



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



ΤΣΙΟΠΛΙΑΚΗ ΜΑΡΙΑ-ΔΕΣΠΟΙΝΑ ΑΕΜ:5480

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ
ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ ΕΡΑΤΥΡΑΣ, ΝΟΜΟΥ ΚΟΖΑΝΗΣ
(ΔΥΤΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ, ΕΛΛΑΔΑ)

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2020





ΤΣΙΟΠΛΙΑΚΗ ΜΑΡΙΑ-ΔΕΣΠΟΙΝΑ
Φοιτήτρια Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5480

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ
ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ ΕΡΑΤΥΡΑΣ, ΝΟΜΟΥ ΚΟΖΑΝΗΣ (ΔΥΤΙΚΗ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ, ΕΛΛΑΔΑ)

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τομέα Γεωλογίας,
Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας

Επιβλέπων

Δρ. Χ. Μάττας, ΕΔΠ Τμήματος Γεωλογίας



©Τσιοπλιάκη Μαρία-Δέσποινα, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Γεωλογίας, 2020

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ ΕΡΑΤΥΡΑΣ, ΝΟΜΟΥ ΚΟΖΑΝΗΣ (ΔΥΤΙΚΗ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑ, ΕΛΛΑΔΑ)

– Διπλωματική Εργασία

©Tsiopliaki Maria-Despoina, School of Geology, Dept of Geology, 2020

All rights reserved.

INVESTIGATION OF THE HYDROGEOLOGICAL CONDITIONS OF THE BROADER AREA OF THE ERATYRA VILLAGE, KOZANI PREFECTURE (WESTERN MACEDONIA, GREECE)

– Bachelor Thesis

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς το συγγραφέα.

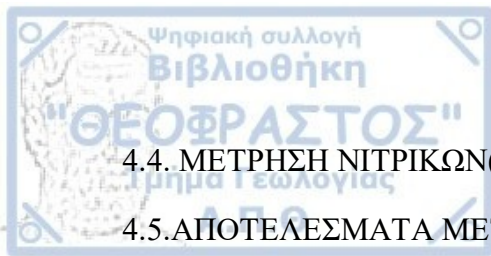
Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν το συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι εκφράζουν τις επίσημες θέσεις του Α.Π.Θ.

Εικόνα Εξωφύλλου: : www.kathimerini.gr



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	2
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	3
ABSTRACT	4
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.1:ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	5
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.2:ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.3:ΔΗΜΟΦΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ (2011).....	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.4:ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ.....	11
1.5:ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ-ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ.....	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.6:ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.7:ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ.....	16
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	17
2.1: ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	17
2.1.1: Πελαγονική Ζώνη.....	18
2.2: ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	22
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΝΙΤΡΟΥΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ	24
3.1 ΝΙΤΡΟΥΠΑΝΣΗ.....	24
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΔΙΟ	25
4.1 ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΝΕΡΟΥ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ.....	25
4.2.ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ.....	27
4.3. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ.....	28



4.4. ΜΕΤΡΗΣΗ ΝΙΤΡΙΚΩΝ(NO_3^{-1}).....	29
4.5.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	32
4.5.1.Ενεργός Οξύτητα (pH).....	32
4.5.2.Συγκέντρωση Διαλυμένων Στερεών (T.D.S)	33
4.5.3 Ηλεκτρική Αγωγιμότητα(EC)	35
4.5.4 Συγκέντρωση Νιτρικών Ιόντων (NO_3).....	35
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	37
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	39

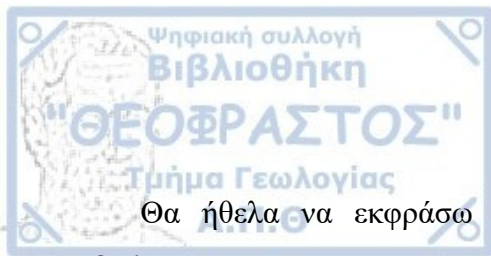




ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το νερό αποτελεί έναν από τους πιο σημαντικούς φυσικούς πόρους καθώς είναι απαραίτητο για την ύπαρξη και διατήρηση της ζωή του ανθρώπου αλλά και όλων των οργανισμών που υπάρχουν στον πλανήτη (Αντωνόπουλος, 2001). Πιο συγκεκριμένα το υπόγειο νερό συμβάλλει στην οικονομία των κρατών καθώς είναι υπεύθυνο για την ύδρευση και την άρδευση, την κατασκευή υδραυλικών έργων καθώς και για την παραγωγή ενέργειας (Βουδούρης, 2009). Πάρα την σημαντικότητα αυτού, στην προσπάθεια του ανθρώπου να καλύψει τις αυξημένες ανάγκες του, τα τελευταία χρόνια σημειώνεται ποιοτική όσο και ποσοτική υποβάθμιση του λόγω των κακών πρακτικών που εφαρμόζονται και της κακής διαχείρισης των υδατικών πόρων (Κούγκολος, 2018)

Η παρούσα εργασία διερευνά τις υδρογεωλογικές συνθήκες καθώς και το φαινόμενο της νιτρορύπανσης στα υπόγεια νερά της ευρύτερης περιοχής της κοινότητας Εράτυρας.



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον επιβλέποντα της παρούσης διπλωματικής εργασίας τον Δρ. Μάττα Χρήστο, μέλος, Ε.ΔΙ.Π, του Τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, που μου έδωσε την δυνατότητα να πραγματοποιήσω την πτυχιακή μου εργασία καθώς και για τον πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσε για την περάτωση αυτής.

Τέλος θα ήθελα να εκφράσω ένα τεράστιο ευχαριστώ στην οικογένεια μου για την στήριξη τα εφόδια και την εμπιστοσύνη που μου έδειξε όλα αυτά τα χρόνια καθώς και για τους ανθρώπους που ήταν δίπλα μου στη διάρκεια των σπουδών μου.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία εξετάζει την διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών της ευρύτερης περιοχής της κοινότητας Εράτυρας, που ανήκει στο Νομό Κοζάνης. Στα πλαίσια αυτής συλλέχθηκαν 9 δείγματα νερού από υπάρχουσες αρδευτικές γεωτρήσεις και πηγάδια. Μετρήθηκε η στάθμη του υπόγειου νερού σε αυτές τις ίδιες γεωτρήσεις. Επίσης συλλέχθηκαν 3 δείγματα επιφανειακού νερού κατά μήκος του ποταμού Μύριχου. Η μέτρηση της στάθμης πραγματοποιήθηκε την περίοδο του Μαρτίου 2019, ενώ η δειγματοληψία του νερού πραγματοποιήθηκε την περίοδο του Μαΐου 2019. Η μέτρηση της στάθμης πραγματοποιήθηκε με σταθμήμετρο ενώ η επιτόπια μέτρηση των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού με φορητή πολυπαραμετρική συσκευή. Ο προσδιορισμός της συγκέντρωσης των νιτρικών έγινε στο Εργαστήριο της Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης με την χρήση φασματοφωτομέτρου.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα γενικά στοιχεία της περιοχής μελέτης, όπως η γεωγραφική της θέση, το κλίμα της, τα δημογραφικά στοιχεία κ.α.

Στο δεύτερο κεφάλαιο περιγράφονται τα γεωλογικά στοιχεία της περιοχής, και οι υδρογεωλογικές συνθήκες που επικρατούν.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται βιβλιογραφικά στοιχεία του φαινομένου της νιτρορύπανσης καθώς και γενικά στοιχεία των υπόγειων υδροφόρων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο αναλύονται όλα τα δεδομένα που προέκυψαν από την μέτρηση της στάθμης και την δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της πτυχιακής εργασίας.

Στο πέμπτο κεφάλαιο αναφέρονται τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Το γενικό συμπέρασμα που προκύπτει από τις μετρήσεις και αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν είναι ότι η ποιότητα των δειγμάτων του υπόγειου και επιφανειακού νερού είναι καλή και δεν υπάρχει πρόβλημα σε σχέση με τη νιτρορύπανση.



ABSTRACT

The present bachelor thesis examines the hydrogeological conditions of the broader Eratryra area, located in the regional unit of Kozani. Nine groundwater samples water were collected from existing irrigation wells and boreholes, and the groundwater level was measured. Also 3 surface water samples were collected along the Myrichos River flow. The level measurement took place during the period of March 2019, while water sampling took place in May 2019. The measurement of the groundwater level was performed using appropriate water level measure while the in situ physicochemical parameters were measured with a portable multiparameter device. In order to measure the nitrate concentration the samples were analyzed at the laboratory of Engineering Geology and Hydrogeology, of the Aristotle University of Thessaloniki, using the spectrophotometer device.

The first chapter presents general characteristics of the study area such as its geographic location, climate, demographic data etc.

The second chapter describes the geological features of the area and the prevailing hydrogeological conditions.

The third chapter presents general information regarding the phenomenon of nitrate pollution of aquifers according to the scientific literature.

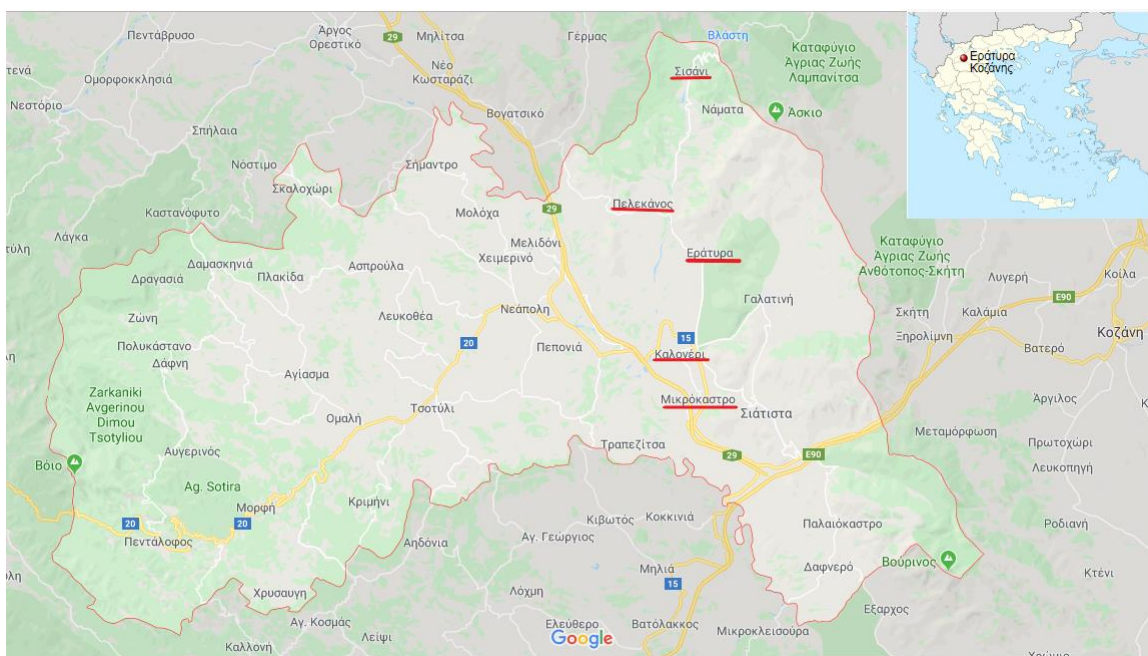
The fourth chapter presents and analyzes all the data obtained from the water level measurement and the sampling carried out in the context of this bachelor thesis.

The fifth chapter presents the conclusions drawn from the processing of the results. The general conclusion drawn from the measurements and analyzes is that the majority of the ground and surface water samples do not present nitrate pollution.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.1: ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΚΑΙ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή μελέτης ανήκει στο νομό Κοζάνης ο οποίος βρίσκεται στην Δυτική Μακεδονία, στο βόρειο τμήμα της χώρας (Σχήμα 1). Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η περιοχή της Εράτουρας και των γύρω κοινοτήτων: του Πελεκάνου, του Σισανίου, του Καλονερίου, και του Μικροκάστρου.



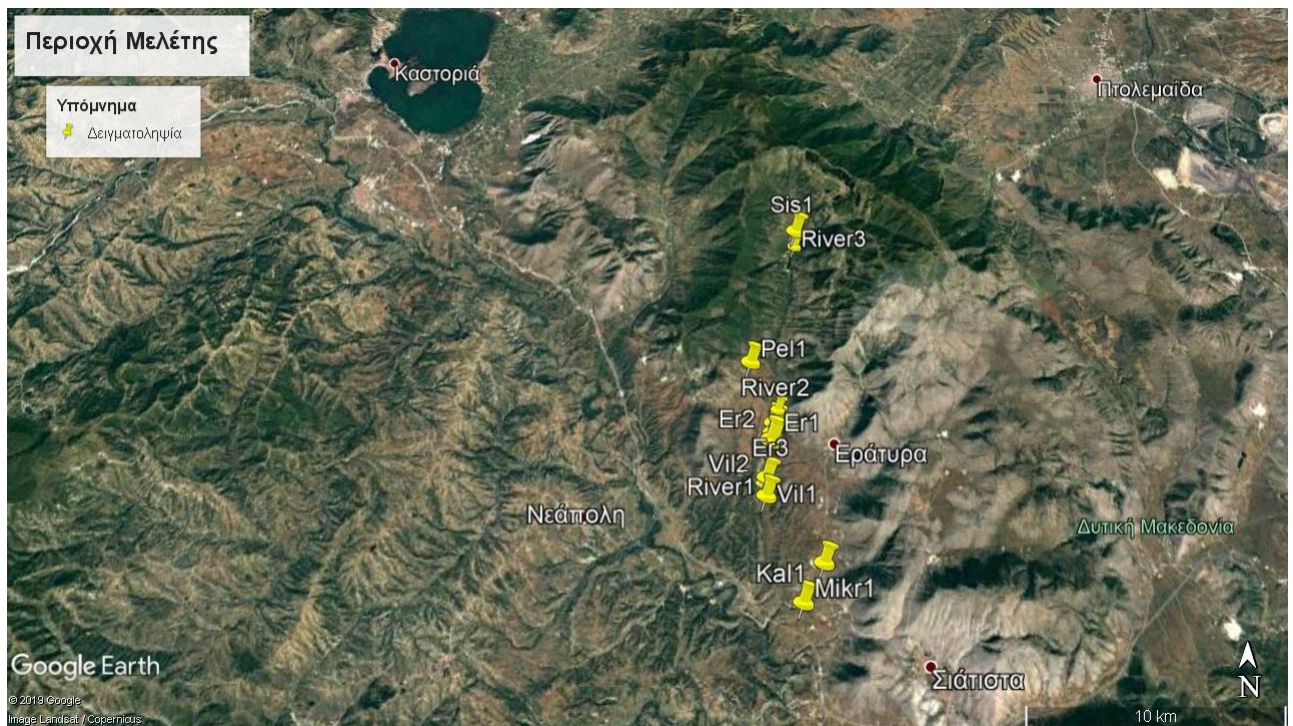
Σχήμα 1. Γεωγραφική θέση της ευρύτερης περιοχής μελέτης.

(πηγή: www.google.gr/maps)

Όλες οι παραπάνω περιοχές, εκτός από το Μικρόκαστρο ανήκαν στο Δημοτικό Διαμέρισμα του Δήμου Ασκίου (πρόγραμμα Καποδίστρια 1999-2010). Το Μικρόκαστρο μαζί με την Σιάτιστα και το Παλαιόκαστρο αποτελούσαν το Δημοτικό Διαμέρισμα του

Δήμου Σιάτιστας (πρόγραμμα Καποδίστρια 1999-2010). Αυτή η κατανομή των Δήμων λειτούργησε από το 1999 μέχρι το 2010 και καταργήθηκε στο τέλος του 2010 με την εφαρμογή καινούργιου νόμου (πρόγραμμα Καλλικράτης 2010). Σύμφωνα με τον νέο νόμο έγινε συνένωση των προ υπάρχοντων Καποδιστριακών Δήμων του Τσοτυλίου, της Νεάπολης, του Ασκίου και της Σιάτιστας καθώς και της ανεξάρτητης Καποδιστριακής κοινότητας του Πενταλόφου οι οποίες συγκροτούν πλέον έναν ενιαίο Δήμο, το Δήμο Βοΐου στον οποίο και ανήκουν όλες οι μελετούμενες κοινότητες .(<https://www.ypes.gr>)

Ο κύριος ποταμός που διασχίζει τον νομό είναι ο Αλιάκμονας. Την περιοχή μελέτης την διασχίζει ρέμα του Μύριχου που καταλήγει στον ποταμό Αλιάκμονα (Σχήμα 2).



Σχήμα 2: Περιοχή μελέτης και σημεία δειγματοληψίας και μέτρησης υπόγειου νερού καθώς και δειγματοληψίας επιφανειακού νερού.

(Πηγή: <https://earth.google.com/>)



Στην περιοχή της Εράτουρας, αλλά και της γύρω περιοχής, έχουμε την ύπαρξη ανεκμετάλλετων σπηλαίων. Η ύπαρξη αυτών είναι αποτέλεσμα της διάβρωσης των ανθρακικών πετρωμάτων που εμφανίζονται στην περιοχή λόγω της επιφανειακής κατείσδυσης νερού σε αυτά. (Λαζαρίδης, 2005)

Παρά τις συζητήσεις που έγιναν κατά περιόδους από τις τοπικές αρχές δεν πραγματοποιήθηκε καμία προσπάθεια αξιοποίησης από του αρμόδιους φορείς και έτσι μένουν τουριστικά ανεκμετάλλετα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.2: ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Το ανάγλυφο της περιοχή που αφορά στην πτυχιακή εργασία χαρακτηρίζεται κυρίως ως ημιορεινό και κατά τόπους ως ορεινό σύμφωνα με την κατάταξη που πρότεινε ο Dikau (1989) και απεικονίζεται στον Πίνακα 1.

Υψόμετρο(m)	Χαρακτηρισμός
<150	Πεδινές περιοχές
150-600	Λοφώδεις περιοχές
600-900	Ημιορεινές περιοχές
>900	Ορεινές περιοχές

Πίνακας 1. Ταξινόμηση ανάγλυφου σύμφωνα με το υψόμετρο κατά Dikau (1989).

Πιο συγκεκριμένα η Εράτουρα βρίσκεται σε υψόμετρο 786m στους πρόποδες του όρους Ασκίου (γνωστό ως Σινιάτσικος). Ο Πελεκάνος είναι κτισμένος στην πλαγιές του του Σινιάτσικου σε υψόμετρο 760m, ενώ το Σισάνι είναι κτισμένο στις παρυφές αυτού στα 850m. Τέλος το Καλονέρι βρίσκεται σε υψόμετρο 630m και το Μικρόκαστρο σε 658m (Σχήμα 3).



Σχήμα 3: Μορφολογία περιοχής μελέτης.

(Πηγή: Παπαναστάσης Β., κ.α. ,2019)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.3: ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ (2011)

Η Περιφερειακή Ενότητα Κοζάνης είναι η μεγαλύτερη σε πληθυσμό Περιφερειακή Ενότητα της Δυτικής Μακεδονίας και αποτελείται από 4 Δήμους (πρόγραμμα Καλλικράτης): το Δήμο Κοζάνης, το Δήμο Εορδαίας, το Δήμο Βοΐου και τέλος το Δήμο Σερβίων-Βελβεντού. Αυτή έχει 150.196 μόνιμους κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή του Ελληνικού κράτους το 2011 (ΕΣΥΕ, 2011). Στον Πίνακα 2 παρουσιάζεται η πληθυσμιακή εξέλιξη ανά Δήμο της Περιφερειακής Ενότητας Κοζάνης.

Πίνακας.2 Πληθυσμιακή εξέλιξη ανά Δήμο της Περιφερειακής Ενότητας Κοζάνης
(ΕΣΥΕ 2011).

(Πηγή: <http://www.statistics.gr/demographic-data>)

Δήμοι Π.Ε. Κοζάνης	Πληθυσμός	
	2001	2011
Δήμος Κοζάνης	70.220	71.388
Δήμος Εορδαίας	46.555	45.592
Δήμος Βοΐου	20.430	18.386
Δήμος Σερβίων – Βελβεντού	16.734	14.830
Συνολικός Πληθυσμός	153.939	150.196

Από την προηγούμενη απογραφή, που πραγματοποιήθηκε το 2001, παρατηρείται μια μείωση του πληθυσμού κατά 2,4%. Κύριος λόγος της πληθυσμιακής μείωσης είναι το φαινόμενο της αστικοποίησης.

Ο Δήμος Βοΐου έχει 18.386 κατοίκους σύμφωνα με την απογραφή του Ελληνικού κράτους το 2011 (ΕΣΥΕ, 2011). Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται τα στοιχεία των περιοχών όπου συλλέχθηκαν δείγματα.

Πίνακας.3 Στοιχεία πληθυσμού περιοχής μελέτης (ΕΣΥΕ 2011).

(Πηγή: <http://www.statistics.gr/demographic-data>)

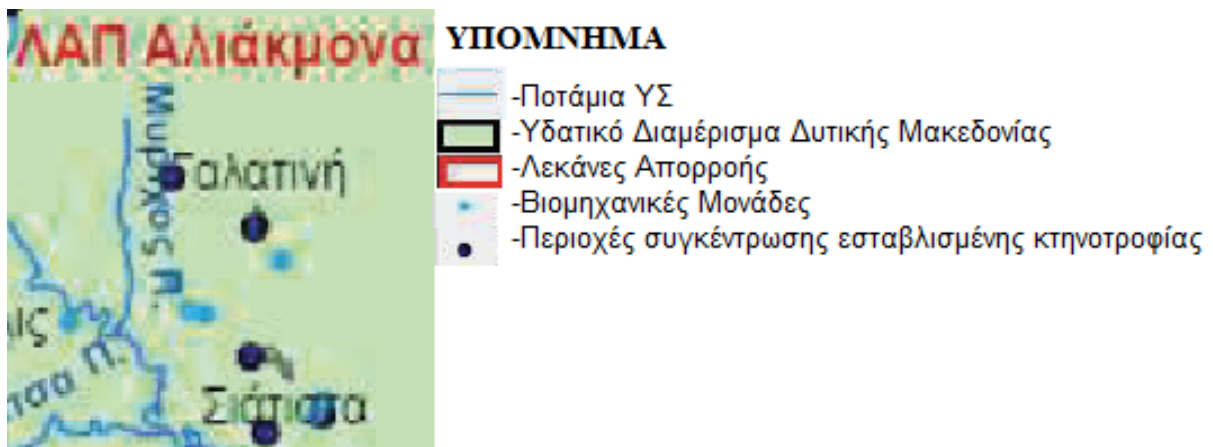
Δήμος Βοΐου	Συνολικός πληθυσμός
	18.386
Δημοτική Ενότητα Ασκίου	4.002
Δημοτική Κοινότητα Γαλατινής	1.795
Τοπική Κοινότητα Εράτυρας	1.097
Τοπική Κοινότητα Καλονερίου	483
Τοπική Κοινότητα Ναμάτων	104
Τοπική Κοινότητα Πελεκάνου	269
Τοπική Κοινότητα Σισανίου	254
Δημοτική Ενότητα Νεάπολης	4.100
Δημοτική Ενότητα Πενταλόφου	620
Δημοτική Ενότητα Σιάτιστας	6247
Δημοτική Κοινότητα Σιάτιστας	5.490
Τοπική Κοινότητα Μικροκάστρου	446
• Μικρόκαστρο	420
• Μονή Κοιμήσεως Θεοτόκου Μικροκάστρου	26
Τοπική Κοινότητα Παλαιοκάστρου	311
• Παλαιόκαστρο	239
• Διαφνερόν	72
Δημοτική Ενότητα Τσοτολίου	3.417

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.4: ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Λόγω των γεωλογικών και κλιματολογικών συνθηκών που επικρατούν στην περιοχή, σπουδαιότεροι κλάδοι παραγωγής είναι η γεωργία καθώς και η κτηνοτροφία. Μικρότερη ανάπτυξη και πιο τοπικό χαρακτήρα παρουσιάζει η ενασχόληση με δασικές εργασίες. Μεγάλη ανάπτυξη τα παλαιότερα χρόνια παρουσίαζε η γουνοποιία η οποία συνεχίζει να αποτελεί μια οικονομική δραστηριότητα στην περιοχή.

(Πηγή: <https://www.pdm.gov.gr/>)

Σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, στην εξεταζόμενη περιοχή, Σχήμα 4, εμφανίζονται κυρίως βιομηχανικές μονάδες που πρόκειται για φάρμες εκτροφής βιζόν και επεξεργασίας γουνών (βυρσοδεψία) καθώς και περιοχές συγκέντρωσης εσταβλισμένης κτηνοτροφίας (ΦΕΚ 4676, Τεύχος 2 29/2/2017) που αποτελούν σημειακές πηγές ρύπανσης.



Σχήμα 4: Σημειακές πηγές ρύπανσης της περιοχής μελέτης.

(Πηγή: <http://www.ypeka.gr/>)

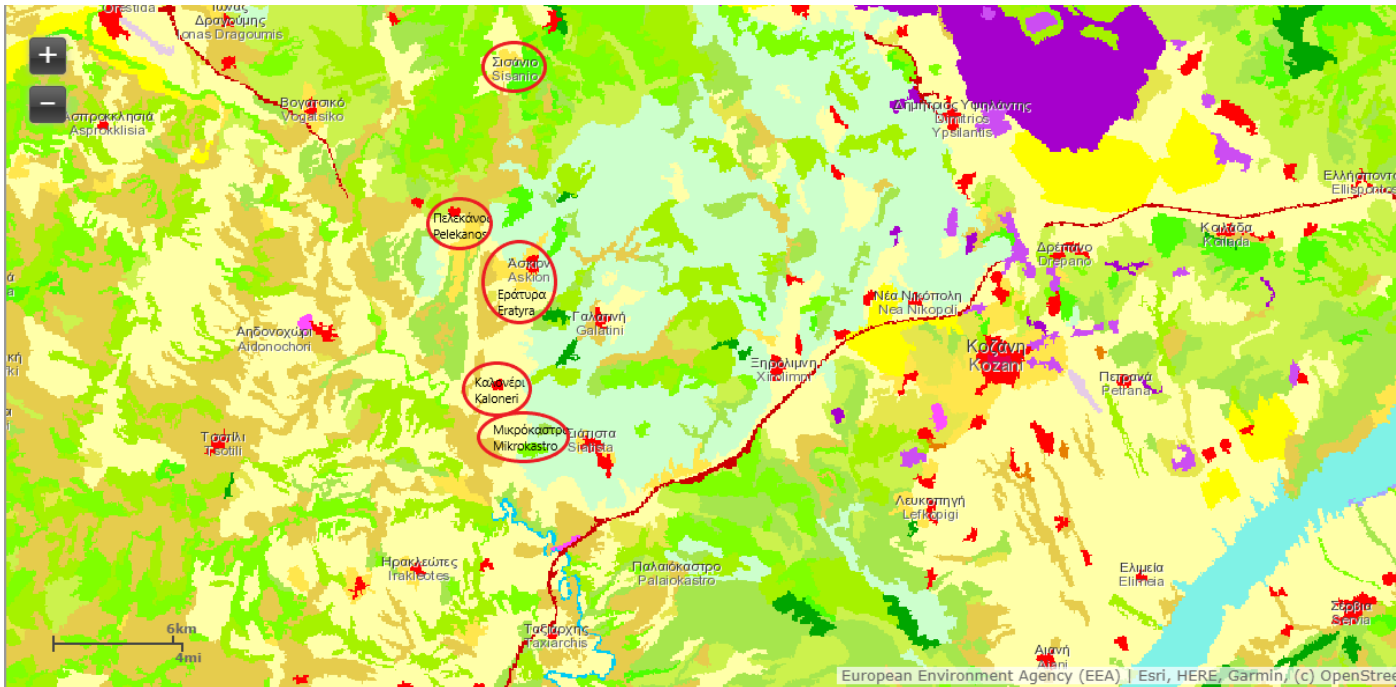
1.5: ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ-ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΑ

Όπως προαναφέρθηκε η κύρια χρήση γης της εξεταζόμενης περιοχής ήταν πάντοτε οι γεωργικές δραστηριότητες. Οι κυριότερες καλλιέργειες είναι αυτές των οπωροφόρων

δένδρων (μηλιές, καρυδιές κερασιές κ.λπ.) των σιτηρών, των αμπελιών και της μηδικής (κτηνοτροφικό φυτό).

(Πηγή: <http://www1.montpellier.inra.fr/safe/conferences/Thessaloniki/Mantzanas%20Tsatsiadis%20Mpatianis.pdf>)

Στο Σχήμα 5, απεικονίζεται ο χάρτης χρήσεων γης της περιοχής μελέτης (CORINE, 2018) με λεπτομέρεια. Με κόκκινο περίγραμμα σημειώνονται τα χωριά, στα οποία έγιναν οι μετρήσεις της στάθμης του νερού των γεωτρήσεων καθώς και η δειγματοληψία, τα οποία σύμφωνα με το σχήμα αποτελούν τον αστικό ιστό. Στο πεδινό τμήμα έχουμε τις εκτάσεις των καλλιεργειών που περιγράφονται στο υπόμνημα καθώς όσο αυξάνει το υψόμετρο έχουμε διαφορετικές καλλιέργειες. Σύμφωνα με το υπόμνημα πολλές από τις καλλιεργούμενες εκτάσεις είναι μη αρδευόμενες.



CLC2018_WM

Corine Land Cover 2018 raster

	111: Continuous urban fabric		242: Complex cultivation patterns		521: Coastal lagoons
	112: Discontinuous urban fabric		243: Land principally occupied by agriculture, with significant areas of natural vegetation		522: Estuaries
	121: Industrial or commercial units		244: Agro-forestry areas		523: Sea and ocean
	122: Road and rail networks and associated land		311: Broad-leaved forest		999: NODATA
	123: Port areas		312: Coniferous forest		
	124: Airports		313: Mixed forest		
	131: Mineral extraction sites		321: Natural grasslands		
	132: Dump sites		322: Moors and heathland		
	133: Construction sites		323: Sclerophyllous vegetation		
	141: Green urban areas		324: Transitional woodland-shrub		
	142: Sport and leisure facilities		331: Beaches, dunes, sands		
	211: Non-irrigated arable land		332: Bare rocks		
	212: Permanently irrigated land		333: Sparsely vegetated areas		
	213: Rice fields		334: Burnt areas		
	221: Vineyards		335: Glaciers and perpetual snow		
	222: Fruit trees and berry plantations		411: Inland marshes		
	223: Olive groves		412: Peat bogs		
	231: Pastures		421: Salt marshes		
	241: Annual crops associated with permanent crops		422: Salines		
			423: Intertidal flats		
			511: Water courses		
			512: Water bodies		

Σχήμα 5: Χάρτης χρήσεων γης περιοχής μελέτης . (CORINE, 2018)

(Πηγή: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018>)

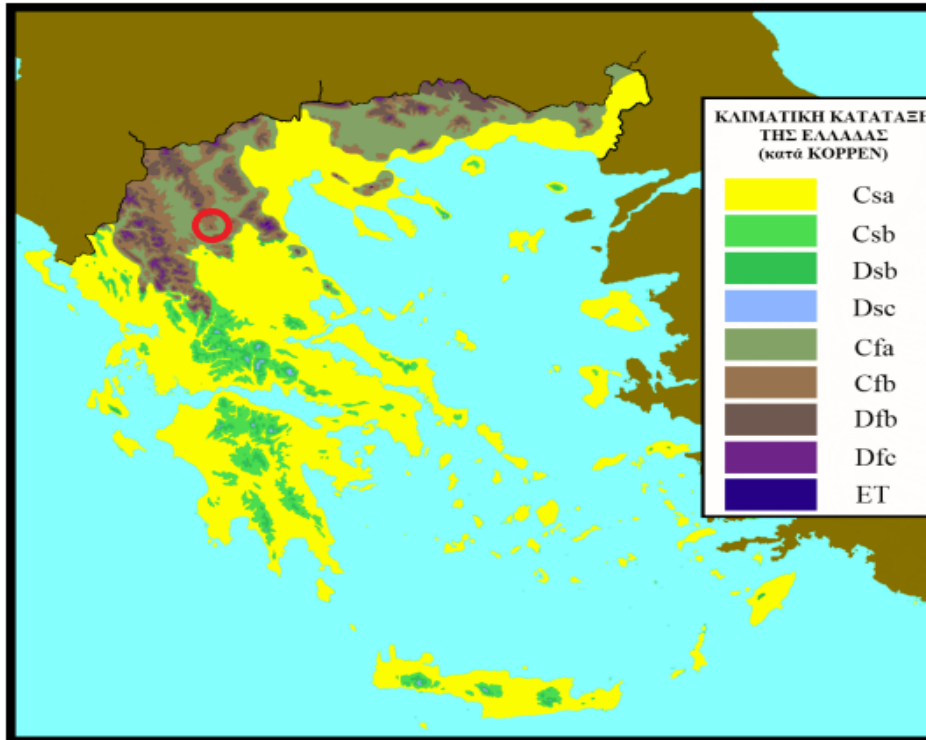
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.6: ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Το κλίμα που επικρατεί στην εξεταζόμενη περιοχή κυμαίνεται ανάλογα με το υψόμετρο (Σχήμα 6). Πιο συγκεκριμένα με βάση την κατάταξη Κορπεν στα χωριά της Εράτυρας και του Σισανίου έχουμε κυρίως “Ωκεάνιο κλίμα” (Cfb) ενώ στον Πελεκάνο, στο Καλονέρι και στο Μικρόκαστρο επικρατεί το “Υγρό Υποτροπικό κλίμα” (Cfa)

(Πηγή: <http://www.meteoclub.gr>)

Το “Ωκεάνιο κλίμα” χαρακτηρίζεται από θερμά καλοκαίρια, με ήπιους χειμώνες και όλες οι εποχές του έτους είναι υγρές. Μια τροποποιημένη μορφή του κλίματος Cfb είναι το “Υγρό Υποτροπικό κλίμα” που συναντάται σε υψόμετρα μικρότερα από τα 800m

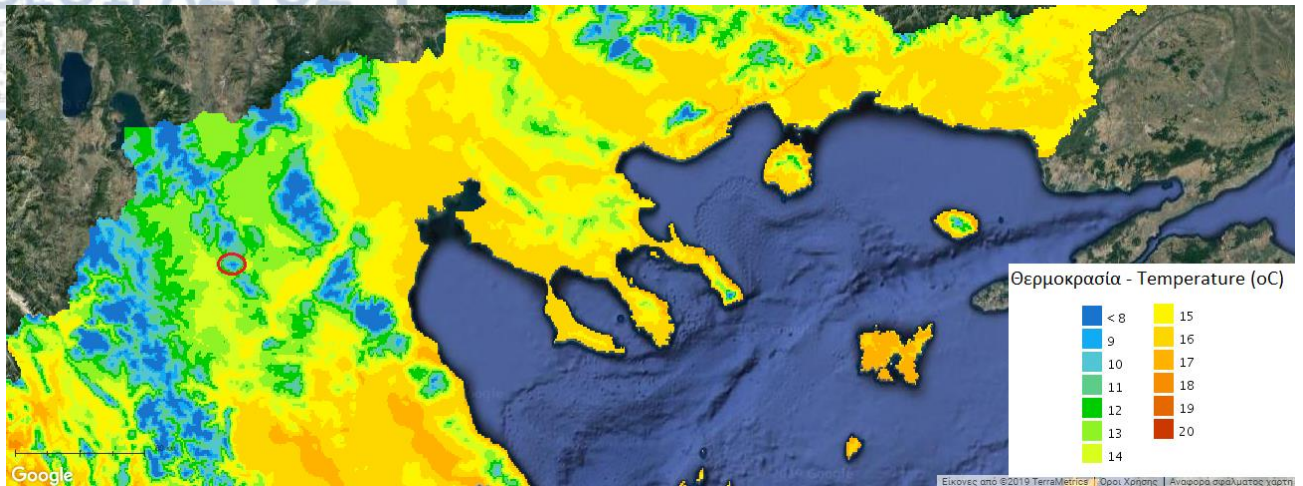
Αυτός ο τύπος χαρακτηρίζεται από το μεγάλης διάρκειας καλοκαίρι, έχει ήπιους χειμώνες και όλες οι εποχές του έτος είναι υγρές. (Φλόκας, 1997)



Σχήμα 6. Κατάταξη του κλίματος της Ελλάδας κατά Köppen.

(Πηγή: <http://www.meteoclub.gr>)

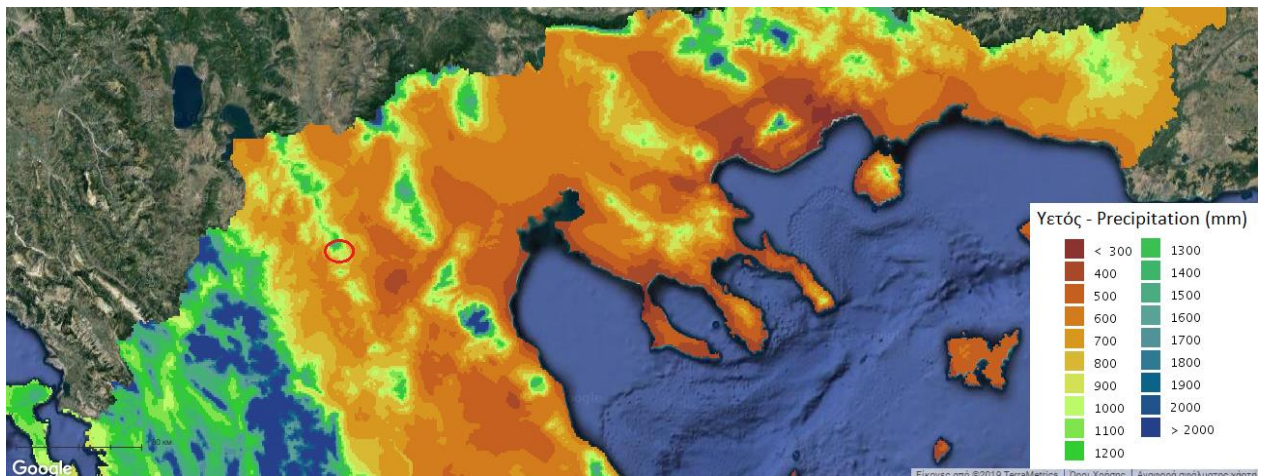
Η μέση θερμοκρασία της περιοχής μελέτης κυμαίνεται από 9-10°C. Όσο αυξάνεται το υψόμετρο η θερμοκρασία μειώνεται και τα επίπεδα της πέφτουν κάτω από τους 8°C (Σχήμα 7).



Σχήμα 7: Χάρτης μέσης θερμοκρασίας περιοχής μελέτης.

(Πηγή: www.climatlas.gr)

Το ύψος της βροχής κυμαίνεται από 900 έως 1100mm στα χαμηλότερα υψόμετρα ενώ στα μεγαλύτερα το ύψος βροχής μπορεί να ξεπεράσει τα 1400mm (Σχήμα 8)

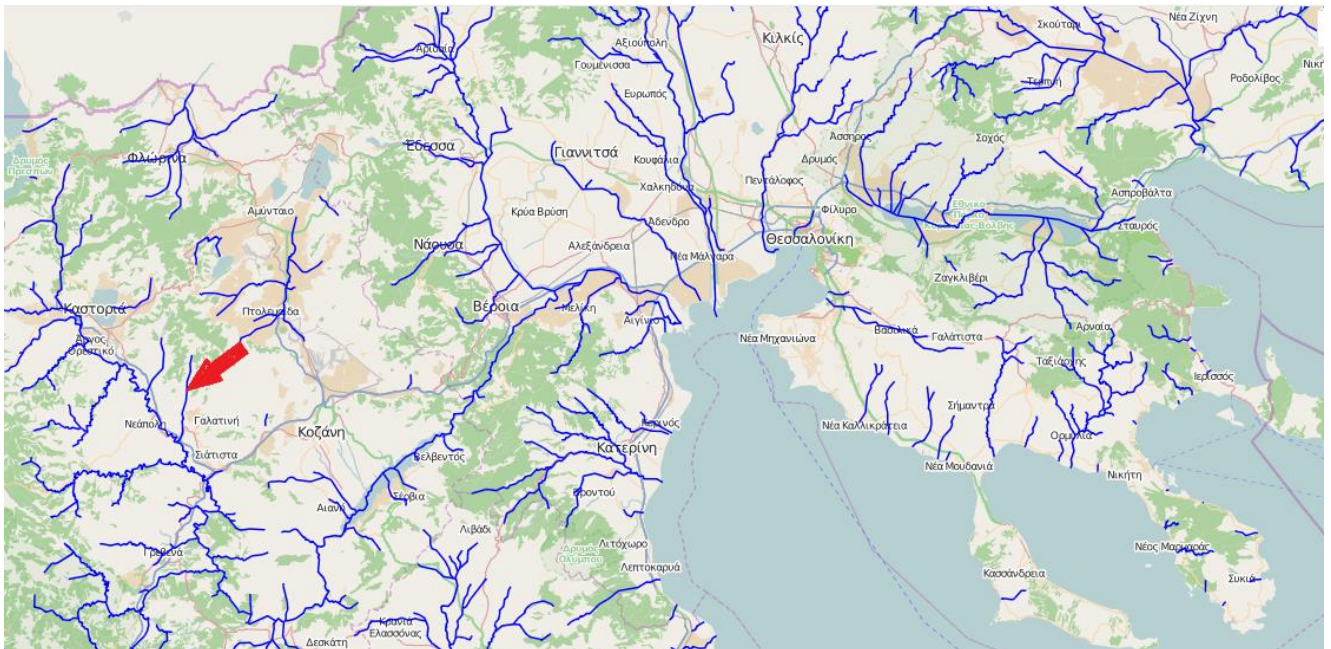


Σχήμα 8: Χάρτης υετού περιοχής μελέτης.

(Πηγή: www.climatlas.gr)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.7: ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Η περιφέρεια της Δυτικής Μακεδονίας διασχίζεται από τον ποταμό Αλιάκμονα. Είναι ο μεγαλύτερος σε μήκος ποταμός της Ελλάδας, που πηγάζει και ρέει αποκλειστικά σε ελληνικό έδαφος. Οι πηγές του βρίσκονται στο Γράμμο, ενώ συμβάλλουν σε αυτόν πολλά ρέματα και ποταμοί που έρχονται από τα παρακάτω όρη: το Βίτσι, το Βόϊο, το Άσκιο, το Μαυροβούνι, τα Χασιά, το Βούρινο, τα Καμβούνια, το Βέρμιο και τα Πιέρια, καθώς εκβάλει στον Θερμαϊκό. Από το όρος Άσκιο προέρχεται το ρέμα του Μύριχου το οποίο διασχίζει την περιοχή μελέτης, το οποίο σημειώνεται με κόκκινο βέλος (Σχήμα 9). (πηγή: <http://www.naturagraeca.com>) Πιο συγκεκριμένα ο Μύριχος από τα ΒΑ μέχρι τον οικισμό του Σισανίου έχει κατεύθυνση ΝΔ, ενώ μετά από αυτόν συνεχίζει διασχίζοντας όλο το ορεινό συγκρότημα με κατεύθυνση προς Ν. Ο Μύριχος διατηρεί την ροή του καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.



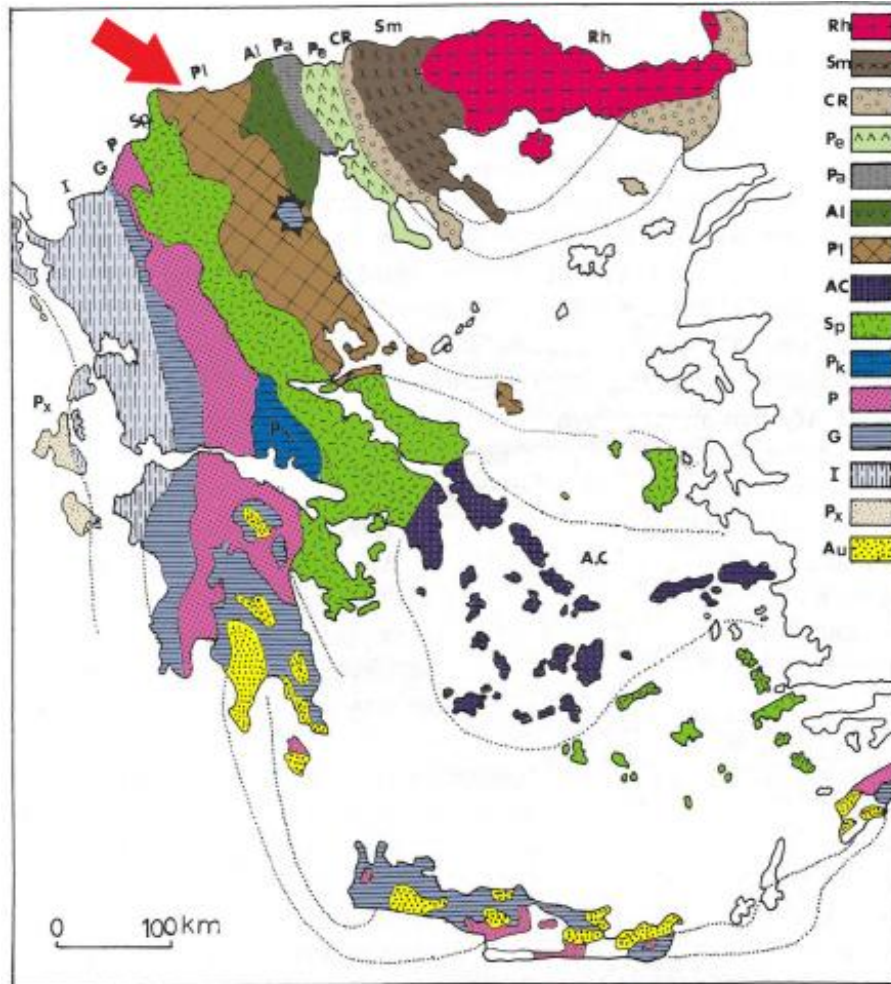
Σχήμα 9. Υδρογραφικό δίκτυο περιοχής μελέτης.

(Πηγή: <http://geodata.gov.gr/maps/?package=c07a4eb3-05a7-4bd2-9c25-1f1bb2f3f281&resource=0aa5717c-98d1-43c1-bfe6-c366dfb9cd4c&locale=el>)

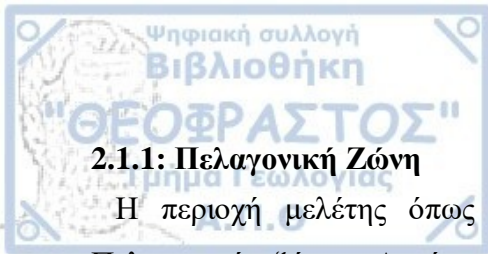
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1: ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή μελέτης ανήκει στην Πελαγονική ζώνη (Σχήμα 10). Ολόκληρη η Πελαγονική ζώνη ανήκει στις Εσωτερικές Ελληνίδες (Μουντράκης, 2010).



Σχήμα 10. Γεωτεκτονικός χάρτης των ελληνίδων ζωνών: Rh: Μάζα Ροδόπης, Sm: Σερβομακεδονική Μάζα, CR: Περιοδοπική Ζώνη, (Pe: Ζώνη Παιονίας, Pa: Ζώνη Πάικου, Al: Ζώνη Αλμωπίας) = Ζώνη Αξιού, PI: Πελαγονική Ζώνη, Ac: Αττικοκυκλαδική Ζώνη, Sp: Υποπελαγονική Ζώνη, Pk: Ζώνη Παρνασσού-Γκιώνας, P: Ζώνη Πίνδου, G: Ζώνη Γαβρόβου-Τρίπολης, I: Ιόνιος Ζώνη, Px: Ζώνη Παξών ή Προαπούλια, Au: Ενότητα «Ταλέα Όρη-Πλακώδεις Ασβεστόλιθου» (Μουντράκης 1985)



2.1.1: Πελαγονική Ζώνη

Η περιοχή μελέτης όπως έχει προαναφερθεί βρίσκεται στο δυτικό τμήμα της Πελαγονικής ζώνης. Αυτή συγκροτείται από το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο, τους γνευσιωμένους γρανίτες, τα ημιμεταμορφωμένα Περμο- Τριαδικά πετρώματα, τα δύο ανθρακικά καλύμματα Τριαδικού – Ιουρασικού, τους οφειόλιθους και τέλος τα Α. Κρητιδικά επικλυσιγενή ιζήματα (Μουντράκης, 2010).

Σύμφωνα με το Γεωλογικό χάρτη, Φύλλο Σιάτιστας, κλίμακας 1:50000 του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, οι σχηματισμοί που απαρτίζουν την περιοχή μελέτης, από τους παλαιότερους προς τους νεότερους είναι οι ακόλουθοι (Σχήμα 11):

ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Το κρυσταλλικό υπόβαθρο αποτελείται από γνευσίους και συγκεκριμένα οφθαλμογνέσιους και Παλαιοζωικής ηλικίας.

ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΟ ΚΑΛΥΜΜΑ

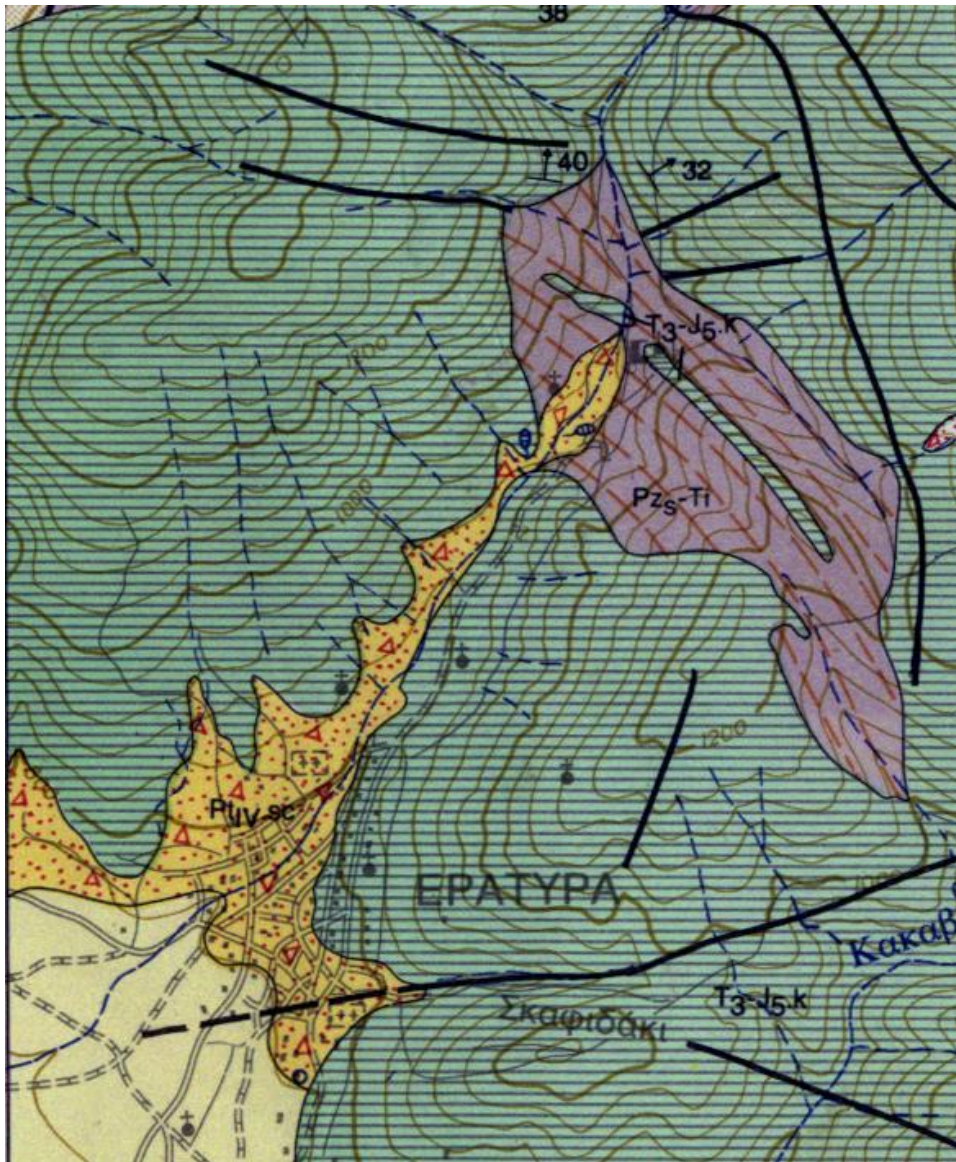
Ασβεστόλιθοι, Μέσο Τριαδικής ηλικίας. Πρόκειται για τεφρούς κρυσταλλικούς ασβεστολίθους με παρεμβολές δολομιτών. Ανάλογα με την θέση ο βαθμός ανακρυσταλλώσεως αλλάζει. Ο σχηματισμός αυτός καλύπτει κυρίως τον ορεινό όγκο του όρους Ασκίου.

Ελαφρά μεταμορφωμένη- ημιμεταμορφωμένη σειρά, Νεοπαλαιοζωικής – Τριαδικής ηλικίας. Σε αυτή την σειρά παρατηρούνται εναλλαγές διαφόρων τύπων σχιστολίθων με παρεμβολές ηφαιστειακών πετρωμάτων και κρυσταλλικών ασβεστολίθων που έχουν μικρό πάχος.

ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ

Σύγχρονες προσχώσεις και πλευρικά κορήματα, Ολοκαινικής ηλικίας. Αποτελούνται από άμμους αργίλους και χαλίκια ασύνδετα μεταξύ τους που έχουν προέλθει από την διάβρωση παλιότερων πετρωμάτων και συναντώνται στις κοίτες των ποταμών και των ρεμάτων. Αυτός ο σχηματισμός καλύπτει μεγάλη έκταση στο πεδινό τμήμα της Εράτουρας.

Συσσώρευση διαφόρων τύπων χονδροκλαστικών ιζημάτων, Πλειστοκαινικής ηλικίας. Αποτελούνται από μια θεμελειώδη μάζα με πλευρικά κορήματα ελαφρώς συνεκτικά, που είναι είτε σε διάσπαρτες θέσεις είτε συσσωρευμένα. Ο σχηματισμός καλύπτει τους πρόποδες του ορεινού όγκου του Ασκίου.





ΥΠΟΜΝΗΜΑ

ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ

ΟΛΟΚΑΙΝΟ

Σύγχρονες προσχώσεις, ελουβιακός μανδύας και πλευρικά κορήματα: άμμοι, άργιλοι και χαλίκια συνάγματα στις κοίτες των ρεμάτων ή καλύπτουν τους παλαιότερους σχηματισμούς. Στο δυτικό τμήμα του φύλλου καλύπτουν τους πλειο-πλειστοκαινικού σχηματισμούς που αναπτύσσονται στο φύλλο Άργος Ορεστικό.

ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ

ΒΟΥΡΜΙΟ

Συσώρευση διάφορων τύπων χονδροκλαστικών ιζημάτων: καλύπτουν τις ασβεστολιθικές πλευρές των βουνών. Αποτελούνται από μια ερυθρή έως καστανοκίτρινη θεμελιώδη μάζα με πλευρικά κορήματα διάσπαρτα ή σε συσσωρεύσεις. Είναι ελαφρά συνεκτικά και μεταπέιτουν στα χαμηλότερα σημεία σε κώνους κορημάτων.

ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΟ ΚΑΛΥΜΑ

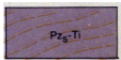
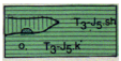
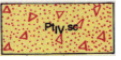
ΜΕΣΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ-ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΛΙΑΣΙΟ

Ασβεστόλιθοι: τεφροί, κρυσταλλική, με καλή στρώση και παρεμβολές δολομιτών και δολομιτικών ασβεστόλιθων. Ο βαθμός αποκρυστάλλωσης ποικίλει από θέση σε θέση. Στα ανώτερα μέλη τους παρεμβάλλεται μια σχιστοψαμμικοκερατολιθική διάπλαση (T₃-J₅ sh) μικρού πάχους με εγκλωβισμένα σώματα οφιόλιθων(ο), οποία μεταβαίνει πάλι σε ασβεστόλιθους επίσης τεφρού μελανότεφρου χρώματος.

Ημιμεταμορφωμένη σειρά: εναλλαγές μοσχοβιτικών, επιδοτικών, χλωριτικών, σερικιτικών και γραφιτικών σχιστολιθών με παρεμβολές πρασινιτών, ηφαιστειακών πετρωμάτων και κρυσταλλικών ασβεστόλιθων μικρού πάχους. Εντός των ασβεστόλιθων βρέθηκαν τα κωνόδοντα: τα οποία χαρακτηρίζουν το Ανώτερο Σκύθιο-Κατώτερο Ανίσιο.

ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

Γνεύσιοι: Οφθαλμογνεύσιοι με σαφή προσανατολισμό των ορυκτών και έντονα σερικιτιωμένους άστριους. Ο χαλαζας, οι άστριοι και άλλα ορυκτά παρουσιάζουν έντονη κατάκλαση, στο δε χαλαζία παρατηρείται πολλές φορές μαγματική διάβρωση. Περιέχουν επίσης βιοτίτη ως επί το πλείστον χλωριοτομένο, λίγο Μοσχοβίτη και άφθονο επίδοτο. Πρόκειται για ορθογνεύσιους, οι οποίοι έχουν υποστεί την παλαιοαλπική ανάδρομη μεταμόρφωση από την οποία προήλθαν η κατάκλαση των ορυκτών, η χλωριτίωση και ίσως ο σχηματισμός του επιδότου.

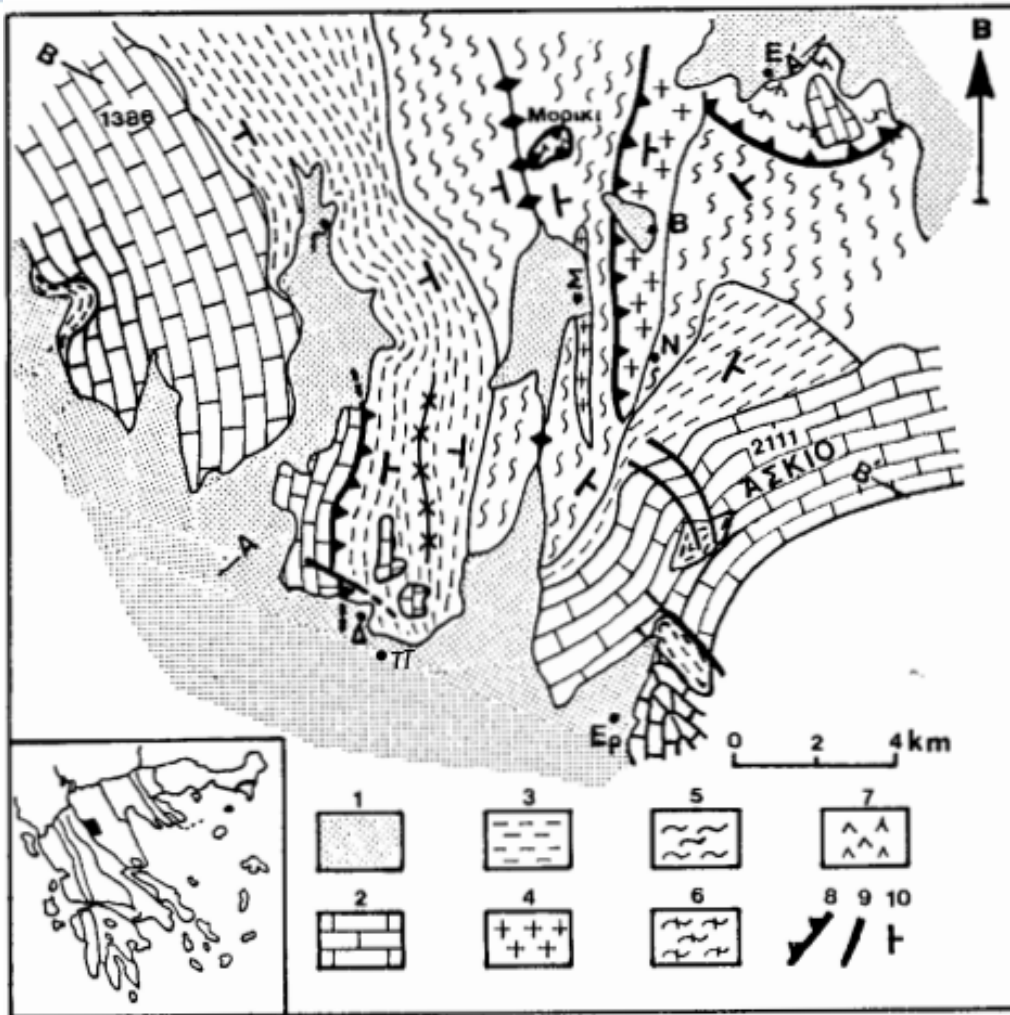


Γεωλογικό όριο	—————	Geological boundary
Γεωλογικό όριο πιθανό	- - - - -	Geological boundary, probable
Ρήγμα	—————	Fault
Ρήγμα πιθανό	- - - - -	Fault probable
Έπώθηση	—————	Overthrust
Έπώθηση πιθανή	- - - - -	Overthrust probable
Διεύθυνση και κλίση στρωμάτων	20 ↘	Strike and dip of strata
Λατομείο ενεργό	✕	Quarry active
Εμφάνιση μεταλλοέματος		Ore deposits occurrence

Σχήμα 11. Φύλλο Σιάτιστα, Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, ΙΓΜΕ.

(Πηγή: Μαυρίδης κ.α., 1971-72)

Στο Σχήμα 12 παρουσιάζεται εκτενέστερα η περιοχή μελέτης και οι σχηματισμοί που την καλύπτουν.



Σχήμα 12. Γεωλογικός χάρτης της οροσειράς του Ασκίου. 1: Αλλουβιακές και Πλειοτεταρτογενείς αποθέσεις, 2: Ανθρακικό κάλυμμα του δυτικού Πελαγονικού περιθωρίου (Τριαδικού – Ιουρασικού), 3: Περμοτριάδικη κλαστική σειρά, 4: Γνευσιακός πλουτωνίτης Καστοριάς- Βλάστης, 5: Σειρά Κλεισούρας- Μορίκι, 6: Σειρά Νυμφαίου – Εμπορίου, 7: Οφειόλιθοι, 8: Επώθηση, 9: Ρήγματα, 10: Παράταξη και διεύθυνση κλίσης σχιστότητας ή στρώσης, Β= Βλάστη, Δ= Δρυόβουνο, Ερ= Εράτρυρα, Σ= Σισάνιο, Γ= Γέρμας, Ε= Εμπόριο, Ν= Νάματα (Μουντράκης Δ., 1983)

2.2: ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ



Σχήμα 13. Υδρογραφικό δίκτυο και υπόγεια ύδατα περιοχής μελέτης.

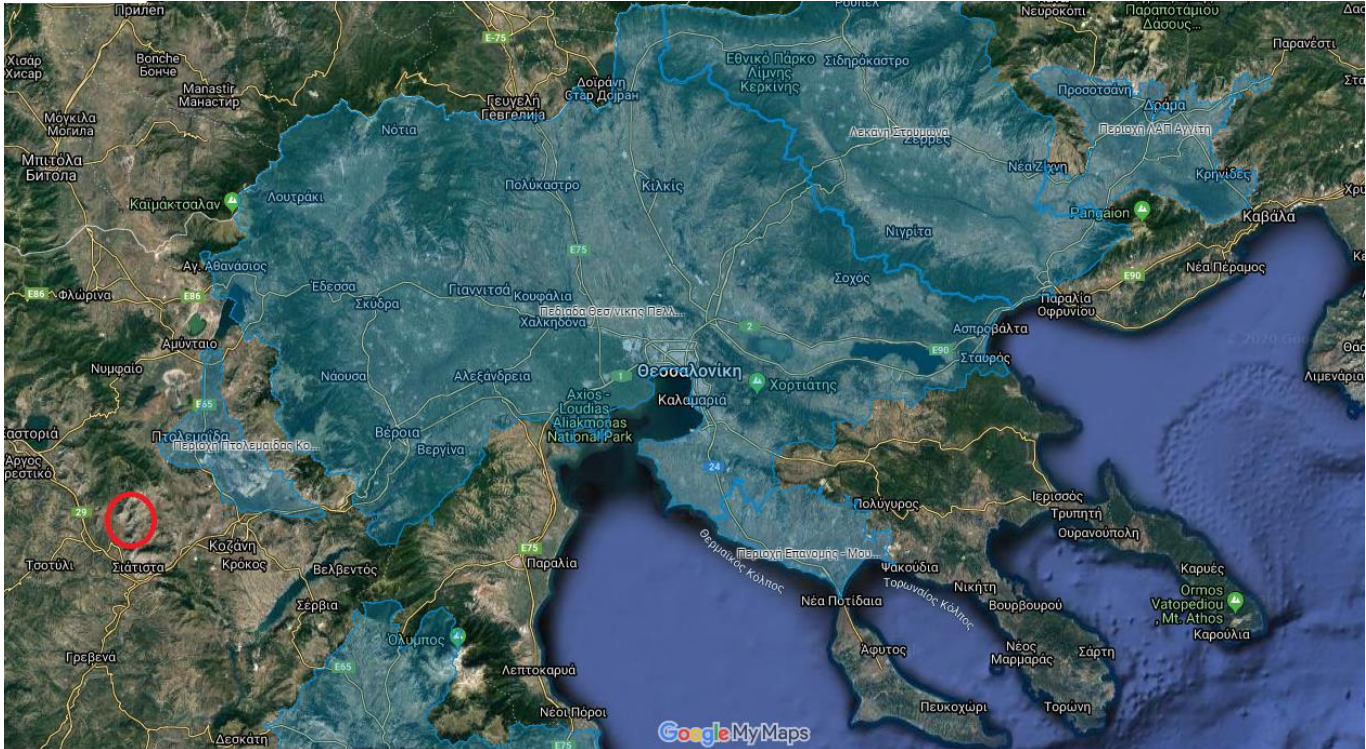
(Πηγή: <http://geodata.gov.gr/maps/?package=af7a3341-3243-4bec-9fc8-ef6d4fb2db14&resource=de9e9910-906d-458b-b529-f425db203b19&locale=el>)

Στον χάρτη του Σχήματος 13 απεικονίζεται πιο αναλυτικά το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης (<http://geodata.gov.gr>). Η περιοχή, που πραγματοποιήθηκε μέτρηση της στάθμης και συλλέχθηκαν τα δείγματα, σημειώνεται στο σχήμα με το πολύγωνο. Όλη την περιοχή μελέτης την διασχίζει ένα κύριο ρέμα, το ρέμα του Μύριχου.

Η υπόγεια υδροφορία αναπτύσσεται στα ανθρακικά πετρώματα (ασβεστόλιθοι), στα μη συνεκτικά κροκαλοπαγή και στις τεταρτογενείς αποθέσεις.

Σε ότι αφορά την ποιότητα των υπόγειων νερών σε σχέση με τον κίνδυνό ρύπανσης από τα νιτρικά δεν φαίνεται να υπάρχει πρόβλημα. Πιο συγκεκριμένα σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, η περιοχή μελέτης, που σημειώνεται με

κόκκινο περίγραμμα στο Σχήμα 14, δεν ανήκει στις ευπρόσβλητες περιοχές ρύπανσης από νιτρικά.



Σχήμα 14. Χάρτης ευπρόσβλητων ζώνων ρύπανσης από νιτρικά.

(Πηγή: <http://www.ypeka.gr/Default.aspx?tabid=250&language=el-GR>)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΝΙΤΡΟΥΡΥΠΑΝΣΗ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΟ ΝΕΡΟ

3.1: ΝΙΤΡΟΥΡΥΠΑΝΣΗ

Ως νιτρορύπανση θεωρούμε την άμεση ή την έμμεση απόρριψη στο υδάτινο περιβάλλον αζωτούχων ενώσεων γεωργικής προέλευσης. Οι σημαντικότερες συνέπειες είναι η πρόκληση βλαβών στην ανθρώπινη υγεία καθώς και η υποβάθμιση των υδατικών οικοσυστημάτων. Σημαντικότερες αιτίες νιτρορύπανσης αποτελούν οι αγροτικές δραστηριότητες (Di and Cameron, 2000).

Πιο συγκεκριμένα σε περιοχές με αυξημένη γεωργική δραστηριότητα, όπου γίνεται εντατική χρήση αζωτούχων λιπασμάτων, καθώς και σε περιοχές με μεγάλη συγκέντρωση ζωικών περιττωμάτων παρατηρείται η ύπαρξη υψηλών συγκεντρώσεων νιτρικών ενώσεων (Καλλέργης, 2000). Το ανώτατο όριο συγκέντρωσης νιτρικών που έχει οριστεί από την Ελληνική και Διεθνή νομοθεσία για το πόσιμο νερό είναι 50mg/L ενώ το επιθυμητό όριο είναι 25mg/L. (<http://www.ypeka.gr/>)

Η νιτρορύπανση προκαλεί επιπτώσεις τόσο στον άνθρωπο όσο και στο περιβάλλον. Ειδικότερα στην περίπτωση που τα νιτρικά ιόντα εισέλθουν στους υδροφόρους ορίζοντες, οι οποίοι χρησιμοποιούνται για ύδρευση μπορούν να προκαλέσουν βλάβες στην υγεία του ανθρώπινου οργανισμού. Συγκεκριμένα είναι υπεύθυνα για την πρόκλησή διάφορων μορφών καρκινογένεσης (Duncan et all, 1997). Πέρα όμως από τις επιπτώσεις που έχει για τον άνθρωπο πολλές είναι και αυτές που έχει για το περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα η υψηλή συγκέντρωση νιτρικών στο περιβάλλον είναι υπεύθυνη για τον υποβιβασμό τόσο του γλυκό όσο και στο θαλασσινού νερού. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να επιβαρύνονται τα υδάτινα οικοσυστήματα και να δυσχεραίνεται η επιβίωση και η αναπαραγωγή των περισσότερων ειδών ζωής που αναπτύσσονται σε αυτό (Βουδούρης, 2009). Η νιτρορύπανση είναι ένα πρόβλημα που παρατηρείται όλο και περισσότερο και προσβάλλει τόσο τα επιφανειακά όσο και τα υπόγεια ύδατα (Cander, 1997). Κύρια πηγή είναι κατά κύριο λόγο ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Για τον λόγο αυτό απαιτείται άμεσα έλεγχος της γεωργίας με εφαρμογή των κανόνων ορθής γεωργικής πρακτικής, καθώς και η προώθηση εναλλακτικών μορφών καλλιέργειας (Βουδούρης, 2009).

Στην παρούσα εργασία θα εξετασθεί η νιτρορύπανση στην εξεταζόμενη περιοχή που έχει αναφερθεί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΔΙΟ

4.1: ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ

Οι μετρήσεις στάθμης νερού, στο πλαίσιο αυτής της εργασίας, πραγματοποιήθηκαν σε γεωτρήσεις και σε πηγάδια στην περιοχή της Εράτυρας και των γύρω χωριών: Πελεκάνος, Καλονέρι, Μικρόκαστρο, Σισάνι. Οι μετρήσεις έγιναν κατά την περίοδο του Μαρτίου 2019 δηλαδή προς το τέλος της υγρής περιόδου όπου οι στάθμες είναι στο μέγιστο ύψος, καθώς δεν έχει ξεκινήσει ακόμα η έναρξη της περιόδου της άρδευσης (πότισμα καλλιεργειών). Στην Εικόνα 1 απεικονίζεται η στιγμή μέτρησης της στάθμης. Κατά τη στιγμή μέτρησης η γεώτρηση και οι γειτονικές γεωτρήσεις δεν βρισκόταν σε λειτουργία.



Εικόνα 1: Μέτρηση στάθμης νερού σε γεώτρηση.

Για την μέτρηση της στάθμης χρησιμοποιήθηκε σταθμήμετρο. Πρόκειται για μια συσκευή που αποτελείται από μια μετροταινία με αισθητήρα και στέλνεται από την επιφάνεια μέσα στην γεώτρηση ή το πηγάδι και όταν έλθει σε επαφή με την επιφάνεια του νερού, παρέχει ηχητικό σήμα και οπτική ένδειξη. Η ένδειξη της μετροταινίας παρέχει το βάθος της στάθμης του νερού από την επιφάνεια του εδάφους. Στην Εικόνα 2 απεικονίζεται το φορητό GPS που χρησιμοποιήθηκε για την ακριβή καταγραφή των

συντεταγμένων των γεωτρήσεων και των πηγαδιών. Στο Σχήμα 15 απεικονίζεται ο χάρτης με το βάθος της στάθμης του υπόγειου νερού από την επιφάνεια του εδάφους.



Εικόνα 2: Φορητό GPS (Garmin eTrex 10).



Σχήμα 15. Χάρτης με το βάθος της στάθμης του υπόγειου νερού από την επιφάνεια του εδάφους σε μέτρα.

(Πηγή: <https://earth.google.com/>)

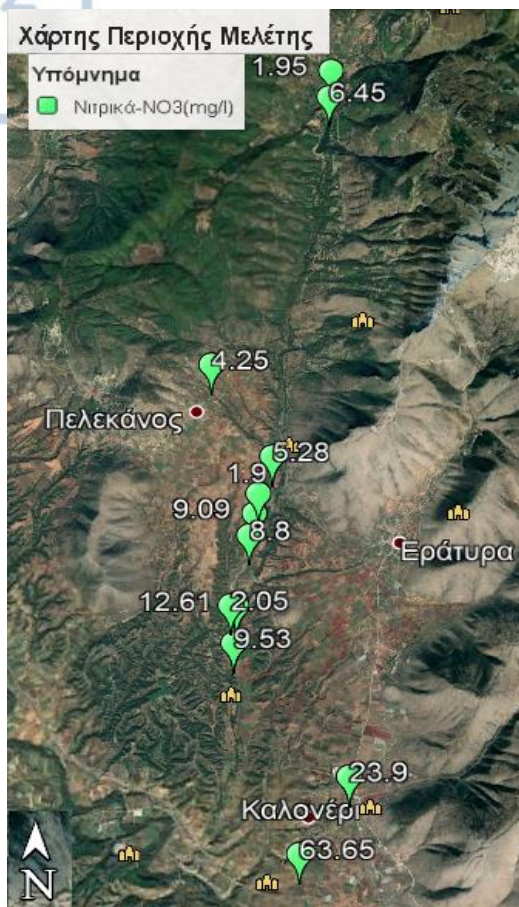
4.2: ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Η δειγματοληψία έγινε στις γεωτρήσεις και στα πηγάδια που πραγματοποιήθηκαν και οι μετρήσεις της στάθμης. Επιπρόσθετα συλλέχθηκε δείγμα νερού και κατά μήκος του ρέματος Μύριχου.

Χρησιμοποιήθηκαν μπουκάλια συλλογής του 1 ½ λίτρου από πολυαιθυνέλιο. Πιο συγκεκριμένα αυτά είχαν προπλυθεί με απιονισμένο νερό και στην συνέχεια με νερό του πηγαδιού ή της γεώτρησης αφού είχε λειτουργήσει τουλάχιστον 10 με 15 λεπτά η καθεμία, ώστε να είναι σίγουρα δείγμα από τον υδροφόρο (Rainwater-Thatcher, 1960). Αφού συλλέχθηκαν όλα τα δείγματα φυλάχθηκαν σε σκιερό μέρος, στην συνέχεια συντηρήθηκαν σε ψυγείο μέχρι που μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο του τμήματος όπου και πραγματοποιήθηκε η ανάλυση τους σε μικρό χρονικό διάστημα από τη συλλογή. Στην Εικόνα 3 απεικονίζεται στιγμή από την δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε κατά μήκος του ποταμού. Στο Σχήμα 16 απεικονίζεται ο χάρτης με τις τιμές των νιτρικών ιόντων στα δείγματα υπόγειου και επιφανειακού νερού.



Εικόνα 3: Δειγματοληψία κατά μήκος του ποταμού.



Σχήμα 16.Χάρτης με τις τιμές των νιτρικών ιόντων στα δείγματα υπόγειου και επιφανειακού νερού σε mg/l.

(Πηγή: <https://earth.google.com/>)

4.3: ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΙΔΙΟΤΗΤΩΝ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ

Με την χρήση πολυπαραμετρικής συσκευής μετρήθηκαν επί τόπου φυσικοχημικές ιδιότητες του νερού. Πιο συγκεκριμένα μετρήθηκε η ενεργός οξύτητα (pH), η συγκέντρωση διαλυμένων αλάτων (TDS), και η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC).

4.4: ΜΕΤΡΗΣΗ ΝΙΤΡΙΚΩΝ (NO_3^{-1})

Στο Εργαστήριο της Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ. πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις περιεκτικότητας των νιτρικών ιόντων των δειγμάτων.

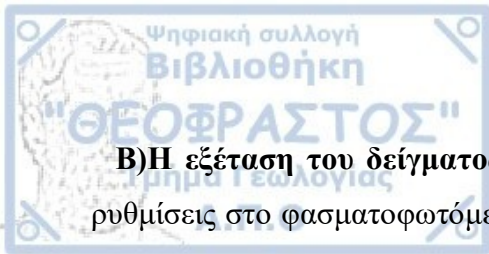
Η μέθοδος προσδιορισμού συγκέντρωσης των νιτρικών υλοποιήθηκε με το φασματοφωτόμετρο του εργαστηρίου που απεικονίζεται στην Εικόνα 4.



Εικόνα 4: Φασματοφωτόμετρο εργαστηρίου (Hach DR/2000 Direct Reading Spectrophotometer)

Τα στάδια της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκαν είναι **α)** η προετοιμασία του δείγματος **β)** η εξέταση του δείγματος στο φασματοφωτόμετρο και τέλος **γ)** η επανεξέταση δείγματος για αποφυγή σφάλματος.

Α) Η προετοιμασία του δείγματος: Το δείγμα νερού τοποθετείται σε 2 διαφορετικές κυψελίδες (των 25ml) αφού πρώτα έχουν προπλυθεί με απιονισμένο νερό και στην συνέχεια με νερό του δείγματος.



Β) Η εξέταση του δείγματος στο φασματοφωτόμετρο: Αφού γίνουν οι κατάλληλες ρυθμίσεις στο φασματοφωτόμετρο και στις 2 κυψελίδες, στην μια κυψελίδα προστίθεται χημικό αντιδραστήριο ενώ στην άλλη όχι. Η τελευταία αντιπροσωπεύει το λεγόμενο “τυφλό” διάλυμα. Στην πρώτη το αντιδραστήριο ανακατεύεται μέχρι το διάλυμα να γίνει ομογενές και στη συνέχεια μένει για 5 λεπτά ακίνητο. Αφού περάσουν αυτά και το φασματοφωτόμετρο φέρει την ένδειξη mg/l N NO_3^- τοποθετούμε το “τυφλό” διάλυμα όπου του δίνουμε την τιμή μηδέν. Η ένδειξη που δείχνει είναι $0.0 \text{ mg/l N NO}_3^-$. Στη συνέχεια αντικαθιστάται το “τυφλό” διάλυμα με το δείγμα που έχει το αντιδραστήριο και αφού το επεξεργαστεί φέρει την αντίστοιχη ένδειξη. Η ένδειξη που αναγράφει το όργανο αφού πολλαπλασιαστεί με 4.4 αποτελεί την συγκέντρωση των νιτρικών και μετρούνται σε mg/lit . (https://www.lm.doe.gov/cercla/documents/rockyflats_docs/SW/SW-A-000141.pdf)

Γ) Η επανεξέταση δείγματος για αποφυγή σφάλματος: Η μέτρηση επαναλαμβάνεται για δεύτερη φορά για την αποφυγή τυχόν λάθους. Στην περίπτωση που η μέτρηση έχει μεγάλη διαφορά από την προηγούμενη πραγματοποιείται και μια τρίτη. Ανάλογα με την τιμή της τελευταίας λαμβάνονται υπόψη οι δύο τιμές που έχουν την μικρότερη απόκλιση.

Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε και για τα δείγματα νερού που συλλέχθηκαν από γεωτρήσεις και τα πηγάδια καθώς και για τα δείγματα νερού κατά μήκος του ποταμού. Στην Εικόνα 3 απεικονίζεται στιγμή από την μέτρηση των νιτρικών στο εργαστήριο.



Εικόνα 3: Μέτρηση συγκέντρωσης νιτρικών.

4.5: ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Στον Πίνακα 4 παρουσιάζονται τα συνολικά αποτελέσματα των μετρήσεων.

Πίνακας 4. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα μετρήσεων.

Label	Y	X	Βάθος γεώτρησης(m)	Βάθος στάθμης υπογείου νερού από την επιφάνεια του εδάφους (μ)	Ph	TDS(ppm)	EC(μs/cm)	NO ₃ (mg/l)
Mikr1	4461295,928	286476,155	29	4.46	7.64	350	546	63.65
Kal1	4462880,178	287444,708	85	23	7.43	337	527	23.9
Er1	4468027,738	285601,879	8	1.26	7.65	218	341	8.8
Er2	4468492,706	285704,186	10	2.2	7.67	150.5	235	9.09
Er3	4468918,76	285786,958	12	3.66	7.69	161.2	254	1.9
Pel1	4471719,663	284952,469	12	6.66	7.4	181.1	283	4.25
Sis1	4478084,666	287358,242	6	1.66	8.01	214	334	1.95
Vil1	4465743,578	285270,962	8	1.56	7.56	270	423	9.53
Vil2	4466528,03	285337,833	8	1.56	7.63	283	442	12.61
River1	4466549,147	285226,956			8.03	143.2	224	2.05
River2	4469708,381	286064,932			7.6	99.7	155.8	5.28
River3	4477503,456	287314,745			8.1	173.5	272	6.45

Βάθος στάθμης υπόγειου νερού

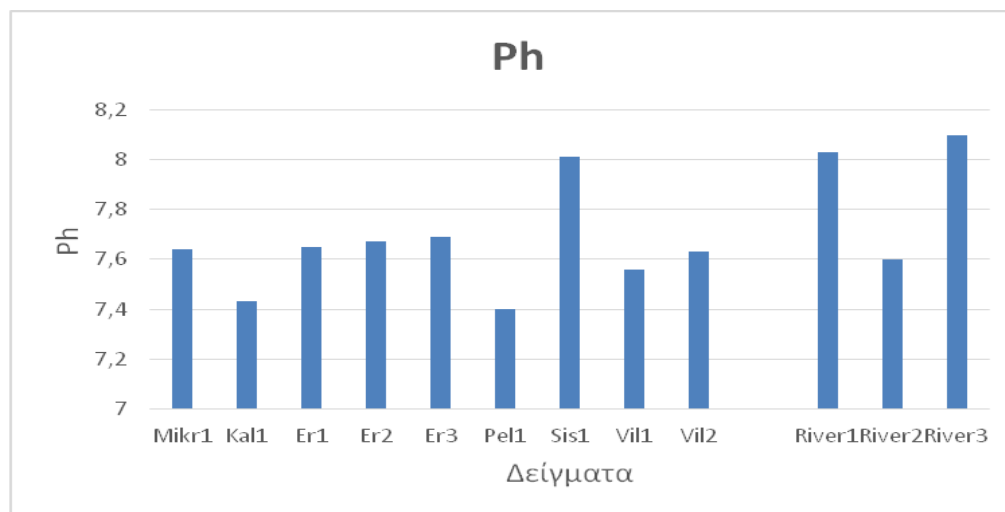
Η στάθμη του υπόγειου νερού κυμαίνεται από 1,26 μέχρι 23 μέτρα βάθος και όπως φαίνεται είναι κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Το βάθος στην πλειονότητα των γεωτρήσεων είναι εξίσου μικρό. Αυτό πιθανότατα οφείλεται στο ότι οι γεωτρήσεις βρίσκονται πολύ κοντά στην κοίτη του ποταμού μέσα σε περατούς χαλαρούς εδαφικούς σχηματισμούς και άρα τροφοδοτούνται από αυτόν με αποτέλεσμα η στάθμη να είναι κοντά στην επιφάνεια. Το μεγαλύτερο βάθος στάθμης παρατηρείται στην γεώτρηση του Καλονερίου (Kal1) που είναι η πιο απομακρυσμένη από το ποτάμι.

4.5.1.Ενεργός Οξύτητα (pH)

Η ενεργός οξύτητα ή αλλιώς pH εκφράζει την συγκέντρωση των κατιόντων υδρογόνου ενός δείγματος. Αποτελεί μια σημαντική παράμετρο του υπόγειου νερού καθώς η τιμή του εξαρτάται από τους γεωλογικούς σχηματισμούς από τους οποίους διέρχεται (Βουδούρης, 2009).

Η αποδεκτή τιμή για το νερό που χρησιμοποιείται για την ύδρευση (σύμφωνα με Οδηγία 98/83/ΕΚ του Συμβουλίου της 3ης/11/1998) κυμαίνεται από $6.5 \leq \text{pH} \leq 9.5$ ενώ για την άρδευση 6,5-8,4. (<http://www.ypeka.gr/>)

Τα δείγματα από τα οποία προήρθαν οι αναλύσεις είναι από γεωτρήσεις και πηγάδια που χρησιμοποιούνται για άρδευση επομένως σύμφωνα με τον Πίνακα 4, το pH όλων των δειγμάτων του νερού είναι μέσα στα καθορισμένα όρια. Στο Διάγραμμα 1 παρουσιάζονται οι τιμές οξύτητας των δειγμάτων,



Διάγραμμα 1. Κατανομή τιμών οξύτητας δειγμάτων.

4.5.2.Συγκέντρωση Διαλυμένων Στερεών (T.D.S.)

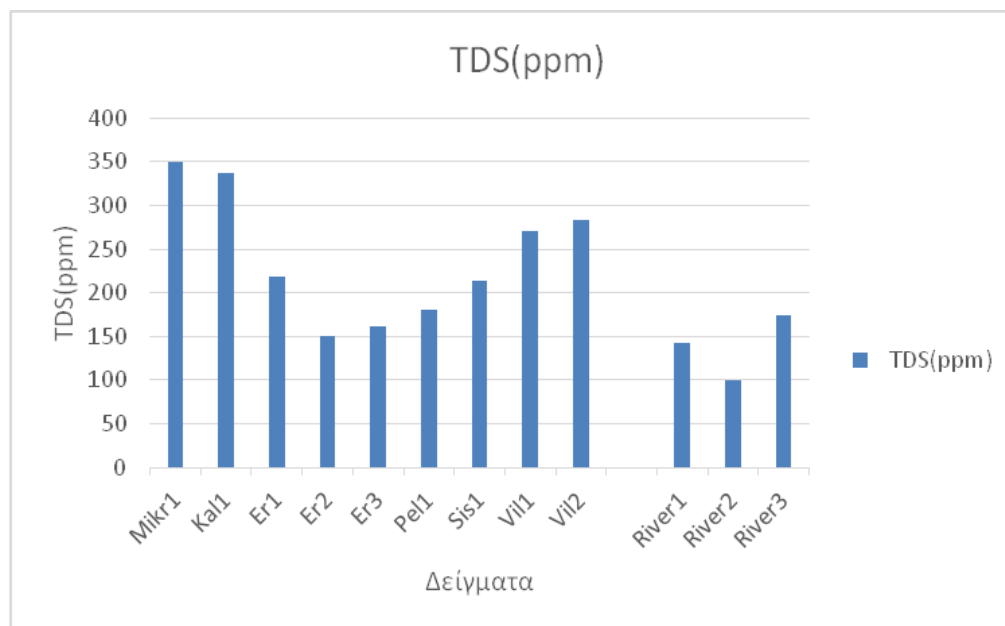
Το T.D.S.(Total Dissolved Solids) εκφράζει την συνολική συγκέντρωση των διαλυμένων στο νερό αλάτων, χωρίς να συμπεριλαμβάνονται τα αιωρούμενα ιζήματα, τα κολλοειδή και τα διαλυμένα αέρια (Lloyd J.W., 1985).

Το T.D.S. αποτελεί ένα δείκτη μεταλλικότητας (αλατότητας). Στον πίνακα 5 παρουσιάζεται η ταξινόμηση αυτού (Davis-DeWiest 1966):

T.D.S(mg/L)	Χαρακτηρισμός δείγματος
0-1000 mg/L	Γλυκό(fresh)
1000-10000 mg/L	Υφάλμυρο(brackish)
10000-1000000 mg/L	Αλμυρό(salt or saline)
>100000 mg/L	Υπεραλμυρό(brine)

Πίνακας 5. Ταξινόμηση του νερού με βάση την τιμή T.D.S.κατά Davis-DeWiest 1966

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4 όλες οι τιμές του T.D.S. κυμαίνονται μέσα στα όρια που χαρακτηρίζουν το γλυκό νερό. Στο Διάγραμμα 2 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά όλες οι τιμές των διαλυμένων στερεών.

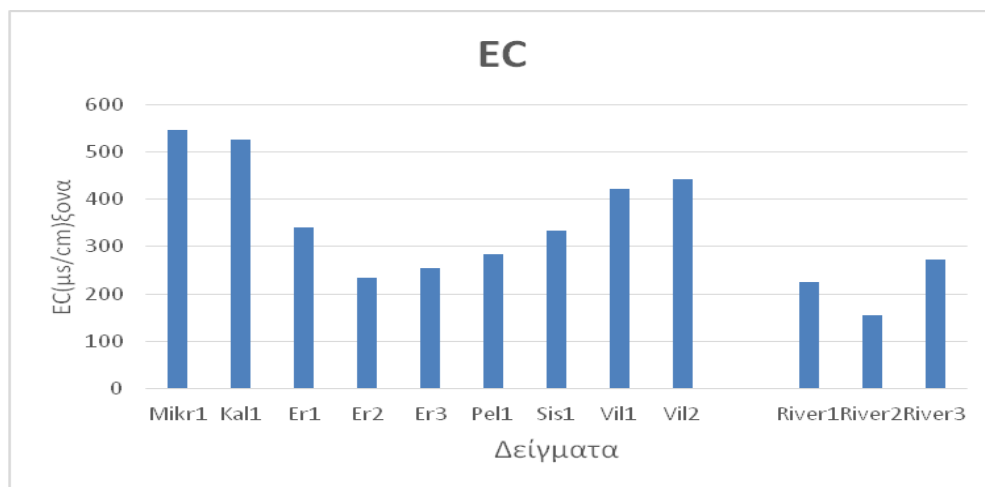


Διάγραμμα 2. Κατανομή τιμών συγκέντρωσης διαλυμένων στερεών στα δείγματα.

4.5.3 Ηλεκτρική Αγωγιμότητα(EC)

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα εκφράζει την ευκολία με την οποία το ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται μέσα από το νερό. Αυτή εξαρτάται από την θερμοκρασία καθώς και από την συγκέντρωση των διαλυμένων αλάτων. Αύξηση της θερμοκρασίας συνεπάγεται και αύξηση των της ηλεκτρικής αγωγιμότητας (Λαμπράκης, 1991). Η μέτρηση αυτής πρέπει να γίνεται σε συγκεκριμένη θερμοκρασία ή να ανάγεται σε αυτή (συνήθως 25 °C). Το ενδεικτικό επίπεδο της αγωγιμότητας στο πόσιμο νερό είναι 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και στα φυσικά γλυκά νερά κυμαίνεται από 300-1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Βουδούρης, 2009).

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4 οι περισσότερες τιμές των δειγμάτων κυμαίνονται από 150-350 $\mu\text{S}/\text{cm}$, δυο είναι περίπου στο όριο των 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ενώ υπάρχουν και άλλα δύο: Mikr1 και Kal1 που ξεπερνά την τιμή του 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Στο Διάγραμμα 3 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά όλες οι τιμές της ηλεκτρικής αγωγιμότητας των δειγμάτων.

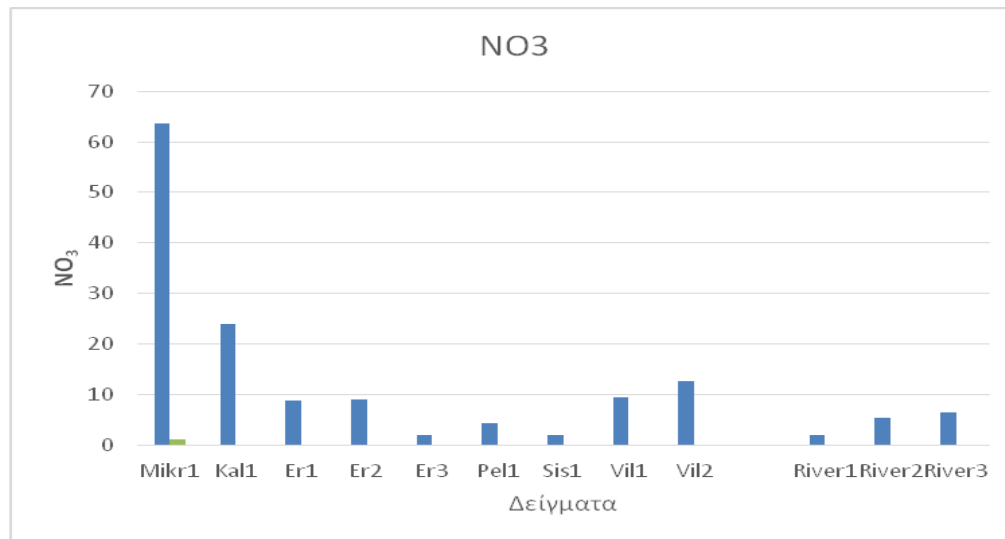


Διάγραμμα 3. Κατανομή τιμών ηλεκτρικής αγωγιμότητας των δειγμάτων.

4.5.4 Συγκέντρωση Νιτρικών Ιόντων (NO_3)

Όπως έχει ήδη προαναφερθεί (3 κεφάλαιο) τα νιτρικά ιόντα είναι το τελικό προϊόν της φυσικής αποσύνθεσης οργανικών αζωτούχων ενώσεων. Το ανώτατο όριο συγκέντρωσης των νιτρικών στο πόσιμο νερό έχει καθορισθεί σε 50mg/L ενώ το επιθυμητό όριο είναι τα 25mg/L. Τιμές μεγαλύτερες από το ανώτατο όριο προκαλούν βλάβες στον οργανισμό.

Σύμφωνα με τον Πίνακα 4 η περιοχή μελέτης έχει μικρές συγκεντρώσεις νιτρικών ιόντων στα υπόγεια ύδατα. Εξαιρέση αποτελεί το δείγμα από την περιοχή του Μικρόκαστρου (Mikr1) η τιμή του οποίου ξεπερνά το ανώτατο όριο. Το δείγμα από την γεώτρηση Kal1 είναι το δείγμα με τη δεύτερη υψηλότερη τιμή. Οι δυο γεωτρήσεις είναι γειτονικές μεταξύ τους. Επίσης είναι οι δύο γεωτρήσεις που εμφανίζουν τα μεγαλύτερα βάθη της στάθμης του νερού από την επιφάνεια. Το γεγονός ότι εμφανίζουν τις υψηλότερες τιμές οφείλεται είτε στο ότι τοπικά χρησιμοποιείται μεγαλύτερη ποσότητα αζωτούχων λιπασμάτων είτε στο ότι υπάρχει αυξημένη περατότητα των σχηματισμών στη θέση αυτή μέσα στα ιζήματα που διευκολύνει την κατείσδυση των νιτρικών στον υδροφόρο. Επίσης οι δυο αυτές γεωτρήσεις βρίσκονται πολύ κοντά σε εγκαταστάσεις που γίνεται εκτροφή βιζόν που αποτελεί πιθανή πηγή ρύπανσης σε νιτρικά για την περιοχή, και ίσως και περαιτέρω επεξεργασία (π.χ. επεξεργασία δερμάτων καθώς στην περιοχή του Καλονερίου λειτουργούν βυρσοδεψεία). Στο Διάγραμμα 4 παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι τιμές των νιτρικών ιόντων της περιοχής.



Διάγραμμα4. Κατανομή τιμών νιτρικών ιόντων των δειγμάτων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα εργασία διερευνώνται οι υδρογεωλογικές συνθήκες καθώς και το φαινόμενο της νιτρορύπανσης στα υπόγεια νερά της ευρύτερης περιοχής της Εράτυρας του νομού Κοζάνης. Κίνδυνοι για τα υπόγεια νερά μπορεί να προέρχονται από υψηλή αγωγιμότητα, υψηλές συγκεντρώσεις τοξικών στοιχείων ή τιμές του pH εκτός κάποιων ορίων. Με το προσδιορισμό των φυσικοχημικών παραμέτρων προκύπτουν τα παρακάτω αποτελέσματα:

- Η ενεργός οξύτητα (pH) των δειγμάτων κυμαίνεται από 7,4 μέχρι 8,1. Αυτές οι τιμές είναι μέσα στα όρια για το νερό που χρησιμοποιείται για άρδευση (6,5-8,4) και για ύδρευση. Άρα στο εύρος αυτό δεν δημιουργούνται προβλήματα στις καλλιέργειες. Τιμή του pH έξω από αυτές τις τιμές αποτελεί ένδειξη για περαιτέρω έλεγχο του νερού καθώς μπορεί να περιέχει κάποιο τοξικό ιόν.
- Η συνολική συγκέντρωση των διαλυμένων στερεών (T.D.S.) στα δείγματα κυμαίνεται από 99,7 μέχρι 350 ppm. Όλα τα δείγματα αντιστοιχούν σε τιμές γλυκού νερού. Από αυτό γίνεται αντιληπτό ότι δεν υπάρχει κάποια αυξημένη συγκέντρωση αλάτων στις περιοχές που αντιστοιχούν στα δείγματα.
- Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) , κυμαίνεται από 155,8 μέχρι 546. Οι τιμές αντιστοιχούν σε φυσικά νερά που δεν έχουν επιβαρυνθεί από κάποιο είδος ρύπανσης. Τέλος παρατηρούμε ότι οι τιμές των δειγμάτων που συλλέχθηκαν επιφανειακά κατά μήκος του ποταμού(River1, River2, River3) αλλά και από τα πηγάδια(Er1, Er2, Sis1) είναι πιο χαμηλές από αυτές των γεωτρήσεων. Αυτό είναι λογικό καθώς η αλατότητα αυξάνεται με το βάθος λόγω του μεγαλύτερου χρόνου επαφής του νερού με τους περιβάλλοντες γεωλογικούς σχηματισμούς.
- Η συγκέντρωση νιτρικών στα δείγματα της εργασίας κυμαίνονται από 1,9 μέχρι 63,65 mg/L. Το ανώτατο όριο συγκέντρωσης των νιτρικών στο πόσιμο νερό έχει καθορισθεί σε 50mg/L ενώ το επιθυμητό όριο είναι τα 25mg/L. Εξαίρεση αποτελεί το δείγμα από την περιοχή του Μικροκάστρου (Mikr1) καθώς η τιμή του ξεπερνά το ανώτατο όριο. Δεύτερη υψηλότερη τιμή έχει το δείγμα από την περιοχή του Καλονερίου (Kal1). Οι αυξημένες τιμές οφείλονται στην αλόγιστη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων που χρησιμοποιούνται για την αύξηση παραγωγής



στην περιοχή ή λόγω της ύπαρξης αυξημένης περατότητας των σχηματισμών στην συγκεκριμένη θέση που διευκολύνει την κατείσδυση των νιτρικών στον υδροφόρο. Οι υψηλές τιμές μπορεί να οφείλονται και στις φάρμες εκτροφής/θανάτωσης βιζόν και ίσως στα βυρσοδεψεία που βρίσκονται κοντά και στις δύο περιοχές.

- Όσο αφορά τις μετρήσεις της στάθμης οι περισσότερες πραγματοποιήθηκαν κοντά στην κοίτη του ποταμού και έχουν μικρές τιμές από την επιφάνεια του εδάφους (1,26m - 6,66m) γιατί τροφοδοτούνται από αυτόν και έτσι δικαιολογείται και το μικρό βάθος που έχουν οι γεωτρήσεις. Οι περισσότερες έχουν ανορυχθεί στα χαλαρά τεταρτογενή ιζήματα.
- Οι γεωτρήσεις του Μικροκάστρου (Mikr1) και του Καλονερίου (Kal1) έχουν το μεγαλύτερο βάθος. Η στάθμη του υπόγειου νερού στις γεωτρήσεις αυτές βρίσκεται σε μεγαλύτερο βάθος από την επιφάνεια του εδάφους σε σχέση με τις παρόχθιες. Το μεγαλύτερο βάθος στάθμης με τιμή 23m παρατηρείται στην γεώτρηση του Καλονερίου που είναι πιο απομακρυσμένη από το ποτάμι και άρα βρίσκεται σε μεγαλύτερο υψόμετρο σε σχέση με τις άλλες. Συνεπώς για να συναντήσει την επιφάνεια του υδροφόρου έπρεπε να διατρήσουμε μεγαλύτερο βάθος. Θα έπρεπε να έχουμε στην διάθεση μας τα απόλυτα υψόμετρα των θέσεων των γεωτρήσεων για να γνωρίζουμε την ακριβή πιεζομετρία της περιοχής και την διεύθυνση ροής του υπόγειου νερού. Τα απόλυτα υψόμετρα δεν τα είχαμε στην διάθεση μας.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξένη Βιβλιογραφία

- Canter, L.W. (1997) Nitrates in Groundwater. Lewis, Boca Raton, CRC Press, Inc.
- Davis, S.N. and De Weist, R.J.M., (1966) Hydrogeology. John Wiley and Sons, New York
- Di H.J. and. Cameron K.C , 2000, Nitrate leaching in temperate agroecosystems: sources, factors and mitigating strategies, Nutrient Cycling in Agroecosystems **46**: 237–256, 2002, Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.
- Dikau R., 1989 , The Application of a Digital Relief Model to Landform Analysis in Geomorphology, London , 51-77 ,Taylor and Francis
- Duncan C, Honk Li, Dykhuizen R, Frazer R, Johnston P. MacKnight G, Smith L. Lamza K. McKenzie H. Batt, Kelly D., Golden M., Benjamin N., and Leifert C., Let . (1997) Protection against oral and gastrointestinal diseases: Importance of dietary nitrate intake, oral nitrate reduction and enterosalivary nitrate circulation
- Lloyd W.J., Heathcote A.J. (1985): Natural inorganic hydrochemistry in relation to groundwater. An introduction , Oxford
- Raiwater F.H., Thatcher L.L. (1960): Methods for collection and analysis of water samples , U.S. Geological Survey Water- Supply Paper 1454

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Αντωνόπουλος, Β., 2001. Ποιότητα και Ρύπανση Υπόγειων Νερών, , Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Ζητη



- Αποστόλου Αθ. Φλόκα, 1997 , Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Ζητη

- Βουδούρης Κ., 2009, Υδρογεωλογία περιβάλλοντος -Υπόγεια νερά & Περιβάλλον, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Τζίολα
- Βουδούρης Κ., 2013, Τεχνική υδρογεωλογία – Υπόγεια νερά , Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Τζίολα
- Βουδούρης Κ., 2015 , Εκμετάλλευση και διαχείριση υπόγειου νερού , Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Τζίολα
- Καλλέργης Γ. (2000). Εφαρμοσμένη Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία, Έκδοση Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας, Δεύτερη Έκδοση, Τόμος Β, Αθήνα.
- Κούγκολος Γ. Αθανάσιος, 2018, Περιβαλλοντική Μηχανική, Ρύπανση & Προστασία Περιβάλλοντος, 2^η Έκδοση Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Τζίολα
- Λαζαρίδης Γ. , 2005, Αναδημοσίευτη Έκθεση: Εξερεύνηση σπηλαίων στην Εράτυνα του Δήμου Ασκίου
- Λαμπράκης, Ν., (1991): Εισαγωγή στην Υδροχημεία. Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- Μαυρίδης Α. Κελεπερτζής Α. Faugeres L. (1971-1972). Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος, 1:50.000, φύλλο Σιάτιστα>>. Εκδόσεις Ι.Γ.Μ.Ε.
- Μουντράκης Δ., 1983. Η γεωλογική δομή της Βόρειας Πελαγονικής Ζώνης και η γεωτεκτονική εξέλιξη των Εσωτερικών Ελληνίδων. Πραγματεία για Υψηγασία, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 289 σελ.
- Μουντράκης Δ., 2010, Γεωλογία και γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας, Θεσσαλονίκη, University Studio Press



- Παπαναστάσης Β. Φωτιάδης Γ. Βιδάκης Κ. Τσατσιάδης Ε. , 2019 , Αγριολούλуда του Σινιάτσικου , Θεσσαλονίκη

Διαδικτυακές Πηγές

- Copernicus, 2018, <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018> (ανακτήθηκε στις 7-11-2019)
- DR/2000 SPECTROPHOTOMETER INSTRUMENT MANUAL, (https://www.lm.doe.gov/cercla/documents/rockyflats_docs/SW/SW-A-000141.pdf) (ανακτήθηκε 14-11-2019)
- Meteoclub, 2019, www.meteoclub.gr (ανακτήθηκε στις 6-10-2019)
- Google maps, 2019, www.google.gr/maps (ανακτήθηκε στις 21-10-2019)
- Geodata, 2015, www.geodata.gr (ανακτήθηκε στις 10-11-2019)
- Δήμος Βοΐου, 2016, <https://dimosvoiou.gr/> (ανακτήθηκε στις 8-10-2019)
- Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, 2016, www.climatlas.gr (ανακτήθηκε στις 7-11-2019)
- Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2011, http://www.statistics.gr/documents/20181/1210503/FEK_monimos_rev.pdf/125204a0-726f-46fe-a141-302d9e7a38dc (ανακτήθηκε στις 10-10-2019)
- Εράτυρα Κοζάνης, 2007, <https://eratyra.gr/> (ανακτήθηκε στις 11-11-2019)
- Ινστιτούτο Γεωλογικών Μεταλλευτικών Ερευνών, 2015, <http://www.igme.gr/geoportal/> (ανακτήθηκε 14-11-2019)
- Μαντζανάς Κ. , Τσατσιάδης Ε. , Μπατιάνης Ε., Παρουσίαση εργαστηρίου Λιβαδικής Οικολογίας με τίτλο Παραδοσιακά δασογεωργικά συστήματα της



Ελλάδας: η περίπτωση του Δήμου Ασκίου, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
<http://www1.montpellier.inra.fr/safe/conferences/Thessaloniki/Mantzanas%20Tsatsiadis%20Mpatianis.pdf> (ανακτήθηκε στις 11-11-2019)

- Οδηγός για την άγρια φύση της Ελλάδας, ποταμός Αλιάκμονας , 2019 , <http://www.naturagraeca.com/> (ανακτήθηκε 14-11-2019)
- Περιφέρεια Δυτικής Μακεδονίας ,2012 , <https://www.pdm.gov.gr/> (ανακτήθηκε 14-11-2019)
- Υπουργείο Εσωτερικών, Πρόγραμμα Καλλικράτης 2010, https://www.ypes.gr/UserFiles/f0ff9297-f516-40ff-a70e-eca84e2ec9b9/nomos_kallikrati_9_6_2010.pdf (ανακτήθηκε στις 5-10-2019)
- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2009-2018, www.ypeka.gr (ανακτήθηκε στις 6-10-2019)