



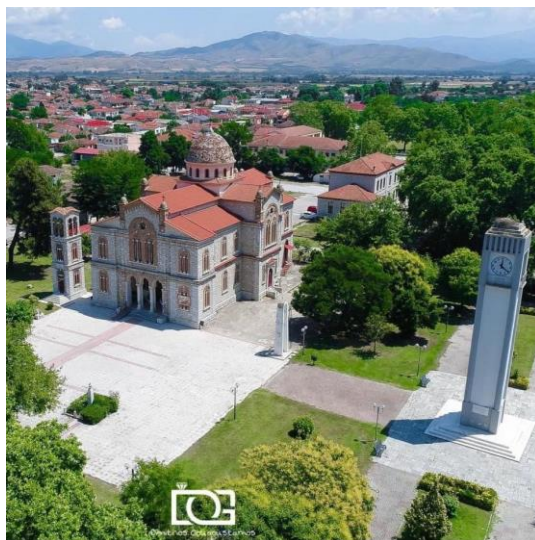
ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ



ΧΡΙΣΤΙΝΑ Ν. ΓΚΕΛΙ

ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ
ΑΜΠΕΛΩΝΑ ΛΑΡΙΣΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2024





ΧΡΙΣΤΙΝΑ Ν. ΓΚΕΛΙ
Φοιτήτρια Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5960

ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΜΠΕΛΩΝΑ ΛΑΡΙΣΑΣ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας, Τεκτονικής, Ιστορικής & Εφαρμοσμένης Γεωλογίας
Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας

Επιβλέπων

Τριαντάφυλλος Β. Κακλής, ΕΔΙΠ



© Χριστίνα Ν. Γκέλι, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Τεκτονικής, Ιστορικής & Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, 2024
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.
Ποιοτικά χαρακτηριστικά υδροφορέα στην περιοχή Αμπελώνα Λάρισας– *Διπλωματική Εργασία*

© Christina N. Gkeli, School of Geology, Dept. of Structural, Historical and Applied Geology 2024
All rights reserved.
Aquifer quality characteristics in the Ampelona Larissa– *Bachelor Thesis*

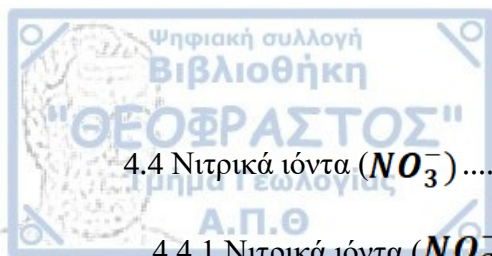
Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται 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.



Περιεχόμενα

Πρόλογος	6
Εισαγωγή	7
Περίληψη	8
Abstract	9
1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ – ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	10
1.1. Γεωγραφικά και πληθυσμιακά στοιχεία της περιοχής.	10
1.1.1. Γεωγραφικά στοιχεία περιοχής.....	10
1.2. Γεωμορφολογία Περιοχής.	12
1.2.1. Γενικά	12
1.2.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά.....	12
2. Η ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	14
2.1 Γενικά.....	14
2.2 Περιοχή Μελέτης	17
2.3 Τεκτονική της ευρύτερης περιοχής	19
3. ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ – ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	21
3.1. Γενικά.....	21
3.2. Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα	21
3.3. Θερμοκρασία.....	25
4. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ	28
4.1 ΓΕΝΙΚΑ	28
4.2. Δειγματοληψία – Μετρήσεις υπαίθρου.....	29
4.3.1 Θεικά ιόντα (SO_4^{-2}) Απριλίου.	33
4.3.2 Θεικά ιόντα (SO_4^{-2}) Αυγούστου	35



4.4 Νιτρικά ιόντα (NO_3^-)	36
4.4.1 Νιτρικά ιόντα (NO_3^-) Απριλίου	38
4.4.2 Νιτρικά ιόντα (NO_3^-) Αυγούστου	39
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	41
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	42



Πρόλογος

Η παρούσα πτυχιακή εργασία μου ανατέθηκε από το Τμήμα Γεωλογίας, της Σχολής Θετικών Επιστημών, του Αριστοτέλειου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, με επιβλέποντα καθηγητή τον κύριο Τ. Κακλή.

Ο τίτλος της εργασίας είναι: “Ποιοτικά χαρακτηριστικά του υδροφορέα στην περιοχή Αμπελώννα Λάρισας”.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη των ποιοτικών χαρακτηριστικών του υπόγειου νερού στην περιοχή του Αμπελώννα Λάρισας με τη χρήση του φασματοφωτόμετρου HACH DR 2000. Τα στοιχεία που εξετάζονται είναι η γεωγραφία και γεωμορφολογία της περιοχής, η γεωλογία, τα μετεωρολογικά στοιχεία και τα ποιοτικά στοιχεία του υπόγειου νερού. Στόχος είναι να βρεθεί η ύπαρξη και η ποσότητα των νιτρικών και θεικών ιόντων στη περιοχή.

Μετά την ολοκλήρωση της πτυχιακής μου εργασίας έχω την ανάγκη να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν στην διεκπεραίωσή της με οποιονδήποτε τρόπο.

Αρχικά, ευχαριστώ θερμά τον κ. Τριαντάφυλλο Κακλή, μέλους ΕΔΙΠ και επιβλέποντα του θέματος, του Τμήματος Γεωλογίας για την ανάθεση του θέματος, την καθοδήγηση και την συνέπεια, που συνέβαλλαν στην παρούσα πτυχιακή εργασία.

Ευχαριστώ, τον κ. Κωνσταντίνο Βουδούρη, Καθηγητή του Τμήματος Γεωλογίας για την βοήθεια που μου προσέφερε κατά την διάρκεια συγγραφής της πτυχιακής μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένειά μου και τους φίλους μου για την ηθική και υλική υποστήριξη που μου προσέφεραν, για την διεκπεραίωση της εργασίας αυτής και των σπουδών μου.



Η πτυχιακή εργασία έχει ως αντικείμενο τον προσδιορισμό των ποιοτικών χαρακτηριστικών στον υδροφορέα του Αμπελώνα Λάρισας. Η περιοχή έρευνας βρίσκεται βορειοδυτικά της πόλης της Λάρισας και ανήκει στον δήμο Τυρνάβου.

Η περιοχή επιλέχθηκε λόγω της καταγωγής μου από εκεί, καθώς και της μεγάλης αγροτικής και κτηνοτροφικής δραστηριότητας. Η γεωργία είναι το κύριο στοιχείο της τοπικής και εγχώριας οικονομίας, με αποτέλεσμα την άδρευση μεγάλων ποσοτήτων του υπόγειου νερού. Η ανεξέλεγκτη άντληση έχει μειώσει σε σημαντικό βαθμό την στάθμη του υπόγειου νερού και τα αποθέματά τους, με αποτέλεσμα να υπάρχει πρόβλημα, ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες, στην παραγωγικότητα των καλλιεργειών.

Η ανεξέλεγκτη χρήση λιπασμάτων και με λάθος τρόπο έχει προκαλέσει την αύξηση κάποιων χημικών ουσιών στα υπόγεια ύδατα, τα οποία αποτελούν κίνδυνο για την υγεία του ανθρώπου. Σε αυτές τις περιπτώσεις απαγορεύεται η χρήση του νερού για πόση, αλλά και στη βιομηχανία.

Για την ολοκλήρωση της πτυχιακής εργασίας χρειάστηκαν να γίνουν οι παρακάτω εργασίες:

- Συλλογή στοιχείων και δεδομένων για τα μετεωρολογικά-κλιματολογικά στοιχεία της περιοχής από τις υπηρεσίες του Νομού Λαρίσης, όπως και εργασίες και μελέτες που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή της Λάρισας και του Τυρνάβου.
- Πραγματοποίηση δειγματοληψίας νερού σε γεωτρήσεις περιμετρικά της περιοχής, αλλά και μέσα στην οικιστική περιοχή, σε δύο περιόδους.
- Χημική ανάλυση των δειγμάτων για τον προσδιορισμό νιτρικών και θεικών ιόντων, με τη χρήση φασματοφωτόμετρου HACH DR 2000, στο Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του Α.Π.Θ.
- Δημιουργία τοπογραφικών χαρτών και χαρτών χωρικής κατανομής με τη χρήση του QGIS.
- Βιβλιογραφική αναζήτηση ελληνόγλωσσης και ξενόγλωσσης βιβλιογραφίας.

Η δομή της πτυχιακής εργασίας και τα θέματα ανά κεφάλαιο παρουσιάζονται ως εξής:

- 1^ο Κεφάλαιο: Γεωγραφικά – Γεωμορφολογικά στοιχεία
- 2^ο Κεφάλαιο: Η Γεωλογία της περιοχής έρευνας
- 3^ο Κεφάλαιο: Κλιματολογικά – Υδρομετεωρολογικά στοιχεία
- 4^ο Κεφάλαιο: Ποιοτικά στοιχεία του υπόγειου νερού
- 5^ο Κεφάλαιο: Συμπεράσματα



Η παρούσα πτυχιακή εργασία εξετάζει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του υδροφορέα στη περιοχή του Αμπελώνα Λάρισας.

Η περιοχή μελέτης καλύπτει περίπου 52 km^2 και βρίσκεται βορειοδυτικά της πόλης της Λάρισας. Στο βορειοδυτικό του τμήμα διέρχεται ο Τιταρήσιος ποταμός, ο οποίος στη συνέχεια καταλήγει στον Πηνειό ποταμό.

Γεωτεκτονικά η περιοχή ανήκει στην Πελαγονική ζώνη και αποτελείται από κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα που τα καλύπτουν τα Μεσοζωικά ιζήματα. Το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής αποτελείται από τεταρτογενείς αποθέσεις και τα κυριότερα ρήγματα που υπάρχουν είναι του Τυρνάβου, της Γυρτώνης, της Ροδιάς και της Λάρισας.

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία της περιοχής το κλίμα χαρακτηρίζεται ως ηπειρωτικό με ήπιους και υγρούς χειμώνες και θερμά καλοκαίρια.

Στη παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία στη περιοχή του Αμπελώνα, όπου στη συνέχεια τα δείγματα που συλλέχθηκαν, σε δύο περιόδους, μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του Α.Π.Θ για ανάλυση. Στο εργαστήριο πραγματοποιήθηκε χημική ανάλυση νιτρικών (NO^{-3}) και θεικών (SO_4^{-2}) ιόντων.

Στα αποτελέσματα των αναλύσεων βρέθηκαν υψηλές τιμές και στα δύο ιόντα, με κύριους παράγοντες δημιουργίας, η αλόγιστη χρήση λιπασμάτων, οι δραστηριότητες των κτηνοτροφικών μονάδων και τα λύματα των αποχετεύσεων.



Abstract

This thesis examines the qualitative characteristics of the aquifer in the area of Ampelona Larissa.

The study area covers about 52 km^2 and is located northwest of the city of Larissa. In its north-western part the Titarisios river passes through, which then flows into the Pinios river.

Geographically, the area belongs to the Pelagonian zone and consists of crystalline schistose rocks overlain by Mesozoic sediments. Most of the area consists of quaternary deposits and the main faults are those of Tirnavos, Girtoni, Rodia and Larissa.

According to the meteorological data of the area, the climate is characterised as continental with mild and wet winters and hot summers.

In the present study, sampling was carried out in the area of Ampelonas, where the samples collected, in two periods, were transferred to the Laboratory of Technical Geology and Hydrogeology of the Aristotle University of Thessaloniki for analysis. Chemical analysis of nitrate (NO^{-3}) and sulphate (SO_4^{-2}) ions was carried out at the laboratory.

The results of the analyses showed high values for both ions, with the main factors of generation being the indiscriminate use of fertilizers, livestock activities and sewage effluents.

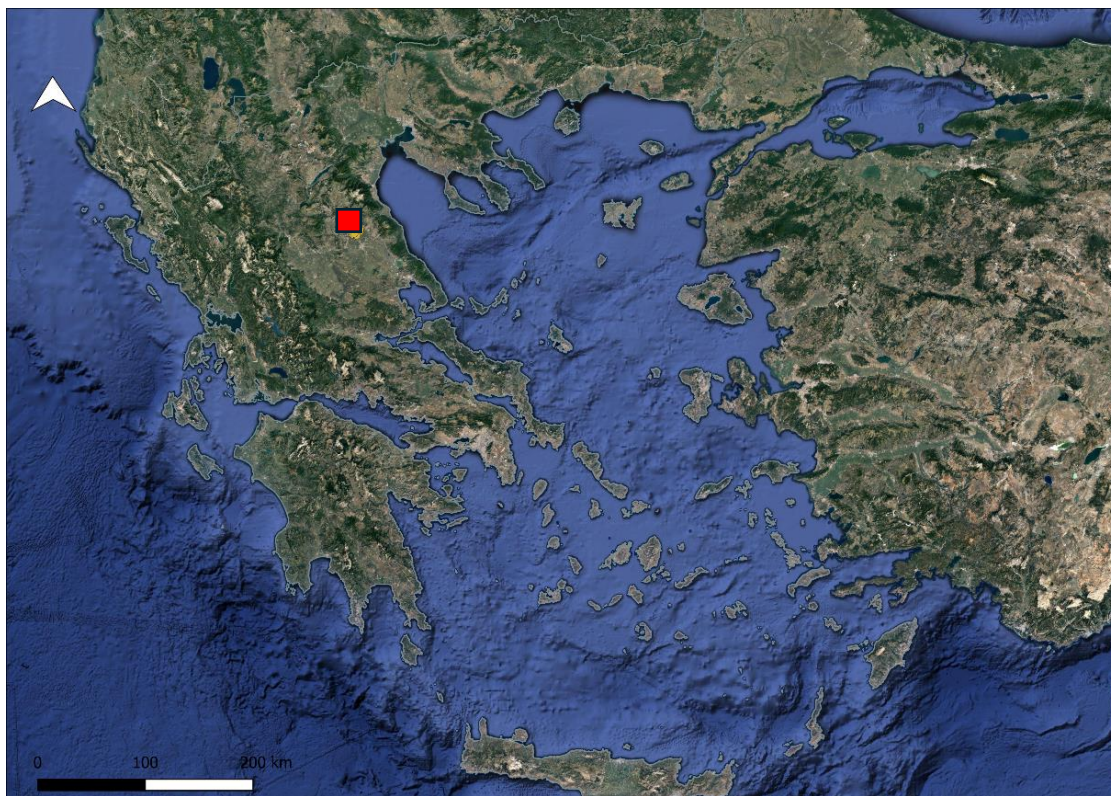
1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ – ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

1.1. Γεωγραφικά και πληθυσμιακά στοιχεία της περιοχής.

1.1.1. Γεωγραφικά στοιχεία περιοχής

Ο Αμπελώνας ανήκει γεωγραφικά στον Νομό Λαρίσης, βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα της πόλης της Λάρισας και ανατολικά από την πόλη του Τυρνάβου. Από την πόλη της Λάρισας απέχει 15 km, ενώ από την πόλη του Τυρνάβου 7 km. Ο Τιταρήσιος είναι ένα από τα ποτάμια που διέρχονται από την περιοχή του Αμπελώνα και διέρχεται από βορειοδυτικά προς βορειοανατολικά και καταλήγει στον Πηνειό.

Η επιφάνεια που καλύπτει η περιοχή μελέτης είναι περίπου 52 km^2 , η οποία υπολογίστηκε με την ψηφιοποίηση της περιοχής με την χρήση του GIS.



Σχήμα 1.1. Θέση της περιοχής μελέτης.

1.1.2. Πληθυσμιακά στοιχεία

Η περιοχή έρευνας ανήκει στον Δήμο Τυρνάβου, ο οποίος χωρίζεται στην Δημοτική ενότητα Τυρνάβου και στην Δημοτική ενότητα Αμπελώνος. Σύμφωνα με την Ελληνική Στατιστική Αρχή ο πληθυσμός του δήμου Τυρνάβου ανέρχεται στους 22.280 κατοίκους εκ των οποίων οι 5.590 κάτοικοι ανήκουν στον οικισμό του Αμπελώνα (Πίνακας 1). Η κύρια ασχολία των κατοίκων της περιοχής αποτελεί η γεωργία με την καλλιέργεια αμπελώνων, λαχανόκηπων και οπωρώνων. Επίσης, η κτηνοτροφία είναι η δεύτερη ασχολία των κατοίκων της περιοχής με την εκτροφή αιγοπροβάτων και αγελάδων. Η άρδευση της περιοχής γίνεται κατά κύριο λόγο από τις γεωτρήσεις και σε λιγότερο βαθμό από τον Πηνειό ποταμό.

Πίνακας 1.1. Πληθυσμιακά στοιχεία της περιοχής μελέτης, από την Ελληνική Στατιστική Αρχή.

Δήμος Τυρνάβου (Έδρα Τύρναβος)	22.280
Δημοτική Ενότητα Τυρνάβου	15.023
Δημοτική Κοινότητα Τυρνάβου	11.210
Δημοτική Κοινότητα Αργυροπουλείου	1.311
Δημοτική Κοινότητα Λαμασίου	1.215
Δημοτική Κοινότητα Δένδρων	1.287
Δημοτική Ενότητα Αμπελώνος	7.257
Δημοτική Κοινότητα Αμπελώνος	5.590
Δημοτική Κοινότητα Βρυοτόπου	557
Δημοτική Κοινότητα Δελερίων	482
Δημοτική Κοινότητα Ροδιάς	628

1.2.1. Γενικά

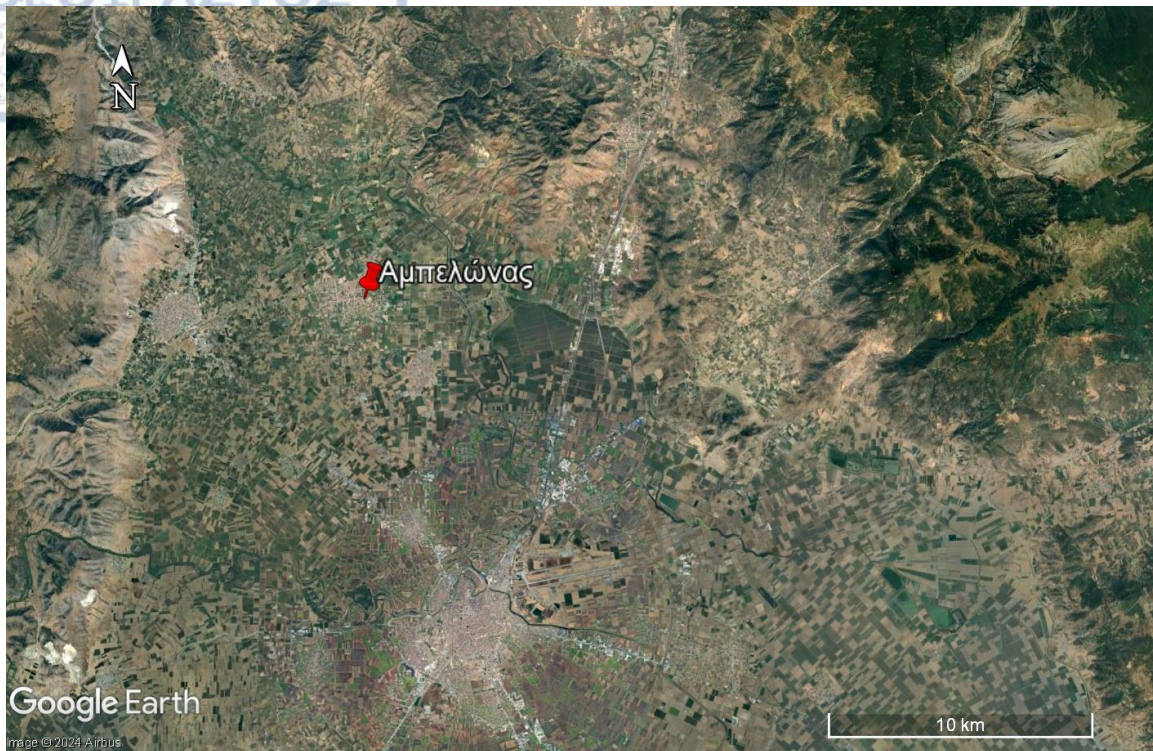
Η γεωμορφολογία μελετά τις διάφορες μορφές του αναγλύφου και όλες τις διεργασίες που συμβάλλουν στην διαμόρφωση της επιφάνειας της γής. Η μορφολογία του αναγλύφου, διαμορφώνεται από το επιφανειακό νερό με τη δράση των ποταμών, από τα ηφαίστεια που μπορεί να υπάρχουν στην περιοχή, από τη δομή των πετρωμάτων, την τεκτονική δράση και την αιολική διάβρωση.

1.2.2 Μορφολογικά χαρακτηριστικά

Στην περιοχή που μελετήθηκε η μορφολογία διαμορφώνεται με την δράση του νερού, με τις διεργασίες της αποσάθρωσης και της διάβρωσης, καθώς και από την τεκτονική που δρα στην περιοχή. Όλες αυτές οι διεργασίες σε συνδυασμό με τη λιθολογική σύσταση των σχηματισμών έχουν δώσει την σημερινή εικόνα του αναγλύφου.

Ειδικότερα, η περιοχή του Αμπελώνα ανήκει στο ΒΔ τμήμα της ανατολικής θεσσαλικής λεκάνης η οποία στον βορρά οριοθετείται από τον Τιταρήσιο ποταμό. Στη λεκάνη έχουν αποτεθεί τα χονδρόκοκκα και λεπτόκοκκα υλικά των ποταμών που έδρασαν.

Το βόρειο τμήμα της λεκάνης οριοθετείται από το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο. Δυτικά η λεκάνη αποτελείται από το καρστικό σύστημα του Τυρνάβου, το οποίο αποτελείται από τον κρυσταλλικό ασβεστόλιθο ενώ το υψόμετρο βρίσκεται ανάμεσα στα 600-800 m. Στο νότιο και ανατολικό τμήμα της λεκάνης το υδραυλικό όριο είναι ο Πηνειός. Το ανάγλυφο της περιοχής είναι ομαλό, χωρίς να παρουσιάζονται μεγάλες κλίσεις, εκτός από το δυτικό τμήμα της που γίνεται λοφώδες. Συνεπώς, η περιοχή διακρίνεται ως πεδινή με μικρά υψόμετρα, ενώ το υδρογραφικό δίκτυο είναι καλά ανεπτυγμένο, δενδριτικής μορφής (Καραμουχτάρη, 2006).

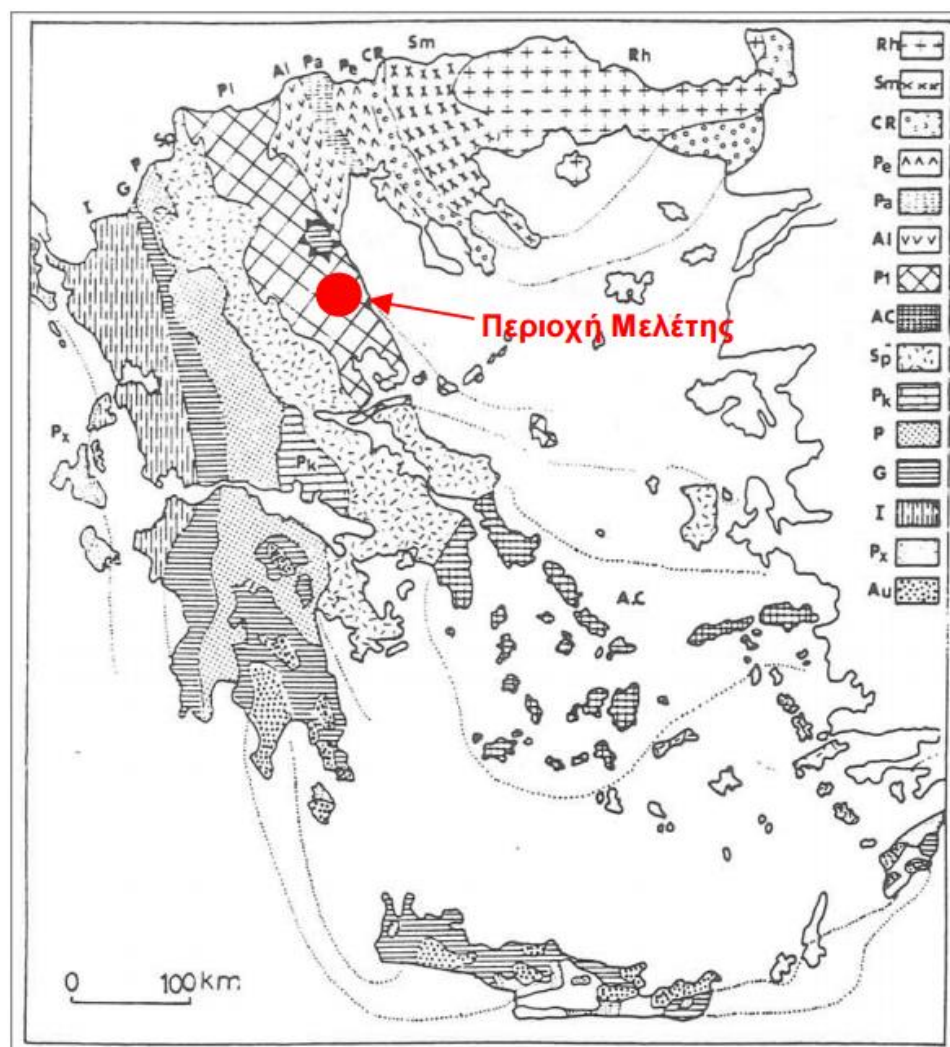


Σχήμα 1.2. Γεωμορφολογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής μελέτης. (Google Earth)

2. Η ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

2.1 Γενικά

Η Ελλάδα από άποψη Γεωλογίας χωρίζεται σε γεωτεκτονικές ζώνες και διακρίνεται σε δύο επιμέρους γεωλογικές περιοχές, τις εσωτερικές Ελληνίδες και τις εξωτερικές Ελληνίδες. Στις εσωτερικές Ελληνίδες ανήκουν οι μάζες της Ροδόπης και της Σερβομακεδονικής, η Περιοδοπική ζώνη, η ζώνη Αξιού, η Πελαγονική, η Αττικοκυκλαδική, και η Υποπελαγονική. Στις εξωτερικές Ελληνίδες ανήκουν οι ζώνες Παξών, Ιόνιος, Γαβρόβου - Τρίπολης, Πίνδου και Παρνασσού - Γκιώνας.



Σχήμα 2.1: Χάρτης γεωτεκτονικών ζωνών (Μουντράκης, 1985).

Η περιοχή που μελετήθηκε ανήκει γεωτεκτονικά στην Πελαγονική ζώνη. Πιο αναλυτικά η Πελαγονική ζώνη εκτείνεται από την Δυτική Μακεδονία έως το Πήλιο,

καθώς και σε ένα τμήμα της Εύβοιας και των Σποράδων και συγκροτείται κυρίως από κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα, πάνω στα οποία βρίσκονται Μεσοζωικά ιζήματα. Κατά το Μεσοζωικό τα ιζήματα ήταν ανθρακικά, κυρίως νηριτικά με εξαίρεση κάποιες περιοχές. Ωστόσο η λιθολογική σύσταση από τα παλαιότερα προς τα νεότερα είναι η εξής:

Κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο:

Τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα του υποβάθρου έχουν παλαιοζωική ηλικία και γενικότερα η εξάπλωσή τους στον χώρο είναι μεγάλη, καταλαμβάνοντας σημαντικό ποσοστό της συνολικής έκτασης της περιοχής μελέτης. Ωστόσο δεν έχουν ενιαία δομή, αλλά χωρίζονται σε διάφορες ενότητες, με την παρουσία ζωνών λεπιώσεων. Αυτές οι ενότητες έχουν παρεμφερή λιθολογική στήλη, όπου από τους παλαιότερους ορίζοντες έως τους νεότερους είναι οι εξής (Μουντράκης, 2010):

- Γνεύσιοι βιοτιτικοί οφθαλμοειδής ορθο- προέλευσης.
- Μιγματιτικοί γνεύσιοι.
- Γνεύσιοι ταινιωτοί, μοσχοβιτικοί παρα – προέλευσης.
- Αμφιβολίτες και αμφιβολιτικοί – βιοτιτικοί σχιστόλιθοι.
- Γρανατούχοι διμαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι.
- Εναλλαγές αμφιβολιτικών σχιστολίθων, μαρμαρυγιακών σχιστολίθων, επιδοιτιτικών σχιστολίθων με παρεμβολές απλιτογνεύσιων.

Σε πρώτη φάση η μεταμόρφωση έγινε στο Παλαιοζωικό σε συνθήκες αμφιβολιτικής φάσης πριν το Λιθανθρακοφόρο.

Γνευσιωμένοι Πλουτωνίτες του Άνω Λιθανθρακοφόρου:

Στο εσωτερικό των κρυσταλλοσχιστώδων πετρωμάτων του υποβάθρου και σε όλη την εξάπλωση την Πελαγονικής παρατηρούνται πλουτωνικοί όγκοι, γρανιτικής σύστασης με μεγάλους αστρίους. Γύρω από την διείσδυση των πλουτωνικών όγκων υπάρχει μεταμόρφωση επαφής στα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα, καθώς και σε μεγάλη έκταση είναι γνευσιωμένοι λόγω της αλπικής μεταμόρφωσης που παρουσιάστηκε στο Άνω Ιουρασικό - Κάτω Κρητιδικό και σε συνθήκες της χαμηλής πρασινοσχιστολιθικής φάσης. Τέλος, σε ορισμένα τμήματα των γνευσιωμένων γρανιτών υπάρχει έντονη μυλονιτίωση, πιθανών λόγω των έντονων τεκτονικών κινήσεων της Πελαγονικής.

Περμοτριάδικές μετακλαστικές ακολουθίες:

Στο πάνω μέρος του κρυσταλλοσχιστώδους υποβάθρου και τους γρανιτικούς όγκους του άνω Λιθανθρακοφόρου αποτέθηκε μια μετα- κλαστική ιζηματογενής σειρά πάχους περίπου 200 μ., στην οποία παρεμβάλλονται ηφαιστειακά υλικά, όξινες και βασικές λάβες και τόφοι (Μουντράκης 2010). Αυτά αποτέθηκαν κατά το Πέρμιο και το Κάτω Τριαδικό και μαζί με τα ηφαιστειακά υλικά, μεταμορφώθηκαν στην χαμηλή πρασινοσχιστολιθική φάση κατά το Άνω Ιουρασικό - Κάτω Κρητιδικό. Τα πετρώματα που αποτελούν τις Περμοτριάδικές μετακλαστικές ακολουθίες είναι φυλλίτες, μετα-αρκόζες, μετα-πυλίτες, μετα-ψαμμίτες, χαλαζιακά μετα- κροκαλοπαγή, χλωριτικοί και σερικιτικοί σχοστόλιθοι, ασβεστιτικοί σχιστόλιθοι, μετα-ρυόλιθοι, μετα-βασάλτες, μετα-τόφοι και φακοί ανακρυσταλλωμένων ασβεστολίθων.

Ανθρακικό επικάλυμμα Τριαδικού – Ιουρασικού:

Κατά την διάρκεια του Τριαδικού - Ιουρασικού αποτέθηκε η κύρια ανθρακική ιζηματογένση, η οποία καλύπτει μεγάλη έκταση και ονομάζεται Μεσοζωικό ανθρακικό κάλυμμα. Αυτό αποτελείται από δυο ανθρακικά καλύμματα που αποτέθηκαν στο δυτικό και στο ανατολικό περιθώριο της Πελαγονικής κατά το Τριαδικό - Ιουρασικό, με πάχος 600-800m. Το δυτικό κάλυμμα θεωρείται αυτόχthono, αποτέθηκε στο Μέσο Τριαδικό- Άνω Ιουρασικό και αποτελείται από ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους με μικρές παρεμβολές πυλιτικών ενστρώσεων. Το ανατολικό κάλυμμα θεωρείται πάρα - αυτόχthono και αποτελείται από ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους, μάρμαρα και δολομίτες, χωρίς τις πυλιτικές ενστρώσεις. Και τα δύο καλύμματα βρίσκονται μεταμορφωμένα σε συνθήκες της χαμηλής πρασινοσχιστολιθικής φάσης, κατά το Άνω Ιουρασικό - Κάτω Κρητιδικό.

Οφειόλιθοι

Οι οφειόλιθοι στην Πελαγονική παρατηρούνται κυρίως πάνω στα δύο ανθρακικά καλύμματα και ελάχιστα στο εσωτερικό της. Η προέλευσή τους είναι αλλόχθονη από την ζώνη του Αξιού και την Υποπελαγινική και επωθήθηκαν μαζί με τα συνοδά ιζήματα επάνω στα καλύμματα. Οι οφειολιθικές μάζες αποτελούνται από όλη την οφειολιθική ακολουθία, ενώ τα συνοδά ιζήματα είναι αργιτικοί σχιστόλιθοι, ασβεστιτικοί πυριτιόλιθοι, πελαγικοί ασβεστόλιθοι, ραδιολαριτικοί κερατόλιθοι και κλαστικά ιζήματα. Κατά την επώθηση των οφειολιθικών μαζών σχηματίστηκαν τεκτονικά οφειολιθικά μείγματα (melanges).

Επικλυσιογενή ιζήματα Μέσω - Άνω Τριαδικού

Μετά την ανάδυση των Εσωτερικών ζωνών κατά την ορογένεση στο Άνω Ιουρασικό - Κάτω Κρητιδικό, η περιοχή χέρσευσε και βρέθηκε κάτω από το επίπεδο της θάλασσας. Έπειτα ακολούθησε η επίκλυση της θάλασσας και τα νέα ιζήματα αποτέθηκαν ασύμφωνα πάνω στα ανθρακικά καλύμματα, τα οποία είχαν πτυχωθεί κατά την

ορογένεση, καθώς και στους οφειόλιθους όπου υπήρχαν. Η επίκλυση ξεκίνησε στο Κενομάνιο, στο Μέσο Κρητιδικό, αλλά σε κάποιες περιοχές ξεκίνησε στο Άνω Κρητιδικό. Τα επικλυσιογενή ιζήματα ανάλογα με την ηλικία τους από τα παλαιότερα ως τα νεότερα διακρίνονται ως εξής (Μουντράκης, 2010):

- Κροκαλοπαγή, λατυποπαγή και μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι με ηλικία Κενομάνιου - Τουρόνιου.
- Μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι με ηλικία Σαντώνιου Καμπάνιου.
- Συμπαγής ασβεστόλιθος με απολιθώματα *Orditoides* του Μαιστρίχιου.
- Φλύσχης, με ηλικία Άνω Μαιστρίχιου - Αρχές του Παλαιοκαίνου.

2.2 Περιοχή Μελέτης

Το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής μελέτης αποτελείται από Τεταρτογενείς αποθέσεις, λόγω του γεγονότος πως αναπτύσσεται στο πεδινό τμήμα της γύρω από την περιοχή του Αμπελώνα. Συνίσταται από άμμους, αργίλους, κροκαλολατύπες και ποταμολιμναία υλικά τα οποία εναλλάσσονται μεταξύ τους. Το πάχος τους είναι μεγάλο, ενώ στο δυτικό τμήμα της λεκάνης, στην καρστική περιοχή, βρίσκονται αδρομερή σχηματισμοί, πλευρικά κορήματα και αναβαθμίδες στις χαράδρες.

Οι σχηματισμοί που βρίσκονται στη περιοχή από τους νεότερους έως τους παλαιότερους είναι (Καραμουχτάρη, 2006):

Αλλουβιακές αποθέσεις: Είναι ηλικίας Ολιγοκαίνου και αποτελούνται από ανοιχτόχρωμες αργίλους, άμμους, κροκαλολατύπες και λιμναία και ποταμοχειμάρια υλικά, τα οποία όσο πηγαίνουμε προς το κέντρο γίνονται πιο λεπτομερή.

Πλευρικά κορήματα: Εμφανίζονται με λατύπες σε διάφορα μεγέθη και λιθολογικής σύστασης, με υλικό πλήρωσης ανάμεσά τους. Βρίσκονται στις πλαγιές της λεκάνης και καταλήγουν στο εσωτερικό των αποθέσεων και εμφανίζονται στο νότιο τμήμα της καρστικής περιοχής του Τυρνάβου.

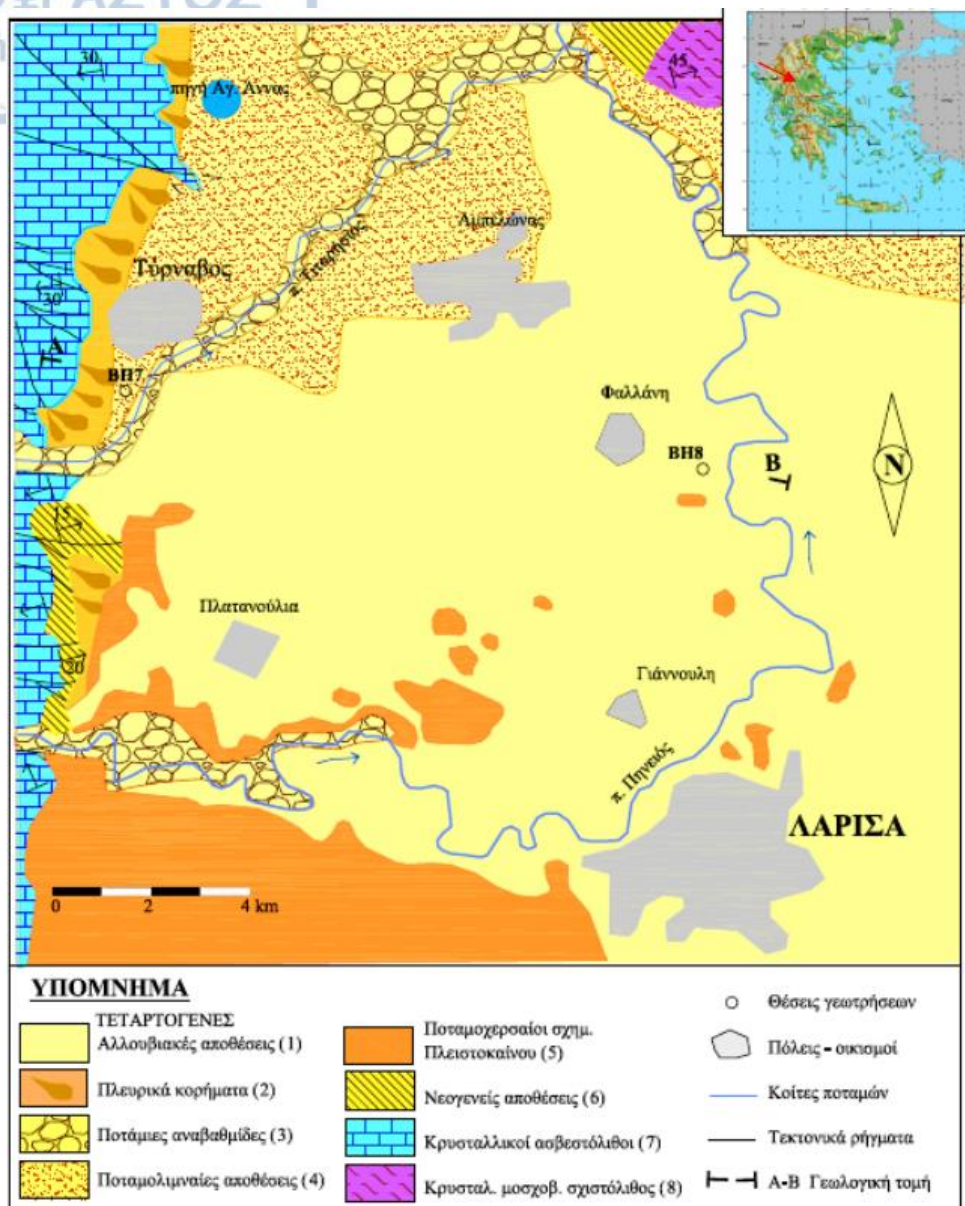
Ποτάμιες αναβαθμίδες: Αποτελούνται από κροκαλολατύπες με διαφορετική σύσταση και μέγεθος, τα οποία περιέχουν ανθρακικό συγκολλητικό υλικό και το ύψος τους φτάνει τα 20m περίπου. Βρίσκονται νότια της όχθης του Πηνειού ποταμού.

Ποταμολιμναίες αποθέσεις: Βρίσκονται στην περιοχή του Τυρνάβου και του Αμπελώνα και αποτελούνται κατά κύριο λόγο από αργίλους, άμμους με παρεμβολές υλικών διάφορου πάχους, ηλικίας Πλειστοκαίνου.



Ποταμογερασίοι σχηματισμοί: Αποτελούνται από αργιλικά και αμμώδη υλικά με λατύπες διαφόρου προέλευσης και με την παρουσία λιμναίων απολιθωμάτων. Ο σχηματισμός αυτός εμφανίζεται στο νότιο μέρος της κοίτης του Πηνειού.

Νεογενείς αποθέσεις: Εμφανίζονται επιφανειακά στα νότια του Τυρνάβου, ενώ στην υπόλοιπη περιοχή υπάρχουν οι νεότερες αποθέσεις του Τεταρτογενούς. Από τα παλαιότερα έως τα νεότερα Νεογενή έχουμε τις μάργες και τους μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, οι οποίοι αποτέθηκαν σε λιμναίο έως υφάλμυρο περιβάλλον στο Μειόκαινο, καταλήγοντας στους παχυστρωματώδεις μικρολατυποπαγείς τεφρούς ασβεστόλιθους. Επίσης, τα νεότερα στρώματα των νεογενών έχουμε την παρουσία χερσοποτάμιων σχηματισμών που αποτέθηκαν στο Τεταρτογενές. Το πάχος τους κυμαίνεται στα 100m.



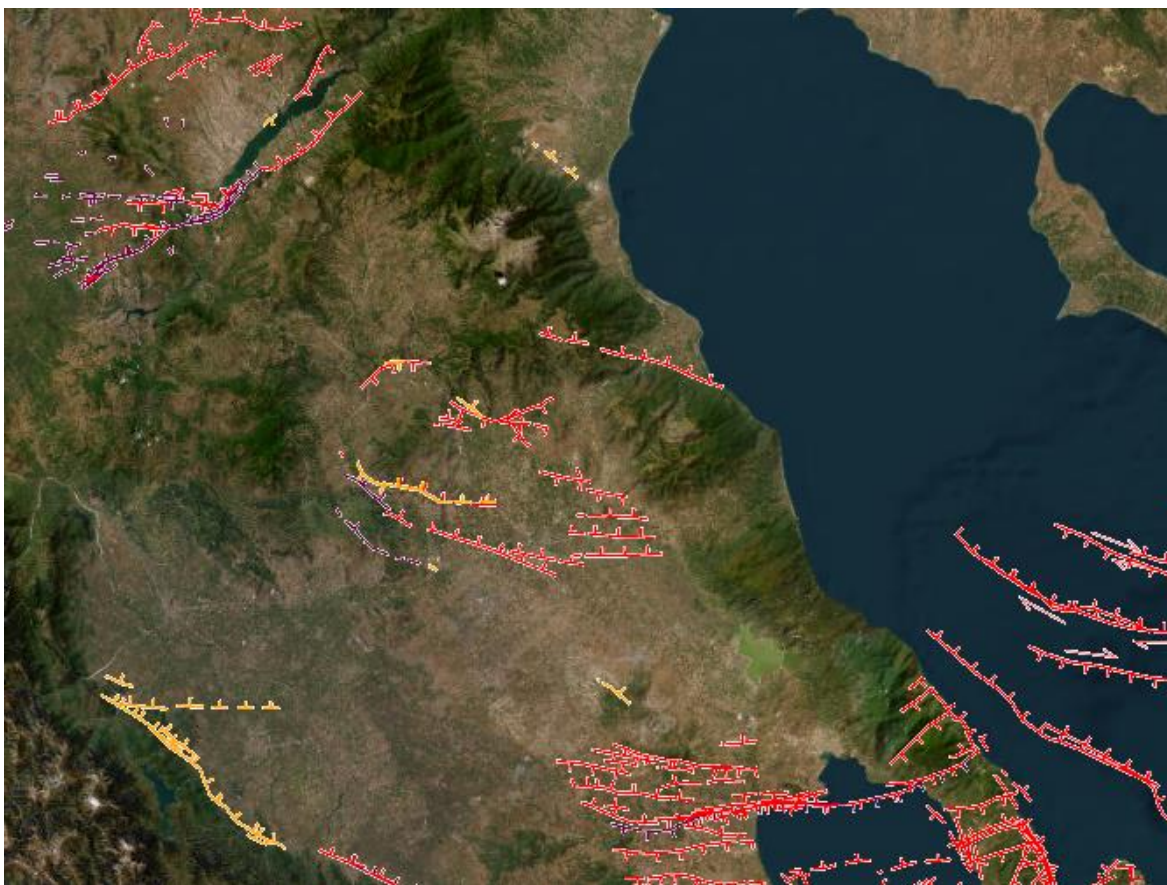
Σχήμα 2.2. Γεωλογικός χάρτης της περιοχής μελέτης. (Καραμουχτάρη, 2006)

2.3 Τεκτονική της ευρύτερης περιοχής

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης αποτελεί μέρος της τεκτονικής λεκάνης της Ανατολικής Θεσσαλικής πεδιάδας (Λάρισας), η οποία είναι παράλληλη με τη ΒΔ - ΝΑ διεύθυνση των εσωτερικών Ελληνίδων. Η λοφώδης ράχη ΝΔ της λεκάνης τη διαχωρίζει από τη δυτική θεσσαλική πεδιάδα και αποτελείται από τεκτονικά ανυψωμένα ιζήματα, τα οποία κάθονται επάνω από την αντικλινική δομή του υποβάθρου. Η λεκάνη δημιουργήθηκε στο Πλειόκαινο λόγω του εφελκυσμού που λειτούργησε στην τελευταία αλπική ορογένεση, η

οποία διαμόρφωσε οριστικά το ορογενές. Ο εφελκυσμός είχε δύο φάσεις. Η μια ξεκίνησε στο Πλειόκαινο και τελείωσε το Μέσο Πλειστόκαινο με διεύθυνση ΒΑ - ΝΔ με την δημιουργία ρηγμάτων ΒΔ - ΝΑ διεύθυνσης. Η δεύτερη ξεκίνησε το Μέσο Πλειστόκαινο έως σήμερα με διεύθυνση Β - Ν έως ΒΒΑ - ΝΝΔ με τη δημιουργία Α έως ΔΒΔ - ΑΝΑ ρήγματα. Σε αυτές τις ρηξιγενείς δομές δημιουργήθηκε ένα ποταμολιμναίο - ποταμοχειμνάρειο περιβάλλον απόθεσης, στο οποίο αποτέθηκαν ιζήματα πάχους περίπου 500 m (Δημογιάννη, 2014).

Η περιοχή παρουσιάζει αρκετά ρήγματα στους γεωλογικούς χάρτες τα οποία δεν χρονολογούνται. Τα κυριότερα ρήγματα είναι του Τυρνάβου ΝΔ της περιοχής, της Γυρτώνης ΝΑ της περιοχής, της Ροδιάς βόρεια της περιοχής και της Λάρισας νότια της περιοχής.



Εικόνα 2.3.1. Τα ενεργά ρήγματα της περιοχής (ΕΑΓΜΕ, <https://www.eagme.gr/>).

3. ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ – ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

3.1. Γενικά

Τα κλιματικά στοιχεία σε μια περιοχή παίζουν μεγάλο ρόλο στον καθορισμό του υδρολογικού ισοζυγίου σε μια λεκάνη, όπως για παράδειγμα στην κατείσδυση, στην εξατμισοδιαπνοή και στην επιφανειακή απορροή. Τα δεδομένα συλλέχθηκαν από το Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών για το έτος 2023, από τους βροχομετρικούς σταθμούς της Λάρισας, των Δένδρων Τυρνάβου και της Ελασσόνας.

Στη περιοχή μελέτης επικρατεί το ηπειρωτικό κλίμα και πιο συγκεκριμένα το μεταβατικό, δηλαδή από το μεσογειακό προς το μεσοευρωπαϊκό. Στη Θεσσαλία παρατηρείται μείωση των βροχοπτώσεων λόγω των ορεινών όγκων που υπάρχουν στη γύρω περιοχή και ιδιαίτερα της οροσειράς της Πίνδου που εμποδίζει την περαιτέρω ανάπτυξη των κλιματικών φαινομένων. Για αυτό τον λόγο στη δυτική ηπειρωτική χώρα υπάρχουν περισσότερες βροχοπτώσεις (Δημογιάννη, 2014)

Με βάση την ταξινόμηση Korppen (Korppen et al., 1936) ο κλιματικός τύπος της ευρύτερης περιοχής χαρακτηρίζεται ως Csa, δηλαδή είναι μεσογειακός ή μεσόθερμος τύπος κλίματος με θερμά καλοκαίρια και ήπιους και υγρούς χειμώνες. Το C μεταφράζεται σε υγρό κλίμα με ήπιους χειμώνες, το s ξηρό καλοκαίρι και το a μακρόχρονο και θερμό καλοκαίρι.

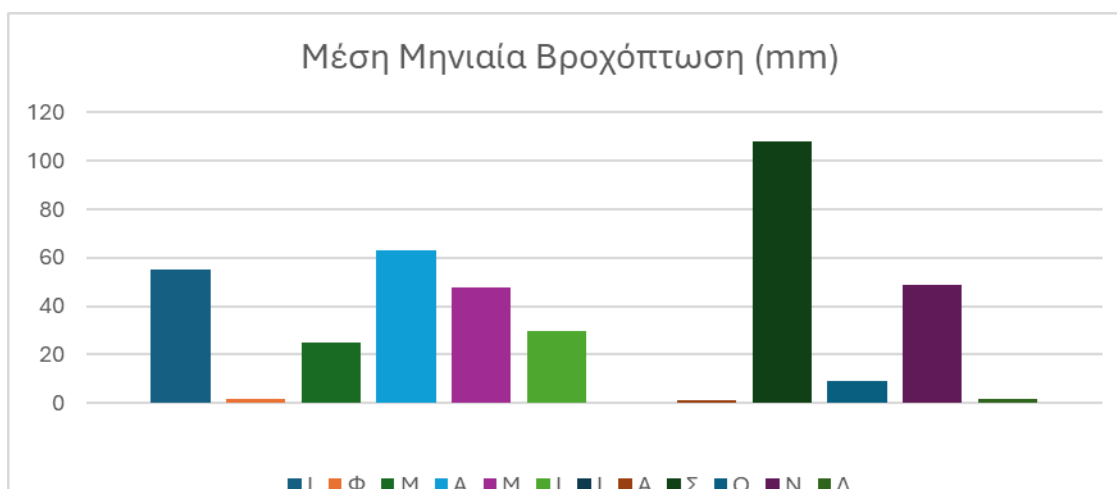
3.2. Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

Στα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα περιλαμβάνονται η βροχή, το χιόνι και το χαλάζι και είναι σημαντικοί κλιματικοί δείκτες για τη σύνταξη του υδρολογικού ισοζυγίου.

Στον πίνακα 3.1 παρουσιάζονται οι μηνιαίες τιμές ύψους της βροχόπτωσης του Μετεωρολογικού Σταθμού της Λάρισας (Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών) και στο σχήμα 3.1 η κατανομή τους στη διάρκεια του έτους. Οι υψηλότερες τιμές παρατηρούνται τους μήνες Ιανουάριο, Απρίλιο, Μάιο, Σεπτέμβριο και Νοέμβριο. Η μέγιστη βροχόπτωση παρουσιάστηκε τον μήνα Σεπτέμβριο, ενώ οι ξηροί μήνες είναι ο Φεβρουάριος, ο Ιούνιος, ο Αύγουστος, ο Οκτώβριος και ο Δεκέμβριος.

Πίνακας 3.1. Μηνιαίες μέσες τιμές βροχόπτωσης σε mm από τα στοιχεία του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, στη Λάρισα το έτος 2023.

Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι
55,4	1,8	25	63	47,6	30
Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
0	1	108,2	9	48,8	1,8

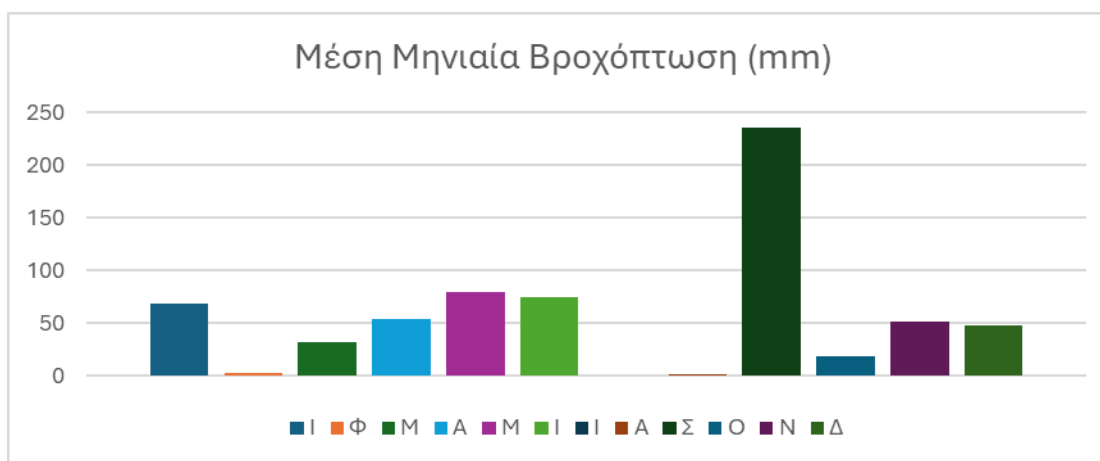


Σχήμα 3.1. Διάγραμμα ετήσιας κατανομής της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης σε mm από τα στοιχεία του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, στη Λάρισα το έτος 2023.

Στον πίνακα 3.2 παρουσιάζονται οι μηνιαίες τιμές ύψους της βροχόπτωσης του Μετεωρολογικού Σταθμού των Δένδρων Τυρνάβου (Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών) και στο σχήμα 3.2 η κατανομή τους στη διάρκεια του έτους. Οι υψηλότερες τιμές παρατηρούνται τους μήνες Ιανουάριο, Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο, Σεπτέμβριο και Νοέμβριο. Η μέγιστη βροχόπτωση παρουσιάστηκε τον μήνα Σεπτέμβριο, ενώ οι ξηροί μήνες είναι ο Φεβρουάριος, ο Ιούλιος και ο Αύγουστος.

Πίνακας 3.2. Μηνιαίες μέσες τιμές βροχόπτωσης σε mm από τα στοιχεία του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, στα Δένδρα Τυρνάβου το έτος 2023.

Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι
68,7	3	32,7	54,4	80	74,4
Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
0	0,2	236	19	51,6	48,1

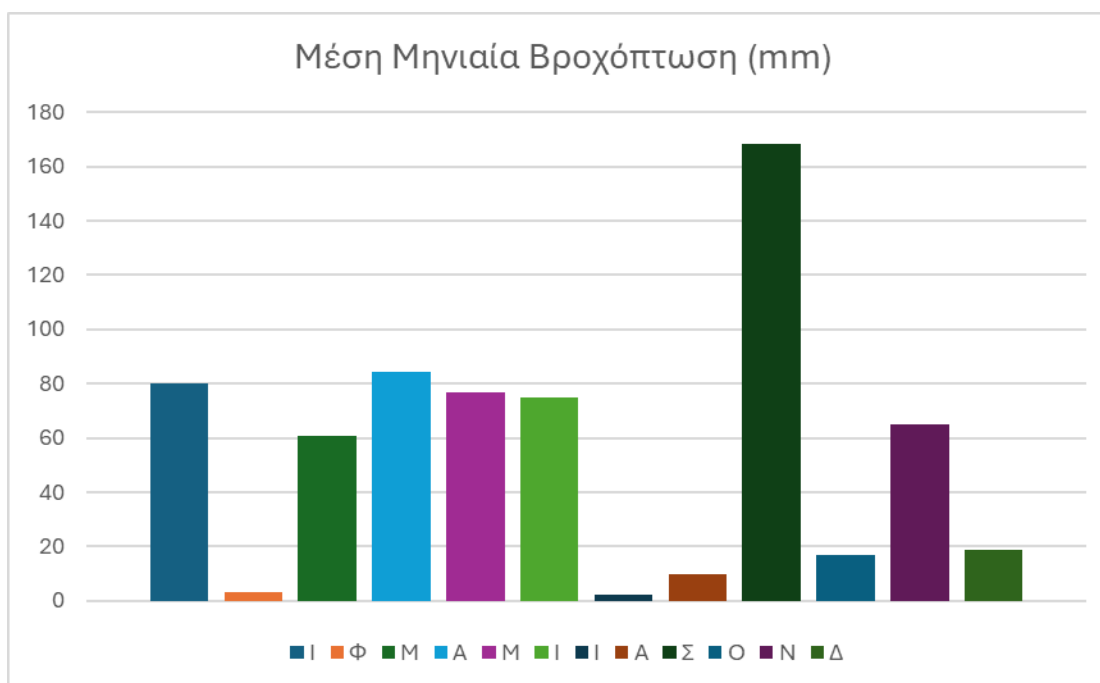


Σχήμα 3.2. Διάγραμμα ετήσιας κατανομής της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης σε mm από τα στοιχεία του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, στα Δένδρα Τυρνάβου το έτος 2023.

Στον πίνακα 3.3 παρουσιάζονται οι μηνιαίες τιμές ύψους της βροχόπτωσης του Μετεωρολογικού Σταθμού της Ελασσόνας (Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών) και στο σχήμα 3.3 η κατανομή τους στη διάρκεια του έτους. Οι υψηλότερες τιμές παρουσιάζονται τους μήνες Ιανουάριο, Μάρτιο, Απρίλιο, Μάιο, Ιούνιο, Σεπτέμβριο και Νοέμβριο. Η μέγιστη βροχόπτωση παρουσιάστηκε τον μήνα Σεπτέμβριο, ενώ οι ξηροί μήνες είναι τον Φεβρουάριο τον Ιούλιο και τον Αύγουστο.

Πίνακας 3.3. Μηνιαίες μέσες τιμές βροχόπτωσης σε mm από τα στοιχεία του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, στην Ελασσόνα το έτος 2023.

Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι
80	3	60,8	84,2	76,8	75
Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
2,4	9,8	168,4	16,8	65,2	18,6



Σχήμα 3.3. Διάγραμμα ετήσιας κατανομής της μέσης μηνιαίας βροχόπτωσης σε mm από τα στοιχεία του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, στην Ελασσόνα το έτος 2023.

Κοινό γνώρισμα και των τριών σταθμών είναι το μεγάλο ύψος βροχόπτωσης τον μήνα Σεπτέμβριο. Πιο συγκεκριμένα, βρέθηκαν 108,2 mm βροχής στο βροχομετρικό σταθμό της Λάρισας, 236 mm βροχής στο βροχομετρικό σταθμό στα Δένδρα Τυρνάβου και 168,4 mm βροχής στο βροχομετρικό σταθμό στην Ελασσόνα, με μέση τιμή της βροχόπτωσης τα 170,8 mm βροχής. Αυτό συνέβη λόγω των δύο μεγάλων κακοκαιριών του Daniel και Elias που έπληξαν την Ελλάδα και συγκεκριμένα την Θεσσαλία εκείνον τον μήνα με τα έντονα πλημμυρικά φαινόμενα.

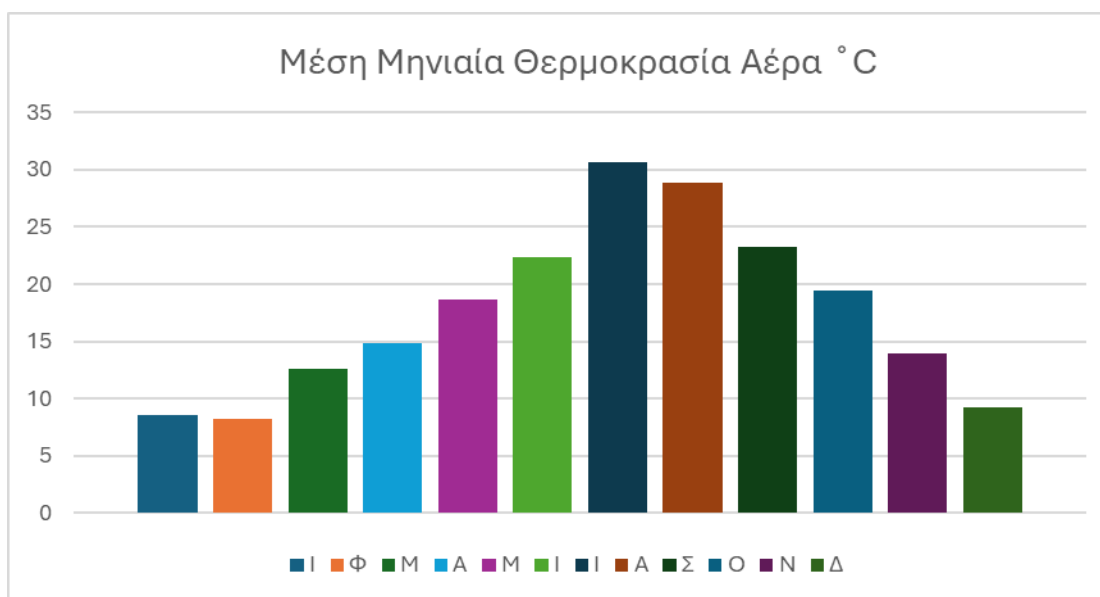
3.3. Θερμοκρασία

Η γνώση της θερμοκρασίας είναι απαραίτητη διότι είναι μια από τις παραμέτρους που επιδρά στην εξατμισοδιαπνοή, η οποία αποτελεί σημαντική παράμετρο του υδραυλικού ισοζυγίου σε μια λεκάνη απορροής.

Στον πίνακα 3.4 δίνονται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες αέρα ($^{\circ}\text{C}$) του Μ.Σ του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών στη Λάρισα και στο Σχήμα 3.4 η κατανομή τους στη διάρκεια του έτους. Ο ψυχρότερος μήνας ήταν ο Φεβρουάριος και ο θερμότερος ο Ιούλιος, ενώ η μέση ετήσια θερμοκρασία υπολογίστηκε στους $17,7^{\circ}\text{C}$.

Πίνακας 3.4. Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες αέρα ($^{\circ}\text{C}$) του Μ.Σ του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών στη Λάρισα το έτος 2023.

Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι
8,5	8,2	12,6	14,8	18,6	24,4
Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
30,7	28,9	23,3	19,4	13,9	9,2



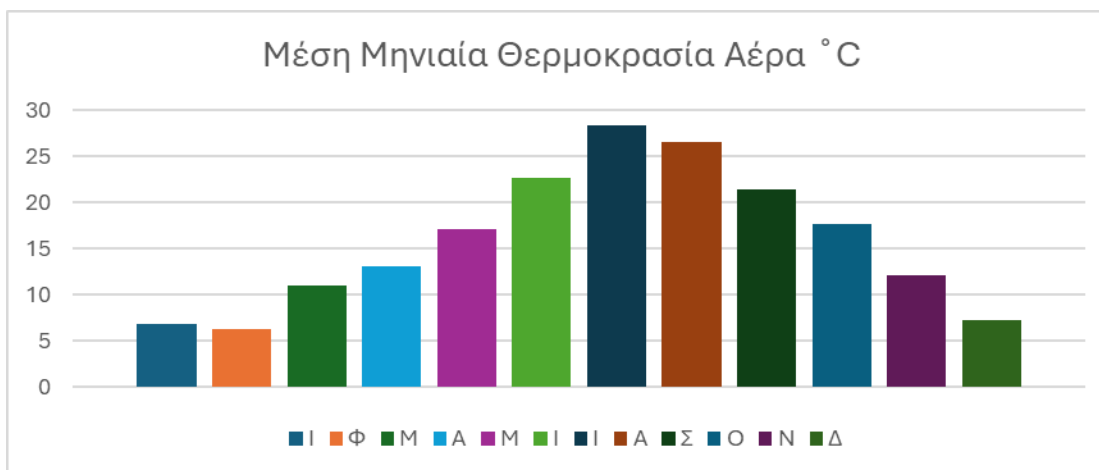
Σχήμα 3.4. Διάγραμμα ετήσιας κατανομής της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας αέρα ($^{\circ}\text{C}$) από τα στοιχεία του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, στην Λάρισα το έτος 2023.

Στον πίνακα 3.5 δίνονται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες αέρα ($^{\circ}\text{C}$) του Μ.Σ του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών στα Δένδρα Τυρνάβου και στο Σχήμα 3.5 η κατανομή

τους στη διάρκεια του έτους. Ο ψυχρότερος μήνας ήταν ο Φεβρουάριος και ο θερμότερος ο Ιούλιος, ενώ η μέση ετήσια θερμοκρασία υπολογίστηκε στους 15,8 °C.

Πίνακας 3.5. Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες αέρα (°C) του Μ.Σ του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών στα Δένδρα Τυρνάβου το έτος 2023.

Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι
6,8	6,2	11	13,1	17,1	22,6
Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
28,3	26,5	21,4	17,6	12,1	7,2

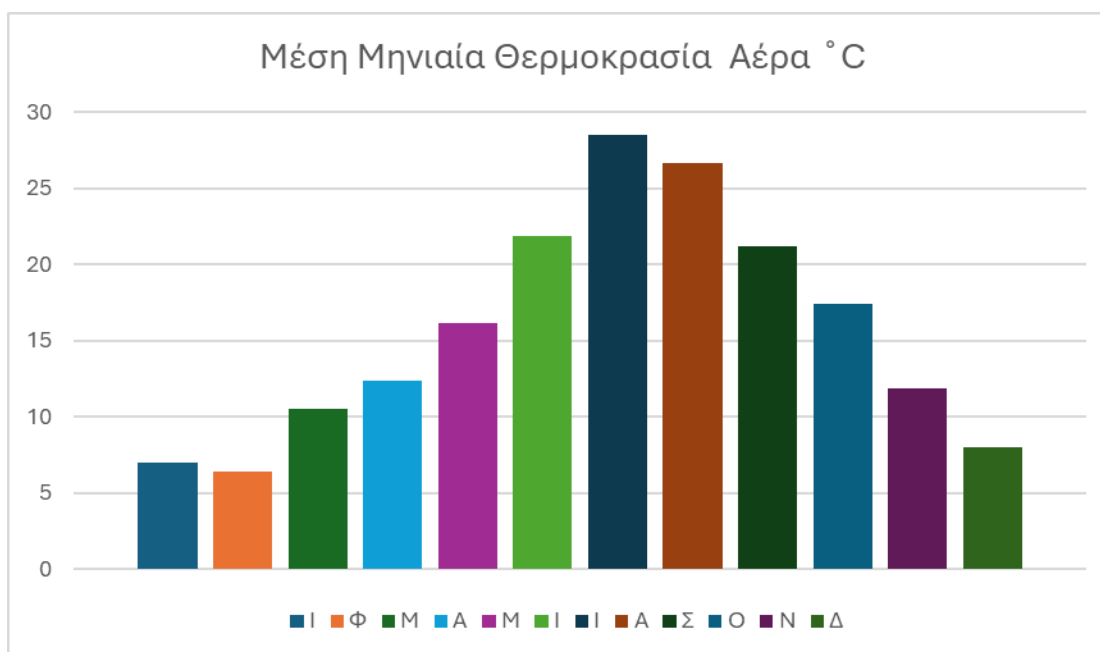


Σχήμα 3.5. Διάγραμμα ετήσιας κατανομής της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας αέρα (°C) από τα στοιχεία του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, στα Δένδρα Τυρνάβου το έτος 2023.

Στον πίνακα 3.6 δίνονται οι μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες αέρα (°C) του Μ.Σ του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών στην Ελασσόνα και στο Σχήμα 3.6 η κατανομή τους στη διάρκεια του έτους. Ο ψυχρότερος μήνας ήταν ο Φεβρουάριος και ο θερμότερος ο Ιούλιος, ενώ η μέση ετήσια θερμοκρασία υπολογίστηκε στους 15,7 °C.

Πίνακας 3.6. Μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες αέρα (°C) του Μ.Σ του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών στην Ελασσόνα το έτος 2023.

Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι
7	6,4	10,5	12,4	16,2	21,9
Ι	Α	Σ	Ο	Ν	Δ
28,5	26,7	21,2	17,4	11,9	8



Σχήμα 3.6. Διάγραμμα ετήσιας κατανομής της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας αέρα (°C) από τα στοιχεία του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών, στην Ελασσόνα Τυρνάβου το έτος 2023.

4. ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΟΥ ΥΠΟΓΕΙΟΥ ΝΕΡΟΥ

4.1 Γενικά

Το υπόγειο νερό προέρχεται κυρίως από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, τα οποία κατεισδύουν στο υπέδαφος και αποθηκεύονται στον υπόγειο υδροφόρα. Καθώς το νερό κατεισδύει, εμπλουτίζεται με διάφορες χημικές ουσίες και ο χημισμός του μπορεί να μεταβληθεί από την διείσδυση του θαλασσινού νερού, τα γεωθερμικά ρευστά, τους ανθρωπογενείς παράγοντες, καθώς και εξαρτάται από το είδος των πετρωμάτων, μέσα στα οποία κατεισδύει. Επομένως η ποιοτική ανάλυση του υπόγειου νερού είναι σημαντική για να προσδιορίσουμε την προέλευσή του και την καταλληλότητά του για ύδρευση και άρδευση.

Ο όρος ποιότητα του υπόγειου νερού συναρτάται με τη συνολική περιεκτικότητά του σε διαλυμένες ή και αιωρούμενες ουσίες, όπως και από τη σύσταση αυτών των ουσιών (Σούλιος 2006). Τα χαρακτηριστικά που καθορίζουν την ποιότητα του υπόγειου νερού χωρίζονται στις εξής κατηγορίες (Σούλιος 2006, Καλλέργης 2000):

- Στα φυσικά χαρακτηριστικά, δηλαδή στο χρώμα, την οσμή, την θολότητα, την θερμοκρασία.
- Στα χημικά χαρακτηριστικά, στα ιόντα που διαχωρίζονται στα κύρια ιόντα (Ca^{+2} , Mg^{2+} , Na^{+} , K^{+} , HCO_3^{-} , SO_4^{-2} , Cl^{-} , NO^{-3}), στα δευτερεύοντα ιόντα (Fe^{+2} , Fe^{+3} , Mn^{+2} , NH_4^{+} , F^{-} , CO_3^{-2} , Al^{+3} κ.ά.), σε ολιγοστοιχεία και ιχνοστοιχεία.

Επιπλέον εκτός από τις παραπάνω παραμέτρους που αναφέρθηκαν, στα κριτήρια ποιότητας εισάγονται και διάφοροι δείκτες, όπως η ηλεκτρική αγωγιμότητα, το pH, το Eh, η σκληρότητα καθώς και οργανικές ενώσεις, συνθετικές οργανικές ενώσεις και ραδιενεργά στοιχεία.

Σε αυτό το κεφάλαιο θα εξεταστούν και περιγραφούν η χημική σύσταση του υπόγειου νερού με βάση τα νιτρικά ιόντα (NO^{-3}) και τα θειικά ιόντα (SO_4^{-2}) στην περιοχή του Αμπελώνα Λάρισας, για να προσδιοριστούν τα υδροχημικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του.

Για να διερευνηθούν αυτά τα χαρακτηριστικά πραγματοποιήθηκε μια σειρά δειγματοληψιών νερού από γεωτρήσεις της γύρω περιοχής, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την άρδευση των καλλιεργήσιμων εκτάσεων.

4.2. Δειγματοληψία - Μετρήσεις υπαίθρου

Κατά το έτος 2023 πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες νερού σε δύο περιόδους στην περιοχή του Αμπελώνα Λάρισας. Οι περίοδοι αυτοί ήταν τους μήνες Απρίλιο και Αύγουστο. Η επιλογή αυτής της περιοχής έγινε για να διαμορφωθεί μια εικόνα για την ποιοτική σύσταση του νερού των υδροφορέων σε όλο το έτος. Για την περίοδο του Απριλίου μπορεί να εκτιμηθεί η εικόνα της ποιότητας του υπόγειου νερού για την χειμερινή περίοδο, πριν την έναρξη των αντλήσεων, όπου στο διάστημα αυτό είχαμε διακοπή της ανθρωπογενούς δραστηριότητας. Κατά την περίοδο της δειγματοληψίας του Αυγούστου, η καλλιεργητική δραστηριότητα είχε λήξει, οπότε οποιοδήποτε αποτέλεσμα της γεωργικής χρήσης θα μπορούσε να καταγραφεί στην ποιότητα του νερού μέσω των χημικών αναλύσεων.

Η δειγματοληψία σε αυτές τις περιόδους έγινε σε γεωτρήσεις ιδιωτών σε καλλιεργήσιμες εκτάσεις, αλλά και σε τοποθεσίες κτηνοτροφικών μονάδων, καθώς και σε γεωτρήσεις μέσα στην οικιστική περιοχή. Πιο αναλυτικά στον παρακάτω Πίνακα 4.1 δίνονται ο αριθμός και οι συντεταγμένες της δειγματοληψίας.

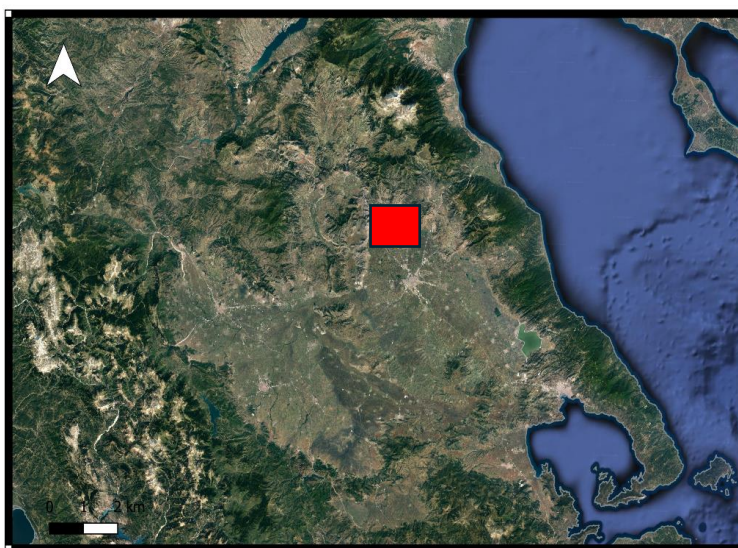
Πίνακας 4.1. Αριθμός δειγμάτων και συντεταγμένες δειγματοληψίας.

Γεωτρήσεις	Γεωγραφικό πλάτος	Γεωγραφικό μήκος
Γ1	39,727409	22,320694
Γ2	39,747284	22,339040
Γ3	39,751817	22,349540
Γ4	39,728366	22,355357
Γ5	39,739338	22,359654
Γ6	39,747068	22,388947
Γ7	39,755344	22,396175
Γ8	39,769377	22,393525
Γ9	39,762445	22,362649
Γ10	39,749756	22,361808
Γ11	39,774406	22,366559

Γ12	39,768702	22,393377
Γ13	39,720466	22,358913
Γ14	39,734701	22,333586

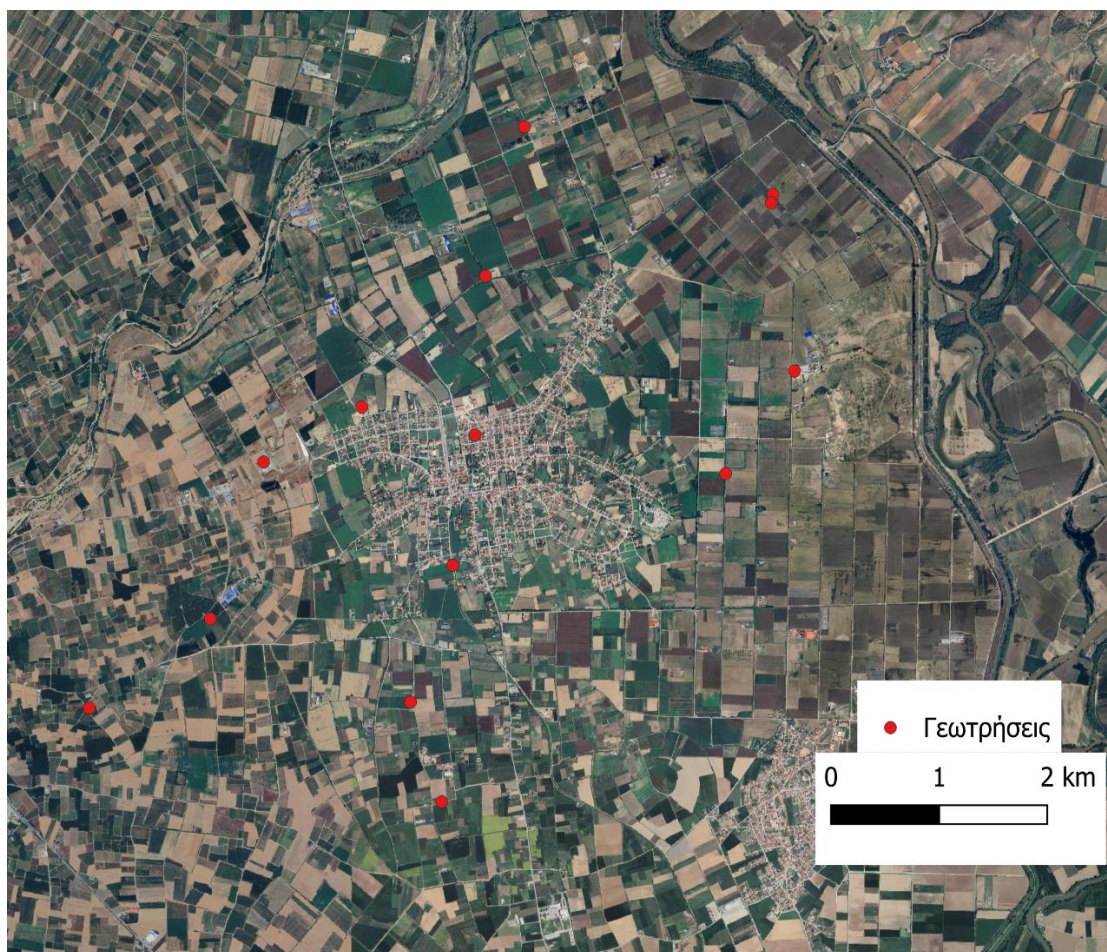


Σχήμα 4.1. Γεώτρηση Γ1 και Γ14.



Σχήμα 4.2. Περιοχή έρευνας.

Τα σημεία της δειγματοληψίας κατανέμονται ομοιόμορφα στον χώρο και σε όλη την έκταση της περιοχής του Αμπελώνα. Στο σχήμα 4.3 απεικονίζεται το δίκτυο της δειγματοληψίας του νερού εντός του Αμπελώνα.



Σχήμα 4.3. Δίκτυο δειγματοληψίας νερού στην περιοχή του Αμπελώνα Λάρισας.

Η δειγματοληψία έγινε σε πλαστικά μπουκάλια 500 ml τα οποία σφραγίστηκαν και φυλάχτηκαν σε σκιερό μέρος έως ότου μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας και Υδρογεωλογίας του Α.Π.Θ για ανάλυση. Στο εργαστήριο έγινε η χημική ανάλυση για τον προσδιορισμό νιτρικών ιόντων (NO^{-3}) και θεικών ιόντων (SO_4^{-2}) με τη χρήση φασματοφωτόμετρου HACH DR 2000.

Για την ανάλυση των νιτρικών ιόντων χρησιμοποιήθηκε 25 ml από το δείγμα και 75 ml απιονισμένο νερό. Στη συνέχεια σε δύο ειδικά σκευάσματα τοποθετήσαμε το συνολικό δείγμα και στο ένα από τα δύο τοποθετήθηκε το αντιδραστήριο. Για ένα λεπτό ανακινήσαμε το σκεύασμα και το αφήσαμε για πέντε λεπτά. Έπειτα, στο φασματοφωτόμετρο τοποθετήσαμε το σκεύασμα όπου δεν περιείχε το αντιδραστήριο, το

μηδενίσαμε και αφού βάλουμε το σκεύασμα με το αντιδραστήριο πατήσαμε το ender για τρεις φορές βγάζοντας τον μέσο όρο της τιμής που θέλαμε.

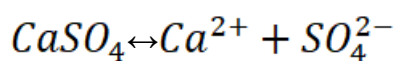
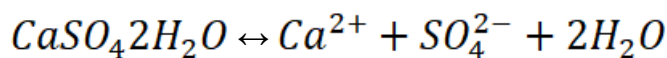
Για την ανάλυση των θειικών ιόντων δεν αραιώσαμε το διάλυμα, εκτός από λίγες περιπτώσεις όπου το αποτέλεσμα δεν ήταν έγκυρο. Τοποθετήσαμε στο ένα σκεύος το δείγμα με το αντιδραστήριο και στο άλλο μόνο το δείγμα και περιμέναμε για πέντε λεπτά. Στη συνέχεια ακολουθήσαμε την ίδια διαδικασία με αυτή για την ανάλυση των νιτρικών.



Σχήμα 4.4. Δοκιμή με τη χρήση φασματοφωτόμετρου HACH DR 2000.

4.3 Θεϊκά ιόντα (SO_4^{-2}).

Η προέλευση των θεϊκών ιόντων (SO_4^{-2}) είναι από τη διάλυση της γύψου ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) και του ανυδρίτη (CaSO_4) σύμφωνα με τις παρακάτω εξισώσεις (Καλλέργης 2000, Βουδούρης 2009), καθώς και από τη χρήση θεϊκών λιπασμάτων τύπου $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Επίσης άλλη μια προέλευση είναι η οξείδωση θειούχων ενώσεων (πυριτικών) που βρίσκονται σε αργιλικά πετρώματα, τα βιομηχανικά απόβλητα, οι οργανικές αποθέσεις κ.α.



Οι μεγάλες ποσότητες σε θεϊκά ιόντα στο νερό το κάνουν να δρά ως καθαριστικό, ωστόσο εάν η περιεκτικότητα σε θεϊκά ιόντα υπερβεί τα 250 mg/L η χρήση του νερού δεν συνίσταται για πόση και βιομηχανική χρήση.

Επιπλέον, τα ισότοπα του θείου μπορούν να χρησιμοποιηθούν, σε ορισμένες περιπτώσεις, για να διακρίνουμε την πηγή των ρύπων.

4.3.1 Θεϊκά ιόντα (SO_4^{-2}) Απριλίου.

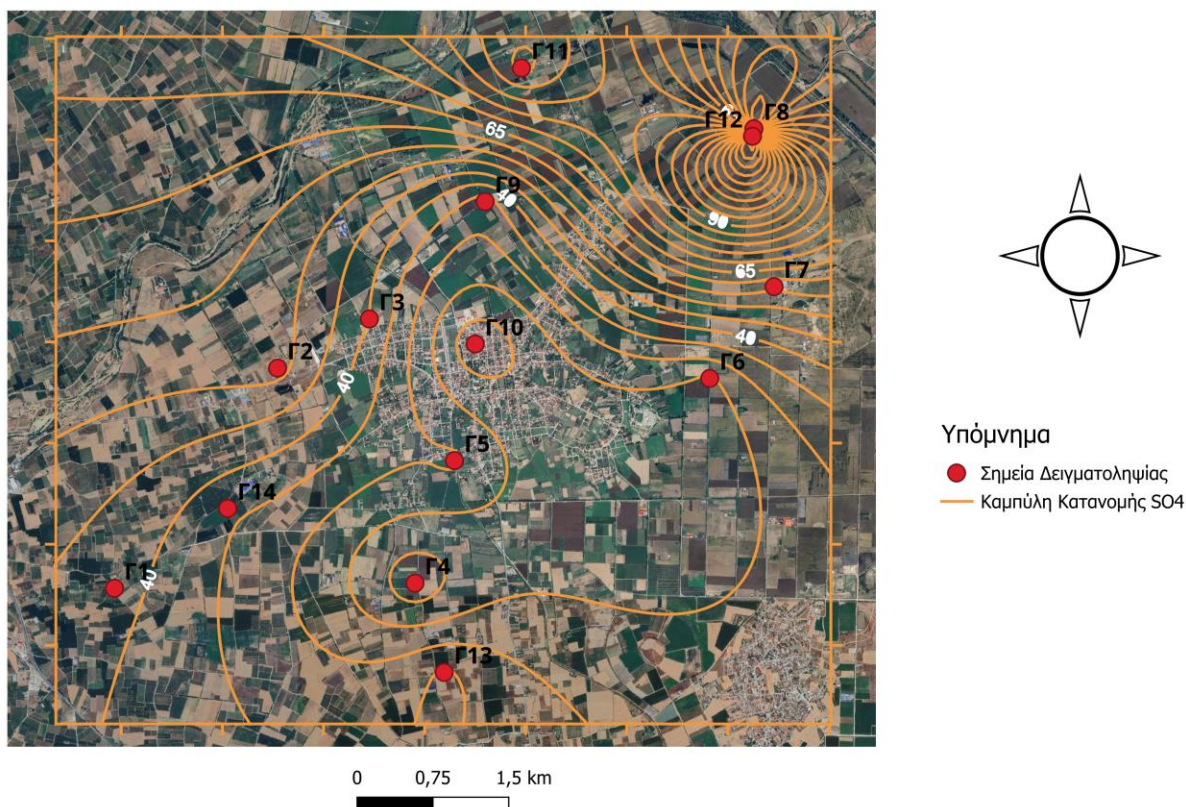
Στον παρακάτω πίνακα 4.2 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων, για κάθε γεώτρηση, των θεϊκών ιόντων τον μήνα Απρίλιο.

Πίνακας 4.2. Αποτελέσματα αναλύσεων θεϊκών Απριλίου.

Γεωτρήσεις	mg/L	Γεωτρήσεις	mg/L
Γ1	42	Γ8	36
Γ2	52	Γ9	32
Γ3	40	Γ10	16
Γ4	16	Γ11	92
Γ5	31	Γ12	144
Γ6	24	Γ13	36
Γ7	56	Γ14	36

Οι τιμές συγκέντρωσης των θεικών ιόντων SO_4^{-2} κυμαίνονται από 16 mg/L έως 144 mg/L. Παρατηρούμε ότι οι συγκεντρώσεις των θεικών ιόντων είναι πολύ χαμηλότερες από την επιτρεπτή τιμή.

Στο σχήμα 4.5 δίνεται η χωρική κατανομή της συγκέντρωσης των θεικών ιόντων (SO_4^{-2}) κατά την περίοδο της δειγματοληψίας για τον μήνα Απρίλιο.



Σχήμα 4.5. Χωρική κατανομή ιόντων SO_4^{-2} (mg/L) κατά τον μήνα Απρίλιο 2023

Από το σχήμα 4.5 φαίνεται μια υψηλή συγκέντρωση θεικών ιόντων στην βορειοανατολική περιοχή, δηλαδή γύρω από τις γεωτρήσεις Γ11 και Γ12. Η συγκέντρωση σε αυτές τις θέσεις είναι μεγαλύτερη από την υπόλοιπη περιοχή και εκεί παρατηρούνται οι μεγαλύτερες τιμές, πιθανών λόγω της μεγαλύτερης χρήσης λιπασμάτων ή της παρουσίας κτηνοτροφικών μονάδων.

4.3.2 Θεικά ιόντα (SO_4^{-2}) Αυγούστου

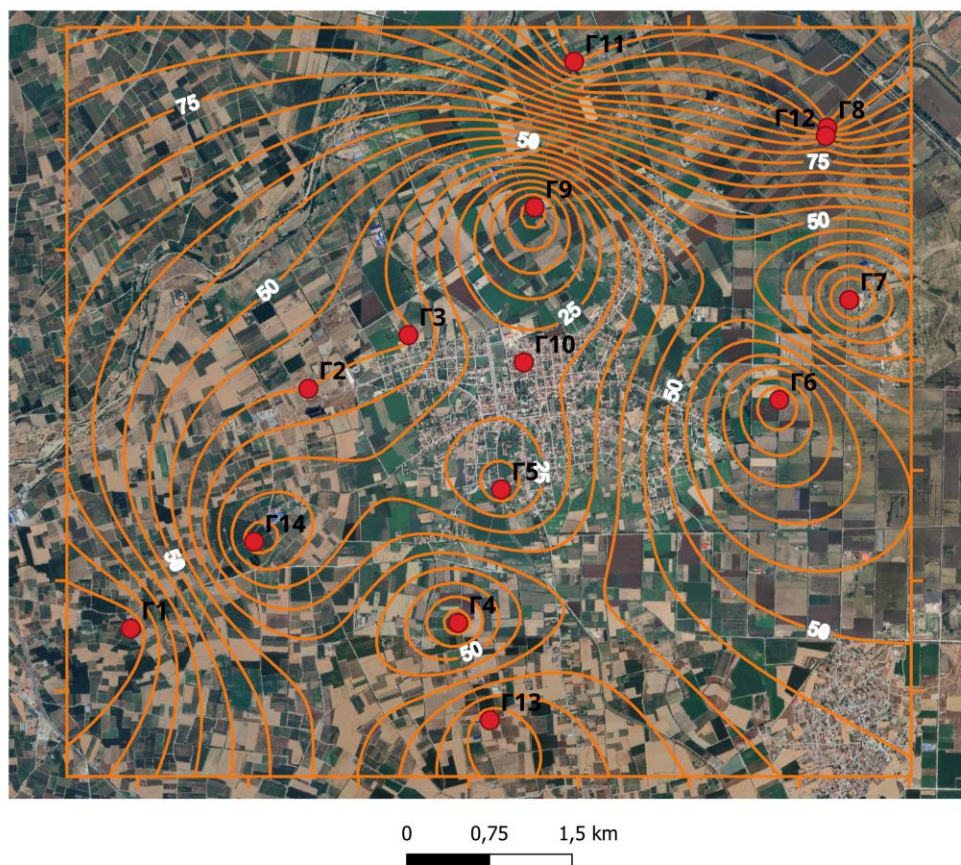
Στον πίνακα 4.3 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων, για κάθε γεώτρηση, των θεικών ιόντων τον μήνα Αύγουστο.

Πίνακας 4.3. Αποτελέσματα αναλύσεων θεικών Αυγούστου.

Γεωτρήσεις	mg/L	Γεωτρήσεις	mg/L
Γ1	80	Γ8	110
Γ2	40	Γ9	0
Γ3	41	Γ10	29
Γ4	65	Γ11	116
Γ5	16	Γ12	86
Γ6	82	Γ13	20
Γ7	16	Γ14	16

Οι τιμές συγκέντρωσης των θεικών ιόντων SO_4^{-2} κυμαίνονται από 0 mg/L έως 116 mg/L. Παρατηρούμε ότι οι συγκεντρώσεις των θεικών ιόντων είναι πολύ χαμηλότερες από την επιτρεπτή τιμή.

Στο σχήμα 4.6 δίνεται η χωρική κατανομή της συγκέντρωσης των θεικών ιόντων (SO_4^{-2}) κατά την περίοδο της δειγματοληψίας για τον μήνα Αύγουστο.



Σχήμα 4.6. Χωρική κατανομή ιόντων SO_4^{2-} (mg/L) κατά τον μήνα Αύγουστο 2023.

Από το σχήμα 4.6 φαίνεται μια υψηλή συγκέντρωση θεικών ιόντων στην βορειοανατολική περιοχή, αλλά και στη νοτιοδυτική, δηλαδή γύρω από τις γεωτρήσεις Γ11, Γ12, Γ8 και Γ1. Η συγκέντρωση σε αυτές τις θέσεις είναι μεγαλύτερη από την υπόλοιπη περιοχή και εκεί παρατηρούνται οι μεγαλύτερες τιμές, πιθανών λόγω της μεγαλύτερης χρήσης λιπασμάτων ή της παρουσίας κτηνοτροφικών μονάδων που υπάρχουν στην περιοχή.

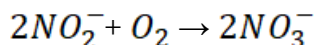
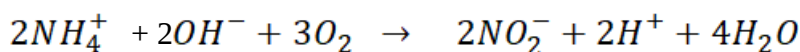
Οι συγκεντρώσεις των θεικών ιόντων τον μήνα Αύγουστο παρουσιάζουν αύξηση, στις περισσότερες γεωτρήσεις, με λίγες εξαιρέσεις. Αυτή η αύξηση οφείλεται πιθανών λόγω της αύξησης των λιπασμάτων κατά την καλλιεργήσιμη περίοδο.

4.4 Νιτρικά ιόντα (NO_3^-)

Τα νιτρικά ιόντα αποτελούν δείκτες ρύπανσης των υπόγειων υδροφορέων από τα λιπάσματα της αγροτικής δραστηριότητας σε μια περιοχή. Αποτελεί τον πιο διαδεδομένο

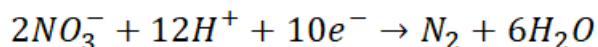
ρυπαντή, τόσο του υπόγειου, όσο και του επιφανειακού νερού (Birkinshaw and Ewen 2000, Ledoux et al. 2001, Oyarzun et al. 2007). Πιο συγκεκριμένα, αποτελούν το τελικό προϊόν της τελικής αποσύνθεσης οργανικών αζωτούχων ενώσεων, όπως φυτικής και ζωικής πρωτεΐνης. Δηλαδή ίσως μπορεί να προέρχεται από ζωικά περιττώματα, λιπάσματα ή από προηγούμενες χρήσεις του νερού από τον άνθρωπο. Επίσης, η αποστράγγιση των αστικών βόθρων και γενικά η ανεξέλεγκτη χρήση των οικιακών λυμάτων, όπως και οι διαφυγές στραγγισμάτων από τα Χ.Υ.Τ.Α ή αλλιώς Χ.Υ.Τ.Υ είναι παράγοντες που αυξάνουν την περιεκτικότητα σε νιτρικά ιόντα στο υπόγειο νερό.

Η διαδικασία με την οποία δημιουργείται το νιτρικό ιόν είναι με την οξείδωση του ιόντος NH_4^+ που προκύπτει από την αποσύνθεση. Με την βοήθεια των μικροοργανισμών, αυτή η διαδικασία που ονομάζεται νιτριοποίηση, πραγματοποιείται σε δύο στάδια:



Αυτή η μεγάλη περιεκτικότητα σε νιτρικό ανιόν υποδηλώνει την παρουσία βιολογικών ρύπων ή νιτρορύπανση γεωργικής προέλευσης. Το ανώτερο όριο συγκέντρωσης νιτρικών ιόντων στο πόσιμο νερό είναι 50 mg/Lt, ενώ το επιθυμητό είναι 24 mg/Lt. Μεγάλο ρόλο στη διάδοση της ρύπανσης του υπόγειου νερού από τα νιτρικά ιόντα αποτελεί το είδος του εδαφικού σχηματισμού στην ακόρεστη ζώνη. Δηλαδή σε ρηχούς υδροφορείς και σε μεγάλης περατότητας στρώματα παρατηρούνται υψηλές περιεκτικότητες σε NO_3^- .

Τα αζωτούχα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται στις καλλιέργειες προκαλούν αύξηση της περιεκτικότητας σε νιτρικά ιόντα στο υπόγειο νερό, λόγω της μεγάλης κινητικότητάς τους στην ακόρεστη ζώνη. Η παρουσία αρνητικά φορτισμένων ιόντων σε αργιλικά μόρια οδηγούν στη συγκράτηση του αζώτου, με αποτέλεσμα να αποτρέπουν την είσοδο της αμμωνίας σε βαθύτερα τμήματα του εδάφους. Η διαδικασία με την οποία γίνεται η απομάκρυνση των νιτρικών ιόντων είναι με την αναγωγή τους με βάση την παρακάτω εξίσωση. Αυτή η αναγωγή ή απονίτρωση στους υδροφορείς γίνεται με την παρουσία οργανικής ύλης και την παρουσία βακτηρίων με τελικό προϊόν την αμμωνία.



Οι υψηλές περιεκτικότητες σε νιτρικά δημιουργούν προβλήματα στους ανθρώπους και στα ζώα. Ειδικότερα, είναι υπεύθυνα για την πρόκληση διάφορων μορφών καρκινογένεσης. Επίσης, η αλόγιστη χρήση των λιπασμάτων είναι ένα πρόβλημα που απασχολεί και για το λόγο αυτό απαιτείται έλεγχος στη χρήση τους και χρειάζεται να χρησιμοποιηθούν νέες μορφές καλλιέργειας, για την μείωσή τους.

4.4.1 Νιτρικά ιόντα (NO_3^-) Απριλίου

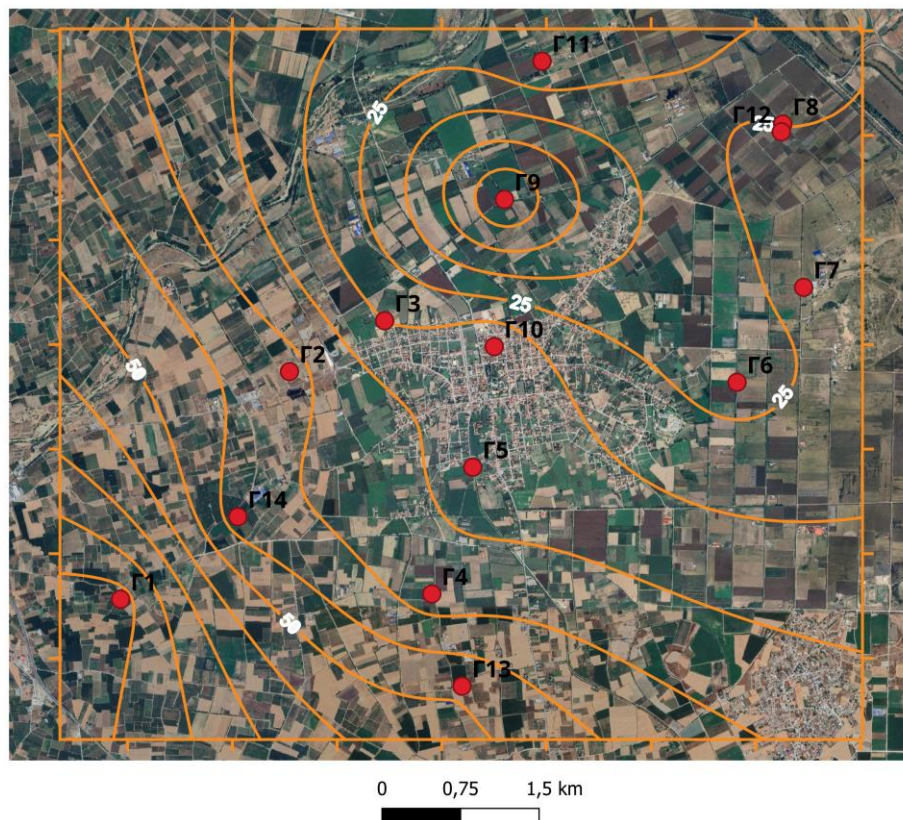
Στον παρακάτω πίνακα 4.4 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων, για κάθε γεώτρηση, των νιτρικών ιόντων τον μήνα Απρίλιο.

Πίνακας 4.4. Αποτελέσματα αναλύσεων νιτρικών Απριλίου.

Γεωτρήσεις	mg/L	Γεωτρήσεις	mg/L
Γ1	72,16	Γ8	22,9
Γ2	42,2	Γ9	4,4
Γ3	29,9	Γ10	35,2
Γ4	37	Γ11	29,9
Γ5	33,4	Γ12	28,2
Γ6	22,9	Γ13	49,3
Γ7	26,4	Γ14	42,2

Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών NO_3^- κυμαίνονται από 4,4 έως 72,16 mg/L. Η μέγιστη τιμή παρατηρείται στη γεώτρηση Γ1 και είναι μεγαλύτερη από το μέγιστο επιτρεπτό όριο των 50 mg/L. Σχεδόν σε όλα τα δείγματα έχουμε μεγάλες συγκεντρώσεις σε νιτρικά ιόντα, που πιθανών να οφείλονται στα λύματα της περιοχής, τις κτηνοτροφικές μονάδες και τις γεωργικές δραστηριότητες.

Στο σχήμα 4.7 δίνεται η χωρική κατανομή της συγκέντρωσης των νιτρικών ιόντων (NO_3^-) κατά την περίοδο της δειγματοληψίας για τον μήνα Απρίλιο.



Σχήμα 4.7. Χωρική κατανομή ιόντων σε NO_3^- (mg/L) κατά τον μήνα Απρίλιο 2023.

4.4.2 Νιτρικά ιόντα (NO_3^-) Αυγούστου

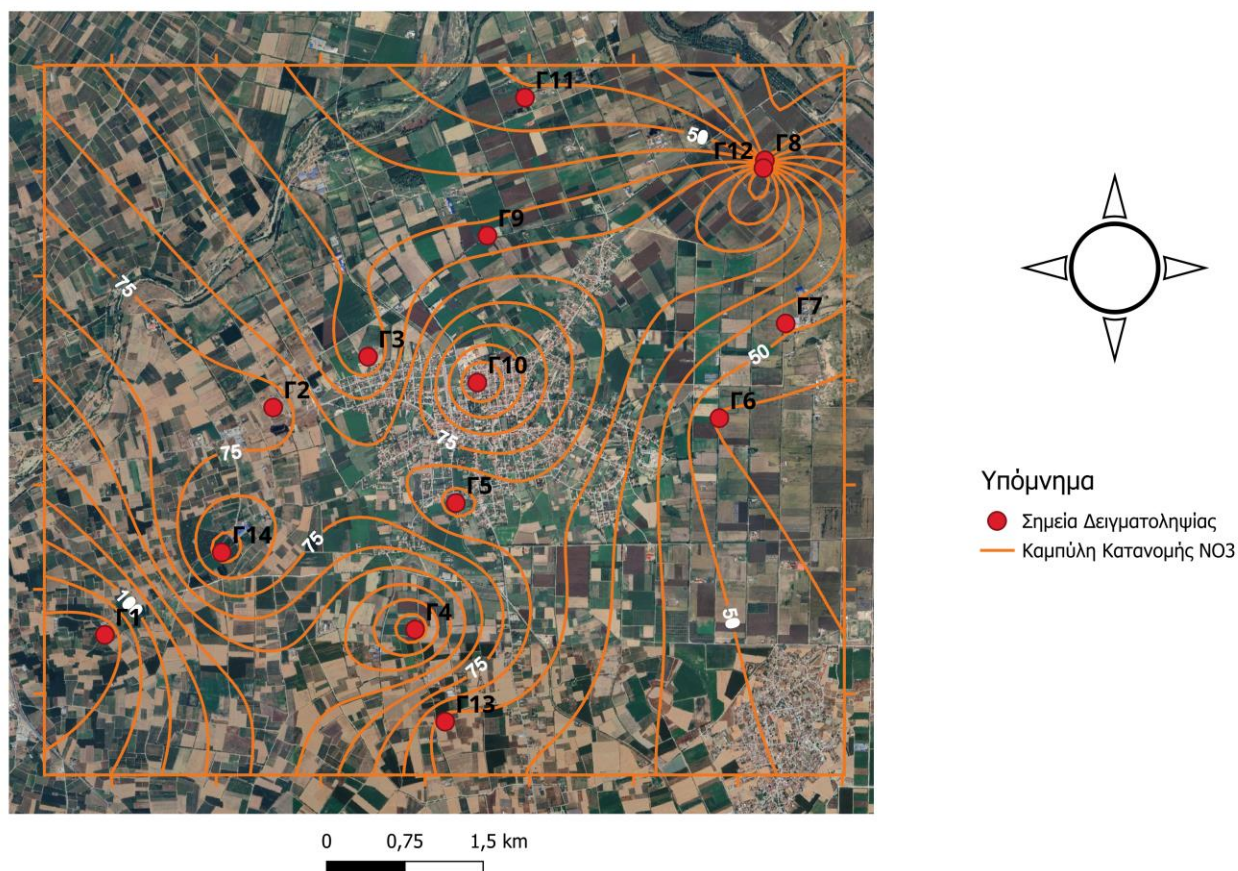
Στον πίνακα 4.5 παρουσιάζονται τα αποτελέσματα των αναλύσεων, για κάθε γεώτρηση, των νιτρικών ιόντων τον μήνα Αύγουστο.

Πίνακας 4.5. Αποτελέσματα αναλύσεων νιτρικών Αυγούστου.

Γεωτρήσεις	mg/L	Γεωτρήσεις	mg/L
Γ1	114,4	Γ8	31,68
Γ2	79,2	Γ9	61,6
Γ3	54,56	Γ10	96,8
Γ4	105,6	Γ11	45,76
Γ5	61,6	Γ12	86,24

Γ6	44	Γ13	61,6
Γ7	51,04	Γ14	61,6

Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών NO_3^- κυμαίνονται από 31,68 έως 114,4 mg/L. Η μέγιστη τιμή παρατηρείται στη γεώτρηση Γ1 και είναι πολύ μεγαλύτερη από το μέγιστο επιτρεπτό όριο των 50 mg/L. Σε όλα τα δείγματα έχουμε μεγάλη αύξηση στις συγκεντρώσεις σε νιτρικά ιόντα, που πιθανών να οφείλονται στην αύξηση των λιπασμάτων κατά την καλλιεργήσιμη περίοδο του καλοκαιριού, αλλά και από τα λύματα και τις κτηνοτροφικές μονάδες.



Σχήμα 4.8. Χωρική κατανομή ιόντων σε NO_3^- (mg/L) κατά τον μήνα Αύγουστο 2023.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας ήταν η μελέτη των ποιοτικών χαρακτηριστικών του υδροφορέα στην περιοχή του Αμπελώνα Λάρισας. Τα κυριότερα συμπεράσματα που προκύπτουν συνοψίζονται παρακάτω.

Η περιοχή μελέτης καταλαμβάνει έκταση 52 km^2 , βρίσκεται βορειοδυτικά της πόλης της Λάρισας και ανατολικά του Τυρνάβου. Ο Τιταρήσιος ποταμός διέρχεται στο βορειοδυτικό του τμήμα και ο πληθυσμός του βρίσκεται στους 5.590 κατοίκους.

Η γεωλογία της περιοχής αποτελείται κυρίως από τεταρτογενείς αποθέσεις, άμμους, αργίλους, κροκαλολατύπες και ποταμολιμναία υλικά. Στο δυτικό τμήμα της λεκάνης βρίσκονται καρστικοποιημένοι σχηματισμοί και τα κυριότερα ρήγματα είναι εκείνα του Τυρνάβου, της Γυρτώνης, της Ροδιάς και της Λάρισας.

Σύμφωνα με τα μετεωρολογικά στοιχεία από τους μετεωρολογικούς σταθμούς της Λάρισας, το κλίμα είναι ηπειρωτικό, με ιδιαίτερη μείωση των βροχοπτώσεων λόγω των ορεινών όγκων και χαρακτηρίζεται από θερμά καλοκαίρια και ήπιους και υγρούς χειμώνες.

Με βάση την ποιοτική ανάλυση των δειγμάτων της περιοχής, παρατηρήθηκαν αυξημένες τιμές στα θειικά και νιτρικά ιόντα και στις δύο περιόδους δειγματοληψίας στις περιοχές της Γ1 γεώτρησης στο ΝΔ τμήμα της περιοχής, στη Γ11 γεώτρηση στο βόρειο τμήμα της περιοχής και στη γεώτρηση Γ12 στο ΒΑ τμήμα της περιοχής. Αυτές οι υψηλές τιμές οφείλονται στην αυξημένη χρήση λιπασμάτων, ιδιαίτερα τον μήνα Αύγουστο, στα λύματα του οικισμού και στις κτηνοτροφικές μονάδες. Ωστόσο, θα πρέπει να ληφθούν μέτρα για τον περιορισμό της ρύπανσης του υπόγειου νερού της περιοχής, με τη σωστή χρήση των λιπασμάτων, τη δημιουργία ενιαίου αποχετευτικού χώρου των λυμάτων με την κατάλληλη μελέτη και την καλύτερη οργάνωση των κτηνοτροφικών μονάδων.



Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

Birkinshaw, S.J. and J. Ewen, (2000): “Modelling nitrate transport in the Slapton Wood catchment using SHETRAN”, J. Hydrol.

C.W. Fetter, Thomas Boving, David Kremer, 2018: “Contaminant Hydrogeology”, third edition.

Koppen, W., Geiger, R., (1936): “Handbuch der Klimatologie, Berlin”.

Ledoux, E., Gomez, E., Monget, J.M., Viavattene, C., Viennot, P., Ducharne, A., Benoit, M., Mignolet, C., Schott, C., Mary, B., (2007): “Agriculture and groundwater nitrate contamination in the Seine basin. The STICS – MODCOU modelling chain.”, p. 346

Oyarzun, R., Arumi, J., Salgado, L., Marino, M., (2007): “Sensitivity analysis and field testing of the RISK- N model in the Central Valley of Chile”

Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

Βαδουλούκας ,Γ., Βαμβακάρης, Δ., Βεντούζη, Χ., κ.α., (2022): “Σεισμική ακολουθία Θεσσαλίας, Μάρτιος 2021”, Τεχνική Έκθεση

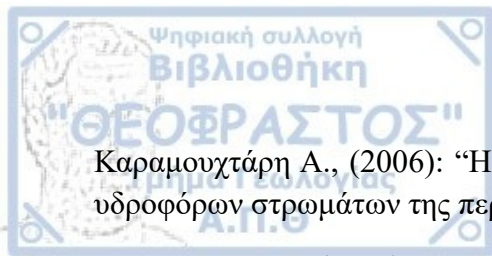
Βουδούρης Κ., (2009): “Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος”, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη

Βουδούρης Κ., (2016): “Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος -Υπόγεια νερά και Περιβάλλον”, Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη

Δημογιάννη Σ., (2014): “ Συμβολή των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών και της τηλεπισκόπησης στην υδρογεωλογία της περιοχής Λάρισας – Τυρνάβου”, Διατριβή Ειδίκευσης

Κακλής Τ., (2011): “Υδρογεωλογική μελέτη και μελέτη διαχείρισης υδατικών πόρων Πιέριας λεκάνης Ν. Καβάλας ”, Διδακτορική Διατριβή

Καλλέργης Γ., (2000): “Εφαρμοσμένη - Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία”, 2^η έκδοση, τόμος Β, Τ.Ε.Ε, Αθήνα



Καραμουχτάρη Α., (2006): “Η διακύμανση της στάθμης και η ποιότητα των νερών των υδροφόρων στρωμάτων της περιοχής Τυρνάβου Ν. Λάρισας”, Διατριβή ειδίκευσης

Κρεμαστάς Ε., (2021): “Μορφοτεκτονική μελέτη ενεργών ρηγμάτων του βόρειου περιθωρίου της πεδιάδας της Λάρισας με τη χρήση ΣΜΗΕΑ (UAV) και ψηφιακών μοντέλων εδάφους”, Διδακτορική διατριβή

Μουντράκης Δ., (1985): “Γεωλογία της Ελλάδας”, Εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη

Μουντράκης Δ., (2010): “Γεωλογία και Γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας”, Εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη

Διαδικτυακές Πηγές

<https://www.statistics.gr/> (Ελληνική Στατιστική Αρχή)

<https://www.meteo.gr/> (Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών)

<https://www.eagme.gr/> (ΕΑΓΜΕ)

[https://earth.google.com/web/@0,-](https://earth.google.com/web/@0,-0.68469995,0a,22251752.77375655d,35y,0h,0t,0r/data=CgRCAggBSg0I)

[0.68469995,0a,22251752.77375655d,35y,0h,0t,0r/data=CgRCAggBSg0I](https://earth.google.com/web/@0,-0.68469995,0a,22251752.77375655d,35y,0h,0t,0r/data=CgRCAggBSg0I)

[ARAA](#) (Google Earth)