



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ, ΙΣΤΟΡΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ
ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΚΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΕΜ:5230

ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕΛΙΚΗΣ
ΝΟΜΟΥ ΗΜΑΘΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2021



ΚΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

Φοιτητής Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ:5230

ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕΛΙΚΗΣ ΝΟΜΟΥ ΗΜΑΘΙΑΣ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Γεωλογίας

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας

Επιβλέπων

Κ. Μάττας



©Γιώργος Κουτσόπουλος, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ , Τομέας Γεωλογίας 2021

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΤΗΣ
ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΗΣ ΚΟΙΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕΛΙΚΗΣ ΝΟΜΟΥ ΗΜΑΘΙΑΣ

- Διπλωματική Εργασία

©George Koutsopoulos, School of Geology, Dept of Geology, 2021

All rights reserved.

QUALITATIVE AND QUANTITATIVE CHARACTERISTICS OF THE
GROUNDWATER RESOURCES OF THE BROADER AREA OF THE MELIKI VILLAGE,
PREFECTURE OF IMATHIA

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.depositphotos.com



ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η ανάθεση της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγινε από τον Δρ. Μάττα Χρήστο, μέλος ΕΙΔΠ του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, τον οποίο ευχαριστώ βαθύτατα για την βοήθεια που μου παρείχε κατά την εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής.

Έπειτα, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου και τους ανθρώπους που ήταν δίπλα μου και που με στηρίζουν σε κάθε μου προσπάθεια όλα αυτά τα χρόνια.



ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το κύριο θέμα της διπλωματικής αυτής εργασίας σχετίζεται με τη ποιοτική και ποσοτική μελέτη όσον αφορά στην νιτρορύπανση των υπόγειων υδατικών πόρων της ευρύτερης περιοχής της κοινότητας Μελίκης του νομού Ημαθίας. Στα πλαίσια αυτής πραγματοποιήθηκαν 11 επί τόπου μετρήσεις των πιεζομετρικών επιφανειών σε διαφορετικές θέσεις, καθώς και συλλέχθηκαν 7 δείγματα νερού στα οποία μετά από εργαστηριακή μελέτη προσδιορίστηκαν οι συγκεντρώσεις τους σε νιτρικά ιόντα. Όλες οι παραπάνω δραστηριότητες πεδίου έλαβαν χώρα την περίοδο του Απριλίου του έτους 2019. Ο προσδιορισμός των συγκεντρώσεων των νιτρικών ιόντων έγινε με τη χρήση φασματοφωτόμετρου στο εργαστήριο της Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ.

Στο πρώτο κεφάλαιο της πτυχιακής αναφέρονται η γεωγραφική θέση, η μορφολογία, τα οικονομικά στοιχεία κ.α, που αποτελούν κάποια από τα βασικά στοιχεία της περιοχής μελέτης.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρατίθενται η στρωματογραφία της περιοχής και τα γενικά υδρογεωλογικά της στοιχεία.

Στο τρίτο κεφάλαιο περιγράφονται οι βασικές έννοιες και οι επιπτώσεις της νιτρορύπανσης.

Τέλος στο τέταρτο και πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της διπλωματικής, καθώς και τα συμπεράσματα που προέκυψαν.



ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is to investigate the qualitative and quantitative characteristics of the groundwater resources in terms of nitrate pollution in the wider area of the Meliki village in the prefecture of Imathia. As part of this, 11 in situ measurements of groundwater depth were carried out in different boreholes, as well as 7 water samples were collected and were analyzed in the Laboratory of Engineering Geology and Hydrogeology of the School of Geology, AUTH. The nitrates concentration value was determined using a spectrophotometer. All the above field activities took place during the period of April 2019.

The first chapter of the bachelor thesis describes the geographical location, morphology, local economy etc., which are some of the basic characteristics of the study area.

In the second chapter, the stratigraphy of the area and the hydrogeological regime are presented.

The third chapter describes the basic concepts and effects of nitrate pollution.

Finally, in the fourth and fifth chapters, all the results and conclusions are presented.



ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Εισαγωγή.....σελ.1	
Κεφάλαιο 1. Γεωγραφικά Στοιχεία της Περιοχής.....σελ. 2-13	
1.1 Γεωγραφική Θέση της Περιοχής Μελέτης.....σελ.2-3	
1.2 Μορφολογία.....σελ.4-6	
1.3 Δημογραφικά Στοιχεία (2011).....σελ.7	
1.4 Οικονομικά Στοιχεία.....σελ.8-9	
1.5 Το Κλίμα της Περιοχής.....σελ.10-11	
1.6 Υδρογραφικό Δίκτυο.....σελ.12-13	
Κεφάλαιο 2. Γεωλογικά-Υδρογεωλογικά Στοιχεία Περιοχής Μελέτης.....σελ.14-17	
2.1 Στρωματογραφία της Περιοχής.....σελ.14-16	
2.1.2Υδρογεωλογικά Στοιχεία της Περιοχής.....σελ.17	
Κεφάλαιο 3. Νιτρορύπανση.....σελ.18-22	
3.1 Γενικά.....σελ.18-19	
3.2 Νομοθεσία για την Νιτρορύπανση.....σελ.20	
3.3 Επιπτώσεις Νιτρορύπανσης,3.3.1 Στον άνθρωπινο οργανισμό.....σελ.20	
3.3 Επιπτώσεις Νιτρορύπανσης, 3.3.2 Στο Περιβάλλον.....σελ.21	
3.4 Η Νιτρορύπανση στη Περιοχή μας.....σελ.22	
Κεφάλαιο 4. Πειραματικό Στάδιο.....σελ.23-31	
4.1. Δειγματοληψία.....σελ.23-24	
4.2 Μέτρηση No3 Στο Εργαστήριο.....σελ.24-27	
4.3 Αποτελέσματα.....σελ.28-33	
Συμπεράσματα.....σελ.34	
Βιβλιογραφία.....σελ.35-38	

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα που ταλανίζει τον άνθρωπο τις τελευταίες δεκαετίες είναι η συνεχής ρύπανση του περιβάλλοντος με διάφορους τρόπους. Οι τρόποι αυτοί προέρχονται κατά κύριο λόγο από τις ποικίλες ανθρώπινες δραστηριότητες που το βλάπτουν σημαντικά.

Μία λοιπόν από τις σημαντικότερες πηγές ρύπανσης του περιβάλλοντος είναι αυτή του υπόγειου νερού. Η φυσική ποιότητα του υπόγειου νερού έχει μεταβληθεί εξαιρετικά τις τελευταίες δεκαετίες, εξαιτίας των διάφορων ανθρώπινων δραστηριοτήτων και χρήσεων του νερού, που οδήγησαν στην σταδιακή υποβάθμιση της ποιότητάς του (Χαντζηανδρέου 2012). Για την ακρίβεια, το 50% των υδάτινων οικοσυστημάτων έχουν διαβρωθεί σημαντικά, ενώ το 20% των οργανισμών που ζουν στα γλυκά νερά έχει υποστεί την εξαφάνιση (Θεοχάρης 2013). Ωστόσο, χρειάστηκε αρκετός χρόνος, ώστε ο άνθρωπος να καταφέρει να αναγνωρίσει τις αρνητικές αυτές συνέπειες και να προσπαθήσει να τις περιορίσει.

Έτσι από τις αρχές της δεκαετίας του 80' παρατηρήθηκε ότι τα νιτρικά ιόντα που ήταν απαραίτητα να υπάρχουν τόσο στα υπόγεια όσο και στα επιφανειακά νερά ήταν πολύ περισσότερα σε συγκέντρωση από τα επιτρεπτά όρια. Τότε ήταν που εισήχθει για πρώτη φορά και ο όρος της νιτρορύπανσης. Κύρια αίτια της νιτρορύπανσης είναι η εκτεταμένη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων και των στερεών αποβλήτων των ζώων, κυρίως σε αγροτικές περιοχές. (Rao and Puttanna 2006, House of Commons 2018) Τα νιτρικά αυτά ιόντα, όταν βρίσκονται σε μεγάλες συγκεντρώσεις, έχουν αρνητικές επιπτώσεις τόσο στον άνθρωπο όσο και στο ίδιο το περιβάλλον (Andersen and Kristiansen 1984, Χαντζηανδρέου 2012).

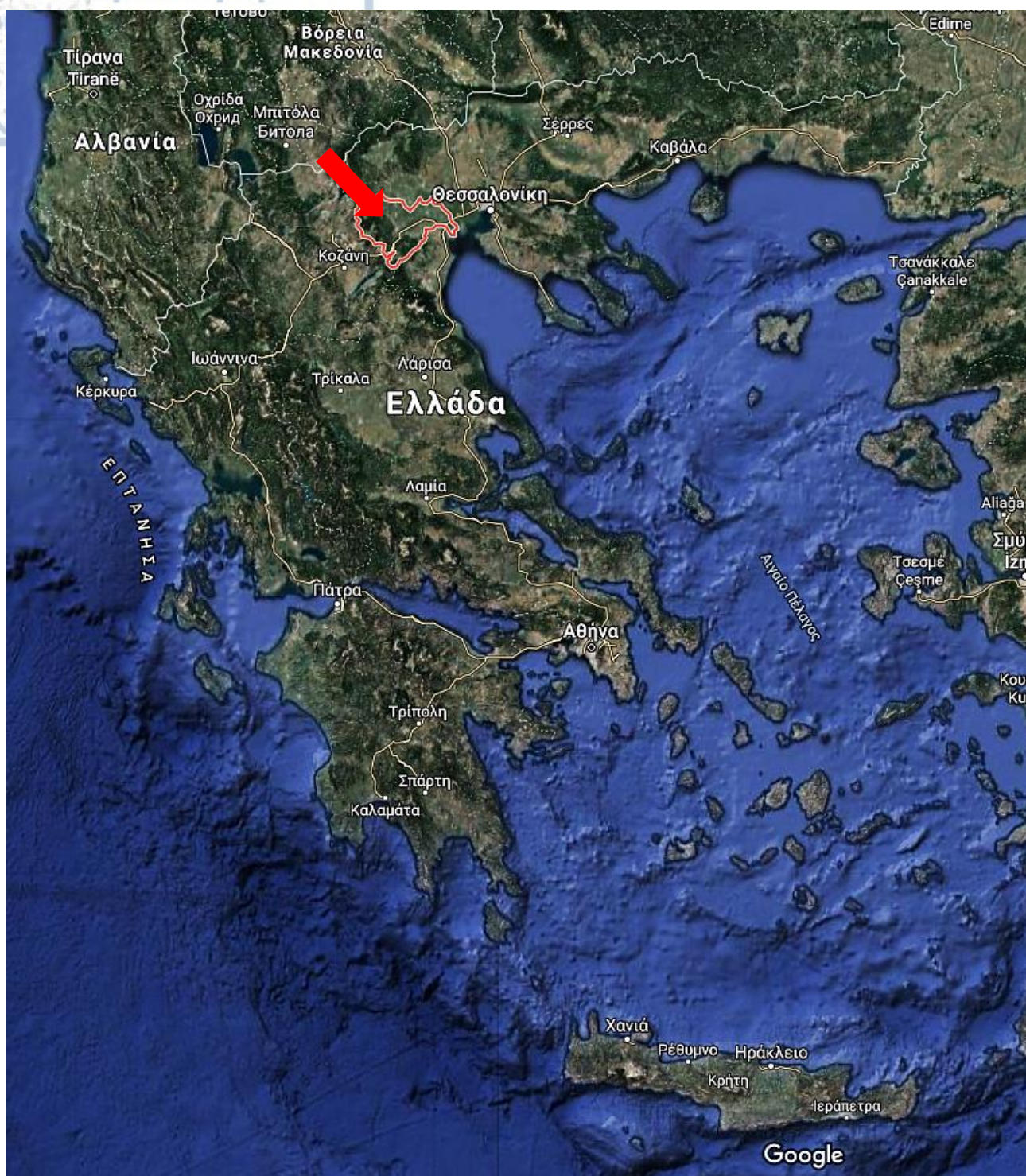
Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο η παρούσα εργασία διερευνά το σημαντικό αυτό φαινόμενο της νιτρορύπανσης των υπόγειων και επιφανειακών νερών της ευρύτερης περιοχής του νότιου τμήματος του ποταμού Αλιάκμονα, μεταξύ των χωριών Μελίκης, Αγκαθιάς, Π. Προδρόμου, Νεόκαστρου και Βεργίνας. Αξίζει να σημειωθεί ότι η περιοχή αυτή θεωρείται κατάλληλη για την παρούσα εργασία, καθώς αποτελεί μια περιοχή που ασχολείται σχεδόν εξ' ολοκλήρου με τις αγροτικές δραστηριότητες (<http://www.1167.syzefxis.gov.gr/nomos/>).



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1.ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

1.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή που μελετήθηκε βρίσκεται στο Νομό Ημαθίας,ο οποίος με τη σειρά του ανήκει στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας. Πρωτεύουσα και μεγαλύτερη πόλη του νομού είναι η Βέροια. Η περιοχή μελέτης εκτείνεται και οριοθετείται στην ευρύτερη περιοχή των οικισμών της Μελίκης, Αγκαθιάς, Π.Προδρόμου, Νεόκαστρου και Βεργίνας. Στα δυτικά του νομού και κατά μήκος με το Νομό Κοζάνης υψώνεται το όρος Βέρμιο, ενώ στα νότια τα Πιέρια Όρη. Η μεγάλη και εξαιρετικά εύφορη πεδιάδα της Ημαθίας που εκτείνεται και καλύπτει σχεδόν ολόκληρο το ανατολικό της τμήμα οφείλει τη δημιουργία της στην έλευση από αυτήν του μεγαλύτερου ποταμού της Ελλάδος του Αλιάκμονα. Η περιοχή ενδιαφέροντος της διπλωματικής βρίσκεται στην ευρύτερη περιοχή ανατολικά του ποταμού (Περλέρως, Λιόνης & Λεβογιάννης 2012, <http://www.1167.syzefxis.gov.gr/nomos/>). Όπως φαίνεται και από το παρακάτω Σχήμα 1.



Σχήμα 1. Η γεωγραφική θέση της ευρύτερης περιοχής μελέτης, όπου σημειώνεται με κόκκινο, στην ελληνική επικράτεια. (πηγή: <https://www.google.com/maps>)

1.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

. Ο νομός με βάση την μορφολογία του διαιρείται σε τρία τμήματα :

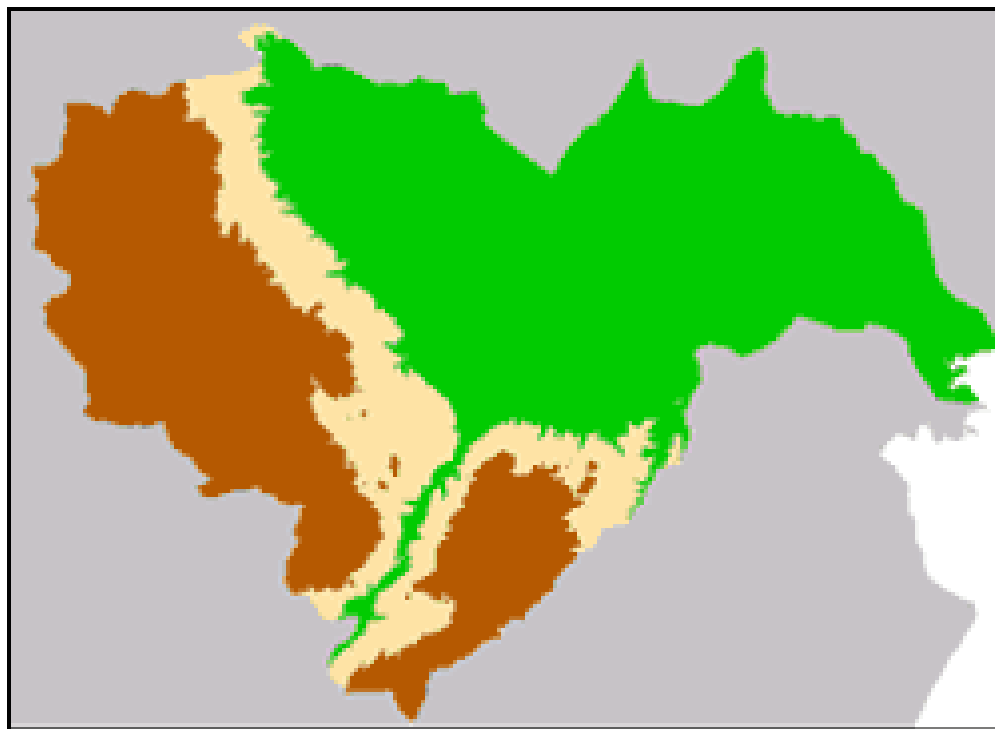
- Ορεινό κατά 50%(εκτ. 857 Km²)
- Ημιορεινό κατά 5% (εκτ. 85 Km²)
- Πεδινό κατά 46% (εκτ.767 Km²)

Στο πεδινό τμήμα που προσδιορίζεται μέχρι το υψόμετρο των 200m, βρίσκεται το μεγαλύτερο μέρος των οικισμών.Επιπλέον σ'αυτό υπάρχουν οι περισσότερες βιομηχανικές και βιοτεχνικές μονάδες όλου του Νομού,λόγω ότι αυτή η περιοχή είναι η πιο εύφορη και ταυτόχρονα διαθέτει και άφθονο υδάτινο πλούτο.

Το ημιορεινό τμήμα με υψόμετρο από τα 200 μέχρι τα 600 μέτρα , καταλαμβάνει την μικρότερη έκταση και χαρακτηρίζεται από ομαλό ανάγλυφο.

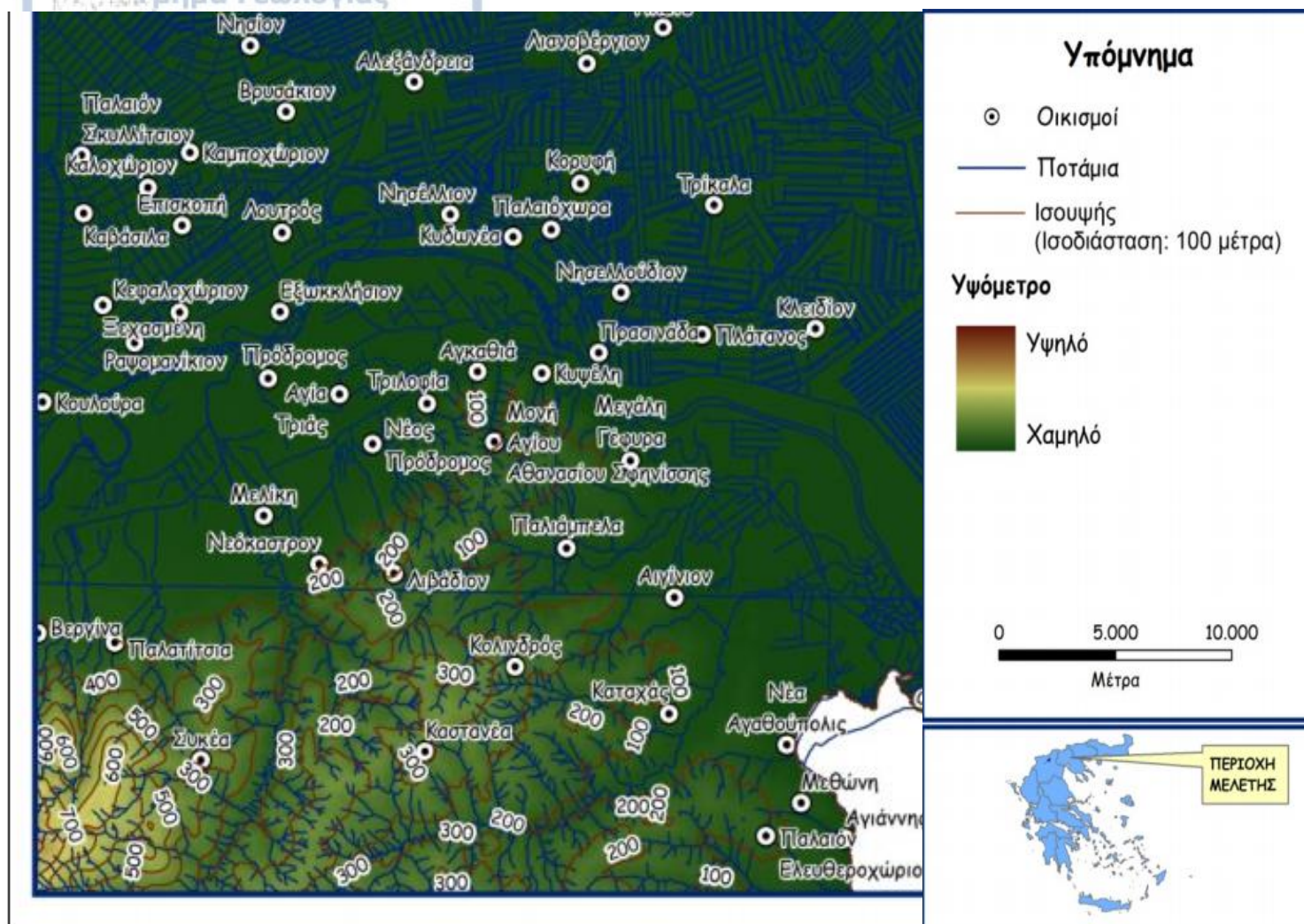
Τέλος το ορεινό τμήμα του Νομού καταλαμβάνεται από τμήματα δύο μεγάλων οροσειρών, του Βερμίου και των Πιερίων που διαχωρίζονται μεταξύ τους από τη ρηξιγενή κοιλάδα του Αλιάκμονα.

Στη περιοχή που πραγματοποιήθηκε η διπλωματική εργασία το υψόμετρο κυμαίνεται από 12μ έως 72μ και βρίσκεται στο πεδινό τμήμα του νομού (Σχήμα 2).Το μέσο υψόμετρο της περιοχής μελέτης υπολογίστηκε στα 23,4 μ. Τα στοιχεία αυτά υπολογίστηκαν με τη χρήση λογισμικού GIS (<http://www.1167.syzefxis.gov.gr/nomos/>).. Τα υψόμετρα του αναγλύφου της περιοχής απεικονίζονται στο Σχήμα 3.



Σχήμα 2. Μορφολογία του Ν.Ημαθίας

(πηγή:<http://www.1167.syzefxis.gov.gr>)



Σχήμα 3: Χάρτης με τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης μας

(Πηγή: http://ardefitika.decentral.minagric.gr/files/results/hydro/13.%20HYDRO_ALIAKMONA.pdf)

1.3 ΔΗΜΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ (2011)

.Στον Πίνακα 1 αναγράφεται ο πληθυσμός σύμφωνα με την απογραφή του 2011 των κοινοτήτων που οριοθετούν την περιοχή όπου συλλέχθηκαν τα δείγματα και έγιναν οι μετρήσεις στάθμης.

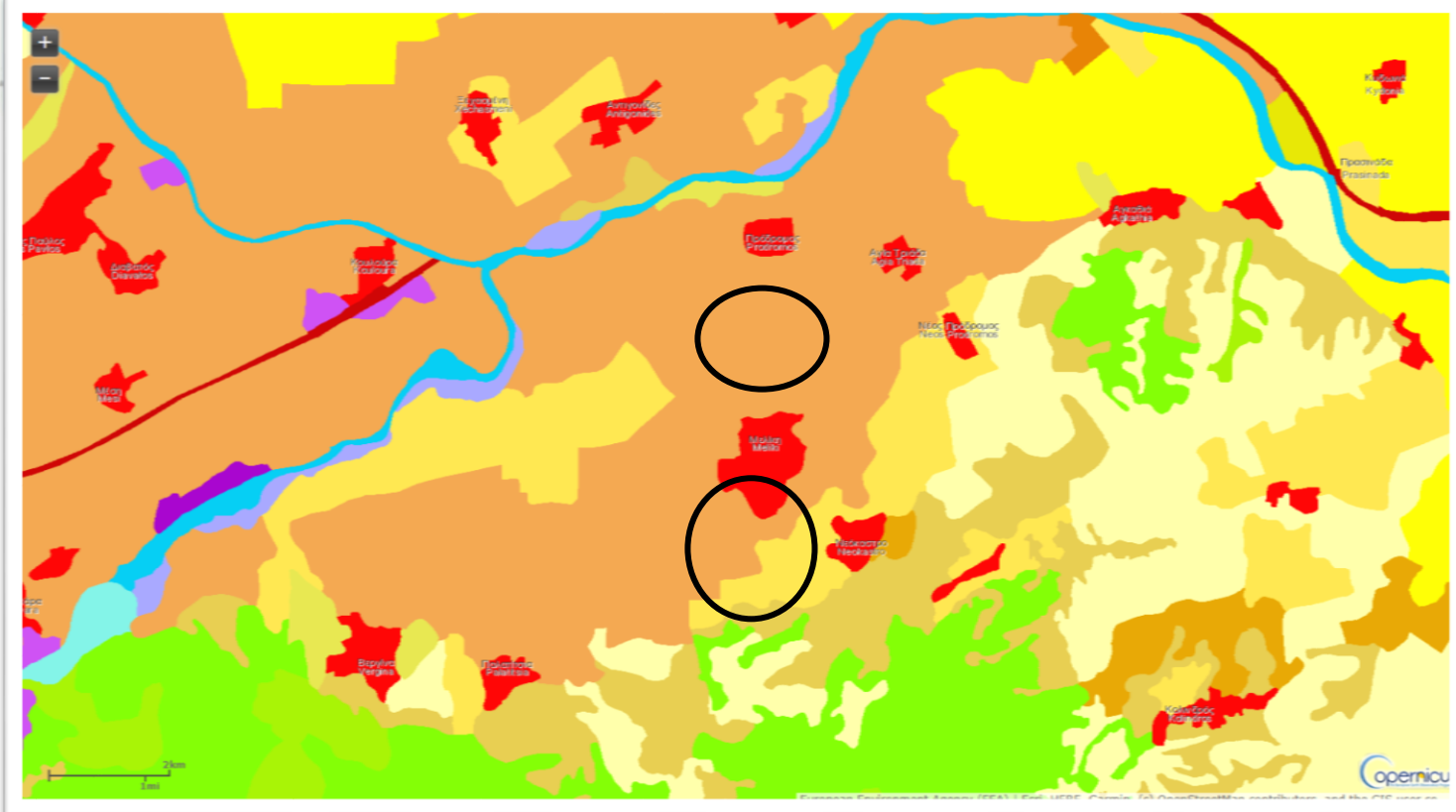
ΔΗΜΟΣ	ΚΑΤΟΙΚΟΙ
Μελίκης	3.116
Π.Προδρόμου	815
Αγκαθιάς	1.270
Νεόκαστρου	889
Βεργίνας	1.242

Στη περιοχή μελέτης συγκεντρώνεται ο πληθυσμός των 7.332 κατοίκων, από τους οποίους το μεγαλύτερο μέρος του ασχολείται με γεωργικές και κτηνοτροφικές δραστηριότητες (<https://www.statistics.gr/el/2011-census-pop-hous>).

1.4 ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το μεγαλύτερο μέρος του πληθυσμού, για την ακρίβεια το 65% του νομού ασχολείται με τις γεωργικές καλλιέργειες, ενώ ένα μικρό ποσοστό με τη βοσκή. Επιπλέον, από το 41% του εδάφους του νομού το 81% αρδεύεται (Πέτκου 2011). Αναπτυγμένη σε μεγάλο βαθμό είναι και η κτηνοτροφία, καθώς επίσης η ελαφρά βιομηχανία και βιοτεχνία που έχει άμεση σχέση με τις πρώτες ύλες του Νομού και την παράδοση. Οι επιχειρήσεις που εξάγουν νωπά ή και επεξεργασμένα προϊόντα έχουν μεγάλη ανάπτυξη όσον αφορά το πλήθος των μονάδων τους αλλά και τις ποσότητες των προϊόντων τους. Αξίζει να σημειωθεί, ότι το 65% της παγκόσμιας παραγωγής κομπόστας (250.000 τόνοι φρούτων ετησίως) επεξεργάζονται και τυποποιούνται στους νομούς Ημαθίας και Πέλλας. Τέλος, μεγάλη ανάπτυξη έχουν και οι μονάδες κλωστοϋφαντουργίας που καλύπτουν σε μεγάλο βαθμό τη ζήτηση που υπάρχει σε ολόκληρη την ελληνική αγορά (Τσιρίδου & Φανάρας 2011).

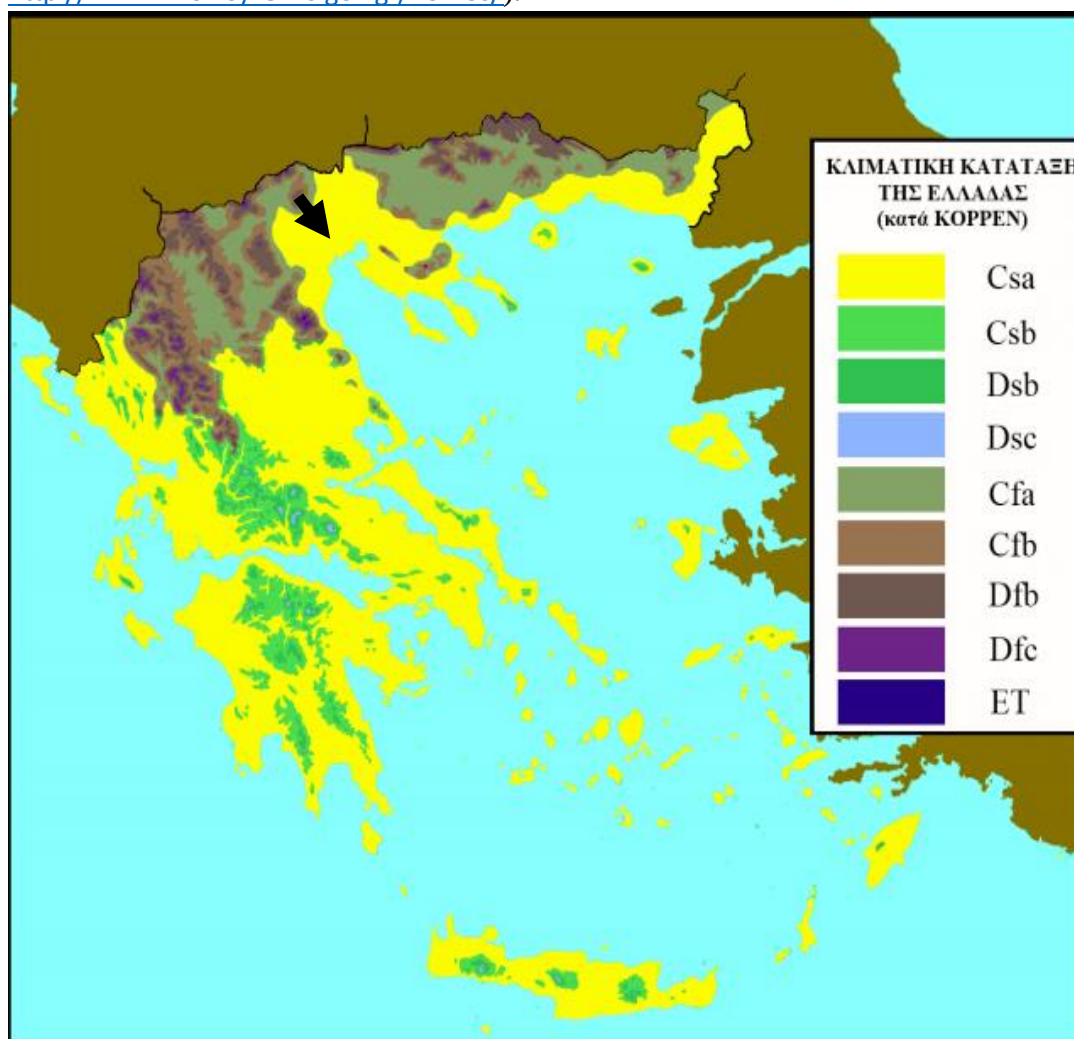
Όπως προαναφέρθηκε η γεωργία αποτελεί την κύρια ασχολία του μεγαλύτερου ποσοστού των κατοίκων της περιοχής, καθώς και την κύρια πηγή της οικονομίας. Κυριαρχούν οι δενδρώδεις καλλιέργειες με παραγωγή κυρίως ροδάκινων, ακτινιδίων, μήλων και νεκταρινιών. Ο νομός Ημαθίας αποτελεί ένα από τα κυριότερα εξαγωγικά κέντρα της χώρας στον τομέα των νωπών φρούτων και των μεταποιημένων οπωροκηπευτικών, αλλά και της κλωστοϋφαντουργίας (Τσιρίδου & Φανάρας 2011). Στο Σχήμα 4 απεικονίζονται οι κυριότερες χρήσεις γης σύμφωνα με τις πληροφορίες που λαμβάνουμε από το Copernicus. (<https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2012>)



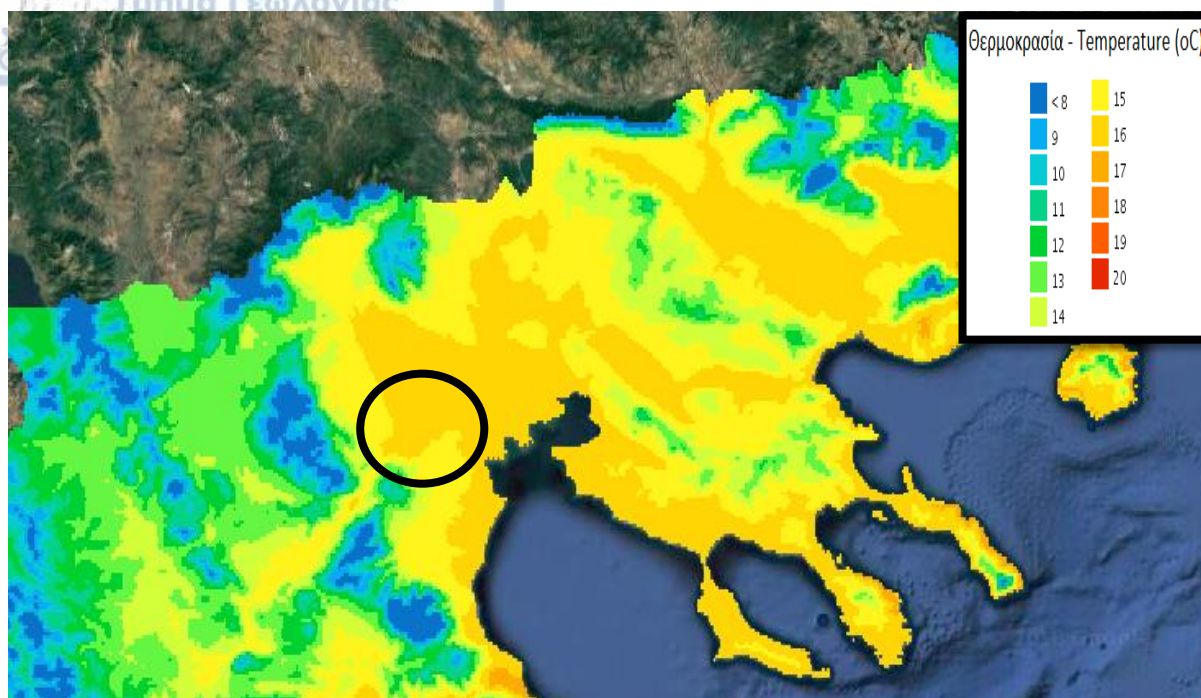
Σχήμα 4: Χάρτης χρήσεων γης περιοχής μελέτης με υπόμνημα. (πηγή: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2012>)

1.5 ΤΟ ΚΛΙΜΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Το κλίμα του νομού Ημαθίας χαρακτηρίζεται κυρίως ως ηπειρωτικό σύμφωνα με την κατάταξη κατά Korppen (Σχήμα 5). Από τον Ιούνιο μέχρι το Σεπτέμβριο η θερμοκρασία ξεπερνάει τους 20°C, ενώ κατά τη χειμερινή περίοδο που ξεκινάει το Νοέμβριο, οι τιμές της θερμοκρασίας ακόμα στους πεδινούς τόπους μπορεί να φτάσουν αρκετούς βαθμούς υπό του μηδενός. Το εύρος της διακύμανσης της θερμοκρασίας απεικονίζεται στο Σχήμα 6 (<http://diocles.civil.duth.gr/links/home/database/imathia/pr16ge.pdf>). Επιπλέον, συχνό φαινόμενο για την περιοχή αποτελούν οι απότομες πτώσεις της θερμοκρασίας για μικρά χρονικά διαστήματα που σε συνδυασμό με τους τοπικούς σφοδρούς ανέμους κάνουν τους ήδη τραχείς χειμώνες βαρύτερους. Το ετήσιο ύψος βροχής κυμαίνεται μεταξύ 400 και 600 χιλιοστών στα πεδινά όπως αυτό προκύπτει και από το Σχήμα 7. (Τσιρίδου & Φανάρας 2011, <http://www.1167.syzefxis.gov.gr/nomos/>).

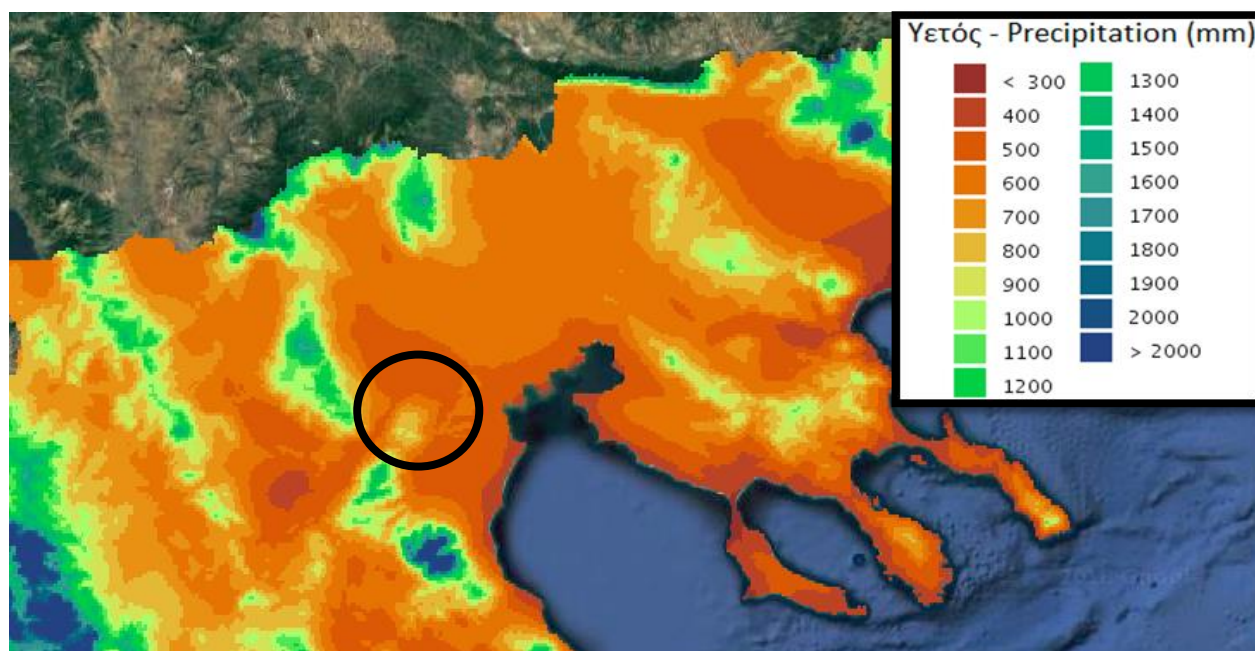


Σχήμα 5: Κλιματική κατάταξη Ελλάδος κατά τον Korppen, με ειδική αναφορά στη περιοχή μελέτης σύμφωνα με το βέλος (πηγή: <http://www.meteoclub.gr/images/stories/weerman/klimatiki-katataksi-elladas.pdf>)



Σχήμα 6: Χάρτης απεικόνισης μέσης θερμοκρασίας με τη περιοχή μελέτης να εμφανίζεται στο εσωτερικό του κύκλου.

(πηγή: <http://climatlas.hnms.gr/sdi/>)

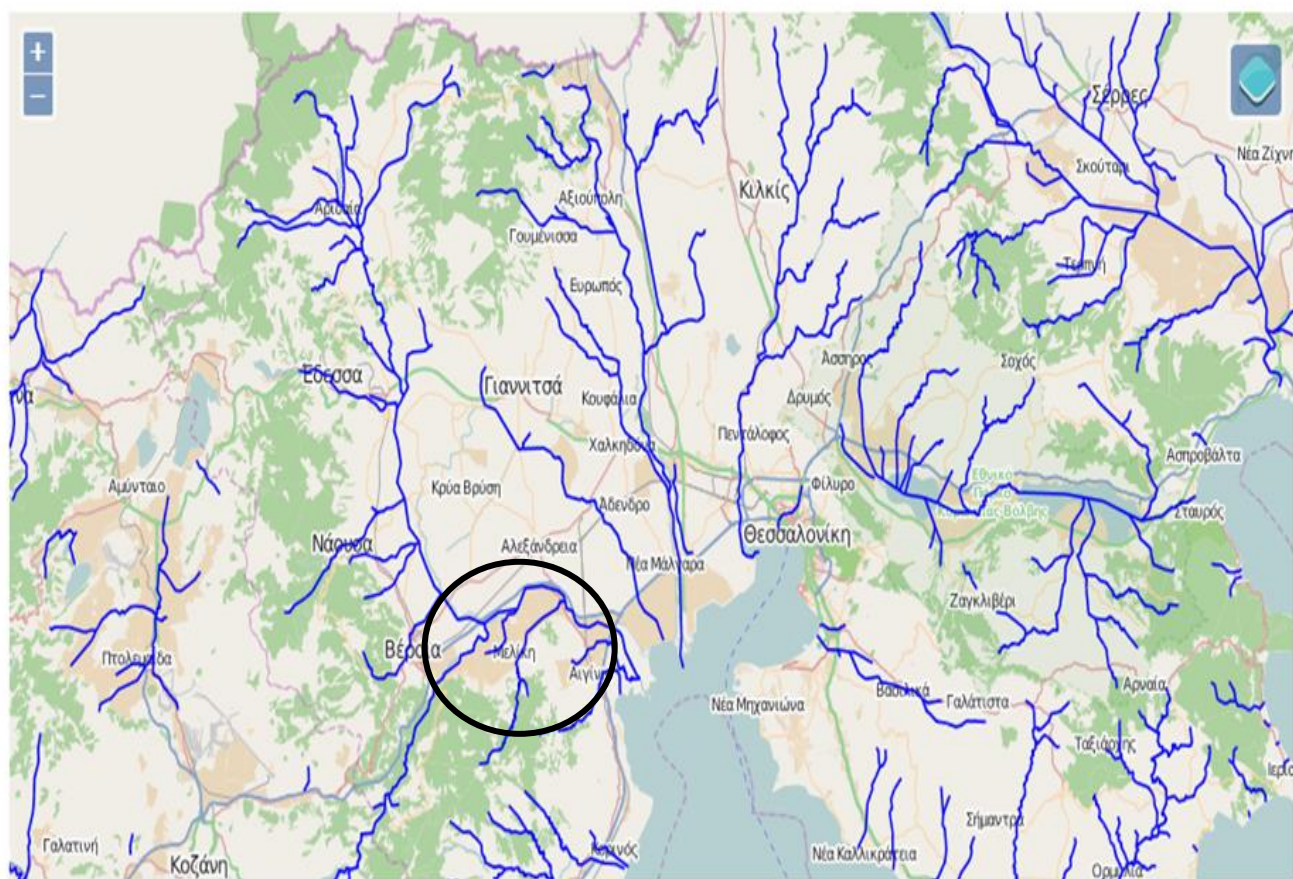


Σχήμα 7: Χάρτης απεικόνισης υετού με τη περιοχή μελέτης να εμφανίζεται στο εσωτερικό του κύκλου (Πηγή: <http://climatlas.hnms.gr/sdi/>)

1.7 ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Βασικό υδρογραφικό στοιχείο του νομού είναι ο ποταμός Αλιάκμονας (298 χλμ), ο οποίος εισέρχεται από τη βαθιά κοιλάδα που έχει ανοίξει μεταξύ των οροσειρών του Βερμίου και των Πιερίων, προχωράει με κατεύθυνση βορειοδυτική και εισέρχεται στη πεδιάδα σχηματίζοντας ένα τόξο στην περιοχή μεταξύ Προδρόμου και Πρασινάδων, μέχρι να στραφεί εν τέλει προς τα νότια και να εισέλθει καθορίζοντας και τα σύνορα στο νομό Πιερίας (Σχήμα 8). Σε όλη αυτήν την πορεία του ο Αλιάκμονας δέχεται πλήθος νερών από πολλούς μικρούς παραποτάμους και ιδιαίτερα στο τμήμα μεταξύ των δύο οροσειρών Βερμίου-Πιερίων. Εκτός όμως από τον Αλιάκμονα υπάρχει και ο ποταμός Λουδίας, ο οποίος λόγω του μεγάλου αριθμού των τεχνητών διωρύγων συγκεντρώνει τα νερά του βόρειου τμήματος του νομού. Επίσης διαρρέει την αποξηραμένη λιμνή των Γιαννιτσών και αποτελεί (μέχρι να εκβάλει στο Θερμαϊκό) το φυσικό σύνορο μεταξύ του νομού Θεσσαλονίκης και Ημαθίας <http://diocles.civil.duth.gr/links/home/database/imathia/pr16ge.pdf>.

Αξίζει να σημειωθεί πως σύμφωνα με το Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας στη περιοχή μελέτης τα χωριά που βρίσκονται σε κίνδυνο από φαινόμενα πλημμυρών είναι αυτά του Π. Προδρόμου και της Αγκαθιάς. Ωστόσο, ο αριθμός των πλημμυρικών αυτών γεγονότων, που πραγματοποιούνται ετησίως και οφείλονται σε μεγάλες περιόδους βροχοπτώσεων, δεν είναι μεγάλος και συνεχώς μειώνεται με την κατασκευή βοηθητικών αντιπλημμυρικών καναλιών (https://floods.ypeka.gr/egyFloods/gr09/reports/P19_GR09.pdf). Παρ'όλα αυτά οι πιθανές ζημιές από τέτοια φαινόμενα αφορούν κυρίως τις γεωργικές περιοχές (<https://ypen.gov.gr/perivallon/ydatikoi-poroi/plimmyres/>).



Σχήμα 8: Το υδρογραφικό δίκτυο της ευρύτερης περιοχής της Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας με τη περιοχή μελέτης μας να εμφανίζεται μέσα στο κύκλο

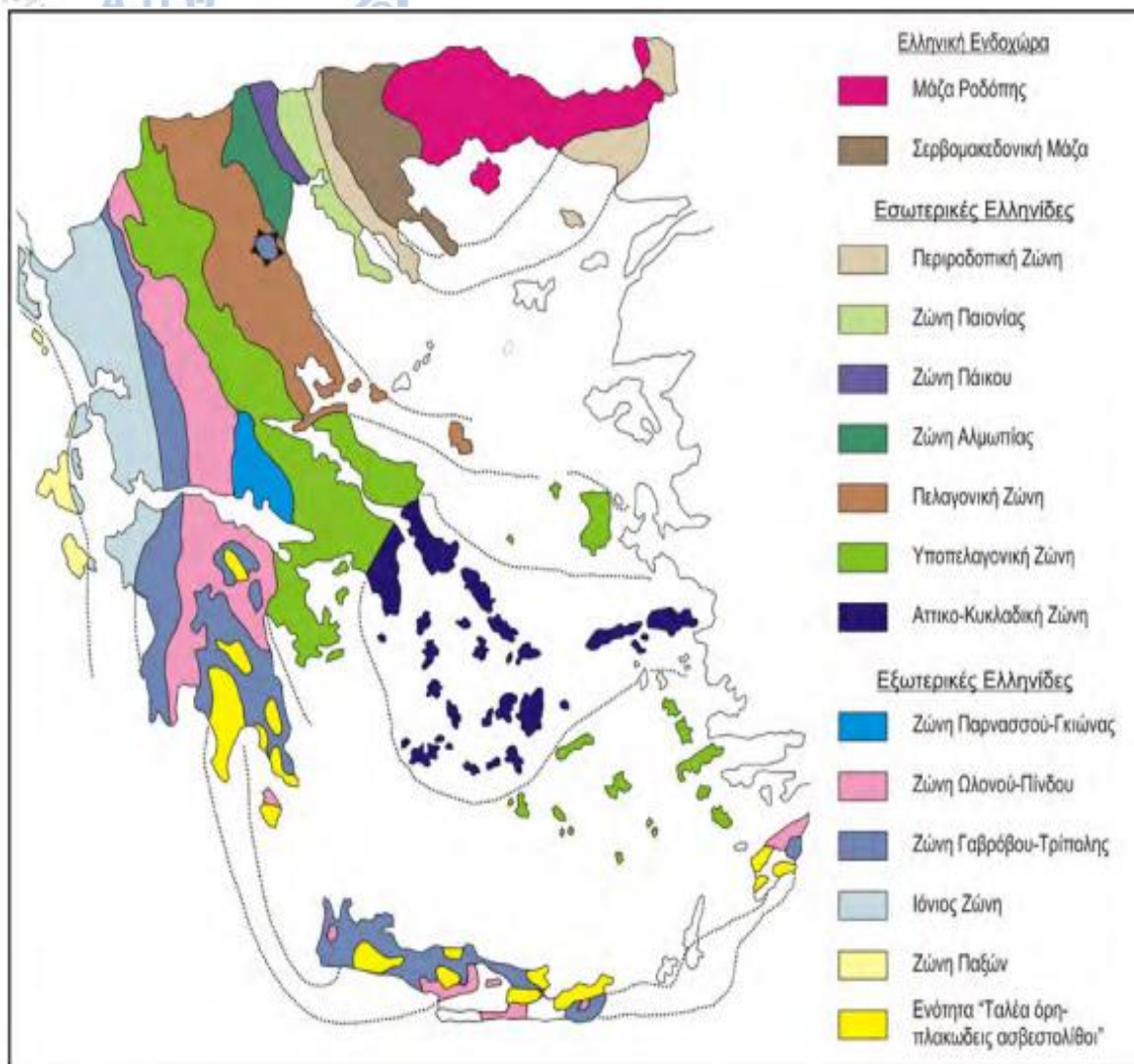


ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ-ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

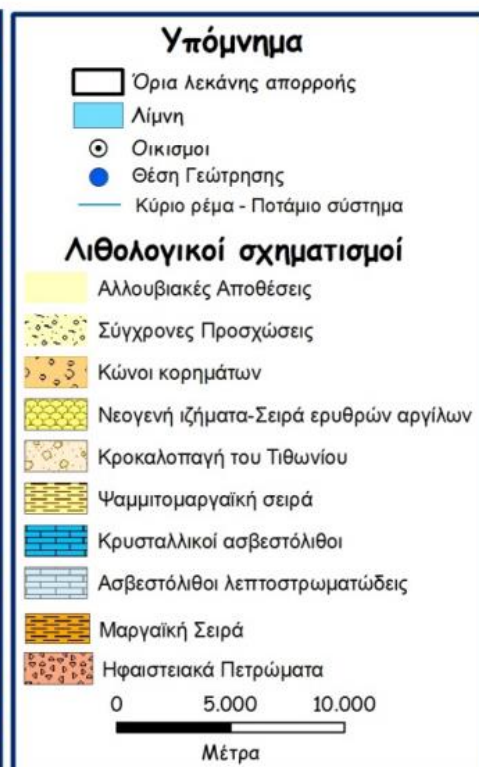
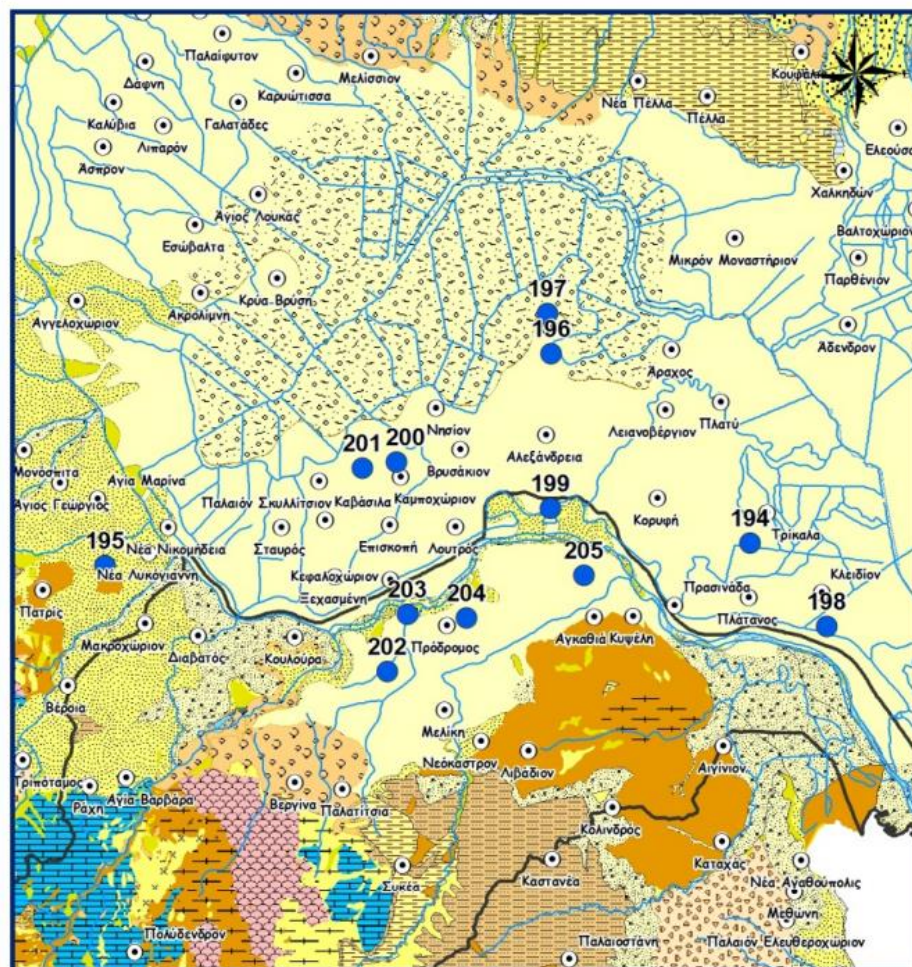
2.1 ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η περιοχή μελέτης ανήκει στην υποζώνη της Αλμωπίας που με τη σειρά της ανήκει στη ζώνη Αξιού (Μουντράκης 1985, Γεωργιάδης 2020). Στο Σχήμα 9 (Μουντράκης 2010) μπορούμε να δούμε αναλυτικά τις ζώνες της Ελλάδος και πιο συγκεκριμένα την Ζώνη Αλμωπίας της περιοχής ενδιαφέροντός

Με τη βοήθεια του παρακάτω σχήματος 10 μπορούμε να δούμε πιο αναλυτικά την γεωλογία της περιοχής μελέτης. Όπως λοιπόν είναι φανερό η περιοχή μελέτης καλύπτεται στο μεγαλύτερο μέρος της από αλλουβιακές αποθέσεις στην ευρύτερη περιοχή Μελίκης και Π.Προδρόμου. Στο χωριό του Νεοκάστρου από σύγχρονες προσχώσεις και στα σύνορα του από μια μαργαίκη σειρά, στη Βεργίνα έχουμε αποθέσεις κώνων κορημάτων, ενώ στα όρια με τον ποταμό Αλιάκμονα και στο χωριό της Αγκαθιάς έχουμε Νεογενή ιζήματα και μαργαίκες σειρές αντίστοιχα (Αλεξανδρή 2011, Σπυρίδης etal 2012).



Σχήμα 9: Χάρτης με τις γεωτεκτονικές ζώνες του Ελληνικού χώρου (Μουντράκης 2010)



Σχήμα 10: Χάρτης της γεωλογίας της λεκάνης του κάτω ρου του Αλιάκμονα

(πηγή http://ardeftika.decentral.minagric.gr/files/results/hydro/13.%20HYDRO_ALIAKMONA.pdf)

2.1.2 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η περιοχή μελέτης ανήκει στην υδρολογική λεκάνη του Αλιάκμονα, η οποία αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες λεκάνες της χώρας. Η λεκάνη αυτή χωρίζεται σε δύο επιμέρους λεκάνες:

α) Λεκάνη άνω ρου

β) Λεκάνη κάτω ρου

Η λεκάνη του κάτω ρου, στην οποία ανήκει η περιοχή μελέτης, έχει εμβαδόν 435,88 τετραγωνικά χιλιόμετρα και σε αυτήν αναπτύσσονται σημαντικοί υπόγειοι υδροφορείς που αποτελούν σημαντικό παράγοντα για την κάλυψη των ανθρώπινων αναγκών που προαναφέρθηκαν. Αναπτύσσεται σε ήπιο και σχεδόν επίπεδο ανάγλυφο, χωρίς εξάρσεις και με μικρή κλίση προς τα ανατολικά.

Στη λεκάνη του κάτω ρου μπορούν να εντοπιστούν τρεις διαφορετικοί τύποι υδροφορέων:

- Ελεύθεροι υδροφορείς με βάθος 10 μέτρων
- Υπό πίεση έως μερικώς υπό πίεση υδροφορείς με το βάθος της πιεζομετρικής επιφάνειας να κυμαίνεται από 40 έως 60 μέτρα.
- Υπό πίεση υδροφορείς με βάθος από 100 έως 200 μέτρα

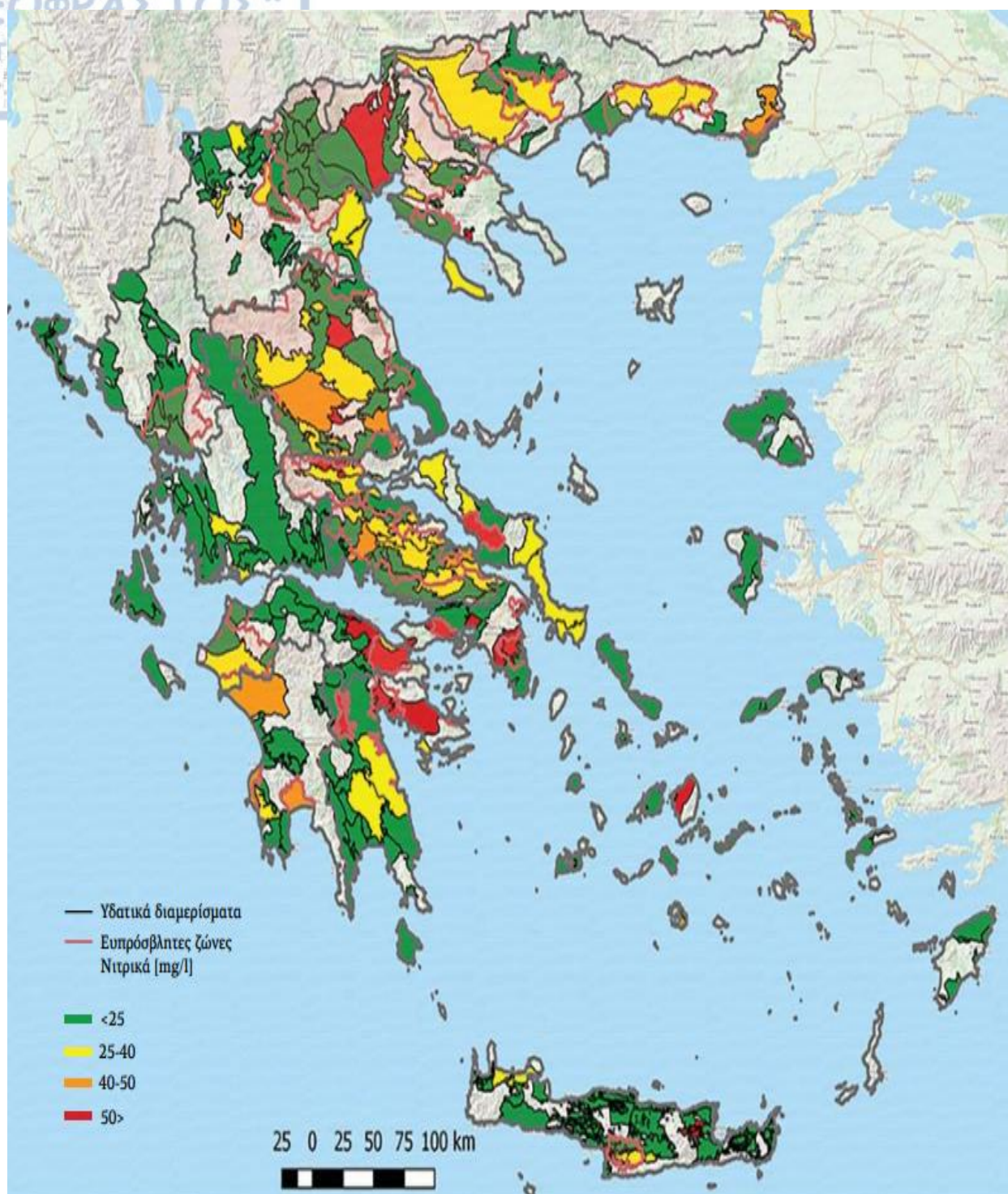
Οι δύο πρώτοι τύποι υδροφορέων αναπτύσσονται κατά κύριο λόγο σε αλλουβιακές αποθέσεις βάθους μέχρι 100 μέτρα, ενώ ο τελευταίος τύπος συναντάται κυρίως σε λιμνοθαλάσσια ιζήματα μεγάλου πάχους.

Από παλαιότερες έρευνες (Περλέρης, Λιόνης & Λεβογιάννης 2012) που έγιναν στην περιοχή προέκυψε ότι τα απόλυτα υψόμετρα στάθμης κυμαίνονται από το +2 μ μέχρι το 47 μ με μέσο όρο το +16, ενώ η πιεζομετρική επιφάνεια έχει μια εποχιακή διακύμανση της στάθμης του 0,57-0,65. Τα χαμηλά αυτά τοπογραφικά υψόμετρα φανερώνουν ξανά ότι η περιοχή ανήκει σε ένα πεδινό ανάγλυφο, το οποίο ουσιαστικά συγκροτεί μια καταληκτική ζώνη σύγκλισης-συγκέντρωσης υπόγειας ροής. Η ζώνη αυτή καλύπτει ένα μεγάλο μέρος του αλπικού υποβάθρου της ζώνης και έχει κατεύθυνση προς το όρος Βέρμιο (Περλέρης, Λιόνης & Λεβογιάννης 2012).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3. ΝΙΤΡΟΡΥΠΑΝΣΗ

3.1 Γενικά

Ως νιτρορύπανση ορίζεται η άμεση ή έμμεση απόρριψη στο υδάτινο περιβάλλον αζωτούχων ενώσεων, που έχουν ως αποτέλεσμα την πρόκληση βλαβών στην ανθρώπινη υγεία και την υποβάθμιση των υδάτινων οικοσυστημάτων. Ο σημαντικότερος παράγοντας της νιτρορύπανσης είναι οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες (Zhou 2015, Xue et al 2016). Υψηλές συγκεντρώσεις νιτρικών ενώσεων εμφανίζονται σε αγροτικές περιοχές όπου έχουν ως κύριες ασχολίες την κτηνοτροφία και την γεωργία. Αυτό οφείλεται τόσο στις μεγάλες ποσότητες αζωτούχων λιπασμάτων όσο και στα ζωικά απόβλητα που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις περιοχές (Χαντζηανδρέου 2012, <https://ypen.gov.gr/perivallon/ydatikoi-poroi/nitrorypansi/>). Στο Σχήμα 11 απεικονίζονται οι ποσότητες των νιτρικών που δέχονται τα υπόγεια υδατικά συστήματα της χώρας. Όπως μπορούμε να διακρίνουμε από τον παρακάτω χάρτη η κατανομή των ποσοτήτων των νιτρικών ιόντων στη χώρα μας είναι σε γενικά πλαίσια σε φυσιολογικά επίπεδα. Όσον αφορά τώρα την περιοχή μελέτης, παρ'όλο που όπως φαίνεται ανήκει στις ευπρόσβλητες με νιτρικά ζώνες, οι ποσότητες νιτρικών σε mg είναι μικρότερες από 25, γεγονός που την κατατάσσει στις πράσινες περιοχές.



Σχήμα 11: Χάρτης κατανομής μέσης ετήσιας συγκέντρωσης νιτρικών ιόντων ανά υπόγειο υδατικό σύστημα κατά την περίοδο 2012–2015 (https://necca.gov.gr/wp-content/uploads/2019/09/Soer_2018_GR_Water-Management.pdf, σελ.307)

3.2 ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗ ΝΙΤΡΟΡΥΠΑΝΣΗ

Επειδή το φαινόμενο της νιτρορύπανσης αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα προβλήματα για τους υπόγειους υδροφορείς έχουν θεσπιστεί συγκεκριμένα όρια και νόμοι παγκοσμίως για τη συγκέντρωση των νιτρικών.

Γενικά ισχύουν :

- Η οδηγία 2000/60/ΕΚ (2000), της Ευρωπαϊκής Ένωσης αναφέρεται στην οικολογική κατάσταση των υδάτινων πόρων, χωρίς να επικεντρώνεται και να εξετάζει συγκεκριμένες τιμές επιβλαβών παραμέτρων.
- Σύμφωνα με την Ελληνική νομοθεσία ΚΥΑ Υ2/2600/2001 (2001), το ανώτερο όριο συγκέντρωσης νιτρικών στο νερό που προορίζεται για ανθρώπινη χρήση είναι τα 50 mg/lit (<https://ypen.gov.gr/perivallon/ydatikoi-poroi/nitrorypansi/>).

3.3 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΝΙΤΡΟΡΥΠΑΝΣΗΣ

3.3.1 Στον άνθρωπο οργανισμό

Αν τα νιτρικά ιόντα καταφέρουν και περάσουν στους υδροφόρους ορίζοντες και από εκεί εισέλθουν στον ανθρώπινο οργανισμό μέσω της ύδρευσης αυτών, υπάρχουν σοβαρές επιπτώσεις για την υγεία του ανθρώπου. Βέβαια, για να υπάρξει πρόβλημα θα πρέπει όπως αναφέραμε παραπάνω η συγκέντρωση των νιτρικών στο πόσιμο νερό να είναι μεγαλύτερη από 50mg/lit. Τότε μπορεί να συμβούν κάποια από τα εξής :

1. Αποβολές εμβρύων
2. Μεγάλη πιθανότητα λεμφώματος καρκίνου
3. Πιθανή μετάλλαξη λεμφοκυττάρων (Κωστούλα 2010, LarryB. etal1996).

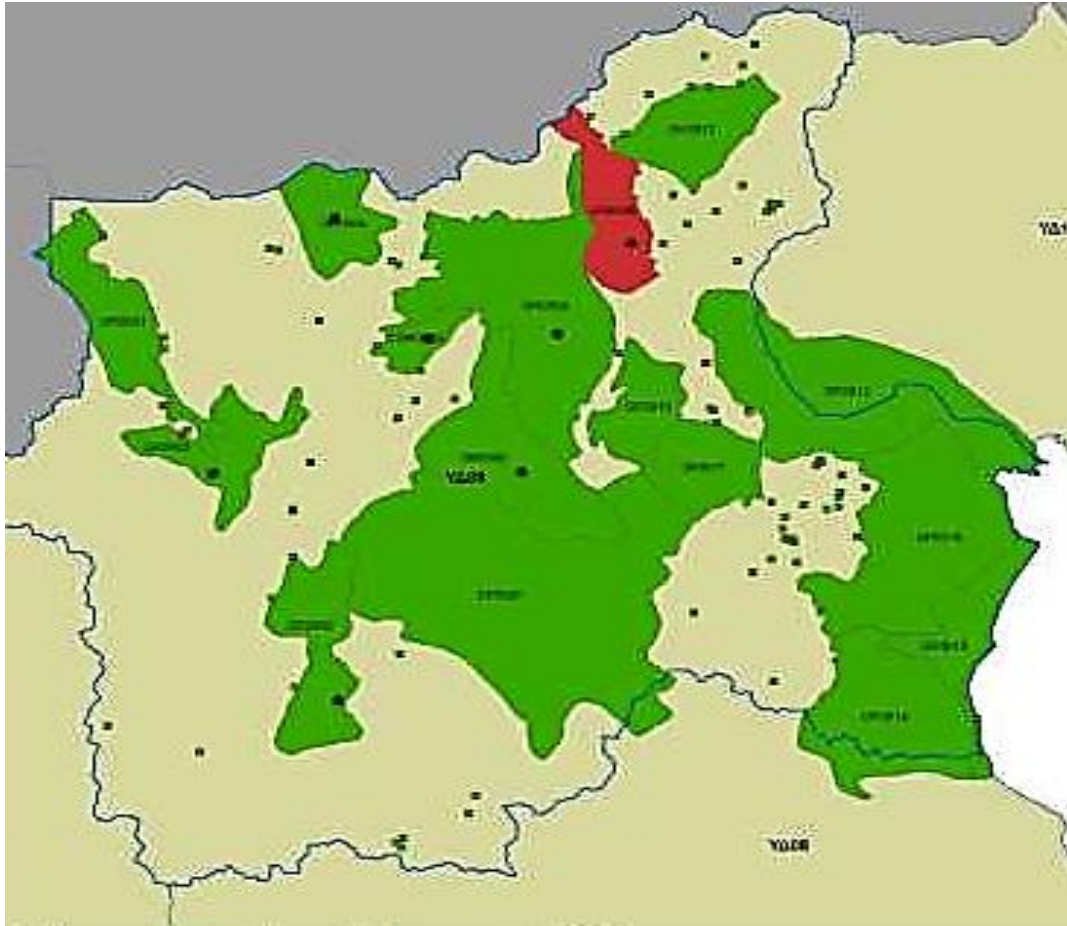


3.2.2 Στο περιβάλλον

Σύμφωνα λοιπόν με τις μελέτες που έχουν γίνει οι σημαντικότερες επιπτώσεις της νιτρορύπανσης στο περιβάλλον είναι οι εξής :

- Η ρύπανση των υπόγειων υδροφορέων, από τους οποίους γίνεται άντληση του πόσιμου νερού
- Οι μεγάλες συγκεντρώσεις αζωτούχων στους υδάτινους αποδέκτες έχει ως αποτέλεσμα την ανάπτυξη της υδρόβιας βλάστησης και της βιομάζας που υπάρχουν στο νερό, το οποίο με τη σειρά του οδηγεί στην μείωση του διαλυμένου οξυγόνου που υπάρχει μέσα σε αυτό και στη δημιουργία τοξικών αερίων. Όλα τα παραπάνω έχουν ως συνέπεια τη μετατροπή των υδάτων σε νεκρές ζώνες, αφού είναι σχεδόν αδύνατον να επιβιώσει κάποιος οργανισμός (AbdirashidE. et al, 2003, Zhou 2015).

3.4 Η ΝΙΤΡΟΥΡΥΠΑΝΣΗ ΣΤΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΑΣ



Σχήμα 12: Χάρτης αποτύπωσης ποσοτήτων νιτρικών αλάτων στην περιοχή μελέτης. Με πράσινο χρώμα χαρακτηρίζονται οι περιοχές που είναι έντος των επιτρεπόμενων ορίων ποσότητας νιτρικών, ενώ με κόκκινο οι ευπρόσβλητες περιοχές.

Η περιοχή μελέτης εμπλουτίζεται με νιτρικά ιόντα, αμμωνία και νιτρώδη άλατα τόσο με φυσικούς τρόπους αλλά και με τη χρήση λιπασμάτων, καθώς όπως έχει αναφερθεί πρόκειται για μια περιοχή που βασίζεται στο μεγαλύτερο μέρος της στη γεωργία .

Όπως φαίνεται από το παραπάνω σχήμα η περιοχή μελέτης ναι μεν ανήκει στις ευπρόσβλητες περιοχές από νιτρορύπανση, ωστόσο παρ'όλες τις γεωργικές χρήσεις των κατοίκων της τα νιτρικά άλατα που εντοπίζονται σε αυτήν βρίσκονται μέσα στις επιτρεπόμενες ποσότητες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4. ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΣΤΑΔΙΟ

4.1. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Η δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της εργασίας, έλαβε χώρα στη ευρύτερη περιοχή του νότιου τμήματος του ποταμού Αλιάκμονα και μεταξύ των χωριών Μελίκης, Αγκαθιάς, Π.Προδρόμου, Νεόκαστρου και Βεργίνας.

Σχήμα 13: Χάρτης της περιοχής μελέτης με τις αντίστοιχες θέσεις των γεωτρήσεων και δειγματοληψιών.



Την περίοδο του Απριλίου 2019 πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις της στάθμης στην ευρύτερη περιοχή της κοινότητας της Μελίκης, όπου δεν είχαν ξεκινήσει να δουλεύουν ακόμα οι γεωτρήσεις, αλλά ούτε κάποιες από τις γειτονικές γεωτρήσεις αντλούσαν ούτε νερό. Η αποτύπωση της θέσης και του απόλυτου υψομέτρου της γεωτρήσης έγινε με φορητό GPS. Η ακρίβεια της συσκευής όσον αφορά στη μέτρηση του υψομέτρου δεν είναι πλήρως αξιόπιστη, παρόλα αυτά οι τιμές που προέκυψαν από την επιτόπου αποτύπωση χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή πιεζομετρικό χάρτη. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε ταυτόχρονα και με τη συλλογή 7 δειγμάτων νερού που εξετάστηκαν για νιτρικά. Η περίοδος αυτή επιλέχθηκε, καθώς αποτελεί μια εποχή ακριβώς πριν ξεκινήσουν το πότισμα οι αγρότες και λόγω αυτού οι στάθμες βρίσκονται σε υψηλά επίπεδα (κοντά στην επιφάνεια του εδαφούς).

Κατά τη διαδικασία της δειγματοληψίας χρησιμοποιήθηκαν ειδικά μπουκάλια περισυλλογής, τα οποία πριν τη χρήση τους είχαν πλυθεί τουλάχιστον τρεις φορές με απιονισμένο νερό και άλλες τόσες με το ίδιο το νερό της γεώτρησης. Η γεώτρηση λειτουργούσε για τουλάχιστον 15 λεπτά πριν τη συλλογή του νερού, έτσι ώστε το δείγμα αυτού να προέρχεται καθαρά από τον υδροφόρο και όχι από το νερό της σωλήνωσης. Στη συνέχεια τα μπουκάλια μας με τα δείγματα μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο, όπου διατηρήθηκαν στο ψυγείο μέχρι να γίνουν οι αναλύσεις.

4.2 ΜΕΤΡΗΣΗ NO_3 ΣΤΟ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στο Εργαστήριο του Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του Τμήματος Γεωλογίας του Α.Π.Θ κατά την περίοδο του Απριλίου 2019.

Η διαδικασία για το προσδιορισμό των συγκεντρώσεων των νιτρικών ιόντων στα δείγματα ξεκινάει τοποθετώντας σε ειδικές κυψελίδες 25ml, το δείγμα από το νερό που έχουμε συλλέξει, αφού πρώτα τα ξεπλύνουμε με απιονισμένο νερό. Παίρνουμε δύο δοχεία νερού με το δείγμα μας και τοποθετούμε το ένα από τα δύο στο φασματοφωτόμετρο, το οποίο αντιπροσωπεύει την τιμή μηδέν, λειτουργώντας με αυτόν τον τρόπο ως στάνταρ δείγμα. Παίρνουμε το άλλο δοχείο και τοποθετούμε μέσα σε αυτό το αντιδραστήριο και στη συνέχεια το ανακινούμε ρίχνοντας το κατάλληλο αντιδραστήριο, έτσι ώστε το διάλυμα να γίνει ομογενές. Μετά από 5 λεπτά αναμονής, παίρνουμε το δείγμα μας με το αντιδραστήριο, που έχει αποκτήσει μια κίτρινη χροιά, και το τοποθετούμε στο φασματοφωτόμετρο με σκοπό την μέτρηση των νιτρικών ιόντων. Η ένδειξη της συγκέντρωσης φαίνεται στην οθόνη του φασματοφωτόμετρου σε mg/lit. Τέλος, για την αποφυγή τυχόν σφαλμάτων η μέτρηση αυτή επαναλαμβάνεται και για δεύτερη φορά.

Η διαδικασία αυτή πραγματοποιήθηκε για όλα τα δείγματα με τον ίδιο ακριβώς τρόπο και ανάμεσα στις μετρήσεις τα κυψελίδες των δειγμάτων ξεπλένονταν. Στις παρακάτω εικόνες (Εικόνα 1, Εικόνα 2.....κλπ) απεικονίζεται εργαστηριακός εξοπλισμός και τα αντιδραστήρια που χρησιμοποιήθηκαν για τη συγκεκριμένη διαδικασία.

Εικόνα 1-2 : Χημικά αντιδραστήρια





Εικόνα 3 : Συσκευή φασματοφωτόμετρου εργαστηρίου ΑΠΘ



Εικόνα 4: Κυψελίδες 25ml



Εικόνα 5-6 : Μέτρηση συγκέντρωσης ποσότητας νιτρικών στο εργαστήριο

4.3 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στους πίνακες φαίνονται οι επί τόπου μετρήσεις από την περιοχή μελέτης. Όπως διακρίνεται το τοπογραφικό υψόμετρο κυμαίνεται από τα 16 μ. μέχρι τα 72 μ. με βάση την αποτύπωση της θέσης των γεωτρήσεων με το φορητό GPS στο πεδίο.

Το βάθος της στάθμης του υπόγειου νερού από την επιφάνεια κυμαίνεται από 0,25 μέχρι 6,5 μ. Συνεπώς πρόκειται πιθανότατα για ελεύθερο (φρεάτιο) υδροφόρο σύστημα που αναπτύσσεται στα ιζήματα της περιοχής.

Όλα τα αποτελέσματα των μετρήσεων και οι συντεταγμένες των γεωτρήσεων (WGS 84) παρατίθενται αναλυτικά στον Πίνακα 2 και στο διάγραμμα 1.

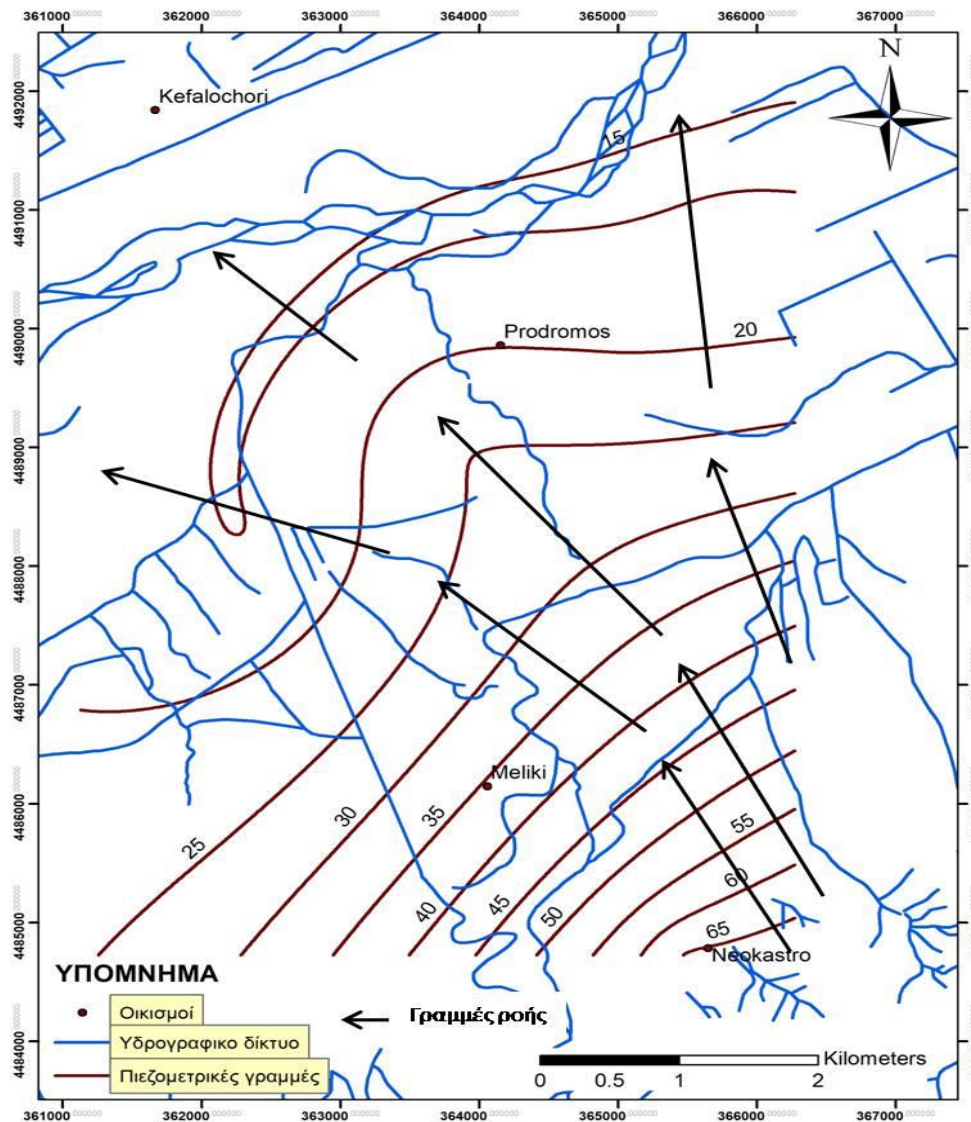
ΣΤΑΣΗ	X	Y	ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΣΤΗΝ ΘΕΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ	ΒΑΘΟΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ	ΑΠΟΛΥΤΟ ΥΨΟΜΕΤΡΟ ΣΤΑΘΜΗΣ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ
Μελική	40 32'02"16944	22 23'51"85374	30m	2,90m	27,1m
Π.Πρόδρομος	40 32'38"33061	22 23'30"96938	26m	1,90m	24,1m
Π.Πρόδρομος2	40 33'12"84384	22 24'27"71152	21m	3m	18m
Αγκαθιά	40 33'35"97628	22 24'59"09664	18m	1,85m	16,15m
Αγκαθιά2	40 34'06"52434	22 25'17"98118	16m	1,5m	14,5m
Π.Πρόδρομος3	40 34'21"97056	22 25'18"68141	18m	1,30m	16,7m
Αλιάκμονας	40 34'26"27063	22 24'54"04062	18m	0,35m	17,65m
Νεόκαστρο	40 30'17"80769	22 24'50"50510	72m	6,5m	65,5m
Μελίκη 2	40 32'10"91401	22 22'32"07418	16m	1m	15m
Μελίκη 3	40 31'48"36219	22 22'08"13774	19m	0,90m	18,1m
Βεργίνα	40 31' 26"10376	22 20'33"90686	22m	0,25m	21,75m

Πίνακας 2. Αποτελέσματα των μετρήσεων στάθμης του υπόγειου νερού στην περιοχή μελέτης



Διάγραμμα 1. Γραφική αναπαράσταση των αποτελεσμάτων στην περιοχή μελέτης

Με τη χρήση λογισμικού GIS κατασκευάστηκε αρχείο της μορφής raster με τις τιμές του απολύτου υψομέτρου της στάθμης του υπόγειου νερού με τη μέθοδο topo to raster. Στη συνέχεια κατασκευάστηκαν οι ισοδυναμικές γραμμές που απεικονίζουν τη στάθμη του υπόγειου νερού και σχεδιασθηκαν οι γραμμές ροής. (Σχήμα 14)



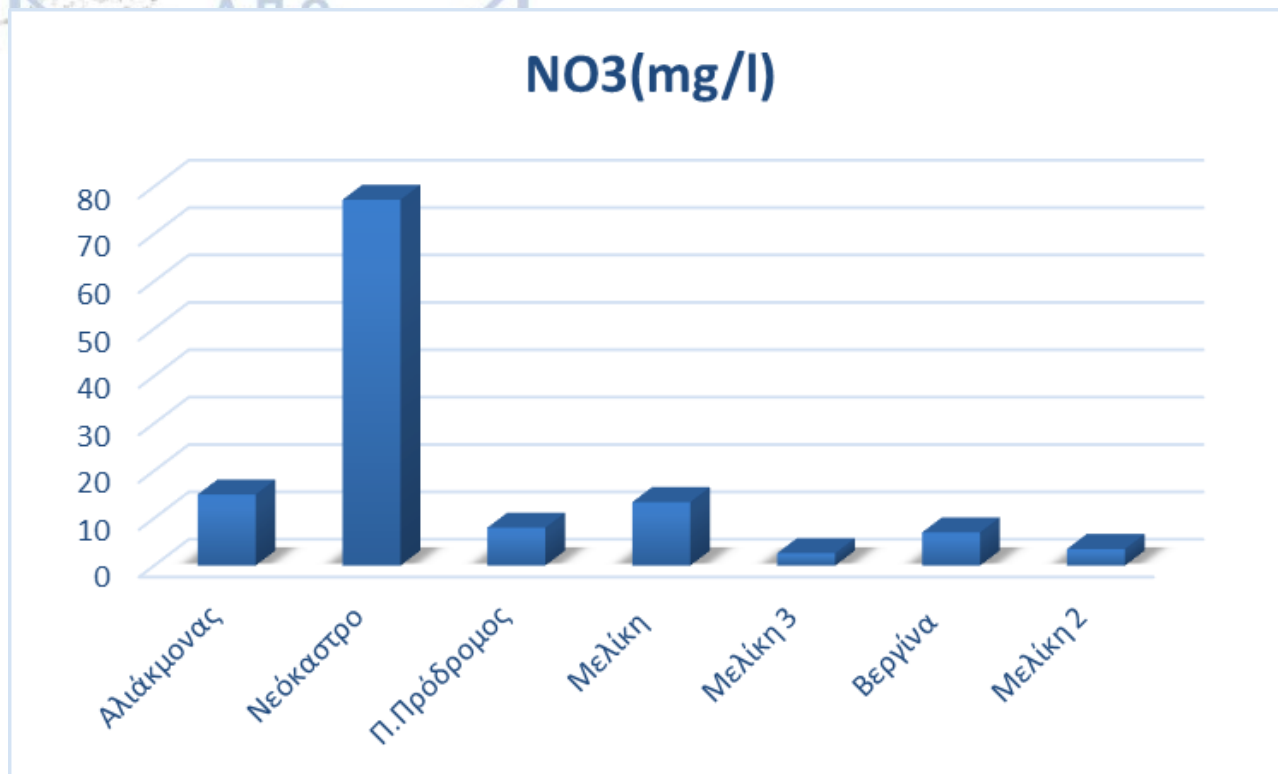
Η κίνηση του υπόγειου νερού είναι από N-NA προς Β-ΒΔ και ακολουθεί το τοπογραφικό ανάγλυφο της περιοχής από το υψηλότερο σημείο που είναι η περιοχή του Νεόκαστρου μέχρι τον ποταμό Αλιάκμονα στα Βόρεια του χάρτη.

ΣΤΑΣΗ	X	Y	ΜΕΤΡΗΣΗ NO ₃ (mg/l)
Αλιάκμονας	40 34'26"27063	22 24'54"04062	15
Νεόκαστρο	40 30'17"80769	22 24'50"50510	77,2
Π.Πρόδρομος	40 32'38"33061	22 23'30"96938	8
Μελίκη	40 32'02"16944	22 23'51"85374	13,4
Μελίκη 3	40 31'48"36219	22 22'08"13774	2,62
Βεργίνα	40 31' 26"10376	22 20'33"90686	7
Μελίκη 2	40 32'10"91401	22 22'32"07418	3,5

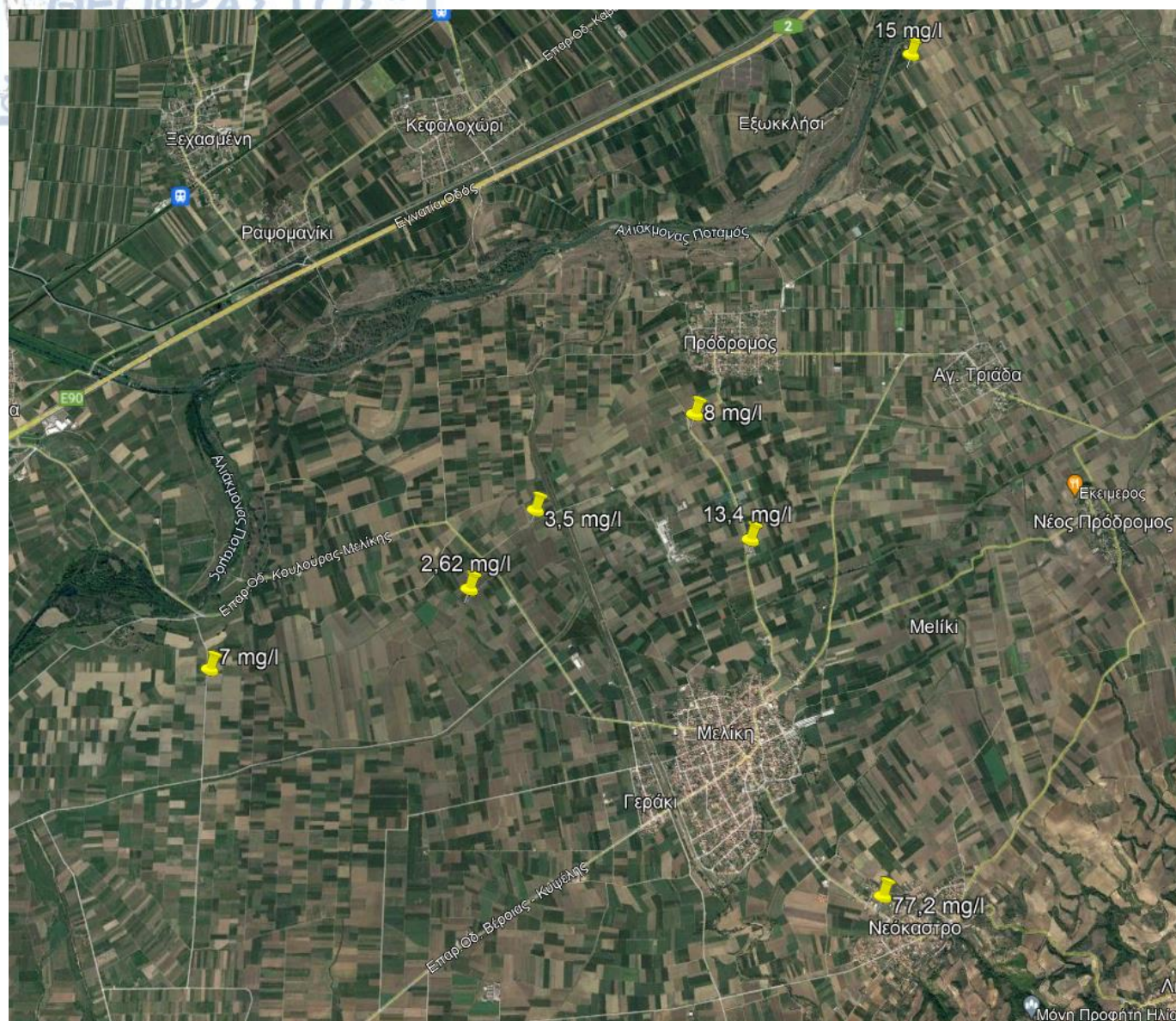
Πίνακας 3. Συγκεντρωτικά αποτελέσματα των νιτρικών που λήφθηκαν από την περιοχή μελέτης

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της ανάλυσης των νιτρικών. Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων κυμαίνονται από 2,62-77,2 mg/l. Γνωρίζοντας ότι το ανώτερο αποδεκτό όριο για το πόσιμο νερό ανέρχεται στα 50 mg/l (ΦΕΚ 3282, τ.2, 19-9-2017) γίνεται αντιληπτό ότι μόνο ένα από τα δείγματα που συλλέχθηκε ξεπερνάει αυτό το όριο (Διάγραμμα 2).

Επομένως οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων στα υπόγεια ύδατα για την περιοχή μελέτης, όπως φαίνονται και από το Σχήμα 15 είναι χαμηλές, καθώς μόνο το δείγμα που βρίσκεται στην περιοχή του Νεόκαστρου ξεπερνά το επιτρεπόμενο όριο. Η ύπαρξη νιτρικών στο υπόγειο νερό μπορεί να οφείλεται είτε σε εντόνη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων είτε σε μεγάλη ποσότητα νεκρικής ύλης ζωικής προέλευσης. Κατά την επιτόπια έρευνα αναγνωρίστηκαν πολλές καλλιέργειες και κτηνοτροφικές μονάδες στην περιοχή έρευνας που θα μπορούσαν ίσως να αποτελούν πιθανή πηγή ρύπανσης. Η γεώτρηση του Νεόκαστρου που εμφανίζει την υψηλότερη τιμή σε νιτρικά, έχει βάθος στάθμης ισό με 6,5μ που είναι το μεγαλύτερο από όσα μετρήθηκαν. Επίσης βρίσκεται στο μεγαλύτερο υψόμετρο από τις γεωτρήσεις στις οποίες πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία. Η γεώτρηση αυτή βρίσκεται κατάντη του οικισμού Νεόκαστρο σε πολύ μικρή απόσταση. Η αυξημένη τιμή θα μπορούσε να είναι ένας συνδυασμός των παραπάνω καθώς και της απουσίας οργανωμένου αποχετευτικού δικτύου και βιολογικού καθαρίσμου της κοινότητας Νεοκάστρου ή άλλων κοινοτήτων που βρίσκονται ανάντη της γεώτρησης.



Διάγραμμα 2: Κατανομή συγκεντρώσεων νιτρικών ιόντων



Σχήμα 15 : Χάρτης της περιοχής μελέτης της πτυχιακής εργασίας με τις αντίστοιχες θέσεις των γεωτρήσεων και τα αποτελέσματα των νιτρικών ιόντων



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Για το σκοπό αυτής της διπλωματικής εργασίας, μελετήθηκε η ενδεχόμενη νιτρορύπανση της ευρύτερης περιοχής της Μελίκης στο νομό Ημαθίας. Εκτός από τις μετρήσεις για τις συγκεντρώσεις των νιτρικών ιόντων πραγματοποιήθηκαν και γεωτρήσεις σε κάποιες επιλεγμένες θέσεις για την καλύτερη κατανόηση του υδροφόρου ορίζοντα της περιοχής.

Έτσι λοιπόν προκύπτουν τα ακόλουθα συμπεράσματα :

- Το βάθος της στάθμης του υπόγειου νερού από την επιφάνεια είναι μικρό και κυμαίνεται από 0,25-6,5 μέτρα .Γεγονός που μας οδηγεί στο συμπέρασμα ότι πρόκειται για ένα φρεάτιο σύστημα.
- Η κίνηση του υπόγειου νερού είναι από τα N-NA και την περιοχή του Νεόκαστρου προς τα Β-ΒΔ και την περιοχή που βρίσκεται ο ποταμός του Αλιάκμονα
- Η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων στα δείγματα της διπλωματικής εργασίας κυμαίνονται από 2,62-77,2 mg/l. Έτσι λοιπόν προκύπτει ότι μόνο μία θέση ξεπερνάει κατά πολύ το επιτρεπόμενο όριο. Αυτό συμβαίνει στη γεώτρηση Νεόκαστρο και μπορεί να οφείλεται στην έντονη χρήση αζωτούχων λιπασμάτων είτε σε μεγάλη ποσότητα νεκρικής ύλης ζωικής προέλευσης.
- Η ποιότητα των νερών όσον αφορά στα νιτρικά είναι καλή.



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Abdirashid A. Elmi, C. Madramootoo, Mohamud Egeh, C. Hamel, 2003, Water and fertilizer nitrogen management to minimize nitrate pollution from a cropped soil in southwestern Quebec, Canada Water, Air, and Soil Pollution 151: 117–134, 2004.
- Andersen LJ, Kristiansen H., 1984, Nitrate in groundwater and surface water related to land use in the Karup basin, Denmark. Environ Geol 1984;5:207 –212.
- House of Commons Environmental Audit Committee, UK Progress on Reducing Nitrate Pollution, *Eleventh Report of Session 2017–19*, 6 November 2018.
- Larry G. Bundy, Lynda Knobeloch, Bruce Webendorfer, Gary W. Jackson and Byron H. Shaw, 1996, Nitrate in Wisconsin Groundwater: Sources and Concerns, Wisconsin county Extension office or from Extension Publications, Rm. 245, 30 N. Murray St., Madison, WI 53715 (608-262-3346).
- Rao, P. and Puttanna, K., 2006, Strategies for combating nitrate pollution, *Current Science*, Vol. 91, No. 10, 25, November 2006, p. 1335-1339.
- Xue Y., Song J., Zhang Y., Kong F., Wen M. and Zhang G., 2016, Nitrate Pollution and Preliminary Source Identification of Surface Water in a Semi-Arid River Basin, Using Isotopic and Hydrochemical Approaches, www.mdpi.com, 3 August 2016, p. 1-12.
- Zhou, Z., 2015, A Global Assessment of Nitrate Contamination in Groundwater, *Internship report*, January 2015, p. 1-27.

Ελληνική Βιβλιογραφία

- ΑλεξανδρήΔ., 2011, Διαχείριση Υδρολογικής Λεκάνης Αλιάκμονα Σενάρια Υγρής και Ξηρής Περιόδου, *Μεταπτυχιακή Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Πολυτεχνική Σχολή Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών*, Ιανουάριος 2011.

- Γεωργιάδης Γ., 2020, Γεωλογική Δομήκαι Τεκτονική Ανάλυση του Τεκτονικού Καλύμματος του Βερμίου, *Διδακτορική Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Γεωλογίας, Θεσσαλονίκη 2020.*
 - Κωστούλα, Μ., 2010. Νιτρορύπανσηστη Β.Δ. Φθιώτιδα. *Μεταπτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Αιγαίου Σχολή Περιβάλλοντος, 10 σελ.*
 - Χατζηανδρέου, Α., 2012. Ποιοτητα Και Ρυπανση Υπογειων Νερων. *Πτυχιακή Εργασία, Ανωτατο Τεχνολογικο Εκπαιδευτικο Ιδρυμα Καλαματας Σχολη Τεχνολογιας Γεωπονιας, 42-45 σελ.*
 - Μιχαηλ Μ., 2014, Τεκτονική Δομήκαι Θέση του Γρανίτη του Φανου στη Ζώνη του Αξιού (Μακεδονία, Ελλάς) *Μεταπτυχιακή Διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Γεωλογίας Τομέας Τεκτονικής Και Στρωματογραφίας, Θεσσαλονίκη 2014.*
 - Μουντράκης, Δ, 1985, Γεωλογία της Ελλάδας, Θεσσαλονίκη, University Studio Press.
 - Μουντράκης Δ, 2010, Γεωλογία και γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας, Θεσσαλονίκη, University Studio Press.
 - Τσιρίδου, Α., Φανάρας, Α., 2011. Μ.Π.Ε Φωτοβολταικού Πάρκου στα 1,568 MWp. *Πτυχιακή Εργασία, Πανεπιστήμιο Καβάλας Σχολή Τεχνολογικών Εφαρμογών, 55-65 σελ.*
- Κυβερνητικές Εκδόσεις
- Ελληνική Δημοκρατία, Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής, 2012, Ειδική Γραμματεία Υδάτων, Προκαταρκτική Αξιολόγηση κινδύνων Πλημμύρας σύμφωνα με την Οδηγία 2007/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή της Κ.Υ.Α. Η.Π. 31822/1542/Ε103.

- Ελληνική Δημοκρατία, Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, Διοικητικός Τομέας Κοινοτικών Πόρων & Υποδομών, Διεύθυνση Σχεδιασμού Εγγειοβελτιωτικών Έργων Και Αξιοποίησης Εδαφοϋδατικών Πόρων, Τμήμα Γ' (Προστασίας Αρδευτικών Υδάτων), Έλεγχος Χημικής Ποιότητας Αρδευτικών Υδάτων (Επιφανειακών και Υπογείων) Σε Κλίμακα Λεκανών Απορροής Ποταμών Μακεδονίας - Θράκης και Θεσσαλίας, Αποτελέσματα Λεκάνης Αλιάκμονα, Υδρογεωλογικά Στοιχεία, Ανάδοχος Σύμπραξη: 1. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης 2. Σπυρίδης Α. - Κουτάλου Β. Ο.Ε. - "Υετος" 3. Περγλέρος Βασίλειος, Γεωλόγος 4. Λιόνης Μιχαήλ, Γεωλόγος 5. Λεβογιάννης Μιχαήλ, Γεωπόνος.
- Ελληνική Δημοκρατία, Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημόσιων Έργων, Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων, 2009, Έκθεση για την Οδηγία 91/676/ΕΟΚ Στον Ελληνικό Χώρο, Κατασταση 2004 – 2007.
- Ελληνική Δημοκρατία, 1997, ΚΥΑ 161690/1335/1997 (ΦΕΚ Β' 519/25-6-1997).
- Ελληνική Δημοκρατία, 2006, Κάμπος Θεσσαλονίκης Πέλλας Ημαθίας ΚΥΑ οικ. 16175/824 (ΦΕΚ 530 Β 28-04-2006).
- Ελληνική Δημοκρατία, 2000 , Κώδικας Γεωργικής Πρακτικής για την προστασία των νερών από νιτρορύπανση γεωργικής πρέλευσης, ΦΕΚ Β 477/6-4-2000).

Ηλεκτρονικές Πηγές

- Υπουργείου Διοικητικής Μεταρρύθμισης & Ηλεκτρονικής Δικυβέρνησης (ΥΔΜΗΔ)
<http://www.1167.syzefxis.gov.gr/nomos/> (ανακτήθηκε στις 15/9/2021)
- Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης Τμήμα Γεωλογίας.
<http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg871y/ch3.htm>



- Υπουργείο Περιβάλλοντος και Ενέργειας, 2012, <https://ypen.gov.gr/perivallon/ydatikoi-poroi/plimmyres/> (ανακτήθηκε στις 10/9/2021)
- Ελληνική Δημοκρατία, Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης Και Τροφίμων, <http://w2.minagric.gr/ardefrika/files/results>
- Ελληνική Στατιστική Αρχή, 2011, <https://www.statistics.gr/el/2011-census-pop-hous> (ανακτήθηκε στις 28/8/2021)
- Copernicus, 2012, <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2012> (ανακτήθηκε στις 8/9/2021)
- Meteoclub, 2021, <http://www.meteoclub.gr/images/stories/weerman/klimatiki-katataksi-elladas.pdf> (ανακτήθηκε στις 13/9/2021)
- Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία <http://climatlas.hnms.gr/sdi/> (ανακτήθηκε στις 13/9/2021)
- Geodata, <http://geodata.gov.gr> (ανακτήθηκε στις 15/9/2021)
- Οργανισμός Φυσικού Περιβάλλοντος και Κλιματικής Αλλαγής (Ο.ΦΥ.ΠΕ.Κ.Α.), 2018, https://necca.gov.gr/wp-content/uploads/2019/09/Soer_2018_GR_Water-Management.pdf (ανακτήθηκε στις 15/9/2021)
- Ινστιτούτο Γεωλογικών Μεταλλευτικών Ερευνών, 2015, <http://www.igme.gr/geoportal/> (ανακτήθηκε στις 5/9/2021)
- Google maps, 2021, www.google.gr/maps (ανακτήθηκε στις 16/9/2021)