

ΕΡΓΟ

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

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΔΡΑΜΑΣ - ΑΓΓΙΤΗ 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



4. Λεκάνη Δράμας - Αγγίτη

4.1 Γενικά

Η υδρολογική λεκάνη Δράμας - Αγγίτη ανήκει διοικητικά στις Περιφερειακές Ενότητες Δράμας, Καβάλας και Σερρών της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας-Θράκης. Η λεκάνη Δράμας – Αγγίτη έχει έκταση 1.610,7 km² και καταλαμβάνει το δυτικό τμήμα του Νομού Δράμας, με ένα κεντρικό σχετικό πεδινό τμήμα, έκτασης περίπου 470 km² και με υψομετρικά όρια περίπου από +50 ως +200. Το πεδινό τμήμα περιβάλλεται από τους ορεινούς όγκους του Φαλακρού, του Μενοικίου, του Παγγαίου και του Συμβόλου. Το πεδινό τμήμα συνεχίζεται και στους νομούς Καβάλας και Σερρών και συνολικά αποτελεί μια τάφρο που διαμορφώθηκε από μεγάλα ρήγματα διεύθυνσης ΒΔ - ΝΑ. Ο μεγαλύτερος άξονας της λεκάνης έχει μήκος 55 km και μέγιστο πλάτος 20 km.

4.2 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 4.2.1.

Πίνακας 4.2.1.

Μελέτες, εργασίες, ερευνητικές εκθέσεις, που χρησιμοποιήθηκαν για την απόκτηση γνώσης της περιοχής
λεκάνης Δράμας - Αγγίτη

Αριθμός	Χαρακτηριστικά μελέτης
1	ΥΔΡΟΕΡΕΥΝΑ, Οριστική Υδρογεωλογική μελέτη πεδιάδας Δράμας- τεναγών Φιλίππων. Υπουργείο Γεωργίας Τελική έκθεση. Αθήνα, 1984
2	ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Ι., Μ. ΜΟΣΚΟΦΙΔΗΣ και Χ. ΠΕΤΑΛΑΣ, Διερεύνηση συνθηκών ύδρευσης Δήμων και Κοινοτήτων Ν. Δράμας (από πλευράς επάρκειας, ποσότητας, κατάσταση δικτύου και προστασίας σημείων υδροληψίας) - Προοπτικές. Έκθεση προς το Νομαρχιακό Διαμέρισμα Δράμας, σελ. 146, 1996
3	ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Ι., Γεωλογική διερεύνηση και δυνατότητες ανάπτυξης στους ΟΤΑ νομών Δράμας – Καβάλας – Ξάνθης. Έκθεση για τις ΤΕΔΚ Δράμας – Καβάλας – Ξάνθης. 131 σελ., 2000
4	ΚΙΣΣΟΥΔΗΣ, Δ., Διαχείριση - αξιοποίηση των υδατικών πόρων για την άρδευση των καλλιεργειών του Ν. Δράμας. Προβλήματα- Προοπτικές. Πρακτικά ημερίδας: Διαχείριση- Αξιοποίηση Υδατικών πόρων Ν. Δράμας. Τ.Ε.Ε/ ΓΕΩΤΕΕ Α.Μ σελ 53-64, Δράμα, 1991
5	ΠΑΝΙΛΑΣ, Σ., ΠΕΤΡΑΣ, Α., Γενική υδρογεωλογική θεώρηση της πεδιάδας Δράμας Κάτω Νευροκοπίου. Πρακτικά ημερίδας Τ.Ε.Ε και ΓΕΩΤΕΕ σελ. 53-64, Δράμα, 1993
6	ΠΑΝΙΛΑΣ, Σ., Υδρογεωλογικά προβλήματα κατά την εκμετάλλευση λιγνιτικών κοιτασμάτων με τη μέθοδο της ανοικτής εκσκαφής. Η περίπτωση του λιγνιτικού κοιτάσματος Δράμας. Διδακτορική Διατριβή Γεωλογικό Τμήμα Πανεπιστήμιο Πάτρας. Πάτρα, 1998
7	ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ Δ., ΑΝΔΡΕΑΔΑΚΗΣ Α., Εθνικό πρόγραμμα διαχείρισης και προστασίας των υδατικών πόρων. Τομέας υδατικών πόρων και περιβάλλοντος Ε.Μ.Π., Αθήνα, 2008
8	ΣΥΜΒΟΥΛΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΕΝΜ, Σχέδια Διαχείρισης Υδατικών Πόρων των Υδατικών Διαμερισμάτων. Ανάπτυξη συστημάτων και εργαλείων διαχείρισης υδατικών πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Μακεδονίας, Κεντρικής Μακεδονίας Αν. Μακεδονίας και Θράκης. Χρηματοδότηση Υπουργείο Ανάπτυξης Διεύθυνση υδατικού δυναμικού και φυσικών πόρων, 2005
9	Z&A Π.ΑΝΤΩΝΑΡΟΠΟΥΛΟΣ & ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ Α.Μ.Ε. • ΞΕΝΟΦΩΝ ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ & ΣΥΝ/ΤΕΣ Ε.Ε. • ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ-ΣΤΥΛΙΑΝΗ ΚΑΪΜΑΚΗ • “NERCO-N.ΧΛΥΚΑΣ & ΣΥΝ/ΤΕΣ Α.Ε.Μ.” • ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΠΑΓΩΝΗΣ • ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΚΟΚΚΙΝΟΣ • ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ • ΙΩΑΝΝΗΣ ΣΙΓΑΛΑΣ • ΩΡΙΩΝ-ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΤΑΒΛΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝ/ΤΕΣ ΕΕ • ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΑΤΘΑΙΟΥ • ΑΡΙΣΤΟΣ ΛΟΥΚΑΪΔΗΣ, “Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ’ εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ 51/2007Ε”, 2011

Πίνακας 4.2.2

Βασικά στοιχεία που αντλήθηκαν από τις μελέτες του πίνακα 4.2.1.

Αριθμός	Βασικά στοιχεία που αντλήθηκαν για την περιοχή
1	Γεωλογία, Υδρογεωλογία
2	Γεωλογία, Υδρογεωλογία, Γεωμορφολογία
3	Γεωλογία
4	Χρήση υπόγειων νερών
5	Υδρογεωλογία
6	Γεωμορφολογία, Υδροχημεία, Υδρογεωλογία, Μοντέλα διαχείρισης, πιεζομετρία
7	Υδροχημεία, σημεία ανάλυσης νερών, πίνακας αναλύσεων
8	Απογραφή σημείων νερού
9	Υπόγεια Υδατικά συστήματα, στοιχεία γεωτρήσεων, απογραφή σημείων

4.3 Γεωμορφολογία λεκάνης

Η λεκάνη της Δράμας-Αγγίτη αναπτύσσεται περίπου σε μια διεύθυνση Α-Δ με ελλειπτικό σχήμα και αποστραγγίζεται μέσω του Αγγίτη ποταμού στον ποταμό Στρυμόνα στο νότιο τμήμα αυτής. Ο ποταμός Αγγίτης δημιουργείται από τις καρστικές πηγές του Μααρά, ακολουθεί τη δυτική πλευρά της ταφρολεκάνης της Δράμας και δέχεται τα νερά των χειμάρρων Δοξάτου, Αγίας Βαρβάρας ή Δράμας και του Ξηροπόταμου οι οποίοι συμβάλλουν σ' αυτόν πριν τα στενά της Συμβολής. Το υδρογραφικό δίκτυο της πεδιάδας διαμορφώνεται κυρίως από τα νερά των πηγών που αναβλύζουν στην περίμετρό της.

Το ημιπεδινό και πεδινό τμήμα της λεκάνης οριοθετείται από τα μεγάλα κρασπεδικά ρήγματα ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης. Παρουσιάζει ένα ελλειπτικό σχήμα, όπου ο μεγαλύτερος άξονας της πεδιάδας έχει μήκος 55 km και πλάτος 20 km. Η έκταση της επιφάνειας του πεδινού τμήματος μέχρι την ισοϋψή των +200, είναι 470 km².

Μορφολογικά οι πλευρές των ορέων του δυτικού τμήματος της πεδιάδας Δράμας, που οριοθετούνται από τα ΒΔ-ΝΑ ρήγματα, είναι απότομες με ανατολικό προσανατολισμό, με ήπια διάβρωση του εδάφους και με μικρή ανάπτυξη των κλάδων των χειμάρρων. Αντίθετα, οι απέναντι ανατολικές πλευρές παρουσιάζουν ομαλές επιφανειακές κλίσεις με εντονότερες

διαβρώσεις των εδαφών και με μεγαλύτερη ανάπτυξη των κλάδων των χειμάρρων. Στο σύνολό του το πεδινό τμήμα της Δράμας χαρακτηρίζεται από ένα ήπιο έως επίπεδο ανάγλυφο. Από την ισοϋψή των 80 m μέχρι το χαμηλότερο σημείο της η πεδιάδα, παρουσιάζει εμφάνιση ενός ομαλού τοπίου με κλίση 3 - 0,2%. Στο τμήμα αυτό περιλαμβάνεται και το λιγνιτικό κοίτασμα της Δράμας και το τυρφολιγνιτικό κοίτασμα των Φιλίππων.

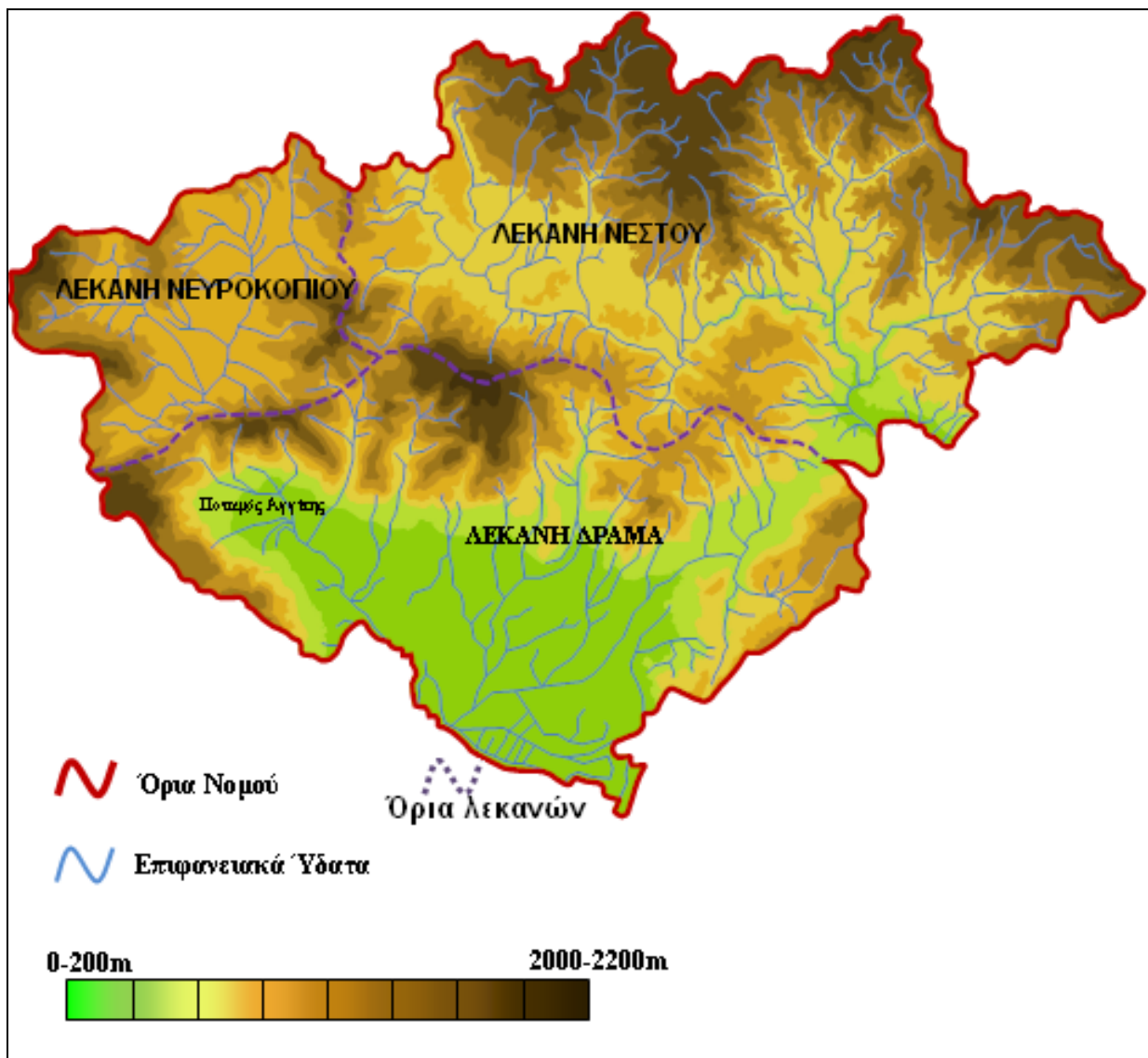
Χωρίς να υπάρχουν διακριτά γεωγραφικά όρια, η ταφρολεκάνη της Δράμας -Αγγίτη περιλαμβάνει τρία επιμέρους πεδινά τμήματα:

- το δυτικό τμήμα, στο οποίο ανήκει η περιοχή της Προσοτσάνης
- το κεντρικό τμήμα που φιλοξενεί το κοίτασμα λιγνίτη
- το νότιο - νοτιοανατολικό τμήμα που περιλαμβάνει τα τενάγη των Φιλίππων με το ομώνυμο τυρφολιγνιτικό κοίτασμα.

Η υπόλοιπη έκταση της λεκάνης της Δράμας, πέραν της πεδινής και ημιπεδινής, καταλαμβάνεται από ένα ημιλοφώδες, αλλά στη μεγαλύτερη έκταση από ένα ορεινό ανάγλυφο που συμπίπτει με τα διάφορα όρη που αναφέρθηκαν (Εικ. 4.2.1).

Έχει υπολογιστεί ότι:

- το 63,15% της λεκάνης εμφανίζει υψόμετρο μικρότερο από 500 m
- το 18,6% της λεκάνης εμφανίζει υψόμετρο μεταξύ 501-1000 m
- το 10,7% της λεκάνης εμφανίζει υψόμετρο μεταξύ 1001-1500 m
- το 7,55% της λεκάνης εμφανίζει υψόμετρο μεγαλύτερο από 1500 m.



Εικ. 4.2.1. Γεωμορφολογικός χάρτης - υδρογραφικό δίκτυο λεκάνης Αγγίτη ποταμού- Νομού Δράμας (Διαμαντής κ.α., 1996).

Στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης περιλαμβάνεται και το καρστικό βύθισμα της λεκάνης του Νευροκοπίου (Βαθύτοπος Λευκόγια Κ. Νευροκόπι), που παρουσιάζεται υδρογραφικά απομονωμένο σε σχέση με τη λεκάνη της Δράμας. Στο σύστημα αυτό είναι έντονη η τυπική καρστική μορφολογία με παρουσία από πόλγες, δολίνες και καταβόθρες. Τα επιφανειακά νερά συγκεντρώνονται στον χώρο όπου υπάρχουν καταβόθρες (περιοχή Οχυρού) και διοχετεύονται στο υπόγειο καρστικό σύστημα. Αν και δεν παρατηρείται επιφανειακή υδρογραφική σύνδεση αυτών των καρστικών βυθισμάτων της λεκάνης του Νευροκοπίου με το υδρογραφικό δίκτυο της πεδιάδας Δράμας-Αγγίτη, είναι φανερό ότι το νερό βρίσκει διόδους μέσω των καταβοθρών στους πρόποδες των ορεινών όγκων και δημιουργεί τις

καρστικές πηγές που αναβλύζουν στα χαμηλά υψόμετά της, όπως οι πηγές του Μααρά (Αγγίτης), Μυλοποτάμου και Δράμας.

Στην πηγή του Μααρά (υψόμετρο 122 m), στο ΒΔ τμήμα της πεδιάδας, καταλήγουν τα καρστικά νερά του Φαλακρού, αλλά και τα νερά που προέρχονται από τις καταβόθρες που αρχίζουν από το Οχυρό και διανύουν μια διαδρομή μέσω ενός υπόγειου ποταμού μήκους τουλάχιστον 9 km. Οι πηγές αυτές δημιουργούν τον Ποταμό Αγγίτη, που ακολουθεί τη δυτική πλευρά της ταφρολεκάνης και δέχεται τα νερά των δυτικών παρυφών του Μενοίκιου όρους. Η κύρια συμβολή του Ποταμού Αγγίτη είναι το ποτάμι της Δράμας που προέρχεται από τις ομώνυμες πηγές της πόλης. Οι πηγές του Μυλοποτάμου συμβάλλουν νοτιότερα με το ποτάμι της Δράμας. Στο νοτιότερο άκρο της πεδιάδας, το ποτάμι της Δράμας συμβάλλει με τα νερά της στραγγιστικής τάφρου των Φιλίππων το οποίο δέχεται με τη σειρά του τα νερά των πηγών του Παγγαίου όρους και το νερό των στραγγιστικών καναλιών του ανατολικού τμήματος της πεδιάδας.

Έτσι στην πεδιάδα της Δράμας ο Ποταμός Αγγίτης γίνεται ο τελικός αποδέκτης όλων των πηγαιών απορροών που πραγματοποιούνται στις παρυφές του Βόρειου, Ανατολικού και Νοτιοδυτικού μετώπου των ορέων του Φαλακρού, της Λεκάνης, του Παγγαίου, του Συμβόλου και Μενοίκιου (εικ. 4.2.1). Η έξοδος των επιφανειακών νερών της πεδιάδας βρίσκεται στο νοτιότερο τμήμα της πλησίον της Συμβολής, όπου ο Αγγίτης διασχίζει την επιγενετική κοιλάδα Παγγαίου - Μενοίκιου και συνενώνεται στη συνέχεια με τον Ποταμό Στρυμόνα.

Επίσης γίνεται και τεχνητή αποστράγγιση των επιφανειακών νερών του κεντρικού τμήματος της πεδιάδας από την τεχνητή τάφρο των Φιλίππων. Η συνολική αποστράγγιση γίνεται, με τάφρους και διώρυγες, όπου το σύστημά τους διανοίγεται υπό μορφή ριπιδίου προς τα ανατολικά της λεκάνης. Το σύστημα αυτό στραγγίζει τα τενάγη των Φιλίππων αλλά και τα επιφανειακά νερά, που προέρχονται από τις πηγές Κεφαλαρίου, καθώς και από τις πηγές Πόρτες, Νικήσιανης, Αμισιανών και Αντιφιλίππων οι οποίες παρουσιάζουν παροδική ροή. Τα νερά της τεχνητής αποστράγγισης καταλήγουν και αυτά στον Αγγίτη Ποταμό. Βέβαια ορισμένες εποχές του χρόνου το σύστημα αυτό των τάφρων λειτουργεί αντίστροφα, δηλαδή τροφοδοτεί τον φρεάτιο ή τους υποπίεση υπόγειους ορίζοντες του πεδινού τμήματος.

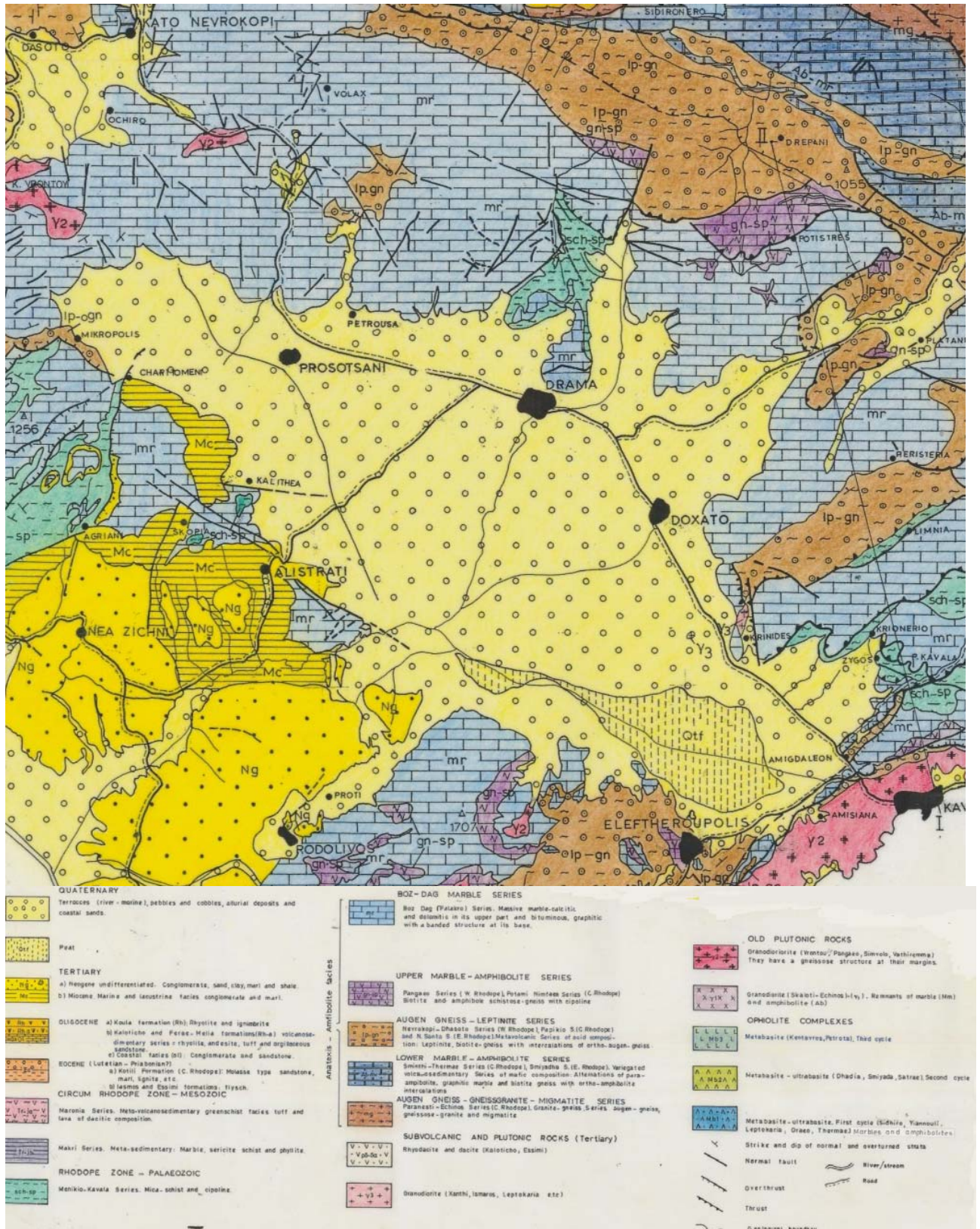
Επιπλέον ένα πλήθος από μη επενδεδυμένες τάφρους διασχίζουν, με διεύθυνση Δ-Α την πεδιάδα, οι κυριότερες των οποίων είναι η τάφρος Δοξάτου, του Καλαμπακίου, του Νεροφράκτη, του Βαλτοχωρίου και της Βοϊράνης.

4.4 Γεωλογία Περιοχής

Η ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Δράμας - Αγγίτη γεωλογικά εντοπίζεται στη γεωτεκτονική ζώνη της Ροδόπης (μάζα Ροδόπης). Στην ορεινή ζώνη εντοπίζονται αποκλειστικά μεταμορφωμένα πετρώματα με ελάχιστες πυριγενείς διεισδύσεις. Ειδικότερα εντοπίζονται (βλέπε χάρτη εικ. 4.4.1):

- Η σειρά των γνευσίων της βάσης, που καταλαμβάνει τη Δυτική Ροδόπη, όπου ανήκει και η ευρύτερη περιοχή της λεκάνης Δράμας, και έχει πάχος 7 km. Περιλαμβάνει μοσχοβιτικούς, βιοτιτικούς και διμαρμαρυγιακούς γνεύσιους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και αμφιβολίτες. Στο ανώτερο μέρος διακρίνονται λεπτές ενστρώσεις σιπολινών και μαρμάρων.
- Η σειρά των μαρμάρων, η οποία εκτείνεται από τα δυτικά όρια του Νομού Δράμας μέχρι το Νέστο Ποταμό. Αποτελείται κυρίως από μάρμαρα με ενστρώσεις σιπολίτη και μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους.
- Η σειρά των μαρμαρυγιακών σχιστόλιθων, που εμφανίζεται στην περιοχή του Νέστου. Αποτελείται από μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους που μεταπίπτουν σε γνευσίους.
- Η σειρά των σχιστόλιθων και μαρμάρων, που αναπτύσσεται ΒΑ της όχθης του Νέστου με πάχη που υπερβαίνουν τα 3 km και αποτελούνται από σχιστόλιθους και μάρμαρα.

Σε όλο το μεταμορφωμένο σύστημα έχουν διεισδύσει πλουτώνια σώματα γρανιτικής-γρानοδιοριτικής σύστασης και υποηφαιστειακές φλέβες ανδεσιτικής - ρυοδακτιτικής σύστασης (Chstzíranagis, 1991). Οι πλουτωνίτες είναι κυρίως γρανίτες και γρानοδιορίτες. Γρानοδιορίτες συναντώνται στο Φαλακρό στις περιοχές Γρανίτη, Πανόραμα, Ποταμοί, καθώς και στο Παγγαίο. Στο πεδινό τμήμα της λεκάνης Δράμας εμφανίζονται γρανιτικά και γρानοδιοριτικά σώματα Ολιγοκαινικής ηλικίας, που απαντώνται στους λόφους "τούμπες του Μεγάλου Αλεξάνδρου" δυτικά του υψώματος των Φιλίππων (Μελιδώνης, 1966).



Εικ. 4.4.1. Απόσπασμα γεωλογικού χάρτη περιοχής Λεκάνης Δράμας - Αγγίτη (πηγή ΙΓΜΕ, Γεωλογικός Χάρτης Αν. Μακεδονίας και Θράκης κλίμακας 1: 200.000, 1986).

Συμπερασματικά προκύπτει ότι στην λεκάνη Δράμας ιδιαίτερη σημασία παρουσιάζουν η μεγάλη έκταση και το πάχος των μαρμάρων της ορεινής ζώνης, τα οποία είναι έντονα καρστικοποιημένα και κατά θέσεις ρωγματομένα. Μέσα στα μάρμαρα και πολλές φορές υπό μορφή φακών συμμετέχουν γνεύσιοι, γνευσιακοί σχιστόλιθοι και αμφιβολίτες και αποτελούν συνήθως την κατώτερη σειρά της ζώνης του Παγγαίου (η ανώτερη σειρά αποτελείται αποκλειστικά από μάρμαρα).

Οι λοφώδεις και ημιορεινές περιοχές, που εντοπίζονται στα κράσπεδα με την ορεινή ζώνη και στα περιθώρια των πεδινών τμημάτων, δομούνται αποκλειστικά από τριτογενή ιζήματα τα οποία στα επιφανειακά τους τμήματα αποτελούνται από συνεκτικά κροκαλοπαγή και ψαμμίτες και στο βάθος από μαργαϊκά υλικά, το δε πάχος τους φθάνει πολλές φορές μέχρι τα 250 m.

Το πεδινό τμήμα το οποίο αποτελεί, όπως έχει ήδη αναφερθεί τεκτονικό βύθισμα, έχει πληρωθεί με ιζήματα με μέγιστο πάχος περίπου 370 m. Τα επιφανειακά έως ένα βάθος περί των 80 m, αποτελούν τα τεταρτογενή ιζήματα, που χαρακτηρίζονται από εναλλαγές στρώσεων αργίλων, χαλίκων, άμμων και ιλύος, που αλληλοσυμπλέκονται και εμφανίζουν άλλοτε εκλεκτικές ζώνες με περατά υλικά και άλλοτε όχι. Στα βαθύτερα στρώματα επικρατούν τα αργιλικά υλικά και η ασβεστολιθική ιλύς και τα οποία διακόπτονται από λιγνιτικά στρώματα.

Χαρακτηριστική εικόνα για το πεδινό της Δράμας, αποτελεί η μεγάλη εξάπλωση των τελαματικών σχηματισμών, ολοκαινικής ηλικίας. Πρόκειται για μια επιφανειακή εξάπλωση τύρφης (55 km²) με παρεμβολές ανόργανων υλικών κυρίως αργίλου. Καταλαμβάνει το ΝΔ τμήμα της λεκάνης.

4.5 Υδρογεωλογικές Συνθήκες

Με βάση την οριοθέτηση υπόγειων υδατικών συστημάτων στην ευρύτερη περιοχή, στο πλαίσιο της υπό εκπόνηση Διαχειριστικής μελέτης υδατικών πόρων Ανατολικής Μακεδονίας - Θράκης, τα υπόγεια υδατικά συστήματα που περιλαμβάνονται στην ευρύτερη λεκάνη απορροής, και που συσχετίζονται με τα επιφανειακά ύδατα και τις σχέσεις τροφοδοσίας τους είναι τα:

GR110B030 Σύστημα Μενουκίου Φαλακρού

GR1100050 Σύστημα Δράμας

Τα στοιχεία λήφθηκαν από τις διαχειριστικές μελέτες η εκπόνηση των οποίων είναι σε εξέλιξη. Τα όρια των υπόγειων υδατικών συστημάτων αυτών έχουν συμπεριληφθεί στο

Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (GIS) της παρούσας μελέτης και στους υδρολιθολογικούς χάρτες, που αποτελούν ένα τμήμα παρουσίασης του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών.

Από τους σχηματισμούς που δομούν την ευρύτερη περιοχή της λεκάνης έντονο ενδιαφέρον, από υδρογεωλογικής πλευράς, παρουσιάζουν τα μάρμαρα της ορεινής ζώνης, που περιβάλλει την πεδινή. Επίσης ενδιαφέρον παρουσιάζουν και οι τεταρτογενείς αποθέσεις του πεδινού τμήματος.

Η υδρογεωλογική συμπεριφορά των σχηματισμών που δομούν την περιοχή μελέτης, παρουσιάζεται στον χάρτη Υ.Δ. 12 στο παράρτημα Β της παρούσας έκθεσης.

- Γνεύσιοι, σχιστόλιθοι, σχιστογνεύσιοι, πυριγενή

Οι σχηματισμοί αυτοί παρουσιάζουν εκλεκτική διαπερατότητα. Φιλοξενούν υπόγεια ασθενή υδροφορία μόνο στο μανδύα αποσάθρωσης και στις ζώνες που έχουν υποστεί έντονη τεκτονική δραστηριότητα. Η υδροφορία των σχηματισμών αυτών είναι τοπικής μόνο σημασίας.

- Μάρμαρα (καρστική υδροφορία)

Τα μάρμαρα της λεκάνης αποτελούν έναν από τους σημαντικότερους υδροφορείς που φιλοξενούν τεράστιες ποσότητες υπόγειου νερού. Το υπόγειο νερό των υδροφορέων αυτών στους ανθρακικούς σχηματισμούς, περιμετρικά της λεκάνης, εκφορτίζεται στα κράσπεδα της ορεινής προς την πεδινή ζώνη, διαμέσου ενός σημαντικού αριθμού καρστικών πηγών.

Σημαντική ποσότητα του καρστικού νερού χρησιμοποιείται σήμερα για διάφορες χρήσεις και καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος των υδρευτικών αναγκών του Νομού Δράμας και του Δήμου Καβάλας. Τα μάρμαρα της λεκάνης Δράμας παρουσιάζονται κατακερματισμένα. Η καρστική διεργασία είναι μεγάλη και σε ορισμένα μέρη έχουν δημιουργηθεί πλήθος από ουβάλες και δολίνες διαφόρων επιπέδων.

Τα ανθρακικά πετρώματα, τα οποία δομούν τους ορεινούς όγκους αναπτύσσονται και πέρα από τα όρια της υδρολογικής λεκάνης της Δράμας, κάτι που προδικάζει πιθανές μεταγίσεις των υπόγειων νερών από τις άμεσες γειτονικές λεκάνες του ευρύτερου χώρου, όπως την κλειστή λεκάνη του Κάτω Νευροκοπίου και τη λεκάνη του Νέστου.

Με βάση τα διαχειριστικά σχέδια του ΥΠΕΚΑ (2012) προσδιορίζονται οι ακόλουθες καρστικές υδροφορίες:

- ✓ Η καρστική υδροφορία του Φαλακρού όρους (Β, ΒΑ του πεδινού τμήματος). Το μεγαλύτερο τμήμα του βρίσκεται στη λεκάνη απορροής του Ποταμού Στρυμόνα (λεκάνη

Δράμας) και ανήκει γεωγραφικά στο Υ.Δ.11. Ένα μικρό τμήμα του ανήκει στην υδρολογική λεκάνη του Ποταμού Νέστου. Έχει έκταση $600,24 \text{ km}^2$, μέγιστο μήκος 28 km και μέγιστο πλάτος 31 km .

- ✓ Η καρστική υδροφορία του Μενοικίου (Β, ΒΔ της λεκάνης Δράμας). Βρίσκεται στη λεκάνη απορροής του ποταμού Στρυμόνα (ένα μέρος στη λεκάνη Σερρών και ένα μέρος στη λεκάνη Δράμας) και ανήκει γεωγραφικά συνολικά στο Υ.Δ.11. Έχει έκταση $289,05 \text{ km}^2$, μέγιστο μήκος 20 km και μέγιστο πλάτος 23 km . Το πάχος του καρστικού συστήματος εκτιμάται σε 1500 m περίπου.
- ✓ Η καρστική υδροφορία Αγγίτη (δυτικά της λεκάνης Δράμας). Βρίσκεται στη λεκάνη απορροής του Ποταμού Στρυμόνα (λεκάνη Δράμας) και ανήκει γεωγραφικά συνολικά στο Υ.Δ.11. Έχει έκταση $127,49 \text{ km}^2$, μέγιστο μήκος 15 km και μέγιστο πλάτος 10 km .
- ✓ Η καρστική υδροφορία Παγγαίου (ΝΔ της λεκάνης). Βρίσκεται στη λεκάνη απορροής του Ποταμού Στρυμόνα (λεκάνη Δράμας και λεκάνη Μαρμαρά Καβάλας) και ανήκει γεωγραφικά συνολικά στο Υ.Δ.11. Έχει έκταση $216,16 \text{ km}^2$, μέγιστο μήκος 29 km και μέγιστο πλάτος 10 km , και
- ✓ Το υπόγειο υδατικό σύστημα Ορέων Λεκάνης (ανατολικά της λεκάνης). Πρόκειται για καρστική υδροφορία. Βρίσκεται στη λεκάνη απορροής του Στρυμόνα (λεκάνη Δράμας) και σε αυτή του Ποταμού Νέστου. Το μεγαλύτερο τμήμα του εντάσσεται γεωγραφικά στο Υ.Δ.12. Το υπόλοιπο τμήμα του εντάσσεται στη λεκάνη Δράμας στο Υ.Δ.11. Έχει έκταση $949,03 \text{ km}^2$, μέγιστο μήκος 47 km , μέγιστο πλάτος 28 km .

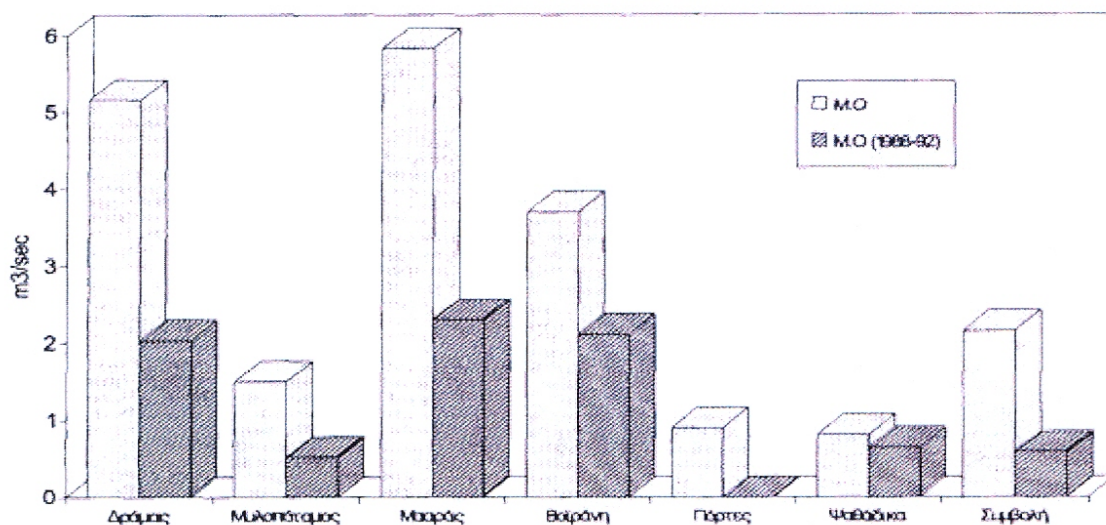
Ιδιαίτερη σημασία για την καρστική υδροφορία και κυρίως του Φαλακρού όρους, έχει η υδροφορία της λεκάνης του Νευροκοπίου, που εντοπίζεται στην ορεινή ζώνη βόρεια της λεκάνης. Με βάση τις εκτιμήσεις των Διαχειριστικών Σχεδίων του ΥΠΕΚΑ (2012), η κλειστή λεκάνη του Νευροκοπίου παίζει σπουδαίο ρόλο στο υδατικό δυναμικό της λεκάνης Δράμας - Αγγίτη.

- ✓ Πρόκειται για προσχωματική υδροφορία. Βρίσκεται στη λεκάνη απορροής του Ποταμού Στρυμόνα (έμμεσα λεκάνη Δράμας) και ανήκει γεωγραφικά συνολικά στο Υ.Δ.11. Έχει έκταση $105,5 \text{ km}^2$, μέγιστο μήκος 26 km και μέγιστο πλάτος 11 km . Προς τα βόρεια περιβάλλεται από τα όρη της Βροντούς τα οποία από πλευράς υπόγειων νερών φιλοξενούν ένα σημαντικό ρωγμώδες σύστημα, τα νερά του οποίου καταλήγουν στη λεκάνη του Νευροκοπίου και στη συνέχεια διαμέσου του Φαλακρού όρους καταλήγουν στον Αγγίτη ποταμό.

Οι καρστικές υδροφορίες αναπτύσσονται στα μάρμαρα, που χαρακτηρίζονται από πυκνό σύστημα διακλάσεων, μικρορωγμών και μικρών καρστικών αγωγών των οποίων οι διαστάσεις και το άνοιγμα τους μειώνονται με το βάθος. Το σύστημα αυτό τροφοδοτεί κυρίως πηγές σε μεγάλα υψόμετρα, ενώ βαθείς καρστικοί αγωγοί μεγάλης διαμέτρου τροφοδοτούν τις μεγάλες πηγές στα χαμηλότερα υψόμετρα της πεδιάδας, όπως:

- ✓ Στα βόρεια, την πηγή Μααρά (υψόμετρο 122 m), του Μυλοποτάμου (υψόμετρο 95,49 m) και της Δράμας (υψόμετρο 94,7 m), όσον αφορά το καρστικό σύστημα του Φαλακρού όρους.
- ✓ Στα δυτικά (σύστημα Μενοικίου - Αγγίτη), τις πηγές Γαλάζια νερά, Ψαθάδικα (υψόμετρο 60 m) και τις διάφορες καρστικές πηγές που αναβλύζουν κατά μήκος της κοίτης του Ποταμού Αγγίτη.
- ✓ Προς τα ανατολικά (καρστική υδροφορία Ορέων Λεκάνης) τις πηγές Δικελιτάς-Κρηνίδων και τις πηγές Κεφαλάριου-Βοϊράνης, που θεωρούνται από τις μεγαλύτερες πηγές της λεκάνης Δράμας. Πρόκειται για ένα μέτωπο πηγών υπερπλήρωσης των ανθρακικών πετρωμάτων που αναβλύζουν μέσα από κώνους κορημάτων σε υψόμετρο περίπου 60 m.
- ✓ Στα νοτιοδυτικά τις πηγές Πόρτες (υψόμετρο 50 m), του καρστικού συστήματος Παγγαίου.

Εκτός από τις παραπάνω πηγές ένας πολύ μεγάλος ακόμα αριθμός, μικρότερου δυναμικού, εκφορτίζει τα διάφορα καρστικά συστήματα που περιβάλλουν τη λεκάνη Δράμας - Αγγίτη. Ο συνολικός όγκος νερού των πηγών που εκφορτίζεται προς τη λεκάνη Δράμας, σύμφωνα με μετρήσεις της ΔΕΒ Δράμας ανέρχεται κατά μέσο όρο σε $853 \times 10^6 \text{ m}^3$. Στην εικόνα 4.5.1 απεικονίζονται οι μέσες ετήσιες παροχές συνολικά των πηγών Δράμας για μια περίοδο 1972-1992, επίσης στο ίδιο διάγραμμα απεικονίζεται η πορεία της πενταετίας 1988-1992. Διακρίνεται σαφέστατα η σημαντική μείωση των τιμών η οποία οφείλεται στη σημαντική μείωση των κατακρημνισμάτων την παραπάνω πενταετία. Σήμερα η μέση τιμή πλησιάζουν τη μέση τιμή της 20ετίας.



Εικ. 4.5.1. Διάγραμμα ετήσιων παροχών πηγών λεκάνης Δράμας (Πανίλας, 1995).

Γειτονικά, σε πολλές από τις παραπάνω πηγές, έχουν ανορυχθεί γεωτρήσεις οι οποίες εκμεταλλεύονται τις υπόγειες καρστικές υδροφορίες προκαλώντας όμως και αναρρύθμιση των εκροών των πηγών.

Γενικά, θα μπορούσε να ειπωθεί ότι στα κράσπεδα της ορεινής ζώνης, που αποτελείται από κοκκώδεις σχηματισμούς, υφίστανται ευνοϊκές συνθήκες υπόγειας πλευρικής τροφοδοσίας από τα μάρμαρα. Σε θέσεις μάλιστα όπου παρεμβάλλονται αδιαπέρατοι ή ημιπερατοί σχηματισμοί (άργιλοι κ.λ.π.), δημιουργούνται ευνοϊκές συνθήκες εκδήλωσης σε πολλές περιπτώσεις, πηγών υπερπλήρωσης. Επίσης η πλευρική υδραυλική επικοινωνία των μαρμάρων με τις προσχώσεις ή και με άλλους ιζηματογενείς σχηματισμούς, συμβάλλει στην τροφοδοσία, των υδροφοριών των κοκκωδών αποθέσεων του πεδινού τμήματος.

- Υδροφορία νεογενών ιζημάτων

Τα νεογενή ιζήματα φιλοξενούν σε εκλεκτικές ζώνες υπόγειες υδροφορίες, μικρού έως μέσου δυναμικού, οι οποίες εντοπίζονται στους ψαμίτες και στα κροκαλοπαγή. Οι υδροφορίες αυτές περιορίζονται τόσο σε βάθος, λόγω της παρουσίας μαργαϊκών υλικών, όσο και σε έκταση, λόγω της παρεμβολής των αργιλικών υλικών των προσχώσεων. Σε αρκετές περιπτώσεις η υδροφορία αυτή των νεογενών αποθέσεων έχει άμεση διασύνδεση και πλευρική επικοινωνία με την καρστική υδροφορία. Αρκετές πηγές που εκδηλώνονται στους σχηματισμούς αυτούς με σημαντικότερες τις πηγές του Μυλοπόταμου, δεν είναι τίποτε άλλο

παρά μια εκδήλωση της καρστικής υδροφορίας μέσα από εκλεκτικές διαδρομές στα κροκαλοπαγή σε σημαντική απόσταση από τα μάρμαρα.

- Υδροφορία στις τεταρτογενείς αποθέσεις

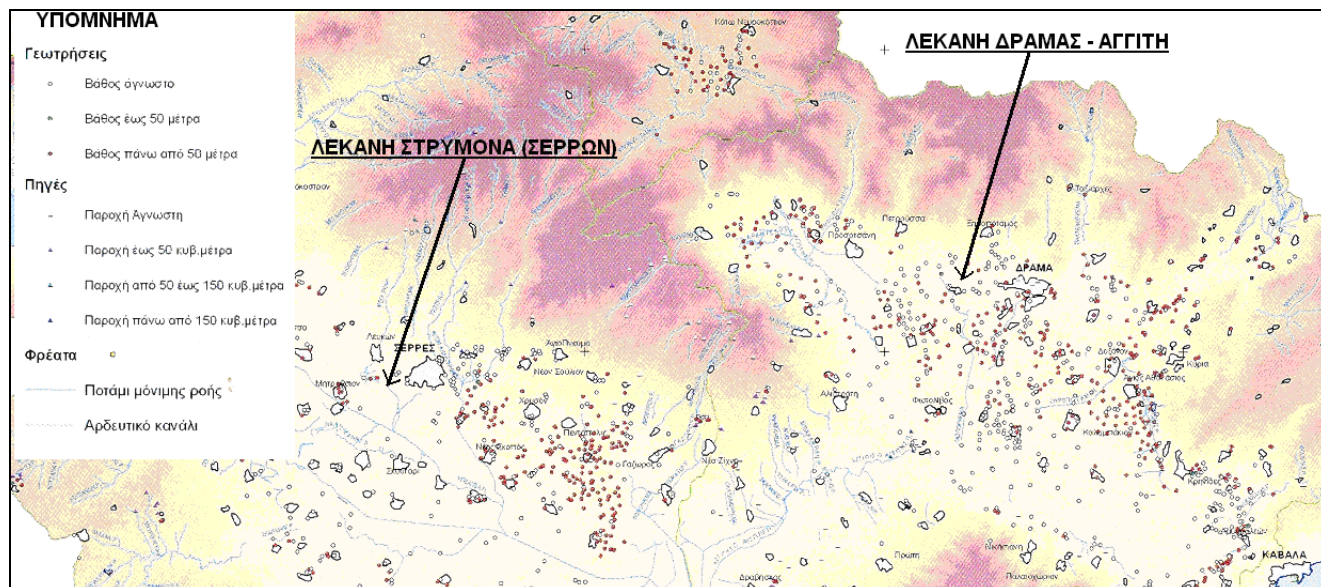
Οι υδροφορίες στις τεταρτογενείς αποθέσεις φιλοξενούνται στους πλέον κοκκώδεις σχηματισμούς (άμμοι κ.λ.π). Η δημιουργία των αποθέσεων αυτών έγινε σε συνθήκες ενός ήπιου γενικά περιβάλλοντος ιζηματογένεσης γι' αυτό και τα ιζήματα χαρακτηρίζονται από λεπτομερή υλικά. Αυτά αποτελούνται από εναλλαγές αργίλων με αμμοϊλίες και λεπτομερείς άμμους, στις οποίες αναπτύσσεται μια ελεύθερη φρεάτιος υδροφορία, η οποία νότια μεταπίπτει σε επάλληλους υπό πίεση υδροφορείς. Τα υδροφόρα στρώματα στο κεντρικό τμήμα της πεδιάδας αποτελούνται από πιο λεπτόκοκκα υλικά με αργλικές ενστρώσεις (Πανίλας, 1995). Προς τα περιθώρια της πεδιάδας παρατηρούνται πιο αδρόκοκκα υλικά, αλλά και μεγαλύτερο πάχος των αμμωδών αποθέσεων. Η επαφή των σχηματισμών αυτών στα ανάντη τμήματα με τα ανθρακικά πετρώματα δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων μέσω πλευρικών μεταγίσεων. Αναπτύσσεται έτσι μία ζώνη που παρουσιάζει σημαντική υδροφορία στα βορειοδυτικά τμήματα της λεκάνης, από την περιοχή Μικροκάμπου, Μεγαλόκαμπου, Σιταγρών, Αργυρούπολης έως Μυλοποτάμου και μια δεύτερη βορειοανατολικά από Αγ. Αθανάσιο, Κεφαλάρι έως τις Κρηνίδες, όπου δεκάδες γεωτρήσεις αντλούνται για την κάλυψη αρδευτικών και υδρευτικών αναγκών (βλέπε χάρτη εικ. 4.5.2). Επίσης, η παρουσία αλλουβιακών ριπιδίων στα κράσπεδα της λεκάνης και ιδιαίτερα στο νότιο τμήμα αυτής (Καλή Βρύση, Κορμίστα, Νικήσιανη), δημιουργούν μια σημαντική αλλά περιορισμένη σε έκταση υδροφορία λόγω της πλευρικής γειννίασης με τους αδιαπέρατους σχηματισμούς της ασβεστολιθικής ιλύος. Η πιο σημαντική υδροφορία θεωρείται αυτή που αναπτύσσεται πλησίον της Νικήσιανης, ο εμπλουτισμός των υπόγειων νερών της οποίας προέρχεται από τις πλευρικές διηθήσεις των καρστικών νερών του Παγγαίου όρους. Αρχικά δημιουργείται ένας ελεύθερος υδροφορέας με υψηλές ειδικές αποδόσεις ($15 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$) προς τα περιθώρια. Στη συνέχεια, η βύθιση του ριπιδίου προς το εσωτερικό της πεδιάδας κάτω από τα αδιαπέρατα λιγνιτικά στρώματα δημιουργεί αρτεσιανές συνθήκες με μικρές ειδικές αποδόσεις ($1 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$). Επίσης σημαντική υδροφορία, με περιορισμένη όμως ανάπτυξη σε εύρος, παρατηρείται ανάντη των πηγών Μυλοποτάμου και Δράμας, μέχρι τα κράσπεδα των ανθρακικών πετρωμάτων. Οι σχηματισμοί αυτοί χαρακτηρίζονται ως μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, με έντονες ρωγματώσεις και με μεγάλες ειδικές παροχές ($1200 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}$).

Στα κατάντη τμήματα αυτής της υδροφόρας ζώνης, αρχίζει η ανάπτυξη των λιμνοτελματικών ιζημάτων (ασβεστολιθική ιλύς και λιγνιτικά στρώματα), τα οποία εμφανίζονται υπερυψωμένα σε σχέση με το κεντρικό βύθισμα της πεδιάδας. Η διαφορετική υδρολιθολογική συμπεριφορά των δυο παραπάνω σχηματισμών έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της υδροπερατότητας προς τα χαμηλά τμήματα της πεδιάδας περιορίζοντας σημαντικά την υδροαποθεματική ικανότητα του τεταρτογενούς υδροφορέα. Στο νοτιοανατολικό τμήμα της πεδιάδας, τα κλαστικά υλικά εκλείπουν τελείως και αντικαθίστανται από τα οργανικά ιζήματα που αποτελούν το τυρφολιγνιτικό κοίτασμα των Φιλίππων. Η παρουσία του τυρφολιγνιτικού κοιτάσματος στα τενάγη των Φιλίππων με συνολική έκταση που υπερβαίνει τα 55 km² περιορίζει ακόμη περισσότερο το υδροαποθεματικό δυναμικό της πεδιάδας. Οι Δούνας-Χριστοδούλου, 1964 εκτίμησαν τη διαπερατότητα στα στρώματα της τύρφης, από στοιχεία αντλητικών δεδομένων σε $3,5 \times 10^{-5}$ cm/sec.

Η τροφοδοσία των τεταρτογενών αποθέσεων εξασφαλίζεται κατά κύριο λόγο από τις βροχοπτώσεις που πέφτουν στο ανάπτυγμα του κάμπου και δευτερογενώς από τις διηθήσεις των ποταμών και των χειμάρρων, καθώς και από πλευρικές μεταγίσεις των καρστικών νερών δια μέσου των νεογενών των κρασπέδων, στις περιοχές όμως που μπορεί να συμβεί αυτό λόγω ευνοϊκής δομής.

Η εκμετάλλευση των υδροφοριών αυτών γίνεται σήμερα από 210 περίπου βαθιές γεωτρήσεις (βλέπε χάρτη εικ. 4.5.2) και ένα σημαντικό αριθμό αβαθών, και χρησιμοποιούνται για την κάλυψη αρδευτικών κυρίως αναγκών και κάποιων υδρευτικών. Στη νοτιοανατολική περιοχή η ελεύθερη φρεάτιος υδροφορία τροφοδοτεί το σύστημα των τάφρων της περιοχής, όπου τα νερά αυτά με το σύστημα των διανοιγμένων τάφρων καταλήγουν στον ποταμό Αγγίτη.

Η όλη υδρογεωλογική εξέλιξη αυτών των αποθέσεων δημιούργησαν συνθήκες ενός ελεύθερου υδροφόρου ορίζοντα. Μόνο στην περιοχή του κεντρικού τμήματος της πεδιάδας, όπου βρίσκεται και το λιγνιτικό κοίτασμα, τα κλαστικά υλικά που παρεμβάλλονται μεταξύ των λιγνιτικών κοιτασμάτων δημιουργούν συνθήκες αρτεσιανισμού, τα οποία συχνά, με τη συνεχή έκλυση ελαιογενών αερίων, δημιουργούν συνθήκες ψευδοαρτεσιανισμού.

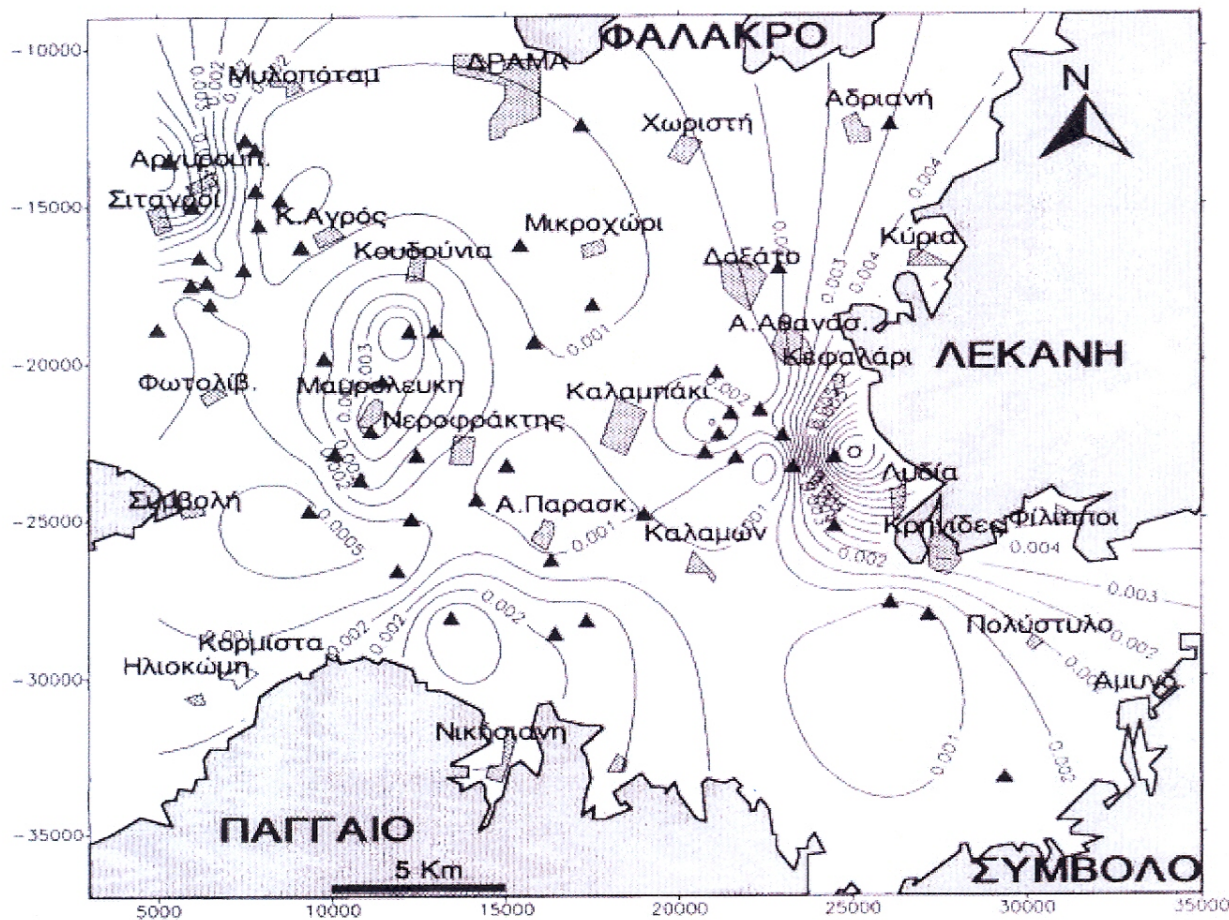


Εικ. 4.5.2. Απόσπασμα χάρτη απογραφής σημείων νερού λεκάνης Δράμας - Αγγίτη (Υπουργείο Ανάπτυξης, 2005).

Από την επεξεργασία αντλητικών δεδομένων της ευρύτερης περιοχής συντάχθηκε στα πλαίσια της αντίστοιχης μελέτης, ο χάρτης ίσης μεταβιβαστικότητας του τεταρτογενούς υδροφορέα (Εικ. 4.5.3).

Η μεταβιβαστικότητα στο κεντρικό τμήμα του λιγνιτικού πεδίου (περιοχή Νεροφράκτη), λαμβάνει χαμηλές τιμές $T=1,1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$, που οφείλεται στην παρουσία λεπτομερών υλικών που συνθέτουν τα υδροφόρα στρώματα. Ο συντελεστής εναποθήκευσης στην ίδια περιοχή, κυμαίνεται από $S=1 \times 10^{-3}$ για το ανώτερο υδροφόρο στρώμα έως $S=4 \times 10^{-4}$ για τα δυο κατώτερα υδροφόρα που περικλείονται μεταξύ των λιγνιτικών στοιβάδων.

Υψηλές τιμές της μεταβιβαστικότητας παρατηρούνται στα βορειοδυτικά περιθώρια του λιγνιτικού πεδίου (περιοχή Μαυρολεύκης έως Κουδούνια). Αυτές κυμαίνονται από $T=2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$ έως $T=5,7 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$. Ο συντελεστής εναποθήκευσης λαμβάνει μεγαλύτερες τιμές από $S=3 \times 10^{-3}$ έως $S=3 \times 10^{-2}$ σε σχέση με το κεντρικό και νότιο τμήμα του λιγνιτικού πεδίου, που χαρακτηρίζουν τον υδροφορέα ελεύθερο ως ημιελεύθερο. Η αύξηση αυτών των τιμών έρχεται σε συμφωνία με τα αυξανόμενα πάχη των υδροπερατών σχηματισμών στη περιοχή αυτή, αφού εκλείπουν τα λιγνιτικά στρώματα και διαμορφώνουν έναν ενιαίο υδροφόρο ορίζοντα.



Εικ. 4.5.3. Χάρτης καμπυλών ίσης μεταβιαστικότητας T (m^2/sec) του υδροφορέα του πεδινού τμήματος της λεκάνης Δράμας - Αγγίτη (Πανίλας, 1995).

Η υδροφορία που αναπτύσσεται από τις παρυφές του Παγγαίου και στη συνέχεια υπόκειται των λιγνιτικών στρωμάτων παρουσιάζει φθίνουσες τιμές των υδραυλικών παραμέτρων. Προς τα περιθώρια λαμβάνει τιμές $T=5 \times 10^{-3} m^2/sec$ και $S=3 \times 10^{-2}$ έως 3×10^{-1} και χαρακτηρίζεται ως ελεύθερος υδροφόρος ορίζοντας. Υποκείμενα των λιγνιτικών στρωμάτων, οι τιμές της μεταβιαστικότητας κυμαίνονται από $T=1 \times 10^{-3} m^2/sec$ έως $T=3 \times 10^{-4} m^2/sec$, ενώ ο συντελεστής εναποθήκευσης λαμβάνει τιμές από $S=1 \times 10^{-4}$ έως $S=1 \times 10^{-5}$. Η υδροφορία αυτή χαρακτηρίζεται ως αρτεσιανή.

Από τη μελέτη του πιεζομετρικού χάρτη της πεδιάδας Δράμας (Πανίλας, 1995) (Εικ. 4.5.4), προκύπτει ότι η κίνηση των υπογείων νερών της πεδινής περιοχής παρουσιάζει ακτινωτή μορφή με συγκλίνουσες και αποκλίνουσες γραμμές ροής και με αποστάσεις των ισοδυναμικών καμπυλών να μεταβάλλονται κατά τη διεύθυνση ροής.

Η διάταξη των ισοπιεζομετρικών καμπυλών βρίσκεται σε συμφωνία με τις περιγραφόμενες υδρολιθολογικές συνθήκες της περιοχής, όπου η τροφοδοσία του καρστικού

υδροφόρου εμπλουτίζει αυτούς τους σχηματισμούς που παρουσιάζουν καλή υδροπερατότητα.

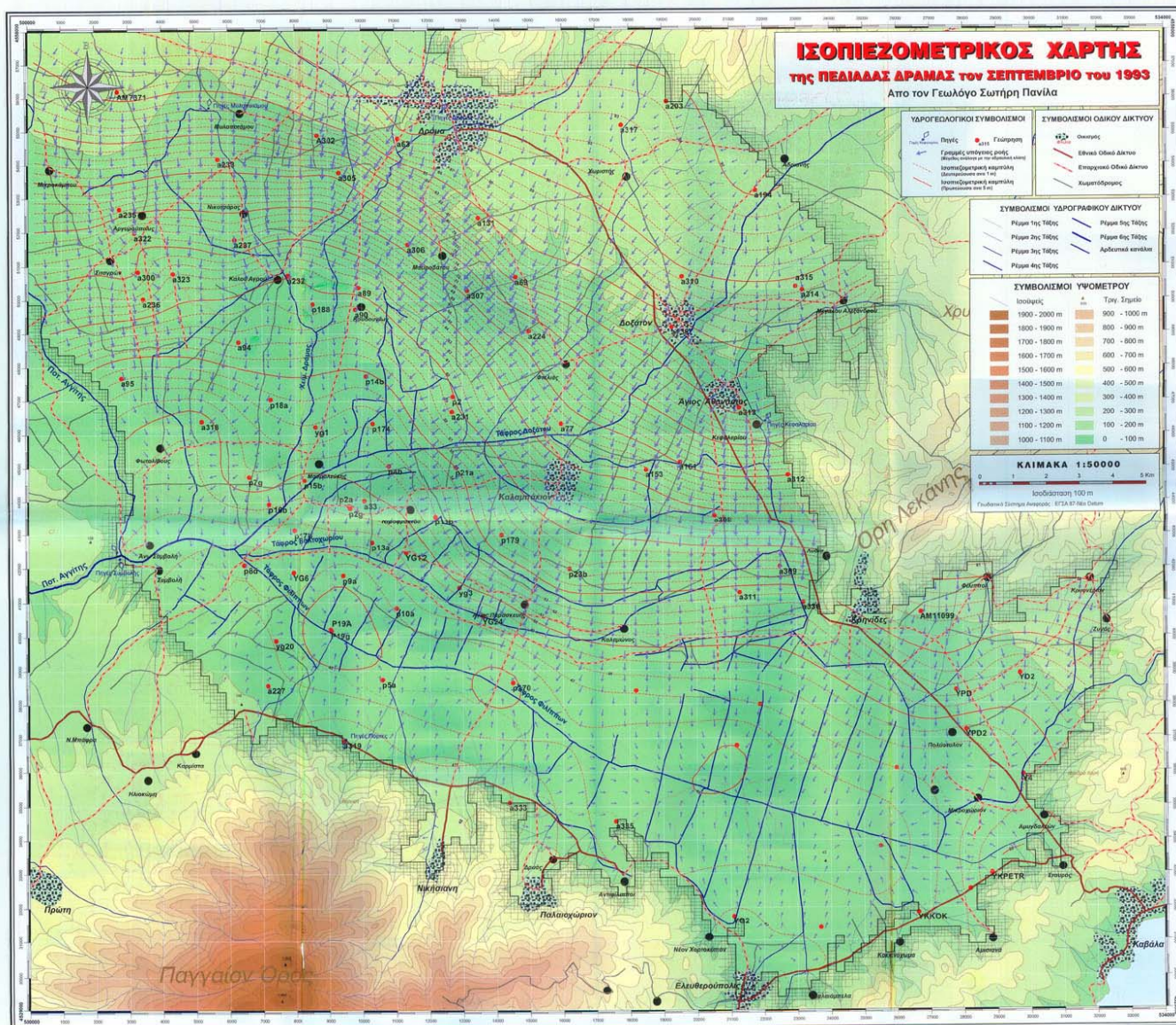
Από τη δομή της πιεζομετρικής επιφάνειας μπορούμε να θεωρήσουμε ότι ο υδροφορέας των τεταρτογενών αποθέσεων παρουσιάζει χαρακτηριστικά ενός κλειστού τύπου λεκάνης και ως μοναδική περιοχή υπόγειας και επιφανειακής εκροής να παρατηρείται στο νότιο τμήμα της που συντελείται από τον ποταμό Αγγίτη.

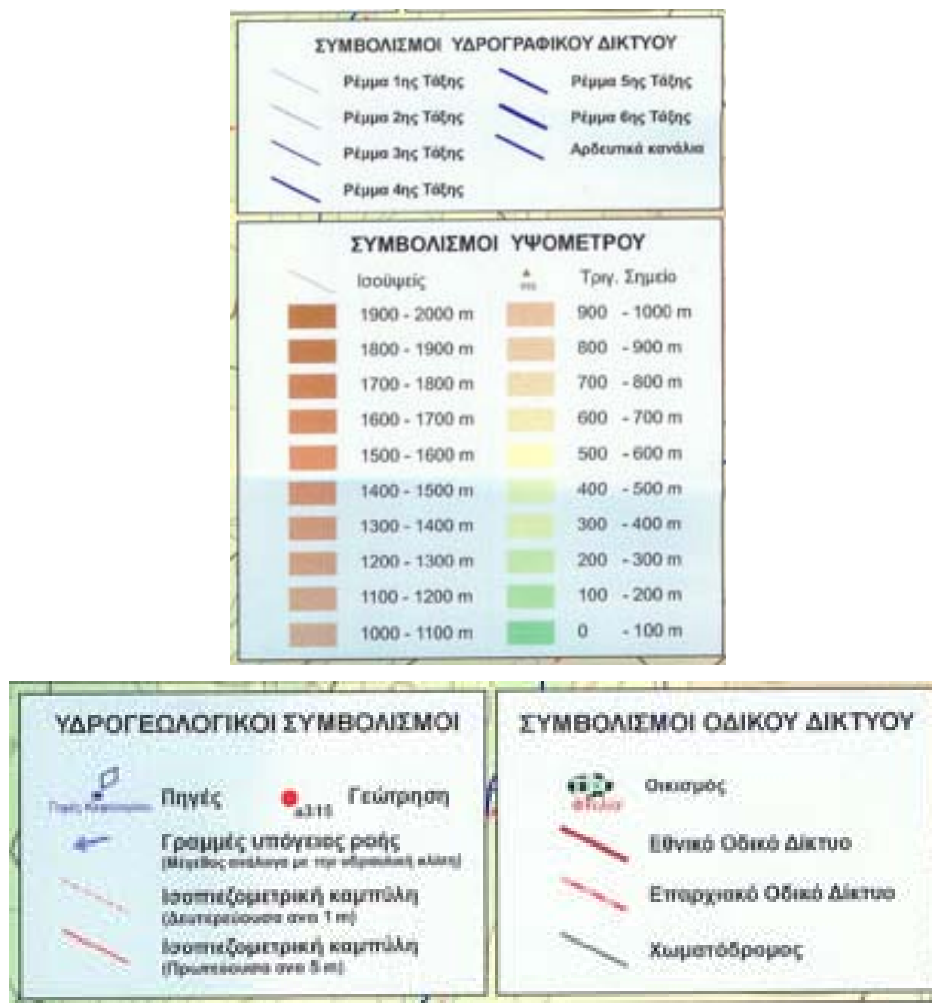
4.6 Δίκτυο γεωτρήσεων - Μετρήσεις στάθμης

Οι σταθερές θέσεις δειγματοληψίας (ΣΘΔ) στην παραπάνω λεκάνη έγινε με βάση τις διαφορετικές υδρογεωλογικές συνθήκες, οι οποίες έχουν σχέση με το βαθμό ανταπόκρισης της τροφοδοσίας των υπόγειων νερών από τα επιφανειακά νερά, στα διάφορα επιμέρους τμήματα. Η τροφοδοσία των υπόγειων υδροφορέων του εκτεταμένου πεδίου της λεκάνης Δράμας - Αγγίτη πραγματοποιείται από πολλές «πηγές». Ο Αγγίτης με τους δευτερεύοντες κλάδους συμβάλλει κυρίως στο ΒΔ τμήμα της περιοχής. Τα υπόλοιπα τμήματα (Β, Α, ΝΔ) έχουν ως πηγή τροφοδοσίας την καρστική υδροφορία των ορέων Φαλακρού, Λεκάνης Παγγαίου και Μενοικίου, η οποία πραγματοποιείται είτε άμεσα με την υπόγεια διασύνδεση, είτε διαμέσου των επιφανειακών αξόνων, που εκφορτίζουν τις πηγές. Επίσης σημαντικό στοιχείο αποτελεί η παρουσία της τύρφης, η οποία επηρεάζει την τροφοδοσία των υπόγειων νερών ρυθμίζοντας κυρίως τις βροχοπτώσεις, δημιουργώντας αργές συνθήκες τροφοδοσίας και συγκράτησης υψηλής στάθμης. Επομένως η επιλογή των σημείων δειγματοληψίας στηρίχτηκε κυρίως σε όλους τους παραπάνω παράγοντες.

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

ΤΕΥΧΟΣ Α: ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ 20 (ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ)





Εικ. 4.5.4. Πιεζομετρικός χάρτης των Τεταρτογενών αποθέσεων της λεκάνης Δράμας (Πανίλας, 1995).

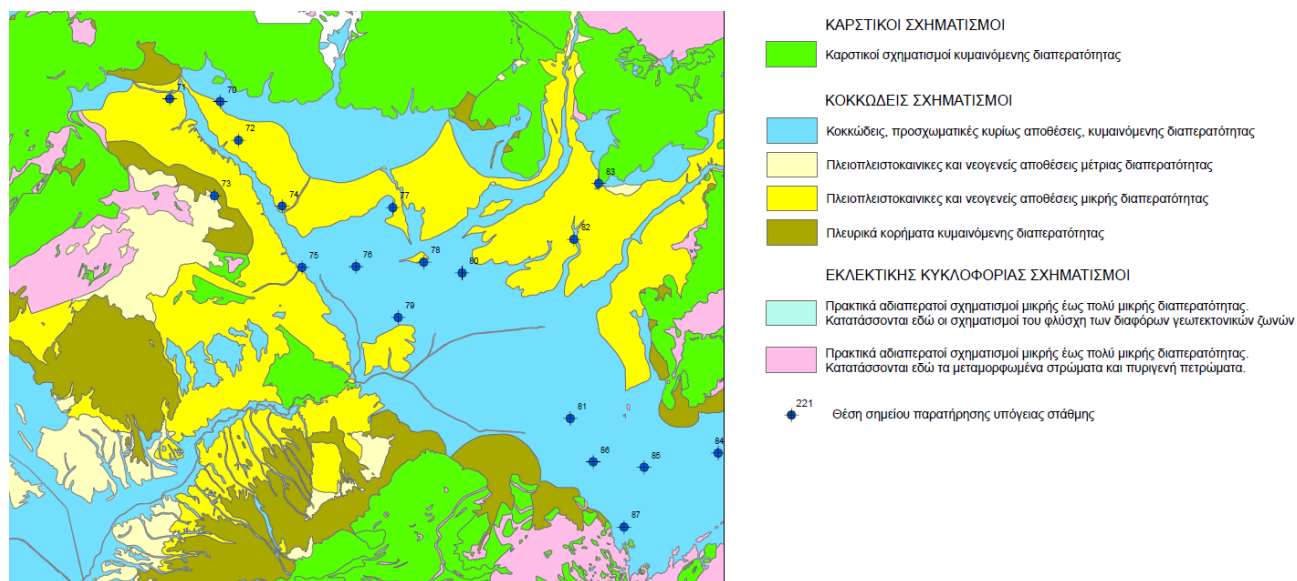
Εντοπίστηκαν 18 θέσεις κατάλληλες για τη σύνθεση του δικτύου παρακολούθησης της κύμανσης της υπόγειας στάθμης (Πίνακας 4.6.1 και Χάρτης εικ. 4.6.1), η χωρική κατανομή των οποίων είναι επαρκής για την ομοιόμορφη κατά το δυνατόν κάλυψη των ερωτημάτων που έχουν να κάνουν με τη σχέση υπόγειων και επιφανειακών νερών και τα οποία περιγράφηκαν προηγουμένως.

Πίνακας 4.6.1.

Μετρήσεις στάθμης νερού επιλεγμένων γεωτρήσεων, για τις ανάγκες της παρούσας μελέτης στο πεδινό της
λεκάνης Δράμας - Αγγίτη (θέση γεωτρήσεων βλέπε χάρτη εικ. 4.6.1).

Α/Μ	ΥΨΟΜΕΤΡΟ (m)	ΣΤΑΘΜΗ ΝΕΡΟΥ (m)			
		10 ^{ος} 2010	5 ^{ος} 2011	9 ^{ος} - 10 ^{ος} 2011	5 ^{ος} 2012
70	142	28,90	29,60	29,11	25,32
71	149	20,97	32,44	31,26	28,34
72	129	28,46	26,61	27,92	24,39
73	179	65,24	62,78	63,12	61,28
74	94,3	9,58	9,52	9,53	9,48
75	77,5	4,68	3,38	4,15	3,12
76	79,1	4,04	34,1*	24,15	23,22
77	98,1	7,62	7,45	7,52	7,31
78	75,8	3,18	2,50	2,98	2,44
79	65	10,73	3,25	9,33	3,22
80	70,5	4,38	4,07	4,27	3,91
81	57,5	1,84	1,55	1,76	1,51
82	110	7,75	15,74	13,39	7,66
83	161	57,40	57,25	57,32	57,11
84	162	5,12	5,83	5,48	5,11
85	47,4	0,85	1,12	1,21	1,09
86	47	0,92	0,95	0,94	0,84
87	44,3	1,20	1,56	1,31	1,28

ΤΕΥΧΟΣ Α: ΜΕΛΕΤΗ ΚΑΤΗΓΟΡΙΑΣ 20 (ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ)



Εικ. 4.6.1. Απόσπασμα υδρολιθολογικού χάρτη Υδατικού Διαμερίσματος 12 –Λεκάνη Δράμας - Αγγίτη με τα σημεία μέτρησης της στάθμης (από στοιχεία της παρούσας μελέτης σε συνδυασμό με στοιχεία από τις Διαχειριστικές Μελέτες ΥΠΑΑΝ - ΥΠΕΚΑ).

Με βάση τις μετρήσεις για την παρούσα μελέτη (βλέπε πίνακα 4.6.1), παρατηρούνται τα εξής:

- Ένας αριθμός γεωτρήσεων στο περιβάλλον του Αγγίτη (γεωτρήσεις 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 79) δέχονται την τροφοδοσία από γειτονικούς υδροφόρους αλλά και από τον Αγγίτη. Αυτό προκύπτει από το γεγονός ότι: α) το βάθος της στάθμης αυξάνει ανάλογα με την απόσταση της γεώτρησης από το ποτάμι. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η γεώτρηση 73 που βρίσκεται σε μεγάλη απόσταση από το ποτάμι και η οποία έχει χαμηλή στάθμη, ενώ στη γεώτρηση 74 που είναι δίπλα στο ποτάμι η στάθμη είναι υψηλή. Γενικά, το βάθος στάθμης των παραπάνω γεωτρήσεων βρίσκεται στο ίδιο υψόμετρο με την κοίτη του Αγγίτη. β) η διαφορά πτώσης στάθμης, η οποία κυμαίνεται από τα 3,79 m έως τα 5 cm ανάλογα με την απόσταση από το ποτάμι.
- Μια άλλη ομάδα γεωτρήσεων επηρεάζεται από δευτερεύοντες κλάδους επιφανειακής απορροής (οι γεωτρήσεις 77, 78 από την εκροή των πηγών του Μυλοποτάμου και η γεώτρηση 80 από τον χείμαρρο των πηγών Δράμας) και τροφοδοτείται από τις απορροές αυτές. Αξίζει να σημειωθεί, για τις γεωτρήσεις αυτές, η μικρή διαφορά πτώσης στάθμης μεταξύ υγρής και ξηρής περιόδου (<1,0 m).
- Μια ακόμα ομάδα γεωτρήσεων και συγκεκριμένα οι γεωτρήσεις 83, 84, 87, τροφοδοτείται από τα καρστικά συστήματα. με χαρακτηριστικό τη πολύ μικρή

διαφορά στάθμης (μικρότερη των 30 cm) μεταξύ των δυο περιόδων. Μια ανεξάρτητη περίπτωση θεωρείται η γεώτρηση 81 που εντοπίζεται στον ελεύθερο υδροφορέα και δέχεται τροφοδοσία από τις βροχοπτώσεις.

- Τέλος, μια ομάδα γεωτρήσεων (83, 84, 87) βρίσκεται στο πεδίο της τύρφης Φιλίππων, ανάντη της τάφρου Φιλίππων. Η τροφοδοσία εδώ εξασφαλίζεται κατά κύριο λόγο από το νερό της βροχής που πέφτει στο ανάπτυγμα της τύρφης με χαρακτηριστική την επιφανειακή σχεδόν θέση της στάθμης και την πολύ μικρή διαφορά στάθμης (12 cm η μέγιστη) μεταξύ των δύο περιόδων. Οι στάθμες βρίσκονται συνεχώς ψηλότερα από το υψόμετρο της τάφρου και έτσι φαίνεται ότι υπάρχει μια συνεχής αποστράγγιση του νερού της τύρφης προς την τάφρο Φιλίππων.

Συνολικά από τα κοκκώδη και προσχωματικά του συστήματος υπόγειων υδροφοριών Μενοικίου Φαλακρού (GR110B030) και του συστήματος Δράμας (GR1100050) διακινούνται υπόγεια ποσότητες νερού της τάξης των 175 μέχρι 180 X 10⁶ m³ σε ετήσια βάση.

4.7 Ποιότητα νερών - Χημικές Αναλύσεις

Αξιολόγηση στοιχείων υπαρχόντων πριν την εκπόνηση της παρούσας Μελέτης

Οι πηγές ρύπανσης των υπόγειων νερών της περιοχής της λεκάνης Δράμας - Αγγίτη οφείλονται κυρίως στις αγροτικές δραστηριότητες (επιστροφές νερού άρδευσης, λιπάσματα, φυτοφάρμακα κ.α.), στις βιομηχανικές δραστηριότητες και στην ύπαρξη των αστικών λυμάτων τα οποία χωρίς καμία στοιχειώδη επεξεργασία (εκτός του Δήμου Δράμας) οδηγούνται μέσω της ροής των επιφανειακών νερών στους υπόγειους ορίζοντες με τα γνωστά αποτελέσματα. Στην συγκεκριμένη περιοχή μελέτης εντοπίζεται και μια πρόσθετη φυσική πηγή ρύπανσης, το λιγνιτικό κοίτασμα (αφορά τις βαθιές γεωτρήσεις στο κεντρικό τμήμα) και η τύρφη των Φιλίππων.

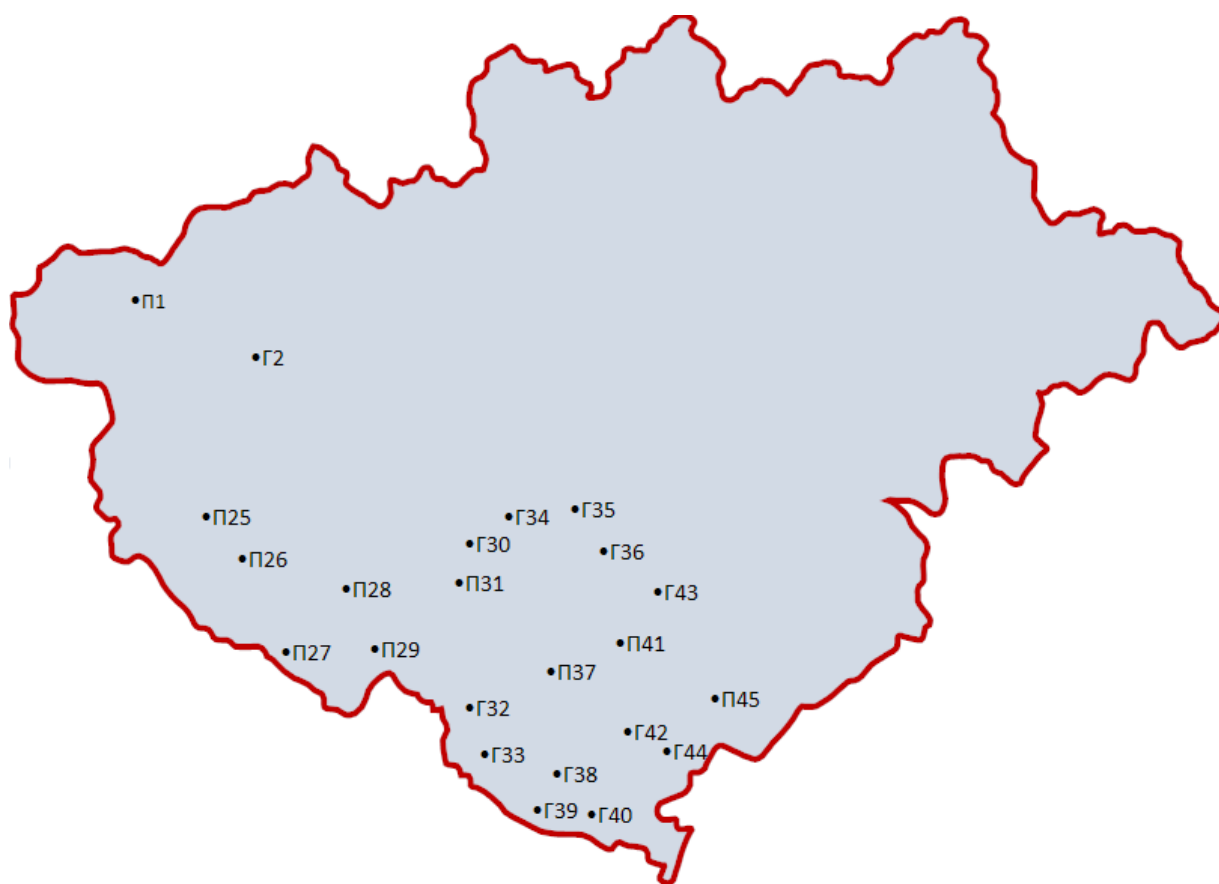
Κατά καιρούς στη λεκάνη Δράμας έχουν πραγματοποιηθεί διάφορες χημικές αναλύσεις και για διάφορους σκοπούς (Διαμαντής, Πανίλας, Κουτσογιάννης, κ.α.). Τα αποτελέσματα όλων των αναλύσεων έδειξαν την ίδια εικόνα, όπως χαρακτηρίζεται από τους Κουτσογιάννη και Ανδρεαδάκη (2008). Με βάση τους παραπάνω μελετητές ελήφθησαν δείγματα νερού του υδροφορέα των τεταρτογενών ιζημάτων του νομού, κατά την περίοδο χαμηλής στάθμης. Τα δείγματα ελήφθησαν από 12 βαθιές γεωτρήσεις και από 33 καρστικές πηγές που αναβλύζουν στα όρια του Νομού Δράμας (10 από τις οποίες αφορούν τη λεκάνη

Δράμας). Πιο συγκεκριμένα, μετρήθηκαν 11 φυσικοχημικές παράμετροι του νερού κατά την περίοδο χαμηλής στάθμης (Σεπτέμβριος 2003). Τα στατιστικά αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων παρουσιάζονται στον πίνακα 4.7.1 και οι θέσεις των σημείων δειγματοληψίας στο Χάρτη εικ. 4.7.1.

Πίνακας 4.7.1

Στατιστικά δεδομένα από τις χημικές αναλύσεις (Κουτσογιάννης και Ανδρεαδάκης 2008).

	pH	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Ca ²⁺ (mg/L)	Mg ²⁺ (mg/L)	Na ⁺ (mg/L)	K ⁺ (mg/L)	HCO ₃ ⁻ (mg/L)	Cl ⁻ (mg/L)	SO ₄ ⁻ (mg/L)	NO ₃ ⁻ (mg/L)	SAR
Ελάχιστη τιμή	6,9	38,00	1,70	0,72	2,00	0,20	2,50	0,00	0,56	0,00	0,07
Μέγιστη τιμή	8,3	1170,00	212,02	92,20	300,00	14,80	641,00	170,00	363,00	39,68	2,93
Μέση τιμή	7,7	469,22	50,00	33,23	22,63	1,89	168,86	18,40	125,84	5,92	0,27
Διάμεσος	7,7	458,00	32,00	26,87	5,00	1,17	84,81	12,74	41,79	3,10	0,16
Τυπ. απόκλιση	0,31	233,40	52,45	27,39	55,81	2,51	182,16	26,13	130,97	7,58	0,48



Εικ. 4.7.1. Χάρτης με τα σημεία που πραγματοποιήθηκαν χημικές αναλύσεις στα υπόγεια νερά (Γ) και στις πηγές (Π) της λεκάνης Δράμας (Κουτσογιάννης και Ανδρεαδάκης, 2008).

Από τα δεδομένα, διαπιστώνεται ότι επικρατέστερα από τα κατιόντα είναι αυτά της όξινης ανθρακικής ρίζας (HCO_3^-) και των νιτρικών ιόντων (NO_3^-). Επίσης μεγάλο ποσοστό καταλαμβάνουν τα ιόντα ασβεστίου (Ca^{2+}), γεγονός που δηλώνει ότι τα νερά, στο μεγαλύτερο βαθμό, μπορούν να χαρακτηριστούν ως οξυανθρακικά ασβεστούχα (Ca-HCO_3). Ο χαρακτηρισμός αυτός επιβεβαιώνεται για τις θέσεις, όπου ο λόγος rMg/rCa είναι μικρότερος του 0,7, κυρίως δηλαδή στην πεδιάδα της Δράμας. Αντίθετα, 9 δείγματα χαρακτηρίζονται ως νατριούχα οξυανθρακικά (Na-HCO_3). Πρόκειται για τον ελεύθερο υδροφορέα, που μεταπίπτει σε υπό πίεση στο τμήμα αυτό της περιοχής λόγω παρουσίας υπερκείμενων λιγνιτικών στρωμάτων. Έτσι η επικράτηση του Na^+ σε σχέση με το Ca^{2+} στην περιοχή αυτή οφείλεται στην αργή κυκλοφορία του υπογείου νερού και στο μεγάλο χρόνο παραμονής στο υπέδαφος, έτσι που να επιτρέπει το φαινόμενο της κατιοανταλλαγής του με το ασβέστιο.

Η ηλεκτρική αγωγιμότητα (EC) παρουσιάζει χαμηλές τιμές (400 $\mu\text{S/cm}$) με τάση αύξησης (650 $\mu\text{S/cm}$) στα χαμηλά τμήματα του νομού. Στην πλειονότητα τους, οι τιμές μαρτυρούν ότι τα νερά ανανεώνονται σχετικά γρήγορα σε αντίθεση με το χαμηλό τμήμα της πεδιάδας, όπου η ανανέωση των υπογείων νερών συντελείται με αργούς ρυθμούς. Η αύξηση της αγωγιμότητας συμβαδίζει επίσης και με την κίνηση του υπογείου νερού.

Τέλος, ο συντελεστής προσρόφησης νατρίου (SAR) παρουσιάζει χαμηλές τιμές ($\text{SAR}<4$), με αποτέλεσμα ο κίνδυνος αλκαλίωσης των εδαφών από τη χρήση των νερών αυτών για άρδευση να είναι πολύ μικρός.

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, στις γεωτρήσεις της λεκάνης Δράμας – Αγγίτη, βρίσκονται αφενός σε υψηλότερα επίπεδα από τα αντίστοιχα επίπεδα των επιφανειακών νερών, αφετέρου δε ότι οι τιμές αυτές ποικίλλουν από θέση σε θέση σε ένα ευρύ φάσμα

Αυτό επιβεβαιώνει την ύπαρξη διαφορετικών υδροφόρων οριζόντων αφενός και αφετέρου την ετερογένεια ακόμη και στον ίδιο υδροφορέα.

Η παρουσία των νιτρικών σε σχετικά μεγάλες συγκεντρώσεις, στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης (περιοχή με τον εκτεταμένο ελεύθερο υδροφόρο ορίζοντα), επιβεβαιώνει τις ευνοϊκές συνθήκες απόπλυσης των λιπασμάτων.

Η ανίχνευση υπολειμμάτων γεωργικών φυτοφαρμάκων σχεδόν σε όλες τις γεωτρήσεις, που εντοπίζονται στη ΒΑ περιοχή της λεκάνης, με τον εκτεταμένο ελεύθερο υδροφόρο ορίζοντα, επιβεβαιώνει την αναμενόμενη πολύ καλή στράγγιση των εδαφών της περιοχής, προσφέροντας έτσι τη δυνατότητα πραγματοποίησης «συμπτωματικού εμπλουτισμού» δηλ. εμπλουτισμού των υπόγειων νερών από τα νερά της άρδευσης.

Η ανίχνευση τέλος της καφεΐνης (δείκτης ρύπανσης από αστικά απόβλητα) σε όλα τα επιφανειακά νερά της λεκάνης Δράμας – Αγγίτη και σε ένα αριθμό γεωτρήσεων, μπορεί να οφείλεται τοπικά και στην τροφοδοσία των υπόγειων νερών από τα επιφανειακά.

4.8 Σχέσεις υπόγειων νερών με επιφανειακούς άξονες ροής - Συμπεράσματα

Ενδιαφέρον από πλευράς υπόγειων νερών αποτελούν για τη λεκάνη Δράμας οι τεταρτογενείς αποθέσεις, σε συνδυασμό με τα καρστικά συστήματα, που περιβάλλουν τη λεκάνη και εκφορτίζουν τους δυναμικούς υδροφορείς τους, στα κράσπεδα της ορεινής ζώνης, δημιουργώντας έτσι συνθήκες τροφοδοσίας των υπόγειων υδροφορέων του πεδινού τμήματος.

Οι τεταρτογενείς αποθέσεις, στα πεδινά τμήματα, αποτελούνται από εναλλαγές αργίλων με αμμοϊλύες και λεπτομερείς άμμους, στους οποίους αναπτύσσεται ένας ελεύθερος υδροφορέας, ο οποίος νότια μεταπίπτει σε επάλληλους υπό πίεση υδροφορείς.

Προς τα περιθώρια της πεδινής περιοχής, παρατηρείται αύξηση της κοκκομετρίας των υλικών, καθώς και του πάχους των αμμοδών αποθέσεων. Η επαφή των σχηματισμών αυτών στα ανάντη τμήματα με τα καρστικά πετρώματα δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες εμπλουτισμού των υπόγειων υδροφόρων στρωμάτων. Έτσι αναπτύσσεται μία ζώνη που παρουσιάζει σημαντική υδροφορία στα βορειοδυτικά τμήματα της λεκάνης, από την περιοχή Μικροκάμπου, Μεγαλόκαμπου, Σιταγρών, Αργυρούπολης έως Μυλοποτάμου και μια δεύτερη βορειοανατολικά από Αγ. Αθανάσιο, Κεφαλάρι έως τις Κρηνίδες, όπου δεκάδες γεωτρήσεις αντλούνται για την κάλυψη αρδευτικών και υδρευτικών αναγκών.

Επίσης η παρουσία αλλουβιακών ριπιδίων στα κράσπεδα της λεκάνης και ιδιαίτερα στο νότιο τμήμα της (Καλή Βρύση, Κορμίστα, Νικήσιανη), δημιουργούν μια σημαντική αλλά

περιορισμένη σε έκταση υδροφορία λόγω της πλευρικής επαφής με τους αδιαπέρατους σχηματισμούς της ασβεστολιθικής ιλύος. Η πιο σημαντική υδροφορία θεωρείται αυτή που αναπτύσσεται πλησίον της Νικήσιανης και ο εμπλουτισμός των υπόγειων νερών προέρχεται από τις πλευρικές διηθήσεις των καρστικών νερών του Παγγαίου όρους.

Στο νοτιοανατολικό τμήμα της πεδιάδας τα κλαστικά υλικά εκλείπουν τελείως και αντικαθίστανται από τα οργανικά ιζήματα που αποτελούν το τυρφολιγνιτικό κοίτασμα των Φιλίππων το οποίο περιορίζει ακόμη περισσότερο το υδροαποθεματικό δυναμικό της πεδιάδας.

Με βάση λοιπόν τα παραπάνω το μοντέλο τροφοδοσίας των τεταρτογενών αποθέσεων φαίνεται απλό. Η τροφοδοσία τους εξασφαλίζεται κατά κύριο λόγο από τις βροχοπτώσεις που διηθούνται στο ανάπτυγμα του κάμπου (βοηθάει σε αυτό η ύπαρξη ενός εκτεταμένου ελεύθερου υδροφορέα) και δευτερογενώς από τις διηθήσεις των ποταμών και των χειμάρρων (που είναι αποτέλεσμα των πηγαίων εκφορτίσεων των καρστικών ορεινών όγκων), καθώς και από πλευρικές μεταγγίσεις των καρστικών νερών δια μέσου των νεογενών των κρασπέδων, στις περιοχές όμως που οι υδρογεωλογικές συνθήκες το επιτρέπουν. Στην περιοχή της τύρφης, οι συνθήκες είναι διαφορετικές, το νερό της βροχής, που συγκερατεί η τύρφη, διοχετεύεται προς την Τάφρο Φιλίππων και από εκεί στον Αγγίτη Ποταμό.

4.9 Βιβλιογραφία

ΑΡΓΥΡΕΛΗΣ, Π., (1991). Διερεύνηση συνθηκών ύδρευσης νομού Δράμας, ποιότητα-επάρκεια νερού ύδρευσης. Διπλωματική Εργασία. Τομέας Γεωτεχνικής Μηχανικής Δ.Π.Θ, Ξάνθη.

ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ, Ε., ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ, Α., ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ, Λ., (1986). Η επιγενετική κοιλάδα του ποταμού Αγγίτη σε σχέση με την εξέλιξη των λεκανών: Σερρών και Δράμας. Γεωλ και Γεωφ. Μελετ. Ι.Γ.Μ.Ε τόμος 6, 5-14 σ. Αθήνα.

ΒΑΒΛΙΑΚΗΣ, Ε., ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ., ΣΩΤΗΡΙΑΔΗΣ, Λ., (1989). Μορφογενετικές παρατηρήσεις και σχετική χρονολόγηση των νεοτεκτονικών παραμορφώσεων στο όρος Μενόικιο (Α. Μακεδονία). Πρακτικά 4^{ου} Συνεδρίου της ΕΓΕ Τομ. XXIII/1, σελ. 289-302. Αθήνα

ΒΕΡΓΗΣ, Σ., (1985). Απογραφή Καρστικών Πηγών Ελλάδας. Υδατικό Διαμέρισμα Θράκης. Έκθεση ΙΓΜΕ Αρ. 28/VII, Αθήνα.

CVIJC, J., (1903). Die Tektonik der Balkanhalbinsel mit besonderer Berücksichtigung der neuer Forstchritte. Bulgarien, Serbien und Mazedonien. Vienne, C.R de IX Congr.Geol. Intern. pp. 347-370.

ΓΚΟΝΤΙΑΣ, Π., και ΠΑΝΙΛΑΣ, Σ., (1992). Αξιοποίηση υδατικού δυναμικού νομού Δράμας. Τεχνικό Επιμελητήριο Ελλάδας, Τμήμα Ανατολικής Μακεδονίας.

ΔΗΜΑΔΗ. Α., ΞΕΙΔΑΚΗΣ, Γ., ΜΑΡΙΝΟΣ, Π., (1993). Λειτουργία καρστικών πηγών στο όρος Φαλακρό της Δράμας. Σπήλαιο πηγών (Αγγίτη). Πρακτικά ημερίδας Τ.Ε.Ε/ΓΕΩ.ΤΕ.Ε Δράμα. σελ. 35-52.

ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΡΑΚΗΣ – ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ, (1987). Διερεύνηση κριτηρίων τεχνικής υποδομής για τον προσδιορισμό προβληματικών περιοχών ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ-ΘΡΑΚΗΣ. Ερευνητικό πρόγραμμα για λογαριασμό του ΥΒΕΤ. Ξάνθη.

ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Ι., (1993). Κατάσταση νερού ύδρευσης Δήμων και Κοινοτήτων Ν. Δράμας. Πρακτικά ημερίδας ΤΕΕ και ΓΕΩΤΕΕ «διαχείριση - αξιοποίηση υδατικών πόρων Ν. Δράμας σελ. 200-223.

ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Ι., ΜΟΣΚΟΦΙΔΗΣ, Μ., ΠΕΤΑΛΑΣ, Χ., κ.ά. (1998). Διερεύνηση συνθηκών ύδρευσης δήμων και κοινοτήτων νομού Δράμας – Προοπτικές (από πλευράς επάρκειας, ποιότητας νερού, κατάσταση δικτύου και προστασίας σημείων υδροληψίας). Έκθεση ερευνητικού προγράμματος για λογαριασμό της Νομαρχίας Δράμας. Ξάνθη.

ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ Ι., Α. ΚΑΛΛΙΩΡΑΣ, Ι. ΓΚΙΟΥΓΚΗΣ, και Φ. ΠΛΙΑΚΑΣ, (2006). Ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των νερών ύδρευσης και συνθήκες ύδρευσης του Ν. Δράμας. Πρακτικά του 10^{ου} Πανελληνίου Συνεδρίου της Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης (Ε.Υ.Ε.) με θέμα: Διαχείριση Υδατικών Πόρων και Προστασία Περιβάλλοντος - Σύγχρονες Θεωρήσεις, Προβλήματα και Προοπτικές. Ξάνθη, 2-4/11/2006, σελ. 233-240.

ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Ι., Μ. ΜΟΣΚΟΦΙΔΗΣ και Χ. ΠΕΤΑΛΑΣ, (1996). Διερεύνηση συνθηκών ύδρευσης Δήμων και Κοινοτήτων Ν. Δράμας (από πλευράς επάρκειας, ποσότητας, κατάσταση δικτύου και προστασίας σημείων υδροληψίας) - Προοπτικές. Έκθεση προς το Νομαρχιακό Διαμέρισμα Δράμας, 146 σελ.

ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Ι., (2000). Γεωλογική διερεύνηση και δυνατότητες ανάπτυξης στους ΟΤΑ νομών Δράμας – Καβάλας – Ξάνθης. Έκθεση για τις ΤΕΔΚ Δράμας – Καβάλας – Ξάνθης. 131 σελ.

ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Ι. ΜΟΣΚΟΦΙΔΗΣ, Μ. ΠΛΙΑΚΑΣ, Φ., κ.ά., (2001). Διερεύνηση διάρκειας διαθέσιμων ποσοτήτων και ποιότητας νερού ύδρευσης δήμων και κοινοτήτων νομού Δράμας – Προοπτικές. Έκθεση για την ΤΕΔΚ νομού Δράμας. 125 σελ.

ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, Ι., Φ. ΠΛΙΑΚΑΣ, Α. ΚΑΛΛΙΩΡΑΣ, Ι. ΓΚΙΟΥΓΚΗΣ, κ.ά., (2005). Επικαιροποίηση των ποσοτικών και ποιοτικών στοιχείων που αφορούν τα νερά ύδρευσης των δήμων και της κοινότητας του Ν. Δράμας – Προοπτικές. Έκθεση προς την ΤΕΔΚ Δράμας.

DIMADI, A., (1988). Comportement hydrogeologique des marbes de la bordure du Rhodope. Hydrogeologie du secteur sud - est du Masif de Falakro, Macedoine Orientale, Grece. These, Universite de Grenoble.

ΔΟΥΝΑΣ. Α., ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ. Θ., (1964). Προσδιορισμός του συντελεστή περατότητας της τύρφης των Φιλίππων. Ι.Γ.Ε.Υ 1964, Αθήνα.

Z&A ΠΑΝΤΩΝΑΡΟΠΟΥΛΟΣ ΚΑΙ ΣΥΝΕΡΓΑΤΕΣ Α.Μ.Ε. • ΞΕΝΟΦΩΝ ΣΤΑΥΡΟΠΟΥΛΟΣ & ΣΥΝ/ΤΕΣ Ε.Ε. • ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ ΣΤΥΛΙΑΝΗ ΚΑΪΜΑΚΗ • “NERCO-N.ΧΛΥΚΑΣ & ΣΥΝ/ΤΕΣ Α.Ε.Μ.” • ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ ΠΑΓΩΝΗΣ • ΣΠΥΡΙΔΩΝ ΚΟΚΚΙΝΟΣ • ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ • ΙΩΑΝΝΗΣ ΣΙΓΑΛΑΣ • ΩΡΙΩΝ-ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΤΑΒΛΑΣ ΚΑΙ ΣΥΝ/ΤΕΣ ΕΕ • ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΑΤΘΑΙΟΥ • ΑΡΙΣΤΟΣ ΛΟΥΚΑΪΔΗΣ (2011). Κατάρτιση Σχεδίων Διαχείρισης των Λεκανών Απορροής Ποταμών των Υδατικών Διαμερισμάτων Ανατολικής Μακεδονίας και

Θράκης, σύμφωνα με τις προδιαγραφές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ, κατ' εφαρμογή του Ν. 3199/2003 και του ΠΔ 51/2007Ε.

ZORZI, L., (1961). Προκαταρκτική Υδρογεωλογική μελέτη πεδιάδας Δράμας. Υπουργείο Γεωργίας Εσωτερική Έκθεση.

ΖΕΠΠΟΣ, Ι., (1990). Προμελέτη εκμεταλλεύσεως λιγνιτικού κοιτάσματος Δράμας. Σχεδιασμός Εκμετάλλευσης ορυχείου. 1η: εναλλακτική παραλλαγή. Εσωτερική μελέτη. Δ.Ε.Η\Δ.Α.Ο., Αθήνα.

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

ΚΑΡΑΒΑΣ Σ., ΠΑΝΙΛΑΣ Σ., ΓΡΗΓΟΡΙΑΔΗΣ Δ., ΣΑΧΑΝΙΔΗΣ Χ., ΟΙΚΟΝΟΜΟΥ Σ., (2004). Ανάλυση υδατικών πόρων νομού Δράμας. Ολοκληρωμένη διαχείριση υδατικών πόρων.

ΚΑΡΡΑΣ, Β., (1988), Ευστάθεια πρανών στα υπαίθρια λιγνιτορυχεία. 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωτεχνικής Μηχανικής, Αθήνα.

ΚΙΣΣΟΥΔΗΣ, Δ., (1991). Διαχείριση αξιοποίηση των υδατικών πόρων για την άρδευση των καλλιεργειών του Ν. Δράμας. Προβλήματα-Προοπτικές. Πρακτικά ημερίδας. Διαχείριση-Αξιοποίηση Υδατικών Πόρων Ν. Δράμας. Τ.Ε.Ε/ ΓΕΩΤΕΕ Α.Μ σελ. 53-64, Δράμα.

ΚΟΝΤΖΟΓΛΟΥ, Ι., ΣΟΥΛΙΟΣ, Γ., (1994). Συμβολή στη μελέτη των συνθηκών εκφόρτισης των καρστικών υδροφόρων στρωμάτων του όρους Μενοίκιου (Μακεδονία). Πρακτικά 2^{ου} Υδρογεωλογικού Συνεδρίου Πάτρας.

ΚΝΙΘΑΚΗΣ. Ε, (1983). Απογραφή καρστικών πηγών Ελλάδος. Υδρολογική λεκάνη Στρυμόνα. Ι.Γ.Μ.Ε Υδρολογικές και Υδρογεωλογικές Έρευνες. Τομ. 28 Νο 4, Αθήνα.

ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ, Ι., (1991). Υδρογεωλογικές συνθήκες μαρμάρων Συμβόλου Καβάλας. Πρακτικά Συνεδρίου Ε.Γ.Ε. Τόμος XXV 14, σελ. 271-278, Αθήνα.

ΚΟΥΝΗΣ, Γ., (1972). Υδρογεωλογική αναγνώριση περιοχής Αντιφιλίππων εν σχέση προς ύδρευση ΑΗΣ – Φιλιππων. Εσωτερική Έκθεση Ι.Γ.Ε.Υ. Αθήνα.

ΚΟΥΤΣΟΓΙΑΝΝΗΣ, Δ., ΑΝΔΡΕΑΔΑΚΗΣ, Α., (2008). Εθνικό πρόγραμμα διαχείρισης και προστασίας των υδατικών πόρων. Τομέας υδατικών πόρων και περιβάλλοντος Ε.Μ.Π., Αθήνα.

KRONBERG, P., MEYER, W., PILGER, A., (1970). Geologie der Rila - Rhodopen. Masse zwischen Strimon und Nestos (Nord - Greichenland). Geol, Jb. Bedh., 88, pp. 133-179.

ΛΑΖΑΡΙΔΟΥ, Μ., ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, Κ., (2001). Υδρογεωλογική έρευνα Ανθρακικών Πετρωμάτων Ορέων Μενοίκιου - Άγκιστρου. ΙΓΜΕ-Περιφερειακή Μονάδα Κεντρικής Μακεδονίας, 192 σελ.

MARINOS, P., DIMADI, A., XIDAKIS, G., (1987). Ground waters hydraulics, of a large karstic conduit Sinkhole drainage and discharge in Drama area Greece. Karst Hydrogeologie.

ΜΕΛΙΑΔΩΝΗΣ, Ν., (1966). Φίλιπποι. Γεωλογική και Κοιτασματολογική Προμελέτη. ΙΓΕΥ Γεωλ. και Γεωφυσ. Μελ. τομ. 13 Νο 39. Αθήνα.

ΜΕΛΙΑΔΩΝΗΣ, Ν., (1969). Το κοιτάσμα τύρφης-λιγνίτου των Φιλιππων. ΙΓΕΥ 1969 Γεωλ-Γωφ. Μελετ. Ν^ο 3 σελ. 87-250, Αθήνα.

MEYER, W., PILGER, A., (1963). Zur Geologie des Gebietes zwische Strimon und Nestos (Rododpen Massit) im Griechisch Mazedonien. N.Jb. Geol. Palaout. Abh 118, pp. 272-280, Stuttgart 1963.

ΜΟΣΚΟΦΙΔΗΣ, Μ., (1996). Υδρογεωλογική έρευνα - Μελέτη περιοχής πηγών Βοϊράνης Δράμας. Μελέτη για το συμβούλιο περιοχής της 5^{ης} εδαφικής περιφέρειας Ν. Δράμας.

ΜΠΡΟΥΣΟΥΛΗΣ. Ι., ΓΙΑΚΚΟΥΠΗΣ.Π., ΑΡΑΠΟΓΙΑΝΝΗΣ, Ε., ΑΝΑΣΤΑΣΙΑΔΗΣ. Ι., (1991). Γεωλογική κοιτασματολογική μελέτη κοιτάσματος λιγνίτη Δράμας.

OSSWALD, K., (1938). Geologische Geschichte von Griechisch NordMakedonien", Athen,Denksch. Geo.Land. Griecheland. 3 141p.

ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΗ Ν., (1983). Υδρογεωλογική μελέτη Κάτω Νευρικοπίου, νομού Δράμας. Υπουργείο Γεωργίας, Αθήνα.

ΠΑΠΑΔΟΠΟΥΛΟΣ, Κ., (1993). Υδρογεωλογική έρευνα κυριότερων καρστικών πηγών λεκάνης Αγγίτη. Α΄ Πρόδρομος Έκθεση ΙΓΜΕ, Αθήνα.

ΠΑΝΙΛΑΣ, Σ., (1995). Υδρογεωλογική μελέτη για την αποστράγγιση του ορυχείου Δράμας. ΔΕΗ/Δ.Λ.Ε. Αυγ. 1995, Δράμα. Δημοσίευτη μελέτη.

ΠΑΝΙΛΑΣ. Σ., ΚΕΦΑΛΙΔΟΥ, Ν., ΔΕΛΙΔΗΣ. Π., ΗΓΕΜΩΝ, Θ., (1996). Προβλήματα ύδρευσης αποχέτευσης Ν. Δράμας. Δημοσίευτη μελέτη Τ.Ε.Ε Α.Μ.

ΠΑΝΙΛΑΣ, Σ., (1998). Υδρογεωλογικά προβλήματα κατά την εκμετάλλευση λιγνιτικών κοιτασμάτων με την μέθοδο της ανοικτής εκσκαφής. Η περίπτωση του λιγνιτικού κοιτάσματος Δράμας. Διδακτορική Διατριβή Γεωλογικό Τμήμα Πανεπιστήμιο Πάτρας. Πάτρα, 1998.

ΠΑΝΙΛΑΣ. Σ., ΚΑΛΛΕΡΓΗΣ. Γ., ΣΟΥΛΙΟΣ. Γ., (1995). Υδρογεωλογικά προβλήματα από την άντληση των υπόγειων νερών για την εκμετάλλευση του λιγνιτικού κοιτάσματος της Δράμας. Πρακτικά 3^{ου} Υδρογεωλογικού Συνέδριου, Ηράκλειο Κρήτης, σελ. 408-415.

ΠΑΝΙΛΑΣ. Σ., ΔΕΛΙΔΗΣ. Π., ΔΙΒΑΝΙΔΗΣ. Σ. ΠΑΝΙΔΟΥ Α., (1993). Περιβαλλοντικά προβλήματα Ν. Δράμας. Πρακτικά ημερίδας, Τ.Ε.Ε / ΓΕΩ.ΤΕΕ. Αν. Μακεδονίας, Δράμα.

ΠΑΝΙΛΑΣ, Σ., ΠΕΤΡΑΣ, Α., (1993). Γενική υδρογεωλογική θεώρηση της πεδιάδας Δράμας Κάτω Νευροκοπίου. Πρακτικά ημερίδας Τ.Ε.Ε και ΓΕΩΤΕΕ, σελ. 53-64, Δράμα.

ΠΑΝΙΛΑΣ Σ., Ι. ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ και Χ. ΠΕΤΑΛΑΣ, (1999). Διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών και των υδροχημικών χαρακτηριστικών στα υπόγεια νερά του Νομού Δράμας (Ανατ. Μακεδονία). Πρακτικά 5^{ου} Πανελληνίου Υδρογεωλογικού Συνέδριου με «έμφαση στη διαχείριση των υδατικών πόρων» Λευκωσία - Κύπρος 12-14 Νοεμβρίου 1999. Περιοδικό του Συνδέσμου Γεωλόγων -Μεταλλειολόγων Κύπρου Δελτίο. 9, σελ. 377-395.

ΠΙΤΣΙΟΣ. Σ., (1995). Γεωφυσική έρευνα δυτικών παρυφών λιγνιτικού πεδίου Δράμας. Δημοσίευτη μελέτη. ΔΕΗ/ΔΛΕ. Αθήνα.

ΠΕΤΑΛΑΣ, Χ., Σ. ΠΑΝΙΛΑΣ, Ι. ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, και Φ. ΠΛΙΑΚΑΣ, (2001). Υπολογισμός και αξιολόγηση των υδραυλικών παραμέτρων δυο υδροφόρων συστημάτων σε διαφορετικό ιζηματογενές περιβάλλον στη μάζα της Ροδόπης. Proceedings of the 9th International Congress of the Geological Society of Greece, Athens, 26-28/9/2001, Vol. 5, pp. 1913-1922.

ΠΕΤΡΑΣ, Α., ΜΥΣΤΡΙΔΗΣ, Ε. (1991). Υδρογεωλογική μελέτη πηγών Δράμας. Δ/ση Εγγείων Βελτιώσεων. Δημοσίευτη μελέτη. Δράμα.

ΠΕΤΡΑΣ, Α., ΜΥΣΤΡΙΔΗΣ, Ε., (1991). Υδρογεωλογική μελέτης πηγών Δράμας. Διεύθυνση Εγγείων Βελτιώσεων Δράμας.

ΠΛΙΑΚΑΣ, Φ. Ι. ΔΙΑΜΑΝΤΗΣ, και Χ. ΠΕΤΑΛΑΣ, (2001). Έρευνες και προτάσεις εφαρμογής τεχνητού εμπλουτισμού σε υδροφορείς πεδινών τμημάτων της Ανατολικής Μακεδονίας και της Θράκης. Πρακτικά Ημερίδας για τα 50 χρόνια της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας, με έμφαση στη συμβολή των Γεωεπιστημών στην ανάπτυξη της Περιφέρειας Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης, Ξάνθη 14/11/2001.

PSILOVIKOS, A., KARISTINEOS, N., (1986). A depositional sedimentary model for the neogene uraniferous lignites of the Serres graben Greece. Palaeogeography. Palaeoclimatology Palaeocology, 56, pp. 1-16. Netherlands.

ΣΑΧΑΜΠΙ, Σ., (1982). Τα εδάφη της περιοχής Δράμας με ειδικότερη πρόνοια για τα εδάφη του λεκανοπεδίου Δράμας. Ινστιτ. Χημείας και Γεωργίας. 178 σελ. Πειραιάς.

ΣΟΥΛΙΟΣ, Γ., (1994). Ανάλυση περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την σχεδιαζόμενη λειτουργία ατμοηλεκτρικών σταθμών στην πεδιάδα της Δράμας. Τεύχος Ι. Δημοσίευτη μελέτη. Θεσσαλονίκη.

ΣΥΜΒΟΥΛΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ENM, (2005). Σχέδια Διαχείρισης Υδατικών Πόρων των Υδατικών Διαμερισμάτων. Ανάπτυξη συστημάτων και εργαλείων διαχείρισης υδατικών πόρων Υδατικών Διαμερισμάτων Δυτικής Μακεδονίας, Κεντρικής Μακεδονίας Αν. Μακεδονίας και Θράκης. Χρηματοδότηση Υπουργείο Ανάπτυξης Διεύθυνση υδατικού δυναμικού και φυσικών πόρων.

ΥΔΡΟΕΡΕΥΝΑ, (1984). Οριστική Υδρογεωλογική Μελέτη πεδιάδας Δράμας- Τεναγών Φιλίππων. Υπουργείο Γεωργίας, Τελική Έκθεση. Αθήνα.

ΥΔΡΟΓΑΙΑ, (1974). Μελέτη εξωτερικού και εσωτερικού δικτύου υδρεύσεως Δήμου Δράμας. Δημοσίευτη μελέτη. Δράμα.

ΧΑΤΖΗΠΑΝΑΓΗΣ, Ι., (1991). Γεωλογική δομή της ευρύτερης περιοχής του όρους Φαλακρού. Διδ. Διατριβή Ε.Μ.Π. Αθήνα 1991.