

## ΕΡΓΟ

**ΕΛΕΓΧΟΣ ΧΗΜΙΚΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΑΡΔΕΥΤΙΚΩΝ ΥΔΑΤΩΝ  
(ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΥΠΟΓΕΙΩΝ) ΣΕ ΚΛΙΜΑΚΑ ΛΕΚΑΝΩΝ  
ΑΠΟΡΡΟΗΣ ΠΟΤΑΜΩΝ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ - ΘΡΑΚΗΣ ΚΑΙ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ**

# **ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΥΓΔΟΝΙΑΣ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ**

### ΑΝΑΔΟΧΟΣ ΣΥΜΠΡΑΞΗ:



1. ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ  
ΕΙΔΙΚΟΣ ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΣ ΚΟΝΔΥΛΙΩΝ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΓΕΩΡΓΙΚΩΝ ΦΑΡΜΑΚΩΝ



2. ΣΠΥΡΙΔΗΣ Α. - ΚΟΥΤΑΛΟΥ Β. Ο.Ε. - "ΥΕΤΟΣ"

3. ΠΕΡΛΕΡΟΣ ΒΑΣΙΛΕΙΟΣ, Γεωλόγος
4. ΛΙΟΝΗΣ ΜΙΧΑΗΛ, Γεωλόγος
5. ΛΕΒΟΓΙΑΝΝΗΣ ΜΙΧΑΗΛ, Γεωπόνος



## **6. Λεκάνη Μυγδονίας (Βόλβης - Λαγκαδά)**

### **6.1 Γενικά**

Ως λεκάνη Μυγδονίας ορίζεται το επίμηκες τεκτονικό βύθισμα, εκτεινόμενο μεταξύ των βουνών Καμήλας και Ρεντίνας, εντός του οποίου αναπτύσσονται οι λίμνες Κορώνεια και Βόλβη, οι οποίες αποτελούν υπολειμματικές μορφές της μεγάλης πλειστοκαινικής λίμνης της Μυγδονίας. Η λεκάνη της Μυγδονίας βρίσκεται στην Κεντρική Μακεδονία στο 10<sup>ο</sup> Υδατικό Διαμέρισμα της Ελλάδας, όπως αυτά έχουν οριστεί από το νόμο 1739/87. Η ευρύτερη περιοχή της λεκάνης καταλαμβάνει σχεδόν ολόκληρη την επαρχία Λαγκαδά, και τμήματα των επαρχιών Θεσσαλονίκης, Αρναίας και της Χαλκιδικής. Η λεκάνη απορροής της Μυγδονίας καλύπτει έκταση 2026 km<sup>2</sup> περίπου. Περιβάλλεται από βουνά με υψόμετρο από 600-1200 m και επικοινωνεί με τη θάλασσα, το Στρυμονικό κόλπο, διαμέσου των στενών της Ρεντίνας.

Η λίμνη Κορώνεια μαζί με τη λίμνη Βόλβη, συγκαταλέγονται στο ευρύτερο βύθισμα της λεκάνης της Μυγδονίας. Παρόλο που η υδρογεωλογική λεκάνη της Μυγδονίας αποτελεί μια ενιαία υδρολογική λεκάνη, ωστόσο για πρακτικούς λόγους διακρίνεται σε δύο επί μέρους λεκάνες, αυτές των λιμνών Κορωνείας και Βόλβης. Το όριο μεταξύ των δύο υπολεκάνων δεν είναι σαφές και προσεγγίζεται από τον άξονα των οικισμών Στίβου-Σχολαρίου, μέσω ενός συστήματος λοφίσκων διαμέσου των οποίων διέρχεται ο ποταμός Δερβένι.

Η ανατολική υπολεκάνη της λεκάνης Μυγδονίας, η υπολεκάνη της λίμνης Βόλβης, έχει έκταση περί τα 1278 km<sup>2</sup> και η δυτική, που συνιστά την υπολεκάνη της λίμνης Κορωνείας, έχει συνολική έκταση περί τα 746 km<sup>2</sup>. Η διεύθυνση του άξονα της υπολεκάνης Βόλβης είναι Α-Δ και της υπολεκάνης Κορωνείας ΒΔ-ΝΑ.

### **6.2 Βασική βιβλιογραφία και στοιχεία**

Σύμφωνα με τις απαιτήσεις της σύμβασης έγινε συλλογή και αξιολόγηση υφιστάμενων γεωλογικών, υδρογεωλογικών και υδρολογικών στοιχείων, με στόχο την ανάπτυξη γνώσης σχετικά με τη δομή, λειτουργία και εξέλιξη της υπόγειας υδροφορίας.

Έχουν συλλεχθεί σημαντικές υδρογεωλογικές μελέτες και μελέτες ποιότητας υπογείων νερών μεταξύ των οποίων και αυτές του πίνακα 6.2.1.

**Πίνακας 6.2.1.**

Μελέτες, εργασίες, ερευνητικές εκθέσεις, που χρησιμοποιήθηκαν για την απόκτηση γνώσης της περιοχής  
λεκάνης Μυγδονίας (Βόλβης – Λαγγαδά).

Αριθμός	Χαρακτηριστικά μελέτης
1	ΒΕΡΑΝΗΣ, Ν., ΚΑΤΙΡΤΖΟΓΛΟΥ, Κ., Υδρογεωλογική μελέτη του βαθύτερου υδροφορέα της υπολεκάνης Λ. Κορώνειας, Νομού Θεσσαλονίκης, Υπολογισμός υδρολογικού ισοζυγίου στην πεδινή περιοχή. Θεσσαλονίκη, Ι.Γ.Μ.Ε., 2001
2	ΒΕΡΑΝΗΣ Ν., ΚΑΡΤΙΤΖΟΓΛΟΥ Κ., Υδρολογικό Ισοζύγιο στην Πεδινή Περιοχή Υπολεκάνης λίμνης Κορώνειας, Ν. Θεσσαλονίκης. Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Περιφερειακή Μονάδα Κεντρικής Μακεδονίας, 2003.
3	ΖΑΜΠΙΟΥΡ, Ι., Υδρογεωλογικές συνθήκες της λεκάνης απορροής της λίμνης Βόλβης. Μεταπτυχιακή Διατριβή ΑΠΘ, 2010
4	ΒΕΡΑΝΗΣ, Ν., Κ. ΚΑΤΙΡΤΖΟΓΛΟΥ Ι. ΜΕΛΑΔΙΩΤΗΣ, Υδρογεωλογικές συνθήκες της υπολεκάνης λίμνης Κορώνειας Ν. Θεσσαλονίκης. Πρακτικά 5 <sup>ου</sup> Υδρογεωλογικού Συνεδρίου, Ξάνθη, 2002
5	ΜΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, Γ., ΜΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, Ν., ΤΟΛΙΚΑΣ, Δ., ΚΟΛΟΚΥΘΑ, Ε., ΜΕΝΤΕΣ, Α., Διερεύνηση των δυνατοτήτων εκμετάλλευσης του βαθύτερου υδροφορέα της υπολεκάνης λίμνης Κορώνειας, Ν. Θεσσαλονίκης. Το Μαθηματικό μοντέλο προσομοίωσης – Σενάρια διαχείρισης. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος, 2001
6	Β.Ρ.Γ.Μ., Υδρογεωλογική Μελέτη Λεκάνης Μυγδονίας. Έκθεση για λογαριασμό του Ο.Υ.Θ., 1973
7	ΓΚΙΝΙΔΗ Π., Διαχείριση υδατικών πόρων στη λεκάνη της Κορώνειας. Εφαρμογή της Ασαφούς λογικής, Διδακτορική διατριβή Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΑΠΘ, 2011
8	ΒΕΡΑΝΗΣ Ν., Υδατικό ισοζύγιο λεκανών παρακολούθησης ποιότητας και μέτρα προστασίας νερού Κεντρικής Μακεδονίας. ΙΓΜΕ, 2008
9	ΕΞΑΡΧΟΥ ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΜΠΕΝΣΑΣΣΩΝ Σύμβουλοι Μηχανικοί ΑΕ - ΓΕΩΣΥΝΟΛΟ Σύμβουλοι Μηχανικοί & Γεωλόγοι Εταιρεία Περιορισμένης Ευθύνης ΕΠΕ - ΛΙΖΑ ΜΠΕΝΣΑΣΣΩΝ - ΗΛΙΑΣ ΚΟΥΡΚΟΥΛΗΣ- ENVIROPLAN ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Σύμβουλοι Αναπτυξιακών και Τεχνικών Έργων ΑΕ - ΔΙΚΤΥΟ-Ανώνυμη Εταιρία Τεχνικών Μελετών ΑΕ - ΒΑΒΙΖΟΣ-ΖΑΝΝΑΚΗ Μελέτες Έρευνες ΑΕ - ΦΩΤΕΙΝΗ ΜΠΑΛΤΟΓΙΑΝΝΗ, Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ 51/2007», 2012

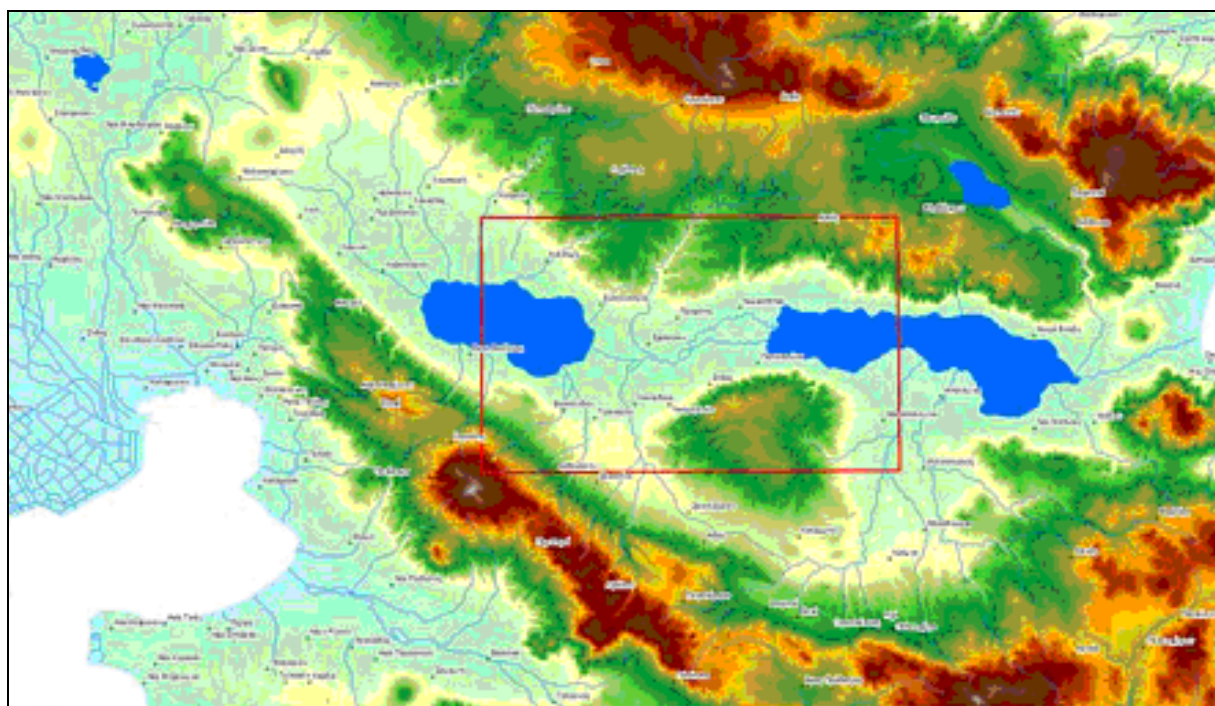
**Πίνακας 6.2.2.**

Βασικά στοιχεία που αντλήθηκαν από τις μελέτες του πίνακα 6.2.1.

Αριθμός	Βασικά στοιχεία που αντλήθηκαν για τη περιοχή
1	Γεωλογία Υδρογεωλογία
2	Γεωλογία, Υδρογεωλογία, πιεζομετρία, Υδροχημεία
3	Υδρογεωλογία, μοντέλα διαχείρισης, χρήσεις
4	Γεωμορφολογία, Υδροχημεία, Υδρογεωλογία, πιεζομετρία
5	Μοντέλα διαχείρισης
6	Υπόγεια Υδατικά συστήματα, στοιχεία γεωτρήσεων, απογραφή σημείων,

### 6.3 Γεωμορφολογία λεκάνης

Η λεκάνη Μυγδονίας μορφολογικά χαρακτηρίζεται από ένα ορεινό και ένα λοφώδες - πεδινό ανάγλυφο (βλέπε χάρτη εικ.6.3.1).



**Εικ.6.3.1.** Μορφολογικός χάρτης λεκάνης Μυγδονίας.

Το πεδινό - λοφώδες τμήμα οριοθετείται περίπου από την ισούψη των 200 m, που ακολουθεί το όριο επαφής μεταξύ των ιζηματογενών αποθέσεων με τα κρυσταλλοσχιτώδη πετρώματα των παρυφών της λεκάνης τα οποία αποτελούν και το υπόβαθρο της λεκάνης Μυγδονίας. Το πεδινό-λοφώδες τμήμα έχει έκταση περίπου 656 km<sup>2</sup> (31,8% της συνολικής

έκτασης της λεκάνης), ενώ το ημιορεινό - ορεινό έχει έκταση περί τα 1370 km<sup>2</sup>. Η λεκάνη οριοθετείται, βόρεια από τα όρη της Βόλβης (627 m) και τις χαμηλότερες κορυφές του Βερτίσκου (1103 m), ανατολικά από τον ορεινό όγκο της Ψηλής Ράχης (341 m) και του Σουλγιανοδίου (746 m), που παρεμβάλλονται μεταξύ των ορέων Κερδυλίων και του Στρατονίκου και διαμέσου των στενών της Ρεντίνας επικοινωνεί με το Στρυμονικό κόλπο ενώ δυτικά τα όρια της δεν είναι σαφώς ορισμένα, καθώς υπάρχει ένας αριθμός χαμηλών λόφων και κοιλωμάτων, με εξαίρεση τον ορεινό όγκο της Καμήλας (569 m). Το όρος της Καμήλας διαχωρίζει τη λεκάνη Μυγδονίας από αυτή του Γαλικού ποταμού. Τέλος, η νότια πλευρά της λεκάνης οριοθετείται, με κατεύθυνση από δύση προς ανατολή, από το όρος Χορτιάτη (1206 m), τις χαμηλότερες κορυφές του Χολομώντα (1165 m) και του Στρατονίκου (918 m) (βλέπε χάρτη εικ.6.3.2).



**Εικ.6.3.2.** Υδρολογική λεκάνη Μυγδονίας – Υδρογραφικό δίκτυο.

Το χαμηλό τμήμα της λεκάνης καλύπτεται από τις λίμνες Κορώνειας (Λαγγαδά) και Βόλβης, οι οποίες διαιρούν τη συνολική πεδινή έκταση σε τέσσερις επιμέρους πεδιάδες. Στην πεδιάδα του Λαγγαδά, ΒΔ της λίμνης Κορώνειας, στην πεδιάδα του Σχολαρίου μεταξύ των δύο



λιμνών, στην πεδιάδα της Ν. Απολλωνίας νότια της λίμνης Βόλβης και στην πεδιάδα της Ν. Μαδύτου – Μοδίου – Ρεντίνας ανατολικά της λίμνης Βόλβης.

Στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης βρίσκεται ο Ρήχιος ποταμός που επικοινωνεί μέσω των στενών της Ρεντίνας, με το Στρυμονικό κόλπο.

Η υπολεκάνη της Κορώνειας αποτελεί τμήμα της υδρολογικής λεκάνης της Μυγδονίας. Καταλαμβάνει το δυτικό τμήμα του τεκτονικού βυθίσματος της λεκάνης Μυγδονίας, έχει συνολική έκταση 746 km<sup>2</sup> και αποτελείται:

- από την κυρίως πεδινή δυτική περιοχή ( 269 km<sup>2</sup>)
- τη δυτική λοφώδη περιοχή (13 km<sup>2</sup>)
- τις βόρειες ορεινές λεκάνες απορροής Μπογδάνα και Ρέματος Κολχικού έκταση, (317 km<sup>2</sup> ) με μέσο υψόμετρο τα 420 m και
- τη λοφώδη περιοχή νότια της λίμνης (147 km<sup>2</sup>).

Η λίμνη Κορώνεια βρίσκεται περί τα 36 m ψηλότερα από τη λίμνη Βόλβη. Η επικοινωνία μεταξύ των δύο λιμνών επετεύχθη με τη διάνοιξη τεχνικής αποστραγγιστικής τάφρου (βάθους 1 m, πλάτους 8 m), με στόχο την αποτροπή τοπικών πλημμυρικών φαινομένων, και παροχέτευε τα νερά της λίμνης Κορώνειας προς τη Βόλβη, όταν η στάθμη αυτής (Κορώνειας) ξεπερνούσε τα 75 m. Τα τελευταία χρόνια η ροή στην τάφρο είναι μηδενική εξαιτίας της πτώσης στάθμης στη λίμνη Κορώνεια.. Υπολογίζεται ότι η λίμνη της Κορώνειας, από 1972 μέχρι το 2000 έχει χάσει το 57,14% της έκτασής της (από 49 km<sup>2</sup> του 1972 είχαν απομείνει το 2000, 28 km<sup>2</sup>) και το 90% του υδατικού δυναμικού της.

Το πρόβλημα της πλήρους σχεδόν αποξήρανσης της λίμνης Κορώνειας (προήλθε πρωτίστως από την κακή διαχείριση του αρδευτικού νερού, λόγω υπεράντλησης του υπόγειου υδροφορέα. Σύμφωνα με τα υπάρχοντα στοιχεία, το υδρολογικό ισοζύγιο στο πεδινό και δυτικό τμήμα της λοφώδους περιοχής της υπολεκάνης Κορώνειας ήταν θετικό. Από το 1985 έως το 2002 είχε παρατηρηθεί μια σημαντική πτώση στάθμης στη λίμνη, με κίνδυνο την πλήρη εξάντληση των υδατικών αποθεμάτων της τα τελευταία χρόνια. Η κατάσταση είχε επιδεινωθεί πολύ με αποτέλεσμα μεγάλες εκτάσεις γης που σε προηγούμενα χρόνια αποτελούσαν μέρος της λίμνης, έχουν σήμερα αποξηρανθεί. Τα αποθέματα νερού της λίμνης Κορώνειας μέχρι το 1985 ήταν  $200 \times 10^6 \text{ m}^3$  και το 2002 ήταν  $20 \times 10^6 \text{ m}^3$  αντίστοιχα.

Πλήθος υδρορευμάτων καταλήγουν στη λίμνη, με πιο σημαντικά το ρέμα Μπογδάνας (έκταση λεκάνης απορροής 178 km<sup>2</sup>), του Κολχικού (86 km<sup>2</sup>), της Ανάληψης (53 km<sup>2</sup>), του Χολομώντα, που πηγάζει βόρεια του όρους Χολομώντα και εκβάλλει στο μέσο του νοτίου

τμήματος της λίμνης Κορώνειας, τα ρέματα Δρακόντειου, Ευαγγελισμού, Πλατανόρεμα, Γερακαρούς όπως επίσης και η τάφρος Καβαλαρίου που αποστραγγίζει όλη την περιοχή δυτικά της λίμνης.

Γενικά το υδρογραφικό δίκτυο δεν παρουσιάζει την ίδια ανάπτυξη βόρεια και νότια της λίμνης. Βόρεια της λίμνης το υδρογραφικό δίκτυο είναι καλά αναπτυγμένο και αυτό πρέπει να συνδέεται άμεσα αφ' ενός με τη νεοτεκτονική δραστηριότητα, αφ' ετέρου με το είδος των γεωλογικών σχηματισμών (επικρατούν τα αδιαπέρατα πετρώματα).

Η υπολεκάνη απορροής της λίμνης Βόλβη με έκταση 1278 km<sup>2</sup>, χαρακτηρίζεται από τη παρουσία της λίμνης Βόλβης, έκτασης 68,62 km<sup>2</sup> (Βαφειάδης, 1988), η οποία εντοπίζεται σε υψόμετρο 37 m και έχει σχήμα επίμηκες με μέσο βάθος, τα 13,5 m, και μέγιστο τα 23,5 m. Η τροφοδοσία των νερών της λίμνης γίνεται κυρίως από εισροές με τη μορφή χειμάρρων από τη λεκάνη απορροής.

Ακόμα η Βόλβη τροφοδοτείται από θερμομεταλλικές πηγές (Κοκκινάκης et al., 2000), ενώ μοναδική εκροή της λίμνης, και κατ' επέκταση του συνόλου της λεκάνης Μυγδονίας, προς τη θάλασσα (Στρυμονικός κόλπος) αποτελεί ο Ρήχιος ποταμός, που περνάει μέσα από τα στενά της Ρεντίνας. Οι χειμάρροι που εισρέουν στη λίμνη είναι (βλέπε χάρτη εικ.6.3.2):

- Ποταμιάς: ενώνεται με τον ποταμό Δερβένι.
- Βαμβακιάς (ή Κρύας Βρύσης): συμβάλλει στο Ρήχιο ποταμό. Αποστραγγίζει τη λεκάνη των Βρωμολιμνών και εκβάλλει στη βορειοανατολική πλευρά της λίμνης.
- Λαγκαδικίων (Πλατανόρεμα): αποστραγγίζει τη λεκάνη Ζαγκλιβερίου και ενώνεται με τον ποταμό Δερβένι.
- Μεγάλο Ρέμα (Παζαρούδα): εκβάλλει στο νότιο τμήμα της λίμνης Βόλβης.
- Μικρό Ρέμα (Χολομώντα ή Ατσαλιώτικο ή Απολλωνίας): εκβάλλει στο νοτιοανατολικό τμήμα της λίμνης.
- Κερασιάς: συγκεντρώνει τα αποστραγγιζόμενα ύδατα των βόρειων κλιτύων του Στρατονίκου, εκβάλλει στη λίμνη.
- Δερβενίου: προέκυψε από τη συμβολή των χειμάρρων Ποταμιάς και Πλατανορέματος. Λειτουργεί ως αποστραγγιστική τάφρος και εκφορτίζει τα πλεονάζοντα νερά της λίμνης Κορώνειας στη Βόλβη, στο δυτικό τμήμα αυτής. Η παροχή είναι μηδενική εδώ και αρκετά χρόνια, από τότε που άρχισε η σταδιακή πτώση της στάθμης στη λίμνη Κορώνεια.
- Ρήχιος: εκφορτίζει τα πλεονάζοντα νερά της λεκάνης Μυγδονίας, μέσω των στενών της Ρεντίνας, στη θάλασσα (Στρυμονικός κόλπος).

## 6.4 Γεωλογία Περιοχής

Η λεκάνη της Μυγδονίας αποτελεί ένα τεκτονικό βύθισμα που οφείλεται σε δυο κυρίως συστήματα ρηγμάτων, όπου το ένα έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και το άλλο Α-Δ. Τα πρώτα είναι αριστερόστροφα με αποτέλεσμα τις οριζόντιες μετατοπίσεις μαζών, τα δε δεύτερα είναι κανονικά, ενώ το αποτέλεσμα αυτών είναι η καταβύθιση της λεκάνης και η αιτία εμφάνισης θερμών πηγών. Το υπόβαθρο της λεκάνης στην περιοχή Στίβου-Σχολιαρίου (περιοχή μεταξύ των λιμνών), παρουσιάζει μια ανύψωση διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ, η οποία χωρίζει τεκτονικά τις υπολεκάνες Κορωνείας και Βόλβης.

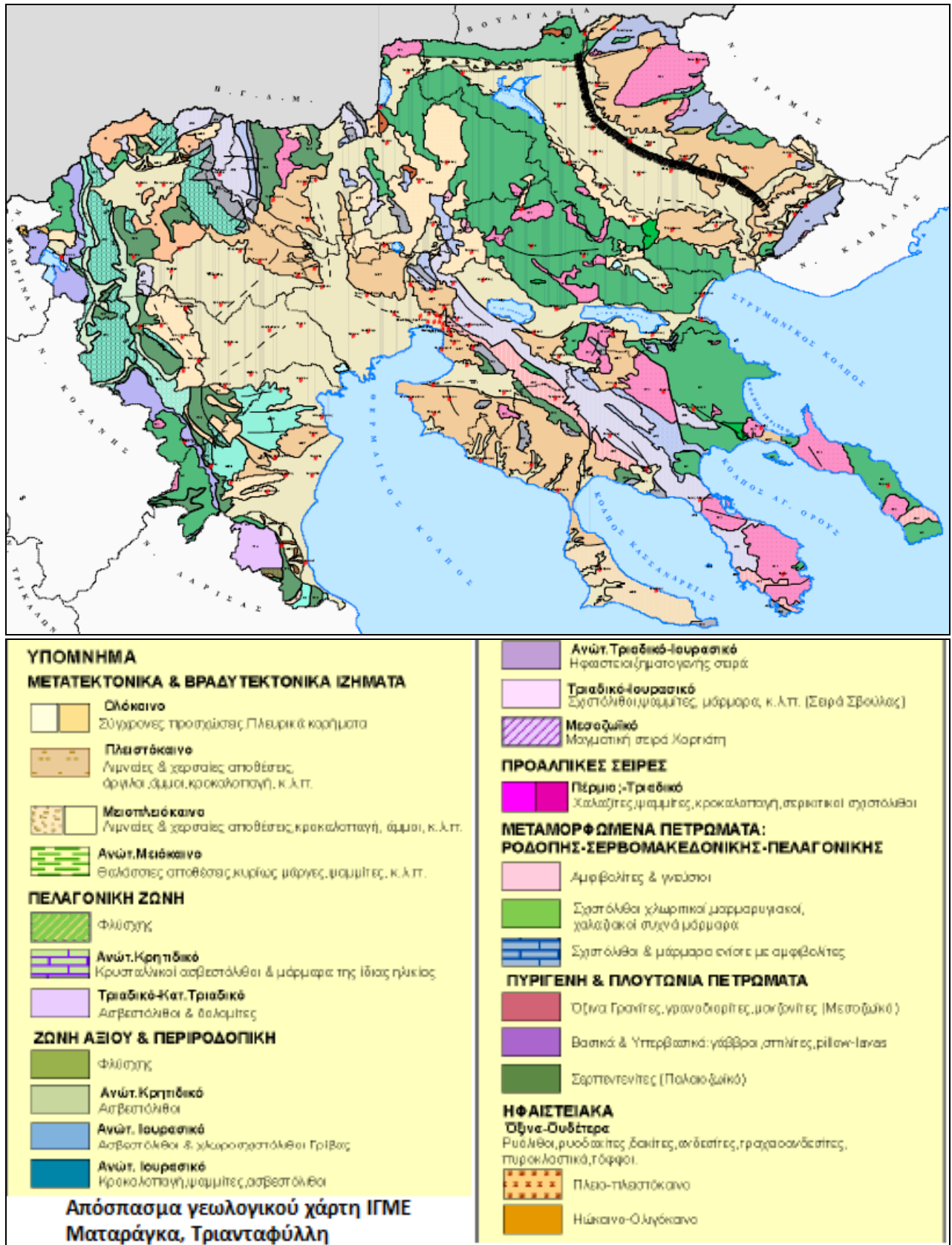
Γεωτεκτονικά, το νοτιοδυτικό τμήμα της υπολεκάνης ανήκει στην Περιοδοπική ζώνη, ενώ το βορειοανατολικό στη Σερβομακεδονική ζώνη. Το δυτικότερο τμήμα, αποτελεί το όριο με τη γεωτεκτονική ζώνη του Αξιού. Υπόβαθρο του βυθίσματος θεωρούνται τα μεταμορφωμένα πετρώματα της Σερβομακεδονικής μάζας τα οποία αντιπροσωπεύονται από διμαρμαρυγιακούς γνεύσιους, αμφιβολίτες, γρανίτες, φυλλίτες, αργιλικούς σχιστολίθους, χαλαζίτες και μάρμαρα.

### Πετρώματα υποβάθρου

Το υπόβαθρο αποτελείται από (βλέπε χάρτη εικ.6.4.1):

- Γνευσιακά πετρώματα. Καταλαμβάνουν το μεγαλύτερο μέρος της ορεινής και ημιορεινής περιοχής και παρουσιάζουν μεγαλύτερη εμφάνιση στο βόρειο τμήμα της λεκάνης. Αποτελούνται συνήθως από κεροστιλβικούς, βιοτιτικούς και μαρμαρυγιακούς γνεύσιους.
- Μάρμαρα. Συναντώνται υπό μορφή ταινιών ή οριζόντων εντός των γνευσιακών πετρωμάτων της ανατολικής περιοχής της λεκάνης της Μυγδονίας. Στην περιοχή εκατέρωθεν της κοιλάδας της Ρεντίνας, τα μάρμαρα έχουν διεύθυνση βορρά-νότου. Παρόμοιοι ορίζοντες μαρμάρων βρίσκονται εντός των γνεύσιων της σειράς του Βερτίσκου.
- Αμφιβολίτες. Κατέχουν τη βορειοανατολική πλευρά της λεκάνης Μυγδονίας.
- Φυλλιτική σειρά. Η σειρά αυτή αποτελείται από μεταμορφωμένα και ιζηματογενή πετρώματα κυρίως φυλλίτες σκοτεινόχρους, γραφιτικούς, εν μέρει ψαμμιτικούς που εναλλάσσονται με ψαμμιτικούς ασβεστόλιθους και χαλαζίτες με παρενθέσεις μαρμάρων, σιπολινών και φακών ασβεστολίθων. Η κατά πλάτος έκταση της σειράς περιορίζεται στη βόρεια πλευρά και τις κλιτύες του Χορτιάτη.





Εικ.6.4.1. Γεωλογικός χάρτης Κεντρικής Μακεδονίας (Βεράνης, 2008).

- Ασβεστόλιθοι της Καμήλας (ντε Κοράν). Πρόκειται περί συμπαγών ασβεστολίθων, στρωσιγενών με εναλλαγές μαρμάρων και δολομιτικών ασβεστολίθων. Το σύστημα των ασβεστολίθων επικάθεται επί των σχηματισμών μιας ηφαιστειο-ιζηματογενούς σειράς, η οποία υπέρκειται των γενέσιων της σειράς του Βερτίσκου.
- Χαλαζίτες. Οι χαλαζίτες και τα κροκαλοπαγή, που τους συνοδεύουν, βρίσκονται στη βόρεια πλευρά της υπολεκάνης Κορωνείας και κατέχουν ορισμένους μικρού εύρους ορίζοντες εντός της γενεσιακής σειράς του Βερτίσκου.
- Γρανίτες. Οι γρανίτες βρίσκονται εντός του συστήματος των γενέσιων της σειράς του Βερτίσκου με τη μορφή γρανιτικών διεισδύσεων στην περιοχή εκατέρωθεν του δυτικού τμήματος της Λίμνης Βόλβης. Σε ορισμένες περιοχές, οι γρανίτες έχουν γενεσιακή εμφάνιση. Οι γρανίτες αυτοί εξαπλώνονται με τη μορφή ζώνης από την Αρναία μέχρι το Σοχό, στην κεντρική περιοχή της Μυγδονίας και διακόπτονται στη λεκάνη της Μαραθούσας και Μυγδονίας, λόγω κάλυψης από νεώτερους σε ηλικία ιζηματογενείς σχηματισμούς.

### **Τα ιζήματα της χαμηλής περιοχής**

Τα ιζήματα με τα οποία έχει πληρωθεί η λεκάνη Μυγδονίας είναι κυρίως χερσαία και λιμναία ιζήματα Νεογενούς (Ολιγοκαινικής - Μειοκαινικής) και τεταρτογενούς ηλικίας. Τα παλαιότερα νεογενή ιζήματα περιλαμβάνουν: α) κροκαλοπαγή, β) ψαμμίτες, γ) αργιλοψαμμίτες (ιζήματα λιμναίας και ποταμοχειμάρρειας φάσης) και δ) ερυθροστρώματα (χερσοποτάμια ιζήματα, από άργιλο με άμμο και κροκάλες), ενώ τα νεότερα τεταρτογενή περιλαμβάνουν: α) μια κατώτερη σειρά από στρώματα κροκαλών και άμμου, άμμου, αργιλούχων άμμων, αργίλων και β) μια ανώτερη σειρά από αργίλους με εναλλασσόμενα στρώματα άμμου και ιλύος, άμμους, χαλίκια και κατά θέσεις τραβερτινοειδείς αποθέσεις. Τα ιζήματα αυτά αντιπροσωπεύουν υλικά διαφόρων πλειστοκαινικών αναβαθμίδων, ελλουβιακών και αλλουβιακών αποθέσεων, κώνων κορημάτων, ριπιδίων, ποταμοχειμάρρειων και λιμναίων αποθέσεων.

## 6.5 Υδρογεωλογικές Συνθήκες

Τα υπόγεια υδατικά συστήματα που περιλαμβάνονται στο πεδινό τμήμα της λεκάνης της Μυγδονίας και συσχετίζονται με επιφανειακά ύδατα, είναι τα παρακάτω:

GR1000070 Κοκκώδες Σύστημα Μυγδονίας

Το υπόγειο αυτό σύστημα εκτιμάται ότι δέχεται μέση ετήσια τροφοδοσία περί τα 100 εκατ. m<sup>3</sup> νερού. Τα στοιχεία λήφθηκαν από τις διαχειριστικές μελέτες η εκπόνηση των οποίων είναι σε εξέλιξη.

Η υδρογεωλογική συμπεριφορά των σχηματισμών της λεκάνης της Μυγδονίας, παρουσιάζεται στο χάρτη Υ.Δ. 10-11 στο παράρτημα Β της παρούσας έκθεσης, έχει ως εξής:

### Σχηματισμοί υποβάθρου

- Κρυσταλλικά πετρώματα εκτός μαρμάρων (γνεύσιοι, γρανίτες, χαλαζίτες, αμφιβολίτες και ημιμεταμορφωμένα (φυλλίτες). Τα πετρώματα αυτά θεωρούνται στο σύνολό τους μικρής διαπερατότητας πετρώματα και εμφανίζονται έντονα τεκτονισμένα και κατακερματισμένα από συστήματα διακλάσεων και ρήγματα. Το νερό των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στα πετρώματα αυτά, κυκλοφορεί μέσω των διακλάσεων, των διατμητικών ζωνών και των ρηγμάτων, τροφοδοτώντας έτσι την περιορισμένη υπόγεια υδροφορία που αναπτύσσεται κατά μήκος των ζωνών αυτών, καθώς και στο αποσαθρωμένο επιφανειακό κάλυμμα. Η υδροπερατότητα ποικίλλει σημαντικά και εξαρτάται άμεσα από την έκταση και το βαθμό ρωγμάτωσης και κατακερματισμού του πετρώματος. Η συνολική υδροπερατότητα στους τεκτονισμένους γνεύσιους κατά μήκος ρηγμάτων εκτιμάται ότι κυμαίνεται από  $2,3 \times 10^{-6}$  έως  $7,1 \times 10^{-7}$  m/s. Από τις υδρευτικές γεωτρήσεις που έχουν ανορυχθεί στα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα της λοφώδους περιοχής (Νυμφόπετρα, Προφήτης, Δρακόντιο, Περιστερώνας κ.α.), διαπιστώθηκε ότι σε αρκετές περιπτώσεις τα υπόγεια νερά που κυκλοφορούν εντός των ρηγμάτων και γενικότερα στις ασυνέχειες των κρυσταλλικών πετρωμάτων σε βάθη μεγαλύτερα των 30 m είναι υπό πίεση, με παροχές της τάξης των 10-25 m<sup>3</sup>/h. Η εκφόρτιση των υπόγειων νερών γίνεται είτε στην επιφάνεια του εδάφους υπό μορφή

μικροπηγών είτε μέσω πλευρικής διήθησης προς τους χαμηλότερους ιζηματογενείς υδροφορείς.

- Ανθρακικά πετρώματα (μάρμαρα, ασβεστόλιθοι). Τα ανθρακικά πετρώματα εστιάζονται κυρίως στα μάρμαρα που απαντώνται με μορφή ταινιών η λεπτών οριζόντων στα γνευσιακά πετρώματα. Λόγω της περιορισμένης ανάπτυξης τους και της ταινιωτής τους εμφάνισης εντός των άλλων μικρότερης διαπερατότητας κρυσταλλικών πετρωμάτων, δεν παρουσιάζουν ιδιαίτερο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον.

### **Σχηματισμοί πεδινού τμήματος**

Στα σύγχρονα και νεογενή ιζήματα που αναπτύσσονται στα πεδινά τμήματα διαμορφώνονται επάλληλοι υδροφόροι ορίζοντες με σημαντικές υδροφορίες που τυγχάνουν εντατικής εκμετάλλευσης. Το πάχος των ιζημάτων αυτών αυξάνει από τις παρυφές του πεδινού τμήματος προς το κεντρικό άξονα, καθώς και κατά μήκος του άξονα της λεκάνης (Δ-Α). Ειδικότερα, στη μεταξύ των δυο λιμνών πεδινή έκταση, το πάχος των νεογενών και τεταρτογενών φτάνει τα 400 m. Τα ιζήματα αυτά εμφανίζονται διαφοροποιημένα σε εναλλαγές στρώσεων αργίλων, αμμοχαλίκων, άμμο-ιλύων κ.λ.π. Αναπτύσσονται αξιόλογες, αλλά ακανόνιστες, τόσο οριζόντια όσο και κατακόρυφα υδροφορίες (υπό πίεση, μερικώς υπό πίεση ή και ελεύθερες) στα επάλληλα στρώματα άμμου, χαλίκων, ψηφίδων, κροκαλών με λίγη άργιλο, τα οποία διαχωρίζονται μεταξύ τους από στρώματα αργίλων. Πολλά από τα υδροφόρα στρώματα φαίνεται να επικοινωνούν πλευρικά ή και κατακόρυφα μεταξύ τους. Αυτό εντοπίζεται περισσότερο στις περιοχές πέραν του κεντρικού επιμήκους άξονα, κατά μήκος του οποίου η έντονη παρουσία αργιλικών στρώσεων δημιουργεί σημαντικές επάλληλες υδροφορίες, υπό πίεση, που αναπτύσσονται στις αδρόκοκκες άμμους, ψηφίδες και κροκαλοπαγή. Στο υπόλοιπο τμήμα της λεκάνης η πλευρική στρωματογραφική συσχέτιση ακόμη και μεταξύ γειτονικών γεωτρήσεων είναι πολλές φορές αδύνατη. Αυτό αποδίδεται κυρίως στο ταχέως μεταβαλλόμενο ιζηματογενές περιβάλλον (συστήματα αναβαθμίδων, πλευρικά κορήματα, αλλουβιακά ριπίδια, κώνοι κορημάτων).

Λόγω της έντονης ετερογένειας προς όλες τις κατευθύνσεις, θεωρείται δύσκολη η ομαδοποίηση του συνόλου των υδροφοριών. Σε γενικές γραμμές με βάση τα υπάρχοντα στοιχεία και τις μελέτες οι υδροφορίες αυτές μπορούν να ομαδοποιηθούν τελικά, σε μια αβαθή και μια βαθιά υδροφορία, που διαχωρίζονται μεταξύ τους από το αργιλικό διαπέρατο – ημιδιαπερατό στρώμα, που συνήθως εμφανίζεται κατά μήκος του κεντρικού άξονα. Ο αβαθής υδροφορέας είναι ελεύθερος (κατά μήκος της κοίτης μεγάλων ρεμάτων όπως

Μπογδάνας Ποταμός, ρέμα Σχολαρίου και ρέμα Λαγκαδικίων) ή μερικώς υπό πίεση στις περιοχές που οι υδροφορείς είναι καλυμμένοι από την επιφανειακή άργιλο. Από τις διάφορες εκτιμήσεις, με βάση τα γεωτρητικά αποτελέσματα, ο αβαθής υδροφορέας εκτείνεται σε έκταση  $269 \text{ km}^2$ , το πάχος του είναι 40-60 m και συνίσταται από διαδοχή λιμναίων ιζημάτων (άμμοι, χαλίκια) που διαχωρίζονται μεταξύ τους από αργλικές στρώσεις. Η τροφοδοσία του υδροφορέα αυτού γίνεται απευθείας από τα επιφανειακά νερά (βροχοπτώσεων και χειμάρρων), που εκτιμώνται σε  $30 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{χρόνο}$ . Από τις αντλητικές δοκιμασίες, που έχουν πραγματοποιηθεί κατά καιρούς, οι υδραυλικές παράμετροι του υδροφορέα δίδουν μεταβιβαστικότητα  $T = 5,1 \times 10^{-2}$  έως  $9,2 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{sec}$  και συντελεστής εναποθήκευσης  $S = 1,2 \times 10^{-2}$  έως  $6,1 \times 10^{-3}$ .

Ο βαθύς υδροφορέας είναι υπό πίεση, έχει μέσο πάχος 150 m και συνίσταται από κλαστικά νεογενή και τεταρτογενή ιζήματα. Η τροφοδοσία του βαθύ υδροφορέα, γίνεται μέσω των περιοχών που αναδύεται στην επιφάνεια, κυρίως σε θέσεις που έρχεται σε επαφή με χειμάρρους, κυρίως τους Μπογδάνα, ρέμα Γερακαρούς, από τις πλευρικές μεταγίσεις των υπογείων νερών της ορεινής ζώνης, που κυκλοφορούν μέσω των τεκτονικών ασυνεχειών του υποβάθρου και από την ανώτερη ρηγή υδροφορία λόγω μερικής υδραυλικής επικοινωνίας. Οι υδραυλικές παράμετροι και των δυο υδροφορέων μαζί (ρηχός και βαθύς υδροφορέας) με βάση στοιχεία δοκιμαστικών αντλήσεων δίδουν συντελεστή μεταβιβαστικότητας  $T = 6,3 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$  (περιοχή Λαγκαδικία) έως  $5,1 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sec}$  (περιοχή Κολχικού) και συντελεστή εναποθήκευσης  $S = 1,3 \times 10^{-4}$  έως  $5,1 \times 10^{-4}$ .

Όπως έχει προκύψει από διάφορες μελέτες στην περιοχή έρευνας, δεν εντοπίζονται υδραυλικά απομονωμένοι βαθείς υδροφορείς. Μεταξύ αβαθών και βαθέων υδροφορέων παρεμβάλλεται διαχωριστικό αδιαπέρατο – ημιπερατό αργλικό στρώμα, το οποίο όμως δεν είναι συνεχές και ενιαίο σ' όλη την έκταση της υπολεκάνης, με αποτέλεσμα να υπάρχει στη μεγαλύτερη έκταση υδραυλική ενδοεπικοινωνία.

Μια σημαντική παρατήρηση η οποία θα πρέπει να αναφερθεί είναι ότι τα κυριότερα ρήγματα, με εξαίρεση την ανάδυση του υποβάθρου μεταξύ των λιμνών, είναι περίπου παράλληλα προς τον κεντρικό άξονα. Απ' αυτό προκύπτει ότι δε δημιουργούνται υπόγεια εμπόδια εγκάρσια προς την κίνηση του νερού, που να οφείλονται στις κατακόρυφες μετατοπίσεις των ρηγμάτων. Έτσι αβίαστα προκύπτει, ότι υπό κανονικές συνθήκες ροής, τα υπόγεια νερά ρέουν από τη λεκάνη της Κορώνειας σε αυτή της Βόλβης και στη συνέχεια μέρος τους εκφορτίζεται στο Στρυμονικό κόλπο.

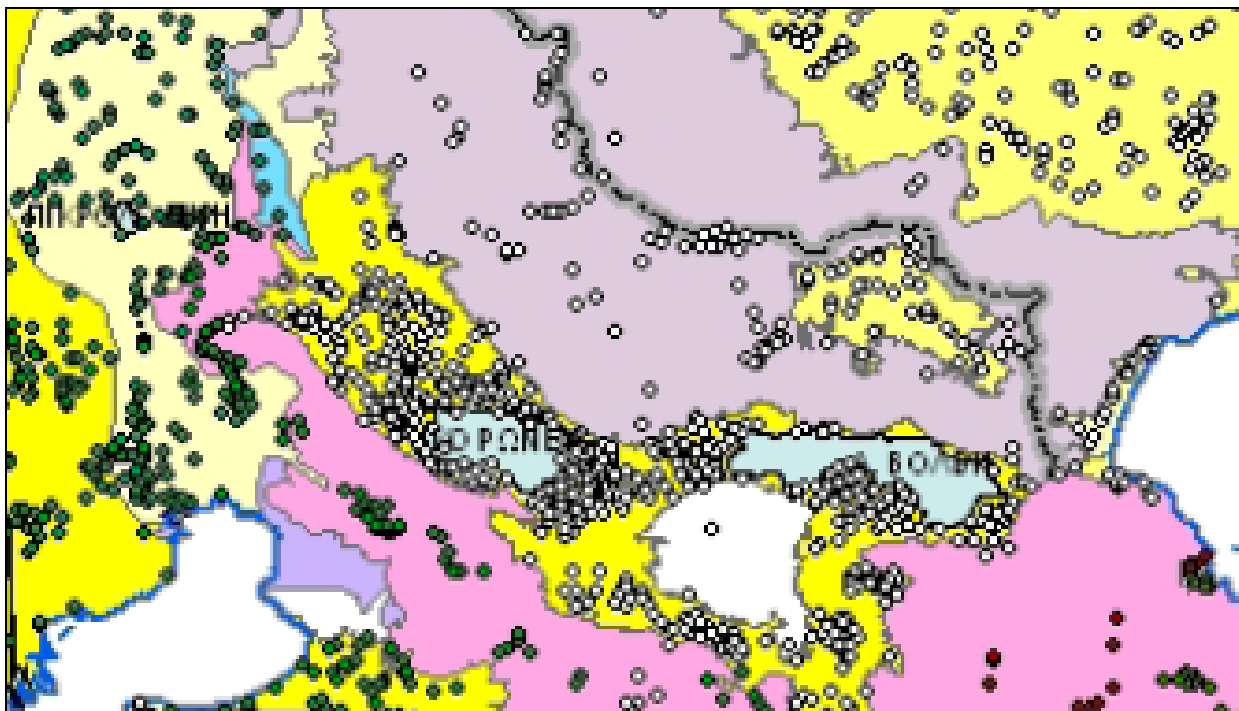
Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ισοτοπικών αναλύσεων, το υπόγειο νερό στους βαθείς υδροφορείς προέρχεται από την κατείσδυση κατακρημνισμάτων από την ημιορεινή-ορεινή περιοχή (450-650 m) και προσδιορίζεται ότι η ηλικία του νερού είναι 40-50 ετών, γεγονός που υποδεικνύει την αρκετά αργή ανανέωση των αποθεμάτων στους υπόγειους υδροφορείς.

Ιδιαίτερο υδρογεωλογικό ενδιαφέρον παρουσιάζει η σχέση των υδάτων της λίμνης Κορώνειας με τους υδροφορείς που αναπτύσσονται στην υπολεκάνη. Έχουν διατυπωθεί διάφορες απόψεις. Επικρατέστερη άποψη με βάση τα υπάρχοντα στοιχεία, είναι ότι ο πυθμένας της λίμνης θεωρείται στεγανός. Πιθανώς, περιμετρικά όμως φαίνεται ότι ο αβαθής υδροφορέας επικοινωνεί με το νερό της λίμνης. Οι περιοχές επικοινωνίας θα πρέπει να είναι οι περιοχές όπου οι χειμάρροι της περιοχής εκφορτίζονται στη λίμνη. Είναι οι περιοχές όπου αποτίθενται τα περισσότερο αμμώδη υλικά, σε σύγκριση με τα υλικά του πυθμένα που είναι αργιλώδη. Με βάση στοιχεία του ισοζυγίου, προκύπτει ότι τα τελευταία χρόνια που η στάθμη της λίμνης είναι πολύ χαμηλή, οι υδροφορείς τροφοδοτούν τη λίμνη. Σε περιπτώσεις υψηλής στάθμης και σε συνδυασμό με τις υπερβολικές αντλήσεις τότε είναι δυνατόν και το αντίστροφο. Γενικά θα λέγαμε ότι υπάρχει εκλεκτική επικοινωνία μεταξύ των νερών του υδροφορέα και του νερού της λίμνης.

Η τροφοδοσία του αβαθούς υδροφορέα, πραγματοποιείται κυρίως από τα επιφανειακά νερά, με την απευθείας κατείσδυση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων ή τις διηθήσεις των επιφανειακών απορροών, στις περιοχές κυρίως εξόδου των χειμάρρων, αλλά και κατά μήκος της κοίτης μέχρι τη λίμνη. Επίσης ο υδροφορέας δέχεται πλευρικές μεταγγίσεις από τη λοφώδη – ημιορεινή περιοχή, δηλ. από τα Β-ΒΔ και τον Χορτιάτη, που εκτιμώνται της τάξης των  $15 \times 10^6$  έως  $20 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/έτος. Τα υδρορεύματα τροφοδοτούν τους υδροφορείς με μια ποσότητα νερού που ανέρχονται σε  $23,7 \times 10^6$  m<sup>3</sup>/έτος. Χαρακτηριστικό είναι ότι τα νερά των χειμάρρων, ακόμα και των μεγαλύτερων π.χ. ρέμα του Μπογδάνου, μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1980 τροφοδοτούσαν με νερό τη λίμνη της Κορώνειας, ενώ σήμερα τα νερά τους δεν καταλήγουν ποτέ στη λίμνη διηθούμενα κατά μήκος της διαδρομής τους προς αυτήν.

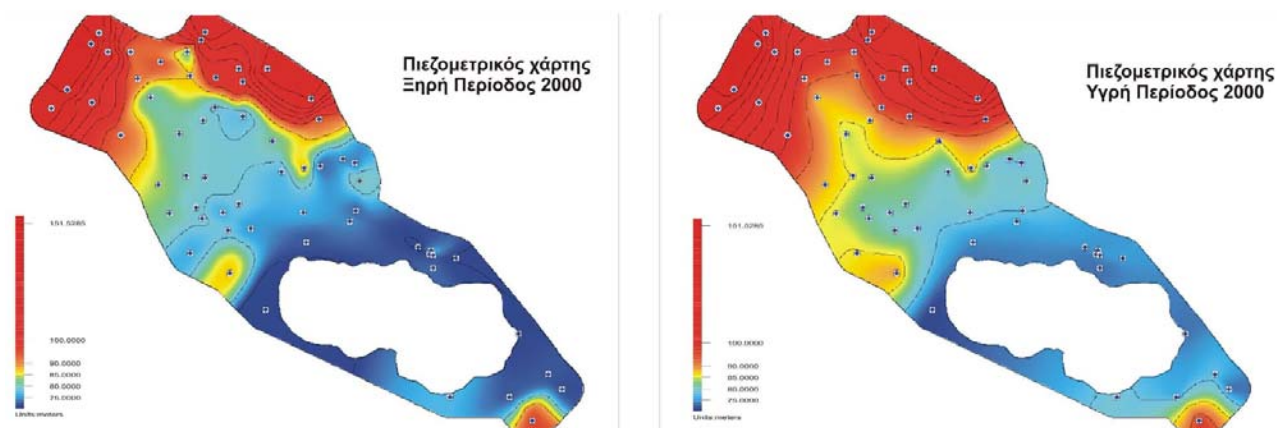
Η εκμετάλλευση των υπόγειων υδροφοριών της πεδινής ζώνης, που αναπτύσσονται στις τεταρτογενείς και νεογενείς αποθέσεις, γίνεται μέσω μεγάλου αριθμού υδρευτικών και αρδευτικών υδρογεωτρήσεων. Εκτιμάται ότι η εκμετάλλευση των ρηχών υδροφορέων γίνεται για αρδευτικούς σκοπούς με 3.000 περίπου υδρογεωτρήσεις, ενώ η εκμετάλλευση των βαθέων υδροφορέων γίνεται με 500 περίπου υδρογεωτρήσεις, από τις οποίες ο μεγαλύτερος αριθμός εντοπίζεται στην υπολεκάνη Κορώνειας (βλέπε χάρτη εικ.6.5.1).





**Εικ.6.5.1.** Απόσπασμα χάρτη υδατικών σωμάτων Κεντρικής Μακεδονίας με την ευρύτερη περιοχή λεκάνης Μυγδονίας – Απεικόνιση του μεγάλου αριθμού γεωτρήσεων (Βεράνης, 2008).

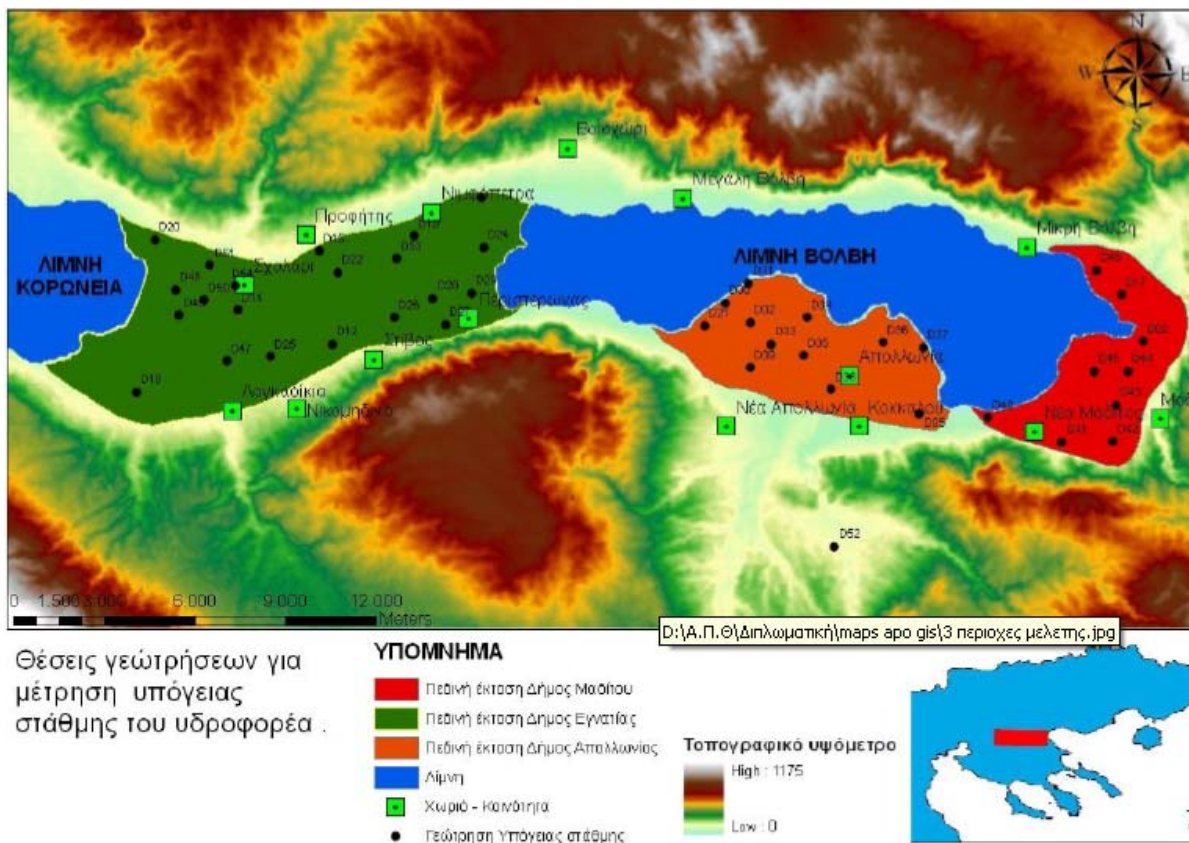
Με βάση τους πιεζομετρικούς χάρτες που έχουν κατά καιρούς συνταχθεί, (Βεράνης κ.α., 2002, Ζαμπούρ, 2010) προκύπτει, **αναμενόμενα**, μια κίνηση του υπόγειου νερού από Δ-Α.



**Εικ.6.5.2.** Πιεζομετρικοί χάρτες ξηρής και υγρής περιόδου, υδροφορέων πεδινού τμήματος υπολεκάνης Λίμνης Κορώνειας (Βεράνης κ.α., 2002).

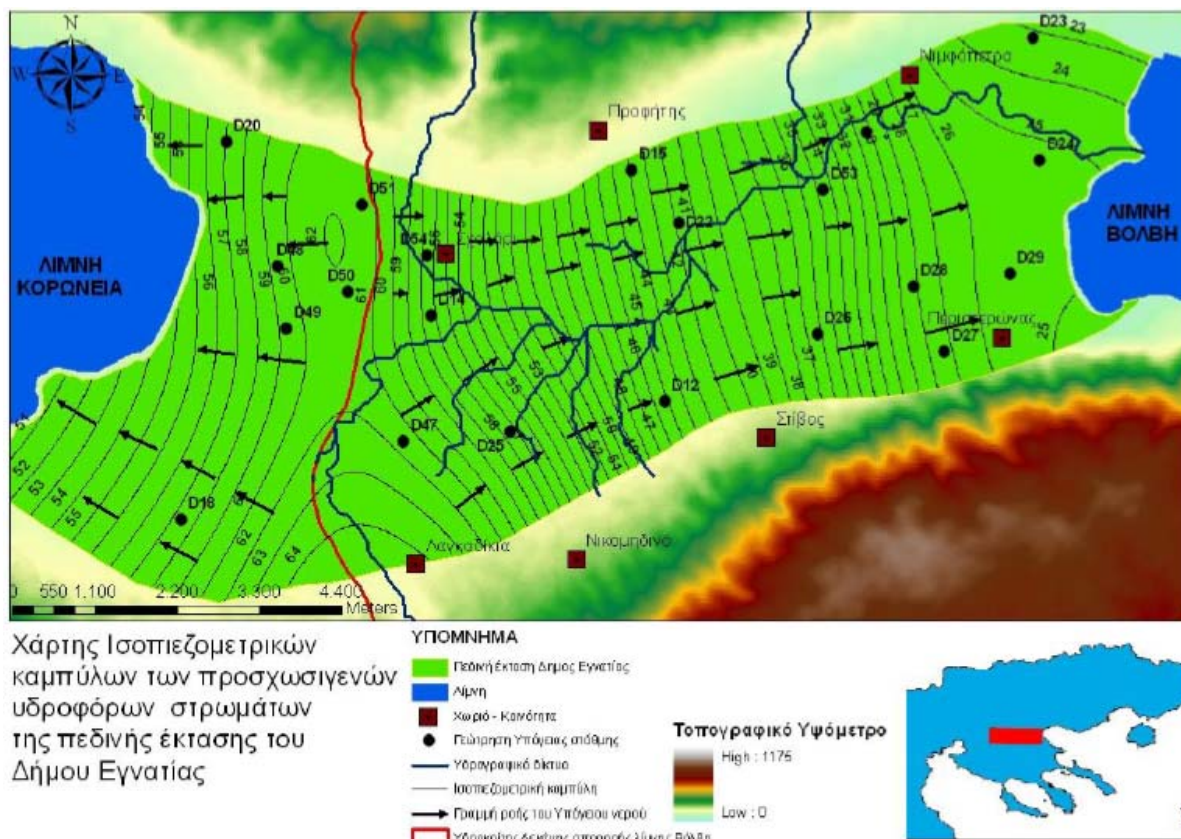
Από τα δεδομένα της πιεζομετρίας για τη περιοχή του χάρτη 6.5.2, τα οποία προέρχονται από μετρήσεις των περιόδων 1970-71, (BRGM, 1972), 1991-92, (Vatseris, 1992) και περιόδου 1996-2001 από το ΙΓΜΕ (Βεράνης - Κατιρτζόγλου 2001a), διαπιστώνεται ότι οι αβαθείς και βαθείς υδροφορείς έχουν ενιαία πιεζομετρική επιφάνεια. Στη μελέτη του

BRGM (1972) αναφέρεται ζώνη αρτεσιανισμού στο δυτικό και βορειοδυτικό τμήμα της παραλίμνιας περιοχής που δεν υφίσταται σήμερα λόγω της πτώσης της πιεζομετρικής επιφάνειας. Από τις σταθμημετρήσεις στις 11 γεωτρήσεις που ανορύχθηκαν στην παραλίμνια περιοχή (Βεράνης κ.α., 2002) και στο αποξηραμένο τμήμα της λίμνης Κορώνειας διαπιστώθηκε ότι η πιεζομετρική επιφάνεια κυμαίνεται περί τα 72-74 m, ενώ η στάθμη της λίμνης είναι περί τα 69-70 m, που σημαίνει ότι δεν υφίσταται σήμερα, σε μεγάλη κλίμακα, υδραυλική επικοινωνία της λίμνης Κορώνειας με τους υπόγειους υδροφορείς. Η υδραυλική επικοινωνία πραγματοποιείται σε μικρή κλίμακα από τις αβαθείς υδροφορίες. Ο κύριος άξονας κίνησης του υπόγειου νερού είναι παράλληλος προς τον επιμήκη άξονα της λεκάνης και ακολουθεί διεύθυνση από ΒΒΔ→ΝΝΑ (βλέπε χάρτη εικ. 6.5.2) στην υπολεκάνη της Λίμνης Κορώνειας, ενώ στην περιοχή της λίμνης Κορώνειας και στην υπολεκάνη Σχολαρίου ακολουθεί διεύθυνση Δ→Α (χάρτης εικ.6.5.3). Από τη μελέτη των πιεζομετρικών χαρτών (χάρτες εικ.6.5.2 και εικ. 6.5.4) (Βεράνης και Κατιρτζόγλου, 2001a) προκύπτει ότι η υδραυλική κλίση στο δυτικό και βορειοδυτικό τμήμα της πεδινής περιοχής Κορώνειας είναι 1,4% έως 17%, ενώ στο κεντρικό τμήμα της πεδινής περιοχής είναι 0,22%. Το γεγονός αυτό αποδίδεται στην αυξημένη παρουσία των ερυθρών αργίλων στο δυτικό και βορειοδυτικό τμήμα της πεδινής περιοχής. Αντίστοιχα στο κεντρικό τμήμα εντοπίζονται σε μεγαλύτερο σχετικά ποσοστό οι άμμοι και οι χάλικες που δημιουργούν ευνοϊκότερες συνθήκες υδροφορίας. Από τη μελέτη της κατανομής της μεταβολής της πιεζομετρίας κατά την υγρή και ξηρή περίοδο διαπιστώθηκαν ορισμένες διαφορές στη διακύμανση της στάθμης στις διάφορες περιοχές. Οι εποχιακές μεταβολές της πιεζομετρίας είναι σχετικά μεγαλύτερες στα περιθώρια και στο δυτικό-βορειοδυτικό τμήμα απ' ό,τι στο κεντρικό τμήμα της πεδινής περιοχής. Έτσι κατά το 2000, η μέση διακύμανση της πιεζομετρικής επιφάνειας στα περιθώρια και στο δυτικό-βορειοδυτικό τμήμα της πεδινής περιοχής ήταν 4,5 m και στο κεντρικό τμήμα 3,6 m. Επίσης η μέση ταπείνωση της πιεζομετρικής επιφάνειας ξηράς περιόδου στο διάστημα 1997-2000 στα περιθώρια και στο δυτικό-βορειοδυτικό τμήμα της πεδινής περιοχής ήταν 1,89 m, ενώ στο κεντρικό τμήμα 1,22 m. Αναμενόταν οι εποχιακές μεταβολές της πιεζομετρικής επιφάνειας στα περιθώρια της λεκάνης και στο δυτικό-βορειοδυτικό της τμήμα να είναι μεγαλύτερες σε σχέση με τις αντίστοιχες μεταβολές στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης. Η έντονη όμως εκμετάλλευση των υπόγειων υδροφορέων στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης δημιουργεί ταπείνωση στάθμης που απαιτεί χρονικό διάστημα 2-3 μηνών για την επαναφορά της.



**Χάρτης σχ.6.5.3.** Θέσεις γεωτρήσεων που χρησιμοποιήθηκαν για τους πιεζομετρικούς χάρτες (Ζαμπούρ, 2010).

Στα τα πεδινά τμήματα της υπολεκάνης της Βόλβης επιλέχθηκαν από Ζαμπούρ (2010) 43 γεωτρήσεις ομοιόμορφα κατανεμημένες (χάρτης εικ.6.5.3) στις οποίες μετρήθηκε η στάθμη (Μάιος 2010) και συντάχθηκαν οι πιεζομετρικοί χάρτες των εικ.6.5.4, εικ.6.5.5, και εικ.6.5.6.

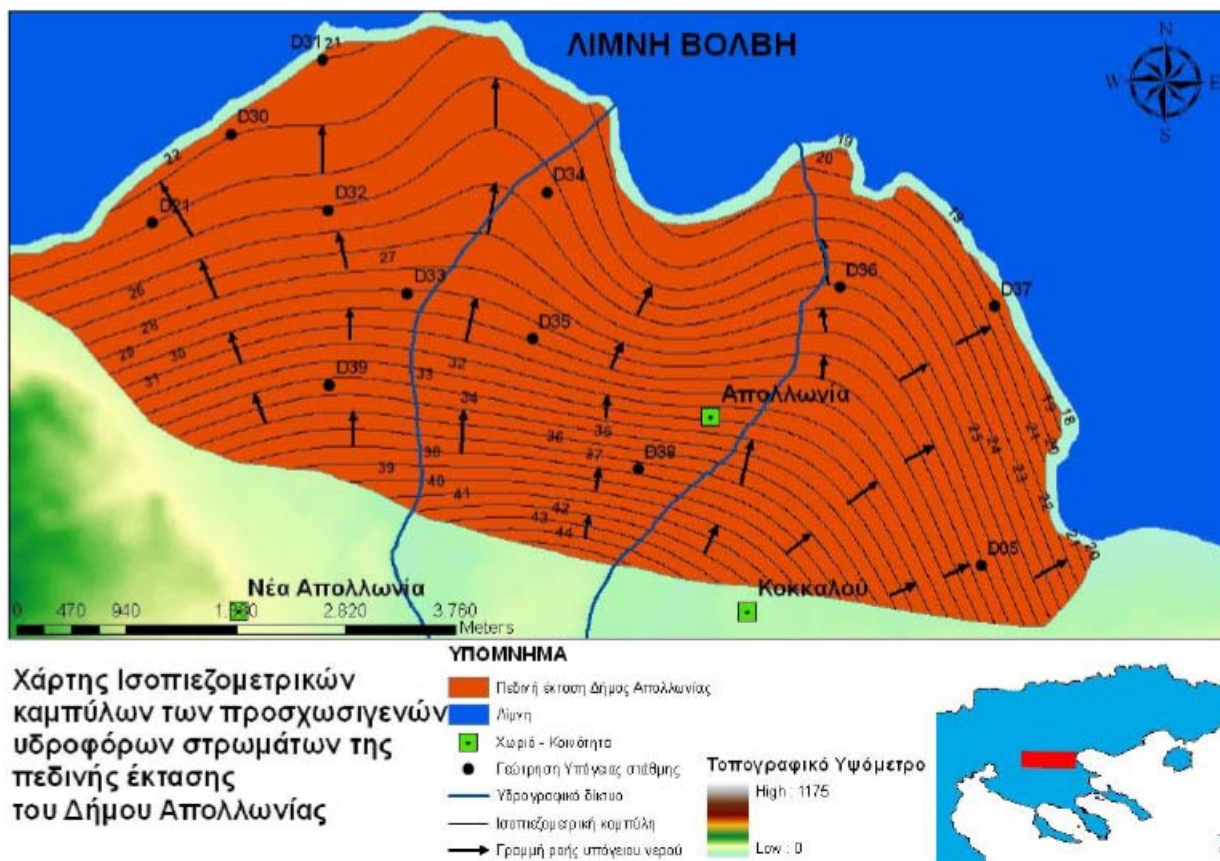


Εικ.6.5.4. Πιεζομετρικός χάρτης πεδινού Σχολαρίου (Ζαμπούρ, 2010).

Με βάση τους χάρτες προκύπτουν οι ακόλουθες διαπιστώσεις:

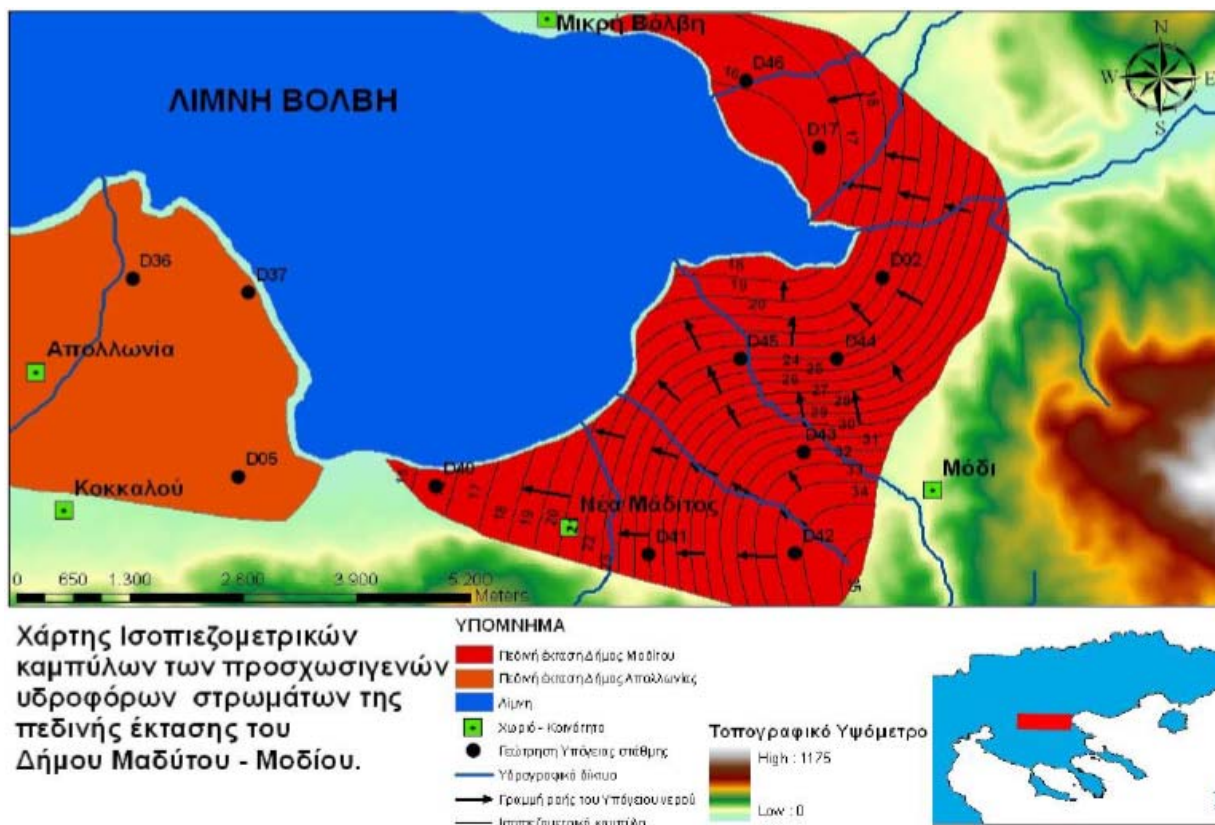
- Η πιεζομετρική επιφάνεια μεταξύ των δύο λιμνών διαφοροποιείται στο ύψος του υδροκρίτη (χάρτης εικ. 6.5.4). Στο τμήμα της Βόλβης κατευθύνεται από Δ-Α και στο τμήμα της Κορώνειας από Α-Δ. Διακρίνεται πως στο ανατολικό τμήμα (τμήμα Βόλβης) ότι ο χειμαρρος Δερβένη που διασχίζει το τμήμα εμπλουτίζει τα υπόγεια νερά. Από το χάρτη αυτόν προκύπτει ότι ένα τμήμα του υπόγειου νερού κινείται προς τη Λίμνη Βόλβη και ένα άλλο μικρότερο προς τη Λίμνη Κορώνεια.





Χάρτης σχ.6.5.5. Πιεζομετρικός χάρτης πεδινού Ν. Απολλωνίας (Ζαμπούρ, 2010).

- Στο πεδινό του Δήμου Απολλωνίας (νότια της Βόλβης), η πιεζομετρική επιφάνεια έχει κλίση από τα νότια προς τα βόρεια, και εδώ τα επιφανειακά νερά των χειμάρρων (Μέγα Ρέμα και Χολομώντας) φαίνεται πως ενισχύουν τους προσχωσιγενείς υδροφορείς του τμήματος και με γενική κατεύθυνση τη λίμνη (χάρτης εικ.6.5.5).
- Τέλος για την ανατολική προσχωσιγενή έκταση της λίμνης Βόλβης (βλέπε χάρτη εικ.6.5.6) διαφαίνεται ότι στο νότιο τμήμα, η ροή έχει μια ακτινωτή μορφή και ενισχύεται από τους χειμάρρους που καταλήγουν στο τμήμα αυτό.



Εικ.6.5.6. Πιεζομετρικός χάρτης πεδινού Ν. Μαδύτου (Ζαμπούρ, 2010).

Ένα ακόμα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό στη λεκάνη Μυγδονίας είναι η παρουσία γεωθερμικών πεδίων. Η λεκάνη Μυγδονίας ανήκει στις νεογενείς ιζηματογενείς λεκάνες και οφείλει την ύπαρξή της, όπως έχει αναφερθεί, σε τεκτονικό βύθισμα. Σε τέτοιες περιοχές η κυκλοφορία των ρευστών και η μεταφορά θερμότητας προς την επιφάνεια γίνεται από τα κάθετα ενεργά ρήγματα. Στην περιοχή λοιπόν της λεκάνης έχουν εντοπιστεί τέσσερα πολύ ρηγά πεδία, με θερμοκρασίες μέχρι και  $56^{\circ}\text{C}$ . Δύο στην υπολεκάνη της Βόλβης της Ν. Απολλωνίας και της Μυμφόπετρας και δύο στην υπολεκάνη Κορώνειας, ένα στην περιοχή Λουτρών Λαγκαδά (έκτασης  $6\text{ km}^2$ ), όπου και τα ομώνυμα ιαματικά λουτρά και το άλλο στην περιοχή της Χρυσανγής (έκτασης  $2\text{ km}^2$ ).

## 6.6 Δίκτυο γεωτρήσεων - Μετρήσεις στάθμης

Οι σταθερές θέσεις των γεωτρήσεων (ΣΘΔ), για την μέτρηση στάθμης των υπογείων υδροφοριών, στη λεκάνη Μυγδονίας επιλέχθηκαν με βάση το είδος των υδροφοριών (βαθιά η ρηχή), το βαθμό επιρροής αυτών από τους επιφανειακούς άξονες απορροής, (διηθήσεις) και



από το βαθμό επιρροής και τη θέση τους ως προς τις λίμνες. Έχουν εντοπιστεί 15 θέσεις γεωτρήσεων μέτρησης στάθμης, εκ των οποίων οι 8 θέσεις βρίσκονται σε εσωτερικά μικρά πεδινά και οι 7 στο κεντρικό πεδινό της λεκάνης Μυγδονία (βλέπε χάρτη εικ.6.6.1), κατάλληλες για τη σύνθεση του δικτύου παρακολούθησης της διακύμανσης της υπόγειας στάθμης. Οι 8 θέσεις, αναφέρονται στα μικρά εσωτερικά πεδινά τμήματα των λεκανών των χειμάρρων που εκβάλλουν στη λίμνη Βόλβη, σε γειτνίαση με τους βασικούς άξονες απορροής (Μέγα ρέμα, Ρέμα Βαμβακιάς Σχολαρίου κ.λ.π. Ολα τα σημεία μέτρησης στάθμης κατανέμονται κοντά στους άξονες απορροής, περιμετρικά της λίμνης Κορώνειας και κατάντη της λίμνης Βόλβης. Η χωρική κατανομή αυτών είναι επαρκής για την ομοιόμορφη κατά το δυνατόν κάλυψη της λεκάνης, ώστε να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα για τη σχέση των υπόγειων και επιφανειακών νερών της περιοχής.

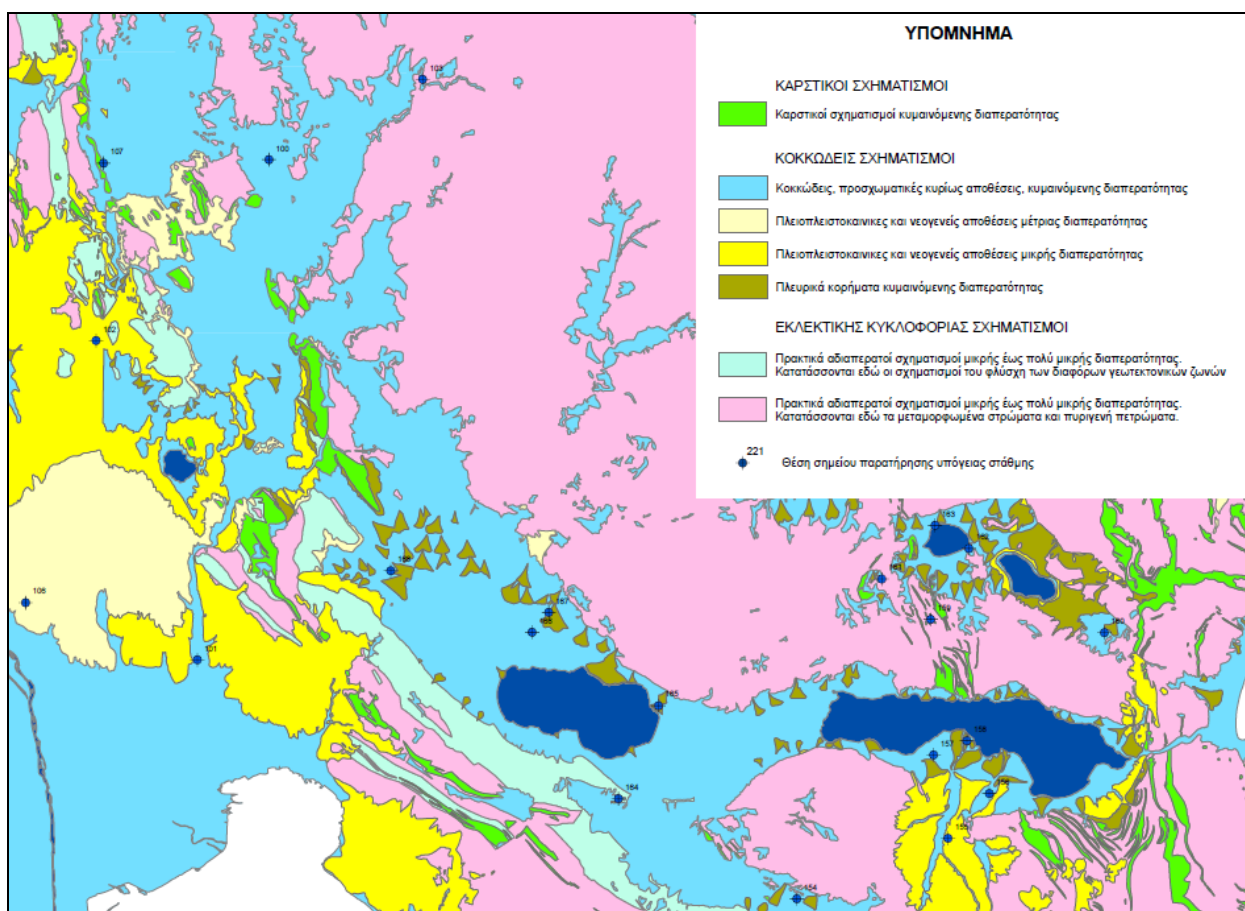
#### Πίνακας 6.6.1.

Μετρήσεις στάθμης νερού επιλεγμένων γεωτρήσεων, για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης στο πεδινό της λεκάνης Μυγδονίας (Βόλβης – Λαγγαδά) (θέση γεωτρήσεων: βλέπε χάρτη εικ.6.6.1).

Α/Μ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΣΤΑΘΜΗ ΝΕΡΟΥ (m)			
		10 <sup>ος</sup> 2010	5 <sup>ος</sup> 2011	9 <sup>ος</sup> - 10 <sup>ος</sup> 2011	5 <sup>ος</sup> 2012
154	218,00	77,10	73,35	76,34	72,14
155	124,00	29,98	27,24	29,28	26,35
156	56,00	1,43	1,35	1,37	1,29
157	47,00	2,62	2,52	2,58	2,52
158	44,00	2,43	2,38	2,40	2,42
159	112,00	3,81	3,75	3,79	3,77
160	339,00	0,74	3,71	3,78	3,64
161	499,00	26,48	24,37	25,38	23,12
162	360,00	14,17	13,96	14,15	13,87
163	350,00	0,92	0,88	0,89	0,86
164	247,00	68,38	64,57	67,48	63,29
165	93,00	11,98	10,52	11,69	9,89
166	96,00	6,99	6,15	6,79	6,02
167	118,00	7,60	5,98	7,27	5,87
168	123,00	16,82	14,41	16,35	14,01

Με βάση τις μετρήσεις για την παρούσα μελέτη (βλέπε πίνακα 6.6.1), παρατηρούνται τα εξής:

- Ένας αριθμός γεωτρήσεων των οποίων παρακολουθήθηκε η στάθμη, εντοπίζεται στις ορεινές υπολεκάνες, στα πεδινά μικρά τμήματα που έχουν δημιουργήσει οι αντίστοιχοι χείμαρροι (γεωτρήσεις 154, 155 Μέγα Ρέμα, γεωτρήσεις 160, 162, 163 Βαμβακιάς και γεωτρήσεις 159, 161, 164 σε μικρότερες λεκάνες, αλλά προς την πλευρά των λιμνών). Στις γεωτρήσεις αυτές η στάθμη, είτε αναφέρεται στην βαθιά υδροφορία (γεωτρήσεις 154, 155, 161 και 164), είτε στην αβαθή (159, 160, 162, 163), η διακύμανση της στάθμης, μεταξύ των δύο περιόδων δεν ξεπερνά το 1 m με εξαίρεση τη γεώτρηση 161 που κυμαίνεται στο 1,20 m. Το γεγονός αυτό υποδηλεί ότι στο περιβάλλον των γεωτρήσεων υπάρχει ευκολία επαναπλήρωσης των αντλούμενων ποσοτήτων που στην περιοχή μας προέρχονται κατά κύριο λόγο από τις διηθήσεις των απορροών των ρεμάτων και κατά δεύτερο λόγο από τις πλευρικές μεταγίσεις της υδροφορίας των κρυσταλλικών πετρωμάτων.



**Εικ.6.6.1.** Απόσπασμα υδρολιθολογικού χάρτη Υδατικού Διαμερίσματος 10-11–Λεκάνη Μυγδονίας (Βόλβη – Λαγγαδά) με τα σημεία μέτρησης της στάθμης (από στοιχεία της παρούσας μελέτης σε συνδυασμό με στοιχεία από τις Διαχειριστικές Μελέτες ΥΠΑΑΝ - ΥΠΕΚΑ).

- Οι υπόλοιπες γεωτρήσεις εντοπίζονται στα πεδινά της λεκάνης Μυγδονίας και πιο συγκεκριμένα οι γεωτρήσεις 156, 157, 158 στο πεδινό τμήμα της Ν. Απολλωνίας, η γεώτρηση 166 στο πεδινό τμήμα του Σχολαρίου και οι γεωτρήσεις 165, 167, 168 στο πεδινό τμήμα του Λαγγαδά. Χαρακτηριστικό των γεωτρήσεων αυτών, είναι η αβαθής στάθμη και η σχεδόν μικρή διακύμανση μεταξύ των δύο περιόδων μέτρησης στάθμης. Ειδικά για εκείνες στα πεδινά της Βόλβης (156,157,158) η διακύμανση της στάθμης δεν ξεπερνά τα 20 cm. Επίσης το υψόμετρο της στάθμης βρίσκεται πάντα ψηλότερα από το αντίστοιχο της λίμνης. Αυτό επιβεβαιώνει τη μορφή των υφιστάμενων πιεζομετρικών χαρτών. Τέλος οι υπόλοιπες γεωτρήσεις του πεδινού τμήματος Λαγγαδά παρουσιάζουν μικρή διακύμανση στάθμης, που υποδηλώνει ευκολία στην τροφοδοσία από τις διηθήσεις των ρεμάτων και το βάθος της στάθμης μεγαλώνει καθώς μεγαλώνει η απόσταση από τη λίμνη Κορώνεια. Αυτό επιβεβαιώνει επίσης τον υφιστάμενο πιεζομετρικό χάρτη του σχήματος 6.5.2. και τη σχέση τροφοδοσίας των υπογείων νερών από τις διηθήσεις.

## 6.7 Ποιότητα νερών - Χημικές Αναλύσεις

### Αξιολόγηση στοιχείων υπαρχόντων πριν την εκπόνηση της παρούσας Μελέτης

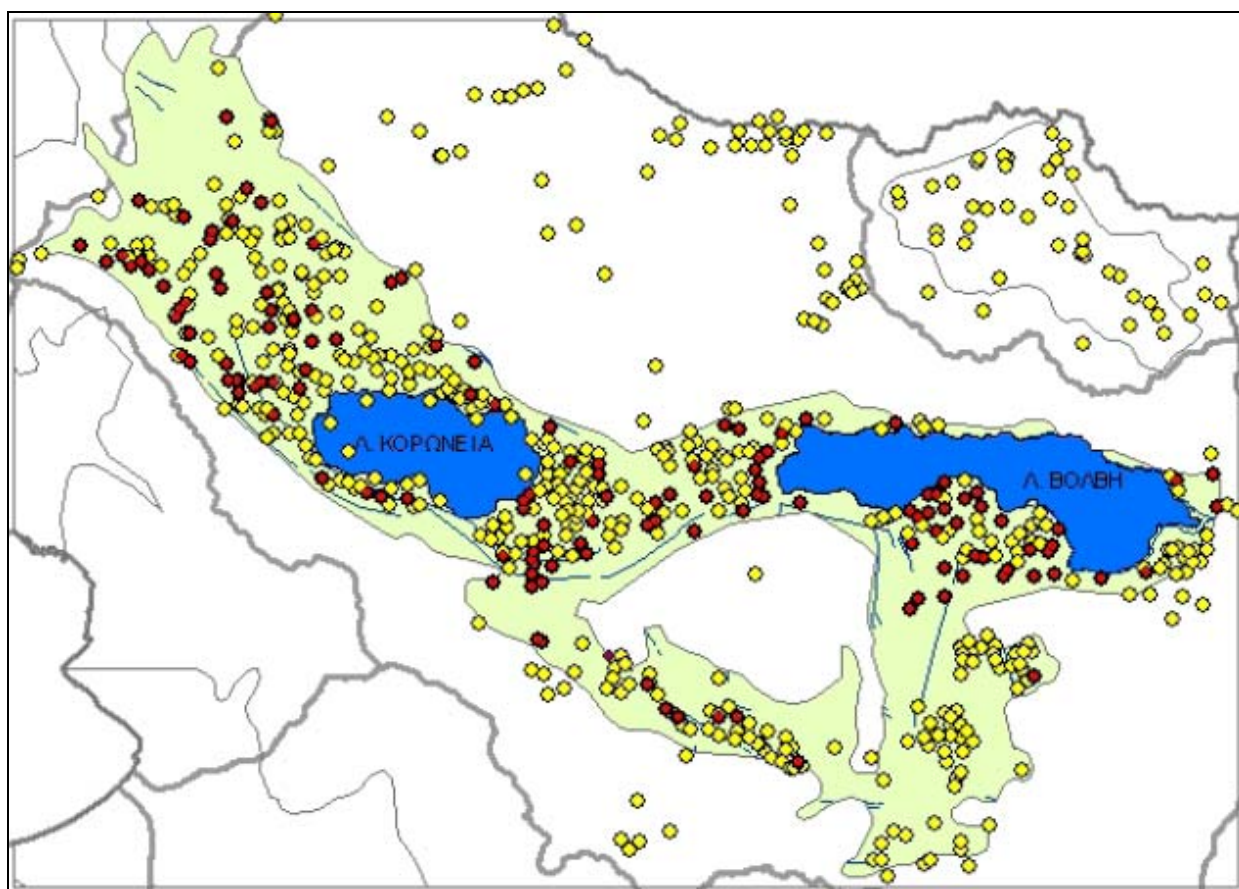
Η ποιότητα των υπόγειων νερών της ευρύτερης περιοχής, με βάση τις μελέτες και έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί, παρουσιάζεται διαφοροποιημένη κατά θέσεις. Το γεγονός αυτό οφείλεται σε σημαντικές πηγές ρύπανσης όπως είναι οι έντονες αστικές, αγροτικές και βιομηχανικές δραστηριότητες. Κατά καιρούς έχουν αναφερθεί σημαντικά ρυπαντικά φορτία στη λίμνη Κορώνεια.

Από διάφορες χημικές αναλύσεις που έχουν πραγματοποιηθεί, ιδιαίτερα σε νερά υδρογεωτρήσεων ύδρευσης σχετικά με την ποιότητα των υπόγειων νερών (στοιχεία από δήμους) προκύπτουν τα εξής (εικ.6.7.1):

- ✓ Παρατηρούνται σχετικά αυξημένες τιμές σε φθόριο (2-5,5 mg/L) των υπόγειων νερών στη λεκάνη της Μυγδονίας. Αυτό γενικά αποδίδεται στην σύσταση των σχηματισμών του γεωλογικού υποβάθρου.

- ✓ Ύπαρξη ουρανίου και ραδονίου σε συγκεντρώσεις 26-45 ppb και 1500-4860 pCi/l αντίστοιχα έχει αναφερθεί σε νερό υδρευτικών γεωτρήσεων.
- ✓ Νιτρικά έχουν εντοπιστεί σε συγκεντρώσεις άνω των ορίων ποσιμότητας με την προέλευσή τους να χαρακτηρίζεται ως ανθρωπογενής.

Από τους διάφορους χάρτες που έχουν συνταχθεί από το ΥΠΑΑΝ (2006), παρατηρείται ότι γενικά υπάρχει μία τάση αύξησης της τιμής της αγωγιμότητας. Ακόμα παρατηρείται κοντά στη λίμνη Κορώνεια, οι τιμές της αγωγιμότητας να είναι μικρότερες από ότι στην υπόλοιπη περιοχή. Γενικά τιμές κοντά στο επιτρεπτό όριο άρδευσης απαντώνται βορειοδυτικά και στο κεντρικό τμήμα της περιοχής της λίμνης Κορώνειας. Επίσης, από χάρτες με τις γεωτρήσεις που μετρήθηκαν τα χλωριόντα, φαίνεται ότι στην περιοχή οι τιμές των χλωριών που επικρατούν καθιστούν το υπόγειο νερό κατάλληλο για άρδευση, εκτός από το βορειοδυτικό τμήμα (περιοχή χωρίου Δρυμός), όπου ο υδροφορέας έχει ρυπανθεί από χλωριόντα, με τιμές μεγαλύτερες από τα 120 mg/L. Επίσης, σύμφωνα με το Βεράνη 2008, στα δυτικά και ανατολικά περιθώρια της λίμνης Κορώνειας απαντώνται νερά κατάλληλα και για ύδρευση.



**Εικ.6.7.1.** Με τα σημεία παρακολούθησης της στάθμης και πραγματοποίησης χημικών αναλύσεων (κόκκινα σημεία) (Βεράνης, 2008).

Στο χάρτη που προέκυψε από τις μετρήσεις νιτρικών ιόντων, προκύπτει ότι το νερό του υπόγειου υδροφόρου συστήματος είναι στην πλειονότητα των περιπτώσεων κατάλληλο για ύδρευση. Παρατηρούνται ωστόσο, νοτιοανατολικά της λίμνης Κορώνειας στο χωριό Γερακαρού, υψηλές τιμές νιτρικών, που κατά περίπτωση το καθιστούν ακόμα και ακατάλληλο, καθώς επίσης στα χωριά Κολχικό και Ανάληψη. Σημειώνεται ότι δεν παρατηρείται τάση αύξησης της συγκέντρωσης νιτρικών ιόντων σε μακροχρόνια κλίμακα. Τα αποτελέσματα από τις μετρήσεις νιτρικών απεικονίζονται καλύτερα στο χάρτη της εικ.6.7.2 (Βεράνης 2006, 2008), ο οποίος βασίστηκε στην παρακολούθηση των σημείων του χάρτη της εικ.6.7.1.

### Αξιολόγηση Χημικών Αναλύσεων παρούσης Μελέτης

Με βάση τις χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας σύμβασης, τα αποτελέσματα των οποίων περιγράφονται αναλυτικά στο Τεύχος Β', αναφορικά με τη σχέση υπόγειων και επιφανειακών νερών, προκύπτουν τα ακόλουθα.

Οι τιμές των μετρήσεων των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών (TDS, αγωγιμότητα, αλατότητα κ.λ.π.) των υπόγειων νερών χαρακτηρίζονται από μεγάλο εύρος. Με βάση τις τιμές των δειγμάτων της λίμνης Βόλβης που λαμβάνονται ως αναφορά, οι μισές στις μετρηθείσες γεωτρήσεις παρουσιάζουν τιμές κατά πολύ μεγαλύτερες αυτών της λίμνης Βόλβης. Οι γεωτρήσεις με τις αυξημένες τιμές είναι κατανεμημένες σε όλη την περιοχή. Αυτό επιβεβαιώνει την υδρογεωλογική δομή της λεκάνης με την ανάπτυξη αξιόλογων υδροφοριών, αλλά ακανόνιστων, τόσο οριζόντια όσο και κατακόρυφα (παρουσία υπό πίεση, μερικώς υπό πίεση ή και ελεύθερων υδροφορέων) σε επάλληλα στρώματα άμμου, χαλίκων, ψηφίδων, κροκαλών, τα οποία διαχωρίζονται μεταξύ τους από στρώματα αργίλων, δημιουργώντας έτσι διαφορετικές συνθήκες ροής και αποθήκευσης.

Οι υπόλοιπες γεωτρήσεις που εμφανίζουν τιμές παρόμοιες με αυτές των νερών της λίμνης της Βόλβης και των διαφόρων επιφανειακών αξόνων, απεικονίζουν αμυδρά το μοντέλο τροφοδοσίας της περιοχής, δηλαδή τροφοδοσία της περιοχής λεκάνης Μυγδονίας από τα κατακρημνίσματα, τα οποία δια μέσου των επιφανειακών αξόνων καταλήγουν στη λίμνη Βόλβη. Επίσης τα υπόγεια νερά των γειτονικών προς τη λίμνη πεδινών τμημάτων τροφοδοτούν πλευρικά τη λίμνη.

Οι πολύ μεγαλύτερες τιμές, των μετρήσεων των φυσικοχημικών παραμέτρων αγωγιμότητας TDS και αλατότητας, των νερών της λίμνης Κορώνειας από τις αντίστοιχες

που έγιναν στο σύνολο των υπόγειων νερών επιβεβαιώνει την έλλειψη ουσιαστικής επικοινωνίας της λίμνης από το περιβάλλον των υπόγειων νερών και την μικρή δυναμικότητα του σε επαφή αβαθή υδροφορέα που την τροφοδοτεί.

Επίσης, η παρουσία του γεωθερμικού πεδίου στην ευρύτερη περιοχή Απολλωνίας επηρεάζει την ποιότητα των υπόγειων νερών της περιοχής (αυξημένες αγωγιμότητες, παρουσία βαρέων μετάλλων και ιχνοστοιχείων κ.λ.π.).

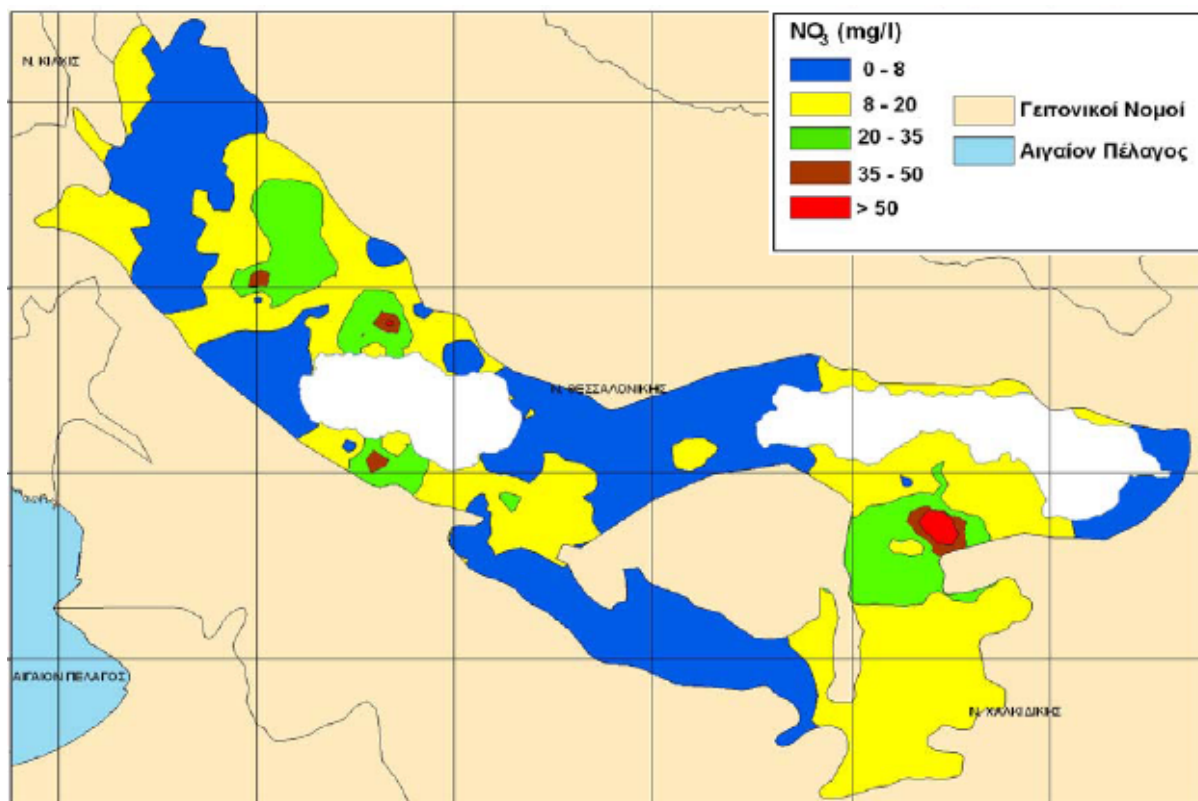
Χαρακτηριστικό της επικοινωνίας των επιφανειακών απορροών με τα υπόγεια νερά, μέσα από διάφορες διαδρομές, προκύπτει από την παρουσία της καφεΐνης (δείκτης ρύπανσης). Παρουσία καφεΐνης εντοπίζεται εκτός των λιμνών, σε όλες τις γεωτρήσεις, ακόμα και σε αυτές πολύ μεγάλου βάθους και στις επιφανειακές απορροές.

Η παρουσία συνολικά στα υπόγεια νερά υπολειμμάτων φυτοφαρμάκων επιβεβαιώνει και εδώ τη σχέση επιφανειακών και υπόγειων νερών. Όμως οι μεγάλες συγκεντρώσεις εντοπίζονται κυρίως στις γεωτρήσεις του κεντρικού τμήματος, όπου επικρατεί ο μεγάλης έκτασης αβαθής ελεύθερος υδροφόρος ορίζοντας, (εδάφη με καλή στράγγιση), του οποίου η τροφοδοσία γίνεται απευθείας από τα επιφανειακά νερά. Αυτό λοιπόν συνηγορεί σε ένα «συμπτωματικό εμπλουτισμό» από τα νερά τις άρδευσης, τα οποία περιέχουν σημαντικές συγκεντρώσεις γεωργικών φαρμάκων, των οποίων μεγάλο μέρος μεταφέρεται άμεσα στα υπόγεια νερά του ελευθέρου υδροφόρου ορίζοντα και στην συνέχεια στα βαθύτερα υδροφόρα στρώματα.

## **6.8 Σχέσεις υπόγειων νερών με επιφανειακούς άξονες ροής - Συμπεράσματα**

Το πεδινό τμήμα της υπολεκάνης Κορώνειας εκτείνεται μεταξύ της υδροκριτικής γραμμής Μελισσοχωρίου, Δρυμός, ορεινός όγκος Καμήλας, Άσσηρος στα Δ/ΒΔ και των ραχών Στίβου, Σχολαρίου στα ανατολικά. Το τμήμα της υδρολογικής λεκάνης Κορώνειας, από το υψόμετρο των 70 μέχρι τα 200 m καλύπτεται από χαλαρά ιζήματα και έχει έκταση περίπου 282 km<sup>2</sup> και το τμήμα της λοφώδους ορεινής περιοχής όπου εντοπίζονται τα μεταμορφωμένα πετρώματα του υποβάθρου έχει έκταση 464 km<sup>2</sup>.





Εικ.6.7.2. Χάρτης κατανομής νιτρικών ιόντων λεκάνης Μυγδονίας (Βεράνης, 2008).

Στην περιοχή του χαμηλού τμήματος αναπτύσσονται επάλληλες υπόγειες υδροφορίες αλλού υπό πίεση, αλλού μερικώς υπό πίεση και αλλού ελεύθερης πιεζομετρικής επιφάνειας. Τα πολυάριθμα και ακανόνιστα κατανεμημένα στο χώρο υδροφόρα στρώματα παρουσιάζουν μεταξύ τους υδραυλική επικοινωνία, είτε κατά την κατακόρυφη είτε κατά την οριζόντια έννοια και διαμορφώνουν κοινή πιεζομετρική επιφάνεια.

Όσον αφορά στη λίμνη Κορώνεια, μέχρι το 1985, το υδρολογικό ισοζύγιο στην πεδινή περιοχή ήταν θετικό. Το σύνολο των νερών των υδατορευμάτων έφτανε μέχρι τη λίμνη με χαρακτηριστική την υπερχειλίση της προς την τεχνητή τάφρο και συνέχεια προς το ρέμα Δερβένι.

Τις δυο τελευταίες δεκαετίες όχι μόνο δεν παρατηρείται υπερχειλίση, αλλά η στάθμη έχει κατέβει σε επικίνδυνα επίπεδα (βάθος νερού 0,5 m). Οι επιφανειακές απορροές επαναπληρώνουν τις υπερβολικές ποσότητες των αντλούμενων ποσοτήτων από τα υπόγεια υδροφόρα στρώματα και έτσι οι απορροές που φτάνουν μέχρι τη λίμνη είναι ελάχιστες και πραγματοποιούνται μετά από έντονες βροχοπτώσεις.

Μια μεγάλη ποσότητα των αντλούμενων υπόγειων νερών χρησιμοποιείται για την ικανοποίηση των αρδευτικών αναγκών 60.000 έως 65.000 περίπου στρεμμάτων, στην πεδινή και λοφώδη περιοχή της λεκάνης. Μέχρι και το 1995 γινόταν χρήση και των νερών της ίδιας

της λίμνης, αλλά μετά τη δραματική μείωση των αποθεμάτων της και τον υποβιβασμό της ποιότητας των υδάτων της, από το 1995 απαγορεύτηκε η απόληψη υδάτων από αυτήν, όπως και η διάνοιξη νέων γεωτρήσεων.

Η ταπείνωση της στάθμης της λίμνης οφείλεται και στο γεγονός της μικρής υδραυλικής επικοινωνίας μεταξύ της λίμνης και του αβαθή υδροφορέα. Οι υπερβολικές αντλούμενες ποσότητες από τα υπόγεια υδροφόρα και ιδιαίτερα από τον αβαθή υδροφορέα (μεγάλος ο αριθμός των μικρού βάθους γεωτρήσεων) είχαν ως αποτέλεσμα την ταπείνωση της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα και κατεπέκταση της ταπείνωση της στάθμης της λίμνης.

Η σχέση μεταξύ υπόγειων και επιφανειακών νερών φαίνεται απλή, όπως προέκυψε από τους πιεζομετρικούς χάρτες των σχημάτων 6.5.2, 6.5.4, 6.5.5, 6.5.6 και τις μετρήσεις στάθμης του Πίνακα 6.6.1. Τα επιφανειακά νερά, διαμέσου των επιφανειακών αζόνων ροής, τροφοδοτούν τα υπόγεια υδροφόρα στρώματα μέσω διηθήσεων. Το συμπέρασμα αυτό προκύπτει αβίαστα από το γεγονός ότι η ροή των υδρορεμάτων τα τελευταία χρόνια, που παρατηρείται υπερεκμετάλλευση των υπόγειων νερών, δεν φτάνει μέχρι τη λίμνη. Ενδεχομένως, στα χαμηλότερα σημεία, ορισμένες εποχές, να εκφορτίζονται τα υπόγεια νερά προς την κοίτη των υδατορεμάτων που εκβαλουν στη λίμνη και έτσι να τροφοδοτείται σχετικά η λίμνη. Το γεγονός αυτό επιβεβαιώνεται από τον σχετικά πρόσφατο πιεζομετρικό χάρτη 6.5.4 του πεδινού τμήματος μεταξύ των δυο λιμνών, όπου ανατολικά του υδροκρίτη φαίνεται ότι τα υπόγεια νερά τροφοδοτούν την κοίτη του ρέματος Δερβένι, αντίθετα πλησιάζοντας τη λίμνη Βόλβη, φαίνεται ότι τα υπόγεια υδροφόρα εκφορτίζονται στην κοίτη και έτσι αυξάνει η ροή του ρέματος προς τη λίμνη.

Όσο αφορά τα μικρά πεδινά τμήματα της λίμνης Βόλβης και με βάση τους πιεζομετρικούς χάρτες 6.5.4, 6.5.5 και 6.5.6 φαίνεται πως τα υδροφόρα των τμημάτων αυτών τροφοδοτούν τη λίμνη. Αυτό επιβεβαιώνεται στη εδώ μελέτη και από τη ελάχιστη διαφορά στάθμης των γειτονικών προς τη λίμνη γεωτρήσεων και από το γεγονός ότι το υψόμετρο της στάθμης τους βρίσκεται πάντα ψηλότερα από το αντίστοιχο της λίμνης.

## **6.9 Βιβλιογραφία**

ΑΤΖΕΜΟΓΛΟΥ Α., ΒΕΡΑΝΗΣ Ν., ΚΑΤΙΡΤΖΟΓΛΟΥ Κ., (2001). Διερεύνηση των δυνατοτήτων εκμετάλλευσης του βαθύτερου υδροφορέα της υπολεκάνης λίμνης Κορώνειας Ν. Θεσσαλονίκης – Γεωφυσική έρευνα επιφάνειας στην υπολεκάνη της λίμνης, Ι.Γ.Μ.Ε.

- ΑΤΖΕΜΟΓΛΟΥ, Α., ΒΕΡΑΝΗΣ, Ν., ΚΑΤΙΡΤΖΟΓΛΟΥ, Γ., (2001). Διαγραφίες σε υδρογεωτρήσεις περιοχής υπολεκάνης λίμνης Κορώνειας, Ν. Θεσσαλονίκης. Έκθεση ΙΓΜΕ. Θεσσαλονίκη
- ΑΤΖΕΜΟΓΛΟΥ, Α., (2001). Γεωφυσική έρευνα επιφανείας στην υπολεκάνη λίμνης Κορώνειας, Ν. Θεσσαλονίκης. Θεσσαλονίκη, αδημοσίευτη μελέτη Ι.Γ.Μ.Ε. 21 σελ.
- ΒΑΡΓΕΜΕΖΗΣ, Γ., και ΝΑΓΚΟΥΛΗΣ, Α., (1994). Μελέτη μεταλλικού υδροφορέα περιοχής «Άγιοι Απόστολοι, Δουμπίων» Υδρογεωλογική-Γεωφυσική έρευνα. Θεσσαλονίκη 1994.
- ΒΑΦΕΙΑΔΗΣ, Π., (1988). Υδρογεωλογική μελέτη της λεκάνης Βόλβης Ν. Θεσσαλονίκης. Πη Περιφ. Δ/ση Εγγ. Βελτιώσεων Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας. Υπ. Γεωργίας 113 σελ., Θεσσαλονίκη.
- ΒΑΦΕΙΑΔΗΣ, Π., (1990). Διερεύνηση του υπόγειου υδατικού δυναμικού της λεκάνης Βόλβης. Ν. Θεσσαλονίκης. Πρακτικά 5<sup>ου</sup> Επιστημονικού συνεδρίου της Ε.Γ.Ε., σελ. 159-172. Θεσσαλονίκη.
- ΒΕΡΑΝΗΣ, Ν., ΚΑΤΙΡΤΖΟΓΛΟΥ, Κ., (2001). Απογραφή καταγραφή υδρογεωτρήσεων στην υπολεκάνη λίμνης Κορώνειας, Ν. Θεσσαλονίκης. Έκθεση ΙΓΜΕ. Θεσσαλονίκη.
- ΒΕΡΑΝΗΣ, Ν., ΚΑΤΙΡΤΖΟΓΛΟΥ, Κ., (2001). Υπολογισμός υδρολογικού ισοζυγίου στην πεδινή περιοχή υπολεκάνης Κορώνειας, Ν. Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, αδημοσίευτη μελέτη Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΒΕΡΑΝΗΣ, Ν., ΚΑΤΙΡΤΖΟΓΛΟΥ, Κ., (2001). Διερεύνηση των δυνατοτήτων εκμετάλλευσης του βαθύτερου υδροφορέα της υπολεκάνης Λ. Κορώνειας, Νομού Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, αδημοσίευτη μελέτη Ι.Γ.Μ.Ε, 151 σελ.
- ΒΕΡΑΝΗΣ, Ν., ΚΑΤΙΡΤΖΟΓΛΟΥ, Κ., (2002). Υδρογεωλογική μελέτη του βαθύτερου υδροφορέα της υπολεκάνης Λ. Κορώνειας, Νομού Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΒΕΡΑΝΗΣ, Ν., ΚΑΤΙΡΤΖΟΓΛΟΥ Κ., (2003). Υδρολογικό Ισοζύγιο στην Πεδινή Περιοχή Υπολεκάνης λίμνης Κορώνειας, Ν. Θεσσαλονίκης. Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Περιφερειακή Μονάδα Κεντρικής Μακεδονίας.
- ΒΕΡΑΝΗΣ, Ν., (2008). Ανθρωπογενείς και Γηγενείς εστίες ρύπανσης των υπόγειων νερών περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας. Ημερίδα ECOCITY Θεσσαλονίκη Μάιος 2008.
- ΒΕΡΑΝΗΣ, Ν., (2008). Υδατικό ισοζύγιο λεκανών παρακολούθησης ποιότητας και μέτρα προστασίας νερού Κεντρικής Μακεδονίας. ΙΓΜΕ.
- B.R.G.M., (1972): Etude Hydrogeologique du Bassin de Mygdonia pour l' Alimentation en Eau de la Ville de Salonique. Grece, 72 RME 011 FE (Ο.Υ.Θ.).
- ΓΕΩΡΕΥΝΑ, (2001). Ανόρυξη αβαθών γεωτρήσεων περιμετρικά της Λ. Κορώνειας και δοκιμές διαπερατότητας.
- ΓΚΙΝΙΔΗ, Π., (2011). Διαχείριση υδατικών πόρων στη λεκάνη της Κορώνειας. Εφαρμογή της Ασαφούς λογικής. Διδακτορική διατριβή. Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών ΑΠΘ.
- ΔΕΜΙΡΗΣ, Κ., (1994). Έρευνα Υδάτων Λεκάνης Μυγδονίας. Για λογαριασμό της Αναπτυξιακής Εταιρείας Θεσσαλονίκης, Α.Π.Θ. 70 σελ.
- ΔΙΑΚΑΚΗ, Ε. ΣΤΕΦΑΝΙΔΗ, Π., (2008). Ψηφιακή παρουσίαση του άτλαντα ΟΠΥ Κεντρικής Μακεδονίας και της Βάσης δεδομένων. Ελληνική Γεώσφαιρα Τόμος 2 τεύχος 3 και 4.
- DIMOPOULOS, G. and SOULIOS, G. (1989). Contribution to the study of the Karstic aquifer system of the Timios Prodromos springs (West Menikio-Macedonia-Greece)-2 angew. Geol. 35.5

ΕΜΦΙΕΤΖΗΣ, Γ., ΛΑΖΑΡΙΔΟΥ, Δ., ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΥΣ, Ε., (2010). Οικολογική ποιότητα υδάτων σε επίπεδο λεκάνης απορροής: Ειδική περίπτωση μελέτης της λεκάνης απορροής της λίμνης Βόλβης, Μεταπτυχιακή εργασία στα πλαίσια του Διατμηματικού προγράμματος μεταπτυχιακών σπουδών των τμημάτων Βιολογίας, Γεωλογίας και Πολιτικών Μηχανικών, Α.Π.Θ.

ΕΞΑΡΧΟΥ ΝΙΚΟΛΟΠΟΥΛΟΣ ΜΠΕΝΣΑΣΣΩΝ Σύμβουλοι Μηχανικοί ΑΕ - ΓΕΩΣΥΝΟΛΟ Σύμβουλοι Μηχανικοί & Γεωλόγοι Εταιρεία Περιορισμένης Ευθύνης ΕΠΕ - ΛΙΖΑ ΜΠΕΝΣΑΣΣΩΝ - ΗΛΙΑΣ ΚΟΥΡΚΟΥΛΗΣ - ENVIROPLAN ΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Σύμβουλοι Αναπτυξιακών και Τεχνικών Έργων ΑΕ - ΔΙΚΤΥΟ-Ανώνυμη Εταιρία Τεχνικών Μελετών ΑΕ - ΒΑΒΙΖΟΣ-ΖΑΝΝΑΚΗ Μελέτες Έρευνες ΑΕ - ΦΩΤΕΙΝΗ ΜΠΑΛΤΟΓΙΑΝΝΗ (2012). Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Κεντρικής και Δυτικής Μακεδονίας, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ 51/2007»

ΖΑΚΡΑΝΕΛΛΑΣ, Α., (2003). Προτάσεις για την περιβαλλοντική αποκατάσταση Λίμνης Κορώνειας.

ΖΑΛΙΔΗΣ, Γ., (2004). Σχέδιο συνοπτικών προδιαγραφών για την αποκατάσταση της Λίμνης Κορώνειας.

ΖΑΜΠΟΥ, Ι., (2010). Υδρογεωλογικές συνθήκες της λεκάνης απορροής της λίμνης Βόλβης. Μεταπτυχιακή Διατριβή ΑΠΘ.

ΖΕΪΜΠΕΚΗ, Α., (2004). Διαχείριση των υδατικών πόρων της υπολεκάνης Βόλβης, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών Α.Π.Θ..

ΘΑΝΑΣΟΥΛΑΣ, Κ., (1983). Γεωφυσική μελέτη Μυγδονίας Λεκάνης. Διδακτορική Διατριβή, Θεσσαλονίκη.

ΘΑΝΑΣΟΥΛΑΣ, Κ., (1983). Γεωφυσική διασκόπιση της Μυγδονίας λεκάνης και της ευρύτερης περιοχής. Διδ. Διατ. Επιστ. Επετ. Σχολή Θετικών Επιστ. Α.Π.Θ. Παρ.

Αριθμ. 14 22<sup>95</sup> Τόμος

ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, Γ., (1999). Ευπρόσβλητες ζώνες της Ελλάδος από Νιτρορύπανση, γεωργικής προέλευσης. (Οδηγία 96/676/ΕΟΚ). Τελική έκθεση για λογαριασμό του ΥΠΕΧΩΔΕ. Πρόγραμμα του Πανεπιστημίου Πατρών. Τμήμα Γεωλογίας. Πάτρα.

ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ, Γ., (2001). Εφαρμοσμένη – Περιβαλλοντική Υδρογεωλογία. Τόμος Γ. Έκδοση ΤΕΕ, Αθήνα.

ΚΑΤΙΡΤΖΟΓΛΟΥ, Κ. (2001). Υδρογεωλογική μελέτη λεκανών Μυγδονίας -Ολυνθίου - Χαβρία των νομών Θεσσαλονίκης και Χαλκιδικής. Θεσσαλονίκη, ΙΓΜΕ.

KNIGHT, PIESOLD. AND KARAVOKYRIS & PARTNERS, (1998). Περιβαλλοντική αποκατάσταση της λίμνης Κορώνειας (2 τόμοι, Ταμείο Συνοχής, Ευρωπαϊκή Επιτροπή, Γεν. Διεύθ. XVII Περιφερειακή πολιτική και συνοχή).

ΚΟΥΜΑΝΤΣΙΟΥΛΗ, Μ. και ΚΟΙΛΑΝΙΤΟΥ, Ε., (1984). Μελέτη της περιοχής Ν. Απολλωνίας και των θερμών πηγών αυτής, Διπλωματική εργασία, Σ.Θ.Ε. Θεσσαλονίκης.

ΚΟΥΦΟΣ, G., SYRIDIS, G., KOSTOPOULOS, D., and KOLIADIMOU, K., (1993). Preliminary results about the stratigraphy and the palaeoenvironment of Mygdonia Basin. Macedonia. Greece- Proceedings of the 1<sup>st</sup> Congress of Paleontological Association. Geobios.

- ΛΑΜΠΡΙΝΟΣ, Ν., (1989). Συμβολή της ποσοτικής μελέτης των υδρογραφικών συστημάτων στην παλαιογεωγραφική εξέλιξη των ορέων της Βόλβης. Διδακτορική Διατριβή ΑΠΘ, 168 σελ. Θεσσαλονίκη
- ΛΟΥΠΑΣΑΚΗΣ, Κ., ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ, Μ., ΣΟΥΛΙΟΣ, Γ., (1997). Υδροχημικά χαρακτηριστικά του υπόγειου νερού της πεδινής περιοχής μεταξύ Θεσσαλονίκης και Χαλκηδόνας. Πρακτικά 4<sup>ου</sup> Υδρογεωλογικού Συνεδρίου σελ. 194-212. Θεσσαλονίκη.
- ΜΑΜΟΥΝΗ, Ε.-Α., (2004). Αποκατάσταση του υπόγειου υδροφορέα και της λίμνης Κορώνειας. Μεταπτυχιακή Διατριβή ΑΠΘ. Θεσσαλονίκη.
- MASTER PLAN, (2003). Πρακτικά της 1ης σύσκεψης με την επιτροπή εμπειρογνομόνων για τη Λίμνη Κορώνεια.
- ΜΠΑΛΑΦΟΥΤΗΣ, Χ., (1988). Το ισοζύγιο του ύδατος στον Ελλαδικό χώρο-Μονογραφία. Λουλούδης Α. Θεσσαλονίκη.
- ΜΟΥΤΣΟΠΟΥΛΟΣ, Κ., ΓΕΩΡΓΙΑΔΟΥ, Μ., ΤΖΙΜΟΠΟΥΛΟΣ, Χ., (1995). Υδροδυναμική συμπεριφορά του υδροφορέα του Σχολαρίου της λεκάνης Μυγδονίας. Πρακτικά 3<sup>ου</sup> Υδρογεωλογικού Συνεδρίου σελ. 190-198. Ηράκλειο Κρήτης.
- ΜΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, Γ., ΜΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, Ν., ΤΟΛΙΚΑΣ, Δ., ΚΟΛΟΚΥΘΑ, Ε., ΜΕΝΤΕΣ, Α., (2001). Διερεύνηση των δυνατοτήτων εκμετάλλευσης του βαθύτερου υδροφορέα της υπολεκάνης λίμνης Κορώνειας, Ν. Θεσσαλονίκης. Το Μαθηματικό μοντέλο προσομοίωσης – Σενάρια διαχείρισης. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Υδραυλικής και Τεχνικής Περιβάλλοντος, ΑΠΘ.
- ΜΥΛΟΠΟΥΛΟΣ, Γ., και ΤΟΛΙΚΑΣ, Δ., (2001). Εμπλουτισμός της λίμνης Κορώνειας από τον βαθύ υδροφορέα, Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Θεσσαλονίκης, Διεύθυνση Υδατικών Πόρων και Εργείων Βελτιώσεων.
- Ν.Ε.Θ. - Γενική Διεύθυνση Ανάπτυξης, (2003). Γενικό σχέδιο για την περιβαλλοντική αποκατάσταση της Λίμνης Κορώνειας.
- Ν.Ε.Θ - Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών (2001). Μερική εκτροπή χειμάρρων Σχολαρίου και Λαγκαδικίων στα πλαίσια των έργων περιβαλλοντικής αποκατάστασης της λίμνης Κορώνειας. Μελέτη Περιβαλλοντικών επιπτώσεων - Α' ΦΑΣΗ - Μελέτη Προέγκρισης Χωροθέτησης.
- ΞΑΦΕΝΙΑΣ, Ν., (2007). Μελέτη του υδατικού ισοζυγίου του υπόγειου υδροφορέα της λίμνης Βόλβης. Μεταπτυχιακή Διατριβή. ΑΠΘ. Θεσσαλονίκη.
- ΠΑΥΛΙΔΗΣ, Γ., ΓΚΟΥΤΝΕΡ, Β., ΖΑΡΦΤΖΙΑΝ, Μ., ΔΙΑΜΑΝΤΟΠΟΥΛΟΣ, Ι., ΤΖΩΡΤΖΗ, Π., ΚΟΚΚΑΣ, Δ., ΕΜΙΝΟΓΛΟΥ, Χ., (1984). Πρόγραμμα οριοθέτησης υγροτόπων σύμβασης Ramsar. Α' φάση, Υγροβιότοπος λιμνών Κορώνειας-Βόλβης. Διεύθυνση Περιβάλλοντος ΥΧΟΠ.
- PAVLIDES, S., and SOULAKELIS, N., (1990). Multifracted seismogenic area of Thessaloniki 1978 Earthquake (Northern Greece)-IESCA, Vol. II, pp. 64-74. Izmir-Turkey.
- ΣΩΜΑΤΑΡΙΔΟΥ, Β., ΒΥΡΙΔΗΣ, Π., (2002). Υδρογεωλογική συμπεριφορά των ιζημάτων στη λίμνη Κορώνεια και επιπτώσεις στην πορεία ζωής της. Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

- ΤΖΙΜΟΠΟΥΛΟΣ, Χ., ΠΛΙΑΤΣΙΚΑ, Δ., και ΓΚΙΝΙΔΗ, Π., (2005). Έρευνα Διαχείρισης Υδατικών Πόρων της Υδρολογικής Λεκάνης Κορώνειας, 5<sup>ο</sup> Εθνικό Συνέδριο ΕΕΔΥΠ, Ολοκληρωμένη Διαχείριση υδατικών πόρων με βάση τη λεκάνη Απορροής, Ξάνθη σελ. 21-27.
- ΤΖΙΜΟΠΟΥΛΟΣ, Χ., κ.ά., (2004). Επιχειρησιακό Σχέδιο Αποκατάστασης της Λίμνης Κορώνειας του Νομού Θεσσαλονίκης, Ερευνητικό Έργο, Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Τομέας Συγκοινωνιακών και Υδραυλικών Έργων, Α.Π.Θ.
- ΤΖΙΜΟΠΟΥΛΟΣ, Χ., ΜΑΜΟΥΝΗ, Ε.Α., (2003-2004). Αποκατάσταση του υπόγειου υδροφορέα και της λίμνης Κορώνειας, Διπλωματική εργασία, Τμήμα Αγρονόμων και Τοπογράφων Μηχανικών, Τομέας Συγκοινωνιακών και Υδραυλικών Έργων, Α.Π.Θ.
- ΤΖΙΜΟΠΟΥΛΟΣ, Χ., ΠΛΙΑΤΣΙΚΑ, Δ., (2005). Έρευνα διαχείρισης της υδρολογικής λεκάνης Κορώνειας. Πρακτικά Heleco 05 ΤΕΕ Αθήνα.
- ΤΣΙΤΣΟΠΟΥΛΟΣ, Ι., (1998). Εκτίμηση υδατικού ισοζυγίου, υπολεκάνης Σχολαρίου, με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων. Συγκριτική αξιολόγηση με τη μέθοδο των πολλαπλών κελιών. Μεταπτυχιακή Διατριβή ΑΠΘ. Θεσσαλονίκη.
- ΤΡΑΓΑΝΟΣ, Γ., (1982). Πρόδρομη έκθεση επί της γεωθερμικής έρευνας στη λεκάνη Μυγδονίας (Λίμνες Λαγκαδά-Βόλβης), αδημ. μελέτη Ι.Γ.Μ.Ε., 28 σελ., Αθήνα
- VATSERIS, CH., (1992). Hydrogeologie des Mygdonias-Beckens(Nord- riehenland) unter Berücksichtigung der hydrochemiscen und isotonenphysikalischen komposition der Thermawasser. Διδ. διατ. Westfalischen Wihelms-Universitat Munster, 171p.
- ΥΔΡΟΜΕΛΕΤΗΤΙΚΗ Α.Ε., (1995). Μελέτη υδάτων λεκάνης Μυγδονίας.
- ΥΠΑΝ, (2008). Σχέδιο προγράμματος διαχείρισης των Υδατικών Πόρων της Χώρας. Με τη συνεργασία ΥΠΑΝ, ΕΜΠ, ΙΓΜΕ, ΚΕΠΕ. Αθήνα.
- ΥΠΑΝ, (2008). Ανάπτυξη συστημάτων και εργαλείων διαχείρισης υδατικών πόρων. Υδατικό διαμέρισμα Δυτικής, Κεντρικής, Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης. Αθήνα.
- Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. - Γενική Διεύθυνση Περιβάλλοντος: Διαβίβαση Μελέτης Περιβαλλοντικών επιπτώσεων (ΜΠΕ) του έργου “Εμπλουτισμός λίμνης Κορώνειας από το βαθύ υδροφορέα” στο Ν. Θεσσαλονίκης.
- ΦΥΤΙΚΑΣ, Μ., ΔΗΜΟΠΟΥΛΟΣ, Γ., ΑΡΒΑΝΙΤΗΣ, Α., (1997). Γεωθερμικά και υδραυλικά χαρακτηριστικά του θερμού υδροφορέα της περιοχής των πηγών της Νέας Απολλωνίας Θεσσαλονίκης. Πρακτικά 4<sup>ου</sup> υδρογεωλογικού Συνδρίου σελ. 547-569. Θεσσαλονίκη
- ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ, Α. (1977). Παλαιογεωγραφική εξέλιξη της λεκάνης και της λίμνης της Μυγδονίας (Λαγκαδά-Βόλβης). Διδ. διατρ. Φ.Μ.Σ. Α.Π.Θ.