

ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΑΝΘΡΑΚΟΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ ΠΥΡΟΛΥΣΗΣ ROCK-EVAL ΣΤΗΝ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΛΙΓΝΙΤΩΝ ΓΙΑ ΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΚΑΙ ΕΞΩΗΛΕΚΤΡΙΚΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ*

Κ. ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ¹

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Λιγνίτες από την περιοχή Βεύης Φλώρινας και Μοσχοποτάμου Πιερίας μελετήθηκαν με ανθρακοπετρογραφικές μεθόδους και την τεχνική της πυρόλυσης Rock-Eval. Με βάση τις ειδικές αυτές αναλύσεις προκύπτει ότι οι σιλιπνοί λιγνίτες του Μοσχοποτάμου συνίστανται από οργανικά δομικά συστατικά μικρής αντίστασης στη θραύση, με ομοιογενή κοκκομετρία κατά την άλεση και θετική εφαρμογή στην παραγωγή λιγνιτόσκονης. Ως προς την ικανότητα πλινθοποίησης, αρνητικό στοιχείο αποτελούν τα ζελατινοποιημένα συστατικά και η ανόργανη ύλη. Οι ξυλιτικοί λιγνίτες της Βεύης, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε ρητινώχες ουσίες, δείχνουν υψηλό δυναμικό εξεάρωσης, όπως επιβεβαιώνουν και τα αποτελέσματα της πυρόλυσης Rock-Eval. Λόγω του υψηλού ποσοστού σε χουμοτελινικά συστατικά, προτείνεται να γίνουν δοκιμές παρασκευής ενεργού άνθρακα, γεωτρητικού πολφού για ταμιευτήρες υδρογονανθράκων με προβλήματα στο πορώδες τους, εδαφοβελτιωτικών και αναγωγικών μέσων με εφαρμογή στη διεργασία σιδηροκλιειούχων μεταλλευμάτων, μετά την κατάλληλη πρόσμειξη γαιάνθρακα υψηλότερου βαθμού ενανθράκωσης.

ABSTRACT

Xylites from Vevi, Florina, and lignites from Moschopotamos, Pieria, have been studied using organic petrology and Rock-Eval pyrolysis. Due to the high resinite content and the impregnation of textinite A and textulminite A with resinous compounds, the xylites from Vevi show a high potential for gasification and/or liquefaction. The same samples can also be used as feedstock and reducing agents in rotary kilns in processing lateritic ores, after LARCO's method. In addition, due to the maceral composition, the potential for producing active carbon, drilling muds and soil conditioners should be investigated. Attention, however, should be given in the grinding process of xylites due to the presence of fibrous textinite.

Lignites from Moschopotamos are suitable for power generation. Due to the high value of ulminite+densinite+gelinite/textinite+atrrinite are suitable for the production of lignite pulver.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο λιγνίτης αποτελεί το υπ' αριθμόν ένα ενεργειακό καύσιμο στην Ελλάδα. Από τη μέχρι τώρα έρευνα του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Koukoulas at al., 1997), προκύπτει ότι τα βεβακωμένα αποθέματα λιγνίτη σ' όλο τον ελληνικό χώρο υπερβαίνουν τα 6.700 εκατομ. τόνους. Απ' αυτά, σε υπαίθρια απολήψιμα αποθέματα αντιστοιχούν, με τα σημερινά δεδομένα της έρευνας, 3.800 εκατομ. τόνοι, που αναλογούν περίπου σε 450 εκατομ. τόνους ισοδύναμου πετρελαίου (Τ.Ι.Π.). Ο μεγαλύτερος εξορυσσόμενος όγκος του λιγνίτη καταναλώνεται στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας. Μόνο ένα πολύ μικρό ποσοστό (λιγότερο του 4%) διατίθεται σε εξωηλεκτρικές χρήσεις και εφαρμογές.

* APPLICATION OF ORGANIC PETROLOGY AND ROCK-EVAL PYROLYSIS METHODS IN LIGNITE ASSESMENT FOR Ηλεκτρονική Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" Α.Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

¹ Προϊστάμενη Εργαστηρίου Ανθρακοπετρογραφίας ΔΕΠΥ/ΓΓΜΕ, Μεσογείων 70, Αθήνα 115 27, GREECE

Μεταξύ των γαιανθράκων διαπιστώθηκε ότι υπάρχουν σημαντικές ποιοτικές διαφορές, εξαιτίας των ποικίλων προελεύσεών τους, στις οποίες οφείλονται και οι ανόμοιες συμπεριφορές στις διάφορες διεργασίες. Εξαιτίας αυτού έγινε κατανοητό και καθιερώθηκε, ότι οι συμβατικά αποδεκτοί προσδιορισμοί, όπως πτητικά συστατικά, μόνιμος άνθρακας και θερμογόνος δύναμη, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να χαρακτηρίσουν την τεχνολογική συμπεριφορά και απόδοση των διαφορετικών γαιανθράκων.

Η επίγνωση ότι αποτελεί επιτακτική ανάγκη, όχι μόνο να αποτιμηθεί και να καταγραφεί με ακρίβεια το λιγνιτικό δυναμικό, αλλά και να ελεγχθεί κάθε δυνατότητα αξιοποίησής του, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι δεν πρέπει να παραβλεφθούν οι βέλτιστες χρήσεις του ελληνικού λιγνίτη. Με αυτό το σκεπτικό και το γεγονός ότι θα πρέπει να αξιοποιηθούν και τα μικρά, αλλά σημαντικά σε ποιότητα αποθέματα λιγνίτη που είναι κατεσπαρμένα στον ελλαδικό χώρο, πρέπει να εντατικοποιηθεί η προσπάθεια διερεύνησης της δυνατότητας πλήρους αξιοποίησης του λιγνίτη.

Για το σκοπό αυτό απαιτείται η σε βάθος γνώση του ελληνικού γαιάνθρακα, του τύπου, της σύστασης, του βαθμού ενανθράκωσης, καθώς και των φυσικών και χημικών ιδιοτήτων. Ετσι στην παρούσα εργασία επιλέχθηκε προς μελέτη σειρά δειγμάτων προερχομένων από δύο λεκάνες διαφορετικές ως προς την ηλικία, τις συνθήκες δημιουργίας και τον τύπο του γαιάνθρακα. Οι περιοχές αυτές είναι η Βεύη Φλώρινας και ο Μοσχολοτάμος Πιερίας (εικ. 1).

2. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η δειγματοληψία των λιγνιτικών οριζόντων για την παρούσα μελέτη έγινε από πυρήνες γεωτρήσεων στις δύο προαναφερθείσες περιοχές, που πραγματοποίησε το Ι.Γ.Μ.Ε. στα πλαίσια ερευνητικών προγραμμάτων για αναζήτηση και εντοπισμό λιγνιτικών κοιτασμάτων. Από τη γεώτρηση Β7Α της περιοχής Βεύης ελήφθησαν τριάντα έξι δείγματα λιγνίτη, ενώ από τη γεώτρηση ΜΚ19 του Μοσχολοτάμου ελήφθησαν δεκαεπτά δείγματα. Στην εικ. 1 παρουσιάζονται οι συνθετικές στρωματογραφικές στήλες των δύο περιοχών. Τα δείγματα μελετήθηκαν με:

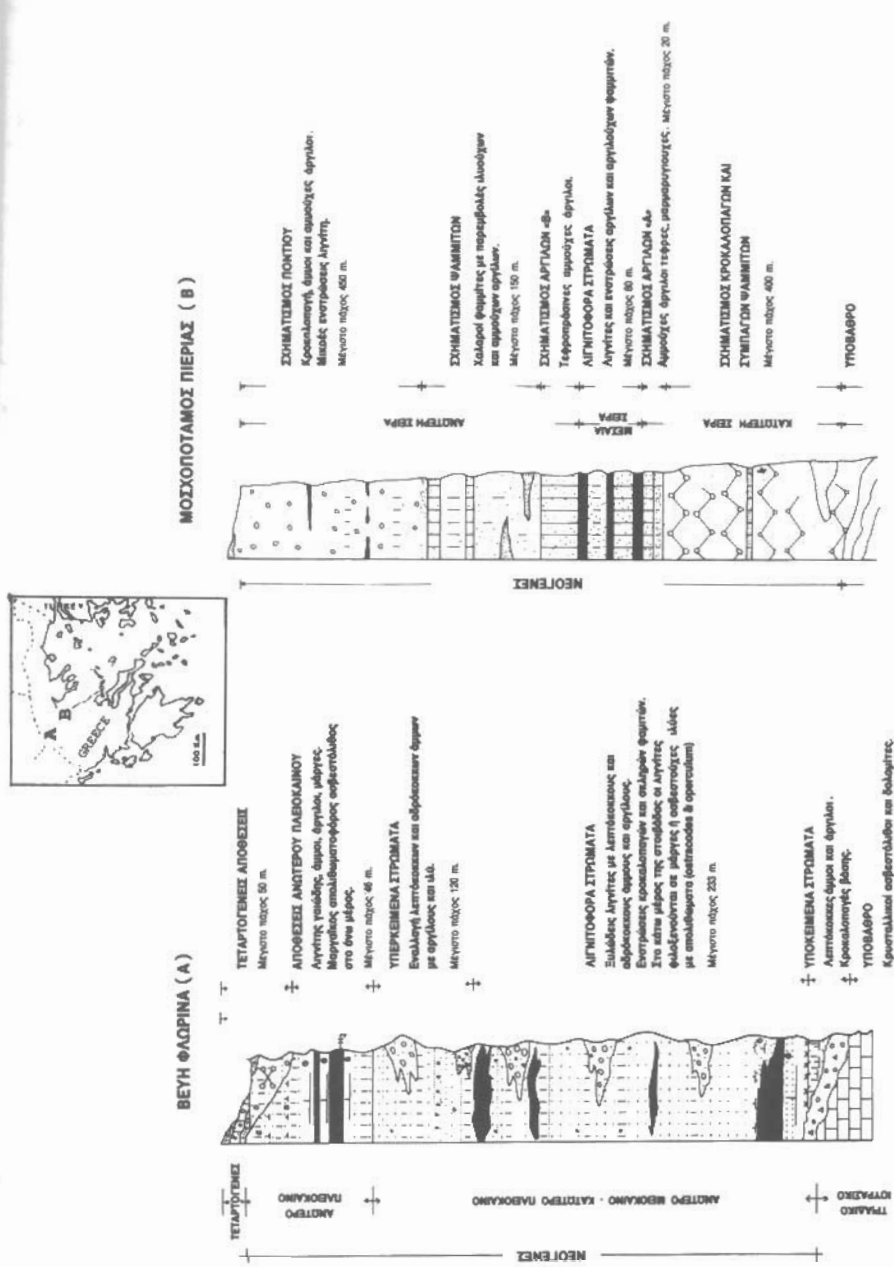
Α. Την ανθρακολετρογραφική ανάλυση που περιλαμβάνει: (i) τον βαθμό ενανθράκωσης και (ii) τον ποιοτικό και ποσοστικό προσδιορισμό ως προς τα οργανικά δομικά πετρογραφικά συστατικά (Ο.Δ.Π.Σ.) σε λευκό φως και με φθορισμό (ICCP, 1971 & 1975, Παπανικολάου, 1994).

Β. Τη χρήση της πυρόλυσης Rock-Eval που προσδιορίζει το δυναμικό παραγωγής υδρογονανθράκων από τους λιγνίτες. Μελέτες σ' αυτό το πεδίο αναφέρουν οι Teichmüller και Durand, 1983, Durand and Paratte, 1983, Espitalie et al., 1985, von der Dick et al., 1989 και Fowler et al., 1991.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

1. Ανθρακολετρογραφική ανάλυση

Τα αποτελέσματα της μέσης εκατοστιαίας σύνθεσης των Ο.Δ.Π.Σ. παρουσιάζονται στον πίνακα 1 και στις εικόνες 2α και 2β. Από τα αποτελέσματα καθίσταται φανερό ότι οι λιγνίτες και των δύο περιοχών αποτελούνται κατ' εξοχήν από ενεργά δομικά συστατικά, ήτοι χουμινίτη και λειπτινίτες. Όμως η επί μέρους σύσταση έδειξε ότι υπάρχουν ουσιαστικές διαφορές, όσον αφορά στις υποομάδες (πιν. 2). Η υποομάδα του χουμοτελινίτη στους λιγνίτες της Βεύης υπερέχει έναντι της αντίστοιχης των λιγνιτών του Μοσχολοτάμου, ενώ αντιστρόφως, η υποομάδα του χουμοντετρινίτη στους λιγνίτες της Βεύης απαντάται σε μικρότερο ποσοστό από ό,τι στους λιγνίτες του Μοσχολοτάμου. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με το ότι ο τελινίτης της Βεύης είναι εμποτισμένος με ρητινώδεις ουσίες, καθώς και το σημαντικό περιεχόμενο σε λειπτινίτες (πίν. 1 και εικ. 3) προσδίδει στους λιγνίτες διαφορετικές ιδιότητες, όσον αφορά τη



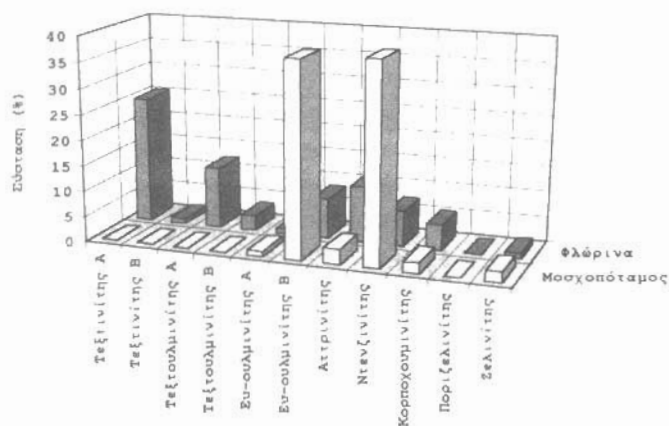
Σκ.1. Σχηματικές στρωματογραφικές στήλες των λιγνιτοφόρων λεκανών Α) Βεύης Φλώρινας και Β) Μοσχποτάμου Πιερίας (από Κοίρης κ.ά., 1991, 1992).

Fig.1. Schematic stratigraphic columns of lignite basins A) Vevi Florina and B) Moschopotamos Pieria (after Kotis et al., 1991, 1992).

Περιοχές	Φλώρινα	Πιερία	Περιοχές	Φλώρινα	Πιερία
Rt %	0.28	0.42	Σπορινίτης	2	3
Τεξιτινίτης Α	25	0	Κουτινίτης	6	1
Τεξιτινίτης Β	1	0	Ρεζινίτης	10	1
Τεξτουλμινίτης Α	12	0	Σουμπερινίτης	4	0
Τεξτουλμινίτης Β	3	0	Αλγινίτης	0	2
Ευ-ουλμινίτης Α	1	1	Φθορινίτης	0	3
Ευ-ουλμινίτης Β	8	38	Βιτουμινίτης	0	0
Ατρινίτης	11	3	Λειπτοντετρινίτης	3	2
Ντενζινίτης	7	39	ΣΥΝΟΛΟ	25	12
Κορφοχομινίτης	5	2	Ημιφουξινίτης	0	0
Ποριζελινίτης	0	0	Φουξινίτης	2	1
Ζελινίτης	1	2	Ινερτοντετρινίτης	0	1
ΣΥΝΟΛΟ	73	85	Σκληροτινίτης	0	1
			ΣΥΝΟΛΟ	2	3

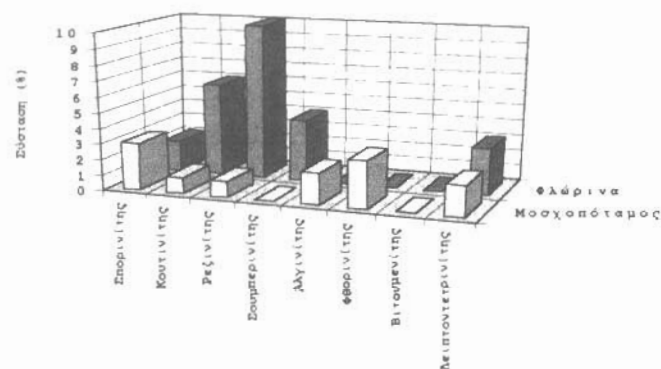
Πίνακας 1. Μέσος όρος του βαθμού ενανθράκωσης και εκατοστιαίως κατά όγκον σύστασης των Ο.Δ.Π.Σ. δειγμάτων λεγνίτη των περιοχών Βέης Φλώρινας και Μοσχολοτάμου Πιερίας.

Table 1. Mean value of the rank and per cent by volume composition of macerals of lignite samples from Vevi (Florina) and Moschopotamos (Pieria).



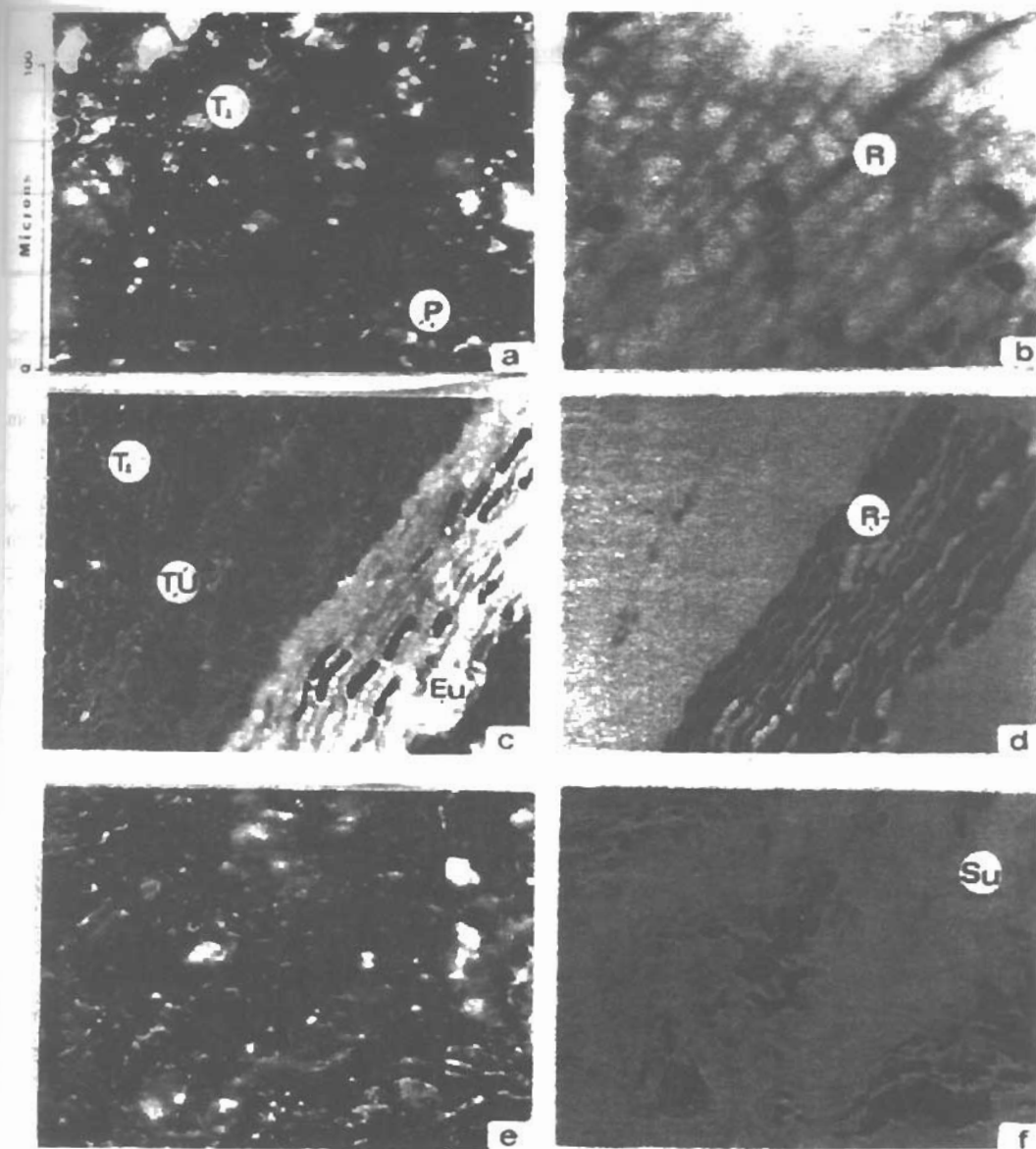
Εικ. 2α: Κατανομή των Ο.Δ.Π.Σ. της υποομάδας του ζομινίτη.

Fig. 2a: Maceral distribution of the huminite group.



Εικ. 2β: Κατανομή των Ο.Δ.Π.Σ. της υποομάδας του λεπιτινίτη.

Fig. 2b: Maceral distribution of the leptinite group.



Εικ. 3: Μικροφωτογραφίες Ο.Δ.Π.Σ. των ομάδων χουμινίτη και λεπτινίτη σε λιγνίτες της περιοχής Βεύης Φλώρινας με λευκό (αριστερά) και κυανό (δεξιά) προσπίπτον φως, Ελαιοκατάδηση.

Φωτ. α. Τεξινίτης Α (T_A) με εσωτερικές ανακλάσεις.

Φωτ. β. Η φωτ. (α) με φθορίζουσα ακτινοβολία. Διακρίνεται ο ρεξινίτης (R) εντός του κυτταρικού ιστού.

Φωτ. γ. Τεξινίτης Α (T_A), τεξτουλμινίτης (TU) και ευ-ουλμινίτης (EU), εντός των οποίων διατηρούνται επιμήκη σκούρα σώματα.

Φωτ. δ. Η φωτ. (γ) με φθορίζουσα ακτινοβολία. Έντονο φθορίζον κίτρινο χρώμα εξαιτίας ρητινοϊκών (R) ουσιών.

Φωτ. ε. Εσωτερικές ανακλάσεις πολύ έντονες, όπως σε φρέσκο ξύλο.

Φωτ. ς. Με το προσπίπτον μπλε φως διαπιστώνεται ότι οι εσωτερικές ανακλάσεις στη περιοχή των κυτταρικών οφείλονται στον οοιμπερινίτη (Su).

Fig. 3: Huminite and liptinite macerals in lignites from Vevi, Florina, under white (left) and blue (right) reflected light. Oil immersion.

Photo a. Textinite A (T_A) with internal reflectance.

Photo b. Resinite (R) filling open lumen in textinite. Same as photo (a) under fluorescence.

Photo c. Textinite A (T_A), textulminite (TU) and eu-ulminite (EU). Dark resinotic bodies.

Photo d. Same as photo (c) under fluorescence.

Photo e. Internal reflectance like in fresh wood.

Photo f. Same as photo e under fluorescence, identifying suberinite (Su).

Χουμινίτης		Βεύη Φλώρινας	Μοσχοπόταμος Πιερίας
Ο.Α.Π.Σ.	Υποομάδες		
Τεξτινίτης Α & Β Τεξτουλμινίτης Α & Β Ευ-ουλμινίτης Α & Β	Χουμοτελινίτης %	68	46
Ατρινίτης Ντενζινίτης	Χουμοντετρινίτης %	24	49
Κορποχουμινίτης Ποριζελινίτης Ζελινίτης	Χουμοκολλινίτης %	8	5

Πίνακας 2. Μέση εκατοστιαία κατ'όγκον σύσταση των υποομάδων του χουμινίτη (χουμοτελινίτης, χουμοντετρινίτης, χουμοκολλινίτης) δειγμάτων λιγνίτη των περιοχών Βεύης Φλώρινας και Μοσχοποτάμου Πιερίας.

Table 2. Mean percentage by volume of humotelinite, humodetrinite and humocollinite of the lignite samples from Vevi (Florina) and Moschopotamos (Pieria).

Στον πίν. 1 εμφανίζεται ακόμα η χαρακτηριστική διαφορά στον βαθμό ενανθράκωσης των λιγνιτών. Οι λιγνίτες της Φλώρινας (Ανω Μειόκαινο) και εκείνοι του Μοσχοποτάμου (Κάτω Μειόκαινο) παρουσιάζουν διαφορές στις τιμές του μέσου όρου του δείκτη ενανθράκωσης εντονότερες από ό,τι θα επέτρεπε η διαφορά της ηλικίας τους. Οι λιγνίτες της Βεύης, με βαθμό ενανθράκωσης $R_r=0,28\%$, κατατάσσονται στο στάδιο των ανώριμων λιγνιτών, ενώ εκείνοι του Μοσχοποτάμου, με $R_r=0,42\%$, κατατάσσονται στο αρχικό στάδιο των υποβιτουμενιούχων γαιανθράκων. Η καθυστέρηση της ωρίμανσης στους λιγνίτες της Βεύης πρέπει να οφείλεται κυρίως στη διαφορά της αρχικής φυτικής ύλης και του περιβάλλοντος εναπόθεσης (Παπανικολάου, 1994).

2. Πυρόλυση Rock-Eval

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων της πυρόλυσης Rock-Eval παρουσιάζονται στον πίνακα 3. Από τον πίνακα αυτόν προκύπτει: (i) οι λιγνίτες της Βεύης παρουσιάζουν μεγάλη ικανότητα παραγωγής πτητικών υδρογονανθράκων (S_1+S_2), και μάλιστα σε χαμηλότερη θερμοκρασία (T_{max}) από τους λιγνίτες του Μοσχοποτάμου, και (ii) οι λιγνίτες της Βεύης είναι πλουσιότεροι σε υδρογόνο (H.I.).

Τοποθεσία	T_{max} °C	S_1 mg/gC _{org}	S_2 mg/gC _{org}	HI	OI	R _r %
Βεύη	366	11.50	110.96	228	52	0.28
Μοσχοπόταμος	426	2.24	64.53	150	69	0.42

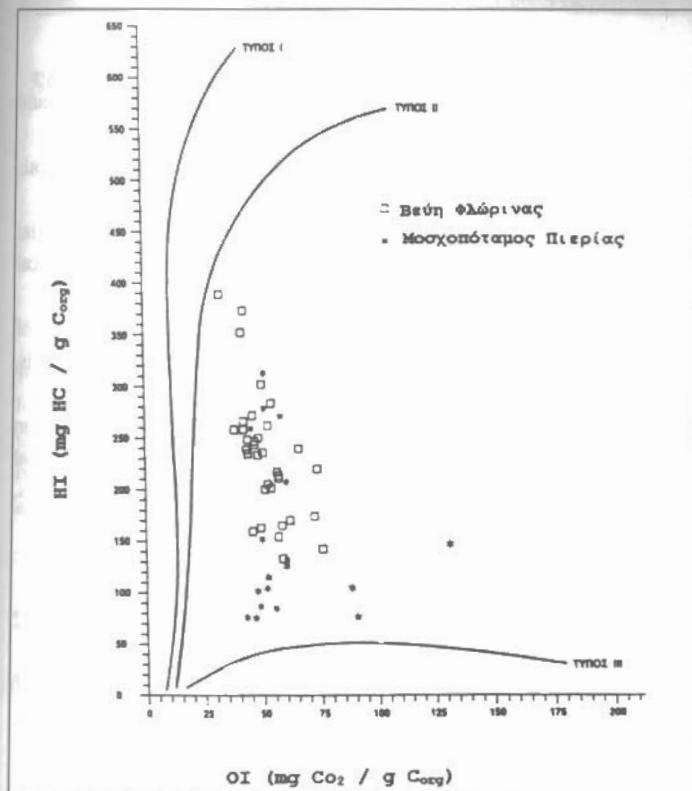
Πίνακας 3. Μέσος όρος των τιμών T_{max} , S_1 , S_2 , HI, OI, R_r δειγμάτων λιγνίτη των περιοχών Βεύης Φλώρινας και Μοσχοποτάμου Πιερίας.

Table 3. Mean values of T_{max} , S_1 , S_2 , HI, OI, R_r of the lignite samples from Vevi (Florina) and Moschopotamos (Pieria).

Τα ίδια συμπεράσματα βγαίνουν και από την ταξινόμηση των λιγνιτών στο ψευδο-Van Krevelen διάγραμμα (εικ. 4), το οποίο δείχνει και τη διασπορά των δειγμάτων. Όσο τα δείγματα των λιγνιτών, κυρίως του Μοσχοποτάμου, πλησιάζουν τη γραμμή του τύπου III, τόσο φτωχότερα είναι σε υδρογόνο. Όσο τα δείγματα πλησιάζουν τη γραμμή του τύπου II, τόσο πιο πλούσια είναι σε υδρογόνο.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων που προέρχονται από την Rock-Eval πυρόλυση επιβεβαιώνουν τις ανθρακοπετρογραφικές αναλύσεις, που δείχνουν ότι οι λιγνίτες της Βεύης είναι πλούσιοι σε ρητινώδεις ουσίες και λιπτινιτικά οργανικά πετρογραφικά συστατικά. Η χρήση της πυρόλυσης Rock-Eval επιτρέπει επίσης

εξαέρωση ή/και δυνατότητα υγροποίησης, κάτι που η ανθρακοπετρογραφία αδυνατεί να το προσφέρει.



Εικ. 4: Ταξινόμηση γαιανθράκων περιούχων Βεύης Φλώρινας και Μοσχοποτάμου Πιερίας σε ψεύδο Van Krevelen διάγραμμα από δεδομένα Rock-Eval πυρόλυσης.

Fig. 4: Pseudo-Van Krevelen diagram based on Rock-Eval data showing coal classification of Veii (Florina) and Moschopotamos (Pieria) lignites.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

Οι ξυλιτικοί λιγνίτες της Βεύης, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε χουμοτελινικά οργανικά δομικά συστατικά, μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παρασκευή γεωτρητικών πολφών. Αυτοί βρίσκουν εφαρμογή σε ταμειυτήρες υδρογονανθράκων που έχουν μικρό πορώδες, δεδομένου ότι η χρήση μπεντονίτη αντενδείκνυται. Ο

συνήθης χρησιμοποιούμενος πολφός είναι αυτός που περιέχει οργανικές ουσίες πλούσιες σε λιγνίνη. Μία άλλη χρήση είναι η παραγωγή εδαφοβελτιωτικών παρασκευασμάτων, διότι τα χουμοτελινικά συστατικά καθιστούν τα εδάφη εύθρυπτα, ιδιαίτερα τα βαρέα αργιλικά εδάφη, αυξάνουν τη θερμοχωρητικότητα και την ικανότητα ιοντοανταλλαγής, λόγω των καρβοξυλικών και φαινολικών ομάδων που μπορούν να προσροφήσουν θρεπτικά συστατικά. Επιπροσθέτως, λόγω της μεγάλης περιεκτικότητάς τους σε ρητινούχες ουσίες και σε λειπτινικά συστατικά που εξαερώνονται σε χαμηλές θερμοκρασίες (S_1+S_2 , T_{max}), ήτοι λόγω της ύπαρξης "ενεργών καινοίμων" (Ζευγώλης και Τζαμτζής, 1985) θα πρέπει οι ξυλίτες της Βεύης να εξασφαλίζουν υψηλότερο θερμοκρασιακό διάγραμμα και πλουσιότερη αναγωγική ατμόσφαιρα στο πρώτο τμήμα των περιστροφικών καμίνων, που έχει σαν αποτέλεσμα να αυξάνεται ο βαθμός αναγωγής των σιδηρονικελιούχων μεταλλευμάτων κατά τη φρύξη τους. Μία άλλη χρήση των λιγνιτών της Βεύης μπορεί να είναι και αυτή της παραγωγής ενεργού άνθρακα, λόγω της περιεκτικότητας σε τελινίτη. Τέλος, σε περίπτωση χρήσης για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να ληφθεί μέριμνα κατά την άλεση, διότι η ύπαρξη τεξινίτη σε υψηλές περιεκτικότητες οδηγεί σε ανομοιόμορφη άλεση του λιγνίτη, ιδιαίτερα όταν χρησιμοποιούνται σφυρόμυλοι.

Οι λιγνίτες του Μοσχοποτάμου, λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε χουμοτελινικά συστατικά (αιτρινίτης, ντενζινίτης), παρουσιάζουν μικρή αντίσταση στη θραύση και δίδουν ομοιογενή κοκκομετρία κατά την άλεσή τους, στοιχεία θετικά για την παραγωγή λιγνιτόσκονης. Ως προς την ικανότητα πλινθοποίησής τους, αρνητικό στοιχείο αποτελεί η παρουσία των ζελατινοποιημένων Ο.Δ.Π.Σ. (ντενζινίτης και ευουλμίνιτης Β), καθώς επίσης και της ανόργανης ύλης σε σχετικά υψηλή περιεκτικότητα. Η χρήση διαφόρων συνδυασμών υλικών μπορεί να βοηθήσει στην πλινθοποίησή τους. Λόγω των μικρών αποθεμάτων

τόνοι), θα πρέπει να ερευνηθεί η περίπτωση της παραγωγής ρεύματος με τη συνεκμετάλλευση (coprocessing) οργανικών αποβλήτων γεωργικών βιομηχανιών σε τοπικό επίπεδο.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- DURAND, B. AND PARATTE, M., 1983. Oil potential of coals. In *Petroleum Geochemistry and Exploration of Europe* (ed. J. Brooks), pp. 285-292. Blackwell Scientific, Oxford.
- Espitalie, S., Deroo, G. and Marquis, F., 1985. Rock-Eval pyrolysis and its application. *Institute Francais du Petrole*, preprint 27299: 114.
- FOWLER, M.G., GENTZIS, T., GOODARZI, F. AND FOSCOLOS, A.E., 1991. The petroleum potential of some Tertiary lignites from northern Greece as determined using pyrolysis and organic petrological techniques. *Organic Geochemistry*, 17: 805-826.
- INTERNATIONAL COMMITTEE FOR COAL PETROLOGY (ICCP), 1971. *International Handbook of Coal Petrography*. 1st supplement to 2nd edition; Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, France.
- INTERNATIONAL COMMITTEE FOR COAL PETROLOGY (ICCP), 1975. Analysis subcommission fluorescence microscopy and fluorescence photometry; in *International Handbook of Coal Petrography*, 1st supplement to 2nd edition; Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, France.
- KOUKOUZAS C., FOSCOLOS A.E. AND KOTIS T., 1997. Research and exploitation of coal in Greece: A view to the future. *Energy Sources*, 19: 335-347.
- ΚΩΤΗΣ, Θ. ΚΑΙ ΠΛΟΥΜΙΔΗΣ, Μ., 1989. Το λιγνιτικό κοιτάσμα του Δημ. λιγνιτωρυχείου Μηλιάδη 2 του Ν. Πιερίας. Γεωλογικά-κοιτασματολογικά στοιχεία. Εσ. Εκθ. Ι.Γ.Μ.Ε., Ε 5823, σελ. 38, Αθήνα.
- ΚΩΤΗΣ, Θ., ΠΛΟΥΜΙΔΗΣ, Μ., ΜΕΤΑΞΑΣ, Α., ΒΑΡΒΑΡΟΥΣΗΣ, Γ., 1992. Κοιτασματολογική έρευνα λιγνιτικού κοιτάσματος υποπεριοχής Βεύης Ν. Φλώρινας (Δ. Μακεδονία), Ι.Γ.Μ.Ε., Ε 6803, σελ. 97, Αθήνα.
- ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Κ., 1994. Διερεύνηση των ποιοτικών χαρακτηριστικών ελληνικών λιγνιτών με μεθόδους οργανικής πετρολογίας και οργανικής γεωχημείας. Διδακτορική Διατριβή. Πολυτεχνείο Κρήτης, 300 σελ.
- TEICHMULLER, M. AND DURAND, B., 1993. Fluorescence microscopical tank studies on liptinites and vitrinites in peats and coals and comparison with results of the Rock-Eval pyrolysis. *Int. J. Coal Geol.*, 2: 197-230.
- VON DER DICK, H., FOWLER, M.C. AND KALKREUTH, W., 1989. A preliminary assessment of the hydrocarbon potential of selected coals using hydrous pyrolysis. In *Contribution to Canadian Coal Geoscience*, Geol. Surv. paper 89-8: 115-119.
- ΖΕΥΓΩΛΗΣ, Μ.Ν. ΚΑΙ ΤΖΑΜΤΖΗΣ, Α., 1985. Ο ρόλος των στερεών καυσίμων στις περιτροφικές καμίνους αναγωγικής φρύξης. *Τεχνικά Χρονικά*, τόμος 7, τεύχος 2: 5-19.