



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

Υδρογεωλογικές συνθήκες της λεκάνης Βαρυκού

Νομός Κοζάνης, Δυτική Μακεδονία

Διπλωματική εργασία: Καρανάκης Θεόδωρος

A.E.M. 3865

Θεσσαλονίκη 2013

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η περιγραφή, η μελέτη και η κατανόηση της υπολεκάνης του Βαρυκού, η οποία ανήκει στην ευρύτερη λεκάνη του ρέματος Ποταμιά. Στόχος της είναι η παρουσίαση των διάφορων γεωλογικών σχηματισμών της λεκάνης, καθώς και το φαινόμενο του αρτεσιανισμού που παρουσιάζεται στην περιοχή. Σε αυτό το σημείο θα πρέπει να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου κ. Κωνσταντίνο Βουδούρη καθώς και την γεωλόγο κ. Όλγα Πατρικάκη για την πολύτιμη βοήθειά τους, η οποία ήταν καταλυτική για την περάτωση αυτής της εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφ. 1 Εισαγωγή

Κεφ.2 Υδρογραφικό δίκτυο

Κεφ.3 Γεωλογία περιοχής

Κεφ.4 Κλιματικά στοιχεία

Κεφ.5 Υδρολογικό ισοζύγιο

Κεφ.6 Υδρογεωλογία

Κεφ.7 Ποιότητα υπόγειων νερών

Κεφ.8 Συμπεράσματα

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

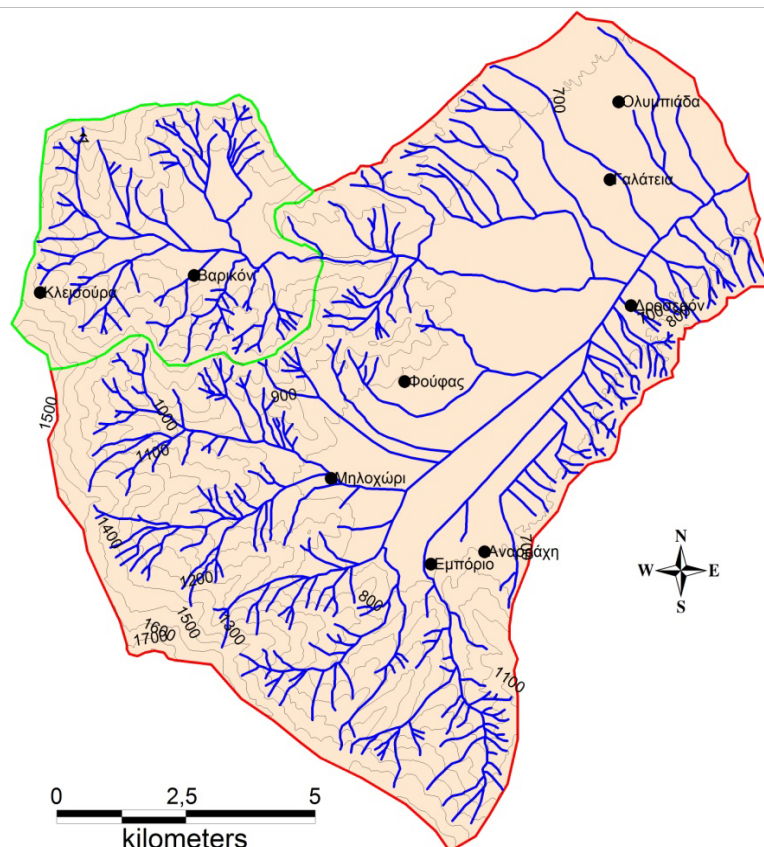
Η υπολεκάνη Βαρυκού όπως φαίνεται και στη φωτογραφία ανήκει στη λεκάνη του ρέματος Ποταμιά, η οποία βρίσκεται στην Δυτική Μακεδονία στα όρια των νομών Κοζάνης, Καστοριάς και Φλώρινας. Η υπολεκάνη αυτή αποστραγγίζεται επιφανειακά μέσω ενός ρέματος του Ξηροποτάμου ο οποίος απορρέει στον Ποταμιά ποταμό. Το εμβαδόν της είναι $23,6 \text{ km}^2$ με μέσο υψόμετρο τα $951,8 \text{ m}$, οι μετρήσεις έγιναν με χάρτη της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού σε κλίμακα 1:50000. Η υπολεκάνη αυτή αποτελεί κομμάτι της λεκάνης απορροής του ρέματος Ποταμιά που αποτελεί και αυτή με την σειρά της υπολεκάνη (Ολυμπιάδας, Γαλάτειας, Πτολεμαΐδας) της μεγάλης νεογενούς λεκάνης Μοναστηρίου-Φλώρινας-Πτολεμαΐδας-Κοζάνης που φιλοξενεί τα γνωστά λιγνιτικά κοιτάσματα της περιοχής.



Σχήμα 1 Γεωγραφική τοποθέτηση της περιοχής

➤ **Θέση και μορφολογία της υπολεκάνης του Βαρυκού.**

Η μικρή λεκάνη του Βαρυκού ανήκει στη λεκάνη απορροής του Ποταμιά ποταμού, η οποία οριοθετείται νότια από το ύψωμα Μπορντό, νοτιο δυτικά δυτικά και βορειο δυτικά από τα υψώματα Μαγούλα Μακρυγιάννη (1358m), Μορίκι (1594m), Κορφούλα (1651m), του Άσκιου όρους και Γραμμένη Οξιά (1382m), Τρίλοφον (1097m) του Βέρνου όρους και βορειο ανατολικά διέρχεται από τα υψώματα Τσιμέντο (900m) και Άγιος Μηνάς (837m) παράλληλα προς το ρήγμα Χειμαρίτιδας-Αναργύρων.



Σχήμα 2. Όρια λεκάνης απορροής ρέματος Ποταμιά (με πράσινη γραμμή απεικονίζεται η λεκάνη Βαρυκού, Πατρικάκη 2010).

Το Βαρυκό βρίσκεται στο νοτιότερο τμήμα του νομού Φλώρινας στα σύνορα με τους νομούς Καστοριάς και Κοζάνης και στους πρόποδες του όρους Μουρίκι. Το χωριό περιβάλλεται από βουνά με πλούσια βλάστηση, ενώ ένα τμήμα της λίμνης Χειμαρίτιδας αποτελεί μέρος του αγροκτήματος του χωριού. Η κατοίκηση στην περιοχή ανάγεται στους προϊστορικούς χρόνους, όπως πιστοποιείται από τα λείψανα δύο οικισμών στις παρυφές του χωριού που χρονολογούνται στη Νεολιθική εποχή. Ο πληθυσμός του Βαρυκού ανέρχεται σε 698 κατοίκους οι οποίοι στην πλειοψηφία τους ασχολούνται με την γεωργία και την κτηνοτροφία. Ξεχωριστό προϊόν αποτελούν τα φασόλια, ενώ μοναδική στην περιοχή είναι η καλλιέργεια της βέργας, από την οποία οι κάτοικοι κατασκευάζουν προϊόντα καλαθοπλαστικής φημισμένα σε ολόκληρη την Δυτική Μακεδονία.

2. ΥΔΡΟΓΡΑΦΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ

Το υδρογραφικό δίκτυο μιας λεκάνης συνιστά το σύνολο των ρυακιών, χειμάρρων, παραπόταμων και ποταμών τα οποία διαρρέουν και αποστραγγίζουν τη λεκάνη αυτή.

Η μορφή του υδρογραφικού δικτύου είναι συνάρτηση της λιθολογικής σύστασης του μορφολογικού ανάγλυφου, της τεκτονικής, καθώς και των κλιματικών παραγόντων της συγκεκριμένης περιοχής.

Το υδρογραφικό δίκτυο μιας λεκάνης απορροής είναι ο κύριος παράγοντας διαμόρφωσης του ανάγλυφου της και ο βασικός μεταφορέας των υλικών διάβρωσης και αποσάθρωσης των πετρωμάτων της.

Στην υπό έρευνα περιοχή η δενδριτική μορφή του υδρογραφικού δικτύου καθώς και ο υψηλός συντελεστής διακλάδωσης στην ορεινή περιοχή δικαιολογείται από την ομοιογένεια της πετρολογικής σύστασης της και σ' αυτήν οφείλεται η υπεροχή της επιφανειακής απορροής από την κατείσδυση.

Τα γεωμορφολογικά στοιχεία της λεκάνης Βαρυκού παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα. Απο τα παρακάτω φαίνεται ότι πρόκειται για μια λεκάνη ορεινή με μεγάλη κλίση εδάφους.

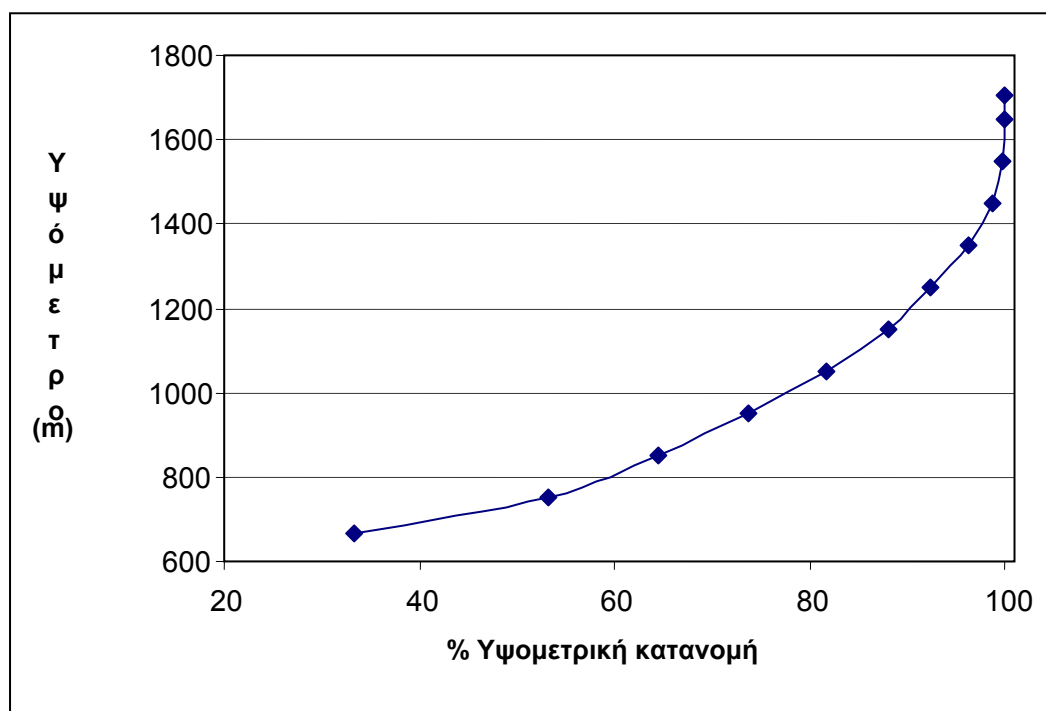
Πίνακας 1. Γεωμορφολογικά στοιχεία της λεκάνης Βαρυκού

1. Μέση κλίση	34.3%
2. Μέσο υψόμετρο	951.8 m
3. Μέγιστο υψόμετρο	1550 m
4. Ελάχιστο υψόμετρο	690 m
5. Μέγιστο ανάγλυφο	860 m
6. Δείκτης ανάγλυφου	0.15

Πίνακας 2. Ποσοτική ανάλυση ανάγλυφου λεκάνης Βαρυκού

Ισοϋψείς (α) (β)	Επιφάνεια μεταξύ (α), (β) km ²	E ₁ %	Επιφάνεια της συνολικής που περιέχεται έως την (β)
690-700	0.034	0.144	0.144
700-800	6.007	25.47	25.614
800-900	5.174	21.94	47.554
900-1000	4.154	17.61	65.164
1000-1100	3.166	13.42	78.584
1100-1200	2.411	10.22	88.804
1200-1300	1.391	5.9	94.704
1300-1400	0.793	3.36	98.064
1400-1500	0.326	1.38	99.444
1500-1550	0.130	0.55	99.994
Σύνολο	23.59	100	

Η κατανομή των υψομέτρων στην λεκάνη Βαρυκού και η πορεία της υψογραφικής καμπύλης φαίνονται στο Σχήμα 3.



Σχήμα 3. Υψογραφική καμπύλη λεκάνης Βαρυκού

➤ Γενικά χαρακτηριστικά της λεκάνης

Η μικρή λεκάνη του Βαρυκού περιλαμβάνει και το ομώνυμο χωριό το Βαρυκό το οποίο είναι ένα μικρό ορεινό χωριό σε σχετικά μεγάλο υψόμετρο. Το κλίμα της περιοχής χαρακτηρίζεται από έντονες βροχοπτώσεις καθώς και χιονοπτώσεις τον χειμώνα και σχετικά υψηλές θερμοκρασίες το καλοκαίρι. Ο πληθυσμός του χωριού δεν ξεπερνάει τους 698 κατοίκους, οι οποίοι ασχολούνται με την καλλιέργεια της γης και την κτηνοτροφία. Πιο συγκεκριμένα τα αγροτικά προϊόντα είναι συνήθως σιτάρι, πατάτες βρώμη κ.α.

3. ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η περιοχή έρευνας ανήκει στην Πελαγονική ζώνη. Συγκροτείται κυρίως από μεταμορφωμένα πετρώματα της ζώνης αυτής, ενώ το πεδινό τμήμα της λεκάνης καλύπτεται από νεογενή και τεταρτογενή ιζήματα της λεκάνης Πτολεμαΐδας. Αναλυτικότερα οι σχηματισμοί που δομούν την περιοχή είναι από τους κατώτερους προς τους ανώτερους:

Κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο

Το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο της Πελαγονικής στην περιοχή έρευνας, ηλικίας Κάτω Παλαιοζωικής ή και Προκάμβριας, συνίσταται από δύο σειρές μεταμορφωμένων πετρωμάτων (Ν. Σπυρόπουλος, 1992):

- την κατώτερη σειρά Νυμφαίου – Εμπορίου, η οποία χαρακτηρίζεται κυρίως από την παρουσία λευκών, ανοιχτότεφρων έως ελαφρά πράσινων γνευσίων οι οποίοι βρίσκονται συμπυκνωμένοι σε πυκνές εναλλαγές με διμαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και αμφιβολιτικά πετρώματα. Η μεγαλύτερη σε έκταση εμφάνιση της ακολουθίας αυτής συναντάται στις ανατολικές παρυφές του βουνού Μορίκι, στην τοποθεσία Άσπρη Πέτρα, δυτικά του χωριού Εμπορίου. Η διεύθυνση ανάπτυξης των πετρωμάτων της ακολουθίας είναι Β-Ν περίπου. Οι βόρειες απολήξεις της καλύπτονται από τα Νεογενή – Τεταρτογενή ιζήματα της λεκάνης Πτολεμαΐδας. Προς νότο η ανάπτυξη των πετρωμάτων της ακολουθίας καταλαμβάνει τα βόρεια τμήματα του υψώματος Μαγούλα – Μακρυγιάννη και αποσφηνώνεται στο ύψωμα Μπριάλαγκα στις βορειοδυτικές παρυφές του βουνού Σινιάτσικου. Η σφηνοειδής αυτή μορφή οφείλεται σε μια εσωτερική εφίπλευση του κρυσταλλοσχιστώδους με αποτέλεσμα την επιφανειακή αποκάλυψη των βαθύτερων οριζόντων του υποβάθρου. Οι γνεύσιοι της ακολουθίας Νυμφαίου – Εμπορίου πιθανότατα αποτελούν μυλωνίτες διαφόρων σταδίων που προέρχονται από αρχικά γρανιτικά πετρώματα. Από τα σχιστολιθικά πετρώματα που περιλαμβάνονται στην ακολουθία Νυμφαίου – Εμπορίου, το μεγαλύτερο ποσοστό συμμετοχής κατέχουν οι διμαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι, που εμφανίζουν καστανά έως τεφρά, καθώς και γκριζοπράσινα χρώματα λόγω της παρουσίας του χλωρίτη. Οι αμφιβολίτες της ακολουθίας εμφανίζονται σε λίγες θέσεις και είναι λεπτόκοκκα έως μεσόκοκκα πετρώματα με ισομεγέθη κατά κανόνα τα διάφορα

ορυκτά συστατικά, ενώ σπανιότερα εμφανίζονται με ιδιαίτερη ανάπτυξη των κρυστάλλων της κερυστίλλης.

- Την ανώτερη σειρά Κλεισούρας – Μορίκι, η οποία αποτελείται κυρίως από αμφιβολιτικά και σχιστολιθικά πετρώματα και συγκεκριμένα αμφιβολίτες, αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους, μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, γνεύσιους. Συχνές είναι επίσης οι διάφορες όξινες και βασικές μαγματικές διεισδύσεις μέσα στα πετρώματα της σειράς αυτής. Τα μαγματικά πετρώματα που εντοπίστηκαν στην ακολουθία Κλεισούρας – Μορίκι είναι: α) μεταρύλιοι, β) μεταβασίτες, γ) ο γνευσιακός πλουτωνίτης Καστοριάς – Βλάστης και δ) ο γρανίτης της Κρυόβρυσης. Σε ορισμένες θέσεις παρατηρούνται επίσης συμπτυχωμένα σερπεντινιτικά σώματα. Η ακολουθία Κλεισούρα – Μορίκι αναπτύσσεται κύρια σε δύο περιοχές του Ασκίου, στο κεντρικό τμήμα του ορεινού συγκροτήματος καθώς και στις βορειοανατολικές παρυφές του στο ύψωμα Μαγούλα – Μακρυγιάννη.

- Ο πλουτωνίτης της Καστοριάς. Πρόκειται για τις εμφανίσεις που παρατηρούνται ΒΑ του Σκλήθρου, καθώς και στις παρυφές του Βέρνου και οι οποίες αποτελούν τμήμα του ευρύτερου πλουτωνικού όγκου της Καστοριάς και έχουν γρανιτική σύσταση. Σε όλη την έκταση του ο γρανιτικός όγκος έχει υποστεί μεταμόρφωση και αποτελεί σχιστοποιημένο γνευσιακό γρανίτη. Από ραδιοχρονολογήσεις φάνηκε ότι η διείσδυση του πλουτωνίτη μέσα στα πετρώματα του κρυσταλλοσχιστώδους έγινε κατά τη διάρκεια του Άνω Λιθανθρακοφόρου (Δ. Μουντράκης, 1983), αλλά στη συνέχεια συμπτυχώθηκε με τα περιβάλλοντα πετρώματα κατά τη διάρκεια των αλπικών παραμορφώσεων κατά τις οποίες δημιουργήθηκαν εναλλαγές πετρωμάτων και αλληπάλληλες επιπτεύσεις – επωθήσεις.

- Ο γρανίτης της Κρυόβρυσης. Στο ανατολικό τμήμα του ορεινού όγκου και στο χώρο γύρω από το χωριό Κρυόβρυση εμφανίζεται ένα σχετικά μικρό γρανιτικό σώμα που καταλαμβάνει έκταση περίπου 1,5 km². Αρχίζει λίγο νοτιότερα του ομώνυμου χωριού και συνεχίζει προς ΒΔ καταλαμβάνοντας την ευρύτερη περιοχή που διασχίζει ο δρόμος Κρυόβρυσης – Αναρράχης. Δυτικά έρχεται σε επαφή με το μεταμορφωμένο σύστημα της περιοχής και ιδιαίτερα με τα μέλη της ακολουθίας Κλεισούρας – Μορίκι ενώ στο μεγαλύτερο τμήμα της εμφάνισής του καλύπτεται από τα ιζήματα της λεκάνης Πτολεμαΐδας. Οι παρατηρήσεις για φαινόμενα επαφής του γρανίτη με το κρυσταλλοσχιστώδες και συγκεκριμένα τους μαρμαρυγιακούς αμφιβολιτικούς σχιστόλιθους, περιορίζονται στις πολυάριθμες φλεβικές αποφύσεις που παρατηρούνται να

διεισδύουν παράλληλα στη σχιστότητα των περιβαλλόντων πετρωμάτων. Έρευνα ανάλογων εμφανίσεων στο βουνό Βαρνούντα έδειξε ότι τα γρανιτικά πετρώματα συνδέονται με τη γένεση των πλουτωνικών πετρωμάτων του Άνω Λιθανθρακοφόρου.

Τριαδικοιουρασικοί ασβεστόλιθοι

Στη συνέχεια των κρυσταλλοσχιστωδών πετρωμάτων συναντώνται ασβεστόλιθοι και μάρμαρα της Τριαδικής και Ιουρασικής περιόδου. Οι υπερκείμενοι ορίζοντες της σειράς εμφανίζονται με άστρωτους έως παχυστρωματώδεις και τεφρούς έως τεφρόλευκους ανακρυσταλλωμένους ασβεστόλιθους στη βάση του. Προς τους ανώτερους ορίζοντες τα ανθρακικά πετρώματα εμφανίζονται με λεπτοστρωματώδεις εναλλαγές ανακρυσταλλωμένων ασβεστολίθων, δολομιτών και δολομιτικών ασβεστολίθων. Όσον αφορά την εξάπλωσή τους στο χώρο του Ασκίου κατέχει τα δυτικά και νότια τμήματα της οροσειράς, ενώ στα κεντρικά τμήματα της λόγω της διάβρωσης εμφανίζεται η κανονική του θέση πάνω στην ηφαιστειοϊζηματογενή ακολουθία Ναμάτων. Στο ανατολικό τμήμα του Ασκίου, στο περιθώριο της λεκάνης Πτολεμαΐδας, τα ανθρακικά πετρώματα πιθανό να αντιπροσωπεύουν το ανθρακικό κάλυμμα του ανατολικού Πελαγονικού περιθωρίου. Η απουσία των Περμοτριάδικών κλαστικών μεταϊζημάτων από τη βάση του ανθρακικού καλύμματος στο ανατολικό αυτό τμήμα, καθώς και η απευθείας τεκτονική του τοποθέτηση πάνω στο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο, αποτελούν ενδείξεις για το διαχωρισμό των δύο ανθρακικών καλυμμάτων.

Στην έξοδο της λεκάνης απορροής του ρέματος Ποταμιά, στην στενότερη περιοχή του φράγματος Περδίκας, οι ασβεστόλιθοι αναδύονται τοπικά (νότια της τεχνητής λίμνης Περδίκας) όπου καταλαμβάνουν μικρές επιφανειακές εμφανίσεις, λόγω των μεγάλου άλματος μεταπλειοκαινικά ρήγματα, που δημιούργησαν τα τεκτονικά εξάρματα μέσα στη λεκάνη και έχουν ανυψώσει μέχρι την επιφάνεια τεμάχη του υποβάθρου.

Νεογενή ιζήματα

Τα νεογενή ιζήματα αναπτύσσονται και παρουσιάζουν το μέγιστο πάχος τους στις τεκτονικές λεκάνες Πτολεμαΐδας, Σερβίων – Κοζάνης, Φλώρινας και σχεδόν αποκλειστικά είναι λιμναίας προέλευσης. Διαχωρίζονται σε δύο διακριτούς ορίζοντες που διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την ηλικία και την σύσταση, αλλά και ως προς τον τύπο της λιγνιτοφορίας που φιλοξενούν. Διακρίνονται από τα παλαιότερα προς τα νεώτερα, τα ιζήματα του κατώτερου και ανώτερου νεογενούς. Στα ιζήματα του κατώτερου νεογενούς εντοπίζεται η λιγνιτοφορία τύπου ξυλίτη (λιγνιτοφορία Κομνηνών, Βεγόρας κλπ), ενώ στα ιζήματα του ανώτερου εντοπίζεται η λιγνιτοφορία τύπου γαιώδους λιγνίτη (λιγνιτοφορία Πτολεμαΐδας, Αναργύρων, Αγίου Χριστοφόρου κλπ). Μετά την απόθεση των πλειοκαινικών ιζημάτων επακολούθησαν έντονες τεκτονικές διαταράξεις, που συνετέλεσαν στην έντονη διάρρηξη της περιοχής. Η τεκτονική ρηγμάτων συνεχίστηκε μετά την απόθεση των τεταρτογενών σχηματισμών, τα φαινόμενα δε αυτής της νεώτερης διαταράξεως είναι έκδηλα (Σ. Παυλίδης, 1985). Αποτέλεσμα όλων αυτών των μεταπτώσεων, σε συνδυασμό και με τη διάβρωση που ακολουθούσε κάθε τεκτονική φάση, είναι η δημιουργία τεκτονικών βυθισμάτων και κεράτων, η διαμόρφωση του σημερινού ανάγλυφου της περιοχής και η εμφάνιση στην επιφάνεια των κατώτερων οριζόντων του νεογενούς. Οι μεταπτώσεις οι οποίες κυρίως διαμόρφωσαν το εσωτερικό της λεκάνης Πτολεμαΐδας και στις οποίες οφείλεται και ο σχηματισμός των λιμνών Χειμαδίτιδας, Βεγόρας, Ζάζαρης και Πετρών έχουν ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση και έδρασαν μετά την απόθεση των πλειοκαινικών ιζημάτων. Οι ίδιες μεταπτώσεις συνέβαλαν γενικά στη διαμόρφωση ολόκληρου του ΒΔ τμήματος της λεκάνης Πτολεμαΐδας.

α) Κατώτερος ορίζοντας

Συνίσταται κυρίως από λεπτόκοκκους αργιλούχους άμμους και αργίλους ισχυρώς αμμούχους, χρώματος τεφροκίτρινου – τεφροπράσινου. Εμφανίζεται, λόγω μεταπτώσεων, στις περιοχές Φιλώτα, Λακκιά, στο υψίπεδο Μπορντό, στη περιοχή Κομνηνών, στο λιγνιτωρυχείο Βεγόρας, κλπ (Κ.Ν. Κούκουζας, 1978).

Στην περιοχή έρευνας εμφανίζεται στο νοτιοανατολικό περιθώριο, στο υψίπεδο Μπορντό.

β) Ο ορίζοντας αυτός συνίσταται από εναλλαγές αμμούχων ασβεστούχων αργίλων και ίλυομιγών αργιλούχων μαργών. Συχνή είναι η παρουσία άμμων λεπτόκοκκων, αργιλούχων μαρμαρυγιούχων ως και ανθρακομιγών αργίλων και στρωμάτων λιγνίτη. Στην ευρύτερη περιοχή ο ορίζοντας αυτός συναντάται συχνά επιφανειακά, όπως στον Άγιο Χριστόφορο, ανατολικά του φράγματος Περδίκια στα υψώματα Α των Αναργύρων και αλλού.

Ο ορίζοντας αυτός εντοπίζεται επίσης βόρεια των χωριών Αετού και Φανού, όπου καλύπτει μέρος του εξάρματος του υποβάθρου το οποίο έχει μερικώς αποκαλυφθεί λόγω διάβρωσης και αποκομιδής των υπερκείμενων ιζημάτων αυτών, κυρίως στις ζώνες μεγάλου υψομέτρου. Οι αποθέσεις στις περιοχές αυτές προέρχονται από τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα του Βέρνου στα Δυτικά και παρουσιάζουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- Το μέγεθος των κροκάλων μειώνεται από τα υψηλότερα προς τα χαμηλότερα σημεία του εξάρματος.
- Τα μεγάλα και μικρά υλικά (κροκάλες, χαλίκια, ψηφίδες) είναι ανάμικτα.
- Δεν εμφανίζουν στρώση ή άλλη ιδιαίτερη δομή.
- Οι κροκάλες είναι ιδιαίτερα αποστρογγυλεμένες, πράγμα που δείχνει τον μεγάλο βαθμό επεξεργασίας των υλικών. Αυτό συνεπάγεται μια σχετικά μεγάλη απόσταση μεταφοράς, στην συγκεκριμένη περίπτωση από το μεταμορφωμένο υπόβαθρο των δυτικών περιθωρίων της λεκάνης.

Τεταρτογενείς αποθέσεις

Οι Τεταρτογενείς αποθέσεις καλύπτουν τη μεγαλύτερη έκταση του πεδινού τμήματος της περιοχής έρευνας. Κατά τη διάρκεια του πλειστοκαίνου και μετά τη πλήρωση της λεκάνης από τα νεογενή λιγνιτοφόρα και μη ιζήματα εκδηλώθηκε έντονος τεκτονισμός που είχε σαν αποτέλεσμα αλλού την ανύψωση και αλλού την καταβύθιση τμημάτων της. Δημιουργήθηκαν κατόπιν τούτου υδατορεύματα και χείμαρροι που μετέφεραν το υλικό της διαβρώσεως και αποσαθρώσεως των προϋπαρχόντων ιζημάτων. Το υλικό αυτό εναποτέθηκε στα χαμηλότερα σημεία της λεκάνης αφού προηγούμενα υπέστη μια φυσική επεξεργασία και διαλογή. Έτσι το αδρομερές και χονδρόκοκκο υλικό (ψηφίδες, κροκάλες) εναποτέθηκε κοντά στη κοίτη και την εκβολή των ποταμών ενώ το λεπτομερές υλικό (άργιλοι, λεπτομερείς άμμοι κλπ) απομακρύνθηκε και εναποτέθηκε στο εσωτερικό της λεκάνης. Η μεταφορά και απόθεση νέου υλικού είχε συχνά σαν αποτέλεσμα την αλλαγή της κοίτης των ποταμών και τη μετάθεση του χώρου απόθεσης. Συνέπεια όλων αυτών είναι

η παρατηρούμενη διασταυρούμενη στρώση του υλικού των ποταμοχειμάρρειων αποθέσεων. Συγχρόνως με τη μεταφορά και απόθεση των υλικών της διαβρώσεως η λεκάνη κατακλυζόταν από νερά με αποτέλεσμα να δημιουργούνται, ανάλογα με το ανάγλυφο του πυθμένα, μικρές ή μεγάλες λίμνες, στις οποίες αποτίθεντο νέα υλικά ιζηματογενέσεως τα οποία κάλυπταν τα προϋπάρχοντα κλαστικά ιζήματα. Παρατηρείται έτσι, μια σειρά ενστρώσεων κλαστικών και μη υλικών, σε πολλές περιπτώσεις μεγάλου πάχους διαφορετικής συστάσεως και κοκκομετρίας που παρουσιάζουν οριζόντια και κατακόρυφη διάταξη. Στην περιοχή έρευνας εμφανίζονται οι παρακάτω σχηματισμοί των τεταρτογενών αποθέσεων :

α) Χαλαρά κροκαλοπαγή και ερυθροί πηλοί.

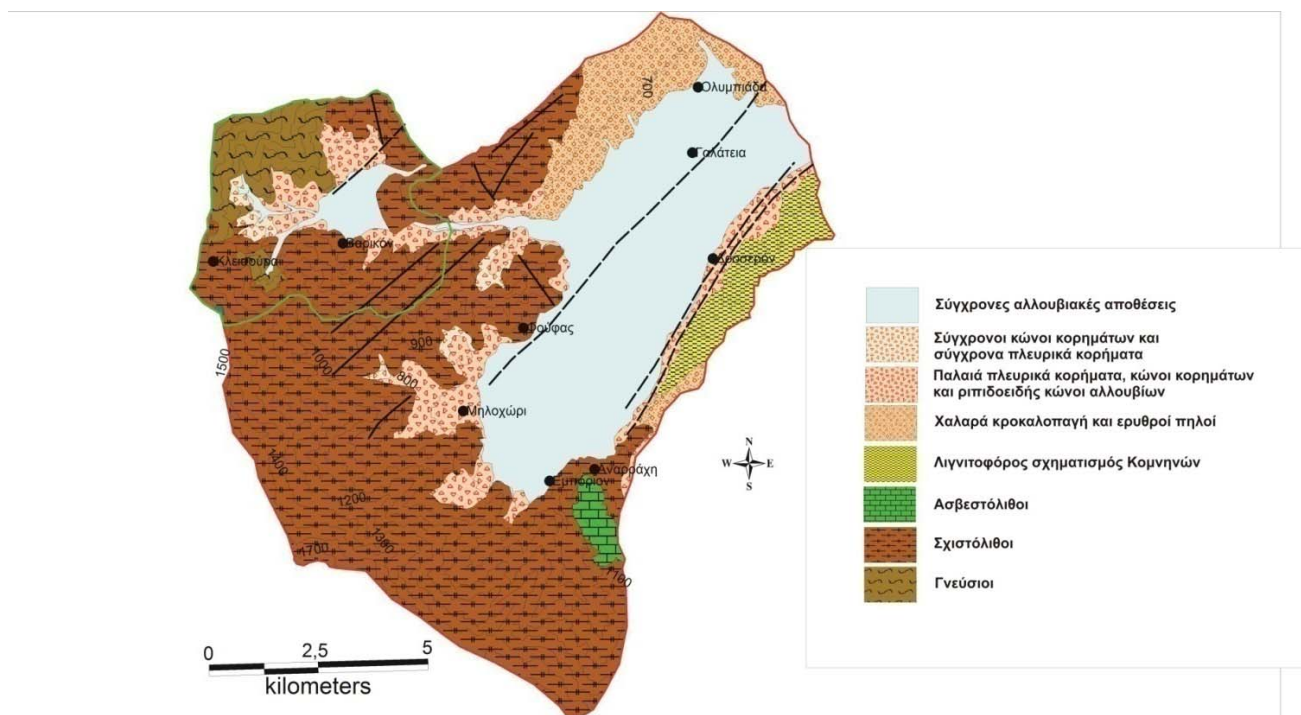
Συνίσταται από ένα σύστημα ποταμοχειμάρρειων αποθέσεων που αποτελείται από εναλλαγές ερυθροκαστανών αμμούχων αργίλων, χαλαρών αταξινόμητων κροκαλολατυποπαγών, ερυθρών πηλών και σπανιότερα κιτρινέρυθρων αργιλλούχων άμμων. Οι κροκάλες και λατύπες αποκλειστικά από γνευσιοσχιστολιθικά πετρώματα και χαλαζίτες. Το πάχος τους κυμαίνεται από 60 – 70 m. Το υλικό προς το εσωτερικό της λεκάνης γίνεται περισσότερο λεπτοκλαστικό σε σχέση με τα περιθώριά της όπου συμμετέχουν μεγαλύτερου μεγέθους κροκάλες. Γενικά από πλευρά λιθολογικής συστάσεως μοιάζουν πολύ με ανωμειοκαινικά κλαστικά ιζήματα (Κ.Ν. Κούκουζας, γεωλογικός χάρτης φύλλο Πτολεμαΐδα).

β) Παλαιά πλευρικά κορήματα, κώνοι κορημάτων και ριπιδοειδής κώνοι αλλουβίων.

Συνίσταται από γωνιώδη θραύσματα ποικίλου μεγέθους και σύστασης – αντιπροσωπευτικών της λιθολογικής δομής των ανάντι ορεινών όγκων ή λοφοσειρών – εγκλεισμένα σε αργιλοαμμούχο θεμελιώδη μάζα. Οι αντίστοιχοι σχηματισμοί εκτετρώθεν του υψώματος Μπορντό, ως προερχόμενοι από τη διάβρωση χαλαρών νεογενών ιζημάτων, παρουσιάζουν ανάλογη σύσταση δηλαδή σύμφυρμα από αναμετακινημένες κροκάλες με μεγάλο ποσοστό αργιλοαμμούχου θεμελιώδους μάζας.

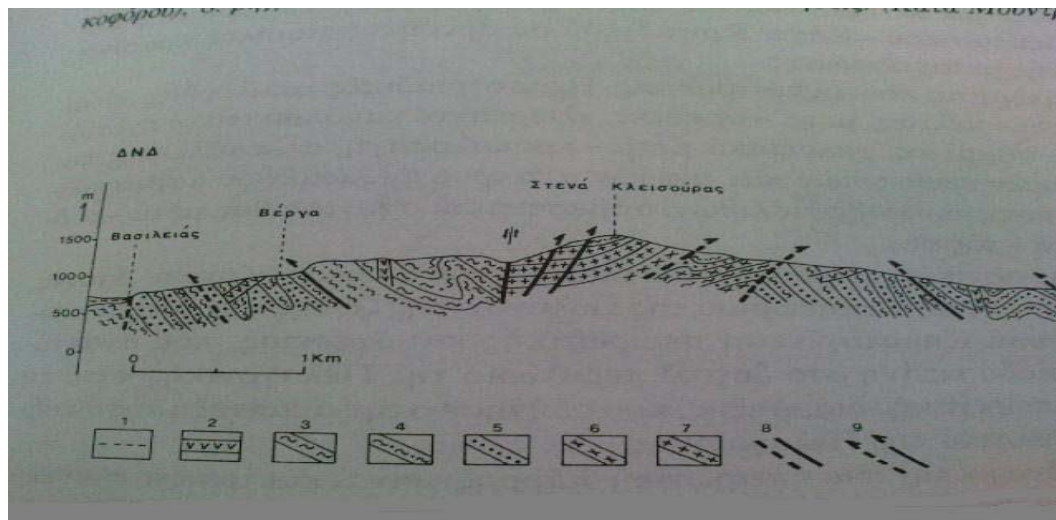
γ) Σύγχρονες αλλουβιακές αποθέσεις

Συνίσταται από άμμους, αμμούχες αργίλους και χαλίκια και έχουν πάχος περίπου 150 m.

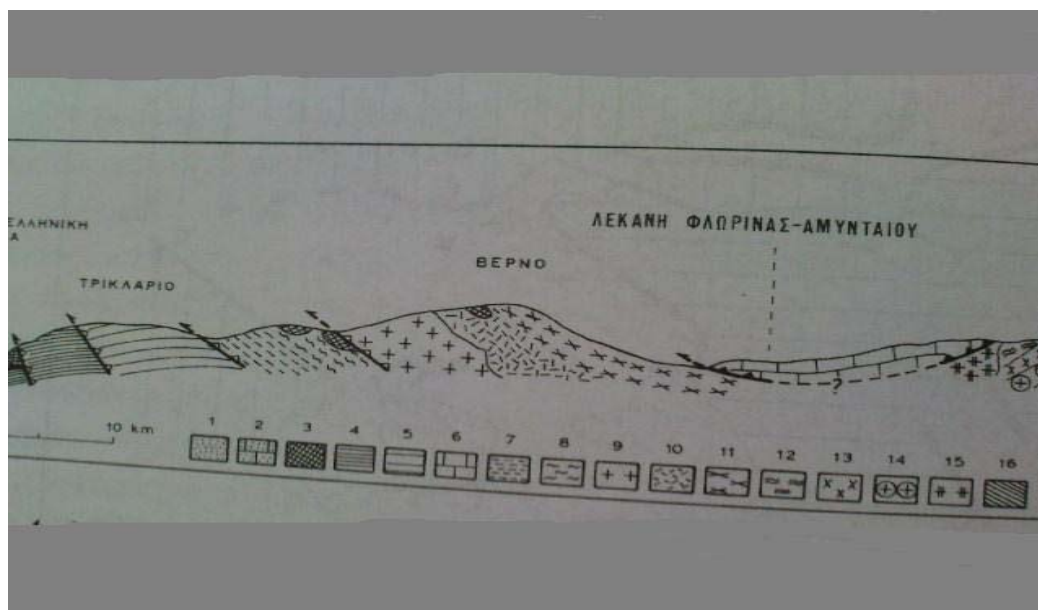


Σχήμα 4. Γεωλογικός χάρτης λεκάνης απορροής ρέματος Ποταμιά (Πατρικάκη 2010)

Πιο συγκεκριμένα στη λεκάνη του Βαρυκού θα εντοπίσουμε στο υπόβαθρο τους γνεύσιους σε εναλλαγές με σχιστόλιθους και τα νεότερα πλευρικά κορήματα. Τέλος υπάρχουν και οι σύγχρονες αλλουβιακές αποθέσεις λόγω της έντονης διάβρωσης λόγω του αέρα και του νερού.



Σχήμα 5. Σχηματική γεωλογική τομή του υποβάθρου της Πελαγονικής στην περιοχή Κλεισούρας-Καστοριάς (Μουντράκης ,1985)



Σχήμα 6. Σχηματική γεωλογική τομή της Βόρειας Πελαγονικής ζώνης (Μουντράκης, 1985)

4. ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η περιοχή έρευνας έχει μέτρια κάλυψη από βροχομετρικούς σταθμούς (σταθμός Κλεισούρας 1200m και σταθμός Πτολεμαΐδας 630m) και ελάχιστη κάλυψη από μετεωρολογικούς σταθμούς (σταθμός Πτολεμαΐδας).

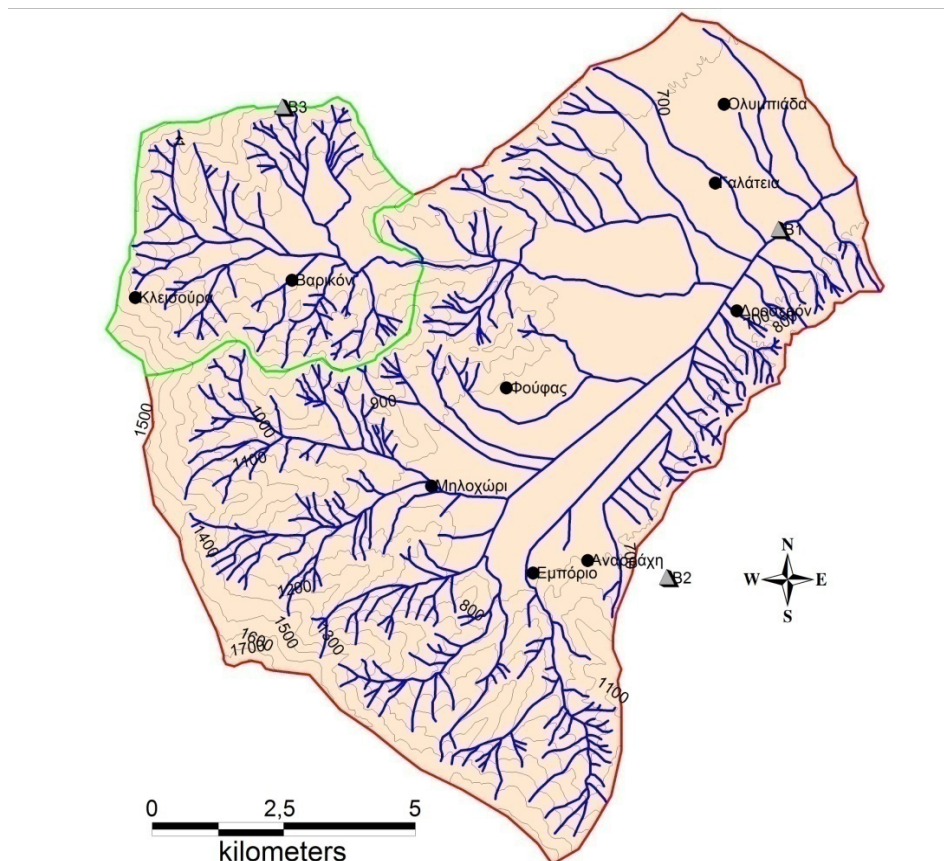
Ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

Για τον υπολογισμό του μέσου ετήσιου ύψους κατακρημνισμάτων στην εξεταζόμενη λεκάνη χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα από τρία αθροιστικά βροχόμετρα (Πατρικάκη 2010), τα οποία εγκαταστάθηκαν σε διάφορες θέσεις της λεκάνης σε διαφορετικά υψόμετρα.

Η γεωγραφική θέση των βροχόμετρων παρουσιάζονται στον Πίνακα 3 και φαίνονται στο Σχήμα 7.

Πίνακας 3. Γεωγραφική θέση εγκατεστημένων βροχόμετρων στην υπό έρευνα λεκάνη

Κωδ. Βροχόμετρου	Θέση	Γεωγραφικό μήκος	Γεωγραφικό πλάτος	Υψόμετρο (m)
B1	Γαλάτεια	21 ⁰ 36' 45''	40 ⁰ 32' 58'	634
B2	Αναρράχη	21 ⁰ 35' 23''	40 ⁰ 29' 24'	740
B3	Βαρυκό	21 ⁰ 30' 03''	40 ⁰ 34' 04'	1020



Σχήμα 7. Γεωγραφική θέση εγκατεστημένων βροχόμετρων (Πατρικάκη, 2010)

Στον πίνακα 4. παρατίθενται τα ετήσια ύψη βροχόπτωσης για δύο πλήρη υδρολογικά έτη 2004-2005 και 2005-2006. Στους πίνακες 5.6.7. παρατίθενται αναλυτικά τα μηνιαία ύψη βροχόπτωσης, όπως μετρήθηκαν στα τρία εγκατεστημένα βροχόμετρα.

Πίνακας 4. Ετήσια ύψη βροχόπτωσης υδρολογικών ετών 2004-05 και 2005-06 (Πατρικάκη 2010)

α/α	Υδρολογικό έτος	Ετήσια βροχόπτωση (mm)		
		Γαλάτεια (B1)	Αναρράχη (B2)	Βαρυκό (B3)
1	2004-05	492.4	548.9	575.9
2	2005-06	672.8	765.8	1017.1
M.O		582.6	657.35	796.5

Από τον παραπάνω πίνακα φαίνεται ότι το υδρολογικό έτος 2005-06 καταγράφηκαν μεγαλύτερα ύψη βροχόπτωσης συγκριτικά με το υδρολογικό έτος 2004-05.

Στους πίνακες 5. και 6. παρατίθενται τα μηνιαία ύψη βροχής για τα υδρολογικά έτη 2004-05 και 2005-06 αντίστοιχα ενώ στον πίνακα 7 παρατίθενται τα μέσα μηνιαία ύψη βροχόπτωσης για τα υδρολογικά έτη 2004-05 και 2005-06.

Πίνακας 5. Μηνιαία ύψη βροχόπτωσης υδρολογικού έτους 2004-05 (Πατρικάκη, 2010)

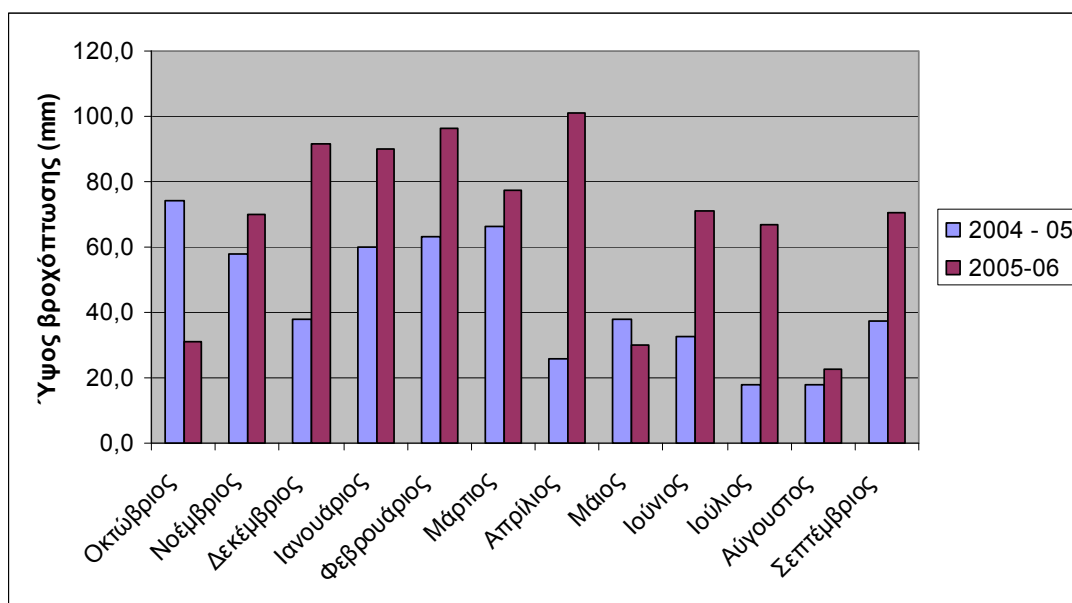
Κωδ. Βροχ.	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
B1	68	65.2	42.6	47	58.5	47.2	20.8	28.3	40.5	11.6	17	45.7
B2	79.7	80.3	30.5	67.5	67	68	23.5	32.8	31.2	20.5	21.2	26.7
B3	74.3	28	40.5	66	63.8	84.5	32.5	51.8	26	21	15	40
M.O	74.0	57.8	37.9	60.2	63.1	66.6	25.6	37.6	32.6	17.7	17.7	37.5

Πίνακας 6. Μηνιαία ύψη βροχόπτωσης υδρολογικού έτους 2005-06 (Πατρικάκη, 2010)

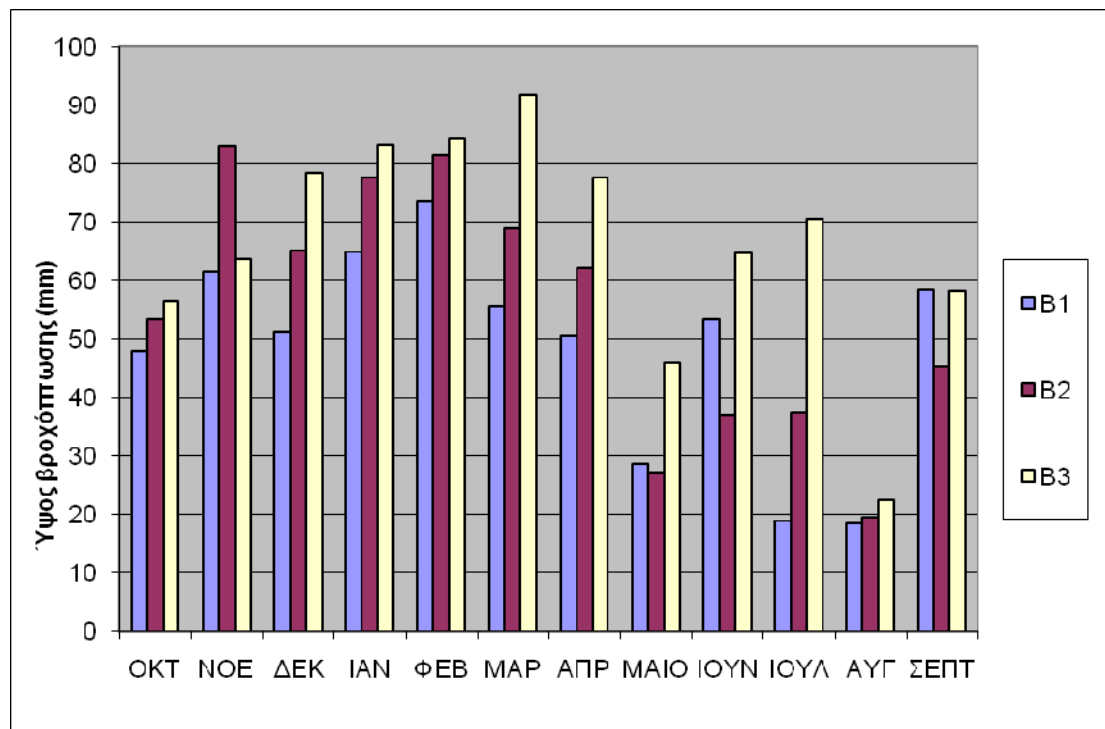
Κωδ. Βροχ.	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠ
B1	27.6	57.8	59.5	82.6	88.5	64	80.2	29	66.3	26.1	20	71.2
B2	27	85.5	99.5	87.7	95.5	69.5	100.7	21.2	42.7	54.5	18	64
B3	38.5	66.8	116.1	100.2	104.4	99	122.6	40	103.5	120	29.7	76.3
M.O	31.0	70.0	91.7	90.2	96.1	77.5	101.2	30.1	70.8	66.9	22.6	70.5

Πίνακας 7. Μέσα μηνιαία ύψη βροχόπτωσης υδρολογικών ετών 2004-05 και 2005-06 (Πατρικάκη, 2010)

Κωδ. Βροχόμ.	ΟΚΤ	ΝΟΕ	ΔΕΚ	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠΤ
B1	47.8	61.5	51.0	64.8	73.5	55.6	50.5	28.6	53.4	18.8	18.5	58.4
B2	53.3	82.9	65.0	77.6	81.2	68.7	62.1	27.0	36.9	37.5	19.6	45.3
B3	56.4	63.6	78.3	83.1	84.1	91.75	77.5	45.9	64.7	70.5	22.3	58.1
M.O	52.5	69.3	64.8	75.2	79.2	72.0	63.4	33.8	51.7	42.3	20.1	54.0



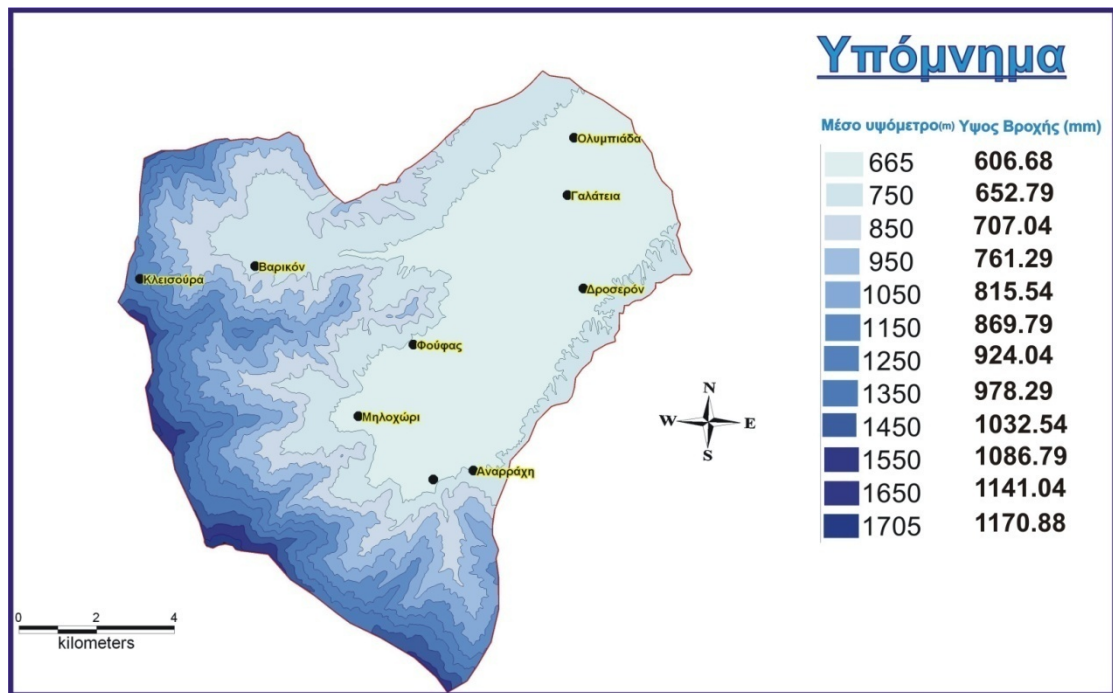
Σχήμα 8. Ραβδοδιαγράμματα του μηνίου ύψους βροχόπτωσης των δύο υδρολογικών ετών 2004-05 και 2005-06



Σχήμα 9. Ραβδοδιαγράμματα του μεσου μηνίου ύψους βροχόπτωσης στα τρία εγκατεστημένα βροχόμετρα

Από την παρατήρηση των βροχομετρικών δεδομένων προκύπτουν τα εξής:

- α. Το μέγιστο μηνιαίο ύψος βροχής παρατηρείται τον μήνα Φεβρουάριο, ενώ εξίσου σημαντικά ύψη βροχόπτωσης παρατηρούνται και τους μήνες Ιανουάριο και Μάρτιο.
- β. Οι πλέον ξηρότεροι μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος.
- γ. Κατά την υγρή περίοδο η λεκάνη δέχεται κατά μέσο όρο το 69 % των ετήσιων κατακρημνισμάτων.



Σχήμα 10. Μεταβολή του υπερετήσιου ύψους βροχής με το υψόμετρο στη λεκάνη απορροής ρέματος Ποταμιά (Πατρικάκη 2010)

➤ Θερμοκρασία αέρα

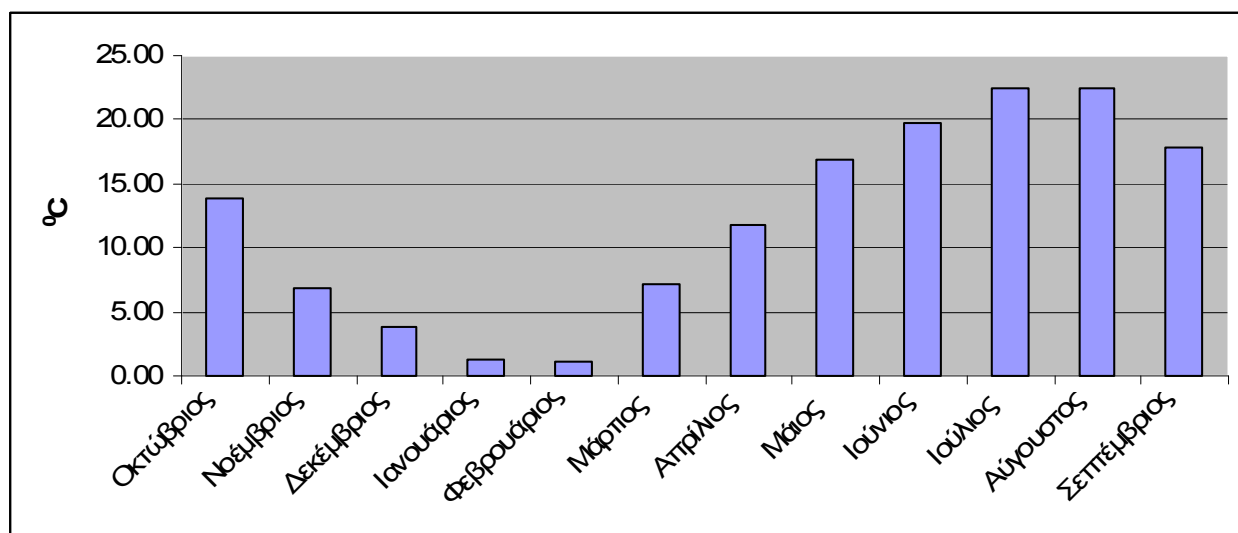
Εφόσον θέλουμε να περιγράψουμε το κλίμα της περιοχής θα πρέπει να λάβουμε υπ'όψη την θερμοκρασία καθώς και τις διάφορες κλιματικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή. Για παράδειγμα θα πρέπει να μελετήσουμε την ετήσια θερμοκρασία. Για τον υπολογισμό της μέσης θερμοκρασίας του αέρα της λεκάνης λήφθηκαν υπόψη τα δεδομένα του σταθμού Πτολεμαΐδας που βρίσκεται σε απόσταση 5 km από την εξεταζόμενη λεκάνη, αλλά πάντως, μέσα στην ίδια ευρύτερη λεκάνη με την εξεταζόμενη. Το υψόμετρο του σταθμού της Πτολεμαΐδας είναι 630 m ενώ το μέσο υψόμετρο της εξεταζόμενης λεκάνης είναι 874.5 m. Έτσι χρειάστηκε να γίνει μια διόρθωση των δεδομένων του σταθμού Πτολεμαΐδας, ώστε να ανταποκρίνονται στο μέσο υψόμετρο της εξεταζόμενης λεκάνης. Με βάση τα δεδομένα του ελληνικού χώρου η θερμοκρασία μεταβάλλεται κατά μία θερμοβαθμίδα των 0.3°C - 0.4°C ανά 100 m μεταβολής υψομέτρου. Η διόρθωση έγινε με την τιμή θερμοβαθμίδας 0.4°C λόγω έλλειψης στοιχείων και συνεπώς αδυναμίας υπολογισμού της ακριβούς θερμοβαθμίδας της εξεταζόμενης λεκάνης.

Στον πίνακα 8. παρατίθενται οι μέσες μηνιαίες και ετήσιες τιμές θερμοκρασίας όπως καταγράφηκαν από το σταθμό Πτολεμαΐδας και οι αντίστοιχες διορθωμένες τιμές για την λεκάνη απορροής ρέματος Ποταμιά για τα δύο υδρολογικά έτη 2004-05 και 2005-06.

Πίνακας 8. Μέσες μηνιαίες και ετήσιες θερμοκρασίες σε $^{\circ}\text{C}$ στο σταθμό Πτολεμαΐδας και στην εξεταζόμενη λεκάνη για την περίοδο 2004- 06 (Πατρικάκη, 2010)

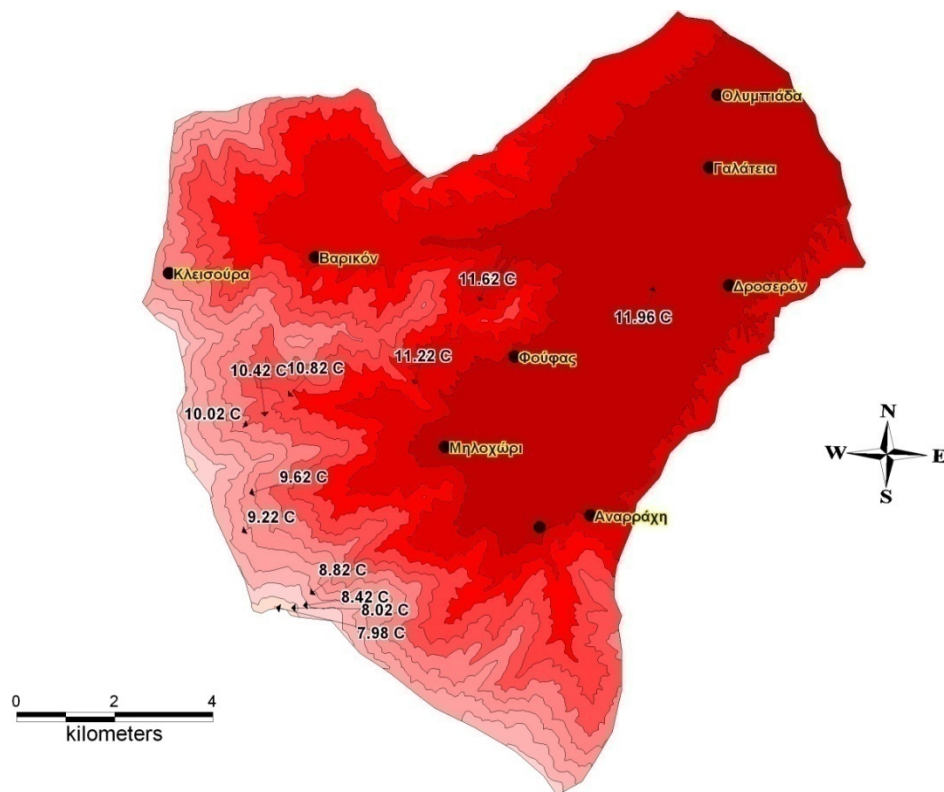
Σταθμός	Ο	Ν	Δ	Ι	Φ	Μ	Α	Μ	Ι	Ι	Α	Σ	ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ
Πτολεμαΐδα	13.86	6.80	3.88	1.21	1.10	7.12	11.78	16.86	19.79	22.39	22.46	17.91	12.10
Εξεταζόμενη λεκάνη	12.88	5.82	2.90	0.23	0.12	6.15	10.81	15.89	18.82	21.42	21.48	16.93	11.12

Από την παρατήρηση των παραπάνω στοιχείων προκύπτει ότι ο Φεβρουάριος ήταν ο ψυχρότερος μήνας των δύο υδρολογικών ετών με ελάχιστη μέση μηνιαία θερμοκρασία 1.10°C και ο Αύγουστος ο θερμότερος με μέγιστη μέση μηνιαία θερμοκρασία 22.46°C .



Σχήμα 11. Διακύμανση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας στο σταθμό Πτολεμαΐδας

Στο σχήμα απεικονίζεται η ετήσια μεταβολή της θερμοκρασίας με το υψόμετρο στην εξεταζόμενη λεκάνη, όπως προέκυψε μετά τη διόρθωση της θερμοκρασίας με τιμή θερμοβαθμίδας 0.4°C .



Σχήμα 12. Μεταβολή της ετήσιας θερμοκρασίας με το υψόμετρο στη λεκάνη απορροής ρέματος Ποταμιά (Πατρικάκη 2010).

5. ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ

Εδώ θα μελετήσουμε τα υδροφόρα συστήματα τις λεκάνης, τις στάθμες του υπόγειου νερού και γενικότερα ότι αφορά τις κατακριμνήσεις στην εξεταζόμενη λεκάνη. Από τις υπολογιζόμενες βροχοβαθμίδες και την ποσοτική ανάλυση του ανάγλυφου υπολογίζεται ο όγκος νερού από βροχόπτωση που δέχεται η λεκάνη τα δύο υδρολογικά έτη 2004-05 και 2005-06, πολλαπλασιάζοντας την επιφάνεια μεταξύ δύο ισοϋψών με το μέσο ύψος βροχόπτωσης που αντιστοιχεί σε αυτήν, βάση της βροχοβαθμίδας, και αθροίζοντας τα μερικά γινόμενα. Η παραπάνω ανάλυση παρατίθεται στους πίνακες 9 και 10 με βάση τις μετρήσεις της Πατρικάκη (2010).

Πίνακας 9 Κατανομή βροχόπτωσης σύμφωνα με την υψομετρική κατανομή στη λεκάνη Βαρυκού (υδρολογικό έτος 2004-05)

Μέσο Υψόμετρο (m)	Επιφάνεια (km ²)	Μέσο ύψος βροχής (mm)	Όγκος νερού (x 10 ⁶ m ³)
695	0.034	519.4	0.018
750	6.007	530.0	3.184
850	5.174	549.2	2.842
950	4.154	568.4	2.361
1050	3.166	587.6	1.860
1150	2.411	606.8	1.463
1250	1.391	626.0	0.871
1350	0.793	645.2	0.511
1450	0.326	664.4	0.216
1525	0.13	678.8	0.088
Σύνολο	23.59		13.414

Πίνακας 10. Κατανομή βροχόπτωσης σύμφωνα με την υψομετρική κατανομή στη λεκάνη Βαρυκού (υδρολογικό έτος 2005-06)

Μέσο Υψόμετρο (m)	Επιφάνεια (km ²)	Μέσο ύψος βροχής (mm)	Όγκος νερού (x 10 ⁶ m ³)
695	0.034	726.53	0.025
750	6.007	775.65	4.659
850	5.174	864.95	4.475
950	4.154	954.25	3.964
1050	3.166	1043.55	3.304
1150	2.411	1132.85	2.731
1250	1.391	1222.15	1.700
1350	0.7926	1311.45	1.039
1450	0.326	1400.75	0.457
1525	0.13	1467.72	0.191
Σύνολο	23.59	1579.35	22.545

Από τους παραπάνω πίνακες παρατηρούμε τη μεγάλη διαφορά στην ποσότητα των ετήσιων κατακρημνισμάτων που δέχτηκε η λεκάνη Βαρυκού τα δύο έτη, με βροχερότερο κατά 68 % το υδρολογικό έτος 2005-06 από το προηγούμενο έτος.

Επίσης υπολογίστηκε το μέσο ύψος βροχής που δέχεται κάθε σχηματισμός, σύμφωνα με την έκταση που καταλαμβάνουν και το μέσο υψόμετρο αυτών.

Πίνακας 11. Κατανομή της βροχόπτωσης σε κάθε γεωλογικό σχηματισμό της λεκάνης Βαρυκού
(υδρολογικό έτος 2004-05)

Σχηματισμός	Υψόμετρο (m)	Επιφάνεια (km ²)	Μέσο ύψος βροχής (mm)	Όγκος νερού (x 10 ⁶ m ³)
Αλλουβιακές αποθέσεις	769	2.43	533.65	1.3
Πλευρικά κορήματα	808	3.83	541.14	2.1
Κρυσταλλοσχιστώδη	1013	17.26	580.50	10.02
Οφιόλιθοι	1550	0.028	683.6	0.02

Πίνακας 12. Κατανομή της βροχόπτωσης σε κάθε γεωλογικό σχηματισμό της λεκάνης Βαρυκού
(υδρολογικό έτος 2005-06)

Σχηματισμός	Υψόμετρο (m)	Επιφάνεια (km ²)	Μέσο ύψος βροχής (mm)	Όγκος νερού (x 10 ⁶ m ³)
Αλλουβιακές αποθέσεις	769	2.43	792.67	1.93
Πλευρικά κορήματα	808	3.83	827.49	3.17
Κρυσταλλοσχιστώδη	1013	17.26	1010.58	17.44
Οφιόλιθοι	1550	0.028	1490.17	0.04

Από τα παραπάνω φαίνεται η ομοιόμορφη κατανομή του ετήσιου ύψους κατακρημνισμάτων στο πεδινό και ορεινό τμήμα της λεκάνης στα δύο έτη. Το ετήσιο ύψος βροχής που δέχεται το πεδινό και ορεινό τμήμα τα έτη 2004-05 και 2005-06 είναι $3.4 \times 10^6 \text{ m}^3$, $10 \times 10^6 \text{ m}^3$ και $5.1 \times 10^6 \text{ m}^3$, $17.44 \times 10^6 \text{ m}^3$ αντίστοιχα.

➤ **ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟ ΙΣΟΖΥΓΙΟ**

Η βασική υδρολογική εξίσωση που χαρακτηρίζει κάθε (υδρολογική) λεκάνη εκφράζεται από την παρακάτω μαθηματική σχέση:

$$P=E+R+I \quad \text{ή} \quad P = E + Q$$

Όπου P : τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα

Q : η ολική απορροή

R : η επιφανειακή απορροή

I : η κατείσδυση

E : η πραγματική εξατμισιοδιαπνοή

Ο υπολογισμός της πραγματικής εξατμισιοδιαπνοής (E_r) γίνεται με την εφαρμογή της μεθόδου Thornthwaite.

Από τις υπολογιζόμενες εξατμισοβαθμίδες και την ποσοτική ανάλυση του ανάγλυφου υπολογίζεται ο όγκος νερού που εξατμίζεται στα διάφορα υψόμετρα της λεκάνης, βάση της βροχόπτωσης που δέχεται η επιφάνεια μεταξύ δύο ισοϋψών και το ποσοστό της πραγματικής εξατμισιοδιαπνοής που αντιστοιχεί στο μέσο υψόμετρο της επιφάνειας αυτής και αθροίζοντας τα μερικά γινόμενα.

Η παραπάνω ανάλυση παρατίθεται στους πίνακες 13 και 14 (Πατρικάκη, 2010).

Πίνακας 13.Κατανομή του ποσοστού της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής σύμφωνα με την υψομετρική κατανομή στη λεκάνη Βαρυκού (έτος 2004-05)

Μέσο Υψόμετρο (m)	Επιφάνεια (km ²)	Πραγματική εξατμισοδιαπνοή (%)	Όγκος νερού εξάτμισης (x 10 ⁶ m ³)
695	0.03	74.13	0.013
750	6.01	72.28	2.3
850	5.17	68.91	1.96
950	4.15	65.54	1.55
1050	3.17	62.17	1.16
1150	2.41	58.80	0.86
1250	1.39	55.43	0.48
1350	0.793	52.06	0.27
1450	0.37	48.69	0.10
1525	0.13	46.16	0.04
Σύνολο	23.59		8.73

Πίνακας 14. Κατανομή της βροχόπτωσης σύμφωνα με την υψομετρική κατανομή στη λεκάνη Βαρυκού (έτος 2005-06)

Μέσο Υψόμετρο (m)	Επιφάνεια (km ²)	Πραγματική εξατμισοδιαπνοή (%)	Όγκος νερού εξάτμισης (x 10 ⁶ m ³)
695	0.03	62.93	0.01
750	6.01	60.58	2.82
850	5.17	56.31	2.52
950	4.15	52.04	2.06
1050	3.17	47.77	1.58
1150	2.41	43.50	1.19
1250	1.39	39.23	0.67
1350	0.793	34.96	0.36
1450	0.33	30.69	0.14
1525	0.13	27.491	0.05
Σύνολο	23.59	62.93	11.41

ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΗ ΑΠΟΡΡΟΗ

Όσον αφορά την επιφανειακή απορροή, τα στοιχεία προέρχονται από μηχανικό σταθμηγράφο που εγκαταστάθηκε τον Μάρτιο του 2004 στην έξοδο της λεκάνης Βαρυκού.

Από τις μετρήσεις της παροχής με μυλίσκο προέκυψε η καμπύλη στάθμης – παροχής του ρέματος Ξηροπόταμου, ο οποίος αποτελεί τον τελικό αποδέκτη των επιφανειακών

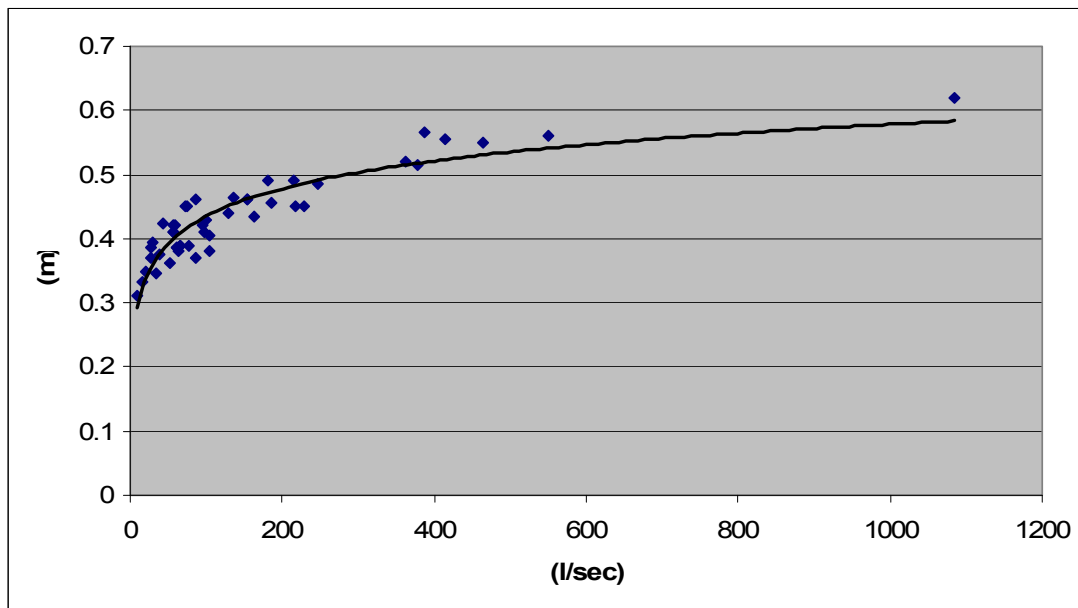
απορροών της λεκάνης Βαρυκού, και σύμφωνα με την οποία υπολογίστηκαν οι μέσες ημερήσιες παροχές του ρέματος. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων καθώς και η ημερομηνία πραγματοποίησής τους παρατίθενται στον πίνακα 15. Οι ημερήσιες τιμές στάθμης και παροχής του ρέματος παρατίθενται στο Παράρτημα.

Η καμπύλη στάθμης-παροχής του ρέματος Ξηροπόταμου απεικονίζεται στο σχήμα 13

Πίνακας 15. Μετρήσεις παροχών στην έξοδο της λεκάνης Βαρυκού

Ημερομηνία	Παροχή (l/sec)	Στάθμη (m)	Ημερομηνία	Παροχή (l/sec)	Στάθμη (m)
28/2/04	73.46	0.45	24/9/05	30.15	0.40
6/3/04	74.44	0.45	13/11/05	42.50	0.43
20/3/04	135.40	0.47	11/12/05	154.00	0.46
28/3/04	181.09	0.49	7/1/06	387.66	0.57
14/4/04	85.87	0.46	15/1/06	129.14	0.44
3/5/04	214.90	0.49	29/1/06	99.57	0.43
11/5/04	153.28	0.46	18/2/06	1084.25	0.62
6/6/04	245.84	0.49	4/3/06	550.28	0.56
12/6/04	95.48	0.42	18/3/06	463.14	0.55
3/7/04	26.92	0.37	9/4/06	228.92	0.45
25/8/04	10.17	0.31	7/5/06	377.83	0.52
11/10/04	27.01	0.39	20/5/06	162.90	0.43
8/11/04	57.05	0.42	4/6/06	103.92	0.38
27/11/04	56.70	0.41	17/6/06	85.92	0.37
23/12/04	55.57	0.41	6/7/06	52.89	0.36
29/1/05	218.44	0.45	20/7/06	33.26	0.35
6/2/05	58.06	0.42	30/9/06	29.85	0.36
27/2/05	414.76	0.56	8/10/06	184.55	0.46
16/3/05	104.02	0.41	6/11/06	60.59	0.39
2/4/05	362.28	0.52	9/12/06	78.09	0.39
21/4/05	97.66	0.41	2/1/07	61.19	0.39
12/5/05	63.50	0.38	20/1/07	38.71	0.38

Ημερομηνία	Παροχή (l/sec)	Στάθμη (m)	Ημερομηνία	Παροχή (l/sec)	Στάθμη (m)
18/6/05	19.72	0.35	11/2/07	65.69	0.39
4/7/05	15.28	0.332	7/3/07	66.37	0.39



Σχήμ

α 13. Καμπύλη στάθμης – παροχής ρέματος Βαρυκού (Πατρικάκη 2010)

Βάση των ημερήσιων τιμών παροχής του ρέματος Ξηροπόταμου προκύπτει ότι η ετήσια επιφανειακή απορροή στην έξοδο της λεκάνης ανέρχεται σε $2.4 \times 10^6 \text{ m}^3$ το υδρολογικό έτος 2004-05 και $7.758 \times 10^6 \text{ m}^3$ το υδρολογικό έτος 2005-06.

Η μέση ετήσια παροχή του ρέματος Ποταμιά ανέρχεται σε $993.34 \text{ m}^3/\text{h}$ και $3047.67 \text{ m}^3/\text{h}$ για τα δύο παραπάνω έτη αντίστοιχα. Οι υψηλότερες τιμές μέσης ετήσια παροχής που παρατηρούνται το έτος 2005-06 αποδίδονται στον κατά 68% αυξημένο όγκο κατακρημνισμάτων σε σχέση με το προηγούμενο έτος.

ΣΥΝΤΑΞΗ ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ

Σύμφωνα με τους υπολογισμούς των παραμέτρων του υδρολογικού ισοζυγίου που προηγήθηκαν η σύνταξη του υδρολογικού ισοζυγίου για τα δύο υδρολογικά έτη έχει ως εξής :

Υδρολογικό έτος 2004-05

$$\begin{array}{rcccccc} P & = & E & + & R & + & I \\ 539.06 \text{ mm} & = & 350.93 \text{ mm} & + & 96.49 \text{ mm} & + & 91.64 \text{ mm} \\ 13.41 \times 10^6 & = & 8.73 \times 10^6 & + & 2.4 \times 10^6 & + & 2.30 \times 10^6 \\ 100.00 \% & = & 65.10 \% & + & 17.90 \% & + & 17.00 \% \end{array}$$

Υδρολογικό έτος 2005-06

$$\begin{array}{rcccccc} P & = & E & + & R & + & I \\ 818.57 \text{ mm} & = & 414.2 \text{ mm} & + & 281.59 \text{ mm} & + & 122.78 \text{ mm} \\ 22.54 \times 10^6 & = & 11.41 \times 10^6 & + & 7.76 \times 10^6 & + & 3.4 \times 10^6 \\ 100.00 \% & = & 50.6 \% & + & 34.4 \% & + & 15.00 \% \end{array}$$

Από την σύνταξη του υδρολογικού ισοζυγίου των δύο ετών παρατηρούμε τα εξής:

- 1) Με την αύξηση των κατακρημνισμάτων που παρατηρείται το υδρολογικό έτος 2005-06 ο συντελεστής πραγματικής εξατμισιδιαπνοής μειώνεται (Γ. Σούλιος, 1^{ος} Τόμος, 1986).
- 2) Με την αύξηση των κατακρημνισμάτων που παρατηρείται το υδρολογικό έτος 2005-06, ο όγκος του νερού που κατεισδύει αυξάνεται αλλά ποσοστιαία σε σχέση με το προηγούμενο έτος μειώθηκε. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στις πολύ έντονες βροχοπτώσεις και στις μεγάλες κλίσεις που επικρατούν στην λεκάνη.
- 3) Το υδρολογικό έτος 2004-05 παρατηρείται υψηλός συντελεστής κατείσδυσης σε σχέση με τον συντελεστή επιφανειακής απορροής γεγονός που πιθανόν οφείλεται στην ομοιόμορφη κατανομή των κατακρημνισμάτων και στην μεγάλη διηθητικότητα που παρουσιάζουν τα μεταμορφωμένα πετρώματα λόγω έντονου τεκτονισμού τα οποία καταλαμβάνουν το 73.3% της συνολικής επιφάνειας της λεκάνης.

6.ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΤΩΝ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ

Οι διάφοροι γεωλογικοί σχηματισμοί που συναντώνται στην περιοχή χαρακτηρίζονται από διαφορετική υδρογεωλογική συμπεριφορά. Οι σχηματισμοί που συναντάμε στην περιοχή είναι αυτοί του υποβάθρου και οι Νεογενείς και Τεταρτογενείς αποθέσεις. Παρακάτω περιγράφεται ο χαρακτηρισμός των υδροφόρων ανάλογα με την υδρογεωλογική τους συμπεριφορά.

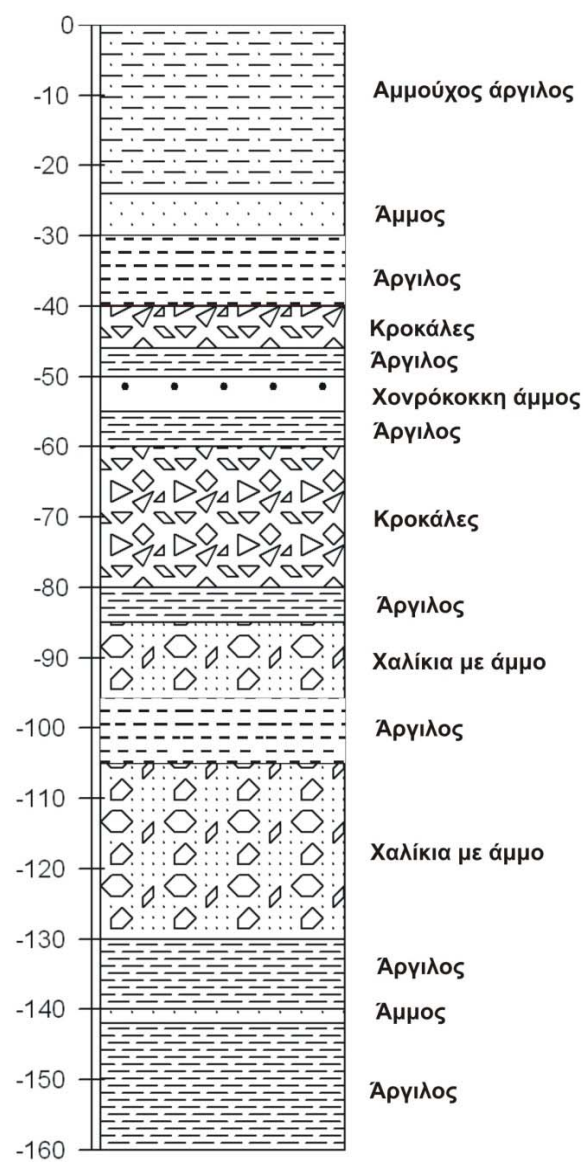
Τεταρτογενείς αποθέσεις

Στην περιοχή οι τεταρτογενείς αποθέσεις καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση στην πεδινή περιοχή. Οι αλλουβιακές αποθέσεις που καταλαμβάνουν έκταση 32.88 km² αποτελούνται από εναλλαγές άμμων, αργίλων, αμμούχων αργίλων και χαλίκια και φιλοξενούν τους σημαντικότερους υδροφόρους ορίζοντες των Τεταρτογενών αποθέσεων.

Στο σχήμα 14 βλέπουμε μια αντιπροσωπευτική τομή από αρδευτική γεώτρηση στην κτηματική περιοχή της Γαλάτειας. Η ανόρυξη της γεώτρησης πραγματοποιήθηκε τον Ιούλιο του 1992 υπό την επίβλεψη του Γεωλόγου μελετητή Αθανάσιου Ματιάκη. Η γεώτρηση έχει βάθος 150 μέτρα όπου και παρατηρούνται συνεχείς εναλλαγές αμμούχων άμμων, χαλικιών και αργίλων. Τα υδροφόρα στρώματα αναπτύσσονται σε βάθη 25 – 55 m, 66- 78 m, 90 - 140 m με συχνές παρεμβολές αργιλικών στρωμάτων.

Τα πλευρικά κορήματα στην περιοχή καλύπτουν γεωγραφικά τα πρηνή της λεκάνης. Συνίσταται από γωνιώδη θραύσματα ποικίλου μεγέθους και σύστασης – αντιπροσωπευτικών της λιθολογικής δομής των ανάντι ορεινών όγκων ή λοφοσειρών – εγκλεισμένα σε αργιλοαμμούχο θεμελιώδη μάζα. Λόγω του ότι εμφανίζουν περιορισμένο πάχος και πλευρική ανάπτυξη παρά την υψηλή υδροπερατότητα, έχουν μειωμένο ενδιαφέρον σαν υδροφόρα συστήματα.

Τα χαλαρά κροκαλοπαγή και ερυθροί πηλοί που εμφανίζονται στο ΒΑ περιθώριο της λεκάνης και αποτελούνται από εναλλαγές αμμούχων αργίλων, χαλαρών αταξινόμητων κροκαλολατυποπαγών και ερυθρών πηλών παρουσιάζουν ελάχιστη υδροπερατότητα λόγω του υψηλού ποσοστού αργίλου και πηλού που περιέχουν.



Σχήμα 14. Λιθολογική τομή αρδευτικής γεώτρησης στην κτηματική περιοχή Γαλάτειας
(κατά Α. Ματιάκη, 1992).

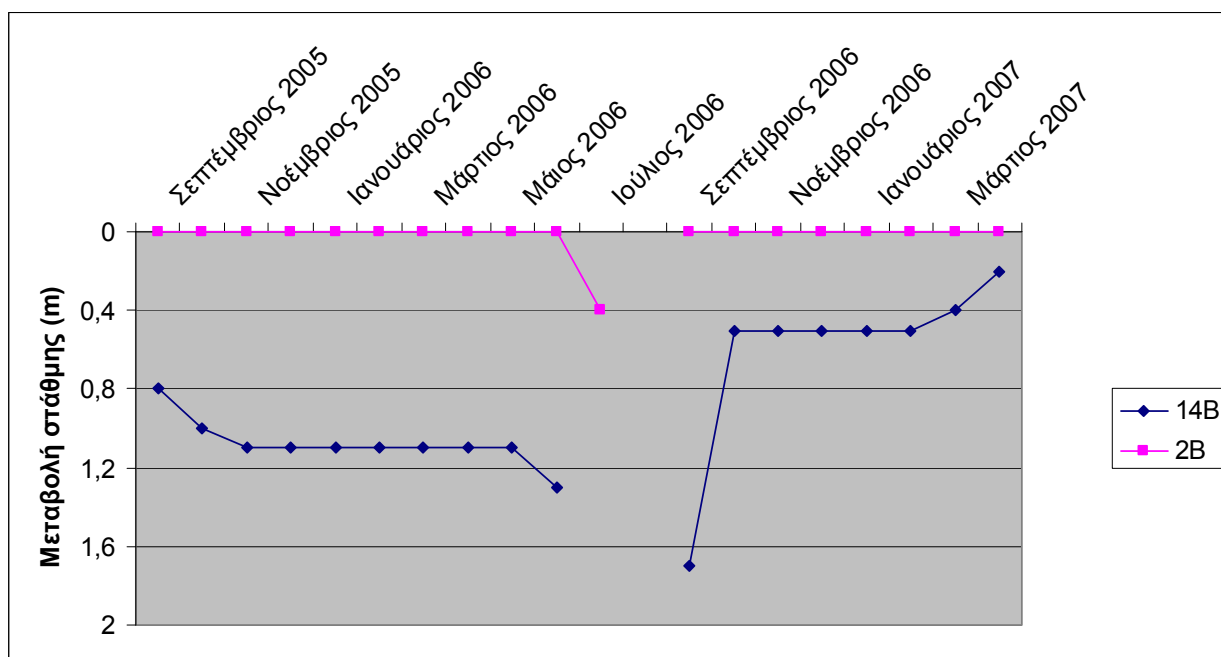
Νεογενή ιζήματα

Συνίσταται κυρίως από λεπτόκοκκους αργιλλούχους άμμους και αργίλους ισχυρώς αμμούχους και εμφανίζονται στο νοτιοανατολικό περιθώριο της περιοχής έρευνας, στο υψίπεδο Μπορντό. Από γεωτρήσεις που έχουν ανορυχθεί από Γερμανούς μελετητές στα πλαίσια έρευνας κατασκευής του φράγματος Περδίκας, διαπιστώθηκε φτωχή υδροφορία εντός του σχηματισμού αυτού, το οποίο οφείλεται στο υψηλό ποσοστό συμμετοχής λεπτόκοκκων υλικών που περιέχουν.

Κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο

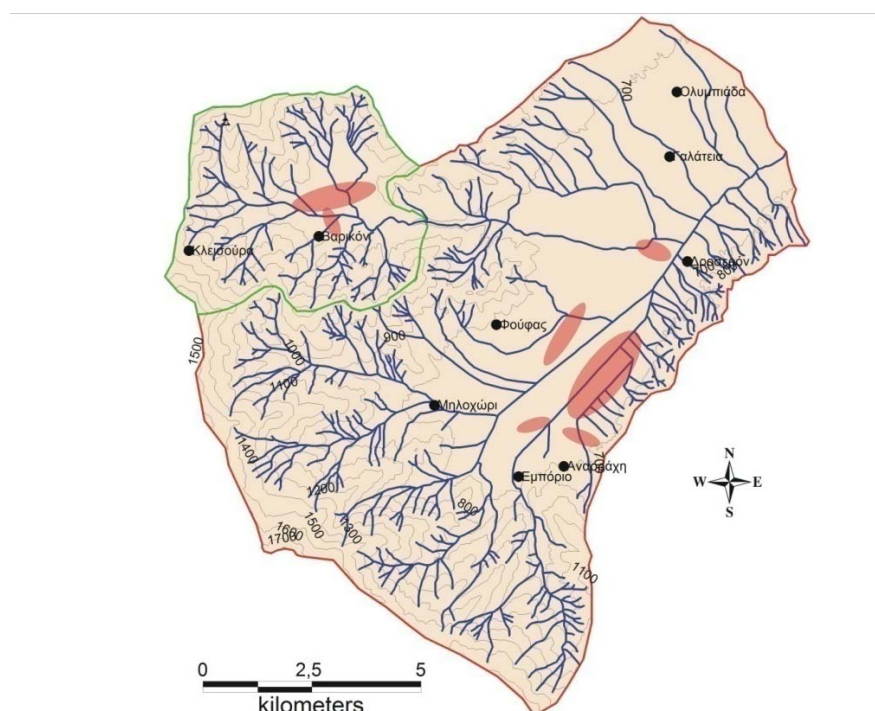
Το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο το οποίο συνίσταται από μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, αμβιβολιτικούς σχιστολιθους, αμφιβολίτες και γνεύσιους εμφανίζει πολύ μικρό ενεργό πορώδες χαρακτηρίζοντας το ως αδιαπέρατο. Στις περιπτώσεις όμως κατακερματισμού των παραπάνω σχηματισμών λόγω έντονου τεκτονισμού και γενικά στις περιπτώσεις ανοιχτών ρωγμών και διακλάσεων, παρουσιάζουν υδρογεωλογικό ενδιαφέρον. Στην περιοχή έχουν ανορυχθεί γεωτρήσεις στο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο, η παροχή των οποίων κυμαίνεται από 40 – 150 m³/h (στοιχεία από τομές γεωτρήσεων που συλλέχθηκαν από την ΥΕΒ).

Πολύ σημαντικό είναι το φαινόμενο του αρτεσιανισμού το οποίο εμφανίζεται σε διάφορες γεωτρήσεις της περιοχής μελέτης μας. Στο σχήμα15 που ακολουθεί παρουσιάζεται η μέση μηνιαία διακύμανση της στάθμης του νερού σε δυο γεωτρήσεις της λεκάνης Βαρυκού.



Σχήμα 15 Διακύμανση της στάθμης του υπόγειου νερού σε δύο γεωτρήσεις.

Στη συνέχεια απεικονίζονται οι θέσεις των γεωτρήσεων όπου εμφανίζεται το φαινόμενο του αρτεσιανισμού. Βέβαια το φαινόμενο αυτό δεν εμφανίζεται μόνο στη λεκάνη μελέτης μας αλλά γενικά σε όλη τη λεκάνη του ρέματος του Ποταμιά. Ο αρτεσιανισμός εμφανίζεται τους χειμερινούς μήνες, ενώ τους θερινούς μήνες λόγω άντλησης δεν εμφανίζεται σχεδόν καθόλου.



Σχήμα 16 Περιοχές όπου παρουσιάζεται το φαινόμενο του αρτεσιανισμού (Πατρικάκη 2010)



(ενδεικτικές φωτογραφίες απο γεωτρήσεις στην περιοχή Βαρυκού)

7.ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ

Υδροχημικός χαρακτήρας νερού

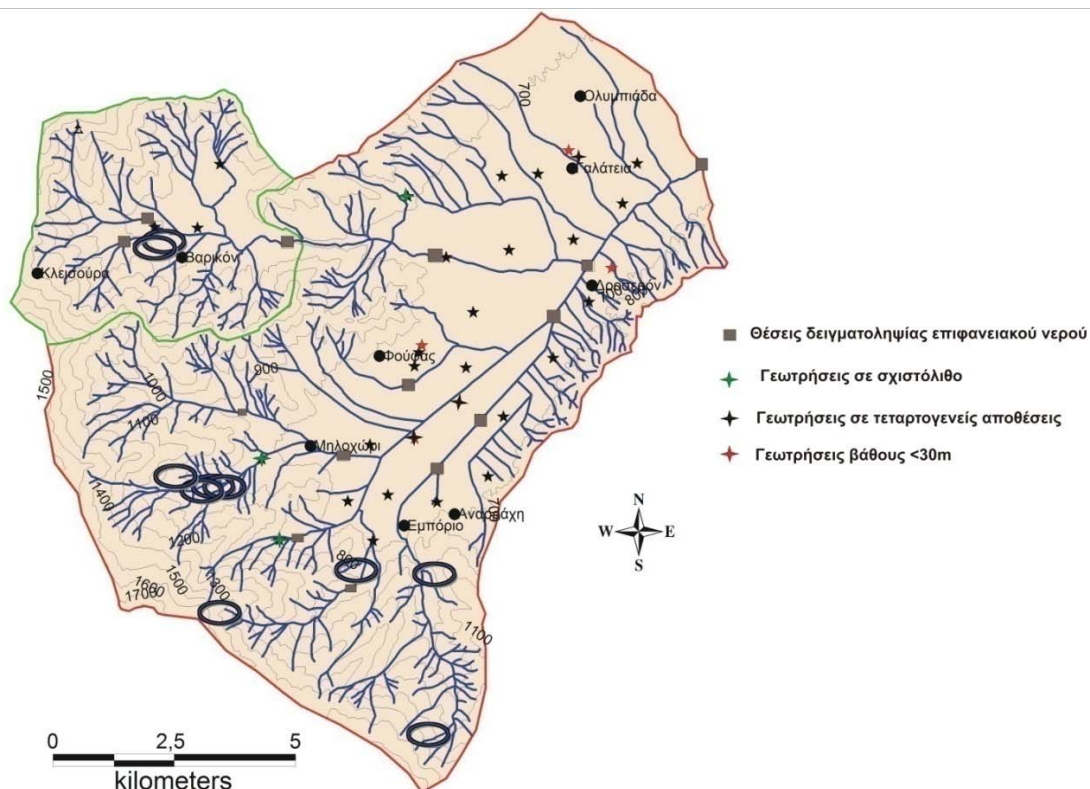
Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται μια μικρή αναφορά στην ποιότητα του νερού καθώς και τα χαρακτηριστικά του. Η χημική σύσταση του υπόγειου νερού ως γνωστόν καθορίζεται από τη φύση των πετρωμάτων δια μέσου των οποίων κινείται, από το χρόνο επαφής νερού – πετρωμάτων και από τις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Η έρευνα επομένως της χημικής σύστασης του υπόγειου νερού μας επιτρέπει να έχουμε μια συμπληρωματική εικόνα για την προέλευση, τη ροή και τους μηχανισμούς τροφοδοσίας ενός υδάτινου σώματος. Μας επιτρέπει επίσης να διαχωρίσουμε περιοχές και υδροφόρα συστήματα με διαφορετική ποιότητα νερού και να προσδιορίσουμε την δυνατότητα διάθεσής του για διάφορες χρήσεις στη βιομηχανία, την άρδευση ή την ύδρευση.

ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ

Στα πλαίσια της υδροχημικής έρευνας των υπόγειων νερών της περιοχής έρευνας πραγματοποιήθηκαν έξι δειγματοληψίες, δύο φορές το χρόνο, την υγρή και ξηρή περίοδο (Μάιος 04 – Οκτώβριος 06). Τα σημεία δειγματοληψίας διακρίνονται σε γεωτρήσεις, πηγές και επιφανειακά νερά. Η έρευνα αυτή πραγματοποιήθηκε από την κ. Πατρικάκη (2010). Οι χημικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο Κέντρο Περιβάλλοντος Πτολεμαΐδας.

Στο σχήμα 17 απεικονίζονται οι θέσεις δειγματοληψίας των υπόγειων και επιφανειακών νερών.



Σχήμα 17. Θέσεις δειγματοληψίας υπόγειου και επιφανειακού νερού (Πατρικάκη, 2010)

Με βάση τις τιμές του TDS προκύπτει σχετικά με τα νερά των γεωτρήσεων ότι πρόκειται για μέτρια σκληρά έως σκληρά νερά, με εξαίρεση δυο γεωτρήσεις οι οποίες είναι οι δύο από τις τρεις ρηχές γεωτρήσεις του δικτύου παρακολούθησης τα νερά των οποίων χαρακτηρίζονται πολύ σκληρά. Τα νερά των πηγών που προέρχονται από κρυσταλλοσχιστώδη χαρακτηρίζονται μαλακά έως μέτρια μαλακά ενώ το νερό της πηγής που προέρχεται από καρστικοποιημένο ασβεστόλιθο χαρακτηρίζεται σκληρό νερό. Σχετικά με τα επιφανειακά νερά προκύπτει ότι πρόκειται για μαλακά έως σκληρά νερά, με τα σκληρά νερά να εμφανίζονται στο πεδινό τμήμα της λεκάνης. Από τους πίνακες των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων παρατηρούμε ως επί το πλείστον μικρές μεταβολές στο χημισμό των νερών μεταξύ των δύο περιόδων, με εξαίρεση τις γεωτρήσεις 17Γ και 2Ε στο νερό

των οποίων παρατηρούνται μεγάλες μεταβολές στο χημισμό του νερού μεταξύ της υγρής και ξηρής περιόδου, με το σκληρότερο νερό να παρατηρείται την υγρή περίοδο.

Πίνακας 16 Στατιστική επεξεργασία δεδομένων χημικών αναλύσεων νερού γεωτρήσεων περιόδου Ιούνιος 2006

παράμετρος	Ελάχιστη τιμή	Μέγιστη τιμή	Μέση τιμή
pH	7.08	8.1	7.4
Cond	241.9	2090.7	602.6
T.D.S.	163.3	1417.7	398.9
Na	5.2	51.0	17.3
K	0.5	10.7	3.1
Mg	5.4	102.6	21.5
Ca	29.0	173.0	54.2
Cl	3.0	120.0	14.2
SO ₄	7.0	170.0	34.4
NO ₃	1.0	396.0	34.0
HCO ₃	90.0	435.0	219.9

Από τη στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων των χημικών αναλύσεων νερού γεωτρήσεων περιόδου Ιουνίου 2006 προκύπτει ότι τα κύρια ιόντα έχουν τα παρακάτω όρια συγκεντρώσεων:

Ca^{+2} : (29- 173.0 mg/l), Mg^{+2} (5.4 – 102.6 mg/l) , Na^{+} : (5.2 – 51.0 mg/l)

K^{+} : (0.5 – 10.7 mg/l)

HCO_3 : (90.0 – 435.0 mg/l) , SO_4^{2-} (7.0 - 170 mg/l), NO_3^{-} (1.0-396.0 mg/l)

Cl^{-} (3.0 – 120.0 mg/l)

Να σημειωθεί ότι οι πολύ υψηλές τιμές σε όλα τα κύρια ιόντα καθώς και στην αγωγιμότητα παρατηρούνται σε δύο ρηχές γεωτρήσεις. Στις υπόλοιπες γεωτρήσεις τόσο η συγκέντρωση των κύριων ιόντων όσο και οι τιμές της αγωγιμότητας κυμαίνονται σε πολύ χαμηλότερα επίπεδα.

8.ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η υπολεκάνη Βαρυκού έχει έκταση 23.59 km², μέσο υψόμετρο 951,8 m και μέση κλίση 34.3%. Αποστραγγίζεται απο το ρέμα του Ξηροποτάμου.
- Το υδρογραφικό δίκτυο είναι δενδριτικής μορφής. Υψηλός συντελεστής διακλάδωσης παρατηρείται στην ορεινή περιοχή καθώς και στην περιοχή που καλύπτεται απο τα νεογενή ιζήματα.
- Οι κύριοι γεωλογικοί σχηματισμοί που συναντώνται στην περιοχή είναι το κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο, τα νεογενή ιζήματα και οι τεταρτογενείς αποθέσεις.
- Ο ετήσιος όγκος του νερού από την βροχόπτωση ανέρχεται σε 13,4 x 10⁶ m³ για το 2004-05 και 22,5 x 10⁶ m³ για το 2005-06.
- Ο συντελεστής πραγματικής εξατμισοδιαπνοής κυμαίνεται απο 50-65% της ετήσιας βροχόπτωσης, ανάλογα με το υδρολογικό έτος.
- Η ετήσια επιφανειακή απορροή του Ξηροποτάμου κυμαίνεται μεταξύ 2,4 x 10⁶ m³ και 7,7 x 10⁶ m³.
 - Απο την σύνταξη του υδρολογικού ισοζυγίου στην υπολεκάνη Βαρυκού προέκυψαν τα εξής:
- Με την αύξηση των κατακρημνισμάτων που παρατηρείται το υδρολογικό έτος 2005-06 ο συντελεστής πραγματικής εξατμισοδιαπνοής μειώνεται.
- Με την αύξηση των κατακρημνισμάτων που παρατηρείται το υδρολογικό έτος 2005-06, ο όγκος του νερού που κατεισδύει αυξάνεται αλλά ποσοστιαία σε σχέση με το προηγούμενο έτος μειώθηκε. Αυτό πιθανόν να οφείλεται στις πολύ έντονες βροχοπτώσεις και στις μεγάλες κλίσεις που επικρατούν στην περιοχή.
- Η κατείσδυση και ως απόλυτη τιμή και ως συντελεστής είναι υψηλή και στα δύο έτη, γεγονός που οδηγεί στο συμπέρασμα ότι πιθανόν ο συντελεστής κατείσδυσης των μεταμορφωμένων πετρωμάτων είναι υψηλότερος (8-14%) απο τον γενικά αποδεκτό.

- Οι γεωτρήσεις που παρουσιάζουν αρτεσιανισμό επανέρχονται άμεσα μετά την αρδευτική περίοδο στην υπολεκάνη Βαρυκού ενώ στο πεδινό τμήμα της υπολεκάνης Μουρικού επανέρχονται σε διάστημα τριών περίπου μηνών.

Απο την υδροχημική έρευνα προέκυψαν τα εξής:

- Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων στα νερά των βαθιών γεωτρήσεων (>40m) προκύπτει ότι πρόκειται για μέτρια σκληρά έως σκληρά νερά, ενώ τα νερά των ρηχών γεωτρήσεων (<40m) χαρακτηρίζονται ως επί το πλείστον πολύ σκληρά. Τα νερά των πηγών που προέρχονται από κρυσταλλοσχιστώδη χαρακτηρίζονται μαλακά έως μέτρια μαλακά ενώ το νερό της πηγής που προέρχεται από καρστικοποιημένο ασβεστόλιθο χαρακτηρίζεται σκληρό νερό. Σχετικά με τα επιφανειακά νερά προκύπτει ότι πρόκειται για μαλακά έως σκληρά νερά, με τα σκληρά νερά να εμφανίζονται στο πεδινό τμήμα της λεκάνης.
- Στην υπολεκάνη Βαρυκού οι υψηλότερες τιμές ηλεκτρικής αγωγιμότητας παρατηρούνται στο Β/Δκό τμήμα της λεκάνης, το οποίο συνδιαζόμενο με τις χαμηλότερες υδραυλικές κλίσεις που παρατηρούνται στο τμήμα αυτό, υποδηλώνει μικρότερο ρυθμό ανανέωσης του νερού.
- Τα νερά των πηγών των κρυσταλλοσχιστωδών πετρωμάτων περιέχουν μικρές ποσότητες διαλυμένων αλάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Βουδούρης Στ. Κ., 1995. Υδρογεωλογικές Συνθήκες του ΒΔ Τμήματος του Νομού Αχαΐας, Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας Πανεπιστημίου Πατρών, Πάτρα.

Δημητρακόπουλος Δ., 2001. Υδρογεωλογικές Συνθήκες Ορυχείου Αμυνταίου. Προβλήματα κατά την Εκμετάλλευση και Αντιμετώπισή τους. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών, Ε.Μ.Π., Αθήνα

Κούκουζας, Κ.Ν., 1997, Γεωλογικός Χάρτης, Φύλλο Πτολεμαΐς , κλίμακα 1:50.000, ΙΓΜΕ, Αθήνα.

Μαυρίδης Α., Κελεπερτζή Α., 1982, Γεωλογικός Χάρτης, Φύλλο Σιάτιστα, κλίμακα 1:50.000, ΙΓΜΕ, Αθήνα.

Mountrakis, D., 1982. Etude géologique des terrains metamorphiques de Macédoine occidentale (Grèce) . Bull. Soc. Géol. France, **24**, 697-704.

Μουντράκης, Δ., 1983. Η γεωλογική δομή της Βόρειας Πελαγονικής ζώνης και η γεωτεκτονική εξέλιξη των εσωτερικών Ελληνίδων. Πραγματεία για υφηγεσία, University Studio, Θεσ/νίκη, 289 σελ.

Μουντράκης, Δ., 1985. Γεωλογία της Ελλάδας. University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Μουντράκης, Δ., 1988. Συνοπτική Γεωτεκτονική εξέλιξη του ευρύτερου Ελληνικού χώρου. Τμήμα Εκδόσεων Α.Π.Θ., Θεσσαλονίκη, σελ. 116.

Παυλίδη Β. Σπύρου, 1985. Νεοτεκτονική Εξέλιξη της Λεκάνης Φλώρινας – Βεγορίτιδας – Πτολεμαΐδας (Δ. Μακεδονία), Διδακτορική διατριβή που υποβλήθηκε στο Γεωλογικό Τμήμα Α.Π.Θ., Τόμος 23 - Παράρτημα Αριθμ. 43, Θεσσαλονίκη.

Πατρίκκη Όλγα 2010. Υδρογεωλογική έρευνα λεκάνης απορροής ρέματος Ποταμιά, Νομός Κοζάνης, Δυτική Μακεδονία, Διδακτορική διατριβή, τμήμα Γεωλογίας Α.Π.Θ.

Σούλιος, Γ., 2004. Γενική Υδρογεωλογία, Τρίτος Τόμος, Εκδοτικός Οίκος Αδελφών Κυριακίδη, Θεσσαλονίκη.

Σούλιος, Γ., 2006. Γενική Υδρογεωλογία, Τέταρτος Τόμος, University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Σπυρόπουλος Α. Ν., 1992. Η Γεωλογική Δομή της Πελαγονικής Ζώνης στο Όρος Άσκιο της Δ. Μακεδονίας. Διδακτορική Διατριβή, Θεσσαλονίκη.

Χατζηδημητριάδης, Ελ. και Π. Βαφειάδης, 1989. Έρευνα πάνω στο υδρολογικό ισοζύγιο λεκανών απορροής του ελληνικού χώρου (Παράδειγμα από τη λεκάνη Σκλήθρου Φλώρινας). Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, τομ. XXVI, 129-153.