



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΔΙΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΟ - ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«ΕΠΙΣΤΗΜΗ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ»

**ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ
ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ.
ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠ' ΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ.**

**ΑΝΑΤΟΛΗ ΖΟΥΡΝΑΤΖΙΔΟΥ
ΠΟΛΙΤΙΚΟΣ ΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΕΜΠ**

**«ΕΠΙΣΤΗΜΗ &
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΥΔΑΤΙΚΩΝ
ΠΟΡΩΝ»**

Αθήνα, Οκτώβριος 2011

**Επιβλέπων:
Καθηγητής Ι. ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ**

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Αλληλεπίδραση Μεταλλευτικής Δραστηριότητας και Υδατικών Πόρων. Περιπτώσεις απ' τον Ελλαδικό Χώρο» εκπονήθηκε στα πλαίσια του Διατμηματικού Μεταπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών : «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων» του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου τον Ιούνιο του 2010 και ολοκληρώθηκε τον Οκτώβριο του 2011.

Η περιοχή του Αμυνταίου φιλοξενεί ένα μεγάλο λιγνιτικό κοίτασμα, η ανατολική απόληξη του οποίου βρίσκεται βόρεια του χωριού Ανάργυροι που είναι το χωριό από το οποίο κατάγομαι. Η αρχική σκέψη για το θέμα της διπλωματικής ήταν η συμβολή στην υδρογεωλογική μελέτη και έρευνα αποκλειστικά αυτής της περιοχής, καθώς και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις στην ευρύτερη περιοχή από την μεταλλευτική δραστηριότητα. Στα πλαίσια της υλοποίησης της αρχικής ιδέας, τον Ιούλιο του 2010 ύστερα από συνεννόηση με τον Ομότιμο Καθηγητή κ.Ι.Κουμαντάκη και τον κ.Δ. Δημητρακόπουλο (τομεάρχη ΔΕΗ/ΔΜΑΟΡ/ΤΥΜ) ήρθα σε επαφή με τη διευθύντρια και υπεύθυνη για «τη διαχείριση των νερών του ορυχείου» Αμύνταιου κα. Έλσα Καρανάκη. Αφού με ξενάγησε στο ορυχείο και μου υπέδειξε τη θέση των επιφανειακών αντλιοστασίων και των περιμετρικών για την αποστράγγιση γεωτρήσεων, μου παραχώρησε ένα συνεργείο αποτελούμενο από δύο εργοδηγούς της ΔΕΗ και ξεκίνησα τις μετρήσεις παροχών. Για τις μετρήσεις αυτές χρησιμοποίησα ένα «κυβόμετρο» με το οποίο μετρούσα τον χρόνο που χρειάζεται να γεμίσει. Στην συνέχεια υπολόγιζα την παροχή κάθε γεώτρησης και την κατέγραφα σε πίνακα όπου αναγράφεται το όνομα της γεώτρησης, οι συντεταγμένες της, το υψόμετρο της, η ισχύς της, η παροχή, η χρήση της (αποστράγγιση, ΑΗΣ, ύδρευση ή εκτός λειτουργίας).

Οι μετρήσεις διήρκησαν περίπου δέκα ημέρες και όταν τις ολοκλήρωσα απευθύνθηκα τόσο στο παλιό Δήμο Αετού, όσο και στην τεχνική υπηρεσία του Δήμου Αμυνταίου για να μου παραχωρήσουν στοιχεία σχετικά με τις υπάρχουσες υδρευτικές και αρδευτικές γεωτρήσεις της λεκάνης του Αμύνταιου. Δυστυχώς χάρτες με τις συντεταγμένες δεν υπήρχαν, οπότε και προχώρησα στην καταγραφή ορισμένων εξ' αυτών μόνη μου με την βοήθεια του προέδρου του χωριού Ανάργυροι, για γεωτρήσεις που γνώριζε τις θέσεις τους.

Σκοπός της συλλογής όλων αυτών των στοιχείων ήταν να συγκεντρώσουμε πληροφορίες για τις ποσότητες νερού που αντλούνται για την αποστράγγιση του ορυχείου, για την λειτουργία του ΑΗΣ Αμυνταίου, για τις ποσότητες νερού που αντλούνται και χρησιμοποιούνται για κάλυψη αρδευτικών και υδρευτικών αναγκών της περιοχής, για την ποιότητα των νερών και τελικά σύγκριση αυτών

ώστε να καταλήξουμε σε συμπέρασμα για τα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά του υπόγειου υδατικού δυναμικού της περιοχής.

Τελικά η αρχική ιδέα του θέματος εγκαταλείφτηκε λόγω αδυναμίας παροχής νέων στοιχείων από την ΔΕΗ, οπότε η εργασία κατευθύνθηκε στην αποτύπωση και καταγραφή των προβλημάτων που δημιουργούνται από την αλληλεπίδραση των νερών και των ορυχείων στον Ελλαδικό χώρο μελετώντας διεξοδικά 6 παραδείγματα λιγνιτικών πεδίων. Συγκεκριμένα: τριών (3) ενεργών του Αμυνταίου, του Νότιου Πεδίου στη Κοζάνη και της Μεγαλόπολης στη Τρίπολη, δύο (2) ανεκμετάλλευτων της Ποταμιάς στην Ελασσόνα Λάρισας και της Λεκάνης της Δράμας στη Δράμα και τέλος ενός εξοφλημένου στο Αλιβέρι στην Εύβοια.

Σε αυτό το σημείο κρίνω σκόπιμο να ευχαριστήσω ιδιαίτερος τον Καθηγητή Κουμαντάκη Ιωάννη για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε και μου ανέθεσε το θέμα της διπλωματικής εργασίας, καθώς και για την επιστημονική καθοδήγηση καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας, αλλά και για την κατανόηση και την ανθρωπιά που έδειξε.

Ευχαριστίες οφείλονται επίσης στη Βασιλείου Ελένη Δρ.Μηχανικό Μεταλλείων-Μεταλλουργό και στο Σταθόπουλο Νίκο Msc Μηχανικό Μεταλλείων-Μεταλλουργό, όχι μόνο για τις χρήσιμες συμβουλές και το ενδιαφέρον που έδειξαν προκειμένου να ολοκληρωθεί η εργασία, αλλά και για τον πολύτιμο χρόνο που αφιέρωσαν καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησής της. Η βοήθεια τους υπήρξε κάτι παραπάνω από πολύτιμη.

Τέλος ευχαριστώ όλους όσους με στήριξαν απ' το οικογενειακό και φιλικό μου περιβάλλον, ο καθένας με τον τρόπο του προκειμένου να καταφέρω να ολοκληρώσω τη διπλωματική μου εργασία. Πραγματικά δίχως αυτούς το αποτέλεσμα δεν θα ήταν το ίδιο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας είναι η διερεύνηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ του υδατικού περιβάλλοντος και των μεταλλευτικών εκμεταλλεύσεων μιας περιοχής. Λόγω της ύπαρξης επιφανειακών και υπόγειων νερών στους χώρους της εξόρυξης παρουσιάζονται σοβαρά προβλήματα που καθιστούν ακόμη και απαγορευτική την εκμετάλλευση του κοιτάσματος. Στον αντίποδα, οι υπερεντατικές αντλήσεις, που απαιτούνται για την αποστράγγιση των ορυχείων και ο κώνος ταπείνωσης που δημιουργείται απ' την πτώση της στάθμης των υπόγειων νερών, έχουν σαν αποτέλεσμα τη μεταβολή του υδατικού ισοζυγίου της ευρύτερης υδρολογικής λεκάνης.

Για να γίνει, λοιπόν, κατανοητή η διαρκής αυτή αλληλεπίδραση του υδατικού περιβάλλοντος και της μεταλλευτικής δραστηριότητας, επιλέχθηκαν χαρακτηριστικές περιπτώσεις από τον ελλαδικό χώρο. Σύμφωνα με παλαιότερες αλλά και πρόσφατες μελέτες, διδακτορικές διατριβές στις περιοχές αυτές, έγινε μια προσπάθεια καταγραφής όλων εκείνων των ιδιαίτερων γεωλογικών, υδρογεωλογικών και υδρολογικών στοιχείων σε σχέση με την εκμετάλλευση. Τέλος παρουσιάστηκαν οι επιπτώσεις που είχε η μεταλλευτική δραστηριότητα στα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των υδατικών πόρων της κάθε περιοχής, αλλά και τα προβλήματα που προκάλεσε σε αρκετές περιπτώσεις το υδατικό περιβάλλον, κατά τη διάρκεια της εκμετάλλευσης του ορυχείου.

Διερευνήθηκε αρχικά η περίπτωση του Αμυνταίου. Το λιγνιτικό κοιτάσμα Αναργύρων αναπτύσσεται στη κλειστή υδρολογική λεκάνη Αμυνταίου που είναι η μοναδική στον Ελλαδικό χώρο, εντός των ορίων της οποίας περιέχονται 3 υπολειμματικές λίμνες η Ζάζαρη, η Χειμαδίτιδα και των Πετρών, οι οποίες επικοινωνούν υδραυλικά μεταξύ τους αλλά και με τη λίμνη Βεγορίτιδα. Ο υδροφορέας των νεογενών και των τεταρτογενών της λεκάνης είναι αβαθής διατηρώντας έτσι την εδαφική υγρασία ευαίσθητων εδαφών σε υψηλά επίπεδα, ενώ εκμεταλλεύεται από πολυάριθμες υδρογεωτρήσεις τόσο για την αποστράγγιση του ορυχείου όσο και αρδευτικές. Το υδατικό αυτό σύστημα είναι πολύ ευαίσθητο και χρειάζεται σωστή διαχείριση για να μην διαταραχθεί η υδατική ισορροπία της περιοχής. Η εκμετάλλευση των λιγνιτικών κοιτασμάτων του Αμυνταίου τα τελευταία

δέκα χρόνια έχει επεκταθεί σε μεγάλο βαθμό με αποτέλεσμα τη σημαντική μείωση του εκμεταλλεύσιμου κοιτάσματος, την αύξηση του αριθμού των ιδιωτικών αρδευτικών γεωτρήσεων και των αντίστοιχων αντλήσεων, την εκδήλωση καθιζήσεων με συνέπεια θραύσεις σε υποδομές και σπίτια σε γειτονικά χωριά, την εξόφληση του κοιτάσματος «απόφηση Αναργύρων» και έναρξη αναπλήρωσης του με τα υπερκείμενα στείρα υλικά του κοιτάσματος Αμυνταίου. Τέλος αν και συνεχίζονται τα έργα αποστράγγισης του ορυχείου και οι αντλήσεις, στο εσωτερικό αυτού έχουν κατά καιρούς εκδηλωθεί μεγάλες κατολισθήσεις στις εσωτερικές αποθέσεις.

Στην υδρολογική λεκάνη Σαριγκιόλ, όπου λαμβάνει χώρα η εξορυκτική δραστηριότητα των ορυχείων Πτολεμαΐδας, οι επιφανειακές απορροές είναι φτωχές λόγω των έντονα καρστικοποιημένων ανθρακικών πετρωμάτων που καλύπτουν τη λεκάνη. Τα επιφανειακά νερά συγκεντρώνονται στο ρέμα Σουλού, που εκβάλλει στη λίμνη Βεγορίτιδα. Ποσοτικά, το ρέμα Σουλού επηρεάζεται θετικά από τη μεταλλευτική δραστηριότητα, αφού οι πλεονάζουσες ποσότητες νερών από τις αντλήσεις διατίθενται στο ρέμα αυξάνοντας την επιφανειακή απορροή του. Για την ασφαλή λειτουργία του Νοτίου Πεδίου και του πεδίου Καρδίας, αντλούνται κατά μέσο όρο ετησίως $18 \times 10^6 \text{ m}^3$, τα οποία διατίθενται για την κάλυψη των υδρευτικών, αρδευτικών και βιομηχανικών αναγκών. Οι αποστραγγιστικές διαδικασίες έχουν επιφέρει πτώση στάθμης του υδροφορέα υπερκειμένων, παρόλα αυτά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αντλούμενων νερών δεν επηρεάζονται σε σημαντικό βαθμό. Στην περιοχή εντοπίζεται πρόβλημα νιτρορύπανσης, που αποδίδεται στις αγροτικές δραστηριότητες. Στις επιπτώσεις απ' την εξορυκτική δραστηριότητα, καταγράφεται η περιορισμένη συρρίκνωση του υδροφορέα υπερκειμένων του Νοτίου και η μείωση της αποθηκευτικής του ικανότητας. Πρόσφατη περιβαλλοντική μελέτη κατέληξε ότι οι επιπτώσεις από τη μεταλλευτική δραστηριότητα θεωρούνται ουδέτερες και αναστρέψιμες.

Η εκμετάλλευση του λιγνίτη στη λεκάνη της Μεγαλόπολης ξεκίνησε το 1971 και προβλέπεται να ολοκληρωθεί το 2026. Τέσσερα ορυχεία δραστηριοποιήθηκαν στην περιοχή, το ορυχείο Θωκνίας, που έχει εξαντληθεί, ενώ συνεχίζεται η εκμετάλλευση στα ορυχεία Κυπαρισσίων, Μαραθούσας και Χωρεμίου. Τρεις καρστικοί υδροφόροι αναπτύσσονται στην περιοχή των ορυχείων. Ο υδροφόρος που επηρεάζει τις εργασίες εξόρυξης είναι ο κύριος καρστικός, που βρίσκεται στο υπόβαθρο και τα περιθώρια του ορυχείου Κυπαρισσίων. Τα προβλήματα που

προκύπτουν απ' τον καρστικό υδροφόρο αντιμετωπίζονται με αντλήσεις της τάξης των $8 \times 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως, τα νερά των οποίων απορρίπτονται ξανά στον Αλφειό ποταμό. Παρόλες τις αντλήσεις, το υδατικό ισοζύγιο της υδρολογικής λεκάνης παραμένει θετικό κατά $200 \times 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως. Η ποιότητα των νερών του Αλφειού είναι σχετικά καλή, χωρίς να υπάρχει σημαντική επίδραση από τη μεταλλευτική δραστηριότητα στην περιοχή. Στην περιοχή της Θωκνίας εμφανίζονται τα νερά με τη μεγαλύτερη υποβάθμιση, όπως και τα προερχόμενα από τα αντλιοστάσια των ορυχείων. Αντίθετα ο αβαθής υδροφόρος, όπως και ο καρστικός στην Θωκνία, δεν δείχνουν να έχουν ποιοτικά προβλήματα, λόγω της λιγνιτικής εκμετάλλευσης, το γεγονός αυτό οφείλεται κυρίως στην περιορισμένη υδραυλική επικοινωνία των υδροφόρων αυτών με τα επιφανειακά ρυπασμένα νερά της περιοχής, λόγω των γεωλογικών σχηματισμών που αναπτύσσονται. Στα πλαίσια αποκατάστασης των μεταλλευτικών κενών, γίνεται προσπάθεια πλήρωσης αυτών και δημιουργίας τεχνητών λιμνών.

Στην περιοχή της Ποταμιάς, στην Ελασσόνα εντοπίστηκαν δύο λιγνιτικά κοιτάσματα, στο Αμούριο ($20 \times 10^6 \text{ tn}$) και στο Δομένικο ($167 \times 10^6 \text{ tn}$). Προκειμένου να προχωρήσει ο σχεδιασμός της εκμετάλλευσης των δυο κοιτασμάτων, κρίθηκε αναγκαία η διερεύνηση των ιδιαίτερων υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής. Τη λεκάνη της Ποταμιάς διασχίζει ο Τιταρήσιος ποταμός, που δημιουργείται απ' τη συμβολή του Ελασσονίτικου και του Βούλγαρη ποταμού. Ο Τιταρήσιος διασχίζει κάθετα το λιγνιτικό πεδίο Αμουρίου. Δύο πηγές εκφορτίζουν τους υπόγειους υδροφορείς, η πηγή Κεφαλόβρυσου του καρστικού όγκου της Κρανιας στα βόρεια περιθώρια της λεκάνης και οι πηγές Αμουρίου που αναβλύζουν στις τεταρτογενείς προσχώσεις βορειοανατολικά του ομώνυμου λιγνιτικού πεδίου. Η έρευνα στο λιγνιτικό πεδίο Δομένικου, απέδειξε ότι αναπτύσσονται δύο υδροφορείς, ένας υπερκείμενος των λιγνιτών, χαμηλής δυναμικότητας και ένας υπό πίεση υποκείμενος των λιγνιτών χαμηλής δυναμικότητας. Οι υφιστάμενες υδρογεωλογικές συνθήκες του πεδίου με χαμηλή τροφοδοσία και μικρής μεταβιβαστικότητα επιτρέπουν την ασφαλή εκμετάλλευση του λιγνίτη στο Δομένικο. Στο λιγνιτικό πεδίο Αμουρίου υπάρχει πλούσια τροφοδοσία απ' τις διηθήσεις των ποταμών και απ' τους καρστικούς όγκους στα βόρεια της λεκάνης, η οποία ενισχύεται απ' τις πηγές Αμουρίου και Κεφαλόβρυσου. Ο υπερκείμενος υδροφόρος των λιγνιτών είναι μεγάλης δυναμικότητας ($T = 10^{-1} - 10^{-2} \text{ m}^2/\text{sec}$), όπως και ο υποκείμενος υπό πίεση, ο οποίος

δίνει παροχές της τάξης των 250 m³/h. Οι υδροστατικές πιέσεις στο δάπεδο του ορυχείου αναμένονται ιδιαιτέρως υψηλές και θα απαιτηθεί δίκτυο αποστραγγίσεων για την εκτόνωση αυτών. Παράλληλα απαιτείται η εκτροπή του Τιταρήσιου, ανεβάζοντας το κόστος σε απαγορευτικά επίπεδα για την εκμετάλλευση.

Το λιγνιτικό κοιτάσμα της Δράμας αναπτύσσεται στο κεντρικό τμήμα της πεδιάδας της ευρύτερης υδρολογικής λεκάνης (έκτασης 1875 km²) και επεκτείνεται πάνω από 100 km². Στην περιοχή παρατηρείται συνεχής ταπείνωση της στάθμης του υπόγειου νερού, κυρίως λόγω μείωσης των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων με την πάροδο των χρόνων αλλά και των συνεχώς αυξανόμενων αρδευτικών αναγκών. Σύμφωνα με μοντέλο που είχε αναπτυχθεί στην περιοχή, η αποστράγγιση του ορυχείου θα προκαλούσε ταπείνωση της στάθμης των υπόγειων νερών σε μια μέση ακτίνα 5 km. Εντός της ακτίνας αυτής είχε προβλεφθεί στέρηση των αβαθών γεωτρήσεων και μείωση της απόδοσης των βαθύτερων γεωτρήσεων. Η υποβάθμιση της ποιότητας του νερού εξαιτίας των αντλήσεων εστιάζεται κυρίως στις υψηλές συγκεντρώσεις ιόντων όπως του σιδήρου και του φωσφόρου καθώς επίσης και στην έξοδο των λεπτόκοκκων και αιωρούμενων υλικών κατά τη διάρκεια της άντλησης. Επιπλέον η παρουσία μεταπτώσεων στο λιγνιτικό κοιτάσμα θεωρείται ευνοϊκό στοιχείο για τη δημιουργία κατολισθητικών φαινομένων κυρίως στα πρανή του ορυχείου. Η αξιοποίηση του αντλούμενου νερού θα ήταν επιθυμητή για διάφορες χρήσεις, όπως για παράδειγμα η ψύξη των ΑΗΣ. Τα νερά κρίνονται ακατάλληλα για ύδρευση, ενώ σύμφωνα με τον συντελεστή SAR που έχει εκτιμηθεί κυμαίνονται από μέτρια έως ακατάλληλα. Για την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την στράγγιση του ορυχείου απαιτείται περαιτέρω διερεύνηση, εστιάζοντας στην αρδευτική χρήση του αντλούμενου νερού και στη δυνατότητα τεχνητού εμπλουτισμού με στόχο τον περιορισμό της ακτίνας επίδρασης των γεωτρήσεων στράγγισης. Το κοιτάσμα δεν έχει εκμεταλλευτεί μέχρι σήμερα.

Στην περιοχή του Αλιβερίου, όπου πραγματοποιήθηκε η πρώτη εκμετάλλευση λιγνίτη το 1873 και σταμάτησε το 1981, οι μεταλλευτικές δραστηριότητες προκάλεσαν τη δημιουργία νέων, σύνθετων, υδρογεωλογικών και γεωμηχανικών συνθηκών. Οι διακλάσεις και τα μεταλλευτικά κενά δημιούργησαν νέους αγωγούς ροής του υπόγειου νερού, με αποτέλεσμα οι υπόγειοι υδροφόροι να αποκτήσουν υδραυλική επικοινωνία με τη θάλασσα. Στα μεταλλευτικά κενά δημιουργήθηκαν μικρές μεταλλευτικές λίμνες, οι οποίες αισθητικά είναι αποδεκτές αλλά όχι

οικολογικά. Το φαινόμενο της υφαλμύρισης στα υπόγεια νερά, αποτυπώνεται με τις χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν. Παράλληλα αστοχίες και κατολισθήσεις παρατηρούνται στην περιοχή. Λόγω αυξημένης ζήτησης νερού, κρίνεται αναγκαία η αξιοποίηση των υδατικών πόρων, επιφανειακών και υπόγειων. Η σωστή διαχείριση των ``mine water``, νερών προερχόμενων από τα ορυχεία, θα καλύψει τις υδατικές ανάγκες της περιοχής (αρδευτικές και βιομηχανικές). Η ποιότητα των νερών διαφέρει και απαιτείται επεξεργασία τους, για την περαιτέρω αξιοποίησή τους.

Αναφέρονται ενδεικτικά περιπτώσεις απ' τον διεθνή και Ελλαδικό χώρο σχετικά με την αποκατάσταση-αξιοποίηση των ξοφλημένων ορυχείων (brownfields), καθώς και το ευρωπαϊκό και Εγχώριο νομοθετικό πλαίσιο που διέπει την μεταλλευτική διαδικασία και τα νερά.

Η μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τις υπεραντλήσεις των υπόγειων νερών και την ποιοτική τους υποβάθμιση θα είναι εφικτή μόνο με τη βέλτιστη δυνατή διαχείριση υπόγειων και επιφανειακών νερών. Η ύπαρξη ενός αυστηρού νομοθετικού πλαισίου κρίνεται ως επιτακτική ανάγκη για την ορθολογική διαχείριση και αξιοποίηση των υδατικών πόρων. Πρέπει να καταστεί δυνατή η αποκατάσταση και η επαναχρησιμοποίηση των εγκαταλελειμμένων βιομηχανικών χώρων (brownfields) μετατρέποντας τα σε χώρους αναψυχής, τεχνολογικά και πολιτιστικά πάρκα, εγκαταστάσεις που στεγάζουν γραφεία, κατοικίες, πολυκαταστήματα, συνεδριακά κέντρα κτλ .

Επίσης η πλήρωση και εκμετάλλευση των δημιουργούμενων μεταλλευτικών κενών, με τη δημιουργία τεχνητών λιμνών, όπως στη Μεγαλόπολη και το Αλιβέρι, στα πλαίσια της περιβαλλοντικής αποκατάστασης ξοφλημένων εξορυκτικών περιοχών, καθίσταται αναγκαία για τη σωστή περιβαλλοντική διαχείριση μιας περιοχής, αλλά και για την αξιοποίηση των νερών που προέρχονται από τα ορυχεία και είναι ενίοτε υποβαθμισμένα σε ποιότητα.

EXTENDED SUMMARY

The objective of this thesis is the study of the interactions occurring between the aquatic environment and the mining exploitation of an area. The existence of surface and underground water in the lignite fields (in the excavation fields) create serious problems that may even prohibitive the exploitation of the lignite deposits. On the other hand, the intensive groundwater pumping for the protection of the mine and the cone of depression created by the significant drawdown of the piezometric level has as a result the change of aquatic balance of the wider hydrologic basin.

In order to understand this permanent interaction of the aquatic environment and the mining activity, some characteristic cases of lignite fields from the Hellenic space were selected to be studied. According to studies and doctoral thesis in these regions, we have made an effort to record all the particular geological, hydrogeological and hydrologic elements concerning each region's exploitation. Additionally, we present the influences that the mining activity has on the quantitative and the qualitative characteristics of the water resources of each region, as well as the problems caused by the existence of the ground and surface water during the excavation.

First of all, the case of Amynteon was investigated. The lignite field of Anargiri is placed in the closed hydrological basin of Amynteon, which is the only basin in Greece that surrounds three lakes: Zazari, Himaditis and lake Petron. These three lakes have a hydraulic interaction as well as with the adjacent lake Vegoritis. The aquifer of the quaternary and tertiary of the basin is swallow maintaining thus through soil moisture sensitive grounds in high levels, while at the same time is being exploited by a huge amount of dewatering and irrigator wells. This aquatic system is very sensitive and therefore a rational groundwater management system is essential in order to avoid the derangement of the aquatic balance of the region. The exploitation of Amynteon lignite deposits has been maximized the last decade leading to an important reduction of the exploitable deposits, to an increase of a number of private irrigatory drillings and pumpings and to the appearance of landslides.

In the hydrologic basin of Sarigkiol, where the excavation of Ptolemais mines is taking place, the surface flows are very poor because of the intensely harstic carbonic rocks that surround the area. The water surface flow is being accumulated to the

Soulou stream that leads to the lake Vegoritis. As a result the Soulou's stream flow is influenced positively from the mining activity, since the redundant pumped out waters are disposed in it. For the secure operation of the Southern field's mine and of the Kardias field's mine, $18 \times 10^6 \text{ m}^3$ of water is being pumped to cover irrigation, watering and industrial needs. On the other hand, in the region a problem of nitrogen pollution is evident due to agricultural activities. Despite that, a recent environmental study has shown that the implications of the mining activity may be considered reversible.

In the basin of Megalopolis there are four mines: Thoknia, (a mine that the lignite deposits have been exhausted), Kiparissia, Marathousa and Choremi. There are three karstic aquifers in the basin. The central karstic aquifer influences the exploitation of the mine of Kiparissia therefore it is intensively pumped and the waters are being discharged again in Alfeios river. Despite this pumping, the aquatic balance of the basin remains positive by $200 \times 10^6 \text{ m}^3$ annually. The water quality of Alfeios river remains in a good level despite the mining activity in that region. The water quality in Thoknia seems to be the most downgraded, but the karstic aquifer of Thoknia appears to be in a better condition. This difference in water quality is a result of the low hydraulic transmissivity between the aquifer and the polluted surface waters. Finally, in order to cover the void areas created by mining an attempt is made to create artificial lakes.

In Elassona, in the Potamia region, two lignite deposits of $187 \times 10^6 \text{ tn}$ (Domeniko- $167 \times 10^6 \text{ tn}$ and Amourion $20,5 \times 10^6 \text{ tn}$) have been discovered. For the exploitation of these deposits, a research on the hydrogeological conditions of these areas was necessary. The basin of Potamia is crossed by Titarisios River ($109 \times 10^6 \text{ m}^3$ /year) which is created by the confluence of Bulgari and Elasonitikos rivers. There is rich surface run-off, though two springs, one karstic in Kefalovriso village ($40 \times 10^6 \text{ m}^3$ /year) in the north, and the springs at Amouria area ($13 \times 10^6 \text{ m}^3$ /year) in the alluvial sediments of the basin. In the basin of Domeniko, two aquifers are developed, one unconfined aquifer overlying the lignite deposits that has low capacity and one confined aquifer underlying. These hydrogeological conditions allow the exploitation of the deposit without causing serious problems during the excavation with the exception of pumping the upper aquifer. On the contrary the basin of Amouria is not exploitable because of the hydrogeological and hydrological conditions in the region. Both the overlying and the underlying aquifers have great tensions. In addition to this,

the Titarisios river that crosses the lignite field needs to be diverted, therefore increasing extremely the cost for the exploitation of the lignite deposits.

In Drama, the lignite deposit is situated in the central of the hydrological basin and it extends over 100 Km². There has been noted a continuous drawdown of the piezometric level of the underground water due to the increasingly irrigational needs. According to a study for the region, the draining of the mine would create a further drawdown of the piezometric level of the underground water in a radius of 5 km. Furthermore, the lignite deposits appear to be in different layers therefore resulting to landslides. Water pumping may lead to low water quality due to great concentrations of phosphorus, iron and other aerial particles. Although, the further usage of the pumped water would have been desirable, according to the SAR standard it can't be used for irrigation. If we want to minimize the environmental repercussions from the drainage of the mine further investigation is needed especially in finding ways to enrich the pumped water for other uses. This lignite deposit hasn't been exploited till nowadays.

In Aliveri is situated the first lignite deposit ever to be exploited in Greece (from 1873 to 1981). The mining procedures changed the hydrogeological and geomechanical conditions of this area. A large amount of landslips has been detected. The mining "voids" created new aquifers for underground waters and as a result they reached the sea level. Although in the mining "voids" small lakes were created, something esthetically correct, they have a bad environmental effect. Studies made in the underground waters showed that there was a big concentration of salt. Because in the area there is large water need (irrigational and industrial) there must be a correct management, according to its usage, of the surface and underground water.

Moreover, in this thesis they are presented some cases concerning the usage of brownfields from the international and domestic area. Such as Iron Bridge (England) , Loisinord (France) , Hamm (Germany), Blegny (Belgium), Maastricht, and Technopolis, Athinai from Greece. Finally, we mention the European and Greek legislation concerning the mining procedure and management of waters.

In order to minimize the environmental repercussions due to the overpumping of underground waters there must be a very strict legislation and careful management of the surface and underground waters. Moreover, we must reuse the brownfields by

transforming them either in parks, or buildings rather than letting them create further environmental problems. Also, the mining “voids”, such as Megalopolis and Aliveri, must be transformed into artificial lakes in order to exploit the water that comes from the abandoned mines.

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο	6
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	6
1.1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ – ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	6
1.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ.....	7
1.3 ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ.....	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	8
ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΩΝ.....	8
2.1.ΓΕΝΙΚΑ.....	8
2.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΥΠΑΡΞΗ ΝΕΡΟΥ.....	9
2.3 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΠΟ ΤΙΣ ΕΝΤΑΤΙΚΕΣ ΑΝΤΛΗΣΕΙΣ.....	10
2.4 ΤΟ «ΚΟΙΤΑΣΜΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ» ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΤΩΝ ΛΙΓΝΙΤΩΝ.....	14
2.5 ΜΕΤΡΑ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο	19
ΛΙΓΝΙΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ.....	19
3.1 ΘΕΣΗ – ΟΡΙΑ.....	19
3.2 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ.....	24
Εικόνα 3.2.2 : Χάρτης Ανάγλυφου Εδάφους-Υδρογραφικό Δίκτυο.....	25
3.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	26
3.3.1 ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ.....	26
3.3.2 ΝΕΟΓΕΝΗ.....	31
3.3.3 ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΙΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ.....	33
3.3.4. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΠΕΡΙΘΩΡΙΩΝ ΤΗΣ.....	34
3.4 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	38
3.4.1 ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΑ.....	38
3.4.2 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ.....	40

3.5 ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ.....	44
3.6 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΙΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ.....	44
3.7 ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ.....	45
3.8 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΩΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΝΕΡΩΝ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ ΟΡΥΧΕΙΩΝ.....	47
3.8.1 ΑΝΤΛΗΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΠΡΙΝ ΑΥΤΑ ΕΙΣΕΛΘΟΥΝ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ.....	48
3.9 ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ 10ΕΤΙΑ.....	50
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4ο.....	54
4.1 ΘΕΣΗ – ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ.....	54
4.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	56
4.2.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	56
4.2.2 ΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	56
4.2.3 ΜΕΣΟΖΩΙΚΗ ΣΕΙΡΑ.....	56
4.2.4 ΝΕΟΓΕΝΗΣ ΚΑΙ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΗΣ ΣΕΙΡΑ ΙΖΗΜΑΤΩΝ.....	57
4.2.5 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ.....	62
4.3 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	64
4.3.1. ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΑ.....	64
4.3.2 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΟΥ ΚΑΡΣΤ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.	66
4.3.3 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΗΣ.....	70
4.4 ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ.....	70
4.5 ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ.....	71
4.6. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΙΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ	74
4.6.1 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΣΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΝΕΡΑ.....	79
4.6.2 ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ.....	83
4.6.3 ΣΥΝΟΛΟ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ.....	93
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5ο.....	95

ΛΙΓΝΙΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ.....	95
5.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΩΝ ΟΡΥΧΕΙΩΝ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ.....	95
5.2 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	95
5.3 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ.....	97
5.3.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΖΩΝΗΣ ΓΑΒΡΟΒΟΥ-ΤΡΙΠΟΛΕΩΣ.....	97
5.3.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΖΩΝΗΣ ΩΛΟΝΟΥ-ΠΙΝΔΟΥ.....	97
5.3.3 ΜΕΤΑΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΛΙΜΝΑΙΑ ΙΖΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ	100
5.4 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ.....	102
5.5. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	103
5.5.1 ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ.....	103
5.5.2 ΟΙ ΚΑΡΣΤΙΚΟΙ ΥΔΡΟΦΟΡΕΙΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ.....	105
5.5.3 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΟΡΙΩΝ ΤΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ.....	109
5.5.4 ΕΚΤΑΣΗ ΤΩΝ ΚΑΡΣΤΙΚΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ.....	115
5.5.5 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΠΟΥ ΚΑΤΕΙΣΔΥΟΥΝ ΣΕ ΕΤΗΣΙΑ ΒΑΣΗ (ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΑ ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ) ΣΤΟΝ ΚΥΡΙΟ ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ.....	115
5.6 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ.....	117
5.7 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΩΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ.....	118
5.8 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ.....	119
5.9 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΛΙΜΝΗΣ.....	123
5.10 ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΡΥΧΕΙΩΝ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ.....	124
5.10.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΕΙΣΡΟΩΝ.....	124
5.10.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΙΣΡΟΩΝ.....	124
5.10.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ.....	124
5.11 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	125
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6ο.....	132
ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΠΟΤΑΜΙΑΣ ΚΑΙ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΛΙΓΝΙΤΙΚΗ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ.....	132

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	132
6.2 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ.....	132
6.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	133
6.4 ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ.....	133
6.5 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	137
6.5.1. ΠΕΡΑΤΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ.....	137
6.5.2. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΔΟΜΕΝΙΚΟΥ.....	140
6.5.3 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΑΜΟΥΡΙΟΥ.....	144
6.5.4 ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ.....	147
6.6 ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΠΟΤΑΜΙΑΣ.....	150
6.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	155
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7ο.....	157
ΛΙΓΝΙΤΙΚΟ ΚΟΙΤΑΣΜΑ ΔΡΑΜΑΣ.....	157
7.1 ΛΕΚΑΝΗ ΔΡΑΜΑΣ.....	157
7.1.1 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ.....	157
7.1.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	158
7.1.3 ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ.....	158
7.1.4. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	160
7.2. ΛΙΓΝΙΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΔΡΑΜΑΣ.....	162
7.2.1 ΘΕΣΗ – ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ.....	162
7.2.2 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ.....	162
7.2.3 ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ.....	164
7.3 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ.....	165
7.3.1 ΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ.....	165
7.3.2. ΣΤΕΡΕΥΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΕΥΡΥΤΕΡΟ ΧΩΡΟ.....	165
7.3.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΟ ΠΗΓΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΔΡΑΜΑΣ.....	166
7.3.4 ΜΕΙΩΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ ΥΔΡΟΡΕΥΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΤΑΦΡΩΝ.....	166
7.3.5 ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΤΙΣ ΑΝΤΛΗΣΕΙΣ.....	166

7.3.6 ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΕΔΑΦΟΥΣ.....	167
7.4. ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ.....	168
7.4.1 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΨΥΞΗ ΤΩΝ ΑΤΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ.....	168
7.4.2 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΥΔΡΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ.....	168
7.4.3 ΑΡΔΕΥΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ.....	169
7.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	171
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8 ^ο	172
ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΛΙΓΝΙΤΩΡΥΧΕΙΩΝ ΜΕΤΑ ΤΟ ΠΕΡΑΣ ΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ.....	172
8.1 ΤΟ ΑΛΙΒΕΡΙ.....	172
8.2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ, ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.....	176
8.3 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ.....	177
8.3.1 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΑΛΛΑ ΚΑΙ ΤΩΝ ΛΟΙΠΩΝ ΕΡΓΩΝ ΕΞΟΡΥΚΤΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ.....	178
8.3.2 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ.....	185
8.4 Η ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗ ΤΩΝ BROWNFIELDS.....	187
8.4.1 ΓΕΝΙΚΑ.....	187
8.4.2 Η ΔΙΕΘΝΗΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑ.....	187
8.4.2.1 Η ΠΕΡΙΟΧΗ IRON BRIDGE ΣΤΗΝ ΑΓΓΛΙΑ.....	188
8.4.2.2. Η ΠΕΡΙΟΧΗ LOISINORD ΣΤΗ ΓΑΛΛΙΑ.....	189
8.4.2.3 Η ΠΕΡΙΟΧΗ HAMM ΣΤΗ ΓΕΡΜΑΝΙΑ.....	190
8.4.2.4 ΤΟ ΛΙΓΝΙΤΩΡΥΧΕΙΟ BLEGNY ΣΤΟ ΒΕΛΓΙΟ.....	192
8.4.2.5 ΤΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΤΟΥ MAASTRICHT.....	195
8.4.2.6 ΆΛΛΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΛΕΛΕΙΜΕΝΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ.....	196
8.4.3 Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ.....	198
8.4.3.1. ΤΕΧΝΟΠΟΛΙΣ.....	198
8.4.3.2 ΑΘΗΝΑΪΣ.....	200

8.4.3.3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΛΑΥΡΙΟΥ.....	201
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9ο.....	206
ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ	206
9.1 ΚΥΡΙΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΙ ΤΑ ΝΕΡΑ.....	206
9.2 ΚΥΡΙΑ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΟΡΥΞΗ ΚΑΙ ΤΑ ΝΕΡΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.....	207
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10.....	211
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ.....	211

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ – ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η αποτύπωση και καταγραφή των προβλημάτων που δημιουργούνται από την αλληλεπίδραση των νερών και των ορυχείων στον Ελλαδικό χώρο μελετώντας διεξοδικά έξι (6) παραδείγματα λιγνιτικών πεδίων. Συγκεκριμένα: τριών (3) ενεργών του Αμυνταίου, του Νότιου Πεδίου στη Κοζάνη και της Μεγαλόπολης στη Τρίπολη, δύο (2) ανεκμετάλλευστων της Ποταμιάς στην Ελασσόνα Λάρισας και της Λεκάνης της Δράμας στη Δράμα και τέλος ενός εξοφλημένου στο Αλιβέρι στην Εύβοια.

Η συλλογή, αξιοποίηση και επεξεργασία δεδομένων από προηγούμενες μελέτες, ώστε να μπορούν να εξαχθούν χρήσιμα συμπεράσματα για τις μετέπειτα λήψεις αποφάσεων είναι ένα σημαντικό βήμα που θα βοηθήσει τους αρμόδιους φορείς, αλλά και τους μετέπειτα μελετητές που θα ασχοληθούν με τα προβλήματα που προκαλούνται στο υδατικό περιβάλλον απ' την εκμετάλλευση όχι μόνο λιγνιτικών κοιτασμάτων αλλά και από οποιαδήποτε μεταλλευτική δραστηριότητα. Με τη δημιουργία της εργασίας αυτής στόχος είναι κυρίως η συγκέντρωση όλων των διαθέσιμων δεδομένων για τις επιπτώσεις της μεταλλευτικής στο υδατικό δυναμικό μιας περιοχής σ' ένα σύγγραμμα, ώστε να είναι δυνατή η ενιαία μελέτη, έρευνα καθώς και η σύγκριση των περιπτώσεων και κατά συνέπεια η διατύπωση ορθότερων συμπερασμάτων και κρίσεων.

1.2 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Στα πλαίσια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας επιλέχθηκαν και μελετήθηκαν πλήθος εργασιών, διδακτορικών διατριβών, μελετών, δημοσιεύσεων σε συνέδρια και ημερίδες που αφορούσαν το συγκεκριμένο θέμα τόσο απ' τη ξένη όσο και από την ελληνική βιβλιογραφία. Επίσης μελετήθηκε σε βάθος το ευρωπαϊκό και ελληνικό νομοθετικό πλαίσιο που διέπει τα νερά και τα μεταλλευτικές δραστηριότητες.[βλ.βιβλιογραφικό πίνακα]

1.3 ΔΟΜΗ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία περιλαμβάνει, εκτός από την παρούσα εισαγωγή (Κεφάλαιο 1), τα εξής κεφάλαια:

Κεφάλαιο 2: Γενική περιγραφή των αλληλεπιδράσεων από την συνύπαρξη νερού και ορυχείου καθώς και των μέτρων περιορισμού των αρνητικών επιπτώσεων

Κεφάλαιο 3: Περιγραφή του πρώτου παραδείγματος εκμετάλλευσης λιγνιτικού κοιτάσματος, αυτού της Λεκάνης του Αμυνταίου

Κεφάλαιο 4: Περιγραφή του δεύτερου παραδείγματος λιγνιτωρυχείου στο Νότιο Πεδίο της Πτολεμαΐδας στην Κοζάνη

Κεφάλαιο 5: Περιγραφή του τρίτου παραδείγματος μεταλλευτικής δραστηριότητας στη Μεγαλόπολη της Τρίπολης

Κεφάλαιο 6: Περιγραφή του τέταρτου παραδείγματος ανεκμετάλλευτου λιγνιτικού κοιτάσματος στη Λεκάνη της Ποταμιάς στην Ελασσόνα

Κεφάλαιο 7: Περιγραφή του πέμπτου παραδείγματος επίσης ανεκμετάλλευτου λιγνιτικού κοιτάσματος στη Λεκάνη της Δράμας

Κεφάλαιο 8: Περιγραφή του έκτου παραδείγματος μεταλλευτικής δραστηριότητας που έχει ολοκληρωθεί στο Αλιβέρι στη Ν.Εύβοια

Κεφάλαιο 9: Περιγραφή του κύριου νομοθετικού πλαισίου της ευρωπαϊκής ένωσης για τη μεταλλευτική και τα νερά καθώς και της ισχύουσας ελληνικής νομοθεσίας

Κεφάλαιο 10: Περιγραφή γενικών συμπερασμάτων και προτάσεων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΩΝ.

2.1.ΓΕΝΙΚΑ

Στις ανοικτές μεταλλευτικές εκμεταλλεύσεις, εκτός από τη συγκέντρωση των βρόχινων νερών στον πυθμένα τους και πιθανώς την εισροή ποσοτήτων νερών επιφανειακών απορροών των γύρω εκτάσεων, συχνά αντιμετωπίζονται σοβαρά προβλήματα από την ύπαρξη υπόγειων νερών στους χώρους εξόρυξης και στις περιβάλλουσες ζώνες. Η γνώση των υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής εκμετάλλευσης, επιτρέπει τον υπολογισμό των αποθεμάτων νερού, των συνθηκών ροής, των χωροχρονικών μεταβολών τους και βοηθά στην κατανόηση των προβλημάτων, τα οποία εμφανίζονται κατά τη διάρκεια της εκμετάλλευσης του κοιτάσματος, αφού συνδέονται άρρηκτα με την εντατική άντληση των υπόγειων νερών, καθώς και στη βέλτιστη λύση-αντιμετώπιση τους ¹.

Λόγω των εισροών της βροχής, των επιφανειακών και υπόγειων νερών μέσα στους χώρους της εκμετάλλευσης, παρουσιάζονται ως γνωστόν ανεπιθύμητα φαινόμενα και αστοχίες τεχνικές, τόσο στις επιφανειακές ανοικτές, όσο και στις υπόγειες μεταλλευτικές εργασίες. Όλα αυτά αποτελούν φαινόμενα, που μπορούν να καταστήσουν ακόμη και απαγορευτική την εκμετάλλευση του κοιτάσματος, λόγω τεχνικών και οικονομικών προβλημάτων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το κοίτασμα Κομνηνών κοντά στη λίμνη Βεγορίτιδα.

Η ύπαρξη υδροφόρων στρωμάτων σε μια περιοχή μεταλλευτικής δραστηριότητας, απαιτεί πολύ καλή υδρογεωλογική γνώση της περιοχής. Η συμβολή της είναι καθοριστική, στην εύρεση της βέλτιστης λύσης για τη σωστή εκμετάλλευση και ασφάλεια των ορυχείων, αφαιρώντας στο μέγιστο δυνατό βαθμό τις αρνητικές επιδράσεις των επιφανειακών και υπόγειων νερών στις μεταλλευτικές

¹ Koumantakis et. al., 2005.

δραστηριότητες, αξιοποιώντας παράλληλα τους υδατικούς πόρους της περιοχής και συμβάλλοντας στην ορθολογική διαχείρισή τους, καθώς και στη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων σε ό,τι αφορά την ποιότητα τους².

Η διαρκώς επιδιωκόμενη μεγάλη ανάπτυξη σε έκταση και βάθος των υπαίθριων και υπόγειων λιγνιτικών εκμεταλλεύσεων, έχει ως συνέπεια την αντιμετώπιση συνεχώς αυξανόμενων προβλημάτων, κυρίως από την ύπαρξη σημαντικών υδροφόρων οριζόντων στους περιβάλλοντες γεωλογικούς σχηματισμούς, ενίοτε μάλιστα υπό πίεση αλλά και την ευστάθεια των πρανών των λιγνιτωρυχείων³.

Η ύπαρξη νερού στο κύριο μέρος της εκμετάλλευσης, δημιουργεί σημαντικά προβλήματα. Η πλέον συνηθισμένη λύση που προτείνεται, είναι ένα εκτεταμένο καθεστώς εντατικών αντλήσεων, η οποία έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία νέων προβλημάτων, που σχετίζονται με το υδατικό ισοζύγιο της ευρύτερης περιοχής και τις σημαντικές και πολλαπλές επιπτώσεις από τη διαταραχή του.

2.2 ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΣΤΗΝ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΑΠΟ ΤΗΝ ΥΠΑΡΞΗ ΝΕΡΟΥ.

Οι μέθοδοι της εκμετάλλευσης κοιτασμάτων σε ανοικτές εκσκαφές που επιλέγονται, απαιτούν μια σωστή προσέγγιση των αρνητικών επιδράσεων του νερού στις μεταλλευτικές εργασίες, τέτοια ώστε να εξασφαλιστεί η γεωτεχνική ασφάλεια (ευστάθεια πρανών των ορυχείων, ευστάθεια των πρανών των αποθέσεων των στείρων υλικών, αποφυγή εισροών νερού και πλημμύρες, εξασφάλιση φέρουσας ικανότητας των δαπέδων εκμετάλλευσης). Τα κυριότερα προβλήματα που δημιουργεί η ύπαρξη νερού στην πορεία και την απόδοση της εξορυκτικής δραστηριότητας είναι τα ακόλουθα⁴:

- Σε βαθιά ορυχεία, το τελικό δάπεδο της εκμετάλλευσης συχνά βρίσκεται χαμηλότερα από την υδροστατική στάθμη ή την πιεζομετρική επιφάνεια. Η

² Dimitrakopoulos et.al., 2009

³ Λουλούδης & Κουμαντάκης, 1993

⁴ Younger et.al, 2003

- συνήθης αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού, είναι οι δημιουργία ενός δικτύου αποστραγγιστικών γεωτρήσεων με σκοπό τη ταπείνωση της στάθμης.
- Οι υπό πίεση υδροφορείς, που τυχόν βρίσκονται στα υποκείμενα των λιγνιτικών στρωμάτων, πρέπει να αποσυμπιεστούν σε τέτοιο βαθμό ώστε να επιτρέπουν την ασφαλή συνέχιση της μεταλλευτικής εκμετάλλευσης, χωρίς παραμορφώσεις ή θραύση του δαπέδου του ορυχείου.
 - Ποτάμια και χείμαρροι, που ρέουν στις περιοχές μεταλλευτικής δραστηριότητας πρέπει να εκτραπούν εκτός αυτής και το κόστος εκτροπής τους είναι ιδιαίτερο υψηλό σε κάποιες περιπτώσεις.
 - Ο κορεσμός σε νερό των υπερκειμένων μη συνεκτικών πετρωμάτων, τα οποία πρέπει να αφαιρεθούν για να αποκαλυφθεί το κοιτάσμα, καθιστά συχνά αναγκαία τη χρησιμοποίηση ειδικών τεχνικών επεξεργασίας τους, για την εξασφάλιση της ευστάθειας των πρυνών της απόθεσης τους. Επίσης, ο κορεσμός του μεταλλεύματος σε νερό μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα στη φόρτωση, μεταφορά και εναποθήκευσή του.
 - Οι μεγάλες ποσότητες νερού στις υπαίθριες εκμεταλλεύσεις, μπορούν να δημιουργήσουν μεγάλα προβλήματα στην ασφαλή λειτουργία του ορυχείου και στο κόστος παραγωγής του κοιτάσματος.
 - Από την ύπαρξη υπόγειων νερών, εξαρτάται η ευστάθεια των υψηλών τεχνητών πρυνών και η πρόκληση κατολισθήσεων σ' αυτά.

2.3 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΑΠΟ ΤΙΣ ΕΝΤΑΤΙΚΕΣ ΑΝΤΛΗΣΕΙΣ.

Οι υπερεντατικές αντλήσεις, που απαιτούνται για την αποστράγγιση των ορυχείων και ο κίνος ταπείνωσης που δημιουργείται από την πτώση στάθμης των υπογείων νερών, έχουν ως αποτέλεσμα ποικίλες επιπτώσεις στο υδατικό περιβάλλον της ευρύτερης περιοχής των ορυχείων. Η αποστράγγιση των ορυχείων, όταν γίνεται χωρίς ορθολογισμό και σχεδιασμό, επιφέρει διατάραξη του υδατικού ισοζυγίου της περιοχής ή ακόμη και της ευρύτερης υδρολογικής λεκάνης. Άμεση συνέπεια αυτών είναι οι σοβαρές επιπτώσεις στο οικολογικό σύστημα αλλά και στην οικονομία της περιοχής.

Τα κυριότερα φαινόμενα που παρατηρούνται ή αναμένεται ενδεχομένως να δημιουργηθούν με την εξέλιξη της εξορυκτικής δραστηριότητας και της αποστράγγισης είναι τα εξής⁵ :

- Μείωση της παροχής ή ακόμη και αποξήρανση φυσικών πηγών και υδροληπτικών έργων (υδρογεωτρήσεων και πηγαδιών), που βρίσκονται μέσα στα όρια του δημιουργούμενου κώνου ταπείνωσης της στάθμης.
- Εντονότερη διήθηση του νερού από ποτάμια υδατορεύματα και λίμνες, που οδηγεί σε ταπείνωση της στάθμης τους και πιθανόν σε εποχιακή αποξήρανσή τους. Άρα έμμεση επίδραση στις κατάντη περιοχές των υδρορευμάτων.
- Μείωση της υγρασίας των παρακείμενων εδαφών στο χώρο του κώνου πτώσης της στάθμης, στις περιοχές με αβαθείς φρεάτιους ορίζοντες.
- Καθίζηση των σχηματισμών που είναι επιδεκτικοί συμπίκνωσης, εξαιτίας της προκαλούμενης συμπίεσης τους, λόγω αύξησης της ενεργούς τάσης, που εμφανίζεται με τις μεγάλες πτώσεις της υδροστατικής στάθμης. Αποτέλεσμα είναι η εμφάνιση επιφανειακών καθιζήσεων, προβλημάτων θραύσεων και παραμορφώσεων στο οδικό δίκτυο και σε άλλα έργα υποδομής, καθώς και σε οικοδομές της περιοχής.

Πιθανά επίσης περιβαλλοντικά προβλήματα που αφορούν στην ποιότητα του νερού είναι:

- Υποβάθμιση της ποιότητας των επιφανειακών νερών, λόγω της απόρριψης νερών, που προέρχονται από τα αντλιοστάσια του πυθμένα και των βαθμίδων των ορυχείων, αλλά και «εμπλουτισμός» αυτών με τα διάφορα παραπροϊόντα της αποθείωσης (τέφρα κλπ), των διαρροών καυσίμων και λιπαντικών των μηχανημάτων, των υπολειμμάτων των νερών ψύξης των ΑΗΣ κ.α.
- Υποβάθμιση της ποιότητας των υπόγειων νερών, λόγω διήθησης των ποιοτικά υποβαθμισμένων επιφανειακών νερών των ορυχείων.

⁵ Younger 2004

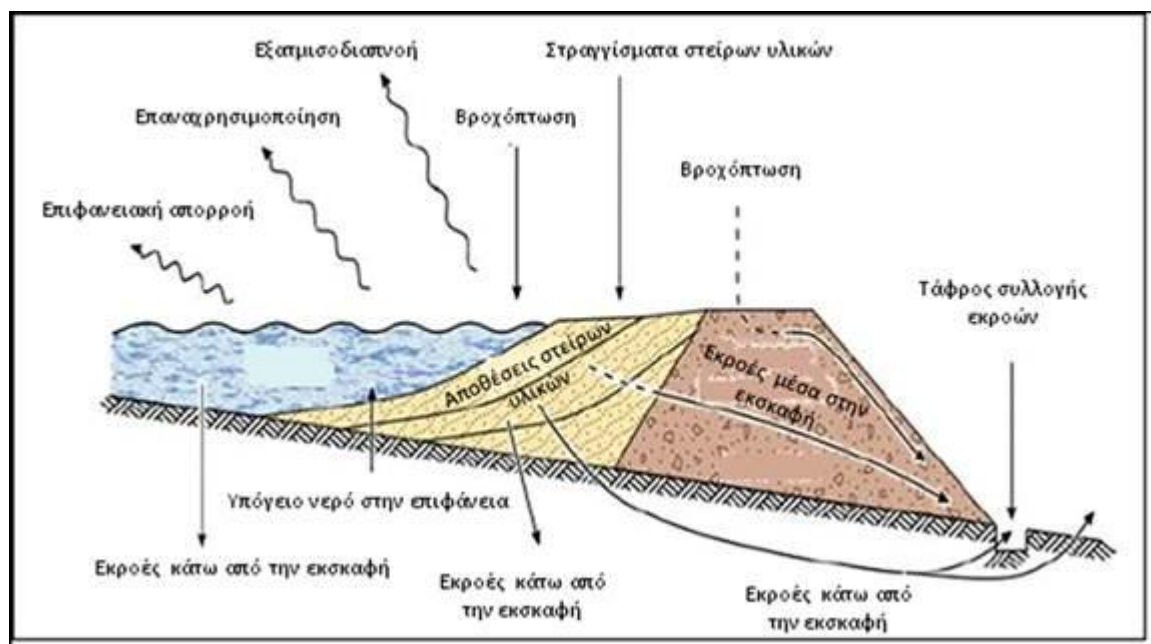
Η μεταλλευτική δραστηριότητα και οι μεταλλουργικές διεργασίες σχετίζονται με την ανάμιξη των σουλφιδίων κατά την βιομηχανική δραστηριότητα και δημιουργούν μεγάλους όγκους από στερεά απόβλητα (στείρα υλικά) και υγρά στραγγίσματα που μπορούν να προκαλέσουν άμεση επίδραση στην ποιότητα των εδαφών, των επιφανειακών και υπόγειων νερών⁶.

Συχνά σε περιοχές μεταλλευτικής δραστηριότητας, παρατηρούνται όξινες απορροές. Ο όξινος χαρακτήρας προκαλείται από μια σειρά χημικών αντιδράσεων, που σχετίζονται με την οξείδωση των ορυκτών των σουλφιδίων, που περιέχονται στα άγονα υλικά και σε συνδυασμό με την αντίδραση οξυγόνου και νερού⁷.

Κατά τη διάρκεια των εκσκαφών της εκμετάλλευσης αλλά και μετά το πέρας αυτών, έχουμε τη «γένεση» του «mine water». Το «mine water» είναι το «εμπλουτισμένο» υποβαθμισμένο ποιοτικά νερό (από προσμίξεις των προϊόντων εξόρυξης, στείρων υλικών και διηθήσεων) που προέρχεται από τις περιοχές των μεταλλευτικών δραστηριοτήτων και ρέει από τις εξορυσσόμενες περιοχές προς γειτνιάζοντες «υδάτινους αποδέκτες», όπως ρεύματα, υγροτόπους, λίμνες, υδροφόρα στρώματα. Το mine water πρέπει να υπολογίζεται ως μέρος του υδρολογικού κύκλου. Στην εικόνα 2.3.1 που ακολουθεί, περιγράφεται η δημιουργία και η δράση του mine water, μέσα στον υδρολογικό κύκλο μιας περιοχής μεταλλευτικής δραστηριότητας.

⁶ Komnitsas et.al 2006

⁷ Kontopoulos et al., 2006; Komnitsas et al. 2006



Εικόνα 2.3.1: Η δημιουργία και η δράση του «mine water» στον υδρολογικό κύκλο μιας περιοχής μεταλλευτικής δραστηριότητας.

Πηγή: Ε. Βασιλείου, 2000.

Η κύρια πηγή προέλευσής του, είναι το λιγνιτικό πεδίο, εμπλουτίζεται από τη γεωχημική σύσταση του λιγνίτη και ρέει προς άλλους υδάτινους αποδέκτες. Η ποιότητα των νερών των αποθέσεων, από τα ορυχεία, επηρεάζεται από υδρογεωχημικές αντιδράσεις⁸. Με αυτό το σκεπτικό, λήφθηκε υπόψη η γεωχημική ανάλυση του λιγνίτη στην περιοχή, για τη δημιουργία της χημικής σύστασης του.

Η έρευνα έχει αποδείξει ότι η εξορυκτική δραστηριότητα ρυπαίνει τα νερά των ορυχείων, τα οποία είναι χημικώς σύνθετα και με ευρεία σύσταση⁹. Σύμφωνα με τους Adam και Younger (2000) οι επιδράσεις του «mine water» στους υπόλοιπους υδάτινους αποδέκτες, εντοπίζεται σε δύο φάσεις: α) στις φυσικοχημικές, που χωρίζεται σε έξι κατηγορίες: έκταση περιοχής επίδρασης, απόσταση από τη πηγή ρύπανσης, την ποιότητα των νερών για αναπαραγωγή των ψαριών, την απόθεση σιδήρου, συνολική συγκέντρωση σιδήρου, το pH και το συνολικά διαλυμένο οξυγόνο και β) στις επιδράσεις στα βενθικά μακροσπόνδυλα, δηλαδή σε έμβιους οργανισμούς.

⁸ Hoth et. al. 2001

⁹ Singh 1988

Σύμφωνα με τον Singh (1989), έχουν διαπιστωθεί κάποια συγκεκριμένα χαρακτηριστικά στις χημικές αναλύσεις υπόγειων νερών σε περιοχές λιγνιτωρυχείων. Σε αβαθείς ελεύθερους υδροφόρους, μετρήθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις σε σουλφίδια (300mg/l), χαμηλή περιεκτικότητα σε χλωριόντα (<100mg/l) και σημαντική σκληρότητα (100-500 mg/l). Το νερό στους υπό πίεση υδροφόρους είχε υψηλή περιεκτικότητα σε νάτριο, ασβέστιο και μαγνήσιο. Στους βαθείς υπό πίεση υδροφόρους, μετρήθηκαν υψηλές συγκεντρώσεις μαγνησίου, βαρίου και στροντίου, οι τιμές των οποίων προοδευτικά αυξάνονται με το βάθος. Το νερό που προέρχεται από ξοφλημένα ή εξαντλημένα πεδία λιγνιτικής εκμετάλλευσης, χαρακτηρίζεται από την παρουσία οξειδίων του πυριτίου. Γενικά η επίδραση στην ποιότητα των ελεύθερων αβαθών υδροφόρων, εξαρτάται από το λιθολογικό προφίλ και την απόσταση από την πηγή ρύπανσης, λόγω διασποράς των ρύπων κατά τη κίνηση του «mine water»¹⁰.

2.4 ΤΟ «ΚΟΙΤΑΣΜΑ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ» ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΤΗΣ ΕΚΜΑΤΑΛΛΕΥΣΗΣ ΤΩΝ ΛΙΓΝΙΤΩΝ.

Όλες οι βιομηχανικές χώρες, αντιμετωπίζουν με ιδιαίτερη φροντίδα το πρόβλημα των σταθερά αυξανόμενων απαιτήσεων τους για νερό και η λύση του είναι προφανές ότι οδηγεί στην ανάγκη μεγαλύτερης και σωστής χρήσης των φυσικών αποθεμάτων νερού. Ειδικά τα υπόγεια νερά πρέπει να επισημανθεί, ότι αποτελούν πηγή προμήθειας νερού καλής ποιότητας κυρίως για ύδρευση, αλλά και για άρδευση και βιομηχανική χρήση.

Το νερό αποτελεί ένα από τα πολυτιμότερα κοιτάσματα του πλανήτη μας, με ιδιαίτερα όμως χαρακτηριστικά όπως αυτά της ροής, της ανανέωσης των αποθεμάτων και της επιδεκτικότητας σε ρύπανση-μόλυνση, χαρακτηριστικά που δεν έχουν τα άλλα κοιτάσματα.

Η εκμετάλλευση ενός κοιτάσματος, οριοθετείται αφού πρώτα βρεθούν τα γεωμετρικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά του. Έτσι και για τους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες πρέπει να προσδιορίζονται τα όρια του, να υπολογίζονται τα

¹⁰ Binotto et al. 2000 & Vandna 1992.

υδραυλικά χαρακτηριστικά του (K, T, S) και να προσδιορίζονται τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού.

Δεδομένου ότι η αποστραγγιστική διαδικασία των υπόγειων νερών, αρχίζει πριν από την εκμετάλλευση του λιγνιτικού ή άλλου κοιτάσματος, αποτελεί επιτακτική ανάγκη ο έγκαιρος εντοπισμός των υπόγειων υδροφόρων, ο υπολογισμός της δυναμικότητάς των για το σχεδιασμό και την πορεία των εξορυκτικών δραστηριοτήτων και η ποιότητα των νερών τους, ώστε να διατεθούν για διάφορες χρήσεις, καλύπτοντας υδατικές ανάγκες της περιοχής.

Ως απόρροια αυτής της διαδικασίας, προκύπτει η ανάγκη προσομοίωσης των υδροφόρων σωμάτων με διάφορα μαθηματικά προσομοιώματα, τα οποία προσφέρουν την απαραίτητη γνώση για την ορθολογική αξιοποίηση και διαχείριση των υπογείων νερών, σε συνδυασμό με την εκμετάλλευση του κοιτάσματος.

Κατά τη διάρκεια της εκμετάλλευσης γενικότερα, η υδρογεωλογική έρευνα επιβάλλεται σε όλα τα επιμέρους στάδια, προκειμένου να αποσαφηνίζεται το νέο υδατικό καθεστώς της περιοχής, όπως π.χ. τα υδραυλικά χαρακτηριστικά των υδροφόρων, που σχηματίζονται στις αποθέσεις, η ποιότητα των νερών, η διατήρηση ή όχι των υδάτινων σωμάτων π.χ. λιμνών που δημιουργήθηκαν μετά το πέρας, σε κενά επιφανειακής κυρίως εκμετάλλευσης κ.α.

Η κύρια μέθοδος αποστράγγισης που χρησιμοποιείται, είναι η όρυξη υδρογεωτρήσεων, η οποία προηγείται πολλών μηνών ή ετών πριν από την εξόρυξη του λιγνίτη στη συγκεκριμένη περιοχή που θα επεκταθεί η εκμετάλλευση. Ειδικότερα, κατασκευάζεται ένα δίκτυο από «περιφερειακές» γεωτρήσεις στα όρια του πεδίου εκμετάλλευσης και μπροστά από το εξορυκτικό μέτωπο, από τις οποίες αντλείται ένα μέρος των υπόγειων νερών που ρέουν προς αυτό. Στο χώρο εξόρυξης ορύσσονται επιπλέον υδρογεωτρήσεις, που προκαλούν περαιτέρω πτώση της στάθμης των υπόγειων νερών¹¹.

Παράλληλα, έχουν αναπτυχθεί μέθοδοι ελέγχου των εισροών νερού, που περιλαμβάνουν ένα μεγάλο εύρος τρόπων προστασίας του ορυχείου από τα υπόγεια και επιφανειακά νερά, όπως:

¹¹ Dimitrakopoulos et. al., 2007.

- Αντλήσεις από θέσεις εντός των εκσκαφών, όπου συρρέουν σε τεχνητά έγκοιλα τα νερά που καταλήγουν σ' αυτές από τη βροχή, καθώς και από τις επιφανειακές και υπόγειες εισροές (εσωτερικά αντλιοστάσια).
- Διοχέτευση του νερού σε βαθύτερους γεωλογικούς περατούς σχηματισμούς μέσω γεωτρήσεων.
- Οριζόντιες αποστραγγιστικές στοές και γεωτρήσεις εντός αυτών.
- Απόφραξη των υδροφόρων ρωγμών, με χρήση χημικών και άλλων πρόσθετων.
- Υπόγεια διαφράγματα.
- Εκτροπή κοίτης ποταμών και υδατορευμάτων-, με πιθανή στεγανοποίηση του πυθμένα.

Σε κάθε περίπτωση επιλέγεται η κατάλληλη μέθοδος ή συνδυασμός περισσοτέρων, ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες.



*Εικόνα 2.4.1: Συλλογή των επιφανειακών και υπόγειων νερών και άντληση αυτών με εσωτερικό αντλιοστάσιο στο ορυχείο Αναργύρων, Αμόνταιο.
Πηγή: Προσωπικό Αρχείο.*

Τα συστήματα αποστράγγισης, προκειμένου να εξασφαλίσουν συνεχή και ασφαλή λειτουργία της ανοικτής μεταλλευτικής εκμετάλλευσης, θα πρέπει να έχουν τρεις στόχους¹² :

- i. Να ταπεινώνουν τον υδροφόρο ορίζοντα πίσω από τα τεχνητά πρανή,
- ii. Να αναπτύσσουν ικανοποιητικές δυνάμεις ροής προς την αντίθετη από την εκσκαφή κατεύθυνση,
- iii. Να αποσυμπιέζουν τον υποκείμενο του δαπέδου υπό πίεση υδροφόρο, αν υπάρχει, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η σταθερότητα του πυθμένα του ορυχείου.

2.5 ΜΕΤΡΑ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΥ ΤΩΝ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΤΗΣ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ.

Απαιτείται συστηματική προσπάθεια για την ορθολογική διαχείριση των νερών, που αντλούνται για την προστασία των ορυχείων¹³ . Τα κυριότερα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται είναι τα εξής:

- Η άντληση των υπογείων νερών πριν αυτά εισέλθουν στο χώρο εκσκαφής. Αυτό γίνεται προκειμένου να αποφευχθεί η ανάμιξη τους με τα επιφανειακά νερά των εσωτερικών αντλιοστασίων των ορυχείων, που έχουν σαφώς υποβαθμισμένη ποιότητα, λόγω αιωρούμενων σωματιδίων (τέφρα) ή άλλων ρυπαντών (λιπαντικά και πετρέλαιο μηχανημάτων).
- Διάθεση των αντλούμενων νερών για την κάλυψη αρδευτικών, υδρευτικών ή βιομηχανικών αναγκών. Η προστασία της ποιότητας των υπογείων νερών, παρέχει στη συνέχεια τη δυνατότητα καλύτερης αξιοποίησής τους.
- Διοχέτευση των αντλούμενων νερών σε τάφρους και γεωτρήσεις, με σκοπό τη διατήρηση της υδατικής ισορροπίας. Υπάρχουν περιπτώσεις που στην ίδια και την ευρύτερη περιοχή που γίνονται οι αντλήσεις αποστράγγισης, πραγματοποιούνται και αντλήσεις για αρδευτικούς σκοπούς, ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες, που προκαλούν μαζί με τις αντλήσεις αποστράγγισης, μεγάλη πτώση της υδροστατικής στάθμης σε όλη τη λεκάνη και επηρεάζουν άλλα συναφή υδροληπτικά έργα της περιοχής, όπως για παράδειγμα αυτά που

¹² Λουλούδης –Κουμαντάκης, 1992.

¹³ Dimitrakopoulos et. al., 2010.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

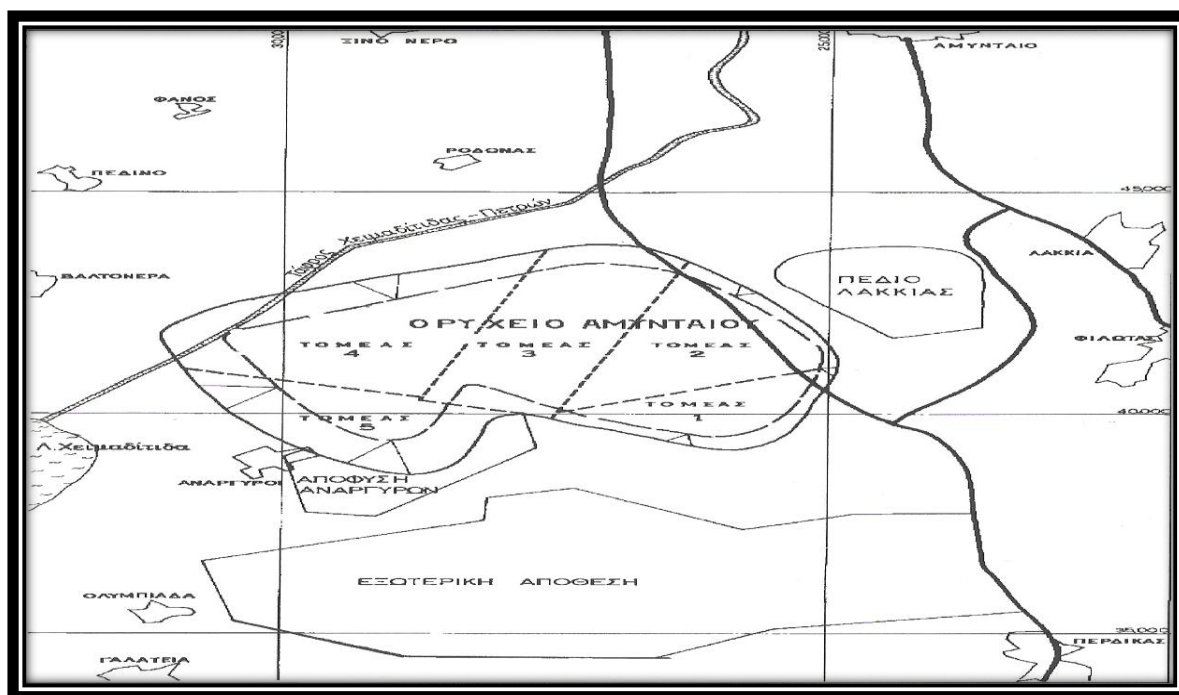
ΛΙΓΝΙΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ

Για τη σύνταξη του κεφαλαίου αυτού ελήφθησαν υπόψη η εξής εργασία:

1. «Υδρογεωλογικές συνθήκες ορυχείου Αμυνταίου. Προβλήματα κατά την εκμετάλλευση και αντιμετώπισή τους.», Δ.ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ, 2001

3.1 ΘΕΣΗ – ΟΡΙΑ.

Το κοιτάσμα Αναργύρων βρίσκεται στο ΒΔ τμήμα της εκτεταμένης νεογενούς λεκάνης Πτολεμαΐδας - Αμυνταίου στα νότια περιθώρια του νεώτερου βυθίσματος Χειμαδίτιδας - Πετρών. Το κοντινότερο χωριό (στα ΝΔ του κοιτάσματος) είναι οι Ανάργυροι, απ' όπου πήρε και το όνομα του το Ορυχείο.



Εικόνα 3.1.1 : Ορυχείο Αμυνταίου.

Πηγή: Δήμος Αμυνταίου.

Περιμετρικά του Ορυχείου και σε αποστάσεις που ποικίλουν, εκτός από τους Αναργύρους, βρίσκονται και τα χωριά Λακκιά, Φιλώτας, Ροδόνας και Βαλτόνερα.

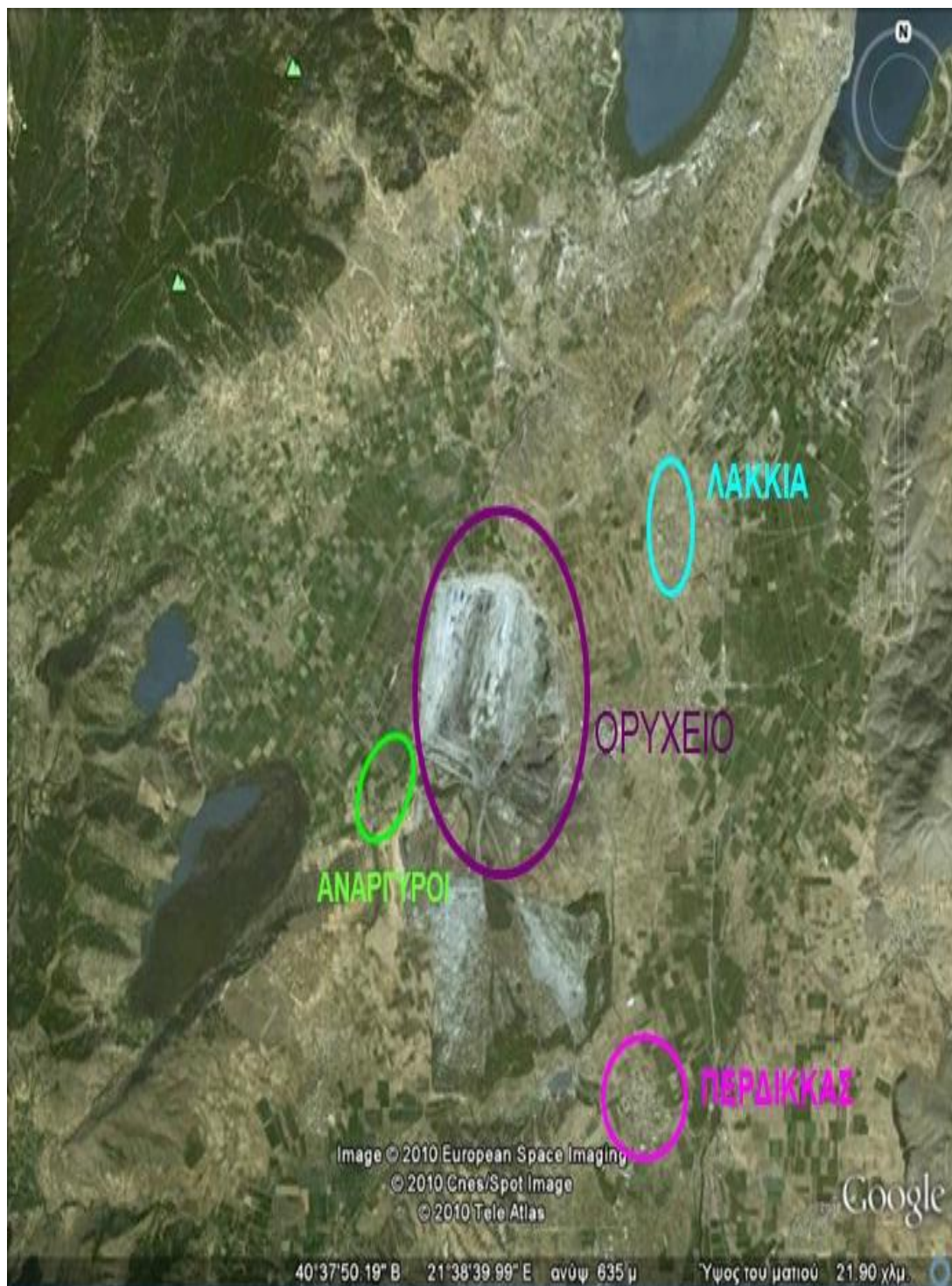
Η περιοχή έχει έκταση 140 περίπου km². Ορίζεται από τη νοητή γραμμή που ενώνει τα χωριά Αετός, Ξ. Νερό, Πέτρες, Λακκιά, Φιλώτας. Το δυτικό όριό της, συμπίπτει με το δυτικό όριο της Χειμαδίτιδας και Ζάζαρης και νότια ορίζεται από ένα σύστημα χαμηλών λόφων, στους οποίους αναπτύσσεται η εξωτερική απόθεση των στείρων υλικών του Ορυχείου.

Η μορφολογία της περιοχής είναι σχετικά ομαλή με υψόμετρα κυμαινόμενα μεταξύ +660 m και +595 m. Στο Βόρειο Ανατολικό άκρο βρίσκεται η λίμνη Πετρών, βόρεια της οποίας αναπτύσσεται ο ασβεστολιθικός όγκος του Βόρρα (1998 m). Το βύθισμα Βόρειο Δυτικά ορίζεται από το βουνό Φλάμπουρο (Βέρνο), που φθάνει τα 2128 m, ενώ Νότιο Ανατολικά από τα υψίπεδα Κουρί-Μπορντώ.



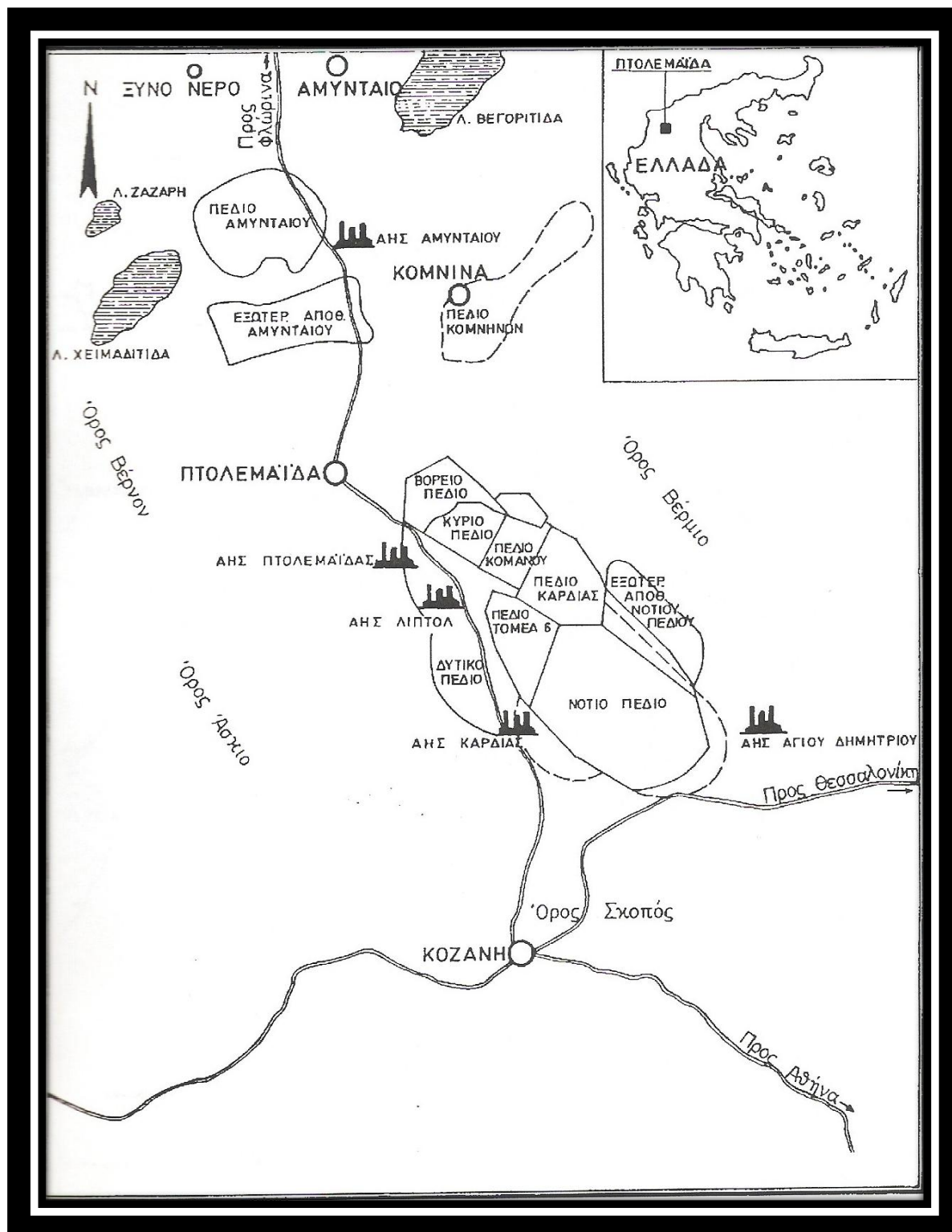
Εικόνα 3.1.2 : Αποψη λεκάνης Αμυνταίου και των γειτονικών λιμνών.

Πηγή: Google Earth.



Εικόνα 3.1.2 : Θέση και όρια Ορυχείου Αμυνταίου

Πηγή: Google Earth.



Εικόνα 3.1.3 : Ορυχεία και ΑΗΣ της λεκάνης της Πτολεμαΐδας.

Πηγή: Δημητρακόπουλος Δημήτρης, 2001.

3.2 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ.

Η υπό έρευνα περιοχή του ορυχείου Αναργύρων-Αμυνταίου ανήκει στην κλειστή υδρολογική λεκάνη Χειμαδίτιδας-Πετρών εμβαδού ίσου με 354,5 km² (εμβαδομέτρηση σε χάρτη κλίμακας 1:50.000). Ο επιφανειακός υδροκρίτης που την οριοθετεί διέρχεται βορείως παράλληλα προς την γραμμή Αετός - Ξυνό Νερό, από την κορυφή Μαύρη Πέτρα προς τα χωριά Κλειδί, Κέλλη μέχρι την κορυφή +1988 m. Στη συνέχεια περνάει από τα υψώματα μεταξύ λίμνης Πετρών και Βεγορίτιδος παράλληλα προς την όχθη της Βεγορίτιδος. Νοτιοανατολικά καθορίζεται από τα χαμηλά υψώματα στην γραμμή Βεγόρα - Λακκιά - Φιλώτας, νότια της Χειμαδίτιδας και την περιοχή που θα σχηματιστεί τελικά η εξωτερική απόθεση του Ορυχείου. Τέλος στα δυτικά σχηματίζεται από τα υψώματα που περικλείουν τη Ζάζαρη, την Χειμαδίτιδα και την περιοχή του Σκλήθρου.

Χαρακτηριστικό της περιοχής είναι η παρουσία 3 υπολειμματικών λιμνών: της Ζάζαρης (έκταση 2 km², μέγιστο βάθος 15 m, υψόμετρο +602 m) και της Χειμαδίτιδας (έκταση 10 km², μέγιστο βάθος 5m, υψόμετρο +592m) στα δυτικά και της λίμνης Πετρών (έκταση 12.5 km², μέγιστο βάθος 5m, υψόμετρο +573m). Σημαντική επίσης είναι η ύπαρξη της λίμνης Βεγορίτιδος, που είναι ο τελικός αποδέκτης των νερών της περιοχής και έχει έκταση 58 km² και μέγιστο βάθος 50m, ενώ η στάθμη της βρίσκεται στα +515.50m (1992) με τάση συνεχούς μείωσης (Ιαν. 1997+509,71m).

Η λεκάνη Χειμαδίτιδας - Πετρών όπως και η υπολεκάνη Ζάζαρης, δεν έχουν φυσική επιφανειακή απορροή. Με την επέμβαση όμως του ανθρώπου η υπολεκάνη Ζάζαρης ενώθηκε με τάφρο με τη λίμνη Χειμαδίτιδα και αυτή στην συνέχεια απέκτησε, με την κατασκευή της τάφρου Χειμαδίτιδας - Πετρών, διέξοδο προς την λίμνη Πετρών, η οποία με την σειρά της συνδέθηκε με τη λίμνη της Βεγορίτιδος με μια μικρή τάφρο καλυμμένη κατά ένα τμήμα της.

Το υδρογραφικό δίκτυο δεν είναι ανεπτυγμένο καθώς στους ορεινούς όγκους στο βόρειο περιθώριο της λεκάνης επικρατούν καρστικοί σχηματισμοί. Ο μοναδικός ποταμός που διασχίζει το πεδινό τμήμα της λεκάνης είναι ο Αμύντας, που αποστραγγίζει μέσω της κεντρικής αποχετευτικής τάφρου και συστήματος δευτερευόντων καναλιών, το πρώην έλος Χειμαδίτιδας που κάλυπτε την έκταση Βόρεια Ανατολικά της ομώνυμης λίμνης.

3.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.

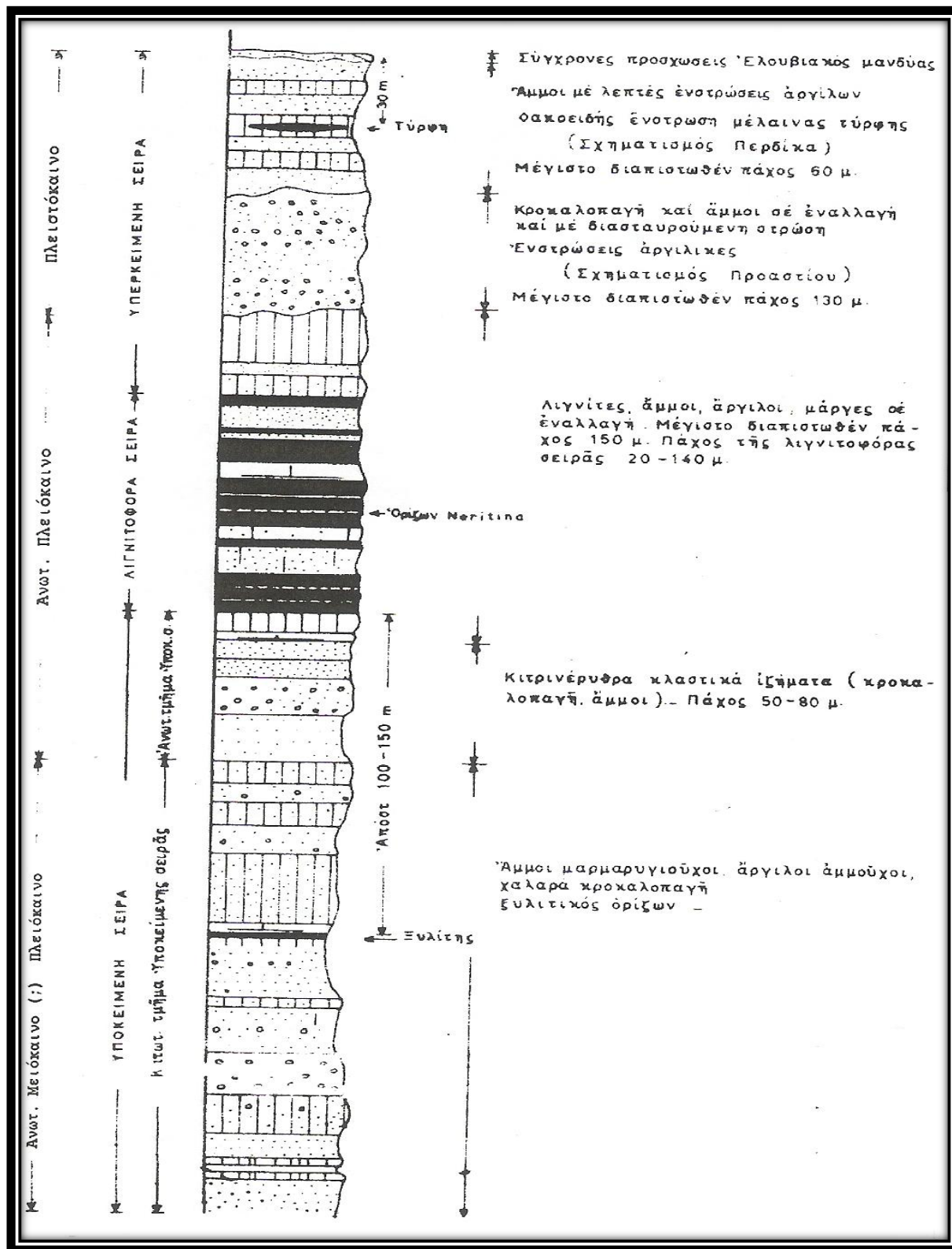
Η υδρολεκάνη Χειμαδίτιδας-Πετρών καταλαμβάνει το βορειοδυτικό τμήμα της κλειστής λεκάνης Πτολεμαΐδας (Βεγορίτιδος) .

Από γεωλογική άποψη αποτελεί μια ενιαία μονάδα με την κλειστή λεκάνη Πτολεμαΐδας, όπως και με την βορειότερα ευρισκόμενη λεκάνη της Φλώρινας. Ο διαχωρισμός σε επί μέρους λεκάνες έγινε λόγω τεκτονικής δράσης που έλαβε χώρα στο τέλος του Τριτογενούς και αρχές του Τεταρτογενούς και είχε σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία δύο τεκτονικών διαχωριστικών εξαρμάτων.

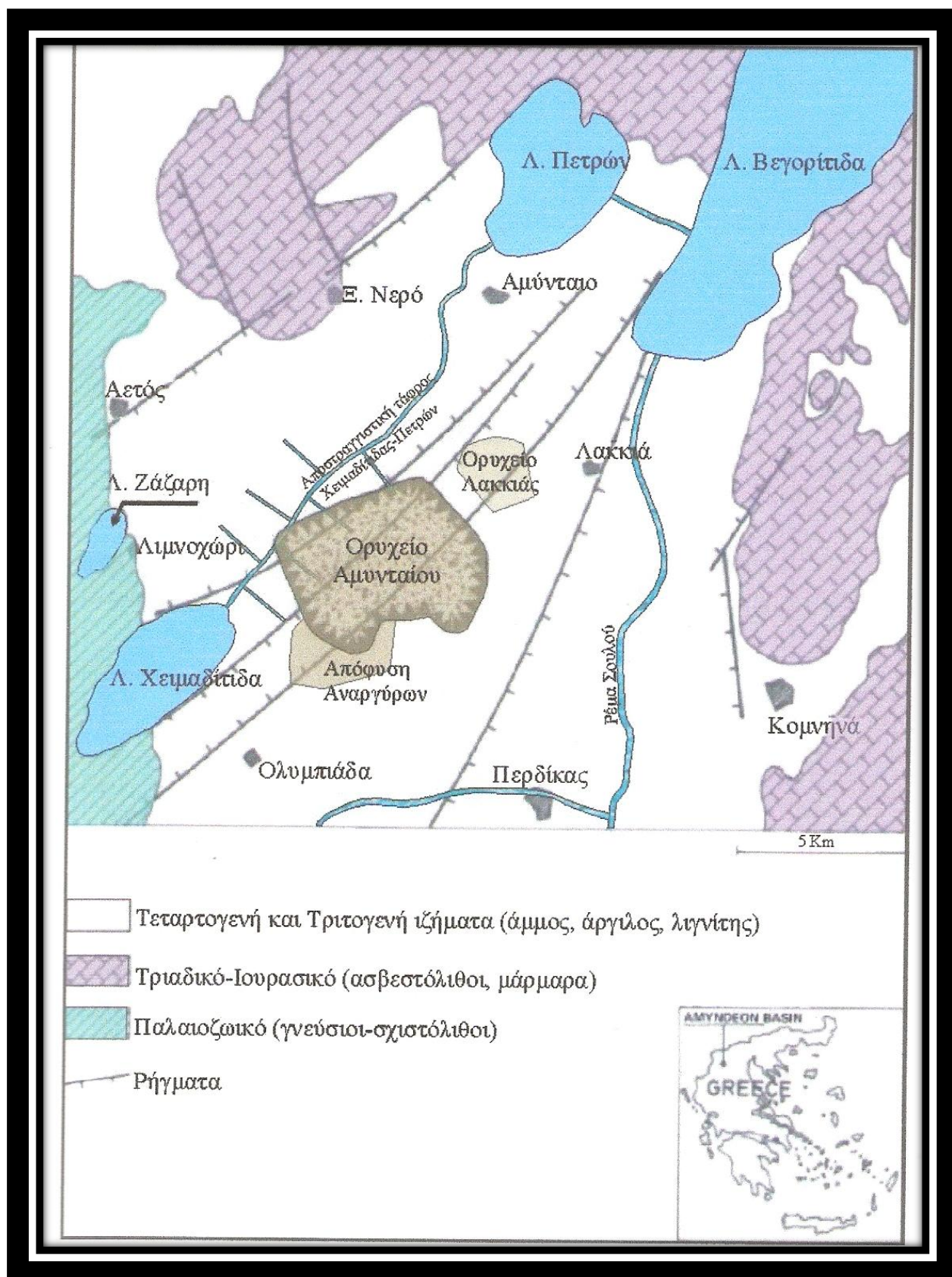
3.3.1 ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΤΟΥ ΥΠΟΒΑΘΡΟΥ.

Η στρωματογραφική διάρθρωση των σχηματισμών που συμμετέχουν στην δομή των περιθωρίων και του υποβάθρου των νεογενών και τεταρτογενών αποθέσεων θα αναπτυχθεί στον βαθμό που κρίνεται απαραίτητος για την κατανόηση των υδρογεωλογικών συνθηκών της λεκάνης. Στην εικόνα 3.3.1 δίδεται η στρωματογραφική στήλη των σχηματισμών που υπέρκειται του μεταμορφωμένου υποβάθρου¹⁵ και στην εικόνα 3.3.2 ένας απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης.

¹⁵ Κούκουζας, 1978.



Εικόνα 3.3.1.: Στρωματογραφική στήλη περιοχής Αμυνταίου.
Πηγή: Κούκουζας, 1978.



Εικόνα 3.3.2: Γεωλογικός χάρτης ευρύτερης περιοχής μελέτης.
Πηγή: Δημητρακόπουλος Δημήτρης (2001).

Οι σχηματισμοί του υποβάθρου είναι οι ακόλουθοι:

❖ **Κρυσταλλικά πετρώματα.**

Η στρωματογραφική διάρθρωση τους στην Λεκάνη Αναργύρων - Αμυνταίου αρχίζει με μια σειρά μαρμαρυγιακών σχιστόλιθων, που ανήκουν στο νεότερο παλαιοζωικό, ποικίλης πετρολογικής σύστασης (γνεύσιοι, κρυσταλλικοί σχιστόλιθοι, χαλαζίτες, φυλλίτες) και ποικίλου βαθμού μεταμόρφωσης (μαρμαρυγιακοί, αμφιβολιτικοί, σερικιτικοί, χλωριτικοί και αργιλικοί σχιστόλιθοι).

Τα πετρώματα αυτά προέρχονται από τη μεταμόρφωση παλαιότερων παλαιοζωικών ιζημάτων, του ανώτερου Λιθανθρακοφόρου, που αποτέθηκαν μέσα σε αλυσίδα γεωσυγκλίνων. Το γεγονός αυτό εξηγεί το μεγάλο πάχος τους, τις ρυθμικές λιθολογικές ποικιλίες και την παρουσία οφιολίθων. Η μετατροπή των ιζημάτων αυτών σε κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα έλαβε χώρα κατά την διάρκεια της Ερκυνίου ορογενέσεως¹⁶.

Τα πετρώματα αυτά σχηματίζουν τα δυτικά και βορειοδυτικά όρια της λεκάνης, δηλαδή το βόρειο τμήμα του Ασκιού όρους, το Βέρνο και τμήμα της οροσειράς Νυμφαίου Πετρών.

Στο όρος Βέρνον ειδικότερα συναντώνται κρυσταλλικά πετρώματα που αποτελούνται από γνεύσιους, αμφιβολίτες, φυλλίτες και χαλαζίτες. Η λίμνη Ζάζαρη κείται σχεδόν καθ' ολοκληρία πάνω στα κρυσταλλοσχιστώδη των ανατολικών παρυφών του Βέρνου, όπως και το δυτικό ήμισυ περίπου της Χειμαδίτιδας. Αποτελούν επίσης το υπόβαθρο της λεκάνης από τα δυτικά περιθώρια μέχρι κάποια περιοχή στο κέντρο αυτής και συναντήθηκαν στις ερευνητικές γεωτρήσεις που έγιναν στα δυτικά όρια του Ορυχείου.

❖ **Γνευσιακός πλουτωνίτης.**

Πρόκειται για τις εμφανίσεις του γρανιτικού όγκου που παρατηρούνται βόρεια της λίμνης Ζάζαρης, ΒΑ του Σκλήθρου και στις κορυφές του Βέρνου.

Οι εμφανίσεις αυτές αποτελούν τα ανατολικότερα τμήματα του ευρύτερου πλουτωνικού όγκου της Καστοριάς, που έχει γρανιτική σύσταση και λόγω της μεταμόρφωσης που έχει υποστεί θεωρείται σχιστοποιημένος γνευσιακός γρανίτης. Σύμφωνα με τον Μουντράκη (1983), η διείσδυση του πλουτωνίτη αυτού μέσα στα

¹⁶ Κ. Κούκουζας, 1978

πετρώματα του κρυσταλλοσχιστώδους έγινε κατά την διάρκεια του άνω Λιθανθρακοφόρου και στην συνέχεια πτυχώθηκε μαζί με τα περιβάλλοντα πετρώματα κατά την διάρκεια των Αλπικών ορογεννετικών κινήσεων.

❖ **Ανθρακική σειρά.**

Στη συνέχεια των κρυσταλλοσχιστωδών πετρωμάτων συναντώνται ασβεστόλιθοι και μάρμαρα της Τριαδικής και Ιουρασικής περιόδου. Αποτελούνται από λευκά-λευκότεφρα, λεπτοκρυσταλλικά έως μεσοπλακώδη μάρμαρα και δολομιτικά μάρμαρα, συμπαγή στη βάση τους, τα οποία εξελίσσονται σε παχυστρωματώδη έως άστρωτα, καρστικοποιημένα κατά θέσεις και πολλές φορές ισχυρώς τεκτονισμένα. Στα βόρεια περιθώρια της λεκάνης εμφανίζονται στην περιοχή Αετού - Ξυνού Νερού - Πετρών και στις όχθες της Βεγορίτιδας.

Η συμμετοχή του Mg έχει σημασία, γιατί όπως είναι γνωστό τα δολομιτικά ανθρακικά πετρώματα είναι λιγότερο επιρρεπή σε διάλυση από τα αμιγώς ασβεστιτικά. Παρ' όλη την περιεκτικότητα σε Mg στην περιοχή βόρεια του Ξ. Νερού υπάρχουν επιφανειακές εμφανίσεις καρστικών δομών, που δείχνουν μια σημαντική καρστικοποίηση.

Στο υπόβαθρο του χαμηλού τμήματος της λεκάνης συναντήθηκαν τα μάρμαρα . Αποτελούν επομένως το μεγαλύτερο μέρος του υποβάθρου των νεογενών στην περιοχή του ορυχείου καθώς και της ευρύτερης πεδινής περιοχής¹⁷ όπως και των ανυψωμένων τεμάχων νότια του ορυχείου σε κυμαινόμενα βάθη.

Τέλος, η ανθρακική σειρά εμφανίζεται ανατολικά στο Βέρμιο, όπου και παρατηρούνται καρστικά φαινόμενα. Πιο συγκεκριμένα εμφανίζονται μορφολογικές δομές που αποδίδονται στην επίδραση της διάλυσης των ανθρακικών πετρωμάτων, όπως karren, δολίνες, ουβάλες, καταβόθρες κ.λ.π. Σύμφωνα με τον Α. Παπακωνσταντίνου στις υψηλές περιοχές του Βερμίου υπάρχουν έντονα καρστικά φαινόμενα, όπως μεγάλες δολίνες, πόλγες και ουβάλες.

Τα μεγάλα άλματα μεταπλειοκαινικά ρήγματα, που δημιούργησαν τα τεκτονικά εξάρματα μέσα στην λεκάνη, έχουν ανυψώσει μέχρι την επιφάνεια τεμάχη του υποβάθρου που αναδύονται τοπικά, όπως ανατολικά της Λακκιάς και δυτικά του Περδίκια όπου καταλαμβάνουν μικρές επιφανειακές εμφανίσεις. Στην Λακκιά οι

¹⁷ ΔΕΠ-ΕΚΥ, 1996

κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι βυθίζονται με μεγάλη κλίση (40%) προς τα δυτικά, με αποτέλεσμα στην περιοχή του κοιτάσματος Αναργύρων το υπόβαθρο, τόσο λόγω της κλίσεως όσο και λόγω σειράς κλιμακωτών μεταπτώσεων, να βυθίζεται και να συναντιέται σε μεγάλο βάθος στις γεωτρήσεις που προαναφέρθηκαν.

Πάνω στους κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους διακρίνονται στην ευρύτερη περιοχή σχιστοκερατόλιθοι με οφιολίθους μεσοϊουρασικής ηλικίας και σε ασυμφωνία πάνω σε αυτούς απολιθωματοφόροι ασβεστόλιθοι άνω κρητιδικής ηλικίας. Η σημασία των οφιολίθων έγκειται στο γεγονός ότι μπορούν να αποτελέσουν φραγμό στην υδραυλική επικοινωνία μεταξύ των καρστικοποιημένων ανθρακικών πετρωμάτων του Ιουρασικού - Τριαδικού και των ασβεστόλιθων κρητιδικής ηλικίας. Τα πετρώματα δεν συναντώνται στην επιφάνεια της υπολεκάνης Χειμαδίτιδας - Πετρών και δεν έχουν διατηρηθεί σε καμία θέση από τις ερευνητικές γεωτρήσεις.

Η στρωματογραφική σειρά κλείνει προς τα πάνω με τον μαιστρίχτιο φλύσχη, ο οποίος επίσης δεν συναντάται στην περιοχή μελέτης.

3.3.2 ΝΕΟΓΕΝΗ.

Με τον όρο νεογενή ιζήματα, αναφερόμαστε στα λιγνιτοφόρα και μη ιζήματα που πλήρωσαν την ευρύτερη λεκάνη μετά τη δημιουργία του τεκτονικού βυθίσματος. Τα ιζήματα αυτά διαχωρίστηκαν σε δύο διακριτούς ορίζοντες που διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την ηλικία και τη σύσταση, αλλά και ως προς τον τύπο της λιγνιτοφορίας που φιλοξενούν. Έτσι 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 κ.λ.π.), ενώ στα ιζήματα του ανώτερου εντοπίζεται η λιγνιτοφορία τύπου γαιώδους λιγνίτη (λιγνιτοφορία Πτολεμαΐδας, Αναργύρων, Αγ. Χριστόφορου κλπ).

Μετά την απόθεση των πλειοκαινικών ιζημάτων επακολούθησαν έντονες τεκτονικές διαταράξεις, που συνετέλεσαν στην έντονη διάρρηξη της περιοχής. Η τεκτονική ρηγμάτων συνεχίστηκε και μετά την απόθεση των τεταρτογενών σχηματισμών, τα φαινόμενα δε αυτής της νεώτερης διαταράξεως είναι έκδηλα¹⁸.

¹⁸ 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 βυθισμάτων 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 μέρος της οποίας είναι η περιοχή έρευνας του κοιτάσματος Αναργύρων - Αμυνταίου.

❖ Κατώτερος ορίζοντας:

Συνίσταται κυρίως από λεπτόκοκκους αργιλούχους άμμους και αργίλους ισχυρώς αμμούχους, χρώματος τεφροκίτρινου -τεφροπράσινου. Εμφανίζεται, λόγω μεταπτώσεων, στις περιοχές Φιλώτα, Λακκιά, στο υψίπεδο του Μπορντώ, στη περιοχή των Κομνηνών, στο λιγνιτωρυχείο Βεγόρας, κλπ¹⁹.

Στο Ανατολικό τμήμα του κοιτάσματος Αναργύρων διαπιστώθηκε από τις γεωτρήσεις η ύπαρξη του σε μεγάλα βάθη, όπου απαντά και ξυλίτης μικρού όμως πάχους. Πρόκειται προφανώς για την εμφάνιση της περιοχής Βεγόρας, η οποία βυθίζεται σταθερά προς τα Δυτικά με την συμβολή και ισχυρών μεταπτώσεων και απαντά στην περιοχή Αναργύρων σε μεγάλα βάθη.

❖ Ανώτερος ορίζοντας:

Όπως αναφέρεται στην κοιτασματολογική μελέτη του κοιτάσματος Αναργύρων²⁰, ο ορίζοντας αυτός συνίσταται από εναλλαγές αμμούχων ασβεστούχων αργίλων και ιλυομιγών αργιλούχων μαργών. Συχνή είναι η παρουσία άμμων λεπτοκόκκων, αργιλούχων μαρμαρυγιούχων ως και ανθρακομιγών αργίλων και στρωμάτων λιγνίτη. Στην ευρύτερη περιοχή ο ορίζοντας αυτός εμφανίζεται συχνά, όπως στον Άγιο Χριστόφορο, ανατολικά του φράγματος Περδίκια στα υψώματα ΝΑ. 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

¹⁹ Κούκουζας, 1978.

²⁰ Κούκουζας κ.α.1978.

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.

3.3.3 ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΙΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ.

Οι Τεταρτογενείς αποθέσεις καλύπτουν ένα μεγάλο μέρος της υπό μελέτη λεκάνης. Κατά τη διάρκεια του πλειστόκαινου και μετά την πλήρωση της λεκάνης από τα νεογενή λιγνιτοφόρα και μή 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 προηγουμένως υπέστη μια φυσική επεξεργασία και διαλογή. Έτσι το αδρομερές και χονδρόκοκκο υλικό (ψηφίδες, κροκάλες) εναποτέθηκε κοντά στην κοίτη και την εκβολή των ποταμών ενώ το λεπτομερές υλικό (άργιοι, λεπτομερείς άμμοι κ.λ.π.) 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 σήμερα διασταυρούμενη στρώση του υλικού των ποταμοχειμαρρίων αυτών 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 ανάπτυξη.

Γενικά οι τεταρτογενείς αποθέσεις, που όπως αναφέρθηκε καλύπτουν το μεγάλο μέρος της λεκάνης, διακρίθηκαν σε τρεις βασικούς σχηματισμούς²¹ :

❖ **Σχηματισμός Προαστίου (ποταμοχειμάρριες τεταρτ/νείς αποθέσεις):**

Συνίσταται από ένα σύστημα ποταμοχειμαρρίων αποθέσεων που αποτελείται από εναλλαγές χαλαρών κροκαλοπαγών και άμμων με ερυθρά άργιλο. Ο σχηματισμός αυτός στη περιοχή της λεκάνης Αμυνταίου έχει τη μεγαλύτερη του εξάπλωση προς τα ανατολικά περιθώρια της λεκάνης (αμμορυχεία Αμυνταίου) και καλύπτει σε ασυμφωνία τους υποκείμενους νεογενείς σχηματισμούς (λιγνιτικά στρώματα) λόγω διάβρωσης των υπερκειμένων λιμναίων ιζημάτων.

❖ **Σχηματισμοί Περδίκια (ποταμολιμναίες τεταρτ/νείς αποθέσεις):**

Οι σχηματισμοί Περδίκια αποτελούνται από ενστρώσεις λεπτόκοκκης άμμου με εναλλαγές ενστρώσεων αμμούχου αργίλου και μάργας, ως και από φακοειδείς ενστρώσεις ψαμμιτών και χαλαρών κροκαλοπαγών. Η πλήρωση του δυτικού τμήματος της υπολεκάνης Χειμαδίτιδας - Πετρών με τα προαναφερθέντα ιζήματα δεν υπήρξε ομοιόμορφη. Μεγάλο μέρος της περιοχής παρέμεινε, κατά τόπους, κάτω από τα νερά με αποτέλεσμα να σχηματισθούν αβαθείς λίμνες, οι οποίες πληρώθηκαν από λιμναία ιζήματα.

❖ **Σύγχρονες αποθέσεις:**

Σε αυτές ανήκουν ο ελουβιακός μανδύας, οι σύγχρονες ποτάμιες προσχώσεις και οι κώνοι κορημάτων των περιθωρίων της λεκάνης.

3.3.4. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΚΑΙ ΤΩΝ ΠΕΡΙΘΩΡΙΩΝ ΤΗΣ

Η λεκάνη Φλώρινας - Βεγορίτιδος - Πτολεμαΐδας αναπτύσσεται κατά μήκος ενός προϋπάρχοντος μεγάλου βυθίσματος ανάμεσα στο μεγάλο αντίκλινο των οροσειρών

²¹ Αναστόπουλος -Κούκουζας 1972.

Βόρα, Βέρμιου προς τα ανατολικά και των οροσειρών του Βέρνου και του Ασκιού στα δυτικά.

Η γενικότερη αποδεκτή άποψη για την προέλευση της λεκάνης είναι η τεκτονική. Στα τελευταία στάδια του Αλπικού τεκτονισμού δημιουργήθηκαν τεκτονικές ασυνέχειες, οι οποίες επαναδραστηριοποιήθηκαν και διευρύνθηκαν εξαιτίας του εκτεταμένου νεώτερου εφελκυσμού που ακολούθησε. Οι κυριότερες απόψεις που έχουν εκφραστεί για το θέμα της δημιουργίας της λεκάνης είναι οι παρακάτω :

Ο Βετούλης (1951) αναφέρει ότι η λεκάνη δημιουργήθηκε κατά την διάρκεια της κρητιδικής και τριτογενούς περιόδου μετά το τέλος των εφαιτομενικών ορογεννητικών κινήσεων. Νεώτεροι ερευνητές, Αναστόπουλος - Κούκουζας (1972) και Κούκουζας (1979,1983,1988), εντοπίζουν το χρόνο σχηματισμού της τεκτονικής τάφρου στο τέλος της τριτογενούς περιόδου και πιστεύουν ότι η δημιουργία της ήταν συνέπεια μεγάλων διαρρήξεων ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης (κρασπεδικά ρήγματα).

Μετά την απόθεση των νεογενών ιζημάτων, επακολούθησε έντονος τεκτονισμός που δημιούργησε καινούργια ρήγματα μέσα στα ιζήματα της λεκάνης, καθώς επίσης νέα βυθίσματα και εξάρματα. Ο Βετούλης (1951) αναφέρει γενικά ότι οι διευθύνσεις αυτών των μεταπλειοκαινικών ρηγμάτων είναι ΒΑ-ΝΔ ως ΒΒΑ-ΝΝΔ και τοποθετεί την αρχή της δημιουργίας τους στο τέλος του Νεογενούς και τις αρχές του Τεταρτογενούς.

Οι Αναστόπουλος-Κούκουζας (1972) και Κούκουζας (1988) αναφέρονται ειδικότερα στις τεκτονικές κινήσεις του Τεταρτογενούς που κατατεμάχισαν την λεκάνη, δημιουργώντας ρήγματα ΒΑ-ΝΔ έως ΒΒΑ-ΝΝΔ διεύθυνσης, με αποτέλεσμα να σχηματισθούν τα μικρότερα ταφροειδή βυθίσματα και ρηξιγενή εξάρματα. Επίσης σημειώνουν νεώτερης ηλικίας ρήγματα στη λεκάνη με διευθύνσεις Β-Ν και Α-Δ μέχρι ΑΒΑ-ΔΝΔ. Οι παραπάνω διευθύνσεις ρηγμάτων παρατηρούνται τόσο στα ιζήματα της λεκάνης όσο και στα πετρώματα του περιθωρίου.

Νεώτερες μελέτες²² επισημαίνουν ρήγματα που έχουν επηρεάσει και τα Τεταρτογενή ιζήματα, τα οποία επαναδραστηριοποιήθηκαν και κατά τις επακόλουθες φάσεις της τεκτονικής εξέλιξης της περιοχής μέχρι το πολύ πρόσφατο παρελθόν.

Τελευταία διατυπώθηκε μια διαμετρικά αντίθετη άποψη για τον σχηματισμό της λεκάνης²³ , που υποστηρίζει την ατεκτονική δημιουργία της κλειστής λεκάνης

²² Κούκουζας κ.α. 1981.

Πτολεμαΐδας. Σύμφωνα με την άποψη αυτή, κατά τη χημική αποσάθρωση του μεσοζωϊκού ασβεστολιθικού καλύμματος σχηματίζονταν κενοί χώροι μεγάλων διαστάσεων μέσα στα ανθρακικά πετρώματα. Με τη δράση της βαρύτητας δημιουργούνταν καταβυθίσεις με αποτέλεσμα να σχηματίζονται ρήγματα (που δεν οφείλονται σε τεκτονική δράση), τάφροι και οι επακόλουθες γεωλογικές δομές.

Για την κατανόηση της γεωλογίας της τεκτονικής και ιδιαίτερα των υδρογεωλογικών συνθηκών της υπό έρευνα περιοχής, είναι απαραίτητο να μελετηθούν τα κύρια ρήγματα που αναπτύσσονται στην λεκάνη και τα περιθώρια της. Από την μελέτη των βιβλιογραφικών στοιχείων και από παρατηρήσεις υπαίθρου συμπεραίνεται ότι στην δομή της περιοχής δεσπόζουν οι παρακάτω κύριες τεκτονικές γραμμές (εικ. 3.1.1).

❖ Ρήγμα Πετρών- Ξυνού Νερού- Αετού- Σκληθρού :

Ξεπερνά σε μήκος τα 30km αποτελεί το Β. Δ. όριο της υπολεκάνης Χειμαδίτιδας - Πετρών και οριοθετεί προς τα Νοτιοανατολικά του το έξαρμα Κλειδιού - Ξυνού Νερού που διαχωρίζει την λεκάνη της Φλώρινας από την λεκάνη Αμυνταίου - Πτολεμαΐδας. Έχει ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση και βυθισμένο το ΝΑ τμήμα. Η μεταπρωτική του δράση έπαιξε σημαντικό ρόλο στην διαμόρφωση της λεκάνης Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου και των υδρογεωλογικών συνθηκών που επικρατούν σ' αυτήν. Για το λόγο αυτό θα εξεταστεί με περισσότερη λεπτομέρεια.

❖ Μεγάλο ρήγμα της Βεγορίτιδας:

Ξεκινά από την βόρεια πλευρά της λίμνης, διασχίζει την δυτική ακτή της, περνά από τον Άγιο Παντελεήμονα και συνεχίζει προς την Βεγόρα και τα χαμηλά τμήματα της λεκάνης. Η διεύθυνση του είναι ΒΒΑ-ΝΝΔ και το μήκος του μόνο στην βορειοδυτική πλευρά της λίμνης 12km.

Στην προέκταση του στην λεκάνη προς τα ΝΔ διαχωρίζεται σε δύο κλάδους: Ο πρώτος ξεκινά από την Βεγόρα περνάει από την ΝΝΑ πλευρά του υψώματος της Νεάπολης και χάνεται στις λοφοσειρές του Σωτήρα. Ο δεύτερος με διεύθυνση σχεδόν Β-Ν κατευθύνεται προς τα χωριά Λακκιά και Φιλώτα και στη συνέχεια προς τα ΝΔ πιθανώς δε συνεχίζει και προς Πέρδικα και Πτολεμαΐδα.

²³ E. Groba κ.α. 1985.

Από γεωηλεκτρικές διασκοπήσεις του ΙΓΜΕ και γεωτρήσεις, που έγιναν από την ΔΕΗ μετά από υπόδειξη του Δημητρακόπουλου Δημήτρη, διαπιστώθηκε ότι ο κρυσταλλικός ασβεστόλιθος που υπόκειται των υλικών πλήρωσης της λεκάνης, στο μεν υπερυψωμένο τεμάχιο, δυτικά της Λακιάς - Φιλώτα, βρίσκεται σε βάθος 400m δηλαδή σε απόλυτο υψόμετρο +300m, στο δε βυθισμένο ανατολικό τμήμα σε υψόμετρο μέχρι +100m. Αμέσως πάνω από το ασβεστολιθικό υπόβαθρο υπέρκεινται υλικά πλήρωσης που είναι στεγανά ή μικρής περατότητας, πάχους της τάξης των 150m. Μ' αυτά τα δεδομένα θεωρούμε ότι διακόπτεται η υδραυλική επικοινωνία μεταξύ των υδροφόρων οριζόντων, που αναπτύσσονται στα ιζήματα της λεκάνης Χειμαδίτιδας-Πετρών και των αντίστοιχων της λεκάνης Βεγορίτιδος - Πτολεμαΐδας. Την άποψη αυτή επιβεβαιώνουν οι πιεζομετρικές παρατηρήσεις που έχουν γίνει στην περιοχή.

❖ **Ρήγμα Χειμαδίτιδας- Αναργύρων:**

Βρίσκεται νότια της ομώνυμης λίμνης σε επαφή με αυτήν. Έχει διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και κλίση προς τα ΒΔ. Αναπτύσσεται στο κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο αλλά τέμνει και τα νεώτερα ιζήματα της λεκάνης, λόγω της ενεργοποίησης του στο πρόσφατο γεωλογικό παρελθόν. Το μήκος του ξεπερνάει τα 10km.

Η δράση των ρηγμάτων που προαναφέρθηκαν δημιούργησε τις υπολεκάνες Πετρών - Αμυνταίου, Χειμαδίτιδας - Ζάζαρης και Βεγορίτιδος - Πτολεμαΐδας.

❖ **Τα κρασπεδικά ρήγματα:**

που οριοθετούν την αρχική λεκάνη, έχουν ΒΔ-ΝΑ διεύθυνση και δεν διακρίνονται επιφανειακά στο μεγαλύτερο μέρος τους λόγω των διαβρωτικών διεργασιών. Οι επικρατούσες διευθύνσεις των ρηγμάτων της ευρύτερης λεκάνης Πτολεμαΐδας είναι, όπως προαναφέρθηκε, δύο. Η πρώτη ΒΔ-ΝΑ και ΒΒΔ-ΝΝΑ και η δεύτερη ΒΑ-ΝΔ και ΑΒΑ-ΔΝΔ. Οι δύο αυτές διευθύνσεις επιβεβαιώθηκαν και από στατιστική επεξεργασία τεκτονικών στοιχείων²⁴.

²⁴ Σπ. Παυλίδης, 1985

3.4 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

3.4.1 ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΑ.

Γενικά:

Το υδρογεωλογικό καθεστώς της υπό μελέτης λεκάνης επηρεάζεται άμεσα και ελέγχεται από την στρωματογραφική διάρθρωση των ιζηματογενών σειρών, τη δομή και τη σύστασή τους, χαρακτηριστικά που παίζουν καθοριστικό ρόλο στην κατανόηση των υδρογεωλογικών συνθηκών, που επικρατούν στην λεκάνη.

Οι σχηματισμοί που αποκóπτονται κατά την διάρκεια της εξόρυξης του λιγνίτη και επηρεάζουν άμεσα το υδραυλικό καθεστώς στην περιοχή του κοιτάσματος με συμβατικά κριτήρια (δηλ. πάνω και κάτω από τον λιγνίτη) είναι τρεις:

- ❖ **Υποκείμενη σειρά :** Περιλαμβάνει τα νεογενή ιζήματα που υπόκεινται αμέσως του βαθύτερου λιγνιτικού στρώματος (ανωπλειοκαινικού). Μέσα σ' αυτήν απαντάται η γνωστή ξυλιτοφορία της ευρύτερης περιοχής (Βεγόρας, Κομνηνών) ηλικίας Κατ.Πλειόκαινου – Αν.Μειόκαινου.
- ❖ **Λιγνιτοφόρα σειρά :** Περιλαμβάνει τα λιγνιτικά στρώματα και τις ενδιάμεσες στείρες ενστρώσεις. Ηλικία Αν. Πλειόκαινο.
- ❖ **Υπερκείμενη σειρά :** Περιλαμβάνει τους σχηματισμούς που υπέρκεινται του ανωτέρου λιγνιτικού στρώματος. Ηλικία Αν. Πλειόκαινο, Πλειστόκαινο, Ολόκαινο.

Οι επιμέρους σχηματισμοί σε κάθε μία σειρά δεν παρουσιάζονται με την ίδια λιθολογική σύσταση και με ενιαίο πάχος σε ολόκληρο το χώρο του κοιτάσματος. Πιο αναλυτικά:

3.4.1.1 Υποκείμενη σειρά.

Περιλαμβάνει τα νεογενή ιζήματα, που υπόκεινται αμέσως του βαθύτερου λιγνιτικού στρώματος.

Το ανώτερο στρώμα της υποκείμενης σειράς είναι ένα στρώμα αργιλικό. Στο κεντρικό τμήμα της περιοχής του ορυχείου και σε άξονα με διεύθυνση ΝΔ-ΒΑ, το στρώμα αυτό της αργίλου όπως διαπιστώθηκε από γεωτρήσεις έχει μικρό πάχος, μέχρι και 6.00m. Περιφερειακά, λόγω της πλευρικής μεταβάσεως των κατώτερων λιγνιτικών στρωμάτων σε άργιλο, το πάχος της αργίλου υπερβαίνει τα 35m. Στο κεντρικό τμήμα κάτω από αυτήν την άργιλο αναπτύσσεται ένα στρώμα

ανοικτότεφρης μάργας μικρού πάχους (1-2m). Το σύνολο αυτό των αργιλικών και μαργαϊκών στρωμάτων δημιουργεί ένα στεγανό στρώμα που θα εμποδίζει την είσοδο νερού από τα κατώτερα υποκείμενα υδροφόρα στρώματα προς τον πυθμένα του μελλοντικού ορυχείου.

Κάτω από τους σχηματισμούς της αργίλου και της μάργας συναντάται μία σειρά από άμμους λεπτόκοκκους έως και χονδρόκοκκους αργιλούχους με φακοειδής παρεμβολές αμμούχων αργίλων με χρώμα τεφροπράσινο έως πράσινο. Το πάχος τους δεν υπερβαίνει τα 10m και δεν έχει ενιαία εξάπλωση. Στη συνέχεια συναντάται μια κιτρινέρυθη σειρά που συνίσταται κυρίως από άμμους και χονδρόκοκκο υλικό. Ενδιάμεσα παρεμβάλλονται στρώματα χαλαρών κροκαλοπαγών με κροκάλες σχιστολιθικών πετρωμάτων. Στο κεντρικό όμως και δυτικό τμήμα του ορυχείου, όπου η εκμετάλλευση φθάνει το μεγαλύτερο βάθος, αυξάνει και η παρουσία και το συνολικό πάχος των αργιλικών στρωμάτων στο σύνολο των υποκειμένων. Η παρουσία φυλλαρίων μαρμαρυγία, σε όλους τους σχηματισμούς της υποκείμενης σειράς, μειώνει την περατότητά τους ή τους καθιστά πρακτικά μη περατούς και δείχνει ότι η τροφοδοσία της λεκάνης σε υλικό έγινε από περιοχές που στα πετρώματά τους συμμετέχει ο μαρμαρυγίας. Τέτοια πετρώματα είναι αυτά των Δυτικών περιθωρίων που συνίστανται κυρίως από κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα. Στο κατώτερο τμήμα έχουν αποθεθεί λιμναίες μάργες ιλύς και άργιλοι που καλύπτουν το κρυσταλλικό υπόβαθρο. Από τις γεωτρήσεις που έχουν φθάσει στο υπόβαθρο όπως και από την γεωφυσική έρευνα που έγινε σε συνεργασία με την ΔΕΠ²⁵ διαπιστώθηκε ότι το συνολικό πάχος των ιζημάτων αυτών φθάνει στον χώρο του ορυχείου τα 220m.

3.4.1.2 Λιγνιτοφόρα σειρά.

Ανήκει στους μεσαίους ορίζοντες του πλειοκαινικού. Αποτελείται από στρώματα λιγνίτη και ενδιάμεσε στρώσεις στείρου υλικού, οι οποίες συνίστανται κυρίως από αργίλους συνήθως αμμούχους, ανθρακομιγείς και μάργες. Το πάχος της σειράς φθάνει τα 50m.

Αν και η παρουσία της άμμου είναι αισθητή σε όλους τους σχηματισμούς, χωρίς να σχηματίζει διακριτούς ορίζοντες, η όλη σειρά θεωρείται αδιαπέραστη. Άλλωστε όπως αναφέρθηκε από την μέχρι σήμερα εμπειρία μου από τα λιγνιτωρυχεία της περιοχής δεν αναπτύσσεται υδροφορία στην λιγνιτική σειρά. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται και

²⁵ ΔΕΠ-ΕΚΥ 1996, Ζαφειρόπουλος Γ. κ.α. 1997.

στην παρουσία αργιλικών και μαργαϊκών υλικών στα λιγνιτικά και λιμνιτομιγή στρώματα.

3.4.1.3 Υπερκείμενη σειρά.

Μέσα στα υπερκείμενα του λιγνίτη στρώματα διακρίνονται, από κάτω προς τα πάνω, οι ακόλουθες ενότητες :

❖ Λιμνιαίαπλειοκαινικά ιζήματα:

Συνίστανται από αργίλους αμμούχους, ασβεστούχους, από άμμους λεπτόκοκκες και από μάργες με χρώμα τεφρό έως τεφροπράσινο. Το πάχος σε πολλές περιπτώσεις υπερβαίνει τα 50 m. Προς τα ανατολικά περιθώρια και στους χώρους διαβρώσεως το πάχος αυτών των ιζημάτων μειώνεται αισθητά.

❖ Ποταμογειμάριες τεταρτογενείς αποθέσεις (Σηματοπισμός Προαστίου):

Πάνω ακριβώς από τα ιζήματα της λιμνιαίας σειράς, βρίσκεται σε ασυμφωνία ένα σύστημα από άμμους χονδρόκοκκες –μεσόκοκκες, κροκαλοπαγή χαλαρά έως συνεκτικά και ψαμμίτες χαλαρούς έως συνεκτικούς. Προς τα ανατολικά περιθώρια, λόγω διαβρώσεως των λιμναιών ιζημάτων της υποκείμενης σειράς, η σειρά των ποταμογειμάρριων αποθέσεων συναντάται πάνω ακριβώς από τα στρώματα λιγνίτη.

❖ Ποταμιολιμνιαίες τεταρτογενείς αποθέσεις (σηματοπισμός Πέρδικα):

Συνίστανται από ενστρώσεις λεπτόκοκκων άμμων με εναλλαγές αμμούχων αργίλων και μαργών ως και από φακοειδείς ενστρώσεις ψηφίτοπαγών και χαλαρών κροκαλοπαγών με κροκάλες μικρού μεγέθους.

3.4.2 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΡΟΦΟΛΟΣΙΑΣ.

Από την υδρογεωλογική έρευνα (Δ.Δημητρακόπουλος, Διδακτορική Διατριβή ΕΜΠ 2001) προέκυψε ότι στην ευρύτερη περιοχή του Ορυχείου Αμυνταίου αναπτύσσονται τρία κύρια υδροφόρα συστήματα.

1. Στα νεογενή και τεταρτογενή ιζήματα της λεκάνης και ειδικότερα στα υπερκείμενα της λιγνιτοφόρου στοιβάδας.

Ο υδροφορέας αυτός θεωρήθηκε ενιαίος σε όλη την έκταση της λεκάνης, αν και αποτελείται από εναλλαγές περατών, ημιπερατών και αδιαπέρατων στρωμάτων κατά περιοχές.

Το σύστημα αυτό εξεταζόμενο μακροσκοπικά στην κλίμακα της λεκάνης, εμφανίζει την ίδια υδραυλική συμπεριφορά και πιεζομετρία λόγω της αποσφήνωσης των γεωλογικών σχηματισμών και της ύπαρξης πολυάριθμων ρηγμάτων, που φέρνουν σε υδραυλική επικοινωνία τα διάφορα υδροφόρα στρώματα.

2. Ο υδροφορέας που αναπτύσσεται στο καρστικό υπόβαθρο του ορυχείου Αναργύρων-Αμυνταίου που επεκτείνεται μέχρι τη λίμνη Βεγορίτιδα και την λίμνη Πέρδικα και επικοινωνεί υδραυλικά με το καρστικό σύστημα του κεντρικού-νοτίου Βόρρα.

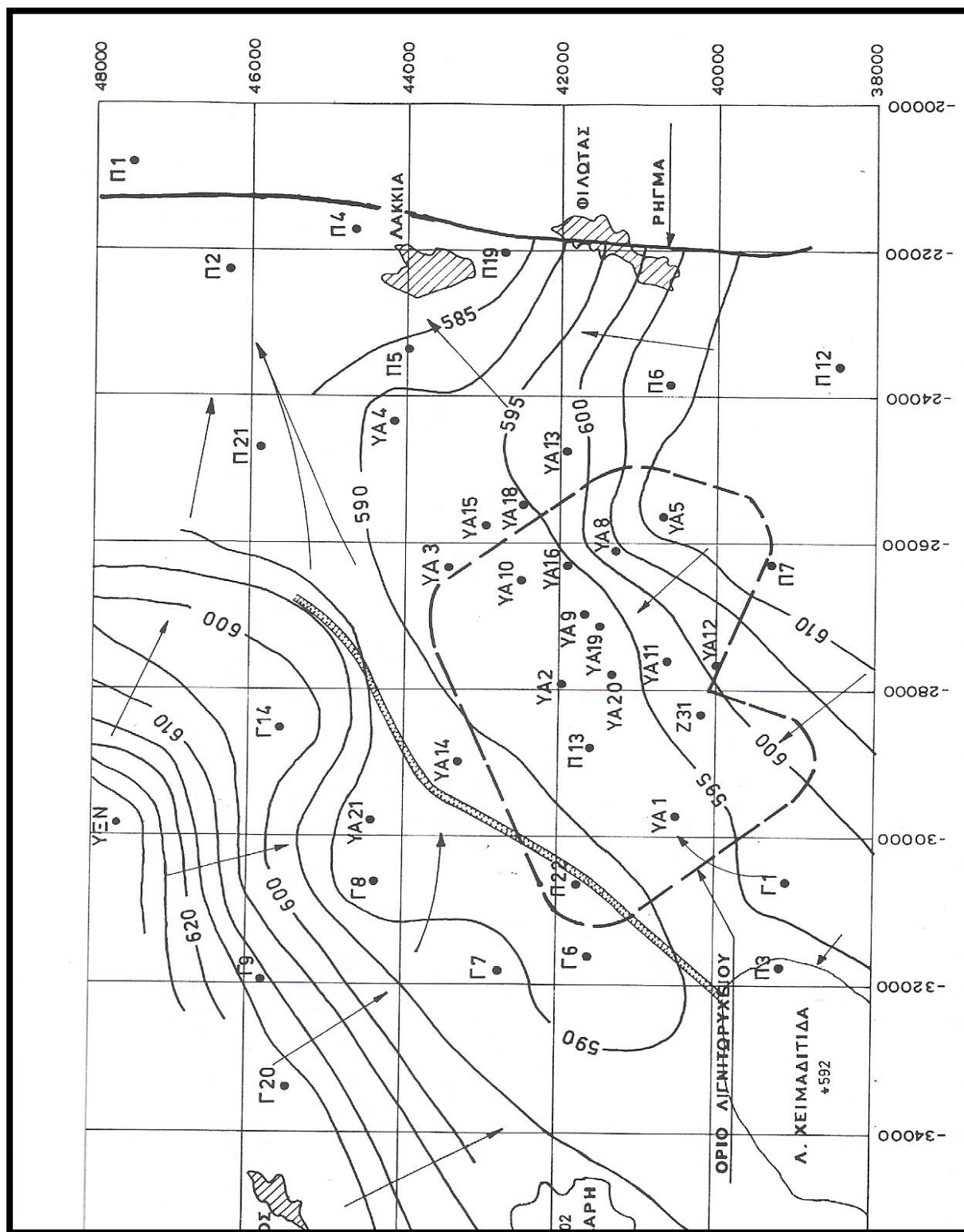
Ο καρστικός υδροφορέας με στάθμη περίπου +610m εκτιμάται ότι δεν θα επηρεάσει το ορυχείο Αμυνταίου, αν και η κατώτατη στάθμη εργασιών θα φθάσει το +370m, λόγω του ότι μεταξύ του δαπέδου του ορυχείου και της οροφής του καρστικού υποβάθρου μεσολαβούν τουλάχιστον 200m, αργιλικών κυρίως, αδιαπέρατων ιζημάτων.

3. Στο ορεινό συγκρότημα του Αετού – Ξ. Νερού υπάρχει ένας τρίτος, καρστικός υδροφορέας, ο οποίος εκδηλώνεται με τις πηγές υπερπλήρωσης της περιοχής Ξ. Νερού σε υψόμετρο +620m. Ο υδροφορέας αυτός δεν έχει άμεση σχέση με το ορυχείο, αλλά από τις πιεζομετρικές μετρήσεις και τις υδροχημικές αναλύσεις διαπιστώθηκε ότι τροφοδοτεί τον υδροφορέα των νεογενών ιζημάτων της λεκάνης που υπέρκειται της λιγνιτικής σειράς.

Από τους υδροφορείς αυτούς κύρια επίδραση στο ορυχείο Αμυνταίου ασκεί το υδροφόρο σύστημα των νεογενών ιζημάτων, το οποίο και προσομοιώθηκε. Η κύρια τροφοδοσία του υπόγειου αυτού υδροφορέα των υπερκειμένων γίνεται από τις βροχοπτώσεις μέσω της κατεΐσδυσης. Η μέση βροχόπτωση της λεκάνης υπολογίστηκε σε 580mm για την περίοδο 1974-1995 και η κατεΐσδυση ανέρχεται σε 12,3% δηλ. 71,2 mm.

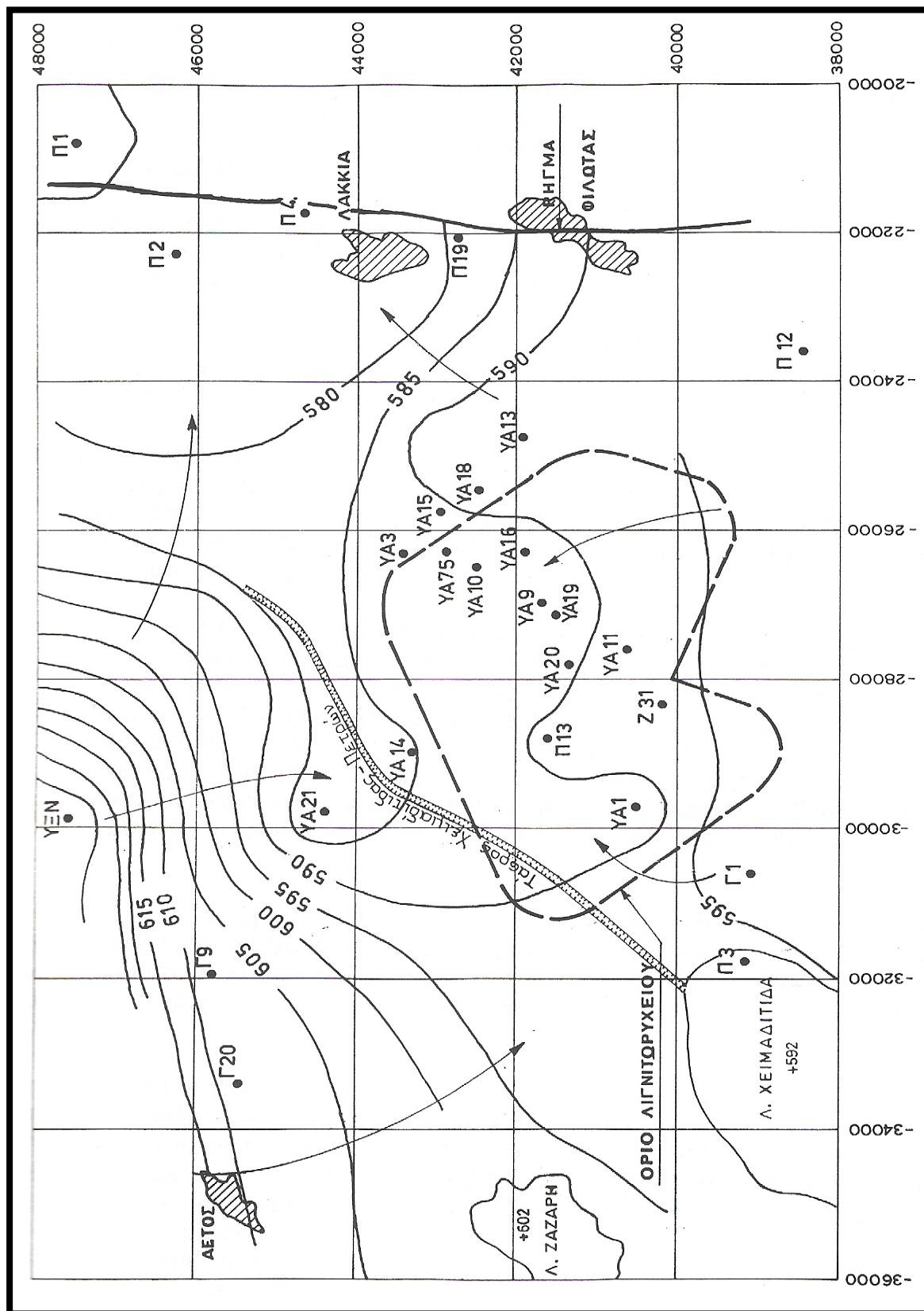
Η υδαταγωγιμότητα του υδροφορέα προσδιορίστηκε από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων 43 δοκιμαστικών αντλήσεων που εκτελέστηκαν σε αντίστοιχες υδρογεωτρήσεις. Η τιμή της υδαταγωγιμότητας T κυμαίνεται από $1 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{sec}$ έως $2,1 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{sec}$ και η τιμή του συντελεστή εναποθήκευσης

S από 1,2% έως 12% για τα ελεύθερα υδροφόρα στρώματα και $8,1 \times 10^{-3}$ έως 1×10^{-5} στα υπό πίεση.



Εικόνα3.4.1: Ισοπιεζομετρικός χάρτης Λεκάνης Αμννταίου Φεβρουάριος 1997.

Πηγή: Δημητρακόπουλος Δημήτρης, 2001.



Εικόνα 3.4.2 : Ισοπιζομετρικός χάρτης Λεκάνης Αμυνταίου 1992.
Πηγή: Δημητρακόπουλος Δημήτρης, 2001.

3.5 ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ.

Από την υδροχημική έρευνα προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα (Δ.Δημητρακόπουλος,2001):

- ❖ Επιβεβαιώθηκε η τροφοδοσία του υδροφόρου των χαλαρών ιζημάτων από τον ορεινό όγκο του Βόρειου-Βορειοδυτικού ορίου κατά μήκος της γραμμής Αετός- Ξυνό Νερό.

Προσδιορίστηκε επίσης η κατεύθυνση κίνησης του νερού από την περιοχή αυτή προς το κέντρο της λεκάνης.

- ❖ Η χημική σύσταση του νερού των καρστικών Βορείων-Βορειοδυτικών περιθωρίων έχει ειδικά υδροχημικά συστατικά με χαμηλό pH 6,24 – 6,76 , υψηλή περιεκτικότητα σε HCO_3^- 720 – 1005 ppm ύπαρξη CO_2 , υψηλό TDS 820 – 1250 ppm , υψηλή περιεκτικότητα σε Ca^{+2} 118 – 275 ppm.
- ❖ Διαπιστώθηκε η σταδιακή επιβάρυνση των επιφανειακών νερών από ανθρωπογενείς παράγοντες, κυρίως από τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για τις αγροτικές καλλιέργειες, από τη Ζάζαρη προς τη Χειμαδίτιδα και εν συνεχεία προς τη λίμνη Πετρών. Η λίμνη Βεγορίτιδα παρά το γεγονός ότι αποτελεί τον τελικό αποδέκτη όλων των ρυπαντών εμφανίζεται σε καλύτερη κατάσταση από τη λίμνη Πετρών λόγω της ταχείας ανανέωσης των νερών της από τους καρστικούς σχηματισμούς μέσα στο οποίοι αναπτύσσεται.
- ❖ Διαπιστώθηκε ότι τα υπόγεια νερά της περιοχής είναι κατάλληλα για βιομηχανική χρήση για άρδευση και στο μεγαλύτερο μέρος για ύδρευση.

3.6 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΙΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ.

Στα πλαίσια αναγκαιότητας της αποστράγγισης των ορυχείων για την ασφαλή εκμετάλλευση των κοιτασμάτων, αναμένονται περιβαλλοντικές επιπτώσεις στην περιοχή γύρω από τις εκσκαφές των ορυχείων. Οι επιπτώσεις αυτές αφορούν το υδατικό ισοζύγιο της υδρολογικής λεκάνης, το μικροκλίμα της στενής περιοχής αλλά και το οικοσύστημα.

Κατά τη διάρκεια της μεταλλευτικής δραστηριότητας, οι μεταβολές στο υδατικό καθεστώς της λεκάνης, που συνήθως παρατηρούνται είναι οι εξής:

- ❖ Μείωση της παροχής ή ακόμη και αποξήρανση φυσικών πηγών και υδροληπτικών έργων (υδρογεωτρήσεων και πηγαδιών) που βρίσκονται μέσα στα όρια του δημιουργούμενου κώνου ταπείνωσης της στάθμης.
- ❖ Εντονότερη διήθηση του νερού από ποτάμια ή λίμνες που συνεπάγεται ταπείνωση της στάθμης τους, μείωση της ροής τους και πιθανόν εποχιακή αποξήρανση τους.
- ❖ Μείωση της υγρασίας των εδαφών στο χώρο του κώνου, πτώση της στάθμης στις περιοχές με αβαθείς φρεάτιους ορίζοντες, γεγονός που οδηγεί σε αύξηση των αναγκών άρδευσης αυτών.

Άλλα σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα που αφορούν στην ποιότητα του νερού είναι:

- Ρύπανση των υπόγειων νερών λόγω διήθησης των ποιοτικά βεβαρημένων νερών των δαπέδων των ορυχείων, και
- Ρύπανση των επιφανειακών νερών λόγω της απόρριψης στους επιφανειακούς αποδέκτες των νερών που προέρχονται απ' τα αντλιοστάσια των δαπέδων των ορυχείων.

Είναι προφανές ότι για τη μείωση της έκτασης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τις υπεραντλήσεις των υπογείων νερών και την ποιοτική τους υποβάθμιση απαιτείται η βέλτιστη δυνατή διαχείριση υπογείων και επιφανειακών νερών.

3.7 ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΕΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΟΥ ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ.

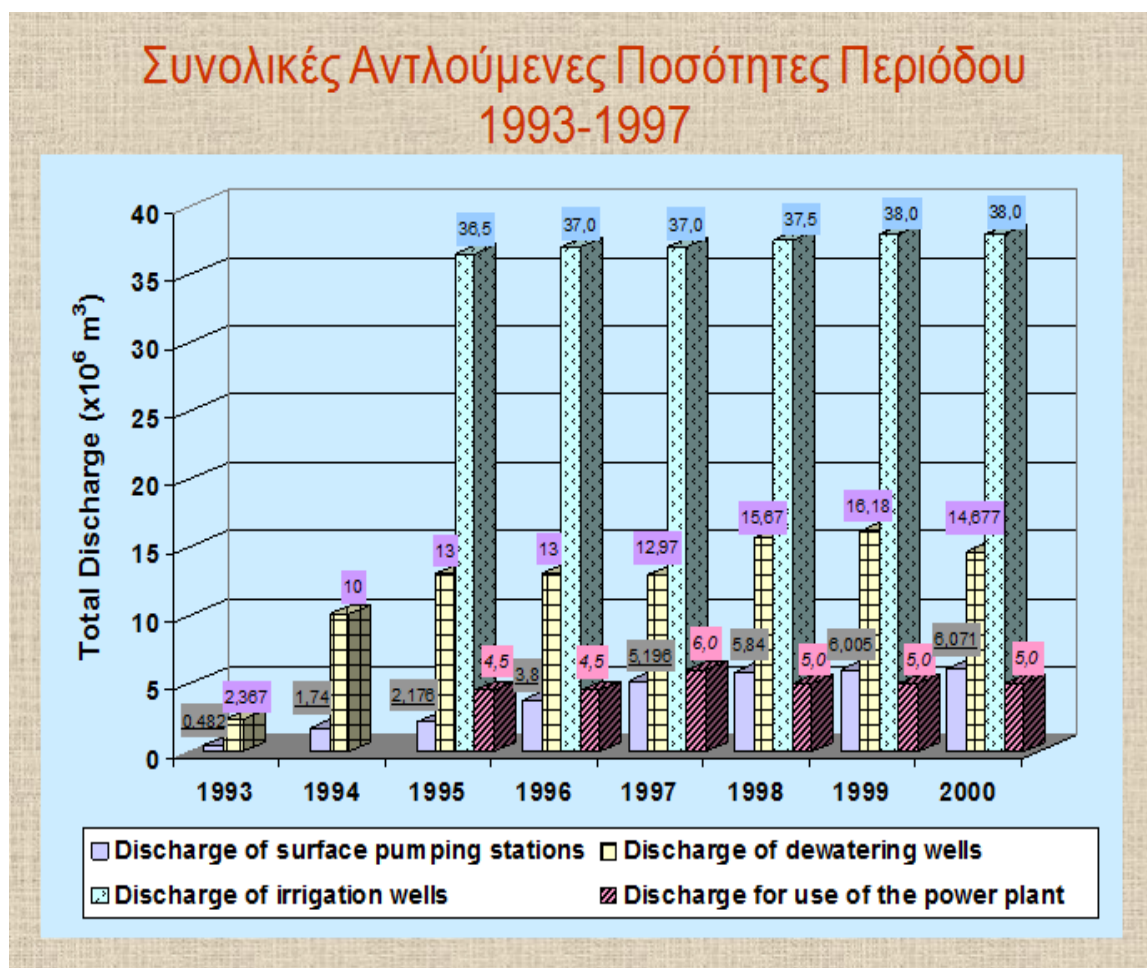
Το υδατικό σύστημα στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης Αμυνταίου χαρακτηρίζεται ως πολυσύνθετο και ευμετάβλητο σε περιβαλλοντικές πιέσεις.

Ειδικότερα η λεκάνη Αμυνταίου:

- ❖ Είναι η μοναδική λεκάνη στον Ελλαδικό χώρο, εντός των ορίων της οποίας περιέχονται 3 λίμνες Ζάζαρη, Χειμαδίτιδα και Πετρών, οι οποίες έχουν υδραυλική επικοινωνία μεταξύ τους και η τελευταία έχει συνδεθεί με την λίμνη Βεγορίτιδα που βρίσκεται στην αμέσως γειτονική περιοχή.
- ❖ Οι λίμνες (πλην της Βεγορίτιδας) περιέχουν μικρό όγκο νερού, λόγω γεωμετρικών χαρακτηριστικών (μεγάλη έκταση και μικρό βάθος). Αποτέλεσμα αυτού είναι ότι μικρές μεταβολές στον όγκο του νερού π.χ. λόγω

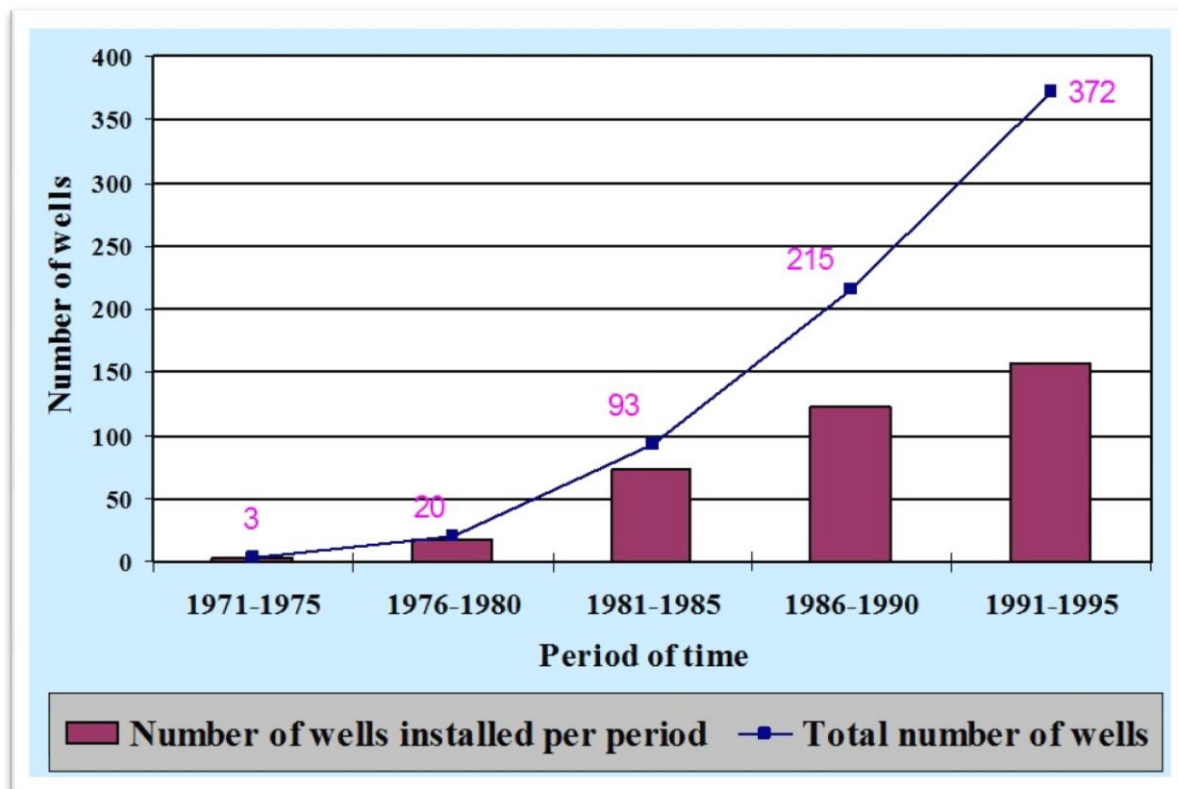
αντλήσεων για άρδευση ή αυξημένης εξάτμισης συνεπάγονται μεγάλες μεταβολές στην έκταση των λιμνών.

- ❖ Η υδραυλική επικοινωνία των λιμνών έχει ως αποτέλεσμα οι επιπτώσεις των πιέσεων να είναι αλληλένδετες και στους τρεις υδατικούς αποδέκτες (κανόνας του ντόμινο).
- ❖ Ο υδροφόρας των νεογενών και των τεταρτογενών της λεκάνης του Αμυνταίου, είναι αβαθής, διατηρώντας έτσι την εδαφική υγρασία ευαίσθητων εδαφών (τύρφη, τυρφοχώματα) σε υψηλά επίπεδα, ενώ η εκμετάλλευση του γίνεται από πολυάριθμες υδρογεωτρήσεις.
- ❖ Οι αρδευτικές ανάγκες στη λεκάνη Αμυνταίου εξαρτώνται άμεσα από την ποσοτική και ποιοτική διαχείριση των υδατικών πόρων της λεκάνης.



Εικόνα 3.7.1: Λεκάνη Αμυνταίου, περίοδοι εγκατάστασης αντλιών ιδιωτικών γεωτρήσεων Λεκάνης Αμυνταίου.

Πηγή: Δημητρακόπουλος Δημήτρης, 2001.



Εικόνα 3.7.2 : Λεκάνη Αμυνταίου, περίοδοι εγκατάστασης αντλιών ιδιωτικών γεωτρήσεων Λεκάνης Αμυνταίου.

Πηγή: Δημητρακόπουλος Δημήτρης, 2001.

3.8 ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΣΩΣΤΗ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗ ΝΕΡΩΝ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ ΟΡΥΧΕΙΩΝ.

Ορθολογική διαχείριση των νερών που προέρχονται από την αποστραγγιστική διαδικασία των ορυχείων, πρέπει να έχει συγκεκριμένους στόχους:

- ❖ Ελαχιστοποίηση των συνεπειών της πτώσης της στάθμης του υδροφόρου ορίζοντα έξω από τα όρια του πεδίου εκμετάλλευσης,
- ❖ Περιορισμός της επέκτασης του κώνου στάθμης στην ευρύτερη περιοχή των εκμεταλλεύσεων,
- ❖ Αντιμετώπιση του προβλήματος της ποιοτικής υποβάθμισης των νερών.

Παράλληλα πρέπει να ληφθούν υπόψη οι ιδιαιτερότητες του υδατικού συστήματος της λεκάνης του Αμυνταίου, όπως αυτά αναφέρθηκαν προηγουμένως.

Τα προτεινόμενα μέτρα εντάσσονται σε μια συστηματική προσπάθεια ορθολογικής διαχείρισης των αντλούμενων ποσοτήτων νερών:

3.8.1 ΑΝΤΛΗΣΗ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ ΠΡΙΝ ΑΥΤΑ ΕΙΣΕΛΘΟΥΝ ΣΤΟΝ ΧΩΡΟ ΕΚΣΚΑΦΗΣ.

Στόχος είναι να αποφευχθεί η ανάμιξη τους με τα επιφανειακά νερά των αντλιοστασίων των δαπέδων των ορυχείων, που έχουν σαφώς υποβαθμισμένη ποιότητα λόγω αιωρούμενων σωματιδίων (λιγνιτόσκονη, τέφρα) ή άλλων ρυπαντών (λιπαντικά ή καύσιμα μηχανημάτων) που προέρχονται από την μεταλλευτική δραστηριότητα. Η ποιότητα των νερών που προέρχονται από υδρογεωτρήσεις είναι καλή και διατίθενται για την κάλυψη υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών.

Το αποστραγγιστικό δίκτυο σχεδιάστηκε ώστε το μεγαλύτερο μέρος των αντλούμενων νερών για την προστασία του ορυχείου, να προέρχεται από τις περιμετρικές σ' αυτό υδρογεωτρήσεις. Για την προστασία του ορυχείου του Αμυνταίου το 1996 αντλήθηκαν συνολικά $16,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ νερού από τα οποία $13 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (78%) από υδρογεωτρήσεις και μόνο $3,8 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ (22%) από επιφανειακά αντλιοστάσια στο δάπεδο του. Διευκρινίζεται ότι το μεγαλύτερο μέρος των νερών που αντλούνται από το δάπεδο του ορυχείου προέρχεται από βροχοπτώσεις.

❖ Διάθεση των αντλούμενων ποσοτήτων για την κάλυψη αρδευτικών ή υδρευτικών αναγκών.

Η προσπάθεια ποιοτικής διαχείρισης των υπόγειων νερών παρέχει τη δυνατότητα καλύτερης αξιοποίησης τους για την κάλυψη υδατικών αναγκών της λεκάνης.

Αναλυτικότερα:

- Διάθεση ποσοτήτων νερού, που προέρχονται από τις αντλήσεις των ορυχείων, για την υδροδότηση πόλεων και χωριών των γειτονικών περιοχών, αφού υποστούν το σχετικό έλεγχο και επεξεργασία.
- Κάλυψη των βιομηχανικών υδατικών αναγκών της περιοχής και των ορυχείων (λειτουργία ΑΗΣ, κλπ).

- Αξιοποίηση των μεγαλύτερων αντλούμενων ποσοτήτων νερού για αρδευτική χρήση. Συνεπώς μειώνονται οι περαιτέρω αντλήσεις από τους αγρότες. Υπάρχουν αρδευτικά κανάλια, που διοχετεύουν τις απαιτούμενες ποσότητες νερού στις αρδευόμενες καλλιέργειες.
- Στις λεκάνες που βρίσκονται τα λιγνιτωρυχεία της ΔΕΗ υπάρχουν πολυάριθμες αρδευτικές υδρογεωτρήσεις (580 στη λεκάνη του Αμυνταίου). Οι περαιτέρω αντλήσεις για άρδευση, έχουν επεκτείνει το κώνο ταπείνωσης, που προκαλείται από τα αποστραγγιστικά δίκτυα του ορυχείου.

❖ **Διοχέτευση των υδάτων σε τάφρους και γεωτρήσεις για τη διατήρηση της υδατικής ισορροπίας.**

Σε αρκετές περιπτώσεις, οι εντατικές αντλήσεις για αρδευτικούς σκοπούς, ιδιαίτερα τους θερινούς μήνες, δημιουργούν σημαντική πτώση στάθμης σε όλη την λεκάνη και προκαλούν αλυσιδωτές επιπτώσεις σε υδροληπτικά υδρευτικά έργα. Σε αυτή την περίπτωση, προτείνεται η χρησιμοποίηση κατάλληλων διατάξεων για την εφαρμογή τεχνητού εμπλουτισμού για την ποσοτική και ποιοτική προστασία των υπόγειων υδροφόρων.

Οι γεωλογικές συνθήκες της λεκάνης Αμυνταίου, ευνοούν την διήθηση των νερών μέσω των αποστραγγιστικών καναλιών και των υπαρχόντων γεωτρήσεων. Η δυνατότητα αυτή αξιοποιείται ήδη με την διοχέτευση των αντλούμενων νερών για την προστασία των ορυχείων στο εκτεταμένο δίκτυο των αποστραγγιστικών τάφρων που υπάρχει στην περιοχή. Η διήθηση του νερού που πραγματοποιείται μέσω αυτών, συμβάλλει στη διατήρηση της στάθμης κυρίως των αβαθών υδροφόρων οριζόντων και αποφεύγεται η μείωση της υγρασίας των εδαφών αυτών.

Το θέμα της εφαρμογής τεχνητού εμπλουτισμού σε γεωτρήσεις, με χρήση των νερών των υδρογεωτρήσεων αποστράγγισης του ορυχείου, αποκτά ιδιαίτερο ενδιαφέρον μετά την επιτυχία των σχετικών πειραμάτων, που έγιναν στην περιοχή του Νοτίου Πεδίου Πτολεμαΐδας (ερευν.Πρόγραμμα ΕΛΙΜΕΙΑ), όπου οι υδρογεωλογικές συνθήκες είναι παρόμοιες με αυτές της περιοχής του Αμυνταίου.

❖ **Διάθεση των νερών για κάλυψη βιομηχανικών αναγκών.**

Ο ΑΗΣ Αμυνταίου αποτελείται από 2 μονάδες των 300 MW η κάθε μία. Για την κάλυψη των αναγκών του ΑΗΣ σε νερό, κυρίως για τους πύργους ψύξης, απαιτείται μια παροχή της τάξεως των $1600 \text{ m}^3 / \text{h}$.

Για την κάλυψη των υδατικών αναγκών του ΑΗΣ απαιτείται η όρυξη πρόσθετων υδρογεωτρήσεων, έξω από τα όρια του ορυχείου στις περιοχές υψηλής μεταβιβαστικότητας.

Προκειμένου να εξασφαλιστεί η συνεχής άντληση των νερών για την προστασία του ορυχείου, κατασκευάστηκε μια ενδιάμεση δεξαμενή στο Βόρειο Ανατολικό όριο του ορυχείου, για την αποθήκευση των ποσοτήτων αυτών, αφού οι υδατικές απαιτήσεις του ΑΗΣ παρουσιάζουν χρονικές μεταβολές.

Στη δεξαμενή αυτή απορρίπτονται τα νερά που αντλούνται για την προστασία του ορυχείου, και στη συνέχεια ο ΑΗΣ θα αντλεί την ποσότητα που χρειάζεται. Το νερό που ενδεχομένως περισσεύει θα υπερχειλίζει και θα ρέει προς τη λίμνη Πετρών.

3.9 ΔΙΑΦΟΡΟΠΟΙΗΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΤΕΛΕΥΤΑΙΑ 10ΕΤΙΑ.

Την τελευταία δεκαετία έχουν υλοποιηθεί σημαντικές διαφοροποιήσεις, όπως:

- 1) Πολύ μεγάλη επέκταση της λιγνιτικής εκμετάλλευσης, και βέβαια σημαντική μείωση του εκμεταλλεύσιμου κοιτάσματος λιγνιτών
- 2) Εξόφληση του κοιτάσματος «απόφηση Αναργύρων» και έναρξη επαναπλήρωσής του με τα υπερκείμενα στείρα υλικά του κοιτάσματος Αμυνταίου.
- 3) Αύξηση του αριθμού των ιδιωτικών αρδευτικών γεωτρήσεων και των αντίστοιχων αντλήσεων
- 4) Συνέχιση των αντλήσεων προστασίας και αποστράγγισης του ορυχείου
- 5) Εκδήλωση καθιζήσεων με συνέπεια θραύσης σε υποδομές (δρόμοι) και οικίες στα χωριά Ανάργυροι, Βαλτόνερα κτλ
- 6) Εκδήλωση μεγάλης κατολίσθησης στις εσωτερικές αποθέσεις του λιγνιτορυχείου



*Εικόνες 3.8.1 και 3.8.2: Φωτογραφικό υλικό από το ορυχείο του Αμυνταίου.
Πηγή: Προσωπικό αρχείο.*





*Εικόνες 3.8.3 και 3.8.4: Φωτογραφικό υλικό από το ορυχείο του Αμυνταίου.
Πηγή: Προσωπικό αρχείο.*





*Εικόνες 3.8.5 και 3.8.6: Φωτογραφικό υλικό από το ορυχείο του Αμυνταίου.
Πηγή: Προσωπικό αρχείο.*



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΝΟΤΙΟ ΛΙΓΝΙΤΟΦΟΡΟ ΠΕΔΙΟ ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ

Για τη σύνταξη αυτού του κεφαλαίου ελήφθησαν υπόψη οι εξής εργασίες:

1. «Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Ορυχείων Πτολεμαΐδας, Ν. Κοζάνης», ΔΕΗ/Γενική Διεύθυνση Ορυχείων
2. «Υδρογεωλογικές Συνθήκες Νοτίου λιγνιτοφόρου Πεδίου Πτολεμαΐδας. Προβλήματα Υπόγειων Νερών και Αντιμετώπισή τους κατά την εκμετάλλευση.», Γ. Λουλούδης, ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ, 1991

4.1 ΘΕΣΗ – ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ.

Τα υδροφόρα συστήματα που έχουν άμεση σχέση με την εκμετάλλευση του Νότιου Λιγνιτικού Πεδίου Πτολεμαΐδας βρίσκονται στο οροπέδιο της Δυτικής Μακεδονίας και συγκεκριμένα στο νοτιότερο τμήμα της μεγάλης λεκάνης της Πτολεμαΐδας. Ολόκληρη η περιοχή έρευνας ανήκει διοικητικά στο νομό Κοζάνης. Σε σχέση με τη Κοζάνη η Νότιος λιγνιτοφόρος λεκάνη Πτολεμαΐδας αναπτύσσεται προς τα βόρεια και βορειοανατολικά, σε απόσταση από 5 έως 20 km.

Η Νότιος λιγνιτοφόρος λεκάνη Πτολεμαΐδας, γνωστή και με το όνομα λεκάνη Σαριγκιόλ, είναι μία από τις επιμέρους λεκάνες στις οποίες χωρίζεται μέσω τεκτονικών εξαρμάτων η μεγάλη χερσαία τεκτονική τάφρος της Βορειοδυτικής Μακεδονίας, η οποία αρχίζει από την περιοχή Μοναστηρίου – Φλώρινας και καταλήγει στα Σέρβια, νότια του ποταμού Αλιάκμονα, με διεύθυνση Βορρά – Νότο.

Η λεκάνη Σαριγκιόλ είναι μια αρκετά πυκνοκατοικημένη περιοχή με τις περισσότερες κοινότητές της διατεταγμένες στα κράσπεδα της λεκάνης, ενώ το κεντρικό της τμήμα είναι αγροτική και το βόρειο μεταλλευτική περιοχή.

Το Νότιο τμήμα της λεκάνης Πτολεμαΐδας αποτελεί μια εξατομικευμένη μορφολογική και γεωγραφική ενότητα. Πρόκειται για μια ευρεία τάφρο, με ΒΔ – ΝΑ άξονα, που κείται ανάμεσα σε δύο ορεινά τραπεζοειδή συγκροτήματα, το Βέρμιο ανατολικά της και το Σινιάτσικο ή Άσκιο δυτικά της. Τα μεγαλύτερα απόλυτα υψόμετρα των δύο αυτών ορεινών μαζών είναι 2052m Υ.Ε.Θ. για το όρος Βέρμιο και 2111m Υ.Ε.Θ. για την ψηλότερη κορυφή του όρους Άσκιο.

Νότια της λεκάνης του Σαριγκιόλ βρίσκεται η λεκάνη Κοζάνης – Σερβίων, από την οποία διαχωρίζεται με μια χαμηλή οροσειρά, το όρος Σκοπός, με υψηλότερο σημείο τα 1256m Υ.Ε.Θ. Το όριο προς τα Βόρεια δεν είναι σαφές εκ πρώτης όψεως δεδομένου ότι αποτελείται από το ασθενές εξάρμα του Κομάνου (απόλυτο υψόμετρο 750 m υ.ε.θ.). Το όριο αυτό χωρίζει μορφολογικά αλλά και υδρολογικά τη λεκάνη Σαριγκιόλ από το κύριο μέρος της εσωτερικής λεκάνης Πτολεμαΐδας, που αναπτύσσεται Βόρεια του εξάρματος Κομάνου.

Το μέσο μήκος του πυθμένα της λεκάνης, κατά τον άξονά της, είναι περίπου 15km και το μέσο πλάτος της 10km. Η μορφολογία του πυθμένα είναι πολύ ομαλή, με υψόμετρα από 650 έως 800m Υ.Ε.Θ, το δε κεντρικό της τμήμα (ο βυθός του παλιού έλους Σαριγκιόλ) είναι σχεδόν επίπεδο. Αντίθετα στις δυο παρειές της τάφρου, στο Βέρμιο και στο Σινιάτσικο τα υψόμετρα ανεβαίνουν απότομα και ξεπερνούν τα 1200m Υ.Ε.Θ. Στη νοτιοδυτική άκρη της τάφρου, η χαμηλή περιοχή των λοφοσειρών της Κοζάνης («Δίαυλος Κοζάνης»), δίνει στην τάφρο μια μορφολογική διέξοδο προς την λεκάνη της Ξηρολίμνης και από εκεί είτε προς τη λεκάνη Κοζάνης – Σερβίων, είτε μέσα από τις «Μπάρες», προς τη λεκάνη του άνω ρου του Αλιάκμονα.

Η κλειστή υδρολογική λεκάνη Σαριγκιόλ, έχει συνολική έκταση 400 km². Παλαιότερα δεν υπήρχε η δυνατότητα επιφανειακής αποστράγγισής της, με αποτέλεσμα ο αποδέκτης όλων των επιφανειακών απορροών να είναι το παλιό έλος – λίμνη του Σαριγκιόλ, το μέγιστο βάθος του οποίου ήταν περίπου 4 m. Σήμερα υπάρχει η δυνατότητα επιφανειακής απορροής προς τα βόρεια, δηλαδή προς την κύρια εσωτερική λεκάνη Πτολεμαΐδας, λόγω εκβάθυνσης της κοίτης του ρέματος Σουλού στην περιοχή του εξάρματος του Κομάνου και δημιουργίας ενός δικτύου αποστραγγιστικών τάφρων στο χώρο του παλιού έλους. Η σύνδεση των τάφρων αυτών με το ρέμα Σουλού γίνεται μέσω κεντρικής αποστραγγιστικής τάφρου, στην οποία απορρέουν και τα νερά όλων των περιφερειακών συλλεκτήριων τάφρων.

4.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.

4.2.1 ΓΕΝΙΚΑ.

Η Πελαγονική ζώνη, στην οποία ανήκει το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής μελέτης, χαρακτηρίζεται από την παρουσία κρυσταλλικών πετρωμάτων και μια σειρά από νηριτικά ιζήματα, στα οποία έχει διαπιστωθεί μια σημαντική διακοπή ιζηματογένεσης κατά τη διάρκεια του Άνω – Κρητιδικού.

Το Άσκιον όρος ανήκει στην Πελαγονική ζώνη, τμήματα δε του Σκοπού και του Βερμίου στο Μεσοζωικό επικάλυμμά της και στα απωθημένα πάνω σ' αυτό λέπια της γεωτεκτονικής ζώνης Αξιού.

4.2.2 ΠΑΛΑΙΟΖΩΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.

Τα παλαιότερα πετρώματα εμφανίζονται κυρίως στις περιοχές των οροσειρών του Ασκίου και του Βέρνου. Πρόκειται για κρυσταλλικούς σχιστόλιθους, υπερβασικά μεταμορφωμένα πετρώματα και γρανιτικές διεισδύσεις.

Πάνω από τη σειρά αυτή κείται μια άλλη με πολύ χαμηλό βαθμό μεταμόρφωσης, που αποτελείται από γκριζοκίτρινους φυλλίτες με λεπτές ενδιαστρώσεις από γραφιτικούς σχιστόλιθους.

4.2.3 ΜΕΣΟΖΩΙΚΗ ΣΕΙΡΑ

Η μεσοζωική ακολουθία ξεκινά με μια σειρά μεγάλου πάχους ανθρακικών πετρωμάτων τα οποία καλύπτονται από οφιόλιθους. Αποτελείται από ασβεστόλιθους, κυρίως μη στρωσιγενείς, με ποικίλλοντα βαθμό ανακρυσταλλώσεως.

Στην οροφή της ασβεστολιθικής σειράς ακολουθούν σε συμφωνία σχιστόλιθοι του Ανώτερου Ιουρασικού με γιασπερίτες, οφιόλιθους και ραδιολαρίτες, οι οποίοι αποσφηνώνονται κατά θέσεις.

Τα προκρητιδικά στρώματα είναι καλυμμένα από κροκαλοπαγή και αποτελούνται από κροκάλες οφιολιθικές, σχιστολιθικές και ασβεστολιθικές. Πάνω απ' αυτά

ακολουθούν ασβεστόλιθοι του Καινομάνιου, Τουρώνιου και Σενώνιου συνολικού πάχους 45m, οι οποίοι καλύπτονται από μια σειρά πάχους 200m ασβεστολίθων με ρουδιστές του Μαιστριχίου. Ακολουθεί ο φλύσχος της Πελαγονικής ζώνης, το πάχος του οποίου είναι μεγάλο.

Πάνω στην αυτόχθονη σειρά έρχονται απωθημένα ιζήματα της Κατωκρητιδικής σειράς της ζώνης του Αξιού. Τα πετρώματα της ζώνης του Αξιού περιλαμβάνουν τις ασβεστολιθικές σειρές και το φλύσχη του Άνω Γραμματικού, καθώς και ασβεστολιθικά κροκαλοπαγή στη βάση. Στα καλύμματα αυτά υπάρχουν διακοπές από μάγμα βασικού χαρακτήρα.

4.2.4 ΝΕΟΓΕΝΗΣ ΚΑΙ ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΗΣ ΣΕΙΡΑ ΙΖΗΜΑΤΩΝ.

Η Νότιος λιγνιτοφόρος λεκάνη Πτολεμαΐδας είναι πληρωμένη με ιζήματα της Τριτογενούς και Τεταρτογενούς περιόδου. Το συνολικό πάχος των Τριτογενών – Τεταρτογενών ιζημάτων φθάνει έως και 1000m, σύμφωνα με την ερμηνεία γεωηλεκτρικών διασκοπήσεων.

Τα διαπιστωθέντα Τριτογενή ιζήματα ανάγονται κατ' αποκλειστικότητα στο νεογενές. Το Νεογενές χωρίζεται σε 3 επιμέρους σειρές:

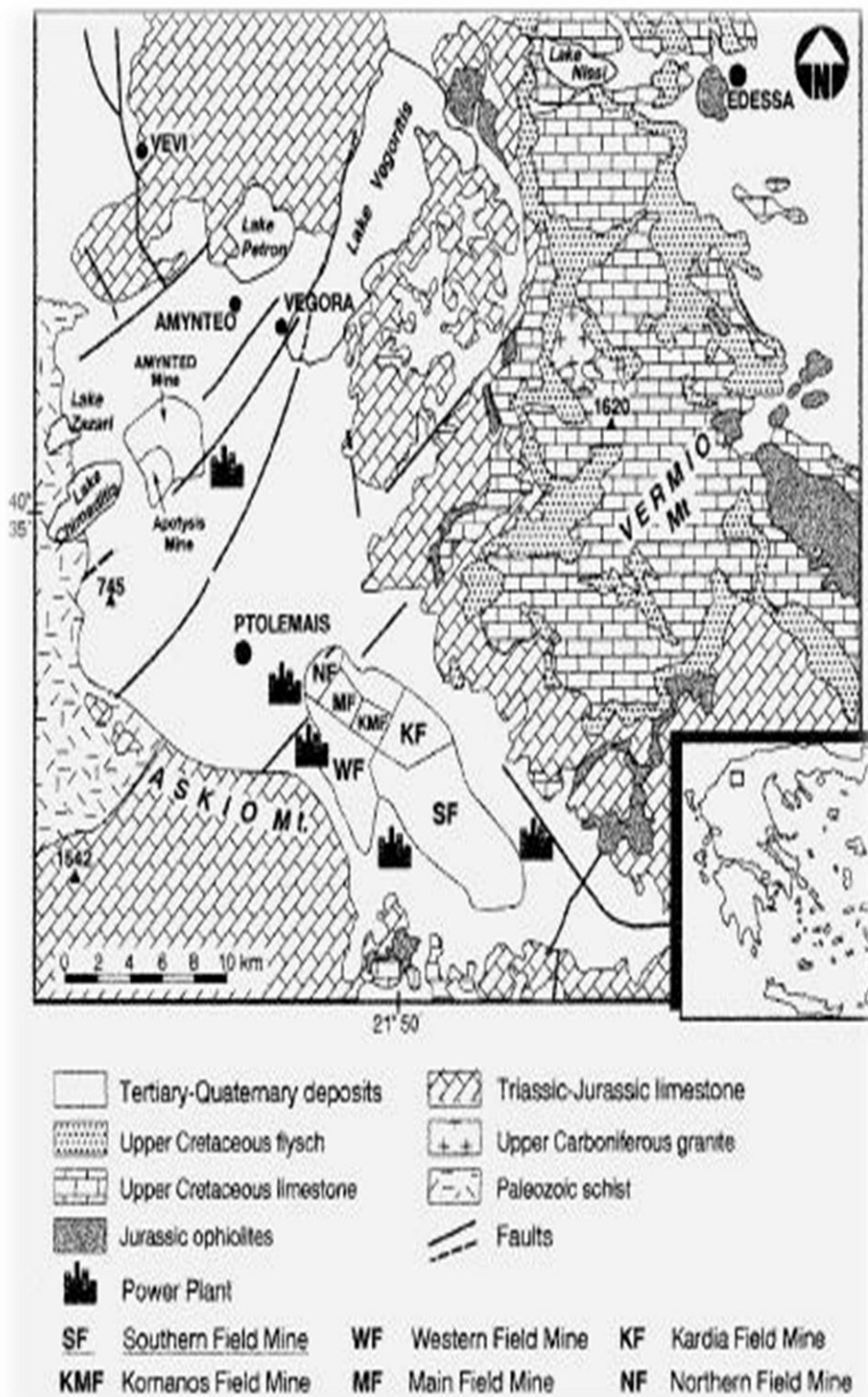
- ❖ Την ανώτερη υπερκείμενη της λιγνιτοφόρου σειρά, η οποία περιλαμβάνει δυο διακεκριμένες χρωματικά και πετρολογικά στιβάδες.
- ❖ Η ανώτερη στιβάδα των κιτρινόφαιων λεπτομερών κλαστικών ιζημάτων και μερικών αδρομερών αποτελείται κυρίως από εναλασσόμενες στρώσεις ασβεστούχων άμμων, αργίλων, αμμούχων μαργών όπως και πολλές λεπτές φακοειδείς διαστρώσεις ψαμιτών, ψηφιδοπαγών και μαργαϊκών ασβεστολίθων.
- ❖ Η στιβάδα των πρασινότεφων αργιλομαργαϊκών ιζημάτων αποτελείται από εναλασσόμενες στρώσεις αργίλων ισχυρώς αμμούχων και μαργών.
- ❖ Την λιγνιτοφόρο σειρά. Η φάση της λιμναίας ιζηματογένεσης άρχισε στη λεκάνη της Πτολεμαΐδας κατά τη διάρκεια του Ανώτερου Μειοκαίνου – Πλειοκαίνου, δημιουργήθηκε δηλαδή μια κλειστή λεκάνη η οποία δεχόταν κυρίως τα

λεπτομερή υλικά από τα περιθώριά της. Από καιρό σε καιρό δημιουργούταν λιγνίτης, μια διαδικασία η οποία συνεχίσθηκε και στο Πλειστόκαινο.

- ❖ Την κατώτερη υποκείμενη των λιγνιτών σειρά. Τα παλαιότερα διαπιστωθέντα χαλαρά ιζήματα της λεκάνης Πτολεμαΐδας έχουν ηλικία Άνω Μειοκαίνου.

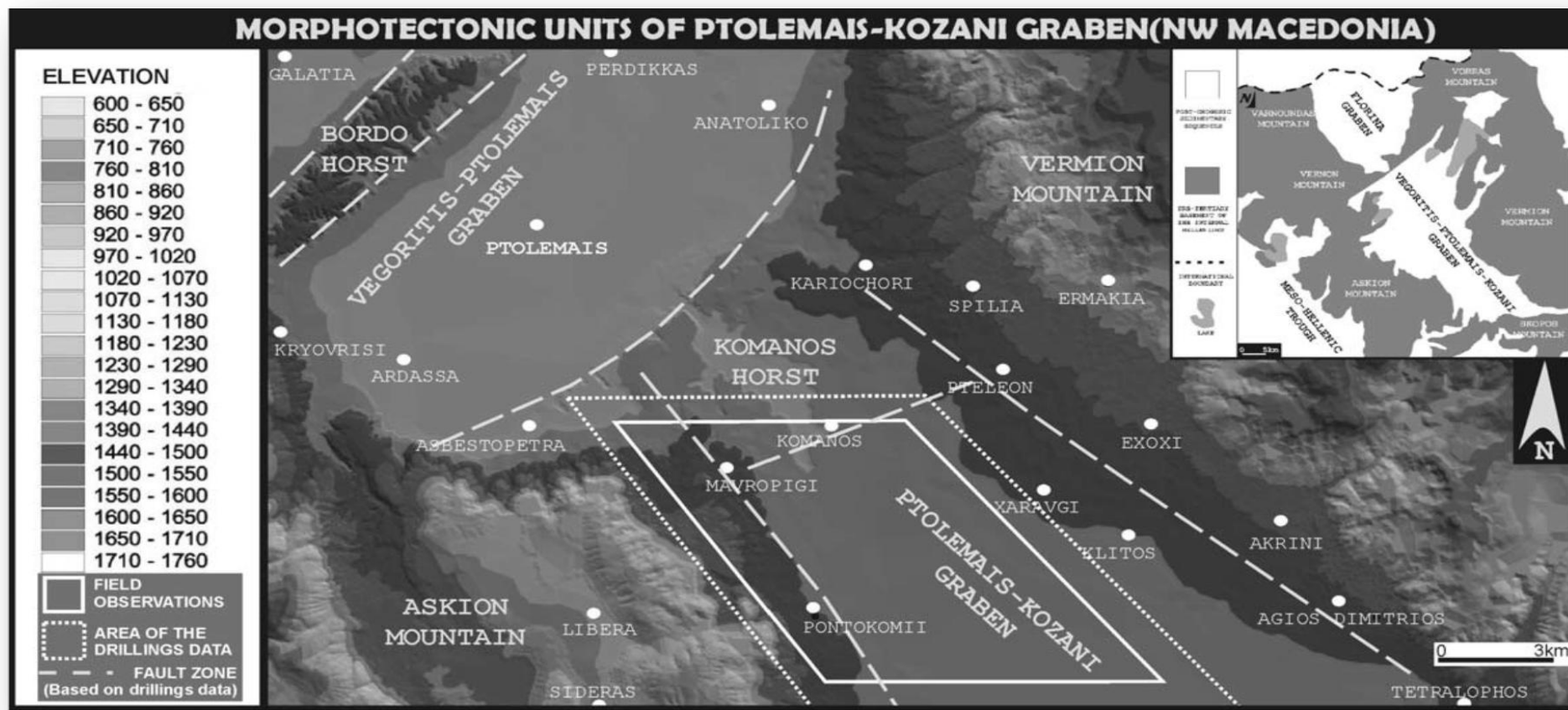
Η Νότιος λιγνιτοφόρος λεκάνη Πτολεμαΐδας, καλύπτεται επιφανειακά από ιζήματα της Τεταρτογενούς περιόδου, σχεδόν κατ' αποκλειστικότητα.

Τα αλλούβια της πρώην λίμνης του Σαριγκιόλ και ο ελουβιακός μανδύας αποτελούνται κυρίως από άμμους, πηλούς και αργίλους. Η υπόλοιπη επιφανειακή εξάπλωση, κυρίως κροκαλοπαγών και λατυποπαγών σχηματισμών, κατατάσσεται στο Πλειστόκαινο.



Εικόνα 4.2.1: Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της περιοχής.

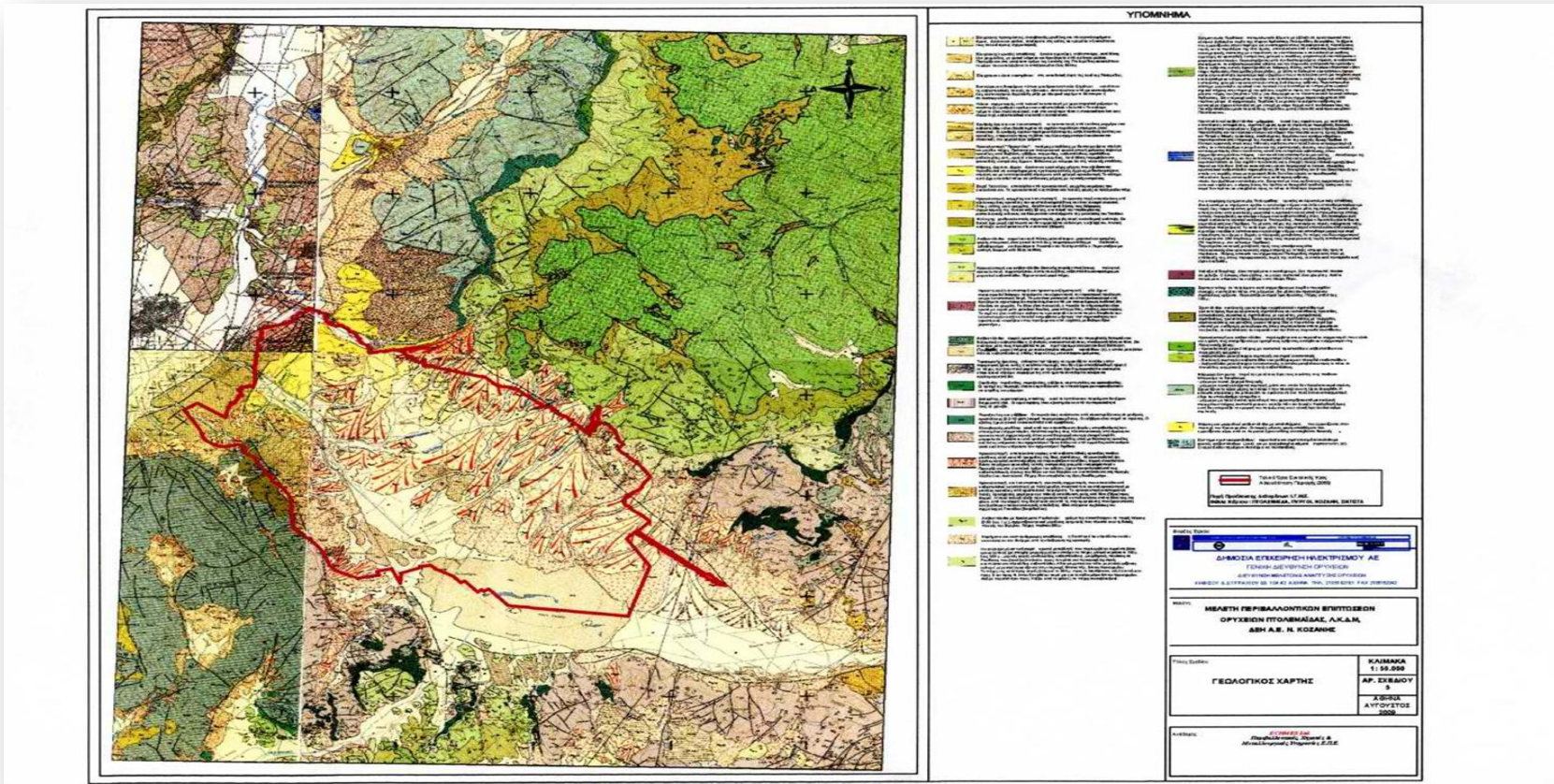
Πηγή: Δημητρακόπουλος Δ., Κουμαντάκης Ι. & Ηλιάδης Ζ., 1996.



Εικόνα 4.2.2: Γεωμορφολογικός-τεκτονικός χάρτης λεκάνης Πτολεμαΐδας.

Πηγή: Δημητρακόπουλος Δ., Κουμαντάκης Ι. & Ηλιάδης Ζ., 1996.

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ & ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ.
ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ.



Εικόνα 4.2.3: Γεωλογικός χάρτης λεκάνης Πτολεμαΐδας (απόσπασμα φύλλο ΓΓΜΕ).

Πηγή: Μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων ορυχείων πτολεμαΐδας Ν.Κοζανης, ΔΕΗ.

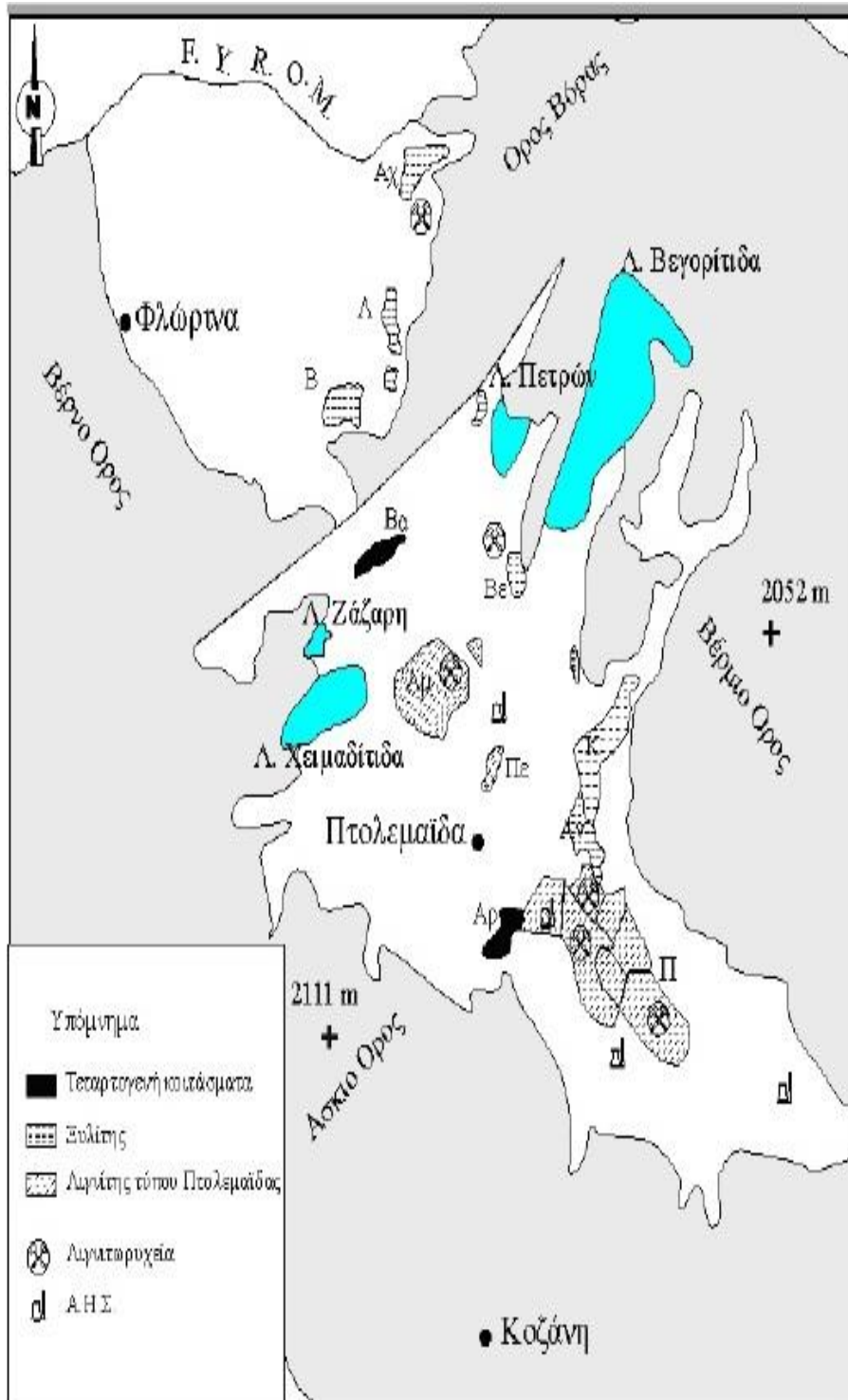
4.2.5 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Τα Νεογενή ιζήματα και κυρίως η συνέχεια των λιγνιτοφόρων στρωμάτων του κοιτάσματος διακόπτονται από μικρού και μεγάλου άλματος μεταπλειοκαινικά μεταποθετικά ρήγματα. Τα ρήγματα αυτά δημιουργούν κλιμακωτή διάταξη στο κοιτάσμα, τόσο προς τα βόρεια, όσο και προς τα νότια του εξάρματος Κομάνου.

Από την στατιστική ανάλυση των ρηγμάτων σε όλη την έκταση των λιγνιτορυχείων διαπιστώθηκε ότι επικρατούν δύο κύριες διευθύνσεις ρηγμάτων. Η πρώτη έχει διεύθυνση BBA – NNA, δηλαδή παράλληλη με την διεύθυνση της πελαγονικής μάζας και η δεύτερη BBA – NNΔ.

Τα μεγάλα κρασπεδικά ρήγματα έχουν διεύθυνση BBA – NNA, όμως όπως προαναφέρθηκε η ύπαρξή τους και η θέση τους στην περιοχή της λεκάνης Σαριγκιόλ είναι καθαρά υποθετική.

Από τα εντός των χαλαρών σχηματισμών ρήγματα, τα ρήγματα BBA – NNΔ διεύθυνσης είναι μεγαλύτερα σε μήκος και άλμα και κόβουν τα στρώματα ολόκληρης της Νεογενούς σειράς συνεχίζοντας και στα Τεταρτογενή στρώματα.



Εικόνα 4.2.4: Απλοποιημένος χάρτης περιοχής ορυχείων.
Πηγή: ΔΕΗ/ΔΜΑΟΡ/ΤΥΜ.

4.3 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ.

4.3.1. ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΑ

4.3.1.1 ΥΔΡΟΣΤΕΓΑΝΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ.

Αυτοί είναι, για την περιοχή των συνεκτικών πετρωμάτων της ορεινής περιμέτρου της λεκάνης, οι οποιασδήποτε μορφής γνευσιοσχιστόλιθοι, τα οφιολιθικά συμπλέγματα και οφλύσχης.

Όμως οι περιδοτίτες – σερμπεντίνες, αφ' ενός δεν σχηματίζουν ένα συνεχές φράγμα για το υπόγειο νερό καθότι εμφανίζονται τοπικά σαν στρωματοειδείς ή φακοειδείς ενστρώσεις, αφ' ετέρου μπορεί κατά θέσεις να είναι διαπερατοί λόγω ασυνεχειών ή αποσφηνώσεων.

Ο δε κερματισμένος οφλύσχης, πάχους 100 – 200m, που διαχωρίζει τους Κρητιδικούς ασβεστόλιθους, αν και σχηματίζει ένα φράγμα για το υπόγειο νερό, αρκετό απ' αυτό περνά στους υποκείμενους Τριαδικοϊουρασικούς ασβεστόλιθους, μέσα από τις ρηξιγενείς ζώνες του.

Μέσα στη λεκάνη των Νεογενών – Τεταρτογενών ιζημάτων ως βασικός υδροστεγανός σχηματισμός λειτουργεί το σύνολο του αργιλομαργαϊκού λιγνιτοφόρου συστήματος. Το σύστημα αυτό, αν και περιέχει μερικές ενστρώσεις από κροκαλοαμμώδες υλικό, θεωρείται υδροστεγανό, γιατί οι συνεχείς μεταπτώσεις και η οριζόντια διάστρωση των στρωμάτων του δεν επιτρέπουν την υδραυλική επικοινωνία μεταξύ των μικρών υδροφόρων στρωματιδίων. Ο λιμναϊάς προέλευσης γεωλογικός αυτός σχηματισμός παριστά το αδιαπέρατο υπόβαθρο της υπερκείμενης του λιγνίτη υδροφορίας και εμποδίζει την διήθηση του νερού από τους υπερκείμενους του λιγνίτη υδροφορείς προς τους υποκείμενους ή προς το βαθύ καρστικό ορίζοντα της περιοχής.

4.3.3.2 ΗΜΙΠΕΡΑΤΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ.

Ως ημιπερατός μπορεί να θεωρηθεί ο σχηματισμός των αργιλοϊλυωδών αποθέσεων στο βυθό του παλιού έλους Σαριγκιόλ, δηλαδή η αργιλοϊλυώδης επικάλυψη του υδροφορέα στο κέντρο της λεκάνης.

Επίσης ως ημιπερατός, έως υδροπερατός (ανάλογα με την συμμετοχή του αργιλικού υλικού), μπορεί να χαρακτηριστεί η υπερκείμενη σειρά των καστανέρυθρων αργίλων με την παρουσία κροκαλοπαγών και ασύνδετων χαλίκων, που κατά τόπους τροφοδοτούν τους υποκείμενους αμμώδεις σχηματισμούς. Κατά μήκος του ρέματος Σουλού έχουν παρατηρηθεί πολλές σημειακές πηγές αμελητέας παροχής αλλά συνεχούς ροής καθ' όλο το έτος, που μπορούν να εξηγηθούν ως μία προνομιακή ροή του νερού, σε συγκεκριμένα κανάλια, εντός του ημιπερατού αυτού σχηματισμού, που εκφορτίζεται κατά μήκος του ρέματος.

4.3.3.3 ΥΔΡΟΠΕΡΑΤΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ.

Η υδροπερατότητα στην ορεινή περίμετρο της λεκάνης Σαριγκιόλ είναι αποτέλεσμα της καρστικής διεργασίας των ασβεστόλιθων (Κρητιδικοί – Τριαδικοϊουρασικοί).

Καθαρά υδροπερατοί σχηματισμοί είναι η σειρά των κιτρινόφαιων αμμωδών αποθέσεων, που χαρακτηρίζονται από ένα μεγάλο φάσμα κοκκομετρικών διαστάσεων, από λεπτόκοκκη έως χονδρόκοκκη άμμο, όπως επίσης και τα κροκαλοπαγή του Προαστείου που εμφανίζονται στην πράσινη χρωματικά σειρά, καθώς προχωρούμε προς Ν – ΝΑ μέσα στη λεκάνη Σαριγκιόλ, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι οι υπόλοιποι υπερκείμενοι της λιγνιτοφόρας σειράς σχηματισμοί είναι αδιαπέρατοι. Οι τελευταίοι, άλλοτε εμφανίζονται ως υδροπερατοί και άλλοτε ως ημιπερατοί.

Όλοι οι υπερκείμενοι της λιγνιτοφόρου σειράς σχηματισμοί φαίνεται να έχουν υδραυλική επικοινωνία, λόγω της πλευρικής μετάβασης από τον ένα στον άλλο. Έτσι αναπτύσσεται σ' αυτούς ένας υδροφόρος ορίζοντας, ενιαίος σ' όλη του την έκταση παρά την παρουσία μεταπτώσεων και τις παρεμβολές αργιλικών αποσφηνώσεων.

4.3.2 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΟΥ ΚΑΡΣΤ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.

4.3.2.1. ΚΑΡΣΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ.

Στις λεκάνες Πτολεμαΐδας και Σερβίων Κοζάνης και στο όρος Βέρμιο, υπάρχουν δύο μεγάλες καρστικές περιοχές σχεδόν ανεξάρτητες η μία από την άλλη. Αυτές είναι:

- ❖ Η Βόρεια καρστική ενότητα: Η επιφάνεια του καρστικού ορίζοντα βρίσκεται, στην περιοχή της ενότητας αυτής, στο απόλυτο υψόμετρο των 525m Υ.Ε.Θ.
- ❖ Η Νότια καρστική ενότητα: Η επιφάνεια του καρστικού ορίζοντα, στην περιοχή της ενότητας αυτής, βρίσκεται στα 280m Υ.Ε.Θ.

Τα δύο αυτά κύρια καρστικά υδροφόρα συστήματα, περιέχονται στους ισχυρά καρστικοποιημένους Τριαδικοϊουρασικούς ασβεστολίθους.

Ολόκληρη η καρστική περιοχή απορρέει προς τα Ανατολικά, στην πεδιάδα της Θεσσαλονίκης, ακολουθώντας όμως διαφορετικούς δρόμους για κάθε μία από τις δύο παραπάνω ενότητες. Η Βόρεια καρστική ενότητα εκτονώνεται στις μεγάλες πηγές της Νάουσας και του Τριπόταμου, οι οποίες βρίσκονται στην επαφή της ζώνης Αξιού και της Πελαγονικής ζώνης. Η Νότια καρστική ενότητα εκτονώνεται στις πηγές της Νεραΐδας, που βρίσκονται μορφολογικά στα χαμηλά τμήματα της λεκάνης Σερβίων – Κοζάνης, έχοντας ως επίπεδο βάσης τον ποταμό Αλιάκμονα.

Εκτός όμως των δύο κύριων καρστικών συστημάτων, υπάρχουν στην περιοχή μια σειρά από καρστικούς επικρεμάμενους υδροφόρους ορίζοντες, επικείμενους ή γειτνιάζοντες με τους κύριους.

Η επικρεμάμενη καρστική υδροφορία, στη στενή περιοχή της λεκάνης Σαριγκιόλ, είναι κυρίως αποτέλεσμα της ενδιάστρωσης των οφιολίθων μέσα στα συνεκτικά ανθρακικά πετρώματα. Χαρακτηριστικός και σημαντικότερος είναι ο επικρεμάμενος υδροφορέας του Μαυροδενδρίου, στα ΝΔ της λεκάνης Σαριγκιόλ.

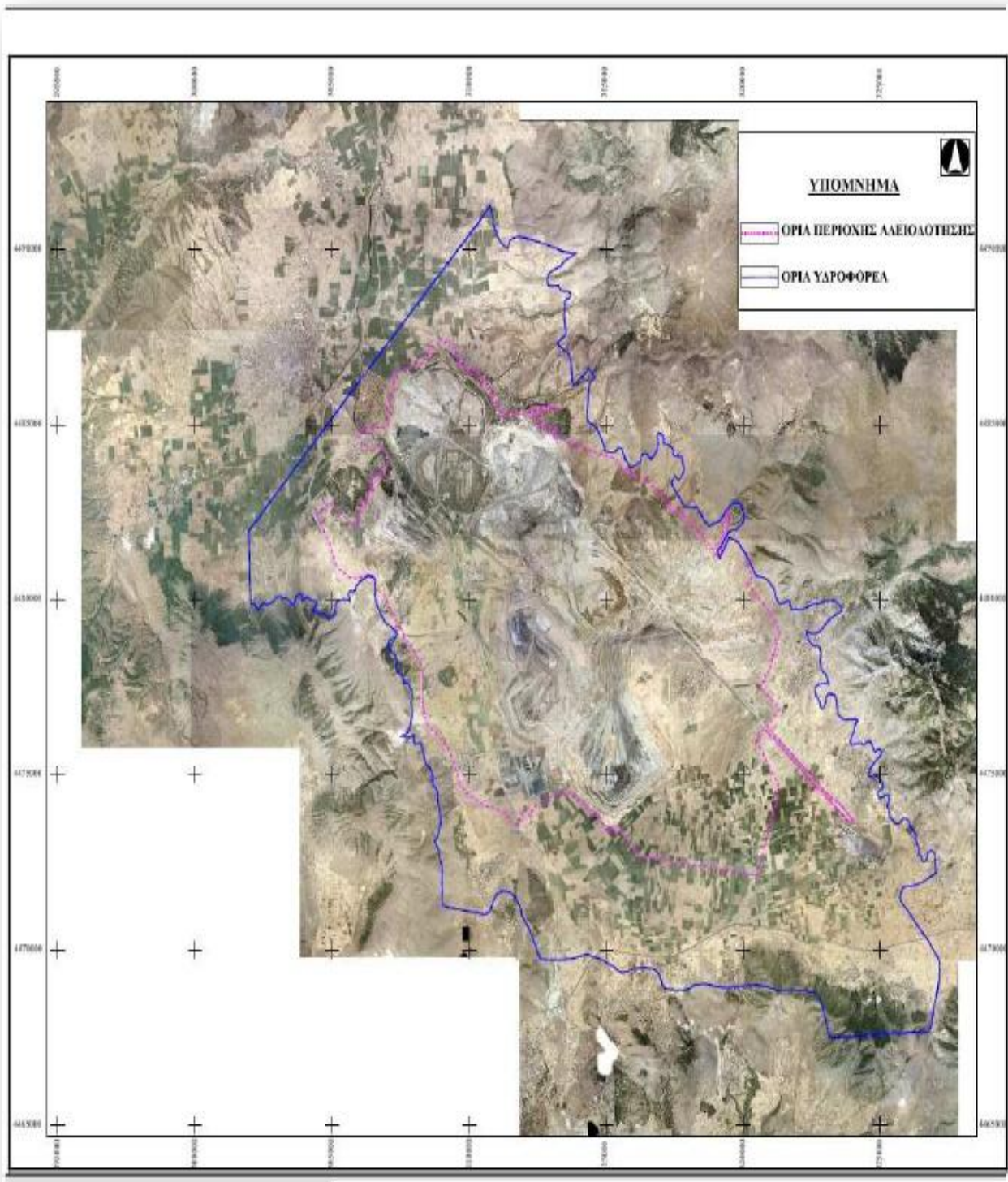
4.3.2.2. ΠΗΓΕΣ.

Γενικώς η Νότια καρστική ενότητα χαρακτηρίζεται από ετερογένεια, περίπλοκες συνθήκες απορροής και μεγάλες διαφορές στα υψόμετρα σε σχέση με την ομοιόμορφα ανεπτυγμένη Βόρεια ενότητα. Όμως είναι αξιοσημείωτο ότι η περιφερειακή τοποθέτηση των καρστικών υδροφορέων και η πιεζομετρία τους δείχνει κάποια υδραυλική σχέση του ενός με το άλλο.

Η Νότια καρστική ενότητα και συνεπώς το μεγαλύτερο τμήμα του νότιου και νοτιοδυτικού Βερμίου εκφορτίζεται στις πηγές της Νεράιδας, που βρίσκονται στο απόλυτο υψόμετρο των 250m Υ.Ε.Θ. περίπου. Η ομάδα των πηγών του Τριπόταμου, που βρίσκονται στο απόλυτο υψόμετρο των 430m Υ.Ε.Θ. περίπου, αντιπροσωπεύει μια δεύτερη, ασθενέστερη εκφόρτιση του Νοτίου κύριου καρστικού υδροφορέα.

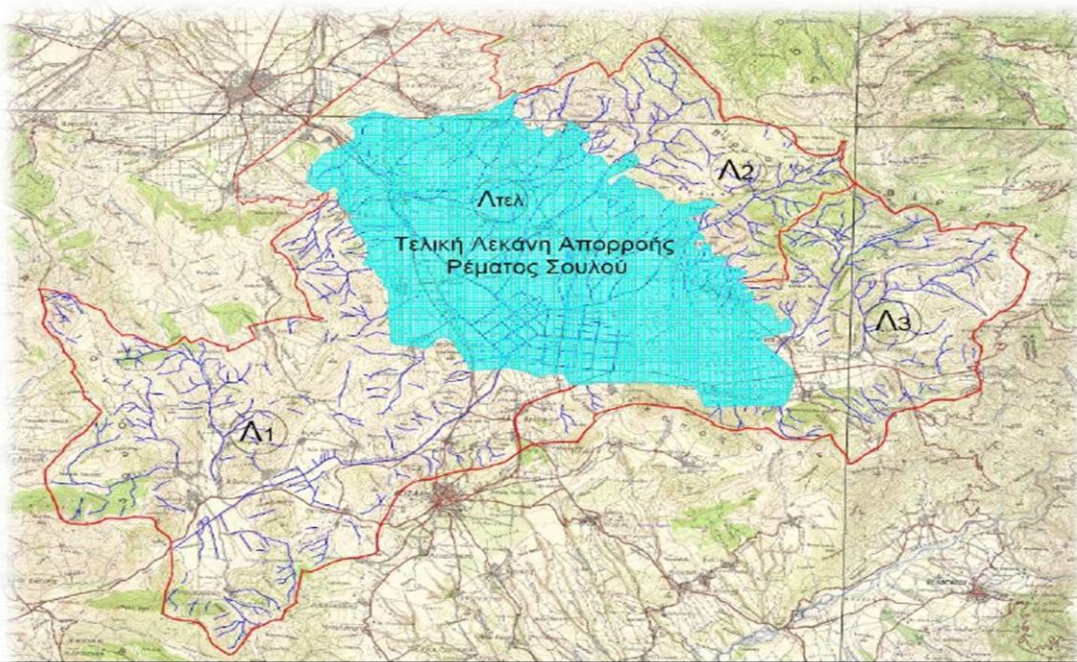
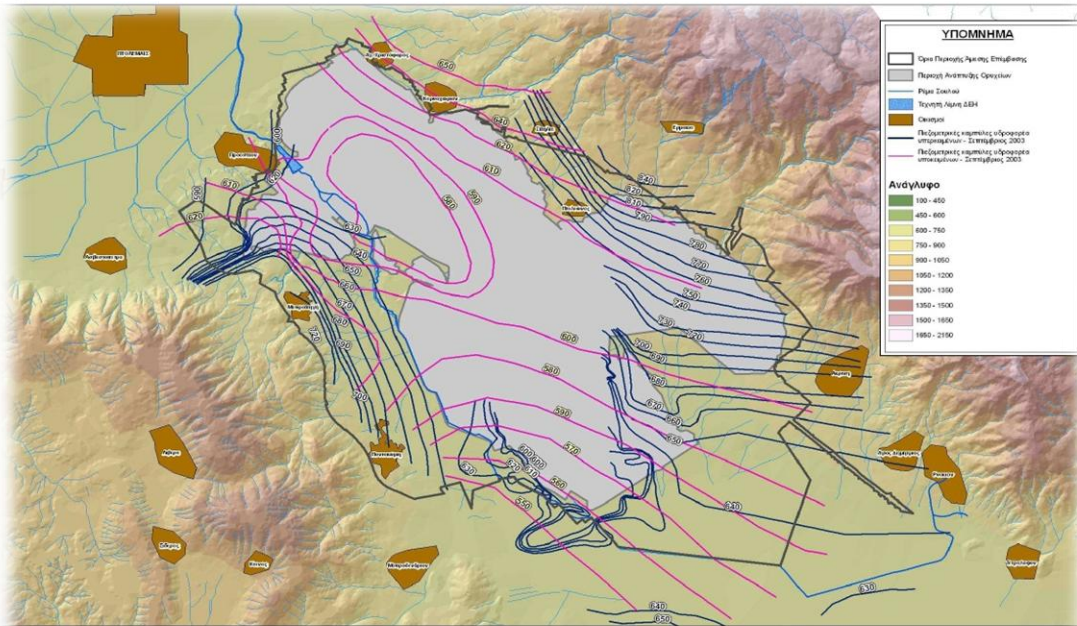
Οι πηγές της Νεράιδας βρίσκονται στην επαφή των Τριαδικοϊουρασικών ασβετολίθων και του Παλαιοζωικού υποβάθρου στην κεντρική περιοχή της Πελαγονικής ζώνης.

Σύμφωνα με την έκταση των υδρολογικών λεκανών οι μεγαλύτερες ποσότητες απορροής θα πρέπει να αναμένονται στην περιοχή των πηγών της Νεράιδας. Η πλειονότητα των υπολοίπων πηγών της περιοχής εκδηλώνεται στην επαφή του φλύσχη με τους υπερκείμενους σε αυτόν ασβεστολίθους. Μερικές πηγές εμφανίζονται επίσης στην περιοχή των οφιολίθων. Σε αντίθεση με τις προαναφερθείσες μεγάλες πηγές, οι εσωτερικές αυτές πηγές χαρακτηρίζονται από χαμηλές παροχές. Η περιοχή των χαλαρών ιζημάτων στερείται πηγών με μοναδική εξαίρεση την πηγή του χωριού Πτελεών.



*Εικόνα 4.3.1: Όρια υδροφορέα.
Πηγή: Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Ορυχείων Πτολεμαΐδας.*

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ & ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ.
ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ.



Εικόνες 4.3.2 και 4.3.3 :Πιεζομετρικοί χάρτες υποκείμενου και υπερκείμενου υδροφορέων, το Σεπτέμβριο του 2003-Οριοθέτηση λεκάνης απορροής Σουλίου.
Πηγή: Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Ορυχείων Πτολεμαΐδας.

4.3.3 ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΟΡΡΟΗΣ.

Από πιεζομετρικές παρατηρήσεις και τους χάρτες ιδροϊσουψών που κατασκευάστηκαν, εξήχθησαν τα κάτωθι συμπεράσματα.

Δεν υπάρχει καμία σχέση μεταξύ των καρστικών νερών των ορεινών περιθωρίων της λεκάνης και του υπόγειου νερού των υδροφορέων των χαλαρών ιζημάτων της. Η βασική κατεύθυνση της ροής του υπόγειου νερού μέσα στη λεκάνη των χαλαρών ιζημάτων του Νότιου Πεδίου είναι ΒΑ προς ΝΔ.

4.4 ΥΔΡΟΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ.

Από την επεξεργασία των μετεωρολογικών και υδρολογικών δεδομένων της λεκάνης Σαριγκιόλ καταλήγουμε στα ακόλουθα συμπεράσματα:

- ❖ Το μέσο ετήσιο ύψος ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στην περιοχή των χαλαρών ιζημάτων της λεκάνης ανέρχεται σε 608 mm. Η μέση ετήσια θερμοκρασία αέρος στην περιοχή είναι 12,3 °C.
- ❖ Το κλίμα χαρακτηρίζεται ενδιάμεσο μεταξύ Μεσογειακού και Κεντροευρωπαϊκού κλίματος.
- ❖ Η ετήσια δυναμική εξατμισοδιαπνοή υπολογίσθηκε με την μέθοδο Thornwaite σε 631mm και με την μέθοδο Haude σε 606mm. Μεταξύ των δύο μεθόδων προτιμήθηκε αυτή του Thornwaite, γιατί κατά την εφαρμογή του τύπου του Haude χρησιμοποιήθηκαν οι αντίστοιχοι συντελεστές τους οποίους ο Haude καθιέρωσε αποκλειστικά για το Κεντροευρωπαϊκό κλίμα.

Οι επιφανειακές απορροές των ορεινών περιοχών προς την υδρογεωλογική λεκάνη θεωρήθηκαν αμελητέες και συνεπώς η πλευρική τροφοδοσία των χαλαρών σχηματισμών από τις απορροές αυτές ασήμαντη. Η απορροή του ρέματος Σουλού στηρίζεται κατά 82% στην απορροή του υπόγειου νερού προς το ρέμα αυτό. Ο μέσος όρος ολικής ετήσιας απορροής του ρέματος στη θέση Γέφυρα – Λιπτόλ είναι $12,647 \cdot 10^6 \text{ m}^3$.

Για τον υπολογισμό της πραγματικής εξατμισοδιαπνοής χρησιμοποιήθηκε το υδρολογικό μοντέλο με βάση τον τύπο του Thornwaite, γιατί εξασφαλίζεται αυτόματα το ισοζύγιο ύδατος. Έτσι η μέση ετήσια πραγματική εξατμισοδιαπνοή υπολογίστηκε στα 434 mm.

Η κατείδυση με βάση το ίδιο μοντέλο υπολογίστηκε σε 93 mm και συνεπώς η μέση ετήσια ανανέωση των αποθεμάτων υπογείου νερού υπολογίστηκε σε $20,236 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ ($217,6 \text{ km}^2$ εξάπλωσης χαλαρών ιζημάτων).

4.5 ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ.

Από την υδροχημική έρευνα προκύπτει ότι:

- ❖ Δεν υπάρχει καμία σχέση μεταξύ των καρστικών νερών των ορεινών περιθωρίων της λεκάνης και του υπόγειου νερού των υδροφορέων των Νεογενών και Τεταρτογενών ιζημάτων της λεκάνης, αφού τα νερά αυτά έχουν τελείως διαφορετική σύσταση. Το γεγονός αυτό της διαφοροποίησης του χημισμού των καρστικών και των νερών των χαλαρών ιζημάτων ισχύει για όλα τα καρστικά νερά, δηλαδή και για τα νερά του βαθιού καρστικού υδροφόρου συστήματος και για τα νερά των επικρεμάμενων καρστικών υδροφόρων.
- ❖ Όσον αφορά τον βαθύ καρστικό υδροφόρο ορίζοντα η διαφοροποίηση του από τους τεταρτογενείς υδροφόρους έγκειται στον διαφορετικό λόγο του rMg/rCa και συγκεκριμένα στην υψηλή περιεκτικότητά του σε Mg. Η περιοχή τροφοδοσίας της λεκάνης των Νεογενών και Τεταρτογενών ιζημάτων που χαρακτηρίζεται από χαμηλή Alk, Mg, Na, Ca, E.C. περιορίζεται στην ΒΑ περίμετρο της λεκάνης Σαριγκιόλ. Έτσι αποκλείεται οποιαδήποτε υπόγεια εισροή καρστικού νερού στα χαλαρά ιζήματα της λεκάνης.
- ❖ Η περιοχή τροφοδοσίας των υδροφόρων των χαλαρών ιζημάτων της λεκάνης Σαριγκιόλ είναι κυρίως τα κροκαλοπαγή της ΒΑ περιμέτρου της λεκάνης, χωρίς όμως αυτό να σημαίνει ότι δεν υπάρχει κατείδυση και τροφοδοσία σ' όλη την επιφάνεια των Τεταρτογενών αφού ο δείκτης αφού ο δείκτης $(\text{K+Na})/(\text{Ca+Mg})$ είναι μικρότερος της μονάδας. Επίσης η βασική κατεύθυνση ροής του υπόγειου νερού μέσα στους υδροφορείς των χαλαρών ιζημάτων είναι ΒΑ – ΝΔ και το πλέον κατάντη τμήμα της ροής βρίσκεται Νοτιοδυτικά του κεντρικού τμήματος της λεκάνης.

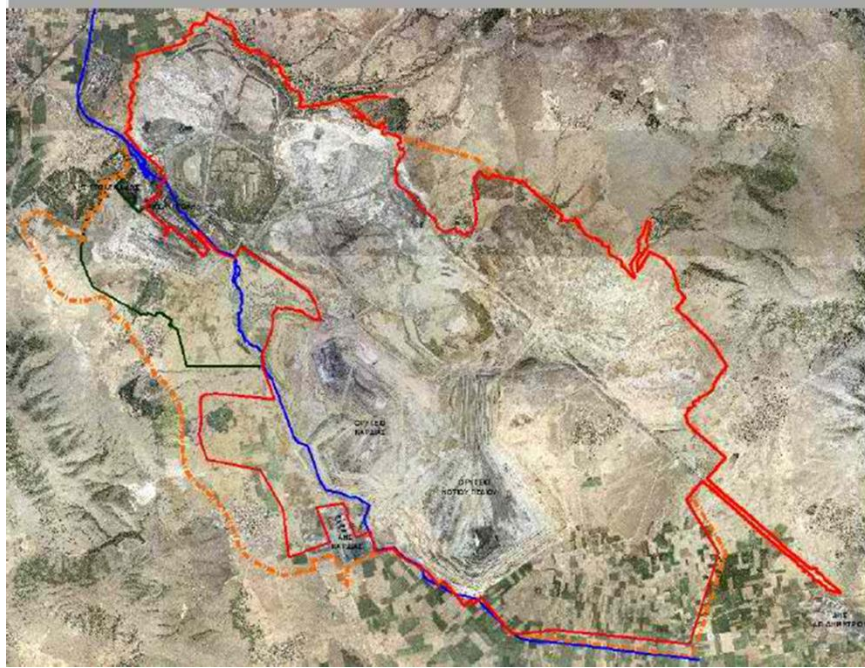
- ❖ Είναι φανερή η τροφοδοσία του ρέματος Σουλού από τους υπόγειους υδατοταμιευτήρες του Σαριγκιόλ. Αυτό αποδεικνύεται από το γεγονός ότι ο τύπος του νερού του Σουλού σε κάθε θέση είναι ίδιος με του γειτονικού υπόγειου νερού. Έτσι στο Νότιο τμήμα του Νότιου Πεδίου ο τύπος είναι Ca-Mg-HCO_3 , ενώ στο Βόρειο τμήμα του, προς τον Κόμανο, είναι καθαρά Ca-HCO_3 .
- ❖ Επίσης είναι φανερή η αποστράγγιση των υπόγειων υδατοταμιευτήρων του Νότιου Λιγνιτικού Πεδίου μέσα στην εκσκαφή, αφού η σύσταση του δείγματος του αντλιοστασίου του ορυχείου μοιάζει με τα υπόγεια νερά της περιοχής.
- ❖ Τα νερά της περιοχής είναι κατάλληλα προς άρδευση και μεγάλο μέρος τους και για ύδρευση.

4.6. ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΙΣ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΕΣ ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗΣ

Οι επιφανειακές εκμεταλλεύσεις των λιγνιτικών κοιτασμάτων επιφέρουν σημαντικές διακινήσεις μαζών και αναπόφευκτα, επηρεάζουν το υδατικό καθεστώς της περιοχής τόσο στο επίπεδο των επιφανειακών όσο και των υπόγειων νερών κατά τη διάρκεια λειτουργίας των ορυχείων. Το πρόβλημα επιτείνεται όταν, για την προστασία των έργων εξόρυξης, κρίνεται απαραίτητη η αποστράγγιση των ορυχείων, δηλαδή ο υποβιβασμός της πιεζομετρικής επιφάνειας των υδροφόρων οριζόντων με αποτέλεσμα να επηρεάζεται το υδατικό καθεστώς σε έκταση μεγαλύτερη από αυτήν όπου αναπτύσσονται οι σχετικές εργασίες (σε μια ζώνη επιρροής περίπου 500m από το όριο εκσκαφής). Στοιχείο της λειτουργίας των ορυχείων που μπορεί δυνητικά να επηρεάσει επίσης το υδατικό περιβάλλον της περιοχής, συνιστούν οι αποθέσεις αγόνων που δημιουργούνται εντός των κοιλοτήτων των εξοφλημένων περιοχών και σε εξωτερικές αποθέσεις.

Το υπόγειο νερό εισερχόμενο μέσα στην εκσκαφή επιβαρύνεται με διαφόρους ρύπους (λιπαντικά, καθαριστικά, κλπ) και καθίσταται μη πόσιμο. Αντιθέτως το υπόγειο νερό της γύρω από την εκσκαφή περιοχής είναι καλής ποιότητας και κατάλληλο για ύδρευση. Άλλωστε ο Δήμος Κοζάνης υδρεύεται από τις περιφερειακές του ορυχείου γεωτρήσεις προστασίας.

Εάν λάβει κανείς υπόψη του την φυσική αποστράγγιση των υδροφορέων μέσα στο ορυχείο και τα ποσά των αντλήσεων που γίνονται για την προστασία της εκσκαφής (περί τα $5 \cdot 10^6$ m³/έτος), όπως επίσης και τα ποσά που αντλούνται από το έλος Σαριγκιόλ για ύδρευση και άρδευση (περί τα $12 \cdot 10^6$ m³/έτος), βλέπουμε ότι η υδροοικονομία της λεκάνης είναι σχεδόν στο όριο εκμετάλλευσης των ανανεούμενων αποθεμάτων.



*Εικόνα 4.6.1: Δορυφορική εικόνα των ορυχείων της περιοχής.
Πηγή: Google Earth.*

Για την δεκαετία 1990 – 2000 προβλέπονταν χειροτέρευση της υδροοικονομίας καθόσον η προέκταση της εκσκαφής θα δημιουργούσε αποστραγγιστικές ανάγκες της τάξης των 71000 m³/ημέρα, δηλαδή 25,9*10⁶ m³/έτος. Η αποστραγγιστική αυτή διαδικασία θα είχε σαν αποτέλεσμα την πτώση της στάθμης στην περιοχή των αρδευτικών γεωτρήσεων και συνεπώς την μείωση της παροχής τους.

Βεβαίως τα νερά που αντλούνται από τις αποστραγγιστικές γεωτρήσεις πληρούν τις προϋποθέσεις για να καλύψουν υδρευτικές και αρδευτικές ανάγκες, πλην όμως η απαγωγή τους από το γεωλογικό περιβάλλον θα έχει άμεση συνέπεια στα αποθέματα της λεκάνης που με δυσκολία αναπληρώνονται.

Όσον αφορά το ρέμα του Σουλού η γενική πτώση της στάθμης, λόγω της αποστράγγισης θα δημιουργήσει μια αναστροφή της υπόγειας ροής. Έτσι το ρέμα Σουλού θα τροφοδοτεί τον υδροφορέα με αργούς ρυθμούς μέσω της διήθησης του νερού από τον ημιπερατό πυθμένα του. Το νερό που θα μεταφέρει το ρέμα Σουλού θα είναι κατά πολύ λιγότερο από σήμερα, λόγω της μη τροφοδοσίας του πλέον από τους υδροφορείς της λεκάνης και κατά πολύ περισσότερο

μολυσμένο, λόγω της απόρριψης σ' αυτό των νερών του ορυχείου και των αποβλήτων του Α.Η.Σ. της περιοχής. Συνεπώς αποτελεί μια πηγή ρύπανσης των υπόγειων νερών.

Το νερό του Σουλού στην περιοχή του Νότιου Πεδίου είναι ήδη επιβαρυνμένο σε ρύπους, έχει χαμηλό διαλελυμένο οξυγόνο (D.O.), υψηλά SO_4^- , υψηλότερη συγκέντρωση NH_4^+ και Mn. Συνεπώς είναι ακατάλληλο προς ύδρευση. Η προηγουμένως περιγραφείσα αντιστροφή της υπόγειας ροής θα έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της δυνατής παροχής άρδευσης, αλλά και την υπερβολική ρύπανση του νερού του Σουλού (αύξηση των ολικών διαλελυμένων στερεών, του δείκτη S.A.R. κ.λ.π.), που ενδεχομένως θα τον καταστήσουν ακατάλληλο και προς άρδευση.

Η σωστή ποσοτική και ποιοτική διαχείριση των υπογείων νερών είναι η καλύτερη λύση για την αντιμετώπιση των προβλημάτων αυτών.

Το πρόβλημα της διαχείρισης είναι ένα επιπλέον θέμα προς διερεύνηση καθόσον στην περιοχή εμπλέκονται όλες σχεδόν οι χρήσεις (ύδρευση, άρδευση, βιομηχανία) με διάφορες ποσοτικές και ποιοτικές απαιτήσεις.

Σύμφωνα με τα υδρογεωλογικά χαρακτηριστικά της περιοχής των Ορυχείων Πτολεμαΐδας, στα χαλαρά ιζήματα, αναπτύσσονται δύο υδροφορείς. Ο υδροφορέας υπερκειμένων που είναι ελεύθερος και αναπτύσσεται στους υπερκειμένους του λιγνίτη σχηματισμούς και ο υδροφορέας υποκειμένων, που τελεί υπό πίεση και αναπτύσσεται στους υποκειμένους σχηματισμούς.

Ο υδροφορέας υπερκειμένων δεν αναπτύσσεται σε όλη την έκταση της λεκάνης διότι, τεκτονικά αίτια και διάβρωση είχαν ως αποτέλεσμα την περιορισμένη ανάπτυξή του βόρεια του Νοτίου Πεδίου. Ο υδροφορέας παρουσιάζει σημαντική ανάπτυξη στη περιοχή της λεκάνης Σαριγκιόλ, δηλαδή στην περιοχή ανάπτυξης του Νοτίου Πεδίου, καθώς και σε μία έκταση, στην περιοχή του Ορυχείου Μαυροπηγής, η οποία καλύπτεται από τα κροκαλοπαγή Προαστίου τα οποία παρουσιάζουν πλούσια υδροφορία. Στην ευρύτερη περιοχή του Ορυχείου Νότιου Πεδίου συγκεντρώνεται περίπου το 81,3% των αποθεμάτων του υδροφορέα υπερκειμένων. Στις περιοχές αυτές ο εν λόγω υδροφορέας υφίσταται αποστράγγιση, προκειμένου να ταπεινωθεί η πιεζομετρική του επιφάνεια, πριν από την απομάκρυνση των υπερκειμένων (εντός των οποίων αναπτύσσεται) για την αποκάλυψη του λιγνιτικού κοιτάσματος και ως εκ τούτου επηρεάζεται το υδατικό καθεστώς. Σημειώνεται ότι τα εξορυσσόμενα άγονα εναποτίθενται στις

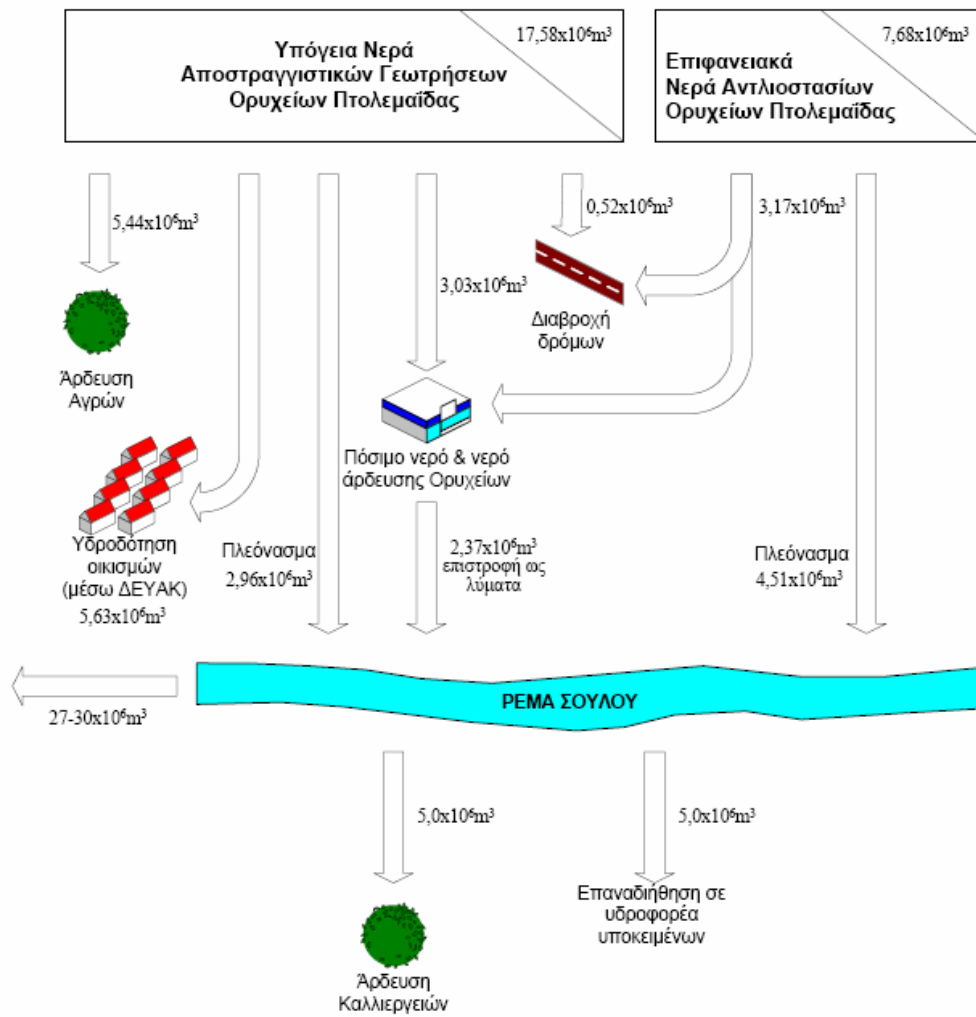
δημιουργούμενες κοιλότητες των εξοφλημένων ορυχείων, δημιουργώντας έτσι συνθήκες ανάλογης ή και χαμηλότερης διαπερατότητας.

Ο υδροφορέας υποκειμένων, καθώς βρίσκεται κάτω από ένα σημαντικό πάχος στρώμα αδιαπέρατης μάργας το οποίο υπόκειται του λιγνίτη, δεν επηρεάζει, με κανένα τρόπο, την εκμετάλλευση και δεν τίθεται ζήτημα αποστράγγισής του. Ωστόσο, σε ένα τμήμα του, στην περιοχή του Βιομηχανικού Συγκροτήματος ΒΔ του Κυρίου Πεδίου, ο υδροφορέας υποκειμένων, συνεπεία τεκτονικών και άλλων αιτιών, βρίσκεται σε μικρό σχετικά βάθος από την επιφάνεια.

Στην περιοχή αυτή, υπόγεια νερά που αντλούνται από ένα μικρό αριθμό γεωτρήσεων καλύπτουν τις ανάγκες του Βιομηχανικού Συγκροτήματος, καθώς και τις ανάγκες σε νερό διαβροχής εργοταξιακών δρόμων στην περιοχή του ορυχείου Μαυροπηγής. Εντούτοις οι εν λόγω ανάγκες είναι πολύ περιορισμένες και σημαντικά χαμηλότερες από τα ετησίως ανανεούμενα αποθέματα του υδροφορέα.

Οι δυνητικές επιπτώσεις από τη λειτουργία των ορυχείων στους υδατικούς πόρους, εξετάζονται για τα επιφανειακά και υπόγεια νερά, αλλά και συνολικά. Οι επιμέρους θεωρήσεις εμπεριέχουν τόσο την ποσοτική έννοια όσο και την ποιοτική, δίνοντας μια ολοκληρωμένη εικόνα των δυνητικών επιπτώσεων στα υδατικά συστήματα της περιοχής. Όσον αφορά τα επιφανειακά νερά, η εκτίμηση των δυνητικών επιπτώσεων εστιάζεται στο ρέμα Σουλού, που αφενός αποτελεί τον τελικό αποδέκτη των αντλούμενων επιφανειακών και υπόγειων νερών των ορυχείων, και αφετέρου αποτελεί μια από τις βασικές πηγές άρδευσης για την ευρύτερη περιοχή μελέτης. Όσον αφορά τα υπόγεια ύδατα, η εκτίμηση των δυνητικών επιπτώσεων εστιάζεται στον υδροφορέα υπερκειμένων που αναπτύσσεται κυρίως στην περιοχή του Νότιου Πεδίου και ο οποίος αποτελεί και το βασικό υδροφόρο ορίζοντα υδρομάστευσης για τις διάφορες χρήσεις της υδρολογικής λεκάνης, τόσο από τα Ορυχεία Πτολεμαΐδας όσο και από τις άλλες χρήσεις της περιοχής (ύδρευση, άρδευση).

Στην Εικόνα 4.6.2 φαίνεται σχηματικά η διαχείριση υδατικών πόρων από τα Ορυχεία Πτολεμαΐδας, κατά την τριετία 2006-2008.



Εικόνα 4.6.2: Διαχείριση υδατικών πόρων στα Ορυχεία της Πτολεμαΐδας.

Πηγή: Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Ορυχείων Πτολεμαΐδας.

4.6.1 ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΟ ΥΔΑΤΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ ΣΤΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΑ ΝΕΡΑ.

4.6.1.1 ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.

Το δυναμικό της υδρολογικής λεκάνης Σαριγκιόλ (στην οποία αναπτύσσεται το μεγαλύτερο μέρος της εξορυκτικής δραστηριότητας των Ορυχείων Πτολεμαΐδας) είναι φτωχό σε επιφανειακά νερά, καθώς στο μεγαλύτερο μέρος της καλύπτεται από έντονα καρστικοποιημένα ανθρακικά πετρώματα, τα οποία δεν ευνοούν την επιφανειακή απορροή. Τα νερά που απορρέουν επιφανειακά συγκεντρώνονται στο ρέμα Σουλού που εκβάλλει στη λίμνη Βεγορίτιδα.

Από την ανάλυση του υδατικού ισοζυγίου προέκυψε ότι, με τις παρούσες συνθήκες, η παροχή, τα ποσοτικά δηλ. χαρακτηριστικά, του ρέματος Σουλού, το οποίο αποστραγγίζει τη λεκάνη, επηρεάζεται θετικά από τις δραστηριότητες της ΔΕΗ. Οι δραστηριότητες αυτές συνίστανται είτε στην εισαγωγή νερού από γειτονική υδρολογική λεκάνη (Λίμνη Πολυφύτου), μέσω των εγκαταστάσεων των λιγνιτικών ΑΗΣ, είτε στην άντληση επιφανειακών και υπόγειων νερών για την προστασία των ορυχείων και τη διάθεση της πλεονάζουσας ποσότητας στο ρέμα Σουλού.

Ειδικότερα όσον αφορά τις δραστηριότητες της ΔΕΗ Α.Ε. στην περιοχή αναφέρεται:

- ❖ Από τη γειτονική λεκάνη του ποταμού Αλιάκμονα και συγκεκριμένα από τη λίμνη του Πολυφύτου εισέρχονται στην εξεταζόμενη λεκάνη κάθε χρόνο περί τα $50 \times 10^6 \text{ m}^3$ νερού από τα οποία το ένα τέταρτο περίπου, δηλαδή περί τα $13\text{-}15 \times 10^6 \text{ m}^3$ καταλήγουν στο ρέμα Σουλού μετά την αξιοποίησή τους ως νερό ψύξης στους ΑΗΣ Αγ. Δημητρίου και Καρδιάς.
- ❖ Για την ασφαλή λειτουργία του Νοτίου Πεδίου και του Πεδίου Καρδιάς αντλούνται από τον υδροφόρα υπερεκτετασμένων σημαντικές ποσότητες υπογείων νερών. τα αντληθέντα υπόγεια νερά την τελευταία τριετία (2006-2008) ανήλθαν κατά μέσο όρο ετησίως σε $17,58 \times 10^6 \text{ m}^3$, η αντίστοιχη πρόβλεψη σύμφωνα με τον Λουλούδη (1992) ήταν $25,9 \times 10^6 \text{ m}^3$. Τα νερά αυτά, η ποσότητα των οποίων εξαρτάται από το βαθμό εξέλιξης των εργασιών, μετά την αξιοποίηση μέρους τους για τις ανάγκες των Ορυχείων Πτολεμαΐδας και την κάλυψη αναγκών της τοπικής κοινωνίας (ύδρευση – άρδευση, μέσω της ΔΕΥΑ Κοζάνης), διατίθενται στο ρέμα Σουλού χωρίς να υποβαθμίζεται η ποιότητά τους από τις εργασίες εξόρυξης. Για την τελευταία τριετία (2006-2008), η ποσότητα των νερών από τις αποστραγγιστικές γεωτρήσεις που οδηγείται στο ρέμα Σουλού ανέρχεται σε περίπου $2,96 \times 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως (μέσος όρος).

- ❖ Στο ρέμα Σουλού καταλήγει ένα σημαντικό τμήμα των επιφανειακών νερών των αντλιοστασίων των ορυχείων, την τελευταία τριετία ανήλθε σε ένα ποσοστό περίπου 59% ($4,51 \times 10^6 \text{m}^3$ σε σύνολο $7,68 \times 10^6 \text{m}^3$ κατά μέσο όρο ετησίως). Η κατανάλωση επιφανειακών νερών από τα ορυχεία ανέρχεται σε $3,17 \times 10^6 \text{m}^3$.
- ❖ Μετά το πέρας των εργασιών στα Ορυχεία Πτολεμαΐδας, η επιφανειακή απορροή του ρέματος Σουλού, που πρόκειται για αποστραγγιστικό έργο, θα περιορισθεί στις επιφανειακές απορροές της ανάντη περιοχής.

Στην υφιστάμενη κατάσταση, η απορροή του ρέματος Σουλού στην έξοδο της λεκάνης είναι περίπου $30 \times 10^6 \text{m}^3$ (στοιχεία 2006-2008). Σημειώνεται ότι από την κοίτη του ρέματος διαφεύγουν με διήθηση, προς τον υπόγειο υδροφορέα περίπου $5 \times 10^6 \text{m}^3$ νερού και άλλα τόσα αντλούνται απευθείας από την κοίτη του και διατίθενται για άρδευση. Όπως έχει ήδη αναφερθεί πριν από την κατασκευή του ρέματος Σουλού, η υδρολογική λεκάνη Σαριγκιόλ ήταν κλειστή και οι απορροές της σχημάτιζαν έλος, στο κέντρο της λεκάνης.

Αναλύοντας το υδατικό ισοζύγιο, γίνεται αντιληπτό ότι η καθαρή ποσότητα που προστίθεται στους υδατικούς πόρους της λεκάνης απορροής του ρέματος Σουλού, λόγω της σημερινής λειτουργίας των Ορυχείων Πτολεμαΐδας, ανέρχεται σε περίπου $13-15 \times 10^6 \text{m}^3$ ετησίως, με την καθαρή κατανάλωση να ανέρχεται σε μόλις $3,17 \times 10^6 \text{m}^3$.

Σημειώνεται επίσης ότι οι ανάγκες ανάπτυξης του Ορυχείου Νοτιοδυτικού Πεδίου – Υψηλάντη προς τα νοτιοδυτικά επιβάλλουν την εκτροπή, προσωρινή και τελική 2010-2012, της κοίτης του ρέματος Σουλού.

Επίσης, τα έργα διευθέτησης των υδατορευμάτων που βρίσκονται εντός ζώνης πλάτους διακοσίων μέτρων (200 m) παράλληλα και εκτός του νέου ορίου επέμβασης των ορυχείων, συμβάλλουν στην ανεμπόδιστη παροχέτευση των ομβρίων νερών της περιοχής προς το ρέμα Σουλού. Τα έργα διευθέτησης περιλαμβάνουν περιμετρικές τάφρους με τελικό αποδέκτη το Σουλού, είτε σημεία εγκλωβισμού των ομβρίων υδάτων απ' όπου προτείνεται η άντληση και διοχέτευσή τους στο ρέμα Σουλού, καθώς στις περιοχές αυτές δεν είναι δυνατόν να προταθούν τάφροι εκτροπής. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίζεται η διατήρηση της ποσότητας των επιφανειακών νερών του ρέματος Σουλού και η αποφυγή της λίμνασης ομβρίων νερών εντός της ζώνης των 200m των ορυχείων, όπως αναφέρθηκε ανωτέρω.

Σημειώνεται ότι μετά την ολοκλήρωση των έργων εκμετάλλευσης των Ορυχείων Πτολεμαΐδας θα δημιουργηθούν τρεις (3) λίμνες στις τελικές κοιλότητες των εκσκαφών, ο πυθμένας των οποίων είναι αδιαπέρατος. Οι λίμνες αναμένεται να κατακλυστούν εν μέρει από νερά που θα προέρχονται από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα, τις επιφανειακές απορροές και πλευρικά από τον υπόγειο υδροφορέα υπερκειμένων της περιοχής, ο οποίος αναπτύσσεται εντός του φυσικού εδάφους και των αποθέσεων, μετά την παύση των αντλήσεων. Λόγω της μορφολογίας και της σύστασης συναποτιθέμενων αγόνων-τέφρας, ο συντελεστής απορροής στις περιοχές των αποθέσεων θα είναι μεγαλύτερος του μέσου συντελεστή απορροής της λεκάνης και εκτιμάται σε ~30% και οι επιφανειακές απορροές θα διευθετούνται προς τις τελικές εκσκαφές. Η επίτευξη της δημιουργίας των λιμνών τεκμηριώνεται και από την εμπειρία της ΔΕΗ στην περιοχή του Κλειδιού Φλώρινας, όπου σε περιοχή όπου δεν υπήρχε υπόγειος υδροφορέας δημιουργήθηκε λίμνη τρία (3) χρόνια μετά την παύση της εξορυκτικής δραστηριότητας, λόγω του αυξημένου συντελεστή απορροής των αποθέσεων.

4.6.1.2 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.

Για την αξιολόγηση των επιπτώσεων της εξορυκτικής δραστηριότητας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των επιφανειακών νερών, γίνεται αντιληπτό ότι από την έως τώρα δραστηριότητα των Ορυχείων Πτολεμαΐδας δεν έχει επηρεαστεί η ποιότητα των νερών του ρέματος Σουλού, τα ποιοτικά τους χαρακτηριστικά τηρούν σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις τα όρια της ΚΥΑ 15782/1849/25.06.2001 και της ΚΥΑ 5673/400/14.03.1997.

Όσον αφορά τις συγκεντρώσεις Βορίου (B) και Σεληνίου (Se) στις οποίες παρατηρούνται υπερβάσεις των σχετικών ορίων, σημειώνεται ότι τα στοιχεία αυτά δεν προκύπτουν από τις δραστηριότητες των Ορυχείων Πτολεμαΐδας και συνδέονται με τα γεωχημικά χαρακτηριστικά της περιοχής. Αντίθετα, οι αυξημένες συγκεντρώσεις ολικού φωσφόρου (TP) στα επιφανειακά νερά του ρέματος Σουλού, μπορεί εν μέρει να οφείλονται στις συγκεντρώσεις των επεξεργασμένων υγρών αποβλήτων από τις Ε.Ε.Λ., οι οποίες δεν διαθέτουν διατάξεις/συστήματα βιολογικής ή φυσικοχημικής απομάκρυνσης φωσφόρου.

4.6.1.3 ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΑ ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΝΕΡΩΝ.

Συνοψίζοντας, οι επιπτώσεις από την εκμετάλλευση των λιγνιτικών κοιτασμάτων των Ορυχείων Πτολεμαΐδας στα επιφανειακά νερά της περιοχής σήμερα έχουν ως εξής:

- ❖ Αύξηση παροχής και διατήρηση οικολογικής παροχής του Σουλού, καθώς χωρίς τις εισροές στο ρέμα Σουλού από τα νερά ψύξης των ΑΗΣ (~13-15x10⁶m³ ετησίως), τα νερά αποστράγγισης, με την ευρεία έννοια, των Ορυχείων (συνολικά 2,96+4,51=7,47x10⁶m³ ετησίως) και τα επεξεργασμένα λύματα (2,37x10⁶m³ ετησίως) των Ε.Ε.Λ., οι απορροές του ρέματος, ανέρχονται σε ~27-30x10⁶m³ ετησίως θα μειώνονταν σημαντικά. Με τον τρόπο αυτό, εξασφαλίζεται η διατήρηση της οικολογικής παροχής του ρέματος και η διατήρηση του κατάντη οικοσυστήματος, κατά την περίοδο χαμηλών υδάτων και εντατικών αρδεύσεων.

Σημειώνεται ότι η λειτουργία των ΑΗΣ και η δραστηριότητα των αποστραγγιστικών υδρογεωτρήσεων και των αντλιοστασίων των ορυχείων είναι συνεχείς διαδικασίες και, ως αποτέλεσμα, η διάθεση των νερών στο ρέμα Σουλού δεν εμφανίζει σημαντικές διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του έτους.

- ❖ Βελτίωση του υδατικού ισοζυγίου της υδρολογικής λεκάνης, καθώς τα νερά της περιοχής εμπλουτίζονται με το νερό από τους πύργους ψύξης των λιγνιτικών ΑΗΣ της περιοχής που τροφοδοτούνται από το φράγμα Πολυφύτου, που ανήκει στην υδρολογική λεκάνη του ποταμού Αλιάκμονα (~50x10⁶m³ ετησίως, εκ των οποίων περίπου τα 13-15x10⁶m³ εισέρχονται στην υδρολογική λεκάνη απορροής των Ορυχείων Πτολεμαΐδας).
- ❖ Βελτίωση της ποιότητας των νερών του ρέματος Σουλού και της λίμνης Βεγορίτιδας στην οποία αυτό καταλήγει, λόγω των ποιοτικών χαρακτηριστικών των αντλούμενων υπογείων και επιφανειακών νερών των ορυχείων, καθώς και της προτεινόμενης βελτίωσης των διεργασιών επεξεργασίας των υγρών αποβλήτων στις Ε.Ε.Λ.
- ❖ Διατήρηση της ποσότητας των ομβρίων υδάτων της περιοχής, μέσω των έργων διευθέτησης των υδατορεμάτων σε μία ζώνη πλάτους διακοσίων μέτρων (200m) παράλληλα και εκτός του νέου ορίου επέμβασης των ορυχείων.

- ❖ Δημιουργία τριών λιμνών στις τελικές κοιλάτες των εκσκαφών, μετά την ολοκλήρωση των έργων εκμετάλλευσης των Ορυχείων Πτολεμαΐδας, με τα επακόλουθα θετικά αποτελέσματα που αυτό επιφέρει (βελτίωση ποιότητας νερού, αντιμετώπιση πλημμυρικών φαινομένων, υποβοήθηση (με έμμεσο τρόπο) της επαναπλήρωσης των υπόγειων υδροφορέων, εξασφάλιση νερού άρδευσης κατάλληλης ποιότητας, κ.λπ.).

Συνεπώς, οι συνολικές δυνητικές επιπτώσεις στα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των επιφανειακών νερών της άμεσης περιοχής από τις δραστηριότητες των Ορυχείων Πτολεμαΐδας αναμένεται να είναι ως προς το είδος θετικές, ως προς το μέγεθος σημαντικές, ως προς την έκταση περιφερειακές. Ως προς τη διάρκεια, οι συνολικές δυνητικές επιπτώσεις αναμένεται να είναι παροδικές (βραχυχρόνιες) και ως προς την ανάταξη αναστρέψιμες δεδομένου ότι διακόπτονται μετά την ολοκλήρωση των εργασιών εξόρυξης. Εξαίρεση σε αυτό αποτελούν οι δυνητικές επιπτώσεις από τη δημιουργία των τεχνητών λιμνών στην περιοχή των παλαιών ορυχείων, οι οποίες θα είναι μόνιμες και μη αναστρέψιμες. Η δε συνολική επίπτωση του Έργου στα επιφανειακά νερά της ευρύτερης περιοχής εκτιμάται θετική.

4.6.2 ΥΠΟΓΕΙΑ ΝΕΡΑ.

4.6.2.1 ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.

Εισαγωγικά σημειώνεται ότι, στην ευρύτερη περιοχή των Ορυχείων Πτολεμαΐδας ο υδροφορέας των υπερκειμένων υφίσταται έντονη εκμετάλλευση για πολλαπλές χρήσεις, όπως ύδρευση της πόλης της Κοζάνης, των γειτονικών οικισμών και των Ορυχείων, άρδευση γεωργικών καλλιεργειών και αποστράγγιση για την προστασία των ορυχείων. Οι επιπτώσεις από τις χρήσεις αυτές είναι σημαντικές, ειδικά αν ληφθεί υπόψη ότι το υδατικό ισοζύγιο της άμεσης περιοχής είναι αρνητικό κατά $10 \times 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως. Το ισοζύγιο αυτό είναι αρνητικό ανεξάρτητα από τη δραστηριότητα της ΔΕΗ²⁶. Στις μελέτες αυτές αναφέρεται ότι «Τα νερά που αντλούνται από τη ΔΕΗ για την αποστράγγιση των ορυχείων δεν χρησιμοποιούνται από τη ΔΕΗ...(αυτά) απορρίπτονται στη συνέχεια στο ρέμα Σουλού». Καταγράφεται επίσης ότι ο μεγαλύτερος καταναλωτής – χρήστης νερών είναι οι αρδεύσεις των καλλιεργούμενων εκτάσεων και

²⁶ όπως τεκμηριώνεται από τα Ερευνητικά Προγράμματα «ΕΛΙΜΕΙΑ» (1999) και «Εκτίμηση και διαχείριση υδατικών πόρων λεκάνης Σαριγκιόλ, Ν. Κοζάνης» (1999).

δευτερευόντως η ύδρευση των γειτονικών Δ.Δ. (ενίοτε και της πόλης της Κοζάνης), ενώ σε μικρό ποσοστό συμμετέχει η ίδια κατανάλωση των εγκαταστάσεων των ορυχείων.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, οι επιπτώσεις στα ποσοτικά χαρακτηριστικά του υδροφορέα υπερκειμένων από τη δραστηριότητα στα Ορυχεία Πτολεμαΐδας είναι οι εξής: μείωση της αποθηκευτικής ικανότητας του υδροφορέα υπερκειμένων, λόγω μείωσης της έκτασης που καταλαμβάνει ως αποτέλεσμα της ασκούμενης εξορυκτικής δραστηριότητας. Η αποκάλυψη των κοιτασμάτων απαιτεί την απομάκρυνση των υπερκειμένων του λιγνίτη σχηματισμών, με συνέπεια τη μείωση της έκτασης και του όγκου του υδροφορέα. Επειδή όπως έχει ήδη αναφερθεί, ο υδροφορέας των υπερκειμένων απαντάται κυρίως στην περιοχή του Ορυχείου Νότιου Πεδίου, η αρνητική αυτή επίπτωση δεν αφορά την υπόλοιπη περιοχή των Ορυχείων Πτολεμαΐδας, όπου επίσης έχει αναπτυχθεί εξορυκτική δραστηριότητα και όπου ο υδροφορέας υπερκειμένων ήταν πολύ μικρός σε έκταση και υδροφορία.

Ωστόσο, αξίζει να αναφερθεί ότι τα άγονα υλικά που προκύπτουν, μεταφέρονται και αποτίθενται στις εξοφλημένες περιοχές των ορυχείων και καλύπτουν, σε σημαντικό βαθμό, το κενό που προκαλεί η εξορυκτική δραστηριότητα δημιουργώντας κατάλληλες συνθήκες για τη δημιουργία ενός νέου υδροφορέα με διαφορετικά φυσικά και υδραυλικά χαρακτηριστικά. Σημειώνεται ότι το τμήμα του υδροφορέα που θίγεται είναι περίπου 6.000 στρέμματα (η επιφάνεια της λίμνης που θα δημιουργηθεί στο Ν. Πεδίο στο υψόμετρο +500), έκταση που συνιστά ένα πολύ μικρό ποσοστό (περίπου 3%) των 210.000 στρεμμάτων που είναι η συνολική έκταση των χαλαρών σχηματισμών της λεκάνης στους οποίους αναπτύσσεται υδροφορία.

Αποτέλεσμα της αποστραγγιστικής διαδικασίας για την προστασία των ορυχείων είναι η άντληση υπόγειου νερού και η εν μέρει μετατροπή του σε επιφανειακό. Την τριετία 2006-2008 αντλήθηκαν κατά μέσο όρο $17,58 \times 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως από τις υδρογεωτρήσεις αποστράγγισης των ορυχείων. Αυτή η ποσότητα προέρχεται σχεδόν στο σύνολό της από τον υδροφορέα υπερκειμένων. Είναι προφανές ότι η διαδικασία αυτή δεν επηρεάζει το συνολικό υδατικό ισοζύγιο της λεκάνης καθώς τα νερά επιστρέφουν, ως επιφανειακά πλέον νερά, στην ίδια υδρολογική λεκάνη και μέρος τους αξιοποιείται για άρδευση καλλιεργειών από τους κατοίκους της περιοχής, ενώ τμήμα τους κατεισδύει στον υπόγειο υδροφορέα.

Με βάση τον ετήσιο μέσο όρο της τριετίας 2006-2008 το μέρος των νερών των υδρογεωτρήσεων αποστράγγισης που διατίθεται για την ύδρευση των γειτονικών Δημ. Διαμερισμάτων²⁷ ανήλθε σε $5,63 \times 10^6 \text{ m}^3$, ενώ εκείνο που διατίθεται για άρδευση αγρών από ιδιώτες φτάνει τα $5,44 \times 10^6 \text{ m}^3$, δηλαδή συνολικά $11,07 \times 10^6 \text{ m}^3$ (63% των συνολικώς αντλούμενων νερών από τις αποστραγγιστικές γεωτρήσεις). Σημειώνεται ότι αυτή η ποσότητα νερών θα αντλείτο ούτως ή άλλως για την κάλυψη των υδρευτικών και αρδευτικών αναγκών της περιοχής στην περίπτωση που θα έπαυε η λειτουργία των ορυχείων. Η καθαρή ποσότητα των υπογείων νερών που καταναλώνεται για τις ανάγκες των ορυχείων ανέρχεται κατά μέσο όρο (περίοδος 2006-2008) σε $0,66 \times 10^6 \text{ m}^3$ ($3,03 + 0,52 - 2,37 \times 10^6 \text{ m}^3$), ποσοστό που ανέρχεται μόλις στο 3,7% των συνολικώς αντλούμενων νερών από τις αποστραγγιστικές γεωτρήσεις και 2,8% των ετησίως ανανεούμενων αποθεμάτων του υπόγειου υδροφορέα ($24 \times 10^6 \text{ m}^3$).

Επιπλέον, στην περιοχή σύμφωνα με απογραφή που έγινε το 1998²⁸, λειτουργούσαν 372 υδρογεωτρήσεις άρδευσης και ύδρευσης για την κάλυψη αναγκών των κατοίκων και των καλλιεργειών της περιοχής, από τις οποίες αντλήθηκαν, με βάση δεδομένα του 2003, $30 \times 10^6 \text{ m}^3$. Επίσης²⁹, το 1999 καταγράφηκαν 320 γεωτρήσεις αρδευτικές μόνο στην περιοχή της Σαριγκιόλ (λεκάνη Ν. Πεδίου) και 20 γεωτρήσεις αποστράγγισης. Η αύξηση της έκτασης του χώρου εκμετάλλευσης που συνοδεύεται από αντίστοιχη καταστροφή των αρδευτικών υδρογεωτρήσεων και μείωση της αγροτικής έκτασης, αντισταθμίζεται από την όρυξη νέων υδρογεωτρήσεων στη λεκάνη και αύξηση της αρδευόμενης έκτασης σε περιοχές που παλαιότερα κυριαρχούσαν ξηρικές καλλιέργειες. Η τάση αυτή έχει επίσης παρατηρηθεί και καταγραφεί στη λεκάνη του Αμυνταίου, όπου υπάρχει παρεμφερής δραστηριότητα. Επομένως, η λειτουργία των ορυχείων Πτολεμαΐδας δεν αναμένεται να προκαλέσει ουσιαστική μεταβολή των μεγεθών του υδατικού ισοζυγίου της υπό μελέτη περιοχής.

Με αυτά τα κριτήρια, οι δυνητικές αρνητικές επιπτώσεις από τις αποστραγγιστικές γεωτρήσεις κατά την περίοδο λειτουργίας των Ορυχείων Πτολεμαΐδας στα ποσοτικά χαρακτηριστικά του υδροφορέα υπερκειμένων αξιολογούνται ως ασθενείς. Άλλωστε³⁰ «...ένα

²⁷ ΔΕΥΑ Κοζάνης

²⁸ ερευνητικού προγράμματος «Εκτίμηση και διαχείριση υδατικών πόρων λεκάνης Σαριγκιόλ, «Ν. Κοζάνης» 4.

²⁹ σύμφωνα με τα στοιχεία του ερευνητικού προγράμματος «ΕΛΙΜΕΙΑ»3.

³⁰ όπως αναφέρεται και στο Σχέδιο Διαχείρισης Υδατικών Πόρων Διαμερίσματος Δυτ. Μακεδονίας του ΥΠ.ΑΝ. (Δημόσια Διαβούλευση 2008).

σημαντικό μέρος της τάξης του 95% από τις αντλήσεις των ορυχείων ($17,3 \times 10^6 \text{ m}^3$) επιστρέφουν ξανά στο σύστημα των επιφανειακών υδάτων».

Παράλληλα, όσον αφορά τις επιπτώσεις του Έργου στην πιεζομετρική επιφάνεια του υδροφορέα υπερκειμένων σημειώνεται ότι η πιεζομετρική επιφάνεια του υδροφορέα στην περιοχή της εκσκαφής του Νοτίου Πεδίου ταπεινώνεται με την εξέλιξη της εξορυκτικής δραστηριότητας. Δίνεται ο πιεζομετρικός χάρτης του υδροφορέα υπερκειμένων το έτος 1980, δηλαδή πριν από την έναρξη των εξορυκτικών εργασιών στην περιοχή του Νοτίου Πεδίου, και ο πιεζομετρικός χάρτης του ίδιου υδροφορέα το Σεπτέμβριο του 2008. Από την εικόνα 4.6.3 αυτό προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- ❖ Η πτώση στάθμης που καταγράφηκε στην περιοχή περιμετρικά του ορυχείου είναι της τάξης των 0-70m, ενώ στο χώρο της εκσκαφής είναι μεγαλύτερη, αλλά περιορίζεται στο χώρο του ορυχείου.
- ❖ Η συμβολή των αρδευτικών γεωτρήσεων στη διαμόρφωση της πιεζομετρίας στο σύνολο της λεκάνης είναι καθοριστική. Είναι επίσης προφανές ότι οι υδρογεωτρήσεις αυτές συμβάλλουν στη διαμόρφωση του κώνου ταπείνωσης στην άμεση περιοχή του ορυχείου καθώς στα όρια της εκσκαφής εμφανίζεται μεγάλος αριθμός αρδευτικών και υδρευτικών γεωτρήσεων.
- ❖ Ο κώνος ταπείνωσης που εμφανίζεται στα νότια πρηνή του ορυχείου, στην περιοχή εμφάνισης της ισοπιεζομετρικής καμπύλης +550, οφείλεται στην πολυετή λειτουργία των υδρευτικών γεωτρήσεων της Δ.Ε.Υ.Α. Κοζάνης.
- ❖ Σε ακτίνα μεγαλύτερη των 800m από το ορυχείο ο υδροφορέας δεν φαίνεται να επηρεάζεται από την αποστράγγιση γεγονός, άλλωστε, αναμενόμενο.

Σύμφωνα με τα ανωτέρω, οι επιπτώσεις από τις αποστραγγιστικές γεωτρήσεις της ΔΕΗ στην ταπείνωση της πιεζομετρικής επιφάνειας του υδροφορέα υπερκειμένων είναι τοπικής μόνο κλίμακας. Οι ως άνω επιπτώσεις είναι ανατάξιμες και αναμένεται να παύσουν όταν ολοκληρωθεί η εξορυκτική δραστηριότητα και διακοπεί η λειτουργία των αποστραγγιστικών γεωτρήσεων. Το φαινόμενο αυτό παρατηρήθηκε στα δυτικά πρηνή του ορυχείου Νοτίου Πεδίου όπου οι αντλήσεις για τις ανάγκες των ορυχείων έχουν μειωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, καθώς η εκμετάλλευση εξελίσσεται προς τα νοτιοανατολικά, με αποτέλεσμα να μη συντρέχει λόγος

ταπείνωσης του υδροφορέα σε αυτή την περιοχή. Η μείωση αυτή των αντλήσεων είχε θεαματική επίδραση στην πιεζομετρική επιφάνεια του υδροφορέα, με άμεσα αποτελέσματα η στάθμη του να σημειώσει σημαντική άνοδο. Συγκεκριμένα, το 2008, στα σημεία μετρήσεων στάθμης, σε μια ακτίνα μέχρι τα 500m από το όριο της εκσκαφής, σημειώθηκε άνοδος από 1 έως 18m σε σχέση με τις αντίστοιχες σταθμημετρήσεις του προηγούμενου έτους.

4.6.2.2 ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ.

Η ποιότητα του υπόγειου αντλούμενου νερού σχετίζεται άμεσα με την ποιότητα του υδροφορέα υπερκειμένων της περιοχής, με την πετρογραφία των περιβαλλόντων πετρωμάτων περιορεινής ζώνης και την πετρογραφική σύσταση των κλαστικών ιζημάτων της τεκτονικής τάφρου.

Η αντλούμενη ποσότητα νερού από τις υδρογεωτρήσεις αποστράγγισης των Ορυχείων Πτολεμαΐδας, όπως έχει ήδη αναφερθεί, διατίθεται για την κάλυψη των αναγκών των ορυχείων, δευτερευόντως στη ΔΕΥΑ Κοζάνης για περαιτέρω χρήση, ενώ η υπόλοιπη ποσότητα διατίθεται στο ρέμα Σουλού.

Με βάση τα αποτελέσματα των αναλύσεων, όσον αφορά τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υδρογεωτρήσεων αποστράγγισης των ορυχείων:

- ❖ Οι φυσικοχημικές παράμετροι εμφανίζουν ικανοποιητικές τιμές σε όλες τις περιπτώσεις.
- ❖ Τα κύρια ιόντα κυμαίνονται επίσης σε φυσιολογικές για φυσικά νερά συγκεντρώσεις, με εξαίρεση τις συγκεντρώσεις ορισμένων δειγμάτων ως προς τα αμμωνιακά (NH_4^+) και σε μεμονωμένα δείγματα ως προς τα νιτρώδη (NO_2^-) και το κάλιο (K^+). Δεδομένου ότι οι υπερβάσεις αυτές παρατηρούνται, όχι μόνο στις υδρογεωτρήσεις που βρίσκονται εντός των ορυχείων αλλά και σε αυτές που βρίσκονται στα ανάντη αυτών, συνάγεται το συμπέρασμα ότι ο εμπλουτισμός των υπογείων νερών ως προς τις παραμέτρους αυτές οφείλεται κυρίως στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες (υπερβολική χρήση αζωτούχων λιπασμάτων) που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή. Επίσης, σε ένα ποσοστό, οι υψηλές συγκεντρώσεις NH_4^+ και NO_2^- θα πρέπει να οφείλονται στη γεωχημεία της περιοχής και ειδικότερα στο οργανικό άζωτο το οποίο περιέχεται στα πετρώματα των λιγνιτικών στοιβάδων.
- ❖ Παρατηρούνται αυξημένες τιμές ιχνοστοιχείων (Mn, Fe, Pb, Ni, Cr_{total}) σε ορισμένα δείγματα. Οι τιμές αυτές αφορούν κυρίως το μαγγάνιο (Mn) και σε μικρότερο βαθμό το σίδηρο (Fe), ενώ στις περιπτώσεις του μολύβδου (Pb), του νικελίου (Ni) και του ολικού χρωμίου (Cr_{total}) παρατηρούνται σε μεμονωμένες περιπτώσεις.
- ❖ Εξετάζοντας την αιτία των αυξημένων συγκεντρώσεων των ως άνω ιχνοστοιχείων, αυτή δεν φαίνεται να σχετίζεται με την εξορυκτική δραστηριότητα που λαμβάνει χώρα στην

περιοχή, καθώς υπερβάσεις παρατηρούνται και στα νερά των υδρογεωτρήσεων στις ανάντη των ορυχείων περιοχές. Συνάγεται, λοιπόν, το συμπέρασμα ότι οι αυξημένες συγκεντρώσεις ιχνοστοιχείων οφείλονται στο γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής, το οποίο αποτελείται από υπερβασικούς σχηματισμούς, εμπλουτισμένους σε διάφορα ιχνοστοιχεία.

- ❖ Όπως αναφέρεται στη συγκεκριμένη Ενότητα, η ποιότητα των υπογείων νερών της περιοχής δεν επιβαρύνεται από την εξορυκτική δραστηριότητα, αλλά χαρακτηρίζεται από αυξημένες συγκεντρώσεις κυρίως ως προς τα NH_4^+ , Mn, Fe και NO_2^- , που οφείλονται σε ανεξάρτητους παράγοντες, όπως είναι το γεωλογικό υπόβαθρο (αυξημένη παρουσία οργανικού αζώτου στα πετρώματα της λιγνιτικής στοιβάδας και ιχνοστοιχείων στους υπερβασικούς σχηματισμούς) και οι καλλιέργειες (υπερβολική χρήση αζωτούχων λιπασμάτων).

Παράλληλα, για την αξιολόγηση των δυνητικών επιπτώσεων στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υπογείων υδάτων από τη συναπόθεση αγόνων-τέφρας, στο πλαίσιο της παρούσας αξιοποιήθηκαν τα αποτελέσματα του Ερευνητικού Προγράμματος «Εκτίμηση του Κινδύνου από τη Διαχείριση Παραπροϊόντων - Αποβλήτων των Λιγνιτικών ΑΗΣ στο Λιγνιτικό Κέντρο Πτολεμαΐδας (χώρος εξωτερικής απόθεσης Νότιου Πεδίου)». Στο πλαίσιο του προγράμματος ελήφθησαν συνολικά 36 δείγματα από 12 θέσεις σε υδρογεωτρήσεις και πηγές της περιοχής. Οι δειγματοληπτικές εργασίες έλαβαν χώρα την περίοδο 04-05/07/2007.

Με βάση τα αποτελέσματα των χημικών αναλύσεων των δειγμάτων νερών που ελήφθησαν από τις περιοχές συναπόθεσης αγόνων-τέφρας αλλά και στα ανάντη και κατάντη αυτής, διαπιστώθηκαν τα κάτωθι:

- ❖ Τα υπόγεια νερά της απόθεσης και της όμορης ζώνης κατάντη αυτής χαρακτηρίζονται ως καλής ποιότητας και εφάμιλλα του νερού των υδρογεωτρήσεων στα ανάντη της απόθεσης, με εξαίρεση την οριακή υπέρβαση της επιτρεπόμενης συγκέντρωσης των νιτρικών στο πόσιμο νερό που αποδίδεται στις γεωργικές καλλιέργειες της περιοχής.
- ❖ Τα δείγματα των υπογείων νερών της απόθεσης και της όμορης ζώνης κατάντη αυτής δεν εμφανίζουν σε γενικές γραμμές σημαντικές διαφορές σε σχέση με τα νερά στα ανάντη της απόθεσης, ειδικά ως προς το χρώμιο, το μολυβδαίνιο, το στρόντιο και το βανάδιο.

- ❖ Οι χημικές αναλύσεις των δειγμάτων υπόγειου νερού της περιοχής στα κατάντη της απόθεσης δείχνουν ότι οι συγκεντρώσεις του Cr και του Mo είναι κάτω από τα όρια ποιότητας για το πόσιμο νερό, σε πολλές δε περιπτώσεις είναι χαμηλότερες από τα όρια ανιχνευσιμότητας του εργαστηριακού εξοπλισμού.

Στα ίδια συμπεράσματα οδηγεί και η αξιολόγηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών της υδρογεώτρησης με την οποία αρδεύεται η περιοχή του Οπωρώνα των ορυχείων και η οποία υδρομαστεύει τον υδροφορέα που έχει δημιουργηθεί από τη συναπόθεση αγόνων -τέφρας και τα οποία έχουν ως εξής:

- ❖ Οι φυσικοχημικές παράμετροι του νερού της υδρογεώτρησης εμφανίζουν ικανοποιητικές τιμές, εντός των προβλεπόμενων ορίων για τη χρήση που γίνεται.
- ❖ Οι συγκεντρώσεις NO₂⁻, Fe και Mn είναι αυξημένες και αντίστοιχες με συγκεντρώσεις που παρατηρούνται και σε ορισμένες από τις υδρογεωτρήσεις των μη διαταραγμένων περιοχών. Οι υψηλές αυτές συγκεντρώσεις αποδίδονται, στο γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής.
- ❖ Οι συγκεντρώσεις Pb, Ni, Cu, Cr_{tot}, Cd, As, και V δεν είναι ανιχνεύσιμες. Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω προκύπτει ότι οι επιπτώσεις από τη συναπόθεση αγόνων και ιπτάμενης τέφρας στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του υδροφορέα που δημιουργείται στους σχηματισμούς αυτούς είναι ως προς το είδος τους ουδέτερες.

4.6.2.3 ΣΥΝΟΛΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΣΤΑ ΠΟΣΟΤΙΚΑ ΚΑΙ ΠΟΙΟΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ.

Συνοψίζοντας, σημειώνεται ότι, οι επιπτώσεις από την εκμετάλλευση των λιγνιτικών κοιτασμάτων των Ορυχείων Πτολεμαΐδας στα ποσοτικά και ποιοτικά χαρακτηριστικά των υπογείων νερών της περιοχής έχουν ως εξής:

- ❖ Περιορισμένη συρρίκνωση του υδροφορέα υπερκειμένων του Νοτίου Πεδίου και μείωση της αποθηκευτικής του ικανότητας. Η επίπτωση αυτή χαρακτηρίζεται ως μικρή και τοπική σε έκταση, δεδομένου ότι η εν λόγω συρρίκνωση εκτιμάται να συνιστά το 3% της συνολικής έκτασης των χαλαρών σχηματισμών της λεκάνης στους οποίους αναπτύσσεται υδροφορία.

- ❖ Μετατροπή ποσότητας περίπου $2,96 \times 10^6 \text{ m}^3$ υπογείων νερών (από τις αποστραγγιστικές υδρογεωτρήσεις) σε επιφανειακά (διάθεση στο ρέμα Σουλού). Η επίπτωση αυτή χαρακτηρίζεται ως περιορισμένη, καθώς αφορά το 16,8% των αποστραγγιζόμενων νερών και το 12,3% των ανανεούμενων αποθεμάτων του υπόγειου υδροφορέα ($24 \times 10^6 \text{ m}^3$).
- ❖ Καθαρή χρήση ποσότητας μόλις $0,66 \times 10^6 \text{ m}^3$ των υπογείων νερών στα Ορυχεία Πτολεμαΐδας, ποσότητα που ανέρχεται στο 2,8% των ανανεούμενων αποθεμάτων του υπόγειου υδροφορέα της περιοχής.
- ❖ Υποχώρηση της πιεζομετρικής επιφάνειας του υδροφορέα υπερκειμένων. Η αρνητική επίπτωση που ασκείται είναι τοπικής μόνον κλίμακας και ανατάξιμη μετά την ολοκλήρωση της εξορυκτικής δραστηριότητας και διακοπής της άντλησης, όπως τεκμηριώνεται και από πρόσφατες σταθμημετρήσεις στα δυτικά πρηνή του Ορυχείου Νοτίου Πεδίου.
- ❖ Ουδέτερη επίπτωση στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των αντλούμενων νερών από τις αποστραγγιστικές γεωτρήσεις εξορυκτική δραστηριότητα, καθώς δεν έρχονται σε επαφή με ρυπογόνες δραστηριότητες, που θα μπορούσαν να υποβαθμίσουν την ποιότητά του, ενώ οι αυξημένες συγκεντρώσεις διαφόρων στοιχείων που παρατηρούνται (NH_4^+ , NO_2^- , K^+ , Mn , Fe , Pb , Ni , Cr_{total}) οφείλονται σε ανεξάρτητους παράγοντες, όπως είναι το γεωλογικό υπόβαθρο (αυξημένη παρουσία οργανικού αζώτου στα πετρώματα της λιγνιτικής στοιβάδας και ιχνοστοιχείων στους υπερβασικούς σχηματισμούς) και οι καλλιέργειες (υπερβολική χρήση αζωτούχων λιπασμάτων).
- ❖ Ουδέτερη επίπτωση στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υπογείων υδάτων από τη συναπόθεση των αγόνων με τα υποπροϊόντα της καύσης του λιγνίτη, λόγω των χαρακτηριστικών των αποτιθεμένων υλικών, όπως και της μεθόδου συναπόθεσης, που ενισχύουν περαιτέρω τη γεωτεχνική και γεωχημική σταθερότητα των αποθέσεων.

Συνεπώς οι συνολικές δυνητικές επιπτώσεις στα ποσοτικά χαρακτηριστικά των υπόγειων νερών της άμεσης περιοχής του Έργου από τις αποστραγγιστικές γεωτρήσεις των Ορυχείων Πτολεμαΐδας αναμένεται να είναι ως προς το είδος αρνητικές σε τοπικό επίπεδο, ως προς το μέγεθος μέτριες, ως προς τη διάρκεια μακροχρόνιες (έως το τέλος της δεκαετίας 2050) και ως προς την ανάταξη αναστρέψιμες. Αντίστοιχα οι δυνητικές επιπτώσεις από τις αποστραγγιστικές γεωτρήσεις των Ορυχείων Πτολεμαΐδας και τη συναπόθεση αγόνων και ιπτάμενης τέφρας στα

ποιοτικά χαρακτηριστικά των υπόγειων νερών της άμεσης περιοχής του Έργου αναμένεται να είναι ως προς το είδος ουδέτερες.

Σημειώνεται επίσης ότι, με βάση τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των νερών αποστράγγισης και το συσχετισμό τους με τα όρια διάθεσης στο ρέμα Σουλού (ΚΥΑ 15782/1849/25.06.2001 και ΚΥΑ 5673/400/1997), δεν αναμένεται καμία επιβάρυνση της ποιότητας του ρέματος Σουλού και εμμέσως της λίμνης Βεγορίτιδας και συνεπώς η διάθεσή τους μπορεί να γίνει με ασφάλεια στο Σουλού. Συνεπώς οι δυνητικές επιπτώσεις των ορυχείων στα επιφανειακά νερά της άμεσης περιοχής από τις αποστραγγιστικές γεωτρήσεις των Ορυχείων Πτολεμαΐδας αναμένεται να είναι ουδέτερες.

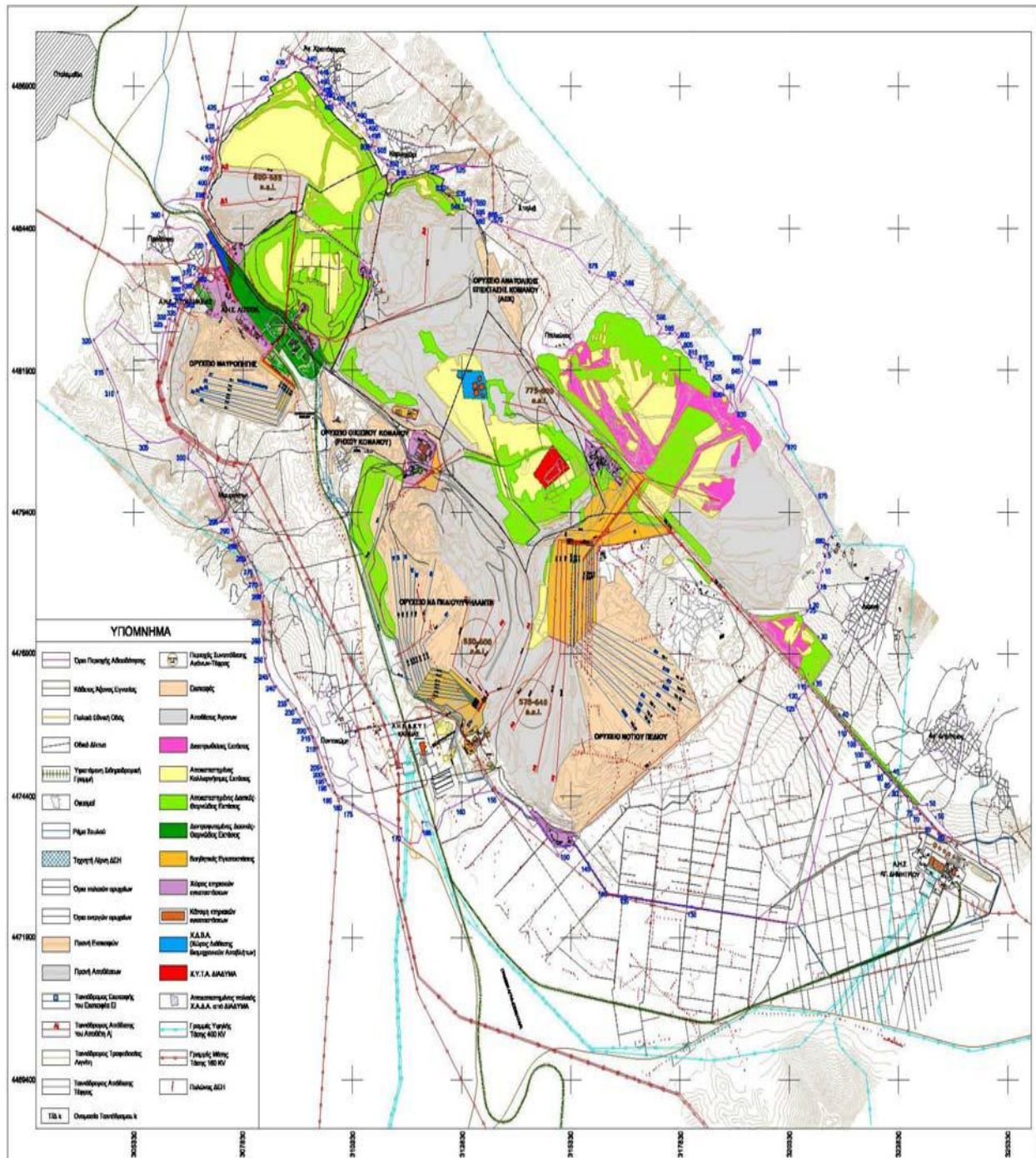
4.6.3 ΣΥΝΟΛΟ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ.

Στη παρούσα παράγραφο γίνεται αναφορά στην εκτίμηση των δυνητικών επιπτώσεων, έτσι όπως αυτές προκύπτουν αθροιστικά από τις επιμέρους επιπτώσεις των ποσοτικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών στα επιφανειακά και υπόγεια ύδατα.

Με βάση λοιπόν τις παραπάνω εκτιμήσεις, οι συνολικές δυνητικές επιπτώσεις στα ποιοτικά και ποσοτικά χαρακτηριστικά των επιφανειακών νερών της άμεσης περιοχής από τις δραστηριότητες των Ορυχείων Πτολεμαΐδας αναμένεται να είναι ως προς το είδος θετικές, ως προς το μέγεθος σημαντικές, ως προς την έκταση περιφερειακές, ως προς τη διάρκεια παροδικές (βραχυχρόνιες) και ως προς την ανάταξη αναστρέψιμες δεδομένου ότι διακόπτονται μετά την ολοκλήρωση των εργασιών εξόρυξης. Εξαίρεση σε αυτό αποτελούν οι δυνητικές επιπτώσεις από τη δημιουργία των λιμνών, οι οποίες θα είναι μόνιμες και μη αναστρέψιμες. Η δε συνολική επίπτωση στα επιφανειακά νερά της ευρύτερης περιοχής εκτιμάται θετική.

Αντίστοιχα, οι συνολικές δυνητικές επιπτώσεις στα ποσοτικά χαρακτηριστικά των υπόγειων νερών της άμεσης περιοχής των ορυχείων από τις αποστραγγιστικές γεωτρήσεις των Ορυχείων Πτολεμαΐδας αναμένεται να είναι ως προς το είδος αρνητικές σε τοπικό επίπεδο, ως προς το μέγεθος μέτριες, ως προς τη διάρκεια μακροχρόνιες (έως το τέλος της δεκαετίας 2050) και ως προς την ανάταξη αναστρέψιμες, ενώ οι δυνητικές επιπτώσεις στα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υπόγειων νερών της άμεσης περιοχής του Έργου από τις αποστραγγιστικές γεωτρήσεις των

Ορυχείων Πτολεμαΐδας και τη συναπόθεση αγόνων-τέφρας αναμένεται να είναι ως προς το είδος ουδέτερες.



Εικόνα 4.6.4: Ορυχεία Πτολεμαΐδας και χώροι απόθεσης αγόνων (έτος 2009).

Πηγή: Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Ορυχείων Πτολεμαΐδας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΛΙΓΝΙΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ.

Για τη σύνταξη του κεφαλαίου αυτού ελήφθη υπόψη η εξής εργασία:

1. «Διερεύνηση δυνατότητας δημιουργίας λιμνών στις περιοχές των ορυχείων Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο», Σ.Δημητρακοπούλου, ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ, 2010.

5.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ ΤΩΝ ΟΡΥΧΕΙΩΝ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ.

Τα ορυχεία της Μεγαλόπολης ανήκουν διοικητικά στο νομό Αρκαδίας. Το οροπέδιο της Μεγαλόπολης, μέσου υψομέτρου 300-500m, περιορίζεται προς βορρά από το όρος Μαίναλο, προς το νότο από το όρος Ταΰγετος, προς τα δυτικά από τα βουνά Λύκαιο και Τενάδιο και προς τα ανατολικά από χαμηλότερους ορεινούς όγκους. Στο νότιο τμήμα της ευρύτερης περιοχής μελέτης υπάρχουν μορφολογικές επεκτάσεις του ορεινού όγκου του Πάρωνα.

Η λεκάνη αποστραγγίζεται από το υδρολογικό σύστημα του ποταμού Αλφειού και των παραποτάμων του, οι οποίοι και αποστράγγισαν την λεκάνη κατά την Τεταρτογενή γεωλογική περίοδο, αφού νωρίτερα (Πλειόκαινο) αυτή είχε μετατραπεί σε λίμνη. Η αποστράγγιση της λεκάνης πραγματοποιήθηκε, όταν ο Αλφειός διάνοιξε το στενό φαράγγι κοντά στην Καρύταινα (16 km βόρεια της Μεγαλόπολης). Στο βυθό της λίμνης αυτής και των παραπλεύρων ελών, σχηματίστηκαν αρχικά στρώματα τύρφης και με συνεχόμενη εναθράκωση των φυτικών λειψάνων σχηματίστηκαν οι σημερινοί γαιώδεις λιγνίτες.

5.2 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.

Η λιγνιτοφόρος λεκάνη της Μεγαλόπολης αποτελεί νεοτεκτονικό ρηξιγενές βύθισμα που διαμορφώθηκε κατά στάδια. Η επιφάνειά της είναι περίπου 200km² και παρουσιάζεται σχετικώς επίπεδη με υψόμετρα από 340m έως 450m πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, με μέσο υψόμετρο 410m, ενώ η υψομετρική διαφορά από τους γύρω λόφους κυμαίνεται μεταξύ 200-400m.

Η περιοχή γύρω από τη Μεγαλόπολη χαρακτηρίζεται από πολύ χαμηλές μορφολογικές κλίσεις (0-0,5%). Υψηλές κλίσεις παρατηρούνται, φυσικά σήμερα, στους χώρους των ορυχείων αλλά και σε άλλες περιοχές (στο χωριό Μακρύσιο στα ανατολικά, στα δυτικά της Απιδίτσας, βόρεια προς την Καρύταινα και νότια από τη Γέφυρα προς το Λεοντάρι).

Η φυσική αποστράγγιση της λεκάνης γίνεται από τον Αλφειό και τους παραποτάμους του με κυριότερους τους Ελισσώνα, Ξερίλα, Γουδάνη και Λαγκάδα. Ο Αλφειός αποστραγγίζει τα νερά μιας περιοχής συνολικής έκτασης 636km². Πηγάζει από τα νοτιοανατολικά όρια της λεκάνης από υψόμετρο 383m, ανατολικά του υψώματος Λεονταρίου, και διασχίζει κατά μήκος τη λεκάνη κοντά στο δυτικό όριό της. Διέρχεται, έτσι, από την Καρύταινα δια μέσου στενής κοιλάδας σε υψόμετρο 322m. Παρουσιάζεται, δηλαδή, μία υψομετρική πτώση της τάξεως των 60m, για μήκος ποταμού 22km.

Η γεωμορφολογία γενικά της περιοχής, υφίσταται σημαντικές αλλαγές λόγω των υπαίθριων εκμεταλλεύσεων των ορυχείων. Οι περιβάλλοντες ορεινοί όγκοι, της λεκάνης της Μεγαλόπολης, περιλαμβάνουν μια μεγάλη ποικιλία γεωλογικών σχηματισμών που ανήκουν στις γεωτεκτονικές ζώνες Ωλονού – Πίνδου και Γαβρόβου - Τριπόλεως. Οι σχηματισμοί αυτοί, αποτελούν κατά κύριο λόγο το υπόβαθρο των Πλειοκαινικών ιζημάτων της λεκάνης, μέσα στα οποία αποτέθηκαν κάποια περίοδο και τα λιγνιτικά κοιτάσματα που εκμεταλλεύεται η ΔΕΗ.

Η λεκάνη της Μεγαλόπολης αποτελεί τεκτονικό βύθισμα, που εξελίχθηκε κατά το στάδιο εφελκυσμού του Ολιγοκαίνου – Μειοκαίνου, ακολουθώντας την Ηωκαινική φάση συμπίεσης των αλπικών πτυχώσεων. Μέσα στο τεκτονικό αυτό βύθισμα αποτέθηκαν μεταγενέστερα ιζήματα ποτάμιας και λιμναίας φάσης, ανάλογα με τις συνθήκες, που επικρατούσαν κάθε φορά στην περιοχή.

Μέσα στη λίμνη και τα έλη αποτίθενται φυτικά λείψανα, που οι συνθήκες ταφής τους ήταν κατάλληλες για τη δημιουργία λιγνιτικών κοιτασμάτων (αναερόβιο περιβάλλον, θερμοκρασίες και πιέσεις κατάλληλες κ.τ.λ., με ποσοστό ενανθράκωσης τέτοιο που να δημιουργήσει το γνωστό σε μας, λιγνιτικό κοιτάσμα της Μεγαλόπολης).

5.3 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΛΕΚΑΝΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ.

5.3.1 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΖΩΝΗΣ ΓΑΒΡΟΒΟΥ-ΤΡΙΠΟΛΕΩΣ.

Η Ενότητα Γαβρόβου -Τρίπολης αποτελείται από ανθρακικούς σχηματισμούς και φλύσχη. Έχει μεγάλη εξάπλωση στην περιοχή και συναντάται στην ορεινή περιοχή των βόρειων, βορειανατολικών, ανατολικών, νοτιοανατολικών και νότιων παρυφών και λεκάνης της Μεγαλόπολης. Οι ασβεστόλιθοι είναι άστρωτοι, παχυστρωματώδεις και το πάχος τους μπορεί να υπερβαίνει τα 1000m. Στη βάση της σειράς, η οποία σύμφωνα με τον O.Gold υπέρκειται (με συμφωνία στρωμάτων) του ημιμεταμορφωμένου υποβάθρου, αναπτύσσεται ορίζοντας συνεκτικού κροκαλοπαγούς επίκλυσης πάχους 5-20m.

Η αργιλοψαμμιτική σειρά του φλύσχη έχει αποτεθεί ασύμφωνα επάνω σε παλιά καρστική επιφάνεια των ασβεστολίθων της ζώνης Γαβρόβου - Τριπόλεως. Μέσα στο φλύσχη παρατηρήθηκαν ενστρώσεις πελαγικών ασβεστολίθων και κερατολίθων. Ο φλύσχος, που πρακτικά θεωρείται αδιαπέρατος σχηματισμός, αποτελείται κυρίως από ψαμμίτες και ιλύολίθους. Το πάχος της σειράς στην περιοχή μελέτης υπολογίζεται ότι είναι περίπου 500m.

Οι ασβεστόλιθοι της Τρίπολης που αποτελούν τους βαθύτερους υδροφόρους σχηματισμούς, δεν φαίνεται να επηρεάζουν τα ορυχεία αφού δεν έρχονται σε άμεση επαφή με τις εργασίες εκμετάλλευσης.

5.3.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΖΩΝΗΣ ΩΛΟΝΟΥ-ΠΙΝΔΟΥ.

Η ενότητα Ωλονού - Πίνδου αποτελείται από εναλλαγές ασβεστολιθικών – κλαστικών σχηματισμών (φλύσχος). Η ενότητα αυτή συναντάται κυρίως στις δυτικές και βόρειες παρυφές της λεκάνης και μόνο σε ορισμένες θέσεις στις ανατολικές παρυφές. Στην περιοχή της μελέτης, δεν συναντάμε ολόκληρη την στρωματογραφική κολώνα της Πίνδου αλλά τμήμα αυτής από το Κατ. Κρητιδικό έως το Ηώκαινο. Στην περιοχή έρευνας, η ζώνη Ωλονού – Πίνδου αρχίζει με στρώματα του πρώτου φλύσχη κάτω Κρητιδικής έως Τουρωνίου ηλικίας. Η σημασία της παρουσίας του φλύσχη στην περιοχή, από υδρογεωλογικής απόψεως, είναι σαφώς μεγάλη αφού

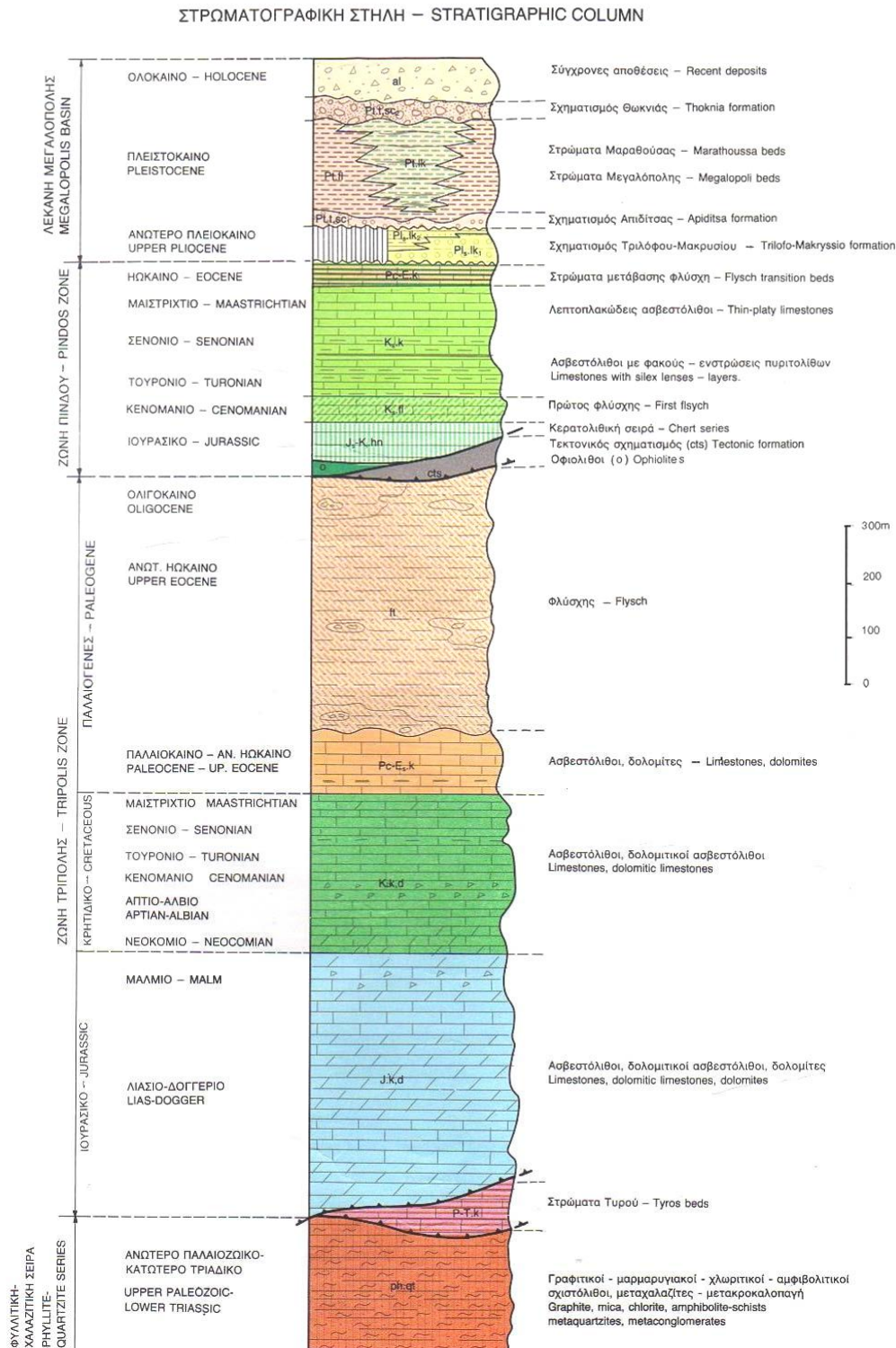
αποτελεί φραγμό στην κίνηση των υπογείων νερών και στο διαχωρισμό του υδροφόρου ορίζοντα σε επιμέρους υδροφορείς. Επάνω από τον φλύσχη συναντάμε τους ασβεστόλιθους (το πάχος των οποίων είναι περίπου 150-200m), οι οποίοι μεταβαίνουν μέσω μαργαϊκών σχηματισμών στον 2^ο φλύσχη της ζώνης της Πίνδου.

Λόγω των εναλλαγών των ασβεστολίθων (διαπερατοί) με τους κλαστικούς σχηματισμούς (αδιαπέρατοι), παρουσιάζεται σημαντική υδροφορία μέσα στους ασβεστόλιθους της Πίνδου. Σε αυτό το γεγονός οφείλεται και η εμφάνιση πολλαπλών καρστικών υδροφόρων συστημάτων τα οποία είτε επικοινωνούν μεταξύ τους, είτε είναι ανεξάρτητα. Οι ασβεστόλιθοι της ζώνης Ωλονού – Πίνδου που ανήκουν στο Άνω Κρητιδικό, είναι πολύ διαδεδομένοι στην περιοχή μελέτης και αποτελούν τους πιο σημαντικούς γεωλογικούς σχηματισμούς, από υδρογεωλογική άποψη, αφού αποτελούν το υπόβαθρο και τα περιθώρια του Ορυχείου Κυπαρισσίων.

Στοιχεία από τη σχετική γεωτρητική έρευνα, έχουν δείξει ότι τα στρώματα αυτά, έχουν υποστεί έντονη καρστικοποίηση, κάτι το οποίο είναι εξίσου σημαντικό, αφού τα καρστικά έγκοιλα, εκτός από τη μεγάλη υδρογεωλογική τους σημασία, συμβάλλουν επίσης στη δημιουργία καταστροφικών φαινομένων (επιφανειακά βυθίσματα).

Πάνω από την ζώνη της Πίνδου, στα υλικά που πλήρωσαν τη λεκάνη, έχουμε την εμφάνιση νεογενών σχηματισμών που περιλαμβάνουν μάργες, αργίλους, κροκαλοπαγή, λιγνιτικά στρώματα, τα οποία είναι θεωρητικά αδιαπέρατοι ή μικρής διαπερατότητας σχηματισμοί, πράγμα που έχει επιβεβαιωθεί και από τις γεωτρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί στην περιοχή.

ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ.



Εικόνα 5.3.1: Στρωματογραφική στήλη περιοχής Μεγαλόπολης.

Πηγή: ΙΓΜΕ.

5.3.3 ΜΕΤΑΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΛΙΜΝΑΙΑ ΙΖΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ .

Τα νεώτερα ιζήματα λιμναίας προέλευσης που πληρούν την κυρίως λεκάνη της Μεγαλόπολης, αποτελούνται από μάργες, αργίλους, μαργαϊκές και αμμώδεις αργίλους, άμμους και τέλος χαλαρά έως συνεκτικά συνάγματα (κροκαλοπαγή). Το συνολικό μέγιστο πάχος αυτών υπερβαίνει τα 200 m, αλλά καμία φυσική τομή των ιζημάτων της λεκάνης δεν υφίσταται στο εσωτερικό της. Τα σημαντικότερα είναι:

❖ *Ανώτερο Πλειόκαινο,*

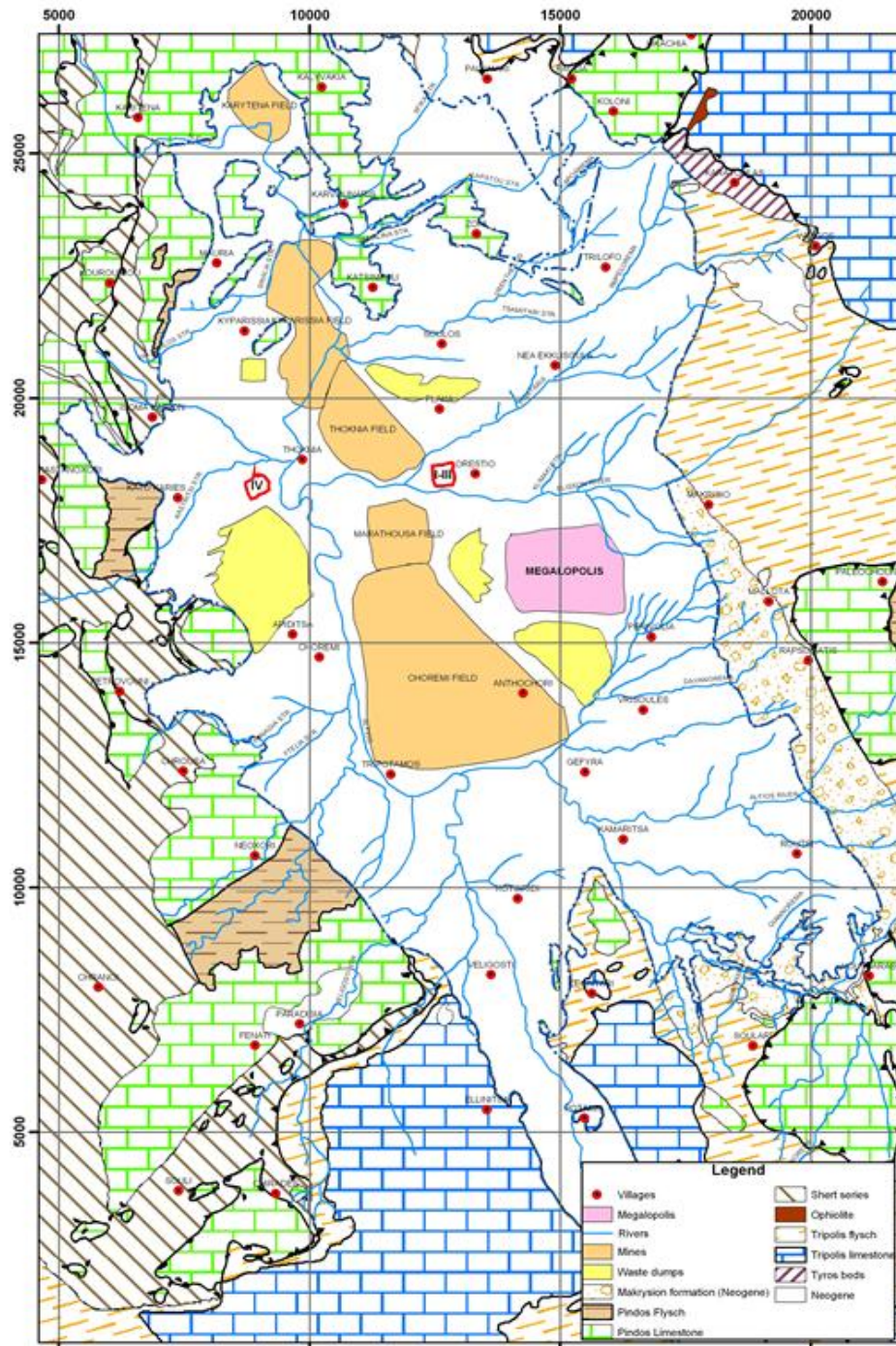
Βαθμίδα Μακρυσίου

Περιλαμβάνει τα αρχαιότερα στρώματα των ιζημάτων της λεκάνης, που είναι κυρίως άργιλοι, μάργες λιμναίας φάσης στις οποίες παρεμβάλλονται λιγνιτικά στρώματα μικρού πάχους (0,2-1m) και παρεμβολές κροκαλοπαγών. Το συνολικό τους πάχος είναι 100m.

❖ *Πλειστόκαινο,*

Βαθμίδα Χωρεμίου

Στρώματα Μαραθούσας: Αποτελούνται από λιμναίες φάσεις στο κεντρικό τμήμα και από ποτάμιας φάσης αποθέσεις στα περιφερειακά τμήματά τους. Τα λιμναία στρώματα συνίστανται από εναλλαγές μαργών, χουμωδών αργίλων, ιλύος και λιγνίτη. Μεταξύ των οικισμών Χωρέμι και Θωκνία παρουσιάζονται τρεις διαφορετικοί λιγνιτοφόροι ορίζοντες, ενώ στην υπολεκάνη των Κυπαρισσίων παρατηρούνται και οι τρεις, αλλά μόνο ο ένας (ο ανώτερος) έχει σημαντικό πάχος. Το μέγιστο πάχος του σχηματισμού είναι περίπου 200m.



Εικόνα 5.3.2 : Απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης Μεγαλόπολης.

Πηγή: ΔΕΗ/ΔΜΑΟΡ/WATERCHEM.

5.4 ΥΔΡΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ.

Το μέσο ετήσιο ύψος βροχής για την ευρύτερη περιοχή της Μεγαλόπολης, εκτιμήθηκε από τον συντάκτη της πρώτης σχετικής μελέτης³¹, στα 998 mm για την ακρίβεια για την περίοδο 1954 – 1962. Με βάση την τιμή αυτή έγιναν από τον ίδιο οι υπολογισμοί των ανανεώσιμων αποθεμάτων του καρστικού υδροφορέα των Κυπαρισσίων.

Σύμφωνα όμως με πρόσφατες μελέτες³², υπολογίστηκαν νέες μέσες τιμές των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων με βάση κυρίως στοιχεία από τους μετεωρολογικούς σταθμούς Καρύταινας, Ζώνης και ΑΗΣ Μεγαλόπολης και ορυχείου Μεγαλόπολης.

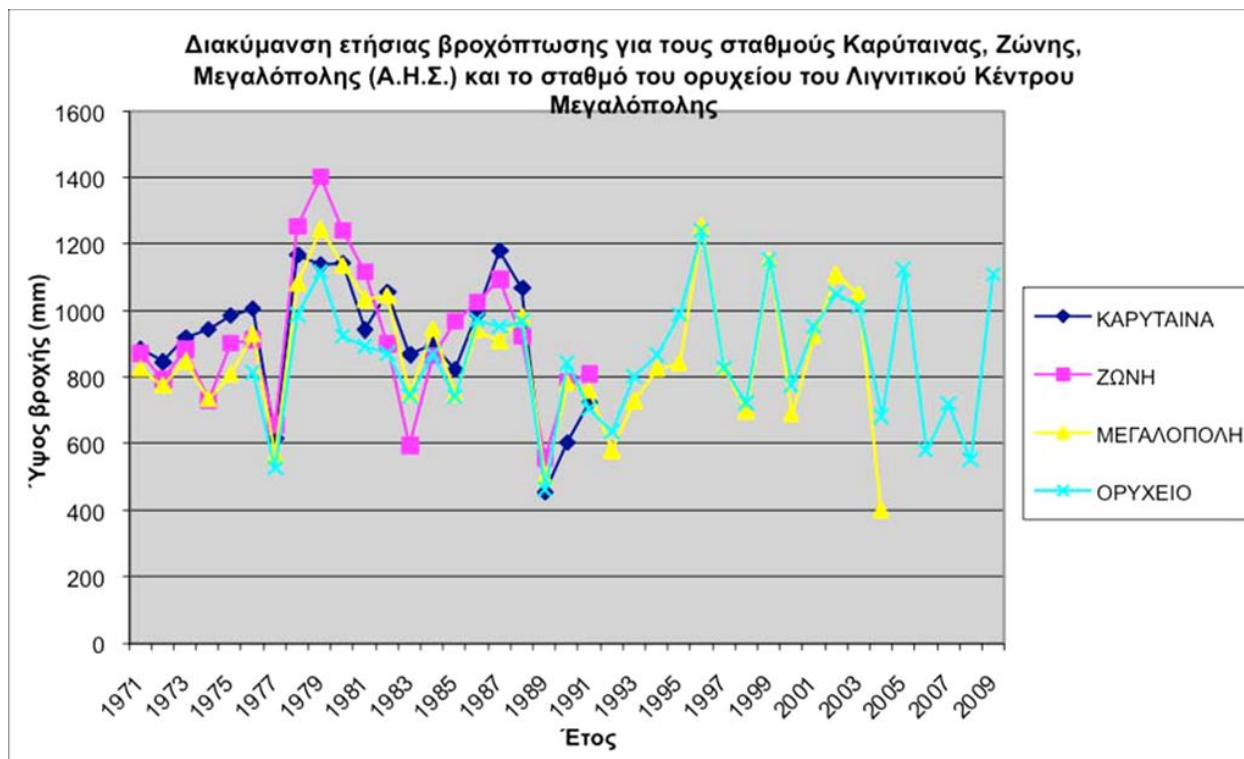
Στην εικόνα 5.4.1 που ακολουθεί, φαίνεται η πορεία της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης για το σταθμό Α.Η.Σ. Μεγαλόπολης για μία περίοδο 20 και πλέον ετών.

Τα συμπεράσματα που προκύπτουν από την επεξεργασία των υδρομετεωρολογικών δεδομένων είναι τα εξής³²:

- ❖ Υψηλές βροχοπτώσεις παρατηρούνται κατά τις περιόδους 1978-80, 1986-88 και 2002-2003. Οι σημαντικότερες από αυτές ήταν των ετών 1978-80 και 1986-88 οι οποίες ήταν παρατεταμένες, ενώ το 1996 ξεπέρασαν τα 1200mm ετησίου ύψους βροχής.
- ❖ Περίοδοι μειωμένων βροχοπτώσεων αντίστοιχα, εμφανίζονται κατά τα έτη 1977, 1983, 1989, 1992, 2000 και 2008, με σημαντικότερη αυτή του 1989 οπότε η τιμή της μέσης ετήσιας βροχόπτωσης ήταν εξαιρετικά μειωμένη αφού έπεσε κάτω από τα 500mm.
- ❖ Η απότομη πτώση στάθμης του καρστικού υδροφόρου που παρατηρήθηκε μετά το 1990 οφείλεται πιθανότατα στην παρατεταμένη περίοδο μειωμένων βροχοπτώσεων κατά τα έτη 1989-1993.
- ❖ Ο πλέον υγρός μήνας είναι ο Νοέμβριος όπως συνήθως παρατηρείται στον Ελληνικό χώρο. Ακολουθεί ο Δεκέμβριος και μετά ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος. Ξηρότερος μήνας βρέθηκε ότι είναι ο Ιούνιος ενώ ακολουθούν οι Ιούλιος και Αύγουστος.
- ❖ Η μέση ετήσια βροχόπτωση που μας δίνουν τα παραπάνω στοιχεία για την ευρύτερη περιοχή της Μεγαλόπολης για την τελευταία τριαντακονταετία είναι περίπου 900 mm.

³¹ O. Gold, 1962.

³² Δημητρακοπούλου Στ., 2010.



Εικόνα 5.4.1.: Διάγραμμα διακύμανσης βροχόπτωσης σε 4 μετεωρολογικούς σταθμούς.

Πηγή: Διπλωματική Εργασία Δημητρακοπούλου Στ., 2010.

5.5. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ.

5.5.1 ΥΔΡΟΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ.

Τα πετρώματα που αποτελούν την λεκάνη και τις παρυφές της, μπορούν να χωριστούν σε δύο μεγάλες κατηγορίες.

Η πρώτη περιλαμβάνει τους κοκκώδεις σχηματισμούς που υπάρχουν στη λεκάνη. Η δεύτερη κατηγορία περιλαμβάνει τους αλπικούς και προ-αλπικούς σχηματισμούς των ζωνών Πίνδου και Τριπόλεως και την φυλλιτική – χαλαζιτική σειρά. Η κατηγορία αυτή μπορεί να υποστεί περαιτέρω διαχωρισμό σε 2 υποκατηγορίες δηλ. στα υψηλής υδροπερατότητας καρστικά πετρώματα και στους υπόλοιπους αδιαπεράτους σχηματισμούς.

Μια πρώτη διάκριση των σχηματισμών με βάση την υδροπερατότητα γίνεται στον υδρογεωλογικό χάρτη³³ της εικόνας 5.5.1 . Οι γεωλογικοί σχηματισμοί χωρίζονται σε πέντε κατηγορίες βασισμένες στην υδροπερατότητα (πορώδη ή καρστικοποιημένα).

Οι δυο πρώτες κατηγορίες αναφέρονται στους κοκκώδεις σχηματισμούς, που γέμισαν την λεκάνη και χωρίστηκαν σύμφωνα με το βαθμό υδροπερατότητας σε πολύ και λίγο έως μέτρια παραγωγικούς υδροφορείς. Οι επόμενες τρεις κατηγορίες αφορούν αλπικούς-προαλπικούς σχηματισμούς. Η τρίτη κατηγορία περιλαμβάνει τους υψηλής υδροπερατότητας καρστικούς σχηματισμούς της περιοχής. Η τέταρτη κατηγορία περιγράφει συνεκτικούς σχηματισμούς, στους οποίους έχουν αναπτυχθεί μόνο μικροί υδροφορείς, συνήθως μικρής έκτασης ή μικροί διακεκομμένοι υδροφορείς. Η πέμπτη κατηγορία περιλαμβάνει τους σχηματισμούς, που πρακτικά δεν έχουν υδροφορία.

5.5.1.1 ΜΗ ΣΥΝΕΚΤΙΚΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ.

Η πρώτη κατηγορία περιλαμβάνει τους αλλουβιακούς σχηματισμούς, οι οποίοι αποτελούνται γενικά από αμμούχα - αργιλικά με διασκορπισμένους χάλικες και κροκάλες, είναι υδροπερατοί μόνο σε περιορισμένη έκταση εξαιτίας της μεγάλης αναλογίας αργιλικών υλικών, με αποτέλεσμα χαμηλή τοπικά υδροπερατότητα. Οι υδροφορείς που αναπτύσσονται σε αρκετά μέρη μέσα στους σχηματισμούς αυτούς είναι γενικά χαμηλής παραγωγικής ικανότητας.

Άλλοι σχηματισμοί της πρώτης κατηγορίας είναι οι κώνοι κορημάτων οι οποίοι αποτελούνται από ασβεστολιθικούς χάλικες και τοπικά άργιλο και παρουσιάζουν πάντα αυξημένο βαθμό υδροπερατότητας, ενώ τα πλευρικά κορήματα παρόμοιας λιθολογίας είναι συνήθως λιγότερο υδροπερατά. Δεν αναπτύσσονται υδροφορείς σε σχηματισμούς γιατί υπέρκεινται των υδροπερατών ανθρακικών πετρωμάτων, με αποτέλεσμα το νερό να κατεισδύει σε χαμηλότερα υψόμετρα.

Τα χονδρόκοκκα υλικά των αναβαθμίδων των ποταμών, που αποτελούνται από μη συνεκτικά έως ελάχιστους χάλικες με συμμετοχή και άλλων κλαστικών υλικών ποικίλου μεγέθους και προέλευσης (άμμο και άργιλο), προσδίδουν γενικά στους σχηματισμούς αυτούς ικανοποιητική υδροπερατότητα.. Σε ορισμένες περιπτώσεις όμως, η αυξημένη αναλογία αργιλικού υλικού,

³³ απόσπασμα από το χάρτη του Ι.Γ.Μ.Ε. υπό Τσιφτσή Ε. 1986.

προερχόμενη από την αποσύνθεση των θραυσμάτων ψαμμίτη των παλαιότερων υλικών των αναβαθμίδων, μειώνει την υδροπερατότητα αυτών.

Τα στρώματα ποτάμιας φάσης της Μεγαλόπολης, αποτελούμενα από άργιλο, άμμο, ιλύ, χάλικες ή ελαφρά συνεκτικό κροκαλοπαγές στο κέντρο της λεκάνης, ή από άμμο και άργιλο ανάμεικτα με κροκάλες και χάλικες στις παρυφές της λεκάνης εμφανίζουν καλύτερη υδροπερατότητα. Τα πηγάδια που έχουν ορυχθεί μέσα σε αυτούς είναι μικρής μέχρι μέτριας παραγωγικότητας.

Τα λιμναία στρώματα της Μαραθούσας, της Απιδίτσας, της βαθμίδας Τριλόφου και της βαθμίδας Μακρυσίου αποτελούμενα από άργιλο, αργίλους αμμούχες, μάργες και λιγνίτη αποτελούν στο σύνολό τους αδιαπέρατο σχηματισμό, με συντελεστή υδροπερατότητας $K=10^{-6} - 10^{-9}$ m/sec, όπως προέκυψε από σχετικές δοκιμές³⁴. Επομένως, δεν αναμένεται εισροή νερού από τους σχηματισμούς αυτούς στα ανοιχτά πρηνή του κενού, που θα απομείνει μετά το τέλος της εκμετάλλευσης. Άλλωστε ούτε σήμερα παρατηρείται εισροή νερού στα ανοιχτά πρηνή του ορυχείου. Επιπλέον στους οικισμούς γύρω από τα ορυχεία, δεν υπάρχουν αρδευτικές ή υδρευτικές υδρογεωτρήσεις στους σχηματισμούς αυτούς, γεγονός το οποίο θα αποτελούσε ένδειξη κάποιας αξιοσημείωτης υδροπερατότητας.

Πρέπει όμως να γίνει γενικά κατανοητό ότι οι μεταβολές στη λιθολογική σύσταση των περισσότερων γεωλογικών σχηματισμών, που υπάρχουν στη λεκάνη της Μεγαλόπολης, έχει σαν αποτέλεσμα ευρεία διακύμανση της υδροπερατότητας. Το ποσοστό των αργιλικών είναι γενικά υψηλό και παίζει πολύ μεγάλο ρόλο στον καθορισμό του βαθμού υδροπερατότητάς τους στο χώρο.

5.5.2 ΟΙ ΚΑΡΣΤΙΚΟΙ ΥΔΡΟΦΟΡΕΙΣ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ.

Οι κύριοι καρστικοί υδροφορείς που εμφανίζονται στην ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μεγαλόπολης είναι οι Ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι της ζώνης της Πίνδου και τα ανθρακικά πετρώματα της ζώνης της Τρίπολης.

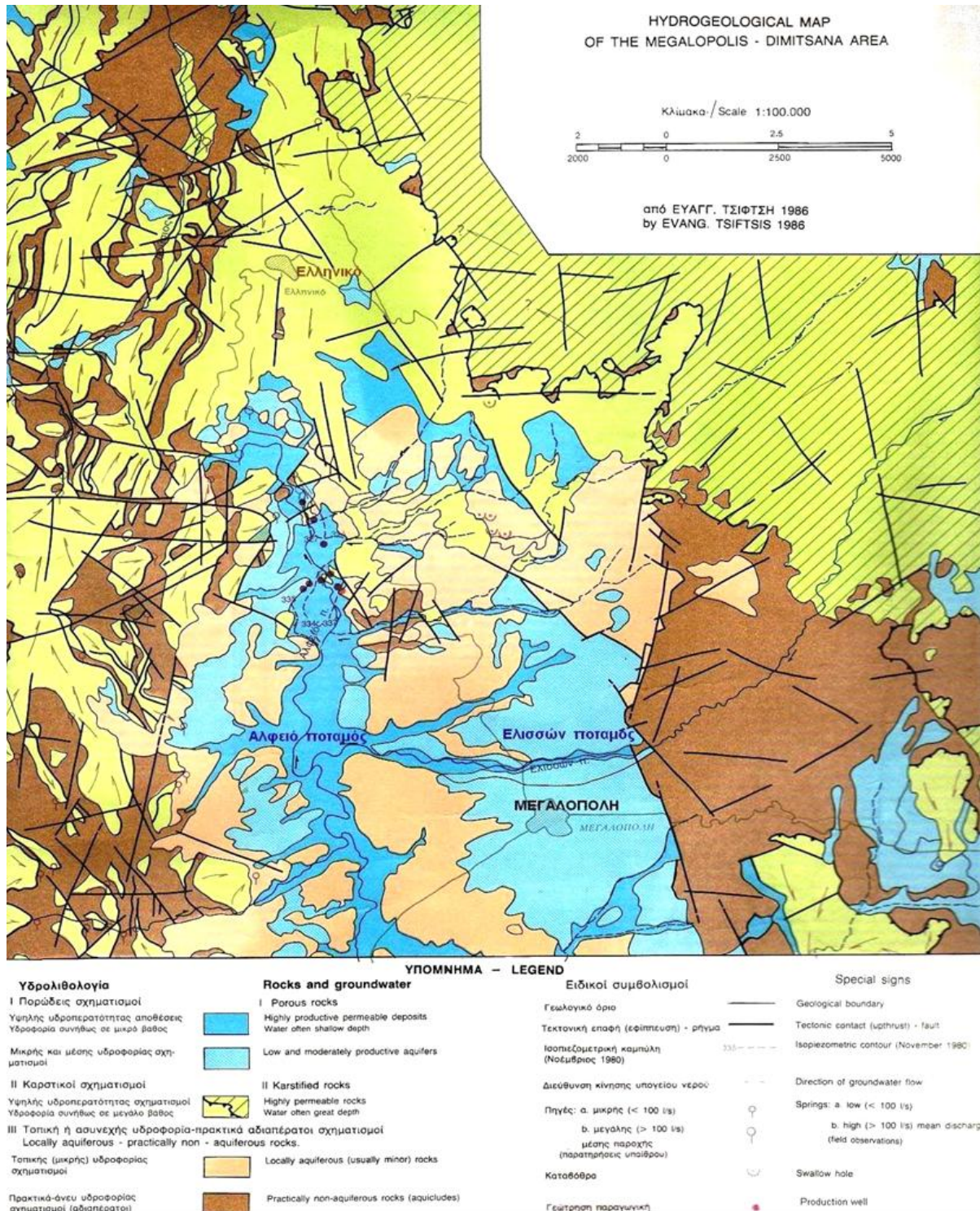
³⁴ Intergeo, 2000.

Ένα μεγάλο μέρος της περιοχής αποτελείται από Ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους της ζώνης της Πίνδου, οι οποίοι είτε επίκεινται του πρώτου φλύσχη της ίδιας ζώνης, είτε έχουν επωθηθεί κατά θέσεις πάνω στον φλύσχη της ζώνης της Τρίπολης. Ο φλύσχος και των δύο ζωνών αποτελεί πρακτικά στεγανό σχηματισμό. Αυτή η τεκτονική έχει οδηγήσει στην ανάπτυξη πολλαπλών ξεχωριστών καρστικών υδροφορέων μέσα και γύρω από τη λεκάνη³⁵.

Στο δυτικό μέρος της λεκάνης, οι Ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι σχηματίζουν επωθημένα λέπια με αποτέλεσμα να αναπτύσσονται ανεξάρτητοι καρστικοί υδροφορείς, οι οποίοι εκφορτίζονται μέσω καρστικών πηγών.

Στο βόρειο και βορειοανατολικό μέρος της λεκάνης, η υφιστάμενη υδρογεωλογική κατάσταση που προκύπτει από την τεκτονική δομή της περιοχής είναι πολύπλοκη. Μέρος του νερού των Ανωκρητιδικών ασβεστόλιθων εκρέει μέσω ενός μικρού αριθμού καρστικών πηγών, που βρίσκονται στο βόρειο τμήμα της λεκάνης, ενώ το υπόλοιπο κατεισδύει σ' ένα χαμηλότερο σύστημα καρστικών υδροφορέων που έχει αναπτυχθεί στα ανθρακικά πετρώματα της ζώνης της Τρίπολης.

³⁵ Τσιφτσής, 1986.



Εικόνα 5.5.1 :Απόσπασμα Γεωτεκτονικού-Υδρογεωλογικού χάρτη ΙΓΜΕ , Μεγαλόπολης.

Πηγή: Τσιφτσής 1986.

Τέλος, στο ανατολικό και νοτιοανατολικό τμήμα της λεκάνης, τμήματα του Πινδικού καλύμματος είναι επωθημένα πάνω στο στεγανό φλύσχη της Τρίπολης και εκφορτίζονται μέσω ανεξάρτητων πηγών³⁶.

Τα ανθρακικά πετρώματα της ζώνης της Τρίπολης παρουσιάζονται στην επιφάνεια στο βόρειο, ανατολικό και νότιο μέρος της λεκάνης και σχηματίζουν ένα σύστημα καρστικών υδροφορέων βαθύτερων από αυτών που έχουν αναπτυχθεί στους Ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους της ζώνης της Πίνδου.

Αυτό το βαθύτερο σύστημα υδροφορέων εκφορτίζεται μέσω ενός μικρού αριθμού πηγών μεγάλης παροχής, όπως υποθαλάσσιες και παράκτιες, που βρίσκονται γύρω από την πόλη του Άργους, καθώς και από τις πηγές «Άγιος Φλώρος» και «Πήδημα», οι οποίες βρίσκονται στα βόρεια, βορειοανατολικά της Καλαμάτας. Μέρος των ανθρακικών πετρωμάτων της υπό μελέτη περιοχής, πρέπει να εκφορτίζεται μέσω πηγών υψηλής παροχής που βρίσκονται στον πυθμένα της κοιλάδας του «Λούσιου» στα βόρεια της λεκάνης.

Όσον αφορά πηγές μικρής παροχής, μόνο μία εκρέει από τα ανθρακικά πετρώματα της ζώνης Τρίπολης. Αυτή βρίσκεται 300m δυτικά – νοτιοδυτικά του χωριού «Καράτουλας», στην επαφή μεταξύ των ανθρακικών πετρωμάτων της ζώνης της Τρίπολης και των στρωμάτων του Τυρού. Η μελέτη της υδρολογίας των ανθρακικών πετρωμάτων της ζώνης Τρίπολης ξεφεύγει από τους σκοπούς της παρούσας μελέτης, επειδή οι υδροφορείς που αναπτύσσονται σ' αυτά δεν επηρεάζουν την τοπική υδρολογία του πεδίου των Κυπαρισσίων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι ένας ορίζοντας φλύσχη μεγάλου πάχους της ζώνης της Τρίπολης απλώνεται μεταξύ τους³⁷.

Οι πηγές που εμφανίζονται στο βόρειο τμήμα της λεκάνης είναι είτε πηγές επαφής, οι οποίες εκρέουν από την επαφή μεταξύ των Ανωκρητιδικών ασβεστόλιθων και του υποκείμενου πρώτου φλύσχη, είτε πηγές υπερχειλίσεως που βρίσκονται στην επαφή μεταξύ των Ανωκρητιδικών ασβεστόλιθων και του πρώτου φλύσχη σε περιοχές, όπου ο τελευταίος έχει εφίππευσει τον πρώτο. Ο δεύτερος τύπος πηγών εμφανίζεται επίσης σε πολλές περιπτώσεις στην επαφή των ασβεστόλιθων με τα επιφανειακά ιζήματα της λεκάνης. Τέλος, οι πηγές που βρίσκονται στην κοιλάδα του ποταμού Λούσιου είναι πηγές υπερχειλίσεως.

³⁶ Δημητρούκας Ν., 2003.

³⁷ Τσιφτσής, 1986

Σύμφωνα με τα παραπάνω ειδικότερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι ασβεστόλιθοι της ζώνης Πίνδου, οι οποίοι σχηματίζουν τα περιθώρια και το υπόβαθρο των Ορυχείων της Μεγαλόπολης. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί επηρεάζουν άμεσα τις εργασίες εκμετάλλευσης και θα εξεταστούν αναλυτικότερα στη συνέχεια.

5.5.3 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΟΡΙΩΝ ΤΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ.

Στην ευρύτερη περιοχή των Ορυχείων της Μεγαλόπολης είχε διαπιστωθεί κατ'αρχήν³⁸, η ύπαρξη ενός σημαντικού υδροφορέα, που αναπτύσσεται στους καρστικοποιημένους ανθρακικούς σχηματισμούς της ζώνης Ωλονού – Πίνδου. Οι σχηματισμοί αυτοί αποτελούν το μεγαλύτερο μέρος του υποβάθρου των ορυχείων, καλυπτόμενοι από πλειοκαινικές αποθέσεις ποικίλου πάχους. Η πιεζομετρική επιφάνεια του καρστικού υδροφορέα παλιότερα έφτανε στην περιοχή του ορυχείου μέχρι την επιφάνεια του εδάφους, σε υψόμετρο +330- +340m³⁹. Σήμερα, σύμφωνα με μετρήσεις που έγιναν τον Μάιο και τον Ιούνιο του 2010, βρίσκεται σε υψόμετρο 300-305 m περίπου.

Η μελέτη Τσιφτσή, το 1984, υποστήριζε την ύπαρξη περισσότερων του ενός υδροφορέων στην ίδια λεκάνη. Στην κατεύθυνση αυτή και με βάση νεώτερα δεδομένα από γεωτρήσεις και σταθμημετρήσεις προέκυψε⁴⁰, ότι στα δυτικά ο καρστικός υδροφορέας περιορίζεται από τα στρώματα φλύσχη, που διέρχονται μεταξύ των γεωτρήσεων 275/62, 357/63, 374/63, 383/63 (περιοχή χωριού Κυπαρίσσια) και των γεωτρήσεων 368/63, ΥΚ12/91 και ΥΚ13/91, που βρίσκονται ανατολικότερα. Επίσης, η περιοχή των γεωτρήσεων 376/63, Φ8/72 και Φ10/72 δεν έχει σχέση με τον κύριο καρστικό ορίζοντα, αφού και πάλι απομονώνεται από στρώματα φλύσχη.

Στα νότια, το όριο του καρστικού υδροφορέα των Κυπαρισσίων, που τέθηκε από τον Ο. Gold πρέπει στην πράξη να βρίσκεται σε κάποιο ρήγμα, που εμποδίζει την επικοινωνία των καρστικών αγωγών, ενώ παράλληλα το μεγάλο πάχος των υπερκείμενων χαλαρών σχηματισμών ενεργεί πρακτικά σαν αδιαπέρατο όριο, αφού φέρνει σε επαφή καρστικούς σχηματισμούς με χαλαρά ιζήματα πρακτικά αδιαπέρατα. Εκτιμάται ότι το ρήγμα αυτό βρίσκεται στη Θωκνία, έχει

³⁸ Ο. GOLD, 1962.

³⁹ Ο. GOLD, 1962

⁴⁰ Δ. Δημητρακόπουλος 1993

διεύθυνση Α – Δ και σχηματίζει τον παραπόταμο του Αλφειού, Ελισσώνα. Η τοποθέτηση του ορίου αυτού δεν επηρεάζει σημαντικά τον υπολογισμό του εμβαδού των επιφανειακών ασβεστολιθικών εμφανίσεων μέσω των οποίων θεωρείται ότι λαμβάνει χώρα η κύρια τροφοδοσία του καρστ.

Στα βόρεια, η περιοχή των γεωτρήσεων Βr6 και Βr7 αποδείχτηκε ότι αποτελεί έναν ξεχωριστό υδροφορέα (ο οποίος αναφέρεται στην συνέχεια σαν Βόρειος υδροφορέας), ο οποίος δεν έχει καμία υδραυλική επικοινωνία με τον κύριο καρστικό υδροφόρο ορίζοντα (και αν ακόμα έχει, αυτή είναι πολύ μικρή). Οι γεωτρήσεις αυτές δεν ακολουθούν τη γενικότερη πτώση της στάθμης, ενώ έχουν διαφορετικά υδραυλικά χαρακτηριστικά και χημική σύσταση⁴¹.

Στα ανατολικά, η ύπαρξη ενός εκτεταμένου στρώματος φλύσχη στη ζώνη Καράτουλα – Στεμνίτσα⁴² αποκλείει σαφώς την επικοινωνία με τις ανατολικότερα ευρισκόμενες ασβεστολιθικές μάζες.

Οι εμφανίσεις του πρώτου φλύσχη της ζώνης Ωλονού – Πίνδου στην περιοχή ΝΔ και ΒΔ του χωριού Καράτουλα, στα χωριά Παυλιά, Ψάρι, Άνω Καλύβια και Ελληνικό, υποδηλώνουν ότι υπάρχει μια συνέχεια στην υπεδαφική επέκταση του φλύσχη, η οποία και δημιουργεί ένα φράγμα στην υδραυλική επικοινωνία του κυρίως καρστικού υδροφορέα με τους ασβεστόλιθους μεταξύ των χωριών Ελληνικό και Στεμνίτσα.

Οπωσδήποτε όμως, οι μόνες πιθανές περιοχές από τις οποίες υπόγειο νερό κινείται προς το πεδίο των Κυπαρισσίων φαίνεται να είναι αυτές που απλώνονται στο βόρειο και βορειοανατολικό τμήμα της λεκάνης, όπου υπάρχουν εκτενείς εμφανίσεις Ανωκρητιδικών ασβεστόλιθων.

Πρόσφατες εργασίες⁴³ αναφέρονται στην ύπαρξη τριών καρστικών υδροφορέων στην άμεση περιοχή των ορυχείων. Στη συνέχεια δίδονται στοιχεία που αφορούν τα όρια και τα υδραυλικά χαρακτηριστικά όπως προκύπτουν από τις εργασίες αυτές.

❖ ο κύριος (1^{ος}) καρστικός υδροφορέας:

Σύμφωνα με την παραπάνω μελέτη, ο υδροφορέας αυτός καλύπτει το κεντρικό και νότιο τμήμα του ορυχείου Κυπαρισσίων. (περιοχή γεωτρήσεων ΥΚ11, ΥΚ12, ΥΚ13, ΒR1, ΒR2, ΒR3). Έχει εντοπισθεί επίσης στα δυτικά του ορυχείου των Κυπαρισσίων, κοντά στο ομώνυμο χωριό

⁴¹ Τερζοπούλου Ελ., Λιάκουρα Αικ., 1992, Δημητρακόπουλος Δ., Κουμαντάκης, Ι., 1995, Δημητρούκας Ν., 2003.

⁴² ΙΓΜΕ, 1998, Τσιφτσής Ε., 1986.

⁴³ Δ. Δημητρακόπουλος, Ι. Κουμαντάκης, 1995, Δημητρούκας Ν., 2003.

(περιοχή γεωτρήσεων ΥΚ7, ΥΚ8, ΥΚ9). Στα ανατολικά του ορυχείου εκτείνεται κάτω από τον Αλφειό και φθάνει τουλάχιστον μέχρι τις γεωτρήσεις Κ2, Κ10, Κ7 και Π25 στα ΒΑ και Ανατολικά. Το δευτερογενές πορώδες του καρστικού υδροφορέα υπολογίστηκε σε 0,6 - 1%.

Η υδαταγωγιμότητα στην κεντρική και ανατολική περιοχή του ορυχείου (Γ1, Γ2, Γ3, Γ4, BR3) είναι πολύ μεγάλη, της τάξεως του 10-1 έως 10-2 m²/sec, ενώ δυτικότερα μειώνεται (7x10-3 m²/sec στην Br1).

Η πιεζομετρική επιφάνεια του καρστικού υδροφορέα που αρχικά θεωρούνταν ενιαίος, παλαιότερα (1963) έφθανε στην περιοχή του ορυχείου μέχρι την επιφάνεια του εδάφους, σε υψόμετρο μέχρι +330 - 340 m⁴⁴. Το 1992 βρίσκονταν περίπου στο +300 m και το 2003 στο +280 - +285m περίπου⁴⁵. Σύμφωνα με μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν το 2009 και το 2010⁴⁶ και συμπληρώθηκαν με στοιχεία της Δ.Ε.Η. η στάθμη τον Ιούνιο 2010 βρισκόταν περίπου στα 300-305 m.

Ο υδροφορέας αυτός είναι αυτός ο οποίος επηρεάζει τις εργασίες εκμετάλλευσης και για τον λόγο αυτό η στάθμη του έπρεπε να υποβιβαστεί.



Εικόνα 5.5.2: Αποψη της λίμνης που έχει σχηματιστεί στο δάπεδο του ορυχείου Κυπαρισσίων.

Πηγή: Δημητρακοπούλου Στέλλα, 2010.

⁴⁴ O. GOLD, 1963.

⁴⁵ Δημητρούκας Ν., 2003.

⁴⁶ Δημητρακοπούλου Στ., 2010.

❖ 2^{ος} καρστικός υδροφορέας (βόρειος υδροφορέας):

Στην περιοχή γύρω από τις γεωτρήσεις BR6 - BR7 στα βόρεια του ορυχείου, αναπτύσσεται ⁴⁷ ένας ανεξάρτητος μικρότερος καρστικός υδροφορέας, που απομονώνεται από τον κύριο υδροφορέα, μέσω υπόγειων διαφραγματικών παρεμβολών φλύσχη.

Η ύπαρξη του υδροφορέα αυτού προκύπτει σύμφωνα με την βιβλιογραφία ⁴⁸:

- Από την διαφορετική χημική σύσταση του νερού των γεωτρήσεων BR6, BR7 σε σχέση με δείγματα των άλλων γεωτρήσεων της σειράς BR και της σειράς N, που ανήκουν στον κύριο καρστικό υδροφορέα.
- Από την μεγάλη διαφορά στάθμης και την διαφορετική διακύμανση μεταξύ των Br6, Br7 και των υπολοίπων υδρογεωτρήσεων της σειράς BR1 έως BR9, της σειράς N και της σειράς K που ανήκουν στον κύριο υδροφορέα.

Η στάθμη του υδροφορέα αυτού, σήμερα βρίσκεται στο +306 έως +326 m περίπου. Το όριο μεταξύ των δύο υδροφορέων βρίσκεται μεταξύ των γεωτρήσεων BR6 και K2/84, K7/85, προς τα ανατολικά. Πιθανότατα είναι ο φλύσχος Πίνδου που έχει εντοπισθεί στις γεωτρήσεις 360/63 και 284/62. Δεν έχουν προσδιοριστεί τα όρια και η έκταση του υδροφορέα αυτού. Είναι όμως πιθανόν τα νότια όριά του να φθάνουν μέχρι τα βόρεια όρια του ορυχείου Κυπαρισσίων. Ο υδροφορέας αυτός δεν φαίνεται να επηρεάζει άμεσα τις εργασίες εκμετάλλευσης.

❖ 3^{ος} καρστικός υδροφορέας (Δυτικός υδροφορέας):

Στην βιβλιογραφία για το ορυχείο Κυπαρισσίων είχε αναφερθεί η ύπαρξη και συνέχεια μιας υπεδαφικής εμφάνισης φλύσχη, περίπου κατά μήκος των δυτικών πρηνών του ορυχείου Κυπαρισσίων ⁴⁹.

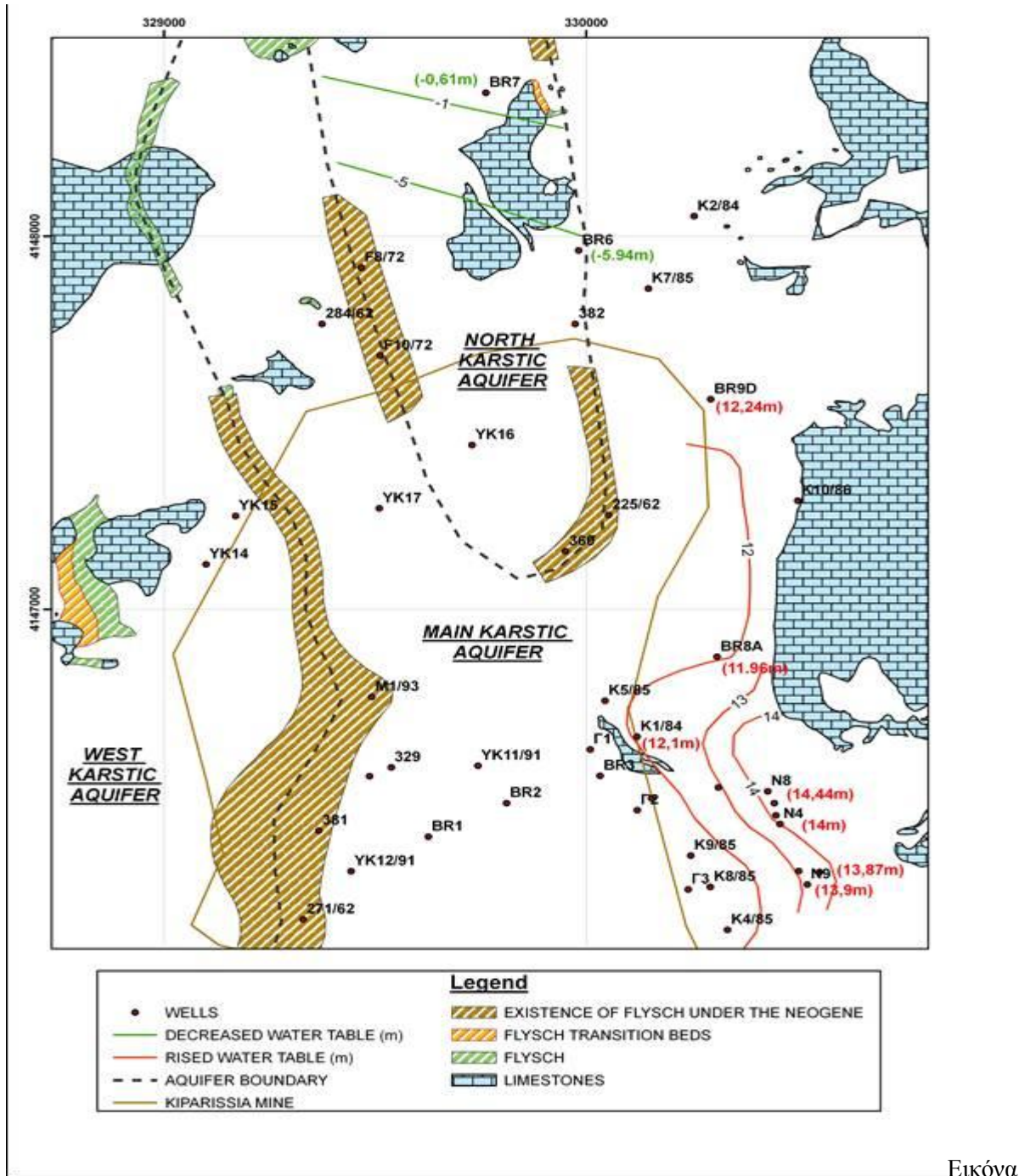
Η ύπαρξη του φλύσχη αυτού επιβεβαιώνεται από τις γεωτρήσεις και από τις επιφανειακές εμφανίσεις αυτού στα δυτικά του ορυχείου. Ο φλύσχος αυτός αποτελεί το δυτικό όριο του κύριου καρστικού υδροφορέα και αποτελεί στεγανό διάφραγμα μεταξύ αυτού και του δυτικού καρστικού υδροφορέα.

⁴⁷ αντίθετα από τις παλαιότερες απόψεις, Georgen 1976.

⁴⁸ Δ. Δημητρακόπουλος, Ι. Κουμαντάκης, 1995, Δημητρούκας, Ν., 2003.

⁴⁹ Δημητρούκας, Ν., 2003, Παπαγεωργίου Ν., 1994.

Εκτιμάται ότι στον υδροφορέα αυτόν έχουν ορυχθεί τα πιεζόμετρα Π15, Π13 και η υδρογεώτρηση του χωριού Μαυριά ΥΚ10. Τα πιεζόμετρα όμως είναι αποφραγμένα (βουλωμένα) και απαιτείται καθαρισμός τους για να είναι δυνατή η αξιόπιστη μέτρηση. Η στάθμη του κυμαίνεται περίπου στο +320m.



Εικόνα

5.5.3: Πιεζομετρικός χάρτης 2006.

Πηγή: ΔΕΗ/ΔΜΑΟΡ/WATERCHEM.

5.5.4 ΕΚΤΑΣΗ ΤΩΝ ΚΑΡΣΤΙΚΩΝ ΥΔΡΟΦΟΡΕΩΝ.

Σύμφωνα με την προηγηθείσα ανάλυση ο υδροφορέας ο οποίος επηρεάζει τις εργασίες εκμετάλλευσης των ορυχείων Μεγαλόπολης, είναι ο κύριος καρστικός υδροφορέας που βρίσκεται στο υπόβαθρο και τα περιθώρια του ορυχείου Κυπαρισσίων.

Στον υδροφορέα αυτόν έχουν ορυχθεί οι γεωτρήσεις της ΔΕΗ που εξυπηρετούν διπλό σκοπό αφού από αυτές αντλούνται οι αναγκαίες ποσότητες για την υδροδότηση του ΑΗΣ, ενώ παράλληλα ο υποβιβασμός της στάθμης που επιτυγχάνεται είναι αναγκαίος για την ασφαλή εξόρυξη του λιγνίτη. Τα κυριότερα προβλήματα προέρχονται από αυτόν τον υδροφόρο.

Η έκταση της επιφανειακής εμφάνισης του κύριου καρστικού σχηματισμού, που δέχεται άμεσα τα νερά των βροχοπτώσεων είναι 48 km², ενώ η συνολική έκταση του ασβεστολιθικού σχηματισμού στην περίπτωση που περιλαμβάνει και το υπεδαφικό τμήμα του, που έχει εντοπισθεί από γεωτρήσεις ανέρχεται σε 140 km².

Στην αρχική μελέτη GOERGEN όπως και στη μελέτη GOLD αναφέρεται ότι η συνολική έκταση του καρστικοποιημένου ασβεστολιθικού σχηματισμού είναι 170 Km². Λαμβάνεται υπόψη για τους υπολογισμούς ότι η συνολική έκταση είναι 140 km² από τα οποία τα 48 km² είναι στην επιφάνεια.

5.5.5 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΥΔΑΤΩΝ ΠΟΥ ΚΑΤΕΙΣΔΥΟΥΝ ΣΕ ΕΤΗΣΙΑ ΒΑΣΗ (ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΑ ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ) ΣΤΟΝ ΚΥΡΙΟ ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΥΔΡΟΦΟΡΕΑ.

Το 1962 είχε υπολογιστεί ότι η συνολική ποσότητα που κατεisdύει ήταν της τάξης των 33 * 10⁶ m³, ενώ η παροχή των πηγών 31 * 10⁶ m³. Ο συντελεστής κατεisdυσης είχε εκτιμηθεί περί των 45%. (GOERGEN 1962)

Αντίστοιχος υπολογισμός πραγματοποιήθηκε για την περίοδο 1989-1992, που παρατηρήθηκε μια έντονη πτώση στάθμης του καρστικού υδροφόρου ορίζοντα. Οι βροχοπτώσεις την αντίστοιχη περίοδο δεν εμφανίζουν μεγάλη απόκλιση από το μέσο όρο της τελευταίας 20ετίας που είναι 900 mm.

Στον καρστικό ορίζοντα κατεisdύουν μέσω των επιφανειακά αναπτυσσομένων ασβεστολίθων οι παρακάτω ποσότητες νερού:

- επιφάνεια καρστικών σχηματισμών 48 km^2 ή $48.000.000 \text{ m}^2$
- κατείδυση = θεωρώντας κατείδυση 45%
- όγκος νερού που κατεισδύει $= 19,5 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Με δεδομένο ότι η απορροή μέσω των πηγών το αντίστοιχο διάστημα έχει σχεδόν μηδενιστεί, η παρατηρούμενη πτώση στάθμης οφείλεται κυρίως στην αύξηση των αντλήσεων στα $18-20 \times 10^6 \text{ m}^3$ νερού το χρόνο την περίοδο αυτή.

Για τους καρστικούς ασβεστολίθους που αναπτύσσονται στην ευρύτερη περιοχή Κυπαρισσίων, η μέση τιμή του πορώδους έχει εκτιμηθεί σε $n=0.6-0.7\%$ ⁵⁰. Επομένως ο όγκος του περιεχόμενου νερού (μόνιμα αποθέματα) ανά m πτώσης στάθμης είναι της τάξης των $0,84-0,98 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Συνοπτικά το υδατικό ισοζύγιο του καρστικού υδροφορέα είναι:

- ❖ Η ποσότητα του νερού που κατεισδύει σε ετήσια βάση στον κύριο υδροφορέα, λόγω των βροχοπτώσεων (ανανεώσιμα αποθέματα), εξαρτάται από το ύψος των κατακρημνισμάτων και ανέρχεται από $17,3$ έως $32,40 \times 10^6 \text{ m}^3$, για 800 και 1500 mm βροχόπτωσης αντίστοιχα.
- ❖ Τα μόνιμα αποθέματα είναι $840.000-980.000 \text{ m}^3$ νερού/ανά μέτρο πτώσης στάθμης.
- ❖ Η αντλούμενη ποσότητα νερού για την κάλυψη των αναγκών υδροδότησης των ΑΗΣ της περιοχής ανέρχεται σε $18 - 20 \times 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως.

Σημειώνεται ότι η άντληση αυτή εξυπηρετεί παράλληλα και την ανάγκη των ορυχείων για ασφαλή εξόρυξη του λιγνίτη και διατήρηση της στάθμης στα σημερινά επίπεδα.

Πράγματι, η αντλούμενη ποσότητα του νερού, των $18-20 \times 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως, αντιστοιχεί στα ανανεώσιμα αποθέματα για βροχόπτωση $900-1000 \text{ mm}$ ετησίως και αυτό επιβεβαιώνεται από το γεγονός του ότι είναι δυνατή η διατήρηση της στάθμης στα σημερινά επίπεδα χωρίς επιπλέον άντληση από την πλευρά των ορυχείων.

⁵⁰ Δημητρακόπουλος Δ., 1993.

5.6 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΥΔΑΤΙΚΟΥ ΙΣΟΖΥΓΙΟΥ.

Σύμφωνα με αυτά που αναφέρθηκαν στην προηγούμενη ενότητα, το υδατικό ισοζύγιο της λεκάνης διαμορφώνεται ως εξής:

Εισροές - Εκροές:

- ❖ Σε μία έκταση 1000 km^2 η ετήσια ποσότητα των κατακρημνισμάτων ανέρχεται στα $900 \times 10^6 \text{ m}^3$. Από αυτή την ποσότητα εξατμίζονται τα $690 \times 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως και παραμένουν στη λεκάνη και τελικά απορρέουν περίπου $210 \times 10^6 \text{ m}^3$. Τα νερά των αντλιοστασίων, που είναι περίπου $8.000.000 \text{ m}^3$ και απορρίπτονται στον Αλφειό, θα κατέληγαν ούτως ή άλλως σ' αυτόν μέσω της φυσικής διαδικασίας επομένως δεν επηρεάζουν το υδατικό ισοζύγιο.
- ❖ Για την υδροδότηση των ΑΗΣ και των ορυχείων αντλούνται κάθε χρόνο περίπου $20-21 \times 10^6 \text{ m}^3$ νερού από τον καρστικό υδροφορέα, εκ των οποίων τα $7 \times 10^6 \text{ m}^3$ νερού απορρίπτονται στον Αλφειό ποταμό μετά την ψυκτική διαδικασία των ΑΗΣ και ουσιαστικά λαμβάνονται ως επιστροφές.
- ❖ Για την προστασία των ορυχείων περιστασιακά (μόνο το 2003, 2004) αντλήθηκαν $\sim 3-4 \times 10^6 \text{ m}^3$ νερού, τα οποία επίσης απορρίφθηκαν στον Αλφειό. Στο μέλλον δεν προβλέπεται να υπάρξουν άλλες αντλήσεις για την προστασία των ορυχείων.
- ❖ Για άρδευση και ύδρευση διατίθενται μέσω των γεωτρήσεων περίπου $3.000.000 \text{ m}^3$ ετησίως.
- ❖ Από την λεκάνη καταναλώνονται τελικά περίπου $16-17 \times 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως (ΑΗΣ και αρδεύσεις), αφού τα υπόλοιπα επανέρχονται στην λεκάνη.
- ❖ Η ποσότητα αυτή δεν επηρεάζει ουσιαστικά το υδατικό ισοζύγιο της λεκάνης, αφού αποτελεί το 2% των βροχοπτώσεων και το 7% της ετήσιας απορροής.
- ❖ Το υδατικό ισοζύγιο είναι θετικό κατά $200 \times 10^6 \text{ m}^3$ ετησίως (μ.ο), τα οποία απορρέουν μέσω του Αλφειού από την Καρύταινα.

5.7 ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΝΕΡΩΝ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ.

Σύμφωνα με τα δεδομένα από 217 χημικές αναλύσεις που πραγματοποιήθηκαν στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού Ερευνητικού προγράμματος WATERCHEM τα συμπεράσματα είναι τα εξής:

A. Επιφανειακά νερά,

❖ Περιοχή Θωκνίας:

Σε όλες τις δειγματοληψίες εντοπίστηκαν υψηλές τιμές, πάνω από τα όρια ποσιμότητας, στις εξής παραμέτρους: E.C., TDS, Ca^{+2} , Mg^{+2} , K^{+} , SO_4^{-2} , Al^{+3} , NO_2^{-} , Mn^{+2} , Ba^{+2} . Οι υψηλές συγκεντρώσεις σχετίζονται κυρίως με την διαδικασία της αποθείωσης στους ΑΗΣ και τις αποθέσεις στείρων υλικών και τέφρας. Οι υψηλές τιμές των θεικών σχετίζονται με τη γεωχημική σύσταση των στείρων υλικών των περιοχών απόθεσης τους, που αποτελούνται από ιπτάμενη τέφρα.

❖ Αλφειός ποταμός.

Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε σε διάφορες θέσεις κατά το ρου του πριν τα ορυχεία, στην ζώνη επιρροής των ορυχείων και σε θέσεις μετά τα ορυχεία. Διαπιστώθηκε μια συνεχής υποβάθμιση κατά μήκος της ροής του ποταμού κυρίως αυξημένες συγκεντρώσεις σε SO_4^{-2} , TDS, NO_2^{-} , Ca^{+2} , Mg^{+2} , NH_4^{+} , HCO_3^{-} και Mo. Το νερό του Αλφειού, πριν την υποβάθμισή του, ήταν καλής ποιότητας, η κύρια πηγής ρύπανσης εκτιμάται ότι είναι τα αστικά απόβλητα της Μεγαλόπολης.

Υπάρχει επίσης επίδραση της μεταλλευτικής δραστηριότητας στην ποιότητα των νερών του Αλφειού, αλλά όχι σε μεγάλο βαθμό. Οι δειγματοληψίες έδειξαν ότι ένα μικρό ποσοστό των νερών του Αλφειού είναι «εμπλουτισμένο» από «mine water», νερό προερχόμενο από τα ορυχεία. Σημαντικό επίδραση στη χημική σύσταση του Αλφειού, έχουν οι γεωλογικοί σχηματισμοί που αναπτύσσονται στην περιοχή.

❖ Αντλιοστάσια λιγνιτορυχείων.

Η ποιότητα των νερών των αντλιοστασίων είναι παρόμοια με αυτή των δειγμάτων από τη Θωκνία. Τα νερά εμφανίζουν υψηλές συγκεντρώσεις στις εξής παραμέτρους: E.C., Ca^{+2} , Mg^{+2} , SO_4^{-2} , NO_3^{-} , NO_2^{-} , Mn^{+2} , Ba^{+2} . Η ποιότητα των νερών αυτών επηρεάζεται :

- Από τη γεωχημική σύσταση των γεωλογικών σχηματισμών

- Τη μεταλλευτική δραστηριότητα
- Την εναπόθεση της ιπτάμενης τέφρας από τους ΑΗΣ.

B. Υπόγεια Νερά,

❖ Αβαθής υδροφόρος στη Θωκνία ,

Ο υδροφόρος αυτός που αναπτύσσεται στα νεογενή ιζήματα, δείχνει να μην επηρεάζεται από την ύπαρξη των στείρων αποθέσεων , κυρίως λόγω μη εμφανούς υδραυλικής επικοινωνίας μεταξύ στραγγισμάτων από τις αποθέσεις και του υδροφόρου.

❖ Καρστικός υδροφόρος ,

Ο υδροφόρος αυτός χρησιμοποιείται για την κάλυψη αναγκών των ΑΗΣ, την ύδρευση της πόλης της Μεγαλόπολης και των υπόλοιπων χωριών της περιοχής, αλλά και τις υδατικές ανάγκες του ορυχείου. Συνεπώς η ποιότητα των νερών του καρστικού υδροφόρου είναι πολύ μεγάλης σημασίας, λόγω της πιθανής επίδρασης από τα ορυχεία. Οι χημικές αναλύσεις των δειγμάτων έδειξαν ότι η ποιότητα των νερών του καρστικού υδροφόρου είναι πολύ καλή. Η μόνη παράμετρος η οποία είναι πάνω από τα όρια είναι το Mn^{++} στον βόρειο καρστικό υδροφόρο.

5.8 ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ.

Οι εργασίες εκμετάλλευσης του λιγνίτη στην λεκάνη Μεγαλόπολης, ξεκίνησαν με την εκμετάλλευση του πεδίου Θωκνίας το 1971 και απέδωσαν μέχρι σήμερα 302 εκατομμύρια τόνους λιγνίτη. Η εκμετάλλευση του λιγνιτωρυχείου προβλέπεται να ολοκληρωθεί το 2026⁵¹ . Το ορυχείο Θωκνίας έχει εξοφληθεί, ενώ συνεχίζεται η εκμετάλλευση στα ορυχεία Κυπαρισσίων, Μαραθούσας και Χωρεμίου.

⁵¹ Λεοντίδης - Ρούμπος 2004.



Εικόνα 5.8.1: Εσωτερική απόθεση ορυχείου Χωρεμίου.

Πηγή: Διπλωματική Εργασία Δημητρακοπούλου Στ., 2010.

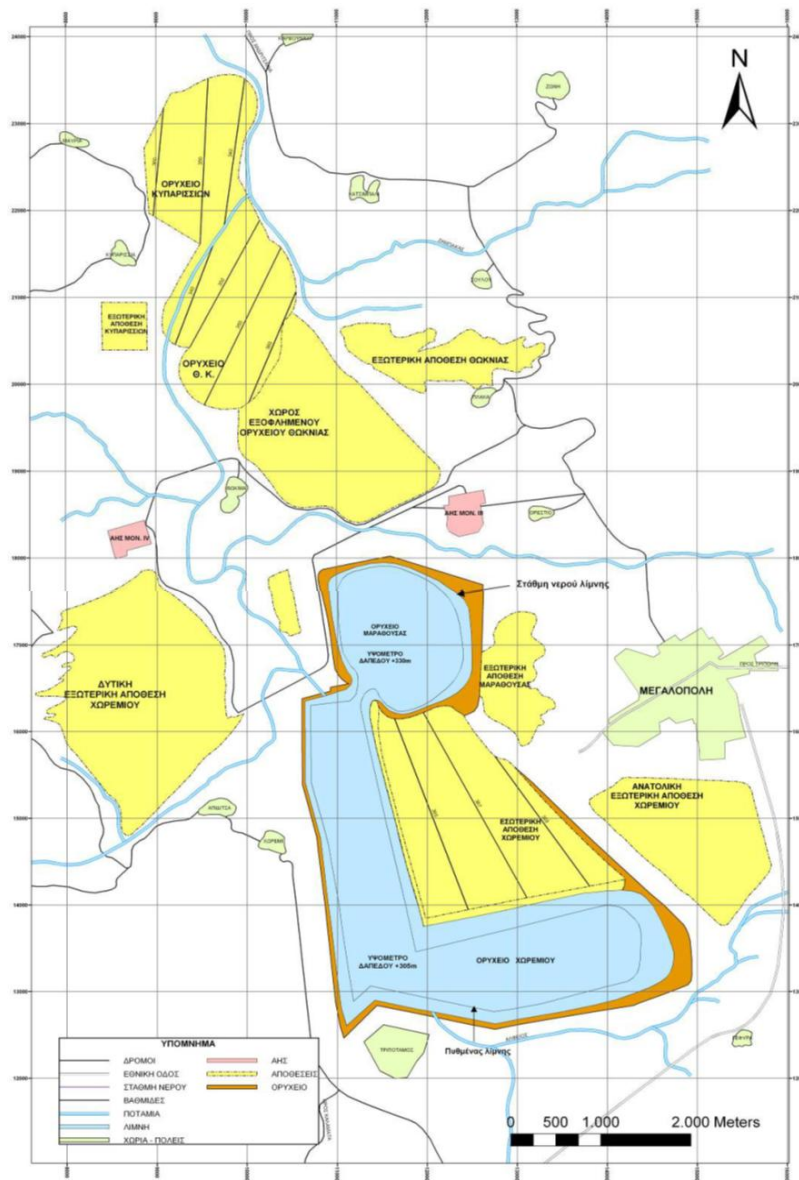
Σύμφωνα με τον σχεδιασμό της ΔΕΗ⁵² με την ολοκλήρωση της εκμετάλλευσης των ορυχείων της Μεγαλόπολης (2026) θα έχουν διακινηθεί $1540 \times 10^6 \text{ m}^3$ γαιών με αντίστοιχη παραγωγή $553 \times 10^6 \text{ tn}$ λιγνίτη.

Μία εκσκαφή αυτού του μεγέθους είναι προφανές ότι θα επιφέρει αλλαγές στο υδρολογικό σύστημα, οι οποίες, δεν είναι απαραίτητα στο σύνολό τους αρνητικές. Στην μεταλιγνιτική εποχή το υδατικό καθεστώς της περιοχής θα είναι διαφορετικό τόσο σε επίπεδο υπόγειων όσο και κυρίως επιφανειακών νερών.

Η τελική εικόνα που θα παρουσιάζουν τα ορυχεία το έτος 2026 παρουσιάζεται στην εικόνα 5.8.2. Το ορυχείο Κυπαρισσίων θα έχει καλυφθεί πλήρως με άγονα υλικά και θα έχει ολοκληρωθεί η εκμετάλλευση, η εσωτερική απόθεση στο ορυχείο Χωρεμίου και θα έχει διαμορφωθεί το τελικό κενό, το οποίο θα είναι οι αποδέκτες των επιφανειακών απορροών για την δημιουργία του μόνιμου ταμιευτήρα (λίμνης). Στο επόμενο κεφάλαιο, γίνεται η διερεύνηση της δυνατότητας δημιουργίας της λίμνης, που θα σχηματιστεί στα τελικά κενά των ορυχείων

⁵² Λεοντίδης - Ρούμπος, 2005.

Χωρεμίου και Μαραθούσας, που θα είναι ενωμένα. Η διερεύνηση αυτή πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας της Δημητρακοπούλου Στέλλας το 2010.



Εικόνα 5.8.2: Η τελική εικόνα των ορυχείων.

Πηγή: Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Ορυχείων Μεγαλόπολης.



Εικόνα 5.8.3: Ορυχείο Μαραθούσας, στο βάθος το αντλιοστάσιο.

Πηγή: Δημητρακοπούλου Στέλλα, 2010.



Εικόνα 5.8.4.: Αντλιοστάσιο στο ορυχείο Χωρεμίου.

Πηγή: Δημητρακοπούλου Στέλλα, 2010.

5.9 ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΛΙΜΝΗΣ.

Στην περιοχή μελέτης θα παραμείνουν δύο κενά. Το μεγαλύτερο είναι του ορυχείου Χωρεμίου, που τα γεωμετρικά του χαρακτηριστικά έχουν περίπου ως εξής: περίμετρος 14,6 km, έκταση στο επίπεδο της ανώτερης στάθμης της λίμνης 6,54 km², έκταση πυθμένα 4,51 km², έκταση μέσης επιφάνειας 5,53 km², και μέγιστο βάθος περίπου 55 m. Το δεύτερο κενό είναι του ορυχείου Μαραθούσας με τα εξής γεωμετρικά χαρακτηριστικά: περίμετρος 5,4 km, έκταση στο επίπεδο της ανώτερης στάθμης της λίμνης 2,18 km², έκταση πυθμένα 1,81 km², έκταση μέσης επιφάνειας 2 km² και μέγιστο βάθος περίπου 30m.

Τα τελικά κενά των δύο αυτών ορυχείων θα αποτελούν έναν ενιαίο χώρο στον οποίο θα σχηματιστεί η λίμνη περιμέτρου 20 km, έκτασης στο επίπεδο της ανώτερης στάθμης της λίμνης 8,72 km², έκτασης πυθμένα 6,32 km², έκταση μέσης επιφάνειας 7,53 km² και μέγιστο βάθος περίπου 55 m.

Για τον υπολογισμό της χωρητικότητας της λίμνης λαμβάνουμε σαν βάθος κάθε τμήματος της λίμνης, το μέγιστο βάθος και σαν επιφάνεια, την μέση επιφάνεια της κάθε λίμνης: [(επιφάνεια τελικής στάθμης + επιφάνεια πυθμένα)/2].

Αρα υπολογίζουμε την χωρητικότητα του Χωρεμίου :

$$V_{\text{ΧΩΡ}} = E \times h = 5,53 \times 10^6 \text{ m}^2 \times 55\text{m} = 304 \times 10^6 \text{ m}^3 \text{ που είναι } 304 \times 10^6 \text{ m}^3$$

$$\text{και της Μαραθούσας: } V_{\text{ΜΑΡ}} = E \times h = (2 \times 10^6 \text{ m}^2) \times 30\text{m} = 60 \times 10^6.$$

Επομένως ο τελικός όγκος που πρέπει να πληρωθεί με νερό για τον σχηματισμό της τελικής λίμνης είναι $V_{\text{Λ}} = 364 \times 10^6 \text{ m}^3$.

Υπολογισμός απευθείας κατακρημνισμάτων

Για να υπολογίζουμε την ποσότητα νερού που θα εισχωρήσει στην λίμνη από τα κατακρημνίσματα, σαν τιμή επιφάνειας θεωρούμε την μέγιστη επιφάνεια της.

Γνωρίζοντας το εμβαδόν της επιφάνειας και το ύψος βροχής σε ετήσια βάση υπολογίζουμε τον όγκο του νερού που θα εισέρχεται σε ετήσια βάση στους κενούς χώρους των ορυχείων. Από τους υπολογισμούς προκύπτει ότι τα απευθείας κατακρημνίσματα είναι $V_{\text{ΒΡ}} = 7,85 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$.

5.10 ΤΕΛΙΚΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΟΡΥΧΕΙΩΝ ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗΣ

5.10.1 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΩΝ ΕΙΣΡΟΩΝ.

Από την Δ.Ε.Η. δεν δόθηκαν λεπτομερείς τοπογραφικοί χάρτες ώστε να γίνει υπολογισμός της επιφάνειας του εδάφους που απορρέει προς το τελικό κενό που θα απομείνει. Για το λόγο αυτό έγινε εκτίμηση της επιφάνειας αυτής μετά από την επίσκεψη της περιοχής. Η επιφάνεια εκτιμάται ότι είναι περίπου 5 km². Στα πλαίσια της διπλωματικής εργασίας της Δημητρακοπούλου Στέλλας (2010), πάρθηκε ως συντελεστή αποροής 30% λαμβάνοντας υπόψιν ότι μεγάλο τμήμα της επιφάνειας αποτελείται από αποθέσεις οι οποίες :

- A) έχουν συμπυκνωθεί από την κυκλοφορία χωματογενικών μηχανημάτων (φορτηγά, προωθητές κ.τ.λ.)
- B) έχουν μεγάλες κλίσεις
- Γ) αποτελούνται κυρίως από αργιλομαργαϊκά υλικά

Έτσι δεν ευνοούν την κατείδυση αλλά αλλά αντιθέτως αυξάνουν την επιφανειακή απορροή. Επομένως ο όγκος του νερού που απορρέει προς την λίμνη θα είναι $1,3 \times 10^6 \text{ m}^3$.

5.10.2 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΕΙΣΡΟΩΝ.

Τα υπερκείμενα των λιγνιτικών στρωμάτων αποτελούνται από αργύλους και μάργες που είναι πρακτικά αδιαπέρατα υλικά. Το ίδιο συμβαίνει και με τα λιγνιτικά στρώματα. Σε επισκέψεις της Στ. Δημητρακοπούλου στο ορυχείο Μεγαλόπολης την περίοδο Μάιος – Ιούνιος 2009 και 2010 δεν διαπιστώθηκε καμία εκροή νερού από τα ανοιχτά πρηνή των ορυχείων Κυπαρισσίων, Χωρεμίου και Μαραθούσας. Επομένως δεν αναμένονται υπόγειες εισροές προς το κενό που θα απομείνει μετά το τέλος της εκμετάλλευσης.

5.10.3 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΕΞΑΤΜΙΣΗΣ.

Σύμφωνα με τον Κ. Κασσιό (1995), η μέση ετήσια εξάτμιση από υδάτινη επιφάνεια στην περιοχή της Μεγαλόπολης για την χρονική περίοδο 1970-1995 ήταν 1467,7 mm (~1500 mm).

Η εξάτμιση θα υπολογιστεί για την μέση επιφάνεια της λίμνης ($7,53 \times 10^6 \text{ m}^2$) και για την μέγιστη επιφάνειά της ($8,72 \times 10^6 \text{ m}^2$) σε ετήσια βάση.

$$\text{Εξμ.επ.} = 7,53 \times 10^6 \times 1,5 \rightarrow \text{Εξ} = 11,3 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{έτος.}$$

$$\text{Εξμεγ.επ.} = 8,72 \times 10^6 \times 1,5 \rightarrow \text{Εξ} = 13,08 \times 10^6 \text{ m}^3 / \text{έτος.}$$

5.11 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.

Παρατηρούμε όμως ότι η ποσότητα του νερού που εξατμίζεται από την επιφάνεια της λίμνης ($11,3 - 13,1 \times 10^6$), είναι μεγαλύτερη από αυτή που δέχεται από τα κατακρημνίσματα και τις επιφανειακές εισροές (Vεισρ. $= 9,2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$).

Επομένως γίνεται σαφές ότι δεν είναι δυνατόν να δημιουργηθεί αλλά ούτε και να διατηρηθεί η λίμνη στο κενό που θα απομείνει αν δεν υπάρχει και άλλη πηγή τροφοδοσίας εκτός από τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα.

Για να δημιουργηθεί η λίμνη δεν είναι αρκετή η φυσική τροφοδοσία μέσω των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων.

Από τους μέχρι τώρα υπολογισμούς (βροχόπτωση, μέγιστη και μέση εξάτμιση) προέκυψε ότι τα παρακάτω ισοζύγια που είναι αρνητικά:

Για την μέση εξάτμιση $\text{VBP-EΞ} = -2,1 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ (**1^ο ισοζύγιο**) κατά την διάρκεια πλήρωσης της λίμνης.

Για την μέγιστη εξάτμιση $\text{VBP-EΞ} = -3,9 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ (**2^ο ισοζύγιο**) κατά την πλήρωση της λίμνης, για την διατήρησή της.

Για τον λόγο αυτό πρέπει να δοθούν λύσεις ώστε να είναι εφικτή τόσο η δημιουργία της λίμνης όσο και η διατήρησή της.

Ακολουθεί φωτογραφικό υλικό απ' το ορυχείο που προέρχεται απ' τη διπλωματική εργασία της Δημητρακοπούλου Στέλλας, 2010.

Φωτογραφικό υλικό από την περιοχή των ορυχείων και προβλήματα από την ύπαρξη νερών:



Εικόνα 5.11.1: Ορυχείο Κυπαρισσίων (6.10.2004).

Ελεύθερη ροή νερού στο ποδαρικό του ΒΑ τμήματος του Ορυχείου σε υψόμετρο ~ 297 Α.Υ.



Εικόνα 5.11.2: Ορυχείο Κυπαρισσίων (6.10.2004).

Ελεύθερη ροή νερού στο ποδαρικό με πρόσθετη εισροή νερού από τις ρωγμές και τις διακλάσεις στα ΒΑ του

Ορυχείου (υψόμετρο ~ 297 Α.Υ).



Εικόνα 5.11.3: Ορυχείο Κυπαρισσίων (6.10.2004).

Σύγκλιση δύο σχηματισμών ελεύθερης ροής νερού από τα ΒΑ και ΒΔ τμήματα του Ορυχείου.



Εικόνα 5.11.4: Ορυχείο Κυπαρισσίων (6.10.2004).

Εισροή νερού εντός του Ορυχείου από παρακατακόρυφες ρωγμές, που πιθανότατα επικοινωνούν με τον Αλφειό ποταμό, στα ΒΑ του Ορυχείου.



Εικόνα 5.11.5 : Ορυχείο Κυπαρισσίων (6.10.2004).

Συνολική ροή νερού στο ποδαρικό (υψόμετρο ~ 297 Α.Υ.) στο ΒΑ τμήμα του Ορυχείου, εκτιμώμενη παροχή περίπου 600-800 lit/min.



Εικόνα 5.11.6: Ορυχείο Κυπαρισσίων (6.10.2004).

Ελάχιστη παροχή από τα ΒΔ του ορυχείου, περίπου 10-20 lit/min, εμπλουτιζόμενη καθοδόν προς τα κατάντι, με μεγαλύτερες παροχές από τα ΒΑ.



Εικόνα 5.11.7: Ορυχείο Κυπαρισσίων (6.10.2004).

Ρωγμή παρακατακόρυφη που τροφοδοτεί με νερό το ΒΑ τμήμα του Ορυχείου. Η προέλευση του νερού εκτιμάται ότι προέρχεται από τον Αλφειό ποταμό.



Εικόνα 5.11.8: Ορυχείο Κυπαρισσίων (6.10.2004).

Αρχή της ελεύθερης ροής του νερού στο ποδαρικό του δαπέδου εργασίας του Ορυχείου (υψόμετρο ~ 297 Α.Υ) στο ΒΑ τμήμα.



Εικόνα 5.11.9-5.11.10: Ορυχείο Κυπαρισσίων (6.10.2004).

Φυσαλίδες νερού, που προέρχονται από τα μικρά αποθέματα αερίου (μεθανίου) που υπάρχουν υπόγεια σε όλη την έκταση της λιγνιτικής λεκάνης Μεγαλόπολης.



Εικόνα 5.11.11: Ορυχείο Κυπαρισσίων (6.10.2004)

Εμφανής επηρεασμός του δαπέδου εργασίας στο Ορυχείο από την ύπαρξη διερχόμενων νερών.



Εικόνα 5.11.12: Ορυχείο Κυπαρισσίων (6.10.2004).

Διέλευση νερού από τις ρωγμές προς το δάπεδο εργασίας του Ορυχείου.

Ο χρωματισμός στο πρανές κατά πάσα πιθανότητα οφείλεται στην αντίδραση μέσα στους λιγνίτες του μονοξειδίου του άνθρακα με το νερό και θειικό οξύ σε όξινα ανθρακικά και θείο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΣΤΗ ΛΕΚΑΝΗ ΠΟΤΑΜΙΑΣ ΚΑΙ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥΣ ΜΕ ΤΗ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΗ ΛΙΓΝΙΤΙΚΗ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ.

Για τη σύνταξη του κεφαλαίου αυτού ελήφθησαν υπόψη κυρίως τα δεδομένα από τη Διδακτορική Διατριβή της Ελένης Βασιλείου:

Υδρογεωλογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής Ποταμιάς Ελασσόνας. Επιπτώσεις από τη μελλοντική εκμετάλλευση των λιγνιτικών κοιτασμάτων στο υδατικό καθεστώς.

6.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ.

Η Ελασσόνα τοποθετείται στο βορειοδυτικό τμήμα της Θεσσαλίας. Η περιοχή της Ποταμιάς που καταλαμβάνει το Νότιο-ανατολικό τμήμα της επαρχίας της Ελασσόνας, υπήρξε από παλαιότερα στόχος ερευνών για τον εντοπισμό κοιτασμάτων λιγνίτη. Έχουν εντοπισθεί δύο λιγνιτικά κοιτάσματα. Το πρώτο, μεταξύ των χωριών Αμουρίου-Πραιτωρίου-Βλαχόγιαννι, που φιλοξενεί κοιτάσμα με αποθέματα της τάξης των $20,5 \times 10^6$ tn και το δεύτερο Βόρεια, Βορειοδυτικά και Βόρεια-ανατολικά του Δομένικου με αποθέματα 167×10^6 tn. Το κοιτάσμα του Δομένικου μπορεί να τροφοδοτήσει δυο μονάδες ηλεκτροπαραγωγής 300 MW η κάθε μία, για περίοδο τουλάχιστον 40 χρόνων. Μέχρι σήμερα δεν έχει ξεκινήσει η εκμετάλλευση των δύο κοιτασμάτων για διάφορους λόγους πολιτικούς και κοινωνικούς.

6.2 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ.

Το ανάγλυφο της περιοχής έρευνας, χαρακτηρίζεται ημιορεινό έως λοφώδες (100m έως 567m) στη βόρεια, δυτική και ανατολική ακραία ζώνη και πεδινό (έως 100m), στη κεντρική περιοχή της κοιλάδας. Η έκταση της είναι $107,75 \text{ km}^2$ και το μέσο υψόμετρο 224 m. Το μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής μελέτης (41%) χαρακτηρίζεται από ήπιες μορφολογικές κλίσεις, από 0 έως 2%. Μορφολογικές κλίσεις μεγαλύτερες του 12%, παρατηρούνται στο 11 % της περιοχής μελέτης. Το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής έρευνας είναι δενδριτικού τύπου και οι κοιλάδες των κλάδων είναι τύπου U.

6.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ.

Τα περιθώρια της λεκάνης Ποταμιάς, βόρεια και δυτικά, αποτελούνται κυρίως από σχιστολίθους- γνεύσιους με εξαίρεση τα Τριαδικο-Ιουρασικά μάρμαρα, τα οποία εντοπίζονται μεταξύ Παλαιοκάστρου και Ευαγγελισμού, στα βόρεια όρια της λεκάνης καθώς και νότια του Δομένικου (Εικ. 6.3.1) Επίσης σε ορισμένα σημεία της λεκάνης παρατηρούνται εμφανίσεις οφιολιθικών πετρωμάτων.

Το εσωτερικό της λεκάνης καλύπτεται σε όλη του την έκταση από τεταρτογενείς αποθέσεις και νεογενή ιζήματα. Οι τεταρτογενείς αποθέσεις είναι ολοκαινικές και πλειστοκαινικές, χερσαίες, ποταμοχερσαίες και ποταμολιμναίες.

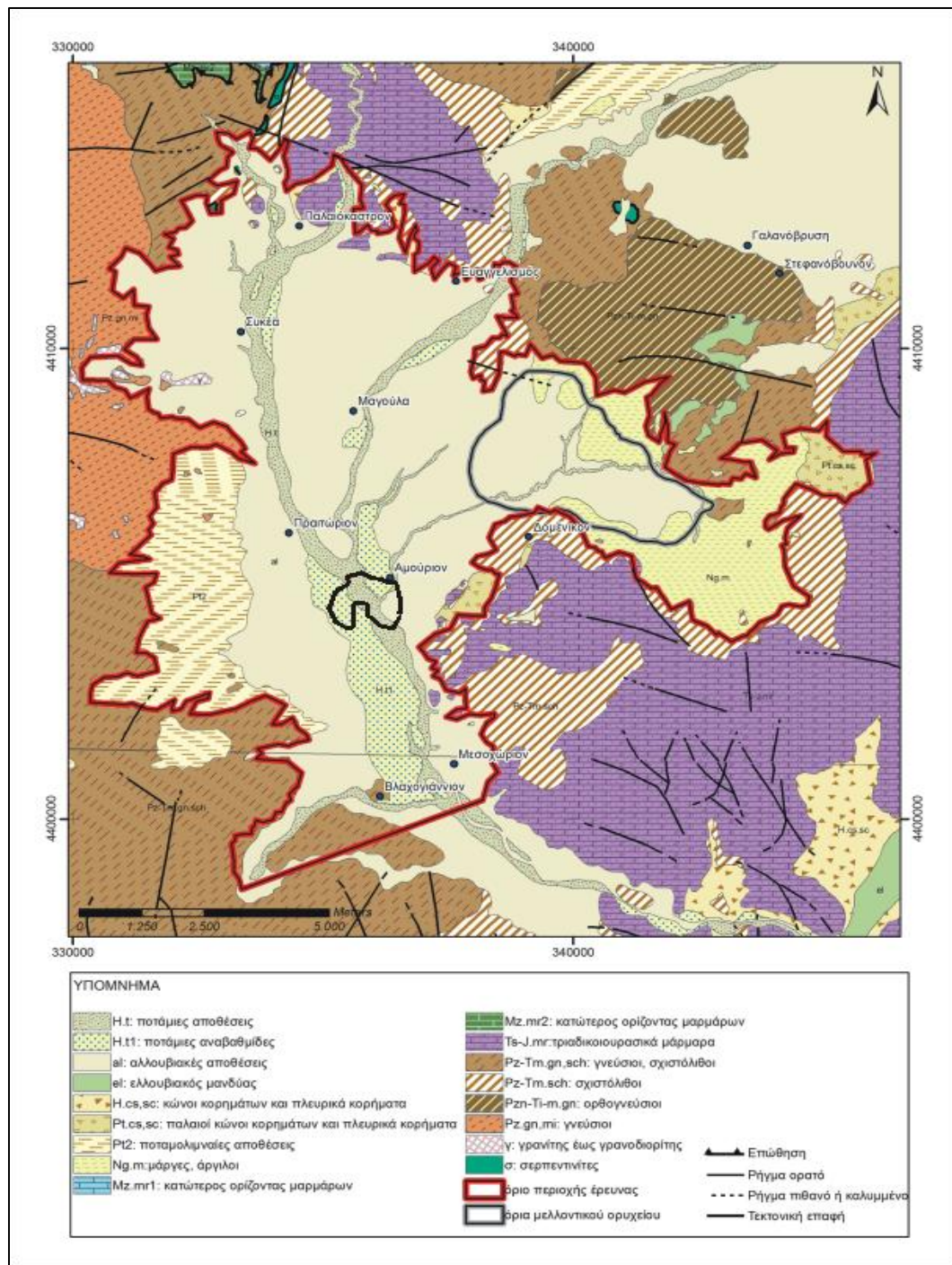
Μέσα στους νεογενείς σχηματισμούς συναντώνται τα λιγνιτοφόρα κοιτάσματα. Στα υπερκείμενα των λιγνιτών ιζήματα της περιοχής του Δομένικου, κυριαρχούν οι αμμούχοι και οι αργιλικοί σχηματισμοί με κάποιους σχηματισμούς κροκάλων και λατυπών στην κεντρική περιοχή, ποταμολιμναίας γένεσης του τεταρτογενούς. Στα βόρεια και νότια της λεκάνης και έξω από την περιοχή του σχεδιαζόμενου ορυχείου απαντούν κροκαλοπαγή, μάργες και μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι του νεογενούς⁵³.

6.4 ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ.

Την υπολεκάνη Ποταμιάς διαρρέουν οι ποταμοί Βούλγαρης και Ελασσονίτικος, οι οποίοι συμβάλλουν κοντά στη περιοχή Αμουρίου και σχηματίζουν τον Τιταρήσιο ποταμό (εικόνα 6.4.1), που αποτελεί παραπόταμο του Πηνειού ποταμού. Στην περιοχή έρευνας, εντάσσεται μόνο το κατάντη τμήμα του Ελασσονίτικου, νότια του στενού του Αγιονερίου.

Ο Βούλγαρης ποταμός, τροφοδοτείται, ως προς τη βασική ροή του από τις πηγές μόνιμης ροής του Κεφαλοβρύσου. Ανάντη του Αγιονερίου ο Ελασσονίτικος διασχίζει τη λεκάνη Τσαρίτσανης στα βορειοανατολικά της εξεταζόμενης περιοχής.

⁵³ Δημητρίου Δ.-Γιακουπής, 1998.



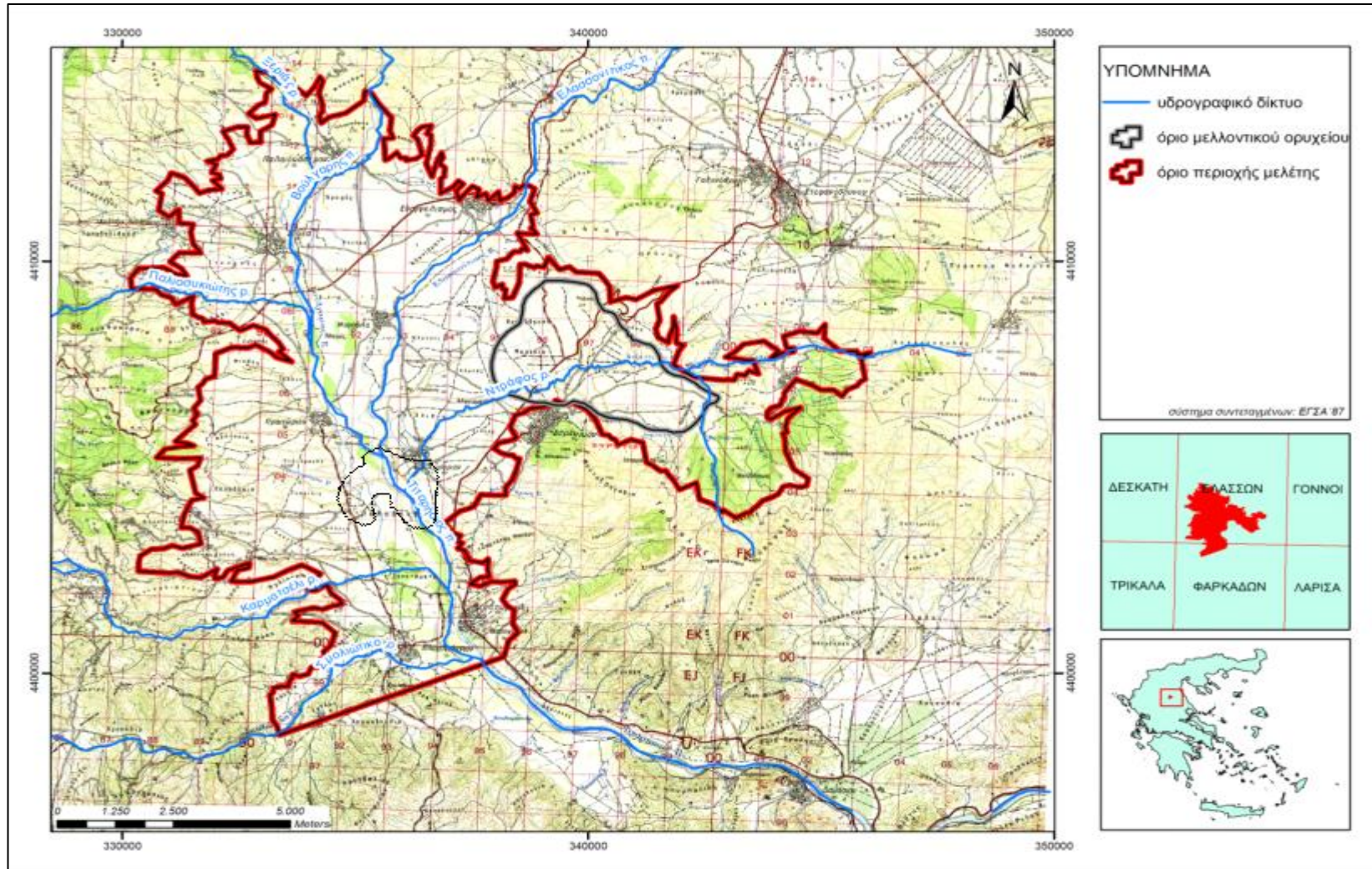
Εικόνα 6.3.1: Γεωλογικός χάρτης λεκάνης Ποταμιάς.

Πηγή: Απόσπασμα απ' το γεωλογικό φύλλο ΕΛΑΣΣΩΝ του ΙΓΜΕ.

Στη λιγνιτοφόρο περιοχή του Δομένικου και την περιβάλλουσα έκταση, σχηματίζονται μικρά ρέματα τα οποία καταλήγουν στο ρέμα Βυζαντινό ή Ντράφος, που αποτελεί τον κύριο αποδέκτη του υδρογραφικού της δικτύου και καταλήγει στον Τιταρήσιο ποταμό, λίγο μετά τη συμβολή Ελασσονίτικου-Βούλγαρη. Παρουσιάζει μικρή ροή κατά τους χειμερινούς μήνες, ενώ κατά τη θερινή περίοδο η ροή του διακόπτεται. Τον Τιταρήσιο ποταμό, εμπλουτίζουν και τροφοδοτούν, διάφορα μικρορέματα που καταλήγουν σε αυτόν. Ο Ξεριάς στα βορειοδυτικά όρια της περιοχής, καταλήγει στο Βούλγαρη ποταμό. Το ρέμα Παλιοσυκιώτης, μεταξύ των χωριών Συκέας και Μαγούλας, στα δυτικά περιθώρια της περιοχής έρευνας, καταλήγει και αυτός με τη σειρά του στο Βούλγαρη ποταμό. Στα νότιο-δυτικά όρια της περιοχής, έχουμε το ρέμα Καρματσέλι, που καταλήγει στον Τιταρήσιο ποταμό, βορειοδυτικότερα του χωριού Μεσοχωρίου. Το Σμολιώτικο ρέμα στα νότια περιθώρια της λεκάνης, με κατεύθυνση από τα δυτικά προς τα ανατολικά, καταλήγει στον Τιταρήσιο, νοτιότερα του χωριού Βλαχόγιαννι. Οι μέσες ετήσιες απορροές του Τιταρήσιου, στη θέση Μεσοχώρι, υπολογίζονται της τάξης των $109 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{year}$.

Ο Τιταρήσιος ποταμός διασχίζει κάθετα την περιοχή του κοιτάσματος Αμουρίου. Σε συνδυασμό με τις ικανοποιητικές παροχές του, αναμένεται να δημιουργήσει προβλήματα κατά την εκμετάλλευση του. Θα απαιτηθεί σίγουρα εκτροπή του και διευθέτηση των χειμάρρων του, γεγονός που καθιστά οικονομικά δυσχερή την εκμετάλλευση του κοιτάσματος, σε σχέση και με τα βεβαιωμένα περιορισμένα γεωλογικά του αποθέματα.

ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ & ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ.
ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΑΠΟ ΤΟΝ ΕΛΛΑΔΙΚΟ ΧΩΡΟ.



Εικόνα 6.4.1: Υδρογραφικό δίκτυο λεκάνης Ποταμιάς.

Πηγή: Ε. Βασιλείου, 1997.

6.5 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ.

Σε σύνολο έκτασης 107,75 km² της στενής περιοχής έρευνας, οι σχηματισμοί διακρίνονται σε δύο κατηγορίες τους υδροπερατούς και τους αδιαπέρατους. Οι υδροπερατοί σχηματισμοί ταξινομούνται σε δύο κύριες κατηγορίες: στις Τεταρτογενείς αποθέσεις και στα μάρμαρα.

6.5.1. ΠΕΡΑΤΟΙ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ.

Οι Τεταρτογενείς αποθέσεις της στενής περιοχής περιλαμβάνουν :

- Σύγχρονες αποθέσεις στις κοίτες των ποταμών και των χειμάρρων
- Αλλουβιακές και ποταμολιμναίες αποθέσεις
- Ελλουβιακό μανδύα, από λεπτομερή έως αδρομερή μη συγκολλημένα προϊόντα αποσάθρωσης
- Ποτάμιες αναβαθμίδες, από αδρομερή υλικά με κροκάλες και λατύπες
- Κώνους κορημάτων και πλευρικά κορήματα.

Σύμφωνα με τους Νίκα-Μπελούκα (1987) ανάλογα με το συντελεστή κατείσδυσης διακρίνονται σε 4 υποπεριοχές:

- ❖ Τη Γ1, όπου αναπτύσσονται υδροφορείς σε χονδρόκοκκα υλικά (χάλικες, κροκάλες) και έχουν συντελεστή κατείσδυσης της τάξης 6-8%.
- ❖ Τη Γ2, που αποτελείται από ποταμοχειμάρριες αποθέσεις της κοίτης του ποταμού, με συντελεστή κατείσδυσης 3-4%.
- ❖ Τη Γ3, στην οποία αναπτύσσονται κυρίως ασθενείς υδροφόροι ορίζοντες σε λεπτόκοκκη άμμο, με συντελεστή κατείσδυσης 1-2%.
- ❖ Τη Γ4, χωρίς ιδιαίτερου ενδιαφέροντος υδροφορείς και συντελεστή κατείσδυσης 0,2-1%.

Σύμφωνα με τα ανωτέρω καθώς και τα έως τότε στοιχεία γεωτρήσεων της Υ.Ε.Β. (1987), θεωρήθηκε αρχικά από τους παραπάνω ερευνητές, ό, τι σ' όλο το ανάπτυγμα του πεδινού τμήματος, αναπτύσσεται ένας ελεύθερος υδροφόρος

ορίζοντας. Από τα νεώτερα γεωτρητικά στοιχεία όμως της λιγνιτικής έρευνας, που συνεκτιμήθηκαν προέκυψε ότι η παρουσία σημαντικού πάχους υδροστεγανών λιγνιτικών και αργιλικών στρωμάτων στις περιοχές Αμουρίου, Δομένικου αλλά και γύρω από αυτές, διαχωρίζει την υπόγεια υδροφορία σε δύο τουλάχιστον επιμέρους υδροφορείς, έναν ελεύθερο στα υπερκείμενα των λιγνιτικών στρωμάτων και έναν υπό πίεση στα υποκείμενα αυτών μειοκαινικά ιζήματα⁵⁴.

Ο ανώτερος υδροφόρος ορίζοντας αναπτύσσεται τόσο στα υδροπερατά μέλη των τεταρτογενών αποθέσεων, όσο και στα υποκείμενα αυτών νεογενή περατά ιζήματα, έως το βάθος που αρχίζει η λιγνιτική ακολουθία με τις αργιλικές στρώσεις. Τόσο τα τεταρτογενή όσο και τα νεογενή ιζήματα αποτελούνται από υδροστεγανά και υδροπερατά στρώματα, σε εναλλαγές μεταξύ τους, που έχουν μεταξύ τους υπόγειες πλευρικές υδραυλικές επικοινωνίες. Στην περιμετρική ζώνη του πεδινού τμήματος, κοντά δηλαδή στα γύρω βουνά και τους λόφους, όπου αναπτύσσονται και πλευρικά κορήματα, υδροπερατά συνήθως, ο ανώτερος και ο κατώτερος υδροφόρος ορίζοντας έχουν κοινή ζώνη τροφοδοσίας, μέσω της κατείσδυσης. Απ' αυτήν τροφοδοτείται κυρίως ο κατώτερος υδροφόρος, ο οποίος πλευρικά προς το κέντρο της λεκάνης μεταπίπτει σε υπό πίεση. Πλευρική τροφοδοσία και στους δύο υδροφόρους υπάρχει από τα ανατολικά της περιοχής έρευνας, όπου αναπτύσσονται Τριαδικο-Ιουρασικά μάρμαρα.

• Κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι και μάρμαρα

Καταλαμβάνουν το βόρειο τμήμα και σημαντική έκταση στον ανατολικό τομέα, της ευρύτερης υδρολογικής λεκάνης Ποταμιάς. Ο συντελεστής κατείσδυσης εκτιμάται σε 50-55%, κατά τους Μπελούκα-Νίκα (1987). Διακρίνονται :

α) Στον κύριο καρστικό όγκο στο βόρειο τομέα της λεκάνης, επιφάνειας 92,5 Km² μέχρι τις πηγές Κεφαλόβρυσου που αποτελούν τη ζώνη εκφόρτισης των υπόγειων νερών του. Η καρστική αυτή ορεινή μάζα, μπορεί να θεωρηθεί ότι αποτελεί ένα αυτόνομο σύστημα αφού στο νότιο τμήμα της διακόπτεται υδραυλικά από τους αδιαπέρατους Πλειοκαινικούς σχηματισμούς και τους σχιστογενέσιους, με αποτέλεσμα την εκδήλωση των πηγών Κεφαλοβρύσου.

⁵⁴ Βασιλείου Ε., 2011.



Εικόνα 6.5.1: Πηγές Κεφαλοβρύσου.

Πηγή: Βασιλείου Ε.(2011)

β) Στο καρστικό σύστημα της περιοχής Ευαγγελισμού-Παλαιοκάστρου με έκταση $10,5 \text{ km}^2$. Τα νερά του μεταγγίζονται πλευρικά προς τα χαμηλά τμήματα της πεδιάδας μέσα στους χαλαρούς τεταρτογενείς σχηματισμούς. Αυτό προκύπτει από την έλλειψη πηγών στην περίμετρο του καρστικού υδροφορέα, την παρουσία γεωτρήσεων στα τεταρτογενή πλησίον των κρασπέδων του με ικανοποιητικές παροχές και την ύπαρξη των πηγών Αμουρίου, η παροχή των οποίων ενισχύεται από τον καρστικό υδροφορέα.

γ) Στο καρστικό σύστημα νότια και ανατολικά του Δομένικου, το οποίο αποτελεί μικρό μόνο τομέα ($11,5 \text{ Km}^2$) μιας μεγάλης καρστικής ενότητας, που επεκτείνεται έξω από τη λεκάνη της Ποταμιάς. Από τη γεωλογική δομή και τα δεδομένα της γεωτρητικής έρευνας, φαίνεται ότι το καρστικό αυτό σύστημα δεν εκτονώνεται προς το λιγνιτικό πεδίο. Απαιτείται όμως περαιτέρω έρευνα του.

• *Αδιαπέρατοι σχηματισμοί*

Τα πρακτικώς αδιαπέρατα πετρώματα της περιοχής είναι οι γνεύσιοι, οι σχιστόλιθοι, οι μάργες και οι άργιλοι. Στο σύστημα των μαργών όταν υπάρχουν αδρομερείς ενστρώσεις (άμμος, κροκαλοπαγή, ψαμμίτες) αναπτύσσεται υπό πίεση υδροφορία όταν αυτές μπορούν να τροφοδοτηθούν με νερό.

6.5.2. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΔΟΜΕΝΙΚΟΥ.

Από υδρολογικής και υδρογεωλογικής πλευράς το λιγνιτικό πεδίο του Δομένικου αποτελεί μικρό τμήμα της τεταρτογενούς –νεογενούς λεκάνης. Η ανάγκη υπαρξής καλής γνώσης σε ό, τι αφορά τα υπόγεια και επιφανειακά νερά, προκειμένου να σχεδιασθεί κατά τον πλέον τεχνικοοικονομικό και ασφαλή τρόπο η μελλοντική λιγνιτική εκμετάλλευση, επιβάλλει την εξέταση της περιοχής ως «αυτόνομης» ενότητας μέσα σε ένα περιβάλλον που επηρεάζεται απ' αυτό αλλά και το επηρεάζει.

Κύριος κλάδος του υδρογραφικού δικτύου της εξεταζόμενης περιοχής είναι το ρέμα Βυζαντινό ή Ντράφος. Η υδρολογική λεκάνη του καλύπτει μια επιφάνεια 41 km². Διέρχεται μέσα από το λιγνιτικό πεδίο και θα επηρεάσει άμεσα τη λιγνιτική εκμετάλλευση.

Από άποψη υδρολιθολογικής συμπεριφοράς στην περιοχή Δομένικου διακρίνονται οι εξής σχηματισμοί:

- Αδιαπέρατοι σχηματισμοί: Μεσοτριάδικοί γνευσιοσχιστόλιθοι και γνεύσιοι της Πελαγονικής ζώνης, που δομούν τα βόρεια και ανατολικά περιθώριά της καλύπτοντας μια έκταση 11,5 km².
- Υδροπερατοί σχηματισμοί που διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:
 - i. Στα Μεσο-Τριάδικά μάρμαρα της Πελαγονικής ζώνης που εμφανίζονται στα περιθώρια της λεκάνης νότια και ανατολικά του Δομένικου, υπερκείμενα των σχιστολίθων. Τα μάρμαρα αυτά, μέσα στα όρια της μελετούμενης υδρολογικής υπολεκάνης, καλύπτουν επιφάνεια 11,5 km² και έχουν μικρό πάχος, σύμφωνα με τις κοιτασματολογικές γεωτρήσεις του ΙΓΜΕ (Δημητρίου-Αραπογιάννης, 2004). Από τη γεωλογική διαμόρφωση εκτιμάται, ότι ένα μικρό μόνο μέρος από τα υπόγεια νερά

τους τροφοδοτούν και εμπλουτίζουν πλευρικά τα νότια τμήματα των χαλαρών σχηματισμών του λιγνιτικού πεδίου Δομένικου. Αυτό πιθανολογείται για τους εξής λόγους:

- Η κύρια υδροφορία των μαρμάρων κατευθύνεται ανατολικά και διά των πηγών της Αγ. Άννης εκτονώνεται στην υδρολογική λεκάνη της Τσαρίτσανης ανατολικά της Ποταμιάς⁵⁵.
- Πλήθος κοιτασματολογικών γεωτρήσεων που διέτρησαν το υπόβαθρο του λιγνιτικού πεδίου συνάντησαν, μετά τους σχηματισμούς της «βάσης» των λιγνιτών, τους γνευσιοσχιστόλιθους και σχιστόλιθους, χωρίς να συναντήσουν μάρμαρα, τα οποία προφανώς στις ερευνηθείσες θέσεις έχουν διαβρωθεί. Η μη διαπίστωση μαρμάρων στο υπόβαθρο του λιγνιτικού πεδίου, με εξαίρεση δύο θέσεις (Π1 στο +41m και EL29 στο +191m), η περιορισμένη επιφανειακή εξάπλωσή των, αλλά και το μικρό πάχος τους, δεν συνηγορούν για σημαντικές πλευρικές τροφοδοσίες εξ αυτών προς το λιγνιτικό πεδίο.

ii) Υδροπερατοί σχηματισμοί επίσης χαρακτηρίζονται τα τεταρτογενή χαλαρά ιζήματα του πεδινού τμήματος (Γ3) που καλύπτουν τα νεογενή εντός των οποίων φιλοξενείται το λιγνιτικό κοιτάσμα. Οι σχηματισμοί αυτοί έχουν επιφανειακή έκταση 18 km². Τα υπερκείμενα και τα υποκείμενα των λιγνιτικών στρώματα είναι συχνά υδροπερατά και διαχωρίζονται μεταξύ τους από τους υδροστεγανούς λιγνίτες και τα ενδιάμεσα αργιλικά στείρα υλικά. Οι τεταρτογενείς προσχώσεις (Γ3) αποτελούνται από λεπτόκοκκα υλικά, κυρίως λεπτόκοκκες άμμους, αργιλοϊλίδες και αμμοαργίλους. Το ίδιο ισχύει συνήθως και για τα νεογενή. Στη βάση τους μόνο συναντώνται κροκαλοπαγή.

Το μικρό ενεργό πορώδες που σχηματίζουν τα λεπτόκοκκα εν γένει υλικά αναμένεται να περιορίζει την υδροαποθεματική ικανότητα των υδροφόρων στρωμάτων.

Το μελλοντικό ορυχείο του Δομένικου επηρεάζεται επομένως κατά κύριο λόγο από αδιαπέρατους σχηματισμούς και αλλουβιακές προσχώσεις. Συγκεκριμένα στα βορειανατολικά και νοτιοανατολικά γειτνιάζει με αδιαπέρατες μάργες και

⁵⁵ Πανίλας 1999, Μανάκος & Βουδούρης, 2006.

αργίλους. Στο νότιο τμήμα (κεντρικά) η εφαιπτόμενη περιοχή αποτελείται από αδιαπέρατους σχιστολίθους, που αποτελούν και το γενικό στεγανό υπόβαθρο των νεογενών. Δυτικά εφάπτεται με αλλουβιακές προσχώσεις, όπου οι υδροφορείς αναπτύσσονται σε χονδρόκοκκα υλικά.

Βάσει των γεωλογικών τομών της ΔΕΗ στην περιοχή του Δομένικου σχηματίζονται δύο υδροφόροι ορίζοντες.

Ο ένας υδροφόρος είναι υπερκείμενος των λιγνιτών και ο δεύτερος είναι υπό πίεση υποκείμενος αυτών, με στεγανό δάπεδο τους σχιστολίθους και γνεύσιους, όπως προκύπτει από τις γεωλογικές τομές των ερευνητικών γεωτρήσεων. Μεταξύ των δύο υδροφόρων παρεμβάλλονται αδιαπέρατα στρώματα λιγνιτών και αργίλων με μέσο πάχος συνήθως 25-30 m που μπορεί να φθάνει και τα 50 m.

Ο υπερκείμενος υδροφόρος έχει μέσο πάχος 100 m και αναπτύσσεται μέσα σε ψαμμίτες, άμμους και ιλύες. Ο εδαφικός μανδύας στην περιοχή αυτή αποτελείται στις περισσότερες των περιπτώσεων από αργίλους.

Ο υπό πίεση υδροφόρος εμφανίζει ένα μέσο πάχος περί τα 60 m και αναπτύσσεται μέσα σε κροκάλες, άμμους, ιλύες και ψαμμίτες. Το υπόβαθρό του είναι σχιστόλιθοι σύμφωνα με τα δεδομένα πολλών γεωτρήσεων που διανοίχθηκαν στην περιοχή, γεγονός που ενισχύει την άποψη για την ύπαρξη του υπό πίεση υδροφόρου. Το υπό πίεση αυτό υδροφόρο στρώμα διέτρησε μια κοιτασματολογική ερευνητική γεώτρηση του ΙΓΜΕ το 1999, στο κεντρικό τμήμα του λιγνιτικού πεδίου, όπου μετά τη διάτρηση των στρωμάτων λιγνίτη, εμφανίστηκε αρτεσιανισμός με τη μορφή πίδακα, σε αρκετά μεγάλο ύψος.

Γεωτρήσεις στην ευρύτερη περιοχή του Δομένικου, που εκμεταλλεύονται την υπό πίεση υδροφορία, αποδίδουν παροχές της τάξης των 10-20 m³/h. Η τροφοδοσία της υδροφορίας αυτής θεωρούμε ότι γίνεται από τις κατεισδύσεις στις αδρομερείς φάσεις των νεογενών που αναπτύσσονται ανατολικά και βόρεια του οικισμού του Δομένικου.

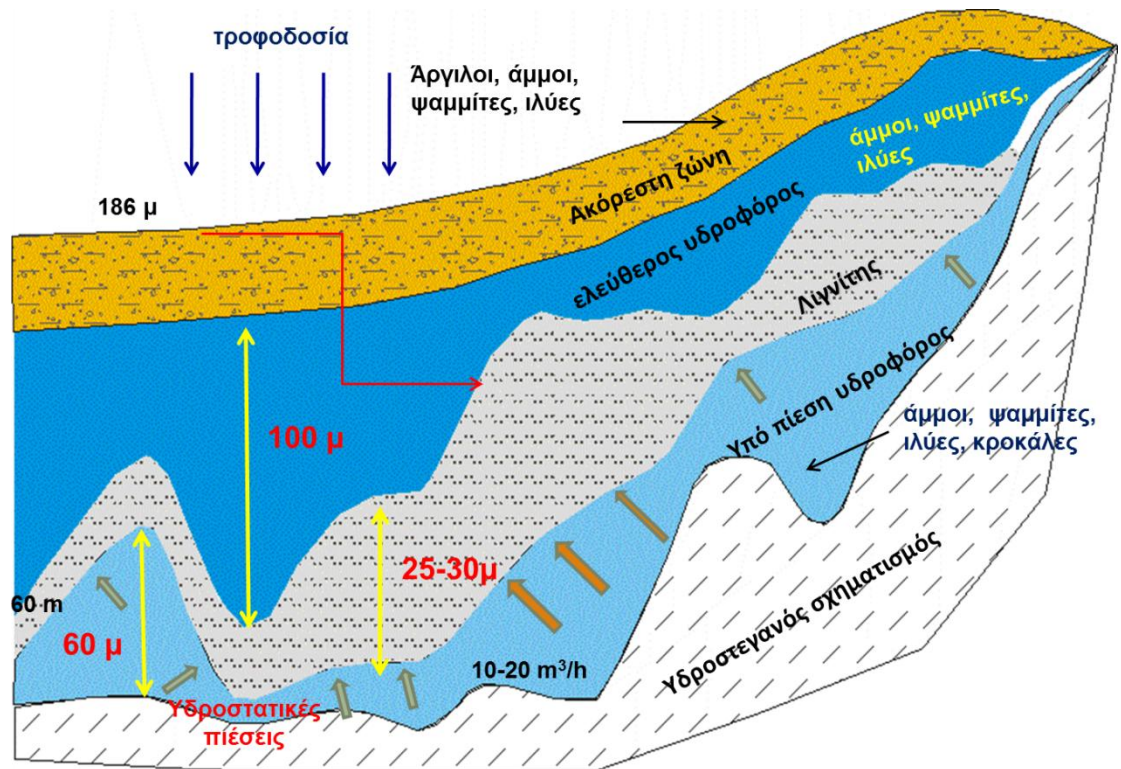
Ο ελεύθερος υδροφορέας που αναπτύσσεται στα υπερκείμενα, θα πρέπει να αποστραγγιστεί, κατά την διάρκεια της εκμετάλλευσης. Κρίνονται επομένως απαραίτητες αποστραγγιστικές διαδικασίες, προκειμένου να γίνει η απόληψη των λιγνιτικών στρωμάτων χωρίς υπόγεια νερά. Αυξημένη προσοχή απαιτείται κατά την απόληψη των στρωμάτων λιγνίτη που πλησιάζουν στην οροφή του υπό πίεση υδροφόρου (EL70 και EL61). Απαιτείται ο ακριβής υπολογισμός των υποπίεσεων

που θα εξασκούνται στο δάπεδο του ορυχείου, ώστε να ληφθούν μέτρα για να αποφευχθεί ανύψωση ή και θραύση αυτού⁵⁶.

Συνοπτικά από την εξέταση σχετικών γεωλογικών τομών προκύπτουν τα παρακάτω συμπεράσματα:

1. Το υπόβαθρο και τα περιθώρια του ορυχείου Δομένικου, αποτελούνται από γνευσιοσχιστόλιθους, δηλαδή αδιαπέρατα πετρώματα, χωρίς ζώνες διάρρηξης ή αποσάθρωσης, οπότε δεν αναμένεται τροφοδοσία. Η παρουσία τους έχει διαπιστωθεί από τις γεωτρήσεις EL51 EL39 EL50 (τομή B3) και τις EL48 EL33 EL51 (τομή A3). Η διαμόρφωση αυτή αποκλείει πλευρική εισροή νερών από τους καρστικούς σχηματισμούς που βρίσκονται νότια του Δομένικου προς την περιοχή του μελλοντικού ορυχείου.
2. Στα υπερκείμενα του λιγνίτη αναπτύσσεται ένας ελεύθερος υδροφόρος ορίζοντας στις προσχώσεις, υπερκείμενος επάλληλων υπό πίεση ή μερικώς υπό πίεση οριζόντων στα πλειοκαινικά στρώματα. Στεγανό δάπεδο αποτελεί η λιγνιτική στοιβάδα. Σε κλίμακα περιοχής οι επιμέρους αυτές υδροφορίες θεωρούνται ως ένα ενιαίο υδροφόρο σύστημα με μεταβαλλόμενες κατά περιοχή συνθήκες. Το υδροφόρο αυτό σύστημα θα καταστραφεί κατά την ανάπτυξη του ορυχείου. Η δυναμικότητά του δεν αναμένεται να είναι υψηλή λόγω της λιθολογικής σύστασης των στρωμάτων που τον αποτελούν και της φτωχής τροφοδοσίας.
3. Στα υποκείμενα των λιγνιτών αναπτύσσεται ένας υπό πίεση υδροφόρος ορίζοντας μέσα σε κροκάλες,λεπτόκοκκες άμμους και λεπτόκοκκους ψαμμίτες. Η δυναμικότητα και αυτού του υδροφορέα δεν αναμένεται να είναι υψηλή για τους ίδιους ως άνω λόγους. Η οροφή του υπό πίεση υδροφόρου, είναι το δάπεδο των λιγνιτικών στρωμάτων και στεγανό δάπεδο αποτελούν οι σχιστόλιθοι και οι γνεύσιοι. Η τροφοδοσία του υποκειμένου των λιγνιτών εξασφαλίζεται και από τους τεκτονικά κερματισμένους σχηματισμούς στην περιοχή.

⁵⁶ Wang et.al., 2003.



Εικόνα 6.5.2: Υδρογεωλογική τομή κοιτάσματος Δομένικου.

Πηγή: Διδακτορική Διατριβή Βασιλείου Ε., 2011.

6.5.3 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΛΙΓΝΙΤΙΚΟΥ ΠΕΔΙΟΥ ΑΜΟΥΡΙΟΥ.

Το λιγνιτικό πεδίο Αμουρίου, εντάσσεται υδρογεωλογικά στη στενή λεκάνη Ποταμιάς (λεκάνη νεογενών).

Το περιβάλλον ιζηματογένεσης στο λιγνιτικό πεδίου Αμουρίου, είναι το ίδιο με αυτό του Δομένικου. Στο υπέδαφος της περιοχής, επικρατούν στα υπερκείμενα του κοιτάσματος στρώματα οι χονδρόκοκκες ποτάμιες αποθέσεις του Τιταρήσιου ποταμού, που διασχίζει τη λεκάνη. Σύμφωνα με στοιχεία υδρογεωτρήσεων (ΥΕΒ 2000), από την επιφάνεια του εδάφους μέχρι την υδροστεγανή οροφή των λιγνιτικών στρωμάτων επικρατούν εναλλαγές από χονδρόκοκκα υλικά όπως άμμοι, χάλικες και κροκάλες. Μέσα σ' αυτά διαμορφώνονται ένας ελεύθερος υδροφόρος ορίζοντας μεγάλης δυναμικότητας και σημαντικής αποθηκευτικής ικανότητας, που τροφοδοτείται συνέχεια από το ποτάμι, όπως έδειξε και η υδροχημική έρευνα του Πανίλα (1999).

Ένας δεύτερος υδροφορέας με κοκκομετρία μικρότερη, υπόκειται των λιγνιτικών στρωμάτων και είναι υπό πίεση, όπως έχει δείξει, γεώτρηση που διανοίχτηκε το 1999 από τη ΔΕΗ, ανατολικά του Πραιτωρίου και διέτρησε τους δύο υδροφορείς. Παρουσίασε αρτεσιανή ροή στην επιφάνεια, με παροχή $100 \text{ m}^3/\text{h}$. Η γεώτρηση εξακολουθεί και σήμερα να λειτουργεί υπό συνθήκες αυτόματης ροής.

Στην ίδια περιοχή του Πραιτωρίου, λίγο νοτιότερα, κοντά στο Βούλγαρη ποταμό, εντοπίστηκαν δύο ακόμη αρτεσιανές υδρογεωτρήσεις, η πρώτη με αυτόματη παροχή ροής περί τα $50 \text{ m}^3/\text{h}$ και παροχή λειτουργίας τα $250 \text{ m}^3/\text{h}$ και η δεύτερη με παροχή άντλησης $80 \text{ m}^3/\text{h}$ (ΑΓΧ-σχήμα 5.8 και 5.9). Οι γεωτρήσεις αυτές λειτουργούν εδώ και μια δεκαετία συνεχώς. Η ΑΓΧ καλύπτει τις υδρευτικές ανάγκες της κοινότητας Πραιτωρίου, ενώ η ΑΓ59, χρησιμοποιείται κυρίως για αρδευτικές ανάγκες. Οι τρεις αυτές γεωτρήσεις με αυτόματη ροή, αποδεικνύουν την ύπαρξη του υπό πίεση υδροφόρου, ο οποίος είναι αρκετά μεγάλης δυναμικότητας, γεγονός που προέκυψε και από τις σχετικές αντλητικές δοκιμές στην περιοχή.



Εικόνα 6.5.3: Αρτεσιανή γεώτρηση ΑΓ59 στην περιοχή του Πραιτωρίου με αυτόματη ροή περί τα $50 \text{ m}^3/\text{h}$.

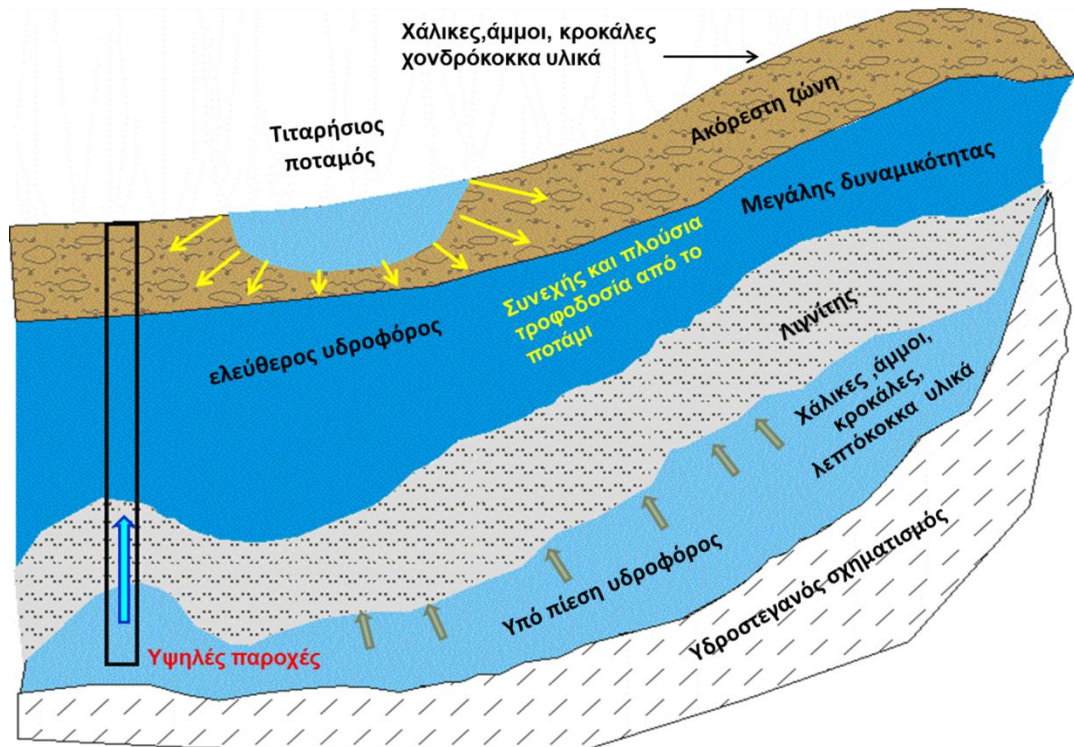
Πηγή: Βασιλείου Ε. , 2011.

Τα υδραυλικά χαρακτηριστικά των υδροφόρων προκύπτουν από εκτίμηση της σύστασης των γεωλογικών σχηματισμών που τους φιλοξενούν και από μικρό αριθμό αντλητικών δοκιμών.

Για την εκτίμηση των θεμάτων που αφορούν τη σχέση του μελλοντικού Ορυχείου, αν αποφασιστεί η αξιοποίηση του κοιτάσματος, με τα νερά της περιοχής Αμουρίου-Πραιτωρίου, πρέπει να ληφθούν υπ' όψη τα εξής:

- ❖ Η περιοχή εντάσσεται στη νεογενή λεκάνη της Ποταμιάς και βρίσκεται στο κέντρο της.
- ❖ Το λιγνιτικό κοιτάσμα του Αμουρίου, βρίσκεται σε δυσμενή θέση από υδρολογικής και υδρογεωλογικής απόψεως. Υπάρχει πλούσια επιφανειακή απορροή από τον Τιταρήσιο, τροφοδοσία από τις διηθήσεις των ποταμών και τροφοδοσία από την καρστική ενότητα Παλαιοκάστρου-Ευαγγελισμού. Οι υδροστατικές πιέσεις στο δάπεδο από τον υπό πίεση υδροφόρο αναμένονται υψηλές.
- ❖ Ο Τιταρήσιος ποταμός διασχίζει το κύριο τμήμα του λιγνιτικού πεδίου και επομένως θα απαιτηθεί η εκτροπή του προκειμένου να γίνει δυνατή η εκμετάλλευση του πεδίου. Επιπλέον τροφοδοτεί με τα νερά του τον ελεύθερο υδροφόρο ορίζοντα που υπέρκειται του κοιτάσματος συνεχώς και πλούσια.
- ❖ Στην περιοχή αναπτύσσονται ένας ελεύθερος υδροφόρος ορίζοντας στα υπερκείμενα του κοιτάσματος πετρώματα και ένας υποκείμενος υπό πίεση κάτω από τη λιγνιτική-αργιλική ενότητα που είναι στεγανή.
- ❖ Ο υπό πίεση υδροφόρος ορίζοντας είναι πλούσιος και με υψηλή πίεση, όπως έχουν δείξει τρεις γεωτρήσεις που τον έχουν διατρήσει.
- ❖ Δεν έχουν κατασκευαστεί ερευνητικές υδρογεωτρήσεις από πλευράς Δ.Ε.Η. για προσδιορισμό των υδραυλικών παραμέτρων, ενώ τα μέχρι τώρα λίγα διαθέσιμα αντλητικά στοιχεία προέρχονται από κοινοτικές υδρογεωτρήσεις. Τα χονδρόκοκκα υλικά που χαρακτηρίζουν την περιοχή και εντοπίζονται κυρίως μέχρι την οροφή της λιγνιτικής στοιβάδας, ευνοούν την κατείσδυση των επιφανειακών νερών στον ελεύθερο υδροφόρο ορίζοντα.

Υδρογεωλογικές συνθήκες λιγνιτικού πεδίου Αμουρίου



Εικόνα 6.5.4: Υδρογεωλογική τομή λιγνιτικού πεδίου Αμουρίου.

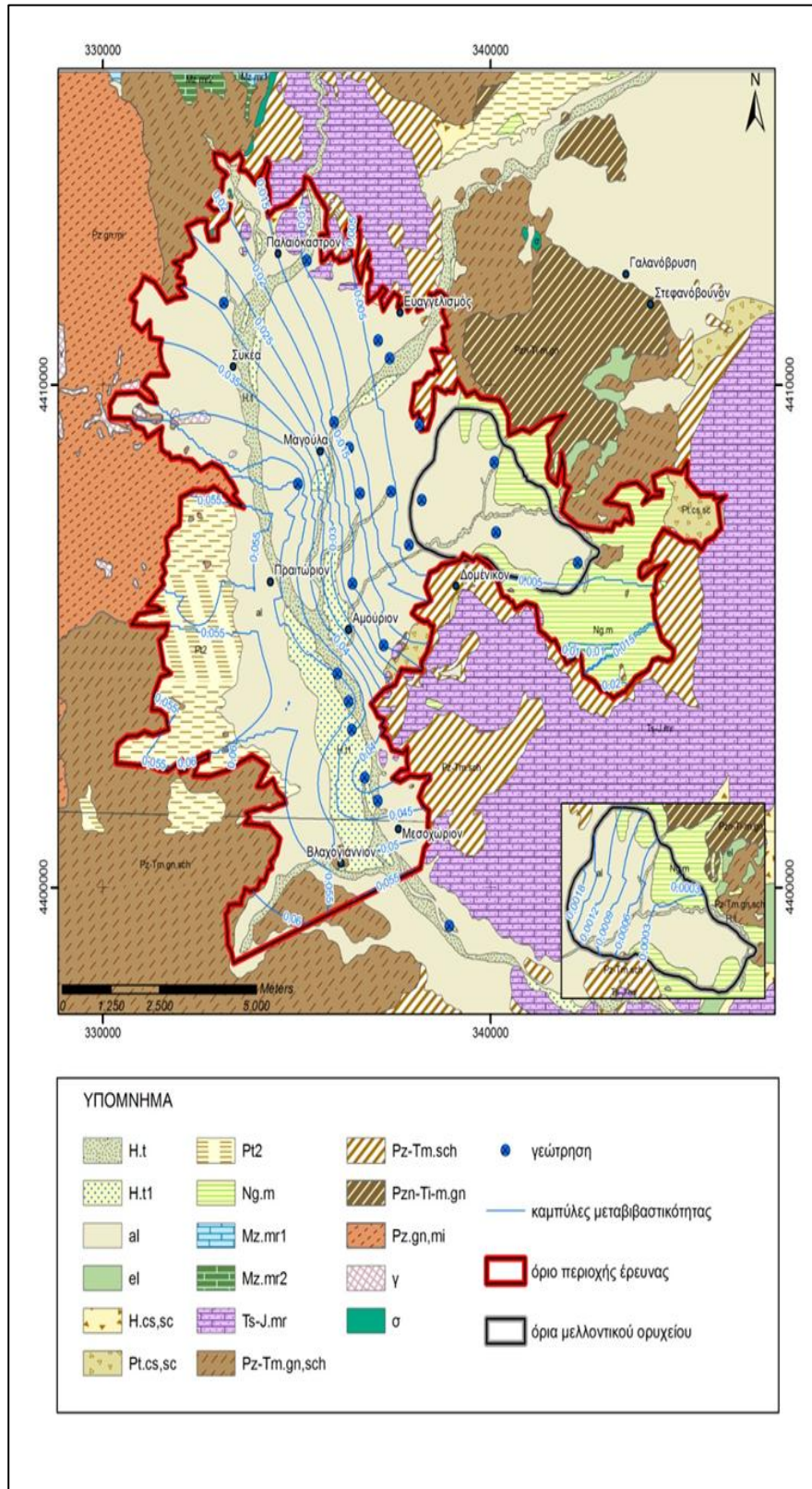
Πηγή: Διδακτορική Διατριβή Βασιλείου Ε., 2011.

6.5.4 ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ ΥΠΟΓΕΙΩΝ ΝΕΡΩΝ.

Στο Δομένικο οι τιμές μεταβιβαστικότητας είναι αρκετά χαμηλές, της τάξης του 10^{-5} και 10^{-4} m^2/sec . Αντίθετα στη περιοχή του κοιτάσματος Αμουρίου, οι τιμές μεταβιβαστικότητας είναι αρκετά υψηλές της τάξης 10^{-2} - 10^{-1} m^2/sec .

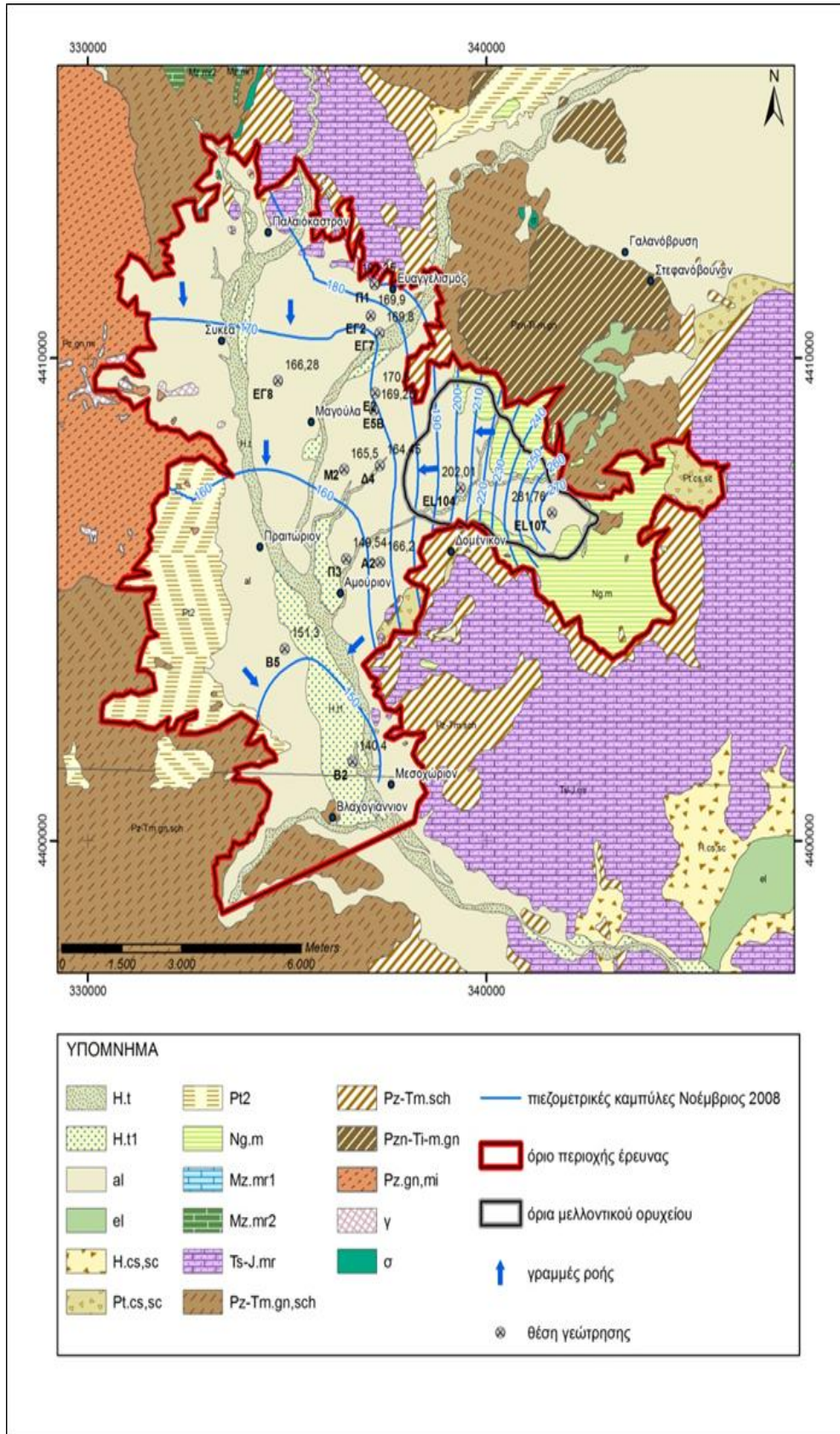
Σε υπερετήσια βάση, δεν παρατηρούνται τάσεις συνεχούς πτώσης των υπόγειων υδροφορέων. Αυτό σημαίνει ότι δεν έχει εγκατασταθεί αρνητικό ισοζύγιο υπόγειων νερών.

Η κατεύθυνση κίνησης των υπόγειων νερών, δείχνει να είναι ευνοϊκή για το κοιτάσμα του Δομένικου, σε αντίθεση με του Αμουρίου, όπου υπάρχει συνεχής τροφοδοσία από τα ανατολικά αλλά και από το ποτάμι. Η εκμετάλλευση του κοιτάσματος Δομένικου, είναι ευνοϊκότερη από υδρολογικής απόψεως. Το κοιτάσμα Αμουρίου, εκτιμήθηκε ότι λόγω υδρολογικών προβλημάτων, επιφανειακών απορροών και πλούσιας υπόγειας υδροφορίας, δεν είναι οικονομικά εκμεταλλεύσιμο.



Εικόνα 6.5.5: Χάρτης μεταβιβαστικότητας στη λεκάνη Ποταμιάς.

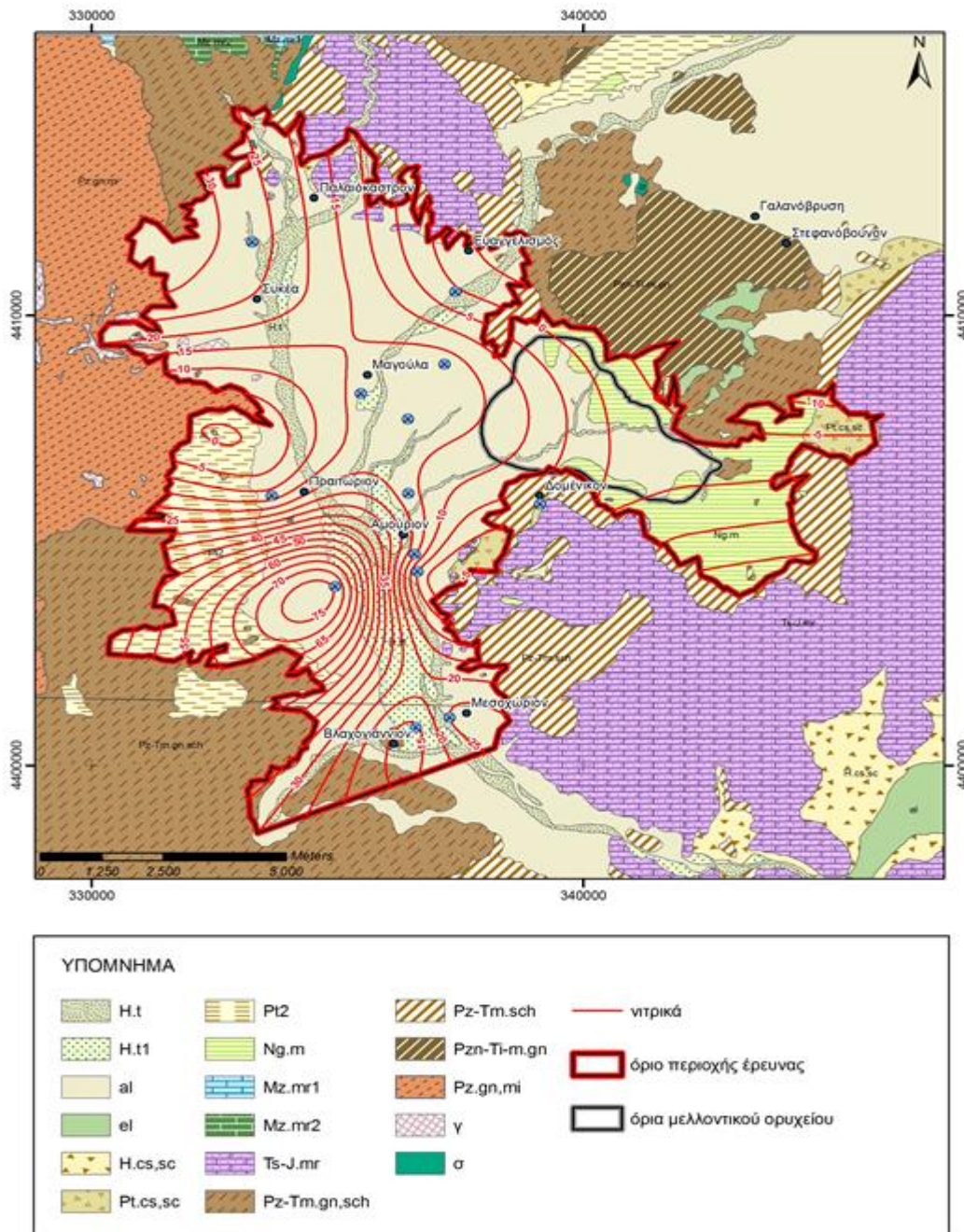
Πηγή: Διδακτορική Διατριβή Βασιλείου Ε., 2011.



Εικόνα 6.5.6: Πιεζομετρικός χάρτης στη λεκάνη Ποταμιάς.

Πηγή: Διδακτορική Διατριβή Βασιλείου Ε., 2011.

6.6 ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ ΛΕΚΑΝΗΣ ΠΟΤΑΜΙΑΣ.

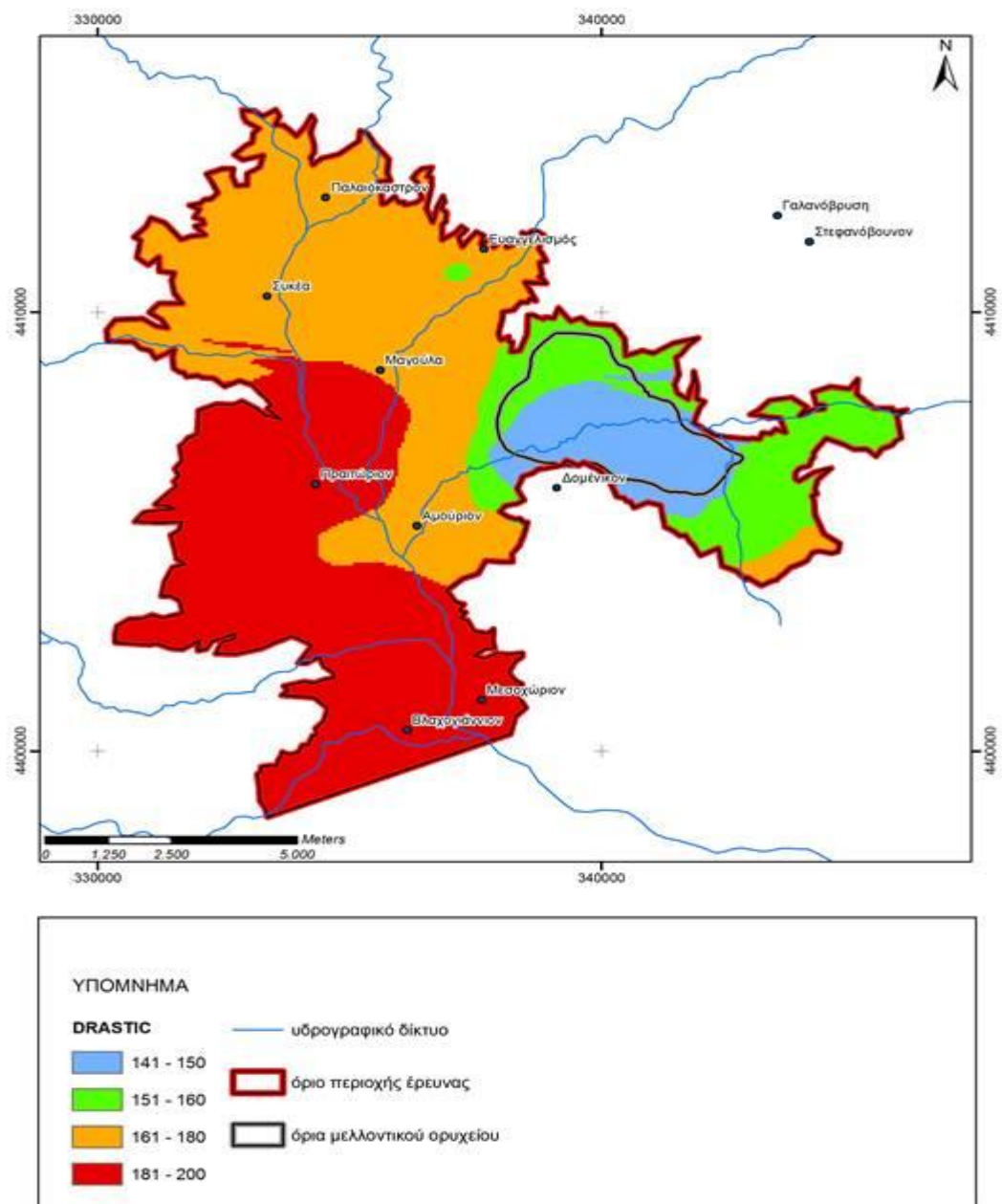


Εικόνα 6.6.1:Χάρτης ισοκατανομής των νιτρικών ιόντων 2010 (mg/l).

Πηγή: Διδακτορική Διατριβή Βασιλείου Ε., 2011.

- ❖ Τα νερά χαρακτηρίζονται ως αλκαλικά. Αυτό οφείλεται κυρίως στη συγκέντρωση οργανικού υλικού, που εκλύει διοξείδιο του άνθρακα όταν αποσυντίθεται.
- ❖ Είναι στην πλειονότητά τους ασβεστο- μαγνησιούχα οξυανθρακικά.
- ❖ Η μέση τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας είναι 458 $\mu\text{S}/\text{cm}$ και είναι μέσα στα αποδεκτά όρια ποσιμότητας, με μεγάλη τυπική απόκλιση.
- ❖ Η συγκέντρωση των ιόντων Ca^{+2} κυμαίνεται από 34,44 mg/l μέχρι 133,36 mg/l και των ιόντων Mg^{+2} από 4,6 mg/l μέχρι 49,21 mg/l. Στο σύνολο τους και τις τρεις περιόδους στα δείγματα νερού ήταν κάτω του ανώτατου ορίου ποσιμότητας, εκτός του Σεπτεμβρίου 2009 όπου τρία ήταν οριακά ως προς το Mg^{+2} .
- ❖ Οι τιμές συγκέντρωσης του νατρίου είναι μέσα στα αποδεκτά όρια, εκτός κάποιων μεμονωμένων δειγμάτων. Η υψηλότερη συγκριτικά συγκέντρωση του νατρίου σε δύο δείγματα, αποδίδεται πιθανότητα στην γεωχημική σύσταση της περιοχής και την παρουσία νατριούχων αστρίων, όπου μέσω υδροχημικών διεργασιών απελευθερώνεται το κατιόν νατρίου. Επίσης στην ευρύτερη περιοχή αναπτύσσονται σχιστολιθικοί και γρανιτικοί σχηματισμοί, των οποίων χαρακτηριστικό είναι οι σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις σε ιόντα Na.
- ❖ Οι τιμές συγκέντρωσης των ιόντων καλίου (K^{+}), είναι ιδιαίτερα χαμηλές.
- ❖ Τα θειικά ιόντα έχουν αρκετά χαμηλή συγκέντρωση σε όλες τις περιόδους, αρκετά σημαντική πληροφορία, αν συσχετιστεί με την πιθανή αύξηση της συγκέντρωσης τους κατά τη λειτουργία των ορυχείων.
- ❖ Οι υψηλές συγκεντρώσεις του Mn^{+2} , πάνω από τα όρια ποσιμότητας, οφείλεται στην πλούσια μεταλλοφορία σε μαγγάνιο στην περιοχή (Φύλλο ΓΓΜΕ 1987). Σε συνδυασμό με την ευδιάλυτη φύση του μαγγανίου, δικαιολογείται η αυξημένη συγκέντρωση του στο νερό.
- ❖ Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών, που σχετίζονται με την υπερεντατική χρήση αζωτούχων λιπασμάτων, εμφανίζονται αυξημένες το Σεπτέμβριο 2008. Το 82% των δειγμάτων ήταν πάνω από το επιτρεπτό όριο των 50 mg/l. Στη λεκάνη Ποταμιάς το πρόβλημα της νιτρορύπανσης, δεν είναι τόσο έντονο όσο στον θεσσαλικό κάμπο.

- ❖ Η παρουσία των όξινων ανθρακικών και η ομαλή κατανομή των τιμών τους, μπορούν να δικαιολογηθούν από το γεγονός ότι ο υπερκείμενος των λιγνιτών υδροφόρος αναπτύσσεται κυρίως σε αλλουβιακούς σχηματισμούς. Συχνά τα νερά στους αλλουβιακούς σχηματισμούς είναι οξυανθρακικά, ασβεστοανθρακικά, δηλαδή το κύριο κατιόν είναι το ασβέστιο και το κύριο ανιόν η όξινη ανθρακική ρίζα.
- ❖ Ο βαθμός συσχέτισης των ιόντων υπολογίστηκε ιδιαίτερα σημαντικός μεταξύ Ca^{+2} και Mg^{+2} , Cl^- και NO_3^- , SO_4^{-2} και NO_3^- , Na^{+1} και Cl^- , SO_4^{-2} και Cl^- .
- ❖ Η αυξημένη συγκέντρωση Fe στο νερό του υπό πίεση υδροφόρου δίδει χαρακτηριστική εικόνα οξείδωσης του εδαφικού μανδύα κατά την επιφανειακή ροή του, κατάντη της αρτεσιανής γεώτρησης EL107, στο λιγνιτικό πεδίο Δομένικου.
- ❖ Η ποιότητα τους είναι από καλή έως μέτρια για άρδευση.
- ❖ Πολλές από τις γεωτρήσεις στην περιοχή του Ευαγγελισμού και του Πραιτωρίου, όπως και του Δομένικου χρησιμοποιούνται για την κάλυψη των υδρευτικών αναγκών των χωριών, οι οποίες δεν εμφανίζουν πρόβλημα υποβάθμισης σύμφωνα με τις πρόσφατες χημικές αναλύσεις τους.
- ❖ Η μη σωστή χωρική κατανομή των δειγμάτων, αλλά και οι αντικειμενικές δυσκολίες δειγματοληψίας, δεν επέτρεψαν τη συλλογή επαρκούς αριθμού δειγμάτων προκειμένου να σχεδιαστούν και οι αντίστοιχοι υδροχημικοί χάρτες.
- ❖ Ο Τιταρήσιος έχει καλής ποιότητας νερό, αν και εμφανίζονται σημειακά αυξημένες τιμές σε χλωριόντα, φωσφορικά και στο νάτριο, οι οποίες μέσα στα 18 χρόνια σίγουρα θα είναι ακόμα υψηλότερες λόγω της αγροτικής δραστηριότητας.



Εικόνα 6.6.2: Χάρτης τρωτότητας υδροφόρου στη λεκάνη των νεογενών,
της λεκάνης Ποταμιάς, βάσει της μεθόδου DRASTIC.

Πηγή: Διδακτορική Διατριβή Βασιλείου Ε., 2011.

Σύμφωνα με την εφαρμογή της μεθόδου DRASTIC, προέκυψε ο χάρτης τρωτότητας των υδροφόρων στη λεκάνη Ποταμιάς (εικόνα 6.6.2). Υψηλότερες τιμές τρωτότητας εμφανίζονται στο κεντρικό και στο νότιο τμήμα της λεκάνης με εύρος διακύμανσης από 132-200. Οι χαμηλότερες τιμές καταγράφονται στα ανατολικά, στην περιοχή του ορυχείου και στα βόρεια. Στα ανατολικά όρια του ορυχείου, λόγω έλλειψης δεδομένων, η εκτίμηση της τρωτότητας δεν είναι αξιόπιστη.

Στην περιοχή του ορυχείου οι υδροφόροι είναι μέσης επιδεκτικότητας στη ρύπανση. Παρ' όλα αυτά είναι πιθανή η επιβάρυνση της ποιότητας των υπόγειων υδροφόρων στα νεογενή και κεντρικά τμήματα της λεκάνης από την έναρξη της μεταλλευτικής δραστηριότητας αν συνδυαστούν τα αποτελέσματα της μεθόδου DRASTIC με την πιεζομετρία της περιοχής. Πράγματι η κατεύθυνση της κίνησης του νερού είναι από τα ανατολικά προς τα κεντρικά της λεκάνης, συνεπώς η γένεση στη περιοχή του ορυχείου ενός «mine water» με τυπική σύσταση, το οποίο θεωρούμε ότι θα είναι υποβαθμισμένο ποιοτικά, κυρίως με βαρέα μέταλλα και ιχνοστοιχεία, θα επιφέρει αλλαγές κατά την ανάμιξη του με το νερό των υπόγειων υδροφόρων. Όπως αναφέρθηκε η κεντρική ζώνη και το νότιο τμήμα εμφανίζει υψηλή τρωτότητα, και τα όποια υψηλά ρυπαντικά φορτία αναμένεται να κινηθούν προς την κατεύθυνση αυτή, άρα θα πρέπει να ληφθούν ειδικά μέτρα, όσον αφορά την προστασία των υπόγειων νερών. Το γεγονός αυτό ήταν αναμενόμενο και από την κοκκομετρική σύσταση των σχηματισμών στα κεντρικά, όπου τα υλικά είναι πιο αδρομερή. Επίσης ο υδροφόρος είναι αβαθής, ενώ οι εκτεταμένες αγροτικές δραστηριότητες συμβάλλουν σε ένα ευάλωτο από πλευράς ρύπανσης υδάτινο σύστημα. Τα μέτρα θα αφορούν στο να αποφευχθεί να φθάσουν τα νερά του ορυχείου Δομένικου στη ζώνη υψηλής τρωτότητας. Οι αποστραγγιστικές γεωτρήσεις, για την προστασία του ορυχείου θα συμβάλουν προς την κατεύθυνση αυτή, με τον κώνο πτώσης που θα δημιουργήσουν. Επαλήθευση της μεθόδου αποτελεί ο χάρτης κατανομής νιτρικών, ο οποίος δείχνει υψηλότερη επιβάρυνση εκεί που προκύπτει μεγαλύτερη ιδιοτρωτότητα του υδροφορέα⁵⁷.

Η ποιότητα των νερών στη λεκάνη θα επιβαρυνθεί, ειδικότερα με την παρουσία βαρέων μετάλλων και ιχνοστοιχείων λόγω της γεωχημικής σύστασης του λιγνίτη και τη δημιουργία του «mine water» ή «νερό του ορυχείου» κατά τη

⁵⁷ Βασιλείου Ε., 2011.

διαδικασία της εκμετάλλευσης του κοιτάσματος. Το mine water θα αναμιχθεί με τα υπόγεια και επιφανειακά νερά της περιοχής μέσω κατείσδυσης, λόγω πιεζομετρίας και γενικότερης υδραυλικής επικοινωνίας των σχηματισμών και των υδροφόρων. Βάση του μοντέλου PhreeqC, που εφαρμόστηκε στη περιοχή και των σεναρίων που εξετάστηκαν, εκτιμήθηκε ότι θα υπάρξει πιθανότατα ποιοτική υποβάθμιση των νερών της περιοχής.

6.7 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.

Το υδατικό δυναμικό της λεκάνης θα υποστεί σημαντικές μεταβολές. Η αποστράγγιση των ορυχείων θα σημάνει την πτώση στάθμης των υδροφόρων. Παράλληλα οι υδατικές ανάγκες θα είναι ιδιαίτερα αυξημένες, λόγω των βιομηχανικών χρήσεων και της πληθυσμιακής αύξησης. Εκτιμάται από τη ΔΕΗ, ότι συνολικά θα απαιτηθούν για τους ΑΗΣ (ψύξη κλπ) $10 \times 10^6 \text{ m}^3$. Αυτό πρακτικά σημαίνει ότι θα οδηγηθεί η περιοχή μελέτης σε αρνητικό υδατικό ισοζύγιο, δεδομένου ότι σήμερα βρίσκεται ήδη οριακά.

Παράλληλα, η εκμετάλλευση του κοιτάσματος Δομένικου, θα οδηγήσει σε καταστροφή του υπερκείμενου των λιγνιτών υδροφόρου, με έμμεση επίδραση και στον υποκείμενο αυτών. Παρά την καταστροφή του υπερκείμενου υδροφόρου, με δεδομένο ότι το δάπεδο του ορυχείου στον ανατολικό τομέα θα βρίσκεται σε μεγαλύτερο υψόμετρο από την υδροστατική στάθμη του υδροφόρου που εκτείνεται δυτικά αυτού, δεν θα υπάρξει αναστροφή της υπόγειας ροής προς τα δυτικά και άρα θα αποφευχθεί η πλημμύριση του ορυχείου. Αντίθετα στα δυτικά όρια του κοιτάσματος και προς το κέντρο της περιοχής έρευνας, κοντά στο ποτάμι, το απόλυτο υψόμετρο του δαπέδου εκμετάλλευσης φθάνει σε χαμηλά επίπεδα, με αποτέλεσμα να αναμένεται εισροή νερών από τα κεντρικά προς το ορυχείο. Πιθανότατα, λόγω των αναμενόμενων αυτών υπόγειων υδατικών τροφοδοσιών ένα τμήμα του κοιτάσματος (το δυτικό) να μην εκμεταλλευθεί.

Τα έργα αποστράγγισης του κοιτάσματος Δομένικου, πιθανόν να οδηγήσουν σε μικρή μείωση της τροφοδοσίας των πηγών Αμουρίου.

Κατά την εξόρυξη του κοιτάσματος Αμουρίου και κατά τη λειτουργία των ορυχείων, προβλέπεται να δημιουργηθούν σημαντικά προβλήματα από άποψη

ευστάθειας και ασφάλειας. Οι υδροφόροι είναι υψηλής δυναμικότητας, που σημαίνει ότι θα χρειαστεί ένα εκτεταμένο δίκτυο αποστράγγισης για την αποδοτική λειτουργία του ορυχείου, ανεβάζοντας ακόμη περισσότερο το κόστος εκμετάλλευσης του κοιτάσματος. Επίσης σε περίπτωση εκμετάλλευσης του κοιτάσματος Αμουρίου, η εκτροπή του Τιταρήσιου ποταμού, θα επηρεάσει συνολικά την τροφοδοσία της περιοχής. Προβλήματα τροφοδοσίας στα τεταρτογενή αλλά και στις πηγές Αμουρίου αναμένονται και από την κατασκευή φραγμάτων στην περιοχή έρευνας, που θα επιφέρουν μεγάλες αλλαγές στο υδατικό ισοζύγιο των υπογείων νερών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο.

ΛΙΓΝΙΤΙΚΟ ΚΟΙΤΑΣΜΑ ΔΡΑΜΑΣ

Η σύνταξη του κεφαλαίου αυτού στηρίχτηκε κυρίως στη Διδακτορική Διατριβή του Σ. Πανίλα, 1998 :

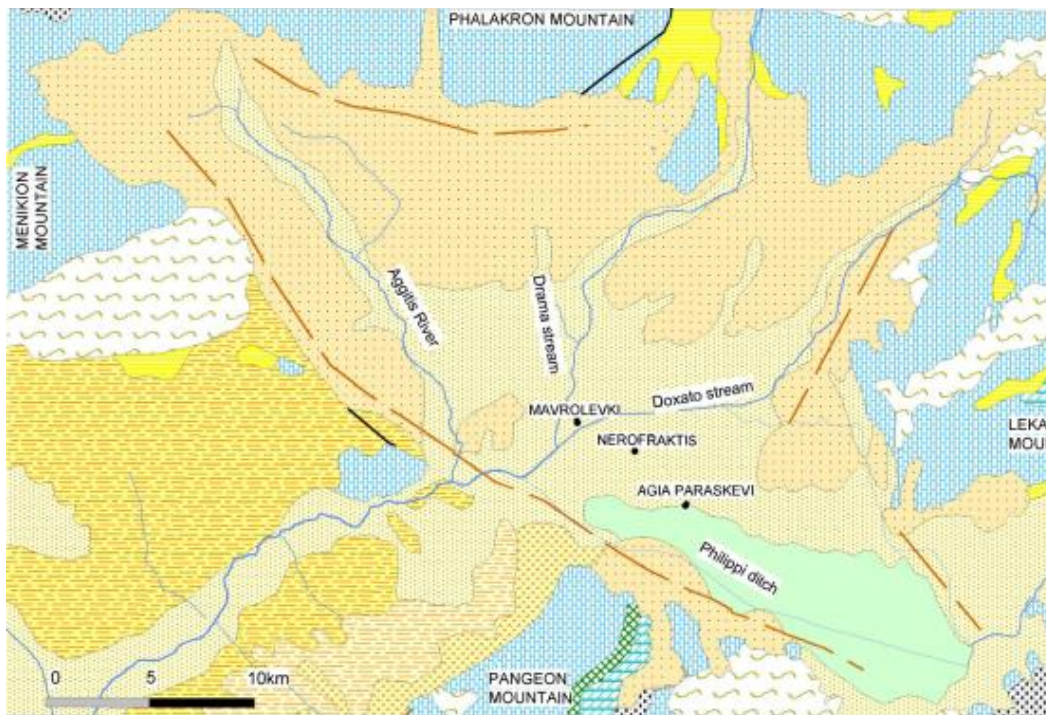
«Υδρογεωλογικά Προβλήματα κατά την εκμετάλλευση λιγνιτικών κοιτασμάτων με τη μέθοδο της ανοικτής εκσκαφής. Η περίπτωση του λιγνιτικού κοιτάσματος Δράμας.»

7.1 ΛΕΚΑΝΗ ΔΡΑΜΑΣ.

7.1.1 ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ.

Η λεκάνη της Δράμας περιβάλλεται απ' τους ορεινούς όγκους του Φαλακρού (υψόμετρο 2230m) βόρεια, την Λεκάνη (1295m) ανατολικά, του Μενοίκιου (1965m) δυτικά, του Παγγαίου (1955m) και του Συμβόλου (965m) νότια. Η συνολική έκταση της λεκάνης απορροής ανέρχεται σε 1875 km².

Το ορεινό και ημιορεινό τμήμα της έχει έκταση 1105 km², ενώ το ημιπεδινό και πεδινό τμήμα που περικλείεται από την ισοϋψή των 200 m έως το χαμηλότερο σημείο της (44 m) καταλαμβάνει έκταση 770 km².



Εικόνα 7.1.1: Απλοποιημένος χάρτης περιοχής Δράμας.

Πηγή: Πανίλας Σ., 1998.

7.1.2 ΓΕΩΛΟΓΙΑ.

Κατά το Ανώτερο Πλειόκαινο, η ενιαία λεκάνη Σερρών – Δράμας μετά την απόθεση των ποταμοχερσαίων ιζημάτων (στρώματα «Τερπνής») αποκόπτεται σε δύο λεκάνες με διαφορετικό αποθετικό περιβάλλον. Ποταμοχερσαία ιζήματα δημιουργούνται στην λεκάνη Σερρών και λιμνοτελματικά ιζήματα στη λεκάνη της Δράμας.

Η λεκάνη Δράμας αποτελεί τεκτονικό βύθισμα με ΒΔ – ΝΑ. Η γεωλογική δομή της περιοχής, κυριαρχείται από κρυσταλλικά πετρώματα της μάζας Ρίλα – Ροδόπης, τα οποία αποτελούνται κυρίως από μάρμαρα με διεισδύσεις γρανιτικών και γρανοδιοριτικών σωμάτων.

Από τα στρωματογραφικά δεδομένα της περιοχής τα λιμνοτελματικά ιζήματα της λεκάνης Δράμας διαχωρίζονται σε δύο σειρές. Η κατώτερη σειρά αντιπροσωπεύεται από λευκά ασβεστούχα ιζήματα (ασβεστολιθική ιλύς) με σημαντικά πάχη (Κατώτερο – Μέσο Πλειστόκαινο) και η ανώτερη σειρά από οργανικά και ανόργανα ιζήματα (λιγνιτικά στρώματα Δράμας, τυρφολιγνιτικά στρώματα στα τενάγη των Φιλίππων), που δημιουργήθηκαν κατά το Μέσο έως Ανώτερο Πλειστόκαινο.

7.1.3 ΥΔΡΟΛΟΓΙΑ.

Από την ανάλυση των βροχομετρικών δεδομένων της ευρύτερης περιοχής προκύπτει μια πτωτική πορεία των ετήσιων τιμών βροχόπτωσης. Το μέσο ετήσιο ύψος των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στην πεδιάδα ανέρχεται σε 595,6 mm για την περίοδο 1966 – 91. Κατά την πενταετία 1988 – 92 παρατηρείται μείωση των βροχοπτώσεων (484 mm) κατά 18,7%.

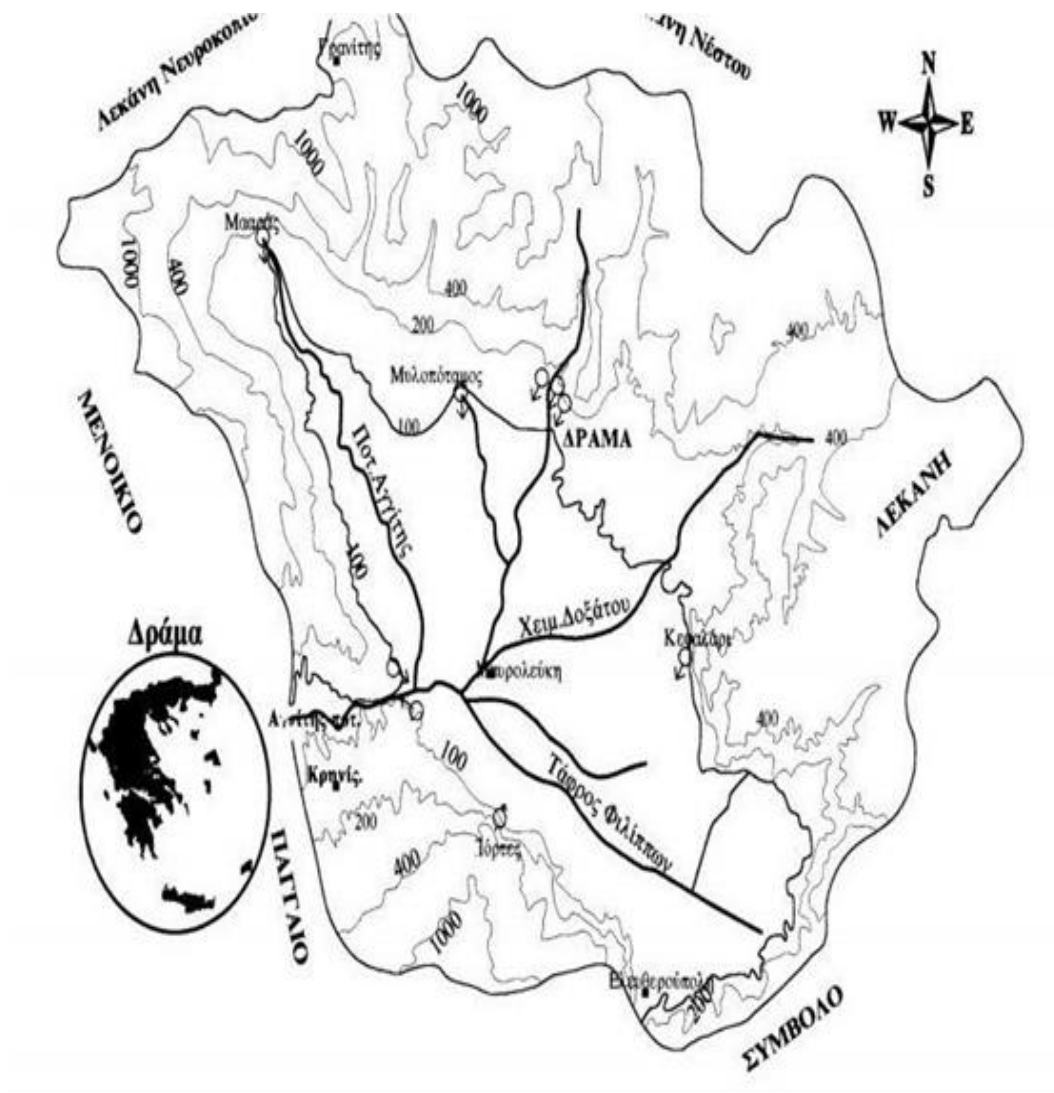
Η ζώνη Παγγαίου – Μενοίκιου δέχεται υψηλότερα κατακρημνίσματα από τη ζώνη του Φαλακρού – Λεκάνης.

Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή για την περίοδο 1966 – 91 υπολογίστηκε σε 462 mm, που αντιπροσωπεύει το 77,6% της βροχόπτωσης, ενώ το ποσοστό της απορροής και κατείσδυσης αντιπροσωπεύει το 22,4% της βροχόπτωσης.

Από την κατάρτιση του ισοζυγίου εισροών – εκροών του Τεταρτογενούς υδροφορέα επιφάνειας 571 km² για την περίοδο 1988 – 92 προκύπτει ότι:

- ❖ Ο μέσος ετήσιος όγκος νερού από την βροχόπτωση ανέρχεται σε $276 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- ❖ Τροφοδοσία του υπόγειου νερού στις Τεταρτογενείς αποθέσεις $17 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- ❖ Οι ποσότητες του νερού που αναβλύζουν από τις πηγές ανέρχονται σε $335 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- ❖ Η κατανάλωση νερού από πηγές για υδρευτικές ανάγκες $14 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- ❖ Η πραγματική εξατμισοδιαπνοή ανέρχεται σε $236 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- ❖ Η απορροή του Αγγίτη ποταμού ανέρχεται σε $261 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- ❖ Η εξάτμιση του νερού από τα υδρορρέυματα σε $1,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- ❖ Οι απολήψεις από τα επιφανειακά νερά ανέρχονται σε $91 \cdot 10^6 \text{ m}^3$
- ❖ Οι αντλήσεις των υπόγειων νερών για ανάγκες άρδευσης και ύδρευσης σε $41 \cdot 10^6 \text{ m}^3$

Από τα παραπάνω προκύπτει ένα αρνητικό ισοζύγιο της τάξης των $16,6 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{έτος}$ (περίοδος 1988 – 1992), που οφείλεται στην υπεράντληση του υπόγειου νερού για την κάλυψη των αρδευτικών και υδρευτικών αναγκών.



Εικόνα 7.1.2: Υδρολογική λεκάνη περιοχής Δράμας.

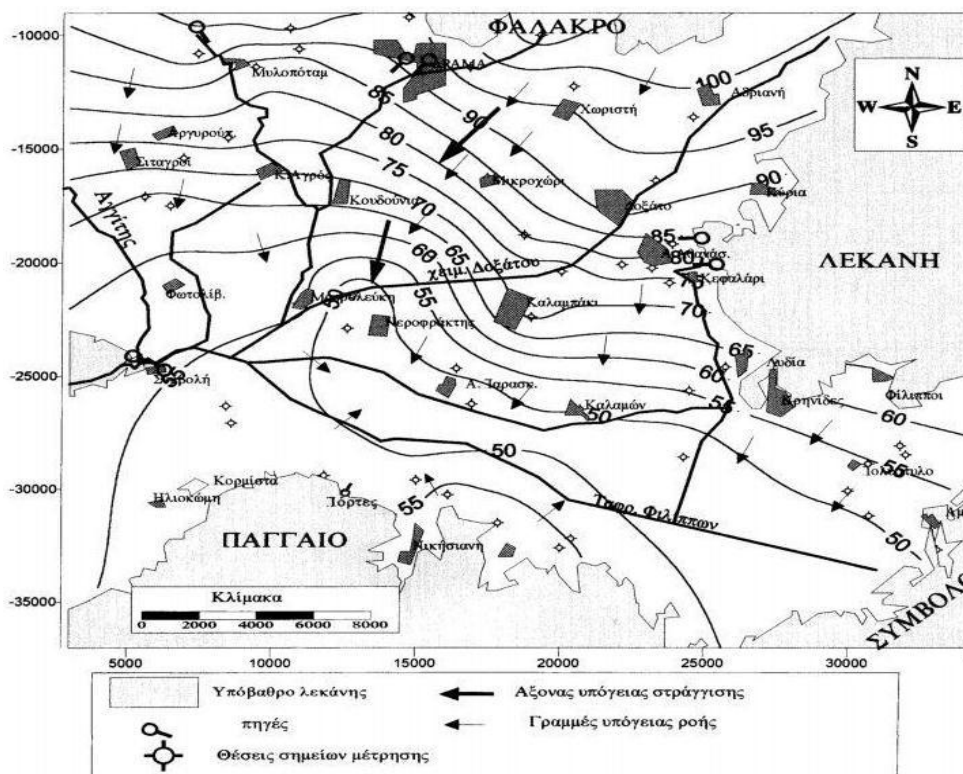
Πηγή: Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης.

7.1.4. ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Από την υδρογεωλογική έρευνα στις Τεταρτογενείς αποθέσεις της πεδιάδας εντοπίστηκε ένας εκτεταμένος ελεύθερος υδροφόρος ορίζοντας που αναπτύσσεται υπερκείμενα των αδιαπέρατων λιμνοτελματικών ιζημάτων. Ο υδροφόρος χαρακτηρίζεται από λεπτόκοκκα έως μεσόκοκκα υλικά και με μέγιστο πάχος τα 120 μέτρα.

Από τα γεωλογικά και υδρολιθολογικά δεδομένα της περιοχής, διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχει σχέση μεταξύ της υδροφορίας των ανθρακικών πετρωμάτων που δομούν τους ορεινούς όγκους της λεκάνης, με τους χαλαρούς σχηματισμούς της πεδιάδας. Οι καρστικές πηγές που αναβλύζουν στην περίμετρο της λεκάνης, είναι αποτέλεσμα της διαφορετικής υδρολιθολογικής συμπεριφοράς των δύο παραπάνω σχηματισμών.

Με βάση τις συστηματικές μηνιαίες μετρήσεις της στάθμης του υδροφόρου, κατά την περίοδο 1988 – 94 κατασκευάστηκαν ισοπιεζομετρικοί χάρτες και αναλύθηκε η κίνηση του υπόγειου νερού. Συγκρίνοντας τα δεδομένα με προγενέστερες μετρήσεις παρατηρείται συνεχής ταπείνωση της στάθμης του υπόγειου νερού κατά 0,45 μ/έτος, που αποδίδεται κυρίως στην αντίστοιχη μείωση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και στις συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες των αρδεύσεων με γεωτρήσεις.



Εικόνα 7.1.3: Πιεζομετρικός χάρτης των τεταρτογενών αποθέσεων της λεκάνης Δράμας (περίοδος Σεπτέμβριος 1979).

Πηγή: Πανίλας Σ.,1998

7.2. ΛΙΓΝΙΤΙΚΟ ΠΕΔΙΟ ΔΡΑΜΑΣ.

7.2.1 ΘΕΣΗ – ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΣ.

Το λιγνιτικό πεδίο της Δράμας βρίσκεται στο κεντρικό τμήμα της πεδιάδας (770km²) και επεκτείνεται πάνω από 100km². Το υδρογραφικό δίκτυο διαμορφώνεται κυρίως από τα νερά των καρστικών πηγών που αναβλύζουν στην περίμετρό της. Ο ποταμός Αγγίτης γίνεται αποδέκτης όλου του υδρογραφικού δικτύου της πεδιάδας και εξέρχεται στο ΝΔ τμήμα πλησίον της κοινότητας Συμβολής.

Τρεις λιγνιτικές στοιβάδες σχηματίζονται στην περιοχή του λιγνιτικού πεδίου. Η κατώτερη λιγνιτική στοιβάδα “Α”, επεκτείνεται πάνω από 100 km² και αποτελεί τα 3/4 του κοιτάσματος. Προς νοτιοανατολικά η λιγνιτική στοιβάδα επεκτείνεται στο τυρφολιγνιτικό κοιτάσμα των Φιλίππων. Οι άλλες δυο υπερκείμενες στοιβάδες “Β” και “C”, περιορίζονται στο κεντρικό τμήμα του πεδίου με μικρή ανάπτυξη και μικρά πάχη. Μεταξύ αυτών παρεμβάλλονται κλαστικά ιζήματα που αποτελούνται κυρίως από λεπτόκοκκα υλικά (ιλύες έως άμμοι λεπτόκοκκοι).

Από τις κοκκομετρικές αναλύσεις παρατηρείται μια φθίνουσα κοκκομετρική διαβάθμιση των υλικών, από τα ανώτερα προς τα κατώτερα στρώματα και από την περιφέρεια προς το κεντρικό τμήμα του λιγνιτικού πεδίου.

7.2.2 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ.

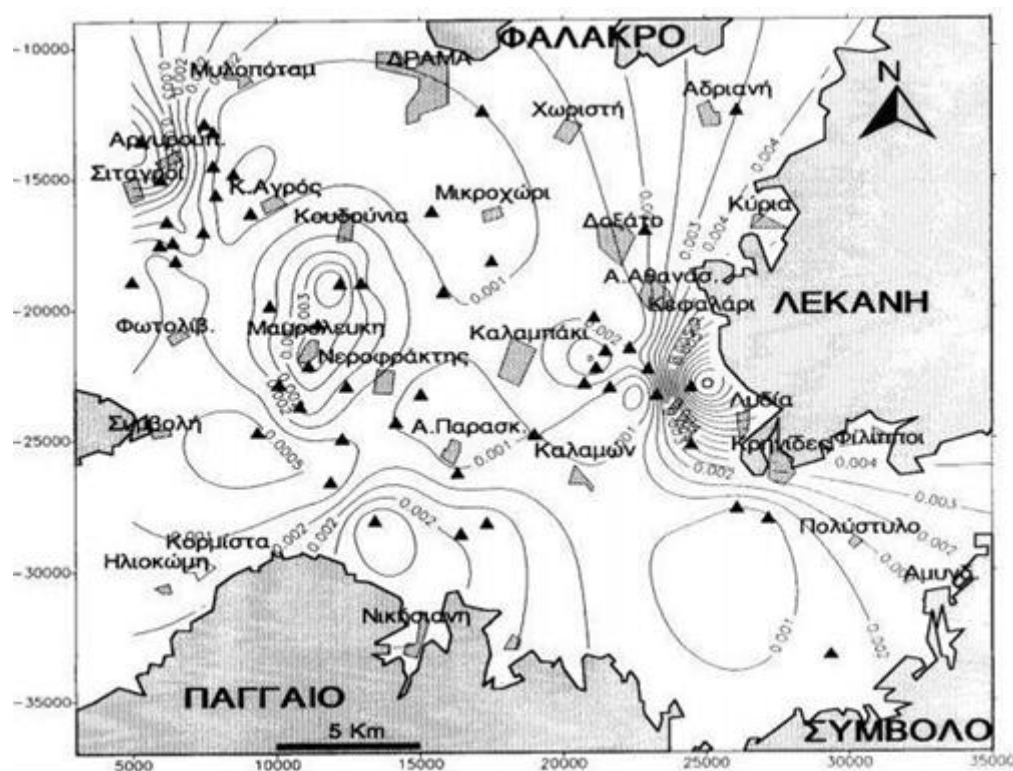
Στην περιοχή έρευνας του λιγνιτικού πεδίου αναπτύσσονται δυο ανεξάρτητα υδρογεωλογικά συστήματα. Ένας ελεύθερος υδροφόρος που υπέρκειται της κατώτερης λιγνιτικής στοιβάδας και διασπάται σε τρία επάλληλα υδροφόρα στρώματα προς το κεντρικό τμήμα του λιγνιτικού πεδίου (περιοχή Νεοφράκτη) και ένας αρτεσιανός υδροφόρος που περιορίζεται στο νοτιοανατολικό τμήμα υποκείμενα των λιγνιτικών στρωμάτων.

Από την κατασκευή 25 υδρογεωτρήσεων και 74 πιεζομέτρων και την εκτέλεση αντλητικών δοκιμασιών προέκυψαν τα παρακάτω υδραυλικά χαρακτηριστικά των υδροφόρων στρωμάτων στην περιοχή του λιγνιτικού πεδίου.

Στο κεντρικό τμήμα του λιγνιτικού πεδίου (Νεροφράκτης) η μεταβιβαστικότητα λαμβάνει χαμηλές τιμές $T = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$. Ο συντελεστής εναποθήκευσης κυμαίνεται από $S = 3 \cdot 10^{-3}$ για τον ανώτερο υδροφόρο, ενώ για τα κατώτερα υδροφόρα που παρεμβάλλονται μεταξύ των λιγνιτικών στοιβάδων λαμβάνει τιμές $S = 3 \cdot 10^{-4}$.

Υψηλές τιμές της μεταβιβαστικότητας παρατηρούνται στο βορειοδυτικό τμήμα του λιγνιτικού πεδίου (Μαυρολεύκη) και κυμαίνονται μεταξύ $T = 2 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$ έως $5,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$. Ο συντελεστής εναποθήκευσης κυμαίνεται από $3 \cdot 10^{-3}$ έως $3 \cdot 10^{-2}$.

Ο υδροφόρος ορίζοντας που υπόκειται των λιγνιτικών στρωμάτων λαμβάνει τιμές $T = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$ και $S = 1 \cdot 10^{-4}$ έως $S = 1 \cdot 10^{-5}$. Προς τα νότια περιθώρια της λεκάνης πλησίον του Παγγαίου (Νικήσιανη) ο υδροφόρος μεταπίπτει σε ελεύθερο και λαμβάνει τιμές $T = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{sec}$ και $S = 1 \cdot 10^{-2}$.



Εικόνα 7.2.1: Χάρτης μεταβιβαστικότητας περιοχής λιγνιτικού πεδίου Δράμας.

Πηγή: Διδακτορικό Πανίλας Σ., 1998

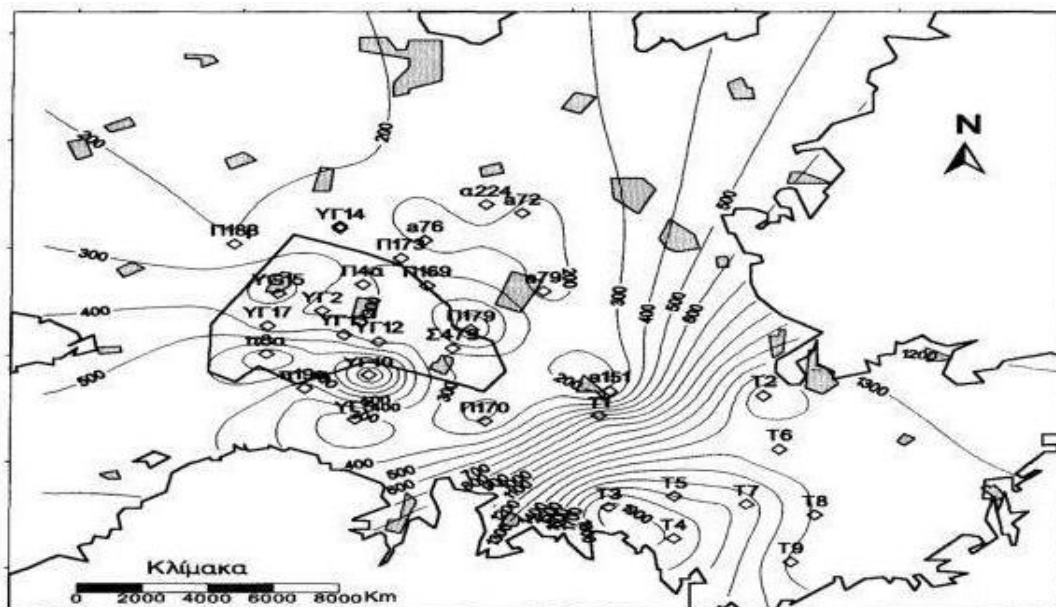
7.2.3 ΥΔΡΟΧΗΜΕΙΑ.

Από τις χημικές αναλύσεις των υπόγειων νερών παρατηρούνται μεγάλες διακυμάνσεις στις συγκεντρώσεις των ιόντων. Τα υπόγεια νερά στο λιγνιτικό πεδίο βρίσκονται υπό αναγωγικές συνθήκες και με pH που κυμαίνεται από 6,4 έως 7,7.

Το HCO_3^- είναι το κυρίαρχο ανιόν, ενώ το Na^+ και Ca^{++} τα κυρίαρχα κατιόντα. Το Ca^{++} επικρατεί στα νερά της ευρύτερης περιοχής, ενώ το Na^+ στα βαθύτερα υδροφόρα και τον αρτεσιανό υδροφόρο, υποκείμενο των λιγνιτικών στρωμάτων.

Ελεύθερο και διαλυμένο CO_2 απαντάται στα υπόγεια νερά. Οι υψηλές συγκεντρώσεις των διαλυμένων ανθρακικών αλάτων οφείλονται στις υψηλές τιμές του pCO_2 που προέρχεται από την αποσύνθεση των οργανικών ουσιών των λιγνιτικών στρωμάτων.

Οι υψηλές συγκεντρώσεις σε ολικό Fe και οι μικρές συγκεντρώσεις σε SO_4^{--} οφείλονται στις διεργασίες των σιδηροβακτηρίων και θειοβακτηρίων που δρουν μέσα σε αναγωγικό περιβάλλον.



Εικόνα 7.2.2 : Χάρτης κατανομής ολικής σκληρότητας στην ευρύτερη περιοχή του λιγνιτικού πεδίου.

Πηγή: Διδακτορικό Πανίλας Σ., 1998

7.3 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ

7.3.1 ΠΤΩΣΗ ΤΗΣ ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΙΑΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ.

Με βάση την πρόβλεψη του μαθηματικού μοντέλου η ακτίνα επίδρασης του κώνου ταπείνωσης της στάθμης, που προκαλείται από την στραγγιστική διαδικασία του ορυχείου, δείχνει να μην επεκτείνεται πέρα των 4 έως 5 km βόρεια του ορυχείου, ενώ νότια του ορυχείου η ακτίνα επίδρασης ξεπερνά τα 6 km.

Κατά τη διεύθυνση Δύση – Ανατολή, παρατηρείται ότι η ακτίνα επίδρασης φθάνει μέχρι τα 5 km στα δυτικά του ορυχείου, ενώ προς τα ανατολικά επεκτείνεται μέχρι 6,5 km.

Το σχήμα του κώνου που διαμορφώνεται έχει σχέση με τα υδραυλικά χαρακτηριστικά του υδροφόρου, κυρίως του K και του S και λιγότερο με την παροχή και τον ρυθμό άντλησης.

7.3.2. ΣΤΕΡΕΥΣΗ ΤΩΝ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΕΥΡΥΤΕΡΟ ΧΩΡΟ.

Έξω από την περίμετρο του προβλεπόμενου ορυχείου η περιοχή καλύπτεται από γεωργικές δραστηριότητες. Η άρδευση των εδαφών γίνεται είτε διαμέσου χωμάτινων αρδευτικών καναλιών, είτε με γεωτρήσεις μέσου βάθους 60 – 70 μέτρων. Πληθώρα αβαθών γεωτρήσεων έως 15 μέτρα βρίσκονται στο ανατολικό τμήμα του κοιτάσματος της περιοχής Καλαμπακίου.

Σύμφωνα με την μαθηματική προσομοίωση των υδροφόρων το 1992, είχε εκετιμηθεί ότι στην περίμετρο του ορυχείου και σε απόσταση που καθορίζεται από την ακτίνα επίδρασης του κώνου ταπείνωσης της στάθμης, θα υπάρξει στέρηση των αβαθών γεωτρήσεων μέχρι την απόσταση των 5 km, ενώ αναμενόταν μείωση της απόδοσης των βαθύτερων γεωτρήσεων.

7.3.3 ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΟ ΠΗΓΑΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΗΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΔΡΑΜΑΣ.

Το σύστημα των πηγών αποτελεί μια ανεξάρτητη υδρογεωλογική ενότητα, όπου ο μηχανισμός λειτουργίας τους διέπεται κυρίως από το σύστημα τροφοδοσίας του καρστικού συστήματος σε σχέση με τους χαλαρούς σχηματισμούς της πεδιάδας που τροφοδοτούνται από τα επιφανειακά κατακρημνίσματα. Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης έδειξαν, ότι η απόσταση των 12 km από τα όρια του ορυχείου μέχρι τις πηγές της Δράμας δεν εγκυμονεί κανένα κίνδυνο επηρεασμού από τις αντλήσεις.

7.3.4 ΜΕΙΩΣΗ ΠΑΡΟΧΗΣ ΥΔΡΟΡΕΥΜΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΤΩΝ ΤΑΦΡΩΝ.

Τα αποτελέσματα της προσομοιούμενης στράγγισης του ορυχείου έδειξαν ότι η τροφοδοσία του υδροφόρου προς τις τάφρους θα περιοριζόταν με την έναρξη λειτουργίας των ορυχείων, ενώ θα υπήρχε αντιστροφή της ροής των τάφρων προς τον υδροφόρο. Η τάφος των Φιλίππων που διασχίζει το νότιο τμήμα του προβλεπόμενου ορυχείου, θα πρέπει να μετατοπιστεί και να γίνει καινούρια χάραξη, με διατήρηση μιας απόστασης ασφαλείας 700m έξω από τα όρια του ορυχείου. Θα απαιτηθεί επίσης να μετατοπιστεί βορειότερα ο χείμαρρος Δοξάτου και δυτικότερα ο χείμαρρος της Δράμας, στο μέτρο που παραμένει το ίδιο όριο εκμετάλλευσης του κοιτάσματος.

Ανάλογα με την ανάπτυξη του ορυχείου θα απαιτηθεί η αναδιοργάνωση του πλήθους των τεχνητών αποστραγγιστικών τάφρων, που διέρχονται μέσα στο χώρο του λιγνιτικού πεδίου.

7.3.5 ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΥΠΟΒΑΘΜΙΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟ ΤΙΣ ΑΝΤΛΗΣΕΙΣ.

Η ποιοτική υποβάθμιση του αντλούμενου νερού στο χώρο του ορυχείου εστιάζεται σε τρεις κυρίως παράγοντες:

- ❖ Στις υψηλές συγκεντρώσεις του Fe^{2+} και στις οξειδωτικές διεργασίες που θα υποστεί το αντλούμενο νερό όταν θα εκτεθεί στην ατμόσφαιρα, με αποτέλεσμα να

λάβει χώρα οξειδωση του νερού με την δημιουργία όξινου περιβάλλοντος, λόγω της παραγωγής θειικού οξέος.

- ❖ Στις σχετικά ψηλές συγκεντρώσεις του φωσφόρου που παρουσιάζουν τα υπόγεια νερά και μπορούν να προκαλέσουν ρύπανση του νερού κατά την διοχέτευση στους επιφανειακούς αποδέκτες (κανάλια, τάφρους) προκαλώντας ευτροφισμό του υδατικού οικοσυστήματος. Η κατάσταση αυτή μπορεί να επιβαρυνθεί περισσότερο, λόγω της υπάρχουσας υποβάθμισης των επιφανειακών νερών από τα οργανικά λύματα του δήμου Δράμας και των κοινοτήτων, καθώς και από τα φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται για αρδευτική χρήση.
- ❖ Η έξοδος των λεπτόκοκκων και αιωρούμενων υλικών που θα προέρχονται από τις αντλήσεις, καθώς και τα όμβρια νερά που θα συλλέγονται στις λεκάνες συλλογής στα χαμηλότερα σημεία του ορυχείου, θα έχουν σαν αποτέλεσμα την υποβάθμιση των ποιοτικών χαρακτηριστικών του νερού. Η πρόληψη ανεπιθύμητων αποτελεσμάτων πριν από οποιαδήποτε χρήση προϋποθέτει την επεξεργασία του νερού με την δημιουργία καθιζήσεων και την χρήση χημικών προσθέτων.

7.3.6 ΚΑΘΙΖΗΣΕΙΣ ΤΟΥ ΕΛΑΦΟΥΣ.

Η υπεράντληση των υδροφόρων οριζόντων και οι μεγάλες πτώσεις στάθμης δημιουργούν πολλές φορές προβλήματα καθιζήσεων σε μεγάλες εκτάσεις. Οι κυριότερες αιτίες πιθανής πρόκλησης καθιζήσεων είναι:

- ❖ Η συμπύκνωση των σχηματισμών λόγω απώλειας της υδροχωρητικότητας τους.
- ❖ Η αφυδάτωση της τύρφης, λόγω της πτώσης στάθμης του ελεύθερου υδροφόρου ορίζοντα.
- ❖ Οι έντονες εισροές άμμου στις γεωτρήσεις κατά το στάδιο των αντλήσεων.

Η παρουσία μεταπτώσεων στο λιγνιτικό κοίτασμα, όπως έδειξαν τα δεδομένα των πυρήνων των γεωτρήσεων, θεωρείται ευνοϊκό στοιχείο για την δημιουργία κατολισθητικών φαινομένων κυρίως στα πρανή του ορυχείου. Είναι ένα φαινόμενο που συχνά παρατηρείται στα Ελληνικά λιγνιτωρυχεία όπως Μεγαλόπολη και Πτολεμαΐδα (Νότιο πεδίο, τομέας 6), όπου η επίδραση του νερού συντελεί στην δημιουργία κατολισθήσεων υποβοηθούμενα από την ύπαρξη μεταπτώσεων παράλληλα με τα πρανή του ορυχείου.

7.4. ΚΑΤΑΛΛΗΛΟΤΗΤΑ ΓΙΑ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΑΝΤΛΟΥΜΕΝΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ.

7.4.1 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΗΝ ΨΥΞΗ ΤΩΝ ΑΤΜΟΗΛΕΚΤΡΙΚΩΝ ΣΤΑΘΜΩΝ.

Με την προβλεπόμενη εγκατάσταση τριών μονάδων των 300 MW για την εκμετάλλευση του δυτικού τμήματος, απαιτείται κατανάλωση νερού 3 m³/MW για την ψύξη και λειτουργία των ατμοηλεκτρικών σταθμών. Για την προβλεπόμενη εγκατάσταση των 900 MW για το δυτικό τμήμα του κοιτάσματος απαιτούνται 2700 m³/h ή 23,6*10⁶ /έτος. Οι ποσότητες αυτές μπορούν να καλυφθούν μερικώς από τις αντλήσεις στράγγισης αφού η μέση ωριαία παροχή άντλησης εκτιμάται σε 1700 m³/h. Μια πιθανή εγκατάσταση των σταθμών πλησίον της Συμβολής, θα μπορούσε να λύσει το πρόβλημα για την ψύξη των σταθμών από τον ποταμό Αγγίτη και να δώσει την δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης του αντλούμενου νερού για τις ανάγκες της περιοχής, σαν αντιστάθμισμα του αρνητικού υδατικού ισοζυγίου που θα δημιουργηθεί.

7.4.2 ΧΡΗΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΥΔΡΕΥΤΙΚΕΣ ΑΝΑΓΚΕΣ.

Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των υπόγειων νερών στον χώρο του λιγνιτικού πεδίου έδειξαν ότι πρόκειται για νερά μέτριας ως κακής ποιότητας.

Με βάση τα σταθερότυπα που είναι αποδεκτά από την ΕΕ, παρατηρείται ότι στα περισσότερα δείγματα, οι φυσικοχημικοί παράμετροι του νερού περνούν τα ενδεικτικά όρια, τόσο στα κύρια ιόντα (Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺) όσο και στα ιχνοστοιχεία (Fe²⁺, Mn²⁺).

Εκτός από τις χημικές παραμέτρους, που πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη ως κριτήριο ποσιμότητας του νερού θα πρέπει να γίνεται ανάλυση των οργανικών ουσιών, ιδιαίτερα όταν τα νερά επηρεάζονται από λιγνιτικά στρώματα.

Έχει παρατηρηθεί, ότι κοινότητες που κατοικούν και υδρεύονται από υδροφόρους κοντά σε λιγνιτικά κοιτάσματα πρόσφατης ηλικίας (Πλειόκαινο – Πλειστόκαινο) πάσχουν από Βαλκανική Ενδημική Νεφροπάθεια. Οι εργασίες που

έγιναν στο Κόσοβο της Γιουγκοσλαβίας από τους Finkelman et.al. (1990), έδειξαν ότι το 40% αναπτύσσουν καρκίνο στην ουροδόχο κύστη. Η εξήγηση που δίνεται από τους παραπάνω ερευνητές, είναι ότι τα υπόγεια νερά επηρεάζονται από τους πρόσφατους σε ηλικία λιγνίτες που είναι πλούσιοι σε οργανικές ενώσεις, όπως φαινόλες και καρβοξύλια. Αναλύσεις χρωματογραφίας στα ενδημικά χωριά έδειξαν την παρουσία πολυκυκλικών αρωματικών υδρογονανθράκων και αρωματικών αμυνών όπως ανθρακίτης, ναθιλαμίνη, ανιλίνη.

Χρωματογραφικές και φασματομετρικές αναλύσεις στους λιγνίτες της Δράμας (Τζουάνας, 1991) έδειξαν να κυριαρχεί η ομάδα των αρωματικών ενώσεων. Ενδιαφέρον παρουσιάζουν οι φαινόλες και οι αρωματικοί αιθέρες, ενώ η παρουσία των καρβοξυλίων είναι μικρή.

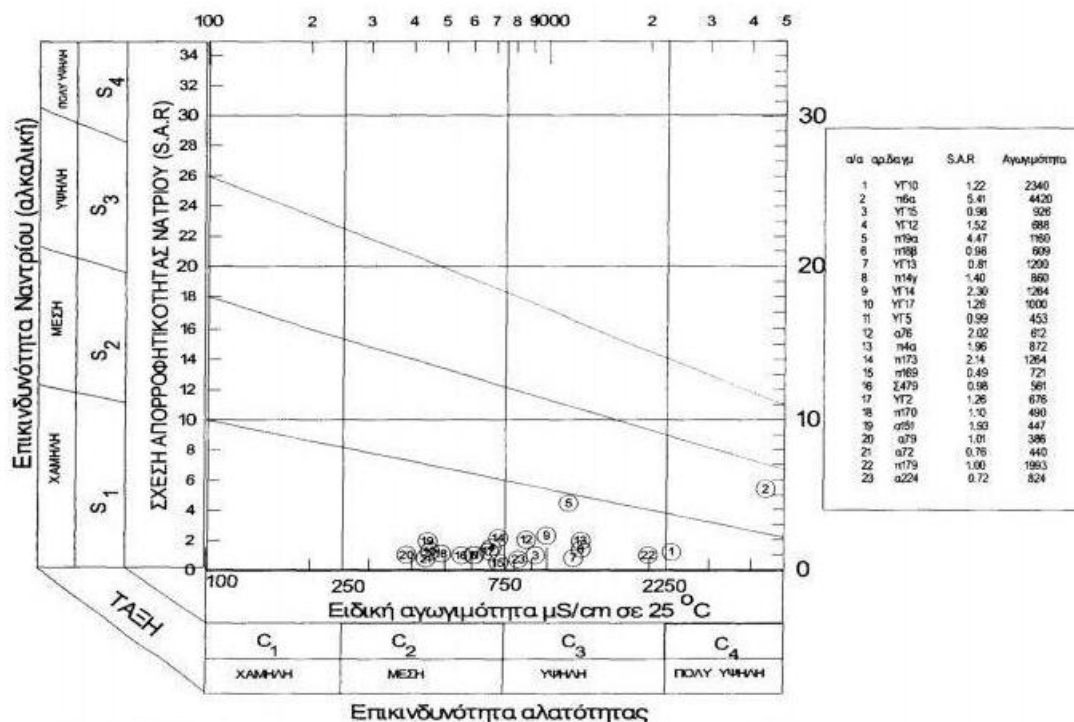
Με βάση τις φυσικοχημικές παραμέτρους των νερών, αλλά και την επίδραση των οργανικών ενώσεων των λιγνιτικών στρωμάτων στα υπόγεια νερά θα πρέπει να θεωρηθεί απαγορευτική η χρήση τους για ύδρευση.

7.4.3 ΑΡΔΕΥΤΙΚΗ ΧΡΗΣΗ.

Σύμφωνα με τους Richards (1954), Wilcox (1955), η ποιότητα του αρδευτικού νερού βασίζεται κυρίως στα παρακάτω κριτήρια:

- Στην ολική συγκέντρωση αλάτων στο νερό
- Στην συγκέντρωση ορισμένων ιόντων τα οποία μπορεί να είναι τοξικά στα φυτά και να επιδρούν δυσμενώς στην ποιότητα της καρποφορίας
- Στην συγκέντρωση εκείνων των κατιόντων που μπορούν να δημιουργήσουν αποκροκίδωση του εδάφους και να προκαλέσουν βλάβη στην δομή του με μείωση της περατότητας (Καλλέργης 1986)

Ο Συντελεστής Προσρόφησης Νατρίου (Sodium Absorption Ratio S.A.R.), είναι ένα βασικό κριτήριο της καταλληλότητας του νερού για άρδευση.



Εικόνα 7.4.1: Ταξινόμηση των υπόγειων νερών του λιγνιτικού πεδίου Δράμας ως προς την καταλληλότητα τους για άρδευση (διάγραμμα Wilcox).

Πηγή: Διδακτορικό Πανίλας Σ., 1998

Τα νερά κατατάσσονται σε διάφορες κατηγορίες με βάση την αγωγιμότητα και τον συντελεστή S.A.R. (Richards, 1954) ως εξής:

- ❖ Τάξη C2S1: Νερά με μέτρια επικινδυνότητα αλατότητας και χαμηλή αλκαλική επικινδυνότητα. Απαιτείται μέτρια απόπλυση των αρδευόμενων εδαφών. Χρησιμοποιείται με προφύλαξη στα βαριά εδάφη που δεν αποστραγγίζονται καλά και για ευαίσθητα φυτά. Στην τάξη αυτή ανήκουν τα νερά που βρίσκονται έξω από τα όρια του λιγνιτικού πεδίου.
- ❖ Τάξη C3S1: Νερά με υψηλή επικινδυνότητα αλατότητας και με χαμηλή αλκαλική επικινδυνότητα. Γενικά η ποιότητα είναι μέτρια μέχρι πολύ μέτρια. Τα νερά αυτά είναι ακατάλληλα για αρδεύσεις σε εδάφη που παρουσιάζουν περιορισμένη στράγγιση. Απαιτούνται μέτρα ελέγχου της αλατότητας και καλλιέργεια μόνο ανθεκτικών φυτών. Στην τάξη αυτή ανήκουν τα νερά του κεντρικού τμήματος του λιγνιτικού πεδίου.
- ❖ Τάξη C4S1: Νερά με πολύ υψηλή αλατότητα και με χαμηλή αλκαλική επικινδυνότητα. Χαρακτηρίζονται πολύ μέτριας έως κακής ποιότητας για

άρδευση. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε εδάφη πολύ διαπερατά και με καλή στράγγιση. Η τάξη αυτή αντιπροσωπεύεται από ένα δείγμα (ΥΓ10) στο κεντρικό τμήμα του λιγνιτικού πεδίου,

- ❖ Τάξη C4S2: Νερά με πολύ υψηλή αλατότητα και μέση αλκαλική επικινδυνότητα. Χαρακτηρίζονται κακής ποιότητας. Στην τάξη αυτή περιέχεται ένα δείγμα (π6α), που αντιπροσωπεύει το κατώτερο υδροφόρο στρώμα στο κεντρικό τμήμα του λιγνιτικού πεδίου.

Από τα δεδομένα των χημικών αναλύσεων παρατηρείται ότι η περιεκτικότητα μερικών ιχνοστοιχείων όπως Mn^{+2} , Fe^{+2} , είναι υψηλότερα από τα αποδεκτά ανώτατα όρια για αρδευτική χρήση όπως αναφέρεται από τον Καλλέργη (1986).

Ο Σαχάμπι (1982) στην περιοχή μελέτης του λιγνιτικού πεδίου, κατατάσσει τα εδάφη αυτά σε πηλώδη ασβεστούχα.

7.5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.

Για την ελαχιστοποίηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την στράγγιση του ορυχείου, εξετάστηκαν διάφορες παραδοχές για την επαναχρησιμοποίηση του αντλούμενου νερού.

Το αντλούμενο νερό με βάση τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του δεν ενδείκνυται για ύδρευση. Μπορεί όμως να καλύψει τις αρδευτικές ανάγκες στα τμήματα αυτά όπου έχει υποβιβαστεί ο υδροφόρος ορίζοντας από την στράγγιση του ορυχείου.

Γίνεται αναφορά στην δυνατότητα τεχνητού εμπλουτισμού του υδροφόρου στα ανάντη τμήματα της πεδιάδας, για περιορισμό της ακτίνας επίδρασης των γεωτρήσεων στράγγισης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΛΙΓΝΙΤΩΡΥΧΕΙΩΝ ΜΕΤΑ ΤΟ ΠΕΡΑΣ ΤΗΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗΣ

Για τη σύνταξη αυτού του κεφαλαίου ελήφθησαν υπόψη

1. Ερευνητικό έργο με τίτλο: «Αξιοποίηση ανενεργών λιγνιτωρυχείων Αλιβερίου (Προτάσεις προς διερεύνηση)», Ερευνητική ομάδα ΕΜΠ, 2006, Επιστημονικός Υπεύθυνος Καθηγητής Ι. Κουμαντάκης, Χρηματοδότηση Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Ευβοίας Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών

2. Menegaki, M. - Kaliampakos, D. 2005: *Redesign aspects of lignite mine reclamation: A case study in Greece. Workshop in Geoenvironment and Geotechnics (GEOENV2005), Milos, Greece, 12 - 14 September 2005.*

8.1 ΤΟ ΑΛΙΒΕΡΙ.

Η περιοχή του Αλιβερίου και των γύρω χωριών έχει συνδεθεί καθ' όλη τη διάρκεια του 20ου αιώνα με το λιγνιτωρυχείο που βρίσκεται στην περιοχή "Μπρινιάς" Αγίου Λουκά. Στην περιοχή του Αλιβερίου δεν πραγματοποιήθηκε μόνο η πρώτη εκμετάλλευση λιγνίτη αλλά τέθηκαν σε λειτουργία και οι δύο πρώτες λιγνιτικές μονάδες ηλεκτροπαραγωγής στην Ελλάδα. Η δημιουργία των μονάδων αυτών, που ως καύσιμο χρησιμοποιούσαν το λιγνίτη της περιοχής, συνέβαλε τα μέγιστα στη τροφοδοσία της χώρας με ηλεκτρική ενέργεια, ώστε μέσα σε τρεις δεκαετίες αυτή να φθάσει το επίπεδο των χωρών της Ευρώπης.

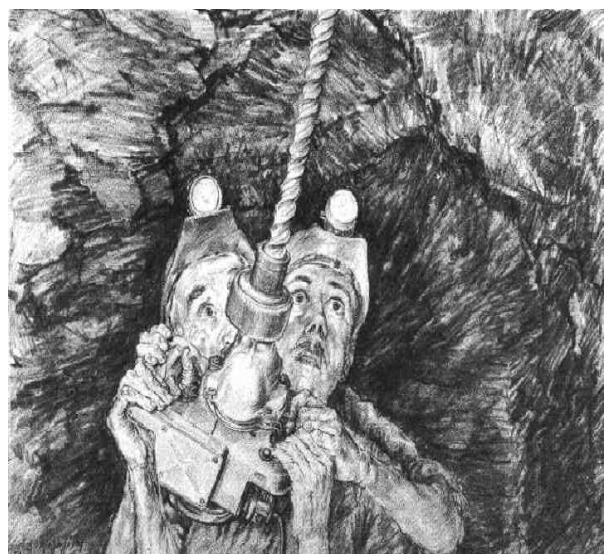
Η εκμετάλλευση του λιγνίτη άρχισε το 1873 και απετέλεσε την πρώτη προσπάθεια λιγνιτικής εκμετάλλευσης στην Ελλάδα. Το 1897, δηλαδή μετά από 24 χρόνια εξορυκτικών εργασιών, το λιγνιτωρυχείο σταμάτησε να λειτουργεί εξ αιτίας πλήρωσης με υπόγεια νερά που κατέστρεψαν τις επιφανειακές και υπόγειες εκμεταλλεύσεις. Το 1915 ξανάρχισε να λειτουργεί υπό τη διαχείριση ιδιωτικής εταιρείας.

Η εντατική εκμετάλλευση αρχίζει το 1950 από τη ΔΕΗ που πήρε την παραχώρηση. Κατά τη διάρκεια της πλήρους ανάπτυξης του μεταλλείου, η ημερήσια παραγωγή ήταν περίπου 3.000 τόνοι.

Η εξόρυξη με υπόγεια έργα, η οποία γινόταν με τη μέθοδο των θαλάμων και στύλων, σταμάτησε το 1981. Εκτιμάται ότι από τα υπόγεια έργα εξορύχτηκαν περί τους 14,7 μεγατόνους.

Το μέγιστο βάθος των υπόγειων έργων εκμετάλλευσης του λιγνίτη έφθασε στα 200 μέτρα από την επιφάνεια του εδάφους, που αντιστοιχεί σε 160 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας.

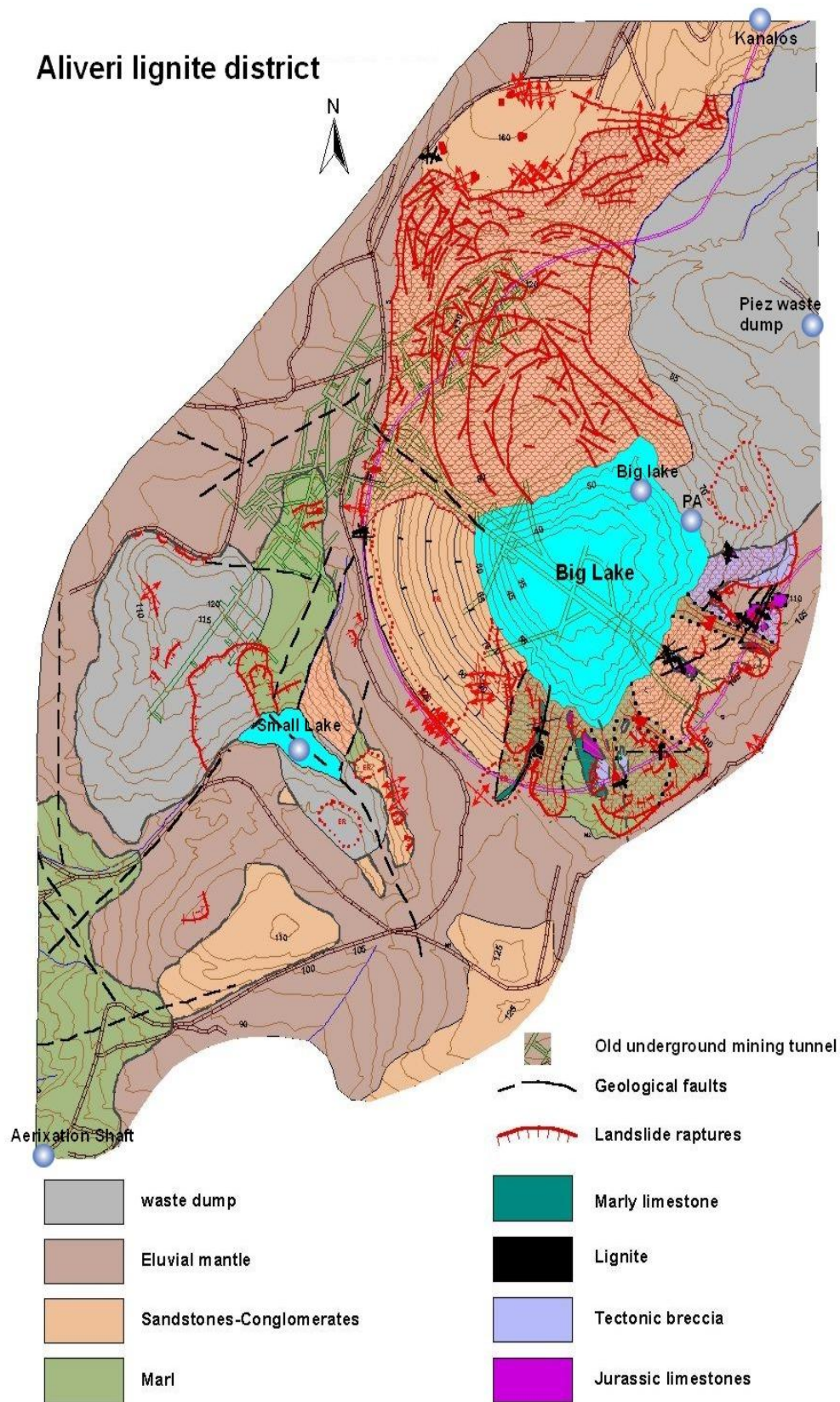
Η επιφανειακή εκμετάλλευση άρχισε το 1975 και σταμάτησε το 1988, διήρκησε δηλαδή 13 χρόνια και εξορύχτηκαν περί τους 3,9 μεγατόνους λιγνίτη. Η έκταση όπου έλαβε χώρα η επιφανειακή εκμετάλλευση του ορυχείου Πλάκες ήταν περίπου 1800 στρέμματα.



Εικόνα 8.1.1: Εικόνα και γκραβούρα από την εποχή της εξορυκτικής δραστηριότητας.

Πηγή: Φωτογραφία από πίνακα στα Γραφεία ΔΕΗ Αλιβερίου.

Οι μεταλλευτικές δραστηριότητες προκάλεσαν τη δημιουργία νέων , σύνθετων υδρογεωλογικών και γεωμηχανικών συνθηκών, οι οποίες είχαν ως αποτέλεσμα την δημιουργία μεγάλων κενών στην επιφάνεια. Οι διακλάσεις, τα μεταλλευτικά κενά δημιούργησαν νέους δρόμους ροής του υπογείου νερού. Οι υπόγειοι υδροφόροι ήρθαν σε υδραυλική επικοινωνία με την θάλασσα σε μερικές περιοχές, αν και ήταν αποκομμένοι υδραυλικά λόγω της ύπαρξης στρώματος αργίλου. Στα κενά που δημιουργήθηκαν μικρές μεταλλευτικές λίμνες δημιουργήθηκαν. Η δημιουργία αυτών των λιμνών αισθητικά τουλάχιστον είναι αποδεκτές, αλλά όχι οικολογικά ισορροπημένες. Αστοχίες και κατολισθήσεις έχουν συμβεί στη βόρεια πλαγιά, η οποία δεν είναι προσβάσιμη.



Εικόνα 8.1.2: Γεωλογικός χάρτης Αλιβερίου.

Πηγή: Ερευνητική Ομάδα ΕΜΠ

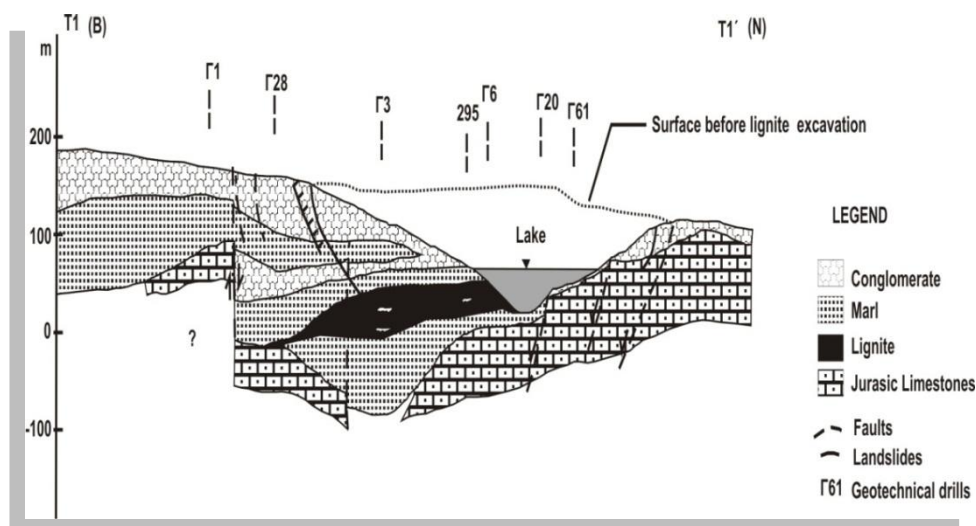
8.2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ, ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ.

Η περιοχή καλύπτεται από Ασβεστολίθους Ιουρασικούς - Κρητιδικούς και χαλαρά ιζήματα. Τα λιγνιτικά αποθέματα υπέρκεινται των μειοπλειοκαινικών ιζημάτων, τα οποία αποτελούνται από μάργες, κροκάλες. Πάνω από τα ανωτέρω νεογενή ιζήματα εμφανίζονται οι αλλουβιακές αποθέσεις. Μια ευρεία περιοχή καλύπτεται από αποθέσεις στείρων υλικών του μεταλλείου.

Τρεις υδροφόροι αναπτύσσονται στους παραπάνω γεωλογικούς σχηματισμούς.

- ❖ Ένας καρστικός υδροφόρος στους ασβεστολίθους σε χαμηλό υψόμετρο
- ❖ Ένας υπερκείμενος υδροφόρος των κροκαλοπαγών
- ❖ Ένας περιορισμένος υδροφόρος έχει αναπτυχθεί στην περιοχή των στείρων αποθέσεων του μεταλλείου.

Εκτός από τα υπόγεια υδροφόρα συστήματα, δύο επιφανειακοί υδάτινοι αποδέκτες (η «Μεγάλη» και «Μικρή» λίμνη) έχουν αναπτυχθεί στα μεταλλευτικά κενά που δημιουργήθηκαν από την υπαίθρια εκμετάλλευση. Οι λίμνες αυτές τροφοδοτούνται από τις επιφανειακές απορροές και τις βροχοπτώσεις.



Εικόνα 8.3: Γεωλογική τομή Αλιβερίου.

Πηγή: ΔΕΗ

Η μεταλλευτική δραστηριότητα, προκάλεσε κατολισθήσεις, λόγω της αλληλεπίδρασης των ρηγμάτων με την εξόρυξη του λιγνίτη. Τα μεταλλευτικά κενά δημιουργήθηκαν λόγω των υπόγειων εκμεταλλεύσεων, προκλήθηκαν αστοχίες και καθιζήσεις. Το φαινόμενο αυτό είναι σε διαρκή εξέλιξη.

8.3 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΔΙΑΘΕΣΙΜΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ.

Για την πλήρη αξιοποίηση του χώρου των παλαιών λιγνιτωρυχείων Αλιβερίου (πάρκα πρασίνου, γήπεδο γκολφ, άλλα γήπεδα, πάρκο νερού κ.λπ.) αλλά και των υφιστάμενων κτιριακών εγκαταστάσεων (ανάπτυξη οικισμού, συνεδριακού κέντρου, μουσείου, κ.λπ.), πρωταρχική ανάγκη αποτελεί η εύρεση, ανάπτυξη και αξιοποίηση υδατικών πόρων.

Το θέμα της επάρκειας νερού αποτελεί προϋπόθεση για όλα τα παραπάνω και η σχετική αυτονομία είναι απαραίτητη ώστε να μην υπάρχει εξάρτηση από άλλο φορέα.

Με δεδομένο μάλιστα ότι:

(α) στην περιοχή υφίσταται πρόβλημα υφαλμύρωσης των υπόγειων νερών λόγω υδραυλικής επικοινωνίας του πεδινού τμήματος και των καρστικών ασβεστολίθων με τη θάλασσα,

(β) η Δ.Ε.Υ.Α. Αλιβερίου δεν μπορεί να καλύψει τη ζήτηση σε βιομηχανικό νερό και η Α.Γ.Ε.Τ., για παράδειγμα, προμηθεύεται νερό της τάξης των 3.000 m³ ημερησίως, με υδροφόρο πλοίο,

(γ) η ζήτηση νερού είναι βέβαιο ότι θα αυξάνεται με το χρόνο,

(δ) οι αρδευτικές ανάγκες της πεδιάδας Αλιβερίου – Αγ. Λουκά δεν καλύπτονται ικανοποιητικά,

καθίσταται αναγκαία και ιδιαίτερος χρήσιμη η αξιοποίηση των υδατικών πόρων, επιφανειακών και υπόγειων, της περιοχής.

8.3.1 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΝΕΡΩΝ ΤΗΣ ΛΙΜΝΗΣ ΑΛΛΑ ΚΑΙ ΤΩΝ ΛΟΙΠΩΝ ΕΡΓΩΝ ΕΞΟΡΥΚΤΙΚΗΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑΣ.

Σύμφωνα με το σημερινό υδρολογικό καθεστώς, που συνδέεται με τις όποιες επιφανειακές ή και υπόγειες μεταλλευτικές δραστηριότητες που έχουν διαταράξει τις αρχικές υδρογεωλογικές και υδρολογικές συνθήκες, διαπιστώνεται ότι κυρίαρχο στοιχείο αποτελεί η παρουσία της λίμνης (Εικόνα 8.3.1), η οποία δημιουργήθηκε μετά το πέρας της επιφανειακής εκμετάλλευσης του λιγνίτη. Η λίμνη με απόλυτο υψόμετρο στάθμης περίπου στα +60m τον Οκτώβριο 2002, συγκεντρώνει σημαντικές ποσότητες νερού. Το 1985 η στάθμη της λίμνης βρισκόταν στα +35 m. Βυθομετρικός χάρτης της λίμνης δεν υπάρχει για να εκτιμηθεί ο συνολικός όγκος των νερών της, ο οποίος πάντως χρειάζεται επιβεβαίωση αφού είναι βέβαιο ότι από την διάβρωση των πρανών της λίμνης, που είναι εμφανής, έχει μεταβληθεί η μορφολογία και τα υψόμετρα του δαπέδου της λίμνης, και κατά συνέπεια ο όγκος της. Πάντως η άνοδος της στάθμης κατά 25 m σε 17 χρόνια δείχνει μια διαχρονική ανύψωση αυτής και αποθήκευση μεταξύ των δύο αυτών υψομέτρων της επιφάνειας της λίμνης περί τα 450.000 - 500.000 m³ νερού που εκτιμάται ότι είναι κατά προσέγγιση και ο συνολικός όγκος νερών που περιέχει.

Επιπρόσθετα, σημαντικές φαίνεται να είναι και οι ποσότητες των υπόγειων νερών που έχουν πλημμυρίσει τα μεταλλευτικά πηγάδια και ότι έχει απομείνει από τις κύριες στοές προσπέλασης προς τα εξοφλημένα λιγνιτικά κοιτάσματα.

Οι πληροφορίες που έχουμε όσον αφορά στα υπόγεια νερά προέρχονται από τα αρχεία της Δ.Ε.Η. Σύμφωνα με τα δεδομένα αυτά, την περίοδο 1956 – 1978, οι μηνιαίες αντλήσεις από τα δυο λιγνιτωρυχεία κυμαίνονταν από 20.000 m³ – 50.000 m³ συνήθως (ελάχιστη και μέγιστη τιμή 15.000 m³ και 80.000 m³ μηνιαίως), με μέσο όρο περί τα 35.000 m³ μηνιαίως και ακραίες ανώτερες τιμές 185.000 m³ και 330.000 m³ μηνιαίως.

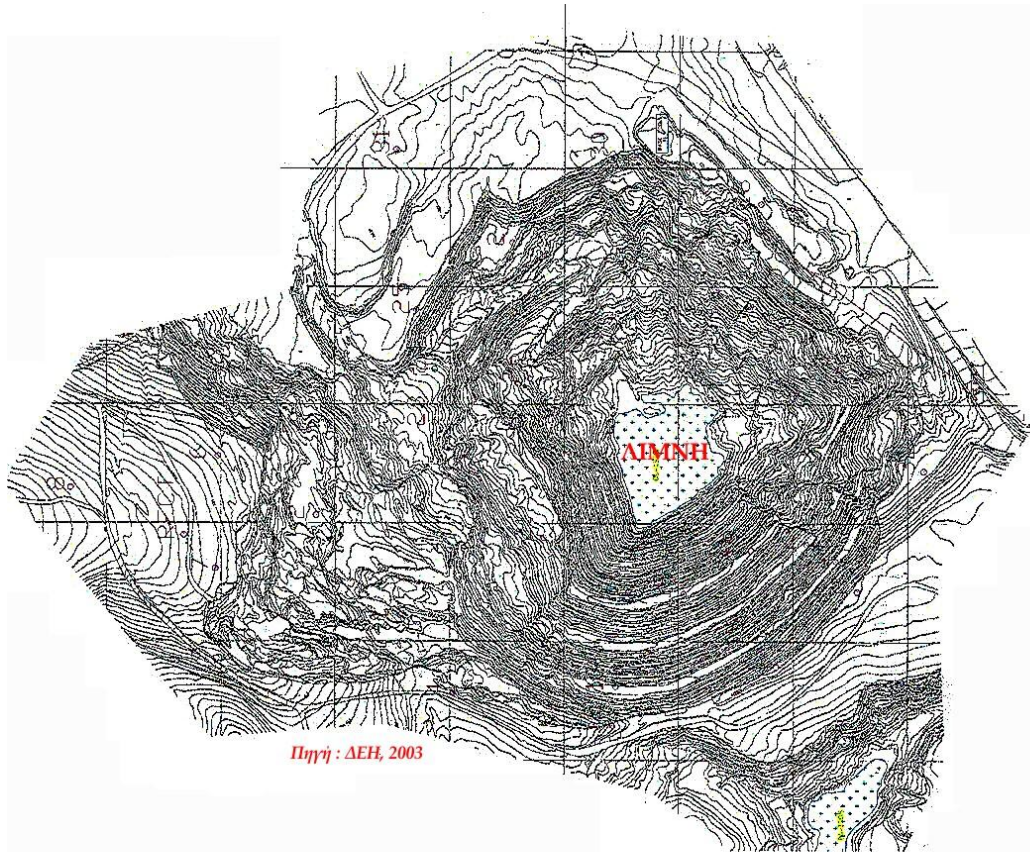
Όλα αυτά τα νερά μπορούν να αποτελέσουν τη βάση στην προσπάθεια αξιοποίησης των υδατικών πόρων. Απαιτούνται όμως προς τούτο ειδικές μελέτες γα τους τρόπους παρέμβασης αναφορικά με την αύξηση των αποθεμάτων νερού στη λίμνη, την ευστάθεια και στεγανοποίηση των πρανών της, τη μεταφορά και αποθήκευση εντός αυτής πρόσθετων ποσοτήτων επιφανειακής απορροής ή/και

υπόγειων νερών, με τον τρόπο χρήσης των νερών των πηγαδιών και των στοών (άντληση, μεταφορά και χρήση), αλλά και σε σχέση με το συνεχή έλεγχο της ποιότητας του νερού, έχοντας πάντα κατά νου τη χωροχρονική αύξηση της ζήτησης, δεδομένης και της αξιοποίησης του μελετούμενου χώρου, αλλά και της πιθανής διείσδυσης της θάλασσας.

Πρωταρχικός στόχος θα πρέπει να είναι η αποφυγή της ποιοτικής υποβάθμισης των νερών από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, που πάντα ελλοχεύει. Σήμερα, όπως αποδεικνύεται από σχετική μελέτη που έχει πραγματοποιήσει η Δ.Ε.Η. στο πλαίσιο ερευνητικού προγράμματος που χρηματοδοτήθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Δ.Ε.Η., 2003), η ποιότητα του νερού της λίμνης και των γεωτρήσεων που εκμεταλλεύονται την υδροφορία των ψαμμιτών και κροκαλοπαγών, καθώς και των στειρών των εσωτερικών αποθέσεων, είναι ικανοποιητική έως καλή.

Ερευνητική γεώτρηση που έκανε η ΔΕΗ στις αποθέσεις στειρών έδειξε ικανοποιητική υδροφορία (άντληση 48/ωρη με παροχή $40\text{m}^3/\text{h}$ και συνολική πτώση της στάθμης $8.5\text{m} \rightarrow T = 5,4 \times 10^{-4} \text{m}^2/\text{s}$), αλλά μέτρια ποιότητα των υπόγειων νερών ($E. C. = 1880 - 2000 \mu\text{S}/\text{cm}$). Η υδροφορία στους ψαμμίτες και τα κροκαλοπαγή είναι παρόμοια ποσοτικά αλλά ποιοτικά καλύτερη.

Οι υδροφόροι ορίζοντες τόσο στους ψαμμίτες και τα κροκαλοπαγή όσο και στις αποθέσεις των στειρών, έχουν υδροστατική στάθμη υψηλότερα από τη λίμνη και την εμπλουτίζουν με υπόγειες εισροές. Η ανάμιξη των νερών αυτών με τα βρόχινα νερά που συσσωρεύονται στη λίμνη, δημιουργούν ένα μίγμα ανεκτής για αρδεύσεις ποιότητας ($E. C. = 1300 \mu\text{S}/\text{cm}$), με αυξημένες όμως συγκεντρώσεις θεϊκών ιόντων ($220-660 \text{mg}/\text{l}$), που θα μειθούν αν καταστεί δυνατή η εισροή πρόσθετης ποσότητας βρόχινου νερού, με εκτροπή των επιφανειακών απορροών γειτονικού χειμάρρου.

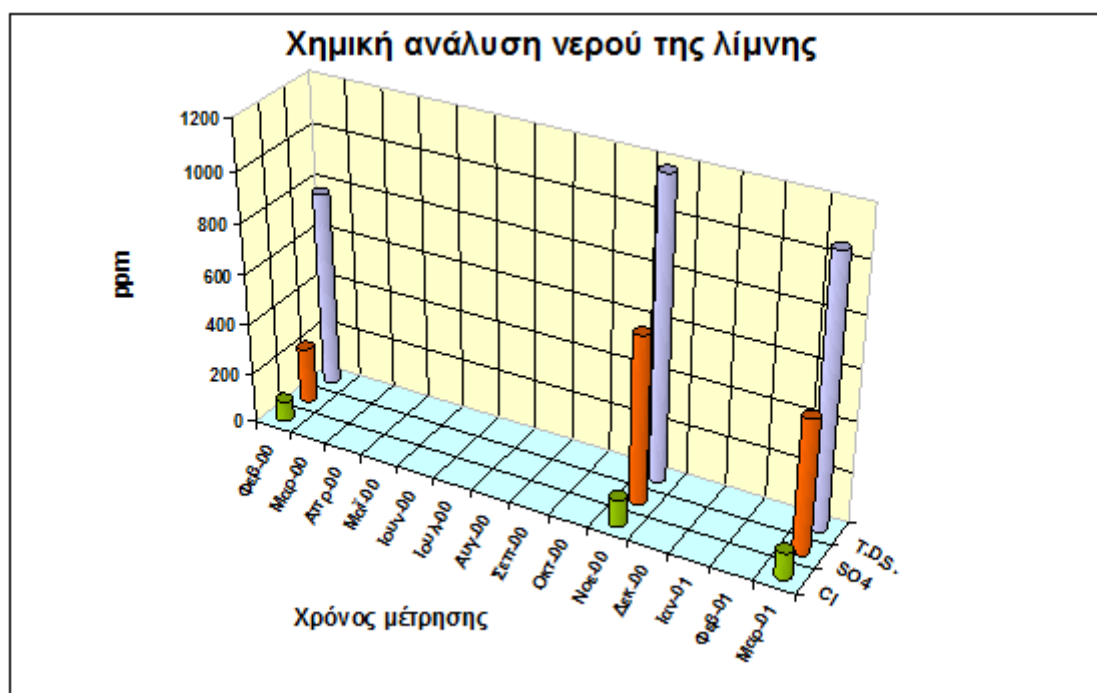


Εικόνα 8.3.1: Τοπογραφικό διάγραμμα της περιοχής της λίμνης (πηγή ΔΕΗ).



Εικόνα 8.3.2: Άποψη της λίμνης από δυτικά (επάνω) και από ανατολικά (κάτω).

ικανοποιητικά από τα νερά της βροχής και οι χαμηλότερες το Φεβρουάριο που οι ποσότητες του εισερχόμενου νερού στη λίμνη είναι αυξημένες.



Εικόνα 8.3.4: Χημική ανάλυση νερού λίμνης [δίνονται: το σύνολο των διαλελυμένων στερών (T.D.S.) και τα ιόντα Na^+ και Cl^- , σε ppm].

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι στην περιοχή έχουμε υδατικό δυναμικό (νερό λίμνης), που φαίνεται να είναι σχετικά καλό από πλευράς ποιότητας με εξαίρεση τα θειικά, ενώ είναι δυνατόν να βελτιωθεί με εμπλουτισμό από πρόσθετες ποσότητες καθαρότερου νερού, που θα εισρεύσουν στη λίμνη. Το νερό αυτό θα μπορέσει να καλύψει στο μέγιστο ποσοστό ή πιθανώς και εξ ολοκλήρου τις ανάγκες (πέρα από αυτές πόσιμου νερού) για την ανάπτυξη του χώρου. Συνεπώς θα πρέπει να γίνουν πρόσθετες μελέτες που θα αφορούν:

1. Στον καθορισμό των αναγκαίων υδατικών πόρων, για την ανάπτυξη του χώρου. Αυτά θα προκύψουν αφού καθοριστούν επ' ακριβώς οι χρήσεις του χώρου και οι ανάγκες αυτών.
2. Στον έλεγχο των υπαρχόντων υδατικών αποθεμάτων (λίμνη, πηγάδια, στοές), αλλά και μελέτη για τις δυνατότητες αύξησης των ποσοτήτων της λίμνης με δεδομένη τη μεγάλη χωρητικότητα αυτής. Φυσικά αυτό προϋποθέτει μελέτες για την πλήρη αντιμετώπιση των αστοχιών που είναι εμφανείς στην ευρύτερη

περιοχή (Εικόνα 8.3.5) αλλά κυρίως σε τμήματα των πρανών της λίμνης (Εικόνα 8.3.6), είτε με αλλαγές της κλίσης είτε με την εφαρμογή κατάλληλων μέτρων ανάσχεσης των κατολισθητικών φαινομένων, δεδομένου ότι οι αναπόφευκτες διακυμάνσεις της στάθμης (των επιφανειακών και υπόγειων νερών) και επακόλουθα του καθεστώτος του μηχανισμού άνωσης και του καθεστώτος κορεσμού - ξήρανσης, θα επιδεινώσει την κατάσταση. Σχετικές μελέτες που δείχνουν ότι τα φαινόμενα αυτά είναι σε εξέλιξη έχουν γίνει στο πρόσφατο παρελθόν, όπως αυτή του ΙΓΜΕ, αλλά και η εργασία μελών της ερευνητικής ομάδας του Ε.Μ.Π. Μ. Μενεγάκη – Δ. Καλιαμπάκου.

3. Στον έλεγχο ποιότητας του πρόσθετου νερού που θα διοχετευθεί στη λίμνη, ώστε να βελτιώνει τη χημική σύσταση του υπάρχοντος νερού σε αυτή. Για παράδειγμα θα πρέπει να εκτιμηθούν οι ποσότητες νερών του χειμάρρου που διέρχεται κοντά από τη λίμνη, η ποιότητα αυτών, αλλά και ο τρόπος εκτροπής από την ανάντη ζώνη και παροχέτευσης του νερού αυτού προς τη λίμνη μέσω ανοικτού αγωγού με το μικρότερο δυνατό κόστος και τη βοήθεια της βαρύτητας.
4. Στην πλήρη διερεύνηση της δυνατότητας χρήσης του νερού των παλαιών μεταλλευτικών πηγαδιών και των κεντρικών στοών είτε ταυτόχρονα με αυτό της λίμνης είτε εναλλακτικά. Όπως είναι γνωστό από σχετικές μελέτες της ΔΕΗ, υπάρχει νερό στις δύο κεντρικές στοές (-70 m & -150 m), που τις έχει πλημμυρίσει. Εξ άλλου, τα πηγάδια που έχουν φθάσει μέχρι τον ασβεστόλιθο (βάθος 200 m), είναι γεμάτα νερό και χρειάζεται συνεχής άντληση 150-200 m³/h, για να μείνουν άδεια και επομένως να καταστούν επισκέψιμα. Άρα υπάρχει εκεί ένα σημαντικό κοίτασμα νερού που μένει ανεκμετάλλευτο. Το νερό αυτό στα πηγάδια και στις στοές που δεν είναι πλέον υφάλμυρο, σύμφωνα με προφορικές πληροφορίες, κυρίως λόγω διακοπής της επικοινωνίας του καρστικού υδροφορέα με τη θάλασσα από την απόφραξη των διόδων με υλικό από τις μάργες, είναι πιθανώς καλό για να χρησιμοποιηθεί σε αρδευτικές ή άλλες χρήσεις.



Εικόνα 8.3.5: Η περιοχή δυτικά της λίμνης. Στο κέντρο της φωτογραφίας διακρίνεται εδαφική θραύση (λευκή απόχρωση – χώρος χωρίς φυτοκάλυψη) αποτέλεσμα επιφανειακής εκδήλωσης της κατάρρευσης παλαιάς μεταλλευτικής στοάς.



Εικόνα 8.3.6: Η λίμνη από άλλη φωτογραφική λήψη.

8.3.2 ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ. (ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ Ι.ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗ)

Στα πλαίσια περιβαλλοντικής αποκατάστασης της περιοχής των ανενεργών μεταλλείων του Αλιβερίου, πραγματοποιήθηκαν διάφορες μελέτες και έρευνες σχετικά με την αξιοποίηση των υδατικών πόρων.

Το νερό της λίμνης

Η διάθεση του νερού της λίμνης μπορεί να βοηθήσει σε:

- Κάλυψη αρδευτικών αναγκών της, γύρω από τον υπό αξιοποίηση χώρο του λιγνιτωρυχείου, περιοχής, κάτι που θα συμβάλλει στη γρήγορη ανάπτυξή του.
- Κάλυψη των αρδευτικών αναγκών για την ανάπτυξη της κατάλληλης βλάστησης ανά θέση στην περιοχή αξιοποίησης του παλαιού λιγνιτωρυχείου, για δημιουργία πάρκων και χώρων αναψυχής, πιθανή διαμόρφωση γηπέδων ειδικής χρήσης (π.χ. γκολφ, τένις, κλπ.).
- Διαμόρφωση Πάρκου Νερού, δηλαδή πλήθους δραστηριοτήτων που σχετίζονται με νερό, όπως για παράδειγμα συνδυασμός κερκίδων (ανοικτού θεάτρου) και συντριβανιού, πολιτιστικές εκδηλώσεις (π.χ. συναυλίες), αγώνες κ.λπ..
- Ανάπτυξη και Εκμετάλλευση Ενυδρείου (οι εκτάσεις που διατίθενται είναι σημαντικές) με πρότυπο αυτό που πρόσφατα λειτούργησε στην Κρήτη στην πρώην αμερικάνικη βάση Γουρνών Ηρακλείου. Ένα τέτοιο, τουριστικά αξιοποιήσιμο κέντρο, που είναι δυνατόν να αναπτυχθεί με τη συνδρομή αρμόδιων φορέων (π.χ. ΕΛΚΕΘΕ), μπορεί να επιφέρει σημαντικά οφέλη, αφού δεν υπάρχει κάτι σχετικό στην ευρύτερη περιοχή Αττικής, Στερεάς, Θεσσαλίας και Ευβοίας.

Παράλληλα με το ενυδρείο μπορεί να αναπτυχθεί σε άλλη θέση και Ζωολογικός Κήπος με πολλά είδη του ζωικού βασιλείου που θα προσελκύσει πολλούς επισκέπτες.

Το νερό των μεταλλευτικών πηγαδιών

Το νερό των πηγαδιών, μπορεί να χρησιμεύσει για συμπληρωματική τροφοδοσία της λίμνης. Αυτό προϋποθέτει συνεχή έλεγχο της ποιότητας του νερού και αν αποδειχθεί η διαφαινόμενη καταλληλότητά του τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί και

για άλλους σκοπούς όπως απ' ευθείας για τις αρδευτικές ανάγκες της ευρύτερης περιοχής και εκτός χώρων ΔΕΗ.

Η εντατική και συνεχής άντληση των νερών των πηγαδιών θα έχει και άλλο στόχο, δηλαδή την εκκένωσή και διατήρηση τους χωρίς νερό, προκειμένου να αποδοθούν για τουριστική αξιοποίηση, αφού θα καταστούν απόλυτα ασφαλή και επισκέψιμα. Αυτό έχει ιδιαίτερη αξία δεδομένου ότι αποτελούν τα βαθύτερα πηγάδια της Ελλάδας και από τα ελάχιστα στον κόσμο που "κατεβαίνουν" περί τα 160 m κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας.

Το νερό των κύριων στοών προσπέλασης

Δεδομένου ότι και αυτές είναι πλημμυρισμένες απαιτείται και εδώ άντληση για πιθανή τουριστική αξιοποίηση, αφού εξασφαλισθεί η σταθερότητά τους. Συνεπώς θα υπάρξει και στην περίπτωση αυτή διαθέσιμο νερό προς εκμετάλλευση, οι χρήσεις του οποίου θα καθοριστούν μετά από πλήρη έλεγχο των ποσοτήτων, αλλά και της ποιότητας αυτού.

Συμπεράσματα

- Μεγάλες ποσότητες νερού παραμένουν ανεκμετάλλευτες
- Η ποιότητα των νερών διαφέρει. Η ποιότητα των νερών της λίμνης είναι καλύτερη συγκριτικά με αυτή των στοών και των πηγαδιών
- Υπάρχει η δυνατότητα εμπλουτισμού της κακής ποιότητας νερού από επιφανειακές απορροές και τις βροχοπτώσεις, οπότε είναι δυνατόν να καταστούν κατάλληλα για διάφορες χρήσεις.
- Οι ποσότητες νερού στα παλιά μεταλλεία είναι ικανές να καλύψουν τις περισσότερες από τις αρδευτικές ανάγκες της περιοχής, τις βιομηχανικές αλλά και για άλλες χρήσεις.
- Η σωστή διαχείριση των νερών των ορυχείων θα βοηθήσει στην ανάπτυξη της ευρύτερης περιοχής.
- Τέλος η εκμετάλλευση των εγκαταλελειμμένων μεταλλείων θα προωθήσει την τοπική κοινωνία στην οικονομική και περιβαλλοντική ανάπτυξη.

8.4 Η ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗ ΤΩΝ BROWNFIELDS.

8.4.1 ΓΕΝΙΚΑ.

Το ιστορικό σήμερα λιγνιτωρυχείο του Αλιβερίου αποτελεί μια τυπική περίπτωση εγκαταλελειμμένου βιομηχανικού χώρου (brownfield). Ως brownfields ορίζονται χώροι, των οποίων η επέκταση ή επαναχρησιμοποίηση είναι πιθανό να περιπλέκεται από την παρουσία ή την ενδεχόμενη παρουσία επικίνδυνων ουσιών και άλλων παραγόντων μόλυνσης (Environmental Protection Agency). Γενικά ως brownfield μπορεί να χαρακτηριστεί οποιαδήποτε περιοχή ή κτίριο που είχε χρησιμοποιηθεί ή αναπτυχθεί στο παρελθόν, και δεν είναι προσφάτως σε πλήρη λειτουργία, μολονότι μπορεί να υπολειτουργεί ή να χρησιμοποιείται εν μέρει. Συνήθως η εγκατάλειψη τέτοιων χώρων συνδέεται με έντονα περιβαλλοντικά προβλήματα και, σε πολλές περιπτώσεις, με τον οικονομικό μαρασμό της ευρύτερης περιοχής, όπως στην περίπτωση του Αλιβερίου.

Από την άλλη πλευρά, η αποκατάσταση των brownfields και η επαναχρησιμοποίησή τους, μπορεί να δώσει νέα πνοή ζωής σε μια περιοχή οδηγώντας στην ευημερία την τοπική κοινωνία, μέσα από τη δημιουργία νέων θέσεων εργασίας, την αύξηση του τοπικού εισοδήματος και την τόνωση άλλων οικονομικών δραστηριοτήτων. Επίσης, επειδή τα brownfields διατηρούν την απαραίτητη υποδομή, όπως ηλεκτροδότηση, ύδρευση, αποχέτευση, πρόσβαση σε δρόμους, κ.λπ., η ανάπτυξη νέων χρήσεων σε αυτά έχει συνήθως χαμηλότερο κόστος.

Για τους παραπάνω λόγους, σε πολλές περιοχές, παγκοσμίως, τα brownfields έχουν μετατραπεί σε χώρους αναψυχής, τεχνολογικά και πολιτιστικά πάρκα, εγκαταστάσεις που στεγάζουν γραφεία, κατοικίες, πολυκαταστήματα, συνεδριακά κέντρα κ.λπ

8.4.2 Η ΔΙΕΘΝΗΣ ΕΜΠΕΙΡΙΑ.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται ορισμένα χαρακτηριστικά παραδείγματα αποκατεστημένων brownfields από τη διεθνή εμπειρία.

8.4.2.1 Η ΠΕΡΙΟΧΗ IRON BRIDGE ΣΤΗΝ ΑΓΓΛΙΑ.

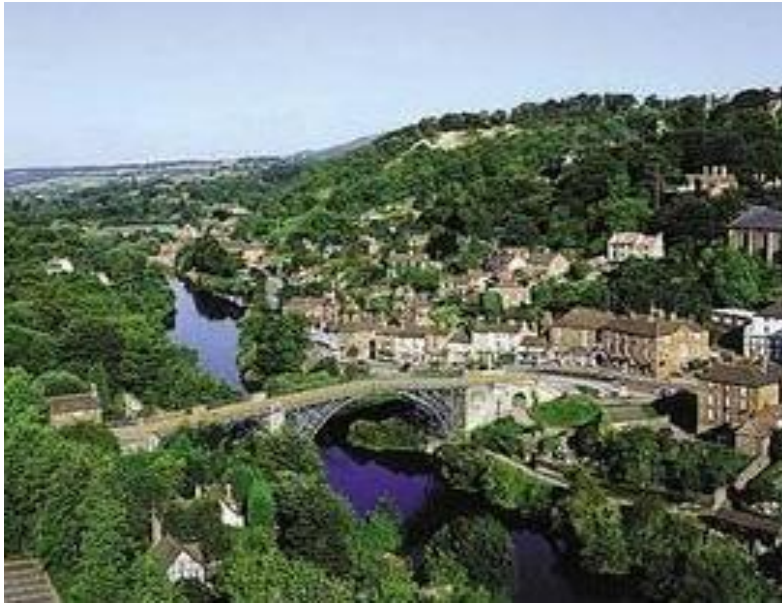
Η περιοχή του Iron Bridge στην Αγγλία ήταν ένα από τα μέρη που πρωτοστάτησαν στην Βιομηχανική Επανάσταση (Εικόνα 8.4.1 και 8.4.2). Στην περιοχή υπήρχαν μεγάλες χαλυβουργικές μονάδες, που χρησιμοποιούσαν ως πρώτη ύλη γαιάνθρακα από τα ορυχεία της περιοχής. Τον 20^ο αιώνα το Iron Bridge είχε ήδη περάσει σε προχωρημένη παρακμή. Η αντιμετώπιση της υποβάθμισής του περιέλαβε τα εξής μέτρα:

- ❖ Αποκατάσταση των κτιρίων
- ❖ Αποκατάσταση των εγκαταστάσεων και υποδομών
- ❖ Απόδοση του αρχιτεκτονικού ύφους της εποχής
- ❖ Περιβαλλοντικές αποκαταστάσεις
- ❖ Μετατροπή των βιομηχανικών κτιρίων σε μουσεία, εκπαιδευτήρια και ερευνητικά κέντρα

Οι χρήσεις που περιέλαβε η ανασυγκροτημένη περιοχή ήταν σε πρώτο επίπεδο επιστημονικές και εκπαιδευτικές ενώ σε δεύτερο επίπεδο τουριστικές. Σήμερα η συγκεκριμένη περιοχή, έχει αναπτυγμένη τουριστική δραστηριότητα.



Εικόνα 8.4.1: Άποψη της εισόδου του λιγνιτωρυχείου της περιοχής.



Εικόνα 8.4.2: Αποψη της σημερινής εικόνας της περιοχής του Iron Bridge.

8.4.2.2. Η ΠΕΡΙΟΧΗ LOISINORD ΣΤΗ ΓΑΛΛΙΑ.

Η μεταλλευτική ιστορία της περιοχής του Loisinord στη Γαλλία ξεκινάει από το 1743. Η εξόρυξη του λιγνίτη, καθώς και η λειτουργία του εργοστασίου παραγωγής μπρικετών σταμάτησαν οριστικά το 1961. Στις αρχές της δεκαετίας του '80 οι τοπικές αρχές αποφάσισαν να προβούν στην αναγέννηση του χώρου, ο οποίος έχει συνολική έκταση 200.000 m². Σύμφωνα με το σχέδιο αποκατάστασης οι κτιριακές εγκαταστάσεις του ορυχείου ανακαινίσθηκαν ενώ το εργοστάσιο κατεδαφίσθηκε. Στη θέση του εργοστασίου, εξαιτίας της υψηλής στάθμης των υπογείων υδάτων, αποφασίσθηκε η δημιουργία ενός υδάτινου πάρκου.

Στο χώρο αναπτύχθηκαν επίσης και άλλες δραστηριότητες αναψυχής με πιο χαρακτηριστική την πίστα σκι, έκτασης 16.000 m², η οποία και λειτουργεί από το 1996 (Εικόνα 8.4.3). Στο συγκεκριμένο χώρο συγκεντρώνονται κάθε χρόνο 175.000 άνθρωποι, περίπου, από την βορειοδυτική Ευρώπη για να κάνουν σκι.

Οι εργασίες αποκατάστασης του χώρου θα ολοκληρωθούν στο άμεσο μέλλον με την εγκατάσταση ξενοδοχειακών μονάδων.



Εικόνα 8.4.3: Η πίστα σκι στην περιοχή του πρώην λιγνιτωρυχείου στο Loisinord.

8.4.2.3 Η ΠΕΡΙΟΧΗ HAMM ΣΤΗ ΓΕΡΜΑΝΙΑ.

Η ιστορία του λιγνιτωρυχείου του Radrod στην περιοχή του Hamm στη Γερμανία ξεκινά το 1906. Το 1912 εργάζονταν στο λιγνιτωρυχείο 3.500 άτομα, ενώ οι ποσότητες του λιγνίτη που εξορύσσονταν ετησίως έφθαναν τους 700.000 τόνους. Το 1945 το ορυχείο καταστράφηκε από μία αεροπορική επιδρομή. Η λειτουργία του όμως συνεχίστηκε λίγο αργότερα και το 1960 έφθασε να εξορύσσει 1,2 εκ. τόνους λιγνίτη ετησίως. Το λιγνιτωρυχείο έκλεισε οριστικά το 1990. Από το 1992 ξεκίνησαν οι ενέργειες για την εξυγίανση του χώρου οι οποίες και ολοκληρώθηκαν το 2000 (*Εικόνα 8.4.4*). Το σχέδιο εξυγίανσης απαιτούσε τη μετακίνηση σημαντικών ποσοτήτων εδαφών είτε για την επιχωμάτωση χώρων που παρουσίαζαν καθιζήσεις είτε για την απομάκρυνση ρυπασμένων υλικών.



Εικόνα 8.4.4: Άποψη του χώρου μετά το πέρας των εργασιών εξυγίανσης.

Μετά το στάδιο της εξυγίανσης ξεκίνησαν οι εργασίες για την αποκατάσταση του χώρου, η οποία περιλαμβάνει μεταξύ άλλων τη δημιουργία εμπορικού κέντρου, συγκροτημάτων κατοικιών καθώς και χώρων αναψυχής (Εικόνα 8.4.5). Σύμφωνα με το σχέδιο αποκατάστασης έξι από τα κτίρια των παλιών μεταλλευτικών εγκαταστάσεων θα διατηρηθούν για να θυμίζουν τη βιομηχανική ιστορία της περιοχής (Εικόνα 8.4.6).



Εικόνα 8.4.5: Φωτορεαλιστική απεικόνιση της μελλοντικής μορφής του χώρου.



Εικόνα 8.4.6: Η υφιστάμενη και η μελλοντική μορφή των κτιριώματων των πηγαδιών του λιγνιτωρυχείου.

8.4.2.4 ΤΟ ΛΙΓΝΙΤΩΡΥΧΕΙΟ BLEGNY ΣΤΟ ΒΕΛΓΙΟ.

Το λιγνιτωρυχείο Blegny αποτελεί ένα από τα χαρακτηριστικότερα παραδείγματα αναγέννησης μεταλλευτικού brownfield. Οι εργασίες διακόπηκαν τη δεκαετία του '80, μετά από οκτώ αιώνες συνεχούς λειτουργίας (*Εικόνα 8.4.7*).



Εικόνα 8.4.7: Άποψη των παλαιών εγκαταστάσεων.

Σήμερα, οι εγκαταστάσεις έχουν μετατραπεί σε ένα σύγχρονο μουσειακό – ψυχαγωγικό και εκπαιδευτικό χώρο. Μάλιστα, απασχολούνται αρκετοί από τους παλιούς εργαζόμενους προσφέροντας υπηρεσίες ξενάγησης στις επιφανειακές και υπόγειες μεταλλευτικές εγκαταστάσεις.

Πιο συγκεκριμένα, στο Blengy έχει δημιουργηθεί ένα επιφανειακό μουσείο μεταλλευτικής ιστορίας, το οποίο έχει εγκατασταθεί στο φρέαρ Marie (*Εικόνα 8.4.8*).



Εικόνα 8.4.8: Το φρέαρ Marie – Σήμερα μουσείο μεταλλευτικής ιστορίας.

Στο χώρο αυτό, ο επισκέπτης μπορεί να δει το χρησιμοποιούμενο μεταλλευτικό εξοπλισμό και να έρθει σε επαφή με την ιστορία του ορυχείου με τη βοήθεια σύγχρονων πολυμέσων (Φωτ.2-9). Επιπλέον, ο επισκέπτης μπορεί να ζήσει από κοντά τις πραγματικές συνθήκες εργασίας στο υπόγειο ορυχείο, καθώς παρέχεται η δυνατότητα ξενάγησης διάρκειας δύο ωρών στις υπόγειες εγκαταστάσεις.



Εικόνα 8.4.9: Επίδειξη παλιών μεταλλευτικών βαγονιών.

Η έκταση που καταλάμβαναν τα επιφανειακά έργα έχει αποκατασταθεί, διαμορφώνοντας εγκαταστάσεις αναψυχής, ενώ παρέχονται και ειδικά εκπαιδευτικά προγράμματα για τους μικρούς επισκέπτες .



Εικόνα 8.4.10: Άποψη της αποκατεστημένης μεταλλευτικής γης.

8.4.2.5 ΤΑ ΥΠΟΓΕΙΑ ΛΑΤΟΜΕΙΑ ΤΟΥ MAASTRICHT.

Τα εν λόγω υπόγεια λατομεία βρίσκονται στη νότια Ολλανδία, κοντά στα σύνορα με το Βέλγιο και τη Γερμανία και λίγο έξω από την πόλη του Maastricht. Αποτελούν ένα από τα μεγαλύτερα σε έκταση και σε ηλικία υπόγεια έργα. Η εξόρυξη του πετρώματος στους λόφους του Αγίου Πέτρου πρέπει να έχει αρχίσει π.Χ. Η ευκολία κοπής του πετρώματος, το οποίο αποτελεί ένα καλό δομικό υλικό, οδήγησε με το πέρασμα του χρόνου, στην εξόρυξη εκατομμυρίων κυβικών μέτρων υλικού, μέσα από ένα λαβυρινθοειδές δίκτυο 20.000 υπόγειων στοών, συνολικού μήκους 200 km⁵⁸.

Μέσα στις δαιδαλώδεις στοές οι λατόμοι – λιθοξόοι έχουν αφήσει ορατά τα ίχνη και των όποιων ανησυχιών τους. Έτσι πάνω στους τοίχους των υπόγειων στοών υπάρχουν ενδιαφέρουσες επιγραφές, κάποιες από τις οποίες είναι πολύ παλιές. Ο όλος διάκοσμος συμπληρώνεται με ενδιαφέρουσες καλλιτεχνικές παραστάσεις και απεικονίσεις, με θέματα από την Ελληνική μυθολογία, τη φυσική ιστορία, τη θρησκεία κ.ά., που αποκαλύπτουν την εργασία ζωγράφων και γλυπτών σε διάφορες εποχές (Εικόνα 8.4.11). Ένα από τα μεγαλύτερα και ωραιότερα έργα αποτελεί η αναπαράσταση των εννέα μουσών.



Εικόνα 8.4.11: . Απεικόνιση πέντε εκ των εννέα μουσών σε πλευρά θαλάμου.

⁵⁸ Κουμαντάκης, 2004.



Εικόνα 8.4.12: Απεικόνιση των υπολοίπων τεσσάρων μουσών στην ακριβώς απέναντι πλευρά του ίδιου θαλάμου.

Σήμερα η υπόγεια εξόρυξη έχει σταματήσει, συνεχίζεται, όμως, η επιφανειακή, καθώς το πέτρωμα αποτελεί την πρώτη ύλη της τσιμεντοβιομηχανίας που λειτουργεί στην περιοχή.

Μόνο δύο τμήματα του λαβυρίνθου των στοών είναι ανοικτά στο κοινό, η επίσκεψη των οποίων διαρκεί μία ώρα και γίνεται με την καθοδήγηση οδηγών-μελών του Τουριστικού Γραφείου της πόλης. Χιλιάδες επισκεπτών κάθε χρόνο περνούν από το συγκεκριμένο χώρο αποκτώντας μία σημαντική εμπειρία και έχοντας τη μοναδική ευκαιρία, που προκαλεί δέος, να μείνουν για λίγα λεπτά στο απόλυτο σκοτάδι μέσα στη γη, όταν ο ξεναγός κατόπιν προειδοποίησης κλείνει το φως. Το φως δύο φαναριών σου δίνει την αίσθηση ότι ζεις σε ένα περιβάλλον όμοιο με αυτό που πριν 2.000 χρόνια ζούσαν οι λατόμοι της εποχής εκείνης.

8.4.2.6 ΆΛΛΑ ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑΤΑ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗΣ ΕΓΚΑΤΑΛΕΛΕΙΜΕΝΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ.

Κλασικό παράδειγμα πολλαπλής αξιοποίησης αποτελεί η περίπτωση του παλιού ορυχείου SchloBberg Homburg στο Saar της Δ. Γερμανίας (Κουμαντάκης, 1985). Τα

παλιά αυτά ορυχεία είναι γνωστά ως σπήλαια του SchloBberg, από την ονομασία του λόφου εντός του οποίου έχουν διανοιχθεί. Δεν πρόκειται όμως για φυσικά σπήλαια αλλά για τα μεγαλύτερα υπόγεια ορυχεία της Ευρώπης μέσα σε ποικιλόχρωμους ψαμμίτες. Το συνολικό τους μήκος ξεπερνά τα 5 km. Αυτά τα 5 Km στοών διατάσσονται σε 12 πατώματα αλληλοϋπερκείμενα, εκ των οποίων τα 3 ανώτερα έχουν συνολικό μήκος 800 m και έχουν διατεθεί στο κοινό για τουρισμό.

Τμήματα του υπόγειου χώρου έχουν διαμορφωθεί σε αίθουσες-αποθήκες. Μία τέτοια αίθουσα σε βάθος 50 m έχει διαρρυθμιστεί κατάλληλα για αποθήκευση υγειονομικού υλικού και τροφίμων. Οι άλλες διατάσσονται στα 6 από τα 12 πατώματα των υπόγειων έργων. Η κατώτερη έχει σχεδιασθεί και έχει δεχθεί τις μηχανολογικές εγκαταστάσεις για θέρμανση, φωτισμό και αερισμό. Ο δεύτερος και ο τρίτος όροφος βρίσκονται περίπου στο επίπεδο της κοιλάδας και έχουν χρησιμοποιηθεί από τη βιομηχανία μπύρας Karlsberg ως χώροι αποθήκευσης.

Στους χώρους αυτούς μπορούν να στεγασθούν περίπου 5.000 άτομα και κατά καιρούς έχουν χρησιμοποιηθεί για διάφορους σκοπούς όπως το φεστιβάλ “Höhlenfeste”.

Άλλο παράδειγμα αξιοποίησης υπόγειων έργων μεταλλευτικής και εξορυκτικής δραστηριότητας αποτελούν τα παλιά ορυχεία ορυκτού άλατος, των περιοχών Hallstatt και Hallein της Αυστρίας⁵⁹. Η αξιοποίησή τους αφορά τουριστικούς σκοπούς που συμπληρώνουν τα αξιοθέατα χαρακτηριστικά των περιοχών εξαιτίας του φυσικού τους κάλους. Στην περιοχή του Hallein, 23 km νότια του Salzburg, στα περίφημα ορυχεία του Dürmberg, που λειτουργούν από τη νεολιθική εποχή, μια υπόγεια αίθουσα χρησιμοποιείται για επίδειξη των διαφόρων χρησιμοποιούμενων τεχνικών για την εξόρυξη του αλατιού.

Αξίζει τέλος να αναφερθεί το περίφημο υπόγειο αλατωρυχείο έξω από το Κρασον της Πολωνίας, το οποίο αποτελεί σήμερα ένα από τα πλέον αξιοθέατα τουριστικά κέντρα της χώρας. Τους υπόγειους θαλάμους, εντυπωσιακά μεγάλου μεγέθους, επισκέπτονται χιλιάδες επισκέπτες από όλο τον κόσμο. Οργανώνονται συναυλίες, κοινωνικές εκδηλώσεις (όπως π.χ. γάμοι κ.ά.). Για τις επισκέψεις των υπόγειων μεταλλευτικών χώρων χρησιμοποιούνται οι ξύλινες σκάλες για την κάθοδο και τα

⁵⁹ Κουμαντάκης, 1985.

μεταλλευτικά ασανσέρ για την άνοδο. Στις στοές και στις αίθουσες υπάρχουν ανάγλυφες παραστάσεις και αγάλματα από ορυκτό αλάτι που έχουν κατασκευασθεί από εργαζόμενους ανά τους αιώνες μέσα στη γη για την εξόρυξη του αλατιού.

8.4.3 Η ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΕΜΠΕΙΡΙΑ.

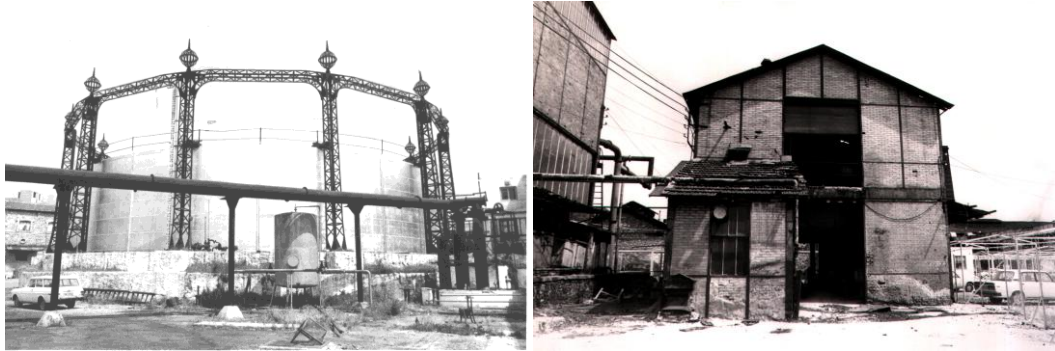
Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποκατεστημένων brownfields στην Ελλάδα αποτελούν η «Τεχνόπολις» του Δήμου Αθηναίων, στο Γκάζι, ο πολυχώρος «Αθηναΐς», στο Βοτανικό και το Τεχνολογικό και Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου.

8.4.3.1. ΤΕΧΝΟΠΟΛΙΣ.

Η Τεχνόπολις του Δήμου Αθηναίων, συνολικής έκτασης 30 περίπου στρεμμάτων, αποτελεί ένα ζωντανό βιομηχανικό μουσείο απaráμιλλης αρχιτεκτονικής, από τα πιο ενδιαφέροντα της Ευρώπης. Στεγάζεται στο χώρο του παλιού εργοστασίου Φωταερίου της Αθήνας, γνωστό ως Γκάζι, δίπλα στον Κεραμεικό και κοντά στην Ακρόπολη, το οποίο ιδρύθηκε το 1857 και σταμάτησε οριστικά να λειτουργεί το 1984 (Εικόνα 8.4.13). Η μεταγενέστερη ανάπτυξη της ευρύτερης περιοχής γύρω από το συγκρότημα του εργοστασίου, συνέτεινε στο να καθιερωθεί η οδός Πειραιώς ως ένα από τα βιομηχανικά κέντρα της πρωτεύουσας.



Εικόνα 8.4.13: Πανοραμική άποψη του παλιού εργοστασίου.



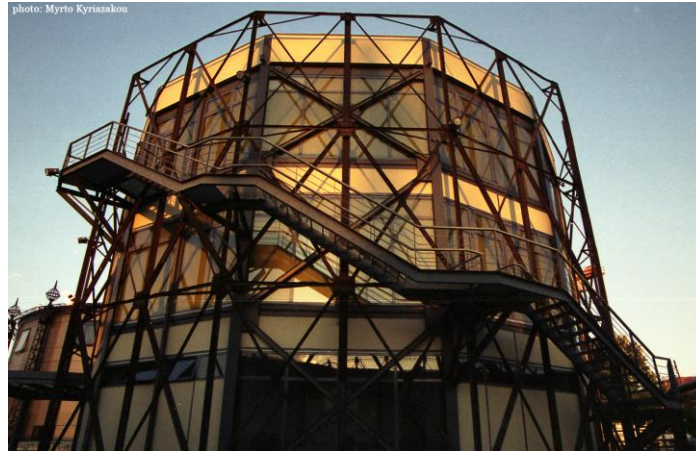
Εικόνα 8.4.14: Απόψεις των χώρων του παλιού εργοστασίου.

Η σταδιακή μεταμόρφωση του χώρου σ' ένα πολυδύναμο πολιτιστικό κέντρο, που φιλοξενεί εκδηλώσεις ποικίλου ενδιαφέροντος, δίνει τη δυνατότητα στον επισκέπτη να περιηγηθεί σ' ένα χώρο γεμάτο εικόνες, γνώσεις και συναισθήματα. Τα οκτώ κτίρια που λειτουργούν στο χώρο έχουν τη δυνατότητα να φιλοξενούν συναυλίες και φεστιβάλ, θεατρικές και χορευτικές παραστάσεις, παιδικές εκδηλώσεις, κινηματογραφικές προβολές, εκθέσεις σύγχρονης τέχνης, σεμινάρια, συνέδρια, ομιλίες, παρουσιάσεις κ.λπ. Επίσης, στο χώρο αυτό στεγάζονται δύο μοναδικά, στην Ελλάδα, μουσεία. Το μουσείο «Μαρία Κάλλας» (Εικόνα 8.4.15) αφιερωμένο στη μεγαλύτερη προσωπικότητα της Λυρικής Σκηνής του 20^{ου} αιώνα, όπου εκτίθενται προσωπικά της αντικείμενα, επιστολές και φωτογραφίες και το μουσείο “Ραδιοφωνία” με σπάνια εκθέματα από την ιστορία της τεχνολογίας του ήχου στα εκατό, περίπου, χρόνια ζωής του.



Εικόνα 8.4.15: Μουσείο Μαρία Κάλλας (προηγούμενη χρήση: αποθήκη ανταλλακτικών).

Άλλοι χώροι σύγχρονης χρήσης από την ανάπλαση μονάδων του παλαιού εργοστασίου δίνονται στις εικόνες 8.4.16 και 8.4.17.



Εικόνα 8.4.16: Χώρος γραφείων προσωπικού και πραγματοποίησης εκθέσεων (προηγούμενη χρήση: μέτρηση και αποθήκευση του παραγόμενου γκαζιού- φωταερίου πριν τη διανομή του).



Εικόνα 8.4.17: Χώρος εκθέσεων, συνεδρίων κ.λπ. (προηγούμενη χρήση: σιδηρουργείο).

8.4.3.2 ΑΘΗΝΑΪΣ.

Το ξεχασμένο εργοστάσιο παραγωγής ζωικού μεταξιδιού, που ξεκίνησε να λειτουργεί το 1920 και διέκοψε οριστικά την παραγωγή του στα μέσα της δεκαετίας του '50, έχει μεταμορφωθεί σήμερα σε έναν πρωτοποριακό πολυχώρο συνεδρίων, πολιτισμού και ποιοτικής ψυχαγωγίας (Εικόνα 8.4.18), ο οποίος με την ενοποίηση των ιστορικών χώρων της Αθήνας, βρίσκεται ξανά στο πιο σημαντικό σταυροδρόμι της πόλης. Η μελέτη ανάπτυξης των 6.000 m² του κτιριακού συγκροτήματος,

διατήρησε τη φυσιογνωμία του βιομηχανικού χώρου και ανέδειξε τα ιδιαίτερα αρχιτεκτονικά του στοιχεία, γεφυρώνοντας την παράδοση με την προηγμένη τεχνολογία και τη σύγχρονη αισθητική. Σηματοδοτώντας την αναγέννηση μιας περιοχής που ανακαλεί μνήμες αιώνων, η “Αθηναΐς”, διαμορφώνει μια νέα αντίληψη για τη δημιουργική δράση και την ποιότητα ζωής και εκφράζει το σύγχρονο πρόσωπο μιας ιστορικής πρωτεύουσας.



Εικόνα 8.4.18: Το κτίριο του παλιού μεταξουργείου σήμερα.

Στην «Αθηναΐδα», στεγάζονται δύο ξεχωριστοί πολιτιστικοί χώροι. Το πρώτο Μουσείο Αρχαίας Κυπριακής Τέχνης, στην Ελλάδα, το οποίο φιλοξενεί τμήμα της συλλογής του Ιδρύματος Πιερίδη και μια μοντέρνα Πινακοθήκη. Στον επάνω όροφο, βρίσκονται δύο άρτια εξοπλισμένες συνεδριακές αίθουσες, χωρητικότητας 800 και 450 θέσεων. Οι συνεδριακοί χώροι καλύπτουν συνολική έκταση 1.600 m² και πλαισιώνονται από δυο κινηματογραφικές αίθουσες πρώτης προβολής και εστιατόρια στο ισόγειο. Στο κέντρο του συγκροτήματος, η πλατεία των 450 m² μπορεί να φιλοξενήσει εκδηλώσεις και επιχειρηματικά happenings επεκτείνοντας τις πολλαπλές λειτουργίες του κέντρου.

8.4.3.3. ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΚΑΙ ΠΟΛΙΤΙΣΤΙΚΟ ΠΑΡΚΟ ΛΑΥΡΙΟΥ.

Το Τεχνολογικό και Πολιτιστικό Πάρκο Λαυρίου (Τ.Π.Π.Λ.), συνολικής έκτασης 245.000 m², από τα οποία τα 50.000 m² ήδη αξιοποιούνται, είναι ένα πρωτοποριακό

έργο του Ε.Μ.Π., που στοχεύει στην επαναχρησιμοποίηση των εγκαταστάσεων της Γαλλικής Εταιρείας Μεταλλείων Λαυρίου (ΓΕΜΛ), για τη δημιουργία ενός πόλου ανάπτυξης που θα συγκεντρώσει ερευνητικές και επιχειρηματικές δραστηριότητες (Εικόνα 8.4.19).

Η μεταλλευτική δραστηριότητα ξεκίνησε στην περιοχή από τους αρχαίους Έλληνες πριν το 3000 π.Χ. Μετά την κλασική αρχαιότητα, διακόπτεται κάθε σοβαρή μεταλλευτική και μεταλλουργική δραστηριότητα και ακολουθούν πολλοί αιώνες σιωπής. Το 1864 ξεκίνησε ξανά στην περιοχή η εκμετάλλευση των αρχαίων σκωριών για την εξαγωγή αργυρούχου μολύβδου, η οποία αφού πέρασε από διάφορες διακυμάνσεις σταμάτησε οριστικά την δεκαετία του '80.



Εικόνα 8.4.19: Απόψεις των εγκαταστάσεων του Λαυρίου πριν την έναρξη των εργασιών αποκατάστασης.

Το έργο αυτό συνεπάγεται πολλαπλά οφέλη για την περιοχή του Λαυρίου αλλά και για την Ελλάδα γενικότερα γιατί συμβάλλει στην ανάδειξη-αναβίωση ενός μοναδικού δείγματος της βιομηχανικής κληρονομιάς της χώρας μας με την ένταξη νέων χρήσεων στο συγκεκριμένο χώρο. Παράλληλα συνεισφέρει στην αντιμετώπιση σοβαρών προβλημάτων ρύπανσης της περιοχής από την παλαιά μεταλλουργική δραστηριότητα, ενισχύει την παραγωγική διαδικασία σε μια ιδιαίτερα προβληματική

περιοχή και συντελεί σε μια γενικότερη στροφή της βιομηχανικής δραστηριότητας στην Αττική με εφαρμογή της τεχνολογικής καινοτομίας. Πρόκειται, συνολικά, για έργο ευρωπαϊκής εμβέλειας με μεγάλες κοινωνικές και οικονομικές προεκτάσεις, το οποίο επιπλέον εμφανίζει σημαντικό βαθμό ωριμότητας.

Ο χαρακτήρας του Τ.Π.Π.Α. προκύπτει από τη συνάρθρωση των εξής στοιχείων:

- ❖ Τη συνθήκη του χώρου και του χρόνου: Οι παλιές τεχνολογίες δεν χάνονται κάπου στα “βάθη” της Ιστορίας. Μεταπηδούν σε νέες μορφές και περιεχόμενα στις σύγχρονες συνθήκες καινοτομικής ανάπτυξης σε μια διαλεκτική σχέση χωροχρονικής ασυνέχειας-συνέχειας. Στο χώρο του Τ.Π.Π.Α. είναι ιστορικά αποτυπωμένοι αλγόριθμοι και νοήματα, ιδέες και εφευρέσεις, τεχνολογικές επιτυχίες και αστοχίες. Είναι καθήκον του Τ.Π.Π.Α. να αναδείξει την ιστορικότητα του χώρου και των ιδεών που τον στήριξαν και τον ανέδειξαν σε καθοριστικό παράγοντα της πρώιμης Ελληνικής εκβιομηχάνισης. Μέσα από μια ιστορική χωρική συνθήκη, το πάρκο οφείλει να αναδείξει τις νέες τεχνολογίες που προσιδιάζουν στις σύγχρονες συνθήκες καινοτομικής ανάπτυξης με σεβασμό στην Ιστορία και το πολιτισμικό φορτίο αυτού του χώρου.
- ❖ Τον χαρακτήρα της τεχνολογικής έρευνας του Ε.Μ.Π.: Βασικός τροφοδότης του πάρκου με τεχνογνωσία είναι το Ε.Μ.Π. και τα εργαστήριά του. Οι τεχνολογίες αιχμής στις οποίες δραστηριοποιείται έντονα το Ε.Μ.Π. είναι περιβαλλοντικές τεχνολογίες, τεχνολογίες πληροφορικής, ηλεκτρονικής και τηλεπικοινωνιών.
- ❖ Τη διάρθρωση της ζήτησης για τεχνολογικές υπηρεσίες βιομηχανικής υποστήριξης: Μέσα από εκτεταμένες έρευνες αγοράς, το Τ.Π.Π.Α. έχει προσδιορίσει τη δομή της ζήτησης υπηρεσιών βιομηχανικής υποστήριξης από επιχειρήσεις της Αττικής έτσι ώστε να προσφέρει τα κατάλληλα “πακέτα” υπηρεσιών στους χρήστες.

Έτσι ο χαρακτήρας του Τ.Π.Π.Α. είναι ταυτόχρονα:

- Πειραματικός - ερευνητικός - εκπαιδευτικός
- Βιομηχανικής υποστήριξης
- Μουσειακός

Σήμερα, το εγχείρημα του Ε.Μ.Π. βρίσκεται στην τελική φάση μετά από 20ετή και πλέον πορεία. Μέχρι τώρα, 15 κτίρια έχουν αναδομηθεί, τα περισσότερα έχουν ήδη μισθωθεί, ενώ τα υπόλοιπα στεγάζουν διοικητικές και υπηρεσίες υποστήριξης, χώρους εκπαίδευσης και πολιτισμικούς χώρους (Εικόνα 8.4.20,21,22). Στο Πάρκο στεγάζονται σήμερα επιχειρήσεις, οι ενέργειες των οποίων θεωρούνται ότι ταιριάζουν στον χαρακτήρα του, όπως:

- εταιρείες ανάπτυξης τεχνολογικών και βιομηχανικών σχεδίων,
- εταιρείες εφαρμοσμένης βιομηχανικής, ενεργειακής ή μεταλλευτικής έρευνας,
- επιχειρήσεις παραγωγής ενέργειας από εναλλακτικές πηγές,
- επιχειρήσεις ανάπτυξης λογισμικού,
- επιχειρήσεις παροχής υπηρεσιών εξαιρετικά υψηλής τεχνολογίας,
- μεταποιητικές επιχειρήσεις,
- εργαστήρια παροχής υπηρεσιών ποιότητας,
- κέντρα κοινής επιχειρηματικής δράσης.



Εικόνα 8.4.20: Κέντρο υποδοχής και πληροφοριών (προηγούμενες χρήσεις: γραφεία διοίκησης, οικία διευθυντή, ξενώνας).



Εικόνα 8.4.21: Εταιρεία τεχνολογίας πλάσματος (προηγούμενη χρήση: ζυλουργείο).



Εικόνα 8.4.22: Αίθουσα συνεδριάσεων και σεμιναρίων (προηγούμενες χρήσεις: φαρμακείο και αρχείο εταιρείας).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο

ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

9.1 ΚΥΡΙΟ ΝΟΜΟΘΕΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΤΗΣ ΕΥΡΩΠΑΙΚΗΣ ΕΝΩΣΗΣ ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΤΗ ΜΕΤΑΛΛΕΥΤΙΚΗ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΙ ΤΑ ΝΕΡΑ.

- ❖ **ΟΔΗΓΙΑ 2006/21/ΕΚ** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 15^{ης} Μαρτίου 2006 «σχετικά με τη διαχείριση των αποβλήτων της εξορυκτικής βιομηχανίας και την τροποποίηση της Οδηγίας 2004/35/ΕΚ.»
- ❖ **Οδηγία 2003/105/ΕΚ** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 16^{ης} Δεκεμβρίου 2003 «για την τροποποίηση της Οδηγίας του Συμβουλίου 96/82/ΕΚ για την αντιμετώπιση των κινδύνων μεγάλων ατυχημάτων σχετιζομένων με επικίνδυνες ουσίες.»
- ❖ **Οδηγία Συμβουλίου 96/61/ΕΚ** της 24^{ης} Σεπτεμβρίου 1996 σχετικά με την ολοκληρωμένη πρόληψη και έλεγχο της ρύπανσης»
- ❖ **Οδηγία 2000/60/ΕΚ** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2000 “για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των νερών”
- ❖ **Οδηγία 2004/35/ΚΕ** του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 21^{ης} Απριλίου του 2004 «σχετικά με την περιβαλλοντική ευθύνη όσον αφορά την πρόληψη και αποκατάσταση περιβαλλοντικής ζημιάς».
- ❖ **Οδηγία Συμβουλίου 75/442/ΕΟΚ** της 15^{ης} Ιουλίου 1975 σχετικά με τα στερεά απόβλητα.
- ❖ **Οδηγία Συμβουλίου 92/32/ΕΟΚ** της 30^{ης} Απριλίου 1992 για έβδομη προσαρμογή της Οδηγίας 67/548/ΕΕΚ περί προσεγγίσεως των νομοθετικών κανονιστικών και διοικητικών διατάξεων που αφορούν την ταξινόμηση, συσκευασία και επισήμανση των επικινδύνων ουσιών .

- ❖ **ΟΔΗΓΙΑ ΣΥΜΒΟΥΛΙΟΥ 85/337/ΕΟΚ** της 27 Ιουνίου 1985 «για την εκτίμηση των επιπτώσεων ορισμένων σχεδίων δημοσίων και ιδιωτικών έργων στο περιβάλλον.»
- ❖ **Οδηγία 2001/42/ΕΚ** του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του συμβουλίου της 27^{ης} Ιουνίου 2001 σχετικά με τη εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ορισμένων σχεδίων και προγραμμάτων»
- ❖ **Οδηγία 2003/4/ΕΚ** του Ευρωπαϊκού κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 28^{ης} Ιανουαρίου 2003 για την πρόσβαση του κοινού σε περιβαλλοντικές πληροφορίες για την κατάργηση της Οδηγίας 90/313/ΕΟΚ του Συμβουλίου.

9.2 ΚΥΡΙΑ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΞΟΡΥΞΗ ΚΑΙ ΤΑ ΝΕΡΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ.

Πρόκειται για νόμους και νομοθετικά διατάγματα που προσαρμόζουν τις οδηγίες της ευρωπαϊκής ένωσης στην ελληνική νομοθεσία.

- ❖ **Π.Δ. 51/2007** - Καθορισμός μέτρων και διαδικασιών για την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των υδάτων σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2000/60/ΕΚ «για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων» του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2000.

Σχετικά άρθρα για τα παρακάτω θέματα:

- Σκοπός: (άρθ. 1)
- Ορισμοί (διαθέσιμοι πόροι υπογείων υδάτων, έμμεσες απορρίψεις σε υπόγεια ύδατα, κλπ): (άρθ. 2)
- Περιοχές λεκάνης απορροής ποταμού: (άρθ. 3)
- Περιβαλλοντικοί στόχοι: (άρθ. 4)
- Χαρακτηριστικά περιοχής λεκάνης απορροής: (άρθ. 5)
- Μητρώο προστατευόμενων περιοχών: (άρθ. 6)
- Υδατικά συστήματα για την απόληψη πόσιμου ύδατος : (άρθ. 7)
- Ανάκτηση κόστους για υπηρεσίες ύδατος: (άρθ. 8)

- Συνδυασμένη προσέγγιση για τον έλεγχο σημειακών και διάχυτων πηγών ρύπανσης: (άρθ. 9)
 - Σχέδιο διαχείρισης περιοχής λεκάνης απορροής ποταμού: (άρθ. 10)
 - Πρόγραμμα παρακολούθησης επιφανειακών, υπόγειων υδάτων και προστατευόμενων περιοχών: (άρθ. 11)
 - Πρόγραμμα μέτρων : (άρθ. 12)
 - Πρόγραμμα ειδικών μέτρων κατά της ρύπανσης: (άρθ. 13)
 - Πρόγραμμα ειδικών μέτρων για την πρόληψη , έλεγχο της ρύπανσης των υπόγειων υδάτων: (άρθ. 14)
 - Διαδικασία δημοσιοποίησης των σχεδίων διαχείρισης : (άρθ. 15)
 - Υποβολή εκθέσεων στην Επιτροπή ΕΚ : (άρθ. 16)
- ❖ **N. 3199/2003** - Προστασία και διαχείριση των υδάτων - Εναρμόνιση με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2000.

Σχετικά άρθρα για τα εξής θέματα :

- Πεδίο εφαρμογής - Ορισμοί (τεχνητό υδατικό σύστημα, λεκάνη απορροής, επιφανειακά ύδατα, κλπ) : (άρθ. 2)
- Εθνική Επιτροπή Υδάτων : (άρθ. 3)
- Κεντρική Υπηρεσία Υδάτων : (άρθ. 4)
- Διεύθυνση Υδάτων της Περιφέρειας : (άρθ. 5)
- Περιφερειακό Συμβούλιο Υδάτων : (άρθ. 6)
- Σχέδιο διαχείρισης : (άρθ. 7)
- Πρόγραμμα μέτρων και παρακολούθηση της κατάστασης των υδάτων : (άρθ. 8)
- Πρόγραμμα ειδικών μέτρων κατά της ρύπανσης : (άρθ. 9)
- Γενικοί κανόνες χρήσης των υδάτων : (άρθ. 10)
- Άδειες χρήσης νερού και εκτέλεσης έργων αξιοποίησης : (άρθ. 11)
- Ανάκτηση κόστους για υπηρεσίες ύδατος : (άρθ. 12)
- Κυρώσεις : (άρθ. 13 -14)

- ❖ **Υ.Α. ΥΠΕΧΩΔΕ/ΕΥΠΕ/οικ. 126880/2007** (ΦΕΚ 435/Β΄/29.3.2007) Συμπλήρωση της υπ αριθ. Η.Π. 15393/2332/2002 (ΦΕΚ 1022/Β/5.8.2002) κοινής υπουργικής απόφασης, κατάταξη δημοσίων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες, σύμφωνα με το άρθ. 3 του ν. 1650/1986 (160/Α) όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 1 του ν. 3010/2002 «Εναρμόνιση του ν. 1650/1986 με τις οδηγίες 97/11/ΕΕ και 96/61/ΕΕ κ.α. (91/Α).
- ❖ **Υ.Α. Η.Π. 37111/2021/2003** (ΦΕΚ 1391/Β΄/29.9.2003) Καθορισμός τρόπου ενημέρωσης και συμμετοχής του κοινού κατά τη διαδικασία έγκρισης περιβαλλοντικών όρων και έργων και δραστηριοτήτων σύμφωνα με την παράγραφο 2 του άρθ. 5 του ν. 1650/86 όπως αντικαταστάθηκε με τις παραγράφους 2 και 3 του άρθ. 3 του ν. 3010/02.
- ❖ **Υ.Α. 13727/724/2003** (ΦΕΚ 1087/Β΄/5.8.2003) Αντιστοίχιση των κατηγοριών των βιομηχανικών & βιοτεχνικών δραστηριοτήτων με τους βαθμούς όχλησης που αναφέρονται στα πολεοδομικά διατάγματα.
- ❖ **Υ.Α. Η.Π. 11014/703/Φ104/2003** (ΦΕΚ 332/Β΄/20.3.2003) Διαδικασία Προκαταρκτικής Περιβαλλοντικής Εκτίμησης και Αξιολόγησης (Π.Π.Ε.Α) και Έγκρισης Περιβαλλοντικών Όρων (Ε.Π.Ο) σύμφωνα με το άρθρο 4 του ν. 1650/86 (160/Α) όπως αντικαταστάθηκε με το άρθρο 2 του ν.3010/02 «εναρμόνιση του ν.1650/86 με τις οδηγίες 97/11/ΕΕ και 96/61/ΕΕ ... και άλλες διατάξεις (91/Α)».
- ❖ **Υ.Α. 25535/3281/2002** (ΦΕΚ 1463/Β΄/20.11.2002) Έγκριση Περιβαλλοντικών Όρων από το Γενικό Γραμματέα της Περιφέρειας των έργων και δραστηριοτήτων που κατατάσσονται στην υποκατηγορία 2 της Α΄ κατηγορίας σύμφωνα με την υπ΄ αρ. ΗΠ 15393/2332/2002 κυα «κατάταξη δημοσίων και ιδιωτικών έργων σε κατηγορίες κλπ» (1022/Β)
- ❖ **Υ.Α. Η.Π. 15393/2332/2002** (ΦΕΚ 1022/Β΄/5.8.2002) Κατάταξη δημοσίων και ιδιωτικών έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες σύμφωνα με το αρθρ. 3 του ν. 1650/86 όπως αντικαταστάθηκε με το άρθ. 1 του ν. 3010/02 «εναρμόνιση του ν. 1650/86 με τις οδηγίες 97/11/ΕΕ και 96/61/ΕΕ κ.α. (91/Α)».
- ❖ **Ν. 3010/2002** (ΦΕΚ 91/Α΄/25.4.2002) Εναρμόνιση του ν. 1650/86 με τις οδηγίες 97/11/ΕΕ και 96/61/ΕΕ, διαδικασία οριοθέτησης και ρυθμίσεις θεμάτων για τα υδατορέματα και άλλες διατάξεις.

- ❖ **Υ.Α. 69269/5387/1990** (ΦΕΚ 678/Β'/25.10.1990) Κατάταξη έργων και δραστηριοτήτων σε κατηγορίες, περιεχόμενο Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ), καθορισμός περιεχομένου ειδικών περιβαλλοντικών μελετών (ΕΠΜ) και λοιπές συναφείς διατάξεις, σύμφωνα με το ν.1650/86
- ❖ **Ν. 1650/1986** (ΦΕΚ 160/Α'/16.10.1986) Για την προστασία του περιβάλλοντος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Το βασικό συμπέρασμα που προκύπτει από τα σχετικά παραδείγματα, όπως περιγράφηκαν στην παρούσα διπλωματική, είναι ό,τι η σχέση της μεταλλευτικής δραστηριότητας και των υδατικών πόρων είναι μια «αμφίδρομη» σχέση αλληλεπίδρασης. Οι εκάστοτε υδρογεωλογικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή των λιγνιτικών εκμεταλλεύσεων, συνήθως προκαλούν σοβαρά προβλήματα στην εξόρυξη - εκμετάλλευση του κοιτάσματος και σε ορισμένες περιπτώσεις την καθιστούν αδύνατη και ασύμφορη. Στον αντίποδα πάλι, η εκμετάλλευση του κοιτάσματος επιφέρει σοβαρές περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο υδατικό περιβάλλον της περιοχής.

Για να γίνει κατανοητή η διαρκής αλληλεπίδραση νερών και ορυχείων επιλέχθηκαν επτά περιπτώσεις λιγνιτικών κοιτασμάτων στον ελλαδικό χώρο και αποτυπώθηκαν οι υδρογεωλογικές συνθήκες, που επικρατούν σε κάθε ένα απ'αυτά καθώς και οι επιπτώσεις από την εξορυκτική διαδικασία είτε έχει πραγματοποιηθεί και είναι σε εξέλιξη (Αμύνταιο, Νότιο πεδίο, Μεγαλόπολη), είτε δεν έχει ξεκινήσει η εκμετάλλευση (Δράμα, Ποταμιά) είτε τέλος έχει τελειώσει η εξόρυξη (Αλιβέρι). Τα συμπεράσματα που προέκυψαν για τις ως άνω περιπτώσεις είναι τα εξής:

ΟΡΥΧΕΙΟ ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ

- Στους γεωλογικούς σχηματισμούς που αποτελούν τη λεκάνη Χειμαδίτιδας-Πετρών και ειδικότερα στα υπερκείμενα του λιγνιτικού κοιτάσματος στρώματα αναπτύσσονται υδροφόροι ορίζοντες που αποκόπτονται κατά την πορεία της εκμετάλλευσης και εκτονώνονται στο χώρο της εκσκαφής δημιουργώντας προβλήματα τόσο στην ευστάθεια των πρανών όσο και στις εργασίες της εκμετάλλευσης καθώς και κινδύνους για την ασφάλεια του έργου.
- Για την αποφυγή αυτών των προβλημάτων ή τη μείωση της έντασης και έκτασης τους, γίνονται μακροχρόνιες εντατικές αντλήσεις αναγκαίων ποσοτήτων νερού οι οποίες έχουν επηρεάσει στον κώνο ταπείνωσης, τα υπάρχοντα υδροληπτικά έργα, και τη λίμνη καθώς και τα ποιοτικά χαρακτηριστικά των νερών. Οι επηρεασμοί είναι και αρνητικοί και θετικοί. Στις αρνητικές επιπτώσεις καταγράφεται η πτώση της στάθμης των υπόγειων νερών, η αύξηση της

κατανάλωσης ενέργειας για την άντλησή τους, η εκδήλωση καθιζήσεων και στις θετικές η διαθεσιμότητα μεγάλων ποσοτήτων νερού για κάλυψη των αναγκών και αύξηση των εισροών στη λίμνη Πετρών.

ΝΟΤΙΟ ΠΕΔΙΟ ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑΣ

➤ Όσον αφορά τα επιφανειακά νερά, η προσοχή εστιάζεται στο ρέμα Σουλού, που αφενός αποτελεί τον τελικό αποδέκτη των επιφανειακών και των αντλούμενων υπόγειων νερών των ορυχείων για την προστασία τους, και αφετέρου αποτελεί μια από τις βασικές πηγές άρδευσης για την ευρύτερη περιοχή. Η γενική πτώση της στάθμης των υπόγειων νερών, λόγω της αποστράγγισης του ορυχείου δημιουργεί όσον αφορά το ρέμα του Σουλού μια αναστροφή της υπόγειας ροής. Έτσι το ρέμα Σουλού τροφοδοτεί τον υδροφορέα με αργούς ρυθμούς μέσω της διήθησης του νερού από τον ημιπερατό πυθμένα του. Το νερό που μεταφέρει το ρέμα Σουλού λιγότευει λόγω της μη τροφοδοσίας του πλέον από τους υδροφορείς της λεκάνης και είναι μολυσμένο, λόγω της απόρριψης σ' αυτό των νερών του ορυχείου και των αποβλήτων των Α.Η.Σ. της περιοχής. Συνεπώς αποτελεί μια πηγή ρύπανσης των υπόγειων νερών.

➤ Όσον αφορά τα υπόγεια ύδατα οι επιπτώσεις αφορούν τον υδροφορέα υπερκειμένων που αναπτύσσεται κυρίως στην περιοχή του Νότιου Πεδίου και ο οποίος αποτελεί και το βασικό υδροφόρο ορίζοντα υδρομάστευσης για τις διάφορες χρήσεις της υδρολογικής λεκάνης, τόσο από τα Ορυχεία Πτολεμαΐδας όσο και από τις άλλες χρήσεις της περιοχής (ύδρευση, άρδευση).

ΜΕΓΑΛΟΠΟΛΗ

➤ Εδώ η ύπαρξη του καρστικού υδροφόρου συντελεί στην κάλυψη αναγκών σε νερό ψύξης των ΑΗΣ, την ύδρευση της πόλης της Μεγαλόπολης και των υπόλοιπων χωριών της περιοχής, αλλά και τις υδατικές ανάγκες του ορυχείου. Η ποιότητα των νερών του καρστικού υδροφόρου λόγω των χρήσεων του είναι πολύ μεγάλης σημασίας, και η πιθανή επίδραση από τα ορυχεία θα είχε πολύ αρνητικές συνέπειες. Οι έρευνες έχουν δείξει ότι δεν υφίσταται ποιοτική υποβάθμιση των νερών αυτών.

➤ Αξιοσημείωτη επίσης είναι η δυνατότητα δημιουργίας λίμνης που θα σχηματιστεί στα τελικά μεταλλευτικά κενά των ορυχείων Χωρεμίου και Μαραθούσας, μετά το πέρας της εκμετάλλευσης, στα πλαίσια περιβαλλοντικής αποκατάστασης της εξορυχθείσας περιοχής. Οι πρώτες όμως διερευνήσεις του θέματος αυτού δείχνουν ανεπάρκεια διαθέσιμου νερού και

πλήρωση των μελλοντικών λιμνών. Θα απαιτηθεί πιθανόν διάθεση νερού προς τούτο από τον ποταμό Αλφειό ή άλλα έργα «συρροής» επιφανειακών απορροών από την περιβάλλουσα ευρύτερη περιοχή.

ΛΙΓΝΙΤΙΚΟ ΚΟΙΤΑΣΜΑ ΠΟΤΑΜΙΑΣ

➤ Το λιγνιτικό κοιτάσμα του Αμουρίου, βρίσκεται σε δυσμενή θέση από υδρολογικής και υδρογεωλογικής απόψεως καθώς ο Τιταρήσιος ποταμός διασχίζει κάθετα την περιοχή του κοιτάσματος Αμουρίου και οι υπόγειοι υδροφορείς είναι πολύ πλούσιοι και αναμένεται να δημιουργηθούν προβλήματα κατά την εκμετάλλευσή του. Θα απαιτηθεί σίγουρα εκτροπή του ποταμού και διευθέτηση των χειμάρρων του, γεγονός που καθιστά οικονομικά δυσχερή την εκμετάλλευσή του κοιτάσματος, σε σχέση και με τα βεβαιωμένα περιορισμένα λιγνιτικά του αποθέματα. Σε περίπτωση εκμετάλλευσής του κοιτάσματος Αμουρίου, η εκτροπή του Τιταρήσιου ποταμού, θα επηρεάσει συνολικά την τροφοδοσία της ευρύτερης περιοχής.

➤ Η εκμετάλλευσή του κοιτάσματος Δομένικου, θα οδηγήσει σε καταστροφή του υπερκείμενου των λιγνιτών υδροφόρου, με έμμεση επίδραση και στον υποκείμενο αυτών. Στα δυτικά όρια του κοιτάσματος και προς το κέντρο της περιοχής, κοντά στο ποτάμι, το απόλυτο υψόμετρο του δαπέδου της λιγνιτικής εκμετάλλευσής θα φθάσει σε χαμηλά επίπεδα, με αποτέλεσμα να αναμένεται εισροή νερών από τα κεντρικά δυτικά πλούσια υδροφόρα στρώματα προς το ορυχείο. Έτσι λόγω των αναμενόμενων αυτών υπόγειων υδατικών τροφοδοσιών ένα τμήμα του κοιτάσματος (το δυτικό) πιθανόν να γίνει δύσκολη ή ασύμφορη η εκμετάλλευσή.

➤ Στην περίπτωση επομένως της Ποταμιάς Ελασσόνας, είναι σαφής ο ρόλος των επιφανειακών και υπόγειων νερών στο σχεδιασμό της λιγνιτικής εκμετάλλευσής. Στην περίπτωση του Αμουρίου, η επιφανειακή απορροή, η πλούσια υπόγεια υδροφορία και οι υδροστατικές πιέσεις, οι αυτόματες ροές του υπό πίεση υδροφόρου, συσχεραίνουν την εξόρυξη του κοιτάσματος, καθιστώντας το παράλληλα οικονομικά ασύμφορο. Σε αντίθεση με το λιγνιτικό πεδίο Δομένικου, όπου η φτώχη επιφανειακή τροφοδοσία και οι τοπικά υδρογεωλογικές συνθήκες ευνοούν την σωστή και ασφαλή εκμετάλλευσή του κοιτάσματος. Μέχρι σήμερα δεν έχει ξεκινήσει η εκμετάλλευσή των δύο αυτών κοιτασμάτων, για διαφορετικούς λόγους, στρατηγικής ανάπτυξης.

ΛΙΓΝΙΤΙΚΟ ΚΟΙΤΑΣΜΑ ΔΡΑΜΑΣ

➤ Οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εκμετάλλευση του ορυχείου κρίνονται αρκετά σημαντικές γι' αυτό άλλωστε και δεν έχει προχωρήσει η εξόρυξη του λιγνιτικού κοιτάσματος της Δράμας. Ενδεχόμενη εκμετάλλευση θα προκαλέσει πτώση της πιεζομετρίας στην ευρύτερη περιοχή λόγω υψηλών τιμών των υδραυλικών χαρακτηριστικών K και S του υδροφόρου, στέρευση αρκετών ίσως γεωτρήσεων, ποιοτική υποβάθμιση του νερού απ' τις αντλήσεις για την αποστράγγιση του ορυχείου, δημιουργία κατολισθήσεων και καθιζήσεων λόγω απουσίας μεταπτώσεων στο λιγνιτικό κοιτάσμα.

ΛΙΒΕΡΙ

➤ Αποτελεί μια τυπική περίπτωση εγκαταλελειμμένου βιομηχανικού χώρου στο οποίο μετά το πέρας των μεταλλευτικών δραστηριοτήτων δημιουργήθηκε λίμνη το νερό της οποίας μπορεί να αξιοποιηθεί για χρήσεις που θα προωθήσουν την τοπική κοινωνία στην οικονομική και περιβαλλοντική της ανάπτυξη καλύπτοντας αρδευτικές ανάγκες, δημιουργώντας πάρκα και χώρους αναψυχής, πιθανή διαμόρφωση γηπέδων ειδικής χρήσης, διαμόρφωση Πάρκου Νερού.

ΓΕΝΙΚΟ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Οι μεγάλης κλίμακας εντατικές αντλήσεις που απαιτούνται για την αποστράγγιση των ορυχείων και η επιτυγχανόμενη πτώση στάθμης των υπογείων νερών έχουν λοιπόν επιδράσεις σε μεγάλη έκταση γύρω από την περιοχή εκσκαφής των ορυχείων. Οι ενέργειες αυτές μπορεί να διαταράξουν το υδατικό ισοζύγιο της εγγυς περιοχής ή ακόμη και της ευρύτερης υδρολογικής λεκάνης, όταν μάλιστα πολυάριθμες γεωτρήσεις και σ' αυτήν υπεραντλούν τους ίδιους υδροφόρους ορίζοντες και να έχουν δυσμενείς επιπτώσεις στο οικοσύστημα αλλά και στην οικονομία της περιοχής.

Σε γενικές γραμμές τα φαινόμενα που παρατηρούνται ή αναμένεται να δημιουργηθούν με την εξέλιξη της εξορυκτικής δραστηριότητας και της αποστράγγισης έχουν σχέση με την πτώση της στάθμης των υδροφόρων οριζόντων στον ευρύτερο χώρο και είναι:

- Εντονότερη διήθηση του νερού από ποτάμια ή λίμνες που συνεπάγεται ταπείνωση της στάθμης τους, μείωση της ροής τους και πιθανόν εποχιακή αποξήρανσή τους.

- Μείωση της υγρασίας των εδαφών στο χώρο του κώνου πτώσης της στάθμης στις περιοχές με αβαθείς φρεάτιους ορίζοντες γεγονός που οδηγεί σε αύξηση των αναγκών άρδευσης αυτών.

Άλλα σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα που αφορούν στην ποιότητα του νερού και τα οποία διαπιστώσαμε σε όλες σχεδόν τις περιπτώσεις εκμετάλλευσης που μελετήσαμε είναι:

- Ρύπανση των υπόγειων νερών λόγω διήθησης των ποιοτικά βεβαρημένων νερών των δαπέδων των ορυχείων.
- Ρύπανση των επιφανειακών νερών λόγω της απόρριψης στους επιφανειακούς αποδέκτες των νερών που προέρχονται απ' τα αντλιοστάσια των δαπέδων των ορυχείων.

Συμπεραίνουμε λοιπόν ότι για τη μείωση της έκτασης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που σχετίζονται με τις υπεραντλήσεις των υπογείων νερών και την ποιοτική τους υποβάθμιση απαιτείται η βέλτιστη δυνατή διαχείριση υπογείων και επιφανειακών νερών και η ύπαρξη ενός σαφούς και αυστηρού νομοθετικού πλαισίου για τη διατήρηση της υδατικής ισορροπίας. Επιπλέον ακόμη και μετά το πέρας των μεταλλευτικών εκμεταλλεύσεων πρέπει να καταστεί δυνατή η αποκατάσταση και η επαναχρησιμοποίηση των εγκαταλελειμμένων βιομηχανικών χώρων (brownfields) μετατρέποντας τα σε χώρους αναψυχής, τεχνολογικά και πολιτιστικά πάρκα, εγκαταστάσεις που στεγάζουν γραφεία, κατοικίες, πολυκαταστήματα, συνεδριακά κέντρα κτλ . Επίσης η πλήρωση και εκμετάλλευση των δημιουργουμένων μεταλλευτικών κενών, με τη δημιουργία τεχνητών λιμνών, όπως στη Μεγαλόπολη και το Αλιβέρι, στα πλαίσια της περιβαλλοντικής αποκατάστασης ξοφλημένων εξορυκτικών περιοχών, καθίσταται αναγκαία για τη σωστή περιβαλλοντική διαχείριση μιας περιοχής, αλλά και για την αξιοποίηση των νερών που προέρχονται από τα ορυχεία και είναι ενίοτε υποβαθμισμένα σε ποιότητα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΑΝΑΣΤΟΠΟΥΛΟΣ Ι. – ΚΟΥΚΟΥΖΑΣ Κ. (1972) : Γεωλογική και κοιτασματολογική μελέτη νοτίου τμήματος λιγνιτοφόρου λεκάνης Πτολεμαΐδας Γ.Ε.Υ

ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ ΕΛΕΝΗ (1997): «Προβλήματα λόγω επιφανειακών και υπόγειων νερών στην περιοχή των μελλοντικών λιγνιτωρυχείων της Ελασσόνας και αντιμετώπιση τους», Διπλωματική Εργασία, ΕΜΠ.

ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ Ε. (2011) : «Υδρογεωλογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής Ποταμιάς Ελασσόνας. Επιπτώσεις από τη μελλοντική εκμετάλλευση των λιγνιτικών κοιτασμάτων στο υδατικό καθεστώς.», ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΜΠ

ΒΕΡΓΗΣ, Σ. (1977): Προκαταρκτική έκθεση της συμπληρωματικής υδρογεωλογικής έρευνας λιγνιτωρυχείου Αλιβερίου Ευβοίας. Αδημοσίευτη έκθεση ΙΓΜΕ, σελίδες 13, Αθήνα.

BINOTTO R.B, TEIXEIRA E.C., SANCHEZ J.C.D, MIGLIAVACCA D., NANNIS A.S., (2000): “Environmental assessment contamination of phreatic aquifer in areas impacted by waste from coal processing activities”

ΔΕΗ/Γενική Διεύθυνση Ορυχείων : «Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων Ορυχείων Πτολεμαΐδας, Ν. Κοζάνης»

ΔΕΠ-ΕΚΥ (1996) : Σεισμική διασκόπηση βαθέως τμήματος ορυχείου Αμυνταίου. Μελέτη που συντάχθηκε απ' τη ΔΕΗ

ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Δ., (1993) : «Αναθεώρηση μελέτης προστασίας ορυχείου Κυπαρισσίων Μεγαλόπολης από τα υπόγεια νερά», ΔΕΗ.

ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Δ., ΛΟΥΛΟΥΔΗΣ Γ., ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ Ι. (1993) : «Επιπτώσεις της ξηρασίας στους υδροφορείς των πλειο-τεταρτογενών σχηματισμών της λεκάνης Πτολεμαΐδας», 2^ο Υδρογεωλογικό Συνέδριο, Πάτρα

ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Δ., ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ Ι., (1995): «Δημιουργία μεγάλων βυθισμάτων στην επιφάνεια από ενεργοποίηση καλυμμένου καρστ λόγω μεγάλης πτώσης στάθμης, οφειλόμενης σε υπεραντλήσεις για προστασία ορυχείου και ξηρασία», Υδρογεωλογικό Συνέδριο Ηράκλειο

ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Δ., ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ Ι., ΗΛΙΑΔΗΣ Ζ., (1996) : Ανάπτυξη συστήματος διαχείρισης υδατικών πόρων και τεχνητού εμπλουτισμού σε περιοχές υπαίθριων λιγνιτικών εκμεταλλεύσεων. Περίπτωση Νοτίου Πεδίου Πτολεμαΐδας. Συνέδριο Τ.Ε.Ε, Λάρισα

ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Δ., ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ,(2001):« Υδρογεωλογικές Συνθήκες ορυχείου Αμυνταίου. Προβλήματα κατά την εκμετάλλευση και αντιμετώπιση τους.»

ΔΗΜΗΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΥ ΣΤ. (2010), Πτυχιακή Εργασία : «Διερεύνηση δυνατότητας δημιουργίας λιμνών στις περιοχές των ορυχείων Μεγαλόπολης κατά τη μεταλιγνιτική περίοδο.»

ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ Δ. – ΓΙΑΚΟΥΠΠΗΣ Π. (1998) : «Κοιτασματολογική έρευνα λιγνιτικών κοιτασμάτων Ελασσόνας – Υποπεριοχή Δομένικο Ελασσόνας» ΙΓΜΕ Κοζάνης.

ΔΗΜΗΤΡΟΥΚΑΣ Ν.,(2003): « Εξέλιξη υδροδυναμικού καθεστώτος υπογείων νερών λιγνιτικού πεδίου Κυπαρισσίων Μεγαλόπολης, υπό συνθήκες υπεραντλήσεων 40 ετών» Μεταπτυχιακή εργασία, ΕΜΠ

DIMITRAKOPOULOS D., VASILEIOU E., FOUNTA M., (2007): “Impacts of mining activities on water resources to Megalopolis lignite area”, VIENNA, AUSTRIA.

DIMITRAKOPOULOS, I. KOUMANTAKIS, E. VASSILIOU, (2009): «WATER MANAGEMENT AFTER THE CLOSURE OF AN UNDERGROUND LIGNITE MINE IN ALIVERI, GREECE.» 9th International Multidisciplinary Scientific Geo Conference - SGEM, www.sgem.org, SGEM2009 Conference Proceedings/ June 14-19 2009.

DIMITRAKOPOULOS D., VASILEIOU E., TSAGGARATOS P., ILIA G., (2010): “Environmental management of mine water considering European water legislation. Case study of Megalopolis mines.” Συνέδριο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας,Πατρα.

ΕΛΙΜΕΙΑ (1996-2000) : «Ανάπτυξη συστήματος διαχείρισης υδατικών πόρων και τεχνητού εμπλουτισμού σε περιοχές υπαίθριων λιγνιτικών εκμεταλλεύσεων. Περίπτωση Νοτίου Πεδίου Πτολεμαΐδας και σύνδεση με την ευρύτερη περιοχή της Κοζάνης - Πτολεμαΐδας», ερευνητικό έργο Επιστημονικός υπεύθυνος Κουμαντάκης Ιωάννης.

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΟΜΑΔΑ ΕΜΠ, (2006): Ερευνητικό έργο με τίτλο: « Αξιοποίηση ανενεργών λιγνιτωρυχείων Αλιβερίου (Προτάσεις προς διερεύνηση) », Επιστημονικός Υπεύθυνος Καθηγητής Ι. Κουμαντάκης, Χρηματοδότηση Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Ευβοίας Διεύθυνση Τεχνικών Υπηρεσιών.

ZAFIROPOULOS G., TZIOLAS CH., DIMITRAKOPOULOS D., ECONOMOU A., (1996): Field comparison of seismic sources of coal exploration.58 Conference of European association of Geoscientists and engineers,Amsterdam

ΓΓΜΕ: « Γεωλογικός χάρτης Φύλλο Μεγαλόπολης 1:25.000», Αθήνα 1998.

INTERGEO: «Διερεύνηση των υδρογεωλογικών συνθηκών και της ποιότητας κατάστασης των υπόγειων και επιφανειακών νερών στο χώρο απόθεσης της τέφρας και των προϊόντων αποθείωσης, στο ορυχείο Θωκνίας» Μελέτη για τη ΔΕΗ, Θεσ/νίκη 2000

GOERGEN H.: “Extension of Megalopolis lignite mines for stream electric unit IV. final study”, Vol I-VIII, 1978.

GOLD O.: “Report on Megalopolis”, Volume I-III, VII-VIII, 1961-63.

GROBA E., TIMM J., KRUCK W., FIELITZ K., (1985): “Hydrogeological investigations for the water supply of Ptolemais region”, Bundesanstalt für geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover.

HOTH N., WAGNER ST., HAFNER FR., (2001): “ Predictive modeling of dump water impact on the surroundings of the lignite dump site Janshwalde (eastern Germany)”, Journal of geochemical exploration 73, Elsevier.

KONTOPOULOS A., KOMNITSAS K., (2006) : “Environmental characterization of the sulphidic tailings in Lavrion”, Minerals engineering

ΚΟΥΚΟΥΖΑΣ Κ., ΚΩΤΗΣ Θ., ΠΛΟΥΜΙΔΗΣ Μ., ΜΕΤΑΞΑΣ Α. (1978) : “ Γεωλογική κοιτασματολογική μελέτη λιγνιτικού κοιτάσματος Αναργύρων – Αμυνταίου”

ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ Ι. (1985) : Δυνατότητες αξιοποίησης εγκαταλειμμένων υπόγειων μεταλλευτικών έργων. “Μεταλλειολογικά – Μεταλλουργικά Χρονικά”, Νο 60.

ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ Ι., ΔΙΜΙΤΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Δ., ΒΑΙΛΕΙΟΥ Ε. (2005): “Impacts on water resources due to lignite mining in plateau of Greece”, Headwater Control VI: International Conference on Hydrology, Ecology and Water resources in Headwaters, Bergen, Norway, 20-23 JUNE

ΛΟΥΛΟΥΔΗΣ Γ., ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ, (1991): «Υδρογεωλογικές Συνθήκες Νοτίου λιγνιτοφόρου Πεδίου Πτολεμαΐδας. Προβλήματα Υπόγειων Νερών και Αντιμετώπισή τους κατά την εκμετάλλευση.»

ΛΟΥΛΟΥΔΗΣ Γ., ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ Ι. (1992) : «Αλληλεπιδράσεις υπογείων νερών και ανοικτών εκμεταλλεύσεων , έλεγχος αυτών» ΜΜΧ Τόμος 2, Τεύχος 4

ΛΟΥΛΟΥΔΗΣ Γ., ΚΟΥΜΑΝΤΑΚΗΣ Ι., (1993): «Αντιμετώπιση των επιπτώσεων στα υπόγεια νερά των υπαίθριων ορυχείων. Η περίπτωση του Νότιου Λιγνιτικού Πεδίου Πτολεμαΐδας», 2^ο Υδρογεωλογικό συνέδριο Πάτρα

ΛΕΟΝΤΙΔΗΣ Μ. , ΡΟΥΜΠΟΣ Χ. , (2004) : «Εκατό χρόνια λιγνίτης», ΔΕΗ.

ΛΙΑΚΟΥΡΑ Α., ΤΕΡΖΟΠΟΥΛΟΥ Ε. : «Περιβαλλοντική και υδρογεωλογική μελέτη πεδίου Κυπαρισσίων. Διπλωματική εργασία ΕΜΠ» (1991).

ΜΑΝΑΚΟΣ Α. & ΒΟΥΔΟΥΡΗΣ Κ.(2006) «Μελέτη των υδρογεωλογικών συνθηκών στην προσχωματική λεκάνη Ελασσόνας – Τσαριτσάνης, Ν.Λάρισας», 10^ο Συνέδριο Ελληνικής Υδροτεχνικής Ένωσης, Ξάνθη

MENEGAKI, M. - KALIAMPAKOS D.(2005): “ Redesign aspects of lignite mine reclamation: A case study in Greece.” Workshop in Geoenvironment and Geotechnics (GEOENV2005), Milos, Greece, 12 - 14 September 2005.

ΠΑΝΙΛΑΣ Σ. (1998) : «Υδρογεωλογικά Προβλήματα κατά την εκμετάλλευση λιγνιτικών κοιτασμάτων με τη μέθοδο της ανοικτής εκσκαφής. Η περίπτωση του λιγνιτικού κοιτάσματος Δράμας.», ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

ΠΑΝΙΛΑΣ Σ. (1999) : «Πρόδρομη υδρογεωλογική μελέτη στα λιγνιτικά πεδία Δομένικου και Αμουρίου Ελασσόνας», ΔΛΕ,Μάρτιος

ΠΑΠΑΓΕΩΡΓΙΟΥ Ν.: «Υδρογεωλογική μελέτη Ορυχείου Κυπαρισσίων Μεγαλόπολης και μελέτη ευστάθειας ανατολικών πρανών ορυχείου Χωρεμίου» Διπλωματική εργασία, ΕΜΠ, Αθήνα 1994

ΠΑΥΛΙΔΗΣ Β.Σ. (1985) : «Νεοτεκτονική εξέλιξη λεκάνης Φλώρινας – Βεγορίτιδας – Πτολεμαΐδας». Διδακτορική διατριβή Α.Π.Θ Θεσσαλονίκη

PPC (POWER CORPORATION OF GREECE), (2003): Minewater – Consequences of closure of mines in water circulation. Final Technical report of ECSC Coal Research Programme (R.C. No 7220-PR/057), 19pp with Annexes, Athens.

PPC (POWER CORPORATION OF GREECE), (2007): WATERCHEM-Optimization of Mine Water Discharge by Monitoring and Modelling of Geochemical Processes and Development of Measures to Protect Aquifers and Active Mining Areas from Mine Water Contamination”. EFCS RESEARCH FUND FOR COAL AND STEEL RESEARCH CONTRACT: No RFC-CR-03006 (10/2003-2/2007), 3rd, 4th, 5th, 6th, final technical reports by PPC , Brussels.

SINGH G. (1988): “Impact of coal mining on mine water quality” International of Mine water, Vol 7, No3 .

ΤΣΙΦΤΣΗΣ Ε.: Γεωτεκτονικός – Υδρογεωλογικός χάρτης Δημητσάνας – Μεγαλόπολης, 1:25.000, έκδοση ΙΓΜΕ, 1986.

VANDNA P., BANERJEE A.K. (1992): “Mine water pollution studies in Chapha incline. Umaria coalfield eastern Madhya Pradesh, India.” MINE WATER AND THE ENVIRONMENT, VOL 11, NO 2, JUNE 1992.

YOUNGER P.L. (2003): “Impacts of mining on physical hydrogeology”, GROUNDWATER MANAGEMENT IN MINING AREAS, Proceedings of the 2nd image-train advanced study course, HUNGARY.

YOUNGER P.L. (2004): “Mining impacts on the fresh water environment. Technical and management guidelines for catchment scale management”, MINE WATER AND THE ENVIRONMENT 23.

WANG J.A., PARK H.D., (2003): “Coal mining above a confined aquifer”, International Journal of rock mechanics and mining sciences 40,Elsevier

ΔΙΑΔΥΚΤΙΑΚΟΙ ΤΟΠΟΙ

www.elinyae.gr

http://wwwri.nrcce.wvu.edu/programs/adti/pdf/adti_predictions.pdf

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969700006732>

www.safewater.org