

Πρακτικά		3ου Συνεδρίου		Μάϊος 1986	
Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ. XX/2	σελ. 343-361	Αθήνα 1988		
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.	pag.	Athens		

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΓΕΝΕΣΗΣ ΤΩΝ
ΦΩΣΦΟΡΟΥΧΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΤΗΣ ΙΟΝΙΟΥ ΖΩΝΗΣ
(Πρόδρομη Ανακοίνωση)**

**Α. ΠΙΤΣΙΚΑΣ*, Φ. ΠΟΜΩΝΗ-ΠΑΠΑΓΩΑΝΝΟΥ*, Β. ΣΚΟΥΡΤΣΗ -
ΚΟΡΩΝΑΙΟΥ***

ΣΥΝΟΨΗ

Εξετάζονται οι φωσφορούχοι σχηματισμοί της Ιονίου ζώνης καθώς και οι υπερκείμενοι και υποκείμενοι ορίζοντες. Μικροφασική ανάλυση, ορυκτολογική και παλαιοντολογική μελέτη, καθώς και στατιστική επεξεργασία των δεδομένων συγκλίνουν στην άποψη ότι οι φωσφορικοί σχηματισμοί είναι συνιζηματογενείς στρωματόμορφες συγκεντρώσεις, συγκλινικού τύπου με κύριο ορυκτό τον φρανκολίτη. Η απόθεσή του έγινε κυρίως στο διάστημα μέσο Κονιάσιο-μέσο Σαντόνιο (σε περιβάλλον εξωτερικής υφαλοκρηπίδας πιθανόν σε περισσότερες της μιας υπολεκάνες).

ABSTRACT

The phosphatic formations of the Ionian Zone and the underlying and overlying horizons are examined. Microfacies analysis, mineralogical and paleontological study as well as statistical elaboration of the data indicate that the phosphates are syndimentary, bedded concentrations, of geosynclinal type with francolite as the main mineral. Their deposition took place mainly during the middle Coniacian-middle Santonian in a deep shelf environment, probably in more than one subbasins.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παρούσα μελέτη αναφέρεται στις συνθήκες γένεσης των φωσφορούχων σχηματισμών της Ηπείρου και γενικότερα της Ιονίου Ζώνης που για πρώτη φορά εντοπίστηκαν το 1976 από το Ι.Γ.Μ.Ε. Παράρτημα Πρέβεζας.

* ΙΓΜΕ, Μεσογείων 70, Αθήνα

Σκοπός της μελέτης, η οποία ουσιαστικά άρχισε στα τέλη του 1984, είναι ο καθορισμός του μοντέλου ιζηματογένεσης των φωσφορούχων αυτών σχηματισμών όπου πέρα από το καθαρά επιστημονικό ενδιαφέρον, αποτελεί μέρος της προσπάθειας που καταβάλλει το Ι.Γ.Μ.Ε. για συνεχή ενημέρωση στις ερευνητικές, τεχνολογικές και οικονομικές εξελίξεις που αφορούν τους φωσφορίτες. Κύριο στόχο αποτελεί η εξακρίβωση και ο εντοπισμός τομέων ή περιοχών, όπου οι συνθήκες ιζηματογένεσης επέτρεψαν τον σχηματισμό πλουσιώτερον (κατά μέσον όρον και αδροκοκκοτέρου φωσφορικού ιζήματος).

Έτσι, για το σκοπό αυτό έγινε λεπτομερής δειγματοληψία σε 19 επιλεγμένες στρωματογραφικές τομές από τα Ελληνο-αλβανικά σύνορα μέχρι το σωριό Στανος της Αιτωλ/νίας εκ των οποίων 16 μεταλλοφόρες και 3 στείρες.

Αναλυτικότερα έγιναν 15 στην Κεντρική Ιόνιο υποζώνη, 2 στην Εσωτερική και 2 στην Εξωτερική.

Η εργασία αυτή αποτελεί συνέχεια των ερευνών των γεωλόγων του Ι.Γ.Μ.Ε. Παραρτήματος Πρέβεζας για τον εντοπισμό φωσφορούχων σχηματισμών που όπως είπαμε άρχισαν το 1976.

ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΗΣ ΙΟΝΙΟΥ ΖΩΝΗΣ

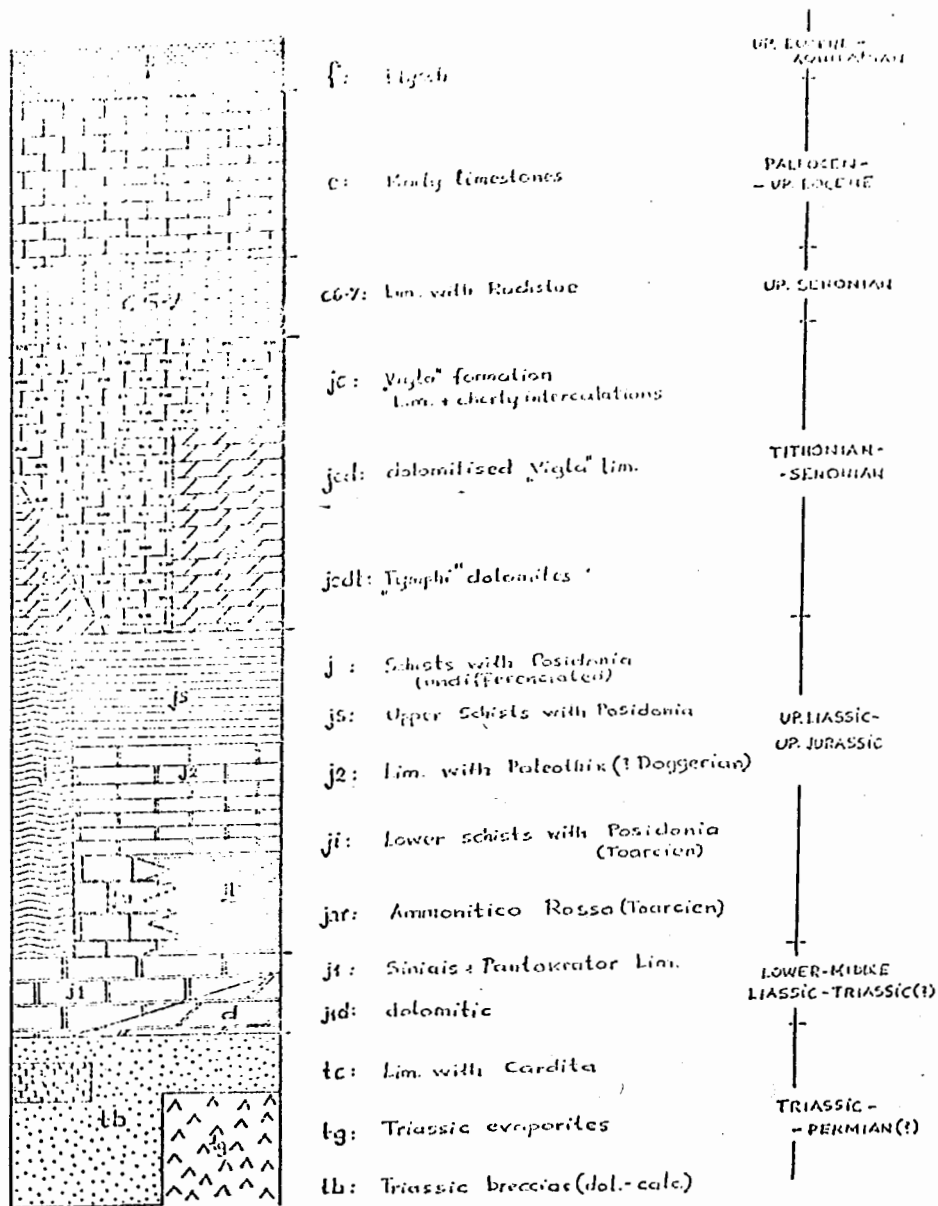
Η Ιόνιος ζώνη χαρακτηρίζεται από την παρουσία ιζημάτων νηριτικής, ημιπελαγικής και πελαγικής φάσης. Η λιθοστρωματογραφική διάδοχή της δίνεται με το σχήμα της επόμενης σελίδας.

ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Οι τομές που εξετάστηκαν περιλαμβάνουν τα ανώτερα στρώματα του σχηματισμού της "Βίγλας", τον φωσφορικό ορίζοντα, τη Μεταβατική Ζώνη και τα κατώτερα στρώματα του Ανωτέρου Σενωνίου. (Σχ.1,2,3).

Ασβεστόλιθοι Βίγλας : Πρόκειται για ασβεστόλιθους λεπτοπλακώδεις, υπολιθογραφικούς, ελαφρώς μαργαϊκούς, λευκόφαιου ή λευκοκίτρινου χρώματος.

Οι ασβεστολιθικές στρώσεις, πάχους μέχρι 30 εκ. εναλλάσσονται με κερατολιθικές πάχους μέχρι 20 εκ. χρώματος υπόλευκου και πολλές φορές μαύρου ή ερυθρωπού, ενώ μεταξύ των στρώσεων συχνά παρεμβάλλονται λεπτές αργιλικές διαστρώσεις πράσινου χρώματος.



Lithostratigraphic sequence of the Ionian Z. (cf. I.F.P. 1966)
 Λιθοστρωματογραφική σειρά της Ιονίας (I.F.P. 1966)

Η μικροφασική ανάλυση έδειξε ότι πρόκειται για πελαγικούς ασβεστόλιθους κυρίως **βιομικρίτες** (wackestones, packstones) με πλαγκτονικά τρηματοφόρα και Ακτινόζωα. Η μικριτική κύρια μάζα σε μερικές περιπτώσεις χαρακτηρίζεται από την παρουσία ναννοσπολιθωμάτων (nannomicrites). Οι παραπάνω ασβεστόλιθοι έχουν στρωσιγενή χαρακτήρα ο οποίος, κατά θέσεις, έχει διαταραχθεί λόγω διαγενετικών φαινομένων. Παρατηρήθηκαν επίσης επεισόδια μεταφοράς ιζημάτων από νηρειτικό περιβάλλον που οφείλεται πιθανώς στη δράση τουρβιδιτικών ρευμάτων.

Οι κερατόλιθοι χαρακτηρίζονται συνήθως από την παρουσία πυριτικών οργανισμών σε κυμαινόμενο ποσοστό (ακτινόζωα-διάτομα-βελόνες-πυριτοσπόγγων) γεγονός που συνηγορεί για τη βιογενή προέλευσή τους (χωρίς βέβαια να αποκλείεται και το ενδεχόμενο χημικών ιζηματογενών διεργασιών).

Τέλος, πιστεύεται ότι τα πετρώματα του σχηματισμού της Βίγλας αποτέθηκαν σε βάθη μικρότερα από το επίπεδο **λυσοκλινούς** του ασβεστίτη στο περιθώριο βαθειάς υφαλοκρηπίδας (Wilson, 1975).

Φωσφορούχος Ορίζοντας : Στρωματογραφικά υπέρκειται των ασβεστολίθων της Βίγλας και αρχίζει πάντα μετά την τελευταία αργιλική διάστρωση. Χαρακτηρίζεται από μία λεπτοστρωσιγενή υφή με εναλλαγές φωσφορούχου ασβεστόλιθου, κερατόλιθου και στείρου ασβεστόλιθου. Το φωσφορικό υλικό εμφανίζεται συνήθως σε μορφή παραλλήλων λεπτών ταινιών μπέζ, ερυθρωπού ή γκριζόμαυρου χρώματος οι οποίες εναλλάσσονται με άλλες λευκές στείρες.

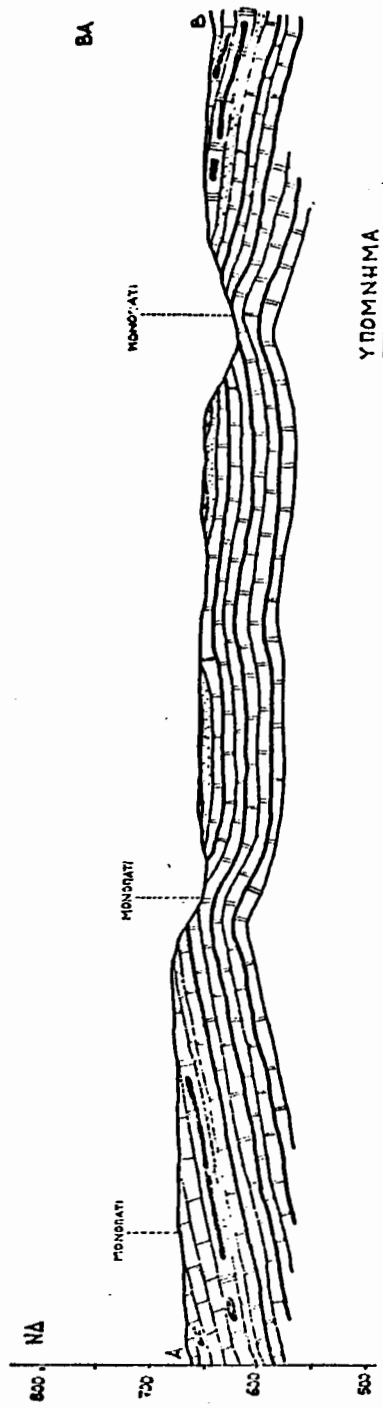
Συνήθως το πάχος του φωσφορικού ορίζοντα κυμαίνεται από 7-8μ. και η μέση περιεκτικότητά του σε P_2O_5 κυμαίνεται από 10-12% εκτός βέβαια ορισμένων, τοπικού χαρακτήρα, διαφοροποιήσεων όπου τόσο το πάχος όσο και η περιεκτικότητα μεταβάλλονται αισθητά. Διαπιστώθηκε επίσης ότι το πλουσιότερο φωσφορικό υλικό βρίσκεται στα κατώτερα 2-3 μέτρα του Φ.Ο. ενώ προς τα ανώτερα στρώματα η περιεκτικότητα σε P_2O_5 μειώνεται σημαντικά.

Εκτός από τον συμπαγή φωσφορικό ορίζοντα υπάρχει και ο λεγόμενος "**αποσαθρωμένος**". Στην ουσία πρόκειται για τον ίδιο πρωτογενή φωσφορικό ορίζοντα ο οποίος λόγω της *in situ* αποσάθρωσης έχει υποστεί έναν δευτερογενή εμπλουτισμό με αποτέλεσμα η μέση περιεκτικότητα σε P_2O_5 να αυξάνεται σημαντικά.





ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ Α-Β

ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΟΣΜΗΡΑΣ

ΚΛΙΜΑΚΑ 1:5.000
(Από Χάρτη 1:20.000)



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

-  Ασβ. Αυστ. Σελώνιου, με κερατοειδικούς κούδλους.
-  Μεταβεβατινή Σώνη, με κερατοειδικούς κ' κερατοειδικούς στρώσεις.
-  Φωσφορικός οπίσθηρας.
-  Σχηματισμοί Βίγλας (Αρκατοειδικές κ' κερατοειδικές ενσπαιστές)

Σχ. 1

Η μικροφασική ανάλυση έδειξε ότι στη βάση αλλά και σε διάφορες θέσεις του φωσφορούχου σχηματισμού, υπάρχουν παράλληλα διευθετημένα οργανικά θραύσματα από ανισότροπο **απατίτη**, είτε μεμονωμένα είτε σε συγκέντρωση.

Οι φωσφορικές λεπτοστρώσεις αποτελούνται σε ορισμένες τομές από **μικριτικό** φωσφορικό υλικό (Φωτ.1). Σε άλλες σχηματίζονται από στενά συνδεδεμένα σφαιροειδή έως ελλειψοειδή πελοειδή. Τα σωματίδια αυτά αποτελούνται από σχεδόν ισότροπο κρυπτο-μικρο-κρυσταλλικό φωσφορικό υλικό που συχνά επικαλύπτεται από οργανική ύλη. Σε ορισμένες δε θέσεις περιβάλλονται από λεπτούς ανισότροπους μικρο-κρυστάλλους φρανκολίτη ακτινωτά διατεταγμένων που πιθανόν αντιπροσωπεύουν το αποτέλεσμα απ'ευθείας χημικής καθίζησης. Στις θέσεις αυτές τα ενδιάμεσα διάκενα έχουν πληρωθεί από αδρο-κρυσταλλικό ασβεστολιθικό τσιμέντο (Φωτ. 2).

Παρατηρήθηκαν ακόμη φωσφορικά ωειδή αποτελούμενα από φωσφορικής σύστασης πυρήνα και συχνά ικανό αριθμό συγκεντρωτικών "**φωσφορικών επιφλοιώσεων**". Στην ίδια κατηγορία ανήκουν σωματίδια αποτελούμενα από μικρού πάχους συγκεντρικές φωσφορικές επιφλοιώσεις που περιβάλλουν πλαγκτονικούς οργανισμούς μερικά ή ολικά φωσφοριτωμένους που χαρακτηρίστηκαν "**επιφλοιωμένοι κόκκοι**". Χαρακτηριστική είναι επίσης η παρουσία συνθέτων σωματιδίων ή κόκκων που και αυτοί περιβάλλονται από **φωσφορικές επιφλοιώσεις** (Φωτ. 3).

Ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα είναι η παρουσία φωσφορικών **ενδοκλαστών** μεγέθους 2-10 mm συχνά διευθετημένων παράλληλα προς τη στρώση των ιζημάτων, που πιθανότατα έχουν υποστεί μεταφορά μικρής κλίμακας, ενώ παρατηρήθηκαν επίσης φαινόμενα δευτερογενούς επεξεργασίας αυτών.

Οι φωσφορικές λεπτοστρώσεις ορισμένες φορές παρουσιάζονται έντονα διαταραγμένες έως ρωγματομένες, πιθανώς λόγω επίδρασης θαλασσίων ρευμάτων. Κατά τόπους μέσα στις ρωγμές παρατηρείται εισχώρηση ανθρακικής ιλύος από το αμέσως επόμενο αποτιθέμενο ίζημα.

Κατά τόπους παρατηρήθηκαν πυριτικοί φωσφορίτες που παρουσιάζουν εναλλαγές ενστρώσεων. Πιστεύεται ότι αυτοί προέκυψαν από την πυριτίωση προϋπαρχόντων φωσφοριτωμένων ασβεστολίθων χωρίς να αποκλείεται και ο ταυτόχρονος σχηματισμός φωσφορικού και πυριτικού υλικού (Bentor 1980).



Φωτ.1.: Λεπτή ταινία μικριτικού φωσφορίτη ανοικτού χρώματος σε εναλλαγή με λεπτές στρώσεις απολιθιματοφόρου μικριτικού ασβεστολίθου.
Τομή Κρύφοβου // Nicols, X30

Fig.1.: Thin lamina of micritic phosphorite (light color) in intercalation with thin laminated fossiliferous micritic limestone.
Kryfovo section Nicols, X30



Φωτ.2: Φωσφορικά πελοειδή (σκούρο χρώμα) με λεπτό περίβλημα (ανοικτό χρώμα) μικροκρυστάλλων φρανκολίτη, ακτινωτά διατεταγμένων. Στα ενδιάμεσα διάκενα αδροκρυσταλλικός ασβεστίτης // Nicols, X220. Περιοχή Κοσμηρά.

Fig.2: Phosphoropeloids (dark) surrounded by radiated fine-crystalline francolite (light). In the interspaces, coarse crystalline calcite Kosmera // Nicols, X220



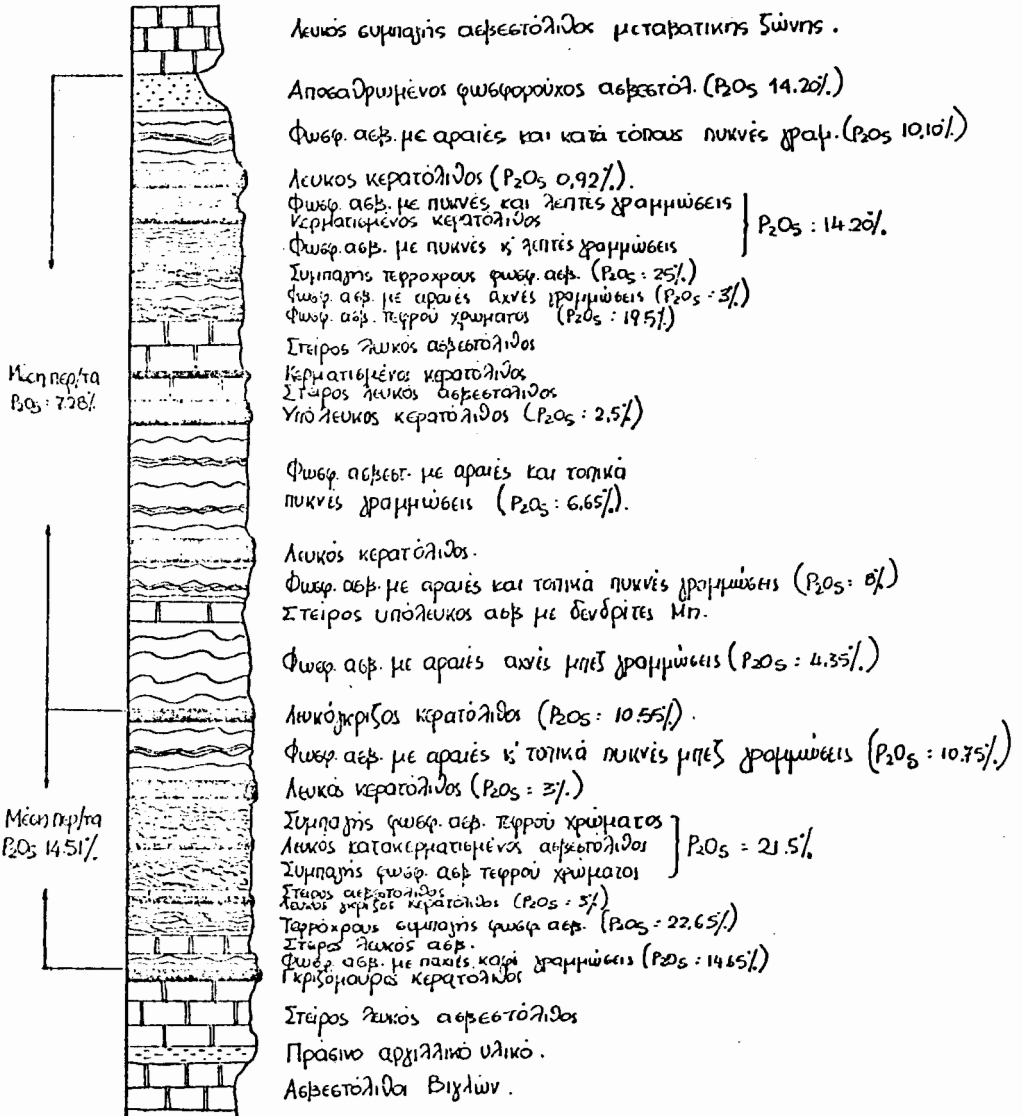
Φωτ.3: Σύνθετος κόκκος αποτελούμενος από φωσφορικά πελοειδή, ακτινόζωα μερικώς ή ολικώς φωσφοριτωμένα. Περιοχή Κοσμηρά // Nicols, X75

Fig.3: Compound grain consists of phospho-peloids and radiolaria with partial or complete phosphotization. Kosmera section // Nicols, X75

ΛΙΘΟΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ

ΤΟΥ ΦΩΣΦΟΡΟΥΧΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ ΣΤΗΝ ΤΡΑΝΣΙΕΡΑ ΚΟ-ΘΑ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΚΟΙΣΜΗΡΑΣ

ΚΛΙΜΑΚΑ 4:50



Σχ. 3

Οι κερατολιθικές ενστρώσεις έχουν τα ίδια γενικά χαρακτηριστικά με αυτές της Βιγλας.

Μεταβατική Ζώνη : Πάνω από το φωσφορούχο σχηματισμό αρχίζει η μεταβατική ζώνη. Πρόκειται για πλακώδεις λευκούς ή λευκοκίτρινους υπολιθογραφικούς ασβεστόλιθους με παρεμβολές σε περιορισμένη όμως κλίμακα, κερατολιθικού υλικού τόσο σε μορφή κανονικών στρώσεων όσο και σε μορφή κονδύλων και φακών.

Γενικότερα η Μ.Ζ. αποτελείται από μικριτικούς ασβεστόλιθους που περιέχουν μικροπανίδα άλλοτε παρόμοια με αυτή του φωσφορικού σχηματισμού, δηλαδή πλαγκτονική και άλλοτε μεικτή. Σε ορισμένες τομές παρατηρείται μεγάλη ομοιότητα μεταξύ των ασβεστολίθων της Μ.Ζ. και των στείρων ασβεστολίθων του φωσφορικού θρίζοντα.

Σχηματισμός Α.Σενωνίου: Μετά τη Μ.Ζ. ακολουθεί ο σχηματισμός του Α. Σενωνίου (με εμφανή θραύσματα ρουδιστών) όπου το κερατολιθικό υλικό εμφανίζεται μόνον υπό μορφή κονδύλων ή φακών.

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΓΕΝΕΣΗΣ-ΔΙΑΓΕΝΕΣΗΣ ΤΟΥ ΦΩΣΦΟΡΙΚΟΥ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ

Η μελέτη ορισμένου αριθμού στρωματογραφικών τομών του φωσφορούχου σχηματισμού επιτρέπει την εξαγωγή πρόδρομων συμπερασμάτων.

Όσον αφορά την προέλευση ορισμένων φωσφορικής σύστασης αλλοχημικών συστατικών (π.χ. πελοειδών), πιστεύουμε ότι οφείλεται στην διαγενετική φωσφοριτίωση προϋπαρχόντων αλλοχημικών συστατικών ασβεστολίθων-κύρια πλαγκτονικών απολιθωμάτων-από πλούσια σε Ρ διαλύματα που κυκλοφόρησαν στο εσωτερικό των ιζημάτων. Δεν αποκλείουμε τον ίδιο μηχανισμό γένεσης και για τις λεπτοστρώσεις μικροφωσφορικού υλικού που παρατηρούνται στους ταινιωτούς ασβεστόλιθους.

Η διεργασία της αντικατάστασης ανθρακικού ασβεστίου από φωσφορικό ασβέστιο έχει αποδειχθεί εργαστηριακά και έχει καθορισθεί ότι γι' αυτό απαιτείται ελάχιστη συγκέντρωση PO_4^{3-} της τάξης του 0,1 ppm PO_4^{3-} , προκύπτει ότι δεν απαιτείται παρά μία ελάχιστη αύξηση για να επιτευχθεί η απαραίτητη συγκέντρωση και να αρχίσει η φωσφοριτίωση (Birch 1980). Στον εμπλουτισμό των διαλυμάτων σε Ρ συμβάλλει και ο Ρ που απελευθερώνεται από την σήψη του πρωτοπλάσματος των θαλασσίων οργανισμών. Όπως είναι γνωστό δε η γένεση των φωσφοριτών συνδέεται άμεσα με την επίδραση πλούσιων σε θρεπτικά συστατικά ανοδικών

ρευμάτων θαλασσίου ύδατος και την οφειλόμενη σ' αυτά υψηλή βιολογική παραγωγικότητα.

Απ' ευθείας καθίζηση φωσφορικού υλικού παρατηρήθηκε σε ορισμένες περιπτώσεις με τη μορφή τσιμέντου (φρανκολίτης).

Η ρυθμική εναλλαγή των διαφόρων φάσεων που παρατηρούνται στον φωσφορούχο σχηματισμό σε μακροσκοπική κλίμακα αποτελεί απόδειξη των φυσικοχημικών εναλλαγών του περιβάλλοντος σε ευρύτερη (επίκλυση-απόσυρση) και τοπική (Ph, Eh) κλίμακα. Η αιτία των διαδοχικών αυτών μεταβολών του θαλασσίου επιπέδου πιθανόν συνδέεται με τις γενικότερες ευστατικές κινήσεις του γήινου φλοιού κατά το χρονικό εκείνο διάστημα. Το γεγονός μάλιστα ότι το φαινόμενο της γένεσης φωσφοριτών κατά το διάστημα του Κρητιδικού (ιδιαίτερα στο Αν. Κρητιδικό) είναι γενικότερο στην περιοχή της Τηθύος ενισχύει τον συλλογισμό αυτό.

Μετά την δημιουργία του φωσφορικού υλικού σε ωρισμένες θέσεις ακολούθησε διεργασία εμπλουτισμού οφειλόμενη σε μεταφορά φωσφορικών σωματιδίων από το περιβάλλον γένεσής των σε άλλες περιοχές-παγίδες, της ίδιας λεκάνης ιζηματογένεσης συνοδευόμενη με ταυτόχρονη έκπλυση της ανθρακικής ιλύος.

Συνοψίζοντας αναφέρουμε επιγραμματικά τα βασικότερα στάδια που πιστεύουμε ότι θεωρούνται υπεύθυνα για την γένεση του φωσφορούχου σχηματισμού στην περιοχή της Ηπείρου και τα οποία προσεγγίζουν το ευρέως αποδεκτό "βιο-διαγενετικό" μοντέλο φωσφοριτίωσης (Baturin, 1982).

1. Εμπλουτισμός των θαλασσίων υδάτων σε P, οφειλόμενος στην ύπαρξη ανοδικών ρευμάτων με συνακόλουθη αύξηση στη βιολογική παραγωγή.
2. Δημιουργία ανοδικών συνθηκών από τη σήψη της οργανικής ύλης και εμπλουτισμός των ενδιάμεσων διαλυμάτων σε P.
3. Φωσφοριτίωση των πελαγικών ιζημάτων από τα εμπλουτισμένα σε P διαλύματα και σε μερικές περιπτώσεις απ' ευθείας καθίζηση απατίτη από τα διαλύματα αυτά.
4. Επανεπεξεργασία των ιζημάτων σε ωρισμένες θέσεις.

ΜΙΚΡΟΠΑΛΑΙΟΝΤΟΛΟΓΙΚΑ ΔΤΟΙΧΕΙΑ

Για τον προσδιορισμό των απολιθωμάτων χρησιμοποιήθηκε κυρίως η πρόσφατη βιβλιογραφία και οι σύγχρονες απόψεις σχετικά με την ονοματολογία και τη συστηματική κατάταξη των πλαγκτονικών τρηματοφόρων (F.Robaszynski et al. 1984).

Προσδιορίστηκαν συνολικά 22 είδη, 26 γένη και 3 οικογένειες in situ μικροαπολιθωμάτων .

Τρηματοφόρα

Ataxophragmidae

Dicarinella concavata (BRONTZEN)

Dicarinella primitiva (D'ORBIGNY)

Globotruncana angusticarinata GANDOLFI

Globotruncana bulloides VIGLER

Globotruncana linneiana (D'ORBIGNY)

Hedbergella sp.

Heterohelix sp.

Lugena sp.

Lenticulina sp.

Marginotruncana coronata (BOLLI)

Marginotruncana renzi (GANDOLFI)

Marginotruncana schneegansi (SIGAL)

Marginotruncana sigali (REICHEL)

Miliolidae

Minouxia lobata GENDROT

Nummofalotia apula LUPERTO-SINNI

Orbitoides sp.

Planomalina buxtorfi (GANDOLFI)

Rosita fornicata (PLUMMER)

Rotaliidae

Rotalipora ticinensis (GANDOLFI)

Rugoglobigerina sp.

Siderolites calcitrapoides LMK

Ticinella roberti (GANDOLFI)

Ακτινόζωα

Carposphaera sp.

Dictyastrum sp.
Dictyomitra sp.
Lithocampe pumila hinde
Podocyrtis sp.
Rhopalastrum sp.
Spongurus sp.

Φύκη :

Thaumtoporella parvovesiculifera (RAINERI)

Incertae sedis :

"Filaments"

Pithonella ovalis (KAUFFMANN)

Pithonella sphaerica (KAUFFMANN)

Stomiosphaera molucana WANNER

Stomiosphaera sphaerica (KAUFFMANN)

Μακροαπολιθώματα :

Θραύσματα εχινοδέρμων και ρουδιστών

Προσδιορίστηκαν ακόμα πολλά απολιθώματα εκμεταφοράς και επαναποθέσεως.

ΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Με βάση τα απολιθώματα που προσδιορίστηκαν και τον τρόπο με τον οποίο αυτά συνυπάρχουν στα δείγματα των διαφόρων τομών, καταλήξαμε στα παρακάτω συμπεράσματα :

Η ηλικία των στρωμάτων της Βίγλας, τα οποία υπόκεινται του φωσφορικού οριζοντα, δεν ξεπερνά το κατώτερο Κονιάσιο. Προσδιορίστηκε επίσης, μέσα στα στρώματα της Βίγλας οριζοντας με *Ticinella roberti* και *Planomalina buxtorfi* ηλικίας Αλβλου-κατωτέρου Κενομανίου.

Σε στείρες τομές η απόθεση των σχηματισμών της Βίγλας συνεχίζεται μέχρι την έναρξη απόθεσης των κλαστικών οριζόντων δηλαδή μέχρι το μέσο Σαντόνιο.

Η έναρξη της απόθεσης του κύριου όγκου του φωσφορικού υλικού έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια του Κονιασίου και όχι νωρίτερα από το μέσο Κονιάσιο, όπως υποδηλώνει η παρουσία της *Globotruncana linneiana*

ή /και της *Dicarinella concavata*, σε δείγματα που προέρχονται από τα κατώτερα στρώματα του φωσφορικού ορίζοντα.

Η απόθεση του φωσφορικού υλικού συνεχίστηκε σε όλη τη διάρκεια του Κονιασίου και σε ορισμένες τομές δεν ξεπέρασε το κατώτερο Σαντόνιο, όπως φαίνεται από την συνύπαρξη *Rosita fornicata Marginotruncana sigali* ενώ σε άλλες μπορεί να ανεβαίνει μέχρι το μέσο Σαντόνιο, όπως δείχνει η συνύπαρξη *Marginotruncana coronata* και *Dicarinella concavata*.

Ο μεταβατικός ορίζοντας αποτέθηκε κατά τη διάρκεια του μέσου Σαντονίου.

Η απόθεση των κλαστικών ανθρακικών σχηματισμών του ανωτέρου Σενωνίου άρχισε στο διάστημα ανωτέρου Σαντονίου-Καμπανίου.

Γενικά, από τα μέχρι τώρα στοιχεία, αποδίδουμε τις παρακάτω ηλικίες στις λιθολογικές μονάδες που εξετάστηκαν :

- Σχηματισμός Βίγλας ; ανώτερο Ιουρασικό-κατώτερο Κονιάσιο.
- Φωσφορικός σχηματισμός : μέσο Κονιάσιο-κατώτερο ή μέσο Σαντόνιο.
- Μεταβατικός ορίζοντας : μέσο Σαντόνιο.
- Ανθρακικός σχηματισμός : ανώτερο Σαντόνιο και άνω.

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Για την Ορυκτολογική μελέτη των φωσφοριτών χρησιμοποιήθηκαν οι παρακάτω μέθοδοι :

1. Περιθλασιμετρία ακτίνων X
2. Θερμοανάλυση
3. Μικροανάλυση
4. Φασματομετρία ακτίνων X

Η Ορυκτολογική μελέτη έγινε σε 50 περίπου δείγματα, πλούσια σε P_2O_5 . Με το φασματόμετρο ακτίνων X αναλύθηκαν συνολικά = 200 δείγματα σχετικά πλούσια σε P_2O_5 , για τα παρακάτω στοιχεία : Ti, V, Sr, U, Th, Rb, Y, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Fe, Mn, Cr, Ba, S, Το P_2O_5 προσδιορίστηκε με Α.Α. στο Παράρτημα Πρέβεζας.

Η μικροανάλυση έγινε σε 30 περίπου δείγματα τόσο στο φωσφορικό υλικό όσο και στο ανθρακικό. Αναλύθηκαν τα παρακάτω στοιχεία:

P, Ca, Mg, Na, S, F, K.

Από τις αναλύσεις αυτές προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα. Το κύριο φωσφορικό ορυκτό είναι ο Φρανκολίτης (CO_3 Απατίτης). Παρουσιάζεται είτε σε ζώνες που εναλλάσσονται με ασβεστιτικό υλικό είτε σε ζωνώδη ανάπτυξη γύρω από ωλίθους. Το μέγεθος των ωλίθων κυμαίνεται από 50-300μ. Ο πυρήνας των ωλίθων αποτελείται, όπως αποδείχτηκε από μικροαναλύσεις, από κρυπτοκρυσταλλικό Φρανκολίτη, με μέγεθος κόκκων μικρότερο του ενός μικρού. Το μέγεθος των κρυστάλλων του Φρανκολίτη κυμαίνεται 5-40μ. Παρουσιάζει ζωνώδη ανάπτυξη με χαμηλή διαλοθλαστικότητα, αρνητική επιμήκυνση και δείκτη διαθλάσεως $n=1.588$ έναντι $n=1,63$ του F=Απατίτη.

Οι σταθερές πλέγματος του Φρανκολίτη είναι $A_0=9.328 \text{ \AA}$, $C_0=6.891 \text{ \AA}$ έναντι $A_0=9.368$ και $C_0=6.884$ του F=Απατίτη.

Οι χαμηλές τιμές των σταθερών πλέγματος και του δείκτη διαθλάσεως οφείλονται στην παρουσία της ανθρακικής μάζας στο πλέγμα του Απατίτη. Η παρουσία της CO_3 μάζας αποδείχτηκε με θερμοανάλυση δειγμάτων ελεύθερων από ασβεσίτη. Η αποβολή του CO_2 γίνεται στους 745°C , και ο Φρανκολίτης μεταπίπτει σε F=Απατίτη. Το ποσοστό του CO_2 ανέρχεται σε 4%.

Η μικροανάλυση του Φρανκολίτη και Ασβεσίτη σε διαφορετικά δείγματα τομών δεν παρουσιάζει χαρακτηριστικές διακυμάνσεις, και ως εκ τούτου, η σύσταση των δύο αυτών ορυκτών θεωρείται σταθερή. Το ποσοστό του MgO στον Ασβεσίτη κυμαίνεται από 0,1-0,2%.

Οι σταθερές πλέγματος, η περιεκτικότητα σε CO_2 και η σύσταση του Φρανκολίτη συμφωνούν με ανάλογες τιμές των Smith and All. 1966 και Guerry, H. and All. 1969.

Μία χαρακτηριστική σύσταση Φρανκολίτη δίνεται από την παρακάτω ανάλυση :

$\text{P}_2\text{O}_5 = 33,12\%$, $\text{CaO} = 52,92\%$, $\text{MgO} = 0,27\%$, $\text{Na}_2\text{O} = 1,11\%$, $\text{F} = 4,8\%$,
 $\text{CO}_2 = 4,0\%$, $\text{SO}_3 = 1,47\%$. Με βάση την παραπάνω σύσταση προκύπτει ο συντακτικός τύπος του Φρανκολίτη : $\text{Ca}_{9,665}\text{Na}_{0,367}\text{Mg}_{0,07}$
 $(\text{PO}_4)_{4,78}(\text{CO}_3)_{0,931}(\text{SO}_4)_{0,188}\text{F}_{25}$.

Από τα ιχνοστοιχεία που μετρήθηκαν τις ισχυρότερες συσχετίσεις παρουσιάζουν τα στοιχεία Sr και U. Και για τα δύο παρατηρεί-

ται θετική συσχέτιση σαν συνάρτηση του P_2O_5 . Ως προς το ουράνιο οι φωσφορίτες θα μπορούσαν να διαχωριστούν σε δύο τύπους. Ο πρώτος τύπος με υψηλές τιμές U, συνδέεται άμεσα με την περιεκτικότητα των φωσφοριτών σε βιτουμένια. Οι τιμές του ουρανίου κυμαίνονται 150-160 ppm. Ο δεύτερος τύπος χαρακτηρίζεται από μικρότερες τιμές ουρανίου, οι οποίες συσχετίζονται αποκλειστικά με το P_2O_5 . Οι τιμές του U κυμαίνονται από 20-150 ppm. Η συσχέτιση των υπόλοιπων ιχνοστοιχείων δεν έχει ολοκληρωθεί.

ΣΤΑΤΙΣΤΙΚΗ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ

Η στατιστική επεξεργασία αποσκοπεί αφενός μεν, στο συσχετισμό όλων των τομών μεταξύ τους-στρώμα με στρώμα-με στόχο τον προσδιορισμό των μεταβολών της ή των λεκανών ιζηματογένεσης και τη κατανομή του φωσφορικού υλικού, αφετέρου δε την ανίχνευση κυκλικότητας που θα οδηγήσει σε συμπεράσματα σχετικά με το χρόνο απόθεσης των διαφόρων σχηματισμών.

Για την επίτευξη των παραπάνω προσαρμόστηκαν τα προγράμματα Cross-Correlation & Fourier analysis (Davis, 1973) στον ηλεκτρονικό υπολογιστή του ΙΓΜΕ. Το στοιχείο που χρησιμοποιήθηκε για τη στατιστική επεξεργασία, είναι το πάχος των στρωμάτων, διότι κρίθηκε το πιο κατάλληλο στοιχείο μια και μελετούμε μεγάλες τομές.

Τα πρώτα αποτελέσματα από την Cross-Correlation ανάλυση, έδειξαν αρκετά υψηλό βαθμό συσχετισμού για ορισμένα σημεία των τομών, αλλά όχι απόλυτη ταύτιση όπως δείχνει η πρώτη παρατήρηση στο ύψιθρο. Αυτό οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η αρχική λεκάνη απόθεσης είχε αυξομείωση στη κατανομή του ιζήματος και κατά συνέπεια στην κατανομή του φωσφορικού υλικού. Λεπτομερέστερη όμως εξέταση απέδειξε ότι ο υψηλός βαθμός συσχετισμού που παρατηρήθηκε οφειλότανε περισσότερο σε στατιστικές συμπτώσεις παρά σε πραγματικές ταυτίσεις-στρώμα με στρώμα-μεταξύ των τομών. Αυτό πιθανότατα οφείλεται είτε στο γεγονός ότι οι τομές που συγκρίθηκαν ευρίσκονται σε μεγάλη απόσταση ή μία από την άλλη ή ότι η λεκάνη ιζηματογένεσης δεν είναι μια μεγάλη όπως υποθέσαμε αρχικά αλλά πολλές μικρότερες.

Με τη Fourier analysis ελέγχθηκαν για κυκλικότητα οι εξής data: ασβεστόλιθοι, κερατόλιθοι, ζεύγος ασβεστολίθων και κερατολίθων. Η Fourier analysis έδειξε την ύπαρξη της κυκλικότητας τόσο στην data

των ασβεστολίθων όσο και στη data των κερατολίθων. Η συχνότητα της κυκλικότητας είναι διαφορετική στους ασβεστόλιθους από τους κερατόλιθους, αλλά συγκρίσιμη στις διάφορες τομές. Από το εύρος κάθε κύκλου είναι δυνατός ο προσδιορισμός του χρόνου απόθεσης του ιζήματος και η εξαγωγή συμπερασμάτων για την ταχύτητα της ιζηματογένεσης.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Από την μέχρι τώρα μελέτη προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα :

- α) Η απόθεση του φωσφορούχου υλικού συντελέστηκε, κύρια κατά το Κονιάσιο (μέσο-ανώτερο) και συνέχισα μέχρι το Κατώτερο Σαντόνιο.
- β) Κύριο φωσφορούχο ορυκτό είναι ο φρανκολίτης (CO_3 -απατίτης), με μέγεθος κρυστάλλων από 5-40μ. με συντακτικό τύπο.
 $\text{Ca}_{9,666} \cdot \text{Na}_{0,367} \cdot \text{Mg}_{0,07} (\text{PO}_4)_{4,78} \cdot (\text{CO}_3)_{0,931} (\text{SO}_4)_{0,188} \cdot \text{F}_{2,58}$
- γ) Υπάρχει θετική συσχέτιση του P_2O_5 προς τα Sr και U.
- δ) Παρατηρείται στενή ιστολογική σχέση μεταξύ των διαφόρων λιθοφάσεων (κερατολιθικό-φωσφορούχο ανθρακικό υλικό).
- ε) Το περιβάλλον σχηματισμού του φωσφορούχου υλικού ήταν κυρίως χαμηλής ενέργειας.
- στ) Παρατηρείται κυκλική εναλλαγή πελαγικών λιθοφάσεων και φωσφοριτών, οφειλόμενη σε ρυθμικές μεταβολές του θαλάσσιου επίπεδου (χώρος εξωτερικής υφαλοκρηπίδας).
- ζ) Παρατηρούνται τόσο φαινόμενα ποικίλου βαθμού επανεπεξεργασίας των ιζημάτων (απόπλυση, μεταφορά, ρωγμάτωση κ.λ.π.).
- η) Παραμένει ακόμα ανοιχτό το πρόβλημα ύπαρξης περισσότερων μικρότερων υπολεκανών, που προκύπτει από τις παρατηρούμενες διαφορές στη διαγένεση, την επεξεργασία του υλικού, και την αλλαγή των φυσικοχημικών συνθηκών στον ευρύτερο χώρο. Ο προβληματισμός βεβαιώθηκε και από την Cross Correlation analysis.
- θ) Από τη στατιστική επεξεργασία προέκυψε αρκετά υψηλός βαθμός συσχέτισης μεταξύ των διαφόρων τομών, όχι όμως απόλυτος που σημαίνει αυξομείωση στη κατανομή του ιζήματος και κατά συνέ-

στη κατανομή του φωσφορικού υλικού.

- υ) Η χρήση της Fourier analysis απέδειξε την ύπαρξη κυκλικότητας, τόσο στη data των ασβεστολίθων όσο και των κερατολίθων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. BATURIN 1982. Phosphorites on the sea floor. Elsevier, p.345.
2. BENDOR, Y.K. 1980. Phosphorites-the unsolved problems. SEPM.
3. BIRCH, G.F., 1980. Phosphatic rocks on the western margin of S. Africa. Jour.Sed.Petrology, V.49, N°1, pp.93-110.
4. DAVIS, J.C., 1973. Statistic and data analysis in geology Wiley, New York.
5. GUERPY, H., McCLELLAN-J.R. LEHR, 1969. Crystal chemical investigations of Natural apatites. Amero Mineralogist 54, pp. 1374-1391.
6. I.F.P., 1966. Etude géologique de l' Epire.
7. ΠΑΠΑΣΤΑΥΡΟΥ, Σ. 1981. Ιζηματογενείς φωσφορούχοι σχηματισμοί. Κατάταξη-Συνθήκες σχηματισμού- Έρευνα στην Ελλάδα-Προοπτικές. Bull.Geol.Soc.of Greece, X.V.13-31.
8. POSTUMA, J.A. 1971. Manual of planktonic foraminifera.
9. RIGGS, S.R., 1979. Petrology of the tertiary phosphorite system of Florida Econ. Geol. v. 74, pp. 195-220.
10. ROBASZVNSKI, F. et al. 1984. Atlas of late Cretaceous Globotruncanids. Rev. Micropaléont.v.26, N°3-4, 307 p.
11. SIRONI-CITA, M.B., 1964. Ricerche micropaleontologiche e stratigrafiche sui sedimenti pelagici del Giurassico superiore e del Cretaceo inferiore nella catena del Monte Baldo. Riv. Ital. Paleont. e Statigr., Mem. X, vol. LXX, pp.1-160, fig. 40, tav. XII.
12. SMITH, J.P. J.R. LEHR, 1966. An X-Ray investigation of carbonate apatites J.AGR., FOOD CHEM, vol. 14, pp.342-349.
13. WILSON J.L., 1975. Carbonate facies in geologic history, 471 pp. Spring. Betlia-Heideberg-New York.