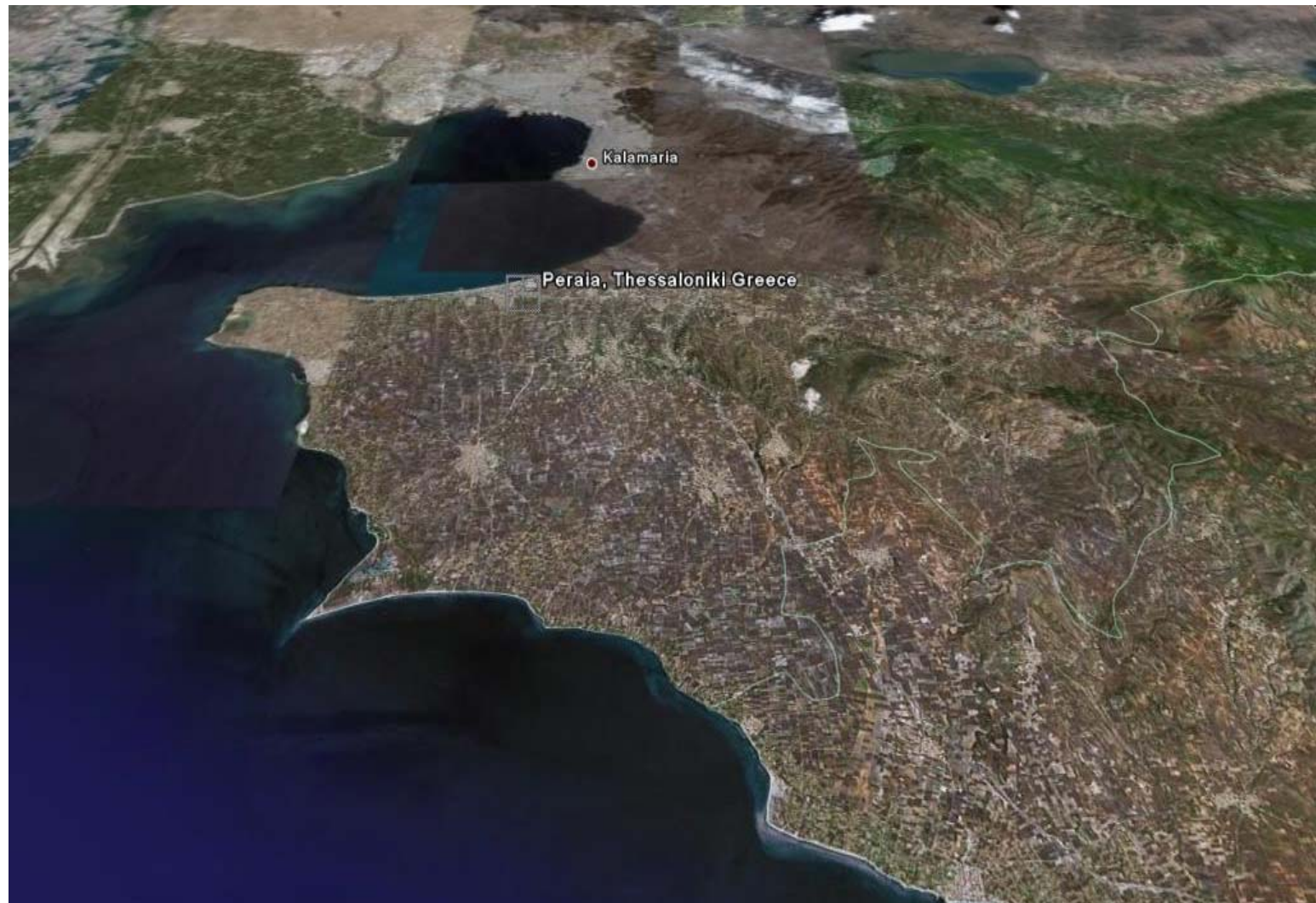


**ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ**

Εργ. Τεχνικής Γεωλογίας & Υδρογεωλογίας

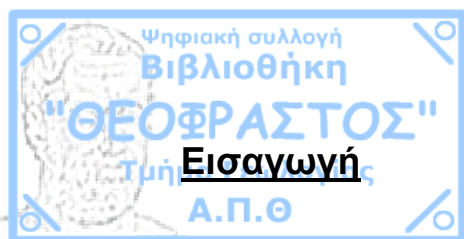
**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
«ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ
ΠΕΡΑΙΑΣ, ΔΗΜΟΥ ΘΕΡΜΑΪΚΟΥ»**



**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ Κ.
ΦΟΙΤΗΤΡΙΕΣ: ΠΑΠΑΠΕΤΡΟΥ ΜΕΛΠΟΜΕΝΗ
ΣΤΑΥΡΑΚΙΔΟΥ ΕΙΡΗΝΗ**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
❖ Εισαγωγή.....	1
Στόχος Έρευνας	
Μεθοδολογική προσέγγιση	
❖ Θέση-Μορφολογία του Δήμου Θερμαϊκού.....	2-3
❖ Πληθυσμιακή ανάπτυξη.....	4-5
❖ Ασκούμενες πιέσεις στους υδατικούς πόρους του Δήμου Θερμαϊκού.....	6
❖ Υδρολογικά-Κλιματολογικά Στοιχεία.....	7-9
❖ Γεωλογία-Γεωλογικές Συνθήκες.....	10-12
❖ Τεκτονική κατάσταση της περιοχής.....	13-15
❖ Σεισμικότητα της περιοχής.....	16-17
❖ Υδρογεωλογία.....	18
❖ Κύριοι Υδροφορείς.....	19
❖ Υδρογεωτρήσεις.....	20-30
❖ Ποιότητα νερών.....	31-36
❖ Μέτρα Αντιμετώπισης.....	37
❖ Συμπεράσματα.....	38-40
❖ Παράρτημα.....	
Τομές Γεωτρήσεων Δήμου Θερμαϊκού	
Φωτογραφικό υλικό	
Ταξινόμηση χημικών χαρακτηριστικών των δειγμάτων	
❖ Βιβλιογραφία.....	



Σκοπός έρευνας:

Η υδρογεωλογική έρευνα της περιοχής του Δ.Δ. Περαίας έχει ως στόχο:

- Τη γνώση των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής μελέτης.
- Τον ποιοτικό έλεγχο των υπόγειων νερών για τον εντοπισμό τυχόν προβλημάτων ρύπανσης και μόλυνσης.

Μεθοδολογική προσέγγιση:

Κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκαν οι κάτωθι εργασίες:

- Συλλογή βιβλιογραφικών δεδομένων της ευρύτερης περιοχής.
- Συγκέντρωση και αξιολόγηση όλων των γεωλογικών και υδρογεωλογικών στοιχείων των γεωτρήσεων που ανοίχθηκαν στην περιοχή.
- Συλλογή και επεξεργασία υδρολογικών στοιχείων από το βροχομετρικό σταθμό Μίκρας.
- Απογραφή αντιπροσωπευτικών σημείων νερού (γεωτρήσεις).
- Κατασκευή χάρτη με τις θέσεις των γεωτρήσεων.
- Επεξεργασία των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων με τη χρήση του προγράμματος AquaChem.
- Επεξεργασία των λιθολογικών τομών των γεωτρήσεων με τη βοήθεια του λογισμικού LogPlot.

Οφείλουμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας, στο Επίκουρο Καθ. υδρογεωλογίας του τμήματος γεωλογίας του Α.Π.Θ Κον. Βουδούρη Κων/νο για την ανάθεση της συγκεκριμένης έρευνας και στην χημικό μηχανικό του Δήμου Θερμαϊκού Κα. Παπαντωνίου Σοφία για τη διάθεση γεωλογικών, υδρογεωλογικών και πιεζομετρικών στοιχείων.

Θέση-Μορφολογία του Δήμου Θερμαϊκού

Ο Δήμος Θερμαϊκού εντοπίζεται στο νοτιοδυτικό περιθώριο του κόλπου της Θεσσαλονίκης. Αποτελείται από τρία δημοτικά διαμερίσματα : α)της Περαιάς β) των Νέων Επιβατών και γ) της Αγίας Τριάδας.

Βρίσκεται σε απόσταση 20 Km από το κέντρο της Θεσσαλονίκης και καταλαμβάνει έκταση 22.000 στρεμμάτων, η οποία αναπτύσσεται στην παραλιακή ζώνη (αεροδρόμιο Μακεδονίας-Μεγάλο Έμβολο περιοχή Αγγελοχωρίου) και εκτείνεται προς τα νότια σε αποστάσεις από την ακτή από 3 έως 5 Km, σε λοφώδη έκταση με χαμηλά υψόμετρα. Οι οικισμοί καταλαμβάνουν τη μεγαλύτερη έκταση της παραλιακής ζώνης. Στο ύψος της Περαιάς, όπου κυριαρχεί η αστική κατοικία, η δόμηση είναι πυκνή. Στο ύψος των Ν. Επιβατών και της Αγ. Τριάδας η δόμηση είναι λιγότερο πυκνή και έχει περισσότερο τα χαρακτηριστικά της περιαστικής κατοικίας, πρώτης ή δεύτερης (Χάρτης 1).

Νότια της παραλιακής ζώνης, παρατηρείται απότομη αύξηση των υψομέτρων, συνέπεια της μεταβολής της σύστασης των γεωλογικών σχηματισμών που δομούν την περιοχή, καθώς και της δράσης της τεκτονικής. Στη συνέχεια το ανάγλυφο χαρακτηρίζεται από ήπιες μορφολογικές κλίσεις, μέχρι τα όρια του δήμου τα οποία σε μεγάλο τμήμα τους ταυτίζονται με τον υδροκρίτη. Η επιφανειακή αποστράγγιση της έκτασης του Δήμου γίνεται προς το Θερμαϊκό κόλπο, από μικρά υδρορέματα εκ των οποίων τα κυριότερα είναι : Το ρέμα Περαιάς, το Πρώτο και το Δεύτερο ρέμα Νέων Επιβατών, το ρέμα Δένδρα, το Βούζια Λάκκος και άλλα μικρότερα στην περιοχή της Αγίας Τριάδας. Το πλάτος και συνολικά η έκταση των επιμέρους λεκανών απορροής των ανωτέρω λεκανών είναι μικρό. Παρόλα αυτά η διαβρωτική δράση των επιφανειακών νερών στις κοίτες των ρεμάτων είναι ιδιαίτερα έντονη, λόγω της επιδεκτικότητας στη διάβρωση των γεωλογικών σχηματισμών που δομούν την περιοχή.



Χάρτης 1: Θέση του Δήμου Θερμαϊκού.

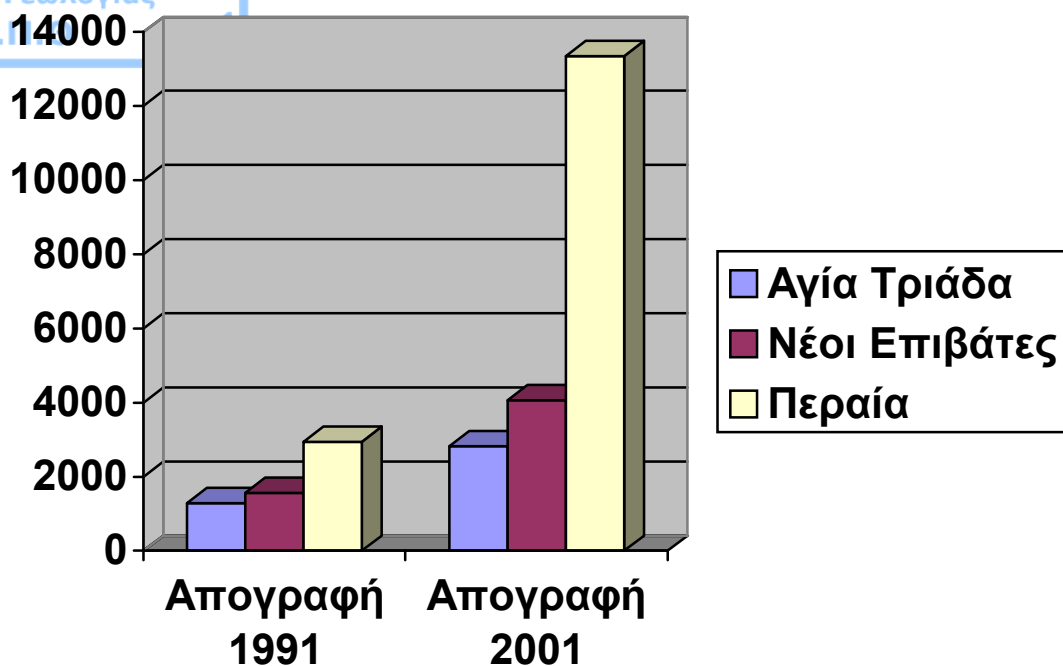
Πληθυσμιακή ανάπτυξη

Τα τελευταία χρόνια η οικοδομική δραστηριότητα των οικισμών του Δήμου έχει τεράστια ανάπτυξη και ο πληθυσμός από 5.800 άτομα, σύμφωνα με την απογραφή του 1991, έχει ξεπεράσει σήμερα τις 20.000 μόνιμους κατοίκους, όπως προκύπτει από την πρώτη επεξεργασία των δεδομένων της απογραφής του 2001. Συνεπώς, η αύξηση που καταγράφουν τα πληθυσμιακά δεδομένα της περιοχής κατά την τελευταία δεκαετία φτάνει το 349%, ενώ ο Δήμος Θερμαϊκού εμφανίζει την μεγαλύτερη αύξηση πληθυσμού όχι μόνο στο Νομό Θεσσαλονίκης, αλλά σε ολόκληρη τη χώρα (Πίνακας 1 και Σχήματα 1-2).

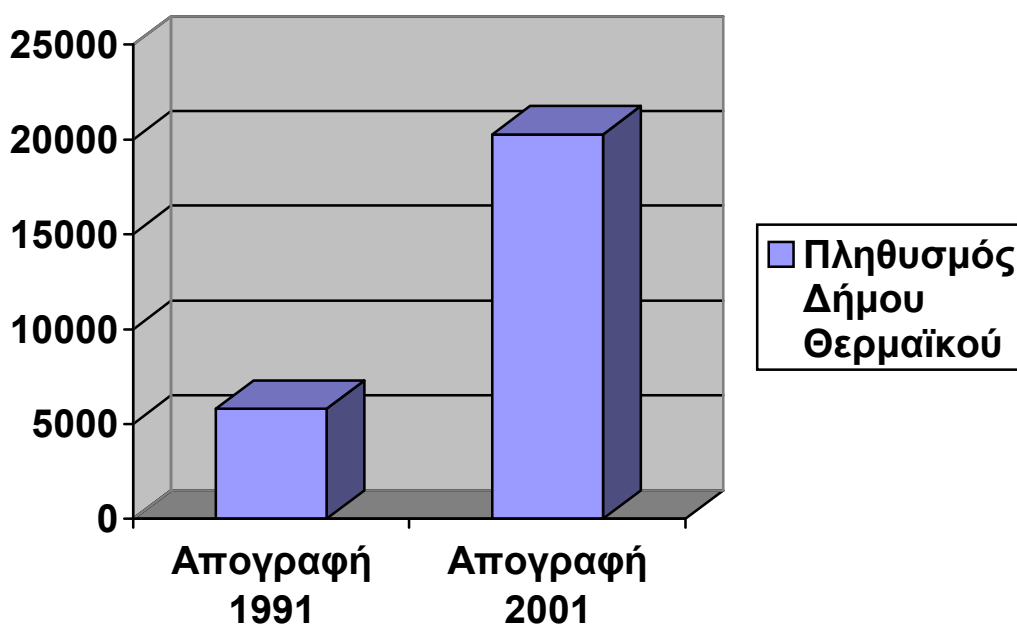
Βασικό χαρακτηριστικό του Δήμου Θερμαϊκού είναι ότι αποτελεί τόπο παραθεριστικής κατοικίας, οπότε κατά τους θερινούς μήνες διπλασιάζει τον πληθυσμό του, υπερβαίνοντας τα 40.000 άτομα, καθώς προσελκύει σημαντικό αριθμό επισκεπτών. Παράγοντες που συντελούν στους γοργούς ρυθμούς ανάπτυξης του Δήμου είναι η τάση εξόδου του πληθυσμού του πολεοδομικού συγκροτήματος Θεσσαλονίκης προς τις ανατολικές περιοχές, η γειτνίαση με το πολεοδομικό συγκρότημα, η αστική συγκοινωνία, η προσφορά σχετικά φθηνής γης και η εγκατάσταση μεγάλου αριθμού προσφύγων και μεταναστών.

Πίνακας 1: Απογραφή 1991 και 2001. Η πυκνότητα πληθυσμού gross υπολογίζεται ως πληθυσμός/έκταση σε άτομα ανά Ha που ισοδυναμεί με 10 στρέμματα.

	1991	2001	Διαφορά 1991-2001	Πυκνότητα(gross) (2001)
Αγία Τριάδα	1286	2829		
Νέοι Επιβάτες	1568	4070		
Περαία	2949	13354		
Δ. Θερμαϊκού	5.803	20.253	349%	2.29



Σχήμα 1: Διακύμανση του πληθυσμού στα τρία δημοτικά διαμερίσματα του Δήμου Θεσσαλονίκης.



Σχήμα 2: Διακύμανση του πληθυσμού στον Δήμο Θεσσαλονίκης.

Ασκούμενες πιέσεις στους υδατικούς πόρους στην περιοχή του Δήμου Θερμαϊκού:

Λόγω των ιδιαίτερα αυξημένων αναγκών σε νερό δόθηκε άμεση προτεραιότητα από τον Δήμο στην υδροδότηση των κατοίκων. Οι αυξημένες ανάγκες του Δήμου οφείλονται:

- Στην έντονη και γρήγορα αυξανόμενη δόμηση της περιοχής που οδηγεί σε αυξανόμενη ζήτηση νερού.
- Στη μεγαλύτερη αύξηση του αριθμού κατοίκων κατά τους θερινούς μήνες, κατά τους οποίους μειώνονται και με φυσικό τρόπο τα αποθέματα νερού λόγω έλλειψης βροχοπτώσεων και αύξησης της θερμοκρασίας και της εξατμισιοδιαπνοής αλλά και
- των δραστηριοτήτων κατά τους θερινούς μήνες όπως είναι τουρισμός, λειτουργία πισινών και άρδευση.
- Στην παρουσία σηπτικών απορροφητικών βόθρων και επικοινωνία αυτών με τον υδροφόρο ορίζοντα.
- Στη μετατροπή παλιών πηγαδιών σε βόθρους.
- Στην ικανοποίηση ολοένα αυξανόμενων αρδευτικών αναγκών.

Λόγω της έντονης οικιστικής και γεωργικής ανάπτυξης, ο κίνδυνος μόλυνσης και ρύπανσης των υπόγειων υδροφορέων είναι ορατός. Επίσης στις παράκτιες ζώνες υπάρχει και ο κίνδυνος υπαλμύρωσης των υπογείων νερών εξ' αιτίας εισόδου θαλασσινού νερού προς την ενδοχώρα (γεγονός που συσχετίζεται με τις υπεραντλήσεις). Λαμβάνοντας ακόμη σοβαρά υπόψη την περιορισμένη υδροφορία της περιοχής, επιβάλλεται το συντομότερο δυνατό να θεσπιστούν ζώνες προστασίας γύρω από κάθε υδρευτική γεώτρηση.

Υδρολογικά-Κλιματολογικά Στοιχεία

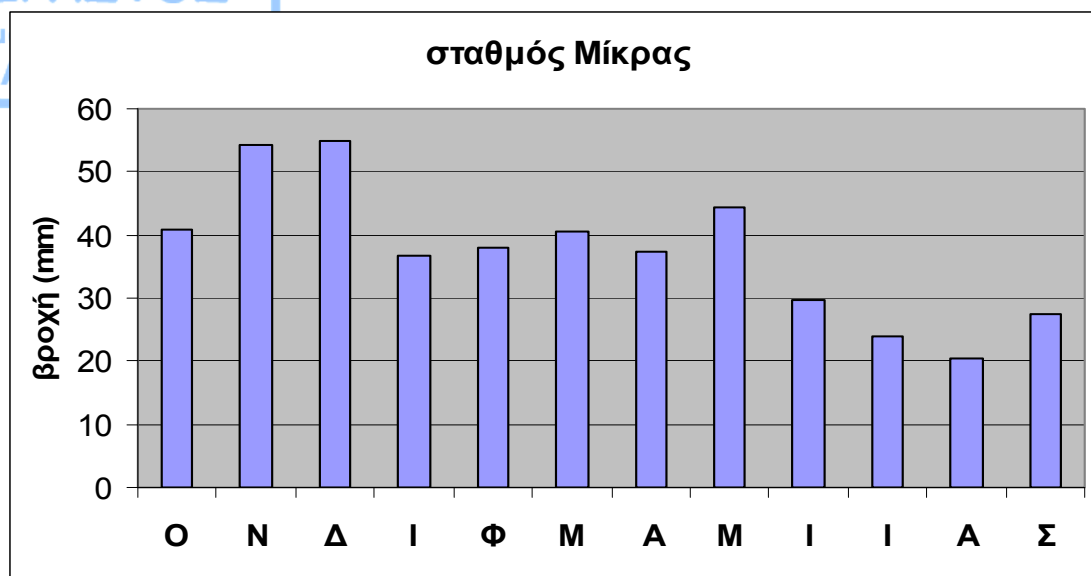
Τα υδρολογικά χαρακτηριστικά μια περιοχής εξαρτώνται από το κλίμα, την γεωγραφία και τη γεωλογία.

- Κλιματολογικά στοιχεία: βροχοπτώσεις, άνεμοι, θερμοκρασία και η υγρασία της ατμόσφαιρας.
- Γεωγραφία: Προσδιορίζεται από το ανάγλυφο και την κάλυψη γης.
- Γεωλογία: Λιθολογία και η τεκτονική της περιοχής.

Για την περιοχή του Δήμου Θερμαϊκού αξιοποιήθηκαν τα δεδομένα του μετεωρολογικού σταθμού της Ε.Μ.Υ στο αεροδρόμιο της Μίκρας, ο οποίος είναι εγκατεστημένος σε υψόμετρο 4 m. Ο σταθμός λειτουργεί από το 1959 και τα διαθέσιμα δεδομένα αναφέρονται στην περίοδο 1959-1997.

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης στην περιοχή για την προαναφερθείσα περίοδο είναι μικρό και ανέρχεται στα 448,7 mm . Στο Σχήμα 3 φαίνεται η μέση μηνιαία βροχόπτωση στο σταθμό της Μίκρας. Ο μήνας με τη μεγαλύτερη βροχόπτωση είναι ο Δεκέμβριος και ακολουθεί ο Νοέμβριος. Οι πλέον ξηροί μήνες είναι ο Αύγουστος και ο Ιούλιος.

Το μέγιστο ύψος 24-ωρης διάρκειας καταγράφηκε στις 24/11/1985 και ήταν 84,7 mm.



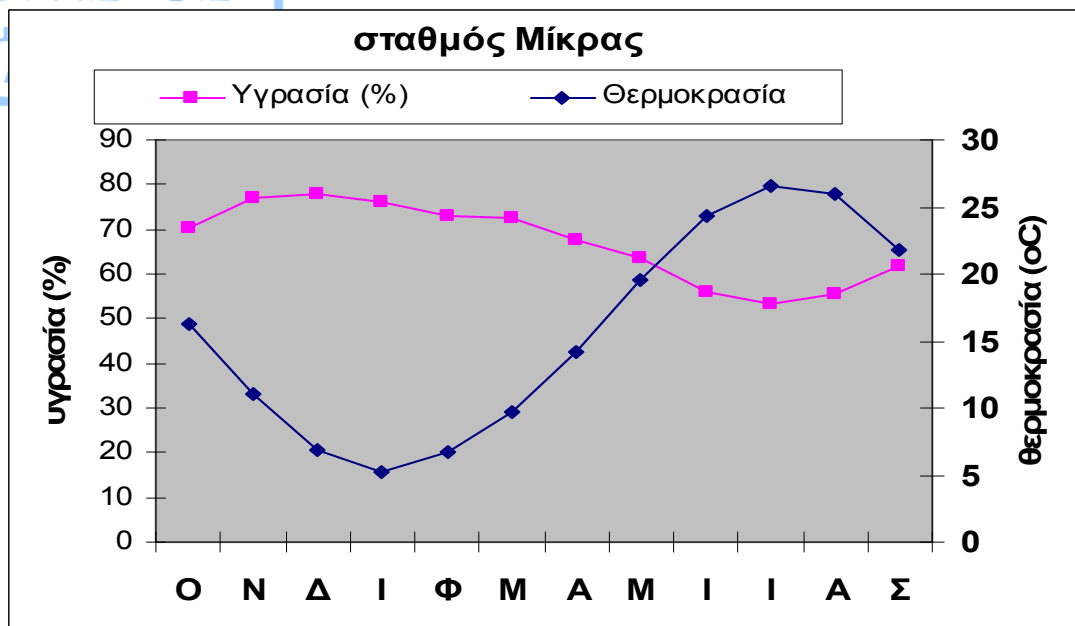
Σχήμα 3: Μηνιαία βροχόπτωση στο σταθμό Μίκρας (ΕΜΥ, 1959-1997).

Η μέση ετήσια θερμοκρασία ανέρχεται σε $15,7^{\circ}\text{C}$. Η απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία 42°C καταγράφηκε στις 7/7/1988 και η απόλυτη ελάχιστη -14°C καταγράφηκε στις 26/1/1963. Ο θερμότερος μήνας είναι ο Ιούλιος και ο ψυχρότερος ο Ιανουάριος (Σχήμα 4).

Ο ατμοσφαιρικός αέρας περιέχει πάντα κάποια ποσότητα υδατμών οι οποίοι αποτελούν την ατμοσφαιρική υγρασία. Αυτή επηρεάζει τον υδρολογικό κύκλο, γιατί αποτελεί την πηγή τροφοδοσίας όλων των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων. Η μέση ετήσια σχετική υγρασία είναι 67% και παραμένει σημαντική σε όλη την διάρκεια του χρόνου.

Η επικρατούσα διεύθυνση των ανέμων είναι βορειοδυτική εκτός από τον μήνα Αύγουστο που επικρατούν νότιοι άνεμοι. Οι πιο συχνοί άνεμοι της περιοχής είναι οι βορειοδυτικοί (συνολική συχνότητα 17.59%), ιδιαίτερα ασθενείς έως μέτριοι με ένταση 2-4 Beaufort (συχνότητα 13.62%). Νηνεμία επικρατεί στο 34.60% του χρόνου.

Υγρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος και ο μήνας με τη μικρότερη σχετική υγρασία είναι ο Ιούλιος.



Σχήμα 4: Μηνιαία υγρασία και θερμοκρασία στο σταθμό Μίκρας (ΕΜΥ, 1959-1997).

Γεωλογία-Γεωλογικές Συνθήκες

Η ευρύτερη περιοχή μελέτης από γεωλογική άποψη εντάσσεται στη γεωτεκτονική Ζώνη Αξιού (Ενότητα Παιονίας) αποτελούμενη από μεσοζωϊκά πετρώματα, κυρίως ασβεστόλιθους. Οι επιφανειακές εμφανίσεις των Μεσοζωικών πετρωμάτων στην περιοχή εντοπίζονται σε μεμονωμένους μικρούς λόφους μεταξύ των χωριών Σουρωτή, Ταγαράδες και Σχολάρι. Όλη η υπόλοιπη περιοχή, από τους πρόποδες του Χορτιάτη έως το ακρωτήριο μεγάλο Έμβολο και νοτιότερα προς Δ. Χαλκιδική και Θερμαϊκό κόλπο, καλύπτεται από νεότερα ιζήματα που αποτέθηκαν κατά το Νεογενές – Τεταρτογενές (μεταλπικοί σχηματισμοί). Στην περιοχή του Δήμου Θερμαϊκού συναντώνται οι εξής σχηματισμοί διαδοχικά από πάνω προς τα κάτω:

- Αλλουβιακές Αποθέσεις
- Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά
- Σειρά Ερυθρών Αργίλων

➤ **Αλλουβιακές Αποθέσεις**

Καλύπτουν την παραλιακή λωρίδα της περιοχής και αποτελούνται από αργίλους, αργιλοίλεις, άμμους, χαλίκια, αμμοχάλικα και κροκάλες. Τα χονδρόκοκκα μέλη έχουν συνήθως μορφή αποσφηνούμενων στρωμάτων και φακών με παρεμβολή λεπτόκοκκων μελών. Προέρχονται από τη μεταφορά και απόθεση των υλικών διάβρωσης των νεογενών αποθέσεων της λοφώδους ζώνης. Το πάχος των προσχώσεων κυμαίνεται από λίγα μέτρα στο νότιο τομέα της πεδινής ζώνης έως λίγες 10άδες μέτρα στην παραθαλάσσια ζώνη.

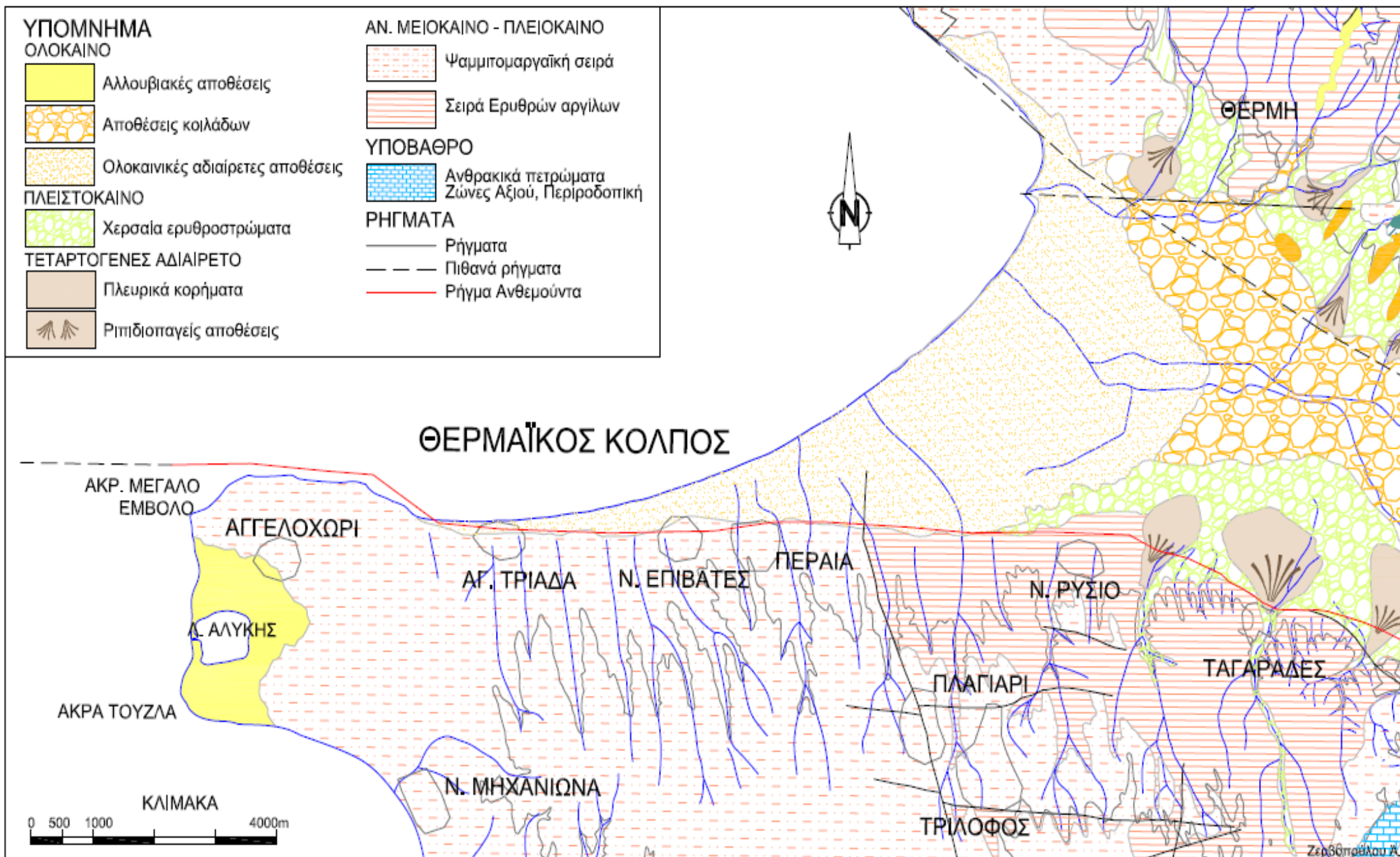
➤ **Ψαμμιτομαργαϊκή Σειρά**

Η σειρά αυτή χρονολογείται στο Πλειόκαινο και αποτελείται από εναλλαγές αργίλων, μαργών, ψαμμιτών, άμμων και χαλικιών χρώματος ανοιχτού καστανού έως καστανοπράσινου. Τα στρώματα της ψαμμιτομαργαϊκής σειράς είναι οριζόντια έως ελαφρώς κεκλιμένα προς τα Νότια έως Νοτιοδυτικά και επίσκινεται με συμφωνία στη σειρά των ερυθροπηλών.

Η επιφανειακή εξάπλωση τους είναι πολύ μεγάλη. Εμφανίζονται σε μια μεγάλη ενιαία έκταση νότια-νοτιοδυτικά της νοητής γραμμής Περαίας-Καρδίας-Λακκώματος-Πετραλώνων-Σωζόπολης, μέχρι την ακτογραμμή της θάλασσας του Θερμαϊκού και του κόλπου Θεσσαλονίκης και προεκτείνονται κάτω από τα πρόσφατα θαλάσσια ιζήματα, αποτελώντας συνέχεια των αντίστοιχων ιζηματογενών πετρωμάτων της λεκάνης του Αξιού. Το πάχος της ψαμμιτομαργαϊκής σειράς είναι μικρό κοντά στη γραμμή επαφής με τη σειρά των ερυθροπηλών λόγω διαβρώσεως, ενώ καθώς απομακρυνόμαστε από αυτήν αυξάνει.

➤ **Σειρά Ερυθρών Αργίλων**

Η σειρά αυτή εμφανίζεται ανατολικά στην περιοχή του Πλαγιαρίου, συνέπεια της δράσης ρήγματος με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ. Αποτελείται από μικρής συνοχής στρώματα πηλών, αργίλων και αργιλικών ψαμμιτών, χρώματος καστανέρυθρου έως κεραμιδί. Πρόκειται για χερσαίας, ποτάμιας, χειμαρρώδους έως αβαθούς λιμναίας προέλευσης ιζήματα. Τα στρώματα της σειράς είναι οριζόντια έως ελαφρώς κεκλιμένα ομόρροπα προς την γενική κλίση της εδαφικής επιφάνειας. (Κουμαντάκης 2006, Παυλίδης 2007)

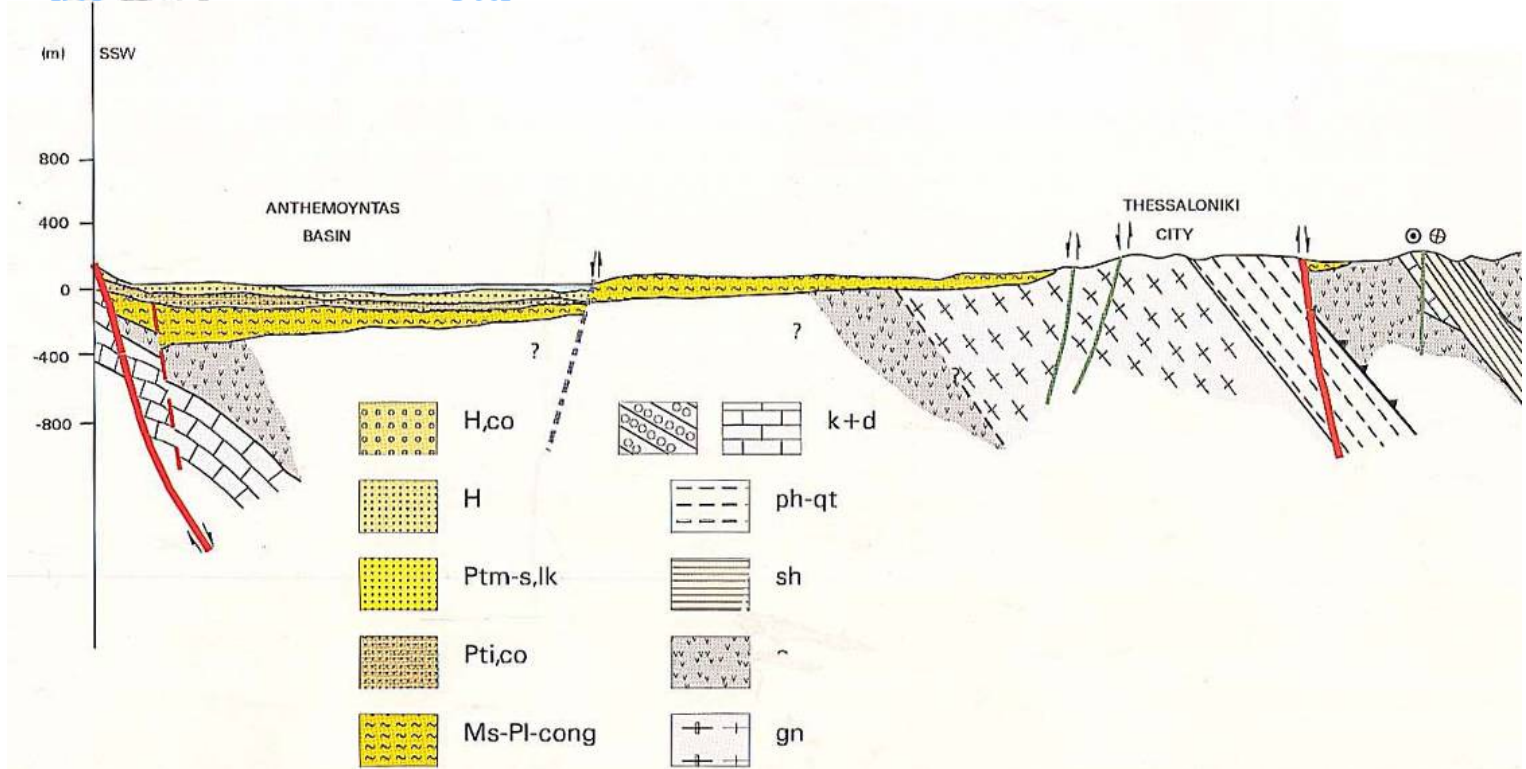


Χάρτης 2: Γεωλογικός – τεκτονικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής μελέτης. Διακρίνεται επίσης και το υδρογραφικό δίκτυο (Από Παυλίδη, 2007).

Τεκτονική κατάσταση της περιοχής

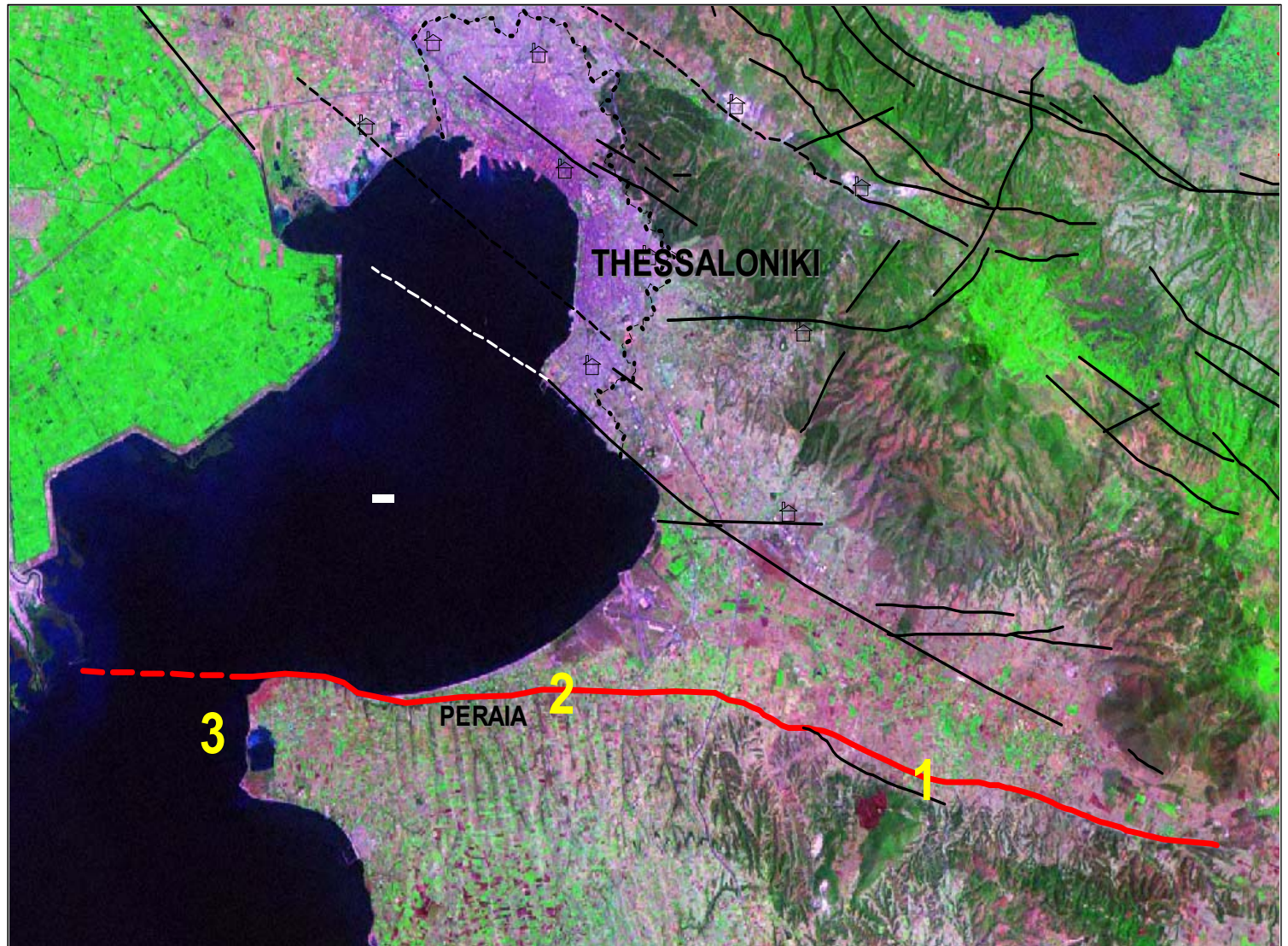
Τα ρήγματα που εμφανίζονται στην ευρύτερη περιοχή της Περαίας βρίσκονται νοτιότερα αυτής με διευθύνσεις Α-Δ, περιοχή Πλαγιαρίου και Τριλόφου αλλά και Β-Ν (χάρτης ΙΓΜΕ, φύλλο Επανομής). Τα ρήγματα αυτά εντοπίζονται στα όρια της ψαμμιτομαργαϊκής σειράς και των ερυθρών αργίλων Πλειοκαινικής ηλικίας. Το κυριότερο ρήγμα όμως αποτελεί αυτό του Ανθεμούντα με διεύθυνση Α-Δ και μήκος που εκτείνεται τμηματικά από τον Γαλαρινό μέχρι και τον οικισμό του Αγγελοχωρίου (Ζερβοπούλου και Παυλίδης, 2005/Μουντράκης et al., 1996/Kockel et al., 1977). Βρίσκεται στο όριο της ψαμμιτομαργαϊκής σειράς και των πρόσφατων παράκτιων αποθέσεων, στην περιοχή του Δήμου Θερμαϊκού και στο νότιο μορφολογικό όριο της λεκάνης του Ανθεμούντα στην ευρύτερη περιοχή Βασιλικών.

Το ρήγμα που παρουσιάστηκε στην Περαία αποτελεί τμήμα του μεγαλύτερου ενεργού ρήγματος, γνωστού ως ρήγμα του Ανθεμούντα (Goldsworthy et al., 2002/Τρανός et al., 2003). Το ρήγμα εκτείνεται από την θαλάσσια περιοχή βόρεια του Αγγελοχωρίου με γενική διεύθυνση Α-Δ μέχρι και μετά τον Γαλαρινό με συνολικό μήκος 32 Km περίπου. Αποτελεί κανονικό ρήγμα με μετάπτωση προς Βορρά. Χωρίζεται σε τρία κύρια τμήματα (segments) με βάση κυρίως την παράταξή τους και τη μορφοτεκτονική τους, αλλά και την υποθετική επέκταση του ρήγματος προς την θαλάσσια περιοχή του Θερμαϊκού Κόλπου. Το πρώτο τμήμα (1) εμφανίζεται από τον Γαλαρινό μέχρι δυτικά του Ν. Ρυσίου με διεύθυνση $B110^0$ και μήκος 17 Km περίπου, το δεύτερο (2) εκτείνεται από το Ν. Ρύσιο μέχρι το Ακρωτήριο Μεγάλο Έμβολο (Αγγελοχώρι) με διεύθυνση $B90^0$ και μήκος 15 Km. Το τρίτο τμήμα (3) είναι υποθετικό και αποτελεί την πιθανή προέκταση του ρήγματος μέσα στον θαλάσσιο χώρο με διεύθυνση $B90^0$. Η μέση κλίση του ρήγματος είναι 87^0 περίπου κοντά στην επιφάνεια ενώ σε βάθος μεγαλύτερο των 8 Km αρχίζει και ελαττώνεται για να φτάσει μέχρι τις 50^0 στα 20 Km από την επιφάνεια.



Εικόνα 1: Γεωλογική τομή NNE – BBA της ευρύτερης λεκάνης του Ανθεμούντα (Μουντράκης et al., 1996). Η περιοχή της Περαιάς βρίσκεται στο αριστερό άκρο της τομής.

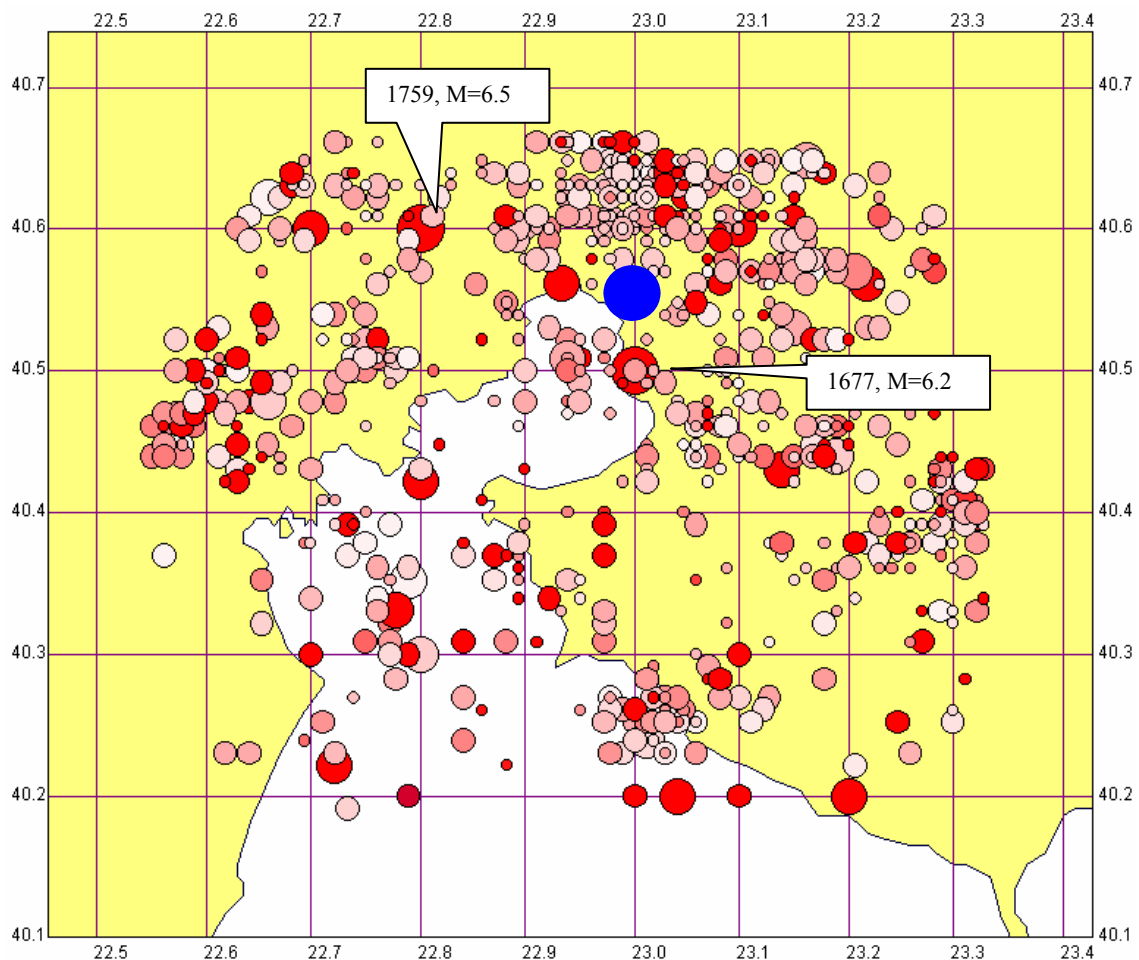
Το ρήγμα του Ανθεμούντα αναγνωρίζεται από δορυφορικές εικόνες, ενώ εμφανίζει έντονο μορφοαναγλύφο. Χαρακτηρίζεται ως ενεργό ρήγμα λόγω αρχικά του προσανατολισμού του (Α-Δ) στο σύγχρονο πεδίο των τάσεων (Β-Ν), του έντονου μορφοαναγλύφου με τεκτονικές αναβαθμίδες κατά μήκος του, της ασύμμετρης ανάπτυξης του υδρογραφικού δικτύου του ποταμού Ανθεμούντα, την ηλικία των γεωλογικών σχηματισμών που επηρεάζει. Επίσης η ευρύτερη περιοχή της κοιλάδας του Ανθεμούντα, στη διαμόρφωση της οποίας συντελεί το ρήγμα, συνδέεται και με ιστορικούς σεισμούς (Βασιλικά 1677, $M=6.2$ και καταστροφικός σεισμός στην περιοχή της Θεσσαλονίκης του 1759). Το ρήγμα συνδέεται επίσης και με μικροσεισμικότητα, η οποία επιβεβαιώνει τον ενεργό χαρακτήρα του (Paradisopoulou et al., 2004/2006). (Παυλίδης, 2007)



Εικόνα 2: Δορυφορική εικόνα όπου φαίνεται το ίχνος του ρήγματος με κόκκινο και τα επιμέρους τμήματά του (Από Παυλίδη, 2007).

Σεισμικότητα της περιοχής

Σεισμοί όλων των μεγεθών έχουν αναφερθεί ή έχουν καταγραφεί στην περιοχή. Στο παρακάτω σχήμα απεικονίζεται ένας χάρτης της ευρύτερης περιοχής με τα επίκεντρα των σεισμών (με μέγεθος $M > 1.5$, ανεξαρτήτως πληρότητας) που έλαβαν χώρα στο χρονικό διάστημα 1677-2005 και σε ακτίνα 35 km γύρω από την Περαιά.



Σχήμα 5: Τα επίκεντρα όλων των σεισμών με μέγεθος $M > 1.5$ που συνέβησαν στην περιοχή.

Στο Σχήμα 5 φαίνεται και η θέση (επίκεντρα) των 2 μεγαλύτερων σεισμών που έγιναν σε απόσταση μέχρι και 35 Km γύρω από την Περαία. Οι δύο αυτοί σεισμοί συνέβησαν, ο μεν πρώτος το 1677 με μέγεθος περίπου $M=6.2$ και ο δεύτερος το 1759 με μέγεθος που εκτιμάται $M=6.5$. Ο σεισμός του 1677 απέχει 10 Km περίπου από την Περαία, ενώ ο σεισμός του 1759 απέχει 25 περίπου Km από αυτήν (σε ευθεία απόσταση), δηλαδή και οι δύο σεισμοί βρίσκονται σε κοντινές αποστάσεις από την Περαία. Ο σεισμός του 1677 έγινε αισθητός με ένταση VIII (8) στα Βασιλικά τα οποία και κατάστρεψε (Παπαζάχος and Παπαζάχου, 2002), ενώ ο σεισμός του 1759 έγινε αισθητός με ένταση IX (9) στη Θεσσαλονίκη. Ο σεισμός αυτός σύμφωνα με ιστορικές περιγραφές προκάλεσε πολλές καταστροφές, ενώ υπήρξαν και πολλά ανθρώπινα θύματα. Την σεισμική καταστροφή ακολούθησε η πυρκαγιά, ενώ πολλοί κάτοικοι εγκατέλειψαν την πόλη της Θεσσαλονίκης (Παπαζάχος και Παπαζάχου, 2002). Σύμφωνα με τους ίδιους συγγραφείς οι τεχνικές κατασκευές στη Ελλάδα υφίστανται βλάβες όταν η ένταση του σεισμού υπερβαίνει τους VI (6) βαθμούς της 12θμιας κλίμακας της έντασης. Συμπεραίνουμε ότι η περιοχή έχει χαμηλή σεισμικότητα αλλά ο σεισμικός κίνδυνος είναι μεγάλος, γιατί εκδηλώνονται καταστροφικοί σεισμοί στην ευρύτερη περιοχή, που απέχουν όμως χρονικά μεταξύ τους. Ένας επιπλέον επιβαρυντικός παράγοντας είναι η ανάπτυξη των πόλεων κατά τα τελευταία χρόνια οριζόντια σε χαλαρότερα εδάφη και καθ' ύψος που τις κάνει περισσότερο ευάλωτες και αυξάνει την σεισμική επικινδυνότητα όταν δεν λαμβάνονται όλα εκείνα τα μέτρα αντισεισμικής προστασίας και θωράκισης τους. (Παυλίδης, 2007)

Η ευρύτερη υδρολογική λεκάνη του Δήμου Θερμαϊκού αποτελείται από υπολεκάνες χειμάρρων και ρεμάτων. Αυτοί κυμαίνονται από 1ης τάξης κατά Strahler στην περιοχή του Αγγελοχωρίου μέχρι και 4ης τάξης στο Ν. Ρύσιο. Το υδρογραφικό δίκτυο κρίνεται δένδριτικής μορφής, μέτρια ανεπτυγμένο. Οι υδρολογικές λεκάνες των χειμάρρων αυτών εμφανίζουν κυρίως παράλληλη διάταξη και επιμήκη μορφή με ανάπτυξη από νότια προς βόρεια, οι οποίες τελικά «σβήνουν» στο ρήγμα της Περαίας όταν συναντάνε τα χαλαρά πλευρικά κορήματα του ρήγματος και τις παράκτιες αποθέσεις του Θερμαϊκού Κόλπου (Εικόνα 2). Οι κλίσεις των πρानών των ρεμάτων κυμαίνονται από 10^0 έως και περισσότερο από 55^0 δημιουργώντας κατακόρυφα πρανή με ύψη έως και 5 m. Στον οικισμό της Άνω Περαίας εμφανίζονται σήμερα τρεις υδρολογικές λεκάνες με δύο ρέματα 2ης τάξης και ένα 3ης τάξης από τις οποίες μόνο το μεγαλύτερο παροχετεύεται με τεχνικά έργα στην Κάτω Περαία και καταλήγει στην θάλασσα. Υδρογεωλογικό ενδιαφέρον στην περιοχή της Περαίας παρουσιάζει η ψαμμιτομαργαϊκή σειρά που εμφανίζεται στην Άνω Περαία κυρίως και αποτελείται από εναλλαγές άμμων, μαργών και ψαμμιτών σε στρώσεις αλλά και φακούς. Από τις εναλλαγές αυτές οι άμμοι εμφανίζουν σχετικά αυξημένη ($K \sim 10^{-4}$ m/sec) διαπερατότητα. Επίσης υψηλή διαπερατότητα παρατηρείται και στις παράκτιες αποθέσεις με επικράτηση των άμμων αλλά και στα τεταρτογενή ιζήματα που καλύπτουν την ψαμμιτομαργαϊκή σειρά ($K = 10^{-5}$ έως και 10^{-2} m/sec "Υδρογεωτεχνική και Μελέτη Γεωλογικής Καταλληλότητας για την ίδρυση των Ν. Κοιμητηρίων Δ.Δ. Περαίας"). Τους υδροφορείς αυτούς εκμεταλλεύεται ο Δ. Θερμαϊκού για την ύδρευση της περιοχής.

Εκτός από το έντονο μορφοανάγλυφο της περιοχής που κατά μήκος του ρήγματος σχηματίζει απότομα πρανή, λόγω της δόμησης στο μεγαλύτερο μέρος τους, αυτά έχουν εξομαλυνθεί με τεχνητές επιχώσεις. Άλλοι δύο μορφοτεκτονικοί δείκτες που παρουσιάζουν ενδιαφέρον (Ζερβοπούλου και Παυλίδης, 2005), είναι τα «σημεία κάμψης ρέματος» και η «δαντέλωση» στους πρόποδες βουνών, οι οποίοι συνηγορούν για την ενεργότητα του ρήγματος του Ανθεμούντα και ειδικότερα για το τμήμα της Περαίας.

Στην περιοχή του Δήμου Θερμαϊκού αναπτύσσονται δύο τύποι υδροφόρων οριζόντων που ελέγχονται και εξαρτώνται από τις γεωλογικές συνθήκες της πεδινής παραθαλάσσιας ζώνης και της λοφώδους έκτασης :

- Αλλουβιακός υδροφορέας
- Υπό πίεση υδροφόρος ορίζοντας

➤ **Αλλουβιακός υδροφορέας**

Στα αδρομερή μέλη των αλλουβιακών αποθέσεων αναπτύσσεται υπόγεια υδροφορία. Επιπλέον μεταξύ τους παρεμβάλλονται υδροστεγανά ή μικρής περατότητας υλικά. Η δομή αυτή, η οποία είναι άτακτη και τυχαία, οδηγεί στην δημιουργία τόσο ελεύθερων φρεάτιων υδροφόρων οριζόντων όσο και υποπίεση υδροφόρων κατά θέσεις. Η τροφοδοσία αυτών των υδροφόρων στρωμάτων πραγματοποιείται από κατεισδύσεις της βροχής και διηθήσεις των χειμάρρων. Στην επανατροφοδότηση των υδροφόρων στρωμάτων συμμετέχουν οι διηθήσεις των βόθρων και οι διαρροές του δικτύου ύδρευσης. Αυτό το υδατικό δυναμικό αξιοποιείται από μικρό αριθμό πηγαδιών, τα οποία παλαιότερα χρησιμοποιούνταν για αρδεύσεις, ενώ σήμερα τα περισσότερα έχουν εγκαταλειφθεί.

➤ **Υπό πίεση υδροφόρος ορίζοντας**

Σε όλη την έκταση εμφάνισης της ψαμμιτομαργαϊκής σειράς τόσο στην χέρσο όσο και υποθαλάσσια αναπτύσσονται επάλληλοι υπό πίεση υδροφόροι ορίζοντες. Η τροφοδοσία της ενιαίας υδρογεωλογικής ψαμμιτομαργαϊκής ενότητας γίνεται με κατεισδύσεις της βροχής και διηθήσεις των χειμάρρων και η επανατροφοδοσία των υδροφόρων στρωμάτων της γίνεται από το επιφανειακό χερσαίο ανάπτυγμα της.

Χαρακτηριστικό της υπόγειας υδροφορίας στην ψαμμιτομαργαϊκή σειρά είναι ότι δεν είναι συνεχής και ομοιόμορφη που σημαίνει ότι δεν συναντάτε σε εκμεταλλεύσιμη ποσότητα σε οποιαδήποτε θέση αν διανοιχθεί γεώτρηση. Έχουν χαρακτηριστεί 30 γεωτρήσεις αποτυχούσες που είχαν διατρήσει αυτή την σειρά κατά τη περίοδο 1949-1976.

Στην περιοχή του Δήμου Θερμαϊκού λειτουργούν 22 δημοτικές υδρογεωτρήσεις. Οι γεωτρήσεις Γ1 και Γ3 σταμάτησαν να λειτουργούν από το Σεπτέμβριο και τον Ιούλιο του 2006 αντίστοιχα. Από τον Δήμο κατασκευάστηκαν το καλοκαίρι του 2006 δύο νέες υδρογεωτρήσεις για αντικατάσταση των Γ1 και Γ3, με τις τελευταίες να μετατρέπονται σε γεωτρήσεις συνεχούς μέτρησης (πιεζόμετρα). Οι καινούριες γεωτρήσεις είναι η Γ21 στο αγροτεμάχιο 1053 και η Γ22 στο αγροτεμάχιο 707 του Δ.Δ. Περαιάς. Και οι δύο απέδωσαν σημαντική εκμεταλλεύσιμη παροχή ($50 \text{ m}^3/\text{h}$), πλην όμως το νερό της Γ22 μετά από πολύωρη δοκιμαστική άντληση παρουσιάζει υψηλή συγκέντρωση νιτρικών ιόντων που το καθιστά ακατάλληλο για πόση. Από τις ήδη υπάρχουσες γεωτρήσεις η Γ8 παρουσίασε υψηλή συγκέντρωση νιτρικών, λόγω απόρριψης βοθρολυμμάτων ανάντη, που σταμάτησε το 1996 και η Γ8Α λειτουργεί περιστασιακά λόγω υψηλού ποσοστού άμμου.

Παράλληλα λειτουργούν και ιδιωτικές γεωτρήσεις αγνώστου αριθμού, άγνωστης παροχής και λοιπών στοιχείων (βάθους, χρόνου κατασκευής κτλ).

Στον πίνακα 2 δίνονται συνοπτικά τα στοιχεία σχετικά με τα τεχνικά χαρακτηριστικά των γεωτρήσεων. Πρόκειται για βαθιές (120 έως 415 μέτρα), μεγάλης διαμέτρου (8''-10'') υδρογεωτρήσεις που έχουν διατρήσει και αξιοποιούν τους επάλληλους υπό πίεση υδροφόρους ορίζοντες της ανοιχτόχρωμης ψαμμιτομαργαϊκής σειράς. Τα σημεία αναρρόφησης των αντλητικών συγκροτημάτων όλων των γεωτρήσεων βρίσκονται υψομετρικά δεκάδες μέτρα κάτω από το επίπεδο της επιφάνειας της θάλασσας. Στην πεδινή παραθαλάσσια ζώνη της Περαιάς βρίσκονται οι γεωτρήσεις Γ1, Γ2 και Γ3 ενώ οι υπόλοιπες στην εσωτερική λοφώδη ζώνη σε διάφορες αποστάσεις από τη θάλασσα και σε διάφορα υψόμετρα (Οι αναλυτικές τομές παραθέτονται στο παράρτημα).

Πίνακας 2: Τεχνικά χαρακτηριστικά των υδρευτικών γεωτρήσεων του Δήμου Θερμαϊκού (Από Κουμαντάκη, 2006 με τροποποιήσεις).

Κωδικός	Υψόμετρο εδάφους (m)	Βάθος (m)	Παροχή εκμετ/σης (m ³ /h)	Βάθος αντλίας (m)	Δυνατότητα μέτρησης στάθμης	Έτος κατασκευής
Γ1-Πλάτανος	14	204	50	86	ναι	1996
Γ2-Βονοφάκου	4	158,5	60	24	ναι	1978
Γ3-Goodys	16	246	45	60	ναι	1998
Γ4-Γάτσου	36	204	45	98	ναι	1995
Γ5-Ρέμα Περαιάς Γιαμπαζολιά	29	149,13	55	116	ναι	1982
Γ6-Μήλιου	38	228	50	126	ναι	1996
Γ7-Μάνα Νερού	104	300	50	148	ναι	1998
Γ8-Καλαμπόκη	72	282	50	160	ναι	Δεν αναφέρεται
Γ9-Ζαγόρι Τούμπας	113	193,5	60	160	όχι	1993
Γ10-Αμπέλι Αιμιλίου	74	168	60	93	όχι	Δεν αναφέρεται
Γ11-Νέα γεώτρηση Ν.Επιβατών (μνήματα)	36	160	50	90	ναι	1986
Γ12-Παλαιά Σφαγεία	19	160	55	80	όχι	Δεν αναφέρεται
Γ13-Νησάκι	12,5	136	45	65	ναι	Δεν αναφέρεται
Γ14-Καλιθέα	38	143,6	35	60	όχι	1982
Γ15-Βούζια	56	120	50	80	ναι	Δεν αναφέρεται
Γ16-Τούμπα	96	200	30	130	ναι	Δεν αναφέρεται
Γ17-Βίλα Κίζα	13	160	55	80	ναι	Δεν αναφέρεται
Γ18-Αμπελότοποι	28	225	50	78	ναι	2000
Γ19-Όρια με Δήμο Μηχανιώνας	39	288	50	160	όχι	2000
Γ20-Αγροτεμάχιο 824 Δ.Δ Περαιάς	124	372	50	160	ναι	Δεν αναφέρεται
Γ21-Αγροτεμάχιο 1053	84	375	50	200	ναι	2006
Γ22-Αγροτεμάχιο 707 Δ.Δ. Περαιάς	142	415	50	220	ναι	2006

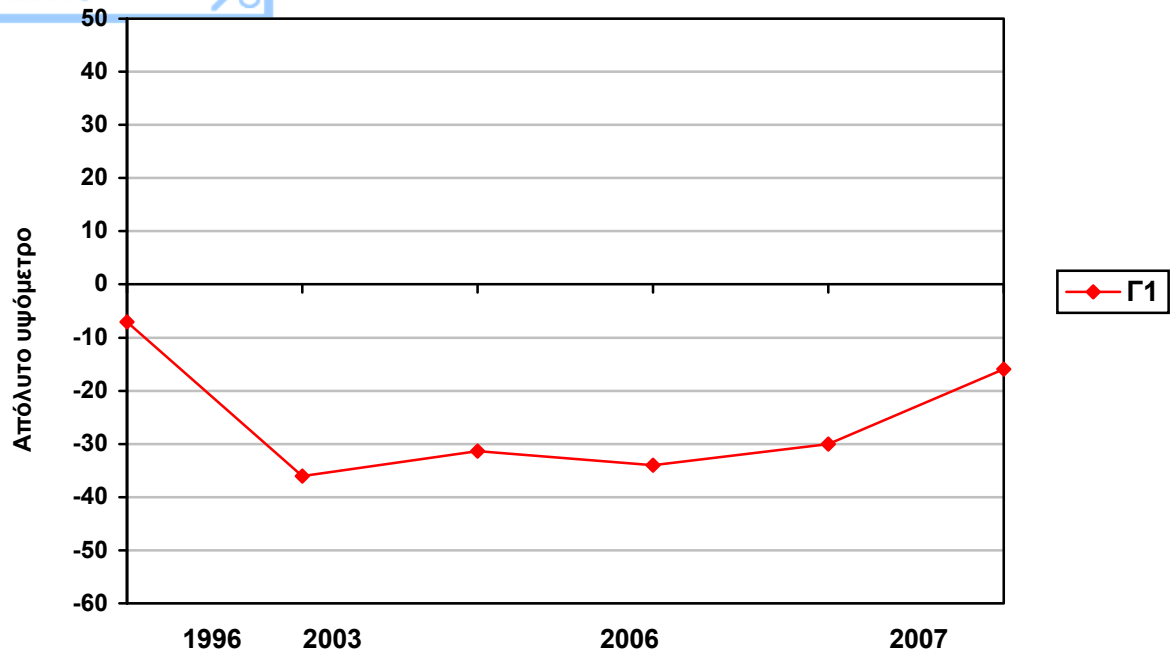
Εκτός από τις 22 υδρευτικές δημοτικές γεωτρήσεις ο Δήμος διαθέτει έξι ακόμη γεωτρήσεις, τρεις από τις οποίες είναι ανενεργές σήμερα και άλλες τρεις που αξιοποιούνται για αρδεύσεις. Στον πίνακα που ακολουθεί παραθέτονται τα στοιχεία αυτών (Πίνακας 3).

Πίνακας 3: Στοιχεία απογραφής αρδευτικών και ανενεργών γεωτρήσεων του Δήμου Θερμαϊκού (Από Κουμαντάκη, 2006).

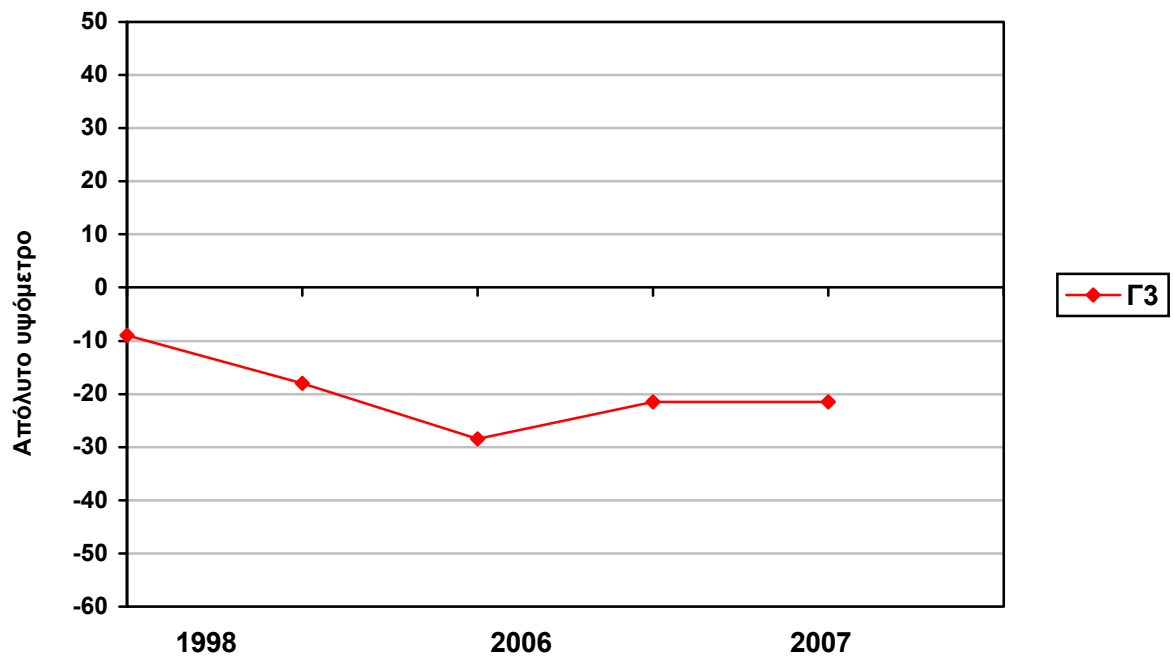
Κωδικός	Ονομασία-Περιοχή	Βάθος (m)	Παροχή (m ³ /h)	Βάθος αντλίας (m)	Χρήση
Γ23	Περιοχή αεροδρομίου	132			ανενεργή
Γ24	Καραντίνα	155	18	60	αρδευτική
Γ25	Εκκλησία Ν. Επιβατών	168	35	100	αρδευτική
Γ26	Σφαγεία	200	50		ανενεργή
Γ27	Αγροτική Ν. Επιβατών	145	35	80	αρδευτική
Γ28	Αμπελότοποι	270	35	120	ανενεργή

Στους πίνακες 4,5 και 6 φαίνονται οι μεταβολές της στάθμης των υπόγειων νερών σε γεωτρήσεις της περιοχής του Δήμου. Τα συμπεράσματα που προκύπτουν με βάση τις υφιστάμενες μελέτες (Κουμαντάκης, 2006) είναι τα εξής:

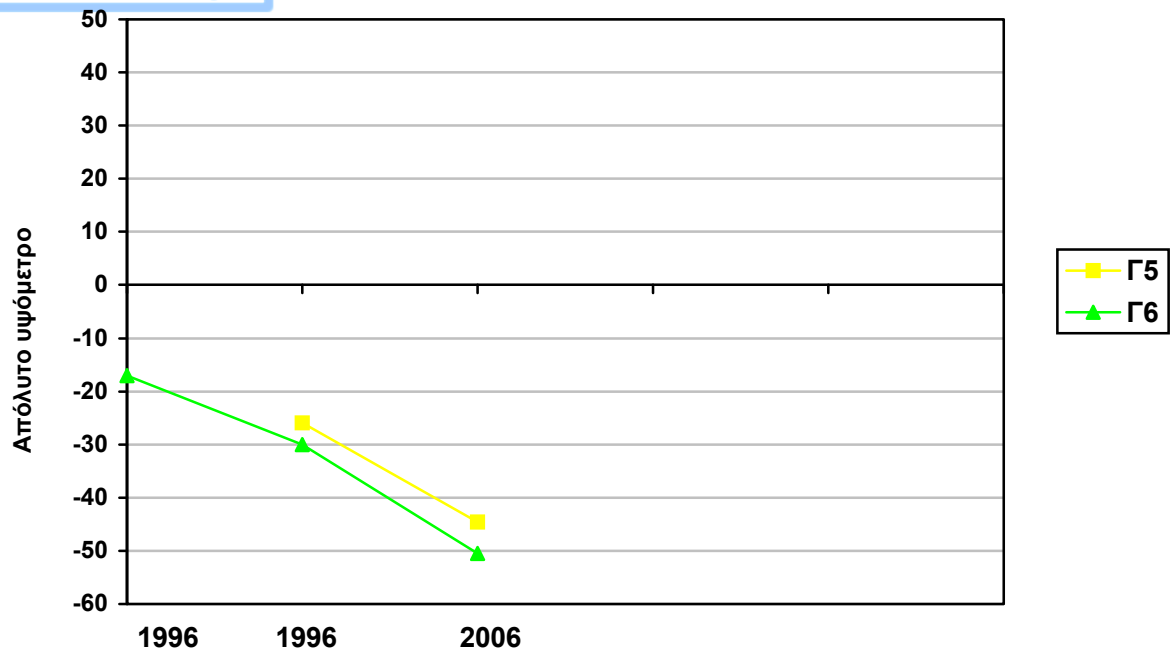
- Με την πάροδο του χρόνου οι πτώσεις της υδροστατικής στάθμης συνεχίζονται (Σχήματα 6-11).
- Σε υπερετήσια βάση η μέση τιμή πτώσης στάθμης κατά περιοχές κυμαίνεται από 0,38 έως 2,3 m ετησίως ανάλογα με την θέση. Οι περισσότερες από τις τιμές κυμαίνονται μεταξύ 1,5 και 2 m. Στον πίνακα που ακολουθεί παραθέτονται οι μεταβολές αυτές (Πίνακας 4).
- Στη γεώτρηση Γ3-Goodys, από τον Σεπτέμβριο του 1998 έως τον Σεπτέμβριο του 2006 παρατηρείται πτώση στάθμης 13,5 m, υπό συνθήκες ηρεμίας (1,69 m/year). Σημαντικό είναι ότι η μέτρηση του 1998 αντιστοιχεί στην περίοδο έναρξης λειτουργίας της γεώτρησης και του Σεπτεμβρίου 2006 πραγματοποιήθηκε ύστερα από 2μηνια διακοπή λειτουργία αυτής (Σχήμα 7).
- Η πτώση στάθμης του νερού στις υδρογεωτρήσεις Γ1 και Γ3 ενώ ήταν της τάξης των 24,40 και 19,45 m αντίστοιχα από το έτος κατασκευής τους και μέχρι τον Μάιο του 2006 μετά τη διακοπή της άντλησης δείχνουν ότι η στάθμη επανέρχεται και η διαφορά από το χρόνο κατασκευής τους μειώνεται περίπου στα 10 m. Μετά την παύση λειτουργίας τους φαίνεται ότι η στάθμη σ' αυτές επανήλθε στο μισό της στάθμης που μετρήθηκε μετά την κατασκευή των γεωτρήσεων. Παρατηρείται δηλαδή μία γρήγορη άνοδος της στάθμης του νερού σε σχέση με το χρόνο (Σχήμα 6 και 7).



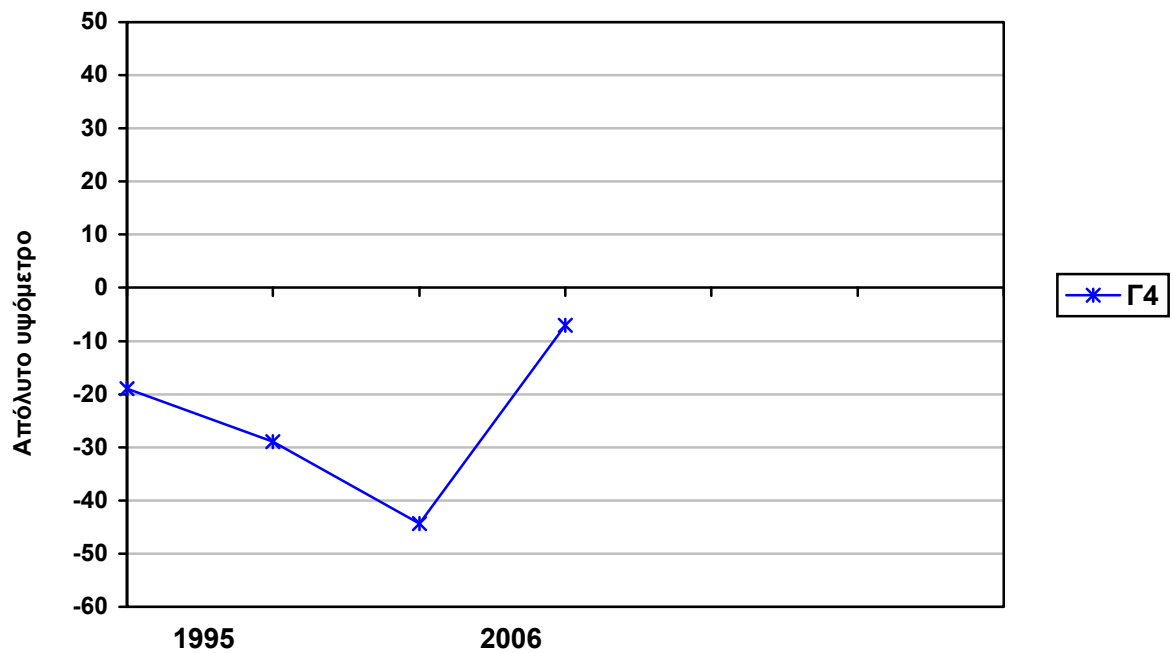
Σχήμα 6: Διακύμανση της στάθμης της υδρογεώτρησης Γ1 (εκτός λειτουργίας).



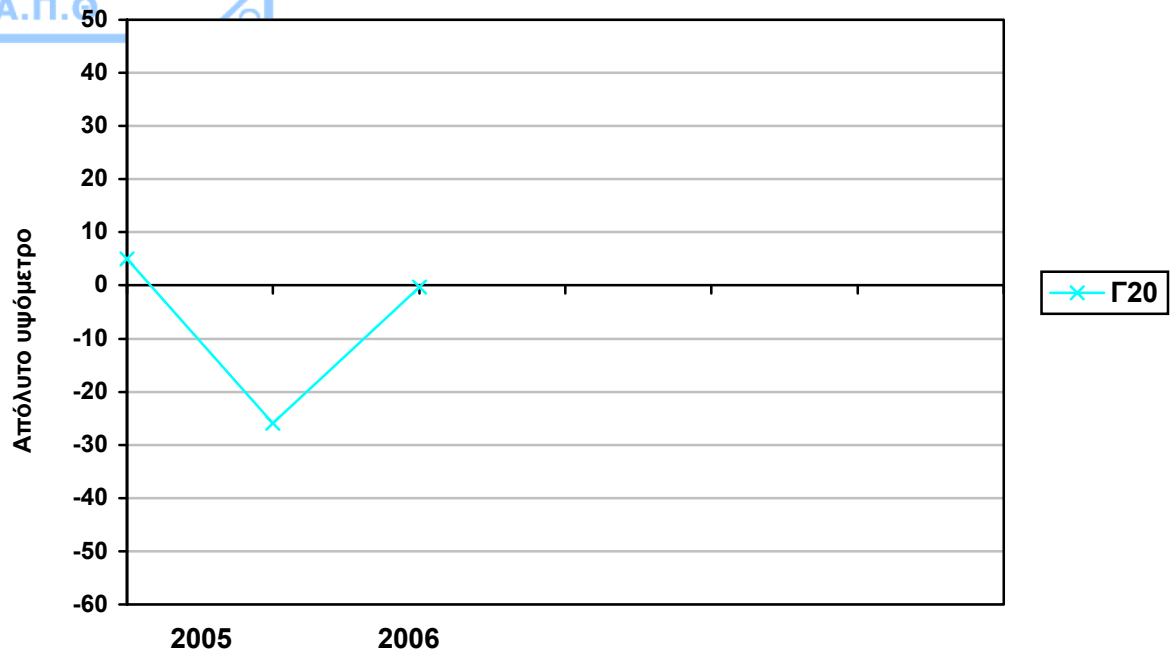
Σχήμα 7: Διακύμανση της στάθμης της υδρογεώτρησης Γ3 (εκτός λειτουργίας).



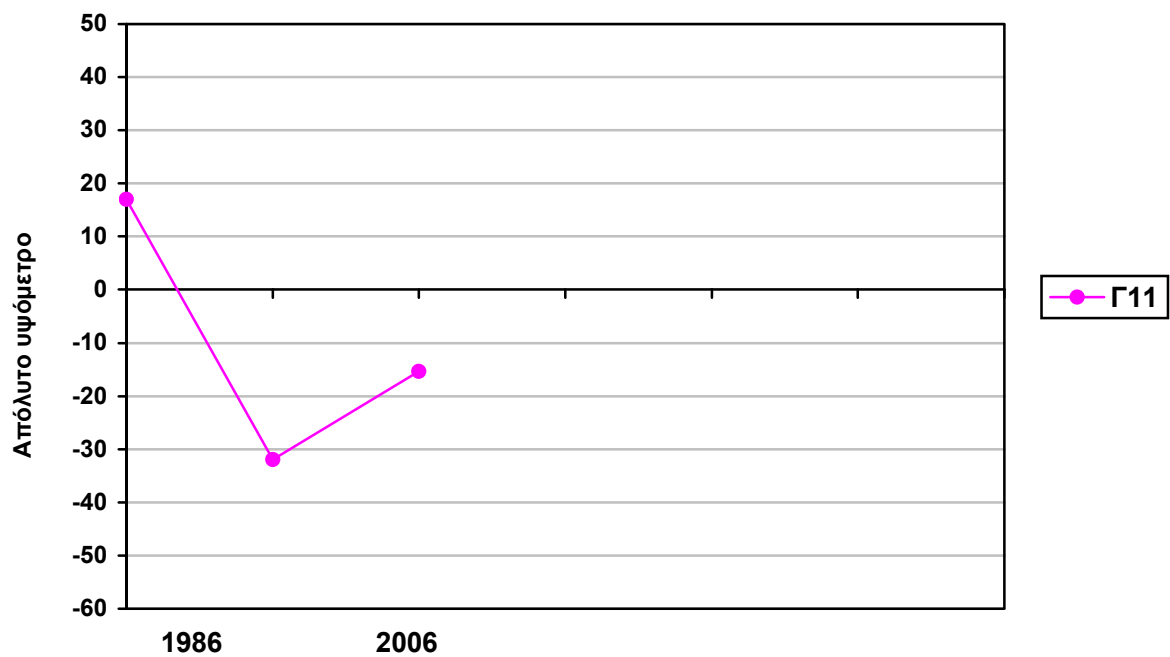
Σχήμα 8: Διακύμανση της στάθμης των υδρογεωτρήσεων Γ5, Γ6.



Σχήμα 9: Διακύμανση της στάθμης της υδρογεώτρησης Γ4.



Σχήμα 10: Διακύμανση της στάθμης της υδρογεώτρησης Γ20.



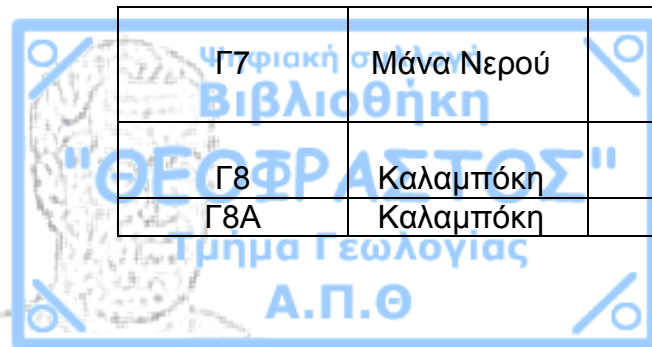
Σχήμα 11: Διακύμανση της στάθμης της υδρογεώτρησης Γ11.

Πίνακας 4: Διακύμανση της στάθμης των υπογείων νερών (Από Κουμαντάκη, 2006 με τροποποιήσεις).

Κωδικός-Θέση	Μεταβολή
Γ1-Πλάτανος	Ιούνιος 96-Οκτώβριος 96 πτώση στάθμης 22 m, υπό συνθήκες ηρεμίας. Κατά μέσο όρο 2,2 m/year.
Γ2-Βονοφάκου	Απρίλιος 78-Μάιος 06 πτώση στάθμης 10,6 m, υπό συνθήκες ηρεμίας. Κατά μέσο όρο 0,38 m/year.
Γ3-Goody's	Σεπτέμβριος 98-Σεπτέμβριος 06 πτώση στάθμης 13,5 m, υπό συνθήκες ηρεμίας. Κατά μέσο όρο 1,69 m/year.
	Σεπτέμβριος 98-Μάιος 06 πτώση στάθμης 10,45 m, υπό συνθήκες άντλησης.
Γ4-Γάτσου	Ιούνιος 95-Οκτώβριος 06 Πτώση στάθμης 25,4 m, υπό συνθήκες ηρεμίας. Μέση ετήσια πτώση στάθμης 2,3 m.
Γ5-Ρέμα Περαιάς	Αύγουστος 80-Ιούνιος 96 πτώση στάθμης 28 m, υπό συνθήκες ηρεμίας.
	1980-Μάιος 06 πτώση στάθμης 22,6 m, υπό συνθήκες άντλησης.
Γ6-Μήλιου	Ιούνιος 96-Μάιος 06 πτώση στάθμης 20,45 m, υπό συνθήκες άντλησης. Μέση ετήσια πτώση στάθμης περίπου ίση με 2 m.
Γ7-Μάνα Νερού	Ιούνιος 98-Μάιος 06 πτώση στάθμης 13,5 m, υπό συνθήκες ηρεμίας. Μέση ετήσια πτώση στάθμης 1,69 m.
Γ8-Καλαμπόκη	1996-Μάιος 06 πτώση στάθμης 30,8 m, υπό συνθήκες ηρεμίας.
Γ11-Νέα γεώτρηση Νέων Επιβατών (Μνήματα)	Μάιος 86-Μάιος 06 πτώση στάθμης 32,4 m, υπό συνθήκες ηρεμίας.
Γ20-Αγροτεμάχιο 824 Δ.Δ. Περαιάς	Σεπτέμβριος 05-Μάιος 06 πτώση στάθμης 5,3 m, υπό συνθήκες ηρεμίας.

Πίνακας 5: Στάθμες των δημοτικών υδρογεωτρήσεων του Δ.Δ. Περαίας (Από Κουμαντάκη, 2006).

Κωδικός	Θέση	Βάθος γεώτρησης (m)	Ημερομηνία μέτρησης	Βάθος στάθμης (m)	Απόλυτο υψόμετρο (m)	Συνθήκες μέτρησης
Γ1	Πλάτανος	204	Ιούνιος 96	21	-7	ηρεμίας
			8/1/2003	50	-36	ηρεμίας
			6/5/2006	45,4	-31,4	ηρεμίας
			31/8/2006	48	-34	24ώρες ηρεμίας
			6/10/2006	43	-30	ηρεμίας
			19/1/2007	30	-16	Από Σεπτέμβρη κλειστή
Γ2	Βονοφάκου	200	Απρίλιος 78	1	3	ηρεμίας
			Απρίλιος 78	10	-6	άντλησης
			6/5/2006	11,6	-7,6	ηρεμίας
Γ3	Goodys	246	13/9/1998	25	-9	ηρεμίας
			13/9/1998	34	-18	άντλησης(1) Q=150 m ³ /h
			6/5/2006	44,45	-28,45	άντλησης
			30/9/2006	36,5	-21,5	2 μήνες εκτός λειτουργίας
			19/1/2007	38,5	-21,5	Από Ιούλιο κλειστή
Γ4	Γάτσου	204	Ιούνιος 95	55	-19	ηρεμίας
			Ιούνιος 95	65	-29	άντλησης(2) Q=70 m ³ /h
			6/5/2006	80,4	-44,4	ηρεμίας
			30/09/2006	43	-7	48ώρες εκτός λειτουργίας
Γ5	Ρέμα Περαίας-Γιαμπαζολιά	180	Αύγουστος 80	27	2	ηρεμίας
			1980	51	-22	άντλησης (3) Q=100 m ³ /h
			26/7/1996	55	-26	ηρεμίας
			6/5/2006	73,6	-44,6	άντλησης
Γ6	Μήλιου	228	Ιούνιος 96	55	-17	ηρεμίας
			Ιούνιος 96	68	-30	άντλησης
			6/5/2006	88,45	-50,5	άντλησης



Γ7	Μάνα Νερού	300	Ιούνιος 98	105	-1	ηρεμίας
			Ιούνιος 98	140	-36	άντλησης(4) Q=60 m ³ /h
			6/5/2006	118,5	-14,5	ηρεμίας
Γ8	Καλαμπόκη	282	1996	25	47	ηρεμίας
			6/5/2006	55,8	16,2	ηρεμίας
			6/5/2006	41	21	ηρεμίας
Γ8A	Καλαμπόκη					ηρεμίας

Πίνακας 6: Στάθμες των δημοτικών υδρογεωτρήσεων των Δ.Δ. Νέων Επιβατών και Αγίας Τριάδας (Από Κουμαντάκη, 2006).

Κωδικός	Θέση	Βάθος γεώτρησης (m)	Ημερομηνία μέτρησης	Βάθος στάθμης (m)	Απόλυτο υψόμετρο (m)	Συνθήκες μέτρησης
Γ11	Νέα γεώτρηση Ν.Επιβατών (Μνήματα)	160	Μάιος 86	19	17	ηρεμίας
			Μάιος 86	68	-32	άντλησης (5) Q=90 m ³ /h
			7/5/2006	51,4	-15,4	ηρεμίας
Γ13	Νησάκι	136	6/5/2006	41,9	-29,9	άντλησης
Γ15	Βούζια	120	7/5/2006	62,9	-6,9	ηρεμίας
Γ17	Βίλα Κίζα	160	6/5/2006	35	-22	άντλησης
Γ18	Αμπελότοποι	225	6/5/2006	43,8	-15,8	ηρεμίας
Γ20	Αγροτεμάχιο 824 Δ.Δ. Περαίας	372	Σεπτέμβριος 05	119	5	ηρεμίας
			Σεπτέμβριος 05	150	-26	άντλησης
			6/5/2008	124,3	-0,3	ηρεμίας
Γ21	Αγροτεμάχιο 1053	375	Οκτώβριος 06	77,5	6,5	ηρεμίας
Γ22	Αγροτεμάχιο 707 Δ.Δ. Περαίας	415	Αύγουστος 06	147	-5	ηρεμίας

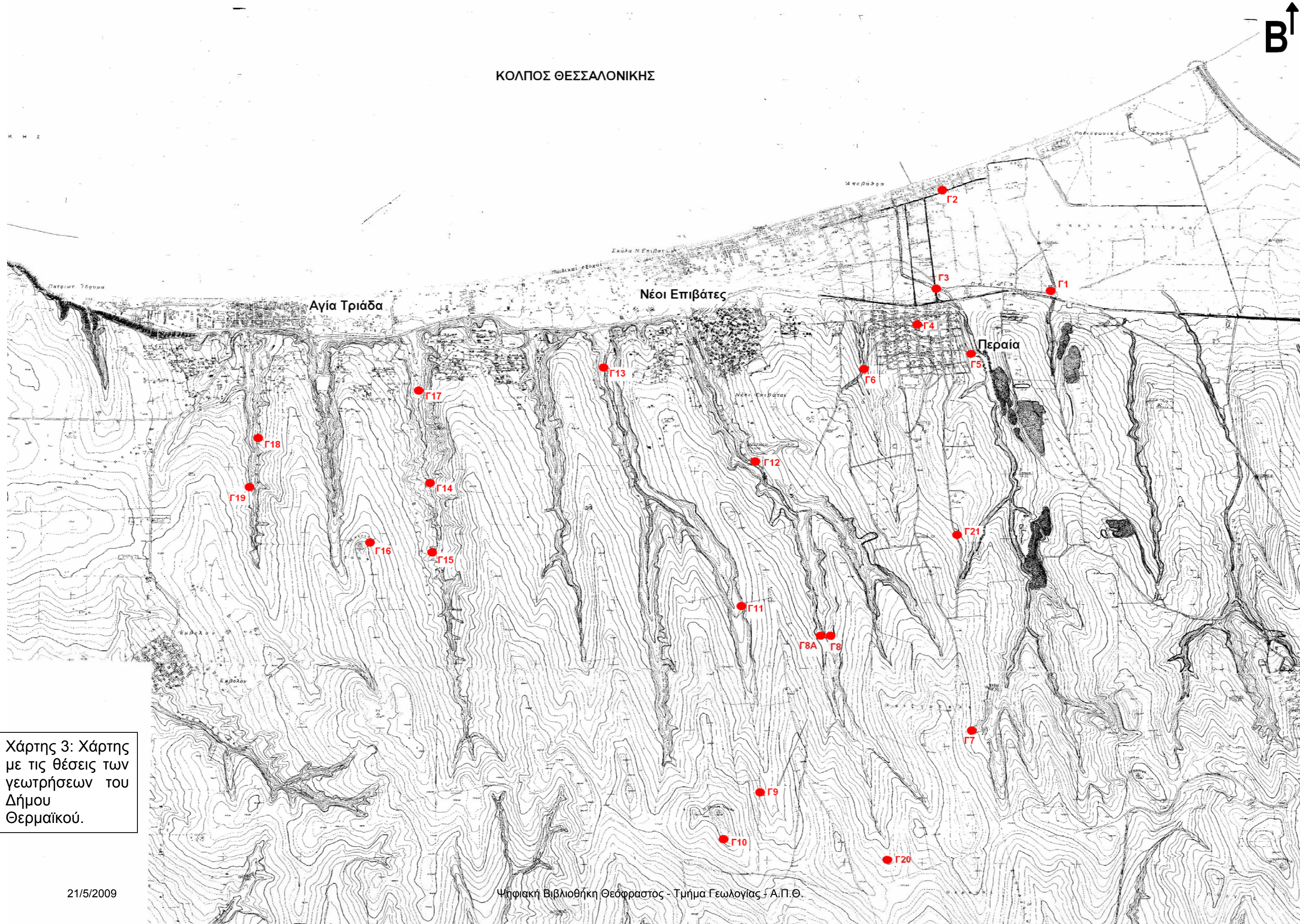
Συμπληρώσεις του Πίνακα 5:

- (1): Οι μετρήσεις στάθμης του 1998 αντιστοιχούν στην αρχική και τελική στάθμη άντλησης κατά την δοκιμαστική άντληση με παροχή $150 \text{ m}^3/\text{h}$.
- (2): Οι μετρήσεις στάθμης του 1995 αντιστοιχούν στην αρχική και τελική στάθμη άντλησης κατά την δοκιμαστική άντληση με παροχή $70 \text{ m}^3/\text{h}$ διάρκειας 50 ωρών. Η μέτρηση στις 6/5/2006 είναι πιθανόν επηρεασμένη από προηγούμενη άντληση.
- (3): Οι μετρήσεις στάθμης του 1980 αντιστοιχούν στην αρχική και τελική στάθμη άντλησης κατά την δοκιμαστική άντληση με παροχή $100 \text{ m}^3/\text{h}$.
- (4): Οι μετρήσεις στάθμης του 1998 αντιστοιχούν στην αρχική και τελική στάθμη άντλησης κατά την δοκιμαστική άντληση με παροχή $60 \text{ m}^3/\text{h}$ διάρκειας 72 ωρών.
- (5): Οι μετρήσεις στάθμης του 1986 αντιστοιχούν στην αρχική και τελική στάθμη άντλησης κατά την δοκιμαστική άντληση με παροχή $90 \text{ m}^3/\text{h}$ άγνωστης διάρκειας. Η μέτρηση του 2006 πιθανόν να είναι επηρεασμένη από προηγούμενη άντληση.

B↑

ΚΟΛΠΟΣ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Κ Η Σ



Χάρτης 3: Χάρτης με τις θέσεις των γεωτρήσεων του Δήμου Θερμαϊκού.

Τα χαρακτηριστικά που καθορίζουν την ποιότητα του υπόγειου νερού είναι:

- Τα φυσικά χαρακτηριστικά (χρώμα, οσμή, θολότητα, θερμοκρασία T , ηλεκτρική αγωγιμότητα $E.C$ και ραδιενέργεια).
- Τα χημικά χαρακτηριστικά (ανόργανα συστατικά).
- Ειδικές παράμετροι (pH , δυναμικό οξειδοαναγωγής Eh , σύνολο διαλυμένων στερεών $T.D.S$, αλκαλικότητα-οξύτητα, δείκτης κορεσμού, σκληρότητα νερού, διαλυμένα αέρια, χημικά απαιτούμενο οξυγόνο $C.O.D$ και $B.O.D$, $T.O.D$, $D.O$).

Επίσης η ποιότητα του εξαρτάται τόσο από την αρχική του σύσταση ως βροχή, όσο και από τη λιθολογική σύσταση του υδροφορέα μέσα στον οποίο φιλοξενείται, αλλά και από τα πετρώματα μέσα στα οποία κινήθηκε.

Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκαν τα στοιχεία που μας παρείχε ο Δήμος Θερμαϊκού από τη λήψη 14 δειγμάτων. Τα αποτελέσματα, των χημικών αναλύσεων της περιόδου Ιανουαρίου 2008, υπόγειων νερών από υδρευτικές γεωτρήσεις του Δήμου Θερμαϊκού. Οι φυσικοχημικές παράμετροι που επικεντρώσαμε το ενδιαφέρον μας είναι οι παρακάτω:

▪ **pH:** Το φυσικό νερό ως διάλυμα είναι ουδέτερο όταν το $pH=7$. Όταν η τιμή του $pH>7$ χαρακτηρίζεται ως αλκαλικό και όταν η τιμή του $pH<7$ χαρακτηρίζεται ως όξινο. Από τον πίνακα 6 προκύπτει ότι όλα τα νερά είναι αλκαλικά έως ουδέτερα με διακύμανση του pH από 7,38 έως 8,73.

▪ **Ηλεκτρική αγωγιμότητα E.C:** Η τιμή του συντελεστή ηλεκτρικής αγωγιμότητας συνδέεται με το σύνολο των διαλυμένων ουσιών ($T.D.S$) στο νερό. Το ενδεικτικό επίπεδο της αγωγιμότητας στο πόσιμο νερό είναι 400 $\mu S/cm$. Στα υπόγεια νερά των υδροφόρων στρωμάτων η ηλεκτρική αγωγιμότητα χρονικά μεταβάλλεται στα ρηχά λίγο, στα βαθιά ελάχιστα έως καθόλου. Χωρικά μπορεί να μεταβάλλεται έως πολύ έντονα επηρεαζόμενη από την γεωλογική σύσταση και ιδίως την υφαλμύρωση. Αυξημένη αγωγιμότητα υποδηλώνει αυξημένες ποσότητες αλάτων στο νερό που ανάλογα με τη φύση και τη συγκέντρωση τους μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα υγείας. Από τις μετρήσεις η ηλεκτρική αγωγιμότητα κυμαίνεται από 588 έως

1433 $\mu\text{S/cm}$. Με το ενδεικτικό επίπεδο της αγωγιμότητας στο πόσιμο νερό να είναι 400 $\mu\text{S/cm}$, παρατηρούμε ότι η πλειοψηφία των γεωτρήσεων ξεπερνάει την τιμή αυτή. Συνεπώς θα μπορούσαμε να χαρακτηρίσουμε τα νερά υψηλής αλατότητας.

▪ **Ασβέστιο Ca-Μαγνήσιο Mg:** Η κύρια προέλευση του ασβεστίου είναι τα ανθρακικά ιζηματογενή πετρώματα και τα μάρμαρα. Επίσης μπορεί να προέρχονται από τους ασβεστονατριούχους αστρίους, τη γύψο, τους πυρόξενους και τους αμφιβόλους. Η προέλευση του μαγνησίου στα υπόγεια νερά είναι ίδια με εκείνη του ασβεστίου, εξαιτίας της μεγάλης χημικής συγγένειας των δύο στοιχείων. Τα στοιχεία αυτά είναι απαραίτητα για την υγεία του ανθρώπου γιατί το ασβέστιο είναι διουρητικό, αντιυπερτασικό, αντιαλλεργικό και βοηθά στην πήξη του αίματος, ενώ το μαγνήσιο βοηθά στην ομαλή λειτουργία του νευρομυϊκού συστήματος. Οι τιμές του ασβεστίου κυμαίνονται κάτω από 100 mg/L που είναι το επιθυμητό ανώτατο όριο, με εξαίρεση της Γ17 (126 mg/L) που το υπερβαίνει ελάχιστα. Η περιεκτικότητα του μαγνησίου στα υπόγεια νερά της περιοχής κυμαίνεται από 10 έως 96 mg/L με ανώτατο επιτρεπτό όριο 50 mg/L. Την τιμή αυτή υπερβαίνουν οι γεωτρήσεις Γ11, Γ13 (στο όριο 53 mg/L), Γ14, Γ16, Γ17, Γ18.

▪ **Κάλιο K-Νάτριο Na:** Τα αλκάλια συνδέουν την παρουσία τους με τους αστρίους. Το κάλιο σχετίζεται και με καλιούχα λιπάσματα. Επίσης η παρουσία τους σχετίζεται με την διείσδυση της θάλασσας σε παράκτιους υδροφόρους ορίζοντες ή με αερομεταφερόμενα σταγονίδια από την θάλασσα. Μεγάλες συγκεντρώσεις ιόντων νατρίου στο πόσιμο νερό επιφέρουν προβλήματα στην υγεία των ανθρώπων που το χρησιμοποιούν (αυξάνει την αρτηριακή πίεση). Στην περιοχή μελέτης η ελάχιστη τιμή του Καλίου είναι <1,8 και η μέγιστη 5,1 mg/L, δηλαδή κάτω από το ανώτατο επιτρεπτό όριο των 12 mg/L. Η ελάχιστη τιμή του Νατρίου είναι 31 mg/L και η μέγιστη 335 mg/L.

▪ **Χλωριούχα Cl:** Κύρια προέλευση είναι τα ιζηματογενή πετρώματα, που περιέχουν αργιλικά ορυκτά θαλάσσιας γένεσης. Άλλη πηγή αποτελεί η διείσδυση της θάλασσας στους παράκτιους υδροφόρους. Τα χλωριούχα ιόντα συμβάλλουν στη διατήρηση της ηλεκτρικής ουδετερότητας των ερυθρών αιμοσφαιρίων και στην παραγωγή του υδροχλωρικού οξέος στο στομάχι. Επιθυμητό όριο συγκέντρωσης των χλωριόντων στο πόσιμο νερό είναι 25 mg/L και το ανώτατο 250 mg/L. Σε μεγαλύτερες συγκεντρώσεις το νερό γίνεται

γλυφό. Σε όλες τις γεωτρήσεις η τιμή του Cl είναι κάτω από 250 mg/L με εξαίρεση την γεώτρηση Γ17 (322 mg/L). Παρόλα αυτά οι τιμές των χλωριόντων είναι υψηλές γεγονός που μπορεί να δικαιολογηθεί από την σταδιακή διείσδυση της θάλασσας (πρώιμο στάδιο υφαλμύρωσης).

▪ **Θειικά ανιόντα SO_4 :** Κύρια προέλευση είναι η διάλυση της γύψου, χρήση θειικών λιπασμάτων καθώς και η οξείδωση θειούχων ενώσεων που εμφανίζονται σε αργιλικά πετρώματα. Περιεκτικότητα σε θειικά ιόντα μεγαλύτερη από 250 mg/L καθιστά τη χρήση των νερών προβληματική για πόση. Γενικά το θείο και οι ενώσεις του ευθύνονται για προβλήματα οσμών και διαβρώσεων. Ο μέσος όρος της περιεκτικότητας των θειικών στα υπόγεια νερά της περιοχής είναι 45.23 mg/L.

▪ **Νιτρικά ιόντα NO_3 :** Τα νιτρικά (ουσίες που ενοχοποιούνται και για καρκινογόνο δράση) περιέχονται στα αζωτούχα λιπάσματα, διαλύονται εύκολα στο νερό και διεισδύουν στα φυτά (από τις ρίζες), για να καταλήξουν τελικά μέσω της τροφικής αλυσίδας στον ανθρώπινο οργανισμό. Η παρουσία νιτρικών σε υψηλές συγκεντρώσεις στο πόσιμο νερό παρεμποδίζει τη μεταφορά οξυγόνου στο αίμα, ιδίως στα βρέφη (μεθαιμοσφαιριναιμία ή κυάνωση των βρεφών). Το ανώτατο όριο συγκέντρωσης νιτρικών στο πόσιμο νερό έχει καθορισθεί σε 50 mg/L, ενώ το επιθυμητό σε 25 mg/L. Οι συγκεντρώσεις νιτρικών στα δείγματα που αναλύθηκαν κυμαίνονται από <0,9 έως 28,4 mg/L και συνεπώς κάτω από τα ανώτερα επιτρεπτά όρια.

▪ **Όξινα ανθρακικά ιόντα HCO_3 :** Είναι το επικρατέστερο ανιόν στα γλυκά υπόγεια νερά. Προέρχεται από το CO_2 της ατμόσφαιρας και το ελευθερούμενο στο έδαφος κατά την οργανική αποσύνθεση, σύμφωνα με την αντίδραση: $\text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2(\text{HCO}_3)$. Είναι σημαντικό ιόν για την ανθρώπινη υγεία γιατί ρυθμίζει το pH του οργανισμού σε κατάλληλες τιμές. Ο μέσος όρος περιεκτικότητας τους στα υπόγεια νερά είναι 379,57 mg/L.

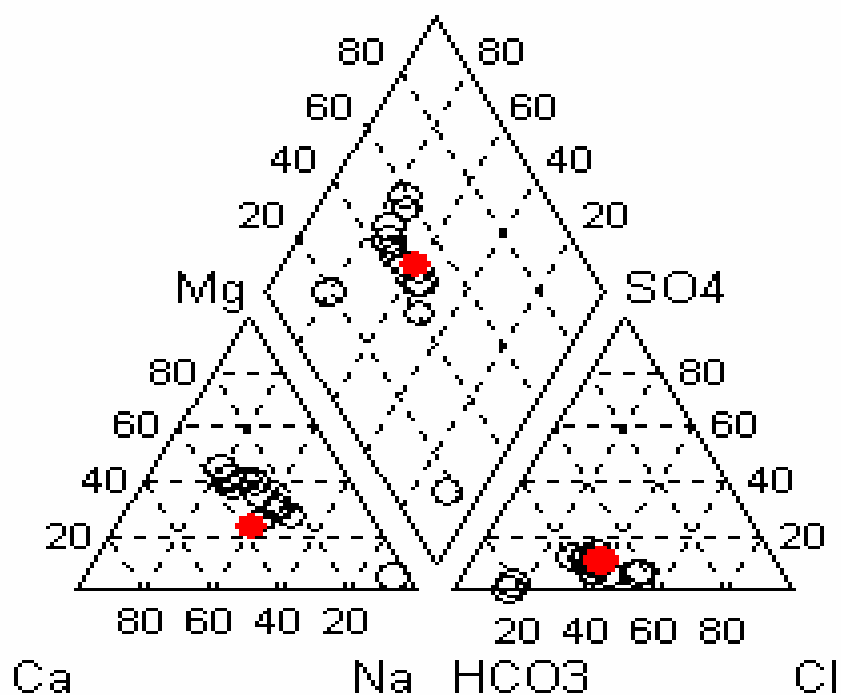
▪ **Σύνολο διαλυμένων στερεών T.D.S:** Εξαρτάται από τη διαλυτότητα των σχηματισμών οι οποίοι περιέχουν το υπόγειο νερό ή έχουν διαρρευθεί από αυτό. Συνδέεται άμεσα με την ηλεκτρική αγωγιμότητα (γραμμική σχέση). Αν οι τιμές του T.D.S κυμαίνονται μεταξύ 0-1.000 mg/L το νερό είναι γλυκό, μεταξύ 1.000-10.000 mg/L θεωρείται υφάλμυρο, μεταξύ 10.000-100.000 mg/L αλμυρό και για τιμές μεγαλύτερες των 100.000 mg/L υπεραλμυρό. Οι τιμές κυμαίνονται

από 323 έως 772 mg/L. Συνεπώς μπορούμε να χαρακτηρίσουμε το νερό της περιοχής μελέτης γλυκό.

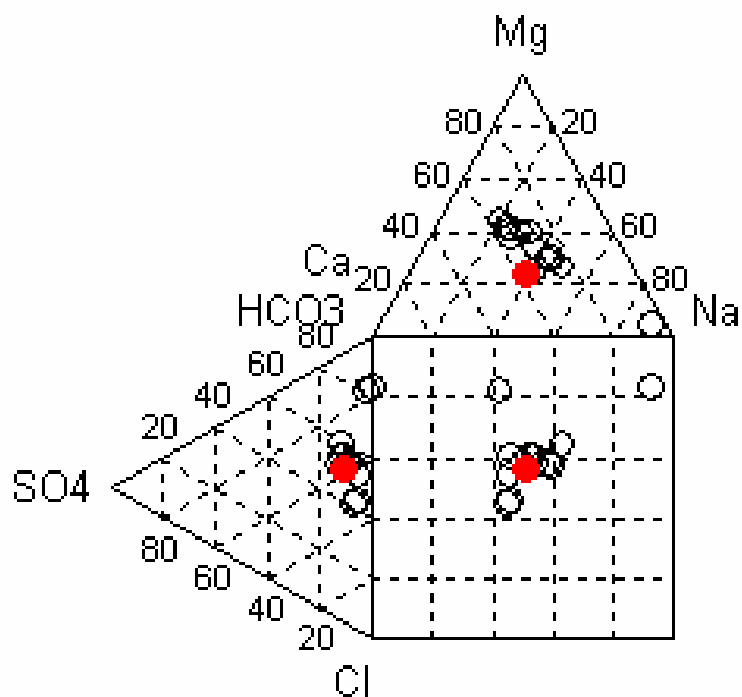
▪ **Ολική σκληρότητα T.H:** Ο προσδιορισμός της σκληρότητας έχει μεγάλη σημασία γιατί αποτελεί κριτήριο καταλληλότητας για πολλές χρήσεις των νερών. Η σκληρότητα του πόσιμου νερού μεταξύ των άλλων συνδέεται και με την υγεία του ανθρώπου και συγκεκριμένα σχετίζεται με καρδιακές παθήσεις. Τα νερά της περιοχής του Δήμου χαρακτηρίζονται σκληρά έως πολύ σκληρά καθώς η πλειοψηφία των τιμών εμφανίζεται πάνω από 200 ppm CaCO_3 .

Πίνακας 7: Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων Ιανουαρίου 2008 υπόγειων νερών από υδρευτικές γεωτρήσεις του Δήμου Θερμαϊκού σε mg/L.

Φυσικοχημικές παράμετροι	Γ2	Γ4	Γ5	Γ6	Γ7	Γ10	Γ11	Γ12	Γ13	Γ14	Γ16	Γ17	Γ18	Γ21
Ca	49	66	73	59	52	74	84	63	66	97	63	126	100	16
Mg	38	44	36	42	36	29	56	46	53	71	55	92	66	10
Na	31	122	108	116	123	90	74	89	72	79	83	98	87	335
K	<1,8	2,7	2,9	2,8	3,5	3,3	3,4	2,8	4,2	3,9	3,5	5,1	4,2	<1,8
HCO_3	287	325	330	330	322	337	350	325	325	395	343	440	345	860
SO_4	6,8	47	69	50	52	56	64	59	36	33	57	59	41	3,5
Cl	34	129	133	137	93	148	126	116	128	190	119	322	239	97
NO_3	4,7	16,8	7,7	9,6	4,6	18,5	17,2	15	20,7	28,4	10,9	25	25,9	<0,9
pH	7,78	7,78	7,72	7,83	7,64	7,82	7,78	7,78	7,38	7,65	7,75	7,61	7,7	8,73
T.D.S (ppm)	323	527	533	510	440	547	505	465	485	588	468	788	626	772
E.C ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	588	959	970	927	801	995	918	845	882	1070	851	1433	1138	1404
T.H (ppm CaCO_3)	282	349	333	321	282	306	443	350	385	538	385	699	526	82

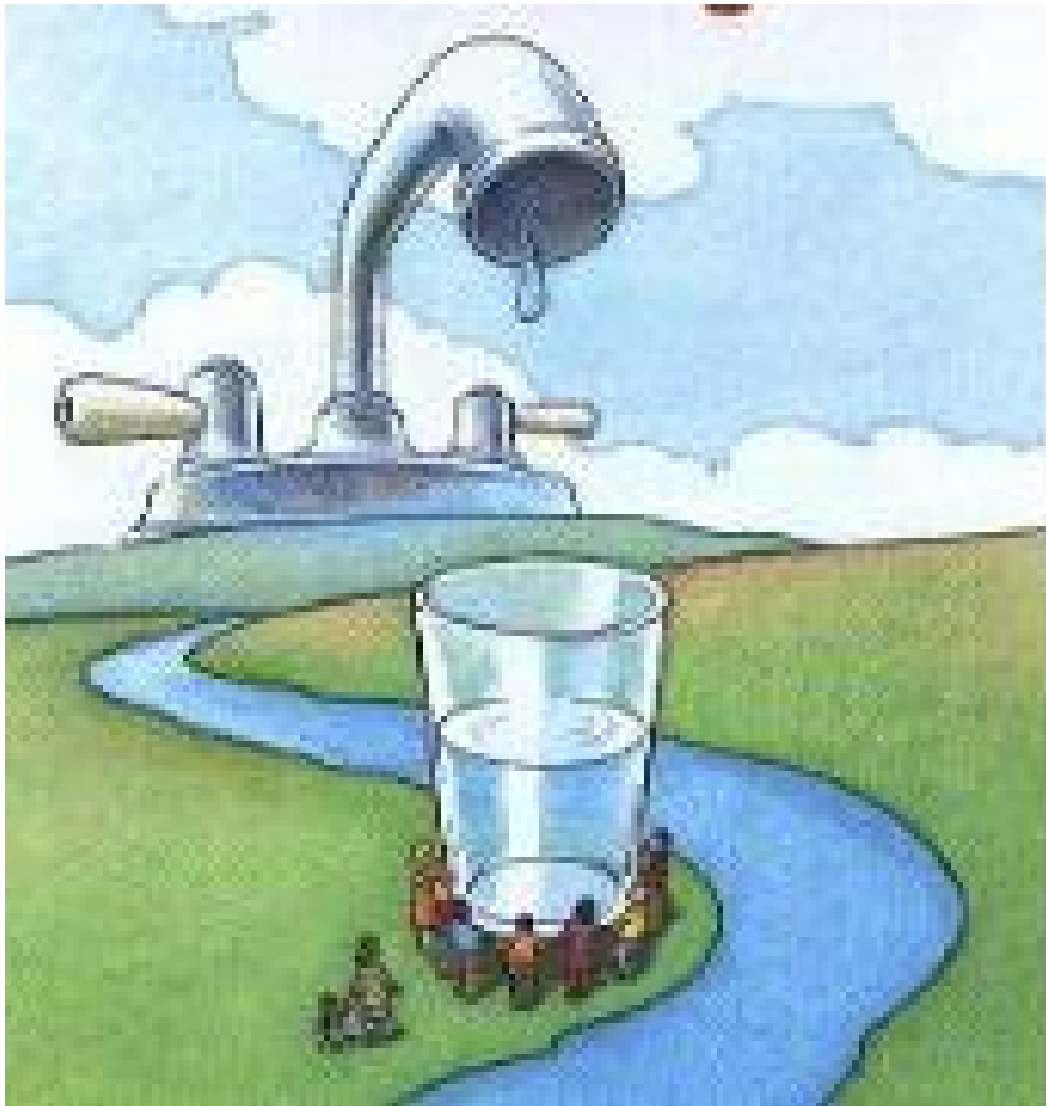


Σχήμα 8: Διάγραμμα Piper.



Σχήμα 9: Διάγραμμα Durov.

Όπως προκύπτει από τα διαγράμματα Piper, Durov τα υπόγεια νερά χαρακτηρίζονται νερά ανάμειξης, οξυανθρακικού τύπου επειδή το σύνολο των μετρήσεων μας βρίσκεται στο κέντρο του τριγώνου.



Μέτρα Αντιμετώπισης

Για την επίλυση του υδατικού προβλήματος του Δ.Δ. Περαιάς, καθώς και την προστασία της ποιότητας των νερών προτείνονται τα εξής μέτρα:

- Δημιουργία αποχετευτικού δικτύου.
- Αξιοποίηση των βροχοπτώσεων κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου.
- Έλεγχος και περιορισμός της αγροτικής δραστηριότητας.
- Περιορισμός των αντλήσεων κυρίως στην παράκτια ζώνη.
- Μεταφορά γεωτρήσεων στην ορεινή έκταση του Δήμου.
- Μελλοντική σύνδεση του δικτύου του Δήμου Θερμαϊκού με το κεντρικό δίκτυο υδροδότησης Θεσσαλονίκης.
- Κλείσιμο πηγαδιών.
- Κατασκευή δικτύου παρακολούθησης σε κάθε γεώτρηση.
- Κατασκευή φραγμάτων εμπλουτισμού.
- Ενημέρωση των δημοτών από τον Δήμο μέσω εκδηλώσεων, με στόχο τον περιορισμό της κατανάλωσης νερού. Για παράδειγμα εξοικονόμηση νερού στην κουζίνα, στο μπάνιο, στο πλύσιμο των ρούχων, στον κήπο, στους εξωτερικούς χώρους, στο σχολείο.

- Ο Δήμος Θερμαϊκού εντοπίζεται στο νοτιοδυτικό περιθώριο του κόλπου της Θεσσαλονίκης. Αποτελείται από τρία δημοτικά διαμερίσματα : α) της Περαιάς β) των Νέων Επιβατών και γ) της Αγίας Τριάδας. Βρίσκεται σε απόσταση 20 Km από το κέντρο της Θεσσαλονίκης και καταλαμβάνει έκταση 22.000 στρεμμάτων η οποία αναπτύσσεται στην παραλιακή ζώνη, αεροδρόμιο Μακεδονίας έως Μεγάλο Έμβολο στην περιοχή Αγγελοχωρίου.
- Τα τελευταία χρόνια η οικοδομική δραστηριότητα των οικισμών του Δήμου Θερμαϊκού έχει τεράστια ανάπτυξη και ο πληθυσμός από 5.800 άτομα, σύμφωνα με την απογραφή του 1991, έχει ξεπεράσει σήμερα τις 20.000 μόνιμους κατοίκους, όπως προκύπτει από την πρώτη επεξεργασία των δεδομένων της απογραφής του 2001 αύξηση που φτάνει το 349%.
- Το μέσο ετήσιο ύψος βροχόπτωσης ανέρχεται στα 448,7 mm, ενώ το μέγιστο βροχομετρικό ύψος εμφανίζεται τους μήνες Νοέμβριο-Δεκέμβριο στα 55 mm. Το μέγιστο ύψος βροχής 24-ώρου, 84,7 mm, σημειώθηκε την 24/11/1985 (σταθμός Μίκρας, υψόμετρο 4 m).
- Η μέση ετήσια θερμοκρασία ανέρχεται σε 15,7 °C. Η απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία 42 °C καταγράφηκε τον Ιούλιο και η απόλυτη ελάχιστη -14 °C καταγράφηκε τον Ιανουάριο.
- Η μέση ετήσια σχετική υγρασία είναι 67% και παραμένει σημαντική σε όλη την διάρκεια του χρόνου. Υγρότερος μήνας είναι ο Ιανουάριος και ο μήνας με τη μικρότερη σχετική υγρασία είναι ο Ιούλιος.
- Η μορφή του υδρογραφικού δικτύου της ευρύτερης υδρολογικής λεκάνης του Δήμου Θερμαϊκού είναι δενδριτική με μέτρια ανάπτυξη.
- Γεωτεκτονικά η περιοχή μελέτης ανήκει στην Ζώνη Αξιού–Ενότητα Παιονίας, αποτελούμενη από αλλουβιακές αποθέσεις, την ψαμμιτομαργαϊκή σειρά και την σειρά ερυθρών αργίλων ηλικίας Τεταρτογενούς και Πλειοκαίνου αντίστοιχα.
- Τα ιζήματα που πλήρωσαν την λεκάνη αποτελούνται κυρίως από εναλλαγές αργίλων, μαργών, ψαμμιτών, άμμων και χαλικιών.
- Τα ρήγματα που εμφανίζονται στην ευρύτερη περιοχή της Περαιάς βρίσκονται νοτιότερα αυτής με διευθύνσεις Α-Δ, περιοχή Πλαγιαρίου και Τριλόφου αλλά και Β-Ν. Τα ρήγματα αυτά εντοπίζονται στα όρια της ψαμμιτομαργαϊκής σειράς και των ερυθρών αργίλων Πλειοκαινικής ηλικίας. Το

κυριότερο ρήγμα όμως αποτελεί αυτό του Ανθεμούντα με διεύθυνση Α-Δ και μήκος που εκτείνεται τμηματικά από τον Γαλαρινό μέχρι και τον οικισμό του Αγγελοχωρίου. Βρίσκεται στο όριο της ψαμμιτομαργαϊκής σειράς και των πρόσφατων παράκτιων αποθέσεων, στην περιοχή του Δήμου Θερμαϊκού και στο νότιο μορφολογικό όριο της λεκάνης του Ανθεμούντα στην ευρύτερη περιοχή Βασιλικών.

- Στην περιοχή του Δήμου Θερμαϊκού αναπτύσσονται δύο τύποι υδροφόρων οριζόντων: Ο αλλουβιακός υδροφορέας και ο υπό πίεση υδροφόρος ορίζοντας.
- Υδρογεωλογικό ενδιαφέρον στην περιοχή της Περαίας παρουσιάζει η ψαμμιτομαργαϊκή σειρά που εμφανίζεται στην Άνω Περαία κυρίως και αποτελείται από εναλλαγές άμμων, μαργών και ψαμμιτών σε στρώσεις αλλά και φακούς. Από τις εναλλαγές αυτές οι άμμοι εμφανίζουν σχετικά αυξημένη διαπερατότητα, $K \sim 10^{-4}$ m/sec. Επίσης υψηλή διαπερατότητα παρατηρείται και στις παράκτιες αποθέσεις με επικράτηση των άμμων αλλά και στα τεταρτογενή ιζήματα που καλύπτουν την ψαμμιτομαργαϊκή σειρά, $K = 10^{-5}$ έως και 10^{-2} m/sec. Τους υδροφορείς αυτούς εκμεταλλεύεται ο Δήμος Θερμαϊκού για την ύδρευση της περιοχής.
- Στην περιοχή του Δήμου Θερμαϊκού λειτουργούν 22 δημοτικές υδρογεωτρήσεις. Πρόκειται για βαθιές (120 έως 415 μέτρα), μεγάλης διαμέτρου (8''-10'') υδρογεωτρήσεις που έχουν διατρήσει και αξιοποιούν τους επάλληλους υπό πίεση υδροφόρους ορίζοντες της ανοιχτόχρωμης ψαμμιτομαργαϊκής σειράς.
- Η μέση ετήσια πτώση στάθμης κυμαίνεται από 0,38 m έως 2,3 m ανάλογα με τη θέση.
- Τα νερά της περιοχής του Δήμου χαρακτηρίζονται σκληρά έως πολύ σκληρά καθώς η πλειονότητα των τιμών εμφανίζεται πάνω από 200 ppm CaCO_3 . Επίσης αλκαλικά έως ουδέτερα καθώς οι τιμές του pH κυμαίνονται από 7,38 έως 8,73. Επειδή οι τιμές των διαλυμένων στερεών, T.D.S, κυμαίνονται από 323 έως 772 mg/L μπορούμε να χαρακτηρίσουμε το νερό της περιοχής μελέτης γλυκό.
- Με βάση τα ποιοτικά στοιχεία το παράκτιο τμήμα χαρακτηρίζεται από το φαινόμενο της υφαλμύρωσης σε πρώιμο στάδιο, λόγω υπεράντλησης. Οι τιμές των χλωριόντων στις περισσότερες γεωτρήσεις είναι υψηλές με διακύμανση των τιμών από 34 έως 322 mg/L. Ενώ το ορεινό τμήμα του Δήμου



χαρακτηρίζεται πιθανότατα από το φαινόμενο της νιτρορύπανσης λόγω ανθρώπινων δραστηριοτήτων ή από την επικοινωνία των βόθρων με τους υδροφορείς. Οι συγκεντρώσεις νιτρικών στα δείγματα που αναλύθηκαν κυμαίνονται στο όριο των 25 mg/L με τιμές από <0,9 έως 28,4 mg/L.

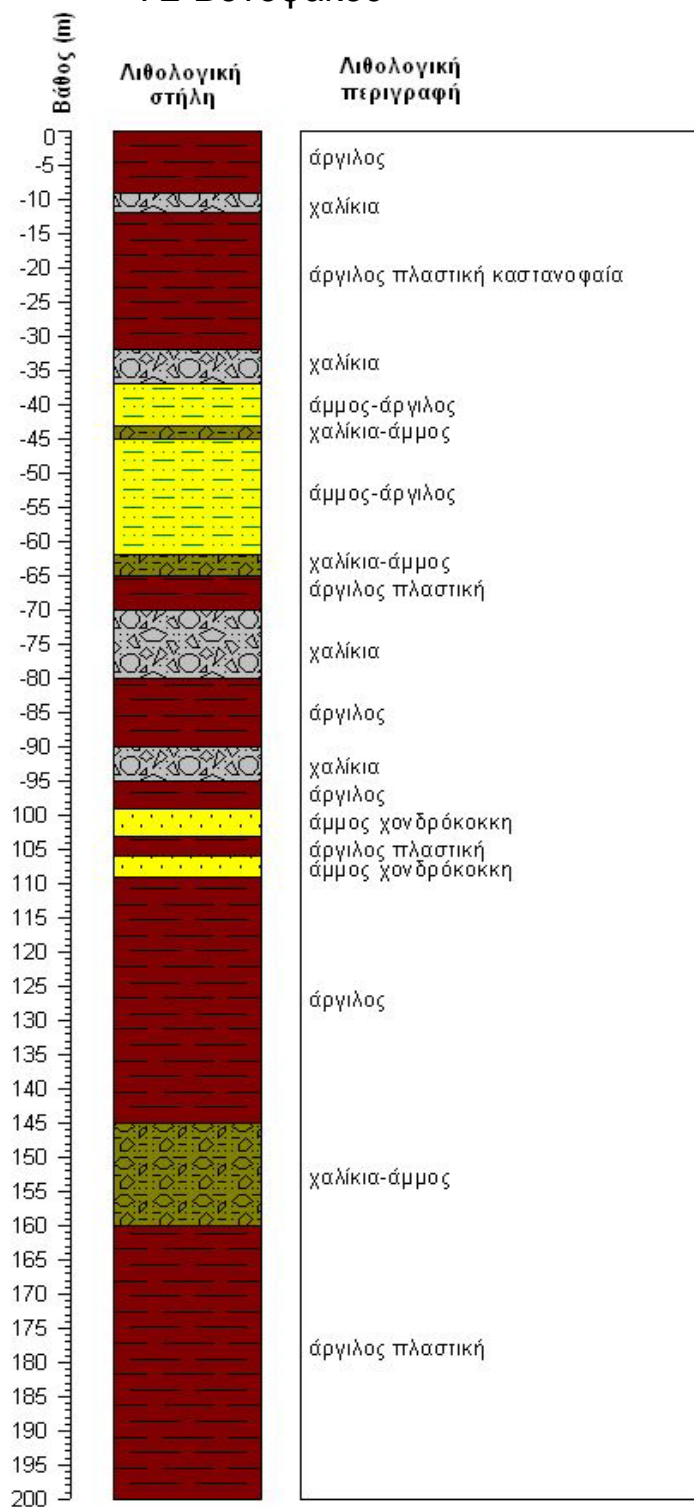
➤ Από τα διαγράμματα Piper, Durov τα υπόγεια νερά χαρακτηρίζονται νερά ανάμειξης, οξυανθρακικού τύπου.



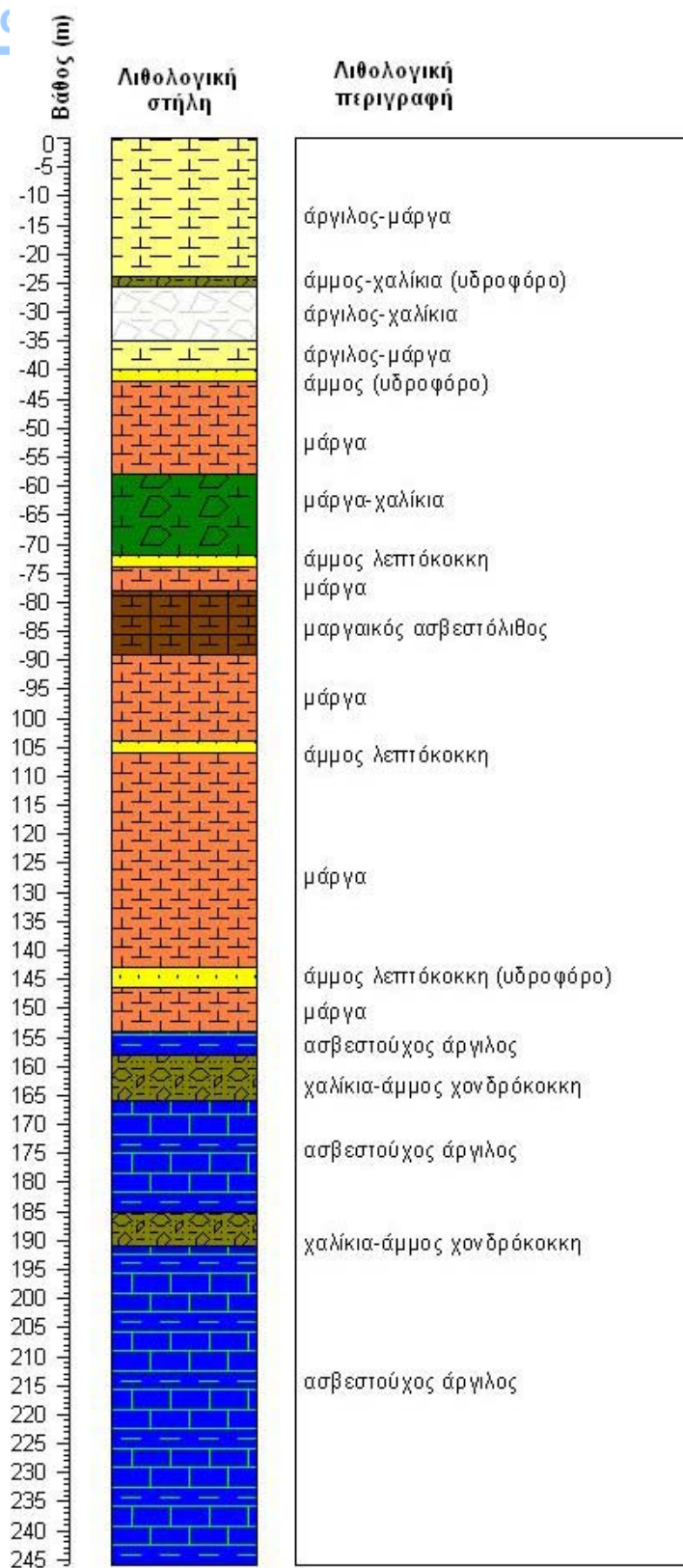
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΤΟΜΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΔΗΜΟΥ ΘΕΡΜΑΪΚΟΥ

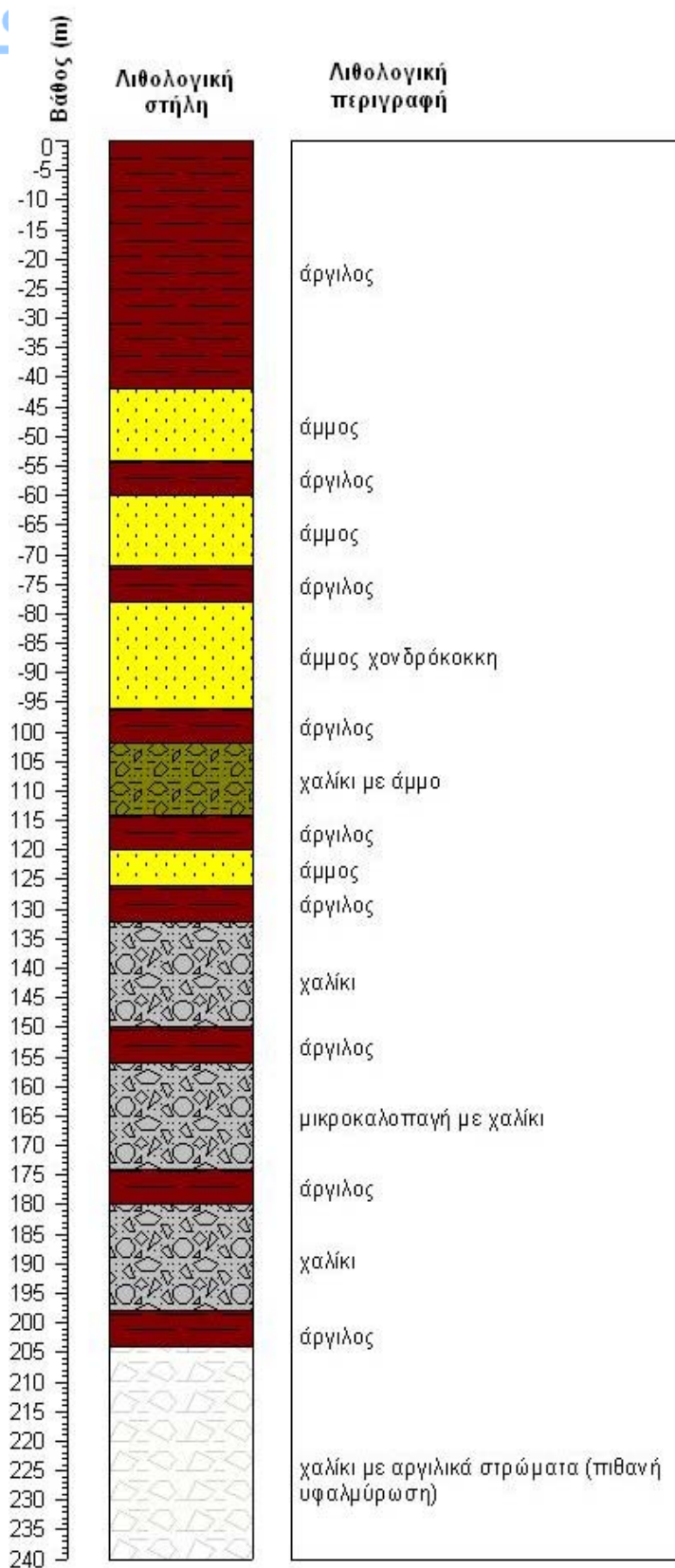
Γ2-Βονοφάκου



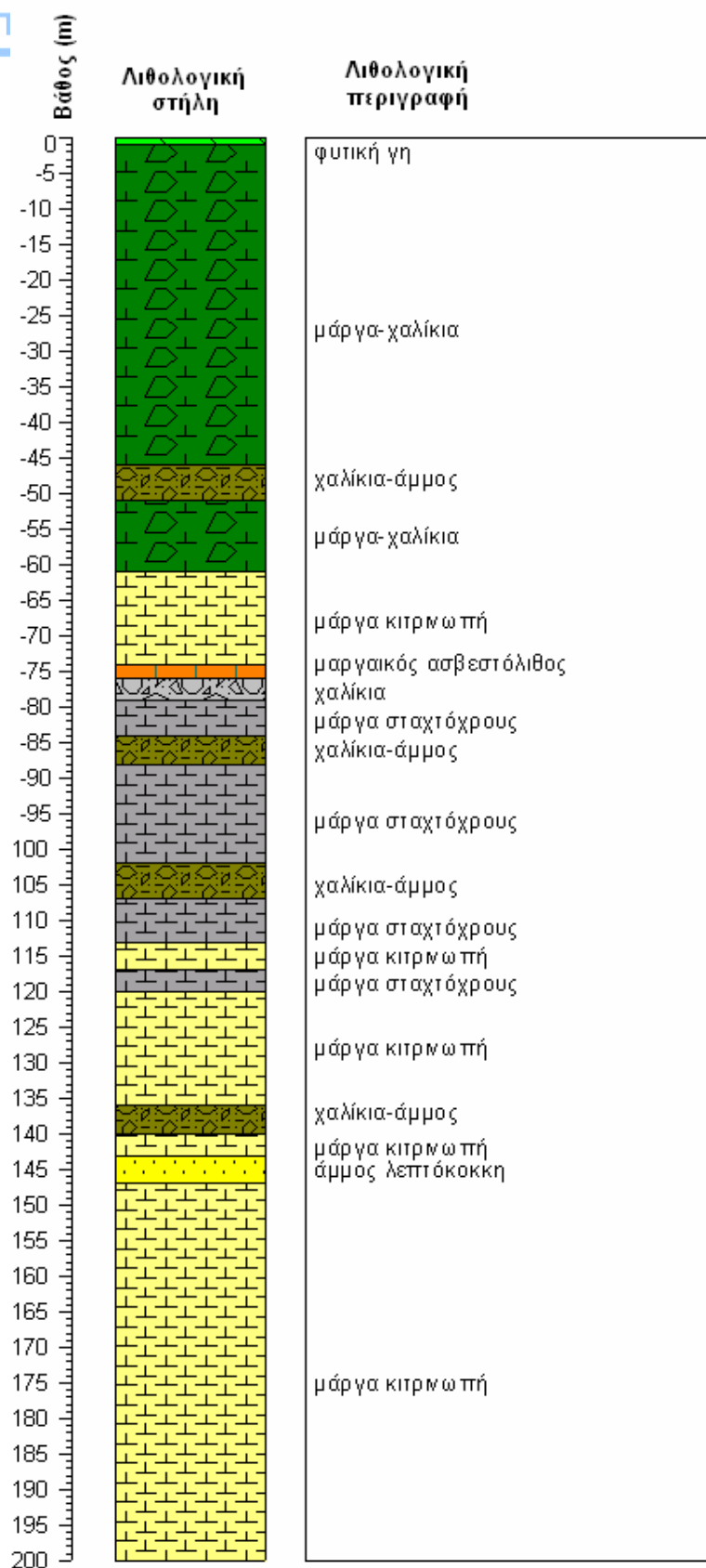
Γ3-Goodys



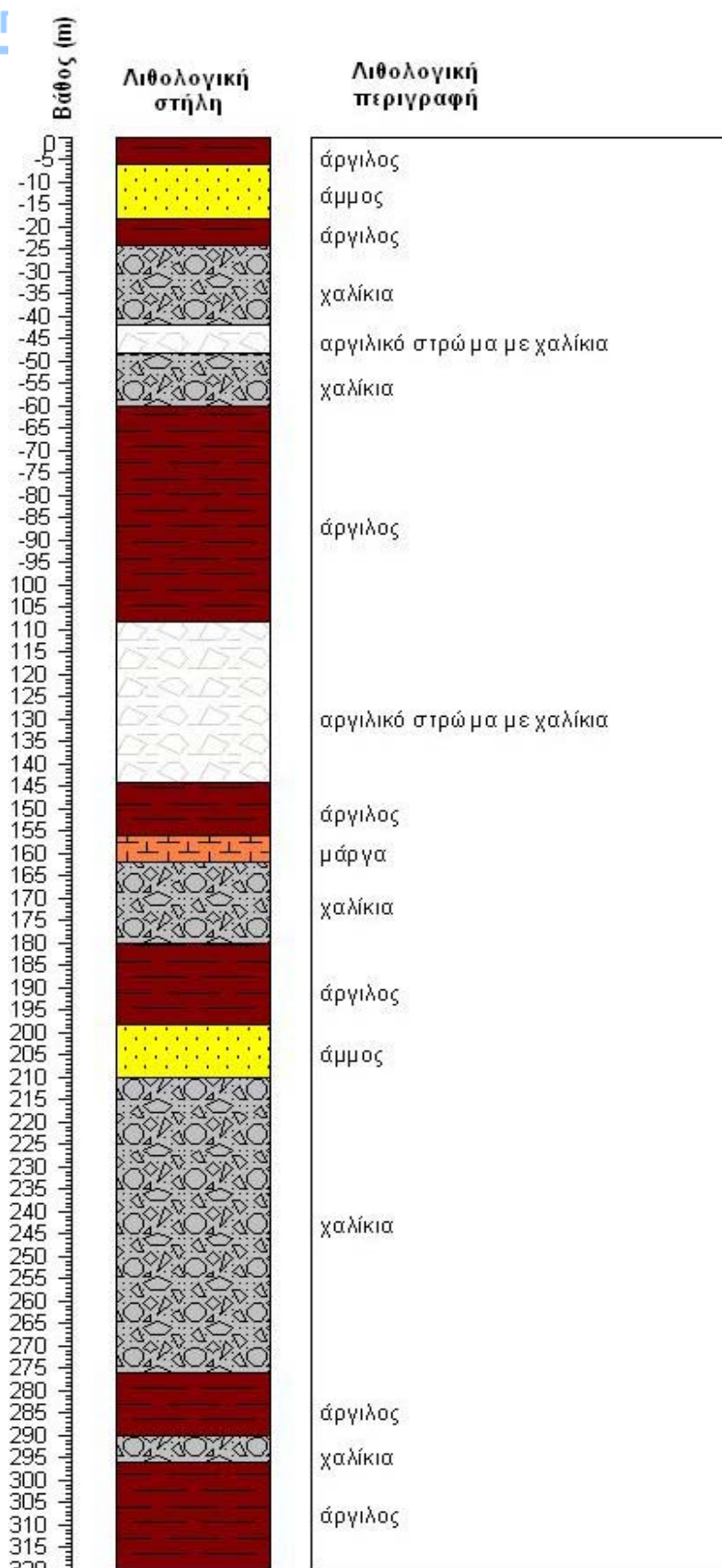
Γ4-Γάτσου

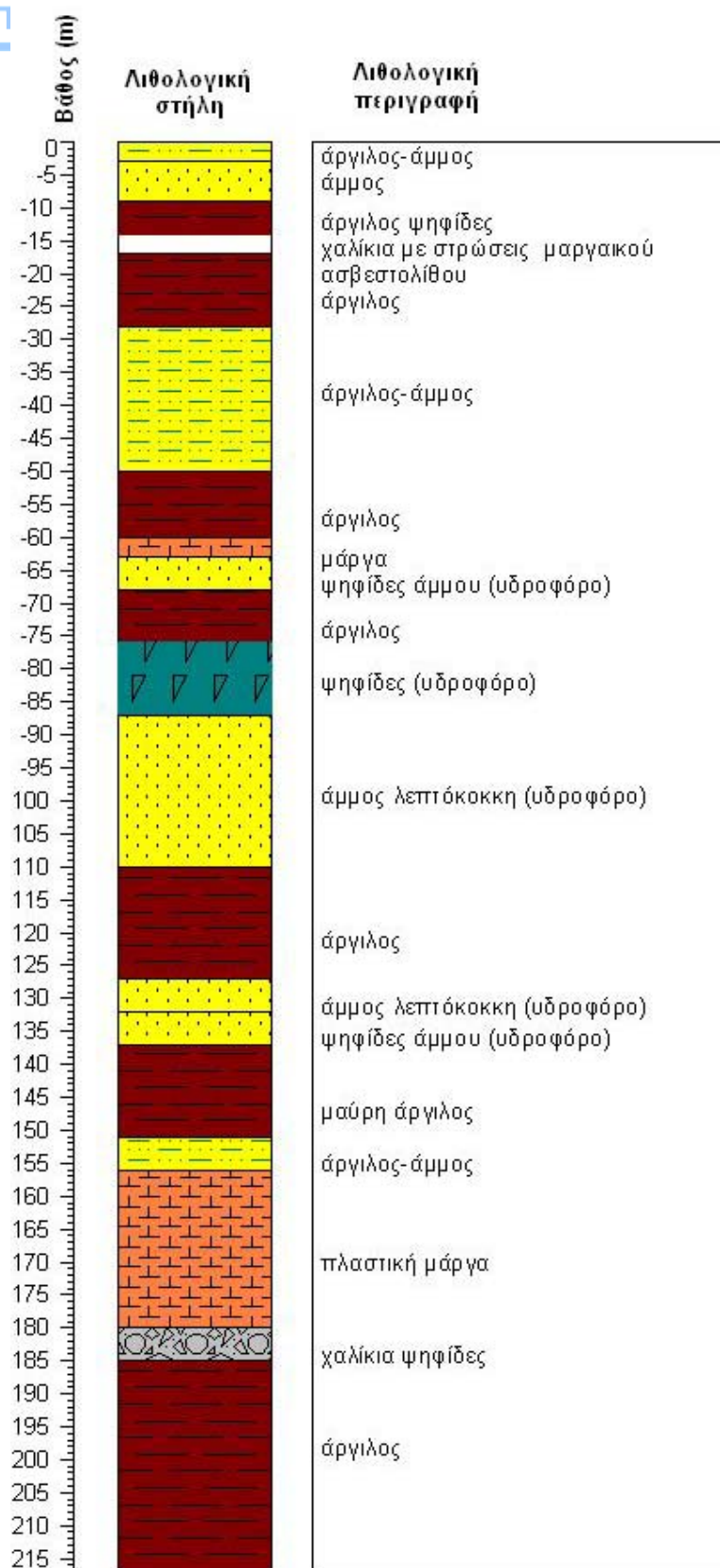


Γ5-Ρέμα Περαίας-Γιαμπαζολιά

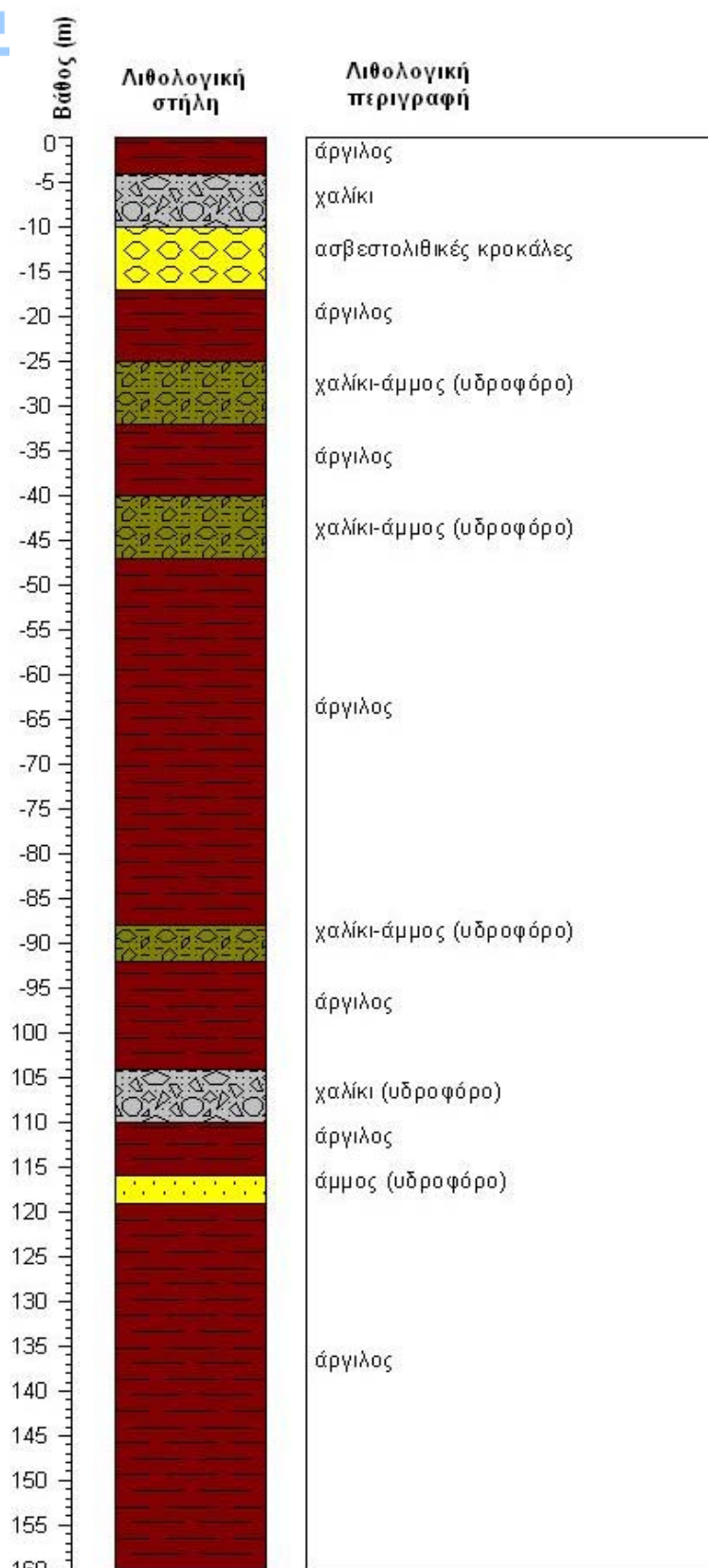


Γ7-Μάνα Νερού

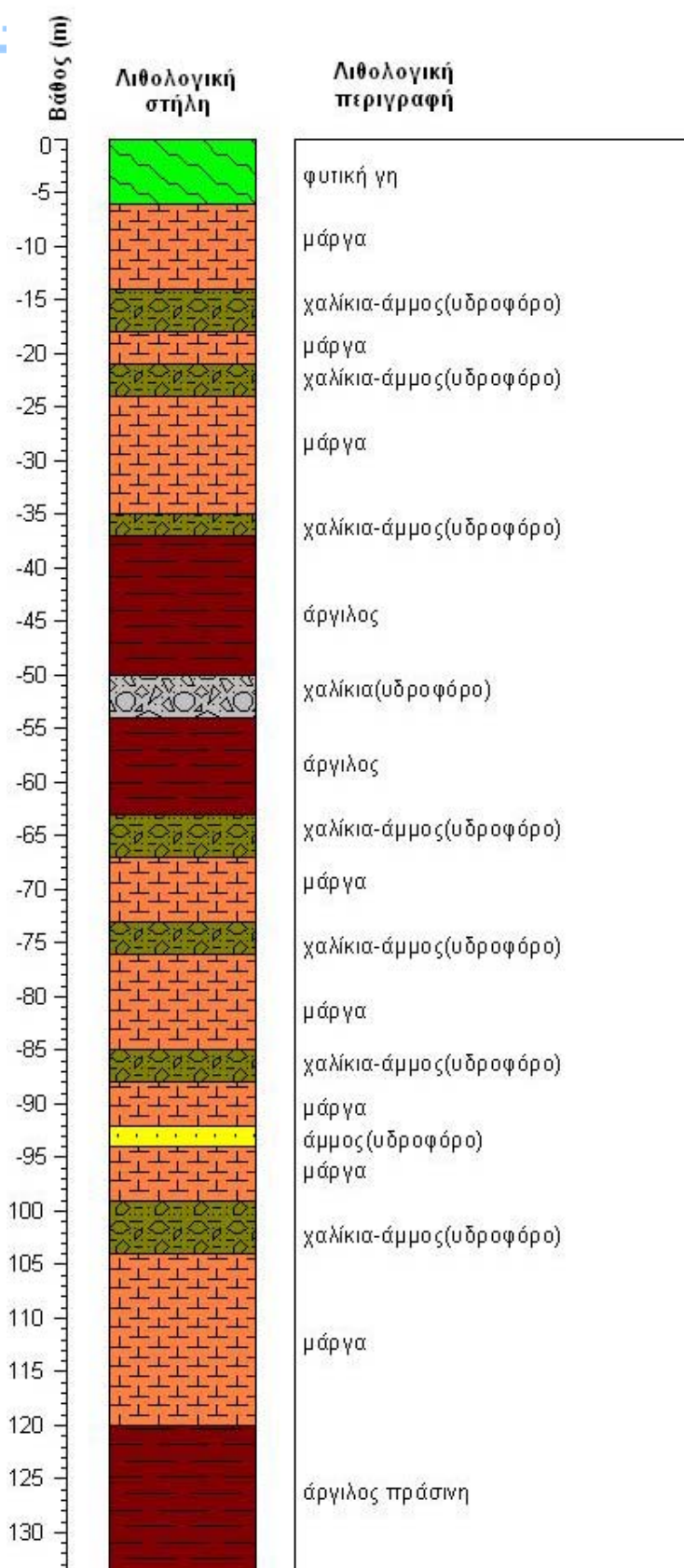




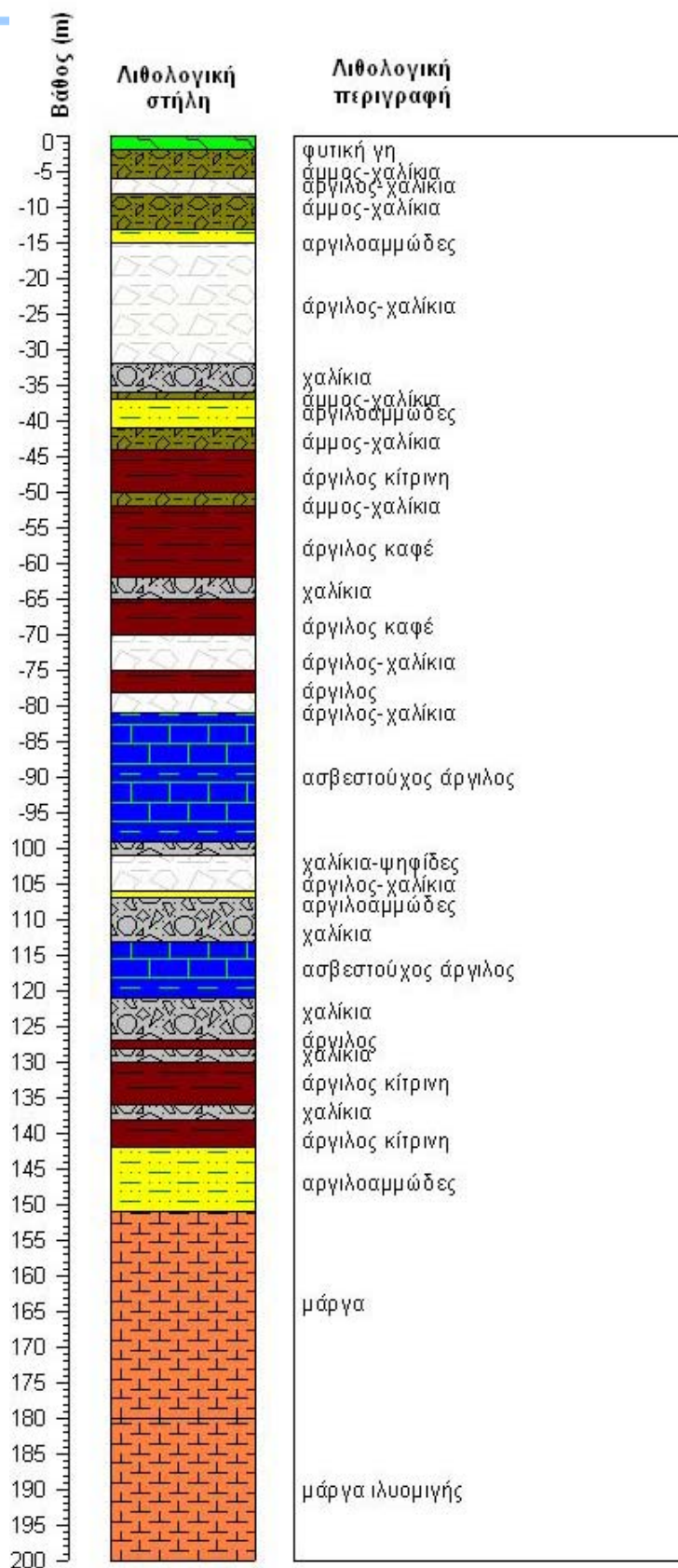
Γ11-Γεώτρηση Νέων Επιβατών Μνήματα



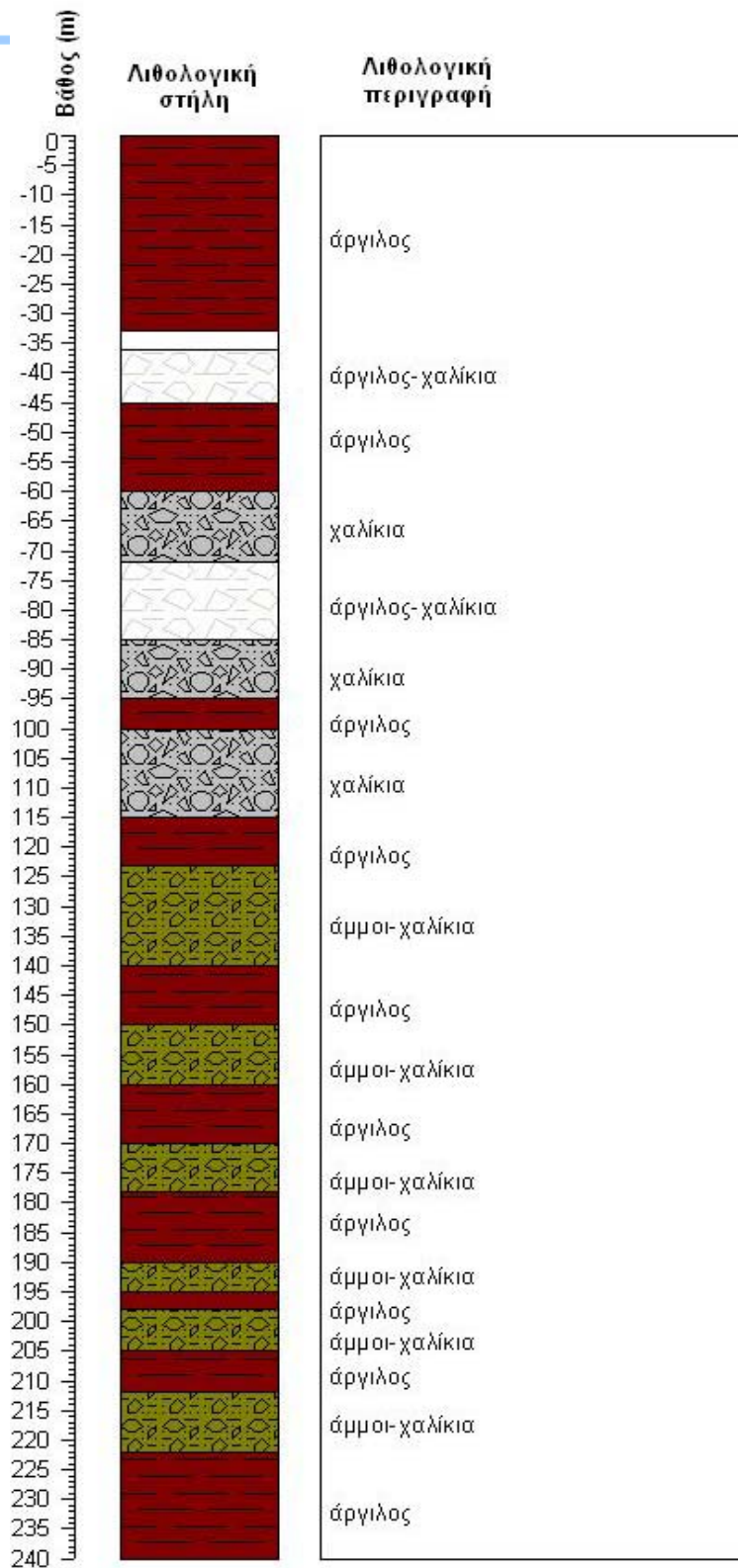
Γ12-Παλαιά Σφαγεία



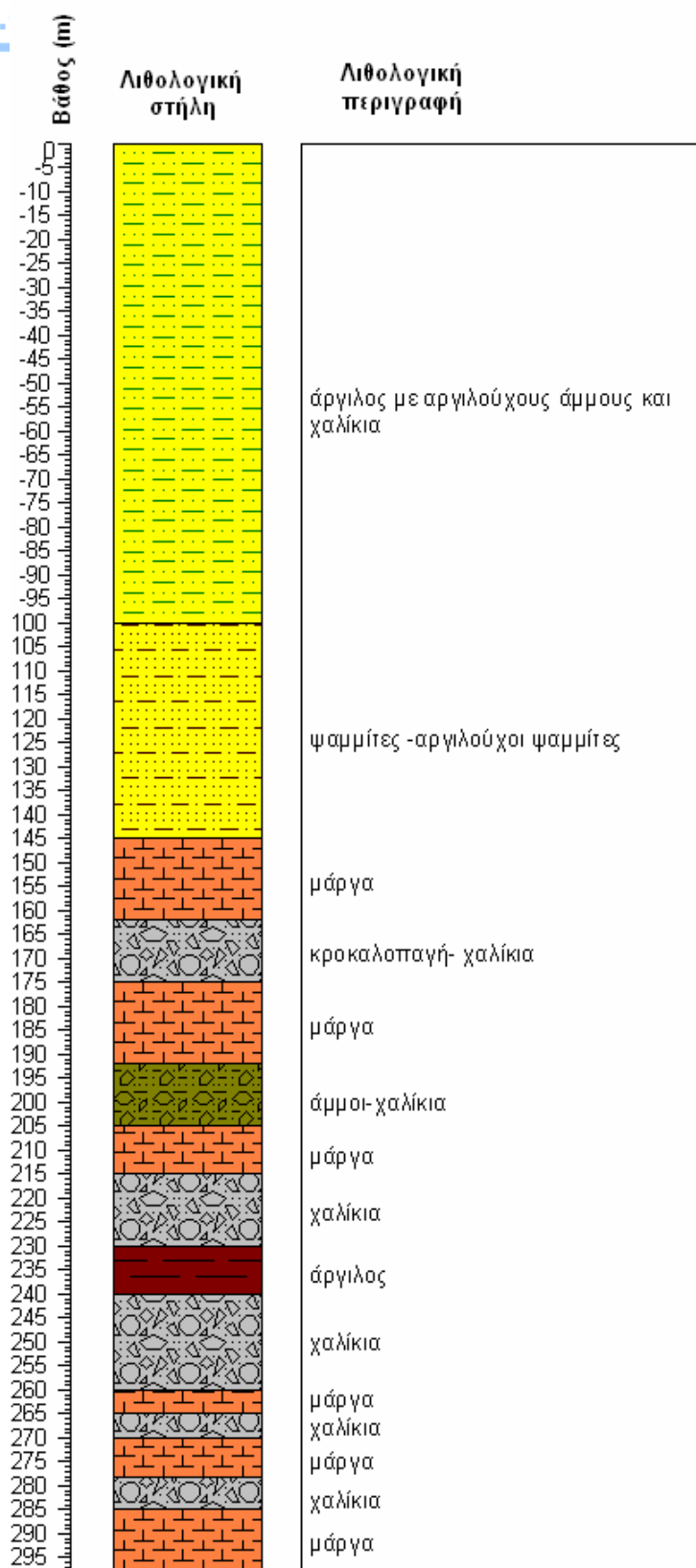
Γ14-Καλιθέα



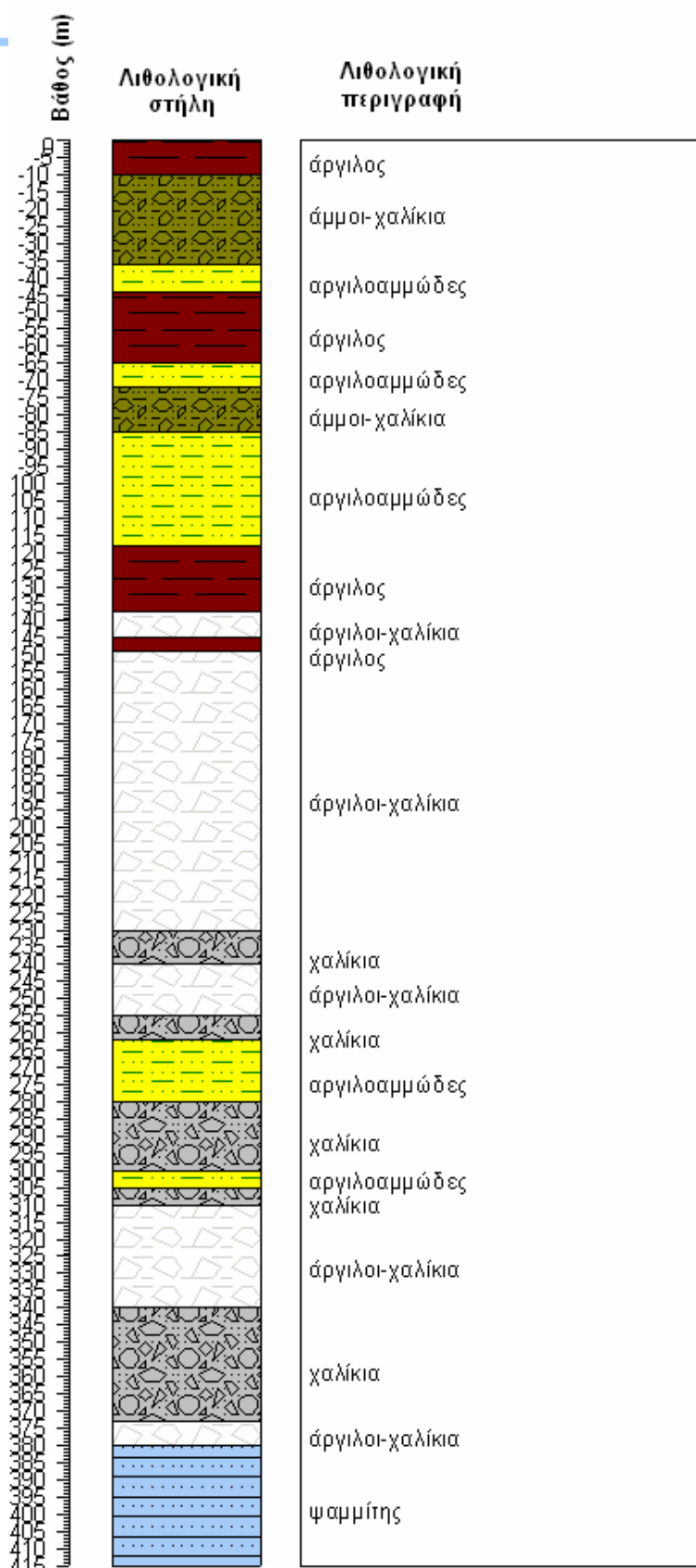
Γ18-Αμπελότοποι

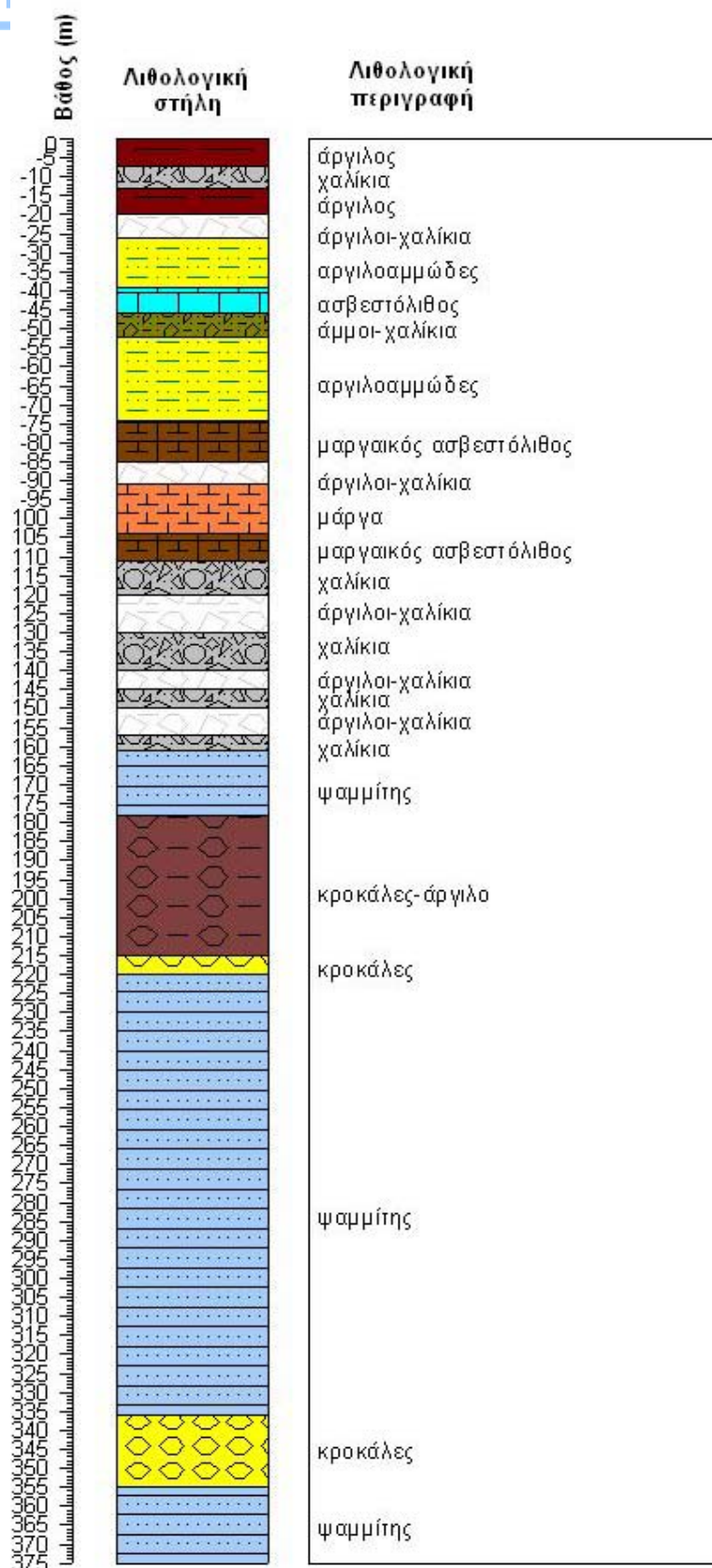


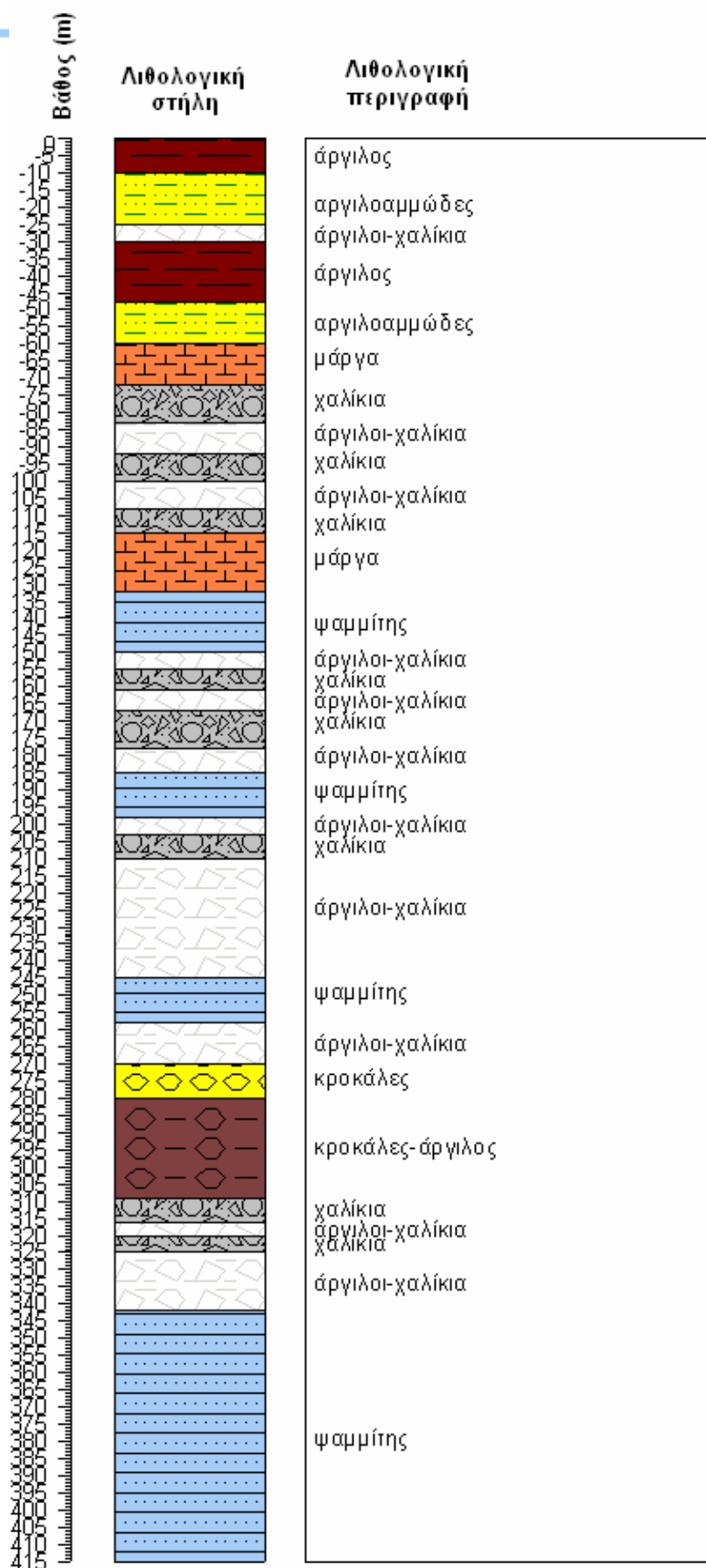
Γ19-Όρια με Δήμο Μηχανιώνας



Γ20-Αγροτεμάχιο 824









ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ



Άποψη των νεογενών ιζημάτων που δορούν την περιοχή του Δήμου Θερμαϊκού.



Ερυθροχώματα Πλειστοκαινικής ηλικίας στην περιοχή των Νέων Επιβατών.



Μάργες του Νεογενούς.



ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΧΗΜΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ❖ Βουδούρης Κ. (2006-2007) «Θέματα Υδρογεωλογίας Περιβάλλοντος», Εκπαιδευτικές σημειώσεις, Τμήμα εκδόσεων Α.Π.Θ
- ❖ Goldsworthy, M., J. Jackson and J. Haines (2002) the continuity of active fault systems in Greece, *Geophysical Journal International*, 148(3), 596-618.
- ❖ Ζερβοπούλου Ά. και Παυλίδης Σπ. (2005) «Μορφοτεκτονική μελέτη της ευρύτερης περιοχής Θεσσαλονίκης για τη χαρτογράφηση νεοτεκτονικών ρηγμάτων»
- ❖ Κουμαντάκης Ι. (2006) «Γεωλογικά προβλήματα Δήμου Θερμαϊκού και αντιμετώπιση τους»
- ❖ Kockel, F., H. Mollat and H. W. Walther, *Erlautungen zur Geologischen Karte der Chalkidiki und angrenzender Gebiete 1:100,000 (Nord-Griechenland)*, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, 1977.
- ❖ Μουντράκης, Δ., Γ. Συρίδης, Λ. Πολυμενάκος και Σ. Παυλίδης (1993) Η νεοτεκτονική δομή του ανατολικού περιθωρίου του βυθίσματος Αξιού - Θερμαϊκού στην περιοχή της δυτικής Χαλκιδικής (κεντρική Μακεδονία), *Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας*, 28(1), 379-395.
- ❖ Παυλίδης Σπ. (2007) «Γεωλογική και σεισμοτεκτονική έρευνα του ρήγματος στο Δ.Δ. Περαιάς του Δήμου Θερμαϊκού»
- ❖ Papazachos, B. C. and K. Papazachou (1997) «The earthquakes of Greece», Ziti Publications
- ❖ Paradisopoulou, P. M., V. G. Karakostas, E. E. Papadimitriou, M. D. Tranos, C. B. Papazachos and G. F. Karakaisis, Microearthquake study of the broader Thessaloniki area, in *Proceedings of the 5th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology*, edited by Chatzipetros A. and S. Pavlides, pp. 623-626, Thessaloniki, 2004.

- ❖ Paradisopoulou, P. M., V. G. Karakostas, E. E. Papadimitriou, M. D. Tranos, C. B. Papazachos and G. F. Karakaisis, Microearthquake study of the broader Thessaloniki area (Northern Greece), Annals of Geophysics, 49(4-5), 1081-1093, 2006.
- ❖ Σούλιος Γεώργιος Χ. (2006) «Γενική Υδρογεωλογία, 4ος τόμος, Ποιότητα υπόγειου νερού και ρύπανση-μόλυνση υπόγειου νερού», University Press
- ❖ Tranos, M. D., E. E. Papadimitriou and A. A. Kiliass, Thessaloniki-Gerakarou Fault Zone (TGFZ): the western extension of the 1978 Thessaloniki earthquake fault (Northern Greece) and seismic hazard assessment, Journal of Structural Geology, 25(12), 2109-2123, 2003.
- ❖ <http://www.thermaikos.gr>
- ❖ «Υδρογεωτεχνική και Μελέτη Γεωλογικής Καταλληλότητας για την ίδρυση των Ν. Κοιμητηρίων Δ.Δ. Περαιάς»
- ❖ Google Earth