

**ΑΣΤΡΟΝΟΜΙΚΟΙ ΚΥΚΛΟΙ ΚΑΙ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΕΙΣ ΑΚΟΛΟΥΘΙΕΣ  
ΠΑΛΑΙΟΚΛΙΜΑΤΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ**

A. Αντωνάρακου<sup>1</sup>, Χ. Ντρίνια<sup>1</sup> & Μ.Δ. Δερμιτζάκης<sup>1</sup>

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Στην εργασία αυτή μελετάται μια ρυθμικώς ενστρωμένη ακολουθία του Αν. Μειοκαίνου η οποία συνίσταται από ημιπελαγικά ιζήματα (μάργες) και λαμινίτες (σαπροπηλοί) στη Νήσο Γαύδο (35χλμ. νοτίως της ΝΔ Κρήτης) και γίνεται προσπάθεια συσχετισμού της με τις διαφοροποιήσεις της τροχιακής συμπεριφοράς της Γης.

Η ιζηματολογική ανάλυση της ακολουθίας έδειξε ότι πρόκειται για λοβοειδείς, τουρβιδιτικές αποθέσεις ενός υποθαλασσιού δελταϊκού ριπιδίου. Ο τρόπος ανάπτυξης των λοβοειδών αυτών αποθέσεων φανερώνει ότι οι τοπικής κλίμακας κλιματικές διακυμάνσεις οι οποίες ελάμβαναν χώρα στη Μεσόγειο την περίοδο εκείνη ρύθμιζαν το καθεστώς ιζηματογένεσεως.

Η εξέλιξη στον χρόνο των δελταϊκών αυτών λοβών συμπίπτει με την κυκλικότητα της μεταπτώσεως ισημεριών (precession), η οποία παρουσιάζει περιοδικότητα 23.000 χρόνια, γεγονός το οποίο υποδηλώνει ότι η σταθερή αύξηση και ελάττωση στο ποσοστό παροχής ιζήματος στο τουρβιδιτικό σύστημα οφειλόταν στις μεταβολές των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων και της ποτάμιας απορροής. Τα παραπάνω συμπεράσματα ενισχύονται και από την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στα πλαγκτονικά Τρηματοφόρα από δείγματα που συλλέχθηκαν από τους σαπροπηλιτικούς ορίζοντες.

**ABSTRACT**

A rhythmically layered succession of Upper Miocene hemipelagic sediments (marls) and laminites (sapropels) on the island of Gavdos (35 km south of SW Crete) has been related to the astronomical cycles of precession and eccentricity.

The turbidite facies is characteristic for small, prograding fan lobes fed in a deep fan-basinal setting. The growth pattern of these fan lobes demonstrates that regional climatic fluctuations in Mediterranean controlled the sedimentation pattern. The temporal evolution of the fan lobes studied closely matches the astronomical precession cycle in this time interval (23 ky), strongly suggesting that regular waxing and waning of the sediment supply to the delta-fed turbidite system were directly driven by changes of precipitation and continental runoff. The above mentioned conclusions are further supported by the quantitative and qualitative analysis of the planktonic foraminifera.

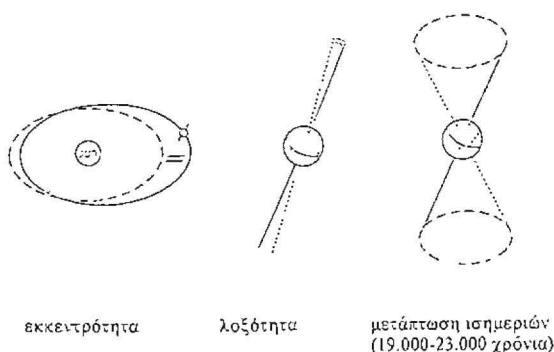
<sup>1</sup> Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Ιστ. Γεωλογίας και Παλαιοντολογίας, Πανεπιστημιόπολη 157 84, Αθήνα

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες, οι νεογενείς και τεταρτογενείς αποθέσεις αποτελούν ιδιαίτερα ενδιαφέρον αντικείμενο μελέτης της κυκλικής ιζηματολογίας.

Ειδικότερα, οι Haq *et al.* (1988) ταξινομήσαν ιεραρχικώς την στρωματογραφική διάταξη ιζηματογενών ακολουθιών και δημιούργησαν τις στρωματογραφικές κυκλικές ακολουθίες 1ης, 2ης, 3ης και 4ης ή υψηλότερης τάξεως οι οποίες οφείλονται στις αντίστοιχες τάξεις κυκλικής μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης.

Οι 4ης (500.000 χρόνια-200.000 χρόνια) και 5ης (200.000-10.000 χρόνια) τάξεως κυκλικές μεταβολές εξηγούνται ερμηνεύονται ως αποτέλεσμα των διαφοροποιήσεων της τροχιακής συμπεριφοράς της Γης οι οποίες επηρεάζουν έντονα τις κλιματικές συνθήκες, καθ' όσον επιδρούν στην κατανομή της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνειά της ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος και την εποχή (Σχ. 1). Αυτές οι διαφοροποιήσεις της τροχιακής συμπεριφοράς δεν προκαλούν μόνο μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης, αλλά επηρεάζουν την ωκεάνια και ατμοσφαιρική κυκλοφορία, την εβαποριτίωση και την οργανική παραγωγικότητα και κατά συνέπεια προκαλούν σημαντική στρωματογραφική κυκλικότητα (κύκλοι του MILANKOVITCH).



Σχ. 1. : Σχηματική απεικόνιση των τροχιακών διαφοροποιήσεων που επηρεάζουν το κλίμα της Γης.

Η θεωρία του MILANKOVITCH βασίζεται στην άποψη ότι οι διακυμάνσεις της εποχιακής κατανομής της ηλιακής ακτινοβολίας παρουσιάζουν σταθερή περιοδικότητα (23.000, 41.000 και 100.000 χρόνια). Οι περιοδικότητες αυτές απεικονίζονται σε διάφορους σχετικούς δείκτες παλαιοκλιματικών και παλαιοωκεανογραφικών μεταβολών (π.χ. ισότοπα οξυγόνου, συγκεντρώσεις μικροπανίδας, συγκέντρωση ιζημάτων κλπ.) που διατηρούνται και έχουν αποτυπωθεί στα επιφανειακά αλλά και στα βαθύτερα επίπεδα των ωκεανών.

Ειδικότερα, τα πλαγκτονικά Τρηματοφόρα αποτελούν ένα πολύ σημαντικό μέσο για την περιγραφή των διαφοροποιήσεων του κλίματος που έχουν λάβει χώρα κατά το παρελθόν σε παγκόσμιο και τοπικό επίπεδο. Καταγραφές υψηλής ευκρίνειας της επιφανειακής θαλάσσιας παραγωγικότητας (SSP: Sea Surface Productivity) και επιφανειακής θαλάσσιας θερμοκρασίας (SST: Sea Surface Temperature) βασίζονται στην ποιοτική ανάλυση πλαγκτονικών Τρηματοφόρων και πιστοποιούνται από τις αναλύσεις των ισότοπων του Οξυγόνου στο ασβεστιτικό τους κέλυφος.

Στην εργασία αυτή επιχειρείται η διερεύνηση και η κατανόηση των διακυμάνσεων του κλίματος της Ανατολικής Μεσογείου καθώς επίσης και οι σχέσεις τους με τις διακυμάνσεις των τροχιακών παραμέτρων της Γης κατά το Ανώτερο Μειόκαινο. Η μελέτη αυτή επικεντρώνεται στη τομή Μετόχια της νήσου Γαύδου (35 χλμ. νότια της νοτιοδυτικής Κρήτης) η οποία χαρακτηρίζεται από μια ρυθμικώς ενστρωμένη ακολουθία ημιπελαγικών ιζημάτων (μάργες) και λαμινιτών (σαπροπηλοί).

Για την επίτευξη του στόχου αυτού συλλέχθηκαν περίπου 569 δείγματα από τους σαπροπηλιτικούς ορίζοντες της μελετώμενης τομής. Η μικροπαλαιοντολογική-ποιοτική ανάλυση των δειγμάτων αυτών κατέδειξε την ύπαρξη 16 ειδών πλαγκτονικών Τρηματοφόρων τα οποία ομαδοποιήθηκαν σε 15 κατηγορίες για την καλύτερη ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Οι ομάδες αυτές είναι: *Globoturborotalita apertura* group η οποία περιλαμβάνει τα είδη *Globoturborotalita apertura* και

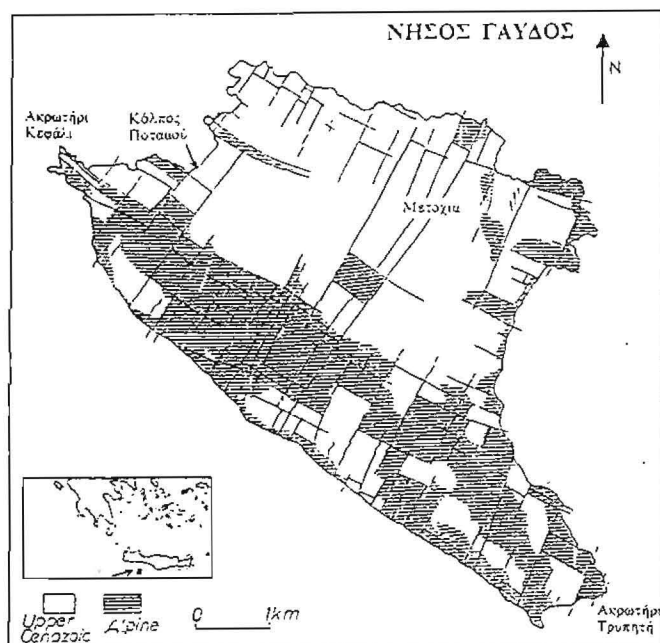
*Globigerinoides obliquus*, *Globigerina falconensis*, *Globigerina bulloides*, *Globoturborotalita nepenthes*, *Globoigerinoides trilobus*, *Catapsydrax parvulus*, *Globorotalia conomiozea*, *Globorotalia menardii*, *Globorotalia scitula*, *Turborotalita quinqueloba*, *Globigerinita glutinata*, *Orbulina universa*, *Globigerinella siphonifera*, *Neogloboquadrina* sp., *Sphaeroidinellopsis* sp..

Η ποιοτική ανάλυση των δειγμάτων ακολουθήθηκε από ποσοτικές μεθόδους αναλύσεις οι οποίες συνοψίζονται ως εξής:

1. υπολογισμός της επί τοις εκατό συχνότητας των ειδών – ομάδων ειδών σε κάθε δείγμα.
2. Κύρια συστατική ανάλυση (Principal Component Analysis-PCA), η οποία χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό των πιο σημαντικών παραμέτρων που μπορεί να εξηγήσουν την κατανομή των ειδών των πλαγκτονικών Τρηματοφόρων. Η μέθοδος αυτή αποτελεί ένα στατιστικό πρόγραμμα που απλοποιεί το σύνολο των δεδομένων συσχετίζοντας δείγματα παρόμοια σε σύσταση όσον αφορά στα είδη των πελαγικών Τρηματοφόρων με περιορισμένο αριθμό ανεξάρτητων μεταβλητών.
3. Ανάλυση φασματογράφου μάζας (Spectral Analysis) η οποία αποτελεί μία αντικειμενική, στατιστική μέθοδο για τον προσδιορισμό και την τεκμηρίωση κανονικής κυκλικότητας σε χρονικά προσδιορισμένα δεδομένα.
4. Προσδιορισμός των παραμέτρων «Θαλάσσια Επιφανειακή Παραγωγικότητα» (SSP) (η επί τοις εκατό συγκεντρωτική ποσοστιαία αναλογία των ευτροφικών ειδών προς τα ολιγοτροφικά είδη) και «Θαλάσσια Επιφανειακή Θερμοκρασία» (SST) (η επί τοις εκατό συγκεντρωτική ποσοστιαία αναλογία ειδών που ευδοκούν σε θερμό περιβάλλον προς αυτά που ευδοκούν σε ψυχρά περιβάλλοντα).

## Η ΤΟΜΗ ΜΕΤΟΧΙΑ – ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΙ ΕΡΜΗΝΕΙΑ

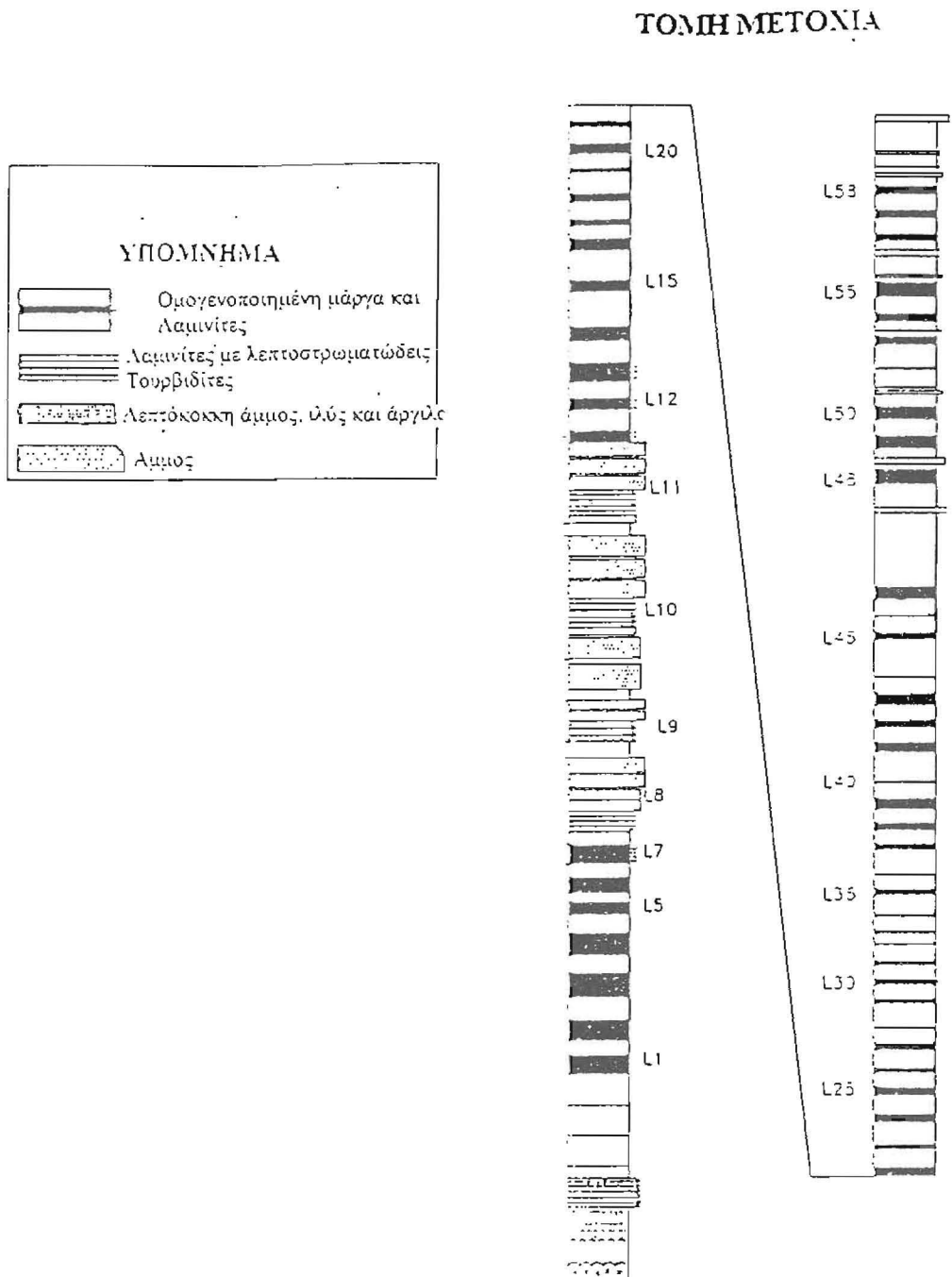
Το ύψωμα της Γαύδου το οποίο βρίσκεται νοτιώς της Δυτικής Κρήτης φιλοξενεί δύο νησιά, την Γαύδο και την Γαυδοπούλα, τα οποία σχηματίζουν την νοτιότερη προέκταση του νησιωτικού τόξου του Νότιου Αιγαίου (Σχ. 2).



Σχ. 2: Σχηματικός χάρτης της νήσου Γαύδου που απεικονίζει την κατανομή των αλπικών πετρωμάτων του υποβάθρου και των ιζηματογενών λεκανών του Αν. Καινοζωικού. Εντός πλαισίου εμφανίζεται η μελετώμενη περιοχή.

Η Γαύδος και η Κρήτη είναι τοποθετημένες μεταξύ ενός ηφαιστειακού τόξου προς βορρά και μιας κινούμενης ζώνης υποβύθισης (Ιόνιος τάφρος) προς νότο. Πολλοί ερευνητές έχουν ασχοληθεί με την στρωματογραφία και την γεωλογία των προνεογενών και νεογενών σχηματισμών της νήσου Γαύδου (Anapliotis, 1967; Freudenthal, 1969; Vicente, 1970; Anapliotis & Symeonidis, 1979; Postma *et al.*, 1993a; Anastasakis, 1987, Hilgen, 1987; Hilgen, 1991a, Hilgen, 1991b, Anastasakis *et al.*, 1995. Krijgsman *et al.*, 1995, Hilgen *et al.*, 1995, Krijgsman *et al.*, 1998, Triantaphyllou *et al.*, 1999. Hilgen *et al.*, 1995).

Η τομή Μετόχια αποτελεί μια μεγάλη και συνεχή ακολουθία του Ανωτέρου Μειοκαινού και βρίσκεται στο βόρειο τμήμα της Νήσου Γαύδου (Σχ. 2 και 3).



Σχ. 3: Λιθοστρωματογραφική στήλη της τομής Μετόχια

Το κατώτερο τμήμα της ακολουθίας αποτελείται από μια παλαιοεδαφική απόθεση της οποίας υπέρκεινται δελταϊκού τύπου ιζήματα με χαρακτηριστικούς πάγκους με όστρες. Απαντούν επίσης αβαθή θαλάσσια αμμώδη ιζήματα με έντονα ίχνη βιοανάδευσης όπου παρατηρούνται *Heterostegina* sp., Εχινόδεσμα και Μαλάκια, υπερκείμενα των δελταϊκών αυτών αποθέσεων. Επάνω από τον απολιθωματοφόρο αυτόν ορίζοντα ξεκινάνε οι εναλλαγές των λαμινιτών (L1-L6) και των μαργών. Οι αναλογίες πλαγκτονικών / βενθονικών Τρηματοφόρων που μετρήθηκαν σε δείγματα από τις πελαγικές μάργες μεταξύ των λαμινιτών L1 και L2 έδειξαν ότι το βάθος της λεκάνης ήταν περίπου 850 μέτρα.

Η ακολουθία L7 περιλαμβάνει τουλάχιστον 100 συμβάντα τα οποία αποτυπώνονται ως ελασματοειδείς αμμώδεις τουρβιδίτες T(ab)cde πάχους 0.5 έως 3 cm. Οι λεπτόκοκκες αυτές αποθέσεις παρουσιάζουν φαιά απόχρωση και περικλείουν αφθονία οργανικού υλικού. Τα στρώματα αυτά διαφέρουν σημαντικά από τις υπερκείμενες κυανού χρώματος ομογενοποιημένες ημιπελαγικές μάργες. Οι τουρβιδιτικές ακολουθίες L8 μέχρι και την L11 χαρακτηρίζονται παρομοίως από πολλαπλά συμβάντα λεπτοστρωματώδων τουρβιδιτών. Κάθε μία από τις ακολουθίες αυτές καλύπτεται από έναν ορίζοντα ημιπελαγικών μαργών. Οι ακολουθίες L12 και L13 παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες με την ακολουθία L7 και περιλαμβάνουν μερικές λεπτοστρωματώδεις άμμους. Από την ακολουθία L14 μέχρι την L35 οι λαμινίτες παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες με αυτούς των ακολουθιών L1 έως L6.

Η περιγραφόμενη τουρβιδιτική ακολουθία χαρακτηρίζεται από αυξομειώσεις του πάχους των τουρβιδιτικών στρωμάτων οι οποίες υποδηλώνουν πλήρωση ενός αποθετικού αναγλύφου. Η απουσία αποθέσεων κοίτης, το γεγονός ότι η ακολουθία γίνεται αδρομερέστερη προς τα πάνω όσον αφορά στο μέγεθος των κόκκων αλλά και το πάχος των στρωμάτων καθώς επίσης και η λοβοειδής γεωμετρία των στρωμάτων υποδεικνύουν απόθεση σε σχετικά μικρού μεγέθους αμμώδεις λοβούς (Postma *et al.*, 1993a).

Τα σχετικά σπάνια ίχνη βιοαναμόχλευσης στις τουρβιδιτικές ακολουθίες υποδηλώνουν σημαντικές παύσεις στην μεταφορά αδρομερούς ιζήματος. Σύμφωνα με τους Ekdale *et al.*, (1984) η παρουσία των ιχνοαπολιθωμάτων *Zoophycus* και *Chondrites* φανερώνει την επικράτηση αναεροβίων συνθηκών ιζηματογένεσης. Τα άφθονα ενσωματωμένα φυτικά απολιθώματα ενισχύουν την παραπάνω άποψη.

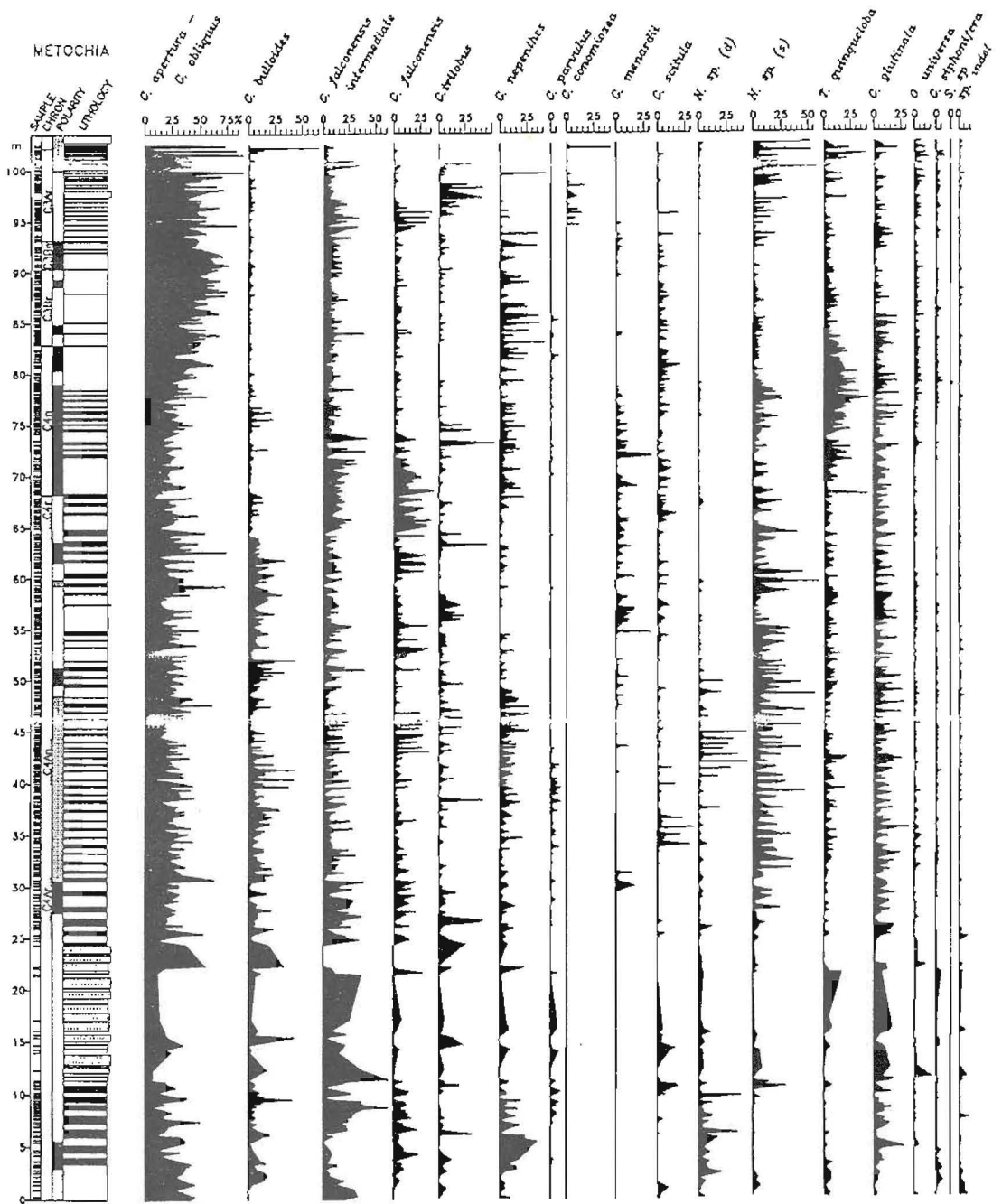
Η αφθονία φυτικών υπολειμμάτων σε κάθε τουρβιδιτική ακολουθία, ο μικρός όγκος των τουρβιδιτών στην τομή Μετόχια και το μέγεθος των λοβοειδών αποθέσεων υποδηλώνουν ότι το υποθαλάσσιο ριπίδιο τροφοδοτήθηκε από ένα δέλτα και τον ποταμό του. Στην περίπτωση μας, η δελταϊκή πεδιάδα απορροής και το δελταϊκό μέτωπο πρέπει να βρίσκονταν στο νότιο τμήμα της κεντρικής και δυτικής Κρήτης, ενώ τα αντίστοιχα ποτάμια αποστράγγιζαν τις αναδυμένες περιοχές του Ελληνικού Τόξου (Meulenkamp, 1985; Meulenkamp *et al.*, 1988; Postma *et al.*, 1993). Σύγχρονο ανάλογο μοντέλο τέτοιου είδους δελταϊκού συστήματος αποτελεί το ριπίδιο Crati στη νότια Ιταλία (Mutti & Normark, 1987; Colella & Normark, 1984). Οι ποτάμιες πλημμύρες μετέφεραν άμμο και φυτικά κορήματα πάνω στο δελταϊκό μέτωπο, όπου το ιζήμα αποθηκευόταν προσωρινά έως ότου τοπικής κλίμακας πτώση της δελταϊκής κατωφέρειας να επιφέρει μεταφορά του ιζήματος με διεργασίες βαρύτητας.

## ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΟΣΟΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΠΛΑΓΚΤΟΝΙΚΩΝ ΤΡΗΜΑΤΟΦΟΡΩΝ

Η ποσοστιαία συχνότητα εμφάνισης των 15 ομάδων πλαγκτονικών τρηματοφόρων (Σχ. 4) αναδεικνύει μια σύνθετη μεταβολή των στοιχείων της πανίδας κατά μήκος της μελετώμενης τομής με μικρή κλίμακας επαναλαμβανόμενες διακυμάνσεις. Τα πλέον συχνά εμφανιζόμενα είδη είναι τα *Globoigerinoides trilobus*, *Globoturborotalita apertura*, *Globoturborotalita nepenthes*, καθώς επίσης και τα αριστερόστροφα άτομα του είδους *Neogloboquadrina* sp..

Από πρώτη άποψη οι διακυμάνσεις στη σχετική εμφάνιση των πλαγκτονικών τρηματοφόρων φανερώνουν μια συστηματική μεταβολή, η οποία είναι δυνατόν να συσχετιστεί με την θερμοκρασία του περιβάλλοντος και την παραγωγικότητα, όπως διαπιστώθηκε σε ανάλογης λιθολογίας τομές του Πλειοκαίνου-Πλειστοκαίνου της νότιας Ιταλίας (Lourens *et al.*, 1992, 1994).

Για την ακριβέστερη ερμηνεία και τεκμηρίωση των παραπάνω θεωρήθηκε απαραίτητη η εφαρμογή των μεθόδων Κύρια Συστατική Ανάλυση (Principal Component Analysis P.C.A., Davis, 1973) και Ανάλυση Φασματογράφου Μάζας (Spectral Analysis, Davis, 1973).



Σχ. 4: Διαγράμματα συχνότητας των προσδιορισθέντων ειδών πλαγκτονικών τρηματοφόρων της Τομής Μετόχια.

Η Κύρια Συστατική Ανάλυση έδωσε δύο κύρια συστατικά με βάση τα οικολογικά χαρακτηριστικά των ειδών που αναγνωρίστηκαν (Πιν.1).

Είδη	PCA-1	PCA-2
<i>G. apertura</i>	<b>0.421</b>	-0.217
<i>G. falconensis</i>	<b>-0.514</b>	0.235
<i>G. trilobus</i>	-0.053	<b>-0.329</b>
<i>G. nepenthes</i>	0.005	0.235
<i>G. parvulus</i>	-0.269	0.195
<i>G. conomiozea</i>	0.089	-0.079
<i>G. menardii</i>	0.003	0.113
<i>G. scitula</i>	0.075	0.034
<i>N. sp. (dex.)</i>	-0.195	<b>-0.309</b>
<i>N. sp. (sin)</i>	-0.009	<b>-0.421</b>
<i>T. quinqueloba</i>	<b>0.339</b>	<b>0.308</b>
<i>G. glutinata</i>	-0.134	<b>0.476</b>
<i>O. universa</i>	<b>0.438</b>	0.183
<i>G. siphonifera</i>	0.254	0.105
<i>S. spp.</i>	0.208	0.185
Sp. indet.	0.004	0.051

Πιν. 1. Αποτελέσματα της Κύριας Συστατικής Αναλύσεως

Το πρώτο Κύριο Συστατικό (P.C.A. 1) χαρακτηρίζεται από την παρουσία δύο ομάδων. Η πρώτη ομάδα αποτελείται από τα είδη: *G. apertura* gr., *G. nepenthes*, *G. conomiozea*, *G. menardii*, *G. scitula*, *T. quinqueloba*, *G. glutinata*, *O. universa*, *G. siphonifera* και *Sphaeroidinellopsis sp.* με επικρατέστερα είδη το είδος *T. quinqueloba*, το οποίο είναι χαρακτηριστικό ψυχρών υδάτων και το είδος *O. universa* το οποίο ένα κοσμοπολίτικο είδος που ευδοκμεί σε συνθήκες ανοδικών ρευμάτων.

Η δεύτερη ομάδα του πρώτου Κύριου Συστατικού (P.C.A. 1) αποτελείται από τα είδη *G. bulloides*, *G. falconensis*, *G. trilobus*, *C. parvulus* και *Neogloboquadrina sp.* (δεξιόστροφα και αριστερόστροφα) με επικρατέστερα είδη το *Neogloboquadrina sp.* (αριστερόστροφα), το οποίο είναι ένα ευτροφικό είδος και το *G. bulloides* το οποίο είναι ευτροφικό είδος θερμών υδάτων.

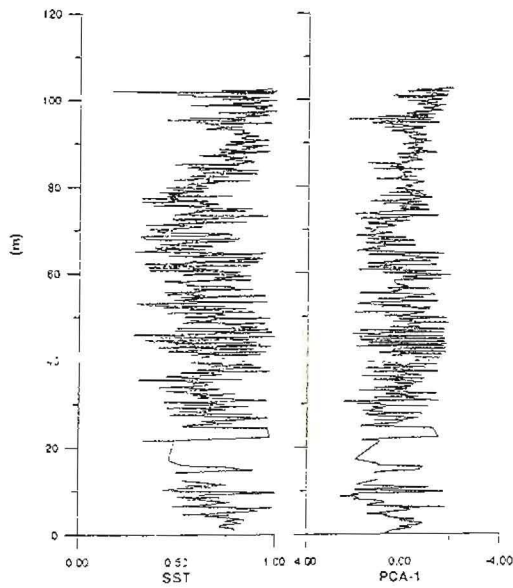
Η αδυναμία αντιπαραβολής ολιγοτροφικών και ευτροφικών στο πρώτο Κύριο Συστατικό (P.C.A. 1) οδηγεί στο συμπέρασμα ότι το διάγραμμα που κατασκευάστηκε με βάση τις τιμές του απεικονίζει διακυμάνσεις της θερμοκρασίας και όχι της παραγωγικότητας. Στο διάγραμμα αυτό φαίνεται ότι υπάρχει μια σημαντική μεταβολή στα 7,95 εκατομμύρια χρόνια όπου όπως φαίνεται λαμβάνει χώρα η μετάβαση από μια ψυχρή σε μια πιο θερμή περίοδο (Σχ. 5).

Όσον αφορά στο δεύτερο Κύριο Συστατικό (P.C.A. 2), αυτό επίσης χαρακτηρίζεται από την παρουσία δύο ομάδων. Η πρώτη ομάδα αποτελείται από τα είδη: *G. falconensis*, *G. nepenthes*, *C. parvulus*, *G. menardii*, *G. glutinata*. Η συγκέντρωση αυτή χαρακτηρίζεται κυρίως από ολιγοτροφικά είδη που χαρακτηρίζουν θερμά ύδατα. Η δεύτερη ομάδα αποτελείται από τα είδη *G. apertura* group, *G. bulloides*, *G. trilobus*, *G. conomiozea*, *G. scitula*, *N. sp.* (δεξιόστροφα και αριστερόστροφα), *T. quinqueloba*, *Sphaeroidinellopsis*, *O. universa*, *G. siphonifera* τα οποία είναι χαρακτηριστικά ψυχρών υδάτων υψηλής παραγωγικότητας.

Η σύσταση των δύο αυτών ομάδων με βάση τους οικολογικούς χαρακτήρες των επικρατέστερων ειδών παρουσιάζει μια αντιπαραβολή μεταξύ ευτροφικών ειδών ψυχρών υδάτων και ολιγοτροφικών ειδών θερμών υδάτων. Συνεπώς το διάγραμμα του P.C.A. 2 απεικονίζει διακυμάνσεις στην θαλάσσια παραγωγικότητα (Σχ. 6).

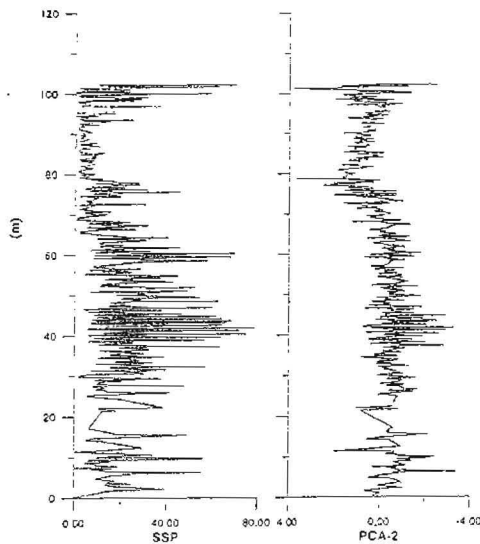
Με βάση τους οικολογικούς χαρακτήρες των ειδών που αναγνωρίστηκαν στα υπό μελέτη δείγματα πραγματοποιήθηκε περαιτέρω διαχωρισμός των ευτροφικών ειδών και αυτών που αποτελούν δείκτες θερμοκρασίας με απώτερο σκοπό την κατασκευή διαγραμμάτων όπου να απεικονίζονται οι διακυμάνσεις της Θαλάσσιας Επιφανειακής Παραγωγικότητας (SSP) και της Θαλάσσιας Επιφανειακής Θερμοκρασίας (SST). Για την κατασκευή του διαγράμματος SSP χρησιμοποιήθηκαν οι ποσοστιαίες αναλογίες των ευτροφικών ειδών *Neogloboquadrina sp.* (αριστερόστροφα και δεξιόστροφα) (Reynolds and Thunell, 1986; Sautter and Thunell, 1991) και *Globigerina bulloides* (Thiede, 1983; Zhang, 1985; Sautter and Thunell, 1991; Barmawidjaja *et al.*, 1989).

## ΑΝΩΤΕΡΟ ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ



Σχ.5: Διαγράμματα P.C.A. 1 και SST.

## ΑΝΩΤΕΡΟ ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ



Σχ. 6: Διαγράμματα P.C.A. 2 και SSP

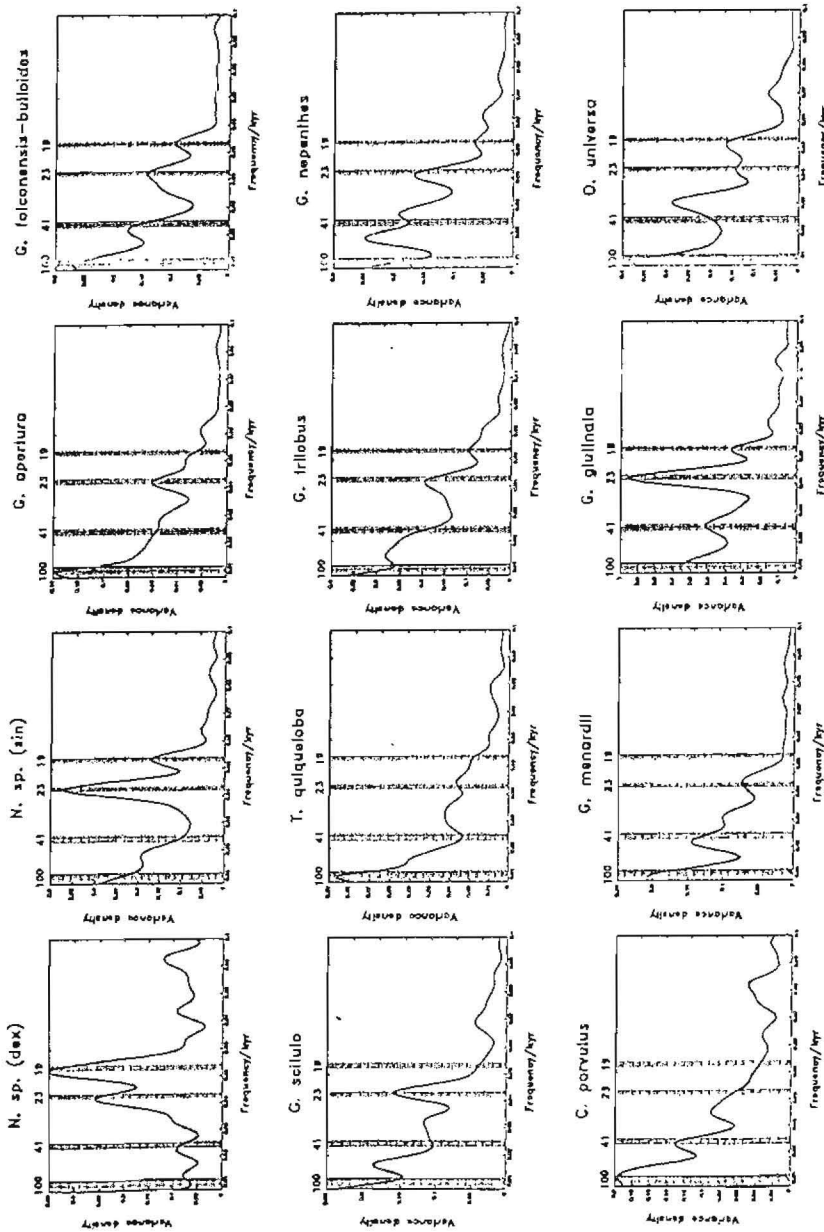
Το διάγραμμα SST πραγματοποιήθηκε με βάση την ποσοστιαία συγκέντρωση ειδών που προτιμούν τα ψυχρά ύδατα όπως τα είδη *Turborotalita quinqueloba* (Be and Hutson, 1977; Rujol, 1980), *Globorotalia scitula* (Be and Hutson, 1977; Hemleben et al., 1989), και *Globigerina falconensis* (Be et al., 1971; Van Leeuwen, 1989) και ειδών που προτιμούν τα θερμά ύδατα όπως είναι τα είδη *Globigerina apertura* group, *Globigerinoides trilobus*, *Orbulina universa*, *Globigerinella siphonifera*, *Globoturborotalita nepenthes* (Be and Hutson, 1977; Fairbanks et al., 1982; Thunell and Reynolds, 1984; Ravelo et al., 1990).

Όπως φαίνεται στο Σχ. 5 το διάγραμμα του πρώτου Κύριου Συστατικού (P.C.A. 1) σχετίζεται με το διάγραμμα SST ενώ το διάγραμμα του δεύτερου Κύριου Συστατικού (P.C.A.2) σχετίζεται με το διάγραμμα SSP (Σχ. 6).

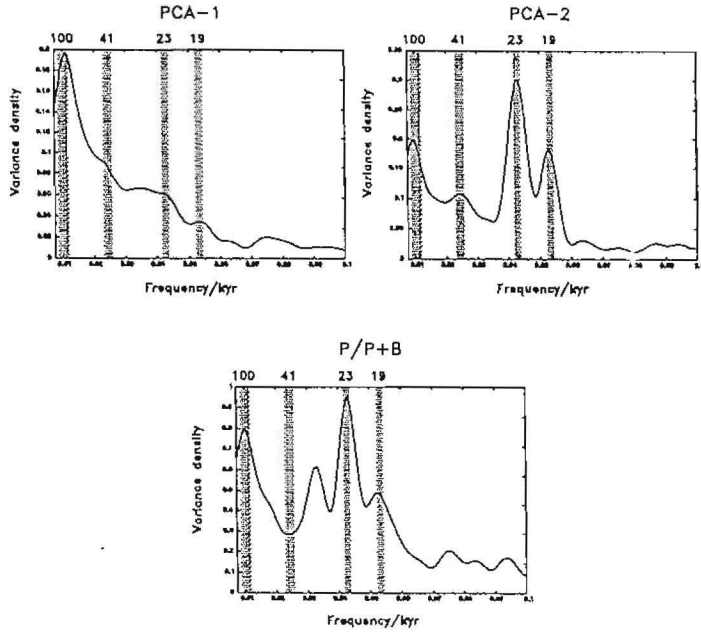


Όσον αφορά στο διάγραμμα SST αυτό παρουσιάζει μια σημαντική μεταβολή της θερμοκρασίας στα 8,0 εκατομμύρια χρόνια όπου λαμβάνει χώρα μεταβολή του κλίματος από πιο ψυχρό σε πιο θερμό. Επιπλέον, για την περαιτέρω τεκμηρίωση των διακυμάνσεων που πιστοποιήθηκαν στα διαγράμματα P.C.A. 1, P.C.A. 2, SSP και SST ως διακυμάνσεις που οφείλονται στις διαφοροποιήσεις της τροχιακής συμπεριφοράς της Γης, θεωρήθηκε απαραίτητη η εφαρμογή της ανάλυσης του Φασματογράφου Μάζας.

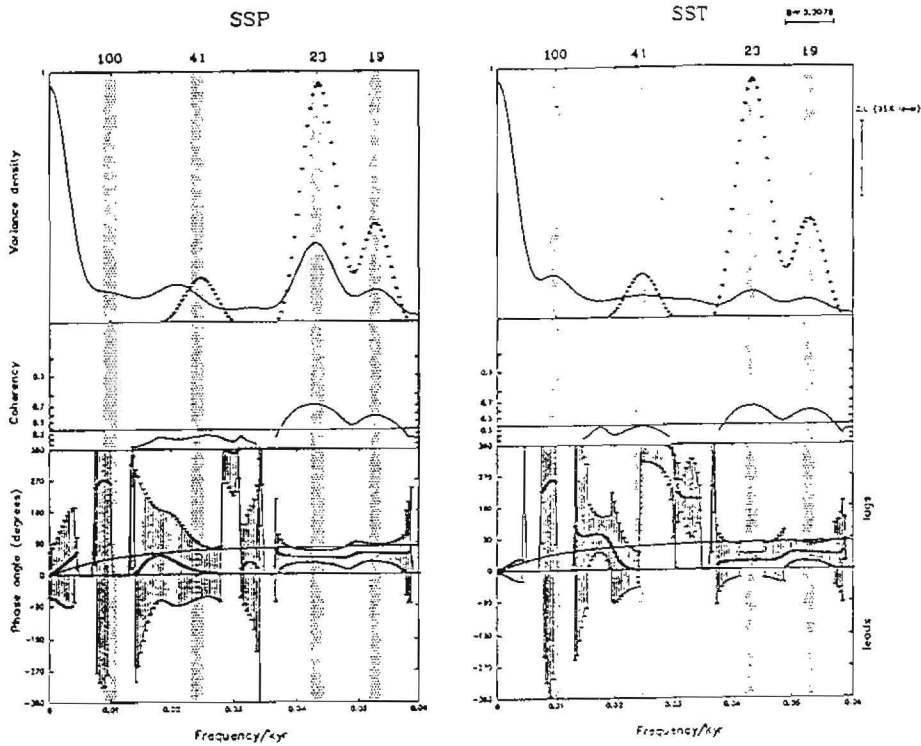
Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε αρχικά σε μεμονωμένα είδη πλαγκτονικών τρηματοφόρων και απέδειξε ότι η συχνότητα εμφάνισης ορισμένων ειδών όντως ελέγχεται από τις τροχιακές παραμέτρους (Σχ 7). Η εφαρμογή της ίδιας μεθόδου στα διαγράμματα P.C.A. 1, P.C.A.2 (Σχ. 8) καθώς και στα διαγράμματα SSP, SST (Σχ. 9) έδωσε μέγιστα στα 23, 19 και 100 χιλιάδες χρόνια γεγονός που αποδεικνύει την επίδραση της μεταπτώσεως ισημερινών (precession) καθώς και της εκκεντρότητας.



Σχ. 7: Διαγράμματα που προκύπτουν από την Ανάλυση Φασματογράφου Μάζας σε επιλεγμένα είδη πλαγκτονικών τρηματοφόρων.



Σχ. 8: Διαγράμματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της Αναλύσεως Φασματογράφου Μάζας στις καμπύλες PCA-1 και PCA-2.



Σχ. 9. : Διαγράμματα που προκύπτουν από την εφαρμογή της Αναλύσεως Φασματογράφου Μάζας στις καμπύλες SSP και SST.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι Μειοκαινικές λεκάνες της Κρήτης είχαν αναπτυχθεί σε ένα γεωγραφικό πλάτος περίπου 35° (Angelier *et al.*, 1982) το οποίο σύμφωνα με τους Fischer *et al.*, (1990) δεχόταν έντονα τις επιδράσεις των κλιματικών διακυμάνσεων εξαιτίας των διαφοροποιήσεων της τροχιακής συμπεριφοράς της Γης.

Οι κανονικές εναλλαγές φαιών, πλούσιων σε οργανικό υλικό λαμινιτών και κυανών, ημιπελαγικών μαργών είναι παρόμοιες με αυτές που πιστοποιήθηκαν σε ακολουθίες του Ανωτέρου Μειοκαινού και Πλειοκαινού/Πλειστοκαινού της νότιας Ιταλίας και της Κρήτης (Chamley *et al.*, 1986, Hilgen, 1987, 1991a, b) και σε υποθαλάσσιες ακολουθίες του Αν. Πλειστοκαινού από την Αν. Μεσόγειο (Ryan, 1972). Σε όλες αυτές τις ακολουθίες, το κατακόρυφο πάχος των διαδοχικών ζευγών λαμινιτών-μαργών συνήθως ποικίλει έτσι ώστε να δημιουργούνται ευδιάκριτες μικρής και μεγάλης κλίμακας ομάδες. Ήδη από τον Gilbert (1895) οι ομάδες αυτές συσχετίστηκαν με τροχιακές διαφοροποιήσεις που παρουσιάζει ο άξονας της Γης και πιο συγκεκριμένα με την εκκεντρότητα της τροχιάς της Γης (ή πιο σωστά με την ρύθμιση της μεταπτώσεως των ισημεριών από την μεταβολή της εκκεντρότητας) ενώ κάθε ιζηματογενής κύκλος συσχετίστηκε με έναν κύκλο της μεταπτώσεως των ισημεριών.

Υψηλής ευκρίνειας μαγνητοστρωματογραφική μελέτη των Langereis και Hilgen (1991) απέδειξε ότι οι τροχιακές αυτές παρεμβάσεις ελέγχουν και ρυθμίζουν την απόθεση στην Ανατ. Μεσόγειο κατά το Πλειόκαινο και Πλειστόκαινο. Επιπλέον, οι σχέσεις μεταξύ των ιζηματογενών και τροχιακών (Milankovitch) κύκλων καθιερώθηκαν κατόπιν συσχετισμού των λαμινιτών του Πλειοκαινού/Πλειστοκαινού με μια αστρονομική χρονική κλίμακα με τη βοήθεια των ισοτόπων οξυγόνου (Hilgen 1991a).

Παρόμοιες περιπτώσεις παλαιοκλιματικών διακυμάνσεων εξαιτίας τροχιακών παρεμβάσεων έχουν αναφερθεί και σε άλλες περιοχές της Ελλάδας όπως είναι η Κατωπλειστοκαινική πυριτοκλαστική ιζηματογενής ακολουθία στη βορειοδυτική ακτή της Κέρκυρας, η οποία αντιπροσωπεύει το άνω τμήμα ενός τουρβιδιτικού συστήματος (Weltje & de Boer, 1993).

Στην τομή Μετόχια οι εξεταζόμενες λοβοειδείς αποθέσεις δημιουργήθηκαν εξαιτίας τοπικής κλίμακας παλαιοκλιματικών διακυμάνσεων που οφείλονται στην μετάπτωση ισημεριών (precession) παρά σε παγετώδεις-ευστατικές διακυμάνσεις της θαλάσσιας στάθμης.

Η ερμηνεία αυτή στηρίζεται i) Στην εμφανή επικράτηση των τοπικής κλίμακας κλιματικών επιδράσεων στην Μεσόγειο. Ανάλυση σε λεπτομέρεια του ιζηματογενούς αρχείου που οφείλεται σε κλιματικές και ωκεανογραφικές διακυμάνσεις εξαιτίας της μεταπτώσεως ισημεριών (precession), έδειξε ότι αυτές αντιπροσωπεύουν μεταβολές στην απορροή, στην παροχή ιζήματος και στην πρωτογενή παραγωγικότητα. Το γεγονός αυτό έχει ήδη τεκμηριωθεί αρκετά καλά για το Κατ. Πλειόκαινο της Κεντρικής Μεσογείου (Gudjonson, 1987, Hilgen, 1987, De Visser *et al.*, 1989, Hilgen & Langereis, 1989, Thunell *et al.*, 1991). ii) Το τεκτονικό καθεστώς της λεκάνης το οποίο αποκλείει την παρουσία κρηπίδας, υποδηλώνοντας έτσι ότι η επίδραση πιθανόν διακυμάνσεων της θαλάσσιας στάθμης στον ιζηματογενή όγκο ήταν μικρής σημασίας.

Αντίθετα οι διακυμάνσεις στις εκροές των ποταμών οι οποίες με την σειρά τους επηρεάζουν τα κατακρημνίσματα, θα πρέπει να αποτελούν τον υπεύθυνο μηχανισμό για τη δημιουργία του περιγραφόμενου τουρβιδιτικού συστήματος. Οι περιοδικές εναλλαγές μεταξύ σχετικώς ξηρών και υγρών κλιματικών συνθηκών με ταυτόχρονη μεταβολή στην απορροή και στην παροχή ιζήματος φαίνεται να είναι η πιο πιθανή εξήγηση για τη δημιουργία του ιζηματογενούς αυτού καθεστώτος (cf. Postma *et al.*, 1993).

Έτσι λοιπόν κατά την έναρξη της δημιουργίας των λοβοειδών αυτών αποθέσεων, στάδιο το οποίο αντιπροσωπεύεται από ανθρακικές αποθέσεις με μικρά ποσοστά άμμου, η παραγωγή ανθρακικού υλικού ήταν σχετικά υψηλή και η παροχή χερσογενούς υλικού σχετικά χαμηλή. Κατά τη διάρκεια των ξηρών αυτών περιόδων, οι αμετακίνητοι αυτοί άμμοι υπέστησαν χημική διάβρωση στην μεταβατική περιοχή τροφοδοσίας.

Επιτάχυνση στην παροχή αμμώδους ιζήματος και ανάπτυξη των αποθετικών λοβών ξεκινά κατά την μετάβαση σε πιο υγρές περιόδους. Κατά τις υγρές περιόδους οι οποίες αντιπροσωπεύονται από πλούσιες σε οργανικό υλικό μάργες με μεγάλα ποσοστά ψαμμιτών διαβρωσιγενή προϊόντα τροφοδοτούσαν την λεκάνη με αποτέλεσμα τον σχηματισμό του μεγαλύτερου τμήματος των λοβοειδών αυτών αποθέσεων. Η παροχή ιζήματος ελαττώθηκε όταν έγινε πάλι ξηρότερο με αποτέλεσμα την ολοκλήρωση της κυκλικής αποθέσεως.

Όσον αφορά τους σαπροπηλούς, είναι ήδη γνωστό ότι αυτοί σχηματίζονται όταν η υπερβολική εξάτμιση των υδάτων μειώνεται εξαιτίας της αυξανόμενης ποτάμιας απορροής (Rohling & Hilgen,

1991; Lourens, 1992). Επιπλέον, μελέτες σε γαστερόποδα, παλαιοεδάφη, γυρεόκοκκους, έδειξαν ότι η απόθεση των σαπροπηλών συμπίπτει με τα μέγιστα των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων στις περιοχές της Μεσογείου. Όταν το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στην επιφάνεια της Γης (insolation) λάβει μέγιστες τιμές τότε και τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα φτάνουν στο μέγιστό τους εξαιτίας της αυξανόμενης απορροής γλυκών υδάτων μέσω του Νείλου στην Μεσόγειο θάλασσα (Rossignol-Strick, 1983).

Η σχέση μεταξύ της αυξανόμενης απορροής γλυκών υδάτων και της αυξανόμενης Θαλάσσιας Επιφανειακής Παραγωγικότητας κατά τον σχηματισμό των σαπροπηλών μπορεί να εξηγηθεί με 1) βάση τον αυξανόμενο ρυθμό μεταφοράς τροφικών στοιχείων μέσω των ποταμών (Rossignol *et al.*, 1982) και 2) με το γεγονός ότι το επίπεδο του πυκνοκλινούς εντοπίζεται σε μικρό βάθος εντός της ευφωτικής ζώνης με αποτέλεσμα την δημιουργία ή την εντατικοποίηση του βαθύ ορίζοντα μέγιστης χλωροφύλλης (Rohling & Gieskes, 1989). Η ερμηνεία αυτή ενισχύεται και από το γεγονός των αυξημένων ποσοστών συχνότητας των πλαγκτονικών Τρηματοφόρων *Neogloboquadrina* sp. και *Globigerina bulloides*. Η αυξανόμενη παραγωγικότητα σε συνδυασμό με τα μειωμένα ποσοστά οξυγόνου στα βαθύτερα υδάτινα στρώματα, θεωρείται ο υπεύθυνος μηχανισμός για τη δημιουργία των σαπροπηλών.

Επιπλέον, οι διακυμάνσεις που παρουσιάζει η Θαλάσσια Επιφανειακή Θερμοκρασία προκύπτουν επίσης από τις διαφοροποιήσεις της τροχιακής συμπεριφοράς της Γης: συνθήκες υψηλής Θαλάσσιας Επιφανειακής Θερμοκρασίας συσχετίζονται με τις ελάχιστες τιμές της μεταπτώσεως των ισημερινών όταν το ποσό της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της Γης λαμβάνει μέγιστες τιμές κατά το θέρος στο Βόρειο Ημισφαίριο και ελάχιστες τιμές κατά τη διάρκεια του χειμώνα.

Οι υψηλές τιμές του ποσού της ηλιακής ακτινοβολίας που φθάνει στην επιφάνεια της Γης έχει ως αποτέλεσμα τις υψηλές τιμές της Θαλάσσιας Επιφανειακής Θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του θέρους και συνεπώς της αυξημένης εισροής ειδών πλαγκτονικών Τρηματοφόρων (*Globigerinoides obliquus*) που χαρακτηρίζουν ένα σχετικά ρηχό αλλά θερμό υδάτινο περιβάλλον.

Συνεπώς, οι υψηλές τιμές της Θαλάσσιας Επιφανειακής Θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια της δημιουργίας των σαπροπηλών θεωρούνται πως αντιπροσωπεύουν δείκτες θέρους.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εργασία υπαίθρου καθώς και η μικροπαλαιοντολογική ποσοτική ανάλυση των πλαγκτονικών Τρηματοφόρων πραγματοποιήθηκε με χρηματοδότηση του ερευνητικού προγράμματος ΠΕΝΕΔ/95 της Γενικής Γραμματείας Ερευνας και Τεχνολογίας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anapliotis, C.A., 1967. Le Neogene de l' ile de Gavdos. *Prakt. Akad. Ath.*, 42, 135-146.
- Anapliotis, C.A. & N. Symeonidis, 1979. Korallen aus dem Miozan der Insel Gavdos (Griechenland). *Ann. Geol. des pays Hellen.*, 29/2, 411-417.
- Anastasakis, G.C., 1987. Upper Cenozoic evolution of the Gavdos Rise. *Boll. Di Ocean. Teor. Ed Applicata*, 4, 293-304.
- Anastasakis, G.C., Derimitzakis, M.D. & M.V. Triantaphyllou, 1995. Stratigraphic Framework of the Gavdos Island Neogene Sediments. *Newsl. Stratigr.*, 32(1), 1-15.
- Angelier, J., Lyberis, N., Le Pichon, X., Barrier, E. & P. Huchon, 1982. The tectonic development of the Hellenic Arc and the sea of Crete: a synthesis. In: "Geodynamics of the Hellenic Arc and Trench" (Ed. by X. Le Pichon, S.S. Augustithis & J. Mascle), *Tectonophysics*, 86, 159-196.
- Barmawidjaja, D.M., de Jong, A.F.M., van der Borg, K., van der Kaars, W.A. & W.J. Zachariasse. 1989. Kau Bay, Halmahera, a Late Quaternary paleoenvironmental record of a poorly ventilated basin. *Netherlands. J. of Sea Res.*, 24, 591-605.
- Be, A.W.H., Vilks, G. & L. Lott, 1971. Winter distribution of planktonic foraminifera between the Grand Banks and the Caribbean. *Micropaleontology*, 17, 31-42.
- Be, A.W.H. & W.H. Hutson, 1977. Ecology of planktonic foraminifera and biogeographic patterns of life and fossil assemblages in the Indian Ocean. *Micropaleontology*, 23, 360-414.
- Chamley, H., Meulenkamp, J.E., Zachariasse, W.J. & G.J. van der Zwaan, 1986. Middle to late Miocene marine ecostratigraphy: clay minerals, planktonic foraminifera and stable isotopes from Sicily. *Oceanological Acta*, 9, 227-238.

- Colella, A. & W.R. Normark, 1984. High-resolution sidescanning sonar survey of the delta slope and inner fan channels of Crati submarine fan (Ionian Sea). *Memoir of the Society geologia Italia*, 27, 381-736.
- Davis, J.C., 1973. Statistics and data analysis in geology, 646pp.
- De Visser, J.P., Ebbing, J.H.J., Gudjonsson, L., Hilgen, F.J., Jorissen, F.J., Verhallen, P.J.J.M. & D. Zevenboom, 1989. The origin of rhythmic bedding in the Pliocene Trubi Formation of Sicily, southern Italy. *Pal.Pal.Pal.*, 69, 45-66.
- Ekdale, A.A., Bromley, R.G. & S.G. Pemberton, 1984. Ichnology: trace fossils in sedimentology and stratigraphy. *Soc. Econ. Paleont. Miner. Short Course*, Tulsa, 15, 317pp.
- FAIRBANKS, R.G., SVERDLOVE, M., FREE, R., WIEBE, P.H. & A.W.H. BE, 1982. Vertical distribution of living planktonic foraminifera from the Panama basin. *Nature*, 298, 841-844.
- Fischer, A.G., de Boer, P.L. & I. Premoli-Silva, 1990. Cyclostratigraphy. In: "Cretaceous resources, events and rhythms. Background and plans for research", (Ed. by R.N. Ginsburg & B. Beaudoin), Dordrecht, Netherlands, Kluwer, 139-172.
- Freudenthal, T., 1969. Stratigraphy of Neogene deposits in the Khania Province, Crete, with special reference to foraminifera of the family Planorbulinidae and the genus *Heterostegina*. *Utr. Micropal. Bull.*, 1, 208pp.
- Gilbert, G.K., 1895. Sedimentary measurement of geological time. *J. Geol.*, 3, 121-127.
- Gudjonsson, L., 1987. Local and global effects on the Early Pliocene Mediterranean stable isotope records. *Mar. Micropal.*, 12, 241-253.
- Haq, B.U., Hardenbol, J. & P.R. Vail, 1988. Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change. In: "Sea-level changes: An integrated approach" (Ed. by C.K. Wilgus, B.S. Hastings *et al.*), *Spec. Publ. Soc. econ. Paleont. Miner.*, 42, 71-109.
- Hemleben, Ch., Spinder, M. & O.R. Anderson, 1989. *Modern Planktonic Foraminifera*. 363pp., Springer-Verlag, New-York.
- Hilgen, F.J., 1987. Sedimentary rhythms and high-resolution chronostratigraphic correlations in the Mediterranean Pliocene. *Newslet. Strat.*, 17, 109-127. *Earth Planet. Sci. Letters*,
- Hilgen, F.J., 1991a. Astronomical calibration of Gauss to Matuyama sapropels in the Mediterranean and implication for the Geomagnetic Polarity Time Scale. *Earth Planet. Sci. Letters*, 104, 226-244.
- Hilgen, F.J., 1991b. Astronomical forcing and geochronological application of sedimentary cycles in the Mediterranean Pliocene-Pleistocene. *Geologica Ultraeetina*, 93, 139pp.
- Hilgen, F.J. & C.G. Langereis, 1989. Periodicities of CaCO<sub>3</sub> cycles in the Pliocene of Sicily: Discrepancies with the quasi-periods of the Earth's orbital cycles? *Terra Nova*, 1, 409-415.
- Hilgen, F.J., Krijgsman, W., Langereis, C.G., Lourens, L.J., Santarelli, A. & W.J. Zachariasse. 1995. Extending the astronomical (polarity) time scale into the Miocene. *Earth and Planetary Science Letters*, 136, 495-510.
- Krijgsman, W., Hilgen, F.J., Langereis, C.G., Santarelli, A. & W.J. Zachariasse, 1995. Late Miocene magnetostratigraphy, biostratigraphy and cyclostratigraphy in the Mediterranean. *Earth and Planetary Science Letters*, 136, 475-496.
- Krijgsman, W., Fortuin, A.R., Hilgen, F.J., Sierro, F.J. & G.B. Vai, 1998. Astronomically forced cyclicity in the Messinian evaporites. *15<sup>th</sup> Intern. Sediment. Congr. Alicante (1998)*, Abstract. 480.
- Lourens, L.J., 1994. Astronomical forcing of Mediterranean climate during the last 5.3 Million years. *Thesis Utrecht University*, 247pp.
- Lourens, L.J., Hilgen, F.J., Gudjonsson, L. & W.J. Zachariasse, 1992. Late Pliocene to early Pleistocene astronomically forced sea surface productivity and temperature variations in the Mediterranean. *Mar. Micropaleontol.*, 19, 49-78.
- Meulenkamp, J.E., 1985. Aspects of the Late Cenozoic Evolution of the Aegean Region. In: "Geological evolution of the Mediterranean Basin", (Ed. by D.J. Stanley & F.C. Wezel), Springer-Verlag, New York, 307-321.
- Meulenkamp, J.E., Wortel, M.J.R., van Wamel, W.A., Spakman, W. & E. Strating-Hoogerduyn, 1988. On the Hellenic subduction zone and the geodynamic evolution of Crete since the late Middle Miocene. *Tectonophysics*, 146, 203-215.
- Mutti, E. & W.R. Normark, 1987. Comparing examples of modern and ancient turbidite systems: Problems and concepts. In: "Marine Clastic Sedimentology" (Ed. by J.K. Leggett & G.G. Zuffa), Graham & Trotman, 1-38.

- Postma, G., Hilgen, F.J. & W.J. Zachariasse, 1993. Precession-punctuated growth of a late Miocene submarine-fan lobe on Gavdos (Greece). *Terra Nova*, 5, 438-444.
- Postma, G., Fortuin, A.R. & W.A. van Wamel, 1993. Basin-fill patterns controlled by tectonics and climate: The Neogene "forearc" basins of eastern Crete as a case history. In: "Tectonic control and Signatures in sedimentary successions" (Ed. by R.J. Steel & L.A. Frostick), *Spec. Publ. I.A.S.*, 19, 335-362.
- Pujol, C., 1980. Les foraminifères de l' Atlantique Nord au Quaternary Ecologie -Stratigraphic-Environnement. *Mem. Inst. Geol. Bassin Aquitaine*, 10, 25pp.
- Ravelo, A.C., Fairbanks, R.G. & S.G.H. Philander, 1990. Reconstructing tropical Atlantic hydrography using planktonic foraminifera and an ocean model. *Paleoceanography*, 5, 409-431.
- Reynolds, L.A. & R.C. Thunell, 1986. Seasonal production and morphologic variation of *Neogloboquadrina pachyderma* (Ehrenberg) in the northeast Pacific. *Micropaleontology*, 32, 1-18.
- Ryan, W.B.F., 1972. Stratigraphy of late Quaternary sediments in the eastern Mediterranean. In: "The Mediterranean Sea: a natural sedimentation laboratory", (Ed. by D.J. Stanley), Dowden, Hutchinson and Ross, Stroudsboung, 149-169.
- Sautter, L.R. & R.C. Thunell, 1991. Seasonal variability in the  $\delta^{18}\text{O}$  and  $\delta^{13}\text{C}$  of planktonic foraminifera from an upwelling environment: sediment trap results from the San Pedro Basin, southern California Bight. *Paleoceanography*, 6, 307-334.
- Thiede, J., 1983. Skeletal plankton and nekton in upwelling water masses off northwestern South America and northwest Africa, In: Coastal upwelling, E. Suess and J.b Thiede (Ed.), Plenum Publishing Corp, 183-207.
- Thunell, R.C. & L.A. Reynolds, 1984. Seasonal changes in species flux in the Panama basin. *Micropaleontology*, 30, 243-262.
- Thunell, R., Rio, D., Sprovieri, R. & I. Raffi, 1991. Limestone-marl couplets: Origin of the Early Pliocene Trubi Marls in Calabria, southern Italy. *Journal of Sed. Petrol.*, 61, 1109-1122.
- Triantaphyllou, M.V., Tsaparas, N., Stamatakis, M. & M.D. Dermizakis, 1999. Calcareous nannofossil biostratigraphy and petrological analysis of the pre-evaporitic diatomaceous sediments from Gavdos Island, southern Greece. *N.Jb. Geol. Palaont. Mh.*, 161-178.
- Van Leeuwen, R.J.W., 1989. Sea-floor distribution and Late Quaternary faunal patterns of planktonic and benthic foraminifera in the Angola Basin. *Utrecht Micropaleontol. Bull.*, 38, 287pp.
- Vincente, J.C., 1970. Etude géologique de l' île de Gavdos (Greece), la plus méridionale de l' Europe. *Bull. Soc. géol. France*, 7, 481-495.
- Weltje, G.J. & P.L. de Boer, 1993. Astronomically induced paleoclimatic oscillations reflected in Pliocene turbidite deposits on Corfu (Greece): Implications for the interpretation of higher order cyclicity in ancient turbidite systems. *Geology*, 21, 307-310.
- Zhang, J., 1985. Living planktonic foraminifera from the eastern Arabia Sea. *Deep Sea Res.*, 32, 289-798.