

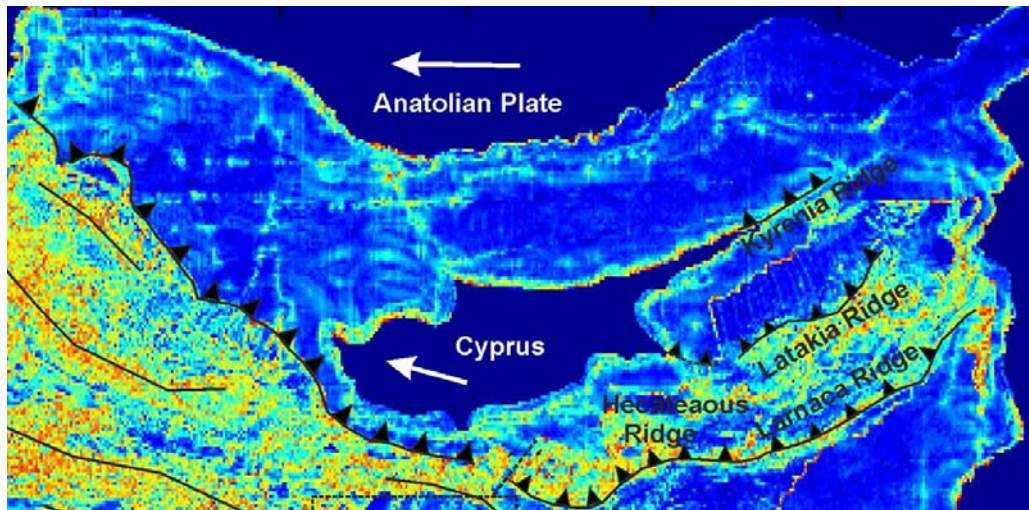


**Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ – ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧ. ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**



***Η ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΘΑΛΑΣΣΙΑ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΟΥ ΚΥΠΡΙΑΚΟΥ ΤΟΞΟΥ***



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΝΙΚΟΛΙΟΥΔΑΚΗ ΒΑΣΙΑ

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2015



**Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ – ΣΧΟΛΗ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ
ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ**



**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧ. ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

***Η ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΠΕΡΙΟΧΗ
ΤΟΥ ΚΥΠΡΙΑΚΟΥ ΤΟΞΟΥ***

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΝΙΚΟΛΙΟΥΔΑΚΗ ΒΑΣΙΑ

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2015

Επιβλέπουσα :

Δρ. Κόκκινου Ελένη

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Επιτροπή Αξιολόγησης : *Δρ. Κόκκινου Ελένη*

: *Δρ. Σουπιός Παντελής*

: *Δρ. Σάλτας Βασίλης*

Ημερομηνία Παρουσίασης :

Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας :

Ευχαριστίες

Μέσα από αυτό το σημείωμα θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την καθηγήτριά μου, κυρία Ελένη Κόκκινου, για όλη την βοήθεια που μου προσέφερε στο διάστημα της επιμέλειας της πτυχιακής μου εργασίας. Αρχικά θέλω να την ευχαριστήσω για την επιλογή του θέματος, γιατί παρόλο που στην αρχή μου φάνηκε δύσκολο τελικά αποδείχθηκε αρκετά ενδιαφέρον. Χωρίς όμως την υπομονή, την κατανόηση, την διάθεσή της να μοιράζεται τις γνώσεις και την ικανότητά της να εξηγεί τους πιο σύνθετους όρους με τις πιο απλές λέξεις, δεν θα μπορούσα να καταφέρω τίποτα. Για αυτούς τους λόγους λοιπόν, όπως και για πολλούς άλλους, θέλω να της εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου και να της πω ένα μεγάλο ευχαριστώ. Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την αγάπη τους, για το ενδιαφέρον και για ότι μου έχουν χαρίσει όλα αυτά τα χρόνια και που για μένα ήταν πολύτιμο.

Περίληψη

Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι η γεωλογική και γεωμορφολογική μελέτη του θαλάσσιου χώρου νότια της Κύπρου. Για την υλοποίηση της συλλέχθηκαν όλες οι απαραίτητες γεωλογικές πληροφορίες αρχικά για το χερσαίο τμήμα της. Στην συνέχεια μελετήθηκε η γεωμορφολογία του θαλάσσιου χώρου με επεξεργασία και ερμηνεία βυθομετρικών δεδομένων. Για την επεξεργασία και απεικόνιση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών.

Abstract

The aim of this work is the geological and geomorphological study of the offshore area, south of Cyprus. All the necessary geological information concerning initially the terrestrial part has been collected. Then we studied the morphology of the offshore area through processing and interpretation of bathymetry data. For the processing and the display of the data we used GIS.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	<i>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</i>	- 5 -
1.1	Σκοπός και αντικείμενο της εργασίας	- 5 -
1.2	Μεθοδολογία εκπόνησης	- 5 -
1.3	Γεωτεκτονική εξέλιξη της Κύπρου	- 5 -
1.4	Η οροσειρά του Τροόδους	- 6 -
1.5	Οι αλλουβιακές πεδιάδες	- 8 -
1.6	Γεωλογία	- 8 -
1.7	Γεωλογία του Τροόδους	- 12 -
1.8	Η οφιολιθική σειρά	- 14 -
1.9	Ο σχηματισμός του Πέρα Πεδίου	- 14 -
1.10	Τα ηφαιστειακά πετρώματα	- 15 -
1.11	Το σύστημα πολλαπλών φλεβών	- 16 -
1.12	Τα πλουτώνια πετρώματα	- 18 -
1.13	Η ακολουθία του μανδύα	- 19 -
1.14	Η γεωτεκτονική ζώνη των Μαμμωνιών	- 21 -
1.15	Ο σχηματισμός της Επισκοπής	- 22 -
1.16	Ο σχηματισμός της Πέτρας του Ρωμιού	- 22 -
2.	<i>ΒΥΘΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ΒΥΘΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ</i>	- 24 -
2.1	Εισαγωγή	- 24 -
2.2	Τεχνικές άμεσης παρατήρησης	- 24 -
2.3	Βυθομετρικοί χάρτες	- 28 -
3.	<i>ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (GIS)</i>	- 34 -
3.1	Εισαγωγή	- 34 -
3.2	Χρήση του Arcview	- 35 -
4.	<i>ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ</i>	- 42 -
4.1	Το βυθομετρικό ανάγλυφο της εξεταζόμενης περιοχής και τα παράγωγα	- 42 -
4.2	Συμπεράσματα	- 42 -

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Σκοπός και αντικείμενο της εργασίας

Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι η γεωλογική και γεωμορφολογική μελέτη του θαλάσσιου χώρου νότια της Κύπρου. Για την υλοποίηση της συλλέχθηκαν όλες οι απαραίτητες γεωλογικές πληροφορίες αρχικά για το χερσαίο τμήμα της. Στην συνέχεια μελετήθηκε η γεωμορφολογία του θαλάσσιου χώρου με επεξεργασία και ερμηνεία βυθομετρικών δεδομένων.

1.2 Μεθοδολογία εκπόνησης

Η μεθοδολογία εκπόνησης της εργασίας περιλαμβάνει:

Την συγκέντρωση των διαθέσιμων πληροφοριών και στοιχείων που αφορούν την περιοχή μελέτης και την ευρύτερη περιοχή από κάθε είδους γεωλογικές, έρευνες που έχουν εκπονηθεί από διάφορους δημόσιους φορείς και επιστημονικές δημοσιεύσεις από την κυπριακή και διεθνή βιβλιογραφία .

Επεξεργασία βυθομετρικών δεδομένων (EMODNet, Berthou et al., 2008) και στην συνέχεια ερμηνεία.

Την επεξεργασία και αξιολόγηση του συνόλου των δεδομένων χρησιμοποιώντας σύγχρονο λογισμικό. Για την επεξεργασία και απεικόνιση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών.

Σύνταξη της παρούσας εργασίας.

1.3 Γεωτεκτονική εξέλιξη της Κύπρου

Η γένεση και μετεξέλιξη της Κύπρου συντελέστηκαν μέσα από μια σειρά τεκτονικών επεισοδίων. Η γένεση της άρχισε με την καταβύθιση της αφρικανικής πλάκας κάτω από την πλάκα της Ευρασίας και τη δημιουργία του Οφιόλιθου του Τροόδους (Ανώτερο Κρητιδικό, 90 εκ. χρόνια), συνεχίστηκε με την αποκόλληση και αριστερόστροφη περιστροφή του κατά 90° και την προσκόλληση σ' αυτό παλαιότερων πετρωμάτων ηλικίας 230 μέχρι 75 εκ. χρόνων στη νότια και δυτική περιφέρεια του (Ζώνη Μαμωνιών). Στην εξέλιξη ακολούθησε σχετική τεκτονική ηρεμία, που επικράτησε στην περίοδο από 75 μέχρι 10 εκατομμύρια χρόνια πριν και χαρακτηρίστηκε από την απόθεση θαλάσσιων ασβεστολιθικών ιζημάτων και τη βαθμιαία μείωση του βάθους των θαλασσών (Σχηματισμοί Λευκάρων και Πάχνας). Η προσκόλληση της οροσειράς του Πενταδακτύλου στη βόρεια πλευρά της Ζώνης του Τροόδους και η

ανύψωση της Κύπρου στη σημερινή της σχεδόν μορφή ξεκίνησε το Μειόκαινο (10-15 εκ. χρόνια) και αποτέλεσε το προτελευταίο τεκτονικό επεισόδιο. Στο τέλος του Μειόκαινου (6 εκ. χρόνια), στο βορειότερο τμήμα της περιοχής που θα αποτελούσε την Κύπρο, μια σειρά από αλλόχθονους ασβεστόλιθους (Ζώνη Πενταδακτύλου) επωθήθηκε νότια πάνω στις παρυφές της Ζώνης του Τροόδους, πτυχώνοντας και εκτοπίζοντας όλα τα νεότερα ιζήματα που συνάντησε στην πορεία της. Ανατολικά της Κύπρου, η Τηθύς θάλασσα έκλεισε και η Μεσόγειος απέκτησε σχεδόν το σημερινό της σχήμα.

Η επανένωση της Μεσογείου με τον Ατλαντικό (μέσω του Γιβραλτάρ), ο κατακλυσμός της από τα νερά του Ατλαντικού και η ανύψωση της στάθμης της επιφάνειας της θάλασσας είχε ως αποτέλεσμα την εκ νέου απόθεση ιζημάτων, που αντιπροσωπεύονται σήμερα από τις μάργες και τους ασβεστολιθικούς ψαμμίτες (πωρόλιθους) των Σχηματισμών Λευκωσίας και Αθαλάσσης. Η απότομη ανύψωση του χώρου της Κύπρου έγινε κατά το Πλειστόκαινο, πριν από 2 περίπου εκατομμύρια χρόνια (τελευταίο τεκτονικό επεισόδιο), οπότε αναδύθηκαν το σημερινό Τρόδος και ο Πενταδάκτυλος σε υψόμετρα πολύ πιο ψηλά από τα σημερινά. Η ανύψωση αυτή, συνδυασμένη με έντονη βροχόπτωση, είχε ως αποτέλεσμα την εκτεταμένη διάβρωση των οροσειρών, κυρίως εκείνης του Τροόδους, και τη μεταφορά τεράστιων ποσοτήτων προϊόντων διάβρωσης (κλαστικές αποθέσεις) που αποτέθηκαν στις κοιλάδες των μεγάλων ποταμών και στο χώρο της Μεσαορίας, σχηματίζοντας τα κλαστικά πλειστοκαινικά ιζήματα (Σύναγμα).

1.4 Η οροσειρά του Τροόδους

Η οροσειρά του Τροόδους με τις παρυφές της κατέχει το κεντρικό με νοτιοκεντρικό μέρος της Κύπρου και καλύπτει σε έκταση τα 2/3 του νησιού. Γεωλογικά αποτελείται από το ομώνυμο οφιολιθικό σύμπλεγμα. Η ψηλότερη κορυφή του και ταυτόχρονα το ψηλότερο σημείο της Κύπρου είναι ο Όλυμπος με υψόμετρο 1951 μέτρα.

Η οροσειρά του Τροόδους είναι το κυρίαρχο μορφολογικό στοιχείο και το γεωλογικό υπόβαθρο της Κύπρου. Η γένεση και ανάδυση της Κύπρου από το βυθό της θάλασσας είναι άμεσα συνδεδεμένη με τη γένεση και ανύψωση του Τροόδους. Η οροσειρά αυτή παρουσιάζει ένα ποικιλόμορφο ανάγλυφο, ως αποτέλεσμα της διαφορετικής αντίστασης στη διάβρωση και αποσάθρωση των πετρωμάτων που τη δομούν. Το κεντρικό μέρος της οροσειράς, που παρουσιάζει και το μεγαλύτερο υψόμετρο, αποτελείται από πλουτώνια πετρώματα και χαρακτηρίζεται από ομαλές πλαγιές και αποστρογγυλεμένες κορυφές.

Γύρω από τα πλουτόνια πετρώματα απατούνται τα φλεβικά πετρώματα, τα οποία χαρακτηρίζονται από απότομες πλαγιές, βαθιές κοιλάδες και χαράδρες. Σε αντίθεση η περιφέρεια της οροσειράς που γεωλογικά αποτελείται από λάβες, παρουσιάζει ένα σχετικά ήπιο ανάγλυφο με λόφους και σχετικά αποστρογγυλεμένες επιφάνειες.

Οι παρυφές της οροσειράς και κυρίως οι νότιες, παρουσιάζουν χαρακτηριστικές κουέστες και υψώματα με απότομες κατωφέρειες.

Η μορφολογία αυτή είναι χαρακτηριστική των ιζηματογενών σχηματισμών που εμφανίζονται στην επιφάνεια και που βασικά αποτελούνται από έναλασσόμενα στρώματα κρητίδων και μαργών. Στις βόρειες παρυφές η μορφολογία είναι διαφορετική και χαρακτηρίζεται από δελταικές και αλλουβιακές αποθέσεις προϊόντων έντονης διάβρωσης των οφιολιθικών πετρωμάτων. Στις νοτιοδυτικές παρυφές της οροσειράς, λόγω της έντονης παρουσίας αργιλικών σχηματισμών, επικρατεί ένα ήπιο μορφολογικό ανάγλυφο με αποστρογγυλεμένες επιφάνειες. Κατά τόπους, λόγω της παρουσίας αλλόχθονων όγκων ανακρυσταλλωμένων ασβεστόλιθων και άλλων πετρωμάτων κυρίως πυριγενών παρουσιάζεται μια χαρακτηριστική τοπογραφία με τους όγκους αυτούς να ορθώνονται και να δεσπόζουν στο τοπίο.

Το ανάγλυφο και η τοπογραφία του Τροόδους επηρέασαν άμεσα το φυσικό περιβάλλον της Κύπρου και είναι κύριοι ρυθμιστές των κλιματολογικών συνθηκών και ειδικότερα της βροχόπτωσης και συνεπώς και των υδάτινων

της πόρων, επιφανειακών και υπόγειων καθώς και της χλωρίδας και πανίδας του νησιού.

Η οροσειρά του Τροόδους παρουσιάζει ένα εκτεταμένο υδρογραφικό δίκτυο που είναι αποτέλεσμα των γεωλογικών συνθηκών, της γεωλογίας και της κατανομής της βροχόπτωσης. Το θολωτό σχήμα της οροσειράς βοηθά, ώστε το υδρογραφικό δίκτυο να είναι ακτινωτό με τους ποταμούς να κατευθύνονται από το κέντρο της οροσειράς προς την περιφέρεια. Το υδρογραφικό δίκτυο είναι δενδριτικής μορφής. Στις περιοχές όπου εμφανίζονται πυριγενή πετρώματα, οι κοιλάδες είναι σχετικά στενές σε σχήμα V και με μεγάλες κλίσεις των πρανών.

Αντίθετα στις περιοχές των ιζηματογενών πετρωμάτων οι κοιλάδες είναι μικρού μήκους, με μικρές κλίσεις και γενικά ακολουθούν τον τεκτονισμό και την κλίση των πετρωμάτων. Ο κύριος κορμός του δικτύου στα ιζηματογενή πετρώματα είναι σχετικά ευθύς, με απότομες και απόκρημνες πλευρές και μικρά φαράγγια κατά τόπους. Όταν οι ποταμοί αρχίζουν να ρέουν σε περιοχές όπου οι φυσικές κλίσεις είναι μικρές και οι επιφάνειες επίπεδες, ο βασικός κορμός του πλαταίνει και δημιουργεί το πεδίο πλημμυρών. Το ίδιο συμβαίνει και στις εκβολές τους.

1.5 Οι αλλουβιακές πεδιάδες

Μεταξύ των οροσειρών του Πενταδακτύλου και του Τροόδους εκτείνεται η πεδιάδα της Μεσαορίας η οποία γεωμορφολογικά δεν θεωρείται ξεχωριστή ενότητα, αλλά είναι ουσιαστικά προέκταση των παρυφών των δυο οροσειρών. Η ζώνη επαφής των γεωμορφολογικών ζωνών του Πενταδακτύλου και του Τροόδους ακολουθεί τις κοίτες των ποταμών Πεδιαίου και Οβγού.

Χαρακτηριστικές γεωμορφές της πεδιάδας της Μεσαορίας αποτελούν οι κορωνίδες. Πρόκειται για λόφους σε σχήμα τραπεζοειδές (λόφος του Αρώνα) και κωνικό (λόφος του Καφίτσι). Το χαρακτηριστικό τους σχήμα οφείλεται στο γεγονός ότι η πάνω επιφάνεια τους καλύπτεται από σκληρό πέτρωμα, συνήθως ασβεστικό ψαμμίτη και οι πλαγιές τους αποτελούνται από μαλακά μαργαικά πετρώματα. Ο σχηματισμός των γεωμορφών αυτών οφείλεται στην διαφορετική διάβρωση των εναλλασσομένων στρωμάτων των μαργαικών πετρωμάτων και των ασβεστικών ψαμμιτών και στις ανοδικές κινήσεις της Κύπρου κατά το Πλειόκαινο – Πλειστόκαινο.

Οι αλλουβιακές πεδιάδες αποτελούνται από ποτάμιες αποθέσεις άμμων, κροκάλων και ίλως. Τέτοιες πεδιάδες είναι της Αμμοχώστου, της Μόρφου, της Λάρνακας και του Ακρωτηρίου. Οι πεδιάδες αυτές κατά το Πλειόκαινο αποτελούσαν δέλτα και ποταμόκολπους, ευρίσκοντο δηλαδή κάτω από την στάθμη της θάλασσας και πολύ πιο μέσα στην ξηρά από ότι είναι σήμερα. Τα υλικά που μετέφεραν οι ποταμοί εναποτέθηκαν μέσα στους ποταμόκολπους, τους απέφραξαν και τους γέμισαν, δημιουργώντας τις πεδιάδες που υπάρχουν στην εποχή μας.

Το είδος των πετρωμάτων που αποτελούν μια περιοχή είναι καθοριστικός παράγοντας στην δημιουργία χαρακτηριστικών γεωμορφωμάτων, αλλά και της χλωρίδας και πανίδας.

1.6 Γεωλογία

Για να περιγράψουν την γεωλογία διαφόρων περιοχών της γης οι γεωλόγοι ομαδοποιούν περιοχές της ίδιας γεωλογικής δομής, εξέλιξης και ηλικίας σε αυτό που ονομάζουν γεωτεκτονικές ζώνες. Σε μικρότερη κλίμακα πετρώματα της ίδιας ηλικίας, σύνθεσης και τρόπου σχηματισμού ονομάζονται σχηματισμοί. Στους σχηματισμούς δίνονται ονόματα τα οποία συνήθως προέρχονται από τα τοπωνύμια των περιοχών στις οποίες παρουσιάζουν την μεγαλύτερη τους ανάπτυξη. Οι αρχές αυτές ακολουθούνται και στην προκειμένη περίπτωση, για να διευκολύνονται οι γεωλογικοί συσχετισμοί για ολόκληρη την Κύπρο.

Η γεωλογία της Κύπρου έχει ως πυρήνα το οφιολιθικό σύμπλεγμα του Τροόδους, ηλικίας 92 εκατομμυρίων χρόνων. Τα πετρώματα του Τροόδους αποτελούν ένα κομμάτι αρχαίου ωκεάνιου φλοιού, που άρχισε να αναδύεται από την θάλασσα πριν 10 περίπου εκατομμύρια χρόνια. Η γεωλογική εξέλιξη της Κύπρου σε παλαιότερο χρόνο ήταν υποθαλάσσια και σ' αυτήν προέχουν τρία κύρια τεκτονικά επεισόδια :

α) η γένεση του συμπλέγματος του Τροόδους πάνω από μια ωκεάνια ζώνη καταβύθισης και η κατά τον ίδιο χρόνο προσκόλληση σ' αυτό παλαιότερων πετρωμάτων ηλικίας 200 μέχρι 75 εκατομμυρίων χρόνων στα νότια και δυτικά περιθώρια του.

β) η τεκτονική ηρεμία που επικράτησε στην περίοδο από 75 μέχρι 10 εκατομμύρια χρόνια και χαρακτηρίζεται από την υποθαλάσσια εναπόθεση πελαγικών ασβεστολιθικών ιζηματογενών και την βαθμιαία μείωση του βάθους των θαλασσών

γ) η προσκόλληση της οροσειράς της Κερύνειας στην βόρεια πλευρά του Συμπλέγματος του Τροόδους και η ανύψωση της νήσου στην σημερινή της μορφή. Για να κατανοήσει κάποιος τον τρόπο σχηματισμού της Κύπρου, θα πρέπει να γνωρίζει τις βασικές διεργασίες και να ανακατατάξει που συμβαίνουν στο φλοιό της γης.

Σύμφωνα με την θεωρία των λιθολογικών πλακών η επιφάνεια της γης χωρίζεται σε μικρό αριθμό άκαμπτων λιθосφαιρικών πλακών οι οποίες ευρίσκονται σε συνεχή σχετική κίνηση.

Τα όρια μεταξύ των πλακών είναι τριών τύπων :

α) Αποκλίνοντα όρια. Κατά μήκος των ορίων αυτών οι πλάκες απομακρύνονται η μια από την άλλη και στο κενό που δημιουργείται σχηματίζεται νέος φλοιός, γι' αυτό τα όρια αυτά ονομάζονται και δημιουργικά όρια. Στα όρια αυτά παρατηρείται έκχυση λαβών κατά μήκος ενός άξονα διερεύνησης και μια σχετική δραστηριότητα με μικρού μεγέθους σεισμούς.

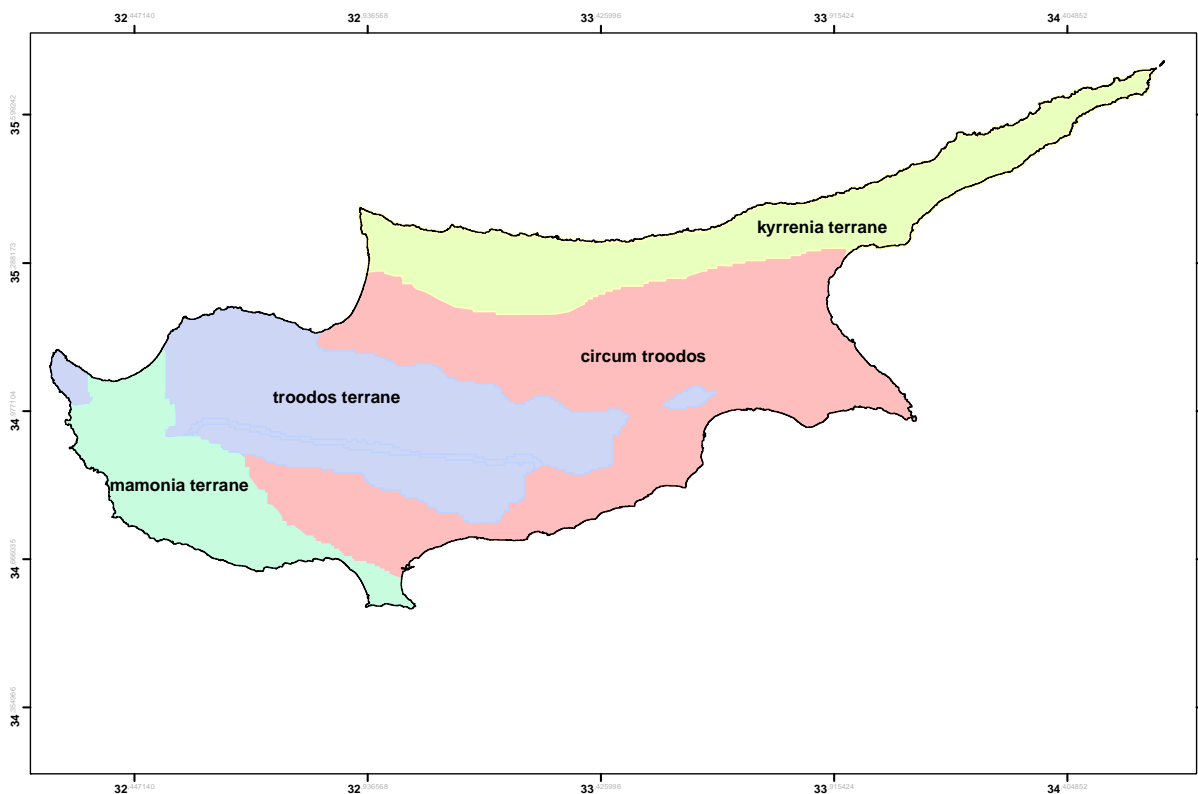
β) Συγκλίνοντα όρια. Στα όρια αυτά οι δυο πλάκες συγκρούονται και η μια καταδύεται υπό γωνία κάτω από την άλλη. Κατά μήκος αυτών των ορίων σύγκλισης που είναι γνωστά και ως όρια καταβύθισης το βυθιζόμενο τμήμα της πλάκας καταστρέφεται μέσα στο μανδύα της γης, γι' αυτό και τα όρια αυτά ονομάζονται καταστροφικά. Τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά των ορίων αυτών είναι η έντονη σεισμικότητα και η έντονη ηφαιστειακή δράση.

γ) Εφαπτομενικά όρια. Στα όρια αυτά οι δυο πλάκες κινούνται παράλληλα αλλά σε αντίθετη κατεύθυνση. Κατά την κίνηση των πλακών στα όρια αυτά, που ονομάζονται ρήγματα μετασχηματισμού, δεν δημιουργείται αλλά ούτε καταστρέφεται μέρος της λιθόσφαιρας. Σ' αυτά δεν παρατηρείται ηφαιστειακή δράση, παρατηρούνται όμως

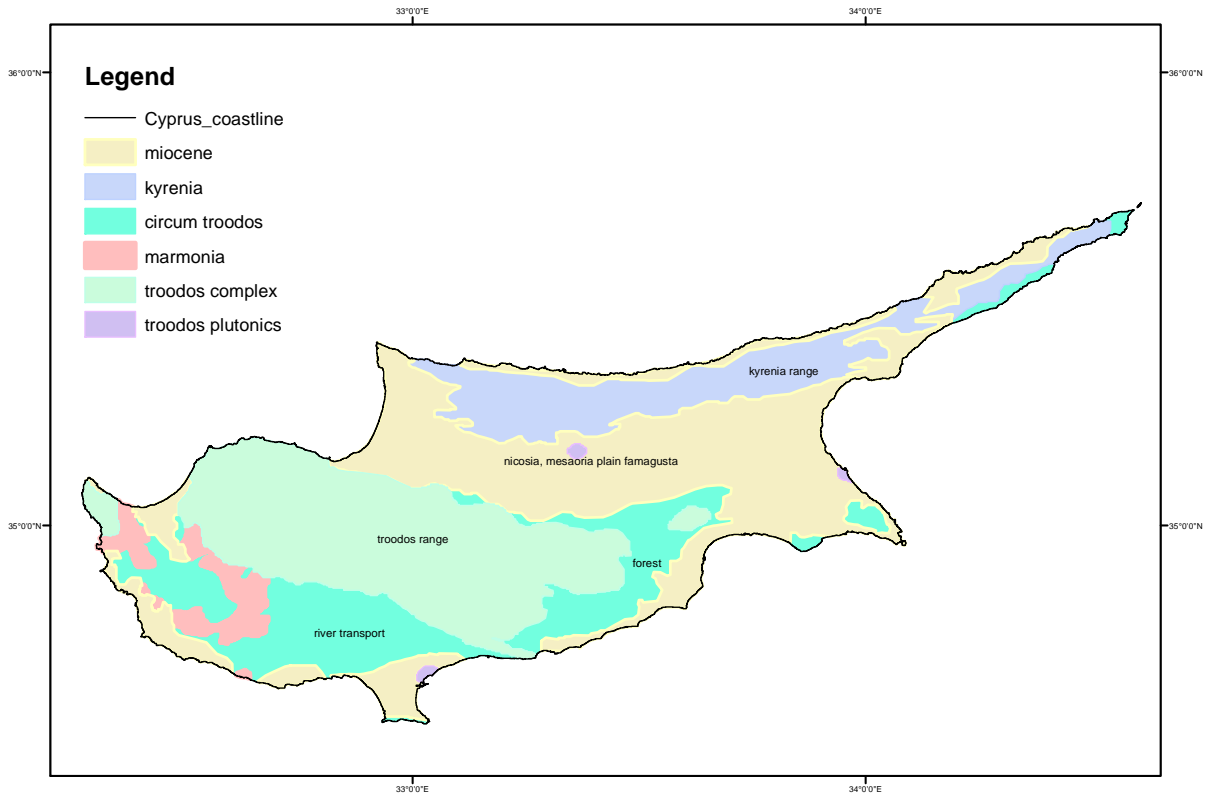
καταστρεπτικοί σεισμοί. Το ρήγμα του Αγίου Ανδρέα στην Καλιφόρνια των Ηνωμένων Πολιτειών είναι ρήγμα μετασχηματισμού.

Νέος φλοιός δημιουργείται κατά μήκος των αποκλινόντων ορίων όπου σχηματίζονται υποθαλάσσιες οροσειρές, που είναι γνωστές ως μεσοωκεάνιες οροσειρές. Νέος φλοιός μπορεί επίσης να σχηματιστεί πάνω από τις ζώνες καταβύθισης. Ο φλοιός αυτός έχει πάχος της τάξης των 6 χιλιομέτρων και βρίσκεται κάτω από όλους τους ωκεανούς γι' αυτό και ονομάζεται ωκεάνιος φλοιός. Οι γνώσεις μας για τον ωκεάνιο φλοιό προέρχονται από γεωφυσικές μελέτες, γεωτρήσεις και παρατηρήσεις με βαθυσκάφη στους ωκεανούς, αλλά κυρίως από την μελέτη τμημάτων παλαιού ωκεάνιου φλοιού που έχουν αναδυθεί και ανυψωθεί πάνω από το επίπεδο της θάλασσας και αποτελούν τώρα χερσαία τμήματα παλιού ωκεάνιου φλοιού ονομάζονται οφιόλιθοι και βρίσκονται συνήθως σε συγκλίνοντα όρια λιθοσφαιρικών πλακών.

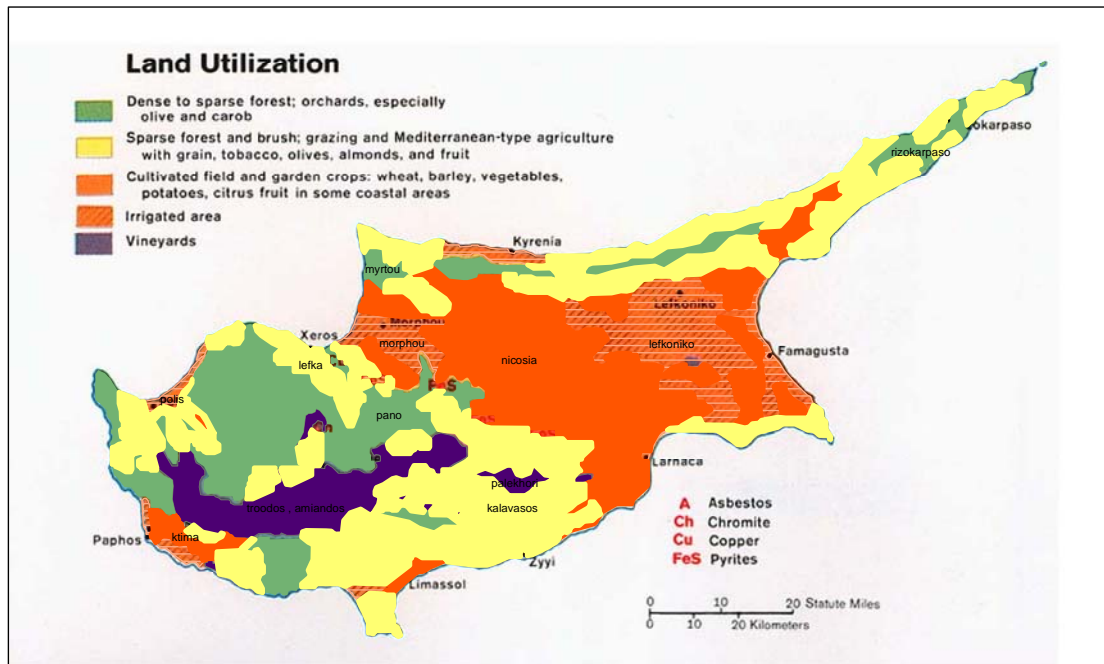
Η Κύπρος χωρίζεται σε τρεις γεωτεκτονικές ζώνες : την οροσειρά Τροόδους και την προέκτασή της κάτω από την Μεσαορία, την Ζώνη Μαμμωνιών και την Οροσειρά της Κερύνειας, οι οποίες αποτελούνται βασικά από αλλόχθονους σχηματισμούς.



(α)



(β)



(γ)

Σχήμα 4.1 α. Γεωλογικές Ζώνες, β. Γεωλογικός χάρτης της Κύπρου (West and Bentley, 2007, γ) Χρήσεις γης

1.7 Γεωλογία του Τροόδους

Η οροσειρά του Τροόδους είναι ένας οφιόλιθος και αποτελεί μέρος ενός αρχαίου ωκεάνιου φλοιού, η ανύψωση του οποίου στην σημερινή του θέση οφείλεται μεταξύ άλλων στην σύγκρουση της αφρικάνικης λιθοσφαιρικής πλάκας με την ευρασιατική και την καταβύθιση της πρώτης κάτω από την δεύτερη.

Ο όρος **οφιόλιθος** προέρχεται από τις λέξεις όφης και λίθος και δόθηκε, αρχές του 19 ου αιώνα, στο πέτρωμα σερπεντινίτης λόγω της προσομοίωσης της όψης του με εκείνη ενός πράσινου φιδιού. Αργότερα ειδικότερα στην δεκαετία του 1960 με την αποδοχή της θεωρίας των λιθοσφαιρικών πλακών, ο όρος αυτός χρησιμοποιείται για να προσδιορίσει μια ομάδα βασικών και υπερβασικών πυριγενών και ιζηματογενών πετρωμάτων. Αυτά περιγράφονται πιο κάτω (σχ. 4.1) ξεκινώντας από τα στρωματογραφικά ανώτερα προς τα στρωματογραφικά κατώτερα.

A) Ραδιολαριτικοί κερατόλιθοι και πηλίτες με ενδιάμεσες, ασυνεχείς εμφανίσεις φαιοχωμάτων.

B) Ηφαιστειακά πετρώματα και κυρίως ροές προσκεφαλοειδών λαβών.

Γ) Φλεβικά πετρώματα βασλικής κυρίως σύστασης.

Δ) Πλουτώνια πετρώματα.

E) Πετρώματα της Ακολουθίας του Μανδύα.

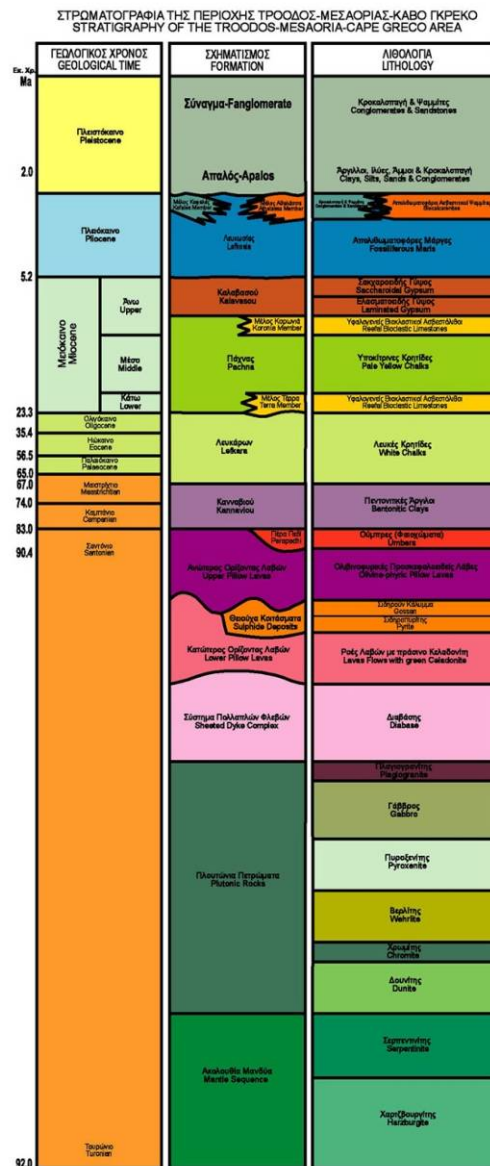
Σήμερα πιστεύεται ότι το Τρόδος σχηματίστηκε πριν 90 περίπου χρόνια (Ανώτερο Κρητιδικό), κατά μήκος ενός άξονα διεύθυνσης στα όρια καταβύθισης της αφρικανικής πλάκας κάτω από την πλάκα της Ευρασίας. Στον οφιόλιθο του Τροόδους βρίσκονται όλα τα πετρώματα ενός οφιολιθικού συμπλέγματος. Τα πετρώματα αυτά δεν έχουν διαταραχθεί από την αρχική σχετική τους θέση ούτε έχουν υποστεί οποιαδήποτε αλλαγή εκτός από την θαλάσσια εξαλλοίωση. Ο οφιόλιθος του Τροόδους μαζί με αυτό του Ομάν είναι στρωματογραφικά πλήρεις και από τους καλύτερα διατηρημένους στην γη. Το γεγονός αυτό προκάλεσε και την προσοχή και το ενδιαφέρον των γεωεπιστημόνων τα τελευταία τριάντα χρόνια. Οι δυο αυτοί οφιόλιθοι είναι τμήματα μιας σειράς οφιόλιθων που βρίσκονται κατά μήκος των βόρειων ορίων της Αραβικής πλάκας σηματοδοτώντας έτσι την εξαφάνιση ενός αρχαίου ωκεανού, της Τήθους, που προϋπήρχε στην περιοχή αυτή.

Η Μεσόγειος είναι ένα τμήμα που έχει απομείνει από τον αρχαίο αυτό ωκεανό.

Η εμφάνιση του οφιόλιθου του Τροόδους έχει σχήμα ελλειπτικό και ο μεγάλος άξονας του έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Έχει σχήμα θόλου με ψηλότερο σημείο τον Όλυμπο.

Παρόλο που τα υπερβασικά πλουτώνια πετρώματα είναι στρωματογραφικά τα κατώτερα, τοπογραφικά εμφανίζονται στο ψηλότερο σημείο της οροσειράς, ακολουθείται δε προοδευτικά προς την περιφέρεια από τα στρωματογραφικά υπερκείμενα πετρώματα σχηματίζοντας έτσι μια δακτυλιοειδή εμφάνιση. Η εμφάνιση αυτή είναι αποτέλεσμα της έντονης και διαφορικής διάβρωσης που ακολούθησε την ανύψωση του Τροόδους πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας με επίκεντρο τον Όλυμπο.

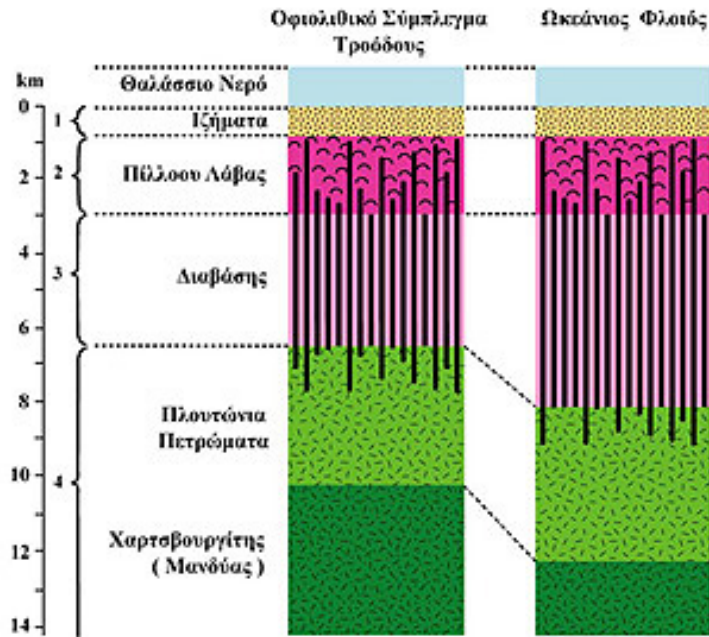
Μια πρόδηλα εμφανής κοιλάδα, η κοιλάδα του Αρακαπά με διεύθυνση ανατολή – δύση, στο νότιο τμήμα της οροσειράς θεωρείται ότι αποτελεί τμήμα ενός απολιθωμένου ρήγματος μετασχηματισμού.



Σχήμα 4.1δ. Στρωματογραφική στήλη της περιοχής Τρόδος – Μεσαορίας – Κάτω Γκρέκο

1.8 Η οφιολιθική σειρά

Η στρωματογραφική σειρά του οφιόλιθου του Τροόδους παρουσιάζεται στην στρωματογραφική στήλη του οφιόλιθου του Τροόδους και των υπερκείμενων ιζηματογενών πετρωμάτων όπου περιγράφει τα πιο κάτω ακολουθώντας την σειρά από τα στρωματογραφικά ανώτερα προς τα κατώτερα.



Σχήμα 4.2. Στρωματογραφική στήλη του οφιολιθικού συμπλεγματος στο Τρόδος

1.9 Ο σχηματισμός του Πέρα Πεδίου

Ο σχηματισμός του Πέρα Πεδίου αποτελείται από φαιοχώματα (ούμβρες), ραδιολαρίτες και ραδιολαριτικούς πηλίτες, που είναι τα πρώτα ιζήματα που έχουν αποθεθεί πάνω στα οφιολιθικά πετρώματα και ειδικότερα πάνω από τις προσκεφαλοειδείς λαβές και γεμίζουν κοιλώματα στην επιφάνειά τους.

Το φαιοχώρα είναι σκούρα καστανόχρωα ιζήματα πάχους μερικών μέτρων περιορισμένης οριζόντιας έκτασης. Στην τυπική εμφάνισή τους κοντά στο χωριό Πέρα Πεδί έχουν πάχος 20 μέτρα. Εμφανίσεις μεγαλύτερου πάχους υπάρχουν σε άλλες περιοχές της Κύπρου, όπως στην περιοχή Δράπιας όπου το πάχος τους φτάνει τα 35 μέτρα. Τα φαιοχώματα είναι λεπτόκοκκα άμορφα ιζήματα σε στρώσεις ή συμπαγείς μορφές και κάποτε περιέχουν ηφαιστειοκλαστικό υλικό και στρώματα ραδιολαριτών.

Τα φαιοχώματα σχηματίζονται στο θαλάσσιο πυθμένα πάνω από τις μεσοωκεάνιες ράχες όπου υπάρχει μια σημαντική ηφαιστειακή και υδροθερμική δραστηριότητα,

αποτέλεσμα της οποίας είναι η έκχυση θερμών διαλυμάτων πλουσίων σε σίδηρο και μαγγάνιο. Τα διαλύματα αυτά κυκλοφορούν στα ανώτερα στρώματα του φλοιού της γης και εκβάλλουν στο θαλάσσιο πυθμένα σε θερμοκρασίες μέχρι 350⁰C. Χημικές αναλύσεις των φαιοχωμάτων της Κύπρου, τα οποία είναι πλούσια σε οξείδια του σιδήρου και μαγγανίου, επιβεβαιώνουν την ομοιότητα τους με ιζήματα των μεσοωκεάνιων ράχων.

Όπως περιγράφεται και στο κεφάλαιο του Ορυκτού Πλούτου, κατά παρόμοιο τρόπο σχηματίζονται και τα κοιτάσματα θειούχων μεταλλευμάτων. Τα φαιοχώματα προς τα άνω μεταπίπτουν σε έγχρωμους αργιλικούς σχιστόλιθους με ενδιάμεσα στρώματα ραδιολαριτών και ραδιολαριτικών σχιστόλιθων. Υπάρχει δηλαδή μια μείωση των μεταλλευτικών στοιχείων και ταυτόχρονη αύξηση του αργίλου.

Με βάση μικροπαλαιοντολογικά αποτελέσματα τα φαιοχώματα είναι ηλικίας 90 εκατομμυρίων χρόνων (Ανώτερο Κρητιδικό), γεγονός το οποίο συμφωνεί με τις ραδιοχρονολογήσεις του οφιόλιθου του Τροόδους.

1.10 Τα ηφαιστειακά πετρώματα

Τα ηφαιστειακά πετρώματα του Τροόδους αποτελούνται από προσκεφαλοειδείς λαβές και ροές λαβών που κατ'εξοχή βρίσκονται κάτω από τον Σχηματισμό του Πέρα Πεδίου. Με βάση το χρώμα, την ορυκτολογική σύσταση και το βαθμό συμμετοχής φλεβών τα ηφαιστειακά πετρώματα χωρίζονται στον Ανώτερο και τον Κατώτερο Ορίζοντα Προσκεφαλοειδών Λαβών. Ο Ανώτερος Ορίζοντας αποτελείται από προσκεφαλοειδείς λαβές σε ποσοστό 80-90 % και φλέβες σε ποσοστό 10- 20 %. Η σύσταση τους είναι κυρίως βασαλτική με ποικιλίες ολιβινικών βασαλτών. Συνήθως παρουσιάζουν επιφανειακό κόκκινο χρωματισμό που οφείλεται σε οξείδια του σιδήρου. Ο Κατώτερος Ορίζοντας αποτελείται κυρίως από βασάλτες και ανδεσίτες η δε αναλογία προσκελοειδών λαβών προς τις φλέβες είναι περίπου 1:1. Στον ορίζοντα αυτό βρίσκονται τα κυριότερα κοιτάσματα θειούχων μεταλλευμάτων.

Το μέγιστο συνολικό πάχος των δυο οριζόντων υπολογίζεται σε 1,5 χιλιόμετρο. Το όριο μεταξύ των δυο οριζόντων δεν είναι πάντοτε σαφές. Περισσότερο λεπτομερείς έρευνες δείχνουν ότι τα ηφαιστειακά πετρώματα μπορούν να διακριθούν επίσης σε ορίζοντες με βάση την γεωχημεία τους. Ο καθορισμός όμως στρωματογραφικών και γεωχημικών οριζόντων παρουσιάζει δυσκολίες, επειδή τα πετρώματα αυτά προέρχονται από ένα μεγάλο αριθμό υποθαλάσσιων ηφαιστειακών κέντρων.

Οι προσκεφαλοειδείς λαβές έχουν χαρακτηριστικό σφαιρικό έως ελλειψοειδές σχήμα με διάμετρο 30 έως 70 εκατοστόμετρα και είναι αποτέλεσμα υποθαλάσσιας έκχυσης. Η περιφέρεια τους είναι υαλώδης λόγω ταχείας ψύξης και το εσωτερικό τους είναι κυψελώδες λόγω των κενών που δημιουργήσε η διαφυγή των αερίων που υπήρχαν στην διάπυρη λάβα. Οι φλέβες μπορεί να είναι κατακόρυφες, κεκλιμένες ή οριζόντιες, ο δε αριθμός τους αυξάνει προς τα κατώτερα τμήματα των ηφαιστειακών πετρωμάτων. Αυτές αντιπροσωπεύουν τα κανάλια τροφοδοσίας των υπερκείμενων λαβών.

1.11 Το σύστημα πολλαπλών φλεβών

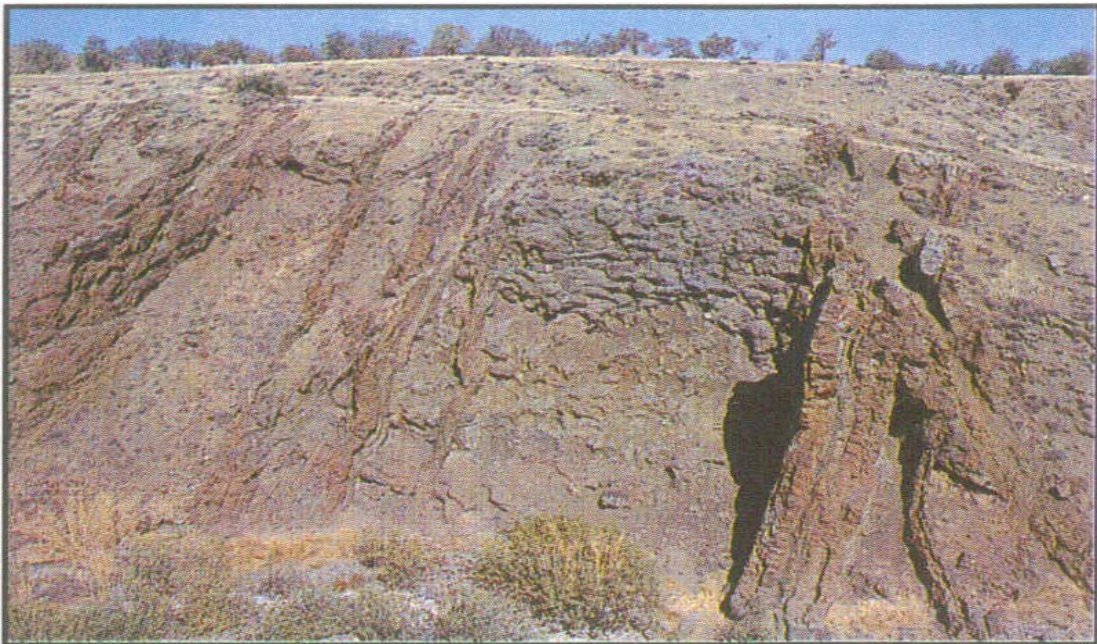
Το Σύστημα Πολλαπλών Φλεβών (σχ. 4.3) σχηματίστηκε με την στερεοποίηση του μάγματος στα κανάλια διείσδυσης και μεταφοράς από τους μαγματικούς θαλάμους στην βάση του ωκεάνιου φλοιού, τροφοδοτώντας ταυτόχρονα τις υποθαλάσσιες εκχύσεις λαβών στον ωκεάνιο πυθμένα. Ως εκ τούτου πρόκειται για μια επάλληλη σειρά φλεβών που αντιπροσωπεύουν το γέμισμα του κενού χώρου, ο οποίος δημιουργείται με την απομάκρυνση των τεκτονικών πλακών στα αποκλίνοντα όρια. Η συνεχής τροφοδοσία μάγματος στο δημιουργημένο χώρο και μεταξύ των φλεβών που σχηματίστηκαν έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία του σχηματισμού αυτού, που αποτελείται μέχρι και 100% από φλέβες.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου γεωλογικού φαινομένου παρατηρείται σήμερα στην Ισλανδία, η οποία διασχίζεται από τα όρια των πλακών της Αμερικής και της Ευρασίας, που αποκλίνουν μεταξύ τους. Στην περίπτωση του Τροόδους το Σύστημα Πολλαπλών Φλεβών εμφανίζεται σε ολόκληρη σχεδόν την έκταση της οροσειράς, σχηματίζοντας ένα ελλειπτικό δακτύλιο που περιβάλλει τα πλουτώνια πετρώματα του Ολύμπου και περιβάλλεται από τα έκχυτα ηφαιστειακά πετρώματα. Τα πετρώματα του Συστήματος Πολλαπλών Φλεβών είναι λεπτοκρυσταλλικά. Η σύσταση των φλεβών είναι βασαλτική έως δολειριτική, η διεύθυνση τους είναι βορειοδυτική –νοτιανατολική και η διάταξη τους είναι σχεδόν κατακόρυφη, εκτός από τις περιοχές που έχουν επηρεαστεί μεταγενέστερα από τον τεκτονισμό.

Μεταξύ του σχηματισμού αυτού και των προσκεφαλοειδών λαβών υπάρχει μεταβατική ζώνη γνωστή ως Ορίζοντας Βάσης. Ο Ορίζοντας Βάσης έχει πάχος από μερικές δεκάδες μέτρα μέχρι 2,3 χιλιόμετρα και αποτελείται από φλέβες με ποσοστό 95-100% και προσκεφαλοειδείς λαβές μέχρι 5%.



(α)



(β)

Σχήμα 4.3. Προσκεφαλοειδείς λαβές και φλέβες. α) Το χαρακτηριστικό σφαιρικό εώς ελλειψοειδές σχήμα των λαβών είναι αποτέλεσμα υποθαλάσσιας έκχυσης και επικρατεί στον Ανώτερο Ορίζοντα. β) Ο Κατώτερος Ορίζοντας Λαβών αποτελείται από προσκεφαλοειδείς λαβές και φλέβες τροφοδότες νεωτέρων λαβών.

1.12 Τα πλουτώνια πετρώματα

Τα πετρώματα αυτά είναι τα προϊόντα της κρυσταλλοποίησης και της συγκέντρωσης των κρυστάλλων των ορυκτών στον πυθμένα των μαγματικών θαλάμων, κάτω από τις ζώνες διεύρυνσης των λιθοσφαιρικών πλακών. Τα κύρια πλουτώνια πετρώματα του Τροόδους είναι ο δουνίτης, ο βερλίτης, ο πυροξενίτης και ο γάββρος, ενώ ο πλαγιογρανίτης απαντάται σε μικρές, ασυνεχείς εμφανίσεις.

Μέσα στον μανδύα της γης δρουν θερμικά ρεύματα μεταφοράς μάζας και θερμότητας, τα οποία δημιουργούνται λόγω πλευρικών διαφορών της θερμοκρασίας. Οι διάφορες θερμοκρασίες δημιουργούν ασταθείς καταστάσεις βαρύτητας και κατακόρυφη μεταφορά θερμού και ψυχρού υλικού. Στις περιοχές της ασθενόσφαιρας, όπου τα θερμικά ρεύματα ανέρχονται, μέρος του μανδύα της γης τήκεται σε βάθος περίπου 60 χιλιομέτρων κάτω από τον ωκεάνιο πυθμένα.

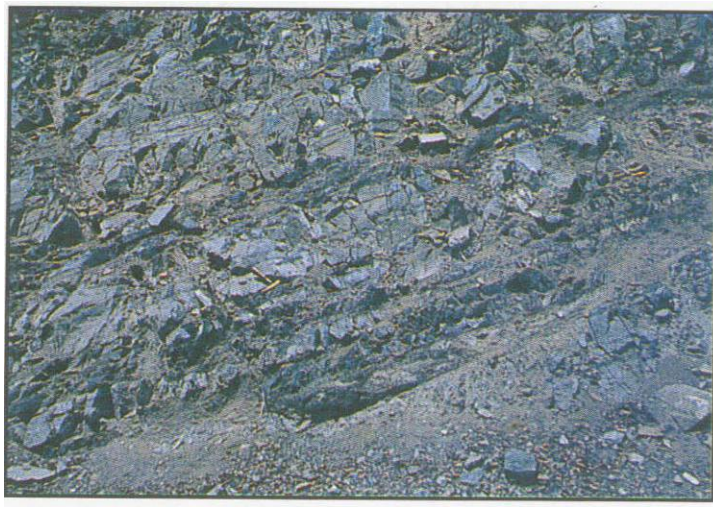
Αυτοί οι μαγματικοί θάλαμοι αποτελούν την πλειοψηφία τους ένα δυναμικό ανοικτό σύστημα στο οποίο εισέρχεται μάγμα από την τήξη του μανδύα και εξέρχεται μέσω των καναλιών-τροφοδοτών δημιουργώντας ηφαιστειακές εκχύσεις λαβών στο θαλάσσιο πυθμένα.

Το μάγμα μέσα στους θαλάμους ψύχεται λόγω διαρροής θερμότητας στα περιβάλλοντα πετρώματα καθώς και εισροής του υπερκείμενου θαλάσσιου νερού. Το αποτέλεσμα της πτώσης της θερμοκρασίας στους μαγματικούς θαλάμους είναι η έναρξη της κρυσταλλοποίησης. Τα πρώτα ορυκτά που κρυσταλλώνονται είναι ο ολιβίνης $(Mg,Fe)_2SiO_4$ και ο χρωμίτης $FeCr_2O_4$, τα οποία και καθιζάνουν στον πυθμένα του μαγματικού θαλάμου σχηματίζοντας τα πετρώματα δουνίτη και συγκεντρώσεις χρωμίου. Σε στρωματογραφικά ψηλότερα επίπεδα του θαλάμου, με την βαθμιαία πτώση της θερμοκρασίας, αρχίζει η κρυστάλλωση του ορυκτού κλινοπυρόξενος $CaMgSi_2O_6$, το οποίο μαζί με τα προηγούμενα δυο ορυκτά δίδει το πέτρωμα βερλίτης.

Στην συνέχεια κρυσταλλώνεται και το ορυκτό πλαγιόκλαστο $(NaAlSi_3O_8, CaAl_2Si_2O_8)$ για να σχηματιστούν οι διάφοροι τύποι γάββρου (σχ. 4.4). Το μάγμα που παραμένει είναι εμπλουτισμένο πλέον σε οξείδιο του πυριτίου (SiO_2) και με την κρυστάλλωση του σχηματίζει το πέτρωμα πλαγιογρανίτη. Το τελευταίο συναντάται σε μικρές μάζες και συχνά διασχίζεται από διαβατικές φλέβες. Η πιο πάνω διεργασία της κλασματικής κρυστάλλωσης και διαφοροποίησης διακόπτεται επανειλημμένα από την εισροή νέου μάγματος στον μαγματικό θάλαμο, με αποτέλεσμα την δημιουργία ρυθμικά επαναλαμβανόμενων τύπων πετρωμάτων που αποτελούν στρωσιγενείς σειρές.

Η σειρά των Πλουτωνίων Πετρωμάτων εμφανίζεται σε δυο ξεχωριστές περιοχές του Οφιολιθικού Συμπλέγματος του Τροόδους, η πρώτη γύρω από την κεντρική κορυφή του Ολύμπου και η δεύτερη στο Δάσος της Λεμεσού. Το πέτρωμα δουνίτης έχει μεγάλη ανάπτυξη γύρω από την κορυφή του Ολύμπου με προέκταση προς την περιοχή Αγίου Νικολάου Κακοπετριάς, όπου υπάρχουν και τα μεγαλύτερα κοιτάσματα χρωμιτών, Ο δουνίτης αποτελείται σχεδόν εξ ολοκλήρου από τον ορυκτό ολιβίνη. Μπορεί όμως να περιέχει και σε μικρό ποσοστό χρωμίτη και κλινοπυρόξενο. Το πάχος του στην περιοχή αυτή κυμαίνεται μεταξύ 150 και 200 μέτρων. Το δουνίτη διαδέχεται προς τα πάνω ο βερλίτης, με μια ενδιάμεση ζώνη κλινοπυροξενικού δουνίτη. Ορυκτολογικά ο βερλίτης αποτελείται από ολιβίνη (40-90%) και κλινοπυρόξενο (10-60%) καθώς και μικρό ποσοστό χρωμίτη (0-2 %).

Σε μερικές περιπτώσεις συμμετέχει και πλαγιόκλαστο με ποσοστό μέχρι 10%. Ο βερλίτης μεταπίπτει προς τα άνω σε πυροξενίτη και στην συνέχεια σε γάββρους. Οι γάββροι περιλαμβάνουν τους μεγαλόγαββρους, ολιβινικούς γάββρους και πυροξενικούς γάββρους ανάλογα με την ορυκτολογική τους σύσταση. Πάνω από τους γάββρους και υπο μορφή μικρών ασυνεχών εμφανίσεων βρίσκεται ο πλαγιογρανίτης και μετά ακολουθεί το Σύστημα Πολλαπλών Φλεβών.



Σχήμα 4.4. Ο γάββρος, είναι από τα πλουτωνία πετρώματα του Τροόδους.

1.13 Η ακολουθία του μανδύα

Η ακολουθία αυτή ονομάζεται έτσι γιατί τα πετρώματα που την αποτελούν θεωρούνται το δύστηκτο υλικό που παρέμεινε, μετά την μερική τήξη του ανώτερου μανδύα και ο σχηματισμός μάγματος βασαλτικής σύστασης, από το οποίο προήλθαν τα υπόλοιπα οφιολιθικά πετρώματα. Αποτελείται περίπου κατά 90% χαρτζβουργίτη, 10% δουνίτη, καθώς

και χρωμίτη μέχρι 2%. Ποσοστό 50-80% των αρχικών ορυκτών έχουν συνήθως εξαλλοιωθεί σε σερπεντινίτη.

Στο Δάσος της Λεμεσού η εξαλλοίωση είναι πολύ πιο εκτεταμένη και τα πετρώματα έχουν μετατραπεί σε σερπεντινίτη. Ο όρος σερπεντινίτη περιλαμβάνει ομάδα ορυκτών, τα οποία σχηματίζονται από την επίδραση του νερού σε υπερβασικά πετρώματα, όπως χαρτζβουργίτη, δουνίτη και βερλίτη σε θερμοκρασίες χαμηλότερες των 500⁰C. Τα κύρια ορυκτά της ομάδας του σερπεντινίτη είναι ο λιγαρδίτης, ο χρυσοτίλης και ο αντιγορίτης, η δε χημική τους σύσταση είναι $Mg_6Si_4O_{10} (OH)_8$. Ο χρυσοτίλης είναι ινώδης, απαντάται σε φλέβες και φλεβίδια και είναι γνωστός ως αμίαντος.

Πολύ καλές εμφανίσεις χαρτζβουργίτη με σώματα δουνίτη παρουσιάζονται στην κορυφή του Ολύμπου. Στην ευρύτερη περιοχή νοτιότερα της περιοχής του μεταλλείου του Αμιάντου τα πετρώματα χαρτζβουργίτη έχουν εξαλλοιωθεί πλήρως σε σερπεντινίτη και είναι αδύνατη η ορυκτολογική μελέτη των πρωτογενών ορυκτών και της αρχικής δομής του πετρώματος.

Ο χαρτζβουργίτης παρουσιάζει μια φυλλώδη υφή, που οφείλεται στην παράλληλη διλαταξη των κρυστάλλων του ορθοπυρόξενου και του χρωμίτη. Είναι δυνατό να παρουσιάζει επίσης ταινιοειδή όψη που οφείλεται στην παρουσία εναλλασσόμενων στρώσεων πλούσιων πτωχών στο ορυκτό οροπυρόξενος. Οι ταινίες αυτές πάχους μέχρι 10 εκατοστόμετρα κατά μήκους μερικών μέτρων, έχουν ασαφή όρια. Είναι αποτέλεσμα παραμόρφωσης και επανακρυστάλλωσης του ανερχόμενου δύστηκτου κατάλοιπου του μανδύα μετά την αφαίρεση του βασαλτικού μάγματος σε θερμοκρασία μεταξύ 1000-1200⁰C. Τέτοιες συνθήκες επικρατούν κάτω από τα αποκλίνοντα όρια των πλακών.

Σώματα δουνίτη απαντούνται σποραδικά μέσα στο χαρτζβουργίτη και έχουν διάφορα μεγέθη και σχήματα. Η πλειονότητα των μεγαλύτερων σωμάτων έχουν σχήμα επίμηκες με μεγαλύτερη διάσταση παράλληλη στην φύλλωση του χαρτζβουργίτη. Σε μερικά από αυτά τα δουνιτικά σώματα υπάρχουν οικονομικά εκμεταλλεύσιμες συγκεντρώσεις χρωμίτη. Συχνά, μικρά στρώματα χρωμίτη είναι πτυχωμένα και αποτελούν την μόνη μαρτυρία διατάραξης του δουνίτη. Από πετρογραφικές εξετάσεις συμπεραίνεται ότι τα δουνιτικά σώματα έχουν παραμορφωθεί και επανακρυσταλλωθεί μαζί με το χαρτζβουργίτη, παρόλο που αρχικά είχαν σχηματιστεί από την κρυστάλλωση του μάγματος.

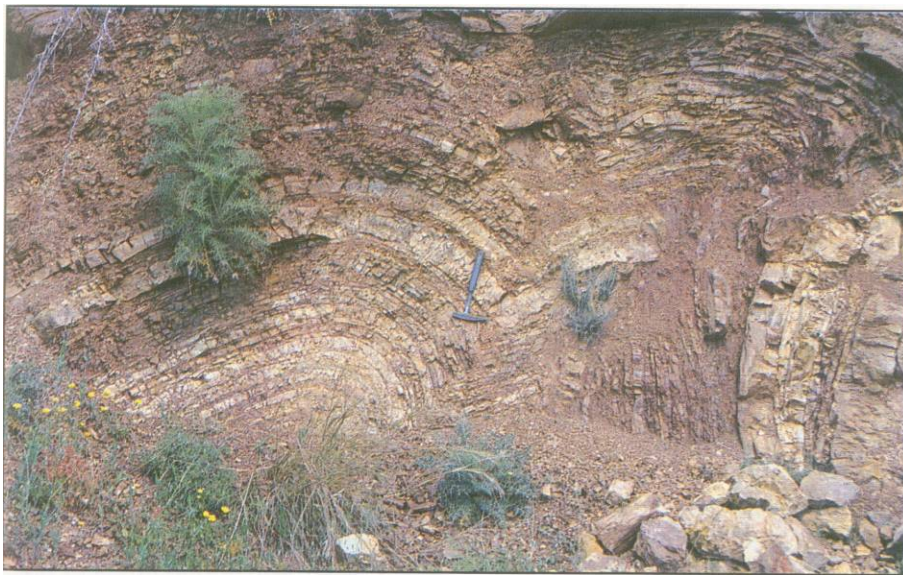
1.14 Η γεωτεκτονική ζώνη των Μαμμωνιών

Στην γεωλογική βιβλιογραφία η Ζώνη Μαμμωνιών αναφέρεται και ως Σύμπλεγμα Μαμμωνιών από το όνομα του χωριού Μαμμώνια της επαρχίας Πάφου, όπου υπάρχουν τυπικές εμφανίσεις πετρωμάτων της ζώνης αυτής.

Η ηλικία των πετρωμάτων κυμαίνεται από το Ανώτερο Τριαδικό (210 εκατομμύρια χρόνια) μέχρι το Μέσο Κρητιδικό (95 εκατομμύρια χρόνια) και εκτιμάται ότι τα πετρώματα αυτά είναι εξολοκλήρου αλλόχθονα σε σχέση με τα υπερκείμενα τριτογενή ανθρακικά πετρώματα του Τροόδους.

Εξαιρετικά χαρακτηριστικές εμφανίσεις των πετρωμάτων του Συμπλέγματος των Μαμμωνιών (σχ. 4.5) μπορούν να μελετηθούν στην νοτιοδυτική Κύπρο, όπου τα υπερκείμενα νεότερα ιζήματα έχουν διαβρωθεί. Μικρότερες εμφανίσεις βρίσκονται στο άκρο της χερσονήσου του Ακρωτηρίου και στην νοτιανατολική Κύπρο.

Το Σύμπλεγμα αποτελείται από σειρά εκρηξιγενών (λαβές) και ιζηματογενών και σε πολύ μικρότερη αναλογία μεταμορφωμένων πετρωμάτων, που καταγράφουν τον σχηματισμό μιας ωκεάνιας λεκάνης παρόμοιας με εκείνη της Ερυθράς Θάλασσας, την εξέλιξη της σε ωκεανό και το κλείσιμο της. Τα πετρώματα αυτά έχουν έντονα παραμορφωθεί, κατακερματιστεί και αναμειχθεί με μεγάλα κομμάτια οφιολιθικών πετρωμάτων του Τροόδους. Τέτοιες έντονα κατακερματισμένες και διαταραγμένες συγκεντρώσεις ονομάζονται συνονθυλεύματα. Παρά τον έντονο τεκτονισμό των πετρωμάτων διακρίνεται μια στρωματογραφία, η οποία διαχωρίζει το σύμπλεγμα σε δύο κύριες ομάδες: την ομάδα του Αγίου Φωτίου με επικρατέστερα τα ιζηματογενή πετρώματα και την ομάδα του Διαρίζου με πυριγενή κυρίως πετρώματα.



Σχήμα 4.5. Πτυχώμενα στρώματα του Σχηματισμού Μαμμωνιών.

1.15 Ο σχηματισμός της Επισκοπής

Ο σχηματισμός της Επισκοπής αποτελείται λιθολογικά από ιλυολίθους, ασβεστολουτίτες, ραδιολαριτικούς κερατόλιθους και πηλίτες και σε μικρότερο ποσοστό από χαλαζιακούς και ασβεστιτικούς ψαμμίτες και ασβεστολιθικά κροκαλοπαγή.

Το ολικό πάχος του σχηματισμού είναι της τάξης των 165 μέτρων και η ηλικία του κατώτερη ιουρασική έως κρητιδική (190-100 εκατομμύρια χρόνια).

Τα ιζήματα του σχηματισμού αποτελούνται από χερσογενή συστατικά τα οποία μεταφέρθηκαν απότομα και εναποτέθηκαν σε πολύ βαθιά νερά, όπου ταυτόχρονα γινόταν και η ιζηματογένεση των ραδιολαριτικών κερατόλιθων και πηλιτών. Τα ανθρακικά πετρώματα, όταν προέρχονται από πελαγική ιζηματογένεση, συνήθως δεν σχηματίζονται σε μεγάλα βάθη, γιατί τα ανθρακικά συστατικά τους διαλύονται προτού καθιζήσουν στο βυθό του ωκεανού. Η παρουσία ασβεστικών ψαμμιτών μαζί με ραδιολαρίτες καταδεικνύει την ταχεία και απότομη μεταφορά τους από τα αβαθή νερά και την εναπόθεση τους σε βαθιά νερά, όπου διατηρήθηκαν λόγω της κάλυψής τους.

Πρόσθετη ένδειξη της απότομης μεταφοράς και εναπόθεσης αυτών είναι η παρουσία καθαρών χαλαζιακών ψαμμιτών μεταξύ των ραδιολαριτιτών στους ανώτερους ορίζοντες, που συναντώνται στις εμφανίσεις του σχηματισμού στην χερσόνησο του Ακάμα και στο χωριό Άγιος Φώτιος της επαρχίας Πάφου.

1.16 Ο σχηματισμός της Πέτρας του Ρωμιού

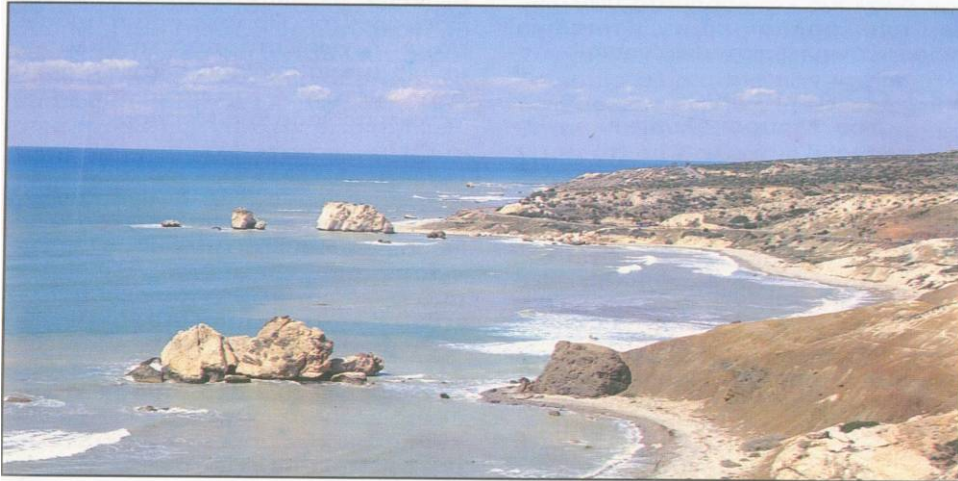
Σε όλη την γεωτεκτονική ζώνη των Μαμμωνιών βρίσκονται διάσπαρτα μεγάλα κομμάτια άσπρου, ανακρυσταλλωμένου ασβεστόλιθου, γεωγραφικά συνδεδεμένου με λαβές του Σχηματισμού της Φασούλας. Το μέγεθος των κομματιών αυτών κυμαίνεται από 5 μέχρι 100 μέτρα ή και περισσότερα. Τα πλείστα κομμάτια παρουσιάζουν επιφάνειες

ολίσθησης, γεγονός που υποδηλώνει ότι έχουν κερματισθεί και μετακινηθεί. Κομμάτια με χαμηλό βαθμό ανακρυστάλλωσης εξακολουθούν να διατηρούν απολιθώματα, κυρίως κοράλλια, καθώς επίσης και μικροαπολιθώματα, όπως φύκι, θραύσματα οστράκων και τρηματοφόρα.

Άλλα κομμάτια, όπως αυτό της Πέτρας του Ρωμιού, αποτελούνται από ανακρυσταλλωμένα ασβεστολιθικά λατυποπαγή, μέσα στα οποία εξακολουθούν να διακρίνονται ασαφείς τύποι απολιθωμάτων. Στην συγκεκριμένη περίπτωση αυτή η τοποθεσία έχει ανευρεθεί το απολιθώμα του ελασματοβραγχίου *Halobia*, το οποίο προσδιορίζει την άνω

τριαδική ηλικία. Μερικά ασβεστολιθικά λατυποπαγή περιέχουν κομμάτια βασάλτη παρόμοιου με εκείνο των λαβών του Σχηματισμού της Φασούλας.

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στο προηγούμενο κεφάλαιο, οι ασβεστόλιθοι αυτοί θεωρούνται ότι αποτελούσαν υφάλους και κορήματα υφάλων, που περιέβαλαν τα άνω τριαδικά ενδοωκεάνια ηφαιστειακά νησιά.



Σχήμα 4.6. Η Πέτρα του Ρωμιού. Η ίδια η πέτρα αντιπροσωπεύει ανακρυσταλλωμένο ασβεστόλιθο τα δε περιβάλλοντα πετρώματα είναι σχιστόλιθοι και λαβές του συμπλέγματος Μαμμωνιών που κατά τόπους καλύπτονται από κρητίδες.

2. ΒΥΘΟΜΕΤΡΙΑ ΚΑΙ ΒΥΘΟΜΕΤΡΙΚΟΙ ΧΑΡΤΕΣ

2.1 Εισαγωγή

Βυθομετρία είναι η ενόργανη μέτρηση του βάθους νερού. Πολλές βυθομετρήσεις σε μια περιοχή μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να οπτικοποιηθεί η τοπογραφία του βυθού. Όσο πιο πυκνό είναι το δίκτυο των βυθομετρήσεων τόσο τόσο πιο ακριβής είναι η εικόνα της υποθαλάσσιας τοπογραφίας του βυθού που μελετάται. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται για την ανεύρεση του βάθους μιας θαλάσσιας περιοχής είναι η ραβδοσκόπηση ή βολιδοσκόπηση, ο ηχοβολισμός και η βυθοσκόπηση με Laser.

2.2 Τεχνικές άμεσης παρατήρησης

Η αρχαιότερη μέθοδος προσδιορισμού του βάθους ενός θαλάσσιου πυθμένα είναι η ραβδοσκόπηση με τη βοήθεια ενός βαθμονομημένου κονταριού πλοήγησης ή εναλλακτικά με ένα βαθμονομημένο σχοινί όπου στην μία του άκρη είναι προσαρμοσμένο ένα λίθινο ή μεταλλικό βάρος (βολίδα). Τοιχογραφίες από Αιγυπτιακούς τάφους (σχ. 2.1) που χρονολογούνται πριν από τουλάχιστον 5000 χρόνια αναπαριστούν σκάφη που προσεγγίζουν αβαθή νερά με την χρήση κονταριού. Η μέθοδος αυτή ήταν μια διαδεδομένη πρακτική που την χρησιμοποιούσαν για πολλούς αιώνες όλοι σχεδόν οι ναυτικοί όταν τα σκάφη τους πλησίαζαν σε λιμάνια ή σε παράκτιες περιοχές.



Σχήμα 2.1 Τοιχογραφίες από Αιγυπτιακούς τάφους που φανερώνουν την χρήση ράβδου πλοήγησης.

Η πρώτη εκτίμηση για το βάθος της Μεσογείου έγινε από τον Ποσειδώνιο το 85 π.Χ. όταν με μια βολιδοσκόπηση διαπίστωσε ότι ο βαθύς πυθμένας της Μεσογείου δεν ήταν

επίπεδος, όπως πίστευαν μέχρι εκείνη την εποχή, αλλά αρκετά ανώμαλος και μάλιστα το μέγιστο βάθος του ξεπερνούσε τα 1800 μέτρα στην περιοχή κοντά στη Σαρδηνία.

Ηχοβολισμός

Η ακουστική διασκόπηση είναι η πλέον σύγχρονη τεχνική προσδιορισμού του βάθους ενός θαλάσσιου πυθμένα. Χρησιμοποιεί στις ιδιότητες του ήχου, όταν αυτός διαδίδεται μέσα σε ρευστό. Μια συσκευή που ονομάζεται βυθόμετρο (συνήθως είναι προσαρμοσμένο πάνω σε ένα σκάφος) εκπέμπει έναν ηχητικό παλμό, από τον πομπό του, το οποίο κατευθύνει προς τον βυθό και στη συνέχεια, αφού ανακλαστεί, τον συλλέγει με το δέκτη του. Ο υπολογισμός του βάθους νερού γίνεται με την επίλυση της εξίσωσης:

$$Z=C*t/2$$

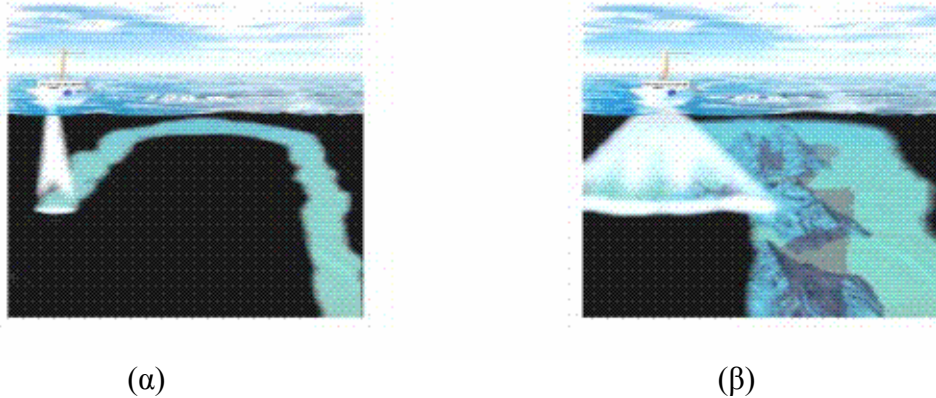
Όπου, Z = το βάθος νερού,

C = η ταχύτητα του ήχου στο θαλασσινό νερό (~1500 km/hr),

t = ο χρόνος διαδρομής του ηχητικού παλμού που κάνει για να φτάσει από τον πομπό στο βυθό και αντίστροφα.

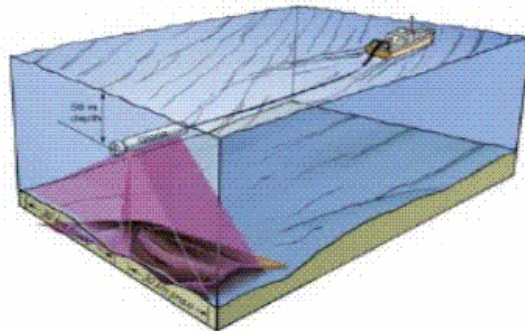
Τα Βυθόμετρα Απλής Δέσμης (Single Beam Echosounder), (σχ. 2.2) εκπέμπουν μια κάθετη δέσμη ηχητικών παλμών στη συχνότητα των 200KHz ή των 50KHz. Με τις υψηλές συχνότητες (200KHz) επιτυγχάνεται μεγάλη ακρίβεια σε ρηγά σχετικά νερά, ενώ με τις χαμηλές συχνότητες (50KHz) η ηχητική δέσμη διεισδύει σε μεγαλύτερα βάθη νερού. Η συνεχής εκπομπή ηχητικών παλμών κατά μήκος της πορείας ενός ερευνητικού σκάφους επιφανείας δίνει μια δισδιάστατη βυθομετρική διατομή. Η πρώτη βυθομέτρηση με ηχοβολιστή απλής δέσμης έγινε από το γερμανικό σκάφος Meteor στις αρχές της δεκαετίας του 1920 ανακαλύπτοντας τις τοπογραφικές ανωμαλίες του Ατλαντικού Ωκεανού.

Τις τελευταίες δεκαετίες ένας άλλος τύπος ηχοβολιστών έχουν αναπτυχθεί. Ονομάζονται Βυθόμετρα Πολλαπλής Δέσμης (Multibeam Echosounder) (σχ. 2.2) και η λειτουργία τους βασίζεται στην εκπομπή μιας πολλαπλής ηχητικής δέσμης με ευρεία γωνία πρόσπτωσης. Η δέσμη αυτή αφού ανακλαστεί στο βυθό συλλέγεται από ένα σύστημα δεκτών που είναι εγκατεστημένο στα ύφαλα του ερευνητικού σκάφους. Μετά από την κατάλληλη επεξεργασία, μέσω ενός ειδικού λογισμικού, παράγεται η τρισδιάστατη βυθομετρική απεικόνιση μιας ευρείας ζώνης βυθού.



Σχήμα 2.2 Έρευνα με βυθόμετρο (α) απλής και (β) πολλαπλής δέσμης.

Ένα άλλο ωκεανογραφικό όργανο που μπορεί να απεικονίσει το βυθό μέσω της εκπομπής δέσμης ηχητικών παλμών είναι ο Ηχοβολιστής Πλευρικής Σάρωσης (Side Scan Sonar) (σχ. 2.3). Το σύστημα αυτό χρησιμοποιεί έναν διπλό πομποδέκτη προσαρμοσμένο σε μια συσκευή που μοιάζει με τορπίλη. Η τορπίλη σέρνεται πίσω από το ερευνητικό σκάφος επιφανείας με τη βοήθεια ενός ειδικού συρματόσχοινου. Παράγονται δύο ηχητικές δέσμες, η μια δεξιά και η άλλη αριστερά της νοητής πορείας του σκάφους, με αποτέλεσμα την απεικόνιση («φωτογράφιση») των ψευδοτριδιάστατων ανωμαλιών του πυθμένα. Οι γεωμορφές ή τα αντικείμενα του βυθού που εξέχουν έχουν εντονότερη φωτεινότητα, ενώ αυτά που βρίσκονται χαμηλότερα ή είναι πίσω από τις «τοπογραφικές εξάρσεις» εμφανίζονται πιο σκούρες αποχρώσεις. Οι Ηχοβολιστές Πλευρικής Σάρωσης δεν παρέχουν ακριβή βυθομετρικά δεδομένα. Ωστόσο, είναι πολύτιμο όργανο στον εντοπισμό ναυαγίων, βλαβών σε υποβρύχια καλώδια και διάφορων γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών του πυθμένα όπως, υποθαλάσσιες κατολισθήσεις, αμμοθίνες, βραχώδεις εξάρσεις κ.ά..



Σχήμα 2.3 Μορφολογική αποτύπωση βυθού με χρήση ηχοβολιστή πλευρικής σάρωσης.

Βυθοσκόπηση με LASER

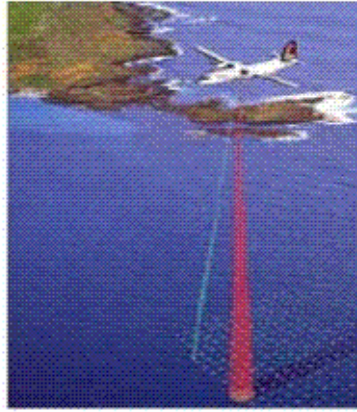
Τα τελευταία χρόνια η τεχνολογία Laser χρησιμοποιείται ευρέως για την βυθομέτρηση των αβαθών νερών αλλά και για την αποτύπωση μεγάλης κλίμακας μορφολογικών ανωμαλιών στους ωκεανούς. Έχουν αναπτυχθεί δύο κύριες τεχνικές: η βυθοσκόπηση με αερομεταφερόμενο Laser και η Δορυφορική υψομετρία. Και στις δυο περιπτώσεις μια ειδική συσκευή Laser που είναι προσαρμοσμένη σε ένα αεροπλάνο ή δορυφόρο εκπέμπει δέσμη φωτός κάθετα προς την επιφάνεια της θάλασσας.

Το Αερομεταφερόμενο Βυθόμετρο Laser (Laser Airborne Depth Sounder – LADS) (σχ. 2.4) αναπτύχθηκε από το πολεμικό ναυτικό της Αυστραλίας για να αποτυπώσει με μικρό κόστος και σε μικρό χρονικό διάστημα τις παράκτιες περιοχές της αυστραλιανής ηπείρου. Αποτελείται από μια συστοιχία Laser που τοποθετείται πάνω σε ένα μικρό αεροσκάφος, το οποίο πετάει σε ύψος 500 m περίπου. Το Laser αυτό έχει τη δυνατότητα να εκπέμπει δύο δέσμες: (α) μια κόκκινη που μετρά το ύψος του αεροπλάνου από την επιφάνεια της θάλασσας και (β) μια πράσινη που διεισδύει στο νερό και ανακλάται στον βυθό. Η διαφορά των αποστάσεων που λαμβάνονται από τις δυο αυτές δέσμες είναι το βάθος της θάλασσας. Αυτή η τεχνική έχει πολύ καλά αποτελέσματα στις αβαθείς περιοχές (βάθη μικρότερα των 20-30 m με καθαρά και ήρεμα νερά. Σε περιοχές με μεγάλη συγκέντρωση αιωρημένου υλικού ή τουρβιδιτική ροή (κυματισμό και ισχυρά παράκτια ρεύματα), η βυθοσκόπηση είναι αδύνατη.

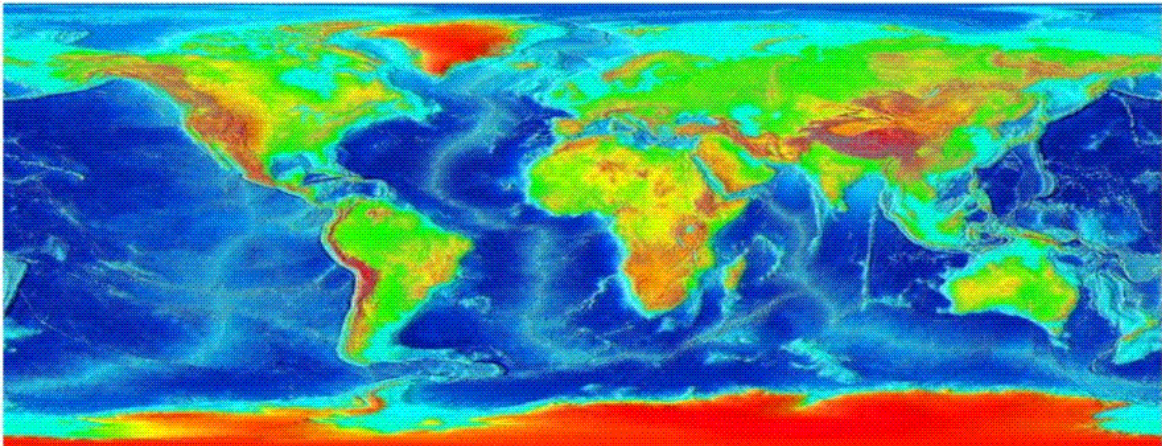
Ένας άλλος περιοριστικός παράγοντας είναι η νέφωση πάνω από την εξεταζόμενη περιοχή η οποία απορροφά ένα μεγάλο μέρος της δέσμης του laser και δεν το αφήνει να φτάσει με πλήρη ένταση στην επιφάνεια της θάλασσας.

Η εκτόξευση ειδικών δορυφόρων με ωκεανογραφική ειδίκευση, τις τελευταίες δυο δεκαετίες, έχει προάγει σε μεγάλο βαθμό την γνώση μας για την τις φυσικές διεργασίες που συμβαίνουν στους ωκεανούς (σχ. 2.5). Μια από τις σπουδαιότερες συνεισφορές της Δορυφορικής Υψομετρίας (Satellite Altimetry) είναι η ανακάλυψη των μεγάλων μορφολογικών χαρακτηριστικών του ωκεάνιου πυθμένα. Έχει διαπιστωθεί ότι η στάθμη του ωκεανού πάνω από μια μεγάλη μορφολογική ανωμαλία συμπεριφέρεται ανάλογα. Πιο συγκεκριμένα, όταν στον βυθό υπάρχει ένα υποθαλάσσιο βουνό, τότε ακριβώς πάνω από αυτό, η επιφάνεια του νερού ανυψώνεται αμυδρά σε σχέση με την τριγύρω περιοχή. Αντίθετα, όταν στον βυθό υπάρχει μια βαθιά λεκάνη, τότε πάνω από αυτήν την μορφολογική ανωμαλία, η επιφάνεια του ωκεανού χαμηλώνει σε σχέση με την μέση στάθμη. Με βάση αυτή την παρατήρηση και κατόπιν πολλών διορθώσεων έχουν παραχθεί μορφολογικοί χάρτες που δείχνουν σε γενικές γραμμές τις θέσεις των μεσο-ωκεάνιων ραχών, των μεγάλων

ρηγμάτων μετασχηματισμού, τις βαθιές τάφρους στα μέτωπα σύγκλισης των λιθοσφαιρικών πλακών κ.ά. Επισημαίνεται, ότι η μέθοδος της Δορυφορικής Υψομετρίας δεν μπορεί να δώσει βυθομετρικά δεδομένα, αλλά παρέχει μια γενική εκτίμηση των μεγάλων υποθαλάσσιων γεωμορφών.



Σχήμα 2.4 Βυθοσκόπηση παράκτιων περιοχών με χρήση Αερομεταφερόμενο Βυθόμετρο Laser.



Σχήμα 2.5 Γενική μορφολογική διάπλαση του ωκεάνιου πυθμένα με χρήση δορυφορικής υψομετρίας.

2.3 Βυθομετρικοί χάρτες

Βυθομετρικός Χάρτης: η χωρική απεικόνιση του βυθού σε μια οριζόντια διάσταση
Ναυτικός Χάρτης: η περιληπτική παρουσίαση της παράκτιας και θαλάσσιας περιοχής που περιλαμβάνει απαραίτητες πληροφορίες για την ασφαλή ναυσιπλοΐα. Σε έναν ναυτικό χάρτη περιλαμβάνονται βυθομετρικά δεδομένα που δίνουν μια σχετικά καλή εικόνα της μορφολογίας του βυθού

Βυθομετρική διατομή: η δισδιάστατη απεικόνιση του βυθού σε μια κάθετη τομή

Ισοβαθής: η γραμμή που ενώνει τα σημεία με ίδιο βάθος.

Ισοδιάσταση: η απόσταση σε μέτρα μεταξύ δυο διαδοχικών ισοβαθών

Χαρακτηριστικά ναυτικών χαρτών

Τα κυριότερα στοιχεία ενός ναυτικού χάρτη είναι η χωρική διευθέτηση των απαραίτητων γεωγραφικών πληροφοριών, η απεικόνιση της ξηράς, ακτογραμμής και του θαλάσσιου πυθμένα, και σύμβολα ναυσιπλοΐας.

Χωρική διευθέτηση

Συντεταγμένες

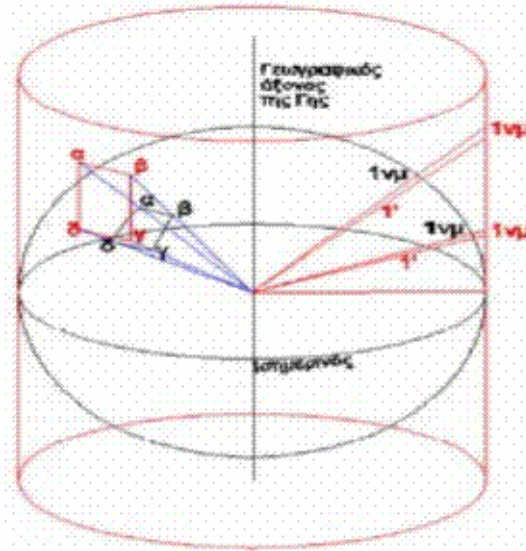
Κάθε σημείο της επιφάνειας της Γης προσδιορίζεται από δύο Γεωγραφικές Συντεταγμένες: Το Γεωγραφικό Πλάτος (φ , Latitude) που είναι το τμήμα (τόξο) του μεσημβρινού που περιλαμβάνεται μεταξύ του ισημερινού της γης και της συγκεκριμένης θέσης. Μετράται σε μοίρες, όπου η αρχή του (00°) είναι ο Ισημερινός και το τέλος του (90°) είναι οι πόλοι.

Χαρακτηρίζεται ως Βόρειο (N) ή Νότιο (S), αναλόγως το ημισφαίριο στο οποίο βρίσκεται η θέση. Το Γεωγραφικό Πλάτος σημειώνεται στο αριστερό και δεξιό πλαίσιο ενός ναυτικού χάρτη. Με βάση αυτή την κλίμακα μετρώνται όλες οι αποστάσεις πάνω στον χάρτη, όπου η μια μοίρα ισοδυναμεί με 60 ναυτικά μίλια ($1\text{o} = 60 \text{ μίλια} = 111,11 \text{ χλμ.}$) και ένα πρώτο της μοίρας ισοδυναμεί με ένα ναυτικό μίλι και ($1' = 1 \text{ μίλι} = 1,852 \text{ χλμ.}$). Το Γεωγραφικό Μήκος (λ , Longitude) είναι το τμήμα (τόξο) του παράλληλου που περιλαμβάνεται μεταξύ του 1ου μεσημβρινού και της συγκεκριμένης θέσης. Μετράται σε μοίρες, όπου η αρχή του (000°) είναι ο μεσημβρινός που διέρχεται από το Greenwich και το τέλος του (180°) είναι ο (αντί-)μεσημβρινός που διέρχεται κοντά από τα νησιά Φίτζι στον Ειρηνικό Ωκεανό. Χαρακτηρίζεται ως Ανατολικό (E) ή Δυτικό (W) αναλόγως το ημισφαίριο στο οποίο βρίσκεται η θέση. Το Γεωγραφικό Μήκος σημειώνεται στο πάνω και κάτω πλαίσιο του ναυτικού χάρτη. Σε αντίθεση με την κλίμακα μήκους τις οποίας οι υποδιαιρέσεις έχουν το ίδιο πάχος, στην κλίμακα πλάτους, όσο πλησιάζουμε προς τους πόλους το πάχος των υποδιαιρέσεων μειώνεται.

Προβολή

Οι ναυτικοί χάρτες στην Ελλάδα απεικονίζονται με βάση την Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή (Universal Transverse Mercator ή U.T.M.) (σχ. 2.6), για ζώνες εύρους 6° (η γη χωρίζεται σε 60 ζώνες). Στην Ε.Μ.Π., η γήινη επιφάνεια προβάλλεται πάνω σε έναν κύλινδρο, ο άξονας του οποίου είναι κάθετος ως προς την ευθεία που ενώνει τους δύο

πόλους. Ο μεσημβρινός που ορίζεται από την επαφή του κυλίνδρου με τη γήινη επιφάνεια είναι ο Κεντρικός Μεσημβρινός της προβολής και ταυτίζεται με τον κατακόρυφο άξονα του προβολικού συστήματος. Ο οριζόντιος άξονας όλων των Ε.Μ.Π. είναι ο Ισημερινός.



Σχήμα 2.6 Η Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή της επιφάνειας της γης.

Κλίμακα

Κλίμακα ενός χάρτη είναι η σχέση ανάμεσα στο σχεδιασμένο γραφικό μήκος και στο αντίστοιχο πραγματικό. Η κλίμακα ορίζεται ως ένα κλάσμα που έχει αριθμητή το σχεδιασμένο μήκος στον χάρτη και παρονομαστή το αντίστοιχο πραγματικό μήκος:

$$K=1/\alpha$$

Για παράδειγμα, ένας χάρτης με κλίμακα 1:50.000 (ένα προς πενήντα χιλιάδες) υποδηλώνει ότι 1 cm στον χάρτη αντιστοιχεί σε 50.000 cm (ή 500 m) στην πραγματική διάσταση της χαρτογραφημένης περιοχής.

Εκτός από την κλίμακα γεωγραφικού πλάτους και μήκους που πλαισιώνει τον χάρτη, πιθανώς να υπάρχει και μια γραφική κλίμακα, με την μορφή βαθμονομημένης γραμμής που αντιπροσωπεύει με μονάδες αποστάσεων στο έδαφος (συνήθως σε χιλιόμετρα ή μίλια).

Προσανατολισμός

Συνήθως οι χάρτες είναι προσανατολισμένοι με το πάνω μέρος τους προς τον βορρά. Ωστόσο, υπάρχουν γραφικά σύμβολα που επιβεβαιώνουν την αρχή αυτή. Ένα ιδιαίτερο σύμβολο είναι το Ανεμολόγιο Ναυτικού Χάρτη (compass rose).

Πρόκειται για χάρτινο δίσκο που αναπαριστά τον ορίζοντα, η περιφέρεια του οποίου υποδιαιρείται από 0° έως 360° (στη πράξη το σημείο 0° είναι το αυτό των 360°) και φέρει

δύο διαμέτρους κάθετες από τις οποίες η μία δείχνει τη μεσημβρινή γραμμή με άκρα τα σημεία του ορίζοντα Β (Βορρά) και Ν (Νότου) και η άλλη τη γραμμή του πρώτου καθέτου με άκρα τα σημεία του ορίζοντα Α (Απηλιώτη - Ανατολή) και Ζ (Ζέφυρο - Δύση). Έτσι ο δίσκος διαιρείται σε 4 τεταρτοκύκλια, προς 90 μοίρες έκαστο, το πρώτο Β-Α, το δεύτερο Ν-Α, το τρίτο Ν-Ζ και το τέταρτο Β-Ζ. Τα ανεμολόγια χρησιμεύουν εκτός του προσδιορισμού των ανέμων στη μέτρηση πλεύσεων, διοπτύσεων, ραδιοδιοπτύσεων, και του αζιμούθιου. Ο εσωτερικός κύκλος του ανεμολογίου ονομάζεται Μαγνητικό Ανεμολόγιο. Διαιρείται σε 360°, με τον μαγνητικό Βορρά να βρίσκεται στις 0ο και 360ο. Λόγω της μη ταύτισης του γεωγραφικού με τον μαγνητικό βορρά, τα σταυρόνημα των δύο ομόκεντρων κύκλων του ανεμολογίου δεν συμπίπτουν. Η διαφορά αυτή ονομάζεται Απόκλιση και διαφέρει από τόπο σε τόπο. Στο κέντρο του ανεμολογίου αναφέρεται και η ετήσια απόκλιση της περιοχής. Έτσι, όταν στο ανεμολόγιο υπάρχει η ένδειξη 2ο 53'Α 1997 (2'Α) σημαίνει ότι η Απόκλιση στο συγκεκριμένο σημείο ήταν 2ο 53' Ανατολική του 1997 και αυξάνεται (με κατεύθυνση Ανατολική) κατά 2' το έτος. Επομένως, το 2008 η Απόκλιση θα πρέπει να είναι: 2ο 53' + 0ο 22' (0ο 02' x 11 έτη) = 3ο 15' Ανατολική.

Απεικόνιση της ξηράς και της ακτογραμμής

Ακτογραμμή

Η ακτογραμμή είναι το όριο μεταξύ της στεριάς και της θάλασσα και ταυτίζεται με την ισοβαθή του «μηδέν». Επειδή η στάθμη της θάλασσας μεταβάλλεται συνεχώς, η μέτρηση των βαθών και η επακόλουθη απεικόνιση τους στους ναυτικούς και βυθομετρικούς χάρτες, πρέπει να αναχθεί σε ένα σταθερό οριζόντιο επίπεδο αναφοράς το οποίο λέγεται Επίπεδο Αναγωγής Βολισμάτων (sounding datum). Στην Ελλάδα το Ε.Α.Β. ταυτίζεται με την χαμηλότερη στάθμη της παλίρροιας (δηλαδή την Κατωτάτη Ρηχία - Κ.Τ.Π.) έτσι ώστε, σχεδόν πάντοτε, τα πραγματικά βάθη στην περιοχή να μην είναι μικρότερα από αυτά που απεικονίζονται στους χάρτες, για λόγους ασφάλειας της ναυσιπλοΐας. Η Κ.Τ.Π. είναι το ελάχιστο ύψος της επιφάνειας της θάλασσας που παρατηρήθηκε τα τελευταία 18,6 χρόνια, τουλάχιστον.

Επισημαίνεται ότι το σημείο «μηδέν» των ναυτικών και βυθομετρικών χαρτών δεν συμπίπτει με το τοπογραφικό σημείο μηδέν, το οποίο ορίζεται ως η Μέση Στάθμη της Θάλασσας (Μ.Σ.Θ.), δηλαδή το μέσο ύψος της επιφάνειας της θάλασσας που προκύπτει από παρατηρήσεις που λαμβάνονται ανά ίσα χρονικά διαστήματα για μία μακροχρόνια περίοδο που κατά προτίμηση πρέπει να είναι τουλάχιστον 18,6 έτη. Πρακτικά, το «μηδέν» των ελληνικών ναυτικών χαρτών είναι, κατά μέσο όρο, περίπου 50 cm χαμηλότερα από το «μηδέν» των τοπογραφικών χαρτών και, επομένως, η ακτογραμμή στους ναυτικούς χάρτες

είναι μετατοπισμένη κατά τι προς τη θάλασσα.

Ωστόσο, το «μηδέν» ενός ναυτικού χάρτη μπορεί να διαφέρει από το αντίστοιχο «μηδέν» κάποιου άλλου ναυτικού χάρτη. Για παράδειγμα, σε περιοχές με μεγάλο παλιρροιακό εύρος, η Κατώτατη ρηχία είναι σε χαμηλότερο επίπεδο (π.χ. στη Βόρεια Γαλλία είναι 4 μέτρα κάτω από το απόλυτο τοπογραφικό «μηδέν») από ότι σε περιοχές με μικρό παλιρροιακό εύρος (π.χ. στη Ελλάδα είναι 0,5 μέτρα κάτω από το απόλυτο τοπογραφικό «μηδέν»).

Το είδος της ακτής

Η αποτύπωση της μορφολογίας μιας ακτής πάνω σε ένα ναυτικό χάρτη είναι ιδιαίτερα σημαντική για την ασφαλή προσέγγιση των περιοχών αυτών από τα σκάφη. Συνήθως γίνεται μια απλουστευμένη ταξινόμηση και χρησιμοποιούνται διάφορα σύμβολα, όπως ένα νέφος τελειών για αμμόδεις παραλίες, κάθετες πυκνές γραμμές για απόκρημνες βαραχώδεις ακτές κ.ά.. Επιπλέον, είναι δυνατό να δίνονται πληροφορίες για το αν μια παράκτια περιοχή είναι ελώδης, δενδοφυτεμένη, άγονη κ.ά.

Ξηρά

Η γραφική απεικόνιση του χερσαίου τμήματος μιας περιοχής είναι σχετικά απλή και έχει συνήθως κίτρινο φόντο. Περιλαμβάνονται περιορισμένες πληροφορίες για το υψόμετρο (ισοϋψείς ανά 100 m, ύψη κορυφών βουνών και λόφων), το υδρογραφικό και συγκοινωνιακό δίκτυο καθώς και ονόματα οικισμών, χωριών ή πόλεων.

Προβολή σταθερών σημείων

Ένα από τα απαραίτητα δεδομένα που περιλαμβάνει ένας ναυτικός χάρτης είναι η προβολή των φάρων με τα διακριτικά τους και τα τόξα ορατότητάς τους. Οι φάροι είναι κτίσματα που οικοδομούνται σε διάφορα σημεία των ηπειρωτικών και, νησιωτικών ακτών, στην κορυφή των οποίων υπάρχει ειδικός μηχανισμός που φωτοβολεί (εκπέμπει) φως. Για πολλούς αιώνες αποτελούν ένα ιδιαίτερο βοηθητικό μέσο στην ασφαλή ναυσιπλοΐα. Το σύνολο των εγκατεστημένων φάρων, η διάταξή τους και τα χαρακτηριστικά εκάστου αποτελούν το φαρικό σύστημα της Χώρας που περιλαμβάνεται σε ειδικά ναυτιλιακά βοηθήματα, τους

Φαροδείκτες

Αρμόδια Υπηρεσία ελέγχου και γενικής εποπτείας του ελληνικού φαρικού συστήματος είναι η Υπηρεσία Φάρων, ανεξάρτητη Υπηρεσία του Ελληνικού Πολεμικού Ναυτικού. Επιπρόσθετα, για τη διευκόλυνση των ναυτιλομένων και τον καλύτερο προσανατολισμό τους, οι ναυτικοί χάρτες περιλαμβάνουν πολλές φορές κάποια ευδιάκριτα σταθερά σημεία επί της χέρσου («σημάδια»), όπως εκκλησίες, κάστρα, γέφυρες, πηγές κ.ά., έτσι ώστε να είναι

δυνατή η άμεση αναγνώρισή τους σε περίπτωση ανάγκης. Ωστόσο, στους χάρτες υπάρχουν πολλά σφάλματα που σχετίζονται με την ακριβή θέση των παραπάνω σημειακών και γραμμικών συμβόλων ή με τα ονόματα των τοποθεσιών. Για αυτό οι χάρτες αναθεωρούνται και βελτιώνονται με νέες διορθωμένες εκδόσεις.

Απεικόνιση του θαλάσσιου πυθμένα

Το βάθος της θάλασσας (σημεία και ισοβαθείς)

Όταν ένας χάρτης απεικονίζει με μεγάλη λεπτομέρεια μια υποθαλάσσια περιοχή ονομάζεται Βυθομετρικό Διάγραμμα. Τα βάθη εμφανίζονται συνήθως ως σημεία που δίπλα τους αναγράφεται η τιμή τους με ακρίβεια ενός δεκάτου του μέτρου. Με την σημειακή έκφραση των βαθών μπορεί να συνυπάρξει και η γραμμική απεικόνιση, δηλαδή οι ισοβαθείς. Η ισοδιάστασή τους εξαρτάται από την εφαρμογή του χάρτη, δηλαδή από το πόσο μεγάλη λεπτομέρεια χρειάζεται να προσφέρει στον χρήστη. Τα αβαθή νερά (βάθη μικρότερα των 10 m) χρωματίζονται στον χάρτη με γαλάζιο φόντο έτσι ώστε να είναι ευανάγνωστα από τους ναυτιλομένους.

Το είδος του βυθού

Σε μερικές υποθαλάσσιες περιοχές, όπου έχουν πραγματοποιεί λεπτομερείς επιστημονικές έρευνες, παρέχονται πληροφορίες για τη φύση και τη σύσταση του βυθού. Δηλαδή, ένας βαθυμετρικός χάρτης μπορεί να δώσει σε γενικές γραμμές αν ο πυθμένας είναι βραχώδης, αμμώδης ή λασπώδης.

Πληροφορίες για ασφαλή ναυσιπλοΐα

Εκτός από τις γεωγραφικές πληροφορίες που παρέχει ένας ναυτικός χάρτης, επισημαίνει τους διάφορους κινδύνους που πιθανώς να υπάρχουν σε μια περιοχή, όπως την ύπαρξη υφάλων, πεδίων βολής του Πολεμικού Ναυτικού και την διέλευση υποβρυχίων.

3. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (GIS)

3.1 Εισαγωγή

Η ιδιαιτερότητα στις βάσεις δεδομένων σε περιβαλλοντικά ζητήματα σε σχέση με άλλες βάσεις δεδομένων οφείλεται στη γεωγραφική εξάρτησή τους. Παίζει δηλαδή σημαντικό ρόλο η χωρική διάσταση των Πληροφοριών και η γεωγραφική τους κατανομή. Τα πλεονεκτήματα της χρήσης των GIS συνοψίζονται στα παρακάτω :

A) Δυνατότητα Γεωγραφικής Ανάλυσης των Πληροφοριών

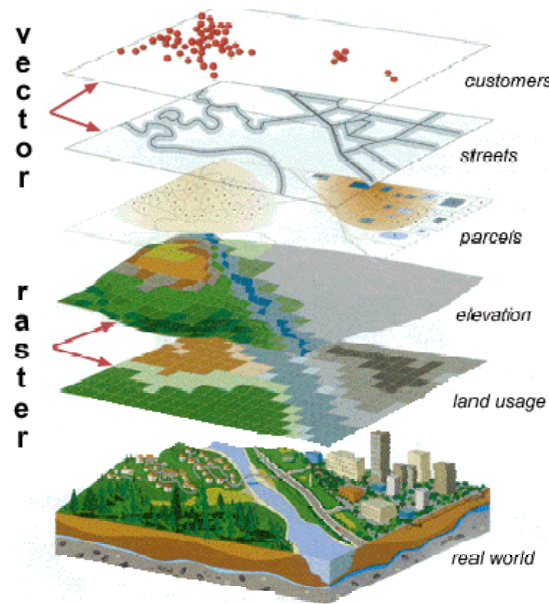
Οι πληροφορίες δεν έχουν απλώς χωρική εξάρτηση αλλά μπορούν να διαχειριστούν με βάση τη γεωγραφική συνιστώσα. Έτσι μπορούν να ανακτηθούν πληροφορίες σχετικά με την κατανομή κάποιας συγκεκριμένης ιδιότητας των παραμέτρων ή πληροφορίες σχετικές με περιοχές που εμφανίζεται ιδιότητα. Για παράδειγμα, περιοχές όπου η ρύπανση υπερβαίνει κάποια όρια ή περιοχές όπου η βροχόπτωση ή η απορροή εμφανίζει συστηματική απόκλιση από τις μέσες αναμενόμενες τιμές.

B) Δυνατότητα ηλεκτρονικής χαρτογράφησης και παρουσίασης θεματικών χαρτών

Τα GIS έχουν τη δυνατότητα να παρουσιάζουν πληροφορίες με μορφή χαρτών και ιδιαίτερα θεματικών χαρτών. Αυτοί οι χάρτες μπορούν να συνδυάζονται μεταξύ τους και να παράγουν σύνθετες χαρτογραφικές απεικονίσεις.

Γ) Δυνατότητα διεπιστημονικής εργασίας

Αυτό σημαίνει ότι μπορεί κάποιος να προσθέσει στοιχεία του δικού του επιστημονικού κλάδου σε προηγούμενες δουλειές "κτίζοντας" πάνω σε αυτές και έτσι αυξάνει τον αριθμό των πληροφοριών που αφορούν μια συγκεκριμένη περιοχή ευνοώντας την ύπαρξη κοινής αναφοράς για τους επιστήμονες διαφορετικών ειδικοτήτων που συνεργάζονται μεταξύ τους. Αυτό επιτυγχάνεται χάρη στη θεμελιώδη αρχή των επιπέδων (Layers) τα οποία εναποτίθενται το ένα πάνω στο άλλο (σχήμα 3.1) και έτσι συνδυαζόμενα μεταξύ τους όπως συνηθίζεται με την κλασσική μέθοδο χαρτογράφησης με χρήση ριζόχαρτων που εναποτίθενται διαδοχικά το ένα πάνω στο άλλο, κατορθώνουμε την αξιοποίηση και τον συνδυασμό διαφορετικών πληροφοριών.



Σχήμα 3.1 Εναπόθεση επιπέδων.

Δ) Δυνατότητα ένταξης μεθόδων μαθηματικής επεξεργασίας των πληροφοριών στα GIS καθώς και μοντέλα προσομοίωσης.

Συγκεκριμένα, στις περιβαλλοντικές εφαρμογές μπορούμε να ασχοληθούμε με μοντέλα πρόγνωσης φαινομένων, π.χ. περιβαλλοντικών αλλοιώσεων, αλλοίωση μορφολογίας της εξέλιξης των υδροσυστημάτων, την αξιοποίηση εναλλακτικών σχεδίων διαχείρισης κ.α.

3.2 Χρήση του Arcview

Σε αυτή την ενότητα περιγράφεται συνοπτικά η διαδικασία που ακολουθήθηκε για την ανάπτυξη του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών με τη βοήθεια του ArcView 9.3.

1. Εισαγωγή του χάρτη μέσω σαρωτή (scanner) στον ηλεκτρονικό υπολογιστή.

Στη συγκεκριμένη εργασία έγινε εισαγωγή δύο χαρτών, κλίμακας 1:100000. Για κάθε κομμάτι του χάρτη δίνονται οι γεωγραφικές συντεταγμένες τεσσάρων γνωστών σημείων με τέτοια ακρίβεια ώστε το σφάλμα να είναι μηδενικό στην καλύτερη περίπτωση ή τουλάχιστον μικρότερο του 2 (rms < 2). Η διαδικασία αυτή ονομάζεται image registration.

Το επόμενο βήμα είναι η γεωαναφορά του χάρτη (Georeferencing). Τα βήματα που ακολουθήθηκαν είναι τα εξής :

- Γίνεται προσθήκη της εικόνας στο υποπρόγραμμα ArcMap η οποία αντιστοιχεί στο σαρωμένο χάρτη. (Προαιρετικά και του βοηθητικού

θεματικού επιπέδου που θα χρησιμοποιηθεί σαν οδηγός για τη γεωαναφορά)

- Κατάδειξη σημείων ελέγχου στην εικόνα για τα οποία γνωρίζουμε τις πραγματικές συντεταγμένες τους τις οποίες και εισάγουμε (άμεσα με πληκτρολόγηση ή έμμεσα με τη χρήση του βοηθητικού θεματικού επιπέδου).
- Όταν επιτευχθεί ικανοποιητική ακρίβεια (έλεγχος του RMS error), γίνεται αποθήκευση της πληροφορίας ακρίβειας γεωαναφοράς η οποία αναφέρεται στο αρχείο της εικόνας.

2. Ψηφιοποίηση των ισοϋψών και ισοβαθών του χάρτη

Ισοϋψείς καμπύλες

Στους χάρτες, η αναπαράσταση του ανάγλυφου γίνεται με τη βοήθεια ισοϋψών καμπυλών. Η ισοϋψής καμπύλη είναι μια νοητή γραμμή που περνά από όλα τα σημεία που έχουν το ίδιο υψόμετρο. Η υψομετρική διαφορά ανάμεσα σε δύο διαδοχικές ισοϋψείς καμπύλες λέγεται ισοδιάσταση. Η ισοδιάσταση είναι ένα από τα βασικά χαρακτηριστικά ενός χάρτη και συνήθως συνδυάζεται με την κλίμακά του: οι χάρτες κλίμακας 1:250.000 έχουν ισοδιάσταση 100 μ., στο 1:100.000 η ισοδιάσταση είναι 40 μ., στην κλίμακα 1:50.000 συνήθως χρησιμοποιείται η ισοδιάσταση των 20 μ. με βοηθητικές καμπύλες ανά 10 μ. στα ομαλά πεδία, στο 1:25.000 η ισοδιάσταση είναι 10 μ. και στο 1:5.000 χρησιμοποιείται η ισοδιάσταση των 4 μ.

Η ισοδιάσταση των 100 μ. είναι κατάλληλη για περιγητική χρήση (χάρτες κλίμακας 1:50.000 έως 1:250.000), ενώ στην πεζοπορία, η ισοδιάσταση των 20 μ. σε συνδυασμό με την κλίμακα του 1:50.000 προσφέρουν ανεκτίμητη βοήθεια και σιγουριά, ειδικά σε ασαφή μονοπάτια.

Οποσδήποτε, για την αναγνώριση των μορφολογικών χαρακτηριστικών ενός τοπίου με βάση τις ισοϋψείς καμπύλες απαιτείται κάποια εξάσκηση. Το βασικότερο που πρέπει να γνωρίζει κανείς είναι ότι όσο πιο πυκνές είναι οι ισοϋψείς καμπύλες τόσο μεγαλύτερη είναι κλίση της πλαγιάς. Η διάκριση των ραχών από τις ρεματιές διευκολύνεται από την παρουσία της μπλε διακεκομμένης γραμμής στις μισγάγκειες.

Πριν ξεκινήσει η ψηφιοποίηση των χαρτών, δημιουργούμε τα απαραίτητα θεματικά επίπεδα. Τα βήματα για τη διαδικασία αυτή είναι τα εξής :

1. Γίνεται έναρξη του υποπρογράμματος ArcCatalog και οδηγούμαστε στους σχετικούς καταλόγους. Δημιουργείται σύνδεση με τον επιθυμητό κατάλογο.
2. Γίνεται εκκίνηση του ArcCatalog. Επιλέγεται από το μενού File/New/Shapefile και αφού καθοριστούν τα ονόματα και ο τύπος των οντοτήτων (feature type) που περιέχονται στο νέο shapefile, δίνοντας OK δημιουργείται ένα νέο κενό θεματικό επίπεδο. Πριν ολοκληρωθεί η δημιουργία του νέου shapefile, με την επιλογή edit – select – Projected Coordinate System – Greek Grid, μπορεί να οριστεί το γεωδαιτικό σύστημα αναφοράς ΕΓΣΑ'87).

Η διαχείριση του νέου θεματικού επιπέδου δημιουργήθηκε και η προσθήκη σε αυτό γεωγραφικών οντοτήτων υλοποιείται με τη χρήση του υποπρογράμματος ArcMap, με τα παρακάτω βήματα :

1. Έναρξη του ArcMap με τη δημιουργία νέου χάρτη ή ενεργοποίηση χάρτη που έχει δημιουργηθεί προγενέστερα.
2. Δημιουργία νέου πλαισίου δεδομένων (data frame) και καθορισμός του συστήματος αναφοράς του. (data frame < Properties < Coordinate System < Predefined < Projected Coordinate System < National Grids < Greek Grid).
3. Προσθήκη σε αυτό του θεματικού επιπέδου που δημιουργήθηκε στον ArcCatalog, καθώς και του σαρωμένου χάρτη (αρχείο εικόνας), που θα χρησιμοποιηθεί σαν υπόβαθρο για την ψηφιοποίηση επί της οθόνης.
4. Στη συνέχεια γίνεται ενεργοποίηση της γραμμής εργαλείων διαμόρφωσης (Editor Toolbar Button).
5. Από το μενού επιλογών Editor, γίνεται επιλογή του Start Editing και καθορισμός ενέργειας (Task : Create New Feature) και θεματικό επίπεδο εργασίας (Target : το shapefile που δημιουργήθηκε).
6. Ψηφιοποίηση ισούψων με τη χρήση του εργαλείου σχεδίασης (sketch tool) και εισαγωγή με κλικ του ποντικιού (mouse) στα σημεία που ορίζουν τις ισούψεις.
7. Λήξη της ψηφιοποίησης με διπλό κλικ ή F2.

3. Δημιουργία – Διαμόρφωση περιγραφικών δεδομένων.

Για την πληρέστερη ψηφιακή κωδικοποίηση των γεωγραφικών δεδομένων, εκτός από τη θέση, καταγράφονται και τα περιγραφικά τους χαρακτηριστικά.

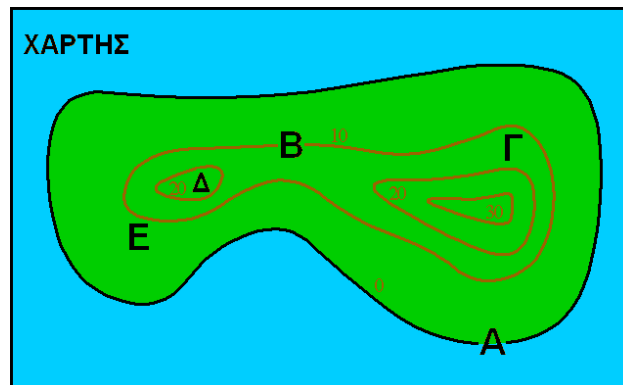
Α) Σε κάθε διανυσματικό θεματικό επίπεδο τύπου shapefile, αντιστοιχεί ένας πίνακας περιγραφών (attribute table) ο οποίος περιέχει τα γνωρίσματα των γεωγραφικών οντοτήτων του, που συγκεκριμένη περίπτωση είναι οι ισοϋψείς. Η προσπέλαση στον πίνακα περιγραφών μπορεί να γίνει τόσο από το υποπρόγραμμα ArcCatalog, όσο και από το ArcMap.

Ο πίνακας αυτός περιέχει περιγραφικά στοιχεία που σχετίζονται με τις χωρικές οντότητες (ισοϋψείς). Ο πίνακας περιγραφών, σε συνδυασμό με τη χωρική – γεωμετρική πληροφορία, αποτελούν τον πυρήνα ενός τέτοιου θεματικού επιπέδου πληροφοριών.

4. Δημιουργία βάσης δεδομένων μέσω του GIS.

Με τη βοήθεια του Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών ArcView 9.3., αφού εισήχθησαν τα δύο κομμάτια των ναυτικών χαρτών του νησιού της Κρήτης με στον υπολογιστή, με τη βοήθεια σαρωτή, έγινε η ψηφιοποίηση των ισοβαθών.

Σχηματικά αναφέρεται παρακάτω η διαδικασία της ψηφιοποίησης και αναφορά των ισοϋψών στον attribute table :



Το σημείο A = 0 μέτρα

Το σημείο A βρίσκεται ακριβώς πάνω στην ισοϋψή 0 μέτρα του περιγράμματος. Δεδομένου ότι όλα τα σημεία πάνω στη γραμμή αυτή έχουν υψόμετρο 0 μέτρα, το σημείο A έχει και αυτό υψόμετρο 0 μέτρα.

Σημείο B = 10 μέτρα

Το σημείο B βρίσκεται ακριβώς πάνω στην ισοϋψή 10 μέτρα του περιγράμματος. Δεδομένου ότι όλα τα σημεία πάνω στη γραμμή αυτή έχουν υψόμετρο 10 μέτρα, το σημείο B έχει και αυτό υψόμετρο 10 μέτρα.

Σημείο Γ ~ 15 μέτρα

Σημείο Γ, δε βρίσκεται ακριβώς πάνω σε γραμμή του περιγράμματος και έτσι δεν μπορεί να προσδιορίσει με ακρίβεια το υψόμετρο. Το σημείο Γ είναι μεταξύ των ισοϋψών 10 μέτρα και 20 μέτρα. Έτσι το υψόμετρο σε εκείνο το σημείο πρέπει να είναι μεγαλύτερο από 10 μέτρα και μικρότερο από 20 μέτρα. Επειδή το σημείο Γ βρίσκεται σε ίση απόσταση μεταξύ αυτών των γραμμών, το υψόμετρο σε εκείνο το σημείο είναι περίπου 15 μέτρα. (Σημείωση αυτό προϋποθέτει ότι η κλίση είναι σταθερή μεταξύ των δύο ισοϋψών καμπύλων).

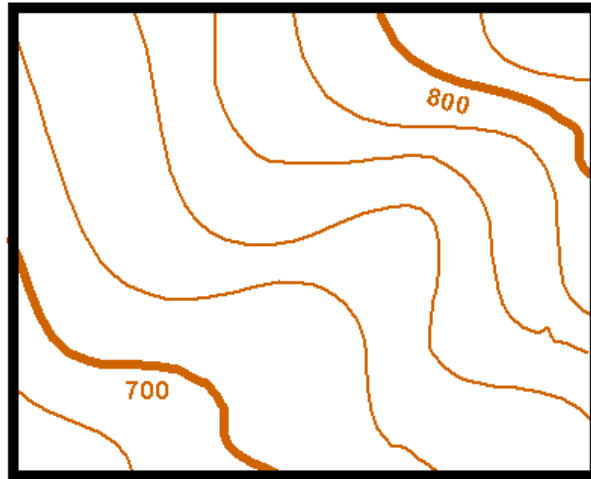
Σημείο Δ ~ 25 μέτρα

Το σημείο Δ έχει υψόμετρο μεγαλύτερο από 20 μέτρα και λιγότερο από 30 μέτρα αφού δεν υπάρχει ισοϋψής σε εκείνο το σημείο με υψόμετρο 30 μέτρα. Δε μπορούμε να ήμαστε σίγουροι για το ακριβές υψόμετρο σε εκείνο το σημείο. Σε αρκετές περιπτώσεις αναφέρεται το υψόμετρο σε παρόμοια σημεία. Θα μπορούσε το σημείο αυτό να έχει υψόμετρο 21 μέτρα ή 29 μέτρα. Δεν υπάρχει τρόπος να προσδιοριστεί το ακριβές υψόμετρο. Ωστόσο η διαφορά των 8 μέτρων δεν είναι μεγάλη, οπότε μπορεί να αναφέρουμε το σημείο με υψόμετρο 25 μέτρα. (Με την προϋπόθεση ότι η κλίση του εδάφους μεταξύ των δύο ισοϋψών είναι σταθερή).

Το σημείο Ε ~ 8 μέτρα

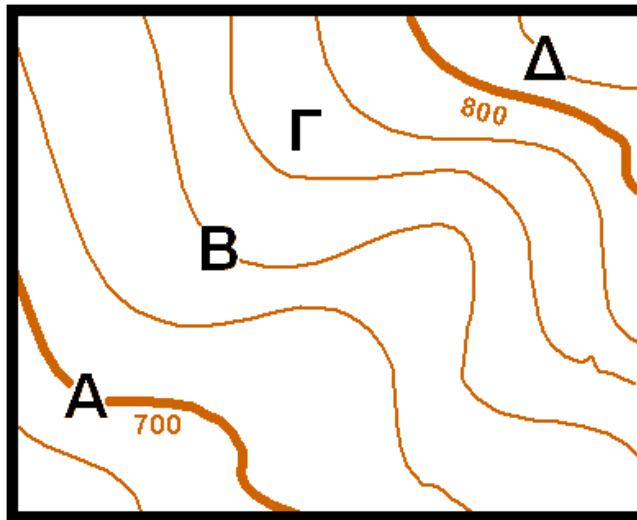
Ακριβώς όπως με το σημείο Γ ανωτέρω, πρέπει να εκτιμηθεί ότι το σημείο Ε βρίσκεται κάπου μεταξύ των υψομέτρων 0 μέτρα και 10 μέτρα. Επειδή αυτό το σημείο είναι πιο κοντά στην ισοϋψή των 10 μέτρων από τη γραμμή 0 μέτρα εκτιμούμε υψόμετρο είναι πιο κοντά στην ισοϋψή των 10 μέτρων. Σε αυτή την περίπτωση 8 μέτρα φαίνεται λογικό. (Με την προϋπόθεση ότι η κλίση του εδάφους μεταξύ των δύο ισοϋψών είναι σταθερή).

- Αρχικά ψηφιοποιούνται οι κύριες ισοϋψείς (σχήμα 2.2): η 100 μέτρα, η 200 μέτρα, η 300 μέτρα κτ.λ.



Σχήμα 3.2 Κύριες ισοψείς.

- Συνεχίστηκε η ψηφιοποίηση όπως αναφέρεται παρακάτω :



Σχήμα 3.3 Δευτερεύουσες ισοψείς.

Οι ισοψείς απέχουν μεταξύ τους 20 μέτρα. Επομένως αναφέρθηκαν στον attribute table ως εξής :

Σημείο A = 700

Κύρια γραμμή με υψόμετρο 700 μέτρα.

Σημείο B = 740

Αυτή η ισοψής δε αναφέρεται τι υψόμετρο έχει. Επειδή βρίσκεται πάνω από την ισοψή των 700 μέτρων κατά δύο ισοψεις, έχει υψόμετρο 740 μέτρα.

Σημείο Γ ~ 770

Το σημείο Γ δεν βρίσκεται πάνω σε μια ισοψή με γνωστό υψόμετρο. Όμως, μετρώντας από την ισοψή των 700 μέτρων φαίνεται πως βρίσκεται μεταξύ

των ισοϋψών 760 μέτρα και 780 μέτρα. Επειδή είναι στη μέση των δύο μπορεί να εκτιμηθεί ότι εκεί είναι το υψόμετρο των 770 μέτρων.

Σημείο D = 820

Αυτή η ισοϋψής δε αναφέρεται τι υψόμετρο έχει. Επειδή βρίσκεται πάνω από την ισοϋψή των 800 μέτρων κατά μια ισοϋψή, έχει υψόμετρο 820 μέτρα.

Πηγές

<http://raider.mountunion.edu/~mcnaugma/Topographic%20Maps/contour.htm>

<http://estia.hua.gr:8080/dspace/bitstream/123456789/183/1/Ptychiaki34.pdf>

<http://www.anavasi.gr/about.php>

<http://www.seos-project.eu/modules/agriculture/agriculture-c03-s01.gr.html>

4. ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΗΣ ΕΞΕΤΑΖΟΜΕΝΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

4.1 Το βυθομετρικό ανάγλυφο της εξεταζόμενης περιοχής και τα παράγωγα

Η εξεταζόμενη περιοχή (σχ. 4.1) αποτελεί το θαλάσσιο τμήμα κυρίως νότια της Κύπρου. Εντοπίζεται στο όριο σύγκλισης της αφρικανικής με την ευρασιατική πλάκα (McKenzie 1972; Jackson & McKenzie 1984, 1988; Kempler & Ben - Avraham 1987; Ben-Avraham et al . 1988). Το όριο της πλάκας σε αυτό το μέρος της Ανατολικής Μεσογείου δεν είναι σαφώς καθορισμένο, αλλά το τμήμα στα νότια της Κύπρου είναι γενικά αποδεκτό ότι αποτελεί ζώνη καταβύθισης (Woodside 1977; Rotstein & Kafka 1982; Kempler & Ben - Avraham 1987; Anastasakis & Kelling 1991; Kempler 1994) . Η τάφρος που σχετίζεται με αυτή τη ζώνη καταβύθισης είναι τοξοειδής και διατρέχει περίπου τη νότια και νοτιοδυτική ακτή της Κύπρου (σχ. 4.1).

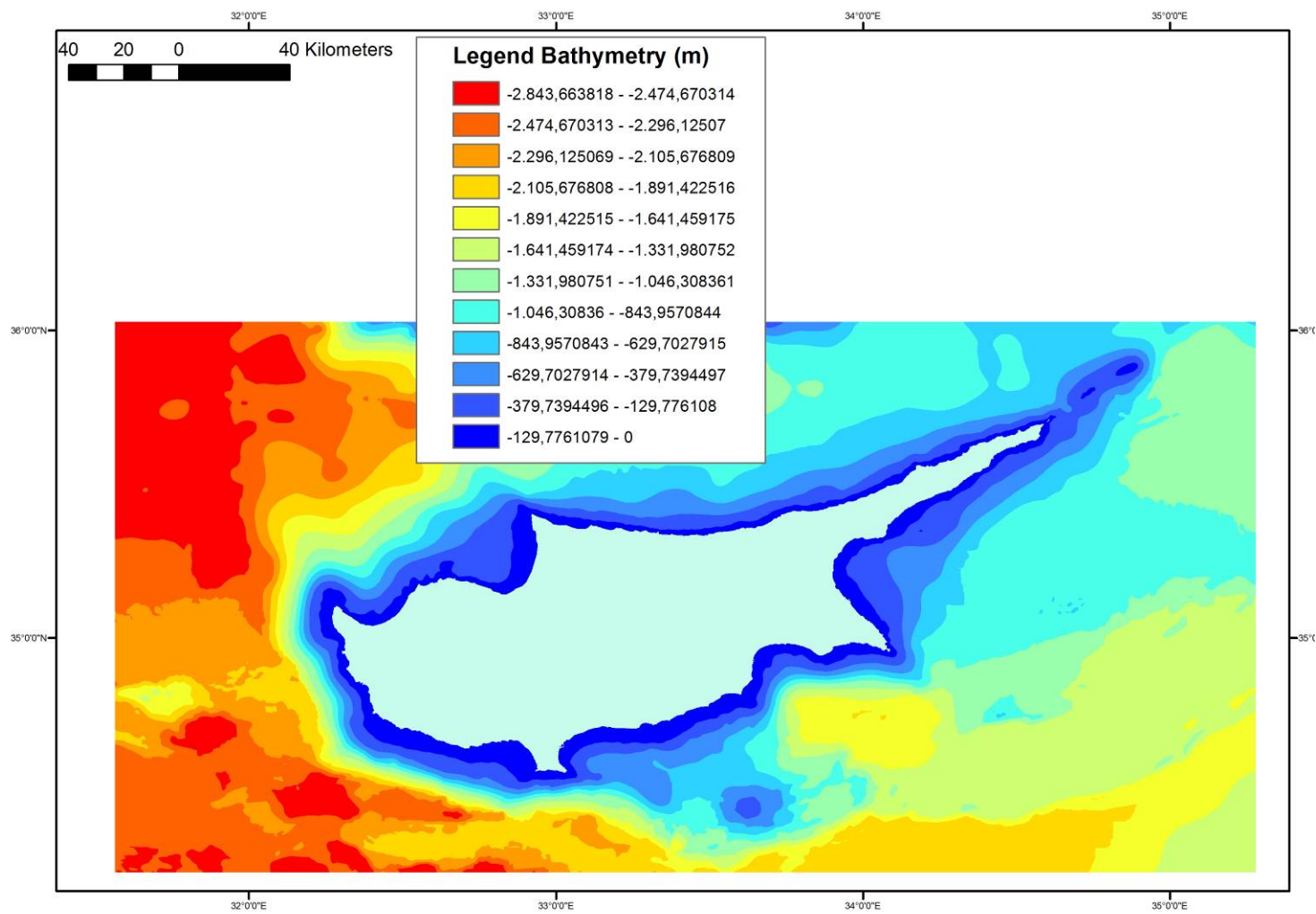
Για την επεξεργασία των δεδομένων ακολουθήθηκε η μεθοδολογία που αναφέρεται στα κεφάλαια 1 και 3. Παράχθηκαν (σχ. 4.1 έως 4.6) ο βυθομετρικός χάρτης και στην συνέχεια ο χάρτης κλίσεων και ο χάρτης προσανατολισμού των επιφανειακών στοιχείων. Στην συνέχεια και με βάση την βιβλιογραφία που αναφέρεται στο τέλος έγινε ερμηνεία των δεδομένων με στόχο να προσδιοριστούν τα κυριότερα γεωτεκτονικά στοιχεία της εξεταζόμενης περιοχής (σχ. 4.5-4.6).

4.2 Συμπεράσματα

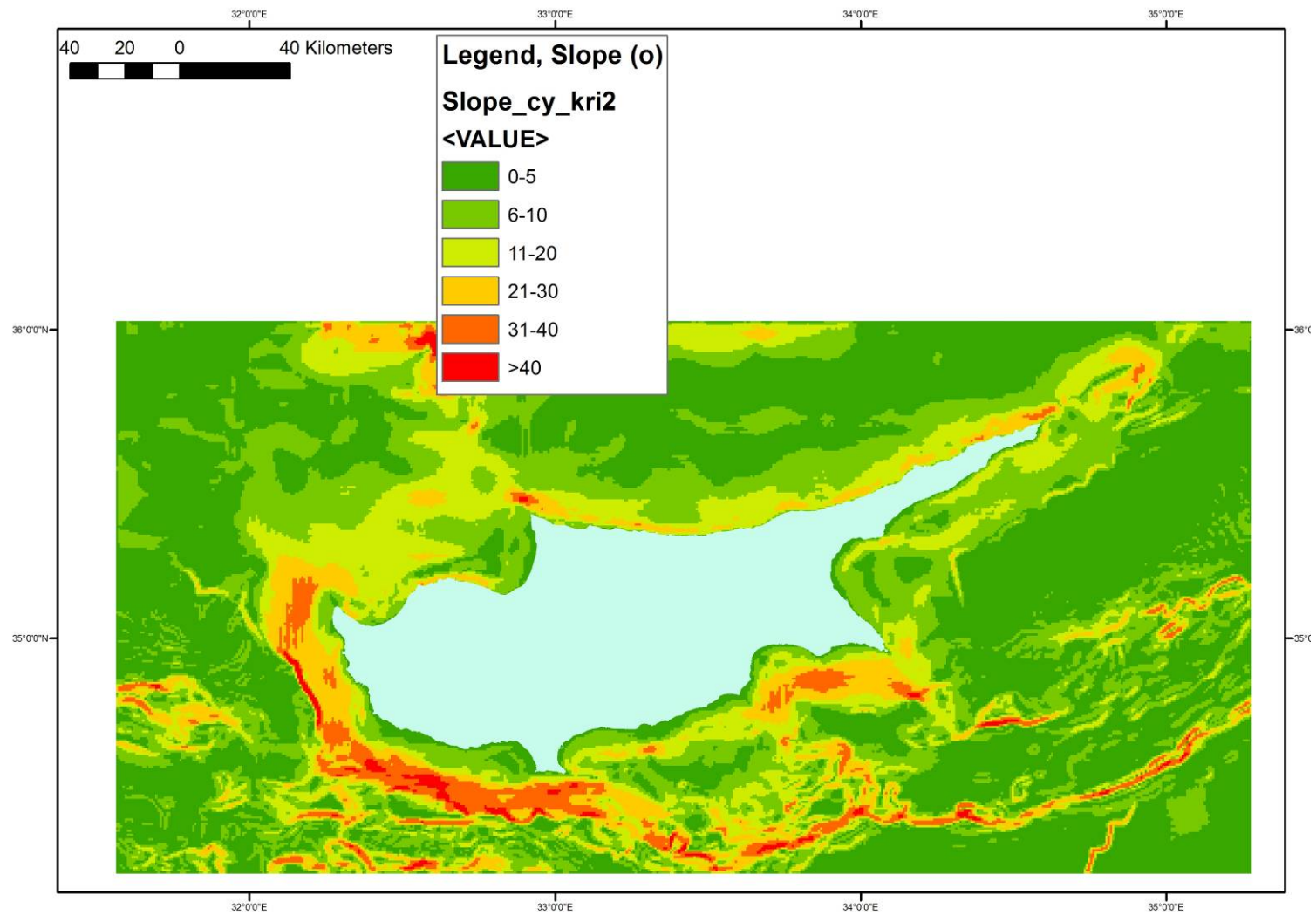
Η περιοχή του θαλάσσιου χώρου της Κύπρου παρουσιάζει στοιχεία έντονης επωθητικής τεκτονικής με τρεις μεγάλες διακριτές επωθητικές μονάδες. Επίσης εντοπίζονται πληθώρα κανονικών ρηγμάτων καθώς και ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης. Τα παραπάνω στοιχεία διαμορφώνουν ένα γεωτεκτονικό καθεστώς εξαιρετικού ενδιαφέροντος που χρήζει αναλυτικής μελέτης.



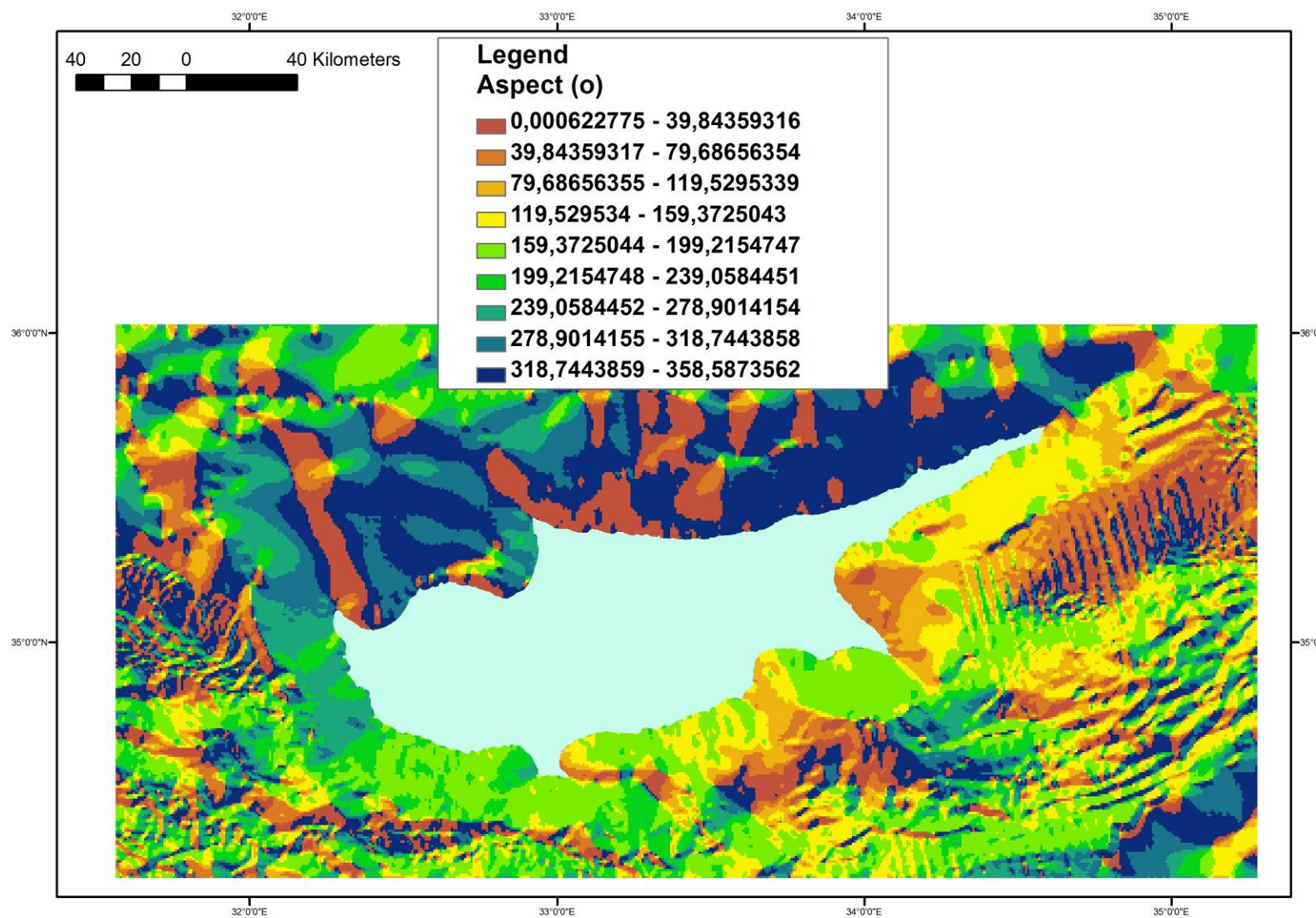
Σχήμα 4.1. Η εξεταζόμενη περιοχή



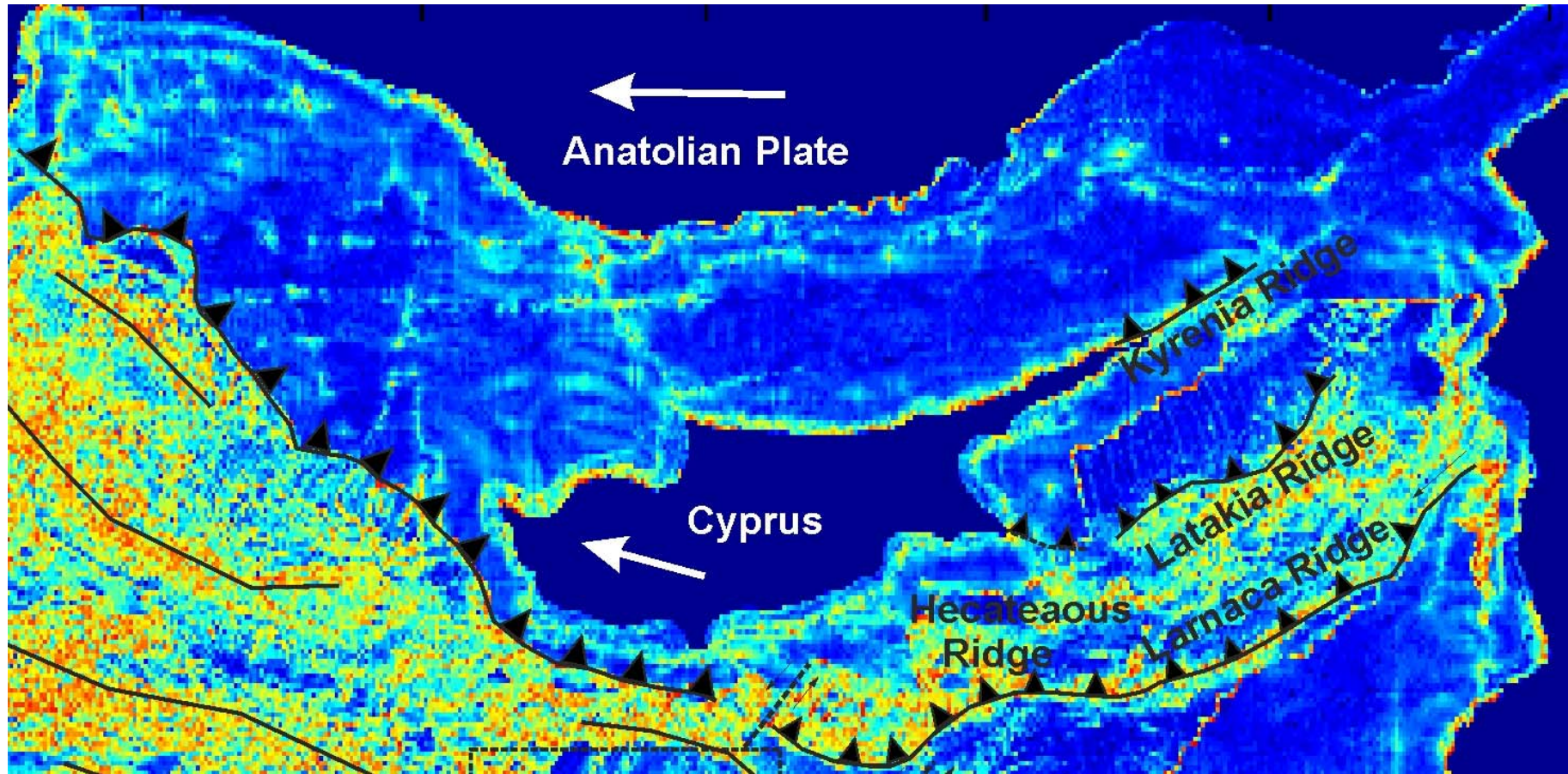
Σχήμα 4.2. Βυθομετρία της εξεταζόμενης περιοχής.



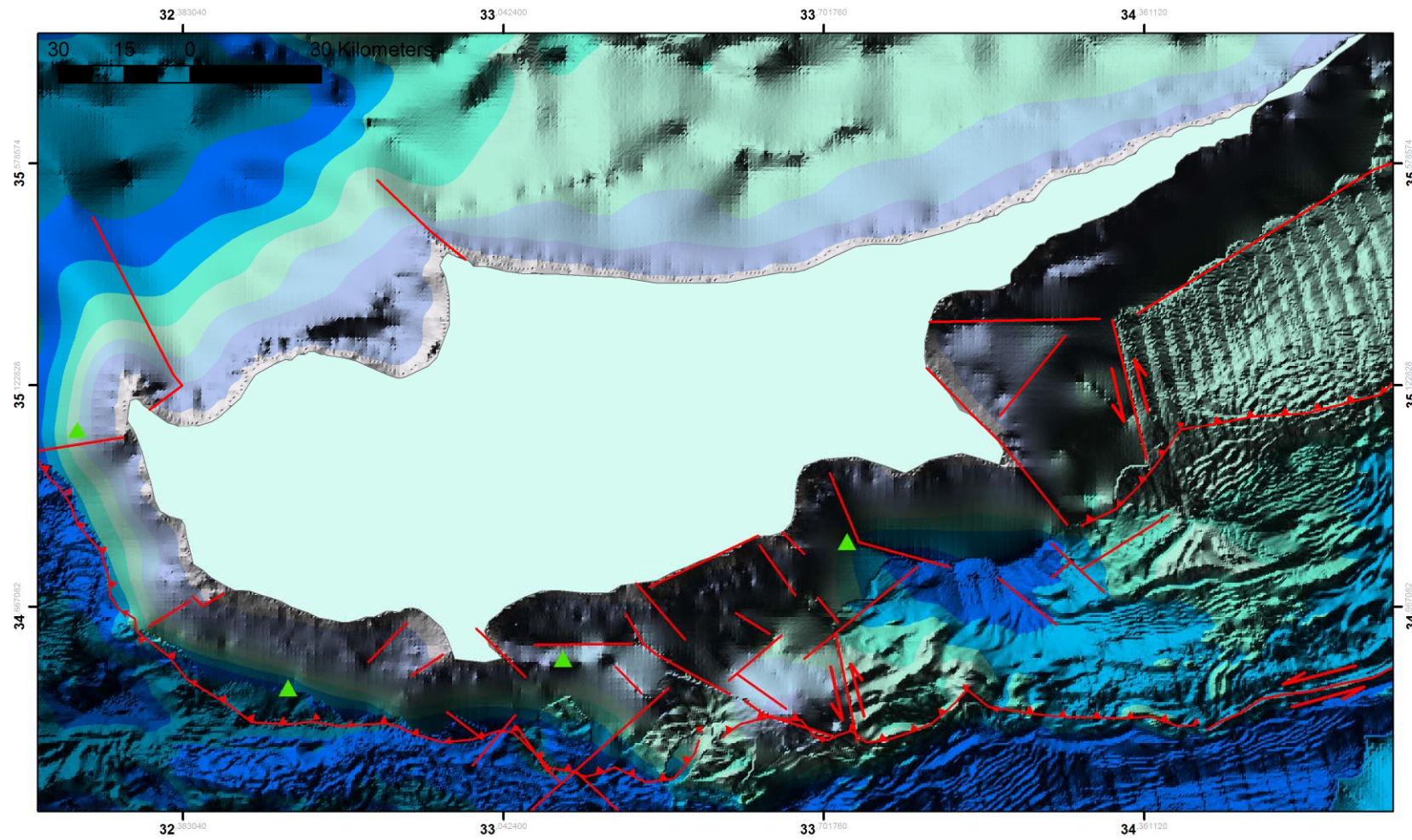
Σχήμα 4.3. Χάρτης κλίσεων της εξεταζόμενης περιοχής.



Σχήμα 4.4. Χάρτης προσανατολισμού επιφανειακών στοιχείων.



Σχήμα 4.5. Χάρτης ερμηνείας βυθομετρικών δεδομένων.



Σχήμα 4.6. Χάρτης αναλυτικότερης ερμηνείας βυθομετρικών δεδομένων.

6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΚΥΠΡΟΥ: www.moa.gov.cy
2. ΚΥΠΡΙΑΚΗ ΓΕΩΛΟΓΙΑ-ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ : www.cyprusgeology.org
3. ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΕΓΚΥΚΛΟΠΑΙΔΕΙΑ : www.wikipedia.org
4. ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ Υπουργείου Γεωργίας-Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος.
5. ΕΤΗΣΙΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ Υπουργείου Εμπορίου Βιομηχανίας και Τουρισμού.
6. Η ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΚΥΠΡΟΥ. ΒΙΒΛΙΟ ΠΟΥ ΕΚΔΟΘΗΚΕ ΑΠΟ ΤΟ ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΗΣ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗΣ ΤΟΥ ΥΠΟΥΡΓΕΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΑΣ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.
7. ΧΑΛΚΟΣ, ΕΝΑΡΞΗ ΤΗΣ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑΣ, Η ΚΥΠΡΟΣ ΚΑΙ Ο ΧΑΛΚΟΣ, Η ΚΥΠΡΟΣ ΣΤΗΝ ΧΑΛΚΟΛΙΘΙΚΗ ΕΠΟΧΗ, Η ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΧΑΛΚΟΥ, Η ΝΕΩΤΕΡΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΤΟΥ ΧΑΛΚΟΥ.
ΧΑΤΖΗΩΑΝΝΟΥ, Κ., Η αρχαία Κύπρος εις τα Ελληνικάς Πηγάς, Τόμοι Α,Β και Ε, Εκδόσις Ιεράς Αρχιεπισκοπής Κύπρου, 1983-1985.
8. ΜΕΤΑΛΛΕΙΑ-ΜΕΤΑΛΛΕΥΜΑΤΑ (ΜΕΤΑΛΛΕΙΑ ΧΑΛΚΟΥ ΜΕΤΑΛΛΕΙΑ ΧΡΩΜΙΟΥ, ΜΕΤΑΛΛΕΙΑ ΑΜΙΑΝΤΟΥ):
ΜΕΤΑΛΛΕΙΟ ΣΚΟΥΡΙΩΤΙΣΣΑΣ :
 1. Constantinou G., Massine sulphide deposits, Skouriwitissa”, Field Excursion Guidebook, Symposium Troodos 87- Ophiolites and Oceanic Lithosphere, Geological Survey Dept, Nicosia, p.105-11, 1987.
 2. Ingham, F. T. ‘Economic Geology of the Xeros-Troodos area’, Memoir No.1., Geological Survey Department, Nicosia , p.140-144,1959.
 3. Koucky, F. L., ,1981.
 4. Lavender. D, The story of Cyprus Mines Corporation, The Huntington Library, California, U.S.A., P.387, 1962.
 5. Zwicker, U., Ancient Metallurgical Methods for Cooper Production in Cyprus, Part 2, Sulphide ore and cooper-arsenic-alloy production. Bulletin 3, Cyprus Association of Geologists and Mining Engineers, p.92-111,1986.

ΕΠΙΠΡΟΣΘΕΤΑ:

5. ALTHERR, R., KREUZER, H., WENDT, I., LENZ, H., WAGNER, G.-A., KELLER, J., HARRE, W. & HOHNDORF, A. (1982). A late Oligocene/early Miocene high temperature belt in the Attico-Cycladic crystalline complex (SE Pelagonian, Greece). -*GeoJ. Ib.*, E23, 97-164.
6. ALTHERR, R., SCHLIESTEDT, M., OKRUSCH, M., SEIDEL, E., KREUZER, H., HARRE, W., LENZ, H., WENDT, I. & WAGNER, G. (1979). Geochronology of high-pressure rocks on Sifnos (Greece, Cyclades). -*Contrib. Mineral. Petrol.*, 70, 245-255.
7. ANASTASAKIS, G. & KELLINGG (1991). Tectonic connection of the Hellenic and Cyprus arcs and related geotectonic elements. *Marine Geology*, 97, 261-277.
8. BEN-AVRAHAM, Z., KEMPLER, D. & GINZBURG, A. (1988). Plate convergence in the Cyprean Arc: *Tectonophysics*, 146, 231-240.
9. BERTHOUS, P. et al. (2008). "EMODNET-The European Marine Observation and Data Network", European Science Foundation - Marine Board, pp. 10.
10. CONSTANTINOU, G. (1981). "Geological features and ancient exploitation of the cupriferous sulphide orebodies of Cyprus" 4000-500 B.C., Pierides Foundation, Larnaka, 981, pp.13-24.
11. JACKSON, J. A. & MCKENZIE, D. (1984). Active tectonics of the Alpine-Himalayan Belt between Western Turkey and Pakistan. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 71, 185-264.
12. JACKSON, J. A. & MCKENZIE, D. (1988). The relationship between plate motions, seismic moment tensors and the rates of active deformation in the Mediterranean and Middle East. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 93, 45-73.
13. KEMPLER, D. & BEN-AVRAHAM, Z. (1987). The tectonic evolution of the Cyprean Arc. *Annales Tectonicae*, 1, 58-71.
14. KEMPLER, D. (1994). Tectonic patterns in the Easternmost Mediterranean. PhD Thesis, Hebrew University of Jerusalem.
15. KOUCKY, F. L. (1981). The ancient slags of Cyprus Early Metallurgy in Cyprus 4000-500 B.C., Pierides Foundation, Larnaka, pp.117-141.

16. MCKENZIE, D. P. (1972): Active tectonics of the Mediterranean Region Geophys. J. R. Astron. Soc. 30. 109- 185.
17. MUHLY, J.K., COOPER and TIN, HAMDEN, CONN (1973). Archon Books: Conn.Acad. of Arts and Sciences, Trans., v.43.
18. ROTSTEIN Y, . & KAFKA A, . L. (1982). Seismotectonics of the Cyprean Arc, Eastern Mediterranean region: subduction, collision and arc jumping. Journal of Geophysical Research, 81,7694-1706.
19. WOODSIDE, J.M. (1977). Tectonic elements and crust of the Eastern Mediterranean Sea. Marine Geophysical Research, 3, 317-354.

<http://raider.mountunion.edu/~mcaugma/Topographic%20Maps/contour.htm>

<http://estia.hua.gr:8080/dspace/bitstream/123456789/183/1/Ptychiaki34.pdf>

<http://www.anavasi.gr/about.php>

<http://www.seos-project.eu/modules/agriculture/agriculture-c03-s01.gr.html>