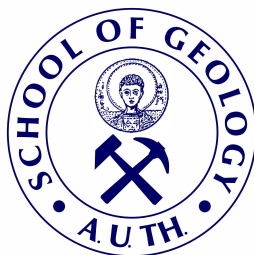


ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

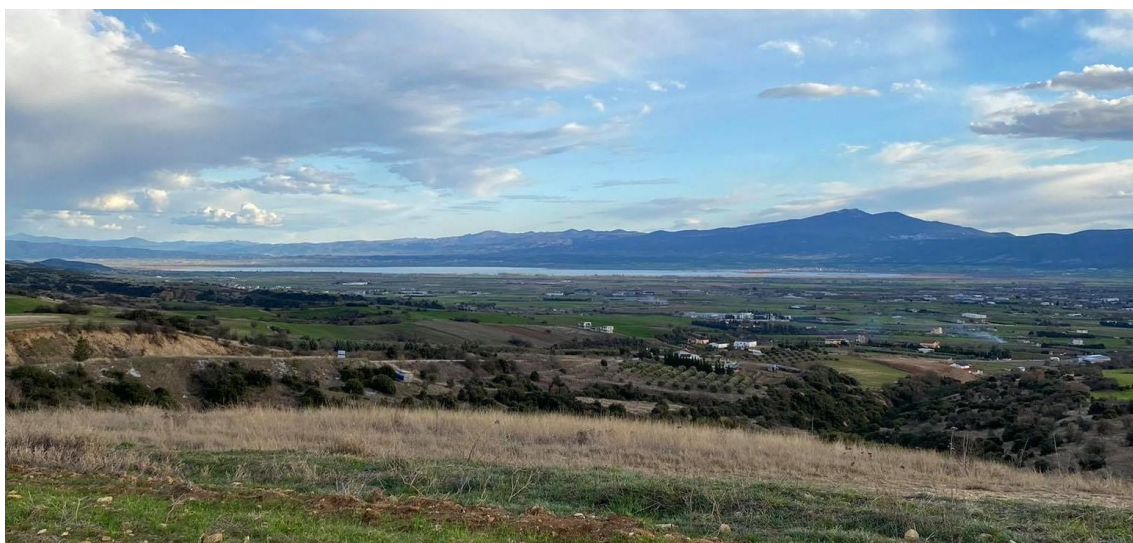
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας



Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ
ΤΟΥ ΛΑΓΚΑΔΑ



ΦΟΙΤΗΤΡΙΑ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΑΠΘ

ΣΤΕΡΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΑ

AEM:5688

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2022

ΣΤΕΡΓΙΟΥ ΔΗΜΗΤΡΑ

Φοιτήτρια Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ: 5688

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ
ΤΟΥ ΛΑΓΚΑΔΑ

Υποβλήθηκε στο Τμήμα Γεωλογίας,
Τομέας Τεκτονικής, Ιστορικής & Εφαρμοσμένης Γεωλογίας

Επιβλέπων

Κωνσταντίνος Βουδούρης, Καθηγητής Υδρογεωλογίας Α.Π.Θ.

© Στεργίου Δήμητρα, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.,
Τομέας Τεκτονικής, Ιστορικής & Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, 2022
Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.
ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΛΑΓΚΑΔΑ
Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία.

© Stergiou Dimitra, School of Geology, Aristotle University of Thessaloniki
Dept. of Structural, Historical & Applied Geology, 2022
All rights reserved.
HYDROGEOLOGICAL STUDY OF THE WIDER AREA OF LAGADAS
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 την συγγραφέα.

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

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	5
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	8
ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ	11
2.1 ΓΕΝΙΚΑ	11
2.2 ΑΝΑΓΛΥΦΟ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ	13
2.3 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ	14
2.4 ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ	16
2.5 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ	17
2.6 ΚΛΙΜΑ	18
3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ	21
3.1 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	21
3.2 ΕΝΕΡΓΟΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ- ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΥΤΔΟΝΙΑΣ	28
3.3 ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ	29
4. ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	31
4.1 ΓΕΝΙΚΑ	31
4.2 ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	33
4.3 ΥΔΡΕΥΤΙΚΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ	34
5. ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ	40
5.1 ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ	40
5.2 ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ	42
5.3 ΥΔΡΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ	43
5.4 ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΥΔΡΕΥΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ	45
6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	48

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία μου ανατέθηκε στο πλαίσιο του μαθήματος Διπλωματική εργασία του τμήματος Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Θα ήθελα να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες στον κύριο Βουδούρη, επιβλέποντα καθηγητή, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε εξ αρχής αναθέτοντάς μου το συγκεκριμένο θέμα, την πολύτιμη βοήθεια, τις υποδείξεις του, την συνέπεια και την άψογη συνεργασία καθόλη την διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Επιπρόσθετα, θα ήθελα να ευχαριστήσω το κοντινό μου περιβάλλον που με στήριξε αυτό το διάστημα και ιδιαίτερα την οικογένεια μου.

Λέξεις κλειδιά:

Υδρογεωλογικές συνθήκες Λαγκαδά, υδρευτικές ανάγκες Λαγκαδά, μόλυνση Κορώνειας, γεωθερμία Λαγκαδά, όριο Περιοδοπικής- Σερβομακεδονικής ζώνης

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το αντικείμενο έρευνας της πτυχιακής εργασίας είναι η διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών σε συνδυασμό με τις υδρευτικές ανάγκες των κατοίκων της ευρύτερης περιοχής του Λαγκαδά.

Η ευρύτερη περιοχή του Λαγκαδά υδρεύεται από ένα σύνολο 7 γεωτρήσεων που τα νερά τους διοχετεύονται σε 11 δεξαμενές στη γύρω περιοχή. Η περιοχή του Λαγκαδά βρίσκεται στη δυτική πλευρά της Μυγδονίας λεκάνης και τα επιφανειακά ύδατα καταλήγουν στη λίμνη Κορώνεια. Το υπόγειο υδατικό σύστημα αναπτύσσεται σε τεταρτογενείς αποθέσεις που αποτελείται κυρίως από αμμούχες αργίλους και άμμους. Ακόμη, μελετήθηκαν κλιματικά δεδομένα (Ε.Μ.Υ.), η υδρολιθολογία και τα περιβαλλοντικά προβλήματα της περιοχής έρευνας. Με βάση τα πληθυσμιακά δεδομένα της ΕΛΣΤΑΤ έγινε έρευνα για τις υπάρχοντες υδρευτικές ανάγκες, καθώς και πρόβλεψη του πληθυσμού και των υδρευτικών αναγκών για τα επόμενα χρόνια.

Εν κατακλείδι, παρατίθενται κάποιες προτάσεις πιο ορθής χρήσης του υπόγειου νερού για ύδρευση της ευρύτερης περιοχής του Λαγκαδά με σκοπό την αποφυγή της υπερεκμετάλλευσης και τον περιορισμό της ρύπανσης/μόλυνσης αυτού.

Key words:

Hydrogeological conditions of Lagadas, water needs of Lagadas, pollution of lake Koroneia, geothermal waters of Lagadas, Perirodopic- Serbomakedonian limit of rocks

ABSTRACT

The subject of this study is the research of the hydrogeological conditions in combination with the need of water supply of the inhabitants of the wider area of Langadas.

The wider area of Langadas is supplied by a total of 7 drillings whose water is collected into 11 reservoirs in the surrounding area. Langadas is located on the west side of the Mygdonia basin and the surface waters end up in Lake Koroneia. The underground water system develops in Quaternary deposits consisting mainly of sandy clays and sands. Also, climatic data (EMY), hydrolithology and environmental problems of the research area were studied. Based on the population data of ELSTAT, a survey was conducted on the existing water supply needs, as well as a forecast of the population and water supply needs for the next years.

In conclusion, some suggestions for better use of underground water for water supply in the wider area of Langadas are presented in order to avoid overexploitation and cessation of its contamination.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Λαγκαδάς είναι μία κωμόπολη της περιφερειακής ενότητας Θεσσαλονίκης, βρίσκεται βορειοανατολικά της Θεσσαλονίκης σε απόσταση περίπου 20 Km και σε υψόμετρο 130 m. Τοποθετείται δυτικά στη λεκάνη της Μυγδονίας, δηλαδή στην υπολεκάνη του Λαγκαδά όπου βρίσκεται και η λίμνη Κορώνεια, γνωστή και ως λίμνη του Λαγκαδά.

Πριν από εκατομμύρια χρόνια η λεκάνη Μυγδονίας-Λαγκαδά-Βόλβης καλύπτοταν από το νερό της λίμνης Μυγδονίας, μικρά υπολείμματα της οποίας είναι οι δύο σημερινές λίμνες Κορώνεια και Βόλβη. Η περιοχή κατοικήθηκε από την Παλαιολιθική εποχή, καθώς το έδαφος ήταν εύφορο, στοιχεία υπάρχουν και για μεταγενέστερες περιόδους όπως η Νεολιθική εποχή, η εποχή του Χαλκού και του Σιδήρου. Έπειτα λόγω καιρικών συνθηκών η περιοχή έμεινε με μικρό πληθυσμό όμως τον 19ο αιώνα προ Χριστού αυξήθηκε ξανά. Ο οικισμός του Λαγκαδά δημιουργήθηκε μετά την αποστράγγιση των νερών της λίμνης και φημίζεται για τις ιαματικές πηγές του, οι οποίες χτίστηκαν από τον Ιουστινιανό το 900 μ.Χ. και διατηρούνται μέχρι σήμερα.

Ένα άλλο αξιοσημείωτο στοιχείο είναι το πέρασμα της Εγνατίας Οδού από την περιοχή. Ήταν ο δεύτερος σημαντικότερος δρόμος της Ρωμαϊκής αυτοκρατορίας όπου κατέληγε στην πρωτεύουσα Ρώμη και ονομαζόταν via Egnatia, διασχίζοντας την Ελλάδα μέχρι τον ποταμό Έβρο. Είχε κατασκευαστεί μεταξύ του 146-120 π.Χ. και έωνε την πόλη της Θεσσαλονίκης με την Α. Μακεδονία και Θράκη, μέσω των στενών της Ρεντίνας.

Κατά την τουρκοκρατία, πολλοί ελληνικοί οικισμοί κατοικήθηκαν από μουσουλμάνους, αλλάζοντας τοπωνύμια, άλλοι κράτησαν τον πληθυσμό τους, που αποτελούνταν από χριστιανούς και πλήρωναν τους οθωμανικούς φόρους, ενώ άλλοι νέοι οικισμοί

δημιουργήθηκαν. Κατά την επανάσταση του 1821 ο Παπάς Εμμανουήλ κυριάρχησε στην περιοχή, από τα στενά της Ρεντίνας έως τη σημερινή περιοχή Νέα Απολλωνία, για να αντιμετωπίσει τους Τούρκους, όμως ηττήθηκε από τον Μπαϊράμ Πασά και καταστράφηκαν τα γύρω χωριά.

Το 1914 καταφθάνουν πρόσφυγες στην περιοχή από τα παράλια της Μαύρης θάλασσας, που αποτελούν καθοριστικό παράγοντα στην αύξηση του πληθυσμού, καθώς και το 1922 με την υποχρεωτική ανταλλαγή πληθυσμών από την Ανατολή. Οι πόλεμοι και η μη σταθερότητα της εποχής αναγκάζει τους ισχυρούς να διανέμουν γη σε πρόσφυγες και ακτήμονες, με αποτέλεσμα τη μόνιμη εγκατάσταση στις αγροτικές περιοχές. Αποξηραντικά έργα και έργα οδοποιίας εκτελούνται στην περιοχή και χτίζονται οικισμοί για τον νέο προσφυγικό πληθυσμό.

Οικιστικά κέντρα της εποχής είναι ο Λαγκαδάς (Σχήμα 1.1) και ο Σοχός με 6.300 και 4.000 κατοίκους αντιστοίχως, ενώ καταγράφονται 47.500 κάτοικοι στην ευρύτερη περιοχή το 1928. Στη συνέχεια, η επαρχία Λαγκαδά ως αγροτική περιοχή παρουσιάζει μείωση πληθυσμού κατά 9.000, λόγω της αστικοποίησης.

Η περιοχή χαρακτηρίζεται από μία πολύπλοκη γεωμορφολογία, ενώ ιδιαίτερη σημασία έχει και η τεκτονική του. Η λεκάνη αυτή αποτελεί ένα τεκτονικό βύθισμα εξαιτίας δύο συστημάτων ρηγμάτων με διευθύνσεις Βορειοδυτικά-Νοτιοανατολικά το ένα και Ανατολικά-Δυτικά το δεύτερο. Μία ανυψωμένη περιοχή παρατηρείται στο υπόβαθρο της λεκάνης μεταξύ των δύο λιμνών με διεύθυνση Βορειοανατολική-Νοτιοδυτική, η οποία χωρίζει τη βασική λεκάνη σε δύο επιμέρους, της Κορώνειας και της Βόλβης.

Το υπόβαθρο της λεκάνης της Μυγδονίας αποτελείται από μεταμορφωμένα πετρώματα της Σερβομακεδονικής μάζας, ενώ η λεκάνη περιέχει Νεογενή και Τεταρτογενής αποθέσεις. Η πολύπλοκη γεωμορφολογία σε συνδυασμό με την τεκτονική, καθώς επίσης και τα υπόγεια υδατικά συστήματα που περιλαμβάνονται στο πεδινό τμήμα της λεκάνης της Μυγδονίας και συσχετίζονται με επιφανειακά ύδατα, είναι το GR1000070 (Κοκκώδες Σύστημα Μυγδονίας), προκαλούν την ανάγκη για περαιτέρω μελέτη και έρευνα των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής και των υδρευτικών αναγκών των κατοίκων της.

Σκοπός της παρούσας προπτυχιακής διπλωματικής εργασίας είναι η υδρογεωλογική μελέτη και έρευνα της περιοχής του Λαγκαδά, δηλαδή μελέτη των γεωτρήσεων ύδρευσης της κωμόπολης, των υδρευτικών αναγκών των κατοίκων της, για τη διαπίστωση τυχόν ανεπάρκειας ή μη κάλυψης των αναγκών τους και την εξαγωγή συμπερασμάτων. Για την εκπόνηση αυτής της εργασίας συλλέχθηκαν στοιχεία από τη Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Αποχέτευσης Λαγκαδά (Δ.Ε.Υ.Α.Λ.), καθώς και από τις υφιστάμενες μελέτες για την λεκάνη της Μυγδονίας. Ακόμη, αντλήθηκαν πληροφορίες από τα συγγράμματα του κύριου Βουδούρη Κωνσταντίνου, ο οποίος είναι ο επιβλέπων καθηγητής αυτής της διπλωματικής εργασίας.



Σχήμα 1.1: Χάρτης της κωμόπολης του Λαγκαδά (Google Earth).

2. ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1 ΓΕΝΙΚΑ

Ο Δήμος Λαγκαδά είναι ο δέκατος μεγαλύτερος δήμος σε έκταση στην Ελλάδα με 1220.3 Km², βρίσκεται στην Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας και συστάθηκε με το Πρόγραμμα Καλλικράτης από τη συνένωση 7 προϋπαρχόντων δήμων (Σχήμα 2.1).



Σχήμα 2.1: Θέση του Νομού σε σχέση με την Περιφέρεια Κεντρικής Μακεδονίας
(Wikipedia)

Ο Δήμος Λαγκαδά περιέχει 46 οικισμούς με έδρα τους τον Λαγκαδά, ενώ χωρίζεται σε 7 δημοτικές ενότητες όπου μέχρι το 2010 αποτελούσαν αυτόνομους δήμους. Οι δημοτικές ενότητες είναι:

- Δημοτική Ενότητα Ασσήρου (Άσσηρος, Εξαμίλι, Κριθιά)
- Δημοτική Ενότητα Βερτίσκου (Βερτίσκος, Χωρούδα, Πέντε βρύσες, Πολυδένδρι, Αρετή, Λοφίσκος, Γαλήνη, Όσσα)
- Δημοτική Ενότητα Καλινδοίων (Ζαγκλιβέρι, Αδάμ, Καλαμωτό, Μεσόκωμο, Πετροκέρασα, Άγιος Χαράλαμπος, Σαρακήνα)
- Δημοτική Ενότητα Κορώνειας (Άγιος Βασίλειος, Αρδαμέρι, Βασιλούδι, Γερακαρού, Λαγκαδίκια)
- Δημοτική Ενότητα Λαγκαδά (Λαγκαδάς, Λαγυνά, Ανάληψη, Ηράκλειο, Καβαλάρι, Δρακόντιο, Κολχικό, Περιβολάκι, Χρυσανγή)

- Δημοτική Ενότητα Λαχανά (Λαχανάς, Δορκάς, Καρτερέ, Μαυροράχη Στεφάνια, Ευαγγελίστρια, Κυδωνέα, Λευκοχώρι, Νικόπολη, Ξυλόπολη)
- Δημοτική Ενότητα Σοχού (Σοχός, Ασκός, Αυγή, Κρυονέρι).

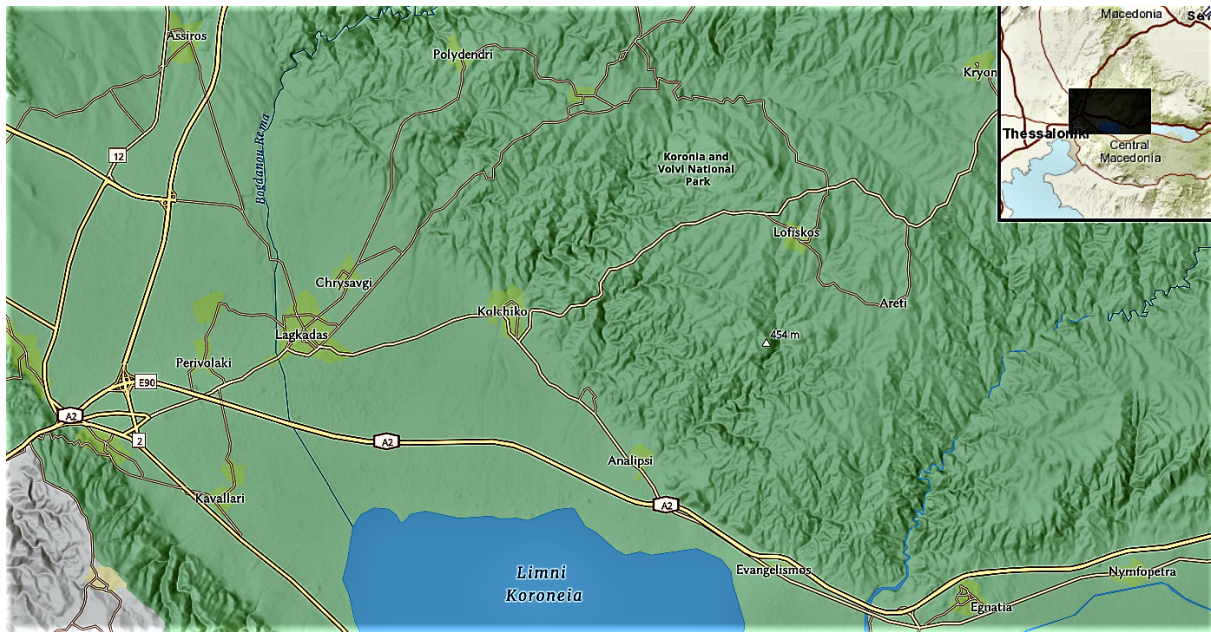
Ο πληθυσμός συνολικά του δήμου ανέρχεται σε 41.103 κατοίκους ενώ αποκλειστικά της κωμόπολης Λαγκαδά που εστιάζουμε σε 7.764 κατοίκους (απογραφή 2011). Ενεργά υδρόμετρα στον δήμο υπάρχουν 22.849, ενώ μόνο στον Λαγκαδά 4.467.

2.2 ΑΝΑΓΛΥΦΟ ΚΑΙ ΧΡΗΣΕΙΣ ΓΗΣ

Η λεκάνη Μυγδονίας μορφολογικά χωρίζεται σε δύο τμήματα, ένα ημιορεινό-ορεινό τμήμα και ένα λοφώδες - πεδινό τμήμα. Το λοφώδες - πεδινό τμήμα έχει έκταση περίπου 656 km² δηλαδή το 31,8% της συνολικής έκτασης της λεκάνης, ενώ το ημιορεινό - ορεινό έχει έκταση περίπου τα 1370 km². Ο Λαγκαδός τοποθετείται στο λοφώδες-πεδινό μέρος το οποίο διασχίζει και ο ποταμός Μπογδάνας που εκχύνει στην Κορώνεια, ενώ άλλα ρέματα που έχουν την ίδια κατάληξη είναι το ρέμα του Κολχικού, της Ανάληψης, του Χολομώντα, του Δρακοντίου, του Ευαγγελισμού, της Γερακαρούς, καθώς και η τάφρος του Καβαλαρίου νοτιοδυτικά του παρακάτω χάρτη.

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται δυτικά μέσα στην λεκάνη της Μυγδονίας, χτισμένη δίπλα τον ποταμό Μπογδάνα και σε απόσταση λίγων μέτρων από τη λίμνη Κορώνεια. Παρατηρούμε εκατέρωθεν της κωμόπολης του Λαγκαδά μια εμφανή υψομετρική διαφορά σε σχέση με τα κατοικημένα μέρη, η κλίση του εδάφους αυξάνεται και όλα τα ποτάμια που ρέουν σε αυτές τις λοφώδεις περιοχές καταλήγουν στη λίμνη του Λαγκαδά.

Η λεκάνη είναι εύφορη καθώς διαρρέεται από ρέματα και σύμφωνα με στοιχεία της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας (2010) στην περιοχή καλλιεργούνται σιτηρά, κτηνοτροφικά φυτά, αραβόσιτο, ελαιούχα φυτά, αρωματικά φυτά και λαχανικά. Ακόμη, υπάρχουν πολυάριθμες εγκαταστάσεις θερμοκηπιακών καλλιεργειών ενώ κάποιοι κάτοικοι ασχολούνται με την κτηνοτροφία. Στην λεκάνη δεν υπάρχει οργανωμένο επιφανειακό αρδευτικό/στραγγιστικό δίκτυο και ένα σημαντικό τμήμα της λεκάνης αρδεύεται με ιδιωτικές γεωτρήσεις.



Σχήμα 2.2: Τοπογραφία της ευρύτερης περιοχής του Λαγκαδά (Ι.Γ.Μ.Ε.)

2.3 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΑ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

Τα πιο σπουδαία περιβαλλοντικά προβλήματα της περιοχής αφορούν τη λίμνη Κορώνεια. Τη δεκαετία του 70 αυτή η λίμνη ήταν η 5^η μεγαλύτερη λίμνη της Ελλάδος με έκταση 42,5 km². Πριν από 30 χρόνια περίπου τα ύδατα της λίμνης άρχισαν να αντιμετωπίζουν σοβαρά προβλήματα μόλυνσης μέχρι να φτάσουμε στη σημερινή απαράδεκτη περιβαλλοντική εικόνα της Κορώνειας (Σχήμα 2.3).

Σταδιακά με το πέρασμα των χρόνων η λίμνη οδηγήθηκε στην πλήρη αποξήρανση και στην εξαφάνιση όλων των ψαριών και πολλών πτηνών. Η σημερινή της έκταση είναι μικρότερη από 10 km² και το βάθος είναι 60-80 cm.



Σχήμα 2.3: Ρύπανση της λίμνης Κορώνειας (Voria)

Ένα άλλο θέμα της περιοχής είναι ο Χ.Υ.Τ.Α. Μαυροράχης, ένας από τους μεγαλύτερους χώρους ταφής απορριμμάτων στην Ελλάδα. Η μη τήρηση των μέτρων ασφαλείας στην λειτουργία του μπορεί να επιφέρει δραματικές επιπτώσεις στον υδροφόρο ορίζοντα της περιοχής καθώς και στην υγεία των κατοίκων.

Τα προαναφερθέντα περιβαλλοντικά προβλήματα σε συνδυασμό με την απότομη τουριστική ανάπτυξη της περιοχής, λόγω θερμών ιαματικών λουτρών οφείλονται:

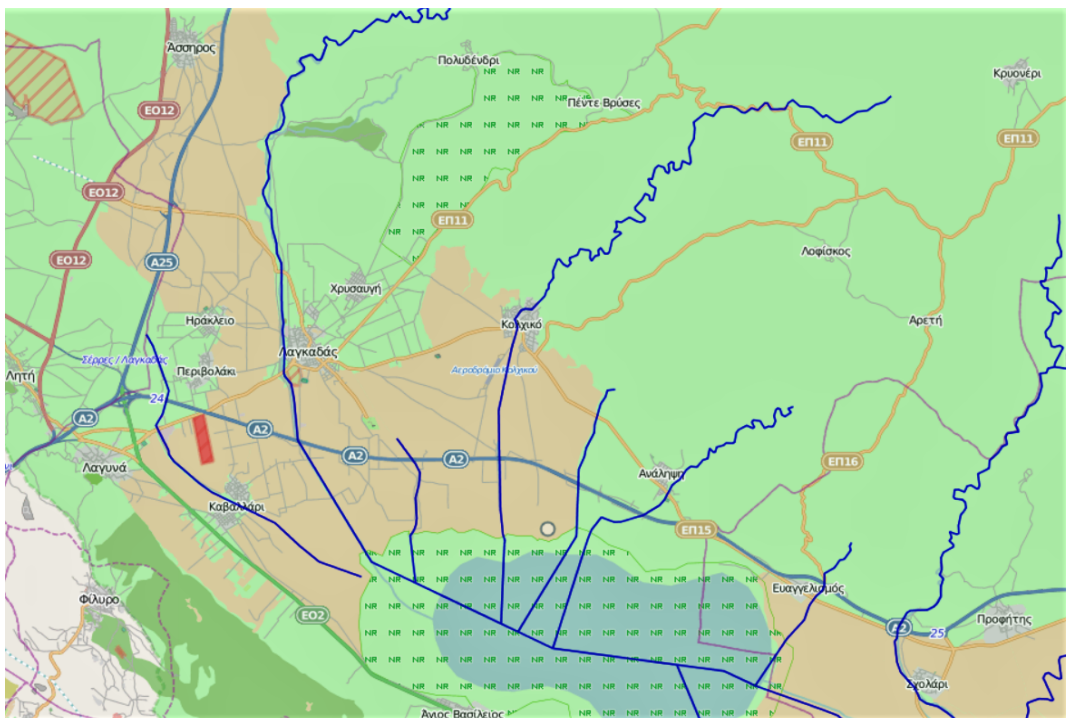
- Στην αλόγιστη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων στον τομέα της γεωργίας, με αποτέλεσμα τη ρύπανση των επιφανειακών και υπόγειων νερών με τελική κατάληξή τους στη λίμνη.
- Ρίψη λυμάτων των βιομηχανιών και των βιοτεχνιών της περιοχής σε μεγαλύτερο ποσοστό στη λίμνη.
- Υπεράντληση υδάτων για άρδευση με συνέπεια την μείωση στάθμης του υπόγειου νερού και της στάθμης της λίμνης.
- Εντατική αλιεία σε βαθύτερα σημεία της λίμνης κάτι που οδήγησε στην αισθητή μείωση της ιχθυοπανίδας.

- Λανθασμένη λειτουργία του Χ.Υ.Τ.Α. χωρίς τήρηση μέτρων ασφαλείας με απλά ταφή ανεπεξέργαστων απορριμμάτων.
- Ελλιπής ενημέρωση των πολιτών για ανακύκλωση και για περιβαλλοντική συνείδηση και άγνοια κινδύνων για την υγεία τους.

Όπως γίνεται αντιληπτό η περιοχή του Λαγκαδά παρουσιάζει ποικίλα περιβαλλοντικά προβλήματα και δεν υφίσταται πλέον αμέλεια ούτε από την πολιτεία, ούτε από τους κατοίκους, καθώς είναι ζητήματα υγείας και προστασίας του περιβάλλοντος.

2.4 ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Υδρογραφικό δίκτυο εννοούμε το σύνολο των ρυακιών, των χειμάρρων, των ποταμών και παραποτάμων, τα οποία διαρρέουν και αποστραγγίζουν την λεκάνη. Όσον αφορά στον Λαγκαδά βρίσκεται στην υπολεκάνη της Κορώνειας (τμήμα της λεκάνης Μυγδονίας) που περιλαμβάνει τις βόρειες ορεινές λεκάνες απορροής του Μπογδάνα και του ρέματος του Κολχικού. Τα ρέματα ρέουν από το Βορρά προς το Νότο, ενώ δεν παρατηρούνται διακλαδώσεις ποταμών και η υδρογραφική πυκνότητα είναι μέτρια (Σχήμα 2.4).



Σχήμα 2.4: Υδρογραφικό δίκτυο υπολεκάνης Κορώνειας (geodata).

2.5 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΗ ΛΕΚΑΝΗ

Η κωμόπολη του Λαγκαδά όπως έχει προαναφερθεί εντάσσεται στη λεκάνη της Μυγδονίας. Με τον όρο υδρολογική λεκάνη ή λεκάνη απορροής εννοούμε την εδαφική έκταση στην οποία συγκεντρώνεται το σύνολο της απορροής και στην περίπτωση μας παροχέυεται στις λίμνες Κορώνειας και Βόλβης. Η λεκάνη απορροής της Μυγδονίας έχει έκταση 2026 km² και περιβάλλεται από όρη με υψόμετρα από 600 έως 1200 μέτρα, ενώ υπάρχει και μια διέξοδος προς τη θάλασσα μέσω των στενών της Ρεντίνας.

Η λεκάνη της Μυγδονίας χωρίζεται σε δύο επιμέρους υπολεκάνες, της λίμνης Βόλβης και της λίμνης Κορώνειας χωρίς το όριο τους να είναι να είναι σαφές και θεωρείται περίπου ο άξονας των οικισμών Στίβου-Σχολαρίου μέσω μικρών λόφων όπου διέρχεται ο ποταμός Δερβένι (Σχήμα 2.5).

- Υπολεκάνη λίμνης Βόλβης: στην ανατολική πλευρά της λεκάνης Μυγδονίας, έχει έκταση 1278 km² με διεύθυνση του άξονα της ανατολή-δύση. Εμπεριέχει τη λίμνη Βόλβη με έκταση 68,62 km² σε υψόμετρο 3 m. Η λίμνη τροφοδοτείται από εισροές με μορφή χειμάρρων.
- Υπολεκάνη λίμνης Κορώνειας: στην δυτική πλευρά της ευρύτερης λεκάνης και έχει έκταση 746 km² με διεύθυνση του άξονα της βορειοδυτικά-νοτιοανατολικά. Αποτελείται από την πεδινή δυτική περιοχή με έκταση 269 km², τη λοφώδη δυτική με 13 km², τις ορεινές λεκάνες προς Βορρά του Μπογδάνα και του Κολχικού με 317 km² με υψόμετρο 420 m και το λοφώδες μέρος νότια της λίμνης με 147 km².



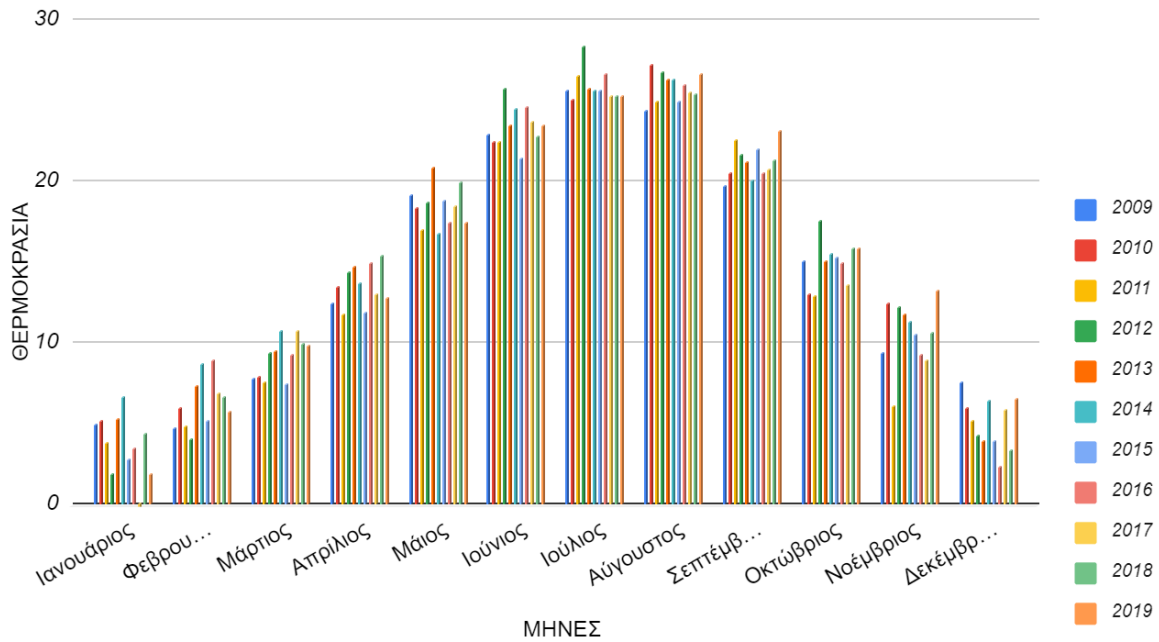
Σχήμα 2.5: Λεκάνη της Μυγδονίας (Ι.Γ.Μ.Ε.)

2.6 ΚΛΙΜΑ

Στην περιοχή μελέτης βρίσκεται ένας μετεωρολογικός σταθμός στα λουτρά του Λαγκαδά μόλις 2 χιλιόμετρα από το κέντρο της κομόπολης του Λαγκαδά. Ο σταθμός είναι τοποθετημένος σε υψόμετρο 87 μέτρων, βρίσκεται στο χώμα ενώ το ύψος των αισθητήρων της θερμοκρασίας και της υγρασίας είναι στα 2 μέτρα και το ύψος του ανεμομέτρου στα 3 μέτρα.

Όσον αφορά την θερμοκρασία της περιοχής έχει μέση ετήσια θερμοκρασία $14,82^{\circ}\text{C}$ και πιο συγκεκριμένα οι θερμότεροι μήνες όπως παρατηρείται από το παρακάτω σχήμα είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος με μέσες μηνιαίες τιμές $25,92^{\circ}\text{C}$ και $25,86^{\circ}\text{C}$ αντίστοιχα, ενώ ο ψυχρότερος είναι ο Ιανουάριος με $3,57^{\circ}\text{C}$ (Σχήμα 2.6).

ΜΗΝΙΑΙΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΣΤΟ ΛΑΓΚΑΔΑ

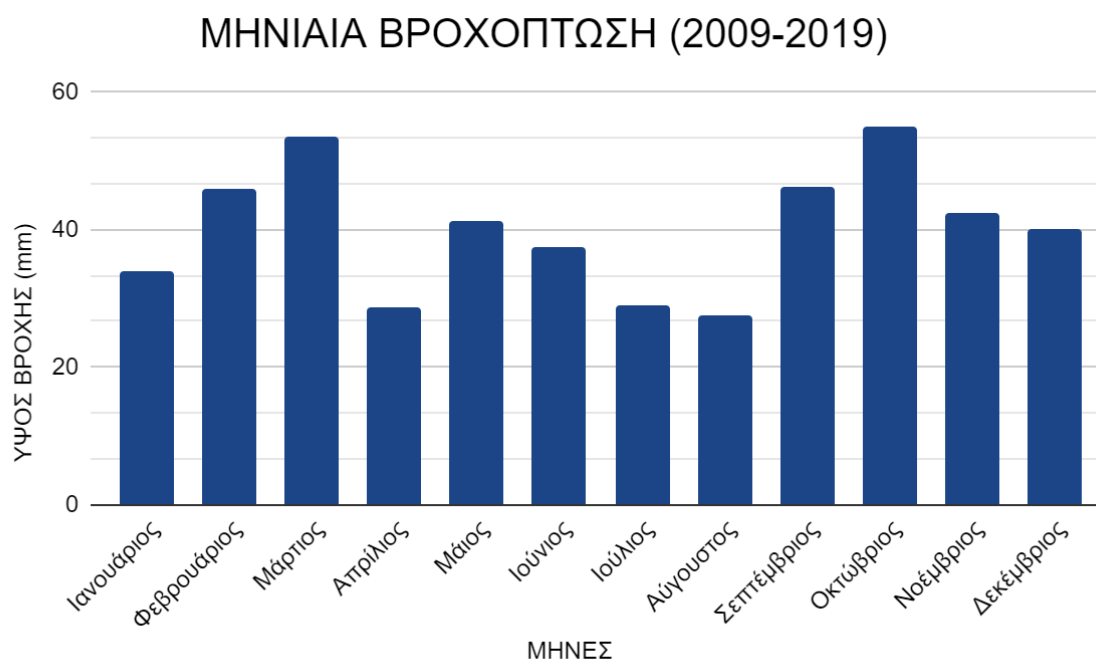


Σχήμα 2.6: Δεδομένα θερμοκρασιών του μετεωρολογικού σταθμού Λαγκαδά (περίοδος 2009-2019 RMetS)

Η μέση ετήσια βροχόπτωση του Λαγκαδά είναι 481,027 mm σύμφωνα με τα δεδομένα του σταθμού με ελάχιστες βλάβες και δυσλειτουργίες. Παρατηρείται ότι υπάρχουν έτη με μεγάλη αύξηση σε σχέση με την μέση ετήσια βροχόπτωση όπως το 2014, ενώ αισθητή μείωση διαπιστώθηκε το 2011 (Σχήμα 2.7). Αναλυτικότερα, ο μήνας με την μεγαλύτερη βροχόπτωση είναι ο Οκτώβριος και έπειτα ο Μάιος με μέσες μηνιαίες τιμές 54,909 mm και 53,654 mm ενώ αντίθετα ο μήνας με την μεγαλύτερη ξηρασία είναι ο Αύγουστος με μέση μηνιαία τιμή 27,527 mm (Σχήμα 2.8).



Σχήμα 2.7: Δεδομένα βροχοπτώσεων του μετεωρολογικού σταθμού Λαγκαδά (περίοδος 2009-2019 RMetS)



Σχήμα 2.8: Δεδομένα βροχοπτώσεων του μετεωρολογικού σταθμού Λαγκαδά (περίοδος 2009-2019 RMetS)

3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ

3.1 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Ο Λαγκαδάς βρίσκεται στα όρια της Σερβομακεδονικής μάζας και της Περιοδοπικής ζώνης. Η Σερβομακεδονική μάζα ανήκει στην ελληνική ενδοχώρα, ενώ η Περιοδοπική ζώνη στις εσωτερικές Ελληνίδες.

Σερβομακεδονική μάζα

Από την ανατολική πλευρά του Λαγκαδά, η Σερβομακεδονική μάζα θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει τον ηπειρωτικό φλοιό και πιθανόν να ήταν μέρος της Ευρασίας σε συνδυασμό με τη μάζα της Ροδόπης (Σχήμα 3.1). Αποτελείται κυρίως από κρυσταλλοσχιστώδη και πυριγενή πετρώματα και γίνεται διαχωρισμός σε δύο επιμέρους ενότητες των Κερδυλλίων και του Βερτίσκου. Η τοποθέτηση της κωμόπολης γίνεται στα όρια της ενότητας Βερτίσκου που είναι η δυτική ενότητα, ανώτερη και νεότερη και περιέχει μία ακολουθία μιγματιτικών, οφθαλμοειδών ορθογενευσίων, μαρμαρυγιακών σχιστολίθων και λεπτών στρωμάτων μαρμάρων. Στους ανώτερους ορίζοντες παίρνουν μέρος μεταγάββροι και ορθοαμφιβολίτες ως ενδιαστρώσεις και φακοειδή σώματα μέσα στους γενέσιους. Παρατηρούνται θέσεις με επίδραση πρασινοσχιστολιθικής μεταμόρφωσης και τεκτονικά σχιστοποιημένα σερπεντινικά σώματα. Νέες απόψεις ενώνουν αυτές τις ενότητες. Γενικά, στο δυτικό περιθώριο συναντώνται Περμοτριάδικα πετρώματα όπου δεν υπάρχει σαφής διαχωρισμός της Σερβομακεδονικής μάζας με τη ζώνη Παιονίας, όποτε εντάχθηκε μία ανεξάρτητη ζώνη, η Περιοδοπική.

Το όριο μεταξύ της μάζας-ζώνης είναι η γραμμή επαφής των κρυσταλλοσχιστωδών πετρωμάτων με τα Περμοτριάδικα μεταϊζήματα και σύμφωνα με την νεότερη έρευνα (Tranos et al., 1999) είναι μία δεξιόστροφη ζώνη μεταφοράς της συμπίεσης, με δομές πτυχώσεων-εφιπτεύσεων, που δημιουργήθηκε στο τελικό στάδιο του Τριτογενούς. Στην ουσία δεν υπάρχει ακριβής διαχωρισμός.

Περιοδοπική ζώνη

Όσον αφορά την Περιοδοπική ζώνη αντιπροσωπεύει την ηπειρωτική κατωφέρεια που κατέληγε σε μια βαθιά αύλακα, η οποία ήταν η θέση υποβύθισης κάτω από την ηπειρωτική πλάκα (Σχήμα 3.2). Έχει πλάτος 10-20 km, με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και προεκτείνεται προς τα ΝΑ στη λίμνη Λαγκαδά. Αποτελείται από τρεις ενότητες, την Ντεβέ Κοράν- Δουμπιά, την ενότητα Μελισσοχωρίου- Χολομώντα και την ενότητα Άσπρης Βρύσης- Χορτιάτη.

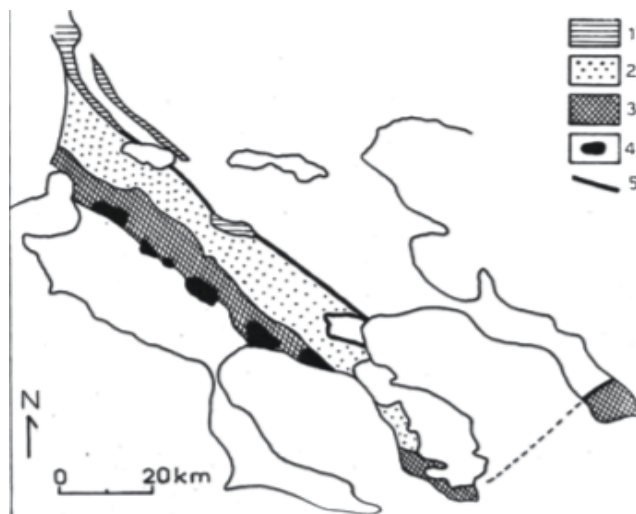
Ο Λαγκαδάς από την δυτική πλευρά τοποθετείται στην ενότητα Μελισσοχωρίου-Χολομώντα που περιέχει μάρμαρα και ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους με παρεμβολές γραφιτικών φυλλιτών και σερικιτικών σχιστολίθων, που μεταβαίνει σε καθαρά φυλλιτικός. Εκατέρωθεν, παρατηρούνται φλύσχος με τουρβιδιτικές εναλλαγές με συχνές εμφανίσεις ολισθόλιθων Τριαδικών μαρμάρων, ενώ πιο επιφανειακά ο φλύσχος της Σβούλας. Ίσως να έχει και κάποια πετρώματα της ενότητας Ντεβέ Κοράν -Δουμπιά που είναι κυρίως μετακλαστικά ιζήματα, ηφαιστειακά και ιζηματογενή υλικά ημιμεταμορφωμένα και ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους (Mountrakis, 2020).



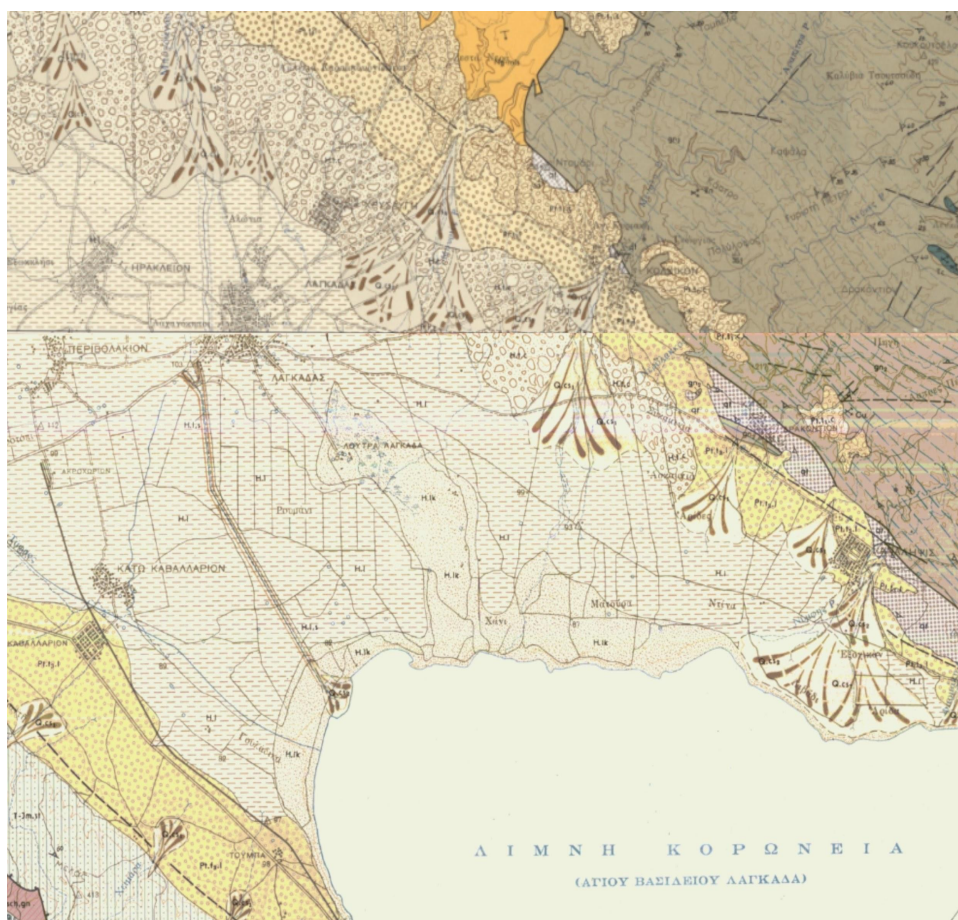
Σχήμα 3.1: Τεκτονικό σκαρίφημα της Σερβομακεδονικής μάζας. 1: μεταλλικά ιζήματα της κοιλάδας του Στρυμόνα, 2: ενότητα του Βερτίσκου, 3: ενότητα των Κερδυλλίων, 4: μάζα της

Ροδόπης, 5: Περιοδοποική ζώνη, 6: ανατολικό όριο της Σερβομακεδονικής (Γραμμή Στρυμόνα), 7: δυτικό όριο της Σερβομακεδονικής (Mountrakis, 2020).

Στο Σχήμα 3.3 παρουσιάζεται απόσπασμα του γεωλογικού χάρτη του ΙΓΜΕ (φύλλα Θέρμης, Λαχανά) της περιοχής Λαγκαδά. Στα Σχήματα 3.4 και 3.5 φαίνονται χαρακτηριστικές φωτογραφίες που λήφθηκαν κατά την αυτοψία στο ύπαιθρο.



Σχήμα 3.2: Χάρτης της Περιοδοποικής ζώνης με τις τρεις ενότητες της και τις σημαντικότερες οφειολιθικές εμφανίσεις, 1: ενότητα Ντεβέ Κοράν- Δουμπιά, 2: ενότητα Μελισσοχωρίου- Χολομώντα, 3: ενότητα Άσπρης Βρύσης- Χορτιάτη, 4: οφειόλιθοι, 5: όριο της ζώνης με τη Σερβομακεδονική. (Mountrakis, 2020)



Σχήμα 3.3: Απόσπασμα γεωλογικού χάρτη περιοχής Λαγκαδά ΙΓΜΕ (φύλλα Θέρμης, Λαχανά).

ΥΠΟΜΝΗΜΑ

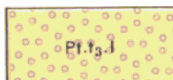
ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ	
ΟΛΟΚΑΙΝΟ	
	<u>Λιμναία ιζήματα (λίμνης Λαγκαδά):</u> αμμούχες άργιλοι και λεπτόκοκκοι άμμοι, πλούσιες σε μαρμαρυγίες.
	<u>Αποθέσεις στις κοίτες ποταμών και χειμάρρων:</u> αμμούχες άργιλοι, άμμοι και ψηφίδες.
	<u>Προσχώσεις κοιλάδων:</u> αμμούχες άργιλοι.



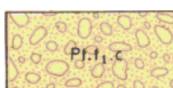
Κατώτερη βαθμίδα του κατώτερου συστήματος αναβαθμίδων:

χαλίκια.

ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ



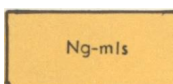
Κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων: χαλίκια και άμμοι κάτω από αργιλώδες κάλυμμα.



Ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων: ψηφίδες και κροκάλες με πηλό ή αμμούχα άργιλο.



Ριπίδια προσχώσεων: διαφορετικής ηλικίας.

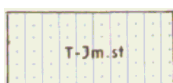


Μολάσσα του Λαγκαδά: αδιαβάθμητα κροκαλοπαγή, ερυθροπράσινοι-υπόλευκοι ψαμμίτες με φακούς μαργαϊκών ασβεστολίθων και αργιλικούς σχιστόλιθους με βολβούς μαργαϊκών ασβεστολίθων (λιμναία φάση).

ΠΕΡΙΟΔΟΠΙΚΗ ΖΩΝΗ

ΕΝΟΤΗΤΑ ΜΕΛΙΣΣΟΧΩΡΙΟΥ- ΧΟΛΟΜΩΝΤΑ

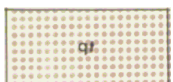
ΤΡΙΑΔΙΚΟ-ΜΕΣΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ



Χαλαζίτες: κοκκινοκαστάνινοι, λεπτό- έως μεσόκοκκοι, λεποστρωματώδεις, σιδηρούχοι, και σκοτεινότεφροι, ασβεστιτικοί, χαλαζιτικοί ψαμμίτες με ενστρώσεις από σκοτεινότεφρους φυλλίτες, τοπικά γραφιτικούς σχιστόλιθους και σκοτεινότεφρες ταινίες από ψαμμιτικούς ασβεστόλιθους.

ΣΕΡΒΟΜΑΚΕΔΟΝΙΚΗ ΜΑΖΑ

ΠΕΡΜΙΟ-ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ

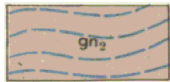


Χαλαζίτες: σκοτεινότεφροι έως πρασινωποί. λεπτόκοκκοι, λεποστρωματώσεις, εναλλασσόμενοι με τεφρούς, χονδρόκοκκους, χαλαζιτικούς, σχιστώδεις ψαμμίτες και υπόλευκα, λεποστρωματώδη κροκαλοπαγή και μικροκροκαλοπαγή με φυλλοδομή πλούσια σε αστρίους,

που μεταπίπτουν σε χαλαζιτικούς- σερικιτικούς σχιστολίθους και χαλαζίτες σε οφθαλμοειδή ιστό.

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΒΕΡΤΙΣΚΟΥ

ΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΟ



Διαμαρμαρυγικοί γνεύσιοι: σκοτεινότεφροι ή καστανοί, λεπτόκοκκοι έως μεσόκοκκοι, μονότονοι με μεταβάσεις προς οφθαλμογενέσιους. Συχνά εμφανίζονται πηγματοειδείς φλέβες και παρείσακτες κοίτες με ελαφρή φυλλοδομή και λεπτόκοκκες, σχιστλωδεις, απλιτικές, γρανιτικές παρείσακτες κοίτες. Νότια της λίμνης του Λαγκαδά παρατηρείται πλήρης απομεταμόρφωση σε χλωριτικούς σχιστόλιθους με υπολείμματα αστρίων. Δευτερογενής φυλλοδομή και μικροπτυχώσεις πολύ εξαπλωμένες.

ΕΚΡΗΞΙΓΕΝΗ ΠΕΤΡΩΜΑΤΑ

ΜΕΣΟΖΩΙΚΟ

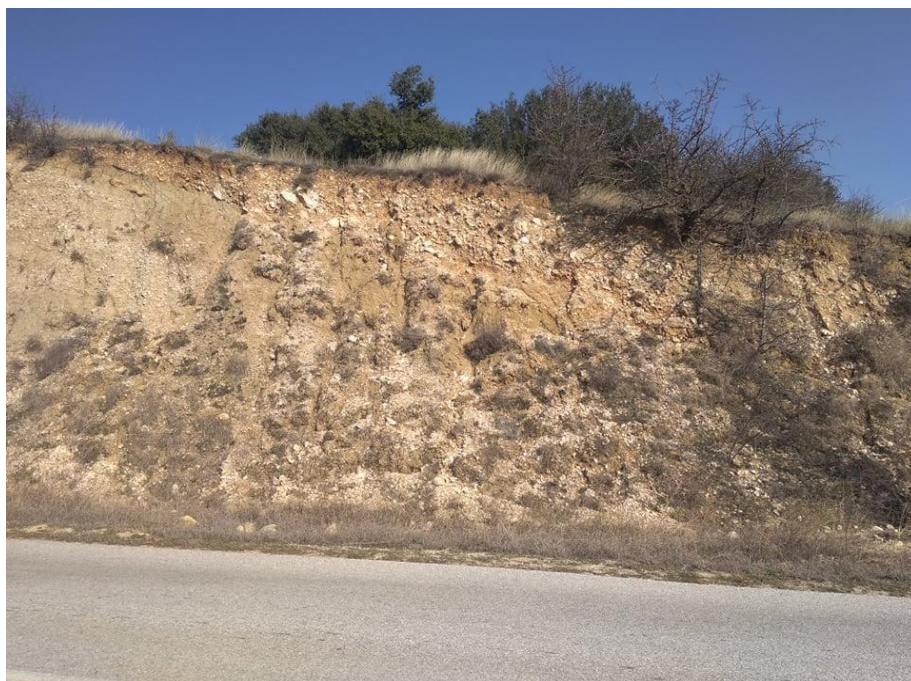


Λευκοκρατικός αλβιτικός- σερικιτικός- μικροκλινικός γνεύσιος: με γνευσιακό ή οφθαλμοειδή ιστό, παράλληλα προς το επίπεδο s, στρωμένος μέσα στα μεταϊζήματα.

ΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΟ



Υπερβασικά πετρώματα: γενικά σερπεντινωμένα σεαντογοριτικούς σερπεντινίτες με ταλκικούς- γραμματιτικούς σχιστόλιθους, αντιγοριτικούς- γραμματιτικούς σχιστόλιθους, φλέβες τάλκη κλπ., τοπικά υπολείμματα πυροξένων, περιδοτιτών και δουνιτών με φυλλοδομή παράλληλη στο επίπεδο s της περιοχής, τοποθετημένα κεραμιδωτά μέσα στα μεταϊζήματα.



Σχήμα 3.4: Χαλίκια και κροκάλες με πηλό ή αμμούχα άργιλο (συντεταγμένες x: $40^{\circ} 47' 21''$, y: $23^{\circ} 5' 42''$)



Σχήμα 3.5: Όριο Περιοδοπικής ζώνης με Σερβομακεδονική μάζα στον δρόμο Λαγκαδά-Βερτίσκου.

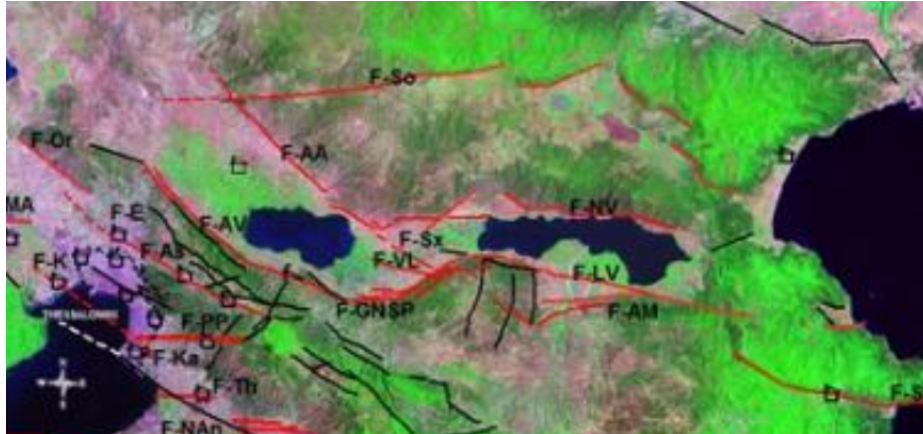
Στην εικόνα του Σχ. 3.5 διακρίνεται η τεκτονική επαφή της Σερβομακεδονικής μάζας επάνω στην Περιοδοπική ζώνη με ένα ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης δεξιόστροφο. Επίσης, διακρίνονται μεταλπικά ιζήματα της λεκάνης Μυγδονίας καθώς και ένα νεότερο ρήγμα μεγάλης γωνίας κλίσης.

3.2 ΕΝΕΡΓΟΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ- ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΥΓΔΟΝΙΑΣ

Το τεκτονικό βύθισμα της Μυγδονίας αναπτύχθηκε σε μια διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ έως Α-Δ κυρίως στο Τεταρτογενές. Τα περιθωριακά ρήγματα αυτού του βυθίσματος θεωρούνται σεισμικά ενεργά και δημιουργήθηκαν κατά την εφελκυστική τάση του Κατώτερου Πλειστόκαινου. Πρόκειται για κανονικά ρήγματα με διάφορες παρατάξεις κυρίως Α-Δ παράταξης ενώ ρήγματα άλλων παρατάξεων επηρεασμένα από το εφελκυστικό πεδίο παρουσιάζουν συνιστώσα οριζόντιας μετατόπισης. Το πεδίο επιβεβαιώθηκε στον σεισμό του 1978 της Θεσσαλονίκης όπου το διάνυσμα ολίσθησης έδειξε διεύθυνση εφελκυσμού Β-Δ, σε επιφάνειες.

Ο ρυθμός ολίσθησης των ρηγμάτων κυμαίνεται από 0,3-0,6 mm/yr, ενώ τα ίδια ρήγματα ενεργοποιήθηκαν στο πρόσφατο γεωλογικό παρελθόν και συνδέονται με τους περισσότερους σεισμούς που έπληξαν την Θεσσαλονίκη και την ευρύτερη περιοχή (Σχ. 3.6). Υπάρχουν πέντε τουλάχιστον ισχυροί σεισμοί με μέγεθος 6,5 περίπου, που έπληξαν την πόλη της Θεσσαλονίκης με επίκεντρο στο χώρο της Μυγδονίας λεκάνης. Η σεισμική ακολουθία του

1978 στη Θεσσαλονίκη είχαν μηχανισμό γένεσης το ρήγμα της Μυγδονίας λεκάνης, που δραστηριοποιήθηκε, είχε Α-Δ έως ΑΒΑ-ΔΝΔ παράταξη με μετάπτωση του βόρειου τεμάχους ως προς το νότιο, ενώ το μέσο εστιακό βάθος ήταν 7-11 km. (Pavlides, 2016)



Σχήμα 3.6: Ρήγματα της ευρύτερης περιοχής του Λαγκαδά (Zervopoulou & Paulides, 2016).

3.3 ΓΕΩΘΕΡΜΙΑ

Οι θερμές πηγές είναι επιφανειακές εκδηλώσεις γεωθερμίας και η θερμοκρασία των πηγών ποικίλει από 20-95 °C. Στην Ελλάδα υπάρχουν σημαντικές γεωθερμικές πηγές που διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες υψηλής, μέσης και χαμηλής ενθαλπίας. Μερικές φορές τα βάθη των γεωθερμικών ταμιευτήρων είναι πολύ μικρά όπως συμβαίνει στην περιοχή του Λαγκαδά και βοηθούν γεωθερμική εκμετάλλευσή τους. Στη λεκάνη Μυγδονίας εντοπίστηκαν τρία ρηχά πεδία με θερμοκρασίες μέχρι 56 °C. Το ένα πεδίο βρίσκεται σε απόσταση μόλις δύο χιλιομέτρων από το κέντρο του Λαγκαδά.

Η ροή θερμότητας οφείλεται στη γηγενή θερμότητα, το μαγματισμό, τη ραδιενέργεια, τις χημικές αντιδράσεις, την τριβή των πετρωμάτων κ.α. και η συμβολή τους στο ενεργειακό ισοζύγιο είναι σημαντική καθώς αποτελούν φυσικό ενεργειακό πόρο. Η έντονη τεκτονική επίσης που εκδηλώνεται με την παρουσία ρηγμάτων, σε συνδυασμό με την ηφαιστειότητα του ελληνικού χώρου ευνοούν την εμφάνιση θερμομεταλλικών πηγών.

Η ιστορία των ιαματικών πηγών Λαγκαδά ανάγεται στους Βυζαντινούς χρόνους και το νερό χαρακτηρίζεται ως υπόθερμο με χημική σύσταση Cl, Na, K, Br, I, B, Sr, Li. Έχουν θεραπευτικές ιδιότητες για νεφροπάθειες, ρευματοπάθειες, δερματοπάθειες και γυναικολογικές παθήσεις. Ο πιο παλιός λουτήρας που χρησιμοποιείται είναι ο 'Ιουστινιανός'

που χρονολογείται το 900 π.Χ. και ο αμέσως επόμενος του 1400 π.Χ. με όνομα ‘Μυγδονία’ με ιδιαίτερη σημασία ως Βυζαντινό μνημείο (Σχ. 3.7).



Σχήμα 3.7: Δεξαμενή Ιουστινιανός 900 π.Χ. (Ιαματικά Λουτρά Λαγκαδά).

4. ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΑ

4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Τα πετρώματα κατά τη δημιουργία τους περιέχουν κενά ή είναι συνεκτικά. Λόγω φυσικής και χημικής αποσάθρωσης στην επιφάνεια της Γης παρουσιάζονται κενά ή πόροι ή διάκενα. Ακόμη, η τεκτονική συμβάλλει στις ρωγμές και τις διακλάσεις, ενώ η σημασία αυτών των κενών είναι μεγάλη καθώς εκεί συναντώνται το υπόγειο νερό και η εδαφική υγρασία.

Το πορώδες αποτελεί το μέτρο των διακένων σε ένα πέτρωμα και εκφράζεται ως ο συνολικός όγκος των διακένων προς τον συνολικό όγκο του πετρώματος. Το πορώδες καθορίζει την αποθηκευτικότητα και την κίνηση του νερού στο υπέδαφος. Διακρίνεται σε πρωτογενές όπου οφείλεται στα διάκενα που δημιουργήθηκαν κατά τον σχηματισμό του πετρώματος και το δευτερογενές που οφείλεται στα διάκενα που δημιουργήθηκαν λόγω τεκτονισμού, αποσάθρωσης, διάλυσης και άλλα. Όταν συνυπάρχουν τα δύο είδη πορώδους τότε αναφερόμαστε σε διπλό πορώδες.

Ενεργό πορώδες είναι ο λόγος των διακένων που συνδέονται μεταξύ τους και επιτρέπουν την ροή του υπόγειου νερού είτε λόγω της βαρύτητας είτε της υδροστατικής πίεσης προς τον συνολικό όγκο του σχηματισμού.

Το πορώδες καθορίζεται από την κοκκομετρία και την διάταξη και σχήμα κόκκων. Τα ομοιόμορφα υλικά έχουν μεγάλο πορώδες ενώ τα ιζημάτα έχουν μικρότερο καθώς τα διάκενα πληρώνονται. Η διάταξη και το σχήμα κόκκων παίζει ρόλο διότι η κοκκομετρική διαβάθμιση και ο όγκος μεταβάλλουν την τιμή του πορώδους.

Η κυριότερη προέλευση αυτών των υπόγειων νερών είναι τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, ενώ ένα μικρό ποσοστό είναι μαγματικής ή κοσμικής προέλευσης. Το νερό εισέρχεται στο υπέδαφος με δύο τρόπους, είτε απευθείας από τις βροχοπτώσεις είτε από σώματα επιφανειακού νερού. Υπάρχουν τέσσερα είδη υπόγειου νερού, το υδροσκοπικό, το υμενώδες, το τριχοειδές και το βαρυτικό νερό.

Όταν τα διάκενα επικοινωνούν μεταξύ τους τότε το νερό μπορεί να κινηθεί, αυτή η ικανότητα λέγεται περατότητα. Εξαρτάται μόνο από τα χαρακτηριστικά του πορώδους μέσου

δηλαδή το σχήμα, το μέγεθος, την διάταξη των κόκκων και είναι ανεξάρτητη του ρευστού. Είναι ουσιαστικά συνάρτηση του μεγέθους των ανοιγμάτων όπου κινείται το νερό.

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με τη δυνατότητα τους να επιτρέπουν το νερό να κινηθεί μέσα στη μάζα τους. Η πρώτη κατηγορία είναι οι υδροπερατοί σχηματισμοί που επιτρέπουν διείσδυση και την κυκλοφορία του νερού μέσα τους ενώ δύο υποκατηγορίες αποτελούν οι μικροπερατοί και οι μακροπερατοί. Η άλλη κατηγορία είναι οι αδιαπέρατοι σχηματισμοί που δεν επιτρέπουν την κίνηση του νερού.

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί οι οποίοι περιέχουν μεγάλη ποσότητα κορεσμένο με νερό υλικό και μπορούν να αποτελέσουν τροφοδοσία σε γεωτρήσεις και πηγές λέγονται υδροφορείς. Έχουν την ικανότητα να δρουν ως αγωγοί δηλαδή να αποθηκεύουν και να μεταβιβάζουν νερό.

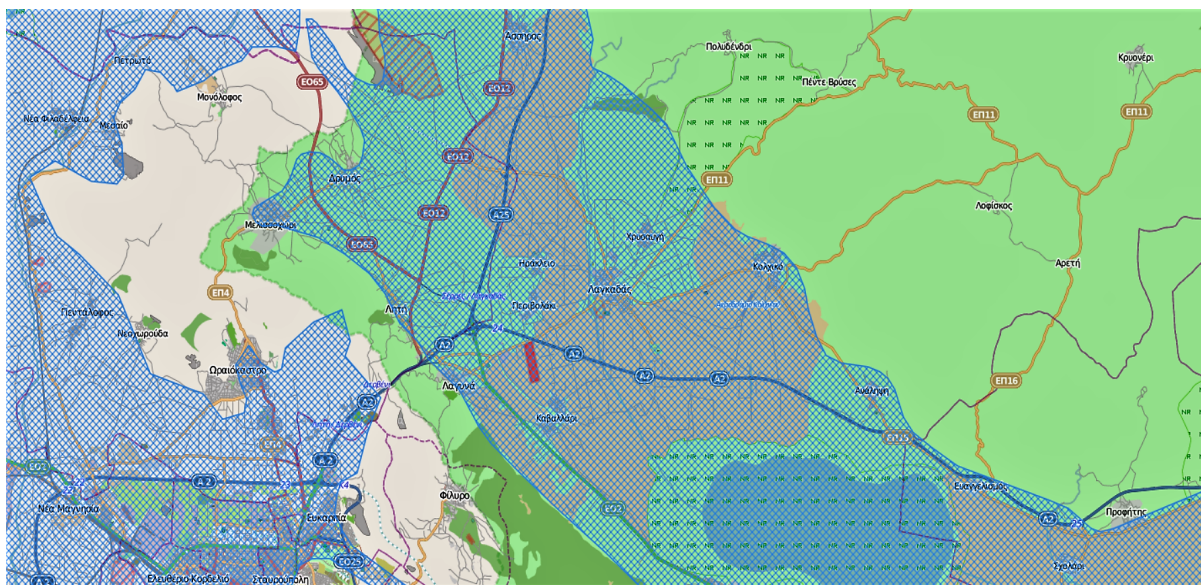
Οι κυριότεροι τύποι υπόγειων υδροφορέων είναι:

- Ελεύθεροι ή φρεάτιοι υδροφορείς: Έχουν ως δάπεδο στεγανό στρώμα ενώ στην οροφή τους είναι ανοιχτοί στην ατμόσφαιρα είτε παρεμβάλλεται κάποιο περατό στρώμα. Η εκμετάλλευση των ελεύθερων υδροφορέων γίνεται με τη διάνοιξη πηγαδιών ή γεωτρήσεων μικρού βάθους και για αυτό λέγονται φρεάτιοι. Το πάχος τους αυξομειώνεται ανάλογα με την τροφοδοσία ή τις αντλήσεις.
- Υπο πίεση υδροφορείς ή αρτεσιανοί : Το νερό σε αυτούς βρίσκεται συγκεντρωμένο μεταξύ των 2 αδιαπέρατων στρωμάτων του δαπέδου και της οροφής. Η πίεση του νερού ανάμεσα είναι μεγαλύτερη της ατμοσφαιρικής και είναι κορεσμένοι. Η πιεζομετρική επιφάνεια είναι μια εικονική επιφάνεια που τοποθετείται πιο ψηλά από την αδιαπέρατη οροφή και συμπίπτει με το επίπεδο της υδροστατικής επιφάνειας του υδροφορέα. Χαρακτηριστικό είναι το φαινόμενο του αρτεσιανισμού όπου η πιεζομετρική επιφάνεια ξεπερνάει την επιφάνεια του εδάφους και η ροή έχει τη μορφή πίδακα.
- Ημιεγκλωβισμένοι υδροφορείς : Μοιάζουν με τους υπό πίεση υδροφορείς μόνο που το υπερκείμενο στρώμα είναι ημιπερατό. Αναφέρονται και ως ημι-περατοί ή υδροφορείς με διαρροές.
- Ημιελεύθεροι υδροφορείς : Η υδροπερατότητα του υπερκείμενου στρώματος είναι μεγάλη, μικρότερη όμως από του υδροφορέα.

Τέλος, με βάση την πετρογραφία οι υδροφορείς διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες, οι οποίες είναι πορώδεις σε κοκκώδη πετρώματα, καρστικοί και διαρρηγμένων πετρωμάτων. Οι πορώδεις εντοπίζονται σε κοκκώδεις σχηματισμούς ενώ η αποθήκευση του υπόγειου νερού γίνεται στους πόρους ή στα διάκενα. Η δεύτερη κατηγορία είναι οι καρστικοί όπου εντοπίζονται σε ανθρακικά καρστικοποιημένα πετρώματα ενώ η τελευταία κατηγορία συναντάται σε ρηξιγενείς ζώνες των μεταμορφωμένων και πυριγενών πετρωμάτων, με την αποθήκευση του νερού σε ζώνες αποσάθρωσης και ασυνέχειας και ίσως σε πόρους (Βουδούρης, 2013).

4.2 ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Από το Σχήμα 4.1 φαίνεται ότι η ευρύτερη περιοχή του Λαγκαδά περιέχει σε όλη την έκταση της υδροπερατά πετρώματα και ως εκ τούτου αναμένονται υπόγειες υδροφορίες. Σύμφωνα με τη γεωλογία της περιοχής μελέτης, τα πετρώματα παίζουν σημαντικό ρόλο στο υπόγειο υδατικό σύστημα και μπορούν να διακριθούν σε λιθολογικές ενότητες.



Σχήμα 4.1: Χάρτης ευρύτερης περιοχής Λαγκαδά που δείχνει τα υδροπερατά πετρώματα (geodata).

- Υδρολιθολογική ενότητα πολύ περατών σχηματισμών Α

Η ενότητα αυτή περιλαμβάνει τα χαλίκια του Ολοκαίνου και τα ριπίδια προσχώσεων του Πλειστοκαίνου. Αυτή η ενότητα έχει υψηλή υδροπερατότητα καθώς αποτελείται από χαλαρά

αδρόκοκκα υλικά. Η περατότητα τους οφείλεται στο πρωτογενές πορώδες και η κίνηση του υπόγειου νερού γίνεται μέσω των πόρων των κοκκωδών ή των πορωδών πετρωμάτων. Ανάμεσα στα αδρομερή υλικά αναπτύσσονται υδροφόρα στρώματα τα οποία εμπλουτίζονται από το μετεωρικό νερό, αφού έχουν μεγάλο συντελεστή κατείσδυσης.

- Υδρολιθολογική ενότητα μικρής υδροπερατότητας Β

Σε αυτήν την ενότητα κατατάσσονται τα λιμναία ιζήματα της λίμνης Λαγκαδά, οι αποθέσεις στις κοίτες ποταμών και χειμάρρων, οι προσχώσεις κοιλάδων του Ολοκαίνου, το κατώτερο και ανώτερο σύστημα αναβαθμίδων καθώς και η μολάσσα του Λαγκαδά του Πλειστοκαίνου και τέλος χαλαζίτες του Τριαδικού- Μέσου Ιουρασικού και Περμίου- Κατώτερου Τριαδικού.

Η υδροπερατότητα είναι σαφώς μικρότερη σε σχέση με την προηγούμενη κατηγορία γιατί περιέχονται υλικά ποικίλης κοκκομετρίας και ανάμεσα στα αδρομερή υλικά τα κενά πληρώνονται με λεπτόκοκκα και αργιλώδη υλικά. Αποτελούν στρώματα χαμηλής περατότητας που μπορεί να αποθηκεύσουν υπόγειο νερό και να το μεταφέρουν σε σχετικά μικρό ρυθμό.

- Υδρολογική ενότητα αδιαπέρατων σχηματισμών Γ

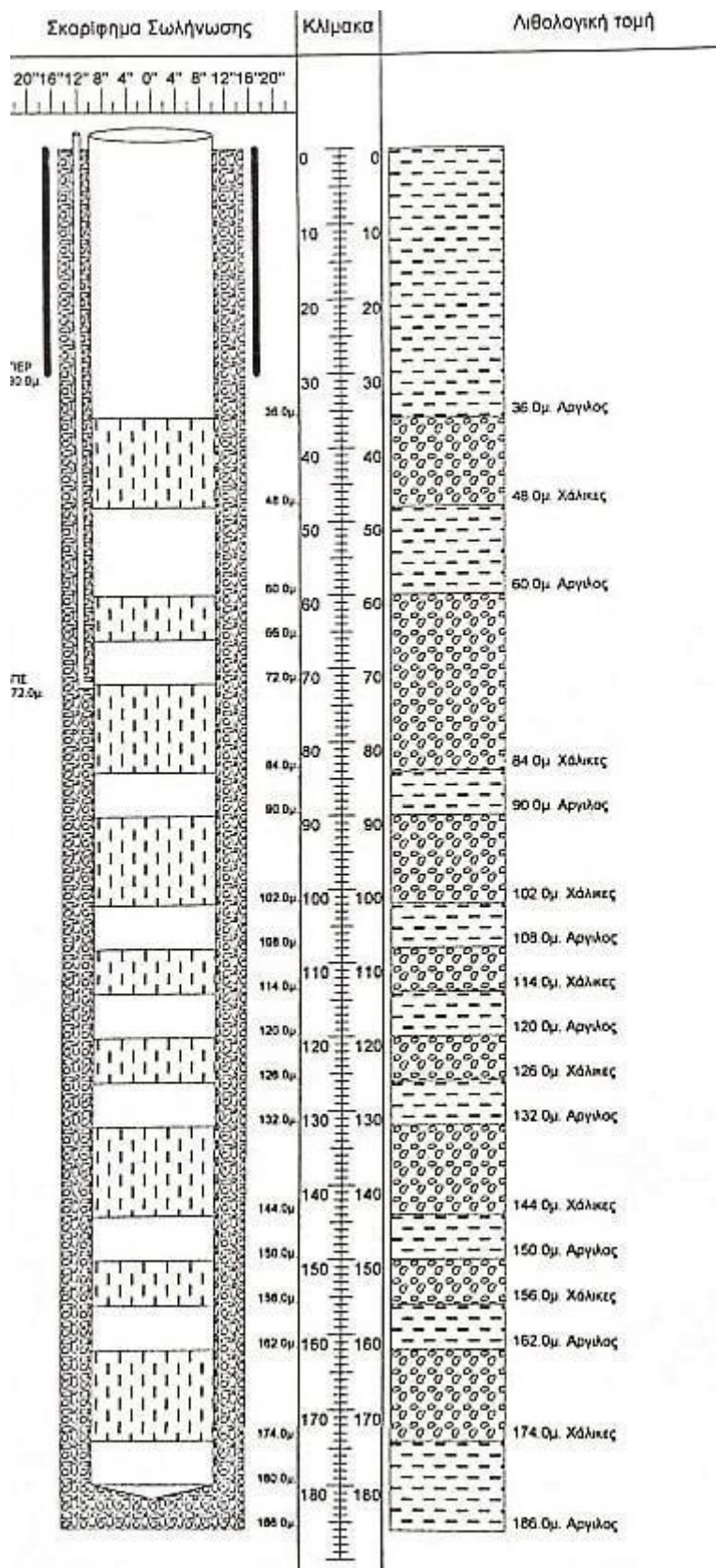
Τη μικρότερη περατότητα έχουν οι διμαρμαρυγικοί γνεύσιοι και τα υπερβασικά πετρώματα του Παλαιοζωικού και ο λευκοκρατικός γνεύσιος του Μεσοζωικού. Αυτοί οι σχηματισμοί δεν επιτρέπουν την κίνηση νερού διαμέσου της μάζας αυτών και αποτελούν το άνω ή κάτω όριο ενός υδροφόρου στρώματος.

4.3 ΥΔΡΕΥΤΙΚΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ

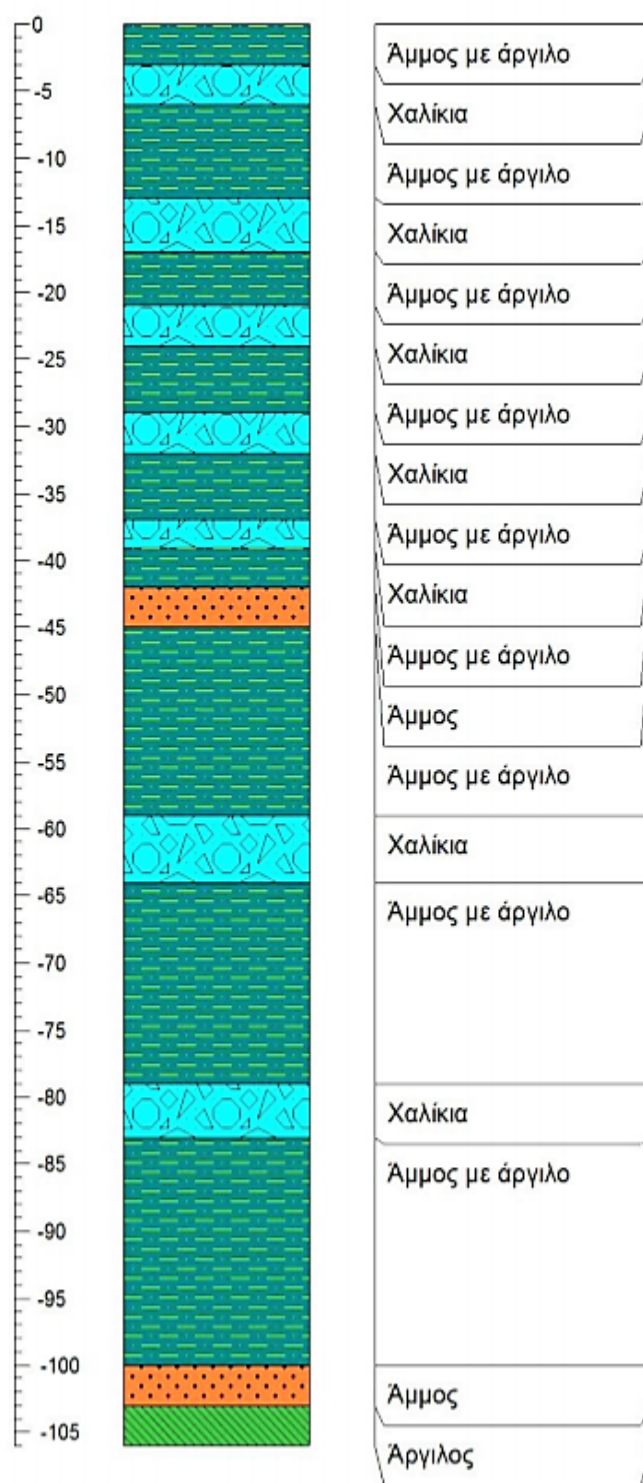
Για την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών του τοπικού διαμερίσματος Λαγκαδά- Χρυσανγής- Ηρακλείου- Περιβολακίου- Κολχικού- Ανάληψης χρησιμοποιούνται επτά γεωτρήσεις, οι οποίες βρίσκονται στην κωμόπολη του Λαγκαδά. Τα αντλούμενα νερά αυτά διοχετεύονται σε έντεκα δεξαμενές, που βρίσκονται δύο στην περιοχή του Λαγκαδά, τέσσερις στην περιοχή του Κολχικού, μια στο Δρακόντιο, μια στην Ανάληψη και τρεις στην Χρυσανγή. Όλες οι γεωτρήσεις βρίσκονται σε λειτουργία όλο τον χρόνο και τοποθετούνται περιφερειακά του Λαγκαδά. Οι πέντε γεωτρήσεις βρίσκονται κατανεμημένες στην ίδια

περιοχή του Λαγκαδά και εκεί βρίσκονται και οι δύο δεξαμενές του Λαγκαδά που τροφοδοτούνται από ανάμειξη νερών κάποιων γεωτρήσεων από αυτές.

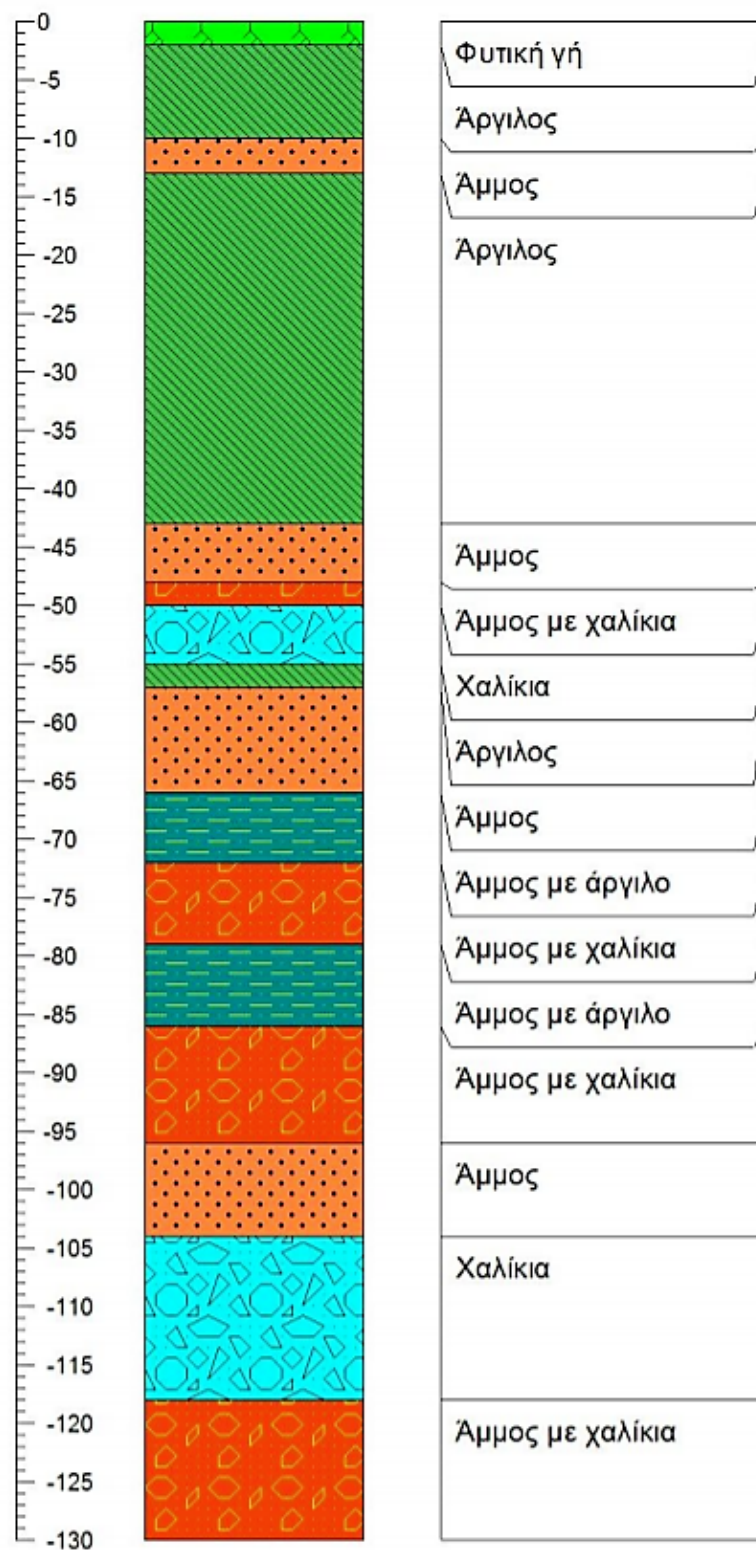
Στο παρακάτω Σχήμα 4.2 παρουσιάζεται η λιθολογική τομή μιας εκ των πέντε γειτονικών σχεδόν γεωτρήσεων στην περιοχή του γηπέδου του Λαγκαδά, με βάθος διάτρησης 180 m, στάθμη ηρεμίας 20 m, στάθμη άντλησης 45 m και κρίσιμη παροχή 45 m³/h. Η εκμεταλλεύσιμη παροχή της γεώτρησης είναι μικρότερη ή ίση με την κρίσιμη παροχή.



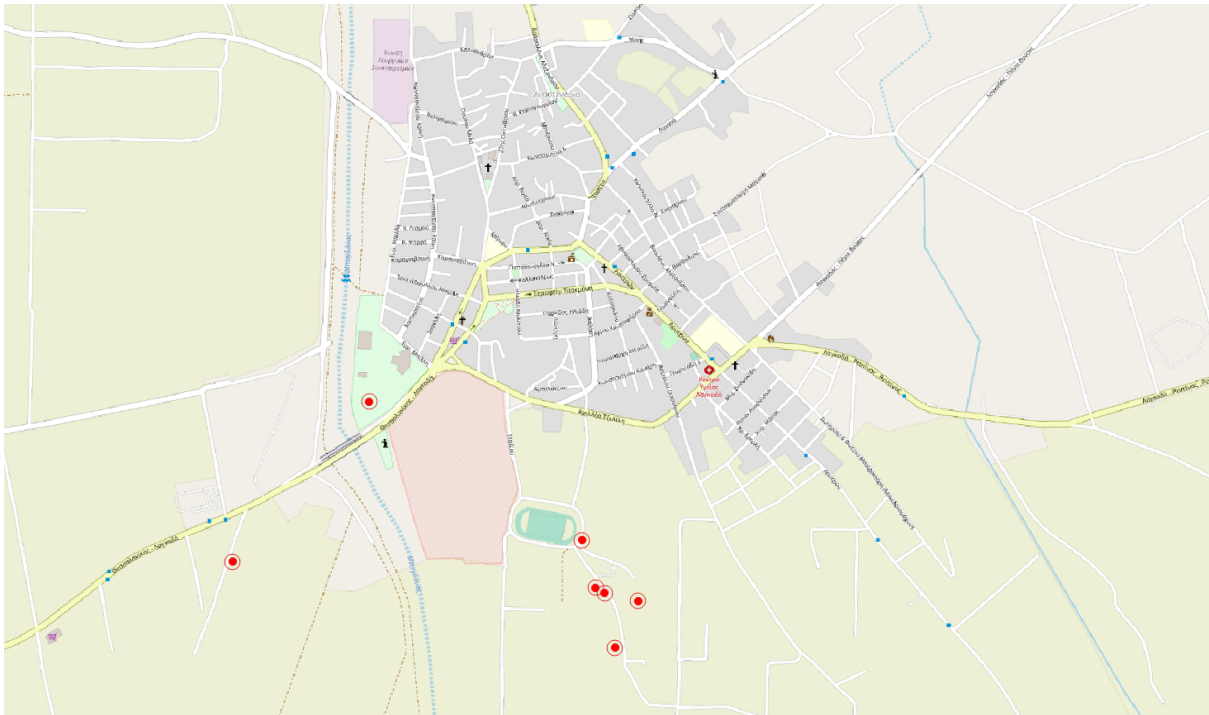
Σχήμα 4.2: Λιθολογική στήλη της γεώτρησης της περιοχής γήπεδο/πίσω/ του Λαγκαδά.



Σχήμα 4.3: Λιθολογική στήλη της γεώτρησης του Λαγκαδά στη Μοίρα Πυραύλων στρατόπεδο Ράμιναλη (Chrysafi, 2012).



Σχήμα 4.4: Λιθολογική στήλη γεώτρησης στην τοποθεσία Αυλές της Χρυσανγής (Chysafi, 2012).



Σχήμα 4.5: Χάρτης απεικόνισης των 7 υδρευτικών γεωτρήσεων της περιοχής Λαγκαδά.

Στο σχήμα 4.5 παρατηρείται η κατανομή των γεωτρήσεων περιφερειακά της κωμόπολης του Λαγκαδά που υδρεύουν τον Λαγκαδά και τα γύρω χωριά όπως προαναφέρθηκε, διοχετεύοντας το νερό αυτών σε δεξαμενές. Οι πέντε γεωτρήσεις βρίσκονται στην ίδια περιοχή πίσω από το ανοιχτό γήπεδο Λαγκαδά ενώ οι υπόλοιπες δύο τοποθετούνται σε αρκετά κοντινή απόσταση από τις υπόλοιπες.

5. ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ

5.1 ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

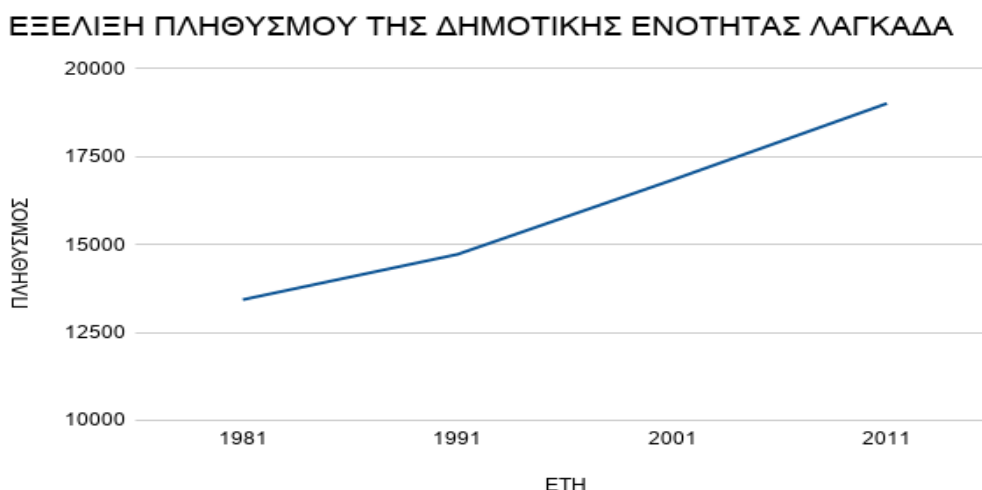
Η Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία κατέγραψε το 2011 στον Δήμο Λαγκαδά 41.103 κατοίκους, στην ενότητα Λαγκαδά 19.015 κατοίκους ενώ πιο συγκεκριμένα στην κωμόπολη του Λαγκαδά 7.462 κατοίκους. Ο πληθυσμός του Λαγκαδά βρισκόταν περίπου στα ίδια πληθυσμιακά επίπεδα το 1981 με σήμερα, όμως παρατηρήθηκε μείωση των κατοίκων το 1991 σε 6.280 ενώ έπειτα σημείωσε πολύ μεγάλη αύξηση φτάνοντας σε 7.259 το 2001. Κατόπιν, η αύξηση ήταν μικρότερη έως το 2011. Η εξέλιξη του πληθυσμού παρατηρείται στο παρακάτω διάγραμμα του Σχ. 5.1.



Σχήμα 5.1: Εξέλιξη του πληθυσμού της κωμόπολης του Λαγκαδά 1981-2011.

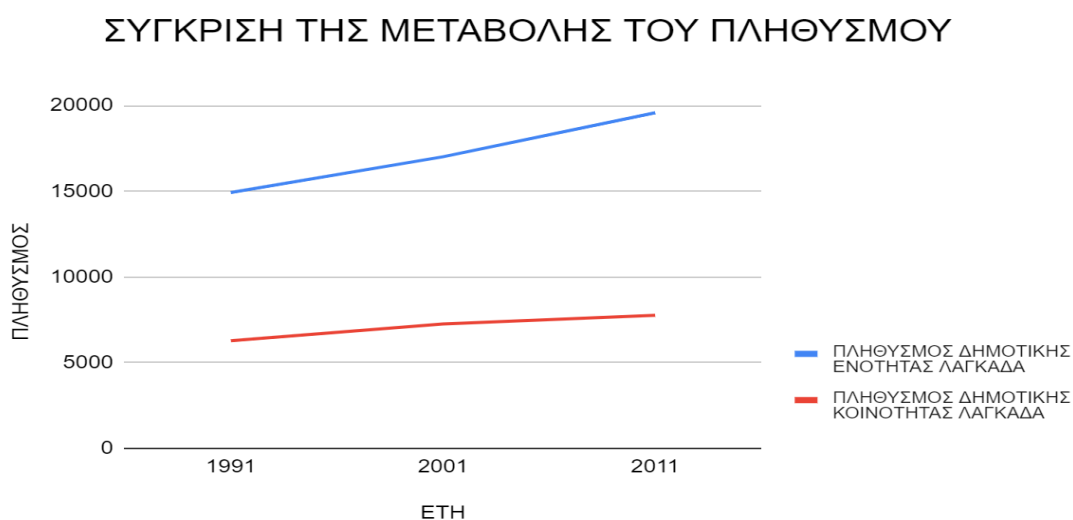
Την δεκαετία του 80' παρατηρήθηκε μείωση των γεννήσεων πανελλαδικά, αυτό εντοπίζεται και από το διάγραμμα, όμως θετικά μεταναστευτικά ισοζύγια σταδιακά από την δεκαετία του 70' επέφεραν αύξηση του πληθυσμού στις επόμενες δεκαετίες.

Στα διαγράμματα που ακολουθούν, η εξέλιξη του πληθυσμού από το 1981 έως το 2001 είναι σύμφωνα με το διοικητικό καθεστώς <<Ι. Καποδίστριας>>, ενώ το 2011 και έπειτα είναι με το πρόγραμμα <<Καλλικράτης>>. Υπάρχουν κάποιες μικρές τροποποιήσεις που όμως δεν επηρεάζουν την Δημοτική Ενότητα Λαγκαδά.



Σχήμα 5.2: Εξέλιξη του πληθυσμού της Δημοτικής Ενότητας Λαγκαδά 1981-2011.

Ο πληθυσμός της Δημοτικής Ενότητας Λαγκαδά και στις τρεις δεκαετίες έχει αύξηση σε σχέση με την κωμόπολη Λαγκαδά που στην πρώτη δεκαετία παρατηρείται μείωση. Ορισμένοι από τους οικισμούς είχαν σταθερή άνοδο με αποτέλεσμα να φαίνεται η επιρροή του Λαγκαδά μόνο στην μικρότερη αύξηση του πληθυσμού σε σχέση με τις υπόλοιπες δεκαετίες όπου η αύξηση είναι πιο απότομη.



Σχήμα 5.3: Σύγκριση της μεταβολής του πληθυσμού ολόκληρης της δημοτικής ενότητας Λαγκαδά με αυτή του πληθυσμού της δημοτικής κοινότητας Λαγκαδά

Όπως παρατηρείται από το παραπάνω διάγραμμα ο πληθυσμός της δημοτικής ενότητα του Λαγκαδά και ο πληθυσμός της δημοτικής κοινότητας Λαγκαδά αυξήθηκαν το 2011 σε σχέση με το 1991. Όμως παρατηρείται πιο ραγδαία αύξηση στην δημοτική ενότητα της περιοχής σε σχέση με την κοινότητα και συμπεραίνεται ότι συνέβαλαν στην αύξηση οι κοινότητες δίπλα στον Λαγκαδά, οι οποίες είναι οι τοπικές κοινότητες Ηρακλείου, Καβαλαρίου, Κολχικού, Λαγυνών, Περιβολακίου, Χρυσανγής και Αναλήψεως.

5.2 ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ

Για την πρόβλεψη του πληθυσμού των ετών 2031 και 2041 χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα των απογραφών των ετών 2001 και 2011 (ELSTAT). Ο πληθυσμός που υδρεύεται από τις επτά γεωτρήσεις της κωμόπολης του Λαγκαδά και διοχετεύονται σε λεκάνες είναι όπως προαναφέρθηκαν οι τοπικές κοινότητες Λαγκαδά- Ηρακλείου-Περιβολακίου- Χρυσανγής. Για τον λόγο αυτό χρησιμοποιήθηκε αθροιστικά ο πληθυσμός αυτών των κοινοτήτων. Οι δύο μέθοδοι πρόβλεψης πληθυσμού(Π_m) της περιοχής το έτος t_m που χρησιμοποιήθηκαν είναι:

- αριθμητική μέθοδος: $\Pi_m = ((t_m - t_2) / (t_2 - t_1)) * (\Pi_2 - \Pi_1) + \Pi_1$
- γεωμετρική μέθοδος: $\log \Pi_m = ((t_m - t_2) / (t_2 - t_1)) * \log(\Pi_2 / \Pi_1) + \log \Pi_1$

όπου Π_1 είναι ο πληθυσμός της πόλης το έτος t_1 και Π_2 ο πληθυσμός το έτος t_2 αντίστοιχα.

Πίνακας 5.1: Πρόβλεψη του πληθυσμού στον Λαγκαδά.

	ΕΤΟΣ	ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ	2031	13900
	2041	15196
ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ	2031	14223
	2041	15958



Σχήμα 5.4: Σύγκριση αποτελεσμάτων αριθμητικής και γεωμετρικής μεθόδου.

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων (Πίν. 5.1 και Σχ. 5.4) των δύο μεθόδων δεν προκύπτουν σημαντικές διαφορές. Με τη γεωμετρική μέθοδο προβλέπεται μεγαλύτερη αύξηση του πληθυσμού.

5.3 ΥΔΡΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ

Στις περισσότερες ευρωπαϊκές χώρες η βασική πηγή για τις υδρευτικές ανάγκες του πληθυσμού είναι το υπόγειο νερό. Στην Ελλάδα το ποσοστό χρήσης του υπόγειου νερού ως κυρίαρχη πηγή ξεπερνά το 60% ενώ το 63% των κατοίκων της χώρας μας καλύπτει τις υδρευτικές του ανάγκες με υπόγειο νερό. Οι υδρευτικές ανάγκες μιας περιοχής μπορούν να υπολογιστούν με τον πολλαπλασιασμό του πληθυσμού, με την ημερήσια κατανάλωση κατά άτομο. Με Κοινή Υπουργική Απόφαση (Κ.Υ.Α.) Δ11/Φ16/8600/1991 (ΦΕΚ Β' 174) τα όρια για την ύδρευση ορίζονται 100-250 λίτρα ανά άτομο την ημέρα. Τέλος, θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι απώλειες των δικτύων της κάθε περιοχής, η διαθεσιμότητα του κάθε υδροφορέα, ο τουρισμός, η εποχή και άλλα (Βουδούρης, 2015).

Η ύδρευση του πληθυσμού του Λαγκαδά και των οικισμών Ηρακλείου- Περιβολακίου- Χρυσανγής καλύπτεται εξ' ολοκλήρου από υπόγεια ύδατα. Ο συνολικός μόνιμος υδροδοτούμενος πληθυσμός αθροιστικά με την απογραφή του 2011 ανέρχεται σε 11.308 κατοίκους και ο συνολικός όγκος παρεχόμενου νερού αντιστοιχεί σε 2.261,60 m³/day. Στην περιοχή του Λαγκαδά χρησιμοποιούνται όπως προαναφέρθηκε, 7 γεωτρήσεις με παροχές 50-120 m³/h. Όμως το νερό τους διοχετεύεται σε δεξαμενές που υδρεύουν και τα χωριά Κολχικό- Δρακόντιο- Ανάληψη πέρα από αυτά που ήδη αναφέρθηκαν. Επιπλέον, το νερό της

κάθε γεώτρησης δεν χρησιμοποιείται μόνο σε μια δεξαμενή, αλλά γίνεται συνδυασμός αυτών.

Αφού ο όγκος του παρεχόμενου νερού για την ύδρευση των κατοίκων είναι 2.261,60 m³/day τότε η συνολική ετήσια παροχή των ποσοστών των γεωτρήσεων που υδρεύουν αυτή την περιοχή ανέρχεται περίπου σε 825.500 m³.

Για να υπολογιστούν οι υδρευτικές ανάγκες της περιοχής μελέτης γίνεται πολλαπλασιασμός του πληθυσμού της περιοχής με την ημερήσια κατανάλωση νερού ανά κάτοικο. Ως δεδομένο χρησιμοποιείται 200 λίτρα ανά κάτοικο την ημέρα καθώς δεν υπάρχει κάποια ημερήσια κατανάλωση καταγεγραμμένη από την Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Άρδευσης Λαγκαδά. Επομένως, η ημερήσια κατανάλωση όλων των κατοίκων ανέρχεται σε 2.261,6 m³. Επιπλέον, υπολογίζονται οι απώλειες δικτύου όπου στην περιοχή Λαγκαδά το ποσοστό είναι της τάξης του 50% και ακόμη βασικό ρόλο έχει η εποχή καθώς τους θερινούς μήνες η κατανάλωση αυξάνεται (1,5 συντελεστής αιχμής θερινής περιόδου).

Πίνακας 5.2: Υδρευτικές ανάγκες της πόλης του Λαγκαδά.

ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΥΔΡΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ	$X_{\eta\mu} = \Pi \cdot V$	2.261,60 m ³ /day
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (50%)	$X_{\alpha} = X_{\eta\mu} + X_{\eta\mu} \cdot 0,5$	3.392,40 m ³ /day
ΥΔΡΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΘΕΡΙΝΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ (90 ΗΜΕΡΕΣ, ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΑΙΧΜΗΣ 1,5)	$X_{\theta} = X_{\alpha} \cdot 1,5 \cdot 90$	457.974,00 m ³ / 90 days
ΥΔΡΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΧΕΙΜΕΡΙΝΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ (275 ΗΜΕΡΕΣ)	$X_{\chi} = X_{\alpha} \cdot 275$	932.910,00 m ³ / 275 days
ΕΤΗΣΙΕΣ ΥΔΡΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ	$X_{\Sigma} = X_{\chi} + X_{\theta}$	1.390.884,00 m³/year

Από τον παραπάνω πίνακα προκύπτει ότι οι ετήσιες υδρευτικές ανάγκες της ευρύτερης περιοχής του Λαγκαδά ανέρχονται περίπου σε **1.390.000 m³ ανά έτος**.

5.4 ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΥΔΡΕΥΤΙΚΩΝ ΑΝΑΓΚΩΝ

Για την πρόβλεψη των υδρευτικών αναγκών χρησιμοποιούνται τα δεδομένα από τον πίνακα πρόβλεψης πληθυσμού για τα έτη 2031 και 2041 μέσω της αριθμητικής και της γεωμετρικής μεθόδου.

Για την ορθολογική και βιώσιμη διαχείριση των υδροφορέων που χρησιμοποιούνται για τις υδρευτικές ανάγκες του πληθυσμού υπολογίζονται οι μελλοντικές ανάγκες για αυτά τα έτη. Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να γίνεται υπεράντληση των υδροφόρων στρωμάτων διότι ως συνέπεια θα υπάρξει μόνιμη υποχώρηση της στάθμης του υπόγειου νερού και εξάντληση των υπόγειων υδροφορέων.

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις που έγιναν (Πίνακες 5.3 και 5.4) συμπεραίνεται ότι με την αύξηση του πληθυσμού που παρατηρείται στα έτη 2031 και 2041, αυξάνονται και οι ετήσιες υδρευτικές ανάγκες. Η ευρύτερη περιοχή που υδρεύεται με τις 7 γεωτρήσεις έχει ελάχιστη παροχή όλων μαζί 350 m³/h και μέγιστη 840 m³/h, που σημαίνει ότι καλύπτουν τις ολοένα αυξανόμενες υδρευτικές ανάγκες που προβλέπει η παρούσα μελέτη στο μέλλον.

Πίνακας 5.3: Πρόβλεψη υδρευτικών αναγκών με βάση τους πληθυσμούς της αριθμητικής μεθόδου για τα έτη 2031 και 2041.

ΕΤΟΣ	2031	2041
ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ (ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ)	13900	15196
ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΥΔΡΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ	2.780,00 m ³ /day	3.039,20 m ³ /day
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (50%)	4.170,00 m ³ /day	4.558,80 m ³ /day
ΥΔΡΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΘΕΡΙΝΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ (90 ΗΜΕΡΕΣ, ΣΥΝΤ. ΑΙΧΜΗΣ 1,5)	562.950,00 m ³ /90 days	615.438,00 m ³ /90 days

ΥΔΡΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΧΕΙΜΕΡΙΝΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ (275 ΗΜΕΡΕΣ)	1.146.750,00 m ³ /275 days	1.253.670,00 m ³ /275 days
ΕΤΗΣΙΕΣ ΥΔΡΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ	1.709.700,00 m³/year	1.869.108,00 m³/year

Πίνακας 5.4: Πρόβλεψη υδρευτικών αναγκών με βάση τους πληθυσμούς της γεωμετρικής μεθόδου για τα έτη 2031 και 2041.

ΕΤΟΣ	2031	2041
ΠΛΗΘΥΣΜΟΣ (ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΗ ΜΕΘΟΔΟΣ)	14223	15958
ΗΜΕΡΗΣΙΕΣ ΥΔΡΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ	2.844,60 m ³ /day	3.191,60 m ³ /day
ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΔΙΚΤΥΟΥ (50%)	4.266,90 m ³ /day	4.787,40 m ³ /day
ΥΔΡΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΘΕΡΙΝΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ (90 ΗΜΕΡΕΣ, ΣΥΝΤ. ΑΙΧΜΗΣ 1,5)	576.031,5 m ³ /90 days	646.299,00 m ³ /90 days
ΥΔΡΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ ΧΕΙΜΕΡΙΝΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ (275 ΗΜΕΡΕΣ)	1.173.397,5 m ³ /275 days	1.316.535,00 m ³ /275 days
ΕΤΗΣΙΕΣ ΥΔΡΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ	1.749.429,00 m³/year	1.962.834,00 m³/year

Σύμφωνα με την απογραφή του 2011 για τις υδρευτικές ανάγκες χρησιμοποιείται το 45,36% της ελάχιστης παροχής των γεωτρήσεων. Υπολογίζεται ότι το 2031 θα χρησιμοποιείται το 57,06% της ελάχιστης παροχής, ενώ το 2041 το 64,02%. Εφόσον η παροχή της κάθε γεώτρησης μπορεί να φτάσει 120 m³/h οι μελλοντικές υδρευτικές ανάγκες καλύπτονται σίγουρα. Τα αποτελέσματα αυτά προκύπτουν σύμφωνα με την γεωμετρική μέθοδο, καθώς οι υδρευτικές ανάγκες είναι λίγο μεγαλύτερες σε σχέση με την αριθμητική μέθοδο και θεωρήθηκε πιο ορθό η επιλογή αυτών ως το δυσμενέστερο σενάριο.

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την υδρογεωλογική μελέτη σε συνδυασμό με τις υδρευτικές ανάγκες του Δήμου Λαγκαδά, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

Η ευρύτερη περιοχή του Λαγκαδά **γεωμορφολογικά** χαρακτηρίζεται ως λοφώδες- πεδινή και διασχίζεται από τον ποταμό Μπογδάνα που εκχύνει στη λίμνη Κορώνεια. Τοποθετείται στη λεκάνη της Μυγδονίας όπου περιφερειακά της περιοχής μελέτης το ανάγλυφο γίνεται ημιορεινό- ορεινό, δηλαδή η κλίση του εδάφους αυξάνεται, με αποτέλεσμα όλα τα ρέματα να καταλήγουν στη λίμνη Κορώνεια.

Όσον αφορά τις **χρήσεις γης** της περιοχής, η περιοχή είναι εύφορη και αναπτύσσεται η γεωργία και η κτηνοτροφία. Το πρόβλημα είναι ότι δεν υπάρχει οργανωμένο επιφανειακό αρδευτικό- στραγγιστικό δίκτυο και χρησιμοποιούνται ιδιωτικές γεωτρήσεις.

Στην περιοχή υπάρχουν σημαντικά **περιβαλλοντικά προβλήματα** με κύριο αυτό της λίμνης Κορώνειας όπου αρχικά ρυπάνθηκε και έπειτα έγινε αποξήρανση της λίμνης με αποτέλεσμα αυτών να είναι η εξαφάνιση των ψαριών-πτηνών. Άλλα προβλήματα της περιοχής είναι η υπεράντληση, υπεραλίευση, καθώς και η μη ορθολογική χρήση του Χ.Υ.Τ.Α Μαυροράχης.

Ο Λαγκαδός τοποθετείται στην **υδρολογική λεκάνη** της Μυγδονίας και πιο συγκεκριμένα στην υπολεκάνη της λίμνης Κορώνειας. Το **υδρογραφικό δίκτυο** περιλαμβάνει τις βόρειες ορεινές λεκάνες απορροής του Μπογδάνα και του ρέματος του Κολχικού και καταλήγουν βόρεια της λίμνης Κορώνειας.

Το **κλίμα** της περιοχής του Λαγκαδά είναι ηπειρωτικό. Οι θερμότεροι μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος ενώ ο ψυχρότερος ο Ιανουάριος. Οι πιο υγροί μήνες είναι ο Οκτώβριος και έπειτα ο Μάιος και η μεγαλύτερη ξηρασία παρατηρείται τον Αύγουστο.

Ως προς την **γεωλογία**, ο Λαγκαδός τοποθετείται στα όρια Σερβομακεδονικής και Περιοδοπικής ζώνης. Πρόκειται για τεκτονική επαφή και πιο συγκεκριμένα για ένα ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης δεξιόστροφο όπου η Σερβομακεδονική μάζα τοποθετείται πάνω στην Περιοδοπική ζώνη. Η Σερβομακεδονική ζώνη αντιπροσωπεύει τον ηπειρωτικό φλοιό με κύρια πετρώματα γενέσιους, σχιστόλιθους και μάρμαρα, ενώ η Περιοδοπική ζώνη

αντιπροσωπεύει την ηπειρωτική κατωφέρεια και αποτελείται από ανθρακικά και φλύσχη. Στα ανώτερα παρατηρούνται ιζήματα. Πρόκειται για ένα τεκτονικό βύθισμα ΒΔ-ΝΑ ως Α-Δ που αναπτύχθηκε το Τεταρτογενές και τα περιθωριακά ρήγματα είναι σεισμικά ενεργά.

Στην περιοχή αναπτύσσεται **γεωθερμικό πεδίο**, όπως προκύπτει από την εμφάνιση θερμών πηγών. Η θερμοκρασία των πηγών κυμαίνεται από 20-95 °C, το θερμό νερό χαρακτηρίζεται ως υπόθερμο και χρησιμοποιείται για λουτροθεραπεία από τους Βυζαντινούς χρόνους.

Η **υδροδότηση** του Λαγκαδά πραγματοποιείται με συνολικά επτά γεωτρήσεις των οποίων τα νερά διοχετεύονται σε έντεκα δεξαμενές. Οι δύο εκ των οποίων βρίσκονται στην πόλη του Λαγκαδά, οι 4 στην περιοχή του Κολχικού, τρεις στην Χρυσανγή και από μια στο Δρακόντιο και στην Ανάληψη. Οι πέντε γεωτρήσεις βρίσκονται περιφερειακά του Λαγκαδά. Η ελάχιστη παροχή όλων των υδρευτικών γεωτρήσεων 350 m³/h και η μέγιστη 840 m³/h.

Όσον αφορά τον **πληθυσμό** της συγκεκριμένης περιοχής, με τα δεδομένα της Ελληνικής Στατιστικής Υπηρεσίας της απογραφής του 2011, ανέρχεται σε 41.103 κατοίκους ευρύτερα και σε 19.015 αποκλειστικά της κομμόπολης του Λαγκαδά. Για την πρόβλεψη του πληθυσμού για τα έτη 2031 και 2041 χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα των απογραφών των ετών 2001 και 2011 και εφαρμόστηκαν η αριθμητική και γεωμετρική μέθοδοι. Τα συμπεράσματα αυτών δείχνουν ομαλή αύξηση του πληθυσμού τα επόμενα έτη.

Οι υδρευτικές ανάγκες του πληθυσμού καλύπτονται εξολοκλήρου από υπόγεια νερά. Με την απογραφή του 2011 με πληθυσμό οι υδρευτικές ανάγκες αντιστοιχούν σε 1.390.900 m³/year (ημερήσια κατανάλωση ίση με 2.261,6 m³). Οι απώλειες δικτύου στην περιοχή Λαγκαδά είναι της τάξεως του 50%, και ακόμη βασικό ρόλο έχει η εποχή καθώς τους θερινούς μήνες η κατανάλωση αυξάνεται (1,5 συντελεστής αιχμής θερινής περιόδου).

Οι μέγιστες προβλεπόμενες υδρευτικές ανάγκες με τη γεωμετρική μέθοδο για το έτος 2031 ανέρχονται σε 1.749.430 m³/year και για το έτος 2041 σε 1.962.830 m³/year. Οι 7 γεωτρήσεις καλύπτουν τις ολοένα αυξανόμενες ανάγκες που προβλέπονται στο μέλλον και το 2041 υπολογίζεται ότι θα χρησιμοποιείται το 64% της ελάχιστης παροχής των γεωτρήσεων. Έτσι, προκύπτει ότι οι μελλοντικές υδρευτικές ανάγκες, σύμφωνα με τα υφιστάμενα δεδομένα, καλύπτονται στο ακέραιο από τα υπόγεια νερά.

Τέλος, συνιστάται η συνεχής και συστηματική παρακολούθηση της ποιότητας και της ποσότητας των υπόγειων νερών (μετρήσεις στάθμης). Επιπλέον, πρέπει να ληφθούν κατάλληλα μέτρα για την προστασία του περιβάλλοντος και των υπόγειων υδροφορέων, που αφορούν τη διαχείριση των στερεών και υγρών αποβλήτων, τη διάθεση των λυμάτων από κτηνοτροφικές μονάδες, την εξοικονόμηση μέσω της μείωσης των απωλειών στα δίκτυα, την εφαρμογή ορθής αρδευτικής πρακτικής για αποφυγή νιτρορύπανσης, κ.λπ.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βουδούρης Κ., 2021, Τεχνική Υδρογεωλογία. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- Βουδούρης Κ., 2015, Εκμετάλλευση και διαχείριση υπόγειου νερού. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- Βουδούρης Κ., 2009, Υδρογεωλογία Περιβάλλοντος. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- Δημοτική Επιχείρηση Ύδρευσης και Άρδευσης Λαγκαδά (Δ.Ε.Υ.Α.Λ.).
- Διδασκάλου, Μ., 2015, Παλαιογεωγραφική εξέλιξη του ανατολικού περιθωρίου της Μυγδονίας λεκάνης στην περιοχή του Ρήχιου ποταμού, Μεταπτυχιακή διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Ελληνική Στατιστική Υπηρεσία.
- Ελληνική Γεώσφαιρα, Περιοδική έκδοση Ι.Γ.Μ.Ε., 2009.
- Ιαματικά Λουτρά Λαγκαδά.
- Καναράκης Ι., 2012, Διαχρονική ποιοτική και ποσοτική μελέτη της λίμνης Κορώνειας, Διπλωματική εργασία, Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας.
- Meteo, Θεσσαλονίκη, σταθμός Λουτρών Λαγκαδά.
- Μήτρα Ε., 2011, Προοπτικές βιώσιμης ανάπτυξης του δήμου Λαγκαδά. Διπλωματική εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Μουντράκης Δ., 2020, Γεωλογία και γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας.
- RMets, 2015, The automatic weather stations NOANN network of the National Observatory of Athens: operation and database.
- Τζιμόπουλος Χ., Πλιάτσικα Δ., 2005, Έρευνα διαχείρισης της υδρολογικής λεκάνης Κορώνειας.

- Χρυσάφη Αικ.-Αλ., 2012, Οικολογική ποιότητα και διαχείριση υδάτων σε επίπεδο λεκάνης απορροής. Μεταπτυχιακή διατριβή, Τμήμα Βιολογίας, Γεωλογίας και Πολιτικών Μηχανικών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Φάκελος σύμβασης, Μελέτη γενικού σχεδίου ύδρευσης και υλοποίηση σχεδίου ασφάλειας νερού ΔΕΥΑ Λαγκαδά, Αρ. Πρωτ.: 2074/2019.

Παράρτημα

Κεφάλαιο 4



Σχήμα 4.6: Γεώτρηση περιοχή γήπεδο πίσω στον Λαγκαδά.



Σχήμα 4.7: Γεώτρηση περιοχή γήπεδο πίσω στο Λαγκαδά (περιέχει δύο γεωτρήσεις).



Σχήμα 4.8: Γεώτρηση δίπλα στον ποταμό Μπογδάνα στην περιοχή του Λαγκαδά.