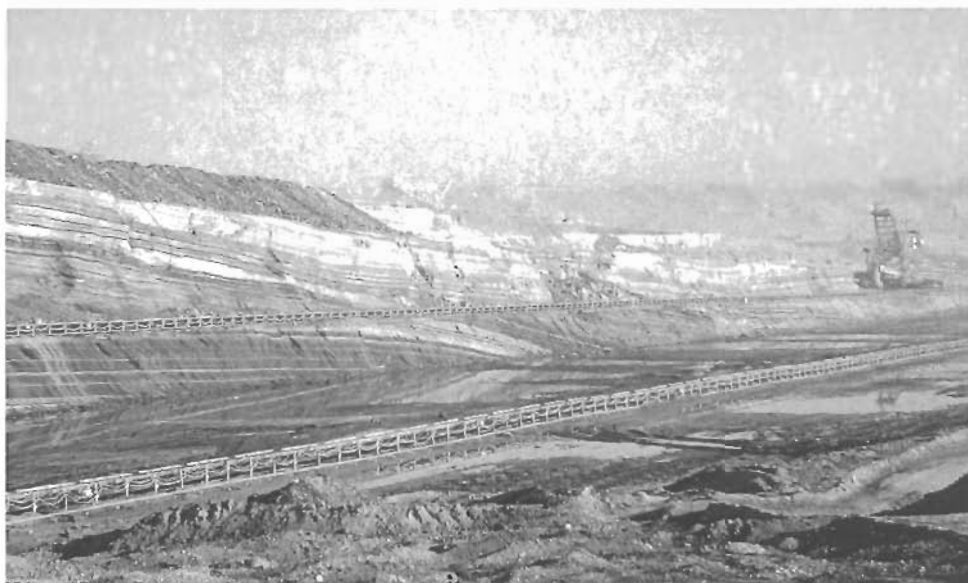


ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

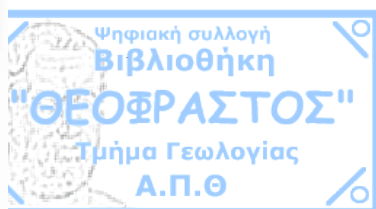
**ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ
ΜΕΛΕΤΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΛΑΚΚΙΑΣ (ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ)**



**ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ
ΦΩΤΙΑΔΟΥ ΕΛΙΣΣΑΒΕΤ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ ΚΑΘΗΓΗΤΕΣ
Κ. ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ
Γ. ΚΟΥΦΟΣ**

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2008



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η διπλωματική εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε μέσα στα πλαίσια του προγράμματος σπουδών του τμήματος Γεωλογίας. Το αντικείμενο της μελέτης είναι η στρωματογραφική και υδρογεωλογική διάρθρωση της νεογενούς λεκάνης του Αμυνταίου. Ως βάση για την εκπόνηση της εργασίας αυτής αποτέλεσαν τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από την υπαίθρια έρευνα στην περιοχή, τη μελέτη πυρήνων γεωτρήσεων και από βιβλιογραφικά δεδομένα.

Θα ήθελα εδώ, να ευχαριστήσω θερμά, τους γεωλόγους της ΔΕΗ, κ.κ. Νίκου Αντώνιο, Καλαιτζόπουλο Παύλο και Τσακίρη Νίκο για την πολύτιμη βοήθεια και στήριξή τους, την προϊστάμενη του τμήματος εκμετάλλευσης της ΔΕΗ, κ.κ. Καρανάκη Ελισσάβετ για την συνεργασία της, καθώς και τους υπόλοιπους συνάδελφους και μη, εργαζομένους της ΔΕΗ για την αμέριστη συμβολή και τη διευκόλυνση που μου παρείχαν κατά την διάρκεια της εργασίας μου στο ορυχείο.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους κ.κ. Βουδούρη Κωνσταντίνο, και Κουφό Γεώργιο για την ανάθεση και παρακολούθηση του θέματος.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω ένα μεγάλο 'ευχαριστώ' σε όλους τους ανθρώπους, που ήταν δίπλα μου όλο αυτό το διάστημα...

Φωτιάδου Ελισσάβετ

080053

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ
ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ



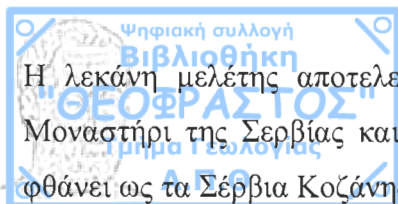
1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ-ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στα ΒΔ/κά της Ελλάδας και συγκεκριμένα εντός των νομών Φλώρινας και Κοζάνης (Χάρτης 1). Η λεκάνη Φλώρινας- Πτολεμαΐδας είναι μια νεογενής λεκάνη πίσω από τη μεσοελληνική μολασσική αύλακα και παράλληλη προς αυτήν. Έχει διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ παράλληλα προς τον άξονα των Ελληνίδων Οροσειρών. Δεν εμφανίζεται ενιαία, και μέσω τεκτονικών κεράτων και βυθισμάτων χωρίζεται σε επιμέρους υπολεκάνες. Έχει μήκος 100 km και πλάτος 15 km περίπου.

Η περιοχή περικλείεται ΒΑ από το όρος Βόρρας (1998 m), που αποτελεί και την πηγή τροφοδοσίας των λιμνών Βεγορίτιδας και των Πετρών, ΒΔ από το όρος Βέρνο (2128 m) ενώ ΝΔ από τα τεκτονικά εξάρματα Μπορντό-Κουρί και το όρος Άσκιο, καθώς και ΝΑ από την ορεινή οροσειρά του Βερμίου. Η μορφολογία της περιοχής είναι αρκετά ομαλή με υψόμετρα +660 m ως +595 m και εμφανίζει ήπια εξάρματα, τεκτονικής κυρίως προέλευσης και λοφοσειρές που την χωρίζουν σε επιμέρους υπολεκάνες. Το πιο χαρακτηριστικό έδαφος είναι αυτό του Κλειδιού-Ξινού Νερού που χωρίζει τις υπολεκάνες Φλώρινας και του Αμυνταίου-Πτολεμαΐδας.



Χάρτης 1. Γενικός χάρτης Δυτικής Μακεδονίας

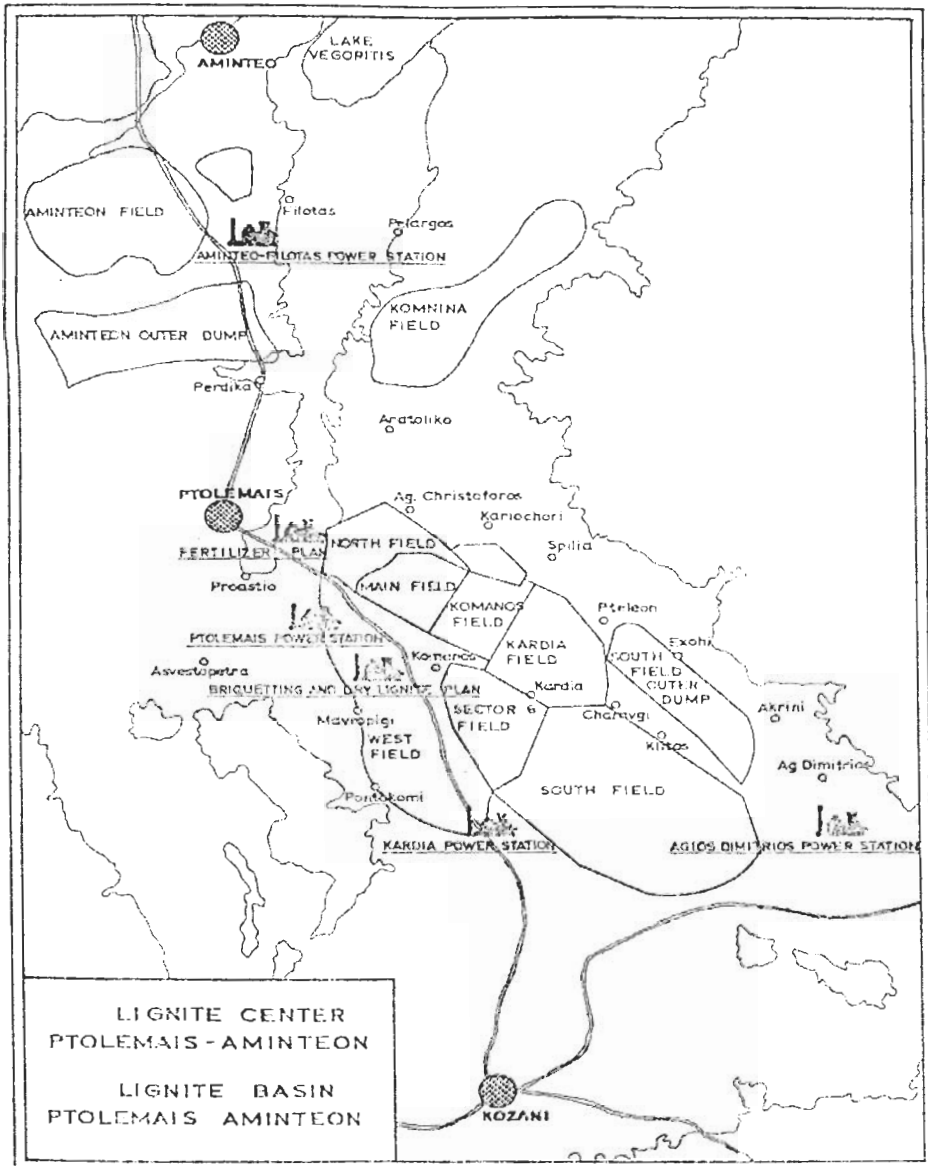


Η λεκάνη μελέτης αποτελεί τμήμα της νεογενούς λεκάνης, που ξεκινά από το Μοναστήρι της Σερβίας και διαμέσου της Φλώρινας, Αμυνταίου και Πτολεμαΐδας φθάνει ως τα Σέρβια Κοζάνης.

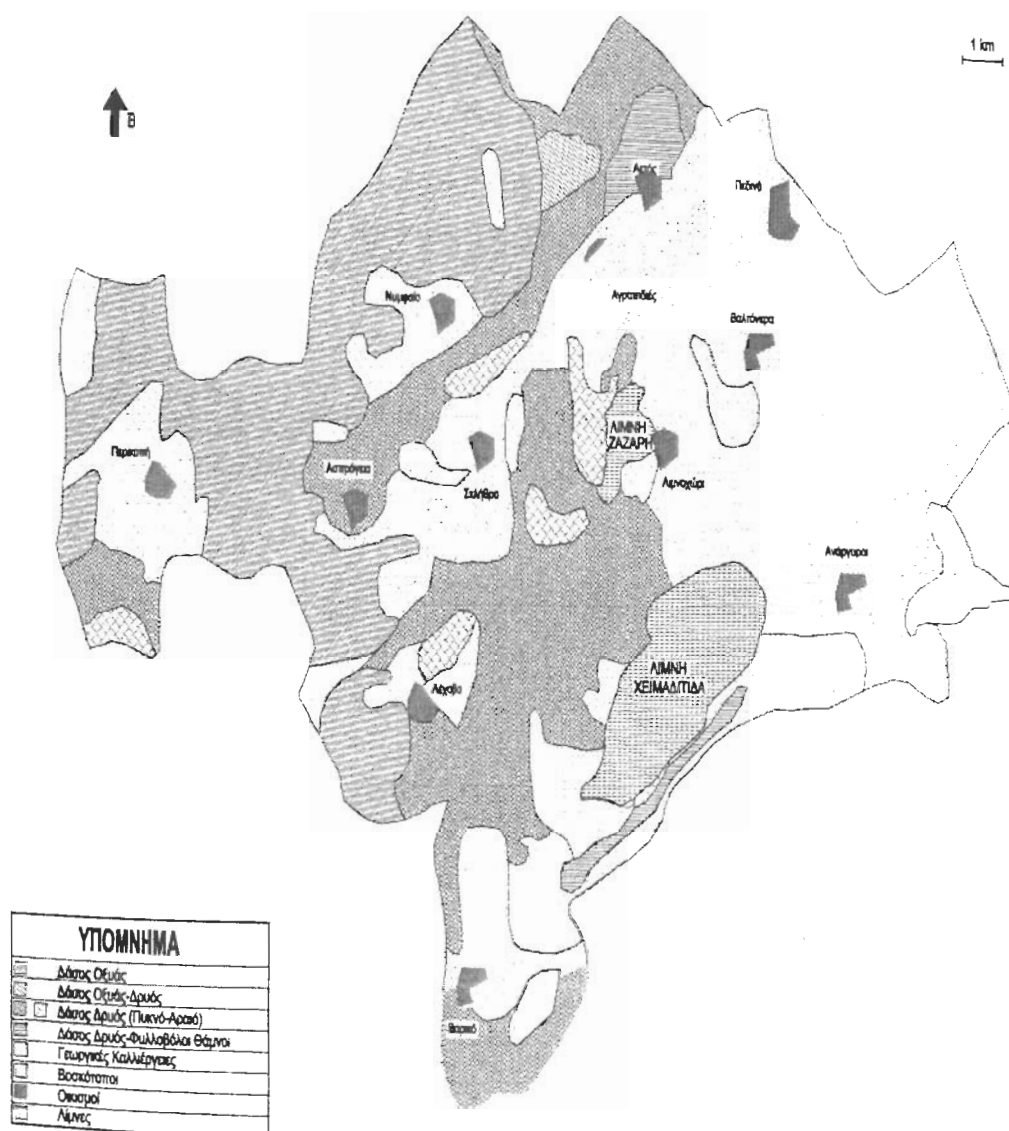
Η υπό μελέτη λεκάνη της Λακκιάς βρίσκεται στο κέντρο της επιμέρους λεκάνης Αμυνταίου, στα νότια περιθώρια του βυθίσματος Χειματίτιδας- Πετρών. Στα ΝΔ του κοιτάσματος βρίσκεται το χωριό Ανάργυροι και περιμετρικά, τα χωριά Φιλώτας και Λακκιά. Το Αμύνταιο βρίσκεται στα ΒΑ του κοιτάσματος σε απόσταση 8 km, ενώ η Πτολεμαΐδα στα ΝΑ σε απόσταση 14 km.

Στην περιοχή αυτή, εμφανίζεται έντονη βιομηχανική δραστηριότητα λόγω της παρουσίας των λιγνιτικών στρωμάτων του γαιώδους λιγνίτη και των συνοδών τους λιμναίων ιζημάτων. Εμφανίζεται το ενεργειακό κέντρο της Ελλάδας με 4 υποσταθμούς παραγωγής της ηλεκτρικής ενέργειας. Στην περιοχή μελέτης υπάρχει ένας υδροηλεκτρικός σταθμός (Αμυνταίου) που παράγει ηλεκτρική ενέργεια μέσω της καύσης των λιγνιτών (Χάρτης 2).

Επίσης παρατηρείται έντονη αγροτική δραστηριότητα με καλλιέργειες αρδευτικές και ξερικές όπως αραβόσιτος, ζαχαρότευτλα, καπνός, κηπευτικά, αμπέλια, σιτάρι και σίκαλη. Επιπλέον παρατηρούνται και μεγάλες εκτάσεις γης ακαλλιέργητες που χαρακτηρίζονται ως βοσκότοποι (Χάρτης 3).



Χάρτης 2. Λιγνιτικό κέντρο Δυτικής Μακεδονίας (από ΔΕΗ, 2005)



Χάρτης 3. Εκτάσεις της περιοχής και χρήσεις αυτών (από Παληό, 2006)

Η περιοχή μελέτης ανήκει στην κλειστή υδρολογική λεκάνη Χειματίτιδας-Πετρών με εμβαδόν $354,5 \text{ km}^2$. Ο υδροκρίτης που την περικλείει προς Βορρά βρίσκεται παράλληλα στην γραμμή Αετός- Ξινό Νερό και από την κορυφή Μαύρη Πέτρα προς την κορυφή του χωριού Κέλλη $+1998 \text{ m}$. Περνάει στη συνέχεια από τις παρυφές της Βεγορίτιδας και της λίμνης των Πετρών. Προς Νότο την οριοθετεί στη γραμμή Βεγόρα- Λακκιά-Φιλώτα και προς τα δυτικά από τα υψώματα που περιβάλλουν τις λίμνες Ζάζαρη και Χειματίτιδα καθώς και την περιοχή του Σκλήθρου.

Το υδρογραφικό δίκτυο δεν είναι αναπτυγμένο λόγω των καρστικών σχηματισμών που επικρατούν. Ο Αμύντας είναι και ο μοναδικός ποταμός που αποστραγγίζει την περιοχή και ειδικότερα το πρώην έλος της Χειματίτιδας.

Εδώ θα πρέπει να υπογραμμίσουμε και την ύπαρξη των μεγάλων αποθεμάτων όξινου μεταλλικού νερού, το οποίο περιέχει ελεύθερο CO_2 βιομηχανικά εκμεταλλεύσιμο, στην περιοχή αυτή.

2.2 ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

ΚΛΙΜΑ

Το κλίμα της ευρύτερης περιοχής είναι ηπειρωτικό, μεσογειακού τύπου, με σημαντικές μεταβολές κατά τη διάρκεια του έτους, ψυχρό το χειμώνα και υγρό ως ξηρό, το υπόλοιπο διάστημα. Παρακάτω εξετάζονται τα δεδομένα της θερμοκρασίας και της βροχόπτωσης στην περιοχή.

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η μέση θερμοκρασία της λεκάνης Αμυνταίου υπολογίστηκε από τις μέσες μηνιαίες θερμοκρασίες στους σταθμούς της Πτολεμαΐδας, του Λιμνοχωρίου και του Αμυνταίου, σε συνάρτηση με τα διάφορα υψόμετρα της περιοχής (600 m- 790 m).

Η μέση θερμοκρασία κατά τα έτη 1990-2000 υπολογίστηκε για την ευρύτερη περιοχή, είναι 19,9° C. Υπολογίστηκε επίσης ότι υπάρχει αύξηση της θερμοκρασίας 1,2° C ανά 100 m υψόμετρο (θερμοβαθμίδα).

ΥΠΟΜΟΝΗΜΑ

Μέση ετήσια θερμοκρασία (°C):

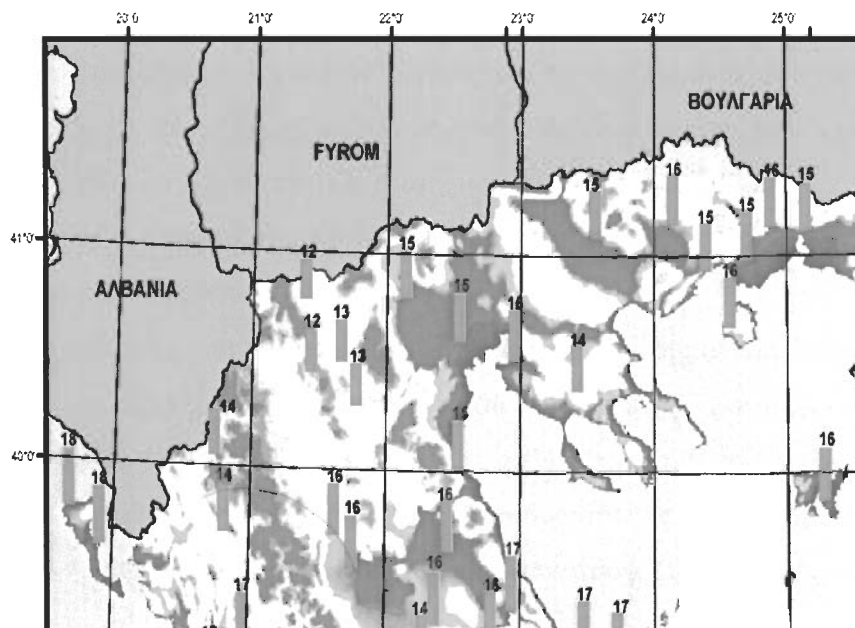
20

0

Υψόμετρο (m):

2400

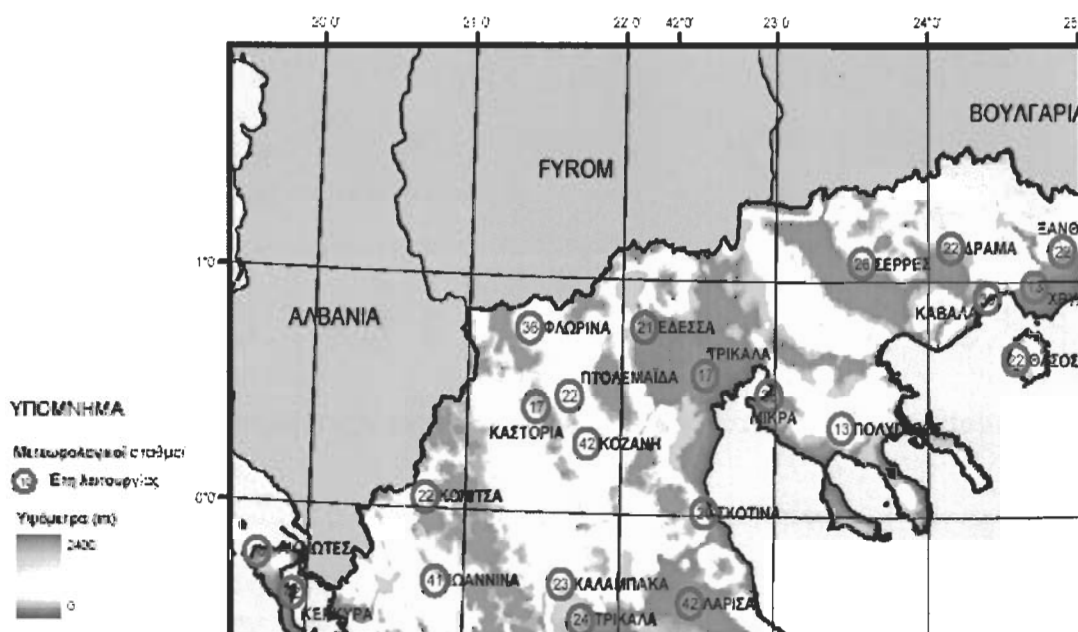
0



Χάρτης 4. Μέση ετήσια θερμοκρασία (από Παληό, 2006)

Παρατηρείται στην ευρύτερη περιοχή, μια αυξημένη βροχόπτωση, λόγω του μεγάλου υψομέτρου και των κατάλληλων συνθηκών (παράρτημα 1, 2 και 3). Παρακάτω παρατίθενται οι βροχομετρικοί σταθμοί της περιοχής και τα έτη λειτουργίας τους.

Η μέση ετήσια βροχόπτωση ανέρχεται σε 580 mm για την περίοδο 1974-95.



Χάρτης 5. Βροχομετρικοί σταθμοί της περιοχής (από Παληό, 2006)

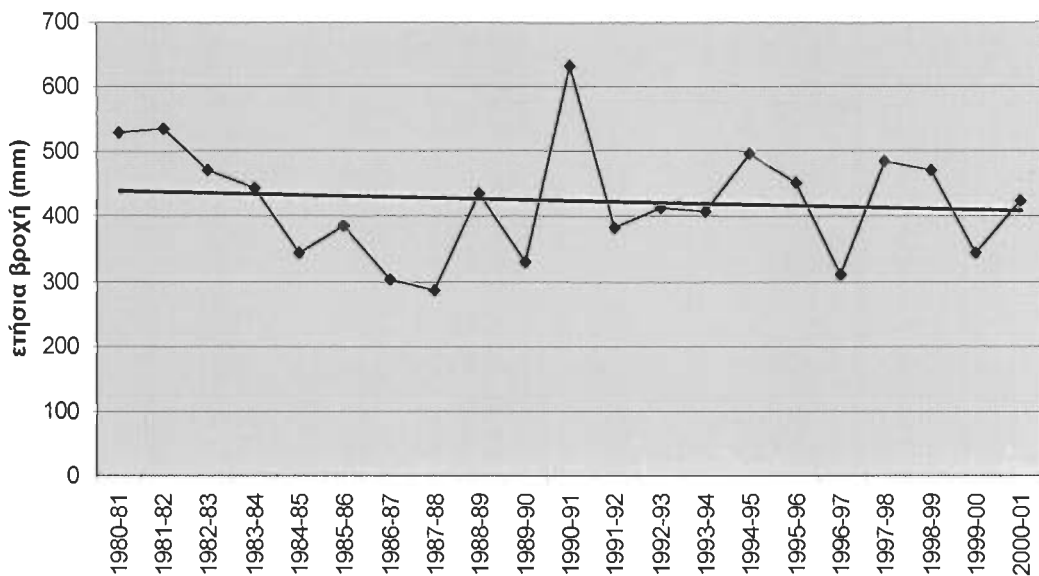
Στα παραρτήματα 1 και 2 παρουσιάζεται το μηνιαίο ύψος βροχόπτωσης, κατά τα έτη 1980-2001 στους βροχομετρικούς σταθμούς Πτολεμαΐδας και Αμυνταίου.

Ο υγρότερος μήνας είναι ο Μάιος και ακολουθεί ο Νοέμβριος. Οι ξηρότεροι μήνες είναι ο Ιανουάριος και ο Ιούλιος. Το μεγαλύτερο ποσοστό βροχής πέφτει την περίοδο Οκτωβρίου-Μαΐου.

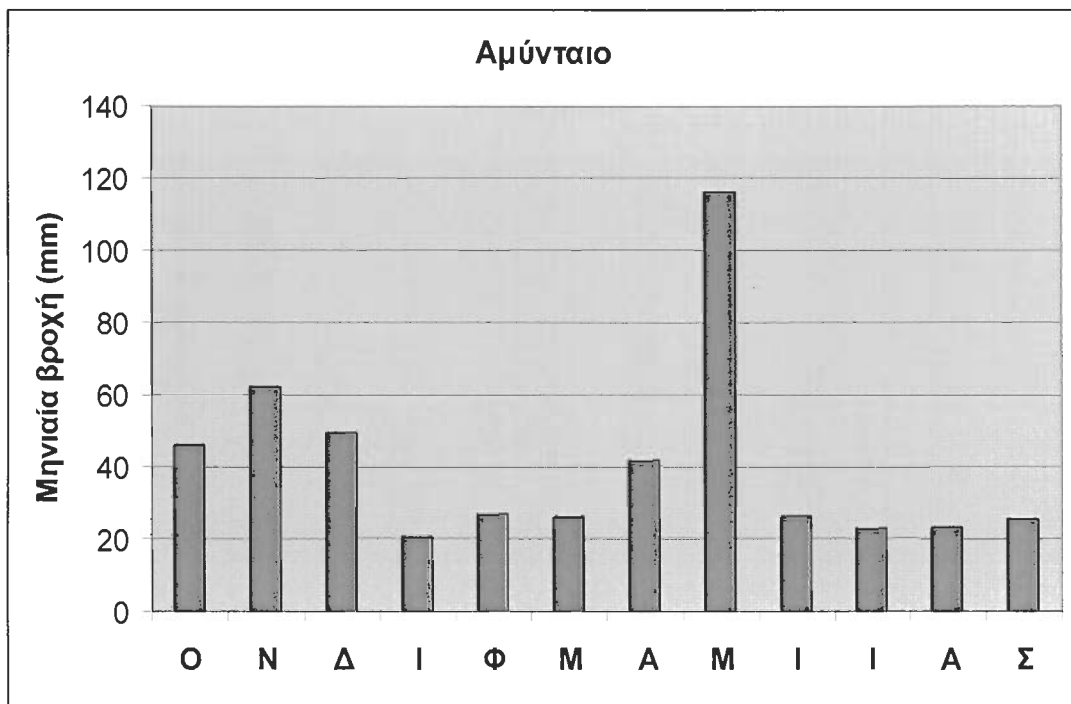
Παρατηρείται μια τάση μείωσης, όχι στατιστικά σημαντική, που πιθανόν σχετίζεται με τις αλλαγές του βροχομετρικού καθεστώτος, λόγω ευρύτερων κλιματικών αλλαγών.

Στα Σχήματα 1-6 παρουσιάζεται η διακύμανση της ετήσιας βροχόπτωσης και η μέση μηνιαία βροχόπτωση στους σταθμούς Αμυνταίου, Πτολεμαΐδας, και Λιμνοχωρίου.

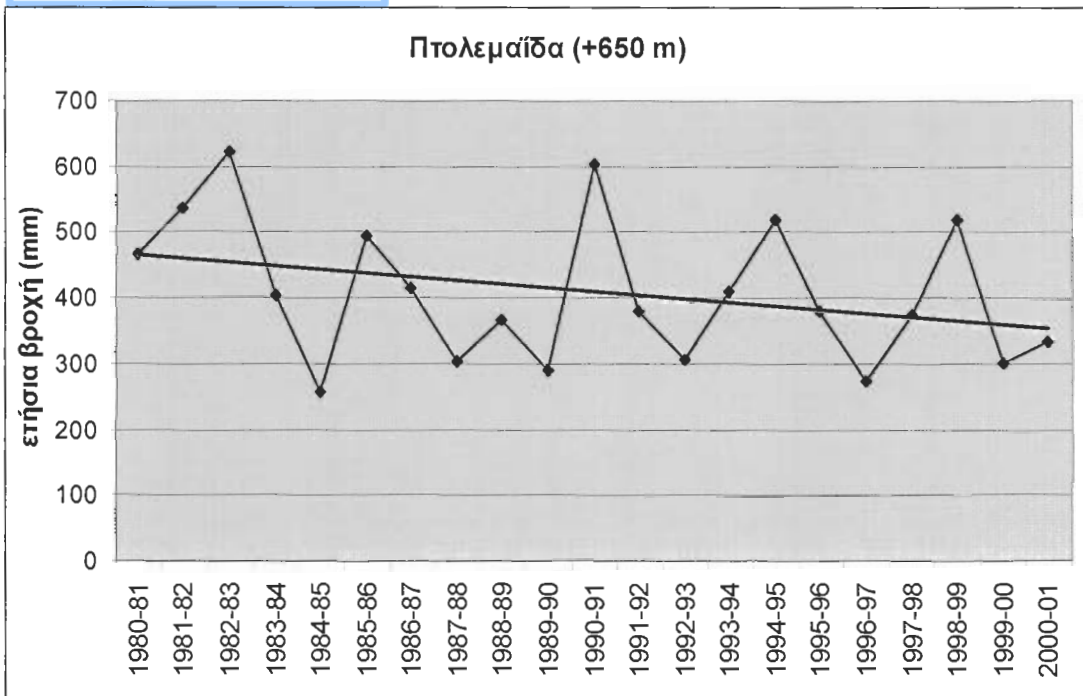
Αμύνταιο (+578 m)



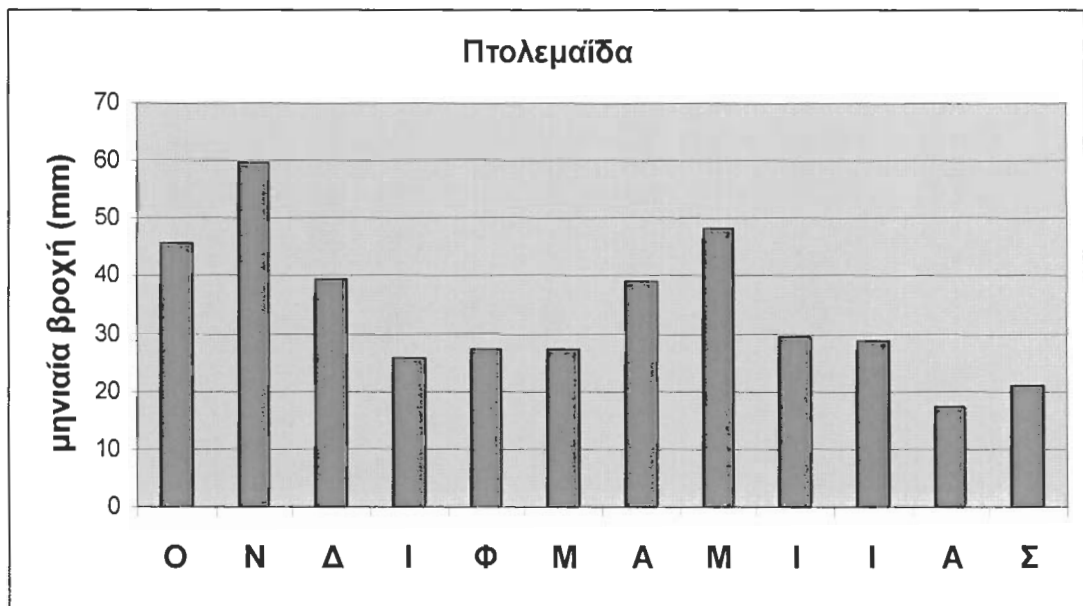
Σχήμα 1. Διακύμανση της ετήσιας βροχόπτωσης στο σταθμό Αμυνταίου.



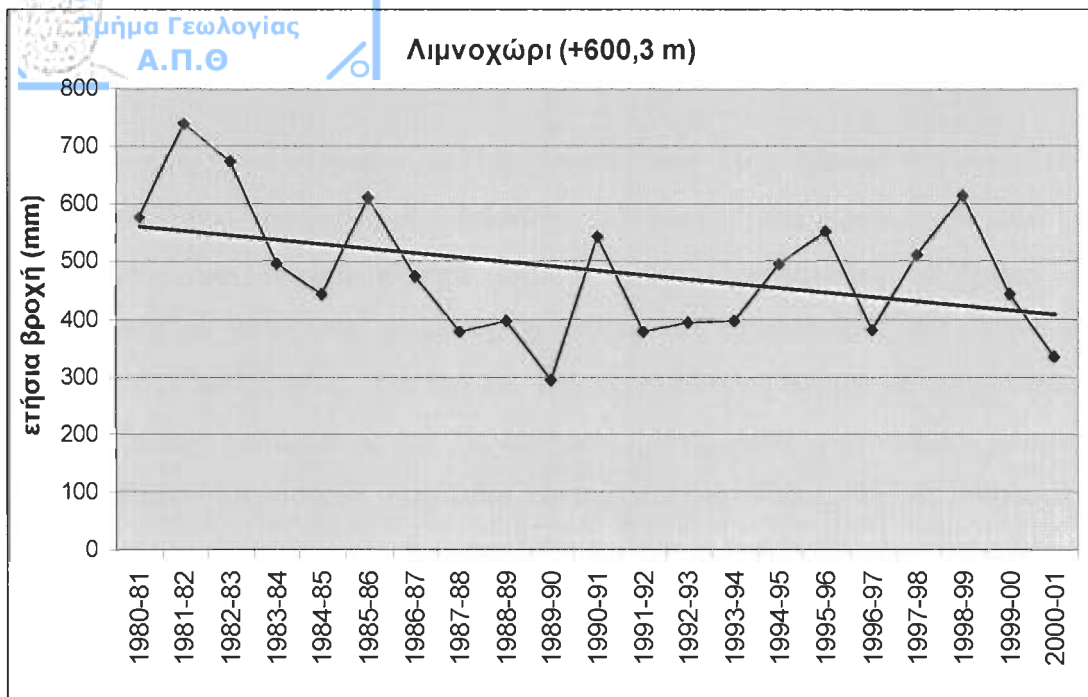
Σχήμα 2. Μέση μηνιαία βροχόπτωση στο σταθμό Αμυνταίου (περίοδος 1980-2000).



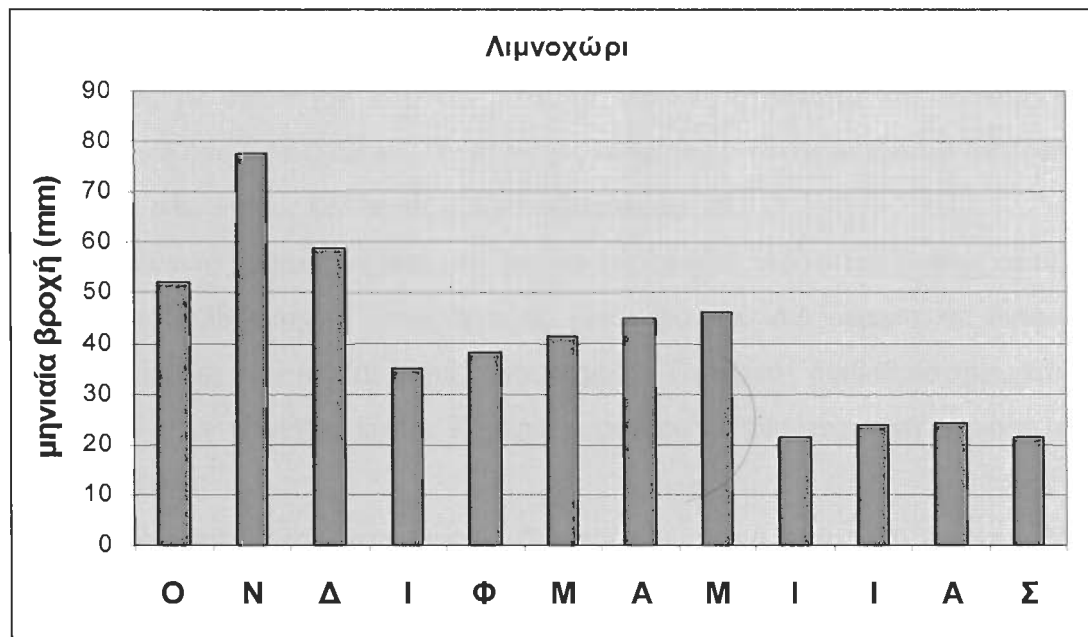
Σχήμα 3. Διακύμανση της ετήσιας βροχόπτωσης στο σταθμό Πτολεμαΐδας.



Σχήμα 4. Μέση μηνιαία βροχόπτωση στο σταθμό Πτολεμαΐδας (περίοδος 1980-2000).



Σχήμα 5. Διακύμανση της ετήσιας βροχόπτωσης στο σταθμό Λιμνοχωρίου.



Σχήμα 6. Μέση μηνιαία βροχόπτωση στο σταθμό Λιμνοχωρίου (περίοδος 1980-2000).

3.1. ΓΕΝΙΚΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ-ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΙΣΤΟΡΙΑ

Η περιοχή ανήκει γεωλογικά στην Πελαγονική ζώνη. Το υπόβαθρό της αποτελείται από μεσοζωικούς σχηματισμούς διάφορης σύστασης, μεταμορφωμένους και μη. Στην βόρεια και δυτική πλευρά έχουμε κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο της Πελαγονικής με γνεύσιους, φυλλίτες, χαλαζίτες και σχιστόλιθους στο Βέρνο και νοτιότερα στο Άσκιο όρος. Στα ΝΑ-κά βρίσκεται το όρος Βέρμιο με σχηματισμούς του μεσοζωικού καλύμματος της Πελαγονικής ζώνης, όπου συναντώνται μάρμαρα του Τριαδικού- Ιουρασικού, οφιόλιθοι και σχιστοκερατόλιθοι του Μ. Ιουρασικού. Ασύμφωνα τοποθετημένους έχουμε απολιθωματοφόρους ασβεστόλιθους και φλύσχη. Η λεκάνη αυτή έχει πληρωθεί κυρίως με λιγνιτοφόρα νεογενή ιζήματα και μη. Τα λιγνιτικά στρώματα ανήκουν ηλικιακά στο Α. Πλειόκαινο, και εμφανίζουν λιγνιτοφορία γαιώδους λιγνίτη. Οι λιγνίτες εμφανίζονται μέσα σε χαλαρά ιζήματα και σε μικρό βάθος. Μεταγενέστερα της απόθεσης των πλειοκαινικών ιζημάτων, έχουμε τη δημιουργία τεκτονικών δομών, τάφρων και κεράτων με το υλικό της αποσάθρωσης να γεμίζει τις μικρές λεκάνες. Ως συνέπεια αυτού ήταν οι συνεχείς μεταπτώσεις με διεύθυνση ΒΑ/ΝΔ. Έτσι τα νεογενή στρώματα καλύπτονται από τεταρτογενείς αποθέσεις. Σε πολλές περιοχές λόγω της έντονης μετέπειτα διάβρωσης συναντάται ο ανώτερος λιγνιτικός ορίζοντας επιφανειακά.

Το Πλειστόκαινο χαρακτηρίζεται από έντονο τεκτονισμό. Λόγω διάβρωσης τα υλικά παλαιότερης διάβρωσης ή αποσάθρωσης μεταφέρονται από ρέματα σε διάφορες λεκάνες ή κοίτες που έγιναν λόγω τεκτονισμού. Το υλικό διαβαθμίστηκε, και τα ρέματα άλλαζαν συνεχώς κοίτη. Σήμερα παρατηρείται διασταυρωτή στρώση στις αποθέσεις αυτές.

Τα Πλειστοκαινικά στρώματα καταλαμβάνουν σημαντικό πάχος και έκταση. Είναι ποταμοχειμάρριοι σχηματισμοί από άμμο και χαλίκια, διαφορετικής σύστασης και κοκκομετρίας με διασταυρούμενες στρώσεις που καλύπτονται από λευκό λιμναίο στρώμα μάργας.

Η λεκάνη Φλώρινας-Πτολεμαΐδας συγκέντρωνε κατά χρονικές περιόδους τις προϋποθέσεις σχηματισμού και απόθεσης λιγνιτικών στρωμάτων. Σύμφωνα με μελέτες του ΙΓΜΕ διακρίνονται 4 περίοδοι λιγνιτογένεσης:

i) Η παλαιότερη περίοδος αντιστοιχεί στο Α. Μειόκαινο- Κ. Πλειόκαινο όπου αποτέθηκε λιγνίτης ξυλιτικού τύπου. Η μεγάλη ανάπτυξή του εμφανίζεται στα Α-ΒΑ περιθώρια της λεκάνης.

ii) Λιγνιτοφορία του Α. Πλειοκαίνου με την απόθεση γαιώδη λιγνίτη τύπου Πτολεμαΐδας. Ο τύπος αυτός έχει μεγάλη έκταση και πάχος και γι' αυτό είναι αξιοσημείωτη η διερεύνησή του.

iii) Λιγνιτογένεση Τεταρτογενούς σε περιορισμένη έκταση.

iv) Λιγνιτογένεση Ολοκαίνου. Αυτή την περίοδο στα δύο νεότερα βυθίσματα παρατηρήθηκε το φαινόμενο της συνίζησης του υποβάθρου με αποτέλεσμα να σχηματιστούν λίμνες (Χειματίτιδα και Άρδασσα) στις οποίες σχηματίστηκε τύρφη.

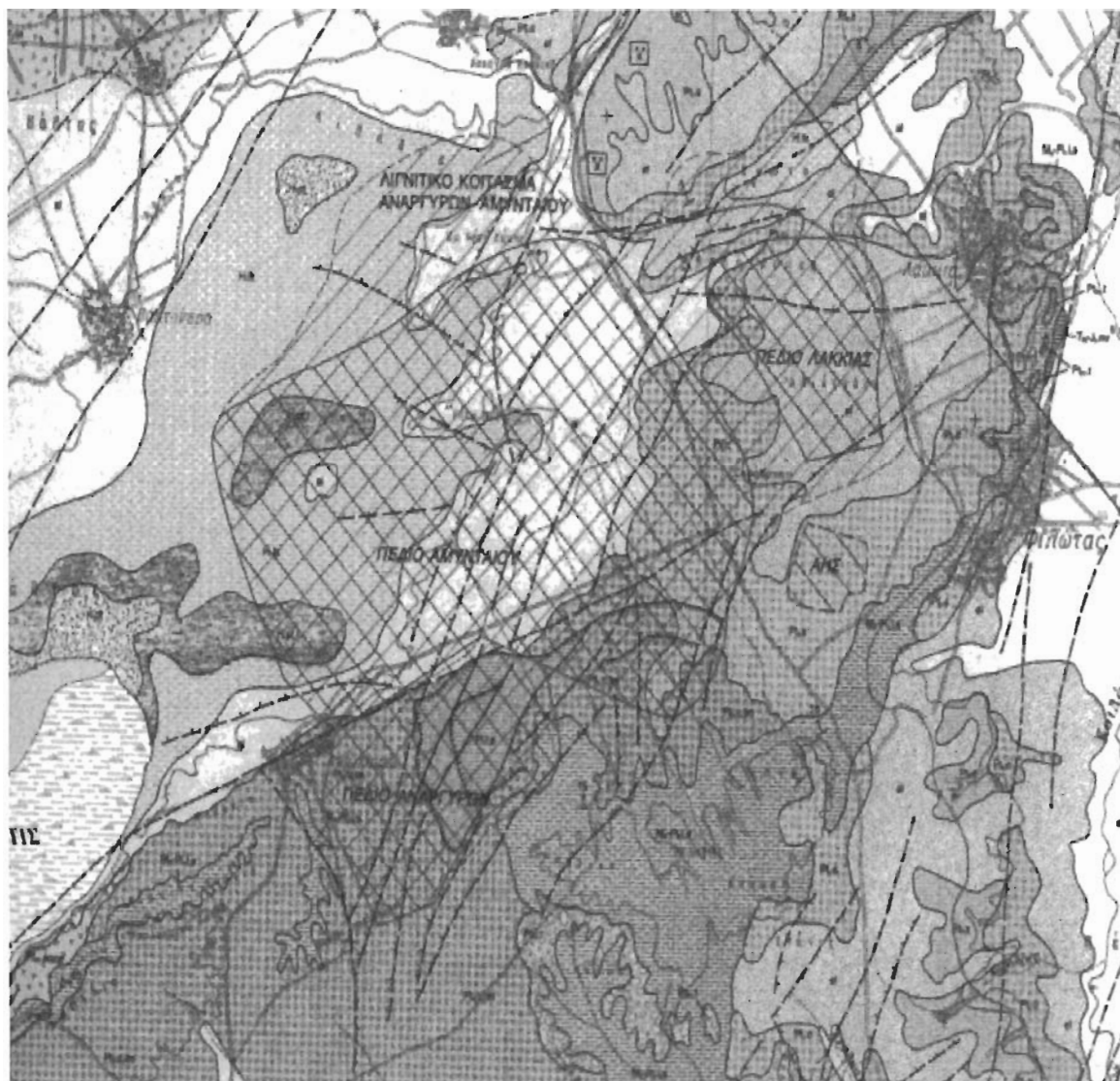
Τα απολιθώματα που έχουν βρεθεί είναι:

- i) θηλαστικά: Archidiskodon meridiolis arhaicus, Palaeoloxodon antiquus antiquus, Equus stenorhinus, Hippopotamus amphivius major, Eucladoceros falconeri κ.α.
- ii) δενδρύλια : Pinus, Salix, Alnus κ.α.
- iii) ποώδη φυτά: Graminae, Compositae κ.α.
- iv) υδρόφιλα φυτά: Nymphaeaceae, Cyperaceae κ.α.

Το πιο γνωστό και διαδεδομένο απολίθωμα της περιοχής, ηλικίας Νεογενούς, είναι το Theodoxus (neritina) macedonicus, το οποίο αποτελεί και πετρογραφικός άξονας στην στρωματογραφία της περιοχής και ένδειξη για την αναζήτηση και εκμετάλλευση λιγνίτη (Ιωακείμ 1981, Κουφός 1982, Παυλίδης 1985).

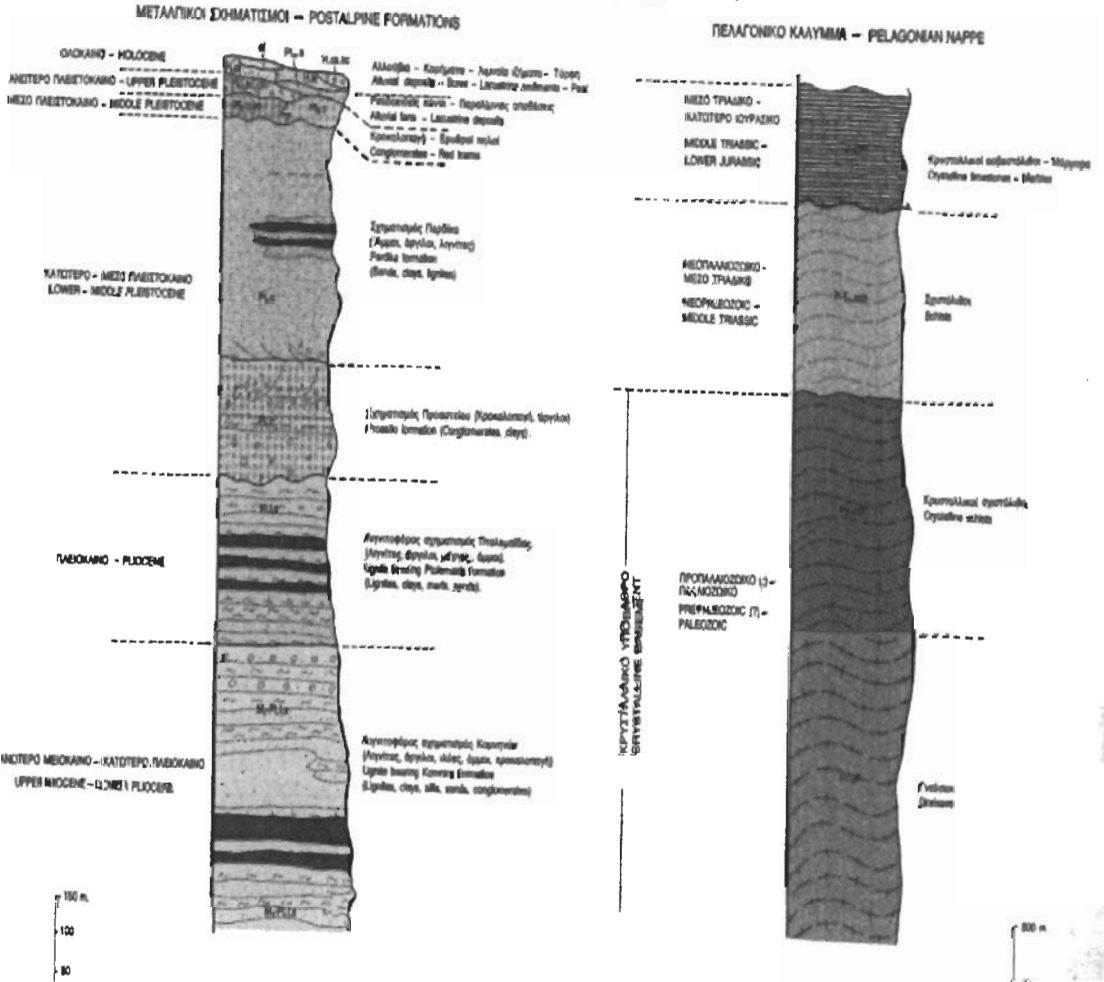
Στο χάρτη 6 παρουσιάζεται ο γεωλογικός χάρτης της περιοχής Αμυνταίου και στο Σχήμα 7 παρουσιάζεται η στρωματογραφική στήλη της περιοχής από τον ίδιο χάρτη, ενώ στον χάρτη 7 παρουσιάζεται ο λεπτομερής γεωλογικός χάρτης της περιοχής Αμυνταίου- Φλώρινας με βάση, επίσης, τα στοιχεία του ΙΓΜΕ.

Χαρακτηριστικές γεωλογικές τομές παρουσιάζονται στα Σχήματα 8 και 9.

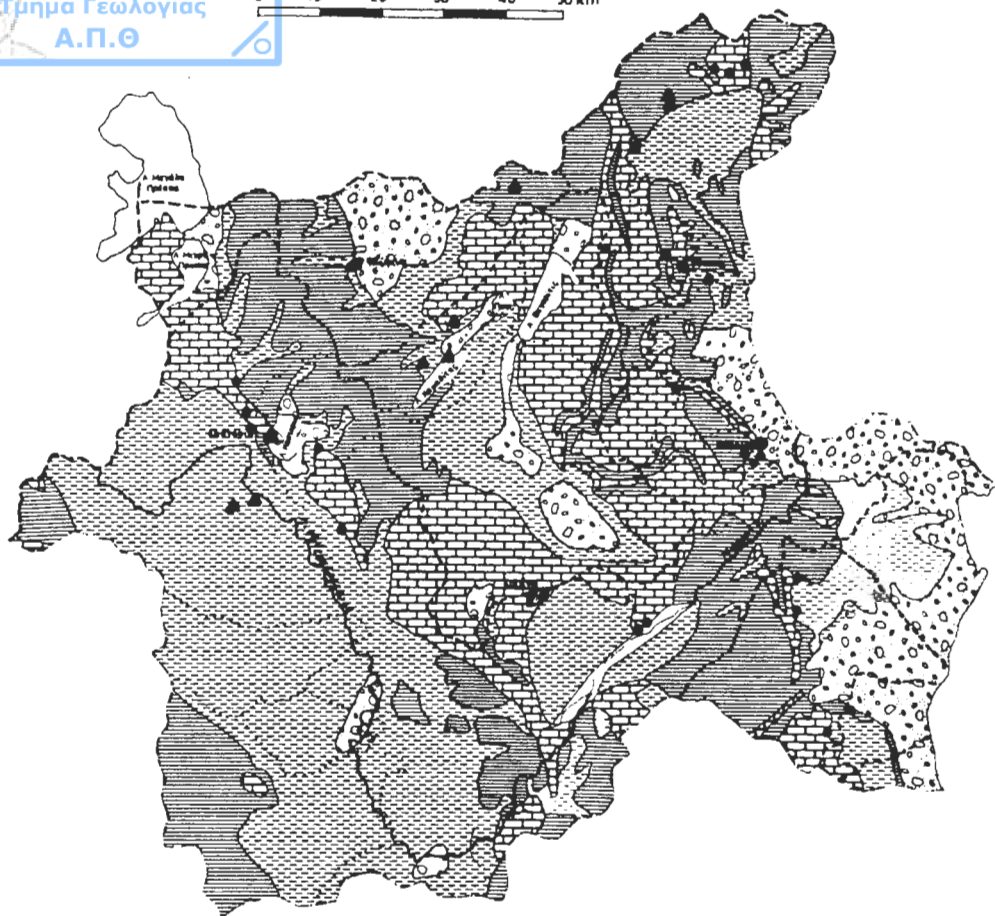


Χάρτης 6. Γεωλογικός χάρτης του ορυχείου Αμυνταίου (από ΙΓΜΕ, 2005).

ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΣΤΗΛΕΣ - STRATIGRAPHIC COLUMNS



Σχήμα 7. Στρωματογραφικές συνοπτικές στήλες της περιοχής (από ΙΓΜΕ, 2005).



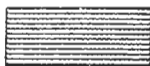
Υπόμνημα



Πορώδη - διαρρηγμένα πετρώματα Τεταρτογενούς, Νεογενούς εντός των οποίων δημιουργούνται εκτεταμένα ή ασυνεχή υδροφόρα συστήματα πολύ μεγάλης συνολικά δυναμικότητας με καλές έως μικρές κατά περιοχές υδραληπτικές δυνατότητες, ανάλογα με το ποσοστό συμμετοχής λεπτομερών στοιχείων.

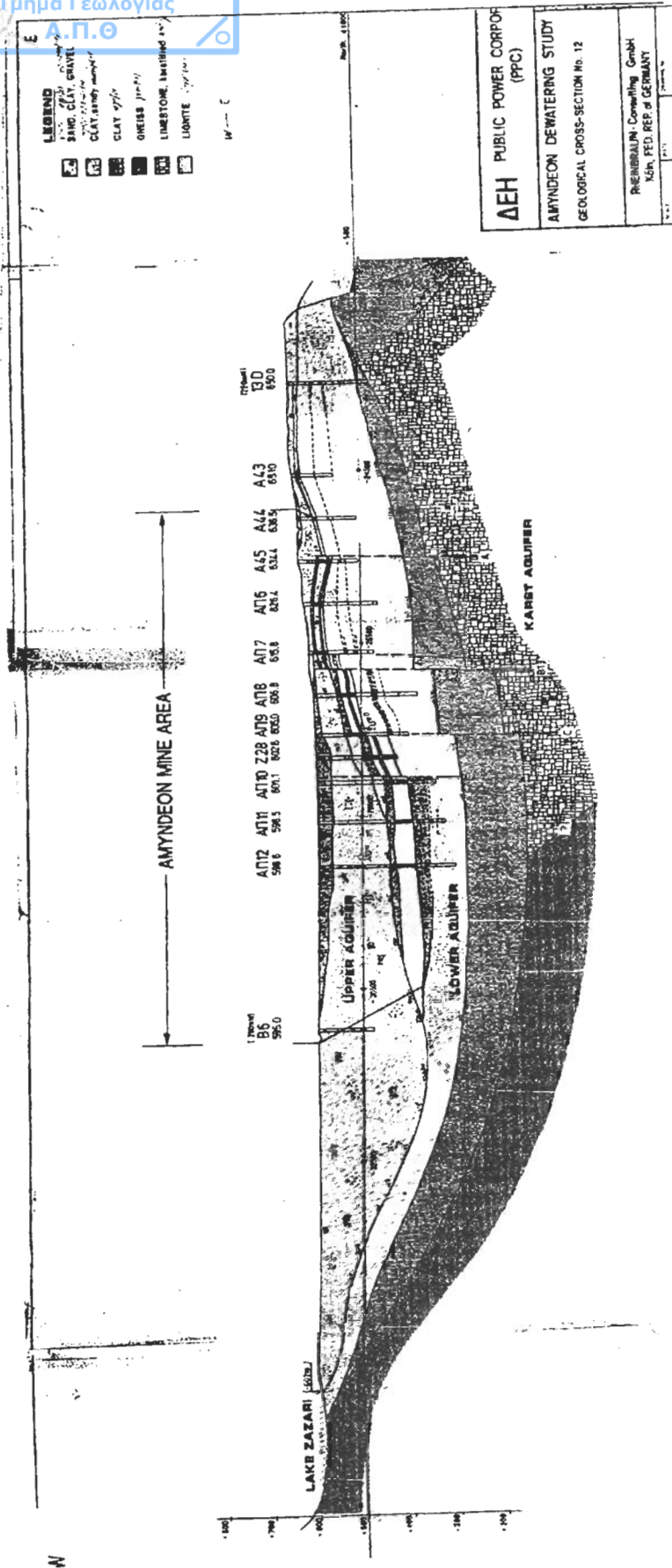


Διαρρηγμένα - καρστικοποιημένα πετρώματα, εντός των οποίων δημιουργούνται καρστικά υδροφόρα συστήματα μεγάλης δυναμικότητας.

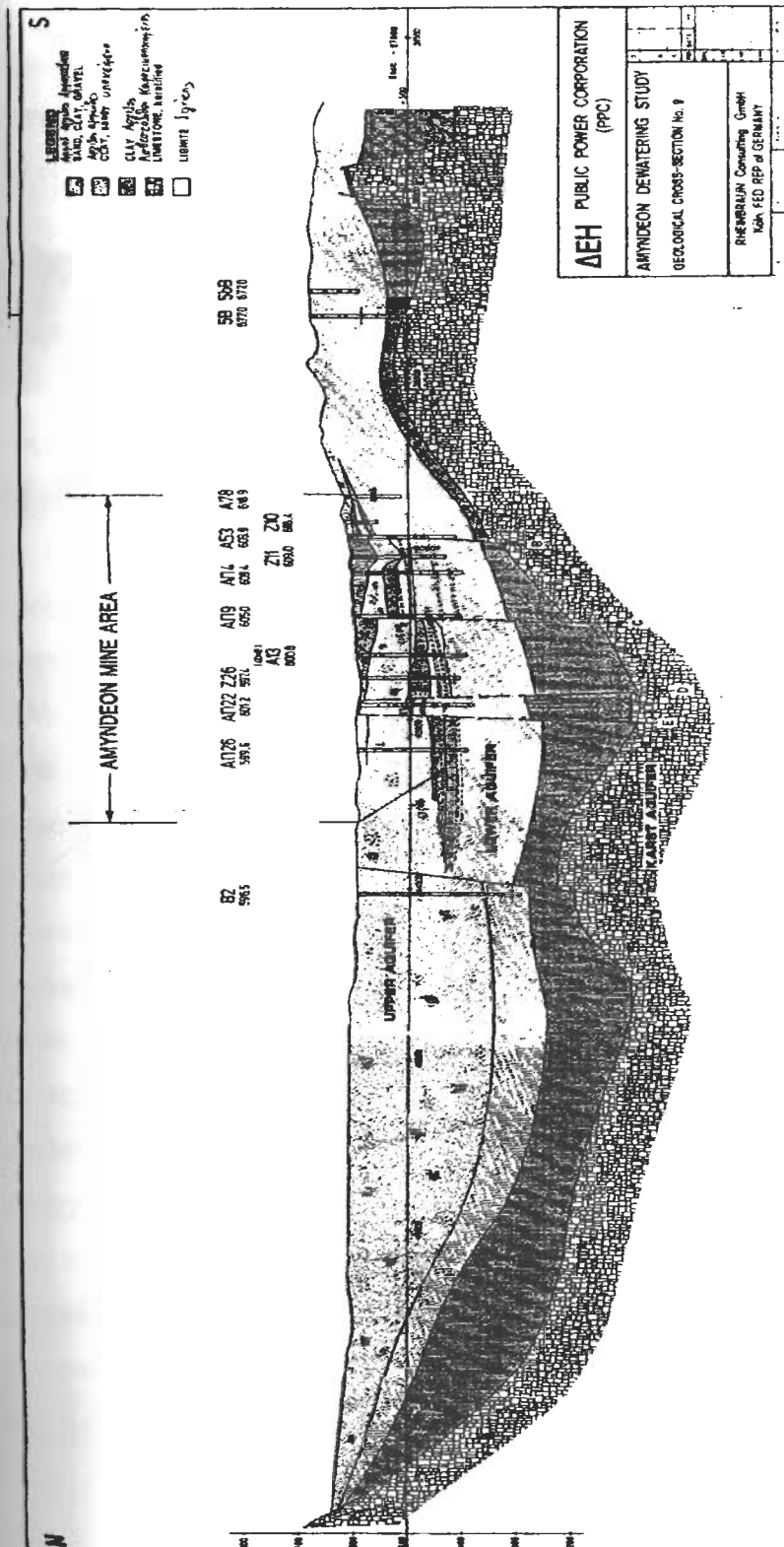


Διαρρηγμένα πετρώματα (οφιόλιθοι, κρυσταλλοσχιτώδη κ.λ.π.) ημιπερατά μέχρι πρακτικά υδατοστεγή, χωρίς αξιόλογη υδροφορία, με εξαίρεση επί μέρους υδροφορίες στις ζώνες ρωγματώσεων.

Χάρτης 7. Λεπτομερής γεωλογικός χάρτης περιοχής Αμυνταίου-Φλώρινας
(από ΙΓΜΕ, 2006)



Σχήμα 8. Γεωλογία λεκάνης κατά Α-Δ.(από ΔΕΗ και Κούκουζα, 2005)



Σχήμα 9. Γεωλογία λεκάνης κατά B-N (από ΔΕΗ και Κούκουζα, 2005).

3.2 ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ-ΣΥΣΧΕΤΙΣΕΙΣ

Η στρωματογραφική δομή της περιοχής έρευνας με βάση τις γεωλογικές τομές της ΔΕΗ, είναι:

α) Σχηματισμός υποβάθρου

i) Κρυσταλλικά πετρώματα. Η πετρογραφία της περιοχής ξεκινά με αλληλουχία σχιστολίθων του άνω παλαιοζωικού, διάφορης σύστασης και βαθμού μεταμόρφωσης. Προήλθαν από τα ιζήματα του Λιθανθρακοφόρου που αποτέθηκαν στη λεκάνη μετά την ορογένεση της Ερκυνίου. Τα πετρώματα αυτά σχηματίζουν τα όρη Βέρνο, Άσκιο και τμήμα της οροσειράς του Νυμφαίου.

ii) Γνευσιακός πλουτωνίτης. Εμφανίζεται βόρεια της λίμνης Ζάζαρης, ΒΑ του Σκλήθρου και στις κορυφές του Βέρνου. Ο πλουτωνίτης διείσδυσε στα μεταμορφωμένα πετρώματα κατά το Α. Λιθανθρακοφόρο και συμπτυχώθηκε μαζί τους κατά τη Αλπική ορογένεση.

iii) Ανθρακική σειρά. Συνίσταται από μάρμαρα και ασβεστόλιθους του Τριαδικού και Ιουρασικού. Πάνω στους ασβεστόλιθους «κάθονται» σχιστοκερατόλιθοι με οφιολίθους και πάνω σ' αυτούς ασύμφωνα ασβεστόλιθοι με απολιθώματα ηλικίας Α. Κρητιδικού.

β) Νεογενή ιζήματα

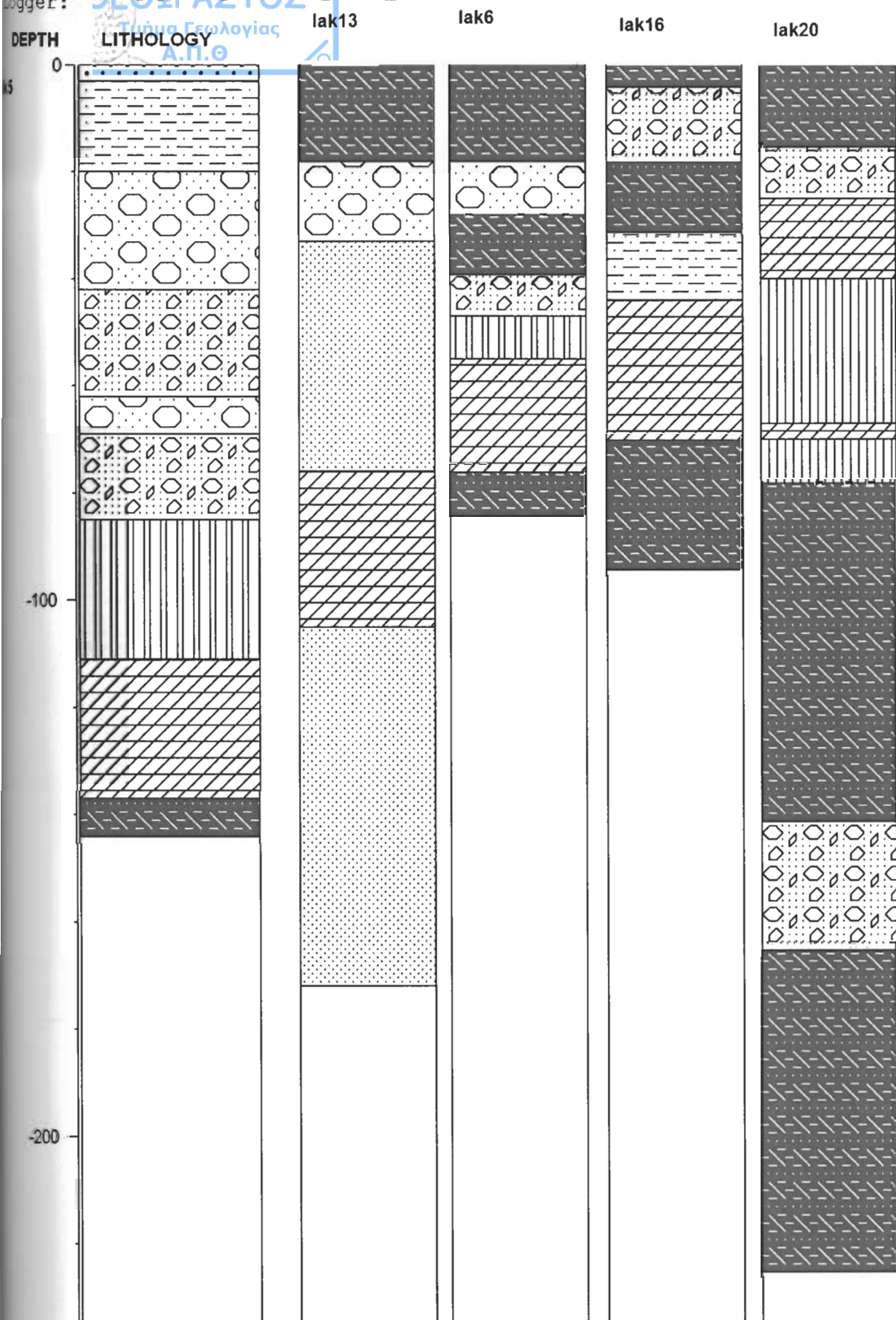
Είναι τα ιζήματα που παρουσιάζουν λιγνιτοφορία και φέρουν και αλλότριους σχηματισμούς. Διακρίνονται δύο ορίζοντες κατά το Νεογενές:

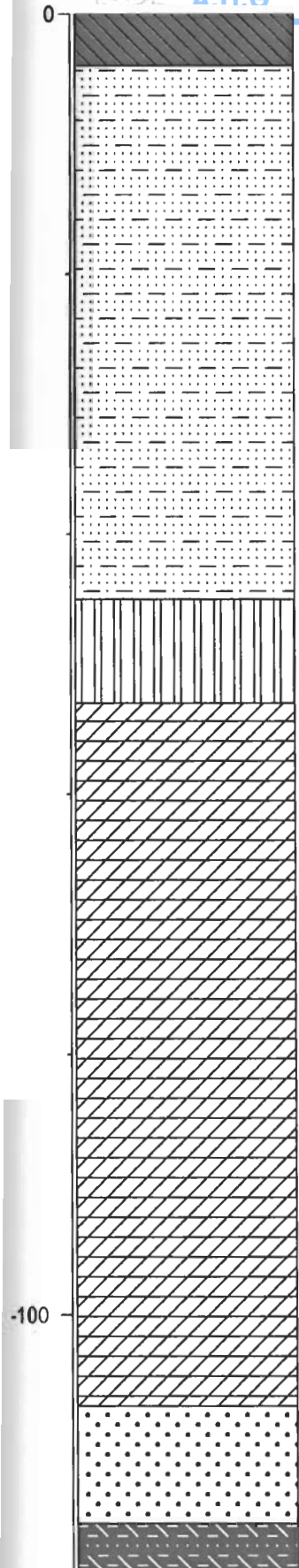
- ο κατώτερος που περιλαμβάνει τον ξυλίτη και
- ο ανώτερος που περιλαμβάνει τον γαιώδη λιγνίτη.

Αργότερα αποτέθηκαν πάνω τους τα πλειοκαινικά ιζήματα και τα διαδέχτηκαν έντονες τεκτονικές δράσεις που προξένησαν τη δημιουργία αντίστοιχων βυθισμάτων και κεράτων. Συνέπεια αυτών είναι η εμφάνιση των νεογενών ιζημάτων στην επιφάνεια.

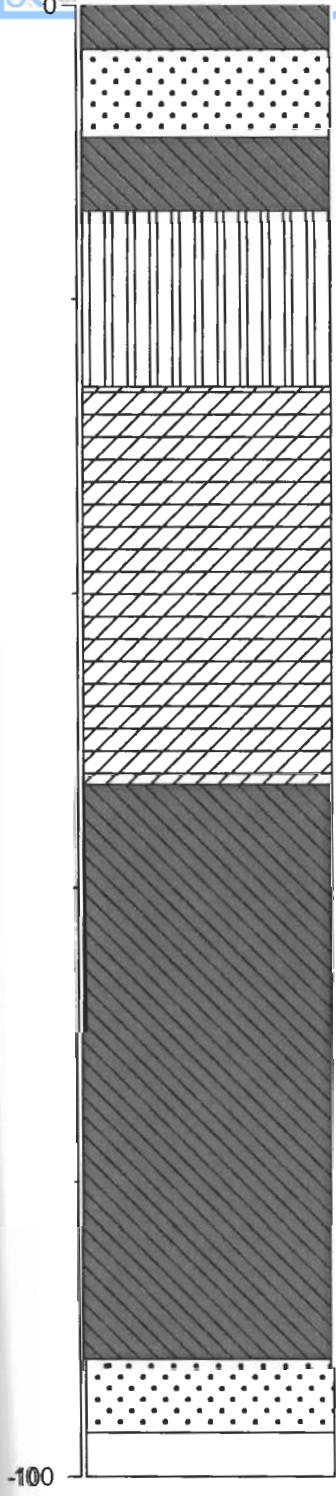
γ) Σύγχρονες αποθέσεις

Είναι τα υλικά της αποσάθρωσης, οι κώνοι κορρημάτων, οι ποτάμιες προσχώσεις κ.α. Παρακάτω δίνονται σχηματικές τομές από την περιοχή Λακκιάς Αμυνταίου, που αντιπροσωπεύουν την γενική στρωματογραφική δομή.

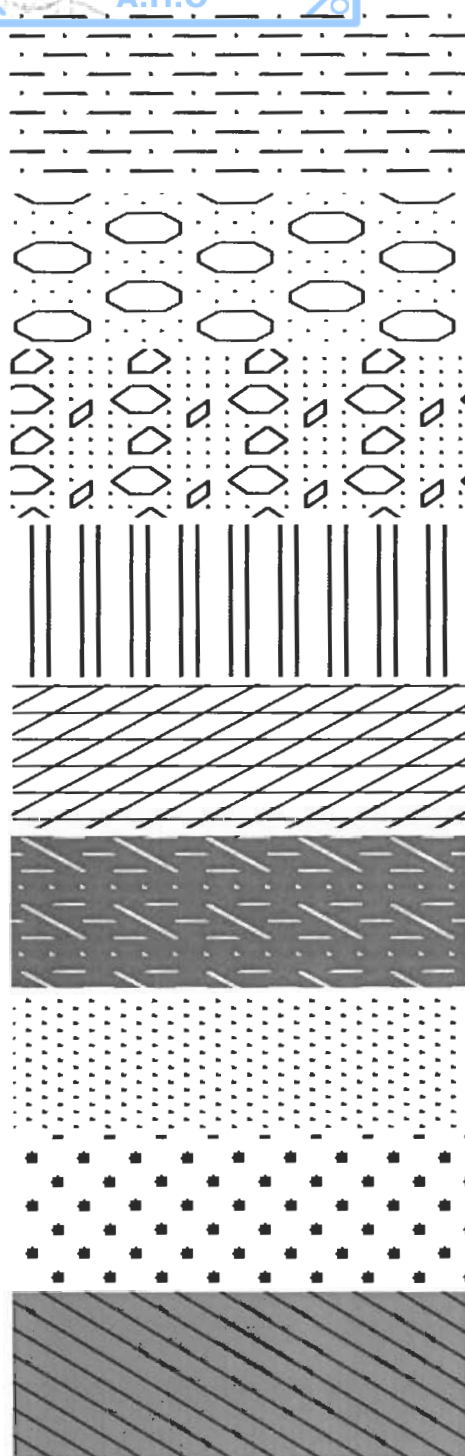








ΥΠΟΜΝΗΜΑ



ΑΡΓΙΛΟΥΧΑ ΑΜΜΟΣ

ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΕΣ

ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΕΣ ΜΕ ΑΜΜΟ

ΑΡΓΙΛΟΣ

ΛΙΓΝΙΤΗΣ

ΑΜΜΟΥΧΑ ΜΑΡΓΑ

ΑΜΜΟΣ ΠΟΛΥ ΛΕΠΤΟΚΚΟΚΗ

ΑΜΜΟΣ ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΗ

ΑΡΓΙΛΟΣ ΜΕ ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ
ΟΛΙΣΘΗΣΗΣ

4. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Η περιοχή μελέτης τοποθετείται στο χώρο της Πελαγονικής ζώνης με τα κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα του υποβάθρου και το Μεσοζωικό κάλυμμα. Σύμφωνα με μελέτες, (Μουντράκης 1983) η ζώνη επηρεάστηκε από έξι φάσεις πτυχώσεων που συνδέονται με τις επιπεύσεις των οφιολίθων στα ανθρακικά καλύμματα των ηπειρωτικών περιθωρίων, τη δημιουργία αντικλικών δομών, τις συμπτυώσεις των πετρωμάτων, τις επιπτεύσεις των Αλπικών σχηματισμών πάνω στη μολάσσα της Μεσοελληνικής αύλακας, τις λεπιώσεις και τα μεγάλα εγκάρσια ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης. Συνέπεια αυτών ήταν η πρώτη συγκλινική μορφή όπου αργότερα διαμορφώθηκε η λεκάνη Φλώρινας- Πτολεμαΐδας.

Θεωρείται ότι η προέλευση της λεκάνης συσχετίζεται άμεσα με τεκτονικά αίτια. Η πρώτη δημιουργία της έγινε κατά το Τριτογενές και ειδικότερα το Μέσο-Αν. Μειόκαινο, που δημιούργησε διαρρήξεις κάθετα και παράλληλα προς τους άξονες των πτυχών των στρωμάτων του υποβάθρου. Μετά την απόθεση των νεογενών ιζημάτων ακολούθησαν μεγάλες τεκτονικές διαρρήξεις ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης. Έτσι μεγάλο τμήμα του υποβάθρου που υπέστη έντονο τεκτονισμό, δημιούργησε κατά τόπους αβαθείς και βαθιές περιοχές (εξάρματα και βυθίσματα). Παρατηρούνται επίσης νεότερης ηλικίας ρήγματα με διευθύνσεις Β- Ν και Α-Δ ως ΑΒΑ- ΔΝΔ.

Στο Νεογενές ειδικότερα, οι σχηματιζόμενες λίμνες πληρώθηκαν με ιζήματα διάφορης λιθολογικής σύστασης. Τα προαναφερθέντα ρήγματα δεν λειτούργησαν μόνο μια φορά κατά το παρελθόν αλλά επαναδραστηριοποιήθηκαν μέχρι τους πρόσφατους γεωλογικούς χρόνους (Κούκουζας κ.α. 1981).

Επιπλέον, έπειτα από στατιστική επεξεργασία (Παυλίδης 1985) διαπιστώθηκε η ύπαρξη δύο κύριων συστημάτων κανονικών ρηγμάτων. Οι διευθύνσεις των ρηγμάτων που παρατηρούνται στα νεογενή- τεταρτογενή ιζήματα ταυτίζονται με τις αντίστοιχες των πετρωμάτων. Έτσι τα περισσότερα έχουν ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση.

Στα νότια της υπό μελέτη περιοχής, διέρχεται το ρήγμα των Αναργύρων που σε ορισμένες θέσεις υπάρχουν επιφανειακές εμφανίσεις στρωμάτων λιγνίτη, από τη μια πλευρά του ρήγματος, ενώ από την άλλη διαπιστώθηκαν τα ίδια στρώματα σε βάθος 130 m.

Η περιοχή εμφανίζεται περισσότερο βυθισμένη και διαρρηγμένη στο δυτικό τμήμα της λεκάνης.

Το πεδίο των τεκτονικών τάσεων διαμορφώθηκε ως εξής (Παυλίδης 1985):

- i) Εκτεταμένη εφελκυστική δύναμη με διεύθυνση BBA- NNΔ κατά το Α. Μειοκαίνο και πριν την απόθεση των λιμναίων ιζημάτων η οποία δημιούργησε αρχικά το τεκτονικό βύθισμα της λεκάνης και στη δράση των ρηγμάτων ΒΔ- ΝΑ. Η δράση επεκτείνεται όλο το Νεογενές.
- ii) Μεταμεσομειοκαινική συμπίεστική φάση διέκοψε ή προηγήθηκε τον εφέλκυσμό του Α. Μειοκαίνου- Πλειοκαίνου με διεύθυνση ABA- ΔΝΔ.
- iii) Συμπίεστικά τεκτονικά επεισόδια μεταξύ Α. Μειοκαίνου και Κ. Πλειστοκαίνου.
- iv) Μεγάλα μεταποθετικά κανονικά ρήγματα με κύρια διεύθυνση ΒΑ- ΝΔ που επηρέασαν τα πλειοκαινικά ιζήματα. Η επαναδραστηριοποίηση παλαιότερων ρηξιγενών γραμμών οφείλεται σε ένα πεδίο, κατά το Πλειστόκαινο, εφελκυστικών δυνάμεων με διευθύνσεις ΒΔ- ΝΑ.
- v) Τα νεότερα συμπίεστικά επεισόδια στη λεκάνη αυτή τοποθετούνται χρονικά στο Α. Πλειόκαινο ή στο όριο Πλειοκαίνου- Πλειστοκαίνου.

Τα τελευταία χρόνια αναπτύχθηκε από Γερμανούς γεωλόγους η θεωρία της ατεκτονικής δημιουργίας της λεκάνης. Εξαιτίας της χημικής αποσάθρωσης του Μεσοζωικού ασβεστολιθικού καλύμματος, μεγάλοι κενοί χώροι σχηματίστηκαν και με τη δράση της βαρύτητας, καταβυθίστηκε η περιοχή δημιουργώντας σχετικές τεκτονικές δομές όπως ατεκτονικά ρήγματα, τάφροι κλπ.

Συνέπεια των τεκτονικών δυνάμεων ήταν η δημιουργία 3 κύριων ρηγμάτων στην περιοχή:

- α) το ρήγμα Πετρών-Ξινού Νερού-Σκλήθρου
- β) το ρήγμα της Βεγορίτιδας
- γ) το ρήγμα Χειματίτιδας-Αναργύρων.

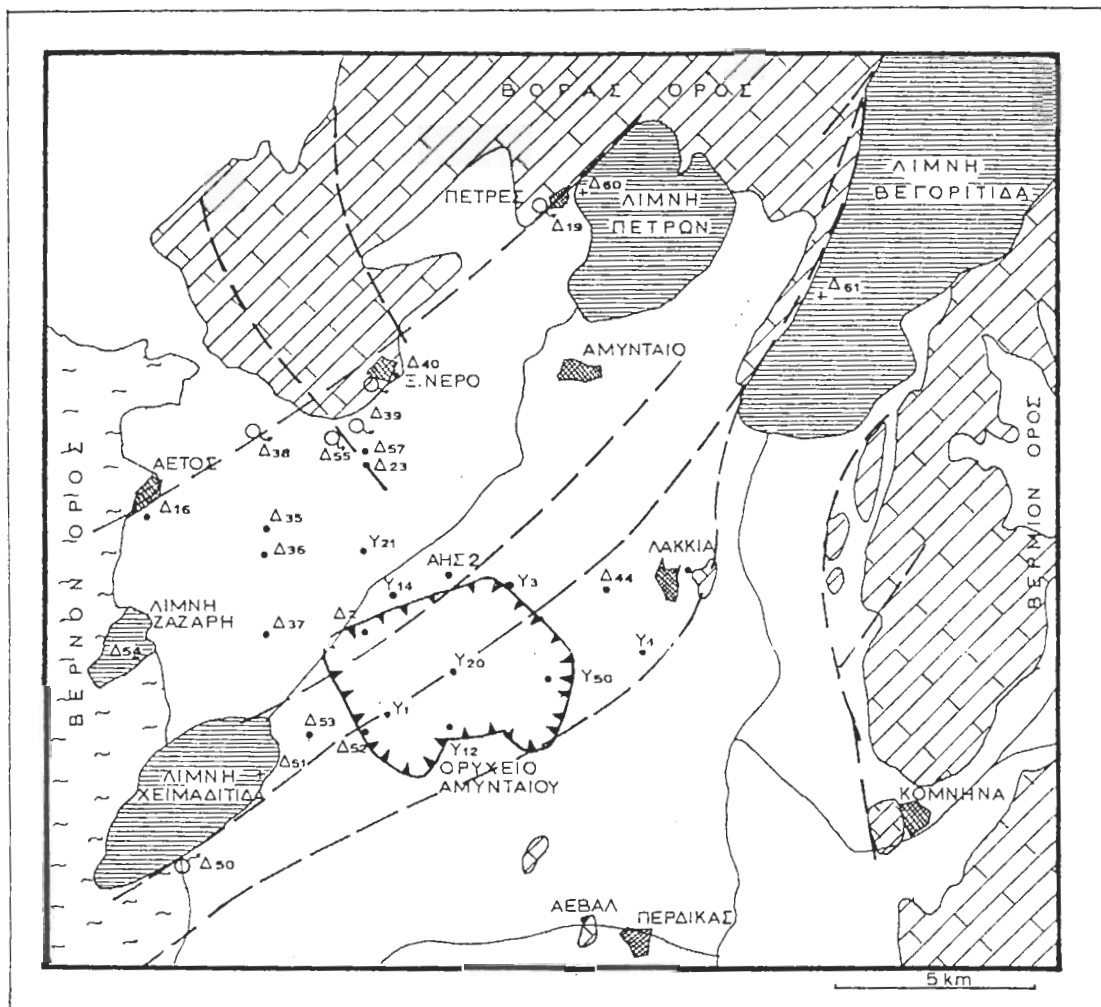
Η εξεταζόμενη περιοχή της Λακκιάς ανήκει στο ρήγμα της Βεγορίτιδας, το οποίο έχει διεύθυνση BBA-NNΔ και χωρίζεται σε δυο κλάδους:

- α) στον κλάδο που ξεκινά από την Βεγόρα και καταλήγει στον Σωτήρα και
- β) στον κλάδο που εκτείνεται στα χωριά Λακκιά και Φιλώτα με διεύθυνση Β-Ν.

Τέλος ένας μεγάλος αριθμός ρηγμάτων παρατηρείται να κόβει τα ιζήματα της λεκάνης. Μερικά από αυτά διαπερνούν τα μόνο τα πλειοκαινικά και άλλα συνεχίζουν ως και τα πλειστοκαινικά. Τα στοιχεία αυτά μας δείχνουν ότι η περιοχή βρίσκεται σε

τεκτονική δράση από το Α. Μειόκαινο μέχρι και το Τεταρτογενές, συνεχώς και φανερώνουν μια πιθανή επακόλουθη τεκτονική δράση.

Στον τεκτονικό χάρτη 8 παρουσιάζονται τα κυριότερα ρήγματα στην ευρύτερη περιοχή.



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο (γνευσισχιστόλιθοι, γρανίτες).
- Τριαδικοϊουρασικά μάρμαρα.
- Νεογενή, τεταρτογενή χαλαρά ιζημάτα.
- Ρήγματα.

ΘΕΣΕΙΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ

- γεωτρήσεις.
- πηγές.
- + λίμνες.

ΑΠΛΟΠΟΙΗΜΕΝΟΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ

Χάρτης 8. Τεκτονικός χάρτης περιοχής Αμυνταίου (από Δημητρακόπουλο, 2001)

5.1 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΤΩΝ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ

Οι νεογενείς αποθέσεις της μελετώμενης λεκάνης χωρίζονται σε 3 σειρές:

α) στην υποκείμενη σειρά όπου συναντώνται ο 3^{ος} (άμμοι με ενστρώσεις ιλύος και αργίλου) και 4^{ος} υδροφορέας (άμμος και άργιλος με καταθέσεις αμμοχάλικου και οργανικής ιλύος). Η υποκείμενη σειρά εμφανίζεται κατά τόπους υδατοστεγανή λόγω των λεπτόκοκκων υλικών της.

β) στη λιγνιτική σειρά όπου εμφανίζονται τα λιγνιτικά στρώματα κυρίως και στρώματα άμμου, αργίλου και μάργας. Η σειρά αυτή είναι κατά τόπους περατή. Η σποραδική περατότητά της οφείλεται κυρίως στις δομές δευτερογενούς τεκτονισμού που εμφανίζονται στα λιγνιτοφόρα στρώματα όπως τα ρήγματα και οι διακλάσεις.

γ) στην υπερκείμενη σειρά όπου συναντώνται ο 1^{ος} (λεπτόκοκκοι πηλοί, άμμοι, χαλίκια με καταθέσεις κροκαλοπαγών) και ο 2^{ος} (άμμοι και αμμοχάλικα) υδροφορέας. Εδώ έχουμε στεγανότητα κατά τόπους διότι υπάρχουν παρεμβολές μάργας, αργίλου και λεπτόκοκκης άμμου.

Γενικά στην ευρύτερη περιοχή η υδροφορία διαμορφώθηκε σε ποταμοχειμνάριο περιβάλλον με διάφορα αλλότρια ενδιάμεσα υλικά. Ως αυτού πιθανολογείται η ύπαρξη «εγκλωβισμένου» νερού που επιδρά στην εκμετάλλευσή του. Παρατηρείται λοιπόν μια ανομοιογενής επικοινωνία μεταξύ των γεωτρήσεων και κατ' επέκταση των υδροφόρων (Δημητρακόπουλος, 2001).

5.2 ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ

ι) Στην ευρύτερη περιοχή και συγκεκριμένα στο ορυχείο Αμυνταίου, η υδροφορία αναπτύσσεται σε ποταμοχειμνάρια προέλευσης αποθέσεις με διασταυρούμενη στρώση, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ομοιογενής υδραυλική επικοινωνία και κατά συνέπεια ενιαία συμπεριφορά και απόκριση του υδροφορέα στις αντλήσεις. Άρα είναι πιθανή η εμφάνιση εγκλωβισμένων ποσοτήτων νερού κατά την πορεία της εκμετάλλευσης. Η αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος θα γίνει με σημειακά μέτρα (αποστραγγιστικά κανάλια στη βάση του πρανούς κλπ.).

Έτσι, η επέκταση επίδρασης των αντλήσεων δεν θα είναι ενιαία, λόγω της ετερογένειας του υδροφορέα των αποσφηνώσεων κτλ.

Γενικά εμφανίζεται μια πτώση στάθμης που οφείλεται και στις αντλήσεις άρδευσης και που θεωρούνται τριπλάσιες σε όγκο (Δημητρακόπουλος, 2001).

- ii) η λίμνη Βεγορίτιδα αποτελεί έναν ενδιάμεσο σταθμό στην γενική εικόνα της υπόγειας ροής του νερού από τα δυτικά προς τα ανατολικά.
- iii) όλες οι λίμνες συνδέονται μεταξύ τους (Ζάζαρη, Χειματίτιδα, Πετρών) υδραυλικά, επομένως κάθε επέμβαση στη μία έχει συνέπειες στην άλλη.
- iv) ο υδροφορέας των νεογενών και τεταρτογενών ιζημάτων της λεκάνης Αμυνταίου, έχει κατά περιοχές υδροστατική στάθμη πολύ κοντά στην επιφάνεια του εδάφους.

5.3 ΥΔΡΑΥΛΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ

Ο υδροφορέας αποτελείται από εναλλαγές περατών, ημιπερατών και αδιαπέρατων σχηματισμών που διαμορφώνουν ένα υδροφόρο σύστημα από επάλληλα υδροφόρα στρώματα. Λόγω της ύπαρξης ρηγμάτων τα υδροφόρα αυτά στρώματα έρχονται σε υδραυλική επικοινωνία. Ο συντελεστής κατείσδυσης ανέρχεται σε 12,3%.

Με βάση τα αποτελέσματα των δοκιμαστικών αντλήσεων (Δημητρακόπουλος, 2001) προκύπτει ότι ο συντελεστής μεταβιβαστικότητας (T) κυμαίνεται από $T=2 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$ και $10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$.

Ο συντελεστής αποθήκευσης κυμαίνεται μεταξύ 1,2%-12% στα ελεύθερα υδροφόρα στρώματα και μεταξύ 10^{-5} - $8 \cdot 10^{-3}$ στα υπό πίεση. Από τις τιμές του συντελεστή αποθηκευτικότητας προκύπτει ότι η υδροφορία βρίσκεται άλλοτε υπό πίεση και άλλοτε σε ελεύθερη κατάσταση. Οι ανωτέρω τιμές προέκυψαν με τη θεώρηση του υδροφορέα των νεογενών και τεταρτογενών αποθέσεων, ως ενιαίου σε όλη την έκταση της λεκάνης του Αμυνταίου.

Η ακτίνα επίδρασης των γεωτρήσεων κυμαίνεται από 80-250 m.

Η ύπαρξη του ρήγματος Περδίκας- Φιλώτας- Λακκιά περιορίζει την επέκταση της υδροφορίας προς τα Ανατολικά.

Τα υπόγεια νερά είναι Ca (Mg)-HCO_3 υδροχημικού τύπου, κατάλληλα στο μεγαλύτερο μέρος για αρδευτική και υδρευτική χρήση. Τοπικά καταγράφονται αυξημένες περιεκτικότητες νιτρικών ιόντων, λόγω ανθρώπινων δραστηριοτήτων.

Η στάθμη του υπόγειου νερού με βάση τον πιεζομετρικό χάρτη (Δημητρόπουλος, 2001) στην περιοχή της Λακκιάς βρίσκεται σε υψόμετρο + 580 m (Φεβρουάριος 1997). Η διακύμανση της στάθμης μεταξύ υγρής και ξηρής περιόδου είναι 2-4 m.

Παρακάτω παρατίθεται ο πίνακας 1 με βάση τα στοιχεία της ΔΕΗ ενδεικτικά, για τη μελέτη της πτώσης στάθμης ανά μήνα. Παρατηρείται ότι κατά τη φθινοπωρινή περίοδο σημειώνεται μια αύξηση της στάθμης λόγω των μεγάλων βροχοπτώσεων που επικρατούν. Στη συνέχεια κατά την χειμερινή περίοδο, η στάθμη ανέρχεται με την εισροή των υδάτων από τις εκτεταμένες χιονοπτώσεις και βροχοπτώσεις και φτάνει στο μέγιστό της κατά τους εαρινούς μήνες, όπου και πραγματοποιείται η μέγιστη επιφανειακή απορροή.

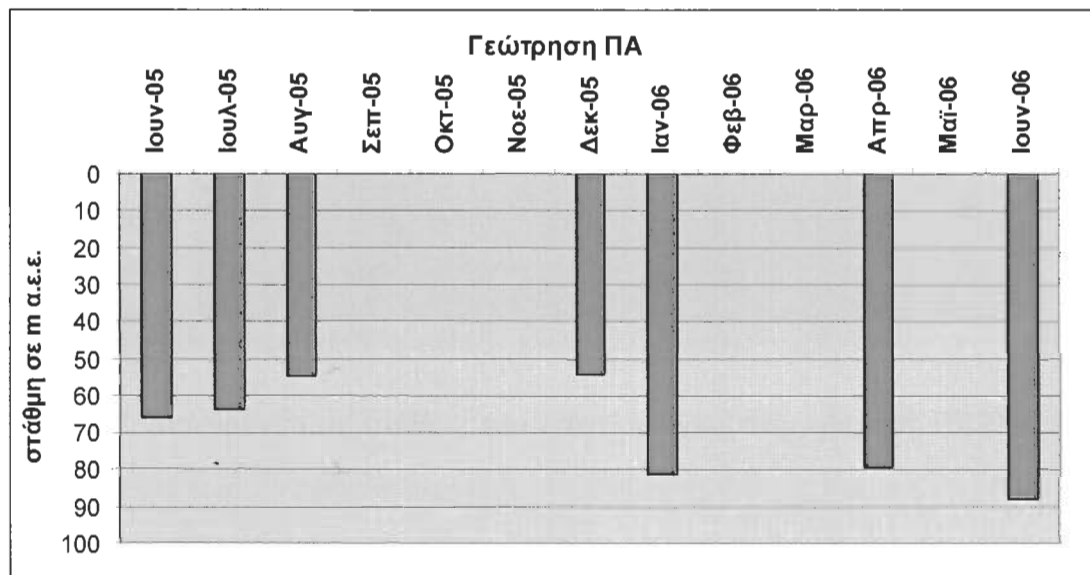
Συσχετίζονται επίσης, άμεσα με τα κλιματικά δεδομένα, όπου αποδεικνύεται ότι, κατά τη διάρκεια της μέγιστης απορροής τους μήνες Μάιο και Ιούνιο, παρατηρείται η μεγαλύτερη πτώση στάθμης, κυρίως λόγω των αρδεύσεων στις αγροτικές περιοχές.

Πίνακας 1: Στάθμη υπόγειου νερού (στοιχεία ΔΕΗ).

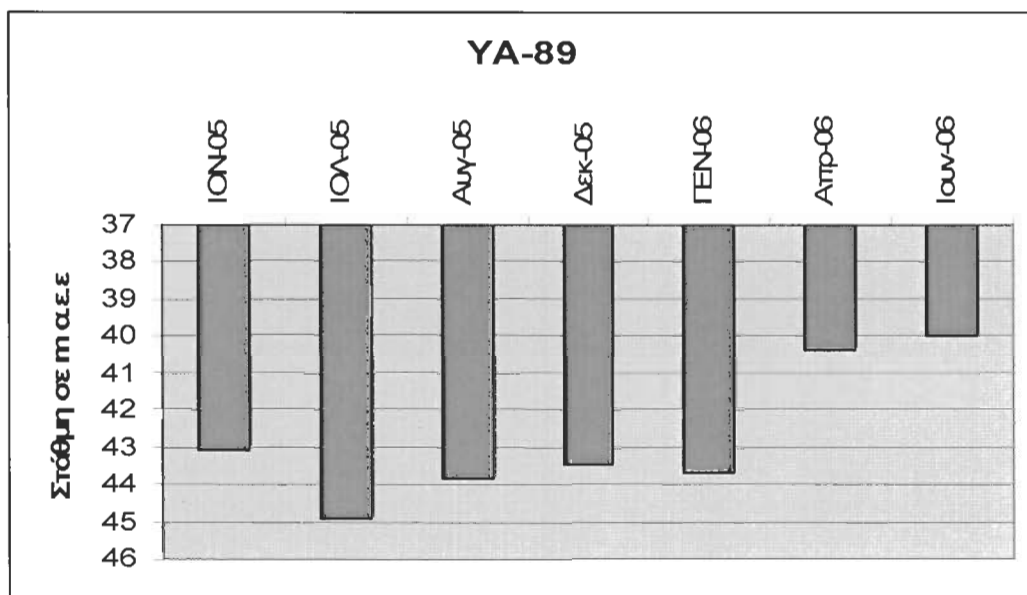
Α/Α	ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΙΟΥΝΙΟΣ 2005	ΙΟΥΛΙΟΣ 2005	ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ 2005	ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2005	ΓΕΝΑΡΗΣ 2006	ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2006	ΙΟΥΝΙΟΣ 2006
1	ΠΑ-2	65.70	63.50	54.70	54.30	81.00	79.50	88.10
2	ΠΑ-6	3.05	2.90	2.50	2.42	2.80	0	-
3	ΥΑ-142	65.50	65.50	66.00	65.89	65.00	64.80	64.00
4	ΠΒΑ-1	80.20	83.00	83.60	83.31	0	83.31	-
5	ΥΑ-148	65.10	66.10	66.40	66.22	66.80	66.22	66.22
6	ΥΑ-89	43.05	44.93	43.85	43.45	43.67	40.35	40.00
7	ΠΑ-5	77.40	78.40	79.50	79.02	75.45	74.90	76.30
8	ΠΑ-4	18.50	19.35	19.80	19.17	20.20	19.17	23.10
9	ΠΑ-7	4.00	4.50	4.70	4.82	0	0	-
10	ΠΑ-3	56.30	56.50	56.70	56.18	56.60	55.86	56.90
11	ΠΑ-1	75.10	75.10	75.50	75.63	75.38	74.10	74.60
12	ΠΒΞΝ-1	16.00	16.67	16.00	15.85	16.15	16.00	15.90

Στα Σχήματα 10, 11 και 12, δίνεται ενδεικτικά η διακύμανση των στάθμεων από 3 υδρογεωτρήσεις. Παρατηρείται ότι η στάθμη κυμαίνεται σε διάφορες τιμές.

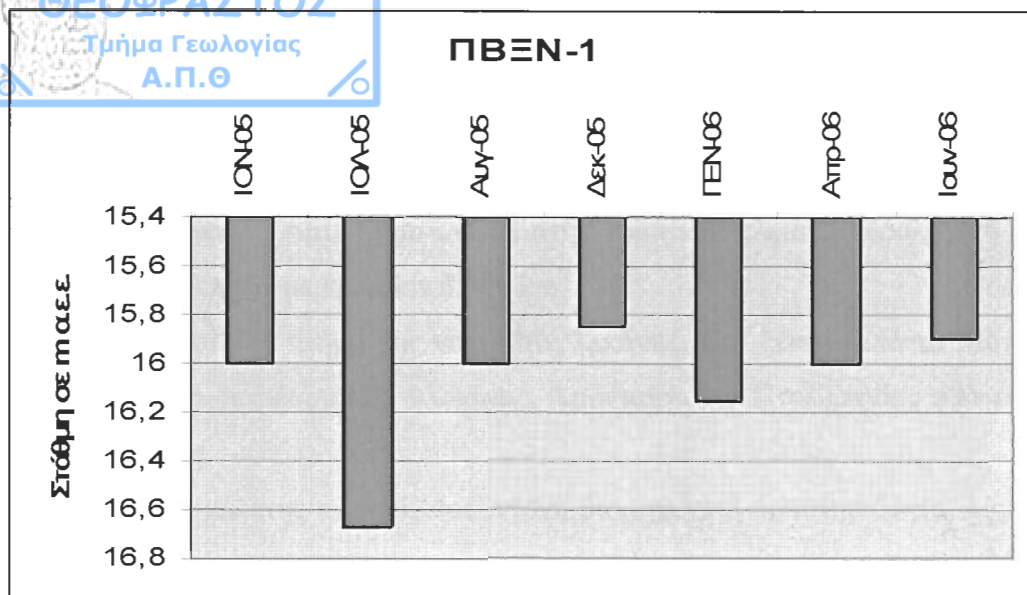
Τον Ιούνιο του 2006 στις γεωτρήσεις ΠΑ έχουμε την μεγαλύτερη πτώση στάθμης και σχετίζεται άμεσα με τη μείωση του φυσικού εμπλουτισμού και την αύξηση των απολήψεων για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών.



Σχήμα 10. Διακύμανση της στάθμης του υπόγειου νερού στη γεώτρηση ΠΑ



Σχήμα 11. Διακύμανση της στάθμης του υπόγειου νερού στη γεώτρηση ΥΑ-89



Σχήμα 12. Διακύμανση της στάθμης του υπογείου νερού στη γεώτρηση ΠΒΞΝ-1.

Με βάση τα ανωτέρω, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα που αφορούν τη στρωματογραφική-υδρογεωλογική μελέτη της λεκάνης Λακκιάς Αμυνταίου.

- Η λεκάνη Λακκιάς Αμυνταίου ανήκει στην ευρύτερη κλειστή υδρολογική λεκάνη Χειματίτιδας-Πετρών με εμβαδόν $354,5 \text{ km}^2$.
- Η λεκάνη αποτελεί τμήμα της νεογενούς λεκάνης, που ξεκινά από το Μοναστήρι της Σερβίας και διαμέσου της Φλώρινας, Αμυνταίου και Πτολεμαΐδας φθάνει ως τα Σέρβια Κοζάνης.
- Στην περιοχή μελέτης εμφανίζεται έντονη βιομηχανική δραστηριότητα, λόγω της παρουσίας των λιγνιτικών στρωμάτων του γαιώδους λιγνίτη και των συνοδών τους λιμναίων ιζημάτων.
- Η στρωματογραφική δομή της περιοχής έρευνας με βάση τις γεωλογικές τομές είναι: σχηματισμοί του υποβάθρου, νεογενή ιζήματα και σύγχρονες αποθέσεις.
- Στην ευρύτερη περιοχή και συγκεκριμένα στο ορυχείο Αμυνταίου, η υδροφορία αναπτύσσεται σε ποταμοχειμάρριας προέλευσης αποθέσεις με διασταυρούμενη στρώση, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ομοιογενής υδραυλική επικοινωνία και κατά συνέπεια ενιαία συμπεριφορά του υδροφορέα στις αντλήσεις. Άρα είναι πιθανή η εμφάνιση εγκλωβισμένων ποσοτήτων νερού κατά την πορεία της εκμετάλλευσης.
- Ο υδροφορέας των νεογενών και τεταρτογενών της λεκάνης Αμυνταίου, έχει κατά περιοχές υδροστατική στάθμη πολύ κοντά στην επιφάνεια του εδάφους. Γενικά καταγράφεται μια πτώση στάθμης που οφείλεται και στις αντλήσεις για την κάλυψη των αρδευτικών αναγκών.
- Η λίμνη Βεγορίτιδα αποτελεί έναν ενδιάμεσο σταθμό στη γενική εικόνα της υπόγειας ροής του νερού από τα δυτικά προς τα ανατολικά. Όλες οι λίμνες συνδέονται μεταξύ τους (Ζάζαρη, Χειματίτιδα, Πετρών) υδραυλικά, επομένως κάθε επέμβαση στη μία θα έχει συνέπειες στην άλλη.
- Οι μεγάλης κλίμακας εντατικές αντλήσεις που απαιτούνται για την αποστράγγιση των ορυχείων και η επιταχυνόμενη πτώση στάθμης των υπογείων νερών, επιδρούν αρνητικά στο υδατικό ισοζύγιο της περιοχής ή ακόμα της υδρολογικής λεκάνης.
- Οι επιπτώσεις σαν αποτέλεσμα της εξορυκτικής δραστηριότητας και της αποστράγγισης στην ευρύτερη περιοχή σχετίζονται με την αναμενόμενη πτώση στάθμης του υπόγειου νερού και θα είναι: α) μείωση της παροχής ή και στείρευση



πηγών και αβαθών γεωτρήσεων ή πηγαδιών β) ταπείνωση της στάθμης των λιμνών και γ) ρύπανση των υπογείων υδάτων, λόγω διήθησης των ποιοτικά υποβαθμισμένων νερών των ορυχείων.



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

1. ΒΡΟΧΟΜΕΤΡΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

2. ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ

3. ΧΑΡΤΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΘΕΣΕΙΣ

ΑΥΤΩΝ

ΥΔΡΟΛ. ΕΤΟΣ	ΟΚΤΩΒ.	ΝΟΕΜΒ.	ΔΕΚΕΜ.	ΙΑΝΟΥΑΡ	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤΙΟΣ	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣ.	ΣΕΠΤΕΜ.
1980-81	120,2	56,8	76,2	19,2	18,9	39,2	48	36,9	23,2	17,9	47,1	27,1
1981-82	121	37,1	66,3	4,1	7,5	24,7	73,4	53,4	6,3	17,3	56,9	68,2
1982-83	62,7	78,7	47	0,7	12,9	11,1	14,4	15,9	77,8	53,5	26,1	72,2
1983-84	17,8	63,6	93,3	41,8	38,8	25,1	55,5	18	43,6	0	30,1	18,3
1984-85	7,9	50,5	21,5	70	5,3	22,6	26,9	92,3	43,3	0,8	0,4	4,7
1985-86	15	137	13	33,8	41,1	22,5	3,3	51	29,6	26,1	7,7	6,8
1986-87	32,4	27	21,4	27,5	33,6	29,2	47,6	62,5	20,1	3,7	0,2	0
1987-88	25,4	69,1	17,2	12,1	4,8	4,3	22,4	62,5	6,5	43	8	13
1988-89	14	89	9	0	15	24	56	118	44	51,2	3	14,1
1989-90	40	59,1	59,9	0	23,8	8	24	45,7	0	0	51,9	20,8
1990-91	25,6	63,2	141,6	5	66	43,2	84,8	42,6	35,2	37,1	43,1	46,2
1991-92	30,8	59,8	12	12,6	2	6,3	104,2	42,4	73,2	34	0	8
1992-93	72,5	50,6	46	65	40	37,1	16,2	64,9	2	0	10,5	10,4
1993-94	78,8	59,3	23	71,3	10,7	14,7	52,8	11,8	10,2	25,1	47,8	3,9
1994-95	39,8	19,5	67,9	42,6	21,4	44,5	33,2	71,8	8,6	68,2	26,8	54,4
1995-96	0	13,2	130,7	42,6	40,8	30,9	38,5	19	15,1	22,7	35,4	64,9
1996-97	37,3	61,5	36,1	14,7	7,1	37,5	19,1	6,9	23,3	30,7	23,7	15,7
1997-98	74,4	66,5	52,3	7,5	44,4	15,8	9,1	94	28,1	11,1	30,6	52,5
1998-99	49,8	122,9	23,4	24	51,8	69,7	27,7	9,8	52,1	8,6	12,6	20,7
1999-2000	26,4	94,9	55,7	5,4	48,5	37,3	9,1	18,3	7,8	10,8	18,1	12,8
2000-01	79,6	29,5	18,9	93,8	28,8	6,2	100,8	31,4	4	12,8	17,4	1,8
ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ	46,3	62,3	49,2	20,3	26,8	26,3	41,6	116	26,3	22,6	23,6	25,8

Πίνακας Π1: Μηνιαία τιμή βροχόπτωσης (mm) στο σταθμό Αμυνταίου
Υψόμετρο σταθμού +578,3 m

Πίνακας Π2: Μηνιαία τιμή βροχόπτωσης (mm) στο σταθμό Πτολεμαΐδας
Υψόμετρο σταθμού +650 m

ΥΔΡΟΛ. ΕΤΟΣ	ΟΚΤΩΒ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚΕΜ.	ΙΑΝΟΥΑΡ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤΙΟΣ	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤ.	ΣΕΠΤΕΜ.
1980-81	91,7	56,8	36,5	35,3	23,2	22,7	21,4	27,4	19,7	78,6	28,3	27,5
1981-82	108,8	38,4	87,9	8,7	18,7	48	101,4	73,7	3,7	7,8	0,7	40,5
1982-83	80,2	128,1	59,8	6	10,6	31	10	54,8	133,3	54,2	12,5	44,4
1983-84	62,8	21,8	42	31,5	51,2	31,3	82,3	10,3	17,8	4,4	33,8	16,8
1984-85	7	48	7	66,5	6	30,1	15,2	70,8	3,5	0	0	5
1985-86	11,2	138	19,5	37,5	61,5	43,5	3,5	119,6	24,9	15	7,5	14,5
1986-87	44,2	45	12,5	39,5	35,5	75,5	42,3	43,5	30,5	12,3	11	24,5
1987-88	46	85,5	28	18,5	12	28,5	40,2	9,7	6,1	8	4	19,4
1988-89	33	70	8	0	16,2	24,7	11,7	71,2	52,3	48,9	0,5	31,5
1989-90	53	35,5	30	0	8,5	6,2	27	46,6	0	25	48,2	11,5
1990-91	23,9	53,2	112,5	0	61,4	48,2	92,5	58,6	21,7	83,4	22,5	26,7
1991-92	17,4	50,4	0,7	13,4	0	8,6	86	48,1	45,1	97,4	0	14,1
1992-93	73,7	27,6	41,7	13,1	11,1	18,9	10,6	56	35,8	1	9,8	8,2
1993-94	14,4	70,4	17,6	75,1	58,4	14	65,6	16,7	11,3	28,2	28,8	9,8
1994-95	67,1	49,5	47,1	63,1	14,7	26,5	31,2	61	20,2	66,6	44,7	27,2
1995-96	4,6	14,6	95,9	34,2	28,9	29,2	24,1	50,8	10,8	23,8	25,4	39
1996-97	41	61,2	37,2	16,1	13,8	10,5	43,9	5,8	13,2	5,9	26,8	0,4
1997-98	72	49,7	49	2,9	25,8	2,3	6,3	98,8	7,5	1,3	11,1	47,9
1998-99	30,1	97,9	34,5	53,4	30,6	48	40,2	14,2	104,4	22,3	21,7	22,4
1999-2000	26,2	69,1	52,3	5,8	32,4	11,5	17,7	31	41,1	4,4	2	10
2000-01	52,9	34,7	10	18,8	56,3	12,7	47	48	14	18,3	23,5	0
ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ	45,8	59,7	39,5	25,7	27,4	27,2	39,1	48,4	29,4	28,8	17,27619	21



ΥΔΡΟΛ. ΕΤΟΣ	ΟΚΤΩΒ.	ΝΟΕΜ.	ΔΕΚΕΜ.	ΙΑΝΟΥΑΡ.	ΦΕΒΡ.	ΜΑΡΤΙΟΣ	ΑΠΡΙΛΙΟΣ	ΜΑΙΟΣ	ΙΟΥΝΙΟΣ	ΙΟΥΛΙΟΣ	ΑΥΓΟΥΣΤ.	ΣΕΠΤΕΜ.
1980-81	158,2	46,8	98,8	12,7	34,5	51,7	48,5	18,1	23	39	25	23
1981-82	107	40	139,3	10,3	51	93,7	84,5	47,7	2	36,5	84,6	44,6
1982-83	84	178	122	4	19	33,7	20,5	46	63,4	65	16,6	24,4
1983-84	20	72,5	23,5	61	62	53,5	108	16,5	22,4	3	37,5	18
1984-85	26	79	15	70,8	23,2	69,5	48	105,5	7	0,5	2	0
1985-86	27,6	175,8	19,1	46,1	115,6	55,3	10,8	99,3	12,6	16,6	18,5	15,5
1986-87	44,7	50,3	18,5	63,5	55,8	94	33	51,7	16,5	17	7	23,5
1987-88	57,5	111,5	40,5	33	34	21,1	38	10,8	4,5	1	21,5	5
1988-89	31	110,5	21	0	26	19	16,8	70,8	41,7	29,2	12,6	21,4
1989-90	24,3	38,4	52,6	26,6	10	6,6	22,6	61,9	0	0	47,3	12,8
1990-91	22	48	142	8	62	48	86	32	26	21	24	25
1991-92	13	68	8	19,8	6,9	15,2	89,4	40,3	67	51,5	0	0
1992-93	69,6	36	50	58	38	17	29,6	53,5	15	0	16,5	12
1993-94	60	53,5	24	66	44	24,2	67,3	14,1	2,2	24,5	11,8	5,3
1994-95	34,3	37,7	83,5	55,1	24,5	34,3	30,5	48,2	12	70,1	22,3	45,3
1995-96	0	25,6	131,2	60	52,7	70	39	35,2	12,8	38	44	46
1996-97	47,3	60,5	72	21,3	5,9	26	37	11,1	27,5	18,7	37,3	18,5
1997-98	80,8	82	59,1	13	27,5	16,3	26,5	94,1	13,5	14	23,5	62,5
1998-99	48	165,5	68,5	57,9	53,4	46,6	25,4	31,2	44	32	17,4	26,3
1999-2000	42,9	127,2	43	18	44,5	29	18,5	41,5	28	15	27	11
2000-01	96	27	10	30	13	8	66	43	7	13	17	6
ΜΕΣΗ ΜΗΝΙΑΙΑ	52,2	77,8	59,1	35,0	38,2	41,3	45,0	46,3	21,3	24	24,4	21,5

Πίνακας Π4: Ετήσια τιμή βροχόπτωσης στην περιοχή

ΥΔΡΟΛ. ΕΤΟΣ	ΕΤΗΣΙΑ ΣΤΑΘΜΟΥ ΠΤΟΛΕΜΑΙΔΑΣ	ΕΤΗΣΙΑ ΣΤΑΘΜΟΥ ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ	ΕΤΗΣΙΑ ΣΤΑΘΜΟΥ ΛΙΜΝΟΧΩΡΙΟΥ
1980-81	469,1	530,7	579,3
1981-82	538,3	536,2	741,2
1982-83	624,9	473	676,6
1983-84	406	445,9	497,9
1984-85	259,1	346,2	446,5
1985-86	496,2	386,9	612,8
1986-87	416,3	305,2	475,5
1987-88	305,9	288,3	378,4
1988-89	368	437,3	400
1989-90	291,5	333,2	296,5
1990-91	604,6	633,6	544
1991-92	381,2	385,3	379,1
1992-93	307,5	415,2	395,2
1993-94	410,3	409,4	396,9
1994-95	518,9	498,7	497,8
1995-96	381,3	453,8	554,5
1996-97	275,8	313,6	383,1
1997-98	374,6	486,3	512,8
1998-99	519,7	473,1	616,2
1999-2000	303,5	345,1	445,6
2000-01	336,2	425	336
ΜΕΣΗ ΕΤΗΣΙΑ	409	487,1	484



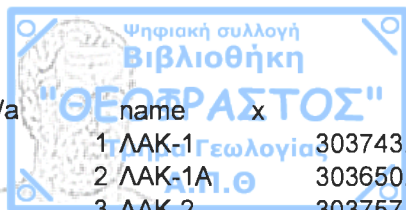
Φωτό 1. Στρώματα λιγνίτη και μάργας



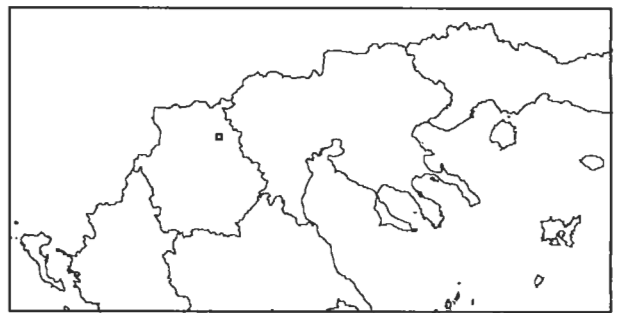
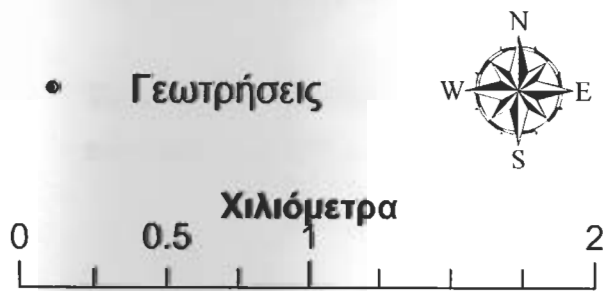
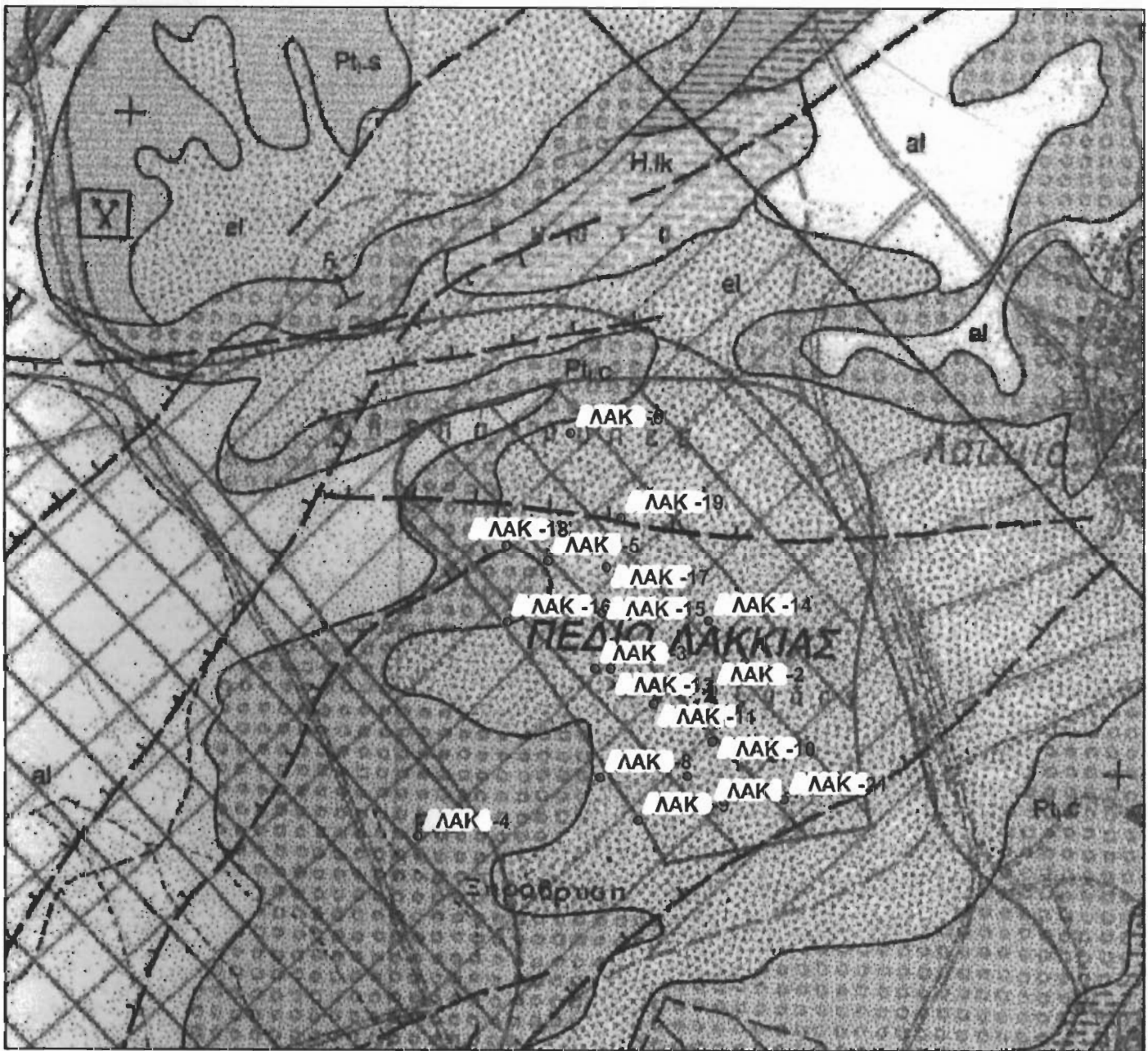
Φωτό 2. Γενική άποψη του ορυχείου Αμυνταίου



Φωτό 3. Σύστημα επιφανειών ολίσθησης



a/a	name	x	y
1	ΛΑΚ-1	303743,65	4499962,43
2	ΛΑΚ-1A	303650,05	4500089,25
3	ΛΑΚ-2	303757,65	4500454,8
4	ΛΑΚ-3	303256,21	4500543,04
5	ΛΑΚ-4	302505,22	4499833,97
6	ΛΑΚ-5	303057,15	4500997,85
7	ΛΑΚ-6	303158,14	4501538,32
8	ΛΑΚ-8	303277,75	4500084,38
9	ΛΑΚ-9	303438,06	4499904,24
10	ΛΑΚ-10	303757,82	4500235,37
11	ΛΑΚ-11	303505,15	4500394,79
12	ΛΑΚ-12	303896,35	4500573,22
13	ΛΑΚ-13	303321,67	4500543,04
14	ΛΑΚ-14	303740,21	4500745,6
15	ΛΑΚ-15	303286,39	4500778,08
16	ΛΑΚ-16	302886,03	4500738,58
17	ΛΑΚ-17	303304,54	4500972,46
18	ΛΑΚ-18	302886,28	4501063,78
19	ΛΑΚ-19	303370,25	4501180,85
20	ΛΑΚ-21	304062,24	4499991,85



Κούκουζας, Κ. Κώτης, Θ. Πλουμίδης, Μ. Μεταξάς

Τα λιγνιτικά κοιτάσματα της τάφρου της Πτολεμαΐδας . ΙΓΜΕ σ. 1-10

Koufos G. D. 1982 Hipparion Crassum Gerais , 1859 from the lignites of Ptolemais (Macedonia, Greece).

Μουντράκης Δ. 1983. Η γεωλογική δομή της Βόρειας Πελαγονικής ζώνης και η γεωτεκτονική εξέλιξη των Εσωτερικών Ελληνίδων . *Πραγματεία για Υψηγεία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, σ. 289.*

Παυλίδης Σ. 1985, Νεοτεκτονική εξέλιξη της λεκάνης Φλώρινας-Βεγορίτιδας-Πτολεμαΐδας. *Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης σ. 265.*

Δημητρακόπουλος Δ., Υδρογεωλογικές συνθήκες ορυχείου Αμυνταίου. Προβλήματα κατά την εκμετάλλευση και αντιμετώπισή τους. *Διδακτορική διατριβή, Εθνικό Μετσόβειο Πολυτεχνείο.*

Παληός Α. 2006 Καταγραφή και διερεύνηση δυνατότητας επαναχρησιμοποίησης υγρών αστικών λυμάτων μικρών βιολογικών καθαρισμών Ν. Φλώρινας με στόχο την αύξηση των καλλιεργούμενων εκτάσεων, Πτυχιακή εργασία, *Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.*

Τσομπαχίδου Ελισσάβετ 1996. Στρωματογραφική μελέτη της λεκάνης του Κλειδιού, πτυχιακή εργασία, *Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.*