

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΤΕΧΝΙΚΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΟΙ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΑΞΙΟΥ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ



ΣΥΡΓΑΝΙΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΑΕΜ 3633
ΛΕΥΚΑΔΙΤΗΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΑΕΜ 3582

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΚΩΝ/ΝΟΣ ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2007

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος	2
Γεωγραφικά και οικολογικά στοιχεία	3
Το Δέλτα του Αξιού και ο Βιότοπος	4
Μορφολογία	8
Γεωλογία-Στρωματογραφία	11
Κλιματικά Δεδομένα	19
Υδρολογικά στοιχεία της λεκάνης του Αξιού	23
Υδρογεωλογικά στοιχεία	24
Πιεζομετρία της Λεκάνης	27
Ποιότητα υπογείων υδάτων	31
Ρύπανση	37
Συμπεράσματα	38
Βιβλιογραφία	39

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στα πλαίσια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας, μας ανατέθηκε από το εργαστήριο τεχνικής γεωλογίας και υδρογεωλογίας η διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών της λεκάνης του Αξιού. Υπεύθυνος καθηγητής ανέλαβε ο Λέκτορας Κων/νος Βουδούρης.

Πραγματοποιήθηκαν οι κάτωθι εργασίες:

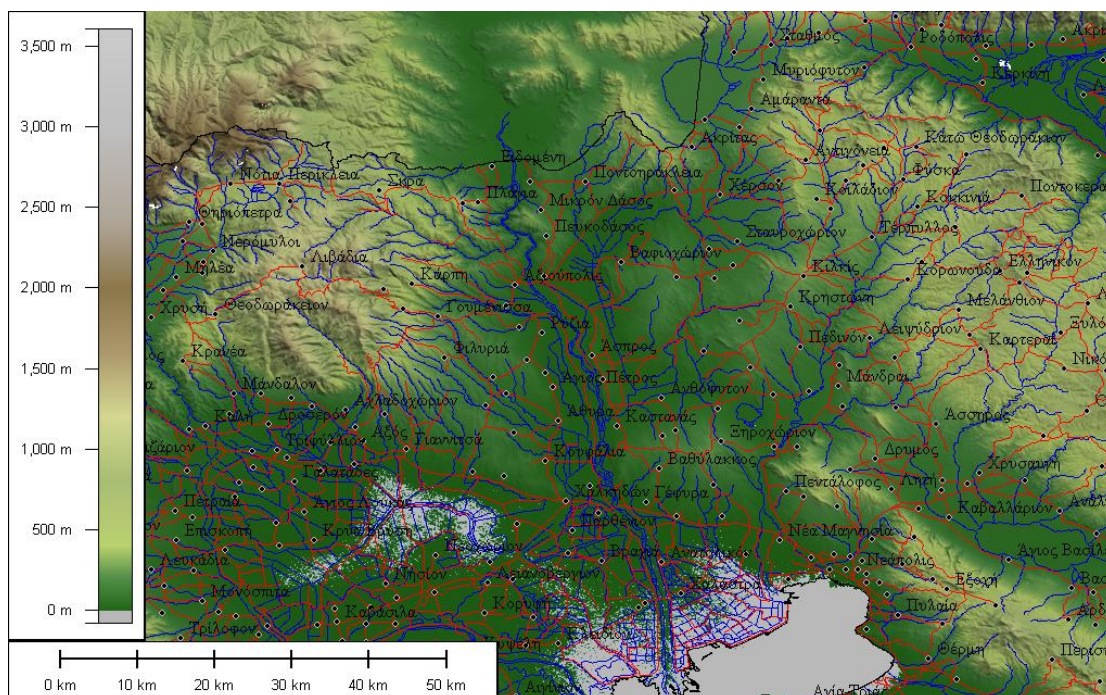
- Επιλέχθηκαν 7 γεωτρήσεις για τη μέτρηση της στάθμης των υπογείων υδάτων από τους σταθμούς Πολύκαστρο, Ρύζια, Αξιοχώρι, Αγ. Πέτρος του νομού Κιλκίς και Καστανά, Χαλάστρα, Ελεούσα του νομού Θεσ/νίκης.
- Επιλέχθηκαν οι μετεωρολογικοί σταθμοί της Χαλάστρας και του Πολυκάστρου για τη συλλογή και επεξεργασία βροχομετρικών και κλιματικών δεδομένων.
- Χημική ανάλυση από δειγματοληψία υπόγειου νερού.
- Μελέτη των αποτελεσμάτων και καταγραφή συμπερασμάτων.

Ευχαριστούμε ιδιαιτέρως για την πολύτιμη συμβολή τους στη διεκπεραίωση της διπλωματικής εργασίας

- τον Λέκτορα Κων/νο Βουδούρη για την καθοδήγηση και τις επιστημονικές συμβουλές του.
- τους επιστημονικούς υπευθύνους του τμήματος Υδρογεωλογίας του Ι.Γ.Μ.Ε Θεσ/νίκης για την άρτια συνεργασία.

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΚΑΙ ΟΙΚΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ο ποταμός Αξιός μήκους 380 km πηγάζει από την ορεινή περιοχή του βορειοδυτικού τμήματος του Κρατιδίου των Σκοπίων και αφού διασχίσει με τους πολυάριθμους παραποτάμους του, το κύριο τμήμα του F.Y.R.O.M. , χύνεται στον Θερμαϊκό Κόλπο δυτικά της Θεσσαλονίκης. Μόνο τα τελευταία 80 km του Αξιού βρίσκονται σε Ελληνικό έδαφος.



Σχ.1 Θέση της λεκάνης Αξιού.

Η λεκάνη απορροής του Αξιού, που βρίσκεται στην ελληνική επικράτεια έχει έκταση 1,200,000 στρέμματα, από τα οποία περίπου 950,000 αναπτύχθηκαν γεωργικά και σήμερα η λεκάνη αυτή είναι μία από τις πλέον αναπτυγμένες γεωργικές περιοχές της Χώρας, όπου καλλιέργειες μεγάλης αξίας όπως βαμβάκι, αραβόσιτος, τεύτλα, ρύζι και λαχανικά καταλαμβάνουν σημαντικό τμήμα της καλλιεργούμενης γης.

Στο νότιο τμήμα της λεκάνης υπάρχει αρδευτικό δίκτυο που τροφοδοτείται εξ' ολοκλήρου με το νερό του Αξιού. Στο βόρειο τμήμα υπάρχει περιορισμένης έκτασης επιφανειακό αρδευτικό δίκτυο ενώ στο υπόλοιπο η άρδευση γίνεται με νερό γεωτρήσεων. Όμως το περιορισμένο επιφανειακό δίκτυο της βόρειας περιοχής δεν είναι τίποτε άλλο παρά το παλιό στραγγιστικό στο οποίο κατά τα τελευταία έτη διοχετεύεται νερό του Αξιού μέσω του ρυθμιστικού φράγματος.

Οι Δήμοι και Κοινότητες της Λεκάνης υδροδοτούνται από αντλήσεις υπογείων νερών με εξαίρεση το Δήμο Αξιουπόλεως και παρακείμενες

Κοινότητες που υδροδοτούνται από φυσικές ορεινές πηγές. Επιπλέον το μεγαλύτερο ποσοστό του νερού υδροδότησης της πόλης της Θεσσαλονίκης προέρχεται από άντληση υπογείων νερών της Λεκάνης Αξίου. Στη λεκάνη δραστηριοποιούνται συνολικά 1,850,000 άτομα, εκ των οποίων 1,600,000 στη F.Y.R.O.M. και 250,000 στην Ελλάδα (Karageorgis et al., 2005).

Το Δέλτα του Αξίου και ο Βιότοπος



Εικ.1 Το δέλτα του Αξίου (Πηγή: Google Earth).

Στην περιοχή που εκβάλει ο Αξιός σχηματίζεται ένα δέλτα έκτασης 22.000 στρεμμάτων. Δέλτα με υφάλμυρες λιμνοθάλασσες, αλίπεδα και εκτεταμένα ιλύπεδα. Μεγάλα τμήματα της περιοχής μετά από εγγειοβελτιωτικά έργα μετατράπηκαν σε βοσκοτόπια και καλλιεργήσιμη γη. Σε όλο το μήκος του Αξίου, έχουν κατασκευαστεί φράγματα που συγκρατούν τις πλημμύρες. Επίσης, υπάρχουν ορυζώνες. Οι κύριες ανθρώπινες δραστηριότητες είναι η γεωργία, η αλιεία και το κυνήγι. Η περιοχή διασχίζεται από την εθνική οδό Θεσσαλονίκης - Αθηνών, βόρεια της οποίας υπάρχουν αρκετές πόλεις και χωριά. Η πίεση από το κυνήγι είναι έντονη και οι αλλαγές της υδάτινης ροής ψηλότερα στο ρου των ποταμών (πχ. κατασκευή πολλαπλών υδροηλεκτρικών και αρδευτικών φραγμάτων στον Ποταμό Αλιάκμονα)

έχουν επηρεάσει δυσμενώς την παροχή γλυκού νερού και φερτών υλών στο δέλτα. Επίσης υπάρχουν τάσεις εντατικοποίησης της γεωργίας και της αλιείας.

Στην ευρύτερη περιοχή εκβάλλουν και οι ποταμοί Λουδίας, Αλιάκμονας και Γαλλικός και μαζί με τις αλυκές Κίτρους δημιουργούν έναν υδροβιότοπο μεγάλης έκτασης και σημασίας. 11000 εκτάρια προστατεύονται από τις συνθήκες ***Ράμσαρ*** και ***Βέρνης***. Επίσης 4.000 εκτάρια αποτελούν μη κυνηγετική ζώνη με λίγους περιορισμούς στις βιομηχανικές και αλιευτικές δραστηριότητες.

Στην περιοχή υπάρχουν σημαντικοί πληθυσμοί υδρόβιων πτηνών όπως ερωδιοί, χαλκόκοτες, νεροχελίδονα, γαλιάντρες κ.α. Μαζί με τα είδη που καταφθάνουν την εποχή της μετανάστευσης ξεπερνάνε τα 200. Μεταξύ των ειδών αυτών υπάρχουν και αρπακτικά όπως ο θαλασσαετός. Ορνιθολογικά μιλώντας, στην περιοχή υπάρχουν μερικές σημαντικές αποικίες ερωδιών, παρυδάτιων πουλιών και γλαρονιών. Μεγάλοι αριθμοί παρυδάτιων (20.000-50.000) εμφανίζονται κατά τη μετανάστευση. Ο αριθμός των πουλιών που ξεχειμωνιάζουν (άλλοτε έφταναν περίπου τις 142.000) έχει μειωθεί κατά πολύ.

Οι όχθες του ποταμού περιβάλλονται από δάση με λεύκες, οξιές και πλατάνια, ενώ όσο πλησιάζουμε στις εκβολές κυριαρχούν τα αλμυρίκια και οι θάμνοι. Στο δέλτα του Αξιού εκτρέφονται περίπου **60 νεροβούβαλοι και 50 περίπου άλογα ζουν ελεύθερα στην περιοχή**. Τα δάση του Αξιού φιλοξενούν λύκους, τσακάλια, αγριόγατες, βίδρες κ.α.

Είκοσι χιλιόμετρα από τη Θεσσαλονίκη, στο φράγμα του ποταμού Αξιού βρίσκεται η νησίδα των άγριων αλόγων. Στα 2.500 στρέμματά της φιλοξενεί 100 είδη σπάνιων πουλιών και αγέλες ελεύθερων αλόγων. Πανέμορφα και περήφανα άτια που καλπάζουν για να επιβιώσουν από επιδρομές λύκων και αλογοκλεφτών! Ο Δήμος Κουφαλίων και άλλοι φορείς της Θεσσαλονίκης ανέλαβαν δράση για να σώσουν και να αξιοποιήσουν το νησί των άγριων αλόγων. Δεν έχει ονομασία. Αποτελεί τη μεγαλύτερη ποτάμια νησίδα από ένα σύμπλεγμα 5 - 6 νησίδων που σχηματίστηκαν τις τελευταίες δεκαετίες στο μεγαλύτερο άνοιγμα του Αξιού ποταμού. Βρίσκεται βορείως από το δέλτα του ποταμού, σε απόσταση πέντε χιλιομέτρων από τα Κουφάλια Θεσσαλονίκης, στην είσοδο του φράγματος, όπου το 1934, έγινε η εκτροπή του ποταμού για να μην εκβάλλει αυτός στο λιμάνι της Θεσσαλονίκης. Αυτή η λωρίδα γης, που διαθέτει πυκνή παραποτάμια βλάστηση και φιλοξενεί περισσότερα από 100 είδη σπάνιων πουλιών, κρύβει ένα απρόσμενο μυστικό: Εδώ και 20 - 30 χρόνια, μακριά από τα βλέμματα και την παρουσία του ανθρώπου, είναι η «Γη των Άγριων Αλόγων». Μοιάζει απίστευτο αλλά 20 km από το κέντρο της Θεσσαλονίκης περισσότερα από 100 περήφανα και ατίθασα ζώα ζουν και καλπάζουν ελεύθερα σε

συνθήκες που θυμίζουν... Άγρια Δύση και προσπαθούν να επιβιώσουν από τις επιδρομές των λύκων, των τσακαλιών και των αλογοκλεφτών!



Εικ. 2 Άλογα στο Δέλτα του Ποταμού Αξιού (Πηγή: Εφημερίδα Καθημερινή).

Η νησίδα των άγριων αλόγων του ποταμού Αξιού τόσο μοναδική και τόσο ξεχωριστή δεν είχε τύχει μέχρι τώρα της προσοχής των ειδικών και των αρμοδίων αλλά ούτε και των ευρωπαϊκών προγραμμάτων αξιοποίησης. Αν εξαιρέσει κανείς το ενδιαφέρον ορισμένων φιλόζων κατοίκων της περιοχής των Κουφαλίων και τη μελετητική ματιά λιγοστών επιστημόνων του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης, τα άλογα του Αξιού επιβιώνουν και πολλαπλασιάζονται όπως την εποχή πριν από την εξημέρωση του είδους.

Η απάντηση για το πώς βρέθηκαν τα άλογα πάνω στη νησίδα στην οποία υπάρχει πρόσβαση από τις όχθες και μόνο όταν κλείσουν οι στρόφιγγες του φράγματος, είναι σχετικά απλή. Μετά τη δεκαετία του '70, όταν το τρακτέρ κυριάρχησε στην ελληνική ύπαιθρο, πολλοί γεωργοκτηνοτρόφοι βρήκαν ως εύκολη λύση την εγκατάλειψη των αλόγων κοντά στο ποτάμι. Η νησίδα, στην οποία οι προσβάσεις από ξηράς ήταν περιορισμένες, αποδείχθηκε τελικά το φυσικό καταφύγιο των -διωγμένων από τον άνθρωπο- αλόγων για όλη την πεδιάδα του Αξιού. Καθώς η στάθμη των νερών κοντά στο φράγμα σταθεροποιήθηκε και η νησίδα διαμορφώθηκε οριστικά, τα άλογα έμειναν εγκλωβισμένα πάνω της. Προστατευμένα στο αδιάβατο νησί του ποταμού, χρόνο με το χρόνο πολλαπλασιάστηκαν και εντάχθηκαν στο οικοσύστημα. Η μικρή αγέλη

έγινε κοπάδι και σήμερα υπάρχουν 3 - 4 αγέλες αλόγων σχεδόν απλησίαστες από τους ανθρώπους.



Εικ. 3 Οι σχηματιζόμενες νησίδες στο Δέλτα του ποταμού Αξιού.

Ο υδροβιότοπος αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα "επιβίωσης" εξαιτίας της αλόγιστης ανθρώπινης δραστηριότητας. Τα βιομηχανικά απόβλητα που μολύνουν τα ύδατα, η αμμοληψία, η λαθροθηρία και η υπεράντληση των υδάτων για άρδευση (Σκόπια) είναι μερικοί από τους κινδύνους που απειλούν τον υδροβιότοπο.

Μορφολογία

Το μέγιστο υψόμετρο της λεκάνης ανέρχεται σε 2600 m, ενώ στο ελληνικό έδαφος είναι 1650 m. Το παράκτιο τμήμα (Δέλτα) του Αξιού αποτελεί ένα σύμπλεγμα υδροτόπων, στο οποίο περιλαμβάνονται οι εκβολές του Γαλλικού και του Λουδία και το δέλτα του Αλιάκμονα.

Οι λοφώδεις σχηματισμοί που αναπτύσσονται βόρεια του οικισμού Πευκοδάσους οριοθετούν και διαχωρίζουν τη λεκάνη απορροής του ποταμού Αξιού στον ελληνικό χώρο, σε δύο δευτερεύουσες λεκάνες οι οποίες επικοινωνούν δια μέσου των στενών του Τσιγγανέ Δερβέν:

α) Στην υπολεκάνη απορροής του άνω ρου του ποταμού Αξιού προς Βορρά και

β) Στην υπολεκάνη απορροής του κάτω ρου του ποταμού Αξιού προς Νότο, η υδροκριτική γραμμή της οποίας αναπτύσσεται εξ' ολοκλήρου στον ελλαδικό χώρο.

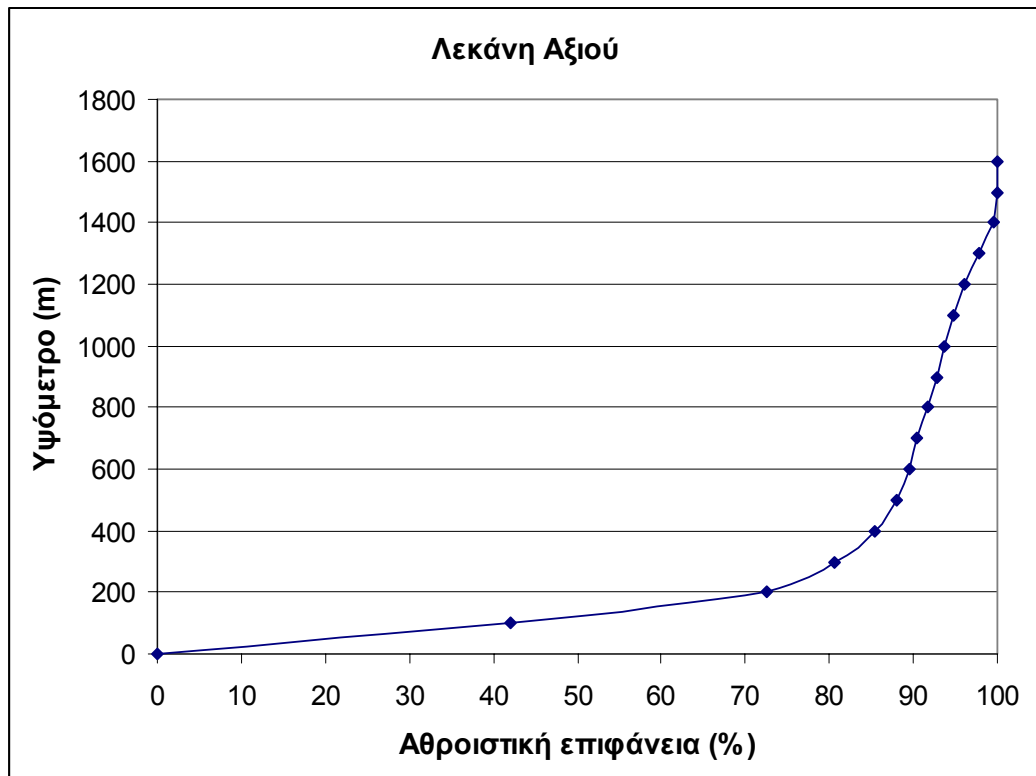
Το μέσο υψόμετρο της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού ανέρχεται σε 239 m. Ο δείκτης αναγλύφου, ο οποίος είναι ο δείκτης της έντασης των διεργασιών της διάβρωσης που έγιναν και γίνονται στις κλιτύες της λεκάνης απορροής, ανέρχεται σε 0,04 (Μελαδιώτης, 1984).

Από την υψομετρική καμπύλη της λεκάνης απορροής του ποταμού Αξιού, η οποία δείχνει την κατανομή της επιφάνειας σε διάφορα υψόμετρα (Σχήμα 2) προκύπτει ότι:

α) Το υψόμετρο συχνότητας 50% που ανέρχεται σε 115 m και εκφράζει το υψόμετρο του 50% της συνολικής επιφάνειας της λεκάνης απορροής και

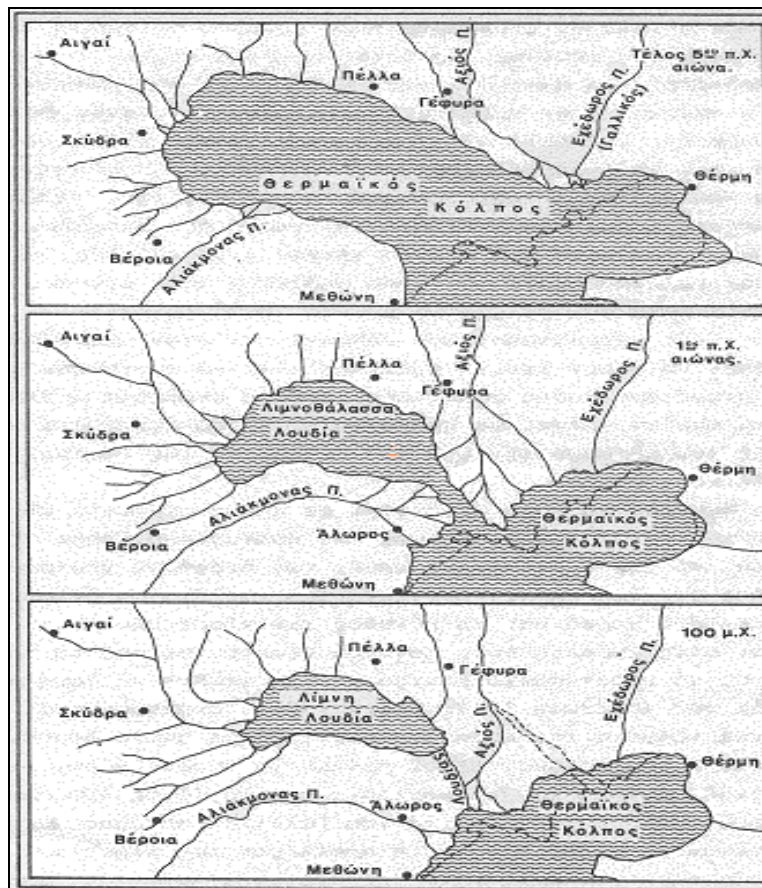
β) Το υψόμετρο μέγιστης συχνότητας που ανέρχεται σε 50 m.

Οι χαμηλές τιμές της υψομετρικής καμπύλης της λεκάνης υποδηλώνουν την έντονη υποβάθμιση του αναγλύφου της, λόγω των εξωγενών διεργασιών.



Σχ. 2 Υψογραφική καμπύλη της λεκάνης του ποταμού Αξιού.

Τον 5^ο αιώνα π.Χ. ο Αξιός εξέβαλλε αρκετά ανατολικά της Χαλκηδόνας. Η απομάκρυνση της θάλασσας από την περιοχή οφείλεται στις προσχώσεις των ποταμών Εχέδωρου (Γαλλικού), Αξιού, Λουδία και του Αλιάκμονα, σε συνδυασμό με τις ανοδικές κινήσεις της περιοχής. Φαίνεται ότι οι ποταμοί με τις προσχώσεις είχαν αποκλείσει υδάτινα τμήματα του κόλπου από τα οποία σχηματίσθηκαν τα έλη.



Σχ.3 Γεωμορφολογική εξέλιξη της ευρύτερης περιοχής (Από Μελαδιώτης, 1984).

Τα εγγειοβελτιωτικά έργα της περιόδου 1928-43 για την κάλυψη των αναγκών γεωργικής γης, καθώς και η ανάγκη αντιμετώπισης της ελονοσίας επέβαλαν την εκτροπή της κοίτης του ποταμού, Δυτικά της παλιάς του κοίτης στο ύψος του δ.δ. Ανατολικού. Τα φερτά υλικά που μετέφερε ο ποταμός είχαν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία του Δέλτα με τη σημερινή του μορφή. Στη θέση του νέου Δέλτα δημιουργήθηκε ένας σημαντικός υγρότοπος με πολλαπλές αξίες για τον άνθρωπο (βιολογική, οικονομική, κλιματική, αναψυχής κλπ).

Σύμφωνα επίσης με τους Vouvalidis et al. (2005) διαπιστώνεται ένας γρήγορος ρυθμός ανόδου της στάθμης της θάλασσας στην περιοχή του Θερμαϊκού κόλπου που κυμαίνεται από 30 m (10.000 χρόνια πριν) έως 5 m (5.000 χρόνια πριν), ενώ ο ρυθμός ανόδου ελαττώθηκε σημαντικά τα τελευταία 4.000 χρόνια. Ιστορικά δεδομένα από τον 5^ο αιώνα π.Χ. αποδεικνύουν μια γρήγορη επέκταση του δελταϊκού συμπλέγματος. Οι αρχαίες πόλεις Πέλλα και Σκύδρα την περίοδο εκείνη βρίσκονταν δίπλα στη θάλασσα, ενώ σήμερα η Σκύδρα απέχει 30 km από τη σημερινή ακτή.

ΓΕΩΛΟΓΙΑ-ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ

Ο ποταμός Αξιός έδωσε αρχικά το όνομά του στη παλαιά ζώνη του Αξιού, που θεωρήθηκε παλιά ωκεάνια περιοχή. Εν συνεχεία η ενιαία ζώνη του Αξιού χωρίστηκε σε 3 επί μέρους μικρότερες ζώνες, της **Παιονίας, του Πάικου και της Αλμωπίας**. Στις ζώνες Παιονίας και η Αλμωπίας αποδόθηκε χαρακτήρας ωκεάνιας ζώνης ενώ το Πάικο θεωρήθηκε ως η πλατφόρμα που χώριζε τις δύο ωκεάνιες περιοχές. Για την εν λόγω εργασία θα ασχοληθούμε με τις ζώνες Παιονίας και Πάικου, που αντιπροσωπεύουν την ανατολική και τη δυτική πλευρά του ποταμού.

❖ ΖΩΝΗ ΠΑΙΟΝΙΑΣ

Η ζώνη Παιονίας υπήρξε μια μεσοζωική αύλακα ενώ προς Δυσμάς υπήρχε το ύβωμα του Πάικου. Η κατωφέρεια του υβώματος προς την αύλακα καθορίστηκε από τον Mercier (1966) ως μια υποζώνη και ονομάστηκε **Υποζώνη Προπαιονίας**. Η διάκριση στηρίχτηκε στην ιδιαίτερη λιθολογία του δυτικού αυτού τμήματος της ζώνης και στη διάφορη στρωματογραφική του εξέλιξη συγκριτικά με την **Ανατολική Παιονία**, που χαρακτηρίζεται σαν η κύρια αύλακα.

Επί πλέον η όλη ζώνη της Παιονίας διακρίθηκε με βάση τα αλπικά ιζήματα σε επί μέρους ενότητες πετρωμάτων ως εξής Σχ.1 :

A. Δυτικές Ενότητες

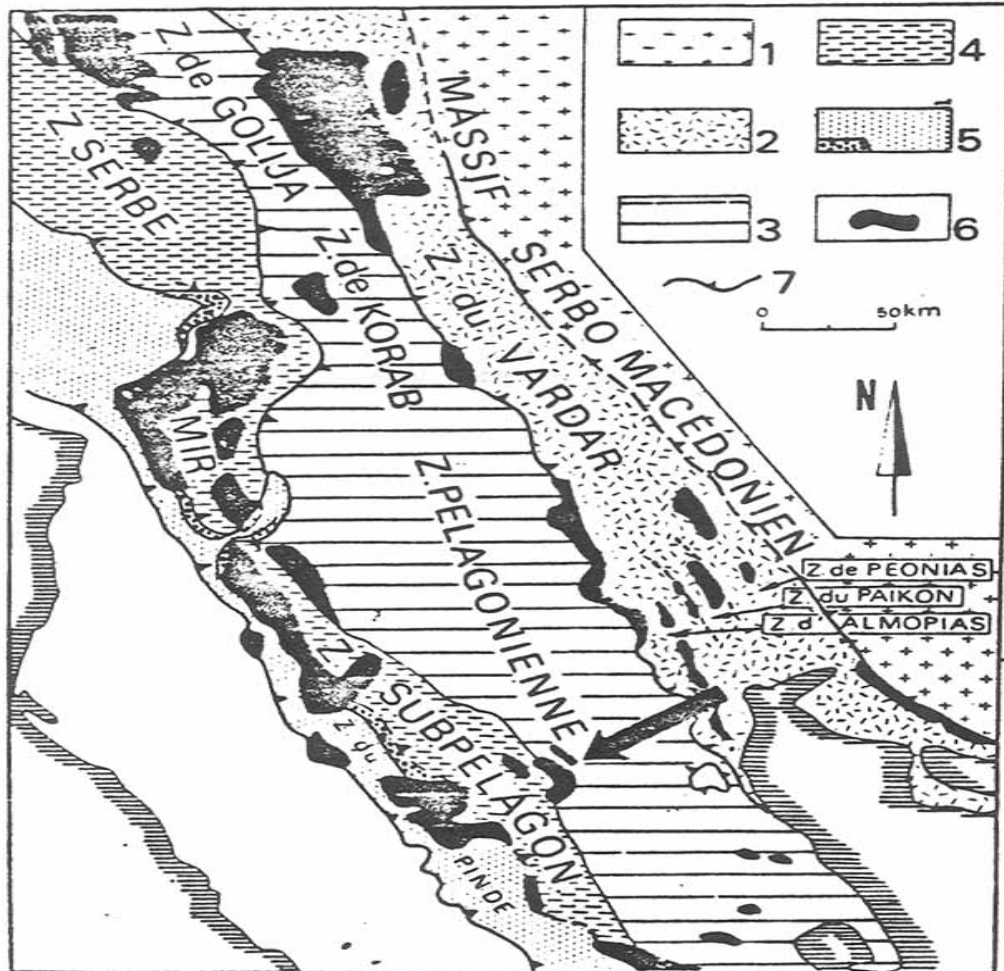
1. Ενότητα Γευγέλης
2. Ενότητα Ωραιοκάστρου
3. Ενότητα Βαφειοχωρίου
4. Ενότητα Αρτζάν

B. Ανατολικές Ενότητες:

1. Ενότητα Άσπρης Βρύσης
2. Ενότητα Μεταλλικού
3. Ενότητα Λεβεντοχωρίου

Βασικό τεκτονικό χαρακτηριστικό της ζώνης αυτής είναι η λεπιοειδής τεκτονική. Τα τεκτονικά λείπια, που σχηματίστηκαν από τις Τριτογενείς φάσεις πτυχώσεων, έχουν μικρές ή μεγάλες διαστάσεις. Οι παραπάνω ενότητες αντιπροσωπεύουν ουσιαστικά η κάθε μία ένα μεγαλείπιο που συγκροτείται από ορισμένους σχηματισμούς.

Τα μεγαλείπια εμφανίζονται αποκομμένα μεταξύ τους λόγω της γενικής κάλυψης της περιοχής από μεταλπικά νεογενή ιζήματα.



Εικ.4 Σκαρίφημα των ζωνών Σερβομακεδονικής, Αξιού (Vardar), Πελαγονικής και Υποπελαγονικής, στο οποίο διαφαίνονται οι 3 ζώνες του Αξιού, Παιονία, Πάικο και Αλμωπία (Μουντράκης Δ, Γεωτεκτονική εξέλιξη του Ελληνικού χώρου 1988).

Η σημερινή γεωτεκτονική αντίληψη για τη ζώνη Παιονίας είναι ότι αντιπροσωπεύει τμήμα της παλιάς ωκεάνιας περιοχής της Τηθύος.

Λιθοστρωματογραφική Εξέλιξη στο Μεσοζωικό

α) Προπαιονία

1. Ενότητα Γευγέλης

- ασβεστόλιθοι και ψαμμίτες ηλικίας Τιθωνίου – Β. Κρητιδικού
- Πυριγενή όγκος ηλικίας Α. Ιουρασικού που συνιστά την οφειολιθική ακολουθία και το γρανίτη του Φανού Αξιουπόλεως.
- Φυλλίτες, μαρμαρυγιακοί σχιστόλιθοι και ασβεστιτικοί σχιστόλιθοι.
- Ασβεστόλιθοι με απολιθώματα ηλικίας Κιμμεριδίου του Α. Ιουρασικού.

- Ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά.
- Ασβεστόλιθος με απολιθώματα, που αποτέθηκε στο Ιουρασικό, αλλά η απόθεση ξεκίνησε στο Τριαδικό.

2. Ενότητα Ωραιοκάστρου: Στην ενότητα αυτή είναι ορατοί μόνο οι γάββροι της οφειολιθικής ακολουθίας και τα επικείμενα ιζήματα, διότι οι παλιότερες σειρές καλύπτονται από νεογενή στρώματα στο πεδινό τμήμα της περιοχής.

Πάνω στα οφειολιθικά πετρώματα βρίσκεται με χαρακτηριστική επικλυσιογενή θέση μια παχιά σειρά ασβεστολιθικών κροκαλοπαγών που συνοδεύεται και από μερικούς ορίζοντες νηριτικών ασβεστολίθων και μαργαϊκών στρωμάτων. Η ηλικία της επικλυσιογενούς σειράς καθορίζεται με τα χαρακτηριστικά απολιθώματα *Cladocoropsis mirabilis* ως Α. Ιουρασικού – Β. Κρητιδικού.

Στην ίδια ενότητα παρατηρείται και μια άλλη σειρά ιζημάτων – μεταϊζημάτων η οποία αποτελείται από πετρώματα ετερογενούς σύστασης, δηλαδή από ψαμμίτες, πηλίτες, λεπτά στρώματα ψαμμιτικών ασβεστολίθων, πολύχρωμους αργιλικούς σχιστόλιθους, μικροκροκαλοπαγή, φυλλίτες, σερικιτικούς – χλωριτικούς σχιστολίθους κ.α. Μέσα στα ιζήματα αυτά και στην επαφή με την οφειολιθική ακολουθία παρατηρούνται βασικές διεισδύσεις που δείχνουν ότι η σειρά πρέπει να έχει άμεση σύνδεση με την οφειολιθική ακολουθία παρ' όλο που η επαφή τους δεν είναι απόλυτα διευκρινισμένη. Η ηλικία της υποθέτεται Ιουρασική.

3. Ενότητα Βαφειοχωρίου: η στρωματογραφική της διαδοχή, από τα νεώτερα προς τα παλιότερα είναι:

- Φλύσχης αποτελούμενος από κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, πηλίτες ηλικίας Α. Ιουρασικού – Β. Κρητιδικού.
- Ασβεστόλιθοι συμπαγείς και κροκαλοπαγείς ασβεστόλιθοι με απολιθώματα κοραλλίων χαρακτηριστικών του Πορτλαντίου.
- Κλαστική ιζηματογενής σειρά αποτελούμενη από κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, ψαμμιτοειδείς πηλίτες, και ψαμμιτοειδείς ασβεστόλιθους. Πρόκειται για μια τυπική επικλυσιογενή σειρά επί των οφειολίθων ηλικίας Α. Ιουρασικό.
- Οφειολιθική ακολουθία με δολερίτες, γάββρους και μικρολιθικά.
- Σειρά εναλλασσόμενων στρωμάτων από σιπολίνες, χαλαζίτες μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους και μάρμαρα Τριαδικού – Ιουρασικού.

4. Ενότητα Αρτζάν: παρόμοια είναι και η λιθοστρωματογραφική διαδοχή της ενότητας αυτής,

- Φλύσχης Α. Ιουρασικού – Β. Κρητιδικού με κροκαλοπαγή και ψαμμίτη.

- Κλαστική σειρά με αρκόζες και πηλίτες του Α. Ιουρασικού.
- Οφειολιθική ακολουθία.
- Μάρμαρα υποκείμενα των οφειολίθων.

Ο Φλύσχος έχει αισθητή εξάπλωση στις ενότητες Βαφειοχωρίου και Αρτζάν ενώ απουσιάζει από τις ενότητες Γευγελή και Ωραιόκαστρο.

Β) Ανατολική Παιονία

Οι ενότητες της Ανατολικής Παιονίας, που είναι της Άσπρης Βρύσης, του Μεταλλικού και του Λεβεντοχωρίου, συγκροτούνται βασικά από δύο διαπλάσεις πετρωμάτων, από μια ανώτερη σχιστοκερατολιθική διάπλαση με οφειολίθους ηλικίας Λιασίου – Δογγερίου και από μία κατώτερη ιζηματογενή σειρά ηλικίας Μ. Τριαδικού – Λιασίου.

Η πρώτη αποτελείται από ιζήματα που έχουν εν μέρει μεταμορφωθεί, αναμεμιγμένα με οφειολιθικά μέλη.

Η δεύτερη αποτελείται από ένα ανώτερο λεπτό ασβεστολιθικό στρώμα με απολιθώματα του Λιασίου και ένα Κατώτερο παχύ στρώμα μαρμαροειδούς ασβεστόλιθου του Τριαδικού.

Η επαφή των δύο πιστεύεται πως είναι τεκτονική. Η ενότητα της Άσπρης Βρύσης επωθείται προς τα Δυτικά πάνω στην ενότητα του Ωραιόκαστρου ενώ στα Ανατολικά επιπνέεται από τους Μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους του προαλπικού υποβάθρου.

Όπως φαίνεται στις στρωματογραφικές στήλες δεν εμφανίζονται στρώματα Μ. – Α. Κρητιδικού στη Ζώνη Παιονίας, αφού τα πετρώματα της Μέσο-Ανωκρητιδικής επίκλυσης καλύπτονται σήμερα από τα Νεογενή και Τεταρτογενή ιζήματα τα οποία έχουν μεγάλη εξάπλωση το χώρο αυτό.

ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ ΠΑΛΑΙΟΓΕΝΟΥΣ «ΑΥΛΑΚΑ ΑΞΙΟΥ»

Στο χώρο ανάπτυξης της Ζώνης Παιονίας παρατηρούνται ορισμένες μικρές εμφανίσεις παλαιογενών πετρωμάτων οι οποίες συνοπτικά είναι οι παρακάτω:

1) Μεταξύ των χωρίων Χορύγι και Βαφειοχώρι παρατηρείται μια ασβεστολιθική σειρά από τα απολιθώματα της οποίας καθορίστηκε η ηλικία της στο όριο μεταξύ Ωβερσίου και Πριαμπονίου στο Ηώκαινο.

2) Στην Περιοχή Άρτζαν διαπιστώθηκε μια ιζηματογενής σειρά ηλικίας Α. Ηώκαινου η διαδοχή των στρωμάτων της οποίας είναι από πάνω προς τα κάτω η εξής: ψαμμιτοειδής ασβεστόλιθος, ψαμμίτης, μάργα, κροκαλοπαγές με κροκάλες χαλαζιτών, γρανιτών και γνευσίων, σχιστή άργιλος και αργιλικό λατυποπαγές με λατύπες μαρμάρων και γνευσίων. Η όλη σειρά τοποθετείται με ασυμφωνία επικλυσιογενή πάνω στα αλπικά πετρώματα της Ζώνης Παιονίας.

3) Στο χωριό Μεταλλικό διαπιστώθηκε μια ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά, αποτελούμενη από όξινα ηφαιστειακά πετρώματα και ιζηματογενή στρώματα, η ηλικία της οποίας καθορίστηκε με παλυνολογική μελέτη Άνω Ηωκαινική – Κάτω Ολιγοκαινική.

4) Στο χωριό Γυναικόκαστρο μια ανάλογη ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά αποτελούμενη από ρυόλιθους και πυροκλαστικούς ψαμμίτες, καθορίστηκε ομοίως ηλικίας Άνω Ηωκαίνου - Κάτω Ολιγοκαίνου.

Λεπτομερής μελέτη των εμφανίσεων αυτών καθώς και ανάλογες παρατηρήσεις που έγιναν στη γειτονική περιοχή της Γιουγκοσλαβίας οδήγησαν στα εξής συμπεράσματα:

1ον. Στην αρχή του Πριαμπονίου (Άνω Ηώκαινο) διαφοροποιήθηκε μια «Αύλακα Αξιού» μεταξύ της Σερβομακεδονικής και της Πελαγονικής με εκδήλωση μιας νεώτερης, Πριαμπόνιας, επίκλυσης της θάλασσας. Η θέση της αύλακας αυτής εντοπίζεται στην περιοχή Προπαιονίας.

2ον. Μερικά τμήματα των γειτονικών περιοχών της Σερβομακεδονικής, Ανατολικής Παιανίας και Πάικου διατηρήθηκαν αναδυμένα και τροφοδότησαν με τα προϊόντα διάβρωσης των την Πριαμπόνιο θάλασσα.

3ον. Η ιζηματογένεση αυτή του Πριαμπονίου δεν ήταν απλή αλλά ποικίλη, αποτελείτο δηλαδή από:

- ιζηματογένεση πελαγική (όπως αποδείχτηκε από τρηματοφόρα στη Γιουγκοσλαβία).

- ιζηματογένεση νηριτική (ψαμμιτοκροκαλοπαγή στρώματα).

- ιζηματογένεση λιμναία (απολιθώματα φάσεως στη Γιουγκοσλαβία).

- αποθέσεις χερσαίες (απολιθώματα φυτών στην περιοχή Άρτζαν).

Σε ορισμένες θέσεις τα ιζήματα αυτά δείχνουν σαφή ρυθμικότητα, όπως π.χ. οι ψαμμιτομάργες στην περιοχή Άρτζαν.

Αυτοί λοιπόν οι Πριαμπόνιοι σχηματισμοί έχουν λιθολογικούς και φασικούς χαρακτήρες μολάσσας και όπως φαίνεται στις περιοχές Χορυγίου και Άρτζαν, αποθέτοντα ασυμφωνα πάνω στα πληγέντα από την πτύχωση παλιότερα στρώματα της ζώνης Παιανίας. Αλλά κι αυτοί οι ίδιοι οι σχηματισμοί υποστήκαν μια μεταγενέστερη εφαπτομενική δράση διότι στην περιοχή Άρτζαν παρουσιάζονται με κλίση (45° ΒΑ) και με μορφές κάμψης.

Αν λοιπόν δεχτούμε ότι γενικά η μολάσσα είναι σχηματισμός μεταγενέστερος της κύριας ορογένεσης (παροξυσμικής φάσης), τότε οι σχηματισμοί αυτοί της «αύλακας Αξιού» είναι πράγματι μολάσσα, η

οποία όμως υπέσστη συνέχεια μια ορογενετική φάση στο τέλος του Πριαμπίου. Πρόκειται επομένως για μια μολάσσα βραδυγεωσυγκλινική του τύπου των εδνοκοιλωμάτων.

4ον. Τέλος οι ηφαιστειοϊζηματογενείς σχηματισμοί στα χωριά Μεταλλικό και Γυναικόκαστρο δείχνουν ότι μια όξινη ηφαιστειακή δραστηριότητα έλαβε χώρα κατά την ίδια εποχή M-A Ηώκαινο στην Α. Παιονία, ηφαιστειότητα που έχει μεγάλη εξάπλωση στη γειτονική περιοχή της Γιουγκοσλαβίας.

❖ ΖΩΝΗ ΠΑΪΚΟΥ

Παλαιογεωγραφική και γεωτεκτονική θέση

Η ζώνη Πάικου περιλαμβάνει την ορεινή μάζα του Πάικου στην Κεντρική Μακεδονία, καθώς και τα βουνά Τζένα και Πίνοβο που θεωρούνται το δυτικό τμήμα της μεγάλης οροσειράς του Βορά που αποτελεί το φυσικό σύνορο Ελλάδας - Γιουγκοσλαβίας.

Στην ανατολική πλευρά του Πάϊκου η ζώνη εφίππευεται από τα στρώματα της ενότητας Γευγελής (υποζώνης Προπαιονίας), ενώ στα Δυτικά βρίσκεται σε τεκτονική επαφή με την ζώνη Αλμωπίας με μια σειρά αναστροφών ρηγμάτων.

Η ζώνη του Πάϊκου αποτέλεσε κατά τον Mercier (1966), ο οποίος και καθόρισε τη ζώνη, ύψωμα που διαχώριζε την αύλακα Παιανίας από την αύλακα Αλμωπίας. Με τις σημερινές γεωτεκτονικές αντιλήψεις η ζώνη Πάϊκου ήταν πιθανόν κατά τη διάρκεια του Άνω Ιουρασικού νησιωτικό τόξο με έντονη ηφαιστειακή δράση.

Λιθοστρωματογραφική εξέλιξη

Οι σχηματισμοί της ζώνης Πάϊκου είναι από τους αρχαιότερους προς τους νεώτερους οι παρακάτω.

- ο **ΡαΟ**. Μεταμορφωμένη σειρά που αποτελείται από μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, σιπολίνες και χλωριτικούς σχιστόλιθους σε εναλασσόμενα στρώματα. Η ηλικία της θεωρείται Τριαδική και στα κατώτερα μέλη της Παλαιοζωική.

- ο **Ρα1.** Επίσης μεταμορφωμένη, ανθρακική κυρίως, ιζηματογενής σειρά που συνίσταται από μάρμαρα, σιπολίνες, κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, ασβεστιτικούς σχιστόλιθους, χλωριτικούς - επιδοτιτικούς σχιστόλιθους. Η ηλικία απόθεσης της θεωρείται επίσης Τριαδική έως Ιουρασική.
- ο **Ρα2.** Αποτελείται από ημιμεταμορφωμένα ιζήματα, χλωριτικούς σχιστόλιθους, κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, ψαμμίτες, χαλαζιακούς σχιστόλιθους και ηφαιστειακά υλικά, μεταρυόλιθους, πορφυροειδή σερίκιτιωμένα. πρασινίτες που συνιστούν μια παλιά ηφαιστειοϊζηματογενή σειρά ηλικίας Μέσο - Άνω Ιουρασικού.
- ο **Ρα3.** Ανθρακική σειρά από μαρμαροειδείς ασβεστόλιθους και σιπολίνες με απολιθώματα ηλικίας Άνω Ιουρασικού.
- ο **Ρα4.** Ορίζοντας πρασίνων σχιστολίθων με αραιές παρεμβολές ασβεστόλιθων που υπόκειται των σπηλιτών- κερατοφύρων.
- ο **Ρα5.** Η ακολουθία σπηλιτών - κερατοφύρων συνίσταται από υποθαλάσσια ηφαιστειακά πετρώματα (σπηλίτες κερατοφύρες, διαβάσεις) και συνοδεύεται από ηφαιστειοκλαστικά ιζήματα (κροκαλοπαγή με συνδετική ύλη ηφαιστειακή, κροκαλοπαγή χαλαζιακά. σερίκιτιωμένους τοφφίτες. πυροκλαστικά λατυποπαγή) καθώς και άλλα παλιά θαλάσσια ιζήματα (ψαμμιτικούς ασβεστόλιθους, μικροκροκαλοπαγή και σχιστόλιθους). Το σύνολο των πετρωμάτων αυτών συνιστά μια ηφαιστειοϊζηματογενή σειρά η ηλικία της οποίας τοποθετείται ακριβώς στο Πορτλάνδιο του Α. Ιουρασικού.
- ο **Ρα7.** Επικλυσigenώς πάνω στην ηφαιστειοϊζηματογενή σειρά βρίσκεται ένας ασβεστολιθικός ορίζοντας με απολιθώματα που καθορίζουν την ηλικία του από το Πορτλάνδιο μέχρι το όριο Ιουρασικού - Κρητιδικού.
- ο **Ρα8.** Τέλος ακολουθεί ένας τυπικός σχηματισμός φλύσχη αποτελούμενος από ψαμμίτες, κροκαλοπαγή. πηλίτες και ασβεστόλιθους ηλικίας Κάτω Κρητιδικού (Βερριάσιο-Βαλαντζίνιο).

Όπως σε όλες τις εσωτερικές Ελληνίδες, έτσι και στη ζώνη Παΐκου υπήρξε μια πρώιμη ορογενετική φάση. στο Τέλος Ιουρασικού – Κάτω Κρητιδικού, η οποία ανέδυσσε προσωρινά τους σχηματισμούς τους μέχρι

τη Μέσο – Άνω Κρητιδική επίκλυση της θάλασσας που κάλυψε με τα ιζήματα της ασύμφωνα τα προγενέστερα πετρώματα.

Η έναρξη της Μέσο-Άνω Κρητιδικής επίκλυσης στη ζώνη του Πάϊκου τοποθετείται στο Άνω Άλβιο - Κενομανίου. Η αντίστοιχη ιζηματογένεση ήταν αρχικά δολομιτική. Στη συνέχεια μεταβλήθηκε σε νηριτική ασβεστολιθοδολομιτική για να εξελιχθεί σε ασβεστολιθική - κλαστική.

Τα ιζήματα αυτά κατέχουν ολόκληρη τη δυτική πλευρά του ορεινού όγκου του Πάϊκου καθώς και την περιοχή του Πινόβου. Στην περιοχή του Πάϊκου πρώτο επικλυσιογενές στρώμα είναι δολομίτης ηλικίας Άνω Αλβίου - Κενομανίου ενώ στο Πινόβο η επικλυσιογενής επαφή μεταξύ Μέσου - Άνωκρητιδικού) και υποκειμένων στρωμάτων Ιουρασικού δεν είναι ορατή γιατί καλύπτεται από μεγάλης έκτασης κορήματα.

Η γενική λιθοστρωματογραφική διαδοχή των Μέσο - Άνω Κρητιδικών ιζημάτων είναι από κάτω προς τα πάνω η εξής.

- **9α.** Δολομίτης Άνω Αλβίου - Κενομανίου.
- **9β.** Δολομιτικοί ασβεστόλιθοι Κενομανίου.
- **9γ.** Ασβεστόλιθος Κενομανίου - Τουρωνίου.
- **9δ.** Κλαστική σειρά με εναλλαγές ψαμμιτών, κροκαλοπαγών, πηλιτών, πλακωδών ασβεστόλιθων και δολομιτών ηλικίας Κονιασίου - Σαντωνίου - Καμπανίου.
- **10.** Ασβεστόλιθοι γκρι - μαύροι ηλικίας Μαιστριχτίου.
- **11.** Ψαμμιτοειδείς ασβεστόλιθοι, ψαμμίτες, χλωριτικοί σχιστόλιθοι ανήκοντες πιθανόν σε ένα νεώτερο ανωμαιστρίχτιο ή μεταμαιστρίχτιο φλύσχη.

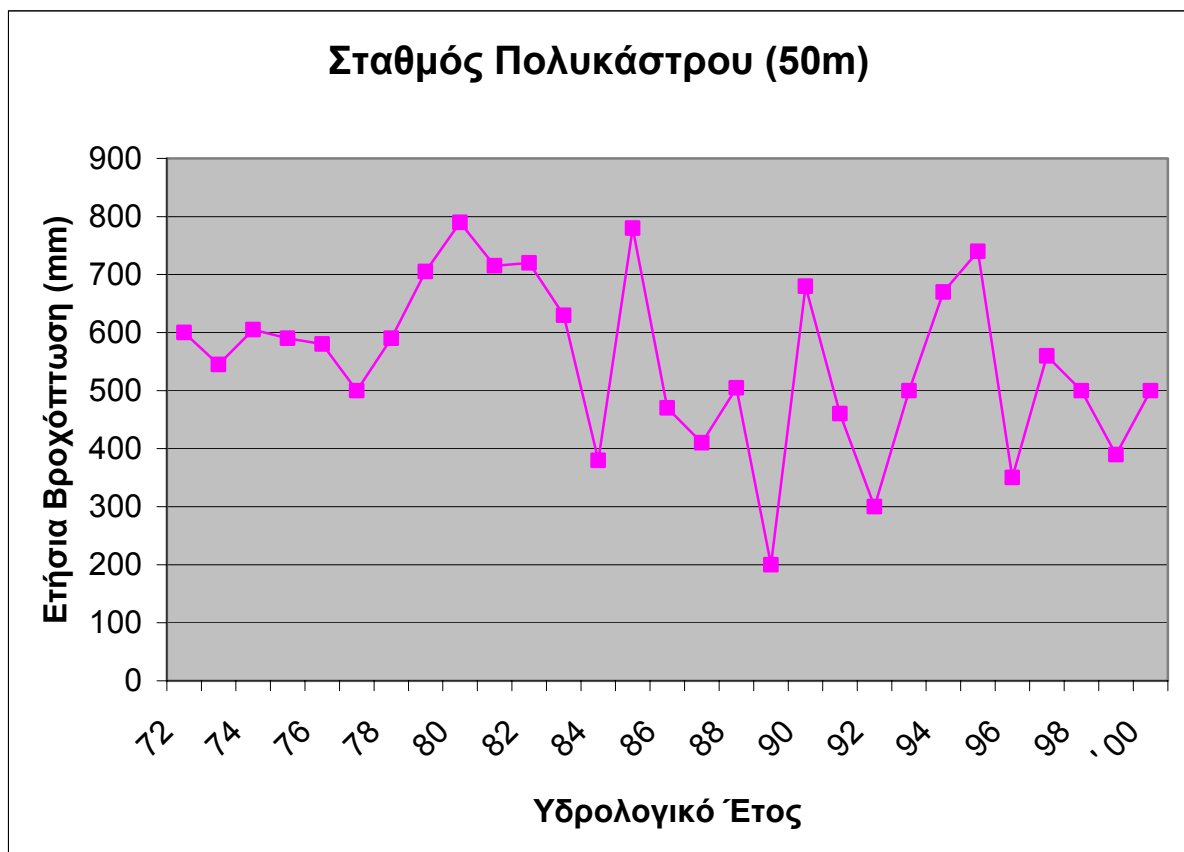
Μεγάλη εξάπλωση στα πεδινά τμήματα, όπως άλλωστε σ' όλη την περιοχή της παλιάς ζώνης Αξιού, έχουν τα Νεογενή στρώματα, ιδίως τα χερσαία του Ποντίου, καθώς και οι Τεταρτογενείς αποθέσεις.

Κλιματικά δεδομένα

Το κλίμα στη λεκάνη του Αξιού κυμαίνεται από Μεσογειακό στην παράκτιο ζώνη έως ηπειρωτικό στο βόρειο τμήμα της λεκάνης. Η μέση θερμοκρασία του αέρα παίρνει τιμές από 7-17.5 °C, ενώ η μέση ετήσια βροχόπτωση κυμαίνεται από 400 έως 1350 mm (Poulos et al., 2000).

Για τη μελέτη της διακύμανσης των βροχοπτώσεων στο ελληνικό τμήμα της λεκάνης χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα των βροχομετρικών σταθμών Πολυκάστρου (υψόμετρο 50 m) και Χαλάστρας (υψόμετρο 5 m) για την περίοδο των υδρολογικών ετών 1972-73 έως 2000-01.

Στα Σχήματα 4 και 5 παρουσιάζεται η πορεία του ετήσιου ύψους βροχόπτωσης των σταθμών, απ' όπου προκύπτει ευρεία διακύμανση τιμών. Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής είναι 547,8 mm (σταθμός Πολυκάστρου) και 412,3 mm (σταθμός Χαλάστρας).

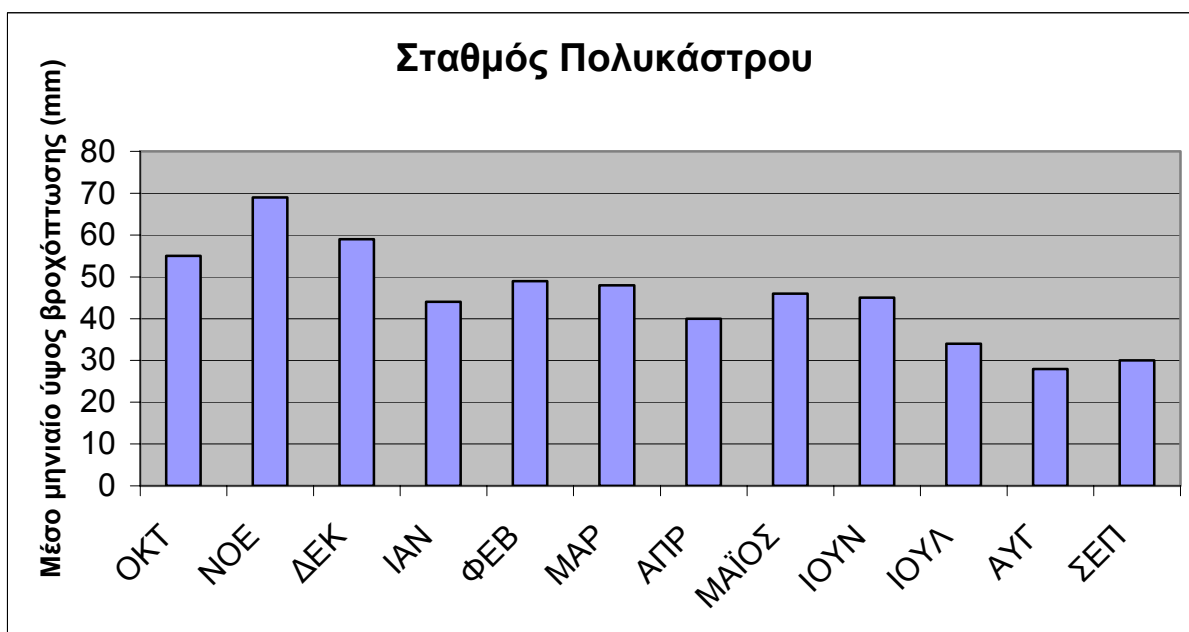


Σχ.4 Διακύμανση του ετήσιου ύψους βροχόπτωσης (mm) στο σταθμό Πολυκάστρου.

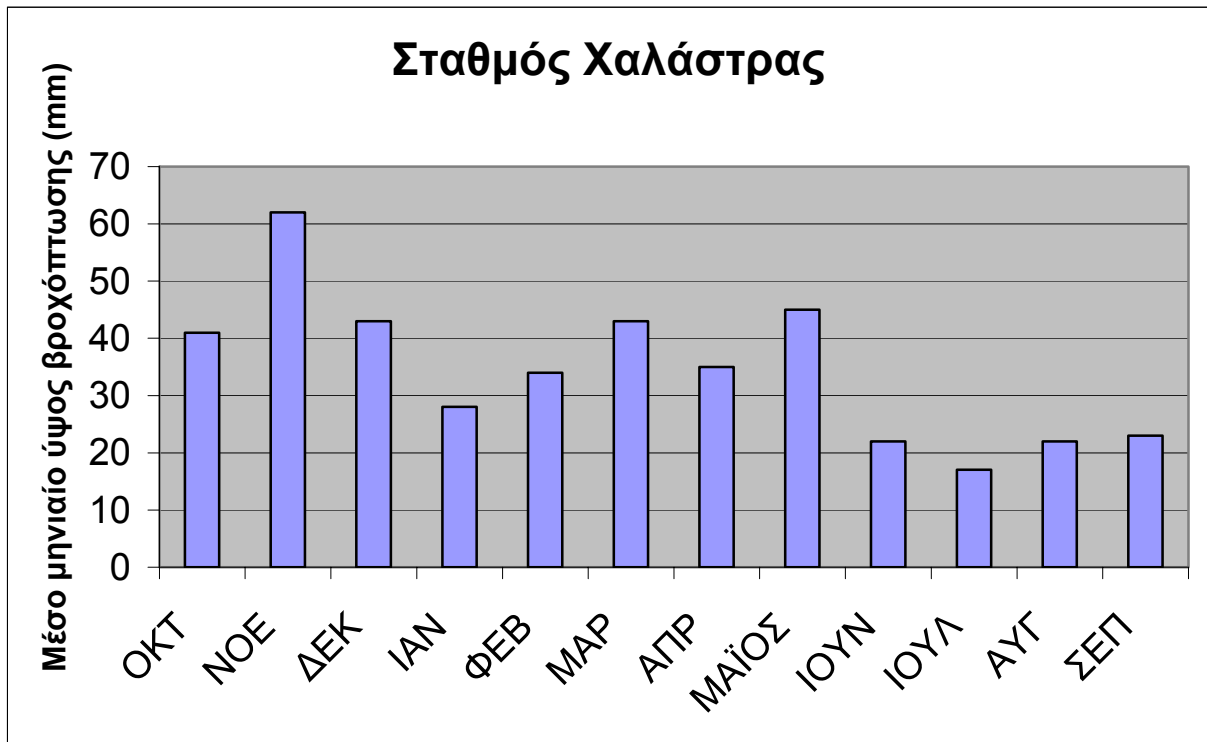


Σχ.5 Διακύμανση του ετήσιου ύψους βροχόπτωσης (mm) στο σταθμό Χαλάστρας.

Στα Σχήματα 6 και 7 φαίνεται η πορεία του μηνιαίου ύψους βροχής για την ίδια χρονική περίοδο, από όπου προκύπτει ότι ο πλέον υγρός μήνας είναι ο Νοέμβριος και ακολουθούν ο Δεκέμβριος και ο Μάιος (σταθμό Χαλάστρας). Οι πλέον ξηροί μήνες είναι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος.



Σχ.6 Ιστογράμματα των μέσων μηνιαίων υψών βροχόπτωσης στο σταθμό Πολυκάστρου για την περίοδο 1972/73-2000/01.



Σχ.7 Ιστογράμματα των μέσων μηνιαίων υψών βροχόπτωσης στο σταθμό Χαλάστρας για την περίοδο 1972/73-2000/01.

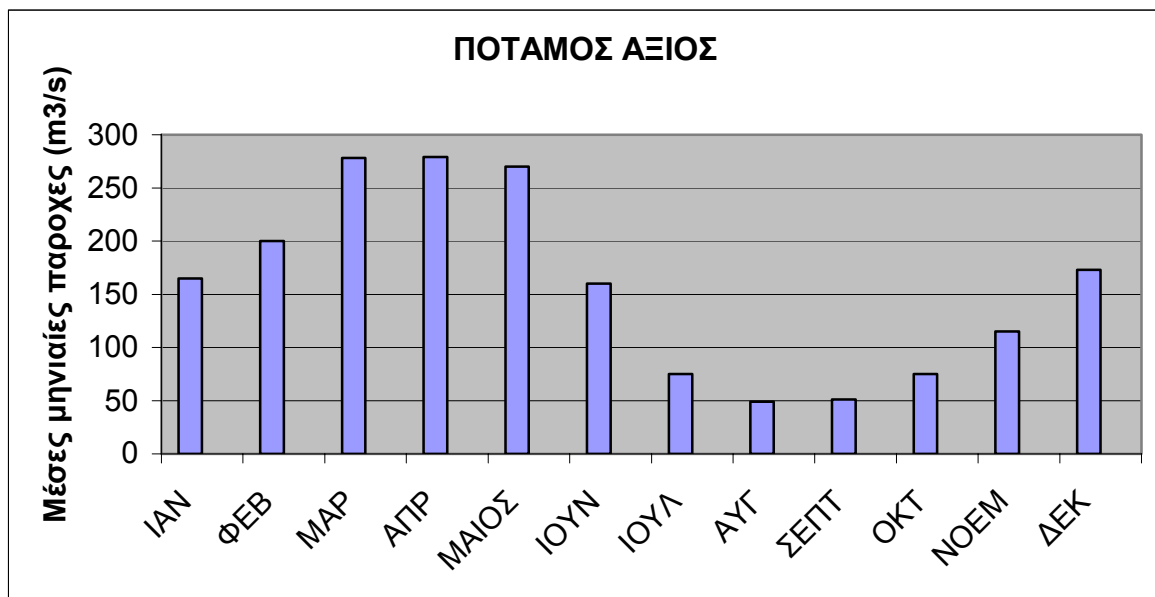
Με βάση τις μετρήσεις στη γέφυρα Πολυκάστρου για την περίοδο 1926-31, 1937-40, 1955-62, 1964-65, η μέση ετήσια απορροή είναι $5 \times 10^9 \text{ m}^3$. Η απορροή αυτή αντιστοιχεί σε μια μέση παροχή της τάξεως των $157 \text{ m}^3/\text{s}$ (Πίν. 1).

Σύμφωνα με νεώτερα στοιχεία της περιόδου (1995-2000) εμφανίζεται μια σημαντική μείωση και έτσι η μέση ετήσια απορροή μετρήθηκε σε $3.4 \times 10^9 \text{ m}^3$ (Karageorgis et al., 2005).

Οι μήνες Μάρτιος, Απρίλιος εμφανίζουν τη μεγαλύτερη παροχή του ποταμού (278 και $279 \text{ m}^3/\text{s}$, αντίστοιχα). Οι μήνες με τη μικρότερη παροχή είναι ο Αύγουστος και ο Σεπτέμβριος με παροχές αντίστοιχα 49 και $51 \text{ m}^3/\text{s}$ (Σχ. 8).

Πίνακας 1 Μέσες μηνιαίες παροχές του Αξιού ποταμού (m³/s) (περίοδοι 1926-31, 1937-40, 1955-62, 1964-65).

Μην.	ΙΑΝ	ΦΕΒ	ΜΑΡ	ΑΠΡ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝ	ΙΟΥΛ	ΑΥΓ	ΣΕΠΤ	ΟΚΤ	ΝΟΕΜ	ΔΕΚ
Παροχή (m ³ /s)	165	200	278	279	270	160	75	49	51	75	115	173



Σχ.8 Ραβδογράμματα των μέσων μηνιαίων παροχών του ποταμού Αξιού (m³/s) (περίοδοι 1926-31, 1937-40, 1955-62, 1964-65).

Με βάση τα δεδομένα της περιόδου 1951-79 (Παπαμιχαήλ, 1992), η μέγιστη παροχή που καταγράφηκε είναι 1550 m³/s (6/2/1963). Ο ίδιος ερευνητής υπολογίζει τη μέγιστη παροχή για περίοδο επαναφοράς 50 ετών με τη λογαριθμική κατανομή Pearson τύπου III σε 1728 m³/s και για περίοδο επαναφοράς 100 ετών σε 1951 m³/s.

Όσον αφορά τη μέση ετήσια στερεοπαροχή με βάση ιστορικά στοιχεία αυτή υπολογίζεται σε 1-2x10⁶ τόνους, ενώ πρόσφατες μετρήσεις την υπολογίζουν 10 φορές μικρότερη, λόγω μείωσης της παροχής του ποταμού, καθώς και της κατασκευής φραγμάτων και ταμιευτήρων κατά μήκος της διαδρομής του (Karageorgis et al., 2005).

Υδρολογικά στοιχεία της λεκάνης του Αξιού



Εικ.5 Η περιοχή της υδρολογικής Έρευνας (πηγή Google Earth).

Ο Ποταμός Αξιός, έχει τη μεγαλύτερη σε έκταση λεκάνη της Κ. Μακεδονίας με τη μεγαλύτερη απορροή. Συγκεκριμένα, έχει έκταση 1614 km^2 και απορροή $6,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Το δυτικό τμήμα της λεκάνης έχει 50 km^3 ρυθμιστικά αποθέματα, ενώ το ανατολικό 40 km^3 . Η λεκάνη του Αξιού χωρίζεται σε 3 κύριες υπολεκάνες, του Αγιάκ, του Γυναικοκάστρου και του Κοτζά Ντερέ.

Υδρογεωλογικά στοιχεία

Από τη μελέτη των υπαρχόντων γεωλογικών τομών των γεωτρήσεων καθώς και από τη σχετική βιβλιογραφία διαπιστώθηκε ότι ο υπόγειος υδροφορέας της λεκάνης του Αξιού δεν είναι ενιαίος υδροφόρος ορίζοντας αλλά τρεις υδροφόροι με διαφορετικά χαρακτηριστικά εμφάνισης ο καθένας.

Μέσα στις τεταρτογενείς ποταμοχειμαρώδεις αποθέσεις της λεκάνης του Αξιού διαπιστώνεται η ύπαρξη δύο υδροφόρων οριζόντων, οι οποίοι έχουν καθολική ανάπτυξη. Ο διαχωρισμός των δύο αυτών οριζόντων γίνεται στο ύψος του Καμποχωρίου, ενώ βόρεια της περιοχής αυτής συνιστούν ενιαίο υδροφόρο ορίζοντα ο οποίος παραμένει φρεάτιος στο μεγαλύτερο μέρος του. Ο διαχωρισμός τους αρχίζει στο ύψος του Καμποχωρίου και γίνεται από στρώμα τύρφης, πράμα που σημαίνει ότι, ενώ στο βόρειο μέρος της λεκάνης αποτίθενται καθ' όλη τη διάρκεια του Τεταρτογενούς ποταμοχειμαρώδεις αποθέσεις στο κεντρικό τμήμα αυτής υπήρχε λίμνη, εντός της οποίας αποτίθενταν λεπτομερή υλικά και κατά μια βραχεία γεωλογική περίοδο έλαβε χώρα και τυρφογένεση.

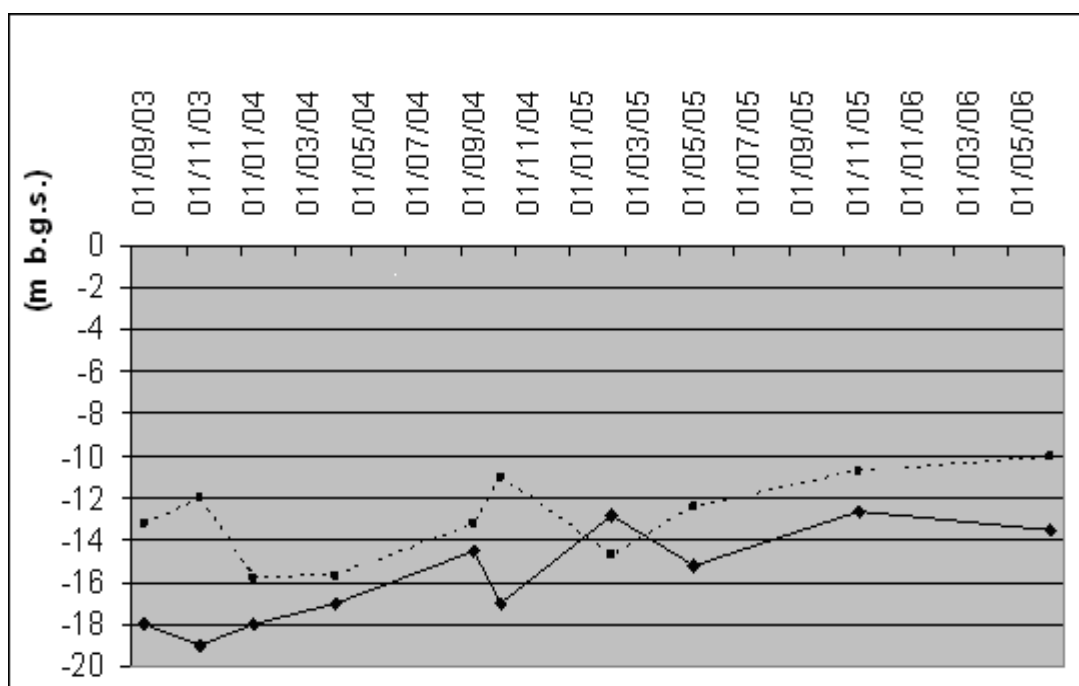
Ο επιφανειακός υδροφόρος ορίζοντας ονομάστηκε (Χριστοδούλου κ.α. ,1975) ορίζοντας «Αξιού» λόγω της στενής υδραυλικής σχέσης του με τον ποταμό, ενώ ο βαθύτερος ονομάστηκε ορίζοντας «Ελεούσας» γιατί στην περιοχή του χωριού Ελεούσα παρουσιάζει την τυπική του ανάπτυξη. Πάνω από τον υδροφορέα του «Αξιού», από την περιοχή του Καμποχωρίου εμφανίζεται λεπτό αργιλικό στρώμα το οποίο αυξάνει σε πάχος προς τα νότια και καθιστά τον εν λόγω υδροφορέα υπό πίεση. Αργιλικό επίσης στρώμα χωρίζει τον ορίζοντα Αξιού από τον υποκείμενο Ελεούσας το οποίο σταδιακά αυξάνει το πάχος του από το βορρά προς το νότο. Πέραν αυτών και κάτω από τα Τεταρτογενή ιζήματα διαπιστώθηκε η παρουσία ενός ακόμη υδροφορέα ο οποίος ονομάζεται υδροφορέας του «Αγ. Πέτρου». Ο υδροφορέας αυτός δεν είναι ενιαίος αλλά παρουσιάζεται με τη μορφή φακοειδών υδροφόρων στρωμάτων απομονωμένων εντελώς από τους υπερκείμενους.

Η τροφοδοσία των υδροφόρων στρωμάτων γίνεται από απευθείας κατείσδυση του νερού της βροχόπτωσης, από πλευρικές διηθήσεις κατά μήκος ποταμού και των παραποτάμων του. Με βάση τις γεωλογικές τομές των γεωτρήσεων, που έχουν ανορυχθεί στην περιοχή, προκύπτει ότι το βάθος τους κυμαίνεται από 15-50 m στην παράκτια ζώνη και >80 m στην εσωτερική ζώνη. Οι παροχές των γεωτρήσεων κυμαίνονται από 30-100 m³/h.

Η στάθμη του υπόγειου νερού κυμαίνεται από 3-50 m από την επιφάνεια του εδάφους. Στην παράκτια ζώνη, παλαιότερα είχαν καταγραφεί και φαινόμενα αρτεσιανισμού. Πρέπει να τονισθεί, ότι λόγω εξάντλησης των ανώτερων αβαθών υδροφόρων στρωμάτων, το βάθος

διάτρησης των γεωτρήσεων αυξάνει συνεχώς, κάτω από το επίπεδο της θάλασσας με σκοπό την αξιοποίηση των βαθύτερων υδροφόρων στρωμάτων. Οι αντλήσεις, κατά περιοχές, υπερβαίνουν το φυσικό εμπλουτισμό και σε συνδυασμό με παρατεταμένες περιόδους ξηρασίας οδηγούν, λόγω «συσσωρευμένου» ελλείμματος, σε συνεχή πτώση της στάθμης του υπόγειου νερού.

Στο Σχήμα 10 φαίνεται η διακύμανση της στάθμης του υπόγειου νερού στην περιοχή του οικισμού Γέφυρας της λεκάνης Αξιού, απ' όπου προκύπτει μια μικρή ανοδική τάση τα τελευταία δύο χρόνια, λόγω διακοπής των αντλήσεων στις γεωτρήσεις της ΕΥΑΘ, λόγω κάλυψης μέρους των υδρευτικών αναγκών από τον Αλιάκμονα. Πρέπει να σημειωθεί ότι η στάθμη του υπόγειου νερού στο παράκτιο τμήμα παραμένει ακόμα σε αρνητικά επίπεδα (≈ -15 m).



Σχ.9 Διακύμανση της στάθμης σε γεώτρηση της περιοχής Γέφυρας της λεκάνης Αξιού για την περίοδο -2004 (στοιχεία ΕΥΑΘ, Σπάχος κ.ά, 2006).

Ο κυριότερος καρστικός υδροφορέας της λεκάνης του Αξιού στο ελληνικό έδαφος αναπτύσσεται στα ανθρακικά πετρώματα του όρους Πάικου. Στην περιοχή της ορεινής μάζας του Πάικου αναπτύσσονται ανεξάρτητα υδροφόρα συστήματα, όπως της Γρίβας, Γκόλα-Τσούκα , Γκάντατς κ.λπ. (Δημόπουλος, 2000).

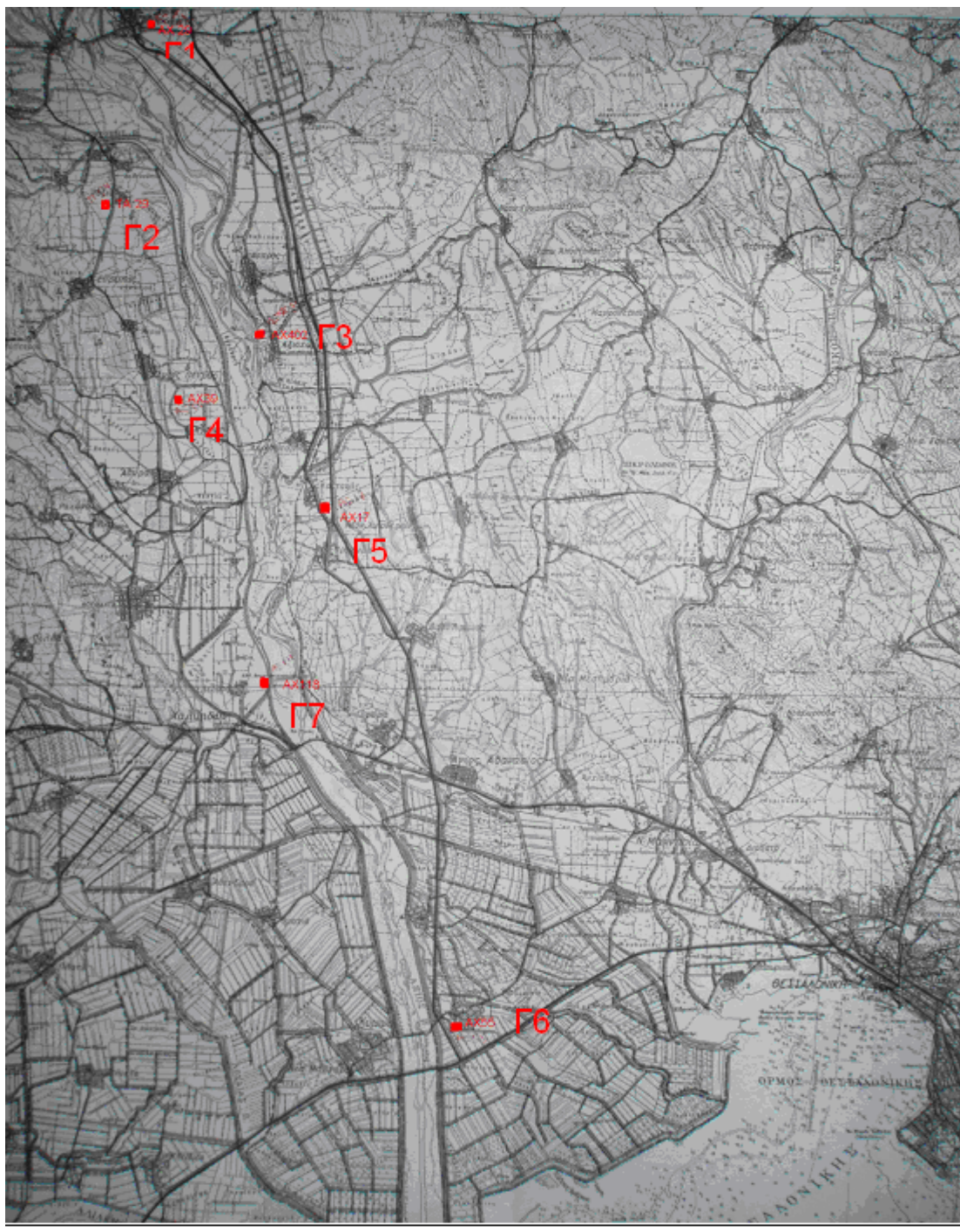
Το καρστικό σύστημα Γρίβας έχει έκταση περίπου 15,5 km² και αναπτύσσεται μέσα στους ομώνυμους ασβεστόλιθους στην ανατολική

πλευρά του όρους Πάικου. Αποστραγγίζεται από τις κύριες καρστικές πηγές Σκρά, που εκδηλώνονται στο βόρειο τμήμα του συστήματος σε υψόμετρο 550 m. Οι παροχές τους δεν ξεπερνούν τα 20 m³/h.

Στους Τριαδικο-Ιουρασικούς ασβεστόλιθους Γκόλα-Τσούκα αναπτύσσεται το ομώνυμο καρστικό σύστημα του ανατολικού Πάικου. Πρόκειται για ένα αρκετά καρστικοποιημένο σύστημα που καλύπτει έκταση 14 km² και αποστραγγίζεται από πλήθος πηγών πολύ μεγάλων παροχών, όπως πηγές Γουμένισας, Κάρπης, Καστανερής. Οι παροχές των πηγών κυμαίνονται από 50-600 m³/h και εκφορτίζονται σε υψόμετρα 550-750 m.

Η πιεζομετρία στη λεκάνη

Για τη μελέτη της διακύμανσης της στάθμης των υπογείων υδάτων χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από 7 γεωτρήσεις η θέση των οποίων φαίνεται στο χάρτη του Σχ. 10.

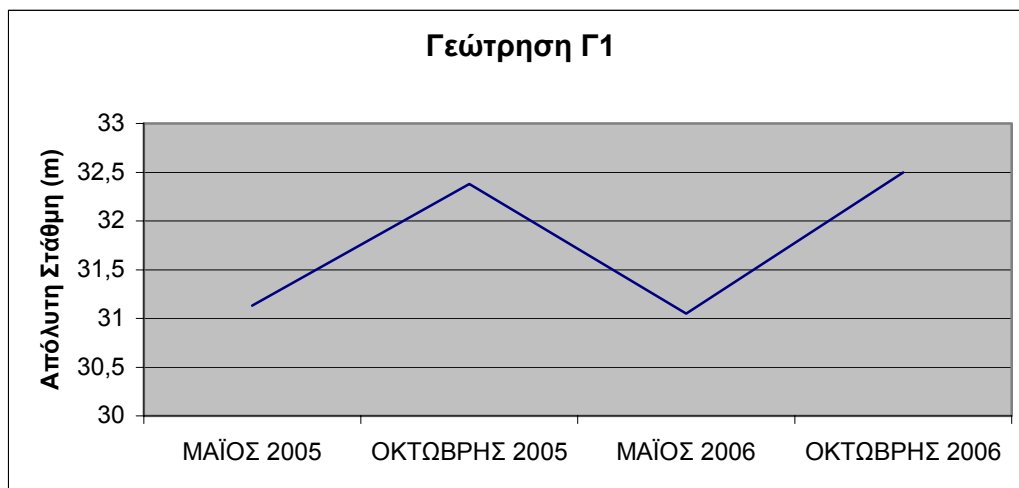


Σχ.10 Τοπογραφικός Χάρτης 1:50,000 του κάτω ρου του ποταμού. Με κόκκινο είναι σημειωμένες οι 7 γεωτρήσεις τα αρχεία των οποίων χρησιμοποιήθηκαν για την πραγματοποίηση της έρευνας.

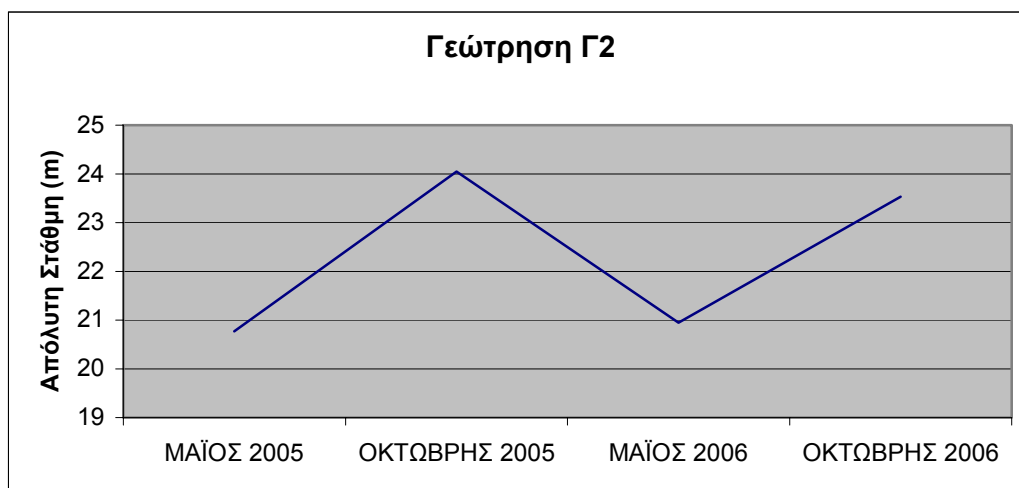
Πιν. 2 Χωροταξική τοποθέτηση των γεωτρήσεων της λεκανής του Αξιού και ύψος στάθμης αυτών.

Σ.Ε.Υ		ΕΙΔΟΣ ΣΕΥ	ΥΔΡ ΛΕΚΑΝΗ	ΠΕΡΙΟΧΗ	ΝΟΜΟΣ	Φ.Χ	Χ	Υ
AX29	Γ1	Γεώτρηση	Αξιού	Πολυκάστρου	Κιλκίς	Κουφάλια	380629,53	4538748,84
TA29	Γ2	Γεώτρηση	Αξιού	Ρύζια	Κιλκίς	Κουφάλια	379071,00	4531354,00
AX402	Γ3	Γεώτρηση	Αξιού	Αξιοχωρίου	Κιλκίς	Κουφάλια	384748,50	4526345,00
AX39	Γ4	Γεώτρηση	Αξιού	Αγ.Πέτρου	Κιλκίς	Κουφάλια	381925,50	4523442,00
AX17	Γ5	Γεώτρηση	Αξιού	Καστανά	Θεσ/νίκης	Κουφάλια	387248,40	4518873,00
AX55	Γ6	Γεώτρηση	Αξιού	Χαλάστρας	Θεσ/νίκης	Πλατύ	392367,10	4497120,00
AX118	Γ7	Γεώτρηση	Αξιού	Ελεούσα	Θεσ/νίκης	Κουφάλια	385566,00	4515693,00

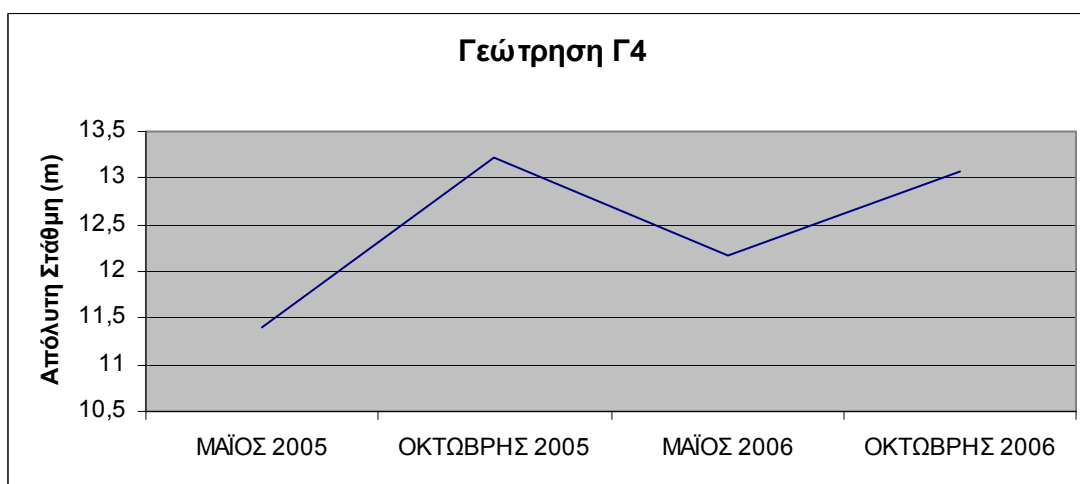
Σ.Ε.Υ		Ζ(GPS)	ΒΑΘΟΣ(μ)	ΧΡΗΣΗ	ΣΤΑΘ.Υ.-05	ΣΤΑΘ.Ξ.05	ΣΤΑΘ.Υ.-06	ΣΤΑΘ.Ξ.06
AX29	Γ1	34,73	40	Άρδευση	2,35	3,6	2,23	3,68
TA29	Γ2	36,15	180	Άρδευση	12,10	15,38	12,62	15,2
AX402	Γ3	21,79	50	Άρδευση	5,30	5,42	5,38	5,27
AX39	Γ4	17,91	120	Άρδευση	4,68	6,5	4,83	5,73
AX17	Γ5	46,75	55	Άρδευση	21,05	21,8	20,9	21,6
AX55	Γ6	1,33		Υδρευση	11,18	11,12	Αντλούσε	10,4
AX118	Γ7	16,00	30,00	Άρδευση			32,07	33,5



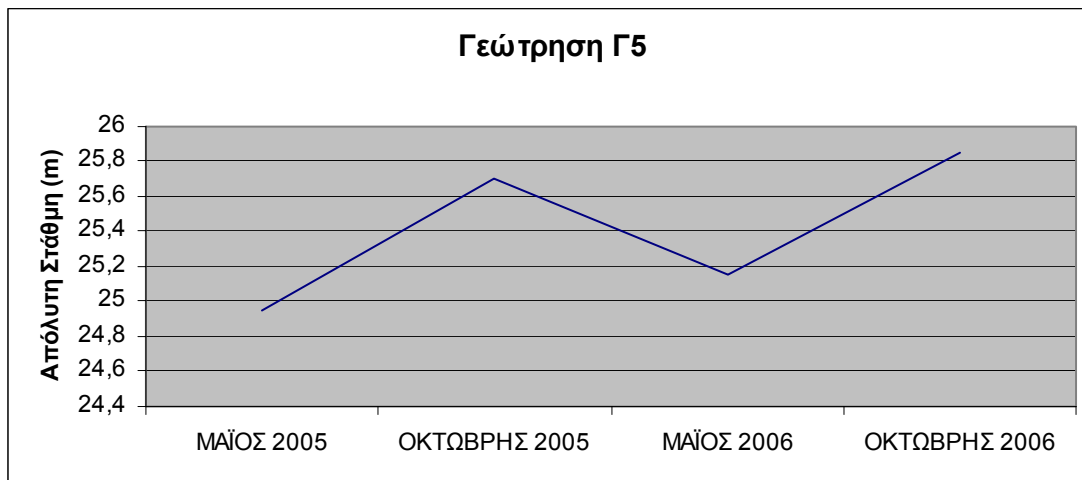
Σχ.11 Διακύμανση της στάθμης στη Γεώτρηση Γ1.



Σχ.12 Διακύμανση της στάθμης στη γεώτρηση Γ2.



Σχ.13 Διακύμανση της στάθμης στη γεώτρηση Γ4.



Σχ.14 Διακύμανση της στάθμης των υπογείων υδάτων στη γεώτρηση Γ5.

Στην περιοχή της γεώτρησης Γ1 παρατηρούμε μία μικρή πτώση στάθμης της τάξης των 8cm. την ξηρή περίοδο του 2006 σε σχέση με την αντίστοιχη του 2005 (Σχ.11).

Στη γεώτρηση Γ2 έχουμε μια πτώση στάθμης 53cm κατά την υγρή, όμως, περίοδο, η οποία αποδίδεται σε μειωμένη βροχόπτωση σε σχέση με το προηγούμενο έτος (Σχ.12).

Στην εν λόγω περιοχή, παρατηρούμε μία άνοδο στάθμης της τάξης των 77 cm την ξηρή περίοδο του 2006 σε σχέση με την αντίστοιχη της προηγούμενης χρονιάς και μία πτώση στάθμης τον Οκτώβρη του 2006 της τάξης των 15cm (Σχ.13).

Στην περιοχή αυτή παρατηρούμε άνοδο στάθμης και στις δύο περιόδους, 20 cm την ξηρή περίοδο και 15 cm την υγρή περίοδο, που σημαίνει πως είχαμε αρκετή βροχόπτωση και καλή χρήση των αποθεμάτων νερού κατά την ξηρή περίοδο (Σχ.14).

Για τις γεωτρήσεις Γ6 και Γ7 λόγω έλλειψης στοιχείων πιεζομετρίας μπορούμε να παρατηρήσουμε, μόνο, πως στην περιοχή της Γεώτρησης Γ6 έχουμε μια άνοδο στάθμης την ξηρή περίοδο του 2006. Για τη γεώτρηση Γ7 έχουμε μόνο στοιχεία για το 2006 που μας δίνουν την πιεζομετρική στάθμη της θέσης.

Ποιότητα υπογείων υδάτων

Για τον καθορισμό της ποιότητας των υπογείων υδάτων χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από τις γεωτρήσεις Γ2 και Γ4 της λεκάνης Αξιού, με δειγματοληψία σε δύο χρονικές περιόδους.

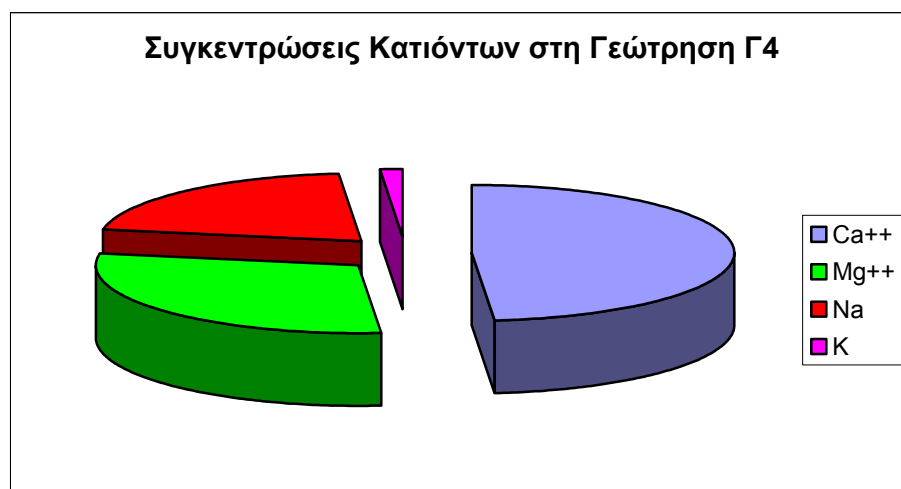
Τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων που προέκυψαν από στοιχεία του Ι.Γ.Μ.Ε Θεσσαλονίκης φαίνονται στον Πιν.2

Πιν.3 Χημικές αναλύσεις των γεωτρήσεων Γ4 και Γ2 της λεκάνης του Αξιού. Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων σε mg/l.

ΓΕΩΤΡΗΣΗ	Γ4		Γ2	
	<u>17/5/05</u>	<u>8/7/05</u>	<u>12/7/05</u>	<u>30/8/05</u>
Θερμ	27,0	13,2	14,8	17,3
units pH	7,3	7,25	8,12	7,74
μS/cm Αγωγιμ	799,0	1440,0	617,0	1679,0
Ca⁺⁺	70,38	144,29	80,96	146,69
Mg⁺⁺	42,38	82,62	25,76	78,73
Na⁺	30,0	58,0	20,0	80,0
K⁺	2,0	4,05	2,0	3,0
HCO₃⁻	396,50	556,32	310,49	718,58
Cl⁻	56,74	117,02	24,82	88,65
SO₄⁼	37,50	171,50	27,40	167,50

NO₃⁻	5,30	66,88	16,28	6,16
Παρ	32,50	45,60	25,45	58,9
Μόν	2,50	24,40	5,35	10,10
Ολικ	35,00	70,00	30,08	69,00
NO₂⁻	0,003	-0,001	0,019	-0,001
NH₄⁺	0,034	0,0133	-0,001	0,054
ΟΞ/ΤΑ O₂	0,64	0,48	0,32	0,32
Fe	0,26	-0,001	0,003	-0,001
Mn	0,025	0,062	0,020	2,800
TDS	415	792,0	340,0	
PO₄³⁻	0,591	1,873	0,107	0,280
Zn	0,040	0,02	0,07	
Cu		3,90	2,20	
Pb	0,010	-0,01	-0,01	0,010
Cd	0,03	0,001	0,001	0,002
Cr	0,06	0,03	0,02	

Ni	0,06	-0,01	0,01	-0,01
As	-1	-1	-1	50
Al	0,10	0,10	0,10	
B	0,20	0,00		0,2
Ba	0,10	0,30	0,10	



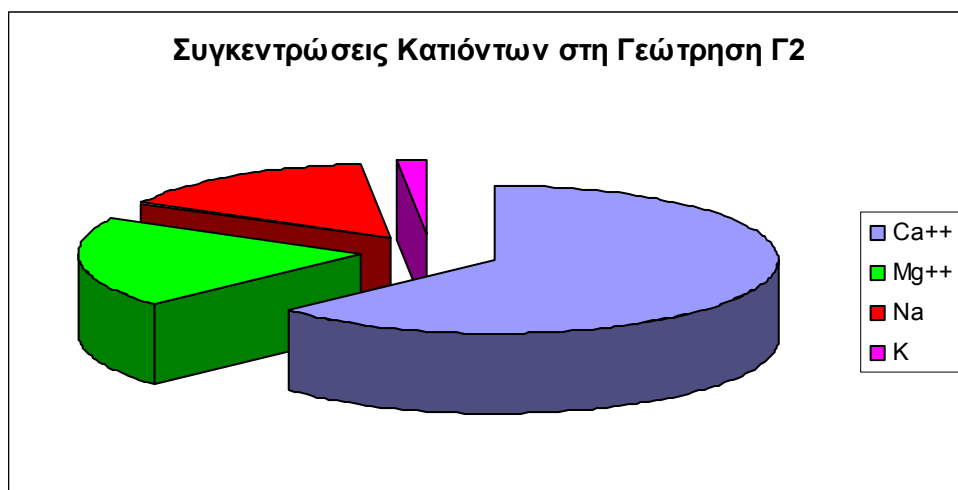
Σχ.15 Η συγκέντρωση των κατιόντων στις 17-05-2005 στην περιοχή της Γεώτρησης Γ4 με Αριθμό δείγματος AX39.



Σχ.16 Η συγκέντρωση των ανιόντων στις 17-05-2005 στην περιοχή της Γεώτρησης Γ4 με αριθμό δείγματος AX39.



Σχ.17 Οι συγκεντρώσεις των ανιόντων στη Γεώτρηση Γ2 στις 12-07-2005 με αριθμό δείγματος AX29α.



Σχ.18 Οι συγκεντρώσεις των κατιόντων στη Γεώτρηση Γ2 στις 12-07-2005 με αριθμό δείγματος AX29α.

Αποτελέσματα χημικών αναλύσεων

Οι συγκεντρώσεις των κατιόντων στα υπόγεια νερά της περιοχής της λεκάνης του Αξιού συνοψίζονται παρακάτω:

- Το **ασβέστιο (Ca⁺⁺)**, παρουσιάζει τη μέγιστη τιμή του 146.69 mg/l στη γεώτρηση Γ2 και την ελάχιστη τιμή του 70.38 mg/l στη γεώτρηση Γ4. Συγκριτικά στις δύο αυτές δειγματοληψίες η συμμετοχή του ασβεστίου ,επί ποσοστού τις εκατό, είναι αισθητά μεγαλύτερη σε σχέση με τα υπόλοιπα κατιόντα.
- Το **Μαγνήσιο (Mg⁺⁺)**, παρουσιάζει ένα μέσο όρο στα 57.37 mg/l που βρίσκεται πάνω από το όριο που χαρακτηρίζει το νερό ως πόσιμο (50 mg/l) (Βουδούρης 2004). Μέγιστη συγκέντρωση Μαγνησίου 82.62 mg/l στην περιοχή της γεώτρησης Γ4.
- Το **Νάτριο (Na)**, παρουσιάζει μια μέση περιεκτικότητα στην περιοχή της τάξης των 47 mg/l. Μια τιμή πολύ υψηλή, σε σχέση με την ενδεικτική συγκέντρωση των 20mg/l, που επικρατεί στα υπόγεια νερά.
- Το **Κάλιο (K)**, παρουσιάζει ένα μέσο όρο περιεκτικότητας 2.75 mg/l, που βρίσκεται χαμηλότερα από το όριο της Ε.Ε. που καθορίζει το νερό ως πόσιμο (10-12 mg/l).

Οι συγκεντρώσεις των ανιόντων του υπόγειου νερού στη λεκάνη του Αξιού δίνονται περιληπτικά παρακάτω:

- Η συγκέντρωση των **όξινων ανθρακικών ιόντων** παρουσιάζει τη μέγιστη τιμή της στη γεώτρηση Γ2 με τιμή τα 718.58 mg/l

και την ελάχιστη τιμή της 310.49 mg/l επίσης στη Γ2 γεώτρηση. Η μέση τιμή της συγκέντρωσης των όξινων ανθρακικών ιόντων είναι 495.47 mg/l, τιμή εξαιρετικά υψηλή.

- Το **χλώριο (Cl)**, έχει ένα μέσο όρο συγκέντρωσης στα υπόγεια νερά της περιοχής 71.8 mg/l, με το ενδεδειγμένο όριο της Ε.Ε. το οποίο χαρακτηρίζει το νερό ως πόσιμο, να βρίσκεται στα 25 mg/l.
- Η θειική ρίζα παρουσιάζει την υψηλότερη συγκέντρωσή της στη γεώτρηση Γ4, με τιμή 171.5 mg/l και ελάχιστη τιμή τα 27.4 mg/l στη γεώτρηση Γ2.
- Το υπόγειο νερό της λεκάνης παρουσιάζει συγκέντρωση **νιτρικών** με μέσο όρο την τιμή 23.65 mg/l, η οποία βρίσκεται κάτω από το ανώτατο όριο συγκέντρωσης νιτρικών στο πόσιμο νερό της τάξης των 50 mg/l και κάτω από το επιθυμητό όριο των 25 mg/l.

Στις γεωτρήσεις 2 και 4 στις οποίες έχουμε δειγματοληψία για έλεγχο ποιότητας του υπογείου νερού, εξάγεται το γενικό συμπέρασμα της ύπαρξης **ασβεστούχου – όξινου ανθρακικού νερού**.

Η ΡΥΠΑΝΣΗ

Ο έλεγχος της ρύπανσης στη λεκάνη του Αξιού, όπως και στις υπόλοιπες λεκάνες απορροής διακρατικών ποταμών της Μακεδονίας-Θράκης, είναι πρωταρχικής σημασίας για τη Χώρα μας. Το φορτίο των ρύπων στις εν λόγω λεκάνες έχει διπλή προέλευση, από τις οποίες η μία, που στις περισσότερες περιπτώσεις είναι και οι σοβαρότερη, είναι ανεξέλεγκτη ευρισκομένη υπό τον έλεγχο γειτονικής χώρας. Με τις πολιτικό-οικονομικές συγκυρίες των τελευταίων ετών στην Νότια Βαλκανική, ο έλεγχος των ρύπων από και προς τα υδατοσυστήματα της κάθε λεκάνης απορροής των διακρατικών αυτών ποταμών έχει ιδιαίτερη οικονομική και κοινωνική σημασία.

Οι ποταμοί είναι αποδέκτες των νερών απορροής των λεκανών τους. Τα νερά αυτά προέρχονται είτε από άμεσες κατακρημνίσεις και λιώσιμο χιονιού ή πάγων, ή είναι νερά υπερχειλίσσης υπογείων υδροφόρων και απορροής και στράγγισης γης. Η φυσική ποιότητα και ποσότητα των νερών απορροής μιας λεκάνης εξαρτάται από τη γεωλογία και τις κλιματικές συνθήκες της λεκάνης. Λεκάνες με ασβεστούχα πετρώματα έχουν νερό απορροής σκληρό και καθαρό ενώ λεκάνες με αδιαπέραστα πετρώματα όπως γρανίτες έχουν νερό μαλακό, ελαφρώς όξινο και θολό λόγω των εν αιώρηση σωματιδίων που περιέχουν (Gray 1994). Την φυσική αυτή σύσταση έχουν και τα νερά των ποταμών που υδρομαστεύουν τις λεκάνες αυτές, αντίστοιχα. Όμως η φυσική κατάσταση της ποιότητας των νερών ενός ποταμού σπάνια διατηρείται κατά μήκος του καθόσον ποταμοί ή παραπόταμοι του γίνονται αποδέκτες γεωργικών, αστικών και βιομηχανικών αποβλήτων.

Η διάβρωση εδαφών αγροτική γης θεωρείται μια δυναμική μη σημειακή πηγή ρύπανσης επιφανειακών υδατοσυστημάτων που συλλέγουν τα νερά απορροής μιας λεκάνης. Σε αυτές τις περιπτώσεις από τους διάφορους ρύπους που μελετούνται παγκόσμια, διότι είναι αυτοί που κυρίως συμβάλουν στην υποβάθμιση της ποιότητας των αποδεκτών, περιλαμβάνονται κυρίως διάφορες μορφές φωσφορικών αλάτων και αζώτου και υπολειμμάτων γεωργικών φαρμάκων.

Η στράγγιση των εδαφών με την ταυτόχρονη έκλυση θρεπτικών στοιχείων από το έδαφος, κυρίως νιτρικών και γεωργικών φαρμάκων, είναι άλλη μία σημαντική μη-σημειακή πηγή ρύπανσης υπογείων και επιφανειακών υδατοσυστημάτων γεωργικών περιοχών. Οι Squillance & Thurman (1992) υπολόγισαν ότι οι κύριες ποσότητες των γεωργικών φαρμάκων που ρυπαίνουν τον ποταμό Cedar της Iowa προέρχονται από επιφανειακή απορροή και υπόγεια στράγγιση εδαφών, αντίστοιχα. Για τα γεωργικά φάρμακα alachlor, atrazine, cyanazine, metolachlor και metribuzin βρήκαν ότι οι συγκεντρώσεις τους στο νερό του ποταμού, όταν νερά προερχόμενα από υπόγεια στράγγιση εδαφών συνιστούσαν το

κύριο όγκο του νερού, ήταν $<0.1 \mu\text{g/l}$ (μέση τιμή $0.2 \mu\text{g/l}$) ενώ όταν ο κύριος όγκος του νερού προερχόταν από νερά επιφανειακής απορροής, οι αντίστοιχες συγκεντρώσεις υπερέβαιναν τα $50 \mu\text{g/l}$. Συνεπώς η διάβρωση εδαφών με την επιφανειακή απορροή νερού συνιστά την σημαντικότερη μη σημειακή πηγή ρύπανσης επιφανειακών υδατοσυστημάτων.

Τα νερά απορροής αγροτικών περιοχών δεν είναι οι μόνες πηγές ρύπανσης ποταμών. Οι Kimbrough & Litke (1996) ανακοίνωσαν πρόσφατα ότι μελετώντας τη διακύμανση των συγκεντρώσεων γεωργικών φαρμάκων στα νερά δύο παραποτάμων του ποταμού Plate του Colorado από τους οποίους ο ένας συνέλλεγε τα νερά απορροής αγροτικών περιοχών και ο άλλος τα αντίστοιχα νερά κατοικημένων περιοχών βρήκαν ότι και οι δύο παραπόταμοι περιείχαν σημαντικό αριθμό γεωργικών φαρμάκων (30 γεωργικά φάρμακα βρέθηκαν στα νερά του παραποτάμου που διέσχιζε αγροτική περιοχή και 22 σε εκείνον που διέσχιζε αστική περιοχή). Οι συγκεντρώσεις των γεωργικών φαρμάκων και στις δύο περιπτώσεις ήταν υψηλότερες κατά το καλοκαίρι (εποχή εφαρμογής των φαρμάκων) και κυρίως μετά από καταιγίδα.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Με βάση τα ανωτέρω προκύπτουν τα εξής:

- Η λεκάνη Αξιού στο ελληνικό τμήμα της έχει έκταση 1.200.000 στρέμματα.
- Οι κυριότεροι υδροφόροι αναπτύσσονται στις τεταρτογενείς αποθέσεις και τροφοδοτούνται κυρίως από πλευρική διήθηση της κοίτης του ποταμού και απευθείας κατείσδυση του νερού της βροχής.
- Στο νερό της περιοχής κυριαρχούν το όξινο ανθρακικό ανιόν καθώς και το Ασβέστιο από τα κατιόντα. Οπότε το νερό χαρακτηρίζεται ως **ασβεστούχο - όξινο ανθρακικό νερό**.
- Η διακύμανση της στάθμης σε 7 γεωτρήσεις πλησίον της κοίτης του Αξιού κυμαίνεται, κατά τόπους, από +16m την ξηρή περίοδο και +32m την υγρή.
- Η πτώση στάθμης μεταξύ υγρής και ξηρής περιόδου τα υδρολογικά έτη 2005 και 2006 κυμαίνεται από 0,08-0,53m με την εξαίρεση της Γεώτρησης Γ5 που έχουμε άνοδο στάθμης 0,15m.
- Πηγή ρύπανσης αποτελούν οι γεωργικές δραστηριότητες που υπάρχουν στην γενικότερη περιοχή, καθώς και η διάθεση ανεπεξέργαστων λυμάτων στον ποταμό.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ-ΠΗΓΕΣ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

1. Δημόπουλος, Γ. (2000): Υδρογεωλογική μελέτη του όρους Πάικου και του καρστικού συστήματος των πηγών Αραβησσού. Τελική έκθεση ερευνητικού προγράμματος. Τμήμα Γεωλογίας, ΑΠΘ.
2. Δημόπουλος, Γ., Σούλιος, Γ., Βουδούρης, Κ. (2006): Ποιότητα των υπόγειων νερών στο παράκτιο υδροφόρο σύστημα του Θερμαϊκού κόλπου. Πρακτικά 2ου Συνεδρίου Συμβουλίου Περιβάλλοντος Α.Π.Θ. «Τα περιβαλλοντικά προβλήματα της Θεσσαλονίκης και της ευρύτερης περιοχής: Οι απόψεις του Α.Π.Θ.». 1-4 Ιουνίου 2006, Θεσσαλονίκη, 382-388.
3. Λουπασάκης Κ., Μ. Σωτηριάδης, Γ. Σούλιος 1997. Υδροχημικά χαρακτηριστικά του υπόγειου νερού της πεδινής περιοχής μεταξύ Θεσσαλονίκης και Ν. Χαλκηδόνας. Πρακτικά 4^{ου} Παν. Υδρογεωλογικού Συνεδρίου, 194-212.
4. Μελαδιώτης, Ι. (1984): Γεωλογική μελέτη του ανατολικού τμήματος της πεδιάδας Θεσσαλονίκης-Γιαννιτσών και ειδικότερα της περιοχής μεταξύ των ποταμών Αξιού και Γαλλικού, όπου αναπτύσσονται εκμεταλλεύσιμοι υπόγειοι υδροφορείς. Διδ. Διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, ΑΠΘ.
5. Μουντράκης, Δ. (1985): Γεωλογία της Ελλάδας. University Studio Press. Θεσσαλονίκη.
6. Παπαμιχαήλ, Δ. (1992): Ανάλυση συχνότητας μέγιστων παροχών υδάτινων ρευμάτων. Πρακτικά συμποσίου «Λειψυδρία & Πλημμύρες», Θεσσαλονίκη 17 & 18 Μαρτίου 1992. ΓΕΩΤΕΕ..
7. Σούλιος Γ. 1999. Έρευνα αξιοποίησης υδροφόρων στρωμάτων πεδινής περιοχής ενδιαφέροντος ΟΥΘ. Τελική έκθεση ερευνητικού προγράμματος. Τμήμα Γεωλογίας, ΑΠΘ.
8. Σπάχος, Θ., Βουδούρης, Κ., Δρόσος, Δ., Δημόπουλος, Γ. (2006): Διακυμάνσεις της στάθμης του υπόγειου νερού στους υδροφορείς των κύριων αντλητικών πεδίων της ΕΥΑ Θεσσαλονίκης. Πρακτικά 10^{ου} Πανελλήνιου

Συνεδρίου της Υδροτεχνικής Ένωσης «Διαχείριση Υδατικών Πόρων και Περιβάλλον». Ξάνθη.

9. Τζιμούρτας Σ., Γ. Σούλιος, Μ. Νυμφόπουλος 1997. Υφάλμυροι υπόγειοι υδροφορείς στη λεκάνη του Αξιού ποταμού. Πρακτικά 4^{ου} Παν. Υδρογεωλογικού Συνεδρίου, 514-524.

10. Karageorgis, A.P., Skourtos, M.S., Kapsimalis, A.D. et al. (2005): An integrated approach to watershed management within the DPSIR framework: Axios river catchment and Thermaikos Gulf. Reg. Environ. Change (2005) 5:138-160.

11. Poulos S., G. Chronis, M. Collins, V. Lykousis 2000. Thermaikos Gulf Coastal System, NW Aegean Sea: an overview of water/sediment fluxes in relation to air-land-ocean interactions and human activities. Journal of Marine Systems, 25, 2000, 47-76.

12. Vouvalidis K., G. Syrides, K. Albanakis 2005. Holocene morphology of the Thessaloniki Bay: Impact of sea level rise. Z. Geomorph. N.F., Vol. 137, Berlin-Stuttgart, 147-158.

Διευθύνσεις στον Internet

<http://www.ornithologiki.gr/gr/sppe/gr019.htm>

<http://el.wikipedia.org/wiki/%CE%91%CE%BE%CE%B9%CF%8C%CF%82>

http://www.kathimerini.gr/4dcgi/_w_articles_kathcommon_2_10/07/2004_1283091

<http://maps.google.com/>