



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ, ΙΣΤΟΡΙΚΗΣ & ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ
ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

Εργαστήριο Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας



ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ ΔΑΝΙΗΛΙΔΗΣ

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ
ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΘΕΡΜΗΣ

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2021



Υδρογεωλογική και γεωφυσική ερευνά των υπόγειων υδροφορέων της περιοχής Θέρμης



Υδρογεωλογική και γεωφυσική ερευνά των υπόγειων υδροφορέων της περιοχής Θέρμης

ΜΙΛΤΙΑΔΗΣ ΔΑΝΙΗΛΙΔΗΣ

Φοιτητής Τμήματος Γεωλογίας, ΑΕΜ:5762

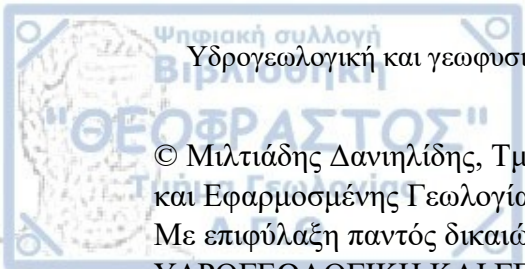
ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ
ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΘΕΡΜΗΣ

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

Επιβλέποντες καθηγητές

Βουδούρης Κωνσταντίνος

Βαργεμέζης Γεώργιος



Υδρογεωλογική και γεωφυσική ερευνά των υπόγειων υδροφορέων της περιοχής Θέρμης

© Μιλτιάδης Δανιηλίδης, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ., Τομέας Τεκτονικής, Ιστορικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, 2021

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος.

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΦΥΣΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ

ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΘΕΡΜΗΣ– *Διπλωματική Εργασία*

© Miltiadis Daniilidis, School of Geology, Department of Structural, Historical & Applied Geology, 2021

All rights reserved.

HYDROGEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL RESEARCH OF AQUIFERS IN THERMI AREA– *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.



Ευχαριστίες

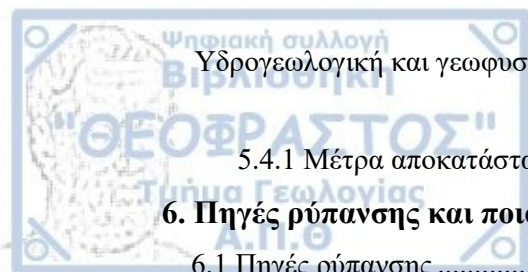
Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Βουδούρη καθώς και τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Γεώργιο Βαργεμέζη για την καθοδήγησή τους, την εμπιστοσύνη τους αλλά και την υποστήριξή τους κατά την συγγραφή της εργασίας αλλά και κατά τις εργασίες υπαίθρου. Ακόμη θερμές ευχαριστίες εκφράζω στον Δρ. κ. Νεραντζή Καζάκη για την παροχή δεδομένων από την περιοχή που συνέλεξε στο πλαίσιο της διδακτορικής του διατριβής.

Επίσης οφείλω να ευχαριστήσω το προσωπικό της ΔΕΥΑ Θέρμης, του Δήμου Θέρμης και τον Αντιδήμαρχο Περιβάλλοντος, Πρασίνου & Αγροτικής Ανάπτυξης κ. Γκιζάρη Στέργιο για την παροχή δεδομένων. Επιπλέον ευχαριστώ τους γεωργούς της περιοχής για την συνεργασία τους κατά την εκτέλεση εργασιών υπαίθρου. Τέλος ευχαριστώ τον συνάδελφό μου κ. Λεωνίδα Παναγούλια για την υποστήριξη του κατά τις εργασίες εκτέλεσης γεωηλεκτρικών τομών.



Περιεχόμενα

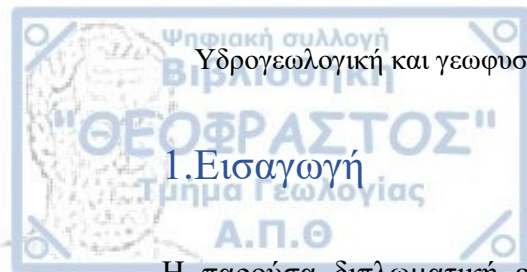
Ευχαριστίες.....	5
1.Εισαγωγή.....	9
2. Χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης	10
2.1 Ο Δήμος Θέρμης	10
2.2 Η περιοχή μελέτης.....	10
2.3 Ιστορική και πληθυσμιακή εξέλιξη	12
2.4 Γεωμορφολογία	13
2.5 Κλιματικά στοιχεία.....	14
3. Γεωλογικά στοιχεία.....	17
3.1 Γεωτεκτονικές ζώνες.....	17
3.2 Λιθολογία & Ορυκτός πλούτος	19
3.3 Τεκτονική	22
3.3.1 Το ρήγμα του Ανθεμούντα.....	22
3.3.2 Το ρήγμα της Θέρμης-Αεροδρομίου.....	22
3.3.3 Τα ρήγματα Βόρειου Ανθεμούντα	23
3.3.4 Συμπεράσματα για την τεκτονική	23
3.4 Γεωθερμία.....	24
4. Υδρολογία & Υδρογεωλογία.....	26
4.1 Επιφανειακά ύδατα.....	26
4.2 Υπόγεια ύδατα – τύποι υδροφορέων	27
4.2.1 Πορώδεις υδροφορείς.....	27
4.2.2 Υδροφορείς διαρρηγμένων πετρωμάτων.	27
4.3 Υδρολιθολογία	27
4.4 Μετρήσεις πιεζομετρίας	28
4.5 Προσδιορισμός υδραυλικών παραμέτρων.....	31
5. Χρήσεις νερού.....	35
5.1 Ύδρευση	35
5.1.1 Έργα ύδρευσης.....	35
5.1.2. Ανάγκες ύδρευσης.....	35
5.2 Ανάγκες πρωτογενούς τομέα.....	38
5.2.1 Ανάγκες κτηνοτροφίας.....	38
5.2.2 Ανάγκες άρδευσης.....	39
5.3 Ανάγκες βιομηχανίας	39
5.4 Επάρκεια νερού ύδρευσης.....	39



5.4.1 Μέτρα αποκατάστασης	40
6. Πηγές ρύπανσης και ποιότητα νερού	42
6.1 Πηγές ρύπανσης	42
6.1.1 Νεκροταφεία	42
6.1.2 Πρατήρια καυσίμων και αγωγός	45
6.1.3 Σταβλισμένη κτηνοτροφία	45
6.1.4 Βιομηχανίες.....	45
6.1.5 Σηπτικές δεξαμενές.....	45
6.1.6 Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ).....	46
6.1.7 Αγροτικές καλλιέργειες.....	47
6.1.8 Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων (Χ.Α.Δ.Α.)	47
6.1.9 Οδικό δίκτυο	48
6.1.10 Εγκαταλελειμμένα σημεία μεταλλευτικής δραστηριότητας	48
6.1.11 Θαλάσσια διεύσδυση	49
6.2 Ποιότητα υπόγειου νερού.....	49
6.2.1 Η περίπτωση της γεώτρησης Πατσουράκου 3 ^η	58
6.2.2 Συμπεράσματα- προτάσεις	62
6.3 Ποιότητα επιφανειακού νερού	63
7. Γεωφυσικές διασκοπήσεις.....	66
7.1 Γενικά.....	66
7.2 Η ειδική ηλεκτρική αντίσταση και διατάξεις ηλεκτροδίων.....	66
7.3 Ηλεκτρική τομογραφία και αντιστροφή.....	68
7.4 1 ^η Τομογραφία: Αγρόκτημα Α.Π.Θ. -έλεγχος υφαλμύρισης.....	69
7.5 2 ^η Τομογραφία: Φράγμα Θέρμης- έλεγχος διαφυγών στραγγισμάτων Χ.Α.Δ.Α.	73
8. Συμπεράσματα.....	76
Περίληψη	78
Abstract.....	78
Βιβλιογραφία	79
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	I



Υδρογεωλογική και γεωφυσική ερευνά των υπόγειων υδροφορέων της περιοχής Θέρμης



1.Εισαγωγή

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε από τον Μιλτιάδη Δανιηλίδη στα πλαίσια των προπτυχιακών του σπουδών στο Τμήμα Γεωλογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Η εργασία εποπτεύθηκε από τους κυρίους καθηγητές Βουδούρη Κωνσταντίνο και Βαργεμέζη Γεώργιο.

Η εργασία διεξήχθη εντός των ορίων της Δημοτικής Κοινότητας Θέρμης του Νομού Θεσσαλονίκης και είχε ως αντικείμενο την μελέτη της υδροφορίας, επιφανειακής και υπόγειας, των συνθηκών ύδρευσης και τέλος των πηγών ρύπανσης και της ποιοτικής κατάστασης των υδάτων.

Αρχικά κρίθηκε σκόπιμο να εξεταστούν ορισμένα χαρακτηριστικά της περιοχής όπως ιστορικά, πληθυσμιακά, κοινωνικοοικονομικά, γεωμορφολογικά και κλιματολογικά. Ακολούθως προσδιορίστηκαν αναλυτικά όλα τα γεωλογικά στοιχεία της περιοχής τόσο από βιβλιογραφικές πηγές όσο και με εργασίες υπαίθρου.

Αναφορικά με την υδρολογική- υδρογεωλογική έρευνα:

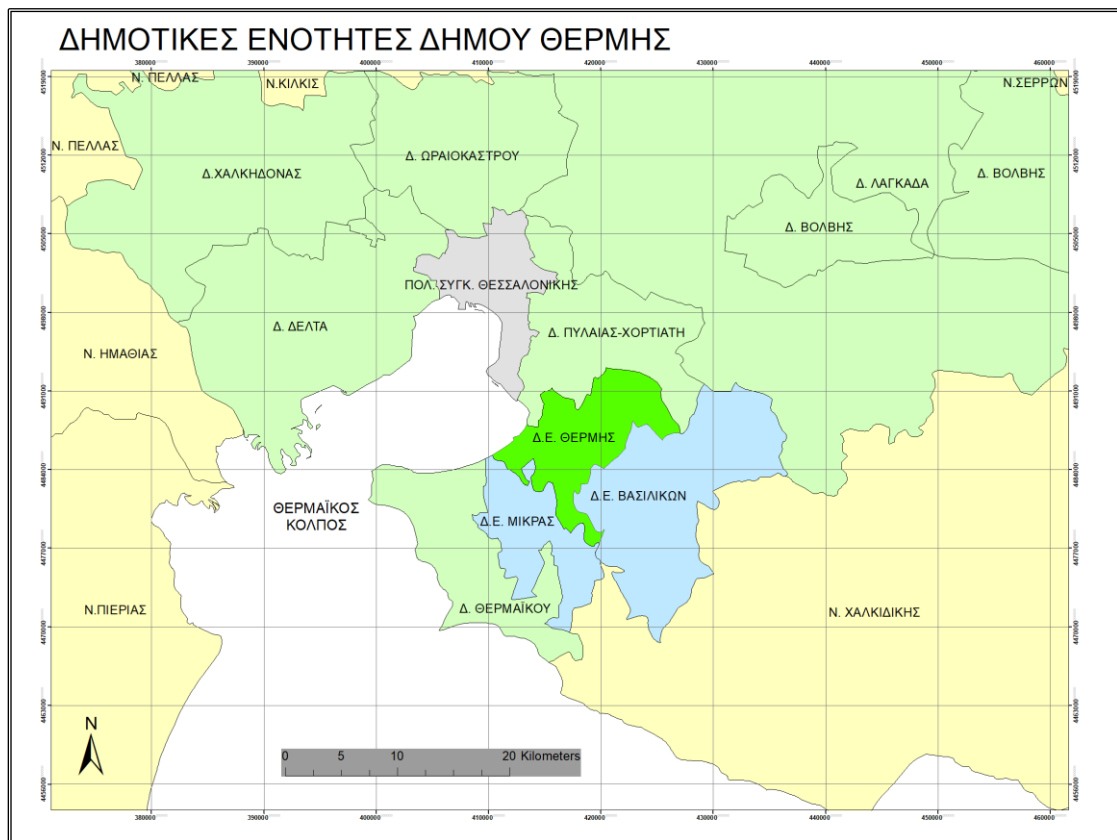
- Αναζητήθηκαν οι επιφανειακοί υδατικοί πόροι και διερευνήθηκαν οι δυνατότητες αξιοποίησής τους
- Προσδιορίστηκαν οι τύποι των υπόγειων υδροφορέων που εντοπίζονται, ενώ ερευνήθηκε και το υδρολιθολογικό καθεστώς
- Μετρήθηκαν στάθμες και αξιοποιήθηκαν μετρήσεις για τον προσδιορισμό της πιεζομετρίας
- Προσδιορίστηκαν οι υδραυλικές παράμετροι των γεωτρήσεων με εμπειρικές μεθόδους.
- Διερευνήθηκαν οι συνθήκες ύδρευσης και άρδευσης της περιοχής.

Σχετικά με τις πηγές ρύπανσης και την ποιοτική κατάσταση:

- Αναζητήθηκαν από βιβλιογραφικές πηγές αλλά και με έρευνα υπαίθρου πιθανές πηγές ρύπανσης.
- Μέσω των μετρήσεων στο δίκτυο γεωτρήσεων του Δήμου έγινε προσπάθεια αποκόμισης μιας συνολικής εικόνας για την ποιοτική κατάσταση του πορώδη υδροφορέα.
- Διενεργήθηκαν δύο γεωηλεκτρικές τομές με στόχο τον έλεγχο υφαλμύρισης και πιθανών διαφυγών στραγγισμάτων από Χώρο Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων. Μάλιστα η γεωηλεκτρική τομή για τον έλεγχο υφαλμύρισης είχε πραγματοποιηθεί και παλαιότερα και η επανάληψη της στόχευε στην εξαγωγή συγκριτικών αποτελεσμάτων.

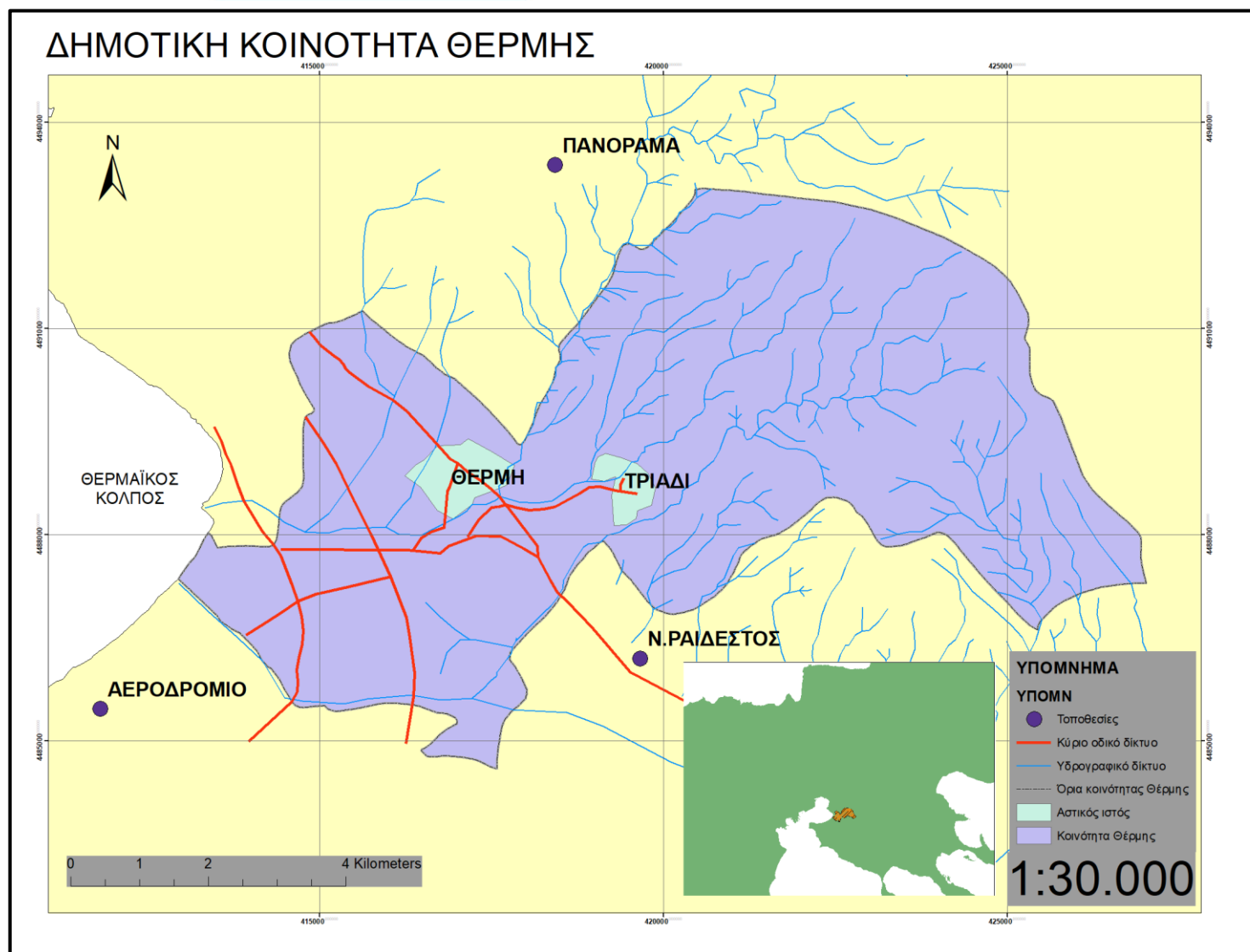
2.1 Ο Δήμος Θέρμης

Ο Δήμος έχει χαρακτηριστικά σύγχρονης περιαστικής περιοχής και παρουσιάζει έντονη οικιστική ανάπτυξη. Ειδικά ως προς τους τομείς της οικονομίας στο Δήμο αναπτύσσονται ο δευτερογενής και ο τριτογενής τομέας ενώ ο πρωτογενής τομέας είναι περιορισμένος, αν και η περιοχή είναι εύφορη.



2.2 Η περιοχή μελέτης

10



Σχήμα 2.2 Η περιοχή μελέτης- Δημοτική Κοινότητα Θέρμης

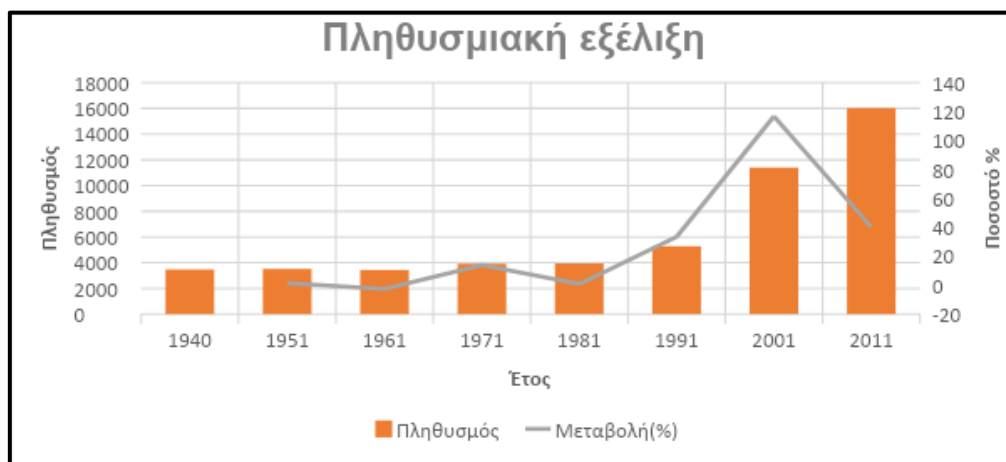
2.3 Ιστορική και πληθυσμιακή εξέλιξη

Στην περιοχή η παρουσία του ανθρώπου επιβεβαιώνεται από την Νεολιθική εποχή (5000 π.Χ.) καθώς βρέθηκαν ίχνη οικισμού. Κατά την αρχαιότητα αποτέλεσε, σύμφωνα με τον Ηρόδοτο, σημαντική πόλη, ενώ ο Θερμαϊκός Κόλπος οφείλει την ονομασία του στην Θέρμη. Κατά την παλαιοχριστιανική και βυζαντινή εποχή, η Θέρμη ονομαζόταν Σέδες και ήταν μία πλούσια αγροτική περιοχή. Κατά την τουρκοκρατία οι αγροτικές εκτάσεις κατασχέθηκαν και καλλιεργήθηκαν από Οθωμανούς γεωργούς. Μετά την απελευθέρωση από τους Τούρκους η περιοχή εξελίχθηκε σε αγροτικό, προσφυγικό οικισμό. Ο οικισμός Τριάδι είναι νεοσύστατος οικισμός που δημιουργήθηκε το 1926 από οικογένειες προσφύγων.

Μετά την δεκαετία του 1970 και οι δύο οικισμοί άρχισαν να μετατρέπονται σε σύγχρονα προάστια με συνεχώς αυξανόμενο πληθυσμό. Ο πληθυσμός παρουσιάζεται παρακάτω τόσο σε πίνακα (Πίνακας 2.1) όσο και σε γράφημα (Σχήμα 2.3), και σε αυτόν περιλαμβάνονται οι κάτοικοι της Θέρμης και του Τριαδίου.

Πίνακας 2.1 Πληθυσμός και μεταβολή ανά δεκαετία (Πηγή ΕΛΣΤΑΤ, τροποποιημένος)

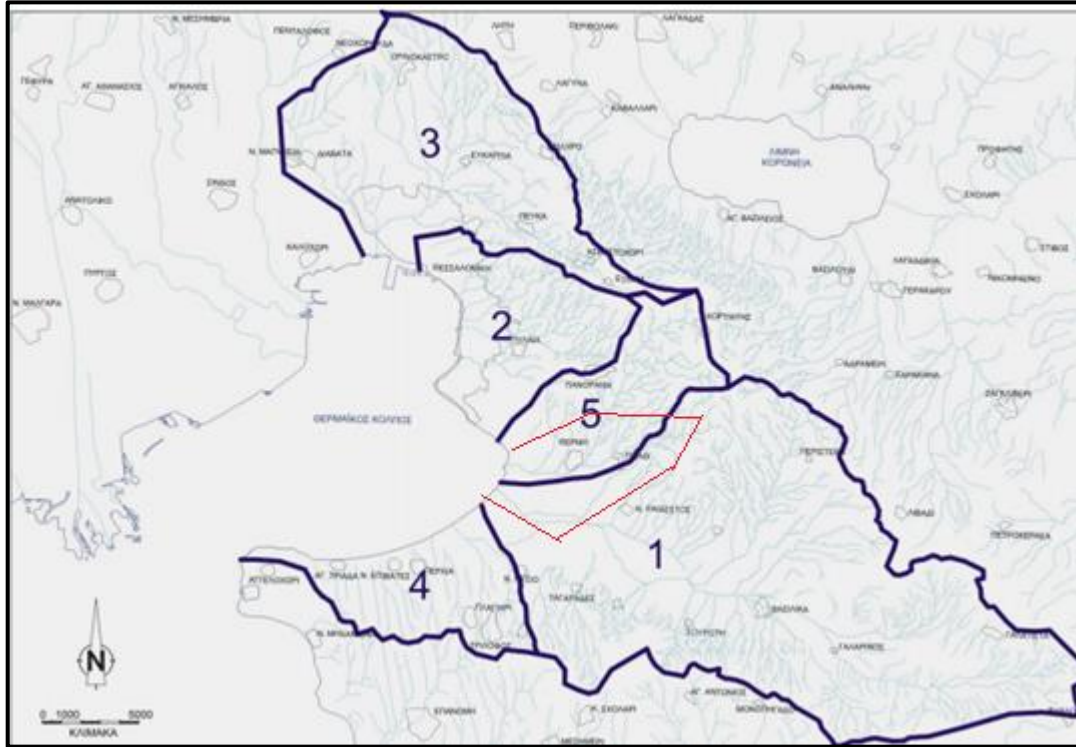
Έτος	Πληθυσμός	Μεταβολή(%)
1940	3472	
1951	3519	1,35
1961	3432	-2,53
1971	3912	13,99
1981	3945	0,84
1991	5265	33,46
2001	11412	116,75
2011	16004	40,24



Σχήμα 2.3 Πληθυσμός της Δ.Κ. Θέρμης και μεταβολή ανά δεκαετία

2.4 Γεωμορφολογία

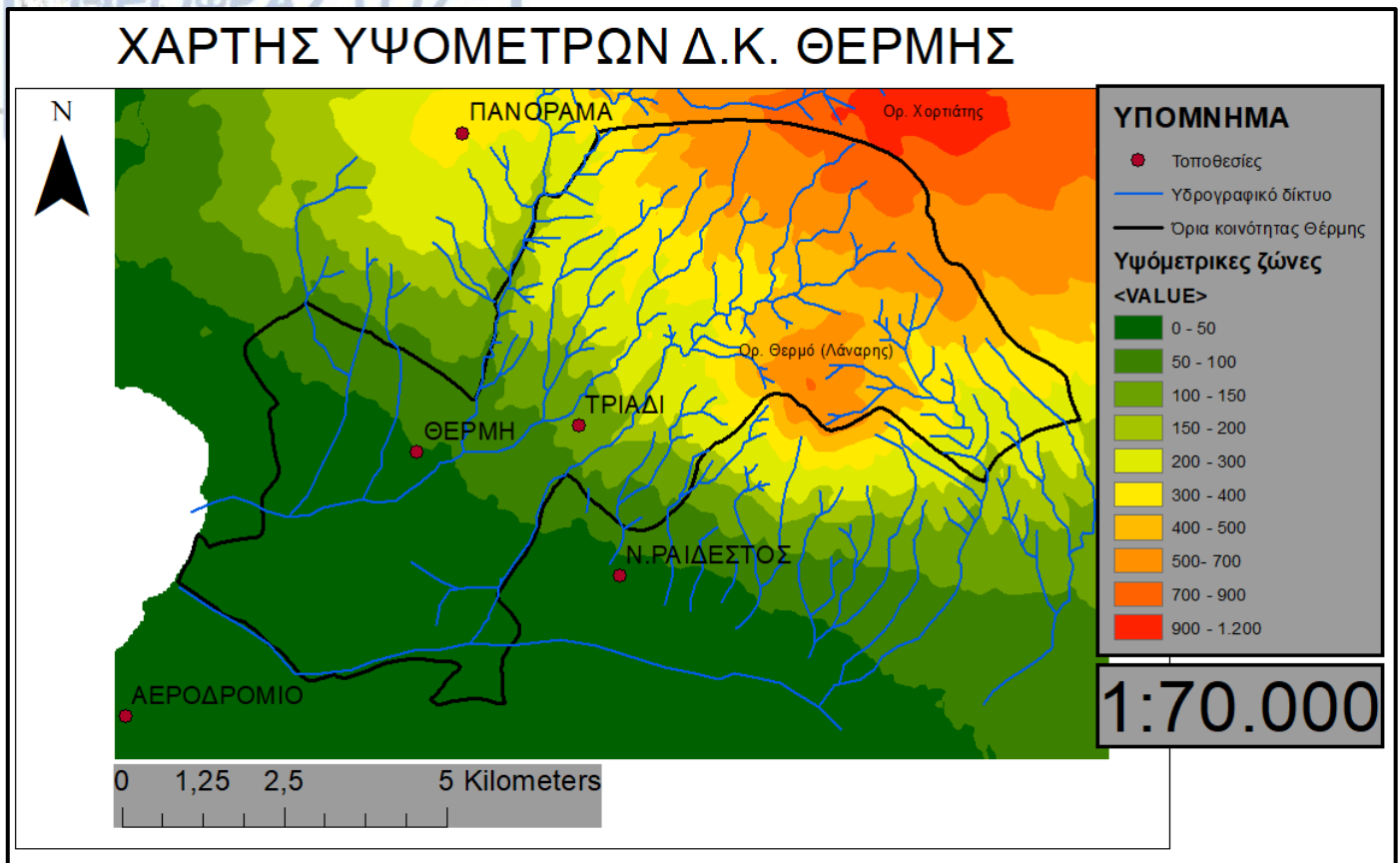
Η περιοχή μελέτης εντάσσεται σε δύο λεκάνες απορροής. Τόσο το νότιο όσο και το ανατολικό τμήμα της περιοχής ανήκουν στην λεκάνη Ανθεμούντα (Σχήμα 2.4: Λεκάνη 1) και αποστραγγίζονται από τον ομώνυμο ποταμό. Οι ανατολικές και βόρειες περιοχές αποστραγγίζονται μέσω του ρέματος της Θέρμης (Σχήμα 2.4: Λεκάνη 5)



Σχήμα 2.4 Οι λεκάνες απορροής της ευρύτερης περιοχής και εντός του κόκκινου πλαισίου κατά προσέγγιση η περιοχή μελέτης (Ζερβοπούλου 2010, τροποποιημένο)

Η λεκάνη του Ανθεμούντα έχει εμβαδόν 428 km² και σχήμα φυλλόμορφο επίμηκες. Έχει προσανατολισμό ΑΝΑ-ΔΒΔ και εκτείνεται από τον Κόλπο Θεσσαλονίκης μέχρι τον Βάβδο. Έχει μήκος 35 km και το πλάτος της κυμαίνεται από 4 km στην περιοχή Λουτρών Θέρμης- Σουρωτής έως 8 km στο παραλιακό μέτωπο. Η λεκάνη στο βόρειο τμήμα της, όπου ανήκει και η περιοχή μελέτης, οριοθετείται από τον άξονα των όρων Χορτιάτης-Θερμό-Χολομώντας (Δήμος Θέρμης, 2014).

Ως προς τα υψόμετρα, στα νότια και δυτικά τμήματα, μέχρι και τον οικισμό του Τριαδίου το ανάγλυφο είναι ομαλό, πεδινό έως λοφώδες με τα υψόμετρα να μην ξεπερνούν τα 200 μέτρα. Βορειότερα τα υψόμετρα αυξάνουν και φτάνουν έως τα 900 μέτρα αφού στην περιοχή μελέτης συμπεριλαμβάνεται και ένα μέρος του όρους Χορτιάτης (1201 μ.). Τέλος στα ανατολικά εντοπίζεται ένας ακόμη, μικρότερος, ορεινός όγκος το Θερμό ή Λάναρι (728 μ.). Η χωρική κατανομή των υψομέτρων φαίνεται στο Σχήμα 2.5.



Σχήμα 2.5 Υψομετρικός χάρτης της Δ.Κ. Θέρμης

2.5 Κλιματικά στοιχεία

Η κατηγοριοποίηση των κλιμάτων αλλά και η ένταξη των διάφορων περιοχών σε κλιματικές ζώνες αποτελεί ένα περίπλοκο ζήτημα. Για την περιοχή μελέτης χρησιμοποιήθηκε το σύστημα ταξινόμησης κλιμάτων κατά Köppen αφού είναι εύχρηστο, περιγράφει ικανοποιητικά τις κλιματικές ζώνες και είναι ευρέως διαδεδομένο.

Η ταξινόμηση αυτή βασίζεται σε πέντε βασικούς κλιματικούς τύπους. Οι κλιματικοί τύποι προέρχονται από τις πέντε διαπλάσεις της βλάστησης που είναι :

1. Ο Ισημερινός – τροπικά δάση
2. Η σαβάννα και η στέπα
3. Η έρημος
4. Τα δάση κωνοφόρων και φυλλοβόλων
5. Η τούνδρα

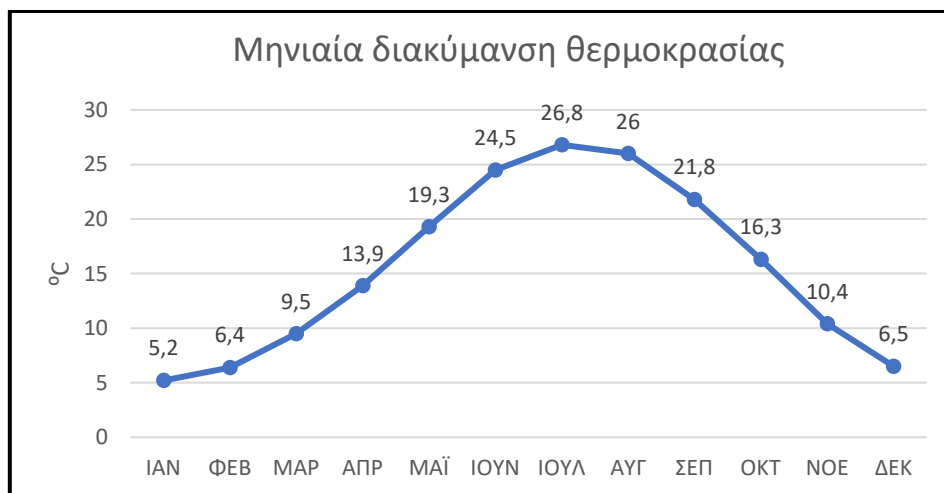
Για την ταξινόμηση χρησιμοποιούνται πεζά και κεφαλαία γράμματα ώστε κάθε κλιματικός τύπος να περιγράφεται μέσω τριών γραμμάτων.

Για τους σκοπούς της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από δύο μετεωρολογικούς σταθμούς. Ο πρώτος σταθμός που επιλέχθηκε είναι αυτός του Αεροδρομίου της Μίκρας που λειτουργεί υπό την εποπτεία της ΕΜΥ. Ο σταθμός είναι ιδιαίτερα αξιόπιστος και αντιπροσωπευτικός για την περιοχή μελέτης. Ο σταθμός έχει υψόμετρο πέντε μέτρα και η ακριβής τοποθεσία του δίνεται από τις συντεταγμένες $40^{\circ} 31' N$ και $22^{\circ} 58' E$. Από τον σταθμό αυτό αντλήθηκαν δεδομένα βροχόπτωσης από το 1959 μέχρι το 2015. Ο δεύτερος σταθμός που χρησιμοποιήθηκε

είναι αυτός του ΕΘΙΑΓΕ που βρίσκεται κοντά στα όρια της περιοχής μελέτης και συγκεκριμένα στα Λουτρά Θέρμης . Είναι τοποθετημένος σε υψόμετρο 30 μέτρων από την επιφάνεια της θάλασσας και η ακριβής τοποθεσία του δίνεται από τις συντεταγμένες 40° 30'27" Ν και 23° 04'58" Ε. Από τον σταθμό αυτό αντλήθηκαν δεδομένα βροχόπτωσης για το χρονικό διάστημα 1979-2012 αλλά και δεδομένα θερμοκρασίας για το χρονικό διάστημα 1978-2005

Από τα στοιχεία φαίνεται πως ο ψυχρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος με θερμοκρασία 5,2°C και ο θερμότερος μήνας είναι ο Ιούλιος με θερμοκρασία 26,8 °C. Αφού η θερμοκρασία του ψυχρότερου μήνα είναι μεταξύ 0 °C και 18 °C και του θερμότερου πάνω από 18 °C, το πρώτο γράμμα που χαρακτηρίζει το κλίμα είναι το C. Ακόμη, ο ξηρότερος μήνας είναι ο Αύγουστος με κατακρημνίσματα 24,5 mm (σταθμός ΕΘΙΑΓΕ) και 19,8 mm (σταθμός Μίκρας). Ο υγρότερος μήνας είναι ο Νοέμβριος με κατακρημνίσματα 57,6 mm (σταθμός ΕΘΙΑΓΕ) και 50,9 mm (σταθμός Μίκρας). Αφού τα κατακρημνίσματα του ξηρότερου μήνα είναι λιγότερα από 30 mm, το δεύτερο γράμμα που χαρακτηρίζει το κλίμα είναι το s. Τέλος ο θερμότερος μήνας, έχει μέση θερμοκρασία πάνω από 22 °C, άρα το τρίτο γράμμα που χαρακτηρίζει το κλίμα είναι το a. Συνεπώς το κλίμα κατά Köppen χαρακτηρίζεται ως Csa, δηλαδή ως **Μεσογειακό ενδοχώρας με ήπιους χειμώνες και ξηρά και πολύ ζεστά καλοκαίρια.**

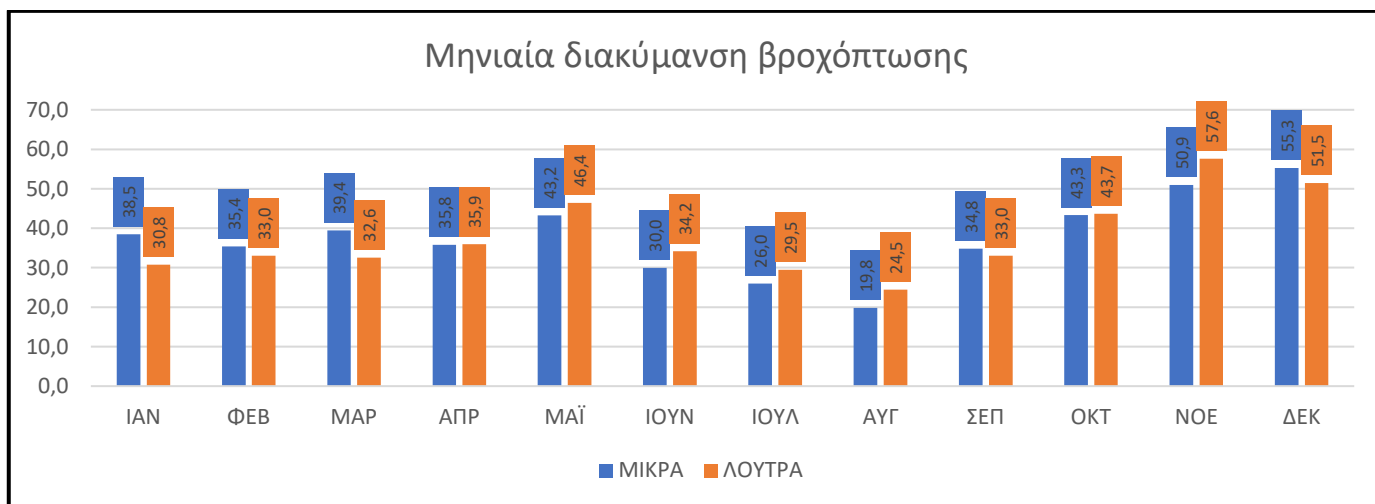
Στα Σχήματα 2.6 ως 2.9 φαίνονται τα αντίστοιχα κλιματολογικά διαγράμματα θερμοκρασίας και βροχόπτωσης.



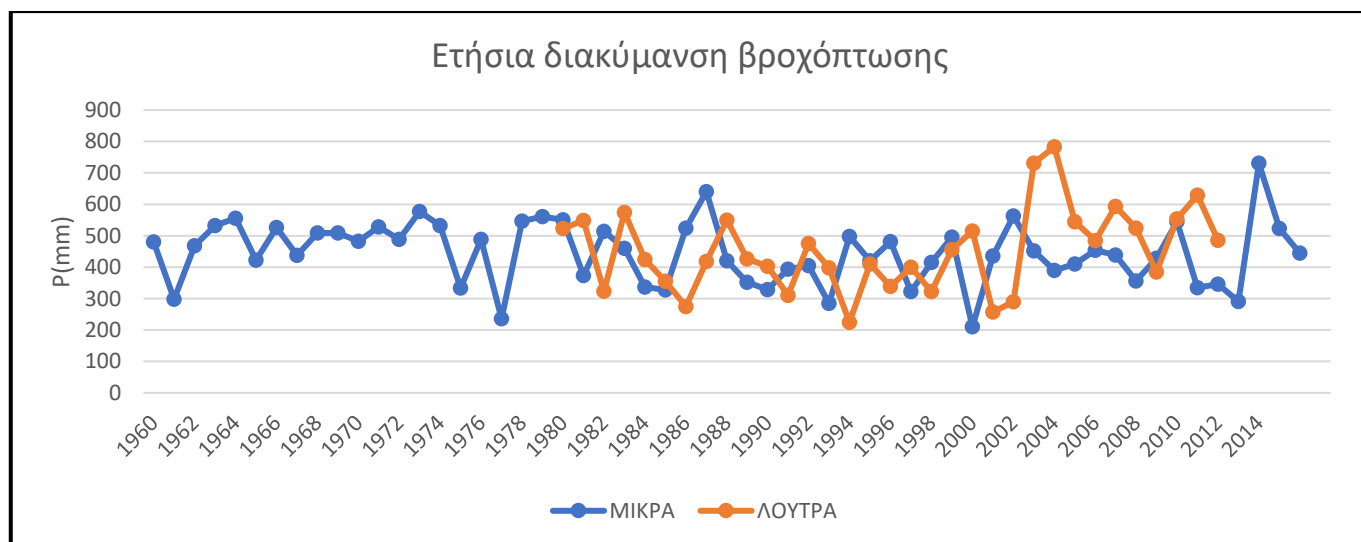
Σχήμα 2.6 Μέση μηνιαία θερμοκρασία (σταθμός ΕΘΙΑΓΕ)



Σχήμα 2.7 Ετήσια διακύμανση θερμοκρασίας 1978-2004 (Σταθμός ΕΘΙΑΓΕ)



Σχήμα 2.8 Μέση μηνιαία βροχόπτωση (Σταθμοί ΕΘΙΑΓΕ, Αεροδρόμιον)



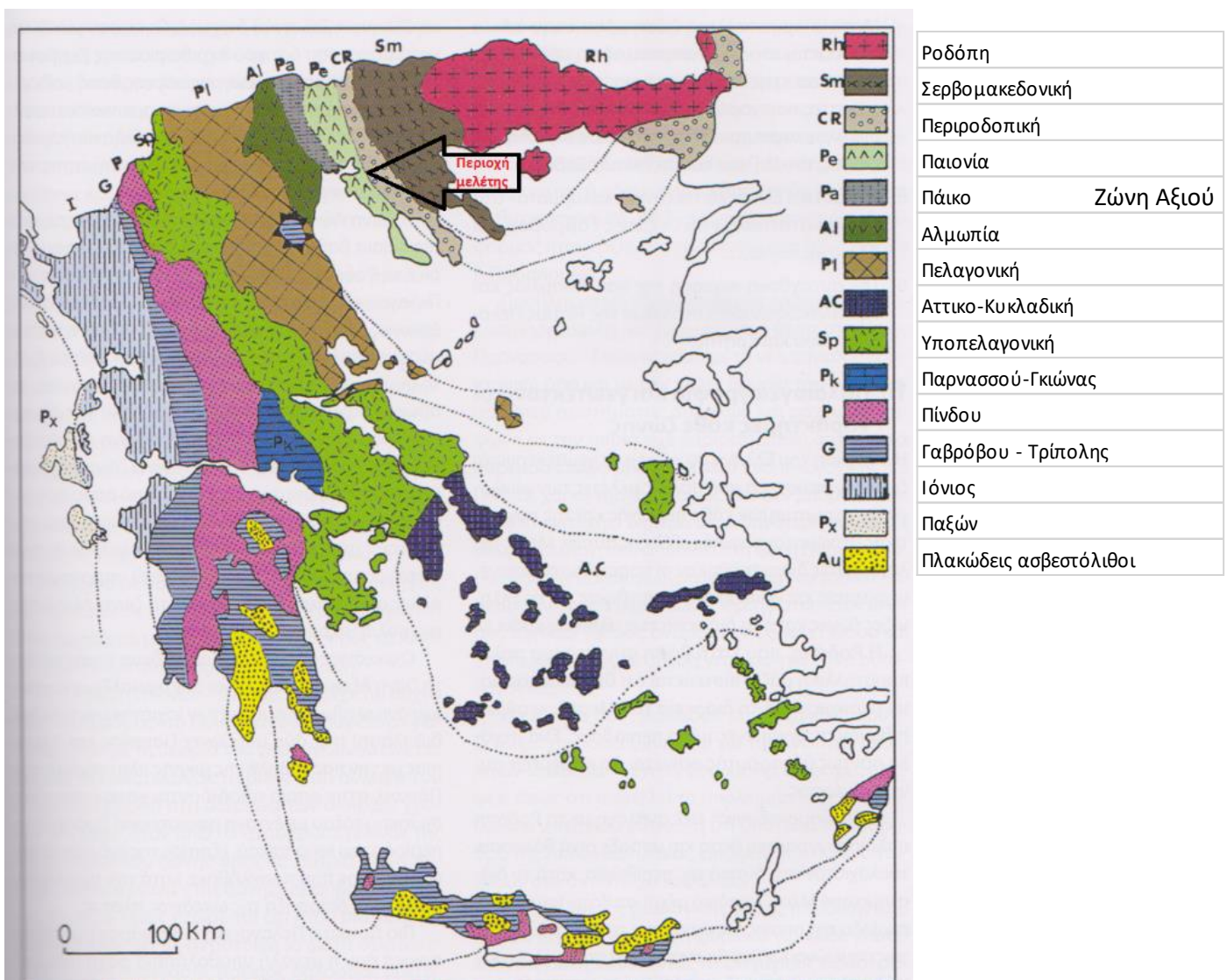
Σχήμα 2.9 Ετήσια διακύμανση βροχόπτωσης (1960-2014 Αεροδρόμιο// 1979-2012 ΕΘΙΑΓΕ)

3. Γεωλογικά στοιχεία

3.1 Γεωτεκτονικές ζώνες

Η θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών προβλέπει ότι κάθε γεωτεκτονική ζώνη χαρακτηρίζεται από μια συγκεκριμένη στρωματογραφική ακολουθία ιζημάτων, από συγκεκριμένους λιθολογικούς τύπους και από συγκεκριμένη τεκτονική συμπεριφορά. Με βάση αυτά τα κριτήρια οι νεότερες έρευνες χωρίζουν την Ελλάδα σε δώδεκα γεωτεκτονικές ζώνες.

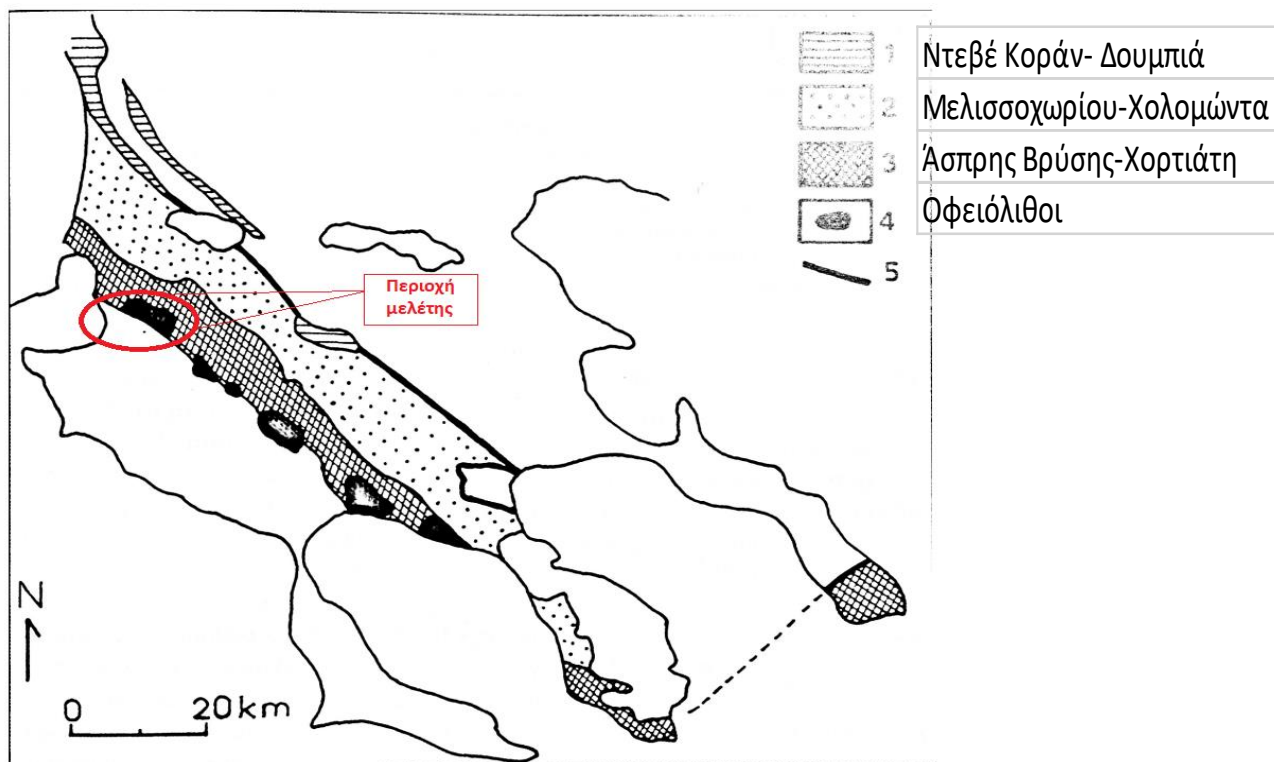
Η Δ.Κ. Θέρμης γεωτεκτονικά εντάσσεται σε δύο ζώνες (Σχήμα 3.1). Ειδικότερα, από τον οικισμό του Τριαδίου και ανατολικότερα η περιοχή εντάσσεται στην Περιοδοπική ζώνη, ενώ τα δυτικά τμήματα ανήκουν στην Ζώνη Αξιού.



Σχήμα 3.10 Οι Γεωτεκτονικές ζώνες της Ελλάδας (Mountrakis et al. 1983, τροποποιημένο)

Η Περιοδοπική ζώνη, βρίσκεται ανάμεσα στην Ζώνη Αξιού και στην Σερβομακεδονική Μάζα, ενώ αποτελεί το ανατολικό όριο της πρώτης και το δυτικό όριο της δεύτερης. Η Περιοδοπική ζώνη στην περιοχή της Μακεδονίας, εκτείνεται σε μια ζώνη πλάτους 10-20 χιλιομέτρων από τα σύνορα με την Βόρεια Μακεδονία μέχρι την Σιθωνία με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ. Στη συνέχεια παρουσιάζει μία κάμψη προς τα ανατολικά και περνώντας από το νότιο άκρο του Άθω και την Σαμοθράκη, εμφανίζεται εκ νέου στην Θράκη, στους νομούς Ροδόπης και Έβρου. Η Περιοδοπική ζώνη αντιπροσωπεύει τα ιζήματα που αποτέθηκαν πάνω στην κατωφέρεια της Ελληνικής Ενδοχώρας (Σερβομακεδονική Μάζα) έως τα ιζήματα του ωκεάνιου χώρου της Τηθύος (Ζώνη Αξιού). Η Περιοδοπική αποτελείται από τρεις ενότητες οι οποίες είναι οι εξής:

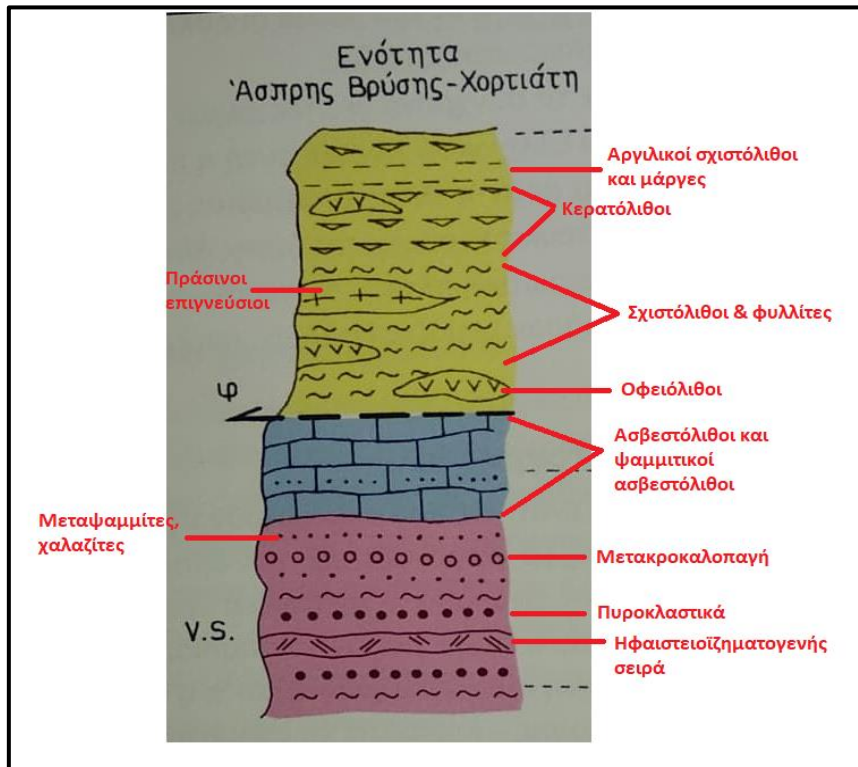
- i. Ντεβέ Κοράν – Δουμπιά,
- ii. Μελισσοχωρίου – Χολομώντα,
- iii. Άσπρης Βρύσης – Χορτιάτη, ενώ ο χάρτης τους φαίνεται στο [Σχήμα 3.2](#).



Σχήμα 3.2 Χάρτης της Περιοδοπικής ζώνης (Μουντράκης 2020, τροποποιημένο)

Το μέρος της υπό μελέτη περιοχής που ανήκει στην Περιοδοπική ουσιαστικά εντάσσεται στην ενότητα Άσπρης Βρύσης- Χορτιάτη, η στρωματογραφία της οποίας χωρίζεται σε δύο τμήματα (Μουντράκης ,2020). Το κατώτερο τμήμα, είναι ηλικίας Περμο-Τριαδικού και αποτελείται από εναλλαγές σχιστολίθων, φυλλιτών, πυροκλαστικών υλικών, μεταψαμμιτών, χαλαζιτών, μετα-κροκαλοπαγών, ενώ συμπεριλαμβάνεται και μια ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά. Υπερκείμενοι των σχηματισμών αυτών είναι ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι και ψαμμιτικοί

ασβεστόλιθοι οι οποίοι αναφέρονται σε νηριτικό περιβάλλον. Το ανώτερο τμήμα αποτελείται από σχιστόλιθους, φυλλίτες, κερατόλιθους, οφειόλιθους, πράσινους επιγνεύσιους Θεσσαλονίκης, αργιλικούς σχιστόλιθους και μάργες. Χαρακτηριστική στρωματογραφική στήλη φαίνεται στο Σχήμα 3.3.



Σχήμα 3.3 Στρωματογραφική στήλη της ενότητας Άσπρης Βρύσης- Χορτιάτη (Μουντράκης 2020, τροποποιημένο)

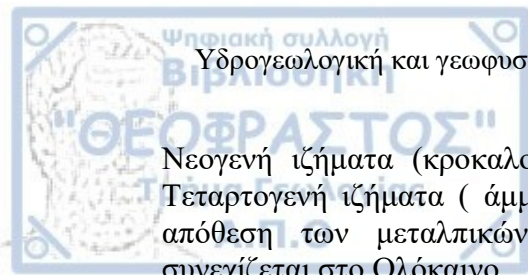
Η ζώνη Αξιού θεωρείται ενιαία λόγω της παρουσίας ωκεάνιων ιζημάτων και οφιολίθων στις ενότητες Αλμωπίας και Παιονίας, ενώ η ενότητα Πάικου αποτέλεσε νησιωτικό τόξο κατά το Ιουρασικό λόγω της νηριτικής ιζηματογένεσης (Κατριβάνος, 2017). Ο ωκεανός της Τηθύος έκλεισε κατά το Άνω Ιουρασικό με αποτέλεσμα να πραγματοποιηθεί επώθηση των οφιολίθων πάνω στα πετρώματα της ενότητας Άσπρης Βρύσης - Χορτιάτη.

Η ενότητα Παιονίας αποτελείται από ασβεστόλιθους, ψαμμίτες, μαρμαρυγιακούς και ασβεστιτικούς σχιστόλιθους, φυλλίτες και ηφαιστειοϊζηματογενείς αποθέσεις. Σε κάποιες θέσεις εντοπίζονται βασικά και υπερβασικά μαγματικά πετρώματα σε μικρές και μεγάλες μάζες.

3.2 Λιθολογία & Ορυκτός πλούτος

Λιθολογία

Σε ένα πολύ μεγάλο τμήμα της περιοχής μελέτης, κυρίως στα πεδινά τμήματα αυτής, τα πετρώματα της ενότητας Παιονίας αλλά και της Περιοδοπικής ζώνης καλύπτονται από μεταλλικές αποθέσεις. Οι μεταλλικές αποθέσεις αποτελούνται από



Υδρογεωλογική και γεωφυσική ερευνά των υπόγειων υδροφορέων της περιοχής Θέρμης

Νεογενή ιζήματα (κροκαλοπαγή, λατυποπαγή, ερυθροπηλοί, ψαμμιτομάργες) και Τεταρτογενή ιζήματα (άμμος, κροκάλες, λατύπες, χάλικες, πηλοί και άργιλοι). Η απόθεση των μεταλλικών ιζημάτων ξεκίνησε στο Ανώτερο Μειόκαινο και συνεχίζεται στο Ολόκαινο.

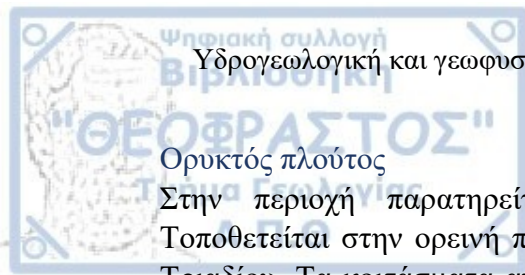
Παρακάτω παρατίθενται τροποποιημένος γεωλογικός χάρτης του ΙΓΜΕ (Σχήμα 3.4), φύλλα Θέρμη και Θεσσαλονίκη, κλίμακα 1:50.000) και περιγραφή των πετρωμάτων από τα υπομνήματα των χαρτών και από Καζάκη, 2013 (Πίνακας 3.1).

Πίνακας 3.2 Αναλυτικά στοιχεία λιθολογίας της περιοχής μελέτης (ΙΓΜΕ, Καζάκης2013)

Ηλικία	Κωδικός	Όνομα	Περιγραφή
ΟΛΟΚΑΙΝΟ	al	Αλλουβιακές αποθέσεις	
	H.l	Προσχώσεις κοιλάδων	Αμμούχες άργιλοι
	H	Αδιαίρετες αποθέσεις	Παράκτιες αποθέσεις(άμμοι), προσχώσεις πεδιάδων, ερυθρές άργιλοι με ασβεστίτικά συγκρίματα, στη βάση επικρατούν κροκαλοπαγή
ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ	Pt.t3.l	Κατώτερο σύστημα αναβαθμίδων	Χαλίκια και άμμοι κάτω από αργιλώδες κάλυμμα
ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ ΑΔΙΑΙΡΕΤΟ	Q.cs1	Ριπίδια προσχώσεων	διαφορετικής ηλικίας
ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟ	Pl.l	Ερυθρές άργιλοι με ασβεστίτικά συγκρίματα	στη βάση τους επικρατούν κροκαλοπαγή
Α.ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ-Κ. ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟ	M4-Pli.st,m	Ψαμμιτομαργαϊκή σειρά	Άμμοι και κίτρινες μάργες εναλλασσόμενες με κροκαλοπαγή και αμμούχες μάργες. Διασταυρωμένες στρώσεις μέσα στην άμμο
	M4-Pli.l	Σειρά ερυθρών αργίλων	ερυθρές έως κεραμόχρωμες ιλυώδεις άργιλοι με μαρμαρυγία και ασβεστίτικά συγκρίματα
ΜΕΣΟΖΩΙΚΟ	θ1	Γάββρος-Γαββρική σειρά Λαναρίου	(διαλλαγίτης,βρονζίτης,υπερσθενής,πλαγιόκλαστα με ανορθίτη,αδιαφανή ορυκτά, ολιβίνης, β'γενής κεροστίλβη,ζωισίτης, επίδοτο και ακτινόλιθος) επίσης ολιβινικός γάββρος, υπερσθενικός γάββρος, αυγιτικός νορίτης και κεροστιλβικός γάββρος
	sch,gn	Επιγνεύσιοι-Μαγματική σειρά Χορτιάτη	Επιγνεύσιοι ανοιχτοκαστανοί έως πρασινωποί και Πρασινοςχιστόλιθοι σκουροπράσινοι και καστανωποί
	Ji-m?ag	Αργιλικόι σχιστόλιθοι	πρασινωποί
	πρ	Πυροξενίτες	Μαζί με τους δουνίτες αποτελούν την υπερβασική σειρά. Αποτελούνται από βεμπστερίτες ,επουσιώδη διαλλαγίτη και ολιβινικό διαλλαγίτη.
	π.ο	Δουνίτες, Περιδοτίτες	Αποτελούνται κυρίως από βερλίτη, ενώ εντός των δουνιτών βρίσκονται φακοί και λεπτά στρώματα (schlieren) χρωμίτη. Επίσης συναντώνται φλέβες λευκόλιθου και στα σχιστώδη σώματα υπάρχουν αντιγοριτικός σχιστόλιθος, τάλκης και αμίαντος



Σχήμα 11.4 Γεωλογικός χάρτης Δ.Κ. Θέρμης



Ορυκτός πλούτος

Στην περιοχή παρατηρείται μικρή μεταλλοφορία χρωμίτη και μαγνησίτη. Τοποθετείται στην ορεινή περιοχή ανατολικά και νοτιοανατολικά του οικισμού του Τριαδίου. Τα κοιτάσματα αυτά έγιναν γνωστά λόγω της μικρής εκματάλλευσης που υπέστησαν κατά τον Β' Παγκόσμιο Πόλεμο. Φωτογραφίες από την λιθολογία και τις εμφανίσεις μεταλλοφορίας υπάρχουν στο παράρτημα.

3.3 Τεκτονική

Στην ευρύτερη περιοχή της Θεσσαλονίκης εντοπίζονται αρκετά ρήγματα (Σχήμα 3.5). Τρία από αυτά αποτελούν αντικείμενο μελέτης για την παρούσα εργασία καθώς βρίσκονται εντός ή πλησίον της Δ.Κ. Θέρμης.

3.3.1 Το ρήγμα του Ανθεμούντα

Το ρήγμα αυτό αν και δεν βρίσκεται εντός της περιοχής μελέτης κρίθηκε σκόπιμη η αναφορά του λόγω της σπουδαιότητάς του. Το ρήγμα βρίσκεται νότια της περιοχής μελέτης και διασχίζει την κοιλάδα του ομώνυμου ποταμού, παράλληλα με αυτόν, σε διεύθυνση Α-Δ. Το μήκος του είναι 32 χιλιόμετρα και εκτείνεται από τον Γαλαρινό μέχρι το Αγγελοχώρι. Χωρίζεται σε τρία τμήματα (segments) τα οποία είναι: α) Γαλαρινού- Ρυσίου β) Ρυσίου- Αγγελοχωρίου και γ) η πιθανή προέκταση του ρήγματος εντός του Θερμαϊκού Κόλπου. Το ρήγμα αποτελεί όριο των Νεογενών αποθέσεων με τις Τεταρτογενείς αποθέσεις. Το ρήγμα είναι ενεργό λόγω (Ζερβοπούλου, 2010):

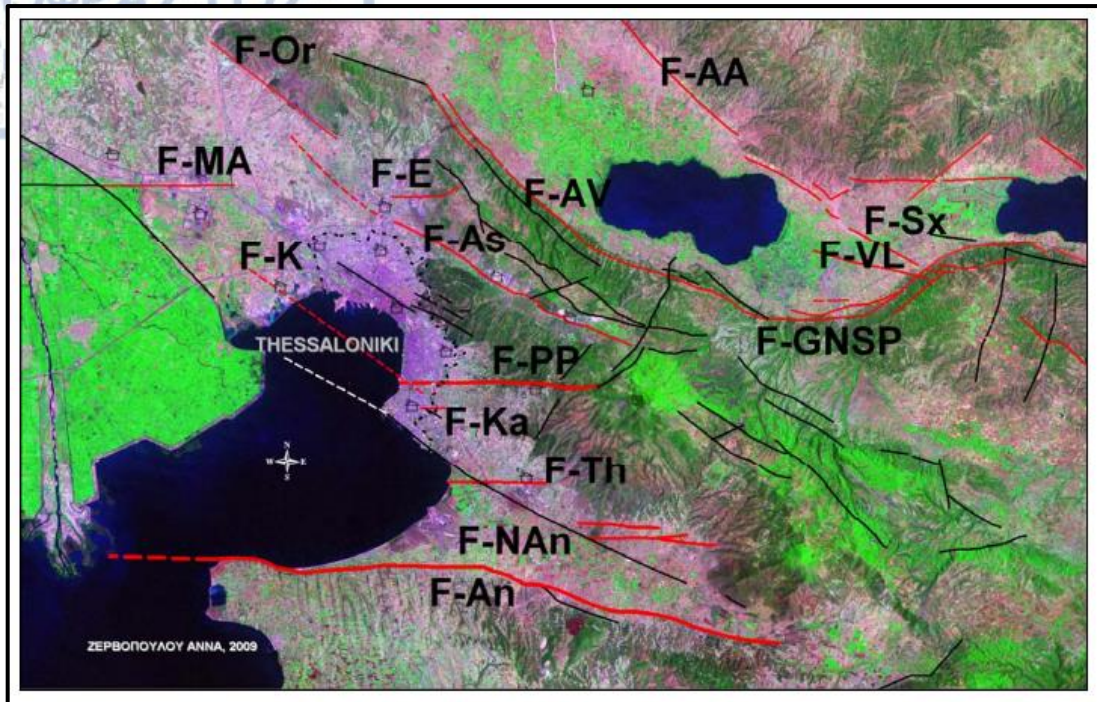
- Του προσανατολισμού του στο σύγχρονο πεδίο των τάσεων.
- Του έντονου αναγλύφου με την κατά τόπους ανάπτυξη αναβαθμίδων.
- Της περιορισμένης ανάπτυξης υδρογραφικού δικτύου στη νότια πλευρά του ποταμού σε σύγκριση με την βόρεια.
- Του ότι επηρεάζει την στρωματογραφική αλληλουχία τεταρτογενών αποθέσεων.
- Του ότι συνδέεται με σεισμικές δονήσεις το 1988 αλλά και με τον ιστορικό σεισμό των Βασιλικών το 1677.

Βάσει ερευνών η ενεργοποίηση ολόκληρου του ρήγματος μπορεί να δώσει σεισμό με μέγιστο μέγεθος $M=7,1$. Η ενεργοποίηση κάποιου από τα τμήματα του ρήγματος μπορεί να δώσει σεισμό με μέγεθος έως $M=6,5$ (Ζερβοπούλου, 2010)

3.3.2 Το ρήγμα της Θέρμης-Αεροδρομίου

Το ρήγμα Θέρμης- Αεροδρομίου βρίσκεται εξολοκλήρου εντός της υπό μελέτη περιοχής με διεύθυνση ΑΝΑ-ΔΒΔ. Έχει μήκος 5,4 χιλιόμετρα και χωρίζεται σε δύο τμήματα (segments). Θεωρείτε ενεργό λόγω (Ζερβοπούλου, 2010):

- Της διάταξής του στο σύγχρονο πεδίο των τάσεων.
- Της μετατόπισης που παρατηρείται στα πρόσφατα ιζήματα.
- Της επιρροής που έχει στην διαμόρφωση της ακτογραμμής.
- Της αλλαγής που παρατηρείται στο υδρογραφικό δίκτυο.



Σχήμα 3.5 Ενεργά και πιθανώς ενεργά ρήγματα της ευρύτερης περιοχής // **F-Th Θέρμης /F-An Ανθεμούντα /F-PP Πυλαίας-Πανοράματος/F-As Ασβετοχωρίου/F-E Ευκαρπίας/ F-NAn Βόρειου Ανθεμούντα /F-K Καλοχωρίου /F-GNSP Γερακαρού-Νικομήδινου-Στίβου- Περιστερώνα/F-Ka Καλαμαριάς** (Ζερβοπούλου,2010)

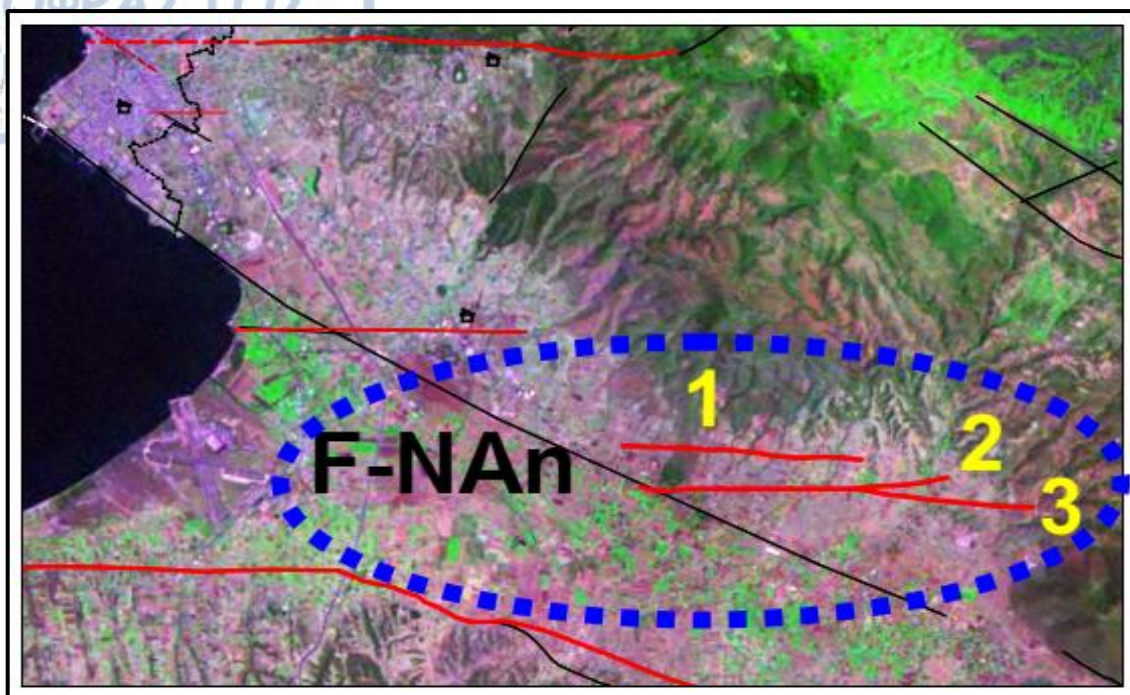
3.3.3 Τα ρήγματα Βόρειου Ανθεμούντα

Ανατολικά της περιοχής μελέτης εντοπίζεται η ρηξιγενής ζώνη Βόρειου Ανθεμούντα (Σχήμα 3.6), η οποία αποτελείται:

- i. Από ένα ρήγμα με ΒΔ-ΝΑ προσανατολισμό, μήκος τουλάχιστον είκοσι χιλιόμετρα αφού πιθανόν προεκτείνεται εντός τους Θερμαϊκού Κόλπου. Το ρήγμα αυτό είναι το βόρειο όριο της λεκάνης του Ανθεμούντα και είναι ανενεργό, λόγω του προσανατολισμού του.
- ii. Από τρία παράλληλα ρήγματα με προσανατολισμό Α-Δ και μήκη πέντε, έξι και τρία χιλιόμετρα, σε σειρά από 1 μέχρι 3. Τα ρήγματα είναι πιθανόν ενεργά λόγω (Ζερβοπούλου, 2010):
 - Του προσανατολισμού τους στο τωρινό πεδίο των τάσεων.
 - Της επαφής τους με πρόσφατα ιζήματα και αλλουβιακά ριπίδια.

3.3.4 Συμπεράσματα για την τεκτονική

Η τεκτονική της περιοχής φαίνεται πως επηρεάζει την υδρογεωλογική κατάσταση, διαμορφώνοντας τους υδροφορείς και την μεταξύ τους επικοινωνία. Επίσης οι τεκτονικές δυνάμεις που ασκούνται δημιούργησαν δευτερογενές πορώδες σε αδιαπέρατα πετρώματα όπως οι οφιόλιθοι (Καζάκης, 2013).



Σχήμα 3.6 Τα τρία ενεργά ρήγματα της ζώνης Βόρειου Ανθεμούντα (Ζερβοπούλου, 2010)

3.4 Γεωθερμία

Εντός των ορίων της κοινότητας υπάρχει μέρος ενός γεωθερμικού πεδίου, το οποίο φαίνεται παρακάτω σε χάρτη (Σχήμα 3.7). Για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με το γεωθερμικό πεδίο χρησιμοποιήθηκαν οι θερμές πηγές στα Λουτρά Θέρμης καθώς και δύο γεωτρήσεις, εκ των οποίων η μία πραγματοποιήθηκε από τον Δήμο Θέρμης και η δεύτερη από το ΙΓΜΕ. Το γεωθερμικό πεδίο αποτυπώθηκε στο χάρτη με χρήση συντεταγμένων που έχει δημοσιεύσει ο Δήμος και το εμβαδόν του υπολογίστηκε σε 13 km².

Τα χαρακτηριστικά του γεωθερμικού πεδίου είναι (Δήμος Θέρμης, 2014):

- Θερμοκρασία (οC): 25-40
- Παροχή (m³/h): 15
- Χημική σύσταση παρουσιάζεται στον Πίνακα 3.2.

Πίνακας 3.3 Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά γεωθερμικού πεδίου Θέρμης

Αγωγιμότητα	pH	T.D.S.	Ca	Mg	Na	K	HCO ₃	Cl	SO ₄	SiO ₂	Al	B	Fe	F
μS/cm							mg/L							
824	7.99	1162	200	50	150	12	300	200	250	36.58	200	1000	200	1500



Σχήμα 3.7 Γεωθερμικό πεδίο Θέρμης

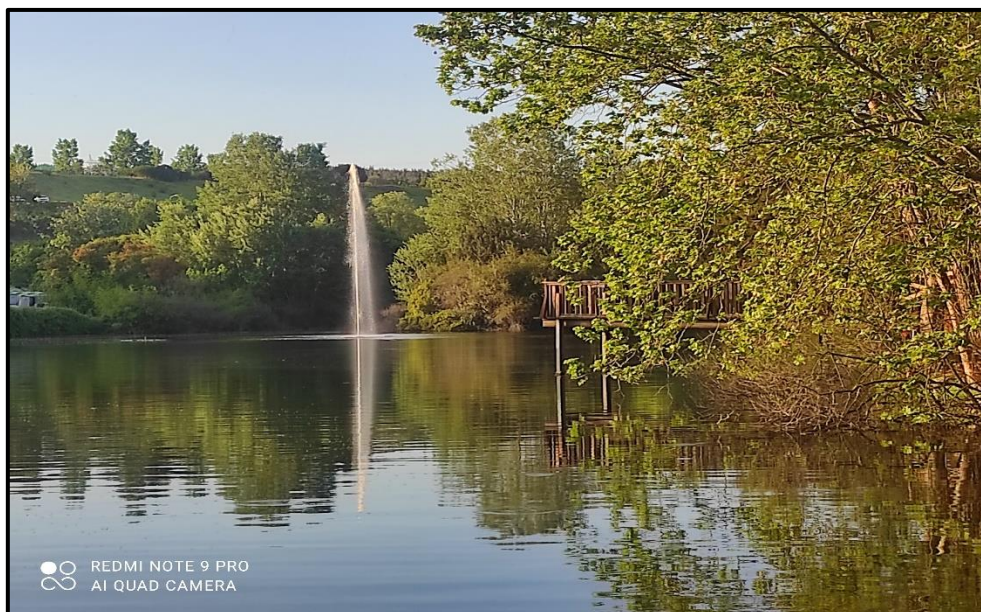
4. Υδρολογία & Υδρογεωλογία

4.1 Επιφανειακά ύδατα

Τα επιφανειακά νερά στην περιοχή μελέτης ρέουν εντός δύο υδρολογικών λεκανών. Ο ποταμός Ανθεμούντας, το ρέμα της Θέρμης αλλά και οι χείμαρροι που συμβάλουν στην τροφοδοσία τους έχουν περιοδική ροή. Στη λεκάνη απορροής του ρέματος της Θέρμης υπάρχουν δύο μικροί ταμιευτήρες εκ των οποίων ο ένας βρίσκεται στην Θέρμη και ο άλλος στο Τριάδι. Τα δύο φράγματα αξιοποιούνται μόνο για τεχνητό εμπλουτισμό των υπόγειων νερών και για δράσεις αναψυχής. Ειδικά για το φράγμα Τριαδίου, υπάρχει πρόβλεψη για χρήση των αποθεμάτων του για ύδρευση και άρδευση κάτι που μέχρι τώρα δεν πραγματοποιείται (Δήμος Θέρμης, 2014).



Σχήμα 4.12 Η τεχνητή λίμνη φράγματος Τριαδίου



Σχήμα 4.13 Η τεχνητή λίμνη του φράγματος Θέρμης

4.2 Υπόγεια ύδατα – τύποι υδροφορέων

Αναφορικά με τα υπόγεια νερά εκδηλώνεται υδροφορία τόσο εντός των ιζημάτων όσο και στο διαρρηγμένο υπόβαθρο . Αυτό σημαίνει πως εντός της περιοχής υπάρχουν πορώδεις υδροφορείς αλλά και υδροφορείς διαρρηγμένων πετρωμάτων.

4.2.1 Πορώδεις υδροφορείς

Οι πορώδεις υδροφορείς βρίσκονται εντός των νεογενών και τεταρτογενών ιζημάτων της περιοχής σε περιοχές με χαμηλό υψόμετρο. Η λιθολογία τους συνίσταται από άμμους, χαλίκια, κροκάλες τα οποία είναι αναμεμειγμένα μεταξύ τους αλλά και με αργίλους. Η τροφοδοσία τους πραγματοποιείται από κατείσδυση του μετεωρικού νερού, διήθηση από τους χειμάρρους αλλά και μέσω των παρακείμενων διαρρηγμένων υδροφορέων. Τέλος, συναντώνται είτε ελεύθεροι είτε υπό πίεση.

Οι ελεύθεροι υδροφορείς είναι υπερκείμενοι των υπό πίεση υδροφορέων και κατά τόπους παρατηρείται επικοινωνία με τους υποκείμενους υπό πίεση υδροφορείς. Οι υπό πίεση υδροφορείς τροφοδοτούνται κυρίως πλευρικά από τους υδροφορείς διαρρηγμένων πετρωμάτων. Είναι αυτοί οι οποίοι βρίσκονται κατά κόρον σε εκμετάλλευση για την κάλυψη αναγκών ύδρευσης, άρδευσης και βιομηχανίας, καθώς παρουσιάζουν καλύτερα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά από τους ελεύθερους (Καζάκης, 2013).

4.2.2 Υδροφορείς διαρρηγμένων πετρωμάτων.

Οι υδροφορείς διαρρηγμένων πετρωμάτων βρίσκονται σε μεγάλα υψόμετρα και συχνά καλύπτονται από ιζήματα. Η υδροφορία παρατηρείται κατά τόπους πλησίον ζωνών διάρρηξης με ικανές παροχές ενώ ταυτόχρονα εμπλουτίζουν τους πορώδεις υδροφορείς. Ακόμη εκφορτίζονται μέσω πηγών. Οι υδροφορείς αυτοί δεν υπόκεινται σε εκμετάλλευση λόγω της απόστασής τους από τις κατοικημένες και τις καλλιεργήσιμες περιοχές, παρόλα αυτά η εκμετάλλευση τους θα μπορούσε να λύσει το υδατικό πρόβλημα της περιοχής (Καζάκης, 2013).

4.3 Υδρολιθολογία

Για την περιγραφή της υδρολιθολογίας της περιοχής οι γεωλογικοί σχηματισμοί χωρίστηκαν σε τρεις ομάδες. Στην πρώτη και δεύτερη ομάδα κατατάσσονται τα Τεταρτογενή και τα Νεογενή ιζήματα αντίστοιχα. Η υδροπερατότητα των ιζημάτων αυτών οφείλεται στα κενά μεταξύ των κόκκων τους. Η τρίτη ομάδα αποτελείται από τους σχηματισμούς του υποβάθρου, οι οποίοι παρουσιάζουν τοπική υδροφορία (Καζάκης, 2013) και η υδροπερατότητά τους οφείλεται στις ασυνέχειες που υπάρχουν στην μάζα τους. Σχηματικά η χωρική κατανομή των τριών υδρολιθολογικών ενοτήτων φαίνεται στο [Σχήμα 4.3](#).



Σχήμα 4.14 Υδρολιθολογικός χάρτης Δ.Κ. Θέρμης

4.4 Μετρήσεις πιεζομετρίας

Για τις ανάγκες της εργασίας μετρήθηκαν οι στάθμες από 6 γεωτρήσεις. Οι μετρήσεις διενεργήθηκαν από τέλη Φεβρουαρίου μέχρι αρχές Μαρτίου 2021, πριν ακόμη τελειώσει η υγρή περίοδος. Ακόμη, πέρα από μετρήσεις που έγιναν στο πεδίο από τον γράφοντα, αξιοποιήθηκαν δεδομένα στάθμης τεσσάρων γεωτρήσεων της Διεύθυνσης Περιβάλλοντος και Πρασίνου του Δήμου Θέρμης. Τα δεδομένα αυτά αφορούσαν στάθμες που μετρήθηκαν κατά τον Ιανουάριο του 2021.

Οι μετρήσεις του υδραυλικού φορτίου φαίνονται στον Πίνακα 4.1. Με βάση τις τιμές αυτές κατασκευάστηκε πιεζομετρικός χάρτης (Σχήμα 4.5). Ο χάρτης δεν καλύπτει ολόκληρη την περιοχή μελέτης καθώς δεν βρέθηκαν διαθέσιμα στοιχεία ή διαθέσιμες γεωτρήσεις για μέτρηση στα υπόλοιπα τμήματα.

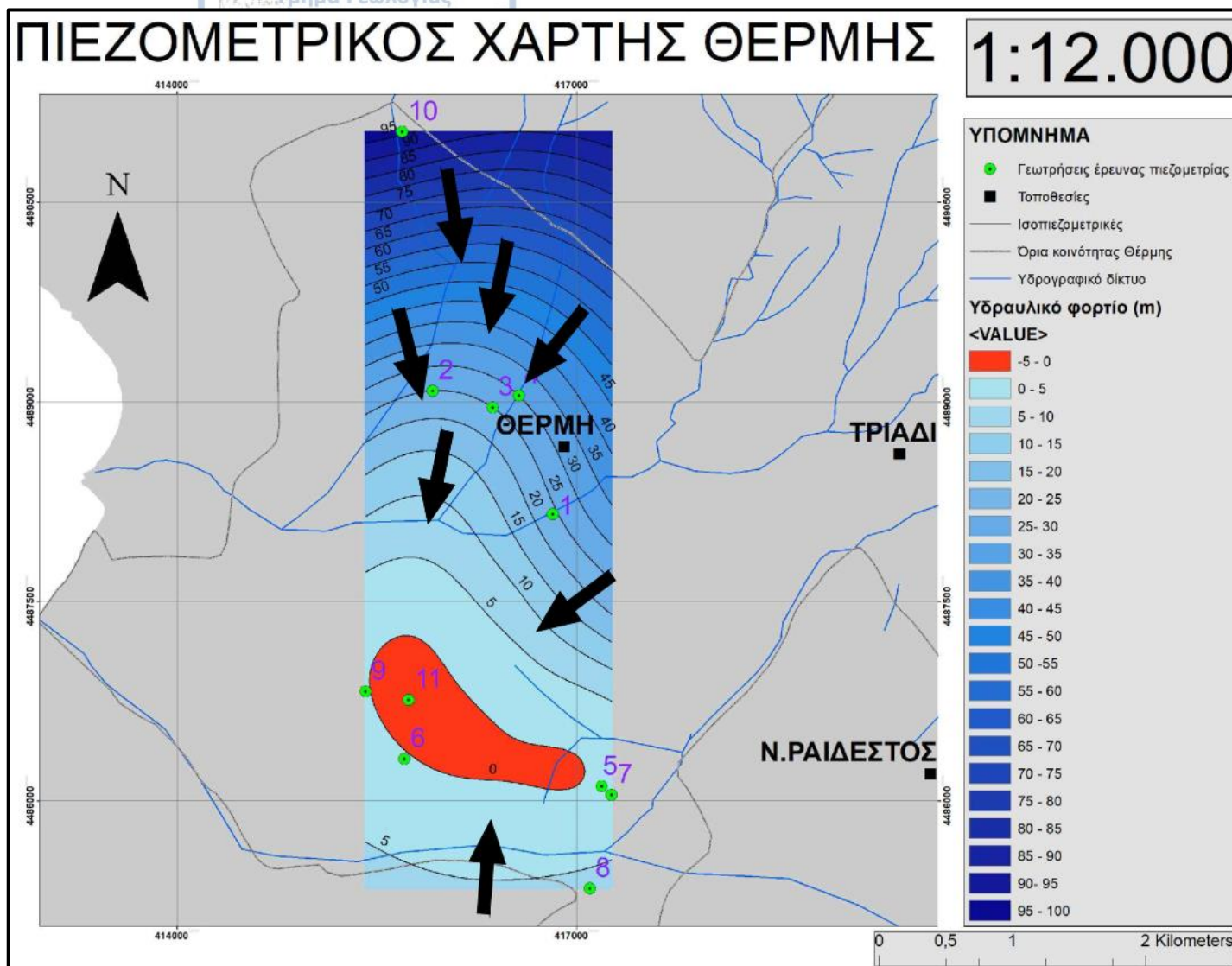
Πίνακας 4.4 Αποτελέσματα μέτρησης στάθμης

Αριθμός γεώτρησης	Υψόμετρο (m)	Στάθμη (m)	Υδραυλικό φορτίο (m)
1	47	23	24
2	46	21	25
3	52	27	25
4	56	26	30
5	20	19,3	0,7
6	15	14,7	0,3
7	20	18,6	1,4
8	20	13,17	6,83
9	16	15,8	0,2
10	97	1,1	95,9
11	18	19	-1

Από τον χάρτη φαίνεται πως τα πιεζομετρικά φορτία από το ύψος της Θέρμης και βορειότερα είναι σχετικά υψηλά. Αναλυτικότερα το πιεζομετρικό φορτίο κυμαίνεται μεταξύ των τιμών 25 μέτρων εντός του οικισμού μέχρι 90 μέτρα βόρεια, στον οικισμό Λήδα-Μαρία. Από την Θέρμη και νοτιότερα οι τιμές του πιεζομετρικού φορτίου μειώνονται ενώ κοντά στην όχθη του ποταμού Ανθεμούντα παρατηρούνται αρνητικές πιεζομετρικές τιμές, όπου στον χάρτη σημειώνονται με κόκκινο χρώμα. Αναφορικά με την ροή του υπόγειου νερού, αυτή είναι προς τα νότια. Ειδικά στο νοτιοδυτικό μέρος του χάρτη η ροή δεν είναι προς την θάλασσα αλλά προς τα βορειοανατολικά. Το φαινόμενο αυτό εξηγείται από την υπεράντληση που λαμβάνει χώρα στην περιοχή αυτή και έχει δημιουργήσει έναν μόνιμο κώνο πτώσης στάθμης.



Σχήμα 4.15 Μέτρηση στάθμης στη γεώτρηση Νο10



Σχήμα 4.16 Πιεζομετρικός χάρτης Θέρμης

4.5 Προσδιορισμός υδραυλικών παραμέτρων

Τα υδραυλικά χαρακτηριστικά είναι σημαντικές πληροφορίες για την εκτίμηση της δυναμικής των υδροφορέων αλλά και για την μετέπειτα εκμετάλλευσή τους. Ο προσδιορισμός των υδραυλικών παραμέτρων σε αυτήν την εργασία αφορά τους πορώδεις υδροφορείς. Οι κυριότερες υδραυλικές παράμετροι των υπόγειων υδροφορέων είναι :

- Ο **συντελεστής υδραυλικής αγωγιμότητας** (k), έχει διαστάσεις ταχύτητας και ποσοτικοποιεί την ευκολία με την οποία κινείται το νερό μέσα σε ένα πορώδες μέσο. Γενικά αν το $k \leq 10^{-9}$ m/s σημαίνει ότι οι σχηματισμοί θεωρούνται πρακτικά αδιαπέρατοι, ενώ τιμές $k \geq 10^{-1}$ m/s αντιπροσωπεύουν ιδιαίτερα περατούς γεωλογικούς σχηματισμούς.
- Η **μεταβιβαστικότητα** (T) είναι το γινόμενο της υδραυλικής αγωγιμότητας (k) επί το πάχος του υδροφόρου στρώματος (D), $T=k \cdot D$. Η μεταβιβαστικότητα περιγράφει τον όγκο νερού που περνά από μια μοναδιαία διατομή του υδροφόρου στρώματος με υδραυλική κλίση μονάδα και επικράτηση του κινηματικού ιξώδους.
- Η **αποθηκευτικότητα** (S) είναι καθαρός αριθμός και εκφράζει την ποσότητα νερού που θα αποδώσει ένας υδροφορέας αν αντληθεί ορισμένος όγκος.
- Η **ειδική ικανότητα** (S_c) ορίζεται ως το πηλίκο της παροχής (Q) με την οποία αντλείται μία γεώτρηση προς την αντίστοιχη πτώση στάθμης (δ). Η ειδική ικανότητα είναι ένας παράγοντας που περιγράφει την δυναμικότητα μίας γεώτρησης.

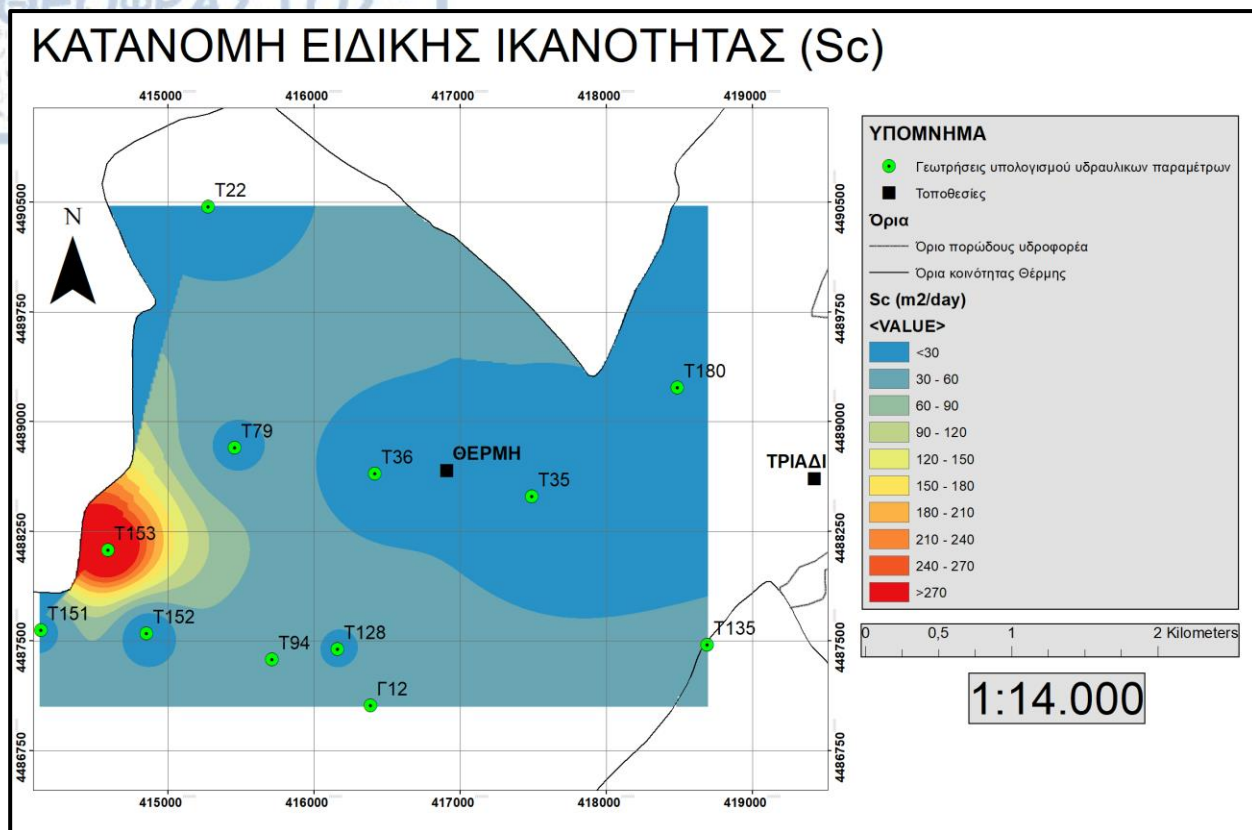
Για τον προσδιορισμό τους αξιοποιήθηκαν δεδομένα από την διδακτορική διατριβή του Καζάκη (2013), ενώ σε τέσσερις περιπτώσεις οι παράμετροι υπολογίσθηκαν από τον γράφοντα. Για τον υπολογισμό τους και στην περίπτωση της διατριβής και στην παρούσα εργασία αξιοποιήθηκαν λιθολογικές τομές γεωτρήσεων και δεδομένα παροχής και πτώσης στάθμης. Οι λιθολογικές τομές των γεωτρήσεων δίνονται στο παράρτημα.

Αρχικά, υπολογίστηκε η μεταβιβαστικότητα με την βοήθεια της σχέσης $T=a \times S_c$, όπου $a=1,2$ για ελεύθερους υδροφορείς και $1,6$ για υπό πίεση (Βουδούρης, 2009). Επισημαίνεται ότι για γεωτρήσεις που αντλούν ταυτόχρονα υπό πίεση και ελεύθερα υδροφόρα στρώματα ισχύει ότι $a=1,4$ (Καζάκης, 2013). Μετά τον προσδιορισμό της μεταβιβαστικότητας ακολούθησε ο προσδιορισμός της υδραυλικής αγωγιμότητας (k) μέσω της σχέσης $T=k \times D$, όπου D το πάχος του υδροφορέα. Οι τιμές των υδραυλικών παραμέτρων ανά γεώτρηση φαίνονται στον Πίνακα 4.2. Επισημαίνεται ότι οι τιμές του πίνακα αναφέρονται συνολικά σε όλα τα υδροφόρα στρώματα καθώς η πλειονότητα των γεωτρήσεων αντλεί από όλα τα στρώματα.

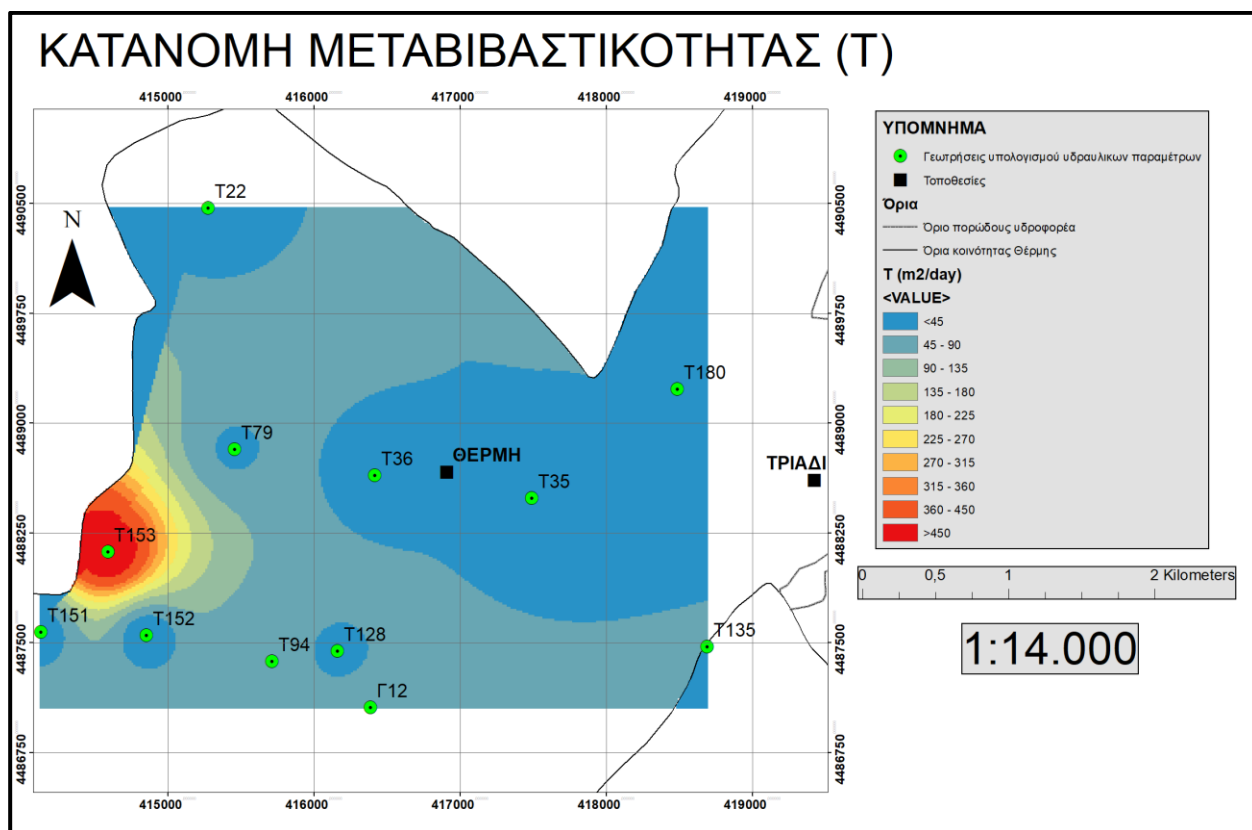
Πίνακας 4.5 Υδραυλικές παράμετροι υδρογεωτρήσεων

Γεώτρηση	Παροχή (m ³ /h)	Πτώση στάθμης (m)	Μεταβιβαστικότητα (m ² /day)	Ειδική ικανότητα (m ² /day)	k (m/s)	S
Γ12	45	30	50,4	36	1,54 *10 ⁻⁵	
T22	35	70	19,2	12	1,37 *10 ⁻⁶	0,0005
T35	50	78	23,1	15,38	1,95 *10 ⁻⁶	
T36	25	43,8	21,9	13,70	2,18 *10 ⁻⁶	
T79	50	51	37,6	23,53	2,03 *10 ⁻⁶	
T94	30	19	53,1	37,9	1,71 *10 ⁻⁵	0,005
T128	55	47,8	38,7	27,6	5,14 *10 ⁻⁶	0,01
T135	8	6	44,8	32	8,84 *10 ⁻⁶	0,001
T151	-	-	13,3	-	2,00 *10 ⁻⁵	-
T152	11	6,4	9,0	6,4	6,90 *10 ⁻⁶	0,0005
T153	180	12	576,0	360	5,13 *10 ⁻⁴	0,05
T180	40	62	21,7	15,5	2,41 *10 ⁻⁶	0,001

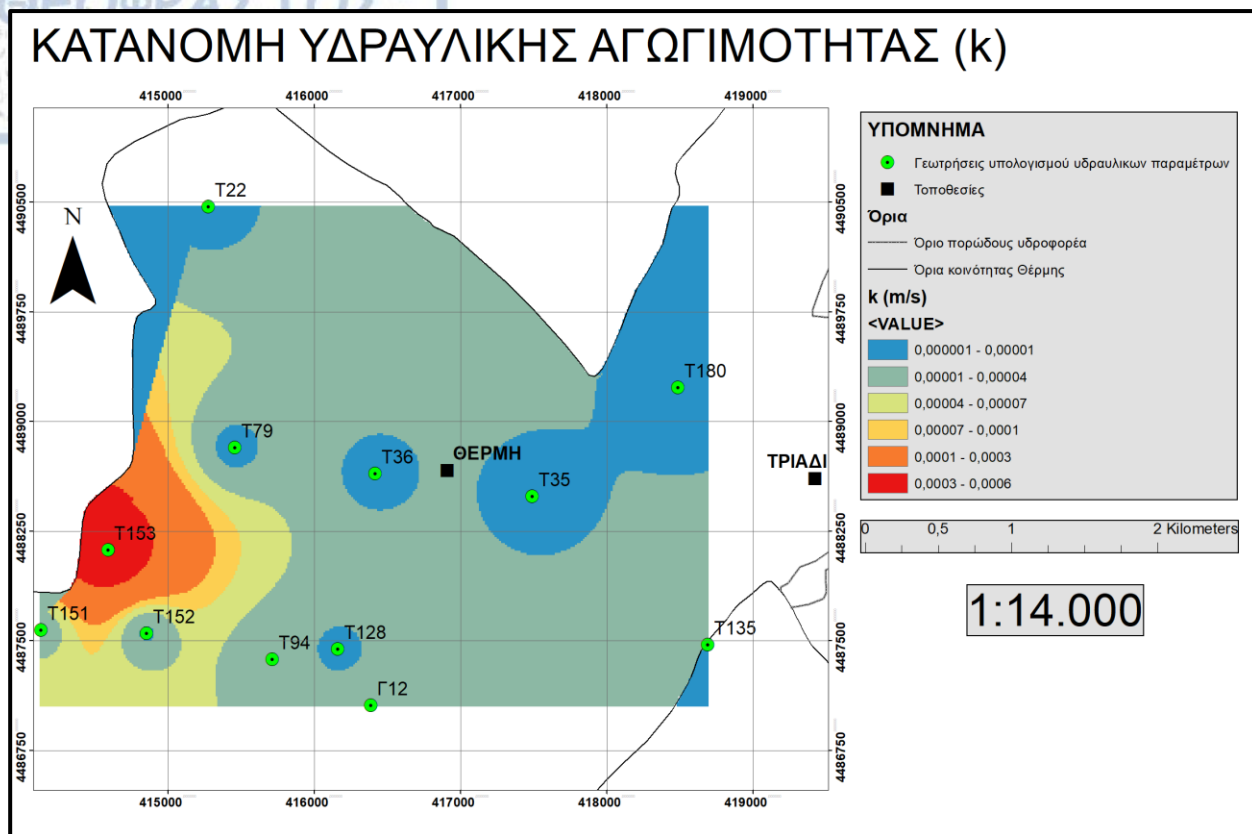
Η χωρική κατανομή των παραπάνω χαρακτηριστικών φαίνεται ακολούθως σε χάρτες. Οι χάρτες δεν καλύπτουν όλη την έκταση του πορώδους υδροφορέα καθώς δεν βρέθηκαν δεδομένα από γεωτρήσεις για τα υπόλοιπα τμήματα. Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω η ειδική ικανότητα συνδέεται μέσω γραμμικής σχέσης με την μεταβιβαστικότητα, οπότε η χωρική κατανομή τους είναι ανάλογη. Έτσι συνολικά παρατηρείται μία ανισοτροπία ως προς τις παραμέτρους αυτές, με πολύ υψηλές τιμές στα δυτικά τμήματα. Στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής η ειδική ικανότητα δεν ξεπερνά τα 60 m²/day αντιπροσωπεύοντας χαμηλής δυναμικότητας υδροφόρα στρώματα. Αντιθέτως στο δυτικό τμήμα βάσει δεδομένων της γεώτρησης T153, φαίνεται πως οι υπόγειοι υδροφορείς παρουσιάζουν πολύ υψηλή δυναμικότητα.



Σχήμα 4.5 Χωρική κατανομή ειδικής ικανότητας S_c (m2/day)



Σχήμα 4.6 Χωρική κατανομή της μεταβιβαστικότητας T (m2/day)



Σχήμα 4.7 Χωρική κατανομή της υδραυλικής αγωγιμότητας k (m/s)

5. Χρήσεις νερού

5.1 Ύδρευση

5.1.1 Έργα ύδρευσης

Σήμερα οι υδρευτικές ανάγκες της Δ.Κ. Θέρμης καλύπτονται από δεκαπέντε γεωτρήσεις που είναι κατανεμημένες περιμετρικά των οικισμών Θέρμης και Τριαδίου (ΔΕΥΑ Θέρμης, 2019). Από τις δεκαπέντε γεωτρήσεις αντλούνται οι δεκατέσσερις καθώς στην Γ15 διαπιστώθηκε υψηλή περιεκτικότητα του νερού σε σίδηρο. Αμέσως μετά την άντληση το νερό αποθηκεύεται σε επτά δεξαμενές ενώ για την ενίσχυση της πίεσης χρησιμοποιούνται και δύο υδατόπυργοι. Για την σύνδεση των δεξαμενών ,των γεωτρήσεων και των υδατόπυργων χρησιμοποιούνται περίπου δεκατέσσερα χιλιόμετρα αγωγών.

Παρακάτω παρατίθενται χάρτες (Σχήματα 5.1 & 5.2) όπου αποτυπώνεται η θέση των γεωτρήσεων και των δεξαμενών. Περισσότερες πληροφορίες σχετικά με τις γεωτρήσεις και τις δεξαμενές υπάρχουν στο παράρτημα. Τέλος παρατίθεται και διάγραμμα του εξωτερικού δικτύου (Σχήμα 5.3).

5.1.2. Ανάγκες ύδρευσης

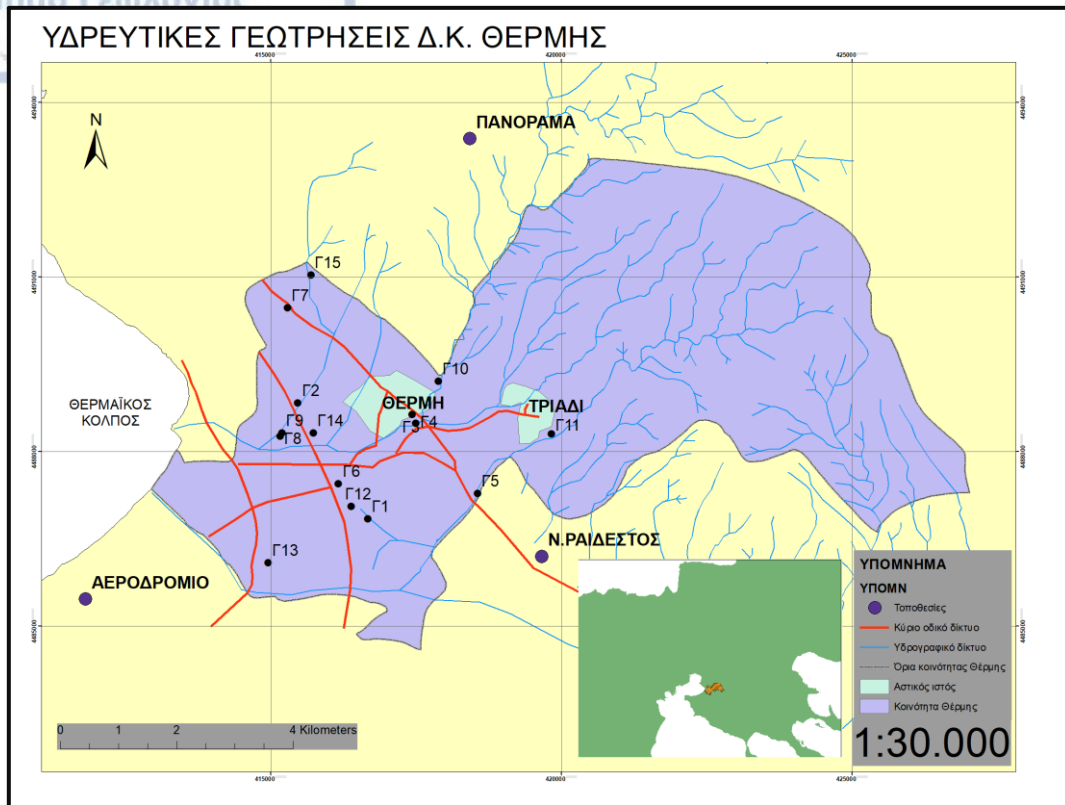
Οι ετήσιες ανάγκες σε νερό υπολογίστηκαν για τους δύο οικισμούς αλλά και για τα ξενοδοχεία.

Η Δ.Κ. Θέρμης παρουσιάζει χαρακτηριστικά αστικού κέντρου, οπότε ως μέση ημερήσια κατανάλωση ανά κάτοικο θεωρούνται τα 250 λίτρα/ημέρα. Η ποσότητα αυτή είναι η ανώτερη που προβλέπεται ως ημερήσια κατανάλωση από την Κ.Υ.Α. Δ11/Φ.16/8500 (ΦΕΚ 174 Β/ 26-3-1991) και συμπεριλαμβάνεται εκτός της οικιακής χρήσης και η μη τιμολογούμενη κατανάλωση (σχολεία, πάρκα, δημοτικά κτήρια). Ακόμη κατά την θερινή περίοδο (Ιούνιο-Σεπτέμβριο) η ημερήσια κατανάλωση 250 λίτρα/ημέρα πολλαπλασιάζεται με συντελεστή αιχμής $K=1,2$. Επιπλέον υπολογίζονται απώλειες δικτύου της τάξης του 40% λόγω παλαιότητας (Διαχειριστικό Σχέδιο Λεκανών Απορροής Κεντρικής Μακεδονίας).

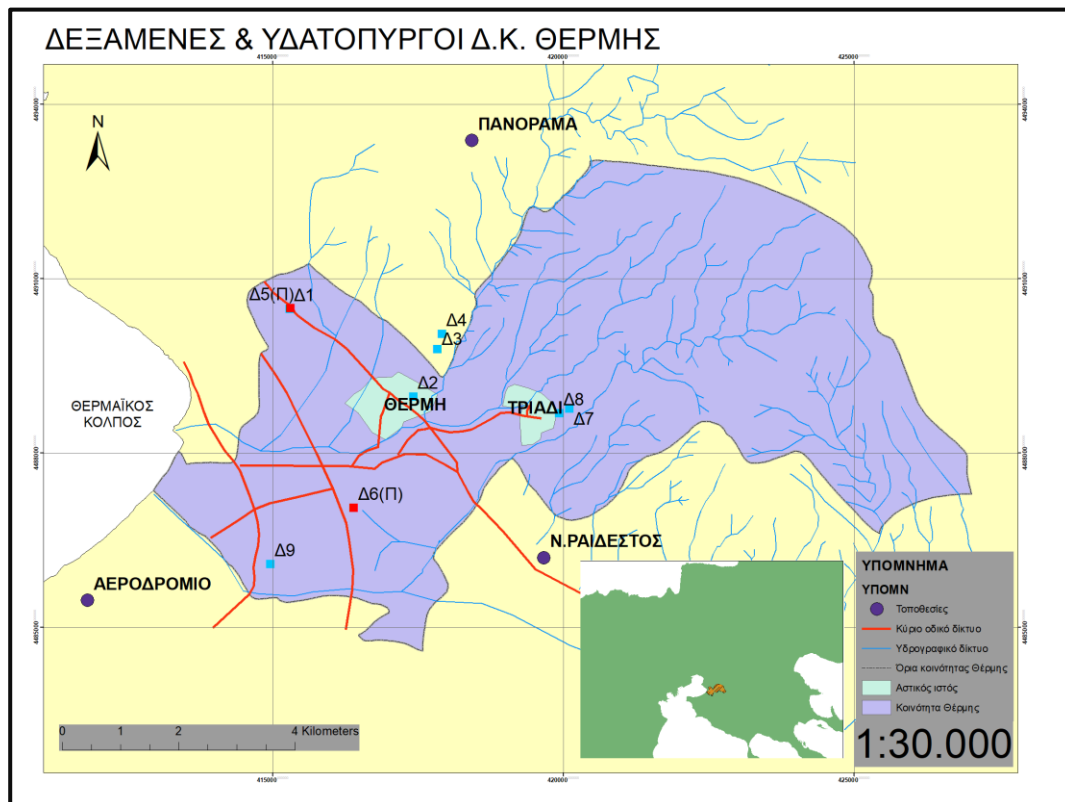
Στη συνέχεια κρίθηκε σκόπιμο ο υπολογισμός των αναγκών να γίνει ανά δεκαετία για τα έτη 2020, 2030 και 2040. Η πρόβλεψη του πληθυσμού έγινε με βάση τα στοιχεία των απογραφών των ετών 2001 και 2011 ενώ για την πρόβλεψη χρησιμοποιήθηκαν τα παρακάτω μοντέλα: αριθμητική μέθοδος, γεωμετρική μέθοδος, Νόμος του Malthus και ανατοκισμός. Από αυτά τα τέσσερα, για κάθε έτος λαμβάνεται υπόψη η υψηλότερη τιμή πληθυσμού, καθώς αυτό είναι και το δυσμενέστερο σενάριο. Οι ανάγκες ανά δεκαετία αποτυπώνονται στον Πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.6 Ανάγκες ύδρευσης οικισμών

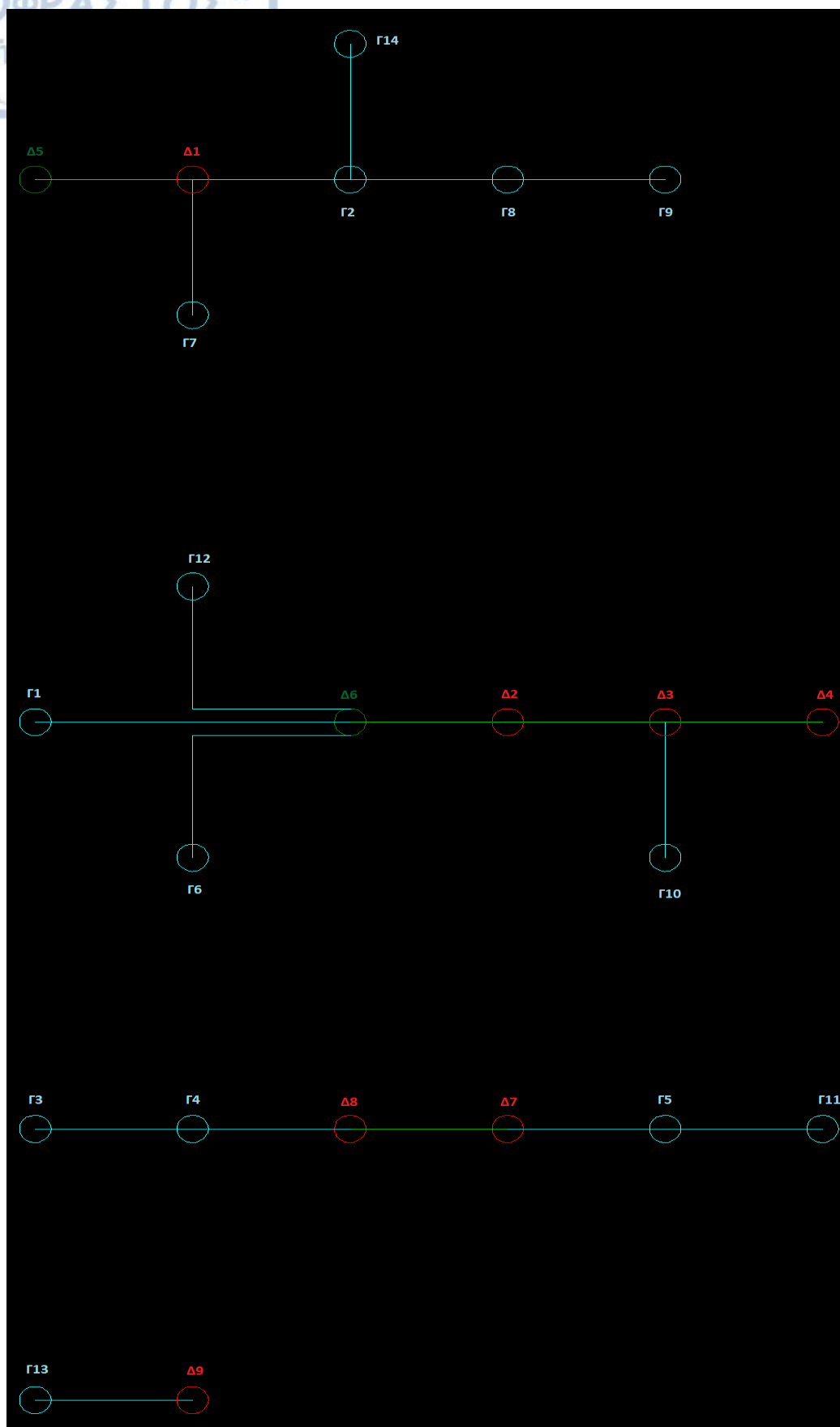
Έτη	Μέγιστος πληθυσμός	Κατανάλωση θέρους μετά των απωλειών	Κατανάλωση χειμώνα μετά των απωλειών	Συνολική κατανάλωση
2011	16.004	820.044,96	1.361.140,2	2.181.185,16
2021	22.445	1.150.081,8	1.908.947,25	3.059.029,05
2031	31.477	1.612.881,48	2.677.118,85	4.290.000,33
2041	44.145	2.261.989,8	3.754.532,25	6.016.522,05



Σχήμα 5.17 Χάρτης υδρευτικών γεωτρήσεων



Σχήμα 5.18 Χάρτης δεξαμενών και υδατόπυργων



Σχήμα 5.19 Διάταξη εξωτερικού δικτύου ύδρευσης

Σύμφωνα με το Π.Δ. 43/2002 οι υδρευτικές ανάγκες των ξενοδοχείων υπολογίζονται επιπλέον των αναγκών των πόλεων. Στην περιοχή μελέτης λειτουργούν πέντε ξενοδοχεία κατηγορίας από δύο έως πέντε αστέρων. Για αυτό τον λόγο κρίθηκε αναγκαία η αναζήτηση της μέσης ετήσιας πληρότητας των ξενοδοχείων αλλά και του αριθμού των κλινών που αυτά διαθέτουν. Από τα πέντε ξενοδοχεία της περιοχής μόνο τα δύο ανταποκρίθηκαν στην κατάθεση στοιχείων. Μάλιστα το ένα ξεκίνησε την λειτουργία του τον Αύγουστο του 2020 και δεν είχε αντιπροσωπευτικά στοιχεία πληρότητας, αφού αυτά είχαν επηρεαστεί από την πανδημία του COVID-19. Έτσι τελικά για τον υπολογισμό των υδρευτικών αναγκών των υπόλοιπων ξενοδοχείων χρησιμοποιήθηκε η μέση τιμή πληρότητας των ξενοδοχείων της Π.Ε. Θεσσαλονίκης (Ένωση Ξενοδόχων Θεσσαλονίκης, 2018) σε συνδυασμό με την πληρότητα που έδωσε το ένα από τα πέντε ξενοδοχεία. Η πληρότητα αυτή εξάχθηκε από την παρακάτω σχέση:

$$\text{Πληρότητα} = 0,2 * \Pi_1 + 0,8 * \Pi_{ΕΞ}$$

Όπου: Π_1 η πληρότητα του πρώτου ξενοδοχείου που είναι ίση με 78,16% και $\Pi_{ΕΞ}$ η πληρότητα από τα στοιχεία της Ένωσης Ξενοδόχων που είναι ίση με 71,3%.

Οπότε αθροιστικά η ετήσια κατανάλωση νερού από τα ξενοδοχεία είναι **67817 m³**.

Πίνακας 5.7 Υδρευτικές ανάγκες ξενοδοχείων

	Ξενοδοχείο 1	Ξενοδοχείο 2	Ξενοδοχείο 3	Ξενοδοχείο 4	Ξενοδοχείο 5
Αστέρια	4	3	5	2	3
Κλίνες	98	164 (κατ' εκτίμηση)	312	58	48
Λίτρα/ημέρα ανά κλίνη	350	300	450	250	300
Μέση ετήσια πληρότητα	78,16%	72,67%	72,67%	72,67%	72,67%
Ετήσια κατανάλωση (m³)	9837	13030	37285	3832	3833

5.2 Ανάγκες πρωτογενούς τομέα

5.2.1 Ανάγκες κτηνοτροφίας

Από στοιχεία του Δήμου Θέρμης το 2014 στην περιοχή υπήρχαν 48 βοοειδή και 2978 αιγοπρόβατα. Η ετήσια κατά κεφαλήν κατανάλωση σε m³ για τα βοοειδή είναι 25,55 και για τα αιγοπρόβατα 5,475 (Βουδούρης, 2017).

Τα παραπάνω στοιχεία αλλά και οι συνολικές ανάγκες αποτυπώνονται στον Πίνακα 5.3.

Πίνακας 5.8 Υδατικές ανάγκες κτηνοτροφίας

	Πληθυσμός	Κατά κεφαλήν ετήσια κατανάλωση νερού (m ³)	Συνολική ετήσια κατανάλωση νερού (m ³)
Βοοειδή	48	25,55	1226,4
Αιγοπρόβατα	2978	5,475	16304,55
Συνολικές ανάγκες κτηνοτροφίας (m³)			17530,95

5.2.2 Ανάγκες άρδευσης

Η κάλυψη των αναγκών άρδευσης γίνεται κυρίως μέσω ιδιωτικών γεωτρήσεων που έχουν ανορυχθεί από τους αγρότες.

Για τον προσδιορισμό των αρδευτικών αναγκών ήταν απαραίτητη η συγκέντρωση στοιχείων σχετικά με τις καλλιεργούμενες εκτάσεις. Τα στοιχεία αυτά δόθηκαν από τον Αγροτικό Συνεταιρισμό Θέρμης και αφορούσαν το 2020.

Οι αρδευτικές ανάγκες υπολογίστηκαν με βάση την Υπουργική Απόφαση Φ.16/6631 (ΦΕΚ Β 428/1989) εκτός της ελαιοκράμβης και των καρπών με κέλυφος που δεν περιλαμβάνονται στην απόφαση αυτή. Οι δύο αυτές καλλιέργειες υπολογίστηκαν με αρδευτικές ανάγκες που περιγράφονται στην βιβλιογραφία.

Στον Πίνακα 5.4 φαίνονται οι ετήσιες αρδευτικές ανάγκες ανά είδος καλλιέργειας και συνολικά σε όλη την περιοχή.

Πίνακας 5.9 Ανάγκες άρδευσης ανά είδος καλλιέργειας

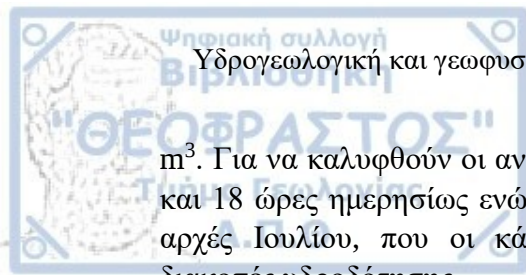
Είδος καλλιέργειας	Ανάγκες άρδευσης (m ³)
Ελιές	290160
Αμπέλια	17686
Δένδρα	22440
Βαμβάκι	294320
Πατάτες	5463
Κηπευτικά	111864
Σιτηρά (σκληρά)	127875
Λοιπά σιτηρά	215683
Καλαμπόκι	185168
Τριφύλλια	24360
Ελαιοκράμβη	83250
Καρποί με κέλυφος	34
ΣΥΝΟΛΟ	1.378.303

5.3 Ανάγκες βιομηχανίας

Οι ανάγκες της βιομηχανίας είναι δύσκολο να υπολογιστούν καθώς οι βιομηχανίες δεν είναι θετικές στην κοινοποίηση τέτοιου είδους στοιχείων. Οι ανάγκες τους υπολογίστηκαν μέσω αναγωγής βάσει δεδομένων από το Σχέδιο Διαχείρισης Υδάτων Κεντρικής Μακεδονίας. Σύμφωνα με το σχέδιο αυτό, στο υποσύστημα Κάτω Ρου Ανθεμούντα όπου ανήκει η περιοχή μελέτης, το 95,2% των υδατικών αναγκών κατανέμεται για χρήσεις ύδρευσης, άρδευσης και κτηνοτροφίας. Με τους υπολογισμούς που έγιναν παραπάνω βρέθηκε πως στην Δ.Κ. Θέρμης οι τρέχουσες ανάγκες ύδρευσης και πρωτογενούς τομέα ανέρχονται σε 4.522.680 m³ και θεωρητικά αντιστοιχούν στο 95,2% των συνολικών αναγκών. Συνεπώς το υπόλοιπο 4,8% , που αντιστοιχεί σε 228.034 m³ είναι οι ανάγκες της βιομηχανίας.

5.4 Επάρκεια νερού ύδρευσης

Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις για το 2021 απαιτούνται για την θερινή περίοδο 1.150.081,8 m³. Η θερινή περίοδος διαρκεί 122 ημέρες συνεπώς για κάθε ημέρα ,απαιτούνται 9.426,9 m³ και επιπλέον 556,8 m³ για τα ξενοδοχεία. Ταυτόχρονα οι γεωτρήσεις με 15 ώρες άντλησης κάθε ημέρα μπορούν να αποδώσουν μέχρι 9000



m³. Για να καλυφθούν οι ανάγκες πολλές φορές οι γεωτρήσεις υπεραντλούνται μέχρι και 18 ώρες ημερησίως ενώ τις ημέρες υψηλής ζήτησης, κυρίως τον Ιούνιο και στις αρχές Ιουλίου, που οι κάτοικοι δεν απουσιάζουν σε διακοπές, παρατηρούνται διακοπές υδροδότησης.

5.4.1 Μέτρα αποκατάστασης

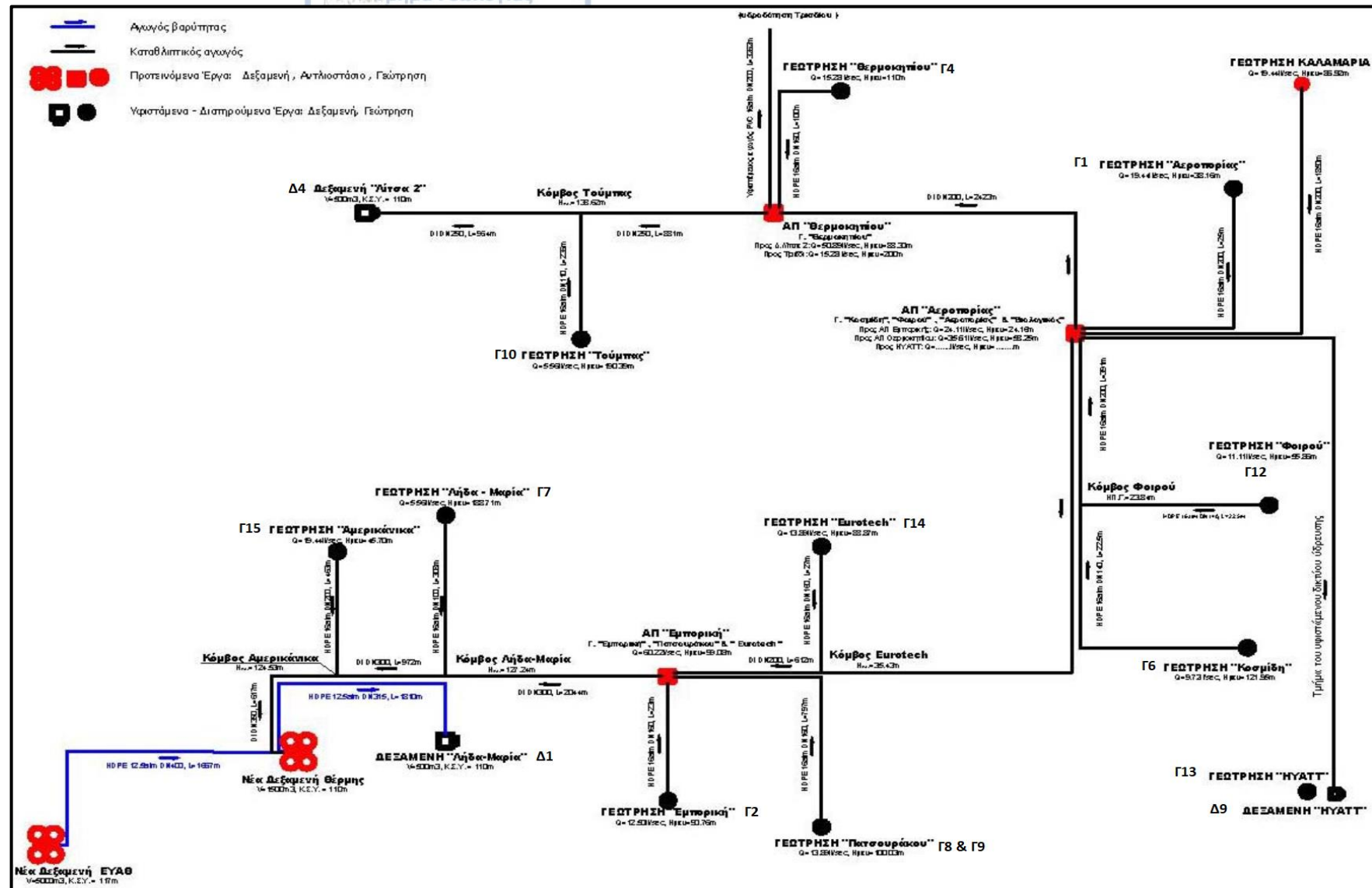
Η οικιστική ανάπτυξη στην Δ.Κ. Θέρμης παρουσιάζεται αυξημένη τα τελευταία χρόνια με επακόλουθο την ταυτόχρονη ραγδαία αύξηση του πληθυσμού άρα και των υδρευτικών αναγκών. Η κατάσταση αυτή απαιτεί τη λήψη άμεσων μέτρων ώστε τα φαινόμενα λειψυδρίας να μην ενταθούν.

Αρχικά οι γεωτρήσεις Αεροπορίας, Φοιρός, Λήδα Μαρία, Πατσουράκου 2^η και Τούμπας έχουν ξεπεράσει το όριο διαβίωσής τους. Ακόμη οι γεωτρήσεις Εργοταξίου και Θερμοκηπίου βρίσκονται εντός και στα όρια του αστικού ιστού αντίστοιχα ενώ η γεώτρηση Eurotech σε μερικά χρόνια πιθανόν να βρεθεί και αυτή εντός αστικού ιστού. Η θέση αυτών των γεωτρήσεων σε συνδυασμό με την επιβολή ενός σχεδίου ζωνών προστασίας μπορεί να οδηγήσει στον τερματισμό της λειτουργίας τους. Συνεπώς απαιτείται η κατασκευή νέων γεωτρήσεων ώστε να καλυφθούν οι ανάγκες που θα προκύψουν τον τερματισμό λειτουργίας κάποιων εξ αυτών αλλά και από την αύξηση του πληθυσμού. Ακόμη κρίνεται επιτακτική η κατασκευή ορισμένων εφεδρικών γεωτρήσεων για περιπτώσεις αυξημένων αναγκών αλλά και για περιπτώσεις όπου παρατηρούνται βλάβες σε κάποιες άλλες.

Σύμφωνα με τους σχεδιασμούς του Δήμου πρόκειται να κατασκευαστεί μία νέα δεξαμενή πλησίον της γεώτρησης Γ15 στην τοποθεσία Αμερικάνικα. Μακροπρόθεσμα η δεξαμενή έχει προταθεί να συνδεθεί μέσω αγωγού με δεξαμενή της ΕΥΑΘ που θα κατασκευαστεί στην περιοχή των κοιμητηρίων Αναστάσεως του Κυρίου. Η σύνδεση αυτή θα μπορούσε να καλύψει οποιοδήποτε έλλειμμα σε νερό προκύψει.

Τέλος προτείνονται και ορισμένες παρεμβάσεις στο δίκτυο. Αρχικά έχει εκπονηθεί υδρογεωλογική μελέτη για λογαριασμό της ΔΕΥΑ στην οποία προτείνεται η αναδιάταξη του εξωτερικού δικτύου (Σχήμα 5.4) με στόχο την ενοποίηση των τεσσάρων κλάδων του (Σχήμα 5.3). Η ενοποίηση αυτή εξασφαλίζει την αποτελεσματική κάλυψη ενός ενδεχόμενου ελλείμματος σε κάποιον κλάδο του δικτύου. Επίσης προτείνεται η εγκατάσταση συστήματος τηλε-ελέγχου και τηλεχειρισμού για έγκαιρο εντοπισμό τυχόν διαρροών με τελικό σκοπό την απομείωση των απωλειών που φτάνει και το 40-50% στο Δήμο Θέρμης.

Υδρογεωλογική και γεωφυσική ερευνά των υπόγειων υδροφορέων της περιοχής Θέρμης



6. Πηγές ρύπανσης και ποιότητα νερού

6.1 Πηγές ρύπανσης

Οι πηγές ρύπανσης διακρίνονται ανάλογα με τα γεωμετρικά τους χαρακτηριστικά αλλά και ανάλογα με τον ρυθμό εκπομπής του ρύπου. Αναλυτικότερα σύμφωνα με τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά οι πηγές ρύπανσης ονομάζονται:

- Σημειακές
- Γραμμικές
- Διάχυτες

ενώ σύμφωνα με τον ρυθμό εκπομπής του ρύπου μπορούν χαρακτηρισθούν:

- Συνεχούς εκπομπής
- Επαναλαμβανόμενης εκπομπής

Στο πλαίσιο της παρούσας εργασίας αναζητήθηκαν και καταγράφηκαν οι πηγές ρύπανσης εντός της Δ.Κ. Θέρμης και ταυτόχρονα παρουσιάζονται οι συνέπειες που δύναται να προκαλέσουν αυτές στα υπόγεια νερά. Συνολικά όλες οι σημειακές και γραμμικές πηγές ρύπανσης στην Δ.Κ. Θέρμης φαίνονται παρακάτω σε χάρτη (Σχήμα 6.1) και πίνακα (Πίνακας 6.1).

Πίνακας 6.10 Συνοπτικός πίνακας πηγών ρύπανσης στη Δ.Κ. Θέρμης

Είδος πηγής ρύπανσης	Αριθμός/ποσότητα
Μονάδες σταβλισμένης κτηνοτροφίας	7
Πρώην ΧΑΔΑ	2
Νεκροταφεία	2
Πρατήρια καυσίμων	14
Βάση καυσίμων (στρατιωτική εγκατάσταση)	1
Εγκατάσταση επεξεργασίας λυμάτων	1
Εγκαταλελειμμένα σημεία μεταλλευτικής δραστηριότητας	3
Οδικό δίκτυο (πρωτεύον + δευτερεύον)	27,8 χλμ. (14+13,8)

Επισημαίνεται ότι στην παραπάνω καταγραφή δεν συμπεριλαμβάνονται σηπτικές δεξαμενές που είναι διάσπαρτες σε όλη την περιοχή μελέτης.

6.1.1 Νεκροταφεία

Η αποσύνθεση των νεκρών στα κοιμητήρια δημιουργεί υγρά πλούσια σε ρύπους τα οποία αναμειγνύόμενα με τα νερά της βροχής δύναται να επηρεάσουν αρνητικά την ποιοτική κατάσταση των υπόγειων νερών. Οι ρύποι που προέρχονται από τα νεκροταφεία χαρακτηρίζονται από υψηλές τιμές θεικών, χλωριόντων, αζωτούχων ενώσεων, COD ενώ περιέχονται και παθογόνοι μικροοργανισμοί. Τέλος κάθε τάφος σε ετήσια βάση παράγει 400 L στραγγίσματα (Βουδούρης, 2016). Εντός της υπό εξέταση περιοχής λειτουργούν δύο νεκροταφεία, ένα στην Θέρμη και ένα στο Τριάδι που εξυπηρετούν τους αντίστοιχους οικισμούς.



Όπως φαίνεται παρακάτω σε αεροφωτογραφίες (Σχήμα 6.2 & 6.3) του 1985, τα νεκροταφεία αυτά λειτουργούν προ της έκδοσης της ΚΥΑ 26882/5769 (ΦΕΚ Δ 838/23-8-1998) η οποία ορίζει τους περιβαλλοντικούς όρους που πρέπει να πληρούνται για την ίδρυση και την επέκταση των νεκροταφείων. Άγνωστο είναι το καθεστώς με το οποίο λειτουργούν και αν έχουν πραγματοποιηθεί επεκτάσεις. Τέλος η πλησιέστερη γεώτρηση ιδιοκτησίας της ΔΕΥΑ απέχει από το νεκροταφείο της Θέρμης περίπου 660 μέτρα ενώ αντίστοιχα από αυτό του Τριαδίου περίπου 440 μέτρα και οι αποστάσεις αυτές είναι σύμφωνες με την νομοθεσία.



Σχήμα 6.2 Αεροφωτογραφία νεκροταφείου Θέρμης όπου διακρίνεται και το άλσος του Τιμίου Σταυρού (Ελληνικό Κτηματολόγιο Y_BW_85_185654, 15/08/1985)



Σχήμα 6.3 Αεροφωτογραφία νεκροταφείου Τριαδίου όπου διακρίνεται το Δημοτικό Σχολείο (Ελληνικό Κτηματολόγιο Y_BW_85_183445, 11/07/1985)

6.1.2 Πρατήρια καυσίμων και στρατιωτικές εγκαταστάσεις

Στην υπό μελέτη περιοχή δραστηριοποιούνται 14 πρατήρια υγρών καυσίμων και μία βάση καυσίμων που αποτελεί στρατιωτική εγκατάσταση. Ακόμη πέρα από τις δεξαμενές των εγκαταστάσεων αυτών, υπάρχει αγωγός μεταφοράς καυσίμων που συνδέει την βάση καυσίμων με άλλες στρατιωτικές δομές. Από τα συγκεκριμένα σημεία υπάρχει πιθανότητα διαρροής καυσίμων από τις υπόγειες δεξαμενές τους ρυπαίνοντας τους υπόγειους υδροφορείς με οργανικά μη υδατοδιαλυτά απόβλητα. Τα απόβλητα αυτά λόγω της μικρής τους πυκνότητας δεν αναμειγνύονται με το νερό αλλά παραμένουν στην επιφάνεια και διαδίδονται οριζόντια. Καθιστούν το νερό ακατάλληλο για πόση, του προσδίδουν άσχημη οσμή ενώ σε επιφανειακούς υδροφορείς μπορούν να δημιουργήσουν ανοξικές συνθήκες.

6.1.3 Σταβλισμένη κτηνοτροφία

Η εντατικοποίηση της κτηνοτροφίας που έχει συντελεστεί τις τελευταίες δεκαετίες έχει οδηγήσει στην συγκέντρωση μεγάλου αριθμού ζώων σε σχετικά μικρούς χώρους. Το γεγονός αυτό καθιστά τις κτηνοτροφικές μονάδες σημειακές πηγές ρύπανσης του υπόγειου νερού καθώς το μετεωρικό νερό που κατεισδύει συμπαρασύρει και ρύπους. Τα κτηνοτροφικά απόβλητα είναι γενικά πλούσια σε οργανικό φορτίο και ανόργανα άλατα (Na, K, Mn κ.ά.) καθώς επίσης και νιτρικά. Σχετικά με τα βαρέα μέταλλα, συνήθως δεν παρατηρούνται σε τοξικές συγκεντρώσεις εντός των αποβλήτων, ωστόσο η μακροχρόνια ύπαρξη αποβλήτων σε κτηνοτροφικές μονάδες μπορεί να αυξήσει την συγκέντρωση σε Σίδηρο (Fe), Χαλκό (Cu), Μαγνήσιο (Mg) και Ψευδάργυρο (Zn) (Φραγκάκη, 2008).

Εντός ή πλησίον της κοινότητας Θέρμης δραστηριοποιούνται οχτώ κτηνοτροφικές μονάδες οι οποίες στο σύνολο τους εκτρέφουν αιγοπρόβατα και βοοειδή.

6.1.4 Βιομηχανίες

Στην Δημοτική Κοινότητα Θέρμης και συγκεκριμένα νότια του οικισμού της Θέρμης αναπτύσσεται βιομηχανική περιοχή. Η οικονομική ύφεση των προηγούμενων ετών οδήγησε στο κλείσιμο αξιοσημείωτου αριθμού εργοστασίων ωστόσο ακόμη λειτουργούν ορισμένα. Στα βιομηχανικά απόβλητα περιλαμβάνονται τα υγρά απόβλητα που προκύπτουν από τις παραγωγικές διαδικασίες των βιομηχανιών και όχι από τους χώρους προσωπικού (αποδυτήρια, αποχωρητήρια κλπ). Τα υγρά απόβλητα ουσιαστικά αποτελούνται από νερό εμπλουτισμένο με διάφορα επιβαρυντικά συστατικά και διακρίνονται σε βιολογικά και μη βιολογικά. Τα βιολογικά προκύπτουν από εργοστάσια τροφίμων, χαρτοβιομηχανίες και κλωστοϋφαντουργίες. Τα μη βιολογικά απόβλητα προέρχονται από χημικές βιομηχανίες και περιέχουν οξέα, βάσεις, μέταλλα, υδρογονάνθρακες και διάφορα ιόντα (κυανιούχα, θειικά, φωσφορικά κ.α.).

6.1.5 Σηπτικές δεξαμενές.

Στην περιοχή μελέτης εντάσσονται οι οικισμοί του Τριαδίου και της Θέρμης οι οποίοι εξυπηρετούνται από αποχετευτικό δίκτυο το οποίο καταλήγει στην ΕΕΛ του Καλοχωρίου. Παρόλα αυτά στην περιοχή παρατηρείται ραγδαία οικιστική ανάπτυξη με αποτέλεσμα το δίκτυο αποχέτευσης να μην καλύπτει όλες τις περιοχές. Παράλληλα υπάρχουν και περιοχές εκτός σχεδίου πόλεως που δεν εξυπηρετούνται από αποχετευτικό δίκτυο. Αυτό σημαίνει πως όλα τα οικιακά λύματα καταλήγουν σε

σηπτικές δεξαμενές. Στις παλαιότερες κατοικίες μάλιστα οι δεξαμενές αυτές είναι απορροφητικές. Ακόμη πολλοί ιδιοκτήτες κατοικιών αδειάζουν τις δεξαμενές τους ή ρίχνουν μέρος των λυμάτων (πλυντήρια, νεροχύτες, μπανιέρες) σε διπλανά αγροτεμάχια για να αποφύγουν το κόστος της εκκένωσης του βόθρου τους. Τέλος στις καινούργιες κατοικίες οι δεξαμενές αποτελούνται από προκατασκευασμένα τσιμεντένια δαχτυλίδια, ώστε να μην είναι απορροφητικές, ωστόσο αρκετοί εφαρμόζουν τεχνικές για να πετύχουν το αντίθετο.

Τα οικιακά λύματα είναι τα υγρά απόβλητα των κατοικιών όπως επίσης και των εγκαταστάσεων που εξυπηρετούν λειτουργίες της πόλης (καταστήματα, επιχειρήσεις, υπηρεσίες). Κατά κύριο λόγο αποτελούνται από νερό είναι όμως επιβαρυνμένα με οργανικούς και ανόργανους ρύπους. Οι οργανικοί ρύποι συνιστώνται κυρίως από: ούρα, κόπρανα, χαρτιά, τροφές, λίπη & έλαια, σάπωνες και απορρυπαντικά ενώ οι ανόργανοι από: αμμωνία και άλατα του αμμωνίου όπως επίσης άργιλο κ.α.

Η διάθεση ανεπεξέργαστων λυμάτων στους αποδέκτες δύναται να επηρεάσει αρνητικά την ποιοτική τους κατάσταση προκαλώντας: ευτροφισμό, μείωση της ικανότητας αυτοκαθαρισμού, ρύπανση. Τα προβλήματα εντείνονται από την αυξημένη παραγωγή λυμάτων από τις σύγχρονες κοινωνίες με αποτέλεσμα οι μικροοργανισμοί να μην προλαβαίνουν ή να μην δύναται να διασπάσουν τους ρύπους.

6.1.6 Εγκατάσταση Επεξεργασίας Λυμάτων (ΕΕΛ)

Η ΕΕΛ Θέρμης λειτουργεί από το 1993 νότια του οικισμού της Θέρμης με αποδεκτή της εξόδου των λυμάτων, τον ποταμό Ανθεμούντα. Η ΕΕΛ εξυπηρετεί το δίκτυο αποχέτευσης των οικισμών Ραιδεστού, Ρυσίου και Ταγαράδων ενώ παραλαμβάνει και το φορτίο των βυτίων από Σουρωτή, Βασιλικά, Αγία Παρασκευή, Περιστέρα και Λακκιά.

Στην ΕΕΛ Θέρμης παρακολουθούνται μηνιαία ,με βάση την κείμενη νομοθεσία (ΚΥΑ 5673/400/1997) οι παρακάτω παράγοντες: BOD₅, COD, TSS, TN, TP. Ο αποδέκτης που είναι ο ποταμός Ανθεμούντας δεν είναι ευαίσθητος αποδέκτης συνεπώς οι τιμές του ολικού αζώτου και φωσφόρου μπορεί να υπερβαίνει τις θεσπισμένες από την σχετική ΚΥΑ ανώτατες τιμές. Σύμφωνα με τις σχετικές μετρήσεις της εξόδου του βιολογικού καθαρισμού (Πίνακας 6.2) οι τιμές των Ολικών αιωρούμενων στερεών (TSS) υπερβαίνουν τα ανώτατα επιτρεπτά όρια.

Πίνακας 6.11 Αποτελέσματα μετρήσεων εξόδου ΕΕΛ Θέρμης, 2020 (Πηγή: astikalimata.ypeka.gr)

Παράμετρος	Μέσος όρος μετρήσεων (mg/L)	Ανώτατο επιτρεπτό όριο (mg/L)
BOD ₅	28,25	25
COD	92,5	125
TSS	40,3	35
TN	51,88	2
TP	6,3	15

6.1.7 Αγροτικές καλλιέργειες

Είναι γνωστό πως η εντατικοποίηση της γεωργίας έχει οδηγήσει σε υπέρμετρη χρήση λιπασμάτων και φυτοφαρμάκων τα οποία περιέχουν επιβλαβή στοιχεία και τελικά καταλήγουν στην κορεσμένη ζώνη. Αναλυτικότερα το 10 % περίπου του αρδευτικού νερού καθώς και μέρος του μετεωρικού νερού κατεισδύει, συμπαρασύροντας Ca^{2+} , Na^+ , NO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- (Βουδούρης, 2016) και αποτελεί ουσιαστικά έναν σημαντικό ρύπο των υπόγειων αποθεμάτων ύδατος. Ειδική αναφορά αξίζει στα νιτρικά ιόντα τα οποία είναι ιδιαίτερα ευκίνητα και προσπερνούν την ακόρεστη ζώνη οδηγώντας έτσι πολλούς υδροφορείς σε πλήρη υποβάθμιση.

Η κοιλάδα του Ανθεμούντα είναι μία εύφορη περιοχή εντός της οποίας αναπτύσσεται πλήθος αγροτικών καλλιεργειών. Ακόμη στην κοιλάδα του Ανθεμούντα οι περισσότερες καλλιέργειες είναι αρδευόμενες, συνεπώς ο κίνδυνος ρύπανσης των υπόγειων νερών είναι αυξημένος.

6.1.8 Χώροι Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων (Χ.Α.Δ.Α.)

Στην υπό εξέταση περιοχή λειτουργούσαν παλαιότερα δύο ΧΑΔΑ, ένας στο φράγμα Θέρμης και ένας πλησίον του φράγματος Τριαδίου (Σχήματα 6.4 & 6.5) . Πλέον και οι δύο χώροι είναι ανενεργοί και έχουν πραγματοποιηθεί έργα αποκατάστασής τους. Στον χώρο που υπήρχε στο φράγμα Θέρμης, λειτουργεί πλέον χώρος αναψυχής και στον χώρο αυτό διενεργήθηκε στα πλαίσια της παρούσας εργασίας γεωηλεκτρική τομή (βλ. παράγραφο 7.5).

Στους χώρους αυτούς έχουν αποτεθεί αστικά απορρίμματα και αδρανή υλικά. Τα αστικά απορρίμματα αποτελούνται από τρόφιμα, χαρτί, πλαστικά, γυαλί, υφάσματα, ξύλα, ελαστικά. Επίσης δύναται να περιέχουν και επικίνδυνα απόβλητα όπως χρώματα, ορυκτέλαια, απορρυπαντικά σε μικρές όμως ποσότητες. Τα αστικά απορρίμματα πέραν αυτών περιέχουν νερό σε ποσοστό 25-60% (Βουδούρης, 2016). Το νερό αυτό μαζί με το νερό μετεωρικής προέλευσης συμπαρασύρει ρύπους και αποτελεί τα λεγόμενα στραγγίσματα που είναι πλούσια σε αζωτούχες ενώσεις, χλωριόντα, μόλυβδο, σίδηρο, μαγγάνιο κ.α. Το κλείσιμο των χώρων αυτών και η αποκατάστασή τους αποτελεί ιδιαίτερα ενθαρρυντικό στοιχείο για την βελτίωση της ποιοτικής κατάστασης των υπόγειων υδάτων.



Σχήμα 6.4 Αριστερά ο ΧΑΔΑ Τριαδίου και δεξιά ο ΧΑΔΑ Θέρμης (εντός του κόκκινου κύκλου)



Σχήμα 6.5 Χώρος συγκέντρωσης και συλλογής στραγγισμάτων στο ΧΑΔΑ Θέρμης

6.1.9 Οδικό δίκτυο

Το οδικό δίκτυο αποτελεί γενικά πηγή ρύπανσης των υδάτων μέσω των απορροών του. Οι ρύποι που παρατηρούνται συνήθως είναι:

- Στερεά σωματίδια
- Χλωρίδια, προερχόμενα από το αλάτι αποπαγοποίησης
- Βαρέα μέταλλα, και κυρίως μόλυβδος, ψευδάργυρος, σίδηρος, χαλκός, κάδμιο, χρώμιο, νικέλιο, μαγγάνιο, βάριο, καίσιο και αντιμόνιο, από τα αυτοκίνητα, τα καυσάεργα, τις φθορές των ελαστικών, των φρένων και των μηχανικών μερών των οχημάτων.

Ακόμη ελλοχεύει ο κίνδυνος διαφυγής πετρελαιοειδών ή άλλων επικίνδυνων ουσιών που μεταφέρονται αν κατά τη μεταφορά τους σημειωθεί ατύχημα.

Στη Δ.Κ. Θέρμης υπάρχουν 14 χιλιόμετρα οδών με υψηλή κυκλοφοριακή πυκνότητα και 13,8 χιλιόμετρα οδών με μέση κυκλοφοριακή πυκνότητα. Παρόλα αυτά σύμφωνα με το Σχέδιο Διαχείρισης Υδάτων Κεντρικής Μακεδονίας οι δρόμοι δεν αποτελούν σημαντική πηγή ρύπανσης για τα ύδατα στην περιφέρεια αυτή.

6.1.10 Εγκαταλελειμμένα σημεία μεταλλευτικής δραστηριότητας

Ανατολικά του οικισμού του Τριαδίου εντοπίζονται τουλάχιστον τρία σημεία τα οποία υπέστησαν μεταλλευτική εκμετάλλευση κατά την διάρκεια του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, από τους Γερμανούς. Το ορυκτό για το οποίο γινόταν η εξόρυξη ήταν ο χρωμίτης (FeCrO_2). Κοντά στις θέσεις εκμετάλλευσης υπάρχουν σωροί με στείρα υλικά (Σχήμα 6.6) τα οποία αποτελούν ενδεχόμενη πηγή ρύπανσης αφού είναι εκτεθειμένα στο νερό της βροχής αλλά και σε συνθήκες που ευνοούν τη διάβρωση τους. Σημειώνεται ότι σε ανάλυση Fe σε επιφανειακό νερό που έγινε κατόπιν των

θέσεων εκμετάλλευσης η τιμή του ήταν ιδιαίτερα αυξημένη και ξεπερνούσε το ανώτατο επιτρεπτό όριο της ΕΕ για την καταλληλόλητα πόσης (Μίσσας, 2007).



Σχήμα 6.6 Σωροί από στείρα υλικά κοντά σε στοά εκμετάλλευσης και κατάντη το ρέμα του Τριαδίου

6.1.11 Θαλάσσια διείσδυση

Το ετήσιο ισοζύγιο ύδατος στην λεκάνη του Ανθεμούντα είναι ελλειμματικό αφού η κατανάλωση για την εξυπηρέτηση των αναγκών υπερβαίνει τις ποσότητες τροφοδοσίας. Αυτό έχει οδηγήσει σε ταπείνωση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα λόγω της υπεράντλησης. Στη Δ.Κ. Θέρμης υπάρχει παραλιακό μέτωπο στο οποίο παρατηρείται διαχρονικά η παρουσία υφάλμυρων οριζόντων που επιβεβαιώνεται από γεωηλεκτρικές τομές που πραγματοποιήθηκαν (βλ. παράγραφο 7.4). Ωστόσο φαίνεται πως προς το παρόν δεν επηρεάζονται ποιοτικά οι υπό πίεση υδροφορείς που χρησιμοποιούνται για της χρήσεις της κοινότητας.

Γενικά η υφαλμύριση έχει αρνητικό αντίκτυπο στην ποιότητα του νερού αφού αυτό γίνεται πλούσιο σε ιόντα νατρίου και χλωρίου και διαλυμένα στερεά ενώ παρατηρούνται και υψηλές τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Το υφάλμυρο νερό είναι ακατάλληλο τόσο για ύδρευση όσο και για άρδευση.

6.2 Ποιότητα υπόγειου νερού

Σύμφωνα με την νομοθεσία (Κ.Υ.Α. Υ2/2600/2001// ΦΕΚ Β' 892/2001) η δειγματοληψία ελέγχου ποσιμότητας του νερού γίνεται από τις βρύσες των καταναλωτών και όχι από τις πηγές υδροληψίας. Τα τελευταία στοιχεία που ήταν διαθέσιμα από την ΔΕΥΑ Θέρμης για της πηγές υδροληψίας αφορούσαν τον Νοέμβριο του 2010. Από τότε μέχρι σήμερα δεν πραγματοποιείται συστηματική παρακολούθηση των ποιοτικών παραμέτρων στις γεωτρήσεις, εφόσον αυτό δεν είναι υποχρεωτικό. Η δειγματοληψία πλέον διενεργείται στις βρύσες των καταναλωτών, όπου φτάνει νερό από μείξη διαφόρων γεωτρήσεων.

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΟΝΟΜΑ	Χρώμα (Pt/Co)	Θολότητα (NTU)	Ολική σκληρότητα (Γαλ. Βαθμοί)	pH	Αγωγιμότητα μS/cm	Αμμωνιάκα NH ₄ ⁺	Χλωριούχα Cl ⁻	Νιτρικά NO ₃ ⁻	Νιτρώδη NO ₂ ⁻
1	Αεροπορίας	0	0	34,9	7,7	737	n.d.	42	28,3	n.d.
2	Εμπορική	0	0	22,6	7,9	560	n.d.	17,1	11,5	n.d.
3	Εργοταξίου	0	0	69,6	7,2	1467	n.d.	58,2	134,22	n.d.
4	Θερμοκηπίου	0	2	40	7,6	712	n.d.	23,2	29,68	n.d.
5	Ιντερμπετόν	0	0	39,7	7,9	619	n.d.	11,6	19,49	n.d.
6	Κοσμίδα νέα	0	0	29,8	7,5	614	n.d.	11	13,73	n.d.
7	Λήδα Μαρία	19	0	26,2	7,5	587	n.d.	28,4	n.d.	n.d.
9	Πατσουράκου 3η	30	0	46,4	7,6	995	n.d.	66,6	52,7	n.d.
10	Τούμπας Β	0	0	33,8	7,8	610	n.d.	16,8	n.d.	n.d.
11	Τριαδίου	0	0	30,8	9,3	401	n.d.	6,6	n.d.	n.d.
12	Φοιρός Σιδεράς	0	1	39,4	7,6	773	n.d.	31,8	22,59	n.d.
13	Χάγιατ	0	0	26,5	7,9	586	n.d.	26,4	n.d.	n.d.
00	Κοσμίδα	0	0	43,9	7,2	846	n.d.	27,6	28,35	n.d.

Πίνακας 6.12 Χημική ανάλυση υδρευτικών γεωτρήσεων Δ.Κ. Θέρμης (Νοέμβριος 2010, ΔΕΥΑ Θέρμης)

Σημ. 1: Τα αμμωνιακά, χλωριούχα, νιτρικά και νιτρώδη εκφράζονται σε mg/L

Σημ. 2: n.d.= δεν ανιχνεύονται

Σύμφωνα με τα πιο πρόσφατα στοιχεία το νερό της ανάμειξης που φτάνει στις βρύσες των καταναλωτών στη Δ.Κ. Θέρμης πληροί τις προδιαγραφές. Παρόλα αυτά τονίζεται πως καλό είναι να παρακολουθείται και η ποιότητα του νερού των γεωτρήσεων ώστε να ανιχνεύονται πιθανά συμβάντα ρύπανσης τα οποία στο μέλλον μπορούν να οδηγήσουν στην απομόνωση κάποιων γεωτρήσεων. Σημειώνεται ότι σύμφωνα με τις εκτιμήσεις που έγιναν σε προηγούμενο κεφάλαιο η απομόνωση κάποιας γεώτρησης από το δίκτυο είναι πιθανό να δημιουργήσει έλλειψη νερού.

Για τις ανάγκες της παρούσας εργασίας αξιοποιήθηκαν δεδομένα της ΔΕΥΑ Θέρμης από τον Νοέμβριο του 2010. Όλα τα αποτελέσματα παρουσιάζονται συνοπτικά παρακάτω στον [Πίνακα 6.3](#). Ακόμη λαμβάνοντας υπόψη το γεγονός ότι η χωρική κατανομή των γεωτρήσεων είναι αντιπροσωπευτική για μεγάλο μέρος της περιοχής μελέτης, κατασκευάστηκαν και σχετικοί υδροχημικοί χάρτες. Επιπλέον πέρα από τα δεδομένα του Νοεμβρίου του 2010 αξιοποιήθηκαν και αποτελέσματα από το Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Υδάτων και αφορούν την γεώτρηση της ΔΕΥΑ Θέρμης με την ονομασία Πατσουράκου 3^η. Τα στοιχεία αυτά παρουσιάζονται στο τέλος αυτής της παραγράφου.

Χρώμα

Η εμφάνιση χρώματος στο νερό είναι γενικά ανεπιθύμητη. Η προέλευση του μπορεί να σχετίζεται με διαλυμένες ενώσεις φυτικές, οργανικές ή ανόργανες. Το χρωματισμένο νερό δεν είναι απαραίτητα και επικίνδυνο, όμως πρέπει να προσδιορίζονται οι αιτίες του χρωματισμού. Δεν υπάρχει ανώτατη θεσπισμένη τιμή για το χρώμα στο νερό είναι όμως απαραίτητο να είναι αποδεκτό από τους καταναλωτές και να μην παρουσιάζει αξιοσημείωτες μεταβολές. Στη Δ.Κ. Θέρμης παρουσία χρώματος ανιχνεύεται στις γεωτρήσεις 7 και 9.

Θολότητα

Η θολότητα είναι ένα μέτρο της παρουσίας αιωρούμενων σωματιδίων στο νερό χωρίς όμως να υπάρχει θεσπισμένο ανώτατο όριο. Γενικά, όπως και στο χρώμα, η θολότητα πρέπει να είναι σε σημεία αποδεκτά από τους καταναλωτές και να μην παρουσιάζει ασυνήθεις μεταβολές. Ακόμη μεγάλες τιμές θολότητας επηρεάζουν αρνητικά την αποτελεσματικότητα της χλωρίωσης. Οι πηγές υδροληψίας της υπό εξέταση περιοχής δεν έχουν νερό με αυξημένη θολότητα.

Ολική σκληρότητα

Η προέλευση της σκληρότητας των νερών σχετίζεται με την παρουσία δισθενών μεταλλικών κατιόντων. Τα πιο συνηθισμένα από αυτά είναι το Ca^{+2} και το Mg^{+2} , ενώ γενικότερα ο προσδιορισμός της σκληρότητας είναι ιδιαίτερα κρίσιμος. Αυτό συμβαίνει διότι η σκληρότητα αποτελεί παράγοντα για τον προσδιορισμό της καταλληλότητας του νερού για διάφορες χρήσεις.

Η σκληρότητα χωρίζεται σε τρεις κατηγορίες:

- **Παροδική ή ανθρακική** σκληρότητα η οποία πηγάζει από όξινα ανθρακικά άλατα του Ca^{+2} και του Mg^{+2} . Τα άλατα αυτά δημιουργούνται από την διάλυση αλάτων Ca^{+2} και Mg^{+2} που υπάρχουν στη σύσταση των πετρωμάτων ή των εδαφών μέσα στα οποία κινείται το νερό στους υπόγειους υδροφορείς.

- **Μόνιμη** σκληρότητα η οποία οφείλεται στην ύπαρξη αλκαλικών γαιών ενωμένων με το ιόν χλωρίου, το νιτρικό ιόν και το θειικό ιόν. Τα θειικά ιόντα προέρχονται από την οξείδωση σιδηροπυρίτη ή την απόθεση εβαποριτών.
- **Ολική** σκληρότητα η οποία είναι το άθροισμα της παροδικής και της μόνιμης. Μετριέται σε mg/L ισοδύναμου CaCO_3 αλλά και σε βαθμούς σκληρότητας με τον Γαλλικό να ισοδυναμεί με 10 mg/L CaCO_3 και τον Γερμανικό με 17,86 mg/L $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$.

Στον [Πίνακα 6.4](#) (από Βουδούρη, 2016 με τροποποιήσεις) φαίνεται η ταξινόμηση των νερών με βάση το σύστημα των γαλλικών βαθμών. Γενικά το εύρος 15-20 γαλλικών βαθμών χαρακτηρίζει νερό πολύ καλής ποιότητας από άποψης σκληρότητας. Υψηλή σκληρότητα προκαλεί διάρροια σε όσους το πίνουν για πρώτη φορά ενώ η συχνή επαφή με το δέρμα δημιουργεί ερεθισμό. Επιπλέον υψηλές τιμές σκληρότητας σχετίζονται με ανθρακική «ιζηματογένεση» σε λέβητες και ψυκτικές δεξαμενές (Βουδούρης, 2016). Παρόλα αυτά μηδενικές τιμές σκληρότητας δεν είναι επιθυμητές γιατί αυτό σημαίνει πως το νερό δεν περιέχει καθόλου Ca και Mg.

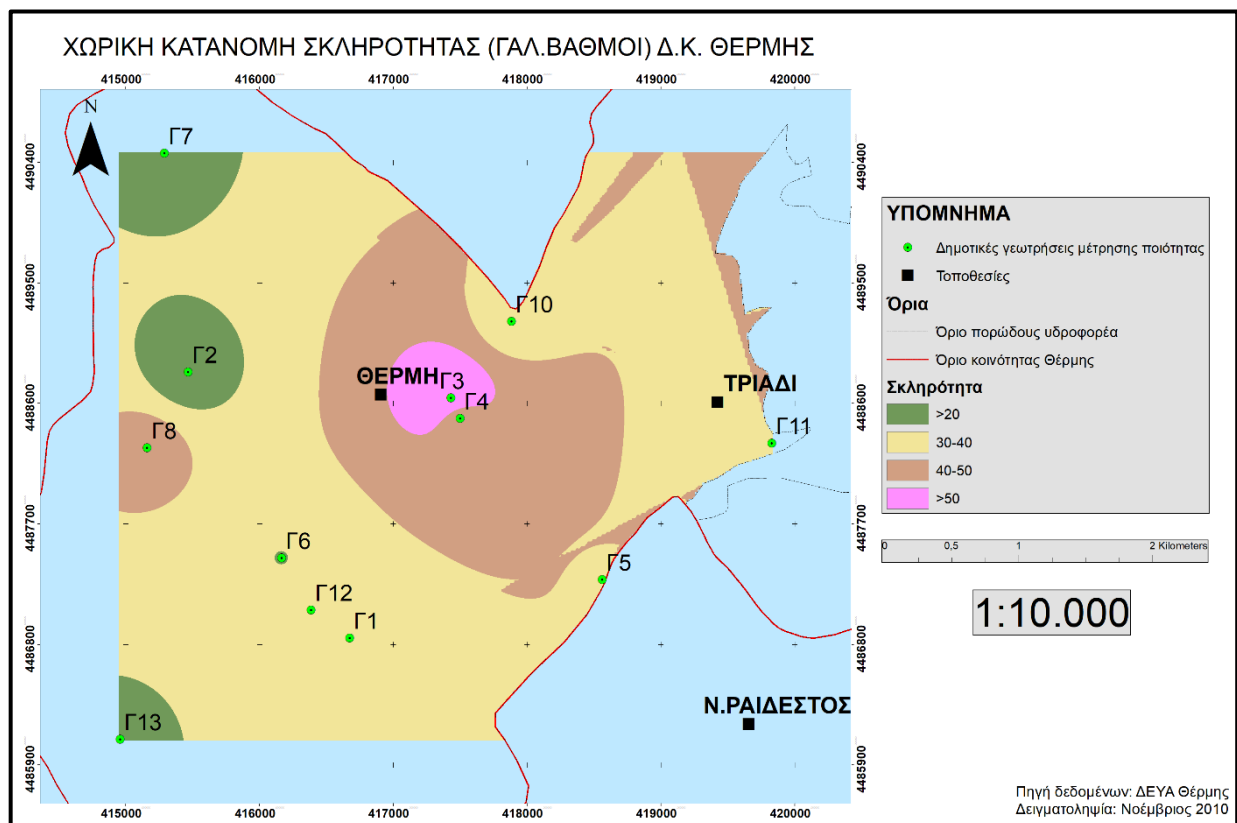
Πίνακας 6.13 Χαρακτηρισμός του νερού ανάλογα με την σκληρότητα του (Βουδούρης, 2016 με τροποποιήσεις)

Γαλλικοί βαθμοί	Χαρακτηρισμός νερού
0-10	Μαλακό
10-20	Μέτρια σκληρό
20-30	Σκληρό
>30	Πολύ σκληρό

Με βάση όσα αναφέρθηκαν παραπάνω συντάχθηκε ο [Πίνακας 6.5](#) στον οποίο γίνεται η αξιολόγηση του νερού των γεωτρήσεων με βάση τα στοιχεία του Νοεμβρίου 2010. Όπως γίνεται αντιληπτό το νερό στην περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται στα περισσότερα σημεία υδροληψίας ως πολύ σκληρό και σε κάποια σκληρό. Η ίδια εικόνα αποτυπώνεται και στον χάρτη στο [Σχήμα 6.7](#) όπου γενικά γύρω από την περιοχή της Θέρμης οι τιμές της σκληρότητας είναι πάνω από 40 και τοπικά πάνω από 50 γαλλικούς βαθμούς. Οι τιμές είναι χαμηλότερες στην υπόλοιπη περιοχή, ξεπερνούν ωστόσο τους 30 γαλλικούς βαθμούς χαρακτηρίζοντας έτσι το νερό πολύ σκληρό. Κατά τόπους στα δυτικά γύρω από τις γεωτρήσεις 2,7 και 13 παρατηρούνται χαμηλότερες τιμές όπου το νερό χαρακτηρίζεται σκληρό.

Πίνακας 6.14 Χαρακτηρισμός του νερού ανάλογα με την σκληρότητα στις υδρευτικές γεωτρήσεις Δ.Κ. Θέρμης

Κωδικός	Όνομα	Ολική σκληρότητα (Γαλ. Βαθμοί)	Χαρακτηρισμός
1	Αεροπορίας	34,9	Πολύ σκληρό
2	Εμπορική	22,6	Σκληρό
3	Εργοταξίου	69,6	Πολύ σκληρό
4	Θερμοκηπίου	40	Πολύ σκληρό
5	Ιντερμπετόν	39,7	Πολύ σκληρό
6	Κοσμίδη νέα	29,8	Σκληρό
7	Λήδα Μαρία	26,2	Σκληρό
9	Πατσουράκου 3η	46,4	Πολύ σκληρό
10	Τούμπας Β	33,8	Πολύ σκληρό
11	Τριαδίου	30,8	Πολύ σκληρό
12	Φοιρός Σιδεράς	39,4	Πολύ σκληρό
13	Χάγιατ	26,5	Σκληρό
	Κοσμίδη	43,9	Πολύ σκληρό



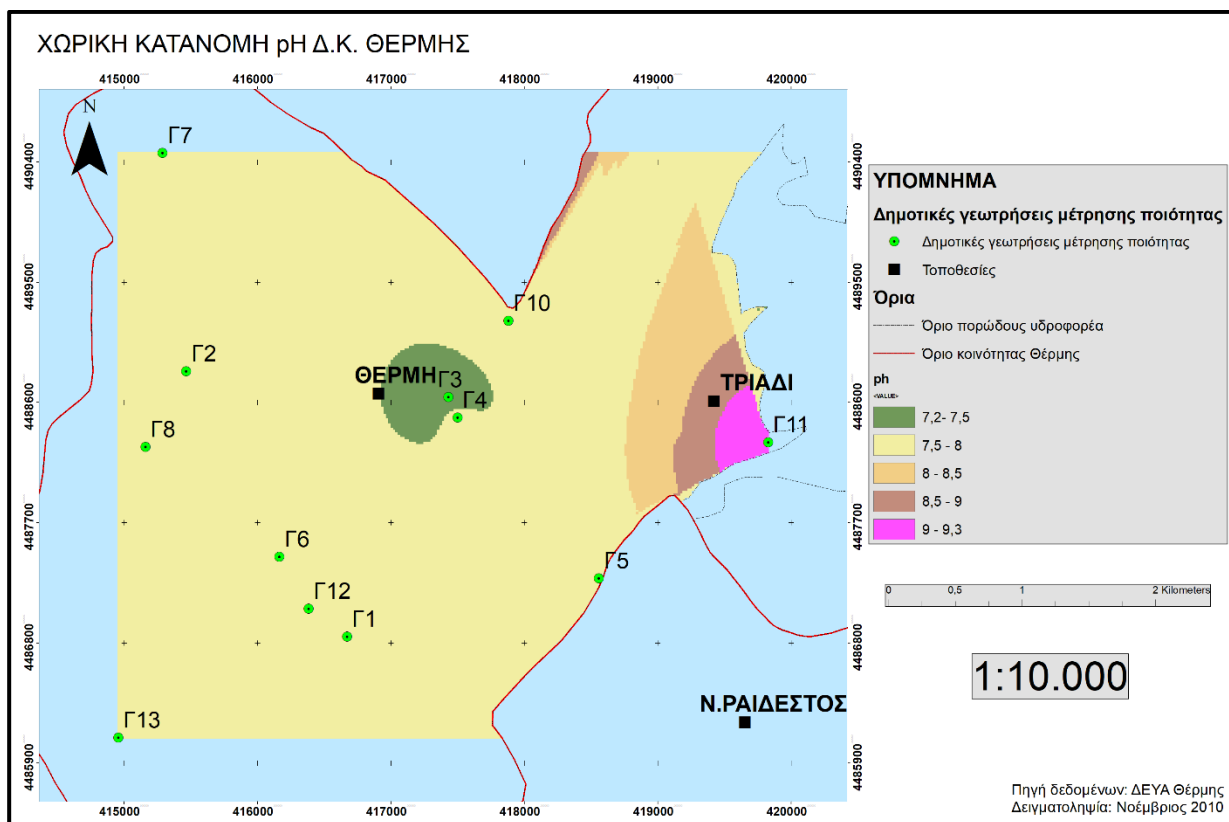
Σχήμα 6.7 Χωρική κατανομή σκληρότητας σε γαλικούς βαθμούς στη Δ.Κ. Θέρμης

Ενεργός οξύτητα – pH

Η ενεργός οξύτητα είναι η συγκέντρωση ιόντων H_3O^+ που περιέχεται σε ένα υδατικό διάλυμα και εκφράζεται ως ο αρνητικός δεκαδικός λογάριθμος της συγκέντρωσης των ιόντων H_3O^+ . Στο πόσιμο νερό το pH πρέπει να παίρνει τιμές από 6,5 έως 9,5 διαφορετικά κρίνεται ακατάλληλο για πόση. Πολύ όξινο pH μπορεί να προκαλέσει διάβρωση των σωληνώσεων ενώ βασικό pH προκαλεί απόθεση και τελικά απόφραξη των σωληνώσεων.

Το pH σχετίζεται με την αποσάθρωση του εδάφους. Έτσι σε όξινο περιβάλλον ευνοείται η αφαίρεση Fe, Al από τα γύρω πετρώματα ενώ ταυτόχρονα συγκεντρώνεται SiO_2 .

Βάσει των στοιχείων του Νοεμβρίου 2010 τα νερά από όλες τις γεωτρήσεις τηρούν τις προϋποθέσεις του νόμου και χαρακτηρίζονται ελαφρώς βασικά με τις τιμές να μην ξεπερνούν το 8. Εξάιρεση αποτελεί η γεώτρηση Τριαδίου με το pH να υπολογίζεται σε 9,2 προσεγγίζοντας έτσι αρκετά την ανώτατη επιτρεπτή τιμή. Χωρικά η κατανομή του pH φαίνεται στο [Σχήμα 6.8](#) όπου υψηλές τιμές άνω του 8 παρατηρούνται στην περιοχή δυτικά του Τριαδίου γεγονός που οφείλεται στην υψηλή τιμή της γεώτρησης Γ11. Οι χαμηλότερες τιμές εντοπίζονται στην περιοχή της Θέρμης όπου δεν ξεπερνούν το 7,5 ενώ σε όλη την υπόλοιπη περιοχή οι τιμές βρίσκονται στο εύρος 7,5-8.

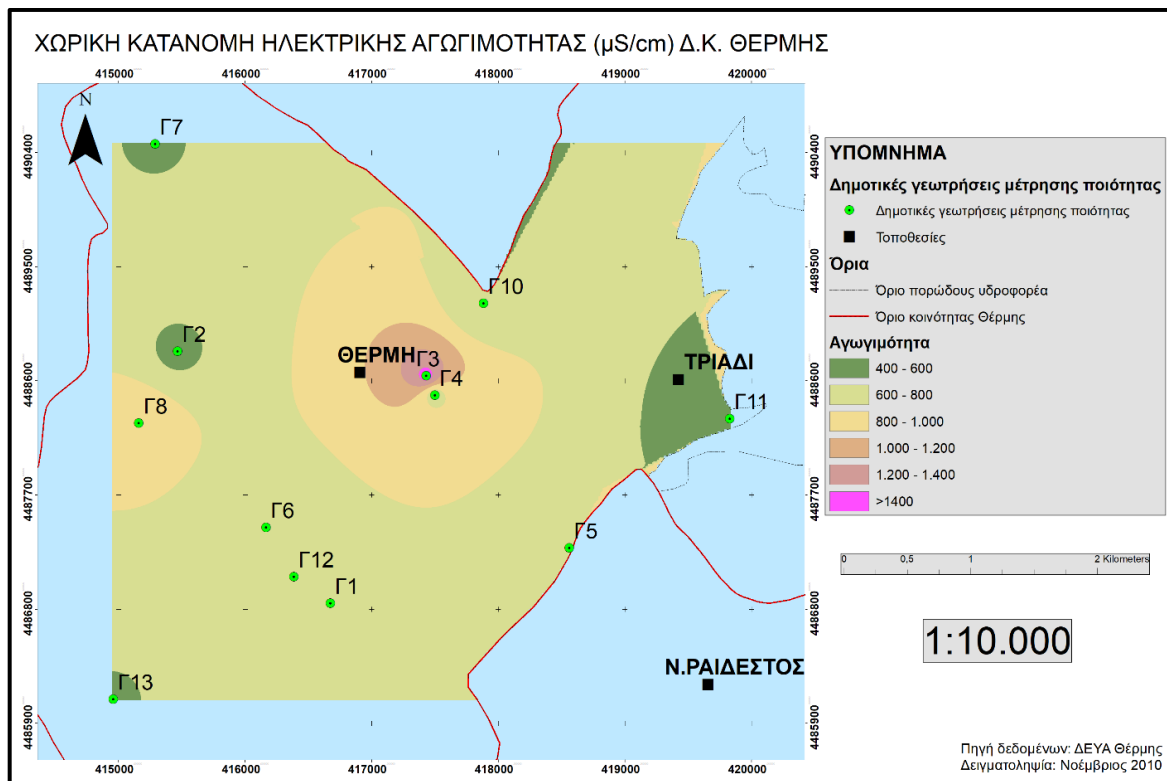


Σχήμα 6.8 Χωρική κατανομή pH στη Δ.Κ. Θέρμης

Ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα

Το απιονισμένο νερό λόγω της ανυπαρξίας διαλυμένων αλάτων σε αυτό δεν είναι ηλεκτρικά αγώγιμο. Η ύπαρξη διαλυμένων αλάτων και η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού οδηγούν σε αύξηση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας. Ενδεικτική τιμή για την ηλεκτρική αγωγιμότητα στο πόσιμο νερό ορίζονται τα 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Βουδούρης, 2016) ενώ το ανώτατο όριο βάσει της νομοθεσίας είναι τα 2500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Με βάση τα στοιχεία της ΔΕΥΑ Θέρμης η χαμηλότερη τιμή αγωγιμότητας παρατηρείται στην Γ11 με την τιμή να προσεγγίζει το επιθυμητό όριο ενώ η μέγιστη τιμή είναι 1467 και παρατηρείται στην γεώτρηση Γ3 με την τιμή ωστόσο να μη ξεπερνά το ανώτατο όριο. Ως προς την χωρική κατανομή (Σχήμα 6.9) οι υψηλότερες τιμές αγωγιμότητας συγκεντρώνονται γύρω από την περιοχή της Θέρμης με τις τιμές να κυμαίνονται στο εύρος των 800-1400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Γενικά στο μεγαλύτερο μέρος της υπό εξέταση περιοχής οι τιμές βρίσκονται στα 600-800 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και μόνο γύρω από τις γεωτρήσεις Γ2, Γ7, Γ11 και Γ13 προσεγγίζεται το επιθυμητό όριο των 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$.



Σχήμα 6.9 Χωρική κατανομή ηλεκτρικής αγωγιμότητας στη Δ.Κ. Θέρμης

Αμμωνιακά (NH_4^+)

Τα αμμωνιακά ιόντα προκύπτουν από την διάλυση της αμμωνίας στο νερό και την αντίδραση αυτής με τα ιόντα υδροξονίου. Επειδή η αντίδραση (Σχέση 6.1) είναι αμφίδρομη ο βαθμός σχηματισμού είναι άμεση συνάρτηση τις τιμές του pH του νερού. Έτσι για τον σχηματισμό αμμωνιακών απαιτείται όξινο pH. Το αμμώνιο δίνει δυσάρεστη οσμή στο νερό και είναι διαβρωτικό για τα κράματα χαλκού με ότι αυτό συνεπάγεται για τα συστήματα ψύξης-θέρμανσης. Ανώτατη επιτρεπτή συγκέντρωση σύμφωνα με την νομοθεσία έχουν οριστεί τα 0,5 mg/L. Στις γεωτρήσεις της ΔΕΥΑ Θέρμης δεν ανιχνεύεται η παρουσία ιόντων αμμωνίου.

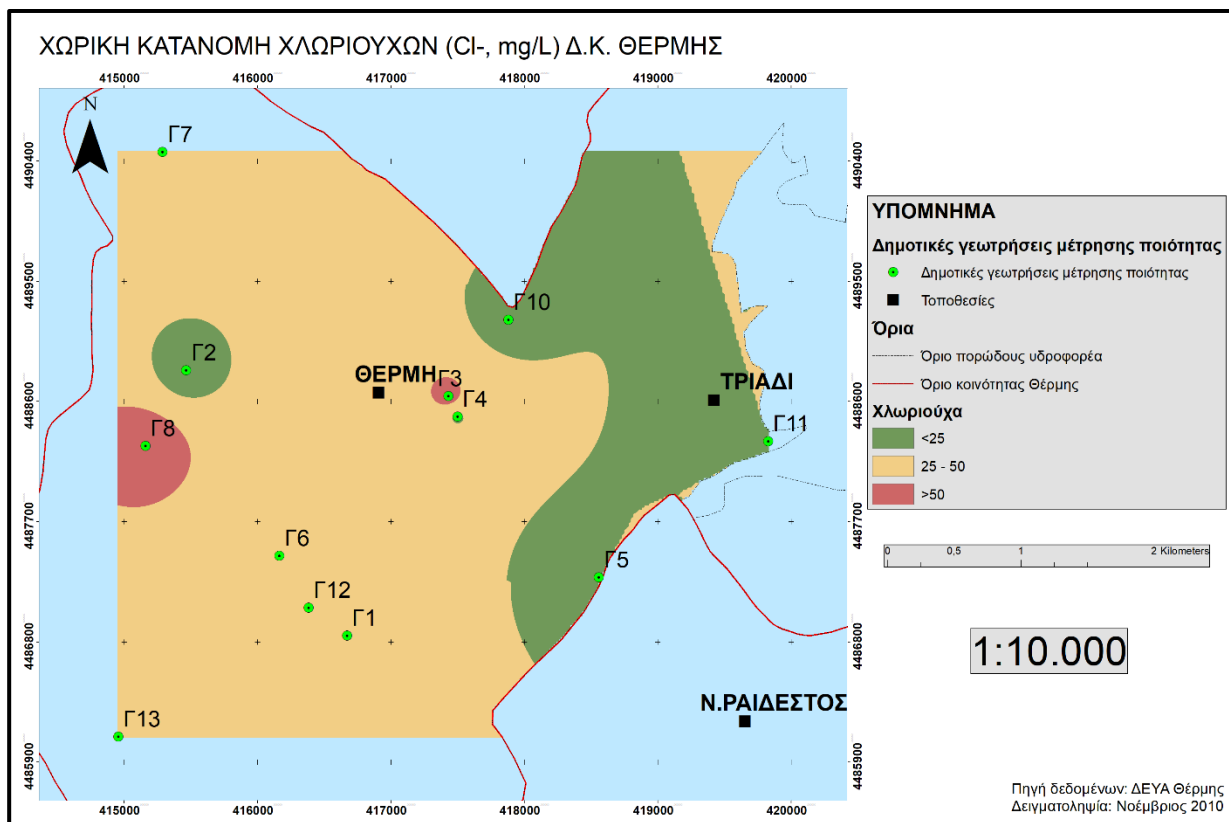


Χλωριούχα (Cl^-)

Τα χλωριούχα στο νερό προέρχονται από ιζηματογενή πετρώματα με αργιλικά ορυκτά που σχηματίστηκαν στη θάλασσα, τους εβαπορίτες, τις θερμές πηγές αλλά και την θαλάσσια διείσδυση σε παράκτιες περιοχές.

Τα χλωριούχα είναι επιθυμητά με όριο συγκέντρωσης τα 25 mg/L ενώ η ανώτατη τιμή προσδιορίζεται στα 250 mg/L. Η παρουσία τους σε φυσιολογικά επίπεδα είναι απαραίτητη καθώς διατηρούν την ηλεκτρική ουδετερότητα των ερυθρών αιμοσφαιρίων και βοηθούν στην παραγωγή του γαστρικού υγρού. Παρόλα αυτά συγκεντρώσεις πάνω από το επιτρεπτό όριο μπορούν να οδηγήσουν σε καρδιαγγειακά προβλήματα (Βουδούρης, 2016).

Στην περιοχή έρευνας τα χλωριούχα τον Νοέμβριο του 2010 βρίσκονταν σε επίπεδα κάτω από το ανώτερο επιτρεπτό. Σε ορισμένες όμως γεωτρήσεις (Εργοταξίου, Πατσουράκου 3^η) οι τιμές βρίσκονταν αρκετά πάνω από το επιθυμητό όριο των 25 mg/L. Στον χάρτη (Σχήμα 6.10) αποτυπώνεται η ίδια εικόνα με τις περιοχές γύρω από τις συγκεκριμένες γεωτρήσεις να παρουσιάζει συγκεντρώσεις πάνω από 50 mg/L. Κατά τα άλλα στο Τριάδι και δυτικότερα μέχρι το ύψος της γεώτρησης Γ10 περίπου και επίσης τοπικά γύρω από την γεώτρηση Γ2 τα χλωριούχα παρουσιάζουν συγκεντρώσεις έως τα 25 mg/L ενώ στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής επικρατούν τιμές από 25 ως 50 mg/L.



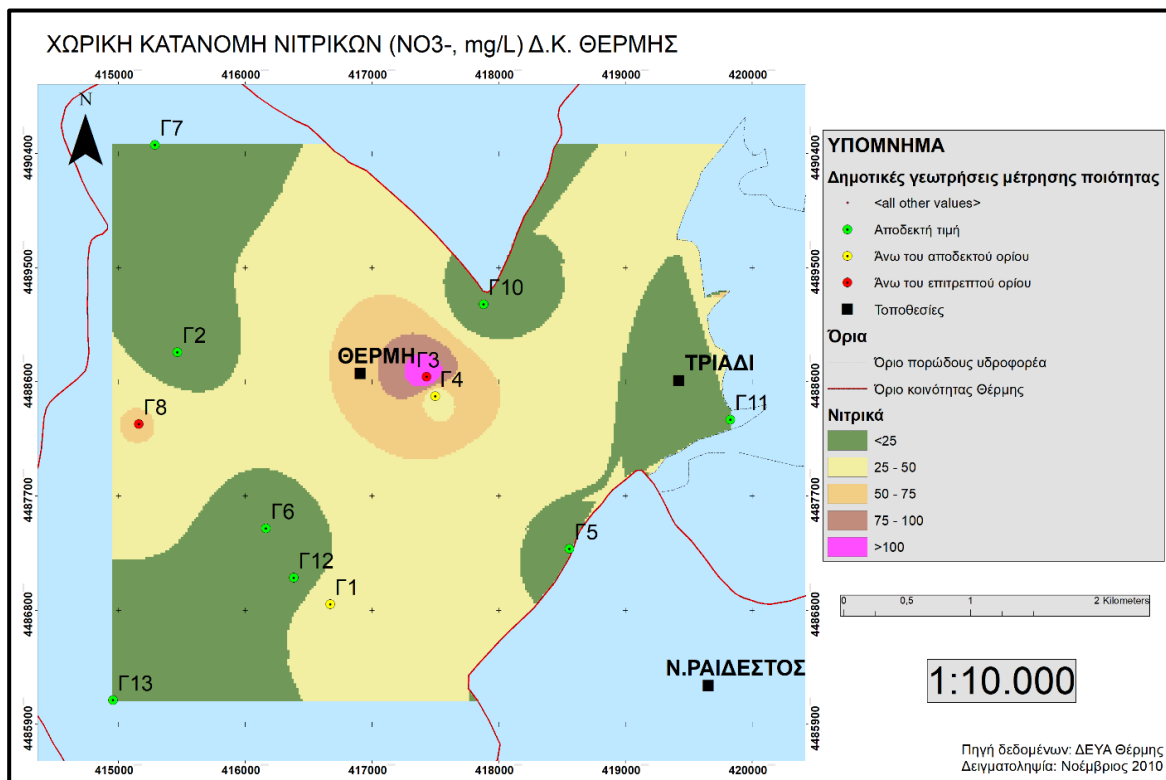
Σχήμα 6.10 Χωρική κατανομή χλωριούχων στη Δ.Κ. Θέρμης

Νιτρικά ιόντα (NO_3^-)

Τα νιτρικά ιόντα προκύπτουν ως τελικό προϊόν της αντίδρασης αποσύνθεσης οργανικών αζωτούχων ενώσεων. Προέρχονται από λιπάσματα, προηγούμενη ανθρώπινη χρήση του νερού και ζωικά περιττώματα. Αναλυτικότερα, αυξημένες τιμές νιτρικών συνδέονται με βιολογικούς ρύπους, λίπανση καλλιεργειών ή ακόμη και ανάμειξη υδάτων άρδευσης με αντλούμενα ύδατα.

Σύμφωνα με την κοινοτική νομοθεσία ανώτατη επιτρεπτή συγκέντρωση νιτρικών στο νερό είναι τα 50 mg/L ενώ επιθυμητή θεωρείται η συγκέντρωση 25 mg/L. Τα νιτρικά είναι υπεύθυνα για περιπτώσεις καρκινογένεσης αλλά και την ασθένεια «μπλέ παιδιά». Η αυξημένη συγκέντρωση νιτρικών στα υπόγεια νερά είναι ένα αρκετά έντονο πρόβλημα που έχει λάβει μεγάλες διαστάσεις τα τελευταία χρόνια λόγω της εντατικοποίησης της γεωργίας με την υπέρμετρη χρήση λιπασμάτων.

Στην περιοχή μελέτης από τις 14 γεωτρήσεις στις οποίες εκτελέστηκε δειγματοληψία στις τρεις βρέθηκαν τιμές πάνω από το επιθυμητό όριο ενώ σε δύο παρατηρήθηκαν και τιμές πάνω από αυτό που ορίζει η νομοθεσία ως επιτρεπτό. Ειδικότερα πάνω από το επιτρεπτό όριο είναι τα δείγματα των γεωτρήσεων Γ8 και Γ3 ενώ πάνω από το επιθυμητό τα δείγματα των γεωτρήσεων Γ1, Γ4 και Κοσμίδα. Η γεώτρηση Κοσμίδα δεν αποτυπώνεται στο χάρτη (Σχήμα 6.11) αφού δεν υπήρχαν στοιχεία για την τοποθεσία της ενώ πλέον δεν βρίσκεται σε λειτουργία. Ως προς την ύπαρξη νιτρικών στην περιοχή συγκεντρώσεις πάνω από το επιθυμητό εντοπίζονται γύρω από την περιοχή της Θέρμης ενώ στο μεγαλύτερο μέρος της περιοχής οι τιμές κυμαίνονται από 25 ως 50 mg/L. Στο βορειοδυτικό, στο νοτιοδυτικό και στο ανατολικό άκρο της περιοχής μελέτης πλησίον του Τριαδίου οι τιμές των νιτρικών ιόντων είναι χαμηλές και δεν ξεπερνούν τα 25 mg/L.



Σχήμα 22.11 Χωρική κατανομή νιτρικών ιόντων στη Δ.Κ. Θέρμης

Νιτρώδες ανιόν (NO_2^-)

Το νιτρώδες ανιόν είναι ιδιαίτερα ασταθές και σχηματίζεται κατά την βιολογική αποσύνθεση ενώσεων που περιέχουν οργανικό άζωτο. Ειδικότερα, η αμμωνία σε αερόβιες συνθήκες μετατρέπεται σε νιτρώδη με τη βοήθεια βακτηριδίων. Η παρουσία τους υποδηλώνει πρόσφατη ρύπανση από λύματα, ωστόσο σε όλη την έκταση της περιοχής μελέτης η παρουσία τους δεν ανιχνεύεται στα υπόγεια νερά.

6.2.1 Η περίπτωση της γεώτρησης Πατσουράκου 3^η

Η συγκεκριμένη γεώτρηση παρακολουθείται στα πλαίσια του προγράμματος «Εθνικό Δίκτυο Παρακολούθησης Υδάτων» και ο αρμόδιος φορέας είναι η ΕΑΓΜΕ. Από την συγκεκριμένη γεώτρηση είναι διαθέσιμα στοιχεία για τη συγκέντρωση βαρέων μετάλλων από τον Ιούνιο του 2015 καθώς επίσης στοιχεία για τις φυσικοχημικές παραμέτρους και τα κύρια ιόντα του νερού από το 2014 ως το 2015.

Παρακάτω στους Πίνακες 6.6 & 6.7 παρουσιάζονται συνοπτικά τα αποτελέσματα των μετρήσεων ενώ ακόμη προσαρτήθηκαν και οι μετρήσεις της ΔΕΥΑ Θέρμης από το 2010 για σύγκριση. Στη συνέχεια ακολουθεί σχολιασμός των παραμέτρων και διαγράμματα χρονικής μεταβολής.

Πίνακας 15.6 Φυσικοχημικές μετρήσεις και μετρήσεις σε κύρια ιόντα

	Νοε-10	Οκτ-14	Μαρ-15	Ιουν-15	Νοε-15	ΟΡΙΟ
pH	7,6	7,8	7,35	7,6	7,05	6,5-9,5
EC	995	1180	1337	1319	785	2500
DO		8,57	7,9	8,2	7,5	-
Cl⁻	66,6	180,8	241,1	237,6	244	250
NH₄⁺	n.d.	0,06	0,06	0,06	0,02	0,5
NO₃⁻	52,7	61,1	49,5	51,9	53,5	50
NO₂⁻	n.d..	0,06	0,06	0,06	0,05	0,5

Πίνακας 6.16 Μετρήσεις σε δευτερεύοντα ιόντα, βαρέα μέταλλα και μεταλλοειδή

ΙΟΥΝΙΟΣ 2015					
Παράμετρος	Τιμή (μg/L)	Όριο (μg/L)	Παράμετρος	Τιμή (μg/L)	Όριο (μg/L)
Al	14	200	Fe	42	200
As	5	10	Pb	5	10
Cd	0,5	5	Mn	5	50
Cr⁺⁶	10	50	Hg	0,5	1
Cr	5	50	Ni	16	20
Cu	5	2000			

Το **pH**, όπως και σε ολόκληρη την Δ.Κ. Θέρμης, είναι ελαφρώς βασικό τηρώντας τις προϋποθέσεις καταλληλότητας για ανθρώπινη κατανάλωση. Διάγραμμα χρονικής μεταβολής του pH φαίνεται στο Σχήμα 6.12

Η ειδική ηλεκτρική αγωγιμότητα (**EC**), προσεγγίζει και ξεπερνάει τα 1000 μS/cm με εξαίρεση τον Νοέμβριο που είναι 785 μS/cm. Καμία από τις τιμές δεν ξεπερνά το

Υδρογεωλογική και γεωφυσική ερευνά των υπόγειων υδροφορέων της περιοχής Θέρμης

ανώτατο θεσπισμένο όριο, όλες όμως ξεπερνούν το επιθυμητό των 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Στο [Σχήμα 6.13](#) αποτυπώνεται η μεταβολή της αγωγιμότητας.

Το **διαλυμένο οξυγόνο (DO)** είναι ιδιαίτερα σημαντική παράμετρος που υποδεικνύει την ποιότητα του νερού. Η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου επηρεάζεται από:

- Τη θερμοκρασία. Όσο μεγαλύτερη είναι η θερμοκρασία τόσο μικρότερη είναι η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου.
- Την παρουσία ή την απουσία φυτών τα οποία φωτοσυνθέτουν
- Την διείσδυση του φωτός. Χωρίς φως δεν πραγματοποιείται φωτοσύνθεση άρα δεν παράγεται οξυγόνο.
- Την παρουσία οργανικής ύλης που βρίσκεται σε αποσύνθεση στο νερό.

Υδατα κορεσμένα σε οξυγόνο δείχνουν γενικά καλή ποιοτική εικόνα. Στον [Πίνακα 6.8](#) φαίνεται ο χαρακτηρισμός των υδάτων βάσει της συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου

Πίνακας 6.17 Χαρακτηρισμός της ποιότητας των υδάτων με βάση το διαλυμένο οξυγόνο

Διαλυμένο οξυγόνο (mg/L)	Χαρακτηρισμός
9-10	Καλή ποιοτική κατάσταση
5-6	Ενδείξεις ρύπανσης
<4	Ανοξικές συνθήκες

Ακόμη στα υπόγεια νερά χαμηλές τιμές οξυγόνου μπορεί να οφείλονται στην ηλικία του νερού. Στην υπό παρακολούθηση γεώτρηση η συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου κυμαίνεται από 7,5 ως 8,6 mg/L. Διάγραμμα μεταβολής της συγκέντρωσης του διαλυμένου οξυγόνου αποτυπώνεται στο [Σχήμα 6.14](#).

Τα **χλωριούχα** στις μετρήσεις του 2010 παρουσιάζονται μειωμένα σε σύγκριση με αυτές που ακολούθησαν το 2014 και το 2015. Μάλιστα σε όλες τις μετρήσεις η συγκέντρωση των ιόντων χλωρίου παρουσιάζει σταθεροποίηση λίγο κάτω από το ανώτατο επιτρεπτό όριο για πόση. Στο [Σχήμα 6.15](#) παρουσιάζεται η ανωτέρω περιγραφόμενη κατάσταση.

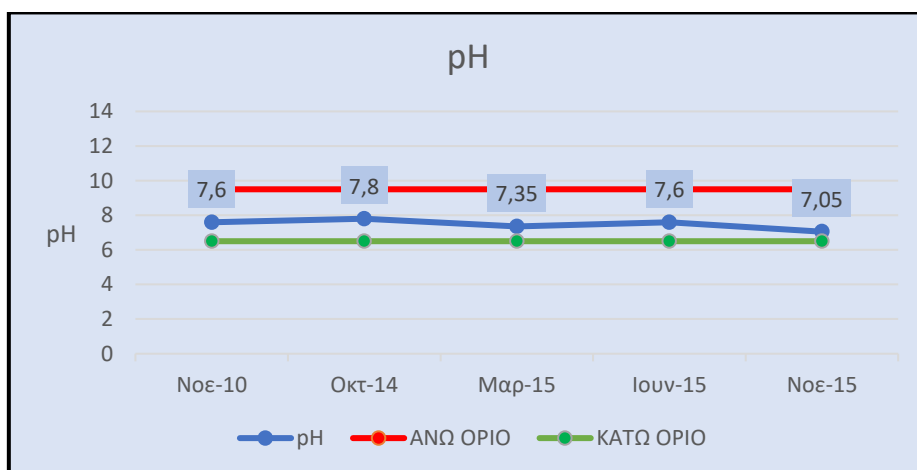
Τα **αμμωνιακά** δεν ανιχνεύονται στις μετρήσεις του 2010. Αργότερα στις μετρήσεις που εκπόνησε η ΕΑΓΜΕ ανιχνεύονται συγκεντρώσεις, κάτω από την ανώτερη επιτρεπτή, πιθανόν γιατί χρησιμοποιήθηκε άλλη μέθοδος με πιο χαμηλό όριο ανιχνευσιμότητας. Διάγραμμα της μεταβολής της συγκέντρωσης φαίνεται στο [Σχήμα 6.16](#).

Τα **νιτρικά** στις 4 από τις 5 μετρήσεις που παρουσιάζονται ξεπερνούν το ανώτατο επιτρεπτό όριο για τη συγκέντρωση των 50 mg/L. Οι αυξημένες τιμές σχετίζονται πιθανόν με τη θέση της γεώτρησης η οποία είναι εντός καλλιεργήσιμης έκτασης. Η χρονική μεταβολή της συγκέντρωσης των νιτρικών αποτυπώνεται στο [Σχήμα 6.17](#).

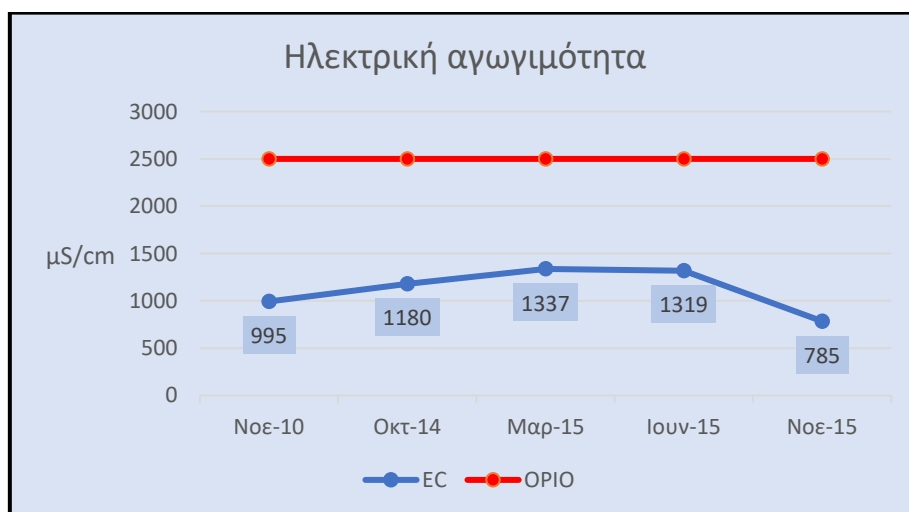
Τα **νιτρώδη** στις μετρήσεις του 2010 δεν ανιχνεύονται ενώ στις μετρήσεις του 2014-15 ανιχνεύονται σε μικρές συγκεντρώσεις. Οι συγκεντρώσεις αυτές δεν καθιστούν το νερό ακατάλληλο και η ανίχνευση τους στις μετέπειτα μετρήσεις μάλλον οφείλεται

στο μικρότερο όριο ανιχνευσιμότητας της μεθόδου που χρησιμοποιήθηκε. Η μεταβολή στην συγκέντρωση παρόλο που δεν είναι αξιοσημείωτη φαίνεται στο Σχήμα 6.18.

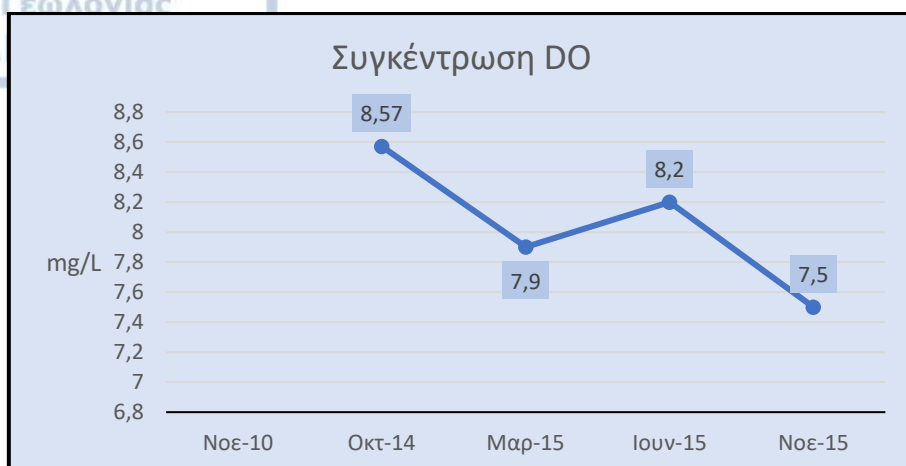
Ως προς τα δευτερεύοντα ιόντα, τα βαρέα μέταλλα και τα μεταλλοειδή (Πίνακας 6.7) δεν φαίνεται να απασχολεί κάποια από τις παραμέτρους.



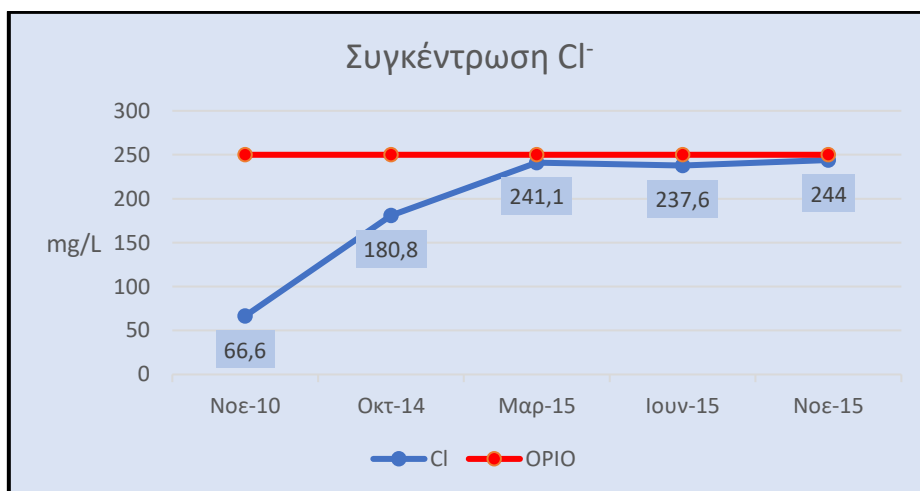
Σχήμα 6.12 Χρονική μεταβολή pH



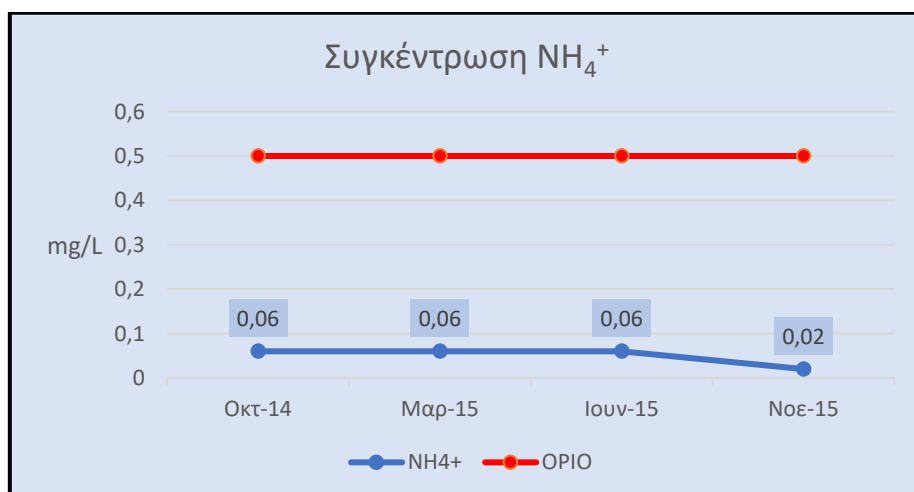
Σχήμα 6.13 Χρονική μεταβολή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας



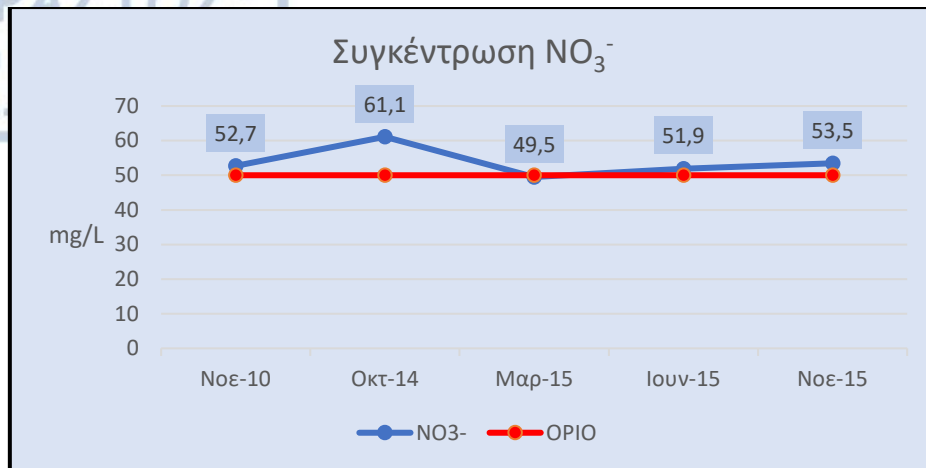
Σχήμα 6.14 Χρονική μεταβολή της συγκέντρωσης DO



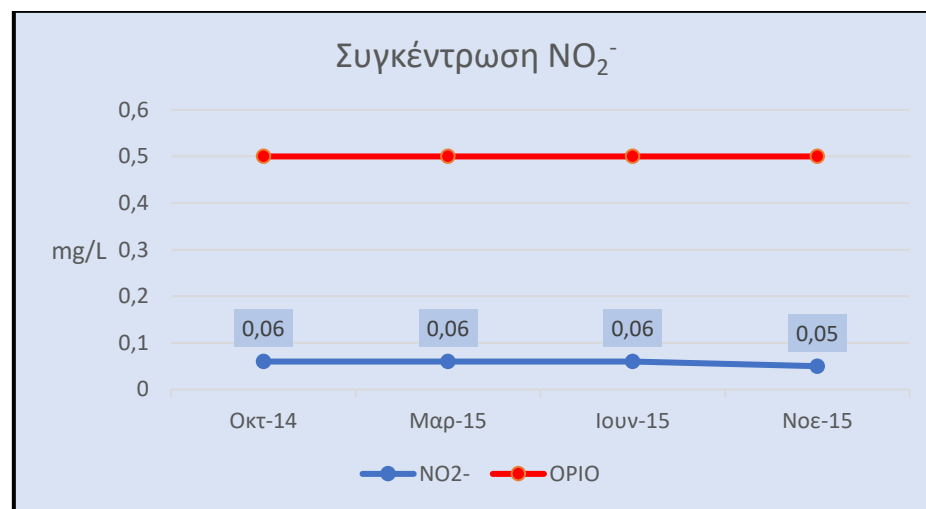
Σχήμα 6.15 Χρονική μεταβολή της συγκέντρωσης των ιόντων Cl⁻



Σχήμα 6.16 Χρονική μεταβολή της συγκέντρωσης των ιόντων NH₄⁺



Σχήμα 6.17 Χρονική μεταβολή της συγκέντρωσης των ιόντων NO_3^-



Σχήμα 6.18 Χρονική μεταβολή της συγκέντρωσης ιόντων NO_2^-

6.2.2 Συμπεράσματα- προτάσεις

1. Τα τελευταία στοιχεία από τα σημεία υδροληψίας δεν είναι πρόσφατα αλλά ούτε έχουν διαχρονικότητα ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για τις τρέχουσες συνθήκες αλλά και τη μεταβολή τους σε βάθος χρόνου. Παρόλα αυτά τα υπόγεια νερά που υδροδοτούν την περιοχή παρουσιάζουν σε γενικές γραμμές καλή ποιοτική κατάσταση.
2. Προτείνεται η κατάρτιση ενός προγράμματος παρακολούθησης της ποιότητας του νερού με δείγματα από τα σημεία υδροληψίας ώστε να είναι γνωστή η ποιοτική τους κατάσταση. Ακόμη συστήνεται οι δειγματοληψίες να πραγματοποιούνται στην αρχή και στο τέλος της ξηρής περιόδου.
3. Η εκτέλεση του προγράμματος παρακολούθησης θα μπορούσε να δώσει μία εικόνα για την κατάσταση των νερών των γεωτρήσεων. Με βάση αυτήν θα μπορούσε να γίνει μια προτεραιοποίηση στην κατάρτιση ζωνών προστασίας γύρω από τις γεωτρήσεις.

6.3 Ποιότητα επιφανειακού νερού

Πέρα από τον έλεγχο της ποιότητας του υπόγειου νερού κρίθηκε απαραίτητο να εξεταστεί και η ποιότητα του επιφανειακού νερού στην περιοχή του Τριαδίου. Η επιλογή αυτή έγινε διότι σύμφωνα με το Σχέδιο Διαχείρισης Υδάτων Κεντρικής Μακεδονίας ο ταμιευτήρας που βρίσκεται στο Τριάδι μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κάλυψη αναγκών ύδρευσης και άρδευσης περιοχών της Δ.Κ. Θέρμης.

Σύμφωνα με τον Μίσσα, 2007 που πραγματοποίησε δειγματοληψία νερού και ιζημάτων στην περιοχή γύρω από τον ταμιευτήρα του Τριαδίου ,με στόχο την μελέτη της συγκέντρωσης των βαρέων μετάλλων , φαίνεται πως το νερό δεν είναι κατάλληλο για πόση. Στο Σχήμα 6.19 παρουσιάζεται χάρτης από την συγκεκριμένη εργασία με τις θέσεις δειγματοληψίας ενώ στον Πίνακα 6.9 φαίνονται τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

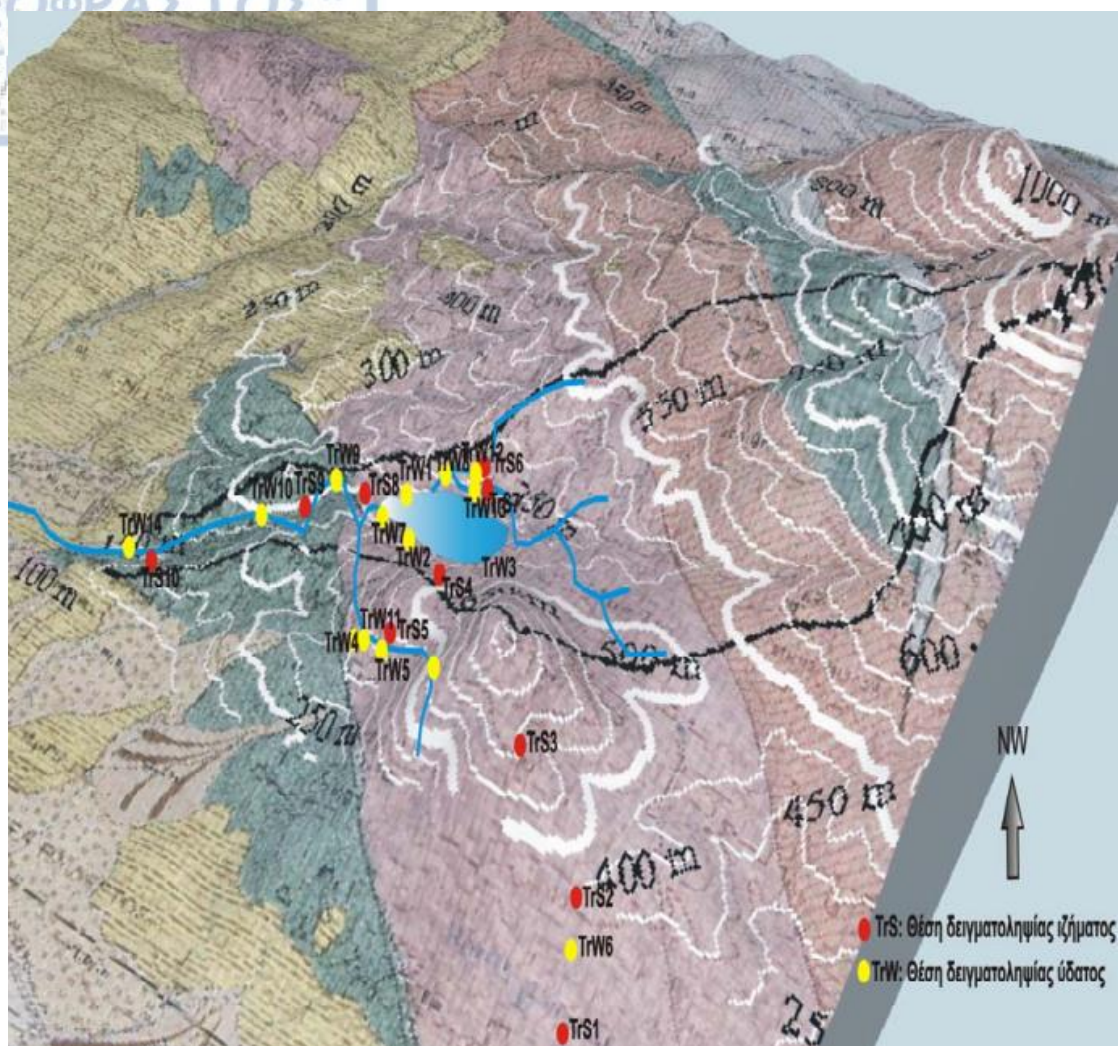
Αναλυτικότερα οι τιμές του Κ κινούνται σε χαμηλά επίπεδα με εξαίρεση το δείγμα από την θέση 5 που υπερβαίνει τα όρια για το πόσιμο νερό. Η υψηλή αυτή τιμή επηρεάζεται από την λιθολογία της θέσης δειγματοληψίας (Μίσσας, 2007). Οι τιμές του Na είναι γενικά χαμηλές και μάλιστα αρκετά κάτω από το ανώτερο επιτρεπτό όριο της Ε.Ε.

Σχετικά με το Mg, αυτό εντοπίζεται σε όλα τα δείγματα και μάλιστα σε μισά από αυτά η συγκέντρωση υπερβαίνει το ανώτερο θεσπισμένο όριο από την νομοθεσία. Η ύπαρξη Mg σε αυτές τις περιεκτικότητες θεωρείται απόλυτα φυσιολογική αφού το Mg υπάρχει σε μεγάλες συγκεντρώσεις στα γύρω υπερβασικά πετρώματα ,ενώ μάλιστα υπάρχουν και εμφανίσεις μαγνησίτη (Μίσσας, 2007). Σημειώνεται ότι οι υψηλές τιμές Mg συνδέονται με υψηλές τιμές σκληρότητας, με ότι αρνητικό συνεπάγεται για τα δίκτυα διανομής και τα μηχανήματα που χρησιμοποιούν το νερό αυτό.

Εκτός των προαναφερθέντων παραμέτρων τιμές πάνω από τα θεσπισμένα όρια παρατηρούνται και για τις παραμέτρους: Ca, Fe, Mn, Al και Ni. Ειδικότερα το Ca εντοπίζεται σε όλες τις θέσεις με αυτό στην θέση 11 να παρουσιάζει ιδιαίτερα αυξημένη συγκέντρωση σε σχέση με τα υπόλοιπα δείγματα. Ο Fe ανιχνεύθηκε στις μισές θέσεις και σε τέσσερις από αυτές (6, 11, 13, 14) ξεπέρασε το ανώτερο όριο. Επίσης το Mn βρέθηκε στις θέσεις 6 και 11 με τη συγκέντρωση και στις δύο περιπτώσεις να είναι πάνω από την παραμετρική τιμή. Το Ni ανιχνεύθηκε μόνο στις θέσεις 2, 8 και 9 αλλά και στις τρεις υπερέβαινε αρκετά το νόμιμο όριο συγκέντρωσης. Το Al παρουσιάστηκε σε μία μόνο θέση (10) υπερβαίνοντας και αυτό το ανώτατο όριο.

Τέλος το Si ανιχνεύθηκε σε όλα τα δείγματα παρόλα αυτά επειδή δεν είναι τοξικό η Ε.Ε. δεν έχει θεσπίσει ανώτατο όριο. Για τις υπόλοιπες παραμέτρους ή τις υπόλοιπες θέσεις που δεν αναφέρονται είτε η μέθοδος δεν κατάφερε να ανιχνεύσει αξιοσημείωτη συγκέντρωση είτε η τιμή δεν ξεπερνούσε την επιτρεπτή.

Συμπερασματικά κρίνεται αμφίβολη η αξιοποίηση των αποθεμάτων του ταμιευτήρα για υδρευτικούς σκοπούς, τουλάχιστον λόγω των υψηλών συγκεντρώσεων βαρέων μετάλλων σε δείγματα γύρω από αυτόν.



Σχήμα 6.19 Θέσεις δειγματοληψίας επιφανειακού νερού και ιζημάτων στο φράγμα Τριαδίου (Μίσσας, 2007)

Πίνακας 6.9 Αποτελέσματα αναλύσεων σε επιφανειακά νερά στο φράγμα Τριαδίου (από Μίσσα, 2007 με τροποποιήσεις)

ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΣ	ΘΕΣΕΙΣ														ΑΝΩΤΑΤΟ ΕΠΙΤΡΕΠΤΟ ΟΡΙΟ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Al (mg/L)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,6	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	0,2 mg/L
Ca (mg/L)	35,6	36,3	36,2	70,9	22	14	36,05	50	31,55	31,35	124	49	35	37,8	100 mg/L
Co (μg/L)	n.d.	160	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
Cr (μg/L)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	50 μg/L
Cu (μg/L)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	1,3 mg/L
Fe (μg/L)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	370	n.d.	n.d.	120	130	2040	150	220	340	200 μg/L
K (mg/L)	0,69	0,66	0,65	0,17	17,4	1,98	0,69	0,43	0,51	0,55	1,17	0,16	0,86	0,68	12 mg/L
Mg (mg/L)	38	37	37	55	56	10	37	52	56	58	81	47	40	60	50 mg/L
Mn (μg/L)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	80	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	290	n.d.	n.d.	n.d.	50 μg/L
Na (mg/L)	11	10,6	10,4	15,2	26	3,5	10,4	13,8	12	12	20,2	14	12,6	13,2	175 mg/L
Ni (μg/L)	n.d.	160	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	170	150	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	20 μg/L
Pb (μg/L)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	10 μg/L
Rb (μg/L)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
Si (mg/L)	7	7,5	7	20	18	2	7	10	14	13	24,1	10,6	4,6	11,7	
Sr (μg/L)	n.d.	n.d.	n.d.	130	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	
Zn (μg/L)	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	n.d.	3 mg/L

7. Γεωφυσικές διασκοπήσεις

7.1 Γενικά

Η γεωηλεκτρική μέθοδος στοχεύει στην μέτρηση της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης στο υπέδαφος και είναι μία ιδιαίτερα διαδεδομένη μέθοδος που χρησιμοποιεί η εφαρμοσμένη γεωφυσική. Οι κυριότερες εφαρμογές της σχετίζονται με την υδρογεωλογία, την αναζήτηση κοιτασμάτων μετάλλων και την επίλυση γεωτεχνικών προβλημάτων.

Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας διενεργήθηκαν δύο ηλεκτρικές τομογραφίες με στόχο τον έλεγχο υφαλμύρισης στο παραλιακό μέτωπο της περιοχής μελέτης καθώς και τον εντοπισμό πιθανών στραγγισμάτων σε Χώρο Ανεξέλεγκτης Διάθεσης Απορριμμάτων (Χ.Α.Δ.Α.) στην τοποθεσία Φράγμα Θέρμης. Η τομογραφία που εκτελέστηκε στο παραλιακό μέτωπο της περιοχής εντός του Αγροκτήματος Α.Π.Θ. είχε εκτελεστεί και το 2013 στα πλαίσια της διατριβής του κ. Καζάκη.

7.2 Η ειδική ηλεκτρική αντίσταση και διατάξεις ηλεκτροδίων

Είναι γνωστό ότι όταν εφαρμόζεται διαφορά δυναμικού V στα άκρα ενός αγωγού που έχει αντίσταση R τότε αυτός διαρρέεται με ηλεκτρικό ρεύμα έντασης I για την οποία σύμφωνα με τον νόμο του Ohm ισχύει:

$$I = \frac{V}{R}$$

Η σχέση όμως αυτή είναι προβληματική για τον γεωφυσικό χαρακτηρισμό ενός σώματος καθώς η αντίσταση εκτός από το υλικό κατασκευής του σώματος εξαρτάται και από τις διαστάσεις και το σχήμα του. Έτσι αν ένα δείγμα πετρώματος έχει κυλινδρικό σχήμα με μήκος L και διατομή A η ηλεκτρική αντίσταση R περιγράφεται από την σχέση :

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

,όπου ρ είναι η ειδική ηλεκτρική αντίσταση του πετρώματος. Η ειδική ηλεκτρική αντίσταση δίνεται από τον τύπο:

$$\rho = \frac{RA}{L}$$

,ενώ το αντίστροφο της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης καλείται ηλεκτρική αγωγιμότητα και υπολογίζεται από την σχέση:

$$\sigma = 1/\rho.$$

Η ειδική ηλεκτρική αντίσταση επηρεάζεται από την ηλικία του σχηματισμού, τη θερμοκρασία του, το πορώδες του είτε πρωτογενές είτε δευτερογενές αλλά και από την χημική σύσταση των ρευστών που περιέχει.

Η μέθοδος της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης είναι η πιο διαδεδομένη από αυτές που εντάσσονται στις ηλεκτρικές διασκοπήσεις. Κατά την εφαρμογή της μεθόδου παράγεται τεχνητά, ηλεκτρικό πεδίο οι ιδιότητες του οποίου καθορίζονται από τα

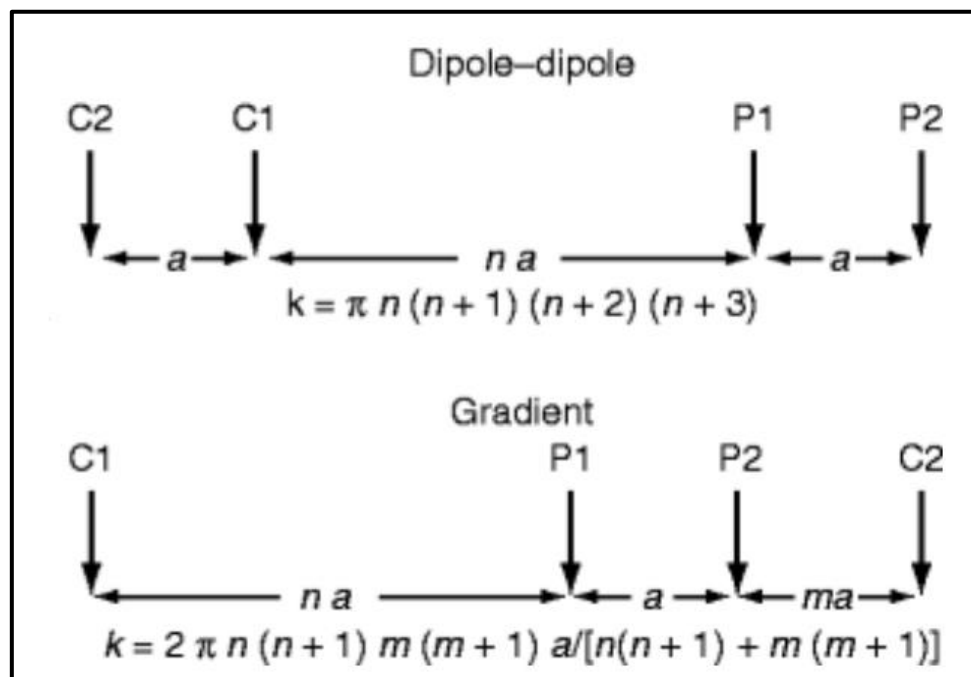
υπεδάφια στρώματα. Το ηλεκτρικό ρεύμα εισάγεται στο έδαφος μέσω δύο ηλεκτροδίων ρεύματος A και B και μετρίεται σε διάφορες θέσεις μέσω δύο ηλεκτροδίων δυναμικού M και N. Ο άμεσος υπολογισμός της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης είναι δύσκολος για αυτό αρχικά υπολογίζεται η φαινόμενη ειδική ηλεκτρική αντίσταση και ακολούθως με την διαδικασία της αντιστροφής, προκύπτει η ειδική ηλεκτρική αντίσταση των σχηματισμών. Για τις μετρήσεις χρησιμοποιούνται διάφορες διατάξεις ηλεκτροδίων με τις διατάξεις διπόλου-διπόλου και πολλαπλής βαθμίδας να εφαρμόζονται στις τομογραφίες της παρούσας εργασίας.

Διάταξη διπόλου-διπόλου: Στη διάταξη διπόλου-διπόλου τα ηλεκτρόδια ρεύματος A και B βρίσκονται σε απόσταση a μεταξύ τους και απέχουν από τα ηλεκτρόδια δυναμικού M,N απόσταση $BM=na$ ($n \gg 1$). Ακόμη τα ηλεκτρόδια δυναμικού απέχουν μεταξύ τους απόσταση a . Η φαινόμενη ηλεκτρική αντίσταση υπολογίζεται από την σχέση :

$$\rho_a = 2\pi n(n+1)(n+2)a \frac{\Delta V}{I}$$

Διάταξη πολλαπλής βαθμίδας: Η διάταξη πολλαπλής βαθμίδας αποτελεί παραλλαγή της διάταξης Wenner-Schlumberger και παρουσιάζει αρκετά καλή διακριτική ικανότητα και πολύ καλό λόγο σήματος/θορύβου.

Σχηματική αναπαράσταση των διατάξεων αυτών φαίνεται στο [Σχήμα 7.1](#) με τα C να συμβολίζουν τα ηλεκτρόδια ρεύματος και τα P τα δυναμικού.



Σχήμα 7.23 Σχηματική αναπαράσταση των διατάξεων διπόλου-διπόλου επάνω και πολλαπλής βαθμίδας κάτω (από Αλμπάνη, 2016 τροποποιημένο)

7.3 Ηλεκτρική τομογραφία και αντιστροφή

Η ηλεκτρική τομογραφία είναι ένα συνδυασμός βυθοσκόπησης και όδευσης κατά την οποία χρησιμοποιείται μεγάλος αριθμός ηλεκτροδίων. Τα ηλεκτρόδια τοποθετούνται κατά μήκος μιας ευθείας ενώ το μήκος του ανοίγματος είναι συνάρτηση του βάθους διασκόπησης και της διακριτικής ικανότητας που επιθυμούμε να επιτευχθεί. Το πλεονέκτημα της μεθόδου είναι ότι τα ηλεκτρόδια μπορούν να διατηρούν σταθερή θέση και να λειτουργούν είτε ως ηλεκτρόδια δυναμικού είτε ως ηλεκτρόδια ρεύματος ανάλογα με την διάταξη που θα εφαρμοστεί, ενώ επίσης μπορούν να εφαρμοστούν διάφορες διατάξεις χωρίς να απαιτηθεί μετακίνηση στα ηλεκτρόδια. Για την πραγματοποίηση των τομογραφιών χρησιμοποιήθηκε το όργανο Syscal Pro κατασκευής της Iris instruments, που ανήκει στον τομέα Γεωφυσικής του Τμήματος Γεωλογίας Α.Π.Θ (Σχήμα 7.2).



Σχήμα 7.24 Το όργανο Syscal Pro του τομέα Γεωφυσικής



Σχήμα 7.25 Μέτρηση στην περιοχή Αγρόκτημα ΑΠΘ

Αμέσως μετά την συλλογή των δεδομένων ακολουθεί η επεξεργασία τους που περιλαμβάνει την διαδικασία της αντιστροφής. Έτσι αρχικά δημιουργείται μια ψευδοτομή με βάση τις αρχικές μετρήσεις. Ακολούθως αφαιρούνται οι θορυβώδεις μετρήσεις και μειώνεται το σφάλμα οπότε προκύπτει η τελική γεωηλεκτρική δομή. Για να πραγματοποιηθεί η συγκεκριμένη επεξεργασία χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα DC_2DPRO.

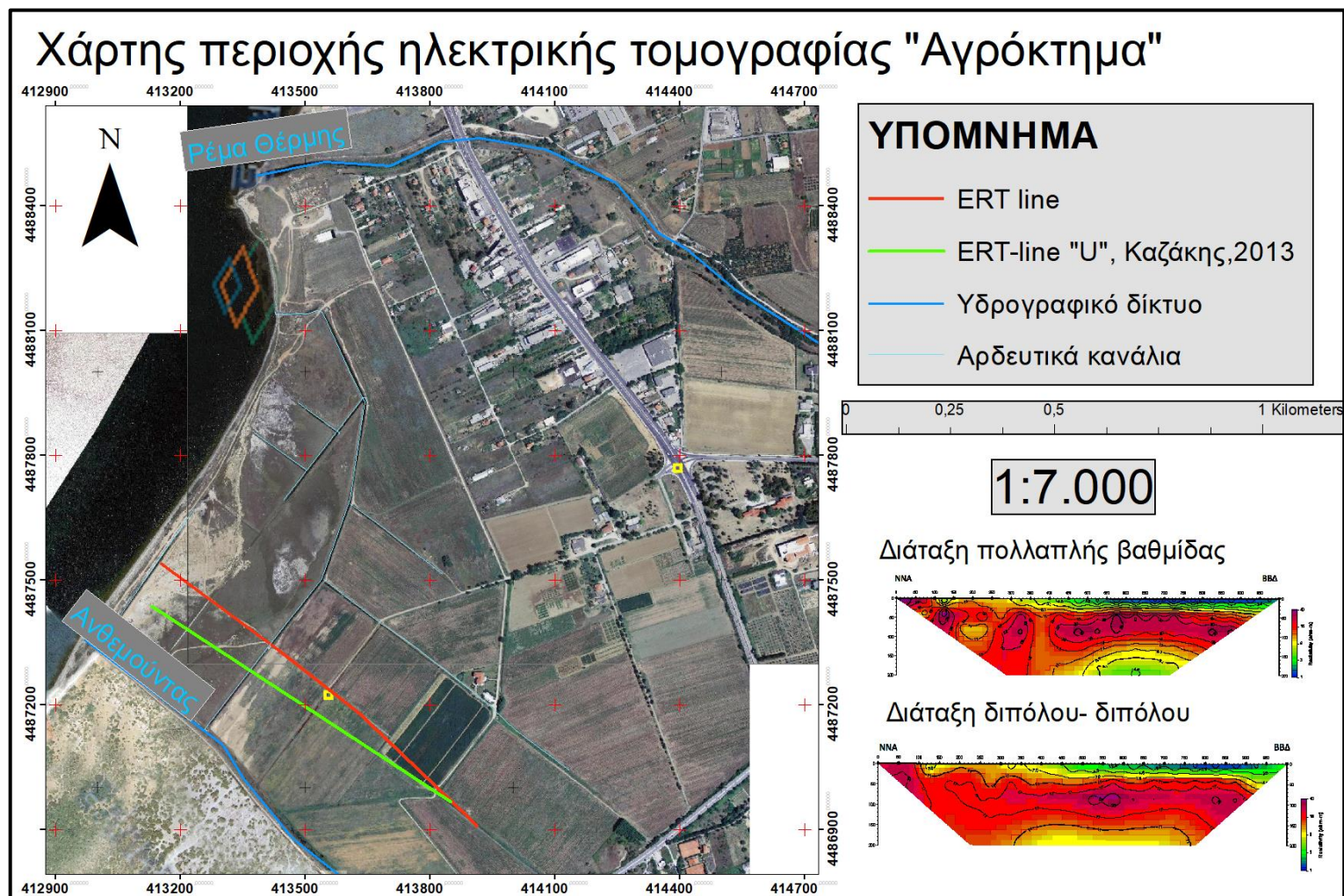
7.4 1^η Τομογραφία: Αγρόκτημα Α.Π.Θ. -έλεγχος υφαλμύρισης

Η πρώτη τομογραφία πραγματοποιήθηκε τον Απρίλιο του 2021 εντός του αγροκτήματος του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου παράλληλα στις εκβολές του ποταμού Ανθεμούντα. Παρόμοια τομογραφία είχε εκτελεστεί και το 2013 στα πλαίσια της διατριβής του κ. Καζάκη με στόχο και πάλι τον έλεγχο υφαλμύρισης. Οι θέσεις των δύο προαναφερθεισών τομογραφιών αποτυπώνονται παρακάτω σε χάρτη (Σχήμα 7.4).

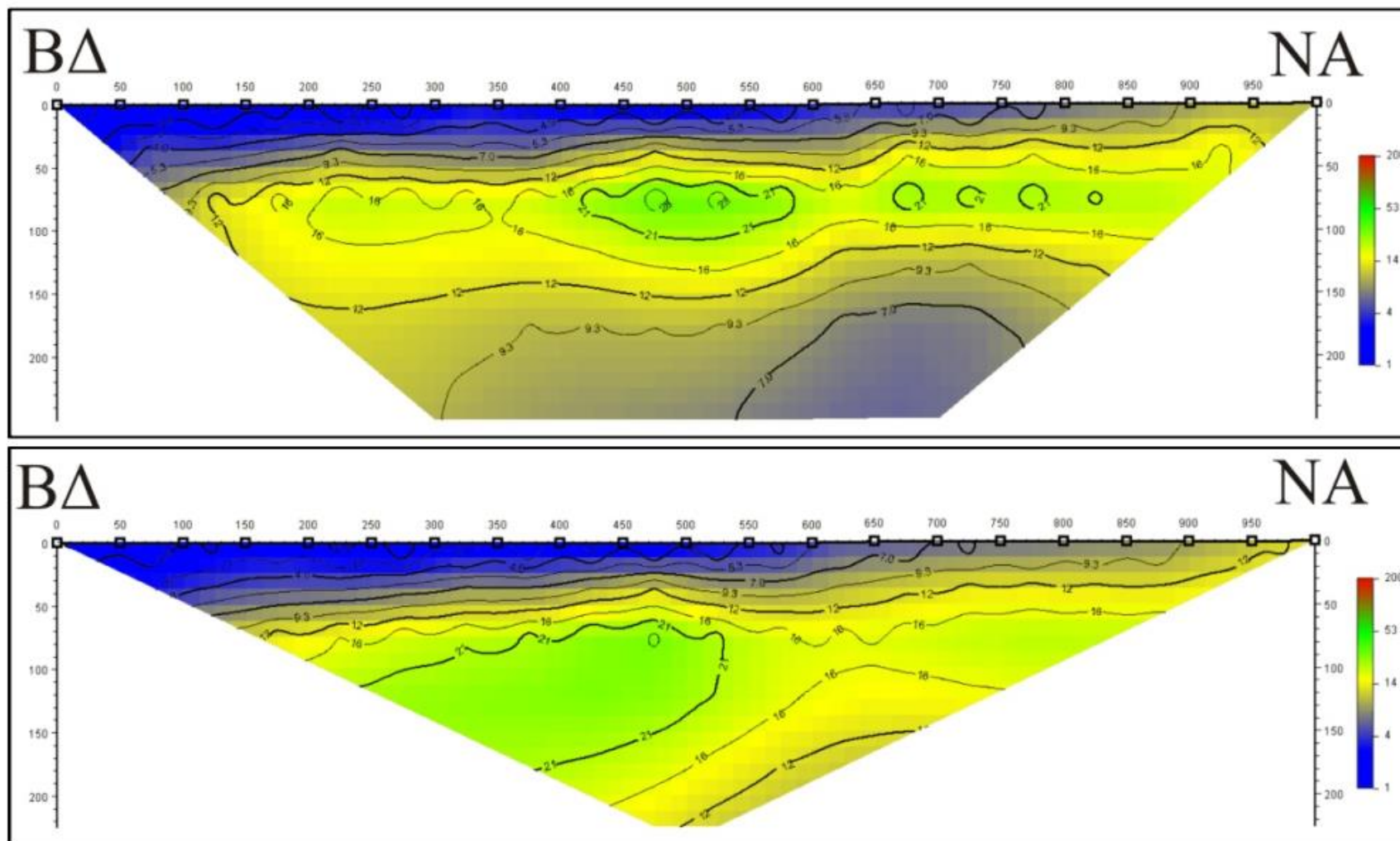
Αμφότερες οι δύο τομογραφίες έχουν διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, είναι κάθετες στην ακτογραμμή και το άνοιγμα των ηλεκτροδίων είναι 1000m. Το υψόμετρο στα ΒΔ κοντά στην ακτή είναι περίπου 1m ενώ στο νοτιοανατολικότερο άκρο είναι 4m.

Η τομή που διενεργήθηκε το 2013 (Καζάκης,2013) φαίνεται στο Σχήμα 7.5 με το πάνω μέρος να αναφέρεται σε διάταξη διπόλου-διπόλου και στην κάτω σε διάταξη Wenner-Schlumberger. Η εικόνα είναι παρόμοια και για τις δύο διατάξεις που χρησιμοποιήθηκαν. Εντοπίζονται πολύ αγωγάμοι σχηματισμοί στην επιφάνεια και σε βάθη πάνω από 200 μέτρα. Κεντρικά υπάρχουν σχηματισμοί με αντιστάσεις 20-35 Ohm-m οι οποίοι πιθανώς εμφανίζουν υδροφορία με γλυκό νερό. Το επιφανειακό μέτωπο υφαλμύρισης φτάνει σε μήκος 600 m από την ακτή. Βαθύτερα μετά τα 200 m υπάρχουν και πάλι σχηματισμοί με χαμηλές τιμές αντιστάσεων που σχετίζονται με παρουσία υφάλμυρων νερών (Καζάκης, 2013).

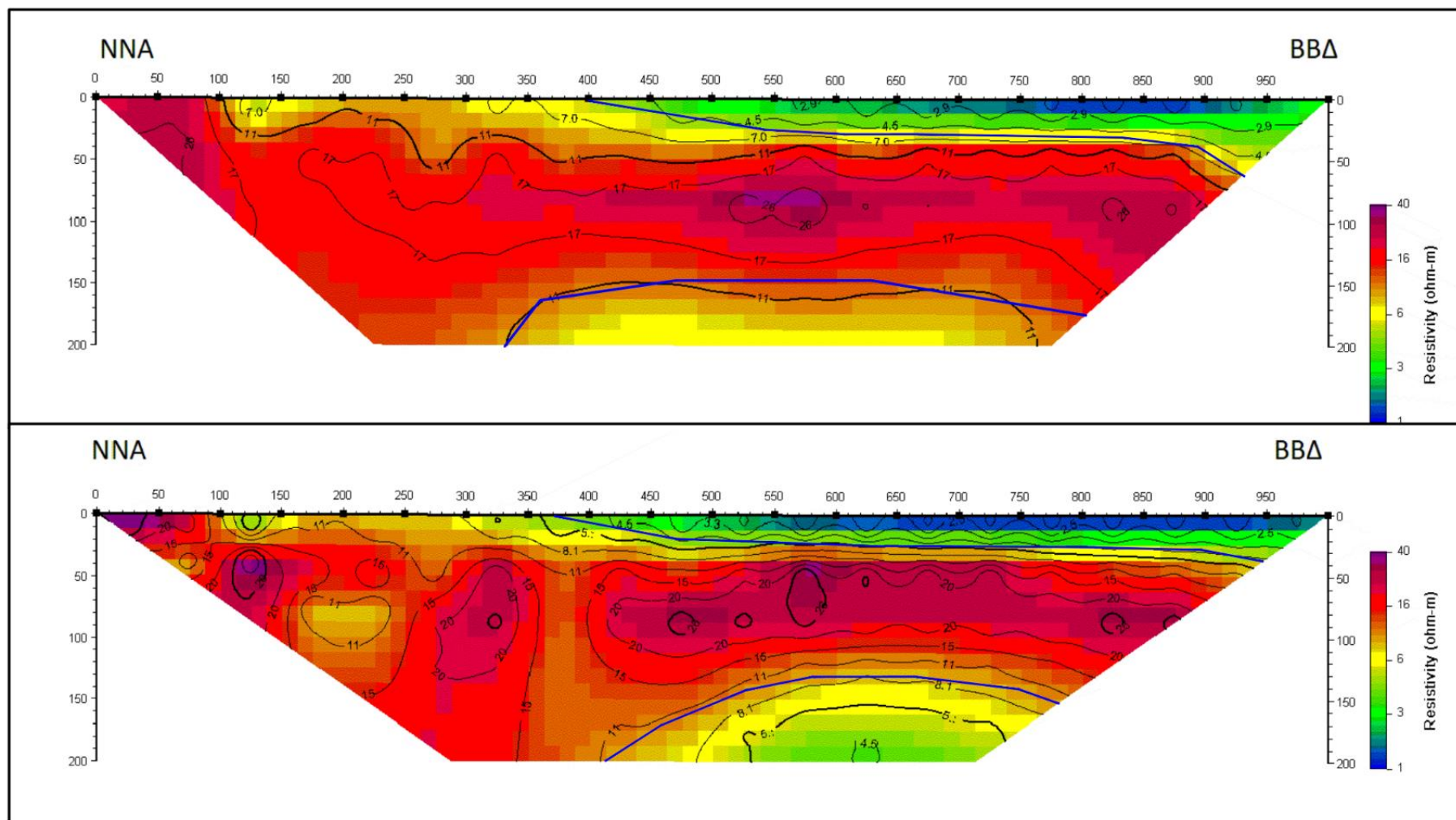
Οι τομογραφίες που εκτελέστηκαν στα πλαίσια της παρούσας εργασίας φαίνονται στο Σχήμα 7.6 και συγκεκριμένα στο πάνω μέρος του σχήματος, φαίνεται η τομογραφία με διάταξη διπόλου-διπόλου ενώ στο κάτω με διάταξη πολλαπλής βαθμίδας. Και από τις δύο τομογραφίες προκύπτει παρόμοια εικόνα όπου στο επιφανειακό μέρος υπάρχουν χαμηλές τιμές ηλεκτρικής αντίστασης περίπου 1-4 Ohm-m σε απόσταση έως 550m από την ακτή και σε βάθος έως 50m πλησίον της ακτογραμμής με διαρκή μείωση του βάθους προς το εσωτερικό. Το επιφανειακό αυτό μέτωπο υφαλμύρισης έχει δημιουργηθεί λόγω της διείσδυσης θαλασσινού νερού μέσω της κοίτης του Ανθεμούντα αλλά και μέσω των αποστραγγιστικών καναλιών που υπάρχουν εντός του Αγροκτήματος. Στο κέντρο οι τιμές κυμαίνονται από 15-20 Ohm-m και κατά τόπους προσεγγίζουν τα 26. Από τα 150m και βαθύτερα στο ΒΒΔ κυρίως τμήμα πλησίον της ακτής οι τιμές προσεγγίζουν ακόμη και τα 4,5 Ohm-m με τάσεις μείωσης με το βάθος. Τα σημεία όπου εντοπίζονται υφάλμυροι ορίζοντες επισημαίνονται εντός της μπλε ζώνης στο Σχήμα 7.6. Η εικόνα είναι ελαφρώς επιβαρυνμένη σε σχέση με αυτή του 2013 επιβεβαιώνοντας ότι το πρόβλημα της υφαλμύρισης λόγω της υπεράντλησης είναι πλέον διαχρονικό.



Σχήμα 7.26 Χάρτης ευρύτερης περιοχής διενέργειας τομών στο Αγρόκτημα ΑΠΘ με τα αρδευτικά κανάλια, τον Ανθεμούντα και το Ρέμα της Θέρμης (Υπόβαθρο χάρτη: Εθνικό Κτηματολόγιο)



Σχήμα 7.27 Τομή στο Αγρόκτημα ΑΠΘ ,πάνω η διάταξη διπόλου-διπόλου και κάτω η Wenner-Schlumberger (από Καζάκη, 2013)



Σχήμα 28.6 Τομή στο αγρόκτημα ΑΠΘ, πάνω η διάταξη διπόλου-διπόλου κάτω η πολλαπλής βαθμίδας (εντός των μπλε ζωνών τα υφάλμυρα στρώματα)

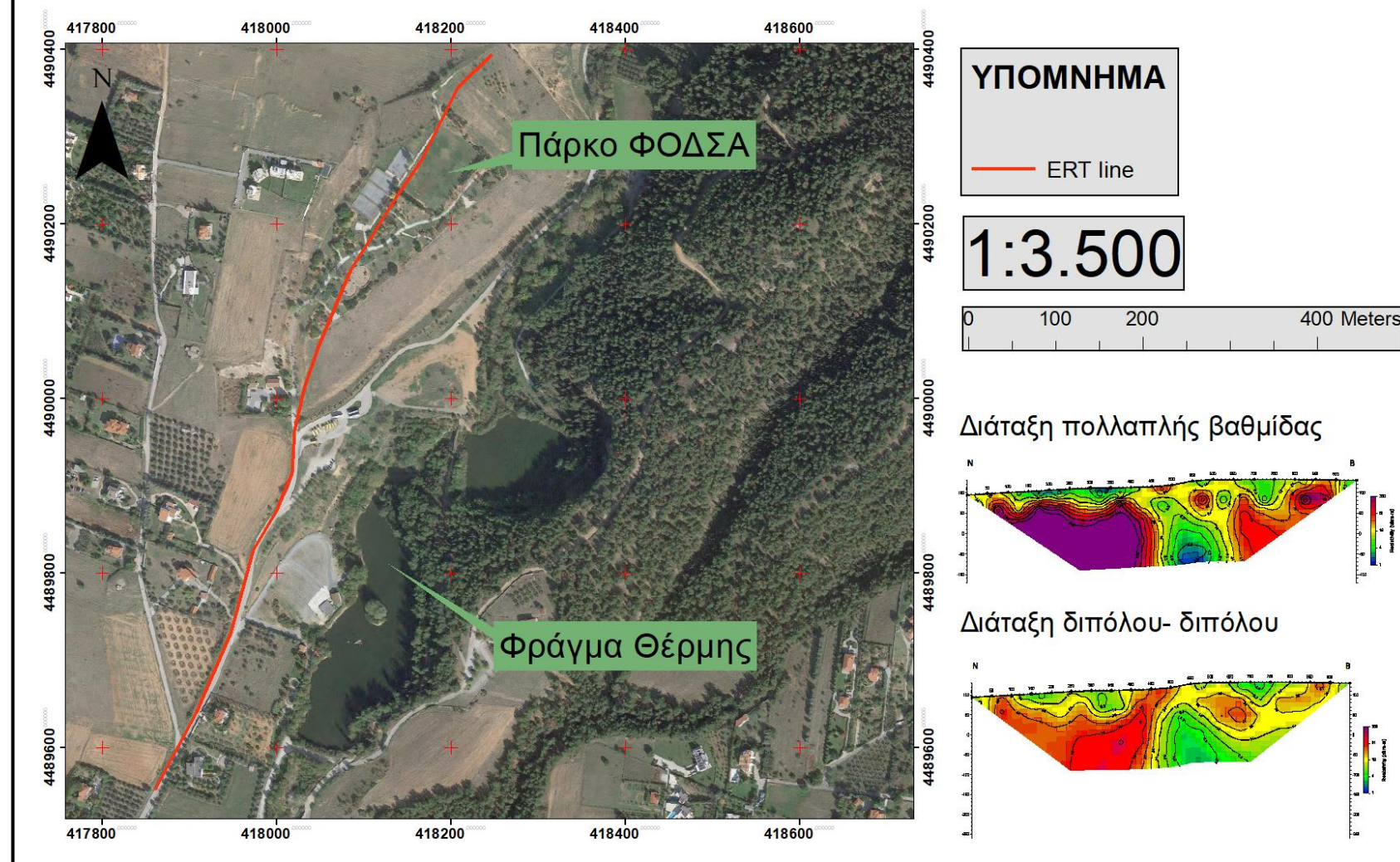
7.5 2^η Τομογραφία: Φράγμα Θέρμης- έλεγχος διαφυγών στραγγισμάτων Χ.Α.Δ.Α.

Η δεύτερη τομογραφία διενεργήθηκε και αυτή τον Απρίλιο του 2021 κάθετα στον λόφο του ΧΑΔΑ της Θέρμης και κατάντη αυτού παράλληλα με το οδικό δίκτυο. Ο ΧΑΔΑ Θέρμης βρίσκεται στην τοποθεσία Φράγμα Θέρμης και πλέον έχει αποκατασταθεί ενώ στην κορυφή του λειτουργεί πάρκο αναψυχής. Στόχος της έρευνας στο χώρο αυτό ήταν ο εντοπισμός πιθανών διαφυγών στραγγισμάτων από τον χώρο αυτό προς τα υπεδάφια στρώματα και κατ' επέκταση τους υπόγειους υδροφορείς. Η τομή πραγματοποιήθηκε σε υψόμετρα 95-130m και είχε προσανατολισμό N-B με άνοιγμα ηλεκτροδίων 1000m. Χάρτης της ευρύτερης περιοχής φαίνεται στο [Σχήμα 7.7](#).

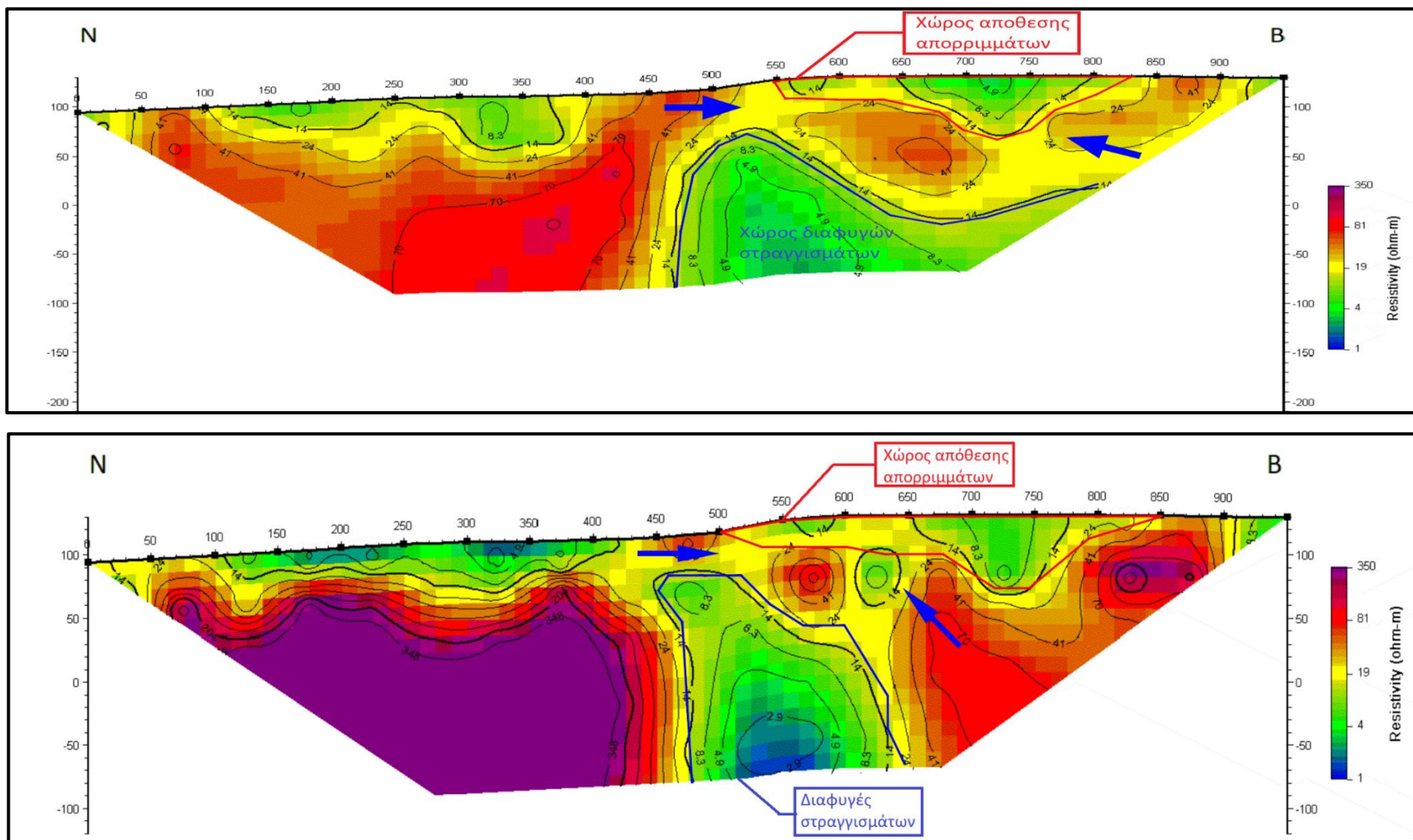
Από τις μετρήσεις προέκυψαν οι τομές του [Σχήματος 7.8](#). Στο νότιο μέρος και των δύο τομών και ειδικά σε αυτήν της διάταξης πολλαπλής βαθμίδας παρατηρούνται πολύ υψηλές τιμές ηλεκτρικής αντίστασης που προσεγγίζουν τα 350 Ohm-m. Στο σημείο αυτό υπάρχει θόρυβος πιθανόν από κάποιο υπόγειο αγωγό και δεν μπορούν να εξαχθούν συμπεράσματα για πιθανή διαφυγή στραγγισμάτων κατάντη του ΧΑΔΑ. Από τα 500-550 m περίπου ξεκινάει ο χώρος απόθεσης απορριμμάτων και φτάνει μέχρι τα 830 m. Και στις δύο τομές παρατηρούνται δύο σημεία διαφυγών (μπλε βέλη στο σχήμα) με την πρώτη και στις δύο τομές να τοποθετείται στα 550m. Ωστόσο υπάρχει μια διαφοροποίηση ανάμεσα στις τομές των δύο διατάξεων ως προς την θέση του δεύτερου πιθανού σημείου διαφυγής. Έτσι στη διάταξη διπόλου-διπόλου το δεύτερο σημείο βρίσκεται στα 720m, ενώ στην πολλαπλής βαθμίδας η διαφυγή οριοθετείται στην θέση 610-640m.

Επισημαίνεται ότι οι παραπάνω γεωηλεκτρικές τομές αποτελούν μία προκαταρκτική διερεύνηση ενδεχόμενης ρύπανσης από τον ΧΑΔΑ. Για την επιβεβαίωση των παρατηρήσεων απαιτούνται περαιτέρω έρευνες τόσο γεωφυσικές όσο και χημικές αναλύσεις σε υπόγεια και επιφανειακά ύδατα.

Χάρτης περιοχής ηλεκτρικής τομογραφίας "Περιβαλλοντικό Πάρκο Θέρμης"



Σχήμα 7.7 Χάρτης ευρύτερης περιοχής διενέργειας της τομογραφίας στο ΧΑΔΑ Θέρμης. Ο χώρος του πάρκου ΦΟΔΣΑ είναι ο χώρος που λειτουργούσε ο ΧΑΔΑ. (Υπόβαθρο χάρτη: Google Earth)



Σχήμα 7.8 Τομή στον ΧΑΔΑ Θέρμης, πάνω η διάταξη διπόλου-διπόλου και κάτω η πολλαπλής βαθμίδας

Η παρούσα διπλωματική εργασία εκπονήθηκε εντός των ορίων της Δημοτικής Ενότητας Θέρμης του ομώνυμου Δήμου του Νομού Θεσσαλονίκης. Από την υδρογεωλογική και την γεωφυσική έρευνα, αλλά και από τη συσχέτιση αυτών με βιβλιογραφικά στοιχεία προέκυψαν τα παρακάτω συμπεράσματα:

1. Η Δ.Κ. Θέρμης αποτελείται από δύο οικισμούς, την Θέρμη και το Τριάδι, οι οποίοι παρουσιάζουν ραγδαία πληθυσμιακή αύξηση, ενώ επιπλέον παρουσιάζουν χαρακτηριστικά σύγχρονων περιαστικών περιοχών.
2. Γεωμορφολογικά η περιοχή εντάσσεται σε δύο λεκάνες απορροής, ενώ το ανάγλυφο είναι πεδινό έως λοφώδες στην περιοχή των οικισμών, ενώ βορειότερα καθίσταται απότομο με μεγαλύτερα υψόμετρα.
3. Κλιματολογικά η περιοχή παρουσιάζει τυπικό Μεσογειακό κλίμα με ζεστά καλοκαίρια και ήπιους χειμώνες.
4. Γεωτεκτονικά, μέρος της περιοχής εντάσσεται στη ζώνη Αξιού, ενώ το υπόλοιπο ανήκει στην Περιοδοπική και συγκεκριμένα στην ενότητα Άσπρης Βρύσης-Χορτιάτη. Το μέρος που ανήκει στη ζώνη Αξιού καλύπτεται από Πλειο-Τεταρτογενή ιζήματα μέσα στο οποίο αναπτύσσεται υπόγεια υδροφορία, ενώ ανατολικότερα δεσπόζουν τα πετρώματα του υποβάθρου.
5. Στα ιζήματα της περιοχής αναπτύσσονται πορώδεις υδροφορείς, κάποιοι ελεύθεροι και κάποιοι υπό πίεση. Ακόμη και στο διαρρηγμένο υπόβαθρο της Περιοδοπικής κατά τόπους υπάρχει υδροφορία. Οι υδροφορείς αυτοί τροφοδοτούν πλευρικά τους πορώδεις υπό πίεση υδροφορείς.
6. Υδρολιθολογικά η περιοχή χωρίζεται σε τρεις ενότητες: μέτριας- μεγάλης υδροπερατότητας με τεταρτογενή ιζήματα, μικρής- μέτριας υδροπερατότητας με νεογενή ιζήματα και διαρρηγμένοι σχηματισμοί του υποβάθρου με τοπική υδροφορία.
7. Υψηλά πιεζομετρικά φορτία παρατηρούνται από την Θέρμη και βορειότερα, ενώ στα νότια εντός της κοιλάδας του Ανθεμούντα οι τιμές του φορτίου βαίνουν μειούμενες και στο κέντρο αποκτούν και αρνητικό πρόσημο, δηλ. η στάθμη του υπόγειου νερού βρίσκεται κάτω από το επίπεδο της θάλασσας.
8. Από τον υπολογισμό των υδραυλικών παραμέτρων εξάγεται το συμπέρασμα πως στην περιοχή επικρατούν χαμηλής δυναμικότητας υδροφόρα στρώματα με λίγες κατά τόπους εξαιρέσεις.
9. Σύμφωνα με τους υπολογισμούς οι ανάγκες σε νερό ύδρευσης είναι συνεχώς αυξανόμενες και το υπάρχον σύστημα καλύπτει μετά δυσκολίας της σημερινές απαιτήσεις. Άμεσα απαιτείται η κατασκευή νέων έργων υδροληψίας και αναδιάταξη του εξωτερικού δικτύου, ενώ μακροπρόθεσμα συστήνεται και η σύνδεση με το δίκτυο της ΕΥΑΘ.
10. Στην περιοχή μελέτης παρατηρούνται αρκετές εν δυνάμει πηγές ρύπανσης των υπόγειων νερών. Σε μεγάλο βαθμό σχετίζονται με τις παραγωγικές



δραστηριότητες (γεωργία, κτηνοτροφία, μεταποίηση) που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή και δευτερευόντως από την λειτουργία των ίδιων των οικισμών (σηπτικές δεξαμενές, ΕΕΛ, πρώην ΧΑΔΑ, νεκροταφεία, κ.ά.).

11. Αν και δεν γίνονται αναλύσεις πλέον στα σημεία υδροληψίας φαίνεται από παλιότερες μετρήσεις πως η μόνη παράμετρος που προκαλεί ανησυχία σε κάποιες γεωτρήσεις είναι η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων (NO_3^-). Για την έγκαιρη αντιμετώπιση πιθανού επεισοδίου ρύπανσης μελλοντικά προτείνεται η τακτική παρακολούθηση της ποιότητας του νερού στα σημεία υδροληψίας αλλά και η κατάρτιση σχεδίου ζωνών προστασίας των υδροληπτικών έργων.
12. Ο ταμιευτήρας του Τριαδίου δεν δύναται να χρησιμοποιηθεί για υδρευτική τουλάχιστον χρήση λόγω της υψηλής περιεκτικότητας των υδάτων σε βαρέα μέταλλα.
13. Η γεωηλεκτρική τομή στην περιοχή του Αγροκτήματος επιβεβαίωσε πως η υφαλμύριση στην περιοχή είναι ένα φαινόμενο διαχρονικό και εξελισσόμενο.
14. Η γεωηλεκτρική τομή στην περιοχή του πρώην ΧΑΔΑ ανέδειξε πιθανά σημεία διαφυγής στραγγισμάτων ωστόσο συστήνεται περαιτέρω γεωφυσική και υδρογεωχημική έρευνα.



Η διπλωματική εργασία αυτή, μελετά τόσο την υπόγεια όσο και την επιφανειακή υδροφορία, τις συνθήκες ύδρευσης και άρδευσης όπως επίσης τις πηγές ρύπανσης και την ποιοτική κατάσταση των υδάτων εντός της Δημοτικής Κοινότητας Θέρμης. Διερευνήθηκαν τα ιστορικά, πληθυσμιακά, κοινωνικοοικονομικά, γεωμορφολογικά και κλιματολογικά χαρακτηριστικά της περιοχής με πληροφορίες της βιβλιογραφίας. Ακόμη αναζητήθηκαν τα γεωλογικά και τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής μέσω της βιβλιογραφίας και μέσω εργασιών υπαίθρου. Ακολούθως υπολογίστηκαν οι ανάγκες σε νερό της περιοχής. Για τον έλεγχο της ποιοτικής κατάστασης αναζητήθηκαν οι πηγές ρύπανσης αλλά και πληροφορίες από χημικές αναλύσεις στα σημεία υδροληψίας. Τέλος κρίθηκε σκόπιμος ο έλεγχος της υφαλμύρισης αλλά και διαφυγών στον ΧΑΔΑ Θέρμης μέσω γεηλεκτρικών τομών.

Abstract

“Hydrogeological and geophysical research of Thermi aquifers” Miltiadis Daniilidis

This bachelor thesis investigates both ground and surface water reserves, water supply and irrigation conditions as well as pollution sources and water quality within the Local Community of Thermi. The historical, population, socio-economic, geomorphological, and climatic characteristics of the area were investigated with bibliographic information. Furthermore, were searched the geological and hydrogeological characteristics of the area through the literature and through field work. Then were calculated the water needs of the area. For the check of the quality situation, were searched the sources of pollution, as well as information from chemical analyses at the water intake points. Finally, it was deemed appropriate to check the salinization and escapes of leachates in Thermi's rubbish dump through geoelectric sections.



Ελληνική Βιβλιογραφία

- Αλμπάνης Α., 2016. Συγκριτική μελέτη γεωηλεκτρικών διατάξεων μέτρησης βάσει μοντέλων προσομοίωσης. *Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.*, 38 σελ.
- Βουδούρης Κ., 2016. Υδρογεωλογία περιβάλλοντος. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη
- Βουδούρης Κ., 2017. Εκμετάλλευση και διαχείριση υπόγειου νερού. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη.
- Βουδούρης Κ., 2017. Τεχνική υδρογεωλογία. Εκδόσεις Τζιόλα, Θεσσαλονίκη
- Ζερβοπούλου Α., 2010. Νεοτεκτονικά ρήγματα της ευρύτερης περιοχής της Θεσσαλονίκης σε σχέση με τα εδάφη θεμελίωσης. *Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.*, 311 σελ.
- Καζάκης Ν., 2013. Εκτίμηση της διακινδύνευσης της εξωτερικής ρύπανσης των υπόγειων νερών: Εφαρμογή στη λεκάνη του Ανθεμούντα. *Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.*, 439 σελ.
- Κατριβάνος Ε., 2017. Η γεωλογική δομή, η κινηματική της παραμόρφωσης και η γεωτεκτονική εξέλιξη των ορεινών όγκων Πάικου και Τζέννας (Κεντρική Μακεδονία). *Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.*, 244 σελ.
- Μίσσας Σ., 2007. Ορυκτολογική και γεωχημική έρευνα των ιζημάτων και των υδάτων των ρεμάτων της περιοχής Τριαδίου Θεσσαλονίκης και διερεύνηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. *Διατριβή Ειδίκευσης, Τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.*, 142 σελ.
- Μουντράκης Δ., 2020. Γεωλογία και Γεωτεκτονική εξέλιξη της Ελλάδας. Εκδόσεις University Studio Press, Θεσσαλονίκη.
- Τσελέντης Α., Παρασκευόπουλος Π., 2013. Εφαρμοσμένη Γεωφυσική. Εκδόσεις Liberal Books, Αθήνα.

Διαδικτυακές Πηγές

- Δήμος Θέρμης (thermi.gov.gr)
- Εγκαταστάσεις Επεξεργασίας Λυμάτων/ Βάση δεδομένων παρακολούθησης λειτουργίας (astikalimata.ypeka.gr)
- Εθνικό Μητρώο Σημείων Υδροληψίας (lmt.ypeka.gr)
- Ελληνική Στατιστική Αρχή (statistics.gr)
- Σχέδια Διαχείρισης Λεκανών Απορροής Ποταμών (wfdver.ypeka.gr)

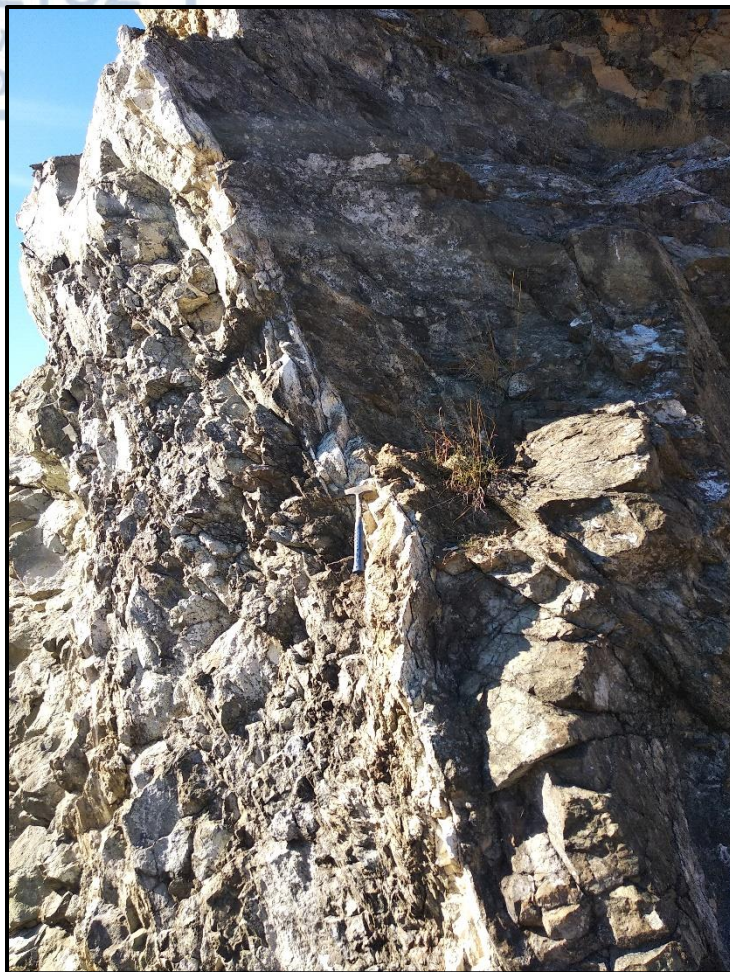
Γάββρος- Γαββρική σειρά Λαναρίου



Σχήμα 29 Πρανές με διαρρηγμένους γάββρους στο Τριάδι



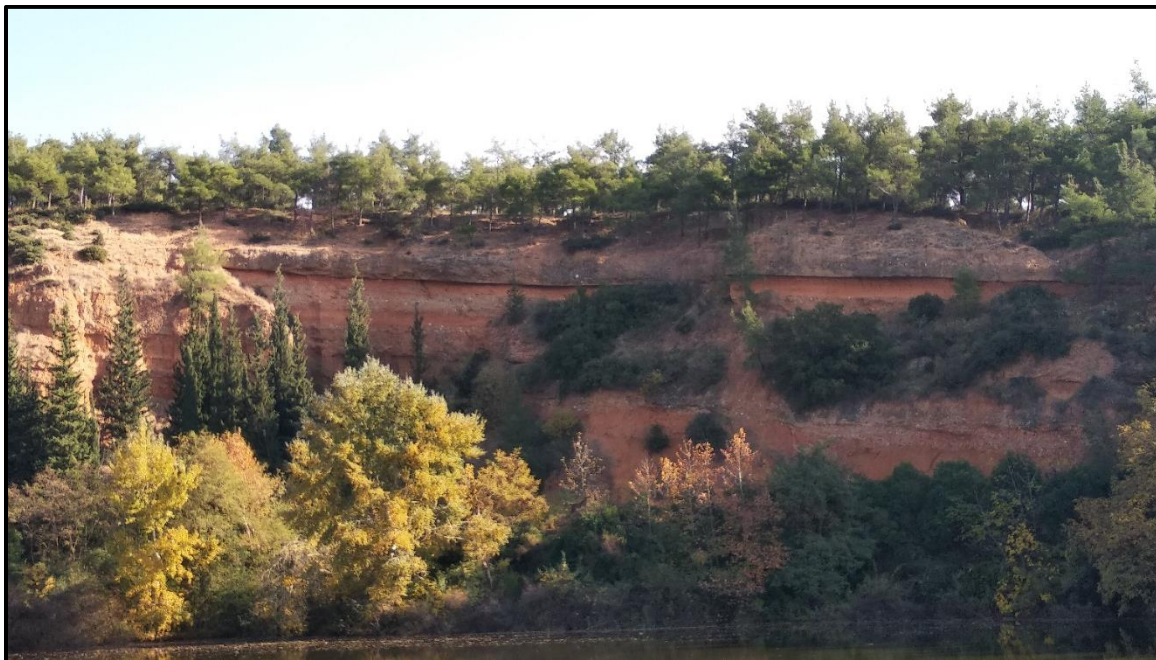
Σχήμα 2 Μεταλλοφορία χρωμίτη σε οφειόλιθους στο Τριάδι



Σχήμα 3 Φλέβα λευκόλιθου σε οφειόλιθους στο Τριάδι



Σχήμα 4 Στοές εκμετάλλευσης χρωμίτη στο Τριάδι



Σχήμα 5 Πρανές με εκτεταμένη εμφάνιση της σειράς ερυθρών αργίλων, Φράγμα Θέρμης



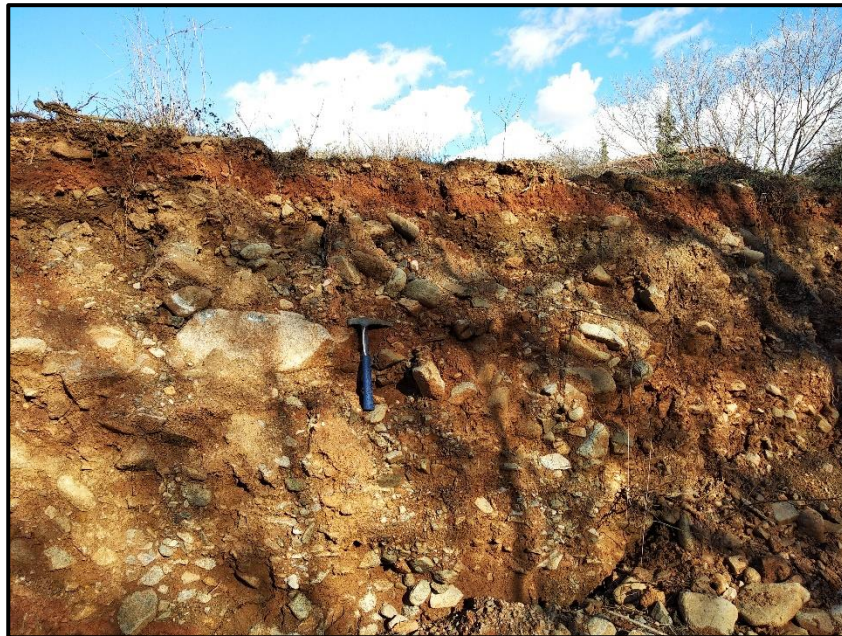
Σχήμα 6 Εμφανίσεις της σειράς ερυθρών αργίλων, διακρίνονται φακοί κροκαλών, Φράγμα Θέρμης



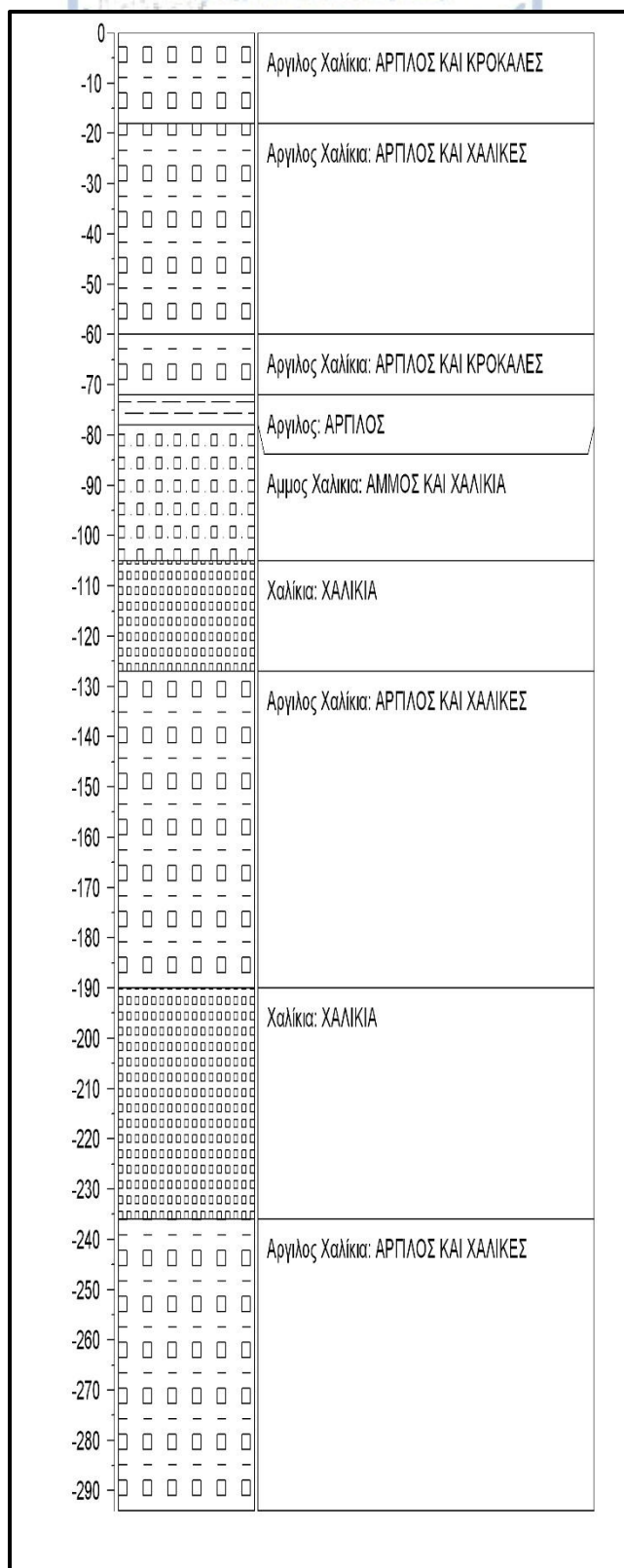
Σχήμα 7 Σύγχρονες αποθέσεις χειμάρρων (Α)



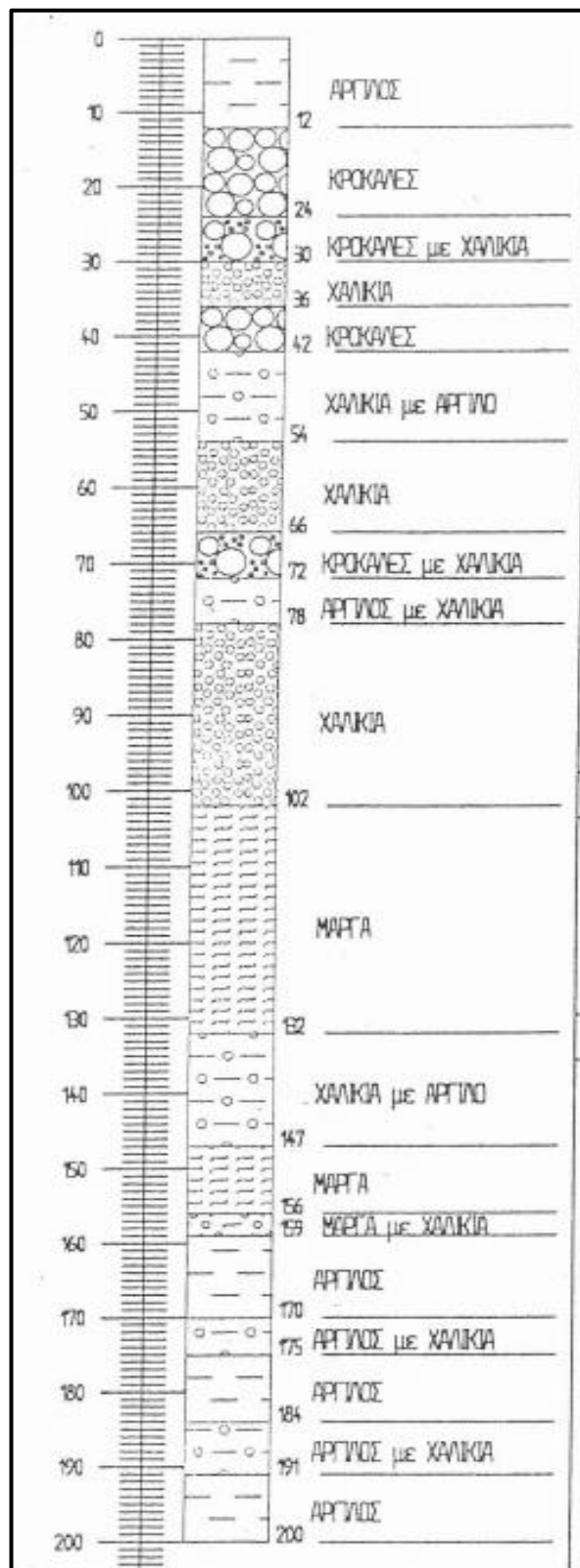
Σχήμα 8 Σύγχρονες αποθέσεις χειμάρρων (Β)



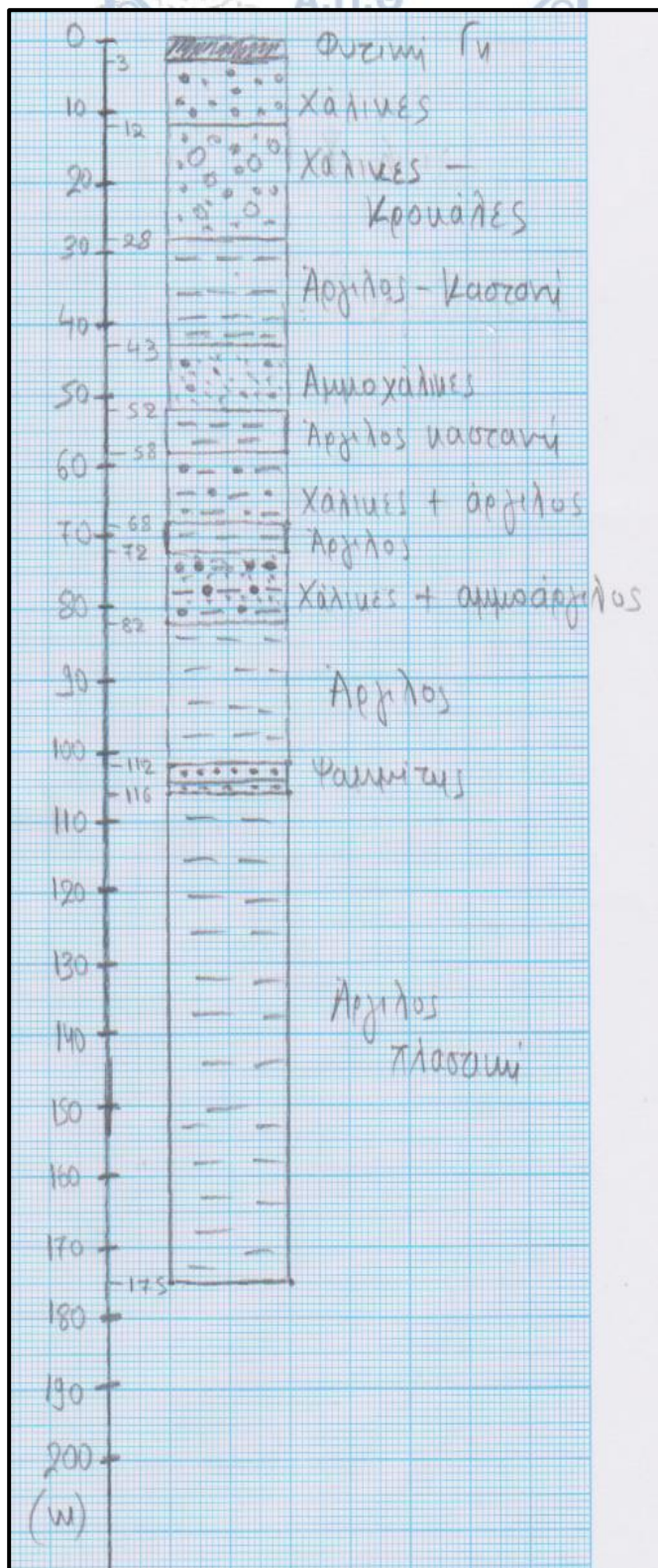
Σχήμα 9 Σύγχρονες αποθέσεις χειμάρρων (Γ)



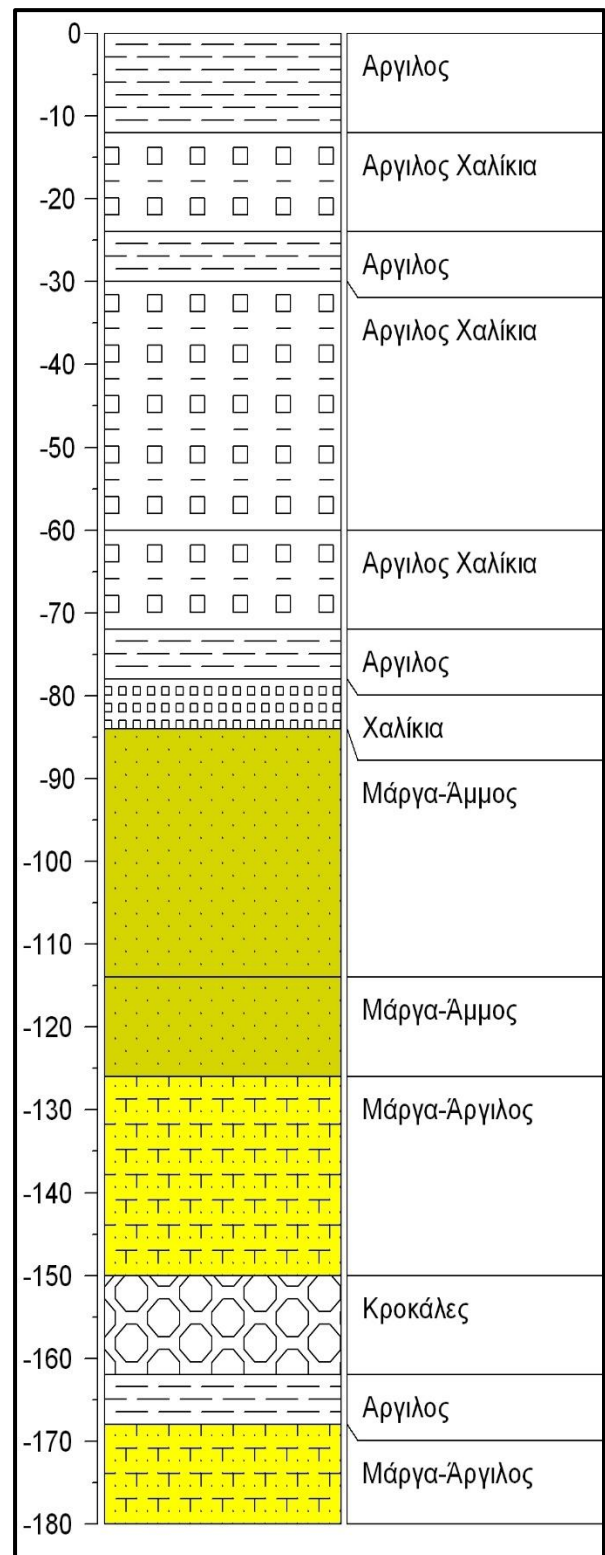
Σχήμα 10 Γεώτρηση T35



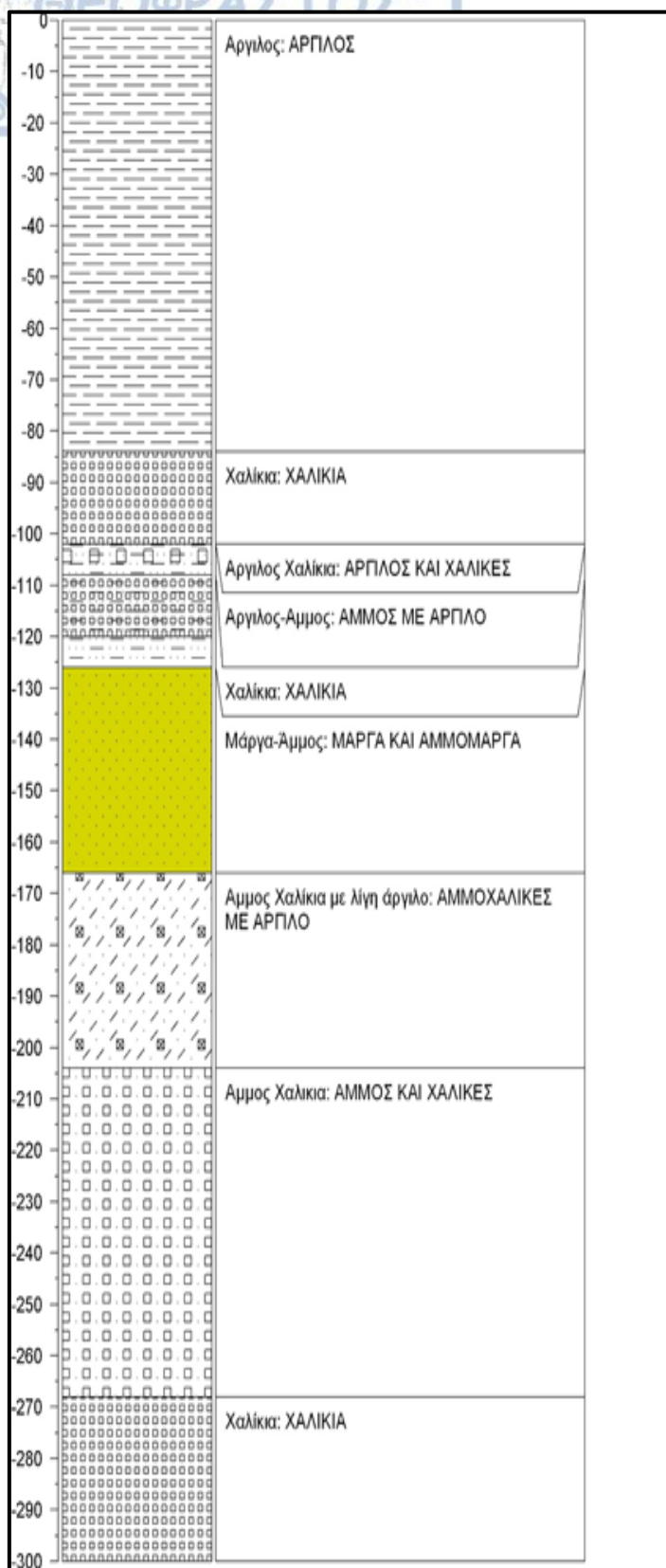
Σχήμα 11 Γεώτρηση T128



Σχήμα 12 Γεώτρηση Γ12- Φοιρός Σιδεράς



Σχήμα 13 Γεώτρηση T36



Σχήμα 14 Γεώτρηση T79

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΕΞΑΜΕΝΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΡΗΣΕΩΝ ΔΕΥΑ Θέρμης

Πίνακας 18 Στοιχεία γεωτρήσεων ΔΕΥΑ Θέρμης

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΟΝΟΜΑ	X	Y	ΠΑΡΟΧΗ (m ³ /h)
Γ1	Αεροπορίας	416671	4486847	70
Γ2	Εμπορική	415465	4488834	45
Γ3	Εργοταξίου	417430	4488641	20
Γ4	Θερμοκηπίου	417498	4488486	55
Γ5	Ιντερμπετόν	418559	4487283	60
Γ6	Κοσμίδη νέα	416164	4487444	60
Γ7	Λήδα Μαρία	415288	4490469	20
Γ8	Πατσουράκου 2η	415159	4488267	35
Γ9	Πατσουράκου 3η	415189	4488318	45
Γ10	Τούμπας Β	417881	4489213	20
Γ11	Τριαδίου	419828	4488301	25
Γ12	Φοιρού Σιδερά	416383	4487056	50
Γ13	Χάγιατ	414956	4486090	50
Γ14	Eurotech	415736	4488319	45
Γ15	Αμερικάνικα	415689	4491032	70

Πίνακας 19 Στοιχεία δεξαμενών ΔΕΥΑ Θέρμης

ΚΩΔΙΚΟΣ	ΟΝΟΜΑ	X	Y	ΧΩΡΗΤΙΚΟΤΗΤΑ (m ³)
Δ1	Λήδα Μαρία	415290	4490477	500
Δ2	Τούμπα	417418	4488975	150
Δ3	Λίτσα μικρή	417826	4489787	200
Δ4	Λίτσα μεγάλη	417909	4490054	500
Δ5	Λήδα Μαρία	415305	4490499	50
Δ6	Φοιρός Σιδεράς	416391	4487060	50
Δ7	Τριάδι νέα	420100	4488764	500
Δ8	Τριάδι παλιά	419921	4488685	250
Δ9	Χάγιατ	414956	4486090	50