

Το κοίτασμα λιγνιτών Ιωαννίνων (Γεωλογία -Κοιτασματολογία -Χαρακτηρισμός λιγνίτη)

Ι. ΜΠΡΟΥΣΟΥΛΗΣ* , Γ. ΧΑΤΖΗΓΙΑΝΝΗΣ*, Γ. ΚΟΛΟΒΟΣ** και Δ. ΠΑΠΑΝΙΚΟΣ**

ABSTRACT

In the Neogene basin of Ioannina three lignite and one peat deposits have been discovered by the exploration efforts of IGME. With this paper the lignite deposit of Ioannina is described. This deposit is considered as the most significant, concerning the reserves, in the Ioannina basin.

The Ioannina deposit consists of two independent lignite seams, of different age, the geometric features of which allow considering them as one deposit. The recoverable reserves amount to 47 million tones with a mean ash (on dry basis) 34,4%, moisture 65,5%, net calorific value (as received) of 816 Kcal/Kgr and combustible sulfur (on dry basis) 0,81%.

On the basis of the map of isolines of waste to lignite a lignite field of surface area of 7,04 Km² is outlined with a mean exploitability ratio of 6,8:1 and 44 million tones of exploitable reserves which is capable for feeding a power unit of 125 MWe for 21 years.

The Ioannina lignite was analyzed for a number of elements in order to determine the possible effects on electricity generation (slagging and fouling tendencies) and potentially environmentally hazardous trace elements. Increased concentrations for the elements Cr, Mo, Rb, U, and V have been detected. The mineral matter of lignite of the lower seam is characterized as ferrocalcic while the upper seam gives ash of ferrocalcisalic composition. Upper seam contains more quartz than the lower one, which is enriched in sulfates and sulfur.

ΣΥΝΟΨΗ

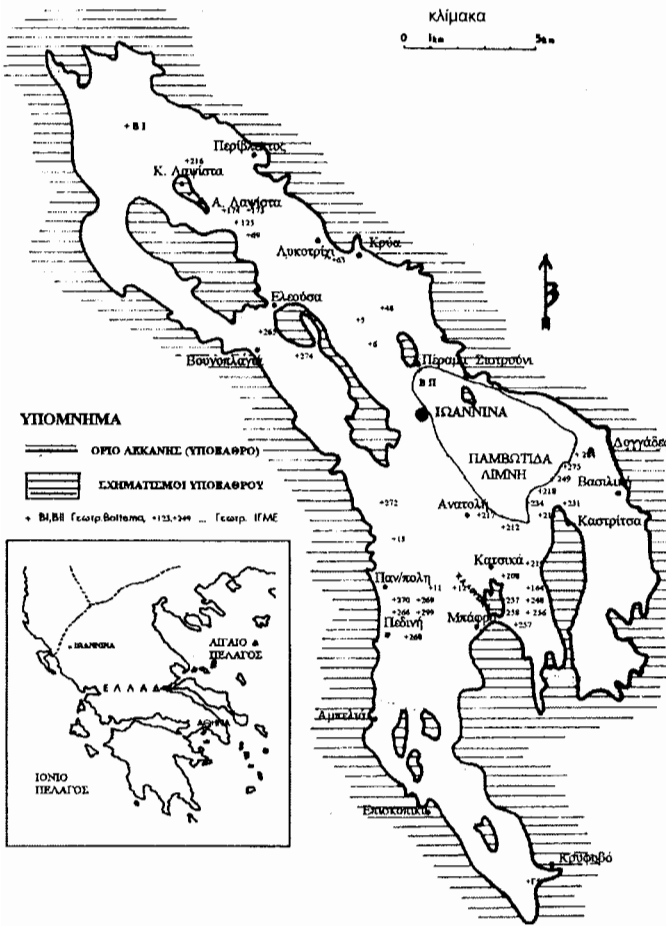
Το κοίτασμα λιγνίτη Ιωαννίνων αποτελεί το σημαντικότερο, από πλευράς αποθεμάτων, εκ τριών κοιτασμάτων που εντοπίστηκαν στην ευρύτερη περιοχή. Βρίσκεται στο ομώνυμο λεκανοπέδιο που έχει πληρωθεί με αποθέσεις παγετωδών και μεσοπαγετωδών περιόδων του Τεταρτογενούς με αρχή το κάτω Πλειστόκαινο.

Το λιγνιτικό κοίτασμα αποτελείται από δύο ανεξάρτητες στιβάδες διαφορετικής ηλικίας που διαχωρίζονται από σημαντικό πάχος αγώνων ιζημάτων. Το συνολικό απολήψιμο απόθεμα του κοιτάσματος ανέρχεται σε 47 εκ. τόνους με μέσα σταθμικά ποσοτικά στοιχεία ως εξής: υγρασία 65,5%, τέφρα επί ξηρού (ε.ξ.) 34%, κατώτερη θερμαντική ικανότητα επί φυσικού(ε.φ.) 816 kcal/kg και καύσιμο θείο (ε.ξ.) 0,81%. Το εκμεταλλεύσιμο απόθεμα εκτιμήθηκε σε 44 εκ. τόνους με μέση σχέση εκμεταλλευσιμότητας 6,8:1 και επαρκεί για την τροφοδοσία μιας μονάδας ηλεκτροπαραγωγής για 21 έτη.

Ο χαρακτηρισμός του λιγνίτη δείχνει ότι περιέχει αυξημένη συγκέντρωση ικνστοιχείων σε σχέση με τους παγκόσμιους μέσους όρους, όπως είναι τα στοιχεία Cr, Mo, Rb, U και V τα οποία μπορεί να προκαλέσουν περιβαλλοντικά προβλήματα κατά την αξιοποίηση. Η ορυκτή ύλη του λιγνίτη της κατώτερης στιβάδας χαρακτηρίζεται ως σιδηροασβεστούχος ενώ της ανώτερης ως σιδηροασβεστοπυριτική. Η ανώτερη στιβάδα περιέχει μεγαλύτερο ποσοστό χαλαζία από την κατώτερη που όμως υπερτερεί σε θειικά ορυκτά και θείο.

* IGME, ΔΕΠΥ, **Παράρτημα Πρέβεζας

** σε συνδυασμό με την ορυκτολογική σύσταση της τέφρας



Σχ. 1. Θέση κοιτάσματος

νική που δεσπόζει στην περιοχή είναι αυτή των πτυχών και εφιππεύσεων με συχνά τα φαινόμενα διαπειρισμού.

Κατά τη λεπτομερή κοιτασματολογική διερεύνηση της λεκάνης, που συμπεριέλαβε και την εκτέλεση γεωτρήσεων, έγινε δυνατός ο διαχωρισμός των αποθέσεων των παγετωδών και μεσοπαγετωδών περιόδων (βαθμίδων). Στις αποθέσεις των μεσοπαγετωδών περιόδων του Κάτω Πλειστόκαινου, Tiglian - Walian - Bavelian και στην Cromerian του Μέσου Πλειστόκαινου εντοπίστηκαν τρία κοιτάσματα λιγνίτη: αυτά του **Κατασικά**, των **Ιωαννίνων**, και της **Καστρίτσας**. Στις Ολοκαινικές αποθέσεις προσδιορίστηκε ο παραλίμιος Τυρφώνας Ιωαννίνων στην περιοχή του Περάματος και Σιστρούνιου (Αμφιθέας).

Η σύγκριση των ποιοτικών παραμέτρων των λιγνιτών Ιωαννίνων που δημιουργήθηκαν στον ίδιο χώρο αλλά σε διαφορετικές μεσοπαγετώδεις περιόδους με αυτές των κοιτασμάτων Δράμας και Πτολεμαΐδας, του ίδιου γενετικού τύπου, έδωσε την δυνατότητα να αποσαφηνισθεί η συμβολή του κλίματος στην ποιότητα των λιγνιτών.

Τα αποθέματα λιγνίτη που καταγράφηκαν, επαρκούν για την τροφοδοσία μιας θερμοηλεκτρικής μονάδας ηλεκτροπαραγωγής ισχύος 125 Mwe. Αυτό προκύπτει και από την οικονομοτεχνική μελέτη του Γ. Κ. Αθανασιάδη (1986) καθώς και από την προμελέτη εκμεταλλευσιμότητας της ΔΕΗ των Μελά Κ., κ.α. (1985).

Όμως η εξόρυξη του λιγνίτη θα επέφερε με-

ΓΕΝΙΚΑ

Η περιοχή ανάπτυξης του λιγνιτικού κοιτάσματος Ιωαννίνων βρίσκεται στο ομώνυμο λεκανοπέδιο (σχ. 1) και ανήκει γεωτεκτονικά στο ανατολικό αντικλινόριο της κεντρικής Ιονίου ζώνης.

Η λεκάνη είναι επιμήκης με το μεγάλο άξονα να διευθύνεται ΒΔ-ΝΑ και πληρώθηκε με ιζημάτα των παγετωδών και μεσοπαγετωδών περιόδων του Τεταρτογενούς τα οποία αθροιστικά φθάνουν σε πάχος τα 900 μέτρα περίπου.

Το υπόβαθρο των ως άνω ιζημάτων συνιστούν σχηματισμοί της Ιονίου ζώνης, τριαδικά λατυποπαγή και εβαπορίτες, μεσοζωικά ανθρακικά ιζημάτα και ο φλύσχη του Παλαιογενούς. Η τεκτο-

Ma	ΗΛΙΚΙΑ	ΛΙΘΟΛΟΓΙΑ	ΒΑΘΜΙΔΑ ΣΕΙΡΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ
	ΟΛΟΚΑΙΝΟ			Αποθέσεις Τύρφης - Αιμάτων - Αργιλοειδών
	ΑΝΩ ΜΕΣΟ	WEICHELIAN	ΣΕΙΡΑ ΚΑΣΤΡΙΤΣΑΣ	Αλλοιωματικά ρητιώδη
		EEMIAN		Παρτακτά θάμνοι
		SAAFIAN		Λιμνοασβεστολιθικά στρώματα με λιγνιτικούς ορίκροντες.
		HOLSTENIAN		
		ELSTIRIAN		
	ΜΕΣΟ	CROMERIAN		Στη βάση άργιλοι.
0.9		BAVELLIAN	Βαθ. Λαγίτσας	
		MENAPIAN	Βαθ. Περιβάλλοντος	Λιμναία λιγνιτοφόρα στρώματα (κύριως λιγνοασβεστολιθικά γκαίτες)
		WAALIAN	Βαθ. Περιβάλλοντος	Στα κατώτερα στρώματα Αργίλοι-Αργιλοειδείς. Στην βάση αιμαί-χαλίκια αργιλοεία.
	ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ		ΣΕΙΡΑ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ	
			Βαθ. Ανατολής	
			Βαθ. Απιδίτσας	Ερυφροπηλίοι με κορήματα
1.8	EBURONIAN		ΒΑΘΜΙΔΑ ΑΠΙΔΙΤΣΑΣ	
	ΚΑΣΤΡΙΤΣΕΡΟ		ΒΑΘΜΙΔΑ ΚΑΤΣΙΚΑ	Μάργες συμπαγείς λιγνιτοφόρες. Στα κατώτερα στρώματα άργιλοι. Στην βάση πτότεια στρώματα (Χαλίκια - Φηφίδες - Αίμιοι)
		TIGLIAN		
2.4			ΥΠΟΒΑΘΡΟ	Τριαδικά (αυτογενή) Ανθρακικά μεσοζωικά (κόρια Σενώνιο) Φλώσσης στα Ν.Α. τμήματα.

Σχ. 2. Συνθετική στρωματογραφική ακολουθία ιζημάτων Λεκάνης Ιωαννίνων

ΓΕΩΛΟΓΙΑ

Η αρχή γένεσης της λεκάνης των Ιωαννίνων τοποθετείται γεωχρονολογικά στο Πλειόκαινο (με πιθανότερο το Άνω Πλειόκαινο) η δε έναρξη λειτουργίας της τοποθετείται στο Κατ. Πλειστόκαινο (Tiglian) (Ιωακείμ, 1993, 1997).

Στη διαμόρφωση της μορφολογίας των λεκανών της Ηπείρου σημαντικό ρόλο έπαιξαν και οι διαπειρικές κινήσεις των τριαδικών εβαποριτών (γύψου, αλατιού) στην διάρκεια του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς (Bousquet 1974, Underhill 1988, Sorel 1989).

Η στρωματογραφία των Πλειστοκαινικών ιζημάτων της λεκάνης Ιωαννίνων φαίνεται στο σχ. 2. Οι κύριες άτυπες χρονοστρωματογραφικές ενότητες, που προσδιορίστηκαν από τη μελέτη των λιγνιτοφόρων αποθέσεων, είναι (εκ των κάτω προς τα άνω) η βαθμίδα Κασι-

κά, η βαθμίδα Απιδίτσας, η σειρά Ιωαννίνων και Καστριτσας.

Βαθμίδα Κασιικά

Νότια της πόλης των Ιωαννίνων και στη ράχη Ανατολής - Κασιικά εμφανίζονται οι παλαιότερες αποθέσεις της λεκάνης Ιωαννίνων οι οποίες στον γεωλογικό χάρτη του ΙΓΕΥ αποτυπώνονται ως "Λιμναίο Πλειόκαινο" (Κούκουζας, κ.α., 1967, 1968).

Τα χαρακτηριστικά ιζήματα της βαθμίδας είναι λιμναίες συνεκτικές μάργες (αργιλούχες και ασβεστούχες γκύντιες με μικροσπολιθώματα) ε-

γάλη αλλοίωση και επιβάρυνση του περιβάλλοντος. Για τον λόγο αυτό η ΔΕΗ δεν συμπεριέλαβε τα κοιτάσματα Ιωαννίνων στα μελλοντικά προγράμματα της.

Ο λιγνίτης Ιωαννίνων όμως, όπως απέδειξαν λεπτομερείς ειδικές έρευνες των τελευταίων ετών, είναι κατάλληλος για την παραγωγή οργανικών λιπασμάτων, η οποία δεν απαιτεί μεγάλες εγκαταστάσεις, η εκμετάλλευση της πρώτης ύλης (του λιγνίτη) μπορεί να είναι επιλεκτική και γενικά η επίπτωση στο περιβάλλον να είναι ελάχιστη.

ντός των οποίων φιλοξενούνται και λιγνιτικά στρώματα πάχους μερικών μέτρων. Στη βάση απαντούν ποτάμια ιζήματα (χάλικες, ψηφίδες, άμμοι).

Στρωματογραφικά η βαθμίδα Κασιικά, όπως διαπιστώθηκε στην περιοχή Ακραιού νότια της πόλεως των Ιωαννίνων, υπόκειται των αποθέσεων της βαθμίδας της Απιδίτσας. Αρχικά οι αποθέσεις της βαθμίδας αυτής είχαν αποδοθεί στο Αν. Πλειόκαινο, Βιλλαφράγκιο, (Gillet, 1962) ή λεβαντίνιο (Guernet C et. al., 1977). Σε πρόσφατες παλυνολογικές αναλύσεις που έγιναν στα ιζήματα των γεωτρήσεων 257 (Κασιικά) και 299 (Πεδινή) διαπιστώθηκε (Χρ. Ιωακείμ, 1993) μεγάλος αριθμός γυρεοκόκκων κωνοφόρων του *Ripus* που φθάνει το 50%. Επίσης διαπιστώθηκαν σποραδικοί γυρεόκοκκοι *Tsuga*, *Jungus*, *Platanus*, *Pterocarya* ενώ απουσιάζουν παντελώς οι γυρεόκοκκοι των *Taxodiaceae*, *Liquidambar* και *Quercus* που αποτελούν το μεγάλο αριθμό των γυρεοκόκκων του κοιτάσματος Πτολεμαΐδας το οποίο είναι το νεότερο (3.2 εκ. έτη) Πλειοκαινικό κοιτάσμα λιγνίτη της Ελλάδας.

Μετά από τα παραπάνω η βαθμίδα Κασιικά τοποθετείται στο Tiglian που αποτελεί την πρώτη μεσοπαγετώδη περίοδο του Τεταρτογενούς σύμφωνα πάντα με την υποδιαίρεση της ΒΔ Ευρώπης.

Βαθμίδα Απιδίτσας

Στο νότιο τμήμα της λεκάνης Ιωαννίνων καθώς επίσης και στο χώρο που έχει κτισθεί η πόλη των Ιωαννίνων, εμφανίζονται οι αποθέσεις της βαθμίδας της Απιδίτσας οι οποίες στο γεωλογικό χάρτη Ιωαννίνων 1:50.000 σημειώνονται ως "παλαιά πυριτωκά προσχώσεις".

Η σχέση της βαθμίδας της Απιδίτσας με την υποκείμενη βαθμίδα του Κασιικά είναι εν μέρει ασύμφωνη, λόγω διάβρωσης των αποθέσεων της βαθμίδας του Κασιικά.

Λιθοφασικά, πρόκειται για χειμαρρώδεις αποθέσεις με μέσο πάχος 5 μ. ενώ παρατηρήθηκαν και πάχη έως τα 25 μ. Αποτελείται από έντονα εκπλυμένους, ελεύθερους ασβεστίου, ηηλούς. Μέσα στους ηηλούς παρατηρείται αδιαβάθμητο κλαστικό πυριτωκό υλικό.

Στην Τεταρτογενή λιγνιτοφόρο λεκάνη Μεγα-

λόπολης, απαντά παρόμοιος λιθολογικός σχηματισμός ο οποίος διαπιστώθηκε, από τα περιεχόμενα οστρακώδη, ότι αποτέθηκε σε παγετώδη περίοδο του Τεταρτογενούς ενώ η απασβέστωση και αποσάθρωση έγιναν στη διάρκεια της μεσοπαγετώδους περιόδου που ακολούθησε. Νεότερες έρευνες (Benda et al., 1987) με βάση τα μικροθλαστικά προσδιόρισαν την ηλικία του σχηματισμού στα 1,6 - 1,7 εκ. έτη, δηλαδή Eburonian, κατά την υποδιαίρεση του Τεταρτογενούς της ΒΔ Ευρώπης, που αποτελεί τη δεύτερη παγετώδη περίοδο (Donau), και θεωρείται η βάση του Τεταρτογενούς στην κλαστική υποδιαίρεση της Μεσογείου.

Σειρά Ιωαννίνων

Σε συνέχεια της βαθμίδας Απιδίτσας ακολουθεί ο κυρίως λιγνιτοφόρος σχηματισμός της λεκάνης Ιωαννίνων ο οποίος συντίθεται από τέσσερις βαθμίδες εντός των οποίων δημιουργήθηκαν δύο λιγνιτοφόρες στιβάδες.

Όπως έδειξαν τα αποτελέσματα ενός μεγάλου αριθμού γεωτρήσεων ο σχηματισμός αυτός εντοπίστηκε στις υπολεκάνες Λαψίστας - Περάματος και Βουνοπλαγιάς.

Βαθμίδα Ανατολής

Τα ιζήματα της βαθμίδας αυτής επικάθονται αμέσως της βαθμίδας της Απιδίτσας αποτελώντας και την περιθωριακή φάση (πλευρική εξέλιξη) των υπολοίπων αποθέσεων της σειράς Ιωαννίνων.

Πρόκειται για ποταμοχειμάρριες αποθέσεις κοίτης (άμμοι, αμμοχάλικα και ιζήματα προσχώσεων, ιλυούχοι και αμμούχοι άργιλοι χρώματος τεφρού-λαδί με οξειδία Fe), που αναπτύσσονται μεταξύ των κοιτών του πλέγματος των ποταμοχειμάρρων. Εντός τους εντοπίστηκαν μικρές έκτασης τελατικές αποθέσεις στις οποίες βρέθηκαν μικρά στρώματα λιγνίτη χωρίς οικονομικό ενδιαφέρον.

Βαθμίδα Περάματος

Τα κατώτερα μέλη της βαθμίδας αυτής είναι ιλύες και άργιλοι τεφρού χρώματος με βαθμιαία αυξανόμενο προς τα πάνω το ποσοστό του ασβεστίου. Είναι ελάχιστα βιοαναμοχλευμένοι με συ-

χνές δομές από βάρβες που οφείλονται στις κλιματολογικές διακυμάνσεις του ασβεστίου και στην υψηλή στάθμη του νερού της λίμνης.

Οι λιμναίες αποθέσεις εντοπίζονται στην περιοχή Περάματος - Ελεούσας και φθάνουν σε πάχος τα 150 μ. Τα ανώτερα μέλη των λιμναίων στρωμάτων είναι λιμνοασβεστολιθικά (ασβεστούχες γκύττιες) μέσα στα οποία διαπιστώθηκε το χαρακτηριστικό απολίθωμα Prossosthenia.

Παράλληλα με την απόθεση των ασβεστούχων γκύττια δημιουργήθηκαν τυρφογενετικά έλη, στα οποία εναποτέθηκαν αρχικά τύρφη με πολύ καλά ποιοτικά χαρακτηριστικά για τα ελληνικά δεδομένα η οποία στην συνέχεια σχημάτισε το λιγνίτη της στιβάδας I με χαμηλή τέφρα επί ξηρού (μέχρι 27%).

Βαθμίδα Περιβλέπτου

Το τυρφογενετικό έλος που έδωσε την λιγνιτοφόρα στιβάδα I εξαφανίζεται με την ανύψωση της στάθμης της λίμνης καλύπτοντάς την όπως προαναφέρθηκε με ασβεστούχες γκύττιες στις περιοχές Άνω Λαφίστας - Περάματος, Βουνοπλαγιάς. Στο χώρο Άνω και Κάτω Λαφίστας παρατηρείται η τυρφογένεση και αργότερα προσκώνεται από αμμοίλλες και στη συνέχεια από αμμοκάλικα.

Η παραπάνω εξέλιξη στην κυρίως λεκάνη Άνω Λαφίστας - Περάματος σημειώνεται με την κάλυψη των ασβεστούχων γκύττια με αργιλλοίλλες στο κεντρικό τομέα ενώ στα περιθώρια επεκτείνονται τα ποτάμια στρώματα της Ανατολής προς το εσωτερικό.

Δημιουργήθηκαν έτσι ως επί το πλείστον λιμναία ιζήματα πάχους, κατά μέσο όρο, 20 μέτρων, διακοπτόμενα από ιζήματα τέλματος και υγροτόπου τα οποία παρεμβάλλονται μεταξύ των δυο λιγνιτικών στιβάδων I και II και ονομάστηκαν "Μεσαία" στο κοιτασματολογικό μέρος.

Βαθμίδα Λαφίστας (Τυρφογενετικό έλος της στιβάδας II)

Πάνω στις αποθέσεις της βαθμίδας Περιβλέπτου αρχίζουν σιγά σιγά να διαμορφώνονται τελαματικές συνθήκες στην κυρίως λεκάνη Άνω Λαφίστας - Περάματος και στη συνέχεια και στην

περιοχή Άνω και Κάτω Λαφίστας.

Γενικά η στιβάδα II παρουσιάζεται μονοστρωματική προς την πλευρά της Ελεούσας. Η στιβάδα συνεχίζει με ένα στρώμα και κοντά στο Μιτσικέλι διαμελίζεται σε δυο ή περισσότερα στρώματα, αποκτώντας συγχρόνως το μεγαλύτερο συνολικά πάχος του λιγνίτη (11 m).

Σειρά Καστρίτσας

Η μετατόπιση προς τα ανατολικά του τοπογραφικού κέντρου της λεκάνης, γεγονός που αρχίζει με την έναρξη της λιγνιτογένεσης της ανώτερης στιβάδας (II) της σειράς Ιωαννίνων, είχε ως αποτέλεσμα την καταβύθιση ενός μεγάλου τμήματος που σήμερα οριοθετείται από τις περιοχές Καστρίτσα, Λογγάδες, Πλατάνια και νησί Παμβώτιδας. Προστέθηκε έτσι ένας νέος χώρος, (βύθισμα Λογγάδων - Καστρίτσας - Νησί Ιωαννίνων), ο οποίος αύξησε σημαντικά την έκταση της λεκάνης.

Στο νέο βύθισμα, ως χώρος με τη μεγαλύτερη ταχύτητα συνίζησης, μετακινήθηκαν τα νερά από την παλαιολίμνη και δημιούργησαν τη νέο-λίμνη με κύριο πυρήνα την σημερινή θέση της λίμνης των Ιωαννίνων. Παράλληλα η περιοχή αυτή κατέστη το κέντρο ιζηματογένεσης της λεκάνης προσθέτοντας στη στήλη των κατωπλειστοκαινικών ιζημάτων πάνω από 350 μέτρα ιζήματα χωρίς γεωλογικά κενά από το Μέσο Πλειστόκαινο ως σήμερα τα οποία αποτελούν το σχηματισμό Καστρίτσας όπου φιλοξενείται το ομώνυμο κοιτάσμα.

Στα ανώτερα μέλη συμπεριλαμβάνονται οι ολοκαινικές αποθέσεις του παραλίμνιου τυρφώνα Ιωαννίνων, πάχους 3,50, m ο οποίος μελετήθηκε από το ΙΓΜΕ, (Γ. Κολοβός και Δ. Παπανίκος 1990,1994).

ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Το κοιτάσμα Ιωαννίνων εντοπίστηκε από το ΙΓΜΕ το 1977 και ερευνήθηκε την περίοδο 1977 - 1985 (Μηρουσούλης, κ.α. 1998).

Είναι το μεσαίο στρωματογραφικό κοιτάσμα της Λεκάνης Ιωαννίνων και το πιο σημαντικό. Απαρτίζεται από δυο αλληπάλληλες και ανεξάρτη-

τες λιγνιτικές στιβάδες με ενδιάμεσα ιζήματα (μεσαία) πάχους περίπου 20 m.

Η κατώτερη στιβάδα Ι στρωματογραφικά ανήκει στη μεσοπαγετώδη περίοδο Waalian και η ανώτερη ΙΙ στη μεσοπαγετώδη περίοδο Bavelian, ενώ τα μεσαία στην παγετώδη περίοδο Menarian του Κατώτερου Πλειστόκαινου. Καταλαμβάνει επιμήκη έκταση μήκους 12 Km μεταξύ Περάματος και Κάτω Λαφίστας.

ΥΠΟΚΕΙΜΕΝΗ ΣΕΙΡΑ

Αμέσως πάνω από το υπόβαθρο, στο κεντρικό τμήμα του κοιτάσματος, αναπτύσσεται η βαθμίδα Απιδίτσας. Στη συνέχεια έρχονται τα ποτάμια στρώματα της σειράς Ιωαννίνων, με υδροφόρο ορίζοντα συνήθως υπό πίεση. Ακολουθούν τα λιμναία στρώματα από ασβεστούχες γκύτιες, με το χαρακτηριστικό απολίθωμα Prossosthenia. Το πάχος των λιμναίων στρωμάτων, που παρεμβάλλονται μεταξύ της κατώτερης λιγνιτικής στιβά-

λιγνίτης είναι μονοστρωματικός και συνεχίζει ελλαιτούμενος, όπως άλλωστε και η εκμεταλλεύσιμη στιβάδα, μέχρι που καθίσταται μη απολήψιμος και η στιβάδα μη εκμεταλλεύσιμη. Το μέσο πάχος του απολήψιμου λιγνίτη στο εκμεταλλεύσιμο τμήμα ανέρχεται στα 2,5 m. Τεκτονικές διαταραχές δεν σημειώνονται ενώ οι διαβρώσεις της στιβάδας είναι ελάχιστες και περιορίζονται στην περιοχή του αεροδρομίου, όπου δεν είναι απολήψιμη.

Στο συγκριτικό πίνακα 4 δίνονται οι μέσοι σταθμικοί όροι των πιο χαρακτηριστικών φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των στιβάδων Ι και ΙΙ του γεωλογικού και απολήψιμου λιγνίτη.

Στον πίνακα 1 της στοιχειακής ανάλυσης τέφρας, που ακολουθεί, τα ποσοστά οξειδίων του πυριτίου, αργιλίου και σιδήρου είναι χαμηλά, με αποτέλεσμα η τέφρα να χαρακτηρίζεται ως βασική, αφού το CaO φτάνει το 29,83% και συσχετίζεται μοριακά με το SO₃ 28,38%.

Πίνακ. 1. Στοιχειακή ανάλυση τέφρας στιβάδας Ι.

SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO%	MgO%	K ₂ O%	Na ₂ O%	SO ₃ %	Mt%	Zn%	Cu%	Pb%	N%
20,18	8,14	4,93	29,83	1,48	0,60	0,23	28,38	0,06	0,03	0,01	0,08	0,04

δας Ι και των ποτάμιων στρωμάτων, αρχίζει από 1 - 2 μ. στην περιοχή της Άνω Λαφίστας και φτάνει τα 60 μ. στην περιοχή του Περάματος.

ΛΙΓΝΙΤΙΚΗ ΣΤΙΒΑΔΑ Ι

Ο απολήψιμος λιγνίτης της λιγνιτικής στιβάδας Ι (κατώτερη), παίρνει τα μεγαλύτερα πάχη (5,70 m) στο βόρειο τομέα (περιοχή της Άνω Λαφίστας), ενώ στον κεντρικό τομέα, (πλευρά του Μιτσικελίου), φτάνει τα 4 m. Στις περιοχές αυτές η στιβάδα είναι μονοστρωματική και επομένως το πάχος της ταυτίζεται με το πάχος του απολήψιμου λιγνίτη.

Προς νότο (πλευρά της Ελεούσας) η στιβάδα σχίζεται στα δυο με την παρεμβολή στειρών. Στην περιοχή αυτή το πάχος της στιβάδας διαφοροποιείται από αυτό του απολήψιμου λιγνίτη. Η εκμεταλλεύσιμη στιβάδα φτάνει και τα 5 m, ενώ προς την περιοχή του Περάματος ο απολήψιμος

Το ολικό θείο επί φυσικού ανέρχεται σε 1,49%, ενώ το S επί ξηρού σε 4,49%. Παρ' όλα αυτά, το πτητικό S (καύσιμο) είναι 0,92%, δηλαδή πολύ χαμηλό.

Πίνακ. 2. Κατανομή διαφόρων μορφών θείου στιβάδας Ι (μέση τιμή).

ΣΤΙΒΑΔΑ	S _{φ.ολ.} %	S _{ε.ολ.} %	S _{ε.τέφρας} %	S _{ε.καύσιμο} %
I	1,49	4,49	3,58	0,92

Τέλος, στον παρακάτω πίνακα δίνονται ο σταθμικός μέσος όρος επί καθαρού της στοιχειακής ανάλυσης καυσίμου σε δείγματα 4 γεωτρήσεων.

Πίνακ. 3. Στοιχειακή ανάλυση καυσίμου στιβάδας

ΣΤΙΒΑΔΑ	C %	H %	N %
I	61,55	5,02	1,77

Πιν. 4. Φυσικοχημικά χαρακτηριστικά στιβάδας I και II.

		I	II
ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΛΙΓΝΙΤΗΣ	Υγρασία %	66,49	66,91
	T _ξ %	27,7	35,11
	Καύσιμο _φ %	24,14	21,28
	K.O.I. _φ Kcal/kg	928	746
	K.O.I. _{daf} Kcal/kg	5446	5297
	A.O.I. _{daf} Kcal/kg	5732	5581
ΑΠΟΛΗΨΙΜΟΣ ΛΙΓΝΙΤΗΣ	Υγρασία %	65,8	65,8
	T _ξ %	28,8	38,1
	Καύσιμο _φ %	24,3	21,1
	K.O.I. _φ Kcal/kg	929	732

ΜΕΣΑΙΑ

Είναι τα ιζήματα που παρεμβάλλονται μεταξύ των λιγνιτικών στιβάδων I και II. Στην περιοχή Περάματος το πάχος τους φθάνει τα 15 μ., στο κεντρικό τμήμα αυξάνονται στα 20 μ., στην περιοχή της Ανω Λαφίστας φτάνουν τα 35 μ. και στη συνέχεια μειώνονται στα 20 μ. μέχρι την Κάτω Λαφίστα.

Η λιθολογία των μεσαίων είναι μονότονη και αποτελείται από ασβεστολιθικές ιλύες και αργίλους. Στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης η μονοτομία διακόπτεται από ένα στρώμα λιγνίτη στα όρια του απολήψιμου, στο μέσο περίπου των αποθέσεων αυτών. Στην περιοχή της Ανω Λαφίστας, όπου το πάχος των μεσαίων φτάνει τα 35 μ., οι ασβεστούχες γκύντιες φιλοξενούν δυο μεγάλα φακοειδή σώματα άμμου, που είναι απομακρυσμένα τμήματα των κώνων Περιβλέπτου. Αυτό αποδίδεται στην έξαρση των κώνων διαρκούσης της παγετώδους περιόδου, κατά τη διάρκεια του σχηματισμού των μεσαίων.

Επίσης, γενικώς, οι ποτάμιες αποθέσεις με τις οποίες συρράπτονται γύρω από τη λεκάνη οι λιμναίες αποθέσεις έχουν επεκταθεί προς το εσωτερικό την περίοδο αυτή. Προς την πλευρά της Ελεούσας όπου η II στιβάδα είναι διαβρωμένη, τα μεσαία διαβρώθηκαν και αντικαταστάθηκαν εν μέρει από καφέ πηλούς του Μενδελίου.

ΛΙΓΝΙΤΙΚΗ ΣΤΙΒΑΔΑ II

Η λιγνιτική στιβάδα II είναι η ανώτερη και πιο

ενδιαφέρουσα από πλευράς αποθεμάτων και συνθηκών εκμετάλλευσης, αφού βρίσκεται πιο κοντά στην επιφάνεια από τη στιβάδα I, αλλά υστερεί, όσον αφορά την ποιότητα. Στο κεντρικό τμήμα το δάπεδό της βρίσκεται σε βάθος 38 μ. από την επιφάνεια, αλλά σε μεγάλη έκταση είναι πολύ κοντά στην επιφάνεια. Από την άλλη μεριά, υστερεί σε σχέση με την στιβάδα I, αφού παρουσιάζεται περισσότερο διαμελισμένη. Ο απολήψιμος λιγνίτης

φτάνει σε πάχος τα 7 μ. στο κεντρικό τμήμα του κοιτάσματος, ενώ στην ίδια περιοχή η εκμεταλλεύσιμη στιβάδα φτάνει μέχρι και τα 16 μ..

Τον κεντρικό τομέα, προς την πλευρά του Μιτσικελίου και λίγο βορειότερα, η στιβάδα είναι πολυστρωματική. Στην περιοχή της Ανω Λαφίστας και βορειότερα παρουσιάζεται μονοστρωματική, αλλά με πάχη που βρίσκονται στα όρια της αποληψιμότητας. Επίσης, είναι μονοστρωματική προς την πλευρά της Ελεούσας, ενώ γύρω από τις περιοχές της λίμνης μηδενίζεται. Στην περιοχή του Περάματος είναι πολυστρωματική και μειωμένου απολήψιμου πάχους.

Στον πίνακα 5 δίνεται ο σταθμικός μέσος όρος επί καθαρού της στοιχειακής ανάλυσης καυσίμου για τη στιβάδα II, σε δείγματα των γεωτρήσεων 21, 24, 55 και 62. Από τη σύγκριση του με τον αντίστοιχο πίνακα στοιχειακής ανάλυσης καυσίμου της στιβάδας I (Πίνακας 3), προκύπτει ότι έχουμε περισσότερο στοιχειακό άνθρακα στη στι-

Πιν. 5. Στοιχειακή ανάλυση καυσίμου στιβάδας II.

ΣΤΙΒΑΔΑ	C %	H %	N %
II	64,3	5,84	2,29

βάδα II απ' ότι στην I.

Στον πίνακα 6 γίνεται σύγκριση των στοιχειακών αναλύσεων καυσίμου επί καθαρού για κοιτάσματα ποωλιγνίτη και ξυλίτη διαφορετικής ηλικίας της χώρας. Στα κοιτάσματα ποωλιγνίτη υ-

Πίν. 6. Στοιχειακή ανάλυση καυσίμου διαφόρων κοιτασμάτων.

ΚΟΙΤΑΣΜΑΤΑ		C %	H %	N %	S %	O %
ΔΡΑΜΑ		63,23	5,53	2,02	0,46	28,8
ΙΩΑΝ	II	64,30	5,84	2,29	0,72	26,85
	I	61,55	5,02	1,77	0,92	30,74
ΠΤΟΛΕΜΑΪΔΑ		67,25	4,17	0,37	0,87	27,28
ΕΛΑΣΣΩΝΑ		59,09	4,9	0,93	0,96	34,12
ΚΟΜΝΗΝΑ		64,26	5,72	1,07	2,73	26,22
ΑΓΝΑΝΤΗ		68,89	5,63	2,00	1,79	21,00

πάρχει αύξηση του στοιχειακού C και μείωση του H και N με την ηλικία. Τα ξυλιτικά κοιτάσματα, αν και παλαιότερα, φαίνεται να ανθίστανται περισσότερο στην ενανθράκωση.

Η διαφοροποίηση των δυο στιβάδων γίνεται επίσης αισθητή στη στοιχειακή ανάλυση τέφρας, όπου, όπως φαίνεται στον συγκεντρωτικό πίνακα 7, στη στιβάδα II η τέφρα είναι κατά βάση όξινη, αφού τα βασικά οξειδία SiO_2 , Al_2O_3 και Fe_2O_3 είναι σε μεγαλύτερα ποσοστά από αυτά της στιβάδας I (Πίνακας 1), ενώ τα CaO και SO_3 αντιθέτως υπολείπονται κατά το ήμισυ.

Πίν. 7. Στοιχειακή ανάλυση τέφρας στιβάδας II.

$\text{SiO}_2\%$	$\text{Al}_2\text{O}_3\%$	$\text{Fe}_2\text{O}_3\%$	$\text{CaO}\%$	$\text{MgO}\%$	$\text{K}_2\text{O}\%$	$\text{Na}_2\text{O}\%$	$\text{SO}_3\%$	Mn%	Zn%	Cu%	Pb%	Ni%
38,84	14,54	9,06	14,42	1,61	1,03	0,36	16,13	0,06	0,04	0,02	0,07	0,04

Το περιεχόμενο θείο στη στιβάδα II, όπως δείχνει ο πίνακας 8, είναι μικρότερο του ποσοστού της στιβάδας I. Έτσι, το ολικό θείο επί φυσικού ανέρχεται στα 1,12% και επί ξηρού στα 3,37%, όταν στη στιβάδα I τα ποσοστά είναι 1,49% και 4,49% αντίστοιχα. Λόγω του μεγάλου ποσοστού CaCO_3 της στιβάδας I δεσμεύεται περισσότερο S στην τέφρα και έτσι το καύσιμο θείο στις δυο στιβάδες είναι 0,92% για τη στιβάδα I και 0,72% για τη στιβάδα II, που είναι ποσοστά χαμη-

Πίν. 8. Κατανομή διαφόρων μορφών θείου στιβάδας II (μέση τιμή).

ΣΤΙΒΑΔΑ	$S_{\text{φ.ολ.}}\%$	$S_{\text{ξ.ολ.}}\%$	$S_{\text{ξ.τέφρας}}\%$	$S_{\text{ξ.καυσίμο}}\%$
II	1,12	3,37	2,65	0,72

λότερα της Μεγαλόπολης (2%) και της Δράμας (1,4%). Στην Πτολεμαίδα το καύσιμο θείο είναι ακόμη χαμηλότερο (0,5%).

ΥΠΕΡΚΕΙΜΕΝΑ

Τα υπερκείμενα της στιβάδας II δεν είναι σταθερά σε πάχος σ' όλη την έκτασή της, αλλά διαφοροποιούνται ομαλά χωρίς απότομες αυξομειώσεις. Στον κεντρικό τομέα η στιβάδα βγαίνει στην επιφάνεια και βρίσκεται πολύ κοντά σ' αυτήν για μεγάλη έκταση.

Παρατηρείται η σταδιακή αύξηση των υπερ-

κειμένων προς το Μιτσικέλι και προς τα βόρεια. Στο χώρο του εκμεταλλεύσιμου κοιτάσματος φτάνουν το μέγιστο τα 38 μ., ενώ στην περιοχή της Κάτω Λαφίστας φτάνουν και τα 60 μ.. Η λιθολογία τους είναι κυρίως μάργες και ασβεστολιθικές ιλύες, ενώ στην περιοχή των κώνων αποτελείται από ηηλούς κορημάτων.

ΑΠΟΘΕΜΑΤΑ

Τα αποθέματα του λιγνίτη Ιωαννίνων υπολογίστηκαν με βάση τα κριτήρια που έχουν θεσπιστεί στη ΔΕΠΥ για τα υπαιθρίως απολήψιμα κοιτάσματα και με τη μέθοδο των πολυγώνων και των ίσο-καμπυλών. Έγινε εκτίμηση τόσο με το χέρι όσο και με το λογισμικό Surfer. Τα αποθέματα διαφόρων κατηγοριών φαίνονται στον παρακάτω πίνακα.

Συνολικό γεωλογικό απόθεμα (I & II στιβάδες)	60 εκ. tn
Αποθέματα (απολήψιμα) στιβάδας I	20 εκ. Tn σε έκταση 9 Km ²
Αποθέματα (απολήψιμα) στιβάδας II	27 εκ. Tn σε έκταση 10 Km ²
Εκμεταλλεύσιμα αποθέματα με οριακή σχέση στείρων προς απολήψιμο λιγνίτη $\leq 12:1$ m ³ /tn	44 εκ. Tn σε έκταση 7,04 Km ² του λιγνιτικού πεδίου με μέση σχέση 6,8:1
Απολήψιμα αποθέματα στο χώρο Άνω και Κάτω Λαφίστας με σχέση $>12:1$ m ³ /tn	2 εκ. tn σε έκταση 1,5 Km ²
1 εκ. Tn περίπου θα απολεσθούν με την ομαλοποίηση του ορίου του λιγνιτικού πεδίου.	

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ ΛΙΓΝΙΤΗ ΙΩΑΝΝΙΝΩΝ

Σε 26 ομαδοποιημένα δείγματα του λιγνίτη Ιωαννίνων έγινε μελέτη της κατανομής των ικνοστοιχείων, του θείου, της ορυκτολογικής σύστασης της ορυκτής ύλης του λιγνίτη και των κύριων οξειδίων της τέφρας με μία προσέγγιση της επίδρασης που ενδεχόμενα θα έχουν στη χρήση του λιγνίτη στην ηλεκτροπαραγωγή (επικαθίσεις- επισκωρώσεις) και στο περιβάλλον.

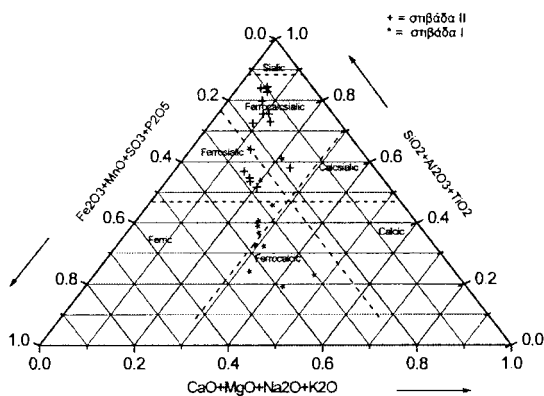
Τα δείγματα ελήφθησαν από 4 γεωτρήσεις, προέρχονται και από τις δύο στιβάδες - 14 από τη στιβάδα II και 12 από τη στιβάδα I.

Προκειμένου να αξιολογηθούν οι ειδικές αναλύσεις (εκτός βέβαια των συνηθισμένων αμέσων και ολικών αναλύσεων) έγινε πολύπλευρη στατιστική ανάλυση των αποτελεσμάτων με παράλληλη σύνταξη σειράς διαγραμμάτων. Ακολούθησε η αξιολόγηση των δεδομένων και ανά κατηγορία ανάλυσης προέκυψαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

Στοιχειακή ανάλυση τέφρας:

Η στοιχειακή ανάλυση της τέφρας του λιγνίτη δίνει πολύτιμες πληροφορίες για τη γεωλογία του λιγνίτη όπως για το περιβάλλον απόθεσης, το κλίμα της εποχής της α-

πόθεσης της τύρφης και τη σύσταση των λιθολογικών μονάδων του υποβάθρου. Παρέχει όμως επί πλέον πολύ σημαντικές πληροφορίες για τις τεχνολογικές ιδιότητες και τη συμπεριφορά του λιγνίτη κατά την καύση, δηλαδή για τη φθορά των μύλων άλεσης, και τις τάσεις για επικαθίσεις και επισκωρώσεις στους κλιβάνους καύσης. Έχοντας υπόψη τη διαφοροποίηση των ποιοτικών στοιχείων της άμεσης και ολικής ανάλυσης αποφασίστηκε να γίνει ιδιαίτερη επεξεργασία και αξιολόγηση για κάθε στιβάδα για όλες



Σχ. 3. Κατάταξη τέφρας Ιωαννίνων με βάση κύρια οξείδια

Πιν. 10. Στοιχειακή ανάλυση τέφρας (μέσες τιμές ανά στιβάδα).

Στιβάδα	Τέφρα % (Ξηρού)	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	BaO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃
I	28.7	30.06	12.67	3.59	7.96	31.36	4.54	3.33	3.25	3.44	3.87	3.61	30.57
II	49.9	48.50	19.80	0.78	9.52	9.05	1.66	0.06	0.04	0.44	1.32	0.37	7.96

τις κατηγορίες αναλύσεων Από το τριγωνικό διάγραμμα των οξειδίων (σχ. 3) φαίνεται η σαφής διαφοροποίηση της σύστασης της τέφρας για κάθε στιβάδα. Τα δείγματα από τη στιβάδα (I) στο μεγαλύτερο ποσοστό τους βρίσκονται στην περιοχική σιδηροασβεστούχο και σιδηρούχο δηλ. είναι φτωχά σε πυριτικά οξείδια.

Αντιθέτως τα δείγματα της στιβάδας (II) περιέχουν υψηλότερο ποσοστό πυριτικών οξειδίων μια και όλα περιέχουν περισσότερο από 72% αυτών των οξειδίων. Πέφτουν κυρίως στη ζώνη των σιδηροασβεστοπυριτικών και περιέχουν γενικά χαμηλότερο ποσοστό CaO.

Είναι λοιπόν φανερή η διαφοροποίηση των 2 στιβάδων με βάση τα περιεχόμενα στοιχεία. Από την άποψη του σχηματισμού του λιγνίτη η υψηλότερη περιεκτικότητα μπορεί να ερμηνευθεί ότι οφείλεται στο διαφορετικό κλίμα που επικράτησε κατά το σχηματισμό τους.

ΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΕΠΙΚΑΘΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΠΙΣΚΩΡΙΩΣΕΙΣ

Για γαιάνθρακες, που δεν είναι γνωστοί πολύ καλά και δεν μπορούν να γίνουν πιλοτικές δοκιμές καύσης, συνηθίζεται να γίνονται θεωρητικές εκτιμήσεις για τη συμπεριφορά τους αναφορικά με τη δημιουργία επικαθίσεων και επισκωρίσεων με βάση τις αναλύσεις της τέφρας. Οι τύποι που χρησιμοποιούνται είναι, στις πιο πολλές περιπτώσεις, εμπειρικοί και παρέχουν τις πρώτες ενδείξεις για τη συμπεριφορά αυτή των γαιανθράκων. Οι θεωρητικοί τύποι έχουν προκύψει από τη μελέτη των επιπτώσεων στην καύση και το συσχετισμό τους με τις φυσικοχημικές ιδιότητες της τέφρας.

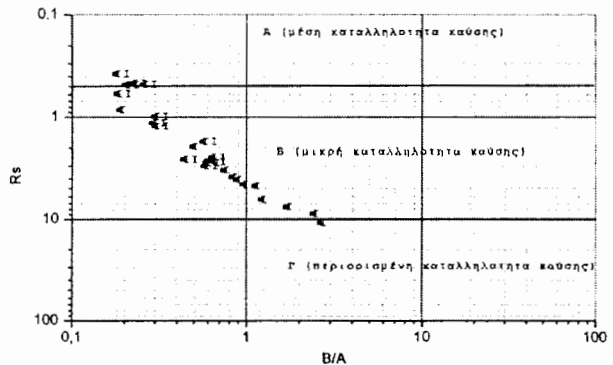
Οι Unsworth et al. (1991) δίνουν γενικευμένους τύπους για εφαρμογή σε όλη την τάξη (Rank) των γαιανθράκων. Οι Γερμανοί συγγραφείς Brenker et al., Zellkowsky, και Hein et al. (1982) χρησιμοποιούν διαφορετικούς τύπους και διαγράμματα. Η μεγάλη εμπειρία τους στους λιγνίτες της χώρας τους κάνουν πιο κατάλληλους τους

τύπους αυτών για εφαρμογή στους εγχώριους λιγνίτες.

Οι Γερμανοί συγγραφείς χρησιμοποιούν τις αναλύσεις της τέφρας συντάσσοντας τρία διαγράμματα στα οποία απεικονίζουν τις σχέσεις μεταξύ των κύριων οξειδίων αυτής ώστε να εξαγάγουν συμπεράσματα για τις τάσεις επικαθίσεων και επισκωρίσεων. Εκτός από το τρίγωνο του Altmann υπολογίζεται ο συντελεστής επισκωρίσεων Rs βάσει του τύπου:

$$Rs = B / Ax(S\text{λιγ}(ξη\text{ηού})) \quad (4) \quad \text{όπου}$$

$A = SiO_2 + Al_2O_3$ και $B = Fe_2O_3 + CaO + MgO + Na_2O + K_2O$ Ακόμη συντάσσεται το διάγραμμα διασποράς του Rs με το B/A όπως και το διάγραμμα S/Ca+Na+K με Na+K/Ca (στο λιγνίτη) και κρίνεται η τάση του λιγνίτη για επισκωρίω-



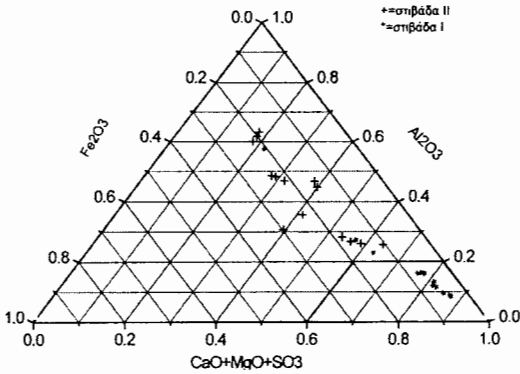
Σχ. 4. Τάση επισκωρίσεων

σεις και επικαθίσεις αντίστοιχα.

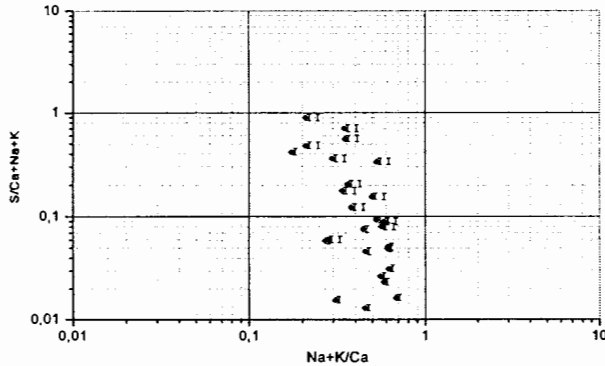
Στο σχ.4 (του Rs με το B/A) φαίνεται η αυξημένη τάση για επισκωρίσεις των δειγμάτων της στιβάδας I τα οποία βρίσκονται στο σύνολο τους στην περιοχική Β και για μικρό αριθμό δειγμάτων της στιβάδας II.

Από το τρίγωνο του **ALTMANN** φαίνεται ότι η στιβάδα I διαφοροποιείται και πάλι με τα περισσότερα δείγματα να βρίσκονται στην περιοχική σημαντικού κινδύνου επισκωρίσεων (δηλ. κοντά στην κάτω δεξιά γωνία).

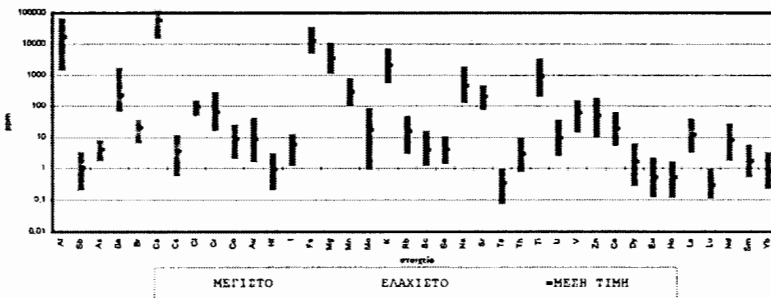
Επικαθίσεις: Από το σχ. 6 φαίνεται ότι υπάρχουν αυξημένες τάσεις για επικαθίσεις και για τις 2 στιβάδες.



Σχ. 5. Τρίγωνο Altmann



Σχ. 6. Τάση επικαθίσεων



Σχ. 7. Διοκύμανση ιχνοστοιχείων στο λιγνίτη στιβάδας I.

της στιβάδας I.

Επισημαίνεται ότι ο χαρακτήρας αυτής της πρώτης εκτίμησης είναι προκαταρκτικός και έγινε στα πλαίσια της κοιτασματολογικής έρευνας του λιγνίτη.

ΑΝΑΛΥΣΕΙΣ ΙΧΝΟΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

Τα περισσότερα χημικά στοιχεία που απαντούν στη γη έχουν ανιχνευθεί στους γαιάνθρακες, αν και ορισμένα τουλάχιστον σε πολύ μικρές συγκεντρώσεις. Ως ιχνοστοιχεία θεωρούνται εκείνα με περιεκτικότητες μικρότερες του 0,1% κ.β. (ή 1.000 ppm).

Τα στοιχεία συνήθως περιγράφονται, ανάλογα με τη χημική τους συγγένεια, και ως χαλκόφιλα, λιθόφιλα, και ατμόφιλα (Mason, 1966). Επί πλέον ορισμένα ιχνοστοιχεία τείνουν να συνδέονται είτε με την ανόργανη (ορυκτή) ή οργανική ύλη του γαιάνθρακα.

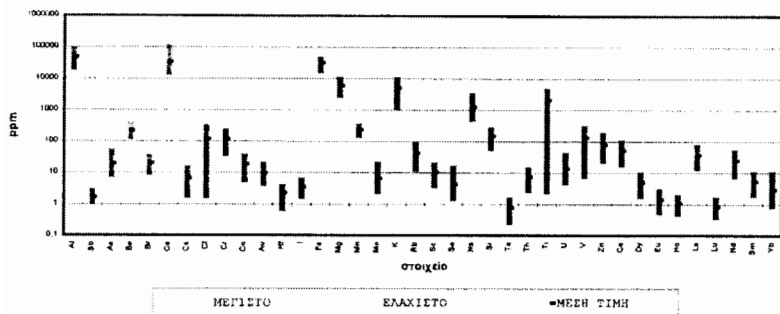
Οι γαιάνθρακες χαμηλής τάξης (rank) έχουν γενικά υψηλότερη αναλογία οργανικών συνδεδεμένων ιχνοστοιχείων απ' ότι οι υψηλότερης τάξης γαιάνθρακες. Ο Swaine (1990) διατυπώνει την άποψη ότι η ειδοποιός διαφορά μεταξύ λιγνιτών και βιτομηνιούχων γαιανθράκων είναι η

μεγαλύτερη σύνδεση των ιχνοστοιχείων με καρβοξυλικές και φαινολικές υδροξυλικές ομάδες στους χαμηλής τάξης γαιάνθρακες. Αυτό αποδίδεται στο μεγάλο αριθμό ενεργών ομάδων που περιέχουν οξυγόνο ενώ

οι καλύτεροι γαιάνθρακες είναι πιο αρωματικοί. Τα χουμικά οξέα θεωρούνται σημαντικοί παράγοντες συγκέντρωσης και προσφόρησης των ιχνοστοιχείων στα οργανικά ιζήματα.

Οι αναλύσεις για ιχνοστοιχεία (και ορισμένα

Συμπερασματικά μπορεί να λεχθεί ότι παρουσιάζεται αυξημένη τάση για επικαθίσεις για το λιγνίτη και των 2 στιβάδων. Ο κίνδυνος επισκωρίωσης είναι αυξημένος κυρίως για το λιγνίτη



Σχ. 8. Διακύμανση ιχνοστοιχείων στο λιγνίτη στιβάδας II.

κύρια ή ολιγοστοιχεία) στο λιγνίτη και την τέφρα υψηλής θερμοκρασίας έγιναν με τη μέθοδο της νετρονικής ενεργοποίησης. Αναλύθηκε διαφορετικός αριθμός στοιχείων στο λιγνίτη και την τέφρα λόγω της διαφυγής κάποιων εύκολα πτητικών στοιχείων στις υψηλές θερμοκρασίες της καύσης, όπως το F, Cl, Br, Hg, Rn, κ.α..

Ακολούθησε η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων προκειμένου:

- να συγκριθούν οι περιεκτικότητες των ιχνοστοιχείων με τους μέσους όρους που αναφέρονται στη βιβλιογραφία για τους λιγνίτες σε παγκόσμιο επίπεδο και να διαπιστωθούν οι αποκλίσεις στις περιεκτικότητες.
- να βγουν συμπεράσματα για τον τρόπο εμφάνισης των στοιχείων και τη χημική συγγένεια τους με την οργανική η/και την ορυκτή ύλη του λιγνίτη
- να εκτιμηθούν οι πιθανές επιπτώσεις στο Περιβάλλον από την αξιοποίηση των λιγνιτών Ιωαννίνων

Για τη σύγκριση των περιεχομένων ιχνοστοιχείων του κοιτάσματος Ιωαννίνων με τα παγκόσμια κοιτάσματα λιγνίτη και τη διερεύνηση τυχόν αυξημένων συγκεντρώσεων κάποιων απ' αυτά συστάθηκαν τα σχήματα 7 και 8. Παράλληλα συγκρίθηκαν με τις περιεκτικότητες των ιχνοστοιχείων στους γαιάνθρακες όλου του κόσμου σύμφωνα με τα στοιχεία που αναφέρει ο Swaine (1995).

Από τη σύγκριση των σχ. 7 και 8 προκύπτει ότι υπάρχει μία διαφοροποίηση των περιεκτικότη-

των σ' ορισμένα από αυτά μεταξύ των στιβάδων. Έτσι το As, Co, Hf, Rb, Sc, Na, U, Nd παρουσιάζουν υψηλότερες συγκεντρώσεις στη στιβάδα II έναντι της I. Το μόνο στοιχείο που εμφανίζεται υψηλότερο στη στιβάδα I έναντι της II είναι το Mo.

Αναφορικά με τις **μέσες τιμές των ιχνοστοιχείων σε παγκόσμιο επίπεδο** στους γαιάνθρακες οι λιγνίτες Ιωαννίνων περιέχουν σημαντικά αυξημένες περιεκτικότητες στα στοιχεία Cr, Mo, Rb, U, V. Από τα στοιχεία αυτά μεγάλο ενδιαφέρον από περιβαλλοντική άποψη παρουσιάζουν το Cr, το U και το Mo σύμφωνα με τον κατάλογο της Environmental Protection Agency (EPA) (Finkelman, 1995). Η προέλευση και αυξημένη συγκέντρωση αυτών των 5 στοιχείων μπορεί να ερμηνευτεί από τη γεωλογική δομή των περιθωρίων της λεκάνης Ιωαννίνων. Αυξημένες συγκεντρώσεις ουρανίου, πάνω από 1000 ppm, έχουν διαπιστωθεί στους βιτουμινούχους φωσφορίτες Λιασίου ηλικίας οι οποίοι εμφανίζονται στα ανατολικά περιθώρια της λεκάνης, δηλαδή στο όρος Μιτσικέλι. Στους φωσφορίτες συνυπάρχουν τα στοιχεία V, Mo, P.

Οι επιπτώσεις στο περιβάλλον προκύπτουν από την απελευθέρωση αυτών των στοιχείων κατά την καύση ή χρήση του λιγνίτη για την παρασκευή λιπασμάτων, κ.α. βελτιωτικών της γεωργίας αλλά και βιομηχανικών υλικών.

Εάν το κοιτάσμα Ιωαννίνων χρησιμοποιηθεί στο μέλλον στην ηλεκτροπαραγωγή είναι απαραίτητη, κατά την άποψη μας, η λεπτομερής ποιοτική διερεύνηση του λιγνίτη προκειμένου να προσδιοριστούν τα επίπεδα μερικών ιχνοστοιχείων (15) τα οποία θεωρούνται ως επιβλαβή για το

περιβάλλον. Τα στοιχεία αυτά είναι (σύμφωνα με την EPA) τα ακόλουθα : αντιμόνιο, αρσενικό, βηρύλλιο, κάδμιο, χλώριο, χρώμιο, κοβάλτιο, φθόριο, μόλυβδος, υδράργυρος, μαγγάνιο, νικέλιο, σελήνιο, ουράνιο και μολυβδαίνιο.

Στη συνέχεια μελετήθηκε ο τρόπος και η μορφή εμφάνισης των ικνοστοιχείων στο λιγνίτη και **η χημική τους συγγένεια** είτε με την οργανική είτε με την ανόργανη ύλη αυτού. Η συγγένεια αυτή εξαρτάται από την τάξη των γαιανθράκων και στη διεθνή βιβλιογραφία δεν υπάρχει ομοφωνία για τη σχέση αυτή παρά μόνο για ορισμένα στοιχεία. Για πολλά στοιχεία οι γνώμες των ερευνητών δίστανται ενώ υπάρχει και διαφοροποίηση στις περιεκτικότητες των ικνοστοιχείων ανάλογα με την τάξη των γαιανθράκων.

Υπάρχουν διαθέσιμες πολλές μέθοδοι και τεχνικές για το σκοπό αυτό που μπορούν να διακριθούν σε άμεσες και έμμεσες. Στις **άμεσες** περιλαμβάνονται η SEM-EDX (η πιο αποτελεσματική κατά τον R. Finkelman, 1995), ο μικροαναλυτής, η XRD, ΟΤΑ, φασματοσκοπία Mossbauer, XAFS, laser ablation, κ.ά..

Οι **έμμεσες** μέθοδοι περιλαμβάνουν:

- χημική ανάλυση κλασμάτων διαχωρισμού με βαρέα υγρά,
- τη στατιστική συσχέτιση με άλλα στοιχεία ή με την περιεκτικότητα σε τέφρα,
- τα γεωχημικά χαρακτηριστικά κάθε στοιχείου,
- τη συμπεριφορά του στοιχείου κατά τη θέρμανση ή διαλυτοποίηση του λιγνίτη.

Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε η έμμεση μέθοδος της στατιστικής συσχέτισης των ικνοστοιχείων με την τέφρα και τα άλλα στοιχεία σε συνδυασμό με τα γεωχημικά χαρακτηριστικά κάθε στοιχείου. Έτσι υπολογίστηκε ο πίνακας του συντελεστή συσχέτισης μεταξύ των ικνοστοιχείων στο λιγνίτη.

Υψηλή θετική συσχέτιση με την τέφρα ($r > 0,7$) εμφανίζουν τα στοιχεία Al, Ba, Ti, Mg, K, Na, Fe, Cs, Cr, Co, Hf, Rb, Sc, Ta, Th, V, Zn, και τα στοιχεία των σπανίων γαιών (Ce, Dy, Eu, Ho, La,

Lu, Nd, Yb, Sm). Εξετάζοντας ανά ομάδες τα στοιχεία αυτά παρατηρούμε ότι :

Το Al συσχετίζεται θετικά με τα Fe, Mg, K, Ba, Na, Ti, Cs, Cr, Co, Hf, Rb, Sc, Ta, Th, V, Zr, και τις σπάνιες γαίες.

Η ορυκτολογική ανάλυση της τέφρας χαμηλής θερμοκρασίας δείχνει ότι κυριαρχούν ο χαλαζίας, τα θειούχα ορυκτά (γύψος, βασσανίτης), τα μικτά φυλλοπυριτικά και ο καοлинίτης. Ο ιλλίτης, ο ασβεστίτης, οι άστριοι, ο σιδηροπυρίτης, οι αμφίβολοι και ο μαγνητίτης απαντούν σε μικρότερες ποσότητες. Η χημική σύσταση των αργιλοπυριτικών και πυριτικών ορυκτών περιλαμβάνει τα κύρια λιθόφιλα στοιχεία όπως το Al, Ba, Ti, Mg, K, Na, Fe τα οποία μπορούν έτσι σίγουρα να λεχθεί ότι σχετίζονται με την ορυκτή ύλη του λιγνίτη. Επιπλέον ο Fe απαντά στο σιδηροπυρίτη και το μαγνητίτη. Για τα υπόλοιπα στοιχεία αυτής της ομάδας, ο υψηλός βαθμός συσχέτισης με την τέφρα συνηγορεί για τη σύνδεση τους με την ορυκτή ύλη. Αυτό επιβεβαιώνεται από τον Finkelman (1995) και το Swaine (1990).

Μέτρια θετική συσχέτιση με την τέφρα ($0,65 > r > 0,4$) εμφανίζουν τα στοιχεία Se, Sb, As. Αυτά δεν μπορούν να συσχετισθούν τόσο εύκολα με την ορυκτή ύλη. Έτσι αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως παρουσιάζοντα μικτή συμπεριφορά, δηλ. συγγένεια τόσο με την ορυκτή όσο και με την οργανική ύλη.

Καθόλου συσχέτιση με την τέφρα παρουσιάζουν τα στοιχεία Cl, Ca, Au, Mn, Mo, Sr, U. Θεωρούνται ότι συνδέονται κατά κανόνα με την οργανική ύλη. Προκειμένου να βγουν συμπεράσματα για τη σύνδεση των στοιχείων αυτών χρησιμοποιήθηκαν οι μεταξύ των στοιχείων συσχέτισεις. Από τον πίνακα συσχέτισης φαίνονται οι εξής συσχέτισεις: Ca-Sr, Au-Mn, Mn-Mo, Mn-U.

Το Cl δε συσχετίζεται με κανένα από τα υπόλοιπα 7 στοιχεία της κατηγορίας. Πιο συγκεκριμένα το Cl αναφέρεται στη βιβλιογραφία ότι απαντά στο λιγνίτη κυρίως στην ορυκτή και δευτερευόντως στην οργανική ύλη. Ο μη εντοπισμός ορυκτού NaCl στο λιγνίτη και η έλλειψη συσχέτισης του Cl με το Na συνηγορούν για τη σύνδεση

του Cl με την οργανική ύλη.

Το Ca απαντά ως ασβεστίτης ο οποίος είναι άφθονος στο λιγνίτη Ιωαννίνων όπως φαίνεται από το σχετικό πίνακα 12. Το Sr παρουσιάζει πολύ καλή συσχέτιση με το Ca. Ορισμένες ποικιλίες ασβεστίτη περιέχουν κάποιες ποσότητες SrCO₃ και είναι ασφαλές να δεχθούμε τη σύνδεση και του Sr με την ορυκτή ύλη.

Το U είναι γνωστό ότι έχει υψηλή χημική συγγένεια με την οργανική ύλη, ειδικά σε γαιάνθρακες χαμηλής τάξης (όπως οι λιγνίτες) οι οποίοι περιέχουν υψηλότερα ποσοστά στοιχείων με οργανική σύνδεση. Επί πλέον η ανυπαρξία συσχέτισης με την τέφρα συνηγορεί για τη σύνδεση του U με την οργανική ύλη των λιγνιτών Ιωαννίνων που ενισχύεται και από τη βιβλιογραφία (Finkelman, 1995).

Για το Mo υπάρχουν αναφορές στη βιβλιογραφία για σύνδεση και με την ορυκτή και την οργανική ύλη. Στην περίπτωση υψηλών συγκεντρώσεων σιδηροπυρίτη η χαλκόφιλη τάση του Mo συνηγορεί στη συνύπαρξη του σ' αυτόν ως στερεό διάλυμα. Η μικρή περιεκτικότητα λίγων δειγμάτων σε σιδηροπυρίτη στο λιγνίτη Ιωαννίνων αποτελεί ένδειξη για τη σύνδεση του Mo με την ανόργανο και την οργανική ύλη.

Το Mn αναφέρεται στη βιβλιογραφία ότι συνδέεται με την οργανική ύλη στους λιγνίτες. Η πολύ καλή συσχέτιση του με το U και το Mo, που συνδέονται με την οργανική ύλη, δείχνει την ίδια

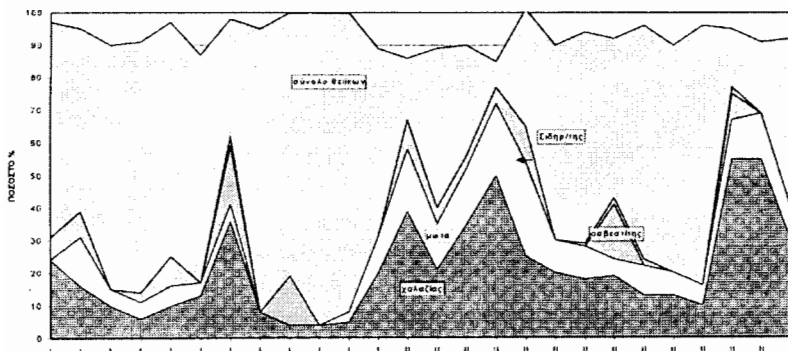
συμπεριφορά. Ο πολύ καλός συντελεστής συσχέτισης του Au με το Mn συνηγορεί για σύνδεση του με την οργανική ύλη αν και είναι πιθανή και η σύνδεση του με το σιδηροπυρίτη η ακόμη σε πολύ λεπτόκοκκη κλαστική μορφή.

Σημαντική αρνητική συσχέτιση με την τέφρα εμφανίζουν τα στοιχεία **Br, I**. Τα δύο τελευταία στοιχεία έχουν και σχετικά καλή συσχέτιση μεταξύ τους. Έτσι συνάγεται ότι υπάρχει κοινή σύνδεση τους με την οργανική ύλη. Το συμπέρασμα αυτό επιβεβαιώνεται και από τη βιβλιογραφία (Finkelman, 1995).

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΛΙΓΝΙΤΗ ΚΑΙ ΤΕΦΡΑΣ

Η ημιποσοτική ορυκτολογική ανάλυση του φυσικού λιγνίτη, της τέφρας χαμηλής (Τ.Χ.Θ.) και υψηλής θερμοκρασίας (Τ.Υ.Θ.) έγινε με Χ.Ρ.Δ. Τα ορυκτά που ανιχνεύθηκαν στο φυσικό λιγνίτη ανήκουν σε 3 κύριες ομάδες και δύο δευτερεύουσες.

- Μεταξύ των πυριτικών ορυκτών επικρατεί ο χαλαζίας και ακολουθούν τα μικτά φυλλοπυριτικά, οι άστριοι, ο καολίνιτης και ιλλίτης.
- Από τα ανθρακικά απαντά ασβεστίτης. Τα ορυκτά του θείου εκπροσωπούνται κυρίως από τη γύψο και λίγο σιδηροπυρίτη και βασανίτη.
- Στις δευτερεύουσες ομάδες ανήκουν μερι-



Σχ. 9. Ορυκτολογική σύσταση Τ.Χ.Θ. Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

κά ορυκτά του σιδήρου και σπανίως οι ανατάσης και γκιφίτης.

Περισσότερο αντιπροσωπευτική για την ορυκτολογία της ορυκτής ύλης του λιγνίτη, είναι η ανάλυση στην τέφρα χαμηλής θερμοκρασίας. Αυτή η τέφρα παράγεται μετά από οξείδωση της οργανικής ύλης στους 110- 125°C σε ατμόσφαιρα πλάσματος. Έτσι λαμβάνεται η ορυκτή ύλη του λιγνίτη χωρίς την οργανική ύλη που προκαλεί παρεμβολές στην XR-D ανάλυση και χωρίς τη διάσπαση κάποιων ορυκτών που συμβαίνει κατά την καύση σε υψηλότερες θερμοκρασίες (550°C ή 950°C). Επί πλέον κατά την καύση σε υψηλές θερμοκρασίες αλλοιώνεται η αρχική ορυκτολογική σύσταση λόγω αντίδρασης διαφόρων στοιχείων για σχηματισμό νέων ορυκτών. Έτσι η ερμηνεία της ορυκτολογικής σύστασης βασίστηκε κυρίως στην ανάλυση της τέφρας χαμηλής και κατά δεύτερο λόγο υψηλής θερμοκρασίας και του αρχικού λιγνίτη.

Από το πιο πάνω σχήμα φαίνεται ότι υπάρχει διαφοροποίηση στην ορυκτολογία της ορυκτής ύλης μεταξύ των στιβάδων I και II. Η στιβάδα II περιέχει μεγαλύτερο ποσοστό χαλαζία (κυμαίνεται μεταξύ 10% και 55%) από ότι η στιβάδα I (κυμαίνεται μεταξύ 4% και 35%). Για το σύνολο των θεικών αλάτων συμβαίνει το αντίθετο. Η στιβάδα I περιέχει μεγαλύτερο ποσοστό θεικών (κυμαίνονται μεταξύ 35% και 95%) απ' ότι η στιβάδα II (κυμαίνονται μεταξύ 8% και 80%).

Από τα υπόλοιπα ορυκτά, ο σιδηροπυρίτης/μαρκασίτης απαντά σε ορισμένα δείγματα της στιβάδας II και σε λίγα της I.

Η αυξημένη περιεκτικότητα του λιγνίτη της στιβάδας II σε χαλαζία μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στους μύλους άλεσης και στους κλιβάνους καύσης των ΑΗΣ. Συνεπώς σε ενδεχόμενη χρήση του λιγνίτη για ηλεκτροπαραγωγή θα απαιτηθεί συστηματική μελέτη και της ορυκτολογικής σύστασης της ορυκτής ύλης.

ΘΕΙΟ

Το θείο αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα στοιχεία του λιγνίτη αναφορικά με την επίδραση που έχει στο περιβάλλον. Κατά την καύση εκλύεται ως SO₂ στην ατμόσφαιρα και προκαλεί το φαινόμενο της "όξινης βροχής".

Το θείο στο λιγνίτη απαντά υπό 3 κύριες μορφές, δηλ. ως οργανικό, ως θείο των θεικών και των θειούχων ορυκτών. Η κατανομή του S' ένα κοίτασμα ποικίλλει σημαντικά και θα πρέπει να γίνεται συστηματική μελέτη του S' όλο το χώρο του κοιτάσματος κατά την οριζόντια και κατακόρυφη έννοια.

Κατά την καύση του λιγνίτη σε διάφορες θερμοκρασίες πητικοποιούνται διάφορα ποσοστά θείου ανάλογα με τη θερμοκρασία διάσπασης των θειούχων και θειικών ορυκτών. Στα πλαίσια των ειδικών αναλύσεων, της παρούσας μελέτης, το θείο προσδιορίσθηκε στο λιγνίτη και στην τέφρα χαμηλής και υψηλής θερμοκρασίας ως ολικό θείο μόνο.

Μετά τους υπολογισμούς προέκυψε ο πιο πάνω πίνακας που δείχνει τις περιεκτικότητες του θείου στις 3 καταστάσεις και προέκυψαν τα εξής συμπεράσματα :

- Η μέση τιμή του S στο λιγνίτη της στιβάδας I

Στιβάδα		ΟΛΙΚΟ S σε ΛΙΓΝΙΤΗ	% S σε ΤΧΘ	% S σε ΤΥΘ	% ΑΠΩΛΕΙΑ σε ΤΧΘ	% ΑΠΩΛΕΙΑ σε ΤΥΘ
I	Ελάχιστο	3.71	3.98	0.59	0.00	26.28
	Μέγιστο	5.33	16.83	15.39	44.42	93.30
	μέση τιμή	4.49	11.36	9.83	12.12	43.57
II	ελάχιστο	1.91	2.58	0.70	0.00	8.29
	μέγιστο	5.98	12.08	7.18	11.48	84.42
	μέση τιμή	3.65	6.64	3.49	3.74	58.24

είναι μεγαλύτερη από αυτήν της στιβάδας II (4,5% έναντι 3,6%). Το συμπέρασμα αυτό συμφωνεί με τους ανεξάρτητους προσδιορισμούς της κοιτασματολογίας κατά τους οποίους η μέση τιμή στη στιβάδα I ανέρχεται σε 4,47% και στη στιβάδα II σε 3,47%.

- Η σχέση αυτή διατηρείται και στο S της τέφρας χαμηλής και υψηλής θερμοκρασίας με αναλογία 2:1
- Η στιβάδα I περιέχει μεγαλύτερο ποσοστό CaO στο φυσικό λιγνίτη και έτσι δεσμεύει περισσότερο S προς σχηματισμό ανυδρίτη στην Τ.Υ.Θ. Για το λόγο αυτό το θείο στην Τ.Υ.Θ. της στιβάδας I είναι πιο υψηλό απ' ότι στη στιβάδα II. Ενώ η απώλεια S στην Τ.Υ.Θ. είναι μεγαλύτερη στη στιβάδα II (58%) έναντι της I (44%). Δηλαδή διαφεύγει περισσότερο θείο με τα καυσαέρια, από το λιγνίτη της II, λόγω μη δέσμευσής του από την έλλειψη αρκτικού CaO.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aguirre E., Pasini G. (1985). The Pliocene - Pleistocene Boundary. Episodes, 8, pp.116-120.
- Αθανασιάδης Γ.Κ. (1986) Οικονομοτεχνική προμελέτη εκμετάλλευσης του Λιγνιτικού κοιτάσματος των Ιωαννίνων.ΙΓΜΕ.
- Αναστόπουλος Ι.Χ., Κούκουζας Κ.Ν. (1972) Γεωλογική και κοιτασματολογική μελέτη νότιου τμήματος λιγνιτοφόρου λεκάνης Πτολεμαΐδας. Ι-ΓΕΥ. Γεωλ. και Γεωφ. Μελ. Τομ. XVI, No 1, Αθήνα.
- Benda L., van Meulen A.J., Meyer K. J., van Weefd A. (1987). Biostratigraphic correlations in Eastern Mediterranean Neogene. Newsl. Stratigr. 17(3), 129-141. Stuttgart.
- Bottema S. (1967). A Late Quaternary pollen diagram from Ioannina North-Western Greece. Proc.Prehist.Soc. 33, 26-29.
- Bottema S. (1982). Palynological investigations in Greece with special reference to pollen as an indicator of human activity. Palaeohistoria. 24. Pp. 257-289.
- Bousquet B. (1974) La Grece Occidentale: Interpretation geomorphologique de l'Epire, de l'Acarnanie et les iles Ionnienes.These Lettres.Paris
- Brenker H., Swoboda E.: Probleme bei der Verfeuerung salzhaltiger Braunkohlen (Problems during the Combustion of Saliferous Lignites). VKW Company.
- Clarke L.B., Sloss L.L (1992) Trace elements emissions from coal combustion and gasification. I.E.A. CR/49, London, U.K., IEA Coal Research, 111 p.
- Finkelman R.B., (1995). Modes of occurrence of environmentally sensitive trace elements in coal. Στο : D.J. Swaine and Goodarzi (εκδ.) Environmental aspects of trace elements in coal, Kluwer Academic Publishers, pp. 24-50.
- Foscolos A.E., Goodarzi F., Koukouzas C.N., Hatziyannis G. (1989). Reconnaissance study of mineral matter and trace elements in Greek Lignites. Chemical Geology, 76, 107-130. Amsterdam 1989.
- Foscolos A.E., Goodarzi F., Hatziyannis G. (1993). Mineral matter and trace elements content of Lignites from Drama basin, Eastern Macedonia, Greece. Ανακοίνωση σε Joint Annual Meeting of Geol. Assoc. of Canada and Mineralogical Assoc. of Canada, Edmonton, Alberta, Canada 1993.
- Foscolos A.E., Goodarzi F., Koukouzas C.N., Hatziyannis G. (1998). Assessment of Environmental Impact of Coal Exploration and Exploitation from the Drama Basin, Northeastern Greek-Macedonia. Energy Sources, 20:795-820. 1998.
- Gillet S. (1962) Remarques sur le gasteropodes de quelques gisements du Pliocen et du Quaternaire de l'Epire Πρακτ.Ακαδ.Αθηνών, 37,260-72.
- Guernet C.et.a. (1977) Le Levantin de Ioannina. Geobios. 10.
- Hein K., Engelhardt J. (1982). Verschmutzungseigenschaften Rheinischer Braunkohlen bei der
- Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

- Verfeuerung in Kesseln - Ergebnisse eines Entwicklungsvorhabens (Fouling Properties og Rhenisch Lignites during Combustion in Boilers - Results of a Development Project). Braunkohle magazine 34 No 11.
- Ιωακείμ Χρ. (1983) Παλυνολογική μελέτη της γεωτ. Γ123/82 (Λεκάνη Ιωαννίνων). ΙΓΜΕ.
- Ιωακείμ Χρ.κ.α. (1989) Σύγχρονες βιοχρονοστρωματογραφικές μέθοδοι μελέτης του Πλειο-Πλειστοκαίνου της Μεσογείου. Περ.Ορυκτός Πλούτος τεύχος 66,σελ.29-46 .
- Ιωακείμ Χρ. (1993) Παλυνολογική ανάλυση δειγμάτων των γεωτρήσεων 257/90 (Κατσικά), 299/87 (Πεδινή) 15/90 (Ριάχοβο) και 5 επιφανειακών Παλιουρής. (Αδημοσίευτο). ΙΓΜΕ.
- Ioakim C., Christanis K. (1997) Late Quaternary of a peat profile from the Kalodiki peatland in Epirus, Western Greece. Sedimentary and vegetational history . Z.dt.geol.Ges . 148/1 . 95-104. Stuttgart.
- Ιωακείμ Χρ. (1997) . Παλυνολογική μελέτη των ιζημάτων της γεώτρησης Ο2/95 Λεκάνης Ιωαννίνων . (αδημοσίευτο) . ΙΓΜΕ.
- Ιωακείμ Χρ. (1998) . Παλυνολογική ανάλυση δειγμάτων εμφανίσεων ιζημάτων στις περιοχές Κρυφοβό , Βουνοπλαγιά-Καρδαμίτσα και Παρακάλαμος .(αδημοσίευτο). ΙΓΜΕ.
- Κατσικάτσος Γ. Χ. (1992) Γεωλογία της Ελλάδας . Αθήνα.
- Κηρυτόπουλος Π. (1989) . Στρωματογραφία, παλαιοπεριβάλλον, παλαιομαγνητισμός Νεογενών ιζημάτων εσωτερικών λεκανών Β. Ελλάδος . Δελ.Ε.Γ.Ε. XXIII/2 , σελ. 125-139. Αθήνα .
- Κολοβός Γ., Παπανίκος Δ. (1994) Πρόδρομη τεχνική έκθεση αποτελεσμάτων της έρευνας παραλίμιου Τυρφώνα Ιωαννίνων. ΙΓΜΕ.
- Κολοβός Γ. , Παπανίκος Δ. (1990). Έκθεση αποτελεσμάτων έρευνας για λιγνίτη στην περιοχή Αμπελιά-Επισκοπικό Ν. Ιωαννίνων . ΙΓΜΕ.
- Κούκουζας Κ., κ.α. (1967). Γεωλογικός χάρτης Φ.Ιωάννινα 1:50000 . ΙΓΕΥ.
- Κούκουζας Κ., κ.α. (1968). Γεωλογικός χάρτης Φ.Κληματιά 1:50000 . ΙΓΕΥ .
- Κουκουζας C.N, Foscolos A.E., Hatziyannis G. (1985) . Study of trace elements contained in Greek Lignites. Proceedings of o meeting by Ministry of Research and Technology, vol. 2, p. 59-65, Athens.
- Κουκουζας C.N, Foscolos A.E., Hatziyannis G. (1985). Study of trace elements and pollutants contained in some Greek Lignites. International conference on the use of low quality solid fuels. Public Power Corporation, Ptolemais, 1985.
- Lona F, Follieri M. (1957). Successione pollinica della serie superiore (Gunz-Mindel) di Lefte (Bergamo). INQUA V, Resumes des communications p.109 Madrid-Barcelona.
- Luttig G. (1977). A general view of the Neogene and Quaternary of the Mediterranean with respect to lignite prospecting. IV Col. Geol. Of Aegean Area. v.III. Pp.1199-1216.
- Μαράτος Γ. (1972) . Γεωλογία της Ελλάδος.Αθήνα.Τ.1.
- Mason B. (1966). Principles of Geochemistry. J.Wiley and sons, Tokyo, 329 p.
- Μελάς Κ. , Γαλάνης Μ. , Γαλιτης Ν. (1985) . Προμελέτη εκμεταλλεύσεως λιγνιτικού κοιτάσματος Ιωαννίνων. ΔΕΗ/ΔΕΟ . Αθήνα .
- Μηρουσουής Ι.Κουρής Σ. (1976). Ενημερωτική έκθεση επί της διεξαχθείσης ερεύνης εις τας λιγνιτοφόρους λεκάνας Πρεβέζης κατά το Χρονικό Διάστημα 1-2-75 έως 16-3-76 . ΙΓΜΕ.
- Μηρουσουής Ι. , Γιακκούης Π.. (1977). Γεωλογική-κοιτασματολογική αναγνώριση Λεκάνης Ιωαννίνων. ΙΓΜΕ. Αθήνα
- Μηρουσουής Ι. , Κολοβός Γ. , Οικονόμου Ε. (1978). Η Τύρφη Κορώνης Πρεβέζης ΙΓΜΕ.
- Μηρουσουής Ι. , Κολοβός Γ. , Οικονόμου Ε. , Χατζηγιάνης Γ.. (1986). Έκθεση συνοπτική τεχνική του Λιγνιτικού κοιτάσματος Ιωαννίνων. ΙΓΜΕ .
- Μηρουσουής Ι. , Γιακκούης Π. , Αραπογιάννης Ε. , Αναστασιάδης Ι. (1991) . Κοίτασμα λιγνίτη Δράμας . Γεωλογική-Κοιτασματολογική μελέτη. ΙΓΜΕ.
- Μηρουσουής Ι., Παπαδάκη Α. (1991) Τελική με-

- λέτη για το κοίτασμα Τύρφης Κορώνης Πρέβεζας. ΔΕΠΥ.ΙΓΜΕ.
- Μηρουσούλης Ι., Ιωακείμ Χρ., Κολοβός Γ., Παπανίκος Δ. (1994). Η λεκάνη Ιωαννίνων : Γεωλογική εξέλιξη και εξέλιξη του παλαιοπεριβάλλοντος κατά το Τεταρτογενές και Ιστορικούς χρόνους. Ανακ. Στο 1ο Διεθ. Συνεδ. I.CO.PA.G. Ιωάννινα
- Μουντράκης (1986). Γεωλογία της Ελλάδας Univer Studio-Press Θεσ/νικη
- Sorel D. (1989). L'evolution structurale de la Grece Nord-occidentale depuis le Miocen dans le cadre geodynamique de l'arc Egeen. These. Universite de Paris-Sud. Centre d'Orsay.
- Swaine D.J. (1990). Trace elements in coal. Butterworth, London, 278 p.
- Unsworth J.F., Barratt D.J., Roberts P.T. (1991). Coal Quality and Combustion Performance- an international perspective. Elsevier, London.
- Underhill J.R. (1988). Triassic evaporites and Plio-Quaternary diapirism in Western Greece. Journ. Geol. soc.V.145 p269-82.
- Vinken R. von. (1965). Stratigraphie und Tectonic des Beckens von Megalopolis (Peloponnes, Griechenland). Geol. Jb., 83, s.97-148, Hannover.
- Χατζηγιάννης Γ. (1997). Γεωπεριβαλλοντικά θέματα που σχετίζονται με την αξιοποίηση των λιγνιτών. Ανακοίνωση σε διήμερο του Τ.Ε.Ε. με θέμα <<Λιγνίτης και λοιπά στερεά καύσιμα της χώρας μας : παρούσα κατάσταση και προοπτικές >>, Αθήνα, Μάιος, 1997.
- West R.G. (1977). Pleistocene Geology and Biology. Long man. 2nd ed. N.Y. & London.
- Zellkowsky J.Ing. Kohlenverbrennung (Coal Combustion). Chapter 3.4.6., VGB-Kraftwerkstechnik GmbH Essen.