται αντιληπτό από την έντονη ανάπτυξη γεωκτηνοτροφικών δραστηριοτήτων (αποφιλώσεις θάμνων, διανοίξεις δρόμων κ.λπ.). Η ανθρώπινη επέμβαση έχει συντελέσει στη διαμόρφωση ηπιότερου ανάγλυφου στην περιοχή. Η λοφώδης ζώνη αποτελείται από τους λόφους Μαύρα Βουνά, Άγιος Αθανάσιος και Λάκκα Ντράσα. Στη Λάκκα Ντράσα όπου επικρατεί σχηματισμός του φλύσχη, σε συνδυασμό και με την έντονη ανθρώπινη δραστηριότητα, το ανάγλυφο είναι ήπιο. Στους λόφους Μαύρα Βουνά και Άγιος Αθανάσιος, όπου επικρατούν οι ασβεστόλιθοι της Ιόνιας ζώνης, το ανάγλυφο είναι απότομο με κρημνώδη πρηνή (κυρίως στη νότια πλευρά του) και έντονη παρουσία ρηγμάτων, ρωγματώσεων διακλάσεων και μορφών καρστικής διάβρωσης. Ο τύπος βλάστησης που επικρατεί στα ανώτερα σημεία της υδρολογικής λεκάνης είναι η μακκία ( με κυρίαρχο είδος το πουρνάρι *Quercus coccifera*), με αρκετές εκτάσεις καλυμμένες από πευκοδάσος. Σε χαμηλότερα υψόμετρα η φυσική βλάστηση λείπει και έχει αντικατασταθεί από καλλιέργειες, ελαιώνες, αμπελώνες και οπωρώνες. Κατά μήκος των όχθων των ποταμών και κυρίως στα ανώτερα σημεία συναντάμε τυπικά είδη παράχθιας βλάστησης όπως ο πλάτανος, λεύκα κ.α.

#### **3.3.1 Υδρογραφικό Δίκτυο**

Η ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη χειμάρρων ρεμάτων και ποταμοχειμάρρων που διασχίζουν την πεδινή περιοχή και έχουν προέλευση το όρο Μόβρη. Επίσης από την ύπαρξη της λεκάνης απορροής του ποταμού Πείρου, η οποία αποτελείται από το σύνολο των υδατορευμάτων και των χειμάρρων που διαρρέουν και αποστραγγίζουν την υδρολογική λεκάνη. Οι ποταμοί Πείρος, Παραπείρος και Σερδινή, οι χειμάρροι και τα υδατορεύματα που αποτελούν τους κλάδους του υδρογραφικού δικτύου, διαβρώνουν μεταφέρουν και αποθέτουν υλικά αλλοιώνοντας και διαμορφώνοντας το ανάγλυφο, το οποίο με τη σειρά του καθορίζει τη διαδρομή της ροής τους. Στην περιοχή της Κάτω Αχαΐας έως την Μανωλάδα ο κυριότερος αποδέκτης των επιφανειακών απορροών και ο μοναδικός που παρουσιάζει ροή νερού σχεδόν όλη τη διάρκεια του έτους είναι ο ποταμός Λάρισος. Ο ανώτερος κορμός του αρχίζει από τα υψηλότερα σημεία της ΝΔ πλευράς του όρους Μόβρη. Συγκεντρώνει τις απορροές αριθμού χειμάρρων και σ' αυτό το τμήμα κυριαρχούν τα φαινόμενα διάβρωσης, οι σχετικά μεγάλες κλίσεις και οι απότομες πλαγιές. Η διαδρομή του χαρακτηρίζεται από ελιγμούς, από μικρές κλίσεις και από ομαλές πλαγιές. Λίγο πριν τον οικισμό Λάπας καταλήγουν στον ποταμό οι υπερχειλίσεις και το νερό που περισσεύει από την αρδευτική τάφρο που έρχεται από το Φράγμα του Πηνειού. Ο κατώτερος κορμός του παρουσιάζει κλίση πολύ ομαλή χωρίς ελιγμούς και σ' αυτό το τμήμα υπερισχύει η απόθεση υλικών. Ο ποταμός εκρέει στη λίμνη

Πρόκοπος και στις κατακλυζόμενες εκτάσεις που την περιβάλλουν. Στην ανατολική πλευρά της περιοχής μας το υδρογραφικό δίκτυο είναι πυκνό και αρκετά ανεπτυγμένο. Κύριος αποδέκτης των επιφανειακών απορροών είναι ο ποταμός Πείρος, ο οποίος παρουσιάζει ροή σε όλη τη διάρκεια του υδρολογικού έτους. Συγκεντρώνει τις απορροές μεγάλου αριθμού υδατορευμάτων και το ανώτερο τμήμα των κλάδων του ξεκινάει από τα υψηλότερα τμήματα του βορειοδυτικού τμήματος του Ερύμανθου, όπου είναι έντονα τα φαινόμενα διάβρωσης, των σχετικά μεγάλων κλίσεων και των απότομων πρηνών. Τμήμα της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Πείρου, αποτελεί η λεκάνη του Παραπείρου και της Σερδινή (παραπόταμος Πείρου). Η Σερδινή πηγάζει κοντά στο χωριό Φλόκας και εκβάλλει στον Πείρο νότια του χωριού Κάτω Αλισσός. Το τμήμα της πεδινής έκτασης της λεκάνης του ποταμού Πείρου χαρακτηρίζεται από την επικράτηση νεογενών και τεταρτογενών αποθέσεων και της πηλιτικής- αργιλομαργαικής και ψαμμιτικής φάσης του φλύσχη της ζώνης Γαβρόβου – Τριπόλεως. Στην ορεινή και ημιορεινή περιοχή επικρατεί ο σχηματισμός των πελαγικών ασβεστόλιθων της ζώνης Ωλονού-Πίνδου.



Εικόνα 3.3.2 : Ποταμός Πείρος

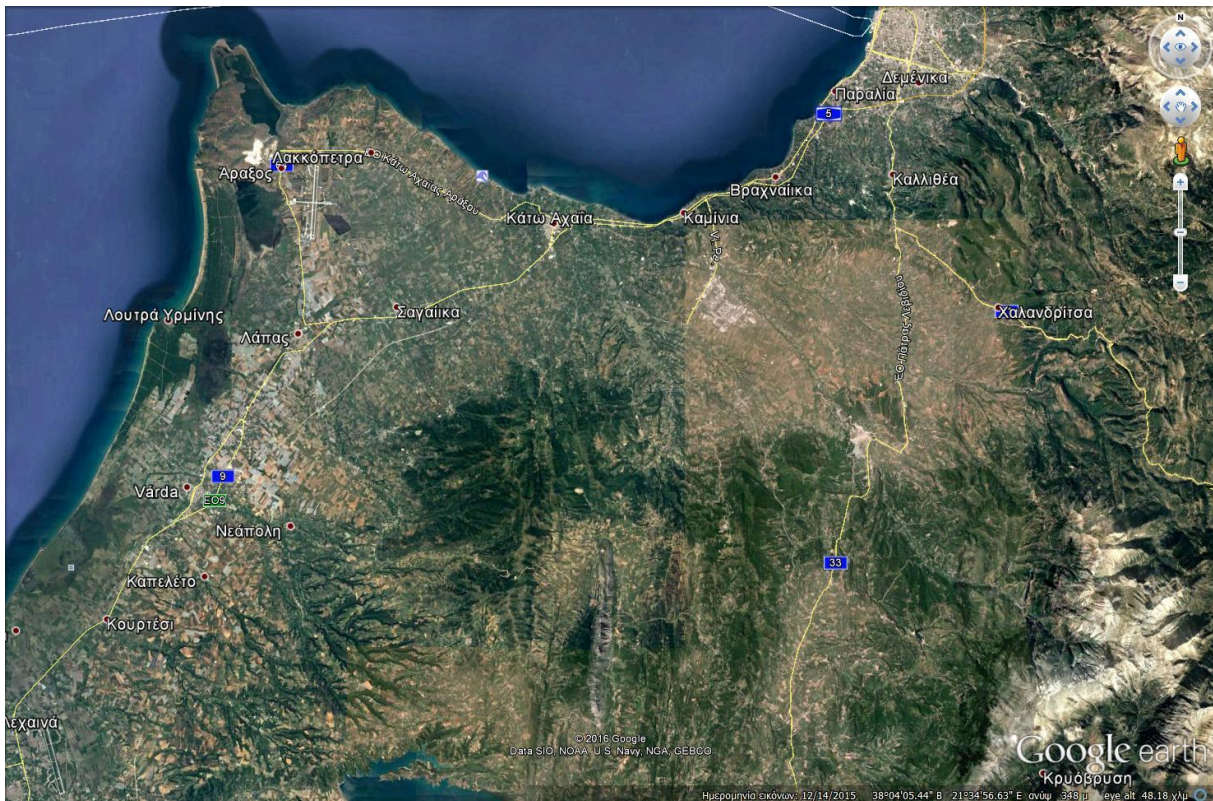


Εικόνα 3.3.3 : Ποταμός Παραπείρος



Εικόνα 3.3.4: Ποταμός Σερδινή

### 3.4 Γεωγραφικά στοιχεία



Εικόνα 3.4.1 : Περιοχή Έρευνας

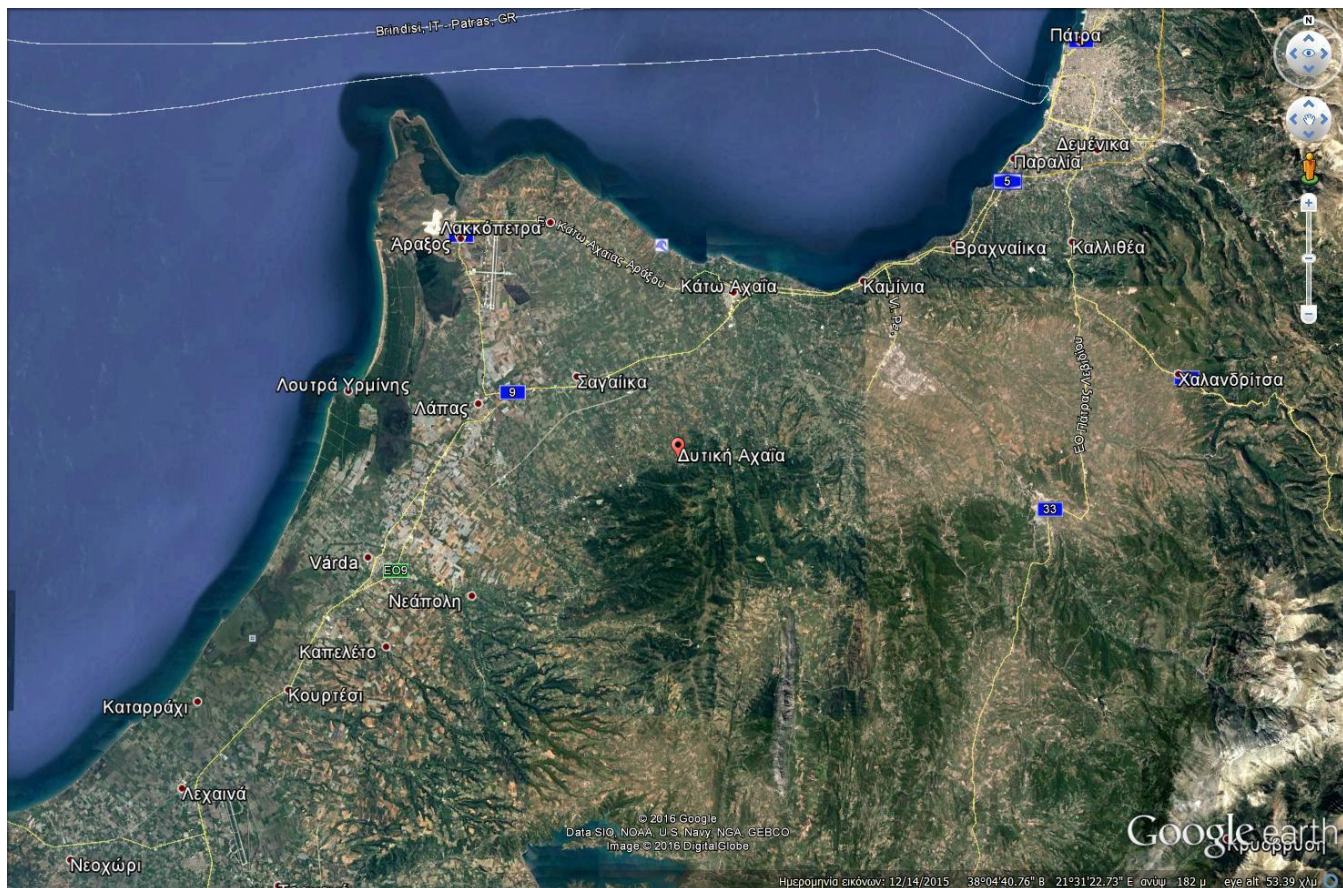
Η περιοχή της Βορειοδυτικής Αχαΐας, συνεπώς και η περιοχή της ερευνάς μας αποτελείται από δύο δήμους, το Δήμο Δυτικής Αχαΐας και το Δήμο Ερυμάνθου. Η περιοχή υπάγεται στην περιφέρεια Δυτικής Ελλάδος. Σύμφωνα με την απογραφή του 2011 ο Δήμος Δυτικής Αχαΐας έχει πληθυσμό 25.916 κατοίκους και η έδρα του βρίσκεται στην Κάτω Αχαΐα. Ο δήμος έχει έκταση 572,2 km<sup>2</sup> και αποτελείται από τα εξής δημοτικά διαμερίσματα:

1. Δημοτική ενότητα Δύμης, πληθυσμός 10.227
2. Δημοτική ενότητα Λαρισού, πληθυσμός 5.650
3. Δημοτική ενότητα Μόβρης, πληθυσμός 4.605
4. Δημοτική ενότητα Ωλενίας, πληθυσμός 5.434

Ο δεύτερος δήμος της περιοχής έρευνας μας είναι ο Δήμος Ερυμάνθου με πληθυσμό 8.877 κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή του 2011. Ο δήμος έχει έκταση 582,93 km<sup>2</sup> και η έδρα του βρίσκεται στην Χαλανδρίτσα. Αποτελείται από τα εξής δημοτικά διαμερίσματα:

1. Δημοτική ενότητα Καλεντζίου, πληθυσμός 380
2. Δημοτική ενότητα Λεοντίου, πληθυσμός 335
3. Δημοτική ενότητα Τριταίας, πληθυσμός 3.086
4. Δημοτική ενότητα Φαρρών, πληθυσμός 5.076

Καλό θα ήταν πριν προχωρήσουμε παρακάτω να δούμε κάποια πληθυσμιακά στοιχεία για τους δύο αυτούς δήμους. Τα στοιχεία αυτά αναφέρονται στην περίοδο 2001-2011.



Εικόνα 3.4.2: Δήμος Δυτικής Αχαΐας(Google Earth)



Εικόνα 3.4.3: Δήμος Δυτικής Αχαΐας(Όρια)

Δήμος	Πραγματικός πληθυσμός		Νόμιμος πληθυσμός		Μόνιμος πληθυσμός	
	2001	2011	2001	2011	2001	2011
Δυτικής Αχαΐας	31.275	26.055	33.276	30.293	29.608	25.916





Εικόνα 3.4.4: Δήμος Ερυμάνθου(Όρια)

Δήμος	Πραγματικός πληθυσμός		Νόμιμος πληθυσμός		Μόνιμος πληθυσμός	
	2001	2011	2001	2011	2001	2011
Ερυμάνθου	13.162	9.102	15.971	13.594	11.329	8.877

Να σημειωθεί πως οι δύο αυτοί δήμοι δεν ήταν πάντα έτσι όπως παρουσιάζονται σήμερα. Πρόκειται για σύνολο δήμων οι οποίοι συστάθηκαν με το πρόγραμμα Καλλικράτης. Ο δήμος Δυτικής Αχαΐας αποτελεί την συνένωση των δήμων Δύμης, Λαρισού, Μόβρης και Ωλενίας. Αντίστοιχα ο δήμος Ερυμάνθου συστάθηκε με τη συνένωση των δήμων Τριταίας και Φαρρών καθώς όμως, και των κοινοτήτων Καλεντζίου και Λεοντίου.

## 4.Επιφανειακή Υδρολογία

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα μελετήσουμε τον υδρολογικό κύκλο. Ο όρος αυτός εκφράζει την «κυκλική» κίνηση του νερού από τη θάλασσα στην ατμόσφαιρα κι από εκεί με τη μορφή ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων (βροχή, χιόνι, χαλάζι, κ.λπ.) στη γη όπου διαχωρίζεται και ένα μέρος του διαπερνά την επιφάνεια του εδάφους και κατεισδύει στο υπέδαφος, ένα μέρος του απορρέει και μέσω του υδρογραφικού δικτύου επιστρέφει πίσω στη θάλασσα και ένα μέρος του εξατμίζεται ή διαπνέεται από τα φυτά.

Το ισοζύγιο των επιφανειακών νερών ή υδρολογικό ισοζύγιο μιας συγκεκριμένη περιοχής προκύπτει από τη μελέτη του υδρολογικού κύκλου του νερού και πιο συγκεκριμένα από την ποσοτική προσέγγιση κάθε σκέλους του.

Για τη μελέτη του υδρολογικού ισοζυγίου μιας περιοχής απαιτείται η συγκέντρωση μια σειράς στοιχείων και συστηματικών μετρήσεων καθώς και η επεξεργασία και αλληλοσυσχέτιση των δεδομένων που αφορούν την κάθε παράμετρο του. Εκτός των βασικών στοιχείων που αφορούν την κάθε παράμετρό του. Εκτός των βασικών στοιχείων του υδρολογικού ισοζυγίου απαραίτητη είναι και η γνώση των εξερχομένων και των εισερχομένων ποσοτήτων νερού, υπόγεια και επιφανειακά, από γειτονικές περιοχές, οι καταναλωσόμενες ποσότητες νερού σε καλλιέργειες και άλλες χρήσεις κ.α.

### 4.1 Κλιματικά στοιχεία

Το κλίμα της περιοχής έρευνας, και ιδιαίτερα των παραθαλάσσιων περιοχών της, χαρακτηρίζεται από ήπιους χειμώνες, άφθονες βροχοπτώσεις, σχετικά μικρή νέφωση και μεγάλη ηλιοφάνεια. Η βορειοδυτική Πελοπόννησος, από την κλιματική ταξινόμηση της Ελλάδος κατά Thorntwaite (Καρράς, 1973), κατατάσσεται στις ζώνες με υγρό κλίμα όπου συνήθως οι βροχοπτώσεις υπερτερούν της εξατμισοδιαπνοής, με έλλειψη υγρασίας κατά το θέρος και γενικά μεγάλη θερμική δραστηριότητα δηλαδή μεγάλη προσφορά θερμικής ενέργειας με θερινό ποσοστό θερμικής δραστηριότητας 48% και κατά συνέπεια αυξημένο ποσοστό δυνητικής εξατμισοδιαπνοής.

Η ταξινόμηση των μετεωρολογικών παρατηρήσεων (βροχοπτώσεις, θερμοκρασία, υγρασία, εξατμισοδιαπνοή κ. α.), από τους φορείς που ασχολούνται με τη συλλογή τους, γίνεται είτε ανά ημερολογιακό είτε ανά υδρολογικό έτος.

Η θερμοκρασία αέρα και η κατανομή της είναι από τα κλιματικά στοιχεία που η γνώση τους είναι σημαντική κυρίως για τον υπολογισμό της εξατμισοδιαπνοής. Για τη θερμοκρασία αέρα υπάρχουν σύγχρονα διαθέσιμα στοιχεία από δύο μετεωρολογικούς σταθμούς που λειτουργούν στην περιοχή έρευνας. Ο ένας βρίσκεται στην περιοχή των Λουσιικών Αχαΐας, ενώ ο άλλος στην περιοχή Λάππα Αχαΐας. Παρακάτω παρατίθενται στοιχεία από τους δύο σταθμούς για τις χρονιές 2015-2016.

Πίνακας 4.1.1 : Στοιχεία Μετεωρολογικού Σταθμού Λουσικών (2015)

ANNUAL CLIMATOLOGICAL SUMMARY

NAME: Loussika, ELEV: 34 m LAT: 38deg 06min LONG: 21deg 48min

TEMPERATURE ( `C)

YR	MO	MEAN MAX	MEAN MIN	MEAN	HI	DATE	LOW	DATE	MAX >=32	MAX <=0	MIN <=0	MIN <=-18
15	01	14.8	3.0	8.6	20.1	22	-6.1	07	00	00	09	00
15	02	13.8	3.6	8.6	20.6	05	-3.9	12	00	00	08	00
15	03	17.1	6.7	11.8	23.3	26	1.4	19	00	00	00	00
15	04	20.7	7.3	14.1	26.8	18	2.1	11	00	00	00	00
15	05	26.4	11.5	18.9	30.9	22	8.2	13	00	00	00	00
15	06	29.2	14.9	22.4	33.9	15	10.7	02	06	00	00	00
15	07	33.8	19.0	26.7	38.8	21	14.9	02	26	00	00	00
15	08	33.6	19.3	26.6	37.8	31	12.9	29	26	00	00	00
15	09	30.4	16.7	23.4	35.4	01	14.4	17	11	00	00	00
15	10	24.3	13.7	18.8	27.7	04	5.3	26	00	00	00	00
15	11	20.9	8.2	14.1	23.4	17	2.1	04	00	00	00	00
15	12	16.6	2.5	8.6	19.7	03	-1.6	21	00	00	04	00
		23.5	10.5	16.9	38.8		-6.1		069	000	021	000

Πίνακας 4.1.2 : Στοιχεία Μετεωρολογικού Σταθμού Λουσικών (2016)

ANNUAL CLIMATOLOGICAL SUMMARY

NAME: Loussika, ELEV: 34 m LAT: 38deg 06min LONG: 21deg 48min

TEMPERATURE ( `C)

YR	MO	MEAN MAX	MEAN MIN	MEAN	HI	DATE	LOW	DATE	MAX >=32	MAX <=0	MIN <=0	MIN <=-18
16	01	15.1	4.8	9.9	20.3	06	-2.4	24	00	00	04	00
16	02	17.7	6.6	12.2	21.9	18	-2.0	07	00	00	02	00
16	03	17.5	6.7	11.9	24.4	22	2.0	26	00	00	00	00
16	04	23.5	9.3	16.4	27.7	19	5.1	27	00	00	00	00
16	05	24.5	11.1	18.0	30.3	31	7.7	07	00	00	00	00
16	06	31.3	16.7	24.1	39.6	22	12.2	01	13	00	00	00
16	07	33.0	18.5	26.2	35.8	14	16.1	17	15	00	00	00
16	08											
16	09											
16	10											
16	11											
16	12											
		23.2	10.5	17.0	39.6		-2.4		028	000	006	000

### Πίνακας 4.1.3 : Στοιχεία Μετεωρολογικού Σταθμού Λάππα (2015)

ANNUAL CLIMATOLOGICAL SUMMARY

NAME: Lappa, ELEV: 15 m LAT: 38deg 12min LONG: 21deg 42min

TEMPERATURE ( `C)

YR	MO	MEAN MAX	MEAN MIN	MEAN	HI	DATE	LOW	DATE	MAX >=32	MAX <=0	MIN <=0	MIN <=-18
15	01	14.3	5.2	9.7	20.6	22	-2.4	08	00	00	04	00
15	02	13.4	5.7	9.5	22.6	05	-1.7	12	00	00	02	00
15	03	16.3	8.9	12.5	19.4	31	3.6	14	00	00	00	00
15	04	19.8	9.9	14.9	25.6	18	4.5	11	00	00	00	00
15	05	25.4	14.1	19.8	31.4	07	10.9	03	00	00	00	00
15	06	28.2	17.2	23.0	31.9	12	14.2	03	00	00	00	00
15	07	33.5	21.5	27.7	38.8	21	18.1	03	20	00	00	00
15	08	33.2	22.0	27.6	38.3	01	16.8	29	19	00	00	00
15	09	29.9	19.2	24.5	35.3	18	15.8	27	09	00	00	00
15	10	24.1	15.3	19.6	26.8	07	8.7	27	00	00	00	00
15	11	20.6	10.3	15.2	23.2	11	4.9	04	00	00	00	00
15	12	15.9	4.6	9.9	19.8	03	1.3	19	00	00	00	00
		22.9	12.8	17.8	38.8		-2.4		048	000	006	000

### Πίνακας 4.1.4: Στοιχεία Μετεωρολογικού Σταθμού Λάππα (2016)

ANNUAL CLIMATOLOGICAL SUMMARY

NAME: Lappa, ELEV: 15 m LAT: 38deg 12min LONG: 21deg 42min

TEMPERATURE ( `C)

YR	MO	MEAN MAX	MEAN MIN	MEAN	HI	DATE	LOW	DATE	MAX >=32	MAX <=0	MIN <=0	MIN <=-18
16	01	14.7	6.4	10.7	19.8	05	0.5	25	00	00	00	00
16	02	17.5	9.0	13.2	24.2	18	0.4	07	00	00	00	00
16	03	17.2	8.7	12.8	24.2	22	3.2	28	00	00	00	00
16	04	23.0	11.6	17.2	29.9	19	5.8	27	00	00	00	00
16	05	24.3	13.0	18.8	30.3	30	9.5	07	00	00	00	00
16	06	30.5	18.3	24.4	38.4	22	14.8	11	10	00	00	00
16	07	32.5	20.8	26.9	35.7	05	18.1	18	13	00	00	00
16	08											
16	09											
16	10											
16	11											
16	12											
		22.8	12.5	17.7	38.4		0.4		023	000	000	000

Παρατηρώντας τα στοιχεία από τους μετεωρολογικούς σταθμούς για τα έτη 2015-2016, διακρίνουμε μέγιστη τιμή της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας κατά τους μήνες Ιούλιο (27,7) και Αύγουστο (27,6) ενώ η ελάχιστη κατά το μήνα Ιανουάριο (8,6).

Είναι ενδιαφέρον να συγκρίνουμε τα συγκεκριμένα στοιχεία με αυτά που αντλήσαμε από παλαιότερες χρονιές για την περιοχή. Για την περίοδο 1971-1980, από δεδομένα των μετεωρολογικών σταθμών (Πάτρας, Άραξου, Ανδραβίδας και Πόρτες), προκύπτει ότι η μέγιστη τιμή της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας παρατηρείται κατά τους μήνες Αύγουστο (25,7) και Ιούλιο (25,5) ενώ η ελάχιστη κατά το μήνα Ιανουάριο (9,3).

Πινακάς 4.1.5 : Μέσες μηνιαίες και μέση ετήσια θερμοκρασία αέρα σε (°C) για το χρονικό διάστημα 1971-1980 (Πηγή: ΞΕΝΟΦΩΝ Δ. ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ)

	ΣΕΠ.	ΟΚΤ.	ΝΟΕ.	ΔΕΚ.	ΙΑΝ.	ΦΕΒ.	ΜΑΡ.	ΑΠΡ.	ΜΑΙ.	ΙΟΥΝ.	ΙΟΥΛ.	ΑΥΓ.	Μ. ΕΤΟΥΣ
ΠΑΤΡΑ	22.9	18.1	13.9	10.8	9.6	10.7	12.7	14.8	20.0	24.1	25.8	25.9	17.4
ΑΡΑΞΟΣ	23.0	18.4	14.2	11.2	10.0	10.7	12.5	14.9	19.7	24.0	26.0	26.2	17.6
ΑΝΔΡΑΒ.	22.5	17.6	13.5	10.4	9.3	10.1	11.9	14.3	19.2	23.5	25.5	25.4	16.9
ΠΟΡΤΕΣ	22.3	18.1	13.5	10.2	8.2	9.1	11.8	13.9	17.8	24.8	24.8	25.1	16.5
Μ. ΟΡΟΙ	22.7	18.0	13.7	10.7	9.3	10.1	12.1	14.5	19.3	25.5	25.5	25.7	17.1

## 4.2 Βροχοπτώσεις

Όπως είναι γνωστό, τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα είναι το σύνολο του μετεωρικού νερού που φθάνει στην επιφάνεια της γης με οποιαδήποτε μορφή (βροχή, χιόνι, χαλάζι, δροσιά κ.λπ.) και αποτελούν την πιο σημαντική παράμετρο για τον υπολογισμό του υδρολογικού κύκλου ισοζυγίου μιας συγκεκριμένης περιοχής, γιατί είναι η μοναδική πηγή τροφοδοσίας σε νερό. Ο κυριότερος όγκος των κατακρημνισμάτων αποτελείται από το νερό των βροχοπτώσεων, οι μετρήσεις των οποίων γίνεται με βροχόμετρα ή βροχογράφους με τα οποία μετράται το ύψος βροχής σε mm. Οι χιονοπτώσεις και το χαλάζι για την περιοχή έρευνας αποτελούν σπάνιο φαινόμενο και δεν υπάρχουν στοιχεία μετρήσεων τους.

Το μέγεθος και η κατανομή των βροχοπτώσεων σε μια περιοχή βρίσκεται σε άμαση σχέση με σειρά παραγόντων όπως το τοπογραφικό ανάγλυφο, το γεωγραφικό πλάτος και η θέση ως προς τη θάλασσα, η μέση θερμοκρασία, η υγρασία, η διεύθυνση των ανέμων, η βλάστηση κ.α.

Για την κατάρτιση ενός αξιόπιστου και κατά συνέπεια αξιοποιήσιμου υδατικού ισοζυγίου είναι απαραίτητη η συγκέντρωση στοιχείων και μετρήσεων που αφορούν τις παραμέτρους που καθορίζουν την τελική ποσοτική εκτίμησή του.

Στην ευρύτερη περιοχή μελέτης σύμφωνα με τη μελέτη διαχείρισης και προστασίας υδατικών πόρων Δυτικής Αχαΐας (Σ. Χόνδρος & Συνεργάτες, Ξ. Σταυρόπουλος & Συνεργάτες), έχουν λειτουργήσει κατά καιρούς 13 μετεωρολογικοί σταθμοί διαφόρων υπηρεσιών. Στους σταθμούς αυτούς έχουν καταγραφεί μετεωρολογικές παρατηρήσεις για μικρό ή μεγάλο χρονικό διάστημα.

Από τους 13 μετεωρολογικούς σταθμούς οι 5 (Άραξος, Άρλα, Λουσικά, Πόρτες και Χαλανδρίτσα) είναι μέσα στα νότια της περιοχής μελέτης και οι υπόλοιποι 8 ( Ανδραβίδα, Κέντρο, Ξηροχώρι, Νεοχώρι, Αστέρι, Κούμαρη, Σιμόπουλο και Πάτρα) είναι κατανεμημένοι στην ευρεία περιοχή.

Όσον αφορά τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, η επεξεργασία των διαθέσιμων βροχομετρικών δεδομένων στη βάση της 15ετούς χρονικής περιόδου 1964- 1978, η οποία περίοδος κοινής λειτουργίας των περισσότερων σταθμών έδωσε τα στοιχεία του πίνακα 4.2.1.

Η περίοδος που συγκεντρώνει τον κύριο όγκο των βροχοπτώσεων είναι το εξάμηνο Οκτωβρίου – Μαρτίου, κατά την οποία παρατηρείται το ετήσιο ποσοστό βροχοπτώσεων να είναι 83,9% για την πεδινή περιοχή και 80,2% για την ημιορεινή περιοχή.

Πίνακας 4.2.1: Μέσος Ετήσιο Ύψος Βροχής (1964 – 1978)

Σταθμός (υψόμε.)	Πάτρα (1)	Αραξος (12)	Ανδραβίδα (15)	Κέντρο (82)	Άρλα (160)	Πόρτες (302)	Χαλανδρίτσα (380)	Νεοχώρι (550)	Μ.Ο
Μέσο ετήσιο ύψος βροχής	708,3	681,0	844,2	823,7	891,8	885,7	976,6	989,8	850,1

Σύμφωνα, όμως, με σύγχρονα δεδομένα τα οποία προκύπτουν από τους εξής βροχομετρικούς σταθμούς της περιοχής : Λάππα Αχαΐας (υψόμετρο 15 m.) και Λουσικά Αχαΐας (υψόμετρο 59 m.), το ετήσιο ύψος βροχής για τον πρώτο είναι 344,4 mm. , ενώ για τον δεύτερο 330,4 mm.

#### 4.3 Εξατμισοδιαπνόμενη

Μία από τις πιο σημαντικές παραμέτρους του υδρολογικού ισοζυγίου σε μια λεκάνη απορροής είναι η εξατμισοδιαπνόμενη. Αντιπροσωπεύει τις ποσότητες του νερού που επανέρχονται στην ατμόσφαιρα με τη συνδυασμένη δράση της εξάτμισης και της διαπνοής. Η εξάτμιση, συγκεκριμένα, είναι η διαδικασία μεταφοράς, με μορφή υδρατμών, του ύδατος από τις γήινες και υδάτινες επιφάνειες (θάλασσα, λίμνες, ποταμούς, έλη, έδαφος υγρές καλλιέργειες) στην ατμόσφαιρα με σύγχρονη κατανάλωση ηλιακής ενέργειας, απαραίτητης για την αλλαγή της φάσης του νερού από υγρή σε αέρια. Η δράση της διαπνοής, περιλαμβάνει τις διαδικασίες εκείνες με τις οποίες τον νερό μεταβαίνει από την υγρή στην αέρια φάση διαμέσου του σώματος των φυτών. Ο όρος που δόθηκε για την εξατμισοδιαπνόμενη αντιστοιχεί στην πραγματική εξατμισοδιαπνόμενη. Τα τελευταία χρόνια όμως, έχει εισαχθεί και ο όρος δυνητική εξατμισοδιαπνόμενη, η οποία στην ουσία είναι ένας κλιματικός δείκτης που δείχνει το όριο της εξατμισοδιαπνοής σε μια συγκεκριμένη περιοχή, αν η προσφορά του νερού κάλυπτε τις απώλειες από εξάτμιση και διαπνόμενη. Σύμφωνα, τώρα, με στοιχεία που προκύπτουν από υπολογισμούς που έγιναν στην περιοχή μελέτης μας, προκύπτει ότι στην πεδινή ζώνη παρουσιάζεται ποσοστό εξατμισοδιαπνοής 67,8%, ενώ η ημιορεινή ζώνη παρουσιάζει ποσοστό 62,6%.

#### 4.4 Κατείσδυση

Η κατείσδυση αποτελεί τη σημαντικότερη διεργασία για τον καθορισμό της υδροοικονομίας μια περιοχής γιατί συμβάλλει στην ανανέωση των αποθεμάτων των υπόγειων υδροφορέων. Αντιπροσωπεύει, δηλαδή το μέρος εκείνο των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων που διαπερνά την επιφάνεια του εδάφους και φθάνει στους υπόγειους υδροφορείς, προστιθέμενο στα αποθέματα των υπόγειων νερών και μετέχοντας στις κινήσεις τους υπόγειου νερού. Το κλάσμα εκείνο της κατείσδυσης, που εμπλουτίζει τελικά τα υπόγεια αποθέματα αναφέρεται και ως ενεργή ή ωφέλιμη κατείσδυση.

Η κατείδυση επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες κυριότεροι των οποίων είναι η ένταση και η κατανομή των βροχοπτώσεων, η λιθολογική σύσταση και η διαπερατότητα των εδαφών, η κλίση του εδάφους, η φυτοκάλυψη και η υγρασία του εδάφους.

Ο υπολογισμός της κατείδυσης στη μελετώμενη περιοχή, λόγω της δυσκολίας προσδιορισμού της από μετρήσεις, έγινε με βάση την εμπειρία που έχει δοθεί από την Ελληνική και τη διεθνή βιβλιογραφία. Εκτιμήθηκε δηλαδή, συγκριτικά με άλλες παραπλήσιες περιοχές, το ποσοστό από το νερό των βροχοπτώσεων που κατείδυει στο υπέδαφος και εμπλουτίζει τους υδροφορείς ορίζοντες (συντελεστής κατείδυσης). Τα στοιχεία έχουν αντληθεί από τη διδακτορική εργασία «ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΕΥΡΕΙΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΤΩ ΑΧΑΪΑΣ – ΜΑΝΩΛΑΔΟΣ (ΒΔ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ)» του ΞΕΝΟΦΩΝ ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΥ. Σαν κύριο στοιχείο συσχέτισης με άλλες περιοχές θεωρείται η λιθολογική σύσταση. Για την καλύτερη προσέγγιση του μεγέθους η μελετώμενη περιοχή διαχωρίστηκε σε:

- Ημιορεινή περιοχή: Περιλαμβάνει τη ζώνη εξάπλωσης του φλύσχη του όρους Μόβρη και χαρακτηρίζεται από σχετικά μεγάλες τοπογραφικές κλίσεις, σημαντική ανάπτυξη του υδρογραφικού δικτύου και αναπτυγμένη φυτοκάλυψη. Ο σχηματισμός του φλύσχη αποτελείται από λιθολογικές ενότητες (αργιλικό σχιστόλιθο, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή) με διαφορετικά λιθολογικά χαρακτηριστικά και διαφορετική συμπεριφορά ως προς την κατείδυση.

Αντίστοιχη περιοχή του Ελληνικού χώρου στην οποία έχει υπολογισθεί κατείδυση είναι το δυτικό τμήμα των βουνών της Κυπαρισσίας και της Μεσσηνίας. Πιο συγκεκριμένα έχει μελετηθεί, με τη χρήση φυσικών λυσιμέτρων (πηγές υπερπλήρωσης), η ενεργός κατείδυση σε δύο υδρογεωλογικές ενότητες αποτελούμενες από κροκαλοπαγή υπερκείμενα των αργιλικών σχιστόλιθων του φλύσχη της ζώνης Τριπόλεως. Η τιμή της ενεργού κατείδυσης που αντιστοιχεί στο σχηματισμό των κροκαλοπαγών και δίνεται από τους μελετητές σαν αντιπροσωπευτική είναι 21% (ΚΑΝΤΑΣ, ΤΗΝΑΙΚΟΣ, 1988).

Για τους αργιλικούς σχιστόλιθους και τους ψαμμίτες δεν υπάρχουν αντιπροσωπευτικά δεδομένα και στοιχεία από περιοχές του Ελληνικού χώρου. Προσεγγιστικά η κατείδυση στις περιοχές με εναλλασσόμενα στρώματα ψαμμιτών – αργιλικών σχιστόλιθων, θεωρείται ότι παίρνει τιμές 6-8%. Η ίδια, κατά προσέγγιση, τιμή αποδίδεται και στο φλύσχη του λόφου Λάκκα Ντράσα που αποτελείται από εναλλαγές αργιλικών σχιστόλιθων και ψαμμιτών.

- Λοφώδης περιοχή: Περιλαμβάνει το λόφο Μαύρα Βουνα και το λόφο Άγιος Αθανάσιος, χαρακτηριστικό των οποίων είναι η εξάπλωση των ασβεστόλιθων με μεγάλη διαπερατότητα, οι μέτριες τοπογραφικές κλίσεις, η μικρή ανάπτυξη υδρογραφικού δικτύου και η περιορισμένη φυτοκάλυψη. Με βάση τα στοιχεία αυτά και τη συσχέτιση τους με αντίστοιχες περιοχές του Ελληνικού χώρου όπου ο συντελεστής κατείδυσης έχει υπολογιστεί σε 45-50%, εκτιμάται ότι το ποσοστό των βροχοπτώσεων που κατείδυει στη λοφώδη περιοχή είναι 47% περίπου.
- Πεδινή περιοχή: Περιλαμβάνει το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής έρευνας και χαρακτηρίζεται από την επικράτηση των προσχώσεων και των χαλαρών αποθέσεων με μικρή έως μέτρια διαπερατότητα, πολύ μικρές κλίσεις, μικρή ανάπτυξη υδρογραφικού δικτύου και μέτρια φυτοκάλυψη. Σε αντίστοιχες περιοχές του Ελληνικού χώρου όπου υπήρχε δυνατότητα υπολογισμού της κατείδυσης με μετρήσεις, το ποσοστό της κατείδυσης υπολογίζεται σε 14,3%- 18%.

Από την αξιολόγηση και άλλων λιγότερο χαρακτηριστικών παραδειγμάτων εκτιμάται ότι το ποσοστό των βροχοπτώσεων που κατείδυει στην πεδινή περιοχή είναι 16% περίπου.

Το συνολικό ποσοστό του νερού των βροχοπτώσεων που κατείδυει στην περιοχή έρευνας υπολογίζεται με την αναγωγή των προσεγγιστικών ποσοστών ως προς την επιφάνεια της περιοχής στην οποία αντιστοιχούν, από όπου προκύπτει ότι η προσεγγιστική τιμή της κατείδυσης στην περιοχή έρευνας είναι 14,8% του συνόλου των βροχοπτώσεων.



#### 4.5 Επιφανειακές απορροές

Η επιφανειακή απορροή αντιπροσωπεύει το μέρος των κατακρημνισμάτων το οποίο, αφού πέσει στην επιφάνεια της γης και ένα μέρος του κατακρατηθεί για τη συμπλήρωση των αναγκών του εδάφους, παραλαμβάνεται από τους χείμαρρους και οδηγείται με τη βαρύτητα στους τελικούς αποδέκτες (θάλασσα, λίμνες). Ουσιαστικά η επιφανειακή απορροή ή απλά απορροή αναφέρεται στη ροή του νερού μέσα στο υδρόρευμα, που μπορεί να είναι ένα μικρός χείμαρρος ή ένας μεγάλος ποταμός.

Κυριότερος αποδέκτης των επιφανειακών απορροών της περιοχής μελέτης είναι ο ποταμός Πείρος, ο οποίος μαζί με τον ποταμό Παραπαίρο και τον ποταμοχείμαρρο Σερδίνη συγκεντρώνει τον κύριο όγκο των νερών που απορρέουν επιφανειακά στο ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης και καταλήγουν στην θάλασσα.

Άλλος αποδέκτης, αλλά μικρότερος από τους παραπάνω, είναι ο ποταμοχείμαρρος Λαρισσός στον οποίο συγκεντρώνονται οι επιφανειακές απορροές του μεγαλύτερου μέρους του δυτικού τμήματος της περιοχής. Στο νότιο τμήμα της περιοχής (Όρος Σκόλις) ο κύριος όγκος των απορροών συγκεντρώνεται από τους χείμαρρους Συσούλιας και Βυλισσός που καταλήγουν στην τεχνητή λίμνη του ποταμού Πηνειού. Το μέγιστο ποσοστό των απορροών της περιοχής αυτής καταλήγει στην λίμνες Στροφυλιά, Λάμια και Καλογερά.

Το υπόλοιπο υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής χαρακτηρίζεται από σημαντικό αριθμό χειμάρρων και υδατορεμμάτων περιοδικής ή περιστασιακής ροής.

Η απορροή μετράται σε μονάδες παροχής, π.χ.  $m^3/s$  ή  $l/s$ . Σύμφωνα με στοιχεία από τη Διπλωματική «Εκτίμηση της διακύμανσης της παροχής αιχμής σε λεκάνες της Πελοποννήσου με συγκριτική αξιολόγηση δύο διαδεδομένων μεθόδων της υδρολογίας πλημμυρών» του Χρήστου Αργυράκη, η παροχή αιχμής της λεκάνης του Πείρου υπολογίζεται σε :

Πίνακας 4.5.1: Παροχή αιχμής Ποταμού Πείρου

Λεκάνη απορροής ποταμού	T=20 έτη	T=50 έτη	T=100 έτη
Παροχή αιχμής Πείρου	616,4 $m^3/s$	852,7 $m^3/s$	1044,4 $m^3/s$

#### 4.6 Εκτίμηση υδρολογικού ισοζυγίου επιμέρους περιοχών

Οι υδρολογικές υπολέκανες στις οποίες βρίσκονται οι κοινότητες Χαραυγή, Σαντομέρι, Πόρτες, Βελίτσες, Μιχόι και Αγ. Νικόλαος Σπάτων, έχουν έκταση  $154 km^2$  περίπου και δέχονται  $140.885.000 m^3$  ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Οι επιφανειακές απορροές των λεκανών αυτών έχουν σαν τελικό αποδέκτη τον ποταμό Πηνειό και το ρέμα Βέργας που καταλήγει στη λιμνοθάλασσα Κοτυχίου.

Οι επιφανειακές απορροές υπολογίστηκε ότι ανέρχονται σε  $29.777.000 m^3$ , η εξατμισοδιαπνοή σε  $88.898.000 m^3$  και η κατείσδυση σε  $22.208.000 m^3$ .

Η βόρεια ακτή που περιλαμβάνεται μεταξύ της υδροκριτικής γραμμής του Βόλα και του Πατραϊκού κόλπου, έχει συνολική έκταση  $37,5 km^2$  και δέχεται  $31.248.000 m^3$  ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα. Στην περιοχή αυτή η εξατμισοδιαπνοή υπολογίστηκε ότι ανέρχεται σε  $20.217.000 m^3$ , η κατείσδυση σε  $5.299.000 m^3$  και η επιφανειακή απορροή σε  $5.731.000 m^3$ .

Έτσι λοιπόν, στις δύο προαναφερθείσες περιοχές, ο συνολικός όγκος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων ανέρχεται σε 172.133.000 m<sup>3</sup>. Η εξατμισοδιαπνοή είναι της τάξης των 109.115.000 m<sup>3</sup>, η κατείσδυση ανέρχεται σε 27.507.000 m<sup>3</sup> και η συνολική επιφανειακή απορροή είναι 35.508.000 m<sup>3</sup>. Η εκτίμηση των παραμέτρων που καθορίζουν την εικόνα του υδρολογικού ισοζυγίου της περιοχής που περιλαμβάνει τη λεκάνη του Πείρου, καθώς και την πεδινή περιοχή από την Κ. Αχαΐα μέχρι τα όρια του νομού Ηλείας είναι η ακόλουθη:

Πίνακας 4.6.1: Παράμετροι Υδρολογικού Ισοζυγίου Περιοχής Έρευνας

	Βροχοπτώσεις	Εξατμισοδιαπνοή	Κατείσδυση	Απορροή
Ποσότητα(m <sup>3</sup> x 106)	399,4	266,8	67,7	64,9
Ποσοστό %	100	66,8	17,0	16,2

Από το σύνολο των 2000 αρδευτικών γεωτρήσεων της περιοχής μελέτης, οι 1750 λειτουργούν στην περιοχή της λεκάνης του Πείρου και στην περιοχή Κ. Αχαΐας – Όρια νομού Ηλείας. Από τα διαθέσιμα στοιχεία προκύπτει ότι οι γεωτρήσεις αυτές αντλούν ετησίως 80.000.000 m<sup>3</sup>. Στην ποσότητα αυτή, αν πορστεθούν και τα άλλα 8.000.000 m<sup>3</sup> νερού για ύδρευση των Ο.Τ.Α. της περιοχής, της ΒΙ.ΠΕ.Π. και των υπόλοιπων βιομηχανικών και τουριστικών μονάδων, προκύπτει ότι σήμερα οι συνολικά αντλούμενες ποσότητες νερού ανέρχονται σε τουλάχιστον 88.000.000 m<sup>3</sup> ετησίως.

Έτσι φθάνουμε στο συμπέρασμα ότι το υδρολογικό ισοζύγιο της περιοχής είναι σοβαρά ελλειμματικό.

# 5. Γεωλογικά Στοιχεία

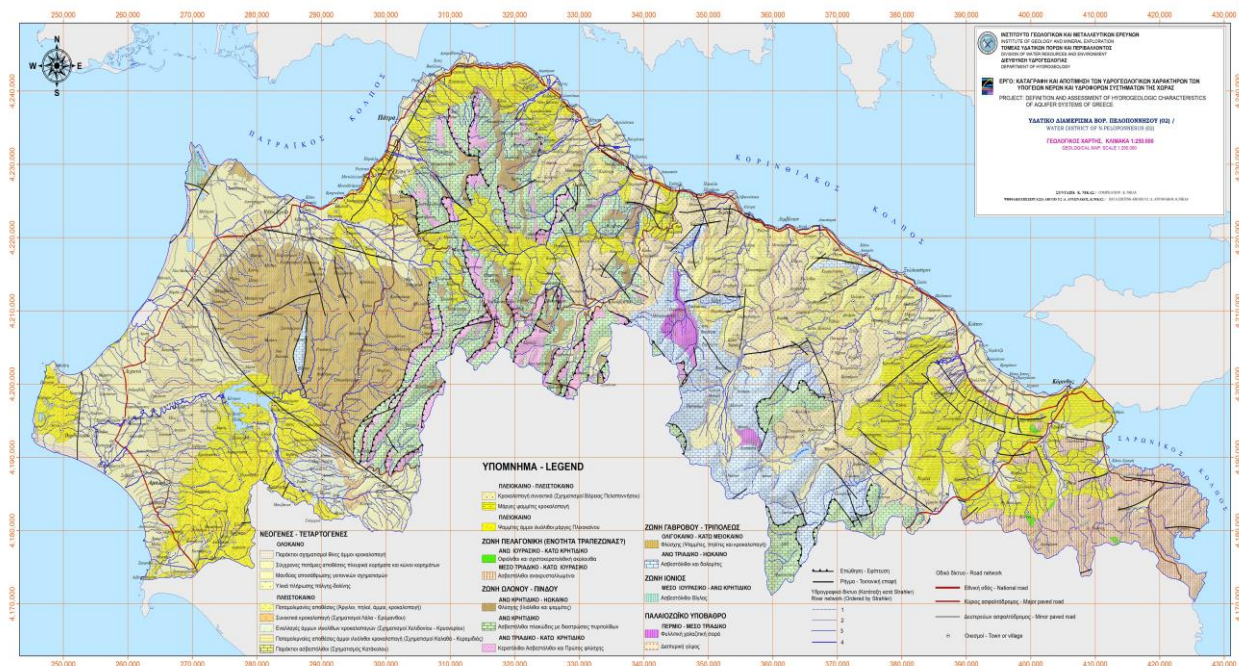
## 5.1 Γενικά

Σύμφωνα με την γεωτεκτονική διαίρεση του Ελληνικού χώρου, στην περιοχή έρευνας μας διακρίνονται οι γεωτεκτονικές ζώνες Ιόνιος, Γαβρόβου-Τρίπολης και Ωλονου-Πίνδου.

Η Ιόνιος ζώνη έχει αναγνωρισθεί στο μεγαλύτερο μέρος της Ηπείρου, στη Δυτική Στερεά, στη Βορειοδυτική Πελοπόννησο, στην Κρήτη και κατά ένα μέρος στα Ιόνια νησιά. Σύμφωνα με νεότερες απόψεις θεωρείται αυτόχθονη, πάνω στην οποία επωθήθηκαν οι πιο εσωτερικές ζώνες υπό μορφή καλυμμάτων. Στη ΒΔ Πελοπόννησο η Ιόνιος ζώνη εμφανίζεται στο τμήμα που αρχίζει από το ακρωτήριο Αραξος και επεκτείνεται μέχρι το νότιο μέρος των ακτών της Κυλλήνης.

Η ζώνη Γαβρόβου – Τριπόλεως βρίσκεται ανατολικά της Ιόνιας και προεκτείνεται με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ από την Ήπειρο προς την Πελοπόννησο όπου εμφανίζεται να περιβάλλεται τεκτονικά από τη ζώνη Ωλονού – Πίνδου. Ανήκει και αυτή στον παλαιογραφικό χώρο των εξωτερικών ελληνίδων και απαντάται συνήθως επωθημένη επί της Ιονίου ζώνης. Αποτελείται από το ύψωμα Γαβρόβου και το ύψωμα της Τρίπολης που παλαιότερα θεωρούνταν ανεξάρτητες περιοχές έως ότου ενταχτήκαν σε μία ζώνη (J. Descourt 1964). Σύμφωνα με τις αντιλήψεις της παγκόσμιας τεκτονικής η ζώνη Γαβρόβου – Τριπόλεως θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει παλιά. Αλπική ηπειρωτική πλατφόρμα με νηριτική ανθρακική ιζηματογένεση. Η ζώνη Γαβρόβου – Τριπόλεως εκτείνεται από τις ακτές της Αχαΐας μέχρι την Πύλο στη ΝΔ Πελοπόννησο.

Η ζώνη Ωλονού-Πίνδου αποτελεί το πιο τυπικό πολυπτυχωμένο κάλυμμα στον Ελλαδικό χώρο και είναι επωθημένη στη ζώνη Γαβροβου-Τριπόλεως. Εμφανίζεται στην Ήπειρο, στην κεντρική Στερεά, στην Πελοπόννησο, στην Κρήτη και στα Δωδεκάνησα. Σύμφωνα με τις νεότερες απόψεις για τη γεωλογική δομή του Ελλαδικού χώρου χωρίς να αμφισβητείται η παλαιογραφική θέση της ζώνης, υπάρχουν ερωτηματικά για το αν η ζώνη Ωλονού-Πίνδου αντιπροσωπεύει τον παλιό κατεστραμμένο ωκεανό της Γηθύος ή μια παλιά ηπειρωτική θάλασσα. Τα ιζήματα της ζώνης στην περιοχή εξάπλωσης τους συνιστούν λέπια που επιφεύουν το ένα το άλλο με διεύθυνση από Ανατολικά προς Δυτικά.



Χάρτης 7

Εικόνα 5.1.1 : Γεωλογικός Χάρτης Βόρειας Πελοποννήσου (ΙΓΜΕ, 2010)

Εν συνεχεία θα αναλύσουμε τα στρωματογραφικά, λιθολογικά και ορυκτολογικά χαρακτηριστικά των γεωλογικών σχηματισμών για την περιοχή της έρευνας.

## 5.2 Στρωματογραφία

Τα αλπικά ιζήματα της Ιόνιας ζώνης αρχίζουν με εβαπορίτες μέχρι το Ανώτερο Τριαδικό, το πάχος των οποίων υπολογίστηκε με γεωτρήσεις γύρω στα 1500 μ. Η τριαδική γύψος λόγω φαινομένων διαπριρισμού εξήλθε στην επιφάνεια μέσω ρηγμάτων και κατά την πτύχωση της ζώνης αποτέλεσε το «στρώμα σάπωνος» που προσέδωσε ολισθηρότητα και ευκινησία (ΜΑΡΑΤΟΣ, 1972). Ακολουθούν οι δολομίτες του Νορίου και οι νηριτικοί ασβεστόλιθοι του Δομμέριου που είναι γνωστοί στην βιβλιογραφία σαν «ασβεστόλιθοι του Παντοκράτορα» (RENZ, 1955).

Στο Άνω Λιάσιο η ζώνη διαφοροποιείται και διαχωρίζεται με τρία επιμήκη τμήματα από τα οποία το ενδιάμεσο αποκτά μεγάλο βάθος, ενώ τα πλευρικά έχουν μικρότερο. Στην αξονική περιοχή αποτίθενται κερατόλιθοι σε εναλλαγές με μαργαικούς ασβεστόλιθους και έγχρωμους αργιλικούς σχιστόλιθους που είναι γνωστοί σαν «σχιστόλιθοι με Posidonomyes» από τα απολιθώματα που περιέχουν.

Την ίδια περίοδο στα πλευρικά τμήματα αποτίθενται κόκκινοι ασβεστόλιθοι με αμμωνίτες, της φάσης *Ammonitico rosso*. Η διττή αυτή ιζηματογένεση διαρκεί όλο το Δογγέριο, ενώ στο Μάλμιο γίνεται κοινή σε όλο το πλάτος της ζώνης με την απόθεση πελαγικών ασβεστόλιθων με ενστρώσεις κερατόλιθων, που αναφέρονται με το όνομα «ασβεστόλιθοι Βίγλας». Η απόθεση τους συνεχίστηκε κατά το Κάτω και Μέσο Κρητιδικό έως και τα μέσα του Άνω Κρητιδικού (Σενώνιο) και έχουν συνολικό πάχος 400 μ. (ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, 1985).

Από το Ανώτερο Σενώνιο μέχρι και το Ηώκαινο η ιζηματογένεση συνεχίζεται με λατυποπαγείς ασβεστόλιθους με θραύσματα ρουδιστών και τρηματοφόρων. Στην αξονική περιοχή οι ασβεστόλιθοι χαρακτηρίζονται περισσότερο πελαγικοί με πάχος περίπου 400μ.

Από το Πριαμπόνιο (άνωτερο Ηώκαινο) αρχίζει η κλαστική ιζηματογένεση, που οφείλεται στην ανάδυση της οροσειράς της Πίνδου, και φθάνει μέχρι το Ακουιάνιο (Κατώτερο Μειόκαινο). Κατά την περίοδο αυτή δημιουργείται ο φλύσχος, η σύσταση του οποίου στα κατώτερα στρώματα είναι κυρίως ψαμμιτική – μαργαική και εξελίσσεται προς τα πάνω σε εναλλαγές μαργών και μαργαικών ασβεστόλιθων. Το συνολικό πάχος του υπολογίζεται ότι ξεπερνά τα 2000 μ. Κατά το τέλος αυτής της περιόδου εμφανίζονται οι πρώτοι ορογενετικοί παροξυσμοί και δημιουργούνται οι επί μέρους λεκάνες. Στη συνέχεια κατά το Βουρδιγάλιο (Κατώτερο Μειόκαινο) η Ιόνιος ζώνη αναδύεται.

Στη λιθοστρωματογραφική εξέλιξη της ζώνης Γαβρόβου-Τριπόλεως, προαλπικό υπόβαθρο αναφέρεται μόνο στην Πελοπόννησο και την Κρήτη. Πρόκειται για ημιμεταμορφωμένα πετρώματα, φυλλίτες, χαλαζίτες και πλακώδεις ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους γνωστούς με το όρο «Plattenkalk». Η ύπαρξη και η ηλικία του υποβάθρου έχει στηριχθεί σε απολιθώματα που βρέθηκαν στα πετρώματα και με λιθολογικές συγκρίσεις είχαν καταταγεί στο Λινανθρακοπέρμιο (Άνω Παλαιοζωικό). Η άποψη για προαλπική ηλικία των πετρωμάτων αμφισβητήθηκε έντονα αργότερα από άλλα απαλιοντολογικά τεκμήρια.

Μέχρι σήμερα έχουν διατυπωθεί πολλές απόψεις για το πρόβλημα των ημιμεταμορφωμένων πετρωμάτων και του προαλπικού υποβάθρου της ζώνης, παρ' όλα αυτά όμως παραμένει ανοιχτό σαν ένα από τα πιο βασικά προβλήματα των εξωτερικών Ελληνικών ζωνών (ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, 1985).

Κατά τους αλπικούς χρόνους η ζώνη χαρακτηρίζεται από τη συνεχή νηριτική ιζηματογένεση που άρχισε το Άνω Τριαδικό με δολομίτες και συνεχίστηκε αδιάκοπα όλο το Μεσοζωικό και το Τριτογενές μέχρι το Άνω Ηώκαινο με ασβεστόλιθους νηριτικούς, μαύρους ή σκοτεινούς

τεφρούς και μερικές φορές λατυπτοπαγείς, πολύ πλούσιους σε απολιθώματα. Το συνολικό πάχος των ανθρακικών ιζημάτων υπολογίζεται περίπου 1800 μ. αν και ορισμένοι το υπολογίζουν πάνω από 4000 μ. Μία μικρής διάρκειας διακοπή της συνεχούς ιζηματογένεσης πιθανολογείται μόνο στο Μέσο Ηώκαινο λόγω μερικών μικρών βωξιτικών εμφανίσεων.

Από το Ανώτερο Ηώκαινο άρχισε η απόθεση του φλύσχη που έληξε στο τέλος του Ολιγόκαινου με την πτύχωση (Σαβική φάση) και την οριστική ανάδυση της ζώνης (Δ. ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, 1985).

### **5.3 Μεταλτικοί σχηματισμοί**

Ένας από τους γεωλογικούς σχηματισμούς που απαντώνται στην περιοχή της Δυτικής Αχαΐας, είναι τα ιζήματα τεταρτογενούς ηλικίας. Στις περιοχές του Αλισσού, Κάτω Αλισού, Κάτω Αχαΐας, Νιφοραικά, λακκόπετρα, Άραξος, Μετόχι, Παραλία, Ροϊτικά, Μονοδένδρι, Βραχναίικα, Τσουκαλαίικα και Καμίγια τα παρατηρούμε ως παράκτιους σχηματισμούς αποτελούμενους από άμμο, οι οποίοι σχηματίζουν πολύ ευρύ ανάχωμα, με το ύψος του να φθάνει τα 10 m. ενώ το πλάτος του τα 1500 m. Επίσης συναντάμε σύγχρονες χειμαρρώδεις αποθέσεις αλουβιακών σχηματισμών. Οι προσχώσεις αυτές αποτελούνται από αργιλοαμμώδη συστατικά, κροκάλες και λατύπες. Σε πολλές περιοχές οι χειμαρρώδεις αναβαθμίδες φθάνουν μέχρι και τα 8 m. ψηλότερα από τις σημερινές κοίτες, αποτελούνται δε από κροκαλολατύπες και αργιλοαμμώδη υλικά. Οι αλουβιακές σχηματισμοί, αποτελούνται από πηλό ή αργιλοαμμώδη υλικά. Στους οικισμούς Άραξος, Μετόχι, Απιδεώνας, Λιμνοχώρι καθώς και στην ευρύτερη περιοχή γύρω από αυτούς κάνουν την εμφάνιση τους λιμνοθαλάσσιες, παραλίμνιες αποθέσεις και αποθέσεις τελμάτων αποτελούμενες από αργιλοαμμώδη υλικά. Οι θαλάσσιες υφάλμυρες και λιμναίες αποθέσεις, οι οποίες αποτελούνται από εναλλασσόμενα στρώματα με μάργες, αργίλους, αδρομερείς άμμους, λεπτόκοκκους ψαμμίτες, κροκαλοπαγή χαλαρής και συχνά ισχυρής συνοχής απαντώνται στις περιοχές της Χαλανδρίτσας, Δεμέστιχα, Λεοντίου και Σαραβαλίου. Τέλος στην κατηγορία των ιζημάτων τεταρτογενούς ηλικίας ανήκουν και τα αποσαθρώματα των γύρω σχηματισμών που συναντάμε σε αρκετές περιοχές της Δυτικής Αχαΐας.

Στην περιοχή έρευνας παρατηρούμε την ύπαρξη του σχηματισμού των παλιών τεταρτογενών αποθέσεων. Ο σχηματισμός αυτός αποτελείται κυρίως από πολυγενές, χαλαρό κροκαλολατυπτοπαγές υλικό, με ερυθρογή. Σε ορισμένες θέσεις, δε, συναντάμε παρεμβολές ερυθρής αργιλομιγούς άμμου. Οι αποθέσεις αυτές εμφανίζουν σχεδόν οριζόντια στρώση. Οι περιοχές που απαντάται ο σχηματισμός αυτός είναι το Αχαικό, τα Λουσικά, ο Αγ. Στέφανος, το Χαικάλι, το Βασιλικό, το Ίσωμα, το Φαραί, η Χαλανδρίτσα και το Σταρόχωρι. Επίσης, ερυθρή αργιλομιγής άμμος, η οποία είναι σχηματισμός αιολικής προέλευσης μικρού πάχους και έκτασης, συναντάται και στην περιοχή της Λακκόπετρας.

Εκτός, λοιπόν, των τεταρτογενών αποθέσεων, στην Δυτική Αχαΐα παρατηρείται η ύπαρξη ιζημάτων νεογενούς ηλικίας. Οι σχηματισμοί αυτοί είναι ψαμμίτες εύθρυπτοι, ψαμμούχοι άργιλοι και αργιλικές μάργες, υποκίτρινου έως τεφρού χρώματος με αραιές ενστρώσεις κροκαλοπαγών. Η λιθολογική φάση των σχηματισμών αυτών δεν είναι σταθερή, οι εναλλαγές δε των πιο πάνω υλικών δεν ακολουθούν κανόνες. Είναι αβαθείς θαλάσσιες ή μικρού βάθους αποθέσεις. Τα ιζήματα τεταρτογενούς και νεογενούς ηλικίας καταλαμβάνουν το βόρειο, βορειοδυτικό και δυτικό τμήμα της περιοχής έρευνας.

### **5.4 Φλύσχη**

Ο σχηματισμός του Φλύσχη, στην περιοχή μας κάνει την εμφάνιση του τόσο στην ζώνη Γαβρόβου – Τριπόλεως όσο και στην Ιόνια ζώνη. Ο φλύσχη που ανήκει στην ζώνη Γαβρόβου συναντάται στο νότιο ,νοτιοανατολικό τμήμα της περιοχής και αποτελείται από:

- Εναλλαγή λεπτών στρωμάτων μαργών και ψαμμιτών χρώματος φαιού έως τεφροφαιού μετά παρεμβολών ή στρωμάτων από κροκαλοπαγή ή αδρομερών ψαμμιτών.
- Κροκαλοπαγή, τα οποία προέρχονται από όλους τους ορίζοντες της στρωματογραφικής σειράς της ζώνης Ωλονού – Πίνδου και καταλαμβάνουν τα ανώτερα μέλη του φλύσχη.
- Εναλλαγές λεπτών στρώσεων από ψαμμίτες, μικρολατυποπαγή και πηλίτες. Το χρώμα του σχηματισμού αυτού είναι εν γένει καστανό. Στην κατηγορία αυτή μπορούμε να διακρίνουμε τέσσερα επιμέρους σύνολα που είναι τα ακόλουθα:
  1. Πηλίτες, ψαμμίτες και μικρολατυποπαγή
  2. Πηλίτες και κροκαλοπαγή, συναντώνται στη Φώσταινα, τα Άνω Σουδεναίικα, την Άρλα, τη Μιτόπολη και τη Χιόνα.
  3. Πηλίτες και κροκαλοπαγή με ακραίες ψαμμιτικές στρώσεις, απαντώνται στις περιοχές του Φλόκα, των Κριθαρακίων και του Κάτω Μαζαρακί.
  4. Πηλίτες με ακραίες ψαμμιτικές παρεμβολές μικρού πάχους.
- Φλύσχης Γαβρόβου- Τριπόλεως με ιλυόλιθους κυανούς, παρατηρείται στις περιοχές Πόρτες, Σαντομέριο και Βελιμάχιο.
- Φλύσχης Γαβρόβου – τριπόλεως που αποτελείται από μάργες ψαμμίτες, αργίλους με τέφρο έως τεφροκίτρινο χρώμα και συνεκτικά κροκαλοπαγή που άλλοτε βρίσκονται στην κορυφή και άλλοτε μέσα στη μάζα του φλύσχη.
- Ιλυολίθοι κυανοί με κροκαλοπαγή προς ανατολικά και με ψαμμίτες προς δυτικά, απαντώνται στις περιοχές της Αγίας Μαρίνας, του Σκιαδά, του Σκούρα και του Σταυροδρομίου.
- Ψαμμιτικός φλύσχη της ζώνης Γαβρόβου – Τριπόλεως, κυρίως με κροκάλες της σειράς Πίνδου και ιλυόλιθους με κροκάλες. Οι πάγκοι συχνά από 0,2 μέχρι και 2 m. μπορεί να φθάσουν και τα 15 μέτρα πάχους. Η ηλικία του ψαμμιτικού φλύσχη είναι κατώτερο ολιγόκαινο, βιοζώνη με *Globigerina sellii* και πάχος 2000 m. Τα απολιθώματα είναι ακόμα εκείνα της βιοζώνης με *Globigerina ampliaperartura*, με ηλικία κατώτερο ολιγόκαινο και πάχος 1000 m.
- Φλύσχης με ακανόνιστες εναλλαγές στρώσεων λεπτόκοκκων ψαμμιτών και πράσινων ιλυόλιθων. Φακοί κροκαλοπαγών με κροκάλες ασβεστολίθων κυρίως της σειράς Πίνδου και ψαμμιτικές αγνώστου προελεύσεως είναι βυθισμένοι μέσα στο φλύσχη και αναπτύσσονται πολύ προς τα Δυτικά. Μια λωρίδα πολύ ευδιάκριτη που ανήκει στο παραντοχθόν έλασμα, σχηματίζει το ανάγλυφο κάτω από τους τεμαχισμένους σχηματισμούς του μετώπου της επωθήσεως.

Ο φλύσχη, τώρα, της Ιονίου ζώνης συναντάται στην ευρύτερη περιοχή του ακρωτηρίου Μαύρης Μύτης. Συνιστάται από εναλλαγές λεπτών διαστρώσεων ανοικτοφαιών αργίλων, ψαμμιτών και μαργών. Στα ανώτερα μέρη του φλύσχη της Ιονίου ζώνης συναντώνται στρώματα από χονδροκόκκους ψαμμίτες και ψηφιτοπαγή πάχους 1-2 m.

Τέλος, την ενότητα της εξέτασης του σχηματισμού του φλύσχη θα την κλείσουμε αναλύοντας την παρουσία του στη ζώνη Ωλονού – Πίνδου. Εμφανίζεται σε στρώματα κυρίως ψαμμιτικά και σπανιότερα μαργαικά, που εναλλάσσονται με λεπτοπλακώδεις πελαγικούς ασβεστόλιθους, πάχους περίπου 50 m. Μέσα στις ασβεστολιθικές πλάκες παρατηρείται συχνά πυριπτικό υλικό μαύρου χρώματος. Δεν βρέθηκαν απολιθώματα μέσα στους ψαμμίτες και στις μάργες του φλύσχη. Κομμάτια απολιθωμάτων που βρέθηκαν μέσα σε ψαμμιτική στρώση δεν ήταν προσδιορίσιμα. Στη θέση Καταρράκτης που βρίσκεται στο 33 περίπου χλμ.

Του δημόσιου δρόμου Πάτρα – Καλαβρύτων, σε ασβεστολιθική στρώση πάχους 3 cm. , που παρεμβάλλεται στο φλύσχη, βρέθηκαν τα απολιθώματα του Ηώκαινου.

## 5.5 Ασβεστόλιθοι

Στην περιοχή της έρευνας μας, και συγκεκριμένα στην ευρύτερη περιοχή της λιμνοθάλασσας της Καλόγριας και στον Άραξο, συναντάμε ασβεστόλιθους. Ασβεστόλιθοι λευκοί ή ανοικτόφαιοι στρωματώδεις ή μεσοστρωματώδεις, μικρολατυποπαγείς, βιοκλαστικοί μεενστρώσεις λεπτόκοκκων πελαγικών ασβεστολίθων με πυριτόλιθους καθώς και πλακώδεις έως λεπτοπλακώδεις, υποκίτρινοι, λεπτοκρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι που εναλλάσσονται με λεπτές διαστρώσεις από πυριτόλιθους χρώματος τέφρου, φαιού ή ερυθρού.

Επίσης στην περιοχή του πετρωτού έχουμε την εμφάνιση πελαγικών ασβεστόλιθων. Οι σχηματισμοί αυτοί είναι λεπτοπλακώδεις έως μεσοστρωματώδεις με πάχος κάθε πλάκας που ξεπερνά τα 15 cm. , με παρεμβολές λεπτών στρώσεων από πυριτικό υλικό πάχους 1-2 cm. Στη βάση τους τα στρώματα των πελαγικών ασβεστολίθων είναι πλούσια σε πυριτικό υλικό που ελαττώνεται προοδευτικά και χάνεται τελικά στην κορυφή τους.

Ανοιχτόχρωμοι ασβεστόλιθοι και δολομίτες απαντώνται μόνο στο όρος Σκόλλης ( Σαντομέρι, Πόρτες, Χαραυγή).

Τέλος, μια ανεστραμμένη ασβεστολιθική σειρά παλαιοκαίνου – Κατ. Πριαμπόνιου, της σειράς Γαβρόβου – Τριπόλεως βρίσκεται μέσα στην κοιλάδα του Αλεποχωρίου και αποτελείται από ασβεστόλιθους με σφαιρικές Φλοσκουλίνες ( παλαιόκαινο – κατώτερο Ηώκαινο), ασβεστόλιθους με επιμήκεις Αλβεολίνες, στους οποίους επικάθεται ένα βωξιτικός ορίζοντας ( Λουτήσιο) και σκοτεινόχρωμους ασβεστόλιθους ( Λουτήσιο).

Οι σχηματισμοί των πλευρικών κορημάτων, επίσης, απαντώνται στην περιοχή της Δυτικής Αχαΐας. Ειδικότερα, στις περιοχές Σαντομέρι, Πόρτες και Χαραυγή παρατηρούνται τα κορήματα από λατυποπαγή κλιτύων συγκολλημένα από ένα ροδόχρωμο σύνθετο υλικό. Σε αντίθεση με τα παραπάνω, τα κορήματα νοτιοδυτικά της οροσειράς Σκόλλης της Ρουπακιάς και της Ερυμάνθειας είναι βούρμιες ηλικίας. Τα κορήματα της Ερυμάνθειας (παλαιοερυθρογή) παράγονται από διαδικασία πλευρικής ποτάμιας επιπέδωσης που δημιουργείται από την εναπόθεση κατά το Βούρμιο, την πρόσχωση και τη ροή σε μικρή απόσταση. Επίσης πλευρικά κορήματα απάντωνται στο Μιχόι και Βελίτσες. Συνοπτικά παρακάτω, θα παραθέσουμε τα υπόλοιπα είδη κορημάτων που συναντάμε στην περιοχή έρευνας:

- Πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων
- Παλαιοί και σύγχρονοι κώνοι κορημάτων, τα ορεινά συγκροτήματα Πύργου – Ερυμάνθειας (Ωλονού) και της Ράχης Γερακάρη είναι τα μόνα που καλύπτονται από κώνους κορημάτων που σκεπάζουν ειδικά την επάφή της σειράς Ωλονού – Πίνδου πάνω στη σειρά Τρίπολης μεταξύ Σκιαδά και Δροσιάς.
- Κορήματα πλευρικά και παλαιά, συγκολλημένα και κώνοι κορημάτων. Κοντά στον οικισμό Στροφίτσα περιοχής Γλαύκου βρέθηκαν κόκκινοι ασβεστόλιθοι ογκόλιθοι με διάμετρο έως 5 μ. , με πλούσια πανίδα από Αμμωνίτες και Κωνόδοντα. Επίσης, στην περιοχή παρατηρούνται και βασικά εκρηξιγενή.

## 5.6. Τεκτονική

Ένα από τα χαρακτηριστικά της τεκτονικής των ζωνών Ιόνιας και Γαβρόβου-Τρίπολης είναι τα μεγάλα εγκάρσια ρήγματα διαφόρων διευθύνσεων και ο σχηματισμός τεκτονικών κεράτων και τάφρων. Η δημιουργία των βυθισμάτων της ΒΔ Πελοποννήσου στα οποία αποτέθηκαν τα νεογενή ιζήματα έγινε στη μετάβαση Ολιγόκαινου-Μειόκαινου οπότε παρατηρήθηκε και η μερική ανάδυση των ζωνών.

Ο Ι. ΤΡΙΚΚΑΛΙΝΟΣ, (1954) ανάγει τη δημιουργία των τεκτονικών βυθισμάτων της Β. Πελοποννήσου σε τεκτονικά γεγονότα των προπλειοκαινικών χρόνων τα οποία ακολούθησε η διεύθυνση της πλειοκαινικής θάλασσας.

Οι J. AUBOUIN & J. DERCOURT (1962) παρατηρούν ότι το όρος Σκόλις είναι ένα εκτεταμένο αντίκλινο και δομείται από ανθρακικά ιζήματα της εξωτερικής ζώνης Γαβρόβου-Τριπόλεως που παρουσιάζουν δύο κύριες διευθύνσεις ρηγμάτων, Β 10° Δ και Β 55° Α.

Ο J. DERCOURT, (1964) παρατηρεί ότι ο λόφος Μαύρα Βουνά (ακρωτήριο Άραξος) παρουσιάζει το σχήμα αντίκλινου βυθιζόμενου ελαφρά με διεύθυνση Β-Ν. Το ανατολικό σκέλος του αντίκλινου παρουσιάζεται κατά θέσεις ελαφρά πτυχωμένο ενώ το δυτικό παρουσιάζεται ρηγματωμένο κατά τη διεύθυνση Β-Ν. Οι επιφάνειες των ρηγμάτων αυτών καθορίζουν το δυτικό μέτωπο του αντίκλινου προς τη θάλασσα.

Οι J. DERCOURT & J. FLEURY (1977) θεωρούν ότι στον παλαιογεωγραφικό χώρο της ζώνης Γαβρόβου-Τριπόλεως η απόθεση του φλύσχη γίνεται κανονικά πάνω στους νεότερους ασβεστόλιθους της Τρίπολης.

Οι D. RICHTER & Ι. MARIOLAKOS (1978) αμφισβητούν τις απόψεις των προηγούμενων συγγραφέων και τονίζουν ότι μετά το Μέσο προς το Ανώτερο Ηώκαινο στον χώρο του υβώματος της Τρίπολης εξεδηλώθησαν τεκτονικές κινήσεις με αποτέλεσμα την ανύψωση της περιοχής και την απόσυρση της θάλασσας πριν την έναρξη της Φλύσχογέννεσης, Το φαινόμενο συνοδεύτηκε από ρηγματογόνο τεκτονισμό και το σχηματισμό τεκτονικών κεράτων και βυθισμάτων. Κατά συνέπεια, με εξαίρεση των θέσεων όπου η ασβεστολιθική ιζηματογέννεση αντικαθίσταται βαθμιαία από την φλύσχη, ο φλύσχος επίκειται ασύμφωνα στην αποκαρστωμένη επιφάνεια των ασβεστολίθων.

Οι Η. ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ, Δ. ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & Ε. ΛΟΓΟΣ (1985) αναφερόμενοι στη γεωτεκτονική εξέλιξη της Πελοποννήσου, διακρίνουν δύο στάδια :

1. Το αλπικό που χαρακτηρίζεται από οριζόντια συμπίεση που έδρασε κατά το Ηώκαινο-Μειόκαινο και δημιούργησε ρήγματα διευθύνσεων Β-Ν και ΒΒΔ-ΝΝΑ και
2. Το μεταλπικό που χαρακτηρίζεται από οριζόντιες κινήσεις των τεκτονικών τεμαχίων.

Κατά τον Γ. ΚΑΜΠΕΡΗ (1987) η λεκάνη Κάτω Αχαΐας εμφανίστηκε στο Ανώτερο Πλειόκαινο, λόγω ανάδρασης αλπικών, κανονικών ρηγμάτων με διεύθυνση Α-Δ. Την ίδια γεωλογική περίοδο άρχισε η βύθιση της περιοχής βόρεια των σημερινών ακτών, από κανονικά ρήγματα Α-Ν και ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης μαρτυρίες των οποίων βρέθηκαν στους ορίζοντες των Τεταρτογενών.

Τα σεισμικά προφίλ που έγιναν από την ΔΕΠ παρουσίασαν ενδείξεις επιπτευτικού ρήγματος στο ύψος της νοητής γραμμής Κάτω Αχαΐα – Σαντόμερι, ιδιαίτερα στις εμφανίσεις του φλύσχη. Η επίπτευση επιβεβαιώνει τις απόψεις που έχουν αναφερθεί στην επώθηση του φλύσχη της ζώνης Γαβρόβου-Τριπόλεως πάνω στο φλύσχη της Ιόνιας.

Στη δομή του φλύσχη παρουσιάζονται στοιχεία δράσης ενός σύνθετου τεκτονισμού που είναι αποτέλεσμα επίδρασης εφελκυστικών και συμπιεστικών δυνάμεων . Στις εμφανίσεις του λόφου Λάκκα Ντράσα και του όρους Μόβρη και ιδιαίτερα στα ψαμμιτικά στρώματα παρατηρείται μία σειρά από κανονικά και ανάστροφα ρήγματα. Τα κανονικά ρήγματα παρουσιάζουν άλματα 20-40 εκ. και τα αντιθετικά 50-120 εκ.



Τα ιζημάτα της ζώνης Ωλόνου – Πίνδου λόγω της πλαστικότητας που τα χαρακτηρίζει είναι έντονα πτυχωμένα και λεπιωμένα. Η πλαστικότητα οφείλεται κυρίως στο μικρό σχετικό πάχος των επιμέρους στρωμάτων της, ενώ η λεπίωση στην ύπαρξη επιπέδων εσωτερικών ολισθησέων. Η αποκόλληση – διάρρηξη των λεπίων γίνεται μεταξύ των Άνω Κρητιδικών ασβεστολίθων και του υποκείμενου ορίζοντα των ραδιολαριτών.

Η γραμμή επώθησης ανάμεσα στη ζώνη της Πίνδου και την ζώνη Γαβρόβου-Τριπόλεως είναι εμφανής στην περιοχή Πλατανόβρυσης – Χαλανδρίτσας και Καλουσίου αλλά στο μεγαλύτερο μέρος της έχει καλυφθεί από νεότερους σχηματισμούς.

## 5.7 Παλαιογεωγραφία

Οι Π. ΨΑΡΙΑΝΟΣ (1951) και Η. ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΙΔΗΣ- Ν. ΣΥΜΕΩΝΙΔΗΣ (1965), αναφερόμενοι στις μεταλίκες απόθεσις της βορειοδυτικής Πελοποννήσου παρατηρούν εναλλαγές από θαλάσσιο, υφάλμυρο και χερσαίο περιβάλλον.

Ο J. DER COURT (1964), αναφερόμενος στην παλαιογεωγραφία του πλειοτεταρτογενούς της βορειοδυτικής Πελοποννήσου παρατηρεί ότι η ιζηματογένεση στη βάση είναι θαλάσσια με τάση να γίνεται ηπειρωτική προς την κορυφή. Το πέρασμα από τη μία φάση στην άλλη είναι αρκετά ομαλό και η απόθεση υλικών επηρεάστηκε κύρια από τη διεύθυνση ρηγμάτων και όχι από πτυχώσεις. Διακρίνει τρεις χαρακτηριστικές φάσεις:

- 1) Φάση του πλακεντίου. Χαρακτηρίζεται από επικράτηση λεπτόκοκκων μαργών στις οποίες παρεμβάλλονται μικρού πάχους στρώματα από αμμούχες μάργες. Η αφθονία των μαλακίων αποδεικνύει θαλάσσιο περιβάλλον απόθεσης μικρού βάθους. Η διάβρωση των αναδυμένων όγκων (Παναχαϊκό) φαίνεται να είναι πολύ περιορισμένη γιατί δεν παρατηρούνται κατά την περίοδο αυτή νέες αναδύσεις και οι ορεινοί όγκοι έχουν ήδη διαβρωθεί αρκετά με τη φλυσχογένεση που είχε προηγηθεί.
- 2) Φάση του Άστιου. Χαρακτηρίζεται από την απόθεση κορημάτων και αμμών σε λιμναίο περιβάλλον καθώς και από την μεγάλη έκταση των περιοχών απόθεσης των υλικών αυτών. Η αύξηση των αποθέσεων κλαστικού υλικού δείχνει αύξηση της διαβρώσεως που αποδίδεται σε νέα ανάδυση της ξηράς.
- 3) Φάση του Καλάβριου. Χαρακτηρίζεται από αποθέσεις αποτελούμενες αποκλειστικά από κροκαλοπαγή, από σχηματισμούς ηπειρωτικούς και σπάνια λιμναίους και από μεγάλη γεωγραφική εξάπλωση. Η έντονη διάβρωση των ορεινών όγκων οφείλεται στη συνεχή ανάδυση τους λόγω συμπίεστικών τεκτονικών δυνάμεων.

Γενικότερα ο J. DESCOURT αναφέρει ότι η παλαιογεωγραφία του Πλειοκαίνου είναι σχετικά όμοια με τη σημερινή και ολοκληρωτικά διαφορετική από αυτή του Μειοκαίνου. Η γεωγραφική εξάπλωση των πλειοτεταρτογενών σχηματισμών είναι τόσο μεγαλύτερη όσο λιγότερο θαλάσσιο είναι το περιβάλλον απόθεσης.

Ο Γ. ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ (1971), μελετά το νεογενές της Κυλλήνης και θεωρεί ότι η παλαιογεωγραφική εξέλιξη των μεσο-ανωπλειοκαινικών ιζημάτων είναι αρκετά σύνθετη. Διαπιστώνει διαδοχικά στάδια όπως θαλάσσιο, λιμναίο, παράκτιο, παλί θαλάσσιο και παράκτιο. Δέχεται ως αιτία των παλαιογεωγραφικών εναλλαγών την εκδήλωση ρηγματογόνου τεκτονισμού κατά το Μέσο Πλειόκαινο και τη δημιουργία στην περιοχή μιας αβαθούς τεκτονικής τάφρου στην οποία η θάλασσα διείσδυσε για μικρό χρονικό διάστημα.

Ο Η. ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ (1975), αναφέρει ότι κατά τη διάρκεια του Πλειόκαινου η βύθιση, οι διακυμάνσεις της στάθμης και η προσφορά κλαστικού υλικού βρισκόταν σε σχετική ισορροπία.

Σημαντικά στοιχεία για την παλαιογεωγραφική εξέλιξη της βορειοδυτικής Πελοποννήσου δίνονται από το Δ. ΚΑΜΠΕΡΗ (1987). Σύμφωνα με το συγγραφέα οι απόψεις που

αναφέρονται σε έναρξη της θαλάσσιας ιζηματογένεσης κατά το Ανώτερο Βουρδιγάλιο – Κατώτερο Τορτόνιο παραμένουν υπό αμφισβήτηση. Μέχρι το Ανώτερο Μειόκαινο πραγματοποιείται ιζηματογένεση ρηχής θάλασσας στις λεκάνες Αμαλιάδας και Πύργου, ενώ η περιοχή βόρεια του Πηνειού ποταμού είναι χέρσος.

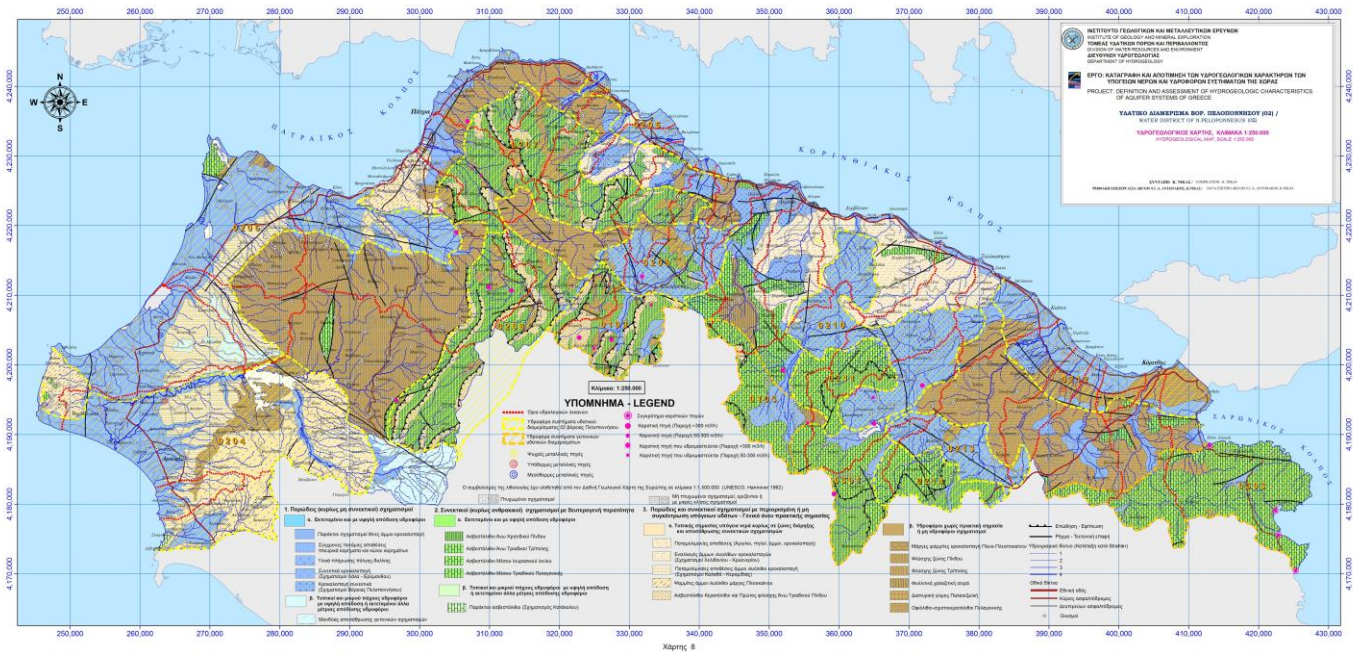
Η ρηξιγενής τεκτονική και η έντονη διάβρωση στο Μέσο Πλειόκαινο είχαν ως αποτέλεσμα την επανεμφάνιση, σε ορισμένες περιοχές (Ακρωτήριο Κουνουπέλι, Άραξος κ.ά.), των αλπικών ιζημάτων. Στο Ανώτερο Πλειόκαινο ιζηματογένεση πραγματοποιείται σε όλη τη βορειοδυτική Πελοπόννησο και η εππίκλυση της θάλασσας έχει ως αποτέλεσμα την απόθεση κροκαλοπαγών και άμμων στις μορφολογικά χαμηλότερες περιοχές. Στο τέλος του Πλειστόκαινου αρχές Ολόκαινου παρατηρείται ρηξιγενής τεκτονική φάση και εμφάνιση ελών, μερικά από τα οποία αποξηράνθηκαν πρόσφατα.

## 6.Υδρογεωλογικά Στοιχεία

Η υδρολιθική κατάταξη των γεωλογικών σχηματισμών και των πετρωμάτων έχει σχέση με την ικανότητά τους να επιτρέπουν την κυκλοφορία και την αποθήκευση νερού στα πρωτογενή ή δευτερογενή διάκενά τους. Η ιδιότητα αυτή προσδιορίζεται από δύο παραμέτρους, το πορώδες και την υδροπερατότητα.

Το ολικό πορώδες ενός πετρώματος είναι ο λόγος του όγκου των πόρων του προς το συνολικό όγκο του πετρώματος. Η υδρογεωλογική έννοια του ολικού πορώδους συνιστάται στο ότι εκφράζει το σχετικό όγκο του νερού που θα μπορούσε να αποθηκευτεί σε ένα πέτρωμα αλλά και να ελευθερωθεί με τις δυνάμεις της βαρύτητας ή της υδροστατική πίεσης. Τμήμα του ολικού πορώδους είναι το ενεργό πορώδες το οποίο αντιστοιχεί στον όγκο του ελεύθερου νερού που μπορεί να αποληφθεί με άντληση.

Υδροπερατότητα είναι η ιδιότητα των πετρωμάτων και των γεωλογικών σχηματισμών να επιτρέπουν την διακίνηση του νερού δια μέσου αυτών. Στα κοκκώδη πετρώματα και σχηματισμούς η υδροπερατότητα οφείλεται στο πρωτογενές πορώδες δηλαδή στους κενούς χώρους που υπάρχουν μεταξύ των κόκκων των πετρωμάτων. Το πρωτογενές πορώδες ρυθμίζεται κυρίως από το σχήμα και τη διάταξη των κόκκων των πετρωμάτων. Στα συμπαγή ή ρωγμώδη πετρώματα η υδροπερατότητα οφείλεται στο δευτερογενές πορώδες τους το οποίο είναι συνάρτηση της πυκνότητας και του μεγέθους των τεκτονικών και στρωματογραφικών ασυνεχειών τους (ρωγμές, διαρρήξεις, μεσοστρωματογραφικά διάκενα, στρώσεις κ.α) και της αναάπτυξης των καρστικών αγωγών.



Εικόνα: Υδρογεωλογικός Χάρτης ΙΓΜΕ Βόρειας Πελοποννήσου (ΙΓΜΕ, 2010)

### 6.1 Υδρολιθική κατάταξη των γεωλογικών σχηματισμών

Στην ευρεία περιοχή μελέτης διακρίνουμε τους γεωλογικούς σχηματισμούς και τα πετρώματα από πλευράς υδρολιθικής κατάταξης. Οι υδροπερατοί σχηματισμοί, οι ημιπερατοί σχηματισμοί και οι υδατοστεγανοί είναι αυτοί που απαντώνται στην περιοχή της έρευνάς μας.

Στους υδροπερατούς σχηματισμούς που εμφανίζονται στην περιοχή περιλαμβάνονται τα ανθρακικά πετρώματα της Ιονίου ζώνης, τα κροκαλοπαγή του φλύσχη του όρους Μόβρη και

οι άμμοι, τα χαλίκια, τα χαλαρά κροκαλοπαγή και οι εύθρυπτοι ψαμμίτες των Πλειοτεταρτογενών αποθέσεων της πεδινής ζώνης.

Στα ανθρακικά πετρώματα περιλαμβάνονται οι ασβεστόλιθοι των λόφων Μαύρα Βουνά και Άγιος Αθανάσιος. Η υδροπερατότητα οφείλεται κατά κύριο λόγο στο δευτερογενές πορώδες τους, στην ανάπτυξη του οποίου έχουν συντελέσει διάφοροι παράγοντες. Ένας από αυτούς είναι τα κύρια ρήγματα τα οποία αναπτύσσονται σε όλο τον όγκο του σχηματισμού με κύριες διευθύνσεις δυτικά – ανατολικά και έχουν συντελέσει στη διαμόρφωση του ανάγλυφου με μικρές χαραδρώσεις. Ο κατακερματισμός του πετρώματος, επίσης, συντελεί από πυκνό δίκτυο ρωγμών και διακλάσεων διαφόρων διευθύνσεων. Οι στρωσιγενείς επιφάνειες, με τη σειρά τους, που σε συνδυασμό με τον έντονο τεκτονισμό του σχηματισμού έχουν συντελέσει στη δημιουργία μεσοστρωματικών διακένων και η καρστική διεργασία που έχει υποστεί το πέτρωμα και έχει οδηγήσει στη δημιουργία καρστικών εγκοίλων και αγωγών από την κυκλοφορία κυρίως του νερού κατείσδυσης. Η υδροπερατότητα των κροκαλοπαγών του φλύσχη οφείλεται περισσότερο στο δευτερογενές πορώδες ( ρήγματα, ρωγμές, διακλάσεις, διάβρωση από τη ροή του νερού κ.α) και λιγότερο στο πρωτογενές το οποίο είναι μειωμένο λόγω της διαβάθμισης των κροκάλων και κυρίως λόγω της παρεμβολής του συνδεδετικού υλικού. Στην αύξηση της υδροπερατότητας του πετρώματος έχει συμβάλει και η καρστική διάβρωση που έχει υποστεί από τη ροή του νερού και τη διάλυση του ασβεστικού υλικού. Επίσης, στην υδροπερατότητα των ανθρακικών πετρωμάτων συντελούν και οι πλειοτεταρτογενείς αποθέσεις στην περιοχή μελέτης οι οποίες αποτελούνται από εναλλαγές στρωμάτων υδροπερατών, ημιπερατών και υδατοστεγανών πετρωμάτων. Στα υδροπερατά πετρώματα των αποθέσεων περιλαμβάνονται οι άμμοι, τα χαλίκια, οι χαλικομιγείς άμμοι, τα χαλαρά κροκαλοπαγή και οι εύθρυπτοι ψαμμίτες. Πρόκειται, λοιπόν, για κοκκώση πετρώματα των οποίων η υδροπερατότητα οφείλεται στο πρωτογενές πορώδες.

Εν συνέχεια, στους ημιπερατούς σχηματισμούς της περιοχής περιλαμβάνονται οι ψαμμίτες του φλύσχη, τα κορήματα του λόφου Μαύρα Βουνά και οι αργιλούχες άμμοι του Πλειοτεταρτογενούς.

Τα ψαμμιτικά στρώματα του φλύσχη εμφανίζονται σε μεγάλη έκταση στο όρος Μόβρη και σε μικρότερη στο λόφο Λάκκα Ντράσα. Η περατότητα των ψαμμιτών οφείλεται κυρίως στο δευτερογενές πορώδες που έχει δημιουργηθεί από τον έντονο κερματισμό τους και στις περιπτώσεις που παρουσιάζονται αμιγείς (στα ανώτερα στρώματα του φλύσχη του όρους Μόβρη) το πέτρωμα παρουσιάζει μεγάλη υδροπερατότητα. Στο μεγαλύτερο μέρος της εμφάνισης των ψαμμιτών η υδροπερατότητα τους μειώνεται λόγω της συχνής παρεμβολής αργιλομαργαϊκών ενδιστρώσεων.

Τα κορήματα, τώρα, εμφανίζονται με τη μορφή πλευρικών κορημάτων στην περίμετρο των ασβεστολίθων του όρους Μαύρα Βουνά και αποτελούνται από ασβεστολιθικές λατύπες και από αργιλοαμμώδες υλικό.

Οι αργιλούχες άμμοι συναντώνται κατά θέσεις σε όλη την έκταση της πεδινής ζώνης. Ας σημειωθεί ότι τα υδροπερατά πετρώματα του πλειοτεταρτογενούς πολύ συχνά παρουσιάζονται με προσμίξεις κυρίως αργιλικού υλικού, το οποίο μειώνει την υδροπερατότητά τους και τα καθιστά ημιπερατά.

Τέλος, στην περιοχή μελέτης μας διακρίνονται και οι υδατοστεγανοί σχηματισμοί. Σ' αυτούς περιλαμβάνονται οι αργιλικό σχιστόλιθοι, οι αργιλομάργες και ο μανδύας αποσάθρωσης του φλύσχη και οι μάργες, οι άργιλοι, οι πηλοί και η ερυθρογή του Πλειοτεταρτογενούς.

Οι αργιλικό σχιστόλιθοι και οι αργιλομάργες αποτελούν την κατώτερη λιθολογική ενότητα του φλύσχη που εμφανίζεται στο όρος Μόβρη και το λόφο Λάκκα Ντράσα. Παρά την παρουσία ψαμμιτικών ενδιστρώσεων πρόκειται για πρακτικά υδατοστεγανό σχηματισμό.

Ο μανδύας αποσάθρωσης του φλύσχη αναπτύσσεται σε σημαντική έκταση στην περίμετρο του όρους Μόβρη και του λόφου Λάκκα Ντράσα και αποτελείται από πολύμικτο υλικό με επικράτηση των αργιλικών συστατικών που προέρχονται κυρίως από την αποσάθρωση του

μητρικού πετρώματος της κατώτερης λιθολογικής ενότητας του φλύσχη (αργιλικό σχιστόλιθο).

Οι μάργες, οι άργιλοι, οι πηλοί και η ερυθρογή του Πλειοτεταρτογενούς αποτελούν χαρακτηριστικά υδατοστεγανά πετρώματα.

Συνήθως εμφανίζονται σε στρώματα πάχους 2- 20 m. που εναλλάσσονται με στρώματα από ημιπερατά και υδροπερατά πετρώματα.

## **6.2 Υπόγεια υδροφορία**

Στην περιοχή μελέτης, με βάση τη γεωλογική και υδρογεωλογική συμπεριφορά των σχηματισμών, η κίνηση του υπόγειου νερού πραγματοποιείται μέσω τριών κύριων υδροφόρων συστημάτων, τους προσχωματικούς, τους καρστικούς υδροφόρους και τους σχηματισμούς του φλύσχη.

### **Προσχωματική υπόγεια υδροφορία**

Η προσχωματική υδροφορία αναπτύσσεται στις υδροπερατές φάσεις των τεταρτογενών και πλειοπλειστοκαινικών αποθέσεων που αναπτύσσονται στο βορειοδυτικό και κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης. Πρόκειται για κοκκώδεις σχηματισμούς που αποτελούνται από λεπτομερή και αδρομερή υλικά και η υδροπερατότητα τους οφείλεται στο πρωτογενές πορώδες, το οποίο ρυθμίζεται από το σχήμα, την κοκκομετρική σύνθεση και τη δομή τους.

Σε γενική κλίμακα οι υδροφόροι των προσχωματικών σχηματισμών είναι ομοιογενείς και χαρακτηρίζονται από ικανοποιητικές υδραυλικές παραμέτρους.

Οι τεταρτογενείς σχηματισμοί είναι κυρίως αποθέσεις κοίτης χειμάρρων, σύγχρονες αλλουβιακές αποθέσεις και παλαιές τεταρτογενείς αποθέσεις, που αποτελούνται από αργιλοαμμώδη συστατικά, άμμους, χαλίκες και κροκάλες. Χαρακτηρίζονται από λιθολογική και στρωματογραφική ανομοιομορφία τόσο κατά την οριζόντια όσο και κατά την κατακόρυφη διεύθυνση. Η υδρογεωλογική τους συμπεριφορά εξαρτάται από την κοκκομετρία τους, το πάχος τους και την στρωματογραφική τους διάταξη. Εντός του σχηματισμού αναπτύσσονται φρεάτιοι υδροφόροι οριζόντες μεγάλης δυναμικότητας και τοπικού ενδιαφέροντος. Η δυναμικότητα του υδροφόρου συστήματος έχει άμεση σχέση με την επιφανειακή ροή των υδατορευμάτων και η τροφοδοσία τους πραγματοποιείται είτε με άμεση κατείσδυση των βροχοπτώσεων δια μέσου των επιφανειακών υδροπερατών στρωμάτων είτε με πλευρικές μεταγίσεις από τους γύρω σχηματισμούς. Στο σχηματισμό αναπτύσσεται ένα μεγάλο τμήμα της υπόγειας υδροφορίας της πεδινής ζώνης, η οποία έχει υποστεί και τη μεγαλύτερη εκμετάλλευση από φρέατα και μικρού σχετικά βάθους υδρογεωτρήσεις.

Οι πλειστοκαινικοί σχηματισμοί αποτελούνται από αργιλικές μάργες, ψαμμίτες και χαλαρά κροκαλολατυποπαγή. Εντός του σχηματισμού, ο οποίος παρουσιάζει λιθοστρωματογραφική ανομοιομορφία, αναπτύσσεται υπόγεια υδροφορία με τη μορφή επάλληλων υπό πίεση ή μερικώς υπό πίεση υδροφόρων οριζόντων. Η τροφοδοσία και η αναπλήρωση των ανωτέρω σχηματισμών από την άμεση κατείσδυση του νερού των βροχοπτώσεων γίνεται με δυσκολία λόγω των εναλλαγών των υδροπερατών και ημιπερατών στρωμάτων. Ο εμπλουτισμός του υδροφόρου γίνεται είτε με κατακόρυφη μετάγχιση από τον υπερκείμενο φρεάτιο υδροφόρο οριζόντα (Κουμαντάκης Ι., Σταυρόπουλος Ξ., 1992), είτε μέσω πλευρικών μεταγίσεων των ανθρακικών σχηματισμών που βρίσκονται στο βορειοανατολικό τμήμα της περιοχής.

Στη περιοχή της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Πείρου σημαντική έκταση καλύπτουν συνεκτικά κροκαλοπαγή που περιέχουν ενδρώσεις αμμούχων μαργών με ασβεστοψαμμιτικό συνδετικό υλικό. Ο σχηματισμός αποτελεί ενδιάμεσο στρώμα κατά την κίνηση του υπόγειου νερού από τους ασβεστόλιθους προς την πεδινή περιοχή του Πείρου και αποτελεί υδροφόρο

ορίζοντα σχετικά μεγάλου βάθους στην περιοχή Ισώματος, Φαρρών και Χαλανδρίτσας. (ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ Κ., 1995)

### **Καρστική υπόγεια υδροφορία**

Η καρστική υδροφορία στην περιοχή μελέτης αναπτύσσεται στους καρστικοποιημένους ανθρακικούς σχηματισμούς της ζώνης Ωλονού-Πίνδου, καθώς και της Ιονίου ζώνης που εμφανίζονται στους λόφους Μαύρα Βουνά και Αγίος Αθανάσιος.

Θα ασχοληθούμε πρώτα με την καρστική υδροφορία που εμφανίζεται στη ζώνη Ωλονού-Πίνδου. Πρόκειται, λοιπόν για ετερογενείς και ανισότροπους υδροφόρους ορίζοντες λόγω του δικτύου των ρωγμών και των αγωγών που αναπτύσσονται στο εσωτερικό τους. Το χαρακτηριστικό των καρστικών υδροφόρων είναι η μεγάλη εποχιακή διακύμανση της υδροστατικής τους επιφάνειας, η οποία οφείλεται στη μεγάλη μεταβιβαστικότητα τους και στη μικρή αποθηκευτικότητα που οδηγεί σε μικρή ικανότητα ρύθμισης της υπόγειας ροής. Κατά την υγρή περίοδο παρουσιάζουν μεγάλη κατακόρυφη μεταβολή της στάθμης τους ενώ αντίθετα την ξηρή περίοδο παρουσιάζουν μικρές μεταβολές με μια συνεχή καθοδική πτώση φορτίου. Η υδροπερατότητα του σχηματισμού είναι άμεση συνάρτηση του δευτερογενούς πορώδους, το οποίο εξαρτάται από το μέγεθος των ρωγμών και των τεκτονικών και στρωματογραφικών ασυνεχειών και το βαθμό αποκάστρωσης.

Στην περιοχή της ζώνης Ωλονού-Πίνδου η διάταξη των εναλλαγών των υδροπερατών ανθρακικών πετρωμάτων με ενδιάμεσους υδατοστεγανούς αργιλικούς και κερατολιθικούς σχηματισμούς, εμποδίζει την ανάπτυξη ενός ενιαίου καρστ με αποτέλεσμα να διαμορφώνονται ημιαυτόνομες ή αυτόνομες υδρογεωλογικές ενότητες. Επίσης, σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση των καρστικών υδροφόρων παίζει η λεπίωση και η έντονη πτύχωση στη ζώνη Ωλονού-Πίνδου. (ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ Κ., 1995).

Από τα στοιχεία της γεωτρητικής έρευνας (Σκαγιάς, Ι.Γ.Μ.Ε., 1988), προκύπτει ότι το επίπεδο βάσης των καρστικών υδροφόρων είναι είτε οι ραδιολαρίτες που παρεμβάλλονται στα ανθρακικά πετρώματα, είτε ο φλύσχος της ζώνης Γαβρόβου-Τριπόλεως επί του οποίου είναι επωθημένη η ζώνη της Ωλονού-Πίνδου, είτε ο λύσχος της ίδιας της ζώνης πάνω στον οποίο είναι εφιππευόμενοι οι ασβεστόλιθοι, είτε τέλος ο ίδιος ο ασβεστόλιθος όταν σε κάποιο βάθος βρίσκεται μη καρστικοποιημένος.

Η παρουσία τοπικών επιπέδων βάσης έχει ως αποτέλεσμα την εκφόρτιση των καρστικών υδροφόρων με τη μορφή πολυάριθμων πηγών σε διάφορα υψόμετρα. Ένα μεγάλο μέρος των πηγών της περιοχής ρέει ανεκμετάλλευτο και συντηρεί τη ροή των υδατορευμάτων του υδρογραφικού δικτύου, κατά τη μεγαλύτερη διάρκεια του υδρολογικού έτους.

Με βάση τη γεωλογική και γεωτρητική έρευνα (ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ Κ., 1995), προκύπτει ότι στην περιοχή είναι χαρακτηριστική η εμφάνιση υπόγειας υδροφορίας στο βάθος των 20-25 m. και η συχνή παρουσία τεχνικών προβλημάτων στις γεωτρήσεις από τη διόγκωση ή μετακίνηση αργιλικών υλικών και την κατάπτωση τεμαχίων πετρωμάτων. Επίσης κατά τόπους οι στρωματογραφικές και τεκτονικές συνθήκες εξασφαλίζουν την ύπαρξη εγκλωβισμένων καρστικών νερών, των οποίων η ανανέωση είναι δύσκολη με αποτέλεσμα την αρχικά μεγάλη παροχή της γεώτρησης να διαδέχεται η γρήγορη εξάντληση.

Στην περιοχή μελέτης (ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ Κ., 1995), και πιο συγκεκριμένα στο πεδινό τμήμα της υδρολογικής λεκάνης του ποταμού Πείρου, από μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε περιόδους που αντιστοιχούν σε υψηλή και χαμηλή στάθμη δύο υδρολογικών ετών (1991-1993) προκύπτει ότι:

- Δεν παρατηρούνται αρνητικές τιμές της πιεζομετρίας, πράγμα που υποδηλώνει τη συνεχή τροφοδοσία των υδροφόρων συστημάτων από τις βροχοπτώσεις και από πλευρικές μεταγγίσεις. Στην περιοχή της Χαλανδρίτσας είναι χαρακτηριστική η

τροφοδοσία του σχηματισμού από τους ασβεστολιθικούς υδροφόρους που βρίσκονται ανάντη της περιοχής.

- Στην περιοχή της ΒΙΠΕΠ (Βουδούρης Κ., 1995), παρατηρείται ένας εκταταμένος κώνος κατάπτωσης της υδροστατικής στάθμης και η δημιουργία μιας «ψευδομόνιμης» κατάστασης (quasi steady state). Η ταπείνωση της πιεζομετρικής επιφάνειας, είναι αποτέλεσμα της υπεράντλησης των υπόγειων υδροφόρων μέσω των γεωτρήσεων, με σκοπό την κάλυψη των βιομηχανικών αναγκών.

Οι ασβεστόλιθοι, τώρα, του λόφου Μαύρα Βουνά στη μεγαλύτερη του έκταση τόσο σε βάθος όσο και περιμετρικά δεν συναντώνται με υδατοστεγανό πέτρωμα. Περιμετρικά (εκτός από τη νότια και νοτιοανατολική του πλευρά) ο σχηματισμός περιβάλλεται από θάλασσα και τη λίμνη Καλογερά. Από τα νότια-νοτιοανατολικά του από τους ημιπερατούς χαλαρούς σχηματισμούς του πλειοτεταρτογενούς και κατά ένα τμήμα του από τη λιμοθάλασσα Πρόκοπος.

Το νερό των βροχοπτώσεων που, σε μεγάλο μέρος του, κατεισδύει στο εσωτερικό των ασβεστόλιθων δεν είναι δυνατό να συγκρατηθεί και να δημιουργήσει καρστικό εκμεταλλεύσιμο υδροφόρο ορίζοντα. Η διαφυγή του νερού που κατεισδύει γίνεται στο μεγαλύτερο μέρος του προς τη θάλασσα και τις λίμνες Καλογερά και Στροφυλιά δια μέσου υποθαλάσσιων και παραλίμνιων πηγών και σε σχηματισμούς των πλειοτεταρτογενών αποθέσεων.

Ας σημειωθεί ότι στην περιοχή που καλύπτεται από τα ανθρακικά πετρώματα δεν υπάρχει κανένα υδρομαστευτικό έργο (γεώτρηση ή πηγάδι) από τα στοιχεία του οποίου θα μπορούσαν να επιβεβαιωθούν τα παραπάνω. Γεωτρήσεις βάθους 100-150 μ. που έχουν ανορυχθεί στη γειτονική περιοχή του οικισμού Άραζος, σε απόσταση 500-600 μ. από τα όρια του λόφου Μαύρα Βουνά, δεν έχουν συναντήσει το ασβεστολιθικό υπόβαθρο.

### **6.3 Εκτίμηση των σημερινών και των μελλοντικών αναγκών σε νερό**

Σύμφωνα με τα στοιχεία που παρατίθενται στη μελέτη διαχείρισης και προστασίας υδατικών πόρων Δυτικής Αχαΐας (Σ. Χόνδρος & Συνεργάτες, Ξ. Σταυρόπουλος & Συνεργάτες), προκύπτει ότι οι σημερινές ανάγκες της περιοχής μελέτης σε νερό, καθώς και η μελλοντική πρόβλεψη των ετήσιων αναγκών σε νερό και η αντίστοιχη κατανάλωση διαμορφώνονται ως εξής:

#### **A. Σημερινές ανάγκες σε νερό**

1. Υδρευτικές ανάγκες	4.551.550 m <sup>3</sup> / έτος
2. Αρδευτικές ανάγκες	120.000.000 m <sup>3</sup> / έτος
3. Βιομηχανικές ανάγκες	3.044.823 m <sup>3</sup> / έτος
4. Τουριστικές ανάγκες	53.028 m <sup>3</sup> / έτος
5. Συνολικές ανάγκες	127.649.401 m <sup>3</sup> / έτος

#### **B. Μελλοντική πρόβλεψη ετήσιων αναγκών σε νερό**

1. Υδρευτικές ανάγκες	6.760.530 m <sup>3</sup> / έτος
2. Συνολικές ανάγκες	181.000.000 m <sup>3</sup> / έτος
3. Βιομηχανικές ανάγκες	6.000.000 m <sup>3</sup> / έτος
4. Τουριστικές ανάγκες	84.772 m <sup>3</sup> / έτος

#### 6.4 Ποιοτικές συνθήκες υπόγειων νερών

Στην συγκεκριμένη ενότητα θα παραθέσουμε ορισμένα στοιχεία για την ποιότητα των υπόγειων της περιοχής από προηγούμενες έρευνες. Στο τέλος θα μπορέσουμε να τα συγκρίνουμε με τα στοιχεία από τη δικιά μας μελέτη.

- Περιοχή Χαλανδρίτσας – Πλατανόβρυσης – Βόλα

Για την περιοχή δεν υπάρχουν πλήρη και αναλυτικά στοιχεία υδροχημικών αναλύσεων από τη μελέτη των οποίων θα προέκυπτε η εικόνα της ποιοτικής κατάστασης των υδατικών πόρων. Από τις αναφορές που υπάρχουν σε γενικότερες εκθέσεις προκύπτει ότι:

Στην ημιορεινή περιοχή Χαλανδρίτσας – Πλατανόβρυσης η ποιοτική κατάσταση των υπόγειων νερών είναι καλή και δεν έχουν παρατηρηθεί φαινόμενα ποιοτικής υποβάθμισης τους. Στη βόρεια παράκτια ζώνη από Μιντιλόγλι μέχρι Αλισσό, τα υπόγεια νερά, σε όσες περιπτώσεις έχουν γίνει χημικές και μικροβιολογικές αναλύσεις κρίνονται κατάλληλα για ύδρευση. Ειδικά στην παράκτια ζώνη, λόγω της σχετικά έντονης οικιστικής ανάπτυξης, αναμένεται επιβάρυνση της ποιότητας των υπόγειων νερών.

- Περιοχή λεκάνης Πείρου – Παραπείρου

Τα στοιχεία για την ποιοτική κατάσταση των υπόγειων και επιφανειακών νερών είναι περιορισμένα. Τα περισσότερα προκύπτουν από προσδιορισμούς της καταλληλότητας των νερών για ύδρευση και άρδευση που έχουν γίνει από τη Δ.Ε.Β. Βασικό στοιχείο που καθορίζει την ποιοτική κατάσταση των υπόγειων νερών της λεκάνης είναι η ποιότητα των νερών των ποταμών Πείρου και Παραπείρου. Οι περισσότερες γεωτρήσεις έχουν διατρήσει γεωλογικούς σχηματισμούς οι οποίοι τροφοδοτούνται πλευρικά από τους Πείρο και Παραπείρο. Στην κοινότητα Λουσιικών σε γεώτρηση βάθους 115 μ. που έχει γίνει το 1988 στην τοποθεσία Αγ. Γεώργιος, το νερό από χημικής απόψεως έχει κριθεί ακατάλληλο για ύδρευση. Πρόβλημα ποιότητας και καταλληλότητας για ύδρευση υπάρχει επίσης στο νερό της κοινοτικής γεώτρησης Αγ. Στεφάνου.

- Ενότητα Κομποβουνίο – όρους Μόβρη

Η χημική σύσταση των νερών των γεωτρήσεων που έχουν ανορρυχθεί στις παρυφές του όρους Κομποβουνίου και του όρους Μόβρη καθώς και των νερών των πηγών που αναβλύζουν στη γεωγραφική τους περιοχή χαρακτηρίζονται από σχεδόν ομοιογενή υδροχημικό τύπο είναι δηλαδή στο σύνολό τους έντονα οξυανθρακικά – ασβεστούχα. Όπως προκύπτει από τη χημική τους σύσταση, πρόκειται για νερά πολύ καλής έως καλής ποιότητας. Ο χρόνος παραμονής των νερών αυτών στο υπέδαφος δεν είναι μεγάλος και η ανανέωση τους από τις βροχοπτώσεις είναι συνεχής.

- Ενότητα όρους Σκόλις

Τα στοιχεία υδροχημικών αναλύσεων για την περιοχή είναι περιορισμένα. Από την αξιολόγηση των γεωλογικών – υδρογεωλογικών συνθηκών και την αξιοποίηση των περιορισμένων δεδομένων προκύπτει ότι τα υπόγεια νερά αναμένεται να είναι καλής ποιότητας χωρίς προβλήματα επιβαρύνσεών τους από εξωγενείς παράγοντες.

- Ενότητα λόφου Μαύρα Βουνά (Αραξος)

Στα πλαίσια παλαιότερης έρευνας είχε πραγματοποιηθεί σειρά ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας (E.C.) κατά μήκος των ακτών των λιμνών Πρόκοπος και Καλόγρια (Λάππας).



Οι τιμές της (E.C.) που καταγράφηκαν υποδηλώνουν έντονα υφάλμυρο νερό που βέβαια δεν αποδίδεται στον υδροχημικό τύπο της καρστικής υδροφορίας διότι οι μετρήσεις έγιναν όταν το νερό των αναβλύσεων από το σύστημα των ασβεστόλιθων του λόφου είχε ήδη προσμιχθεί με το λιμνοθαλάσσιο νερό.

- Περιοχή κάμπου δυτικής Αχαΐας

Από την πρώτη αξιολόγηση των διαθέσιμων υδροχημικών στοιχείων είναι προφανές ότι τα υπόγεια νερά της περιοχής δεν παρουσιάζουν ομοιογενή χαρακτήρα ως προς τη χημική τους σύσταση αλλά διαφοροποιούνται σημαντικά κατά ζώνες.

Στην εσωτερική ζώνη πρόκειται για νερά των οποίων η ποιότητα έχει, σε μικρό βαθμό υποβαθμιστεί κυρίως από την υπέρμετρη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων. Σε ορισμένες θέσει λόγω τοπικών ρυπάνσεων των υπόγειων νερών παρατηρείται επικράτηση των ιόντων  $\text{Na}^+$  και  $\text{K}^+$ .

Στην παράκτια ζώνη, η γενικά εικόνα είναι ότι τα υπόγεια νερά της περιοχής έχουν υποστεί σημαντική ποιοτική υποβάθμιση που έχει αλλοιώσει σε μεγάλο βαθμό τη χημική τους σύσταση. Κατά θέσεις και ιδιαίτερα στη βόρεια παράκτια ζώνη (Νιφοραίικα – Λακκόπετρα – Άραξος) παρατηρείται σημαντική αύξηση της συγκέντρωσης των ιόντων  $\text{Na}^+$  και  $\text{K}^+$ .

Η ποιοτική υποβάθμιση αποδίδεται σε δύο παράγοντες ανθρωπογενούς προέλευσης, την υπαλμύρωση των υδροφόρων οριζώντων από τη διείσδυση θαλασσίνου νερού και τη ρύπανση τους κυρίως από τη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων.

## 6.5 Ποιοτικές συνθήκες επιφανειακών νερών

Αναλυτικά στοιχεία και συστηματικές μετρήσεις σχετικά με την ποιοτική κατάσταση των επιφανειακών νερών της περιοχής δεν υπάρχουν ή είναι πολύ περιορισμένα.

Τα νερά των Πείρου – Παραπείρου – Σερδίνη έχουν υποστεί σημαντική ρύπανση η οποία προέρχεται από τις βιομηχανίες που είναι εγκατεστημένες στη βιομηχανική ζώνη. Η ρύπανση των νερών των ποταμών έχει από παλαιότερα δημιουργήσει σημαντικά προβλήματα με ακραίες καταστάσεις, όπως η δυσσομία και αλλαγή του χρώματος των νερών. Στη διάδοση της ρύπανσης στα νερά των ποταμών έχουν συντελέσει και οι επεκτάσεις των καλλιεργειών. Επίσης οι αμμοληψίες από τις κοίτες έχουν ως αποτέλεσμα την καταστροφή της ποτάμιας και παραποτάμιας βλάστησης.

Η ρύπανση των νερών του Λαρισσού συντελείται κυρίως από τα αγροχημικά που χρησιμοποιούνται ευρέως στη λεκάνη απορροής του και από τα απόβλητα ελαιοτριβείων.

## 6.6 Πηγές ρύπανσης υδατικών πόρων

Στην περιοχή οι κύριες πηγές ρύπανσης των υδατικών πόρων είναι:

1. Η χρήση αζωτούχων, φωσφορικών και θειούχων λιπασμάτων η οποία είναι συστηματική, εντατική και ανεξέλεγκτη με αποτέλεσμα σημαντικές ποσότητες τους να μην απορροφώνται από τα καλλιεργούμενα φυτά και να καταλήγουν στα επιφανειακά και στα υπόγεια νερά.
2. Η χρήση φυτοφαρμάκων όπως τα εντομοκτόνα, τα μυκητοκτόνα και τα ζιζανιοκτόνα, η οποία επίσης είναι εντατική και ανεξέλεγκτη με αποτέλεσμα τα περισσεύματά τους και τα προϊόντα αποδόμησης των δηλητηριωδών ουσιών που περιέχουν να καταλήγουν άμεσα ή έμμεσα στα επιφανειακά και στα υπόγεια νερά.

3. Οι βιομηχανικές δραστηριότητες στην περιοχή μελέτης οι οποίες είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένες στη ζώνη ανατολικά της Κάτω Αχαΐας. Αφορά κυρίως τα επιφανειακά νερά και ειδικά τα νερά των ποταμών Πείρου και Παραπείρου.
4. Η ρύπανση των νερών από τη βιομηχανική ζώνη αφορά κυρίως τα επιφανειακά νερά και ειδικά τις απορροές των ποταμών Πείρου και Παραπείρου.
5. Τα υγρά απόβλητα («λιζούμια» ή «κατσιγάρος») των ελαιολιτριβείων. Η επιβάρυνση των υδατικών πόρων από αυτά τα απόβλητα εντοπίζεται κυρίως σε οργανικές ουσίες όπως αζωτούχες ενώσεις, οργανικά οξέα κ.α. και σε ανόργανες ουσίες όπως άλατα καλίου, φωσφορικά κ.α.
6. Η ανεξέλεγκτη διάθεση στερεών αποβλήτων.

## 7. Υδροχημικά στοιχεία

Στο παρών κεφάλαιο θα γίνει η παρουσίαση των πειραματικών αποτελεσμάτων των υδροχημικών αναλύσεων που παρατηρήθηκαν στα δείγματα από τα υπόγεια και τα επιφανειακά νερά της περιοχής έρευνας. Για την γραφική απεικόνιση των παραπάνω, καθώς και για την δημιουργία χαρτών χρησιμοποιήθηκαν τα εξής προγράμματα:

QGIS 2.12.1, Arcmap 10.1, Surfer 11 και το πακέτο υδροχημικών αναλύσεων Aquachem 4.0.

Για την συλλογή και την ανάλυση των υπόγειων υδάτων σε μια περιοχή, χρειάζεται να ακολουθηθεί συγκεκριμένη μεθοδολογία. Ο χρόνος στον οποίο θα γίνει η δειγματοληψία είναι ένας βασικός παράγοντας. Οι καλύτερες εποχές για τη συλλογή των δειγμάτων είναι κατά τα τέλη της άνοιξης, πριν αρχίσει η περίοδος των αντλήσεων για τις γεωργικές καλλιέργειες, αλλά και πριν ενταθεί το φαινόμενο της εξατμισοδιαπνοής που γίνεται εντονότερο κατά τους θερινούς μήνες. Επίσης, δειγματοληψία μπορεί να γίνει και κατά μέσα του Φθινοπώρου, ακριβώς μετά την περίοδο των αντλήσεων.

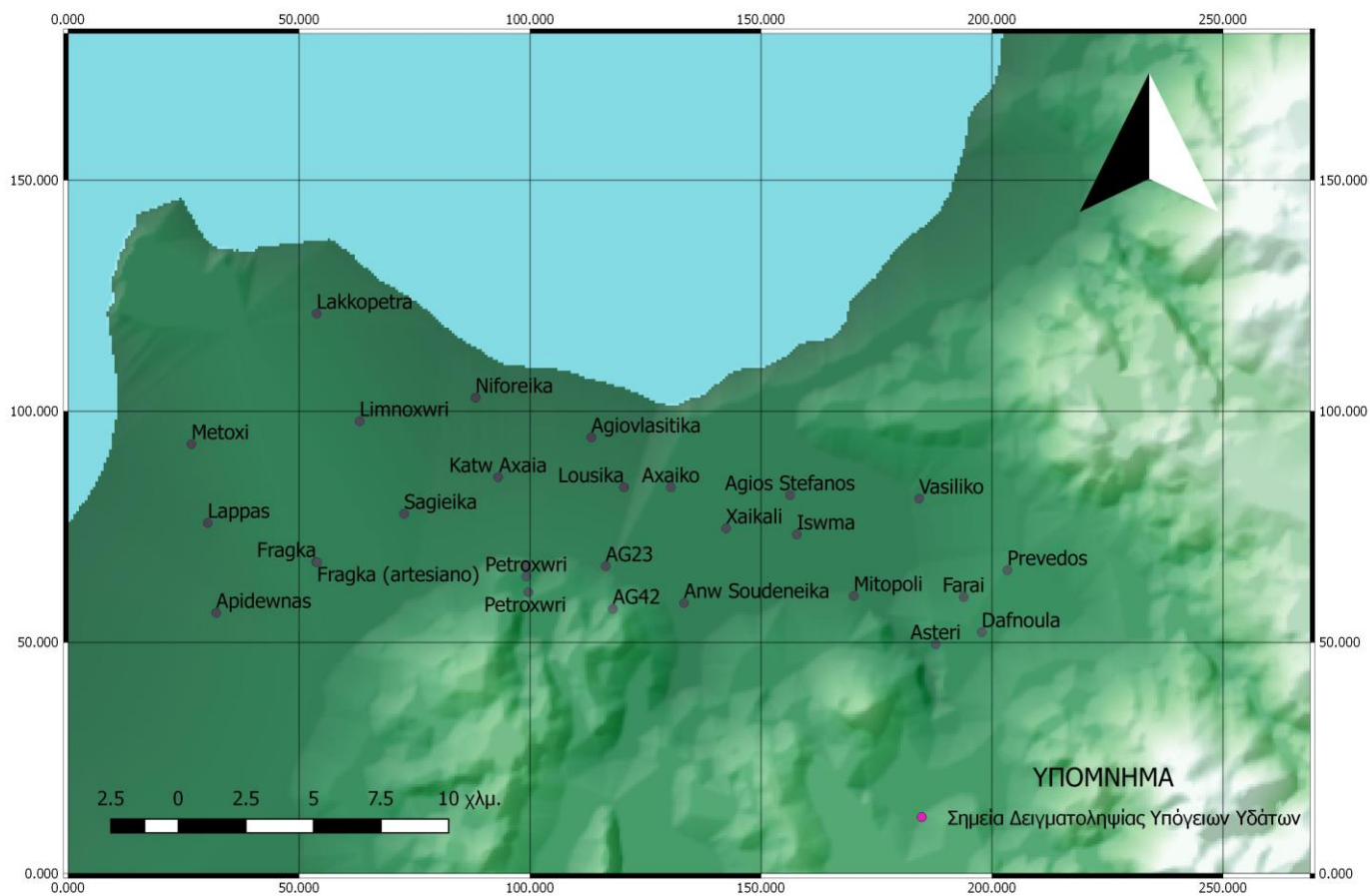
Συμπεραίνουμε λοιπόν, από τα παραπάνω ότι οι καταλληλότερες περιόδους για την συλλογή των δειγμάτων σε μια περιοχή έρευνας, είναι κατά τις χρονικές στιγμές που οι υδροφόροι βρίσκονται στις οριακές καταστάσεις τους. Η δειγματοληψία στα μέσα των περιόδων υδρομάστευσης των υδροφόρων δεν δίνει αντιπροσωπευτική εικόνα αυτών, καθώς αλλοιώνονται οι υδραυλικές ιδιότητες τους.

Η μελέτη της περιοχής έρευνας μας, με βάση τα παραπάνω χωρίστηκε σε 3 στάδια:

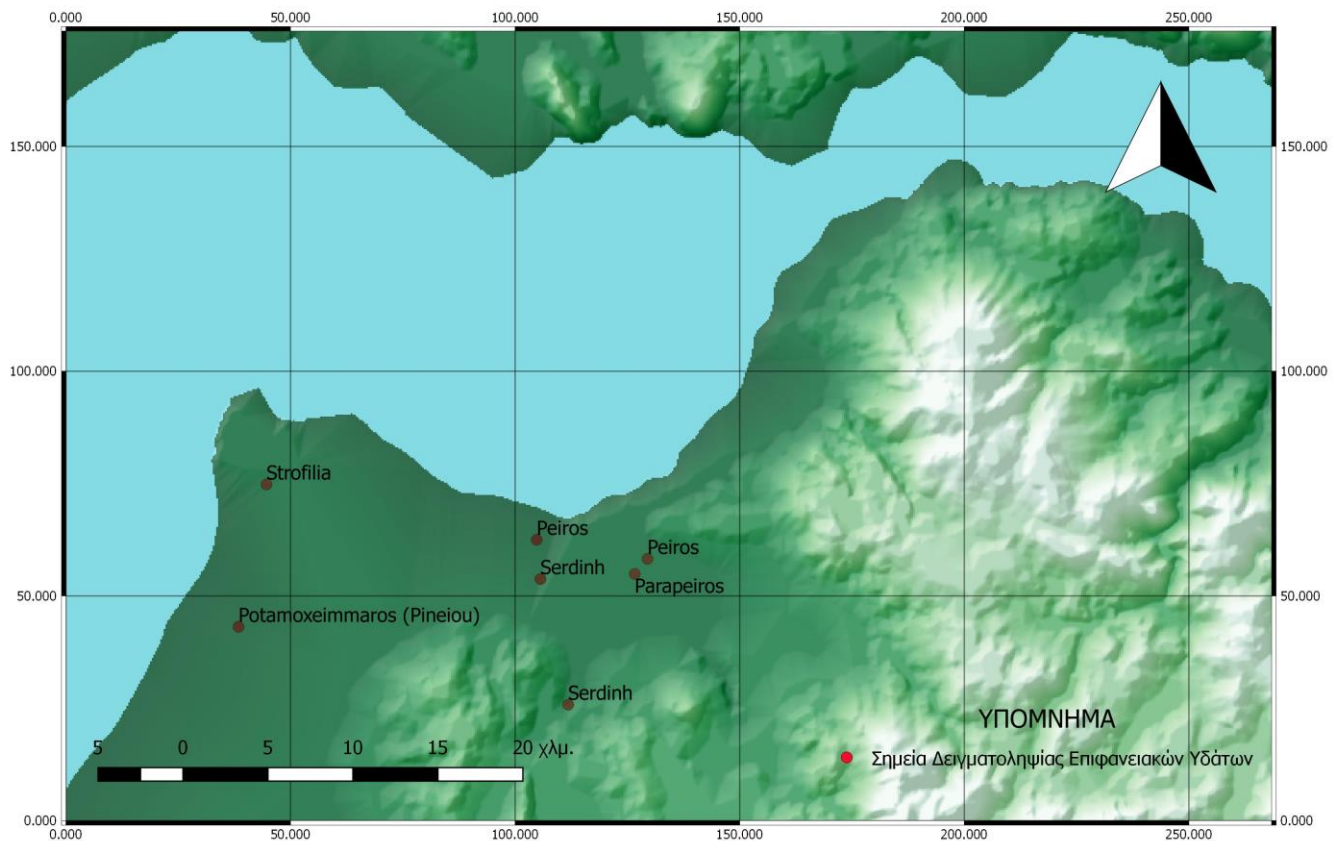
1. Αναγνώριση της περιοχής και επιλογή των σημείων ενδιαφέροντος, με βάση τις αναγνωρισμένες από το ΙΓΜΕ υδρογεωτρήσεις της περιοχής, ώστε να υπάρχει ομοιόμορφη κατανομή τους σε ολόκληρη την περιοχή έρευνας.
2. Συγκέντρωση των δειγμάτων από τα επιλεγμένα σημεία. Για διευκρινιστικούς λόγους τα δείγματα προέρχονται από τον υπόγειο υδροφόρο της περιοχής μελέτης, αλλά δείγματα πάρθηκαν και από τα επιφανειακά νερά της περιοχής (ποτάμια, ποταμμοχείμαροι, λίμνες) τα όποια βέβαια εξετάζονται ξεχωρίστα. Παράλληλα, με τη συλλογή των δειγμάτων πραγματοποιούνταν στην ύπαιθρο και επιτόπιες μετρήσεις για το προσδιορισμό του pH, της ηλεκτρικής αγωγιμότητας και της θερμοκρασίας των υδάτων.
3. Μετά τη συγκομιδή των δειγμάτων σε σύντομο χρονικό διάστημα (2 ημερών), τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Υδρογεωλογίας της σχολής Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών του ΕΜΠ, όπου πραγματοποιήθηκε η χημική τους ανάλυση ως προς τα βασικά τους ιόντα. Τα αποτελέσματα των αναλύσεων παρουσιάζονται αναλυτικά παρακάτω.

### 7.1 Πειραματικά αποτελέσματα

Οι μετρήσεις σε κάθε σημείο της περιοχής μελέτης πραγματοποιήθηκαν στις αρχές Ιουνίου, λίγο πριν την αρχή της αρδευτικής περιόδου. Τα σημεία στα οποία πραγματοποιήθηκαν οι αντίστοιχες μετρήσεις – αναλύσεις φαίνονται στους παρακάτω χάρτες (Χάρτες 1-2).



Χάρτης 1: Σημεία Δειγματοληψίας Υπόγειων Υδάτων στην περιοχή της Βορειοδυτικής Αχαΐας



Χάρτης 2: Σημεία Δειγματοληψίας Επιφανειακών Υδάτων στην περιοχή της Βορειοδυτικής Αχαΐας

Στη διαδικασία της συγκέντρωσης των δειγμάτων, αλλά και των επί τόπου αναλύσεων χρησιμοποιήθηκαν συγκεκριμένα όργανα.

Ο δειγματοσυλλέκτης είναι ένα όργανο ειδικά διαμορφωμένο ώστε να περισυλλέγει μικρές ποσότητες νερού από πηγάδια ή γεωτρήσεις χωρίς τη δυνατότητα άντλησης. Στη συγκεκριμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκε για τη συλλογή δειγμάτων σε ποτάμια, όπου η πρόσβαση ήταν δυνατή μόνο από γεφύρια. Ο δειγματοσυλλέκτης μας δίνει αυτή τη δυνατότητα, γιατί στο ανώτερο άκρο του μπορεί και συνδέεται με καρούλι, του οποίου ο ιμάντας έχει μήκος αρκετών μέτρων. Είναι ένα πλαστικό σωλήνας χωρητικότητας λίγων λίτρων, ενώ στο κάτω άκρο του περιέχει μια μεταλλική σφαίρα. Ο μηχανισμός λειτουργίας του βασίζεται στην πρόσληψη νερού από το ανώτερο τμήμα του πλαστικού στελέχους, με ταυτόχρονη σφράγιση του κάτω τμήματος από τη μεταλλική σφαίρα.



Εικόνα 7.1.1 : Δειγματοσυλλέκτης

Στην παρακάτω εικόνα (7.1.2) φαίνεται η διαδικασία της δειγματοληψίας με το δειγματοσυλλέκτη.



Εικόνα 7.1.2 : Δειγματοληψία με δειγματοσυλλέκτη

Κάθε δείγμα που συγκεντρώναμε τοποθετούνταν σε πλαστικό μπουκάλι φύλαξης μέσα σε ψυγείο, ώστε να διατηρείται σε σταθερές συνθήκες και να μην υπάρχει κίνδυνος αλλοίωσης του νερού.



Εικόνα 7.1.3: Πλαστικά μπουκάλια φύλαξης

Για την πραγματοποίηση των επί τόπιων μετρήσεων είχαμε στη διάθεση μας δύο παραμετρικά όργανα, το ένα με δυνατότητα για μέτρηση του pH και της θερμοκρασίας ενώ το άλλο με δυνατότητα μέτρησης της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας και της θερμοκρασίας σε συνθήκες πεδίου. Βασικό προτέρημα των οργάνων αυτών είναι η εύκολη μεταφορά τους και η φορητότητα τους, που καθιστά δυνατή την μέτρηση των συγκεκριμένων παραμέτρων στην ύπαιθρο.





Εικόνα 7.1.4 : Όργανο μέτρησης pH και Θερμοκρασίας



Εικόνα 7.1.5 : Όργανο μέτρησης Ειδικής Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας και Θερμοκρασίας

## 7.2 Επί τόπου μετρήσεις

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστούν τα αποτελέσματα των επί τόπου μετρήσεων που έγιναν στην ύπαιθρο τόσο για τα υπόγεια όσο και για τα επιφανειακά νερά. Όπως προαναφέρθηκε στην προηγούμενη ενότητα, δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε πριν την έναρξη της περιόδου των αντλήσεων (Ιούνιος 2016).

Παρακάτω παρατίθενται δύο πίνακες ( 7.2.1, 7.2.2) στους οποίους εμφανίζονται τα αποτελέσματα των επιτόπιων μετρήσεων που έγιναν στα δείγματα. Οι μετρήσεις αφορούν την ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC), η οποία εκφράζεται σε  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , τη θερμοκρασία (T) σε βαθμούς Κελσίου και του pH.

Πίνακας 7.2.1 : Επί τόπου μετρήσεις επιφανειακών υδάτων

Sample ID	EC( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	T( $^{\circ}\text{C}$ )	pH
110	1021	24,6	7,862
111	508	28,5	7,84

112	918	24,3	7,55
116	457	25,6	7,615
127	9090	26,2	7,51
130	420	25,7	7,93
138	590	24,6	7,92

Πίνακας 7.2.2 : Επί τόπου μετρήσεις υπόγειων υδάτων

Sample ID	EC( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	T( $^{\circ}\text{C}$ )	pH
109	838	19	7,52
114(113)	1151	18,7	7,01
115	991	21,9	7,24
118(117)	740	21,1	7,28
119	660	32,3	7,1
120	1400	19,4	6,677
121	1126	19,2	7,012
122	1053	19,6	6,969
123	1083	19,7	7,097
124	737	22,3	7,276
125	2000	19,8	7,187
126	1920	20,3	6,969
128	950	20,9	7,722
129	740	20,4	7,265
131	840	20,2	7,23
132	960	20,1	7,1
133	1530	19,4	7
135(134)	860	21,2	7,23
137	1830	19,2	7,11
140(139)	630	18,6	7,15
141	1200	24,8	7,7
142	610	20,2	7,2
143	710	19,2	7,04
144	940	19,6	6,89
103	681	20,3	7,17
106	1849	20,1	6,934
108	1042	19,8	6,92
107	635	18,4	7,43

### 7.2.1 Ειδική Ηλεκτρική Αγωγιμότητα (Special Electrical Conductivity)

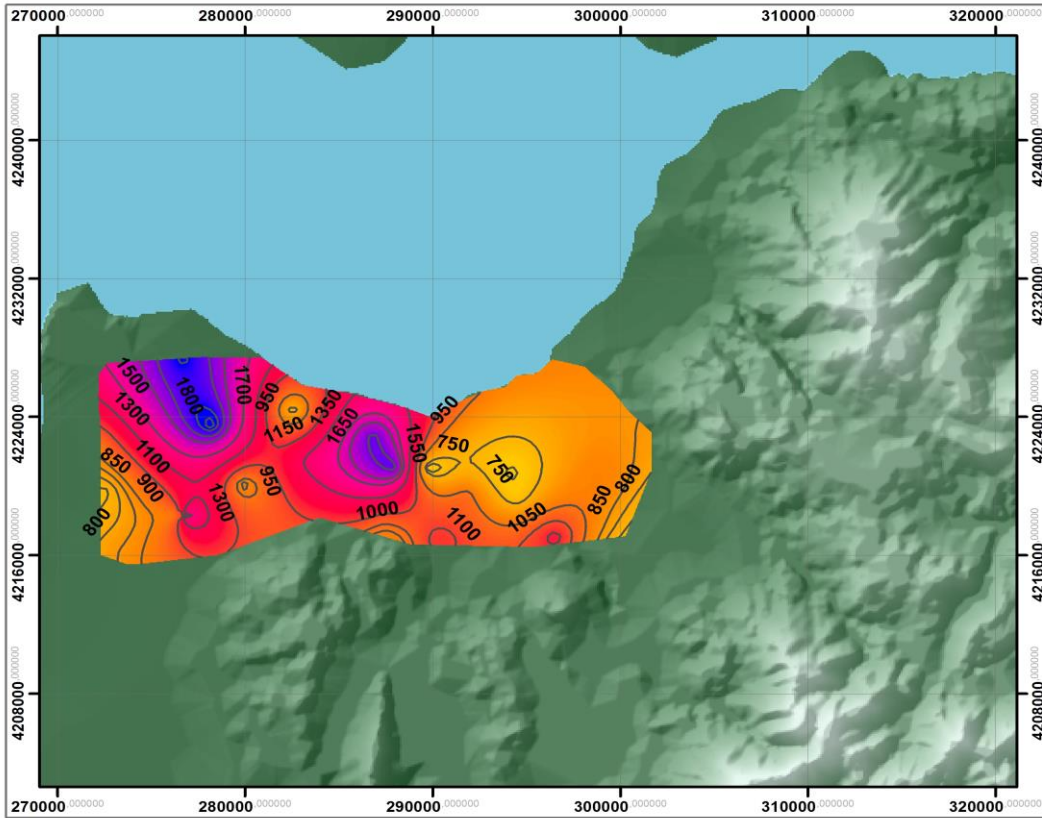
Η επί τόπου μέτρηση της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας των υδάτων, μας δίνει την ευκαιρία ώστε να έχουμε μια πρώτη ασφαλή ένδειξη για την ποιότητα τους, αλλά και μια επισκόπηση της χημικής τους κατάστασης. Για την μέτρηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας

στην ύπαιθρο είναι απαραίτητη η χρήση ειδικού φορητού εξοπλισμού (αγωγιμόμετρο). Η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα ορίζεται ως αγωγιμότητα  $1 \text{ cm}^3$  σε θερμοκρασία ίση με  $25^\circ\text{C}$ . Η φυσική ερμηνεία της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι η ιδιότητα του νερού ως μέσου για τη διάδοση του ηλεκτρικού ρεύματος. Από αυτό εύκολα μπορούμε να συμπεράνουμε πως τόσο η ιδιότητα αυτή, όσο και το μέγεθος της καθορίζονται από τη χημική σύσταση του νερού. Δηλαδή, η συγκέντρωση χημικών ιόντων που ενυπάρχουν στο νερό συνεισφέρουν ουσιαστικά στο εν λόγω μέγεθος (Καλλιώρας, 2008). Για τα γλυκά νερά το μέγεθος της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας δεν ξεπερνά τα  $1000 \mu\text{S/cm}$ , ενώ για μεγαλύτερες τιμές των  $1500 \mu\text{S/cm}$  συμπεραίνεται πως ο υπόγειος υδροφόρος έχει υποστεί κάποια μορφή ρύπανσης.

Από τα στοιχεία που έχουμε παραθέσει στους πίνακες 7.2.1 και 7.2.2 παρατηρείται ότι η μέση τιμή της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας των επιφανειακών υδάτων είναι περίπου  $1850 \mu\text{S/cm}$ . Η μεγαλύτερη τιμή παρατηρείται στο δείγμα 127 ( $9090 \mu\text{S/cm}$ ) το οποίο είναι από την λίμνη Στροφυλιά, η οποία όπως έχουμε αναφέρει σε προηγούμενο κεφάλαιο επικοινωνεί με την θάλασσα μέσω εκβαθυσμένου φυσικού αύλακα στο βόρειο άκρο της στο ακρωτήριο Άραξος και μέσω τεχνητής τάφρου στην ανατολική πλευρά της. Όποτε καταλαβαίνουμε πως στη λίμνη το νερό είναι υφάλμυρο και έτσι δικαιολογείται η μεγάλη τιμή της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Τα υπόλοιπα δείγματα είναι από τον ποταμό Πείρο και τον παραπόταμο του Παραπείρο, καθώς και από τον ποταμοχείμμο Σερδινή. Τα τρία αυτά ποτάμια διασχίζουν την ευρύτερη λεκάνη του ποταμού Πείρου. Θα περιμέναμε λοιπόν, παρόμοιες τιμές ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας, όμως ο ποταμοχείμμος Σερδινή, από τον οποίο συλλέξαμε 2 δείγματα σε διαφορετικά σημεία [ένα στην περιοχή Λουσικά (110) και στην περιοχή Ζησιμέικα (112)], εμφανίζει εμφανώς αυξημένη ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα από τα γειτνιάζοντα ποτάμια Πείρο και Παραπείρο. Η συγκεκριμένη αύξηση της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας μπορεί να αποδοθεί στις αλλοβιακές αποθέσεις που κυριαρχούν στην περιοχή. Βέβαια, μια άλλη εκδοχή θα μπορούσε να είναι ότι ο συγκεκριμένος ποταμοχείμμος πηγάζει κοντά στην περιοχή Φλόκα, στην οποία βρίσκεται ο ΧΥΤΑ της περιοχής, άρα οι αυξημένες τιμές της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας μπορεί να οφείλονται στο στράγγισμα του ΧΥΤΑ.

Οι μετρήσεις του πίνακα 7.2.2 αφορούν τα υπόγεια ύδατα. Η μέση τιμή της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας των υπόγειων υδάτων είναι περίπου  $1060 \mu\text{S/cm}$ . Οι μεγαλύτερες τιμές της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας παρατηρούνται στις περιοχές Λουσικά, Κατώ Αχαΐα, Λιμνοχώρι, Λακκόπετρα, Αγιοβλασίτικα, Μιτόπολη, δηλαδή στα δείγματα (106, 120, 125, 126, 137, 141). Τα δείγματα 120, 125, 126 βρίσκονται κοντά στην ακτογραμμή οπότε η πιο πιθανή εξήγηση της αυξημένης ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας μπορεί να είναι η διείσδυση του θαλασσινού νερού. Ωστόσο, για τα δείγματα 106, 137 και 141, δηλαδή για τις περιοχές Λουσικά, Αγιοβλασίτικα και Μιτόπολη το συμπέρασμα δεν μπορεί να είναι η θαλάσσια διείσδυση καθώς απέχουν αρκετά χιλιόμετρα από την ακτογραμμή. Ειδικά η περιοχή της Μιτόπολης βρίσκεται σε υψόμετρο  $134 \mu$ . και αρκετά μακριά από την ακτογραμμή. Ενδεικτικά, η περιοχή της Μιτοπόλης βρίσκεται σε σχέση με τις υπόλοιπες περιοχές που συλλέχθηκαν δείγματα πολύ κοντά στο ΧΥΤΑ Φλόκα. Επίσης, κοντά στην περιοχή Αγιοβλασίτικα λειτουργούσε παλαιότερα ΧΥΤΑ ο οποίος σήμερα δεν λειτουργεί.

Παρακάτω στον χάρτη 2 παρουσιάζεται η χωρική κατανομή της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας στα υπόγεια νερά της περιοχής μελέτης.

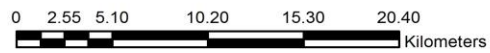
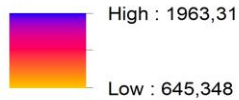


## ΥΠΟΜΝΗΜΑ

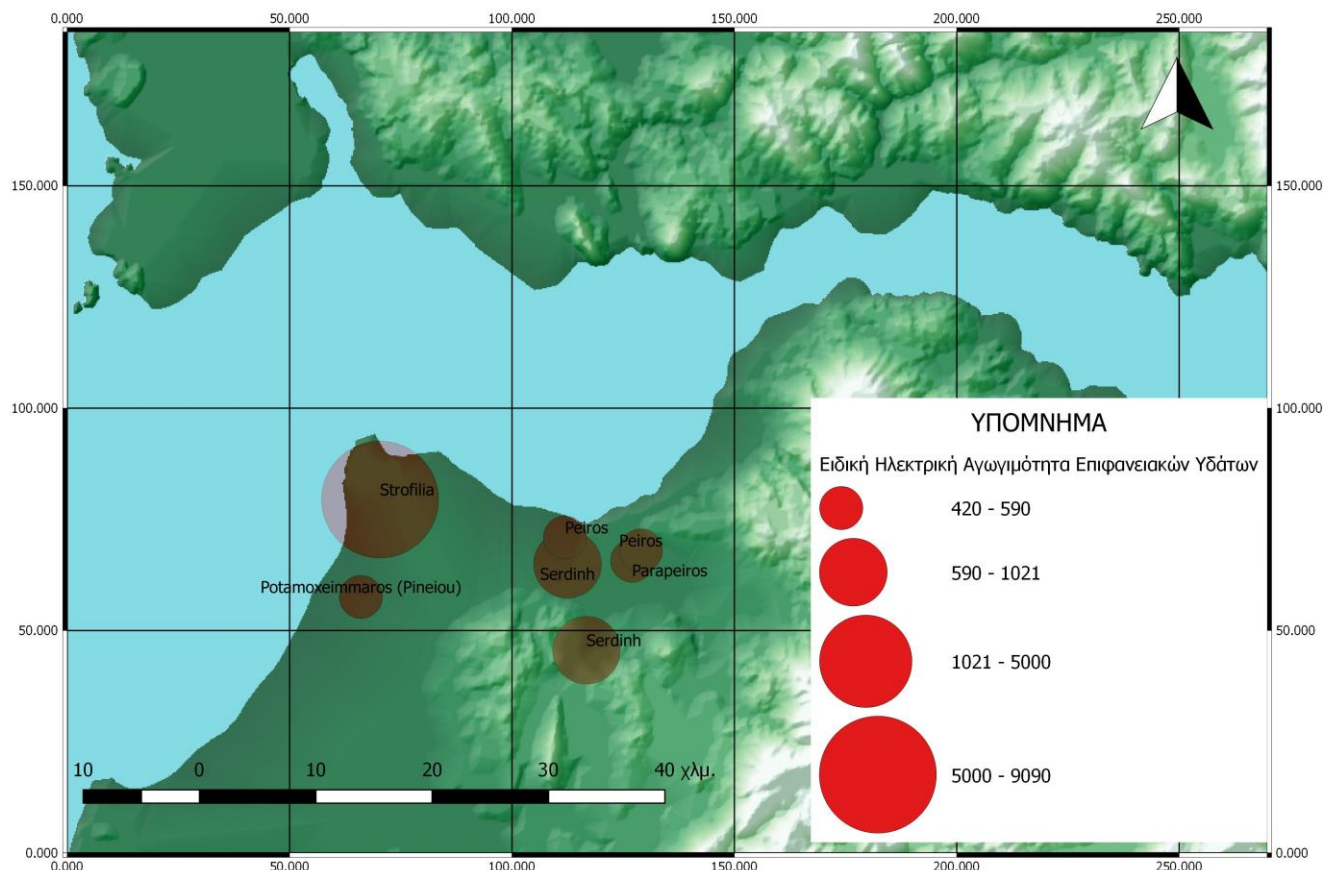
— Τιμές Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας (Sec)

### Κατανομή Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας (Sec)

Value



Χάρτης 3 : Χάρτης Χωρικής κατανομής της Ειδικής Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας (Sec) των Υπόγειων Υδάτων

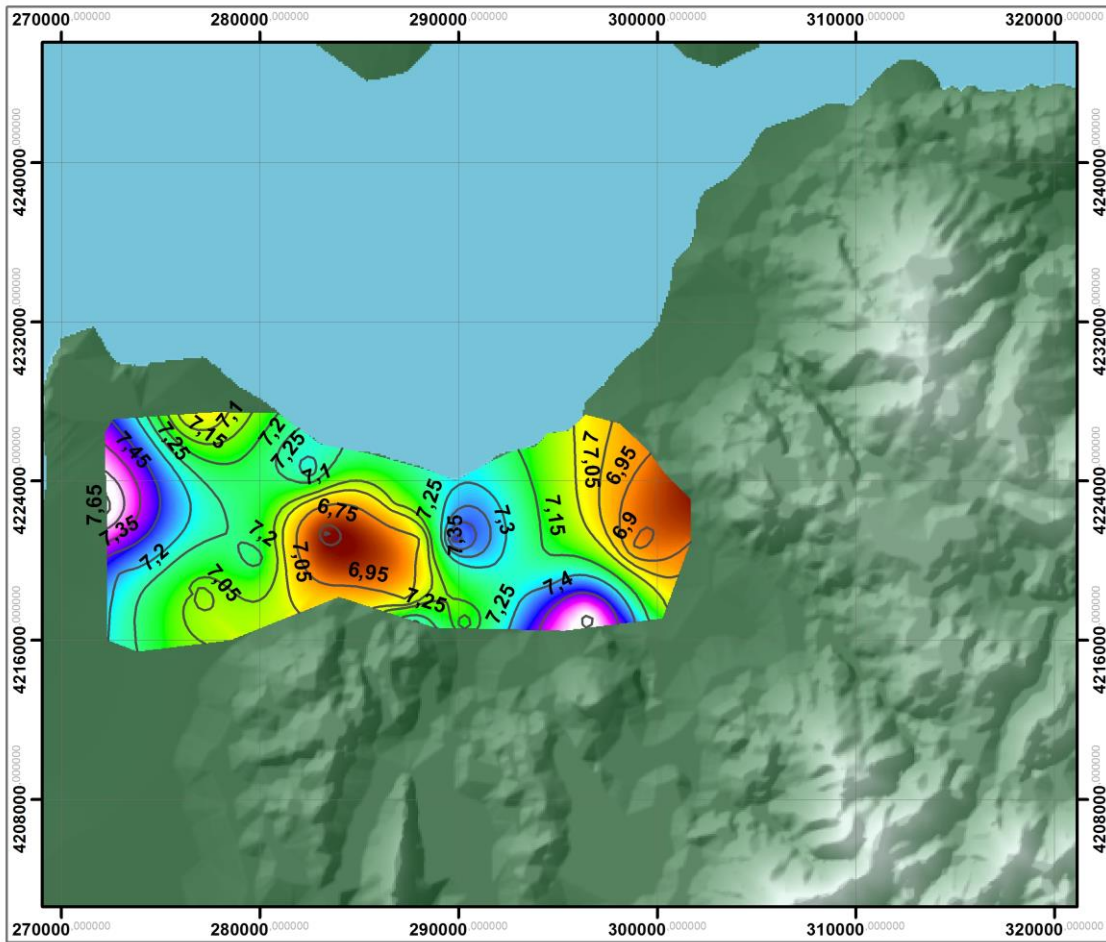


Χάρτης 4 : Χάρτης Ειδικής Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας Επιφανειακών Υδάτων

### 7.2.2 pH

Το pH είναι ένας δείκτης με ιδιαίτερη φυσική σημασία όσον αφορά την ποιότητα του νερού ενός δείγματος, αφού συνδέεται άμεσα με τη φυσικοχημική του κατάσταση. Σύμφωνα με τον Καλλέργη (2000), η μέτρηση του pH πρέπει να γίνεται στην ύπαιθρο σε συνθήκες που αποτρέπουν την ανταλλαγή αερίου του δείγματος με τον ατμοσφαιρικό αέρα καθώς είναι ευαίσθητο και στη συγκέντρωση CO<sub>2</sub>. Οι μετρήσεις του pH που έγιναν στα δείγματα των επιφανειακών υδάτων της Βορειοδυτικής Αχαΐας έχουν μικρές διαβαθμίσεις ( 7,51 – 7,93) με μέση τιμή 7,7. Τα δείγματα των επιφανειακών νερών μας υποδεικνύουν ελαφρώς αλκαλικό περιβάλλον στην κλίμακα του pH. Το pH των επιφανειακών υδάτων είναι αλκαλικό συνήθως όταν διέρχεται από ασβεστούχα πετρώματα.

Στον πίνακα 7.2.2 παρατηρούμε τις τιμές του pH για τα υπόγεια ύδατα. Οι μετρήσεις που έγιναν στα δείγμα κυμαίνονται από 6,677 έως 7,722, με μέση τιμή 7,15. Τα δείγματα του νερού υποδεικνύουν ελαφρώς όξινο έως ελαφρώς αλκαλικό περιβάλλον στην κλίμακα pH. Παρακάτω παρατίθεται ο χάρτης της χωρικής κατανομής του pH των υπόγειων υδάτων στην περιοχή έρευνας ανάλογα με τη διαβάθμιση του.

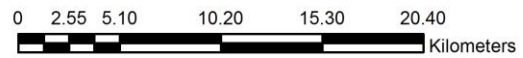
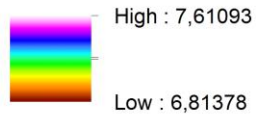


## ΥΠΟΜΝΗΜΑ

— Τιμές Ph

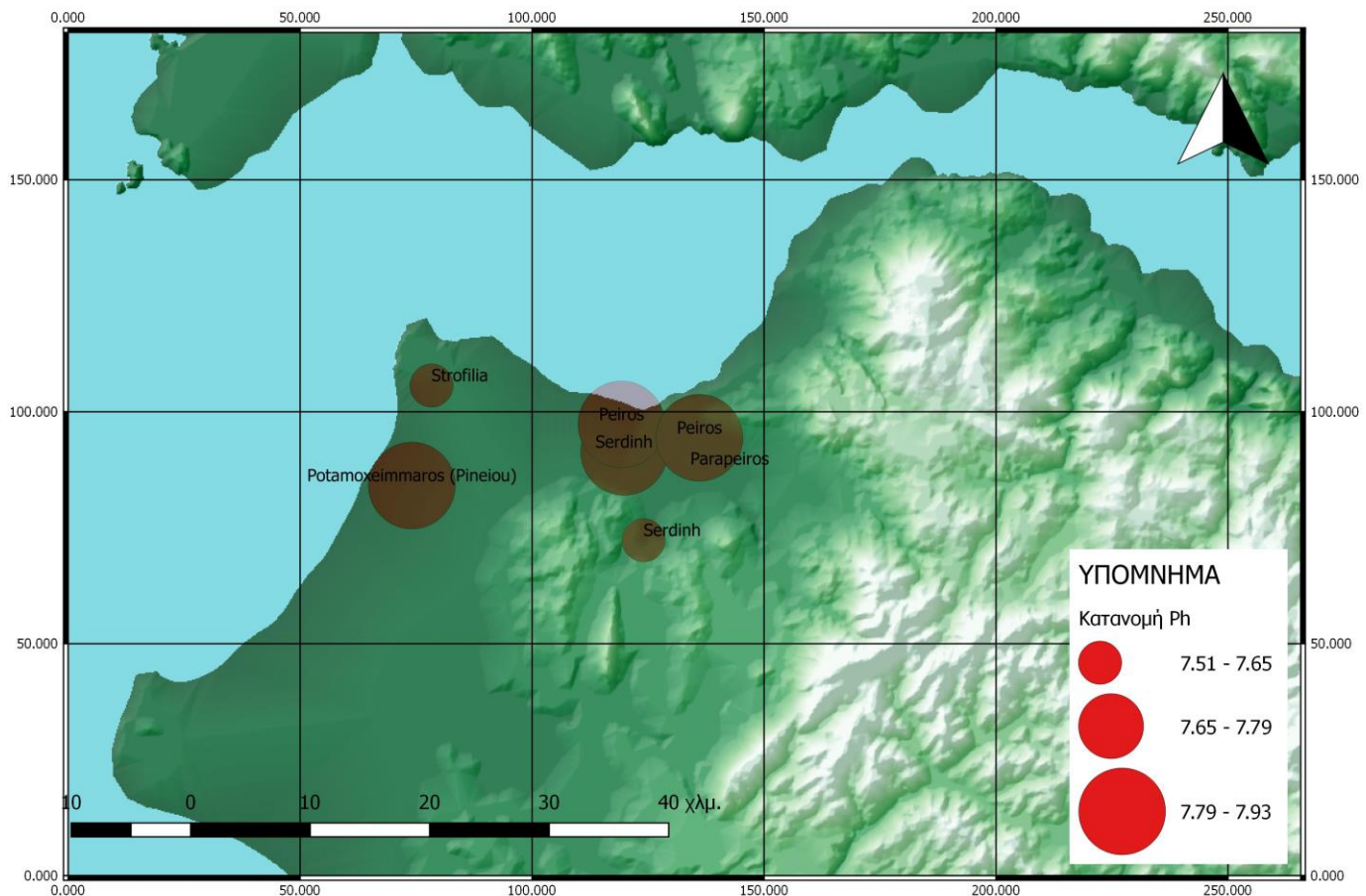
### Κατανομή Ph

Value



Χάρτης 5: Χάρτης Χωρικής Κατανομής Ph Υπόγειων Υδάτων

Στο χάρτη 3 παρατηρούμε ότι οι μεγαλύτερες τιμές του pH εμφανίζονται στις περιοχές όπου συναντάμε καρστική υπόγεια υδροφορία, όπως στους Λόφους Μαύρα Βουνά που βρίσκονται στο δυτικό άκρο της περιοχής μελέτης μας. Τα νερά του καρστικού συστήματος είναι συνήθως ουδέτερα ή ελαφρώς βασικά.



Χάρτης 6 : Χάρτης Ph Επιφανειακών Υδάτων

### 7.2.3 Θερμοκρασία (°C)

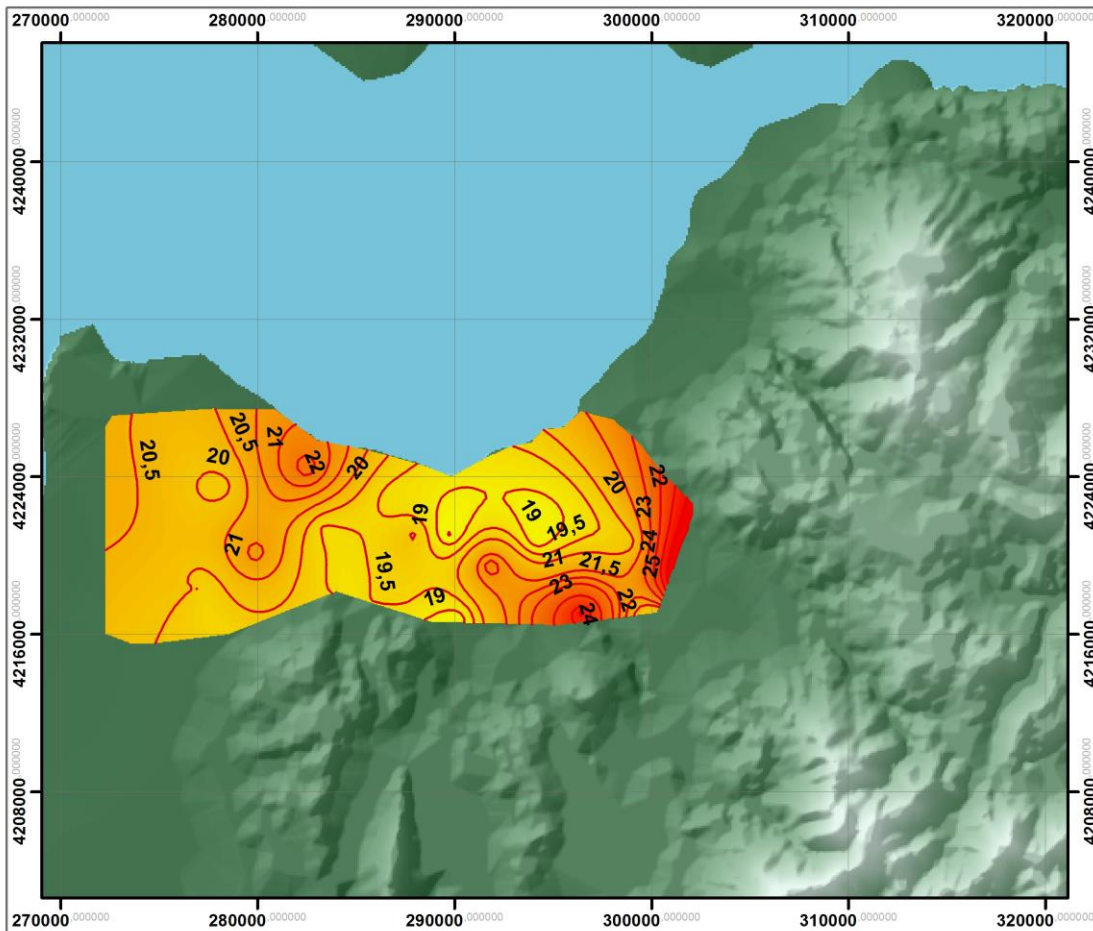
Η θερμοκρασία αποτελεί σημαντικό δείκτη για διάφορες παραμέτρους του υπόγειου νερού δίνοντας πληροφορίες για την επαφή του νερού με το γεωλογικό υλικό, το είδος του γεωλογικού υλικού αλλά ακόμα και την προέλευση του νερού. (Φλώρος, 2016) Σύμφωνα με τον Fetter (2001) το υπόγειο νερό που βρίσκεται σε διαφορετικά υδροφόρα στρώματα παρουσιάζει διακριτές θερμοκρασιακές διαβαθμίσεις ανάλογα με το είδος του υλικού. Ο Βουδούρης (2009) αναφέρει ότι η θερμοκρασία των υπόγειων νερών επηρεάζεται άμεσα από τη θερμοκρασία των πετρωμάτων που τα φιλοξενούν. Κατανοούμε, λοιπόν, ότι στα υπόγεια νερά η θερμοκρασία δεν μεταβάλλεται. Στα πιο επιφανειακά, όμως, η θερμοκρασία κυμαίνεται ανάλογα με τις μεταβολές της ηλιακής ενέργειας στην επιφάνεια της γης. Επίσης,



η θερμοκρασία στους υπόγειους υδροφορείς αλλάζει σύμφωνα με τις διακυμάνσεις του υδραυλικού φορτίου.

Σύμφωνα με τις μετρήσεις που παρουσιάζονται στον πίνακα 7.2.1 για τα επιφανειακά νερά βλέπουμε οι τιμές να διακυμαίνονται από 24,3 °C έως 28,5 °C με μέση τιμή περίπου 25,6 °C.

Για τα υπόγεια νερά σύμφωνα με τα δεδομένα του πίνακα 7.2.2, η ελάχιστη θερμοκρασία που καταγράψαμε είναι 18,4 °C ενώ η μέγιστη 32,3 °C. Η μέση τιμή των μετρήσεων είναι περίπου 20,5 °C. Η τιμή 32,3 °C που παρατηρείται στο σημείο 119 στην περιοχή του Πρέβεδου είναι πλασματική, καθώς το νερό συλλέχθηκε από παρακείμενο γεωργικό τεμάχιο το οποίο λαμβάνει νερό από τη συγκεκριμένη υδρογέωτρηση. Το νερό, όμως, μεταφέρεται στο συγκεκριμένο αγροτοτεμάχιο μέσω υπόγειου δικτύου, δεδομένο που δικαιολογεί την αυξημένη θερμότητα. Μεγάλες θερμοκρασίες, βλέπουμε να καταγράφονται κατα μήκος της ακτογραμμής, όπου ο υδροφορέας συνορεύει με τη θάλασσα, στο δυτικό κομμάτι της περιοχής μελέτης. Παρακάτω, παρατίθεται ο χάρτης χωρικής κατανομής των θερμοκρασιών των υπόγειων υδάτων, σύμφωνα με τα δεδομένα που καταγράφηκαν στην περιοχή έρευνας.

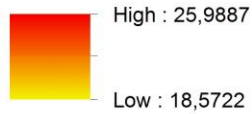


## ΥΠΟΜΝΗΜΑ

— Τιμές Θερμοκρασίας (T)

### Κατανομή Θερμοκρασίας (T)

Value



Χάρτης 7: Χάρτης Χωρικής Κατανομής Θερμοκρασιών Υπόγειων Υδάτων

### 7.3 Χημικές αναλύσεις

Μετά τη συλλογή των δειγμάτων , που έγινε στη ύπαιθρο, μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο για την χημική επεξεργασία τους ώστε να αναλυθούν ως προς τα βασικά τους ιόντα. Παρακάτω στους 2 πίνακες παρουσιάζονται τα αποτελέσματα τόσο για τα επιφανειακά όσο και για τα υπόγεια ύδατα.

Πίνακας 7.3.1 : Αποτελέσματα Χημικών Αναλύσεων Επιφανειακών Υδάτων

Sample ID	CL <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
110	74	1,6	135	316	329	396	47,1	4,7	0,15
111	24	2,7	22	189	222	228	18,4	1,3	0,03
112	70	3,6	60	304	265	428	38,3	3,8	0,2
116	16	1,8	21	170	140	208	13	1,5	0,04
127	280	9,3	440	244	556	1152	1625	54	0,05
130	22	1,1	33	208	152	184	17,3	2,2	0,32
138	25	6,3	21	228	244	248	15,4	1	0,05

Πίνακας 7.3.2 : Αποτελέσματα Χημικών Αναλύσεων Υπόγειων Υδάτων

Sample ID	CL <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>
109	34	0,5	140	283	126	264	90	2,5	0,09
114(113)	55	6,7	175	368	396	540	45	1,6	0,09
115	105	10	45	246	332	392	33,6	0,8	0,08
118(117)	26	4,1	13	328	340	604	26,4	1,4	0,51
119	22	6,1	13	271	268	308	19,6	0,7	0,08
120	140	9,2	140	396	424	524	113	1,1	0,05
121	50	15	115	354	412	544	36,5	3,9	0,2
122	41	7,4	125	382	390	496	33,9	0,8	0,04
123	64	10,1	130	335	342	428	52	3,1	0,09
124	37	0,4	38	294	228	280	35,2	1,6	0,09
125	269	17,4	390	316	516	700	226	12	0,09
126	204	27,8	330	437	700	744	129	3,4	0,13
128	80	3,7	N/D	360	188	280	114	13	0,65
129	31	1,4	1	347	256	304	43,5	3	0,19
131	41	1,1	62	311	396	404	24,5	0,9	0,07
132	67	0,5	38	366	368	396	43,2	1,4	0,08
133	140	7,8	325	308	508	600	119	0,9	0,08
135(134)	52	1,4	125	308	272	412	46,3	2	0,13
137	160	1,5	360	459	440	816	120	1,7	0,48
140(139)	29	3,8	24	272	280	280	17,6	1,2	0,09
141	93	2,3	74	420	100	116	292	1,2	0,09
142	23	2,3	7	271	204	264	36,3	1,2	0,06

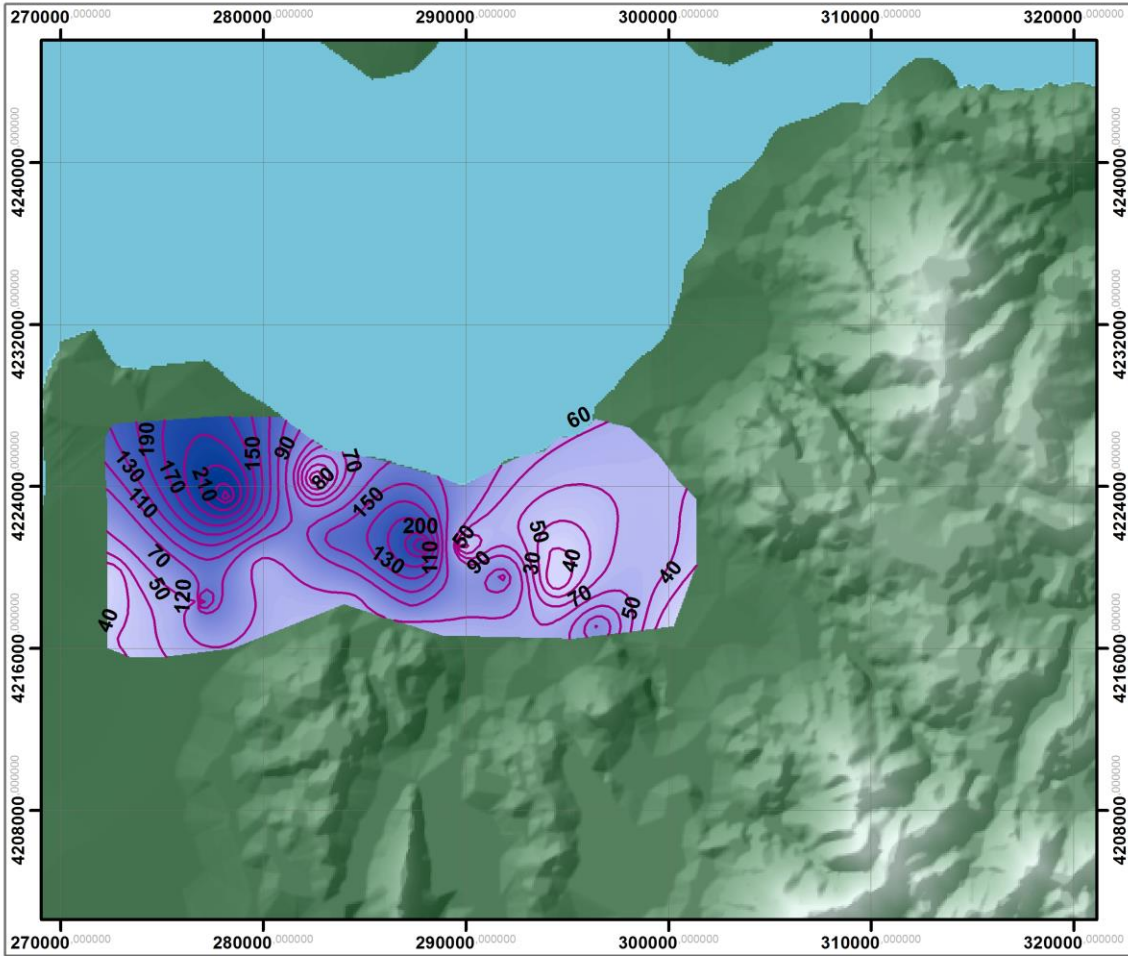
143	24	4,9	14	360	324	380	16,1	0,9	0,09
144	60	12,2	45	328	422	424	33,7	1	0,12
103	18	6,4	14	290	220	276	31,4	0,8	0,15
106	215	3,1	330	434	696	784	103	1,5	0,08
108	114	5,3	49	312	432	484	28,3	1	0,09
107	33	3,2	5	224	253	284	21,3	3,5	0,07

### 7.3.1 Συγκέντρωση ιόντων χλωρίου (CL<sup>-</sup>)

Η υψηλή συγκέντρωση χλωριόντων στις διάφορες υδάτινες μάζες προέρχεται κυρίως από τα ιζηματογενή πετρώματα που περιέχουν αργιλικά ορυκτά θαλάσσιας προέλευσης, τέτοια είναι οι εβαπορίτες και οι θερμές πηγές, ενώ στους παράκτιους υδροφορείς συνδέεται με τη διείσδυση της θάλασσας (Βουδούρης 2009). Σύμφωνα με τον Καλλέργη (2000) η ξηρότητα του κλίματος συνδέεται ευθέως με τη συγκέντρωση χλωριόντων. Συγκεκριμένα, στις υγρές περιοχές η συγκέντρωση χλωριόντων φτάνει τα 10 mg/L, ενώ στις ξηρές είναι μεγαλύτερη των 100 mg/L. Ο ανθρώπινος παράγοντας είναι μια ακόμα παράμετρος που καθορίζει τη χημική σύσταση των υδάτων. Δραστηριότητες όπως η απόθεση αλάτων στους δρόμους για αποπαγοποίηση (deicing salts), τα βιομηχανικά, οικιακά και αγροχημικά απόβλητα, οι αλμύρες πετρελαϊκών πεδίων και η θαλάσσια διείσδυση λόγω υπεράντλησης (Καλλιώρας, 2008).

Ειδικότερα, τώρα, στην περιοχή της ΒΔ Αχαΐας παρατηρούμε με βάση τα αποτελέσματα στον πίνακα 7.3.1 ότι η μεγαλύτερη τιμή συγκέντρωσης χλωριόντων εμφανίζεται στη λίμνη Στροφυλιά (127) που όπως προείπαμε επικοινωνεί με την θάλασσα. Βέβαια, όπως και προηγουμένως παρατηρήσαμε την αυξημένη ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα στον ποταμοχείμαρο Σερδινή, τώρα παρατηρούμε την αυξημένη συγκέντρωση ιόντων χλωρίου σε σχέση με τα παρακείμενα ποτάμια της περιοχής. Συγκεκριμένα οι τιμές που βρέθηκαν 74 mg/L και 70 mg/L διαφέρουν με τις τιμές από τα δείγματα των διπλανών ποταμών, οι οποίες κυμαίνονται γύρω στα 22 mg/L. Προαναφέρθηκε ότι η Σερδινή πηγάζει πολύ κοντά στο χωριό Φλόκα όπου βρίσκεται ο ΧΥΤΑ, άρα αν τα ιόντα χλωρίου δεν προέρχονται από απόπλυση αλμυρών νερών εγκλωβισμένων σε λεπτόκοκκες ιζηματογενείς αποθέσεις, είναι πιθανό να προέρχονται από την απόπλυση μέσω του στραγγίσματος αστικών αποβλήτων που υπάρχουν στον ΧΥΤΑ.

Για τα υπόγεια ύδατα της περιοχής σύμφωνα με τον πίνακα 7.3.2 οι υψηλές συγκεντρώσεις χλωριόντων παρατηρούνται κυρίως κοντά στην ακτογραμμή, όπου και σε προηγούμενη ενότητα συμπεράναμε ότι υπάρχει θαλάσσια διείσδυση. Αναλυτικά φαίνεται στο χάρτη 5 που παρατίθεται παρακάτω ότι οι μεγαλύτερες τιμές χλωριόντων διακρίνονται στο δυτικό τμήμα της περιοχής και στο κεντρικό τμήμα της περιοχής.

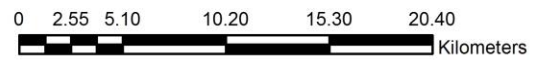
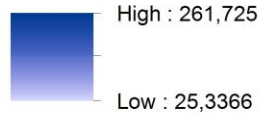


## ΥΠΟΜΝΗΜΑ

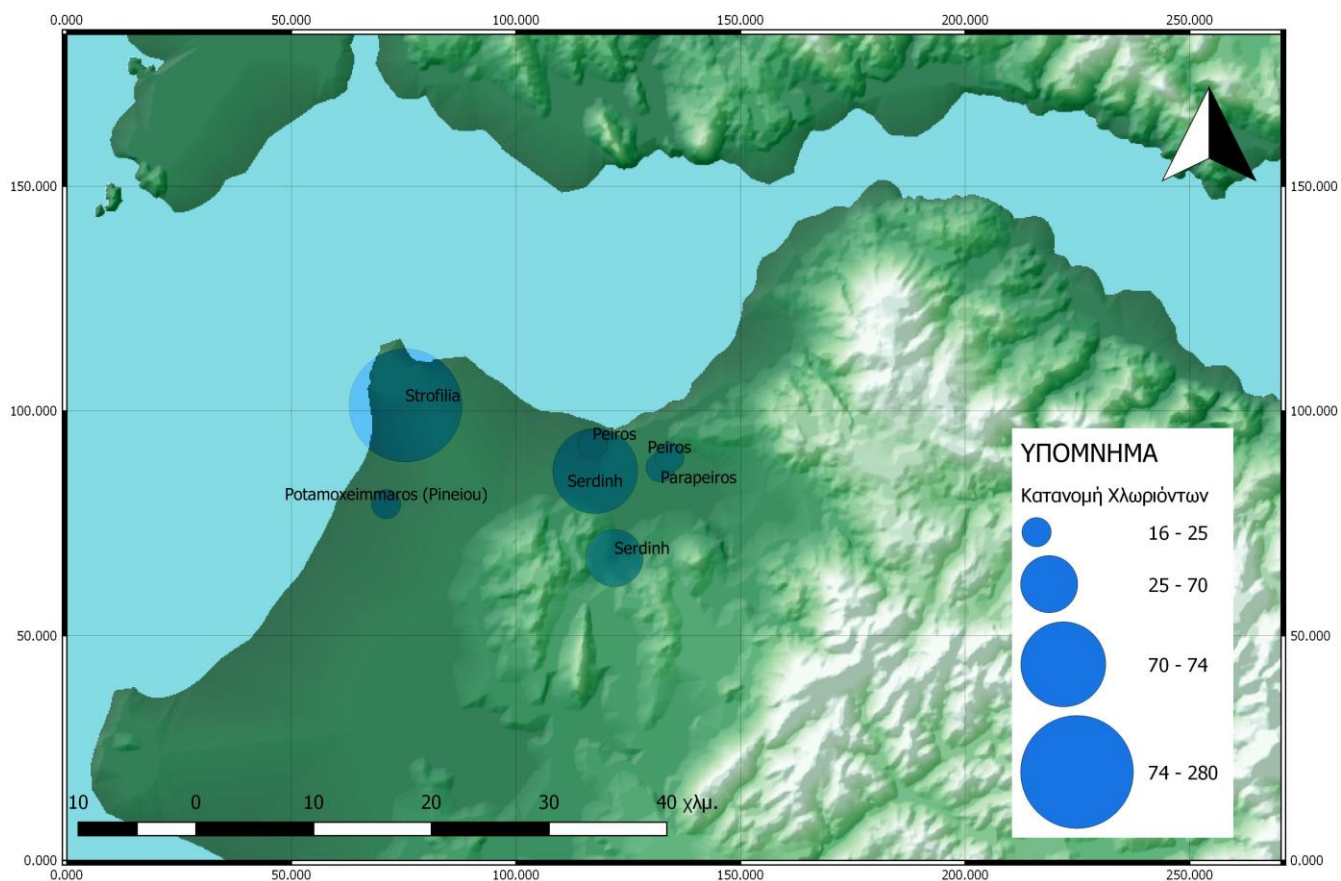
— Τιμές Χλωρίου (Cl)

### Κατανομή Χλωρίου (Cl)

Value



Χάρτης 8 : Χάρτης Χωρικής Κατανομής Χλωριόντων Υπόγειων Υδάτων



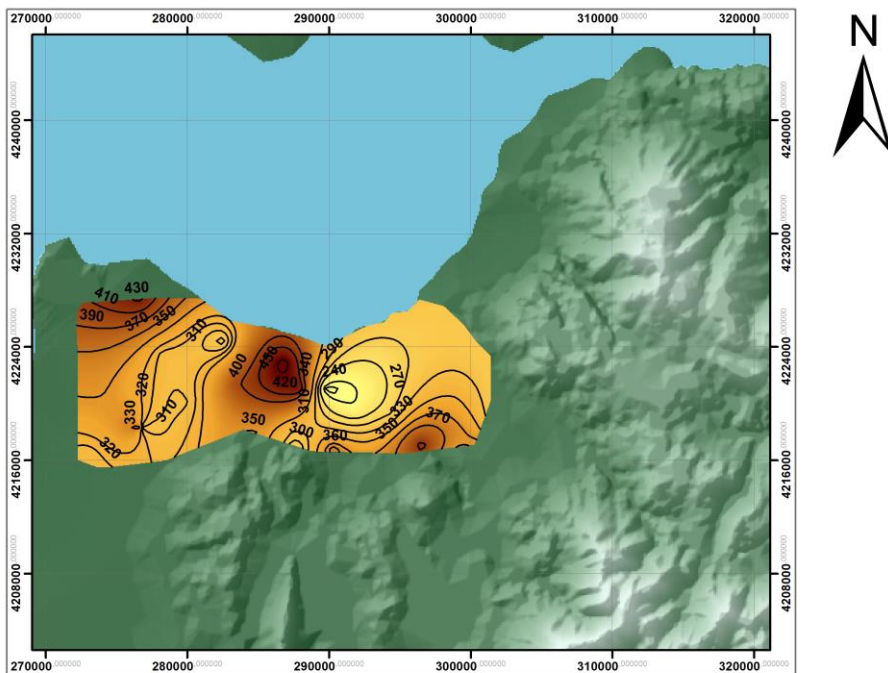
Χάρτης 9 : Χάρτης Χλωριόντων Επιφανειακών Υδάτων

### 7.3.2 Συγκέντρωση όξινων ανθρακικών ιόντων( $\text{HCO}_3^-$ )

Κατά τον Βουδούρη (2009), τα όξινα ανθρακικά ιόντα είναι το επικρατέστερο ανιόν στο γλυκό νερό. Η προέλευση τους είναι αποτέλεσμα της ύπαρξης ατμοσφαιρικού  $\text{CO}_2$  ή από την έκλυση του ίδιου αερίου κατά την αποσύνθεση της οργανικής ύλης στο έδαφος. Από την άλλη ο Καλλέργης (2000) αναφέρει ότι κύρια πηγή των ανθρακικών ( $\text{CO}_3^-$ ) και των όξινων ανθρακικών ( $\text{HCO}_3^-$ ) αποτελούν οι ασβεστόλιθοι και οι δολομίτες, ενώ η τιμή τους είναι συνήθως μικρότερη των 500 mg/L και λίγες είναι οι φορές που ξεπερνά τα 1000 mg/L. Η όξινη ανθρακική ρίζα είναι συνήθως το επικρατέστερο ανιόν στα υπόγεια νερά.

Στα επιφανειακά νερά της περιοχής δεν παρατηρούνται μεγάλες αποκλίσεις στις τιμές των όξινων ανθρακικών.

Στο χάρτη 6 που παρατίθεται παρακάτω, βλέπουμε τη χωρική κατανομή των όξινων ανθρακικών στα υπόγεια ύδατα της περιοχής.

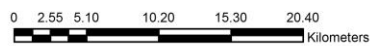
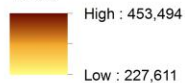


## ΥΠΟΜΝΗΜΑ

— Τιμές Όξινων Ανθρακικών (HCO<sub>3</sub>)

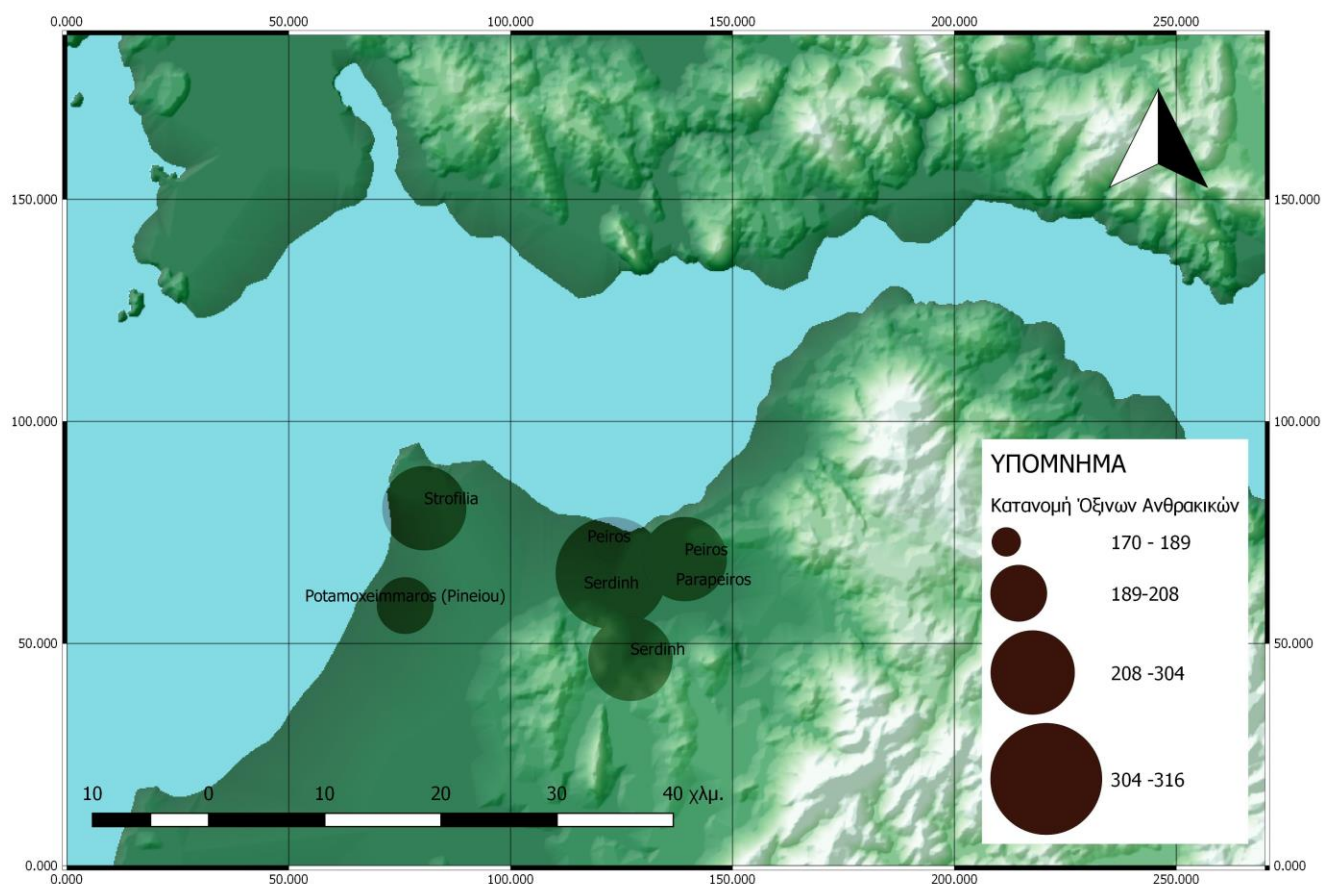
### Κατανομή Όξινων Ανθρακικών (HCO<sub>3</sub>)

Value



## Χάρτης 10 : Χάρτης Χωρικής Κατανομής Όξινων Ανθρακικών Υπόγειων Υδάτων

Παρατηρώντας το χάρτη βλέπουμε ότι οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις όξινων ανθρακικών παρατηρούνται στο δυτικό άκρο της περιοχής, όπου βρίσκονται οι Λόφοι Μαύρα Βουνά στους οποίους παρατηρείται καρστική υπόγεια υδροφορία. Βεβαία, πρέπει να επισημάνουμε ότι στη γύρω περιοχή του Αράξου, Λάππα η οποία είναι πολύ κοντά στα Μαύρα Βουνά, σε κανένα υδρομαστευτικό έργο δεν έχει συναντηθεί το καρστικό υπόβαθρο. Επίσης, αυξημένες συγκεντρώσεις έχουμε και στο κεντρικό τμήμα της περιοχής μας, οι οποίες δεν μπορούν να αποδοθούν στην ύπαρξη ασβεστολιθικών ή δολομιτικών πετρωμάτων στο υπόβαθρο.



Χάρτης 11: Χάρτης Κατανομής Όξινων Ανθρακικών Επιφανειακών Υδάτων

### 7.3.3 Συγκέντρωση Ιόντων Ασβεστίου ( $\text{Ca}^{2+}$ ) και Μαγνησίου ( $\text{Mg}^{2+}$ ) - Σκληρότητα νερού

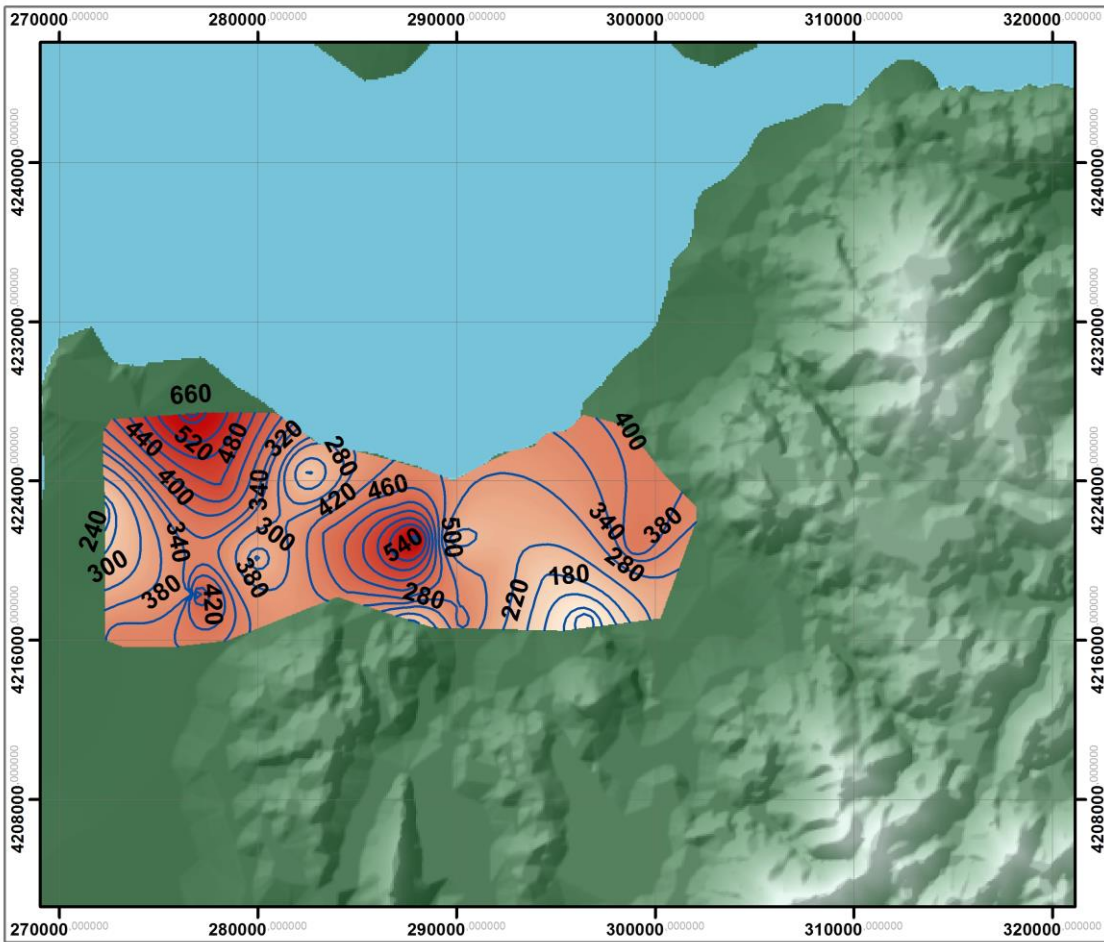
Η σκληρότητα του νερού οφείλεται στη διάλυση απ' αυτό αλάτων του Ca και Mg. Η διάλυση διευκολύνεται από το διοξείδιο του άνθρακα που ελευθερώνεται από τη βακτηριακή δράση σε οργανικές ουσίες του εδάφους, εμπλουτίζοντας έτσι το διηθούμενο νερό σε  $\text{CO}_3^{2-}$  (Sawer – McCarty, 1967). Ο προσδιορισμός της σκληρότητας έχει μεγάλη σημασία γιατί αποτελεί κριτήριο καταλληλότητας για πολλές χρήσεις των νερών γιατί δείχνει την τάση για σχηματισμό ανθρακικών επικαθήσεων στους λέβητες και τις ψυκτικές δεξαμενές, την ικανότητα δέσμευσης σαπώνων και χρωμάτων. Η σκληρότητα του πόσιμου νερού μεταξύ των άλλων συνδέεται και με την υγεία του ανθρώπου και συγκεκριμένα σχετίζεται με καρδιακές παθήσεις.

Η κύρια προέλευση του ασβεστίου (Ca) είναι τα ανθρακικά ιζηματογενή πετρώματα και τα μάρμαρα. Επίσης, προέρχεται από τους ασβεστονατριούχους άστριους, τη γύψο, τους πυρόξενους, τους αμφιβόλους, καθώς και σε ορυκτά της ομάδας του επίδοτου. Το μαγνήσιο ( $\text{Mg}^{2+}$ ) απαντάται στον ολιβίνη (Mg, Fe)  $\text{SiO}_4$ , μαγνησίτη, δολομίτη και τους χλωρίτες. Επίσης, στα ανθρακικά πετρώματα, στα οποία είναι περισσότερο άφθονο όταν περιέχουν μαγνησίτη ( $\text{MgCO}_3$ ) και δολομίτη ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ ). Προέρχεται και από τη διάλυση αργιλικών ορυκτών, όπου βρίσκεται προσροφημένο στο πλέγμα τους. Ο λόγος Ca/Mg στο



θαλασσινό νερό είναι περίπου 0,25, σε υφάλμυρα νερά 1,5-3,7, ενώ σε ασβεστολιθικά νερά 1,6 και σε δολομιτικά νερά 1,25 (Βουδούρης, 2006).

Παρακάτω παρατίθενται οι χάρτες χωρικής κατανομής του  $\text{Ca}^{2+}$  και του  $\text{Mg}^{2+}$  για τα υπόγεια υδάτα της περιοχής έρευνας.

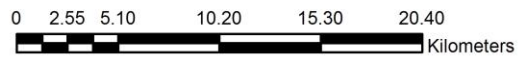


## ΥΠΟΜΝΗΜΑ

— Τιμές Ασβεστίου (Ca)

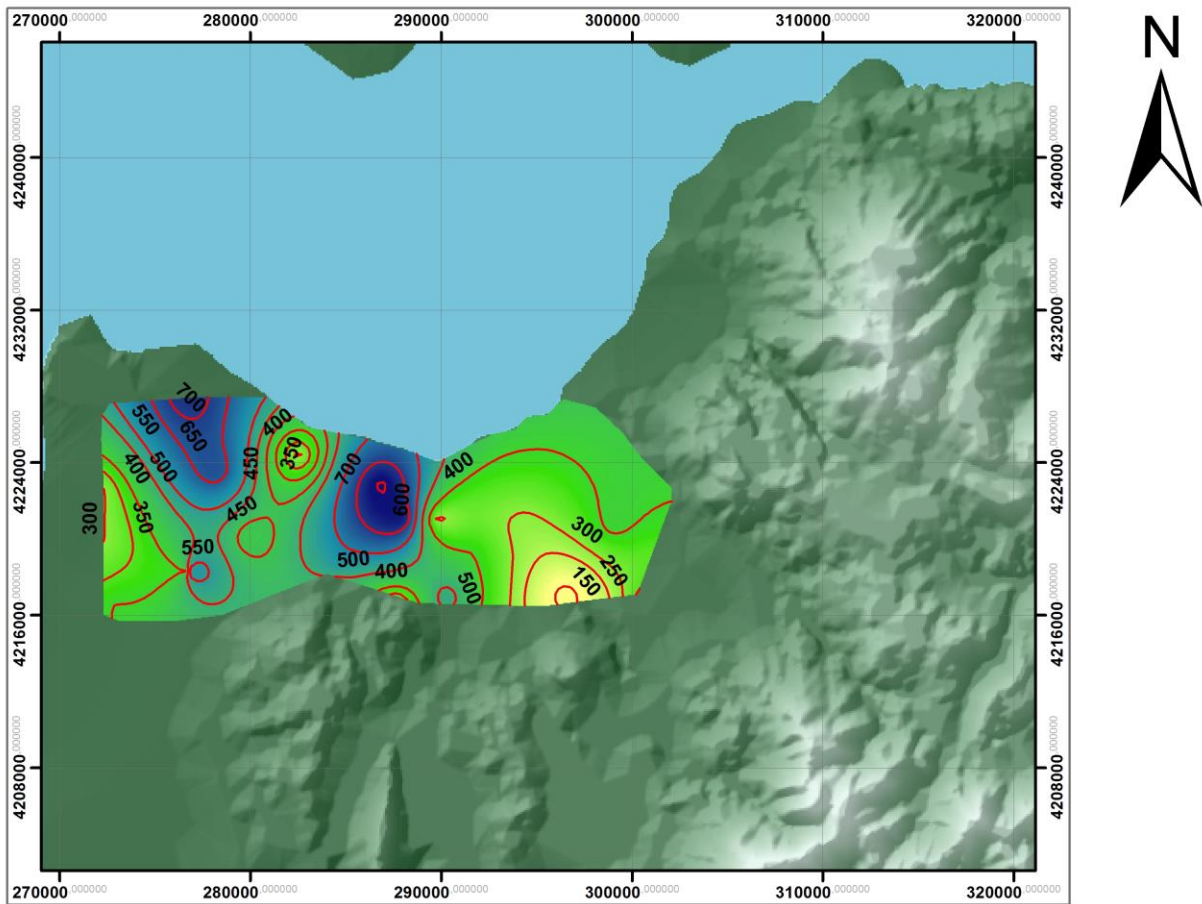
### Κατανομή Ασβεστίου (Ca)

#### Value



Χάρτης 12 : Χάρτης Χωρικής Κατανομής Ιόντων Ασβεστίου Υπόγειων Υδάτων

Σύμφωνα με το χάρτη οι μεγαλύτερες τιμές των ιόντων ασβεστίου παρατηρούνται στο βορειοδυτικό τμήμα καθώς και στο κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης.



## ΥΠΟΜΝΗΜΑ

— Τιμές Μαγνησίου (Mg)

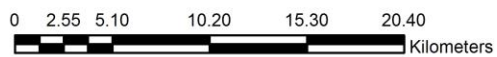
### Κατανομή Μαγνησίου (Mg)

Value



High : 804,498

Low : 140,538



Χάρτης 13 : Χάρτης Χωρικής Κατανομής Ιόντων Μαγνησίου Υπόγειων Υδάτων

Παρατηρώντας το χάρτη των ιόντων ασβεστίου και ιόντων μαγνησίου βλέπουμε ότι τα ίδια σημεία στην περιοχή παρουσιάζουν αυξημένη συγκέντρωση ασβεστίου και μαγνησίου. Αυτά είναι το βορειοδυτικό άκρο και το κεντρικό τμήμα της περιοχής μελέτης.

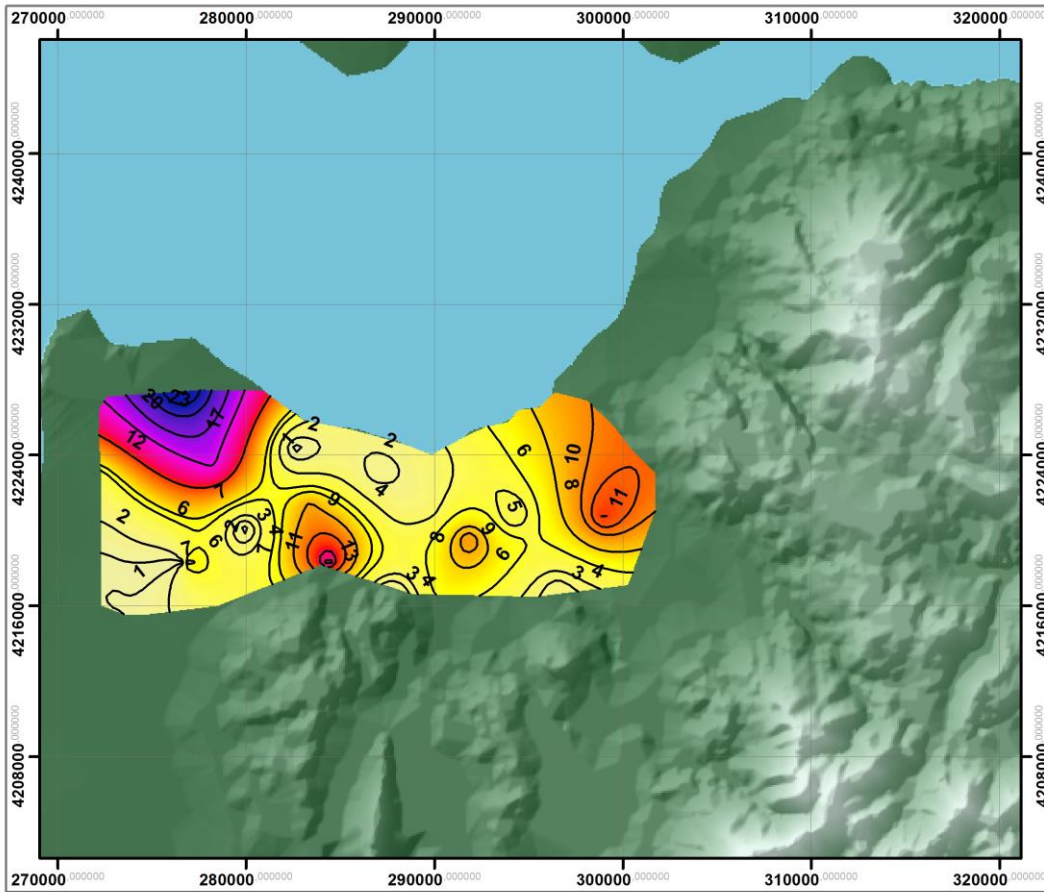
### 7.3.4 Συγκέντρωση Νιτρικών Ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ )

Κυριότερες πηγές νιτρικών ιόντων αποτελούν το εδαφικό άζωτο το οποίο με τη δράση συγκεκριμένων βακτηρίων μετατρέπεται σε νιτρικά ιόντα (μια διαδικασία που επιταχύνεται με την καλλιέργεια του εδάφους), στράγγιση σηπτικών βόθρων, εκροές ζωικών αποβλήτων και τέλος με την αλόγιστη χρήση εδαφοβελτιωτικών ουσιών (Καλλιώρας, 2008). Το όριο συγκέντρωσης νιτρικών ιόντων στο πόσιμο νερό είναι 50 mg/L.

Η πιο διαδεδομένη μορφή ρύπανσης τόσο του υπογείου όσο και του επιφανειακού νερού είναι η νιτρορύπανση. Οι πηγές του αζώτου διακρίνονται σε άμεσες όπως π.χ. τα απόβλητα ή τα λιπάσματα και έμμεσες κατά τις οποίες παράγεται  $\text{NO}_3^-$  από άζωτο οργανικής προέλευσης ή από  $\text{NH}_4^+$ . Οι διαδικασίες δημιουργίας  $\text{NO}_3^-$  είναι πολύπλοκες και περιλαμβάνουν την αμμωνιοποίηση (μετατροπή N οργανικής προέλευσης σε  $\text{NH}_4^+$ ) και την νίτρωση (οξείδωση  $\text{NH}_4^+$  σε  $\text{NO}_3^-$ ).

Στα επιφανειακά ύδατα τις περιοχής δεν εντοπίζεται πρόβλημα νιτρορύπανσης καθώς οι συγκεντρώσεις είναι αρκετά μικρές κάτω από 10 mg/L. Το ίδιο παρατηρείται και στα υπόγεια νερά καθώς η υψηλότερη συγκέντρωση  $\text{NO}_3^-$  που συναντάμε είναι 27,8 mg/L. Η περιοχή της ΒΔ Αχαΐας δεν αντιμετωπίζει ιδιαίτερο πρόβλημα νιτρορύπανσης και αυτό μπορεί να εξηγηθεί λόγω της αγροτικής ενασχόλησης με την καλλιέργεια ελαιόδεντρων και αμπελιών. Στα συγκεκριμένα είδη καλλιέργειας δεν χρησιμοποιούνται αζωτούχα λιπάσματα.

Παρακάτω παρατίθεται ο χάρτης χωρικής κατανομής των νιτρικών των υπόγειων υδάτων της περιοχής έρευνας.



## ΥΠΟΜΝΗΜΑ

— Τιμές Νιτρικών (NO<sub>3</sub>)

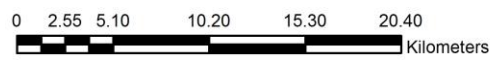
### Κατανομή Νιτρικών (NO<sub>3</sub>)

Value

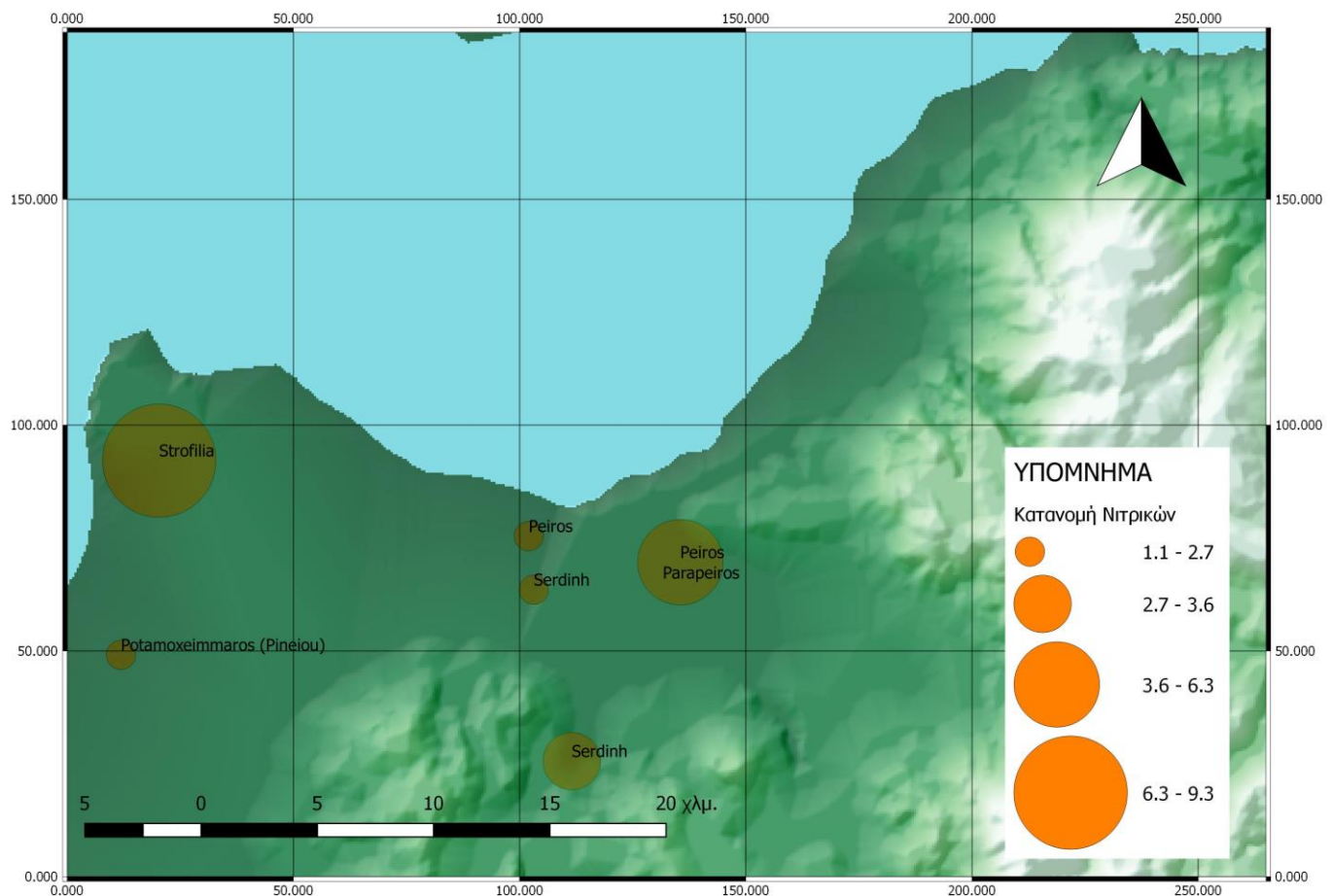


High : 27,0932

Low : 0,610401



Χάρτης 14 : Χάρτης Κατανομής Νιτρικών Υπόγειων Υδάτων

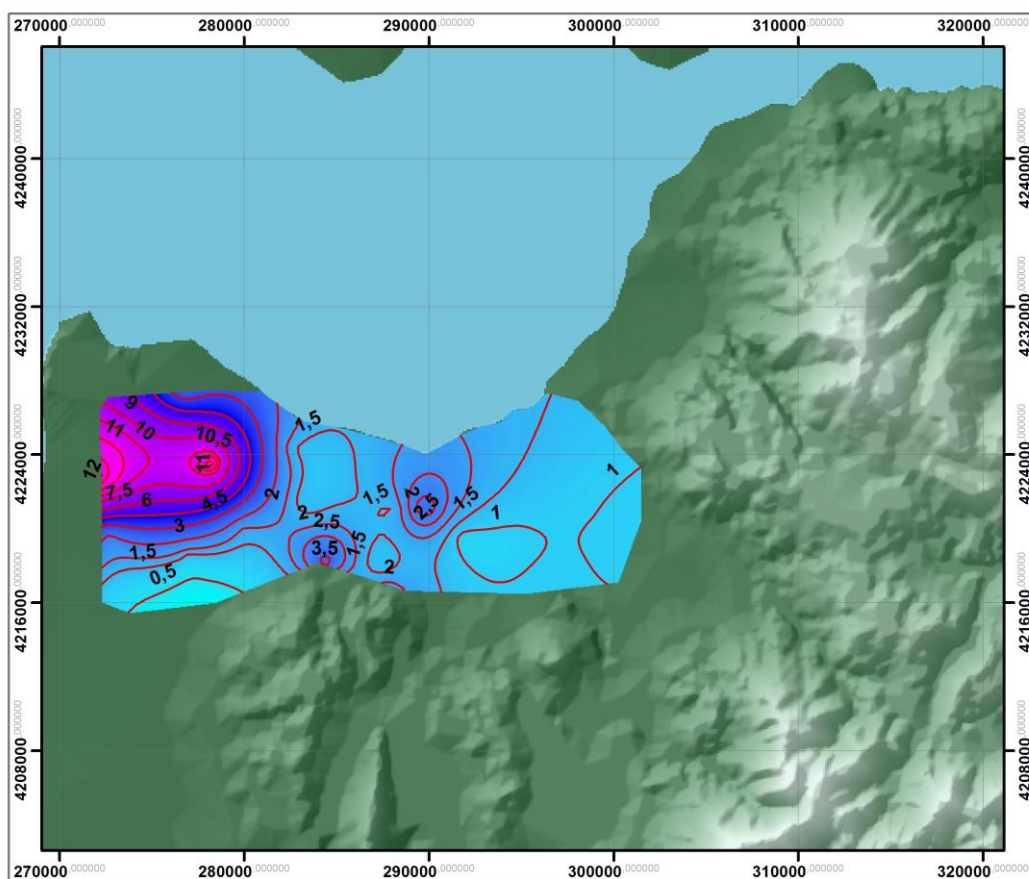


Χάρτης 15 : Χάρτης Νιτρικών Επιφανειακών Υδάτων

### 7.3.5 Συγκεντρώσεις Κατιόντων Καλίου ( $K^+$ ) και Νατρίου ( $Na^+$ )

Τα αλκάλια Na και K συνδέουν την παρουσία τους με τους αστρίους. Το νάτριο στον αλβίτη ( $NaAlSi_3O_8$ ), το δε κάλιο στο ορθόκλαστο και στον μικροκλινή ( $KAlSi_3O_8$ ). Το Na απαντά επίσης στους νατριούχους αμφιβόλους (γλαυκοφανή) και στον αλίτη ( $NaCl$ ) και το K στον συλβίνη ( $KCl$ ). Το κάλιο σχετίζεται επίσης και με καλιούχα λιπάσματα. Η παρουσία των αλκαλίων σχετίζεται και με τη διείσδυση της θάλασσας σε παράκτιους υδροφόρους ορίζοντες ή με αερομεταφερόμενα σταγονίδια από τη θάλασσα. Το ενδεικτικό επίπεδο συγκέντρωσης νατρίου στα υπόγεια νερά είναι τα 20 mg/L. Στο θαλασσινό νερό ανέρχεται σε 10.000 mg/L. Περισσότερο από 50 mg/L νατρίου και καλίου προκαλούν σαπυνοποίηση που επιταχύνει τη διάβρωση στους λέβητες, δημιουργώντας κρούστα. Σε μικρές περιεκτικότητες το νάτριο και το κάλιο συμμετέχουν στην ωσμωτική ισορροπία του κυττάρου. Μεγάλες συγκεντρώσεις ιόντων νατρίου στο πόσιμο νερό επιφέρουν προβλήματα στην υγεία των ανθρώπων που το χρησιμοποιούν (αυξάνει την αρτηριακή πίεση). (Βουδούρης, 2006).

Εν συνεχεία, επισυνάπτονται οι χάρτες των κατιόντων καλίου και νατρίου των υπόγειων υδάτων για την περιοχή έρευνας.

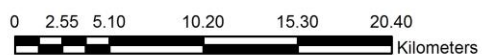
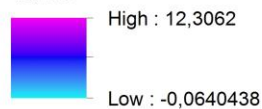


## ΥΠΟΜΝΗΜΑ

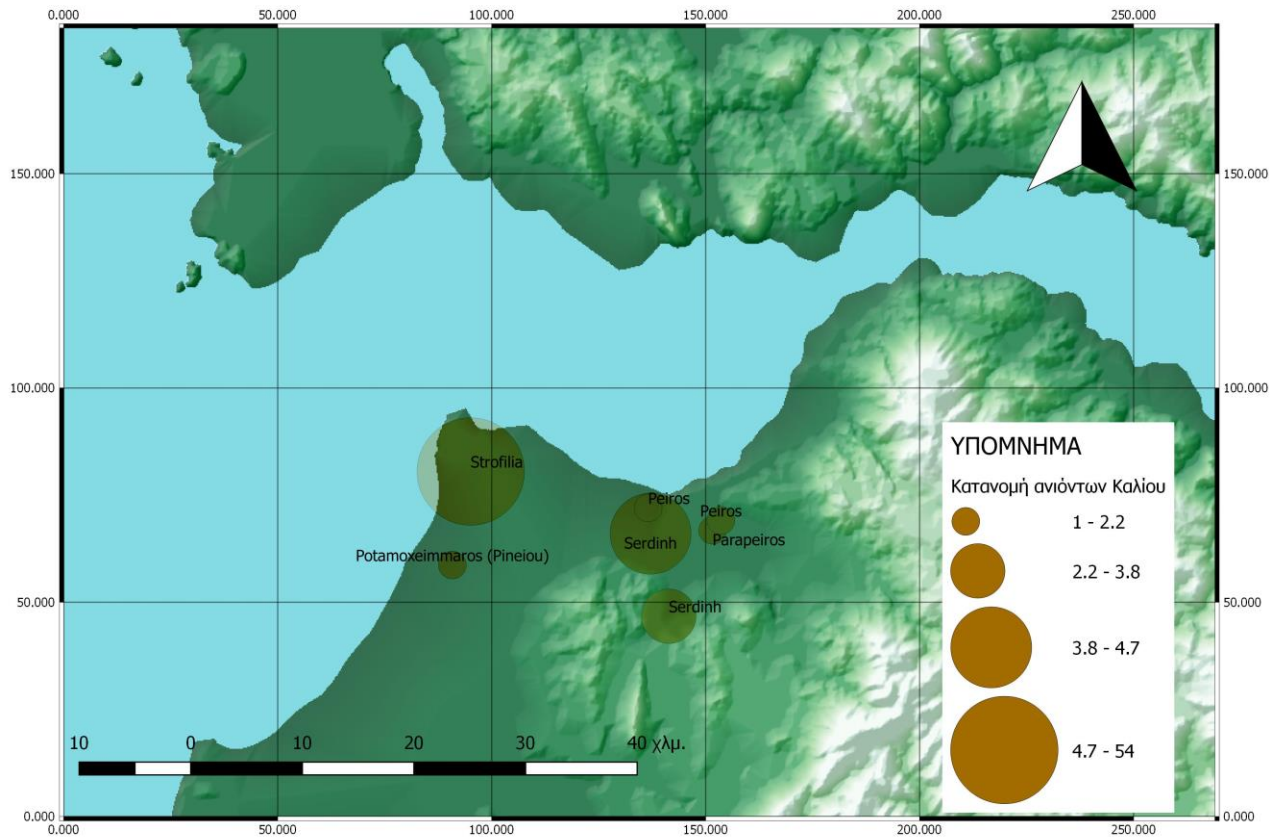
— Τιμές Καλίου (Κ)

### Κατανομή Καλίου (Κ)

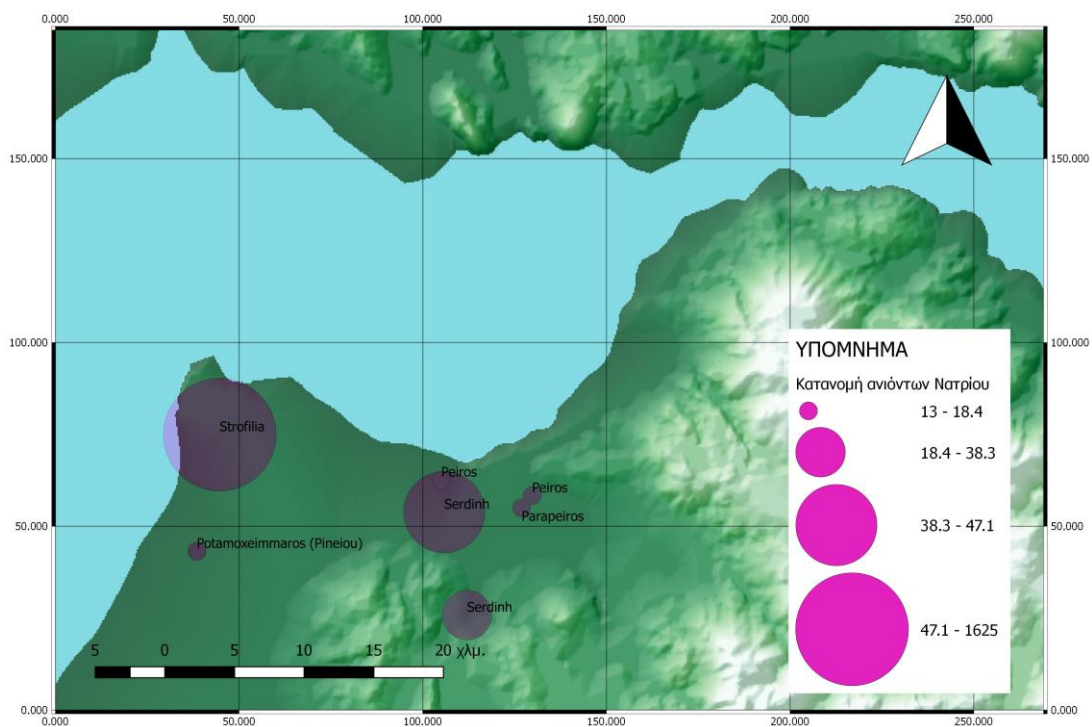
Value



Χάρτης 16 : Χάρτης Χωρικής Κατανομής Κατιόντων Καλίου Υπόγειων Υδάτων

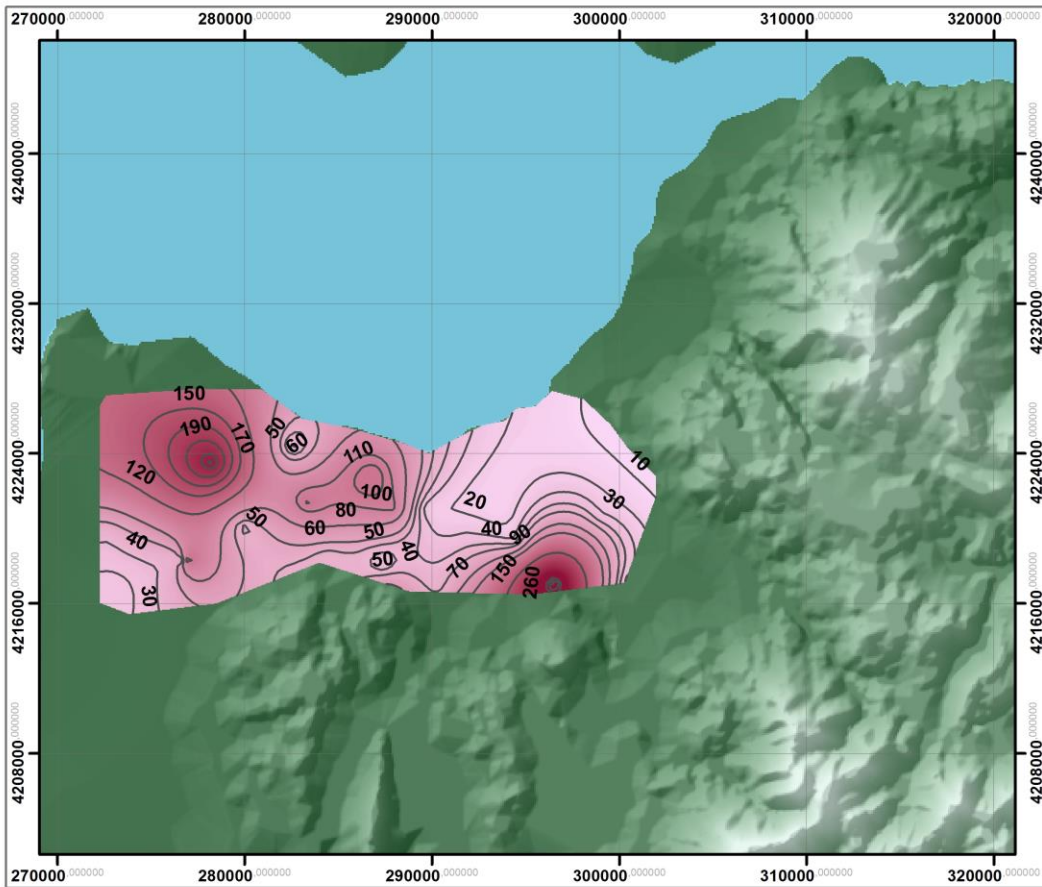


Χάρτης 17: Χάρτης Κατιόντων Καλίου Επιφανειακών Υδάτων



Χάρτης 18: Χάρτης Κατιόντων Νατρίου Επιφανειακών Υδάτων





## ΥΠΟΜΝΗΜΑ

— Τιμές Νατρίου (Na)

### Κατανομή Νατρίου (Na)

Value



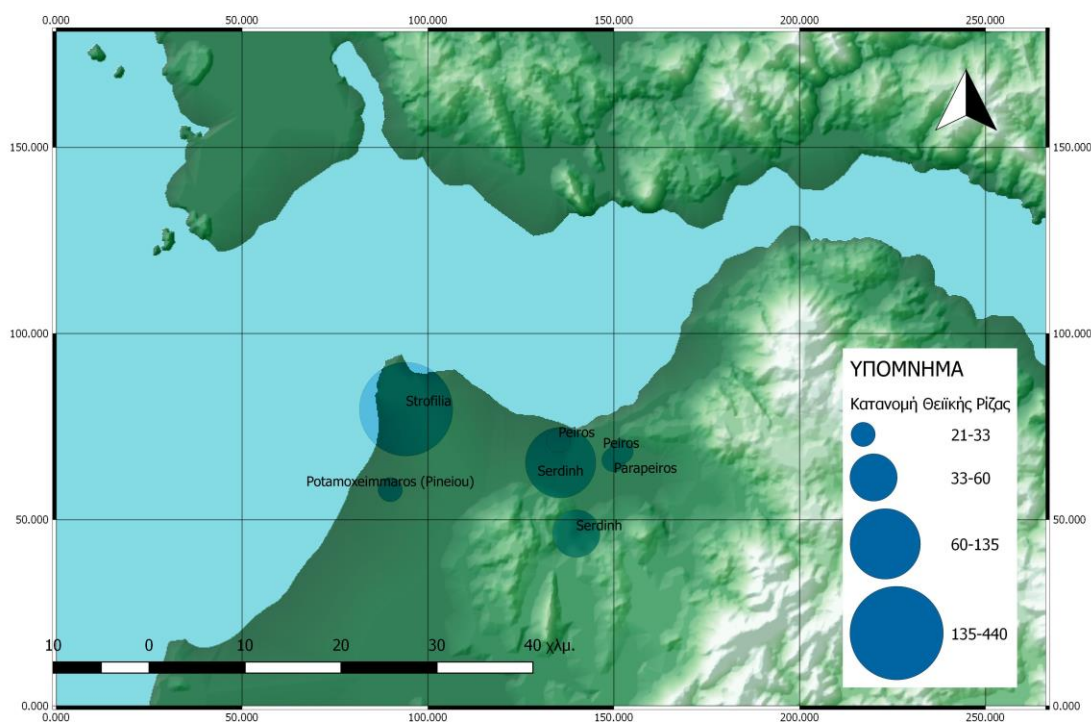
Χάρτης 19 : Χάρτης Χωρικής Κατανομής Κατιόντων Νατρίου Υπόγειων Υδάτων

### 7.3.6 Συγκέντρωση Θειικής ρίζας ( $\text{SO}_4^{2-}$ )

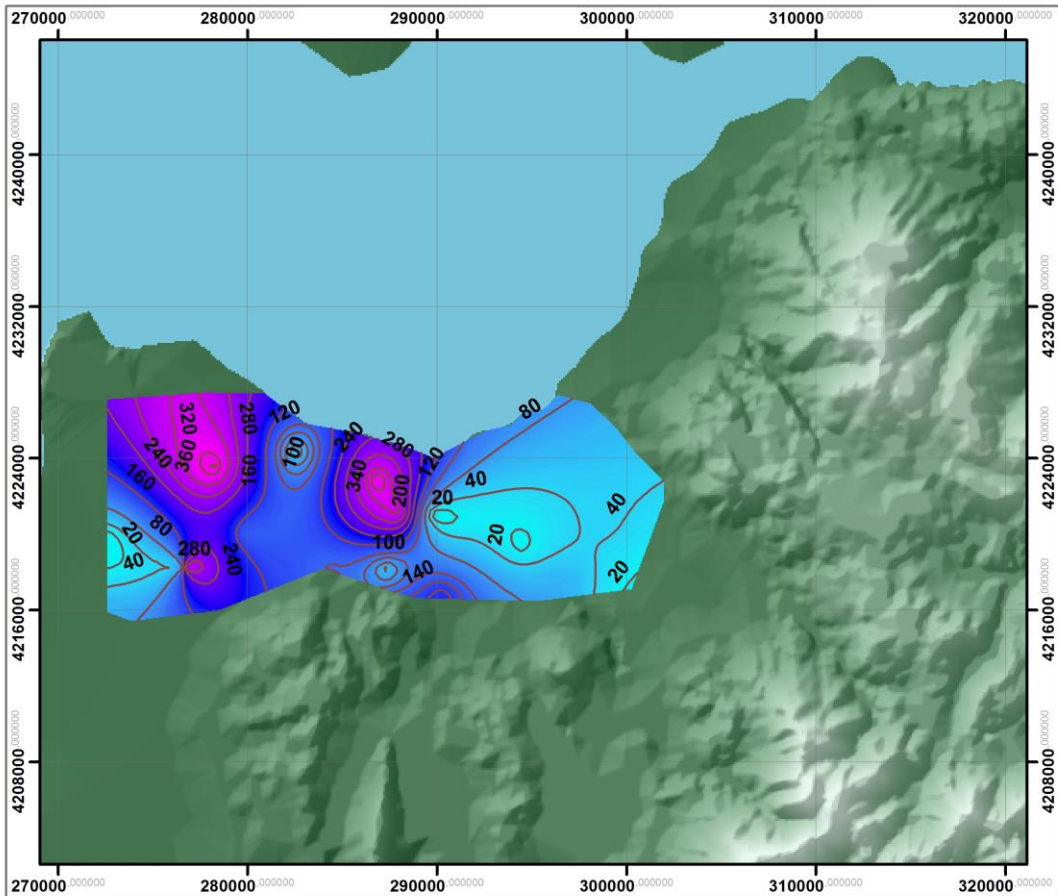
Η κύρια προέλευση της θειικής ρίζας είναι η οξείδωση των σουλφιδίων (γύψος, ανυδρίτης). Η συνηθισμένη συγκέντρωση της στο νερό είναι μικρότερη από 300 mg/L εκτός από υδρογεωτρήσεις που επηρεάζονται από όξινα απόβλητα μεταλλείων. Η θειική ρίζα σε συνδυασμό με το ασβέστιο αφήνει κρούστα. Σε συγκεντρώσεις ανώτερες των 250 mg/L κάνει τη χρήση του νερού προβληματική για πόση και για μερικές βιομηχανικές χρήσεις. Όταν η συγκέντρωση της φθάνει τα 500 mg/L το νερό αποκτά πικρή γεύση και όταν ξεπεράσει τα 1000 mg/L μπορεί να έχει καθαρκτικές ιδιότητες. (Καλλέργης, 2000)

Τα επιφανειακά νερά της περιοχής έρευνας δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερα μεγάλες τιμές συγκέντρωσης θειικής ρίζας, με εξαίρεση τη λίμνη Στροφυλιά και τον ποταμοχείμμο Σερδινή. Η τιμή των 440 mg/L για τη λίμνη Στροφυλιά δικαιολογείται από την ύπαρξη αυξημένης ποσότητας αλμυρού μέσα στη λίμνη για λόγους που έχουμε εξηγήσει παραπάνω. Όμως το δείγμα της Σερδινής έχει μεγαλύτερη συγκέντρωση θειικής ρίζας (135 mg/L) από τα παράπλευρα ποτάμια της περιοχής. Αν λάβουμε υπόψη ότι το στράγγισμα ενός ώριμου ΧΥΤΑ περιέχει 20-50 mg/L  $\text{SO}_4^{2-}$ , μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η αυξημένη συγκέντρωση θειικής ρίζας στη Σερδινή προέρχεται από το στράγγισμα του ΧΥΤΑ Φλόκα. Προς διευκρίνιση, ο ποταμοχείμμος Σερδινή πηγάζει κοντά στο χωριό Φλόκα.

Για τα υπόγεια ύδατα της περιοχής έρευνας έχουμε κατασκευάσει ένα χάρτη χωρικής κατανομής της θειικής ρίζας.



Χάρτης 20: Χάρτης Κατανομής Θειικής Ρίζας Επιφανειακών Υδάτων



## ΥΠΟΜΝΗΜΑ

— Τιμές Θεϊκών (SO<sub>4</sub>)

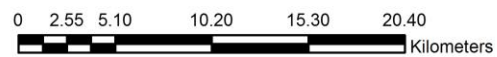
### Κατανομή Θεϊκών (SO<sub>4</sub>)

Value



High : 380,865

Low : 10,7571



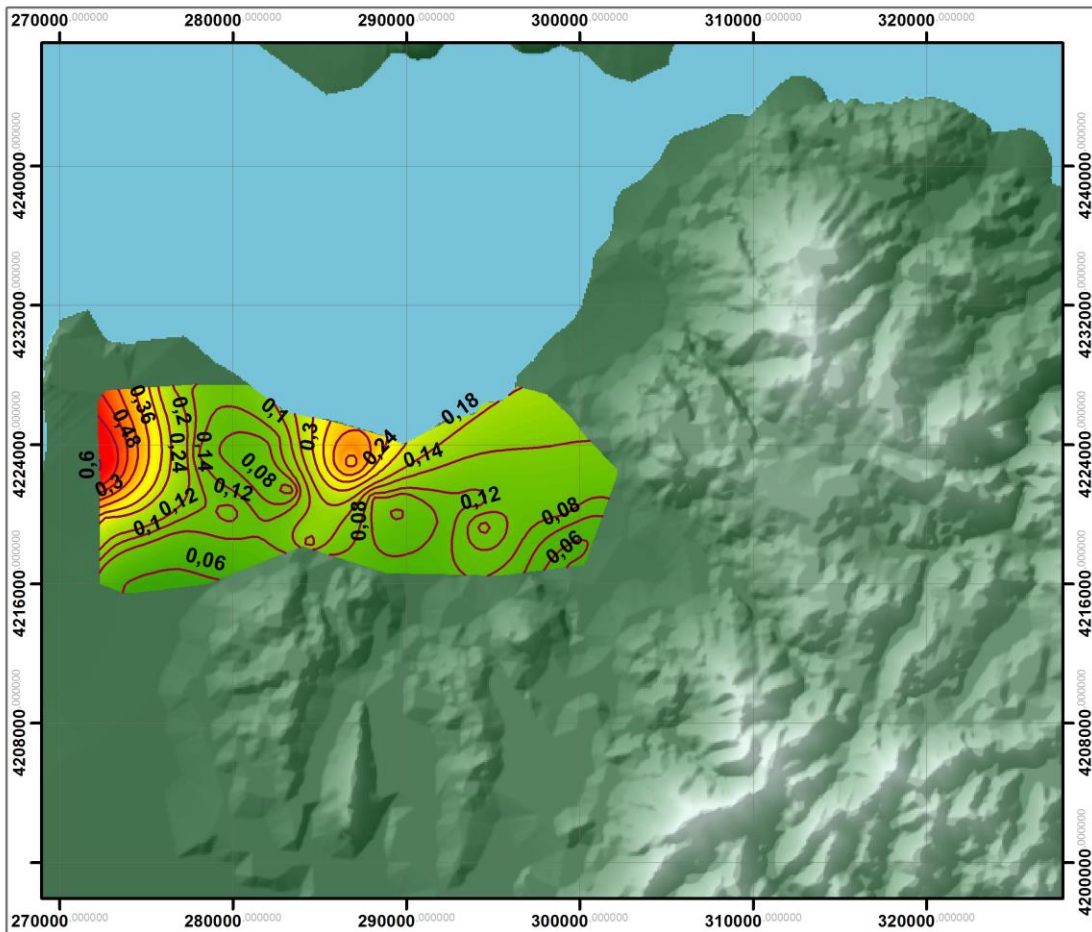
Χάρτης 21 : Χάρτης Χωρικής Κατανομής Θεϊκής Ρίζας Υπόγειων Υδάτων

Παρατηρούμε ότι σε 3 σημεία της περιοχής έχουμε υψηλές συγκεντρώσεις θειικών. Στο σημείο στο βορειοδυτικό άκρο της περιοχής οι υψηλές συγκεντρώσεις μπορούν να δικαιολογηθούν από την θαλασσία διείσδυση που έχει υποστεί ο υδροφορέας στο σημείο εκείνο. Στα υπόλοιπα σημεία δεν μπορεί να βγει το ίδιο συμπέρασμα. Διότι στα υπόλοιπα σημεία δεν υπάρχει τόσο μεγάλη θαλασσία διείσδυση σύμφωνα και με τη συγκέντρωση χλωριόντων αλλά και την πιεζομετρία της περιοχής. Μια λογική εξήγηση της αυξημένης συγκέντρωσης θειικών μπορεί να είναι η εκτεταμένη χρήση θείου (S) στα «ραντίσματα» των αμπελιών.

### 7.3.7 Συγκέντρωση Ορθοφωσφορικών Ιόντων ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Όλες οι ενώσεις του φωσφόρου συναντώνται στα νερά είτε διαλυμένες, είτε σαν σωματίδια είτε στο σώμα των υδρόβιων οργανισμών. Ο φώσφορος, όπως και το άζωτο, είναι βασικό στοιχείο για την ανάπτυξη των αλγών και η περιεκτικότητά του στα νερά αποτελεί καθοριστικό παράγοντα στον ευτροφισμό των επιφανειακών νερών. Η μεγαλύτερη ποσότητα ανόργανου φωσφόρου οφείλεται στα ανθρώπινα λύματα και προέρχεται από τη διάσπαση των πρωτεϊνών κατά τον μεταβολισμό. Επίσης υπάρχει σε πολλά απορρυπαντικά και στα φωσφορικά λιπάσματα. Μικρά ποσά φωσφορικών εισέρχονται στα δίκτυα από την επεξεργασία του νερού, όπου χρησιμοποιούνται για να εμποδιστεί η διάβρωση στις σωληνώσεις και τα επικαθήματα στους λέβητες. Σύμφωνα με διεθνή στοιχεία η ανώτερη επιτρεπτή ποσότητα φωσφορικών στο νερό είναι 5 mg/L, ενώ η ενδεικτική τιμή της τα 0,4 mg/L.

Παρακάτω παρατίθεται ο χάρτης χωρικής κατανομής των ορθοφωσφορικών ιόντων για τα υπόγεια ύδατα της περιοχής μελέτης.

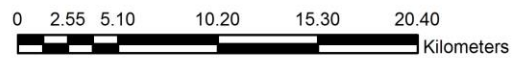
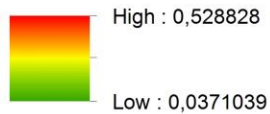


## ΥΠΟΜΝΗΜΑ

— Τιμές Φωσφορικών (PO4)

### Κατανομή Φωσφορικών (PO4)

Value



Χάρτης 22 : Χάρτης Χωρικής Κατανομής Ορθοφωσφορικών Ιόντων Υπόγειων Υδάτων

Τα υπόγεια νερά δεν εμφανίζουν μεγάλες τιμές φωσφορικών. Οι μεγαλύτερες τιμές εμφανίζονται στις περιοχές Μετόχι, Αγιοβλασίτικα και Δαφνούλα.

Τα επιφανειακά νερά της περιοχής δεν εμφανίζουν μεγάλες συγκεντρώσεις φωσφορικών. Τις μεγαλύτερες τιμές τις παρατηρούμε στον ποταμοχείμαρο Σερδινή 0,2 mg/L και στον ποταμοχείμαρο του Πηνειού 0,32 mg/L.

## 7.4 Υδρογεωχημικά Διαγράμματα

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων που διεξάχθηκαν στο εργαστήριο, για τα δείγματα που είχαμε συλλέξει, δημιουργήθηκε η βάση δεδομένων που στη συνέχεια οδήγησε στην εύρεση του χημικού τύπου του νερού. Με τη χρήση του προγράμματος (λογισμικού) Aquachem 4.0 και Aquachem 2014.2 (trial) κατέσται δυνατή η περιγραφή των υδρογεωχημικών ιδιοτήτων κάθε δείγματος.

### 7.4.1 Υδροχημικός Χαρακτηρισμός των υδάτων

Παρακάτω παρουσιάζονται οι χημικοί τύποι των υδάτων που προέκυψαν από την ανάλυση τους.

Πίνακας 7.4.1: Υδροχημικός τύπος Υπόγειων Υδάτων

Station	Date	SampleID	WATERTYPE
AG23		108	Mg-Ca
AG42		109	Mg-Ca-HCO3
Agios Stefan		140(139)	Mg-Ca-HCO3
Agiovlasitika		137	Mg-Ca
Anw Souder		114(113)	Mg-Ca
Apidewnas		131	Mg-Ca
Asteri		142	Mg-Ca-HCO3
Axaiko		107	Mg-Ca
Dafnoula		118(117)	Mg-Ca
Farai		143	Mg-Ca-HCO3
Fragka		132	Mg-Ca
Fragka (artes)		133	Mg-Ca
Iswma		103	Mg-Ca-HCO3
Katw Axaia		120	Mg-Ca
Lakkopetra		126	Mg-Ca
Lappas		129	Mg-Ca-HCO3
Limnoxwri		125	Mg-Ca
Lousika		106	Mg-Ca
Metoxi		128	Mg-Ca-Na-HCO3
Mitopoli		141	Na-Mg-Ca-HCO3
Niforeika		124	Mg-Ca-HCO3
Petroxwri		122	Mg-Ca
Petroxwri		123	Mg-Ca
Petroxwri (ai		121	Mg-Ca
Prevedos		119	Mg-Ca
Sagieika		135(134)	Mg-Ca
Vasiliko		144	Mg-Ca
Xaikali		115	Mg-Ca

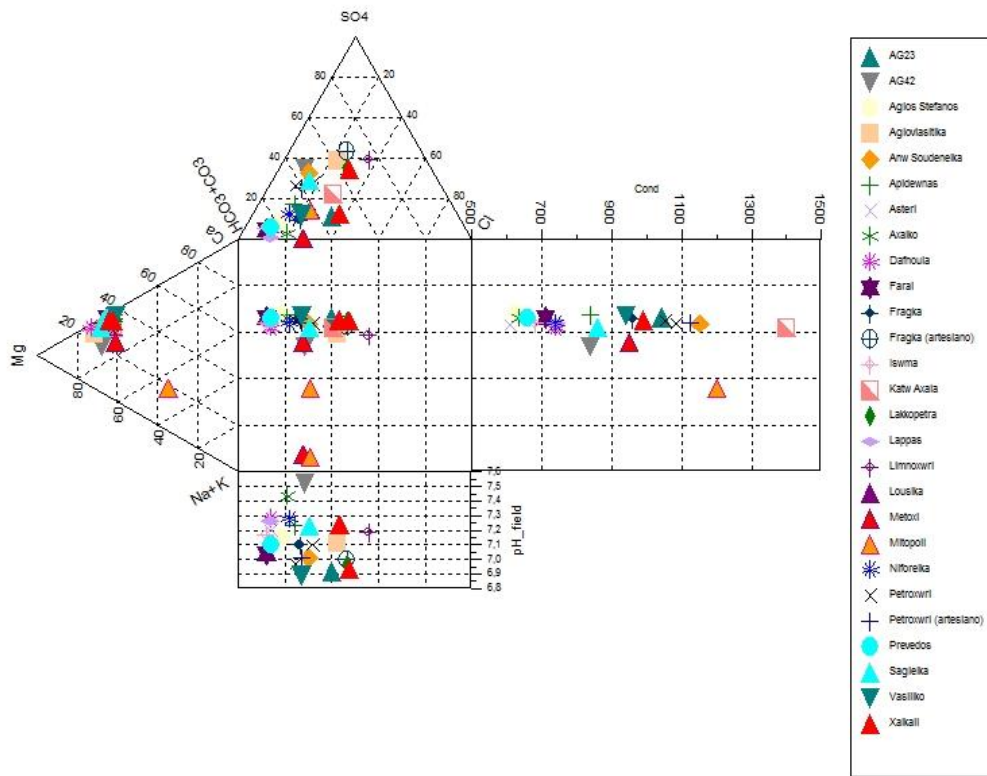
Πίνακας 7.4.2: Υδροχημικός Τύπος Επιφανειακών Υδάτων

Station	Date	SampleID	WATERTYPE
Parapeiros		116	Mg-Ca
Peiros		111	Mg-Ca
Peiros		138	Mg-Ca
Potamoxeimmaros (Pineiou)		130	Mg-Ca-HCO <sub>3</sub>
Serdinh		110	Mg-Ca
Serdinh		112	Mg-Ca
Strofilia		127	Mg-Na-Ca

Από τον πίνακα 7.4.1 βλέπουμε ότι σε όλα τα δείγματα των υπόγειων υδάτων κυριαρχεί η σχέση Mg – Ca και σε λιγότερα σημεία η σχέση Mg-Ca-HCO<sub>3</sub>. Η κύρια προέλευση του Ca είναι τα ανθρακικά ιζηματογενή πετρώματα και τα μάρμαρα. Επίσης προέρχεται από τους ασβεστονατριούχους άστριους, τη γύψο, τους πυρόξενους, τους αμφίβολους, καθώς και από ορυκτά της ομάδας του επιδότου. Το Mg απαντάται στα ανθρακικά πετρώματα, στα οποία είναι περισσότερο άφθονο όταν περιέχουν μαγνησίτη και δολομίτη. Στην δικιά μας περίπτωση τώρα τα στοιχεία αυτά κυριαρχούν λόγω της παρουσίας ανθρακικών πετρωμάτων τόσο στην προσχωματική υπόγεια υδροφορία, όσο και στην καρστική υπόγεια υδροφορία, καθώς και στην υπόγεια υδροφορία του φλύσχη. Τα όξινα ανθρακικά που υπάρχουν σε κάποια δείγματα, είναι το επικρατέστερο ανιόν στα γλυκά υπόγεια νερά και προέρχεται από το CO<sub>2</sub> της ατμόσφαιρας. Άλλη μια πηγή προέλευσης των όξινων ανθρακικών είναι η διάλυση των ανθρακικών πετρωμάτων από το νερό. Συνήθως, η διάλυση του ασβεστίτη και του δολομίτη είναι υπεύθυνη για τις υψηλές συγκεντρώσεις HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> στα υπόγεια νερά όλων των τύπων των υδροφόρων.

#### 7.4.2 Διάγραμμα Durov

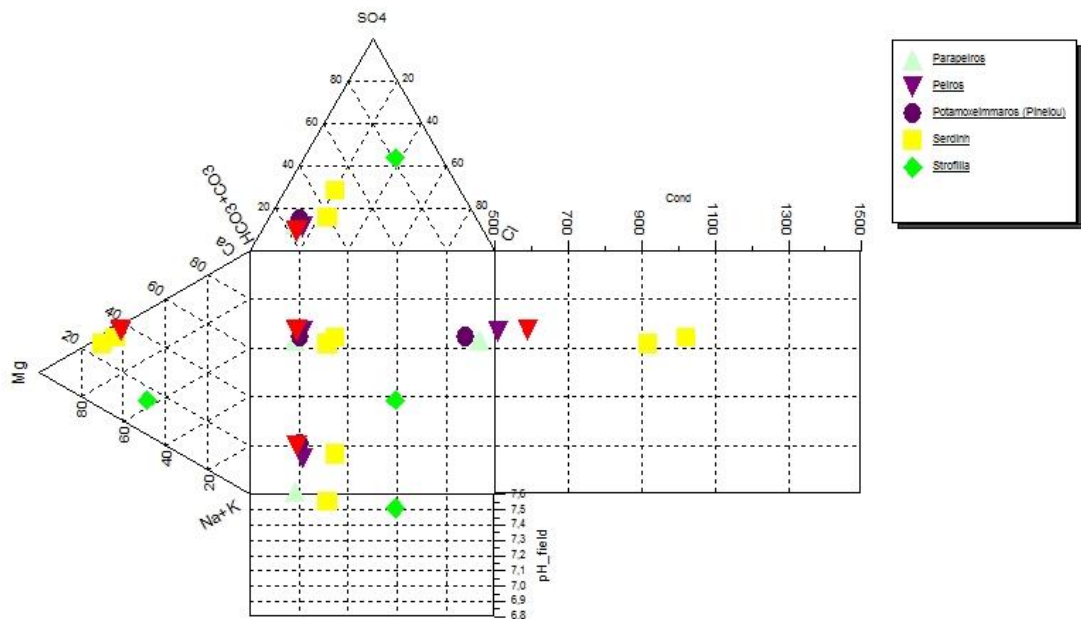
Το συγκεκριμένο διάγραμμα αναπτύχθηκε από τη σοβιετική σχολή και περιγράφηκε στην αγγλική γλώσσα από τον Zarogzec. Το διάγραμμα Durov είναι ο πιο διαδεδομένος τρόπος για την άμεση ταξινόμηση των υπόγειων νερών σε διάφορους τύπους. Τα διαγράμματα Durov αποτελούνται από δύο τρίγωνα (ανιόντων και κατιόντων) και ένα τετράγωνο, πάνω στο οποίο πραγματοποιείται η προβολή του δείγματος. Τα δείγματα ταξινομούνται ανάλογα με τη χημική τους σύσταση και το επικρατέστερο ανιόν και κατιόν. Παρακάτω παρατίθενται τα διαγράμματα που δημιουργήθηκαν για τα υπόγεια και τα επιφανειακά ύδατα.



Διάγραμμα 1: Διάγραμμα Duroν υπόγεια ύδατα

Σύμφωνα με το διάγραμμα ένα δείγμα και συγκεκριμένα αυτό της Μιτόπολης έχει ως βασικό χαρακτηριστικό (σε σχέση με τα υπόλοιπα) την επικράτηση των κατιόντων Na και K. Το στοιχείο αυτό θα μπορούσε να οφείλεται σε θαλάσσια διείσδυση πράγμα που δεν συμβαίνει στην περίπτωση μας. Συμπεραίνουμε, λοιπόν ότι η αυξημένη ύπαρξη αυτών των κατιόντων οφείλεται σε άλλη αιτία. Ενδεχομένως να επηρεάζει το συγκεκριμένο δείγμα ο ΧΥΤΑ ο οποίος βρίσκεται σε κοντινή απόσταση από την περιοχή της Μιτόπολης. Στα υπόλοιπα δείγματα φαίνεται να κυριαρχούν τα ιόντα Ca, Mg και  $\text{HCO}_3^-$  όπως παρατηρήσαμε και πιο πάνω.



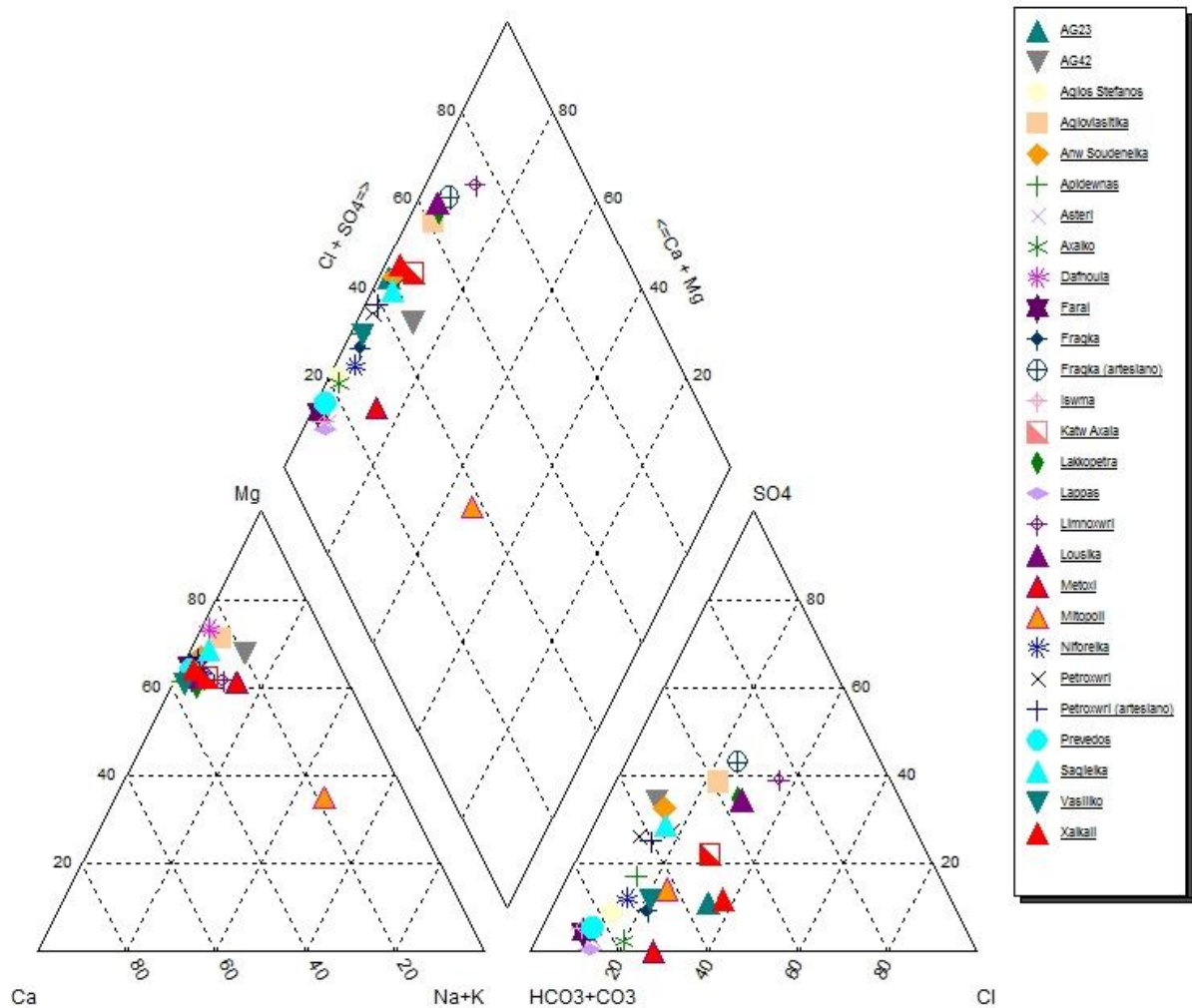


Διάγραμμα 2: Διάγραμμα Durov επιφανειακά ύδατα

Στο διάγραμμα το δείγμα από τη Λίμνη της Στροφυλιάς φαίνεται να έχει επικρατέστερο ανιόν το χλώριο. Τα υπόλοιπα δείγματα δεν έχουν ως επικρατέστερο κάποιο συγκεκριμένο ιόν. Μόνο τα δείγματα από τον ποταμοχείμαρο Σερδίνη, όπως έχουμε επισημάνει και πιο πάνω, δείχνουν μια αυξημένη συγκέντρωση ανιόντων χλωρίου και θειικής ρίζας σε σχέση με τα υπόλοιπα δείγματα από παρακείμενα ποτάμια της περιοχής.

#### 7.4.3 Ταξινόμηση κατά Piper

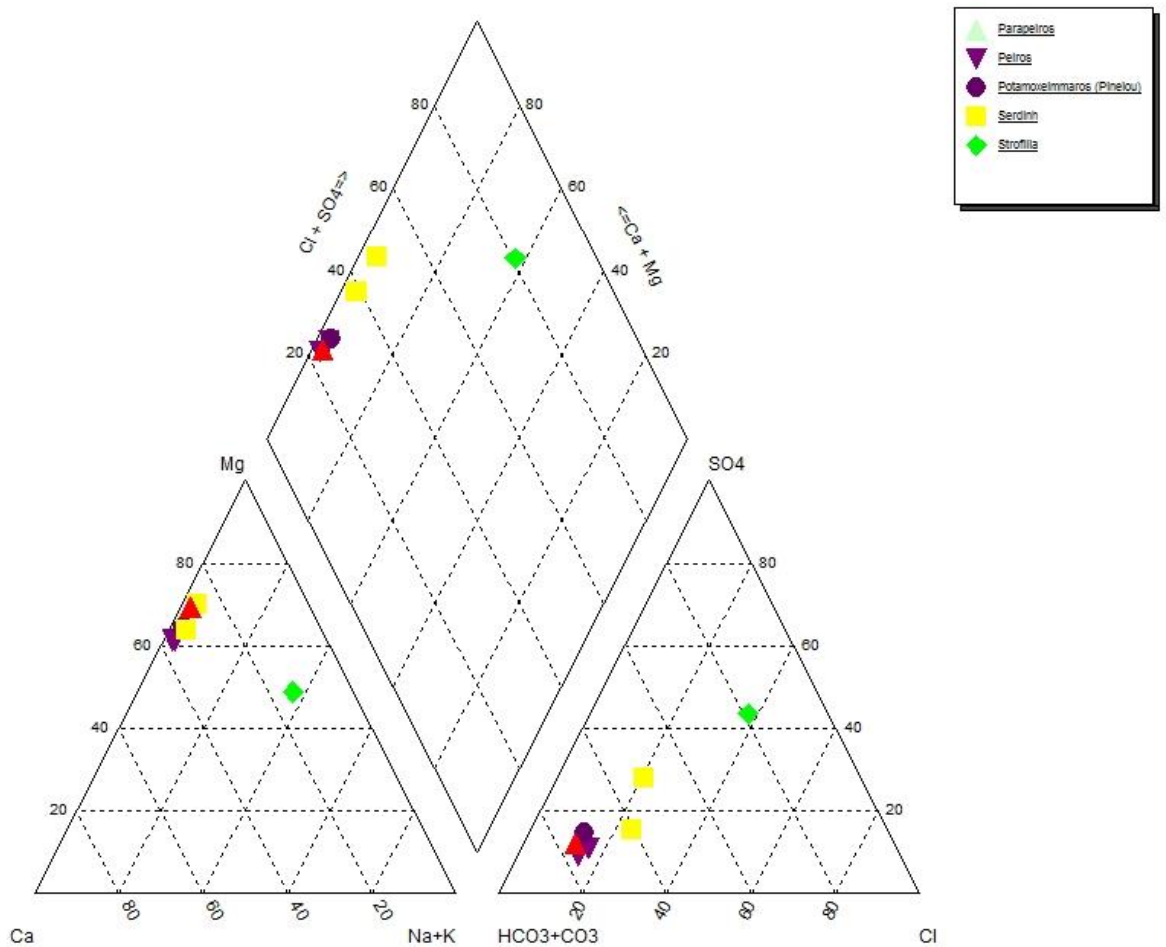
Τα τριγωνικά διαγράμματα κατά Piper (1944) περιλαμβάνουν τη σύνθεση των κύριων ανιόντων και κατιόντων των δειγμάτων υπογείων νερών, τα οποία προβάλλονται σε ανεξάρτητα τρίγωνα. Το αποτέλεσμα είναι η αναγωγή της χημικής σύστασης του υπόγειου νερού σε μεμονωμένα σημεία τα οποία αντιπροσωπεύουν την ποσοστιαία συγκέντρωση (σε meq/L) κάθε ανιόντος ή κατιόντος. Η συγκεκριμένη μέθοδος κατάταξης, αποδεικνύεται χρήσιμη για τον εντοπισμό του υδροχημικού τύπου και για την ερμηνεία υδροχημικών σχέσεων μεταξύ των υπόγειων νερών. Παρακάτω επισυνάπτονται τα διαγράμματα Piper για τα υπόγεια και τα επιφανειακά ύδατα της περιοχής έρευνας.



Διάγραμμα 3: Διάγραμμα Piper υπόγεια ύδατα

Παρατήρωντας το διάγραμμα συμπεραίνουμε πως σύμφωνα με τα κατιόντα τους τα νερά κατατάσσονται ως μαγνησιούχα με εξαίρεση το δείγμα της Μιτόπολης το οποίο κατατάσσεται ως Νατριούχο ή Καλιούχο. Η εξήγηση για το συγκεκριμένο δείγμα είναι αυτή που δώσαμε ακριβώς στην προηγούμενη ενότητα, δηλαδή για ενδεχόμενο επηρεασμό του από το ΧΥΤΑ.

Ως προς τα ανιόντα τα νερά χωρίζονται σ' αυτά που δεν επικρατεί κάποιο συγκεκριμένο ανιόν και σ' αυτά στα οποία το νερό χαρακτηρίζεται οξυανθρακικό.



Διάγραμμα 4: Διάγραμμα Piper επιφανειακά ύδατα

Τα επιφανειακά νερά κατατάσσονται κι αυτά ως μαγνησιούχα και οξυανθρακικά, με εξαίρεση το δείγμα της λίμνης Στροφυλιάς στο οποίο επικρατούν τα ανιόντα χλωρίου και η θειϊκή ρίζα.

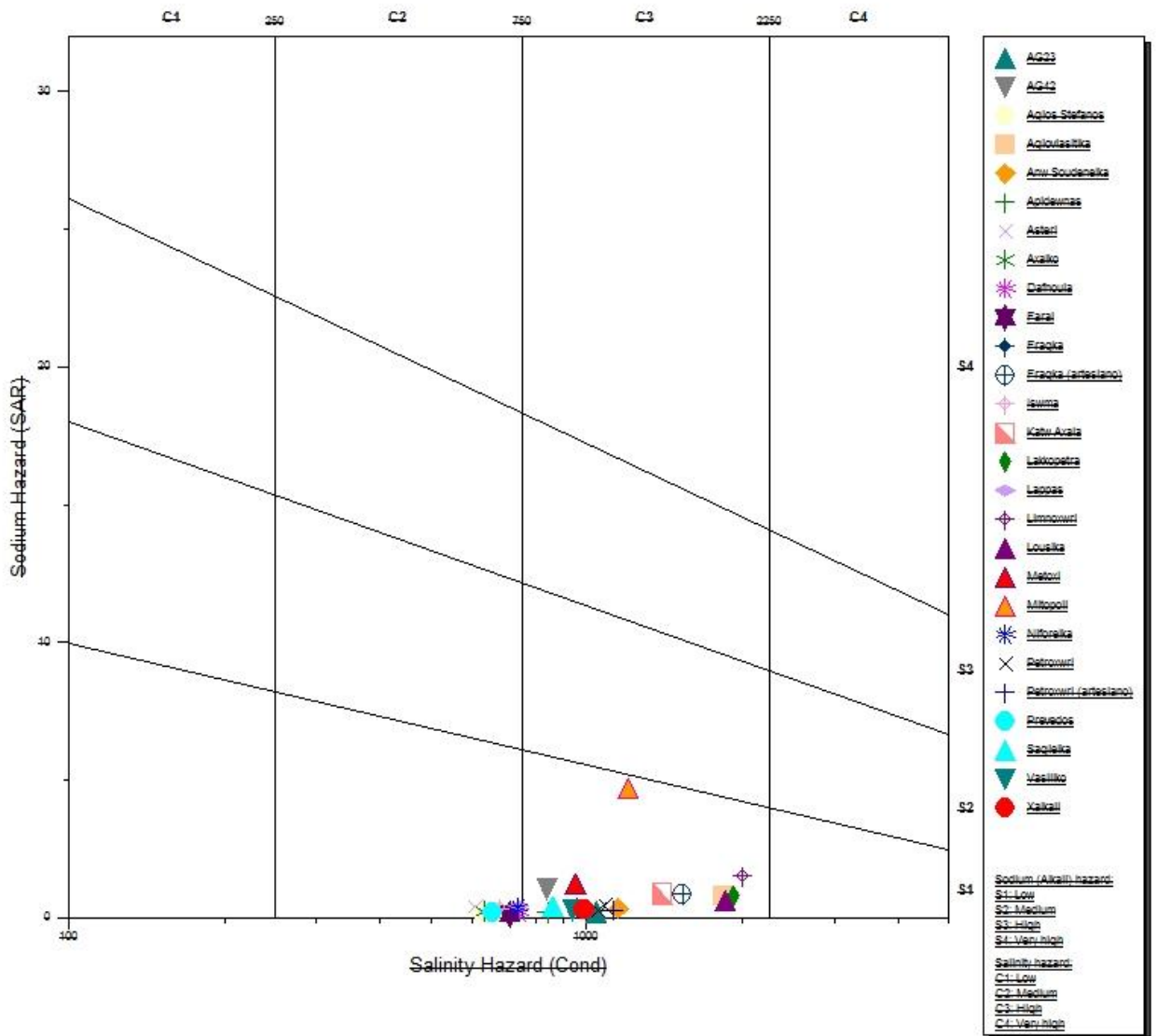
#### 7.4.4 Ταξινόμηση κατά Wilcox

Το διάγραμμα Wilcox (1955) χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της καταλληλότητας του νερού όσον αφορά στη χρήση του για αρδευτικούς σκοπούς. Αποτελεί διάγραμμα διασποράς σημείων τα οποία προβάλλονται βάσει των τιμών του Συντελεστή Προσρόφησης Νατρίου, SAR, στον κατακόρυφο άξονα, και βάσει των τιμών της Ειδικής Ηλεκτρικής Αγωγιμότητας (αλμυρότητα), SEC (σε  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), στον οριζόντιο άξονα, οι τιμές του οποίου παρατίθενται σε λογαριθμική κλίμακα. Η κατάταξη νερών βάσει του Wilcox έχει ως εξής:

- C1S1 καλή ποιότητα
- C1S2, C2S1 καλή έως μέτρια

- C1S3, C2S2, C3S1 μέτρια έως πολύ μέτρια
- C1S4, C2S2, C3S2, C4S1 πολύ μέτρια έως κακή
- C2S4, C3S3, C4S2 κακή
- C3S4, C4S3, C4S3 πολύ κακή

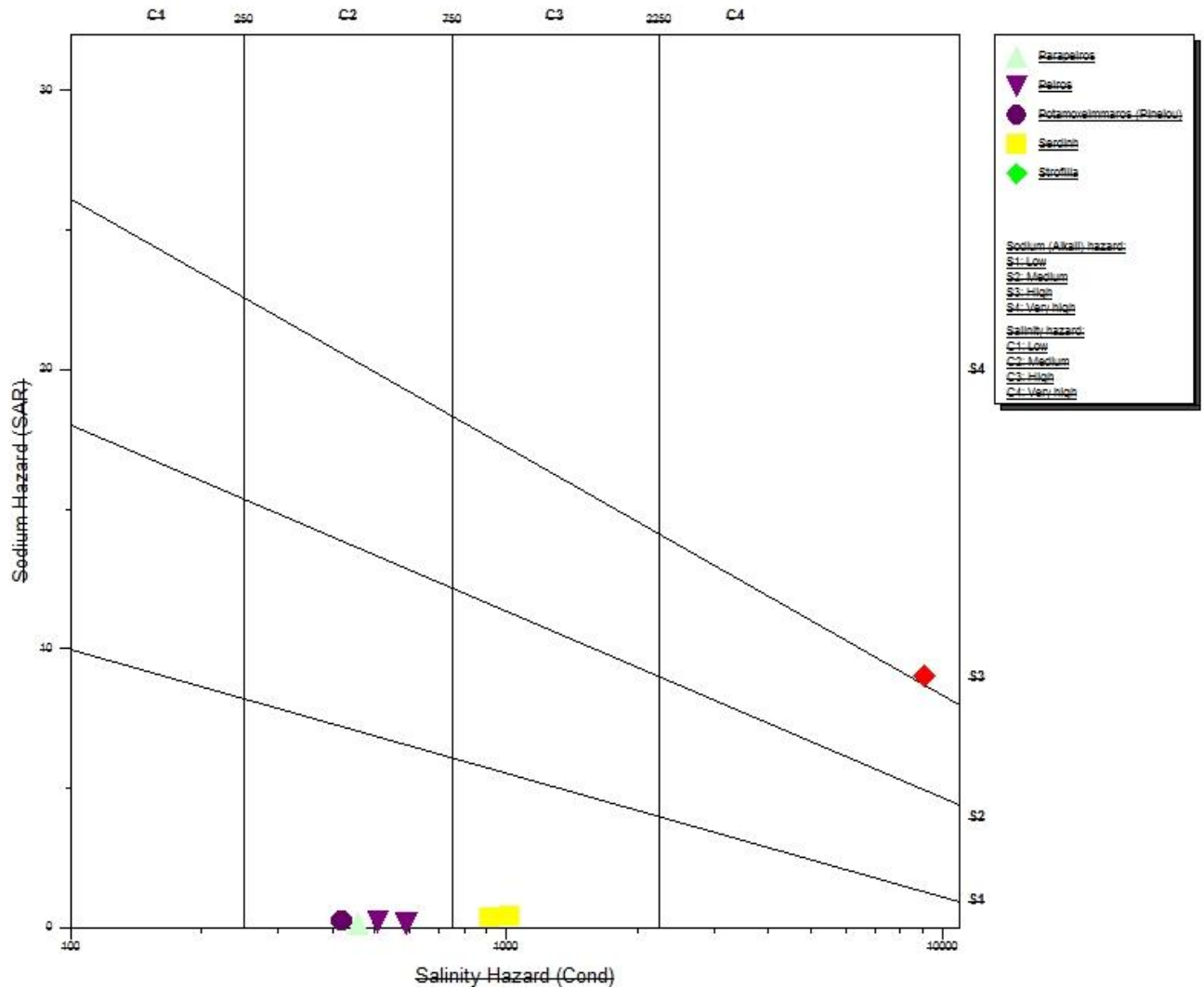
Παρακάτω παρατίθενται τα διαγράμματα Wilcox για τα υπόγεια και τα επιφανειακά ύδατα της περιοχής έρευνας.



Διάγραμμα 5: Διάγραμμα Wilcox υπόγειων υδάτων

Η πλειονότητα των δειγμάτων κατατάσσεται στην περιοχή C3-S1, περιοχή που υποδηλώνει ότι η ποιότητα των νερών είναι μέτρια έως πολύ μέτρια. Το δείγμα της Μιτόπολης αγγίζει οριακά το τμήμα S2 το οποίο σημαίνει ότι βρίσκεται στη χειρότερη κατάσταση από τα

υπόλοιπα δείγματα της περιοχής. Στην κατηγορία C3-S1 βρίσκονται δείγματα, όπως αυτό του Μετοχίου τα οποία είναι δείγματα από υδρογεωτρήσεις ύδρευσης.



Διάγραμμα 6: Διάγραμμα Wilcox επιφανειακών υδάτων

Τα δείγματα από τους ποταμούς Πείρο, Παραπείρο και τον Ποταμοχείμμαρο του Πηνειού (ο οποίος χρησιμοποιείται για αρδευτικούς σκοπούς) βρίσκονται στην κατηγορία C2-S1, δηλαδή έχουν καλή έως μέτρια ποιότητα. Τα δείγματα από τη Σερδινή βρίσκονται στην κατηγορία C3-S1 και η ποιότητα τους άρα είναι μέτρια έως πολύ μέτρια. Το δείγμα της Στροφυλιάς βρίσκεται στην κατηγορία C4-S4 που υποδηλώνει πολύ κακή ποιότητα. Αυτό ήταν δεδομένο, καθώς η λίμνη επικοινωνεί όπως έχουμε πει ξανά με τη θάλασσα με συνέπεια το νερό να είναι υφάλμυρο.

## 8. Συμπεράσματα

Κατά την ολοκλήρωση της παρούσας διπλωματικής εργασίας προκύπτουν κάποια βασικά συμπεράσματα, τα οποία παρατίθενται παρακάτω.

Η ρύπανση των υπογείων νερών προέρχεται από σημειακές, καθώς και διάχυτες πηγές. Όπως αναφέραμε και στο δεύτερο κεφάλαιο στις σημειακές συγκαταλέγονται η ρύπανση από ΧΥΤΑ, Βιομηχανίες, ενώ στις διάχυτες η γεωργική ρύπανση και η θαλάσσια διείσδυση. Για την εξαγωγή συμπερασμάτων τόσο για το είδος της ρύπανσης, όσο και για το εύρος της, γίνονται επί τόπου μετρήσεις στα υπόγεια νερά και εν συνεχεία τα ύδατα αυτά οδηγούνται στο εργαστήριο για την ανάλυση των βασικών ιόντων τους.

Για την κατανόηση του μεγέθους της ρύπανσης από ΧΥΤΑ, Βιομηχανίες και της γεωργικής ρύπανσης είναι απαραίτητη η ανάπτυξη ενός δικτύου παρακολούθησης του υπό εξέταση υδροφόρου με τακτικές μετρήσεις της ειδικής ηλεκτρικής αγωγιμότητας, του pH, των βασικών ιόντων, ορισμένων δευτερευόντων καθώς και κάποιων βαρέων μετάλλων.

Η περιοχή της Βορειοδυτικής Αχαΐας, αποτελείται από δύο δήμους (Δυτικής Αχαΐας και Ερυμάνθου). Έχει έκταση περίπου 1150 km<sup>2</sup> και οι κύριες ασχολίες των κατοίκων της περιοχής είναι η γεωργία και η κτηνοτροφία. Μεγάλο μέρος των κατοίκων ειδικά του δήμου Δυτικής Αχαΐας εργάζεται στη Βιομηχανική Περιοχή Πατρών (ΒΙ.ΠΕ.Π), η οποία βρίσκεται μέσα στα όρια της περιοχής έρευνας μας, στον οικισμό Άγιος Στέφανος. Μέσα στα όρια της περιοχής βρίσκεται επίσης το εθνικό πάρκο υγροτόπων λιμνοθάλασσας Κοτυχίου και δάσους Στροφυλιάς που είναι προστατευόμενη περιοχή στους. Τμήμα του πάρκου είναι τα Μαύρα βουνά, το Δάσος Στροφυλιάς, η Λίμνη Λάμια, η Λίμνη Προκόπου, η Λιμνοθάλασσα Κοτυχίου, η Λίμνη Πάπα, ο ποταμός Λάρισσος, το ακρωτήριο Άραξος, τα Λουτρά Υρμίνης, ο αρχαιολογικός χώρος του Τείχους Δυμαίων και οι παραλίες της Καλόγριας. Ανακηρύχθηκε εθνικό πάρκο το 2008. Έχει συνολική έκταση 143.000 στρέμματα και προστατεύεται από τις διεθνείς συνθήκες Ραμσάρ και Φύση 2000.

Στο δήμο Ερυμάνθου κατασκευάζεται υδρομαστευτικό έργο. Από το 2009 έχει ξεκινήσει η κατασκευή του φράγματος Πείρου- Παραπείρου δίπλα στο χωριό Αστέρι, με σκοπό την ύδρευση της Πάτρας, της ΒΙ.ΠΕ Πατρών αλλά και της δυτικής Αχαΐας γενικότερα. Στο Αστέρι θα δημιουργηθεί χωμάτινο φράγμα ταμίευσης νερού ενώ στη Βαλμαντούρα χαμηλό φράγμα υδροληψίας από σκυρόδεμα και αγωγός μεταφοράς νερού ο οποίος θα είναι από χαλυβδοσωλήνες και θα οδηγεί τα συλλεγμένα νερά στον ταμιευτήρα του φράγματος στο Αστέρι.

Αναφορικά με τη γεωλογία της περιοχής, παρατηρείται η ύπαρξη τριών γεωτεκτονικών ζωνών, της Ιονίου, της Γαβρόβου-Τριπόλεως και της Ωλόνου-Πίνδου. Οι σχηματισμοί που κυριαρχούν στις τρεις αυτές ζώνες είναι τα ιζήματα τεταρτογενούς ηλικίας, ο φλύσχης (τόσο της Γαβρόβου-Τριπόλεως, όσο και της Ιονίου ζώνης) και οι ασβεστόλιθοι.

Κατά την εκπόνηση της συγκεκριμένης διπλωματικής εργασίας αναπτύχθηκε πυκνό υδρογραφικό δίκτυο παρακολούθησης γεωτρήσεων στην περιοχή της Βορειοδυτικής Αχαΐας. Ακολούθησε η επιλογή των σημείων υδροληψίας ώστε να είναι ομοιόμορφα κατανομημένα σε όλο το μήκος και το πλάτος της περιοχής. Από τα σημεία αυτά, πάρθηκαν δείγματα νερού και μετρήθηκαν επί τόπου χαρακτηριστικά, όπως η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα, το pH τους και η θερμοκρασία. Εν συνεχεία, τα δείγματα υποβλήθηκαν σε χημικές αναλύσεις για τη διαπίστωση των συγκεντρώσεων τους ως προς τα βασικά ιόντα. Να σημειωθεί, ότι κατά τη διάρκεια της έρευνας συλλέχθηκαν δείγματα νερού κι από επιφανειακά ύδατα.

Η γραφική αναπαράσταση των συγκεντρώσεων των ιόντων, αλλά και των επί τόπου μετρήσεων, πραγματοποιήθηκε χάρης στα λογισμικά ArcGIS και QGIS. Κατά τη διαδικασία αυτή εντοπίστηκαν σημεία μέσα στην περιοχή μας με μεγαλύτερη συγκέντρωση ορισμένων ιόντων. Η συνολική εικόνα του υδροφόρου συστήματος είναι γενικά καλή καθώς θαλάσσια

διείσδυση παρατηρείται μόνο βορειοδυτικό άκρο της περιοχής, ενώ τα υπόλοιπα ιόντα κινούνται σε λογικά όρια. Βέβαια, σε δείγματα όπως αυτό της Μιτόπολης ενδέχεται να υπάρχει ενδεχόμενη επιβάρυνση λόγω του στραγγίσματος του ΧΥΤΑ. Για τα επιφανειακά νερά, πιο επιβαρυσμένα διακρίνονται αυτά του Σερδινή ειδικότερα αν συγκρίνουμε τα αποτελέσματα τους, με τους Πείρο και Παραπείρο, που ρέουν στην ίδια περιοχή.

Η κατάταξη των νερών κατέσει δυνατή με τη βοήθεια του λογισμικού Aquachem 2014.2 (trial). Από το διάγραμμα Duron διακρίνεται η επικυριαρχία των ιόντων Ca-Mg, εκτός του δείγματος της Μιτόπολης που επικυριαρχεί το Na και K. Το ίδιο συμπέρασμα βγαίνει κι από το διάγραμμα Piper. Τέλος, από το διάγραμμα Wilcox διαπιστώνεται η μέτρια ποιότητα των νερών για αρδευτική χρήση.

Δεδομένων, των ως άνω αποτελεσμάτων, δίνεται έναυσμα για περαιτέρω έρευνα του υδρογεωλογικού καθεστώτος της περιοχής, η οποία θα μπορούσε να εστιάσει στα εξής:

1. Στην ανάπτυξη σταθερού δικτύου καταγραφής των γεωτρήσεων για την παρακολούθηση των διακυμάνσεων στα χαρακτηριστικά του υδροφόρου ορίζοντα.
2. Στον συνεχή έλεγχο τόσο των υδρογεωτρήσεων πλησίον του ΧΥΤΑ Φλόκα, καθώς και των επιφανειακών υδάτων που πηγάζουν στην περιοχή.
3. Διατήρηση κατάλληλου εξοπλισμού στην περιοχή (π.χ βροχόμετρα κ.λπ.), ο οποίος είναι οργανικής σημασίας για την επίτευξη επακριβών μοντέλων και προβλέψεων.
4. Στη μέτρηση των πιεζομετρικών φορτίων στις υδρογεωτρήσεις της περιοχής για την εξαγωγή ακριβών συμπερασμάτων για το φαινόμενο της θαλάσσιας διείσδυσης.

## 9. Βιβλιογραφία

- Βουδούρης Κ., Τεχνική Υδρογεωλογία, Υπόγεια Νερά, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσ/νίκη 2013.
- Todd, D.K., Salt water intrusion and its control, Jour.Amer.Water Works Assoc., v.66,pp.180-187,1974
- Todd, D.K., L. Huisman, Ground water flow in the Netherlands coastal dunes, Jour. Hydraulics Div., Amer. Soc. Civil Engrs., v.85, no. HY7, pp.63-81, 1959
- Todd, D.K., C.F. Meyer, Hydrology and geology of the Honolulu aquifer, Jour. Hydraulics Div., Amer. Soc. Civ Engrs., v.97, No. HY2, pp. 233-256, 1971
- Bowen, R., Ground Water. Apllied Science Pibl. Ltd, 22pp., London, 1980
- Βουδούρης Κ., Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος, Υπόγεια νερά και Περιβάλλον, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη, 2009.
- Βουδούρης Κ., Θέματα Υδρογεωλογίας Περιβάλλοντος, ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, 2006.
- Καλλέργης Γ.Α, Εφαρμοσμένη-Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία, Έκδοση Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Αθήνα 2000.
- Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Χώρου Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (Χ.Υ.Τ.Α) Δυτικής Αχαΐας, ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ-ΕΝΕΡΓΕΙΑΚΗ, Πάτρα, Οκτωβρίου 2001.
- Μαρία Μ. Τζίμα, Υδρογεωλογική Έρευνα της λεκάνης του ποταμού Πείρου Ν. Αχαΐας, ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΟ, Αθήνα, οκτώβριος 2001.
- Ξενοφών Δ. Σταυρόπουλος, Υδρογεωλογικές Συνθήκες Ευρείας Περιοχής Κάτω Αχαΐας-Μανωλάδος (ΒΔ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ), Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών Ε.Μ.Π, Αθήνα 1992.
- Καλλιώρας Α., Διαχείριση υπόγειων υδατικών πόρων σε υδροφόρους που υπόκεινται σε καθεστώς θαλάσσιας διείσδυσης. Η περίπτωση του δυτικού παράκτιου τμήματος του Ν. Ροδόπης, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Δ.Π.Θ, 2008.
- Περδικάκη Μ., Εννοιολογικό – Υδρογεωλογικό Μοντέλο Κοκκώδους Παράκτιου Υδροφορέα, Η Περίπτωση του Μαραθώνα Αττικής, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Δ.Π.Μ.Σ Επιστήμης και Τεχνολογίας Υδατικών Πόρων Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2016.
- [http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg887e/PDF/XYTA\\_3.pdf](http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg887e/PDF/XYTA_3.pdf)
- <https://opencourses.auth.gr/modules/document/file.php/OCRS190/%CE%A0%CE%B1%CF%81%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B9%CE%AC%CF%83%CE%B5%CE%B9%CF%82/%CE%95%CE%9D%CE%9F%CE%A4%CE%97%CE%A4%CE%9102.pdf>
- ΙΓΜΕ, Καταγραφή και αποτίμηση των υδρογεωλογικών χαρακτήρων των υπόγειων νερών και υδροφόρων συστημάτων της χώρας, Υδατικό διαμέρισμα Βορ. Πελοποννήσου (02)
- ΙΓΜΕ, Μελέτη Υδατικών Αποθεμάτων Βορ. Πελοποννήσου, με έμφαση στα ποιοτικά χαρακτηριστικά και σε φαινόμενα υφαλμύρισης, Υδατικό διαμέρισμα Βορείου Πελοποννήσου, Αθήνα 2010
- <http://postgra.hydro.ntua.gr/docs/lessons/23/koumantakis/K7.pdf>
- ΕΛΣΤΑΤ, <http://www.statistics.gr/>



- Φλώρος Ν., Υδρογεωλογική και Ισοτοπική Μελέτη της Λεκάνης του Μαραθώνα, Διπλωματική Εργασία, Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων Μεταλλουργών, ΕΜΠ, Αθήνα 2016.
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A3%CE%B5%CF%81%CE%B4%CE%B9%CE%BD%CE%AE>
- [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%B8%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CF%8C\\_%CE%A0%CE%AC%CF%81%CE%BA%CE%BF\\_%CF%85%CE%B3%CF%81%CE%BF%CF%84%CF%8C%CF%80%CF%89%CE%BD\\_%CE%9A%CE%BF%CF%84%CF%85%CF%87%CE%AF%CE%BF%CF%85\\_%CE%A3%CF%84%CF%81%CE%BF%CF%86%CF%85%CE%BB%CE%B9%CE%AC%CF%82](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%95%CE%B8%CE%BD%CE%B9%CE%BA%CF%8C_%CE%A0%CE%AC%CF%81%CE%BA%CE%BF_%CF%85%CE%B3%CF%81%CE%BF%CF%84%CF%8C%CF%80%CF%89%CE%BD_%CE%9A%CE%BF%CF%84%CF%85%CF%87%CE%AF%CE%BF%CF%85_%CE%A3%CF%84%CF%81%CE%BF%CF%86%CF%85%CE%BB%CE%B9%CE%AC%CF%82)
- <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%B5%CE%AF%CF%81%CE%BF%CF%82>