

ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΛΙΓΝΙΤΟΦΟΡΩΝ ΣΤΟΙΒΑΔΩΝ ΚΑΙ  
ΔΙΑΚΡΙΣΗ ΤΩΝ ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΝΟΤΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΥΜΗΣ,  
Ν. ΕΥΒΟΙΑΣ, ΜΕ ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΥΣ.

Από: Γ.Ν. ΣΙΔΕΡΗ\*, Θ.Α. ΑΓΙΩΤΗ\*, Δ.Ι. ΒΑΓΙΑ\*,  
Π.Ι. ΒΑΚΑΛΟΠΟΥΛΟ\*, Ν.Σ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ\*

CORRELATION OF THE COAL SEAMS AND SEPARATION  
OF LITHOLOGICAL UNITS OF KIMI AREA, EVIA ISLAND, WITH  
RADIOMETRIC METHODS.

By, G.N. SIDERIS\*, TH.A. AYIOTIS\*, D.I. VAGIAS\*,  
P.I. VAKALOPOULOS\*, N.S. NICOLAOU\*

ABSTRACT

-----

In this presentation is described the systematic radiometric study which was carried out in the lignite bearing area of Kimi, Evia island and the correlation between the geophysical data with the already studied geological and lignite exploration data, in order to make possible the separation and distinction of the lithological units and the correlation of the lignite seams by the evaluation of the geophysical data.

From the study of the existing borehole logging data and especially the total count gamma ray intensity (in the wells and in the cores) and their correlation with the macroscopic studies on the cores it was concluded that it is possible: (i) to distinguish and (ii) to separate the lignite horizons from the intermediate sterile clayey horizons as well as from the underlain and overburden groups.

ΣΥΝΟΨΗ

-----

Η εργασία αυτή περιγράφει την συστηματική ραδιομετρική μελέτη που έγινε στη λιγνιτοφόρα περιοχή Κύμης Ν. Ευβοίας και το συσχέτισμό των μετρήσεων με τα ήδη γνωστά γεωλογικά και κοιτασματολογικά στοιχεία, ώστε να καταστεί δυνατή η καταγραφή και διάκριση των λιθολογικών ενοτήτων και η συσχέτιση των λιγνιτοφόρων στοιβάδων με βάση τις μετρήσεις διαγραφιών.

Από τη μελέτη των διαγραφιών, και ειδικότερα της ολικής έντασης της ακτινοβολίας γάμμα (μέσα στις γεωτρήσεις και στους πυρήνες) και τη σύγκρισή τους με τις μακροσκοπικές μελέτες στους πυρήνες των γεωτρήσεων, διαπιστώθηκε ότι είναι δυνατή: (i) η διάκριση και (ii) ο διαχωρισμός των στρωμάτων λιγνίτη από τα ενδιάμεσα στείρα αργιλικά στρώματα καθώς και από τις υποκείμενες και υπερκείμενες αποθέσεις.

\* ΙΓΜΕ, Μεσογείων 70, 11527, ΑΘΗΝΑ

\* ΙΓΜΕ, 70 Messogion St., 11527, ATHENS

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στα πλαίσια των συμπληρωματικών ερευνητικών εργασιών για την αξιολόγηση και την αποτίμηση του λιγνιτικού δυναμικού της περιοχής Κύμης, Ν. Ευβοίας (Σχ.1) έγιναν γεωφυσικές μετρήσεις διαγραφιών στις γεωτρήσεις (borehole logging) που πραγματοποιούνται στην περιοχή αυτή.

Οι μέθοδοι μετρήσεων που εφαρμόστηκαν και οι οποίες περιορίζονται από τον τεχνολογικό εξοπλισμό που διαθέτει το ΙΓΜΕ, είναι οι παρακάτω:

- (i) Ολικής έντασης ακτινοβολίας γάμμα ( $\gamma$ ) στις γεωτρήσεις και στους πυρήνες αυτών {Total count gamma ray intensity (Log and surface measurements on the cores)}.
- (ii) Πυκνότητα σχηματισμού, ( $\gamma$ - $\gamma$ ): {Bulk density log}.
- (iii) Φυσικού (ιδίου) δυναμικού, (SP): {Self Potential log}.
- (iv) Ηλεκτρικής αντίστασης, (R): {Single point resistance log}.
- (v) Μετρήσεις διαμέτρου γεωτρήσεων: {Caliper log}.

Οι μετρήσεις αυτές δεν θεωρούνται αρκετές και μπορεί να λεχθεί ακόμα ότι δεν είναι, όλες, οι πλέον κατάλληλες που θα μπορούσαν να εφαρμοσθούν. Η μέθοδος της ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης είναι, για παράδειγμα, πολύ πιο κατάλληλη από τη μέθοδο της ηλεκτρικής αντίστασης (R) που χρησιμοποιείται σήμερα. Τα προηγούμενα σε συνδυασμό με την ανυπαρξία κατάλληλων φρεατίων βαθμονόμησης γεωφυσικών συσκευών βάθους (4) δεν παρέχουν, μέχρι στιγμής, τη δυνατότητα ποσοτικής αξιολόγησης των λιγνιτικών στρωμάτων.

Για τους λόγους αυτούς η εργασία περιορίστηκε, στη παρούσα φάση, στην ερμηνεία των μετρήσεων όσον αφορά τη διάκριση των λιθολογικών ενοτήτων και τον προσδιορισμό του βάθους και του πάχους των λιγνιτικών στρωμάτων στην περιοχή αυτή.

Από τους πυρήνες οκτώ (8) γεωτρήσεων των λιγνιτικών πεδίων Αθάνατου και Εντς της περιοχής Κύμης επελέγησαν πενήντα έξι (56) δείγματα τα οποία παρουσιάζουν αποκλίσεις στις αναγραφές των διαγραφιών πάνω από την τιμή του υποστρώματος (background). Στα δείγματα αυτά έγιναν: (i) λεπτομερείς λιθολογικές περιγραφές, (ii) Μετρήσεις πυκνότητας σχηματισμού, (iii) Μετρήσεις ολικής έντασης της ακτινοβολίας γάμμα (Πιν. 1).

Από τη συνδυασμένη μελέτη των στοιχείων που προέκυψαν από τις γεωλογικές και γεωφυσικές μελέτες στην περιοχή αυτή διαπιστώθηκε ότι κάνοντας χρήση της μεθοδολογίας που αναφέρθηκε είναι δυνατή η διάκριση, με ακρίβεια, των υπερκειμένων, της λιγνιτικής στοιβάδας και των υποκειμένων σχηματισμών και ο διαχωρισμός των λιγνιτικών στρωμάτων από τα παρεμβαλλόμενα στείρα.

## 2. ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Στην ευρύτερη περιοχή Κύμης, γνωστή για τη λιγνιτοφορία της, διενεργούνται συμπληρωματικές ερευνητικές εργασίες από το ΙΓΜΕ για τον εντοπισμό και μελέτη λιγνιτικών κοιτασμάτων εδώ και τέσσερα χρόνια.

Ηδη έχουν αποπερατωθεί οι έρευνες (Σχ. 1) στην περιοχή Χαροκόπου (1). Στην περιοχή Αθάνατου έχουν αποπερατωθεί οι ερευνητικές εργασίες υπαίθρου και άρχισε η επεξεργασία των στοιχείων, ενώ στην περιοχή Εντς (2) οι έρευνες άρχισαν την 1 Απριλίου 1987.

Η περιοχή των λιγνιτικών κοιτασμάτων Αθάνατου, Χαροκόπου και Εντς (7) δομείται από ιζημάτα μειοκαινικής ηλικίας. Η ηλικία των ιζημάτων έχει διαπιστωθεί από παλυνολογικές εξετάσεις δειγμάτων των γεωτρήσεων του ΙΓΜΕ.

Η στρωματολογική διάρθρωση των ιζημάτων, με βάση τα μέχρι σήμερα γνωστά στοιχεία, έχει ως εξής:

(α) Περιθώρια: δομούνται από Μεσοζωικούς ασβεστολίθους, φλύσχη του Μαιστριχτίου και σώματα περιδοσιτών, λίγο ή πολύ σερπεντινιωμένων και διαβασών της Υποπελαγωνικής-Πελαγωνικής ζώνης.

(β) Υποκείμενες των λιγνιτών αποθέσεις: Αποτελούνται από ψηφιδωλατυποπαγή, χαλαρά και αδιαβάθρητα με συνδετική ύλη άργιλο φτωχή σε  $\text{CaCO}_3$ . Τα αβροκλαστικά υλικά συνίστανται από σχιστόλιθους (του φλύσχη), ασβεστόλιθους και σερπεντίνες (περιθώρια Υποπελαγωνικής-Πελαγωνικής ζώνης). Οι αποθέσεις αυτές δεν διατρήθηκαν σε όλο το πάχος τους.

(γ) Λιγνιτοφόρες αποθέσεις: Συνίστανται από αργιλοίλυδες αποθέσεις φτωχές σε  $\text{CaCO}_3$ , αμμούχες στα κατώτερα τμήματά τους, οι οποίες προς τα πάνω, εξελίσσονται σε πλαστικές αργίλους, κατά θέσεις ανθρακομιγείς οι οποίες και φιλοξενούν τα στρώματα του λιγνίτη.

Τα λιγνιτικά στρώματα, από ένα μέχρι εννέα, αναπτύσσονται στα ανώτερα τμήματα των αποθέσεων και μεταπίπτουν, σε ορισμένες περιπτώσεις, κατά την κατακόρυφο και οριζόντιο σε πλαστικές αργίλους με κυμαινόμενα ποσοστά οργανικής ουσίας.

Ο λιγνίτης είναι, κατά κανόνα, σκληρός, καστανόμαυρος, θαμπός με λάμπουσες ταινίες κατά θέσεις. Σε ορισμένα τμήματα είναι ιδιαίτερα ευδιάκριτος ο ξυλώδης ιστός.

Οι στείρες ενστρώσεις είναι συνήθως μικρού πάχους, αργιλούχες με οργανική ουσία.

(δ) Υπερκείμενες αποθέσεις: Αποτελούνται από ιζημάτα πλούσια σε  $\text{CaCO}_3$  και διακρίνονται από κάτω προς τα άνω σε:

(δ1) Ασβεστολιθική ιλύ: υπέρκειται των λιγνιτοφόρων αποθέσεων και αποτελεί την οροφή του λιγνίτη. Περιέχει πολλά θραύσματα γαστεροπόδων και πολλά *oreculum*. Το γνωστό πάχος της φθάνει τα 8m. Σε ορισμένες θέσεις παρατηρήθηκε ότι στα κατώτερα μέλη της περιέχει οργανική ύλη

ή και μικρά λιγνιτικά τεμάχια.

(δ2) Ιλυόλιθος ασβεστόχθος: Μέχρι σήμερα έχει διατηρηθεί πάχος 300μ. Το πάχος του αυξάνει στο ΝΔ τμήμα του Εντς.

Στα κατώτερα τμήματα περιέχει πολλά οστρακώδη, ενώ σε ορισμένες θέσεις διακόπτεται από ενστρώσεις μάργας με μέγιστο διαπιστωμένο πάχος της τάξεως του ενός μέτρου. Τα τμήματα αυτά είναι κατά κανόνα συμπαγή (3).

Τα μεσαία τμήματα της σειράς περιέχουν πολλές ναρνες, οι οποίες συνίστανται από χιλιοστομετρικές εναλλαγές αργίλου και μάργας, ενώ ο ιλυόλιθος εμφανίζει φυλλώδη υφή.

Τα ανωτέρω τμήματα εμφανίζονται με την ίδια μορφή των κατωτέρων, με τη διαφορά ότι οι ενστρώσεις μάργας προς την επιφάνεια αυξάνεται σε πάχος.

Η όλη σειρά του ιλυόλιθου διακόπτεται από ενστρώσεις μερικών m έως μερικών cm ψαμμιτοψηφίτοπαγών, ενώ συχνά απαντώνται και ενστρώσεις μαργαϊκού ασβεστόλιθου πάχους της τάξης των μερικών cm.

Στην όλη περιοχή παρατηρήθηκαν δύο συστήματα ρηγμάτων με διευθύνσεις ΒΔ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ. Οι κλίσεις είναι ήπιες και φθάνουν μέχρι 10°. Σπανιότατα μετρήθηκαν μέχρι 22°.

### 3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

Οι γεωφυσικές μέθοδοι που εφαρμόστηκαν χωρίζονται σε δύο κατηγορίες:

- α. Στις μετρήσεις διαγραφιών βάθους (κύρια ραδιομετρικές), και
- β. Στις μετρήσεις ολικής έντασης της ακτινοβολίας γάμμα στους πυρήνες των γεωτρήσεων.

#### 3.1. Μέθοδοι Διαγραφιών Βάθους.

Γεωφυσικές διαγραφίες είναι το σύνολο των μεθόδων που μας δίνουν πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά των διάφορων σχηματισμών που απαντώνται σε μία γεώτρηση, με το να μετρούν διάφορες φυσικοχημικές ιδιότητες μέσα σ' αυτές, με τη βοήθεια ειδικών φωρατών (probes), που συνδέονται μέσω ειδικών καλωδίων με συσκευές που βρίσκονται στην επιφάνεια του εδάφους.

Οι μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν και οι οποίες αναφέρθηκαν στο εισαγωγικό κεφάλαιο της εργασίας αυτής, περιγράφονται συνοπτικά παρακάτω:

#### 3.1.1. Μετρήσεις της Ολικής Έντασης της Ακτινοβολίας

##### Γάμμα.

Μία από τις βασικές και περισσότερο διαδεδομένες μεθόδους που χρησιμοποιούνται στην πυρηνική γεωφυσική είναι η ραδιενεργογράφηση των γεωτρήσεων (Total count gamma-ray borehole logging) με μετρήσεις της φυσικής ραδιενέργειας που λαμβάνονται μέσα στις γεωτρήσεις (5).

Όλοι οι γεωλογικοί σχηματισμοί, όπως είναι γνωστό, περιέχουν κάποιο ποσοστό ραδιοστοιχείων. Ορισμένοι όμως από αυτούς (π.χ. άργιλοι) παρουσιάζουν αυξημένη συγκέντρωση σε ραδιοστοιχεία, ενώ αντίθετα άλλοι σχηματισμοί (π.χ. ασβεστόλιθοι, κροκαλοπαγή, άμμοι, ιλύες), εκπέμπουν ελάχιστη ραδιενέργεια ( $\delta$ ), που πολλές φορές βρίσκεται στα ίδια επίπεδα με τη σταθερή διατάραξης (background). Στην τελευταία περίπτωση ο διαχωρισμός των λιθολογικών σχηματισμών με βάση διαφορετικά επίπεδα τιμών είναι αδύνατος.

Χρειάζεται όμως προσοχή, γιατί οι μετρήσεις που λαμβάνονται πρέπει να υποστούν διεργασίες διόρθωσης και αξιολόγησης πριν τελικά χρησιμοποιηθούν. Αυτό είναι αναγκαίο, γιατί οι μετρήσεις αυτές, πέρα από την περιεκτικότητα των ραδιενεργών στοιχείων που προσδιορίζεται, επηρεάζονται και από άλλες παραμέτρους (σε μικρότερο όμως βαθμό), όπως ο τύπος του φωρατή, η γεωμετρία του μέσου, τα τεχνικά χαρακτηριστικά στοιχεία κάθε γεώτρησης κ.λ.π. Ακόμα η χημική σύσταση των γεωλογικών πετρωμάτων (επίδραση z,z effect) της περί την γεώτρηση περιοχής προξενεί μία διακύμανση του συντελεστή φωτοηλεκτρικής απορρόφησης με βάση τον ισοδύναμο ατομικό αριθμό του μέσου (8,10).

### 3.1.2. Πυκνότητα Σχηματισμού (Bulk Density).

Η μέθοδος αυτή προσδιορίζει την πυκνότητα των σχηματισμών μιας γεώτρησης και βασίζεται στην αρχή ότι το σύνολο των ηλεκτρονίων ενός υλικού έχει σχέση με το μαζικό του αριθμό ( $\Lambda$ ).

Αυτό σημαίνει ότι κάθε παρατηρούμενη ελάττωση στην ένταση της ακτινοβολίας γάμμα που εκπέμπεται από την πηγή που χρησιμοποιείται και διέρχεται μέσα από κάποιο γεωλογικό σχηματισμό, είναι ανάλογη της πυκνότητας του σχηματισμού.

Οι αναγραφές αυτές δίνουν χρήσιμες πληροφορίες για την λιθολογία, την πυκνότητα αλλά ακόμα και για το πορώδες των πετρωμάτων. Είναι ιδιαίτερα χρήσιμες για την έρευνα λιγνιτικών κοιτασμάτων, δεδομένου ότι η πυκνότητα του λιγνίτη είναι σημαντικά μικρότερη από αυτήν των περιβαλλόντων σχηματισμών.

### 3.1.3. Φυσικό (Ίδιο) Δυναμικό (Self Potential).

Οι μετρήσεις Φυσικού Δυναμικού μέσα σε γεωτρήσεις εκτελούνται στην πράξη με τη βοήθεια δύο ηλεκτροδίων που τοποθετούνται στην επιφάνεια και στη γεώτρηση, αντίστοιχα. Η μεταξύ των μετρούμενη διαφορά δυναμικού σε mV, όταν το ένα ηλεκτρόδιο διαγράφει όλο το μήκος της γεώτρησης, είναι η διαγραφή φυσικού δυναμικού.

Η μέθοδος στηρίζεται στη συνεχή καταγραφή των ηλεκτρικών δυναμικών που εμφανίζονται μέσα στη γεώτρηση. Τα ηλεκτρικά αυτά δυναμικά είναι το συνολικό αποτέλεσμα των γήινων φυσικών δυναμικών, την ηλεκτροκινητικών δυναμικών που προκαλούνται από την εισροή ρευστών από τους διάφορους γεωλογικούς σχηματισμούς μέσα στη γεώτρηση και των

ηλεκτροχημικών δυναμικών που εμφανίζονται στις επαφές ρευστού με τους γεωλογικούς σχηματισμούς.

#### 3.1.4. Ηλεκτρική Αντίσταση (Single Point Resistance).

Η τεχνική των διαγραφιών ηλεκτρικής αντίστασης βασίζεται στη μέτρηση της ηλεκτρικής αντίστασης, μεταξύ της επιφάνειας του εδάφους και διαδοχικών σημείων μέσα στη γεώτρηση.

Επιτρέπει τον καθορισμό των διαφόρων περιοχών απότομης μεταβολής της ηλεκτρικής αντίστασης (π.χ. ορίων γεωλογικών σχηματισμών, ζωνών, ρωγμάτωσης, κλπ) όχι πάντα με πολύ μεγάλη ακρίβεια, γι αυτό και η χρήση της είναι περιορισμένη.

#### 3.1.5. Μέτρηση διαμέτρου γεωτρήσεων (Caliper log)

Αποτελεί μέθοδο ελέγχου των μεταβολών της διαμέτρου μιας γεώτρησης. Η συσκευή αποτελείται από φωρατή ο οποίος φέρει τρεις βραχίονες που λειτουργούν με ειδικά προσαρμοσμένα ελατήρια. Οι βραχίονες, κατά την άνοδο του φωρατή, ψηλαφούν τα τοιχώματα της γεώτρησης. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, οποιαδήποτε μεταβολή της διαμέτρου της γεώτρησης μεταδίδεται μέσω καλωδίου στο σύστημα καταγραφής της συσκευής. Η καταγραφή αυτή εντοπίζει κοιλότητες, ρωγμές κ.λ.π. στη γεώτρηση και σε γενικές γραμμές υποβοηθά στη διάγνωση της λιθολογίας με βάση τη σκληρότητα των σχηματισμών, ενώ προσφέρει παράλληλα και πληροφορίες για πιθανές διορθώσεις στις μετρήσεις των άλλων μεθόδων.

### 3.2. Μετρήσεις της Ολικής Έντασης της Ακτινοβολίας

#### Γάμμα στους πυρήνες των Γεωτρήσεων.

Η μέτρηση της ολικής έντασης της ακτινοβολίας γάμμα στους πυρήνες των γεωτρήσεων της περιοχής Κύμης Ν. Εύβοιας, έγινε με ειδικές συσκευές-σπινθηρόμετρα, τύπου κατωφλίου (threshold type scintillometers). Τα σπινθηρόμετρα αυτά, τύπου GIS-4 της SCINTREX, έχουν τη δυνατότητα μέτρησης της ραδιενέργειας για χρονικό διάστημα μέχρι 100 sec.

Για να βελτιωθεί η αξιοπιστία των μετρήσεων, με στόχο το μηδενισμό της επίδρασης της φυσικής ραδιενέργειας (κοσμική ακτινοβολία κ.λ.π.), η συσκευή περιβάλλεται με θωράκιση μολύβδου (lead castle) πάχους 5 cm. Αφήνεται μόνο ένα μικρό παράθυρο για να είναι δυνατή η απρόσκοπτη παρακολούθηση των ενδείξεων. Με κατάλληλη διαμόρφωση του επάνω μέρους του "μολυβένιου κάστρου" επιτυγχάνεται η εύκολη είσοδος και έξοδος του δείγματος (σ' αυτή την περίπτωση ο πυρήνας από μία γεώτρηση τοποθετείται ακριβώς επάνω με τον κρύσταλλο του σπινθηρομέτρου).

Από τη μελέτη διαπιστώθηκε ότι το δείγμα πρέπει να έχει ελάχιστο όγκο 385 cm (διάμετρο 7 cm και ύψος 10

cm). Έτσι επετεύχθη οι μετρήσεις να έχουν καλή επαναληψιμότητα και ικανοποιητική αξιοπιστία.

#### 4. ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ ΤΙΜΩΝ ΤΗΣ ΟΛΙΚΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΓΑΜΜΑ ΚΑΙ ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΝΟΤΗΤΩΝ.

Η μελέτη των τιμών της ολικής έντασης της ακτινοβολίας γάμμα, σε πενήντα έξι δείγματα πυρήνων γεωτρήσεων όπως εξετάθη προηγουμένως (Κεφ. 3.2.), έδειξε τα εξής:

(i) Η τιμή του υποστρώματος (background) μέσα στο "μολύβδινη θωράκιση" ήταν κάτω από 2 c/100s

(ii) Οι τιμές της ραδιενέργειας του λιγνίτη, σε δείγματα όγκου 385 cm<sup>3</sup> από τις γεωτρήσεις της περιοχής Κύμης, κυμαίνονται μεταξύ 250 c/100s και 320c/100s. Όταν υπάρχουν ξυλιτικές ενστρώσεις η ακτινοβολία κυμαίνεται μεταξύ 340 c/100s και 380 c/100s.

(iii) Οι τιμές της ραδιενέργειας σε πυρήνες αργίλων της λιγνιτοφόρου στοιβάδας και των υποκείμενων σχηματισμών και σε δείγματα όγκου 385 cm<sup>3</sup> κυμαίνονται μεταξύ 380 c/100s και 500 c/100s.

(iv) Σε δείγματα ασβεστολιθικής ιλύος και ασβεστούχου ιλυόλιθου οι τιμές της ολικής έντασης της ακτινοβολίας γάμμα κυμαίνονται μεταξύ 20 c/100s και 60 c/100s και

(v) Οι τιμές της ολικής έντασης της ακτινοβολίας γάμμα σε αμμούχα ή και άλλα δείγματα των υποκείμενων της λιγνιτοφόρου στοιβάδας σχηματισμών φθάνουν μέχρι 140 c/100s.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε στα αρχικά στάδια της έρευνας με σκοπό τη συσχέτιση των αναγραφών της ολικής έντασης της ακτινοβολίας γάμμα και των μακροσκοπικών παρατηρήσεων (Πιν. 1 - Σχ. 2). Η εφαρμογή της επιτρέπει την αξιολόγηση των μετρήσεων των διαγραφιών με μεγαλύτερη αξιοπιστία (Σχ. 3).

#### 5. ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΔΙΑΓΡΑΦΙΩΝ

Σε προηγούμενο κεφάλαιο αναφέρθηκαν οι μέθοδοι διαγραφιών που χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των λιθολογικών ενοτήτων και την καταγραφή του βάθους και του πάχους των στρωμάτων του λιγνίτη.

Οι τιμές των μετρήσεων των διαγραφιών στις διάφορες λιθολογικές ενότητες και στα στρώματα του λιγνίτη έχουν ως εξής:

##### 5.1. Ολική ένταση της ακτινοβολίας γάμμα (γ)

5.1.1. Χαμηλές τιμές στους υπερκείμενους και στους αδρόκοκκους υποκείμενους σχηματισμούς.

5.1.2. Μέτριες μέχρι υψηλές τιμές σε c/s στα στρώματα λιγνίτη και στην κλίμακα των

μετρήσεων που χρησιμοποιήθηκε.

- 5.1.3. Υψηλές μέχρι πολύ υψηλές στα στρώματα των αργίλλων.

#### 5.2. Πυκνότητα Σχηματισμού ( $\gamma\text{-}\gamma$ )

---

- 5.2.1. Στους υπερκείμενους σχηματισμούς οι τιμές είναι υψηλές και οι αναγραφές παρουσιάζουν σχετική ομοιομορφία.
- 5.2.2. Στα στρώματα του λιγνίτη παρουσιάζεται απότομη αλλαγή στην αναγραφή των τιμών της  $\gamma\text{-}\gamma$ . Αυτό δικαιολογείται από τη σχετικά μεγάλη διαφορά της πυκνότητας που έχουν τα στρώματα λιγνίτη (κάτω από  $1.6 \text{ gr/cm}^3$ ) από τους περιβάλλοντες σχηματισμούς (πάνω από  $1.9 \text{ gr/cm}^3$ ).
- 5.2.3. Στους υποκείμενους σχηματισμούς παρατηρούμε αύξηση στις αναγραφές τιμών.

#### 5.3. Ηλεκτρική Αντίσταση (R)

---

Παρατηρούνται σχετικά "υψηλές τιμές" στα στρώματα λιγνίτη, όμως για τους λόγους που αναφέρθηκαν παραπάνω (3.1.4), δεν μπόρεσε να γίνει παραπέρα αξιολόγησή τους.

#### 5.4. Φυσικό (Ιδιο) Δυναμικό (SP)

---

Οι τιμές του Φυσικού Δυναμικού σε mV είναι αυξημένες και παραμένουν περίπου σταθερές, όσο βρισκόμαστε στη λιγνιτοφόρο στοιβάδα. Στο αμέσως υπερκείμενο στρώμα της λιγνιτοφόρου στοιβάδας, την ασβεστολιθική ιλύ, παρουσιάζεται χαρακτηριστική μείωση των αρνητικών τιμών του φυσικού δυναμικού. Στις γεωτρήσεις στις οποίες έγινε δυνατή η μέτρηση του Φυσικού Δυναμικού στις υποκείμενες αποθέσεις επανεμφανίζεται μείωση των τιμών. Για την τελευταία όμως περίπτωση δεν υπάρχουν πολλές μετρήσεις.

#### 5.5. Διάμετρος Γεώτρησης (Caliper).

---

Καταγράφεται η διάμετρος της γεώτρησης. Σε περίπτωση χαλαρών σχηματισμών παρατηρούνται καταπτώσεις, που έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση των τιμών που αναγράφονται με τη μέθοδο αυτή. Επομένως μπορούν να γίνουν οι κατάλληλες διορθώσεις σε συσχέτισμό με τις άλλες μετρήσεις οι οποίες επηρεάζονται από αυτές.

Από τον συνδυασμό των παραπάνω στοιχείων και αφού λήφθηκαν υπόψη τα αποτελέσματα που προέκυψαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, κατασκευάστηκε το λιθολογικό "προφίλ", από γεωφυσική άποψη, των γεωτρήσεων. Στο Σχ. 3 τοποθετήθηκε στην αριστερή πλευρά η λιθολογική τομή που προήλθε από τη μακροσκοπική μελέτη των πυρήνων των γεωτρήσεων. Δεξιά της τοποθετήθηκε η Γεωφυσική τομή που προήλθε, αφού λήφθηκαν υπόψη όλα τα στοιχεία, όπως έχουν αναλυτικά αναφερθεί

προηγούμενως.

Από τη σύγκριση των δύο τομών προκύπτουν τα παρακάτω:

(1) Τα πάχη των στρωμάτων του λιγνίτη προσδιορίστηκαν από τις διαγραφίες με ακρίβεια της τάξης του 85-90%.

(2) Τα βάθη στα οποία σημειώθηκαν οι οροφές των στρωμάτων του λιγνίτη (200-230m) στις διαγραφίες εμφανίζονται μικρότερα κατά 30-40 cm από εκείνα των μακροσκοπικών περιγραφών. Η διαφορά αυτή παρατηρήθηκε και στις πέντε (5) μεθόδους διαγραφιών (γ,γ-γ,R, SP, Caliper).

Τέλος οι αυξομειώσεις στις τιμές των διαγραφιών των στρωμάτων του λιγνίτη, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία (9), έχουν σχέση με τις φυσικοχημικές του ιδιότητες.

Με βάση τα παραπάνω συντάχθηκαν γεωφυσικές τομές, οι οποίες, συγκρινόμενες με τις λιθολογικές τομές των γεωτρήσεων, μπορούμε να πούμε ότι συσχετίζονται.

## 6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

(α) Με τη σύγκριση των γεωφυσικών αναγραφών και της λιθολογίας των γεωτρήσεων έγινε δυνατή η αντιστοίχιση των αποκρίσεων των διαγραφιών και των λιθολογικών ενοτήτων-λιγνιτικών στρωμάτων.

(β) Διαπιστώθηκε ότι η μέθοδος της ηλεκτρικής αντίστασης δεν ανταποκρίνεται πλήρως στις ανάγκες της έρευνας και χρειάζεται να διερευνηθεί η δυνατότητα αντικατάστασης της από τη μέθοδο "ειδικής ηλεκτρικής αντίστασης".

(γ) Σε περίπτωση απώλειας πυρήνα, κατά την εκτέλεση των γεωτρήσεων, είναι δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων για τη λιθολογία από την ερμηνεία των διαγραφιών.

(δ) Η όλη εργασία επιδιώκει σε πρώτο στάδιο τη βελτίωση της αξιοπιστίας και την αξιοποίηση των διαγραφιών που γίνονται σε γεωτρήσεις για την έρευνα των λιγνιτών. Απαιτείται όμως συστηματικότερη εργασία, μελέτη και προμήθεια ειδικού εξοπλισμού πριν αντικατασταθεί αριθμός δειγματοληπτικών γεωτρήσεων πύκνωσης από μη δειγματοληπτικές καθώς και αξιολόγηση των τελευταίων, με βάση τις μετρήσεις διαγραφιών, ώστε να μειωθεί τελικά το κόστος των κοιτασματολογικών ερευνών.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ - REFERENCES

---

1. ΑΓΙΑΣΜΑΤΗΣ, Σ. et al, 1986: "Λιγνιτωρυχείο Χαροκόπος Κύμης Ν. Εύβοιας" Τεχ. Μελ. του αρθ. 4 του ΚΜΛΕ, ομάδα εργασίας ΥΒΕΤ, ΑΘΗΝΑ.
2. ΑΘΑΝΑΣΙΑΔΗΣ, Γ-ΒΑΓΓΙΑΣ, Δ-ΖΑΒΑΤΑΡΗΣ, Ε 1986: " Τεχνική - οικονομική προμελέτη εκμετάλλευσης των λιγνιτικών κοιτασμάτων Εντις και Αθάνατος της Κύμης του Ν.Εύβοιας" ΙΓΜΕ, Αθήνα.
3. ΑΝΑΣΤΟΠΟΥΛΟΣ, Ι. 1966 "Γεωλογική και Κοιτασματολογική μελέτη της λιγνιτοφόρου περιοχής Κύμης", ΙΓΕΥ, Αθήνα
4. DARNLEY, A.G., 1977: The advantages of standardizing radiometric exploration measurements and how to do it. CIM Bulletin, v. 71. February 1977, 5p.
5. DOIG, D., 1968: The natural gamma - ray flux; in situ analysis; Geophysics, v.33, no.2, pp.311-328.
6. I.A.E.A., 1982: Borehole Logging for Uranium Exploration, Technical Report No. 212, Vienna.
7. ΚΟΥΚΟΥΖΑΣ, Κ. et. al. "Εκθεση προγραμματισμού συμπληρωματικών κοιτασματολογικών ερευνών για Λιγνίτη στην περιοχή Εντις Κύμης" ΙΓΜΕ, Αθήνα.
8. LOVBORG, L., 1983: Total-Count Calibration Blocks for use in Uranium Exploration, Riso-R-490. Roskilde.
9. RIDER, H.M., 1986: The Geological Interpretation of Well Logs. 171p. Blackie, Halsted Press, Glasgow.
10. ΣΙΑΔΕΡΗΣ, Γ.Ν., 1981: Υπολογισμός του ισοδύναμου ουρανίου από μετρήσεις της ολικής έντασης της ακτινοβολίας γάμμα μέσα σε γεωτρήσεις. Ανακοίνωση στο ετήσιο Σεμινάριο που οργάνωσε το Εργαστήριο Σεισμολογίας και Εφαρμοσμένης Γεωφυσικής του Πανεπιστημίου Αθηνών.



ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Συσχετισμός τιμών Ολικής Έντασης της Ακτινοβολίας Γάμμα και Λιθολογικών Ενοτήτων

TABLE 1: Correlation of Total Count Gamma-ray Intensity Values and Lithological Units

ΠΕΡΙΟΧΗ: ΑΘΑΝΑΤΟΣ - ΕΝΤΣ, ΚΥΜΗΣ, ΝΗΣΟΥ ΕΥΒΟΙΑΣ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΟΥ ΠΡΑΓΜΑΤΟΠΟΙΗΘΗΚΑΝ ΟΙ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ:

ΝΟΕΜΒΡΗΣ 1987

ΕΠΙΤΑΧΥΝΣΗ ΤΗΣ ΒΑΡΥΤΗΤΑΣ

ΤΥΠΟΣ ΡΑΔΙΟΜΕΤΡΙΚΗΣ ΣΥΣΚΕΥΗΣ

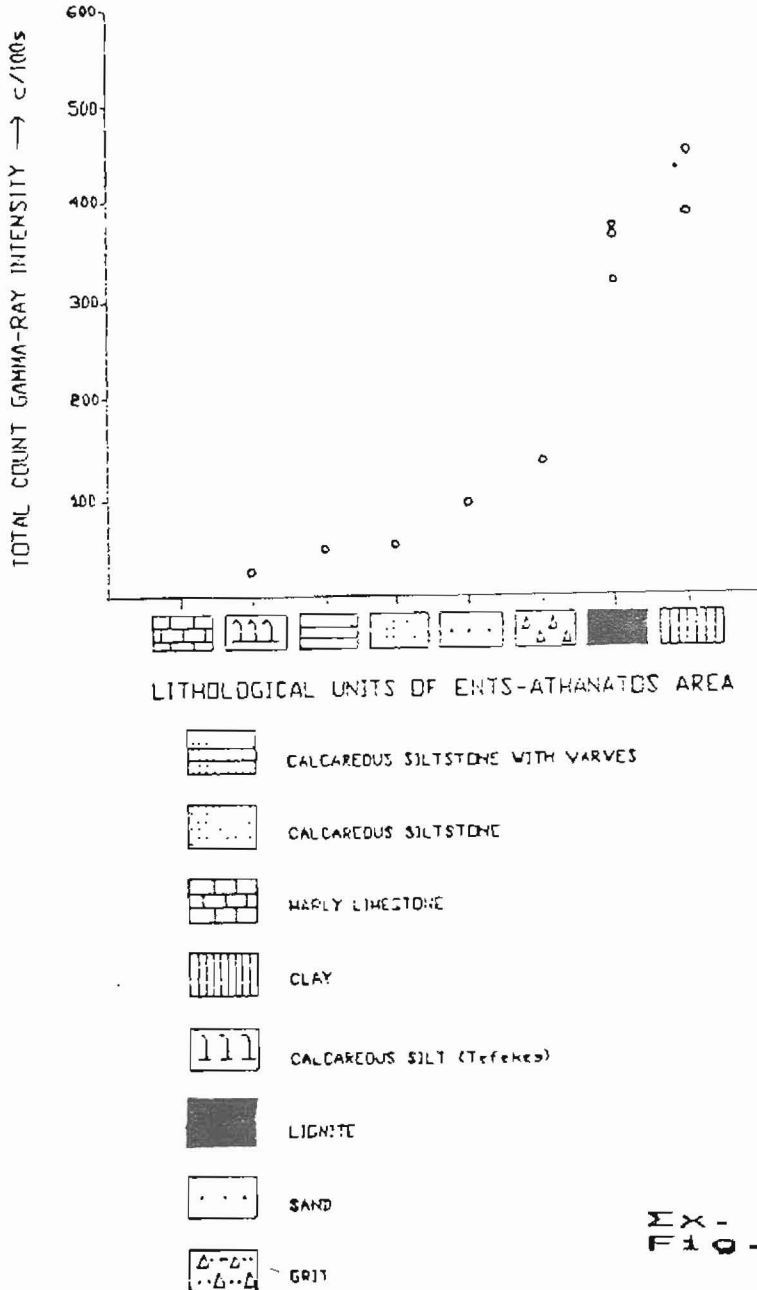
$g = 980.048 \text{ m} \cdot \text{sec}^{-2}$

GIS-4, SCINTREX

α/α	ΑΡΙΘΜΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	Β Α Θ Ο Σ		ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	ΟΛΙΚΗ ΕΝΤΑΣΗ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΓΑΜΜΑ C/100S	ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
		Α Π Ο μ	Μ Ε Χ Ρ Ι μ			
1.	Δ-53 37421	196.80	196.90	2.26	436	Άργιλος Πλαστική
2.	Δ-53 37425	195.55	195.68	1.44	368	Λιγνίτης με Ξυλιτι- κές Ενοτρώσεις
3.	Δ-57 37414	231.70	231.80	1.36	374	Λιγνίτης με Ξυλιτι- κές Ενοτρώσεις
4.	Δ-57 37418	232.45	232.55	1.38	320	Λιγνίτης
5.	Δ-57 37427	236.20	236.30	2.47	137	Ψηφιοπαγές
6.	Δ-60 37435	236.60	236.70	2.25	389	Άργιλος Πλαστική
7.	E-2 7530	117.70	117.85	2.09	24	Αοβεστολιθική Ιλύς (Τεφεκές)
8.	E-10 7532	198.00	198.10	2.16	50	Ιλυόλιθος Αοβεστού- χος με βάρβες
9.	E-10 7531	183.20	183.30	2.51	54	Ιλυόλιθος Αοβεστολι- θικός συμπαγής
10.	E-10 7533	208.90	209.00	2.16	94	Άμμος

ΤΙΜΕΣ ΤΗΣ ΟΛΙΚΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ ΤΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΓΑΜΜΑ ΕΝΑΝΤΙ ΤΩΝ ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΝΟΤΗΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΘΑΝΑΤΟΣ ΚΑΙ ΕΝΤΣ, ΚΥΜΗΣ, Ν.ΕΥΒΟΙΑΣ

TOTAL COUNT GAMMA-RAY INTENSITY VALUES AGAINST LITHOLOGICAL UNITS IN THE AREA OF ATHANATOS-ENTS, KIMI, EVIA ISLAND

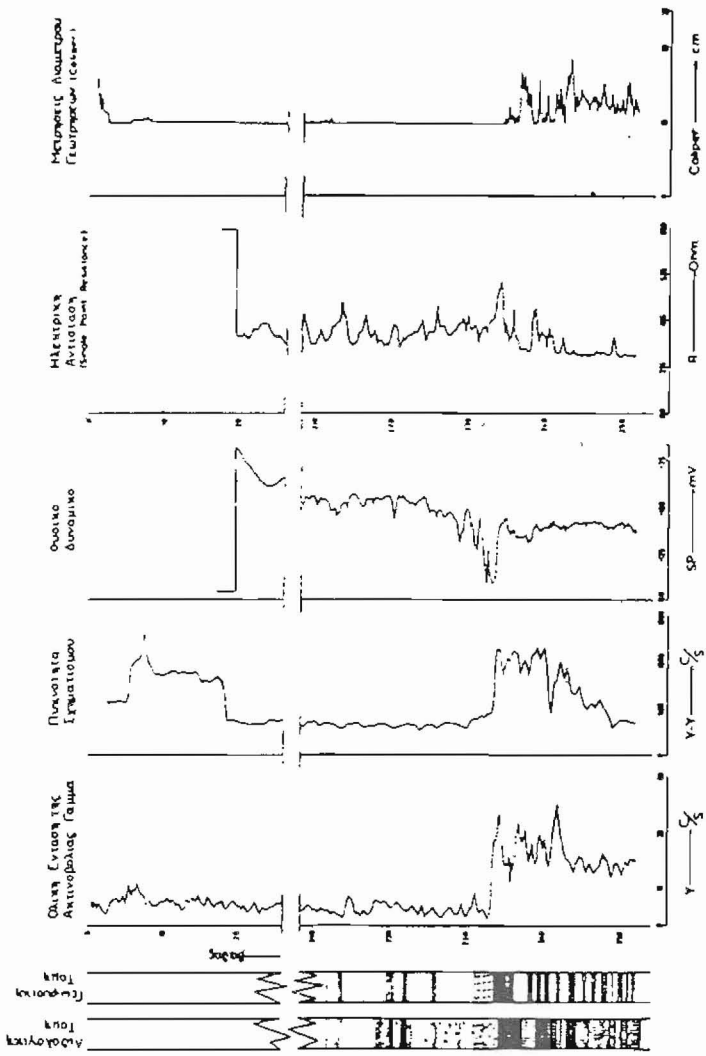


ΑΡ. ΓΕΩΡΓΙΩΤΗΤΗΣ 1-3

ΕΡΓΟ ΕΡΕΥΝΑ ΛΙΓΜΙΝΩΝ ΕΣΤΡΕΙΑΣ ΠΕΡΙΘΩΡΙΩΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ

ΠΕΡΙΘΩΡΙΩΣ ΚΙΝΗΣΕΩΣ

ΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΓΕΩΡΓΙΩΤΗΤΗΣ (BOREHOLE LOGGING)



ΥΠΟΜΝΗΜΑ - LEGEND

- Ολική αντανάκλαση με βελτίωση (Total reflection with improvement)
- Ολική αντανάκλαση χωρίς βελτίωση (Total reflection without improvement)
- ΣΥΝΟΛΙΚΟ ΔΥΝΑΜΙΚΟ (Total Potential)
- ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ ΣΦΑΙΡΑΙΤΙΣΜΟΥ (Sphalerite Vein Enlargement)
- ΜΕΓΕΘΥΝΣΗ ΑΝΤΙΒΟΛΙΑΣ ΓΑΜΜΑΣ (Gamma Radiation Intensity Enlargement)
- ΑΝΤΙΒΟΛΙΑΣ ΓΑΜΜΑΣ (Gamma Radiation Intensity)
- ΑΝΤΙΒΟΛΙΑΣ ΓΑΜΜΑΣ (Gamma Radiation Intensity)
- ΑΝΤΙΒΟΛΙΑΣ ΓΑΜΜΑΣ (Gamma Radiation Intensity)
- ΑΝΤΙΒΟΛΙΑΣ ΓΑΜΜΑΣ (Gamma Radiation Intensity)

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ - NOTES

1. Ηλεκτρονική αντανάκλαση με βελτίωση (Electronic reflection with improvement)
2. Ηλεκτρονική αντανάκλαση χωρίς βελτίωση (Electronic reflection without improvement)
3. Σημειώσεις για το Coarsest με αναλυτική περιγραφή (Notes for Coarsest with detailed description)

ΣΧ 3  
FIG 3