



ΕΘΝΙΚΟΝ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ
ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΑΤΑ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΓΑΙΑ Νο 4

ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΕΣΗ ΣΤΟΝ ΑΝΩΤΕΡΟ ΚΑΙΝΟΖΩΙΚΟ
ΤΗΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΚΡΗΤΗΣ-Η ΛΕΚΑΝΗ ΤΩΝ ΑΠΟΣΤΟΛΩΝ
(ΡΕΘΥΜΝΟ)

ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ Γ. ΝΤΡΙΝΙΑ



ΑΘΗΝΑ 1998



ΕΘΝΙΚΟΝ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟΝ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟΝ ΑΘΗΝΩΝ
ΔΗΜΟΣΙΕΥΜΑΤΑ ΤΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΓΑΙΑ Νο 4

ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΕΣΗ ΣΤΟΝ ΑΝΩΤΕΡΟ ΚΑΙΝΟΖΩΙΚΟ
ΤΗΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΚΡΗΤΗΣ-Η ΛΕΚΑΝΗ ΤΩΝ ΑΠΟΣΤΟΛΩΝ
(ΡΕΘΥΜΝΟ)

ΧΑΡΙΚΛΕΙΑ Γ. ΝΤΡΙΝΙΑ



ΑΘΗΝΑ 1998

Η "ΓΑΙΑ" εκδίδεται από το Τμήμα Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών και δημοσιεύει διδακτορικές διατριβές και μονογραφίες που εγκρίνονται από αυτό.

Διανέμεται στο Εθνικό Κέντρο Τεκμηρίωσης, στα μέλη ΔΕΠ του Τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών, στις Βιβλιοθήκες των ομολόγων Τμημάτων των ΑΕΙ, στα Ινστιτούτα και τους Οργανισμούς που έχουν σχέση με τις γεωλογικές επιστήμες. Η διακίνηση γίνεται από τη Βιβλιοθήκη του Τμήματος Γεωλογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών.

Η εργασία παραδίδεται στην Επιτροπή, κατόπιν αιτήσεως του διδάκτορα.

Η αίτηση χορηγείται από την Επιτροπή μαζί με έντυπο οδηγιών.

Η Επιτροπή Εκδόσεως

Καθηγ. Μ. Δερμιτζάκης
Αν. Καθηγ. Ε. Λάγιος
Επικ. Καθηγ. Ν. Σκαρπέλης
Επικ. Καθηγ. Ε. Αέκκας
Επικ. Καθηγ. Α. Μαγγανάς

Για όλες τις πληροφορίες που αφορούν τη "ΓΑΙΑ" απευθυνθείτε στη Γραμματέα της επιτροπής Αιμιλία Γκαρδιακού (μέλος Ε.Δ.Τ.Π.)



NATIONAL AND KAPODISTRIAN UNIVERSITY OF ATHENS
EDITION OF THE DEPARTMENT OF GEOLOGY

GAIA No 4

**SEDIMENTATION OF THE LATE CENOZOIC
DEPOSITS OF WEST CRETE-APOSTOLI BASIN
(RETHYMNON PROVINCE)**

HARIKLIA G. DRINIA



ATHENS 1998

“GAIA” is issued by the Department of Geology of the University of Athens, and publishes approved PhD theses and monographies.

It is distributed to the National Documentation Center, to the scientific staff of the Department of Geology, to libraries of other Universities and to Institutes and Organizations related to Earth sciences. Further handing is carried out by the library of the Department of Geology.

Manuscripts are submitted to the publication Committee after author’s application. Application forms along with guide for organisation of manuscripts are supplied by the Committee.

Publication Committee

Prof. Dr. M. Dermitzakis
Assoc. Prof. Dr. E. Lagios
Ass. Prof. Dr. N. Skarpelis
Ass. Prof. Dr. E. Lekkas
Ass. Prof. Dr. A. Maganas

*Concerning relevant information you may address
to the Edit. Secretary Mrs E. Gardiakou.*

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Καθηγητής Μ. Δ. Δερμιτζάκης
Καθηγήτρια Ε. Γεωργιάδου-Δικαιούλια
Επ. Καθηγητής Β. Καρακίτσιος
Καθηγητής Ν. Συμεωνίδης
Καθηγητής Ε. Βελιτζέλος
Καθηγητής Α. Ψιλοδίκος
Επ. Καθηγητής Γ. Αναστασάκης

Υποστήριξη και έγκριση της διατριβής την 11η Νοεμβρίου 1996.

Αναγόρευση διδάκτορος από το Τμήμα Γεωλογίας την 13η Νοεμβρίου 1996.

.....Η έγκριση διδακτορικής διατριβής από το τμήμα Γεωλογικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Αθηνών, δεν υποδηλώνει και αποδοχή των γνώμων του συγγραφέα.....

(Ν. 5343/1932, Άρθρο 202)

ISBN 960-8468-10-8
ISSN 1107-311X

...Στην Ειρήνη

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εκπόνηση της διδακτορικής αυτής διατριβής εντάσσεται στα πλαίσια των δραστηριοτήτων που αναπτύσσει ο Τομέας Ιστορικής Γεωλογίας-Παλαιοντολογίας. Αποτελεί καρπό μιάς μακρόχρονης ερευνητικής προσπάθειας με στόχο τη διερεύνηση των διεργασιών ιζηματογενέσεως στην Κεντροδυτική Κρήτη μέσα από την πολύπλευρη μελέτη των γεωλογικών σχηματισμών από την πλευρά της ιζηματολογίας, δειστροματογραφίας, τεκτονικής και παλαιοοικολογίας. Πριν από την παρουσία της διατριβής αυτής θεωρώ υποχρέωση να εκφράσω τις ευχαριστίες μου σε όλους όσους με οποιονδήποτε τρόπο συνέβαλαν στην ολοκλήρωσή της.

Τη θαθειά μου ευγνωμοσύνη θα ήθελα να εκφράσω στον Επιβλέποντα Καθηγητή Μ. Δ. Δερμιτζάκη για την αμέριστη συμπαράσταση, καθοδήγηση, βοήθεια και υποστήριξη που προσέφερε σε όλα τα στάδια της προσπάθειάς μου αυτής, από την αρχική υπόδειξη του θέματος και την ανάληψη της επίδρασης της διατριβής αυτής μέχρι την τελική διόρθωση του κειμένου. Στην αδιάκοπη αυτή υποστήριξη οφείλεται κατά ένα μεγάλο μέρος η ολοκλήρωση της διατριβής αυτής.

Θα ήθελα επίσης να ευχαριστήσω τα δύο μέλη της Τριμελούς Επιτροπής, την Καθηγήτρια Ε. Γεωργιάδου-Δικαιούλια και τον Επικ. Καθηγητή Β. Καρακίτιο για την τιμή που μου έκαναν συμμετέχοντας στην επιτροπή αυτή, καθώς και για τις πολύτιμες συζητήσεις και παρατηρήσεις, που προσέφεραν κατά την εκπόνηση της διατριβής. Πολύτιμες ήταν οι υποδείξεις καθώς και τα συμπεράσματα των πολυάριθμων συζητήσεων μας κατά τη διάρκεια της επεξεργασίας και ερμηνείας των αποτελεσμάτων.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω ιδιαίτερα τον Διευθυντή του Τομέα Ιστορικής Γεωλογίας - Παλαιοντολογίας, Καθηγητή Ν. Συμεωνίδη για την παροχή των εγκαταστάσεων του τομέα, την συμπαράστασή του, το συνεχές ενδιαφέρον του και την εποικοδομητική κριτική του.

Θεωρώ υποχρέωση να εκφράσω τις θερμότερες ευχαριστίες μου σε όλους όσους με οποιονδήποτε τρόπο συνέβαλαν στην ολοκλήρωση της διδακτορικής αυτής διατριβής και ειδικότερα

Τον Καθηγητή Ε. Βελιτζέλο για την συμπαράστασή του και το συνεχές ενδιαφέρον του.

Τον Καθηγητή του Α.Π. Θεσσαλονίκης Α. Ψιλοδίκο για τον ενδιαφέρον του και την εποικοδομητική κριτική του.

Τον Επίκ. Καθηγητή Γ. Αναστασάκη για τις εύστοχες συζητήσεις και παρατηρήσεις.

Επιθυμώ να εκφράσω τις θερμές ευχαριστίες μου στον Καθηγητή J. Meulenkamp και τον Dr. G. Postma από το Πανεπιστήμιο της Ουτρέχτης για την εισαγωγή μου στο αντικείμενο της παρούσης ιζηματολογικής έρευνας, καθώς επίσης για την συμμετοχή τους στις εργασίες υπαίθρου και την παροχή δεδομένων.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά όλους όσους συμμετείχαν στην εκτέλεση των εργασιών υπαίθρου και συγκεκριμένα τους γεωλόγους: S. van Gessel, P. Hogsveld, M. Χατζηγεωργίου και N. Νικολόπουλο.

Στην καλή μου φίλη και συνάδελφο Δρ. Μαρία Τριανταφύλλου εκφράζω την ευγνωμοσύνη μου για την εν γένει συμπαράστασή της και βοήθεια στον προσδιορισμό των μικροαπολιθωμάτων.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες εκφράζω προς τους συναδέλφους μου Α. Αντωναράκου και Ε. Κοσκερίδου για τις εποικοδομητικές συζητήσεις που είχα μαζί τους κατά τη διάρκεια της έρευνας.

Η παρούσα διατριβή εκπονήθηκε με την υποστήριξη Υποτροφίας Εσωτερικού (ειδίκευση Οικοστρωματογραφία) του Ιδρύματος Κρατικών Υποτροφιών (Ι.Κ.Υ.) προς το οποίο εκφράζω την ευγνωμοσύνη μου.

Προς την οικογένειά μου και ιδιαίτερα τον σύζυγό μου εκφράζω την αμέριστη ευγνωμοσύνη μου για την συνεχή και ακούραστη ηθική και υλική συμπαράστασή τους, χωρίς την οποία θα ήταν αδύνατη η εκπόνηση της παρούσας εργασίας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	13
ABSTRACT	15
ABRIDGED ENGLISH VERSION	17
ΕΙΣΑΓΩΓΗ	31
1. ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΚΡΗΤΗΣ	37
1.1. ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ	37
1.2. ΤΟ ΑΛΠΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΚΡΗΤΗΣ	42
1.3. ΤΟ ΝΕΟΓΕΝΕΣ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΚΡΗΤΗΣ	46
1.3.1. Γενική Λιθοστρωματογραφία του Νεογενούς της νήσου Κρήτης	48
1.3.2. Γενική Λιθοστρωματογραφία της περιοχής Ρεθύμνου	52
2. ΟΙ ΝΕΟΓΕΝΕΙΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΡΕΘΥΜΝΟΥ	55
2.1. ΓΕΝΙΚΑ	55
2.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΤΟΜΩΝ	57
2.2.1. Η Λεκάνη των Αποστόλων	57
2.2.1.1. Το βορειοανατολικό περιθώριο της Λεκάνης των Αποστόλων	65
2.2.2. Η Λεκάνη του Ρεθύμνου	68
2.3. ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ	72
2.3.1. Η Λεκάνη των Αποστόλων	72
2.3.2. Η Λεκάνη του Ρεθύμνου	82
2.4. ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ	84
2.4.1. Συσχετισμός της Λεκάνης των Αποστόλων και της Λεκάνης του Ρεθύμνου	87
2.5. ΒΙΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ	89
2.5.1. Η Λεκάνη των Αποστόλων	89
2.5.2. Η Λεκάνη του Ρεθύμνου	92
2.6. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	92
2.6.1. Η Λεκάνη των Αποστόλων	92
2.6.2. Η Λεκάνη του Ρεθύμνου	95
2.7. ΠΑΛΑΙΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ	97

3. ΑΝΑΛΥΣΗ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΩΝ ΦΑΣΕΩΝ	103
3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	103
3.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΑΣΕΩΝ ΑΝΑ ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ	103
3.2.1. Ενότητα 1	103
3.2.2. Ενότητα 2	122
3.2.3. Ενότητα 3	128
3.2.4. Ενότητα 4	141
3.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΘΕΣΕΩΣ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ	144
3.4. ΜΟΝΤΕΛΟ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΕΣΕΩΣ	146
3.5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΕΣΕΩΣ	149
3.5.1. Κατακόρυφη κατανομή των φάσεων - Παράγοντες ιζηματογένεσεως.	149
3.5.2. Ρυθμική ιζηματογένεση	150
4. ΠΑΛΑΙΟΟΙΚΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ	157
4.1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ	157
4.2. ΠΑΛΑΙΟΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΤΟΜΩΝ	159
4.2.1. Ομαδοποίηση της μελετηθείσας πανίδας	159
4.2.2. Τομή Βυγλοτόπι	163
4.2.3. Τομή Ποταμοί	169
4.2.4. Τομή Απόστολοι	178
4.3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	187
5. ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	191
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	195

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το τεκτονοϊζηματογενές καθεστώς της λεκάνης των Αποστόλων, του νομού Ρεθύμνης στην νήσο Κρήτη, αντιστοιχεί σε μία τεκτονική τάφρο. Αδρομερή αλλουδιακά κροκαλοπαγή, προερχόμενα από το ανυψωμένο Αλπικό ανάγλυφο βορείως και βορειοανατολικά της τάφρου αυτής, διασκορπίζονται μέσα σε αυτή με τη βοήθεια ροών βαρύτητας και πλεξοειδών ποτάμιων ρευμάτων. Σε μετέπειτα χρόνο και εξαιτίας της εισβολής της θάλασσας από τον νότο, τα αδρομερή χερσοποτάμια ιζήματα καλύπτονται σταδιακά από θαλάσσιες αποθέσεις, χωρίς παρεμβολές ασυμφωνιών.

Η δεικτογραφική ανάλυση που διεξήχθη στις θαλάσσιες αποθέσεις της ιζηματογενούς ακολουθίας της εξεταζόμενης λεκάνης έδειξε ότι αυτές έχουν ηλικία Μέσο-Ανώτερο Τορτόνιο (N16-N17, Blow, 1969).

Ο συνδυασμός δύο μοντέλων ιζηματογενέσεως περιγράφει τις επικρατούσες συνθήκες ιζηματογενέσεως. Το πρώτο, το κλαστικό μοντέλο, περιλαμβάνει τις ηπειρωτικές αποθέσεις και τις αποθέσεις χαμηλής ακτής. Το δεύτερο μοντέλο, το μη κλαστικό, είναι νεώτερο του πρώτου, το καλύπτει σταδιακά και περιλαμβάνει τις αποθέσεις υφαλοκρηπίδας.

Η τοπική τεκτονική δύθιση, η συνεχιζόμενη τεκτονική δραστηριότητα της περιοχής, η σταδιακή εξασθένηση μεταφοράς φερτών υλών, καθώς και οι επικρατούσες κλιματικές συνθήκες θεωρούνται οι υπεύθυνοι μηχανισμοί που έπαιξαν σημαντικό ρόλο στη διαμόρφωση αυτής της ιζηματογενούς ακολουθίας.

Επιπλέον, στην Λεκάνη των Αποστόλων πιστοποιήθηκε η ύπαρξη ρυθμικής ιζηματογενέσεως στις ηπειρωτικές και παράκτιες αποθέσεις. Η ερμηνεία των ρυθμικών αυτών αποθέσεων εξαρτάται από το πόσο κατανοητές είναι οι κλιματικές συνθήκες οι οποίες ελέγχουν άμεσα την παροχή ιζήματος.

Τέλος, η ποιοτική και ποσοτική παλαιοοικολογική ανάλυση των βενθονικών Τρηματοφόρων σε συνδυασμό με παλαιοοικολογικές παρατηρήσεις που έγιναν σε ασπόνδυλους αντιπροσώπους, καταμαρτυρεί μία περιβαλλοντική μετάβαση από συνθήκες ανοικτής θάλασσας στα ανατολικά της λεκάνης σε περιορισμένες θαλάσσιες και γλυκών υδάτων συνθήκες στα δυτικά αυτής.

ABSTRACT

The tectonic-sedimentary regime of Apostoli basin in Rethymnon Province of the island of Crete, is corresponding to a tectonic graben. Alluvial conglomerates, originating from the elevated Alpine relief which is found northwards and northeastwards of this graben, are dispersing into it by mass flows and by braided-river currents. Afterwards and due to the invasion of the sea from the south, marine deposits are covering the coarse-grained continental deposits. No unconformities have been noticed.

The biostratigraphic analysis which has been carried out in the marine sediments showed that these are of Middle-Late Tortonian age (N16-N17, Blow, 1969).

The combination of two models of sedimentation describes the prevailing conditions of sedimentation. The first one is the clastic model which comprises the continental and the coastal deposits. The second one, the non-clastic model, is younger than the clastic one, it gradually covers it and it comprises the shelf deposits.

The regional tectonic subsidence, the ongoing tectonic activity of the broader area, the gradual diminishing of sediment supply and the prevailing climatic conditions are considered the responsible factors that gave shape to the studied sedimentary sequence.

Moreover, the existence of rhythmic sedimentation has been noted in the continental and coastal deposits. The interpretation of these rhythmic sedimentary deposits depends on the climatic conditions which control the sediment supply.

Finally, the quantitative and qualitative analyses of benthonic foraminifera in combination with the paleoecological observations which have been carried out in representatives of the macrofauna, indicates a paleoenvironmental transition from open marine conditions in the east to more restricted marine and fresh water conditions to the west.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work represents a summary from a PhD dissertation submitted to the National and Capodistrian University of Athens in 1996, and completed under the supervision and guidance of Prof. M.D. Dermitzakis, Prof. E. Georgiades-Dikeoulia and Assoc. Prof. V. Karakitsios. The whole study was financially supported by the Greek National Scholarship Foundation.

KEY WORDS

Crete, Rethymnon Province, Apostoli Basin, sedimentary facies analysis, depositional model, controls of sedimentation, paleoecology.

ABRIDGED ENGLISH VERSION

INTRODUCTION

The main study area is located in Rethymnon Province, where two Neogene basins have been recognized: the Rethymnon Basin to the north and the Apostoli Basin to the south, which are separated by an elevated pre-neogene relief (Geological Map).

The lithostratigraphical scheme of the area has been established for the first time by MEULENKAMP (1969). This worker subdivided the Neogene of Rethymnon region into eight formations, each one corresponding to different environmental conditions. The main characteristics of these formational units are summarized below:

FORMATIONS	DESCRIPTION
Francocastello	Marine, blue-green clays and organic limestones
Asteri	White and beige, fossiliferous marls with abundant concretions, either irregularly scattered or developed as slabs parallel to the bedding planes.
Dhramia	White, dense, non stratified marls and clayey marls, without or with very few macrofossils.
Mylopotamou	Alternation of laminated and non-laminated marls.
Gallou	Organic, mostly detritic limestones, generally well bedded. It is characterized by the lack of important marl intercalations and by the pronounced bedding of the limestones.
Rethymnon	Organic limestones alternating with grey and yellowish clays and marls.
Apostoli	Grey and bluish marine marls. The basal part is composed of conglomerates, sandstones and sands rich in <i>Heterostegina</i> .
Pandanassa	Conglomerates, sandstones and sands, clays, lignites and limestones with fresh-water molluscs and plant remains.

Apostoli Basin constitutes the main research field area, therefore it has been studied in detail, while Rethymnon basin has been used only for the stratigraphical correlation of its formations with those recognised in Apostoli basin.

The Neogene sedimentary succession of the studied basin is composed of continental, lacustrine, brackish and marine deposits.

The main objective of this work is the analysis-documentation and interpretation of the sedimentary facies which constitute the neogene succession of Apostoli Basin, as well as the study of their vertical and lateral organisation in order to recognise their reaction to the various controls of sedimentation such as the relative sea-level fluctuations, the climatic changes etc.

Seven lithostratigraphical columns have been constructed in Apostoli Basin, which are all lying along an east-west running ridge which exposes a great part of the stratigraphy of the basin (Fig. 13, 14a,b, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26). South of this ridge, the marine deposits are not exposed. In addition, three cross-sections have been constructed in Rethymnon Basin.

DEPOSITIONAL UNITS

The detailed lithostratigraphical analysis of the deposits of Apostoli Basin allowed us the recognition of four depositional units which have been named after their dominant depositional environment. These are the following (Table 1):

Depositional Unit 1 which belongs to the Pandanassa Formation (after MEULENKAMP, 1969). This unit is composed of fluvial-terrestrial deposits and comprises two subunits: Subunit 1a which comprises coarse, poorly sorted, angular and matrix-supported fanglomeratic deposits and Subunit 1b which is composed of laterally consistent, better sorted, subangular to subrounded, partly stratified, mainly clast-supported stream-flow conglomerates and channel conglomerates interbedded into silty-sandy flood plain-overbank deposits. The pre-Neogene basement on top of which Depositional Unit 1 is lying, is eroded and partly it shows a pronounced paleorelief.

The sediments belonging to Depositional Unit 1 are generally poorly to moderately sorted and their composition varies between phyllite-quartzite and calcareous components. Sorting and roundness are improving in the higher levels of the Unit. Imbrication structures, where visible, indicate that the paleocurrent direction was towards the south and southwest (Fig. 29).

Depositional Unit 2 belongs to the upper part of Pandanassa Formation and is well developed in the west part of the basin. This unit is composed of sandy and silty beds with scattered bivalves, mainly oysters of a brackish origin and of well stratified fresh-water limestones. These deposits constitute the transitional part between the continental and the shallow-marine environments (Fig. 31).

The marine deposits of the *Depositional Unit 3* belong to Apostoli Formation and are distinguished in the shoreface deposits (Subunit 3a, Fig. 31) which are composed of alternations of beach conglomerates with shoreface sandstones, and in shelf deposits (Subunit 3b, Fig. 32) which comprise bluish fossiliferous

marls. The contact between the two subunits is characterized by the presence of *Heterostegina* sandy beds. These beds can be traced laterally, thus they have been considered as a special depositional interval (datum) among the marine deposits.

The carbonate deposits of *Depositional Unit 4* belong to Rethymnon Formation and are composed of two main lithological types: a) bioclastic limestones alternating with marls and b) reefs. The bioclastic limestones constitute the main part of *Depositional Unit 4* and are considered to have been deposited on carbonate platforms. Reefs comprise only a small part of the stratigraphy of the basin.

As far as the *Depositional Units* which have been recognized in Rethymnon Basin are concerned, these are (Fig. 28):

Depositional Unit a which is found at the base of the Neogene succession and comprises breccias and conglomerates of the Pandanassa Formation.

Depositional Unit b has been observed along the southern margin of the basin and is composed of shoreface/shallow marine deposits of Gallou Formation.

Depositional Unit c is composed of massive limestone beds of the Gallou Formation which are connected with the topmost part of the limestones of the *Depositional Unit 4* of Apostoli Basin.

Depositional Unit d belongs to Dhramia Formation and comprises marl breccias and marls which represent mass transport parts of the carbonate slope to the south.

LITHOSTRATIGRAPHIC CORRELATION

The lithostratigraphic correlation which has been carried out between the depositional units of Apostoli and Rethymnon Basins gave the following results (Fig. 34):

The coarse grained deposits of *Depositional Unit 1* which belong to Pandanassa Formation have been observed in both the basins. Moreover, these deposits are wedging out towards the north, while the sediments of the *Depositional Units 2, 3 and 4* have not been observed in Rethymnon Basin.

The contact of Gallou Formation with an underlying formations has nowhere been noticed. On the contrary, this formation passes laterally into the bioclastic limestones of the *Depositional Unit 4* of Rethymnon Formation which is of Late Tortonian-Messinian age (MEULENKAMP, 1969).

Finally, Gallou Formation is covered by Dhramia Formation which is younger than Rethymnon Formation.

Part of the contact of the two basins constitutes the northeastern margin of Apostoli Basin (Fig. 27). The basal part of the Neogene strata of this margin is characterised by the presence of coarse red conglomerates and breccias which represent coarse alluvial fan deposits.

Yellow/brown silts with pebbles and sandy concretions indicative of a shoreface and shallow marine environment are deposited after the coarse conglomerates and breccias. Beachface conglomerates alternating with shoreface deposits are following and passing towards yellow sands and sandy silts representing shoreface deposits. All these sediments are covered by organic/reef limestones which belong to Rethymnon Formation. These limestones are extending northwards and passing into Rethymnon basin where they are found as isolated slabs.

The two basins are thought to have gotten into contact during the deposition of the bioclastic limestones which has taken place in Late Tortonian/Messinian times.

BIOSTRATIGRAPHY

The biostratigraphical analysis of the planktonic foraminifera from the middle part of the marine sediments of the Depositional Unit 3 and the base of the Depositional Unit 4 led to the conclusion that these deposits chronostratigraphically correspond to the Middle-Late Tortonian which biostratigraphically is correlated with the biozones N16-N17 (Blow, 1969, Fig. 36).

TECTONICS

The tectonic analysis of the studied region gave the following results (Fig. 37):

From Late Serravallian to Late Tortonian times, a N-S extension took place in Rethymnon region. E-W running normal faults dipping towards the south, created a half-graben basin. Secondary N-S running normal faults formed horst and graben structures with various depths. The depocenter of the basin has been observed in its central-eastern part.

During the end of Miocene, due to the dominant geotectonic regime in the adjacent Aegean area, Crete started to rotate towards the north causing the uplift and the change of the general dip of Apostoli basin. From that time on, Apostoli basin provided with erosional products the Rethymnon basin.

PALEOGEOGRAPHIC RECONSTRUCTION

The detailed lithostratigraphical, biostratigraphic and tectonic analyses which were carried out in Apostoli Basin, led to some important conclusions related to environmental and lithological changes which took place during Late Serrav-

allian-Pliocene times. These changes are depicted in five paleogeographical sketch maps where the studied facies associations are shown.

Late Serravallian-Early Tortonian (Fig. 41): During that timespan the tectonic activity which took place resulted in the formation of Apostoli basin. The sediments deposited that period are characterised by high-energy sedimentation pattern. Imbrication structures indicate that the source rock of the sediments deposited was situated north and north-eastwards of the basin. Due to the transportation pattern, in the eastern part of the basin coarse-grained fan conglomeratic deposits are found which laterally are passing into finer-grained, laterally persistent floodplain and channel deposits. During that period the climate was subtropical with low to medium temperatures.

Early-Middle Tortonian (Fig. 42): During that timespan, a general transgression affected the island of Crete. Secondary N-S normal faults are causing the differential submergence of the basin of Apostoli. The subtropical climate which was dominating the previous timespan progressively changed into tropical. The studied region is characterised by lower energy sedimentation pattern. In the west part of the basin, the sea invasion over the fluvial deposits resulted in the deposition of lacustrine and brackish sediments whereas in the eastern part shoreface deposits are observed. As the submergence of the basin was not homogeneous, the sea invasion in the west part of the basin was fast due to the higher rate of submergence resulting in the formation of well-developed beach deposits. Eastwards, beach conglomerates do not appear as the sea invasion was lower.

Late Tortonian (Fig. 43): During that period, the continuous sea invasion and the exhaustion of the source rocks northwards and northeastwards of the basin, resulted in the deposition of marine marls. Along the northeastern margin of this basin, carbonate shelf and reef deposits are growing, indicating that the environment there remained shallow.

Messinian (Fig. 44): The Late Tortonian/Messinian boundary is characterised by the inactivation of the north marginal fault, the emergence of the Apostoli basin and the shortage in clastic sediments. In addition, during that period the climate became quite warm and tropical. These tectonic and climatic conditions caused the deposition of shallow marine limestones.

Pliocene (Fig. 45): During Pliocene times, the northward tilting of Crete took place resulting in the uplift and erosion of the Neogene deposits of Apostoli Basin and their redeposition as marly breccias in the deepest parts of Rethymnon basin.

SEDIMENTARY FACIES ANALYSIS

The detailed lithostratigraphical analysis of the deposits in Apostoli Basin al-

lowed us the recognition of sixteen sedimentary facies (Table 2), on the basis of shared sedimentological and paleontological features and by spatial relationships. The distribution of these facies in the studied sections is shown in Fig. 46, 47, 48, 49 and 50. In each depositional unit the following sedimentary facies have been recognized:

Depositional Unit 1: Continental-fluvial deposits

Debris flow conglomerates (Fig. 51): These are matrix-supported conglomerates composed of pebbles, cobbles and some large "outsize" boulders. Conglomerate beds range in thickness from 0.3 to 5 m. The conglomerates show disorganized, matrix-filled framework. Matrix generally consists of coarse sand and granules. Individual beds are unstratified and display sheet-like geometries. Their basal contacts are slightly erosive to non-erosive. Some units are locally capped by thin lenses of plane- to cross-stratified coarse-grained sandstones and pebble conglomerates.

The texture, the lack of organized fabric and the negligible percentage of sediment finer than silt in the matrix, all suggest deposition from debris flow. The associated finer-grained cappings resulted from stream-flow processes following debris-flow deposition on the fan surface.

Braided-stream conglomerates (Fig. 52, 53): This facies consists of conglomerates with minor interbedded sandstones and pebbly sandstones. The conglomerates are moderately to well sorted, comprising subrounded to subangular pebbles and cobbles. Invariably, they are clast-supported and tightly packed. Beds are generally ungraded, though normally graded is locally present. These clast-supported conglomerates generally show clear evidence of erosion at the base. Intercalations of sandstone and mudstone are often lenticular. Many of the sandstones are plane-stratified and form graded cappings of the conglomerate beds.

The texture and stratification of the clast-supported conglomerates strongly suggest a braided stream-flow origin. The small-scale lenticular sandstone intercalations may simply represent deposition due to slight fluctuations in stream velocity (HARMS *et al.*, 1975).

Channel conglomerates (Fig. 54, 55, 56, 57): These comprise mostly clast-supported conglomeratic beds, 2 to 5m thick. This facies differs from the braided stream conglomerates by its greater clast roundness, better sorting and by the presence of distinct sedimentary structures. Both planar and trough cross bedding are conspicuous in transverse and longitudinal sections, and plane bedded units commonly show clast imbrication and occasional local fining upwards. This facies very clearly relates to within-channel fluvial deposition.

Sandy floodplain deposits: This facies comprises fine- to coarse-grained, granule-bearing litharenitic sandstones, dominated by plane-parallel stratification and low-angle cross-stratification. It occurs as composite laterally extensive sequences up to 20 m thick which consist of a large number of stacked, sheet-like beds and contain minor interlayers of conglomerate or mudstone.

The deposition is thought to have been due to a multitude of sandy sheetfloods (unconfined floodflows) on the gravelly surface of a fan sector that was temporarily abandoned by the gravel-bed distributary channels due to advanced aggradation. From the point of view of the sediment dispersal pattern on an alluvial fan, this facies might then represent "interlobe deposits".

In addition, it is likely to have pebble to cobble, clast-supported conglomerates interbedded with medium to very coarse-grained, pebbly sandstones. Sandstones are litharenites dominated by planar and trough cross-stratification. Interbedded conglomerates and sandstones form sequences which are up to 3 m thick, show erosive bases and an overall fining-upward trend. In this case, this facies is thought to represent multiple infills of relatively small and shallow channels which distributed the sediment, mainly sands, on the fan surface during normal flow stages, between major flood events.

Overbank deposits (Fig. 58, 59): Individual units of overbank deposits range in thickness from 0.1 to 4.0 m and can either extend laterally for hundreds of metres or are abruptly truncated within a few metres by channel sandstones. Overbank deposits consist of individual beds or interbeds of sandstone/siltstone and mudstone, both of which commonly display pedogenic features.

Sandstone/siltstone beds generally are internally structureless, but in a few places horizontal laminae or asymmetrical ripple cross-laminae are present. Interbedded mudstones are red or light green and rarely exceed 1 m in thickness. Contacts between sandstone/siltstone and mudstone beds can be either gradational or sharp.

Calcrete or caliche (Fig. 60, 61, 62): They are typical seen in river floodplain sediments. It occurs in several forms, from nodules to continuous layers, with massive, laminated and pisolitic textures. It is generally considered that calcrete forms through a per descensum process, of solution of carbonate particles in the upper, A-horizon of the soil profile and reprecipitation in the lower B-horizon (GOUDIE, 1973). It consists of non calcareous nodules and tubules (B_K horizon). Nodules range from 0.5 to 4 cm in diameter, whereas calcareous tubules range from 1 to 5 cm in diameter, taper downward and are oriented perpendicular to bedding, characteristics that suggest an origin as rhizoliths (KLAPPA, 1980; COHEN, 1982).

The presence of calcareous palaeosols suggests a relatively dry, probably semi-

arid palaeoclimate (REEVES, 1970; CERLING, 1984).

Depositional Unit 2: Transitional facies

These facies are characterized by the complex interplay between fluvial and shallow-marine processes.

Calcarenites with coal seams (Fig. 63): This facies is composed of calcarenites up to 1m thick with scattered plant remains and fresh-water gastropods. In the upper part of these beds coal seams have been observed. The deposition of this facies is attributed to abandoned, "passive" lacustrine areas where the plant growth and the coal seams development are likely due to restricted influx of clastic material.

Lacustrine limestones (Fig. 64): Lacustrine carbonates are due to inorganic precipitation. Inorganic precipitation producing lime muds, mostly takes place through evaporation, but CO₂ loss, as a result of plant photosynthesis or pressure-temperature changes, and mixing of fresh stream water with saline lake water, also cause carbonate precipitation.

Carbonaceous mud: This facies comprises dark-coloured to black, friable mud which is due to weathering processes. Fresh water bivalves and ostracodes are present. This facies represents anaerobic, fresh water deposition.

Sandy Oyster banks (Fig. 65, 66): These beds are composed of closely packed oysters, more or less parallel to the bedding plane. The oysters are often very big (up to 40 cm length) and are stacked upon each other with a silty matrix in between. According to DEMARCQ¹ & DEMARCQ (1989) the development of this oyster banks is connected to brackish paleoenvironmental conditions.

Depositional Unit 3: Marine deposits

Concretionary sandstones (Fig. 67, 68): This facies consists of brownish, partly unconsolidated, fine-grained sandstones. Trough-cross stratification and horizontal lamination are the main sedimentary structures but ripple-laminated horizons are also present. The most remarkable feature of this facies is the presence of spherical to oval or oblong concretions which are slightly parallel to the bedding. These concretions are thought to have grown after deposition of the host rock, under low or moderate sedimentation rates, by precipitation of calcite from ground water actively moving in the direction of the regional subsurface drainage (MCBRIDE *et al.*, 1988).

Beachface sandstones and conglomerates (Fig. 69, 70, 71, 72): Well-defined, gently inclined, seaward dipping layers of alternating sandstones and conglomerates.

Sandstones are moderately to well-sorted, medium to very coarse-grained show-

ing either horizontal or low-angle parallel lamination and common *Skolithos* burrows.

Conglomerates occur as laterally persistent, one-clast thick layers and less commonly, as thicker sharply based tabular units. Most of the thicker, tabular units have an ungraded clast-supported framework of spherical to rod-shaped pebbles and cobbles, with a matrix of sand and small pebbles.

This facies is being interpreted as foreshore/upper shoreface deposits or mixed, sand-gravel "depositional" beaches. The one-clast thick gravel layers and the pavements of clasts with lithophage cappings, seem to reflect variable reworking of fan-derived gravels by storm waves.

Shoreface sandstones (Fig. 73): They are represented by fine-to coarse-grained beds with horizontal to low-angle stratification and swalley or hummocky cross-stratification. The individual beds are lenticular, showing flat or slightly irregular, erosive bases and low-relief undulatory tops. They are occasionally capped by thin, wave-rippled sandstones.

Periodic high energy oscillatory currents, associated with storm conditions, are reflected by the presence of swalley or hummocky-cross-stratification. The wave-rippled sandstone cappings represent sand reworking by waning storm currents and a fair-weather sedimentation punctuated by minor storms, respectively.

Heterostegina sands (Fig. 74, 75): This facies, due to its lateral continuity, constitutes a special interval within the shallow marine deposits. Within these *Heterostegina* sands there are scattered Echinoids (*Clypeaster*) and Pectinidae. According to KIDWELL (1989, 1991) and BANERJEE & KIDWELL (1991), this kind of deposits represent high rates of shell production indicating rapidly generated storm and mass-mortality event concentrations.

Grey-bluish fossiliferous marine marls (Fig. 76, 77, 78): This facies comprises bluish, fossiliferous marls with occasional lenses or layers of fine to very fine grained sandstones. The grey and bluish marls and clays yield a rich mollusc fauna, whose composition is fundamentally the same in all sections. Partly, these marls above the *Heterostegina* beds show a strong sandy development.

Amongst the numerous genera, *Conus*, *Murex*, *Arca*, *Ancilla*, *Dentalium*, *Natica*, *Vermetus*, *Turritella*, *Chlamys*, *Corbula*, *Ostrea* and *Pecten* are common. Specimens of *Pecten latissima* may reach a diameter of up to 30 cm. Incidentally *Ancilla glandiformis*, "index fossil" of the Tortonian is found. Echinids are represented by *Clypeaster* and *Scutella*. Brachiopods of small dimensions, like *Argyrotheca* cf. *dertomutinensis*, *Megerlia oblita*, *Terebratula sinuosa*, have been found in the lower strata of the clayey marls. They are representatives living in quiet sea bottoms or in deeper seas.

The mud-dominated facies is thought to represent open marine (shelf) environment. The fossiliferous marls indicate deposition from suspension in a quiet environment which has hardly been influenced by waves or other currents. The deposition of mud by suspension was occasionally interrupted by waning sand-laden traction currents (deposition of the sandstone beds).

Depositional Unit 4: Carbonate platform

Bioclastic limestones and marls (Fig. 79): This facies is characterized by the presence of alternating marls and bioclastic limestones, which are partly stratified and often resemble reef deposits. The limestones contain abundant disarticulated and reworked gastropods, bivalves, corals and algae. *Heterostegina* may be still present.

The presence of this facies association suggests that the marine environment was rather shallow.

There are several factors, of which the most important are temperature, salinity, water depth and siliciclastic input, that control carbonate deposition (LEES, 1975). Many carbonate skeletal organisms, such as the reef-building corals and many calcareous green algae, require warm waters in which to flourish. The majority of carbonate sediments therefore occur during tropical-subtropical climatic conditions. Many carbonate skeletal organisms are affected by salinity and water depth and occur preferentially in the shallow agitated part of the photic zone in seawater of normal salinity.

One of the overriding controls of carbonate deposition is a lack of terrigenous detritus. The influx of much siliciclastic material will inhibit the formation of limestones.

DEPOSITIONAL SYSTEMS: DEVELOPMENT AND EVOLUTION

The recognised depositional systems are categorised as follows: 1. Alluvial system (ALLS), 2. Brackish-lacustrine system (BFS), 3. Shoreface system (SHS), 4. Inner shelf system (ISS) and 5. Outer shelf system (OSS), (Fig. 80).

An unconformity is not present in these intervals, suggesting that the magnitude of the relative sea-level excursion was small (<10m) and that the relative sedimentation rate tracked this fall.

The following discussion outlines a simple scenario for the stepwise evolution of the depositional systems:

The evolution of the sedimentary fill of Apostoli Basin started when subsidence of the basin took place and coarse grained clastic sediments originating from the elevated pre-Neogene basement were transported and deposited form-

ing fanglomeratic and stream-flow deposits (ALLS).

The invasion of the sea from the south and the gradual decrease of the clastic sediment supply from the northeast, resulted to the deposition of the transitional sediments of the brackish-lacustrine system (BFS) to the west, and of the shoreface deposits (SHS), to the east.

The continuous erosion of the paleorelief and the climatic change towards warmer conditions are the responsible conditions for the change in the sedimentation regime (from clastic to carbonate). Thus, marls (ISS) and bioclastic limestones (OSS) gradually covered Apostoli Basin.

DEPOSITIONAL MODEL

The combination of two models of deposition describes the prevailing conditions of sedimentation. The first one is the clastic model which comprises the continental and the coastal deposits. The second one, the non-clastic model, is younger than the clastic one, it gradually covers it and it comprises the shelf deposits (Fig. 81).

As far as the clastic model is concerned, the presence of thick braided fluvial deposits in between the alluvial deposits and the overlying marine sediments, indicates a braided-delta system which is mostly fluvially dominated and partly wave influenced.

CONTROLS OF SEDIMENTATION

The main controls which affected the sedimentation patterns in Apostoli Basin are the following:

- the regional tectonic subsidence which led to the formation of the basin.
- the continuous tectonic activity of the Rethymnon Province which caused the decrease of the relief of the source area, the decrease of the rate of erosion, and consequently the gradual decrease of the rate of clastic material transportation and the invasion of the sea from the south.
- finally, climate is considered a very important and independant factor which controls weathering, erosion and sediment supply. The climatic change from relative humid to more arid and warmer conditions led to the change of the sedimentation regime, from clastic to non-clastic.

RHYTHMIC SEDIMENTATION

Thorough study of the sequence undertaken, led to the recognition of rhythmic sedimentation patterns in the continental and coastal deposits.

In the continental deposits, the presence of small scale coarsening upward sequences is remarkable (Fig. 82). Each sequence is composed at its base of laterally persistent overbank deposits and at the top by fluvial conglomerates. It is believed that each rhythm represents a seasonal transport and depositional rhythm. Climatic changes cause the rhythmic changes in the coarse sediment supply and in the mechanisms of transportation. The mass flows dominate in the more arid alluvial deposits whereas a more humid climate leads to the formation of fluvial deposits.

Moreover, tectonics played a very determined role in the erosional and sedimentary processes as they were responsible for the preservation of the paleorelief and the continuous clastic sediment supply and for the mechanical weathering of the source rocks. During increased tectonic activity, increased gravel and sand supply originating from the erosion of the relatively elevated paleorelief northwards of the basin, is responsible for the coarse-grained continental deposits. During periods of tectonic recession, the transport and deposition of finer-grained sediments were proliferated.

As far as the rhythmic shallow marine deposits are concerned, these are thought to represent small scale fluctuations of the relative sea-level. Each rhythm constitutes a shallow marine succession which indicates a regional decrease of the depth of deposition. One succession is composed at its base of siltstones alternating with bioturbated and hummocky-cross-stratified sandstones which have been deposited in the lower shoreface zone. The upper part of this succession is composed of trough- and horizontal cross-stratified sandstones which are capped by beach conglomerates originating in the upper shoreface zone.

The interpretation of these rhythmic sedimentary deposits depends on climatic conditions which control the sediment supply and the depth of deposition.

PALEOECOLOGICAL OBSERVATIONS

Paleoecological observations and paleoenvironmental interpretation of the marine sediments of Depositional Unit 3 have been conducted through quantitative analysis of the major representatives of benthic microfauna.

The study of the benthic microfauna has allowed the qualitative and the quantitative micropaleontological analysis.

The qualitative analysis has revealed the presence of the 73 species. The quantitative analysis of the main benthic microfauna representatives and of the characteristic marker species led to the production of frequency curves, concerning the whole Neogene exposure, or isolated samples. In order to determine the paleoecological characteristics of the sediments studied and the performance and effects of the taphonomic process, we used several indices based on the number of species per sample item and the distribution of the abun-

dance of species.

The determined benthic foraminifera species have been grouped following the grouping criteria of v.d. ZWAAN (1982) and (1983) which is based to the general structure of shallow and relatively deep-water mud-communities. This arrangement of the species can be recognized in analyses of almost all Miocene shallow and relatively deep-water mud-associations at present available. It is characterized by the occurrence of three groups:

Group A: This group consists of epiphytes or vegetation-bound species.

Group B: The species of this group are not tolerant to environmental stress of any nature, more particularly high salinities and oxygen depletion.

Group C: This group consists of species tolerant to environmental stress, which is mostly represented by oxygen-deficiency at the bottom.

In addition, the general relationship between Depth and %P ($P=P/P+B$) is described according to: $\text{Depth} = e^{(3.58718 + (0.03534 \times \%P))}$ (v.d. ZWAAN *et al.*, 1990).

The diversity of the species per sample is measured by using the SHANNON-WIENER formula (MARGALEF, 1968) which is:

$$H = \sum_{i=1}^M p_i \log_2 p_i$$

where $p_i = n_i/N$ (n_i = being the number of individuals of the i^{th} species and N the total number of individuals) and M is the total number of species.

Finally the index of Evenness (J) is defined by the formula $J = H/H_{\text{max}}$ (MARGALEF, 1968) where H = diversity and $H_{\text{max}} = \log_2 M$.

From the quantitative data and the plotted diagrams the following have been concluded:

In the west part of the basin, brackish environmental conditions prevail which gradually are passing into more stable marine conditions. Conditions of environmental stress which are characterised by a salinity increase dominate in the upper part of Depositional Unit 3.

In the central part of the basin, low salinity conditions which are passing into higher salinity and oxygen depletion have been determined. In a higher level, conditions of environmental stress are present while in the topmost part stable water conditions are coming back and the benthic life is proliferated.

The paleoecological analysis of the benthic foraminifera which has been carried out in the eastern part of the basin shows a stable, open marine environment.

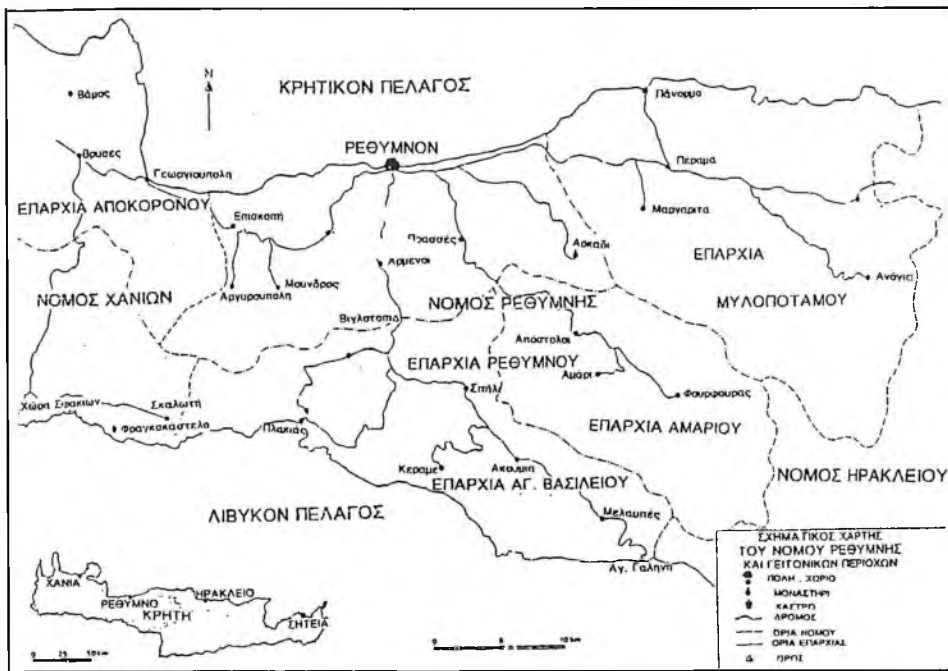
CONCLUSIONS

The stratigraphical, sedimentological and paleoecological analyses of the deposits of Apostoli Basin gave the following conclusions:

1. The tectonic-sedimentary regime of Apostoli Basin is corresponding to a tectonic graben where great part of its sediment fill has been originated from the elevated Alpine relief which is found northwards and northeastwards of the graben.
2. The conducted sedimentary facies analysis showed that alluvial conglomerates are dispersing into the graben by mass flows and by braided river currents. Afterwards and due to the invasion of the sea from the south, marine deposits are covering the coarse grained continental deposits. No unconformities have been noticed.
3. The combination of two models of sedimentation describes the prevailing conditions of sedimentation. The first one is the clastic model which comprises the continental and the coastal deposits. The second one, the non-clastic model, is younger than the clastic one, it gradually covers it and it comprises the shelf deposits.
4. As far as the clastic model is concerned, the stratigraphical and sedimentological analysis of the clastic deposits showed that these correspond to a fluviially dominated braid-deltaic environment.
5. The regional tectonic subsidence, the ongoing tectonic activity of the broader area, the gradual diminishing of sediment supply and the prevailing climatic conditions are considered the responsible factors that gave shape to the studied sedimentary sequence.
6. The presence of rhythmic sedimentation has been noted in the continental and coastal deposits. The interpretation of these rhythmic sedimentary deposits depends on the climatic conditions which control the sediment supply.
7. The quantitative and qualitative analyses of the benthic foraminifera indicate a paleoenvironmental transition from open marine conditions in the east to more restricted marine and fresh water conditions to the west.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Λεκάνη των Αποστόλων που μελετάται βρίσκεται στον νομό Ρεθύμνου. Ο νομός Ρεθύμνου χωρίζεται σε τέσσερις επαρχίες-περιοχές: Ρεθύμνου, Μυλοποτάμου, Αμαρίου και Αγ. Βασιλείου. Η γεωγραφική θέση αυτών των περιοχών καθώς και οι κυριότεροι οικισμοί παρουσιάζονται στην Εικ 1.



Εικ. 1. Γεωγραφική θέση των επαρχιών και των κυριότερων οικισμών της ευρύτερης περιοχής Ρεθύμνου.

Fig. 1. Geographical position of the provinces and main towns of Rethymnon region.

Οι Νεογενείς αποθέσεις της περιοχής Ρεθύμνου είναι συνεχείς και εκτείνονται κατά μήκος της βόρειας ακτής σχηματίζοντας μία λοφοειδή τοπογραφία μεγίστου υψομέτρου 600m. Διασκορπισμένες εμφανίσεις νεογενών ιζημάτων έχουν βρεθεί κατά μήκος της νότιας ακτής καθώς και σε μερικές επιμήκεις λωρίδες γύρω από τα γειτονικά Αλπικά όρη όπως είναι το Ξηρόν (940m), Ασηδέρωτο

(1162m), Κέντρος (1777m) και Ψηλορείτης. Σε αυτές τις περιοχές, οι Νεογενείς αποθέσεις απαντούν σε υψόμετρο 750m επάνω από την σημερινή στάθμη της θάλασσας. Το τοπογραφικό ανάγλυφο χαρακτηρίζεται κυρίως από υψηλές κορυφές οι οποίες αποτελούνται από Αλπικά πετρώματα και χαμηλού υψομέτρου λόφους οι οποίοι αποτελούνται από Νεογενείς αποθέσεις. Ο βαθμός εκθέσεως των Νεογενών πετρωμάτων δεν είναι παντού ο ίδιος αφού σε ορισμένες περιοχές αυτός είναι φτωχός εξαιτίας της χρήσεως πολλών τμημάτων τους για γεωργικούς σκοπούς.

Σύμφωνα με τον MEULENKAMP (1969), τα Νεογενή ιζήματα κατά μήκος της βόρειας πλευράς του νησιού συνήθως παρουσιάζουν μία ομαλή κλίση ολίγων μοιρών προς βορράν. Σπανίως κάποιο ρήγμα επηρεάζει τις αποθέσεις αυτές με αποτέλεσμα η σημερινή τοπογραφία και γεωγραφική κατανομή όλων των ιζημάτων γύρω και ανάμεσα στις αλπικές εμφανίσεις να αντιπροσωπεύει τις παλαιογεωγραφικές συνθήκες που επικρατούσαν κατά την ιζηματογένεση.

Η Νεογενής ακολουθία της περιοχής του Ρεθύμνου συνίσταται, κυρίως, από θαλάσσια, υφάλμυρα, λιμναία και ηπειρωτικά ιζήματα.

Η ακολουθία της εξεταζόμενης περιοχής χαρακτηρίζεται από αδρομερείς αλλουδιακές αποθέσεις, κυρίως κροκαλοπαγή με ενδιαστρώσεις κλαστικών και ανθρακικών ιζημάτων αβαθούς θάλασσας στο κατώτερο τμήμα της και παράκτιες αποθέσεις στο ανώτερο τμήμα της. Οι θαλάσσιες φάσεις σταδιακά αυξάνουν σε όγκο προς τα πάνω και καταλήγουν στα υπερκείμενα ανθρακικά ιζήματα (διοκλαστικοί ασβεστόλιθοι).

Αντικείμενο της παρούσας μελέτης είναι η ανάλυση-τεκμηρίωση και ερμηνεία των ιζηματογενών αποθέσεων καθώς και των ακολουθιών που δημιουργούν αυτές μέσα στην εν λόγω λεκάνη και ο έλεγχος/μελέτη της κάθετης οργανώσεως αυτών των ακολουθιών με απώτερο σκοπό την αναγνώριση της αντιδράσεως αυτών στις τεκτονικές κινήσεις και στις κλιματικές μεταβολές.

Επιπλέον στόχον αποτελεί η μελέτη μερικών από τις σημαντικότερες αιτίες που προκάλεσαν τις μεταβολές στην αρχιτεκτονική των αδρομερών κλαστικών αποθέσεων στην εξεταζόμενη λεκάνη, όπως είναι οι διάφορες αποθετικές διεργασίες, το ανάγλυφο της λεκάνης, οι μεταβολές του κλίματος και της σχετικής στάθμης της θάλασσας. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στις σχέσεις μεταξύ της ιζηματογένεσεως και των διακυμάνσεων της σχετικής θαλάσσιας στάθμης.

Η παρούσα εργασία συνδυάζει αποτελέσματα ιζηματολογικών, στρωματογραφικών, διοστρωματογραφικών καθώς και παλαιοοικολογικών μελετών. Βασίζεται σε λεπτομερείς αναλύσεις φάσεων, παλαιοοικολογίας και διοστρωματογραφίας αριθμού τομών και σε υπαίθρια χαρτογράφηση περιοχών, κυρίως εκείνων όπου παρατηρούνται απότομες πλευρικές και κατακόρυφες μεταβολές φάσεων. Η συνέχεια που παρουσιάζουν τα ιζηματογενή πετρώματα του Νεογενούς στην εξεταζόμενη

λεκάνη, μας επέτρεψε την λεπτομερή χαρτογράφηση των στρωμάτων που υπάρχουν στις διάφορες ενότητες. Η μελέτη αυτή βασίστηκε κυρίως σε εργασία πεδίου η οποία είχε ως αποτέλεσμα περισσότερο από 2 χιλμ. λεπτομερών τομών.

Κατά την ανάλυση φάσεων, οι παρατηρούμενες φάσεις ομαδοποιήθηκαν σε συγκεντρώσεις φάσεων οι οποίες με την σειρά τους οργανώθηκαν σε συστήματα αποθήσεως. Οπου ήταν δυνατόν έγιναν βιοστρωματογραφικοί προσδιορισμοί σε επίπεδο ζωνώσεως. Εντούτοις οι βιοστρωματογραφικοί προσδιορισμοί δεν επιτρέπουν γενικά τον βιοστρωματογραφικό έλεγχο των κυριότερων οριζόντων.

Η στρωματογραφική προσέγγιση της περιοχής βασίζεται στην μεθοδολογία της στρωματογραφίας των ιζηματογενών ακολουθιών (VAIL *et al.* 1987). Η στρωματογραφία ιζηματογενών ακολουθιών (sequence stratigraphy) η οποία θεωρείται προέκταση της σεισμικής στρωματογραφίας και αποτελεί μεθοδολογία αναγνώρισης των γενετικώς συσχετιζόμενων στρωμάτων, αποτελεί μία πολυδιάστατη προσέγγιση στην στρωματογραφική ανάλυση. Η αναγνώριση των στρωμάτων βασίζεται στις γεωμετρικές σχέσεις αυτών και επιτρέπει την υποδιαίρεση των ιζηματογενών αποθέσεων σε φυσικές ενότητες οι οποίες ονομάζονται ακολουθίες. Μέσα σε μία ακολουθία, οι αποθετικές ενότητες είναι τοποθετημένες με τέτοιο τρόπο ώστε να υποδηλώνουν πλευρικές μεταβάσεις από την θάλασσα προς την ξηρά και αντιστρόφως. Με παρόμοιο τρόπο οι διάφορες φάσεις παρουσιάζουν συστηματικές μεταβάσεις μέσα σε μία ακολουθία. Τα ιζηματογενή περιβάλλοντα και οι φάσεις τώρα συζητώνται ως συστήματα αποθήσεως τα οποία με την σειρά τους σχηματίζουν τις παρακολουθίες και τις ακολουθίες οι οποίες χωρίζονται μεταξύ τους με ασυμφωνίες ή δισυμφωνίες. Η παρακολουθία είναι ένας περιγραφικός όρος ο οποίος δεν λαμβάνει υπόψιν του την προέλευση, την φύση και την σημασία των διαχωριστικών επιφανειών καθώς και τις σχέσεις τους στον χώρο και τον χρόνο. Αντιθέτως, η σύγχρονη χρήση του όρου ακολουθία λαμβάνει υπόψιν τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά. Συνεπώς, η παρακολουθία δεν θα πρέπει να θεωρείται ως ακολουθία μικρότερης κλίμακας. Η κύρια θεώρηση εδώ είναι ότι οι μεταβολές της σχετικής θαλάσσιας στάθμης σε συνδυασμό με την παροχή ιζήματος καθώς και την γεωμορφολογία είναι ο πρωτογενής παράγοντας που ελέγχει την στρωματογραφική ακολουθία. Συνεπώς μία ιζηματολογική έρευνα θα πρέπει να περιλαμβάνει την εξέταση και τον καθορισμό του ρόλου των βασικών φυσικών παραμέτρων για την ανάπτυξη μιάς στρωματογραφικής ακολουθίας.

Δεν είναι απαραίτητο οι ακολουθίες να συσχετίζονται με τις λιθοστρωματογραφικές ενότητες (VAIL, 1987; VAN WAGONER *et al.* 1988). Θα πρέπει να τονιστεί ότι η Στρωματογραφία Ιζηματογενών Ακολουθιών διαφέρει από την λιθοστρωματογραφία στο ότι η πρώτη βασίζεται σε γενετικώς σχετιζόμενες ενότητες και όχι σε συμβατικώς χαρτογραφήσιμες ενότητες. Παρόλο που τα όρια μιάς ακολουθίας μπορεί να συμπίπτουν με απότομες λιθοστρωματογραφικές επαφές, πολλά λιθοστρωματογραφικά όρια ορίζονται από αμφισβητούμενες διακοπές στην ιζηματογένεση που μπορεί να υπάρχουν κατά τη μετάβαση από την μία φάση στην άλλη.

Από την άλλη πλευρά, τα όρια των ακολουθιών μπορεί να βρεθούν ακόμα κι εκεί όπου οι λιθοστρωματογραφικές επαφές φαίνονται διαβαθμισμένες.

Τέλος θα πρέπει να αναφερθεί ότι παρόλη την πρόσφατη έμφαση που δίνεται στις παγκόσμιες κυκλικές μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης, η ερμηνεία των ιζηματογενών ακολουθιών, κυρίως εκείνων που εξελίσσονται σε σύντομο χρονικό διάστημα, θα πρέπει να λάβει υπόψιν της την πιθανή επίδραση αυτοκυκλικών μηχανισμών όπως είναι π.χ. η μετατόπιση ενός δελταϊκού συστήματος. Αλλοκυκλικοί παράγοντες όπως είναι η τεκτονική ανύψωση ή θύση μίας λεκάνης ή/και της μητρικής πηγής τροφοδοσίας ιζήματος και οι διακυμάνσεις στην παροχή ιζήματος, οι οποίοι μπορεί να προέρχονται από κλιματικές μεταβολές, μπορούν εξίσου να προκαλέσουν ρυθμικές αποθέσεις. Η τεκμηρίωση της επιδράσεως του ευστατικού παράγοντα κατά την απόθεση θα πρέπει να βασίζεται στην αναγνώριση ταυτόχρονων μεταβολών της θαλάσσιας στάθμης (όχι απαραίτητως ίδιου εύρους) σε αρκετές λεκάνες, κατά προτίμηση σε διαφορετικές ηπείρους. Όπου οι τομές δεν είναι εύκολο να συσχετιστούν εξαιτίας ελλείψεως επαρκών δεδομένων, η προσοχή του ερευνητή θα πρέπει να στρέφεται στην λεπτομερή ανάλυση φάσεων και στην ερμηνεία των περιβαλλόντων απόθεσης, διεργασιών και μεταβολών της σχετικής θαλάσσιας στάθμης.

Όσον αφορά στη δομή της διατριβής αυτής, αυτή συνίσταται από πέντε κεφάλαια. Στο Κεφάλαιο 1 - με τίτλο “Το Γεωλογικό καθεστώς της Νήσου Κρήτης” - γίνεται μία διβλιογραφική ανασκόπηση στο Γεωδυναμικό καθεστώς του Αιγαίου, την Αλπική και την Νεογενή ιστορία της Κρήτης. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στο διάστημα Μ-Αν. Τορτόνιο το οποίο αφορά στην εξεταζόμενη λεκάνη. Επιπλέον, γίνεται αναφορά στην γενική λιθοστρωματογραφία του Νεογενούς της ευρύτερης περιοχής του νομού Ρεθύμνου.

Τα κεφάλαια 2, 3, και 4 αποτελούν τα κύρια κεφάλαια της διδακτορικής διατριβής.

Στο Κεφάλαιο 2 -με τίτλο “Οι Νεογενείς Λεκάνες της περιοχής Ρεθύμνου”- εξετάζεται η Λεκάνη των Αποστόλων από πλευράς λιθοστρωματογραφίας, τεκτονικής και βιοστρωματογραφίας με απώτερο σκοπό την αναπαράσταση της παλαιογεωγραφικής εξέλιξής της. Επιπλέον, γίνεται αναφορά και στην Λεκάνη του Ρεθύμνου, η οποία βρίσκεται βορειώς της εξεταζόμενης λεκάνης, με σκοπό τον λιθοστρωματογραφικό συσχετισμό των δύο λεκανών.

Λεπτομερής ανάλυση ιζηματογενών φάσεων η οποία καταλήγει σε κάποιο συγκεκριμένο μοντέλο ιζηματογενέσεως, γίνεται στο Κεφάλαιο 3 με τίτλο “Ανάλυση Ιζηματογενών Φάσεων”. Στο ίδιο κεφάλαιο παρουσιάζεται εκτενής συζήτηση που αφορά στην κατακόρυφη κατανομή των φάσεων και διερευνάται η ύπαρξη ρυθμικής ιζηματογένεσης και οι παράγοντες που επέδρασαν για τη δημιουργία της.

Το Κεφάλαιο 4 αναφέρεται σε παλαιοοικολογικές παρατηρήσεις της συνιστώμενης

μίκρο- και μακροπανίδας της περιοχής και στατιστική ανάλυση της βενθονικής μικροπανίδας από επιλεγμένες τομές της λεκάνης.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 5, γίνεται μία σύνοψη των κυριότερων συμπερασμάτων κάθε κεφαλαίου καθώς και μία σύνθεση αυτών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΚΡΗΤΗΣ

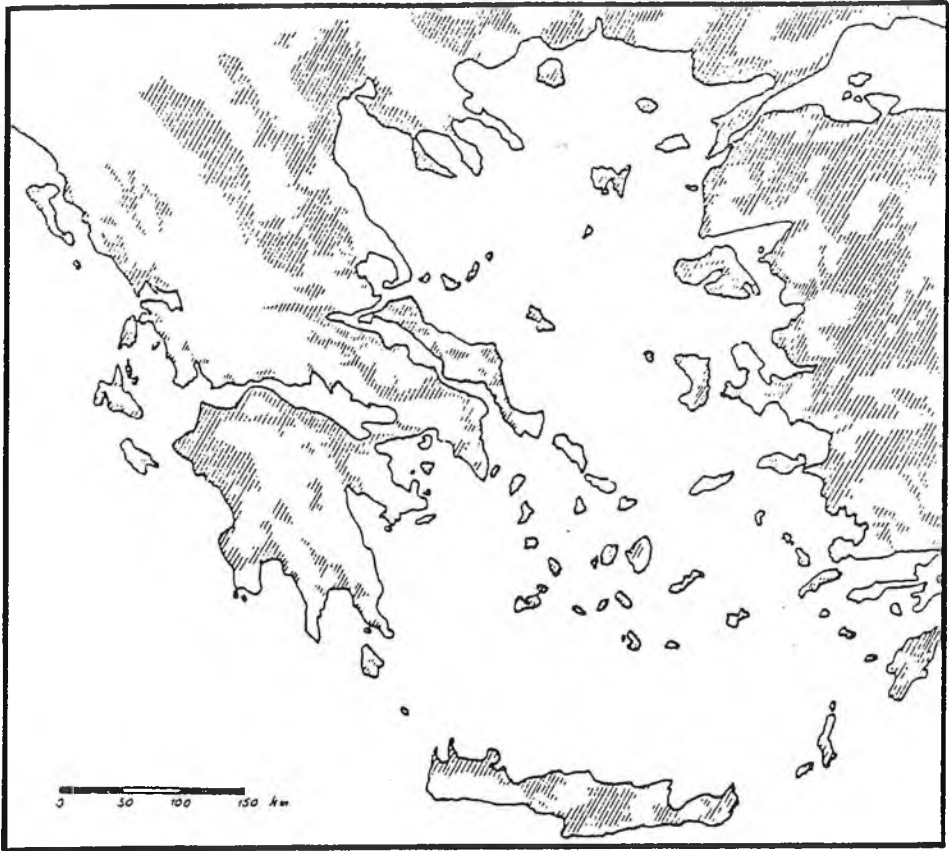
1.1 ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΤΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ

Στό κεφάλαιο αυτό γίνεται μία βιβλιογραφική ανασκόπηση των κυριότερων εργασιών που ασχολήθηκαν με την ιζηματογενή και τεκτονική ιστορία της Κρήτης κατά το Αν. Καινοζωικό αιώνα, δηλαδή τα τελευταία 23 εκατομμύρια χρόνια περίπου. Για την κατανόηση της ιστορίας ιζηματογενέσεως και της τεκτονικής εξέλιξεως της νήσου Κρήτης κατά τη διάρκεια του Καινοζωικού αιώνα είναι απαραίτητη η έρευνα του γεωδυναμικού καθεστώτος της ευρύτερης περιοχής του Αιγαίου. Γι' αυτόν τον σκοπό πολλές γεωλογικές μελέτες έλαβαν χώρα όχι μόνον στην νήσο Κρήτη αλλά και στις γειτονικές της περιοχές. Ακολουθούν συνοπτικά τα πιο σημαντικά αποτελέσματα αυτών των ερευνών.

Η νήσος Κρήτη βρίσκεται στην περιοχή του νότιου Αιγαίου (Ελλάδα) και πιο συγκεκριμένα μεταξύ της νήσου των Κυθήρων προς τα δυτικά και των νήσων Κάσσου, Καρπάθου και Ρόδου προς τα ανατολικά (Εικ. 2). Αυτά τα πέντε νησιά αποτελούν ένα τόξο, το Ελληνικό τόξο ή το τόξο του Αιγαίου, το οποίο χαρακτηρίζεται από μία επιμήκη δομή τεκτονικής τάφρου (ANGELIER, 1976) και συνδέει τις τεκτονικές δομές της Πελοποννήσου με αυτές των Ταυριδών στην νότια Τουρκία.

Προς βορράν η νήσος Κρήτη χωρίζεται από τα νησιά των Κυκλάδων με το Κρητικό πέλαγος το οποίο αποτελεί μία ρηξιγενή λεκάνη με διεύθυνση περίπου Α-Δ και η οποία γίνεται πιο ρηχή προς ανατολάς (από 2500 μέτρα σε 1300 μέτρα βάθος). Προς νότον, το Κρητικό περιθώριο οριοθετείται από το σύστημα της Ελληνικής Τάφρου.

Η Ανωκαινοζωική εξέλιξη της Κρήτης χαρακτηρίζεται από την προς βορράν υποβύθιση της Αφρικανικής πλάκας κάτω από την λιθόσφαιρα του Αιγαίου (ΜΑΚΡΙΣ, 1977; ΜCΚΕΝΖΙΕ, 1978a; ΠΑΡΑΖΑΧΟΣ & ΚΟΜΝΙΝΑΚΙΣ, 1978; LE PICHON & ANGELIER, 1979), (Εικ. 3). Καθώς η Αφρικανική πλάκα μετακινείται προς βορράν, διάφορες μετατοπίσεις κατά μήκος του ρήγματος της Νεκρής Θάλασσας προκαλούν συμπίεση μεταξύ της Αραβικής και Ευρασιατικής πλάκας (ΜΟΛΝΑΡ & ΤΑΡΡΟΝΙΕΡ, 1975).



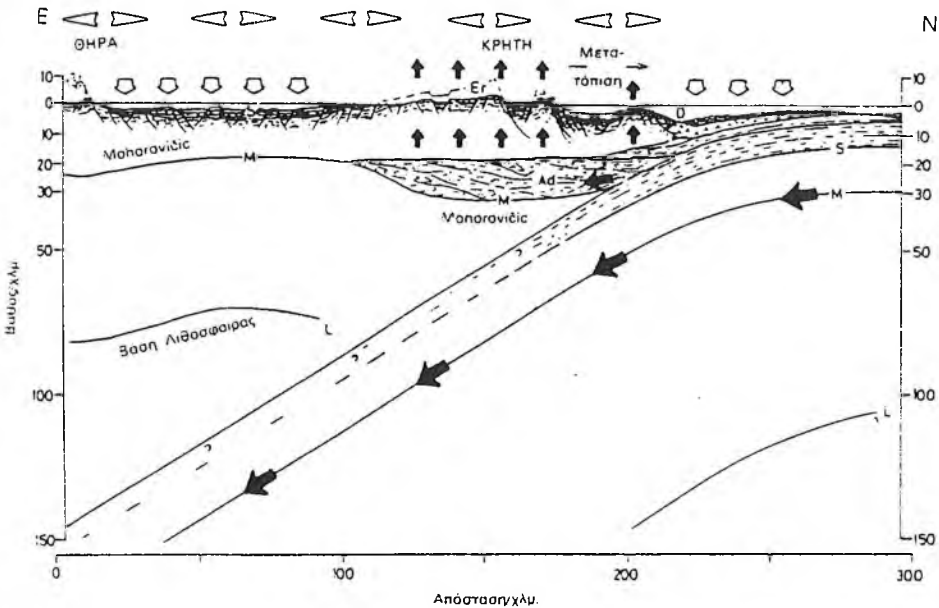
Εικ.2. Γενικός χάρτης της περιοχής του Αιγαίου όπου απεικονίζεται η κατανομή των προνεογενών (λευκό) και νεογενών πετρωμάτων (DERMITZAKIS, 1987).

Fig. 2. Generalized map of the Aegean region in which the distribution of the pre-Neogene (in white) and Neogene rocks is depicted (DERMITZAKIS, 1987).

Αυτή η διεργασία έχει ως αποτέλεσμα την πάχυνση της λιθόσφαιρας της Ανατολικής Τουρκίας. Επιπλέον, οι λιθосφαιρικές πλάκες του Αιγαίου και της Ανατολίας ωθούνται προς τα δυτικά προκαλώντας την επέκταση της περιοχής του Αιγαίου προς την Ανατολική Μεσόγειο (επέκταση λόγω βαρύτητας) (McKENZIE, 1972; McKENZIE, 1978a; LE PICHON & ANGELIER, 1979; ANGELIER *et al.*, 1981). Η επέκταση λόγω βαρύτητας (gravitational spreading) της περιοχής του Αιγαίου προς την Ανατολική Μεσόγειο αποδεικνύεται από την παρουσία ενός πυκνού δικτύου κανονικών ρηγμάτων (Αν. Μειόκαινο) και δομών τεκτονικών κεράτων και τάφρων (Εικ. 4), (AUBOUIN & DERCOURT, 1965, AUBOUIN, 1971, McKENZIE, 1972; McKENZIE, 1978a; LE PICHON & ANGELIER, 1979; ANGELIER *et al.*, 1981, ANGELIER *et al.*, 1982, PETERS, 1985, MERCIER *et al.*, 1987, MASCLE & MARTIN, 1990).

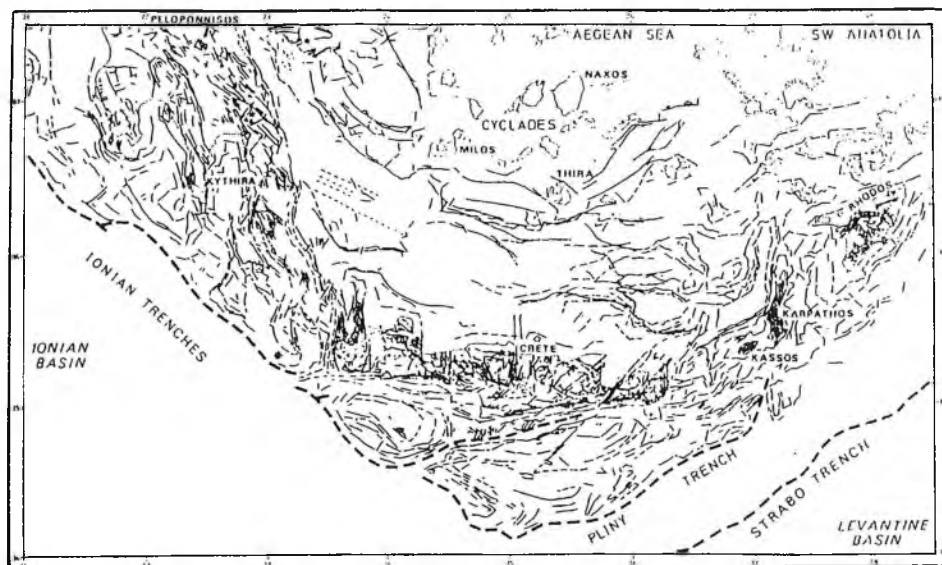
Εξαιτίας του εφελκυστικού τεκτονικού καθεστώτος που επικρατεί στην περιοχή του Αιγαίου, η τελευταία υφίσταται σταθερή δύθιση. Παρόλα αυτά το Ελληνικό τόξο καθώς και η Κρήτη παρουσιάζονται ανυψωμένα σε σχέση με το Κρητικό πέλαγος προς βορράν. Οι ANGELIER & LE PICHON (1980), ANGELIER (1981), LE PICHON & ANGELIER (1981), ANGELIER *et al.* (1982), υποστηρίζουν ότι αυτή η ανύψωση του Ελληνικού τόξου οφείλεται σε ένα μηχανισμό κατά τον οποίον ιζήματα μετακινούνται από την υποδυθιζόμενη πλάκα (Αφρική) για να σχηματίσουν το καινούργιο υπόβαθρο του Ελληνικού τόξου (BARTON *et al.*, 1983).

Αντίθετα, γεωλογικά δεδομένα ενισχύουν την άποψη ότι τεκτονικές κινήσεις συμπίεσως πιθανόν να έπαιξαν σπουδαιότερο ρόλο στην περιοχή της Κρήτης από ότι στην υπόλοιπη περιοχή του Αιγαίου (ANGELIER *et al.*, 1982; KOPP & RICHTER, 1983; FORTUIN & PETERS, 1984; MEULENKAMP *et al.*, 1988, POSTMA *et al.*, 1993). Οι προαναφερόμενοι ερευνητές συσχέτισαν την προέλευση της συμπίεσως με το γενικό εφελκυστικό καθεστώς της λιθόσφαιρας του Αιγαίου (περιοχή της Κρητικής Θάλασσας) κι όχι με διεργασίες υποδυθίσεως. Οι MEULENKAMP *et al.* (1988) αναφέρουν ότι ο εφελκυσμός ξεκίνησε πριν από 12-11 Ma κι είχε άμεση σχέση με τα τελευταία στάδια της συγκρούσεως μεταξύ των πλακών της Αφρικής/Αραβίας



Εικ. 3. Γενικευμένη σχηματική τομή της νότιας Αιγαϊκής περιοχής που παρουσιάζει τη ζώνη υποδυθίσεως των Ελληνίδων (LE PICHON & ANGELIER, 1981).

Fig. 3. Generalized, schematic cross section of the south Aegean region where the subduction zone of the Hellenides is presented (LE PICHON & ANGELIER, 1981).



Εικ. 4. Τεκτονικός χάρτης με τα ρήγματα της περιοχής του Νότιου Αιγαίου, σύμφωνα με τους ANGELIER *et al.* (1982) και PETERS (1985)

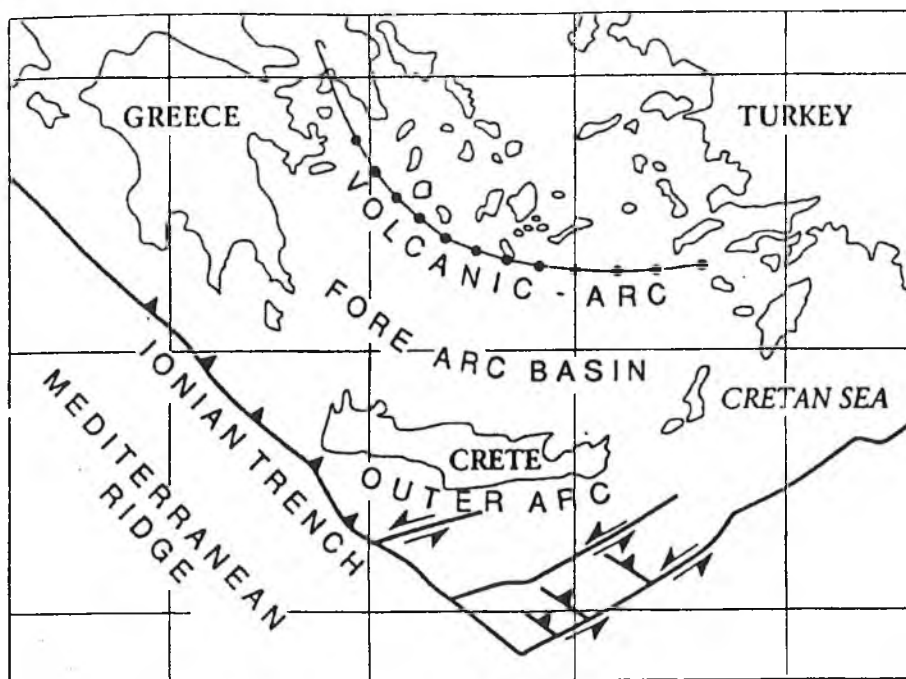
Fig. 4. Tectonic map of the south Aegean region, according to ANGELIER *et al.* (1982) and PETERS (1985).

και της Ανατολίας. Προφανώς ο ένας μηχανισμός δεν αποκλείει τον άλλο και ασφαλώς δεν μπορούμε να αποκλείσουμε τη συμβολή και των τριών διεργασιών στην πάχυνση και ανύψωση της λιθόσφαιρας στην περιοχή του Ελληνικού Τόξου και της Κρήτης.

Επιπλέον, η γεωλογία της νήσου Κρήτης η οποία αποτελεί τμήμα της ηπειρωτικής λιθόσφαιρας του Αιγαίου, χαρακτηρίζεται από τη δημιουργία ιζηματογενών λεκανών στο εμπρόσθιο μέρος του τόξου συγκλίσεως των πλακών (forearc basins), οι οποίες μπορεί να δημιουργήθηκαν από το Αν. Ολιγόκαινο μέχρι το Μειόκαινο (MEULENKAMP *et al.*, 1988) ή και νωρίτερα (DE BOER, 1989), (Εικ. 5). Σ' αυτές τις λεκάνες επικρατούν εφελκυστικές κινήσεις (DROOGER & MEULENKAMP, 1973; ANGELIER, 1979b; LE PICHON & ANGELIER, 1979; ANGELIER *et al.*, 1982; MERCIER *et al.*, 1989). Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές οι λεκάνες αυτές χαρακτηρίζονται από ιζήματα ηπειρωτικά μέχρι βαθιάς θάλασσας τα οποία δεν είναι χαρακτηριστικά λεκανών που δημιουργούνται στο εμπρόσθιο τμήμα τόξου. Συνοπτικά, παρόλο που οι Νεογενείς λεκάνες της νήσου Κρήτης είναι τοποθετημένες στο εμπρόσθιο τμήμα του τόξου συγκλίσεως των πλακών, η προέλευσή τους καθώς και τα ιζήματά τους έχουν μάλλον μεγαλύτερη σχέση με τα αντίστοιχα των λεκανών που τοποθετούνται στο περιθώριο της πλάκας του Αιγαίου.

Έχουν γίνει πολλές προσπάθειες αναπαραστάσεως της γεωδυναμικής και νεοτεκτονικής εξέλιξης του τόξου του Αιγαίου από διάφορους ερευνητές όπως τους MCKENZIE (1972), TAPPONIER (1977), ANGELIER (1977a), MERCIER (1979), MERCIER *et al.* (1979), LE PICHON & ANGELIER (1979), ANGELIER (1979), ANASTASAKIS (1981a, b), ANASTASAKIS & KELLING (1981), ROBERTSON & DIXON (1984), STANLEY & WEZEL (1985), SPAKMAN *et al.* (1988), MEULENKAMP *et al.* (1988), KISSEL & LAJ (1988), PAPAZACHOS *et al.* (1991), SPAKMAN (1991), TAYMAZ *et al.* (1991), HATZFELD *et al.* (1993), SPAKMAN *et al.* (1993), KAHLE *et al.* (1993), MARTON (1993), NOOMEN *et al.* (1993), SENGOR (1993), JACKSON (1994), MEIJER (1995).

Όσον αφορά στην παλαιογεωγραφική εξέλιξη του Αιγαίου, πολλές εργασίες έχουν δημοσιευτεί όπως των: CREUTZBURG (1961-62), MEULENKAMP (1971), GUERNET (1978), BUTTNER & KOWALCZYK (1978), ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ (1980), MERCIER (1981), DERMITZAKIS & PAPANIKOLAOU (1981), PAPANIKOLAOU & DERMITZAKIS (1981), THOMMERET *et al.* (1981), PIRAZZOLI *et al.* (1982), PSILOVIKOS & SYRIDES (1984), PIRAZZOLI (1986), KOJUMDIEVA (1987), SCHROEDER (1986), DERMITZAKIS (1987, 1991) και DERMITZAKIS *et al.* (1993).



Εικ. 5. Οι νεογενείς λεκάνες της Κρήτης θεωρούνται λεκάνες του εμπρόσθιου τμήματος του τόξου εξαιτίας της τεκτονικής τους θέσεως (HALL *et al.*, 1984).

Fig. 5. The neogene basins of Crete are considered as forearc basins due to their tectonic position (HALL *et al.*, 1984).

1.2 ΤΟ ΑΛΠΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΚΡΗΤΗΣ

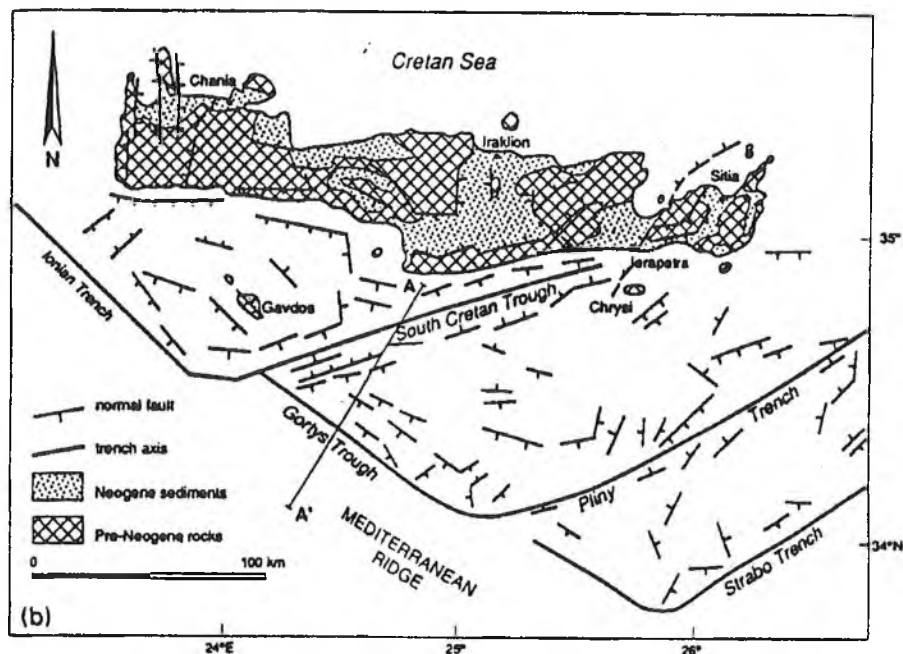
Το αλπικό υπόβαθρο της Κρήτης απετέλεσε αντικείμενο πολυάριθμων τεκτονικών και πετρογραφικών μελετών αλλά παρόλα αυτά οι απόψεις για την παλαιογεωγραφική ένταξη των διαφόρων τεκτονικών ενοτήτων σε πολλές περιπτώσεις διαστανται. Η λεπτομερής περιγραφή της αλπικής ακολουθίας δεν αποτελεί σκοπό της παρούσας μελέτης. Η στρωματογραφία και η τεκτονική ερμηνεία της Αλπικής ορογενέσεως στην Κρήτη, αναφέρονται στις εργασίες των CREUTZBURG (1958), AUBOUIN & DERCOURT (1965), FYTROLAKIS (1967, 1972), CREUTZBURG & PAPA-ΣΤΑΜΑΤΙΟΥ (1969), BONNEAU (1970, 1972, 1973a,b, 1982, 1984, 1991), EPTING *et al.* (1972), CREUTZBURG & SEIDEL (1975), SANNEMANN & SEIDEL (1976), BAUMANN *et al.* (1977), CREUTZBURG & coll. (1977), AUBOUIN *et al.* (1979), KARAKITSIOS (1979, 1987, 1989), BONNEAU & KARAKITSIOS (1979), RICHTER & KOPP (1983), HALL & AUDLEY-CHARLES (1983), HALL *et al.* (1984), ROBERTSON & DIXON (1984), MERCIER *et al.* (1989), DE BOER (1989), ALEXOPOULOS (1990). Μία γενική επισκόπηση της στρωματογραφίας των αλπικών αποθέσεων και της κατακόρυφης οργάνωσης αυτών σε μεταφερόμενα τεκτονικά καλύμματα παρατίθεται στη συνέχεια με σκοπό τον καθορισμό της φύσεως του υποβάθρου των νεογενών λεκανών της Κρήτης.

Οι αλπικοί σχηματισμοί της Κρήτης συνιστούν μία σειρά τεκτονικών καλυμμάτων τα οποία δομούν τα ανυψωμένα τμήματα, τα οποία χωρίζονται μεταξύ τους από τις Νεογενείς και Τεταρτογενείς λεκάνες με κανονικά ρήγματα (Εικ. 6). Η ηλικία και το πάχος των καλυμμάτων αυτών, οι δομές παραμόρφωσης και μεταμόρφωσης, αναφέρονται από τους HALL *et al.* (1984) και BONNEAU (1984) (Εικ. 7 και 8).

Οι αλπικές αποθέσεις της Κρήτης περιορίζονται σε πετρώματα ηλικίας Ανώτερου Παλαιοζωϊκού μέχρι Ολιγοκαίνου. Αυτά τα πετρώματα είχαν αρχικά αποτεθεί σε γεωσυγκλινείς λεκάνες, οι οποίες ονομάζονται “ισοπικές ζώνες” και επωθήθηκαν κατά τη διάρκεια της Αλπικής ορογενέσεως για να σχηματίσουν τις Ελληνίδες.

Το αλπικό οικοδόμημα της νήσου Κρήτης περιλαμβάνει από κάτω προς τα πάνω:

- Την σχετικά αυτόχθονη “Ενότητα Plattenkalk” η οποία αντιστοιχεί στην Ιόνια ζώνη.
- Την “Ενότητα Τριπαλίου” γνωστή μόνο στη δυτική Κρήτη.
- Το “Κάλυμμα Τριπόλεως” το οποίο στην πραγματικότητα περιλαμβάνει δύο ενότητες: τους Φυλλίτες-Χαλαζίτες στη βάση και το κάλυμμα Τριπόλεως s.s. από επάνω.
- Την “Ενότητα της Πίνδου-Εθιάς”.
- Τα “Ανώτερα Τεκτονικά Καλύμματα” που περιλαμβάνουν τις “Ενδιάμεσες Ενό-



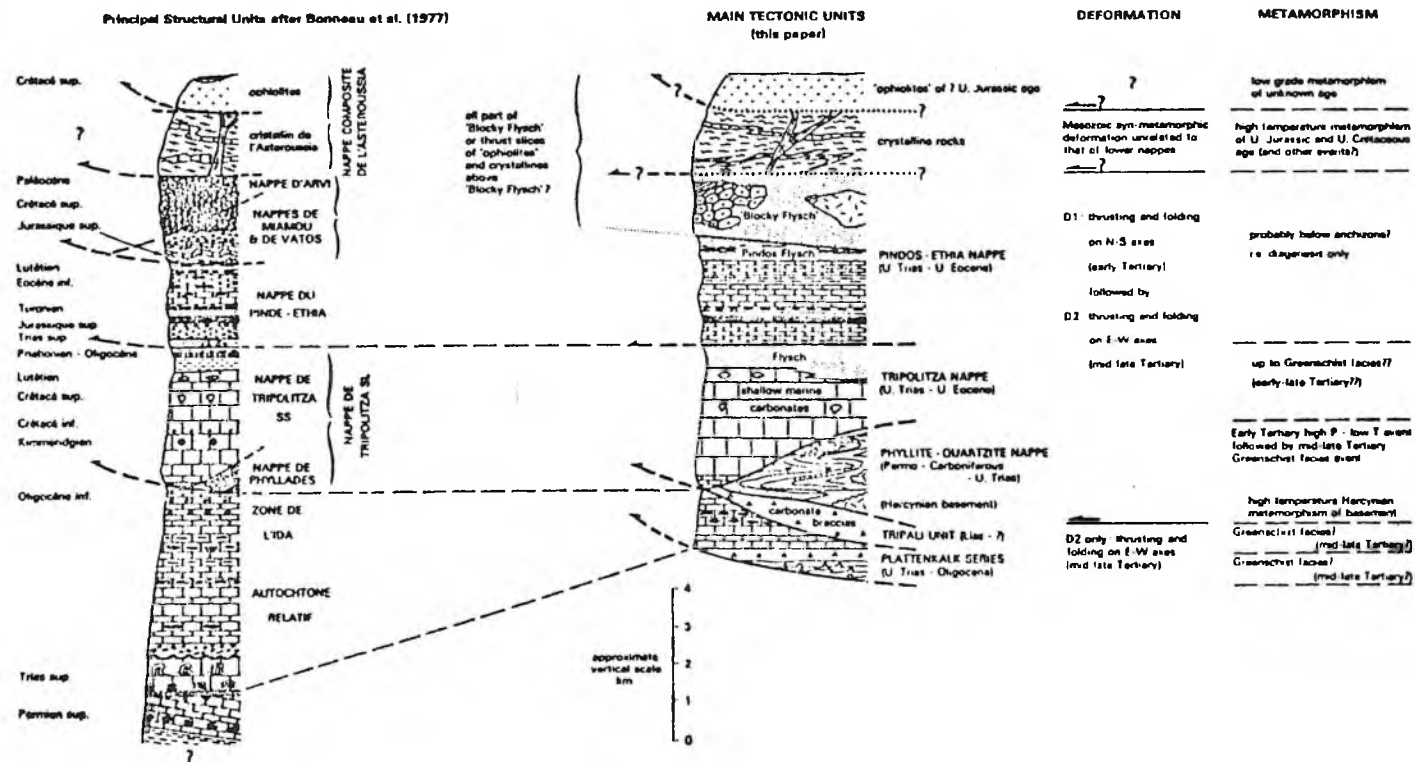
Εικ. 6. Γεωλογικός χάρτης του νότιου Ελληνικού τόξου ο οποίος απεικονίζει την γενική κατανομή των Αλπικών και Νεογενών σχηματισμών της Κρήτης (ANGELIER *et al.*, 1982, MASCLE *et al.*, 1982, FORTUIN & PETERS, 1984).

Fig. 6. Geological map of the south Hellenic Arc where the general distribution of the pre-Neogene and Neogene Formations of Crete is depicted (ANGELIER *et al.*, 1982, MASCLE *et al.*, 1982, FORTUIN & PETERS, 1984).

τητες” (Βάτος, Μιάμου και Αρθη), στη συνέχεια το κάλυμμα Αστερουσίων s.s. και τέλος στην κορυφή το οφιολιθικό σύμπλεγμα.

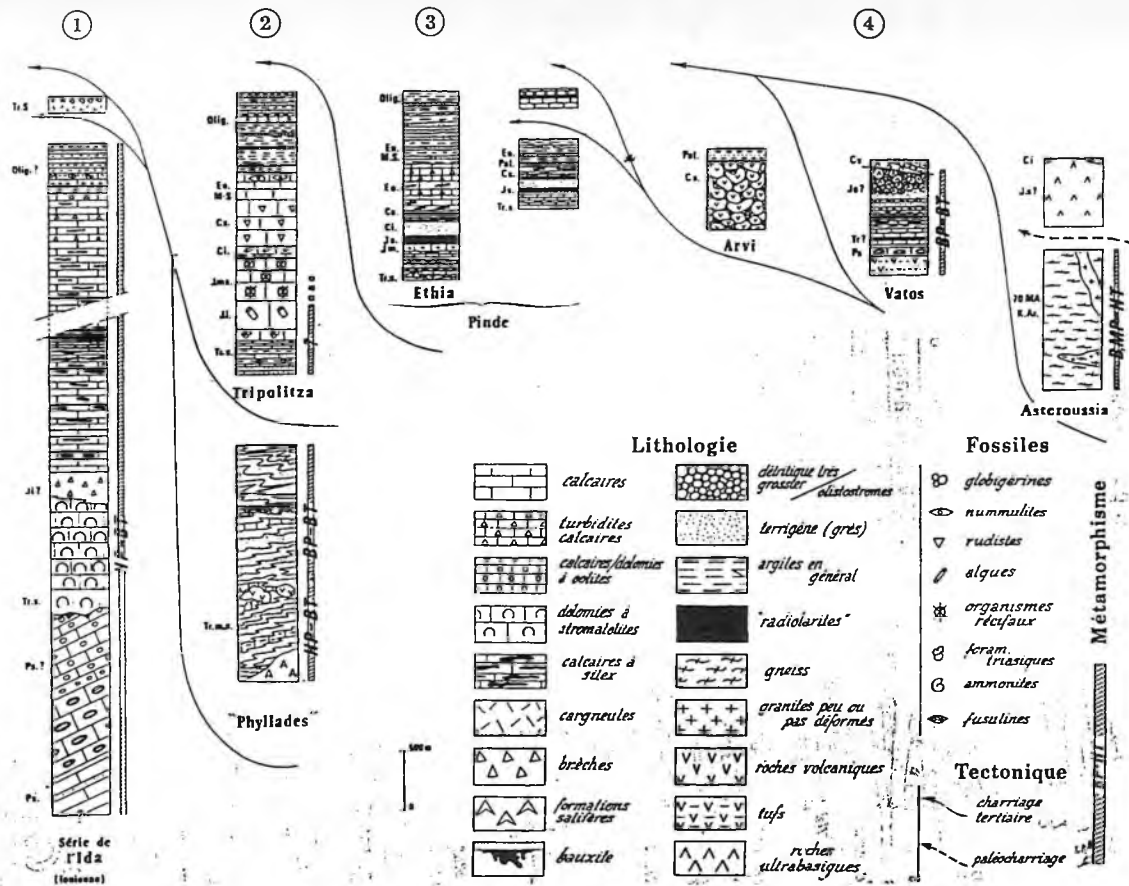
Εκτός από τα προαναφερθέντα καλύμματα, μικρά διασκορπισμένα τεμάχια οφιολίθων και γρανοδιοριτών Ανωκρητιδικής ηλικίας υπόκεινται των Νεογενών αποθέσεων σε πολλά μέρη κατά μήκος ζωνών ρηγμάτων (BARANYI *et al.*, 1975, WACHENDORF *et al.*, 1975).

Μετά την τεκτονική τοποθέτηση των τεκτονικών καλυμμάτων, Νεογενή και Τεταρογενή κανονικά ρήγματα τεμάχισαν το δημιουργηθέν Αλπικό οικοδόμημα σε μεγάλα “ορθογώνια” τεμάχια και τοπικά προκάλεσαν σημαντικές κατακόρυφες μετατοπίσεις των αρχικών οριζοντίων τεκτονικών επαφών (DROOGER & MEULENKAMP, 1973) (Εικ. 9). Σύμφωνα με τον FORTUIN (1977), αυτή η ρηγμάτωση επηρέασε την ιζηματογένεση προκαλώντας πολυάριθμες ολισθήσεις λόγω βαρύτητας σε διάφορα στρωματογραφικά επίπεδα και σε διάφορα περιβάλλοντα απόθεσης.



Εικ. 7. Κύριες λιθοτεκτονικές ενότητες του Αλπικού υπόβαθρου της Κρήτης (HALL *et al.*, 1984).

Fig. 7. The main lithotectonic units of the Alpine basement of Crete (HALL *et al.*, 1984).



Εικ. 8. Στρατιογραφική και τεκτονική απεικόνιση των αλπικών ενοτήτων της Κρήτης (BONNEAU, 1984).
 Fig. 8. Stratigraphical and tectonical reconstruction of the alpine units of Crete (BONNEAU, 1984).

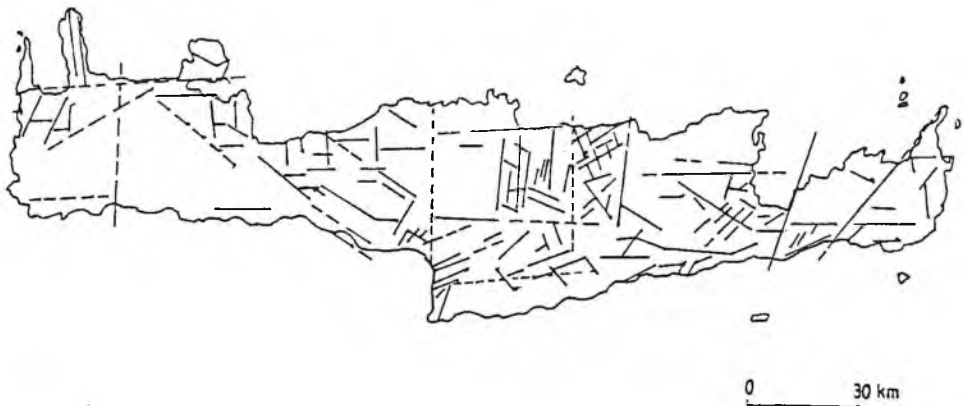
1.3 ΤΟ ΝΕΟΓΕΝΕΣ ΤΗΣ ΝΗΣΟΥ ΚΡΗΤΗΣ

Η νεοτεκτονική ανάλυση της Κρήτης κυρίως αφορά στην περίοδο μετά τις τελευταίες ορογενετικές κινήσεις. Οι μεγάλες επωθήσεις των εξωτερικών καλυμμάτων της Κρήτης πραγματοποιήθηκαν μετά το Κατώτερο Ολιγόκαινο και πριν από το Σερραβάλλιο-Τορτόνιο. Αυτό συμπεραίνεται από το γεγονός ότι ο φλύσχος της παραυτόχθονης ενότητας Τριπόλεως είναι ηλικίας Κατώτερο Ολιγόκαινο (BIZON *et al.*, 1976, BARRIER, 1989) και τα πρώτα μετααλπικά ιζήματα (μόλασσες) τα οποία βρίσκονται σε ασυμφωνία με τους αλπικούς σχηματισμούς της Κρήτης, είναι ηλικίας Σερραβάλλιο-Τορτόνιο (DROOGER & MEULENKAMP, 1973). Συνεπώς, η τεκτονική τοποθέτηση των αλπικών καλυμμάτων πρέπει να πραγματοποιήθηκε μεταξύ -35 και -13 εκατομ. έτη και η νεοτεκτονική περίοδος της Κρήτης να ξεκίνησε 13 εκατομ. έτη πριν.

Μεταξύ των προδρομών της έρευνας που αφορούν στο Νεογενές της Κρήτης θα πρέπει να αναφέρουμε τους RAULIN (1856, 1856-1861, 1867-1869), SPRATT (1865), SUSS (1885-1888), SIMONELLI (1894a, 1894b) και BONARELLI (1901).

Αργότερα ο ΧΑΛΙΚΙΟΠΟΥΛΟΣ (1903) διαπίστωσε στη Σητεία την παρουσία αποθέσεων ηλικίας Μ. Μειόκαινο-Πλειόκαινο.

Από την αρχή του αιώνα, ο SAYEUX (1911a, 1911b) σκιαγράφησε την παλαιογεωγραφία του Νεογενούς της Κρήτης και περιέγραψε τις κύριες ιζηματογενείς φάσεις. Ακολουθούν μελέτες των RENZ (1930), KUHN (1936), ΡΑΛΛΗ (1940, 1943), ΚΟΛΙΟΠΟΥΛΟΣ (1952), BIROT (1948-1965), CHRISTODOULOU (1956-58, 1963), ΧΡΙ-



Εικ. 9. Χάρτης ο οποίος απεικονίζει τα σημαντικότερα ρήγματα της Κρήτης τα οποία ήταν ενεργά κατά το Αν. Καινοζωικό (MEULENKAMP, 1979, FORTUIN & PETERS, 1984, PETERS, 1985).

Fig. 9. Tectonic map which depicts the main faults of Crete which were active during Late Cenozoic (MEULENKAMP, 1979, FORTUIN & PETERS, 1984, PETERS, 1985).

ΣΤΟΔΟΥΛΟΥ (1958), ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ & ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΥΣ (1961), PARASKEVAIDIS (1961, 1965), PSARIANOS (1961a, b), ΨΑΡΙΑΝΟΣ & ΒΕΤΟΥΛΗΣ (1958), BOEKSCHOTEN (1962-1963, 1966), BOEKSCHOTEN & SONDAAR (1966), ANAPLIOTIS & GEORGIADIS-DIKEOULIA (1962), ΚΙΣΚΥΡΑΣ (1962), ΠΑΠΑΠΕΤΡΟΥ-ZAMANH (1965).

Αργότερα, ο ΣΥΜΕΩΝΙΔΗΣ (1963, 1965, 1967, 1969α) και οι ΣΥΜΕΩΝΙΔΗΣ & ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ (1968) μελετούν διεξοδικότερα τις Νεογενείς αποθέσεις της νήσου ενώ ο ΣΥΜΕΩΝΙΔΗΣ (1969β) ασχολείται με τους απολιθωμένους ιχθύες από τις νεογενείς αποθέσεις της περιοχής Ιεράπετρας.

Επίσης, πολλοί ερευνητές όπως οι BONNEFONT (1963, 1965, 1971, 1977), CREUTZBURG (1963a, b), ΑΝΑΠΛΙΩΤΗΣ (1967), ΑΝΑΠΛΙΩΤΗΣ & ΓΕΩΡΓΙΑΔΟΥ-ΔΙΚΑΙΟΥΛΙΑ (1967), ΑΝΑΠΛΙΩΤΗΣ & ΣΥΜΕΩΝΙΔΗΣ (1978), BENDA *et al.* (1969), KUSS & MISSONE (1968) συνέβαλαν ουσιαστικά στη γνώση του Νεογενούς της Κρήτης.

Ειδικότερα, ο ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ (1969) πραγματοποίησε γεωλογική χαρτογράφηση της επαρχίας Ιεράπετρας στην Αν. Κρήτη (κλίμακα 1:25.000) και μελέτησε τους Νεογενείς και Τεταρτογενείς σχηματισμούς ενώ οι FREUDENTHAL (1969) και MEULENKAMP (1969) μελέτησαν την στρωματογραφία των Νεογενών αποθέσεων των νομών Χανίων και Ρεθύμνου αντίστοιχα.

Ακολουθούν μελέτες των ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ-ΔΙΑΚΑΝΤΩΝΗ (1970, 1972), ΚΕΡΑΥΔΡΕΝ (1970-1071), KUSS (1965, 1970, 1976), ΠΑΠΑΠΕΤΡΟΥ-ZAMANH (1971), SONDAAR (1971), ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ (1972), DE BRUIJN & MEULENKAMP (1971), MEULENKAMP (1971), GRADSTEIN & GELDER (1971), SISSINGH (1972, 1974), ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ (1973a, b, c), ΣΥΜΕΩΝΙΔΗΣ & SCHULTZ (1973), ΠΑΠΑΠΕΤΡΟΥ-ZAMANH (1973), ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΣ & ZAMANH (1973), KUSS (1973), ΣΥΜΕΩΝΙΔΗΣ & ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ (1973), GRADSTEIN (1973), SCHMIDT (1973), MEULENKAMP & ZACHARIASSE (1973), ANGELIER & GIGOUT (1974), ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΑΚΗΣ (1974), ΜΕΛΕΝΤΗΣ (1974), BONNEAU & GINSBURG (1974), ΓΕΩΡΓΙΑΔΟΥ-ΔΙΚΑΙΟΥΛΙΑ (1974), ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ & ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΣ (1974), LECONTRE-HOGREL (1974). Επιπλέον οι BENDA *et al.* (1974) πραγματοποιούν βιοστρωματογραφικές συσχετίσεις μεταξύ πλαγκτονικών Τρηματοφόρων, Uvigerinids, και βιοζωνών των πορομορφών και των θηλαστικών σε τομές της Κρήτης και της Ιταλίας.

Αξίζει να αναφέρουμε τις μελέτες των ΣΥΜΕΩΝΙΔΗΣ & SONDAAR (1975), KUSS (1975), καθώς και τον ZACHARIASSE (1975) ο οποίος μελετά τη λιθοστρωματογραφία σε τομές της Κρήτης και περιγράφει τις βιοζώνες και τα είδη των πλαγκτονικών Τρηματοφόρων. Ακολουθούν οι μελέτες των ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ (1975, 1978), ΑΝΑΠΛΙΩΤΗΣ (1976), ΤΣΑΠΡΑΛΙΣ (1976), MAYHEW (1977), KOTSAKIS *et al.* (1976), ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ (1977), KOTSAKIS (1977), FORTUIN (1977, 1978), LABOREL *et al.* (1978), ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ & THEODORIDIS (1978), ΓΕΩΡΓΙΑΔΟΥ-ΔΙΚΑΙΟΥΛΙΑ & ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ-ΔΙΑΚΑΝΤΩΝΗ (1978), ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ *et al.*, (1978), LEINDERS & MEULENKAMP (1978), MEULENKAMP *et al.*, (1978), MEULENKAMP (1978), ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ & ΓΕΩΡΓΙΑΔΟΥ-ΔΙΚΑΙΟΥΛΙΑ (1978), ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ & SONDAAR (1978), VAN DER ZWAAN (1979),

ZACHARIASSE & SPAAK (1979), ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ & ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ-ΔΙΑΚΑΝΤΩΝΗ (1979), THOMAS (1979), ZACHARIASSE (1979), ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ (1979), ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ-ΔΙΑΚΑΝΤΩΝΗ (1979). Αξίζει να αναφέρουμε τις εργασίες των MEULENKAMP *et al.* (1979a, b) οι οποίες περιγράφουν την εξέλιξη της Κρήτης από το Ανωτ. Μειόκαινο έως το Κατ. Πλειόκαινο και τις κλιματικές αλλαγές του Πλειοκαινού στη Μεσόγειο με παραδείγματα από τομές της Κρήτης. Ακολουθεί η μελέτη των DE BRUIJN & ZACHARIASSE (1979) καθώς και άλλες στρωματογραφικές-βιοστρωματογραφικές και παλαιοντολογικές μελέτες των ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ *et al.*, (1979), BOGER & WILLMAN (1979), BENDA & MEULENKAMP (1979), DROOGER *et al.*, (1979), ΓΕΩΡΓΙΑΔΟΥ-ΔΙΚΑΙΟΥΛΙΑ (1979 α, β), ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ (1979), MEULENKAMP *et al.* (1979c), SCHMIDT (1979), SPAAK (1981), VAN DE WEERD (1983), JONKERS (1984) και PETERS (1985), BACHMAYER *et al.* (1978) και GAUDANT (1980).

Ο KELLETTAT (1979) πραγματοποιεί γεωμορφολογικές παρατηρήσεις των ακτών της Κρήτης ενώ οι ANGELIER *et al.* (1979a, b) περιγράφουν τη βιοστρωματογραφία του Αν. Καινοζωικού καθώς και την αντίστοιχη εξέλιξη της Κρήτης. Επιπλέον, οι MEULENKAMP *et al.* (1979d) παραθέτουν ένα ενδιαφέροντα και καθοριστικό οδηγό υπαίθρου των Νεογενών αποθέσεων της νήσου Κρήτης.

Ακολουθούν τα δημοσιεύματα των ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ (1980 α, β, γ), ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ & ΓΕΩΡΓΙΑΔΟΥ-ΔΙΚΑΙΟΥΛΙΑ (1980), SONNENFERLD *et al.* (1980, 1981), SONDAAR & ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ (1981), DRIEVER (1981), ΓΕΩΡΓΙΑΔΟΥ-ΔΙΚΑΙΟΥΛΙΑ (1981/1982), BENDA *et al.*, (1982), ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ *et al.* (1982), ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ & ΚΟΥΡΟΥΝΗ (1982), GEORGIADIS-DIKEOULIA (1984), DERMITZAKIS & GEORGIADIS-DIKEOULIA (1984), DERMITZAKIS & THEODORIDIS (1984, 1985), DERMITZAKIS & DE VOS (1984), ANASTASAKIS (1987), FAUGERES *et al.* (1987, 1988), FRYDAS (1989), VELITZELOS & GREGOR (1990).

Μελέτες που αφορούν στον παλαιομαγνητισμό έλαβαν χώρα από τους: VALENTE *et al.* (1982), LANGEREIS (1984), LANGEREIS *et al.* (1983, 1984) κλπ.

Πολλές εργασίες εξάλλου είχαν ως θέμα τους την αναπαράσταση της παλαιογεωγραφικής εξέλιξης του Νεογενούς της Κρήτης: CREUTZBURG (1961-61), DROOGER & MEULENKAMP (1973), MEULENKAMP & ZACHARIASSE (1973), MEULENKAMP *et al.* (1977, 1979), MEULENKAMP (1985), MEULENKAMP & HILGEN (1986) και DERMITZAKIS (1987).

Η χαρτογράφηση των νεογενών σχηματισμών που συμπεριλαμβάνονται στον γεωλογικό χάρτη της Κρήτης κλίμακας 1:200.000 των CREUTZBURG *et al.* (1977), οφείλεται στους DROOGER και MEULENKAMP από το 1961 μέχρι το 1974.

1.3.1. Γενική Λιθοστρωματογραφία του Νεογενούς της νήσου Κρήτης.

Περισσότερο από το ένα τρίτον του νησιού καλύπτεται από Νεογενή και Τετατογενή ιζήματα (Εικ. 10). Οι Νεογενείς αποθέσεις καλύπτουν ασύμφωνα το Αλπ-

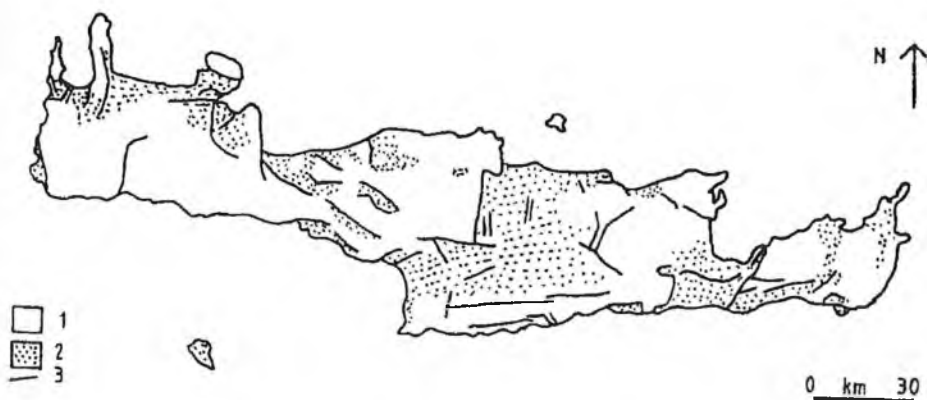
κό υπόβαθρο.

Οι σημαντικότερες εμφανίσεις Νεογενών ιζημάτων βρίσκονται κατά μήκος της βόρειας πλευράς της νήσου (νομοί Χανίων και Ρεθύμνου), στο Ηράκλειο, ανάμεσα στον Αγ. Νικόλαο και στην Ιεράπετρα και στην περιοχή της Σητείας στην Ανατολική Κρήτη. Διασκορπισμένες εμφανίσεις βρίσκονται σε όλο το νησί.

Οι παρατηρήσεις οι σχετικές με την ιζηματογένεση του Νεογενούς αποδεικνύουν την ύπαρξη σημαντικών μεταβολών στην παλαιογεωγραφική διαμόρφωση του νησιού οι οποίες τις περισσότερες φορές συνδέονται με μεγάλα τεκτονικά γεγονότα. Από το Μ. Μειόκαινο η περιοχή της Κρήτης μεταβάλλεται σε ένα μωσαϊκό τεμαχίων το οποίο αποτελείται από τεκτονικά κέρατα και τάφρους. Η πολύπλοκη αλληλεπίδραση των τεκτονικών κινήσεων με την ιζηματογένεση είχε αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγάλης ποικιλίας ιζημάτων καθώς και τις γρήγορες πλευρικές και κατακόρυφες λιθολογικές μεταβολές.

Πιο συγκεκριμένα το πλείστον των Νεογενών εμφανίσεων της Κρήτης χαρακτηρίζεται από επικλυσιγενείς ακολουθίες. Αυτό σημαίνει είτε ότι έγινε μία ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης ή ότι οι συσχετιζόμενες περιοχές υπέστησαν δύθιση. Αυτές οι σχετικές κατακόρυφες μετακινήσεις λίγο ή πολύ συμπίπτουν με πολύ σημαντικές ιζηματολογικές μεταβολές. Τα ιζήματα άλλαξαν από κυρίως κλαστικά κατά τη διάρκεια του Τορτονίου σε κυρίως ανθρακικά κατά το Μεσσήνιο. Επιπλέον χαρακτηρίζονται από σημαντική αύξηση των στρωματοποιημένων ιζημάτων.

Η γενική εικόνα δείχνει ότι η περίοδος Αν. Τορτόνιο-Κατ. Μεσσήνιο ήταν κυρίως περίοδος διαφορικής κατακόρυφης μετακινήσεως τεμαχίων. Η σχετική ανύψωση



Εικ. 10. Σχηματικός χάρτης της Κρήτης που απεικονίζει την κατανομή των αλπικών πετρωμάτων του υποβάθρου (1) και των ιζηματογενών λεκανών του Αν. Καινοζωικού (2) (MEULENKAMP *et al.*, 1979).

Fig. 10. Schematic map of Crete where the distribution of the alpine rocks (1) and the sedimentary basins of Late Cenozoic (2) is depicted (MEULENKAMP *et al.*, 1979).

του βασικού επιπέδου διαβρώσεως μπορεί να εξηγήσει την ασύμφωνη επικάλυψη κανονικών ακολουθιών που σχηματίζουν τα ιζήματα αυτής της ηλικίας σε πολλές περιοχές. Αποδοχή αυτού του γεγονότος εξηγεί τις γενικές μεταβολές που παρατηρούνται κατά την ιζηματογένεση. Πρώτος ο DROOGER (1976) έδειξε ότι τα ιζήματα του Τορτονίου είναι κυρίως λεπτομερή κλαστικά με απόθεση αργίλου κατά θέσεις καθώς επίσης και βιοκλαστικοί ασβεστόλιθοι συγκεντρώνονται κατά τόπους. Αυτού του είδους τα ιζήματα μπορεί να υπονοούν αρκετά χαμηλό ανάγλυφο. Η σχετική ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης κατά το Αν. Τορτόνιο-Κατ. Μεσσήνιο ευνόησε αυτήν την κατάσταση. Η ανύψωση του βασικού επιπέδου αποθέσεως προκάλεσε την μείωση εισροής κλαστικού υλικού και την αλλαγή από κλαστική σε ανθρακική ιζηματογένεση.

Αυτή την επίκλυση επακολούθησε η απόσυρση της θάλασσας κατά το Μεσσήνιο, η οποία μπορεί να οφείλεται στην ευστατική πτώση της θαλάσσιας στάθμης.

Όσον αφορά στο κλίμα, σύμφωνα με τον BENDA (1973) και τους ΓΕΩΡΓΙΑΛΟΥ-ΔΙΚΑΙΟΥΛΙΑ & ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ (1990) η πιο σημαντική μεταβολή αυτού έγινε κατά το Σερραβάλλιο-Τορτόνιο. Εκείνη την περίοδο το κλίμα της Μεσογείου έγινε ψυχρότερο και ξηρότερο. Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές, αυτές οι κλιματικές συνθήκες παρέμειναν σταθερές μέχρι το Πλειόκαινο, όπου μία άλλη μεταβολή σε πιο υγρές συνθήκες έλαβε χώρα.

Εκτός Μεσογείου, το γενικό ψύχος και η ανάπτυξη πολικών παγετώνων από το Μειόκαινο μέχρι σήμερα επιβεβαιώνεται από δεδομένα σταθερών ισοτόπων (BOERSMA & SHACKLETON, 1977; LETOLLE *et al.*, 1979; KEIGWIN, 1979; KENNETT *et al.*, 1979). Ιδιαίτερα στο Αν. Μειόκαινο παρατηρείται η πιο ψυχρή περίοδος.

Αντίθετα οι CITA & RYAN (1979) αναφέρουν μία αναθέρμανση στο Κατώτερο Μεσσήνιο. Σύμφωνα με τα δεδομένα τους, αυτή η αναθέρμανση ακολουθήθηκε από μία φάση ψυχρότητας η οποία μπορεί να συσχετιστεί με την έναρξη της εξατμίσεως στην Μεσόγειο. Εξαιτίας του γεωγραφικού σχήματος και της θέσης της Μεσογείου είναι προφανές ότι αυτή η φάση ψυχρότητας επηρέασε συγκριτικά λιγότερο την Μεσόγειο από ότι τις υδάτινες μάζες του Ατλαντικού.

Περισσότερες από 60 λιθολογικές ενότητες του Νεογενούς έχουν αναγνωρισθεί τα τελευταία 30 χρόνια (DERMITZAKIS, 1969-1973; SIMEONIDIS & KONSTADINIDIS (1968a), FREUDENTHAL, 1969; MEULENKAMP, 1969; DE BRUIJN *et al.* 1971, SISSINGH, 1972; GRADSTEIN, 1973; ZACHARIASSE, 1975; FORTUIN, 1977; DERMITZAKIS & SONDAAR 1978, DERMITZAKIS *et al.* 1979, MEULENKAMP *et al.* 1979, DERMITZAKIS & PAPANIKOLAOU 1981, DE BRUIJN & VAN DER MEULEN 1981, ZACHARIASSE 1983, FORTUIN & PETERS 1984, PETERS 1985).

Αυτές οι ενότητες μπορούν να ταξινομηθούν σε έξι ομάδες σχηματισμών (MEULENKAMP *et al.* 1979, Εικ. 11). και οι περισσότερες από αυτές μπορούν να αναγνωριστούν σε όλο το νησί.

Ομάδα Πρίνα: Μαύροι λατυποπαγείς και λατυποκροκαλοπαγείς ασβεστόλιθοι. Όλα τα συστατικά στοιχεία βρίσκονται καλά ενδιασπρωμένα σε καλά λιθοποιημένη κύρια μάζα. Τα λατυποπαγή και τα λατυποκροκαλοπαγή έχουν εναποτεθεί σε χερσαία-υφάλμυρα έως και ρηχής θάλασσας περιβάλλοντα.

Η Ομάδα Πρίνα αποτελεί τη βάση της Νεογενούς ακολουθίας ή αντιπροσωπεύει το πλευρικό αντίστοιχο τμήμα της υπερκείμενης Ομάδας Τεφέλη. Σε ορισμένα σημεία η Ομάδα Πρίνα περιέχει μεγάλες πτυχοειδείς δομές που δημιουργήθηκαν από την ολισθητική κίνηση μεγάλων διαστάσεων αλπικών πετρωμάτων (μαρμάρων, γρανιτών, ασβεστολίθων κλπ) που ολίσθησαν στις νεογενείς λεκάνες λόγω βαρύτητας.

Ομάδα Τεφελίου: Αποτελείται από μη συμπαγοποιημένους χερσαίους κλαστικούς σχηματισμούς οι οποίοι υπέρκεινται της Ομάδας Πρίνα ή του αλπικού υπόβαθρου και υπόκεινται των ανθρακικών ακολουθιών της Ομάδας Βρύσες. Οι σχηματισμοί που είναι ενσωματωμένοι στην Ομάδα Τεφελίου αποτελούνται κυρίως από κροκαλοπαγή, άμμο και ιλύ και αντιπροσωπεύουν απόθεση σε γλυκά, υφάλμυρα και θαλάσσια ύδατα.

Ομάδα Βούσες: Βιοκλαστικοί, συχνά υφαλώδεις φγκώδεις-κοραλιογενείς ασβεστόλιθοι οι οποίοι αποτελούν το πλευρικό ανάλογο τμήμα εναλλαγών στρωματοποιημένων και ομογενοποιημένων μαργών ρηχής θάλασσας. Σε μερικά σημεία οι μάργες περιέχουν συγκεντρώσεις γύψου.

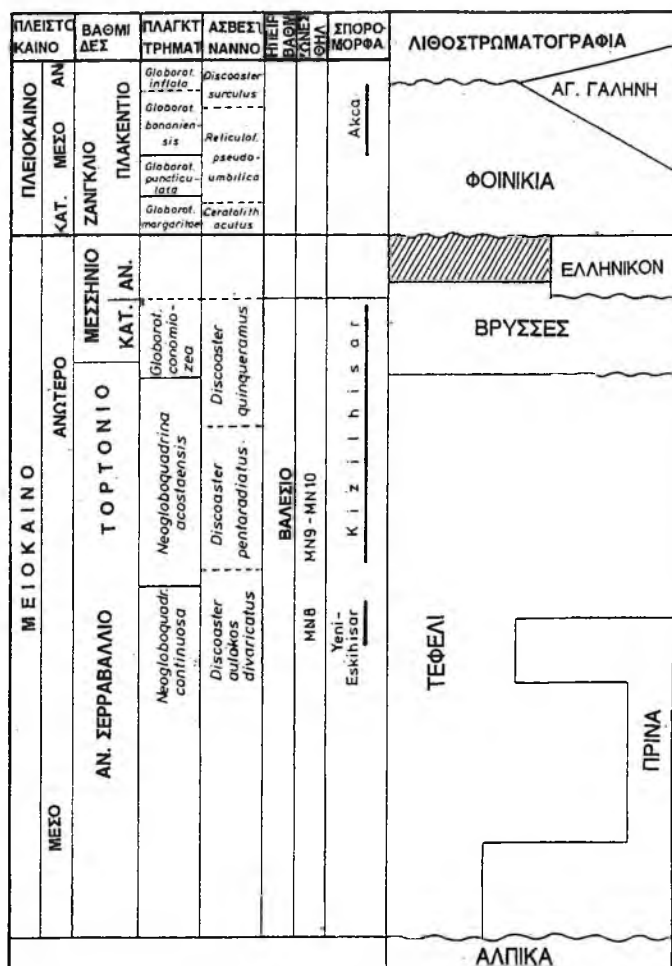
Η Ομάδα Βρύσες υπέρκειται της Ομάδας Τεφελίου, του αλπικού υπόβαθρου και σπανίως της Ομάδας Πρίνα.

Ομάδα Ελληνικού: Αποτελείται από ερυθρού χρώματος, χερσαία κροκαλοπαγή, ποταμο-λιμναίες,- σχετικά λεπτοκοκκώδεις - ακολουθίες και κατά τόπους υφάλμυρες αποθέσεις με λίγο γύψο. Η Ομάδα Ελληνικού υπέρκειται της Ομάδας Βρύσες, παλαιών Νεογενών στρωμάτων και κατά τόπους του αλπικού υπόβαθρου.

Ομάδα Φοινικιά: Όλοι οι σχηματισμοί οι οποίοι αποτελούνται από ανοικτής θάλασσας μάργες και ιλύες και οι οποίοι υπέρκεινται της Ομάδας Ελληνικού ή της Ομάδας Βρύσες ενσωματώνονται στην Ομάδα Φοινικιά. Πολύ συχνά οι μάργες περιέχουν στρωματοποιημένα πυριτικά λεπτά στρώματα. Σε ορισμένα μέρη η βάση της Ομάδας Φοινικιά αποτελείται από μαργαϊκά λατυποπαγή.

Ομάδα Αγ. Γαλήνης: Αδρομερή, γενικά ερυθρού χρώματος, χερσαία κροκαλοπαγή και ψαμμίτες οι οποίοι υπέρκεινται ή αποτελούν σε ορισμένα μέρη το πλευρικό ανάλογο των ιζημάτων της Ομάδας Φοινικιά. Η Ομάδα Αγ. Γαλήνης αντιπροσωπεύει την υψηλότερη ενότητα Νεογενών πετρωμάτων της Κρήτης.

Πλειστόκαινο: Δεν έχει γίνει καμία ουσιαστική υποδιαίρεση των θαλασσιών αναβαθμίδων και των ηπειρωτικών αποθέσεων του Πλειστοκαινίου. Τα Πλειστοκαινικά ιζήματα υπέρκειται ασύμφωνα των Νεογενών και Αλπικών πετρωμάτων.



Εικ. 11. Χάρτης συσχέτισμού ο οποίος απεικονίζει την ακριβή χρονοστρωματογραφική θέση των ομάδων σχηματισμών της Κρήτης (MEULENKAMP *et al.*, 1979).

Fig. 11. Correlation chart which shows the exact chronostratigraphical position of the Formations of Crete (MEULENKAMP *et al.*, 1979).

1.3.2. Γενική Λιθοστρωματογραφία της περιοχής Ρεθύμνου.

Μελέτες που αφορούν στην γενική στρωματογραφία και παλαιοντολογία της περιοχής διεξήχθησαν κατά καιρούς από διάφορους ερευνητές:

Το 1936 ο ΚΥΗΝ χαρακτήρισε τα στρώματα της περιοχής Αγ. Ασωμάτων Ρεθύμνου ως ηλικίας Μέσου Μειοκαίνου από την μελέτη της πανίδας Βρυοζών και Κοραλλίων, που συλλέχθηκε από τον Μ. ΜΗΤΣΟΠΟΥΛΟ. Δεν καθορίζει όμως αν οι αποθέσεις αυτές αντιπροσωπεύουν μία από τις δύο βαθμίδες του Μ. Μειοκαίνου.

Η ΡΑΛΛΗ (1940) στην ίδια τοποθεσία των Αγ. Ασωμάτων και με βάση πανίδα που δρέθηκε μέσα σε πηγάδι, χαρακτήρισε τις αποθέσεις Τορτονίου ηλικίας.

Αργότερα οι ΣΥΜΕΩΝΙΔΗΣ (1968) περιέγραψε τις Μειοκαινικές αποθέσεις της πε-

ριοχής Βολιώνας Ρεθύμνου, τις οποίες με βάση πλούσια πανίδα τοποθέτησε στο Τορτόνιο.

Ο ΜΕULENKAMP (1969) στη μελέτη του για τους Νεογενείς σχηματισμούς του νομού Ρεθύμνου παραθέτει γεωλογικό χάρτη των σχηματισμών με λιθοστρωματογραφική περιγραφή. Η χρονοστρωματογραφική μελέτη στηρίζεται στις δύο εξελικτικές γραμμές του γένους *Uvigerina*, την *Uvigerina cretensis* και την *Uvigerina melitensis*.

Οι DE BRUIJN & MEULENKAMP (1972) μελετούν τα τρωκτικά μικροθηλαστικά του Ανωτ. Μειοκαίνου από την περιοχή Πλακιάς του σχηματισμού Παντανάσσα στο νομό Ρεθύμνου.

Ο ΜΕΛΕΝΤΗΣ (1974) πραγματοποιεί παλαιοντολογικές ανασκαφές σε σπήλαια της περιοχής Ρεθύμνου ενώ η ΓΕΩΡΓΙΑΔΟΥ-ΔΙΚΑΙΟΥΛΙΑ (1974) μελετά τα Βραχιονόποδα της περιοχής Αγ. Ασωμάτων Ρεθύμνου και αποφαίνεται ότι ανήκουν στο Μειόκαινο (Τορτόνιο).

Το 1975 οι ΣΥΜΕΩΝΙΑΗΣ & SONDAAR περιγράφουν ένα νέο γένος και είδος ενυδρίδας, την *Isolalutra cretensis* από το σπήλαιο Ζουρίδα Ρεθύμνου ενώ οι ΚΟΤΣΑΚΙΣ *et al.* (1976) πραγματοποιούν παλαιοντολογικές ανασκαφές σε σπήλαια δυτικά του Ρεθύμνου.

Ο ΜΕULENKAMP (1978) περιγράφει τις βιοστρωματογραφικές συνθήκες των ιζηματογενών λεκανών των Χανίων, του Ρεθύμνου, του Ηρακλείου και της Ιεράπετρας και η ΓΕΩΡΓΙΑΔΗΣ-ΔΙΚΕΟΥΛΙΑ (1979) μελετά τη βιοστρωματογραφία και παλαιοντολογία των μακροαπολιθωμάτων της τομής Απόστολοι Ρεθύμνου του θαλάσσιου Αν. Μειοκαίνου.

Η λιθοστρωματογραφία της ευρύτερης περιοχής Ρεθύμνου, η οποία καλύπτει όλο το νομό Ρεθύμνου και τμήμα των δύο γειτονικών περιοχών του νομού Χανίων, Αποκορώνου και Σφακίων, μελετήθηκε για πρώτη φορά λεπτομερώς από τον ΜΕULENKAMP (1969). Ο ερευνητής αυτός αναγνώρισε οκτώ λιθοστρωματογραφικούς σχηματισμούς, τα κύρια χαρακτηριστικά των οποίων συνοψίζονται ακολούθως (Εικ. 12):

1. Σχηματισμός Παντανάσσα: Πρόκειται για χερσαία και υφάλμυρα ιζήματα τα οποία περιορίζονται στην νότια ακτή, στις κεντρικές περιοχές και στο νότιο περιθώριο των Νεογενών αποθέσεων της περιοχής Αποκορώνου, στο πιο δυτικό τμήμα της ευρύτερης περιοχής. Στις περισσότερες των εμφανίσεων του υπέρκειται ασυμφώνως των αλπικών αποθέσεων.
2. Σχηματισμός Αποστόλων: Συνίσταται από θαλάσσιες, απολιθωματοφόρες, κυανές μάργες και αργίλους με ενδιαστωμένους ψαμμιτικούς πάγκους με *Heterostegina* στη βάση τους.
3. Σχηματισμός Ρεθύμνου: Συνίσταται από εναλλαγές μαργών και βιοκλαστικών

ασβεστολίθων, οι οποίες σε πολλά σημεία δίδουν την εικόνα υφαλωδών αποθέσεων. Το σύνολο των ιζημάτων αυτών επίκεινται του Σχηματισμού Αποστόλων, στο κεντρικό τμήμα του νομού καθώς και κατά μήκος της βόρειας ακτής, όπου και υπέρκεινται ασυμφώνως του αλπικού υποβάθρου.

4. Σχηματισμός Γάλλου. Παρουσιάζει κοινά χαρακτηριστικά με τον Σχηματισμό Ρεθύμνου. Διαφέρει από αυτόν λόγω της παντελούς απουσίας ή των σχετικά χαμηλών ποσοστών μαργαϊκού υλικού. Οι ασβεστόλιθοι είναι δειτρικοί και πάντοτε καλά στρωματοποιημένοι. Ο σχηματισμός αυτός εμφανίζεται στο βόρειο τμήμα της περιοχής, περίξ των αλπικών εμφανίσεων ή ως ένα λεπτό κάλυμμα των προνεογενών αποθέσεων.

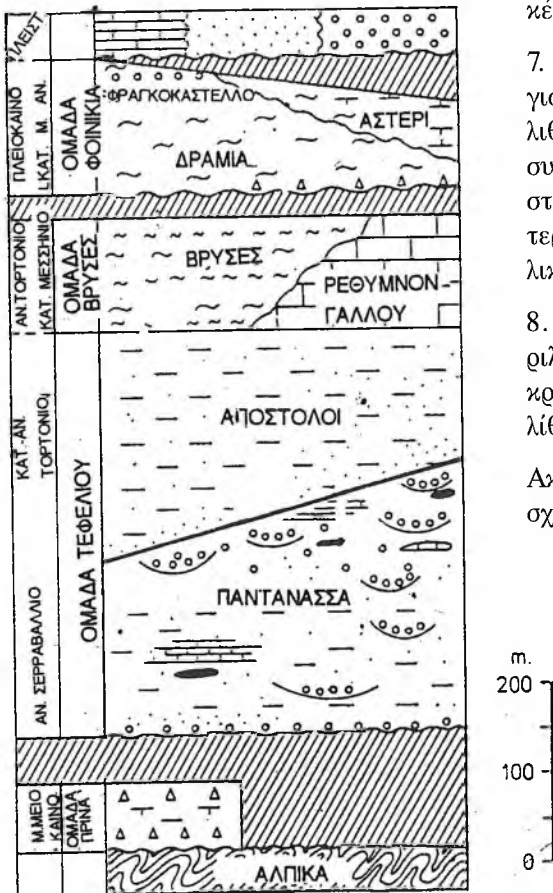
5. Σχηματισμός Μυλοποτάμου. Συνίσταται από εναλλαγές στρωματοποιημένων και μη στρωματοποιημένων μαργών. Οι υποκείμενες στρωματοποιημένες μάργες εξελίσσονται σταδιακά στις υπερκείμενες μη στρωματοποιημένες μάργες.

6. Σχηματισμός Δοόμια. Συνίσταται από λευκές, μη-στρωματοποιημένες αργιλικές μάργες.

7. Σχηματισμός Αστερίου. Πρόκειται για ακολουθία φαιών και λευκών, απολιθωματοφόρων μαργών με ανθρακικά συγκρίματα. Στρωματοποιημένες ενδιαστρώσεις είναι πολύ συχνές στο ανώτερο τμήμα του Σχηματισμού (ανατολικά του Ρεθύμνου).

8. Σχηματισμός Φραγκοκάστελλου. Περιλαμβάνει κυανές-πράσινες αργίλους, κροκαλοπαγή, λατυποπαγείς ασβεστολίθους και ψαμμίτες.

Ακολουθούν ασυμφώνως Τεταρτογενείς σχηματισμοί.



Εικ. 12. Συνθετική στρωματογραφική στήλη των Νεογενών σχηματισμών της περιοχής Ρεθύμνου (MEULENKAMP, 1969).

Fig. 12. Composite stratigraphical column of the Neogene Formations of Rethymnon region (MEULENKAMP, 1969).

ΟΙ ΝΕΟΓΕΝΕΙΣ ΛΕΚΑΝΕΣ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΡΕΘΥΜΝΟΥ

2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Στην ευρύτερη περιοχή του Ρεθύμνου αναγνωρίστηκαν δύο Νεογενείς λεκάνες, η μία βόρεια (Λεκάνη Ρεθύμνου) και η άλλη νότια (Λεκάνη Αποστόλων), οι οποίες χωρίζονται μεταξύ τους από ένα κεντρικό Αλπικό ανάγλυφο (Γεωλογικός χάρτης).

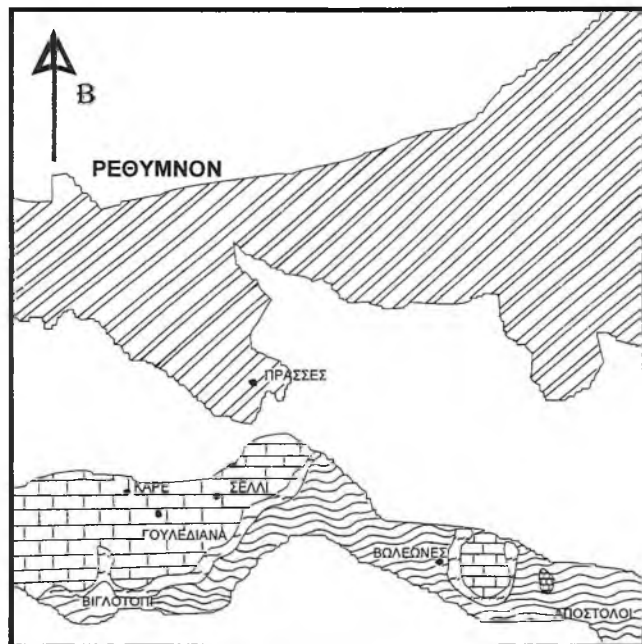
Η νότια λεκάνη αποτέλεσε τον κύριο χώρο έρευνας και μελετήθηκε διεξοδικά ενώ η βόρεια λεκάνη μελετήθηκε μόνο προς την κατεύθυνση του στρωματογραφικού συσχετισμού των σχηματισμών της με τους αντίστοιχους της πρώτης λεκάνης.








Η μελέτη της Λεκάνης των Αποστόλων συνοψίζεται στις στρωματογραφικές στήλες που κατασκευάστηκαν με τη βοήθεια στρωματογραφικών τομών, οι οποίες έγιναν σε απόσταση ολίγων εκατοντάδων μέτρων η μία από την άλλη (Εικ. 13). Όλες οι τομές διατάσσονται κατά μήκος μίας κορυφογραμμής διεύθυνσεως Α-Δ (Εικ. 14α και β), η οποία εκθέτει ένα μεγάλο τμήμα της στρωματογραφίας της λεκάνης. Νοτίως αυτής της κορυφογραμμής δεν υπάρχουν πλέον εμφανίσεις θαλασσιών ιζημάτων ενώ προς βορράν οι εμφανίσεις είναι σχετικά πτωχές και καλύπτονται από διογενή ανθρακικά στρώματα.

Συνολικά κατασκευάστηκαν επτά λιθοστρωματογραφικές στήλες οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για τον λιθοστρωματογραφικό και ιζηματολογικό συσχετισμό της μελετηθείσας περιοχής. Λεπτομερής ιζηματολογική και παλαιοοικολογική ανάλυση, όμως, διεξήχθη σε τρεις από αυτές (τομές Απόστολοι, Ποταμοί και Βιγλοτόπι Β) οι οποίες επιλέγησαν λόγω της ευνοϊκής γεωγραφικής τους θέσης, της λιθοστρωματογραφικής τους πληρότητας και του μεγάλου βαθμού διατηρήσεως των ιζηματοδομών και του περιεχομένου τους σε απολιθώματα.

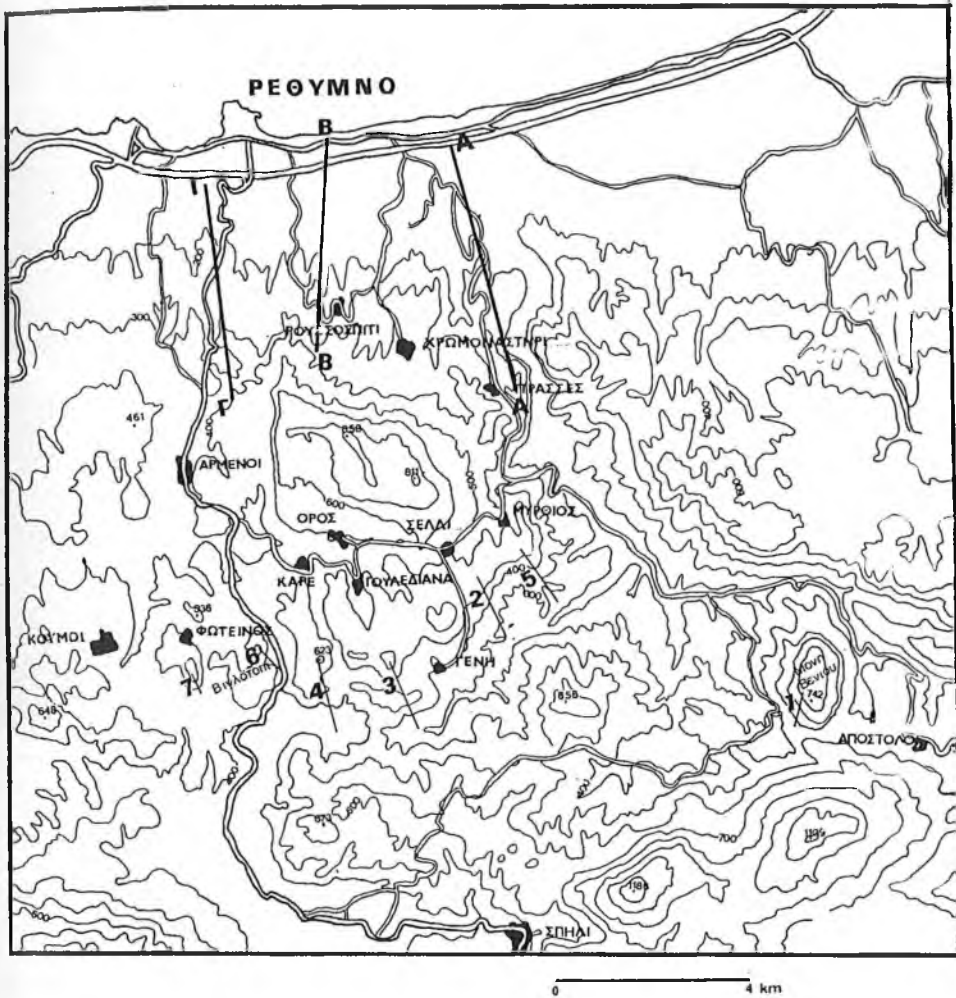
Για την πληρέστερη κατανόηση της γεωλογίας της ευρύτερης περιοχής του νομού Ρεθύμνου γίνεται αναφορά και περιγράφονται οι λιθοφάσεις οι οποίες παρατηρήθηκαν στη βόρεια λεκάνη. Για τον σκοπό αυτό μελετήθηκαν τρεις τομές: η πρώτη βρίσκεται κατά μήκος του δρόμου από Πρασές προς Ρέθυμνο (τομή ΑΑ), η δεύτερη κατά μήκος του δρόμου από το Ρουσοσπίτι προς Ρέθυμνο (τομή ΒΒ) και η τρίτη κατά μήκος του δρόμου από τους Αρμένους προς Ρέθυμνο (τομή ΓΓ), (Εικ. 13 και 28).

ΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΤΗΣ ΜΕΛΕΤΗΘΕΙΣΑΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΟΠΟΥ
ΑΠΕΙΚΟΝΙΖΕΤΑΙ Η ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΤΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ (από ΜΕΥΛΕΝΚΑΜΡ
1969, τροποποιημένος)



-  Αλπικά πετρώματα
-  Νεογενή ιζήματα Λεκάνης Ρεθύμνου
-  Σχηματισμός Ρεθύμνου
-  Σχηματισμός Αποστόλων
-  Σχηματισμός Παντάνασσα
-  Ρήγμα
-  Ορια σχηματισμών

0 4 km



Εικ. 13. Τοπογραφικός χάρτης που απεικονίζει την ακριβή θέση των στρωματογραφικών τομών από τις οποίες προέκυψαν οι λιθοστρωματογραφικές στήλες της μελέτης.

Fig. 13. Topographical map which shows the exact position of the stratigraphical cross sections.

Τέλος, για τον ιζηματολογικό και στρωματογραφικό συσχετισμό των δύο λεκανών θεωρήθηκε σκόπιμη η μελέτη του βορειοανατολικού περιθωρίου της Λεκάνης των Αποστόλων.

2.2. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΤΟΜΩΝ

2.2.1. Η Λεκάνη των Αποστόλων

Οι τομές οι οποίες μελετήθηκαν στην λεκάνη αυτή είναι οι ακόλουθες, από Α

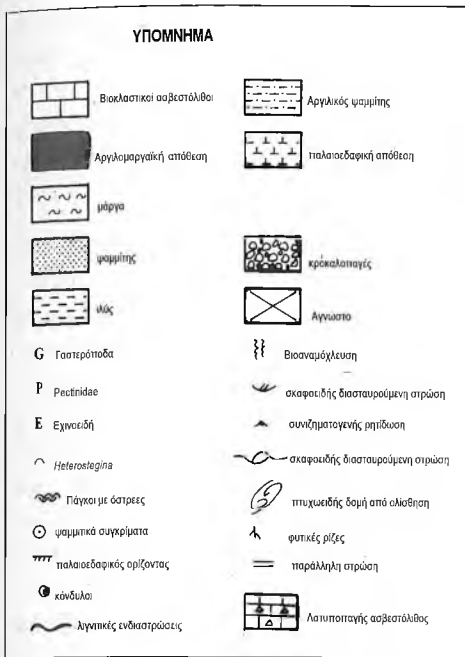


Εικ. 14 α, β. Πανοραμική άποψη των νεογενών εμφανίσεων που μελετήθηκαν στην Λεκάνη των Αποστόλων.

Fig. 14 a, b. Panoramic view of the Neogene exposures of Apostoli Basin

προς Δ :

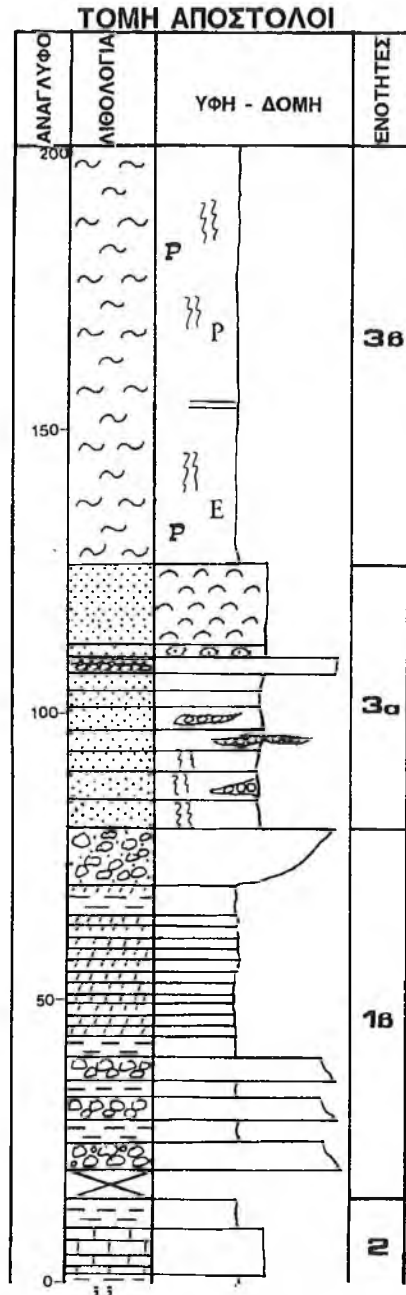
1. Τομή Απόστολοι (πάχος 200m, Εικ. 15): Η τομή αυτή αναπτύσσεται βορειοδυτικά του ομώνυμου οικισμού Απόστολοι, στην επαρχία Αμαρίου, και καταλαμβάνει τον λόφο όπου βρίσκεται η μονή Βενιού (Τομή 1 Εικ. 13 και 16). Δεν ήταν δυνατή η μελέτη των ηπειρωτικών αδρομερών αποθέσεων στη βάση της τομής λόγω της απότομης τοπογραφίας της περιοχής και της πυκνής βλαστήσεως η οποία εμπόδιζε οποιαδήποτε προσέγγιση. Παρόλα αυτά μία μη-λεπτομερής παρατήρηση της βάσεως της τομής έδειξε ότι αυτή αποτελείται από λιμναίους ασβεστολίθους με χαρακτηριστικά λιμναία οστρακάδια και γαστερόποδα. Ενδιάμεσα, αργιλικές αποθέσεις με πυρήνες από SiO_2 φανερώνουν περιβάλλον φτωχό σε O_2 . Το συνολικό πάχος των λιμναίων αυτών αποθέσεων ανέρχεται περίπου στα 15m. Ακολουθούν λεπτά αργιλικά, ερυθρού χρώματος στρώματα τα οποία εγκλείουν ρίζες φυτών. Ενδιάμεσοι παλαιοεδαφικοί ορίζοντες πάχους 15-20cm, καθώς και ανθρακικοί πυρήνες από caliche οι οποίοι σχηματίζονται γύρω από τις ρίζες, χαρακτηρίζουν τις αποθέσεις. Στην κορυφή εμφανίζεται στρώμα λιμναίου ασβεστολίθου.



Γενικό Υπόμνημα όλων των λιθοστρωματογραφικών στηλών
 General legend of the stratigraphical columns

Τις λιμναίες αποθέσεις διαδέχονται τέσσερα κροκαλοπαγή στρώματα, τα οποία αποτελούν χαρακτηριστικές αποθέσεις ποτάμιας διεργασίας (stream-flow). Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στις διευθύνσεις παλαιορευμάτων έδειξαν ότι αυτές δεν παραμένουν σταθερές. Ανάμεσα στα κροκαλοπαγή στρώματα υπάρχουν παλαιοεδαφικές αποθέσεις συνιστώμενες κυρίως από ρίζες φυτών, μέγιστου πάχους 4m οι οποίες μεταπίπτουν προς τα άνω σε λιμναίους ασβεστολιθικούς ορίζοντες μικρού πάχους (μέχρι 20cm).

Οι αδρομερείς κροκαλοπαγείς αποθέσεις μεταπίπτουν σταδιακά σε λεπτο-



Εικ. 15. Λιθοστρωματογραφική στήλη της τομής Αποστόλων.

Fig. 15. Lithostratigraphical column of Apostoli section.



μερέστερα ιζήματα. Στα επόμενα 25m επικρατούν χερσογενείς αργιλικές και ψαμμιτικές αποθέσεις οι οποίες διακόπτονται από αποθέσεις caliche και γενικά από παλαιοεδαφικές αποθέσεις.

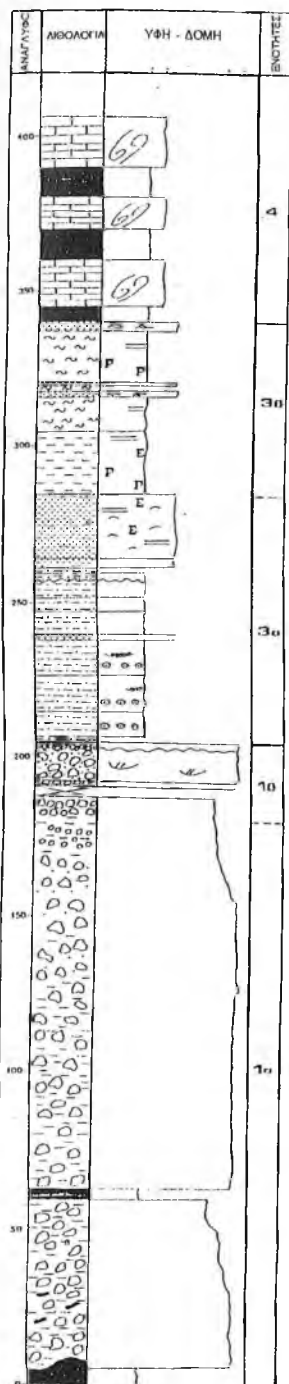
Ακολουθούν 55m που χαρακτηρίζονται από παράκτιες θαλάσσιες αποθέσεις οι οποίες συνίσταται από κροκαλοπαγή εναλλασσόμενα από ψαμμιτικά στρώματα διαταραγμένα κατά διαστήματα από βιοδηλωτικά ίχνη. Οι αποθέσεις αυτές καταλήγουν σε ψαμμιτικούς πάγκους εξολοκλήρου αποτελούμενους από το Τρηματοφόρο *Heterostegina*. Ακολουθούν θαλάσσιες, απολιθωματοφόρες μαργαϊκές αποθέσεις πάχους τουλάχιστον 70m που καταλήγουν σε βιοκλαστικούς ασβεστολιθικούς πάγκους.

2. Τομή Ποταμοί (πάχος 400m, Εικ. 17): Η τομή αυτή βρίσκεται νοτίως του χωριού Μύρθιος (Τομή 5 Εικ. 13 και 18). Η βάση της τομής συνίσταται από 200m ηπειρωτικών αποθέσεων αποτελούμενων ως επί το πλείστον από αδρομερή αλλουβιακά κροκαλοπαγή των οποίων η επαφή της βάσεως της τομής με το αλπικό υπόβαθρο δεν ήταν δυνατόν να βρεθεί. Χαρακτηριστικό αυτών των κροκαλοπαγών είναι η απότομη αλλαγή στη λιθολογική τους σύσταση στα τελευταία 5m

Εικ. 16. Γενική άποψη της τομής Αποστόλων.

Fig. 16. General view of Apostoli section.

ΤΟΜΗ ΠΟΤΑΜΟΙ



Εικ. 17. Λιθοστρωματογραφική στήλη της τομής Ποταμοί.

Fig. 17. Lithostratigraphical column of Potami section.

(αντικατάσταση φυλλιτικών κροκαλών από ανθρακικές κροκάλες).

Ακολουθούν αποθέσεις χαρακτηριστικές παράκτιου θαλάσσιου περιβάλλοντος. Τα πρώτα 5,5m αποτελούνται από λεπτόκοκκο ψαμμίτη με κατά τόπους διασταυρούμενη στρώση και με ενδιαστρωμένα μικρού πάχους παράκτια κροκαλοπαγή. Η απόθεση καταλήγει σε πολύ καλά συμπαγές υλικό το οποίο χαρακτηρίζεται από έντονα ίχνη βιοαναμόχλευσης και συνίσταται από ψαμμίτη με διάσπαρτες μικρές κροκάλες.

Ακολουθούν 10m αποτελούμενα από λεπτόκοκκο μη στρωματοποιημένο ψαμμιτικό υλικό με διάσπαρτα ανθρακικά συγκρίματα. Λεπτά στρώματα αποτελούμενα από μικρού μεγέθους χαλαζιτικές κροκάλες αποτελούν τα παράκτια κροκαλοπαγή. Η όλη απόθεση καταλήγει σε συμπαγή ψαμμίτη. Ακολουθούν 7m ψαμμιτικών πάγκων εξολοκλήρου αποτελούμενων από *Heterostegina*.

Η θαλάσσια, απολιθωματοφόρα, μαργαϊκή φάση αποτελεί το επόμενο τμήμα της τομής. Χαρακτηριστικό αυτής της φάσεως είναι η παρουσία 21 συνολικά μαργαϊκών στρωμάτων πάχους περίπου 1m το καθένα. Εχινοειδή, βελόνες σπόγγων, *Pectinidae*, υπολείμματα *Heterostegina* είναι ορισμένα από τα απολιθώματα που έχουν βρεθεί.

Τέλος, ακολουθούν οι βιοκλαστικοί ασβεστόλιθοι.

3. Τομές Σελλί και Γενή (πάχος 310 και 340m αντίστοιχα, Εικ. 19 και 20): Οι τομές αυτές πήραν το όνομά τους από τους ομώνυμους οικισμούς Σελλί και Γενή οι οποίοι βρίσκονται πα-

ραπλεύρως των τομών και κατά μήκος του δρόμου Καρέ-Μύρθιος (Τομές 2 και 3 Εικ. 13). Οι τομές αυτές αναφέρονται ταυτοχρόνως διότι δεν παρουσιάζουν ουσιαστικές διαφορές. Όπως και η Τομή Ποταμοί έτσι κι αυτές ξεκινούν στη βάση τους με αδρομερή ερυθρού χρώματος χερσαία κροκαλοπαγή και καταλήγουν στην κορυφή τους σε ανθρακικούς πάγκους. Αντιθέτως όμως με την Τομή Ποταμοί, δρέθηκε η βάση των βασικών κροκαλοπαγών με το Αλλικό υπόδαθρο. Οι αδρομερείς ηπειρωτικές αποθέσεις μεταπίπτουν σταδιακά σε παράκτιες αποθέσεις και άμμους με *Heterostegina*.

4. Τομή Βυγλοτόπι Β (πάχος 250m, Εικ. 21): Αναπτύσσεται παραπλεύρως του δρόμου Ρεθύμνου-Σπηλίου, στην αριστερή πλευρά στο 15ο χιλιόμετρο περίπου. Ελαβε την ονομασία της από την ομώνυμη κορυφή Βυγλοτόπι (Τομή 4 Εικ. 13 και 22). Και στην τομή αυτή η επαφή της βάσεώς της με το αλλικό υπόδαθρο δεν έχει πιστοποιηθεί. Η τομή αρχίζει με ηπειρωτικές αποθέσεις πάχους 26m. Κύριο χαρακτηριστικό αυτών είναι οι εναλλαγές αργιλο-ψαμμιτικού υλικού χωρίς ιδιαίτερη δομή με κροκαλοπαγείς κοίτες. Οι κροκαλοπαγείς αποθέσεις έχουν κυρίως χαρακτήρα ρωών κορημάτων ενώ οι αργιλο-ψαμμιτικές αποθέσεις διακόπτονται από οριζόντες caliche.

Ακολουθούν μεταβατικές προς τις θαλάσσιες αποθέσεις οι οποίες είναι κυρίως λιμναίες και υφάλμυρες (πάχος 33m). Χαρακτηριστικοί οριζόντες της μεταβατικής αυτής ενότητας είναι τα ψαμμιτικά στρώματα με πάγκους από όστρες και έντονα στρωματοποιημένους ασβεστόλιθους. Στα ανώτερα στρώματα παρεμβάλλονται κατά διαστήματα από οριζόντες caliche. Πιο συγκεκριμένα, οι μεταβατικές αποθέσεις αποτελούνται από ρυθμικές αποθέσεις πάχους 10 έως 12m με κροκαλοπαγή στη βάση που ακολουθούνται από ψαμμιτικό υλικό και καταλήγουν σε λιμναίο ασβεστόλιθο.

Στην συνέχεια ακολουθούν παράκτιες αποθέσεις συνολικού πάχους 95m. Στη βάση τους (τα πρώτα 26m) συνίστανται από μη καλά συνεκτικοποιημένο λεπτόκοκκο ψαμμίτη με θραύσματα από διάφορα όστρακα τα οποία σχηματίζουν πάγκους μικρού πάχους. Κατά τόπους παρατηρούνται επιφάνειες caliche και ίχνη βιοαναμοχλεύσεως. Προς τα άνω τα ίχνη βιοαναμοχλεύσεως καθίσταται πλέον έντονα και η ποικιλία των μεγαλοαπολιθωμάτων αυξάνει. Ακολουθούν εναλλαγές παρακτιών κροκαλοπαγών με ψαμμιτικές ενδιαστρώσεις χαρακτηριστικές του μετώπου της ακτής (shoreface). Κατά διαστήματα, εμφανίζονται μη καλά συνεκτικοποιημένα ψαμμιτικά στρώματα με διάσπαρτα Δίθυρα ή με ανθρακικά συγκρίματα. Το πάχος των στρωμάτων αυτών μπορεί να φθάσει τα 6m. Οι παράκτιες αποθέσεις καταλήγουν σε τρεις ψαμμιτικούς πάγκους πάχους 15 m ο καθένας συνιστάμενος από *Heterostegina*.

Ακολουθούν οι θαλάσσιες μάργες συνολικού πάχους 60m οι οποίες είναι πλούσιες σε μεγαλοαπολιθώματα, κυρίως Turritellidae.

Η τομή καταλήγει στους διοκλαστικούς ασβεστόλιθους.



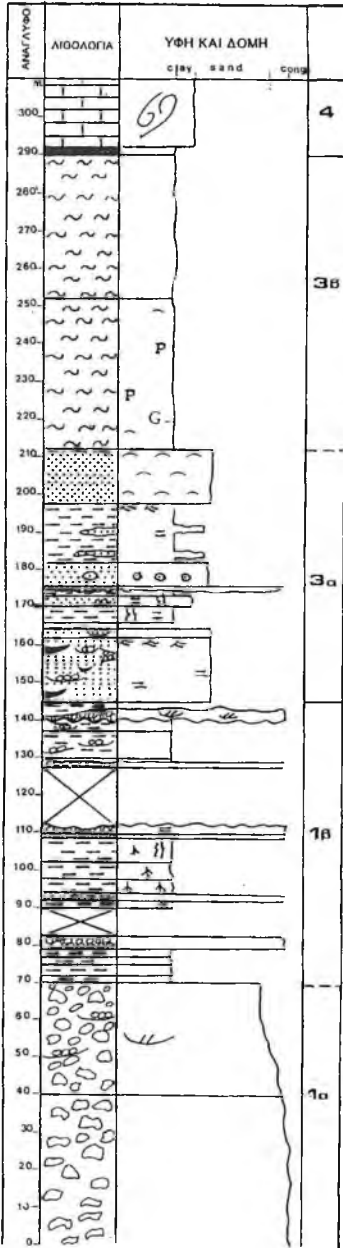
5. Τομή Βιγλοτόπι Α (πάχος 160m, Εικ. 23): Βρίσκεται στη δεξιά πλευρά του δρόμου Ρεθύμνου-Σπηλίου, ακριβώς απέναντι από την τομή Βιγλοτόπι Β (Τομή 6 Εικ. 13, 24 και 25). Η τομή αυτή αρχίζει κατευθείαν με τις μεταβατικές (πάχος 7m) και τις παράκτιες αποθέσεις οι οποίες έχουν πάχος 30m. Αυτές δεν παρουσιάζουν καμία ουσιαστική διαφορά με τις αντίστοιχες αποθέσεις της τομής Βιγλοτόπι Β και καταλήγουν σε ψαμμιτικούς πάγκους συνιστάμενους από *Heterostegina*, συνολικού πάχους 30m. Ακολουθούν θαλάσσιες μάργες πλούσιες σε μεγαλοαπολιθώματα (πάχους 80m), οι οποίες καταλήγουν σε βιοκλαστικούς ασβεστολιθικούς πάγκους.

6. Τομή Φωτεινός (πάχος 110m, Εικ. 26): Η τομή αναπτύσσεται παραπλεύρως του δυτικού περιθωρίου της εξεταζόμενης λεκάνης, κοντά στο χωριό Φωτεινός (Τομή 7 Εικ. 13 και 25). Τα πρώτα 37m παρουσιάζονται πολύ διαταραγμένα εξαιτίας της έντονης ρηγματώσεως που έχει υποστεί η περιοχή. Συνίσταται από ηπειρωτικές αργιλικές αποθέσεις ερυθρού χρώματος με κατά διαστήματα διάσπαρτους κροκαλοπαγείς φακούς. Ιζηματοδομές καθώς και απολιθώματα δεν έχουν βρεθεί. Οι μεταβατικές και

Εικ. 18. Γενική άποψη της τομής Ποταμοί

Fig. 18. General view of Potami section.

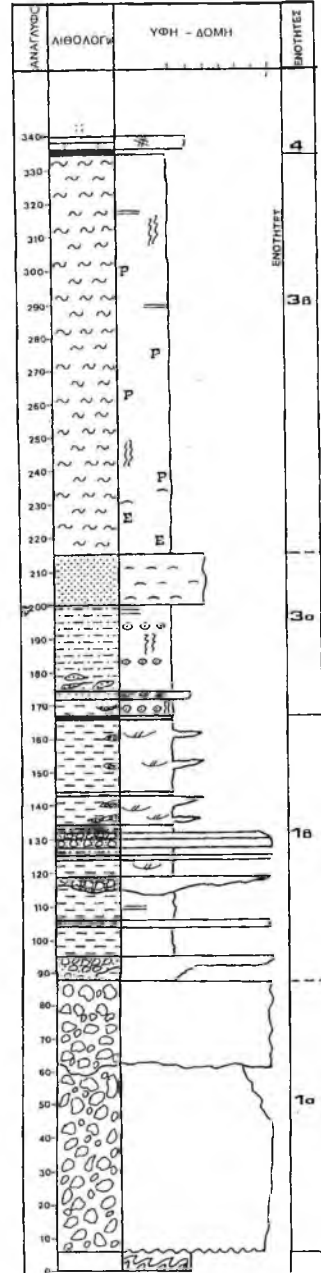
ΤΟΜΗ ΣΕΛΛΙ



Εικ. 19. Λιθοστρωματογραφική στήλη της τομής Σελλί.

Fig. 19. Lithostratigraphical column of Selli section.

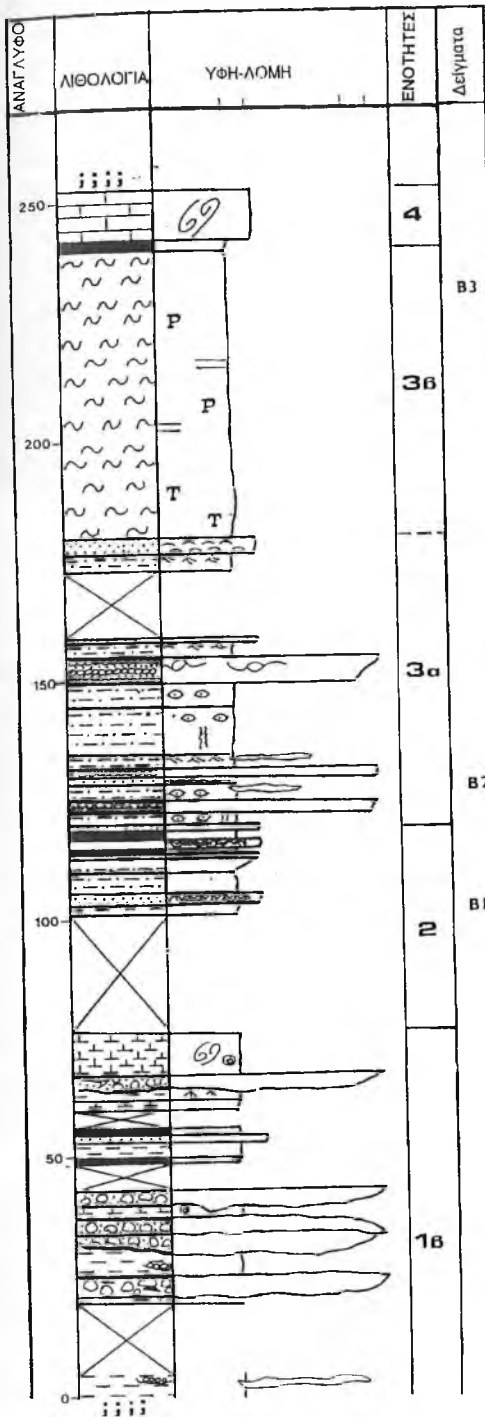
ΤΟΜΗ ΓΕΝΗ



Εικ. 20. Λιθοστρωματογραφική στήλη της τομής Γενί.

Fig. 20. Lithostratigraphical column of Geni section.

ΤΟΜΗ ΒΙΓΛΟΤΟΠΙ Β



Εικ. 21. Λιθοστρωματογραφική στήλη της τομής Βιγλοτόπι Β.

Fig. 21. Lithostratigraphical column of Viglotopi B section.

παράκτιες αποθέσεις απουσιάζουν. Ακολουθεί ψαμμιτικός πάγκος με *Heterostegina* πάχους 8m. Ακολουθούν οι θαλάσσιες μάργες πάχους 40m οι οποίες καταλήγουν στους βιοκλαστικούς ασβεστολιθικούς πάγκους.

2.2.1.1. Το βορειοανατολικό περιθώριο της Λεκάνης των Αποστόλων.

Στην Εικ. 27 δίνεται μία γενική άποψη του βορειοανατολικού περιθωρίου της λεκάνης των Αποστόλων, το οποίο παρατηρήθηκε βορείως του οικισμού Πρασές.

Τα Νεογενή στρώματα παρουσιάζουν ομαλή κλίση προς βορράν και βορειοδυτικά ενώ αποσφηνώνονται προς τα ανατολικά, με εξαίρεση τους ασβεστολίθους οι οποίοι εκτείνονται προς τα ανατολικά και συνδέονται με τους ανώτερους ασβεστολιθικούς πάγκους της εξεταζόμενης λεκάνης. Ανατολικά και βορείως του βορείου περιθωρίου της λεκάνης οι ασβεστόλιθοι κáθονται απευθείας πάνω στο προνεογενές υπόβαθρο.

Η τομή στη βάση της χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη αδρομερών ερυθρού χρώματος κροκαλοπαγών και λατυποπαγών. Αυτά αποτελούν τη βάση των νεογενών αποθέσεων που παρατηρήθηκαν στην εξεταζόμενη τομή. Οι κροκάλες παρουσιάζουν



Εικ. 22. Γενική άποψη της τομής Βιγλοτόπι Β.
Fig. 22. General view of Viglotopi B section.

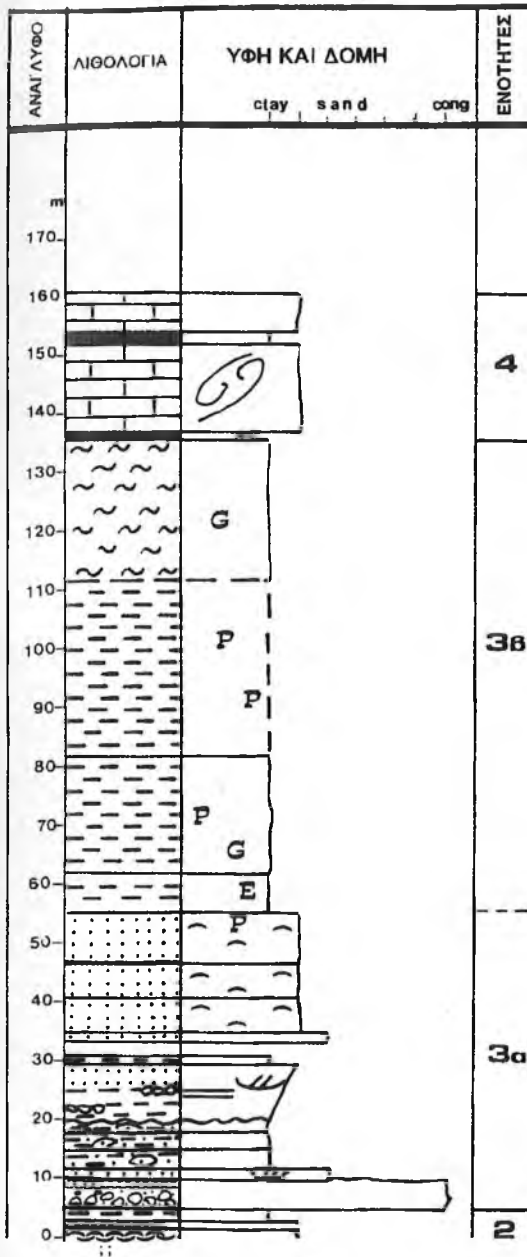
μικρή έως μέτρια στρογγυλότητα ενώ η ταξινόμηση είναι κακή. Ανατολικά της τομής επικρατούν κροκάλες που χαρακτηρίζονται από φυλλιτική-χαλαζιτική σύσταση ενώ δυτικά ανθρακικές κροκάλες που προέρχονται από την Ενότητα Τρυπάλι. Δομές προσανατολισμένων κροκαλών (imbrication) υποδεικνύουν διεύθυνση μεταφοράς 185° - 195° (Εικ. 27α). Πιθανώς να πρόκειται για την ίδια φάση αδρομερών κροκαλοπαγών που παρατηρήθηκε και στις υπόλοιπες θέσεις της Λεκάνης των Αποστόλων όπου κατασκευάστηκαν οι στρωματογραφικές στήλες. Τα κροκαλοπαγή αυτά υπέρκειται του αλπικού υποδάθρου.

Ακολουθούν παράκτιες και αβαθούς θάλασσας, φαιοκάστανες άργιλοι με ψαμμιτικά συγκρίματα. Αυτές αποτέθηκαν αμέσως μετά την απόθεση της προηγούμενης φάσεως, παρόλα αυτά τοπικά παρατηρείται ότι υπέρκειται του αλπικού υποδάθρου. Κατά θέσεις έχουν αποτεθεί χάλικες μετρίως έως πολύ καλά στρογγυλοποιημένοι, ενώ τα ψαμμιτικά συγκρίματα αποτελούνται από λεπτόκοκκη έως μεσόκοκκη άμμο.

Στα ανώτερα τμήματα της τομής παρατηρείται μετάβαση σε εναλλαγές κροκαλοπαγών και ψαμμιτών. Τα κροκαλοπαγή αυτά χαρακτηρίζονται από την παρουσία πολύ καλά στρογγυλοποιημένων και πεπλατυσμένων κροκαλών και την απουσία συνδετικού υλικού. Προς τα πάνω καθώς και πλευρικός, τα κροκαλοπαγή αυτά στρώματα μεταβαίνουν σε ψαμμίτες.

Οι αποθέσεις αυτές αντιπροσωπεύουν εναλλαγές παράκτιων κροκαλοπαγών και αποθέσεων χαρακτηριστικών του μετώπου της ακτής (shoreface deposits).

ΤΟΜΗ ΒΙΓΛΟΤΟΠΙ Α



Εικ. 23. Λιθοστρωματογραφική στήλη της τομής Βιγλοτόπι Α.

Fig. 23. Lithostratigraphical column of Viglotopi A section.

Ακολουθούν αποθέσεις φαισκά-
 στανων ψαμμιτικών λατυποπα-
 γών. Προς τα νοτιοδυτικά το πο-
 σοστό των ψαμμιτικών λατυπο-
 παγών βαθμιαίως ελαττώνεται
 και μεταβαίνει σταδιακά σε ψαμ-
 μιτικές και αργιλικές αποθέσεις.
 Τα λατυποπαγή αυτά υποδηλώ-
 νουν την ύπαρξη περιβάλλοντος
 υψηλής ενέργειας όπου η από-
 θεση έλαβε χώρα υπό την επί-
 δραση υψηλών κυματισμών.

Οι προαναφερθείσες αποθέσεις
 καλύπτονται από διοκλαστικούς/
 υφαλογενείς ασβεστολίθους οι
 οποίοι ανήκουν στον Σχηματι-
 σμό Ρέθυμνο (MEULENKAMP,
 1969). Οι ασβεστόλιθοι αυτοί οι
 οποίοι στη βάση τους είναι μαρ-
 γαϊκοί χαρακτηρίζονται από την
 παρουσία φυκών και κοραλλιών.
 Επιπλέον, επεκτείνονται προς
 βορράν με αποτέλεσμα οι ίδιοι
 να παρατηρούνται και στην λε-
 κάνη βορείως της εξετασθείσας,
 ενώ ανατολικά παρατηρούνται
 με την μορφή μεμονωμένων
 φακών μέσα σε μαργαϊκό υλικό.

Η φάση αυτή των διοκλαστικών
 ασβεστολίθων αντιστοιχεί σε
 απόθεση ρηχής θαλάσσιας υφα-
 λοκηρίδας.

Η τομή διακόπτεται από μερι-
 κά κατακόρυφα ρήγματα διευ-
 θύνσεως ΒΔ-ΝΑ τα οποία προ-
 φανώς παρουσίασαν δράση κατά
 τη διάρκεια της αποθέσεως των
 στρωμάτων του Τορτονίου (Παρ.
 2.6) όπως αυτό αποδεικνύεται
 από τις μεταβολές του πάχους



Εικ. 24. Γενική άποψη της τομής Βιγλοτόπι Α.
Fig. 24. General view of Viglotopi A section.



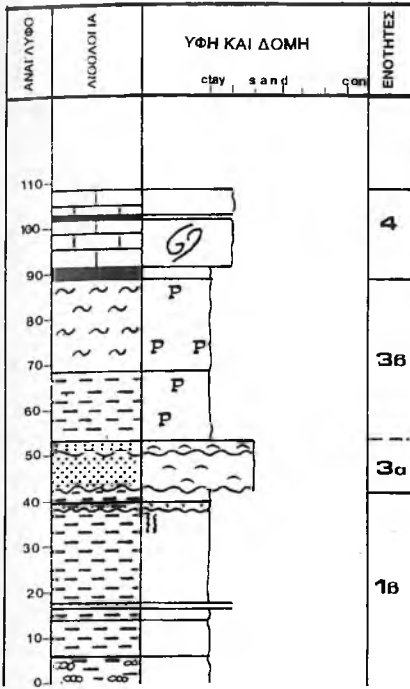
Εικ. 25. Γενική άποψη των τομών Βιγλοτόπι Α και Φωτεινός.
Fig. 25. General view of Viglotopi A and Fotinos sections.

των συσχετιζομένων στρωμάτων στις δύο πλευρές των ρηγμάτων.

2.2.2. Η Λεκάνη του Ρεθύμνου.

1. Τομή ΑΑ (Εικ. 28): Η τομή αυτή ξεκινάει νοτιώς του οικισμού Πρασές και κατευθύνεται κατά μήκος της ανατολικής πλευράς του δρόμου προς Ρέθυμνον

ΤΟΜΗ ΦΩΤΕΙΝΟΣ



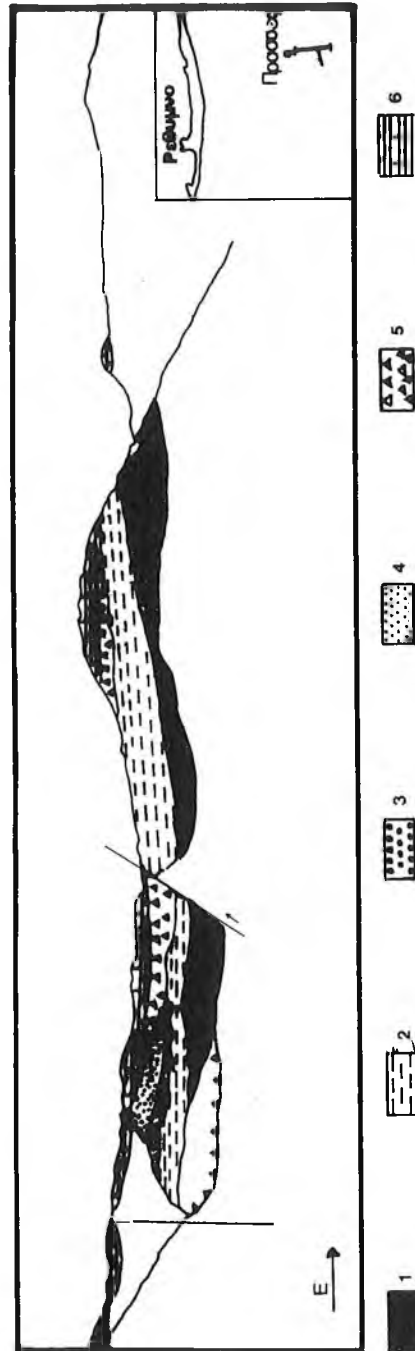
Εικ. 26. Λιθοστρωματογραφική στήλη της τομής Φωτεινός

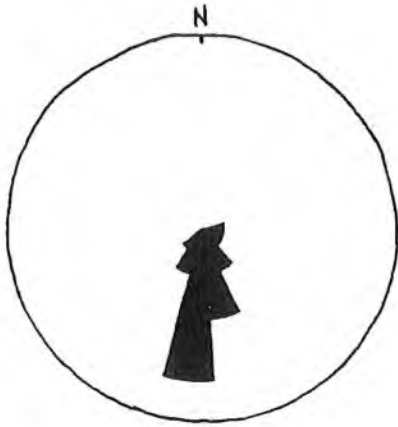
Fig. 26. Lithostratigraphical column of Fotinos section.

Εικ. 27. Το βορειοανατολικό περιθώριο της Λεκάνης των Αποστόλων, βορείως του οικισμού Πρασές.

1. αδρομερή κροκαλοπαγή και λατυποπαγή, 2. άργιλλοι με ψαμμιτικά συγκρίματα, 3. παράκτια κροκαλοπαγή, 4. παράκτιες ψαμμιτικές αποθέσεις, 5. ψαμμιτικά λατυποπαγή, 6. βιοκλαστικοί ασβεστόλιθοι.

Fig. 27. The northeastern margin of Apostoli Basin. 1: conglomerates and breccias, 2. Concretionary siltstones, 3. Beach conglomerates, 4. shoreface sandstones, 5. sandstone breccias, 6. bioclastic limestones.



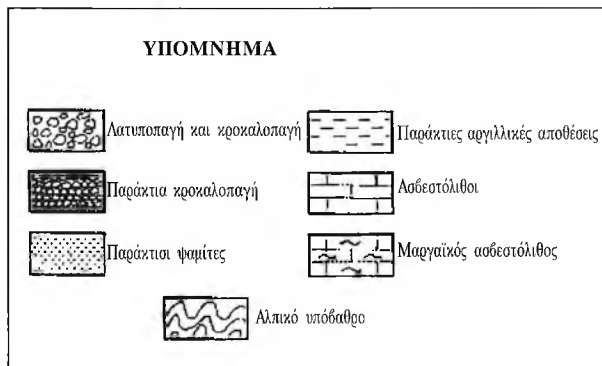


Εικ. 27α. Διευθύνσεις παλαιορευμάτων στα αδρομερή, ερυθρού χρώματος κροκαλοπαγή και λατυποπαγή.

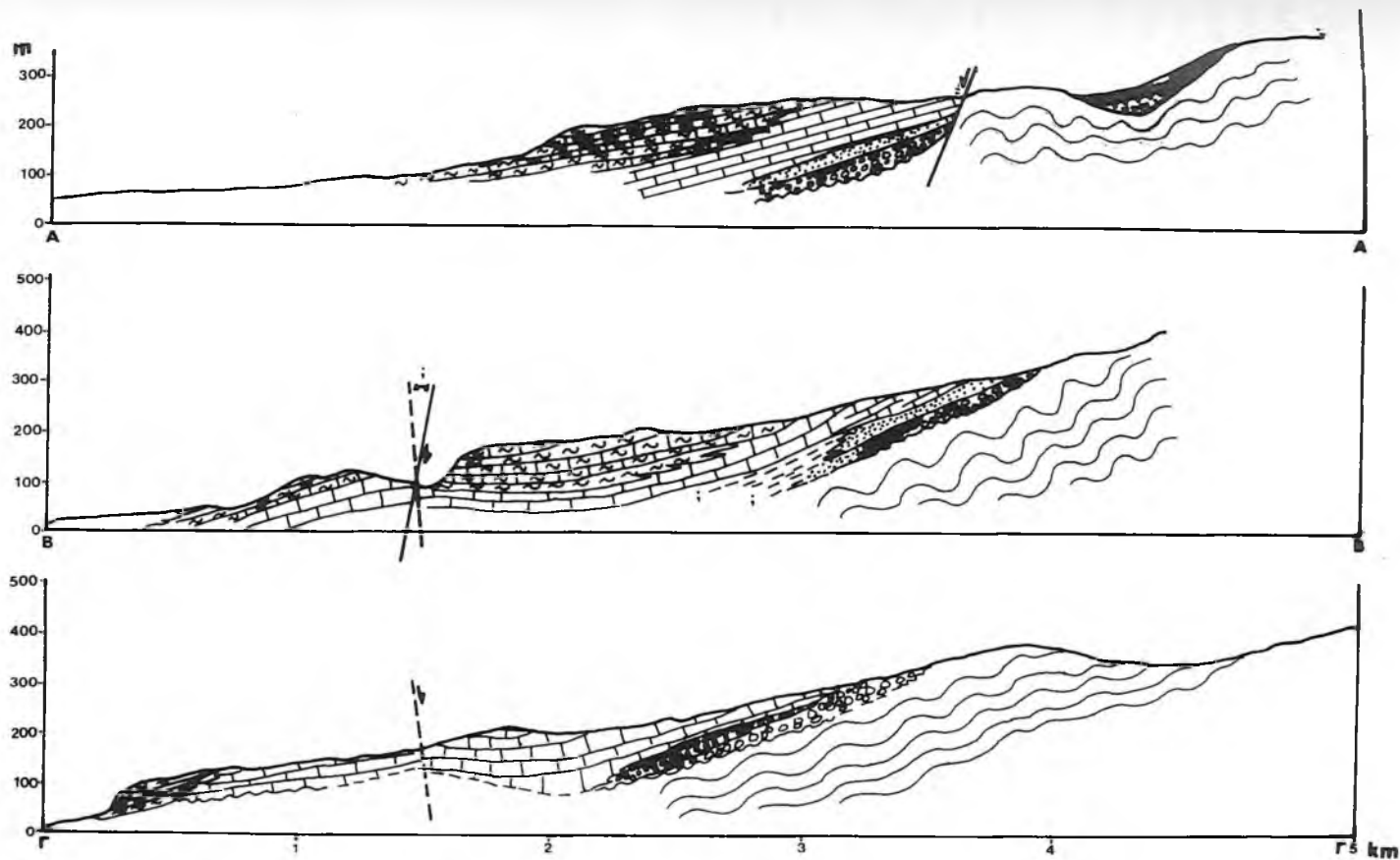
Fig. 27a. Paleocurrent directions of the coarse-grained, red-coloured conglomerates and breccias.

(Εικ. 13). Αξιοσημείωτη είναι η ύπαρξη αποθέσεων ενδεικτικών περιβάλλοντος υποθαλασσίου φράγματος, βορείως του οικισμού Πρασσές. Οι αποθέσεις αυτές οι οποίες πλευρικός αποσφηνώνονται, καλύπτονται από ανθρακικούς πάγκους. Εκατέρωθεν των αποθέσεων αυτών παρατηρούνται μεγάλου πάχους Αλπικά ιζήματα. Βορείως, η ακολουθία παρουσιάζει επικλυσιογενή χαρακτήρα με μικρού πάχους παράκτια ιζήματα να μεταπίπτουν σε ασβεστολίθους. Πλευρικός και κατακορύφως, οι ασβεστολιθικοί αυτοί πάγκοι μεταπίπτουν σε μάργες και μαργαϊκά λατυποπαγή τα οποία εμφανίζονται κυρίως στο βόρειο τμήμα της τομής. Οι μαργαϊκές αυτές αποθέσεις, παρουσιάζουν ενδείξεις μεταφοράς υλικού προς βορράν.

2. Τομές BB και ΓΓ (Εικ. 28): Οι δύο αυτές τομές παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες με την τομή AA. Χαρακτηριστική όμως, είναι η απουσία αποθέσεων υποθαλασσίου φράγματος μπροστά από τις παράκτιες αποθέσεις καθώς και η καλή ανάπτυξη των παράκτιων αποθέσεων. Ανθρακικοί πάγκοι καλύπτουν όλες τις προηγούμενες αποθέσεις.



Υπόμνημα των τομών της Λεκάνης Ρεθύμνου
Legend of the cross-sections of Rethymnon Basin



Εικ. 28. Οι τρεις γεωλογικές τομές που κατασκευάστηκαν στην Λεκάνη Ρεθύμνου.
 Fig. 28. The three geological cross-sections from Rethymnon basin.

2.3. ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ.

2.3.1. Η Λεκάνη των Αποστόλων

Λεπτομερής μελέτη των προαναφερθεισών τομών στην Λεκάνη Αποστόλων μας οδήγησε στην αναγνώριση τεσσάρων λιθostrωματογραφικών ενότητων οι οποίες έλαβαν την ονομασία τους από το κυρίαρχο περιβάλλον αποθέσεώς τους και είναι οι ακόλουθες:

1. Αποθέσεις χερσοποτάμιου περιβάλλοντος.
2. Αποθέσεις μεταβατικού περιβάλλοντος.
3. Αποθέσεις χαμηλής ακτής και υφαλοκρηπίδας.
4. Αποθέσεις ανθρακικής πλατφόρμας.

Τα διαγνωστικά χαρακτηριστικά κάθε μιάς από τις τέσσερεις ενότητες μελετήθηκαν λεπτομερειακά και οδήγησαν σε συμπεράσματα σχετικά με τις συνθήκες και διεργασίες αποθέσεώς τους, τα οποία συνοψίζονται στον Πίνακα 1.

Από την έναρξη της αποθέσεως των ηπειρωτικών ιζημάτων (Ενότητα 1) μέχρι το τέλος της αποθέσεως των θαλασσιών μαργών (Ενότητα 3), τα Νεογενή ιζήματα στην Λεκάνη των Αποστόλων υποδηλώνουν συνθήκες επικλύσεως. Κατά το τέλος του Μειοκαινού πτώση της θάλασσας στάθμης προκαλεί την απόθεση μεγάλου

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΕΝΟΤΗΤΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΡΜΗΝΕΙΑ
ΡΕΘΥΜΝΟ	4 Βιοκλαστικοί ασβεστόλιθοι	Εναλλαγές μαργών με βιοκλαστικούς ασβεστολίθους, κατά τόπους στρωματοποιημένους.	Ανθρακική ιζηματογένεση σε ένα σχετικά ρηχό θαλάσσιο περιβάλλον.
ΑΠΟΣΤΟΛΟΙ	3 Θαλάσσιες αποθέσεις	- Πλευρικός συνεχής, καλά ταξινομημένα κροκαλοπαγή με καλά στρωματοποιημένες ψαμμιτικές ενδιστρώσεις. Κυανού-γκρί χρώματος απολιθωματοφόρος μάργα με διάσπαρτους ψαμμιτικούς πάγκους με συνιζηματογενείς ρητιδώσεις.	-Παράκτια-μετωπική ακολουθία (shoreface). - Αποθέσεις κρηπίδας.
ΠΑΝΤΑΝΑΣΣΑ	2 Μεταβατικές αποθέσεις	- Αργιλλικοί και ψαμμιτικοί πάγκοι με διάσπαρτα εἴθυρα. - Εντονα στρωματοποιημένοι ασβεστόλιθοι γλυκών υδάτων.	- Υφάλιμες αποθέσεις - Λιμναίες αποθέσεις
ΠΑΝΤΑΝΑΣΣΑ	1 Ηπειρωτικές αποθέσεις	- Αμυδρές ταξινομημένα, ερυθρού χρώματος κροκαλοπαγή με γωνιώδη θραύσματα κροκαλών και με απουσία ιζηματοδομών. - Εναλλαγές κροκαλοπαγών καναλιών με αργιλλικά ιζήματα.	- Αλλουβιακές αποθέσεις εξαιτίας ροών βαρύτητας. - Αλλουβιακές αποθέσεις εξαιτίας πλεξοειδών ποτάμιων ροών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Γενικά χαρακτηριστικά των Λιθostrωματογραφικών Ενότητων
TABLE 1: General characteristics of the depositional units.

πάχους υφαιωδών-βιοκλαστικών ασβεστολίθων.

Ενότητα 1: Χερσοποτάμιες αποθέσεις (Σχηματισμός Παντάνασσα)

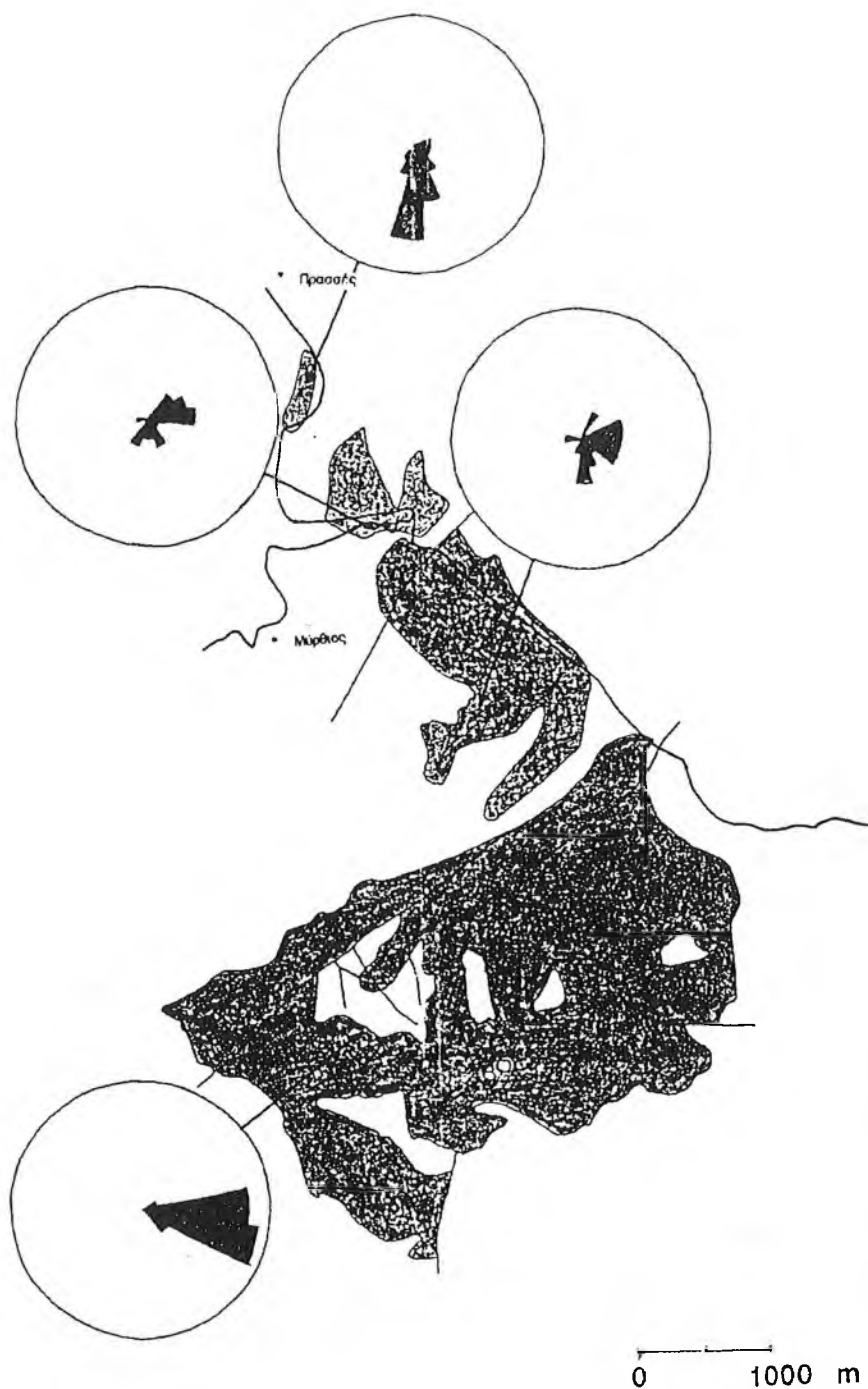
Τα ιζήματα που συνιστούν την Λιθοστρωματογραφική Ενότητα 1 ανήκουν στον Σχηματισμό Παντάνασσα που καθορίστηκε από τον MEULENKAMP (1969). Η Ενότητα 1 αποτελείται από δύο υποενότητες: την υποενότητα 1α η οποία συνίσταται από αλλουβιακές αποθέσεις εξαιτίας ροών κορημάτων (ριπιδιοπαγή) και την υποενότητα 1β που συνίσταται από αλλουβιακές αποθέσεις εξαιτίας πλεξοειδών ποτάμιων ροών (stream flow).

α) Αλλουβιακές Αποθέσεις εξαιτίας ροών κορημάτων (ριπιδιοπαγή):

Περιγραφή: Επίκεινται του διαβρωμένου Αλπικού υποβάθρου. Ο ακριβής χρόνος αποθέσεώς τους είναι δύσκολο να καθορισθεί. Πάντως η απόθεση έγινε μετά το στάδιο ανυψώσεως του Αλπικού υποβάθρου και πρό της αποθέσεως των υφάλμυρων-λιμναιών ιζημάτων της Ενότητας 2. Στη βάση της, η Ενότητα 1 είναι έντονα διαβρωμένη και σε πολλά σημεία σχηματίζει ένα έντονο παλαιοανάλυφο το οποίο κατά τόπους πληρούται από κλαστικά ιζήματα στα οποία κυριαρχούν τεμάχια προερχόμενα από το Φυλλιτικό υπόβαθρο. Το πάχος, η σύσταση και η υφή ποικίλουν αισθητά στην Λεκάνη των Αποστόλων.

Οι αποθέσεις αυτές συνίστανται κυρίως από ελάχιστα ταξινομημένα, ερυθρού χρώματος κροκαλοπαγή με γωνιώδη θραύσματα κροκαλών, κυρίως φυλλιτικής-χαλαζιτικής συστάσεως αλλά και κατά τόπους ανθρακικής συστάσεως, προερχόμενης από τις προνεογενείς σειρές Τρυπαλίου και Τριπόλεως. Η συγκέντρωση των φυλλιτικών και χαλαζιτικών συστατικών είναι μεγαλύτερη (πολλές φορές ανέρχεται και στο 100%) στο κατώτερο τμήμα των κροκαλοπαγών. Σε υψηλότερα επίπεδα η συγκέντρωση των ανθρακικών συστατικών αυξάνει με αποτέλεσμα να υπάρχουν σημεία όπου οι Φυλλίτες-Χαλαζίτες να απουσιάζουν εντελώς (Τομή Ποταμοί). Επιπλέον η ταξινόμηση και στρογγυλότητα αυξάνουν στα ανώτερα στρώματα. Στρώση δεν είναι φανερή στις αποθέσεις αυτές οι οποίες είναι μάλλον συμπαγείς χωρίς καμία δομή εκτός από μικρές κοίτες (channels) και μερικές επιφάνειες διαβρώσεως. Οπου ήταν δυνατόν, οι μετρήσεις διευθύνσεων παλαιορευμάτων έδειξαν διεύθυνση μεταφοράς υλικού προς N-NΔ (Εικ. 29). Το πάχος των αποθέσεων αυτών παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις από τομή σε τομή με μια γενική τάση ελαττώσεως του προς τα δυτικά. Σημειώνεται απουσία απολιθωμάτων.

Συνθήκες και διεργασίες αποθέσεως: Οι αποθέσεις αυτές μπορούν να ερμηνευθούν ως αποθέσεις αλλουβιακών ιζημάτων που οφείλονται σε ροές βαρύτητας. Στη βάση, ο βαθμός μεταφοράς υλικού είναι πολύ χαμηλός κι αυτό φαίνεται από την παρουσία μη ταξινομημένων και πολύ γωνιωδών υλικών τα οποία αποδεικνύουν ότι το νερό έπαιξε πολύ μικρό ρόλο στην μεταφορά τους. Σε ανώτερα στρώματα στις ίδιες αποθέσεις η ταξινόμηση είναι καλύτερη και οι κροκάλες εμφανίζονται περισσότερο αποστρογγυλεμένες. Αυτό μπορεί να οφείλεται στην αλλαγή συστάσεως του υλικού (ανθρακικό υλικό επικρατεί έναντι του φυλλιτικού) και στον



Εικ. 29. Διευθύνσεις μεταφοράς των αλλουβιακών αποθέσεων της Ενότητας 1α.
 Fig. 29. Paleocurrent directions of the alluvial deposits of Unit 1a.

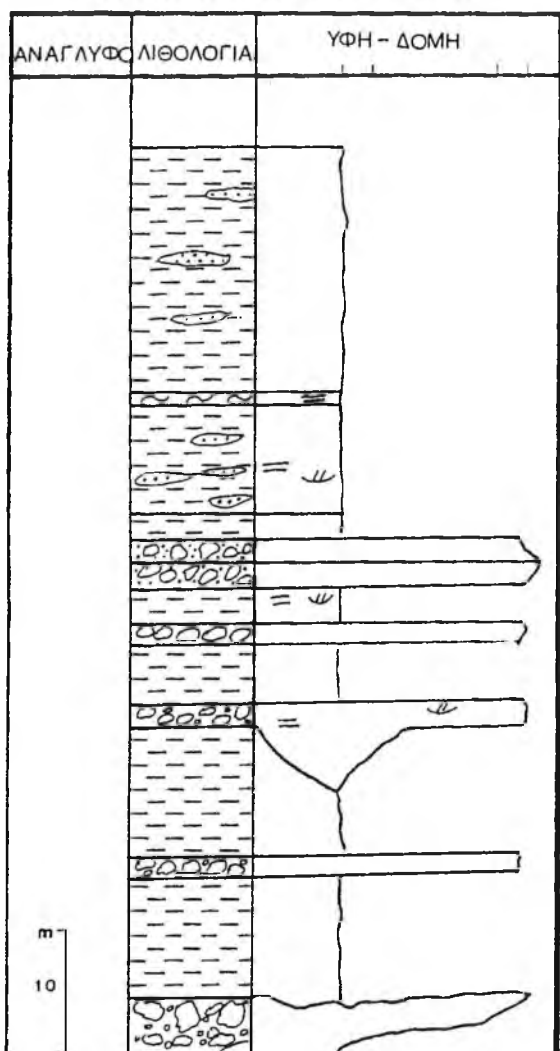
ανώτερο χαρακτήρα της αποθέσεως. Οι ανθρακικές κροκάλες υφίστανται πιο εύκολα διάλυση συγκριτικά με τις φυλλιτικές κροκάλες οι οποίες εξαιτίας του φυλλώδους χαρακτήρα τους παρουσιάζονται πιο γωνιώδεις. Ο έντονα διαβρωσιγενής χαρακτήρας της βάσεως της αποθέσεως υποδηλώνει την ύπαρξη ενός έντονου παλαιοαναγλύφου, του οποίου όμως η τοπογραφία εξομαλύνθηκε και οι φυσικές του κλίσεις ελαττώθηκαν με την πλήρωσή του από συστατικά διαβρώσεως προερχόμενα από την Ενότητα Φυλλιτών-Χαλαζιτών. Η μετατόπιση της πηγής τροφοδοσίας προς τα ΒΑ προκάλεσε την αλλαγή της σύστασης των κροκαλών από φυλλιτικές-χαλαζιτικές σε ανθρακικές (αλλαγή πηγής τροφοδοσίας και μέσου μεταφοράς).

6) Αλλουβιακές αποθέσεις εξαιτίας πλεξοειδών ποταμίων ροών:

Περιγραφή: Οι αλλουβιακές αποθέσεις εξαιτίας ροών βαρύτητας μεταπίπτουν σταδιακά προς τα άνω σε ποτάμιες αποθέσεις οι οποίες είναι καλύτερα ταξινομημένες και στρωματοποιημένες και αποτελούνται από μεγάλο πάχους αργιλλικά στρώματα με αποθέσεις κροκαλοπαγών κοιτών μεταξύ τους (Εικ. 30). Γενικά οι αποθέσεις αυτές χαρακτηρίζονται από αρκετά αδρομερείς κροκαλοπαγείς κοίτες, μετρίως ταξινομημένες με μικρό ποσοστό συνδετικού υλικού. Το πλάτος των κροκαλοπαγών κοιτών είναι σχετικά μεγάλο συγκριτικά με το πάχος τους (το πλάτος μπορεί να φτάσει τις μερικές εκατοντάδες μέτρα ενώ το πάχος κυμαίνεται μεταξύ 2 και 10 μέτρων). Στο κεντρικό τμήμα της εξεταζόμενης λεκάνης, μεταξύ των χωριών Γενή και Καρέ, απαντούν μεγάλου πάχους συμπαγή κροκαλοπαγή στρώματα τα οποία εναλλάσσονται με μικρού πάχους λεπτόκοκκα έως και αδρόκοκκα αργιλλικά στρώματα - με μικρές κροκάλες να επιπλέουν μέσα σ' αυτά - και τα οποία περιέχουν στοιχεία παλαιοεδαφών. Η βάση κάθε κροκαλοπαγούς στρώματος είναι διαβρωμένη και χαρακτηρίζεται από πολύ μεγάλες κροκάλες (μεγέθους μέχρι 30-35 εκ.). Το υπόλοιπο του στρώματος είναι καλά στρωματοποιημένο και ταξινομημένο με κροκάλες αποστρωγγυλομένες και κατά τόπους προσανατολισμένες. Στην κορυφή, τα στρώματα αυτά μεταπίπτουν απότομα σε αργίλλους. Μέσα στις αργίλλους απαντούν μικρού μεγέθους κοίτες συνιστάμενες από μικρές κροκάλες. Οι προσανατολισμένες κροκάλες παρουσιάζουν μία γενική διεύθυνση μεταφοράς προς νότον, παρατηρήθηκαν όμως και ορισμένα κροκαλοπαγή με διεύθυνση μεταφοράς προς τα δυτικά. Δυτικότερα, στην περιοχή Βιγλοτόπι, οι κροκαλοπαγείς αποθέσεις είναι λεπτομερέστερες, καλύτερα ταξινομημένες και στρωματοποιημένες και παρουσιάζουν μία καλή διαβαθμισμένη μετάβαση προς τις αργίλλους. Δεν παρατηρήθηκαν απολιθώματα.

Συνθήκες και διεργασίες αποθέσεως: Ο αδρομερής χαρακτήρας των κροκαλοπαγών κοιτών, η υψηλή αναλογία πλάτους/πάχους, η απότομη μετάβαση των κροκαλοπαγών σε αργιλλικά ιζήματα, συνηγορούν στο ότι οι ποτάμιες αποθέσεις είναι πλεξοειδούς μορφής. Μόνο στην δυτική πλευρά της λεκάνης, στο Βιγλοτόπι, απαντούν λεπτομερέστερα κλαστικά ιζήματα, καλύτερα στρωματοποιημένα και ταξινομημένα, τα οποία μπορεί να συνηγορούν στην ύπαρξη ενός πλέον ήρεμου

ΕΝΟΤΗΤΑ 1 (απώτερο τμήμα)



Εικ. 30. Συνθετική λιθοστρωματογραφική στήλη της Ενότητας 1β.

Fig. 30. Composite lithostratigraphical column of Unit 1b.

ποτάμιου συστήματος.

Προϋποθέσεις για τον σχηματισμό πλεξοειδών ποτάμιων συστημάτων είναι η επικράτηση ημίξηρου κλίματος καθώς και η ύπαρξη απότομης κλιτύς (ένδειξη ενεργής ανυψώσεως της ενδοχώρας). Λόγω των κλιματικών συνθηκών η μεταφορά υλικού είναι εποχιακή, εφήμερη ή σποραδική, έτσι ώστε και οι ιζηματογενείς αποθέσεις να έχουν επεισοδιακό χαρακτήρα. Οι ενδείξεις αυτές είναι πλέον έντονες στο κεντρικό τμήμα της λεκάνης, στις περιοχές μεταξύ των οικισμών Γενή και Καρέ. Αποθέσεις πεδιάδας πλημμύρας απαντούν κυρίως στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης, εκεί που υπάρχουν μεγάλου πάχους αργιλικά στρώματα τοποθετημένα

το ένα πάνω στο άλλο. Οι διευθύνσεις μεταφοράς είναι κυρίως προς N-ΝΔ.

Ενότητα 2: Μεταβατικές αποθέσεις (Σχηματισμός Παντάνασσα).

Περιγραφή: Οι αποθέσεις της Ενότητας 2 συνιστούν το ανώτερο τμήμα του Σχηματισμού Παντάνασσα. Αυτές αποτελούν τμήμα της μεταβάσεως από τα χερσοποτάμια στα θαλάσσια (παράκτια) περιβάλλοντα. Είναι έντονα ανεπτυγμένες στο δυτικό τμήμα της λεκάνης, στις θέσεις Βιγλοτόπι Α και Β και δυτικά της Γενής. Ειδικότερα, στην τομή Βιγλοτόπι Β οι αποθέσεις αυτές χαρακτηρίζονται από έναν μεγάλο αριθμό αργιλικών και ψαμμιτικών πάγκων με διάσπαρτα δίθυρα (όστρες). Οι όστρες αυτές παρουσιάζονται κατά θέσεις πολύ μεγάλες και σχηματίζουν πάγκους πάχους 10 έως 40 εκ. οι οποίοι πλευρικά είναι συνήθως ασυνεχείς. Η βάση και η κορυφή των πάγκων αυτών παρουσιάζουν απότομες επιφάνειες, παρόλα αυτά απαντούν όστρες οι οποίες “κολυμπούν” στο ίζημα και δεν σχηματίζουν στρώσεις (παρακαλύουν την στρώση). Επιπλέον, πρέπει να σημειωθεί ότι μέσα σε αυτούς τους πάγκους από όστρες δεν παρατηρήθηκαν άλλα απολιθώματα. Το φιλοξενόν ίζημα είναι κυρίως αργιλικό, χρώματος φαιοκάστανου, το οποίο τοπικά μπορεί να περιέχει μικρές κροκάλες που επιπλέουν ή σχηματίζουν ολόκληρες αλυσίδες (Εικ. 31).

Οι αργιλικές αποθέσεις με τους πάγκους από όστρες είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένες στο δυτικό τμήμα της λεκάνης ενώ απουσιάζουν στο ανατολικό τμήμα. Ταυτόχρονα, αδεστόλιθοι γλυκέων υδάτων, έντονα στρωματοποιημένοι κάνουν την εμφάνισή τους, κυρίως στην τομή Βιγλοτόπι Β. Ανατολικότερα, οι αποθέσεις αυτές εξαφανίζονται με αποτέλεσμα οι θαλάσσιες αποθέσεις της Ενότητας 3 να υπέρκεινται των χερσοποτάμιων αποθέσεων της Ενότητας 1.

Συνθήκες και διεργασίες αποθέσεως: Οι παραπάνω αποθέσεις αποτελούν την μετάβαση από το ηπειρωτικό στάδιο προς το στάδιο ρηχής θάλασσας. Η μετάβαση αυτή συνδέεται με εισβολή της θάλασσας η οποία κάλυψε τις παρόχθιες ποτάμιες αποθέσεις. Κατ’ αυτόν τον τρόπο δημιουργήθηκαν συνθήκες υφάλμυρου περιβάλλοντος, όπου η παροχή γλυκού ύδατος από τον ποταμό αναμιγνύσταν με το θαλασσινό νερό. Όταν αυτό το περιβάλλον σταθεροποιήθηκε, τότε σχηματίστηκαν πάγκοι με όστρες. Η διακοπή της αποθέσεως των πάγκων αυτών φαίνεται να οφείλεται σε δύο λόγους: ο πρώτος αφορά στην απότομη αύξηση παροχής υλικού από τον ποταμό, η οποία έχει αποτέλεσμα τον ενταφιασμό των μακροαπολιθωμάτων και συνεπώς την ασυμβατότητα αυτών με τον ρυθμό συσσωρεύσεως υλικού. Η αυξανόμενη παροχή υλικού από τα ποτάμια μπορεί να οφείλεται με τη σειρά της είτε σε τεκτονική δραστηριότητα η οποία προκαλεί την ανύψωση της ενδοχώρας και αύξηση της κλίσεως του αναγλύφου, είτε σε αλλαγή του κλίματος. Ο δεύτερος λόγος αφορά στη σχετικά γρήγορη ανύψωση της στάθμης της θάλασσας και/ή στην ελάττωση της παροχής γλυκού ύδατος από τα ποτάμια. Τότε, η αλμυρότητα του υφάλμυρου περιβάλλοντος αυξάνεται προσωρινώς και συνεπώς παρακαλύεται ο σχηματισμός πάγκων με όστρες. Βέβαια ορισμένα άτομα μπορεί να διασωθούν και τότε βρίσκονται διασκορπισμένα μέσα στο ίζημα. Ελάττωση της παροχής

γλυκού ύδατος μπορεί να οφείλεται σε κλιματικές μεταβολές (περίοδοι ξηρασίας). Το τέλος της αποθέσεως των πάγκων με όστρες συνδέεται με μία αρκετά απότομη διεργασία, απ' όση φαίνεται στις επιφανειακές τομές. Είναι επίσης φανερό ότι αυτοί οι πάγκοι πρέπει να είχαν μικρή διάρκεια ζωής αφού το πάχος τους είναι αρκετά μικρό. Πολλές φορές ένας πάγκος με όστρες μπορεί να αρχίσει να ολισθαίνει προς τα χαμηλότερα επίπεδα.

Ενα άλλο είδος μεταβατικών αποθέσεων είναι οι ασβεστόλιθοι γλυκών υδάτων, οι οποίοι είναι έντονα στρωματοποιημένοι και γεμάτοι από σωληνοειδείς μορφές πλούσιες σε συγκεντρώσεις ασβεστίτη. Αυτές οι συγκεντρώσεις μπορεί να σχηματίστηκαν σε ελώδη περιβάλλοντα όπου πολλά φύκη αναπτύσσονται, κυρίως κοντά σε ποτάμια ή πεδιάδες πλημμύρας. Οι μικρές ρίζες βλαστήσεως εισχωρούν μέσα στο ίζημα. Τα φύκη τότε κτίζουν λεπτά στρώματα ασβεστίτη γύρω από αυτές κι έτσι σχηματίζουν αυτού του είδους τις σωληνώσεις (BLATT *et al.*, 1972). Πολλές φορές τα "algal mats" είναι τόσο εκτεταμένα ώστε να σχηματίζουν μεγάλες συγκεντρώσεις οριζοντίων ενδιαστρώσεων. Αυτού του είδους τα στρώματα μπορεί πολύ εύκολα να υποστούν ολίσθηση και να προκαλέσουν τη δημιουργία πτυχοειδών δομών λόγω ολίσθησης (slumps).

Ενότητα 3: Αποθέσεις χαμηλής ακτής και υφαλοκρηπίδας (Σχηματισμός Αποστόλων).

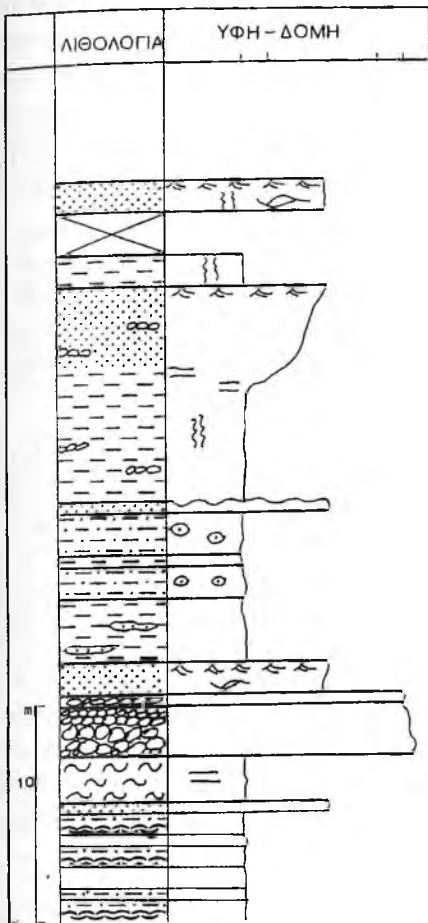
Οι θαλάσσιες αποθέσεις της Ενότητας 3 ανήκουν στον Σχηματισμό Αποστόλων. Διακρίνονται σε αποθέσεις της παράκτιας ζώνης (Υποενότητα 3α, Εικ. 31) και σε αποθέσεις της υφαλοκρηπίδας (Υποενότητα 3β, Εικ. 32).

Περιγραφή: Οι αποθέσεις της παράκτιας ζώνης περιλαμβάνουν κίτρινου-φαιού χρώματος αργίλλους, ιλύες και άμμους (λεπτομερείς έως αδρομερείς) με χαλικώδεις ενδιαστρώσεις και πολύ καλά αποστρωγγυλεμένα, μικρού πάχους κροκαλοπαγή.

Τα παράκτια κροκαλοπαγή δεν αναγνωρίζονται εύκολα λόγω του μικρού ποσοστού διατηρήσεώς τους και του μικρού τους πάχους.

Χαρακτηριστικό της Υποενότητας 3α είναι η πολύ καλή στρωματοποίηση που παρουσιάζουν οι ψαμμιτικές ενδιαστρώσεις των κροκαλοπαγών, η πλευρική συνέχεια των παράκτιων κροκαλοπαγών στρωμάτων καθώς και η ομοιομορφία ως προς την υφή τους, συγκριτικά με τα πιο αδρομερή αλλουβιακά ιζήματα. Επιπλέον, είναι αξιοσημείωτη η κατακόρυφη μεταβολή στην ταξινόμηση. Προσανατολισμός των κροκαλών προς την πλευρά της θάλασσας είναι πολύ συχνός. Στα μεμονωμένα κροκαλοπαγή στρώματα τα συστατικά του συνδετικού υλικού είναι πολύ καλά ταξινομημένα παρόλο που διαδοχικά στρώματα μπορεί να ποικίλουν σημαντικά όσον αφορά στο μέγεθος των κόκκων (2-20 cm). Η διεργασία εκπλύσεως στις χαλικώδεις ακτές μπορεί να προκαλέσει την παγίδευση κροκαλών σε αμμώδη στρώματα, δημιουργώντας έτσι κροκαλοπαγείς ψαμμίτες μέγιστου πάχους 20 m.

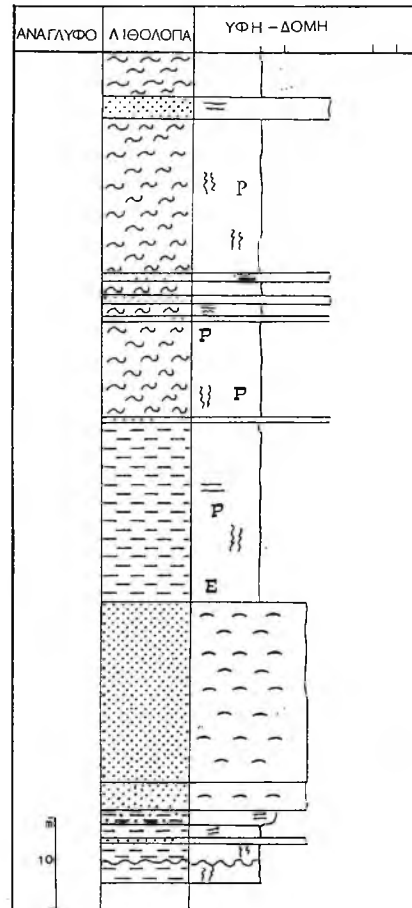
ΕΝΟΤΗΤΑ 2 και ΕΝΟΤΗΤΑ 3α



Εικ. 31. Συνθετική λιθοστρωματογραφική στήλη των Ενοτήτων 2 και 3α.

Fig. 31. Composite lithostratigraphical column of the Units 2 and 3a.

ΕΝΟΤΗΤΑ 3β



Εικ. 32. Συνθετική λιθοστρωματογραφική στήλη της Ενότητας 3β.

Fig. 32. Composite lithostratigraphical column of Unit 3b.

Απολιθώματα απαντούν διάσπαρτα σε όλη την υποενοότητα εκτός από τα πιο αδρομερή τμήματά της. Συχνή είναι η παρουσία των *Flabellipecten besseri* (ANDRZ.) και *Amussium cristatum* (BR.). Στη βάση της υποενοότητας όπου υπάρχουν άργιλλοι και ιλύες σε εναλλαγές με υφάλμυρες αποθέσεις, υπάρχουν διάσπαρτες όστρες καθώς και θραύσματά τους. Η κορυφή της υποενοότητας χαρακτηρίζεται από την παρουσία συμπαγούς ψαμμιτικού πάγκου/πάγκων αποτελουμένων εξολοκλήρου από *Heterostegina*. Αυτοί οι πάγκοι χαρακτηρίζουν όλη την λεκάνη και γι' αυτόν τον λόγο θεωρούνται ιδιαίτερο αποθετικό χαρακτηριστικό μέσα στα

θαλάσσια ιζήματα. Εκτός από *Heterostegina*, οι ψαμμιτικοί πάγκοι περιλαμβάνουν κι άλλα μακροαπολιθώματα όπως *Clypeasters*, *Pectinidae*, βελόνες εχίνων κ.ά. Κάθε πάγκος με *Heterostegina* μπορεί να φτάσει τα 6 m και σε μία τομή μπορεί να υπάρχουν μέχρι τέσσερεις πάγκοι.

Το υπόλοιπο των θαλασσιών φάσεων (Υποενότητα 3b) μπορεί να υποδιαιρεθεί σε δύο κύριους λιθολογικούς τύπους: α) ιλυόλιθους με ποικίλες αναλογίες ψαμμιτικών ενδιαστρώσεων χαρακτηριζομένων από συνιζηματογενείς ρητιδώσεις, οι οποίοι περιέχουν θαλάσσια μαλάκια και παρουσιάζουν στοιχεία βιοαναμοχλεύσεως, εν μέρει πολύ έντονα. β) Κυανόφαιου χρώματος μάργα πλούσια σε πανίδα τρηματοφόρων και με διάσπαρτα μαλάκια (κυρίως *Pectinidae*). Ενδιαστρωμένες μέσα σε αυτές τις μάργες υπάρχουν πολυάριθμες στρώσεις γκρι χρώματος αργίλλου καθώς και φαιών-ερυθρών ψαμμιτικών στρωμάτων. Το μέγιστο πάχος της Υποενότητας 3b φτάνει τα 100m.

Συνθήκες και διεργασίες αποθέσεως: Τα κροκαλοπαγή της Υποενότητας 3a είναι μικρής εκτάσεως και αποτελούν μέρος μιάς κατά τ' άλλα ψαμμιτικής παράκτιας - μετωπικής (shoreface) ακολουθίας. Αυτά μπορεί να προκύψουν είτε από την ποτάμια εκροή και να δημιουργήσουν έτσι εκβολικές νησίδες (mouth bars) είτε, όπως εξάλλου συμβαίνει εκεί όπου επικρατούν κύματα, μπορεί να είναι το αποτέλεσμα της επεξεργασίας προϋπαρχόντων εκβολικών νησίδων από τα κύματα ή και άλλα θαλάσσια ρεύματα.

Υπάρχει γενικά μια τάση στα χαλίκια να παγιδούνται μέσα ή κοντά στις εκβολές των ποταμών. Πλευρική ανακατανομή των χαλικιών πέρα από τις εκβολές των ποταμών, κατά μήκος των ακτών και των μετωπικών περιοχών αυτών (shoreface) είναι πολύ συχνή αλλά σε αυτήν την περίπτωση τα χαλίκια σχηματίζουν φακοειδείς παρεμβολές μέσα σε άμμο.

Η υποενότητα 3b αντιπροσωπεύει απόθεση σε μία σχετικά μικρού βάθους κρηπίδα. Υψηλό ποσοστό σε περιεχόμενο άμμου μπορεί να αντιπροσωπεύει απόθεση κοντά στην ακτή, ενώ χαμηλό περιεχόμενο σε άμμο κι έντονη βιοαναμόχλευση μπορεί να αντιπροσωπεύει σχετικά χαμηλής ταχύτητας απόθεση σε ζώνη μακριά από την ακτή. Στη βάση της, η μετάβαση από τις αργίλλους στις μάργες γίνεται σταδιακά και συμπίπτει με την βαθμιαία εξαφάνιση της *Heterostegina*.

Ολόκληρη η Ενότητα 3 αντιπροσωπεύει προώθηση της θάλασσας απο τον νότο. Η προώθηση αυτή δεν αποτελούσε μία συνεχή διαδικασία γεγονός που αποδίδεται στο ότι η βύθιση της περιοχής δεν γινόταν ομοιόμορφα και ενιαία. Αλλού ήταν έντονη και η θάλασσα βάθαινε γρήγορα και αλλού ήταν αργή και η θάλασσα βάθαινε αργά. Προφανώς ο ρυθμός βυθίσεως ήταν μικρότερος ανατολικά, στην περιοχή Μύρθιος (τομή Ποταμοί), με αποτέλεσμα η εμφάνιση των παράκτιων κροκαλοπαγών να μην είναι τόσο έντονη. Στην περιοχή Βιγλοτόπι, η βάση των παράκτιων άμμων και αργίλλων βρίσκεται ενδιαστρωμένη με το ανώτερο τμήμα των υφάλμυρων αποθέσεων και επιπλέον τα παράκτια κροκαλοπαγή είναι πολύ

καλά ανεπτυγμένα γεγονός που σημαίνει ότι η εισβολή της θάλασσας δυτικά της λεκάνης ήταν ταχεία ίσως εξαιτίας του υψηλότερου ρυθμού συστολής. Η συνεχιζόμενη προώθηση της θάλασσας είχε ως αποτέλεσμα τη δάθυση της λεκάνης και την μετατόπιση της ακτογραμμής προς βορράν με αποτέλεσμα η απόθεση της άμμου και της αργίλλου να μεταπίπτει σταδιακά σε απόθεση μάργας. Κοντά στα περιθώρια της λεκάνης το πάχος των ψαμμιτικών στρωμάτων αυξάνει καθώς βρίσκονται εγγύτερα της μητρικής πηγής.

Ενότητα 4: Αποθέσεις ανθρακικής πλατφόρμας (Σχηματισμός Ρεθύμνου).

Πειρογραφία: Τα ανθρακικά ιζήματα που αναγνωρίστηκαν και μελετήθηκαν στην ενότητα αυτή θεωρούνται ότι ανήκουν στον Σχηματισμό Ρεθύμνου. Σε αυτήν την ενότητα αναγνωρίστηκαν δύο κύριοι λιθολογικοί τύποι: α) εναλλαγές διοκλαστικών ασβεστολίθων με μάργες και β) κοραλλιογενείς ύφαλοι.

Οι εναλλαγές μαργών με διοκλαστικούς ασβεστολίθους, αποτελούν τον επικρατέστερο λιθολογικό τύπο αυτής της ενότητας. Γενικώς αντιπροσωπεύονται από ασβεστολιθικούς πάγκους πάχους από 0.1 έως και 3 m, οι οποίοι παρουσιάζουν πλευρική συνέχεια για αρκετές εκατοντάδες μέτρα. Αυτοί οι διοκλαστικοί ασβεστόλιθοι δεν είναι γενικά καλά στρωματοποιημένοι. Αποτελούνται κυρίως από κοράλια και φύκη καθώς και θραύσματα αυτών, και συχνά δίνουν την εντύπωση υφάλων. Υπόλοιπα με *Heterostegina* μπορεί να υπάρχουν. Επιπλέον οι ενδιστρωμένες μάργες και οι άργιλλοι είναι κυανόφαιου χρώματος και σε πολλά σημεία παρουσιάζουν ελασματοειδή στρώση φαιού χρώματος. Μεμονωμένα ασβεστολιθικά στρώματα φαίνονται να αποσφηνώνονται πλευρικά και να μεταπίπτουν σε ανθρακική δειτριτική μάργα. Οι μάργες δεν είναι τόσο πλούσιες σε συγκεντρώσεις μακροαπολιθωμάτων συγκριτικά με αυτές της προηγούμενης ενότητας. Επιπλέον, λεπτές κροκαλοπαγείς και ψαμμιτικές συγκεντρώσεις μπορεί να βρεθούν ενδιστρωμένες. Το ανώτατο τμήμα των μαργών ακριβώς κάτω από την ανώμαλη κατώτερη επιφάνεια των ασβεστολίθων, είναι ελασματοειδώς στρωματοποιημένο και σε πολλά σημεία παραμορφωμένο. Αυτή η παραμόρφωση μπορεί να οφείλεται σε μεταϊζηματογενείς μετακινήσεις.

Η επαφή των ασβεστολίθων με τις υποκείμενες μάργες της Ενότητας 3 χαρακτηρίζεται από καθαρή αργιλική ιζηματογένεση. Μέσα σε αυτές τις αργιλικές αποθέσεις υπάρχουν μεγάλοι φακοί από οργανικό υλικό πχ. *Heterostegina*. Η ασβεστολιθική απόθεση φαίνεται πως ήταν ένα πολύ απότομο και ξαφνικό συμβάν καθώς η επαφή της με τα αργιλικά ιζήματα χαρακτηρίζεται από δομές που δηλώνουν αστάθεια (πχ. πτυχοειδείς δομές από ολίσθηση), (δηλαδή η αργιλική ιζηματογένεση ακολουθείται από πολύ γρήγορη μετάβαση σε ασβεστολίθους την στιγμή που οι άργιλλοι έχουν μεγάλη πλαστικότητα). Οι ασβεστόλιθοι περικλείουν αφθονία εξαρθρωμένων και επανεπεξεργασμένων βραχιονοπόδων, γαστερόποδων, κρinoειδών και βρυόζων τοποθετημένων σε αμυδρώς οριζόντια λεπτά στρώματα. Η ταξινόμηση και η διαβάθμιση είναι ελάχιστες ή απουσιάζουν με αποτέλεσμα οι ασβεστόλιθοι να έχουν σαν συνδετικό υλικό άργιλλο.

Οι ύφαλοι καταλαμβάνουν ένα μικρό μέρος της λιθοστρωματογραφίας της εξεταζόμενης λεκάνης. Αναγνωρίστηκαν δύο μόνον υφλώδεις εμφανίσεις: η μία νοτιοανατολικά του οικισμού Μύρθιος κατά μήκος του δρόμου προς τους Αποστόλους και η άλλη κοντά στον οικισμό Σελλί κατά μήκος του βορείου περιθωρίου της λεκάνης. Οι δύο αυτές εμφανίσεις παρουσιάζουν πολλές ομοιότητες, συνίστανται κυρίως από κοράλλια και μεταβαίνουν σταδιακά σε ασβεστολιθικές αποθέσεις.

Συνθήκες και διεργασίες αποθέσεως: Οι αποθέσεις της ανθρακικής πλατφόρμας συνδέονται άμεσα με περιόδους χαμηλής παροχής κλαστικού υλικού ή με περιόδους όπου τα κλαστικά ιζήματα ήταν περιορισμένα στις εγγύτερες προς την μητρική πηγή περιοχές του συστήματος εξαιτίας της αύξησης του βάθους της θάλασσας καθώς και με κλιματικές μεταβολές. Η αφθονία στοιχείων που δείχνουν επανεπεξεργασία του βιοκλαστικού υλικού και γρήγορη ενδιάστρωση με μάργες υποδηλώνει απόθεση υπό την επίδραση ρευμάτων υψηλής ενέργειας.

Ο σχηματισμός των ασβεστολίθων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες από τους οποίους οι πιο σημαντικοί είναι η θερμοκρασία, η αλμυρότητα, το βάθος του ύδατος και η παροχή κλαστικού υλικού. Η μεγάλη παροχή κλαστικού υλικού εμποδίζει τον σχηματισμό ασβεστολίθων. Επιπλέον, η πλειονότητα των ανθρακικών ιζημάτων εμφανίζεται σε τροπικές-υποτροπικές κλιματικές συνθήκες.

Η εμφάνιση των ασβεστολίθων υποδηλώνει ότι το θαλάσσιο περιβάλλον κατέστη πλέον ρηχό μετά την απόθεση των μαργών, οι κλιματικές συνθήκες άλλαξαν σε υποτροπικές, και η παροχή κλαστικού υλικού εξασθένησε. Οι ασβεστολίθοι προφανώς σχημάτισαν μία ανθρακική πλατφόρμα κοντά στο βόρειο περιθώριο και μία κατωφέρεια κατά μήκος της οποίας μεταφέρθηκε πολύ υλικό. Η κατωφέρεια δεν φαίνεται να ήταν πολύ απότομη αλλά εξαιτίας της πλαστικότητας των μαργών, η οποία αποδεικνύεται από την παρουσία πτυχοειδών και άλλων δομών, οι ασβεστολιθικοί πάγκοι άρχισαν να ολισθαίνουν. Ο μαργαϊκός ορίζοντας προφανώς έδρασε ως επίπεδο ολισθήσεως το οποίο παγίδευε σποραδικά τεμάχια από τον υπερκείμενο ασβεστολιθικό πάγκο. Οι ρυθμικές μεταβολές των κλιματικών συνθηκών είχαν συνέπεια τον σχηματισμό εναλλαγών μαργών με τους βιοκλαστικούς ασβεστολίθους.

2.3.2. Η Λεκάνη του Ρεθύμνου

Οι λιθοστρωματογραφικές ενότητες που παρατηρήθηκαν είναι οι ακόλουθες (Εικ. 28):

Ενότητα i: Λατυποπαγή και κροκαλοπαγή (Σχηματισμός Παντάνασσα)

Η ενότητα αυτή η οποία έχει μικρό πάχος εμφανίζεται στη βάση της Νεογενούς ακολουθίας και θεωρείται ότι ανήκει στον Σχηματισμό Παντάνασσα (MEULENKAMP, 1969). Παρατηρήθηκε κυρίως νοτίως των οικισμών Ρουσοσπίτι, Πρασσιές και Αρμένιοι. Τα λατυποπαγή αποτελούνται από πολύ γωνιώδεις, μη ταξινομημένους και χωρίς στρωματοποίηση κροκάλες, κυρίως φυλλιτικής-χαλαζιτικής συστάσεως,

χωρίς όμως να απουσιάζουν και οι ανθρακικές κροκάλες οι οποίες είναι καλύτερα στρωγγυλεμένες και παρουσιάζουν κατά τόπους στρωματοποίηση. Το μεγαλύτερο μέρος της ενότητας αυτής χαρακτηρίζεται από την ύπαρξη συνδεδειμένου υλικού, παρόλα αυτά μικρής κλίμακας κοίτες χωρίς συνδεδειμένο υλικό, παρατηρήθηκαν σποραδικά. Η μέτρηση διευθύνσεων παλαιορευμάτων υπέδειξαν διεύθυνση μεταφοράς προς τα ΝΑ και ΝΔ.

Η σύσταση και η υφή καθώς και η διεύθυνση μεταφοράς του υλικού μπορούν να συσχετιστούν με αυτά που περιγράφησαν στην Ενότητα 1 της Λεκάνης των Αποστόλων. Για τον λόγο αυτόν η παραπάνω φάση ερμηνεύεται ως "αδρομερείς εγγύτερες αλλουβιακές αποθέσεις".

Ενότητα ii: Παράκτιες-αβαθούς θάλασσας αποθέσεις (Σχηματισμός Γάλλου)

Κατά μήκος του περιθωρίου της δόρειας λεκάνης, παρατηρήθηκαν ψαμμιτικές και αργιλικές αποθέσεις οι οποίες περιέχουν ψαμμιτικά συγκρίματα και χαλικοειδείς ενδιαστρώσεις μικρού πάχους. Αυτές εναλλάσσονται με πολύ καλά στρωματοποιημένους και ταξιθετημένους και χωρίς συνδεδειμένο υλικό κροκαλοπαγείς φακούς και στρώματα. Οι αποθέσεις αυτές θεωρούνται ότι ανήκουν στον Σχηματισμό Γάλλου (MEULENKAMP, 1969). Γαστερόποδα, Μαλάκια καθώς και Εχινοειδή κατά τόπους εμφανίζονται. Πλευρικώς και προς βορράν, οι αποθέσεις αυτές μεταπίπτουν σε ψαμμίτες χωρίς ψαμμιτικά συγκρίματα και ενδιαστρώσεις κροκαλοπαγών τα οποία όμως γρήγορα αποσφηνώνονται και εξαφανίζονται.

Οι αποθέσεις αυτές αντιπροσωπεύουν εναλλαγές παράκτιων κροκαλοπαγών (beach conglomerates) με ψαμμίτες του μετώπου της ακτής (shoreface). Τα ιζήματα αυτά αποτέθηκαν κατά μήκος του νότιου περιθωρίου της λεκάνης και δεν επεκτάθηκαν πολύ προς βορράν. Αυτό μπορεί να οφείλεται στον ταχύ ρυθμό της δύθισης της λεκάνης.

Ενότητα iii: Ασβεστόλιθοι (Σχηματισμός Γάλλου)

Οι ασβεστόλιθοι αυτοί, οι οποίοι επίσης ανήκουν στον Σχηματισμό Γάλλου, αποτελούν έναν σημαντικό ορίζοντα της στρωματογραφίας του Νεογενούς αυτής της λεκάνης, σχηματίζοντας συμπαγείς πάγκους μεγάλου πάχους. Ερχονται σε επαφή με το ανώτερο τμήμα των ασβεστολίθων της νότιας λεκάνης αλλά δεν είναι εξακριβωμένο εάν η απόθεση τους άρχισε τη στιγμή της επαφής ή και νωρίτερα.

Υφή, δομή καθώς και περιεχόμενο σε απολιθώματα είναι παρόμοια με αυτά της Ενότητας 4 της λεκάνης των Αποστόλων.

Οι ασβεστόλιθοι αυτοί αντιπροσωπεύουν ιζήματα που αποτέθηκαν σε ένα ρηχό περιβάλλον και πιο συγκεκριμένα πάνω σε μιά κατωφέρεια που έκλινε προς βορράν.

Ενότητα iv: Μαργαϊκά και ασβεστολιθικά λατυποπαγή (Σχηματισμός Δράμια)

Οι ασβεστόλιθοι της προηγούμενης ενότητας μεταβαίνουν σταδιακά προς τα πάνω και πλευρικά σε λευκές μάργες και μαργαϊκά και ασβεστολιθικά λατυποπαγή του

Σχηματισμού Δράμα (MEULENKAMP, 1969). Η κατακόρυφη μετάβαση είναι σταδιακή και στο κατώτερο τμήμα της ενότητας παρατηρούνται εναλλαγές μικρού πάχους ασβεστολιθικών πάγκων με μάργες.

Τα λατυποπαγή είναι λεπτομερή έως αδρομερή. Κατά διαστήματα παρατηρούνται πολύ γωνιώδη αδρομερή ασβεστολιθικά συστατικά μέσα σε μαργαϊκό συνδετικό υλικό. Η ακολουθία γίνεται προς τα πάνω λεπτομερέστερη και καταλήγει σε μάργες. Πτυχοειδείς δομές από ολίσθηση βρίσκονται κατά διαστήματα σε όλη την ενότητα και υποδεικνύουν διευθύνσεις μεταφοράς προς βορράν.

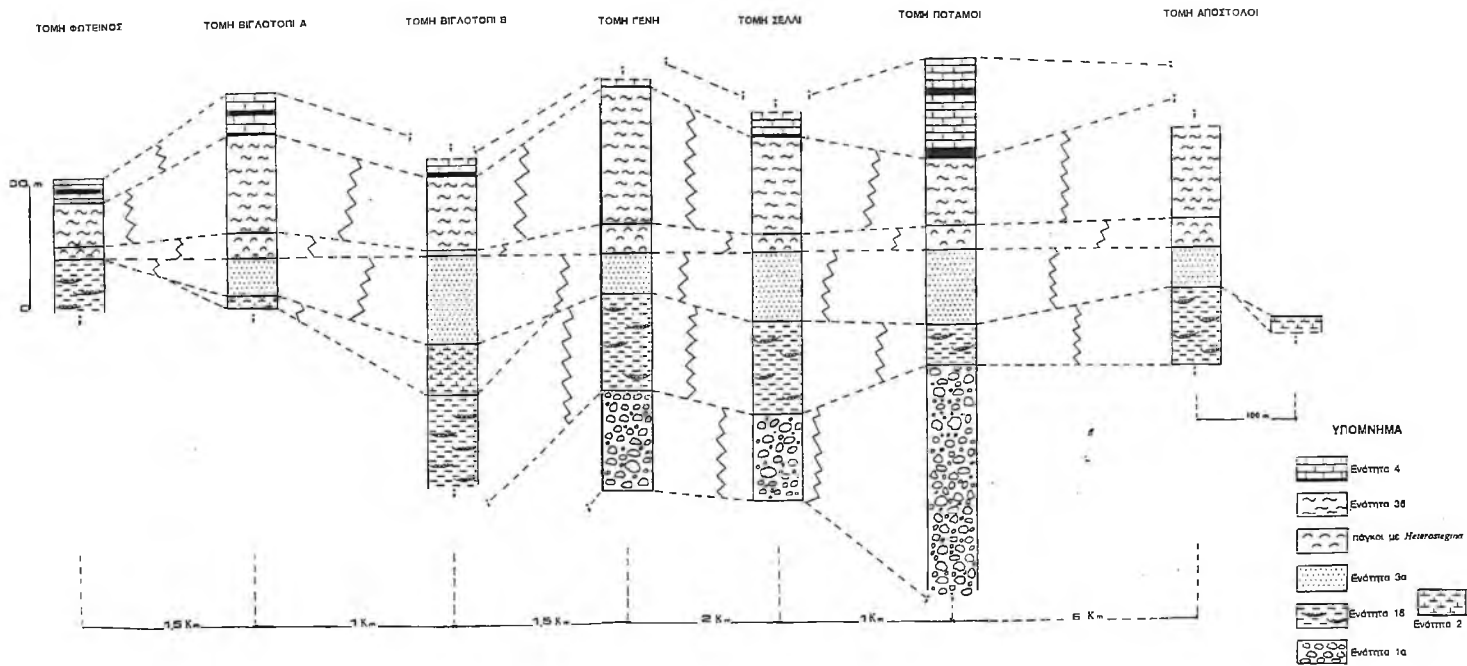
Τα μαργαϊκά λατυποπαγή καθώς και οι μάργες αντιπροσωπεύουν ολίσθήσεις τεμαχών προερχόμενες από την ανθρακική πλατφόρμα και κατωφέρεια που βρίσκεται νοτιώς της λεκάνης. Η πλατφόρμα και η κατωφέρεια πρέπει να ήταν πολύ ασταθείς όπως αυτό αποδεικνύεται από την ύπαρξη πτυχοειδών δομών από ολίσθηση. Στα μεσοδιαστήματα όπου επικρατούσαν ήπιες συνθήκες ευνοήθηκε η απόθεση μαργαϊκού υλικού.

2.4. ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΜΟΣ

Οι εξεταζόμενες τομές στην Λεκάνη Αποστόλων είναι εύκολο να συσχετιστούν ως προς την πλευρική συνέχεια που παρουσιάζουν οι αποθετικές ενότητες εξαιτίας της έντονης τοπογραφικής μορφολογίας που χαρακτηρίζει ορισμένες από αυτές (Εικ. 33). Οι βιοκλαστικοί ασβεστόλιθοι της Ενότητας 4 σχηματίζουν πάντα το κάλυμμα των υποκείμενων μαργαϊκών αποθέσεων της Ενότητας 3. Το βασικό τμήμα της Ενότητας 3 το οποίο αποτελείται από κροκαλοπαγή και ψαμμίτες με *Heterostegina*, με την σειρά του υπέρκειται της μεταβατικής Ενότητας 2 η οποία αποτελείται από λιμναίες και υφάλμυρες αποθέσεις. Οι δύο τελευταίες Ενότητες 2 και 3 αποσφηνώνονται προς βορράν με αποτέλεσμα την απουσία της μίας ή και των δύο αυτών ενοτήτων και την απόθεση των βιοκλαστικών ασβεστολίθων πάνω από το αλπικό υπόβαθρο. Αυτή η περίπτωση παρατηρείται στην περιοχή κοντά στα χωριά Καρέ και Γουλεδιανά κι ακόμα βορειότερα.

Πιο συγκεκριμένα, η επαφή μεταξύ Νεογενών και Αλπικών αποθέσεων είναι ορατή μόνο στις τομές Σελλί και Γενή. Στην τομή Ποταμοί η επαφή δεν βρέθηκε αλλά θα πρέπει λογικά να βρίσκεται λίγες δεκάδες μέτρα κάτω από την βάση της κατασκευασθείσας στήλης. Παρόλα αυτά η ακριβής θέση της δεν ήταν δυνατό να υπολογιστεί.

Οι αδρομερείς αλλουδιακές αποθέσεις επικρατούν στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης. Ειδικότερα οι τομές Ποταμοί, Σελλί και Γενή χαρακτηρίζονται από αλλουδιακά κροκαλοπαγή (ριπιδιοπαγή) μεγάλου πάχους ενώ δυτικότερα το πάχος αυτών δεν παραμένει σταθερό αλλά ελαττώνεται βαθμιαία. Θεωρείται ότι αυτά τα αλλουδιακά κροκαλοπαγή μεταβαίνουν πλευρικά σε ποτάμιες αποθέσεις. Αλλουδιακές αποθέσεις παρουσιάζονται ξανά κατά μήκος του δυτικού περιθωρίου της



Εικ. 33. Λιθοστρωματογραφικός συσχετισμός των μελετώμενων τομών.
 Fig. 33. Lithostratigraphical correlation of the studied sections.

λεκάνης (Τομή Φωτεινός) όπου εκεί θεωρούνται ότι έχουν τεκτονική προέλευση.

Τα μεταβατικά ιζήματα της Ενότητας 2 με την μορφή των υφάλμυρων και λιμναίων αποθέσεων είναι περισσότερο ανεπτυγμένα στο δυτικό τμήμα της λεκάνης και πιο συγκεκριμένα στις τομές Βιγλοτόπι Α και Β. Παρόμοια ιζήματα εμφανίζονται και προς τα ανατολικά (Τομή Απόστολοι) αλλά δεν είναι το ίδιο ανεπτυγμένα με αποτέλεσμα η στρωματογραφική τους θέση να είναι αμφίβολη. Επιπλέον, οι παράκτιες αποθέσεις και κυρίως τα παράκτια κροκαλοπαγή είναι πιο ανεπτυγμένα δυτικά της λεκάνης (Τομές Βιγλοτόπι Α και Β). Αυτό μπορεί να οφείλεται στο γεγονός ότι ο ρυθμός βυθίσσεως ήταν πιο αργός προς τα ανατολικά και η ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης ήταν βραδεία με αποτέλεσμα την διάβρωση μεγάλου μέρους των παράκτιων κροκαλοπαγών. Από την άλλη πλευρά, προς τα δυτικά, οι παράκτιες αποθέσεις έχουν μεγάλο πάχος και είναι αρκετά καλά διατηρημένες (όπως π.χ. στις τομές Βιγλοτόπι Α και Β). Οι διακυμάνσεις της θαλάσσιας στάθμης απεικονίζονται με ευδιάκριτες μικρού πάχους ρυθμικές αποθέσεις οι οποίες αποτελούνται από εναλλαγές παράκτιων και βαθύτερων θαλάσσιων αποθέσεων (ανάλυση αυτών γίνεται στο Κεφ. 3).

Οι ψαμμιτικοί πάγκοι με *Heterostegina* αποτελούν τον πλέον χαρακτηριστικό ορίζοντα στην Λεκάνη Αποστόλων. Το πάχος αυτών δεν παρουσιάζει μεγάλες διακυμάνσεις από τομή σε τομή και επιπλέον χαρακτηρίζονται από πλευρική συνέχεια με αποτέλεσμα να μας επιτρέπει τη χρήση τους ως ορίζοντα συσχετισμού των τομών.

Κατά τη διάρκεια του Τορτονίου αρκετά ρήγματα διευθύνσεως Β-Ν προκάλεσαν τον τεμαχισμό της λεκάνης και οδήγησαν στη διαφορική βύθιση των τεμαχών της. Η περιοχή κοντά στο χωριό Γενή υπέστη την μεγαλύτερη βύθιση με αποτέλεσμα τη δημιουργία μεγαλύτερου χώρου για την απόθεση των μαργών της Ενότητας 3. Οι μεγάλοι πάχους μάργες μπορεί επίσης να υποδηλώνουν ότι το βαθύτερο σημείο της λεκάνης (depression) κατά τη διάρκεια της αποθέσεώς τους ήταν εκεί, καθώς επίσης ότι η βύθιση ήταν πιο γρήγορη στην Γενή με αποτέλεσμα να εμποδιστεί ο σχηματισμός μεταβατικών παράκτιων αποθέσεων.

Στις περιοχές Φωτεινός και Βιγλοτόπι Α συνθήκες ρηχής θάλασσας επικράτησαν για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και ίσως να υπήρχαν ακόμα κι όταν τα βαθύτερα τμήματα της λεκάνης (όπως π.χ. στη Γενή) δέχονταν την απόθεση μαργών. Επομένως, συμπερασματικά, οι αργιλικές αποθέσεις των δύο αυτών θέσεων μεταβαίνουν πλευρικά σε μάργες.

Παρόλο που οι ορίζοντες των διοκλαστικών ασβεστολιθων φαίνεται ότι μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως ορίζοντες συσχετίσεως κατά μήκος της λεκάνης, απότομα ρήγματα εμποδίζουν αυτόν τον συσχετισμό. Επιπλέον, ο αριθμός αυτών των οριζόντων δεν παραμένει σταθερός σε όλα τα τμήματα της λεκάνης (σε ορισμένες τομές δρέθηκαν τρεις με τέσσερις ασβεστολιθικοί ορίζοντες ενώ σε άλλες δρέθηκαν μόνο δύο). Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι κυρίως στην περιοχή της τομής

Ποταμοί, τα ασβεστολιθικά στρώματα μεταβαίνουν πλευρικά σε μαργαϊκές αποθέσεις. Τέλος θα πρέπει να επισημανθεί ότι οι τομές Ποταμοί, Σελλί και Γενή απέχουν εξίσου από το βόρειο περιθώριο της λεκάνης. Αυτό ίσως να σημαίνει ότι η εισχώρηση της θάλασσας σε αυτά τα τμήματα της λεκάνης έλαβε χώρα ταυτόχρονα. Αντίθετα οι τομές Βιγλοτόπι Α και Β και Φωτεινός Α συγκριτικά με τις προαναφερόμενες τομές βρίσκονται πιο κοντά στο βόρειο περιθώριο που σημαίνει ότι η θάλασσα εισχώρησε εκεί αργότερα. Στις τομές Βιγλοτόπι Α και Β η πρώτη εμφάνιση θαλασσιών ιζημάτων ήταν μεταγενέστερη υφάλμυρων ιζημάτων. Για τον λόγο αυτό θεωρούμε ότι η βάση της υφάλμυρης αποθέσεως συμπίπτει με τη βάση των θαλασσιών ιζημάτων στις τομές Ποταμοί, Σελλί και Γενή.

2.4.1. Συσχετισμός της Λεκάνης των Αποστόλων και της Λεκάνης Ρεθύμνου.

Από την συνοπτική μελέτη που διεξήχθη στην Λεκάνη Ρεθύμνου, η οποία χρήζει οπωσδήποτε λεπτομερέστερης μελέτης, προκύπτει πρόδρομος λιθοστρωματογραφικός συσχετισμός των σχηματισμών που παρατηρήθηκαν στη βόρεια και νότια λεκάνη (Εικ. 34).

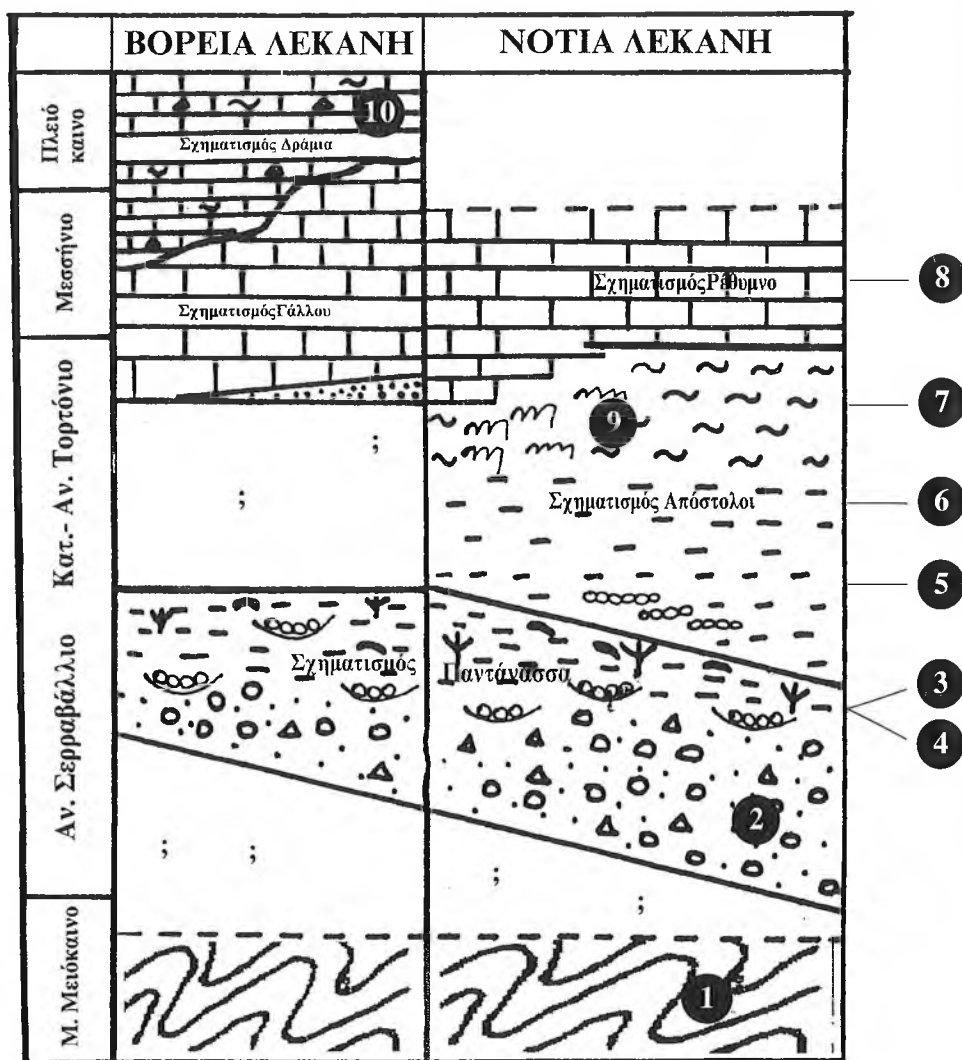
Η λιθοστρωματογραφική μελέτη που διεξήχθη στις αποθέσεις της Λεκάνης των Αποστόλων και της Λεκάνης του Ρεθύμνου κατέληξε στα ακόλουθα συμπεράσματα:

Οι αδρομερείς αποθέσεις της Ενότητας 1 που ανήκουν στον Σχηματισμό Παντάνασσα απαντήθηκαν και στις δύο λεκάνες. Ο λιθολογικός χαρακτήρας των αποθέσεων αυτών δεν επιτρέπει τον προσδιορισμό τού ακριβή χρόνου ενάρξεως της ιζηματογενέσεως της ενότητας αυτής ο οποίος είναι σίγουρα παλαιότερος του Κατ. Τορτονίου (Παρ. 2.5). Επιπλέον, οι αποθέσεις της ενότητας 1 φαίνεται να αποσφηνώνονται προς βορράν, ενώ δεν πιστοποιήθηκαν αποθέσεις των ενοτήτων 2, 3 και 4 στη Λεκάνη του Ρεθύμνου.

Δεν παρατηρήθηκε η επαφή των αποθέσεων του Σχηματισμού Γάλλου με υποκείμενο Σχηματισμό. Επιπλέον, ο MEULENKAMP (1969) αναφέρει ότι ο Σχηματισμός Γάλλου πλευρικώς μεταπίπτει στους βιοκλαστικούς ασβεστολίθους της ενότητας 4 του Σχηματισμού Ρεθύμνου ο οποίος έχει ηλικία Αν. Τορτόνιο-Μεσσηνίου.

Τέλος, ο Σχηματισμός Γάλλου καλύπτεται από τον Σχηματισμό Δράμια ο οποίος είναι νεώτερος του Σχηματισμού Ρεθύμνου.

Όσον αφορά στο βορειοανατολικό περιθώριο της Λεκάνης των Αποστόλων, αυτό αποτελεί τμήμα της επαφής των δύο λεκανών οι οποίες φαίνεται πως συνδέθηκαν κατά τη διάρκεια του Αν. Τορτονίου-Κατ. Μεσσηνίου. Κατά τη διάρκεια του Τορτονίου το τμήμα αυτό προφανώς αποτελούσε έναν μικρό κόλπο με μικρές αμμάδεις διαφραγματοειδείς νησίδες (barrier islands). Κατά τη διάρκεια περιόδων όπου επικρατούσαν διεργασίες υψηλής ενέργειας όπως π.χ. θύελλες, τα εν μέρει



Εικ. 34. Στρωματογραφικός συσχετισμός των νεογενών σχηματισμών που βρέθηκαν στη βόρεια και νότια λεκάνη.

1. Αλπικό υπόβαθρο, 2. αλλουβιακές και ποτάμιες αποθέσεις, 3. και 4. υφάλμυρες μεταβατικές αποθέσεις, 5. παράκτια κροκαλοπαγή, 6. παράκτιοι ψαμμίτες και άργιλλοι, 7. θαλάσσιες μάργες, 8. ασβεστόλιθοι πλατφόρμας και ηπειρωτικής καταφάρεας, 9. ύφαλοι, 10. μαργαίικα λατυποπαγή και μάργες.

Fig. 34. Stratigraphical correlation of the neogene formations of the north and south basins.

1. Alpine basement, 2. alluvial and fluvial deposits, 3 and 4. brackish transitional deposits, 5. beach conglomerates, 6. shoreface sandstones and siltstones, 7. marine marls, 8. carbonate platform and slope, 9. reefs, 10. marly breccias and marls.

λιθοποιημένα ψαμμιτικά στρώματα “έσπασαν” και διαβρώθηκαν και αποτέθηκαν με την μορφή λατυποπαγών, βορείως της περιοχής. Τα αδρομερή λατυποπαγή αποτελούν τις εγγύτερες αποθέσεις ενώ οι ψαμίτες και οι άργιλλοι τις απώτερες. Κατά το Αν. Τορτόνιο, η θάλασσα κάλυψε το μεγαλύτερο μέρος της περιοχής και μόνο μερικές κορυφές παρέμειναν πάνω από το επίπεδο της θάλασσας. Το υπόλοιπο της περιοχής καλύφθηκε από την θάλασσα με αποτέλεσμα τη δημιουργία ανθρακικών τραπεζών.

2.5. ΒΙΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ

Η βιοστρωματογραφική ανάλυση της περιεχόμενης μικρο- και μακροπανίδας που διεξήχθη στις αποθέσεις των Λεκανών Αποστόλων και Ρεθύμνου κατέληξε στα ακόλουθα συμπεράσματα:

2.5.1. Η Λεκάνη των Αποστόλων

Σύμφωνα με τον MEULENKAMP (1969) η σύγκριση των θαλασσιών σχηματισμών της περιοχής Ρεθύμνου με τους στρωματοτύπους του Τορτονίου, Ταβιάνιου και Πλακεντίου οδήγησε στο συμπέρασμα ότι πολύ πιθανόν η θαλάσσια ιζηματογένεση ξεκίνησε στο Κατώτερο-Μέσο Τορτόνιο και συνεχίστηκε χωρίς διακοπή μέχρι και το Πλειόκαινο. Τα γλυκύν και υφαλμύρων υδάτων ιζήματα της Ενότητας 2 τα οποία υπόκεινται των θαλασσιών αποθέσεων της Ενότητας 3 θα πρέπει να θεωρηθούν συνεπώς παλαιότερα του Κατωτέρου-Μέσου Τορτονίου.

Πιο συγκεκριμένα, δεδομένα από μεμονωμένες τομές στην περιοχή Ρεθύμνου, φανερώνουν συνεχείς τάσεις αναπτύξεως των ομάδων από τα Τρηματοφόρα *Uvigerina melitensis* και *Uvigerina cretensis*.

Αντιπρόσωποι της ομάδας της *U. melitensis* έχουν βρεθεί μόνο στην Ενότητα 3. Το κατώτερο τμήμα αυτής της Ενότητας περιέχει συγκεντρώσεις οι οποίες είναι ενδιάμεσες των *U. gaulensis* και *U. felixi* ή ανήκουν στην *U. felixi*. Μερικά δείγματα παρουσιάζουν συνύπαρξη του τελευταίου είδους με την *U. selliana*, πρωτόγονο είδος της εξελικτικής γραμμής της *U. cretensis*. Το ανώτερο τμήμα της Ενότητας 3 παρουσιάζει συγκεντρώσεις ενδιάμεσες των *U. selliana* και *U. cretensis*.

Το βιοστρωματογραφικό διάστημα το οποίο αντιπροσωπεύει την Ενότητα 4 γενικά σε ολόκληρη την περιοχή, περιλαμβάνει τα είδη *U. selliana*, *U. cretensis* και *U. lucasi*. Ειδικότερα στην μελετούμενη λεκάνη (Λεκάνη Αποστόλων) όπου η Ενότητα 4 υπέρκειται της Ενότητας 3, το κατώτερο τμήμα της πρώτης περιέχει ως επί το πλείστον *U. cretensis*.

Σύμφωνα λοιπόν με τα παραπάνω, ο MEULENKAMP (1969) καθόρισε δύο διαδοχικές συγκεντρώσεις των *Uvigerinids*, την *U. felixi* και την *U. selliana* η οποία

εξελίσσεται σε *U. cretensis* στο ανώτερο τμήμα της Ενότητας 3 και στην βάση της Ενότητας 4, προσδίδοντας σε αυτές τις αποθέσεις μία ηλικία από Κατώτερο μέχρι Ανώτερο Τορτόνιο (Εικ. 35). Παρόλα αυτά η THOMAS (1980), η οποία προσπάθησε να τεκμηριώσει τη βιοστρωματογραφική αξία των *Uvigerinids*, κατέληξε στο συμπέρασμα ότι αυτά δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για βιοστρωματογραφικούς συσχετισμούς.

Στο κατώτερο και μεσαίο τμήμα της Ενότητας 3 αναγνωρίστηκε το κατώτερο τμήμα της βιοζώνης της *Neogloboquadrina acostaensis* (ZACHARIASSE, 1975). Η βιοζώνη αυτή σε συνδυασμό με το κατώτερο τμήμα της βιοζώνης της *Globigerina copomiozea* αντιπροσωπεύουν το μεσαίο και ανώτερο τμήμα του τυπικού Τορτονίου. Σύμφωνα με τον FREUDENTHAL (1969), η *Planorbulinella astriki* είναι παρούσα στο κατώτερο τμήμα της Ενότητας 3 και ακολουθείται από την *Planorbulinella canaea* στο μεσαίο τμήμα αυτής. Το κατώτερο τμήμα της ενότητας μπορεί να συσχετισθεί με το μεσαίο τμήμα του τυπικού Τορτονίου. Τέλος, η μελέτη των Οστρακωδών (SISSINGH, 1972) οδήγησε στο συμπέρασμα ότι η Ενότητα 3 ανήκει στο τμήμα της *Cytherella wardenboldi* το οποίο συσχετίζεται με ένα μεγάλο τμήμα της ζώνης της *Globorotalia acostaensis*.

Συσχετίζοντας τα παραπάνω αποτελέσματα που έδωσε η μελέτη μικροαπολιθωμά-

ΧΡΟΝΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ		ΖΩΝΕΣ ΕΞΑΠΛΩΣΕΩΣ		ΚΡΗΤΗ	
ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ	ΣΕΙΡΑ	ΕΞΕΛΚΤΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ <i>U. melitensis</i>	ΕΞΕΛΚΤΙΚΗ ΓΡΑΜΜΗ <i>U. cretensis</i>	ΕΝΟΤΗΤΑ 3	ΕΝΟΤΗΤΑ 4
ΣΕΡΡΑΒΑΛΛΙΟ	ΣΕΙΡΑ	<i>U. melitensis</i> , <i>gaidensis</i> , <i>felisi</i>	<i>U. cretensis</i> , <i>U. argaensis</i> , <i>U. lucasi</i>	—	—
ΤΟΡΤΟΝΙΟ	ΒΑΘΜΙΔΑ				
	ΠΙΣΕΥΟΚΑΙΝΟ				
	ΤΑΒΙΑ-ΓΙΑΚΕΝΙΟ				

Εικ. 35. Βιοστρωματογραφικός συσχετισμός των Ενοτήτων 3 και 4 με βάση τα *Uvigerinids*.

Fig. 35. Biostratigraphic correlation of Units 3 and 4 based on *Uvigerinids*.

των, τα θαλάσσια ιζήματα της Ενότητας 3 καθώς και η βάση της Ενότητας 4 έχουν μία ηλικία Μέσο-Ανώτερο Τορτόνιο (N16-N17 (Blow, 1969)), (Εικ. 36).

Τέλος, η παρουσία των μεγάλων σε μέγεθος *Chlamys* (*Gigatopecten*) *latissima* (Brocc.) και *Flabellipecten besseri* Andr. σε συνδυασμό με την μακροπανίδα που παρατίθεται στον Πίνακα 3 του Κεφαλαίου 3, η οποία παρατηρήθηκε στις μαργαϊκές αποθέσεις της Ενότητας 3, καταδεικνύουν ότι η απόθεση της Ενότητας 3 έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια της ζώνης συναθροίσεως της *Gryphaea* (*Crassostrea*) *gryphoides crassissima* (Dermitzakis & Georgiades-Dikeoulia, 1987). Η ύπαρξη αυτής της βιοζώνης τεκμηριώθηκε από τους ίδιους ερευνητές, στις τομές Απόστολοι και Σελλί της εξεταζόμενης λεκάνης και καλύπτει το βιοστρωματογραφικό διάστημα N16, *Neogloboquadrina acostaensis*, η οποία αντιστοιχεί στο Τορτόνιο (Zachariasse, 1975; Dermitzakis, 1978), (Εικ. 36).

ΧΡΟΝΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ		ΒΙΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΑ			ΕΝΟΤΗΤΕΣ
		ΒΙΟΖΩΝΕΣ ΠΛΑΓΚΤΟΝΙΚΩΝ ΤΡΗΜΑΤΟΦΟΡΩΝ		ΖΩΝΕΣ ΣΥΝΑΘΡΟΙΣΕΩΣ ΑΣΠΟΝΔΥΛΩΝ	
ΕΠΟΧΕΣ	ΒΑΘΜΙΔΕΣ	BLOW, 1969	ZACHARIASSE, 1975 DERMITZAKIS, 1978	DERMITZAKIS & GEORGIADES- DIKEOULIA, 1987	4 ----- 3
	ΜΕΣΗΝΙΟ	N17	<i>Globorotalia conomiozea</i>	Ζώνη συναθροίσεως <i>Neopycnodonta navicularis</i>	
ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ ΑΝΩΤΕΡΟ	ΤΟΡΤΟΝΙΟ	N16	<i>N. acostaensis</i>	Ζώνη συναθροίσεως <i>Gryphaea</i> (<i>Crassostrea</i>) <i>gryphoides crassissima</i>	

Εικ. 36. Βιοστρωματογραφικός συσχετισμός των Ενοτήτων 3 και 4.

Fig. 36. Biostratigraphic correlation of Units 3 and 4.

2.5.2. Η Λεκάνη του Ρεθύμνου

Όσον αφορά στη βιοστρωματογραφία της βόρειας λεκάνης του Ρεθύμνου, είναι δύσκολο να προσδιορισθεί η ακριβής ηλικία των παρατηρούμενων λιθοστρωματογραφικών σχηματισμών καθόσον δεν ήταν δυνατή η συλλογή επαρκών δεδομένων. Παρόλα αυτά, οι προηγούμενες έρευνες σχετικά με τη βιο- και χρονοστρωματογραφία των προαναφερθέντων σχηματισμών καθιστούν δυνατή τη βιοστρωματογραφική τοποθέτηση αυτών.

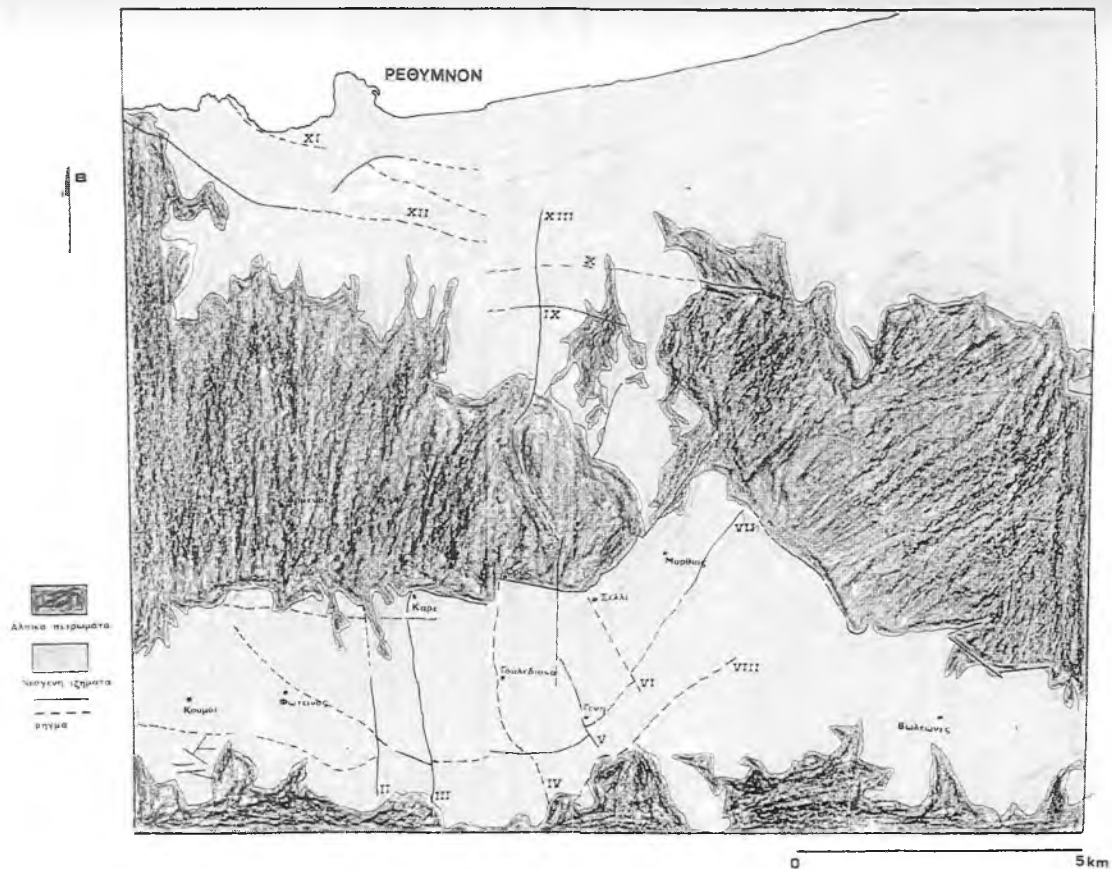
Σύμφωνα με τον MEULENKAMP (1969), οι συγκεντρώσεις των *Uvigerinids* που μελετήθηκαν στον Σχηματισμό Δράμια είναι ενδιάμεσες των *U. lucasi* και *U. arquatensis* ή αντιπροσωπεύονται από την *U. arquatensis* (Εικ. 35). Η παρουσία της τελευταίας υποδεικνύει ότι ο Σχηματισμός Δράμια είναι νεώτερος του Σχηματισμού Ρεθύμνου (Ενότητα 4) και συνεπώς και του υποκείμενου Σχηματισμού Γάλλου ο οποίος πλευρικά μεταπίπτει στον Σχηματισμό Ρεθύμνου ή ακόμα και στον Σχηματισμό Αποστόλων.

2.6. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

2.6.1. Η Λεκάνη των Αποστόλων

Κατά το Ανωτ. Σερραβάλλιο-Τορτόνιο, ο τεκτονισμός που έλαβε χώρα στην εξεταζόμενη περιοχή είχε ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μίας τάφρου γενική διεύθυνσεως Α-Δ. Ο τεκτονισμός αυτός συνδέεται με την έναρξη της δημιουργίας του Ελληνικού τόξου (MEULENKAMP, 1971, DERMITZAKIS, 1987) και τον καταταμαχισμό της χέρσου.

Τα ρήγματα I και VIII του χάρτη της Εικ. 37 έπαιξαν σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη κι εξέλιξη της εξεταζόμενης λεκάνης. Το μεγαλύτερο ρήγμα που παρατηρήθηκε είναι το ρήγμα I. Αυτό το σχεδόν κατακόρυφο ρήγμα το οποίο παρουσιάζει δύθιση προς νότον, ορίζει το βόρειο περιθώριο της λεκάνης. Η πλευρική παρατήρηση αυτού του ρήγματος είναι εύκολη αφού διαχωρίζει τις Νεογενείς αποθέσεις του νότιου τεμάχους από τις Αλπικές αποθέσεις του βόρειου τεμάχους. Στην περιοχή του χωριού Καρέ, οι Νεογενείς αποθέσεις που κείτονται πλησίον του ρήγματος αποτελούνται από παράκτιες αποθέσεις ηλικίας Κατ.-Μ. Τορτονίου με πολλά γωνιώδη συστατικά. Ανατολικότερα και σε υψηλότερο επίπεδο στην στρωματογραφική στήλη στην θέση Ορος, οι ίδιες αποθέσεις αποτελούνται από μεγάλο πάχους ανθρακικούς, μαργαϊκούς πάγκους με *Pectinidae*, μερικές μικρές πτυχοειδείς δομές από ολίθηση οι οποίες δείχνουν μετατόπιση προς νότον, μικρότερης κλίμακας ρήγματα και διακλάσεις. Στη θέση Σελλί εμφανίζεται το μέτωπο του ρήγματος το οποίο χαρακτηρίζεται από επιφάνειες χωρίς αποθέσεις (*hardgrounds*) και μικρά τεμάχη από Νεογενή ιζήματα προσκολλημένα πάνω σε Αλπικές αποθέσεις. Σε χαμηλότερο επίπεδο, ύφαλοι ηλικίας Ανωτ. Τορτόνιο-Κατωτ. Μεσσήνιο, είναι τοποθετημένοι πάνω στο μέτωπο του ρήγματος.



Εικ. 37. Τεκτονικός Χάρτης της μελετηθείσας περιοχής, από το Ι.Γ.Μ.Ε. τροποποιητής.
 Fig. 37. Tectonic map of the studied area (IEME, modified).

Κάθετα στη διεύθυνση αυτού του ρήγματος υπάρχουν δευτερεύοντα κατακόρυφα ρήγματα (II, III, IV, V, VI), διευθύνσεως B-N. Η παρατήρηση αυτών των ρηγμάτων δεν είναι εύκολη επειδή προσβάλλουν μη λιθοποιημένα, μαργαϊκά στρώματα. Πιο συγκεκριμένα, το ρήγμα II φαίνεται καθαρά στη θέση Βιγλοτόπι. Είναι παράλληλο του δρόμου και παρουσιάζει δύθιση προς ανατολάς. Το ίδιο ισχύει και για τα ρήγματα III και IV ενώ το ρήγμα VI παρουσιάζει δύθιση προς δυσμάς. Το σύνολο των ρηγμάτων δημιουργούν μία δομή τάφρου-κέρατος διευθύνσεως A-Δ.

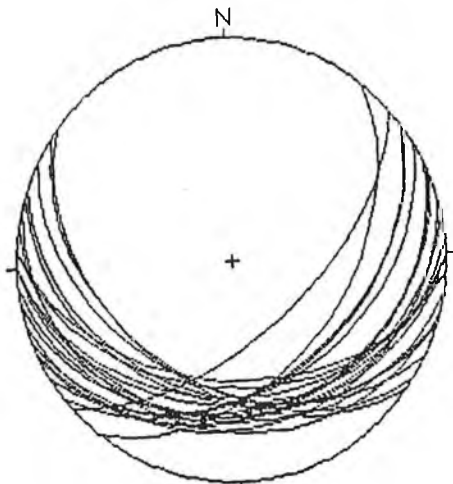
Το ρήγμα VII είναι παράλληλο του ρήγματος I. Δυτικά της τομής Γενή σχηματίζει μία μικρή κοιλάδα πάνω από τις ποτάμιες αποθέσεις. Η παρατήρηση αυτού του ρήγματος δεν είναι άμεση αλλά η μετατόπιση διευθύνσεως B-N που παρουσιάζουν τα ρηχής θάλασσας στρώματα καθιστά ορατή την πτώση του νότιου τεμάχους του ρήγματος.

Πιο νότια, το ρήγμα VIII είναι παράλληλο του ρήγματος VII. Το ρήγμα αυτό είναι σχεδόν κατακόρυφο, με κλίση προς τα δόρεια και θεωρείται το νότιο περιθώριο της λεκάνης.

Στο σύνολό τους τα ρήγματα I-VIII είναι κανονικά-εφελκυστικά και οι προσανατολισμοί των επιπέδων τους απεικονίζονται στην Εικ. 38.

Η ομάδα των ρηγμάτων νοτιώς της περιοχής Κούμοι είναι ανάστροφα-συμπιεστικά. Αυτά παρουσιάζουν διευθύνσεις BA-NΔ και A-Δ, διασχίζουν Νεογενείς και Αλπικές αποθέσεις και δραστηριοποιήθηκαν μετά την απόθεση των ασβεστολίθων της Ενότητας 4 (κατά το Πλειόκαινο).

Συζήτηση: Το ρήγμα I ήταν ενεργό κατά το μεγαλύτερο διάστημα του Τορτονίου και ίσως ήδη από το Ανωτ. Σεραβάλλιο. Η δράση του σταμάτησε κατά το Ανωτ. Μειόκαινο όπου σε ορισμένες περιοχές (π.χ. Σελλί) ύφαλοι ήταν ικανοί να αναπτύ-



Εικ. 38. Στερεογραφική προβολή των ρηγμάτων κατά μήκος του βορείου περιθωρίου της εξεταζόμενης λεκάνης.

Fig. 38. Stereographic projection of the faults along the north margin of the studied basin.

χθούν κατά μήκος του μετώπου του ρήγματος. Το μέτωπο του ρήγματος I προφανώς σχημάτισε μία απότομη ακτή στην οποία αναπτύχθηκαν ανθρακικές αποθέσεις και ιδιαίτερα ύφαλοι. Τα ρήγματα VII και VIII ήταν επίσης κανονικά ρήγματα. Πιο συγκεκριμένα το ρήγμα VII προφανώς αντιπροσωπεύει το σημείο όπου η κλίση του θαλάσσιου πυθμένα ξαφνικά αυξήθηκε με αποτέλεσμα αυτός να παρουσιάζει δομή κατωφέρειας.

Κατά το Ανωτ. Μειόκαινο, στην Κρήτη έλαβε χώρα μία αναδιοργάνωση της τεκτονικής. Αυτή η τεκτονική αναδιοργάνωση πιθανόν να έχει σχέση με την τεκτονική συμπίεσης (MEULENKAMP, 1971). Εξαιτίας της τεκτονικής συμπίεσης, παρατηρούνται ανυψώσεις και διαβρώσεις των παλαιών Νεογενών ιζημάτων. Τα ρήγματα της ομάδας IX τα οποία ενεργοποιήθηκαν την περίοδο αυτή παρουσιάζουν χαρακτηρισες συμπίεστικών-ανάστροφων ρηγμάτων. Αυτά συσχετίζονται με μία συμπίεση χώρου διεύθυνσης Α-Δ και με μία διεργασία ανυψώσεως η οποία έλαβε χώρα κατά το Αν. Μεσσηνίο και στο Πλειόκαινο, η οποία μετατόπισε τα ανωμειοκαινικά ιζήματα, νοτίως της περιοχής.

Κατά το Ανωτ. Μειόκαινο-Κατ. Πλειόκαινο, έλαβε χώρα ανύψωση του Ελληνικού Τόξου και αυξημένη ταπεινώση της εσωτερικής Αιγαϊκής περιοχής (MEULENKAMP, 1971). Εξαιτίας του τεκτονικού αυτού καθεστώτος, η Κρήτη αρχίζει να στρέφεται προς τα βόρεια με αποτέλεσμα την ανύψωση του νότιου τμήματος της εξεταζόμενης περιοχής. Μία ένδειξη για την προς βορράν κλίση της περιοχής κατά τα τέλος του Μεσσηνίου και κατά το Πλειόκαινο αποτελεί η επιφάνεια αποκολλήσεως, δυτικά της περιοχής Βιγλοτόπι (Εικ. 39). Οι ασβεστόλιθοι έχουν ολισθήσει προς βορράν πάνω σε μαργαϊκά στρώματα. Αποτέλεσμα αυτής της ολισθήσεως είναι η δημιουργία ενός αντικλίνου πάνω στο ολισθημένο τέμαχος. Μεταγενέστερη ιζηματογένεση γέμισε τις διάφορες γεωμορφολογικές ανωμαλίες που δημιουργήθηκαν με λεπτά ασβεστολιθικά στρώματα. Επιπλέον στην περιοχή Καρέ, μεγάλου πάχους αλπικές αποθέσεις επικρατούν στην τοπογραφία της περιοχής. Βορείως του αναγλύφου αυτού, ηπειρωτικά ιζήματα ηλικίας Ανωτ. Σερραβάλλιο-Κατ. Τορτόνιο βρίσκονται, με διευθύνσεις μεταφοράς προς νότον και νοτιοανατολικά. Αυτές οι αποθέσεις διακόπτονται απότομα από το προαναφερθέν αλπικό ανάγλυφο που σημαίνει ότι απετέθησαν πριν από τη δημιουργία του.

Οι παραπάνω τεκτονικές κινήσεις θα μπορούσαν πιθανά να ενταχθούν στο γενικότερο γεωδυναμικό μοντέλο που προτάθηκε για την θάλασσα του Αιγαίου από τους ANGELIER (1979) και SPARKMAN *et al.* (1986). Σύμφωνα με αυτούς τους συγγραφείς, επειδή η λιθόσφαιρα της θάλασσας του Αιγαίου ολισθαίνει ενεργά πάνω στην λιθόσφαιρα της Μεσογείου, λαμβάνει χώρα εφελκυσμός της περιοχής της θάλασσας του Αιγαίου καθώς κι ένας συνδυασμός εφελκυστικών και συμπίεστικών τεκτονικών κινήσεων στο εμπρόσθιο τμήμα του τόξου του Αιγαίου.

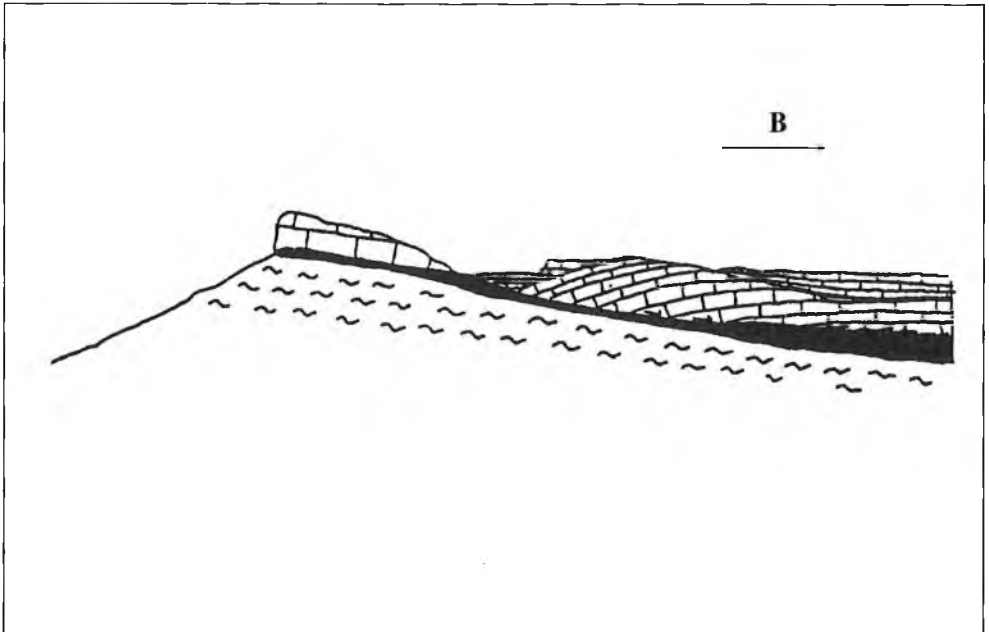
2.6.2. Η Λεκάνη του Ρεθύμνου.

Τα ρήγματα που παρατηρήθηκαν στην Λεκάνη Ρεθύμνου παρουσιάζουν πολλές



Εικ. 39. Επιφάνεια αποκόλλησης των ασβεστολίθων του Σχηματισμού Ρεθύμνου. Η τεκτονική μετακίνηση έλαβε χώρα προς βορράν.

Fig. 39. Decollement surface in the limestones of Rethymnon Formation. The tectonic movement took place towards the north.



ομοιότητες με αυτά που περιγράψαμε στην Λεκάνη των Αποστόλων. Εγιναν οι ακόλουθες παρατηρήσεις:

Τα ρήγματα IX, X και XI (Εικ. 37) είναι κανονικά-εφελκυστικά ρήγματα με απότομη βύθιση προς τα βορειοδυτικά. Αντιθέτως, το ρήγμα XII παρουσιάζει βύθιση προς νότο. Το ρήγμα XIII παρουσιάζει διεύθυνση Β-Ν και βύθιση προς δυσμάς.

Το σύνολο των ρηγμάτων που παρατηρήθηκαν στην Λεκάνη του Ρεθύμνου υποδεικνύει ότι η τελευταία υπέστη εφελκυστικές τεκτονικές κινήσεις διευθύνσεως αρχικά Α-Δ και μεταγενέστερα Β-Ν. Αποτέλεσμα αυτών των κινήσεων είναι η δομή μορφής τάφρου-κέρατος η οποία αποτελείται από μικρότερης κλίμακας παρόμοιες δομές διευθύνσεως Α-Δ και Β-Ν. Παρόλα αυτά υπάρχουν επιπλέον ενδείξεις ότι μία μικρής κλίμακας συμπίεση διευθύνσεως Β-Ν έπαιξε κάποιο ρόλο στην όλη εξέλιξη της λεκάνης. Η παρουσία δομής πτυχώσεως με άξονα διευθύνσεως Α-Δ υποστηρίζει την παραπάνω υπόθεση.

2.7. ΠΑΛΑΙΟΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ

Από την λεπτομερή λιθοστρωματογραφική, βιοστρωματογραφική και τεκτονική ανάλυση που διεξήχθη στη Λεκάνη των Αποστόλων, προέκυψαν σημαντικά στοιχεία για τις περιβαλλοντικές και λιθολογικές μεταβολές που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια της περιόδου από το Ανώτερο Σερραβάλλιο έως το Πλειόκαινο. Αυτές οι μεταβολές διαδραματίστηκαν σε πέντε φάσεις, οι οποίες, κάθε μία απεικονίζεται σε έναν μικρό παλαιογεωγραφικό χάρτη πάνω στον οποίον φαίνονται οι διάφορες λιθοστρωματογραφικές ενότητες. Στην Εικ. 40 απεικονίζεται το υπόμνημα των παλαιογεωγραφικών χαρτών.

Από το Αν. Σερραβάλλιο έως το Αν. Τορτόνιο, η περιοχή του Ρεθύμνου υπέστη εφελκυσμό διευθύνσεως Β-Ν. Κανονικά ρήγματα, γενικής διευθύνσεως Α-Δ και βυθίσεως προς νότον, δημιούργησαν μία ημιταφροειδή λεκάνη στην οποία τα ρήγματα αυτά όριζαν το περιθώριο και ίσως και την κατωφέρεια της. Δευτερεύοντα κανονικά ρήγματα διευθύνσεως Β-Ν δημιούργησαν δομές τάφρου-κέρατος οι οποίες χαρακτηρίζονται από διαφορετικό βαθμό βυθίσεως. Η μεγαλύτερη βύθιση παρατηρήθηκε στο κεντρικό (τομή Γενή) και ανατολικό τμήμα της λεκάνης. Κατά το τέλος του Μειοκαινού η Κρήτη, λόγω του επικρατούντος γεωδυναμικού καθεστώτος στην ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου, αρχίζει να στρέφεται προς βορράν. Εξαιτίας της στροφής αυτής, η Λεκάνη των Αποστόλων ανυψώνεται και αποκτά κλίση προς βορράν με αποτέλεσμα την τροφοδότηση υλικού στη βόρεια λεκάνη του Ρεθύμνου.

1. Ανώτερο Σερραβάλλιο-Κατώτερο Τορτόνιο (Εικ. 41): Ο τεκτονισμός που έλαβε χώρα στο διάστημα αυτό είχε ως αποτέλεσμα τον κατατεμαχισμό της χέρσου και τη δημιουργία ενός βυθίσματος, της Λεκάνης των Αποστόλων, της οποίας το

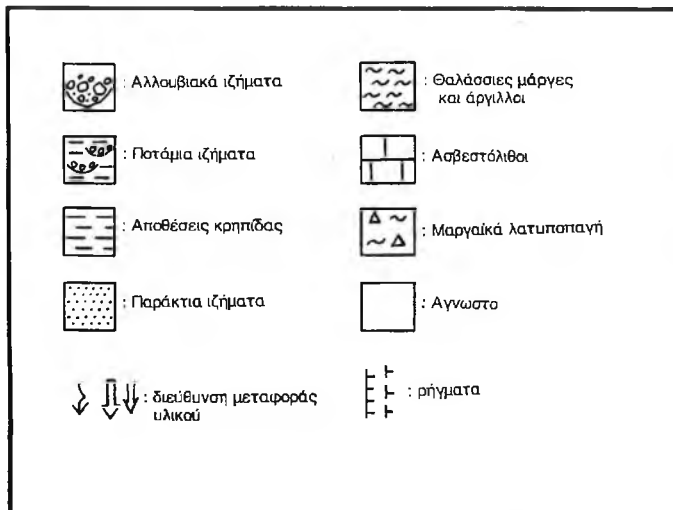
βορειοανατολικό περιθώριο ήταν το ρήγμα I.

Την εποχή αυτή θα πρέπει να επικρατούσαν χαμηλές θερμοκρασίες και το κλίμα να ήταν υποτροπικό (ΓΕΩΡΓΙΑΔΟΥ-ΔΙΚΑΙΟΥΛΙΑ & ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ, 1990).

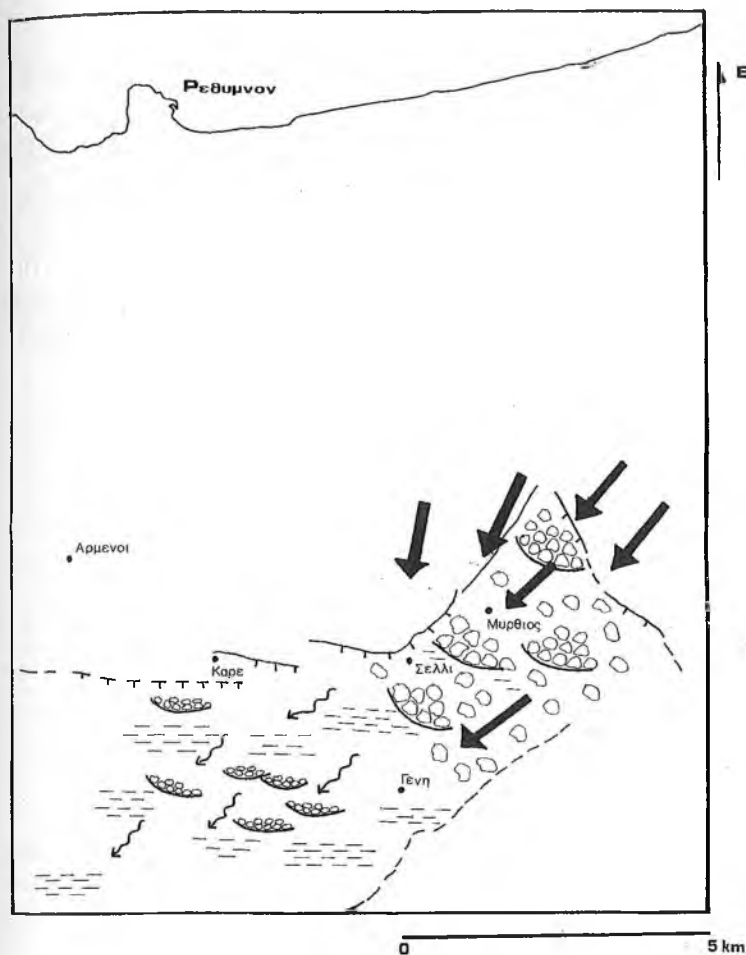
Τα ιζήματα που αποτέθηκαν την περίοδο αυτή χαρακτηρίζονται από υψηλής ενέργειας ιζηματογένεση, με απόθεση μεγάλου πάχους ιζημάτων (κροκαλοπαγών, άμμων, αργίλλου). Προϊόντα διαβρώσεως προερχόμενα από το Αλπικό υπόβαθρο βορειοανατολικά της λεκάνης διασκορπίζονται μέσα σε αυτή με τη βοήθεια ροών βαρύτητας καθώς και πλεξοειδών ποτάμιων ρευμάτων. Οι αποθέσεις που δημιουργήθηκαν ήταν, στα ανατολικά, αδρομερείς με γωνιώδη συστατικά μέσα σε συνδευτικό υλικό (ριπιδιοπαγή) οι οποίες πλευρικά μεταβαίνουν σε λεπτομερέστερες, πλευρικά συνεχείς αποθέσεις πλημμύρας καθώς και αποθέσεις κοίτης.

2. Κατώτερο-Μέσο Τορτονίο (Εικ. 42): Την εποχή αυτή λαμβάνει χώρα η επίκλυση του Τορτονίου με αποτέλεσμα η θάλασσα να αρχίζει να εισχωρεί στη ξηρά από τον νότο. Επιπλέον, η δύθιση της λεκάνης κατά μήκος του ρήγματος I (βόρειο περιθώριο της λεκάνης) και του ρήγματος VIII (νότιο περιθώριο), συνεχίζεται. Κάθετα σε αυτά, ρήγματα διεύθυνσεως Β-Ν δημιουργούν δομές τάφρου-κέρατος. Το ρήγμα I στο βόρειο περιθώριο, δημιούργησε μία απότομη κλιτύ η οποία έπαιξε τον ρόλο της ακτογραμμής όταν η θάλασσα εισχώρησε μέχρις εκείνο το σημείο.

Το υποτροπικό κλίμα που επικρατούσε κατά τη διάρκεια της προηγούμενης περιόδου προοδευτικά μετατρέπεται σε τροπικό (ΓΕΩΡΓΙΑΔΟΥ-ΔΙΚΑΙΟΥΛΙΑ & ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ, 1990).



Εικ. 40. Υπόμνημα παλαιογεωγραφικών χαρτών
Fig. 40. Legend of the paleogeographical sketch maps.



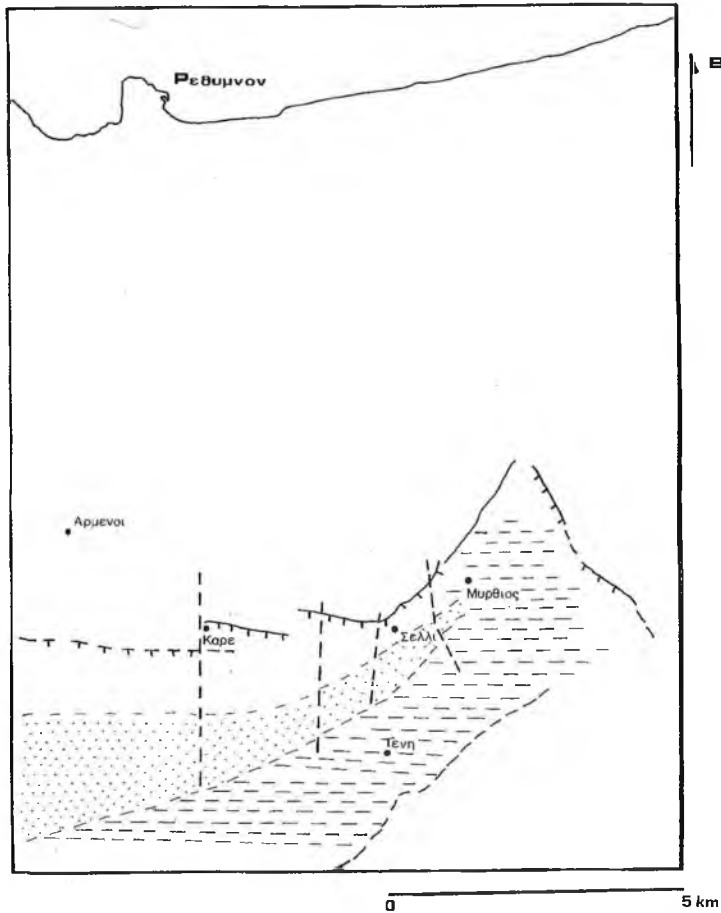
Εικ. 41. Παλαιογεωγραφική αναπαράσταση της μελετηθείσας περιοχής κατά το Αν. Σεραβάλλιο-Κατ. Τορτόνιο

Fig. 41. Paleogeographical reconstruction of the studied area during Late Serravallian-Early Tortonian.

Η περιοχή χαρακτηρίζεται από ηπιότερης μορφής ιζηματογένεση. Στο δυτικό τμήμα, η εισβολή της θάλασσας πάνω στις ποταμοχειμάρειες αποθέσεις προκαλεί την απόθεση λιμναίων και υφάλμυρων ιζημάτων, ενώ στα ανατολικά παρατηρούνται αποθέσεις χαμηλής ακτής.

3. Ανώτερο Τορτόνιο (Εικ. 43): Η συνεχιζόμενη εισβολή της θάλασσας από τον νότο και η εξασθένιση παροχής ιζήματος λόγω κατακλύσεως του αναγλύφου βορείως και βορειοανατολικά της λεκάνης, είχε ως αποτέλεσμα οι μεταβατικές αποθέσεις δυτικά της λεκάνης και οι αποθέσεις χαμηλής ακτής στα ανατολικά, να καλυφθούν από θαλάσσιες μάργες. Κατά μήκος του βορειοανατολικού περιθωρίου της λεκάνης αναπτύχθηκαν ανθρακικά ιζήματα πλατφόρμας καθώς και ύφαλοι, γεγονός που υποδηλώνει ότι το περιβάλλον εκεί παρέμεινε ρηχό.

4. Μεσσήνιο (Εικ. 44): Στο όριο του Ανώτ. Τορτόνιου με το Μεσσήνιο παρατηρή-



Εικ. 42. Παλαιογεωγραφική αναπαράσταση της μελετηθείσας περιοχής κατά το Κατ.-Μέσο Τορτόνιο.

Fig. 42. Paleogeographical reconstruction of the studied area during Early-Middle Tortonian.

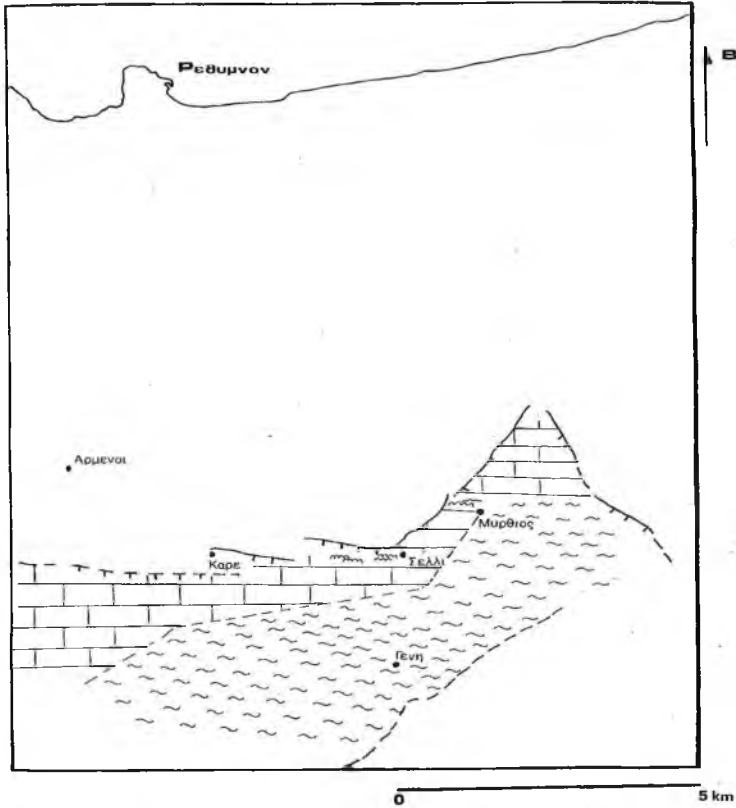
θηκε μία αναδιοργάνωση της τεκτονικής η οποία σύμφωνα με τους MEULENKAMP *et al.*, (1979) έχει σχέση με την τεκτονική συμπίεση. Συνέπεια της αναδιοργάνωσης αυτής είναι η αδρανοποίηση του βορείου ρήγματος, η χέρσωση της Λεκάνης των Αποστόλων και η απουσία παροχής κλαστικού υλικού.

Επιπλέον, κατά την εποχή αυτή λαμβάνουν χώρα εξατμίσεις μεγάλων ποσοτήτων νερού, γεγονός που προϋποθέτει υψηλές θερμοκρασίες ($>30^{\circ}\text{C}$), κλίμα πολύ θερμό, τροπικό (ΓΕΩΡΓΙΑΛΟΥ-ΔΙΚΑΙΟΥΛΙΑ & ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ, 1990).

Το τεκτονικό καθεστώς σε συνδυασμό με τις επικρατούσες κλιματικές συνθήκες ενόησαν την απόθεση αβαθών ασβεστολίθων.

Κατά το τέλος του Μεσσηνίου, η περιοχή αρχίζει να κλίνει προς βορράν και μία δεύτερη λεκάνη βορείως της εξεταζόμενης λεκάνης είναι έτοιμη να δεχτεί υλικό.

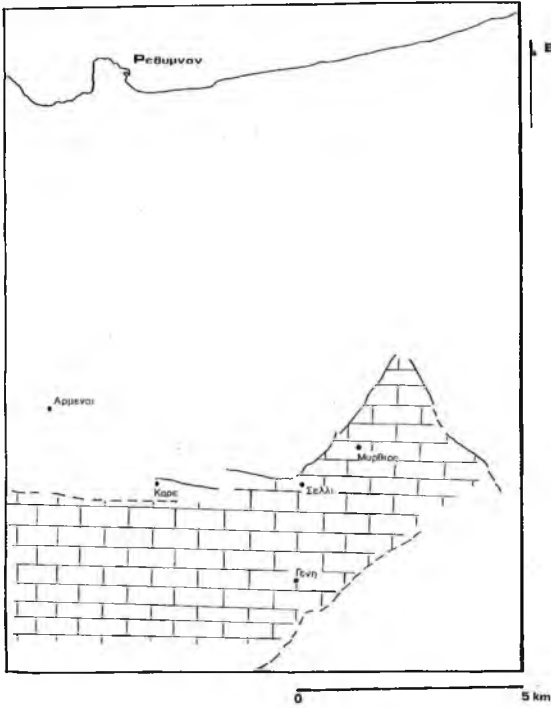
5. Πλειόκαινο (Εικ. 45): Κατά το Κατ. Πλειόκαινο έλαβε χώρα ανύψωση του



Εικ. 43. Παλαιογεωγραφική αναπαράσταση της μελετηθείσας περιοχής κατά το Αν. Τορτόνιο.

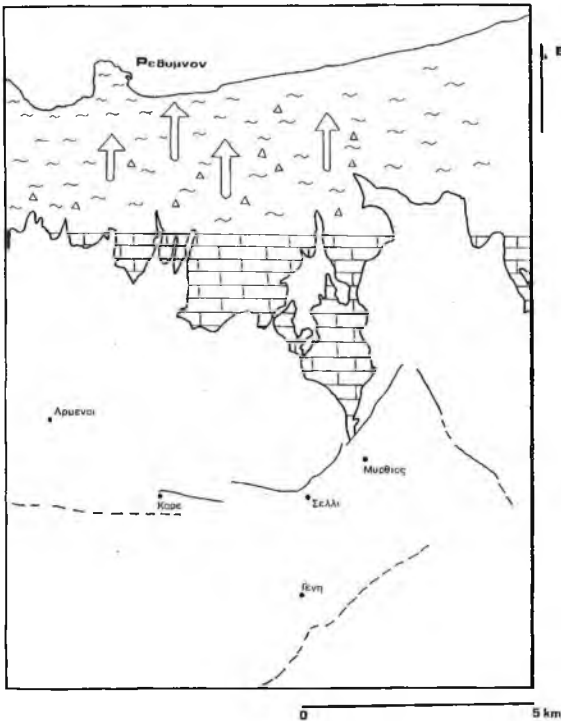
Fig. 43. Paleogeographic reconstruction of the studied area during Late Tortonian.

Ελληνικού τόξου και περιστροφή της Κρήτης προς βορράν. Ετσι, παρατηρούνται ανυψώσεις και διαβρώσεις μέρους των παλαιών Νεογενών ιζημάτων και επανατοποθέτηση αυτών και τον σχηματισμό μαργαϊκών λατυποπαγών. Αυτά τα μαργαϊκά λατυποπαγή μεταφέρθηκαν και αποτέθηκαν στα βαθύτερα τμήματα της βόρειας λεκάνης του Ρεθύμνου.



Εικ. 44. Παλαιογεωγραφική αναπαράσταση της μελετηθείσας περιοχής κατά το Μεσσήνιο.

Fig. 44. Paleogeographic reconstruction of the studied area during Messinian.



Εικ. 45. Παλαιογεωγραφική αναπαράσταση της μελετηθείσας περιοχής κατά το Πλειόκαινο.

Fig. 45. Paleogeographic reconstruction of the studied area during Pliocene.

3.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με βάση όλα τα δεδομένα που προέκυψαν από την λεπτομερή μελέτη της λιθοστρωματογραφίας, βιοστρωματογραφίας, καθώς και της τεκτονικής των τομών στην Λεκάνη των Αποστόλων, όπου η εξεταζόμενη ακολουθία εκτίθεται, γίνεται προσπάθεια δημιουργίας ενός μοντέλου που αφορά στις μεταβολές ιζηματογενέσεως κατά τη διάρκεια του Νεογενούς.

Συγκεκριμένα, εξετάζονται λεπτομερώς οι ιζηματογενείς φάσεις που συνιστούν τις λιθοστρωματογραφικές ενότητες 1, 2, 3 και 4 της εξεταζόμενης λεκάνης, και διερευνάται ο χαρακτήρας ολόκληρης της ακολουθίας. Με βάση τα ανωτέρω, προτείνεται ένα μοντέλο ιζηματογενέσεως.

Οι ιζηματογενείς φάσεις που αναγνωρίστηκαν, ορίστηκαν με βάση τη λιθολογία, το χρώμα, την ενότητα των πετρωμάτων και το πάχος τους, το πάχος των στρωμάτων, τις φυσικές και βιογενείς ιζηματογενείς δομές και τα περιεχόμενα απολιθώματα. Τα ιζηματογενή περιβάλλοντα που αντιπροσωπεύουν οι φάσεις αυτές, ορίστηκαν με βάση τη γεωμετρία, την αλληλουχία των φάσεων, την συγκέντρωση των φάσεων και την ανάλυση των παλαιορευμάτων.

Η ανάλυση φάσεων παρουσιάζεται σε δύο μέρη. Το πρώτο μέρος περιλαμβάνει περιγραφές φάσεων ανά λιθοστρωματογραφική ενότητα ξεκινώντας από τη βάση της ιζηματογενούς απόθεσης της μελετώμενης λεκάνης προς τα άνω και το δεύτερο μέρος περιλαμβάνει ερμηνείες των φυσικών και βιογενών διεργασιών (Πίνακας 2). Η κατανομή των φάσεων στις εξεταζόμενες τομές παρατίθεται στις Εικ 46, 47, 48, 49 και 50.

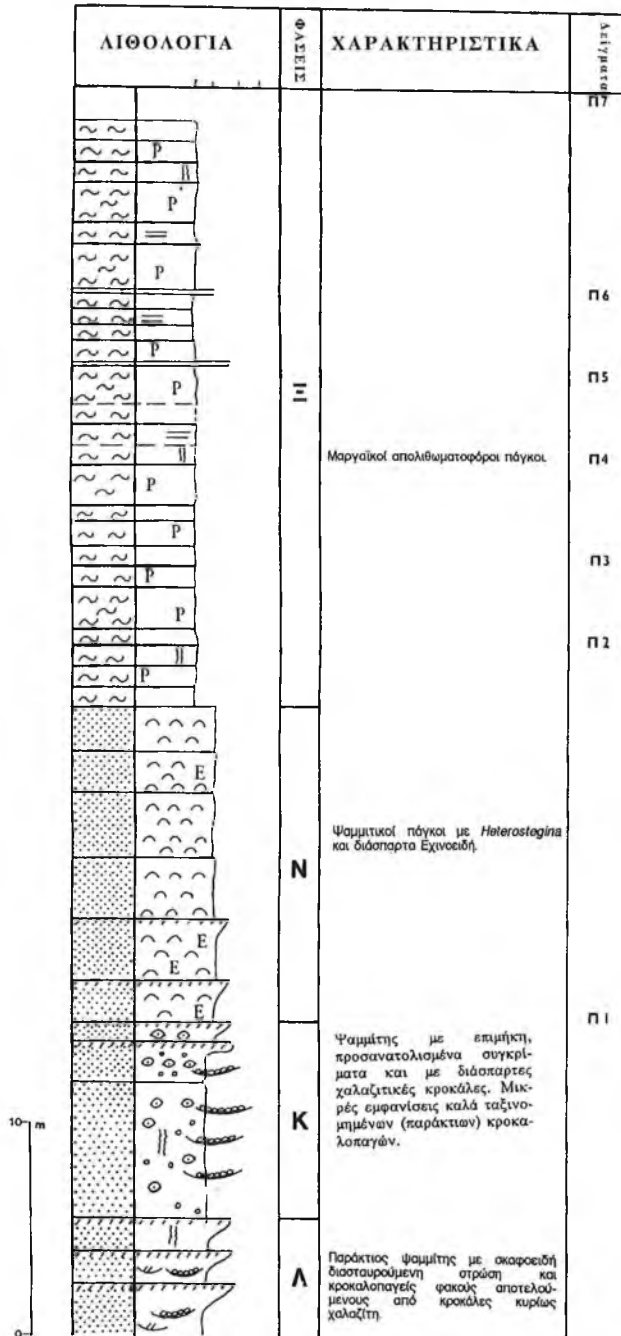
3.2. ΑΝΑΛΥΣΗ ΦΑΣΕΩΝ ΑΝΑ ΛΙΘΟΣΤΡΩΜΑΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΕΝΟΤΗΤΑ

3.2.1. Ενότητα 1

Οι αποθέσεις της Ενότητας 1 διακρίνονται σε δύο κατηγορίες φάσεων ανάλογα με το μέγεθος των κόκκων των ιζημάτων, στις αδρομερείς και στις λεπτομερείς φάσεις. Οι αδρομερείς φάσεις περιλαμβάνουν κυρίως κροκαλοπαγή και ψαμμίτες ενώ στις λεπτομερείς φάσεις ανήκουν οι αργιλικές αποθέσεις. Όλες οι φάσεις που

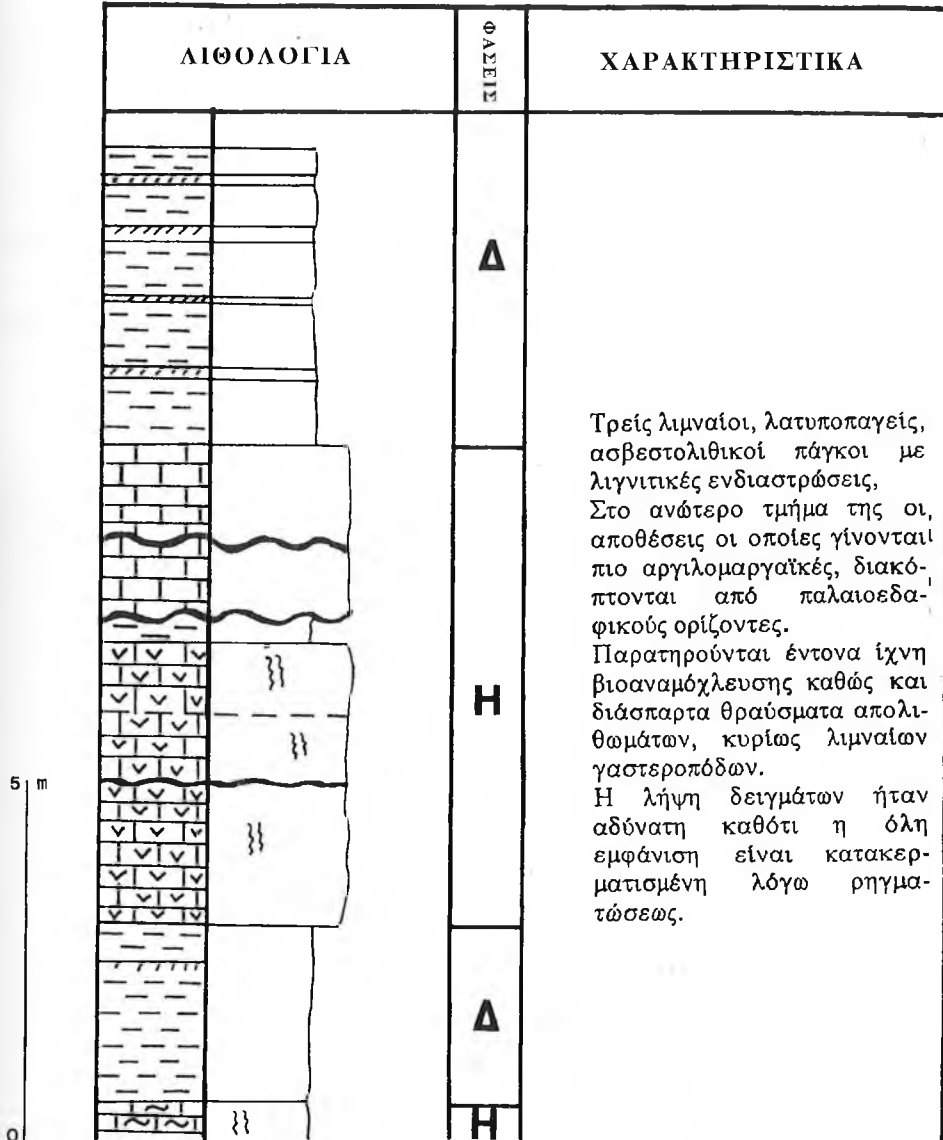
ΕΝΟΤΗΤΑ	ΦΑΣΕΙΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΡΜΗΝΕΙΑ
4	Ο	Εναλλαγές μάργας και διοκλαστικών ασβεστολίθων.	Ανθρακική ιζηματογένεση.
3	Ε	Κιανού-γκρί χρώματος απολιθωματοφόρος μάργα με διάσπαρτους φακούς ή στρώσεις λεπτόκοκκου ψαμμίτη.	Απόθεση από αιώρηση σε περιοχή μακριά από την ακτή (offshore deposits).
	Ν	Ψαμμιτικοί πάγκοι με <i>Heterostegina</i> .	Παράκτια απόθεση η οποία έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια θειελλωδών διεργασιών.
	Μ	Εναλλαγές αργιλικών ιζημάτων με ψαμμίτες με παράλληλη και σκαφοειδή διαστρωμένη στρώση.	Παράκτιες αποθέσεις οι οποίες οφείλονται σε εναλλαγές χαμηλής και υψηλής ενέργειας διεργασιών.
	Λ	Επάλλεια, πλευρικός συνεχής, κροκαλοπαγή, τραπέζοειδή στρώματα, με υποοριζόντια στρώση.	Αποθέσεις της παράκτιας ζώνης (shoreface deposits)
	Κ	Ψαμμίτες με ανθρακικά, προσανατολισμένα συγκρίματα.	Απόθεση σε παράκτιο περιβάλλον όταν ο ρυθμός ιζηματογένεσως είναι χαμηλός.
2	Ι	Ψαμμιτικοί πάγκοι με όστρεες.	Απόθεση σε εκβολικό υφάλμυρο περιβάλλον.
	Θ	Μαύρη οχτιστοποιημένη ανθρακική λιάς με οστρακώδη.	Αναερόβια απόθεση σε περιβάλλον γλυκών υδάτων.
	Η	Καλά λιθοποιημένοι λιμναίοι ασβεστόλιθοι με οστρακώδη, δίθυρα και γαστερόποδα.	Απόθεση σε κλειστό, λιμναίο περιβάλλον.
	Ζ	Καλκαρενίτες με υπολείμματα φυτικών ριζών, θραύσματα λιμναίων γαστεροπόδων και λιγνιτικές γραφές.	Απόθεση σε εγκαταλελειμμένες, λιμνώδεις περιοχές.
1	ΣΤ	Κονδυλώδεις ασβεστόλιθοι, με διακλάσεις και υπολείμματα φυτικών ριζών.	Παλαιοεδαφικές αποθέσεις (calcretes)
	Ε	Μετρίως ταξινομημένοι, ερυθρού χρώματος λεπτομερείς έως αδρομερείς κοκκώδεις, λιθαρενιτικοί ψαμμίτες.	Εφήμερες αποθέσεις πλημμύρας, παρόχθιας αποθέσεις.
	Δ	Εκτεταμένα στρώματα αργιλικών ιζημάτων ερυθρού χρώματος.	Παρόχθιας αποθέσεις (overbank deposits)
	Γ	Κροκαλοπαγείς κοίτες χωρίς συνδετικό υλικό, με εσωτερική στρώση και προσανατολισμένες κροκάλες.	Ποτάμια απόθεση αδρομερείς υλικού κατά μήκος μάς πλεξοειδούς πεδιάδας.
	Β	Αμυδρώς ταξινομημένα κροκαλοπαγή χωρίς συνδετικό υλικό και με την μορφή εκτεταμένων στρωμάτων.	Αποθέσεις πλημμύρας (sheet-flood deposits).
	Α	Πλευρικός συνεχής κροκαλοπαγή στρώματα με συνδετικό υλικό και χωρίς καμία ιζηματοδομή.	Αποθέσεις ροών κορημάτων (debris flow deposits).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Γενική ταξινόμηση των ιζηματογενών φάσεων.
TABLE 2: General classification of the sedimentary facies

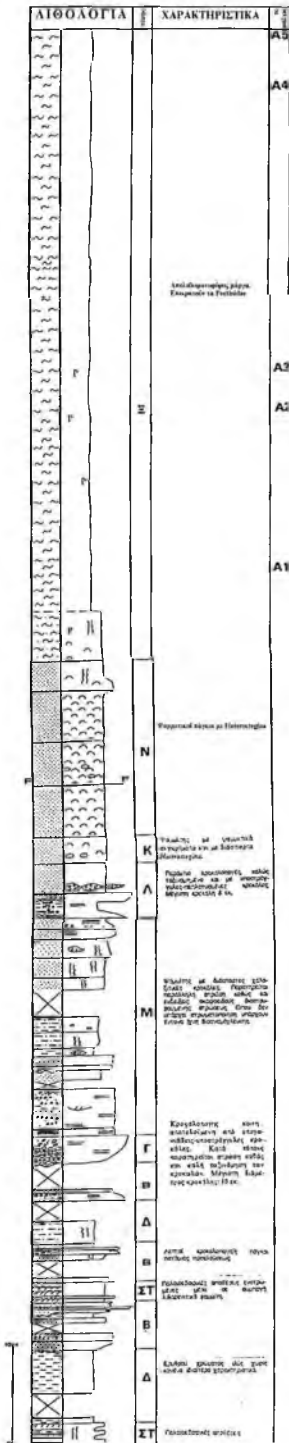


Εικ. 48. Κατανομή των φασεων στην τομή Ποταμοί.
 Fig. 48. Distribution of the sedimentary facies in Potami section.

ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΤΜΗΜΑ ΤΗΣ ΤΟΜΗΣ ΑΠΟΣΤΟΛΩΝ



Εικ. 49. Κατανομή των φάσεων στο κατώτερο τμήμα της τομής Απόστολοι.
 Fig. 49. Distribution of the sedimentary facies in the lower part of Apostoli section.



Εικ. 50. Κατανομή των φάσεων σε τμήμα της τομής Απόστολοι.
Fig. 50. Distribution of the sedimentary facies in part of Apostoli section.

συνιστούν την λιθοστρωματογραφική Ενότητα 1 χρονοστρωματογραφικώς είναι αρχαιότερες του Μ.-Αν. Τορτονίου (βλ. Βιοστρωματογραφία, Κεφ. 2).

Α. Αδρομερείς φάσεις: Οι αδρομερείς φάσεις υποδιαιρούνται στην Φάση Α (κροκαλοπαγή με συνδεδεικό υλικό), Φάση Β (κροκαλοπαγή χωρίς συνδεδεικό υλικό) και Φάση Γ (κροκαλοπαγείς κοίτες),

Φάση Α: Κροκαλοπαγή με συνδεδεικό υλικό (ριπιδιοπαγή).

Περιγραφή: Η φάση αυτή στη βάση της βρίσκεται σε επαφή με το Αλπικό υπόβαθρο το οποίο μπορεί να συνίσταται είτε από την Ενότητα Φυλλιτών-Χαλαζιτών (Τομές Σελλί και Γενή) είτε από την Ενότητα Τρυπαλιού (Τομή Ποταμοί), ενώ προς τα άνω μεταπίπτει στη Φάση Β. Τυπική τομή εμφανίσεως όπου και μελετήθηκε λεπτομερώς η Φάση Α, αποτελεί η Τομή Ποταμοί (Εικ. 47) ενώ εντοπίστηκε και στις τομές Σελλί και Γενή. Δεν παρατηρήθηκαν εμφανίσεις της φάσεως αυτής στις τομές Φωτεινός, Βιγλοτόπι Α, Βιγλοτόπι Β καθώς και στο ανατολικό περιθώριο της μελετώμενης λεκάνης, στην τομή Απόστολοι.

Το μέγιστο πάχος εμφανίσεως της Φάσεως Α φτάνει τα 200 m και παρατηρήθηκε στην τομή Ποταμοί, ενώ το μέγιστο πάχος των στρωμάτων που συνιστούν τα κροκαλοπαγή αυτά φτάνει τα 20m. Στα ανώτερα τμήματα της εμφανίσεως της φάσεως αυτής παρατηρείται σημαντική ελάττωση του πάχους και του μεγέθους των κροκαλών των στρωμάτων. Τα στρώματα αυτά σε γενικές γραμμές είναι συμπαγή δηλαδή δεν παρουσιάζουν ούτε εσωτερική στρώση ούτε διαβάθμιση ως προς το μέγεθος των κροκαλών (grading) ενώ η απουσία επιφανειών διαβρώσεως μεταξύ και εντός των στρωμάτων είναι χαρακτηριστική. Μεμονωμένες ομάδες στρωμάτων χαρακτηρί-

ζονται από μη διαβρωσιγενείς επαφές με τα υποκείμενα και τα υπερκείμενα στρώματα. Δεν παρατηρήθηκαν απολιθώματα.

Η Φάση Α αποτελείται από πλευρικός συνεχή κροκαλοπαγή με συνδεδετικό υλικό των οποίων το μέγεθος των κροκαλών κυμαίνεται από 4-256mm (Εικ. 51). Ογκόλιθοι μέχρι και 50 εκατοστά διαμέτρου, μπορεί να κάνουν την παρουσία τους σε οποιοδήποτε ύψος εντός του κροκαλοπαγούς στρώματος, αλλά ως επί το πλείστον παρατηρούνται στα ανώτερα τμήματα των στρωμάτων. Οι κροκάλες γενικά είναι προεξέχουσες, γωνιώδεις έως υπογωνιώδεις διαμέτρου μικρότερης των 15 cm και με σύσταση φυλλιτική-χαλαζιτική και μερικώς ανθρακική, οφειλόμενη στο υποκείμενο αλπικά υπόβαθρο. Ο προσανατολισμός των κροκαλών αυτών ως προς την στρώση είναι κάθετος ενώ η ταξινόμησή τους (sorting) είναι πολύ φτωχή. Το συνδεδετικό υλικό του οποίου η αναλογία ως προς τις κροκάλες ποικίλει, συνίσταται από ερυθρού χρώματος ιλύ η οποία τοπικά μπορεί να είναι πολύ καλά λιθοποιημένη.

Τα κροκαλοπαγή στρώματα της Φάσεως Α μεταπίπτουν προς τα άνω σε συμπαγή ή στρωματοποιημένα με διασταυρούμενη στρώση ψαμμιτικά στρώματα πάχους



Εικ. 51. Απόθεση χαρακτηριστική ροής κορημάτων στα ηπειρωτικά ιζήματα της τομής Ποταμοί (Φάση Α).

Fig. 51. Debris flow deposits in Potami section (Facies A).

0,20-1m. Στα κατώτερα τμήματα της εμφανίσεως, παρατηρήθηκε μετάβαση προς λεπτομερέστερο, μικρότερου πάχους και καλύτερα ταξινομημένο κροκαλοπαγές. Η επαφή αυτών των στρωμάτων με τα υποκείμενα κροκαλοπαγή είναι συνήθως διαβρωσιγενής.

Εκτός από την τάση που παρουσιάζουν οι αποθέσεις αυτές να γίνονται λεπτομερέστερες προς τα άνω ως προς το μέγεθος των κόκκων, καμία άλλη ιζηματογενής δομή δεν παρατηρήθηκε.

Συνθήκες και διεργασίες απόθεσης: Τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά της Φάσεως Α είναι σε απόλυτη συμφωνία με την μεταφορά και την απόθεση υλικού με τη βοήθεια του μηχανισμού της ροής κορημάτων (debris flow) όπως αυτή μελετήθηκε και ορίστηκε από τους BULL, (1964); JOHNSON, (1970); MIDDLETON & HAMPTON, (1973), ΨΙΛΟΒΙΚΟΣ, (1981). Η απουσία ιζηματοδομών καθώς επίσης και η γενική απουσία απολιθωμάτων υποδηλώνουν ότι η Φάση Α οφείλεται σε επιφανειακές, υψηλής πυκνότητας, ροές κορημάτων οι οποίες σύμφωνα με τους HOOKE (1967) και STEEL *et al.*, (1977) οι οποίοι μελέτησαν παρόμοιες αποθέσεις, συνήθως απαντώνται στα μεσαία και ανώτερα τμήματα αλλουδιακών αποθέσεων. Ο μηχανισμός μεταφοράς υλικού στα αρχικά του στάδια ήταν υπό την μορφή ολισθήσεων και μεταγενέστερα εξελίχθηκε σε μία μετακινούμενη εύπλαστη μάζα αποτελούμενη από μη ταξινομημένο ίζημα. Η μεταφορά υλικού σταμάτησε όταν η ροή έφτασε στον επίπεδο πυθμένα της λεκάνης και έχασε τη δύναμη που την προκάλεσε όταν το ύδωρ των πόρων του υποστρώματος το οποίο ενεργεί ως λιπαντικό μέσο απομακρύνθηκε. Το αποτέλεσμα της παραπάνω διεργασίας είναι η χαώδης απόθεση μη ταξινομημένων κορημάτων, με μεγάλες κροκάλες και ογκολίθους αναμεμιγμένους με συνδεδετικό υλικό το οποίο συνίσταται από ιλύ και άμμο. Η παρουσία του συνδεδετικού υλικού σε ολό το μήκος και πλάτος της εμφανίσεως της Φάσεως αυτής φανερώνει ότι αυτό αποτέθηκε ταυτόχρονα με τις κροκάλες, γεγονός που χαρακτηρίζει τις ροές κορημάτων.

Η κατακόρυφη μετάβαση των κροκαλοπαγών στρωμάτων σε ψαμμίτες με διασταυρούμενη στρώση υποδηλώνει μετάβαση του αλλουδιακού συστήματος σε αποθέσεις πλεξοειδούς πεδιάδας (braidplain) με επακόλουθη αντικατάσταση των ροών κορημάτων με διεργασίες που οφείλονται σε πλημμύρες. Το ψαμμιτικό αυτό κάλυμμα το οποίο συνήθως παρουσιάζει διαβρωσιγενή βάση και στρώση δημιουργείται από ποτάμια ροή (stream flow) η οποία είναι υπερφορτωμένη με ίζημα και η οποία έπεται της ροής κορημάτων. Επιπλέον, στα κατώτερα τμήματα της φάσεως αυτής το κάλυμμα αυτό μπορεί να αντιπροσωπεύεται από λεπτομερέστερο κροκαλοπαγές, επίσης αποτέλεσμα ποτάμιας ροής. Τα λεπτά στρώματα καλύτερα ταξινομημένου κροκαλοπαγούς τα οποία καλύπτουν τις ροές κορημάτων αντιπροσωπεύουν το ανώτερο τμήμα της ροής μάζας το οποίο έχει επανεπεξεργαστεί από μεταγενέστερες πιο υδαρείς ροές (παρόμοιες διεργασίες έχουν μελετηθεί από τους BULL (1972), LARSEN & STEEL (1978)) ή πιθανώς από διεργασίες που οφείλονται στην ύπαρξη κυμάτων εκεί όπου οι αλλουδιακές αποθέσεις επεκτείνονται σε υδά-

τινο παράκτιο περιβάλλον και σχηματίζουν δελταϊκό ριπίδιο (fan-delta).

Σύμφωνα με τους WALKER & MUTTI, (1973) και WALKER, (1975) οι οποίοι εστίασαν τις έρευνές τους στα διάφορα περιβάλλοντα αποθέσεως των κροκαλοπαγών, οι προεξέχουσες κροκάλες και η φτωχή ταξινόμηση των κροκαλοπαγών στρωμάτων οφείλονται στην υψηλή πυκνότητα και στο υψηλό ιξώδες της ροής που είναι υπεύθυνη για την μεταφορά του υλικού ενώ οι κατακορύφως προσανατολισμένες κροκάλες υποδηλώνουν την παρουσία ρευμάτων πυκνότητας. Αυτή η ομάδα κροκαλοπαγών στρωμάτων παρουσιάζει μια ιδιαίτερη σχέση μεταξύ μέγιστου μεγέθους κροκάλας (MPS) που φτάνει περίπου τα 50 εκ. και πάχους στρώματος (BTh) που φτάνει τα 20 m. Σε συμφωνία με την ερμηνεία τους ως αποθέσεις ροών κορημάτων είναι ο υψηλός λόγος $MPS/BTh=3$ (για σύγκριση βλ. BLUCK, 1967, STEEL, 1974b, NEMEC *et al.*, 1988), η συχνή παρουσία μεγάλου μεγέθους κροκαλών που προεξέχουν στα ανώτερα τμήματα των στρωμάτων και η απουσία επιφανειών διαδρώσεως εντός των κροκαλοπαγών στρωμάτων. Η απουσία δομών από προσανατολισμένες κροκάλες (imbrication) και διαβαθμίσεως των κροκαλών εντός των στρωμάτων θεωρείται ως ένδειξη απουσίας μετακινήσεως κροκάλης σε επαφή με κροκάλη κατά τη διάρκεια της ροής. Οι τιμές των MPS και BTh ελαττώνονται σημαντικά προς τα ανώτερα τμήματα της ακολουθίας.

Ο LOWE (1982) θεωρεί ότι παρόμοιες αποθέσεις κροκαλοπαγών με αυτές της Φάσεως Α οφείλονται σε συνεκτικές ροές κορημάτων (cohesive debris flow). Το ποσοστό του συνδετικού υλικού που υπάρχει σε μία μεμονωμένη ροή ελέγχει την υφή της αποθέσεως. Επιπλέον, οι ροές αυτές σε κάποια στάδια κατά την εξέλιξή τους γίνονται τυρβώδεις με αποτέλεσμα τη δημιουργία στρωματοποιημένων αποθέσεων (TODD, 1979).

Τέλος, η φάση αυτή χαρακτηρίζεται από την απουσία απολιθωμάτων καθώς και διασταυρούμενης στρώσεως τύπου epsilon. Η απουσία αυτών των χαρακτηριστικών σε συνάρτηση με την πλευρική συνέχεια που παρουσιάζουν τα τραπεζοειδή στρώματα, τον αδρομερή χαρακτήρα και την γωνιότητα των κροκαλών, συνηγορούν στην απόθεση υλικού με την διεργασία της ροής κορημάτων.

Φάση Β: Κροκαλοπαγή χωρίς συνδετικό υλικό

Περιγραφή: Οι αποθέσεις της Φάσεως Β βρίσκονται συνήθως σε επαφή στη βάση τους με τις αποθέσεις της Φάσεως Α αλλά δεν αποκλείεται και η παρουσία των υπολοίπων φάσεων της Ενότητας 1, όπως οι Φάσεις Δ, Ε και ΣΤ (Εικ. 46). Προς τα άνω, η Φάση Β είναι σε επαφή με τις φάσεις Γ, Δ, Ε και ΣΤ.

Τα ιζήματα της Φάσεως Β παρατηρήθηκαν σε όλες τις τομές της εξεταζόμενης λεκάνης εκτός της τομής Βιγλοτόπι Α. Τυπική τομή εμφανίσεως των ιζημάτων αυτών θεωρείται η τομή Βιγλοτόπι Β όπου και μελετήθηκαν λεπτομερώς οι αποθέσεις.

Η Φάση Β αποτελείται από κακώς έως μετρίως ταξινομημένα κροκαλοπαγή στρώ-

ματα με διαβρωσιγενείς βάσεις, πάχους που κυμαίνεται από 2-30 m. Τα στρώματα αυτά χαρακτηρίζονται από την απουσία συνδετικού υλικού (Εικ. 52 και 53). Παρόλα αυτά κατά τόπους, σπανίως περιέχουν ιλύ ή λεπτομερή άμμο υπό την μορφή φακών.

Οι υπογωνιώδεις κροκάλες έχουν συνήθως μέγεθος έως 10 εκ. και είναι μέτρια ταξινομημένες. Σε γενικές γραμμές, όμως, η ταξινομήσή τους είναι καλύτερη από αυτή της Φάσεως Α. Τοπικά, τα στρώματα παρουσιάζουν καλά ανεπτυγμένη κανονική διαβάθμιση παρόλο που παρατηρούνται ενδιαστρώσεις μη διαβαθμισμένων στρωμάτων.

Ο επικρατέστερος λιθολογικός τύπος που παρατηρήθηκε στη Φάση αυτή συνίσταται από συμπαγή έως αμυδρώς υποοριζοντίως στρωματοποιημένο κροκαλοπαγές. Η στρωματοποίηση αυτή συνήθως αντιπροσωπεύεται από μεταβολές στο μέγεθος των κροκαλών ή της ταξινομήσεως υποδηλώνοντας μεταβολές στον ρυθμό απορροής του ιζήματος. Ψαμμιτικές και αργιλικές ενδοσυγκεντρώσεις έχουν συνήθως πάχος μέχρι 1 m και είναι συνήθως φακοειδείς. Τα περισσότερα ψαμμιτικά στρώματα παρουσιάζουν οριζόντια στρώση και αποτελούν διαβαθμισμένα καλύμματα των κροκαλοπαγών στρωμάτων.



Εικ. 52. Ποτάμια κροκαλοπαγής απόθεση (Φάση Β) από την τομή Ποταμοί.

Fig. 52. Stream-flow conglomerates (Facies B) from Potami section.



Εικ. 53. Κροκαλοπαγείς αποθέσεις με αργλοσαμμιτικές ενδιαστρώσεις (Φάση Β) από την τομή Βιγλοτόπι Β.

Fig. 53. Conglomeratic deposits with silty interbeds (Facies B) from Viglotopi B section.

Η ωριμότητα της αποθέσεως ως προς την υφή ποικίλει σημαντικά όπως αυτή κρίνεται με βάση α) το ποσοστό του συνδετικού υλικού, β) τον βαθμό ταξινομήσεως των συστατικών του κροκαλοπαγούς και γ) την στρογγυλότητα των κροκαλών.

Στα κατώτερα τμήματα της εμφανίσεως της, η Φάση Β δρίσκεται με την μορφή εκτεταμένων στρωμάτων που εναλλάσσονται με στρώματα της Φάσεως Α καθώς και με πιο λεπτομερείς αποθέσεις (Φάση Δ) και με κροκαλοπαγείς αποθέσεις κοίτης (Φάση Γ) (Εικ. 46). Στα ανώτερα όμως τμήματα, η Φάση Β είναι ενδιαστρωμένη μόνον με τα λεπτομερή ιζήματα της Φάσεως Δ. Επιπλέον, πλευρικός και προς τα ανατολικά της λεκάνης, παρατηρείται μετάβαση της Φάσεως Β στην υποκείμενη Φάση Α.

Συνθήκες και διεργασίες απόθεσης: Τα σχετικά μικρού πάχους κροκαλοπαγή έχουν χαρακτηριστικά αποθέσεων πλημμύρας (sheetflood deposits) οι οποίες αποτέθηκαν πάνω σε μία αλλουβιακή πλεξοειδή πεδιάδα (alluvial braidplain). Παρόμοιες

αποθέσεις μελετήθηκαν και ερμηνεύτηκαν από τον MIALL (1977, 1978). Η υφή και η στρωματοποίηση αυτών των κροκαλοπαγών υποδηλώνει προέλευση από ποτάμια ροή (stream-flow). Οι οριζοντίως στρωματοποιημένοι ψαμμίτες προφανώς αποτέθηκαν κατά τη διάρκεια εξασθένισης της πλημμύρας. Οι μικρής κλίμακας ενδιαστρώσεις φακοειδών, χαλικωδών και ψαμμιτικών στρωμάτων μπορεί πολύ απλά να αντιπροσωπεύουν απόθεση εξαιτίας μικρών διακυμάνσεων της ταχύτητας της ποτάμιας ροής.

Ο αδρομερής κόκκος, η δομή καθώς και τα σχετικά μικρού πάχους στρώματα ευνοούν την ερμηνεία της φάσεως αυτής ως πλεξοειδούς ποτάμιας απόθεσης παρά ως μαιανδρικής ποτάμιας απόθεσης. Επιπλέον, η απουσία στρώσεως τύπου epsilon καθώς και το μικρό σχετικά ποσοστό ενδοσυγκεντρώσεων λεπτομερέστερου υλικού ενισχύει την ερμηνεία μίας πλεξοειδούς ποτάμιας αποθέσεως.

Φάση Γ: Κροκαλοπαγείς κοίτες.

Περιγραφή: Η φάση αυτή εμφανίζεται σε μεγάλη έκταση στην τομή Βιγλοτόπι Β αλλά παρατηρήθηκε με μικρότερο ποσοστό εμφανίσεως και στις υπόλοιπες τομές (Εικ. 46 και 50).

Περιλαμβάνει κοίτες αποτελούμενες από κροκαλοπαγή στρώματα πάχους 2-5 m, με μικρό ποσοστό συνδετικού υλικού, τα οποία παρουσιάζουν εσωτερική στρώση και δομές προσανατολισμένων κροκαλών (Εικ. 54, 55, 56 και 57). Διαφέρουν από τις αποθέσεις της Φάσεως Β, από την παρουσία της έντονης βασικής διαβρωσιγενούς επιφανείας, από την μεγαλύτερη αποστρωγγύλωση των κροκαλών, την καλύτερη ταξινόμηση και την παρουσία ευκρινών ιζηματογενών δομών.

Επίπεδα και σκαφοειδής διασταυρούμενη στρώση κάνουν την εμφάνισή τους σε εγκάρσιες και επιμήκεις τομές της εμφανίσεως, ενώ οριζοντίως ενστρωμένες ενόθητες χαρακτηρίζονται από προσανατολισμένες κροκάλες και μία τάση να γίνονται λεπτομερέστερες προς τα άνω ως προς το μέγεθος τους.

Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των κοιτών ποικίλουν από μικρές, στενές με απότομες πλευρές μέχρι πεπλατυσμένες και ρηχές. Σε μερικές τομές παρατηρήθηκαν επαναλαμβανόμενες αποθέσεις της φάσεως αυτής (Τομή Βιγλοτόπι Β). Ενόθητες άμμου κάνουν σποραδικά την εμφάνισή τους και χαρακτηρίζονται από διασταυρούμενη κι οριζοντίως παράλληλη στρώση.

Συνθήκες και διεργασίες απόθεσης: Η παρουσία της έντονης διαβρωσιγενούς, βασικής επιφανείας, της διασταυρούμενης και παράλληλης στρώσεως και των αδρόκοκκων χερσογενών υλικών, συνηγορούν στην ποτάμια προέλευση της φάσεως αυτής. Η φάση Γ αντιπροσωπεύει ένα σύστημα ποταμίων κοιτών οι οποίες αποτελούνται ως επί το πλείστον από αδρομερή υλικά και οι οποίες αποτέθηκαν πάνω σε μία προϋπάρχουσα πλεξοειδή πεδιάδα. Η παρουσία των αμμωδών ενοτήτων μεταξύ των κροκαλοπαγών στρωμάτων, αντιπροσωπεύει αμμώδεις νησίδες οι οποίες πρέπει να δημιουργήθηκαν κατά την εξασθένιση της διεργασίας της ποτάμιας



Εικ. 54. Κροκαλοπαγής κοίτη της Φάσεως Γ από την τομή Απόστολοι.
 Fig. 54. Conglomeratic channel of Facies C from Apostoli section.

ροής.

Η ποικιλία στα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των κοιτών έχει άμεση σχέση με την ακριβή θέση αυτών στο ποτάμιο περιβάλλον (εγγύτερο περιβάλλον : μικρές στενές κοίτες με απότομες πλευρές, απώτερο περιβάλλον: πεπλατυσμένες και ρηχές κοίτες).

Β. Λεπτομερείς Φάσεις: Στις φάσεις αυτές διακρίνονται η Φάση Δ (αργιλικές αποθέσεις), η Φάση Ε (λιθαρηνιτικοί ψαμμίτες) και η Φάση ΣΤ (παλαιοεδαφικές αποθέσεις).

Φάση Δ: Αργιλικές αποθέσεις

Περιγραφή: Η φάση αυτή η οποία εντοπίζεται στο μεσαίο και ανώτερο τμήμα της αλλουβιακής ακολουθίας της Ενότητας 1, χαρακτηρίζεται από αργιλικά ιζήματα (Εικ. 58 και 59). Τα τελευταία κάνουν συνήθως την εμφάνισή τους με την μορφή εκτεταμένων στρωμάτων των οποίων το πάχος κυμαίνεται από λίγα εκατοστά μεταξύ των αποθέσεων κοίτης της Φάσεως Γ (Εικ. 46), (όπου προφανώς τμήμα αυτών των λεπτομερών ιζημάτων έχει υποστεί διάβρωση) μέχρι 1 m πλευρικός των κροκαλοπαγών κοιτών. Σπανίως σχηματίζουν μεγαλύτερου πάχους στρώματα



Εικ. 55. Υφή αποθέσεων κοίτης (Φάση Γ).
Fig. 55. Texture of the channel deposits (Facies C).

(έως 2m) τα οποία περιέχουν λεπτές, πλευρικός συνεχείς ενδιαστρώσεις μικρού μεγέθους κροκαλών. Γενικώς, οι αδρομερείς αποθέσεις κοίτης της Φάσεως Γ βρίσκονται ενδιαστρωμένες μέσα στα λεπτομερή ιζήματα της Φάσεως Δ (Εικ. 46, 49, 50).

Τα αργιλικά στρώματα συνήθως έχουν συμπαγή όψη παρόλο που τοπικώς εμφανίζεται αμυδρή οριζόντια στρώση.

Τα λεπτομερή αυτά ιζήματα παρουσιάζουν μία ποικιλία ως προς τον χρωματισμό ο οποίος μπορεί να είναι κυρίως ερυθρός, καστανόφαιος, γκρι και κίτρινος.

Συνθήκες και διεργασίες απόθεσης: Τα γενικά χαρακτηριστικά της Φάσεως Δ, δηλαδή η μέτρια ταξινόμηση, οι διάσπαρτες μικρού μεγέθους κροκάλες, τα ίχνη φυτικών ριζών και η απουσία ιζηματοδομών οδηγούν στο συμπέρασμα ότι πρόκειται για παρόχθιες αποθέσεις.

Πιο συγκεκριμένα, η φάση Δ, όταν εντοπίζεται στο ανώτερο τμήμα της ηπειρωτικής ακολουθίας της Ενότητας 1, αντιπροσωπεύει εκτεταμένες αποθέσεις πλημμύρας ενώ όταν εντοπίζεται, σε μικρότερο ποσοστό, στα εγγύτερα τμήματα των



Εικ. 56. Κροκαλοπαγής κοίτη της Φάσεως Γ (τομή Απόστολοι).

Fig. 56. Conglomeratic channel of Facies C (Apostoli section).

αλλουδιακών αποθέσεων, αντιπροσωπεύει απόθεση λεπτομερούς ιζήματος με την διεργασία της αιωρήσεως μέσα σε κοίτες ή απόθεση εξαιτίας λασποροής (mud-flow) όπου οι μεγαλύτερου μεγέθους κόκκοι απουσιάζουν εντελώς.

Φάση E: Λιθαρενιτικοί ψαμμίτες

Περιγραφή: Η φάση αυτή παρατηρήθηκε και μελετήθηκε στην Τομή Βιγλοτόπι Β (Εικ. 46) όπου δρέθηκε σε επαφή με τις φάσεις Β και ΣΤ.

Συνίσταται από μετρίως έως κακώς ταξινομημένους, ερυθρού χρώματος, λεπτομερείς έως αδρομερείς κοκκώδεις, λιθαρενιτικούς ψαμμίτες. Σε κατακόρυφη διάταξη, παρατηρούνται διακυμάνσεις ως προς την απόχρωση του ερυθρού χρώματος. Οι ψαμμίτες αυτοί συνίσταται κυρίως από αργιλικούς και χαλαζιτικούς κόκκους.

Η Φάση E εμφανίζεται ως σύνθετη ακολουθία της οποίας το πάχος μπορεί να φτάσει μέχρι και 20 m και συνίσταται από μεγάλο αριθμό επάλληλων στρωμάτων με μικρότερου πάχους ενδιαστρώσεις κροκαλοπαγών ή ερυθρών ιλυολίθων. Η επαφή μεταξύ των ψαμμιτών και των κροκαλοπαγών είναι συνήθως διαβρωσιγενής.

Παρόλο που τα ψαμμιτικά στρώματα είναι κατά κανόνα συμπαγή, τοπικά παρουσιάζουν οριζόντια στρώση με πρωτογενείς γραμμώσεις που οφείλονται σε ρεύματα, σκαφοειδή και επίπεδη διασταυρούμενη στρώση (trough-, planar cross strati-



Εικ. 57. Επαφή της κροκαλοπαγούς κοίτης με τα υπερκείμενα αργιλικά ιζήματα της Φάσεως Δ.
Fig. 57. Contact of the conglomeratic channel with the overlying silty deposits of Facies D.

fication) και τοπικά συνιζηματογενείς ρυτιδώσεις (ripple marks). Τα ενδιαστρωμένα κροκαλοπαγή χαρακτηρίζονται από την απουσία συνδετικού υλικού (clast-supported) ενώ οι χαλικώδεις ψαμμίτες είναι συνήθως αρκετά αδρομερείς. Ενδιαστρωμένα κροκαλοπαγή με λιθαρενιτικούς ψαμμίτες σχηματίζουν ακολουθίες μέχρι 3 m πάχους οι οποίες γίνονται λεπτομερέστερες όσον αφορά στο μέγεθος των κόκκων, προς τα ανώτερα τμήματα (fining-upward).

Συνθήκες και διεργασίες απόθεσης: Σύμφωνα με τους MIALL (1977, 1978), RUST (1978), GLOPPEN & STEEL (1981), NEMEC & STEEL (1984) οι οποίοι μελέτησαν παρόμοιες αποθέσεις, οι εναλλαγές στρωμάτων ψαμμίτη και ιλυολίθου της φάσεως αυτής ερμηνεύονται ως εφήμερες αποθέσεις εξαιτίας πλημμύρας (sheetflood deposits). Οι εναλλαγές στρωμάτων ψαμμίτη και κροκαλοπαγών θεωρούνται ότι οφείλονται σε διακυμάνσεις της εντάσεως της ροής κατά τη διάρκεια μίας πλημμύρας, με τους ψαμμίτες να έχουν αποθεθεί κατά τη διάρκεια σταδίων που χαρακτηρίζονται από εξασθένιση της ροής μέσα σε αβαθείς κοίτες οι οποίες βρίσκονται



Εικ. 58. Λεπτομερείς χερσοποτάμιες αποθέσεις με παλαιοεδαφικούς οριζόντες τύπου caliche (τομή Ποταμοί).

Fig. 58. Fine-grained floodplain deposits with caliche interbeds (Potami section).

μεταξύ ή επάνω από κροκαλοπαγείς νησίδες (gravel bars) καθώς και σε παρόχθιες περιοχές μεταξύ μεγαλύτερου δάθους κοιτών. Ο επικρατών συμπαγής χαρακτήρας των ψαμμιτικών αυτών στρωμάτων οφείλεται σε μεταδιαγενετικές επιδράσεις της πανίδας και της χλωρίδας στις επιφάνειες αποθέσεως.

Οι διακυμάνσεις που παρατηρούνται στο χρώμα της αποθέσεως προφανώς οφείλονται σε διακυμάνσεις των κλιματικών συνθηκών, διακυμάνσεις της στάθμης του υπόγειου ύδατος κατά τη διάρκεια ή αμέσως μετά την απόθεση ή διακυμάνσεις του ρυθμού ιζηματογένεσης, οι οποίες μπορεί να σχετίζονται με τεκτονική δραστηριότητα.

Φάση ΣΤ: Παλαιοεδαφικές αποθέσεις

Περιγραφή: Τυπική τομή εμφανίσεως της Φάσεως ΣΤ αποτελεί η τομή Βιγλοτόπι Β (Εικ. 46). Σε μικρότερη έκταση εμφανίζεται και μελετήθηκε στην τομή Αλόστολοι.

Η Φάση ΣΤ εντοπίζεται στα ανώτερα τμήματα των αλλουδιακών αποθέσεων και εναλλάσσεται συνήθως με ιζήματα της Φάσεως Δ και Ε (Εικ. 46). Χαρακτηρίζεται



Εικ. 59. Ολόκληρη η απόθεση της Εικ. 58.
Fig. 59. The whole exposure depicted in Fig. 58.

από κονδυλώδεις ασβεστόλιθους (calcretes) μέσα σε λεπτομερέστερες λιθολογίες κυρίως φαιού χρώματος ψαμμίτη ή φαιού ή/και ερυθρού χρώματος συμπαγή ιλύλιθο (Εικ. 60, 61 και 62). Το πάχος της αποθέσεως δεν παραμένει σταθερό και κυμαίνεται από λίγα εκατοστά μέχρι και 3 m. Οι οριζόντες που σχηματίζει η Φάση ΣΤ είναι συνήθως πλευρικώς συνεχείς, χωρίς να αποκλείεται και η παρουσία απομονωμένων κονδύλων, συνήθως φαιού χρώματος. Ως επί το πλείστον, όμως, οι ασβεστόλιθοι αυτοί χαρακτηρίζονται από την παρουσία πλευρικώς συνεχών στρωματιδίων που σχηματίζονται από μεγάλους, ερυθρού χρώματος κονδύλους.

Συνθήκες και διεργασίες απόθεσης: Η φάση αυτή συνιστά παλαιοεδαφικές αποθέσεις. Σκοπός της μελέτης αυτής δεν είναι η λεπτομερής παλαιοεδαφική ανάλυση. Παρόλα αυτά, οι παρατηρήσεις οι οποίες έγιναν κατά τη διάρκεια των εργασιών πεδίου μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τον ρυθμό δυθίσεως και το παλαιοκλίμα.

Εδαφικοί οριζόντες οι οποίοι είναι συνεχείς, όπως π.χ. αυτοί που παρατηρήθηκαν στην τομή Βιγλοτόπι Β (Εικ. 61), μπορούν να αναπτυχθούν μόνο πάνω στην επιφάνεια του ιζήματος. Σύμφωνα με τον WRIGHT (1992), ο οποίος ασχολήθηκε



Εικ. 60. Παλαιοεδαφική απόθεση με οριζόντες caliche (Τομή Απόστολοι).

Fig. 60. Paleosols with caliche horizons (Apostoli section).

με την αναγνώριση και ταξινόμηση των παλαιοεδαφικών αποθέσεων, η παρουσία ενός εδαφικού οριζοντα υποδηλώνει αργή ιζηματογένεση ή και απουσία ιζηματογένεσεως για χρονικά διαστήματα τα οποία κυμαίνονται από δεκαετίες μέχρι και 100.000 χρόνια, ανάλογα με το είδος και την ωριμότητα του παλαιοεδάφους. Πολλοί ερευνητές όπως οι LEEDER (1975), BOWN & KRAUS (1987), KRAUS (1987) έδειξαν πως η δομή και το χρώμα των ανθρακικών κονδύλων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό του χρόνου ωριμάνσεως αυτών των αποθέσεων. Μικροί, απομονωμένοι κόνδυλοι φαιού και ερυθρού χρώματος αποτελούν χαρακτηριστικά ανώριμων εδαφών ενώ στρωματίδια τα οποία αποτελούνται από συγκεντρώσεις μεγάλων ερυθρού χρώματος, κονδύλων υποδηλώνουν μεγαλύτερο βαθμό ωριμάνσεως. Μεγάλου πάχους στρώματα τα οποία αποτελούνται από καλά ανεπτυγμένους ανθρακικούς κονδύλους φανερώουν εγκατάλειψη της πεδιάδας πλημ-

μύρας και επικράτηση μίας καταστάσεως μη αποθέσεως για αρκετές χιλιάδες χρόνια. Ερυθρού χρώματος παλαιοεδάφη εμφανίζονται σε αρκετές “απολιθωμένες” αλλουβιακές αποθέσεις και υποδεικνύουν ένα ημίξηρο κλίμα (WILLIAMS, 1973).

Η επιφάνεια πάνω στην οποία τα παλαιοεδάφη αναπτύχθηκαν είναι γενικώς δύσκολο να εκτιμηθεί. Οι παλαιοεδαφικές αποθέσεις οι οποίες περιγράφηκαν παραπάνω θεωρούνται πως αναπτύχθηκαν είτε πάνω στην πεδιάδα πλημμύρας είτε πάνω στα ανώτερα επίπεδα εγκαταλελειμμένων κοιτών, με αποτέλεσμα οι επιφάνειες αυτές να είναι μικρής κλίσεως.

3.2.2. Ενότητα 2

Οι αποθέσεις της Ενότητας 2, η οποία αποτελεί την μετάβαση των ηπειρωτικών αποθέσεων της Ενότητας 1 στα θαλάσσια ιζήματα της Ενότητας 3, χαρακτηρίζουν αποθέσεις λιμναίου και υφάλμυρου περιβάλλοντος και διακρίνονται στην Φάση Ζ (καλκαρενίτες με λιγνιτικές ενδιαστρώσεις), Φάση Η (λιμναίοι ασβεστόλιθοι), Φάση Ο (ανθρακική ιλύς) και Φάση Ι (ψαμμιτικοί πάγκοι με όστρες). Χρο-



Εικ. 61. Εντονα στρωματοποιημένος κονδυλώδης ασβεστόλιθος της Φάσεως ΣΤ (τομή Βιγλοτόπι Β).

Fig. 61. Intensely stratified nodular limestone of Facies F (Viglotopi B section).

νοστρωματογραφικώς, οι παραπάνω φάσεις θεωρούνται αρχαιότερες των φάσεων της Ενότητας 3 (Αν. Τορτόνιο) και νεώτερες των φάσεων της Ενότητας 1 (Αν. Σεραβάλλιο-Κατ. Τορτόνιο).

Φάση Ζ: Καλκαρενίτες με λιγνιτικές ενδιαστρώσεις

Περιγραφή: Η φάση αυτή αποτελείται από καλκαρενίτες μέγιστου πάχους 1 m, οι οποίοι χαρακτηρίζονται από την ύπαρξη υπολειμμάτων φυτικών ριζών (οριζόντες seat-earth) καθώς και θραυσμάτων λιμναίων γαστεροπόδων. Στα ανώτερα τμήματα των καλκαρενιτικών αυτών στρωμάτων παρατηρήθηκε μικρός αριθμός (μέχρι 3) λεπτών λιγνιτικών ενδιαστρώσεων (Εικ. 63).

Η φάση αυτή συνήθως δρίσκεται να καλύπτει την ιζηματογενή ακολουθία των ηπειρωτικών αποθέσεων της Ενότητας 1. Παρόλα αυτά δεν παρατηρήθηκε σε όλες τις θέσεις που μελετήθηκαν αλλά κυρίως στις τομές Απόστολοι και Βιγλοτόπι Α.

Συνθήκες και διεργασίες απόθεσης: Το καθεστώς απόθεσης της φάσεως αυτής χαρακτηρίζει εγκαταλελειμμένες “παθητικές”, μερικώς λιμνώδεις περιοχές, επάνω στην επιφάνεια προϋπαρχόντων αλλουδιακών αποθέσεων, όπου η ανάπτυξη των φυτών καθώς και των λιγνιτικών οριζόντων είναι πιθανή εξαιτίας της περιορισμέ-



Εικ. 62. Αοδεστοποιημένοι οωλήνες μέσα στα ιζήματα της Φάσεως ΣΤ (τομή Βιγλοτόπι Β).

Fig. 62. Calcified tubes into the sediments of Facies F (Viglotopi B section).

νης παροχής κλαστικού υλικού. Επιπλέον, σύμφωνα με τον DUCHAUFOUR (1982) οι λιγνιτικές ενδιάστρωσεις οι οποίες αντιπροσωπεύουν ένα οργανικό, υδρομορφικό παλαιοέδαφος υποδεικνύουν μία σχετική ανάδυση του υδροφόρου ορίζοντα με συνέπεια την επικράτηση υδάτινων συνθηκών.

Φάση Η: Λιμναίοι ασβεστόλιθοι

Περιγραφή: Η φάση αυτή συνίσταται από λιμναίους ασβεστόλιθους οι οποίοι σχηματίζουν στρώματα πάχους μέχρι 80cm (Εικ. 64). Το πέτρωμα είναι γενικά καλά λιθοποιημένο, κατά τόπους ανακρυσταλλωμένο, προφανώς εξαιτίας της διαγενέσεως που υπέστη από τα γλυκά ύδατα, καθώς και στρωματοποιημένο. Αποτελείται από βαθύ κυανόφαιου χρώματος ανθρακικό βιοκλαστικό packstone και wackestone με περιεχόμενο σε ανθρακικό ασβέστιο μέχρι και 80%. Οι βιοκλάστες αποτελούνται κυρίως από θυρίδες οστρακωδών με μικρότερο ποσοστό διθύρων και γαστεροπόδων. Τα οστρακώδη κάνουν την παρουσία τους ως αρθρωμένες ή εξαρθρωμένες θυρίδες οι οποίες όλες χαρακτηρίζονται από την απουσία διακοσμήσεως.

Η φάση αυτή αναπτύσσεται κυρίως στο ανατολικό τμήμα της εξεταζόμενης λεκάνης, στην τομή Αποστόλων.



Εικ. 63. Λιγνιτική ενδιάστρωση στην επαφή δύο λιμναίων ασβεστολιθικών στρωμάτων (Φάση Ζ) (τομή Βιγλοτόπι Α).

Fig. 63. Coal seams in the contact of two freshwater limestone beds (Facies G) (Viglotopi A section).

Συνθήκες και διεργασίες απόθεσης: Η συγκέντρωση των λιμναίων αυτών ασβεστόλιθων φαίνεται πως χαρακτηρίζει περιβάλλοντα τα οποία παρουσιάζουν έλλειψη παροχής σε κλαστικό υλικό. Σύμφωνα με τον SPACKMAN *et al.* (1969) οι λιμναίοι ασβεστόλιθοι μπορεί να αποτεθούν μέσα σε αβαθή ύδατα πάνω σε έναν εγκαταλελειμμένο δελταϊκό λοβό όπου ο εμπλουτισμός σε ανθρακικό υλικό λαμβάνει χώρα εξαιτίας της παρουσίας φυκών, οστρακωδών και μαλακίων. Παρόλο που ένας αυθιγενής μηχανισμός θα μπορούσε να εξηγήσει αυτές τις χωρίς κλαστικό υλικό φάσεις, ο κλιματικός παράγοντας θα πρέπει επίσης να ληφθεί υπόψη.

Ο λιμναίος ασβεστόλιθος αντιπροσωπεύει απόθεση σε κλειστά-προστατευμένα περιβάλλοντα όπου το σημαντικό ποσοστό διαγενέσεως που υπέστη εξαιτίας της επιδράσεως του γλυκού ύδατος υποδηλώνει το τελευταίο στάδιο αναπτύξεως ενός ώριμου παλαιοεδάφους τύπου calcrete σε αυτά το επίπεδο.

Φάση Θ: Ανθρακική ιλύς

Περιγραφή: Η φάση αυτή αποτελείται από σκουρόχρωμη έως μαύρη, με υψηλό ποσοστό σε ανθρακικό περιεχόμενο, ιλύ η οποία χαρακτηρίζεται από πολύ λεπτή στρώση με μία ευκρινή σχιστότητα η οποία μάλλον οφείλεται σε διεργασίες αποσαθρώσεως. Το μέγιστο πάχος που μπορεί να φτάσει η φάση αυτή κυμαίνεται σε μερικά εκατοστά του μέτρου και παρατηρείται συνήθως ακριβώς πάνω από τους



Εικ. 64. Λιμναίοι ασβεστόλιθοι από την τομή Απóstολοι (Φάση Η).
Fig. 64. Fresh water limestones from Apostoli section (Facies H).

ασβεστόλιθους της προηγούμενης φάσεως. Λεπτά στρωματίδια που αποτελούνται από δίθυρα καθώς και οστρακώδη είναι παρόντα.

Συνθήκες και διεργασίες απόθεσης: Σύμφωνα με τους SCOTT (1978), HASZELDINE (1984b) και FIELDING (1984) οι οποίοι μελέτησαν παρόμοιες ποταμολιμναίες αποθέσεις, η φάση αυτή αντιπροσωπεύει αναερόβια, χωρίς κλαστικό υλικό απόθεση σε ένα περιβάλλον γλυκών υδάτων. Το βαθύ χρώμα της φάσεως αυτής οφείλεται σε αναγωγικές συνθήκες, ενώ τα απολιθώματα δείχνουν ότι η απόθεση ήταν καλυμμένη από γλυκό ύδωρ για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Φάση I: Ψαμμιτικοί πάγκοι με όστρες

Περιγραφή: Η φάση αυτή περιλαμβάνει ψαμμιτικούς πάγκους πάχους 20-50 εκ. οι οποίοι στην κορυφή τους χαρακτηρίζονται από την παρουσία μεγάλων οστρέων μεγέθους μέχρι και 30 εκ. (Εικ. 65 και 66). Οι όστρες αυτές φαίνεται να είναι ανεπτυγμένες *in situ* μέσα στα αμμώδη-ιλυώδη ιζήματα. Είναι δίθυρα, μεγάλου πάχους που έχουν αποτεθεί σε οριζόντια διεύθυνση. Εκτός από τους πάγκους με όστρες, μέσα στα αμμώδη ιζήματα βρέθηκαν άτομα διάσπαρτα, απομονωμένα και πολλές φορές απολελειμμένα, με τις θυρίδες τους διαχωρισμένες. Το όστρακό τους είναι συνήθως παχύ, μέχρι περίπου 5 εκ., και το μέγεθός τους φτάνει τα 20-25 εκ.

Συνθήκες και διεργασίες απόθεσης: Γενικά, οι όστρες θεωρούνται από τις πιο πετυχημένες ομάδες απολιθωμένων διθύρων. Μέρος της μορφολογικής ποικιλότητας που παρουσιάζουν, οφείλεται στο γεγονός ότι κατά τη διάρκεια του Μεσοζωικού και Καινοζωικού, άφησαν το πρωταρχικό πετρώδες υπόστρωμα που κατοικούσαν, κι εξελίχθηκαν σε κάτοικοι μαλακού υποστρώματος (SEILACHER, 1984).

Ειδικότερα, οι όστρες που κατοικούν σε μαλακό υπόστρωμα παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον για τους παλαιοντολόγους, α) διότι παρουσιάζουν υψηλό ποσοστό απολιθώσεως και β) διότι εμφανίζουν πιο κανονικό σχήμα το οποίο διευκολύνει στην συστηματική ταξινόμησή τους καθώς και στην παλαιοοικολογική ανάλυση και ερμηνεία τους.

Οι DEMARCQ & DEMARCQ (1989), αναφέρουν απολιθωμένα βιοστρώματα αποτελούμενα από *Crassostrea*, των οποίων η ανάπτυξη θεωρείται συνδεδεμένη με ένα υφάλμυρο παλαιοπεριβάλλον.

Επιπλέον, πολλοί πάγκοι με όστρες ανεπτυγμένοι σε ποικίλες φάσεις, είναι γνωστοί από το Μειόκαινο της Μεσογείου (DEMARCQ, 1962-1970). Πολλές από αυτές τις συγκεντρώσεις έχουν χαρακτηριστεί ως "crassats", όρος όμως αμφίβολος ο οποίος δεν χρησιμοποιείται παρά μόνον όταν αυτές σχετίζονται με συγκεντρώσεις θανατοκοινωνίας (DEMARCQ & DEMARCQ, 1989).

Οι πιο ενδιαφέρουσες συγκεντρώσεις από όστρες του Νεογενούς στην Μεσόγειο αποτελούνται από *Crassostrea gryphoides* SCHLOTHEM. Κατά τη διάρκεια του Μειοκαινού, η *C. gryphoides* σχηματίζει αξιοσημείωτες συγκεντρώσεις. Κατά το



Εικ. 65. Πάγκοι με όστρεες στην τομή Βιγλοτόπι Β.
Fig. 65. Oyster banks from Viglotopi B section.



Εικ. 66. Οστρεα από τις μεταβατικές αποθέσεις της τομής Βιγλοτόπι Β.
Fig. 66. An oyster from the transitional deposits of Viglotopi B section.

Πλειόκαινο, το είδος αυτό εξαφανίζεται από την Μεσόγειο εξαιτίας της ψυχράνσεως των θαλασσίων υδάτων (DEMARCO, 1984).

Παλυνολογικές αναλύσεις που διεξήχθησαν σε παρόμοιες αποθέσεις από τον BESSEDIK (1981), έδειξαν ότι η απόθεση των ιζημάτων που φιλοξενούσαν τους πάγκους με όστρες έλαβε χώρα σε κλίμα θέρμο και ξηρό. Επιπλέον, η μελέτη των οστρακωδών που διεξήχθη από τον CARBONNEL (1986) επιβεβαίωσε τα παραπάνω συμπεράσματα.

Τέλος, όσον αφορά στην παρουσία των διάσπαρτων οστρέων, σε αυτήν την περίπτωση δεν πρόκειται για διόστρωμα με την κύρια σημασία του όρου αλλά για μια ταυτόχρονη απόθεση διάσπαρτων ατόμων.

3.2.3. Ενότητα 3

Οι αποθέσεις της Ενότητας 3 αποτελούνται κυρίως από μαργαϊκό και ψαμμιτικό υλικό, αποτέθηκαν σε παράκτιο περιβάλλον και χωρίζονται στην Φάση Κ (ψαμμίτες με ανθρακικά συγκρίματα), Φάση Λ (παράκτια κροκαλοπαγή), Φάση Μ (εναλλαγές αργιλικών αποθέσεων με ψαμμίτες με σκαφοειδή διασταυρούμενη στρώση), Φάση Ν (ψαμμιτικοί πάγκοι με *Heterostegina*), και Φάση Ξ (απολιθωματοφόρος μάργα). Χρονοστρωματογραφικώς, οι προαναφερθείσες φάσεις καλύπτουν το διάστημα Μ.-Αν. Τορτόνιο.

Φάση Κ: Ψαμμίτες με ανθρακικά συγκρίματα

Περιγραφή: Η φάση αυτή περιλαμβάνει ψαμμίτες με ανθρακικά συγκρίματα. Το φιλοξενών πέτρωμα αποτελείται από μεσόκοκκη έως αδρόκοκκη άμμο με διάσπαρτες μικρού μεγέθους κροκάλες (χάλικες) και με τεμάχια μαλακίων διασκορπισμένα σε ορισμένα τυχαία επίπεδα. Τα ιζήματα δεν είναι λιθοποιημένα παρά μόνο τοπικά όπου λαμβάνει χώρα ασβεστιτική τοιμεντοποίηση. Τα συγκρίματα βρίσκονται μέσα στην άμμο αλλά τοπικά μπορεί να βρεθούν μέσα σε χαλικώδη στρωματίδια πάχους ολίγων εκατοστών (Εικ. 67 και 68).

Η φάση αυτή σχηματίζει στρώματα πάχους μέχρι 0.5m τα οποία μπορεί πλευρικά να αποσφηνώνονται. Δομές διαβρώσεως (αυλακώσεις) παρατηρούνται σπανίως.

Παράλληλη στρώση καθώς και σκαφοειδής (trough) διασταυρούμενη στρώση αποτελούν τις πιο συχνές ιζηματοδομές χωρίς να αποκλείεται και η παρουσία συνιζηματογενών ρυτιδώσεων. Βιοδηλωτικά ίχνη με την μορφή φωλεών (burrows) κατακόρυφης αλλά και πλάγιας κατευθύνσεως βρίσκονται διάσπαρτα μέσα στα στρώματα.

Τα συγκρίματα ποικίλουν σε σχήμα, από επιμήκες έως σφαιρικό ή πεπλατυσμένο σφαιρικό με την πεπλατυσμένη πλευρά παράλληλη στο επίπεδο στρώσεως. Αποτελούνται συνήθως από ανθρακικό υλικό, παρόλα αυτά μπορεί να είναι και αργιλικά. Ποικίλουν σε χρώμα από γκρι έως μαύρο, είναι σκληρά κι έχουν μία διακριτι-

κή “πετρώδη” οσμή όταν σπάνε.

Τα επιμήκη συγκρίματα έχουν διάμετρο 0.5-3cm και παρουσιάζουν αποστρογγυλεμένα άκρα. Προφανώς, οι στρογγυλεμένες άκρες αντιπροσωπεύουν τα φυσικά άκρα των συγκριμάτων αλλά τα τελευταία είναι συνήθως εύθραυστα με αποτέλεσμα να δέχονται εύκολα την επίδραση διαβρώσεως εξαιτίας κλιματικών συνθηκών όπως είναι π.χ. ο άνεμος. Τα συγκρίματα αυτά προεξέχουν αρκετά εκατοστά από την εμφάνιση του ιζήματος η οποία έχει υποστεί διάβρωση εξαιτίας του ανέμου και της βαρύτητας. Τα συγκρίματα τα οποία έχουν απομακρυνθεί από την απόθεση φτάνουν σε μήκος τα 30cm. Δυστυχώς δεν ήταν δυνατή η απομάκρυνση ολόκληρου του συγκριματος με αποτέλεσμα να μην είναι δυνατός ο ακριβής προσδιορισμός του μεγέθους και του σχήματος αυτού.

Συνθήκες και διεργασίες απόθεσης. Γενικώς η δημιουργία και ανάπτυξη των συγκριμάτων οφείλεται, στις περισσότερες των περιπτώσεων, σε διαγενετικές διεργασίες οι οποίες λαμβάνουν χώρα στο ίζημα όταν αυτό είναι ακόμα φυσικώς, χημικώς, βιοχημικώς και ορυκτολογικώς ασταθές. Οι πρώτες διαγενετικές διεργασίες



Εικ. 67. Λεπτόκοκκος ψαμίτης με συγκρίματα (τομή Απόστολοι).

Fig. 67. Fine-grained concretionary sandstone (Apostoli section).

οι οποίες σχετίζονται με την αποσύνθεση του οργανικού υλικού θεωρούνται οι υπεύθυνοι μηχανισμοί δημιουργίας συγκριμάτων. Επιπλέον, ιζηματολογικοί και περιβαλλοντικοί παράμετροι προκαλούν ανομοιογενή λιθοποίηση του ιζήματος η οποία έχει ως αποτέλεσμα την παρουσία κονδύλων και συγκριμάτων.

Εξαιτίας της καλύτερης λιθοποίησης, του χαμηλού πορώδους και της διαφορετικής ορυκτολογικής συστάσεως από το φιλόξενο ιζημα, τα συγκρίματα έχουν την τάση να ανθίστανται στις διεργασίες διαβρώσεως. Τέλος, οι αποκλίσεις από το σφαιρικό σχήμα μπορεί να οφείλεται είτε στην συνένωση δύο ή περισσότερων συγκριμάτων είτε στην παρουσία ενός μεγάλου, ακανόνιστου σχήματος πυρήνα.

Ειδικότερα, στις εξεταζόμενες τομές της Λεκάνης των Απόστολων, οι ιλυώδεις ψαμίτες με συγκρίματα θεωρούνται πως αντιπροσωπεύουν είτε μείωση του ρυθμού ιζηματογενέσεως, είτε ένα ιζηματογενές κενό (hiatus) όπου ο σχηματισμός των συγκριμάτων λαμβάνει χώρα στα αβαθή επίπεδα της ιζηματογενούς στήλης. Ο σχηματισμός συγκριμάτων σχετίζεται άμεσα με τον μειωμένο ρυθμό ιζηματογενέσεως και συνεπώς και ολόκληρη η φάση.

Σύμφωνα με τους PIRRIE (1987), WILKINSON (1989b) και BJORKUM & WALTERHAUG (1990a) οι οποίοι μελέτησαν παρόμοιες αποθέσεις συγκριμάτων, τα συγκρί-



Εικ. 68. Επιμήκη συγκρίματα από τις παράκτιες αποθέσεις της τομής Ποταμοί.
Fig. 68. Oblong concretions from the coastal deposits from Potami section.

ματα τα οποία φιλοξενούνται μέσα σε ψαμμίτη εντοπίζονται συνήθως κατά μήκος ορισμένων επιφανειών στρώσεως. Σύμφωνα με τους παραπάνω ερευνητές, για την εξήγηση του φαινομένου αυτού υπάρχουν οι ακόλουθες θεωρίες:

- Τα συγκρίματα αναπτύσσονται εκεί όπου παρατηρείται μέγιστη ροή των υγρών των πόρων δηλ. στα στρώματα με υψηλή διαπερατότητα. Συνεπώς, η κατανομή των συγκριμάτων αντικατοπτρίζει την κατανομή της διαπερατότητας μέσα σε έναν ψαμμίτη.
- Τα συγκρίματα σχηματίζονται πιο γρήγορα εκεί όπου παρατηρείται ροή των ρευστών παρά εκεί όπου υπάρχει στασιμότητα. Συνεπώς, σε ένα ψαμμιτικό στρώμα με αφθονία πυρήνων, οριζόντες συγκριμάτων αναπτύσσονται εκεί όπου υπάρχει υψηλός ρυθμός ροής. Εάν όντως αυτό ισχύει τότε θα πρέπει τα συγκρίματα να υπέρκεινται των πιο υδατοπερατών οριζόντων ενός ψαμμίτη. Παρόλα αυτά έχει αποδειχθεί ότι η διαπερατότητα δεν ελέγχει άμεσα τον σχηματισμό οριζόντων με συγκρίματα.

Ο τρόπος εμφάνισης των περισσότερων συγκριμάτων στους ψαμμίτες υποδηλώνει ότι η δημιουργία αυτών είναι συγγενετική ή στο αρχικό στάδιο της διαγενέσεως. Σχηματίζονται αμέσως μετά την απόθεση, όταν ακόμα το ψαμμιτικό υλικό βρίσκεται σε ένα πλαστικό, μη λιθοποιημένο στάδιο δηλ. οι κόκκοι άμμου πληρούν τα κενά γύρω από τα συγκρίματα και σαν αποτέλεσμα μεταγενέστερης συμπίκνωσης ρέουν "τώρα" γύρω από αυτά.

Μερικά συγκρίματα, κυρίως αυτά που φιλοξενούνται σε ψαμμίτη πιστεύεται πως έχουν σχηματιστεί μετά την λιθοποίηση και ανάδυση του φιλοξενούντος πετρώματος και γι' αυτόν τον λόγο καλούνται επιγενετικά (WILKINSON, 1991).

Η παρουσία επιμηκών και παραλλήλων μεταξύ τους συγκριμάτων στις αποθέσεις της τομής Ποταμοί, σε στρώματα με διάφορα είδη στρώσης (παράλληλη και διασταυρούμενη στρώση) δείχνει ότι οι ιζηματογενείς δομές δεν επηρεάζουν την ανάπτυξη των συγκριμάτων. Σύμφωνα με τους McBRIDE *et al.* (1994), τα επιμήκη συγκρίματα έχουν διεύθυνση κάθετη στην ακτογραμμή και παράλληλη στην ροή του υπόγειου ύδατος και δεν παρουσιάζουν καμία ιζηματοδομή ή χαρακτηριστική υφή όσον αφορά στην διάταξη των κόκκων.

Η ασυμφωνία που παρατηρείται μεταξύ της διεύθυνσεως των παλαιορευμάτων και του μεγάλου άξονα των συγκριμάτων υποδηλώνει ότι και οι δομές που δημιουργούνται από την διάταξη των κόκκων δεν επηρεάζουν την ανάπτυξη των συγκριμάτων. Ο μεγάλος άξονας των κόκκων της άμμου έχει την τάση να ευθυγραμμίζεται παράλληλα με την διεύθυνση ροής των ρευμάτων (POTTER & PETHIJOHN, 1963) η οποία συμπίπτει με τη διεύθυνση της μέγιστης διαπερατότητας (PRYOR, 1973). Η ασυμφωνία μεταξύ της διεύθυνσεως των παλαιορευμάτων και της αναπτύξεως των συγκριμάτων δείχνει ότι η τελευταία έλαβε χώρα σε διεύθυνση άσχετη της μέγιστης διαπερατότητας.

Αποκλίσεις από το σφαιρικό σχήμα έχουν ερμηνευτεί είτε ως το αποτέλεσμα διαφορετικού ρυθμού αναπτύξεως στις διάφορες κατευθύνσεις εξαιτίας της ανισοτροπίας που παρουσιάζει η διαπερατότητα (DEEGAN, 1970, GLUYAS, 1984) είτε λόγω της ανομοιογενούς πρωτογενούς κατανομής του βιογενούς ανθρακικού υλικού εκεί όπου η τσιμεντοποίηση λαμβάνει χώρα λόγω διεργασιών διαχύσεως (BJORKUM & WALDERHAUG, 1990).

Φάση Λ: Παράκτια κροκαλοπαγή

Περιγραφή: Η φάση Λ παρατηρήθηκε κυρίως στο δυτικό τμήμα της εξεταζόμενης λεκάνης και μελετήθηκε λεπτομερώς στις τομές Βιγλοτόπι Α και Β. Η φάση αυτή αντιπροσωπεύεται από ακολουθίες πάχους 1.5-2 cm οι οποίες αποτελούνται από επάλληλα, πλευρικός συνεχή κροκαλοπαγή, τα οποία σχηματίζουν τραπεζοειδή στρώματα, με υποοριζόντια στρώση (Εικ. 69 και 70). Μεμονωμένα στρώματα παρουσιάζουν ομοιόμορφη υφή καθώς κι έναν καλά ταξινομημένο σκελετό ο οποίος αποτελείται από χάλικες κι ένα συνδετικό υλικό το οποίο αποτελείται από αδρομερή άμμο και μικρού μεγέθους χάλικες. Στην ακολουθία των στρωμάτων παρατηρείται μεγάλη ποικιλία στο μέγεθος των κόκκων οι οποίοι παρουσιάζουν διαβάθμιση καθώς και στην ταξινόμηση εξαιτίας του σχήματος των κόκκων, το οποίο συνήθως είναι πεπλατυσμένο. Επιπλέον, η ακολουθία αυτή γίνεται λεπτομερέστερη προς τα άνω και περνά σε μία άλλη ακολουθία η οποία γίνεται αδρομερέστερη προς τα άνω, ορίζοντας έτσι διαχωριστικές επιφάνειες στρώσεως.

Οι αποθετικές ακολουθίες εμφανίζουν καλή στρώση, συνήθως εξαιτίας της παρουσίας ψαμμιτικών ενδιαστρώσεων. Η ακολουθία των κροκαλοπαγών γενικώς αποτελείται από (Εικ. 70):

- Κροκαλοπαγή στρώματα χωρίς συνδετικό υλικό, κανονικά διαβαθμισμένα τα οποία πιστεύεται πως προήλθαν από την επαναεπεξεργασία ποτάμιων κροκαλών από τα κύματα.
- Χαλικώδεις ψαμμίτες με σκαφοειδή διασταυρούμενη στρώση, καλή ταξινόμηση και με ίχνη βιοαναμόχλευσης (*Skolithos*), (Εικ. 71 και 72).

Συνθήκες και διεργασίες απόθεσης: Η πλευρική συνέχεια που παρουσιάζουν τα στρώματα, η σφαιρικότητα των κόκκων καθώς και τα υπόλοιπα χαρακτηριστικά της υφής που παρουσιάζει η φάση Λ, οδηγούν στο συμπέρασμα πως πρόκειται για αποθέσεις της παράκτιας ζώνης (shoreface) όπως αυτές ορίστηκαν από τους BOURGEOIS & LEITHOLD (1984), CLIFTON (1973), BLUCK (1967A), NEMEC & SEEL (1984).

Φάση Μ: Εναλλαγές αργιλικών αποθέσεων με ψαμμίτες με σκαφοειδή διασταυρούμενη στρώση.

Περιγραφή: Η φάση Μ παρατηρήθηκε και περιγράφηκε μόνον στην τομή Βιγλοτόπι Β. Χαρακτηρίζεται από λυόλιθους με αμμόδεις ενδιαστρώσεις και ψαμμίτες με παράλληλη και διασταυρούμενη στρώση. Τα ψαμμιτικά στρώματα έχουν συνή-



Εικ. 69. Παράκτια κροκαλοπαγή από τις παράκτιες αποθέσεις της τομής Βιγλοτόπι Β.
Fig. 69. Beach conglomerates from the shoreface deposits of Viglotopi B section.



Εικ. 70. Ολόκληρη η παράκτια απόθεση της Εικ. 69.
Fig. 70. The whole shoreface exposure of Fig. 69.



Εικ. 71. Παράκτιοι ψαμμίτες με παράλληλες και συνεχείς χαλικώδεις ενδιαστρώσεις, με διάσπαρτη σκαφοειδή διασταυρούμενη στρώση και με ίχνη βιοαναμοχλεύσεως (Τομή Ποταμοί).

Fig. 71. Trough-cross stratified, bioturbated shoreface sandstones with laterally continuous gravel interbeds (Apostoli section).



Εικ. 72. Ίχνη βιοαναμοχλεύσεως στις αποθέσεις της Φάσεως Λ (Τομή Ποταμοί).

Fig. 72. The bioturbated deposits of Facies L (Potami section).

θως πάχος 10-50 cm. Τα περισσότερα στρώματα συνήθως έχουν απότομα όρια και μερικά από αυτά παρουσιάζουν sole marks με διεύθυνση κάθετη στην ακτογραμμή.

Η ερμηνεία αυτή επιπλέον υποστηρίζεται από την στρωματογραφική Θέση των περιγραφόμενων ακολουθιών, μεταξύ των αποθέσεων της ανοικτής θάλασσας (off-shore) και των επιφανειακών αλλουβιακών αποθέσεων.

Οι ιλύόλιθοι περιέχουν αφθονία αμμωδών στρώσεων καθώς και φακούς οι οποίοι χαρακτηρίζονται από μικρής κλίμακας διασταυρούμενη στρώση προερχόμενη από κύματα. Οι σχηματιζόμενες ενότητες οι οποίες γίνονται αδρομερείς προς τα άνω ξεκινούν με αργιλικά στρώματα τα οποία σταδιακά μεταβαίνουν σε ψαμίτες με παράλληλη στρώση. Αυτοί περιέχουν αφθονία συνιζηματογενών ρυτιδώσεων προερχομένων από κύματα και στην οροφή τους καλύπτονται από στρώματα εντόνως επεξεργασμένα από κύματα. Επιπλέον, σκαφοειδής διασταυρούμενη στρώση αναπτύσσεται σποραδικώς (Εικ. 73).

Συνθήκες και διεργασίες απόθεσης: Το υψηλό ποσοστό αργίλου και ιλύος υποδηλώνει χαμηλής ενέργειας απόθεση εξαιτίας αιωρήσεως. Οι ενότητες οι οποίες



Εικ. 73. Σκαφοειδής διασταυρούμενη στρώση στις ψαμμιτικές αποθέσεις της Φάσεως M (Τομή Βιγλοτόπι Β).

Fig. 73. Hummocky-cross -stratified sandstones of Facies M (Viglotopi B section).

γίνονται αδρομερείς προς τα άνω αντιπροσωπεύουν βαθμιαία μετάβαση σε πιο αβαθή ύδατα η οποία μπορεί να οφείλεται σε πλευρική μετανάστευση των υπαρχόντων νησίδων ή σε αβαθή ανάπτυξη της κρηπίδας.

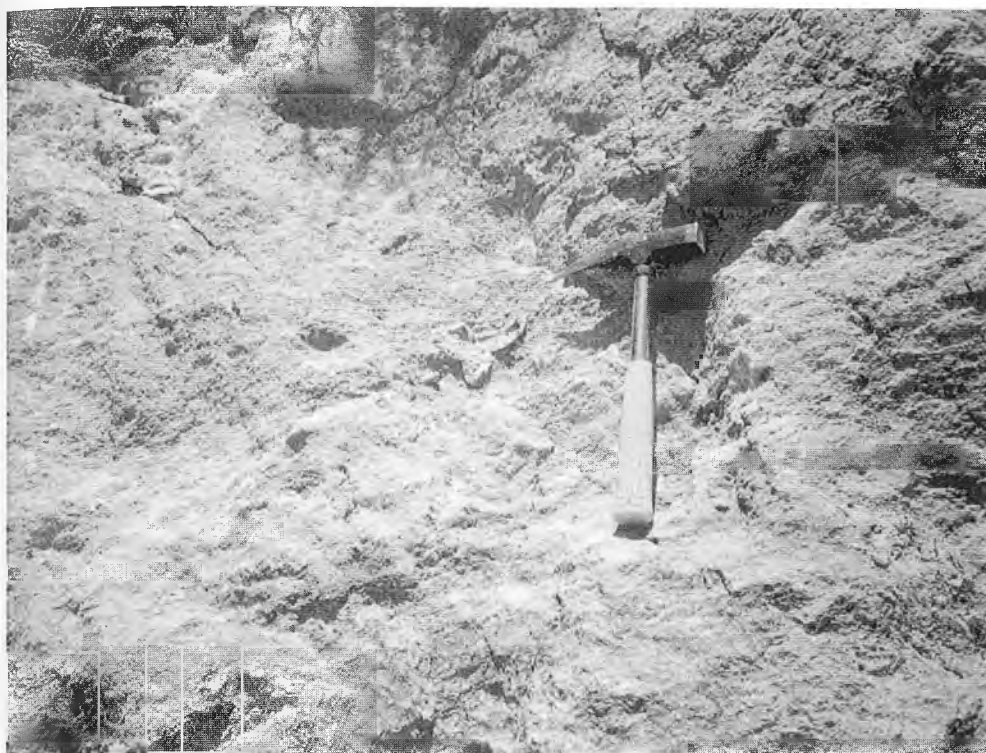
Οι ψαμμίτες με παράλληλη ή διασταυρούμενη στρώση αποτέθηκαν σε μία περιοχή η οποία δεχόταν έντονα τις επιδράσεις των κυμάτων, ως λεπτά στρώματα πάνω σε ένα λεπτομερές υπόβαθρο το οποίο προφανώς προήλθε από την επεξεργασία προϋπαρχόντων νησίδων της κρηπίδας (παράκτιες) ή νησίδων που βρίσκονται σε ποτάμιες εκβολές. Επακόλουθη επεξεργασία σε ήπιες καιρικές συνθήκες ίσως να ευθύνεται για τις παρατηρούμενες ιζηματοδομές παρόλο που η σποραδική σκαφοειδής διασταυρούμενη στρώση φανερώνει μερική επίδραση από έντονο κυματισμό (DOTT & BOURGEOIS, 1982, BRENCHLEY, 1985). Δεν είναι ακόμα απόλυτα εξακριβωμένοι οι μηχανισμοί που είναι υπεύθυνοι για τη δημιουργία αυτής της ιζηματοδομής. Μερικοί ερευνητές θεωρούν υπεύθυνη την συνδυαζόμενη ροή (combined flow), (συνύπαρξη ταλαντευόμενων ρευμάτων, όπως είναι τα κύματα και ρευμάτων μιας διευθύνσεως), ενώ πειραματικά αποτελέσματα των SOUTHARD *et al.* (1990) κατέδειξαν την ταλαντευόμενη ροή (oscillatory flow). Στο γεωλογικό αρχείο, ψαμμίτες οι οποίοι περιέχουν σκαφοειδή διασταυρούμενη στρώση είναι συνήθως ενδιαστρωμένοι με βιοαναδευμένες μάργες ή/και αργίλους. Σύμφωνα με τον BRENCHLEY (1985) η σκαφοειδής διασταυρούμενη στρώση διατηρείται συνήθως σε περιοχές όπου η δράση της παλίρροιας είναι ασθενής και οι οποίες βρίσκονται κάτω από τη βάση του κύματος σε ήπιες καιρικές συνθήκες (fairweather-wave base).

Οι ψαμμίτες της φάσεως αυτής έχουν πολλά κοινά χαρακτηριστικά με τους υπονηριτικούς ψαμμίτες που έχουν περιγραφεί από τους GOLDRING & BRIDGES (1973) καθώς και με τις παρεμβαλλόμενες στρώσεις που οφείλονται σε έντονο κυματισμό και οι οποίες έχουν αποδοθεί ως αποθέσεις θυελλωδών ρευμάτων μετά τη διάβρωση της κρηπίδας. Λεπτά κροκαλοπαγή στρώματα μέσα στους ψαμμίτες αντιπροσωπεύουν μεταφορά χονδροκλαστικών υλικών λόγω υψηλής ενέργειας. Η ποικιλία βιοαναδευσεως που παρατηρείται δείχνει επαναποίκιση της περιοχής κατά τη διάρκεια χρονικών περιόδων όπου επικρατούσε ύφεση στις καιρικές συνθήκες.

Φάση N: Ψαμμιτικοί πάγκοι με *Heterostegina*

Περιγραφή: Η φάση αυτή χαρακτηρίζεται από ψαμμιτικά στρώματα τα οποία αποτελούνται σχεδόν αποκλειστικά από *Heterostegina* και των οποίων το πάχος κυμαίνεται από 2.5-40m (Εικ. 74, 75). Ο αριθμός των ψαμμιτικών στρωμάτων ποικίλει από θέση σε θέση και κυμαίνεται από ένα (Τομή Σελλί) μέχρι τέσσερα στρώματα (Τομή Ποταμοί). Τα ψαμμιτικά στρώματα παρουσιάζουν τραπεζοειδή γεωμετρία, είναι δηλαδή πλευρικός συνεχής και παρατηρούνται σε όλες τις θέσεις της εξεταζόμενης λεκάνης. Οι επαφές μεταξύ των στρωμάτων είναι απότομες αλλά όχι διαβρωσιγενείς.

Συνθήκες και διεργασίες απόθεσης: Σύμφωνα με τους KIDWELL (1989, 1991) και



Εικ. 74. Ψαμμιτικός πάγκος με *Heterostegina* και διάσπαρτα *Clypeaster* (Τομή Ποταμοί).

Fig. 74. Sandstone with *Heterostegina* and scattered *Clypeaster* (Potami section).

BANERJEE & KIDWELL (1991), τέτοιου είδους στρώματα μπορεί να αντιπροσωπεύουν υψηλά επίπεδα παραγωγής κελυφών και/ή βεβιασμένη διατήρηση αυτών σε συνδυασμό με πολύ χαμηλά επίπεδα χερσογενούς ιζηματογένεσης. Η πλειονότητα των συγκεντρώσεων αυτών δημιουργήθηκε κατά τη διάρκεια διακοπών της κανονικής ιζηματογένεσης και συντόμων επεισοδίων επανεπεξεργασίας εξαιτίας θυέλλης ή επαναλαμβανόμενων επεισοδίων θυέλλης τα οποία συνοδεύονται από πολύ χαμηλά επίπεδα χερσογενούς ιζηματογένεσης. Ο συσχετισμός της τροφοδοσίας κελυφών με τα ιζηματογενή κενά αυξάνει την πιθανότητα τα στρώματα αυτά να συσχετίζονται με επιφάνειες ασυμφωνίας.

Το πάχος των ψαμμιτικών στρωμάτων φαίνεται πως ελέγχεται από πολλούς παράγοντες εκτός της διάρκειας συγκεντρώσεως βιοκλαστικού υλικού με αποτέλεσμα να αποτελεί αδιάσπμο κριτήριο για την εκτίμηση της διάρκειας των κενών ιζηματογένεσης.

Η τραπεζοειδής γεωμετρία των ψαμμιτικών στρωμάτων βρίσκεται σε συμφωνία με την υπόθεση ότι η συγέντρωση της *Heterostegina* έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια



Εικ. 75. Ψαμμιτικός πάγκος με *Heterostegina* από την τομή Ποταμοί.
Fig. 75. A *Heterostegina* sandstone bed from Potami section.

θελλωδών διεργασιών, οι οποίες επανειλημμένως προκάλεσαν τη συγκέντρωση του απολιθώματος αυτού στον ίδιο ορίζοντα αναφοράς.

Φάση Ε: Απολιθωματοφόρος μάργα

Περιγραφή: Η επικρατέστερη lithολογία της φάσεως αυτής από πλευράς υφής παρουσιάζεται ως κυανού-κυανόφαιου χρώματος ιλυώδης ή/και αμμώδης μάργα με διάσπαρτους φακούς ή στρώσεις λεπτόκοκκου ψαμμίτη (Εικ. 76, 77 και 78). Το μέγιστο πάχος της φάσεως ανέρχεται τα 150m και παρατηρήθηκε στην τομή Γενή.

Κορήματα από κελύφη μαλακίων παρατηρήθηκαν τοπικώς συγκεντρωμένα. Οι ψαμμιτικές συγκεντρώσεις είναι συμπαγείς με παράλληλη στρώση ή παρουσιάζουν

συνιζηματογενείς ρυτιδώσεις και τοπικά φακοειδή ή/και παρεμβαλλόμενη στρώση (lenticular, wavy bedding). Η βιοαναμόχλευση είναι συχνή και έντονη με αποτέλεσμα η κατώτερη και ανώτερη επιφάνεια αυτών των ψαμμιτικών στρωμάτων να είναι συχνά ακαθόριστη. Τα στρώματα παρουσιάζουν κοκκομετρική διαβάθμιση.

Η φάση αυτή η οποία βρίσκεται πάνω από τα ψαμμιτικά στρώματα με *Heterostegina*, περιέχει υψηλό ποσοστό σε ψαμμιτικό υλικό δυτικά στην λεκάνη, στην τομή Βιγλοτόπι Β, ενώ αργιλικό υλικό επικρατεί προς τα ανατολικά στην τομή Αποστόλων. Γαστερόποδα, κυρίως *Turritella*, επικρατούν στο Βιγλοτόπι, ενώ στην τυπική τομή Αποστόλων τα Δίθυρα αποτελούν το μεγαλύτερο τμήμα της πανίδας των μαλακίων. Μεταξύ των πολυάριθμων γενών που αναγνωρίστηκαν και περιγράφηκαν στην εξεταζόμενη λεκάνη, ξεχωρίζουν τα *Conus*, *Murex*, *Arca*, *Ancilla*, *Dentalium*, *Natica*, *Vermetus*, *Turritella*, *Chlamys*, *Corbula*, *Ostrea* και *Pecten* τα οποία περιγράφηκαν από τον ΣΥΜΕΩΝΙΔΗ (1968) και GEORGIADIS-DIKEOULIA (1979). Επιπλέον, βρέθηκε το είδος *Pecten latissima* το οποίο μπορεί να έχει διάμετρο μέχρι και 30 cm. Τα εχινοειδή αντιπροσωπεύονται από τα *Clypeaster* και *Scutella*. Τέλος, βρέθηκε το είδος *Ancilla glandiformis* που αποτελεί χαρακτηριστικό απολίθωμα του Τορτονίου. Βραχιονόποδα μικρών διαστάσεων μειοκαί-



Εικ. 76. Μαργαϊκές αποθέσεις της τομής Βιγλοτόπι Β με διάσπαρτα Turritellids.
Fig. 76. Turritellids in the marly deposits of Viglotopi B section.

νικής ηλικίας όπως τα *Argyrotheca cf. dertomutinensis*, *Megerlia oblita* και *Terebratula sinuosa* (Μέσο Μειόκαινο) καθώς και άλλα Ηωκαινικής έως Μειοκαινικής ηλικίας (*Terebratula hoernesii* και *Hemithyris de Buchu*) βρέθηκαν στα κατώτερα στρώματα των αργιλομαργαϊκών αυτών αποθέσεων και μελετήθηκαν εκτενώς από την GEORGIADES-DIKEOULIA (1974). Λεπτομερής κατάλογος των γενών που αναγνωρίστηκαν και μελετήθηκαν από τους ΣΥΜΕΩΝΙΔΗ (1968) και GEORGIADES-DIKEOULIA (1979), παρατίθεται στον Πίνακα 3.

Συνθήκες και διεργασίες απόθεσης: Η επικρατούσα αργιλική λιθολογία και η αφθονία των θαλασσιών απολιθωμάτων καθώς και των διοδηλωτικών ιχνών υποδεικνύουν απόθεση από αιώρηση σε μια περιοχή μακριά από την ακτή (offshore) πάνω στην κρηπίδα η οποία δέχεται κυρίως λεπτομερές υλικά κάτω από την περιορισμένη επίδραση κυμάτων καθώς και άλλων ασθενών ρευμάτων. Αυτές οι ήπιες συνθήκες των υδάτων κατά καιρούς διακόπτονται από χαμηλής εντάσεως ρεύματα έλξεως (traction currents) τα οποία μεταφέρουν αμμώδες υλικό. Άλλη διεργασία υπεύθυνη για την μεταφορά και την απόθεση της άμμου σε ένα περιβάλλον κρηπίδας περιλαμβάνει τα ρεύματα τα οποία οφείλονται σε θύελλα. Η παρουσία συμμετρικών συνιζηματογενών ρυτιδώσεων καθώς και διασταυρούμενης στρώσεως στις



Εικ. 77. Αποψη των μαργαϊκών αποθέσεων της τομής Ποταμοί.
Fig. 77. An overview of the marly deposits of Potami section.

κορυφές των ψαμμιτικών στρωμάτων υποδηλώνουν εξασθένηση των παραπάνω ρευμάτων.

Η είσοδος ρευμάτων από την χέρσο τα οποία μετέφεραν άργιλο είχε ως αποτέλεσμα την απόθεση αυτής. Στο μεγαλύτερο μέρος των αποθέσεων αυτών οι φυσικές δομές έχουν μερικώς καταστραφεί από βιοαναμοχλεύσεις προκαλούμενες από διάφορους οργανισμούς.

Την ερμηνεία της φάσεως αυτής ενισχύει και η ύπαρξη μικρού μεγέθους βραχιονοπόδων των οποίων ο βιότοπος τους ήταν ένας ήρεμος θαλάσσιος κόλπος, ο οποίος αποτέλεσε ευνοϊκό περιβάλλον για την ανάπτυξή τους (GEORGIADES-DIKEOULIA, 1974).

3.2.4. Ενότητα 4

Η ενότητα 4 αποτελείται από μία και μοναδική φάση.

Φάση Ο: Εναλλαγές μάργας και βιοκλαστικών ασβεστολίθων



Εικ. 78. Μαργαϊκός πάγκος από την τομή Ποταμοί.

Fig. 78. Marly bed from Potami section.

Περιγραφή: Η φάση αυτή αποτελείται από εναλλαγές μάργας και διοκλαστικών ασβεστολίθων οι οποίες κατά τόπους παρουσιάζουν στρώση και συχνά μοιάζουν με υφαλώδεις αποθέσεις. Αποτελούνται κυρίως από αποικίες κοραλλιών και φυκών παρόλα αυτά η *Heterostegina* κάνει ακόμα την εμφάνισή της. Κατά κανόνα, οι ενδιαστωμένες μάργες είναι κυανόφαιου/κυανού χρώματος ενώ τοπικώς εμφανίζουν λεπτομερή στρώση και έχουν φαιό χρώμα (Εικ. 79).

Μεμονωμένα ασβεστολιθικά στρώματα μπορεί να αποσφηνώνονται πλευρικώς και να τα διαδέχονται ανθρακικές δειτριτικές μάργες (Τομή Ποταμοί). Οι ενδιαστωμένες μάργες και άργιλοι δεν χαρακτηρίζονται από τις πλούσιες συγκεντρώσεις μακροαπολιθωμάτων της προηγούμενης φάσεως.

Λεπτές κροκαλοπαγείς και ψαμμιτικές συγκεντρώσεις κάνουν την παρουσία τους μέσα στις μάργες. Τα ανώτερα τμήματα των μαργών τα οποία βρίσκονται κάτω από τις ανώμαλες κατώτερες επιφάνειες των ασβεστόλιθων έχουν συχνά λεπτομερή στρώση και είναι έντονα θρυμματισμένα. Ο θρυμματισμός αυτός του ιζήματος μπορεί να οφείλεται σε μεταϊζηματογενείς μετακινήσεις.



Εικ. 79. Επαφή διοκλαστικών ασβεστολίθων με τις υποκείμενες μάργες από την τομή Ποταμοί.

Fig. 79. Contact of the bioclastic limestones with the underlying marls in Potami section.

Pectinidae:	<i>Amussium cristatum</i> (BR), <i>Am. cristatum badense</i> (FONT.), <i>Chlamys angelonii</i> (MEN) DE STEF. et PANT, <i>Chlamys</i> (<i>Manupecten</i>) <i>jakloweciana</i> (KITTL.), <i>Chl.</i> (<i>Macrochlamys latissima</i> (BROCC.), <i>Chl. multistriata</i> (POLI), <i>Chl. opercularis</i> L., <i>Chl.</i> (<i>Aequipecten</i>) <i>spinulosa</i> (MUNST.), <i>Chl.</i> (<i>Macrochlamys</i>) <i>ournali</i> (DE SERR.), <i>Flabelliptecten besseri</i> (ANDRZ.), <i>Fl. incrassatus</i> PARTSCH, <i>Fl. solarium</i> (LK.), <i>Pecten aduncus</i> EICHW., <i>P. benedictus</i> LK., <i>P. cf. dunkeri</i> MATER, <i>P. praebenedictus</i> TOURN., <i>P. revolutus</i> MICHT.
Άλλα δίθυρα:	<i>Arca</i> (<i>Anadara</i>) <i>fichteli</i> DESH., <i>Arca</i> (<i>Anadara</i>) <i>fichteli grundensis</i> KAUT., <i>Arca</i> (<i>Anadara</i>) <i>turonensis</i> DUZ., <i>Barbatia</i> (<i>Barbatia</i>) <i>barbata</i> (L.), <i>Brechites</i> sp., <i>Cardita</i> (<i>Megacardita</i>) <i>jouanneti ponterosa</i> COSSM. et PEYER., <i>Cardium paucicostatum</i> SOW., <i>Clycymeris</i> (<i>Clycymeris</i>) <i>pilosa deshayesi</i> MAY, <i>Clycymeris</i> sp., <i>Neopycnodonta navicularis</i> BR., <i>Ostrea edulis lamellosa</i> BR., <i>Ostrea</i> sp., <i>Pseudochama</i> (<i>Pseudochama</i>) <i>gryphina</i> LK., <i>Spondylus crassicosta</i> LK., <i>Venus</i> (<i>Ventricola</i>) <i>multilamella</i> LK.
Γαστερόποδα:	<i>Ancilla</i> (<i>Baryspira</i>) <i>glandiformis</i> LK., <i>An.</i> (<i>Baryspira</i>) <i>glandiformis conoidea</i> DESH., <i>Archimediella</i> (<i>Torcoloidella</i>) <i>spirata</i> BR., <i>Cerithium</i> (<i>Ptychocerithium</i>) <i>granulinum</i> (BEL) MICH., <i>Clavatula</i> (<i>Clavatula</i>) <i>asperulata</i> (LK.) var. <i>gracilis</i> L. ERUNAL-ERENTOZ, <i>Clavatula</i> (<i>Clavatula</i>) <i>calcarata</i> (GRAT.), <i>Clavus</i> (<i>Drillia</i>) <i>bellardii</i> DESH., <i>Conus</i> (<i>Lithoconus</i>) <i>antiquus</i> LK., <i>C.</i> (<i>Conolithus</i>) <i>dujardini</i> DESH., <i>C.</i> (<i>Rhizoconus</i>) <i>ponderosus ponderosus</i> BR., <i>Euthria</i> (<i>Euthria</i>) <i>cornea</i> (L.), <i>Gemmula</i> (<i>Hemipleurotoma</i>) <i>contigua</i> BR., <i>Genota</i> (<i>Genota</i>) <i>ramosa ramosa</i> BAST., <i>Gyrineum</i> (<i>Aspa</i>) <i>marginatum</i> (BRONGN.), <i>Hadriana craticulata</i> L., <i>Latirus</i> (<i>Latirus</i>) <i>valenciennesi</i> (GRAT.), <i>Lunatia catenata hellicina</i> BR., <i>Mitra</i> (<i>Cancilla</i>) <i>calcarata</i> (GRAT.) var. <i>francisci</i> TOULA, <i>Murex</i> sp., <i>Natica</i> (<i>Nacca</i>) <i>millepunctata tigrina</i> DEFR., <i>Phos</i> (<i>Phos</i>) <i>connecteus hoernesii</i> (SEMP.), <i>Polinices</i> (<i>Polinices</i>) <i>redemptus</i> (MICHT.), <i>Ringicula</i> (<i>Ringiculella</i>) <i>auriculata pauluciae</i> MORL., <i>Strombus</i> (<i>Strombus</i>) <i>coronatus</i> DEFR., <i>Subula</i> (<i>Oxymeris</i>) <i>fuscata modesta</i> (TRIST.), <i>Turricula</i> (<i>Surcula</i>) <i>reevei</i> BLLD., <i>Turritella</i> (<i>Turcoloidella</i>) <i>bicarinata bicarinata</i> EICHW., <i>T.</i> (<i>Archimediella</i>) <i>dertonensis dertonensis</i> MAY, <i>T.</i> (<i>Turcoloidella</i>) <i>triplicata</i> BR., <i>Turritella</i> sp.
Βραχιονόποδα:	<i>Terebratula sinuosa</i> BR., <i>Hemithyris de Buchii</i> MICH., <i>H. plicatodentata</i> MICH., <i>Mergelia oblita</i> MICH., <i>M. truncata</i> MICH.
Σκαφόποδα:	<i>Dentalium</i> (<i>Antale</i>) <i>bouei bouei</i> DESH., <i>D.</i> (<i>Dentalium</i>) <i>fossile</i> L., <i>D.</i> (<i>Dentalium</i>) <i>micelothii micelothii</i> HORN.
Εχινοειδή:	<i>Clypeaster</i> sp.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3: Κατάλογος της απολιθωμένης πανίδας της Φάσεως Ξ σύμφωνα με τους ΣΥΜΕΩΝΙΔΗΣ (1968), ΓΕΩΡΓΙΑΔΟΥ-ΔΙΚΑΙΟΥΛΙΑ (1974), GEORGIADIS-DIKEOULIA (1979).

TABLE 3: A list of the fossilized fauna of Facies O, according to SYMEONIDES (1968), GEORGIADIS-DIKEOULIA (1974), GEORGIADIS-DIKEOULIA (1979).

Η απόθεση των ασβεστολίθων πάνω στην πλαστική επιφάνεια των μαργών προκάλεσε την παραμόρφωσή τους λόγω υπερφόρτωσης (loading). Μέσα σε αυτές τις μαργαϊκές αποθέσεις υπάρχουν μεγάλοι φακοί οι οποίοι αποτελούνται εξολοκλήρου από *Heterostegina*.

Συνθήκες και διεργασίες απόθεσης: Η απόθεση των ασβεστολίθων φαίνεται πως ήταν μία πολύ ξαφνική και απότομη διεργασία καθώς η επαφή τους με τα αργιλικά ιζήματα χαρακτηρίζεται από δομές υπερφόρτωσης και αστάθειας.

Η απόθεση ανθρακικών ιζημάτων στις κρηπίδες σχετίζεται άμεσα με την σχετική μείωση παροχής κλαστικού υλικού και με την υψηλή οργανική παραγωγικότητα.

Η απότομη αλλαγή των κλιματικών συνθηκών θεωρείται ο υπεύθυνος παράγοντας δημιουργίας των βιοκλαστικών ασβεστολίθων. Η επικράτηση ξηρού-τροπικού κλίματος είχε ως αποτέλεσμα την εξάτμιση της θάλασσας, τον υπερκορεσμό του εναπομείναντος ύδατος σε ανθρακικό αοδέστιο και την απόθεση αυτού με την μορφή κρυστάλλων. Η περιορισμένη τροφοδοσία σε κλαστικά υλικά από την ξηρά σε συνδυασμό με την μεγάλη ανάπτυξη του βιοκόσμου οδηγεί στον σχηματισμό ασβεστολίθων βιογενούς προελεύσεως.

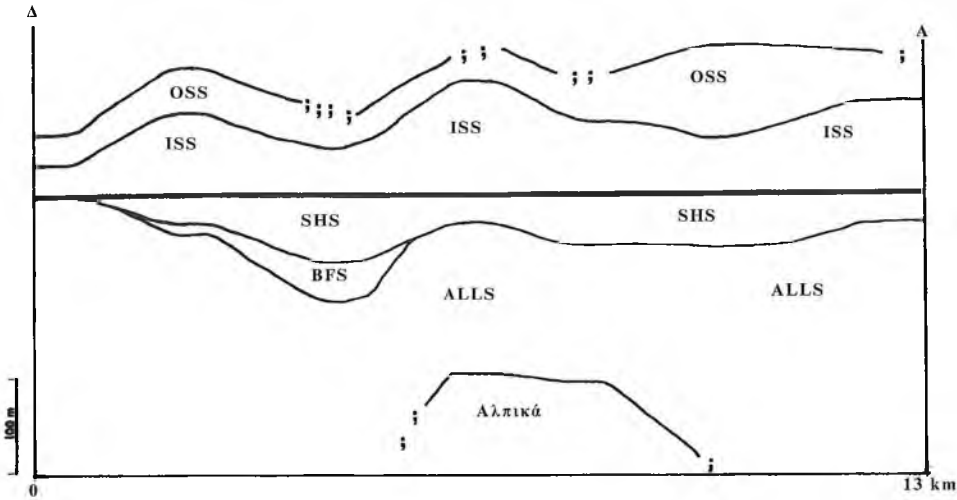
3.3. ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΠΟΘΕΣΕΩΣ: ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΚΑΙ ΕΞΕΛΙΞΗ

Τα συστήματα αποθέσεως που αναγνωρίστηκαν στην εξεταζόμενη λεκάνη είναι τα ακόλουθα (Εικ. 80): 1. αλλουδιακό σύστημα (ALLS), το οποίο περιλαμβάνει τις φάσεις της Ενότητας 1, 2. υφάλμυρο-λιμναίο σύστημα (BFS), το οποίο περιλαμβάνει τις φάσεις της Ενότητας 2, 3. παράκτιο σύστημα (shoreface system, SHS), το οποίο αποτελείται από τις φάσεις Κ, Λ και Μ, 4. σύστημα εσωτερικής κρηπίδας (inner shelf system, ISS), το οποίο αποτελείται από τις φάσεις Ν και Ξ 5. σύστημα εξωτερικής κρηπίδας (outer shelf system, OSS) το οποίο περιλαμβάνει τα ανώτερα τμήματα της φάσης Ξ και την φάση Ο.

Το πότε ακριβώς έλαβε χώρα η δημιουργία και εξέλιξη κάθε συστήματος αποθέσεως μπορεί να προταθεί με επιφύλαξη καθότι απόλυτες ηλικίες που να οδηγούν σε βιοζώνες είναι δύσκολο να οριστούν. Χωρίς αμφιβολία, αυτές θα καθοριστούν θετικότερα καθώς αναμένονται περισσότερα δεδομένα από προσεχείς συσχετισμούς με την μαγνητοστρωματογραφία.

Επιπλέον, στην μελετούμενη ακολουθία δεν παρατηρήθηκε καμία ασυμφωνία, υποδηλώνοντας ότι το μέγεθος των διακυμάνσεων της σχετικής θαλάσσιας στάθμης ήταν μικρο (<10m) και ότι ο σχετικός ρυθμός ιζηματογενέσεως συμβάδιζε με αυτές τις διακυμάνσεις.

Όσον αφορά στο αλλουδιακό σύστημα, η ανάπτυξη και εξέλιξη αυτού, κατόπιν βιοστρωματογραφικής μελέτης που αναπτύσσεται στο Κεφάλαιο 2, πρέπει να έλαβε χώρα από το Αν. Σεραβάλλιο έως το Κατ./Μ. Τορτόνιο. Οι φάσεις ρών



Εικ. 80. Στρωματογραφική τομή της εξεταζόμενης λεκάνης η οποία απεικονίζει την κατανομή των συστημάτων αποθέσεως που αναγνωρίστηκαν. Για την κατασκευή της τομής αυτής χρησιμοποιήθηκε ως οριζοντας αναφοράς η φάση N.

Fig. 80. Stratigraphical cross-section of the studied basin which shows the distribution of the depositional systems. Facies N has been used as a datum.

κορημάτων (Φάση Α) απαντώνται κυρίως στο ανώτερο τμήμα του συστήματος, ενώ οι πλεξοειδείς ποτάμιες φάσεις καθώς και οι φάσεις πλημμύρας (sheetflood, Φάση Β) στα θεωρούμενα μεσαίο και κατώτερο τμήματα αυτού. Η αφθονία χαλαρού υλικού που πρέπει να υπάρχει κατά διαστήματα στην μητρική λεκάνη απορροής καθώς και οι μεγάλες ποσότητες υδάτων οι οποίες προκαλούν την μετακίνηση και την συγκέντρωση των κορημάτων συνιστούν τις δύο προϋποθέσεις δημιουργίας ρωών κορημάτων.

Επιπλέον, στο κατώτερο τμήμα του αλλουβιακού συστήματος επικρατούν ψαμμίτες (Φάση Ε) και ιλύολιθοι με κροκαλοπαγή που περιορίζονται σε λεπτά, πλευρικά συνεχή ή και πιο σπάνια φακοειδή στρώματα. Τα κροκαλοπαγή αυτά στρώματα αντιπροσωπεύουν απομακρυσμένες αποθέσεις πλεξοειδών ποταμίων κοιτών (Φάση Γ).

Η εξέλιξη των μεγάλης κλίμακας ακολουθιών αλλουβιακών αποθέσεων μπορεί να οφείλεται σε εξωγενείς “αλλοκυκλικές” δυνάμεις όπως είναι οι τεκτονικές κινήσεις, το κλίμα, η λιθολογία του μητρικού πετρώματος και οι σχετικές μεταβολές της στάθμης της θάλασσας. Ο πρωταρχικός παράγοντας που έπαιξε πολύ σπουδαίο ρόλο στην απόθεση των αλλουβιακών ιζημάτων ήταν η τεκτονική δύθιση, όπως αυτή αντιπροσωπεύεται από το μεγάλο πάχος των ηπειρωτικών ιζημάτων, τα αδρομερή υλικά που τα αποτελούν και την απουσία ταξινόμησης που παρατηρείται στα κροκαλοπαγή.

Το λιμναίο-υφάλμυρο σύστημα απόθεσης BFS παρατηρείται κυρίως στο κεντρικό-δυτικό τμήμα της λεκάνης (τομές Βιγλοτόπι Α και Β). Η περιορισμένη έκταση αυτού του συστήματος αποθέσεως μπορεί να οφείλεται στην διαφορετική ένταση των εξωγενών αλλοκυκλικών δυνάμεων που επιδρούν κατά τη διάρκεια ιζηματογένεσεως, όπως π.χ. απότομη ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης.

Τα αβαθή θαλάσσια συστήματα (shallow marine systems) αποτελούνται από μία συνέχεια περιβαλλόντων αποθέσεως από την ακτή και το μέτωπο της ακτής (shoreface) μέχρι τα εσωτερικά κι εξωτερικά περιβάλλοντα κρηπίδας. Γενικά ο όρος “αβαθή θαλάσσια περιβάλλοντα” χρησιμοποιείται για τα περιβάλλοντα εκείνα τα οποία δέχονται επίδραση θαλασσίων ρευμάτων όπως τα κύματα, ανεξαρτήτως από το επικρατούν τεκτονικό καθεστώς της λεκάνης αποθέσεως. Το γεωλογικό αρχείο των ακτογραμμών και των αβαθών θαλασσίων συστημάτων είναι αρκετά πολύπλοκο εξαιτίας της ευαισθητοποίησης αυτών ακόμα και στις μικρής κλίμακας διακυμάνσεις της θαλάσσιας στάθμης. Στα περιβάλλοντα αυτά, οι δομές δημιουργούνται ως επί το πλείστον εξαιτίας ταλαντώσεων (κύματα) ή/και μίας μόνο διεύθυνσεως ρευμάτων. Και τα δύο είδη ρευμάτων συνήθως συνυπάρχουν κι αποτελούν την συνδυαζόμενη (combine) ροή.

Οι αποθέσεις της εσωτερικής κι εξωτερικής κρηπίδας έχουν υποδιαιρεθεί με βάση την περιεχόμενη μικρο- και μακρο- πανίδα. Τα μεγάλα απολιθώματα καθώς και η *Heterostegina* περιορίζονται γενικά στο εσωτερικό νηριτικό περιβάλλον ενώ η πλαγκτονική μικροπανίδα περιορίζεται σε εξωτερικές νηριτικές αποθέσεις. Σε αρκετές περιπτώσεις, μεγάλα τρηματοφόρα (*Heterostegina*) δρέθηκαν σε βαθύτερες φάσεις εξαιτίας επανανεξεργασίας.

Η όλη εξέλιξη των αποθετικών συστημάτων ξεκινά με βύθιση της λεκάνης και μεταφορά και απόθεση χονδρόκοκκων κλαστικών ιζημάτων σχηματίζοντας ριπιδιοπαγείς και ποταμοχειμάρειες αποθέσεις.

Η εισβολή της θάλασσας από τον νότο καθώς και η σταδιακή μείωση τροφοδοσίας κλαστικού υλικού από το παλαιοαναγλυφο το οποίο βρισκόταν βορειοανατολικά της λεκάνης είχε ως αποτέλεσμα την απόθεση μεταβατικών ιζημάτων δυτικά της λεκάνης και ιζημάτων χαμηλής ακτής στα ανατολικά.

Η μείωση του παλαιοαναγλύφου λόγω συνεχούς διαβρώσεως και η μεταβολή του κλίματος εννόησε την μετατροπή της ιζηματογένεσεως από κλαστική σε μη κλαστική (ανθρακική) της οποίας τα ιζήματα (μάργες και βιοκλαστικοί ασβεστόλιθοι) κάλυψαν σταδιακά την Λεκάνη των Αποστόλων.

3.4. ΜΟΝΤΕΛΟ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΕΣΕΩΣ

Έχοντας υπόψη τις φάσεις που αναγνωρίστηκαν στην εξεταζόμενη λεκάνη, τους υπεύθυνους μηχανισμούς για την απόθεση αυτών καθώς και τα συστήματα αποθέ-

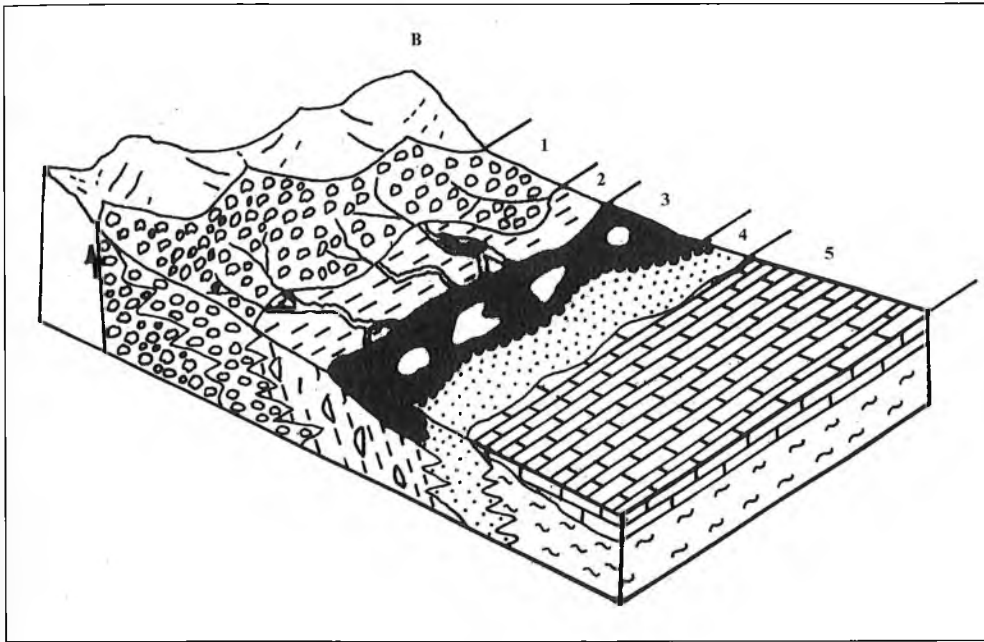
σεως που συνιστούν αυτές, προτείνεται το ακόλουθο μοντέλο ιζηματογενέσεως.

Περιγραφή

Η εξεταζόμενη ακολουθία χαρακτηρίζεται από αποθέσεις ηπειρωτικές- αλλουβιακές στη βάση οι οποίες περνάνε διαμέσου ποταμίων και μεταβατικών ιζημάτων σε θαλάσσια ιζήματα κρηπίδας για να καταλήξουν στους βιοκλαστικούς ασβεστόλιθους.

Ο συνδυασμός δύο μοντέλων ιζηματογενέσεως μπορεί να περιγράψει τις επικρατούσες συνθήκες ιζηματογενέσεως στην Λεκάνη των Αποστόλων. Το πρώτο μοντέλο είναι το κλαστικό μοντέλο το οποίο περιλαμβάνει τις ηπειρωτικές αποθέσεις καθώς και τις αποθέσεις χαμηλής ακτής. Το δεύτερο μοντέλο, το μη κλαστικό, είναι νεώτερο του πρώτου, το καλύπτει σταδιακά και περιλαμβάνει τις αποθέσεις υφαλοκρηπίδας (Εικ. 81).

Τα χερσαία τμήματα του κλαστικού μοντέλου αποτελούνται κυρίως από πλεξοειδείς ποτάμιες αποθέσεις ενδιαστρωμένες σε κοκκινόχρωμα λεπτομερή ιζήματα χαρακτηριστικά της πεδιάδας πλημμύρας με καλσιμορφικούς (calcimorphic) εδα-



Εικ. 81. Σχηματικό μοντέλο ιζηματογενέσεως της εξεταζόμενης λεκάνης, όπου 1: αλλουβιακές αποθέσεις, 2: ποταμοχειμάριες αποθέσεις, 3: μεταβατικές αποθέσεις, 4: παράκτιες αποθέσεις, 5: βιοκλαστικοί ασβεστόλιθοι.

Fig. 81. Schematic depositional model of the studied basin. 1: alluvial deposits, 2: fluvial, floodplain deposits, 3: transitional deposits, 4: shoreface deposits, 5: bioclastic limestones.

φικούς ορίζοντες. Οι επικρατέστερες λιθοφάσεις των πλεξοειδών αποθέσεων αποτελούνται από μετρίως ταξινομημένα, με υποστρωγγυλες κροκάλες ψαμμιτοκροκαλοπαγή και μικροκροκαλοπαγείς ψαμμίτες. Οι περιοχές οι οποίες τροφοδότησαν με υλικό αυτές τις πλεξοειδείς ποτάμιες αποθέσεις βρίσκονται βορείως και βορειοανατολικά της λεκάνης. Ταυτόχρονη τεκτονική δύθιση της λεκάνης εξαιτίας του ρήγματος I φαίνεται πως είναι υπεύθυνη για το μεγάλο μέγεθος των κόκκων των αποθέσεων αυτών. Το κατώτερο τμήμα των χερσαίων αδρομερών αποθέσεων αποτελείται από ποτάμιες κοίτες κατανομής υλικού (distributary channels). Οι λεπτομερείς παράκτιες αποθέσεις (άμμοι και ιλύς) δέχθηκαν πολλαπλές επιδράσεις κυμάτων ενώ οι μάργες περιέχουν πολλά μακροαπολιθώματα καθώς και *Heterostegina*.

Στο σύνολό τους, οι αποθέσεις που περιγράφηκαν σε αυτό το κεφάλαιο έχουν αποτεθεί σε ένα περιβάλλον περιθωρίου σύγκλισης των λιθοσφαιρικών πλακών στο οποίο επικρατούν εφελκυστικά ρήγματα (Κεφάλαιο 1).

Ο συνδυασμός ποτάμιων και θαλασσιών διεργασιών έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ευκρινών φάσεων, χαρακτηριστικών δελταϊκών αποθέσεων. Ο δελταϊκός χαρακτήρας των φάσεων που περιγράφηκαν στο κεφάλαιο αυτό είναι φανερός από τις υπάρχουσες γενικές στρωματογραφικές σχέσεις που υποδηλώνουν ότι ορισμένα κροκαλοπαγή αποτέθηκαν σε υδάτινο περιβάλλον. Τα παράκτια κροκαλοπαγή υπέρκεινται ποταμίων αποθέσεων και καλύπτονται από φάσεις εσωτερικής κρηπίδας.

Εκτενής βιοαναμόγχευση στους ψαμμίτες που βρίσκονται ενδιαστρωμένοι με τα παράκτια κροκαλοπαγή, καθώς επίσης και συγκεντρώσεις μακροαπολιθωμάτων υποδηλώνουν ένα υψηλής ενέργειας θαλάσσιο περιβάλλον.

Τα τμήματα της ακολουθίας τα οποία θεωρούνται επιφανειακές αποθέσεις χαρακτηρίζονται από ενότητες με κυρίως επίπεδη-τραπεζοειδή στρώση, χωρίς παρεμβολές λεπτόκοκκων ιζημάτων και με απουσία διασταυρούμενης στρώσεως τύπου *ersillon* καθώς και απολιθωμάτων. Οι επιφανειακές αυτές ενότητες, όσον αφορά στον όγκο τους αποτελούν μεγάλο τμήμα ολόκληρης της αποθέσεως.

Επιπλέον, η ύπαρξη μεγάλου πάχους πλεξοειδών ποτάμιων αποθέσεων που παρεμβάλλονται μεταξύ των αλλουβιακών αποθέσεων και των υπερκείμενων θαλασσιών στρωμάτων συνηγορεί στην ερμηνεία της αποθέσεως ως ένα πλεξοειδές δελταϊκό σύστημα (braid-delta system) (Εικ. 81).

Ταξινόηση δελταϊκού συστήματος

Όπως συμβαίνει σε όλες τις δελταϊκές αποθέσεις, έτσι και το μέτωπο ενός δελταϊκού ριπιδίου μπορεί να δέχεται την επίδραση μίας και μοναδικής διεργασίας ή ενός συνδυασμού διεργασιών (KLEINSPEHN *et al.*, 1984). Ποτάμιες διεργασίες και διεργασίες που οφείλονται στη δράση παλίρροιας (tide) καθώς και στη δράση των κυμάτων μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την ταξινόμηση όλων των δελταϊκών

τύπων αποθέσεων. Πραγματικές αποθέσεις παλίρροιας δεν παρατηρήθηκαν στις αποθέσεις της λεκάνης των Αποστόλων. Φακοί με απολιθώματα οι οποίοι έχουν έντονα επαναεπεξεργαστεί από κύματα καθώς και κροκαλοπαγείς αποθέσεις εμφανίζονται τοπικά στα ανώτερα τμήματα των ενοτήτων του μετώπου του δελταϊκού ριπιδίου. Επιπλέον, αποθέσεις τύπου mouth bar (εκβολικές νηίδες) οι οποίες έχουν κι αυτές επαναεπεξεργαστεί από θαλάσσια ρεύματα, εμφανίζονται τοπικά, αλλά η απουσία έντονης στρωγυλοποίησης των κροκαλών ή άλλου χαρακτηριστικού που να αποδεικνύει εκτενή επεξεργασία των αποθέσεων του δελταϊκού μετώπου, υποδηλώνει ότι η επίδραση των κυμάτων σε αυτές τις αποθέσεις ήταν μέτρια. Αντίθετα, οι ενότητες που έχουν επηρεαστεί από ποτάμιες διεργασίες αποτελούν το μεγαλύτερο τμήμα των αποθέσεων του δελταϊκού μετώπου. Συνεπώς, η εξεταζόμενη ακολουθία μπορεί να ταξινομηθεί ως δελταϊκό ριπίδιο το οποίο δέχθηκε έντονα την επίδραση ποταμίων διεργασιών και αμυδρά την επίδραση των θαλασσιών ρευμάτων (fluvially dominated, wave-influenced fan delta).

3.5. ΑΝΑΛΥΣΗ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΕΣΕΩΣ

3.5.1. Κατακόρυφη κατανομή των φάσεων-Παράγοντες ιζηματογένεσεως

Χαρακτηριστικό της εξεταζόμενης ακολουθίας είναι ότι η κατακόρυφη κατανομή των φάσεων υποδηλώνει μία προοδευτική αύξηση του βάθους των θαλασσιών υδάτων.

Στο σύνολό της, η ακολουθία χαρακτηρίζεται από ελάττωση του μεγέθους των κόκκων των αποτιθέμενων ιζημάτων καθώς επίσης και από αύξηση του ποσοστού βιοαναμοχλεύσεως προς τα ανώτερα τμήματά της. Τα στοιχεία που προκύπτουν από τη διεξαχθείσα ανάλυση φάσεων δείχνουν μία μετάβαση από ηπειρωτική-ποτάμια ιζηματογένεση στη βάση της ακολουθίας, σε ιζηματογένεση κρηπίδας στην κορυφή χωρίς όμως παρεμβολές ασυμφωνιών.

Ενδογενείς και εξωγενείς παράγοντες προφανώς έπαιξαν ουσιαστικό ρόλο στη διαμόρφωση αυτής της ιζηματογενούς ακολουθίας.

Η απόθεση αδρομερών δελταϊκών ριπιδίων εξαρτάται κυρίως από την εγγύτητα αυτών στην υπερυψωμένη μητρική πηγή. Πετρογραφικές καθώς και επιφανειακές μελέτες που έλαβαν χώρα σε γειτονικούς σχηματισμούς καθώς και η τεκτονική και λιθοστρωματογραφική ανάλυση που έγινε στην εξεταζόμενη λεκάνη (Κεφάλαιο 2) κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τοπική τεκτονική θύθιση έλαβε χώρα στην περιοχή με αποτέλεσμα τη δημιουργία της λεκάνης των Αποστόλων. Υλικό που τροφοδοτούσε την λεκάνη αυτή προερχόταν από το ανυψωμένο Αλπικό ανάγλυφο βορείως και βορειοανατολικά αυτής. Η συνεχιζόμενη ενεργή τεκτονική δραστηριότητα της περιοχής είχε ως αποτέλεσμα την μείωση του αναγλύφου της πηγής τροφοδοσίας (Αλπικό ανάγλυφο), την σταδιακή μείωση της διάβρωσης και συνεπώς τη σταδιακή μείωση της παροχής ιζήματος. Η σταδιακή εξασθένιση μεταφο-

ράς φερτών υλών η οποία ακολουθήθηκε από την εισοδή της θάλασσας από τον νότο είχε ως αποτέλεσμα την ελάττωση του μεγέθους των κόκκων της εξεταζόμενης ακολουθίας.

Κατά τη διάρκεια της αποθέσεως της ακολουθίας στην Λεκάνη των Αποστόλων, ο συνδυασμός διαδρώσεως της μητρικής πηγής και ανυψώσεως της σχετικής στάθμης της θάλασσας είχε ως αποτέλεσμα την μείωση παροχής κλαστικού υλικού, λόγω κατακλίσεως της μητρικής πηγής και την τοπική αύξηση του βάθους του ύδατος.

Το κλίμα θεωρείται ένας σπουδαίος και ανεξάρτητος παράγοντας που ελέγχει την αποσάθρωση, τη διάβρωση και την παροχή ιζήματος. Οι μεταβολές στο ποσοστό παροχής κλαστικού υλικού μπορεί να οφείλονται στις μεταβολές των κλιματικών συνθηκών με την έννοια των εναλλαγών σχετικώς πιο υγρών και πιο ξηρών περιόδων, με αποτέλεσμα τις μεταβολές στην ένταση εκφόρτωσης και αποσάθρωσης υλικού. Η μεταβολή του κλίματος από υγρό σε πιο θερμό-ξηρό έχει ως αποτέλεσμα την μετατροπή της επικρατούσας κλαστικής ιζηματογένεσης (ποταμοχειμάρειες αποθέσεις-δελταϊκά συστήματα) σε μη κλαστική ιζηματογένεση (σχηματισμός ρηχής θάλασσας ανθρακικών τραπεζών).

3.5.2. Ρυθμική Ιζηματογένεση

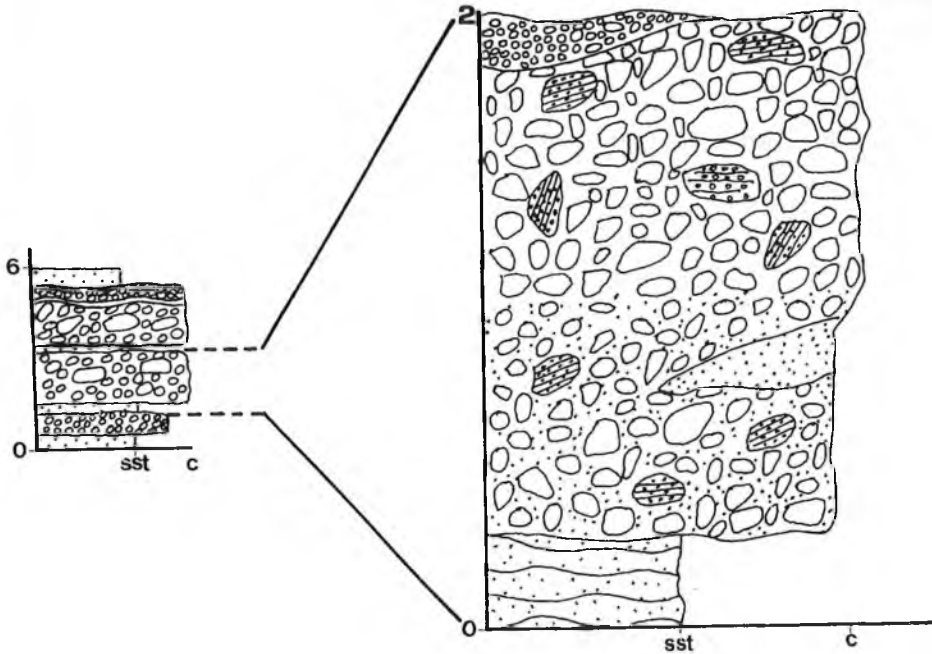
A. Ηπειρωτικές αποθέσεις (Ενότητες 1 και 2)

Ρυθμική ιζηματογένεση έχει πιστοποιηθεί σε πολλές μελέτες που αφορούν στις ηπειρωτικές ακολουθίες. Σε περιοχές που βρίσκονται σε αρκετό υψόμετρο πάνω από την θαλάσσια στάθμη, οι μεταβολές των τεκτονικών κινήσεων καθώς και του κλίματος επηρεάζουν σημαντικά την ποτάμια ιζηματογένεση που λαμβάνει χώρα σε περιοχές που δεν δέχονται άμεσα την επίδραση της θάλασσας.

Ένα αξιοσημείωτο χαρακτηριστικό της εξεταζόμενης ακολουθίας, είναι η εμφάνιση μικρότερης κλίμακας ακολουθιών οι οποίες γίνονται αδρομερέστερες προς τα επάνω όσον αφορά στο μέγεθος των κόκκων τους και οι οποίες αποτελούνται στη βάση τους από τα πλευρικός συνεχή λεπτομερή ιζήματα των Φάσεων Δ και Ε (παρόχθιες αποθέσεις) και στην οροφή τους από τα στρώματα κροκαλοπαγών (Φάση Α και Β) (Εικ. 82). Τέτοιες ακολουθίες αντιπροσωπεύουν μία γενική αύξηση στο μέγεθος των κόκκων του ιζήματος και συγχρόνως μία μεταβολή της κανονικότητας της ποτάμιας εκφορτώσεως υλικού. Επιπλέον, κάθε μία τέτοια ακολουθία αντιπροσωπεύει έναν εποχιακό ρυθμό μεταφοράς και απόθεσης ηπειρωτικών ιζημάτων κατά μήκος του βορείου περιθωρίου της λεκάνης.

Κλίμα

Ρυθμικές μεταβολές των κλιματικών συνθηκών (δηλαδή εναλλαγές υγρών και ξηρών περιόδων) μπορεί να προκαλέσουν ανάλογες ρυθμικές μεταβολές στην παροχή αδρομερούς κλαστικού υλικού και στους μηχανισμούς μεταφοράς αυτού. Οι ροές



Εικ. 82. Ρυθμικές ακολουθίες των ηπειρωτικών αποθέσεων οι οποίες γίνονται αδρομερέστερες προς τα άνω όσον αφορά στο μέγεθος των κόκκων (Τομή Ποταμοί).
Fig. 82. Rhythmic, coarsening-upward sequences into the continental deposits (Potami section).

μάζας επικρατούν στα περιθώρια της λεκάνης οι οποίες χαρακτηρίζονται από μεγαλύτερης κλίσεως καταφάσεις. Προς τα κεντρικά τμήματα της λεκάνης παρατηρούνται εκτεταμένες ποταμοχειμάριες αποθέσεις οι οποίες σχηματίστηκαν σε μικρής κλίσεως καταφάσεις.

Κατά τη διάρκεια σχετικά ξηρών περιόδων, παράγεται κλαστικό υλικό εξαιτίας της αποσαθρώσεως της μητρικής πηγής το οποίο όμως δεν μεταφέρεται στην λεκάνη με τον ίδιο ρυθμό με τον οποίο παράχθηκε. Από την άλλη πλευρά, κατά την έναρξη των σχετικά υγρών περιόδων, μεγάλη ποσότητα κλαστικού υλικού διαβρώνεται και μεταφέρεται μέσα στην λεκάνη με τη βοήθεια χειμάρρων. Κατά το τέλος των υγρών περιόδων, αιωρούμενο λεπτομερές υλικό μεταφέρεται και αποτίθεται στην λεκάνη. Οι διεργασίες αυτές έχουν ως αποτέλεσμα την σταδιακή μετάβαση από τις ποτάμιες κροκαλοπαγείς αποθέσεις στις καλά ανεπτυγμένες, λεπτομερείς, παρόχθιες αποθέσεις. Σε βάθος χρόνου οι ρυθμοί απόθεσης μειώνονται με συνέπεια την είσοδο της θάλασσας στο κατώτερο τμήμα της αλλουβιακής πεδιάδας.

Τεκτονική

Ο ρόλος της τεκτονικής στις διαβρωτικές και ιζηματογενείς διεργασίες της περιοχής ήταν καθοριστικός διότι αφενός μεν διατηρούσε το ανάγλυφο που ήταν απαραίτητο για την μεταφορά υλικού, αφετέρου δε διότι προετοίμαζε την μηχανική και χημική αποσάθρωση των μητρικών πετρωμάτων. Η τεκτονική ενέργεια τροφοδότησε την ιζηματογένεση. Κατά τη διάρκεια αυξημένης τεκτονικής δραστηριότητας, αυξημένη παροχή σε κροκάλες και άμμο, που προήλθαν από τη διάβρωση του σχετικά υψηλού αναγλύφου της μητρικής πηγής που βρίσκεται βορείως της λεκάνης, δημιουργεί αδρόκοκκες ηπειρωτικές αποθέσεις. Σε περιόδους τεκτονικής υφέσεως ευνοήθηκε η μεταφορά και απόθεση λεπτομερέστερου υλικού.

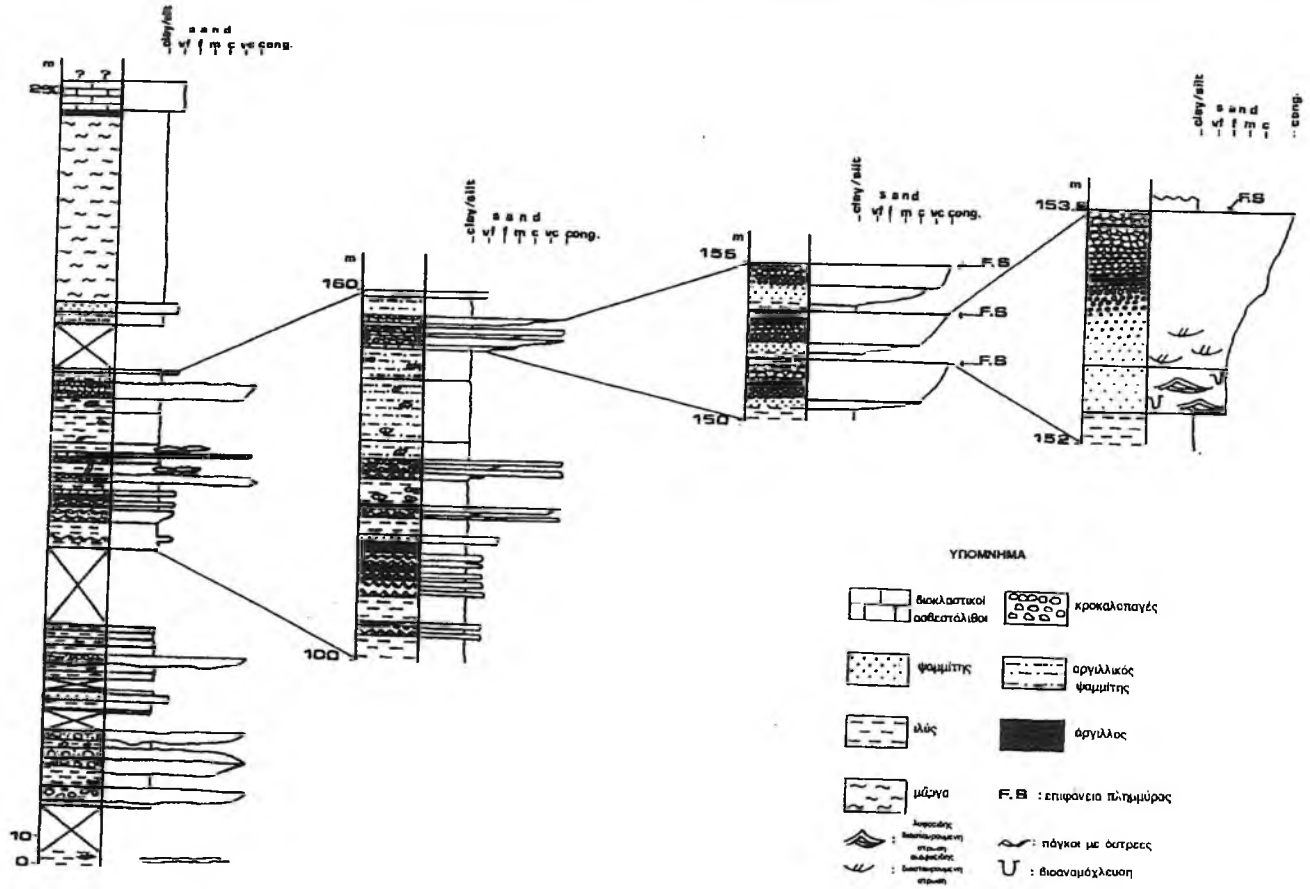
B. Θαλάσσιες αποθέσεις (Ενότητα 3)

Προσεκτικότερη παρατήρηση των θαλασσιών αποθέσεων της εξεταζόμενης ακολουθίας οδήγησε στη διαπίστωση της παρουσίας μικροτέρου πάχους ενοτήτων οι οποίες αντιπροσωπεύουν μικρότερης διάρκειας μεταβολές του σχετικού βάθους του ύδατος (Εικ. 83). Οι ποικίλες διακυμάνσεις της σχετικής στάθμης της θάλασσας υποδεικνύουν μία σειρά παραγόντων που επηρέασαν την εξέλιξη των στρωματογραφικών ενοτήτων και αποθετικών συστημάτων.

Συγκέντρωση ρυθμικών αποθέσεων που δείχνουν τροφοδοσία από την πλευρά της ξηράς αναγνωρίστηκε στο Παράκτιο αποθετικό σύστημα (SHS). Κάθε ρυθμός αποτελεί μία απόθεση θαλασσιών φάσεων η οποία υποδηλώνει τοπική μείωση του βάθους αποθέσεως. Ένας ρυθμός ξεκινάει στη βάση του με ενδιαστρωμένους ιλυολίθους και διοαναδευμένους ψαμμίτες με σκαφοειδή διασταυρούμενη στρώση οι οποίοι έχουν αποθεθεί στο κατώτερο τμήμα του μετώπου της ακτής (lower shoreface). Το ανώτερο τμήμα του ρυθμού αποτελείται από ψαμμίτες με σκαφοειδή και επίπεδη - τραπεζοειδή διασταυρούμενη στρώση οι οποίοι καταλήγουν στα παράκτια κροκαλοπαγή τα οποία έχουν αποθεθεί στο ανώτερο τμήμα του μετώπου της ακτής (upper shoreface-foreshore), (τομές Βιγλοτόπι Α και Β). Το σύνολο των ρυθμών αυτών καλύπτονται από τις θαλάσσιες αποθέσεις του επόμενου αποθετικού συστήματος (Εικ. 83). Συγκέντρωση ρυθμών παρατηρήθηκε και στο ανατολικό τμήμα της λεκάνης, στην Τομή Ποταμοί. Εκεί, τα παράκτια κροκαλοπαγή δεν είναι τόσο καλά ανεπτυγμένα, γι' αυτόν τον λόγο δεν εμφανίζονται στις ρυθμικές αποθέσεις του παράκτιου συστήματος. Ένας ρυθμός αποτελείται στη βάση του από ψαμμίτη με σκαφοειδή και επίπεδη-τραπεζοειδή διασταυρούμενη στρώση και στην οροφή από παλαιοεδαφικούς ορίζοντες τύπου caliche, οι οποίοι υποδεικνύουν επεισόδια χερσεύσεως της απόθεσης, δηλ. ανυψώσεως του βασικού επιπέδου απόθεσης.

Για την ερμηνεία αυτών των αβασθών θαλασσιών ρυθμικών ακολουθιών θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ο κλιματικός παράγοντας ο οποίος ελέγχει τον ρυθμό παροχής ιζήματος από την ξηρά και το βάθος της θάλασσας.

Όταν η παροχή ιζήματος από την ξηρά είναι μικρή (κατά τη διάρκεια ήπιων



Εικ. 83. Ρυθμική ιζηματογένεση στο παράκτιο αποθετικό σύστημα της τομής Βιγλοτόπι Β.
 Fig. 83. Rhythmic sedimentation in the shallow marine depositional system of Viglotopi B section.

καιρικών συνθηκών) και η θαλάσσια στάθμη υπερβαίνει την ιζηματογένεση, το βάθος του ύδατος αυξάνει με αποτέλεσμα την συσσώρευση θαλασσιών ιζημάτων. Καθώς η παροχή ιζήματος αυξάνει εξαιτίας κυρίως της μεταβολής των κλιματικών συνθηκών οι οποίες προκαλούν αύξηση της αποσάθρωσης και διάβρωσης του παλαιοαναγλύφου, το βάθος του ύδατος μειώνεται (αφού ο θαλάσσιος πυθμένας πληρώνεται με ίζημα) με αποτέλεσμα την απόσυρση της ακτογραμμής. Όταν η παροχή ιζήματος υπερβεί την στάθμη της θάλασσας ξεκινά η απόθεση παράκτιων κροκαλοπαγών.

Η ρυθμική παροχή ιζήματος λαμβάνει χώρα κατά θέσεις. Αυτός είναι και ο λόγος που δεν βρίσκονται ρυθμικές αποθέσεις παντού. Πιο συγκεκριμένα, ανατολικά της λεκάνης, στην τομή Ποταμοί, οι ρυθμικές αποθέσεις που εμφανίζονται μπορούν να ερμηνευτούν ως εξής:

Λόγω του μικρού βάθους της παράκτιας ζώνης, της βραδύτητας της θαλάσσιας εισβολής και της έντασης των ρυθμικών κλιματικών γεγονότων της περιοχής, τροφοδοσία σε υλικό από την ξηρά ελάμβανε χώρα κατά περιόδους με αποτέλεσμα η ιζηματογένεση να υπερβαίνει την στάθμη της θάλασσας. Στην επιφάνεια ιζημάτων αυτών αναπτύσσονταν παλαιοεδαφικοί οριζόντες. Σε μετέπειτα χρόνο η στάθμη της θάλασσας ανυψώνονταν με συνέπεια να επανέλθει η παράκτια υποθαλάσσια ζώνη και να επαναληφθεί ο ρυθμός παράκτιας απόθεσης υλικού.

Συνοψίζοντας, η ανάλυση ιζηματογενών φάσεων που διεξήχθη, έδειξε ότι στο σύνολο τους όλες οι φάσεις αντιπροσωπεύουν μία και μόνη διεργασία βύθισης-κατάκλισης της λεκάνης χωρίς επιστροφή πίσω στην χερσαία κατάσταση.

Τεκτονικά συμβάντα άφησαν τα αποτυπώματά τους στο καθεστώς ιζηματογένεσης. Συνήθως θεωρούμε ότι η βύθιση είναι ομοιόμορφη, αλλά παρατηρήσεις στα αποτελέσματα που έχουν στην κλαστική ιζηματογένεση οι σύγχρονες μετακινήσεις ρηγματίων, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα τεκτονικά γεγονότα δεν είναι ομοιόμορφα σε μικρή χρονική κλίμακα. Ανομοιογενής βύθιση σε μία περιοχή όπου επικρατεί ομοιόμορφη ιζηματογένεση ή επεισοδιακή ανύψωση της γειτονικής μητρικής περιοχής η οποία επηρεάζει τον ρυθμό ιζηματογένεσης, μπορεί να είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία ρυθμικών ή και κυκλικών αποθέσεων.

Μεταβολές στον ρυθμό ιζηματογένεσης, ανεξαρτήτως εάν αυτός σχετίζεται με τις τεκτονικές κινήσεις ή με άλλους παράγοντες, όπως είναι η μεταβολή στον ρυθμό απορροής του ιζήματος ή μεταβολές στα επικρατούντα ρεύματα, μπορεί να δημιουργήσει ρυθμικές αποθέσεις σε μία λεκάνη η οποία κατά τα άλλα βυθίζεται ομοιόμορφα.

Επιπλέον, η ερμηνεία των ρυθμικών ιζηματογενών αποθέσεων εξαρτάται από το πόσο κατανοητές είναι οι κλιματικές συνθήκες οι οποίες ελέγχουν άμεσα την παροχή ιζήματος.

Όσον αφορά στις παράκτιες αποθέσεις, η παροχή ιζήματος δεν είναι η ίδια σε όλη

την λεκάνη. Σε ορισμένες θέσεις (δυτικά της λεκάνης, τομή Βιγλοτόπι) αυτή είναι μεγάλη με αποτέλεσμα την απόθεση παράκτιων κροκαλοπαγών, αλλού (τομή Ποταμοί) είναι μικρότερη. Η μεγάλη παροχή κλαστικού υλικού είναι υπεύθυνη για τα μεγάλου πάχους κλαστικά ιζήματα.

4.1. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Για την πληρέστερη παλαιοπεριβαλλοντική ερμηνεία και τεκμηρίωση της ιζηματολογίας της εξεταζομένης λεκάνης, θεωρήθηκε σκόπιμο να αναφερθούν μερικές παλαιοοικολογικές παρατηρήσεις που βασίστηκαν στην μελέτη των βενθονικών Τρηματοφόρων και σε βιβλιογραφικά δεδομένα σχετικά με τις μεγαπανίδες.

Από τρεις τομές οι οποίες επιλέγησαν, συλλέχτηκαν συνολικά 30 δείγματα τα οποία υπέστησαν παλαιοντολογική και παλαιοοικολογική ανάλυση. Οι θέσεις των δειγμάτων αυτών σημειώνονται στις στρωματογραφικές στήλες στις Εικ. 21, 48 και 49.

Η παλαιοντολογική ανάλυση αφορά στον προσδιορισμό και συστηματική ταξινόμηση των βενθονικών Τρηματοφόρων. Τα είδη που προσδιορίστηκαν χωρίστηκαν σε ομάδες για την καλύτερη μελέτη της παλαιοοικολογίας τους. Η παλαιοοικολογική ανάλυση αφορά στατιστικές μεθόδους αναλύσεως και διαγράμματα.

Δεδομένου ότι η παρούσα μελέτη είχε στόχο την εξαγωγή παλαιοοικολογικών συμπερασμάτων, η μικροπαλαιοντολογική έρευνα εντοπίστηκε μόνο στα βενθονικά Τρηματοφόρα μιά και είναι γνωστό ότι τα πλαγκτονικά Τρηματοφόρα δίνουν πληροφορίες μόνο για τις συνθήκες επιφανείας και όχι για το περιβάλλον απόθεσης καθ'αυτό. Μετρήσεις ατόμων, εν τούτοις, έγιναν τόσο στα βενθονικά όσο και στα πλαγκτονικά τρηματοφόρα, προκειμένου να υπολογιστεί ο λόγος P/B, ο οποίος είναι χρησιμότητας για τα επιδιωκόμενα παλαιοοικολογικά συμπεράσματα.

Πρέπει να αναφερθεί ότι η επίδραση της διαλυτοποίησης των συστατικών του κελύφους των βενθονικών συγκεντρώσεων δεν είναι γνωστή στα δείγματά μας. Έτσι, εξαιτίας της απουσίας βάσιμων κριτηρίων για την εκτίμηση των μεταβολών που υπεισέρχονται λόγω της διαλυτοποίησης, η επιλογή των δειγμάτων έγινε ανεξάρτητα από την κατάσταση διατηρήσεώς τους.

Επιπλέον, όπου είναι εφικτή, διεξάγεται σύγκριση των αποτελεσμάτων της παλαιοοικολογικής αυτής ανάλυσεως με τα παλαιοοικολογικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την μελέτη ορισμένων μακροαπολιθωμάτων.

Οι ποσοτικές μέθοδοι αναλύσεως που χρησιμοποιήθηκαν ήταν:

1. υπολογισμός της επί τοις εκατό συχνότητας των ειδών- ομάδων ειδών σε κάθε δείγμα.
2. υπολογισμός της ποικιλότητας σε κάθε δείγμα.
3. υπολογισμός του βαθμού ομοιομορφίας κάθε δείγματος
4. υπολογισμός του βάθους αποθέσεως κάθε δείγματος.
5. υπολογισμός του λόγου πλαγκτονικών / βενθονικά τρηματοφόρα (P/B) σε κάθε δείγμα.

Συγκεκριμένα, όσον αφορά στον υπολογισμό της ποικιλότητας των δειγμάτων, είναι γεγονός ότι συνήθως στις παλαιοοικολογικές μελέτες χρησιμοποιείται ο δείκτης α των FISCHER *et al.*, (1943), γνωστός σαν Fischer- α δείκτης για την ποσοτική έκφραση αυτής. Ο δείκτης αυτός δεν χρησιμοποιείται στην παρούσα μελέτη παρόλο που θεωρείται προσιτός στη χρήση του καθώς δεν είναι ο πλέον αντιπροσωπευτικός εφ' όσον εξαρτάται από το μέγεθος του δείγματος χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η αναλογία των ειδών μέσα σε ένα συγκεκριμένο δείγμα. Η συνάρτηση που χρησιμοποιήθηκε είναι η Shannon-Weaver συνάρτηση H , η οποία λαμβάνει υπόψη της ακόμα και τις αναλογίες των μη διαδεδομένων ειδών και είναι ανεξάρτητη του μεγέθους του δείγματος.

Εάν δάλουμε τα σπάνια είδη σε μία ομάδα, καθορίζοντας έτσι τον αριθμό M των taxa εκ των προτέρων, τότε ο τύπος:

$$M$$

$$H = -\sum_{i=1} p_i \ln(p_i)$$

$$i=1$$

όπου p_i η αναλογία στη συγκέντρωση του taxon i ($p_i = n_i/N$, όπου n_i είναι ο αριθμός των ατόμων του i είδους και N είναι ο συνολικός αριθμός των ατόμων) γίνεται μία πολύ καλή παράμετρος συγκέντρωσης η οποία αξιοποιεί εξίσου τα σπάνια είδη.

Επειδή ο δείκτης ποικιλότητας επηρεάζεται από τον αριθμό των ειδών όσο και από τον τρόπο που τα άτομα κατανέμονται σε αυτά τα είδη, απαραίτητο είναι να υπολογίζουμε και την ομοιομορφία J όπου $J = H/\ln M$, όπου M είναι ο αριθμός των taxa. Ο $\ln M$ λέγεται και μέγιστη ποικιλότητα H_{max} και είναι η μεγαλύτερη ποικιλότητα που θα μπορούσε να προκύψει από έναν δεδομένο αριθμό ειδών.

Τέλος, για τον υπολογισμό του παλαιοβάθους χρησιμοποιήθηκε ο τύπος των VAN DER ZWAAN *et al.* (1990):

Depth = $e^{(3.58718 + (0.03534 \%P))}$ όπου $\%P = (P/P+B) \cdot 100$. (όπου P ο αριθμός των πλαγκτονι-

κών τρηματοφόρων και Β ο αριθμός των βενθονικών τρηματοφόρων).

Τα διαγράμματα που χρησιμοποιήσαμε χωρίζονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες:

1. διαγράμματα που αφορούν στην κατανομή των ειδών-ομάδων ειδών.
2. διαγράμματα που απεικονίζουν την μεταβολή στην ποικιλότητα των δειγμάτων.
3. διαγράμματα που απεικονίζουν την μεταβολή του λόγου P/B και του βάθους αποθέσεως των δειγμάτων.

4.2. ΠΑΛΑΙΟΟΙΚΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΤΟΜΩΝ

4.2.1. Ομαδοποίηση της μελετηθήσας πανίδας.

Τα είδη των βενθονικών Τρηματοφόρων τα οποία προσδιορίστηκαν και μελετήθηκαν αναφέρονται στον Πίνακα 4. Αυτά τα είδη χωρίστηκαν σε ομάδες για την καλύτερη ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Οι ομάδες καθορίστηκαν με κύριο κριτήριο τον διαχωρισμό που προτείνεται από τον v.d. ZWAAN (1982) και (1983), ο οποίος βασίζεται στη δομή των κοινοτήτων βενθονικών Τρηματοφόρων ρηχών και βαθέων υδάτων που προτιμούν να κατοικούν μέσα στην ιλύ. Για τον σκοπό αυτό ο ίδιος ερευνητής διεξήγαγε R-mode ανάλυση σε έναν αριθμό δειγμάτων. Αυτή η ανάλυση έγινε με την χρήση των προγραμμάτων υπολογιστή BALANC και DENDRO. Και τα δύο προγράμματα βασίζονται σε μοντέλο που χρησιμοποίησε ο DROOGER (1982).

Στο δενδρόγραμμα της Εικ. 84 το οποίο κατασκευάστηκε από τον v.d. ZWAAN (1983) απεικονίζεται η διεύθυνση των ειδών η οποία αναγνωρίζεται σε αναλύσεις σε σχεδόν όλες τις Μεσοκαινικές ιλυώδεις συγκεντρώσεις ρηχών υδάτων της Μεσογείου. Αυτή χαρακτηρίζεται από την εμφάνιση τριών ομάδων:

Η πρώτη ομάδα αποτελείται από τα επιφυτικά είδη όπως *Cibicides lobatulus*, *Cibicides refulgens*, *Asterigerinata planorbis*, *Bolivina pseudoplicata*, *Discorbis* sp. και *Elphidium* sp.. Εάν υπάρχει, προστίθεται πάντοτε και το είδος *Reusella spinulosa* το οποίο πολύ πιθανόν να ήταν επιφυτικό επίσης. Η πιο πιθανή ερμηνεία είναι ότι αυτά τα ρηχών υδάτων είδη μεταφέρθηκαν προς τα ανοικτά της λεκάνης με τη βοήθεια φυτών με αποτέλεσμα να θεωρούνται αλλόχθονα όταν βρίσκονται σε πιο βαθιά περιβάλλοντα.

Στη δεύτερη ομάδα επικρατούν είδη τα οποία δεν αντέχουν σε περιβαλλοντικό stress οποιασδήποτε μορφής και πιο συγκεκριμένα σε πολύ υψηλές αλμυρότητες και σε έλλειψη οξυγόνου. Τέτοια είδη είναι π.χ. τα *Cibicides ungerianus*, *Cibicides dutemplei*, *Hanzawaia boueana*, *Uvigerina peregrina* καθώς και τα συμφυρματοπαγή. Αντίθετα από την προηγούμενη ομάδα, η τρίτη ομάδα αποτελείται από είδη τα οποία αντέχουν σε περιβαλλοντικό stress το οποίο κυρίως παρουσιάζεται με τη μορφή ελλείψεως οξυγόνου στον πυθμένα. Αντιπροσωπευτικά είδη της

ομάδας αυτής είναι τα *Bulimina costata*, *Bulimina elongata*, *Bulimina aculeata*, *Bolivina spathulata* και *Uvigerina cylindrica gaudryinoides*.

Επιπλέον, σε σχετικώς βαθύτερα περιβάλλοντα (μέχρι και 700m βάθος) η ομάδα των αλλόχθονων επιφυτικών ειδών μπορεί να επεκταθεί με την προσθήκη της μεταφερμένης *Ammonia beccarii* ενώ είδη όπως *Siphonina bradyana*, *Cibicides*

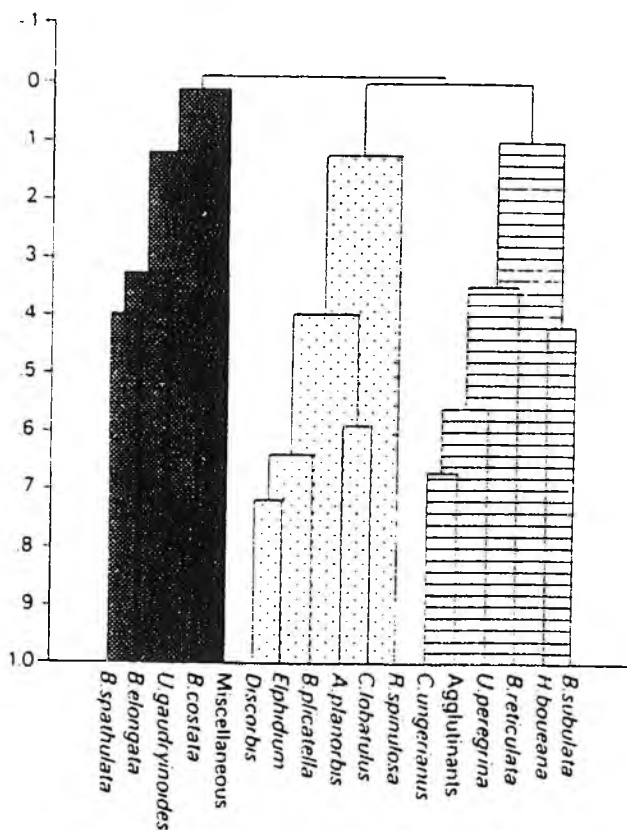
1. Agglutinants	37. <i>Gyroidinoides umbonatus</i> SILVESTRI
2. <i>Alabamina wilcoxensis</i> BROTZEN	38. <i>Hanzawaia boueana</i> (D'ORBIGNY)
3. <i>Ammonia beccarii</i> (LINNAEUS)	39. <i>Hoeglundina elegans</i> (D'ORBIGNY)
4. <i>Ammonia perlucida</i> (HERON-ALLEN & EARLAND)	40. <i>Lagena sulcata</i> (WALKER & JACOB)
5. <i>Angulogenerina angulosa</i> (WILLIAMSON)	41. <i>Lenticulina orbicularis</i> (D'ORBIGNY)
6. <i>Anomalina</i> sp.	42. <i>Lenticulina orbiculina</i> (D'ORBIGNY)
7. <i>Asterigerinata planorbis</i> (D'ORBIGNY)	43. <i>Lenticulina rotulata</i> LAMARCK
8. <i>Astrononion</i> sp.	44. <i>Lenticulina</i> sp.
9. <i>Bolivina antiqua</i> D'ORBIGNY	45. <i>Marginulinopsis</i> sp.
10. <i>Bolivina pseudoplicata</i> HERON-ALLEN & EARLAND	46. <i>Melonis pompilioides</i> (FICHTEL & MOLL)
11. <i>Bolivina spathulata</i> (WILLIAMSON)	47. Miliolids
12. <i>Bolivina subspineses</i> CUSHMAN	48. <i>Nodosaria scalaris</i> (BATSCH)
13. <i>Bolivina tortuosa</i> BRADY	49. <i>Nonion boueanum</i> (D'ORBIGNY)
14. <i>Bulimina aculeata</i> (D'ORBIGNY)	50. <i>Nonion depressulum</i> (WALKER & JACOB)
15. <i>Bulimina costata</i> D'ORBIGNY	51. <i>Nonion</i> sp..
16. <i>Bulimina elongata</i> (D'ORBIGNY)	52. <i>Nonionella</i> sp
17. <i>Bulimina marginata</i> (D'ORBIGNY)	53. <i>Oridorsalis umbonatus</i> (REUSS)
18. <i>Cancris auricula</i> (FICHTEL & MOLL)	54. <i>Osangularia</i> sp.
19. <i>Cassidulina carinata</i> SILVESTRI	55. <i>Paracassidulina sagamiensis</i> ASSANO & NACAMURA
20. <i>Cassidulina laevigata</i> D'ORBIGNY	56. <i>Planulina ariminensis</i> (REUSS)
21. <i>Cibicides dutemplei</i> (D'ORBIGNY)	57. <i>Pullenia quinqueloba</i> REUSS
22. <i>Cibicides lobatulus</i> (WALKER & JACOB)	58. <i>Reusella spinulosa</i> (REUSS)
23. <i>Cibicides refulgens</i> MONTFORT	59. <i>Rosalina globularis</i> D'ORBIGNY
24. <i>Cribrononion asklundi</i> (BROTZEN)	60. <i>Sigmoilopsis schlumbergeri</i> (SILVESTRI)
25. <i>Cribrononion excavatum</i> (TERQUEM)	61. <i>Siphonina reticulata</i> CZIZEK
26. <i>Cribrononion gunteri</i> (COLE)	62. <i>Spiroplectammina carinata</i> D'ORBIGNY
27. <i>Elphidium</i> sp.	63. <i>Spiroplectammina</i> sp.
28. <i>Fissurina bisulcata</i> (HERON-ALLEN & EARLAND)	64. <i>Trifarina bradyi</i> (WILLIAMSON)
29. <i>Fissurina orbignyana</i> SEGUENZA	65. <i>Trifarina carinata</i> (CZIZEK)
30. <i>Fursekoina</i> sp.	66. <i>Uvigerina bononiensis</i> FORMASINI
31. <i>Gavelinopsis praegeri</i> (HERON-ALLEN & EARLAND)	67. <i>Uvigerina cylindrica</i> D'ORBIGNY
32. <i>Globocassidulina crassa</i> D'ORBIGNY	68. <i>Uvigerina hollicki</i> THALMANN
33. <i>Globocassidulina pyrula</i> D'ORBIGNY	69. <i>Uvigerina peregrina</i> CUSHMAN
34. <i>Globocassidulina subglobosa</i> (BRADY)	70. <i>Uvigerina proboscidea</i> FORMASINI
35. <i>Gyroidinoides soldanii</i> (D'ORBIGNY)	71. <i>Uvigerina rutila</i> D'ORBIGNY
36. <i>Gyroidinoides</i> sp.	72. <i>Valvulineria bradyana</i> FORMASINI
	73. <i>Valvulineria complanata</i> CUSHMAN

ΠΙΝΑΚΑΣ 4: Κατάλογος των βενθονικών τρηματοφόρων που αναγνωρίστηκαν.

TABLE 4: List of the determined benthic foraminifera.

bradyi, *Nonion barleeanum*, *Gyroidinoides* sp. και *Uvigerina rutila* προστίθονται στην ομάδα II. Επίσης η ομάδα III μπορεί να επεκταθεί με την προσθήκη των ειδών *Valvulineria complanata*, *Globobulimina* sp., *Bulimina costata*, (είδη τα οποία προτιμούν συνθήκες πλούσιες σε τροφικά στοιχεία και μέτριας ελλείψεως οξυγόνου), καθώς και με τα είδη *Cassidulina* sp., *Bulimina subulata*, *Uvigerina proboscidea* (είδη τα οποία αντέχουν σε συνθήκες υψηλής αλμυρότητας και παντελούς ελλείψεως οξυγόνου).

Από την στιγμή που το δενδρογράμμα της Εικ. 84 δίνει μία τυπική εικόνα όλων των Μειοκαινικών και Πλειοκαινικών συγκεντρώσεων, συμπεραίνεται ότι κατά τη διάρκεια αυτού του χρονικού διαστήματος τα είδη διευθετήθηκαν ανάλογα με την αντοχή τους στο περιβαλλοντικό stress το οποίο καθορίστηκε από το υπάρχον ποσό οξυγόνου στον πυθμένα. Το οξυγόνο με την σειρά του είναι πολύ καθοριστι-



Εικ. 84. Δενδρογράμμα που απεικονίζει τη διεύθετηση των βενθονικών ειδών σε Μειοκαινικές ιλυώδεις συγκεντρώσεις αβαθών υδάτων της Μεσογείου (v.d. ZWAAN 1983).

Fig. 84. Dendrogram which shows the arrangement of species in the Miocene shallow water mud-associations of Mediterranean (v.d. ZWAAN 1983).

κό του διαθέσιμου ποσού τροφής στον πυθμένα. Επομένως, υπάρχει μία έντονη ομοιότητα μεταξύ των συγκεντρώσεων προερχομένων από φτωχά σε οξυγόνο και πλούσια σε τροφικά στοιχεία περιβάλλοντα (v.d.ZWAAN, 1982a). Λεπτομερής στρωματογραφική χαρτογράφηση των περιοχών έδωσε πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με το σχετικό βάθος αποθέσεως των ιζημάτων. Το μέγιστο βάθος αποθέσεως των ιζημάτων υπολογίστηκε περίπου στα 200-300m.

Όσον αφορά στην παλαιοοικολογική ανάλυση των βενθονικών Τρηματοφόρων των μελετώμενων τομών, εβδομήντα τρία είδη αναγνωρίστηκαν από τα εξεταζόμενα δείγματα. Το μεγαλύτερο ποσοστό αυτών των ειδών ανήκει στην υπόταξη *Rotaliina* παρόλο που μεμονωμένα άτομα συμφυρματοπαγών ειδών συναντώνται σε αρκετά μεγάλο ποσοστό. Είδη της υποτάξεως *Miliolina* σπανίζουν και η αφθονία τους χαρακτηριστικά συνήθως δεν υπερβαίνει το 1% του δείγματος.

Επιπλέον είκοσι βενθονικά είδη καθώς και ομάδες βενθονικών ειδών υπέστησαν στατιστική ανάλυση όσον αφορά στην συχνότητά τους η οποία οδήγησε σε σημαντικά παλαιοοικολογικά συμπεράσματα. Τα είδη αυτά είναι:

Cibicides lobatulus (συμπεριλαμβανομένων και των *Cibicides refulgens* και *Cibicides lobatulus* trans. type *refulgens*), *Asterigerinata planorbis*, *Elphidium* sp., *Discorbis* sp. (συμπεριλαμβανομένης και της *Rosalina globularis*), *Reusella spinulosa*, *Bolivina pseudoplicata*, *Bolivina spathulata*, *Ammonia beccarii*, *Uvigerina peregrina*, *Uvigerina cylindrica gaudryoides*, *Hanzawaia boueana*, *Gyroidinoides* sp., *Cassidulina* sp., *Bulimina aculeata*, *Bulimina costata*, *Miliolids* και Συμφυρματοπαγή. Όλα τα υπόλοιπα είδη έχουν ομαδοποιηθεί στην κατηγορία "Υπόλοιπα Είδη" η οποία καταλαμβάνει περίπου το 25% κάθε δείγματος.

Επίσης οι τρεις ομάδες οι οποίες υπέστησαν παλαιοοικολογική ανάλυση αποτελούνται από τα ακόλουθα είδη:

Ομάδα I: *Cibicides lobatulus*, *Cibicides refulgens*, *Cibicides lobatulus* trans. type *refulgens*, *Asterigerinata planorbis*, *Discorbis* sp., *Elphidium* sp., *Ammonia beccarii*, *Reusella spinulosa*, *Bolivina pseudoplicata*.

Τα επιφυτικά είδη της Ομάδας I θεωρούνται ανθεκτικά σε υψηλές αλμυρότητες ακόμα και στην περίπτωση που αυτά είναι αλλόχθονα. Επιπλέον, τα είδη *Bolivina pseudoplicata* και *Reusella spinulosa* θεωρούνται ανθεκτικά σε συνθήκες χαμηλής οξυγονώσεως των υδάτων. Σε περίπτωση που τα επιφυτικά είδη είναι αυτόχθονα, αντέχουν κι αυτά σε συνθήκες σχετικής ελλείψεως οξυγόνου. Επίσης, ο HAGEMAN (1979) περιέγραψε εμφανίσεις των ειδών *Elphidium* sp. και *Cibicides lobatulus* σε λιμνοθαλάσσια ιζήματα της Ελλάδας.

Συμπεραίνεται λοιπόν ότι τα επιφυτικά είδη της Ομάδας I έχουν σχεδόν σταθερά οικολογικά χαρακτηριστικά π.χ. υψηλή ανεκτικότητα σε διακυμάνσεις της αλμυρότητας καθώς και σε άλλες περιβαλλοντικές παραμέτρους. Επιπλέον το είδος *Bolivina pseudoplicata*, το οποίο αναφέρεται ως κάτοικος ανοικτής θάλασσας που

προτιμά να ζει μέσα σε ιλυώδες υπόβαθρο (mud-dweller) και το οποίο περιορίζεται σε μικρά βάθη, δεν έχει ποτέ βρεθεί σε υπεράλυτρα ύδατα ενώ οι BOLTOVSKOY & LENA (1971) αναφέρουν την παρουσία του σε υφάλμυρες συνθήκες. Το ίδιο ισχύει και για την *Reusella spinulosa* η οποία αναφέρεται από τον HAGEMAN (1979) ως ανθεκτικό είδος σε σχετικά υφάλμυρες συνθήκες καθώς σχετίζεται με είδη όπως η *Ammonia beccarii* και τα *Elphidium* sp..

Ομάδα II: (είδη τα οποία σχετικά αντέχουν σε περιβαλλοντικό stress): *Cibicides dutemplei*, *Hanzawaia boueana*, *Uvigerina peregrina*, *Siphonina bradyana*, *Gyroldinoides* sp., *Uvigerina rutila*, *Nonion soldanii*, *Nonion barleaanum*, *Melonis pompilioides*, Συμφυρματοπαγή.

Τα είδη τα οποία αποτελούν την ομάδα II χαρακτηρίζουν συνθήκες ανοικτής θάλασσας τα οποία όμως δεν αντέχουν σε μεγάλες διακυμάνσεις τις αλμυρότητας καθώς και σε παντελή έλλειψη οξυγονώσεως. Παραδείγματος χάριν, το είδος *Uvigerina peregrina* αναφέρεται από τους DROOGER & KAASSCHIETER (1958) ότι κατοικεί σε μεγάλο βαθυμετρικό εύρος και αποφεύγει τις διακυμάνσεις της αλμυρότητας. Επίσης υπάρχουν αναφορές που υποδηλώνουν την στενή σχέση της *Uvigerina peregrina* με χαμηλής οξυγονώσεως ύδατα (SCHNITKER 1979, DOUGLAS & HEITMAN, 1976). Παρόμοια συμπεριφορά παρουσιάζει και η *Hanzawaia boueana* η οποία δεν παρουσιάζει ανεκτικότητα σε υψηλές αλμυρότητες.

Ομάδα III: χαρακτηρίζεται από είδη ανθεκτικά στο περιβαλλοντικό stress όπως υψηλή αλμυρότητα και συνθήκες χαμηλής οξυγονώσεως. Αυτά τα είδη είναι: *Bulimina costata*, *Bulimina aculeata*, *Bulimina elongata*, *Bolivina spathulata*, *Uvigerina cylindrica gaudrynoides*, *Valvulineria complanata*, *Cassidulina* sp..

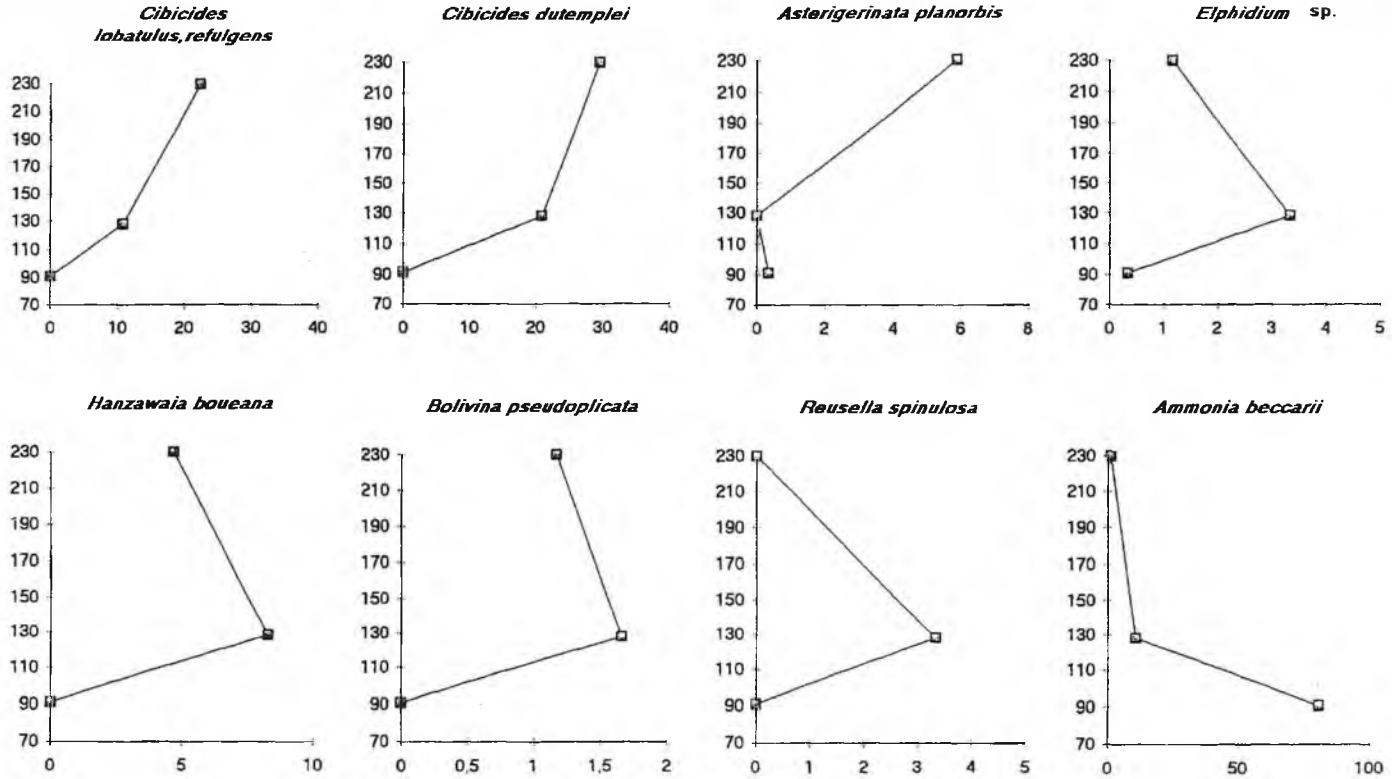
Η ποιοτική και ποσοτική ανάλυση της βενθονικής μικροπανίδας των τομών Βιγλοτόπι, Ποταμοί και Αποστόλοι οδήγησε στα ακόλουθα συμπεράσματα:

4.2.2. Τομή Βιγλοτόπι

Η κακή εμφάνιση, λόγω της έντονης βλαστήσεως, των μαργαϊκών ιξημάτων της παράκτιας-θαλάσσιας ενότητας της τομής είχε σαν αποτέλεσμα την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση της βενθονικής μικροπανίδας από τρία μόνο ενδεικτικά δείγματα.

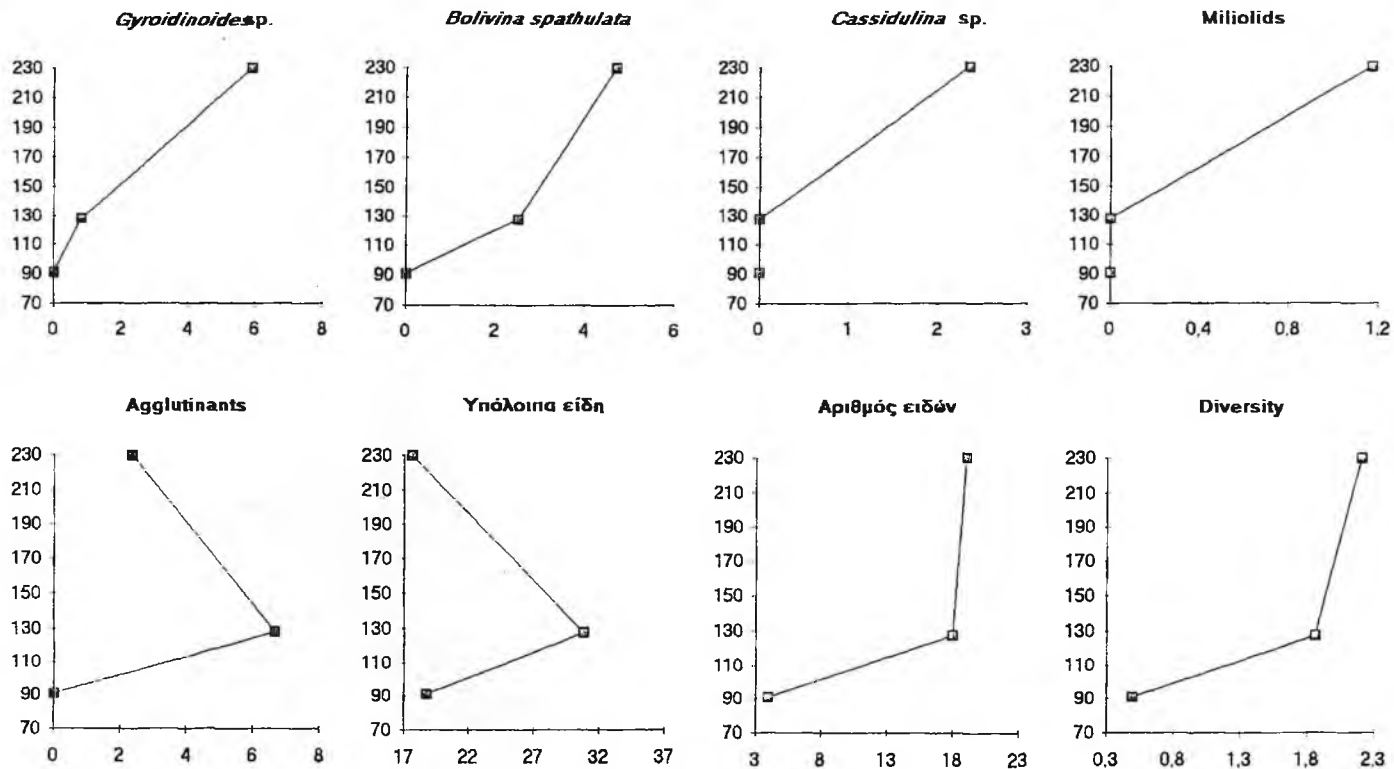
Από τα διαγράμματα των Εικ. 85α, β, γ, 86 και 87 που απεικονίζουν την μεταβολή των συχνοτήτων εμφανίσεως των κυριότερων αντιπροσώπων της βενθονικής μικροπανίδας παρατηρούμε και συμπεραίνουμε τα ακόλουθα:

Στο πρώτο δείγμα - το οποίο συλλέχθηκε από την επαφή μαργαϊκού υλικού με ψαμμιτικό πάγκο με θραύσματα από όστρεες και ίχνη βιοαναμόχλευσης- επικρατεί η Ομάδα I εξαιτίας του μεγάλου ποσοστού εμφανίσεως του ευρύαλου είδους *Ammonia beccarii* (περίπου 90%). Χαρακτηριστική είναι η απουσία των υπολοίπων επιφυτικών ειδών όπως *Cibicides lobatulus*, *Cibicides refulgens* καθώς και



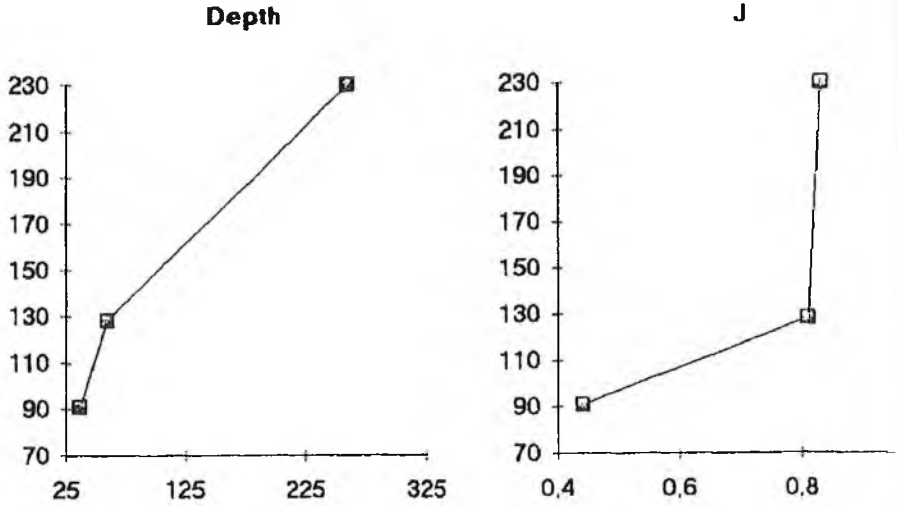
Εικ. 85α. Διαγράμματα συχνότητας των *Cibicides lobatulus*, *Cibicides refulgens*, *C. dutemplei*, *Asterigerinata planorbis*, *Elphidium sp.*, *Hanzawaia boueana*, *Bolivina pseudoplicata*, *Reusella spinulosa* και *Ammonia beccarii* για την τομή Βιγλοτόπι Β.

Fig. 85a. Frequency curves of *Cibicides lobatulus*, *Cibicides refulgens*, *C. dutemplei*, *Asterigerinata planorbis*, *Elphidium sp.*, *Hanzawaia boueana*, *Bolivina pseudoplicata*, *Reusella spinulosa* and *Ammonia beccarii* from Viglotope B section.



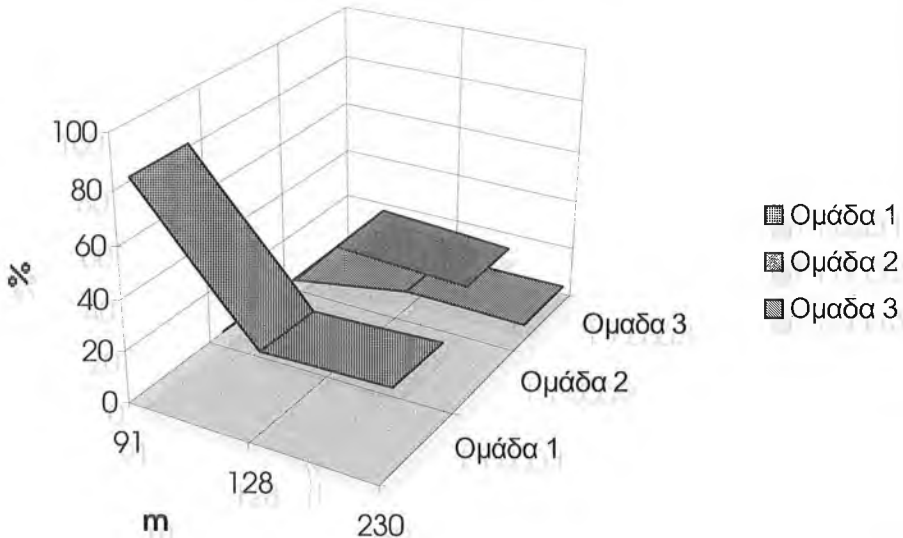
Εικ. 85β. Διαγράμματα συχνότητας των *Gyroidinoides* sp., *Bolivina spathulata*, *Cassidulina* sp., Miliolids, Agglutinants και υπολοίπων ειδών. Επιπλέον, διαγράμματα μεταβολής του αριθμού ειδών και ποικιλότητας από την τομή Βιγλοτόπι Β.

Fig. 85b. Frequency curves of *Gyroidinoides* sp., *Bolivina spathulata*, *Cassidulina* sp., Miliolids, Agglutinants and rest species. Curves of the number of species change and diversity from Viglotopi B section.



Εικ. 85γ. Διαγράμματα βάθους και ομοιομορφίας από την τομή Βιγλοτόπι Β.
Fig. 85c. Diagrams of depth and evenness change from Viglotopi B section.

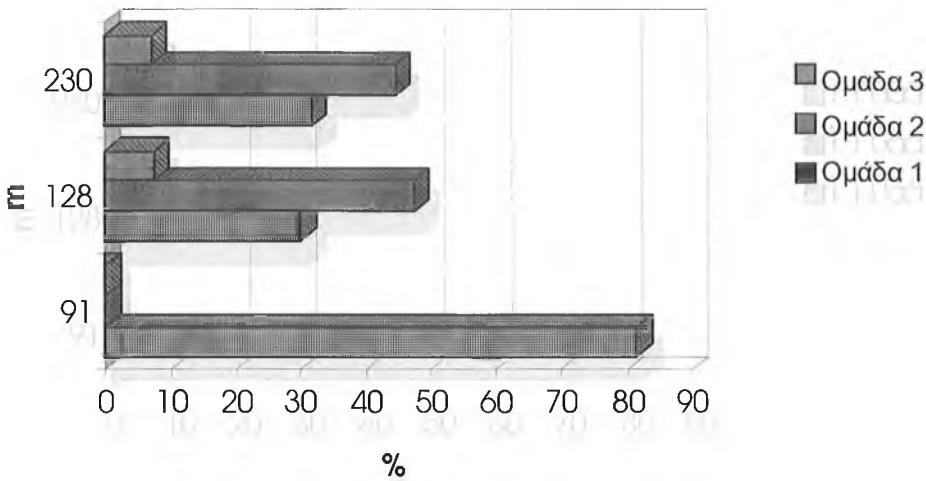
ΤΟΜΗ ΒΙΓΛΟΤΟΠΙ



Εικ. 86. Τρισδιάστατο διάγραμμα που απεικονίζει την μεταβολή συχνότητας των ομάδων 1, 2, και 3 για την τομή Βιγλοτόπι Β.

Fig. 86. 3-D diagram which shows the frequency changes of groups 1, 2 and 3 from Viglotopi B section.

ΤΟΜΗ ΒΙΓΛΟΤΟΠΙ



Εικ. 87. Δισδιάστατο διάγραμμα που απεικονίζει την μεταβολή συχνότητας των ομάδων 1, 2 και 3 για την τομή Βιγλοτόπι Β.

Fig. 87. 2-D diagram which shows the frequency changes of groups 1, 2 and 3 from Viglotopi B section.

των *Bolivina pseudoplicata* και *Reusella spinulosa* καθώς και το μικρό ποσοστό εμφανίσεως των *Elphidium* sp. και *Asterigerinata planorbis*.

Το υψηλό ποσοστό εμφανίσεως της *Ammonia beccarii* σε συνδυασμό με την πολύ χαμηλή ποικιλότητα που παρουσιάζει το δείγμα υποδηλώνουν ένα περιορισμένο υφάλμυρο περιβάλλον.

Η αύξηση του ποσοστού εμφανίσεως της Ομάδας ΙΙ σε βάρος της Ομάδας Ι καθώς και η πρώτη εμφάνιση ειδών που ανήκουν στην Ομάδα ΙΙΙ υποδηλώνουν μεταβολή των περιβαλλοντικών συνθηκών για το δεύτερο δείγμα το οποίο αποτελείται από αργιλλομαργαϊκό υλικό που βρίσκεται αμέσως πάνω από τους πάγκους με *Heterostegina*. Πιο συγκεκριμένα:

Η αυξητική τάση του *Cibicides dutemplei* σε συνδυασμό με την αυξητική τάση του *Gyroidinoides* sp. τα οποία είναι είδη ανοικτής θάλασσας και δεν αντέχουν σε μεγάλες διακυμάνσεις της αλμυρότητας καθώς και σε ακραίες συνθήκες χαμηλής οξυγονώσεως, υποδηλώνουν μετάβαση σε πιο σταθερές περιβαλλοντικές συνθήκες. Επιπλέον, το μέγιστο συχνότητας που παρουσιάζει το είδος *Hanzawaia boueana* το οποίο είναι είδος ανοικτής θάλασσας που δεν αντέχει σε πολύ υψηλές αλμυρότητες καθώς και το μέγιστο συχνότητας που παρουσιάζουν τα συμφυματοπαγή, τα οποία επίσης χαρακτηρίζουν συνθήκες χαμηλής αλμυρότητας σε συν-

δυσασμό με την υψηλή ποικιλότητα που παρουσιάζει το δείγμα συνηγορούν στην ύπαρξη πιο σταθερών περιβαλλοντικών συνθηκών.

Συμπερασματικά, καταλήγουμε ότι το δεύτερο δείγμα αποτέθηκε σε ένα ανοικτό θαλάσσιο περιβάλλον, ίσως στα περιθώρια ενός δελταικού μετώπου όπου τα ύδατα λόγω της χαμηλής αλμυρότητας είναι ακόρεστα σε ανθρακικό ασβέστιο κι έτσι τα τρηματοφόρα ακόμα και με φυσιολογική παρέμβαση θα ήταν περισσότερο δύσκολο να εκκρίσουν ασβεστολιθικό κέλυφος. Έτσι δικαιολογείται το υψηλό ποσοστό συχνότητας των συμφυρματοπαγών.

Παρόμοιες τάσεις όσον αφορά την συχνότητα των ομάδων και των ειδών παρατηρούνται και στο τρίτο δείγμα το οποίο βρίσκεται στο ανώτερο τμήμα των μαργαϊκών αποθέσεων κοντά στη βάση των βιοκλαστικών ασβεστολιθών.

Η ραγδαία όμως ελάττωση των συμφυρματοπαγών καθώς και η απότομη αύξηση των Miliolids υποδηλώνουν μία αύξηση της αλμυρότητας με αποτέλεσμα το θαλάσσιο ύδωρ να είναι σημαντικά υπέρκορο σε ανθρακικό ασβέστιο. Επιπλέον, η αύξηση που παρουσιάζει στην συχνότητά της η *Bolivina spathulata* η οποία είναι είδος ανθεκτικό στο περιβαλλοντικό stress και κυρίως στην υψηλή αλμυρότητα επιβεβαιώνει τα ανωτέρω. Τέλος, το σχετικά υψηλό ποσοστό αφθονίας των ειδών που ανήκουν στην Ομάδα I όπως π.χ. των *Cibicides lobatulus*, *Cibicides refulgens*, *Asterigerinata planorbis* μπορεί να εξηγηθεί θεωρώντας πιθανό το γεγονός τα παραπάνω είδη να είναι αλλόχθονα.

Συμπεράσματα: Η ποσοτική παλαιοοικολογική προσέγγιση της βενθονικής μικροπανίδας των 160 μέτρων του ανώτερου τμήματος της τομής Βυγλοτόπι οδήγησε στα ακόλουθα συνοπτικά συμπεράσματα.

Το κατώτερο του προς εξέταση τμήμα της τομής αποτέθηκε σε ένα κλειστό λιμνοθαλάσσιο περιβάλλον χαμηλής αλμυρότητας που επέτρεψε την ανάπτυξη μόνον της *Ammonia beccarii* με αρκετά μεγάλο ποσοστό συχνότητας.

Η απότομη ελάττωση της συχνότητας της Ομάδας I (Εικ. 86 και 87) υποδηλώνει μετάβαση σε ένα παράκτιο περιβάλλον και μάλιστα κοντά στο περιθώριο ενός δελταικού μετώπου το οποίο χαρακτηρίζεται από την παρουσία συμφυρματοπαγών και ειδών ανεκτικών σε συνθήκες χαμηλής αλμυρότητας.

Προς τα πάνω δεν παρατηρείται καμιά σπουδαία μεταβολή εκτός του ότι μεταβαίνουμε σε ανοικτό θαλάσσιο περιβάλλον με υψηλότερη αλμυρότητα όπως αυτή επιβεβαιώνεται από την έντονη παρουσία της *Bolivina spathulata* και των Miliolidae.

Επιπλέον, όσον αφορά στα μακροαπολιθώματα παρατηρήθηκε οριζοντας πλούσιος σε Turritelidae μεταξύ των δειγμάτων 1 και 2. Η ΚΟΣΚΕΡΙΔΟΥ (1996) αναγνώρισε και προσδιόρισε τα Turritelids, *Archimediella (Archimediella) erronea erronea* το οποίο χαρακτηρίζει περιβάλλοντα ανώτερης υποπαράκτιας ζώνης, βάθους 20-60 m και το *Archimediella (Archimediella) trincicta* του οποίου το

μεγάλο μέγεθος είναι χαρακτηριστικό περιβαλλόντων με αυξημένο περιεχόμενο σε CaCO_3 .

Πιο συγκεκριμένα, η αφθονία των Turritellidae καταδεικνύει αποθέσεις χαρακτηριστικές τροπικών-υποτροπικών υδάτων (θερμοκρασία $20^\circ\text{-}30^\circ\text{ C}$) που συνέβαλλε στην μεγάλη αύξηση του οστράκου ως συνέπεια της αύξησής του CaCO_3 του παράκτιου περιβάλλοντος στο οποίο ζούσαν (ΓΕΩΡΓΙΑΛΟΥ-ΔΙΚΑΙΟΥΛΙΑ & ΚΟΣΚΕΡΙΔΟΥ, 1993).

Τέλος, η συνύπαρξη της *Archimediella (Archimediella) erronea erronea* με τα Τρηματοφόρα *Ammonia beccarii* και *Elphidium* υποστηρίζουν την ύπαρξη της παριπαραλίου ζώνης βάθους 80 m (PICARD, 1965).

2.2.3. Τομή Ποταμοί

Επτά δείγματα από τα 100 ανώτερα μέτρα της τομής Ποταμοί υποβλήθηκαν σε παλαιοοικολογική-ποσοτική ανάλυση της περιεχόμενης βενθονικής μικροπανίδας τους.

Από τις εικόνες 88α, β, γ, 89 και 90, φαίνεται αξιοσημείωτο το υψηλό ποσοστό συχνότητας (από 65% έως 78%) της Ομάδας I στα δείγματα 1,6 και 7. Επιπλέον, η Ομάδα II υπερτερεί των υπολοίπων δύο στα δείγματα 4 και 5. Τέλος η Ομάδα III εμφανίζει σημαντικό ποσοστό συχνότητας στα δείγματα 2 και 3.

Τα υψηλά ποσοστά αφθονίας της *Ammonia beccarii* (30%) καθώς και του *Elphidium* sp. (30%) και της *Asterigerinata planorbis* (15%) είναι υπεύθυνα για το υψηλό ποσοστό συχνότητας της Ομάδας I στο δείγμα 1. Αυτό σε συνδυασμό με το υπολογιζόμενο βάθος απόθεσης των ιζημάτων (30m), την μικρή ποικιλότητα του δείγματος καθώς και την απουσία των πλαγκτονικών τρηματοφόρων, οδηγούν στο συμπέρασμα ότι πρόκειται για ένα υφάλμυρο περιβάλλον. Το μικρό ποσοστό εμφανίσεως της Ομάδας II με αντιπροσώπους το *Cibicides dutemplei* και τα συμφυρματοπαγή καθώς και η απουσία της Ομάδας III με αντιπροσώπους που αντέχουν σε υψηλές αλμυρότητες επιβεβαιώνουν τα ανωτέρω.

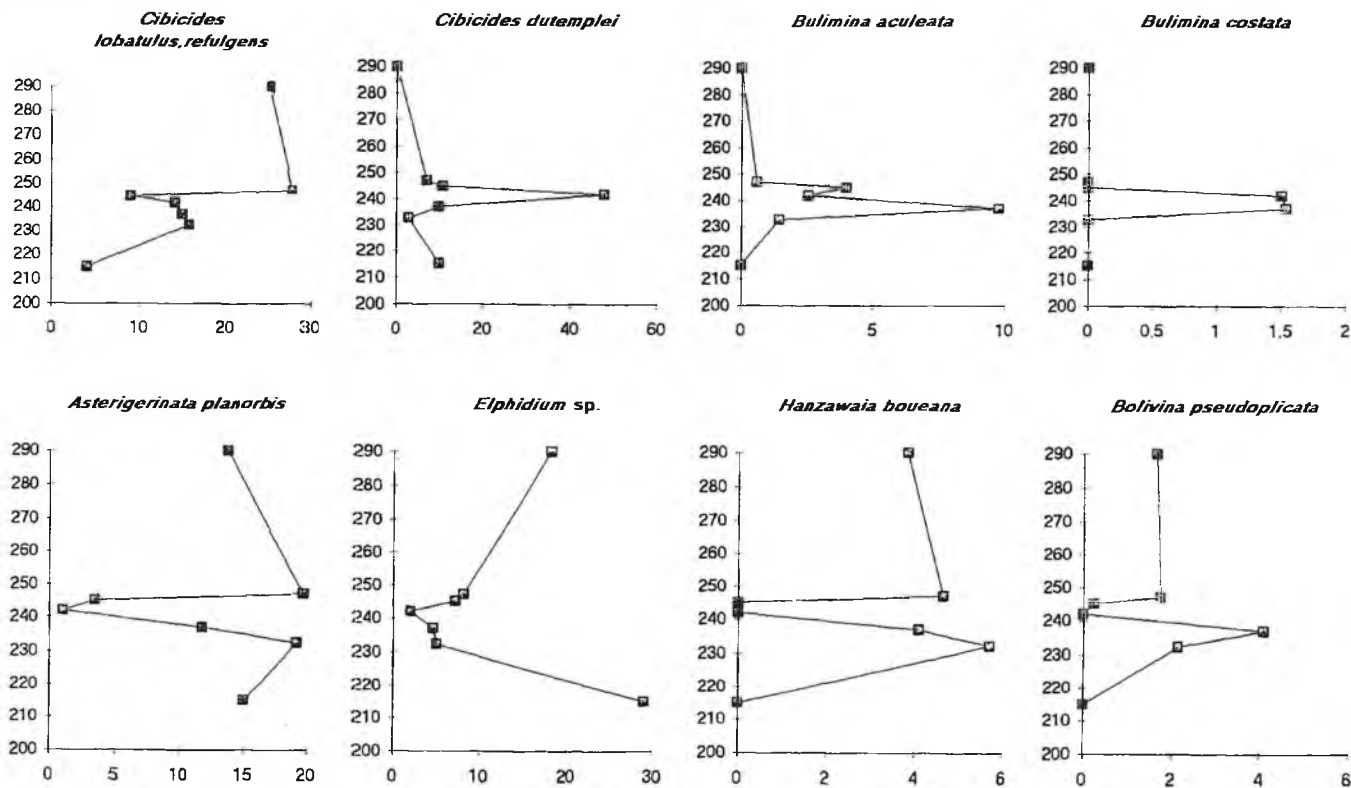
Χαρακτηριστική είναι η απότομη πτώση της Ομάδας I στο επόμενο δείγμα 2 καθώς και η έντονη αύξηση της Ομάδας III, που σημαίνει αλλαγή στις περιβαλλοντικές συνθήκες. Εντονη είναι η παρουσία της *Bolivina spathulata* (22%) - είδος ανθεκτικό σε περιβαλλοντικό stress όπως ελάττωση του οξυγόνου και αύξηση της αλμυρότητας (v.d. ZWAAN, 1982), ο JONKERS (1983) μάλιστα αναφέρει ότι το είδος αυτό μπορεί να είναι χαρακτηριστικός δείκτης στασιμότητας υδάτων του πυθμένα - καθώς και της *Cassidulina* sp.- η οποία από την βιβλιογραφία είναι γνωστή για τις προτιμήσεις της σε περιβάλλοντα μειωμένου οξυγόνου, υψηλής παραγωγικότητας υδάτων πυθμένα (BANDY *et al.*, 1964a,b; v.d. ZWAAN, 1983; WRIGHT, 1978; DOUGLAS & HEITMAN, 1979) και ελαφρά υψηλών αλμυροτήτων στην εσωτερική ευφωτική ζώνη (v.d. ZWAAN, 1983; BOLTOVSKOY & WRIGHT, 1976). Επιπλέον, η ποικιλότητα του δείγματος αυξάνει ενώ το βάθος αποθέσεως του ιζήματος παρουσιάζει

ζει μία μικρή αύξηση.

Ολα τα ανωτέρω συνηγορούν στην μετάβαση σε ένα ρηχό ανοιχτής θάλασσας περιβάλλον όπου χαρακτηριστική είναι η υψηλή αλμυρότητα αλλά και η ανεπάρκεια οξυγόνου, όπως αυτό συμπεραίνεται από το υψηλό ποσοστό αφθονίας της *Cassidulina* sp. Σύμφωνα με τους FRERICHS (1970), ADEGOKE *et al.*, (1976), υψηλές συχνότητες της *Bolivina spathulata* παρατηρούνται στα περιθώρια δελταϊκών περιοχών όπου εκεί παρατηρούνται οι ζώνες χαμηλής οξυγονώσεως να συμπιπουν με μέγιστες συγκεντρώσεις σχετικά χαμηλής ποικιλότητας οι οποίες συνεπάγονται υψηλή παραγωγικότητα.

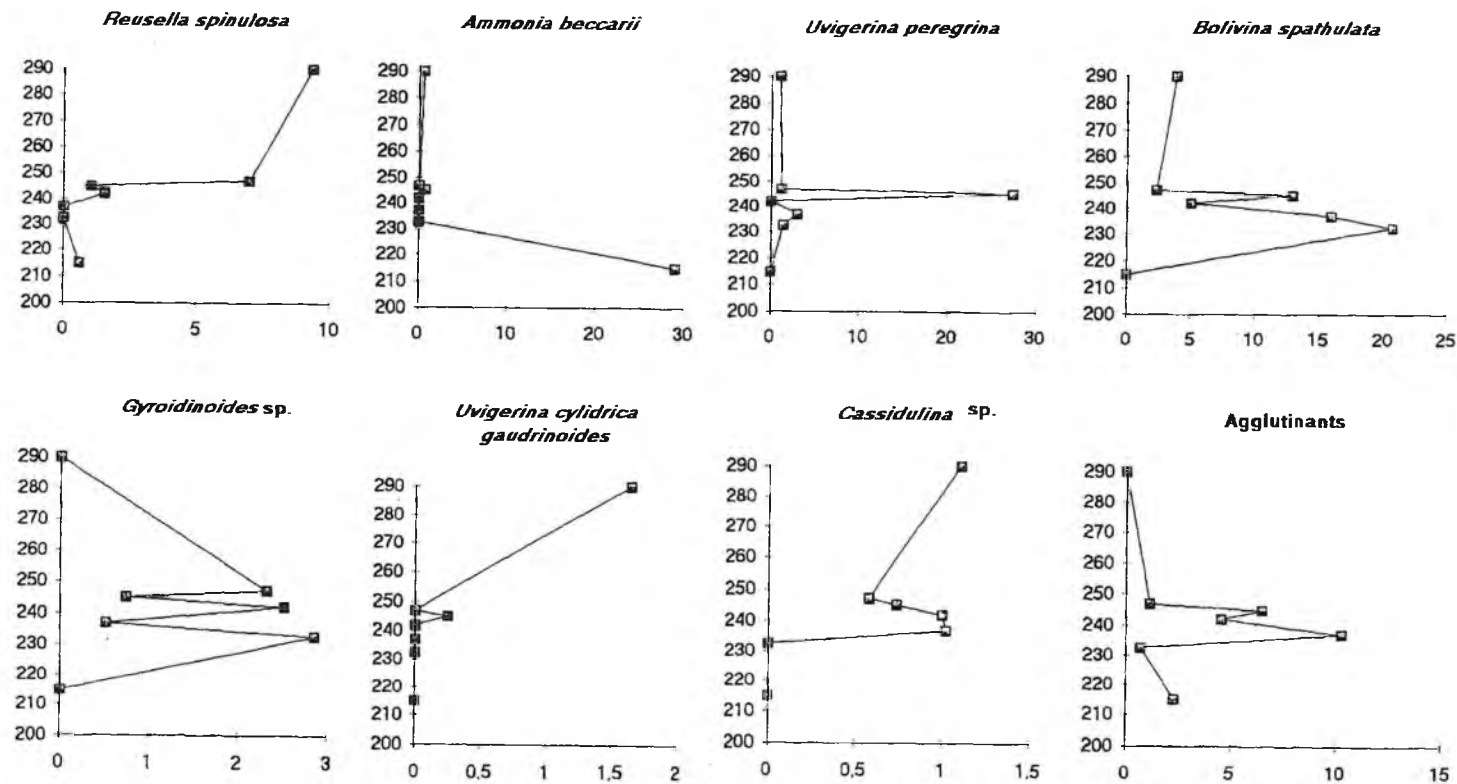
Στό δείγμα 3, οι περιβαλλοντικές συνθήκες φαίνεται να μην διαφέρουν σημαντικά από αυτές του δείγματος 2 αφού και πάλι το ποσοστό της Ομάδας III παραμένει σημαντικό. Κύριοι αντιπρόσωποι, όμως, αυτής της Ομάδας με μέγιστο ποσοστό αφθονίας περίπου 10% είναι τα είδη *Bulimina aculeata* -είδος το οποίο αντέχει στην ανεπάρκεια οξυγόνου σε συνδυασμό με υψηλή αλμυρότητα (v.d. ZWAAN, 1983) - και *Bulimina costata* - είδος το οποίο αναπτύσσεται κατά τη διάρκεια συνθηκών μέσης οξυγονώσεως αλλά υψηλής παροχής τροφικών στοιχείων. Το μεγάλο ποσοστό αφθονίας του είδους *Bolivina pseudoplicata* το οποίο συχνάζει σε σχετικά ρηχά ύδατα (όχι παραπάνω από 200m), (PHLEGER, 1951; MURRAY, 1971; KAFESCIOGLU, 1975), χαμηλής αλμυρότητας και οξυγονώσεως (BOLTOVSKOY & LENA, 1971), είναι υπεύθυνο για το υψηλό ποσοστό αφθονίας της Ομάδας I. Η αφθονία των επιφυτικών μπορεί να δηλώνει γειννίαση αναδυμένης χέρσου. Μπορεί όμως όλη η ομάδα να είναι αλλόχθονη και η μεγάλη αφθονία της να είναι αποτέλεσμα μεταφοράς προς τα ανοιχτά της λεκάνης με τη βοήθεια φυτών. Επιπλέον, τις μέσες συνθήκες οξυγονώσεως και υψηλής αλμυρότητας υποστηρίζουν με τα σχετικά υψηλά ποσοστά συχνότητάς τους, τα αντιπροσωπευτικά είδη της Ομάδας II, *Hanzawaiia boueana* και συμφυρματοπαγή. Τέλος, η αυξημένη ποικιλότητα μπορεί να οφείλεται στην αυξητική τάση της βενθονικής πανίδας. Η τάση αυτή πρέπει να οφείλεται στο υπόβαθρο, του οποίου το αποτέλεσμα φαίνεται να υπερτερεί της μείωσης του οξυγόνου και της αύξησης της αλμυρότητας και φαίνεται να είναι συνήθης σε πολύ αργιλλικά ιζήματα (BROLSMA, 1978) πράγμα που σημαίνει ότι η βενθονική ζωή επωφελείτο από την αυξημένη προσφορά και απόθεση λεπτομερών χερσογενών τεμαχίων.

Το περίπου 50% ποσοστό αφθονίας του *Cibicides dutemplei* το οποίο δεν αντέχει σε έντονες συνθήκες περιβαλλοντικού stress είναι υπεύθυνο για το υψηλό ποσοστό συχνότητας της Ομάδας II στο δείγμα 4. Από τους αντιπροσώπους της Ομάδας III μόνο η *Bulimina costata* συνεχίζει την εμφάνισή της με υψηλό ποσοστό συχνότητας, ενώ η *Bulimina aculeata* παρουσιάζει ραγδαία πτώση. Η μικρή σχετική συχνότητα της *B. aculeata* και η μεγάλη σχετική συχνότητα της *B. costata* φανερώνει επιρροή του δείγματος από μεταβολές των συνθηκών οξυγονώσεως. Τα παραπάνω επιβεβαιώνει και η σχετικά υψηλή συχνότητα της *Cassidulina* sp. η οποία προτιμά συνθήκες χαμηλής σχετικά οξυγονώσεως ενώ η ελάττωση της



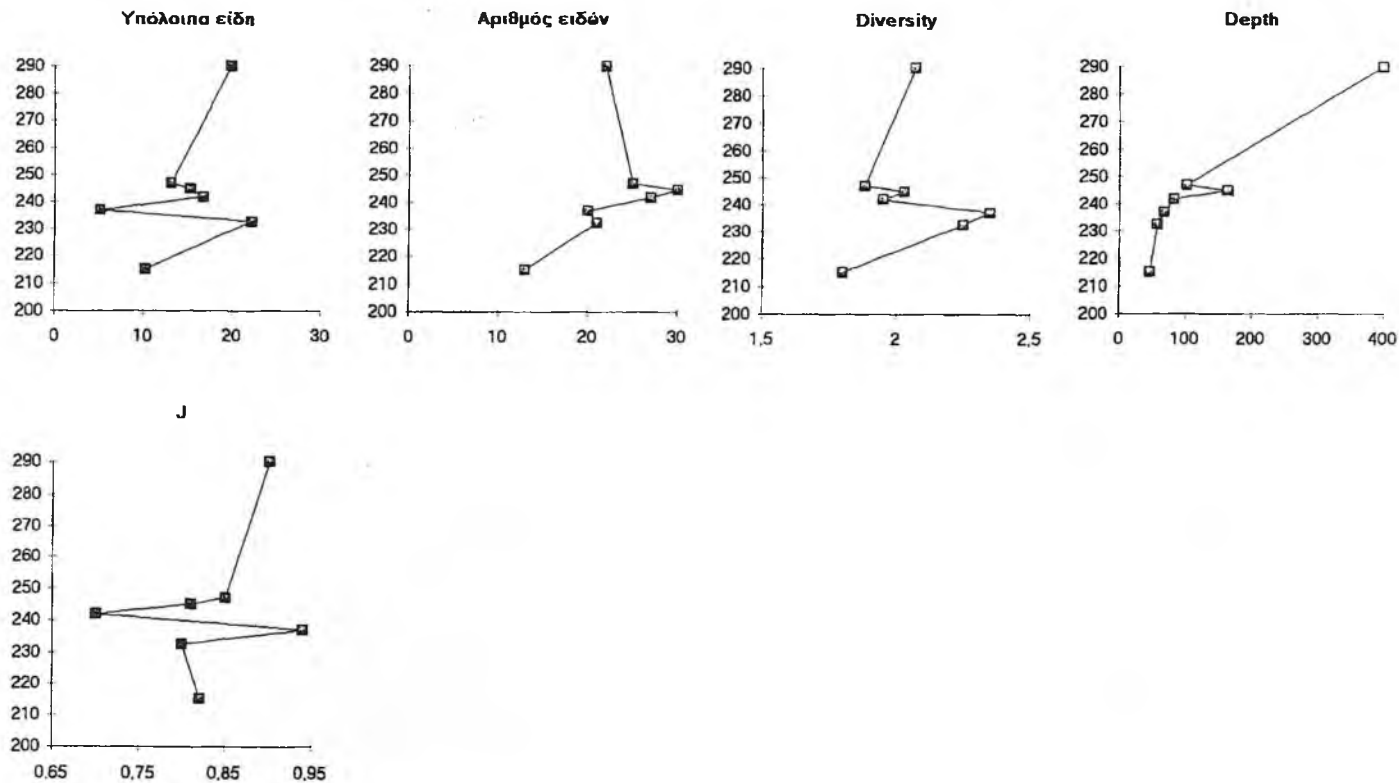
Εικ. 88α. Διαγράμματα συχνότητας των *Cibicides lobatulus*, *C. refulgens*, *Bulimina aculeata*, *B. costata*, *Asterigerinata planorbis*, *Elphidium sp.*, *Hanzawaia boueana* και *Bolivina pseudoplicata* για την τομή Ποταμοί.

Fig. 88a. Frequency curves of *Cibicides lobatulus*, *C. refulgens*, *Bulimina aculeata*, *B. costata*, *Asterigerinata planorbis*, *Elphidium sp.*, *Hanzawaia boueana* and *Bolivina pseudoplicata* for Potami section.



Εικ. 886. Διαγράμματα συχνότητας των *Reusella spinulosa*, *Ammonia beccarii*, *Uvigerina peregrina*, *Bolivina spathulata*, *Gyroidinoides* sp., *U. cylindrica gaudrinoides*, *Cassidulina* sp., και Agglutinants για την τομή Ποταμοί.

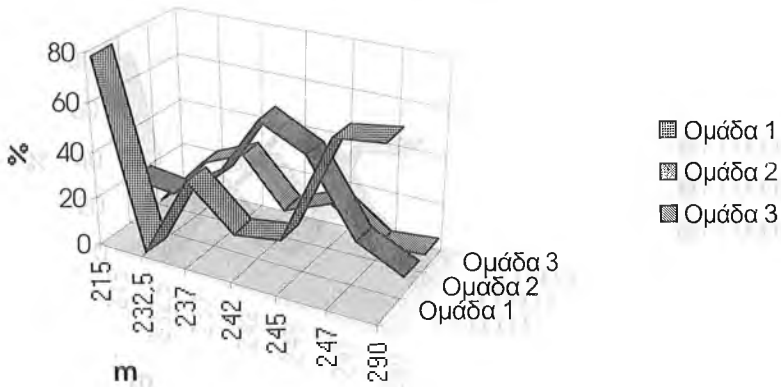
Fig. 88b. Frequency curves of *Reusella spinulosa*, *Ammonia beccarii*, *Uvigerina peregrina*, *Bolivina spathulata*, *Gyroidinoides* sp., *U. cylindrica gaudrinoides*, *Cassidulina* sp., and Agglutinants from Potami section.



Εικ. 88γ. Διαγράμματα συχνότητας για τα υπόλοιπα είδη, διαγράμματα μεταβολής του αριθμού ειδών, ποικιλότητας, βάθους και ομοιομορφίας για την τομή Ποταμοί.

Fig. 88c. Frequency curves for the rest species, diagrams for the change of the number of species, diversity, depth and evenness for Potami section.

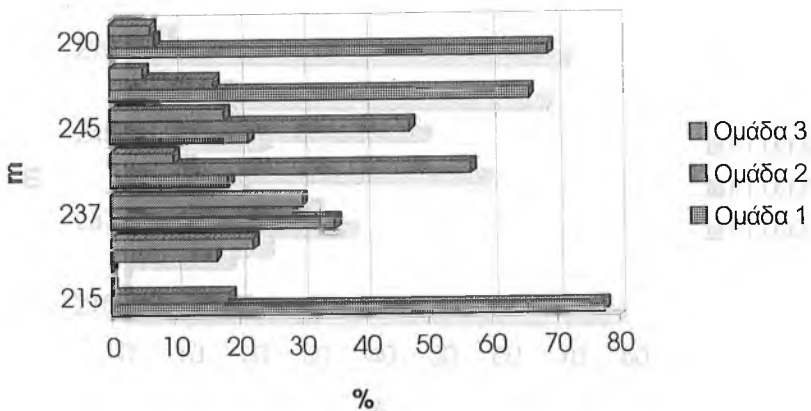
ΤΟΜΗ ΠΟΤΑΜΟΙ



Εικ. 89. Τρισδιάστατο διάγραμμα μεταβολής της συχνότητας των ομάδων 1, 2 και 3 για την τομή Ποταμοί.

Fig. 89. 3-D diagram which shows the frequency changes of groups 1, 2 and 3 from Potami section.

ΤΟΜΗ ΠΟΤΑΜΟΙ



Εικ. 90. Διδιάστατο διάγραμμα μεταβολής της συχνότητας των ομάδων 1, 2 και 3 για την τομή Ποταμοί.

Fig. 90. 2-D diagram which shows the frequency changes of groups 1, 2 and 3 from Potami section.

σχετικής συχνότητας της *Bolivina spathulata* υποδηλώνει μέσες συνθήκες αλμυρότητας.

Παρόμοιες περιβαλλοντικές συνθήκες επικρατούν και στο δείγμα 5 αφού η Ομάδα II επικρατεί ξανά έναντι των υπολοίπων δύο. Χαρακτηριστική είναι η υψηλή σχετική συχνότητα που παρουσιάζει η *Uvigerina peregrina* (30%) - είδος το οποίο σύμφωνα με τους DROOGER & KAASSCHIETER (1958), αποφεύγει τις μεγάλες διακυμάνσεις της αλμυρότητας και προτιμά να κατοικεί σε λεπτομερή ιζήματα. Επίσης υπάρχουν αναφορές των SCHNITKER (1979) και DOUGLAS & HEITMAN (1979) που υποστηρίζουν ότι το παραπάνω είδος σχετίζεται με χαμηλής οξυγονώσεως ύδατα. Η εκ νέου αύξηση της σχετικής συχνότητας της *Bolivina spathulata* υποδηλώνει μία αύξηση της αλμυρότητας του περιβάλλοντος γεγονός που σημαίνει ότι η *U. peregrina* αρχίζει να εμφανίζει κάποιες αυξημένες αντοχές σε συνθήκες υψηλής αλμυρότητας. Στην ανεπάρκεια του διαλυμένου οξυγόνου πρέπει να αποδοθεί και η εξαφάνιση των ειδών *Bulimina aculeata-Bulimina costata* που παρατηρούνται στα προηγούμενα δείγματα και τα οποία είναι γνωστό από την βιβλιογραφία (v.d. ZWAAN, 1983; MILLER-LOCHMANN, 1982) ότι είναι λιγότερο ανενκτικά μεν αλλά ανενκτικά σε περιβάλλοντα ελαττωμένου οξυγόνου.

Σημαντικές περιβαλλοντικές αλλαγές φαίνεται πως έλαβαν χώρα κατά την απόθεση των δειγμάτων 6 και 7, με αποτέλεσμα την απότομη αύξηση της συχνότητας της Ομάδας I σε βάρος των άλλων δύο ομάδων. Πράγματι, παρατηρείται υψηλή σχετική συχνότητα στα επιφυτικά είδη *Cibicides lobatulus*, *Cibicides refulgens*, *Asterigerinata planorbis*, *Elphidium* sp. και *Reusella spinulosa* ενώ ξανακάνει δειλά την εμφάνισή της η *Ammonia beccarii*. Η υψηλή σχετική συχνότητα των παραπάνω ειδών σε συνδυασμό με την αύξηση του βάθους αποθέσεως του ιζήματος συνηγορούν στην μάλλον αλλόχθονη προέλευση των αντιπροσώπων της Ομάδας I. Επιπλέον αξιοσημείωτη είναι η αύξηση της σχετικής συχνότητας της *Uvigerina cylindrica gaudrynoides* - είδος το οποίο παρουσιάζει μεγάλη ανενκτικότητα στην έλλειψη οξυγονώσεως των υδάτων του πυθμένα ενώ δεν αντέχει σε συνθήκες υψηλής αλμυρότητας - καθώς και της *Cassidulina* sp. η οποία παρουσιάζει παρόμοιες ιδιότητες. Πάντως ο συνδυασμός συνυπάρξεως της Ομάδας I - η οποία αποτελείται από είδη που αντέχουν στις διακυμάνσεις της αλμυρότητας αλλά όχι ιδιαίτερα σε πολύ υψηλές αλμυρότητες, και τα οποία σύμφωνα με τον VAN DER ZWAAN (1982) μπορούν να αντέξουν σε συνθήκες χαμηλής οξυγονώσεως - με τα είδη *Uvigerina cylindrica gaudrynoides* και *Cassidulina* sp.,- υποδηλώνει συνθήκες χαμηλής οξυγονώσεως.

Συμπεράσματα : Συνοπτικά μπορούμε να πούμε ότι κατόπιν υπολογισμού του βάθους αποθέσεως των ιζημάτων του ανώτερου τμήματος της τομής Ποταμοί από τον τύπο που αναφέρεται στην παράγραφο 4.1. των VAN DER ZWAAN *et al.* (1990), φαίνεται πως υπάρχει μία τάση από τα αβαθέστερα προς τα βαθύτερα περιβάλλοντα. Επιπλέον, από τα διαγράμματα της ποικιλότητας είναι φανερό ότι οι τιμές της είναι ιδιαίτερα χαμηλές όπου η επί τοις % επικράτηση ενός είδους στην

πανίδα είναι αυξημένη και το αντίστροφο. Οι τιμές ποικιλότητας, παρά τις σχετικές διακυμάνσεις που εμφανίζουν από δείγμα σε δείγμα, είναι γενικά μικρές. Η ύπαρξη δειγμάτων πολύ μικρής ποικιλότητας φανερώνει ότι η πανίδα είναι σχετικά αυτόχθονη και ότι ταιριάζει καλά με ένα περιορισμένο θαλάσσιο περιβάλλον (δείγμα 1).

Το κατώτερο τμήμα της τομής αντιπροσωπεύει ένα περιορισμένο, χαμηλής αλμυρότητας υδάτινο περιβάλλον το οποίο επιτρέπει την ανάπτυξη κυρίως επιφυτικών ειδών (Ομάδα I) καθώς και ειδών σχετικά ανεκτικών σε συνθήκες χαμηλής αλμυρότητας (Ομάδα II). Ο μηδενικός λόγος P/B, και η μικρή ποικιλότητα του δείγματος 1 συνηγορούν στην υφάλμυρη προέλευση του ιζήματος. Η σχετική πτωχεία της βενθονικής πανίδας καταγράφεται στην μικρή της ποικιλότητα. Εν τούτοις η τέλεια απουσία ομάδων που σχετίζονται με περιβαλλοντικό stress σε μετρίου βάθους θάλασσες κατά το Αν. Μειόκαινο και Κατ. Πλειόκαινο της Ιταλίας (v.d. ZWAAN, 1983) δείχνουν ότι στον πυθμένα της θάλασσας οι επικοινωνίες ήταν καλές, η οξυγόνωση επαρκής και η αλμυρότητα σε χαμηλά μεν επίπεδα με κάποια ίσως τάση δε για αύξηση, που όμως βρισκόταν ακόμα σε πολύ αρχικά στάδια. Αφού λοιπόν οι συνθήκες του βυθού εμφανίζονται να είναι σχετικά ομαλές, η μικρή ποικιλότητα της πανίδας πρέπει μάλλον να αποδοθεί στην φύση του υποβάθρου. Το δείγμα είναι μέτρια αργιλλικό και φαίνεται ότι το ιλυώδες υπόβαθρο, η χαμηλότερη άρα προσφορά λεπτομερούς αργιλλικού υλικού, είχε ένα δυσμενές αποτέλεσμα στη βενθονική ζωή (BROLSMA, 1978).

Το δείγμα 2 αντιπροσωπεύει ένα περιβάλλον αποθέσεως το οποίο χαρακτηρίζεται αφ' ενός μόν από συνθήκες υψηλής αλμυρότητας και αφ' ετέρου δε από συνθήκες ελάττωσης οξυγόνου. Αυτό καταγράφεται με σαφήνεια στη σύνθεση της πανίδας. Όπως ήδη προαναφέρθηκε, οι συνθήκες αυτές οδηγούν σε συνθήκες υψηλής παραγωγικότητας τροφικών στοιχείων όπως ακριβώς συμβαίνει στα περιθώρια δελταϊκών περιοχών.

Η σύνθεση της πανίδας του δείγματος 3, η υψηλότερη ποικιλότητα, το μεγαλύτερο βάθος αποθέσεως του ιζήματος, οδηγούν σε ένα περιβάλλον όπου το περιβαλλοντικό stress αρχίζει αργά-αργά να εκτονώνεται. Πράγματι, παρόλο που συνθήκες υψηλής αλμυρότητας συνεχίζουν να επικρατούν, η ανεπάρκεια οξυγόνου αρχίζει να αποκαθίσταται γεγονός που σημαίνει ότι στον πυθμένα της θαλάσσιας λεκάνης οι επικοινωνίες ήταν καλές, η οξυγόνωση επαρκής και η αλμυρότητα σε φυσιολογικά επίπεδα με κάποια ίσως τάση αύξησης. Αξιοσημείωτη είναι επιπλέον η αντικατάσταση των μικροπανίδων *Bolivina* από τις μικροπανίδες *Bulimina* η οποία σύμφωνα με τον BLANC-VERNET (από BION-BION, 1983) λαμβάνει χώρα στην ηπειρωτική κρηπίδα και σε βάθος 80-100m.

Παρόμοιες περιβαλλοντικές συνθήκες παρατηρούνται και στο δείγμα 4 το οποίο χαρακτηρίζεται από ελαφρά ελάττωση της οξυγονώσεως εξαιτίας της εμφανίσεως της *Cassidulina* sp.. Το δείγμα πάντως χαρακτηρίζεται από μικρή ποικιλότητα η οποία μπορεί να οφείλεται στην σχετική πτωχεία της βενθονικής μικροπανίδας

λόγω της φύσεως του υποβάθρου.

Συνθήκες περιβαλλοντικού stress επανέρχονται στο δείγμα 5 με έλλειψη διαλυμένου οξυγόνου σε συνδυασμό με μία αύξηση της αλμυρότητας. Επιπλέον, η σχετική αύξηση του λόγου P/B φαίνεται να υποδηλώνει ένα θαλάσσιο περιβάλλον με ομαλές συνθήκες επιφανειακών υδάτων. Ο σχετικά υψηλός λόγος P/B δεν είναι και υποχρεωτικό να φανερώνει μια βαθειά θάλασσα. Μπορεί απλώς να είναι η αντανάκλαση μιάς υψηλής παραγωγικότητας επιφανειακών υδάτων σε μια θάλασσα μετρίου βάθους (ZACHARIASSE, 1978).

Συνθήκες σταθερότητας φαίνεται να επανέρχονται στα δείγματα 6 και 7 όπου το περιβαλλοντικό stress εκτονώνεται με την μείωση της αλμυρότητας και την αύξηση της οξυγονώσεως του πυθμένα. Η μεγαλύτερη ποικιλότητα αυτών των δειγμάτων υποστηρίζει την περιβαλλοντική σταθερότητα των υδάτων έναντι του stress με αποτέλεσμα την καλύτερη ανάπτυξη της βενθονικής ζωής.

Τέλος, αξία παρατήρησης είναι η απουσία από τα δείγματά μας των Miliolidae. Σύμφωνα με τον PHLEGER (1960a), τα Miliolidae είναι συνδεδεμένα με περιβάλλοντα υψηλής αλμυρότητας και αμμώδη υπόβαθρα. Επιπλέον, ο MURRAY (1963), ο BRASIER (1975a) κ.α. έχουν καταδείξει την στενή σχέση που φαίνεται να υπάρχει ανάμεσα στα επιφυτικά Miliolidae και τη θαλάσσια δλάστηση καθώς και την περιεκτικότητα σε ανθρακικό ασβέστιο που παράγεται κυρίως από τα ασβεστολιθικά φύκη. Στην περίπτωση μας, η έντονη αστάθεια της περιοχής που οδήγησε σε μεταβολές στη βαθυμετρία και οι αυξημένες παροχές δειτριτικού υλικού από τα ποτάμια έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση του τουρβιδιτισμού στην επιφάνεια που δυσχεραίνουν τη διείσδυση του ηλιακού φωτός, δημιουργώντας έτσι δυσμενείς συνθήκες για την ανάπτυξη θαλάσσιας δλάστησης και για την άνθηση των συμβιοτικών με τα Miliolidae φυκών, και επομένως για την παρουσία των αντιπροσώπων της οικογένειας αυτής.

Όσον αφορά στα μεγάλα απολιθώματα, αρχικώς πιστοποιήθηκε η παρουσία ορισμένου αριθμού εχίνων (*Clypeaster*) στη βάση των μελετώμενων μαργαϊκών αποθέσεων. Σύμφωνα με την ΜΑΡΚΟΠΟΥΛΟΥ-ΔΙΑΚΑΝΤΩΝΗ (1974) τα *Clypeaster* αφθονούν σε αμμώδεις ή υφαλογόνους σχηματισμούς του Μ. Μειοκαιίνου ή στην παράκτιο περιοχή της Μεσογείου η οποία κατά το Μ. Μειόκαινο είχε χαρακτηρη τροπικής-υποτροπικής θάλασσας, δεν επικρατούσαν ήρεμες συνθήκες, και σε βάθος 10-30 m.

Επιπλέον, πιστοποιείται η παρουσία παχύστρακων μαλακίων, αντιπροσώπων των Pectinidae σε αμμώδη μαργαϊκά στρώματα. Από τα γιγαντιαία Pectinidae που παρατηρήθηκαν κατά μήκος όλης της τομής τα πιο άφθονα είναι τα *Chlamys latissima*, *Chlamys solarium*, *Chlamys scabrella*, *Amussium cristatum*.

Τα προαναφερθέντα είδη αναπτύσσονται γενικά σε αμμώδεις πυθμένες, σε παράκτιους καλκαρενίτες ή σε βιοκλαστικές τράπεζες και σε βάθος που κυμαίνεται από 10-100 m. Σύμφωνα με την ΓΕΩΡΓΙΑΔΟΥ-ΔΙΚΑΙΟΥΛΙΑ (1984), προτιμούν θαλάσσιο

περιβάλλον κανονικής αλμυρότητας και αφθονούν σε περιοχές όπου ο ρυθμός ιζηματογενέσεως είναι χαμηλός.

4.2.4. Τομή Αποστόλοι

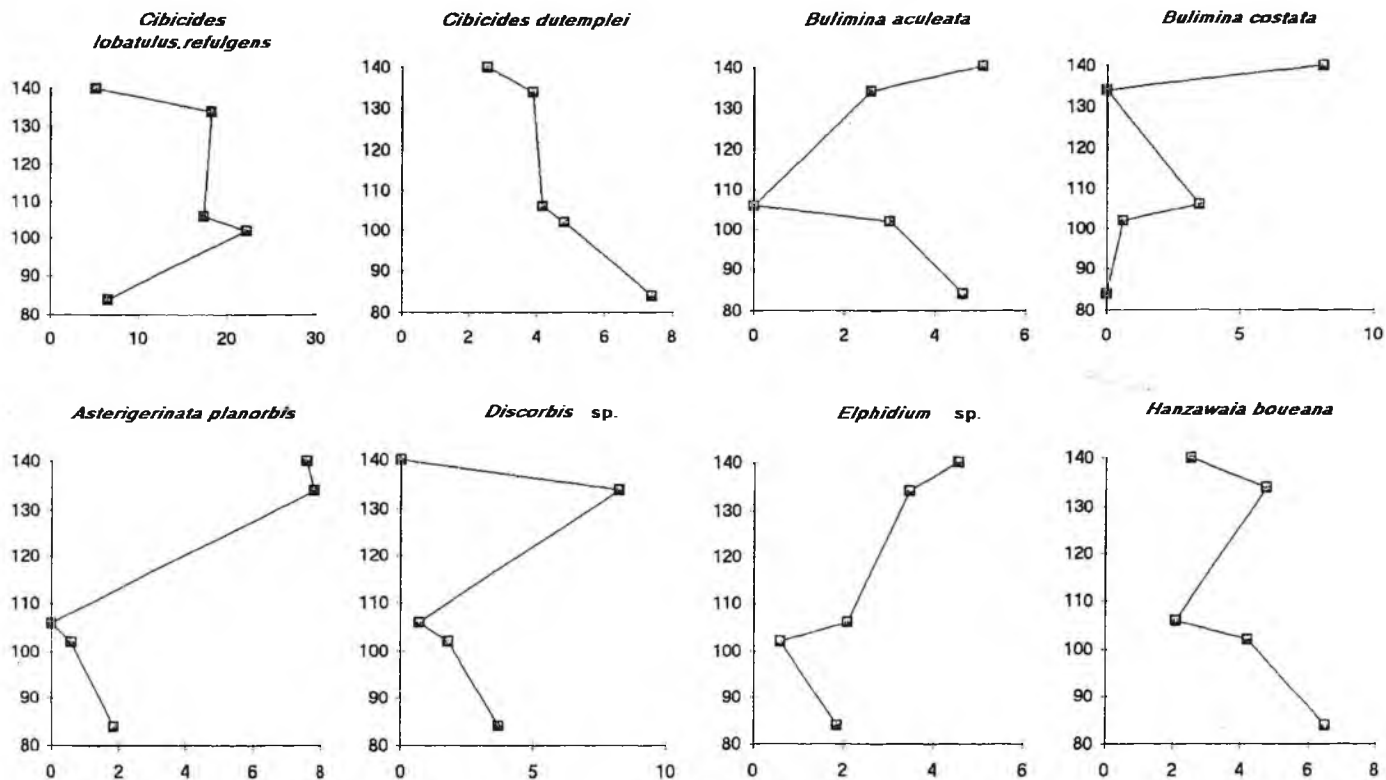
Πέντε δείγματα από τα ανώτερα 70m της τομής Αποστόλοι υποβλήθηκαν σε μικροπαλαιοντολογική-παλαιοικολογική ανάλυση. Από τα διαγράμματα συχνότητας που παρατίθενται των Εικ. 91α, β, και γ καθώς και από τις Εικ. 92 και 93 παρατηρούμε ότι η Ομάδα II υπερτερεί σημαντικά έναντι των υπολοίπων δύο παρουσιάζοντας ίσως μία φθίνουσα τάση στα πρώτα τρία δείγματα. Αντιθέτως, η Ομάδα III παρουσιάζει μία αυξητική τάση καθόλο το μήκος του εξεταζόμενου τμήματος της τομής με μέγιστο στο τελευταίο δείγμα 5. Τέλος, η Ομάδα I παρουσιάζει μέγιστο στο δείγμα 4 και κατόπι πτώση.

Πιο συγκεκριμένα, οι παρατηρήσεις που έγιναν είναι οι ακόλουθες:

Το δείγμα 1 χαρακτηρίζεται από το υψηλό ποσοστό συχνότητας των συμφυρματοπαγών ειδών (25%) τα οποία ανήκουν στην Ομάδα II. Δυστυχώς, δεν υπάρχουν αρκετές διδλιογραφικές αναφορές σχετικά με τις Μειοκαινικές συγκεντρώσεις των συμφυρματοπαγών. Η υψηλή σχετική συχνότητα των συμφυρματοπαγών στο δείγμα 1 πιθανόν να σχετίζεται με το μέγεθος των κόκκων του ιζήματος που αντιστοιχεί στο δείγμα αυτό (DERMITZAKIS & TRIANTAPHYLLOU, 1990). Ο ΗΑΑΚΕ (1977) έχει αναφέρει μία συσχέτιση μεταξύ της σχετικής αύξησης μερικών συμφυρματοπαγών και του μεγέθους των κόκκων των ιζημάτων στην Αδριατική. Αυτή η συσχέτιση είναι δύσκολο να εξηγηθεί, αλλά είναι πιθανόν μερικά συμφυρματοπαγή να προτιμούν συγκεκριμένο μέγεθος κόκκων για την κατασκευή του κελύφους τους. Το σχετικά υψηλό ποσοστό συχνότητας του *Cibicides dutemplei* καθώς και του *Gyroidinoides* sp. σε συνδυασμό με το υψηλό ποσοστό σχετικής συχνότητας της *Bulimina aculeata* υποδηλώνουν ένα περιβάλλον μέτριας οξυγονώσεως με μία τάση όμως για αύξηση της αλμυρότητας. Το αυξημένο ποσοστό της *Hanzawaia boueana* - είδος το οποίο δεν αντέχει σε συνθήκες χαμηλής οξυγονώσεως αλλά μπορεί να αντέχει σε υψηλές αλμυρότητες - επιβεβαιώνει τα παραπάνω. Επιπλέον αξιοσημείωτη είναι και η υψηλή σχετική συχνότητα των Miliolidae η οποία συνηγρεί στην ύπαρξη συνθηκών υψηλής αλμυρότητας.

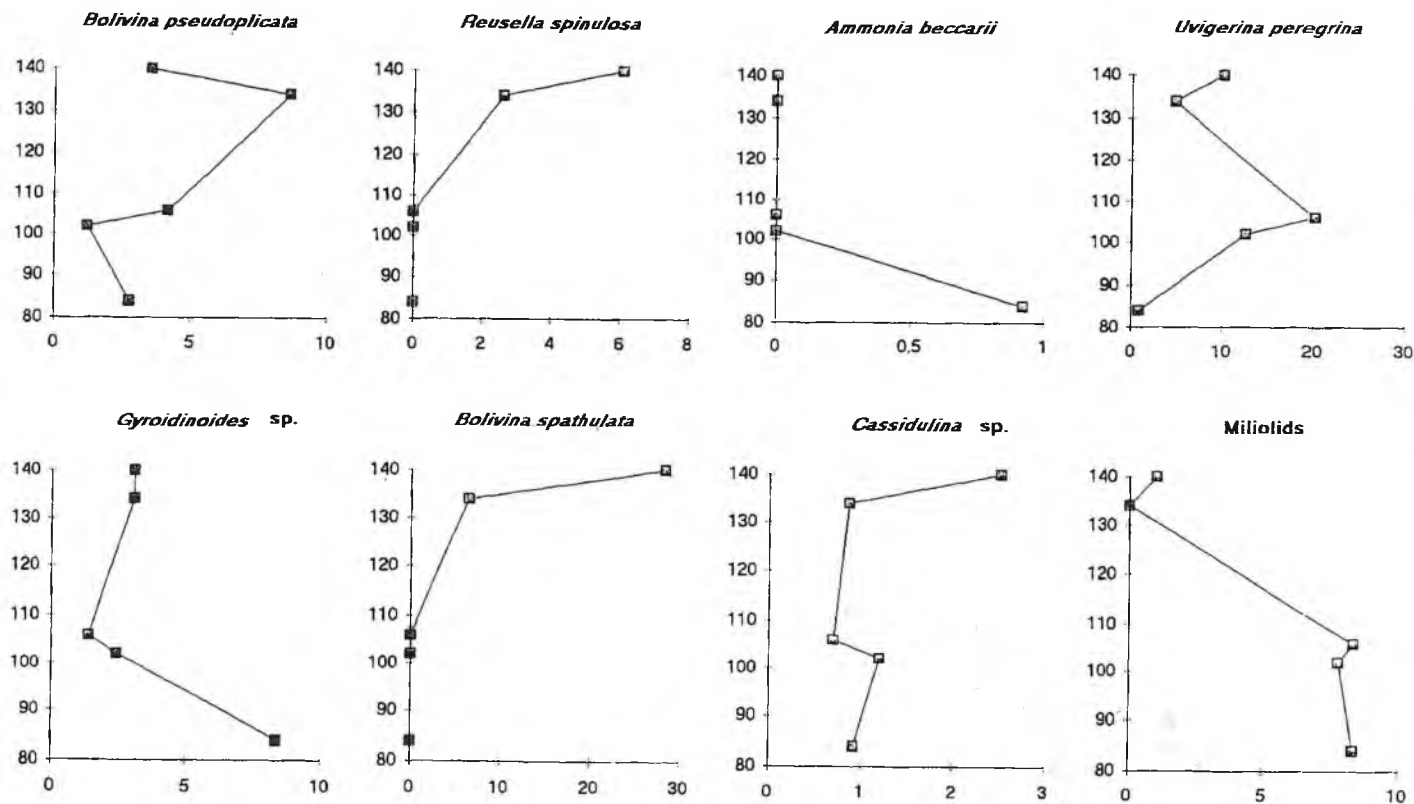
Στο δείγμα 2 παρατηρείται αύξηση της σχετικής συχνότητας της Ομάδας I-των επιφυτικών δηλαδή ειδών καθώς και των ειδών που παρουσιάζουν μεγάλη ανεκτικότητα στις διακυμάνσεις της αλμυρότητας. Η αύξηση αυτή οφείλεται στο αυξημένο ποσοστό αφθονίας του *Cibicides lobatulus* (πάνω από 20%), το οποίο είναι είδος που ζει είτε προσκολλημένο στη θαλάσσια χλωρίδα του βυθού, είτε ελεύθερο (BLANC-VERNET, 1969).

Η συνύπαρξη του είδους αυτού με άλλα είδη, τα οποία είναι χαρακτηριστικά βαθυτέρων υδάτων (π.χ. *Gyroidinoides* sp.) μας κάνει να πιστεύουμε ότι η ισχυρή παρουσία του πρέπει να οφείλεται σε προς τα κάτω μεταφορά. Η αυξητική τάση



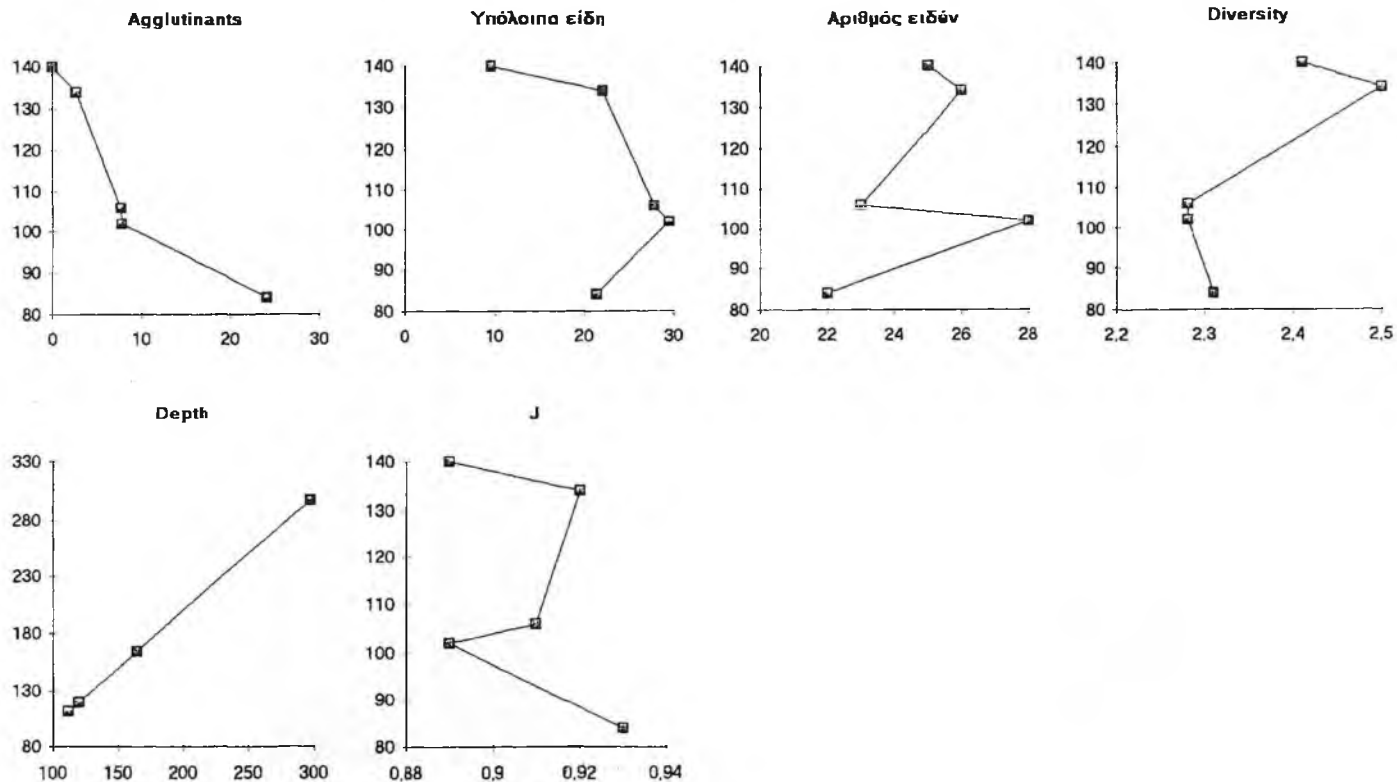
Εικ. 91α. Διαγράμματα συχνότητας των *Cibicides lobatulus*, *C. refulgens*, *C. dutemplei*, *Bulimina aculeata*, *B. costata*, *Asterigerinata planorbis*, *Discorbis* sp., *Elphidium* sp., *Hanzawaia boueana* για την τομή Απόστολου.

Fig. 91a. Frequency curves of *Cibicides lobatulus*, *C. refulgens*, *C. dutemplei*, *Bulimina aculeata*, *B. costata*, *Asterigerinata planorbis*, *Discorbis* sp., *Elphidium* sp., *Hanzawaia boueana* for Apostoli section.



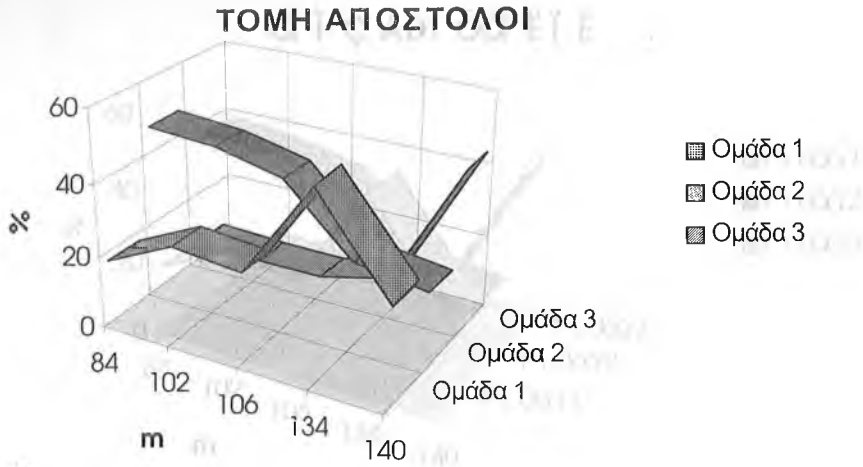
Εικ. 91b. Διαγράμματα συχνότητας των *Bolivina pseudoplicata*, *Reusella spinulosa*, *Ammonia beccarii*, *Uvigerina peregrina*, *Gyroidinoides sp.*, *Bolivina spathulata*, *Cassidulina sp.*, Miliolids για την τομή Απόστολοι.

Fig. 91b. Frequency curves of *Bolivina pseudoplicata*, *Reusella spinulosa*, *Ammonia beccarii*, *Uvigerina peregrina*, *Gyroidinoides sp.*, *Bolivina spathulata*, *Cassidulina sp.*, Miliolids for Apostoli section.



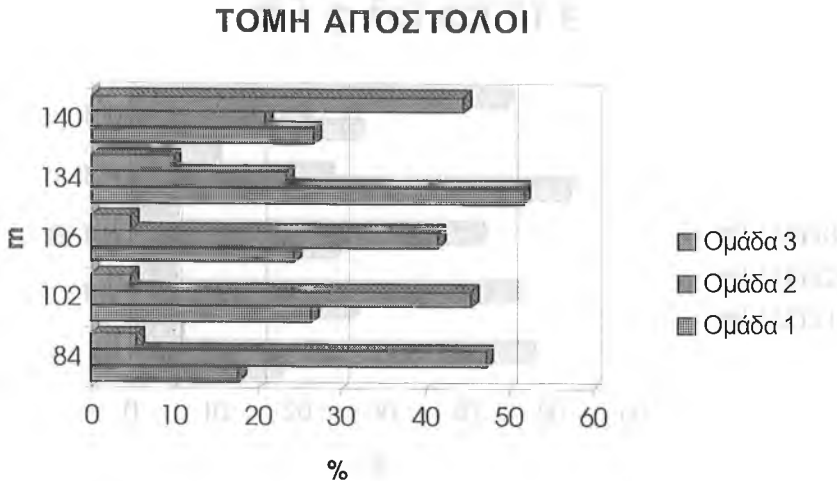
Εικ. 91γ. Διαγράμματα συχνότητας των Agglutinants και των υπολοίπων ειδών. Επιπλέον διαγράμματα μεταβολής του αριθμού ειδών, της ποικιλότητας, του βάθους και της ομοιομορφίας για την τομή Απόστολοι.

Fig. 91c. Frequency curves of Agglutinants and the rest of species. Diagrams of the number of species change, diversity, depth and evenness for the Apostoli section.



Εικ. 92. Τρισδιάστατο διάγραμμα που απεικονίζει την μεταβολή συχνότητας των ομάδων 1, 2 και 3 στην τομή Απόστολοι.

Fig. 92. 3-D diagram which shows the frequency changes of groups 1, 2 and 3 from Apostoli section.



Εικ. 93. Διοδιάστατο διάγραμμα που απεικονίζει την μεταβολή συχνότητας των ομάδων 1, 2 και 3 στην τομή Απόστολοι.

Fig. 93. 2-D diagram which shows the frequency changes of groups 1, 2 and 3 from Apostoli section.

της *Uvigerina peregrina* (πάνω από 10%) καθώς και το παραμένον σταθερό υψηλό ποσοστό συχνότητας των *Miliolidae* υποδηλώνουν την ύπαρξη κάποιου περιβαλλοντικού stress το οποίο εντοπίζεται σε υψηλή αλμυρότητα. Η αμυδρή εμφάνιση της *Bulimina costata* εις βάρος της *Bulimina aculeata* μπορεί να σημαίνει συνθήκες χαμηλής οξυγονώσεως αλλά όχι ολοκληρωτική μείωση του διαλυμένου οξυγόνου.

Η κατάσταση σχετικού περιβαλλοντικού stress συνεχίζει να ισχύει και στο δείγμα 3 με την επικράτηση της Ομάδας II έναντι των υπολοίπων δύο. Χαρακτηριστικό της βενθονικής πανίδας του δείγματος είναι η εξαφάνιση της *Bulimina aculeata* ενώ η *Bulimina costata* παρουσιάζει αύξηση στο ποσοστό σχετικής συχνότητας, γεγονός που δηλώνει μεταβολή στις συνθήκες οξυγονώσεως (από συνθήκες χαμηλής οξυγονώσεως σε μέσες συνθήκες οξυγονώσεως). Το μέγιστο που παρουσιάζει στη συχνότητά της (πάνω από 20%) η *Uvigerina peregrina* - είδος το οποίο συχνάζει σε λεπτομερή έως αδρομερή άμμο (Pujos, 1971), , μπορεί να είναι ανεξάρτητο του βάθους, αποφεύγει τις διακυμάνσεις της αλμυρότητας και θεωρείται είδος το οποίο τρέφεται από ιλύ σύμφωνα με τους DROOGER & KAASCHIETER (1958) - μπορεί να οφείλεται στην αυξημένη παροχή αργιλικού υλικού για το οποίο το είδος αυτό φαίνεται να έχει ιδιαίτερη προτίμηση (DROOGER & KAASCHIETER, 1958). Επιπλέον, υποδηλώνει ότι ακόμα δεν έχει επανέλθει η σωστή οξυγόνωση στα ύδατα του πυθμένα με αποτέλεσμα οι συνθήκες σχετικού περιβαλλοντικού stress να συνεχίζονται. Το υψηλό ποσοστό της Ομάδας I το οποίο συνεχίζει να οφείλεται στο υψηλό ποσοστό του *Cibicides lobatulus* καθώς και η αύξηση στο ποσοστό των *Miliolidae* επιβεβαιώνει μάλλον την μεταφορά προς τα κάτω αλλά και την σχετικά υψηλή αλμυρότητα.

Σημαντική μεταβολή των περιβαλλοντικών συνθηκών φαίνεται να έλαβε χώρα κατά τη διάρκεια αποθέσεως του δείγματος 4. Η Ομάδα I των επιφυτικών ειδών υπερτερεί κατά πολύ των υπολοίπων δύο ομάδων ενώ μικρή αύξηση παρουσιάζει και η Ομάδα III ενισχύοντας πια την ύπαρξη περιβαλλοντικού stress.

Πράγματι, από τους αντιπροσώπους της Ομάδας I αυξητική τάση παρουσιάζουν τα είδη *Reusella spinulosa* και *Bolivina pseudoplicata* (μέγιστο 10%). Συγκεκριμένα η *Reusella spinulosa* είναι είδος το οποίο αντέχει στις άσχημες συνθήκες του πυθμένα οι οποίες μπορεί να επικρατούν κατά την απόθεση αυτού του ιζηματογενούς διαστήματος. Αντέχει σε συνθήκες υψηλής αλμυρότητας οι οποίες μπορεί να έχουν ως αποτέλεσμα την ανεπάρκεια οξυγόνου στα ύδατα του πυθμένα. Παρόλο που η τιμή της αλμυρότητας αυξάνει από τα επιφανειακά ύδατα προς τα ύδατα του πυθμένα κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου (v.d. ZWAAN, 1982), δεν υπάρχουν ενδείξεις ότι οι απόλυτες τιμές της θερμοκρασίας και της αλμυρότητας ήταν ιδιαίτερα υψηλές ή χαμηλές. Συνεπώς συμπεραίνεται ότι τα είδη τα οποία συνιστούν την Ομάδα I ήταν ικανά να αντέξουν σε συνθήκες χαμηλής οξυγονώσεως. Βέβαια υπάρχει πάντοτε η πιθανότητα τα είδη αυτά να είναι αλλόχθονα. Οι MEULENKAMP *et al.*, (1978) ερμήνευσαν ως αλλόχθονη παρόμοια ομάδα ειδών

στην Πλειοκαινική τομή του Πρασά. Σύμφωνα με αυτούς τους συγγραφείς τα επιφυτικά είδη καθώς και οι συσχετιζόμενες ομάδες μεταφέρθηκαν στα εσωτερικά της λεκάνης από τα περιθώρια της με τη βοήθεια φυτών. Αυτή η εξήγηση μπορεί να ισχύει για τα περισσότερα είδη της Ομάδας I που παρουσιάζει υψηλό ποσοστό σχετικής αφθονίας όπως *Discorbis* sp., *Elphidium* sp., *Cibicides lobatulus*, και *Asterigerinata planorbis*. Εάν αυτό είναι αληθές τότε μόνον τα είδη *Bolivina pseudoplicata* και *Reusella spinulosa* είναι αυτόχθονα (δεν είναι εξακριβωμένη η επιφυτική φύση τους). Οι σχετικά υψηλές αφθονίες τους μπορούν να εξηγηθούν ως συνέπεια της μεγάλης ανεκτικότητάς τους σε συνθήκες χαμηλής οξυγονώσεως. Βέβαια υπάρχει πάντα η πιθανότητα τα δύο αυτά είδη να έχουν επιφυτικό τρόπο ζωής κι επομένως να είναι κι αυτά αλλόχθονα. Εάν αποκλείσουμε τον αλλόχθονο χαρακτήρα ολόκληρης της Ομάδας I, πρέπει να δεχτούμε ότι όλα τα είδη συμπεριλαμβανομένων και των επιφυτικών είναι ικανά να αντέξουν τις δυσμενείς συνθήκες του πυθμένα. Πάντως η υψηλή ποικιλότητα του δείγματος (2,5) συνευροεί μάλλον υπέρ της αλλόχθονης προελεύσεως της Ομάδας I.

Επιπλέον, από τους αντιπροσώπους της Ομάδας III χαρακτηριστική είναι η εκ νέου αύξηση της *Bulimina aculeata* και η εξαφάνιση της *Bulimina costata*, ενώ κάνει έντονη την εμφάνισή της για πρώτη φορά και η *Bolivina spathulata* ενισχύοντας την άποψή μας για συνθήκες υψηλής αλμυρότητας. Η αυξητική τάση που παρουσιάζει η *Bolivina spathulata* υποδηλώνει συνθήκες ανεπάρκειας οξυγόνου (SMITH, 1963; HARMAN, 1964) γεγονός που επιβεβαιώνεται και από την αύξηση που παρουσιάζει η *Bulimina aculeata*.

Στο δείγμα 5 η *Bolivina spathulata* φτάνει στο μέγιστο της αφθονίας της (30%), φανερώνοντας ότι αυτό το είδος βρίσκεται στις πλέον κατάλληλες συνθήκες ανάπτυξης του (SMITH, 1963). Σύμφωνα με την SMITH (1963), η μέγιστη αφθονία που παρουσιάζει το είδος αυτό συμπίπτει με τη μέγιστη συγκέντρωση τροφικών στοιχείων. Απότομη αύξηση επίσης, παρουσιάζει και η *Bulimina costata* φτάνοντας την μέγιστή της τιμή, ενώ η *Bulimina aculeata* συνεχίζει την αυξητική της πορεία, επιβεβαιώνοντας τις συνθήκες περιβαλλοντικού stress.

Οι υψηλές συχνότητες που παρουσιάζουν τα είδη *Bolivina spathulata* (30%), *Uvigerina peregrina* (15%), *Bulimina aculeata*, *Bulimina costata* σχετίζονται με την αφθονία τροφικών στοιχείων. Επιπλέον, τα είδη των *Bulimina*, *Bolivina*, *Uvigerina*, συχνάζουν στο δελταικό μέτωπο όπου προφανώς μεγάλα ποσά τροφικών στοιχείων μεταφέρονται στη θάλασσα με τη βοήθεια των ποταμών (ADEGOKE et al., 1976). Σε αυτήν την περίπτωση αυτά τα είδη επικρατούν σε συγκεντρώσεις χαμηλής ποικιλότητας (παρατηρείται πτώση του δείκτη ποικιλότητας) αλλά και χαμηλού δείκτη ομοιομορφίας ($J=0,89$), γεγονός που υποδηλώνει την επικράτηση στην συγκέντρωση ενός συγκεκριμένου είδους (σε αυτήν την περίπτωση της *Bolivina spathulata* με συχνότητα 30%).

Συμπεράσματα: Και το ανώτερο τμήμα της τομής Απόστολοι χαρακτηρίζεται από μία αυξητική τάση του βάθους αποθέσεως των ιζημάτων (από τα 100 έως τα

300m) χωρίς να παρουσιάζει αισθητές διακυμάνσεις. Επιπλέον ο δείκτης ποικιλότητας κυμαίνεται σε ενδιάμεσες σχετικά τιμές από 2,3 έως 2,4 με ένα απότομο μέγιστο στο δείγμα 4 το οποίο φτάνει στα 2,5, υποδηλώνοντας ότι η παρατηρούμενη πανίδα σε όλα τα δείγματα πλην του δείγματος 4 ήταν αυτόχθονη.

Τα 70m της εξεταζόμενης τομής αποτέθηκαν σε ένα περιβάλλον σχετικά ρηχής θάλασσας όπου επικρατούσαν συνθήκες περιβαλλοντικού stress.

Πράγματι, η σύνθεση της πανίδας επιβεβαιώνει την ύπαρξη υψηλής αλμυρότητας των υδάτων με διακυμάνσεις στον βαθμό οξυγονώσεως αυτών (μέτρια οξυγόνωση στο δείγμα 1-χαμηλή οξυγόνωση στο δείγμα 2-μέτρια οξυγόνωση στο δείγμα 3-χαμηλή οξυγόνωση στο δείγμα 4-ανεπάρκεια οξυγόνου στο δείγμα 5).

Η σύσταση την εξεταζόμενης βενθονικής μικροπανίδας δεν δίνει πολλές λεπτομέρειες για το παλαιοπεριβάλλον πέραν του ότι πρόκειται για καθαρά θαλάσσιο περιβάλλον. Βέβαια πιστοποιούνται κι ορισμένες διαφορές όσον αφορά το μέγεθος των κόκκων των ιζημάτων που φιλοξενούν τη συγκεκριμένη πανίδα. Έτσι το δείγμα 1 χαρακτηρίζεται από αδρομερέστερο υλικό έναντι των υπολοίπων δειγμάτων, γεγονός που αποδεικνύεται από το υψηλό ποσοστό σχετικής συχνότητας των συμφυρματοπαγών (25%).

Το σχετικά όμως υψηλό ποσοστό συχνότητας ειδών που προτιμούν να κατοικούν μέσα στην ιλύ (mud-dwellers), και που τρέφονται από την ιλύ (mud-feeders) υποδεικνύει μία ελάττωση του μεγέθους των κόκκων του ιζήματος προς τα ανώτερα τμήματα της τομής.

Πιο συγκεκριμένα όσον αφορά στο δείγμα 2 παρατηρούμε ότι επικρατεί το επιφυτικό είδος *Cibicides lobatulus* - το οποίο συχνάζει σε ρηχές θαλάσσιες περιοχές χωρίς να δείχνει ιδιαίτερη προτίμηση στα ιλυώδη ή αμμώδη υποστρώματα ή στις ανοικτές ή περιορισμένες θάλασσες (THOMPSON, 1978). Πάντως ο SEN GUPTA (1971) θεωρεί ότι το *Cibicides lobatulus* σχετίζεται άμεσα με τον τύπο του υποστρώματος και συχνάζει περισσότερο στα αμμώδη ή και αδρομερέστερα ιζήματα. Το σχετικά υψηλό ποσοστό της *Bulimina aculeata* - είδος το οποίο έχει αναφερθεί από την κρηπίδα της Σκωτίας, σε αμμώδεις βυθούς (BARBIERI & MEDOLI, 1969) - και η αυξητική τάση της *Uvigerina peregrina* - είδος το οποίο συχνάζει σε λεπτομερή μέχρι αδρομερή άμμο (PUJOS 1971), αλλά κατά BROLSMA (1978) το είδος αυτό ευνοείται από την αυξημένη παροχή λεπτομερών χερσογενών υλικών - συνηγορούν στην ύπαρξη ενός λεπτομερούς αμμώδους υποστρώματος.

Η απότομη αύξηση που παρουσιάζει η *Bulimina costata* - είδος το οποίο εμφανίζεται στη βαθύτερη μέση ή εξωτερική νηριτική ζώνη αλλά τη μεγαλύτερη ανάπτυξη παρουσιάζει στην ανώτερη βαθύαλη (ZOBEL & RANKE, 1980; LUTZE, 1980; HAAKE, 1980) - σε συνδυασμό με το μέγιστο σχετικής συχνότητας που παρουσιάζει η *Uvigerina peregrina* - υποδηλώνουν ένα λεπτομερές αμμώδες-ιλυώδες υπόστρωμα για το δείγμα 3.

Όσον αφορά το δείγμα 4 η *Bolivina pseudoplicata*, η οποία ζει κυρίως στην εξωτερική νηρητική ή βαθύαλη ζώνη, παρουσιάζει το μέγιστο της συχνότητάς της. Η αρχόμενη όμως αυξητική τάση της *Bolivina spathulata* η οποία ζει σε λεπτά ιλυώδη ιζήματα (LE CALVEZ, 1958), καθώς και σε λεπτές αδρομερείς άμμους (ΡΥΟΣ, 1971; ΜΑΤΗΙΕΥ, 1971) σε συνδυασμό με την εκ νέου αύξηση της *Bulimina aculeata*, δηλώνουν την ύπαρξη ενός λεπτομερούς αργιλικού υποστρώματος. Επιπλέον για το δείγμα 4, η σύσταση της πανίδας υποδηλώνει συνθήκες περιβαλλοντικού stress. Ο σχετικά μειωμένος λόγος P/B πρέπει μάλλον να αποδοθεί σε αυξητική τάση της βενθονικής πανίδας, πράγμα που φαίνεται να καταγράφεται στην αυξημένη ποικιλότητα που παρουσιάζει το δείγμα. Η τάση αυτή πρέπει να οφείλεται στο υπόβαθρο, του οποίου το αποτέλεσμα φαίνεται να υπερτερεί της μείωσης του οξυγόνου και της αυξήσεως της αλμυρότητας, και φαίνεται να είναι συνήθης σε ισχυρά αργιλλικά ιζήματα (BROLSMA, 1978), πράγμα που υποδηλώνει ότι η βενθονική ζωή επωφελείτο από την αυξημένη προσφορά και απόθεση λεπτών χερσογενών τεμαχιδίων.

Τέλος, συγκρίνοντας το διάγραμμα της *Bulimina aculeata* με το διάγραμμα της *Bolivina spathulata* για το δείγμα 5, παρατηρούμε μία παρόμοια συμπεριφορά των συγκεκριμένων ειδών για το παραπάνω δείγμα γεγονός που οφείλεται στην προτίμηση της ομάδας *Bolivina-Bulimina* στα περισσότερο αργιλώδη-ιλυώδη ιζήματα και σε περιβάλλον αβαθέστερο των 300m (BROLSMA, 1978). Η σχετικά υψηλή τιμή του λόγου P/B, δείχνει ότι οι συνθήκες των επιφανειακών υδάτων ήταν καλές με φυσιολογικές τιμές οξυγόνου και αλμυρότητας. Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται στο ενδεχόμενο η αυξημένη αλμυρότητα στα ύδατα του πυθμένα να είναι αποτέλεσμα της στρώσεως της υδάτινης στήλης. Αυτό προϋποθέτει μια σχετικά περιορισμένη επικοινωνία των βαθύτερων τμημάτων. Άλλη υπόθεση είναι ότι η αυξημένη αλμυρότητα που καταγράφεται στην απόκριση της πανίδας, οφείλεται μάλλον σε κυκλοφορία στην διαχωριστική επιφάνεια ύδατος/ιζήματος (και το πιθανότερο εντός του ιζήματος) πλούσιων σε μεταλλικά άλατα διαλυμάτων, γεγονός για το οποίο δεν έχουμε επαρκή στοιχεία για να το επιβεβαιώσουμε.

Όσον αφορά στα μακροαπολιθώματα, μία πλούσια πανίδα η οποία αποτελείται από αντιπροσώπους Διθύρων, Γαστεροπόδων, Σκαφοπόδων και Βραγχιονοπόδων συλλέχθηκε και μελετήθηκε ως προς τη βιοστρωματογραφία τους από την GEORGIADIS-DIKEOULIA (1979). Από τα Δίθυρα τα οποία και αφθονούν, η επικρατέστερη οικογένεια είναι αυτή των Pectinidae με αντιπροσωπευτικότερα είδη τα *Amusium cristatum*, *Chlamys latissima*, *Chlamys scabrella*, *Flabellipecten besseri* κλπ.

Το πλείστον των ειδών βρέθηκε σε ψαμμιτομαργαϊκές αποθέσεις και σε καλκαρενίτες και υποδηλώνουν ένα θερμό, διαταραγμένο περιβάλλον. Από την λεπτομερή μελέτη της πανίδας GEORGIADIS-DIKEOULIA (1979) είναι φανερό ότι τα είδη αυτά έζησαν σε ένα παράκτιο, τροπικό ή υποτροπικό θαλάσσιο περιβάλλον.

Σύμφωνα με τον DEMARCQ (1979) η εμφάνιση μεγάλου αριθμού Pectinidae χαρακτηρίζει το εξωτερικό περιθώριο της εσωτερικής περιπαραλίου ζώνης το οποίο χαρακτηρίζεται από μεγάλη διείσδυση φωτός.

Επιπλέον η παρουσία των ειδών *Fl. besseri*, *Chlamys scabrella* και *Amussium cristatum* υποδηλώνει πολύ καλές συνθήκες διαβίωσης, κανονική αλμυρότητα, χαμηλή δυναμική των υδάτινων ρευμάτων και βάθος έως 80 m (Moskovitz, 1963).

Από τα Βραγχιονόποδα αναγνωρίστηκαν τα *Terebratula sinuosa*, *Hemithyris de Buchii*, *H. plicatodentata*, *Megerlia oblita* και *M. truncata* (Georgiades-Dikeouli, 1979). Το πλείστον των ειδών αυτών το οποίο δρέθηκε στα κατώτερα αργιλομαργαϊκά στρώματα της μελετώμενης τομής, αποτελούν αντιπροσώπους που διαβιούν σε ήσυχους θαλάσσιους πυθμένες ή και σε βαθύτερα ύδατα.

Σχετικά με τα υπόλοιπα μακροαπολιθώματα τα οποία παρατηρήθηκαν στα μαργαϊκά και αργιλικά στρώματα της τομής, αυτά δεν παρουσιάζουν διαφορές ως προς την σύστασή τους, από στρώμα σε στρώμα. Οι μελετώμενες πανίδες αποτελούνται γενικά από είδη τα οποία ζούσαν σε ποικίλα βάθη από την ακτή μέχρι την ανοικτή θάλασσα. Επειδή η κατάσταση διατηρήσεως των ειδών αυτών δεν είναι πολύ καλή και επειδή επικρατούν τα θραύσματα απολιθωμάτων, συμπεραίνουμε ότι ο βióτοπος των αντιπροσώπων αυτών ήταν κάπου αλλού και υπέστησαν τη διεργασία της μεταφοράς.

Τέλος, θα πρέπει να αναφερθεί η παρουσία μεγάλων *Clypeaster* σε συνδυασμό με παχύστρακα Pectinidae, στη βάση του εξεταζόμενου τμήματος της τομής μέσα σε ψαμμιτοκροκαλοπαγές υλικό. Τα λιθολογικά και παλαιοντολογικά χαρακτηριστικά της αποθέσεως αυτής υποδηλώνει ιζηματογένεση σε παράκτιο περιβάλλον.

4.3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η ποιοτική και ποσοτική παλαιοοικολογική ανάλυση που διεξήχθη σε τρεις από τις επτά τομές της εξεταζόμενης λεκάνης κατέληξε στα ακόλουθα συμπεράσματα:

Στα δυτικά της λεκάνης (τομή Βιγλοτόπι) κάνουν έντονη την εμφάνισή τους αποθέσεις υφάλμυρου περιορισμένου περιβάλλοντος οι οποίες επιτρέπουν την ανάπτυξη μόνον της *Ammonia beccarii*. Προς τα πάνω, κι αφού ξεπεράσουμε το επίπεδο των ψαμμιτικών πάγκων με *Heterostegina*, μεταβαίνουμε σε πιο σταθερές περιβαλλοντικές συνθήκες όπου δεν υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις της αλμυρότητας - η οποία μάλλον κυμαίνεται σε χαμηλές ακόμα τιμές - και επικρατεί μέτρια οξυγόνωση των υδάτων. Περιβαλλοντικό stress με μεγάλη αύξηση της αλμυρότητας είναι οι συνθήκες που επικρατούν στην επαφή των μαργαϊκών αποθέσεων με τους βιοκλαστικούς αβεστολίθους.

Πιο κεντρικά (τομή Ποταμοί), οι υφάλμυρες αποθέσεις δεν είναι πια τόσο έντονες,

παρόλ' αυτά πιστοποιήθηκε η ύπαρξη συνθηκών χαμηλής αλμυρότητας οι οποίες επιτρέπουν την ανάπτυξη κυρίως επιφυτικών ειδών. Οι περιβαλλοντικές συνθήκες παρουσιάζουν μεταβολή πάνω από τους ψαμμιτικούς πάγκους με *Heterostegina* με μια τάση για πιο σταθερές περιβαλλοντικές συνθήκες. Έτσι, οι συνθήκες υψηλής αλμυρότητας και ανεπάρκειας οξυγόνου που συνεπάγονται υψηλή παραγωγικότητα τροφικών στοιχείων - όπως αυτές πιστοποιούνται από την σύνθεση της πανίδας (δείγμα 2)- εκτονώνονται με την επικράτηση μέτριας οξυγονώσεως, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι επικοινωνίες στον πυθμένα ήταν καλές (δείγματα 3,4). Το περιβαλλοντικό stress ξανακάνει έντονα την εμφάνισή του σε υψηλότερο επίπεδο (δείγμα 5) για να ξαναεκτονωθεί και να καταλήξουμε σε περιβαλλοντική σταθερότητα των υδάτων η οποία έχει ως αποτέλεσμα την καλύτερη ανάπτυξη της βενθονικής ζωής.

Οι συγκεντρώσεις των βενθονικών τρηματοφόρων που μελετήθηκαν στην τομή Απόστολοι - ανατολικό περιθώριο της λεκάνης - φανερώνουν αρχικά ένα ανοικτό κανονικό θαλάσσιο περιβάλλον όπου επικρατούσε ήρεμη απόθεση αργιλλομαργαϊκών ιζημάτων. Προφανώς αυτό το αργιλλομαργαϊκό υπόστρωμα προσέλκυσε αυξημένες ποσότητες ειδών που προτιμούν να κατοικούν μέσα στην ιλύ (mud-dwellers) όπως είναι τα είδη *Bolivina-Bulimina*. Το αυξημένο ποσοστό των επιφυτικών ειδών που παρατηρείται στο ανώτερο τμήμα της τομής (δείγμα 4) μπορεί πολύ απλά να συσχετιστεί με την αυξημένη παροχή χερσογενούς υλικού από τις παράκτιες περιοχές αλλά και από την γειτονική ανάπτυξη υποθαλάσσιας βλαστήσεως. Πάντως, και σε αυτήν την τομή πιστοποιούνται οι μεταβολές των περιβαλλοντικών συνθηκών οι οποίες έγκειται στις μεταβολές του βαθμού οξυγονώσεως των υδάτων του πυθμένα. Αξιοσημείωτη είναι τέλος η απουσία υφάλμυρων αποθέσεων στο ανατολικό περιθώριο της λεκάνης και η μετάβαση των ηπειρωτικών-ποτάμιων αποθέσεων σε παράκτιες αποθέσεις.

Όσον αφορά στους βενθονικούς ασπόνδυλους αντιπροσώπους που παρατηρήθηκαν στην μελετώμενη λεκάνη, η πανίδα αυτή αποτελείται από έναν μεγάλο αριθμό ατόμων που ανήκουν σε έναν σχετικά μικρό αριθμό ειδών. Από τα είδη αυτά το 70% ανήκει στην οικογένεια των Pectinidae. Τα Pectinidae γενικά διαβιούν σε θαλάσσιο περιβάλλον κανονικής αλμυρότητας, διαφόρων θερμοκρασιών και αφθονούν κυρίως σε περιοχές όπου επικρατεί χαμηλός ρυθμός ιζηματογένεσεως. Τέτοιου είδους περιβάλλον συνιστά το επιλεγμένο προς παλαιοοικολογική ανάλυση τμήμα της εξεταζόμενης λεκάνης το οποίο αντιπροσωπεύεται κυρίως από την παρουσία ομογενοποιημένων μαργαϊκών οριζόντων, ενδεικτικών κανονικών συνθηκών ιζηματογένεσεως.

Τα προσδιορισθέντα είδη των *Chlamys* και *Pecten* ζούν σε ανοικτό, ευρύαλο, παράκτιο περιβάλλον και ειδικότερα στην ενδοπαράκτιο έως την περιπαράκτιο ζώνη, σε βάθος μέχρι 200 m. Μόνον ορισμένα είδη *Amussium* που χαρακτηρίζονται από λείο και λεπτό κέλυφος μπορεί να ζήσουν στην βαθύαλο ή αφυτική ζώνη. Η παρουσία τέτοιων ειδών στην μελετώμενη πανίδα μπορεί να εξηγηθεί με

την διεργασία της μεταφοράς εξαιτίας θαλασσίων ρευμάτων.

Τέλος η παρουσία των Turritellidae ενισχύει τα παραπάνω παλαιοοικολογικά συμπεράσματα αφού αυτά χαρακτηρίζουν αποθέσεις της υποπαράκτιας ζώνης και συγκεκριμένα από την ενδοπαράλιο έως την περιπαράλιο ζώνη, συνθήκες κανονικής αλμυρότητας και βάθος έως 150 m.

Όσον αφορά στις παλαιοθερμοκρασίες που επικρατούσαν στην εξεταζόμενη περίοδο αποθέσεως των ιζημάτων της Λεκάνης των Αποστόλων, δεν ήταν δυνατόν να εξαχθούν συμπεράσματα από την παλαιοοικολογική ανάλυση της βενθονικής μικροπανίδας. Παρόλα αυτά, γίνεται γνωστό από τους ΓΕΩΡΓΙΑΛΟΥ-ΔΙΚΑΙΟΥΛΙΑ & ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ (1990), ότι κατά το Αν. Σερραβάλλιο-Κατ. Τορτόνιο, κυρίως με βάση τις θαλάσσιες βενθονικές πανίδες των Ασπονδύλων, θα πρέπει να επικρατούσαν στο θαλάσσιο περιβάλλον χαμηλές θερμοκρασίες, 20-30° C, και το κλίμα να ήταν υποτροπικό. Το υποτροπικό αυτό κλίμα προοδευτικά μετατρέπεται κατά το Μ/Αν. Τορτόνιο σε τροπικό και κατά το Μεσσήνιο σε πολύ θερμότερο τροπικό και ξηρό. Πιο ειδικά, η περίοδος του Τορτονίου, που αντιστοιχεί στη βιοζώνη *Gryphaea* (*Crassostrea*) *gryphoides crassissima* στην περιοχή (DERMITZAKIS & GEORGIADES-DIKEOULIA, 1987), αντιπροσωπεύεται από πλούσια απολιθωματοφόρα ιζήματα. Τα απολιθωματοφόρα αυτά ιζήματα περιλαμβάνουν όστρακα μεγάλου μεγέθους ενδεικτικά υψηλών θερμοκρασιών που ανήκουν σε αντιπροσώπους τροπικών θαλασσών (23°-26° C), (Φάση I).

Από την παρουσία παχύστρακων ασπόνδυλων απολιθωμάτων γίνεται φανερή η μέγιστη σημασία του CaCO₃ για την ανάπτυξη ορισμένων θαλασσίων οργανισμών. Τα τροπικά και υποτροπικά ύδατα περιέχουν σε υψηλό βαθμό διαλελυμένο CaCO₃ και καθίστανται τα πλέον ευμενή μέσα διαβίωσης των οργανισμών συγκριτικά με τα ψυχρά πολικά και βαθειά ύδατα. Εξαιτίας του φαινομένου αυτού οφείλεται και το φαινόμενο της μεγαλύτερης ανάπτυξης οργανισμών με αοβεστολιθικά όστρακα στα τροπικά ύδατα.

Όσον αφορά στην παρουσία υποτροπικών εχινοειδών (*Clypeaster*) στην λεκάνη μας, σύμφωνα με τον COTTREAU (1913) η θερμοκρασία του ύδατος της θάλασσας ήταν ο κύριος παράγοντας που συνέβαλε στην μετακίνηση των υποτροπικών Εχινοειδών στην Μεσόγειο κατά τις αρχές του Νεογενούς. Η ψύξη των υδάτων της Μεσογείου εκδηλώνεται στο τέλος του Νεογενούς και πιθανώς αρχικά αποτελούσε ένα περιορισμένο γεγονός το οποίο δικαιολογεί την ύπαρξη ορισμένων αντιπροσώπων του *Clypeaster* κατά τη διάρκεια του Πλειοκαινίου. Γενικά το σύνολο της απολιθωμένης πανίδας των ασπόνδυλων οργανισμών υποδεικνύει μία ελάχιστη θερμοκρασία των υδάτων 19°-20° (υποτροπικό περιβάλλον).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην ευρύτερη περιοχή του Ρεθύμνου αναγνωρίστηκαν δύο Νεογενείς λεκάνες, η μία βόρεια (Λεκάνη Ρεθύμνου) και η άλλη νότια (Λεκάνη Αποστόλων) οι οποίες χωρίζονται μεταξύ τους από ένα κεντρικό Αλπικό ανάγλυφο. Η νότια λεκάνη των Αποστόλων αποτέλεσε τον κύριο χώρο έρευνας και μελετήθηκε διεξοδικά.

Στην παρούσα διατριβή αναλύθηκαν κι ερμηνεύτηκαν οι ιζηματογενείς αποθέσεις της Λεκάνης των Αποστόλων, διερευνήθηκε ο χαρακτήρας ολόκληρης της ακολουθίας και προτάθηκε ένα μοντέλο που αφορά στις μεταβολές ιζηματογένεσως κατά τη διάρκεια του Νεογενούς.

Η λιθοστρωματογραφία της ευρύτερης περιοχής Ρεθύμνου μελετήθηκε για πρώτη φορά από τον MEULENKAMP (1969). Ο ερευνητής αυτός αναγνώρισε οκτώ λιθοστρωματογραφικούς σχηματισμούς, τρεις εκ των οποίων (Σχηματισμός Παντάνασσα, Σχηματισμός Αποστόλων και Σχηματισμός Ρέθυμνο) αναγνωρίστηκαν στην εξεταζόμενη περιοχή. Η στρωματογραφική, ιζηματολογική και παλαιοοικολογική ανάλυση των σχηματισμών αυτών, κατέληξε στα ακόλουθα γενικά συμπεράσματα:

- Περαιτέρω λιθοστρωματογραφική ανάλυση των ανωτέρω σχηματισμών είχε ως αποτέλεσμα την αναγνώριση τεσσάρων λιθοστρωματογραφικών ενοτήτων οι οποίες έλαβαν το όνομά τους από το κυρίαρχο περιβάλλον αποθέσεώς τους και είναι οι ακόλουθες:
 1. Αποθέσεις χερσοποτάμιου περιβάλλοντος.
 2. Αποθέσεις μεταβατικού περιβάλλοντος.
 3. Αποθέσεις χαμηλής ακτής και υφαλοκρηπίδας.
 4. Αποθέσεις ανθρακικής πλατφόρμας.
- Η βιοστρωματογραφική ανάλυση της περιεχομένης μικρο- και μακροπανίδας που διεξήχθη στις παραπάνω αποθέσεις κατέληξε στο συμπέρασμα ότι τα θαλάσσια ιζήματα της Ενότητας 3 καθώς και η βάση της Ενότητας 4 έχουν ηλικία Μ.-Αν. Τορτόνιο (N16-N17, Blow, 1969).
- Από την λεπτομερή λιθοστρωματογραφική, βιοστρωματογραφική και τεκτονι-

κή ανάλυση, προέκυψαν σημαντικά στοιχεία για τις περιβαλλοντικές και λιθολογικές μεταβολές που έλαβαν χώρα κατά τη διάρκεια της περιόδου από το Αν. Σερραβάλλιο έως το Πλειόκαινο.

- Από το Αν. Σερραβάλλιο έως το Αν. Τορτόνιο, η περιοχή του Ρεθύμνου υπέστη εφελκυσμό διευθύνσεως B-N. Κανονικά ρήγματα, γενικής διευθύνσεως A-Δ και βυθίσεως προς νότον, δημιούργησαν μία ημιταφροειδή λεκάνη στην οποία τα ρήγματα αυτά όριζαν το περιθώριό της και ίσως και την κατωφέρειά της. Αδρομερή αλλουδιακά κροκαλοπαγή (ριπιδιοπαγή) προερχόμενα από το ανυψωμένο αλπικό ανάγλυφο βορείως και βορειοανατολικά της λεκάνης διασκορπίζονταν μέσα σε αυτή με τη βοήθεια ροών βαρύτητας και πλεξοειδών ποταμίων ροών. Κατά το Τορτόνιο, δευτερεύοντα κανονικά ρήγματα διευθύνσεως B-N δημιούργησαν δομές τάφρου-κέρατος οι οποίες χαρακτηρίζονται από διαφορετικό βαθμό βυθίσεως. Συγχρόνως, αρχίζει η προώθηση της θάλασσας από τον νότο. Τα αδρομερή χερσοποτάμια ιζήματα καλύπτονται σταδιακά από θαλάσσιες αποθέσεις. Κατά το τέλος του Μειοκαινού, η Κρήτη λόγω του επικρατούντος γεωδυναμικού καθεστώτος στην ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου, αρχίζει να στρέφεται προς βορράν με αποτέλεσμα την ανύψωση της Λεκάνης των Αποστόλων και τον σχηματισμό αβαθούς θάλασσας ανθρακικών ιζημάτων. Εξαιτίας της στροφής αυτής, η Λεκάνη των Αποστόλων αποκτά κλίση προς βορράν με συνέπεια την τροφοδότηση υλικού στη βόρεια Λεκάνη του Ρεθύμνου.
- Η λεπτομερής ανάλυση ιζηματογενών φάσεων που διεξήχθη στις αποθέσεις της Λεκάνης των Αποστόλων κατέληξε στην αναγνώριση 16 ιζηματογενών φάσεων οι οποίες ανήκουν στα ακόλουθα αποθετικά συστήματα: 1. αλλουδιακό σύστημα, 2. υφάλμυρο σύστημα, 3. παράκτιο σύστημα, 4. σύστημα εσωτερικής κρηπίδας και 5. σύστημα εξωτερικής κρηπίδας. Τα στοιχεία που προκύπτουν από την διεξαχθήσα ανάλυση φάσεων δείχνουν μία μετάβαση από ηπειρωτική ιζηματογένεση στη βάση της ακολουθίας σε ιζηματογένεση κρηπίδας στην κορυφή, χωρίς παρεμβολές ασυμφωνιών.
- Οι υπάρχουσες γενικές στρωματογραφικές τάσεις των διαφόρων αποθετικών συστημάτων σε συνδυασμό με τους παρατηρούμενους ιζηματολογικούς χαρακτήρες, οδήγησαν στο συμπέρασμα ότι ο συνδυασμός δύο μοντέλων ιζηματογένεσης μπορεί να περιγράψει τις επικρατούσες συνθήκες ιζηματογένεσης στην Λεκάνη των Αποστόλων. Το πρώτο μοντέλο είναι το κλαστικό μοντέλο το οποίο περιλαμβάνει τις ηπειρωτικές αποθέσεις καθώς και τις αποθέσεις χαμηλής ακτής. Το δεύτερο μοντέλο, το μη κλαστικό, είναι νεώτερο του πρώτου, το καλύπτει σταδιακά και περιλαμβάνει τις αποθέσεις υφαλοκρηπίδας.
- Όσον αφορά το κλαστικό μοντέλο, ο συνδυασμός ποτάμιων και θαλάσσιων διεργασιών έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ευκρινών φάσεων, χαρακτηριστικών δελταϊκών αποθέσεων. Η ύπαρξη μεγάλου πάχους πλεξοειδών ποτάμιων αποθέσεων που παρεμβάλλονται μεταξύ των αλλουδιακών αποθέσεων και

των υπερκειμένων θαλάσσιων στρωμάτων συνεισφέρει στην ερμηνεία της αποθέσεως ως ένα δελταϊκό σύστημα, το οποίο δέχονταν έντονα την επίδραση ποτάμιων διεργασιών και αμυδρά την επίδραση θαλασσιών ρευμάτων.

- Χαρακτηριστικό της εξεταζόμενης ακολουθίας είναι ότι η κατακόρυφη κατανομή των φάσεων υποδηλώνει μία προοδευτική αύξηση του βάθους των θαλασσίων υδάτων. Ενδογενείς κι εξωγενείς παράγοντες προφανώς έπαιξαν ουσιαστικό ρόλο στη διαμόρφωση αυτής της ιζηματογενούς ακολουθίας. Η τοπική τεκτονική δύθιση, η συνεχιζόμενη ενεργή τεκτονική δραστηριότητα της περιοχής, η σταδιακή εξασθένηση μεταφοράς φερτών υλών η οποία ακολουθήθηκε από την εισβολή της θάλασσας από τον νότο, καθώς και οι επικρατούσες κλιματικές συνθήκες, θεωρούνται οι υπεύθυνοι μηχανισμοί που διαμόρφωσαν την εξεταζόμενη ακολουθία.
- Στην Λεκάνη των Αποστόλων πιστοποιήθηκε η ύπαρξη ρυθμικής ιζηματογενέσεως στις ηπειρωτικές και παράκτιες αποθέσεις.
- Στις ηπειρωτικές αποθέσεις των Ενοτήτων 1 και 2 παρατηρήθηκαν μικρότερης κλίμακας ακολουθίες οι οποίες γίνονται αδρομερέστερες προς τα άνω όσον αφορά στο μέγεθος των κόκκων τους και οι οποίες αποτελούνται, στην οροφή τους, από εκτεταμένα κροκαλοπαγή στρώματα (φάση Α και Β) και στη βάση τους από πλευρικός συνεχή λεπτομερή ιζήματα (φάση Δ και Ε). Κάθε μία τέτοια ακολουθία αντιπροσωπεύει έναν εποχιακό ρυθμό μεταφοράς και απόθεσης ηπειρωτικών ιζημάτων κατά μήκος του βορείου περιθωρίου της λεκάνης, ο οποίος οφείλεται κυρίως στις ρυθμικές μεταβολές των κλιματικών συνθηκών (δηλαδή εναλλαγές υγρών και ξηρών περιόδων).
- Όσον αφορά στις παράκτιες ρυθμικές αποθέσεις, αυτές συνίστανται στη βάση τους από εναλλαγές ιλυολίθων με βιοαναδευμένους ψαμμίτες με σκαφοειδή διασταυρούμενη στρώση, οι οποίοι έχουν αποτεθεί στο κατώτερο τμήμα του μετώπου της ακτής. Το ανώτερο τμήμα τους αποτελείται από ψαμμίτες με σκαφοειδή και επίπεδη-τραπεζοειδή διασταυρούμενη στρώση που καταλήγουν στα παράκτια κροκαλοπαγή, τα οποία έχουν αποτεθεί στο ανώτερο τμήμα του μετώπου της ακτής. Για την ερμηνεία αυτών των αβαθών θαλασσιών ρυθμικών ακολουθιών λαμβάνεται υπόψη ο κλιματικός παράγοντας ο οποίος ελέγχει τον ρυθμό παροχής ιζήματος από την ξηρά και το βάθος της θάλασσας.
- Ρυθμικές αποθέσεις δεν πιστοποιήθηκαν παντού, γεγονός που σημαίνει ότι η ρυθμική παροχή ιζήματος ελάμβανε χώρα κατά θέσεις. Η ανομοιογενής δύθιση της λεκάνης η οποία επηρεάζει τον ρυθμό ιζηματογενέσεως είναι υπεύθυνη για τη δημιουργία ρυθμικών αποθέσεων. Επιπλέον, η ερμηνεία των ρυθμικών ιζηματογενών αποθέσεων εξαρτάται από το πόσο κατανοητές είναι οι κλιματικές συνθήκες οι οποίες ελέγχουν άμεσα την παροχή ιζήματος.
- Τέλος, η ποιοτική και ποσοτική ανάλυση των βενθονικών Τρηματοφόρων σε

συνδυασμό με παλαιοοικολογικές παρατηρήσεις που έγιναν σε ασπόνδυλους αντιπροσώπους, καταμαρτυρεί μία περιβαλλοντική μετάβαση από συνθήκες ανοικτής θάλασσας στα ανατολικά της λεκάνης σε περιορισμένες θαλάσσιες και γλυκών υδάτων συνθήκες στα δυτικά αυτής.

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ADEGOKE, O., OMATSOLA, N. & N. SALAMI, 1976. Benthonic foraminiferal biofacies off the Niger delta. In: C.T. Schafer & B.R. Pelletier (Eds), "Maritime sediments", *Spec. Publ.*, 1, part A, 279-293.
- ALEXOPOULOS, A., 1990. Geological and hydrogeological conditions of the topographical sheet Mohos area (central-eastern Crete). *Doct. thesis*, Univ. of Athens (unpublished).
- ANAPLIOTIS, K.A. & E. GEORGIADOU-DIKEOULIA, 1967. Die tyrrhenischen Ablagerungen von Sudwest Kreta, *Ann. Geol. pays Hellen.*, XVIII, 271-280.
- ANAPLIOTIS, K.A., 1967. The Neogene of the island of Gavdos. *C.R. Akad. Athenes*, 42, 135-143.
- ΑΝΑΠΛΙΩΤΗΣ, Κ.Α., 1976. Συμβολή εις την γνώσιν του Νεογενούς του νομού Ηρακλείου (Περιοχή Χερσονήσου). *Ann. Geol. pays Hellen.*, XXVII, 96-109.
- ΑΝΑΠΛΙΩΤΗΣ, Κ.Α. & Ν. ΣΥΜΕΩΝΙΔΗΣ, 1978. Κοράλλια εκ του Μειοκαινού της νήσου Γαύδου. *Ann. Geol. pays Hellen.*, XXIV, 411-417.
- ANASTASAKIS, G.C., 1981a. Tectonic controls on Post- Messinian sedimentation in the Central Hellenic Trench region: A comparison with the land record. *International Symposium on the Hellenic Arc and Trench (HEAT)*, April 8-10, Athens 1981, Abstr., 10-11.
- ANASTASAKIS, G.C., 1981b. Sedimentation and shallow structure of the South Cretan-Karpathos Sector of the Hellenic Trench System. *Ph.D. Thesis*, Keele University, England, 392pp.
- ANASTASAKIS, G.C., 1987. Upper Cenozoic evolution of the Gavdos Rise, *Bolletino di Oceanologia Teorica ed Applicata*, vol. V, No 4, 293-304.
- ANASTASAKIS, G.C. & G. KELLING, 1981. Structural evidence relating to contemporaneous subduction below the Central Hellenic Trench System. *International Symposium on the Hellenic Arc and Trench (HEAT)*, April 8-10, Athens 1981, Abstr., 7-9.
- ANGELIER, J., 1976. Sur la neotectonique de l' arc egeen externe: les failles normales Est-Ouest et l' extension sudmeridienne cretoise. *C.R.Acad. Sci. Paris*, (D), 282, 413-416.

- ANGELIER, J., 1977a. Sur l' evolution tectonique depuis le Miocene superieur d' un arc insulaire mediterraneen: l' arc egeen. *Revue de geographie physique et de geologie dynamique, Masson edit., Paris, ser. 2, vol. XIX, fasc. 3, 271-294.*
- ANGELIER, J., 1977b. Essai sur la neotectonique et les derniers stades tardi-tectoniques de l' arc egeen et de l' Egee meridionale. *Bull. Societe geologique de France, Paris, ser. 7, t. XIX, 3, 651-662.*
- ANGELIER, J., 1977. Sur les mouvements egeens depuis le Miocene Superieur: l' evolution recente de la courbure sud-hellenique. *C.R.Acad.Sci. Paris, 284, 1037-1040.*
- ANGELIER, J., 1979a. Recent Quaternary tectonics in the Hellenic Arc: examples of geological observations on land. *Tectonophysics, 52, 267-275.*
- ANGELIER, J., 1979b. Neotectonique de l' arc egeen. *Soc.Geol.Nord, 3, 418p.*
- ANGELIER, J., 1981a. Analyse quantitative des relations entre deformation horizontale et mouvements verticaux: l' extension egeen, la subsidence de la mer de Crete et la surrection de l' arc hellenique. *Ann. Geophys., 37, 327-345.*
- ANGELIER, J., BREBION, P., LAURIAT-RAGE, A. & C. MULLER, 1979a. Late Cenozoic Biostratigraphy and Neotectonic evolution of Crete. VIIth Int. Congress on Medit. Neogene, Athens 1979, *Ann. Geol. pays Hell., Tome hors serie, Fasc I, 9-17.*
- ANGELIER, J., GLACON, G. & C. MULLER, 1979b. Stratigraphie et neotectonique des ilots Neogenes et Quaternaires de Koufonisi, au bord de la fosse de Pline (arc hellenique). *C.R.Acad.Sci.Paris, 288, 586-590.*
- ANGELIER, J. & M. GIGOUT, 1974. Sur les plates-formes marines de la region d' Ierapetra (Crete, Grece). *C.R.Acad.Sci.Paris, D278, 2103-2106.*
- ANGELIER, J., DUMONT, J.F., KARAMANDERESI, H., POISSON, A., SIMSEK, S. & S. UYSAL, 1981. Analyses of fault mechanisms and expansion of southwestern Anatolia since the Late Miocene. *Tectonophysics, 75, T1-T9.*
- ANGELIER, J. & X. LE PICHON, 1980. Neotectonique horizontale et verticale de l' Egee: subduction et expansion. *Mem. Bur. Rech. Geol. Min., 115, 249-260.*
- 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 X. Le Pichon, S.S. Augoustithis and J. Mascle (Eds), *Geodynamics of the Hellenic Arc and Trench. Tectonophysics, 86, 159-196.*
- AUBOUIN, J., 1971. Reflexion sur la tectonique de faille plio-quaternaire. *Geol. Rdsch., 60, 833-848.*
- AUBOUIN, J. & J. DERCOURT, 1965. Sur la geologie de l' Egee: regard sur la Crete (Grece). *Bull.Soc.Geol. France, (7), t. VII, 787-821.*
- AUBOUIN, J., LE PICHON, X., WINTERER, E. & BONNEAU, M., 1979. Les

- Hellenides dans l'optique de la tectonique des plaques. *Proc. VI Coll. Geol. Aegean Region* (Athens 1977), III, 1333-1354.
- BACHMAYER, F., BRINKERINK, J. & N. SYMEONIDIS, 1975. Pleistozane Schildkroten aus Hohlen der Insel Kreta. *Ann. Geol. pays Hellen.*, XXVII, 110-121.
- BACHMAYER, F., SYMEONIDIS, N.K. & F. ROEGL, 1978. Eine fossile Seenedel (*Syngnathidae*) aus dem Obermiozan von Ierapetra, Insel Kreta (Griechenland). *Annalen des naturhistorischen Museums in Wien*, ser. A, t. 81, 121-127.
- BANDY, O.L., INGLE, J.C. & J.M. RESIG, 1964a. Foraminifera, Los Angeles County outfall area, California. *Limnol. Oceanogr.*, 9, 124-137.
- BANDY, O.L., INGLE, J.C. & J.M. RESIG, 1964b. Foraminiferal trends, Laguna Beach outfall area. *Limnol. Oceanogr.*, 9, 112-123.
- BANERJEE, I. & S.M. KIDWELL, 1991. Significance of molluscal shell beds in sequence stratigraphy: an example from the Lower Cretaceous Mannville Group of Canada. *Sedimentology*, 38, 913-934.
- BARANYI, M., LIPPOLAT, H.J. & W. TODT, 1975. Kalium-Argon Datierungen an zwei Magnetiten von Kalo Khorio Ost-Kreta. *N.Jb. Geol. Palaont. Mh.*, 5, 257-262.
- BARBIERI, F. & F. MEDIOLI, 1969. Distribution of foraminifera on the Scotian Shelf (Canada). *Riv. Ital. Paleont.*, 75, 849-878.
- BARRIER, E., 1979. Etude neotectonique des îles de Karpathos et Kassos (Dodecanese, Grèce) et esquisse géologique de l'île de Kassos. *Th. Doct. 3e cycle*, Univ. P. et M. Curie, Paris, 206p.
- BARTON, M., SALTERS, V.J.M. & J.P.P. HUYSMANS, 1983. Sr isotope and trace element evidence for the role of continental crust in calc-alkaline volcanism on Santorini and Milos, Aegean Sea, Greece. *Earth Plan. Sci. Lett.*, 63, 273-291.
- BAUMANN, A., BEST, G. & H. WACHENDORF, 1977. Die alpidische stockwerke der südlichen Agais. *Geol. Rundschau*, 66, 492-522.
- BENDA, L., 1973. Late Miocene sporomorph assemblages from the Mediterranean and their possible paleoclimatological implications. In: C.W. Drooger (Ed), "Messinian Events in the Mediterranean", *North Holland Publ., Co*, 256-259.
- BENDA, L., HILTERMANN, H. KUSS, S. & N. SYMEONIDIS, 1969. Der erste Mastodon-Fund der Insel Kreta. *Ann. Geol. pays Hell.*, XXI, 167-177.
- BENDA, L. & J.E. MEULENKAMP, 1979. Biostratigraphic correlations in the eastern Mediterranean Neogene, 5. Calibration of sporomorph associations, marine microfossil and mammal zones, marine and continental stages and the radiometric scale. *Proceed. VIIth Intern. Congr. Mediter. Neogene, Athens 1979, Ann. Geol. de Pays Hell.*, Tome hors serie, v. A fasc. I., 61-70.

- BENDA, L., MEULENKAMP, J.E. & W.J. ZACHARIASSE, 1974. Biostratigraphic correlations in the eastern Mediterranean Neogene. 1. Correlation between planktonic foraminiferal, uvigerinid, sporomorph and mammal zonations of the Cretan and Italian Neogene. *Newsl. Stratigr.*, 3, 205-217.
- BENDA, L., MEULENKAMP, J.E. & R.R. SCHMIDT, 1982. Biostratigraphic correlations in the eastern Mediterranean Neogene. G. Correlation between sporomorph, marine microfossil and mammal associations from some Miocene sections of the Ionian islands and Crete (Greece). *Newsl. Stratig.*, 11(2), 83-93.
- BESSEDIK, M., 1981. Recherches palynologiques sur quelques sites du Burdigalien du Midi de la France. *These 3e cycle*, Univ. Montpellier, 43p.
- BIJON, G., BONNEAU, M., LE BOULENGER, P., MATESCO, S. & THIEBAULT, F., 1976. Sur la signification et l'extension des "massifs cristallins externes" en Peloponnesse meridional et dans l'arc egeen. *Bull. Soc. Geol. France*, 7, XVIII, 2, 337-345.
- BIRKELUND, P.W., 1974. *Pedology, Weathering and Geomorphological Research*. pp. 283. Oxford University Press, New York.
- BIROT, P., 1948. Syntheses recentes relatives a la structure de la Crete. *Ann. Geogr.*, 57, 87-88, Paris.
- BIROT, P., 1959. La mise en place du relief de l'ile de Crete. *Bull. Assoc. Geogr. Francais*, No 285-287, p. 2-8, Paris.
- BIROT, P., 1960. Esquisse de la geomorphologie de la Crete. *Bull. Sect. Geogr.*, LXXIII, t.43, Paris.
- BJORKUM, P.A. & O. WALDERHAUG, 1990. Geometrical arrangement of calcite cementation within shallow marine sandstones. *Earth Science Reviews*, 29, 145-161.
- BLAIR, T.C. & W.L. BILODEAU, 1988. Development of tectonic cyclothems in rift, pull-apart, and foreland basins: sedimentary response to episodic tectonism. *Geology*, 16, 517-520.
- BLANC-VERNET, L., 1969. Contribution a l'etude des foraminiferes de Mediterranee. Relations entre le microfaune et le sediment. Biocoenoses actuelles, thanatocoenoses pliocenes et quaternaires. *Rev. Trav. Stat. Marit. d'Endoume*, 64, 1-281.
- BLATT, H., MIDDLETON, G. & R. MURRAY, 1972. *Origin of sedimentary rocks*. Prentice Hall. INC. Englewood Cliffs, New Jersey, 634pp.
- BLUCK, B.J., 1967. Deposition of some Upper Old Red Sandstone conglomerates in the Clyde Area: a study in the significance of bedding. *Scott. J. Geol.*, 3, 139.
- BOEKSCHOTEN, G.J., 1962. Beachrock at Chersonissos, Crete. *Geol. en Mijnbouw*, Jahrgang 41, p. 3-7, Haarlem.
- BOEKSCHOTEN, G.J., 1963. Some geological observations on the coasts of Crete. *Geol. en Mijnbouw*, Jahrgang 41, p. 241-247, Haarlem.

- BOEKSCHOTEN, G.J., 1966. Mollusca and foraminifera from the Tyrrhenian of Arvi, Crete, with some paleoecological notes. *Praktika Akadimias Athinon*, 41, 51-66.
- BOEKSCHOTEN, G.J. & P.Y. SONDAAR, 1966. The Pleistocene of the Katharo basin (Crete) and its Hippopotamus. *Bijdragen tot de Dierkunde*, 36, 17-44.
- BOERSMA, A. & SHACKLETON, N.J., 1977. Tertiary oxygen and carbon isotope stratigraphy, Site 357 (mid-latitude South Atlantic). *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project* Vol. 39, pp. 911-924. US Government Printing Office, Washington, DC.
- BOGER, H. & R. WILLMAN, 1979. Die limnischen Gastropoden aus dem Neogen von Chersonisos (Kreta). *Ann. Geol. pays Hell.*, Tome hors serie, 1979, fasc. I, 159-162.
- BOLTOVSKOY, E. & H. LENA, 1971. The Foraminifera (except Family Allogromiidae) which dwell in fresh water. *J. Foram. Res.*, 1, 71-76.
- BOLTOVSKOY, E. & R. WRIGHT, 1976. Recent Foraminifera. Dr. W. Junk, the Hague, 515 pp.
- BONARELLI, G. 1901. Appunti sulla costituzione geologica dell'isola di Creta. *Atti della reale Accademia dei Lincei*, Rome, ser. 5, Vol. III, 518-548.
- BONNEAU, M., 1970. Les lambeaux allochtones du revers septentrional du massif des Psiloriti (Crete moyenne, Grece). *Bull. Societe geologique de France*, 7, 12, 1124-1129.
- BONNEAU, M., 1972. La nappe metamorphique del' Asteroussia, lambeau d'affinites pelagoniennes charrie jusque sur la zone de Tripolitza de la Crete moyenne (Grece). *C.R.Acad. Sci. Paris*, (D), 275, 2303-2306.
- BONNEAU, M., 1973. Sur les affinites ioniennes des "calcaires en plaquettes" epimetamorphiques de la Crete, le charriage de la serie de Gavrovo-Tripolitza et la structure del' arc egeen. *C. R.Acad. Sc. (D)*, 277, 2453-2456, Paris.
- BONNEAU, M., 1973a. Les differentes "series ophiolitiferes" de la Crete: une mise au point, *C.R. Acad. Sc.*, (D), 275, 2303-2306, Paris.
- BONNEAU, M., 1982. Evolution geodynamique de l' arc egeen depuis le Jurassique superieur jusqu'au Miocene. *Bull. Societe geologique de France*, Paris, ser. 7, t. XXIV, n° 2, 229-242.
- BONNEAU, M., 1984. Correlation of the Hellenide nappes in the south-east Aegean and their tectonic reconstruction. In: Dixon J.E. & Robertson A.H.F. "The geological evolution of the eastern Mediterranean". *Geological Society, Blackwell scientific publications Ltd edit.*, Oxford, London, Edimbourg, Boston, Palo Alto, Carlton, Sp. publ. n° 17, 517-527.
- BONNEAU, M. & C. GINSBURG, 1974. Decouverte de *Dorcatherium puyhauberti* Arambourg et Piverteu (Mammalia) dans les facies continentaux de base de la molasse tertiaire de Crete (Grece): Consequences stratigraphiques et tectoniques. *C. R.Acad. Sc.* 11-12.

- BONNEAU, M. & V. KARAKITSIOS, 1979. Les niveaux inferieurs (Trias superieur) de la nappe de Tripolitza en Crete moyenne (Grece) et leurs relations avec la nappe des Phyllades. Problemes stratigraphiques, tectoniques et de metamorphisme. *C. R. Academie des Sciences*, (D), t. 288, 15-18, Paris.
- BONNEFONT, J.C., 1965. Note sur la morphologie du massif de Lassithi. *Bull.Ass. Geographes F*, 334-335, 27-35.
- BONNEFONT, J.C., 1972. La Crete: etude morphologique. *These Univ. de Paris IV*, 845p.
- BONNEFONT, J.C., 1977. La neotectonique et sa traduction dans le paysage geomorphologique de l' ile de Crete. *Rev. Geol. dyn. Geogr. phys.*, 19, 93-108.
- BOURGEOIS, J. & E.L. LEITHOLD, 1984. Wave-worked conglomerates-Depositional processes and criteria for recognition. In: E.H. Koster & R.J. Steel (Eds), "Sedimentology of Gravels and Conglomerates". *Mem. Can. Soc. Petrol. Geol.*, 10, 331-343.
- BOWN, T.M. & M.J. KRAUS, 1987. Integration of channel and floodplain suites I. Development of sequence and lateral relations of alluvial paleosols. *J. Sediment. Petrol.*, 57, 587-601.
- BRASIER, H.D., 1975. The ecology and distribution of recent foraminifera from the reefs and shoals around Barbuda, West Indies. *J. Foram. Res.*, 5, 193-210.
- BRENCHLEY, P.J., 1985. Storm influenced sandstone beds. *Modern Geol.*, 9, 331-343.
- BROLSMA, M.J., 1978. Quantitative foraminiferal analysis and environmental interpretation of the Pliocene and topmost Miocene on the south coast of Sicily. *Utr. Micropal. Bull.*, 18, 159 pp.
- BULL, W.B., 1964. Geomorphology of segmented alluvial fans in Western Fresno County, California. *United States Geological Survey Professional Paper*, 352E, 128p.
- BULL, W.B., 1972. Recognition of Alluvial Fan Deposits in the Stratigraphic record. In: Rigby, J.K. & Hamblin, Wm.K. (Eds), "Recognition of ancient sedimentary environments. *Soc. Econ. Paleont. Mineral. Spec. Publ.*, 16, 63.
- BUTTNER, D. & G. KOWALCZYK, 1978. Late Cenozoic stratigraphy and paleogeography of Greece. A review. In: Closs H. et al. "Alps, Apennines, Hellenides". *E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung edit.*, Stuttgart, 494-501.
- CALVEZ, Y., 1958. Les Foraminiferes de la Mer Celtique. *Rev. Trav. Inst. Peches marit*, 22, , no 2.
- CARBONNEL, G., 1986. Les Ostracodes des "estuaires tropicaux" de l' Actuel (Senegal et Gambie): application au Neogene (molasse franco-suisse). *Pal. Pal.*, Amsterdam, 57, 213-240.

- CAYÈUX, L., 1911a. Le Miocene moyen de l' ile de Crete. *C. R. Academie des Sciences*, Paris, t. 152, 637-639.
- CAYÈUX, L., 1911b. Existence du Pontique marin dans l'ile de Crete. *C. R. Academie des Sciences*, Paris, t. 152, 961-984.
- CHALIKIOPOULOS, L., 1903. Sitia, die Osthalbinsel Kretas. *Veroff. Inst. Meereskd. Berlin*, 4, 1-138.
- ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΑΚΗΣ, Π., 1974. Γεωλογικά και παλαιοντολογικά έρευνα εις περιοχήν Χερσονήσου-Μαλίων Κρήτης. *Αμάθεια*, 5, 145-184.
- CHRISTODOULOU, G., 1958. Some new Eocene and Miocene Foraminifera of Crete. *Bull. Geol. Soc. Greece*, 3, p.31.
- ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, Γ. & Δ. ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΥΣ, 1961. Περί εμφανίσεως τινος του Σαρματίου εις περιοχήν της ΝΑ Κρήτης. *Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ.*, 4, 81-85, Αθήνα.
- ΧΡΙΣΤΟΔΟΥΛΟΥ, Γ., 1963. Γεωλογικά και μικροπαλαιοντολογικά έρευνα επί του Νεογενούς της νήσου Κρήτης. *Διατριβή επί Υψηγεσία*, 1-154, Αθήνα.
- CITA, M.B. & W.B.F. RYAN, 1979. Late Neogene environmental evolution. In: U. von Rad, W.B.F. Ryan *et al.*, *Init. Rep. Deep Sea Drilling Project*, 47, part 1 (Washington, U.S. Govern. Printing Off.), 447-459.
- CLIFTON, H.E., 1973. Pebble segregation and bed lenticularity in wave-worked versus alluvial gravel. *Sedimentology*, 20, 173-187.
- COTTREAU, J., 1913. Les Echinides neogenes du bassin Mediterranéen. *Ann. Inst. Oceanogr. Monaco*, 6, 1-192.
- CREUTZBURG, N., 1958. Probleme des Gebirgsbaues und der Morphogenese auf der Insel Kreta. *Freiburger Universitatstreden*, N. Folge, H. 26, S. 46, 20 Text., Freiburg i/Br.
- CREUTZBURG, N., 1961-1962. Die palaeogeographische Entwicklung der Insel Kreta vom Miozan bis zur Gegenwart. *Kritika Chronika*, Heraklion, t. IΕ, fasc. 1, 336-342.
- CREUTZBURG, N., 1963. Gerollführende Rotsedimente auf der Insel Kreta. *Ann. Geol. pays Hellen.*, 14, 357-404.
- CREUTZBURG, N., DROOGER, C. W., MEULENKAMP, J.E., PAPANASTAMATIΟΥ, J., SANNEMANN, W., SEIDEL, E. & A. TATARIS, 1977. General geological map of Greece, Crete island, scale 1:200.000, *Inst. of geological and mining Research*, Athens.
- CREUTZBURG, N. & PAPANASTAMATIΟΥ, J., 1969. Die Ethia-Serie des sudlichen Mittelkretas und ihre Ophiolitvorkommen. *Sitzungsber. Heidelberg-er Akad. Wiss. math.-naturw. K1*, 1, 63p.
- CREUTZBURG, N. & E. SEIDEL, 1975. Zum Stand der Geologie des Praneogens auf Kreta. *N. Jb. Geol. Palaont. Abh.*, 149(3), 363-383.
- DE BOER, J.Z., 1989. The Greek enigma: is development of the Aegean orogeny dominated by forces related to subduction or obduction? *Mar. Geol.*, 87, 31-54.
- DE BRUJIN, H. & J.E. MEULENKAMP, 1971. Late Miocene rodents from the

- Pandanassa formation (prov. Rethymnon), Crete, Greece. *Proc. Koninklijke nederlandse Akademie van Wetenschappen, North-Holland publishing Company edit.*, Amsterdam, ser. B, vol. 75, 54-60.
- DE BRUJIN, H. & W.J. ZACHARIASSE, 1979. The correlation of marine and continental biozones of Kastellios hill reconsidered. *Ann. Geol. pays Hell.*, Tome hors serie, 1979, fasc. I, 219-226.
- DE BRUJIN, H., SONDAAR, P.Y. & ZACHARIASSE, W.J., 1971. Mammalia and Foraminifera from the Neogene of Kastelios Hill (Crete), a correlation of Continental and Marine Biozones. *Proc. Ned. Akad. Wet.*, B. 74(5), 1971, 1-22.
- DE BRUJIN, H. & VAN DER MEULEN, A.J., 1981. The distribution of Land Mammals in the Mediterranean Through the Neogene-Is there a fit with the Paleogeographic and Paleoclimatologic Reconstruction Based on Data from Marine Basins? *Ann. Geol. Pays Hellen.*, 4, 323-335.
- DEEGAN, C.E., 1971. The mode of origin of some late diagenetic sandstone concretions from the Scottish Carboniferous. *Scottish Journal of Geology*, 7, 357-365.
- DEMARCO, G., 1962-1970. Etude stratigraphique du Miocene rhodanien. *These Sc. Univ. Paris*, 1962 et *Mem. B.R.G.M.*, Paris, 1970, 61, 258pp.
- DEMARCO, G., 1979. Approche de l' evolution thermique au Neogene a partir des Invertebres marines mesogeens. *Geobios*, 24(4), 623-627, Paris.
- DEMARCO, G., 1984. Importance des megafaunes marines benthiques dans l' evolution paleothermique de la Mediterranee au Neogene. *Ann. geol. des Pays hell.*, 32, 87-95.
- DEMARCO, G. & H. DEMARCO, 1989. Biostrome a Crassostrea du Quaternaire recent (Senegal), comparaison avec ceux du Miocene (bassin rhodanien). *Geologie Mediterranee*, XVI, 3-15.
- DERMITZAKIS, M.D., 1969. Geological researches of the Neogene deposits of the Hierapetra province in Crete. *Ann. geol. des Pays hell.*, Athens, ser. 1, t. XXI, 342-484.
- DERMITZAKIS, M.D., 1972. Biostatistical observations on the Terebralia lignitarum lignitarum (EICHWALD) from the Miocene deposits of East Crete. *Ann. Geol. pays Hellen.*, XXIV, 481-512.
- DERMITZAKIS, M.D., 1973a. Recent Tectonic Movements and Old-Strandlines along the Coasts of Crete. *Bull. Geol. Soc. Greece*, X, 1, 48-64.
- DERMITZAKIS, M.D., 1973b. The Occurrence of Pleistocenic Deposits in SE Sitia District (E.Crete). *Bull. Geol. Soc. Greece*, X, 2, 180-222.
- ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ, Μ.Δ., 1977. Τα ευρήματα θηλαστικών του Τεταρτογενούς των σπηλαίων και καρστικών εγκοίλων της νήσου Κρήτης και η σημασία αυτών. *Δελτ. Ελλην. Σπηλαιολ. Εταιρίας*, XIV, 152-190.
- ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ, Μ.Δ., 1978. Στρωματογραφία και ιστορία ιζηματογένεσης του Μειοκαινού της νήσου Ζακύνθου. *Ann. Geol. pays Hellen.*, 29, 47-186.
- DERMITZAKIS, M.D., 1979. Biostratigraphic observations on the upper Mi-

- ocene deposits in Armyri Panayia section (Heraklion province, central Crete). *Bull. geological Society of Greece*, Athens, vol XIV, fasc. 1, 61-69.
- ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ, Μ.Δ., 1980. Συμβολή εις την στρωματογραφίαν και παλαιοντολογίαν των Μειοκαινικών ιζημάτων της τομής Καλογέροι (Ιεράπετρα, Αν. Κρήτη). *Πρακτ. Ακαδ. Αθην.*, 55, 249-260.
- ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ, Μ.Δ., 1980. Στρωματογραφική επισκόπησις των νεοτριτογενών αποθέσεων των τομών Σαπάτες και Νέα Ανατολή εις την Ανατολ. Κρήτη. *Κρητολογία*, 10-11, 169-193, Βραχάσι Κρήτης.
- DERMITZAKIS, M.D., 1980. Biostratigraphic survey in the Pliocene sediments of Ammudhares and Aghios Charalambos sections (Hierapetra Province, E. Crete). *Ann. Geol. pays Hellen.*, 30, 130-142.
- DERMITZAKIS, M.D., 1987. General introduction to the geology of Crete (field guide for the excursion). *Inst. of Paleontology, Univ. of Vienna*, 39p.
- ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ, Μ.Δ., 1991. Στρωματογραφικά συμβάντα και γεωλογική εξέλιξη της Κρήτης κατά τον Ανώτερο Καινοζωικό αιώνα. *Πεπραγμένα ΣΤ' Διεθνούς Κρητολογικού Συνεδρίου*, том Β', 215-252.
- DERMITZAKIS, M.D. & J. DE VOS, 1985. Mammals faunal succession and evolution during the Pleistocene in Cretan paleoenvironment. *Ann. Geol. pays Hellen.*, XXXIII/I, 101-138.
- DERMITZAKIS, M.D. & E. GEORGIADES-DIKEOULIA, 1979. Macrofauna and Planktonic Foraminifera of the Armenopetra section in Keratokambos-Viannou area (E. Crete). *Ann. Geol. pays Hellen. Tome hors serie, fasc. I.*, 309-314, *Viith Int. Congress on Medit. Neogene, Athens 1979*.
- DERMITZAKIS, M.D. & E. GEORGIADES-DIKEOULIA, 1980. Biostratigraphic observations of the Late Cenozoic Invertebrate fauna from the Aegean region. *Abstr., 26e Intern. Congres Geolog.*, 224, Paris.
- DERMITZAKIS, M.D. & E. GEORGIADES-DIKEOULIA, 1982. Pliocene faunal assemblages in Atsipades section at Heraklion Province (E. Crete, Greece). *Rap. et proces-verbaux des Reunions, 27, Symp. Geod. region Medit. CIESM, Cannes, December 2-11*.
- DERMITZAKIS, M.D. & E. GEORGIADES-DIKEOULIA, 1984. Paleocological aspects on foraminifera assemblages of the section Armenopetra (Viannou are, Crete island). *Geologicky Zbornik, Geologica carpathica*, Bratislava, vol. 35, 2, 223-229.
- DERMITZAKIS, M.D. & E. GEORGIADES-DIKEOULIA, 1987. Biozonation of the Neogene Invertebrate Megafauna of the Hellenic area. *Ann. Hung. Geol. Inst.*, 70, 126-135, Budapest.
- DERMITZAKIS, M.D. , E. GEORGIADES-DIKEOULIA & R. MIRKOU, 1979. Paleoenvironmental observations based on the fauna assemblages from the Miocene deposits of Psathi section (Stalos Kydonias, W. Crete). *Bull. Soc. Geol. of Greece*, XIV/1, 93-101.
- DERMITZAKIS, M.D., KARAKITSIOS, V. & E. LAGIOS, 1993. Results of

- gravimetric measurements of the last 7 years in Crete (Greece) and their contribution to the understanding of the recent-active deformation of the region. *Ann. Geol. Pays Hell.* 1e serie, XXXVI, p.223-237.
- ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ, Μ.Δ. σε συν. Ε. ΚΟΥΡΟΥΝΗ, 1982. Στρωματογραφική μελέτη και περιβαλλοντική ερμηνεία των Νεογενών αποθέσεων της περιοχής Κερατόκαμπου (Βιάννου, Ν. Ηρακλείου-Κρήτης), *Ann. Geol. Pays Hellen.* XXXI, 271-332, Αθήνα.
- DERMITZAKIS, M.D., MIRKOU, R. & SYMEONIDIS, N., 1978. Macrofauna and planktonic Foraminifera of the Tortonian deposits of Achladhia section (Sitia district, E. Crete). *Ann. Geol. Pays Hellen.*, XXIX/2, 650-663.
- DERMITZAKIS, M.D. & A. MARCOPOULOU-DIAKANTONI, 1979. Stratigraphy and Macrofauna of the Neogene deposits in Kastelli Kissamou district (W. Crete). *VIIth int. Congress on Mediterranean Neogene Athens, 1979, Ann. Geol. Pays Hellen.*, hors serie, vol. A., fasc. 1, 317-328.
- DERMITZAKIS, M.D., MIRKOU, R. & N. SYMEONIDIS, 1978. Macrofauna and Planktonic Foraminifera of the Tortonian deposits of Achladhia section in Sitia district (E. Crete). *Ann. Geol. Pays Hellen.*, 29,2, 650-663.
- DERMITZAKIS, M.D. & PAPANIKOLAOU, D., 1981. Paleogeography and Geodynamics of Aegean Region during Neogene. *Viith Int. Congress on Medit. Neogene, Athens 1979. Ann. Geol. Pays Hellen.* IV, 245-289.
- DERMITZAKIS, M.D. & SONDAAR, P.Y., 1978. The importance of Fossil Mammals in Reconstructing Paleogeography, with Special Reference to the Pleistocene Aegean Archipelago. *Ann. Geol. Pays Hellen.* 29, 808-840.
- DERMITZAKIS, M.D. & S.A. THEODORIDIS, 1978. Planktonic foraminifera and calcareous nannoplankton from the Pliocene of Koufonisi island (East Crete, Greece). *Ann. Geol. Pays Hellen.*, 29, 630-643.
- DERMITZAKIS, M.D. & S.A. THEODORIDIS, 1984. Biostratigraphic survey on Macrofauna and Microfauna and Calcareous Nannoplankton from the Neogene deposits of Vassiliki in east Crete. *Interim Colloquium on Mediterranean Neogene Marine Megafaunal Paleoenvironments and Biostratigraphy. Athens, September 6-9, 1984. Ann. Geol. Pays Hellen.*, 32, 183-195.
- ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ, Μ.Δ. & Σ.Α. ΘΕΟΔΩΡΙΔΗΣ, 1985. Συμβολή στη μελέτη στρωματογραφίας της περιοχής του φράγματος Φανερωμένης του νομού Ηρακλείου (Κεντρική Κρήτη). *Ann. Geol. Pays Hellen.*, XXXIII/I, 1-38.
- ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ, Μ.Δ. & Δ. ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΣ, 1975. Περί των Beach-rocks του Αιγαίου. Παρατηρήσεις επί των σχηματισμών των παραλίων ΝΑ Κρήτης, νήσου Ρόδου και νήσου Μετώπης. *Ann. Geol. Pays Hellen.*, 26, 275-305, Αθήνα.
- DERMITZAKIS, M.D. & M.V. TRIANTAPHYLLOU, 1990. Ecostratigraphical observations at the eastern part of Corinthiakos Gulf. *Ann. Geol. Pays Hellen.*, XXXIV, 127-161.

- DOTT, R.H.Jr. & J. BOURGEOIS, 1982. Hummocky stratification: significance of its variable bedding sequences. *Bull. geol. Soc. Am.*, 93, 663-680.
- DOUGLAS, R.G. & H.L. HEITMAN, 1979. Slope and basin benthic foraminifera of the Californian borderland. *SEPM Spec. Publ.*, 27, 231-246.
- DRIEVER, B.W.M., 1981. A quantitative study of Pliocene associations of *Discoaster* from the Mediterranean. *Proc.Kon.Ned.Akad.Wet.*, B, 84, 437-455.
- DROOGER, C.W., 1976. The late Miocene Mediterranean. *Geod. Proj. Scientific Rep.*, vol. 13. 119-125.
- DROOGER, C.W. & J.P.H. KAASSCHIETER, 1958. Foraminifera of the Orinoco-Trinidad-Paria Shelf. *Rep. Orinoco Shelf Exp., Verh. Kon. Ned. Akad. Wet., afd. nat.*, ser. 1, vol. 22, 108pp.
- DROOGER, C.W. & J.E. MEULENKAMP, 1973. Stratigraphic contributions to geodynamics in the Mediterranean area: Crete as a case history. *Bull.Geol. Soc. Greece*, 10, 193-200.
- DROOGER, M.M., 1982. Quantitative range chart analysis. *Utr. Micropal. Bull.*, 26, 227 pp.
- DROOGER, M.M., RAJU, D.S.N. & P.H. DOEVEN, 1979. Details of *Planorbulinella* evolution in two sections of the Miocene of Crete. In: Drooger C.W. et al. "Problems of detailed biostratigraphic and magnetostratigraphic correlation in the Potamidha and Apostoli sections of the cretan Neogene". *Utrecht Micropaleontological bull.*, 21, 59-127.
- DUCHAUFOR, P., 1982. *Pedology*, 449pp, George Allen and Unwin, London.
- EPTING, M., KUDRASS, H.R., LEPPIG, U. & A. SCHAFER, 1972. Geologie der Talea Ori (Kreta). *Neues Jahrbuch fur Geologie und Palaontologie Abhandlungen*, Stuttgart, t. 141, fasc. 3, 259-285.
- FAUGERE, L., ZAMANI-PAPAPETROU, A. & V. SABOT, 1987-88. Analyse morphotectonique de l' escarpement de la cote occidentale de Crete, du cap Gramvoussa au Cap Krios et Palaiokhora. *Ann. Geol. pays Hell.*, 33/2, 1-21.
- FIELDING, C.R., 1984. Upper delta plain lacustrine and fluviolacustrine facies from the Westfalian of the Durham coalfield, NE England. *Sedimentology*, 31, 547-567.
- FISHER, R.A., CORBET, A.S. & C.B. WILLIAMS, 1943. The relationship between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *J. Anim. Ecol.*, 12, 42-58.
- FORTUIN, A.R., 1977. Stratigraphy and sedimentary history of the Neogene deposits in the Ierapetra region, Eastern Crete. *Gua papers of Geology*, Amsterdam, ser. 1, n° 8, 164p.
- FORTUIN, A.R., 1978. Late Cenozoic history of eastern Crete and implications for the geology and geodynamics of the southern Aegean area. *Geologie en Mijnbouw*, Haarlem, vol. 57, 451-464.
- FORTUIN, A.R. & J.M. PETERS, 1984. The Prina complex in eastern Crete

- and its relationship to possible Miocene strike-slip tectonics. *J. Struct. Geol.*, 6, 459-476.
- FRERICHS, W.E. 1970. Distribution and ecology of benthonic foraminifera in the sediments of the Andaman Sea. *Contr. Cushman Found. Foramin. Res.*, 21, 123-147.
- FREUDENTHAL, T. 1969. Stratigraphy of Neogene deposits in the Kania province, Crete, with special reference to foraminifera of the family *Planorbulinidae* and the genus *Heterostegina*. *Utrecht micropaleontological bull.*, 1, 208p.
- FRYDAS, D. 1989. Coccolithen -und Silicoflagellaten- Stratigraphie aus des Pliozan von NW- und W- Kreta, Griechenland. *Newsletter on stratigraphy, Gebruder Borntraeger edit.*, Berlin, Stuttgart, vol. 20. 131-147.
- FYTROLAKIS, N., 1967. On fossil occurrence in eastern Crete metamorphic rocks. *Bull. Geol. Soc. Greece*, 7, 89-92.
- FYTROLAKIS, N., 1972. Die Einwirkung gewisser orrogenen Bewegungen und die Gipsbildung in Ostkreta (Prov. Sitia). *Bull. Geol. Soc. Greece*, 9,1, 81-118.
- ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ, Ν., 1975. Περί των πετρωμάτων και των καρστικών φαινομένων της περιοχής Ζηρού Σητείας (Αν. Κρήτης). *Πρακτικά Ακαδημίας Αθηνών*, 50, 229-246.
- ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ, Ν., 1978. Συμβολή στη γεωλογική έρευνα της Κρήτης. *Bull. Geol. Soc. Greece*, 13/2, 101-116.
- ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ, Ν., 1980. Η Γεωλογική δομή της Κρήτης-προβλήματα, παρατηρήσεις και συμπεράσματα (μεθ' ενός τεκτονικού χάρτου εκτός κειμένου). *Διατρ. Υφηγεσίας*. Εκδ. Εδρας Ορυκτολογίας-Πετρογραφίας-Γεωλογίας, Ε.-Μ.Π., Αθήνα, 147 σ.
- GAUDANT, J., 1980. Sur la presence d' *Alosa crassa* SAUVAGE (poissons teleosteens, *Clupeidae*) dans les gypses messiniens de Crete occidentale. *Proc. Koninklijke nederlandse Akademie van Wetenschappen, North-Holland publishing Company edit.*, Amsterdam, ser. B, vol. 83, 263-268.
- GEORGIADES-DIKEOULIA, E., 1974. Les brachiopodes du Miocene moyen de l' ile de Crete (Aghii Assomati, Rethymnon). *Ann. geologiques des Pays helleniques*, Athens, tome hors serie, fasc. I, 449-455.
- ΓΕΩΡΓΙΑΔΟΥ-ΔΙΚΑΙΟΥΛΙΑ, Ε., 1976. Η ανεύρεσις του καρκινοειδούς *Cancer cf. sismondai* H.V. MEYER εις τα πλειοκαινικά στρώματα του Ηρακλείου της Κρήτης. *Ann. Geol. pays Hellen.*, XXVIII, 418-435.
- GEORGIADES-DIKEOULIA, E., 1979a. Paleontological and biostratigraphic survey of the marine Miocene of the Apostoli section, province of Rethymnon (Crete). VIIth international congress on mediterranean Neogene (Athens, 1979). *Ann. geol. des Pays helleniques*, Athens, tome hors serie, fasc. I, 449-455.
- GEORGIADES-DIKEOULIA, E., 1979b. Repartition stratigraphiques des pectinides et d' autres mollusques du Neogene dans l' ile de Crete. VIIth

- international congress on mediterranean Neogene (Athens, 1979). *Ann. geol. des Pays helleniques*, Athens, tome hors serie, fasc. I, 457-460.
- GEORGIADES-DIKEOULIA, E., 1979c. Paleoenvironmental observations based on a macrofauna of the Pliocene section Prassa, Crete. VIIth international congress on Mediterranean Neogene (Athens, 1979). *Ann. geol. des Pays helleniques*, Athens, tome hors serie, fasc. I, 439-447.
- GEORGIADES-DIKEOULIA, E., 1981-82. Paleogeographic Implications in the Eastern Mediterranean based on the Marine fauna of Late Neogene deposits. *Proc. Intern Symposium of the Hellenic Arc and Trench (H.E.A.T.)*, April 8-10, 139-150.
- GEORGIADES-DIKEOULIA, E., 1984. Paleoenvironmental observations based on the Pliocene marine megafaunal assemblages of Crete island. Interim colloquium on Mediterranean Neogene marine megafaunal palaeoenvironments and biostratigraphy (Athens, 1984). *Ann. geol. des Pays helleniques*, Athens, ser. 1, t. XXXII, 79-85.
- ΓΕΩΡΓΙΑΔΟΥ-ΔΙΚΑΙΟΥΛΙΑ, Ε. & Μ.Δ. ΔΕΡΜΙΤΖΑΚΗΣ, 1990. Συμβολή στη γνώση του παλαιοκλίματος της Νήσου Κρήτης κατά το Αν. Καινοζωικό. *Πεπραγμένα του Στ' Διεθνούς Κρητολογικού Συνεδρίου*, Χανιά 1990, 163-170.
- ΓΕΩΡΓΙΑΔΟΥ-ΔΙΚΑΙΟΥΛΙΑ, Ε. & Ε. ΚΟΣΚΕΡΙΔΟΥ, 1993. Τα Turritellidae δείκτης παλαιοπεριβάλλοντος κατά το Πλειόκαινο. *Πρακτικά του 4ου Πανελληνίου Συμποσίου Ωκεανογραφίας & Αλιείας*, Ρόδος, Ed. Παπαθανασίου, Χάρου, σελ. 254-256.
- GEORGIADES-DIKEOULIA, E. & A. MARCOPOULOU-DIACANTONI, A. 1977. La presence du Pliocene superieur dans la region Tsoutsouras au sud de l' ile de Crete. *6th Colloquium on the Geology of the Aegean region*, 151-158, Athens.
- GLOPPEN, T.G. & R.J. STEEL, 1981. The deposits, internal structure and geometry in six alluvial fan- fan delta bodies (Devonian-Norway)- a study in the significance of bedding sequence on conglomerates. *Spec.Publ.Soc.Econ.Paleont.Mineral.*, 31, 49-69.
- GLUYAS, J.G., 1984. Early carbonate diagenesis within Phanerozoic shales and sandstones of the NW European shelf. *Clay Minerals*, 19, 309-321.
- GOLDRING, R. & P. BRIDGES, 1973. Sublittoral sheet sandstones. *J. sedim. Petrol.*, 43, 736-747.
- GRADSTEIN, F.M., 1973. The Neogene and Quaternary deposits in the Sitia district of eastern Crete. *Ann. geol. des Pays helleniques*, ser. 1, t. XXIV, 527-572.
- GRADSTEIN, F.M. & A. GELDER, von, 1971. Prograding clastic fans and transition from a fluvial to a marine environment in Neogene deposits of eastern Crete. *Geol. Mijnb.*, 50, 383-392.
- GUERNET, C., 1978. L'evolution paleogeographique et tectonique de la Grece au Miocene: un essai de synthese. *Revue de geographie physique et de*

- geologie dynamique, Masson edit.*, Paris, New York, Barcelone, Milan, ser. 2, Vol. XX, fasc.1, 95-106.
- HAAKE, F.W., 1977. Living benthonic foraminifera in the Adriatic Sea: Influence of the water-depth and sediments. *J. Foram. Res.*, 7, 62-75.
- HAAKE, F.W., 1980. Benthonische Foraminiferen in Oberflachen-Sedimenten und Kernen des Ostatlantiks vor Senegal/Gambia (Westafrika). "*Meteor*" *Forsch. Ergebn. C*, 32: 1-2f9.
- HAGEMAN, J., 1979. Benthic foraminiferal assemblages from Plio-Pleistocene open-bay to lagoonal sediments of the Western Peloponnesis (Greece). *Utr. Micropal. Bull.*, 20, 108 pp.
- HALL, R. & M.G. AUDLEY-CHARLES, 1983. The structure and regional significance of the Talea Ori, Crete. *J. Struct. Geol.*, 5, 167-179.
- HALL, R., AUDLEY-CHARLES, M.G. & D.J. CARTER, 1984. The significance of Crete for the evolution of eastern Mediterranean. In: J.E. Dixon and A. H. F. Robertson (Eds), *The Geological Evolution of the eastern Mediterranean. Spec. Publ. Geol. Soc. London*, 17, 499-516.
- HAQ, B.U., 1991. Sequence stratigraphy, sea level change, and significance for the deep sea. In: Mac Donald, D.I.M. ed., *Sedimentation, tectonics and eustasy: International Association of Sedimentologists, Special Publication*, 12, 3-39.
- HARMAN, A.R., 1964. Distribution of foraminifera in the S. Barbara Basin, California. *Micropal.*, 10, 81-96.
- HASZELDINE, R.S., 1984b. Muddy deltas in fresh water lakes, and tectonism in the Upper Carboniferous Coalfield of NE England, *Sedimentology*, 31, 811-822.
- HATZFELD, D., BESNARD, M., MAKROPOULOS, K. & P. HATZIDIMITRIOU, 1993. Microearthquake seismicity and fault-plane solutions in the southern Aegean and its geodynamic implications. *Geophys. J. Int.*, 115, 799-818.
- HOOKE, R.L., 1967. Processes on arid region fluvial fans. *J. Geol.*, 75, 438-460.
- JACKSON, J., 1994. Active tectonics of the Aegean region. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.*, 22, 239-271.
- JOHNSON, A.M., 1970. Formation of debris flow deposits. In: "Physical Processes in Geology", *Freeman, Cooper*, San Francisco, 433-448.
- JONKERS, H.A., 1984. Pliocene benthonic foraminifera from homogeneous and laminated marls on Crete. *Utrecht Micropaleontological bull.*, 31, 179p.
- KAFESCIOGLU, I.A., 1975. Quantitative distribution of foraminifera on the continental shelf and the uppermost slope off Massachusetts (Atlantic Ocean). *Micropal.*, 21.
- KAHLE, H.G., MULLER, M.V., MUELLER, S. & G. VEIS, 1993. The Kefalonia transform fault and the rotation of the Apulian platform: evidence from

- satellite geodesy. *Geophys. Res. Lett.*, 20, 651-654.
- KARAKITSIOS, V. 1979. Contribution a l' etude geologique des Hellenides. Etude de la region de Sellia (Crete moyenne-occidentale, Grece). *Doct. 3^e cycle, Univ. P. et M. Curie*, Paris, 167p.
- KARAKITSIOS, V., 1987. Sur la signification de la "serie de Trypali" dans la region de Sellia en Crete occidentale (Grece). *C.R.Acad. Sc.Paris*, t. 304, Serie II, no 3, 123-128.
- KARAKITSIOS, V., 1989. Alpine deformation of Tripolis series s.l. in Peloponnesus and Crete (Greece) and its dynamic interpretation. *Ann. Geol. Pays Hellen.*, 34/1, 21-30.
- KEIGWIN, L.D., 1979. Late Cenozoic stable isotope stratigraphy and paleoceanography of DSDP sites from the East Equatorial and Central North Pacific Ocean. *Earth and Plan. Science Letters*, 45, 361-382.
- KELLETAT, D., 1979. Geomorphologische Studien an den Kusten Kretas. *Abhandl. der Akademie der Wissenschaften in Goettingen*, 32, S 105.
- KENNETT, J.P., BURCKLE, L.H., KEIGWIN, L.D. & F. WOODRUFF, 1979. Miocene paleoceanography in relation to the growth of the Antarctic icecaps (abs.). *Geol. Soc. America Ann. Mtg. Abs. with Programs*, 11, p. 456.
- KERAUDREN, B. (1970-1971). Les formations Quaternaires marines de la Grece. *Extr. du Bull. du Musee d' Anthropologie Prehist. de Monaco*, Fasc. 16, 17, 18, Monaco.
- KIDWELL, S.M., 1989. Stratigraphic condensation of marine transgressive records: origin of major shell deposits in the Miocene of Maryland. *The Journal of Geology*, 97, 1-29.
- KIDWELL, S.M., 1991. Condensed Deposits in siliciclastic sequences: Expected and observed features. In: Einsele *et al.* (Eds) "Cycles and Events in Stratigraphy", Springer-Verlag Berlin-Heidelberg, 682-695.
- KINGSLEY, C.S., 1984. Dagbreek fan-delta: an alluvial placer to prodelta sequence in the Proterozoic Welkom Goldfield, Witwatersrand, South Africa. In: E.H. Koster & R.J. Steel (Eds), "Sedimentology of Gravels and Conglomerates, *Mem. Can. Soc. Petrol. Geol.*, 10, 321-330.
- ΚΙΣΚΥΡΑΣ, Δ., 1962. Η διαμόρφωση της Κρήτης κατά τους τελευταίους γεωλογικούς χρόνους. *Κρητική Πρωτοχρονιά*, 2, 23-29.
- KISSEL, C. & C. LAJ, 1988. The Tertiary geodynamical evolution of the Aegean arc: a paleomagnetic reconstruction. In: Wezel, F.C. "The origin and evolution of arcs". *Tectonophysics*, Amsterdam, Oxford, New York, Tokyo, 146, 183-201.
- KLEINSPEHN, K.L., STEEL, R.J., JOHANNESSEN, E. & A. NETLAND, 1984. Conglomeratic fan-delta sequences, Late Carboniferous-Early Permian, Western Spitsbergen. In: E.H. Koster & R.J. Steel (Eds), "Sedimentology of Gravels and Conglomerates, *Mem. Can. Soc. Petrol. Geol.*, 10, 279-294.
- KOJUMDGIEVA, E., 1987. Evolution geodynamique dy bassin egeen pendant

- le Miocene superieur et ses relations a la Paratethys orientale. *Geologica balcanica*, Sofia, 17, 1, 3-14.
- ΚΟΛΙΟΠΟΥΛΟΣ, Γ., 1952. Συμβολή εις την γεωλογίαν της Κρήτης. *Διδακτορική Διατριβή*, 22 σ., Αθήναι.
- KOPP, K.O. & D., RICHTER, 1983. Synorogenetische Schuttbildungen und die Eigenständigkeit der Phyllit-Gruppe auf Kreta. *Neues Jb. Geol. Palaont. Abh.*, 165, 228-253.
- KOTSAKIS, T., 1977. I resti di anfibi e rettili pleistocenini della grotta "Bate" (Rethymnon, Creta), *AttiAccNatLincoi, cl Fis MatNat*, 63, 571-582.
- KOTSAKIS, T., MELENTIS, J., PETRONIO, C. & SIRNA, G., 1976. seconda speizione paleontologica Lincea nell' isola di Creta. *QuadernoAccNatLincoi*, 223, 3-10.
- ΚΟΣΚΕΡΙΔΟΥ, Ε., 1996. Τα νεογενή Turritellidae του Ελλαδικού χώρου. *Διδακτορική διατριβή*. Πανεπιστήμιο Αθηνών, 274 σ.
- KRAUS, M.J., 1987. Integration of channel and floodplain suites II. Vertical relations of alluvial paleosols. *J. Sediment. Petrol.*, 57, 602-612.
- KUHN, O., 1936. Die Korallen und Bryozoen des Tegels von Kreta. *Πρακτ. Ακαδ. Αθηνών*, 11, 171-181, Αθήνα.
- KUSS, S.E., 1965. Eine pleistozane Säugetierfauna der Insel Kreta. *Ber.Naturf. Ges. Freib/Br.*, 55, 271-348.
- KUSS, S.E., 1970. Abfolge und Alter der pleistozanen Säugetierfauna der Insel Kreta. *Ber.naturforsch Gessellsch. Freyburg*, 60, 35-83.
- KUSS, S.E., 1973. Die pleistozane Säugetierfauna der Ostmediterranen Inseln (Ihr Alter und ihre Herkunft)/ *Ber.Naturf. Ges. Freib/Br.*, 63, 49-71.
- KUSS, S.E., 1975. *Hippopotamus creutzburgi parvus* n.ssp. ein pleistozanes Zverglusspferd von der Insel Kreta. *BarNatfGasFreib/Breisg*, 65, 5-23.
- KUSS, S.E., 1976. Ein erster fund von Pliohyrax aus dem Vallesian von Kreta/ Griechenland. *NJBGPal*, MH, 157-162.
- KUSS, S.E. & X. MISONNE, 1968. Pleistozane Muriden der Insel Kreta. *NJB-GPal. Abh.*, 132, 55-69.
- LABORER, J., PIRAZZOLI, P.A., THOMMERET, J. & Y. THOMMERET, 1978. Holocene raised shorelines in western Crete (Greece). *IntSymp-CoastEvolQuatern*, Sao Paolo.
- LANGEREIS, C.G., 1984. Late Miocene magnetostratigraphy in the Mediterranean. *Geologica ultraiectina*, Utrecht, n° 34, 178p.
- LANGEREIS, C.G., ZACHARIASSE, W.J. & J.D.A. ZIJDERWELD, 1983-84. Late Miocene magnetobiostratigraphy of Crete. *Marine micropaleontology*, Amsterdam, vol. 8, 261-281.
- LARSEN, V. & R.J. STEEL, 1978. The sedimentary history of a debris-flow dominated, Devonian alluvial fan-a study of textural inversion. *Sedimentology*, 25, 37.
- LECOINTRE-HOGREL, M.T., 1974. Contribution a l' etude de faunes Quaternaires marines en Mediterranee Orientale (Crete, Karpathos). *These (Uni-*

- versite d' Orleans, Lab. de Geologie).
- LEEDER, M.R., 1975. Pedogenic carbonate and flood sediment accretion rates: a quantitative model for alluvial, arid-zone facies. *Geological Magazine*, 112, 257-270.
- LEINDERS, J.J.M. & J.E. MEULENKAMP, 1978. A *Microstonyx* tooth from eastern Crete; paleogeographical implications of Cretan Tortonian mammal associations. *Proc. Kon. Ned. Akad. Wetencs. B*, 81, p.416-424.
- LE PICHON, X. & J. ANGELIER, 1979. The Hellenic Arc and Trench System: a key to the neotectonic evolution of the Eastern Mediterranean. *Tectonophysics*, 60, 1-42.
- LE PICHON, X. & J. ANGELIER, 1981. The Aegean Sea. *Phil. Trans. R. Soc. London*, 300, 357-372.
- LETOLLE, R., VERGNAUD GRAZZINI, C. & C. PIERRE, 1979. Oxygen and carbon isotopes from bulk carbonates and foraminiferal shells at DSDP sites 400, 401, 402, 403, and 406. In: L. Montadert *et al.* : *Init. Rep. Deep Sea Drilling Proj.*, 48, Washington (U.S. Govern. Printing Off.), 741-755.
- LOWE, D.R., 1982. Sediment gravity flows II. Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. *J. Sediment. Petrol.*, 52, 279-297.
- LUTZE, G.F., 1980. Depth distribution of benthic foraminifera on the continental margin off NW Africa. *Meteor Forsch. Ergeb.*, ser C, 32, 31-80.
- MACK, G.H. & W.C. JAMES, 1986. Cyclic sedimentation in the mixed siliciclastic-carbonate Abo-Hueco transitional zone (Lower Permian), southwestern New Mexico. *J. Sediment. Petrol.*, 56, 635-647.
- MAKRIS, J., 1977. Geophysical investigations of the Hellenides. *Hamb. Geophys. Einzelschr.*, 34, 124p.
- MARCOPOULOU-DIACANTONI, A., 1970. Les echinides de l' ile de Gavdos, *Ann. Geol. pays Hellen.*, XXII, 247-255.
- MARCOPOULOU-DIACANTONI, A., 1972. Echinides (Clypeaster, Schizaster, Spatangus, Brissopsis) de l' Helvetien de l' ile de Crete centrale et orientale. *Ann. Geol. pays Hellen.*, XXIV, 133-178.
- MARCOPOULOU-DIACANTONI, A., 1974. Contribution a la connaissance des Echinides neogenes de la region au NW de Sitia (Crete). *Ann. Geol. des pays Hell.*, XXVI, p. 251-261.
- MARCOPOULOU-DIACANTONI, A., 1979a. Sur quelques polypiers fossiles du Tortonien de Crete. Signification paleoecologique et paleogeographique. VIIth international congress on mediterranean Neogene (Athens, 1979). *Ann. geologiques des Pays helleniques*, Athens, toms hors serie, fasc. II, 735-743.
- MARCOPOULOU-DIACANTONI, A., 1979b. Biofacies au moyen des echinides du Miocene superieur dans l' ile de Crete (Grece)- Recherche biostratigraphique et paleontologique. VIIIth international congress on mediterranean Neogene (Athens, 1979). *Ann. geologiques des Pays hellen-*

- iques*, Athens, tome hors serie, fasc. II, 745-753.
- MARTON, E., 1993. Paleomagnetism in the Mediterranean from Spain to the Aegean: a review of data relevant to Cenozoic movements. In: E. Boschi, E. Mantovani & A. Morelli (Eds), "Recent Evolution and Seismicity of the Mediterranean Region", *NATO ASI Series C*, 402, 367-402.
- MASCLE, J., LE CLEAC'H, A., BOULEGUE, J., ALOISI, J.C., MURAT, A. & G. GLACON, 1982. Resultat preliminaires de la campagne Strabon 82. *Abstr. XXVIIIeme Congres-Assemblee Pleniere*, Cannes 1982.
- MASCLE, J. & L. MARTIN, 1990. Shallow structure and recent evolution of the Aegean Sea: a synthesis based on continuous reflection profiles. *Mar. Geol.*, 94, 271-299.
- MATHIEU, R., 1971. Les associations de Foraminiferes du Plateau continental Atlantique de Maroc au large de Casablanca. *Rev. de Micr.*, 14, 55-61, Paris.
- MAYHEW, D.F., 1977. The endemic Pleistocene murids of Crete. I. II. *ProgrlNedAkWetAmsterdam*, B80, 182-214.
- McBRIDE, E.F., DANE PICARD, M. & R.L. FOLK, 1994. Oriented concretions, Ionian Coast, Italy: evidence of groundwater flow direction. *Journal of Sedimentary Research*, A64, 535-540, Tulsa.
- McKENZIE, D.P., 1972. Active tectonics of the Mediterranean region. *Geophys.J.R. Astron. Soc.*, 30, 109-185.
- McKENZIE, D.P., 1978a. Some remarks on the development of sedimentary basins. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 40, 23-32.
- MEIJER, P., 1995. Dynamics of active continental margins: the Andes and the Aegean region. *Geologica Utraiectina*, 130, 220p.
- MELENTIS, J.K., 1974. Palaontologische Ausgrabungen in den Hohlen des Gebietes von Rethymnon, Kreta. *SciAnnSciFacUn Thess*, 14, 17-24.
- MERCIER, J.L., 1979. Signification neotectonique de l' arc egeen. Une revue dew ideas. *Revue de geographie physique et de geologie dynamique*, *Mason edit.*, Paris, New York, Barcelone, Milan, 21, fasc. 1, 5-15.
- MERCIER, J.L., DELIBASSIS, N., GAUTHIER, . JARRIGE, J.J., LEMEILLE, F., PHILIP, H., SEBRIER, M., & D. SOREL, 1979. La neotectonique de l' arc egeen. *Rev. Geol. Dyn., Geogr. Phys.* , 21, 1, 67-92.
- MERCIER, J.L., SOREL, D. & K. SIMEAKIS, 1987. Changes in the state of stress in the overriding plate of a subduction zone: the Aegean arc from the Pliocene to the present. *Annales Tectonicae*, 1, 20-39.
- MERCIER, J.L., SOREL, D., VERGELY, P. & K. SIMEAKIS, 1989. Extensional tectonic regimes in the Aegean basins during the Cenozoic. *Basin Research, Blackwell scientific publications edit.*, Oxford, Londres, Edimbourg, Boston, Palo Alto, Melbourne, 2, 49-71.
- MEULENKAMP, J.E., 1969. Stratigraphy of Neogene deposits in the Rethymnon province, Crete, with special reference to the phylogeny of uniserial *Uvigerina* from the Mediterranean region. *Utrecht micropaleontological*

bull., 2, 168p

- MEULENKAMP, J.E., 1971. The Neogene in the Southern Aegean Area. In: A. Strid (Ed), *Evolution in the Aegean, Opera Botanica*, 30, 5-12.
- MEULENKAMP, J.E., 1979. Lithostratigraphy and relative chronostratigraphic position of the section Apostoli and Potamidha 1 and 2. *Utrecht Micr. Bull.*, 21, Utrecht.
- MEULENKAMP, J.E., 1985. Aspects of the Late Cenozoic evolution of the Aegean region. In: D.J. Stanley & F.C. Wezel (Eds), "Geological Evolution of the Mediterranean Basin", *Springer*, New York, 307-321.
- MEULENKAMP, J.E., SCHMIDT, R.R., TSAPRALIS, V. & A.J. VAN DER ZWAAN, 1978. An empirical approach to paleoenvironmental analysis. 1. Foraminifera, calcareous nannoplankton and ostracodes from the Pliocene of the section Prassa, Crete, Greece. *Proc. Kon. Ned. Ak. Wet., ser.B.*, 81 (3), 339-363, Amsterdam.
- MEULENKAMP, J.E., DERMITZAKIS, M.D. GEORGIADES-DIKEOULIA, E., JONKERS, H.A. & H. BOGER, 1979. Field guide to the Neogene of Crete. *Publ. of the Department of Geology and Paleontology, Univ. of Athens*, ser. A, n° 32, 32p.
- MEULENKAMP, J.E., DRIEVER, B.W.M., JONKERS, A., SPAAK, P., GROOTJANS, P., KOK, C.P., DE MAN, G., THEODORIDIS, S. & W.J. ZACHARIASSE, 1979. An empirical approach to paleoenvironmental analysis. 2. Changes in water-mass properties and the distribution of some Pliocene index species. *Proceed. Intern. VIIIth Congr. Mediter. Neogene, Athens, 1979, Ann. Geol. Pays Hell.*, hors serie, v. A. Fasc. 2, p. 817-830.
- MEULENKAMP, J.E., DRIEVER, B.W.M., JONKERS, A., SPAAK, P., ZACHARIASSE, W.J., ZWAAN, G.J. van der, 1979. Late Miocene-Pliocene climatic fluctuations and marine "cyclic" sedimentation. *Ann. Geol. pays Hell.*, Tome hors serie, 2, 831-842.
- MEULENKAMP, J.E., JONKERS, H.A. & P.SPAAK, 1979. Late Miocene to Early Pliocene development of Crete. *Proceed. Vith Col. Geol. Aegean Reg., Athens*, 1977, I, p. 137-149.
- MEULENKAMP, J.E. & F.J. HILGEN, 1986. Event stratigraphy, basin evolution and tectonics of the Hellenic and Calabro-Sicilian arcs. In: Wezel, F.C. (Ed), "The Origin of Arcs", *Elsevier*, Amsterdam, 327-350.
- MEULENKAMP, J.E., WORTEL, M.J.R., VAN WAMEL, W.A., SPAKMAN, W. & E. HOOGERDUYN STRATING, 1988. On the Hellenic subduction zone and the geodynamic evolution of Crete since the late Middle Miocene. *Tectonophysics*, 146, 1-13.
- MEULENKAMP, J.E., in coll. DERMITZAKIS, M.D., GEORGIADES-DIKEOULIA, E. & JONKERS, A., 1979. Field Guide to the Neogene of Crete. Ed. Dep. of Geology and Paleontology, Univ. of Athens, series A.
- MEULENKAMP, J.E. & W.J. ZACHARIASSE, 1973. Stratigraphic and structural framework of the Messinian deposits on Crete. In: C.W. Drooger (Ed),

- "Messinian events in the Mediterranean", *North Holland* (Amsterdam), 202-205.
- MIALL, A.D., 1977. A review of the braided-river depositional environment. *Earth-Sci.Rev.*, 13, 1-62.
- MIALL, A.D., 1978. Tectonic setting and syn-depositional deformation of molasse and other non-marine-paralic sedimentary basins. *Can.J. Earth-Sci.*, 15, 1613-1632.
- MIDDLETON, G.V. & M.A. HAMPTON, 1976. Subaqueous sediment transport and deposition by sediment gravity flows. In: Stanley, D.J. & Swift, D.J.P. (Eds), "Marine Sediment Transport and Environmental Management", Wiley, New York, 197-218.
- MILLER, K.G. & G.P. LOHMANN, 1982. Environmental distribution of recent benthic foraminifera on the northeast United States continental slope. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 93, 200-206.
- MOLNAR, P. & P. TAPPONIER, 1975. Cenozoic tectonics of Asia: effects of a continental collision. *Science*, 189, 419p.
- MOSHKOVITZ, S., 1963. The mollusca in the upper part of the "SAKIEBEDS" (Upper Neogene-Lower Pleistocene) in the central coastal plain of Israel. *Israel Journal of Earth Sciences*, 12, 97-145, Jerusalem.
- MURRAY, J.W., 1963. Ecological experiments on Foraminiferida. *J. Mar. Biol. Ass. U.K.*, 43, 631-642.
- MURRAY, J.W., 1971. An Atlas of British Recent Foraminiferids. Heinemann, London, 244pp.
- NEMEC, W. & R.J. STEEL, 1984. Alluvial and coastal conglomerates: their significant features and some comments on gravelly mass-flow deposits. In: E.H. Koster & R. J. Steel (Eds) "Sedimentology of Gravels and Conglomerates", *Mem. Can. Soc. Petrol. Geol.*, 10, 1-31.
- NEMEC, W., POREBSKI, S.J. & R.J. STEEL, 1980. Texture and structure of resedimented conglomerates: examples from Ksian Formation (Famennian-Tournaisian), Southwestern Poland. *Sedimentology*, 27, 519.
- NOOMEN, R., AMBROSIUS, B.A.C. & K.F. WAKKER, 1993. Crustal motions in the Mediterranean region determined from laser ranging to LAGEOS. In: D.E. Smith & D.L. Turcotte (Eds), "Contributions of Space Geodesy to Geodynamics: Crustal Dynamics", *Geodyn. Ser.*, 23, 331-346.
- OLSEN, H., 1989. Sandstone-body structures and ephemeral streams processes in the Dinosaur Canyon Member, Moenave Formation (Lower Jurassic), Utah, USA. *Sedimentary Geology*, 61, 207-221.
- OLSEN, H., 1990. Astronomical forcing of meandering river behaviour: Milankovitch cycles in Devonian of East Greenland. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 79, 99-115.
- OLSEN, H., 1993. Orbital forcing on continental depositional systems-lacustrine and fluvial cyclicality in the Devonian of East Greenland. In: P.L. De Boer & D.G. Smith (Eds) "Orbital forcing and cyclic sequences". *Int.*

- Assoc. Sediment. Spec. Publ.*, 19, 429-438.
- PAPANIDOLAOU, D.J. & M.D. DERMITZAKIS, 1981a. Major changes from the last stage of the Hellenides to the actual Hellenic arc and trench system. *International Symposium on the Hellenic arc and trench (H.E.A.T.), April 8-10, 1981, Athens, Proceedings Volume II*, 57-73.
- PAPANIKOLAOU, D.J. & M.D. DERMITZAKIS, 1981b. The Aegean arc during Burdigalian and Messinian: a comparison. *Rivista italiana di paleontologia e stratigrafia*, Milan, vol. 87, 83-92.
- PAPAPETROU-ZAMANI, A., 1965. Beitrag zur Kenntnis des Neogens von Herakleion-Kreis Kreta, *Ann. Geol. pays Hellen.*, XVI, 207-232.
- ΠΑΠΑΠΕΤΡΟΥ-ZAMANH, A., 1971. Τυρρήνιοι αποθέσεις επί της βορείου Κρήτης. *Ann. Geol. pays Hellen.*, 23, 301-307.
- ΠΑΠΑΠΕΤΡΟΥ-ZAMANH, A., 1973. Φυσικογεωγραφικά μελέται επί της νήσου Κρήτης. 1-70, Αθήναι.
- PAPAZACHOS, B.C. & P.E. COMNINAKIS, 1978. Deep structure and tectonics of the Eastern Mediterranean. *Tectonophysics*, 33, 285-296.
- PAPAZACHOS, B.C., KIRATZI, A.A. & E. PAPADIMITRIOU, 1991. Fault plane solutions for earthquakes in the Aegean area. *PAGEOPH*, 136, 405-420.
- PARASKEVAIDIS, I., 1961. Über die Geologie des ostlichen Asteroussiagebirges auf der Insel Kreta. *Ann. Geol. pays Hellen.*, XII, 139-148.
- ΠΑΡΑΣΚΕΥΑΙΔΗΣ, Η., 1965. Συμβολή στη γνώσι της γεωλογίας της βορειοδυτικής Κρήτης. *BGSGr.*, 6, 297-307..
- PETERS, J.M., 1985. Neogene and Quaternary vertical tectonics in the south Hellenic Arc and their effect on concurrent sedimentation processes. *Gua paper of Geology*, Amsterdam, Series 1, N° 23, 230p.
- PHLEGER, F.B., 1951. Ecology of Foraminifera Northwest Gulf of Mexico. *Geol. Soc. Amer. Mem.* 46, 1-88.
- PHLEGER, F.B., 1960. Ecology and distribution of recent foraminifera. John Hopkins Press, Baltimore, 297pp.
- PICARD, J., 1965. Recherches qualitatives sur les biocenoses marines des substrats meubles draguables dans la region marseillaise. *These Fac. Sci. Univers. d' Aix-Marseille*, Tabl. 8, fig. 9, p. 1-160, Marseille.
- PIRAZZOLI, P.A., 1986. The Early Bysantine Tectonic Paroxysm. *Z. Geomorph. N. F.*, Stuttgart, 62pp.
- PIRAZZOLI, P.A., THOMMERET, J., THOMMERET, Y., LABOREL, J. & MONTAGGIONI, L.F., 1982. Crustal Block Movements from Holocene shorelines: Crete and Antikythira (Greece). *Tectonophysics*, 86, 27-43.
- PIRRIE, D., 1987. Orientated calcareous concretions from James Ross Island, Antarctica. *British Antarctic Survey Bulletin*, 75, 41-50.
- 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: L.E. Frostick & R.J. Steel (Eds)

- "Tectonic Controls and Signatures in Sedimentary Successions", *Spec. Publ. Int. Ass. Sed.*, 335-362.
- POTTER, P.E. & F.J. PETTIJOHN, 1963. paleocurrents and basin analysis. *Academic Press*, New York, 296p.
- PSARIANOS, P., 1961a. Die tyrrhenischen Ablagerungen der Insel Kreta. *Ann. Geol. pays Hellen.*, XII, 11-17.
- PSARIANOS, P., 1961b. Karstphanomenen Griechenlands. II. Die Polje von Lassithi (Kreta), *Ann. Geol. pays Hellen.*, Xii, 105-121.
- ΨΑΡΙΑΝΟΣ, Π. & Δ. ΒΕΤΟΥΛΗΣ, 1958. Στρωματογραφική έρευνα επί της Αλυμής Μεσσαράς, Κρήτης, *Ann. Geol. pays Hellen.*, 9, 191-197.
- PSILOVIKOS, A., 1981. Geomorphological, morphogenetic, tectonic, sedimentological and climatic processes which led to the formation and evolution of composite alluvial fans of Olympus mountain, Greece. *Pragmatia ifigias*, Thessaloniki University.
- PSILOVIKOS, A. & G. SYRIDES, 1984. Neogene and Quaternary paleoenvironments in the Northern Aegean Area, *Ann. Geol. Pays Hellen.*, XXXII, 105-115.
- PUJOS, M., 1971. Repartition des biocoenoses des Foraminiferes benthiques sur le plateau continental du Golfe de Gascogne a l' ouest de l' embouchure de la Gironde. *Rev. de Micropal.*, 4, 141-156.
- RALLI, Z., 1940. Beitrage zur Kenntnis des Neogens in Kreta. *Prakt. Akad. Ath.*, 15, S. 443-448, Athens.
- ΠΑΛΛΗ-ΤΣΕΛΕΠΗ, Ζ., 1943. Συμβολή εις την μελέτην μειοκαινικών πανίδων της νήσου Κρήτης. *Διδακτορική Διατριβή*.
- RAULIN, V. 1855-1856. Note sur la constitution geologique del'ile de Crete. *Bull. Societe geologique de France*, Paris, ser. 2, t. XIII, 439-458.
- RAULIN, V., 1858-1861 & 1867-1869. Description physique de l'ile de Crete. *Actea Societe linneanne de Bordeaux*, t. XXII, ser. 3, t. II, (1858-60), pp. 109-204, 307-426, 491-584, t. XXIII, ser. 3, t. III, (1860-61), pp. 1-50, 70-157, 321-444, t. XXIV, ser. 3, t. IV, (1861-70), pp. 353-770 et *Arthus Bertrand edit.*, Paris, 2 tomes (t. 1, 1867 et t. 2, 1869), 1078p.
- RENZ, C., 1930. Geologische Voruntersuchungen auf Kreta. *Πρακτικά Ακαδημίας Αθηνών*, 5, 271-280.
- RETALLACK, G.J., 1983. Late Eocene and Oligocene paleosols from Badlands National Park, South Dakota. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 94, 823-840.
- RICHTER, D. & K.O. KOPP, 1983. Zur Tektonik der untersten geologischen Stockwerke auf Kreta. *Neues Jahrbuch fur Geologie und Palaontologie Monatshefte, E. Schweizerbart'ache Verlagsbuchhandlung edit.*, Stuttgart, fasc. 1, 27-46.
- ROBERTSON, A.H.F. & J.E. DIXON, 1984. Introduction: aspects of the geological evolution of the Eastern Mediterranean. In: J.E. Dixon & A.H.F. Robertson (Eds), "The Geological Evolution of the Eastern Mediterranean", *Geol. Soc. Spec. Publ.*, 17, 1-74.

- RUST, B.R., 1978. Depositional models for braided alluvium. In: A.D. Miall (Ed) "Fluvial Sedimentology", *mem. Can. Soc. Petrol. Geol.*, 5, 605-625.
- SANNEMANN, W. & SEIDEL, E., 1976. Die Trias-Schichten von Ravducha/NW-Kreta. Ihre Stellung im Kretischen Deckendau. *N. Jb. Geol. Palaont. Mh.*, 4, 228-241.
- SCHMIDT, R.R., 1973. A calcareous nannoplankton zonation for Upper Miocene-Pliocene deposits from the southern Aegean area with a comparison to Mediterranean stratotype localities. *Proc.Kon.Ned.Akad. Wet.*, B, 76, 287-310.
- SCHMIDT, R.R., 1979. The calcareous nannofossils of the Potamidha section. In: Drooger, C.W. *et al.* "Problems of detailed biostratigraphic and magnetostratigraphic correlation in the Potamidha and Apostoli sections of the Creta Neogene". *Utrecht Micropaleontological bull.*, 21, 167-191.
- SCHNITKER, D., 1979. The deep waters of the western North Atlantic during the past 24.000 years, and the re-initiation of the western boundary undercurrent. *Marine Micropal.*, 4, 265-280.
- SCHROEDER, B., 1986. Das postorogene Kanozoikum in Griechenland-Agais. In: Jacobshagen, V. *et al.* "Geologie von Griechenland". *Gebruder Borntraeger edit.*, Berlin, Stuttgart, 209-240.
- SCOTT, A.C., 1978. Sedimentological and ecological control of Westphalian B plant assemblages from West Yorkshire. *Proc. Yorks. geol. Soc.*, 41, 461-508.
- SEILACHER, A. 1984. Constructional Morphology of Bivalves: Evolutionary Pathways in primary versus secondary soft-bottom Dwellers. *Paleontology*, 27, 207-237.
- SEN GUPTA, B.K., 1971. The benthonic foraminifera of the Tail of the Grand Banks. *Micropal.*, 17, 69-98.
- SENGOR, A.M.C., 1993. Some current problems on the tectonic evolution of the Mediterranean during the Cainozoic. In: E. Boschi, E. Mamtovani & A. Morelli (Eds), "Recent Evolution and Seismicity of the Mediterranean Region", *NATO ASI Series C*, 402, 1-51.
- SIMONELLI, V., 1894a. Appunti sul la costituzione geologica dell'isola di Candia. *Atti della reale Accademia dei Lincei*, Rome, ser. 5, 236-241.
- SIMONELLI, V., 1894b. Appunti sopra i terreni neogenici e quaternari dell'isola di Candia. *Atti della reale Accademia dei Lincei*, Rome, ser. 5, 265-268.
- SISSINGH, W. 1972. Late Cenozoic ostracoda of the south Aegean island arc. *Utrecht Micropaleontological bull.*, 6, 187p.
- SISSINGH, W., 1974. The miocene ostracoda from the Hipparion-bearing beds of Kastelios Hill, central Crete. *ProcKglNedAWet.*, B77, 119-128.
- SMITH, P.B., 1963. Recent Foraminifera off Central America. Quantitative and qualitative analysis of Family Bolivinidae. *U.S. Geol. Surv., Prof. Paper*, 429B, 55pp.

- SONDAAR, P.Y., 1971. Palaeozoogeography of the Pleistocen Mammals from the Aegean. In A. Strid: Evolution in the Aegean , *Opera Botanica*, 30, 65-70.
- SONDAAR, P.Y. & M.D. DERMITZAKIS, 1981. Relation Migration Landvertebrates, Paleogeography and Tectonics. *International Symposium on the Hellenic Arc and Trench (H.E.A.T.)*, Collected Abstracts, April 8-10, 101-103.
- SOUTHARD, J.B., LAMBIE, J.M., FEDERICO, D.C., PILE, H.T. & C.R. WEIDMAN, 1990. Experiments on bed configurations in fine sand under bidirectional purely oscillatory flow, and the origin of hummocky cross stratification. *Journal of Sedimentary Petrology*, 60, 1-17.
- SPAACK, P., 1981. An empirical approach to paleoenvironmental analysis. 3. Earliest Pliocene paleoenvironments of western Crete, Greece. *Proc. Koninklijke nederlandse Akademie van Wetenschappen, North-Holland publishing Company edit.*, Amsterdam, ser. B, vol. 84, 189-199.
- SPACKMAN, W., RIEGEL, W.L. & C.P. DOLSEN, 1969. Geological and biological interactions in the swamp-marsh complex of southern Florida. In: E.C. Dapples & M.E. Hopkins (Eds), "Environments of coal deposition", *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.*, 114, 1-35.
- SPAKMAN, W., 1986. Subduction beneath Eurasia in connection with the Mesozoic Tethys. *Geol. Mijnbouw*, 65, 145-153.
- SPAKMAN, W., 1991. Delay-time tomography of the upper mantle below Europe, the Mediterranean, and Asia Minor, *Geophys. J. Int.*, 107, 309-332.
- SPAKMAN, W., WORTEL, M.J.R. & N.J. VLAAR , 1988. The hellenic subduction zone: a tomographic image and its geodynamic implications. *Geophysical research letters*, Washington, 15, 60-63.
- SPAKMAN, W., VAN DER LEE, S. & R. VAN DER HILST, 1993. Travel-time tomography of the European- Mediterranean mantle down to 1400 km. *Phys. Earth. Planet.Int.*, 79, 3-74.
- SPRATT, T.S., 1865. Travels and researches in Crete. *J. Van Voorst edit.*, London, 2 vol., 435p.
- STANLEY, D.J. & F.C. WEZEL (Eds), 1985. *Geological Evolution of the Mediterranean Basin*, Springer, New York.
- STEEL, R.J., 1974. New Red Sandstone floodplain and piedmont sedimentation in the Hebridean Province. *J. sedim. Petrol.*, 44, 336-357.
- STEEL, R.J., MAEHLE, S., NILSEN, H., ROE, S.L. & A. SPINNANGR, 1977. Coarsening-upward cycles in the alluvium of Hornelen Basin (Devonian), Norway. sedimentary response to tectonic events. *Geological Society of America Bull.*, 88, 1124-1134.
- SUESS, E. (1885-1888). Das Austlitz der Erde. Trad. francaise par E. DE MARGERIE . A. Colin ed., 1712, 835p. Paris.
- SUTTNER, L.J. & P.K. DUTTA, 1986. Alluvial sandstone composition and paleoclimate, I. Framework mineralogy. *J. Sediment. Petrol.*, 56, 329-345.

- ΣΥΜΕΩΝΙΔΗΣ, Ν.Κ., 1963. Παρατηρήσεις τινές επί των νεογενών σχηματισμών της Αν. Κρήτης. *Πρακτικά Ακαδημίας Αθηνών*, 38, 352-369.
- ΣΥΜΕΩΝΙΔΗΣ, Ν.Κ., 1965. Το Νεογενές της Ανατολικής Κρήτης. *Ann. Geol. Pays Hellen.*, 16, 249-314, Αθήναι.
- SYMEONIDIS, Ν.Κ., 1967. Die marine pleistozane Ablagerungen des SO Teils der Insel Kreta und der gegenüber liegenden Eiländern Chrysi (Gaiduronisi), Strongylo, Koufonisi. *Ann. Geol. pays Hellen.*, 18, 406-420.
- SYMEONIDIS, Ν.Κ., 1969a. Das Miozan in Bereich von Boliones (Landkreis Rethymnon-W. Kreta). *Ann. geologiques des Pays helleniques*, Athens, ser. 1, t. XXI, 30-34.
- SYMEONIDIS, Ν.Κ., 1969b. Fossile Fische aus der Gegend von Ierapetra (Kreta). *Ann. geologiques des Pays helleniques*, Athens, ser. 1, t. XXI, 501-530.
- SYMEONIDIS, Ν.Κ. & Μ.Δ. DERMITZAKIS, 1973. Geological researches in the district Armeni-Chandra (East Crete). *Ann. geologiques des Pays helleniques*, Athens, ser. 1, t. XXV, 225-249.
- SYMEONIDIS, Ν. & Δ. ΚΟΝΣΤΑΝΤΙΝΙΔΗΣ, 1968a. Beobachtungen zu den Neogen- Ablagerungen des Zentralgebietes der Insel Kreta. *Ann. Geol. pays Hellen.*, XIX, 657-700.
- SYMEONIDIS, Ν. & Ο. SCHULTZ, 1973. Bemerkungen zur neogenen Fischfauna Kretas unhd Beschreibung zweier Fundstellen mit miozanen Mollusken, Echiniden etc., Insel Kreta, Griechenland. *Ann. Nath. Mus. Wien*, 77, 141-147.
- SYMEONIDIS, Κ. & Ρ.Υ. ΣΟΝΔΑΡ, 1975. A new otter from the Pleistocene of Crete. *Ann. Geol. pays Hellen.* XXVII, 11-24.
- TAPPONIER, Ρ., 1977. Evolution tectonique dy systeme alpin en Mediterranee: poinconnement et ecrasement rigide-plastique. *Bull. Societe geologique de France*, ser. 7, t. XIX, n° 3, 437-460.
- TAYMAZ, Τ., JACKSON, J. & Δ. ΜΚΚΕΝΖΙΕ, 1991. Active tectonics of the north and central Aegean Sea. *Geophys. J. Int.*, 106, 433-490.
- ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΣ, Δ. & ΠΑΠΑΠΕΤΡΟΥ-ΖΑΜΑΝΗ, Α., 1973. Καρστικά φαινόμενα της Κρήτης. *ΒΓΣΓρ*, 9/2, 82-92.
- THOMAS, Ε., 1980. Details of *Uvigerina* development in the Cretan Mio-Pliocene. *Utrecht Micropal. Bull.*, 23, 167pp.
- THOMMERET, Υ., THOMMERET, J., LABOREL, J., MONTAGGIONI, L.F. & PIRAZZOLI, Ρ.Α., 1981. Late Olocene shoreline changes and seismotectonic displacements in western Crete (Greece). *Z. Gemorph. N. F.*, 40, 127-149.
- THOMPSON, L.B., 1978. Distribution of living benthic foraminifera, Isla de Los Estados, Tierra del Fuego, Argentina. *J. Foram. Res.*, 8, 241-257.
- TODD, S.P., 1979. Stream-driven, high density gravelly traction carpets: possible deposits in the Tarbeg Conglomerate Formation, SW Ireland and some theoretical considerations of their origin. *Sedimentology*, 36, 513-

530.

- TSAPRALIS, V., 1976. Ostracode associations and paleoenvironmental analysis of the Pliocene of Section Prassa, Crete, Greece. *Proc.Kon. Ned.Ak.Wet.*, B79, 300-311.
- VAIL, P.R., 1987. Part 1: Seismic stratigraphy interpretation procedure. In: A.W. Bally (Ed.), "Atlas of Seismic Stratigraphy". *Am. Ass. Petrol. Geol., Studies in Geology*, 27, 1-10.
- VAIL, P.R., COLIN, J.P., CHENE, J., KUCHLY, J., MEDIAVILLA, F. & F. TRIFILIET, 1987. La stratigraphie sequentielle et son application aux correlations chronostratigraphiques dans le Jurassique du bassin de Paris. *Bull. Soc. Geol. France III*, 7(8), 301-321.
- VALENTE, J.P., LAJ, C., SOREL, D., ROY, S. & J.P. VALET, 1982. Paleomagnetic results from Mio-Pliocene marine sedimentary series in Crete. *Earth Plan. Sci. Lett.*, 57, 159-172.
- VAN WAGONER, J.C., MITCHUM, R.M., CAMPION, K.M. & V.D. RAHMANIAN, 1990. Siliciclastic sequence stratigraphy in well logs, cores and outcrops: Concepts for high-resolution correlation of time and facies. *Am. Ass. Petrol. Geol. Mem.*, 55pp.
- VAN WAGONER, J.C., POSAMENTIER, H.W., MITCHUM, R.M., VAIL, P.R., SARG, J.F., LOUITIT, T.S. & J. HARDENBOL, 1988. An overview of the fundamentals of sequence stratigraphy and key definitions. In: C.L. Wilgus *et al.* (Eds), "Sea Level Changes-An Integrated Approach". *Soc. Econ. Pal. Mineral. Sp. Publ.*, 42, 39-44.
- VELITZELOS, E. & H.J. GREGOR, 1990. Some aspects of the Neogene floral history in Greece. *Rev. Palaeobot. Palyn.*, 62, 291-307, Amsterdam.
- WACHENDORF, H., BEST, G. & W. GWOSDZ, 1975. Geodynamische Interpretation Ostkretas. *Geologische Rundschau, Ferdinand Enke Verlag edit.*, Stuttgart, t. 64, fasc. 3, 728-750.
- WALKER, R.G., 1975a. Conglomerate: sedimentary structures and facies models. In: "Depositional Environments as Interpreted from Primary Sedimentary Structures and Stratification Sequences. *SEPM Short Course*, 2, 133-161, Tulsa.
- WALKER, R.G., 1975b. Generalized facies models for resedimented conglomerates of turbidite association. *Geologica Society of America Bulletin*, 86, 737-748.
- WALKER, R.G. & E. MUTTI, 1973. Turbidite facies and facies associations. In: G.V. Middleton & A.H. Bouma (Eds) "Turbidites and deep water sedimentation". *Soc. Econ. Paleonol. Mineral Pacific Section Short Course*, Anaheim 1973, 119-158.
- WANG, C. & BURNETT, W.C., 1990. Holocene mean uplift rates across an active plate-collision boundary in Taiwan. *Science* 248, 204-206.
- WILLIAMS, A.T., 1973. *J. Sediment. Petrol.*, 43, 857-866.
- WRIGHT, V.P., 1992. Paleosol recognition: a guide to early diagenesis in terres-

- trial settings. In: Wolf, K.H. & G.V. Chilingarian (Eds), "Diagenesis III", *Development in Sedimentology*, 47, Amsterdam, Elsevier, 591-619.
- ZACHARIASSE, W.J., 1975. Planktonic foraminiferal biostratigraphy of the late Neogene of Crete (Greece). *Utrecht micropaleontological bull.*, 11, 171p.
- ZACHARIASSE, W.J., 1978. Planktonic foraminifera. *Utr. Micropal. Bull.*, 17, 177-240.
- ZACHARIASSE, W.J., 1983. Paleoenvironmental and Paleooceanographic Interpretation of Mediterranean Middle Miocene to Pleistocene Plaktonic Associations. *Utrecht Micropal. Bull.*, 30, 91-110.
- ZACHARIASSE, W.J. & P. SPAAK, 1983. Middle Miocene to Pliocene paleoenvironmental reconstruction of the Mediterranean and adjacent Atlantic ocean: planktonic foraminiferal record of southern Italy. *Utr. Micropal. Bull.*, 30, 91-110.
- ZWAAN v.d., G.J., 1979. The pre-evaporite Late Miocene environment of the Mediterranean; stable isotopes of planktonic foraminifera from section Falconara, Sicily. *Proc.Kon.Ned.Akad.Wet.*, B, 82, 487-502.
- ZWAAN v.d., G.J., 1982a. Paleocology of Late Miocene Mediterranean Foraminifera. *Utr. Micr. Bull.* 25, Utrecht.
- ZWAAN, v.d., G.J., 1982b. Paleo-oceanographical reconstructions by means of foraminifera. *Bull. Soc. Geol. France*, 24, 589-596.
- ZWAAN v.d., G.J., 1983. Quantitative analysis and reconstruction of Benthic foraminiferal communities. Repr. of J.E. MEULENKAMP (ed), Reconstruction of marine Paleoenvironments. *Utr. Micr. Bull.*, 30, 49-69, Utrecht.
- ZWAAN v.d., G.J., JORISSEN, F.J. & H.C. DE STIGTER, 1990. The depth dependency of planktonic/benthic foraminiferal ratios: Constraints and applications. *Marine Geology*, 95, 1-16.