

ΠΑΛΑΙΟΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΛΙΓΝΙΤΗ ΤΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ #53 ΤΗΣ ΝΕΟΓΕΝΟΥΣ ΛΕΚΑΝΗΣ ΑΛΜΥΡΟΥ, ΚΕΝΤΡΙΚΗ ΕΛΛΑΔΑ

Μπουζίνος Α.¹ & Ιωακείμ Χρ.²

¹ Τομέας Ορυκτών Πρώτων Υλών, Τμήμα Γεωλογίας, Παν/μιο Πατρών, 26500 Ρίο-Πάτρα, a.mrouzinos@upatras.gr

² Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών, Μεσογείων 70, 11527 Αθήνα, ioakim@igme.gr

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Με την παρούσα εργασία επιχειρείται η αναπαράσταση του παλαιοπεριβάλλοντος σχηματισμού του λιγνίτη της γεώτρησης #53, στη λεκάνη του Αλμυρού. Από τα παλυνολογικά και τα ανθρακοπετρογραφικά δεδομένα προέκυψαν πληροφορίες τόσο για το παλαιοπεριβάλλον σχηματισμού των γαιανθράκων, καθώς και για τις παλαιοκλιματικές συνθήκες, που επικρατούσαν στην ευρύτερη περιοχή. Τα λιγνιτικά και ανόργανα στρώματα αποτέθηκαν σε λιμνοτελματικό περιβάλλον, κάτω από σχετικά υγρές και θερμές κλιματικές συνθήκες. Τα φυτά που κυριαρχούσαν στον παλαιοτυρφώνα ήταν κυρίως Αγγειόσπερμα ποώδη, ενώ περιορισμένη εξάπλωση είχαν τα Γυμνόσπερμα. Η αυξημένη παρουσία Δετροχουμιτιών υποδηλώνει περιβάλλον, στο οποίο κυριαρχούσαν αναγωγικές συνθήκες και έντονη βακτηριδιακή δράση, που είχαν ως αποτέλεσμα την αποδόμηση του οργανικού υλικού. Τέλος η ηλικία λιγνιτογένεσης στην περιοχή της γεώτρησης #53 τοποθετείται στο Ανώτερο Μειόκαινο - Κατώτερο Πλειόκαινο.

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η λεκάνη του Αλμυρού εντοπίζεται στον Νομό Μαγνησίας, στο νοτιοανατολικό άκρο της ευρύτερης Θεσσαλικής λεκάνης και καταλαμβάνει έκταση περίπου 250 km². Η λεκάνη σχηματίστηκε πιθανά κατά το Ανώτερο Μειόκαινο στη διάρκεια της μεταλπικής ρηξιγενούς τεκτονικής.

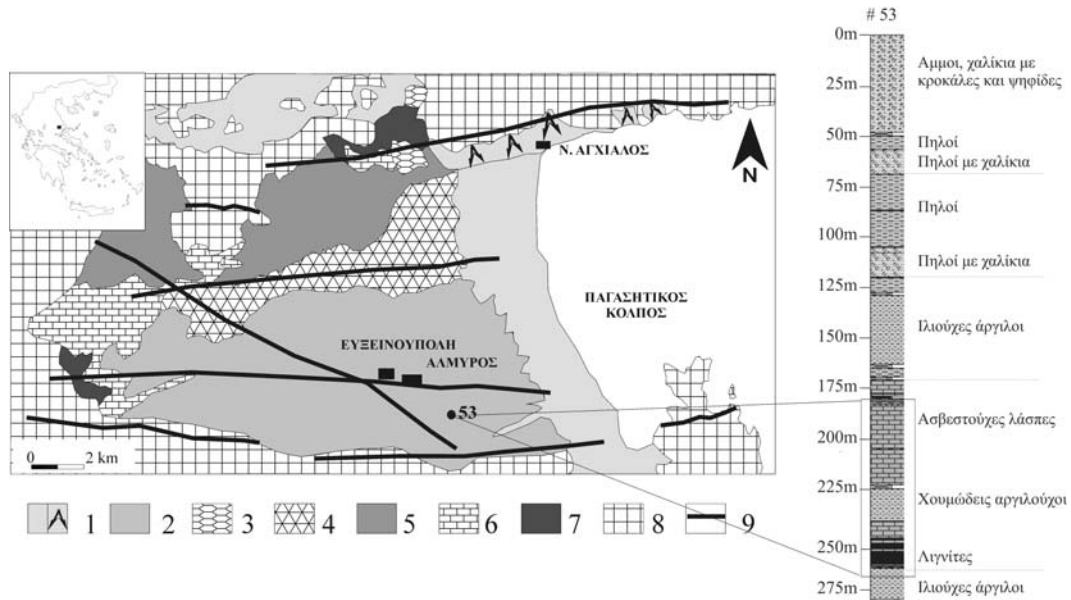
Κατά το χρονικό διάστημα 1987-92, το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) ερευνώντας για λιγνίτη στη Θεσσαλία εντόπισε ένα κοίτασμα στο νότιο τμήμα της λεκάνης Αλμυρού. Ο Γαλανάκης (1997) και οι Galanakis & Koutsouveli (2000) μελέτησαν την ενεργό τεκτονική και τη στρωματογραφική διάρθρωση των Νεογενών και Τεταρτογενών ιζημάτων, που πληρούν τη λεκάνη. Αρκετές εργασίες ασχολούνται με το σεισμοτεκτονικό καθεστώς και τη σεισμικότητα της ευρύτερης περιοχής (Parazachos et al. 1983, Caputo 1990, Caputo & Pavlides 1993, Caputo 1995). Επιπλέον η Ioakim (1985) και οι Bouzinos et al. (2000) μελέτησαν τις παλαιοοικολογικές συνθήκες στη λεκάνη του Αλμυρού.

Κύριος σκοπός της εργασίας είναι ο χαρακτηρισμός των τύπων των παλαιοτυρφώνων και ο καθορισμός των διαγενετικών συνθηκών σε αυτούς (παλαιοκλίμα, βλάστηση, αλκαλικότητα, ένταση βακτηριδιακής δράσης κ.ά.), που επηρέαζαν τη λιγνιτογένεση. Επιπλέον στόχος είναι ο έμμεσος προσδιορισμός της ηλικίας των λιγνιτικών στρωμάτων της γεώτρησης #53.

2 ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

Η γεωλογική δομή του προ-Νεογενούς υποβάθρου στην ευρύτερη περιοχή έχει μελετηθεί από αρκετούς ερευνητές, όπως οι Μαρίνος κ.ά. (1957), Μαρίνος κ.ά. (1962), Κατσικάτσος κ.ά. (1983) και Κατσικάτσος κ.ά. (1986). Το υπόβαθρο και τα βόρεια και δυτικά περιθώρια της λεκάνης του Αλμυρού ανήκουν στην ισοπική ζώνη της Πελαγονικής, ενώ τα νότια περιθώρια ανήκουν στους σχηματισμούς της Υποπελαγονικής ζώνης (Σχ. 1). Τα ιζήματα που πληρούν τη λεκάνη έχουν αποθεθεί σε αλλουβιακά, λιμνοδελταϊκά, λιμνοτελματικά και λιμναία περιβάλλοντα. Τα λιγνιτικά στρώμα-

τα εντοπίζονται στη βάση των λιμνοτελματικών σχηματισμών και εναλλάσσονται συνήθως με ασβεστούχες και αργιλούχες λάσπες και ασβεστούχες ιλύες (Σχ. 1).



Σχήμα 1. Συνοπτικός σχηματικός γεωλογικός χάρτης της λεκάνης Αλμυρού (από Γαλανάκη 1997, τροποποιημένος) και λιθολογική στήλη της γεώτρησης #53. 1: Αλλουβιακές αποθέσεις, πλευρικά κορήματα, 2: Κροκαλοπαγή ασβεστολιθικής προέλευσης μέτριας συνεκτικότητας, 3: Βασαλτικές λάβες, 4: Κροκαλοπαγή και άργιλοι καστανέρυθρου χρώματος μέτριας συνεκτικότητας, 5: Λατυποπαγή συνεκτικά, αργιλοαμμούχα ιζημάτα και πάγκοι κροκαλολατυποπαγών, 6: Μάργες με λιγνιτικά στρώματα, 7: Κροκαλολατυποπαγή και αργιλοαμμούχα υλικά, 8: Προ-Νεογενές υπόβαθρο, 9: Ρήγμα.

3 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Από τον πυρήνα της γεωτρύησης #53 επιλέχθηκαν για παλυνολογικούς προσδιορισμούς 61 δείγματα από τα οργανογενή και ανόργανα ιζημάτα, τα οποία αντιπροσωπεύουν πάχος ιζημάτων 82 m, από βάθος 180 έως 262 m από την εδαφική επιφάνεια (Σχ. 1). Τα δείγματα υπέστησαν επεξεργασία σύμφωνα με τη μεθοδολογία, που περιγράφουν οι Berglund & Ralska-Jasiewiczowa (1986). Ο ποιοτικός και ποσοτικός προσδιορισμός των παλυνομόρφων πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια μικροσκοπίου Nikon με σημειακή καταμέτρηση κατά μήκος τομής με διαστάσεις 24 mm x 40 mm. Για την αναγνώριση των γυρεοκόκκων και των σπόρων χρησιμοποιήθηκε σύγχρονο συγκριτικό υλικό από συλλογή, καθώς και ο άτλαντας του Reille (1992).

Σε δώδεκα δείγματα λιγνίτη από τη γεώτρηση #53 προσδιορίστηκαν τα ανθρακοπετρογραφικά δομικά (maceral) και ανόργανα συστατικά, που αποτελούν τον λιγνίτη. Η προετοιμασία των ανθρακοπετρογραφικών στιλπνών τομών πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τα ASTM (D2797-90). Η εξέταση έγινε με τη βοήθεια του ανθρακοπετρογραφικού μικροσκοπίου Leica DMR 307 (με ελαιοκαταδυτικό φακό, συνολική μεγέθυνση 600X). Τα maceral αναγνωρίστηκαν με βάση το σύστημα ταξινόμησης Stoper/Heerlen, όπως αυτό συμπληρώθηκε και τροποποιήθηκε από την I.C.C.P. (1963, 1971, 2001) και Σύκορονά et al. (*in press*). Σε κάθε δείγμα έγιναν 500 προσδιορισμοί με τη βοήθεια του σημειακού καταμετρητή (point counter) της Swift Prior.

4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

4.1 Αποτελέσματα παλυνολογικών προσδιορισμών

Από τους παλυνολογικούς προσδιορισμούς στα δείγματα της γεώτρησης #53 προέκυψε ότι τα λεπτόκοκκα ιζήματα, κυρίως οι άργιλοι, οι ασβεστούχες λάσπες και οι χουμώδεις ενστρώσεις, περιέχουν πλούσια και καλοδιατηρημένη μικροχλωρίδα. Αντίθετα τα δείγματα, που προέρχονται από την ιλύ, είναι πιο φτωχά σε απολιθώματα φυτικής προέλευσης. Από τα αποτελέσματα της παλυνολογικής ανάλυσης διακρίθηκαν τρεις βιοζώνες, όπως φαίνονται συνοπτικά στο Σχήμα 2:

Βιοζώνη 1 (βάθη 262 - 240 m)

Βιοζώνη 2 (βάθη 240 - 220 m)

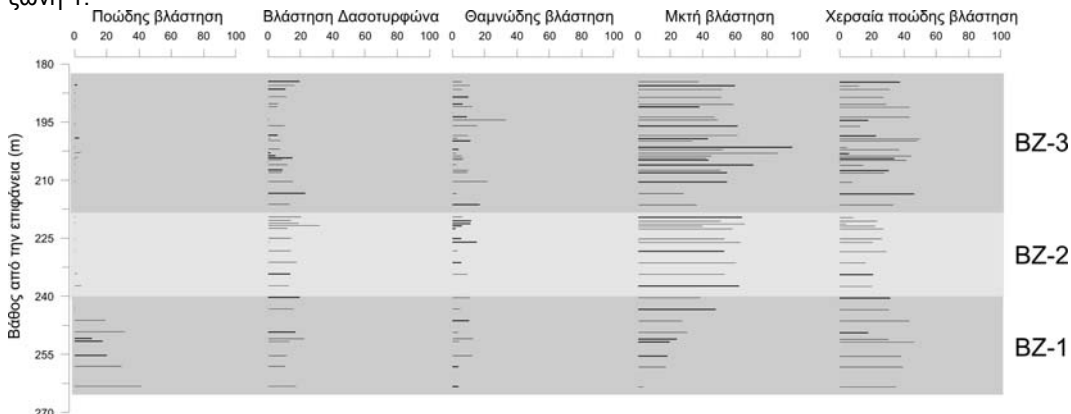
Βιοζώνη 3 (βάθη 220 - 180 m)

Βιοζώνη 1 (βάθη 262 - 240 m)

Τα φυτικά απολιθώματα που περιέχονται στις αργίλους και τις λιγνιτικές ενστρώσεις χαρακτηρίζονται κυρίως από αξιόλογη παρουσία γυρεοκόκκων των *Taxodiaceae* (*Taxodium*-type κυρίως) και *Myricaceae*, που υπερτερούν έναντι των άλλων δένδρων και δενδρυλίων, και ακολουθούν τα *Eucommia*, *Quercus coccifera*-type, *Quercus pubescens*, *Platanus*, *Corylus*, *Engelhardtia*, *Symplocos*, *Liquidambar*, *Araliaceae*, *Cupuliferae* και *Sapotaceae*, με συχνότητα εμφάνισης 1-6%. Οι γυρεόκοκκοι των ποωδών φυτών συνυπάρχουν με τα προηγούμενα είδη, όπως *Amaranthaceae*-*Chenopodiaceae*, *Compositae*, *Graminae* με ποσοστά παρουσίας 2-25%.

Σε μεγάλη αφθονία αναγνωρίστηκαν γυρεόκοκκοι των υγρόφιλων φυτών *Typhaceae*, *Cyperaceae* (2-15%), και συνοδεύονται από τα *Nymphaeaceae*, *Nupharaceae*, *Carex* και *Sphagnum*. Τέλος οι σπόροι των Πτεριδοφύτων εκπροσωπούνται από *Polypodiaceae* και *Osmundaceae*.

Τα είδη που προαναφέρθηκαν πρέπει να διαβιούσαν σε περιβάλλον, όπου επικρατούσαν θερμές και σχετικά υγρές συνθήκες κατά την περίοδο απόθεσης των ιζημάτων, που ανήκουν στη βιοζώνη 1.



Σχήμα 2. Συνοπτικό παλυνολογικό διάγραμμα της γεώτρησης #53. **Πωώδης ελόβια Βλάστηση:** *Cyperaceae*, *Typhaceae*, *Sparganiaceae*, *Carex*, *Nymphaeaceae*, *Liliaceae*, **Βλάστηση Δασοτυρφώνα:** *Taxodium*, *Nyssa*, **Θαμνώδης Βλάστηση:** *Myricaceae*, *Salix*, *Alnus*, *Betula*, **Μικτή Βλάστηση:** *Pinus*, *Sciadopitys*, *Symplocos*, *Palmae*, *Carya*, *Pterocarya*, *Vitis*, cf. *Quercus*, *Quercus coccifera*-type, *Ilex*, *Ulmus/Zelkova*, *Fagus*, *Fraxinus*, *Buxus*, *Quercus pubescens*, *Acer*, *Carpinus*, *Oleaceae*, *Sapotaceae*, *Engelhardtia*, **Χερσαία πωώδης Βλάστηση:** *Graminae*, *Compositae*, *Chenopodiaceae/Amaranthaceae*, *Cruciferae*, *Umbelliferae*, *Ephedra*, *Artemisia*, *Rubiaceae*, *Parthenocissus*, *Myriophyllum*, *Osmudaceae*, *Polypodiaceae*.

Βιοζώνη 2 (βάθη 240 - 220 m)

Οι γυρεόκοκκοι που αναγνωρίστηκαν σε αυτήν τη βιοζώνη εμφανίζονται μέσα σε ασβεστούχες λάσπες, που εναλλάσσονται με αργίλους, και χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη καλοδιατηρημένης μικροχλωρίδας. Απαντώνται κυρίως από γυρεοκόκκους των *Pinaceae* (κυρίως *Pinus*, *Abies*, *Cedrus* και *Tsuga*), *Taxodiaceae*, *Cupressaceae* και *Palmae* με ποσοστά συμμετοχής, που κυμαίνονται από 1 έως 25%. Από τα φυλλώδη Αγγειόσπερμα απαντώνται γυρεόκοκκοι των ειδών *Quercus pubescens*, *Alnus*, *Carya*, *Fraxinus*, *Carpinus*, *Araliaceae*, σε ποσοστά από 1-6%.

Τα πωώδη φυτά συμμετέχουν με τους γυρεοκόκκους των *Amaranthaceae*-*Chenopodiaceae*, *Gramineae*, *Compositae*, *Caryophyllaceae*, σε ποσοστά 2-27%, ακολουθούν τα είδη *Artemisia*, *Ephedra* και *Polygonaceae*, καθώς και οι σπόροι των Πτεριδοφύτων.

Βιοζώνη 3 (βάθη 220 - 180 m)

Η μικροχλωρίδα, που αναγνωρίστηκε στα ιζήματα (ασβεστούχα ιλύς σε εναλλαγές με ασβεστούχα λάσπη), χαρακτηρίζεται από την παρουσία των γυρεοκόκκων διαφόρων δένδρων και δενδρυλίων των Pinaceae (*Pinus, Abies, Tsuga*), Taxodiaceae, Cupressaceae, Palmae (2-18%) και ακολουθούν τα *Ulmus/Zelkova, Juglans, Quercus pubescens, Ostrya, Salix, Alnus, Carya, Carpinus* (1-8%) και συνοδεύονται σε μικρότερα ποσοστά από τα είδη *Engelhardtia, Symplocos, Nyssa, Liquidambar, Pterocarya, Rhoiptelea, Eucommia, Acer, Corylus, Buxus, Betula, Araliaceae, Oleaceae, Cupuliferae*.

Οι γυρεόκοκκοι που προέρχονται από τα ποώδη φυτά εκπροσωπούνται από τα Amaranthaceae-Chenopodiaceae, Graminae, Ericaceae, Caryophyllaceae, Umbelliferae, Polygonaceae, Malvaceae, Dipsacaceae, αλλά και *Artemisia* και *Ephedra* με συχνότητα εμφάνισης 2-25%. Οι σπόροι των Πτεριδοφύτων αναγνωρίστηκαν στα περισσότερα δείγματα με τα Polyrodiaaceae, Osmunda-ceae, Lycorodiaceae.

Η μικροχλωρίδα, που περιέχεται στα ιζήματα της ζώνης αυτής, είναι πιο ποικιλόμορφη σε σχέση με τις δύο προηγούμενες και χαρακτηρίζεται από την παρουσία ειδών, που διαβιούν σε θερμό και ξηρό περιβάλλον.

ΕΠΟΧΕΣ	ΗΠΕΙΡΩΤΙΚΕΣ ΒΑΘΜΙΑΕΣ	ΒΙΟΖΩΝΕΣ (Mein, 1975)	Παλυνολογικά δεδομένα από περιττές της Ανατολικής Μεσογείου	ΑΛΜΥΡΟΣ
ΠΑΛΕΙΟ ΚΑΙΝΟ	ΕΚΑΡΤΟ	MNQ 20	ΜΕΓΑΛΟΧΩΛΗ ΔΡΑΜΑ	
ΠΑΛΕΟΚΑΙΝΟ	ΒΙΛΛΑ- ΦΡΑΓΚΙΟ	MNQ 19 MN 17 MN 16	ΑΚÇA	#53
	ΦΟΥΣΣΙΟ	MN 15 MN 14		
ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ ΑΝΩΤΕΡΟ	ΤΟΥΡΛΑΙΟ	MN 13	ΚΙΖΙΛΙΣΑΡ	#53
		MN 12		
	ΒΑΛΛΕΙΟ	MN 11	ΙΤΟΛΕΜΑΛΙΑ ?	
		MN 10		
		MN 9		
ΑΣΤΑΡΣΙΟ	MN 8	ΥΕΝΙ ΕΣΚΙΗΣΑΡ	ΣΕΡΡΕΣ	
	MN 7			

Σχήμα 3. Συσχέτιση των παλυνολογικών δεδομένων των ιζημάτων του Αλμυρού και περιοχών της Ανατολικής Μεσογείου (Hiltermann & Lüttig 1969, Benda 1971, van der Weed 1983, Ioakim 1985, Karistineos & Ioakim 1989, Benda & Meulenkaamp 1990, Broussoulis et al. 1990, Antoniadis & Rieber 1992).

Ακόμα στα δείγματα της γεώτρησης #53 αναγνωρίστηκαν είδη γυρεοκόκκων, που μπορούν να θεωρηθούν βιοστρωματογραφικοί δείκτες. Με βάση τη σχετική συχνότητα εμφάνισης αυτών των δεικτών τα ιζήματα χαρακτηρίζουν τις βαθμίδες του Μειοκαίνου (Benda 1971, Becker-Platten et al. 1977, Benda & Meulenkaamp 1990). Η αυξημένη παρουσία των γυρεοκόκκων *Quercus henrici/microhenrici* και *Tricolporopollenites microcoryphaeus/punctatus* χαρακτηρίζει το Κατώτερο Μειόκαινο, ενώ η χαμηλή συχνότητα και η σταδιακή εξαφάνιση των παραπάνω γυρεοκόκκων χαρακτηρίζουν το Μέσο ή Ανώτερο Μειόκαινο (Benda 1971, Benda & Meulenkaamp 1990).

Τα δεδομένα των παλυνολογικών προσδιορισμών της γεώτρησης #53 συσχετίστηκαν με βιβλιογραφικά δεδομένα παλυνολογικών αναλύσεων (Σχ. 3), που προέρχονται από διάφορες περιοχές

τόσο του Ελλαδικού, όσο και του ευρύτερου Μεσογειακού χώρου (Benda 1971, van der Weerd 1983, Ioakim 1985, Karistineos & Ioakim 1989, Benda & Meulenkamp 1990, Broussoulis et al. 1990). Η van der Weerd (1983) τοποθέτησε στρωματογραφικά το λιγνιτικό κοίτασμα της Πτολεμαΐδας στο Ανώτερο Μειόκαινο – Κατώτερο Πλειόκαινο, ενώ η Ioakim (1985) προσδιόρισε την ηλικία του στο Πλειόκαινο. Οι Karistineos & Ioakim (1989) και Broussoulis et al. (1990) κατέληξαν ότι το λιγνιτικό κοίτασμα Σερρών σχηματίστηκε κατά το Ανώτερο Μειόκαινο. Οι Kaouras et al. (1991) και Antoniadis & Rieber (1992) θεωρούν ότι το κοίτασμα Δράμας σχηματίστηκε κατά το Πλειστόκαινο. Στην ίδια ηλικία τοποθετούνται και οι λιγνίτες της Μεγαλόπολης (Hiltermann & Lüttig 1969).

Πίνακας 1: Ποσοστιαία κατανομή των maceral των δειγμάτων της γεώτρησης #53.

Δείγμα	242	243	245	247	248	249	250	251	252	253	254	256
Τεξιτινίτης Α	0,6	0,2	0,2	0,0	0,0	0,6	0,0	0,2	0,0	0,2	0,0	1,0
Τεξιτινίτης Β	0,2	0,2	0,2	0,0	0,0	0,4	0,0	0,6	0,0	0,2	0,0	0,0
Ευ-ουλμινίτης Α	8,0	13,2	10,2	11,6	9,2	9,0	7,4	11,6	12,2	12,2	7,0	13,6
Ευ-ουλμινίτης Β	9,8	13,4	12,4	13,8	8,0	12,6	8,4	9,0	13,4	10,8	11,4	8,0
Τεξτο-ουλμινίτης Α	1,4	2,0	1,6	0,2	0,4	0,8	0,2	0,2	0,4	1,0	1,4	1,8
Τεξτο-ουλμινίτης Β	4,0	3,0	2,4	3,8	0,6	1,2	1,8	1,0	2,2	3,0	1,0	1,8
Τελοχουμινίτης	24,0	32,0	27,0	29,2	18,2	24,6	17,8	22,6	28,2	27,4	20,8	26,2
Ατρινίτης	39,2	27,0	27,8	23,0	37,8	37,4	34,2	36,8	30,2	28,2	45,0	29,8
Ντενζινίτης	19,4	23,2	28,6	22,2	31,6	24,4	29,4	26,4	25,0	25,2	20,0	23,8
Δετροχουμινίτης	58,6	50,2	56,4	45,2	69,4	61,8	63,6	63,2	55,2	53,4	65,0	53,6
Ποριγελινίτης	1,0	0,6	1,4	1,8	0,8	1,0	0,8	0,2	0,8	0,4	0,2	1,4
Λεβιγελινίτης	3,6	3,0	3,0	4,0	2,8	1,2	3,8	3,4	3,6	2,4	2,2	4,6
Κορπογελινίτης	0,0	0,2	0,0	0,6	0,2	0,2	0,2	0,0	0,6	0,6	0,0	0,6
Γελοχουμινίτης	4,6	3,8	4,4	6,4	3,8	2,4	4,8	3,6	5,0	3,4	2,4	6,6
ΧΟΥΜΙΝΙΤΗΣ	87,2	86,0	87,8	80,8	91,4	88,8	86,2	89,4	88,4	84,2	88,2	86,4
Φουσινίτης	0,6	1,4	0,8	2,6	0,8	1,4	2,4	2,6	2,6	1,6	1,8	1,8
Ινερτοδετρινίτης	1,4	0,6	2,0	3,2	1,0	1,0	1,8	2,0	0,8	2,0	2,2	1,6
Ημιφουσινίτης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Φουγκινίτης	0,0	0,0	0,2	0,6	0,2	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2
ΙΝΕΡΤΙΝΙΤΗΣ	2,0	2,0	3,2	6,4	2,0	2,4	4,2	4,8	3,4	3,6	4,0	3,6
Σπορινίτης	0,8	2,0	0,6	1,8	2,0	1,6	2,0	1,2	1,4	1,8	0,8	1,2
Κουπινίτης	5,4	7,4	5,8	6,4	3,0	5,4	2,6	2,6	2,8	8,8	3,4	6,6
Ρητινίτης	0,8	1,4	1,2	1,0	1,2	1,0	1,8	0,2	1,0	2,2	2,2	1,8
Σουμπερινίτης	1,0	0,4	0,2	1,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,8	0,8	0,2	0,0
Αλγινίτης	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Λειπποδετρινίτης	2,8	0,8	1,2	2,8	0,4	0,6	3,2	1,8	2,2	1,4	1,2	1,4
ΛΕΙΠΤΙΝΙΤΗΣ	10,8	12,0	9,0	12,8	6,6	8,8	9,6	5,8	8,2	12,2	7,8	10,0
Αργιλικά ορυκτά	1,7	0,6	1,9	1,4	0,7	0,7	0,5	1,9	1,4	1,9	1,3	1,0
Ανθρακικά ορυκτά	0,6	2,3	2,2	1,2	9,0	2,0	9,3	0,8	0,2	1,6	6,4	0,8
Σιδηροπυρίτης	0,0	0,4	0,8	0,7	0,5	1,0	0,2	0,4	0,2	0,0	0,7	0,5
ΟΡΥΚΤΑ	2,3	3,3	4,9	3,3	10,2	3,7	10,0	3,1	1,8	3,5	8,4	2,3
ΤΡΙ	0,38	0,62	0,44	0,60	0,26	0,40	0,29	0,37	0,52	0,51	0,32	0,47
GI	1,12	1,99	1,90	1,97	1,35	1,24	1,35	1,22	1,73	1,73	0,88	1,62

Τέλος οι παλυνολογικές ζώνες που προσδιορίστηκαν στα ιζήματα της λεκάνης Αλμυρού παρουσιάζουν ομοιότητες με τη ζώνη Kizilhizar (Σχ. 3), που αναγνωρίστηκε στην Τουρκία (Benda 1971) και στρωματογραφικά τοποθετείται κυρίως στο Τουρώλιο (Ανώτερο Μειόκαινο).

4.2 Αποτελέσματα ανθρακοπετρογραφικών προσδιορισμών

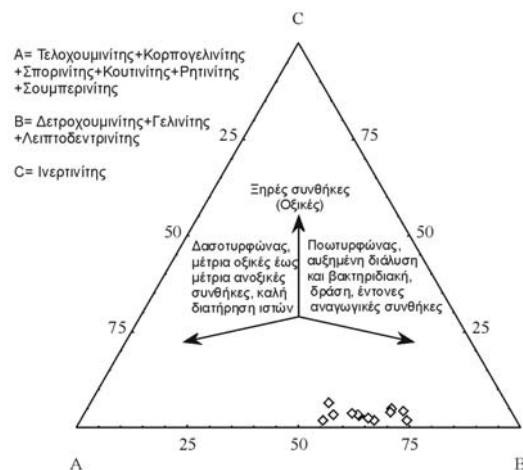
Τα αποτελέσματα των ανθρακοπετρογραφικών προσδιορισμών της γεώτρησης #53 παρατίθενται στον Πίνακα 1. Αναλυτικότερα, η ομάδα του Χουμινίτη συμμετέχει με ποσοστό, που κυμαίνεται από 81 έως 91%, με μέση τιμή 87%. Η υπο-ομάδα του Δετροχουμινίτη (45-69%) κυριαρχεί έναντι των άλλων υπο-ομάδων. Ο Ατρινίτης (23-45%) είναι ο κυριότερος εκπρόσωπος και ακολουθεί ο Ντενζινίτης. Τα maceral της υπο-ομάδας του Τελοχουμινίτη συμμετέχουν με μικρότερα ποσοστά ($\leq 14\%$) και ακολουθούν ο Ποριγελινίτης, ο Λεβιγελινίτης και ο Κορπογελινίτης.

Το ποσοστό συμμετοχής της ομάδας του Ινερνιτίτη δεν ξεπερνά το 6,5% με κύριους εκπροσώπους τον Φουσινίτη και τον Ινερτοδετρινίτη.

Η ομάδα του Λειπτινίτη συμμετέχει με ποσοστά από 6 έως 13% και μέση τιμή 10%. Ο Κουτινίτης (3-9%) και ο Λειπτοδετρινίτης ($\leq 3\%$) κυριαρχούν, ενώ ο Σπορινίτης, ο Σουμπερινίτης και ο Ρηινίτης ακολουθούν με μικρότερα ποσοστά. Τα ανόργανα συστατικά συμμετέχουν με ποσοστά, που κυμαίνονται από 2 έως 10% (μέση τιμή 5%).

Ακόμα στα δείγματα της γεώτρησης #53 το ποσοστό των ανθρακικών ορυκτών φθάνει μέχρι 9%. Ο σιδηροπυρίτης εμφανίζει χαμηλά ποσοστά ($\leq 1\%$), ενώ το ποσοστό των αργιλικών ορυκτών φθάνει μέχρι 2%.

Από τα ανθρακοπετρογραφικά δεδομένα μπορούν να αντληθούν χρήσιμες πληροφορίες τόσο για το παλαιοπεριβάλλον σχηματισμού των λιγνιτών, όσο και για τη βλάστηση της ευρύτερης περιοχής της παλαιολίμνης, τις κλιματικές συνθήκες, τη στάθμη του υδροφόρου, την ένταση της βακτηριδιακής δράσης, το pH, κ.ά. (Stach et al. 1982, Mukhopadhyay 1989, Teichmüller 1989, Calder et al. 1991, Kalkreuth et al. 1991, Diessel 1992, Markic & Sachsenhofer 1997, Taylor et al. 1998).



Σχήμα 4. Προβολή των τιμών A, B, C των δειγμάτων του λιγνίτη από τον Δυτικό τομέα, στο διάγραμμα Mukhopadhyay (1989).

Από το Σχήμα 4, προκύπτει, ότι η βλάστηση που επικρατούσε κατά την περίοδο της τυρφογένεσης στην περιοχή της γεώτρησης #53, ήταν κυρίως πόδες ή/και Αγγειόσπερμα δένδρα, στοιχείο το οποίο έρχεται σε συμφωνία με τα παλυνολογικά δεδομένα. Επιπλέον η χαμηλή περιεκτικότητα των δομημένων macerals δείχνει ότι η παρουσία της δενδρώδους βλάστησης ήταν αραιή και η διατήρηση των φυτικών ιστών κακή, ενώ η αυξημένη παρουσία Δετροχουμινιτών χαρακτηρίζει ένα περιβάλλον, στο οποίο κυριαρχούν αναγωγικές συνθήκες και ευνοείται η βακτηριδιακή δράση και η αποδόμηση του οργανικού υλικού. Η περιεκτικότητα του Ινερνιτίτη στα λιγνιτικά δείγματα της γεώτρησης #53 είναι χαμηλή ($< 5\%$), γεγονός που δείχνει ότι στον παλαιοτυρφώνα επικρατούσαν υγρές συνθήκες και η απόθεση του αρχικού φυτικού υλικού γινόταν κάτω από ανοξικές συνθήκες, που ευνοούσαν την τυρφοποίηση του οργανικού υλικού.

Παρόμοια συμπεράσματα εξαγονται και από το διάγραμμα φάσεων TPI/GI του Diessel (1992), με τη βοήθεια του οποίου προσδιορίζεται το παλαιοπεριβάλλον σχηματισμού του τυρφώνα (Σχ. 5). Οι δείκτες διατήρησης ιστών (TPI) και ζελατινοποίησης (GI), που χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία, έχουν τροποποιηθεί από τους Kalaitzidis et al. (2004).

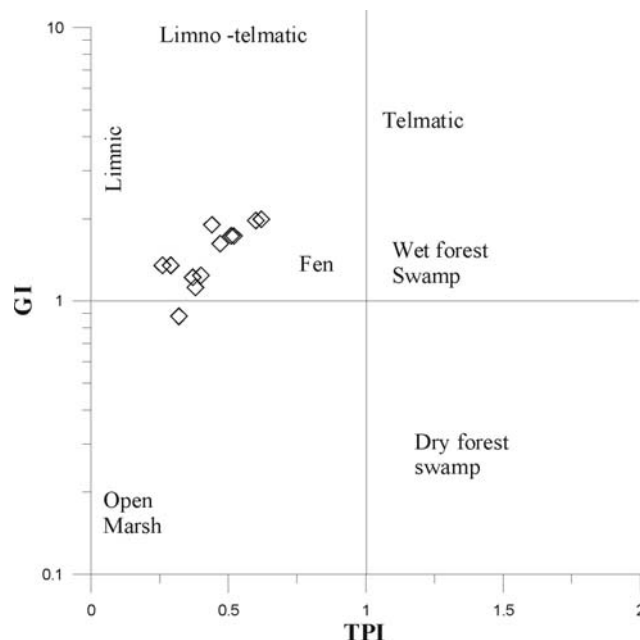
Ο δείκτης διατήρησης ιστών (TPI) ορίζεται ως ο λόγος των δομημένων macerals, τα οποία προέρχονται από κυτταρικούς ιστούς, προς τα αντίστοιχα μη δομημένα.

$$TPI = \frac{\text{Τελοχουμίτης} + \text{Κορπογελινίτης} + \text{Φουσινίτης}}{\text{Ατρινίτης} + \text{Ντενζινίτης} + \text{Γελινίτης} + \text{Ινερτοδετρινίτης}}$$

Ο δείκτης ζελατινοποίησης (GI) αποτελεί μέτρο της υγρασίας στον παλαιoturφώνα και ορίζεται ως ο λόγος των ζελατινοποιημένων macerals προς τα μη ζελατινοποιημένα.

$$GI = \frac{\text{Ουλμινίτης} + \text{Γελοχουμινίτης} + \text{Ντενζινίτης}}{\text{Τεξτινίτης} + \text{Ατρινίτης} + \text{Ινερτινίτης}}$$

Τα λιγνιτικά δείγματα της γεώτρησης #53 χαρακτηρίζονται από κακή διατήρηση των φυτικών ιστών, η οποία οφείλεται στην έντονη βακτηριακή δράση που έχει ως αποτέλεσμα την αποδόμηση της οργανικής ύλης. Αντίστοιχα οι υψηλές τιμές του δείκτη ζελατινοποίησης δείχνουν ότι η στάθμη του υδροφόρου ορίζοντα κάλυπτε συνεχώς την επιφάνεια του τυρφώνα και με αυτόν τον τρόπο διατηρούνταν οι επαρκώς υγρές, ανοξικές συνθήκες. Επιπλέον από το διάγραμμα TPI/GI (Σχ. 5) διαπιστώνεται ότι ο σχηματισμός της τύρφης πραγματοποιούνταν σε ένα λιμνοτελματικό περιβάλλον στο παράρθιο τμήμα μιας λίμνης.



Σχήμα 5. Προβολή των τιμών GI και TPI του λιγνίτη της γεώτρησης #53 στο διάγραμμα του Diessel (1992), τροποποιημένο.

5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Ο λιγνίτης σχηματίστηκε σε λιμνοτελματικό περιβάλλον, κάτω από σχετικά υγρές και θερμές κλιματικές συνθήκες. Η βλάστηση της ευρύτερης περιοχής αποτελείται από Αγγειόσπερμα φυτά με επικράτηση κυρίως των ποωδών έναντι των δέντρων και συνοδευόταν από Γυμνόσπερμα φυτά, που φύονταν σε περιοχές με μεγαλύτερο υψόμετρο.

Η αυξημένη παρουσία Δετροχουμινιτών χαρακτηρίζει περιβάλλον, στο οποίο κυριαρχούν αναγωγικές συνθήκες και ευνοείται η βακτηριδιακή δράση και η αποδόμηση του οργανικού υλικού.

Τέλος, η ηλικία σχηματισμού των λιγνιτικών στρωμάτων της γεώτρησης #53 τοποθετείται στο Ανώτερο Μειόκαινο – Κατώτερο Πλειόκαινο.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οι συγγραφείς θα ήθελαν να ευχαριστήσουν τους Ι. Μπρουσούλη και Π. Γιακκούπη[†], γεωλόγους του Ι.Γ.Μ.Ε. για τη διάθεση των δειγμάτων της γεώτρησης #53, και τον Κ. Χρηστάνη, Τμήμα Γεωλογίας Πανεπιστημίου Πατρών, για τα εποικοδομητικά του σχόλια κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Γαλανάκης Δ. 1997. Νεοτεκτονική δομή και στρωματογραφία των Νεογενών – Τεταρογενών ιζημάτων της λεκάνης του Αλμυρού - Παγασητικού, Πηλίου, Διαύλου Ωρέων - Τρικεριού και Μαλιακού. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 258 σ.
- Κατσικάτσος Γ., Μυλωνάκης Ι., Τριανταφύλλης, Μ., Παπαδέας Γ. & Ψώνης Κ. 1983. Γεωλογικός χάρτης, κλ. 1:50.000, τ.φ. «Βελεστίνο», Ι.Γ.Μ.Ε.
- Κατσικάτσος Γ., Μυλωνάκης Ι., Βιδάκης Μ., Hecht, J. & Παπαδέας Γ. 1986. Γεωλογικός χάρτης, κλ. 1:50.000, τ.φ. «Βόλος», Ι.Γ.Μ.Ε.
- Μαρίνος Γ., Αναστόπουλος Ι., Μαράτος Γ., Μελιδώνης Ν. & Ανδρονόπουλος, Β. 1957. Γεωλογικός χάρτης κλ. 1:50.000, τ.φ. «Ανάβρα», Ι.Γ.Μ.Ε.
- Μαρίνος Γ., Αναστόπουλος Ι., Μαράτος Γ., Μελιδώνης Ν. & Ανδρονόπουλος, Β. 1962. Γεωλογικός χάρτης, κλ. 1:50.000, τ.φ. «Αλμυρός». Ι.Γ.Μ.Ε.
- American Society for Testing And Materials (A.S.T.M.). 1990. D2797. Preparing coal samples for microscopical analysis by reflected light. In: Annual Book of ASTM Standards. Gaseous Fuels. Coals and Coke, Philadelphia, Part 26, 270-273.
- Antoniadis P. & Rieber E. 1992. Zur Genese und Stratigraphie der Braunkohle von Drama unter Berücksichtigung des Fossilinhalts. *Newsl. Stratigr.*, 27(1-2), 1-32.
- Becker-Platten J.D., Benda L. & Stefens P. 1977. Litho- und biostratigraphische Deutung radiometrischer Altersbestimmungen aus dem Jungtertiär der Türkei (Känozoikum und Braunkohlen der Türkei. 18). *Geol. Jb.* B25, 139-167.
- Benda L. 1971. Principles of the palynological subdivision of the Turkish Neogene. *Newsl. Stratigr.*, 1(3), 23-26.
- Benda L. & Meulenkamp J.E. 1990. Biostratigraphic correlations in the Eastern Mediterranean Neogene: 9. Sporomorph associations and event stratigraphy of the eastern Mediterranean. *Newsl. Stratigr.*, 23(1), 1-10.
- Berglund B.E. & Ralska-Jasiewiczowa M. 1986. Pollen analysis and Pollen diagrammes. In: *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*, Berglund, B.E. ed, Wiley & Sons, New York, 455-484.
- Bouzinos A., Ioakim Ch., Christanis K. & Yiaccoupis P.G. 2000. Pliocene sedimentary palaeoenvironments in the Almyros basin, Central Greece. In: *Proceedings Interim-Colloquium "Mediterranean Neogene Cyclostratigraphy in marine-continental palaeoenvironments"*, *Geol. Soc. of Greece, Spec. Publ.*, 9, 43-51.
- Broussoulis J., Ioakim Chr., Yiaccoupis, P. 1990. Reconstruction des palaeoenvironnement miocènes supérieures du Bassin de Serres (Macédoine, Grèce Septentrionale) à partir de la palynologie. *Paleobiologie continentale*, 17, 373-391.
- Calder J., Gibling M. & Mukhopadhyay P. 1991. Peat formation in a Westhalian B piedmont setting. *Cumberland Basin. Nova Scotia. Bull. Soc. Geol. France*, 162(2), 283-298.
- Caputo, R. 1990. Geological and structural study of the recent and active brittle deformation of the Neogene-Quaternary basins of Thessaly (Central Greece). Ph.D. Thesis. (unpubl.), University Thessaloniki, 252 p.
- Caputo R. 1995. Inference of a seismic gap from geologic data: Thessaly and surroundings (Central Greece) as a case study. *Ann. di Geofisica*, 38(1). 1-19.
- Caputo R. & Pavlides S. 1993. Late Cainozoic geodynamic of Thessaly and surroundings (central-northern Greece). *Tectonophysics*, 223, 339-362.
- Diessel C.F.K. 1992. *Coal-bearing depositional systems*. Springer Verlag. Berlin, 721p.
- Galanakis D. & Koutsouveli A. 2000. Neogene and Quaternary sediments of Almyros Basin (Thessaly, Greece). A stratigraphic approach. In: *Proceedings Interim-Colloquium "Mediterranean Neogene Cyclostratigraphy in marine-continental palaeoenvironments"*, *Geol. Soc. of Greece, Spec. Publ.*, 9: 43-51.
- Hiltermann H. & Lüttig G. 1969. Biofazies und Paläolimnologie der pliozänen und pleistozänen Seen vom Megalopolis Becken. *Mitt. Int. Ver. Limnol.*, 17, 306-314.
- International Committee for Coal Organic Petrology (I.C.C.P.). 1963. *International Handbook of Coal Petrography*, 2nd edition. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.
- International Committee for Coal Organic Petrology (I.C.C.P.). 1971. *International Handbook of Coal Petrography*, 1st supplement to 2nd edition. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.
- International Committee for Coal and Organic Petrology (I.C.C.P.). 2001. The new inertinite classification (ICCP System 1994). *Fuel*, 80, 459-471.

- Ioakim, C. 1985. Analyse palynologique des dépôts lacustres du Pliocène de Ptolemais (Grèce septentrionale). In: *Paléontol. Continent.*, Montpellier, 14(2): 315-322.
- Kalaitzidis S., Bouzinos A., Papazisimou S. & Christanis K. 2004. A short-term establishment of forest fen habitat during Pliocene lignite formation in the Ptolemais Basin, NW Macedonia Greece. *Int. J. Coal Geol.*, 57, 243-263.
- Kalkreuth W., Marchioni D., Calder, J. & Lamberson M. 1991. The relationship between coal petrography and depositional environments from selected coal basins in Canada. *Int. J. Coal Geol.*, 19, 21-76.
- Kaouras G., Antoniadis P., Blickwede H. & Riegel W. 1991. Petrographische und palynologische Untersuchungen an Braunkohlen im Becken von Drama, Ostmakedonien (Griechenland). *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 3, 145-162.
- Karistinos N. & Ioakim C. 1989. Palaeoenvironmental and palaeoclimatic evolution of the Serres basin (N. Greece) during the Miocene. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 70, 275-285.
- Markic M. & Sachsenhofer R. 1997. Petrographic composition and depositional environments of Pliocene Velenje lignite seam (Slovenia). *Int. J. Coal Geol.*, 33, 229-254.
- Mukhopadhyay M. 1989. Organic petrography and organic geochemistry of Tertiary coals from Texas in relation to depositional environment and hydrocarbon generation. Report of Investigations. Bureau of Economic Geol., Texas, 118p.
- Papazachos B.C., Panagiotopoulos R.G., Tsapanos M., Mountrakis D. & Dimopoulos G.Ch. 1983. A study of the 1980 summer seismic sequence in the Magnesia region of the central Greece. *Geophys. J. Reach. Soc.*, 75, 155-168.
- Reille M. 1992. Pollen et spores d' Europe et d' Afrique du Nord. Laboratoire de Botanique historique et Palynologie, Marseille, 520p
- Stach E., Mackowsky M., Teichmüller, M., Taylor G., Chandra, D. & Teichmüller R. 1982. *Stach's Textbook of coal petrology*. Gebrüder Borntraeger, Berlin, 535p.
- Sykorová I., Pickel W., Christanis K., Wolf M., Taylor G.H. & Flores D. Classification of Huminite – I.C.C.P. System 1994. *Int. J. Coal Geol.* (*in press*).
- Taylor G.H., Teichmüller M., Davis A., Diessel C.F.K., Littke R. & Robert P. 1998. *Organic Petrology*. Gebrüder Borntraeger, Berlin-Stuttgart, 704 p.
- Teichmüller M. 1989. The genesis of coal from the viewpoint of coal petrology. In: *Peat and coal: origin, facies and depositional model*, Lyons, P. and Alpern, B. eds, *Int. J. Coal Geol.*, 12, 1-87.
- van der Weerd A. 1983. Palynology of some Upper Miocene and Pliocene formations in Greece. *Geol. Jb.*, B 48, 3-63.

ABSTRACT

THE DEPOSITIONAL PALAEOENVIRONMENT OF LIGNITE OF BOREHOLE #53 IN THE NEOGENE ALMYROS BASIN, CENTRAL GREECE

Bouzinos A.¹ and Ioakim Chr.²

¹ *Section of Earth Materials, Department of Geology, University of Patras, GR-26500 Rio-Patras, a.mpouzinis@upatras.gr*

² *I.G.M.E., Mesogion Str. 70, GR-11527 Athens, ioakim@igme.gr*

The aim of the present study is to reconstruct the depositional palaeoenvironment of the Almyros lignite seam cored at site #53, in Almyros Basin, Central Greece. Based on palynological and coal-petrographic data we obtained information concerning the coal-depositional environment, as well as the palaeoclimatic conditions in the surrounding area.

At the above site, a peatland was developed in Upper Miocene – Lower Pliocene under limnetic conditions. The climate was relatively wet and warm. Angiosperm herbaceous vegetation dominated in the fen, while Gymnosperms were sparse. The high content of detrohuminite suggests that peat was formed under reducing conditions, which favoured bacterial activity and humification of the organic matter.