



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΟΡΥΚΤΩΝ ΠΟΡΩΝ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΝΑΛΥΣΗ ΓΕΩΤΡΗΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ ΓΙΑ ΤΟ ΟΡΥΧΕΙΟ
ΑΜΥΝΤΑΙΟΥ**

ΔΕΛΗΓΙΑΝΝΙΔΟΥ ΠΑΡΑΣΚΕΥΗ

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ:

Καθηγητής	Ζ. ΑΓΙΟΥΤΑΝΤΗΣ (ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ)
Λέκτορας	Μ. ΓΑΛΕΤΑΚΗΣ
Αν. Καθηγητής	Δ. ΧΡΙΣΤΟΠΟΥΛΟΣ

ΧΑΝΙΑ, ΑΠΡΙΛΙΟΣ 2006

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της εργασίας αυτής, είναι ο επαναπροσδιορισμός των ποιοτικών χαρακτηριστικών, συγκεκριμένα της κατώτερης θερμογόνου δύναμης, του λιγνιτικού κοιτάσματος του Ορυχείου Αμυνταίου στο Λιγνιτικό Κέντρο Δυτικής Μακεδονίας (ΛΚΔΜ).

Ο προσδιορισμός βασίστηκε στα δεδομένα της αρχικής γεωλογικής-κοιτασματολογικής μελέτη που πραγματοποιήθηκε από το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ) το έτος 1979, στα γεωτρητικά δεδομένα καθώς επίσης και στα χαρακτηριστικά της εφαρμοζόμενης μεθόδου εκμετάλλευσης.

Στην αρχική γεωλογική-κοιτασματολογική μελέτη υπολογίστηκε ότι το λιγνιτικό κοίτασμα του Αμυνταίου έχει κατωτέρα θερμογόνο δύναμη (ΚΘΔ) 1450 kcal/kg, ενώ σύμφωνα με τα απολογιστικά στοιχεία του Ατμο-Ηλεκτρικού Σταθμού (ΑΗΣ) Αμυνταίου-Φιλώτα, η ΚΘΔ του εξορυσσόμενου και προς καύση λιγνίτη είναι 1280 kcal/kg. Όμοια αποτελέσματα με αυτά του ΙΓΜΕ εξήχθησαν από το λογισμικό πρόγραμμα προσδιορισμού και ελέγχου ποιότητας λιγνιτικών κοιτασμάτων METAL, για την τιμή της μέσης ΚΘΔ του κοιτάσματος.

Στην εργασία γίνεται επαναπροσδιορισμός των κριτηρίων αξιολόγησης και προκύπτει ο συνδυασμός με τον οποίο προσεγγίζεται η απολογιστικά υπολογιζόμενη ΚΘΔ.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εκπόνηση της παρούσας διπλωματικής εργασίας έγινε στα πλαίσια της ολοκλήρωσης των σπουδών μου στο τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων του Πολυτεχνείου Κρήτης. Η ολοκλήρωσή της έγινε υπό την επίβλεψη του καθηγητή κ. Ζ. Αγιουτάντη, τον οποίο θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα για την ανάθεση και την επιστημονική στήριξη που μου προσέφερε καθ' όλη την διάρκειά της. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Λέκτορα του τμήματος κ. Μ. Γαλετάκη και τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Δ. Χριστόπουλο για την συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή, καθώς επίσης και για την σημαντική βοήθεια που μου προσέφεραν για την ολοκλήρωσή της.

Τέλος θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον τομεάρχη Μελέτης και Σχεδιασμού του Ορυχείου Αμυνταίου του Λιγνιτικού Κέντρου Δυτικής Μακεδονίας κ. Ο. Σούλη, για την πολύτιμη βοήθεια και συνεργασία που μου προσέφερε. Ευχαριστίες προς τον Διδάκτορα κ. Χ. Ρούμπο Μεταλλειολόγο Μηχανικό του τομέα Μελετών της ΔΕΗ, για την αρχική ιδέα του θέματος της διπλωματικής εργασίας και την συνεργασία. Κλείνοντας θα ήθελα να ευχαριστήσω την κ. Ε. Καλογήρου και τον κ. Σ. Μαυριγιαννάκη, επιστημονικούς συνεργάτες του Εργαστηρίου Μηχανικής Πετρωμάτων για τη στήριξη κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της εργασίας και για τις εύστοχες παρατηρήσεις τους.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περιεχόμενα	iv
1 Εισαγωγή	1
2 Εκμετάλλευση ελληνικών λιγνιτικών κοιτασμάτων	5
2.1 Γένεση και φύση των λιγνιτών	5
2.2 Ελληνικοί λιγνίτες	5
2.3 Οι χρήσεις του λιγνίτη στην Ελλάδα	6
2.4 Αποθέματα και παραγωγή λιγνίτη στην Ελλάδα	10
2.5 Γεωλογία των ορυχείων της περιοχής Αμυνταίου	14
2.5.1 Σχηματισμοί υποβάθρου	14
2.5.2 Νεογενή ιζήματα	15
2.5.3 Κατώτερος ορίζοντας	16
2.5.4 Ανώτερος ορίζοντας	16
2.5.5 Τεταρτογενείς αποθέσεις	17
2.5.6 Σχηματισμός προαστίου	17
2.5.7 Σχηματισμοί Περδίκας	17
2.5.8 Σύγχρονες αποθέσεις	17
3 Μοντελοποίηση πολυστρωματικών λιγνιτικών κοιτασμάτων με τη βοήθεια H/Y	18
3.1 Γενικά	18
3.2 Μεθοδολογία αξιολόγησης λιγνιτικών στρωμάτων	19
3.3 Μοντελοποίηση λιγνιτικών κοιτασμάτων με τη βοήθεια H/Y	25
3.3.1 Μηχανογραφική διαχείριση βασικού αρχείου γεωτρήσεων	28
3.3.2 Δημιουργία και αξιοποίηση του μοντέλου ενός λιγνιτικού κοιτάσματος.	31
3.3.3 Αξιοποίηση μοντέλου λιγνιτικού κοιτάσματος	34
3.4 Κριτική της μεθόδου	37
4 Αξιολόγηση κοιτασματολογικών γεωτρήσεων Ορυχείου Αμυνταίου	38
4.1 Εισαγωγή	38
4.2 Πρωτογενές αρχείο γεωτρήσεων Ορυχείου Αμυνταίου	40
4.2.1 Πυρηνοληψία, περιγραφή πυρήνων γεωτρήσεων, δειγματοληψία	40
4.2.2 Κωδικοποίηση, καταγραφή στοιχείων	44
4.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά λιγνιτών	45

4.3.1	Σύσταση των λιγνιτών.....	45
4.3.2	Εργαστηριακοί προσδιορισμοί ποιότητας λιγνιτών	45
4.3.3	Τέφρα	47
4.3.4	Υγρασία.....	48
4.3.5	Θερμαντική ικανότητα	48
4.4	Περιγραφή διαδικασίας αξιολόγησης γεωτρήσεων.....	51
4.4.1	Κριτήρια αξιολόγησης	52
4.4.2	Δημιουργία ενδεικτικού μοντέλου κοιτάσματος.....	54
4.4.3	Υπολογισμός ΚΘΔ στείρων ενδιαμέσων του ενδεικτικού κοιτάσματος.....	55
4.4.4	Εναλλακτικά σενάρια αξιολόγησης	57
4.4.5	Στατιστική επεξεργασία σεναρίων αξιολόγησης	57
4.4.6	Ενδεικτική ογκομέτρηση τμήματος του κοιτάσματος.....	63
5.	Συμπεράσματα-Προτάσεις.....	67
	Βιβλιογραφία	70
	Παράρτημα Α	71
	Παράρτημα Β	88
	Παράρτημα Γ.....	91

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Από όλα τα ορυκτά καύσιμα, οι γαιάνθρακες διαθέτουν παγκοσμίως τα μεγαλύτερα αποθέματα, τα οποία επαρκούν για εκατοντάδες χρόνια. Αντίθετα, τα αποθέματα πετρελαίου και φυσικού αερίου περιορίζονται για μερικές μόνο δεκαετίες. Είναι χαρακτηριστικό ότι η παραγωγή λιγνίτη στον ευρωπαϊκό χώρο κατά το έτος 2000 ήταν $542 \cdot 10^6$ tn. Οι κύριες λιγνιτοπαραγωγικές χώρες εντοπίζονται στην Κεντρική και Ανατολική Ευρώπη και είναι οι παρακάτω: Γερμανία, Πολωνία, Τουρκία, Ελλάδα, Δημοκρατία της Τσεχίας, Ομοσπονδιακή Δημοκρατία της Γιουγκοσλαβίας, Βουλγαρία, Ρουμανία, Ουγγαρία και Ισπανία (Σχήμα 1.1). Το ποσοστό με το οποίο συμμετέχει ο λιγνίτης στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στην Ελλάδα την κατατάσσει στη δεύτερη θέση ανάμεσα στις κύριες λιγνιτοπαραγωγικές χώρες μαζί με την Τσεχία με ποσοστό συμμετοχής 69% ενώ ακολουθεί η Γιουγκοσλαβία με ποσοστό 66% (Σχήμα 1.2).

Ο λιγνίτης που εξορύσσεται από τις διάφορες χώρες συνήθως δεν εξάγεται αλλά αντίθετα χρησιμοποιείται από τις ίδιες. Η χρησιμοποίηση αυτή γίνεται κοντά στα σημεία όπου βρίσκονται τα αποθέματά του. Κατά 90 % χρησιμοποιείται σε εργοστάσια παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας που βρίσκονται σε άμεση γειτνίαση με τα ορυχεία εξόρυξής του. Αυτό συμβαίνει γιατί ο λιγνίτης έχει χαμηλή θερμαντική ικανότητα που σημαίνει ότι είναι αντισυμβατική η μεταφορά του σε μεγάλες αποστάσεις.

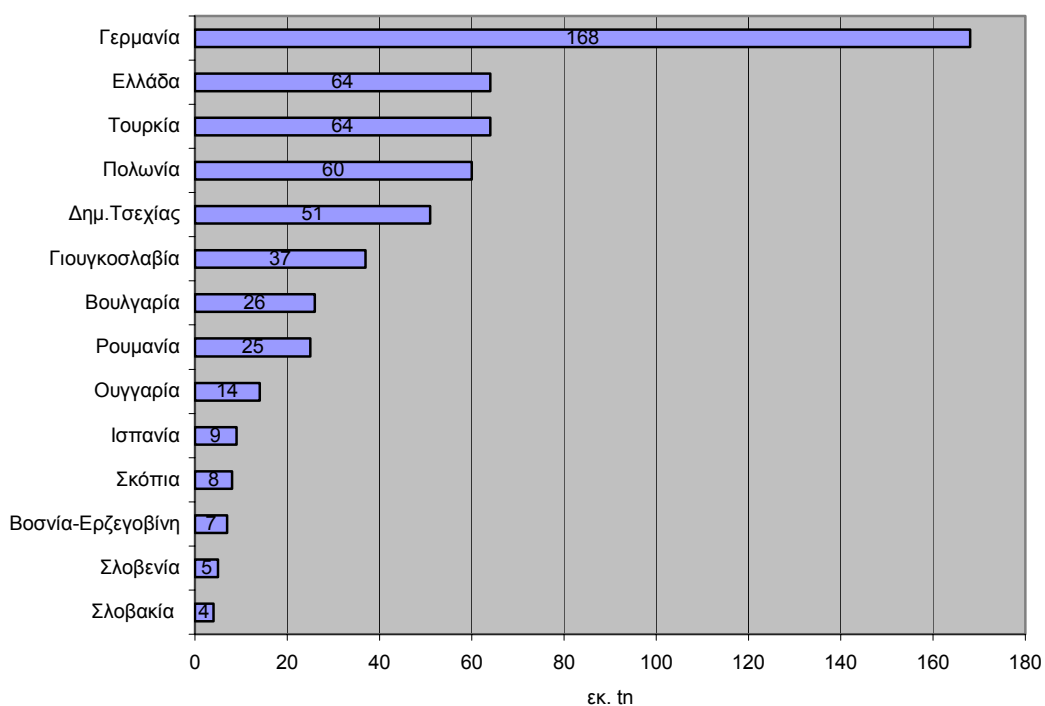
Σε χώρες όπου η παραγωγή του λιγνίτη είναι πολύ μεγάλη, το ποσοστό συμμετοχής του λιγνίτη στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας είναι σημαντικό. Έτσι, όπως προαναφέρθηκε, στην Ελλάδα το 69% της παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας το έτος 2000 προήλθε από το λιγνίτη. Το ποσοστό εξαγωγής του εξορυσσόμενου λιγνίτη είναι πολύ μικρό, μόλις το 1% εξάγεται παγκοσμίως. Αντίθετα το ποσοστό αυτό για το πετρέλαιο φτάνει το 57%, για το φυσικό αέριο το 20% και για τον άνθρακα το 13%.

Η έρευνα για εξηλεκτρικές χρήσεις και η έρευνα για τον εξευγενισμό των στερεών καυσίμων συνεχίζεται εδώ και αρκετά χρόνια με εντονότερους ρυθμούς σε παγκόσμια κλίμακα. Σε χώρες όπως η Γερμανία και η Αμερική, η εξαερίωση (gasification), η υγροποίηση του άνθρακα (liquefaction), αλλά και η παραγωγή και καύση εξευγενισμένων λιγνιτικών αιωρημάτων (coal slurries), είναι τεχνολογίες έτοιμες πια για εφαρμογή, που αναμένουν ωστόσο τις κατάλληλες οικονομικές συγκυρίες για την ευρεία εφαρμογή τους.

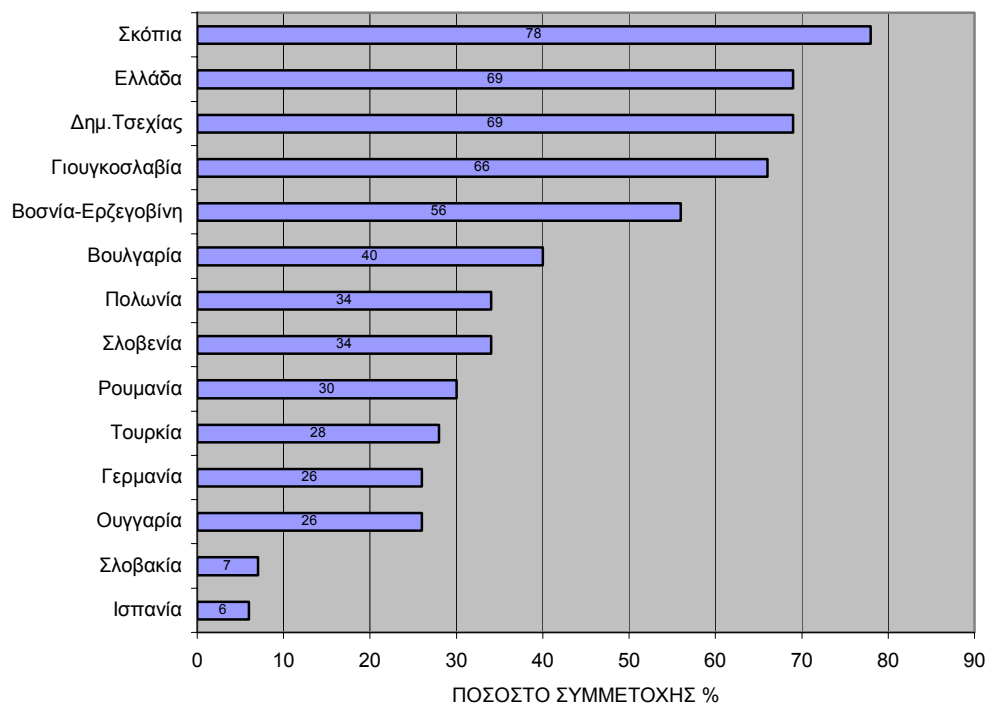
Οι βασικές διεργασίες με τις οποίες επιτυγχάνεται ο εξευγενισμός του λιγνίτη είναι οι παρακάτω:

- Ξήρανση-μπρικετοποίηση
- Εξανθράκωση
- Εξαερίωση
- Υδρογόνωση
- Εμπλουτισμός

Επειδή δεν επιδέχονται όλα τα κοιτάσματα εξευγενισμό, πολύ συχνά μοναδικός τρόπος αξιοποίησής τους είναι η καύση τους η οποία με τη σειρά της οδηγεί στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.



Σχήμα 1.1: Κύριες λιγνιτοπαραγωγές ευρωπαϊκές χώρες (Στατιστικά στοιχεία ΛΚΔΜ).



Σχήμα 1.2: Συμμετοχή του λιγνίτη στη παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας στον ευρωπαϊκό χώρο (Στατιστικά στοιχεία ΛΚΔΜ).

Στον ΑΗΣ Αμυνταίου-Φιλώτα, ο οποίος τροφοδοτείται αποκλειστικά από το Ορυχείο Αμυνταίου, εμφανίζονται προβλήματα καύσης που οφείλονται κυρίως στην παρουσία σκληρών αποξεστικών ορυκτών (χαλαζίας) στην τέφρα των λιγνιτών και στις ενδιάμεσες στείρες ενστρώσεις που συναπολαμβάνονται και δημιουργούν σημαντικές μηχανικές φθορές στα σφυριά και στις πλάκες των μύλων, στους αυλούς του λέβητα και στο σύστημα αποκομιδής της τέφρας. Τα προβλήματα, αυτά, συνδυαζόμενα με το πολύ φτωχό λιγνίτη και τη σχετική υψηλή σχέση αποκάλυψης, έχουν σαν αποτέλεσμα την παραγωγή κιλοβατώρας με το υψηλότερο κόστος απ' όλους τους άλλους ΑΗΣ (Γαλετάκης, 1996).

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο επαναπροσδιορισμός των ποιοτικών χαρακτηριστικών, συγκεκριμένα της ΚΘΔ, του λιγνιτικού κοιτάσματος του Ορυχείου Αμυνταίου. Κατά τη φάση της ανάπτυξης του Ορυχείου ένα από τα κυριότερα προβλήματα που εμφανίστηκαν ήταν η απόκλιση της τιμής της ΚΘΔ των απολογιστικών στοιχείων του ΑΗΣ και των υπολογιζόμενων στοιχείων του Ορυχείου.

Το πρώτο μέρος της εργασίας περιλαμβάνει εισαγωγικά γεωλογικά και στατιστικά στοιχεία για το Ορυχείο Αμυνταίου και την ευρύτερη περιοχή. Περιγράφεται η χρήση του λιγνίτη για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας και η σημασία του για την ελληνική οικονομία.

Στο δεύτερο μέρος γίνεται περιγραφή της λειτουργίας και της δομής του λογισμικού προγράμματος προσδιορισμού και ελέγχου ποιότητας λιγνιτικών κοιτασμάτων, METAL.

Στη συνέχεια, στο τρίτο μέρος αναφέρεται η διαδικασία αξιολόγησης πυρήνων δειγματοληπτικών γεωτρήσεων (Παράρτημα Α). Αρχικά αναφέρονται: η δειγματοληψία, η πυρηνοληψία, η καταγραφή των στοιχείων, οι εργαστηριακοί προσδιορισμοί των ποιοτικών χαρακτηριστικών του λιγνίτη, όπως η περιεχόμενη τέφρα, υγρασία και η ΚΘΔ. Έπειτα γίνεται επαναπροσδιόριση των κριτηρίων αξιολόγησης και το βέλτιστο “σετ” κριτηρίων, μετά από στατιστική ανάλυση, χρησιμοποιείται στην ενδεικτική ογκομέτρηση όπου και εξάγονται τα αποτελέσματα.

Στο τελευταίο μέρος της εργασίας παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και προτείνονται εναλλακτικά κριτήρια αξιολόγησης και περαιτέρω μελέτη των ποιοτικών χαρακτηριστικών του λιγνίτη και των στείων υλικών.

2 ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΗ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΛΙΓΝΙΤΙΚΩΝ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ

2.1 Γένεση και φύση των λιγνιτών

Οι λιγνίτες ανήκουν στα στερεά ορυκτά καύσιμα με τη γενική ονομασία γαιάνθρακες. Οι γαιάνθρακες δημιουργήθηκαν μέσω μιας σειράς διεργασιών, όπου φυτικά υπολείμματα υπέστησαν ενανθράκωση. Αποτέλεσμα της ενανθράκωσης ήταν ο εμπλουτισμός των φυτικών υπολειμμάτων σε άνθρακα. Η ενανθράκωση εξαρτάται από τρεις κυρίως παράγοντες (Παπανικολάου, 2004):

- το γεωλογικό χρόνο,
- τη θερμοκρασία,
- την πίεση.

Αρχικό στάδιο ενανθράκωσης θεωρείται η τύρφη, ενώ τελικό στάδιο (με υψηλότερο ποσοστό άνθρακα) θεωρείται ο ανθρακίτης. Για τη μετάβαση από την τύρφη στον ανθρακίτη απαιτείται μια σειρά μεταβολών στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των συστατικών των γαιανθράκων. Η μείωση της περιεκτικότητας σε οξυγόνο και υδρογόνο, η αύξηση της περιεκτικότητας σε άνθρακα, η αύξηση του ποσοστού των ατόμων του άνθρακα που είναι συνδεδεμένα σε αρωματικούς δακτυλίους και η μείωση των πτητικών συστατικών είναι μερικές από τις μεταβολές.

Οι λιγνίτες σχηματίστηκαν κατά τα πρώτα στάδια ενανθράκωσης αμέσως μετά την τύρφη. Για το σχηματισμό ενός στρώματος λιγνίτη πάχους 1m έχει υπολογιστεί ότι απαιτείται χρονικό διάστημα 1000 έως 4000 ετών.

Ανάλογα με την ποιότητα, την ηλικία και τις συνθήκες σχηματισμού τους μπορεί να είναι συμπαγείς, σκληροί ή εύθρυπτοι-μαλακοί και να έχουν χρώμα καφέ-μαύρο έως ανοιχτό καφέ. Σε φυσική κατάσταση έχουν μεγάλο ποσοστό υγρασίας που φθάνει μέχρι το 60%. Από την καύση του λιγνίτη παράγεται θερμότητα που αφήνει ως κατάλοιπο τέφρα, δηλαδή στάχτη. Η θερμότητα αυτή λέγεται θερμογόνος δύναμη και μετράται σε θερμίδες (1200-7000 kcal/kg). Το θερμιδικό περιεχόμενο των λιγνιτών είναι 3 έως 7 φορές μικρότερο του λιθάνθρακα και 5 έως 10 φορές μικρότερο από αυτό του πετρελαίου.

2.2 Ελληνικοί λιγνίτες

Κατάλληλες συνθήκες για το σχηματισμό λιγνιτών στον ελλαδικό χώρο συνέτρεξαν κατά περιόδους και κατά περιοχές από τις αρχές του Καινοζωικού αιώνα μέχρι τους πρόσφατους γεωλογικούς χρόνους. Η κύρια φάση λιγνιτογένεσης συμπίπτει με τη Νεοτριτογενή και τη Τεταρτογενή γεωλογική περίοδο. Τα σημαντικότερα κοιτάσματα λιγνίτη αναπτύχθηκαν στις αβαθείς λίμνες και τα έλη κλειστών ενδοηπειρωτικών λεκανών.

Ειδικότερα οι λιγνίτες Πτολεμαΐδας στους οποίους αναφέρεται και η παρούσα εργασία, εντοπίζονται μέσα σε τριτογενή κυρίως λιμναία ή ποτάμια ιζήματα, που στο μεγαλύτερο ποσοστό τους αποτελούνται από μάργες και αργίλους (Αναστόπουλος και Κούκουζας, 1972). Η λιγνιτοφόρα λεκάνη της Πτολεμαΐδας αποτελεί τμήμα μιας ευρύτερης τεκτονικής τάφρου, που αρχίζει Β-ΒΔ από την περιοχή των πρώην Ελληνο-Γιουγκοσλαβικών συνόρων και συνεχίζεται Ν-ΝΑ πέρα από την κωμόπολη της Ελασσόνας. Στη λεκάνη αυτή είναι συγκεντρωμένο το μεγαλύτερο λιγνιτικό δυναμικό της χώρας.

Τα λιγνιτικά κοιτάσματα κατανέμονται σε τρεις επιμέρους περιοχές που συνιστούν την ευρύτερη λιγνιτοφόρο λεκάνη:

- λεκάνη Φλώρινας- Αμυνταίου,
- λεκάνη Πτολεμαΐδας- Κοζάνης,
- λεκάνη Κοζάνης- Σερβίων- Ελασσόνας.

Ο κύριος όγκος των κοιτασμάτων είναι συγκεντρωμένος στην περιοχή Πτολεμαΐδας-Κοζάνης.

Το 19^ο αιώνα και τις πρώτες δεκαετίες του 20^{ου} η εκμετάλλευση του λιγνίτη ήταν ευκαιριακή. Μόνο το 1871 πραγματοποιήθηκε η πρώτη σοβαρή εξυπηρέτηση των αναγκών της χώρας σε καύσιμα με λιγνίτη, εξαιτίας του γαλλογερμανικού πολέμου, όπου ήταν πολύ δύσκολη η εισαγωγή λιθάνθρακα.

Το 1950 η Δ.Ε.Η. ανέλαβε την παραγωγή και τη διανομή ηλεκτρικής ενέργειας σε εθνική κλίμακα. Για το σκοπό αυτό έπρεπε να χρησιμοποιήσει εγχώριες πρωτογενείς ενεργειακές πρώτες ύλες όπως ο λιγνίτης. Η εκμετάλλευση θα έπρεπε να είναι πολύ καλά οργανωμένη, λαμβάνοντας υπόψη τη μικρή θερμογόνο δύναμη του ελληνικού λιγνίτη (1250-2300 kcal/kg), έτσι ώστε να έχει όσο το δυνατόν χαμηλότερο κόστος. Το 1950 άρχισε η ανάπτυξη του κοιτάσματος του Αλιβερίου, σε συνδυασμό με τη λειτουργία ατμοηλεκτρικού σταθμού. Στη συνέχεια άρχισε η εκμετάλλευση του κοιτάσματος της Πτολεμαΐδας (1957), της Μεγαλόπολης (1969) και των Αναργύρων, κοντά στο Αμύνταιο (1982). Τέλος, το 1990 ξεκίνησε η εκμετάλλευση των κοιτασμάτων στην περιοχή της Φλώρινας και της Ελασσόνας. Η παραγωγή λιγνίτη των ορυχείων της Δ.Ε.Η. αυξήθηκε θεαματικά με την πάροδο των ετών.

2.3 Οι χρήσεις του λιγνίτη στην Ελλάδα

Η αξιοποίηση του λιγνίτη έχει συμβάλλει τα μέγιστα στην ενεργειακή ανάπτυξη της χώρας μας, που σημαίνει ότι έχει διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην οικονομική της ανάπτυξη τα τελευταία 40 χρόνια. Με τον τρόπο αυτό στηρίζει το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ΔΕΗ διαθέτει συνολικά 21 λιγνιτικές μονάδες οι οποίες αποτελούν το 50% περίπου της συνολικά εγκατεστημένης ισχύος στην Ελλάδα. Το έτος 2000 η ηλεκτρική ενέργεια από την αξιοποίηση του λιγνίτη ανήλθε στο 70,6% της ενέργειας που συνολικά παράγεται στη χώρα. Με τη συμμετοχή αυτή επιτεύχθηκε εξοικονόμηση στο εισαγόμενο πετρέλαιο, αξίας 250 δισεκατομμυρίων δραχμών περίπου. Το υπόλοιπο 29,4% της παραγόμενης ενέργειας προήλθε από κάποιες άλλες πηγές και συγκεκριμένα από τα υδροηλεκτρικά έργα, το φυσικό αέριο και από το πετρέλαιο. Η υδροηλεκτρική ενέργεια κάλυψε το 11,6% των ενεργειακών αναγκών της Ελλάδος, παρόλο που η εγκατεστημένη ισχύς των διασυνδεδεμένων δικτύων της ΔΕΗ φτάνει τα 2524 MW. Αυτό σημαίνει ότι η υδροηλεκτρική ενέργεια θα έπρεπε να καλύπτει το 29% των ενεργειακών αναγκών της Ελλάδος. Το πετρέλαιο κάλυψε το 8,8% των ενεργειακών αναγκών και το φυσικό αέριο το 9,0% (Παπανικολάου, 2004).

Στην Ελλάδα ο λιγνίτης χρησιμοποιείται κυρίως για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας δεδομένου ότι αποτελεί τη σημαντικότερη πρωτογενή πηγή ενέργειας. Το 30% περίπου της συνολικής ενεργειακής κατανάλωσης στην Ελλάδα βασίζεται στη χρήση λιγνίτη. Η συμμετοχή όλων των ενεργειακών πηγών στο ενεργειακό ισοζύγιο της χώρας φαίνεται στον Πίνακα 2.1. Ένα πολύ μικρό ποσοστό (0,50%) διατίθεται για παραγωγή μπρικόττας και ξηρού λιγνίτη, τα οποία με τη σειρά τους χρησιμοποιούνται για οικιακή και βιοτεχνική χρήση.

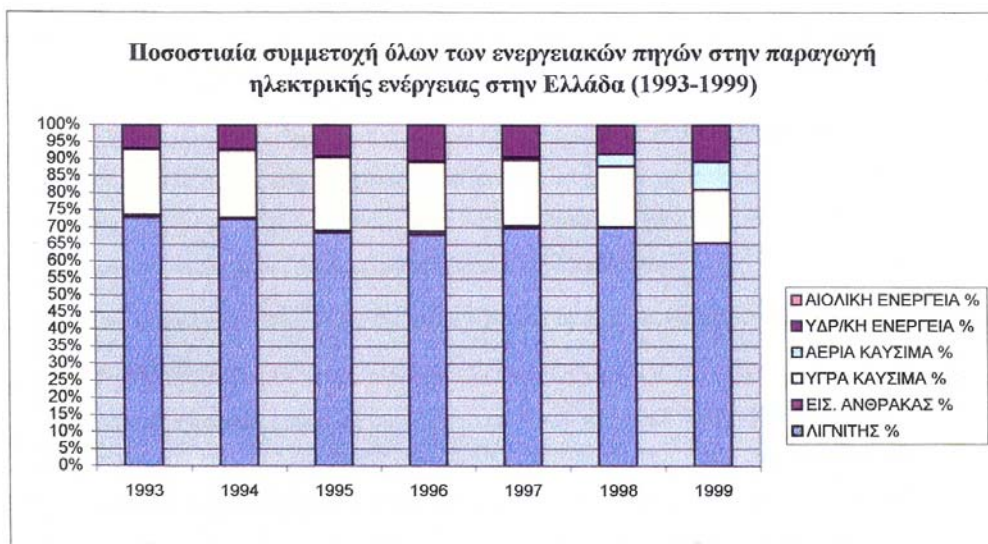
Όπως προαναφέρθηκε, το σύνολο σχεδόν της παραγωγής λιγνίτη χρησιμοποιείται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Εντούτοις, με μικρότερα ποσοστά συμμετέχουν και άλλες πηγές ενέργειας, για παράδειγμα ο άνθρακας, τα υγρά και τα αέρια καύσιμα και η υδροηλεκτρική και αιολική ενέργεια. Το ποσοστό του λιγνίτη που διατίθεται για το συγκεκριμένο σκοπό ακολουθεί κάθε χρόνο ανοδική πορεία. Το ισοζύγιο παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας με όλες τις πηγές που συμμετέχουν, παρουσιάζεται στον Πίνακα 2.2, ενώ στο Σχήμα 2.1 φαίνεται η ποσοστιαία συμμετοχή τους στο εν λόγω ισοζύγιο.

Η χρήση του λιγνίτη για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας εκμεταλλεύεται μόνο το ένα τρίτο περίπου της περιεχόμενης θερμικής ενέργειας. Τα δύο τρίτα που απομένουν αποβάλλονται στην ατμόσφαιρα με τη μορφή θερμικών αποβλήτων. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο γίνονται πολυετείς έρευνες που έχουν ως αντικείμενο την επίτευξη όσο το δυνατόν μεγαλύτερου βαθμού απόδοσης γίνεται. Στις μέρες μας έχει επιτευχθεί βαθμός απόδοσης σε ποσοστό πάνω από 40% ενώ σε περιπτώσεις όπου υπάρχει συνδυασμός κύκλων αναμένεται σε σύντομο χρονικό διάστημα να επιτευχθούν βαθμοί απόδοσης ακόμη και πάνω από 50%.

Πίνακας 2.1: Γενικό ισοζύγιο ενέργειας (1983-1988) (Στατιστικά στοιχεία ΛΚΔΜ).

Έτος	Λιγνίτης		Εισαγόμενος άνθρακας		Υγρά καύσιμα		Αέρια καύσιμα		Υδρο-ηλεκτρική ενέργεια		Ανανεώσιμες πηγές		Σύνολο 1000 ΤΙΠ
	1000 ΤΙΠ*	%	1000 ΤΙΠ*	%	1000 ΤΙΠ*	%	1000 ΤΙΠ*	%	1000 ΤΙΠ*	%	1000 ΤΙΠ*	%	
1983	4.095	24,48	823	4,92	10.644	63,64	70	0,42	1.094	6,54	-	-	16.726
1984	4.110	23,43	1.146	6,53	10.790	61,52	77	0,44	1.416	8,07	-	-	17.539
1985	4.894	27,10	1.189	6,58	10.978	63,64	72	0,40	927	5,13	-	-	18.060
1986	5.040	28,22	1.159	6,49	10.354	61,52	99	0,55	1.205	6,75	-	-	17.857
1987	5.764	30,78	1.035	5,53	10.862	60,79	113	0,60	951	5,08	-	-	18.725
1988	6.462	32,59	966	4,87	11.536	57,98	135	0,68	732	3,69	-	-	19.831
1989	7.118	32,77	861	3,96	12.936	58,01	136	0,63	668	3,08	-	-	21.719
1990	7.140	32,66	926	4,24	12.937	59,17	139	0,64	721	3,30	-	-	21.863
1991	6.752	30,40	1.015	4,57	13.300	59,87	139	0,63	1.008	4,54	-	-	22.214
1992	6.854	30,41	1.252	5,55	13.528	60,02	127	0,56	779	3,46	-	-	22.540
1993	7.148	31,95	956	4,27	13.315	59,51	93	0,42	862	3,85	-	-	22.374
1994	7.489	32,44	947	4,10	13.789	59,73	47	0,20	815	3,53	-	-	23.087
1995	7.421	31,58	970	4,13	13.897	59,14	44	0,19	1.167	4,97	-	-	23.499
1996	6.995	28,02	974	3,90	14.880	59,60	54	0,22	1.412	5,66	650	2,60	24.965
1997	7.701	29,15	865	3,27	15.054	56,99	186	0,70	1.583	5,99	1.027	3,89	26.416
1998	8.098	29,30	833	3,01	15.497	56,07	813	2,94	1.372	4,96	1.027	3,72	27.640

*ΤΙΠ = Τόννοι Ισοδύναμου Πετρελαίου



Σχήμα 2.1: Ποσοστιαία συμμετοχή ενεργειακών πηγών (Στατιστικά στοιχεία ΛΚΔΜ).

Πίνακας 2.2: Ισοζύγιο παραγόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (1983-1999) (Στατιστικά στοιχεία ΛΚΔΜ).

Έτος	Λιγνίτης		Εισαγόμενος άνθρακας		Υγρά καύσιμα		Αέρια καύσιμα		Υδρο-ηλεκτρική ενέργεια		Αιολική ενέργεια		Σύνολο
	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%	GWh	%	
1993	27581	72,91	214	0,57	7317	19,34	79	0,21	2589	6,84	48	0,13	37828
1994	29432	72,39	146	0,36	8086	19,89	80	0,20	2879	7,08	37	0,09	40660
1995	28431	68,37	266	0,64	8963	21,55	75	0,18	3816	9,18	34	0,08	41585
1996	28859	67,75	438	1,03	8640	20,28	78	0,18	4542	10,66	38	0,09	42595
1997	30347	69,76	282	0,65	8412	19,34	332	0,76	4096	9,42	36	0,08	43505
1998	32397	69,93	45	0,10	8238	17,78	1713	3,70	3866	8,34	70	0,15	46329
1999	29210	65,2	-	-	7020	15,67	3692	8,20	4799	10,7	56	0,10	44777

2.4 Αποθέματα και παραγωγή λιγνίτη στην Ελλάδα

Η παραγωγή λιγνίτη κατατάσσει την Ελλάδα μεταξύ των δέκα πρώτων χωρών με τη μεγαλύτερη παραγωγή. Στη χώρα μας υπάρχουν αποθέματα λιγνίτη που πλησιάζουν τα 4 δις εκατομμύρια τόνους περίπου. Αυτά εξορύσσονται με τη μέθοδο της υπαίθριας εκμετάλλευσης. Η συνολική παραγωγή λιγνίτη προέρχεται από τα παρακάτω λιγνιτικά κέντρα (Παπανικολάου, 2004):

- Από το Λιγνιτικό Κέντρο Δυτικής Μακεδονίας (ΛΚΔΜ) το οποίο είναι και το μεγαλύτερο σε έκταση. Βρίσκεται στη Βόρεια Ελλάδα και διαθέτει αποθέματα που υπολογίζονται στα 2 δις εκατομμύρια τόνους.
- Από το Λιγνιτικό Κέντρο Μεγαλόπολης (ΛΚΜ). Βρίσκεται στην Κεντρική Πελοπόννησο και διαθέτει αποθέματα της τάξης των 300 εκατομμυρίων τόννων.

Σημαντικά αποθέματα λιγνίτη εκτός από τις προαναφερθείσες περιοχές, υπάρχουν στην περιοχή της Δράμας (περίπου 900 εκατομμύρια τόνοι), στην περιοχή της Ελασσόνας (περίπου 150 εκατομμύρια τόνοι), στην περιοχή της Φλώρινας (357 εκατομμύρια τόνοι) και στα Κομνηνά (262 εκατομμύρια τόνοι). Από αυτά δεν είναι όλα υπό εκμετάλλευση, παρά μόνο αυτό της Φλώρινας.

Αναλυτικά τα αρχικά, εξορυχθέντα και απομένοντα αποθέματα μαζί με τις αντίστοιχες εκσκαφές αλλά και η ποιότητα του απομένοντα λιγνίτη και η γενική σχέση εκμετάλλευσης αυτού, αναγράφονται στον Πίνακα 2.3.

Πίνακας 2.3: Λιγνιτικά αποθέματα στον ελλαδικό χώρο για το έτος 2002 (Στατιστικά στοιχεία ΛΚΔΜ).

Λιγνιτικά πεδία	Εκσκαφές (m ³ x 10 ⁶)			Αποθέματα (Tn x 10 ⁶)			Γενική σχέση εκμ/σης απομ/νοντα (m ³ /tn)	Ποιότητα του απομ/νοντα λιγνίτη		
	Αρχικά	Εξορ/θέντα	Απομ/νοντα 1.1.02	Αρχικά	Εξορ/θέντα	Απομ/νοντα 1.1.02		Τέφρα επί ξηρού (%)	Υγρασία ως έχει (%)	Κατωτέρα θερμική ικανότητα (Kcal/ Kg)
ΛΚΔΜ	19053,7	3960,1	15093,6	3066,3	953,9	2112,5	6,3	32,9	51,9	1351
ΛΚΜ	1390,4	696,3	694,1	530,8	259,5	271,3	1,7	38,2	60	1018
Φλώρινα	3399,98	34068	3365,9	360,9	3,8	357,5	8,7	40,3	38,2	1871
Ελασσόνα	935	0	935	145,5	0	145,5	5,6	34,9	40,3	1932
Δράμα	6150	0	6150	900	0	900	6,9	39	57,8	1045
Αλιβέρι	39,5	39,5	0	18,6	18,6	0	0	0	0	0
Σύνολο	30968,58	38763,9	26238,6	5022,1	1235,8	3786,8	29,2	185,3	248,2	7217

Στον Πίνακα 2.4 παρατίθεται η ποιότητα του λιγνίτη έτσι όπως αυτός εμφανίζεται στα διάφορα κοιτάσματα και ορυχεία της Ελλάδας.

Πίνακας 2.4: Ποιότητα διαφόρων κοιτασμάτων λιγνίτη στην Ελλάδα (Στατιστικά στοιχεία ΛΚΔΜ).

Λιγνιτικά αποθέματα	Κατωτέρα θερμαντική ικανότητα (kcal/Kg)	Τέφρα ως έχει (%)	Υγρασία (%)
Πτολεμαΐδα	1300	15,1	52,6
Αμύνταιο	1160	16,4	54,7
Μεγαλόπολη	1050	15,5	57,9
Φλώρινα	1900	17,0	42,0
Δράμα	1030	16,0	59,0
Ελασσόνα	2060	19,0	41,0

Την τελευταία πενταετία (2000-2004), στην Πτολεμαΐδα, στα πέντε συνολικά ορυχεία που διαθέτει, αλλά και στο Λιγνιτικό Κέντρο Μεγαλόπολης τα απολογιστικά στοιχεία παραγωγής λιγνίτη (σε εκ. tn) παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.5:

Πίνακας 2.5: Απολογιστικά στοιχεία παραγωγής λιγνίτη (ΔΕΗ, 2006).

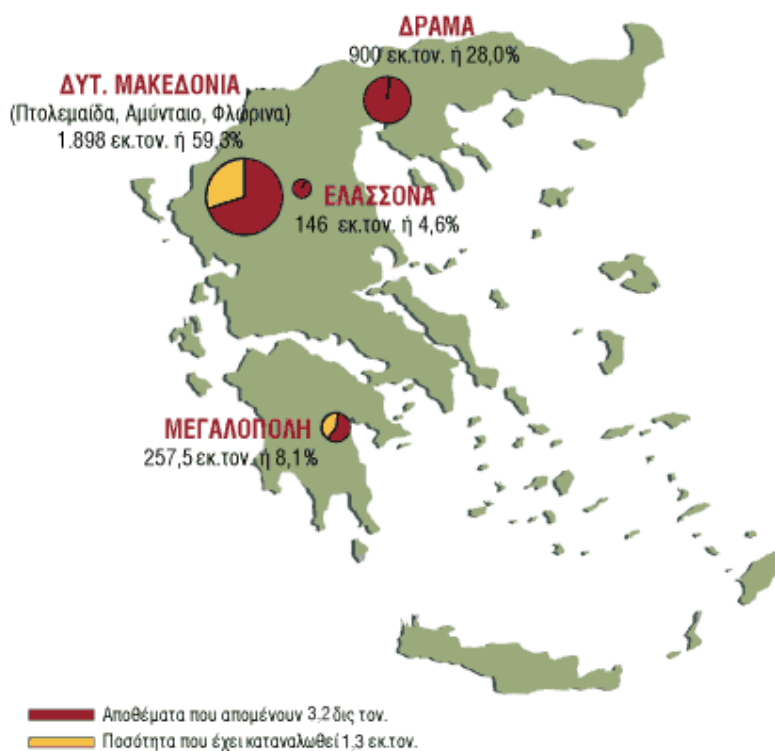
ΕΤΟΣ	ΛΚΔΜ (10 ⁶ tn)	ΛΚΜ (10 ⁶ tn)	ΣΥΝΟΛΟ (10 ⁶ tn)
2000	50.83	12.48	63.31
2001	51.73	14.44	66.17
2002	-	-	70.30
2003	-	-	68.12
2004	54.45	14.5	69.90

Συγκεκριμένα για το Πεδίο Αμυνταίου και ανά σύστημα εκμετάλλευσης (πάγιος εξοπλισμός και μικτή εκμετάλλευση του Πεδίου Αναργύρων) τα αντίστοιχα στοιχεία φαίνονται στον Πίνακα 2.6 (για την περίοδο 2000-2004).

Πίνακας 2.6: Απολογιστικά στοιχεία παραγωγής λιγνίτη για τα Πεδία Αμυνταίου και Αναργύρων (Στατιστικά στοιχεία ΛΚΔΜ).

Έτος	Πεδίο Αμυνταίου (10 ³ tn)	Πεδίο Αναργύρων (10 ³ tn)
2000	7775	1049
2001	7943	616
2002	7915	661
2003	8192	846
2004	7821	699

Στο Σχήμα 2.2 παρουσιάζεται μια γενική εικόνα κατανομής των κοιτασμάτων στον ελληνικό χώρο για τις περιοχές Δράμα, Ελασσόνα, Μεγαλόπολη και Δυτική Μακεδονία.



Σχήμα 2.2: Λιγνιτικά κοιτάσματα στον ελληνικό χώρο (ΔΕΗ, 2006).

2.5 Γεωλογία των ορυχείων της περιοχής Αμυνταίου

Η λιγνιτοφόρος περιοχή Αμυνταίου δεν διαφέρει γεωλογικά από τη λιγνιτοφόρο περιοχή Πτολεμαΐδας. Πρόκειται για την ίδια γεωλογική ενότητα, που η συνέχειά της έχει διακοπεί λόγω νεότερων, μεγάλης κλίμακας, τεκτονικών διαταράξεων, που έλαβαν δράση κατά τη διάρκεια της τεταρτογενούς περιόδου. Επιμήκεις και βαθιές τάφροι (όπως της Άρδασσας-Πτολεμαΐδας-Βεγορίτιδας) αλλά και τεκτονικά εξάρματα (όπως του Μπορντώ-Φιλώτα) συνέβαλαν στη διακοπή της συνέχειας των δύο λιγνιτοφόρων περιοχών.

Τα λιγνιτοφόρα ιζήματα της περιοχής Αναργύρων αποτελούν μέρος της παχιάς νεογενούς σειράς ιζημάτων, που καλυμμένα, σχεδόν στο σύνολό τους, από τεταρτογενείς ποταμολιμναίους σχηματισμούς καταλαμβάνουν ολόκληρη περίπου την έκταση του τεκτονικού βυθίσματος Χειμαρίτιδας-Πετρών Αμυνταίου.

Η γεωλογική ανάλυση της ευρύτερης περιοχής σε συνδυασμό με τα λιθοστρωματογραφικά στοιχεία που προέκυψαν από την εξέταση των πυρήνων των γεωτρήσεων, κατεύθυναν την κοιτασματολογική έρευνα και συντέλεσαν στην εντόπιση και στην πλήρη γνώση του λιγνιτικού κοιτάσματος.

Ακολουθεί μία παράθεση των γεωλογικών χαρακτήρων του λιγνιτικού κοιτάσματος και μια εκτενής αναφορά στα λιθοστρωματογραφικά δεδομένα των νεογενών και τεταρτογενών ιζημάτων της στενής περιοχής του κοιτάσματος.

2.5.1 Σχηματισμοί υποβάθρου

Το υπόβαθρο και τα περιθώρια της πληρωμένης με νεογενή και τεταρτογενή ιζήματα επιμήκους λεκάνης Πτολεμαΐδας-Αμυνταίου, αποτελούνται από προμεσοζωϊκούς και μεσοζωϊκούς σχηματισμούς μεταμορφωμένους και μη.

Τα δυτικά και βόρεια περιθώρια (Σινιάτσικο όρος και πρόβουνι) συγκροτούνται από σύστημα παλαιοζωϊκών-προπαλαιοζωϊκών κρυσταλλοσχιστοδών πετρωμάτων (κρυσταλλοσχιστώδης μάζα Δ. Μακεδονίας ή αλλιώς, κρυσταλλοσχιστώδες υπόβαθρο Πελαγονικής ζώνης) ποικίλης πετρολογικής σύστασης (γνεύσιοι, κρυσταλλικοί σχιστόλιθοι, χαλαζίτες, φυλλίτες) και ποικίλου βαθμού μεταμορφώσεως (μαρμαρυγικοί, αμφιβολιτικοί σχιστόλιθοι, αργιλικοί, σερικιτικοί, χλωριτικοί σχιστόλιθοι).

Τα ανατολικά και βόρεια περιθώρια (Βέρμιο όρος και πρόβουνι) συγκροτούνται από τους σχηματισμούς του μεσοζωϊκού καλύμματος της Πελαγονικής ζώνης. Διακρίνονται κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι τριαδικοΐουρασιακής ηλικίας, σχιστοκερατόλιθοι με οφιόλιθους μεσοΐουρασιακής ηλικίας απολιθωματοφόροι ασβεστόλιθοι μέσω-άνω κρητιδικής ηλικίας-σε ασυμφωνία με τα προηγούμενα-και η σειρά κλίνει προς τα πάνω με τον μαϊστρίχτιο φλύσχη.

Μεταπλειοκαινικά ρήγματα μεγάλου άλματος που δημιούργησαν τα τεκτονικά εξάρματα εσωτερικά της λεκάνης, έχουν ανυψώσει μέχρι την επιφάνεια, τεμάχια του υποβάθρου που εμφανίζονται τοπικά (ανατολικά της Λακκιάς, δυτικά του Περδίκας) και καταλαμβάνουν μικρή επιφανειακή έκταση.

Οι κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι της Λακκιάς βυθίζονται, με κλίση περίπου 40°, προς τα δυτικά. Όμως στη στενή περιοχή του κοιτάσματος Αναργύρων το υπόβαθρο, τόσο λόγω κλίσεως όσο και λόγω σειράς κλιμακωτών μεταπτώσεων, βυθίζεται, με αποτέλεσμα να μη συναντιέται σε καμιά από τις γεωτρήσεις που πραγματοποιήθηκαν (Κούκουζας, κ.ά., 1979)

2.5.2 Νεογενή ιζήματα

Με τον όρο νεογενή ιζήματα, αναφερόμαστε στα λιγνιτοφόρα και μη ιζήματα που πλήρωσαν την ευρύτερη λεκάνη μετά τη δημιουργία του τεκτονικού βυθίσματος. Από τη χαρτογράφηση των νεογενών σχηματισμών της ευρύτερης περιοχής και από τη λιθολογική εξέταση των πυρήνων των γεωτρήσεων, τα νεογενή ιζήματα διαχωρίστηκαν σε δύο διακριτούς ορίζοντες, που διαφέρουν μεταξύ τους ως προς την ηλικία, τη σύσταση, αλλά και τον τύπο της λιγνιτοφορίας που φιλοξενούν. Έτσι τα ιζήματα του νεογενούς διαχωρίστηκαν από τα παλαιότερα προς τα νεότερα, σε ιζήματα του κατώτερου και νεότερου νεογενούς.

Στα ιζήματα του κατώτερου νεογενούς εντοπίζεται λιγνιτοφορία τύπου ξυλίτη (λιγνιτοφορία Κομνηνών-Βεγόρας κ.τ.λ.), ενώ στα ιζήματα του ανώτερου νεογενούς εντοπίζεται λιγνιτοφορία τύπου γαιώδους λιγνίτη (λιγνιτοφορία Πτολεμαΐδας-Αναργύρων-Αγ. Χριστοφόρου κ.λ.π.). Σχετικά με την ηλικία των ιζημάτων του ανώτερου νεογενούς, τα στοιχεία που συλλέχθηκαν συνηγορούν και ενισχύουν τις απόψεις των προηγούμενων μελετητών και αυτή προσδιορίζεται ως άνω πλειοκαινική.

Για τα ιζήματα του κατώτερου νεογενούς δεν υπήρξαν στοιχεία που να προσδιορίζουν την ακριβή τους ηλικία. Από λιθοστρωματογραφικές όμως συσχετίσεις, από ηλικιακή πλευρά, τοποθετούνται μεταξύ του κατώτερου πλειόκαινου και του ανώτερου μειόκαινου. Επίσης από στοιχεία έχει προκύψει ότι οι δύο σειρές είναι ασύμφωνες και παρατηρείται κανονική μετάβαση της μιας στην άλλη.

Οι μεταπτώσεις που διαμόρφωσαν κυρίως το εσωτερικό της λεκάνης Πτολεμαΐδας και στις οποίες οφείλεται και ο σχηματισμός των βυθισμάτων των λιμνών Χειμαρίτιδας, Βεγόρας, Ζάζαρι και Πετρών και οι οποίες έλαβαν χώρα μετά την απόθεση των πλειοκαινικών ιζημάτων, είναι διευθύνσεως ΒΑ-ΝΔ. Οι ίδιες μεταπτώσεις συνέβαλαν γενικά στη διαμόρφωση ολόκληρου του ΒΔ τμήματος της λεκάνης Πτολεμαΐδας, μέρος της οποίας είναι και η στενή περιοχή έρευνας του κοιτάσματος Αναργύρων Αμυνταίου (Κούκουζας, κ.ά., 1979).

2.5.3 Κατώτερος ορίζοντας

Είναι ο ορίζοντας που φιλοξενεί τον ξυλίτη. Αποτελείται κυρίως από λεπτόκοκκες άμμους και αργίλους που έχουν ισχυρό αμμούχο χρώμα τεφροκίτρινο-τεφροπράσινο. Συναντάται στην επιφάνεια, λόγω μεταπτώσεων, στις περιοχές Φιλώτα, Λακκιά, στο υψίπεδο του Μπορντώ, στην περιοχή των Κομνηνών, στο λιγνιτορυχείο Βεγόρας κ.λ.π.

Στο ΝΑ τμήμα του κοιτάσματος Αναργύρων, διαπιστώθηκε από τις γεωτρήσεις η ύπαρξή του σε μεγάλα βάθη, όπου συναντήθηκε και ξυλίτης μικρού όμως πάχους. Πρόκειται προφανώς για τον ίδιο ορίζοντα της περιοχής Βεγόρας, ο οποίος βυθίζεται σταθερά προς τα δυτικά και με τη συμβολή ισχυρών μεταπτώσεων συναντάται στην περιοχή Αναργύρων σε μεγάλα βάθη (Κούκουζας, κ.ά., 1979).

2.5.4 Ανώτερος ορίζοντας

Συνίσταται από εναλλαγές αμμούχων ασβεστούχων αργίλων έως και ιλυομιγών αργιλούχων μαργών. Συχνά παρουσιάζονται λεπτόκοκκοι άμμοι, αργιλούχοι μαρμαρυγές αλλά και ανθρακομιγείς άργιλοι και στρώματα λιγνίτη.

Στην ευρύτερη περιοχή ο ανώτερος ορίζοντας συναντάται συχνά επιφανειακά λόγω διάβρωσης των υπερκειμένων τεταρτογενών σχηματισμών. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η περιοχή Αγ. Χριστοφόρου, ανατολικά του φράγματος Περδίκια, στα υψώματα ΝΑ των Αναργύρων.

Στην περιοχή των Αναργύρων, ολόκληρη η σειρά του ανώτερου νεογενούς συναντήθηκε από τις γεωτρήσεις και διαπιστώθηκε η λιγνιτοφορία την οποία φιλοξενεί σε μεγάλο πάχος και έκταση. Βορειοανατολικά της περιοχής Αναργύρων, προς την περιοχή Φιλώτα-Λακκιά, το ανώτερο νεογενές αρχίζει με έναν ορίζοντα μαργαϊκού ασβεστόλιθου μέσα στον οποίο απαντούν τα απολιθώματα *blanorbis* και *vinipara*. Ο ορίζοντας αυτός του μαργαϊκού ασβεστόλιθου συναντάται και σε άλλες περιοχές, δεν έχει όμως ούτε σταθερό πάχος ούτε συνεχή εξάπλωση.

Προς το εσωτερικό της λεκάνης ο μαργαϊκός ασβεστόλιθος απολήγει σε τεφροπράσινες μάργες με τα ίδια απολιθώματα. Γενικό χαρακτηριστικό για ολόκληρη τη λεκάνη είναι οι συχνές πλευρικές μεταβάσεις του υλικού ιζηματογενέσεως. Ο μόνος ορίζοντας που επιμένει σε έκταση και στην περιοχή των Αναργύρων αλλά και σε όλο το χώρο της λεκάνης Πτολεμαΐδας που καταλαμβάνεται από τους ανώτερους ορίζοντες του νεογενούς είναι ο γνωστός μαργαϊκός ορίζοντας με το γαστερόποδο *peritina*. Αποτελεί καθοδηγητικό ορίζοντα και είναι ο μόνος στον οποίο μπορεί να στηριχθεί κανείς για ασφαλείς συσχετίσεις (Κούκουζας, κ.ά., 1979).

2.5.5 Τεταρτογενείς αποθέσεις

Οι τεταρτογενείς αποθέσεις καλύπτουν ολόκληρη σχεδόν την επιφάνεια της περιοχής έρευνας Αναργύρων. Εξαίρεση αποτελούν, πολύ περιορισμένης επιφανειακής εκτάσεως περιοχές στα ΝΑ του κοιτάσματος στις οποίες η νεότερη διάβρωση απομάκρυνε τα ιζήματα του τεταρτογενούς με αποτέλεσμα να εμφανίζονται στην επιφάνεια οι υποκείμενοι νεογενείς σχηματισμοί (Κούκουζας, κ.ά., 1979).

2.5.6 Σχηματισμός προαστίου

Συνίσταται από ένα σύστημα ποταμοχειμάρων αποθέσεων που αποτελείται από εναλλαγές χαλαρών κροκαλοπαγών και άμμων με ερυθρά άργιλο. Ο σχηματισμός αυτός στην περιοχή της λεκάνης Αμυνταίου έχει τη μεγαλύτερη του εξάπλωση προς τα Ανατολικά περιθώρια της λεκάνης (αμμωρυχεία Αμυνταίου) και καλύπτει σε ασυμφωνία τους υποκείμενους νεογενείς σχηματισμούς (Κούκουζας, κ.ά., 1979).

2.5.7 Σχηματισμοί Περδίκια

Αποτελούνται από ενστρώσεις λεπτόκοκκης άμμου με εναλλαγές ενστρώσεων αμμούχης αργίλου και μάργας αλλά και από φακοειδείς ενστρώσεις ψηφιδωπαγών και χαλαρών κροκαλοπαγών με κροκάλες μικρού μεγέθους. Η πλήρωση του δυτικού τμήματος της λεκάνης Αμυνταίου (περιοχή κοιτάσματος Αναργύρων) με τα προαναφερθέντα ιζήματα, δεν υπήρξε καθολική. Μεγάλο μέρος της περιοχής, κατά τόπους, παρέμεινε κάτω από τα νερά μέχρι και τους πρόσφατους χρόνους, με αποτέλεσμα να σχηματισθούν μικρές αβαθείς λίμνες οι οποίες πληρώθηκαν από λιμναία ιζήματα. Η όλη περιοχή εξελίχθηκε με την πάροδο του χρόνου σε έλος το οποίο αποξηράνθηκε με τα εγγειοβελτιωτικά έργα που έγιναν. Από τις γεωτρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή του κοιτάσματος Αναργύρων διαπιστώθηκε προς το Δυτικό όριο του κοιτάσματος, μέσα στο σύστημα των λιμναίων τεφρών τεταρτογενών αποθέσεων, η ύπαρξη ορίζοντα τύρφης πάχους 1,40 m και εκτάσεως που δεν υπερβαίνει το 1 τετρ. χλμ. (Κούκουζας, κ.ά., 1979).

2.5.8 Σύγχρονες αποθέσεις

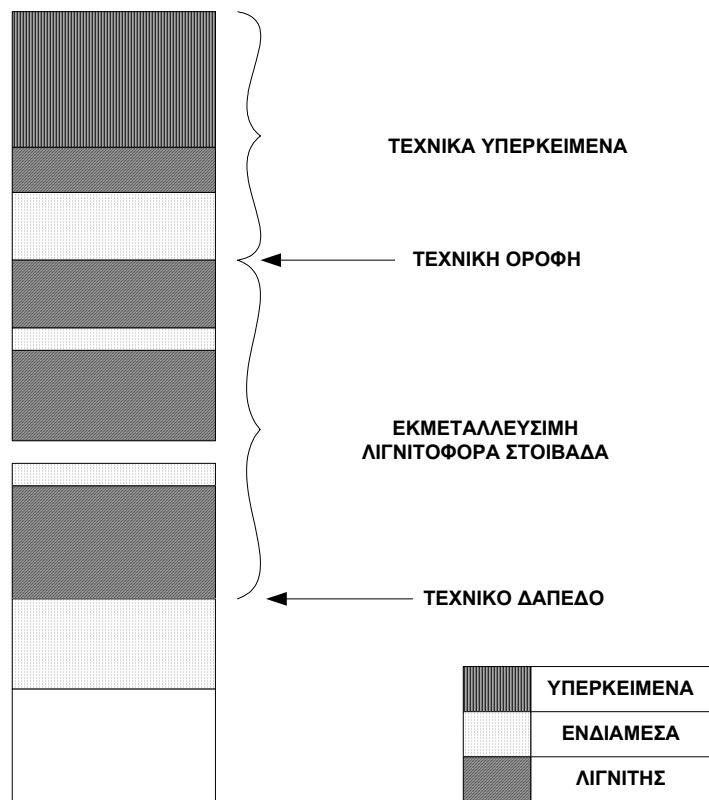
Σε αυτές κατατάσσονται: ο παχύς ελουβιακός μανδύας που αποτελείται από τα προϊόντα της αποσάθρωσης των προϋπαρχόντων σχηματισμών, οι σύγχρονες ποτάμιες προσχώσεις, οι κώνοι κορημάτων και τέλος τα συνάγματα των περιθωρίων της λεκάνης (Κούκουζας, κ.ά., 1979).

3 ΜΟΝΤΕΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΟΛΥΣΤΡΩΜΑΤΙΚΩΝ ΛΙΓΝΙΤΙΚΩΝ ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΒΟΗΘΕΙΑ Η/Υ

3.1 Γενικά

Η ιδιομορφία των λιγνιτικών κοιτασμάτων, δηλαδή η εναλλαγή των λιγνιτικών στρωμάτων ποικίλου πάχους με στρώματα στείρων υλικών, σε συνδυασμό με τους περιορισμούς που επιβάλλονται από τη μέθοδο εκμετάλλευσης που πρόκειται να εφαρμοστεί, οδήγησε στην θέσπιση και εφαρμογή συγκεκριμένων κανόνων αξιολόγησης των λιγνιτικών κοιτασμάτων κατά το αρχικό στάδιο της κοιτασματολογικής μελέτης, που βασίζονται κυρίως στα στοιχεία που προκύπτουν από την γεωτρητική έρευνα (Σχήμα 3.1). Στην αξιολόγηση χρησιμοποιούνται οι ακόλουθοι όροι (Γαλετάκης, 1996):

- Φυσικός λιγνίτης. Εννοείται ο γεωλογικός λιγνίτης, όπως αναγνωρίζεται μακροσκοπικά από τους πυρήνες των γεωτρήσεων και στα μέτωπα εκσκαφής των ορυχείων.
- Τεχνικά απολήψιμος λιγνίτης. Εννοείται ο λιγνίτης που προκύπτει μετά από ενοποίηση διακεκριμένων λιγνιτικών στρωμάτων με ενδιάμεσες στείρες ή ανθρακομιγείς ενστρώσεις, προκειμένου να διαμορφωθούν τα προς εξόρυξη μέτωπα, λαμβάνοντας υπ' όψη τη μέθοδο εκμετάλλευσης και την τεχνολογία εξόρυξης.
- Τεχνική οροφή. Λαμβάνεται η επιφάνεια που βρίσκεται ορισμένα εκατοστά (περίπου 10 cm) κάτω από το πρώτο απολήψιμο στρώμα λιγνίτη.
- Τεχνικά υπερκείμενα. Τα στείρα υλικά ή μη απολήψιμα λιγνιτικά στρώματα που βρίσκονται πάνω από την τεχνική οροφή.
- Τεχνικό δάπεδο. Η επιφάνεια που βρίσκεται ορισμένα εκατοστά (περίπου 10 cm) ψηλότερα από το τελευταίο απολήψιμο λιγνιτικό στρώμα.
- Εκμεταλλεύσιμη λιγνιτοφόρα στιβάδα. Ο όγκος που βρίσκεται μεταξύ τεχνικής οροφής και δαπέδου.



Σχήμα 3.1: Σχηματική απεικόνιση αξιολογήσιμης γεώτρησης (Καραμαλίκης,2004).

3.2 Μεθοδολογία αξιολόγησης λιγνιτικών στρωμάτων

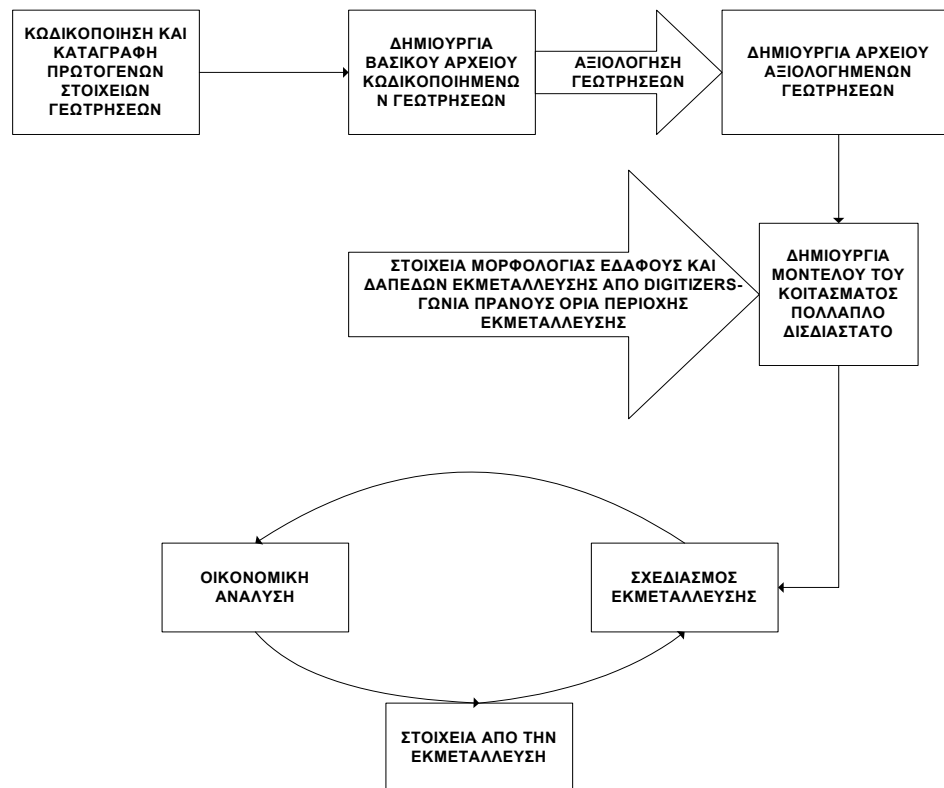
Βασική προϋπόθεση για την ορθή σχεδίαση μιας εκμετάλλευσης ενός λιγνιτικού κοιτάσματος είναι η συλλογή αξιόπιστων και επαρκών στοιχείων που να επιτρέπουν τον καθορισμό των γεωμετρικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών ενός κοιτάσματος στο χώρο, με συγκεκριμένο βαθμό βεβαιότητας. Η συλλογή των στοιχείων γίνεται κατά το στάδιο της εκπόνησης κοιτασματολογικής μελέτης και βασίζεται στο ερευνητικό πρόγραμμα με γεωτρήσεις.

Η διαδικασία συλλογής και αξιολόγησης των στοιχείων των γεωτρήσεων περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- καταγραφή και κωδικοποίηση των πρωτογενών στοιχείων των γεωτρήσεων όπως αυτά συλλέγονται στην ύπαιθρο,
- δημιουργία βάσης δεδομένων, εισαγωγή και έλεγχος ορθότητας των κωδικοποιημένων στοιχείων,
- αξιολόγηση των στοιχείων κάθε γεώτρησης λαμβάνοντας υπ' όψη τους περιορισμούς που επιβάλλονται από την μέθοδο εκμετάλλευσης και τις απαιτήσεις ποιότητας που προκύπτουν από την χρήση για την οποία προορίζεται το εξορυσσόμενο υλικό,

- δημιουργία μοντέλου του κοιτάσματος που βασίζεται στα στοιχεία των αξιολογημένων γεωτρήσεων,
- υπολογισμοί όγκων, κατασκευή χαρτών ισότιμων καμπυλών για κάθε μια από τις παραμέτρους που ενδιαφέρει.

Στο Σχήμα 3.2 φαίνονται παραστατικά τα στάδια που χρησιμοποιούνται για την αξιολόγηση λιγνιτικών κοιτασμάτων.



Σχήμα 3.2: Στάδια αξιολόγησης λιγνιτικών κοιτασμάτων (Γαλετάκης, 1996).

Η αξιολόγηση των πρωτογενών λιγνιτικών γεωτρήσεων είναι μια διαδικασία ενοποίησης των στρωμάτων τους σε τεχνικά απολήψιμους όγκους λιγνίτη και ενδιάμεσων στειρών, που βασίζεται σε συγκεκριμένους κανόνες που προέκυψαν ως αποτελέσματα των περιορισμών που θέτει η μέθοδος εκμετάλλευσης, τα τεχνικά χαρακτηριστικά του χρησιμοποιούμενου μηχανολογικού εξοπλισμού, οι απαιτήσεις χρήσης που καθορίζουν τις εκμεταλλευσιμότητες του κοιτάσματος και οι περιβαλλοντικοί περιορισμοί.

Κατά την διαδικασία της αξιολόγησης απαιτείται ο προσδιορισμός των παρακάτω βασικών παραμέτρων:

- τα ελάχιστα απαιτούμενα πάχη για την εκλεκτική εξόρυξη των λιγνιτικών και στείρων ενδιάμεσων στρωμάτων, σύμφωνα με τις προδιαγραφές του μηχανολογικού εξοπλισμού και την μέθοδο εξόρυξης,
- το μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό τέφρας για τον χαρακτηρισμό ενός στρώματος ως λιγνιτικού,
- το αφαιρούμενο πάχος λιγνίτη από κάθε απολήψιμο στρώμα (απώλεια εκμετάλλευσης),
- τα ειδικά βάρη του λιγνίτη και των ενδιάμεσων στείρων, την τέφρα επί ξηρού και την κατωτέρα θερμογόνο δύναμη (Κ.Θ.Δ.) των ενδιάμεσων στείρων,
- το ισοδύναμο πάχος στείρου στρώματος που αντιστοιχεί στην ρύπανση που συμβαίνει κατά την εξόρυξη.

Τη σημερινή εποχή χρησιμοποιείται ηλεκτρονικός υπολογιστής, με την βοήθεια ειδικού λογισμικού προγράμματος, για την αξιολόγηση των πρωτογενών γεωτρήσεων, σε αντίθεση με παρελθόντα έτη, κατά τα οποία η αξιολόγηση των πρωτογενών γεωτρήσεων ήταν χρονοβόρα και επίπονη. Η χρήση των παραπάνω επιτρέπουν την ταχύτατη και αξιόπιστη αξιολόγηση μεγάλου αριθμού γεωτρήσεων.

Η ταχύτητα και η αξιοπιστία που επιτυγχάνεται κατά την επεξεργασία με τη βοήθεια του ηλεκτρονικού υπολογιστή, παρέχει την δυνατότητα να πραγματοποιηθούν πολλές διαφορετικές αξιολογήσεις, μεταβάλλοντας τις προϋποθέσεις που θα πρέπει να πληρούν οι παράμετροι. Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα με τα πραγματικά στοιχεία της εκμετάλλευσης, μπορούν να καθοριστούν οι βέλτιστες τιμές των παραμέτρων, οι οποίες είναι κρίσιμες για την αξιολόγηση. Τα βήματα που ακολουθεί ο αλγόριθμος της αξιολόγησης είναι (Καραμαλίκης, 2004):

- Εξετάζει όλα τα στρώματα της υπό αξιολόγηση γεώτρησης και χαρακτηρίζει ως στείρα όσα παρουσιάζουν μηδενική τέφρα ή σε όσα η τέφρα και το πάχος του στρώματος είναι μεγαλύτερο από προκαθορισμένες τιμές των παραμέτρων. Τα υπόλοιπα στρώματα τα χαρακτηρίζει αρχικά ως λιγνιτικά. Τέλος ενοποιεί τα συνεχόμενα στείρα στρώματα που προέκυψαν σε ενιαία τμήματα στείρων.
- Ενοποιεί προσωρινά τα στρώματα σε απολήψιμα τμήματα λιγνίτη και ενδιάμεσα στείρα. Για να επιτευχθεί αυτό, ελέγχει όσα χαρακτηρίστηκαν αρχικά λιγνιτικά και στείρα στρώματα μέχρι να εντοπίσει στρώμα που να έχει χαρακτηριστεί ως άγονο και το πάχος του να υπερβαίνει το προκαθορισμένο από τον χρήστη πάχος. Ενοποιεί προσωρινά τα στρώματα που προηγούνται του εκλεκτικά απολήψιμου αγόνου δημιουργώντας ένα μπλοκ και αφού αφαιρέσει για λόγους απωλειών, από την

οροφή και το δάπεδο του το αντίστοιχο πάχος, προχωρά στον υπολογισμό των μέσων σταθμικών τιμών της υγρασίας, τέφρας και κατωτέρας θερμογόνου δύναμης(Κ.Θ.Δ.) του σύμφωνα με τις εξισώσεις:

$$\text{Μέση τέφρα μπλοκ} = \frac{\sum [\text{τέφρα}(i) * \text{πάχος}(i) * \text{ειδ.βάρος ξηρού δείγματος}(i)]}{\sum [\text{πάχος}(i) * \text{ειδ.βάρος ξηρού δείγματος}(i)]} \quad (3.1)$$

$$\text{Μέση υγρασία μπλοκ} = \frac{\sum [\text{υγρασία}(i) * \text{πάχος}(i) * \text{ειδ.βάρος}(i)]}{\sum [\text{πάχος}(i) * \text{ειδ.βάρος}(i)]} \quad (3.2)$$

$$\text{Μέση ΚΘΔ μπλοκ} = \frac{\sum [\text{ΚΘΔ}(i) * \text{πάχος}(i) * \text{ειδ.βάρος}(i)]}{\sum [\text{πάχος}(i) * \text{ειδ.βάρος}(i)]} \quad (3.3)$$

$$\text{Μέσο ειδ.βάρος μπλοκ υγρού δείγματος} = \frac{\sum [\text{ειδ.βάρος}(i) * \text{πάχος}(i)]}{\sum [\text{πάχος}(i)]} \quad (3.4)$$

$$\text{Μέσο ειδ.βάρ. μπλοκ ξηρού δείγματος} = \frac{\sum [\text{ειδ.βάρος ξηρού δείγματος}(i) * \text{πάχος}(i)]}{\sum [\text{πάχος}(i)]} \quad (3.5)$$

- Αν το πάχος του μπλοκ που προκύπτει και η μέση σταθμική τέφρα του ικανοποιεί τις προϋποθέσεις του απολήψιμου μπλοκ λιγνίτη, χαρακτηρίζεται λιγνιτικό στρώμα, του αποδίδονται τιμές υγρασίας, τέφρας και Κ.Θ.Δ. σύμφωνα με τις εξισώσεις (3.6)–(3.8), λόγω του φαινομένου ρύπανσης και η διαδικασία επαναλαμβάνεται μέχρις εξάντλησης των στρωμάτων της συγκεκριμένης γεώτρησης.

$$\text{Τελ. τέφρα μπλοκ} = \frac{\text{Τμ} * \text{Πμ} * \text{ΕΒμ} + \text{Τάνω} * \text{Πρ} * \text{ΕΒάνω} + \text{Τκάτω} * \text{Πρ} * \text{ΕΒκάτω}}{\text{Πμ} * \text{ΕΒμ} + \text{Πρ} * \text{ΕΒάνω} + \text{Πρ} * \text{ΕΒκάτω}} \quad (3.6)$$

$$\text{Τελ. Υγρασία μπλοκ} = \frac{\text{Υμ} * \text{Πμ} * \text{ΕΒμ} + \text{Υάνω} * \text{Πρ} * \text{ΕΒάνω} + \text{Υκάτω} * \text{Πρ} * \text{ΕΒκάτω}}{\text{Πμ} * \text{ΕΒμ} + \text{Πρ} * \text{ΕΒάνω} + \text{Πρ} * \text{ΕΒκάτω}} \quad (3.7)$$

$$\text{Τελ. ΚΘΔ μπλοκ} = \frac{\text{Θμ} * \text{Πμ} * \text{ΕΒμ} + \text{Θάνω} * \text{Πρ} * \text{ΕΒάνω} + \text{Θκάτω} * \text{Πρ} * \text{ΕΒκάτω}}{\text{Πμ} * \text{ΕΒμ} + \text{Πρ} * \text{ΕΒάνω} + \text{Πρ} * \text{ΕΒκάτω}} \quad (3.8)$$

όπου:

Τμ: η μέση τιμή τέφρα του μπλοκ

Πμ: το πάχος του μπλοκ μετά την αφαίρεση των απωλειών

ΕΒμ: το ειδικό βάρος του μπλοκ σε ξηρά κατάσταση

Τάνω: η τέφρα του άνω ρυπαντικού στρώματος

Πρ: το πάχος του ρυπαντικού στρώματος

ΕΒάνω: το ειδικό βάρος του άνω ρυπαντικού στρώματος σε ξηρά κατάσταση

Τκάτω: η τέφρα του κάτω ρυπαντικού στρώματος

ΕΒκάτω: το ειδικό βάρος του κάτω ρυπαντικού στρώματος σε ξηρά κατάσταση

Υμ: η μέση υγρασία του μπλοκ

Υάνω: η υγρασία του άνω ρυπαντικού στρώματος

Υκάτω: η υγρασία του κάτω ρυπαντικού στρώματος

Θμ: η μέση Κ.Θ.Δ. του μπλοκ

Θάνω: η Κ.Θ.Δ. του άνω ρυπαντικού στρώματος

Θκάτω: η Κ.Θ.Δ. του κάτω ρυπαντικού στρώματος

- Αν τελικά το τελικό πάχος του μπλοκ και η μέση σταθμική τέφρα ικανοποιούν τις προϋποθέσεις του απολήψιμου λιγνίτη, το μπλοκ αυτό χαρακτηρίζεται λιγνιτικό και αποδίδονται οι υπολογισμένες μέσες τιμές υγρασίας, τέφρας, Κ.Θ.Δ. και ειδικού βάρους.
- Αν όμως ο σταθμικός μέσος όρος της τέφρας του παραπάνω μπλοκ ή το συνολικό του πάχος δεν ικανοποιούν τις προϋποθέσεις του εκλεκτικά απολήψιμου λιγνιτικού στρώματος, αφαιρείται το τελευταίο στρώμα του μπλοκ και επαναλαμβάνεται η διαδικασία υπολογισμών μέσων τιμών και αφαιρέσεων στρωμάτων, έως ότου βρεθεί κάποιο τμήμα του μπλοκ που να ικανοποιεί τις προδιαγραφές του απολήψιμου λιγνίτη.
- Το τμήμα αυτό χαρακτηρίζεται απολήψιμος λιγνίτης και συνεχίζεται η ίδια διαδικασία με όλους τους δυνατούς συνδυασμούς των στρωμάτων που απομένουν μέχρις εξάντλησης του μπλοκ.

Ο αλγόριθμος της αξιολόγησης εξετάζει και εξαντλεί όλους τους δυνατούς συνδυασμούς μεταξύ των στρωμάτων ενός μπλοκ, γεγονός που είναι σχεδόν αδύνατο με οποιονδήποτε άλλο τρόπο. Η διαδικασία αξιολόγησης επαναλαμβάνεται μέχρις εξάντλησης της εξεταζόμενης γεώτρησης.

Το πρόγραμμα στη συνέχεια για κάθε γεώτρηση υπολογίζει:

- τα υψόμετρα τεχνικής οροφής και πέρατος,
- τα συνολικά πάχη υπερκειμένων, ενδιάμεσων, λιγνίτη,
- τις μέσες σταθμισμένες τιμές υγρασίας, τέφρας, Κ.Θ.Δ., ειδικού βάρους,
- τις μέσες τιμές των σχέσεων εκμετάλλευσης.

Η τελευταία λειτουργία του προγράμματος είναι η επεξεργασία των στείρων περιφερειακών γεωτρήσεων ενός κοιτάσματος με σκοπό να αποδοθεί σε αυτές ένα συμβατικό, αλλά και ρεαλιστικό ταυτόχρονα υψόμετρο τεχνικής οροφής και πέρατος. Η μέθοδος που ακολουθεί-

ται είναι ο υπολογισμός, με γραμμική παρεμβολή, της τεχνικής οροφής και πέρατος των στείρων γεωτρήσεων με την βοήθεια των αντίστοιχων υψομέτρων των δυο μη στείρων πλησιέστερων προς αυτές γεωτρήσεων.

Συμπερασματικά προκύπτει ότι τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του υπολογιζόμενου τεχνικά απολήψιμου λιγνίτη μετά από πλήθος αναλύσεων και συγκρίσεων που έχουν γίνει, δεν ανταποκρίνονται στα ποιοτικά χαρακτηριστικά του παραγόμενου λιγνίτη που είναι σαφώς κατώτερα του απολήψιμου. Το συνολικό σφάλμα εκτίμησης αποτελείται από το σφάλμα αξιολόγησης της γεώτρησης και το σφάλμα κατά την κατασκευή του μοντέλου του κοιτάσματος.

Οι αδυναμίες της μεθόδου αξιολόγησης μιας γεώτρησης που οδηγούν σε εσφαλμένες εκτιμήσεις μπορούν να συνοψιστούν (Γαλετάκης, 1996):

- Στο ότι η σύνθεση των διαμορφούμενων από την υφιστάμενη μεθοδολογία λιγνιτικών απολήψιμων τμημάτων δεν είναι η ίδια με εκείνων που εξορύσσονται στο μέτωπο. Αυτό συμβαίνει γιατί:
 - Κατά την εξόρυξη δεν εφαρμόζεται πλήρως ο καθαρισμός των λιγνιτικών στρωμάτων όπως προβλέπεται από την μέθοδο (10 cm από την οροφή και το δάπεδο).
 - Τα κριτήρια απόληψης ή απόρριψης μιας λιγνιτικής ή μιας στείρας ένστρωσης αντίστοιχα, δεν βασίζονται στο μέτωπο εξόρυξης, στα αυστηρά μαθηματικά όρια που τίθεται από τη μεθοδολογία. (π.χ. μια ένστρωση 22 cm, 2 cm μεγαλύτερη από το όριο των 20 cm, θα απορριφθεί με εκλεκτική εξόρυξη ή θα συναποληφθεί με την εκμεταλλεύσιμη υπερκείμενη και υποκείμενη λιγνιτική ένστρωση;).
 - Οι συνθήκες εργασίας στα μέτωπα (μεγάλο ύψος μετώπων, καιρικές συνθήκες, κ.α.) καθιστούν πολλές φορές δύσκολη μακροσκοπικά, τη διάκριση ανάμεσα σε ένα λιγνιτικό στρώμα και σε μια ισχυρά ανθρακομιγή αργιλομαργαϊκή ένστρωση. Έτσι πολλές φορές οι ανθρακομιγείς αργιλομαργαϊκές ενστρώσεις με υψηλό ποσοστό τέφρας εξορύσσονται ως λιγνιτικά στρώματα.
 - Οι ενοποιήσεις των εναλλασσόμενων στρωμάτων στο μέτωπο γίνονται εντός του διαστήματος που καθορίζεται από το ύψος του, ενώ κατά την αξιολόγηση δεν υφίσταται ο περιορισμός αυτός.
- Στις χρησιμοποιούμενες προσεγγιστικές τιμές για τον υπολογισμό των σταθμικών μέσων τιμών υγρασίας, τέφρας, Κ.Θ.Δ. των απολήψιμων λιγνιτικών τμημάτων, υπάρχουν μερικές φορές σημαντικά υπολογιστικά σφάλματα. Θα πρέπει να τονιστεί ότι μερικές φορές υπάρχει σημαντική μεταβολή στη σύσταση των ενδιάμεσων

στείρων ενστρώσεων, κατά το βάθος, και από θέση σε θέση, ακόμα και εντός του ιδίου τομέα του ορυχείου. Οι πιο συνηθισμένες μεταβολές συμβαίνουν στο ποσοστό των οργανικών συστατικών που περιέχουν και στη χημική σύσταση του ανόργανου μέρους τους (κυρίως CaO και SiO_2) που επηρεάζουν σημαντικά την Κ.Θ.Δ.. Κατά συνέπεια η εφαρμογή μιας ενιαίας τιμής κατά την αξιολόγηση του λιγνιτικού κοιτάσματος ενός τομέα του ορυχείου μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικό σφάλμα.

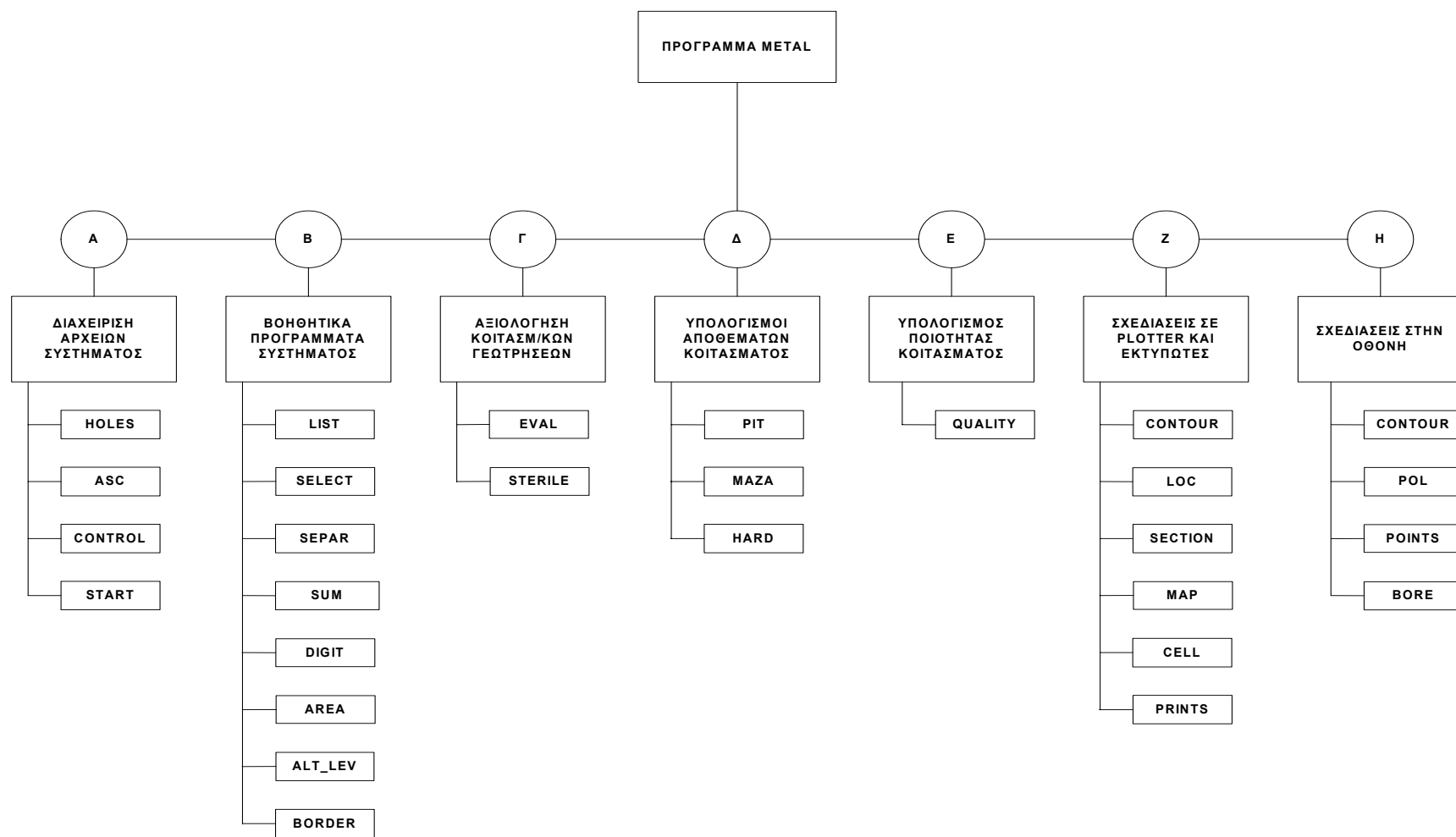
- Στην προσεγγιστική αντιμετώπιση των φαινομένων της ρύπανσης (ενιαία τιμή για ολόκληρο το κοίτασμα, εμπειρικός τρόπος καθορισμού του ποσοστού), που συμβαίνει λόγω συστηματικής και τυχαίας συνεξόρυξης στείρων ενδιαμέσων ενστρώσεων.

3.3 Μοντελοποίηση λιγνιτικών κοιτασμάτων με τη βοήθεια Η/Υ

Το Κέντρο Η/Υ της ΔΕΗ ανέπτυξε ένα ολοκληρωμένο μεταλλευτικό πακέτο, σε γλώσσα προγραμματισμού FORTRAN 77, με στόχο τη κατασκευή και αξιοποίηση μοντέλων λιγνιτικών κοιτασμάτων. Το πρόγραμμα που χρησιμοποιείται ονομάζεται METAL, με την βοήθεια του οποίου μπορεί να βελτιωθεί το γεωτρητικό πρόγραμμα μιας λιγνιτοφόρας λεκάνης και οι κύριες παράμετροι ενός λιγνιτικού κοιτάσματος να αξιολογηθούν καλύτερα. Η δομή του προγράμματος METAL παρουσιάζεται αναλυτικά στο Σχήμα 3.3.

Οργανωτικά και λειτουργικά το μεταλλευτικό πακέτο ακολουθεί τη γενική μεθοδολογία αξιολόγησης λιγνιτικών κοιτασμάτων όπως περιγράφηκε. Το METAL διαιρείται σε δυο μέρη. Το πρώτο μέρος περιέχει (Σχήμα 3.4):

- καταγραφή των στοιχείων των γεωτρήσεων σε ειδικά μηχανογραφημένα έντυπα,
- εισαγωγή στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, έλεγχο λογικών σφαλμάτων και μεταφορά των παραπάνω στοιχείων στο βασικό αρχείο γεωτρήσεων,

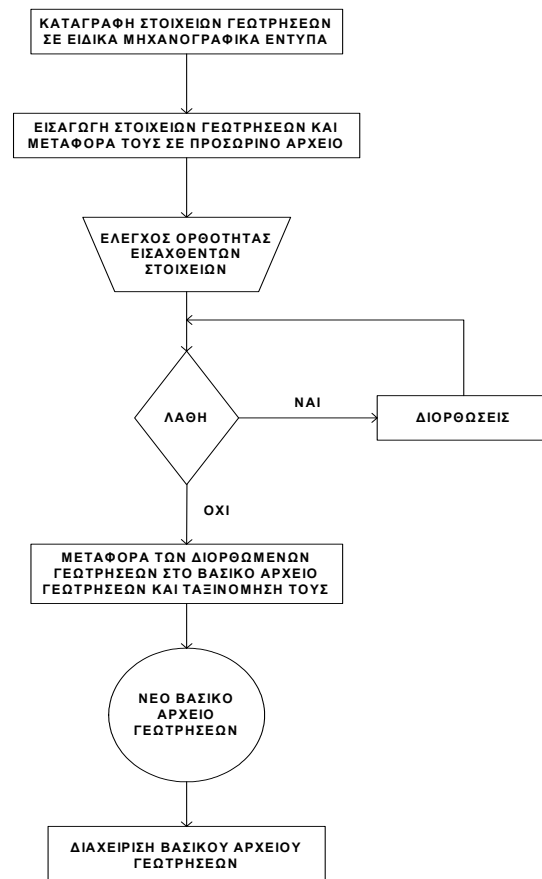


Σχήμα 3.3: Παρουσίαση προγράμματος METAL (Καραμαλίκης, 2004).

- ταξινόμηση και διάθεση του εν λόγω αρχείου στους τελικούς χρήστες με δυνατότητες εμφάνισης και άντλησης οποιονδήποτε στοιχείων του.

Το δεύτερο μέρος περιλαμβάνει μια ομάδα προγραμμάτων που σκοπό έχουν την αξιοποίηση του παρόντος βασικού αρχείου παρέχοντας τις παρακάτω βασικές δυνατότητες:

- επιλογή, αξιολόγηση και επεξεργασία των γεωτρήσεων μιας συγκεκριμένης λιγνιτοφόρου περιοχής,
- δημιουργία και αξιοποίηση του μοντέλου ενός λιγνιτικού κοιτάσματος με:
 - ογκομετρήσεις και ψηφιακές απεικονίσεις διαφόρων παραμέτρων του,
 - υπολογισμό και σχεδίαση σε σχεδιογράφο ισοσταθμικών καμπυλών όπως ισοϋψών, ισοπαχών, ίσων σχέσεων, κλπ.,
 - υπολογισμό και σχεδίαση κατακόρυφων και οριζόντιων τομών.



Σχήμα 3.4: Διάγραμμα ροής μηχανογραφικής διαχείρισης βασικού αρχείου κοιτασματολογικών γεωτρήσεων (Καραμαλίκης, 2004).

3.3.1 Μηχανογραφική διαχείριση βασικού αρχείου γεωτρήσεων

Η μηχανογραφική διαχείριση στηρίζεται στην καταχώρηση των γεωτρήσεων στο πρόγραμμα. Για την καταχώρηση απαιτείται να γίνει κωδικοποίηση, όπως περιγράφεται στη συνέχεια. Η κωδικοποίηση των στοιχείων των γεωτρήσεων κρίνεται απαραίτητη για τους παρακάτω λόγους:

- Μειώνεται σημαντικά το μέγεθος των δημιουργούμενων αρχείων,
- Καθιστά εύκολη και γρήγορη την εισαγωγή και διόρθωσή τους,
- Διευκολύνει την αναζήτηση και σύγκριση,
- Μειώνει την υποκειμενικότητα των εκτιμήσεων που περιέχουν οι ελεύθεροι χαρακτηρισμοί και περιγραφές.

Τα βήματα που ακολουθούνται για την μηχανογραφική διαχείριση είναι:

1. Καταγραφή στοιχείων γεωτρήσεων. Από την ΔΕΗ έχει αναπτυχθεί ειδική φόρμα εντύπου για την καταγραφή των στοιχείων μιας κοιτασματολογικής γεώτρησης. Αρχικά καταγράφονται:
 - ο κωδικός της περιοχής,
 - ο μηχανογραφικός κωδικός της γεώτρησης, ο σχηματισμός του οποίου προκύπτει από κατάλληλο συνδυασμό των ψηφίων των συντεταγμένων της γεώτρησης,
 - γεωγραφικό μήκος και πλάτος του τοπογραφικού χάρτη στο οποίο ανήκει,
 - οι συντεταγμένες και το υψόμετρο του εδάφους,
 - το όνομα της γεώτρησης, ο τύπος του γεωτρύπανου και οι ημερομηνίες έναρξης και περάτωσης της εργασίας.

Μετά την συμπλήρωση των παραπάνω στοιχείων, καταχωρούνται αναλυτικά τα δείγματα της γεώτρησης. Συνήθως, λόγω του μεγάλου αριθμού των δεδομένων χρησιμοποιούνται περισσότερα από ένα έντυπα. Η αναλυτική καταγραφή περιλαμβάνει:

- τα βάθη οροφής και δαπέδου των δειγμάτων,
 - την πετρογραφική κωδικοποιημένη περιγραφή των δειγμάτων (Σχήμα 3.5),
 - την περιεχόμενη υγρασία και ποιοτικά στοιχεία, όπως τέφρα ως έχει, τέφρα και CO₂ επί ξηρού και Κ.Θ.Δ.
2. Εισαγωγή στοιχείων γεωτρήσεων. Γίνεται εισαγωγή των στοιχείων από τα ειδικά έντυπα σε ηλεκτρονικό υπολογιστή. Κατά τη διάρκεια της εισαγωγής ελέγχονται με ειδικά προγράμματα, τα είδη και τα μεγέθη των δεδομένων και ταυτόχρονα παρέχεται η δυνα-

τότητα διόρθωσης τους. Παράλληλα τα στοιχεία αποθηκεύονται σε προσωρινά αρχεία για την μετέπειτα επεξεργασία τους.

3. Έλεγχος ορθότητας στοιχείων. Τα στοιχεία, τα οποία είναι αποθηκευμένα σε προσωρινά αρχεία, στη συνέχεια περνούν από ειδικά προγράμματα ελέγχου λογικών σφαλμάτων και μετά από μια συνεχή διαδικασία διορθώσεων και ελέγχου μεταφέρονται διορθωμένα στο βασικό αρχείο.

ΕΙΔΟΣ ΠΕΤΡΩΜΑΤΟΣ	ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑ ΣΥ- ΣΤΑΣΗ	ΙΣΤΟΣ	ΠΡΟΣΜΙΞΕΙΣ	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΑ
SO=ΦΥΤΙΚΗ ΓΗ	T=ΑΡΓΙΛΟΥΧΟ	P=ΠΛΑΣΤΙΚΟ	A=ΑΠΟΛΙΘΩΜΑΤΑ	1=ΛΙΑΝ ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ
AL=ΑΡΓΙΛΟΣ	S=ΑΜΜΟΥΧΟ	B=ΛΑΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΟ	M=ΜΑΛΑΚΙΑ	3=ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ
SN=ΑΜΜΟΣ	K=ΑΣΒΕΣΤΟΥΧΟ	L=ΦΥΛΛΩΔΕΣ	G=ΓΑΣΤΕΡΟΠΟΔΑ	4=ΛΕΠΤΟΚΟΚΚΟ- ΜΕΣΟΚΟΚΚΟ
MR=ΜΑΡΓΑ	U=ΙΛΙΟΥΧΟ	F=ΕΥΘΡΑΣΤΟ	P=ΕΛΑΣΜΑΤΟΒΡΑΓΧΙΑ	5=ΜΕΣΟΚΟΚΚΟ
CO=ΛΙΓΝΙΤΗΣ	H=ΧΟΥΜΩΔΕΣ	E=ΓΑΙΩΔΕΣ	O=ΟΣΤΡΑΚΩΔΗ	6=ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΟ
CP=ΤΥΡΦΗ	R=ΨΗΦΟΔΟΜΑΓΕΣ	C=ΣΥΜΠΑΓΕΣ	E=OPERCULUM	7=ΑΔΡΟΚΟΚΚΟ
SI=ΙΛΥΣ	G=ΧΑΛΙΚΟΜΑΓΕΣ	T=ΛΕΠΤΟΣΤΡΩΜΑ/ΔΕΣ	D=ΘΡΑΥΣΜΑΤΑ	9=ΛΙΑΝ ΑΔΡΟΚΟΚΚΟ
SL=ΙΛΙΟΛΙΘΟΙ	M=ΜΑΡΜΑΡΥΓΙΟΥΧΟ	S=ΣΤΡΩΜΑΤΩΔΕΣ	L=ΦΥΛΛΑ	ΧΡΩΜΑ
LO=ΠΗΛΟΣ	C=ΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟ	H=ΣΚΛΗΡΟ	T=ΚΑΡΠΟΙ-ΣΠΟΡΟΙ	
KC=ΚΡΟΚΑΛΟΠΑΓΕΣ	A=ΚΕΡΑΤΟΛΙΘΙΚΟ	R=ΠΟΡΩΔΕΣ	R=ΡΙΖΕΣ	B=ΜΠΛΕ
BC=ΛΑΤΥΠΟΠΑΓΕΣ	X=ΧΑΛΑΖΙΑΚΟ	I=ΤΑΙΝΙΩΔΕΣ	V=ΦΥΤΙΚΑ ΛΕΙΨΑΝΑ	I=ΜΠΕΖ
GR=ΧΑΛΙΚΙΑ	B=ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΙΚΟ	N=ΑΣΤΡΩΤΟ	B=ΟΣΤΑ	O=ΚΑΣΤΑΝΟ
SD=ΨΑΜΜΙΤΗΣ	V=ΗΦΑΙΣΤΕΙΑΚΟ	M=ΜΑΛΑΚΟ	C=ΣΥΓΚΡΙΜΑΤΑ	T=ΤΕΦΡΟ
GC=ΨΗΦΙΔΟΠΑΓΕΣ	P=ΠΛΟΥΤΩΝΙΑΚΟ	G=ΚΕΡΜΑΤΙΣΜΕΝΟ	K=ΑΣΒΕΣΤ.ΣΥΓΚΡΙΜ.	G=ΠΡΑΣΙΝΟ
LI=ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ	W=ΜΑΓΜΑΤΙΚΟ ΒΑΣΙ- ΚΟ	D=ΣΤΙΦΡΟ	S=ΠΡΟΪΟΝΤΑ ΚΑΥΣΗΣ ΓΑΙΑΝΘΡΑΚΑ	Y=ΚΙΤΡΙΝΟ
LH=ΛΙΜΝΑΙΑ ΚΡΗΤΙΣ	O=ΜΑΓΜΑΤΙΚΟ ΟΞΙΝΟ	K=ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΟ	Y=ΣΙΔΗΡΟΠΥΡΙΤΗΣ	W=ΛΕΥΚΟ
AG=ΑΡΓ. ΓΚΥΤΤΙΑ	D=ΠΟΛΥΜΕΙΚΤΟ	X=ΧΥΛΩΔΕΣ	F=ΟΞΕΙΔ.ΣΙΔΗΡΟΥ	R=ΚΟΚΚΙΝΟ
LG=ΑΣΒ. ΓΚΥΤΤΙΑ	E=ΓΝΕΥΣΙΑΚΟ	A=ΑΣΥΝΔΕΤΟ	W=BIBIANΙΤΗΣ	V=ΒΙΟΛΕΤΙ
LK=ΑΣΒ. ΙΛΥΣ	F=ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ	Z=ΧΑΛΑΡΟ	U=FUSINITE	M=ΜΑΥΡΟ
PA=ΠΑΛΑΙΟΕΔΑΦΟΣ	I=ΤΕΛΙΚΗ	Y=ΗΜΙΣΚΛΗΡΑ	N=ΝΕΡΙΤΙΝΑ	
TB=ΤΡΟΧΜΑΛΕΣ	L=ΚΡΟΚΑΛΕΣ		Z=ΞΥΛΩΔΗ ΤΕΜΑΧΙΑ	
TC=ΤΡΑΧΜΑΛΟΠΑΓΕΣ	N=ΛΕΠΤΕΣ ΣΚΛΗΡΕΣ ΕΝΣΤΡΩΣΕΙΣ	ΠΟΣΟΤΗΤΑ	ΔΙΑΚΥΜΑΝΣΗ	ΕΝΤΑΣΗ ΧΡΩΜΑΤΟΣ
DA=ΓΗ ΔΙΑΤΟΜΩΝ	Z=ΕΝ/ΣΕΙΣ ΨΑΜΜΙΤΗ	1=ΠΟΛΥ ΛΙΓΟ	- = ΕΩΣ	1=ΑΝΟΙΚΤΟ
MA=ΜΑΡΓ. ΑΣΒΕΣΤ.	Q=ΕΝ/ΣΕΙΣ ΠΗΛΙΤΗ	3=ΛΙΓΟ	/ = ΜΑΖΙ	5=ΕΝΤΟΝΟ
SH=ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ	J=ΕΝ/ΣΕΙΣ ΜΑΡΓΑΣ	5=ΜΕΤΡΙΑ		9=ΣΚΟΥΡΟ
SB=ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ		7=ΠΟΛΥ		
LS=ΑΠΩΛΕΙΑ		9=ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ		
MG=ΛΕΥΚΟΛΙΘΟΣ				
LD=ΠΗΛΙΤΗΣ				
KR=ΚΕΡΑΤΟΛΙΘΟΣ				
TR=ΤΡΑΒΕΡΤΙΝΗΣ				
QZ=ΧΑΛΑΖΙΤΗΣ				
ZY=ΞΥΛΙΤΗΣ				

Σχήμα 3.5: Κωδικοποιημένα πετρογραφικά χαρακτηριστικά δειγμάτων γεωτρήσεων.

3.3.2 Δημιουργία και αξιοποίηση του μοντέλου ενός λιγνιτικού κοιτάσματος.

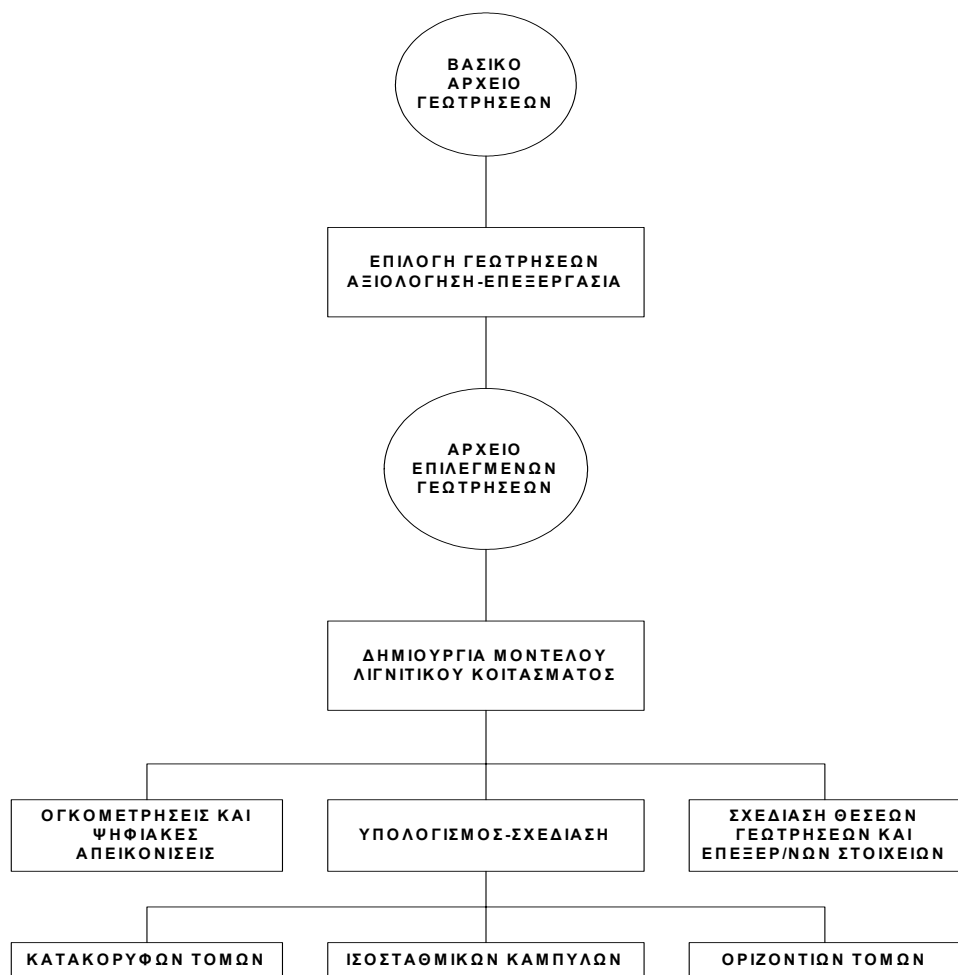
Οι επί μέρους φάσεις δημιουργίας και αξιοποίησης λιγνιτικού κοιτάσματος είναι οι εξής (Σχήμα 3.6):

1. Επιλογή, αξιολόγηση και επεξεργασία γεωτρήσεων. Το βασικό αρχείο περιέχει το σύνολο των εισαχθέντων κατά καιρούς γεωτρήσεων ταξινομημένων κατά περιοχή και κωδικό. Στη φάση της εκμετάλλευσης είναι αναγκαία για λόγους ταχύτητας επεξεργασίας η χρήση μόνο γεωτρήσεων που ανήκουν στην περιοχή μελέτης.

Η επιλογή των γεωτρήσεων γίνεται με τη βοήθεια του προγράμματος, με βάση τον κωδικό περιοχής, των γεωτρήσεων του αντίστοιχου πεδίου. Αρχικά μεταφέρεται σε προσωρινό αρχείο στη συνέχεια, μέσα από μια διαδικασία ερωταποκρίσεων, επεξεργάζεται και αξιολογείται.

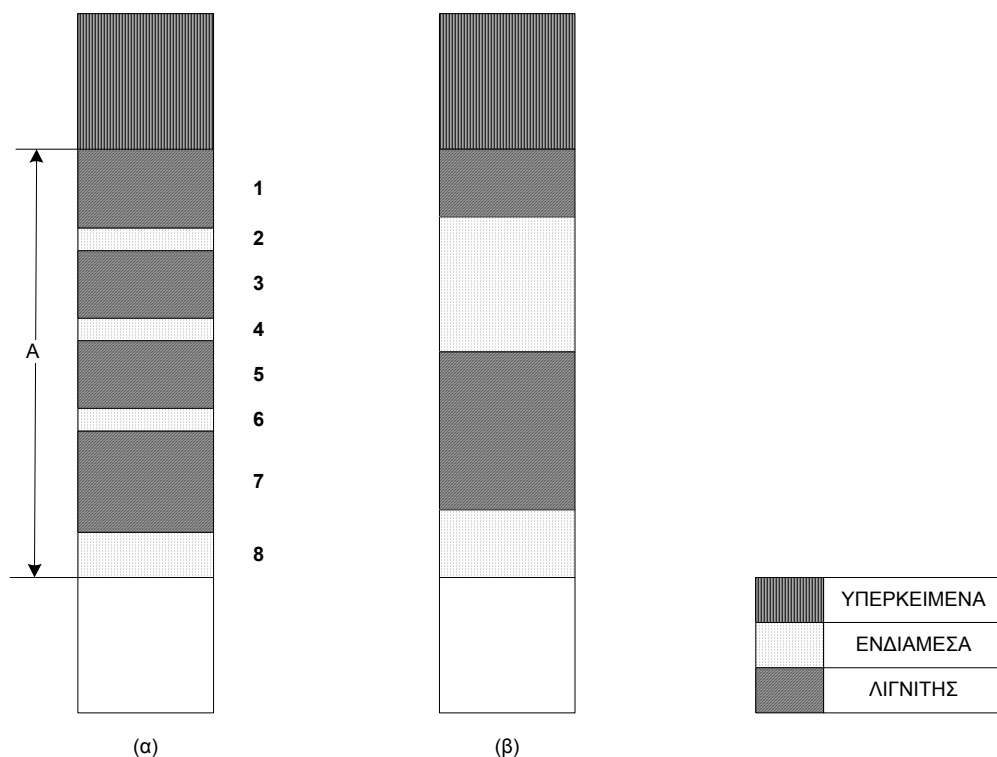
Η αξιολόγηση των γεωτρήσεων είναι η ενοποίηση των στρωμάτων μιας γεώτρησης σε τεχνικά απολήψιμα τμήματα λιγνίτη και στείρων ενδιάμεσων. Κατά τη διαδικασία αυτή γίνονται οι παρακάτω παραδοχές:

- Ένα στρώμα λιγνίτη θεωρείται τεχνικά απολήψιμο αν έχει πάχος μεγαλύτερο ή ίσο με 50 cm και περιεχόμενη τέφρα επί ξηρού δείγματος κατά μέγιστο 50%.
- Εκλεκτική απόληψη ενός στρώματος στείρου ενδιάμεσου γίνεται όταν το πάχος υπερβαίνει τα 20 cm.



Σχήμα 3.6: Περιγραφικό διάγραμμα ροής των προγραμμάτων δημιουργίας και αξιοποίησης μοντέλου λιγνιτικού κοιτάσματος (Καραμαλίκης, 2004).

Τα οριακά πάχη λιγνίτη και στείρου ενδιάμεσου κυμαίνονται γύρω από τις προαναφερόμενες τιμές εξαρτώμενα άμεσα από τον χρησιμοποιούμενο μηχανικό εξοπλισμό και τη μέθοδο εξόρυξης. Το μέγιστο επιτρεπόμενο ποσοστό τέφρας εξαρτάται από το κατώτερο αποδεκτό θερμιδικό περιεχόμενο (kcal/kg) του καυσίμου. Το πρόγραμμα αξιολόγησης της στήλης μιας γεώτρησης, αφού οριστούν τα πάχη εκλεκτικής απόληψης λιγνίτη και στείρων ενδιαμέσων, καθώς και το μέγιστο επιτρεπτό ποσοστό τέφρας, ανιχνεύει τα στρώματα της γεώτρησης έως ότου εντοπιστεί το πρώτο εκλεκτικά απολήψιμο στρώμα στείρου, π.χ. στρώμα 8 του Σχήματος 3.7α. Στη συνέχεια προστίθεται 10 cm στην οροφή και αφαιρούνται 10 cm από το δάπεδο, λόγω απωλειών κατά την εξόρυξη και ακολουθεί η αξιολόγηση του μπλοκ.



Σχήμα 3.7: Πρωτογενές (α) και αξιολογημένο (β) μπλοκ γεώτρησης (Καραμαλίκης, 2004).

Αν ο σταθμικός μέσος όρος της τέφρας του παραπάνω μπλοκ και το συνολικό πάχος δεν ικανοποιούν την πρώτη παραδοχή, τότε αφαιρείται το τελευταίο στρώμα και επαναλαμβάνεται η αξιολόγηση έως ότου βρεθεί τμήμα που να ικανοποιεί τις προδιαγραφές για απολήψιμο στρώμα λιγνίτη. Μετά την ενοποίηση των στρωμάτων και τον χαρακτηρισμό του σε λιγνίτη επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία με όλους τους δυνατούς συνδυασμούς των στρωμάτων που απομένουν μέχρι εξάντλησεν του μπλοκ. Αν κανένας συνδυασμός δεν πληροί τις προδιαγραφές για τεχνικά απολήψιμο στρώμα, τότε αξιολογούνται ένα προς ένα τα στρώματα μέχρι την εξάντληση του μπλοκ. Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται και για τα επόμενα μπλοκ της γεώτρησης που έχουν σαν δάπεδα εκλεκτικά απολήψιμα στείρα στρώματα (π.χ. > 20 cm). Μετά το πέρας της αξιολόγησης, τα υπερκείμενα και τα εναλλασσόμενα μπλοκ λιγνίτη και στείρων ενδιάμεσων συνθέτουν τη στήλη της αξιολογημένης γεώτρησης (Σχήμα 3.7β).

Η επεξεργασία της αξιολογημένης γεώτρησης καταλήγει στην εξαγωγή των τελικών στοιχείων που είναι απαραίτητα για την δημιουργία και αξιοποίηση του μοντέλου του κοιτάσματος.

2. Διαθέσιμα αρχεία. Μετά την εκτέλεση των προγραμμάτων επιλογής, αξιολόγησης και επεξεργασίας των γεωτρήσεων προκύπτουν τρία νέα αρχεία για την περαιτέρω επεξεργασία, (Σχήμα 3.8) το αρχείο των πρωτογενών γεωτρήσεων, των αξιολογημένων γεωτρήσεων και των τελικών προς αξιοποίηση στοιχείων των παραπάνω γεωτρήσεων.

3. Δημιουργία μοντέλου λιγνιτικού κοιτάσματος. Η απόδοση των παραμέτρων ενός λιγνιτικού κοιτάσματος σε οποιοδήποτε σημείο του χώρου, επιτυγχάνεται με την εξομοίωση του με ένα μαθηματικό μοντέλο βασισμένο σε τετραγωνικό ή ορθογώνιο κάνναβο με κυψελίδα επιθυμητών διαστάσεων. Μετά την προσαρμογή του καννάβου στην περιοχή μελέτης, υπολογίζονται με τη μέθοδο παρεμβολής όλα τα στοιχεία των επεξεργασμένων γεωτρήσεων, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την λεπτομερή γνώση των παραμέτρων του κοιτάσματος σε κάθε σημείο της περιοχής μελέτης και τη δυνατότητα περιγραφής είτε με σχέδια, είτε με ογκομετρήσεις των διαφόρων στοιχείων.

3.3.3 Αξιοποίηση μοντέλου λιγνιτικού κοιτάσματος

Ογκομετρήσεις και ψηφιακές απεικονίσεις. Μια ποσοτική αξιοποίηση του μοντέλου ενός λιγνιτικού κοιτάσματος είναι οι ογκομετρήσεις των διαφόρων παραμέτρων. Ο χρήστης, αφού οριοθετήσει τους επιλεγμένους για ογκομέτρηση τομείς με τις συντεταγμένες των κορυφών τους, έχει τη δυνατότητα πάντα μέσα από τη διαδικασία ερωταποκρίσεων να επιλέξει:

- Συνολικές ογκομετρήσεις λιγνίτη, ενδιαμέσων και υπερκειμένων ανά τομέα.
- Υποδιαιρέσεις των τομέων σε οριζόντιες τομές και υπολογισμό περιεχόμενων όγκων.

Ψηφιακές απεικονίσεις παχών λιγνίτη, υποκειμένων και ενδιαμέσων σε εκτυπωτή ή σχεδιογράφο. *Σχεδίαση επεξεργασμένων στοιχείων γεωτρήσεων.* Το πρώτο από την ομάδα των σχεδιαστικών προγραμμάτων αναφέρεται σε μια απλή χρήσιμη απεικόνιση των θέσεων των γεωτρήσεων της περιοχής μελέτης, μαζί με τα επεξεργασμένα στοιχεία τους. Η τοποθέτηση των στοιχείων των γεωτρήσεων γίνεται μέσα σε ένα ειδικό πλαίσιο σύμφωνα με το υπόμνημα του σχεδίου. Έτσι υπάρχει μια πρώτη αντίληψη του χώρου μελέτης και των τελικών επεξεργασμένων στοιχείων των γεωτρήσεων.

Υπολογισμός και σχεδίαση ισοσταθμικών καμπύλων. Στη φάση της μελέτης ενός λιγνιτικού κοιτάσματος οι ισοσταθμικοί χάρτες διαφόρων παραμέτρων του παρέχουν σημαντική βοήθεια δίνοντας στοιχεία για την μορφολογία του κοιτάσματος, τη γεωμετρία του, τη διακύμανση των σχέσεων εκμετάλλευσης, καθώς και τη μεταβολή στον χώρο των ποιοτικών στοιχείων. Το πρόγραμμα έχει τη δυνατότητα να υπολογίσει τις ισοσταθμικές καμπύλες όλων των παραμέτρων, όπως:



Σχήμα 3.8: Παρουσίαση βημάτων επεξεργασίας γεωτρητικών δεδομένων από το πρόγραμμα METAL (Καραμαλίκης, 2004).

- Ισοϋψείς ανάγλυφου εδάφους.
- Ισοϋψείς γεωλογικής οροφής και γεωλογικού δαπέδου.
- Ισοϋψείς τεχνικής οροφής και τεχνικού πέρατος.
- Ισοπαχείς λιγνίτη, ενδιαμέσων, υπερκειμένων, κλπ..
- Ίσων σχέσεων εκμετάλλευσης Υ/Λ, Ε/Λ, (Υ+Ε)/Λ, κλπ..
- Ίσης τέφρας.
- Ίσης κατωτέρας θερμογόνου δύναμης

Παρέχεται η δυνατότητα μέσα από διαδικασία ερωταποκρίσεων να καθοριστεί η μορφή των σχεδίων του, επιλέγοντας παραμέτρους σχεδίασης όπως:

- Την επιθυμητή προς σχεδίαση παράμετρο.
- Την περιοχή σχεδίασης ή τμήμα αυτής.
- Τις συντεταγμένες αρχής του σχεδίου.
- Την επιθυμητή κλίμακα.
- Την αρχική και τελική τιμή καθώς και το βήμα των προς σχεδίαση καμπύλων.

Υπολογισμός και σχεδίαση κατακόρυφων τομών. Οι κατακόρυφες επιμήκεις και εγκάρσιες γεωλογικές και κοιτασματολογικές τομές ενός λιγνιτικού κοιτάσματος αποτελούν τον εμποπτικότερο τρόπο παρουσίασης των γεωμετρικών και μορφολογικών του χαρακτηριστικών. Το πρόγραμμα που αναπτύχθηκε για αυτόν τον σκοπό έχει τη δυνατότητα με ερωταποκρίσεις να καθορίσει τα απαραίτητα στοιχεία για τον υπολογισμό και την σχεδίαση των τομών, όπως:

- Επιλογή είδους τομής (γεωλογικής-κοιτασματολογικής).
- Καθορισμό της τομής με τις συντεταγμένες αρχής και τέλους.
- Καθορισμός οριζόντιας και κατακόρυφης κλίμακας σχεδίου.
- Καθορισμός ζώνης επιρροής τομής.

Υπολογισμός και σχεδίαση οριζόντιων τομών. Κατά την φάση εκμετάλλευσης ενός ορυχείου, πάντα είναι επιθυμητός ένας βραχυπρόθεσμος προγραμματισμός παραγωγής και διακίνησης μαζών. Αυτό επιτυγχάνεται μόνο με τη γνώση των περιεχόμενων όγκων καθορισμένων μπλοκ κοιτάσματος με αφετηρία την τρέχουσα θέση των μετώπων.

Το πρόγραμμα αφού δεχτεί τις κατάλληλες οδηγίες μπορεί να προχωρήσει:

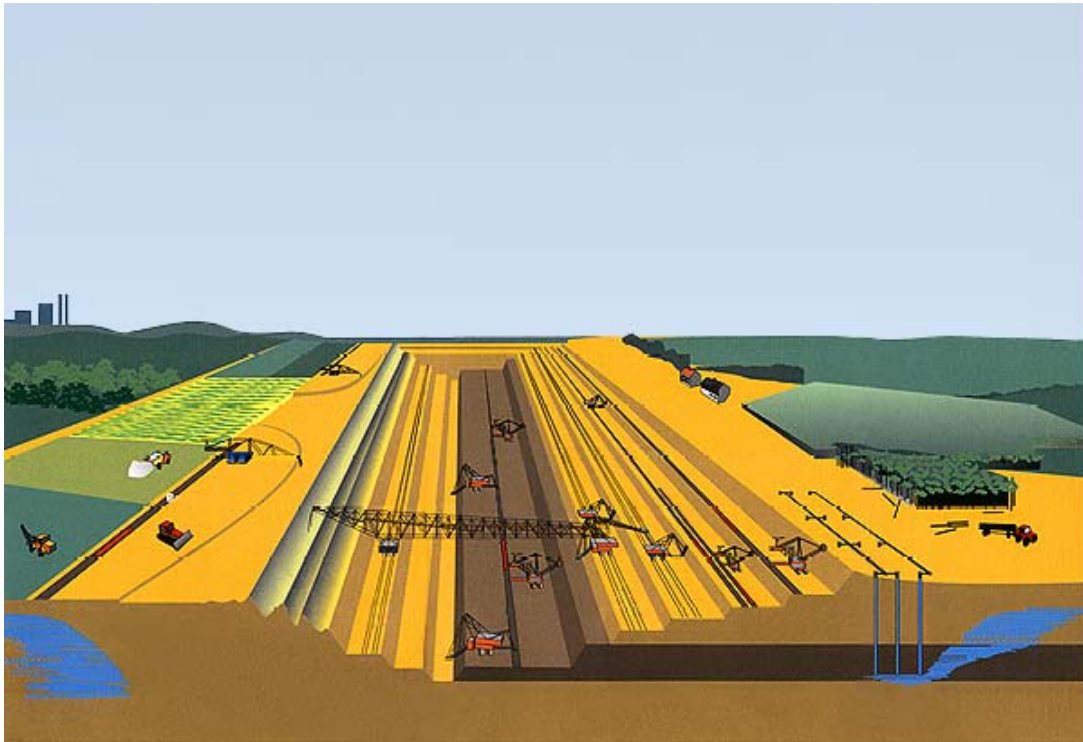
- Στην οριοθέτηση του επιθυμητού τομές.
- Στη διαίρεση του τομέα σε οριζόντιες τομές καθορισμένου πάχους.
- Στην εφαρμογή ενός τετραγωνικού ή ορθογώνιου καννάβου επιθυμητών διαστάσεων.
- Στον υπολογισμό ανά τομή και μπλοκ κοιτάσματος των περιεχόμενων όγκων του.

3.4 Κριτική της μεθόδου

Από τη μελέτη του λογισμικού προγράμματος METAL (Παράρτημα Γ) πρόκυψε ότι τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του υπολογιζόμενου τεχνικά απολήψιμου λιγνίτη, δεν ανταποκρίνονται στα πραγματικά ποιοτικά χαρακτηριστικά του παραγόμενου λιγνίτη. Τα χαρακτηριστικά του παραγόμενου λιγνίτη είναι κατώτερα από αυτά που εξάγονται από το λογισμικό πρόγραμμα.

Το συνολικό σφάλμα εκτίμησης των ποιοτικών χαρακτηριστικών οφείλεται σε σφάλματα τόσο κατά την αξιολόγηση των γεωτρητικών δεδομένων, όσο και κατά την κατασκευή του μοντέλου του λιγνιτικού κοιτάσματος. Συγκεκριμένα, ο όγκος και η σύνθεση του τεχνικά απολήψιμου λιγνίτη που υπολογίζεται από την υφιστάμενη μεθοδολογία δεν είναι ίδια με αυτά που εξορύσσονται από το μέτωπο, γιατί (Γαλετάκης, 1996):

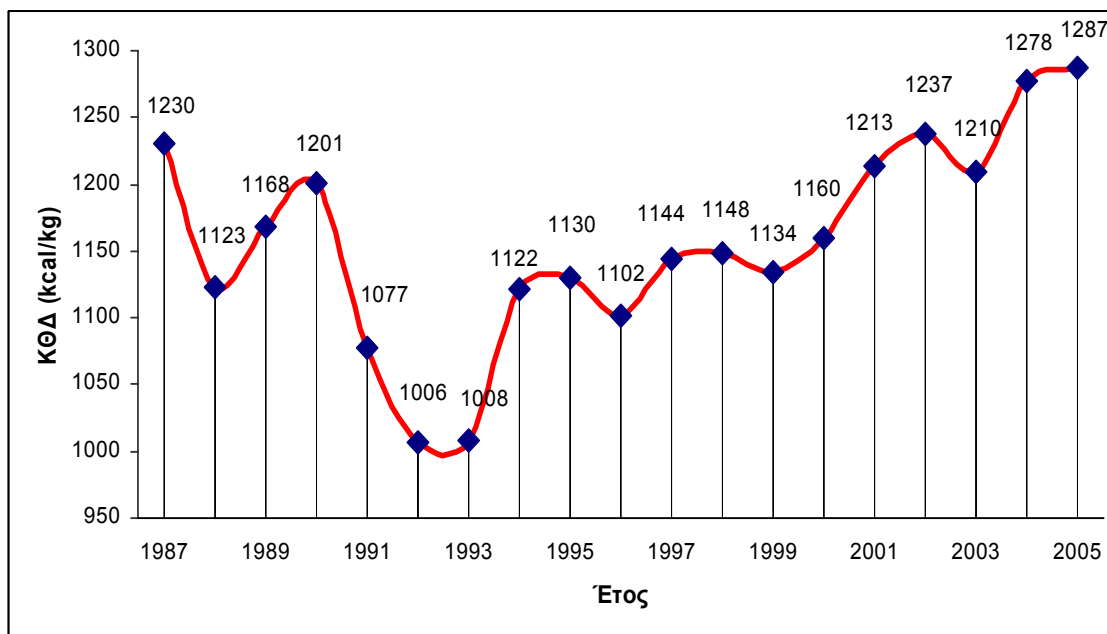
- Κατά την εξόρυξη δεν εφαρμόζεται ο καθαρισμός των λιγνιτικών στρωμάτων, όπως προβλέπεται από τη μέθοδο.
- Η μέθοδος επιβάλλει αυστηρά κριτήρια απόληψης ή απόρριψης, κάτι το οποίο δεν συμβαίνει στο μέτωπο κατά την εξόρυξη.
- Η μέθοδος δεν χρησιμοποιεί κριτήρια όπως οι καιρικές συνθήκες, το ύψος των μετώπων, η εμπειρία του χειριστή, που αναμφίβολα συμβάλλουν στον καθορισμό των ποιοτικών χαρακτηριστικών του κοιτάσματος.



Σχήμα 4.2: Σχηματική απεικόνιση υπαίθριας εκμετάλλευσης λιγνιτικού κοιτάσματος χωρισμένο σε τομείς.

Τα κύρια προβλήματα του Ορυχείου είναι η σταδιακή βύθιση της λινιτοφόρου σειράς από ανατολικά προς δυτικά και αναμένεται τα επόμενα έτη να φθάσει στο μέγιστο βάθος, ενώ κατά την εκμετάλλευση αντιμετωπίζονται προβλήματα ευστάθειας πρανών, ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας προκαλεί πρόβλημα στην εκσκαφή, καθώς στην τομή Νο 3 εμφανίζεται η πιεζομετρική επιφάνειά του. Επίσης παρατηρείται ότι η περιοχή είναι έντονα διαρρηγμένη, με μια σειρά ρηγμάτων διεύθυνσεως κυρίως ΒΑ-ΝΔ (Παράρτημα Β).

Επιπρόσθετα, το πρόβλημα που προστέθηκε κατά τη φάση της εκμετάλλευσης, ήταν η απόκλιση των τιμών της ΚΘΔ της αρχικής γεωλογικής-κοιτασματολογικής μελέτης του λιγνιτικού κοιτάσματος Αμυνταίου (1430 kcal/kg) (Κούκουζας κ.ά., 1979), με τα απολογιστικά στοιχεία του ΑΗΣ Αμυνταίου-Φιλώτα (Σχήμα 4.3). Ίδια είναι η απόκλιση και με τις υπολογιζόμενες τιμές της ΚΘΔ του λογισμικού προγράμματος METAL, σύμφωνα με τα κριτήρια αξιολόγησης των γεωτρήσεων, που υπολογίζεται από τη ΔΕΗ. Η απόκλιση που παρουσιάζεται είναι της τάξης των 200 kcal/kg.



Σχήμα 4.3: Διαχρονική εξέλιξη της ΚΘΔ Ορυχείου Αμυνταίου (απολογιστικά στοιχεία ΑΗΣ Αμυνταίου-Φιλώτα).

4.2 Πρωτογενές αρχείο γεωτρήσεων Ορυχείου Αμυνταίου

Το πρωτογενές αρχείο των γεωτρήσεων, το οποίο δόθηκε από τη ΔΕΗ, περιλαμβάνει 613 κοιτασματολογικές-δειγματοληπτικές γεωτρήσεις. Η περάτωση των γεωτρήσεων καταλαμβάνει χρονικό περιθώριο 30 ετών (1973-2002). Μέχρι το έτος 1978 πραγματοποιήθηκαν από το ΙΓΜΕ 103 γεωτρήσεις, συνολικού μήκους 20598 m. Από το έτος 1978 έως σήμερα, η γεωτρητική έρευνα πραγματοποιείται από τη ΔΕΗ, ως επί το πλείστον (Παράρτημα Α).

Όλες σχεδόν οι γεωτρήσεις περιλαμβάνουν αναλύσεις πυρήνων σε τέφρα επί φυσικού, ένα σημαντικό ποσοστό περιλαμβάνει μετρήσεις υγρασίας επί φυσικού και ένα μικρότερο ποσοστό μετρήσεις ΚΘΔ (Πίνακας 4.1).

4.2.1 Πυρηνοληψία, περιγραφή πυρήνων γεωτρήσεων, δειγματοληψία

Η ιδιομορφία των ιζημάτων της λεκάνης του Ορυχείου Αμυνταίου με τις πολλές και ποικίλου πάχους ενστρώσεις διαφορετικής λιθολογικής σύστασης, όπως επίσης και η αναγκαιότητα εντοπισμού χαρακτηριστικών οριζόντων αναφοράς, επέβαλλαν τη λεπτομερή λιθολογική περιγραφή των πυρήνων των γεωτρήσεων. Η περιγραφή των πυρήνων έγινε κατά τμήματα ενιαίου ελάχιστου πάχους 10 cm. Έτσι, σε περιπτώσεις που ένστρωση με πάχος μικρότερο των 10 cm παρεμβάλλεται σε ένστρωση μεγαλύτερου πάχους και διαφορετικής σύστασης, η λεπτή αυτή ένστρωση περιγράφεται σαν τμήμα της παχύτερης που την περικλείει. Στην περιγραφή κάθε ένστρωσης πυρήνα γεώτρησης, δίνονται κατά σειρά τα παρακάτω

στοιχεία: το είδος του πετρώματος, οι προσμίξεις, η υφή, ο ιστός, το χρώμα, και αν υπάρχουν απολιθώματα, συγκρίματα, κροκάλες και διάφορα άλλα στοιχεία που γίνονται αντιληπτά με την μακροσκοπική ανάλυση του πυρήνα. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στη δειγματοληψία των πυρήνων του λιγνίτη, κατά τη περίοδο της αρχικής έρευνας από το ΙΓΜΕ, για τη σωστή αξιολόγηση και εκτίμηση του λιγνιτικού κοιτάσματος. Οι κανόνες που εφαρμόστηκαν κατά την δειγματοληψία είναι (Κούκουζας κ.ά., 1979):

- Λαμβάνεται δείγμα στους λιγνιτικούς πυρήνες όσο το δυνατόν ενιαίας ποιότητας. Σαν ενιαία ποσότητα εννοείται ο πυρήνας λιγνίτη που παρουσιάζει, μακροσκοπικά, σε όλο το μήκος του τα εξής χαρακτηριστικά: ιστό, υφή, υγρασία, βαθμό αποσύνθεσης, χρώμα και τέφρα.
- Σαν μέγιστο μήκος δείγματος λαμβάνονται τα 2 m, ενώ σαν ελάχιστο μήκος τα 10 cm.
- Στην περίπτωση που το μήκος του ενιαίου λιγνιτικού πυρήνα υπερβαίνει τα 2 m, τότε ο πυρήνας διαχωρίζεται και λαμβάνονται διαδοχικά δύο ή τρία δείγματα.
- Οι ενδιάμεσες στείρες στρώσεις μήκους μικρότερου των 9 cm λαμβάνονται σαν ένα δείγμα μαζί με τον λιγνιτικό πυρήνα, εφόσον το ποσοστό της μάργας στις στείρες ενστρώσεις δεν υπερβαίνει το 5% του μήκους του λιγνιτικού πυρήνα.

Στην περίπτωση που το ποσοστό των μαργών στις στείρες ενστρώσεις μήκους μικρότερου των 9 cm, υπερβαίνει το 5% του μήκους του λιγνιτικού πυρήνα, όταν δηλαδή το σφάλμα από την έκλυση του CO₂ είναι υπολογίσιμο, ο πυρήνας διαχωρίζεται σε δύο ή περισσότερα τμήματα, αφού προηγουμένως απομακρυνθούν τα τμήματα της μάργας. Αν δεν είναι δυνατή η απομάκρυνση της μάργας, λόγω της πυκνής εναλλαγής των λιγνιτικών και μαργαϊκών ενστρώσεων, τότε λαμβάνεται ως κοινό δείγμα. Σε αυτήν την περίπτωση η τέφρα αυξάνεται κατά το ποσοστό σφάλματος, το οποίο προκύπτει από την έκλυση του CO₂.

- Στείρες ενστρώσεις πάχους 10-25 cm που παρεμβάλλονται μεταξύ λιγνιτικών στρωμάτων, εάν είναι ανθρακομιγείς-χουμώδεις (σκουρόχρωμες) λαμβάνονται ως ξεχωριστό δείγμα, εάν είναι στείρες (ανοιχτόχρωμες) δεν λαμβάνονται σαν δείγμα και υπολογίζονται, κατά την αξιολόγηση, με περιεχόμενη τέφρα επί ξηρού 100%.
- Αν μια προχώρηση διακόπτεται μέσα σε λιγνίτη και η επόμενη συνεχίζει μέσα στον ίδιο σχηματισμό, τα δείγματα χωρίζονται, έστω και αν μακροσκοπικά εκτιμώνται ως της ίδιας ποιότητας, στο σημείο όπου διαχωρίζονται οι δύο διαδοχικές προχωρήσεις.

Πίνακας 4.1: Κωδικοποιημένη πρωτογενής γεώτρηση.

CODE	OROFH	DAPEDO	PER	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	YGR	TEF	TEFC	CAL
28254061	0	900	AL	1	T	/	G	S													
28254061	900	2100	AL		T	/	G	S					K								
28254061	2100	2400	AL		B	/	B	S	9	S											
28254061	2400	2570	SN		T	/	G				T	4									
28254061	2570	2660	CO															60,0	27,6	71,3	287
28254061	2660	2700	SN		T	/	G				T	4									
28254061	2700	3700	GR		G	/	G	T								A	Z				
28254061	3700	3900	AL		G	/	Y	S	9	S											
28254061	3900	4200	SN		T	/	Y														
28254061	4200	6900	GR		T	/	G	T								A	Z				
28254061	6900	7200	AL		G	/	G	S		X	G	6									
28254061	7200	9300	AL		T	/	G	S													
28254061	9300	9600	AL		T	/	G	S					K								
28254061	9600	10000	AL		G	/	G	S		C											
28254061	10000	10050	CO		O	/	M											47,2	27,6	49,3	1263
28254061	10050	10200	AL	1	T			S	3	H											
28254061	10200	10350	AL	9	T			S		H											
28254061	10350	10400	CO		O	/	M											55,4	13,4	32,0	1564
28254061	10400	10500	AL		T	/	Y	S													
28254061	10500	10800	AL	1	G	/	G	C													
28254061	10800	10960	AL	1	T			S	3	H											
28254061	10960	11100	CO		O	/	M											53,5	21,4	47,8	1142
28254061	11100	11200	AL		G	/	G	S													
28254061	11200	11400	CO		O													50,0	20,6	47,3	1269
28254061	11400	12000	AL		T	/	G	S					K								

- Για τη διασφάλιση της μακροσκοπικής εκτίμησης λαμβάνεται δείγμα και από πυρήνες, οποιουδήποτε πάχους, ισχυρώς ανθρακομιγών και χουμωδών αργίλων με λεπτές λιγνιτικές ενστρώσεις.

4.2.2 Κωδικοποίηση, καταγραφή στοιχείων

Η κωδικοποίηση των στοιχείων των γεωτρήσεων είναι απαραίτητη για τους παρακάτω λόγους (Γαλετάκης, 1996):

- μειώνει σημαντικά το μέγεθος των δημιουργουμένων αρχείων,
- καθιστά εύκολη και γρήγορη την εισαγωγή και διόρθωσή τους,
- διευκολύνει την αναζήτηση και σύγκριση,
- μειώνει την υποκειμενικότητα των εκτιμήσεων που περιέχουν οι ελεύθεροι χαρακτηρισμοί και περιγραφές.

Από τις 613 γεωτρήσεις του Ορυχείου Αμυνταίου (Σχήμα 4.4), που ελέγχθησαν, 163 τοποθετούνται σε θέσεις εντός του Ορυχείου όπου το παρόν έτος (2006) πραγματοποιείται εσωτερική απόθεση στείρων υλικών. Κρίθηκε, λοιπόν, αναγκαία η απόρριψή τους για δύο λόγους. Πρώτον, το λογισμικό πρόγραμμα METAL διαχειρίζεται μέχρι 600, σε αριθμό, γεωτρήσεις, και δεύτερον η τοποθεσία των απορριπτόμενων γεωτρήσεων είναι σε μέρος του Ορυχείου, στο οποίο έχει εξοφληθεί το κοίτασμα.

Από τις 450 γεωτρήσεις προς μελέτη, οι 380 είναι θετικές, δηλαδή εμφανίζουν τιμές ΚΘΔ για τα λιγνιτικά δείγματα.

4.3 Ποιοτικά χαρακτηριστικά λιγνιτών

4.3.1 Σύσταση των λιγνιτών

Τα βασικά συστατικά των λιγνιτών είναι η οργανική ή καύσιμη ύλη, η υγρασία και η τέφρα.

Η καύσιμη ύλη περιλαμβάνει το μόνιμο άνθρακα και τα πτητικά συστατικά. Πτητικά συστατικά θεωρούνται τα συστατικά που απομακρύνονται από τον λιγνίτη με θέρμανση σε ατμόσφαιρα αδρανούς αερίου και σε θερμοκρασία 950°C. Αποτελούνται κυρίως από υδρογονάνθρακες, CO₂ και CO.

Η υγρασία αποτελεί σημαντικό συστατικό των λιγνιτών και όλων των στερεών καυσίμων χαμηλού βαθμού ενανθράκωσης και απαντάται σε τέσσερις μορφές (Γαλετάκης, 1996):

- 1) Επιφανειακή υγρασία. Ένα λεπτό στρώμα νερού που περιβάλλει τους κόκκους του λιγνίτη. Απομακρύνεται με αεροξήρανση.
- 2) Προσοφημένη υγρασία. Είναι το νερό που συγκρατείται μέσα στους πόρους του λιγνίτη. Απομακρύνεται με θέρμανση στους 105°C περίπου.
- 3) Υγρασία που συνδέεται με τα οργανικά συστατικά του λιγνίτη. Απελευθερώνεται κατά την καύση του.
- 4) Κρυσταλλική εργασία. Αποτελείται από το κρυσταλλικό νερό που βρίσκεται στο πλέγμα διαφόρων, αργιλικών κυρίως, ορυκτών που απαντούν στο λιγνίτη.

Η τέφρα περιλαμβάνει τα ανόργανα συστατικά των φυτικών υπολειμμάτων (πρωτογενής ή συγγενετική τέφρα) και το ανόργανο υλικό που προέρχεται από εξωτερικές πηγές και συναποτεθήκε με τα φυτικά υπολείμματα ή εισήλθε σε αυτά μέσω ρηγμάτων (δευτερογενής ή επιγενετική τέφρα). Στην πράξη κατά την εξόρυξη του λιγνίτη προστίθεται και ανόργανο υλικό, ενδιάμεσα στείρα, που συνεξορύσσεται με τον λιγνίτη (τέφρα εκμετάλλευσης). Η τέφρα προσδιορίζεται με καύση στους 775°C ± 25°C (μέθοδος DIN). Τα παραπάνω τρία βασικά συστατικά των λιγνιτών συνδέονται με τη σχέση (Γαλετάκης, 1996):

$$\text{Καύσιμη ύλη \%} + \text{υγρασία \%} + \text{τέφρα \%} = 100 \quad (4.1)$$

4.3.2 Εργαστηριακοί προσδιορισμοί ποιότητας λιγνιτών

Για τον προσδιορισμό των ποιοτικών χαρακτηριστικών των λιγνιτών και ιδιαίτερα εκείνων που επηρεάζουν τη διεργασία της καύσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας, πραγματοποιείται μια σειρά αναλύσεων που διακρίνονται στις αναλύσεις προσδιορισμού των βασικών ποιοτικών χαρακτηριστικών και στις ειδικές αναλύσεις που σχετίζονται με την καύση του λιγνίτη για παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.

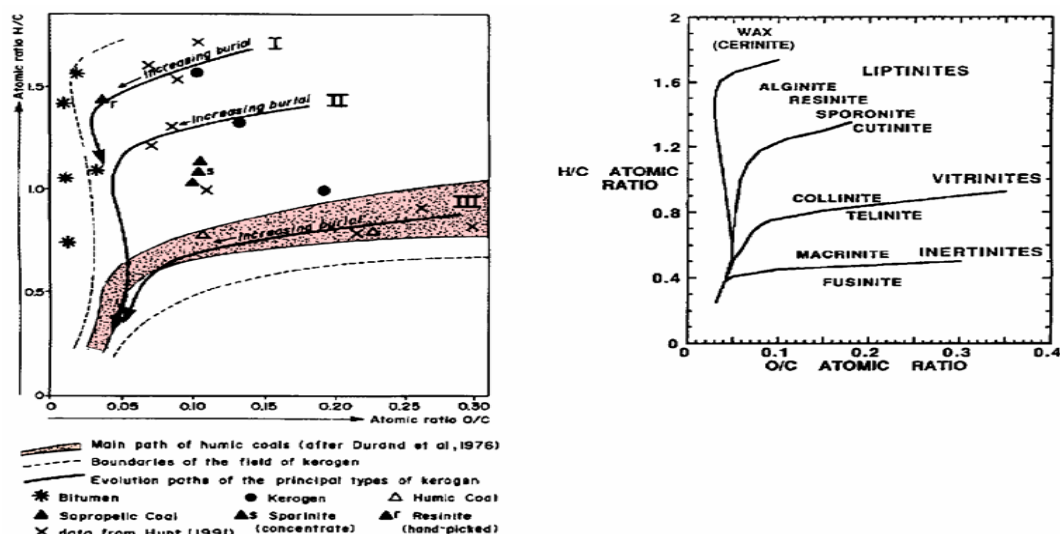
Οι αναλύσεις προσδιορισμού των βασικών ποιοτικών χαρακτηριστικών περιλαμβάνουν την προσεγγιστική και στοιχειακή ανάλυση ενώ οι ειδικές αναλύσεις που σχετίζονται με την τεχνολογία καύσης του λιγνίτη, περιλαμβάνουν τον προσδιορισμό της θερμογόνου δύναμης, τη μελέτη (σύσταση και συμπεριφορά) της παραγόμενης τέφρας, φυσικομηχανικές αναλύσεις, ειδικές τεχνικές παράμετροι και ανθρακοπετρογραφική ανάλυση του λιγνίτη.

Με την προσεγγιστική ή άμεση ανάλυση (proximate analysis) προσδιορίζεται απευθείας η υγρασία, η τέφρα και τα πτητικά συστατικά, ενώ ο μόνιμος άνθρακας υπολογίζεται έμμεσα, αφού αφαιρεθεί η υγρασία και εκφράζεται ως ποσοστό % του ξηρού λιγνίτη σύμφωνα με τη σχέση:

$$\text{Μόνιμος άνθρακας \%} = 100 - (\text{πτητικά συστατικά ξηρού λιγνίτη \%} + \text{τέφρα ξηρού λιγνίτη \%}) \quad (4.2)$$

Με την στοιχειακή ή τελική ανάλυση (ultimate analysis) προσδιορίζεται η περιεκτικότητα του λιγνίτη σε C, H, O, K και οργανικό S. Το O συνήθως προσδιορίζεται έμμεσα σαν διαφορά του αθροίσματος των άλλων από το 100.

Η στοιχειακή ανάλυση (Πίνακας 4.2) χρησιμοποιείται ως μέτρο προσδιορισμού της ποιότητας του λιγνίτη, αφού υπολογιστούν οι αναλογίες των ατόμων H/C και O/C στην καύσιμη ύλη του λιγνίτη, με την βοήθεια του διαγράμματος Van Krevelen (Σχήμα 4.5) (Γαλετάκης, 1996).



Σχήμα 4.5: Διάγραμμα Van Krevelen.

Πίνακας 4.2: Στοιχειακή ανάλυση καυσίμου (Κούκουζας κ.ά., 1979).

	Ως έχει	Αεροξηραθέν	Επί ξηρού	Απαλλαγμένο υγρασίας και τέφρας
H ₂ O (%)	59,00	5,00	-	-
Τέφρα (%)	11,40	26,50	27,90	-
C (%)	18,92	43,83	46,14	63,99
H (%)	1,98	4,60	4,84	6,72
S (%)	0,48	1,11	1,17	1,62
N (%)	0,81	1,88	1,98	2,74
O (%)	7,41	17,08	17,97	24,93

4.3.3 Τέφρα

Με τον όρο τέφρα νοείται το υλικό που απομένει από την καύση του δείγματος λιγνίτη σε θερμοκρασία $775^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$ (Μέθοδος DIN).

Η περιεκτικότητα σε τέφρα κάθε δείγματος οφείλεται εκτός από τις ανόργανες ενώσεις που βρίσκονται μέσα στον λιγνίτη και στις ενδιάμεσες στείρες ενστρώσεις (άργιλοι, μάργες, κ.λ.π.) που λαμβάνονται μαζί με τον λιγνίτη κατά τη δειγματοληψία. Επίσης ένα ποσοστό τέφρας οφείλεται στα κελύφη των διαφόρων απολιθωμάτων που συναντώνται μέσα στο δείγμα σε ποσοστό πολλές φορές σημαντικό. Το πραγματικό ποσοστό της τέφρας ενός δείγματος λιγνίτη που περιέχει αυξημένο ποσοστό CaCO_3 είτε αυτό προέρχεται από λεπτές στρώσεις μάργας είτε από την παρουσία απολιθωμάτων, είναι υψηλότερο του ποσοστού που έδωσε ο προσδιορισμός στο χημικό εργαστήριο.

Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι κατά την καύση του δείγματος σε θερμοκρασία $775^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$, μέρος των ανθρακικών αλάτων διασπάται με ταυτόχρονη έκλυση CO_2 . Έτσι το βάρος του υλικού που παραμένει μετά την καύση είναι μικρότερο κατά το ποσοστό του βάρους του CO_2 που απομακρύνθηκε. Αυτό οπωσδήποτε δε σημαίνει ότι η παρουσία απολιθωμάτων μέσα στο λιγνίτη αλλοιώνει αισθητά τους ποιοτικούς χαρακτήρες ή πιο συγκεκριμένα, το μέσο ποσοστό τέφρας του λιγνιτικού κοιτάσματος. Η ποσότητα των απολιθωμάτων είναι απίθανα μικρή σε σχέση με όλο τον όγκο του κοιτάσματος.

Το ποσοστό της τέφρας σε δείγματα επί φυσικού (ή “ως έχει”) κυμαίνεται ευρύτατα. Η κύμανση οφείλεται όχι μόνο στο διαφορετικό περιεχόμενο σε ανόργανες ύλες, αλλά και στο διαφορετικό ποσοστό υγρασίας που έχουν τα διάφορα δείγματα. Έτσι για να είναι συγκρίσι-

μες οι τιμές της περιεκτικότητας σε τέφρας, πρέπει να αναφέρονται σε σταθερό ποσοστό υγρασίας ή όπως πραγματοποιήθηκε σε κατάσταση ελεύθερης υγρασίας (τέφρα επί ξηρού).

Με βάση το ποσοστό της τέφρας επί ξηρού κάθε δείγματος έγινε διάκριση των λιγνιτών σε τέσσερις κατηγορίες (Κούκουζας κ.ά., 1979).

- στην Α κατηγορία κατατάσσονται οι λιγνίτες με τέφρα επί ξηρού μέχρι 20,7%,
- στην Β κατηγορία κατατάσσονται οι λιγνίτες με τέφρα επί ξηρού μεταξύ 20,7% και 30%,
- στη Γ κατηγορία, οι λιγνίτες με τέφρα επί ξηρού μεταξύ 30% και 35%, και
- στη Δ κατηγορία, οι λιγνίτες με τέφρα επί ξηρού μεταξύ 35% και 45%.

Από τις συνολικά 104 γεωτρήσεις με λιγνίτη, οι 71 γεωτρήσεις, δηλαδή ποσοστό 68,3%, έχουν μέση τέφρα επί ξηρού από 21,1% μέχρι και 30%. Τελικά, η μέση τέφρα επί ξηρού του εκμεταλλεύσιμου κοιτάσματος υπολογίστηκε σε 28,8% (Κούκουζας κ.ά., 1979).

4.3.4 Υγρασία

Παράλληλα με τον προσδιορισμό της τέφρας πραγματοποιείται και προσδιορισμός του ποσοστού της υγρασίας σε όλα τα δείγματα του λιγνίτη.

Το ποσοστό της υγρασίας κυμαίνεται ανάλογα με το δείγμα, μεταξύ του 52% και 62%. Σε ελάχιστες περιπτώσεις το ποσοστό υγρασίας κατέρχεται μέχρι 40% και σε μια περίπτωση μέχρι 35%, ενώ σε άλλες περιπτώσεις ανέρχεται μέχρι και 67%. Συνολικά, η μέση υγρασία των δειγμάτων όλων των γεωτρήσεων ανέρχεται σε 55,6%.

Από τη συσχέτιση των τιμών της υγρασίας και της τέφρας παρατηρείται ότι τα πτωχότερα σε τέφρα δείγματα, παρουσιάζουν υψηλότερο ποσοστό υγρασίας. Ακόμη, παρατηρήθηκε ότι τα λιγνιτικά στρώματα που βρίσκονται σε μεγαλύτερο βάθος περιέχουν μικρότερο ποσοστό υγρασίας (Κούκουζας κ.ά., 1979).

4.3.5 Θερμαντική ικανότητα

Ιδιαίτερα σημαντικό μέγεθος της ποιότητας του λιγνίτη, είναι η θερμογόνος δύναμη, το ποσό δηλαδή θερμότητας που παράγεται κατά την καύση 1 kg λιγνίτη και εκφράζεται σε kJ/kg ή kcal/kg. Η θερμογόνος δύναμη προσδιορίζεται εργαστηριακά σε αεροξηρανθέντα δείγματα με τη βοήθεια θερμιδομέτρου και η προσδιοριζόμενη τιμή αναφέρεται σαν ανώτερη θερμογόνος δύναμη (ΑΘΔ). Η τιμή αυτή περιλαμβάνει και την λανθάνουσα θερμότητα υγροποίησης των παραγόμενων υδρατμών, που προέρχονται από την εξάτμιση της περιεχόμενης υγρασίας και από την καύση υδρογονανθράκων, λόγω της αδιαβατικής μεταβολής που συμβαίνει στο θερμιδόμετρο. Στην πράξη όμως η καύση είναι ελεύθερη και κατά συνέπεια πρέπει η λανθάνουσα θερμότητα υγροποίησης των υδρατμών να αφαιρεθεί. Η υπολογιζό-

μενη τιμή μετά την αφαίρεση της θερμότητας υγροποίησης αποτελεί την κατώτερα θερμογόνο δύναμη (ΚΘΔ), που ενδιαφέρει και πρακτικά, και αναφέρεται σε φυσικά δείγματα λιγνίτη. Ο υπολογισμός γίνεται βάσει της σχέσης (Γαλετάκης, 1996):

$$ΚΘΔ = \left[ΑΘΔ - 5,85 * 9 * (100 - ΑWF) * \frac{H}{100} \right] * \frac{100 - W}{100 - 5.85 * W} \quad (4.3)$$

όπου:

- W = Υγρασία του λιγνίτη % ως έχει
- ΚΘΔ = Κατώτερη θερμογόνος δύναμη σε kcal/kg επί φυσικού
- ΑΘΔ = Ανώτερη θερμογόνος δύναμη σε kcal/kg επί ξηρού
- ΑWF = Τέφρα επί ξηρού %
- H = Περιεκτικότητα % σε υδρογόνο του καυσίμου επί ξηρού

Ο προσδιορισμός της θερμαντικής ικανότητας πραγματοποιείται σε αεροξηραθέντα δείγματα και η μέση τιμή είναι για την Α.Θ.Δ. 3956 kcal/kg και 3685 kcal/kg για την Κ.Θ.Δ. (με μέση υγρασία των αεροξηραθέντων δειγμάτων περίπου 10%). Σε όλες τις τιμές των αεροξηραθέντων δειγμάτων έγινε αναγωγή σε δείγμα “ως έχει”, σε δείγμα “επί ξηρού”, και σε δείγμα “απαλλαγμένου υγρασίας και τέφρας”(Πίνακας 4.4).

Μεταξύ ανώτερης και κατώτερης θερμαντικής ικανότητας υπάρχει μια διαφορά, που για τα δείγματα επί φυσικού είναι περίπου 400-450 kcal/kg, ενώ για τα δείγματα επί ξηρού είναι 200-250 kcal/kg (Πίνακας 4.3).

Η μέση τιμή της ΑΘΔ επί φυσικού του λιγνίτη του κοιτάσματος Αμυνταίου ανέρχεται σε 1850 kcal/kg, ενώ η μέση τιμή της ΚΘΔ επί φυσικού ανέρχεται σε 1430 kcal/kg (Κούκουζας κ.ά., 1979).

Πίνακας 4.3: Θερμαντική ικανότητα (μέσες τιμές) (Κούκουζας κ.ά., 1979)*.

Αρ. γεωτρ.	Αρ. δειγ.	Αεροξηραθέν		Ως έχει		Επί ξηρού		Απαλλαγμένο υγρασίας και τέφρας	
		Α.Θ.Δ. kcal/kg	Κ.Θ.Δ. kcal/kg	Α.Θ.Δ. kcal/kg	Κ.Θ.Δ. kcal/kg	Α.Θ.Δ. kcal/kg	Κ.Θ.Δ. kcal/kg	Α.Θ.Δ. kcal/kg	ΚΘ.Δ. kcal/kg
ΑΠ29	16	4204	3976	1974	1558	4583	4335	6180	5842
ΑΠ32	12	4399	4156	1902	1467	4864	4488	6222	5880
A11	2	4466	4240	2509	2123	4784	4541	6236	5919
A23	4	3786	3563	2274	1905	4240	3991	6180	5815
A24	4	3526	3321	2257	1910	3928	3700	6150	5793
A25	16	4151	3925	1859	1449	4315	4156	6091	5759
A26	12	4138	3907	1722	1286	4559	4304	6144	5781
A27	10	3925	3692	1729	1300	4415	4137	6134	5747
A28	18	4280	4038	1943	1532	4416	4175	6149	5801
A29	2	2954	2275	1647	1288	3128	2989	5689	5344
A31	22	4024	3547	1633	1190	4509	4240	6025	5670

*(Η ΑΘΔ και ΚΘΔ αναφέρονται και ως ΑΘΙ και ΚΘΙ, αντίστοιχα από Κούκουζας κ.ά., 1979)

Πίνακας 4.4: Βάσεις αναγωγής για τα αποτελέσματα αναλύσεων (Παπανικολάου, 2004).

Δείγμα ως έχει ή επί φυσικού δείγματος	Τα αποτελέσματα εκφράζουν ποσοστά επί της μάζας του γαιάνθρακα συμπεριλαμβανομένης και της ολικής του υγρασίας.
Ξηρανθέν στον αέρα ή επί αεροξηρανθέντος δείγματος	Τα αποτελέσματα εκφράζουν ποσοστά ξηρανθέντος στον αέρα δείγματος που έχει τη φυσική του υγρασία, όχι όμως την ξένη υγρασία, η οποία μπορεί να οφείλεται στη διαβροχή από ρεύματα νερού, συμπύκνωση υδρατμών, βροχή κλπ.
Ξηρό δείγμα ή επί ξηρού δείγματος	Τα αποτελέσματα των αναλύσεων αναφέρονται σε "ξηρό" δείγμα όταν αυτό είναι απαλλαγμένο από την ολική του υγρασία.
Επί ξηρού δείγματος απαλλαγμένου τέφρας	Κατά την προσεγγιστική ανάλυση θεωρείται ότι το δείγμα αποτελείται μόνο από μόνιμο άνθρακα και πτητικά και ότι έχει απαλλαγεί από την τέφρα και την ολική υγρασία. Πρέπει να σημειωθεί ότι σε ξηρό, απαλλαγμένο τέφρας δείγμα υπάρχουν πάντα τα πτητικά ανόργανα προέλευσης.
Επί ξηρού δείγματος απαλλαγμένου ορυκτής ύλης ή ελεύθερο ανόργανων ουσιών	Στην περίπτωση αυτή οι αναλύσεις γίνονται σε δείγμα που αποτελείται μόνο από το μόνιμο άνθρακα και τα πτητικά συστατικά οργανικής προέλευσης, δηλαδή από τη λεγόμενη "καθαρή ανθρακούχο ουσία".

4.4 Περιγραφή διαδικασίας αξιολόγησης γεωτρήσεων

Στο σύνολο των 613 γεωτρήσεων, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, επιλέχθηκαν οι 450 προς μελέτη, μετά από την διαγραφή 163 γεωτρήσεων, μέσω του METAL. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος ορθότητας στοιχείων των λιγνιτικών γεωτρήσεων (έλεγχος λογικών λαθών). Σαν λογικά λάθη το METAL αναγνωρίζει (Καραμαλίκης, 2004):

- την μη ύπαρξη συντεταγμένων X,Y,Z
- τις τιμές συντεταγμένων εκτός παραδεκτών ορίων
- την μη συνέχεια στα βάθη της οροφής και πέρατος των διαδοχικών στρωμάτων-δειγμάτων
- την μη ύπαρξη τιμής στο πεδίο "τέφρα + CO₂" επί ξηρού δείγματος
- τις τιμές υγρασίας και ποιοτικών χαρακτηριστικών δειγμάτων εκτός λογικών ορίων.

Κατά τον έλεγχο των λογικών λαθών, βρέθηκε ότι δεν υπάρχει συνέχεια στα βάθη της οροφής και πέρατος των διαδοχικών στρωμάτων-δειγμάτων των στρωμάτων της γεώτρησης με μηχανογραφικό κωδικό 28144171 (KAP-9). Συγκεκριμένα στον ορίζοντα με βάθος 15800 cm δεν συνεχίζεται στο επόμενο στρώμα με βάθος 15870 cm. Η διόρθωση έγινε στον αρχικό ορίζοντα, με την σωστή τιμή των 15870 cm.

Στη συνέχεια, ακολούθησε ποσοτικός έλεγχος των στοιχείων των γεωτρήσεων για εύρεση τιμών ΚΘΔ, μεγαλύτερης των 1800 kcal/kg. Σαν αποτέλεσμα του ελέγχου βρέθηκε ότι 80 γεωτρήσεις εμφάνισαν μεγαλύτερες τιμές ΚΘΔ από 1800 kcal/kg στα περιεχόμενα στρώματά τους.

Οι υψηλές τιμές της ΚΘΔ, είναι ίδιες με τις τιμές στα αρχικά φύλλα των γεωτρήσεων που συμπληρώθηκαν κατά την θερμιδομέτρηση. Άρα διαπιστώνεται ότι δεν υπάρχουν λάθη κατά την εισαγωγή των ποιοτικών χαρακτηριστικών των γεωτρήσεων στο λογισμικό πρόγραμμα METAL.

4.4.1 Κριτήρια αξιολόγησης

Τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται από τη ΔΕΗ για την αξιολόγηση των γεωτρητικών δεδομένων, σύμφωνα με τις απαιτήσεις του λογισμικού προγράμματος METAL είναι:

1. Τέφρα και CO₂ για τον χαρακτηρισμό στείρου στρώματος.
2. Πάχος για χαρακτηρισμό στείρου στρώματος.
3. Πάχος στείρου διακοπής.
4. Τέφρα και CO₂ για χαρακτηρισμό μπλοκ λιγνίτη.
5. Πάχος για χαρακτηρισμό μπλοκ λιγνίτη.
6. Ειδικό βάρος λιγνίτη.
7. Ειδικό βάρος στείρων.
8. ΚΘΔ στείρων.
9. Υγρασία στείρων.
10. Τέφρα στείρου.
11. Πάχος ρυπαντικού στρώματος.
12. Πάχος απωλειών.

Στα κριτήρια 1, 2, (προσδιορισμός στείρου στρώματος) προσδιορίζονται η τέφρα+CO₂ και το πάχος που πρέπει να ικανοποιεί ένα στρώμα για να χαρακτηριστεί αρχικά σαν στείρο. Για να θεωρηθεί ένα στρώμα στείρο, θα πρέπει ανεξαρτήτως πάχους να έχει μηδενική τέφρα ή το πάχος του και η τέφρα του να υπερβαίνουν κάποια όρια που ο μελετητής καλείται να προσδιορίσει.

Στο κριτήριο 3 (προσδιορισμός ελάχιστου εξορυσσόμενου πάχους στείρου) προσδιορίζεται το πάχος με βάση το οποίο, τα αρχικώς χαρακτηρισθέντα ως στείρα στρώματα θα εξορυχθούν εκλεκτικά και θα διακινηθούν σαν άγονα. Ο αλγόριθμος σε αυτή την περίπτωση, με βάση το ελάχιστο πάχος που θα δώσει ο μελετητής, θα καθορίσει ποια από τα χαρακτηρισθέντα αρχικώς στείρα στρώματα θα εξορυχθούν και θα διακινηθούν εκλεκτικά σαν άγονα και δεν θα συμμετέχουν στη διαδικασία ενοποίησης και δημιουργίας τεχνικώς απολήψιμα μπλοκ λιγνίτη, και ποια θα ενσωματωθούν στα τεχνικώς απολήψιμα μπλοκ λιγνίτη με βάση τη διαδικασία ενοποίησης.

Στα κριτήρια 4 και 5 (κριτήρια για το χαρακτηρισμό ενός μπλοκ ως λιγνίτη) προσδιορίζονται τα χαρακτηριστικά με βάση τα οποία ένα πακέτο στρωμάτων ή ένα στρώμα θα χαρακτηριστεί και θα εξορυχθεί επιλεκτικά σαν μπλοκ λιγνίτη. Για να χαρακτηριστεί ως λιγνίτης ένα στρώμα ή ένα πακέτο στρωμάτων, θα πρέπει αφενός η περιεχόμενη τέφρα του να μην υπερβαίνει τη μέγιστη δοθείσα τιμή και αφετέρου το πάχος του να είναι μεγαλύτερο ή ίσο από τη δοθείσα ελάχιστη τιμή.

Στα κριτήρια 6, 7, 8, 9, 10 (παράμετροι αξιολόγησης) ο μελετητής καλείται να προσδιορίσει τα ειδικά βάρη των λιγνιτικών και στείρων στρωμάτων, καθώς και την κατωτέρα θερμογόνο δύναμη, την υγρασία και την τέφρα των στείρων ενδιαμέσων στρωμάτων, τα οποία θα συμμετέχουν στην διαδικασία ενοποίησης και δημιουργίας των αξιολογημένων μπλοκ λιγνίτη.

Το κριτήριο 11 (συνολικά προστιθέμενο πάχος λόγω ρύπανσης) προσδιορίζει ένα συνολικό πάχος στείρου στρώματος (σε cm) το μισό του οποίου θα προστεθεί στην οροφή και το άλλο μισό στο πέρας του προς εξέταση μπλοκ λιγνίτη, λόγω της ρύπανσης που συντελείται κατά την εξόρυξή του και οφείλεται κυρίως στη μέθοδο εξόρυξης και στα λειτουργικά χαρακτηριστικά του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού εξόρυξης. Το φαινόμενο της ρύπανσης έχει σαν αποτέλεσμα τη χειροτέρευση της ποιότητας του εξεταζόμενου μπλοκ λιγνίτη, καθώς επιβαρύνει ανάλογα τις μέσες τιμές υγρασίας, τέφρας, ΚΘΔ, και ειδικού βάρους του.

Τέλος, στο κριτήριο 12 (συνολικά αφαιρούμενο πάχος λόγω απωλειών) προσδιορίζεται ένα συνολικό πάχος λιγνίτη (σε cm) το μισό του οποίου θα αφαιρεθεί από την οροφή και το άλλο μισό από το πέρας, του προς εξέταση μπλοκ λιγνίτη, λόγω των απωλειών κατά την φάση της εξόρυξης, που οφείλονται τόσο στη μέθοδο εξόρυξης όσο και στον τρόπο λειτουρ-

γίας και τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του χρησιμοποιούμενου εξοπλισμού εξόρυξης (Καραμαλίκης, 2004). Στον πίνακα 4.5 δίνονται ενδεικτικές τιμές των κριτηρίων αξιολόγησης.

Πίνακας 4.5: Χρησιμοποιούμενα κριτήρια αξιολόγησης από τη ΔΕΗ.

1	Τέφρα και CO ₂ για τον χαρακτηρισμό στείρου στρώματος	99
2	Πάχος για χαρακτηρισμό στείρου στρώματος	20
3	Πάχος στείρου διακοπής	50
4	Τέφρα και CO ₂ για χαρακτηρισμό μπλοκ λιγνίτη	50
5	Πάχος για χαρακτηρισμό μπλοκ λιγνίτη	50
6	Ειδικό βάρος λιγνίτη	1,2
7	Ειδικό βάρος στείρων	1,8
8	ΚΘΔ στείρων	58
9	Υγρασία στείρων	36
10	Τέφρα στείρου	88
11	Πάχος ρυπαντικού στρώματος	5
12	Πάχος απωλειών	20

4.4.2 Δημιουργία ενδεικτικού μοντέλου κοιτάσματος

Λόγω ελλιπών δεδομένων, επιλέχθηκε για περαιτέρω μελέτη, τμήμα του ορυχείου, το οποίο περιλαμβάνει τον τομέα N⁰ 3 του ορυχείου Αμυνταίου. Οι συντεταγμένες του τμήματος είναι (Πίνακας 4.6):

Πίνακας 4.6: Συντεταγμένες πολυγώνου τομέα 3 του Ορυχείου Αμυνταίου.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
X	-28600	-28400	-28200	-28200	-27800	-27800	-27600	-27800	-28600	-28600
Y	40600	40700	41200	41400	42200	42400	42800	43000	40800	40600

Το πολύγωνο περικλείει 14 γεωτρήσεις, οι οποίες αναφέρονται στον Πίνακα 4.7.

Πίνακας 4.7: Γεωτρήσεις του τομέα 3 Ορυχείου Αμυνταίου.

	Όνομα	X	Y	Z (m)	Z πέρατος (m)	Βάθος (m)	Περάτωση (έτος)
1	A017	-28345	41059	598,70	352,70	246	1975
2	ΑΠ15	-28114	41913	595,03	331,03	264	1976
3	ΑΠ23	-28053	42344	596,99	294,99	302	1976
4	B207	-27994	42397	596,15	374,15	222	1992
5	B252	-27750	42682	596,06	386,06	210	1994
6	B254	-28062	42151	593,76	361,76	232	1995
7	B278	-28517	41012	594,68	438,68	156	1994
8	B300	-28373	40838	599,22	425,22	174	1995
9	Δ06	-27804	42927	595,75	391,75	204	1997
10	KAP-6	-28205	41605	595,32	370,32	225	-
11	KAP-9	-28141	41717	594,00	436,00	225	2000
12	KAP-17	-27851	42135	566,03	413,03	153	2000
13	KAP-18	-27923	42700	595,34	394,34	201	2000
14	KAP-11	-27770	42541	595,60	418,60	177	-

Για τη δημιουργία του ενδεικτικού μοντέλου του κοιτάσματος, προέχει η αξιολόγηση των 14 γεωτρήσεων, βάσει δυο διαφορετικών σεναρίων, όσον αφορά τα κριτήρια αξιολόγησης. Επίσης αξιολόγηση έγινε και για το σύνολο των γεωτρήσεων (450), σύμφωνα με τα κριτήρια του Πίνακα 4.5.

4.4.3 Υπολογισμός ΚΘΔ στείρων ενδιαμέσων του ενδεικτικού κοιτάσματος

Αρχικά υπολογίστηκε ο αριθμός των στείρων ενδιαμέσων στρωμάτων με κωδικό MR (μάργα), AL (αργίλος) και SN (άμμος) (Πίνακας 4.8) και στη συνέχεια το συνολικό μέσο πάχος τους, 78,560 m. Η σύσταση του ανόργανου μέρους με βάση τα στοιχεία της στατιστικής ανάλυσης των πυρήνων των γεωτρήσεων, είναι για μάργες 13,05%, για αργίλους 55,47% και για άμμους 31,48%. Από τα 81 στείρα ενδιαμέσα στρώματα αργίλου, τα εννέα χαρακτηρίζονται ισχυρώς ανθρακομιγή, ενώ τέσσερα χαρακτηρίζονται ασθενώς ανθρακομιγή. Σε αντίθεση, η εμφάνιση ανθρακομιγούς μάργας είναι μόλις μία, “ισχυρώς ανθρακομιγής”.

Ο υπολογισμός της ΚΘΔ των στείρων ενδιαμέσων έγινε λαμβάνοντας υπόψη ότι η ΚΘΔ της καύσιμης ύλης είναι 5800 kcal/kg, των μαργών –400 kcal/kg, η θερμότητα ατμοποίησης του νερού –585 kcal/kg και των αργίλων και άμμων –200 kcal/kg και. Επίσης χρησιμοποιή-

θήκαν οι τιμές για τα στείρα ενδιάμεσα στρώματα, υγρασίας (W) 35%, τέφρα και CO₂ για χαρακτηρισμό στείρου στρώματος 93% με καύσιμη ύλη στα στείρα ίση με 7% (Γαλετάκης, 1996).

$$\begin{aligned}
 \text{Υγρασία} &= 0.35 * (-585) &= -250 \text{ kcal/kg} \\
 \text{Μάργες} &= 0.93 * 0.65 * 0.13 * (-400) &= -31 \text{ kcal/kg} \\
 \text{Άργιλοι και άμμοι} &= 0.93 * 0.65 * 0.87 * (-200) &= -105 \text{ kcal/kg} \\
 \text{Καύσιμη ύλη} &= 0.07 * 0.65 * 5800 &= 264 \text{ kcal/kg} \\
 \textbf{ΚΘΔ ενδιαμέσων} & &= \textbf{-77 kcal/kg}
 \end{aligned}$$

Πίνακας 4.8: Τυπικές τιμές ποιοτικών χαρακτηριστικών ενδιαμέσων στείρων και ανθρακομιγών σχηματισμών των γεωτρήσεων (Γαλετάκης, 1996).

Μακροσκοπικός χαρακτηρισμός	Κωδικός			τέφρα+ CO ₂ %	ΚΘΔ kcal/kg	Υγρασία %
	MM	S	N			
Ασβεστόλιθος	LK			100	-500	35
Μαργαϊκός ασβεστόλιθος	MA			100	-450	35
Μάργα	MR			100	-400	35
Αργιλική μάργα	MR	T		100	-320	35
Άργιλος	AL			100	-250	35
Άμμος	SN			100	-120	20
Μάργα ανθρακομιγής ασθενώς	MR	C	3	90-95	-100	38
Μάργα ανθρακομιγής μερικώς	MR	C	5	80-90	100	40
Μάργα ανθρακομιγής ισχυρώς	MR	C	7	65-80	500	45
Μάργα ανθρακομιγής πολύ ισχυρώς	MR	C	9	55-65	750	47
Άργιλος ανθρακομιγής ασθενώς	AL	C	3	90-95	50	38
Άργιλος ανθρακομιγής μερικώς	AL	C	5	80-90	200	40
Άργιλος ανθρακομιγής ισχυρώς	AL	C	7	65-80	600	45
Άργιλος ανθρακομιγής πολύ ισχυρώς	AL	C	9	55-65	800	47

4.4.4 Εναλλακτικά σενάρια αξιολόγησης

Στο Πίνακα 4.9 αναφέρονται πέντε σενάρια κριτηρίων αξιολόγησης. Το 1^ο σενάριο αναφέρεται στα χρησιμοποιούμενα κριτήρια από τη ΔΕΗ, το 2^ο σενάριο προέκυψε από την μελέτη υπολογισμού της ΚΘΔ των ενδιάμεσων στείρων ενστρώσεων (παράγραφος 4.4.3), ενώ τα υπόλοιπα 3^ο, 4^ο, και 5^ο είναι σενάρια με ενδιάμεσες τιμές του 1^{ου} και 2^{ου} σεναρίου. Τα σενάρια 3, 4 και 5 χρησιμοποιήθηκαν για την μελέτη της συμπεριφοράς της μέσης ΚΘΔ του λιγνιτικού κοιτάσματος.

Πίνακας 4.9: Εναλλακτικά σενάρια αξιολόγησης.

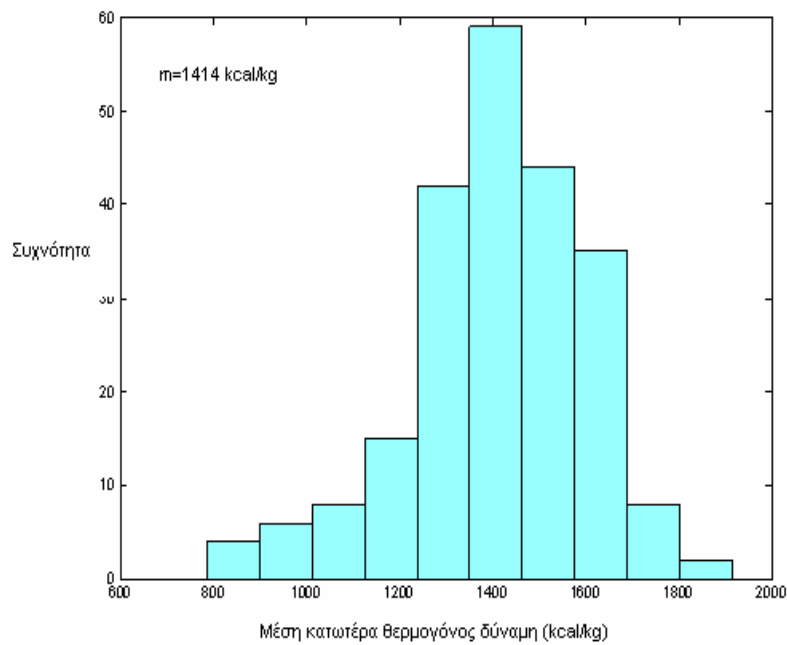
Κριτήρια αξιολόγησης	Σενάριο 1 ^ο (ΔΕΗ)	Σενάριο 2 ^ο	Σενάριο 3 ^ο	Σενάριο 4 ^ο	Σενάριο 5 ^ο
Τέφρα και CO ₂ για τον χαρακτηρισμό στείρου στρώματος	99	93	99	90	90
Πάχος για χαρακτηρισμό στείρου στρώματος	20	30	50	50	30
Πάχος στείρου διακοπής	50	50	50	50	50
Τέφρα και CO ₂ για χαρακτηρισμό μπλοκ λιγνίτη	50	55	50	50	50
Πάχος για χαρακτηρισμό μπλοκ λιγνίτη	50	50	50	50	50
Ειδικό βάρος λιγνίτη	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
Ειδικό βάρος στείρων	1,8	1,8	1,8	1,8	1,8
ΚΘΔ στείρων	58	-77	26,5	40	40
Υγρασία στείρων	36	35	36	36	36
Τέφρα στείρου	88	88	88	88	88
Πάχος ρυπαντικού στρώματος	5	10	5	5	5
Πάχος απωλειών	20	30	20	10	30

Από τα σενάρια του Πίνακα 4.9, εξήχθησαν από το πρόγραμμα METAL, τα αρχεία: EVAL_DEH, EVAL_X, EVAL_2, EVAL_3 και EVAL_4, τα οποία περιέχουν τις αξιολογημένες γεωτρήσεις.

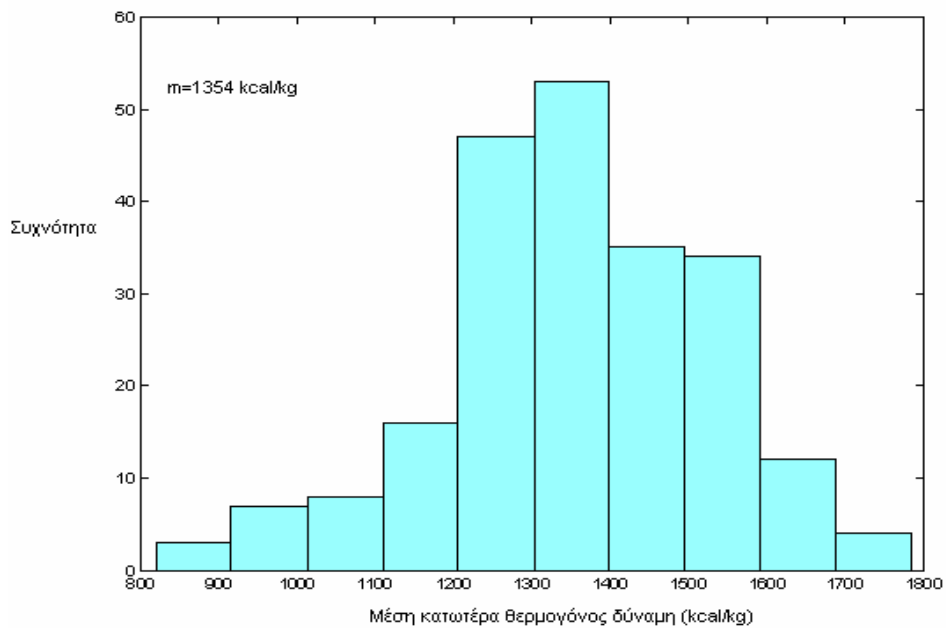
4.4.5 Στατιστική επεξεργασία σεναρίων αξιολόγησης

Η στατιστική επεξεργασία των σεναρίων αξιολόγησης περιλάμβανε αναγωγή των αξιολογημένων γεωτρήσεων, σε “σημειακές” γεωτρήσεις. Συγκεκριμένα οι τιμές της ΚΘΔ των λιγνιτικών στρώσεων κάθε γεώτρησης, ανάχθηκαν σε μέση τιμή ΚΘΔ ανά γεώτρηση. Στη

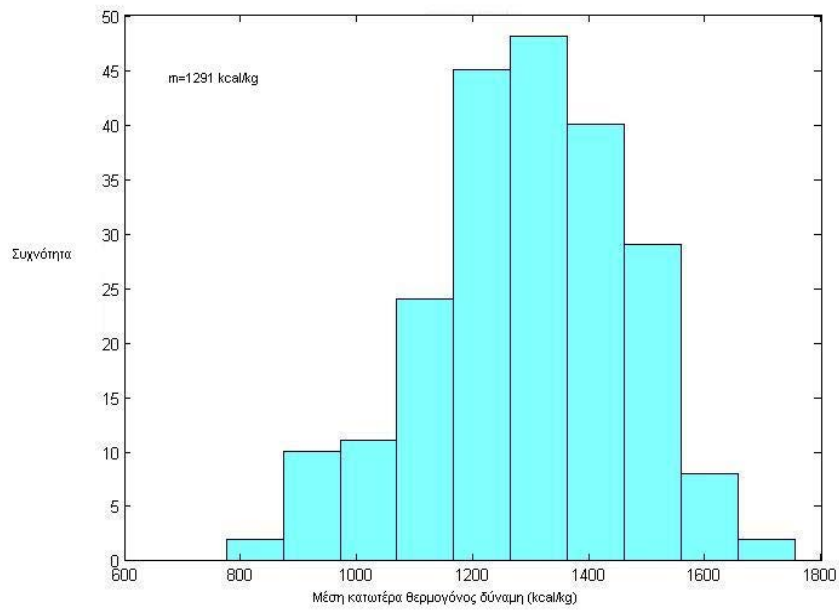
συνέχεια κατασκευάστηκαν ιστογράμματα μέσης τιμής ΚΘΔ και συχνότητας εμφάνισης (Σχήματα 4.6-4.11).



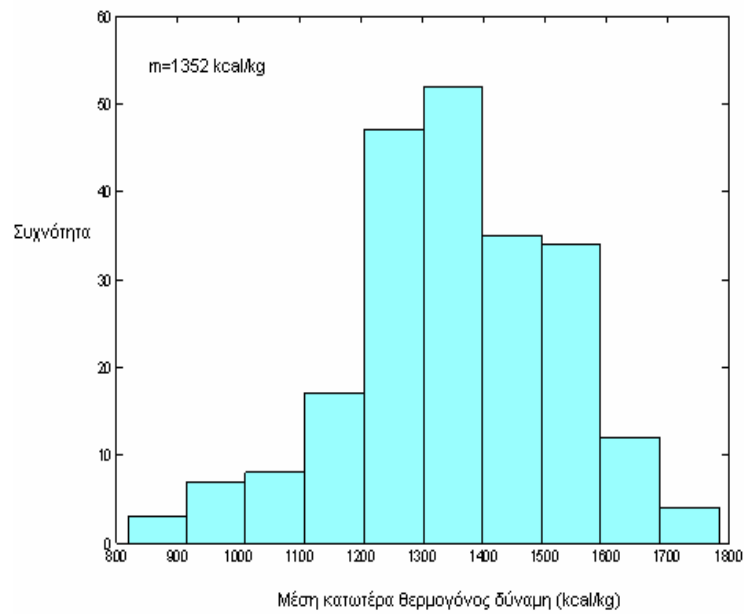
Σχήμα 4.6: Ιστογράμμο συχνότητας ΚΘΔ χωρίς αξιολόγηση των γεωτρήσεων (μέση ΚΘΔ 1413 kcal/kg).



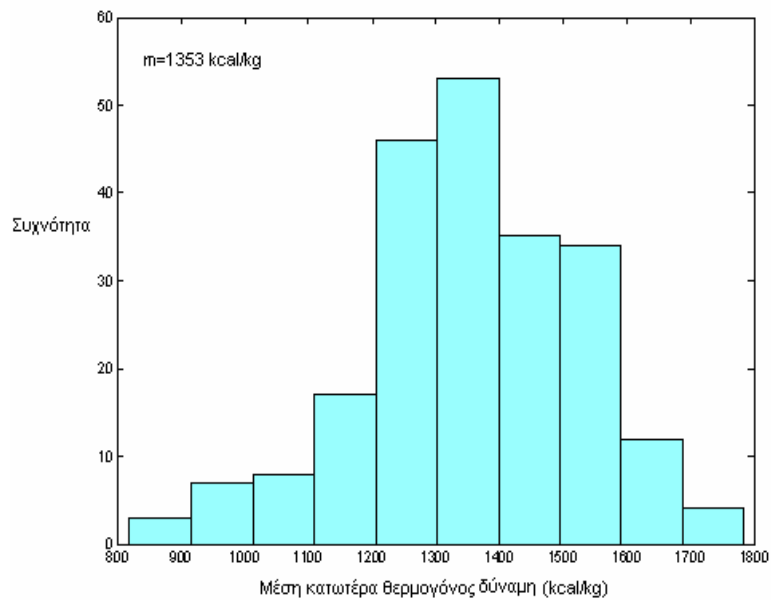
Σχήμα 4.7: Ιστογράμμο συχνότητας ΚΘΔ αξιολογημένων γεωτρήσεων σύμφωνα με το 1^ο σενάριο αξιολόγησης (ΔΕΗ) (μέση ΚΘΔ 1354 kcal/kg).



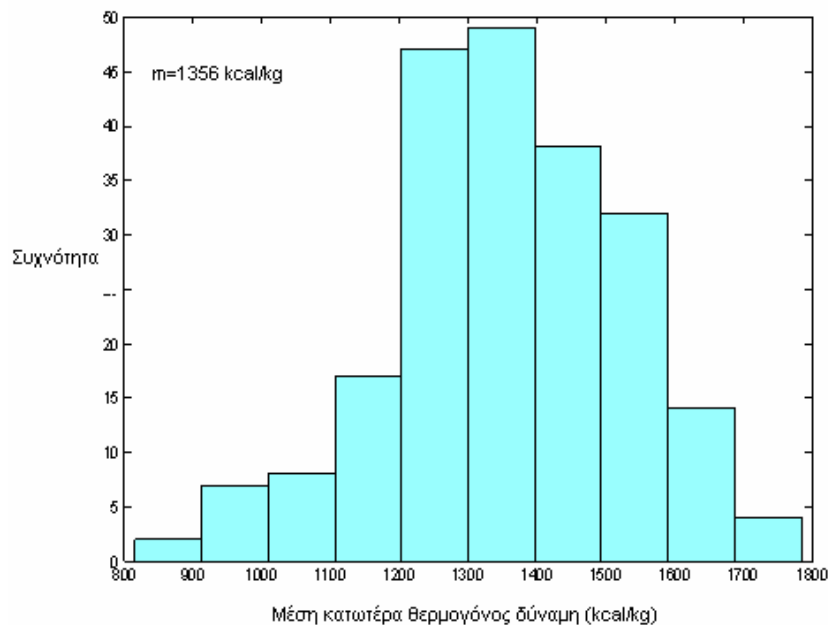
Σχήμα 4.8: Ιστογράμμο συχνότητας ΚΟΔ αξιολογημένων γεωτρήσεων σύμφωνα με το 2^ο σενάριο αξιολόγησης (μέση ΚΟΔ 1290 kcal/kg).



Σχήμα 4.9: Ιστογράμμο συχνότητας ΚΟΔ σύμφωνα με το 3^ο σενάριο αξιολόγησης (μέση ΚΟΔ 1352 kcal/kg με διάμεσο 1350 kcal/kg).



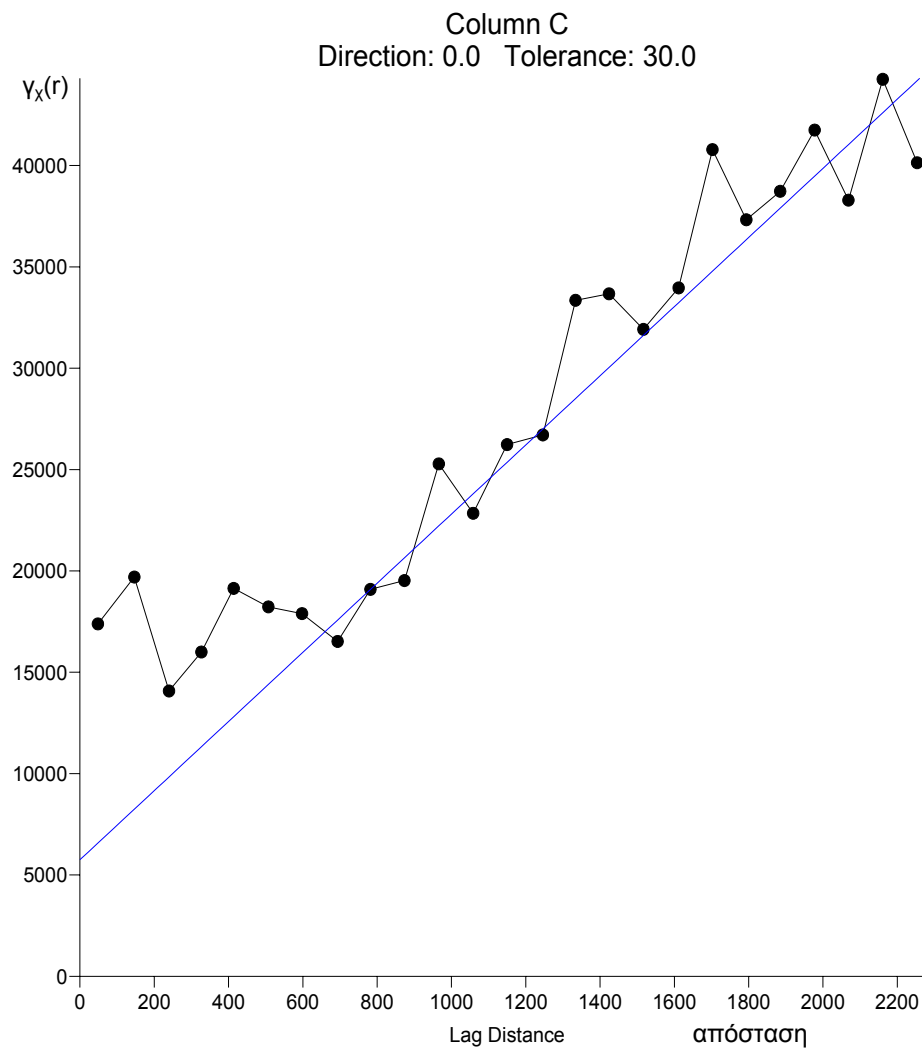
Σχήμα 4.10: Ιστόγραμμα συχνότητας ΚΘΔ σύμφωνα με το 4^ο σενάριο αξιολόγησης (μέση ΚΘΔ 1353 kcal/kg).



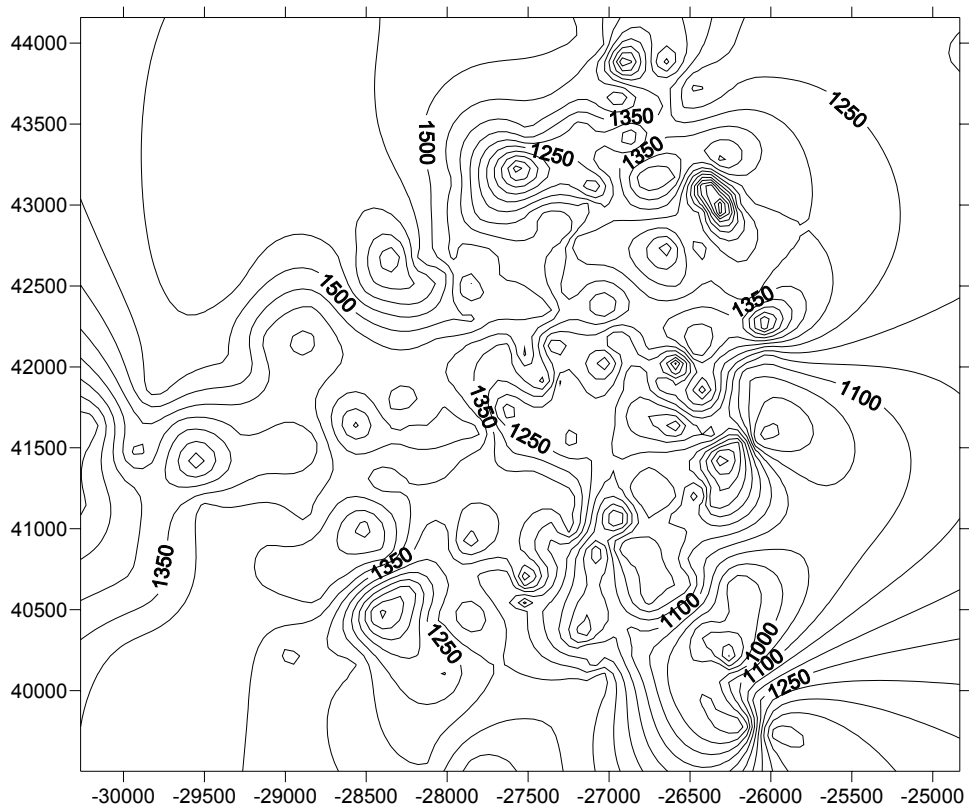
Σχήμα 4.11: Ιστόγραμμα συχνότητας ΚΘΔ σύμφωνα με το 5^ο σενάριο αξιολόγησης (μέση ΚΘΔ 1356 kcal/kg).

Το ιστόγραμμα του Σχήματος 4.6 εμφανίζει μέση ΚΘΔ 1413 kcal/kg, χωρίς να έχουν αξιολογηθεί τα γεωτρητικά δεδομένα. Το ιστόγραμμα του Σχήματος 4.7 εμφανίζει μέση ΚΘΔ 1354 kcal/kg, με αξιολόγηση σύμφωνα με το 1ο σενάριο (ΔΕΗ), ενώ το ιστόγραμμα του Σχήματος 4.8 εμφανίζει τη χαμηλότερη μέση ΚΘΔ 1291 kcal/kg, σύμφωνα με το 2^ο σενάριο αξιολόγησης. Τα υπόλοιπα ιστογράμματα δεν εμφανίζουν κάποια σημαντική διαφοροποίηση στην τιμή της μέσης ΚΘΔ (1352, 1353 και 1356 kcal/kg αντίστοιχα).

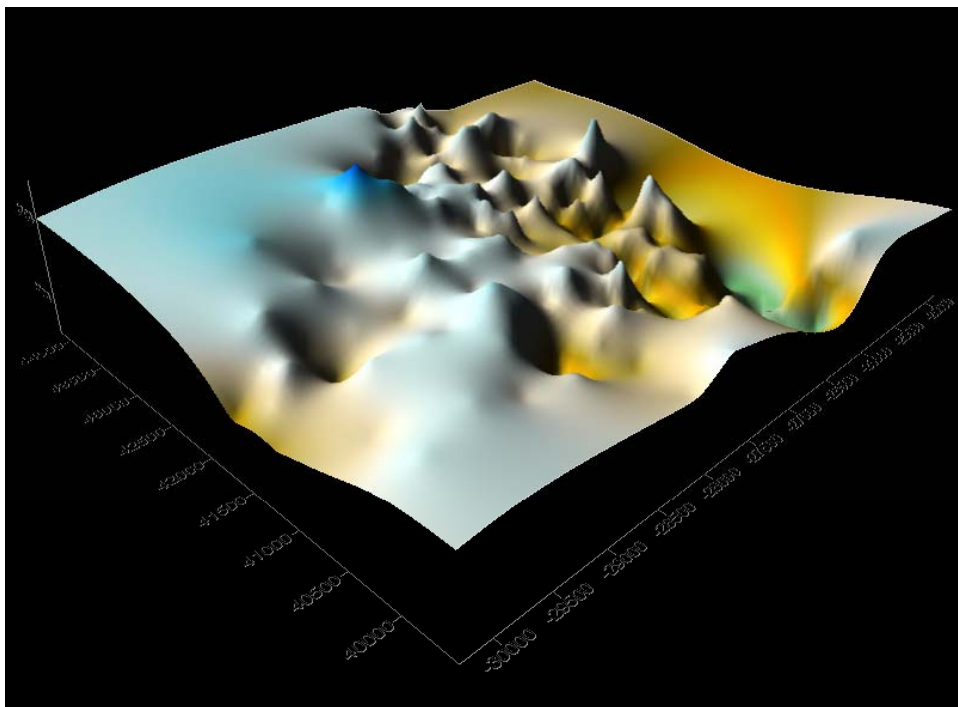
Για το 2^ο σενάριο κριτηρίων αξιολόγησης κατασκευάστηκε ένα ημιβαριόγραμμα (Σχήμα 4.12) καθώς και ισοδυναμικές καμπύλες κατώτερης θερμογόνου δύναμης σε δύο και τρεις διαστάσεις (Σχήμα 4.13 και 4.14).



Σχήμα 4.12: Ημιβαριόγραμμα για το 2^ο σενάριο αξιολογημένων γεωτρήσεων



Σχήμα 4.13: Ισοδυναμικές καμπύλες κατώτερης θερμογόνου δύναμης με την μέθοδο Ordinary Kriging βασισμένες στο ημιβαριόγραμμα του προηγούμενου γραφήματος.



Σχήμα 4.14: Ισοδυναμικές τρισδιάστατες καμπύλες κατώτερης θερμογόνου δύναμης.

Το ημιβαριόγραμμα ορίζεται με τη βοήθεια του τελεστή της μέσης τιμής, μέσω δηλαδή της εξίσωσης 4.4 (Χριστόπουλος, 2004):

$$\gamma_X(r) = \frac{1}{2} E[X(s+r) - X(s)]^2 \quad 4.4$$

όπου:

- E Μέση τιμή υπολογισμένη ως προς το σύνολο των καταστάσεων του πεδίου
- X Τυχαίο πεδίο
- r βήμα απόστασης
- s Διάνυσμα θέσης

Η μέση τιμή ορίζεται ως ο μέσος όρος ως προς όλες τις καταστάσεις του πεδίου στις δυο θέσεις. Ο υπολογισμός της μέσης τιμής προϋποθέτει την πιθανότητα εμφάνισης κάθε κατάστασης. Ουσιαστικά το ημιβαριόγραμμα αντιπροσωπεύει πόσο διαφέρουν μεταξύ τους οι τιμές του πεδίου σαν συνάρτηση της απόστασης.

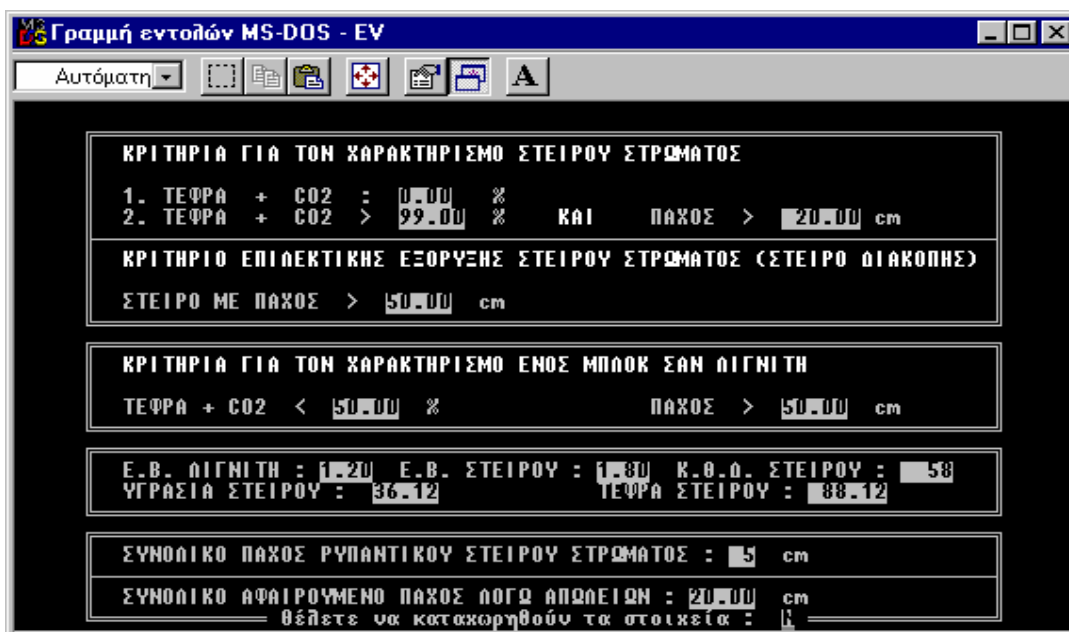
Τα Σχήματα 4.13 και 4.14 κατασκευάστηκαν χρησιμοποιώντας τη μέθοδο ordinary kriging για τον υπολογισμό τιμών σε σημεία του καννάβου στην περιοχή ενδιαφέροντος.

Το κανονικό kriging αντικαθιστά την υπόθεση της γνωστής μέσης τιμής με ένα διαφορετικό περιορισμό: η μέση τιμή είναι σταθερή μέσα σε κάθε γειτονιά εκτίμησης αλλά μπορεί να μεταβάλλεται από γειτονιά σε γειτονιά. Επιπλέον, στη μέθοδο του κανονικού kriging δεν είναι απαραίτητη η γνώση της μέσης τιμής (Χριστόπουλος, 2004).

4.4.6 Ενδεικτική ογκομέτρηση τμήματος του κοιτάσματος

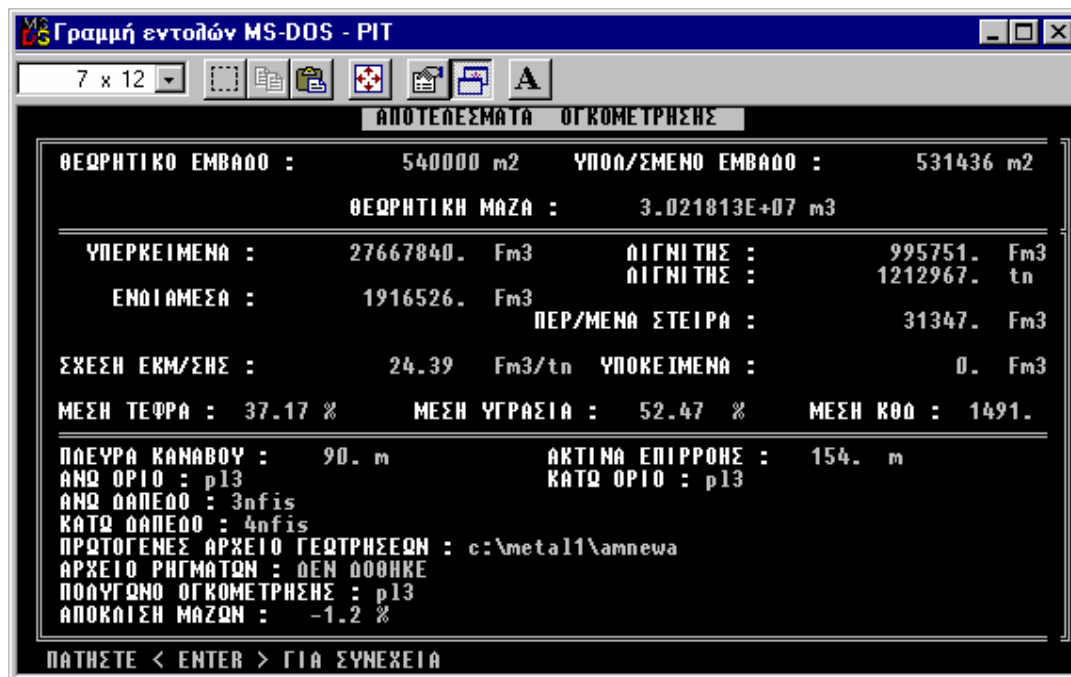
Ογκομέτρηση (Α) σύμφωνα με τα χρησιμοποιούμενα κριτήρια της ΔΕΗ

Στην ενδεικτική ογκομέτρηση, σύμφωνα με τα χρησιμοποιούμενα κριτήρια της ΔΕΗ (Σχήμα 4.15), μέρους του κοιτάσματος σαν άνω δάπεδο και κάτω δάπεδο εισήχθησαν τα αρχεία 3nfs και 4nfs, (Παράρτημα Γ) αντίστοιχα. Η ακτίνα επιρροής των γεωτρήσεων υπολογίζεται σαν: μέση απόσταση γεωτρήσεων + 20%, το πολύγωνο ογκομέτρησης (pl3) (Παράρτημα Γ) είναι ίδιο με το πολύγωνο του οποίου οι συντεταγμένες εμφανίζονται στον Πίνακα 4.6.



Σχήμα 4.15: Χρησιμοποιούμενα κριτήρια αξιολόγησης από τη ΔΕΗ.

Τα αποτελέσματα της ογκομέτρησης Α φαίνονται στο Σχήμα 4.13.



Σχήμα 4.16: Αποτελέσματα ογκομέτρησης Α.

Ογκομέτρηση (Β) σύμφωνα με το νέο "σετ" κριτηρίων (Πίνακας 4.10)

Πίνακας 4.10: Νέο “σετ” κριτηρίων αξιολόγησης.

Τέφρα και CO ₂ για τον χαρακτηρισμό στείρου στρώματος	93
Πάχος για χαρακτηρισμό στείρου στρώματος	30
Πάχος στείρου διακοπής	50
Τέφρα και CO ₂ για χαρακτηρισμό μπλοκ λιγνίτη	55
Πάχος για χαρακτηρισμό μπλοκ λιγνίτη	50
Ειδικό βάρος λιγνίτη	1,2
Ειδικό βάρος στείρων	1,8
ΚΘΔ στείρων	-77
Υγρασία στείρων	35
Τέφρα στείρου	88
Πάχος ρυπαντικού στρώματος	10
Πάχος απωλειών	30

Γραμμή εντολών MS-DOS - EV

Αυτόματη

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟ ΣΤΕΙΡΟΥ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ

1. ΤΕΦΡΑ + CO₂ : 0.00 %
 2. ΤΕΦΡΑ + CO₂ > 93.00 % ΚΑΙ ΠΑΧΟΣ > 30.00 cm

ΚΡΙΤΗΡΙΟ ΕΠΙΔΕΚΤΙΚΗΣ ΕΞΟΥΣΗΣ ΣΤΕΙΡΟΥ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ (ΣΤΕΙΡΟ ΔΙΑΚΟΠΗΣ)

ΣΤΕΙΡΟ ΜΕ ΠΑΧΟΣ > 50.00 cm

ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΓΙΑ ΤΟΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟ ΕΝΟΣ ΜΠΛΟΚ ΣΑΝ ΛΙΓΝΙΤΗ

ΤΕΦΡΑ + CO₂ < 55.00 % ΠΑΧΟΣ > 50.00 cm

Ε.Β. ΛΙΓΝΙΤΗ : 1.20 Ε.Β. ΣΤΕΙΡΟΥ : 1.80 Κ.Θ.Δ. ΣΤΕΙΡΟΥ : -77
 ΥΓΡΑΣΙΑ ΣΤΕΙΡΟΥ : 35.00 ΤΕΦΡΑ ΣΤΕΙΡΟΥ : 88.12

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΠΑΧΟΣ ΡΥΠΑΝΤΙΚΟΥ ΣΤΕΙΡΟΥ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ : 10 cm

ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΑΦΑΙΡΟΥΜΕΝΟ ΠΑΧΟΣ ΛΟΓΩ ΑΠΩΛΕΙΩΝ : 30.00 cm

Θέλετε να καταχωρηθούν τα στοιχεία : Y

Σχήμα 4.17: Νέο “σετ” κριτηρίων αξιολόγησης.

Τα αποτελέσματα της ογκομέτρησης Β φαίνονται στο Σχήμα 4.18.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΟΓΚΟΜΕΤΡΗΣΗΣ					
ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΕΜΒΑΔΟ :	540000 m2	ΥΠΟΛ/ΣΜΕΝΟ ΕΜΒΑΔΟ :	531436 m2		
	ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΜΑΖΑ :	3.021813E+07 m3			
ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ :	27591700. Fm3	ΔΙΓΝΙΤΗΣ :	1091985. Fm3		
ΕΝΔΙΑΜΕΣΑ :	1899373. Fm3	ΔΙΓΝΙΤΗΣ :	1347243. tn		
		ΠΕΡ/ΜΕΝΑ ΣΤΕΙΡΑ :	60949. Fm3		
ΣΧΕΣΗ ΕΚΜ/ΣΗΣ :	21.89 Fm3/tn	ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΑ :	0. Fm3		
ΜΕΣΗ ΤΕΦΡΑ :	38.61 %	ΜΕΣΗ ΥΓΡΑΣΙΑ :	51.95 %	ΜΕΣΗ ΚΘΔ :	1404.
ΠΛΕΥΡΑ ΚΑΝΑΒΟΥ :	90. m	ΑΚΤΙΝΑ ΕΠΙΡΡΟΗΣ :	154. m		
ΑΝΩ ΟΡΙΟ :	p13	ΚΑΤΩ ΟΡΙΟ :	p13		
ΑΝΩ ΔΑΠΕΔΟ :	3n fis				
ΚΑΤΩ ΔΑΠΕΔΟ :	4n fis				
ΠΡΩΤΟΓΕΝΕΣ ΑΡΧΕΙΟ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ :	c:\metal1\amnewa				
ΑΡΧΕΙΟ ΡΗΓΜΑΤΩΝ :	ΔΕΝ ΔΟΘΗΚΕ				
ΠΟΛΥΓΩΝΟ ΟΓΚΟΜΕΤΡΗΣΗΣ :	p13				
ΑΠΟΚΛΙΣΗ ΜΑΖΩΝ :	-1.2 %				
ΠΑΤΗΣΤΕ < ENTER > ΓΙΑ ΣΥΝΕΧΕΙΑ					

Σχήμα 4.18: Αποτελέσματα ογκομέτρησης Β.

Σύμφωνα με τις παραπάνω αξιολογήσεις και όσον αφορά στη ΚΘΔ που εμφανίζεται στα αποτελέσματα των ογκομετρήσεων, παρατηρείται μείωση της ΚΘΔ κατά 5,8 %, δηλαδή από 1491 kcal/kg μειώθηκε στα 1404 kcal/kg, με εφαρμογή του νέου “σετ” κριτηρίων στην αξιολόγηση των γεωτρήσεων.

Πρέπει να παρατηρηθεί πως τα αποτελέσματα των ογκομετρήσεων και συγκεκριμένα η τιμή της ΚΘΔ δεν αναφέρονται στο σύνολο του κοιτάσματος του Ορυχείου, αλλά μόνο στον τομέα 3. Άρα η τιμή της ΚΘΔ που εμφανίζεται στα αποτελέσματα της Α ογκομέτρησης δεν αντιπροσωπεύει το σύνολο του κοιτάσματος, το ίδιο ισχύει για τα αποτελέσματα της Β ογκομέτρησης. Ανάγοντας την μέση ΚΘΔ της αρχική γεωλογικής μελέτης του ΙΓΜΕ των 1440 kcal/kg, σύμφωνα με την ποσοστιαία μείωση της ΚΘΔ μεταξύ των ογκομετρήσεων (5,8% μείωση), συμπεραίνεται πως η μέση ΚΘΔ του Ορυχείου θα έχει τιμή 1356 kcal/kg. Βέβαια η παραπάνω αναγωγή για την τιμή της ΚΘΔ (1356 kcal/kg) και πάλι δεν αντιπροσωπεύει το κοίτασμα. Για αντιπροσωπευτικότερη τιμή ΚΘΔ θα πρέπει να ερευνηθεί κάθε τομέας ξεχωριστά όπως και για το σύνολο.

Αυτό που προκύπτει είναι πως το νέο “σετ” κριτηρίων αξιολόγησης (Πίνακας 4.10) επικρατεί σε σχέση με τα άλλα διαφορετικά σετ κριτηρίων, όσον αφορά τη τιμή της ΚΘΔ.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

5.1 Συμπεράσματα

Από την μελέτη των αποτελεσμάτων των γεωτρητικών δεδομένων για το Ορυχείο Αμυνταίου, προέκυψαν τα εξής:

Η μέση ΚΘΔ του Ορυχείου όπως προβλέπεται από την αρχική γεωλογική-κοιτασματολογική μελέτη του ΙΓΜΕ είναι της τάξης των 1430 kcal/kg

Τα γεωτρητικά δεδομένα του πρωτογενούς αρχείου γεωτρήσεων, που χρησιμοποιεί η ΔΕΗ για την αξιολόγηση του κοιτάσματος έχουν δεδομένα θερμογόνου δύναμης σύμφωνα με την αρχική μελέτη. Η αξιολόγηση των γεωτρήσεων όσον αφορά απολήψιμους όγκους ενδιαμέσων, υπερκλεισμένων και λιγνιτικών υλικών, σχέσης εκμετάλλευσης, μέσης τέφρας, μέσης υγρασίας και μέσης ΚΘΔ, γίνονται με βάση το λογισμικό METAL που έχει αναπτυχθεί από τη ΔΕΗ. Η αξιολόγηση αυτή γίνεται βασισμένη σε μια σειρά από κριτήρια, τα οποία διαφοροποιούνται ανάλογα με τα χαρακτηριστικά του κοιτάσματος. Επίσης, η αξιολόγηση μπορεί να περιλαμβάνει όλες ή μέρος των γεωτρήσεων, ανάλογα αν η αξιολόγηση αφορά ολόκληρο το κοίτασμα ή μέρος αυτού (π.χ. τομέας 3 εκμετάλλευσης κοιτάσματος).

Για την αξιολόγηση, επιπλέον των γεωτρητικών δεδομένων απαιτούνται πολύγωνα δύο διαστάσεων οριοθέτησης τομέων εκμετάλλευσης, καθώς και ψηφιοποιημένες επιφάνειες που ορίζουν σε τρεις διαστάσεις τις άνω και κάτω επιφάνειες απολήψιμων όγκων.

Με βάση τα κριτήρια που χρησιμοποιούνται στο Ορυχείο Αμυνταίου για τις ογκομετρήσεις και τον προσδιορισμό των υπολοίπων παραμέτρων εκμετάλλευσης (ΚΘΔ, τέφρα, υγρασία), προκύπτει ότι οι ογκομετρήσεις πλησιάζουν στους απολογιστικά εκτιμώμενους όγκους διακίνησης με ακρίβεια της τάξης των 10 %, ενώ η μέση ΚΘΔ αποκλίνει κατά 12 %.

Από την παρούσα μελέτη διαφάνεται ότι στον υπολογισμό της ΚΘΔ των στείων ενδιαμέσων, δεν λήφθηκε υπόψη, με την απαιτούμενη ακρίβεια το γεγονός ότι οι ενδιαμέσες στείες ενσπρώσεις απορροφούν σημαντικό ποσό της εκλυόμενης θερμογόνου δύναμης, σαν αποτέλεσμα, για την ορθή αξιολόγηση των γεωτρητικών δεδομένων, η συνολική θερμογόνος δύναμη των στείων ενδιαμέσων πρέπει να κυμανθεί σε αρνητικά επίπεδα.

Δοκιμάζοντας διάφορα σενάρια αξιολόγησης, με αρνητικές τιμές ΚΘΔ στείων ενδιαμέσων, προκύπτουν τιμές χαμηλότερες από τις εκτιμώμενες και οι οποίες πλησιάζουν τις απολογιστικές τιμές ΚΘΔ του ΑΗΣ Αμυνταίου-Φιλώτα. Οι δοκιμές έγιναν για συγκεκριμένο τομέα εκμετάλλευσης του Ορυχείου, καθώς δεν ήταν δυνατή η χρήση ψηφιοποιημένων επιφανειών, οι οποίες να ανταποκρίνονται στο σύνολο του υπό εκμετάλλευση Ορυχείου, σήμερα.

Συγκεκριμένα η υπολογιζόμενη, στη παρούσα εργασία, τιμή της ΚΘΔ των στείρων ενδιαμέσων είναι -77 kcal/kg , (το αρνητικό πρόσημο σημαίνει ότι απορροφά ενέργεια κατά την καύση των στείρων) σε αντίθεση με την τιμή της ΚΘΔ των στείρων ενδιαμέσων των 58 kcal/kg που χρησιμοποιεί η ΔΕΗ, η οποία δείχνει να προσθέτει ενέργεια. Η απόκλιση των δυο παραπάνω τιμών της ΚΘΔ των στείρων είναι της τάξης του 32,8 %.

Όπως φαίνεται στον Πίνακα 5.1 η μέση τιμή της ΚΘΔ του τομέα 3 που προκύπτει από την διαδικασία ογκομέτρησης του προγράμματος METAL, είναι της τάξης των 1490 kcal/kg , ενώ η αντίστοιχη τιμή χρησιμοποιώντας τα κριτήρια που αναπτύχθηκαν στην παρούσα εργασία είναι της τάξης των 1400 kcal/kg .

Στη συνέχεια έγινε στατιστική επεξεργασία των τιμών της ΚΘΔ των αξιολογημένων γεωτρήσεων για δυο βασικά σενάρια, α) το σενάριο τιμών που χρησιμοποιούνται σήμερα από τη ΔΕΗ και β) το σενάριο των τιμών οι οποίες εκτιμήθηκαν στην παρούσα εργασία. Γενικά εξετάστηκαν συνολικά έξι σετ κριτηρίων αξιολόγησης, από τα οποία προκρίθηκε ένα, το οποίο παρατίθεται στον Πίνακα 5.1. Από την στατιστική επεξεργασία δημιουργήθηκαν κατανομές (ενότητα 4.4.5) οι οποίες δίνουν στατιστικά στοιχεία σχετικά με τις μέσες τιμές της ΚΘΔ. Οι τιμές αυτές φαίνονται στον Πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1: Συγκριτικός πίνακας αποτελεσμάτων αξιολόγησης γεωτρητικών δεδομένων

	Εκτίμηση από ΔΕΗ	Εκτίμηση παρούσας εργασίας	Ποσοστό απόκλισης (%)
Μέση τιμή ΚΘΔ στείρων ενδιαμέσων	58 kcal/kg	-77 kcal/kg	32,8 %
Μέση τιμή ΚΘΔ τομέα 3 σαν αποτέλεσμα της ογκομέτρησης	1491 kcal/kg	1404 kcal/kg	5,8 %
Αποτελέσματα στατιστικής επεξεργασίας ΚΘΔ ανηγμένων ανά γεώτρηση στο σύνολο των γεωτρητικών δεδομένων	1354 kcal/kg	1291 kcal/kg	4,6 %

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι τα προτεινόμενα κριτήρια της παρούσας εργασίας διαφοροποιούν την εκτιμώμενη ΚΘΔ κατά 5,8 % σαν μέση τιμή και 4,6 % σαν αποτέλεσμα της στατιστικής επεξεργασίας. Αυτά τα ποσοστά εκτιμούνται ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε τομείς παραπλήσιους με τον τομέα 3 του Ορυχείου Αμυνταίου. Θα πρέπει όμως στη συνέχεια να διερευνηθεί αν μπορούν να γενικευτούν σε όλα τα τμήματα του Ορυχείου, για παρόμοιες συνθήκες εκμετάλλευσης.

Η στατιστική ανάλυση των στοιχείων της ΚΘΔ των αξιολογημένων γεωτρήσεων σε διάφορα σενάρια, δίνει κατανομές, οι οποίες θεωρούνται ότι προσεγγίζουν κατά μέσο όρο τις αντίστοιχες εκτιμώμενες τιμές ΚΘΔ.

5.2 Προτάσεις

Για τη ακριβέστερη αξιολόγηση των γεωτρητικών δεδομένων και τον λεπτομερέστερο προσδιορισμό των ποιοτικών χαρακτηριστικών προτείνεται να:

- Πραγματοποιούνται περισσότερες χημικές αναλύσεις για τον υπολογισμό των ποιοτικών χαρακτηριστικών των στείρων ενδιameών, που χρησιμοποιούνται στα κριτήρια αξιολόγησης (τέφρα, υγρασία, ΚΘΔ).
- Μελετηθεί η τιμή της ΚΘΔ των στείρων ενδιameών για το σύνολο του κοιτάσματος. Όπως αναφέρεται στον 4ο κεφάλαιο, κατά την καύση των στείρων ενδιameών δεν προσφέρεται ενέργεια όπως είχε υπολογιστεί (ΚΘΔ ίση με 58 kcal/kg), αλλά αντίθετα αφαιρείται ενέργεια (-77 kcal/kg). Η μείωση της ΚΘΔ οφείλεται στο ποσοστό συμμετοχή ασβεστολιθικού υλικού και μάργας στα στείρα υλικά και λιγότερο αργιλικών υλικών.
- Προσδιορίζονται τα κριτήρια αξιολόγησης ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες λειτουργίας του Ορυχείου και τις γεωλογικές-κοιτασματολογικές ιδιαιτερότητες της περιοχής. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των ογκομετρήσεων Α και Β επιβάλλεται ο σωστός και ακριβής προσδιορισμός των κριτηρίων αξιολόγησης,
- Συνδυαστεί δειγματοληπτικός έλεγχος από τα μέτωπα εκσκαφής με τα γεωτρητικά δεδομένα. Ο συνδυασμός αυτός μπορεί να οδηγήσει σε σαφή συμπεράσματα για τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του συγκεκριμένου κοιτάσματος και τις τυχόν μεταβολές τους.
- Υπολογίζονται ακριβέστερα και προσεκτικότερα η θερμογόνος δύναμη κατά τον εργαστηριακό προσδιορισμό. Από τις 450 γεωτρήσεις προς μελέτη, 80 εμφανίζουν υψηλές τιμές ΚΘΔ των περιεχόμενων λιγνιτικών στρωμάτων, άνω των 1800 kcal/kg μέχρι και 4771 kcal/kg (Παράρτημα Β).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Αγιουτάντης, Ζ. και Σ. Μερτίκας, (2003). *Ένας πρακτικός οδηγός για τη συγγραφή τεχνικών κειμένων*, Εκδόσεις Ίων, Χανιά.
2. Αναστόπουλος, Ι. και Κ. Κούκουζας, (1972). *Γεωλογική και κοιτασματολογική μελέτη νοτίου τμήματος λιγνιτοφόρου λεκάνης Πτολεμαΐδας*, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Αθήνα.
3. Γαλετάκης, Μ., (1996). *Προσδιορισμός της ποιότητας λιγνίτη που εξορύσσεται με τη συνεχή μέθοδο εκμετάλλευσης από πολυστρωματικά κοιτάσματα*, Διδακτορική Διατριβή, Πολυτεχνείο Κρήτης, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Χανιά.
4. Γαλετάκης, Μ., (2002). *Σχεδίαση εκμεταλλεύσεων ορυκτών πόρων με ηλεκτρονικό υπολογιστή*, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις μαθήματος «Σχεδίαση εκμεταλλεύσεων ορυκτών πόρων με Η/Υ», Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
5. Καραμαλίκης, Ν., (2004). *Προσδιορισμός και έλεγχος ποιότητας λιγνιτικών κοιτασμάτων*, Διδακτορική Διατριβή, Σχολή Μεταλλειολόγων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.
6. Κούκουζας, Κ., Θ. Κώτης, Μ. Πλουμίδης και Α. Μεταξάς, (1979). *Γεωλογική-κοιτασματολογική μελέτη λιγνιτικού κοιτάσματος Αναργύρων-Αμυνταίου*, τόμος Ν° 9, Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Αθήνα.
7. Παπανικολάου, Κ., (2004). *Κοιτασματολογία ενεργειακών πόρων*, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις μαθήματος «Κοιτασματολογία ενεργειακών πόρων», Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
8. Στρατάκης, Α., (2002). *Ανάπτυξη και εφαρμογή των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών σε γεωτρητικά δεδομένα*, Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
9. Χριστόπουλος, Δ., (2004). *Εφαρμοσμένη γεωστατιστική*, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις μαθήματος «Εφαρμοσμένη γεωστατιστική», Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
10. ΔΕΗ (2005), Στατιστικά στοιχεία ΛΚΔΜ, Τομέας Μεταλλευτικών Ερευνών, Ορυχείο Αμυνταίου.
11. ΔΕΗ (2006) Δικτυακός Τόπος Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού
<http://www.dei.gr> (Τελευταία επίσκεψη: Απρίλιος, 4, 2006)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α
ΑΡΧΕΙΟ ΓΕΩΤΡΗΤΙΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ

Σύνολο Γεωτρήσεων: 613

A/A	Όνομα	X	Y	Z	Ζπέρατος	Βάθος	Περάτωση
1	A003	-30.904	41.554	592,21	349,21	243	90973
2	A006	-28.882	45.472	599,09	319,09	280	0
3	A007	-22.186	39.195	585,30	478,30	107	151273
4	A008	-24.894	39.992	653,77	376,77	277	0
5	A010	-23.529	42.936	646,71	386,61	260	0
6	A011	-28.053	40.194	606,96	356,96	250	31275
7	A012	-28.540	43.380	595,89	482,89	113	0
8	A013	-27.546	41.833	598,04	328,04	270	21274
9	A014	-26.843	40.797	618,55	361,55	257	110974
10	A015	-29.909	40.965	592,80	322,80	270	280974
11	A016	-29.041	40.774	595,06	326,06	269	40775
12	A017	-28.345	41.059	598,70	352,70	246	110775
13	A018	-26.019	41.100	623,69	368,69	255	210475
14	A019	-30.041	42.220	592,98	389,98	203	80975
15	A020	-29.096	41.833	594,03	291,03	303	270875
16	A021	-26.642	41.883	603,00	353,00	250	280575
17	A022	-24.777	41.857	639,28	423,28	216	270575
18	A023	-28.776	43.138	596,12	302,12	294	0
19	A024	-27.880	43.035	595,58	335,58	260	270975
20	A025	-26.768	42.931	601,42	387,92	213	0
21	A026	-25.783	42.895	613,12	387,12	226	51175
22	A027	-24.918	42.735	632,36	400,36	232	290975
23	A028	-27.009	44.153	607,58	431,58	176	91275
24	A030	-27.202	40.625	615,65	443,15	172	201275
25	A031	-26.347	40.963	622,40	379,40	243	120276
26	A032	-26.671	40.519	626,65	423,65	203	140476
27	A033	-28.164	40.659	602,31	367,31	235	0
28	A034	-25.400	41.851	630,42	494,42	136	210377
29	A035	-26.195	41.938	612,66	351,16	261	300676
30	A036	-25.291	42.816	625,58	510,58	115	310776
31	A037	-29.466	40.874	593,31	335,31	258	270677
32	A038	-27.103	40.378	623,23	493,23	130	40277
33	A039	-26.632	40.132	628,43	498,43	130	200477
34	A040	-26.105	40.375	637,45	532,45	105	40477
35	A041	-25.585	40.855	635,20	505,20	130	80277

A/A	Όνομα	X	Y	Z	Ζπέρατος	Βάθος	Περάτωση
36	A042	-26.100	40.876	627,85	474,85	153	250277
37	A043	-24.565	41.348	648,61	551,01	97	180477
38	A044	-25.077	41.398	633,79	502,79	131	30177
39	A045	-25.577	41.340	631,97	500,77	131	250177
40	A046	-24.292	41.869	638,83	525,83	113	100577
41	A047	-24.573	42.373	636,61	516,61	120	280876
42	A048	-24.564	42.886	640,24	530,24	110	130876
43	A049	-26.516	43.918	611,93	427,93	184	260777
44	A050	-24.049	42.903	639,85	521,85	118	71076
45	A051	-24.062	42.396	643,69	517,69	126	170976
46	A052	-28.287	42.600	595,99	304,99	291	40877
47	A053	-27.625	40.481	607,14	406,14	201	70777
48	A054	-24.533	43.385	634,70	448,70	186	140677
49	A055	-27.115	40.028	631,46	506,41	125	230777
50	A056	-26.077	39.911	642,53	496,13	146	70777
51	A057	-25.571	40.409	636,04	504,89	131	140677
52	A058	-25.102	40.883	645,10	517,00	128	270577
53	A059	-23.528	42.406	641,52	525,32	116	120577
54	A060	-25.527	43.899	627,69	450,69	177	110877
55	A061	-25.038	44.386	622,90	367,90	255	121177
56	A062	-26.999	41.904	602,53	415,03	187	150477
57	A064	-25.841	41.123	627,56	527,56	100	772505
58	A065	-28.216	41.917	594,72	294,72	300	240677
59	A066	-27.206	41.905	599,83	384,83	215	140577
60	A067	-25.069	43.404	624,79	448,99	175	140777
61	A068	-24.529	43.881	625,64	392,64	233	220877
62	A069	-24.045	43.877	633,98	450,48	183	81077
63	A070	-24.525	44.332	634,34	399,34	235	270877
64	A071	-25.038	43.886	615,22	427,72	187	181177
65	A072	-28.282	42.902	594,19	290,19	304	150977
66	A073	-25.114	40.374	642,51	503,51	139	21177
67	A074	-25.917	40.995	631,54	492,54	139	310877
68	A075	-24.014	43.396	641,99	450,99	191	280977
69	A076	-26.073	39.525	652,80	469,80	183	20378
70	A077	-27.018	39.515	656,30	434,30	222	310578
71	A078	-27.633	40.000	616,11	506,11	110	0
72	A079	-26.570	39.501	652,90	444,90	208	30578
73	A080	-25.598	39.391	654,71	486,71	168	30178
74	A081	-25.587	39.904	647,45	513,05	134	261177

A/A	Όνομα	X	Y	Z	Ζπέρατος	Βάθος	Περάτωση
75	A082	-25.532	44.399	626,35	445,35	181	310578
76	A083	-28.298	43.529	595,15	316,15	279	0
77	A104	-27.861	39.387	650,96	609,66	41	150979
78	A105	-27.976	39.929	628,84	583,84	45	100979
79	ΑΠ01	-29.227	40.447	594,12	354,12	240	0
80	ΑΠ02	-28.709	40.430	598,49	361,49	237	300776
81	ΑΠ03	-28.649	40.946	597,76	349,26	248	20377
82	ΑΠ04	-27.619	40.866	606,61	397,11	209	310576
83	ΑΠ05	-27.123	40.852	614,11	459,11	155	80576
84	ΑΠ06	-26.083	41.367	623,65	460,65	163	140477
85	ΑΠ07	-26.625	41.397	613,03	459,03	154	50576
86	ΑΠ08	-27.126	41.406	604,07	376,07	228	40676
87	ΑΠ09	-27.610	41.395	602,25	401,25	201	200876
88	ΑΠ10	-28.120	41.394	598,33	347,83	250	280976
89	ΑΠ11	-28.599	41.380	595,74	318,74	277	50177
90	ΑΠ12	-29.108	41.355	593,89	325,89	268	81176
91	ΑΠ13	-29.560	41.880	593,25	275,25	318	60577
92	ΑΠ14	-28.630	41.866	593,96	307,96	286	61076
93	ΑΠ15	-28.114	41.913	595,03	331,03	264	260776
94	ΑΠ16	-27.102	41.904	601,24	407,24	194	170277
95	ΑΠ17	-25.084	42.425	628,97	507,97	121	190477
96	ΑΠ18	-25.597	42.400	616,76	476,76	140	230277
97	ΑΠ19	-26.118	42.434	608,58	449,58	159	290377
98	ΑΠ20	-26.612	42.355	602,77	391,77	211	30177
99	ΑΠ21	-27.081	42.333	599,05	381,05	218	101276
100	ΑΠ22	-27.594	42.405	598,49	378,49	220	131176
101	ΑΠ23	-28.053	42.344	596,99	294,99	302	171176
102	ΑΠ24	-28.540	42.345	596,15	342,95	253	180177
103	ΑΠ25	-29.076	42.382	593,91	315,91	278	91176
104	ΑΠ26	-27.631	42.920	596,89	355,89	241	280776
105	ΑΠ27	-27.085	42.825	600,45	379,45	221	61076
106	ΑΠ28	-26.535	42.869	601,38	403,38	198	130476
107	ΑΠ29	-26.069	42.918	608,43	428,43	180	170276
108	ΑΠ30	-25.522	43.407	612,89	392,89	220	170776
109	ΑΠ31	-26.037	43.414	606,12	412,62	193	0
110	ΑΠ32	-26.541	43.434	602,56	461,56	141	170376
111	ΑΠ33	-27.059	43.426	598,68	385,18	213	160676
112	ΑΠ34	-26.017	43.906	618,93	428,93	190	270576
113	B001	-26.810	39.948	637,10	550,10	87	210582

A/A	Όνομα	X	Y	Z	Ζπέρατος	Βάθος	Περάτωση
114	B002	-26.811	39.748	648,50	576,50	72	100582
115	B003	-26.611	39.747	644,25	584,85	59	180582
116	B004	-26.294	39.665	644,24	585,24	59	110682
117	B005	-26.006	39.745	645,29	585,29	60	10682
118	B006	-25.810	39.447	656,85	599,05	57	110682
119	B007	-25.803	39.838	644,37	572,37	72	100682
120	B008	-25.595	39.692	650,41	586,91	63	220682
121	B009	-25.212	39.739	656,24	587,74	68	210682
122	B010	-26.214	39.353	649,57	590,57	59	10682
123	B011	-25.616	39.968	643,52	577,52	66	290682
124	B012	-25.312	40.058	643,54	576,54	67	280682
125	B013	-25.405	40.261	638,68	560,68	78	50782
126	B014	-25.206	40.255	639,92	569,92	70	50782
127	B015	-25.280	40.360	637,00	575,50	61	70782
128	B016	-25.380	40.360	637,50	559,50	78	150782
129	B017	-25.080	40.460	641,00	549,50	91	130782
130	B018	-25.325	40.837	639,71	554,31	85	210782
131	B019	-25.092	40.710	638,94	565,44	73	280782
132	B020	-25.402	41.050	637,66	540,16	97	40882
133	B021	-25.402	41.139	635,85	532,15	103	300782
134	B022	-25.113	41.031	640,34	557,34	83	130882
135	B023	-25.108	41.238	635,71	553,71	82	300882
136	B024	-25.411	41.452	633,16	540,16	93	180882
137	B025	-25.600	41.244	629,80	542,65	87	100882
138	B026	-26.414	40.363	629,62	530,12	99	80982
139	B027	-25.923	40.448	636,61	572,61	64	300982
140	B028	-26.217	40.651	628,09	538,09	90	300882
141	B029	-25.804	40.856	634,82	559,52	75	270982
142	B030	-25.990	41.249	625,54	510,54	115	290982
143	B031	-26.173	39.781	645,62	576,12	69	210982
144	B032	-26.089	41.552	619,39	500,54	118	251182
145	B034	-25.720	41.573	626,14	519,64	106	261182
146	B035	-25.320	41.554	633,67	513,67	120	11182
147	B036	-24.765	41.467	636,44	559,19	77	101282
148	B037	-25.912	41.747	617,30	489,20	128	251082
149	B038	-25.501	41.751	628,08	525,08	103	250483
150	B039	-25.107	41.750	635,73	521,73	114	90283
151	B040	-25.896	41.849	616,38	482,38	134	301182
152	B041	-25.757	41.851	619,24	481,24	138	180483

A/A	Όνομα	X	Y	Z	Ζπέρατος	Βάθος	Περάτωση
153	B042	-25.289	41.859	631,20	523,20	108	70483
154	B043	-25.029	41.884	634,70	572,00	62	150383
155	B044	-25.941	42.061	618,18	489,68	128	220383
156	B045	-25.632	42.067	618,83	499,88	118	10383
157	B046	-25.449	42.081	624,49	512,49	112	40283
158	B047	-25.826	42.161	616,96	509,96	107	20583
159	B048	-25.744	42.258	616,02	527,52	88	50483
160	B049	-25.458	42.282	622,89	528,34	94	150483
161	B050	-26.010	42.342	613,22	495,22	118	200583
162	B051	-25.631	42.382	616,43	521,93	94	250483
163	B052	-25.846	42.537	614,48	518,48	96	230583
164	B053	-25.646	42.589	616,58	528,58	88	10683
165	B054	-26.315	41.440	614,95	514,35	100	91182
166	B060	-26.030	39.565	651,81	582,81	69	300585
167	B061	-25.830	39.665	648,46	588,46	60	110685
168	B062	-26.230	39.865	644,02	542,02	102	190685
169	B063	-25.530	39.865	648,86	576,86	72	200585
170	B064	-26.230	40.065	639,16	555,16	84	210585
171	B065	-25.730	40.065	641,92	555,92	86	130585
172	B066	-25.430	40.065	643,63	557,63	86	70585
173	B067	-26.330	40.165	634,82	559,82	75	220585
174	B068	-26.030	40.165	636,35	562,35	74	170585
175	B069	-27.125	40.270	623,82	564,82	59	91085
176	B070	-26.425	40.265	622,88	553,88	69	310585
177	B071	-26.225	40.365	632,40	569,40	63	310785
178	B072	-25.925	40.365	635,35	584,35	51	200685
179	B073	-25.525	40.365	636,13	577,13	59	280585
180	B074	-26.525	40.465	627,79	561,79	66	120685
181	B075	-25.725	40.465	637,46	574,46	63	120685
182	B076	-25.525	40.565	635,17	573,17	62	90985
183	B077	-26.525	40.665	625,22	553,22	72	240685
184	B078	-26.025	40.665	631,82	577,82	54	90885
185	B079	-26.325	40.865	624,84	567,84	57	20785
186	B080	-25.725	41.065	631,64	563,64	68	180785
187	B081	-26.225	41.065	620,96	566,96	54	100785
188	B082	-26.614	41.062	617,27	533,27	84	10885
189	B083	-26.425	41.165	617,79	533,79	84	190785
190	B084	-25.825	41.165	626,64	546,64	80	850907
191	B085	-24.839	41.161	644,96	548,96	96	180985

A/A	Όνομα	X	Y	Z	Ζπέρατος	Βάθος	Περάτωση
192	B086	-24.825	41.365	637,59	575,59	62	230985
193	B087	-25.225	41.360	631,66	562,66	69	110985
194	B088	-25.825	41.360	626,38	564,38	62	260885
195	B089	-26.125	41.360	621,76	549,76	72	90885
196	B091	-25.925	41.460	624,00	567,00	57	210885
97	B092	-25.625	41.460	629,83	548,83	81	20985
198	B093	-25.125	41.565	630,85	559,85	71	200985
199	B094	-26.325	41.670	612,39	520,39	92	0
200	B095	-25.925	41.670	617,95	500,95	117	211085
201	B096	-25.325	41.770	628,77	557,77	71	21085
202	B098	-26.175	40.565	631,16	571,16	60	120785
203	B099	-25.725	40.565	636,83	574,83	62	210685
204	B100	-26.028	40.065	636,85	543,85	93	290585
205	B101	-25.705	40.726	634,19	573,19	61	120489
206	B102	-25.489	40.704	634,12	559,12	75	260489
207	B103	-25.303	40.606	632,19	566,19	66	220689
208	B104	-25.370	40.468	633,85	576,85	57	70689
209	B105	-25.664	40.305	636,43	576,43	60	200489
210	B106	-25.552	40.184	639,02	586,02	53	80589
211	B107	-25.828	40.219	635,89	560,89	75	50589
212	B108	-26.174	40.236	632,36	561,36	71	50589
213	B109	-25.800	40.000	643,42	581,42	62	180589
214	B110	-25.682	39.787	646,58	592,58	54	260589
215	B111	-26.122	39.658	647,64	596,64	51	220689
216	B112	-26.264	40.363	633,23	570,23	63	300689
217	B113	-25.711	39.592	648,64	585,64	63	0
218	B114	-25.587	40.063	641,25	584,25	57	260589
219	B115	-25.883	39.485	655,14	605,14	50	80689
220	B116	-25.407	39.948	646,14	600,14	46	160589
221	B117	-25.886	40.600	632,56	562,56	70	100489
222	B118	-25.938	39.874	640,04	569,04	71	160689
223	B119	-26.060	40.530	631,80	573,80	58	180789
224	B120	-26.327	40.466	630,90	570,90	60	70789
225	B121	-26.425	40.568	626,63	553,63	73	30789
226	B122	-26.672	40.640	623,33	557,33	66	40889
227	B123	-26.600	40.800	622,33	529,33	93	100889
228	B124	-26.378	40.718	627,81	576,81	51	300689
229	B125	-26.200	40.800	624,70	570,70	54	170789
230	B126	-26.224	40.922	623,13	578,13	45	140789

A/A	Όνομα	X	Y	Z	Ζπέρατος	Βάθος	Περάτωση
231	B127	-25.952	40.961	629,36	537,36	92	270789
232	B128A	-25.794	40.857	634,68	578,68	56	100889
233	B129	-25.572	40.850	633,84	530,34	103	40889
234	B130	-25.359	40.940	638,10	580,10	58	270789
235	B131	-25.250	40.950	638,79	575,79	63	10290
236	B132	-25.260	40.717	636,86	567,86	69	10390
237	B133	-25.199	40.490	635,20	575,20	60	200290
238	B134	-25.370	40.170	640,64	574,64	66	20390
239	B135	-25.438	39.634	657,30	600,30	57	90390
240	B136	-25.550	39.513	658,68	572,68	86	190390
241	B138	-25.730	40.160	638,50	581,50	57	20390
242	B139	-25.250	41.040	638,17	559,17	79	20490
243	B140	-25.390	41.310	632,37	548,37	84	190390
244	B141	-25.500	41.580	630,13	549,13	81	300390
245	B142	-25.680	41.750	622,61	547,61	75	270390
246	B143	-25.570	41.900	620,16	554,16	66	50490
247	B144	-25.770	42.030	617,10	536,10	81	190490
248	B145	-25.600	42.270	618,90	576,90	42	60190
249	B146	-25.820	42.360	619,02	571,02	48	230390
250	B147	-26.480	41.530	610,12	477,12	133	80590
251	B148	-26.640	41.640	609,87	503,87	106	60790
252	B149	-26.120	41.670	613,16	484,16	129	280890
253	B150	-26.480	41.770	610,43	511,43	99	90590
254	B152	-26.419	41.903	606,60	471,60	135	100790
255	B153	-26.040	41.900	617,37	509,37	108	90590
256	B154	-26.370	42.150	604,92	478,92	126	310790
257	B155	-26.143	42.142	609,70	483,70	126	150690
258	B156	-26.320	42.400	605,51	473,51	132	200690
259	B157	-24.950	41.710	638,60	551,60	87	110990
260	B158	-26.174	41.150	618,33	552,33	66	210490
261	B159	-25.590	42.780	619,91	538,91	81	281190
262	B160	-25.910	42.740	615,29	525,29	90	100990
263	B161	-26.034	42.656	613,46	490,46	123	260890
264	B162	-26.833	41.402	610,49	485,49	125	30890
265	B163	-26.730	41.220	613,68	484,68	129	310790
266	B164	-26.990	41.110	612,10	465,10	147	21190
267	B165	-26.810	41.010	616,70	496,70	120	11090
268	B166	-27.010	40.675	616,48	529,48	87	51090
269	B167	-26.860	40.620	621,20	540,20	81	41090

A/A	Όνομα	X	Y	Z	Ζπέρατος	Βάθος	Περάτωση
270	B168	-27.378	40.562	610,06	523,06	87	250990
271	B169	-26.286	42.891	602,48	467,98	134	210391
272	B170	-26.300	42.650	605,91	457,91	148	150591
273	B171	-26.449	42.501	602,80	457,80	145	190591
274	B172	-26.500	42.250	603,30	453,80	149	30791
275	B173	-26.620	42.110	602,84	443,84	159	140691
276	B174	-26.723	41.975	602,17	452,17	150	130891
277	B175	-26.820	41.770	604,61	481,61	123	200991
278	B176	-27.000	41.660	604,23	466,23	138	180191
279	B177	-26.830	41.585	607,29	466,29	141	130191
280	B178	-26.980	41.410	606,04	474,04	132	90191
281	B179	-27.210	41.289	604,46	487,46	117	111190
282	B180	-27.340	41.000	609,90	495,90	114	171090
283	B181	-27.430	40.830	608,41	473,41	135	111091
284	B182	-27.529	40.663	608,19	473,19	135	191090
285	B183	-26.223	43.095	602,64	458,64	144	201291
286	B184	-26.477	43.125	600,56	460,06	140	121191
287	B185	-26.700	42.660	600,78	450,78	150	141091
288	B186	-27.085	42.580	600,14	438,64	161	281191
289	B187	-26.834	42.255	600,16	432,16	168	71091
290	B188	-27.220	41.770	599,79	434,79	165	0
291	B189	-27.565	41.545	599,43	449,43	150	161291
292	B191	-27.515	41.100	605,09	451,59	153	60292
293	B192	-27.670	40.899	604,68	463,68	141	120692
294	B193	-27.850	41.135	601,16	430,16	171	180392
295	B194	-28.110	40.790	600,75	447,75	153	0
296	B195	-27.990	40.590	603,03	430,03	173	90492
297	B196	-27.764	40.560	604,15	469,15	135	150592
298	B197	-27.918	40.280	607,39	463,39	144	160492
299	B198	-26.399	43.518	608,28	470,28	138	160692
300	B199	-27.058	43.866	600,76	462,76	138	30792
301	B200	-26.770	43.649	600,61	453,61	147	90692
302	B201	-27.063	43.656	598,28	451,28	147	100792
303	B202	-26.746	43.331	599,99	460,99	139	30792
304	B203	-27.570	43.370	595,37	403,37	192	180892
305	B204	-27.203	43.206	596,81	422,81	174	140892
306	B205	-27.008	43.118	598,08	437,08	161	120892
307	B206	-27.432	42.682	597,68	432,68	165	210992
308	B207	-27.994	42.397	596,15	374,15	222	261192

A/A	Όνομα	X	Y	Z	Ζπέρατος	Βάθος	Περάτωση
309	B208	-27.722	42.216	595,12	403,12	192	230992
310	B209	-28.197	42.278	595,95	319,95	276	21292
311	B210	-27.778	42.036	594,91	383,91	211	220992
312	B211	-27.842	41.799	595,20	373,20	222	51192
313	B213	-28.423	41.553	594,48	354,48	240	60293
314	B214	-27.941	41.334	599,18	371,18	228	50193
315	B215	-28.380	40.529	600,42	398,42	202	20293
316	B226	-26.246	43.296	602,54	458,04	144	70793
317	B227	-26.441	43.268	601,07	414,87	186	30993
318	B228	-26.626	43.219	599,86	407,86	192	110693
319	B229	-26.617	43.033	600,29	412,29	188	10793
320	B230	-26.796	43.432	600,01	450,01	150	190893
321	B231	-26.813	43.159	598,91	404,91	194	20493
322	B232	-26.963	42.935	599,48	424,98	174	280493
323	B233	-26.883	42.744	600,73	450,73	150	80693
324	B234	-26.800	42.467	600,11	429,11	171	130893
325	B235	-26.477	42.702	568,68	418,68	150	101095
326	B236	-26.952	42.162	569,42	434,42	135	281195
327	B237	-27.244	41.175	606,63	480,63	126	11193
328	B238	-27.341	40.936	609,32	450,32	159	81093
329	B239	-27.727	40.379	606,40	453,40	153	80993
330	B240	-27.856	40.460	605,58	452,58	153	121093
331	B242	-27.473	41.304	603,98	422,98	181	171293
332	B243	-27.799	40.747	603,13	418,13	185	81093
333	B244	-27.870	40.918	601,82	383,82	218	191193
334	B245	-27.263	42.465	599,60	424,60	175	311293
335	B246	-27.373	41.908	596,90	428,90	168	270194
336	B247	-27.268	40.450	598,89	451,89	147	261095
337	B248	-28.042	40.359	604,57	445,57	159	121193
338	B249	-27.435	42.923	596,89	391,89	205	171094
339	B250	-27.502	43.430	595,42	372,92	222	150395
340	B251	-27.559	43.224	595,43	360,43	235	161294
341	B252	-27.750	42.682	596,06	386,06	210	211294
342	B253	-27.858	42.492	595,79	406,79	189	260595
343	B254	-28.062	42.151	593,76	361,76	232	260595
344	B255	-28.061	41.571	597,22	394,72	202	190494
345	B256	-28.063	41.131	599,22	365,22	234	280494
346	B257	-28.865	41.056	594,67	372,67	222	50794
347	B258	-28.573	41.647	593,93	347,93	246	301294

A/A	Όνομα	X	Y	Z	Ζπέρατος	Βάθος	Περάτωση
348	B259	-27.961	43.144	594,31	357,31	237	160395
349	B260	-28.413	43.181	592,73	328,73	264	120495
350	B261	-28.605	42.724	592,36	343,36	249	271294
351	B262	-28.645	42.571	592,79	328,79	264	150395
352	B263	-28.836	42.369	593,07	370,07	223	160595
353	B264	-28.868	42.167	593,27	377,27	216	90595
354	B265	-28.858	41.522	593,62	359,62	234	180595
355	B266	-29.385	42.565	592,20	340,20	252	210795
356	B267	-29.810	41.858	593,79	392,79	201	50995
357	B268	-29.639	41.637	592,76	360,76	232	290695
358	B269	-29.916	41.471	593,83	398,83	195	180895
359	B270	-29.919	41.289	592,44	376,44	216	180795
360	B271	-30.265	41.144	592,62	397,62	195	121095
361	B272	-30.193	41.647	593,39	397,39	196	270995
362	B273	-30.158	42.073	591,36	394,36	197	170795
363	B274	-27.938	42.698	595,84	382,84	213	70194
364	B275	-27.645	41.188	603,56	450,56	153	93
365	B276	-28.800	40.572	596,40	425,40	171	171293
366	B277	-28.611	40.678	597,66	432,66	165	171293
367	B278	-28.517	41.012	594,68	438,68	156	150394
368	B279	-28.504	42.109	594,41	318,41	276	210694
369	B300	-28.373	40.838	599,22	425,22	174	140695
370	B301	-28.566	40.189	598,88	422,88	176	260695
371	B302	-28.998	40.243	595,74	412,74	183	140695
372	B303	-29.278	42.002	592,96	350,96	242	60695
373	B304	-29.282	41.571	592,55	370,55	222	270695
374	B305	-29.506	41.143	592,11	379,11	213	280795
375	B306	-29.369	40.296	593,04	324,04	269	260995
376	B307	-29.860	40.649	592,25	391,25	201	80995
377	B308	-29.920	40.151	591,39	384,39	207	210895
378	BΣ217	-26.785	40.485	605,80	557,80	48	120593
379	BΣ218	-26.878	40.288	606,84	543,84	63	90493
380	BΣ219	-27.000	40.500	609,54	543,54	66	91092
381	BΣ220	-26.893	40.096	612,10	567,10	45	10293
382	BΣ221	-27.390	40.130	613,73	544,73	69	21192
383	BΣ223	-27.703	40.248	610,42	522,42	88	31192
384	BΣ224	-26.621	40.228	607,00	547,00	60	50393
385	BΣ225	-25.932	42.912	608,81	497,81	111	20193
386	Γ01	-26.821	39.643	649,33	554,33	95	71180

A/A	Όνομα	X	Y	Z	Ζπέρατος	Βάθος	Περάτωση
387	Γ04	-26.201	39.638	648,76	594,36	54	71280
388	Γ05	-25.947	39.584	650,75	592,75	58	50181
389	Γ06	-25.686	39.829	646,10	589,10	57	20181
390	Γ07	-25.893	39.912	639,02	600,02	39	281
391	Γ09	-25.646	39.617	650,44	558,44	92	40381
392	Γ10	-25.578	39.998	643,89	565,89	78	50381
393	Γ11	-26.101	39.932	640,80	551,80	89	80381
394	Γ12	-25.858	40.135	640,31	541,31	99	40381
395	Γ33	-26.351	39.983	639,75	549,75	90	40481
396	Γ34	-26.841	40.193	627,50	532,50	95	60481
397	Γ35	-26.694	40.128	628,88	538,88	90	40481
398	Γ36	-26.549	40.140	632,03	542,03	90	80481
399	Γ37	-26.271	40.195	632,87	551,87	81	40481
400	Γ81	-26.939	39.908	639,90	548,90	91	70381
401	Γ82	-27.049	39.488	653,41	551,41	102	40381
402	Γ83	-27.279	39.555	650,00	587,00	63	10581
403	Γ84	-27.453	39.854	632,02	556,02	76	481
404	ΓΑ01	-27.827	39.629	636,13	593,63	42	60883
405	ΓΑ02	-27.837	39.214	652,39	607,39	45	20883
406	ΓΑ03	-28.000	39.490	644,36	596,36	48	883
407	ΓΑ04	-27.977	39.161	652,28	612,28	40	40883
408	ΓΑ05	-28.002	39.756	630,04	585,04	45	20883
409	ΓΑ06	-27.820	39.021	655,79	614,49	41	883
410	ΓΑ09	-28.130	39.470	643,88	588,88	55	290584
411	ΓΑ22	-28.091	40.026	614,77	578,77	36	80486
412	ΓΑ23	-27.823	39.770	630,19	594,19	36	40486
413	ΓΑ25	-28.171	39.709	633,63	591,63	42	80486
414	ΓΑ26	-27.894	39.715	620,61	581,61	39	100486
415	ΓΑ28	-28.133	39.570	635,50	587,50	48	70486
416	ΓΑ29	-27.819	39.502	641,02	590,02	51	310386
417	ΓΑ30	-27.740	39.380	647,44	598,44	49	100486
418	ΓΑ33	-27.992	40.102	615,61	571,61	44	90586
419	ΓΑ34	-27.898	40.142	615,58	582,58	33	120586
420	ΓΑ36	-27.660	39.401	646,46	610,46	36	50686
421	ΓΑ37	-27.704	39.290	651,62	618,62	33	60686
422	ΓΑ38	-27.617	39.337	649,80	610,80	39	90586
423	ΓΑ42	-27.703	39.072	656,09	602,09	54	90786
424	ΓΑ43	-27.588	39.120	654,58	609,58	45	20786
425	ΓΑ44	-27.503	39.172	651,96	610,96	41	130686

A/A	Όνομα	X	Y	Z	Ζπέρατος	Βάθος	Περάτωση
426	ΓΑ45	-27.648	39.000	658,47	590,97	67	40786
427	ΓΑ46	-27.727	39.986	615,80	582,80	33	90586
428	ΓΑ47	-27.825	40.023	615,27	588,27	27	200586
429	ΓΑ48	-27.919	40.058	615,28	582,28	33	40586
430	ΓΑ62	-28.197	38.973	658,15	588,15	70	60786
431	ΓΑ68	-27.844	40.165	612,35	543,35	69	20986
432	Δ01	-26.940	43.666	598,90	451,90	147	40496
433	Δ02	-27.177	43.500	596,77	419,77	177	100596
434	Δ03	-27.042	43.255	598,05	395,05	203	60596
435	Δ04	-27.128	43.015	598,23	380,23	218	230196
436	Δ05	-27.444	42.875	597,34	400,34	197	60696
437	Δ06	-27.804	42.927	595,75	391,75	204	90497
438	Δ07	-27.201	42.761	598,83	426,83	172	260196
439	Δ08	-26.296	43.142	568,59	469,59	99	221295
440	Δ09	-26.407	42.955	566,66	440,66	126	020296
441	Δ10	-26.529	42.818	554,41	455,41	99	50796
442	Δ11	-26.640	42.735	560,56	449,56	111	50796
443	Δ12	-27.646	42.432	597,09	426,09	171	180696
444	Δ13	-27.382	42.344	599,33	429,33	170	130396
445	Δ14	-27.031	42.370	575,41	443,41	132	100996
446	Δ15	-26.882	42.242	571,16	460,16	111	180896
447	Δ16	-27.560	42.094	595,45	383,95	211	171195
448	Δ17	-27.423	42.069	596,49	381,49	215	131195
449	Δ18	-27.229	42.063	572,24	437,24	135	41096
450	Δ19	-27.067	41.845	569,96	466,96	103	140896
451	Δ20	-27.008	41.659	564,54	488,54	76	71096
452	Δ21	-26.419	41.856	541,42	484,42	57	160796
453	Δ22	-26.494	41.733	546,26	474,26	72	170796
454	Δ23	-27.621	41.462	599,91	468,39	131	70897
455	Δ24	-27.058	40.859	585,99	501,99	84	310796
456	Δ25	-27.057	40.624	571,34	522,34	49	20697
457	Δ26	-27.158	40.336	621,35	514,38	106	230597
458	Δ27	-27.053	42.234	575,99	449,99	126	90996
459	Δ28	-26.437	42.731	565,70	472,70	93	290296
460	Δ29	-26.045	42.264	551,94	464,94	87	301195
461	Δ30	-26.163	41.952	555,35	435,35	120	141195
462	Δ31	-26.877	41.862	562,48	472,48	90	181096
463	Δ32	-27.116	41.432	571,32	481,32	90	250996
464	Δ33	-26.948	41.060	577,34	524,34	53	260796

A/A	Όνομα	X	Y	Z	Ζπέρατος	Βάθος	Περάτωση
465	Δ34	-27.334	41.044	573,07	474,07	99	71196
466	Δ35	-27.406	40.854	573,33	468,33	105	251196
467	Δ36	-27.518	40.687	574,13	457,13	117	0
468	Δ37	-27.516	40.420	587,77	542,77	45	0
469	Δ-37A	-27.531	40.491	543,84	519,84	24	240699
470	Δ-37B	-27.522	40.543	544,23	499,23	45	020799
471	Δ-37Γ	-28.042	40.957	572,49	422,49	150	060899
472	Δ38	-27.356	40.498	612,50	518,42	94	90597
473	Δ39	-27.234	41.522	600,20	485,76	114	120997
474	Δ41	-26.581	42.011	536,93	482,93	54	40797
475	Δ42	-26.660	41.902	542,59	449,59	93	190697
476	Z03	-25.592	41.097	627,07	512,07	115	979
477	Z04	-25.611	41.948	618,78	507,78	111	20979
478	Z05	-25.543	43.218	611,72	471,72	140	40979
479	Z06	-26.304	40.439	632,32	558,32	74	20380
480	Z07	-26.595	41.634	610,26	458,26	152	40380
481	Z08	-26.216	42.050	609,65	462,65	147	30380
482	Z09	-26.847	41.942	601,59	453,09	148	21280
483	Z11	-27.619	40.683	606,50	431,50	175	60280
484	Z13	-25.084	43.695	617,35	440,85	176	86
485	Z14	-24.833	43.922	618,15	448,15	170	40280
486	Z16	-25.302	43.974	629,43	459,43	170	61179
487	Z18	-25.786	43.906	625,44	448,44	177	21079
488	Z19	-26.036	44.094	620,01	419,01	201	11079
489	Z22	-27.101	43.099	597,99	442,99	155	91279
490	Z24	-27.108	42.124	598,81	417,81	181	51279
491	Z25	-27.334	41.901	596,55	439,05	157	90480
492	Z26	-27.592	42.094	594,60	404,60	190	10480
493	Z27	-27.643	41.726	596,60	424,60	172	80380
494	Z28	-27.852	41.394	599,80	421,80	178	70280
495	Z29	-28.088	40.445	601,15	422,65	178	20180
496	Z30	-28.426	40.469	600,72	435,72	165	50180
497	Z32	-29.100	41.055	592,68	412,68	180	30380
498	Z33	-29.100	42.155	592,00	380,50	211	30480
499	Z35	-29.500	42.220	592,32	386,32	206	10380
500	Z36	-29.550	41.415	592,35	421,35	171	90480
501	Z41	-28.117	39.001	660,25	464,25	196	70579
502	KAA04	-28.080	38.820	643,84	613,84	30	230787
503	KAA06	-27.985	38.618	648,10	614,10	34	190887

A/A	Όνομα	X	Y	Z	Ζπέρατος	Βάθος	Περάτωση
504	KAA21	-27.789	39.244	652,05	609,05	43	250987
505	KAA22	-27.777	39.105	654,78	612,78	42	21087
506	KAA23	-27.196	38.733	642,61	597,61	45	191087
507	KAA24	-27.845	38.819	641,25	603,25	38	261087
508	KAA45	-28.200	40.100	609,90	567,90	42	141188
509	KAAO01	-25.180	40.750	641,00	617,00	24	194
510	KAAO03	-25.180	40.950	640,00	608,00	32	194
511	KAAO04	-25.150	41.050	639,50	612,50	27	194
512	KAAO05	-25.835	41.882	583,51	532,51	51	394
513	KAAO06	-25.995	41.822	586,01	532,01	54	394
514	KAAO07	-26.184	41.529	596,98	560,98	36	394
515	KAAO08	-26.445	41.212	596,01	556,01	40	494
516	KAAO09	-26.561	40.980	583,31	529,31	54	394
517	KAAO10	-26.794	40.840	596,38	545,38	51	494
518	KAAO11	-26.777	41.097	593,60	539,60	54	694
519	KAAO12	-26.623	41.193	594,43	528,43	66	494
520	KAAO13	-26.357	41.574	584,91	527,91	57	594
521	KAAO14	-26.261	41.785	578,52	539,52	39	794
522	KAAO15	-26.021	42.096	574,58	538,58	36	794
523	KAAO16	-25.915	42.288	576,81	546,80	30	794
524	KAAO17	-25.975	42.504	585,63	543,63	42	494
525	KAAO18	-26.126	42.443	578,02	512,02	66	494
526	KAAO19	-26.213	42.259	580,47	505,47	75	594
527	KAAO20	-26.324	42.015	567,19	495,19	72	1094
528	KAAO21	-26.588	41.521	580,57	511,57	69	894
529	KAAO22	-26.681	41.328	586,90	547,90	39	694
530	KAAO23	-26.891	40.892	593,63	527,63	66	694
531	KAAO24	-26.839	41.221	589,02	544,02	45	1094
532	KAAO25	-26.736	41.391	585,34	528,34	57	1094
533	KAAO26	-26.468	42.100	597,63	489,63	108	1194
534	KAAO27	-26.380	42.238	561,61	462,61	99	495
535	KAAO28	-26.164	42.768	580,33	511,33	69	195
536	KAAO29	-26.380	42.500	585,10	483,10	102	794
537	KAAO30	-26.600	42.163	579,53	483,53	96	295
538	KAAO31	-26.842	41.698	592,71	514,71	78	794
539	KAAO32	-26.944	41.477	593,35	500,35	93	894
540	KAAO33	-27.034	41.184	594,98	522,98	72	894
541	KAAO34	-27.297	40.760	596,75	491,75	105	894
542	KAAO35	-26.978	41.336	593,15	512,15	81	894

A/A	Όνομα	X	Y	Z	Ζπέρατος	Βάθος	Περάτωση
543	KAAO36	-27.023	42.032	587,59	455,59	132	1094
544	KAAO37	-26.742	42.099	588,98	477,98	111	894
545	KAAO38	-26.576	42.505	588,78	462,78	126	994
546	KAAO42	-26.736	39.974	633,60	540,60	93	994
547	KAAO43	-26.547	40.018	611,30	533,30	78	1094
548	KAAO44	-26.653	39.907	637,13	538,13	99	1094
549	KAAO45	-26.593	40.881	577,31	553,30	24	495
550	KAAO46	-26.489	41.017	573,86	546,85	27	495
551	KAAO47	-26.367	41.177	571,22	556,21	15	495
552	KAAO50	-26.500	40.800	620,00	584,00	36	595
553	KAAO51	-27.000	40.900	620,00	539,00	81	695
554	KAAO52	-27.204	40.083	612,16	588,16	24	795
555	KAAO53	-27.093	40.134	600,27	543,27	57	795
556	KAAO54	-26.921	40.353	587,01	533,01	54	795
557	KAAO55	-26.767	40.549	577,73	548,73	29	795
558	KAAO57	-27.062	40.101	589,50	508,50	81	995
559	KAAO58	-26.904	40.362	586,22	538,22	48	995
560	KAAO60	-25.735	41.934	566,25	533,24	33	995
561	KAAO61A	-25.765	41.903	566,20	536,20	30	0
562	KAAO62	-25.798	41.860	565,46	532,46	33	995
563	KAAO63	-25.848	41.796	564,07	534,07	30	995
564	KAP-1	-26.759	41.760	534,65	492,65	42	140898
565	KAP-10	-27.798	41.613	568,28	397,28	171	100999
566	KAP-11	-27.770	42.541	595,60	418,60	177	
567	KAP-12	-27.658	42.573	568,92	418,92	150	
568	KAP-13	-27.270	42.834	546,64	423,64	123	070720
569	KAP-14	-27.254	42.700	543,89	423,89	120	070820
570	KAP-15	-27.337	42.946	553,34	418,34	135	140420
571	KAP-16	-27.471	42.042	566,57	422,57	144	080720
572	KAP-17	-27.851	42.135	566,03	413,03	153	060620
573	KAP-18	-27.923	42.700	595,34	394,34	201	090920
574	KAP-19	-28.048	41.741	565,30	415,25	150	120720
575	KAP-2	-26.702	41.584	530,53	467,53	63	280898
576	KAP-20	-27.860	42.294	566,83	377,83	189	101020
577	KAP-21	-26.903	43.882	601,93	469,93	132	121200
578	KAP-22	-27.043	43.976	603,13	429,13	174	221220
579	KAP-23	-26.688	43.611	601,78	436,78	165	130201
580	KAP-24	-26.683	43.762	603,32	447,32	156	090201
581	KAP-25	-26.658	43.875	605,82	407,82	198	020501

A/A	Όνομα	X	Y	Z	Ζπέρατος	Βάθος	Περάτωση
582	KAP-26	-28.052	43.324	593,56	389,56	204	050601
583	KAP-27	-27.792	43.580	593,53	410,53	183	100401
584	KAP-28	-27.327	43.620	593,55	401,55	192	180401
585	KAP-29	-26.581	43.583	603,12	462,12	141	090701
586	KAP-3	-27.243	41.004	550,43	494,43	56	070898
587	KAP-30	-26.208	43.406	604,15	448,15	156	310701
588	KAP-31	-26.035	43.221	605,85	458,85	147	170801
589	KAP-32	-25.959	43.091	606,64	456,64	150	250501
590	KAP-34	-26.471	43.743	606,89	465,89	141	140801
591	KAP-35	-27.137	44.158	604,38	448,38	156	260901
592	KAP-36	-28.334	42.676	595,40	360,40	235	161101
593	KAP-37	-28.169	42.658	596,72	380,72	216	141101
594	KAP-38	-28.041	42.559	596,43	410,43	186	080202
595	KAP-39	-28.186	42.486	596,97	395,97	201	080402
596	KAP-4	-27.128	40.491	574,51	496,51	78	241298
597	KAP-40	-28.488	42.490	596,03	380,03	216	130302
598	KAP-41	-28.359	42.363	596,80	398,80	198	020502
599	KAP-5	-28.408	41.301	595,26	376,26	219	
600	KAP-6	-28.205	41.605	595,32	370,32	225	
601	KAP-7	-28.253	40.612	573,24	453,24	120	080620
602	KAP-8	-28.332	41.763	595,18	388,18	207	080620
603	KAP-9	-28.141	41.717	594,00	436,00	158	130420
604	KΛA1K	-26.307	42.977	543,47	417,47	126	150599
605	KΛA1Π	-26.194	43.001	579,20	429,20	150	
606	KΛA2K	-26.391	43.117	553,10	418,10	135	
607	KΛA2Π	-26.306	43.269	590,98	410,98	180	
608	KΛA3K	-26.597	43.167	533,47	392,47	141	
609	KΛA3Π	-26.498	43.363	588,35	383,35	205	
610	KΛA4K	-26.778	43.159	537,28	402,28	135	
611	KΛA4Π	-26.870	43.421	569,79	431,79	138	
612	KΠΛA1	-26.130	41.803	617,23	506,23	111	0
613	KΠΛA2	-27.350	42.140	596,36	431,36	165	90973

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β
ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΟ ΥΛΙΚΟ



Σχήμα Β.1: Πανοραμική άποψη του Ορυχείου Αμυνταίου.



Σχήμα Β.2: Λιγνιτικά κοιτάσματα τύπου “ζέβρα”.



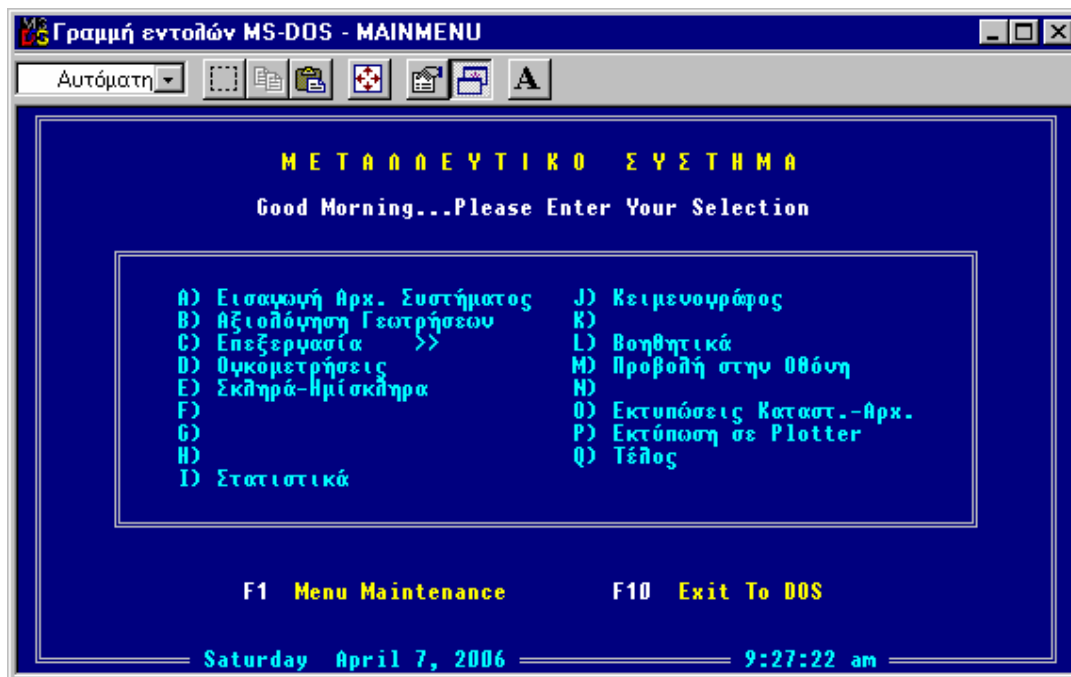
Σχήμα Β.3: Εναλλαγές λιγνιτικών στρωμάτων με στρώματα πολύ ισχυρώς ανθρακομιγής μάργας.



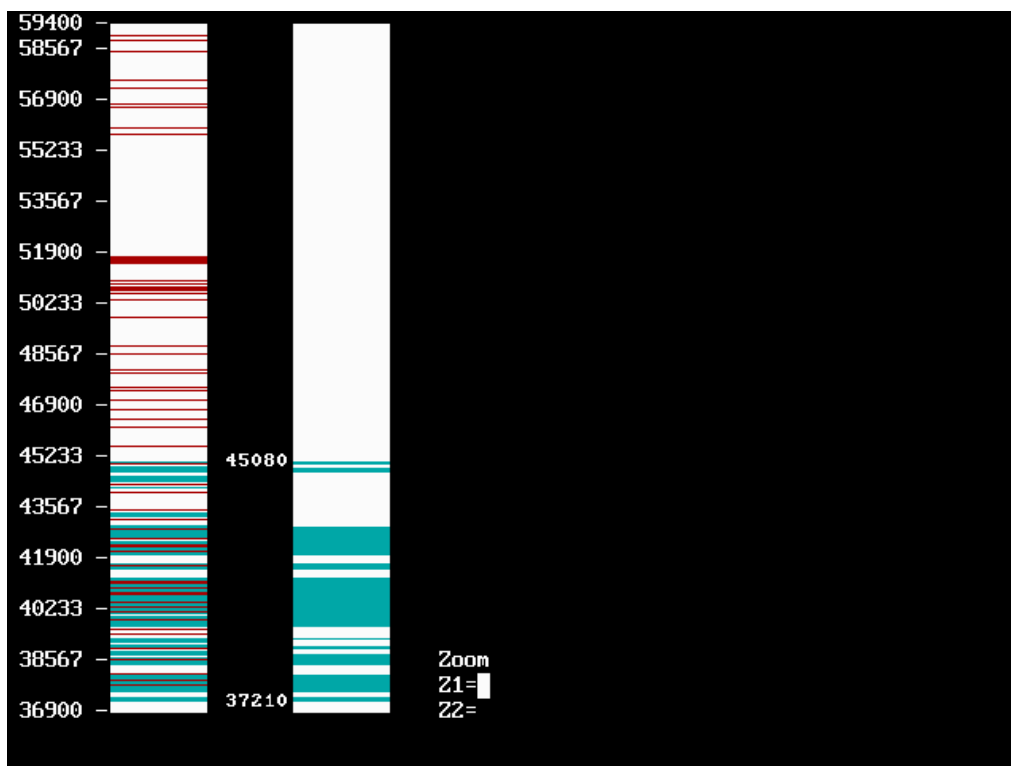
Σχήμα Β.4: Εμφάνιση ρήγματος και διακοπή της συνέχειας των στρωμάτων.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ

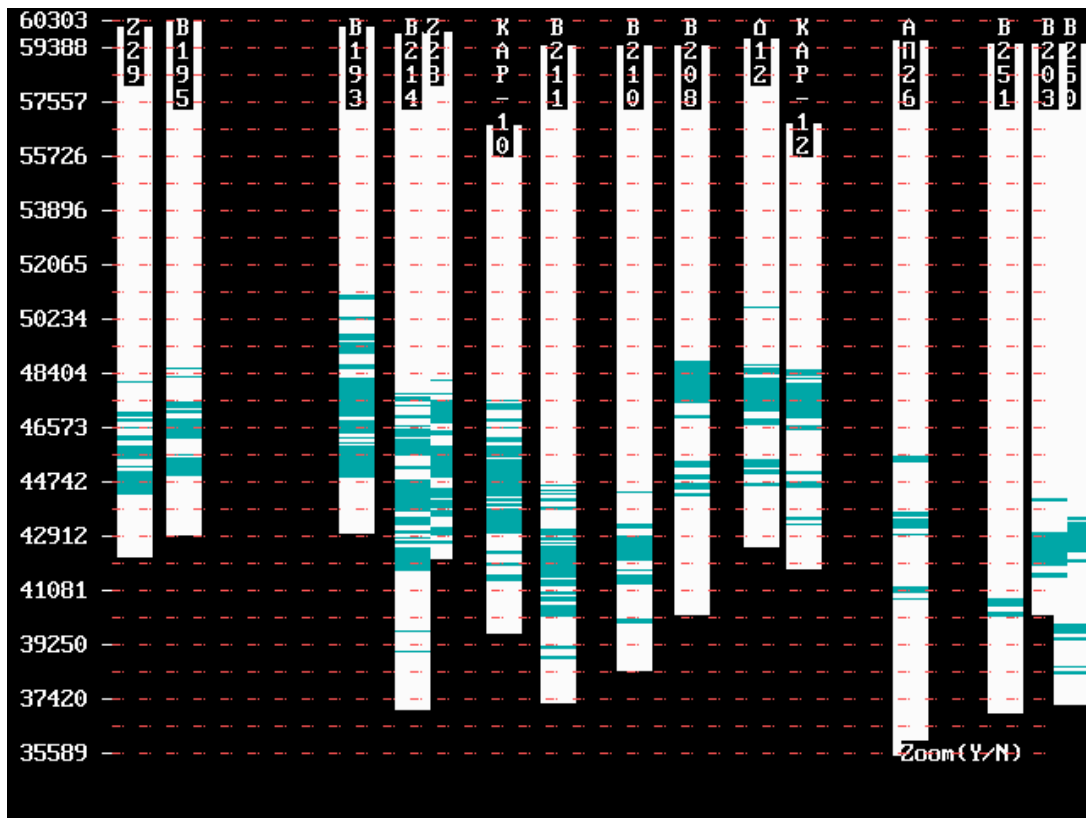
ΑΠΕΙΚΟΝΗΣΕΙΣ ΜΕΣΩ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ METAL



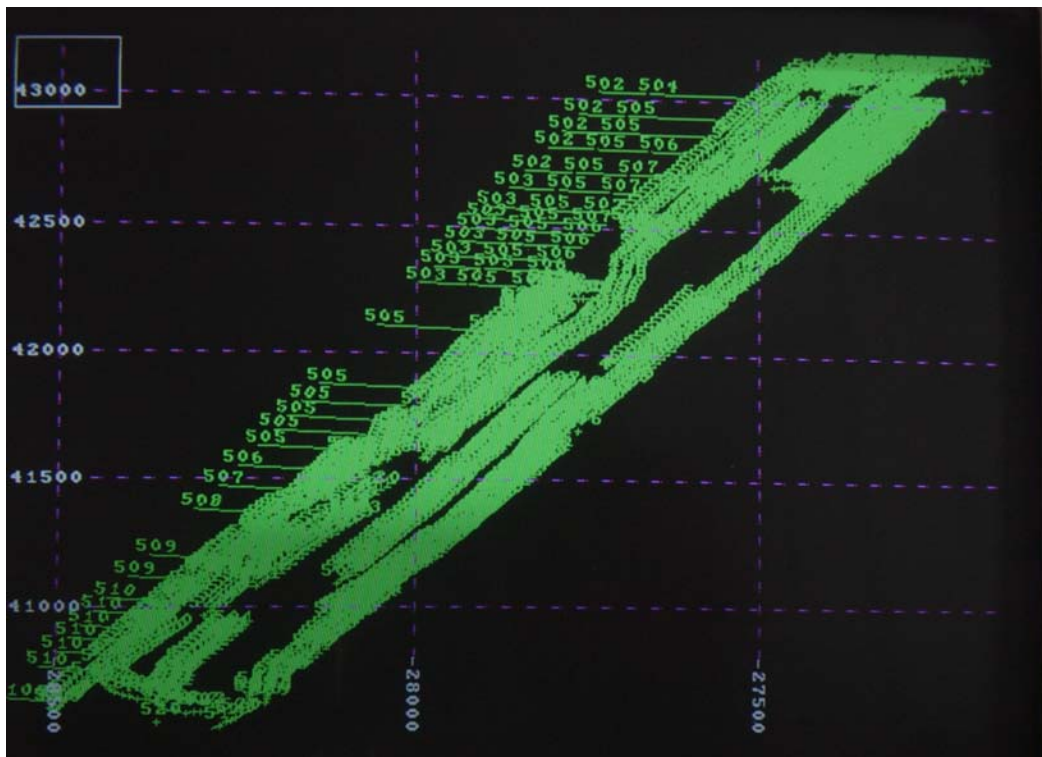
Σχήμα Β.1: Κύριο μενού METAL



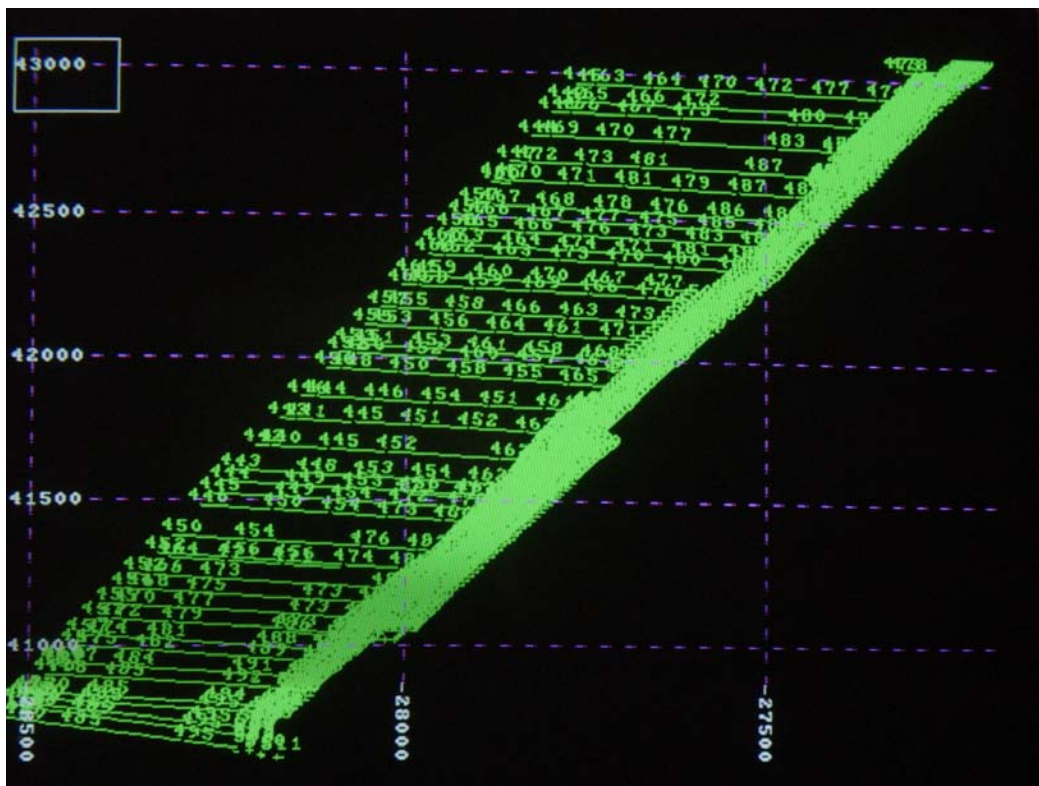
Σχήμα Β.2: Απεικόνιση γεώτρησης KAP-9 πριν και μετά την αξιολόγηση στο METAL.



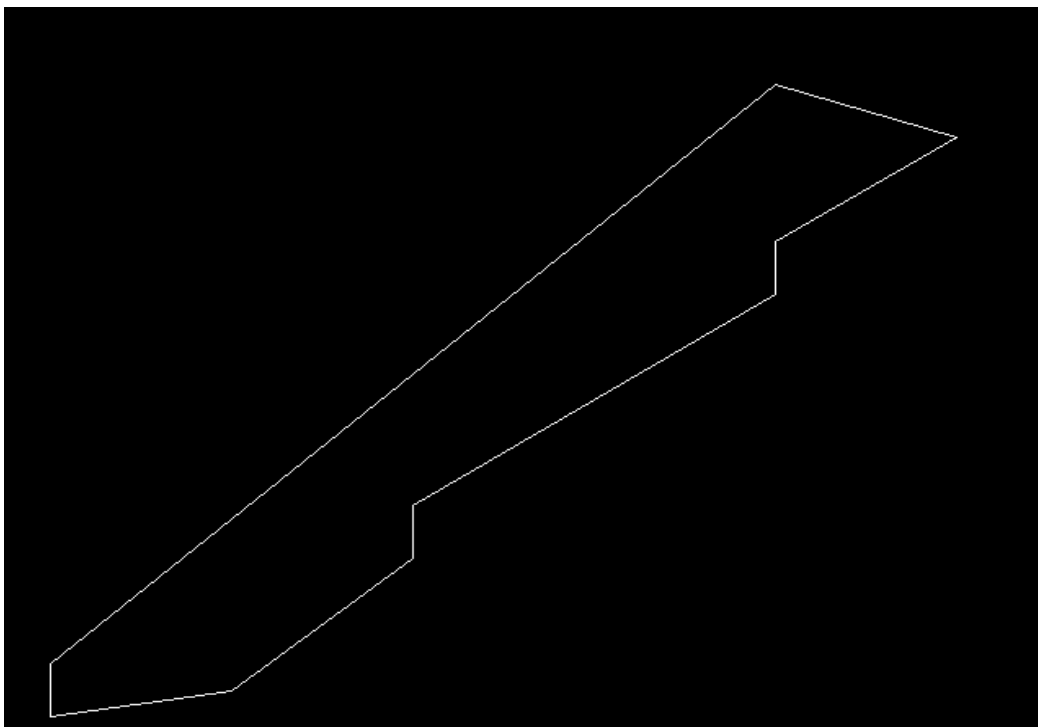
Σχήμα Β.3: Απεικόνιση τομής 15 γεωτρήσεων στο METAL



Σχήμα Β.4: Ψηφιοποιημένη επιφάνεια (3nfig)



Σχήμα Β.5: Ψηφιοποιημένη επιφάνεια (4nfis)



Σχήμα Β.6: Απεικόνιση πολύγωνου pl3 τομέα 3