

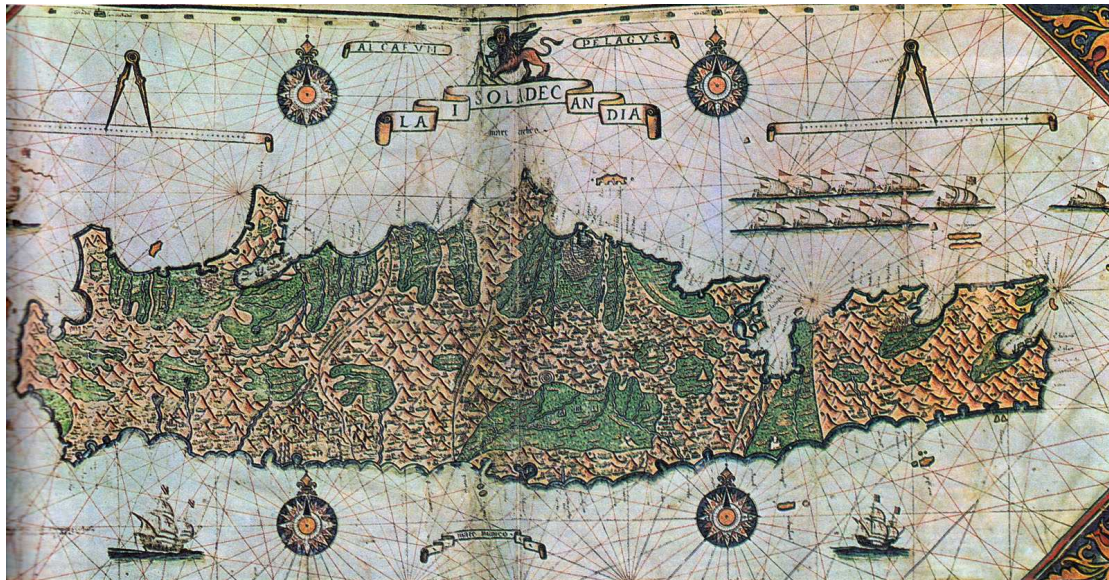
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ



ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΤΟΜΕΑΣ: ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ: ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ
ΣΤΟ ΝΟΜΟ ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ ΚΡΗΤΗΣ**

ΓΕΩΡΓΑΝΤΗ ΝΤΑΛΙΑΠΕ ΑΛΕΞΑΝΔΡΑ

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Δρ Μ.Κούλη

ΧΑΝΙΑ 2014

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω την καθηγήτριά μου Δρ. Κούλη Μαρία για την υπομονή και τη καθοδήγηση της κατά τη διάρκεια της επιμέλειας της πτυχιακής μου εργασίας. Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τους φίλους και συμφοιτητές μου Παπαϊωάννου Ελευθέριο και Κατσαούνη Χριστόφορο για την πολύτιμη βοήθεια τους καθώς και τους γονείς μου για τη στήριξη και τη συμπαράστασή τους.

ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

1. Εξεταστής
2. Εξεταστής
3. Εξεταστής

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....1

ABSTRACT.....2

Εισαγωγή.....3

1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ – G.I.S.6

1.1. Γενικά για την Χαρτογραφία.....	6
1.2. Χαρτογραφικά Σύμβολα.....	6
1.3. Ιστορικά.....	7
1.4. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών – G.I.S.....	9
1.4.1. Ψηφιακή αναπαράσταση δεδομένων.....	11
1.4.1.1. Χωρικά δεδομένα.....	11
1.4.1.2. Περιγραφικά δεδομένα.....	11
1.4.2. Διανυσματική αναπαράσταση δεδομένων (Vector).....	12
1.4.3. Αναπαράσταση σε μορφή κανάβου (raster).....	15
1.5. Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους.....	17
1.5.1. Είδη ψηφιακών μοντέλων εδάφους.....	21
1.5.1.1. Δίκτυα Τριγώνων (TIN).....	21
1.5.1.2. Σημειακά μοντέλα (Lattice grid).....	22
1.6. Εφαρμογές των Γ.Σ.Π.....	23

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΙΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ.....24

2.1. Γεωλογία Κρήτης.....	24
2.2. Η περιοχή μελέτης.....	25
2.3. Στρωματογραφία της περιοχής μελέτης.....	26

3. ΡΗΓΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΕΙΣ.....24

3.1. Ρήγματα και μετατοπίσεις.....	41
3.2. Ρήγματα σμίκρυνσης ή ρήγματα συμπίεσης ή ανάστροφα ρήγματα.....	41
3.3. Ρήγματα απομάκρυνσης ή ρήγματα έκτασης εφελκυσμού ή κανονικά ρήγματα.....	44
3.4. Ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης.....	44
3.5. Πλάγια ρήγματα.....	45
3.6. Γενικά γεωλογικά στοιχεία για την ευρύτερη περιοχή μελέτης.....	46
3.7. Επικινδυνότητα σεισμικών ρηγμάτων.....	47
3.8. Αναγνώριση ρηγμάτων στην ύπαιθρο.....	48

**4. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΤΟΥ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟΥ ArcGis – ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΟΥ
Γ.Σ.Π.51**

4.1. Παρουσίαση του Γ.Σ.Π.	51
4.2. Εισαγωγή και επεξεργασία δεδομένων στο ArcCatalog.....	52
4.3. Υποπεριβάλλον εργασίας Arc map.....	53
4.3.1. Δυνατότητες της εφαρμογής Arc map.....	54

5. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....64

5.1. Γεωλογικοί χάρτες ΙΓΜΕ, κλίμακας 1:50000.....	64
5.2. Symbology.....	65
5.3. Επισκόπηση του χάρτη.....	76

6. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....77

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....78

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η ανάπτυξη Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών στο νομό Ηρακλείου Κρήτης. Η υλοποίηση της συγκεκριμένης εργασίας έγινε μέσω των εφαρμογών ArcMap και ArcCatalog του λογισμικού ArcGIS 9.0 όπου και χρησιμοποιήθηκαν ως υπόβαθρα οι γεωλογικοί χάρτες που καλύπτουν τον Νομό Ηρακλείου, (φύλλα Τυμπακίου, Μοχού, Ηρακλείου, Αχεντριάς, Άνω Αρχανών και Άνω Βιάννου) κλίμακας 1:50000, έκδοσης Ι.Γ.Μ.Ε.

Στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (Γ.Σ.Π. – G.I.S.) και οι αρχές λειτουργίας τους.

Στο δεύτερο κεφάλαιο παρουσιάζεται η περιοχή μελέτης καθώς και η γεωλογική επισκόπησή της.

Στο τρίτο κεφάλαιο δίνεται μια επισκόπηση των ρηγμάτων και των επωθήσεων.

Στο τέταρτο κεφάλαιο παρουσιάζεται το λογισμικό ArcGIS που χρησιμοποιήθηκε κατά την εκπόνηση της παρούσας εργασίας και αναλύονται τα βήματα ανάπτυξης του Γ.Σ.Π.

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα αποτελέσματα μας και μια σύντομη περιγραφή τους.

Στο έκτο κεφάλαιο τέλος, παρουσιάζονται τα συμπεράσματα στα οποία καταλήξαμε μετά το πέρας της εργασίας.

ABSTRACT

Main purpose the present study is the development of GIS in the municipality of Heraklion in Crete. The embodiment of this study took place using the software ArcMap and ArcCatalog of ArcGIS and used data of the geological maps (Timpakion, Mochos, Heraklion, Achendria, Ano Archanes and Ano Viannos) with a scale of 1:50000, version IGME.

The first chapter describes the GIS and their principles of operation.

The second deals with the study area and its geological framework.

The third chapter describes the review of faults and thrusts.

The fourth chapter presents the ArcGIS software used during the preparation of this study and analyzes the steps in development of G.I.S.

The fifth chapter includes the results and a brief discussion of them.

Finally, the sixth chapter presents the conclusions drawn after the completion of the study.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο γεωλογικός χάρτης, παρά τις προοδευτικές αλλαγές στη γεωλογική επιστήμη παραμένει θεμελιώδες στοιχείο έρευνας αφού αποτελεί πολυπληροφοριακό στοιχείο σύνθεσης της γεωλογικής γνώσης μιας περιοχής. Οι γεωλογικοί χάρτες σε αντιδιαστολή με άλλους χάρτες παρουσιάζουν την κατανομή των γεωλογικών ενοτήτων του εξωτερικού φλοιού της γης. Δίνουν τη φύση και τη δομή των γεωλογικών σχηματισμών σε τρισδιάστατη έννοια. Με βάση το μοντέλο της διαδοχής και των σχέσεων των γεωλογικών σχηματισμών μπορούμε να εκτιμήσουμε την ανάπτυξή τους και στο βάθος. Περιέχουν παράλληλα πληροφορίες για την χρονική αλληλουχία των γεωλογικών σχηματισμών μέσα στο γεωλογικό χρόνο (τέταρτη διάσταση). Με αυτό τον τρόπο δίνουν τη δυνατότητα ανάπτυξης της γεωλογικής ιστορίας μιας περιοχής και των συνθηκών που επικρατούσαν στο παρελθόν.

Στους γεωλογικούς χάρτες γίνεται απεικόνιση πάνω σε ένα τοπογραφικό υπόβαθρο των γεωλογικών σχηματισμών που εμφανίζονται στην επιφάνεια του εδάφους ή αυτών που είναι καλυμμένοι από τις πρόσφατες επιφανειακές αποθέσεις. Αυτοί οι σχηματισμοί διακρίνονται και ταξινομούνται σε διαφορετικές ενότητες με βάση την ηλικία τους καθώς και τη λιθολογική τους σύσταση αλλά και τη γεωτεκτονική τους τοποθέτηση. Οι γεωλογικοί χάρτες κατασκευάζονται υπό κλίμακα χάρτου, όπως και όλοι οι άλλοι με βάση όμως λεπτομερείς γεωλογικές έρευνες, παρατηρήσεις και λογικό συνδυασμό αυτών. Συνηθέστερα ακολουθείται διαφορετικός χρωματισμός ή γραμμοσκιάσεις που περιλαμβάνονται ως κλείδα σε συνοδευόμενο "υπομνηματικό" πινακίδιο επί του χάρτη. Οι γεωλογικοί χάρτες είναι κυρίως δύο ειδών: Οι γεωλογικοί χάρτες των πρόσφατων επιφανειακών αποθέσεων που απεικονίζουν μόνο τις εδαφικές αποθέσεις και οι λεγόμενοι χάρτες υποβάθρου που απεικονίζουν μόνο τους βραχώδεις σχηματισμούς του υποβάθρου.

Σήμερα, έχει γίνει κατανοητή η μεγάλη σημασία που έχουν τα χαρακτηριστικά (γεωλογικά – γεωτεχνικά) των επιφανειακών τεταρτογενών αποθέσεων πάνω στις οποίες κυρίως αναπτύσσονται οι οικισμοί και οι δραστηριότητές μας. Οι γεωλογικοί χάρτες θεωρούνται εξειδικευμένοι χάρτες που παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την υλική σύσταση του υπεδάφους, τη διάταξη των γεωλογικών σχηματισμών αυτού, τη γεωλογική ηλικία τους κ.λπ. Η χρησιμότητα των χαρτών αυτών κρίνεται σπουδαία ιδιαίτερα σε τεχνικά προβλήματα υδροφόρων στρωμάτων, στην εκτίμηση πετρωμάτων, στις μεταλλευτικές έρευνες, σε καλλιέργειες εδαφών, στη διάνοιξη δρόμων, επίγειων υπόγειων και υποθαλάσσιων σηράγγων, σε θεμελίωση πυλώνων γεφυρών κ.λπ. Κάθε γεωλογικός χάρτης μπορεί να εμπλουτίζεται με νέα στοιχεία, να διορθώνεται και να τελειοποιείται ανάλογα με την εξέλιξη της γεωλογικής επιστήμης (αναθεώρηση και συμπλήρωση) και τις νέες απόψεις για τη γεωλογική δομή σε τοπικό ή ευρύτερο επίπεδο.

Οι γεωλογικοί χάρτες μεσαίας και μικρής κλίμακας κατασκευάζονται σε όλες τις χώρες από δημόσιους γεωλογικούς φορείς. Στην Ελλάδα ο αντίστοιχος υπεύθυνος φορέας για τη σύνταξη των γεωλογικών χαρτών είναι το Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ).

Σκοπός

Την τελευταία εικοσαετία, επικρατεί ο όρος «Ψηφιακή ή Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία», ο οποίος δεν αναφέρεται απλώς σε ένα τμήμα της Χαρτογραφίας, αλλά αφορά στην εξέλιξη του συνόλου των χαρτογραφικών διαδικασιών (δηλαδή της συλλογής, επεξεργασίας, αποθήκευσης, ενημέρωσης, επανατοποθέτησης και απόδοσης δεδομένων).

Σκοπός αυτής της εργασίας ήταν η κατασκευή θεματικών χαρτών, του Νομού Ηρακλείου Κρήτης, χρησιμοποιώντας το λογισμικό πρόγραμμα του ArcMap το οποίο στηρίζεται σε πρότυπα των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (GIS- ΓΣΠ). Ένα λογισμικό ΓΣΠ έχει τις εξής ιδιότητες:

- Την ψηφιοποίηση δεδομένων: εισαγωγή σημείων, γραμμών, πολυγώνων, χαρακτηριστικών ιδιοτήτων και στατιστικών.
- Την αποθήκευση δεδομένων: αποθήκευση πολλαπλών χαρακτηριστικών ανά πολύγωνο, συσχετισμό αριθμητικών και γραφικών δεδομένων.
- Την επεξεργασία δεδομένων: εντοπισμό σφαλμάτων, συνδυασμό και τακτοποίηση των δεδομένων μέσα στην αντίστοιχη βάση, μετατροπή των συντεταγμένων της ψηφιοποίησης σε πραγματικές συντεταγμένες (ανάλογα με την προβολή), ένωση δύο ή περισσότερων χαρτών.
- Την ανάλυση δεδομένων: δημιουργία πολυγώνων γύρω από σημεία ή γραμμές, εκτέλεση εντολών Boolean δηλαδή ΚΑΙ, Ή, και ΟΧΙ (AND, OR, NO) πάνω στα διάφορα επίπεδα δεδομένων, μέτρηση μηκών και εκτάσεων, δυνατότητα εφαρμογής μοντέλων, στατική επεξεργασία κ.λπ.
- Την εξαγωγή δεδομένων: στην οθόνη, σε εκτυπωτές, σε ψηφιακή μορφή, δυνατότητα έκθεσης διαγραμμάτων, πολυγώνων κ.λπ.

Περιοχή μελέτης - ο Νομός Ηρακλείου

Ο Νομός Ηρακλείου συνορεύει με τον νομό Λασιθίου από τα ανατολικά και με το νομό Χανίων από τα δυτικά. Στα βόρεια βρέχεται από το Κρητικό Πέλαγος και στα νότια από το Λυβικό. Το έδαφος είναι σχετικά ομαλό με ήπιες κλίσεις. Είναι ο πιο μεγάλος νομός της Κρήτης, ο πολυπληθέστερος και ο πλουσιότερος. Έχει έκταση 2.641 km² με ακτογραμμή πάνω από 250 χιλιόμετρα και κατοικείται με πάνω από 300.000 χιλιάδες μόνιμους κατοίκους. Ο νομός υποδιαιρείται σε επτά επαρχίες: του Βιάννου, του Καινουργίου, του Μονοφατισίου, του Μαλεβιζίου, του Τεμένους, της Πυργιωτίσσης και της Πεδιάδος, με πρωτεύουσα την πόλη του Ηρακλείου (137.711 κατ.). Οι κυριότερες πόλεις της περιοχής είναι το Τυμπάκι, οι Μοίρες και η Άνω Βιάννος. Ο νομός βρίσκεται ανάμεσα σε δυο οροσειρές, την Ίδη στη δυτικά και την Δίκη στα ανατολικά. Στις κοιλάδες πάνω από την πόλη του Ηρακλείου ο Άγγλος αρχαιολόγος Άρθουρ Έβανς κατόπιν πρόσκλησης του Μίνωα Καλοκαιρινού ανακάλυψε στο μινωικό παλάτι της Κνωσσού, τα ερείπια ενός μεγάλου πολιτισμού.

Μια χαμηλή οροσειρά υψώνεται στο μέσο του νομού και κατεβαίνει στην πεδιάδα της Μεσσαράς, όπου βρίσκονται σημαντικές μινωικές ελληνικές και ρωμαϊκές αρχαιολογικές περιοχές οι μεγαλύτερες από τις οποίες είναι η Φαιστός, η Αγία Τριάδα και η Γόρτυνα. Στα νότια υπάρχει άλλη μια χαμηλή οροσειρά, ο Κοφινάς, που χωρίζει την πεδιάδα από την ακτή. Η εντυπωσιακή κορυφή του Ψηλορείτη, 2.456 μέτρα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, είναι ορατή από όλα σχεδόν τα σημεία του νομού Ηρακλείου. Είναι ιδιαίτερα εντυπωσιακή κατά τη διάρκεια του χειμώνα όταν είναι καλυμμένη με χιόνια. Το έδαφος του νομού Ηρακλείου είναι στη μεγαλύτερή του έκταση ορεινό και ημιορεινό. Ο νομός Ηρακλείου έχει αρκετά αξιοθέατα, όπως τα ερείπια ενός από τους μεγαλύτερους πολιτισμούς, η πιο ωραία συλλογή μινωικών ευρημάτων στον κόσμο και οι βυζαντινές εκκλησίες που είναι διασκορπισμένες παντού. Υπάρχουν ακόμα βενετικά κάστρα και σιντριβάνια. Τα χωριά και τα μοναστήρια έχουν να επιδείξουν μια ιστορία αγώνων για την ανεξαρτησία που φαίνεται από τα μνημεία γι' αυτούς που πέθαναν πολεμώντας εναντίον των κατακτητών της Κρήτης. Οι παραλίες στην Αγία Πελαγία και τη Χερσόνησο στα βόρεια, τα Μάταλα και τους Καλούς Λιμένες στα νότια, προσελκύουν τους επισκέπτες με τα ζεστά και καθαρά νερά τους.

Το ανατολικό τμήμα του νομού Ηρακλείου έχει τα μεγαλύτερα παραθαλάσσια τουριστικά θέρετρα (Λιμένας Χερσονήσου), μερικά από τα μεγαλύτερα αρχαιολογικά αξιοθέατα (Μάλια) και αρκετές σημαντικές βυζαντινές εκκλησίες.

1. ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ – G.I.S.

1.1. Γενικά για την Χαρτογραφία

Χαρτογραφία ονομάζεται ο επιστημονικός κλάδος της γεωγραφίας που περιλαμβάνει ένα σύνολο προσδιορισμένων μελετών, τεχνικών ακόμη και καλλιτεχνικών εργασιών που αφορούν απεικονίσεις επάνω σε επίπεδη ή σφαιρική επιφάνεια, σε σμίκρυνση, ενός τμήματος ή όλης της γήινης επιφάνειας για την σύνταξη και έκδοση χαρτών. Συνδέεται στενά με τις επιστήμες της Γεωδαισίας, της Τοπογραφίας, της Φωτογραμμετρίας και της Τηλεπισκόπησης, των οποίων το κύριο αντικείμενο είναι η συλλογή δεδομένων. Η επιστήμη της χαρτογραφίας χωρίζεται σε κλάδους, οι οποίοι ασχολούνται με επιμέρους γνωστικά αντικείμενα: Στην «Μαθηματική Χαρτογραφία», η οποία ασχολείται με τον τρόπο απόδοσης μιας μη-επίπεδης επιφάνειας σε επίπεδη με τη βοήθεια μαθηματικών προβολών, καθώς και τους τρόπους μοντελοποίησης και επεξεργασίας των δεδομένων μέσω μεθόδων παρεμβολής, εξομάλυνσης και γενίκευσης. Στην «Θεματική Χαρτογραφία», η οποία ασχολείται με την επεξεργασία και απόδοση της θεματικής (μη-γεωμετρικής) πληροφορίας, ενώ κάποιο ιδιαίτερο κομμάτι της, ασχολείται με τη μελέτη του συμβολισμού και των χρωμάτων που χρησιμοποιούνται, όπως και του τρόπου με τον οποίο ο άνθρωπος αντιλαμβάνεται ένα χάρτη. Την τελευταία εικοσαετία επικρατεί ο όρος «Ψηφιακή ή Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία», ο οποίος δεν αναφέρεται απλώς σε ένα τμήμα της Χαρτογραφίας, αλλά αφορά στην εξέλιξη του συνόλου των χαρτογραφικών διαδικασιών (δηλαδή της συλλογής, επεξεργασίας, αποθήκευσης, ενημέρωσης, επανατοποθέτησης και απόδοσης δεδομένων). Έτσι, πέρα από τα αντικείμενα που παραδοσιακά απασχολούν τη Χαρτογραφία, η Αυτοματοποιημένη Χαρτογραφία καλύπτει ένα πλήθος δραστηριοτήτων, όπως, η αυτόματη σχεδίαση με H/Y, οι μεθοδολογίες συμπίεσης δεδομένων, οι τρόποι και οι μεθοδολογίες αποθήκευσης στοιχείων, οι δομές βάσεων δεδομένων, τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών κ.λπ. Η Ψηφιακή Χαρτογραφία, η οποία αποτελεί στην ουσία τη σύγχρονη έκφραση της Χαρτογραφίας, τείνει να αντικαταστήσει σχεδόν ολοκληρωτικά τις παραδοσιακές χαρτογραφικές μεθόδους στις διάφορες χαρτογραφικές διαδικασίες.

1.2. Χαρτογραφικά Σύμβολα

Η επιλογή των χαρτογραφικών συμβόλων εξαρτάται κυρίως από το είδος του χάρτη, αλλά, σε μεγάλο βαθμό, και από τις γνώσεις εκείνων στους οποίους απευθύνεται. Στους καθημερινής χρήσης χάρτες, που απευθύνονται στο ευρύ κοινό, η επιλογή γίνεται έτσι ώστε τα σύμβολα να ανταποκρίνονται άμεσα σε νοητικές εικόνες του χρήστη (για παράδειγμα, συμβολισμός των λιμένων με μια άγκυρα και να αναγνωρίζονται με ευκολία. Αντίθετα, ο συμβολισμός εξειδικευμένων χαρτών, που απευθύνονται σε επαγγελματίες για παράδειγμα, των γεωλογικών χαρτών, δεν υφίσταται παρόμοιους περιορισμούς, γιατί οι χρήστες γνωρίζουν καλά την κοινή επαγγελματική συμβολική γλώσσα την οποία χρησιμοποιούν.

Τα σύμβολα που χρησιμοποιούν οι χαρτογράφοι για να απεικονίσουν τις πληροφορίες ενός χάρτη παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία, σε γενικές γραμμές όμως μπορούν να χωριστούν σε τρεις βασικές κατηγορίες: σημειακά, γραμμικά και επιφανειακά.

- Τα πρώτα έχουν σημειακή μορφή και σε αυτή ανήκουν τα σύμβολα απεικόνιση οικισμών, κορυφών, θαλασσίων βαθών, σπηλαίων, σηράγγων κλπ. Είναι δυνατόν να διαφοροποιηθούν, έτσι ώστε να παρέχουν και ποσοτικές πληροφορίες. Για παράδειγμα, τα σύμβολα των οικισμών μπορούν να πληροφορούν ταυτόχρονα και για τον πληθυσμό τους.
- Στα γραμμικά περιλαμβάνονται τα σύμβολα απεικόνιση ισοϋψών, οδικών αρτηριών, σιδηροδρομικών γραμμών, ποταμών κλπ. Και αυτά μπορούν να διαφοροποιηθούν κατάλληλα, ώστε να παρέχουν πιο σύνθετες πληροφορίες. Για παράδειγμα, μπορούν να επιτρέπουν την άμεση διάκριση του κύριου και του δευτερεύοντος οδικού δικτύου.
- Τα επιφανειακά σύμβολα περιλαμβάνουν τις χρωματικές διαφοροποιήσεις με τις οποίες δηλώνεται η διαφορά είτε ποιότητας (θάλασσα, λίμνη ή ξηρά) είτε ποσότητας (διαφορές υψομέτρου ή βάθους) σε επιφάνειες.

1.3. Ιστορικά

Η ανάγκη της αναπαράστασης επάνω σε μια σημαντικά περιορισμένη επιφάνεια των τοπογραφικών ιδιομορφιών μιας ορισμένης ζώνης έγινε αισθητή από τον άνθρωπο από την εποχή των πρώτων μεταναστεύσεων των λαών ή, ίσως, από τότε που κάποιος θέλησε να καθορίσει κατά τρόπο αναμφισβήτητο την ιδιοκτησία είτε μιας καλλιεργούμενης περιοχής είτε της βοσκής, η οποία ανήκε σε ένα άτομο ή μια κοινότητα. Οι αναπαραστάσεις αυτές ήταν οι πρώτοι γεωγραφικοί χάρτες, εφόσον αναπαριστούσαν με κάποια πιστότητα τμήματα της γήινης επιφάνειας. Στη σύγχρονη εποχή, δεν σώζονται δείγματα χαρτών του είδους, αλλά φαίνεται πως ήταν όμοιοι με αυτούς που συνέχισαν να χρησιμοποιούνται από μερικούς πληθυσμούς των αρκτικών περιοχών, της Πολυνησίας, της Αυστραλίας, της Αφρικής και της Νότιας Αμερικής. Η κατασκευή χαρτών είναι μία από τις αρχαιότερες δραστηριότητες του ανθρώπου. Σύμφωνα με τους αρχαιολόγους τα παλιότερα σχέδια που έχουν βρεθεί και που θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν χάρτες χρονολογούνται ακόμα και 30.000 χρόνια πριν. Έχουν δε βρεθεί χαραγμένα σε σπηλιές, σε κομμάτια οστράκου ή σε κομμάτια οστών. Ένα σημαντικότατο εύρημα της προϊστορικής περιόδου είναι ο χάρτης που βρέθηκε στον οικισμό του Τσατάλ Χογιούκ της Τουρκίας και χρονολογείται, γύρω στο 7500 π.Χ.. Ο χάρτης έχει τη μορφή τοιχογραφίας, έχει μήκος περίπου 3 μέτρα και απεικονίζει τον οικισμό σε κάτοψη καθώς και ένα γειτονικό ηφαίστειο. Κάτι ιδιαίτερα αξιοσημείωτο σχετικά με τον χάρτη αυτόν είναι η συμφωνία των όσων απεικονίζονται στον χάρτη με τα ευρήματα των αρχαιολογικών ανασκαφών. Μια σημαντική εξέλιξη στην χαρτογραφία υπήρξε η εμφάνιση της γεωμετρίας. Άλλωστε η λέξη "γεωμετρία" είχε αρχικά την έννοια της "μέτρησης της γης". Τα πρώτα δείγματα χαρτών που φαίνεται να κατασκευάστηκαν με τη χρήση κάποιων αρχών γεωμετρίας προέρχονται από την Βαβυλώνα.

Τα σημαντικότερα ευρήματα εκείνης της περιόδου είναι ένα διάγραμμα που παρουσιάζει τα τέσσερα σημεία του ορίζοντα (2300 π.Χ.) και ένας χαραγμένος χάρτης της ιερής πόλης Νιππούρ (14ος -12ος αιώνας π.Χ.).

Αξιόλογα ευρήματα προέρχονται ακόμα από την περιοχή της Αιγύπτου. Οι "Τοπογράφοι" της εποχής έπρεπε κάθε φορά μετά τις πλημμύρες του Νείλου να επαναπροσδιορίζουν τα όρια των ιδιοκτησιών στο έδαφος.

Η ανάγκη για ακρίβεια ώθησε τους Αρχαίους Αιγυπτίους στην επινόηση τεχνικών που έδιναν αρκετά αξιόλογη ακρίβεια. Ωστόσο δεν έχουν βρεθεί δείγματα χαρτών, παρά μόνο σχέδια μεμονωμένων αγροτεμαχίων, με μία σημαντικότερη εξαίρεση: τον Πάπυρο του Τορίνο. Στον πάπυρο αυτό, που χρονολογείται στο 1300 π.Χ., απεικονίζονται οι θέσεις εξόρυξης χρυσού και Αργύρου στις περιοχές μεταξύ του Νείλου και της Ερυθράς θάλασσας. Σημειώνονται ακόμα οι θέσεις διαμονής των εργατών, δρόμοι κ.ά. Ο χάρτης αυτός μπορεί κατά πολλούς να θεωρηθεί ο πρώτος γεωλογικός χάρτης της ιστορίας.

Ο αρχαιότερος ελληνικός γεωγραφικός χάρτης δημιουργήθηκε από τον Αναξίμανδρο, τον 6ο αι. π.Χ. Ήταν ένας χάρτης του τότε γνωστού κόσμου, που όμως δεν διασώθηκε. Αναφέρεται επίσης ότι ο Αρισταγόρας ο Μιλήσιος έφερε ένα χάρτη στη Σπάρτη το 499 π.Χ. Ιδρυτής της σύγχρονης χαρτογραφίας θεωρείται ο Φλαμανδός γεωγράφος Γεράρδος Μερκάτωρ, ο πρώτος που έδωσε μια συστηματοποίηση στις εκτεταμένες γεωγραφικές και χαρτογραφικές γνώσεις της εποχής του, κυρίως στο φημισμένο του έργο Άτλας (1585-95). Οι μεγάλες πρόοδοι της χαρτογραφίας συνέπεσαν με την ανακάλυψη νεότερων συστημάτων μέτρησης, που στηρίζονταν σε αστρονομικές και γεωδαιτικές αρχές. Από τον 19ο αι. όλες οι οικονομικά ανεπτυγμένες χώρες φρόντισαν για τη συστηματική χαρτογράφηση του εδάφους τους και για τη σύνταξη τοπογραφικών χαρτών ή χωρογραφικών χαρτών με μεγάλη κλίμακα.

Στον 20^ο αιώνα παρατηρήθηκε αύξηση της ζήτησης τοπογραφικών χαρτών, καθώς και άλλων χαρτών ειδικού περιεχομένου, ενώ λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας και των αλμάτων προόδου της πληροφορικής κατέστη δυνατή η δημιουργία βάσεων δεδομένων. Οι πληροφορίες άρχισαν να εμφανίζονται σε οργανωμένη και συσχετισμένη μορφή. Έτσι η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων για κάθε σχεδιασμό απαιτούσε την ύπαρξη και σύνδεση του είδους της πληροφορίας (περιγραφική πληροφορία) με την γεωγραφική της θέση (χωρική πληροφορία). Αυτή η απαίτηση γρήγορα οδήγησε σε αυτοματοποιημένα συστήματα διαχείρισης της πληροφορίας. Λόγω της ανάγκης εισαγωγής, αποθήκευσης, ανάλυσης και απεικόνισης πολλαπλών πληροφοριών αναπτύχθηκαν τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, τα οποία αποτέλεσαν την φυσική εξέλιξη ενός μεγάλου κομματιού της σύγχρονης πληροφορικής, αφού η χρήση τους βρίσκει εφαρμογή σε πάρα πολλά επιστημονικά πεδία. Το έτος 1967 αναπτύχθηκε το πρώτο παγκόσμια αληθινό λειτουργικό G.I.S στην Οττάβα του Καναδά και συγκεκριμένα στο Οντάριο στο ομοσπονδιακό Τμήμα Ενέργειας, Ορυχείων και Φυσικών Πόρων του Οντάριο από τον Roger Tomlinson.

Αυτή η πρώτη εκδοχή των Γ.Σ.Π ονομάστηκε "Καναδικό G.I.S" (CGIS) και χρησιμοποιήθηκε για να αποθηκεύσει, να αναλύσει και να διαχειριστεί τα στοιχεία που εξάγονταν από την απογραφή γης του Καναδά. Με τον τρόπο αυτό χαρτογραφήθηκαν οι πληροφορίες για τα εδάφη, τη γεωργία, την άγρια φύση, τα υδρόβια πουλιά, τα δάση, και τη χρήση των εδαφών σε κλίμακα 1:250,000.

Το CGIS ήταν παγκοσμίως το πρώτο "Σύστημα" και αποτελούσε μια βελτίωση των εφαρμογών χαρτογράφησης, αφού παρείχε τη δυνατότητα επικάλυψης, μέτρησης και ψηφιοποίησης/ ιχνηλάτησης, ενώ υποστήριζε ένα εθνικό σύστημα συντεταγμένων που επεκτάθηκε στην ήπειρο, που κωδικοποίησε τις γραμμές ως "τόξα" έχοντας μια αληθινή ενσωματωμένη τοπολογία, και αποθήκευε τις ιδιότητες και τις ως προς την τοποθεσία πληροφορίες σε χωριστά αρχεία. Ο υπεύθυνος για την ανάπτυξή του, γεωγράφος Roger Tomlinson ονομάστηκε "πατέρας του G.I.S.."

Το C.G.I.S. ολοκληρώθηκε στη δεκαετία του '90 και έχτισε τη μεγαλύτερη ψηφιακή βάση δεδομένων των πόρων εδάφους στον Καναδά.

Αναπτύχθηκε στον κεντρικό υπολογιστικό σύστημα ως υποστήριξη των ομοσπονδιακού και του επαρχιακού προγραμματισμού για τον σχεδιασμό και τη διαχείριση των φυσικών πόρων. Το CGIS δεν ήταν ποτέ διαθέσιμο σε μια εμπορική μορφή. Η αρχική του ανάπτυξη και η επιτυχία του υποκίνησαν τις διάφορες εμπορικές εφαρμογές χαρτογράφησης. Η ανάπτυξη των μικροϋπολογιστών κέντρισε τους προμηθευτές να ενσωματώσουν επιτυχώς πολλά από τα χαρακτηριστικά του γνωρίσματα, που συνδυάζουν την προσέγγιση πρώτης γενιάς ως προς τον διαχωρισμό των χωρικών τους. Αυτή η πορεία οδηγεί στο σήμερα, φέρνοντας τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών να βρίσκουν εφαρμογή σε πολλά πεδία επιστημών, όπως η τοπογραφία, η φωτογραμμετρία, η τηλεπισκόπηση, η στατιστική, η ιατρική κ.α. Τα Γ.Σ.Π. αποτελούν ένα πολύτιμο, διαρκώς αναπτυσσόμενο εργαλείο.



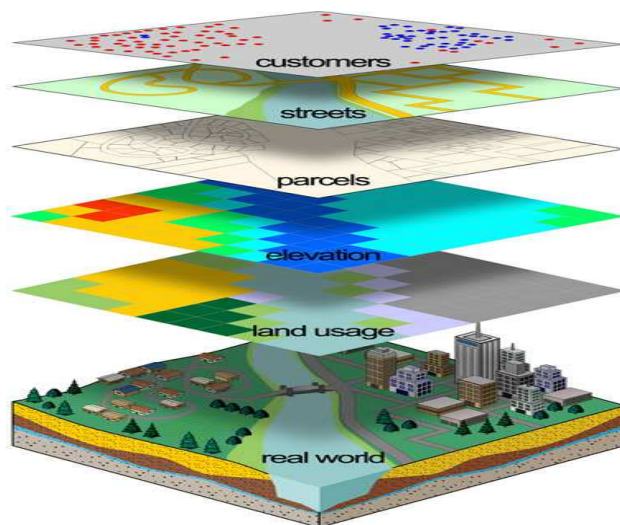
Εικόνα 1: Παγκόσμιος χάρτης του Ortelius, 1570

1.4. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών – GIS

Το Σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (ΣΓΠ), γνωστό ευρέως και ως G.I.S. Geographic Information Systems, είναι σύστημα διαχείρισης χωρικών δεδομένων (spatial data) και συσχετισμένων ιδιοτήτων. Στην πιο αυστηρή μορφή του είναι ένα ψηφιακό σύστημα, ικανό να ενσωματώσει, αποθηκεύσει, προσαρμόσει, αναλύσει και παρουσιάσει γεωγραφικά συσχετισμένες (geographically-referenced) πληροφορίες. Αντίθετα από τους συμβατικούς χάρτες, οι ψηφιακοί χάρτες μπορούν να συνδυάσουν πολλά επίπεδα πληροφοριών-layers (Εικόνα 2).

Σε πιο γενική μορφή, ένα ΣΓΠ είναι ένα εργαλείο "έξυπνου χάρτη", το οποίο επιτρέπει στους χρήστες του να αποτυπώσουν μια περίληψη του πραγματικού κόσμου, να δημιουργήσουν διαδραστικά ερωτήσεις χωρικού ή περιγραφικού χαρακτήρα (αναζητήσεις δημιουργούμενες από τον χρήστη), να αναλύσουν τα χωρικά δεδομένα (spatial data), να τα προσαρμόσουν και να τα αποδώσουν σε αναλογικά μέσα (εκτυπώσεις χαρτών και διαγραμμάτων) ή σε ψηφιακά μέσα (αρχεία χωρικών δεδομένων, διαδραστικοί χάρτες στο Διαδίκτυο). Τα συστήματα GIS, όπως και τα συστήματα CAD, αποτυπώνουν χωρικά δεδομένα σε γεωγραφικό ή χαρτογραφικό ή καρτεσιανό σύστημα Συντεταγμένων.

Βασικό χαρακτηριστικό των ΣΓΠ είναι ότι τα χωρικά δεδομένα συνδέονται και με περιγραφικά δεδομένα, π.χ. μια ομάδα σημείων που αναπαριστούν θέσεις πόλεων συνδέεται με ένα πίνακα όπου κάθε εγγραφή εκτός από τη θέση περιέχει πληροφορίες όπως ονομασία, πληθυσμός κ.λπ.



Εικόνα 2: Η αρχή της υπέρθεσης των Πληροφοριακών Επιπέδων στα ΓΣΠ.

Τα ΓΣΠ προσφέρουν την δυνατότητα προσομοίωσης του πραγματικού κόσμου σε δισδιάστατα και τρισδιάστατα μοντέλα απεικόνισης. Αυτό επιτυγχάνεται με μαθηματικούς αλγόριθμους στο λογισμικό των ΓΣΠ. Επιπλέον έχει δημιουργηθεί ένα σύστημα συντεταγμένων ικανό να αποτελέσει σημείο αναφοράς για κάθε περιοχή της γης. Αυτό είναι το παγκόσμιο σύστημα συντεταγμένων. Κάθε περιοχή έχει τις δικές της συντεταγμένες, οι οποίες ορίζονται με ακρίβεια με την βοήθεια των συσκευών GPS. Κατά αυτό τον τρόπο υπάρχει η υποδομή μιας τεράστιας βάσης δεδομένων, αρκετά αξιόπιστης, ώστε να χρησιμοποιηθεί σε αναλύσεις.

Ένα Γ.Σ.Π. αποτελείται από το υλικό, το λογισμικό και τα δεδομένα. Όλα τα προαναφερθέντα στην υπηρεσία εξειδικευμένου προσωπικού μπορούν να αξιοποιήσουν στο έπακρον τις δυνατότητες των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών.

- Υλικό: Αποτελείται από ένα ολοκληρωμένο σύστημα Η/Υ, από ψηφιοποιητές, σαρωτές, εκτυπωτές και σχεδιογράφους - plotters.
- Λογισμικό: Ένα πρόγραμμα ικανό να εισάγει, διορθώσει, αποθηκεύσει, διαχειριστεί, αναλύσει και απεικονίσει ψηφιακά δεδομένα σε ένα φιλικό προς τον χρήστη interface.
- Δεδομένα: Πρόκειται για το σύνολο της πληροφορίας για την περιοχή ενδιαφέροντος.

1.4.1. Ψηφιακή αναπαράσταση δεδομένων

Τα ΓΣΠ αναπαριστούν πραγματικά δεδομένα σε ψηφιακή μορφή. Για να γίνει εφικτή μια τέτοιου είδους απεικόνιση, δηλαδή δρόμων, ποταμών, οικισμών κ.α. δημιουργείται ένα μοντέλο, βάση κανόνων τοπολογίας που επιτρέπει την διαχείριση αυτών των πληροφοριών. Τα αντικείμενα στον πραγματικό χώρο μπορούν να διαιρεθούν σε δύο κατηγορίες. Τα χωρικά δεδομένα, όπως για παράδειγμα θέση, μορφή, σχέσεις, κ.λπ. και τα ποιοτικά ή θεματικά ή περιγραφικά δεδομένα που αφορούν τιμές και χαρακτηριστικά.

1.4.1.1 Χωρικά δεδομένα

Ανάλογα με τις διαστάσεις τους στο χώρο, τα χωρικά δεδομένα διακρίνονται σε σημειακά (όπως, τα επίκεντρα σεισμών, οι πόλεις, τα ηφαίστεια, οι γεωτρήσεις κ.α.), γραμμικά (όπως δρόμοι, υδρογραφικό δίκτυο, ρήγματα κ.α.), πολυγωνικά (όπως υδρογραφικές λεκάνες, γεωλογικές ενότητες κ.α.) και ογκομετρικά, (όπως χάρτης κλίσεων εδαφών).

Σε αυτό το σημείο, θα πρέπει να αναφερθεί ότι το είδος του αντικείμενου εξαρτάται και από την κλίμακα που χρησιμοποιείται. Έτσι, ενώ σε μία κλίμακα 1:50.000 η νήσος Σίφνος μπορεί να περιλαμβάνει σημειακά, γραμμικά και επιφανειακά δεδομένα, σε κλίμακα 1:1.000.000, όλη η νήσος Σίφνος αποτελεί ένα σημειακό αντικείμενο. Τα δεδομένα εξάλλου αντιπροσωπεύονται από τις διαστάσεις τους μέσα στο χώρο. Έτσι, ένα σημείο θεωρείται ότι έχει μηδενικές διαστάσεις. Η ευθεία που ενώνει δύο σημεία έχει μία μόνο διάσταση, το μήκος. Μία επιφάνεια που αποτελείται από ένα σύνολο γραμμών έχει δύο διαστάσεις, το μήκος και την έκταση και τέλος ένα ογκομετρικό μέγεθος (μία επιφάνεια που περιλαμβάνει εκτάσεις με κατακόρυφες συντεταγμένες) έχει τρεις διαστάσεις.

1.4.1.2 Περιγραφικά Δεδομένα

- **Ονομαστικά δεδομένα (nominal):** Είναι ποιοτική, μη αριθμητική, μη γραμμική κλίμακα. Τα χαρακτηριστικά διαχωρίζονται με βάση τα ουσιαστικά πραγματικά χαρακτηριστικά τους. Για παράδειγμα, η ιδιότητα "Οικισμός" μπορεί να πάρει τις τιμές: «Χανιά», «Παλαιόχωρα», «Βατόλακκος», κ.λπ.
- **Τακτικά δεδομένα (ordinal):** Είναι ονομαστική κλίμακα αλλά με σειρά. Δηλαδή τα χαρακτηριστικά κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με κάποια τακτική διάταξη. Ένα παράδειγμα είναι η ιδιότητα "Μέγεθος" που μπορεί να πάρει τις τιμές: μικρή, μεσαία, μεγάλη, κ.λπ.
- **Κατά διαστήματα δεδομένα (interval):** Είναι μία τακτική κλίμακα αλλά με αριθμούς. Τα χαρακτηριστικά κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με την απόκλιση τους από ένα αυθαίρετο μέγεθος μέτρησης. Ένα παράδειγμα είναι το " Εμβαδόν" το οποίο παίρνει τιμές που μετριοούνται σε τετραγωνικά μέτρα.
- **Αναλογικά δεδομένα (ratio):** Είναι μία κλίμακα με ένα απόλυτο μηδενικό σημείο έναρξης. Ένα παράδειγμα είναι το "Υψόμετρο" το οποίο μετρείται σε μέτρα και η μέτρηση αρχίζει από την επιφάνεια της θάλασσας.

Ανάλογα με τη φύση τους, τα δεδομένα αυτά διακρίνονται σε διακριτά (όπως ο πληθυσμός, η χρήση γης κ.α.) και συνεχή (όπως το υψόμετρο, η ατμοσφαιρική ρύπανση κ.α.).

Υπάρχουν τρεις κύριοι τύποι αναπαράστασης της πραγματικότητας με ψηφιακό τρόπο. Οι δύο κύριες που χρησιμοποιούνται για να αποθηκεύσουν τα στοιχεία σε ένα GIS και για τις δύο παραπάνω κατηγορίες είναι η διανυσματική μορφή (vector) και η μορφή κανάβου (raster).

Η πρώτη από αυτές μετατρέπει τη μορφή του χάρτη σε μορφή διανύσματος (vector format) ή διανυσματική μορφή πολυγώνου, χρησιμοποιώντας την τεχνική του διανύσματος και η δεύτερη σε μορφή ψηφιδωτού ή κανάβου (raster format), χρησιμοποιώντας την τεχνική του ψηφιδωτού.

Και οι δυο μέθοδοι, συγχρόνως με τη μετατροπή αυτή κάθε αυτή του χάρτη σε ψηφιακή μορφή, παρέχουν τοπολογική και ποιοτική πληροφορία για τον ακριβή τρόπο επανασύστασής του.

1.4.2. Διανυσματική αναπαράσταση δεδομένων (Vector)

Σε αυτή την περίπτωση οι οντότητες στον χώρο περιγράφονται και επεξεργάζονται με την χρήση διανυσμάτων. Σημεία, γραμμές ή πολύγωνα χρησιμοποιούνται στην αναπαράσταση των στοιχείων πάντα βάσει περασμένων κανόνων τοπολογίας.

- **Σημεία:** Το σημείο είναι η απλούστερη μέθοδος απεικόνισης αντικειμένων και χρησιμοποιείται για την απεικόνιση των αντικειμένων που δεν έχουν καμία διάσταση στο χώρο (σε συγκεκριμένη κλίμακα). Η θέση τους στο χώρο προσδιορίζεται με τη χρήση είτε απόλυτων είτε σχετικών συντεταγμένων.
- **Γραμμές:** Η χρήση γραμμών χρησιμοποιείται ευρέως, αφού με αυτόν τον τρόπο είναι δυνατή η απεικόνιση πολλών μορφών, όπως ρήγματα, δρόμοι, ποτάμια, γραμμές κίνησης τεμαχίων ή ακόμη και λιθοσφαιρικών πλακών, δίκτυα ποικίλων μορφών κ.α. Συνήθως, οι γραμμές που εισάγονται σε ένα γεωγραφικό σύστημα πληροφοριών ενώνονται μεταξύ τους και τα σημεία σύνδεσής λέγονται κόμβοι (nodes). Για δίκτυα, όπου υπάρχουν πολλές συνδέσεις, όπως συμβαίνει στα ποτάμια συστήματα, όπου, για παράδειγμα, κλάδοι 1^{ης} τάξης ενώνονται για να δώσουν 2^{ης}, κλάδοι 2^{ης} τάξης ενώνονται μεταξύ τους για να δώσουν 3^{ης} κ.ο.κ. ,υπάρχουν δύο κύριες δυνατότητες για τη μορφή της κωδικοποίησης. Η επιλογή εξαρτάται από το αν ενδιαφέρουν περισσότερο οι κόμβοι ή οι σύνδεσμοι. Εάν ενδιαφέρουν, κυρίως, οι κόμβοι, τότε μπορεί να δημιουργηθεί ένα αρχείο στο οποίο να καταγράφεται η αρίθμηση των κόμβων, οι συντεταγμένες τους (x,y) και οι αριθμοί των συνδέσμων με τους οποίους καθένας σχετίζεται. Αυτό συμβαίνει σε περιπτώσεις όπου υπάρχει ενδιαφέρον για την κατεύθυνσή τους, τότε καταγράφεται ο αριθμός της γραμμής, του αρχικού και του τελικού της σημείου. Τα δίκτυα στα οποία δύο κόμβοι ενώνονται με μία ευθεία γραμμή, μπορεί να βρεθούν στη βιβλιογραφία και ως "Πλήρως Συνδεδεμένα δίκτυα". Υπάρχει, βέβαια, και η περίπτωση του συνδυασμού των δύο παραπάνω περιπτώσεων, έτσι ώστε το γεωγραφικό μοντέλο να αποτελείται από δύο αρχεία: ένα αρχείο συνδέσμων και ένα αρχείο κόμβων.
- **Επιφάνειες:** Υπάρχουν πολλοί τρόποι απεικόνισης επιφανειών: το μοντέλο Spaghetti, το μοντέλο κωδικών αλυσίδων (Chain code), το τοπολογικό μοντέλο (Topological), το μοντέλο Dime και το μοντέλο Polyvrt.

Μοντέλο Spaghetti: Πρόκειται για τον απλούστερο τρόπο απεικόνισης μιας επιφάνειας, έτσι χρησιμοποιείται στις πιο απλές μορφές αυτοματοποιημένης χαρτογράφησης. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό για κάθε πολύγωνο της περιοχής ενδιαφέροντος δημιουργείται ένα αρχείο, όπου καταχωρούνται με τη σειρά οι συντεταγμένες κάθε σημείου που έχει περαστεί για να καθοριστεί η πολυγωνική επιφάνεια. Με αυτόν τον τρόπο, το δισδιάστατο μοντέλο ενός χάρτη μετατρέπεται σε μονοδιάστατο. Το βασικό μειονέκτημα αυτού του μοντέλου είναι η καταγραφή παραπάνω από μία φορές των συντεταγμένων των σημείων που ανήκουν σε γραμμές, οι οποίες με τη σειρά τους ανήκουν σε γειτονικά πολύγωνα.

Μοντέλο κωδικών αλυσίδων (Chain code): Εδώ καταγράφεται η θέση ενός αρχικού σημείου, κατόπιν οι θέσεις των επόμενων σημείων καταγράφονται σε σχέση με την απόστασή τους από το αρχικό. Με τον τρόπο αυτόν, κωδικοποιούνται τα γραμμικά στοιχεία με τη χρησιμοποίηση μόνο των συντεταγμένων του αρχικού σημείου της γραμμής. Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιείται ευρέως για την απεικόνιση οδικού δικτύου, δικτύου απορροής, κ.λπ. Εξάλλου, το βασικό πλεονέκτημά του είναι η ευκολία μετατροπής των ήδη εισαγόμενων δεδομένων του, στη μορφή που απαιτούν τα άλλα μοντέλα.

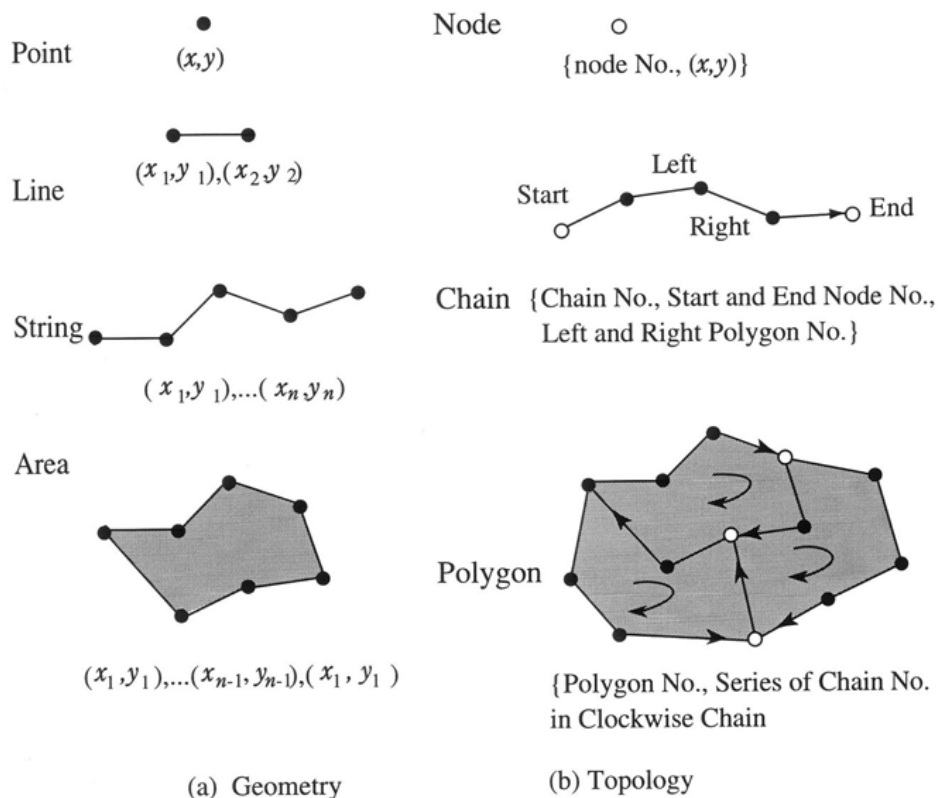
Τοπολογικό μοντέλο (Topological): Αποτελεί το συνηθέστερο τρόπο οργάνωσης των γεωγραφικών στοιχείων και διατηρεί τις χωρικές σχέσεις ανάμεσα στα διαφορετικά αντικείμενα και φαινόμενα που καταχωρούνται στο σύστημα. Η οργάνωση γίνεται με την χρήση κόμβων και περιλαμβάνονται οι συντεταγμένες τους. Κατασκευάζεται ένα αρχείο πολυγώνων, όπου με μονάδα τη γραμμή καταχωρίζεται η αρχή και το τέλος της, καθώς και τα πολύγωνα που βρίσκονται εκατέρωθεν αυτής.

Μοντέλο GBF/Dime (Geographic Base File/Dual IndependentMap): Αποτελεί το γνωστότερο μοντέλο τοπολογικής χρήσης. Η βασική μονάδα του είναι το τμήμα μιας επιφάνειας που περιλαμβάνεται ανάμεσα σε δύο τομές της. Το χαρακτηριστικό του είναι η χρήση τόσο των διευθύνσεων των γραμμών, όσο και των συντεταγμένων του, ενώ για την εύρεση ενός τμήματος γραμμής, το πρόγραμμα ψάχνει σειριακά σε όλο το αρχείο. Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιήθηκε τη δεκαετία του '70 στις ΗΠΑ για την κατασκευή των αστικών χαρακτηριστικών στις διάφορες ανεπτυγμένες περιοχές.

Μοντέλο Polyvrt (POLYgon conVERTer): Το μοντέλο αυτό έχει οργανωμένα τα στοιχεία του με ιεραρχική δομή. Η βασική γραμμική μονάδα είναι μία αλυσίδα, δηλαδή μία σειρά από ευθύγραμμα τμήματα που αρχίζουν και τελειώνουν σε έναν κόμβο. Το μοντέλο αυτό χρησιμοποιήθηκε και αυτό μέσα στη δεκαετία του '70 από το Harvard Laboratory for Computer Graphics και είναι καλύτερο στο θέμα της ανάκτησης των στοιχείων του μοντέλου.

Πίνακας 1 :Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα διανυσματικών μοντέλων (vector).

Διανυσματικά μοντέλα (vector)	
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Με τη χρήση των δικτύων (κάναβος), γίνεται πλήρης περιγραφή της τοπογραφίας	Σύνθετες δομές λόγω της διαφορετικής τοπογραφικής μορφής κάθε μονάδας.
Περιεκτικές δομές δεδομένων	
Καλή παρουσίαση δεδομένων	Δυσκολία επεξεργασίας επικάλυψης επιπέδων πληροφορίας
Ενιαία δομή δεδομένων	
Μεγάλη ακρίβεια κατά τη γραφική απεικόνιση	Δυσκολία μέτρησης εμβαδού και μήκους
Δυνατότητες ενημέρωσης των γραφικών και ποιοτικών χαρακτηριστικών	Απαιτείται δαπανηρό λογισμικό και τεχνικός εξοπλισμός.
Ευκολία πλευρικής σύνδεσης διαφορετικών περιγραφικών δικτύων πληροφοριών (με τη χρήση των nodes)	Δύσκολη και χρονοβόρα η μετατροπή των Raster δεδομένων σε Vector



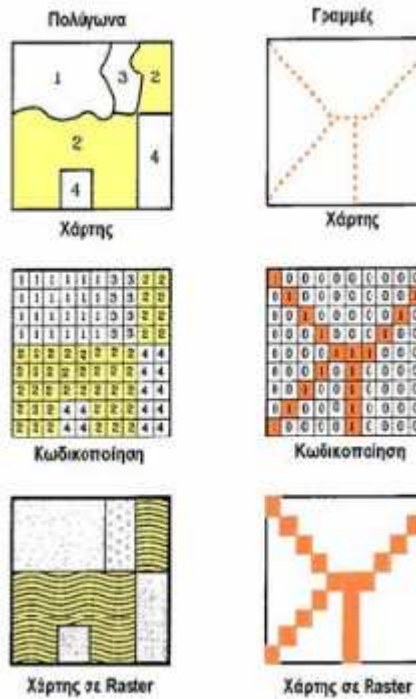
Εικόνα 3: Τοπολογικά και γεωμετρικά δεδομένα μορφής Vector

1.4.3.Αναπαράσταση σε μορφή κανάβου (raster)

Η επιφάνεια του χάρτη καλύπτεται από ένα ορθογωνικό κάνναβο και τα γραφικά δεδομένα εμφανίζονται, προσδιορίζονται και αποθηκεύονται με τη χρήση ενός μαθηματικού πίνακα ορθογωνικών κελιών (εικονοστοιχείων, ψηφίδων, pixels) τα οποία ορίζονται με ένα μοναδικό ζεύγος συντεταγμένων που αναφέρεται είτε στο κέντρο, είτε σε κάποια γωνία τους. Έτσι η θέση ενός σημείου ορίζεται από την γραμμή και την στήλη του κανάβου στην οποία εμπίπτει. Η ανάλυση του προκύπτοντος χάρτη εξαρτάται αποκλειστικά από το μέγεθος του εικονοστοιχείου που χρησιμοποιείται. Όσο περισσότερο πυκνός είναι ο κάνναβος, όσο δηλαδή η ανάλυση είναι υψηλότερη, τόσο λεπτομερέστερη είναι η απεικόνιση των γραφικών. Το μέγεθος των τετραγώνων ορίζει την ακρίβεια της αναπαράστασης.

Τα συστήματα κανάβου είναι συμβατά με άλλα δεδομένα, όπως τα δορυφορικά. Στο ψηφιδωτό μοντέλο είναι δυνατό να γίνει η απεικόνιση με τους κωδικούς αλυσίδων, μηκών και κωδικούς τετραγώνων.

- **Κωδικοί αλυσίδων (Chain codes):** Θεωρείται ένα σημείο έναρξης, όπως για παράδειγμα η ψηφίδα με συντεταγμένες σειρά 10 και στήλη 1, καθώς και οι τέσσερις κατευθύνσεις (ανατολικά = 0, βόρεια = 1, δυτικά = 2 και νότια = 3). Η περιγραφή των ορίων μιας περιοχής, είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί καθορίζοντας τα όρια σύμφωνα με τη φορά των δεικτών του ρολογιού. Το μοντέλο αυτό πλεονεκτεί στην απλότητα και το συμβατικό τρόπο οργάνωσης, χαρακτηριστικά που διευκολύνουν λειτουργίες, όπως η μέτρηση εμβαδών και περιμέτρων. Το μειονέκτημα του μοντέλου αυτού είναι η δυσκολία στην εκτέλεση υπερθέσεων.
- **Κωδικοί μηκών (Run-length codes):** Σε αυτόν τον τύπο λειτουργίας, για κάθε σειρά δημιουργούνται διαστήματα ψηφίδων της μορφής "από-έως". Η διαδικασία αυτή έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του απαιτούμενου χώρου αποθήκευσης των δεδομένων, είναι όμως χρονοβόρα, λόγω της συμπίεσης των στοιχείων.
- **Κωδικοί τετραγώνων (Block codes):** Σε αυτό το μοντέλο παρουσιάζεται η περιοχή με τη μορφή τετραγώνων άνισων μεγεθών. Κάθε ένας από τους προαναφερθέντες τύπους έχει τα πλεονεκτήματά του και τα μειονεκτήματά του. Έτσι, η χρησιμοποίηση ενός εκ των δύο μοντέλων καθορίζεται αποκλειστικά και μόνο από την εφαρμογή που πρόκειται να εκτελεστεί.



Εικόνα 4. Μετατροπή αντικειμένων σε μορφή Raster

Οι τιμές των εικονοστοιχείων μπορεί να είναι ακέραιοι ή πραγματικοί αριθμοί ή ακόμα και αλφαβητικοί χαρακτήρες (integer, real ή textual values). Επιτρέπονται πράξεις μεταξύ ομοειδούς κωδικοποίησης. Οι ακέραιες τιμές λειτουργούν συνήθως ως κωδικοί αριθμοί αντιστοιχώντας στις τιμές ενός πίνακα χαρακτηριστικών. Για παράδειγμα, η κωδικοποίηση εδάφους μπορεί να έχει τη μορφή:

- 0 = περιοχή χωρίς χαρακτηρισμό
- 1 = άργιλος
- 2 = χοντρή άμμος
- 3 = χαλίκι

Πίνακας 2 :Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα μοντέλων καννάβου (raster).

Ψηφιδωτά μοντέλα ή μοντέλα κανάβου(raster)	
Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Απλές δομές δεδομένων.	Μεγάλοι όγκοι γραφικών δεδομένων, που συνεπάγεται μεγάλες απαιτήσεις μνήμης.
Ευκολία απεικόνισης (λόγω ομοιότητας της κάθε μονάδας δεδομένων στο χώρο). Ευκολία υπέρθεσης και συνδυασμού των δεδομένων του χάρτη με δεδομένα που συλλέγονται από διαφορετικές πηγές καθώς τηλεπισκοπικά δεδομένα.	Μειωμένη αναπαράσταση δομών, εξαιτίας της χρήσης μεγάλων κυψελών, με σκοπό τη μείωση της ποσότητας των γραφικών δεδομένων. Οι θεματικοί χάρτες είναι απαραίτητο να τύχουν επιμελούς επεξεργασίας για να είναι ευπαρουσίαστοι
Ακριβής προσομοίωση της πραγματικότητας, λόγω ισοδυναμίας των ψηφιακών δεδομένων με τα φυσικά στοιχεία.	Δυσκολία έως αδυναμία σύνδεσης πληροφοριών που βρίσκονται σε διαφορετικά αντικείμενα.
	Χρονοβόρα διαδικασία μετασχηματισμού συντεταγμένων, λόγω μεγάλου όγκου πληροφοριών

1.5. Ψηφιακά Μοντέλα Εδάφους

Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (DEM) θεωρείται κάθε «ψηφιακή αναπαράσταση της συνεχούς μεταβολής του αναγλύφου στο χώρο» (Burrough, 1986).

Παρέχουν τη βάση για την ανάπτυξη μεγάλου αριθμού εφαρμογών που σχετίζονται με τις γεωεπιστήμες και τα αντικείμενα των μηχανικών. Στη γεωπληροφορική παρέχουν τη δυνατότητα μοντελοποίησης, ανάλυσης και απόδοσης χωρικών φαινομένων που σχετίζονται με το ανάγλυφο ή άλλες επιφάνειες με ανάλογες χωρικές ιδιότητες. Το ΨΜΕ μπορεί να κατανοηθεί ως ψηφιακή αναπαράσταση της γεωμετρικής μορφής ενός τμήματος της γήινης επιφάνειας. Με δεδομένο ότι οι γκρεμοί ή τα ρήγματα αποτελούν σπάνιες χαρακτηριστικές μορφές του ανάγλυφου η γήινη επιφάνεια συνήθως αναπαρίσταται ως «πεδίο». Σ' αυτό το πλαίσιο το ΨΜΕ αποτελεί ένα μοντέλο 2.5D παρά 3D. Επεκτάσεις που να επιτρέπουν τη μοντελοποίηση γκρεμών ή ρηγμάτων παρέχονται συνήθως σε συστήματα εξειδικευμένων εφαρμογών σαν αυτές που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία μοντέλων γεωλογικών επιφανειών.

Σε αντίθεση με τους τοπογραφικούς χάρτες στο Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους η πληροφορία αποθηκεύεται σε μορφή κανάβου (raster), δηλαδή ο χάρτης διαιρείται κανονικά σε ορθογώνια εικονοστοιχεία και θα αποθηκεύει την ανύψωση κάθε εικονοστοιχείου. Παρότι έχουν χρησιμοποιηθεί ήδη από τη δεκαετία του 50 (Miller and Laflamme, 1958), η ανάπτυξη της επιστήμης της Πληροφορικής αναβάθμισε το ρόλο τους στις μέρες μας και τα κατέστησε αξιόπιστα έτσι ώστε να θεωρούνται απαραίτητο στοιχείο στη διαδικασία της Γεωγραφικής ανάλυσης.

Εφαρμογές:

- Υπολογισμός ιδιοτήτων επιφάνειας του εδάφους (υψόμετρο, κλίση, προσανατολισμός, φωτοσκίαση).
- Εντοπισμός στοιχείων (λεκάνες απορροής, κορυφογραμμές, δίκτυα επικοινωνιών και υδροδότησης).
- Μοντελοποίηση υδρολογικών λειτουργιών (ενεργειακή ροή, δασικές πυρκαγιές, μετακίνηση πληθυσμού).

Μειονεκτήματα και πλεονεκτήματα DEM

Πλεονεκτήματα: Απλό μοντέλο, φτηνά δεδομένα, εύκολα σχετίζονται με άλλα ψηφιδωτά αρχεία, τυχαία κατανομημένα σημεία δειγματοληψίας μπορούν να αποκτήσουν κανονική κατανομή με παρεμβολή.

Μειονεκτήματα: Δεν εναρμονίζονται με την μεταβλητότητα του αναγλύφου, τα γραμμικά χαρακτηριστικά δεν αναπαρίστανται ορθά.

1.5.1. Είδη ψηφιακών μοντέλων εδάφους

Από τη δεκαετία του 50 και μετά, έχουν χρησιμοποιηθεί πάρα πολλά είδη ψηφιακών μοντέλων εδάφους. Οι διαφορές τους εντοπίζονται στη δομή αποθήκευσης και στον τρόπο διαχείρισης των δεδομένων τους. Στις μέρες μας χρησιμοποιούνται κυρίως δύο δομές δεδομένων για τα ψηφιακά μοντέλα εδάφους: τα δίκτυα τριγώνων (Triangulated Irregular Network - TIN) και τα σημειακά μοντέλα, DEM, (πίνακες υψομέτρων, rectangular grid, elevation matrices, lattices).

1.5.1.1. Δίκτυα τριγώνων (TIN)

Είναι η πιο χρήσιμη μέθοδος για την αναπαράσταση συνεχών επιφανειών σε ένα σύστημα GIS. Δεδομένα που περιλαμβάνουν ισοϋψείς, breaklines και σημειακά Δεδομένα υψομέτρου (είτε DEM είτε massed points) μπορούν να συνδυαστούν για την δημιουργία του TIN.

Τα TINs είναι ιδιαίτερος χρήσιμα στην ανάλυση της επιφανείας επιφανείας.

- Καλή αναπαράσταση επιφανειών
- Εύκολος υπολογισμός κλίσεων και προσανατολισμού
- Απλοποίηση του υπολογισμού μεγεθών όπως το εμβαδό και ο όγκος της επιφάνειας..

1.5.1.2. Σημειακά μοντέλα (Lattice grid)

Στα σημειακά μοντέλα υψομετρικών πινάκων η συνεχής επιφάνεια παρίσταται σαν ένας κάναβος σημείων τα οποία ισαπέχουν και στα οποία αντιστοιχεί κάποια τιμή της μεταβλητής Z . Υπάρχει η δυνατότητα αντιστοίχισης μιας τιμής Z σε ένα σημείο του μοντέλου (μοντέλο lattice) ή σε μια στοιχειώδη επιφάνεια (μοντέλο grid).

1.6. Εφαρμογές των Γ.Σ.Π.

Γενικά τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών αποτελούν δυναμικά συστήματα πληροφοριών, τα οποία με την τεχνολογία της Πληροφορικής και τις ειδικές μαθηματικές μεθόδους διαχειρίζονται και αξιοποιούν δεδομένα από τις γεω-επιστήμες για την παραγωγή μετα-πληροφορίας, δηλαδή πληροφορίας υψηλότερου επιπέδου. Η εφαρμογή τους είναι εφικτή σε πολλούς τομείς.

Μερικά παραδείγματα σε κρατικό και κυβερνητικό επίπεδο:

- Καταγραφή και διαχείριση της δημόσιας και ιδιωτικής ακίνητης περιουσίας (κτηματολόγιο).
- Πολεοδομικός και χωροταξικός σχεδιασμός.
- Διαχείριση οδικών δικτύων.
- Εθνική άμυνα και κατανομή στρατιωτικών εγκαταστάσεων.
- Αντιμετώπιση φυσικών καταστροφών και προστασία του περιβάλλοντος με τη δυνατότητα δημιουργίας σεναρίων καταστάσεων έκτακτης ανάγκης και άσκηση των υπηρεσιών στην Αντιμετώπισή τους.
- Διαχείριση των φυσικών πόρων και των καλλιεργειών.
- Διαχείριση των δικτύων των οργανισμών κοινής ωφέλειας (ηλεκτρικό, τηλέφωνο, νερό, αποχέτευση, φυσικό αέριο, καλωδιακή τηλεόραση).
- Παρακολούθηση των οικονομικών, εμπορικών, βιομηχανικών και βιοτεχνικών δραστηριοτήτων για τον καλύτερο σχεδιασμό της ανάπτυξης της εθνικής οικονομίας.
- Παρακολούθηση της υγείας του πληθυσμού, εντοπισμό επιδημιών στη γένεσή τους, σχεδιασμό νοσηλευτικών κέντρων σε σχέση με την κατανομή του πληθυσμού.
- Καταγραφή, τεκμηρίωση και προβολή των αρχαιολογικών ευρημάτων και μνημείων της χώρας.
- Παρακολούθηση της εκπαίδευσης του πληθυσμού, συσχέτιση πληθυσμιακών δεδομένων και σχεδιασμού νέων εγκαταστάσεων εκπαίδευσης.
- Διαχείριση δημογραφικών στοιχείων για την μακροπρόθεσμη πολιτική ανάπτυξης.
- Εθνική ασφάλεια και καταπολέμηση του εγκλήματος.

2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΙΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

2.1. Γεωλογία Κρήτης

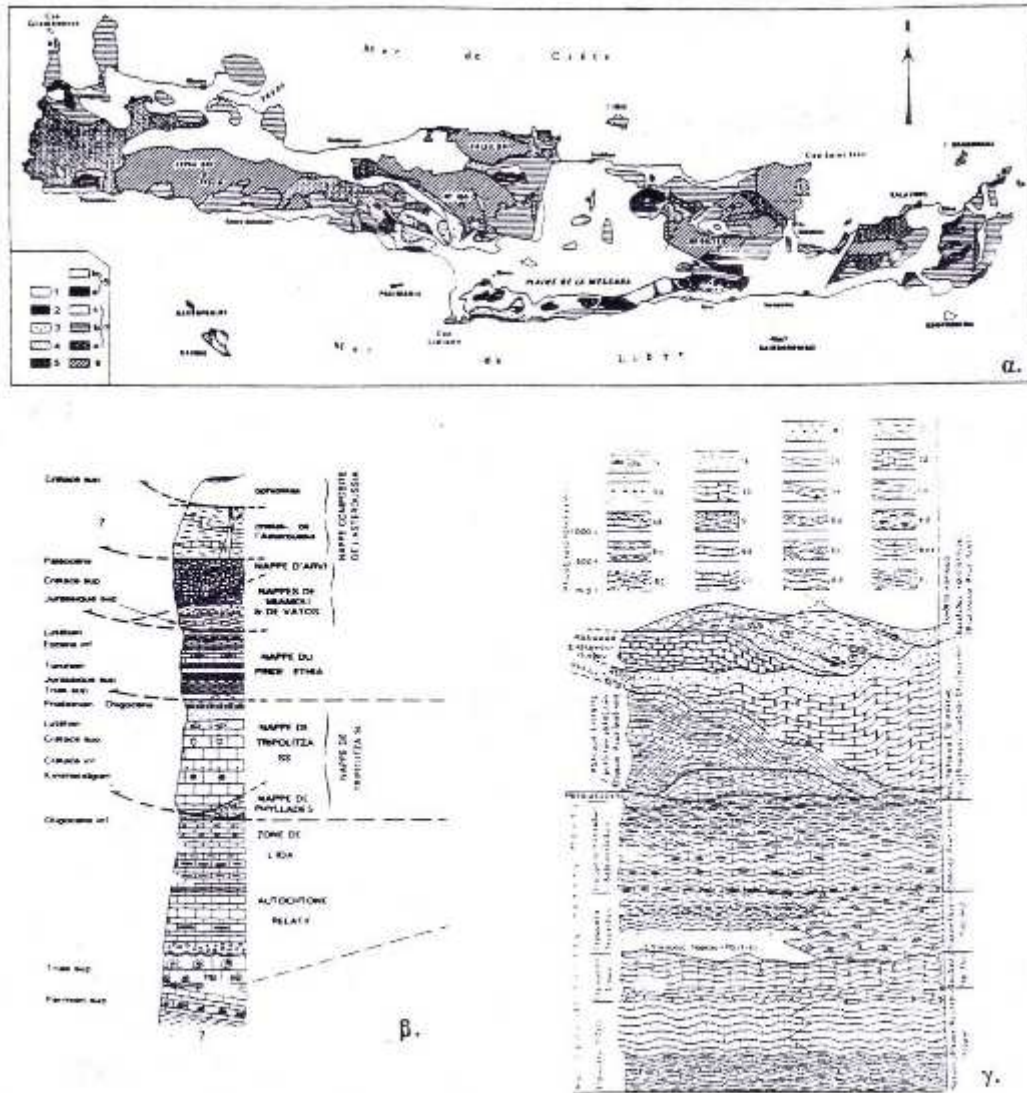
Η Κρήτη σχηματίστηκε από τα υπολείμματα του ωκεανού της Τηθύος και είναι αποτέλεσμα της αλπικής ορογένεσης. Βυθίστηκε και αναδύθηκε τρεις φορές από το τέλος του Παλαιοζωικού ως τη βάση του Μειοκαινού (αρχή Νεογενούς), περίοδο κατά την οποία ήταν καλυμμένη από τη θάλασσα, οπότε και αναδύεται εκ νέου ως τρία χωριστά νησιά (ορεινοί όγκοι Λευκών Ορέων, Ψηλορείτη και Λασιθιώτικων Ορέων). Με την απόσυρση τη θάλασσας στο Μεσσηνίο (τέλος Μειοκαινού), λόγω της ξηρότητας της Μεσογείου (κρίση αλατότητας του Μεσσηνίου), σχηματίζεται λόγω εξάτμισης γύψος και ανυδρίτης. Άφθονα απολιθώματα (γαστερόποδα, εχινόδερμα κ.ά.) βρίσκονται μέσα στα νεογενή ιζήματα και ειδικά στα μειοκαινικά, όπου κατά θέσεις τα λιμναία ανωμειοκαινικά ιζήματα συνυπάρχουν με πανίδα θηλαστικών απολιθωμάτων. Στο Πλειόκαινο έχουμε πάλι αύξηση του βάθους της θάλασσας και κατά συνέπεια ιζηματογένεση προοδευτικά βαθύτερης θάλασσας. Η πλήρωση με ιζήματα των νεογενών λεκανών ένωσε τους ορεινούς όγκους. Στη συνέχεια, το νησί, με την ανάδυση της χέρσου λόγω τεκτονικών διεργασιών, απέκτησε μορφή που πλησίαζε τη σημερινή. Στο Πλειστόκαινο γίνονται αλλαγές στο ανάγλυφο και στην πανίδα της Κρήτης. Αναπτύσσεται πανίδα θηλαστικών στη διάρκεια Πλειστοκαίνου-Ολοκαίνου, η οποία εντοπίζεται σε σπήλαια (Γερανίου Ν. Ρεθύμνου, Ακρωτηρίου Δράπανο Ν. Χανίων) ή

σε παλιές λίμνες (οροπέδιο Καθαρού Ν. Λασιθίου). Χαρακτηριστικά απολιθώματα είναι αυτά των ναοιποποτάμων, ελεφάντων, ελαφιών, τρωκτικών κ.ά. Η πανίδα εξαφανίστηκε στο τέλος του Πλειστοκαίνου, πιθανόν λόγω έλλειψης τροφής.

Η γεωλογία της Κρήτης ακολουθεί μια αρκετά πολύπλοκη δομή λόγω της γεωτεκτονικής της θέσης σε σχέση με τις συγκλίνουσες λιθοσφαιρικές πλάκες της Αφρικής και της Ευρασίας. Σύμφωνα με πρόσφατες θεωρίες η νήσος αποτελείται από αλληπάλληλα τεκτονικά καλύμματα των διαφόρων γεοτεκτονικών ζωνών (που αναπτύσσονται πάνω στην ενότητα Ταλέα όρη των πλακωδών ασβεστόλιθων).

Σύμφωνα με μελετητές ένα σύνολο αλλόχθονων καλυμμάτων, που προέρχονται από το σύνολο των Ελληνίδων ζωνών και παρουσιάζουν διαφορετική τεκτονική και παλαιογραφική εξέλιξη, βρίσκεται τεκτονικά τοποθετημένο πάνω στην αυτόχθονη έως παρααυτόχθονη (ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ 1980) ενότητα των Πλακωδών ασβεστόλιθων.

Ένα σύνολο εφτά καλυμμάτων πάνω από την ενότητα των Πλακωδών ασβεστόλιθων όπου αναφέρουν οι CREUTZBOURG (1977) είναι: του Τρυπαλίου, των Φυλλιτών-Χαλαζιτών, του Γαβρόβου-Τρίπολης, της Πίνδου, των χαοτικών τεμαχών, της Καλυψούς και των οφιολίθων. Ο Φυτρολάκης (1980), αναφέρει ένα σύνολο πέντε καλυμμάτων τεκτονικά τοποθετημένων πάνω στην ενότητα Κρήτης-Μάνης όπου είναι τα εξής: το κάλυμμα Τρυπαλίου, των Φυλλιτών-Χαλαζιτών, το κάλυμμα της Τρίπολης, το κάλυμμα Ωλονού-Πίνδου και το σύνθετο κάλυμμα οφιολιθικών και κρυσταλλοσχιστωδών πετρωμάτων. Ο Bonneau (1984), υποστηρίζει ένα σύνολο έξι καλυμμάτων που βρίσκεται τεκτονικά τοποθετημένο πάνω στην ενότητα της Ίδης. Τα καλύμματα είναι τα εξής: των Φυλλιτών-Χαλαζιτών, του Γαβρόβου-Τρίπολης, της Πίνδου-Εθίας, του Βάτου και Καλυψός, των Αστερουσίων και των Οφιολίθων (εικ8). Στην περιοχή της κεντρικής Κρήτης εμφανίζονται όλα τα καλύμματα της Κρήτης εκτός από το κάλυμμα του Τρυπαλίου.



Σχήμα 2.1 α) Γεωλογικός χάρτης της Κρήτης κατά BONNEAU et al. (1977). 1. Νεογενή και Τεταρτογενή, 2. Οφιοίτιοι, 3. Κ. Αστερουσιών, 4. Κ. Μιαμούς, 5. Κ. Αρβής, 6. Κ. Πίνδου-Εθίας, 7. Κ. Τρίπολης (α. Φυλλίτες-Χαλαζίτες), 8. Ζώνη Ιδίας και τεκτονοστρωματογραφικές στήλες των καλυμμάτων της Κρήτης. β) κατά BONNEAU et al. (1977) και γ) κατά ΦΥΤΡΟΛΑΚΗ (1980).

Εικόνα 8. Γεωλογικός χάρτης και στρωματογραφική τομή των σχηματισμών Κρήτης.

2.2 Η περιοχή μελέτης

Στο κεντροανατολικό τμήμα της Κρήτης βρίσκεται ο νομός Ηρακλείου.

Η πρωτεύουσά του, το Ηράκλειο, βρίσκεται στις βόρειες ακτές του δυτικού τμήματος του νομού. Η πόλη είναι κτισμένη πάνω στην πεδιάδα του Ηρακλείου, ανάμεσα στα ποτάμια Γιόφυρο και Καρτερό, σε υψόμετρο 40 μέτρων από τη θάλασσα. Το έδαφος του νομού είναι κατά το μεγαλύτερο μέρος του πεδινό και ημιορεινό. Ορεινά είναι τα δύο άκρα του νομού, το ανατολικό και το δυτικό, όπου υψώνονται οι προεκτάσεις του Ίδη και της Δίκτης. Στο νομό Ηρακλείου υπάρχουν αρκετά ρεύματα και ποταμοί, σημαντικότεροι εκ των οποίων είναι ο Γεροπόταμος (στο νότιο τμήμα του) και ο Αναποδάρης που χύνονται στο Λυβικό πέλαγος και ο Γιόφυρος που πηγάζει από τον Ψηλορείτη και χύνεται στο Κρητικό Πέλαγος. Η ακτογραμμή του νομού αρχίζει στο Κρητικό Πέλαγος από τον Όρμο Φόδελε και καταλήγει στον κόλπο Μαλίων.

Στο Λυβικό Πέλαγος η ακτογραμμή αρχίζει από τον Κόλπο της Μεσαράς και τελειώνει στον Όρμο του Κερατόκαμπου.

Με βάση τα παραπάνω, η πόλη του Ηρακλείου βρίσκεται στις βόρειες ακτές του δυτικού τμήματος του νομού σε έδαφος κυρίως πεδινό.

Ο Νομός Ηρακλείου νομός έχει πολλά φαράγγια με τα περισσότερα από αυτά να διασχίζουν τους πρόποδες του Ψηλορείτη και των Αστερουσίων όρεων. Η περιοχή των Αστερουσίων έχει μερικά από τα πιο καταπληκτικά φαράγγια στην Ελλάδα, με πιο σημαντικό το Αγιοφάραγγο και τον Μάρτσαλο. Ωστόσο, το φαράγγι του Αγίου Νικολάου με το μαγευτικό Δάσος του Ρούβα είναι το πιο όμορφο φαράγγι στο νομό Ηρακλείου. Άλλα φαράγγια στο Νομό είναι του Αλμυρού και του Καρτερού, κοντά στο Ηράκλειο, το Αστρακιανό, της Άρβης, το Κουναβιανό, το Ασκιανό, το Κνωσσανό και το Αστρίτσι. Ένα από τα πιο περίεργα γεωλογικά φαινόμενα στην Ελλάδα είναι το Βουλισμένο Αλώνι. Βρίσκεται περίπου 15km δυτικά του Ηρακλείου, δίπλα στην παλιά Εθνική Οδό που οδηγούσε από το Ηράκλειο στο Ρέθυμνο και κοντά στο χωριό Μάραθος. Είναι ένα πολύ μεγάλο βύθισμα (καρστική δολίνη) με κυκλικό σχήμα, η οποία έχει σχηματιστεί από την κατακρήμνιση παλαιότερου σπηλαίου. Η μέγιστη διάμετρος του βυθίσματος φτάνει τα 90m, ενώ το βάθος των τοιχωμάτων του κυμαίνεται από 15 έως και 50 μέτρα.

2.3. Στρωματογραφία της περιοχής μελέτης

Από την μελέτη των γεωλογικών φύλλων χάρτη, Ηρακλείου, Επάνω Αρχανών, Αχεντριάς, Άνω Βιάννου, Τυμπακίου και Μοχού έκδοσης Ι.Γ.Μ.Ε. 1:50000 προκύπτει ότι καλύπτονται αναλυτικά από:

Φύλλο χάρτη « Αχεντριά » (έκδοσης Ι.Γ.Μ.Ε 1984)

Τεταρτογενές

- Αλυβιακές αποθέσεις: άμμοι ασύνδετα κροκαλοπαγή
- Κορήματα: αποθέσεις κλιτύων περισσότερο ή λιγότερο συγκολλημένες
- Κροκαλοπαγή ερυθρά, άμμοι και άργιλλοι: ποταμολιμναίας γενικά προέλευση

Νεογενές

- ΑΝΩΤΕΡΟ ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ (ΜΕΣΣΗΝΙΟ).

-Ασβεστόλιθοι: υφαλογενείς, κλαστικοί, τοπικά κροκαλοπαγείς ή λατυποπαγείς.

- ΑΝΩΤΕΡΟ ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ (ΤΟΡΤΟΝΙΟ).

-Αποθέσεις θαλάσσιες, υφάλμυρες ή γλυκού νερού: αποτελούνται από ανώμαλες εναλλαγές κροκαλοπαγών, ψαμμιτών, άμμων και μαργών ή αργίλων. Τοπικά λιγνίτες και λιμναίοι ασβεστόλιθοι.

Υφαλογενείς ή κλαστικοί ασβεστόλιθοι, μερικές φορές κροκαλοπαγείς, βρίσκονται ενδιαστρομένοι στα μεσαία κυρίως μέλη των ακολουθιών. Επικράτηση άμμων ή κροκαλοπαγών στο κράσπεδο του Ψηλορείτη. (Υποδιαίρεση του Νεογενούς με βάση το φύλλο Τυμπάκιον.)

Αλλόχθονες σειρές

ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ

- ΟΦΙΟΛΙΘΙΚΟ ΚΑΛΥΜΜΑ

ΑΝΩΤΑΤΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ-ΚΑΤΩΤΑΤΟ ΚΡΗΤΙΔΙΚΟ

-Οφιολιθικό σύμπλεγμα: περιοδοτήτες περισσότερο ή λιγότερο σερπεντινωμένοι, γάββροι και δολερίτες.

- ΚΑΛΛΥΜΑ ΑΡΒΗΣ

ΑΝΩΤΕΡΟ ΚΡΗΤΙΔΙΚΟ

-Ασβεστόλιθοι μαργαϊκοί ερυθροί και φλύσχης ερυθρός: Globotruncanidae, μαζί με διαβάσεις.

Ηλικία: Στην περιοχή του Βιάννου, ο ίδιος σχηματισμός είναι χρονολογημένος στο Μαιστρίγτιο.

ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ

- ΖΩΝΗ ΠΙΝΔΟΥ- ΕΘΙΑΣ

ΜΕΣΟ- ΑΝΩΤΕΡΟ ΗΩΚΑΙΝΟ

-Φλύσχη: Ψαμμίτο-ιλυολιθικός

ΑΝΩΤΕΡΟ ΣΕΝΩΝΙΟ- ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΗΩΚΑΙΝΟ

-Πλακώδεις ασβεστόλιθοι: περιλαμβάνουν από πάνω προς τα κάτω:

- "Στρώματα μεταβάσεως στο φλύσχη", με εναλλαγές μικρολατυπαγών με Νουμμουλίτες και μικριτικών ασβεστολίθων με *Globorotalia* sp.

Ηλικία: Παλαιόκαινο- Κατώτερο Ηώκαινο

- Πλακώδεις ασβεστόλιθοι, σκοτεινότεφροι με *Globotruncanidae*.

- Σπάνια λατυπαγή με νητρική πανίδα μεταφερμένη.

Τα τεκτονικά ράκη (*Klippen*) του Μουρνιά, περιλαμβάνουν ένα άστρωτο Ανώτερο Κρητιδικό με Ρουδιστές στη θέση τους.

ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ- ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΣΕΝΩΝΙΟ

-Ασβεστόλιθοι, κερατόλιθοι και "πρώτος φλύσχη": περιλαμβάνουν από πάνω προς τα κάτω:

- Ψαμμίτες και ψαμμιτικούς ασβεστόλιθους με θραύσματα "βασικών πετρωμάτων" διάφορα *Globotruncanidae*.

Ηλικία: Τουρώνιο-Σενώνιο

-Κερατόλιθοι: ιάσπιδες ολοπυριτικοί με Ακτινόζωα και ενστρώσεις χαλικοπαγών ασβεστόλιθων.

ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ- ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ

-Ασβεστόλιθοι ροδόχρωμοι με ιάσπιδες: σε λεπτούς πάγκους, με ενστρώσεις περισσότερο ή λιγότερο άφθονες από μάργες ερυθρές. Ασβεστόλιθοι ροδόχρωμοι ή μαύροι με Αλόβιες. Στη βάση υπάρχουν καμιά φορά ψαμμίτες σε λεπτούς πάγκους.

Ηλικία: Ανώτερο Τριαδικό.

ΚΑΡΝΙΟ

-Κλαστική σειρά Τριαδικού: εναλλαγές ψαμμιτών σε λεπτούς πάγκους με θραύσματα φυτών και σκοτεινότεφρων μαργών με "Filaments". Υπάρχουν μερικοί πάγκοι ανοιχτότεφρων ασβεστόλιθων με κίτρινο επίχρισμα που περιέχουν *Κωνόδοντα*.

Ηλικία: Ανώτερο Τριαδικό (Κάρνιο)

- ΖΩΝΗ ΤΡΙΠΟΛΕΩΣ

ΠΡΙΑΜΠΟΝΙΟ- ΟΛΙΓΟΚΑΙΝΟ

-Φλύσχη: Ψαμμίτο-ιλυολιθικός

Ηλικία: ανώτερο Ηώκαινο (Πριαμπόνιο) στους πρώτους ορίζοντες του φλύσχη. (στρώματα μεταβάσεως).

ΠΑΛΑΙΟΚΑΙΝΟ- ΜΕΣΟ ΗΩΚΑΙΝΟ

-Ασβεστόλιθοι μαύροι με πλούσια νηρητική πανίδα: Απολιθώματα.

Ηλικία: Παλαιόκαινο- Ανώτατο Λουτήσιο.

ΑΝΩΤΕΡΟ ΚΡΗΤΙΔΙΚΟ

-Ασβεστόλιθοι μαύροι με Ρουδιστές: κυρίως *Radiolitidae* και πολυάριθμα βενθονικά Τρηματοφόρα.

ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΜΗ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΕΝΟΙ

-Ασβεστόλιθοι και δολομίτες χωρίς απολιθώματα: μπορούν να ανήκουν σε οποιοδήποτε μέλος της στρωματογραφικής σειράς της ζώνης Τριπόλεως, από το Τριαδικό- κατώτερο Ιουρασικό έως το Ηώκαινο.

Φύλλο χάρτη « Άνω Βιαννός» (έκδοσης Ι.Γ.Μ.Ε 2002)

Τεταρτογενές

- **ΟΛΟΚΑΙΝΟ**

-Αλλουβιακές αποθέσεις, αποθέσεις κλειστών λεκανών, αποθέσεις κοιλάδων ανοιχτών προς τη θάλασσα, υλικά ελουβικού μανδύα, άμμοι ακτών και beach rocks.

-Κώνοι κορημάτων και πλευρικά κορήματα.

- **ΑΝΩΤΕΡΟ ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ (ΤΥΡΡΗΝΙΟ)**

-Θαλάσσιες αναβαθμίδες: αποτελούνται κυρίως από κροκαλοπαγή με παρεμβολές ψαμμούχου μάργας κατά θέσεις. Σε εμφανίσεις κοντά στη θάλασσα, περιέχουν τοπικά άφθονα θαλάσσια μαλάκια π.χ Strombus που τις κατατάσσουν στο Τυρρηνίο.

Πάχος: άνω των 3m.

Νεογενές

- **ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ**

ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΤΟΡΤΟΝΙΟ-ΜΕΣΣΗΝΙΟ

-Σχηματισμός «Αμμουδάρες»: βιολιθοκλαστικοί ασβεσταρενίτες και μάργες με άφθονες βελόνες σπόγγων. Σε μερικές θέσεις εμφανίζεται αδρόκοκκο υλικό αυλάκων, με χαλίκια στη βάση. Ο σχηματισμός γενικά έχει διαταραχθεί από συν- και μετα-ιζηματογενείς ολισθήσεις.

Μέγιστο πάχος: 100m περίπου.

-Σχηματισμός «Μακρυλιά»: εναλλαγές απολιθωματοφόρων μαργών και διαβαθμισμένων ψαμμιτών.

Μέγιστο πάχος: 150m περίπου.

-Σχηματισμός «Αμπελούζος»: ακανόνιστες εναλλαγές, από θαλάσσια υφάλμυρα και ποτάμια κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, ιλυόλιθους, τεφροκυάνες μάργες, ιλυώδης αργίλους και λιγνίτες. Στα κατώτερα ή μεσαία μέλη του σχηματισμού εμφανίζονται θραύσματα υφάλων με κοράλλια, φύκη και υδρόζωα.

Μέγιστο πάχος: 250m περίπου.

ΑΝΩΤΕΡΟ ΣΕΡΡΑΒΑΛΛΙΟ-ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΤΟΡΤΟΝΙΟ

-Σχηματισμός «Μάλες»: σχετικά καλά ταξινομημένα, πολύμικτα κροκαλοπαγή, με καλά αποστρογγυλωμένα στοιχεία, εναλασσόμενα ακανόνιστα με ψαμμίτες και αργιλούχους μάργες. Τα περισσότερα συστατικά του κροκαλοπαγούς προέρχονται από την προνεογενή σειρά της Πίνδου

Μέγιστο πάχος: 100m περίπου.

ΑΝΩΤΕΡΟ ΣΕΡΡΑΒΑΛΛΙΟ

-Σχηματισμός «Σκινιά»: γενικά καλά στρωμένες σκούρες κυανές, σκούρες τεφρές ή πρασινοκύανες θαλάσσιες άργιλοι και ιλυώδεις άργιλοι με παρεμβολές καστανόχρωμων ψαμμιτών.

Μέγιστο πάχος: 150m περίπου.

ΜΕΣΟ ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ

-Σχηματισμός «Βιάννος»: γενικά καλά στρωμένες, ποταμολιμναίες σκούρες τέφρες έως πρασινωπές άργιλοι, ιλυώδεις άργιλοι με κατά θέσεις λιγνίτη ή και ενστρώσεις ασβεστολίθων και καλά διαβαθμισμένοι καστανόχρωμοι ψαμμίτες. Παρεμβολές πολύμικτων κροκαλοπαγών κυρίως στο κατώτερο τμήμα του σχηματισμού/

Μέγιστο πάχος: 150m περίπου.

Αλλόχθονες Σειρές

- **ΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΚΑΛΥΜΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ**

Με τον όρο «τεκτονικό κάλυμα εσωτερικών ζωνών» εννοούμε την ανώτερη τεκτονική ενότητα αλπικών σχηματισμών, που συμμετέχει στη γεωλογική δομή της νήσου Κρήτης. Πρόκειται για ένα τεκτονικό κάλυμμα το οποίο στην ευρύτερη περιοχή έχει αναφερθεί με τη μορφή ανεξαρτήτων τεκτονικών καλυμμάτων, όπως το «κάλυμμα Αστερουσίων», το «κάλυμμα της Άρβης» το «κάλυμμα Μιαμού» κ.λπ.

Χαρακτηρίζεται από ένα οφιολιθικό σύμπλεγμα (ο) με σερπεντινίτες, περιδοτίτες, γάββρους, δολερίτες και βασάλτες, που ολίσθησε πάνω σε διαφορετικής σύστασης και προέλευσης και βαθμού μεταμόρφωσης πετρώματα, τα οποία συμπαρέσυρε σε εφαιπτομενική κίνηση με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός φλυσχικού mélange (fm).

Έτσι, συνυπάρχουν με τους οφιόλιθους, μάρμαρα (mr) και άλλα μεταμορφωμένα πετρώματα όπως αμφιβολίτες, γνεύσιοι, μαρμαρυγικοί σχιστόλιθοι καθώς επίσης και πετρώματα μη μεταμορφωμένα όπως γρανίτες, γρανοδιορίτες, σπιλίτες, ραδιολαρίτες, ασβεστόλιθοι, και φλύσχης.

Ηλικία τεκτονικής τοποθέτησης: Κατώτερο Μειόκαινο

Μέγιστο πάχος: 200m περίπου.

- **ΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΚΑΛΥΜΜΑ ΖΩΝΗΣ ΠΙΝΔΟΥ-ΕΘΙΑΣ**

ΠΑΛΑΙΟΚΑΙΝΟ-ΗΩΚΑΙΝΟ

-Φλύσχης: ψαμμιτοπηλιτικός, κατά θέσεις πτυχώμενος, με ενστρώσεις τεφρών κρυσταλλικών ασβεστολίθων, πλούσιων σε φλεβίδια ασβεστίτη. Τοπικά απαντούν ολισθόλιθοι κυρίως από ασβεστόλιθους, ραδιολαρίτες και βασικά εκρηξιγενή πετρώματα μεταμορφωμένα ή μη.

Μέγιστο πάχος: 300m περίπου.

ΜΑΙΣΤΡΙΧΤΙΟ

-Ασβεστόλιθοι: τεφρόλευκοι μέχρι ροδότεφροι, λεπτοστρωματώδεις, με διαστρώσεις και κονδύλους πυριτολίθων, μικριτικοί, στα ανώτερα μέλη τους μικρολατυποπαγείς, κατά θέσεις κρυσταλλικοί με ασβεστικά φλεβίδια, πτυχωμένοι και τεκτονισμένοι.

Μέγιστο πάχος: 350m περίπου.

- **ΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΚΑΛΥΜΜΑ ΖΩΝΗΣ ΤΡΙΠΟΛΕΩΣ**

ΑΝΩΤΕΡΟ ΗΩΚΑΙΝΟ-ΟΛΙΓΟΚΑΙΝΟ

-Φλύσχης: εναλλαγές καστανόχρωμων αργιλικών σχιστολίθων και ψαμμιτών, με μικρές ενστρώσεις τεφρών ασβεστολιθικών τουρβιδιτών.

Μέγιστο πάχος: 100m περίπου.

ΚΡΗΤΙΔΙΚΟ-ΜΕΣΟ ΗΩΚΑΙΝΟ

-Ασβεστόλιθοι: τεφροί μέχρι τεφρόμαυροι, μεσο-παχυστρωματώδεις μέχρι άστρωτοι βιτουμενιούχοι, κατά θέσεις δολομιτικοί, στα ανώτερα μέλη μικρολατυπαγείς, με πλούσια νηρητική πανίδα.

Μέγιστο πάχος: 400m περίπου.

ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ-ΑΝΩΤΕΡΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ

-Ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες: αποτελούν τη βάση του τεκτονικού καλύμματος των εξωτερικών ζωνών, και βρίσκονται επωθημένοι κατά κανόνα πάνω στη φυλλιτική-χαλαζιτική σειρά, με αποτέλεσμα στη βάση τους να είναι κατά θέσεις μυλωνιτωμένοι, λόγω τεκτονισμού.

Τα κατώτερα μέλη τους αποτελούνται από τεφρόμαυρους, παχυστρωματώδεις μέχρι άστρωτους, ημικρυσταλλικούς δολομίτες, ενώ τα ανώτερα μεταπίπτουν σε τεφρόλευκους μέχρι τεφρόμαυρους μεσοστρωματώδεις, δολομιτικούς ασβεστόλιθους και ασβεστόλιθους. Στο σύνολό τους και κυρίως στα ανώτερα μέλη είναι καρστικοί.

Μέγιστο πάχος: 200m περίπου.

- **ΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΚΑΛΥΜΜΑ ΦΥΛΛΙΤΙΚΗΣ-ΧΑΛΑΖΙΤΙΚΗΣ ΣΕΙΡΑΣ**

ΠΕΡΜΙΟ-ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ

Ενότητα πετρωμάτων πολύ χαμηλού μέχρι χαμηλού βαθμού μεταμόρφωσης, που έχει επωθηθεί μαζί με τους τεκτονικά υπερκείμενους σχηματισμούς της ζώνης Τριπόλεως, πάνω στην αυτόχθονη σειρά των «πλακωδών ασβεστολίθων» ή του μεταφλύσχη τους και των ανθρακικών πετρωμάτων της ζώνης Τριπόλεως. Επικρατούν:

-Μαρμαρυγικοί-ανθρακικοί σχιστόλιθοι: με ιστό μικροκρυσταλλικό-λεπιδοβλαστικό και υφή σχιστώδη, παράλληλα προσανατολισμένη.

Αποτελούνται κυρίως από μαρμαρυγίες-υδρομαρμαρυγίες και χλωρίτη σε μικροφυλλάρια παράλληλα διευθετημένα, επιμήκεις μικροκρυστάλλους ασβεστίτη και σε μικρότερη αναλογία κρυστάλλους χαλαζία και αστρίων. Η αρχική τους προέλευση είναι ίζηματογενής.

-Χαλαζιακοί μεταψαμμίτες: με ιστό μικροψαμμιτικό, υφή συμπαγή, ελαφρά παράλληλα προσανατολισμένη και μικροπτυχωμένη. Αποτελούνται κυρίως από θραυσιγενείς γωνιώδεις κόκκους χαλαζία, με πολύ μικρή συμμετοχή οστρίων και θρύσματα πυριτολίθων. Το συνδετικό υλικό αποτελείται από λεπτοφυλλάρια σερίκιτη και λιγότερο υδροβίτη. Μερικές φορές διασχίζονται από αδροκρυσταλλικές φλέβες χαλαζία πάχους 10cm περίπου. Κατά θέσεις φέρουν φακοειδή σώματα από μεταβασίτες.

Μέγιστο πάχος: 400m περίπου.

Φύλλο χάρτη « Άνω Αρχάναι » (έκδοσης Ι.Γ.Μ.Ε 1994)

Τεταρτογενές

- **ΟΛΟΚΑΙΝΟ**

-Κώνιοι κορημάτων και πλευρικά κορήματα: λατύπες, κυρίως ανθρακικής σύστασης, ποικίλου μεγέθους, αναμεμιγμένες με ερυθρογή, χαλαρές και κατά θέσεις ελαφρά συγκολλημένες.

-Αλλουβιακές αποθέσεις: χαλαρά, αργιλοαμμώδη υλικά, ερυθρογή με κροκαλολατύπες σε μικρές εσωτερικές λεκάνες και υλικά ελουβιακού μανδύα.

- **ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ-ΟΛΟΚΑΙΝΟ**

-Ποταμολιμναία ερυθρά κροκαλοπαγή, άμμοι, ιλυόλιθοι και τεφρο-κιτρινωπά αργιλικά στρώματα, αποτελούμενα κυρίως από μεταφερμένα υλικά του σχηματισμού Αγ. Γαλήνης.

- **ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ**

-Ποτάμια αναβαθμίδες.

- **ΑΝΩΤΕΡΟ ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟ-ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ(;)**

-Σχηματισμός Αγ. Γαλήνης: κυρίως ποτάμια και λιμναία ερυθρά κροκαλοπαγή, ερυθρές και κιτρινωπές άμμοι, ιλυόλιθοι και ερυθρές κιτρινωπές ή τεφρές ιλυώδεις άργιλοι, με μερικά στρώματα μαργαϊκών ασβεστολίθων.

- **ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟ**

-Σχηματισμός Φοινικιάς: λευκές και ανοιχτόφαιες μάργες, ομοιογενείς, συχνά ψαμμιτικές, με παρεμβολές φυλλωδών μαργών. Εξελίσσονται προς τα πάνω σε τεφρές ψαμμιτικές μάργες, καστανές άμμους και κατά θέσεις ασβεστιτικούς ψαμμίτες, κατά μήκος των περιθωρίων της λεκάνης Μεσσαρά. Η βάση του σχηματισμού τοπικά συνίσταται από ένα αδιαβάθμιτο «μαργαϊκό λατυποπαγές», με συστατικά λευκών ομοιογενών μαργών, ασβεστολίθων και μαργών του σχηματισμού Αγ.Βαρβάρας, πρασινωπών αργίλων και προνεογενών πετρωμάτων.

Ανώτερο Μειόκαινο

- **ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΟΡΤΟΝΙΟ-ΜΕΣΣΗΝΙΟ**

-Σχηματισμός Αγ.Βαρβάρας: ασβεστόλιθοι (M5-6.k) βιοκλαστικοί κατά θέσεις κροκαλοπαγείς ή λατυποπαγείς, υφαλώδεις και ολισθημένοι μαργαϊκοί, αναλλαγές φυλλωδών και ομοιογενών συχνά ασβεστολιθικών μαργών ή μαργαϊκών ασβεστολίθων (M5-6.m) και γύψοι (g) παρεμβαλλόμενοι στη σειρά των φυλλωδών- ομοιογενών μαργών. Στο ανώτερο τμήμα του σχηματισμού κοντά στην Άνω Άκρια, απαντούν ασβεστολιθικοί ψαμμίτες και κροκαλοπαγή. Εντός του σχηματισμού παρεμβάλλονται βιοκλαστικοί και υφαλογενείς ασβεστόλιθοι, πλούσιοι σε Clypeaster, Pecten, Heterostegina, Bryozoa και κατά θέσεις κοράλλια. Στις φυλλώδεις μάργες αφθονούν υπολείμματα ψαριών και φυτικά λείψανα και στις ομοιογενείς μάργες Discospirina sp.

- **ΤΟΡΤΟΝΙΟ**

-Σχηματισμός Αμπελούζου: ακανόνιστες εναλλαγές από θαλάσσια, υφάλμυρα και ποτάμια κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, ιλυόλιθους, τεφροκύανες μάργες, ιλυώδεις άργιλους και λιγνίτες.

Στα κατώτερα ή μεσαία μέλη του σχηματισμού εμφανίζονται θραύσματα υφάλων (M5.r) με κοράλια, φύκη και υδρόζωα.

- ΜΕΣΟ-ΑΝΩΤΕΡΟ ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ

-Σχηματισμός Ηλία: λατυποπαγή και λατυποκροκαλοπαγή, αποτελούμενα κυρίως από λατύπες και κροκάλες προερχόμενες από σκούρους προνεογενείς ασβεστόλιθους, με ασβεστιτική συγκολλητική ύλη. Σε μερικές θέσεις, παρατηρείται σαφής στρώση που είναι αποτέλεσμα εναλλαγών είτε αδρομερών και λεπτομερών οριζόντων είτε ασβεστολιθικών και ψαμμιτικών στρωμάτων. Τα λατυποπαγή συχνά συνοδεύονται από σκούρα σώματα προνεογενών ασβεστολίθων που είτε αποτελούν τμήμα του προνεογενούς υποβάθρου (κατά θέσεις) είτε απαντούν σαν αλλόχθονα στοιχεία μέσα στη νεογενή σειρά

- ΑΝΩΤΕΡΟ ΣΕΡΡΑΒΑΛΛΙΟ

-Σχηματισμός Σχοινιά: γενικά καλά στρωμένες σκούρες τεφρές ή πρασινοκύανες θαλάσσιες άργιλοι και ιλυώδεις άργιλοι με παρεμβολές καστανόχρωμων ψαμμιτών. Το όριο με τον υποκείμενο σχηματισμό Βιάννου έχει τοποθετηθεί κατ' εκτίμηση στη βάση του κατώτερου θαλάσσιου στρώματος.

- ΜΕΣΟ ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ

-Σχηματισμός Βιάννου: ποταμολιμναίες, σκούρες τεφρές έως πρασινωπές άργιλοι, γενικά καλά στρωμένες ιλυώδεις άργιλοι με λιγνίτη ή και ενστρώσεις ασβεστόλιθων και κατά θέσεις καστανόχρωμοι ψαμμίτες καλά διαβαθμισμένοι. Παρεμβολές πολύμικτων κροκαλοπαγών κυρίως στο κατώτερο τμήμα του σχηματισμού.

Αλλόχθονες Σειρές

- ΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΚΑΛΥΜΜΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ

-Οφιολιθικό σύμπλεγμα: περιδοτίτες περισσότερο ή λιγότερο σερπεντινωμένοι, πυροξενίτες, γάββροι και δολερίτες. Αποτελεί τμήμα του τεκτονικού καλύμματος των εσωτερικών ζωνών. Η ηλικία της τεκτονικής τοποθέτησης, σύμφωνα με βιβλιογραφικά δεδομένα, τοποθετείται στο Κατώτερο Μειόκαινο.

Μέγιστο πάχος: 100m περίπου.

Τεκτονικό Κάλυμμα Ζώνης Πίνδου-Εθίας

- ΠΑΛΑΙΟΚΑΙΝΟ-ΗΩΚΑΙΝΟ

-Φλύσχης: ψαμμιτοπηλιτικός, κατά θέσεις πτυχωμένος, με ενστρώσεις τεφρών, κρυσταλλικών ασβεστολίθων, πλούσιων σε φλεβίδια ασβεστίτη. Τοπικά απαντούν ολισθόλιθοι (o11), κυρίως από ασβεστόλιθους, ραδιολαρίτες και βασικά εκρηξιγενή πετρώματα μεταμορφωμένα ή μη.

Μέγιστο πάχος: 300m περίπου.

- ΑΝΩΤΕΡΟ ΚΡΗΤΙΔΙΚΟ (ΣΕΝΩΝΙΟ)

-Ασβεστόλιθοι: τεφροί, λεπτοστρωματώδεις, μικριτικοί, πτυχωμένοι και τεκτονισμένοι.

Μέγιστο πάχος: 400m περίπου.

- ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ-ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ

-Ασβεστόλιθοι: ροδόχρωμοι, με ίασπιδες, σε λεπτούς πάγκους, με περισσότερες ή λιγότερες ενστρώσεις ερυθρών μαργών. Ασβεστόλιθοι, ροδόχρωμοι ή μαύροι, με Halobies. Ψαμμίτες σε λεπτούς πάγκους υπάρχουν μερικές φορές στη βάση του σχηματισμού. Η ηλικία συνάγεται με βάση βιβλιογραφικά στοιχεία.

Ορατό πάχος: 50m περίπου.

- ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ

-Κλαστική σειρά: εναλλαγές ψαμμιτών, σε λεπτούς πάγκους, με θραύσματα φυτικών λειψάνων και σκοτεινότεφων μαργών με filaments. Κατά θέσεις υπάρχουν πάγκοι ανοικτότεφων ασβεστολίθων με κίτρινο επίχρισμα, που περιέχουν Κωνόδοντα.

Ηλικία: Κάρνιο (βλ. φ. Τυμπάκιο).

Ορατό πάχος: 40m περίπου.

Τεκτονικό Κάλυμμα Ζώνης Τριπόλεως

- ΑΝΩΤΕΡΟ ΗΩΚΑΙΝΟ-ΟΛΙΓΟΚΑΙΝΟ

-Φλύσχης: εναλλαγές σοκολατόχρωων αργιλικών σχιστολίθων και ψαμμιτών με μικρές ενστρώσεις τεφρών ασβεστολιθικών τουρβιδιτών. Τοπικά απαντούν ολισθόλιθοι (ο11) κυρίως από ασβεστόλιθους.

Μέγιστο πάχος: 200m περίπου.

- ΠΑΛΑΙΟΚΑΙΝΟ-ΜΕΣΟ ΗΩΚΑΙΝΟ

-Ασβεστόλιθοι: τεφρόμαυροι, μικριτικοί, με πλούσια νηρητική πανίδα, κατά θέσεις δολομιτικοί.

Μέγιστο πάχος: 100m περίπου.

- ΑΝΩΤΕΡΟ ΚΡΗΤΙΔΙΚΟ

-Ασβεστόλιθοι: τεφρόμαυροι, μεσο-παχυστρωματώδεις, βιτουμενιούχοι και δολομιτικοί ασβεστόλιθοι.

Μέγιστο πάχος: 200m περίπου.

- ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ-ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΚΡΗΤΙΔΙΚΟ

-Ασβεστόλιθοι και δολομίτες: ανοικτότεφροι μέχρι τεφρόμαυροι, μεσοστρωματώδεις μέχρι άστρωτοι, καρστικοί. Η δολομιτίωση ελαττώνεται από τη βάση προς την κορυφή.

Μέγιστο πάχος: 200m περίπου.

Φύλλο χάρτη « Τυμπάκιον» (έκδοσης Ι.Γ.Μ.Ε 1984)

Τεταρτογενές

- ΟΛΟΚΑΙΝΟ

-Παράκτιες αποθέσεις: άμμοι και συγκολλημένοι αιγιαλοί

-Αλλουβιακές αποθέσεις στις κοίτες των ποταμών: ασύνδετα υλικά από χαλίκια, άμμους, ιλύ και λοιπά προϊόντα αποσάθρωσης.

- ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ

-Ποτάμιες αναβαθμίδες.

- ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ ΑΔΙΑΙΡΕΤΟ

-Κροκαλοπαγή ερυθρά, άμμοι και άργιλοι: ποταμολιμναίας γενικά προέλευσης.

-Λατυποπαγή κλιτύων.

- ΠΛΕΙΟ-ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ

-Κροκαλοπαγή, άμμοι και άργιλοι: γενικά αλλουβιακά ριπίδια και ποταμολιμναία ιζήματα ερυθρού, κίτρινου ή γκριζωπού χρώματος με παρεμβολές λιμναίων μαργαϊκών ασβεστολίθων.

- ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟ

-Θαλάσσιες αποθέσεις: λευκές μάργες και λευκοί μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, καστανωπές φυλλώδεις μάργες, άμμοι, κροκαλοπαγή και κυρίως στα ανώτερα μέρη του σχηματισμού κλαστικοί ασβεστόλιθοι.

Απολιθώματα: κοράλλια, βρυόζωα, φύκη.

- ΑΝΩΤΕΡΟ ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ (ΜΕΣΣΗΝΙΟ)

-Μάργες: εναλλαγές ομογενών μαργών και φυλλωδών μαργών. Οι μάργες βρίσκονται υπεράνω καθώς και πλευρικά των ασβεστολίθων (M4-m).

-Γύψοι: σελενιτικές, σε λεπτές σαν ελάσματα στρώσεις τύπου «balatino» και κροκαλοπαγή (g).

Οι γύψοι είναι ενδιαστρωμένες μέσα στις εναλλαγές των ομοιογενών και φυλλωδών μαργών. Εναλλαγές γύψου και κλαστικών χερσαίων αποθέσεων βρίσκονται στην κορυφή των γυψούχων σειρών στα περίχωρα της Πλουτής.

-Ασβεστόλιθοι: υφαλογενείς, κλαστικοί, τοπικά κροκαλοπαγείς ή λατυποπαγείς (M4-k).

Απολιθώματα: βρυόζωα και τοπικά, κοράλλια μέσα στους ασβεστόλιθους, βελόνες σπόγγων, ψάρια και φυτικά λείψανα μέσα στις μάργες, κυρίως στα φυλλώδη μέρη.

- **ΑΝΩΤΕΡΟ ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ (ΤΟΡΤΟΝΙΟ)**

-Αποθέσεις θαλάσσιες, υφάλμυρες ή γλυκού νερού: που αποτελούνται από ανώμαλες εναλλαγές κροκαλοπαγών, ψαμμιτών, άμμων και μαργών ή αργίλων. Τοπικά λιγνίτες και λιμναίοι ασβεστόλιθοι (M3.c). Υφαλογενείς ή κλαστικοί ασβεστόλιθοι, μερικές φορές κροκαλοπαγείς, βρίσκονται ενδιαστρομένοι στα μεσαία κυρίως μέλη των ακολουθιών (M3.k). Επικράτηση άμμων ή κροκαλοπαγών στο κράσπεδο του Ψίλορείτη.

Απολιθώματα: φύκη (lithothamnium), κοράλλια, βρυόζωα, εχινόδερμα.

- **ΜΕΣΟ ΑΝΩΤΕΡΟ ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ**

-Λατυποπαγή και κροκαλοπαγή λατυποπαγούς προέλευσης: καλά συγκολλημένα, που αποτελούνται από ασβεστολιθικές κροκάλες προνεογενούς προέλευσης. Τα λατυποπαγή συνδέονται συχνά με μάζες προνεογενών ασβεστολίθων, μερικές φορές το σύνολο των ασβεστολίθων και λατυποπαγών βρίσκεται σε αλλόχθονη θέση μέσα στις νεογενείς σειρές, μαρτυρώντας μια διαδικασία επαναπόθεσης από ολίσθηση μέσα στην ανώτατη βαθμίδα του μέσου Μειόκαινου (περίχωρα του Κρουσώνα).

- **ΜΕΣΟ ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ**

-Κανονικές εναλλαγές γκρίζων-πρασινωπών λιμναίων αργίλων και καστανών άμμων: καλά ταξινομημένων με μερικές παρεμβολές ασβεστολίθων ή λιγνίτων με Planorbis. Επικράτηση των άμμων και των κροκαλοπαγών στα ανώτερα τμήματα του σχηματισμού.

Αλλόχθονες σειρές

(ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ)

- **ΟΦΙΟΛΙΘΙΚΟ ΚΑΛΥΜΜΑ, ΑΝΩΤΑΤΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ-ΚΑΤΩΤΑΤΟ ΚΡΗΤΙΔΙΚΟ**

-Οφιολιθικό σύμπλεγμα: περιδοτίτες περισσότερο ή λιγότερο σερπεντινωμένοι, πυροξενίτες, γάββροι, δολερίτες.

- **ΚΑΛΥΜΜΑ ΑΣΤΕΡΟΥΣΙΩΝ**

-Γνεύσιοι: μετα-ιλυολιθικοί, μάρμαρα, αμφιβολίτες, ορθογνεύσιοι. Μεταμορφωμένο λεπτό λέπιο μεσο-καταζώνης.

- **ΚΑΛΥΜΜΑ ΒΑΤΟΥ, ΑΝΩΤΕΡΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ**

-Σχιστόλιθοι Βάτου: εναλλαγές τεφρών ιλυολίθων και πάγκων από ψαμμιτικούς ασβεστόλιθους ή ψαμμίτες (γραουβάκες) που χαρακτηρίζονται από τον πλούτο τους σε ηφαιστειακά υλικά ή σε θραύσματα σερπεντίνης.

Σχηματίζουν μεγάλους ολισθόλιθους στο εσωτερικό του φλύσχη της σειράς Εθιάς (δυτικά των Καμαρών). Η πανίδα είναι πολύ ανακρυσταλλωμένη από μια ασθενή μεταμόρφωση και περιλαμβάνει μόνο Πολύποδες κατακερματισμένους.

Ηλικία: ανώτερο Ιουρασικό πιθανό, από τη σύγκριση με την πανίδα που βρέθηκε στα φύλλα Μέλαμπες και Αντισκάριον.

- **ΚΑΛΥΜΜΑ ΑΡΒΗΣ, ΑΝΩΤΕΡΟ ΚΡΗΤΙΔΙΚΟ**

-Βασάλτες σε «pillow lavas»: με ερυθρή μαργαϊκή συνδετική ύλη με Globotruncana.

Ηλικία: Ανώτερο Κρητιδικό (Καμπάνιο- Μαιστρίχτιο).

(ΕΞΩΤΕΡΙΚΕΣ ΖΩΝΕΣ)

- **ΖΩΝΗ ΠΙΝΔΟΥ- ΕΘΙΑΣ, ΜΕΣΟ-ΑΝΩΤΕΡΟ ΗΩΚΑΙΝΟ**

-Φλύσχη ψαμμιτοπηλιτικός: τοπικά πλούσιος σε ολισθόλιθους πάσης φύσεως (κυρίως ασβεστόλιθοι, ραδιολαρίτες, βασικά πετρώματα μεταμορφωμένα ή μη).

Ηλικία: Μέσο-;Ανώτερο Ηώκαινο.

- **ΑΝΩΤΕΡΟ ΣΕΝΩΝΙΟ- ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΗΩΚΑΙΝΟ**

-Πλακώδεις ασβεστόλιθοι: σκοτεινότεφροι με Globotruncana, σπάνια λατυποπαγή με νητρική πανίδα μεταφερμένη (Siderolites sp., Orbitoides sp. κλπ.). Στο φύλλο αυτό δεν εμφανίζεται λόγω διάβρωσης ή τεκτονικής εξαφάνισης, το ηωκαινικό τμήμα των πλακωδών ασβεστολίθων, χαρακτηριστικό της σειράς Εθιάς –βλ, φύλλο Αχεντριάς (Παράνυμφοι).

ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ- ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΣΕΝΩΝΙΟ

-Ασβεστόλιθοι ροδόχρωμοι με ιάσπιδες, ραδιολαρίτες και «πρώτος φλύσχης»:
περιλαμβάνει από πάνω προς τα κάτω:

1. Ψαμμίτες και ψαμμιτικούς ασβεστόλιθους με θραύσματα βασικών πετρωμάτων.
Ηλικία: Κενομάνιο;- Τουρώνιο, προσδιορισμένο με πανίδα *Globotruncanidae*.
2. Ραδιολαρίτες μέσα στα μικρά υπολείμματα καλυμμάτων (*Klippen*) δυτικά του Κρουσώνα. Περιέχουν ενστρώσεις λατυποπαγών με μεταφερμένα υλικά μαρμαρυγιακών σχιστολίθων, ασβεστόλιθων, ψαμμιτών, ηφαιστειακών πετρωμάτων και υπερβασιτών.
3. Ασβεστόλιθοι ροδόχρωμοι με ιάσπιδες. Οι χρονολογημένοι ορίζοντες είναι αυτοί του ανώτερου Τριαδικού (ασβεστόλιθοι με *Holobia* sp.). Εμφανίζονται κυρίως μέσα στο μικρό υπόλειμμα καλύμματος (*Klippe*) του Βουρβουλίτη, ΒΑ των Αγ. Δέκα.

• ΚΑΡΝΙΟ

-Κλαστική σειρά Τριαδικού: εναλλαγές ψαμμιτών σε λεπτούς πάγκους με θραύσματα φυτών και σκοτεινότεφων μαργών με «Filaments». Υπάρχουν μερικοί πάγκοι ανοικτότεφων ασβεστόλιθων με κίτρινο επίχρισμα που περιέχουν *Κωνόδοντα*.

Ηλικία: Ανώτερο Τριαδικό (Κάρνιο).

Ζώνη Τριπόλεως

• ΠΡΙΑΜΠΟΝΙΟ;- ΟΛΙΓΟΚΑΙΝΟ

-Φλύσχης: πηλιτο-ψαμμιτικός, με ενστρώσεις ασβεστολιθικών τουρβιδιτών.

Ηλικία: Πριαμπόνιο- Ολιγόκαινο.

• ΠΑΛΑΙΟΚΑΙΝΟ- ΜΕΣΟ ΗΩΚΑΙΝΟ

-Ασβεστόλιθοι μαύροι με πλούσια νηρητική πανίδα.

Ηλικία: Παλαιόκαινο έως μέσο Ηώκαινο. Οι τελευταίοι ορίζοντες ανήκουν στη βάση του Πριαμπονίου.

• ΑΝΩΤΕΡΟ ΚΡΗΤΙΔΙΚΟ

-Ασβεστόλιθοι μαύροι με Ρουδιστές: (κυρίως *Radiolitidae*) πολυάριθμα βενθονικά Τρηματοφόρα και δολομίτες.

• ΑΝΩΤΕΡΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ

-Ασβεστόλιθοι και δολομίτες: ανοικτότεφροι έως πολύ σκοτεινοί, χαρακτηρίζεται σ' αυτούς το ανώτερο Ιουρασικό. Αλλού (φύλλο Σελλιά), μπορεί να χαρακτηριστεί η νόριος ηλικία στη βάση αυτής της σειράς. Η δευτερογενής δολομιτίωση μπορεί να προσβάλλει οποιοδήποτε ορίζοντα της σειράς έως το Ηώκαινο και να καταστρέψει όλα τα απολιθώματα.

Φυλλιτική- Χαλαζιτική Σειρά

• ΠΕΡΜΟ- ΤΡΑΔΙΚΟ (;)

-Χαλαζίτες και σχιστόλιθοι με λευκό μαρμαρυγία και χλωριτοειδή: σχεδόν τελείως εκθλιμένοι στο φύλλο αυτό όπου αντιπροσωπεύονται από μερικά μέτρα δυτικά του Κρουσώνα και βόρεια της Γέργερης.

Ηλικία: άγνωστη (Περμο- Τριαδικό;)

Παρα- αυτόχθονη Σειρά

• ΙΟΝΙΟΣ ΖΩΝΗ (ΣΕΙΡΑ ΙΔΗΣ), ΑΝΩΤΕΡΟ ΗΩΚΑΙΝΟ- ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΟΛΙΓΟΚΑΙΝΟ (Πιθανό)

-Στρώματα Κρουσώνα: ασβεστιτικοί σχιστόλιθοι πράσινοι και ερυθροί, με λίγες ενστρώσεις μαρμάρων. Σπανίως επίκεινται σ' αυτούς (εκκλησία Αγ. Μαρίνας) μερικά μέτρα μιας φλυσχοειδούς σειράς.

Πανίδα: ίχνη απο Τρηματοφόρα του γένους *Globigerina* Τριτογενούς.

Ηλικία: ανώτερο Ηώκαινο- κατώτερο Ολιγόκαινο πιθανό.

- ΜΕΣΟΖΩΪΚΟ- ΤΡΙΤΟΓΕΝΕΣ

-Πλακώδεις ασβεστόλιθοι: μάρμαρα καλοστρωμένα ανοικτότεφρα έως μαύρα, κάποτε λεπτοκοκκώδη συνήθως με μεγάλους κραυστάλλους ασβεστίτη, που χαρακτηρίζονται από πάγκους και κονδύλους πυριτόλιθων, συχνά λευκών (χαλαζίτες). Μεταμορφωμένα πιθανώς στις συνθήκες του HP- LT. (υψηλή πίεση- χαμηλή θερμοκρασία).

Ηλικία: Μεσοζωϊκό και Τριτογενές από την στρωματογραφική τους θέση.

Φύλλο χάρτη « Μοχός » (έκδοσης Ι.Γ.Μ.Ε 1989)

- ΟΛΟΚΑΙΝΟ

-Κώνοι κορημάτων και πλευρικά κορήματα: λατύπες κυρίως ανθρακικής σύστασης, ποικίλου μεγέθους, αναμεμιγμένες με ερυθρογή, χαλαρές και κατά θέσεις ελαφρά συγκολλημένες.

- ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ- ΟΛΟΚΑΙΝΟ

-Ιζήματα της παρακτίου περιοχής: άμμοι ακτών, θαλάσσιες αναβαθμίδες.

-Αλλουβιακές αποθέσεις: χαλαρά αργιλοαμμώδη υλικά, ερυθρογή με κροκαλολατύπες σε μικρές εσωτερικές λεκάνες και υλικά ελυοβιακού μανδύα.

-Ερυθρά κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, ιλυόλιθοι και άργιλοι: εν μέρει υπολείμματα ή επανατοποθετημένα υλικά του σχηματισμού της Αγ.Γαλήνης.

- ΠΛΕΟΣΤΟΚΑΙΝΟ

-Λατυποπαγή: αποτελούνται από θραύσματα προνεογενούς ασβεστόλιθου χρώματος ανοικτού έως σκούρου, με ασβεστιτική συνδετική ύλη, τα οποία προς τα πάνω μεταβαίνουν σε πολύμικτα κροκαλοπαγή με Pecten και Ostrea.

- ΜΕΣΟ ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟ-ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ

-Σχηματισμός Αγ.Γαλήνης: κυρίως ποταμολιμναία ερυθρά κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, ιλυόλιθοι, ιλυώδεις άργιλοι.

- ΚΑΤΩΤΕΡΟ- ΜΕΣΟ ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟ

-Σχηματισμός Φοινικιάς: λευκές, ομογενείς μάργες ή μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, και φαιού χρώματος μάργες, συχνά αμμούχες, με λεπτοστρωματώδεις παρεμβολές, που μεταβαίνουν προς τα πάνω σε καστανωπές άμμους και/ή ασβεστολιθικούς ψαμμίτες.

Η βάση του σχηματισμού αποτελείται τοπικά από ένα όχι καλά διαβαθμισμένο μαργαϊκό λατυποπαγές με συστατικά από λευκές ομογενείς μάργες και ασβεστόλιθους και μάργες του σχηματισμού της Αγ. Βαρβάρας, πρασινωπές αργίλους και προνεογενή πετρώματα.

Ανώτερο Μειόκαινο

- ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΟΡΤΟΝΙΟ- ΜΕΣΣΗΝΙΟ

-Σχηματισμός Αγ. Βαρβάρας: βιοκλαστικοί, εν μέρει λατυποπαγείς ή κροκαλοπαγείς ασβεστόλιθοι και υφαλώδεις ασβεστόλιθοι.

- ΤΟΡΤΟΝΙΟ

-Σχηματισμός Αμπελούζου: ακανόνιστες εναλλαγές από θαλάσσια, υφάλμυρα και ποτάμια κροκαλοπαγή, καστανόχρωμες άμμοι ιλυόλιθοι και γκρίζες ιλυούχες ή αμμούχες άργιλοι ή μάργες.

Υπολείμματα υφάλων (r) Κοράλλια, Φύκη και Υδρόζωα παρουσιάζονται στα κατώτερα και μεσαία τμήματα του σχηματισμού. Ερυθρά κροκαλοπαγή, άμμοι και ιλυούχες άργιλοι κοντά στο Ρουσοχώρι.

Μέσο Μειόκαινο

- ΑΝΩΤΕΡΟ ΣΕΡΡΑΒΑΛΛΙΟ

-Σχηματισμός Σχοινιά: γενικά καλά στρωμένες, θαλάσσιες άργιλοι χρώματος σκούρου μπλε, γκρι, πρασινωπού και ιλυούχες άργιλοι με παρεμβολές καστανωπών ψαμμιτών. Το όριο με τον υποκείμενο σχηματισμό του Βιάννου έχει μπει κατ' εκτίμηση στη βάση του κατώτατου θαλάσσιου στρώματος.

- ΜΕΣΟ ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ

-Σχηματισμός Βιάννου: γενικά καλά στρωμένες ποταμολιμναίες άργιλοι χρώματος σκούρου γκρι, σκούρου μπλε ή πρασινωπού, ιλυούχες άργιλοι και καλά διαβαθμισμένες καστανωπές άμμοι. Παρεμβολές πολύμικτων κροκαλοπαγών κυρίως στο κατώτερο τμήμα του σχηματισμού. Σε ορισμένα επίπεδα, ασβεστόλιθος με Planorbis και λιγνιτικές παρεμβολές.

Αλλόχθονες Σειρές

ΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΚΑΛΥΜΜΑ ΖΩΝΗΣ ΠΙΝΔΟΥ- ΕΘΙΑΣ

- ΚΑΤΩΤΕΡΟ; - ΜΕΣΟ – ΑΝΩΤΕΡΟ ΗΩΚΑΙΝΟ

-Φλύσης: ψαμμιτοπηλιτικός, πτυχωμένος, τοπικά πλούσιος σε ολισθόλιθους από ασβεστόλιθους, ραδιολαρίτες και βασικά εκρηξιγενή πετρώματα μεταμορφωμένα ή μη. Μέγιστο πάχος: 100m περίπου.

- ΜΑΙΣΤΡΙΧΤΙΟ – ΚΑΤΩΤΕΡΟ ΗΩΚΑΙΝΟ

-Ασβεστόλιθοι: λεπτο- μεσοστρωματώδεις, λευκότεφροι μέχρι ροδότεφροι, μικριτικοί, που εξελίσσονται σε μικρολατυποπαγείς, πτυχωμένοι και τεκτονισμένοι.

Μέγιστο πάχος: 250m περίπου.

- ΚΕΝΟΜΑΝΙΟ- ΤΟΥΡΩΝΙΟ

-«Πρώτος φλύσης»: ψαμίτες και ψαμμιτικοί ασβεστόλιθοι, με θραύσματα βασικών εκρηξιγενών πετρωμάτων.

Μέγιστο πάχος: 50m περίπου.

Τεκτονικό Κάλυμμα Ζώνης Τριπόλεως

- ΑΝΩΤΕΡΟ ΗΩΚΑΙΝΟ- ΟΛΙΓΟΚΑΙΝΟ

-Φλύσης: εναλλαγές καστανών, ερυθρών αργιλικών ασχιστολίθων και ψαμμιτών, με μικρές ενστρώσεις τεφρών ασβεστολιθικών τουρβιδιτών. Στην περιοχή Αγ. Γεωργίου εγκλείει υπολείμματα πετρωμάτων του τεκτονικού καλύμματος εσωτερικών ζωνών (βλέπε φύλλο Αγ. Νικόλαος).

Μέγιστο πάχος: 100m περίπου.

- ΠΑΛΑΙΟΚΑΙΝΟ- ΒΑΣΗ ΑΝΩΤΕΡΟΥ ΗΩΚΑΙΝΟΥ

-Ασβεστόλιθοι: ανακρυσταλλωμένοι, τεφρόμαυροι, μεσοπαχυστρωματώδεις, κατά θέσεις δολομιτικοί, στα ανώτερα μέλη μικρολατυποπαγείς, με πλούσια νηρητική πανίδα.

Μέγιστο πάχος: 200m περίπου.

- ΚΡΗΤΙΔΙΚΟ

-Ασβεστόλιθοι: τεφροί μέχρι τεφρόμαυροι, μεσοπαχυστρωματώδεις μέχρι άστρωτοι, βιτουμενιούχοι, με πλούσια νηρητική πανίδα.

Μέγιστο πάχος: 300m περίπου.

- ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ- ΑΝΩΤΕΡΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ

-Ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες: αποτελούν τη βάση του τεκτονικού καλύμματος των εξωτερικών ζωνών και βρίσκονται κατά κανόνα πάνω στη φυλλιτική- χαλαζιτική σειρά, με αποτέλεσμα στη βάση τους να είναι κατά θέσεις μυλονιτωμένοι, λόγω του τεκτονισμού αυτών. Τα κατώτερα μέλη τους αποτελούνται από ημικρυσταλλικούς δολομίτες, παχυστρωματώδεις μέχρι άστρωτους, τεφρούς, ενώ τα ανώτερα μεταπίπτουν σε ασβεστόλιθους και δολομιτικούς ασβεστόλιθους μεσοστρωματώδεις, τεφρόλευκους μέχρι τεφρόμαυρους. Στο σύνολό τους είναι καρστικοί και κυρίως στα ανώτερα μέλη. Τα παραπάνω ανθρακικά πετρώματα στην επαφή τους με την υποκείμενη φυλλιτική- χαλαζιτική σειρά, αρχίζουν συνήθως με πετρώματα ιουρασικής ηλικίας και μόνο κατά θέσεις με ανωτριάδικής.

Μέγιστο πάχος: 600m περίπου.

Τεκτονικό Κάλυμμα Φυλλιτικής – Χαλαζιτικής Σειράς

- ΠΕΡΜΙΟ ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ

-Ενότητα πετρωμάτων χαμηλής μεταμόρφωσης: που έχει επωθηθεί, μαζί με τους τεκτονικά υπερκείμενους σχηματισμούς της ζώνης Τριπόλεως, πάνω στην αυτόχθονη σειρά των «πλακωδών ασβεστολίθων» κατά το Κατώτερο Μειόκαινο. Αναλυτικότερα στην ενότητα αυτή τοποθετούνται οι φυλλίτες, χαλαζίτες και σερικιτικοί σχιστόλιθοι, που παρεμβάλλονται μεταξύ των «πλακωδών ασβεστολίθων» ή του μεταφλύσχη τους και των ανθρακικών πετρωμάτων της ζώνης Τριπόλεως. Επικρατούν: α) μαρμαρυγικοί-ανθρακικοί σχιστόλιθοι, με ιστό μικροκρυσταλλικό- λεπιδοβλαστικό και υφή σχιστώδη, παράλληλα προσανατολισμένη. Αποτελούνται κυρίως από μαρμαρυγίες- υδρομαρμαρυγίες και χλωρίτη σε μικροφυλλάρια παράλληλα διευθετημένα, επιμήκεις μικροκρυστάλλους ασβεστίτη και σε μικρότερη αναλογία κρυστάλλους χαλαζία και αστρίων. Η αρχική τους προέλευση είναι ιζηματογενής. β) χαλαζιακοί μετα- ψαμμίτες, με ιστό μικροψαμμιτικό και υφή συμπαγή ελαφρά παράλληλα προσανατολισμένη και μικροπτυχωμένη. Αποτελούνται κυρίως από θραυσιγενείς γωνιώδεις κόκκους χαλαζία, με πολύ μικρή συμμετοχή αστρίων και θραύσματα πυριτολίθων, τα διάκενα των οποίων πληρούν με μορφή συγκολλητικής μάζας λεπτοφυλλάρια σερικήτη και λιγότερο υδροβιοτίτη.

Μερικές φορές διασχίζονται από αδροκρυσταλλικές φλέβες χαλαζία πάχους 10 cm, περίπου. Κατά θέσεις φέρνουν φακοειδή σώματα από μεταβασίτες.

Μέγιστο πάχος: 400m περίπου.

Αυτόχθονη Σειρά Κρήτης Ιόνιος; Ζώνη

- ΜΕΣΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ- ΗΩΚΑΙΝΟ

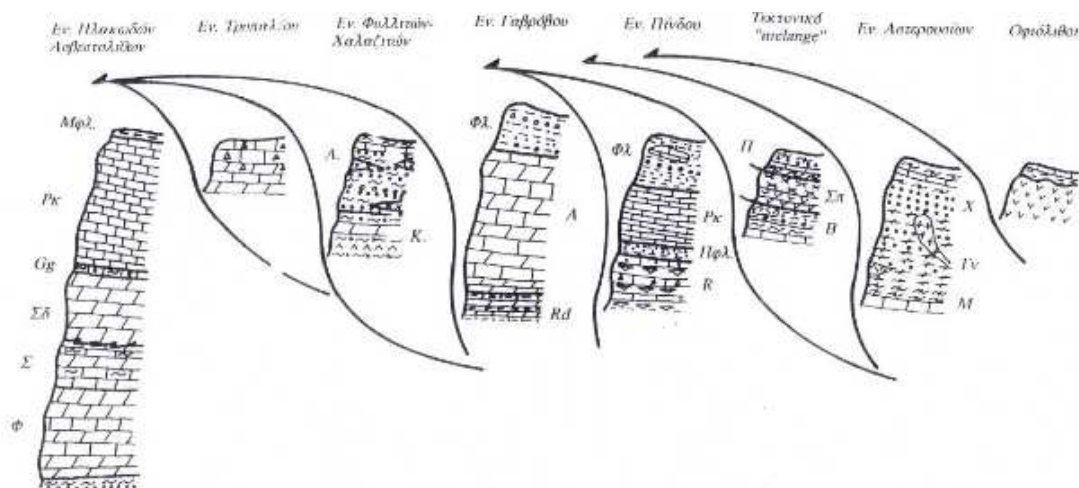
-«Πλακώδεις ασβεστόλιθοι» (Plattenkalk): κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι και κατά θέσεις μάρμαρα, μέσο κρυσταλλικά, χρώματος τεφρόμαυρου, καλά στρωμένα σε πάγκους με πάχος που ποικίλει από λίγα εκατοστά μέχρι και 1 μέτρο. Στα κατώτερα μέλη τους εμφανίζονται παχυστρωματώδεις ενώ προς τα πάνω εξελίσσονται σε μέσο και στη συνέχεια σε λεπτοστρωματώδεις.

Φέρνουν ενστρώσεις, πυριτολίθων πάχους μέχρι 20cm περίπου, χρώματος λευκού μέχρι τεφρού ή φακούς και κονδύλους από πυριτολίθους. Η συχνότητα εμφάνισης των πυριτολιθικών παρεμβολών είναι μεγάλη στα μεσαία μέλη, ενώ ελαττώνεται προς τα κατώτερα και ανώτερα μέλη. Κατά θέσεις στους μεσαίους ορίζοντες παρατηρούνται μικροψαμμιτικά μέχρι μικρολατυποπαγή (μικροψηφιδοπαγή) στρώματα, μικρού πάχους ή παρεμβάλλονται τεφροπράσινοι ή και ερυθροϊώδεις σερικιτικοί φυλλίτες με μορφή λεπτών ενστρώσεων. Στα κατώτερα μέλη τους κατά θέσεις παρεμβάλλεται ένστρωση από ανθρακικούς- χαλαζιακούς σχιστόλιθους (J-E. Sch). Στα ανώτερα μέλη τους, στο N.NA τμήμα του φύλλου, μεταπίπτουν προς τα πάνω σε κιτρινοπράσινους ασβεστοφυλλίτες (J-E.ph) που αποτελούν μεταβατικά στρώματα των «πλακωδών ασβεστολίθων» προς τον μεταφλύσχη τους.

Κατά θέσεις τα ανώτερα μέλη των πλακωδών ασβεστολίθων απουσιάζουν λόγω διάβρωσης ή τεκτονικών αιτιών και οι επικείμενες σειρές (Φυλλιτική- Τριπόλεως) έρχονται απ' ευθείας σ' επαφή με τα κατώτερα μέλη της ανθρακικής σειράς (παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι). Οι πλακώδεις ασβεστόλιθοι, έχουν μεταμορφωθεί σε συνθήκες υψηλών πιέσεων- χαμηλών θερμοκρασιών και η μεταμόρφωσή τους αυξάνεται βαθμιαία από την Δυτική προς την Ανατολική Κρήτη.

Ορατό πάχος: 800m περίπου.

Φύλλο χάρτη « Ηράκλειο » (έκδοσης Ι.Γ.Μ.Ε 1996)



Εικόνα 9. Στρωματογραφικές στήλες των καλυμμάτων της Κεντρικής Κρήτης.

Τεταρτογενές

ΟΛΟΚΑΙΝΟ

-Κώνοι κορημάτων και πλευρικά κορήματα: λατύπες, κυρίως ανθρακικής σύστασης, ποικίλου μεγέθους, αναμεμειγμένες με ερυθρογή, χαλαρές και κατά θέσεις ελαφρά συγκολλημένες.

-Ποτάμιες αποθέσεις και αποθέσεις κλειστών λεκανών.

ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ- ΟΛΟΚΑΙΝΟ

-Αδιαίρετες θαλάσσιες αναβαθμίδες και άμμοι ακτών.

ΠΛΕΙΣΤΟΚΑΙΝΟ

-Σχηματισμός Ηρακλείου: θαλάσσιοι, βιοκλαστικοί καλοστρωμένοι ασβεστόλιθοι, ψαμμίτες με σταυρωτή στρώση, ψαμμιτικά κροκαλοπαγή και μάργες. Σε ασυμφωνία με τον υποκείμενο σχηματισμό Φοινικιάς.

Πάχος: δεν υπερβαίνει τα 25m.

Νεογενές

ΚΑΤΩΤΕΡΟ- ΜΕΣΟ ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟ

-Σχηματισμός Φοινικιάς: λευκές, ομοιογενείς μάργες ή μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, τεφρωπές άργιλοι με καστανές συχνά λεπτοστρωμένες παρεμβολές, λευκόφαιες απολιθωματοφόρες μάργες, φυλλώδεις μάργες ή διατομίτες (με υπολείμματα φυτών, ψαριών και βελόνες σπόγγων) και βιοκλαστικοί ασβεστόλιθοι. Η βάση του σχηματισμού γενικά συνίσταται από ένα αδιαβάθμητο «μαργαϊκό λατυποπαγές», με συστατικά λευκών ομοιογενών μαργών, ασβεστολίθων και μαργών του σχηματισμού Αγ. Βαρβάρας, πρασινοπών αργίλων και προνεογενών πετρωμάτων. Επίκειται ασύμφωνα του σχηματισμού Αγ. Βαρβάρας.

Πάχος: υπερβαίνει τα 150m

Ανώτερο Μειόκαινο

ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΟΡΤΟΝΙΟ- ΜΕΣΣΗΝΙΟ

-Σχηματισμός Αγ. Βαρβάρας: βιοκλαστικοί υφαλώδεις ασβεστόλιθοι (M5-6.k) κατά τόπους κροκαλοπαγείς ή λατυποπαγείς, πλούσιοι σε Clypeaster, Pecten, Heterostegina, Bryozoa και Κοράλλια κατά θέσεις. Αυτά πλευρικά μεταβαίνουν σε εναλλαγές φυλλωδών και ομοιογενών συχνά ασβεστιτικών μαργών ή μαργαϊκών ασβεστολίθων (M5-6.m) που ενίοτε βρίσκονται σε τοπική ασυμφωνία, με τον υποκείμενο σχηματισμό. Μέσα στις φυλλώδεις μάργες παρεμβάλλονται ενστρώσεις γύψου ή κροκαλοπαγών γύψου (M5-6.g). Οι φυλλώδεις μάργες συχνά περιέχουν υπολείμματα ψαριών και φυτικά λείψανα.

Πάχος: φθάνει τα 280m.

ΤΟΡΤΟΝΙΟ

-Σχηματισμός Αμπελούζου (M5.st,m): ακανόνιστες εναλλαγές από θαλάσσια, υφάλμυρα και ποτάμια κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, αργίλους, μάργες και λιγνίτες. Παρεμβολές θραυσμάτων υφάλων (M5.r) με Κοράλλια, Φύκη και Υδρόζωα, κυρίως στο ανατολικό περιθώριο του Ψηλορείτη. Σε ασυμφωνία με το σχηματισμό του Βιάννου και Προφ. Ηλία.
Μέγιστο πάχος: 300m.

ΜΕΣΟ- ΑΝΩΤΕΡΟ ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ;

-Σχηματισμός Προφ. Ηλία: λατυποπαγή και λατυποκροκαλοπαγή, αποτελούμενα κυρίως από λατύπες και κροκάλες προερχόμενες από σκούρους προνεογενείς ασβεστολίθους, με ασβεστιτικό υλικό. Μαζί με τα λατυποπαγή μέσα στη νεογενή σειρά, συχνά εμφανίζονται όγκοι από σκούρους προνεογενείς ασβεστόλιθους.

Πάχος: υπερβαίνει τα 100m.

ΜΕΣΟ ΜΕΙΟΚΑΙΝΟ

-Σχηματισμός Βιάννου: σκούρες τεφροπρασινωπές, ιλυώδεις άργιλοι και καλά διαβαθμισμένες καστανόχρωμες άμμοι, με σπάνια μαλάκια γλυκών νερών.

Πάχος: υπερβαίνει τα 400m.

Αλλόχθονες Σειρές

ΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΚΑΛΥΜΜΑ ΕΣΩΤΕΡΙΚΩΝ ΖΩΝΩΝ

-Οφιολιθικό σύμπλεγμα: περιδοτίτες, περισσότερο ή λιγότερο σερμπεντινωμένοι, πυροξενίτες, γάββροι, δολερίτες. Αποτελούν τμήμα του τεκτονικού καλύμματος των εσωτερικών ζωνών, με πάχος που φθάνει τα 80m περίπου.

Τεκτονικό Κάλυμμα Ζώνης Τριπόλεως

ΑΝΩΤΕΡΟ ΗΩΚΑΙΝΟ- ΟΛΙΓΟΚΑΙΝΟ

-Φλύσχη: εναλλαγές σοκολατόχρωων αργιλικών σχιστολίθων και ψαμμιτών με μικρές ενστρώσεις τεφρών ασβεστολιθικών τουρβιδιτών. Πρόκειται για μικρές εμφανίσεις με πάχος που δεν υπερβαίνει τα 40m.

ΚΡΗΤΙΔΙΚΟ- ΜΕΣΟ ΗΩΚΑΙΝΟ;

-Ασβεστόλιθοι: τεφροί μέχρι τεφρόμαυροι, μεσοπαχυστρωματώδεις μέχρι άστρωτοι, βιτουμενιούχοι, κατά θέσεις μικρολατυποπαγείς και στα ανώτερα μέλη δολομιτικοί.

Μέγιστο πάχος: 100m περίπου.

ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ- ΑΝΩΤΕΡΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ;

-Ασβεστόλιθοι δολομιτικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες: αποτελούν την βάση του τεκτονικού καλύμματος των εξωτερικών ζωνών, με αποτέλεσμα στη βάση τους να είναι θέσεις μυλονιτωμένοι λόγω τεκτονισμού. Τα κατώτερα μέλη τους αποτελούνται από ημικρυσταλλικούς δολομίτες, παχυστρωματώδεις μέχρι άστρωτους, τεφρόμαυρους, ενώ τα ανώτερα μεταπίπτουν σε ασβεστόλιθους και δολομιτικούς ασβεστόλιθους, μεσοστρωματώδεις, τεφρόλευκους μέχρι τεφρόμαυρους. Στο σύνολό τους είναι καρστικοί, κυρίως στα ανώτερα μέλη.

Μέγιστο πάχος: 300m περίπου.

Η ηλικία συμπεραίνεται από το σχηματισμό με γειτονικά φύλλα.

Τεκτονικό Κάλυμμα Φυλλιτικής- Χαλαζιτικής Σειράς

ΠΕΡΜΙΟ- ΑΝΩΤΕΡΟ ΤΡΙΑΔΙΚΟ

-Σχιστόλιθοι, πρασινίτες, πρασινοςχιστόλιθοι, μεταβασίτες: ενότητα πετρωμάτων πολύ χαμηλής μέχρι χαμηλής μεταμόρφωσης, που έχει επωθηθεί μαζί με την, τεκτονικά υπερκείμενή της, ζώνη Τριπόλεως, πάνω στην αυτόχθονη σειρά των «πλακωδών ασβεστολίθων», κατά το Κατώτερο Μειόκαινο.

Αναλυτικότερα στην ενότητα αυτή τοποθετούνται:

1.Σχιστόλιθοι: ιζηματογενούς κλαστικής αρχικής προέλευσης όπως: μοσχοβιτικοί-χαλαζιακοί, αστριοχαλαζιούχοι- μοσχοβιτικοί, αστριοχαλαζιούχοι- μοσχοβιτικοί-χλωριτικοί, ανθρακικοί, χλωριτικοί- ανθρακικοί, με ιστό μικροκρυσταλλικό και υφή παράλληλα προσανατολισμένη, σχιστώδη.

Κύρια ορυκτολογικά συστατικά τους είναι χαλαζίας, άστριοι, μοσχοβίτης- σερικήτης, χλωρίτης, ασβεστίτης, σπανιώτερα βιοτίτης και περισσότερα ή λιγότερα ανθρακούχα γραφίτοειδή.

2.Πρασινίτες-πρασινοςχιστόλιθοι: χαμηλής μεταμόρφωσης πετρώματα (τοπική τεκτονική καταπόνηση) ηφαιστειακής αρχικής προέλευσης (βασικές λαβές- πυροκλάστες) που υπερτερούν των μεταβασιτών. Στη σύσταση των πετρωμάτων αυτών συμμετέχουν, εκτός των πλαγιόκλαστων- πυροξένων, ακτινόλιθοι, σπανιώτερα γλαυκοφανής, επίδοτα και χλωρίτης επί πλέον λίγος σερικήτης- μοσχοβίτης, σπανιώτερα βιοτίτης. Η ασβεστιώωση και πυριτώωση είναι και στα πετρώματα αυτά συχνά φαινόμενα με την παρουσία ασβεστίτη-χαλαζία σε πόρους, κενά και ρωγμές. Τα πετρώματα αυτά υπερτερούν των μεταβασιτών στην περιοχή.

3.Μεταβασίτες (μετανδεσίτες- μεταβασάλτες): ηφαιστιογενή βασικά πετρώματα πολύ χαμηλής μεταμόρφωσης που διατηρούν ανέπαφο τον πορφυριτικό τους ιστό με φαινοκρυστάλλους πλαγιόκλαστων και πυροξένων, χλωρίτης, επίδοτα και χαλαζίας, ασβεστίτης από ελαφρότερη ή ισχυρότερη πυριτώωση, ασβεστιώωση αντίστοιχα.

Μέγιστο πάχος: 400m περίπου.

-Μάρμαρα Βασιλικού: μασοστρωματώδη και κατά θέσεις άστρωτα, τεφρά μέχρι τεφρόλευκα, μεσοαδροκρυσταλλικά, ελαφρά δολομιτωμένα. Παρεμβάλλονται στα κατώτερα μέλη της φυλλιτικής- χαλαζιτικής σειράς και συχνά εμφανίζουν εικόνα τεκτονικού καλλύματος (Δ. τμήμα) η οποία όμως οφείλεται στην διαφορετική μηχανική συμπεριφορά τους, καθώς επίσης και στη διάβρωση των υποκειμένων τους στρωμάτων.

Μέγιστο πάχος: 200m περίπου.

Αυτόχθονη Σειρά, Ιόνιος Ζώνη

ΜΕΣΟ ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ- ΗΩΚΑΙΝΟ

-«Πλακώδεις ασβεστόλιθοι» (Plattenkalk): ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι και κατά θέσεις μάρμαρα μεσοκρυσταλλικά χρώματος τεφρομέλανος έως λευκού, καλά στρωμένα σε πάγκους με πάχος που ποικίλλει από λίγα cm έως και 1m. Περιέχουν ενστρώσεις πυριτιολίθων καθώς και φακούς ή κονδύλους από πυριτιολίθους. Οι «πλακώδεις ασβεστόλιθοι» έχουν μεταμορφωθεί σε συνθήκες υψηλών πιέσεων- χαμηλών θερμοκρασιών. Μέγιστο πάχος: 200m περίπου.

3. Ρήγματα και μετατοπίσεις

3.1 Ρήγματα και μετατοπίσεις

Ρήγμα στην τεκτονική ονομάζουμε κάθε ρηξιγενή δομή εκατέρωθεν της οποίας παρατηρούνται μετακινήσεις των επί μέρους τμημάτων του γεωλογικού σχηματισμού που παραμορφώνεται. (Brinkmann II, 1972, 3. Ashgirei, 1963). Οι μετατοπίσεις αυτές μπορεί να είναι της τάξης μεγέθους από 1cm μέχρι και πάνω από 1000m.

Οι ρηξιγενείς επιφάνειες μπορεί να είναι κατακόρυφες, κεκλιμένες ανάλογα ή οριζόντιες. Μπορεί να εμφανίζονται όπως και οι επιφάνειες των διακλάσεων, λείες επίπεδες, κεκαμμένες ή και σιγμοειδώς κεκαμμένες. Συνήθως τα ρήγματα στους γεωλογικούς σχηματισμούς, είτε αυτοί είναι ιζηματογενείς, είτε μαγματογενείς, είτε μεταμορφωσιγενείς, προκαλούνται μετά το σχηματισμό τους από την επίδραση μεταγενέστερων παραμορφωτικών δυνάμεων. Υπάρχουν περιπτώσεις ιδίως στα ιζηματογενή πετρώματα όπου ο σχηματισμός των ρηγμάτων μπορεί να γίνει κατά τη διάρκεια της ιζηματογένεσης. Τα ρήγματα αυτά αποτελούν μια ιδιαίτερη μεγάλης σημασίας για τη σχετική χρονολόγηση τεκτονικών συμβάντων στη φύση κατηγορία ρηγμάτων που χαρακτηρίζονται ως συνιζηματογενή ρήγματα. Κατά μήκος των ρηγμάτων κυκλοφορεί συνήθως νερό, με αποτέλεσμα να εμφανίζονται πολλές φορές πηγές σε ορισμένα σημεία τους ανάλογα με τις γεωλογικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής. Υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες διαπιστώθηκε ότι τα ρήγματα ιδίως αυτά που αναπτύσσονται κάθετα στη διεύθυνση ροής του νερού μέσα στο πέτρωμα και το υλικό πληρώσεως τους έχει συμπαγοποιηθεί, αποτελούν ανασταλτικό παράγοντα στην κίνηση του νερού σχηματίζοντας ένα αδιαπέρατο για το νερό διάφραγμα. Ανάλογα με τον τρόπο κίνησης των επί μέρους τμημάτων του γεωλογικού σχηματισμού εκατέρωθεν του ρήγματος, διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες: α) ρήγματα σμίκρυνσης, β) ρήγματα απομάκρυνσης, γ) ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης. (Brinkmann, 1972). Πολλές φορές λοιπόν παρατηρούνται μεταβατικές μορφές μεταξύ των α και γ κατηγοριών ρηγμάτων καθώς και μεταξύ των β και γ κατηγοριών. Δημιουργούνται έτσι στην πρώτη περίπτωση τα πλάγια ανάστροφα ρήγματα ενώ στη δεύτερη τα πλάγια κανονικά. Κατά τη γεωλογική εξέλιξη ενός ρήγματος είναι δυνατόν να αλλάξει η αρχική φορά κίνησης των τμημάτων εκατέρωθεν της ρηξιγενούς επιφάνειας έτσι ώστε ένα ανάστροφο ρήγμα να μεταπίπτει σε ένα κανονικό ρήγμα ή και αντίστροφα. Αλλά και κατά μήκος του ίδιου του ρήγματος συμβαίνει καμιά φορά οι παρατηρούμενες κινήσεις να έχουν αντίθετη φορά σε ορισμένα σημεία της ρηξιγενούς επιφάνειας με αποτέλεσμα το ίδιο ρήγμα αλλού να εμφανίζεται ως ανάστροφο και αλλού ως κανονικό. (Ashgirei, 1963). Γενετικά τα ρήγματα θεωρούνται αντίθετα με τις διακλάσεις και ρωγμές ως διατμητικές ρηξιγενείς δομές που προκαλούνται έστω και δευτερογενώς από διατμητικές τάσεις, ως αποτέλεσμα συμπιεστικών ή εφελκυστικών κύριων δυνάμεων.

3.2 Ρήγματα σμίκρυνσης ή ρήγματα συμπίεσης ή ανάστροφα ρήγματα

Στα ανάστροφα ρήγματα το τμήμα του γεωλογικού σχηματισμού που βρίσκεται πάνω από τη ρηξιγενή επιφάνεια κινείται προς τα πάνω, ενώ αυτό που βρίσκεται κάτω από τη ρηξιγενή επιφάνεια κινείται αντίθετα προς τα κάτω. (Krausse HF., Pilger A., Reimer V. & Schönfeld M., unter Mitarbeit von Domalski R. 1978). Τα ανάστροφα ρήγματα όπως φαίνεται και από το χαρακτηρισμό τους ως ρήγματα σμίκρυνσης, προκαλούν μια σμίκρυνση των διαστάσεων του γεωλογικού σχηματισμού κατά το οριζόντιο επίπεδο.

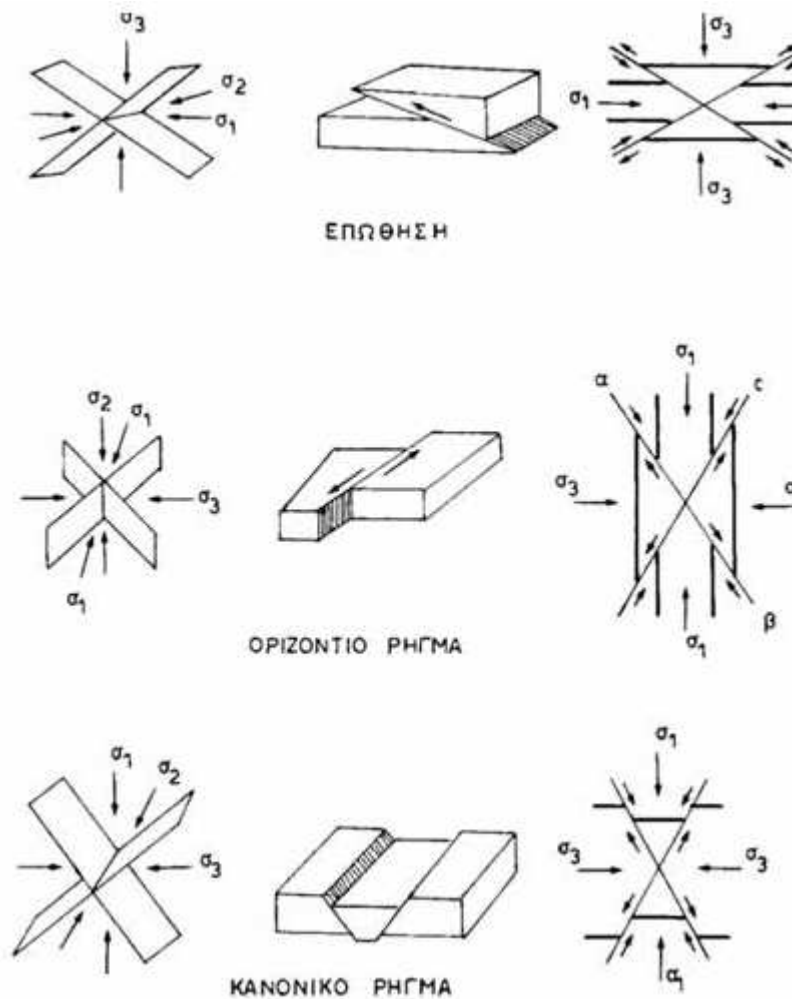
Γεωδυναμικά οι ρηξιγενείς αυτές τεκτονικές δομές αντιστοιχούν στο μεγαλύτερο μέρος των πτυχωσιγενών δομών, κατά τις οποίες δεν παρατηρείται καμιά ρήξη των γεωλογικών σχηματισμών. Και οι δύο αυτές τεκτονικές δομές δημιουργούνται από συμπιεστικές τάσεις και εμφανίζονται έτσι συχνά μαζί ή πολλές φορές η μια μορφή μεταπίπτει στην άλλη εφόσον είναι αποτέλεσμα της ίδιας παραμορφωτικής φάσης. Και οι δύο τεκτονικές δομές αναπτύσσονται συνήθως κάθετα στην ισχυρότερη και παράλληλα στη μικρότερη τεκτονική καταπόνηση που δέχεται ο γεωλογικός σχηματισμός. Όταν παράλληλα περίπου μεταξύ τους ρήγματα επιπεύσεων ή επωθήσεων ακολουθούν το ένα πίσω από το άλλο σχηματίζεται τότε μια ζώνη που ονομάζεται ζώνη λεπιώσεων. Στα διάφορα λείπια που σχηματίζονται μεταξύ των ανάστροφων ρηγμάτων εμφανίζονται συχνά οι ίδιες εναλλαγές των γεωλογικών σχηματισμών. Η γεωτεκτονική ζώνη του Αξιού στον Ελληνικό χώρο, χαρακτηρίζεται ως μια τυπική ζώνη λεπιώσεων. Ένα τεκτονικό φαινόμενο επακόλουθο της δράσης μικρής κλίσεως ή και οριζόντιων ανάστροφων ρηγμάτων αποτελεί η δημιουργία των τεκτονικών καλυμμάτων. Ως τεκτονικό κάλυμμα χαρακτηρίζεται κάποιος γεωλογικός σχηματισμός ο οποίος από τη δράση ακριβώς τέτοιων ανάστροφων ρηγμάτων, αποχωρίζεται από την πρωταρχική του θέση και τοποθετείται τεκτονικά πάνω σε κάποιον άλλο γεωλογικό σχηματισμό. Το τεκτονικό κάλυμμα αποτελεί τον αλλόχθονο γεωλογικό σχηματισμό ενώ ο γεωλογικός σχηματισμός πάνω στον οποίο επωθείται το τεκτονικό κάλυμμα, αποτελεί τον αυτόχθονο. Παρατηρείται συχνά σε μια περιοχή ο σχηματισμός αλληπάλληλων τεκτονικών καλυμμάτων το ένα πάνω στο άλλο και όλα μαζί επωθημένα σε κάποιο αυτόχθονο σύστημα πετρωμάτων που συχνά αποτελεί και τον νεότερης ηλικίας γεωλογικό σχηματισμό της περιοχής. (Brinkmann Π. 1972). Παρόμοια τεκτονική δομή αλληπάλληλων τεκτονικών καλυμμάτων επωθημένων το ένα πάνω στο άλλο, χαρακτηρίζει τις οροσειρές του αλπικού ορογενούς και φυσικά και τις ελληνίδες οροσειρές, όπου οι διάφορες γεωτεκτονικές ζώνες τοποθετούνται διαδοχικά η μια πάνω στην άλλη. (Κρήτη, Kiliias et al., 1984). Σε κάθε τεκτονικό κάλυμμα διακρίνουμε τα εξής επί μέρους τμήματα:

- α) βασικό σώμα: πρόκειται για τον κύριο όγκο του τεκτονικού καλύμματος
- β) μέτωπο τεκτονικού καλύμματος: είναι το μπροστινό τμήμα του βασικού σώματος
- γ) ράχη τεκτονικού καλύμματος: αποτελεί την οροφή του βασικού σώματος
- δ) ρίζα του τεκτονικού καλύμματος: πρόκειται για το σημείο από όπου ξεκινάει το τεκτονικό κάλυμμα

ε) απομονωμένο τεκτονικό κάλυμμα: πολλές φορές είναι δυνατό να αποκοπεί από τον κύριο όγκο του βασικού σώματος ένα κομμάτι και να εμφανίζεται ως ένα ανεξάρτητο και απομονωμένο τεκτονικό κάλυμμα.

στ) βάση του τεκτονικού καλύμματος: πρόκειται για το κάτω μέρος του βασικού σώματος με το οποίο έρχεται σε επαφή με το αυτόχθονο σύστημα πετρωμάτων πάνω στο οποίο επωθείται. Η βάση του τεκτονικού καλύμματος αποτελεί ένα από τα πιο σημαντικά τμήματα διότι στο σημείο αυτό μπορούμε να διαπιστώσουμε τη διεύθυνση κίνησης του τεκτονικού καλύμματος από τη μορφή και την ανάπτυξη των μικροδομών. Στενά συνδεδεμένο με τη δημιουργία των τεκτονικών καλυμμάτων βρίσκεται ο σχηματισμός του τεκτονικού παράθυρου. Πολλές φορές σε κάποια περιοχή λόγω έντονης διάβρωσης ενός τμήματος του τεκτονικού καλύμματος αποκαλύπτονται στα μορφολογικά κατώτερα κατά κανόνα σημεία μέλη του αυτόχθονου συστήματος. Αναφερόμαστε λοιπόν στην παρουσία τεκτονικού παράθυρου. (Tollmann. 1973).

Τεκτονικά παράθυρα στον Ελληνικό χώρο έχουμε στις περιοχές του Ολύμπου, της Όσσας, των ΒΑ Περίων όπου λόγω της διάβρωσης των παλαιοζωικών κρυσταλλοσχιστωδών πετρωμάτων της Πελαγονικής ζώνης που αποτελεί στην προκειμένη περίπτωση το τεκτονικό κάλυμμα αποκαλύπτονται τα μεσοζωικά και νεότερα ανθρακικά πετρώματα του υποκείμενου αυτόχθονου συστήματος. Η γένεση ενός τεκτονικού καλύμματος δεν οφείλεται πάντοτε στην παρουσία ανάστροφων ρηγμάτων.



Εικόνα 10. Κατανομή των τάσεων στα ανάστροφα (Α), οριζόντια (Β) και κανονικά (C) ρήγματα. σ_1 = μέγιστη τάση, σ_2 = ενδιάμεση τάση, σ_3 = ελάχιστη τάση (Hills, 1970).

3.3 Ρήγματα απομάκρυνσης ή ρήγματα εφελκυσμού ή κανονικά ρήγματα

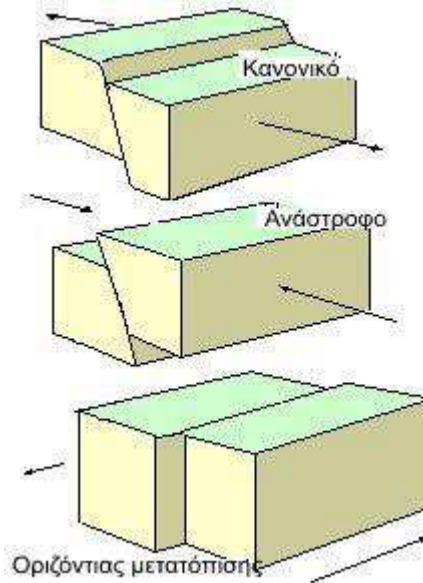
Η κατηγορία αυτή των ρηγμάτων, αντίθετα με την κατηγορία των ανάστροφων ρηγμάτων, προκαλείται από εφελκυστικές τάσεις, ενώ συνδέονται συνήθως με μια επιμήκυνση ή έκταση του γεωλογικού σχηματισμού κατά το οριζόντιο επίπεδο.

Τα κανονικά ρήγματα προκαλούν τις μεταπτώσεις των τμημάτων του γεωλογικού σχηματισμού που βρίσκονται εκατέρωθεν της ρηξιγενούς επιφάνειας με τρόπο ώστε το τμήμα που βρίσκεται πάνω από τη ρηξιγενή επιφάνεια κινείται προς τα κάτω ενώ το τμήμα που βρίσκεται κάτω από τη ρηξιγενή επιφάνεια κινείται αντίθετα προς τα πάνω. (Krausse HF., Pilger A., Reimer V. & Schönfeld M., unter Mitarbeit von Domalski R. 1978).

Η γωνία κλίσης των ρηξιγενών επιφανειών των κανονικών ρηγμάτων είναι συνήθως μεγάλη και κυμαίνεται από 50-75 μοίρες. Το ποσό της επιμήκυνσης των γεωλογικών σχηματισμών από τη δράση των κανονικών ρηγμάτων προκύπτει από την απόσταση κατά το οριζόντιο επίπεδο μεταξύ ενός σημείου ενός στρώματος και του αντίστοιχου σημείου του ίδιου στρώματος, μετά τη μετάπτωση. Είναι φανερό ότι όσο μεγαλύτερη γωνία κλίσης έχει η ρηξιγενής επιφάνεια του κανονικού ρήγματος, τόσο μικρότερη θα είναι και η αντίστοιχη επιμήκυνση του γεωλογικού σχηματισμού που παραμορφώνεται. Η παρουσία πολλών κανονικών ρηγμάτων σε μια περιοχή έχει ως αποτέλεσμα ανάλογα με τις διευθύνσεις κλίσεων των αντίστοιχων ρηγμάτων τη δημιουργία χαρακτηριστικών τεκτονικών δομών που ονομάζονται τεκτονικά κέρατα και τεκτονικές τάφροι ή τεκτονικά βυθίσματα. (Krausse HF., Pilger A., Reimer V. & Schönfeld M., unter Mitarbeit von Domalski R. 1978). Παραδείγματα τέτοιων τεκτονικών κεράτων και τάφρων στην Ελλάδα υπάρχουν πολλά. Αναφέρουμε για παράδειγμα τα τεκτονικά βυθίσματα της Βόλβης-Ρεντίνας και του Ανθεμούντα τα οποία με ανάπτυξη BBA-NNΔ κόβουν εγκάρσια σε γενικές γραμμές την κύρια ανάπτυξη των γεωλογικών σχηματισμών της Σερβομακεδονικής μάζας στις περιοχές βορειοανατολικά και ανατολικά της Θεσσαλονίκης. Στην περίπτωση που ένα πλήθος μεταπτωτικών ρηγμάτων με την ίδια διεύθυνση κλίσης προκαλεί σταδιακή ταπείνωση μιας περιοχής προς τη μια κατεύθυνση, τότε μιλάμε για κλιμακωτή εμφάνιση των ρηγμάτων αυτών. Τα κανονικά ρήγματα αποτελούν στο μεγαλύτερο μέρος τους διατμητικές ρηξιγενείς δομές που προήλθαν όμως δευτερογενώς από τη μετατροπή ρηξιγενών δομών εφελκυσμού σε κάποιο μεταγενέστερο στάδιο. Η δημιουργία των ρηγμάτων αυτών θα πρέπει να αποδοθεί σε μεταγενέστερες κινήσεις που προκλήθηκαν από την επίδραση κάποιας νεότερης και ανεξάρτητης ως προς την πτύχωση παραμορφωτικής φάσης με διαφορετικές ίσως διευθύνσεις και φορά τάσεων.

3.4 Ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης

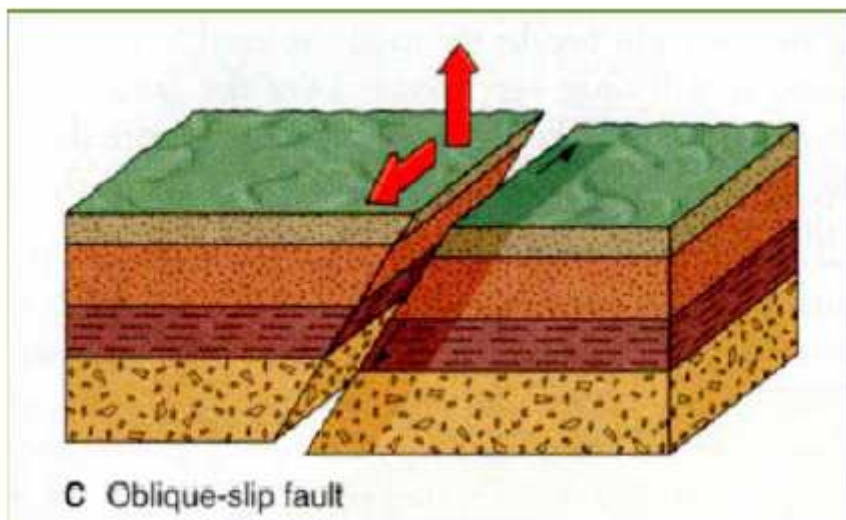
Τα ρήγματα αυτά προκαλούν οριζόντια μετατόπιση των τμημάτων του γεωλογικού σχηματισμού που βρίσκονται εκατέρωθεν της ρηξιγενής επιφάνειας (Krausse HF., Pilger A., Reimer V. & Schönfeld M., unter Mitarbeit von Domalski R. 1978), ενώ συγχρόνως δεν παρατηρείται καμιά αξιολογη μεταβολή των διαστάσεων του γεωλογικού σχηματισμού. Μεγάλων διαστάσεων ρήγματα χαρακτηρίζονται ως παραφορές. Ανάλογα με τις σχετικές κινήσεις που λαμβάνουν χώρα στα τμήματα του γεωλογικού σώματος εκατέρωθεν του ρήγματος διακρίνουμε δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα ρήγματα οριζόντιων μετατοπίσεων. Τα ρήγματα μετασχηματισμού ανήκουν στην κατηγορία των ρηγμάτων οριζόντιας μετατόπισης διαφέρουν όμως όπως τονίσθηκε (Παπαζάχος, 1980), από αυτά ως προς τον τρόπο γένεσης ενώ εμφανίζονται κατά κύριο λόγο στις περιοχές των μέσο-ωκεάνιων ράχων.



Εικόνα 11. Παραδείγματα ρηγμάτων

3.5 Πλάγια ρήγματα

Παραπάνω περιγράφηκαν ρήγματα στα οποία οι κινήσεις που έλαβαν χώρα ήταν κάθετα ή παράλληλα στην παράταξή τους. Με την παραδοχή αυτή διακρίθηκαν ανάλογα σε κανονικά ρήγματα σε ανάστροφα ρήγματα και σε ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης. Υπάρχουν όμως και περιπτώσεις που παρατηρούνται κινήσεις των δύο τμημάτων εκατέρωθεν του ρήγματος, πλάγια στην παράταξή του. Σε τέτοια ρήγματα λοιπόν οι μετατοπίσεις γίνονται κατά τη συνισταμένη μιας κάθετης και μιας παράλληλης προς την παράταξή τους κίνησης. (Krausse HF., Pilger A., Reimer V. & Schönfeld M., unter Mitarbeit von Domalski R. 1978). Σε τέτοιες περιπτώσεις αναφερόμαστε σε πλάγια κανονικά ή πλάγια ανάστροφα ρήγματα (εικ. 12) ανάλογα της κίνησης των δύο τεμαχών εκατέρωθεν της ρηξιγενούς επιφάνειας. Στα πλάγια ρήγματα όσο μεγαλώνει η συνιστώσα της οριζόντιας κίνησης, τόσο αυτά πλησιάζουν να μετατραπούν σε ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης. Αντίθετα όσο ελαττώνεται η συνιστώσα της οριζόντιας κίνησης τα πλάγια ρήγματα τείνουν να μετατραπούν σε κανονικά ή ανάστροφα ρήγματα.



Εικόνα 12. Πλάγια ρήγματα.

3.6 Γενικά γεωλογικά στοιχεία για την ευρύτερη περιοχή μελέτης

Βάσει μελέτης του Γεωτεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας Παράρτημα Κρήτης «Οι μελέτες Γεωλογικής Καταλληλότητας (ΜΓΚ) στα πλαίσια εκπόνησης ΣΧΟΟΑΠ-ΓΠΣ: Προβλήματα και δυνατότητες» (Ηράκλειο 2011), το Ηράκλειο αποτελεί δύσκολη περιοχή για ύπαιθρο λόγω δόμησης, ανθρωπογενών παρεμβάσεων και καλλιεργειών. Υπάρχει πολυπλοκότητα γεωλογικής δομής (πολλά και μικρά ρήγματα). Μετά από εκατοντάδες μετρήσεις διακλάσεων- επιφανείων ολίσθησης ρηγμάτων βρέθηκαν:

1. μεγαλύτερη δομή Β-Ν Βασιλιές- Φορτέτσα- Πατέλες Μήκος > 5,2 km- φορά κλίση προς Δ.
2. άλλη δομή Β-Ν Εσταυρωμένου (>650m)
3. μικρότερες δομές ΒΑ- ΝΔ διεύθυνση και ΒΔ- ΝΑ αποσπασματικά
4. κανονικά - πλαγιοκανονικά ρήγματα Β-Ν
5. κανονικά – πλαγιοκανονικά ρήγματα ΒΑ- ΝΔ
6. άλματα που είναι δεκάδων μέτρων έως < 200 μέτρα, εκτός του Γιούχτα >1000 μέτρα
7. πεδίο παλαιο- τάσεων Α- Δ
8. πολλές δομές σε παλαιότερους χάρτες δεν επιβεβαιώθηκαν ως ρήγματα με αξιόλογο μήκος ή μετατόπιση.

Η περιοχή του Ηρακλείου αναπτύσσεται σε μία Μειοκαινική θαλάσσια λεκάνη η οποία σχηματίζεται λόγω εφελκυσμού με κύρια διεύθυνση Α- Δ. Από το μέσο πλειόκαινο σημειώνεται έντονη ανοδική κίνηση που υπολογίζεται για τις μάργες Φοινικιάς στα 800 μέτρα. Η νεοτεκτονική χαρακτηρίζεται κυρίως από κανονικά ρήγματα.



Εικόνα 12. Νεοτεκτονικά ρήγματα (χάρτης ΙΓΜΕ, 1996)

Γενικότερα στο νομό του Ηρακλείου, στις τελευταίες έρευνες δεν έχουν βρεθεί σεισμικά ρήγματα. Έχουν βρεθεί ρήγματα να επηρεάζουν μαργαϊκούς σχηματισμούς με ηλικία Γελάσιο (Κάτω Πλειστόκαινο). Τα ρήγματα που έχουν χαρτογραφηθεί έχουν κινηματική κανονικών ή πλαγιοκανονικών ολισθήσεων και χαρακτηρίζονται ως δυνητικά (πιθανώς) – ενεργά.

Δε μπορεί βέβαια να αποκλειστεί μεγάλης περιόδου επαναδραστηριοποίηση των κύριων ρ.ζ. κατά τα τελευταία 125.000 χρόνια, ελλείψει δεικτών μετατόπισης (ή απουσίας μετατόπισης) κατάλληλης ηλικίας. Απαιτούνται περισσότερες έρευνες, σε ευρύτερη περιοχή.

3.7 Επικινδυνότητα σεισμικών ρημάτων

Τα κυριότερα στοιχεία που περιγράφουν ένα ρήγμα είναι σύμφωνα με το Λέκκα (Ε.Λέκκας, 2000, σ. 143), η διεύθυνση, η κλίση και το άνωσμα της ολίσθησης του. Από το καθορισμό των παραμέτρων αυτών, δύναται να προσδιοριστούν πολλοί παράγοντες που σχετίζονται με ένα σεισμικό γεγονός και την εξέλιξη αυτού. Πιο συγκεκριμένα από τη μελέτη των στοιχείων του ρήγματος εξάγονται συμπεράσματα για το νέο τεκτονικό καθεστώς της περιοχής όπου έγινε ο σεισμός και το προσδιορισμό του. Διενεργούνται διάφορες μελέτες και εκτιμήσεις για την εξέλιξη του σεισμικού φαινομένου αλλά και τη συνέχισή του. Αν υπάρχει στην επιφάνεια, εμφάνιση του σεισμικού ρήγματος, τότε μπορεί να μετρηθεί ως προς τα γεωμετρικά και κινηματικά στοιχεία η μετακίνηση των 2 τεμαχίων του ρήγματος. Σημαντικά στοιχεία από τη μετακίνηση των πετρωμάτων βοηθούν και στη χαρτογράφηση του ρήγματος, σε περίπτωση που το ρήγμα δεν έχει δραστηριοποιηθεί ποτέ πριν τη σεισμική δόνηση. Σημαντικές είναι οι έρευνες που σχετίζονται με τη χρονική τεκτονική ανάλυση. Δηλαδή, τον προσδιορισμό με όσο το δυνατό μεγαλύτερη ακρίβεια των χρονικών περιόδων δραστηριοποίησης με σκοπό το προσδιορισμό των μελλοντικών χρονικών περιόδων ενεργοποίησης και το σχεδιασμό για την αποτροπή και μετριασμό των ζημιών που θα οφείλονται σε αυτό το σεισμικό γεγονός.

Γενικά, έχει παρατηρηθεί, όπως τονίζει και ο κύριος Λέκκας, ότι μεγαλύτερες ζημιές συμβαίνουν κατά μήκος των σεισμικών ρηγμάτων και των σεισμικών διαρρήξεων, μικρότερων δηλαδή ρηγμάτων που εντάσσονται σε μια μεγάλη ρηξιγενή ζώνη. Στην Ελλάδα, τα σεισμικά ρήγματα παίζουν καθοριστικό ρόλο στο μέγεθος των καταστροφών που θα προκληθούν από ένα σεισμικό γεγονός.

3.8 Αναγνώριση ρηγμάτων στην ύπαιθρο

Κάποιοι παράγοντες όπως η διάβρωση, η φυτική κάλυψη, οι νέες προσχώσεις, η οικιστική ανάπτυξη δυσχεραίνουν συχνά την αναγνώριση ή χαρτογράφηση του ρήγματος στο ύπαιθρο έτσι ώστε μόνο με έμμεσες παρατηρήσεις να αποφανθούμε για την ύπαρξη ενός ρήγματος. Κατά την αναγνώριση ενός ρήγματος πρέπει να είμαστε προσεχτικοί στην εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τον χαρακτήρισμό, το μέγεθος της ανάπτυξης, την κινητική και τη δυναμική του κατάσταση. Παρακάτω αναφέρονται κάποιες βασικές ενδείξεις που βοηθάνε στην αναγνώριση και στη μελέτη του ρήγματος.



• Fault breccia / mélange

(α)



• Fault breccia / mélange

(β)

Εικόνα 13 α, β. Παραδείγματα τεκτονικού λατυποπαγούς.

- α) Η παρουσία μιας κατοπτρικής επιφάνειας μας φανερώνει την ύπαρξη ενός ρήγματος μεταπτωτικού χαρακτήρα.
- β) Η απότομη μεταβολή της γεωλογικής δομής και της πετρογραφικής σύστασης μιας περιοχής καθώς και της γωνίας κλίσης ή της παράταξης ενός γεωλογικού σχηματισμού αποτελούν σημαντικές ενδείξεις για την παρουσία ενός δείγματος. Εξ' άλλου η απότομη αύξηση του πάχους προσχώσεων ή νεογενών σχηματισμών στην επαφή τους με κάποιο υπόβαθρο, φανερώνει την ύπαρξη κάποιας ρηξιγενής δομής.
- γ) Τεκτονικά λατυποπαγή ή υλικό μυλωνίτου (εικ. 13), διατεταγμένα κατά ζώνες αποτελούν σημαντικό κριτήριο για την αναγνώριση ρηξιγενών δομών. Τα τεκτονικά λατυποπαγή τοποθετούνται συνήθως σε γωνιώδη ασυμφωνία με τα γειτονικά πετρώματα. Στα τεκτονικά λατυποπαγή που συνδέονται με επωθήσεις ή εφιππεύσεις η συνδετική ύλη και τα γωνιώδη θραύσματα αποτελούνται από το ίδιο υλικό. Η συνδετική τους ύλη εμφανίζεται συνήθως ως μυλωνίτης και δεν περιέχει φερτά ξένα υλικά, λόγω της μικρής δυνατότητας κυκλοφορίας των διαλυμάτων σε ζώνες τέτοιων λατυποπαγών. Αντίθετα στα τεκτονικά λατυποπαγή, που συνδέονται με μεταπτωτικά ρήγματα ή ρωγμές η συνδετική ύλη αποτελείται και από φερτά υλικά ή νεοσχηματισθέντα ορυκτά που αποτίθενται από τα διαλύματα που κυκλοφορούν σε ζώνες τέτοιων λατυποπαγών. Οποσδήποτε όμως μια σειρά συμπληρωματικών παραγόντων είναι δυνατόν να αλλοιώσει τα γενικά χαρακτηριστικά των τεκτονικών λατυποπαγών έτσι ώστε για την αναγνώριση μιας επώθησης ή μιας μετάπτωσης δεν μπορούμε να στηριχθούμε μόνο στο χαρακτήρα των διάφορων τεκτονικών λατυποπαγών.
- δ) Η μορφολογία μιας περιοχής μας βοηθάει πολλές φορές στην ανεύρεση ενός ρήγματος.
- ε) Η διαφορά της βλάστησης σε ορισμένες περιοχές συνδέεται πολλές φορές με την ύπαρξη ρηγμάτων.
- στ) Οι αεροφωτογραφίες αποτελούν ένα από τα σημαντικότερα διαγνωστικά μέσα των ρηξιγενών δομών. Ρήγματα και μεγάλα συστήματα ρωγμών που αναγνωρίζονται πολύ δύσκολα κατά τις εργασίες υπαίθρου είναι δυνατόν να αποκαλυφθούν με μεγάλη ακρίβεια στην αεροφωτογραφία και να τοποθετηθούν στο γεωλογικό χάρτη.
- ζ) Στην περίπτωση που διαπιστώσουμε από στρωματογραφικά ή τεκτονικά δεδομένα, ότι ένας παλιότερης ηλικίας σχηματισμός υπέρκειται ενός νεότερης ηλικίας είμαστε σίγουροι ότι η μεταξύ τους σχέση θα είναι τεκτονική και ότι ο υπερκείμενος γεωλογικός σχηματισμός επωθήθηκε πάνω στον υποκείμενο νεότερό του. Αντίθετα η αναγνώριση επωθητικών ρηγμάτων στην περίπτωση που νεότερης ηλικίας γεωλογικοί σχηματισμοί επωθούνται πάνω σε παλαιότερης ηλικίας πετρώματα, ιδίως όταν οιστρώσεις των νεότερων ή και των παλαιότερων σχηματισμών βρίσκονται σε συμφωνία με την επιφάνεια της επώθησης αποτελεί τις περισσότερες φορές ένα πολύ δύσκολο πρόβλημα. Σε μια τέτοια διάταξη γεωλογικών σχηματισμών βρισκόμαστε πάντα σε αμφιβολία εάν μεταξύ τους υπάρχει στρωματογραφική συμφωνία ή ασυμφωνία ή αν υπάρχει τεκτονική επαφή. Η ανεύρεση τεκτονικών λατυποπαγών ή σχιστοποιημένων ζωνών στα όρια των σχηματισμών δεν αποτελεί σοβαρό κριτήριο για την τεκτονική τους σχέση. Διότι ακόμη και όταν υπάρχει στρωματογραφική επαφή μεταξύ δύο ανομοιογενών υλικών είναι δυνατόν, χωρίς τη δράση κάποιου αξιόλογου ανάστροφου ρήγματος, να δημιουργηθούν τεκτονικά λατυποπαγή ή ζώνες τεκτονισμού. Η ανεύρεση ενός κροκαλοπαγούς επίκλυσης θα έδινε σοβαρά στοιχεία για τον χαρακτηρισμό της επαφής τους ως στρωματογραφική. Μια επιφάνεια επαφής ανώμαλη που θα προήλθε προφανώς από τη διάβρωση του υποκείμενου σχηματισμού σε περίοδο χέρσεισης, θα έδινε πρόσθετα στοιχεία για μια στρωματογραφική επαφή. Βαθμιαία μετάβαση του υποκείμενου γεωλογικού σχηματισμού προς τον υπερκείμενο, δείχνει επίσης μια στρωματογραφική επαφή.

Υπολείματα καρστικών σχηματισμών ή γενικά ενδείξεις ηπειρωτικής επεξεργασίας του υποκείμενου σχηματισμού στην επαφή του με τον υπερκείμενο συνηγορούν για στρωματογραφική επαφή. Αντίθετα η παρατήρηση θραυσμάτων του υποκείμενου σχηματισμού ενσωματωμένα στη βάση του υπερκείμενου σχηματισμού σε συνδυασμό με μια έντονη τεκτονική καταπόνηση της περιοχής επαφής των δύο σχηματισμών δείχνει σαφώς τεκτονική επαφή. Όταν η στρώση του νεότερου υπερκείμενου σχηματισμού βρίσκεται σε ασυμφωνία με μια ισχυρά τεκτονισμένη επιφάνεια επαφής των δύο σχηματισμών, τότε μιλάμε για επωθητικό φαινόμενο.



Εικόνα 14. Επωθήσεις στη περιοχή του Μοχού (χάρτης ΙΓΜΕ, 1996).

4. Παρουσίαση του λογισμικού ArcGis – ανάπτυξη του Γ.Σ.Π.

4.1 Παρουσίαση του Γ.Σ.Π.

Το ArcGIS είναι μια ολοκληρωμένη συλλογή από προϊόντα λογισμικού GIS και αποτελεί αποκλειστικό προϊόν της εταιρείας ESRI Inc.

Παρέχει μια πλατφόρμα για διαδικασίες χωρικής ανάλυσης, διαχείρισης δεδομένων και απεικόνισης. Το ArcGIS είναι επεκτάσιμο και μπορεί να ενσωματωθεί σε ήδη υπάρχοντα συστήματα επιχειρησιακών διαδικασιών όπως work order management, business intelligence και executive dashboards.

Το ArcGIS μπορεί να χρησιμοποιηθεί παντού μέσα σε μια επιχείρηση στο desktop και μέσω servers και φορητών συσκευών. Μπορεί ακόμα να χρησιμοποιηθεί για να προσπελάσει online υπηρεσίες. Αν κάποιος είναι προγραμματιστής εφαρμογών, το ArcGIS του παρέχει εργαλεία για να δημιουργήσει τις δικές του εφαρμογές.

Το ArcGIS χρησιμοποιείται σε διάφορους οργανισμούς ώστε να βελτιώσουν τη ροή των εργασιών τους και να λύσουν τα πιο επίμονα προβλήματα τους.

Χρησιμότητα του ArcGIS

- Διαχείριση δεδομένων/ πόρων: ενσωμάτωση συστημάτων, διαχείριση υποθέσεων/αξιώσεων, διαχείριση περιοχών εξυπηρέτησης/ ευθύνης και διαχείριση πελατών
- Ανάλυση και σχεδιασμός: προβλέψεις και ανάλυση κινδύνου
- Επιχειρησιακές διαδικασίες: τηλεφωνικό κέντρο/αποστολές, παρακολούθηση και συλλογή δεδομένων από το πεδίο, επιθεωρήσεις, συντήρηση και λειτουργίες, δρομολόγηση
- Επίγνωση καταστάσεων: υποστήριξη λήψης αποφάσεων και πρόσβαση από πελάτες/κοινό.

Το ArcGIS υποστηρίζει εργασία με λύσεις σε Desktop, Server, Web και Mobile.

Είτε εργαζόμαστε σε desktop, στο πεδίο ή χρειάζεται να μοιραστείτε πληροφορίες μέσω internet, τα προϊόντα ArcGIS παρέχουν τα εργαλεία που χρειάζονται ανά περίπτωση.

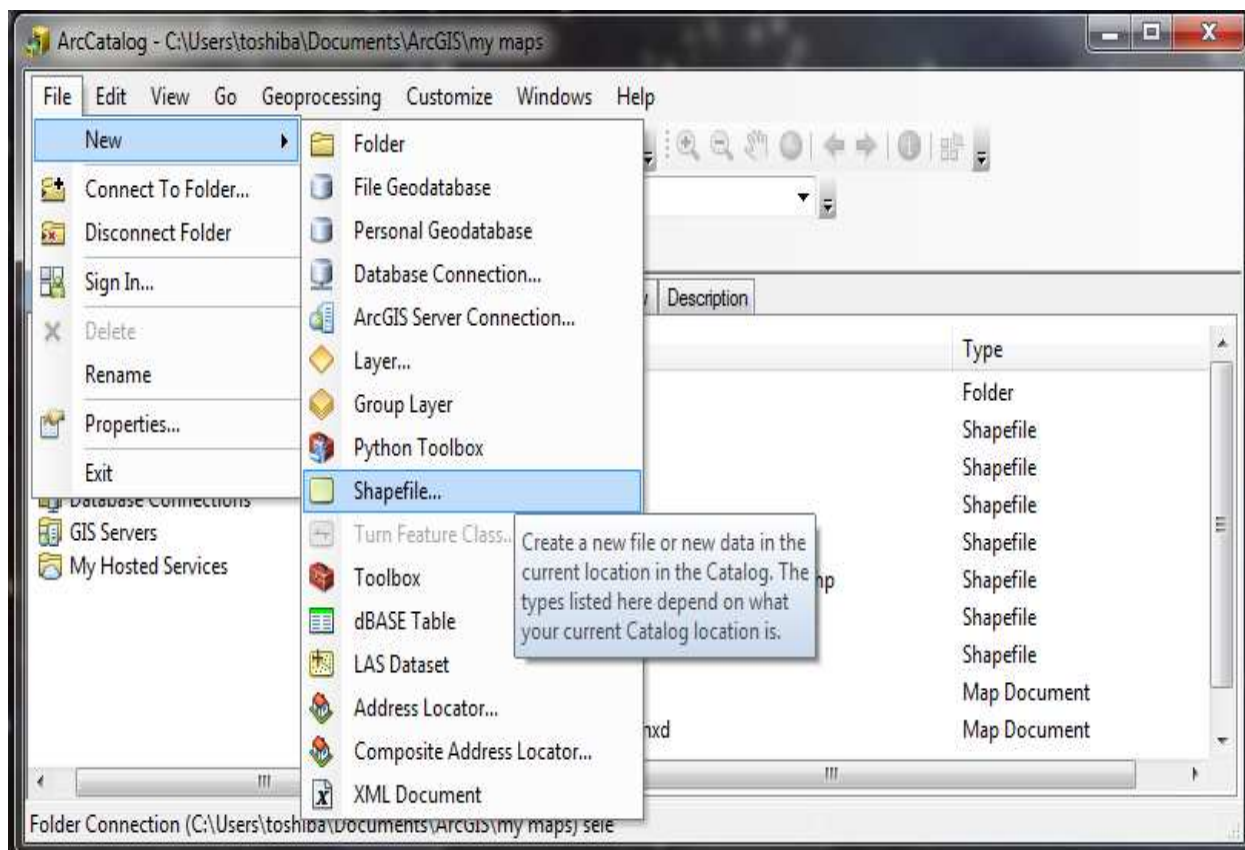
ArcGIS – Desktop

Το ArcGIS Desktop περιλαμβάνει μία ομάδα από ενοποιημένες εφαρμογές στις οποίες συμπεριλαμβάνονται ArcCatalog, ArcMap, ArcGlobe, ArcToolbox και ModelBuilder. Η ενοποιημένη αξιοποίηση των εφαρμογών ArcGIS Desktop επιτρέπει στους χρήστες της τεχνολογίας των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών να υλοποιήσουν οποιαδήποτε εργασία με επίκεντρο το χώρο, από την πιο απλή έως την πιο πολύπλοκη, όπως είναι η χαρτογραφία, η γεωγραφική ανάλυση, η επεξεργασία των γεωγραφικών δεδομένων, η μετατροπή μεταξύ διαφορετικών μορφότυπων δεδομένων, η απεικόνιση, η διαχείριση των δεδομένων κ.α. Η δομή του ArcGIS Desktop είναι κλιμακούμενη ως προς τις δυνατότητές της προκειμένου να εκπληρώσει τις απαιτήσεις των διαφορετικών τύπων χρηστών. Έτσι, έχουν διαμορφωθεί τρία διακριτά επίπεδα δυνατοτήτων του λογισμικού ArcGIS Desktop που έχουν ως εξής:

1. Λογισμικό απεικόνισης, επεξεργασίας και ανάλυσης των γεωγραφικών δεδομένων - ArcView.
2. Λογισμικό πλήρους διαχείρισης και επεξεργασίας των γεωγραφικών δεδομένων - ArcEditor.
3. Λογισμικό πλήρους διαχείρισης, επεξεργασίας και ανάλυσης των γεωγραφικών δεδομένων - ArcInfo.

4.2 Εισαγωγή και επεξεργασία δεδομένων στο ArcCatalog

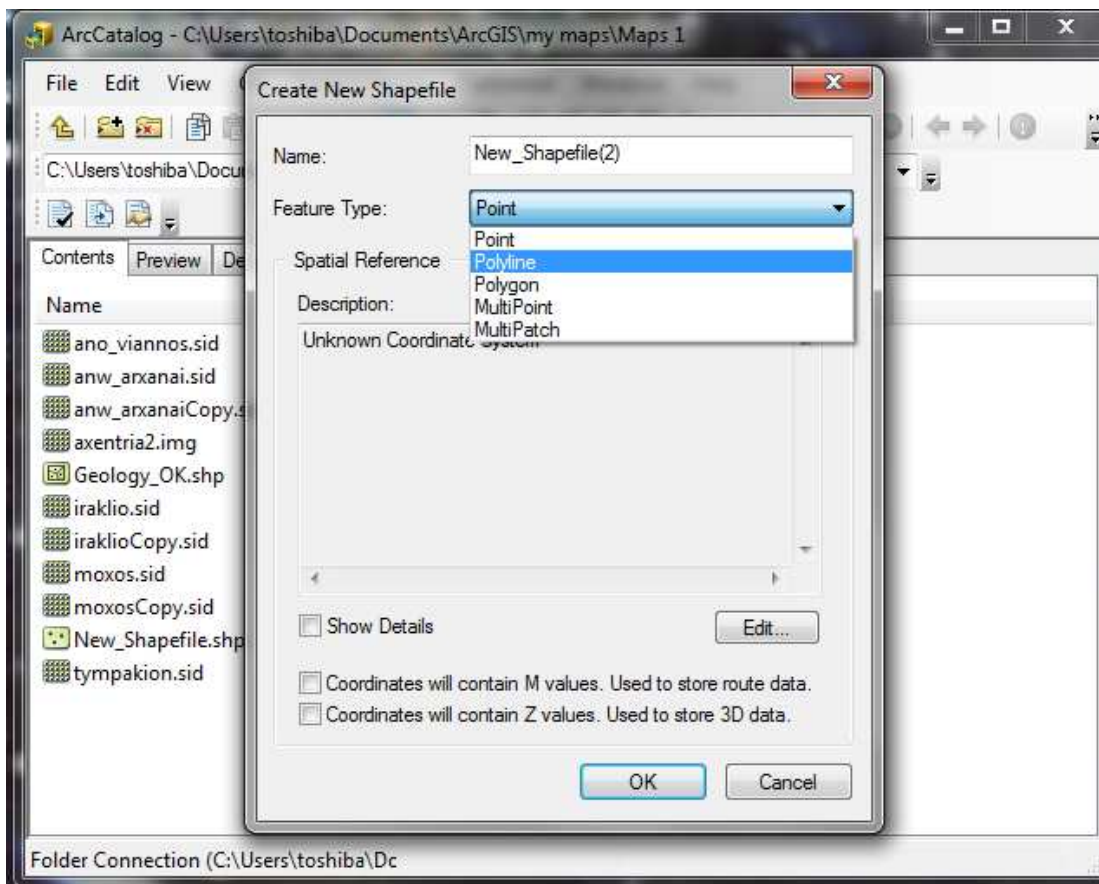
Η εκκίνηση του ArcCatalog γίνεται από την διαδρομή: Start\ Programs\ ArcGis\ ArcCatalog. Στο αριστερό μέρος του παραθύρου που εμφανίζεται το Catalog Tree όπου μπορεί να γίνει η πλοήγηση, η οργάνωση και η διαχείριση των δεδομένων μας. Το περιβάλλον εργασίας ArcCatalog είναι αντίστοιχο με το Windows Explorer.



Εικόνα 15. Περιβάλλον εργασίας ArcCatalog.

Το ArcCatalog καθιστά την πρόσβαση και την διαχείριση των γεωγραφικών δεδομένων απλή. Η εύρεση των αρχείων γίνεται εύκολα. Τα απαραίτητα στοιχεία απεικονίζονται και διαβάζονται γρήγορα και με την ίδια ευκολία δημιουργούνται τα ζητούμενα με τα δεδομένα. Επίσης μπορούν να διαχειριστούν τα χωρικά στοιχεία που αποθηκεύονται στους φακέλους στους τοπικούς δίσκους ή στις σχεσιακές βάσεις δεδομένων που είναι διαθέσιμες στο δίκτυό σας. Στη βασική εργαλειοθήκη, κάνουμε κλικ στο Connect To Folder. Στο παράθυρο διαλόγου που εμφανίζεται, επιλέγουμε το φάκελο με τον οποίο θέλουμε να γίνει η σύνδεση.

Στη διαδικασία δημιουργίας επιπέδου γεωγραφικών πληροφοριών (shapefile), επιλέγουμε αν το αρχείο μας θέλουμε να είναι μορφής polyline, polygon ή point ανάλογα με το τι θέλουμε να ψηφιοποιήσουμε. Για παράδειγμα εάν δημιουργηθεί ένα αρχείο για να αποθηκευτεί η ψηφιοποίηση των ισοϋψών καμπυλών θα επιλεγεί η μορφή polyline. Εάν επιλέξουμε να ψηφιοποιήσουμε την θέση των μετεωρολογικών σταθμών ή των πηγών πάνω σε έναν χάρτη θα επιλεγεί η μορφή point, ενώ αν θέλουμε να ψηφιοποιήσουμε οικισμούς θα επιλέξουμε την μορφή polygon (εικ.16).



Εικόνα 16. Επιλογή μορφής επιπέδου γεωγραφικών πληροφοριών (shapefile).

Στην παρούσα εργασία ασχοληθήκαμε με την ψηφιοποίηση ρηγμάτων, και γεωλογικών ενοτήτων επομένως οι μορφές των αρχείων αφορούσαν polygon και polyline.

4.3 Υποπεριβάλλον εργασίας Arc map

Το ArcMap αποτελεί την κεντρική εφαρμογή του ArcGIS Desktop. Σε αυτό εκτελούνται όλες οι λειτουργίες οι οποίες βασίζονται σε χάρτες και περιλαμβάνουν χαρτογραφία, ανάλυση του χάρτη, επεξεργασία. Τα αρχεία τα οποία δημιουργεί το ArcMap έχουν την προέκταση .mxd

Για να ενεργοποιηθεί ο ArcMap υπάρχουν τρεις τρόποι:

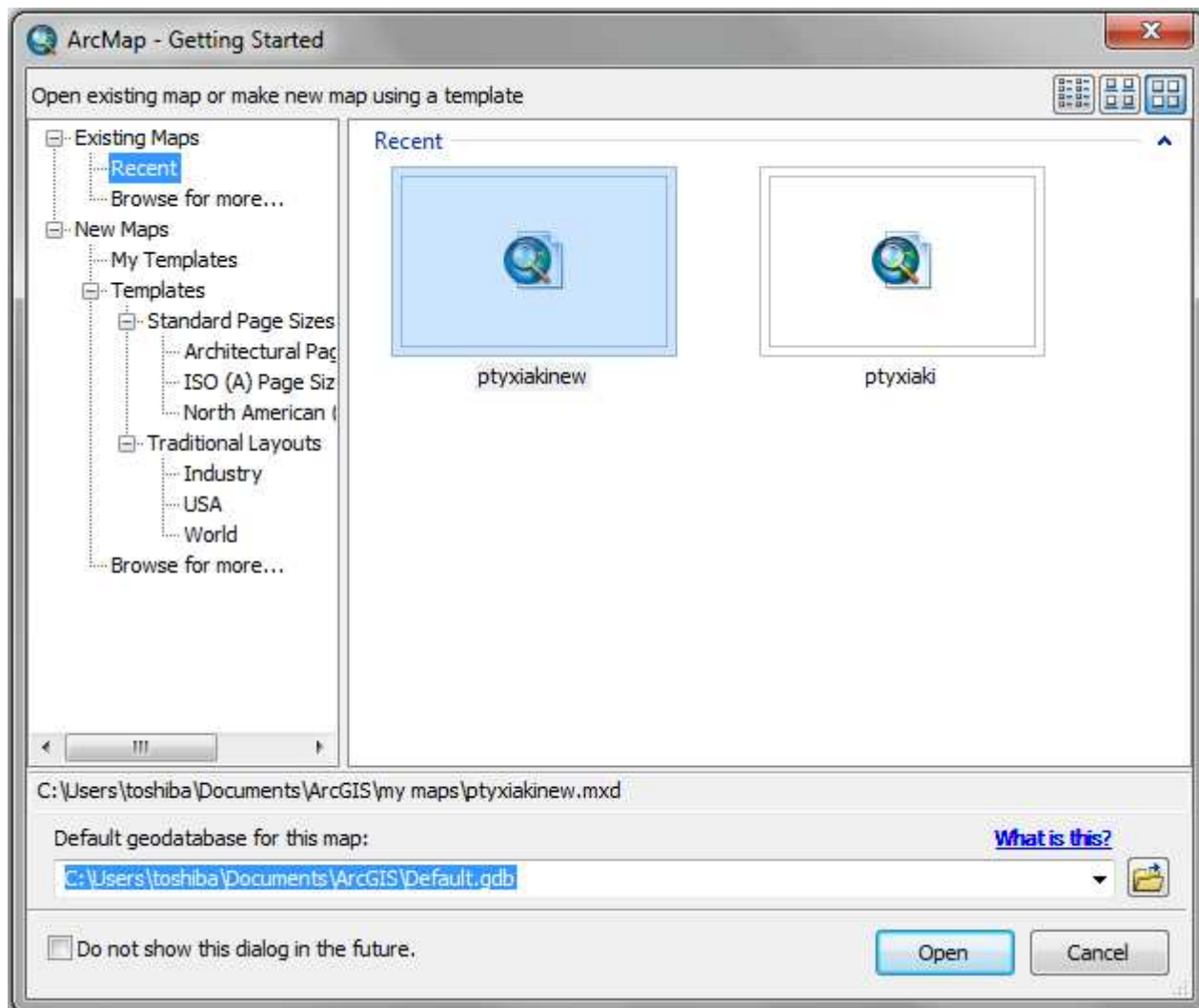
- Επιλέγουμε Start → Programs → ARCGIS → ArcMap
- Άμεσα από το ArcCatalog (από το αντίστοιχο εικονίδιο)
- Μέσω ενός αρχείου .mxd όπου αποθηκεύονται τα στοιχεία ενός έργου ArcMap.

4.3.1 Δυνατότητες της εφαρμογής Arc map

- Δημιουργία χαρτών
- Επεξεργασία χαρτών
- Εμφάνιση, επεξεργασία και ανάλυση γεωγραφικών δεδομένων
- Αναζήτηση των χωρικών δεδομένων
- Συμβολισμός των δεδομένων με πολυάριθμους τρόπους
- Δημιουργία γραφημάτων
- Διαμόρφωση των αρχείων σε εκτυπώσιμους χάρτες

Εκκίνηση του Arc map

Για να μπούμε στο περιβάλλον εργασίας θα πρέπει να τσεκάρουμε μια επιθυμητή επιλογή από τις τρεις βασικές που δίνει αυτόματα το πρόγραμμα, στο πλαίσιο που εμφανίζεται αμέσως μετά (εικ.17).

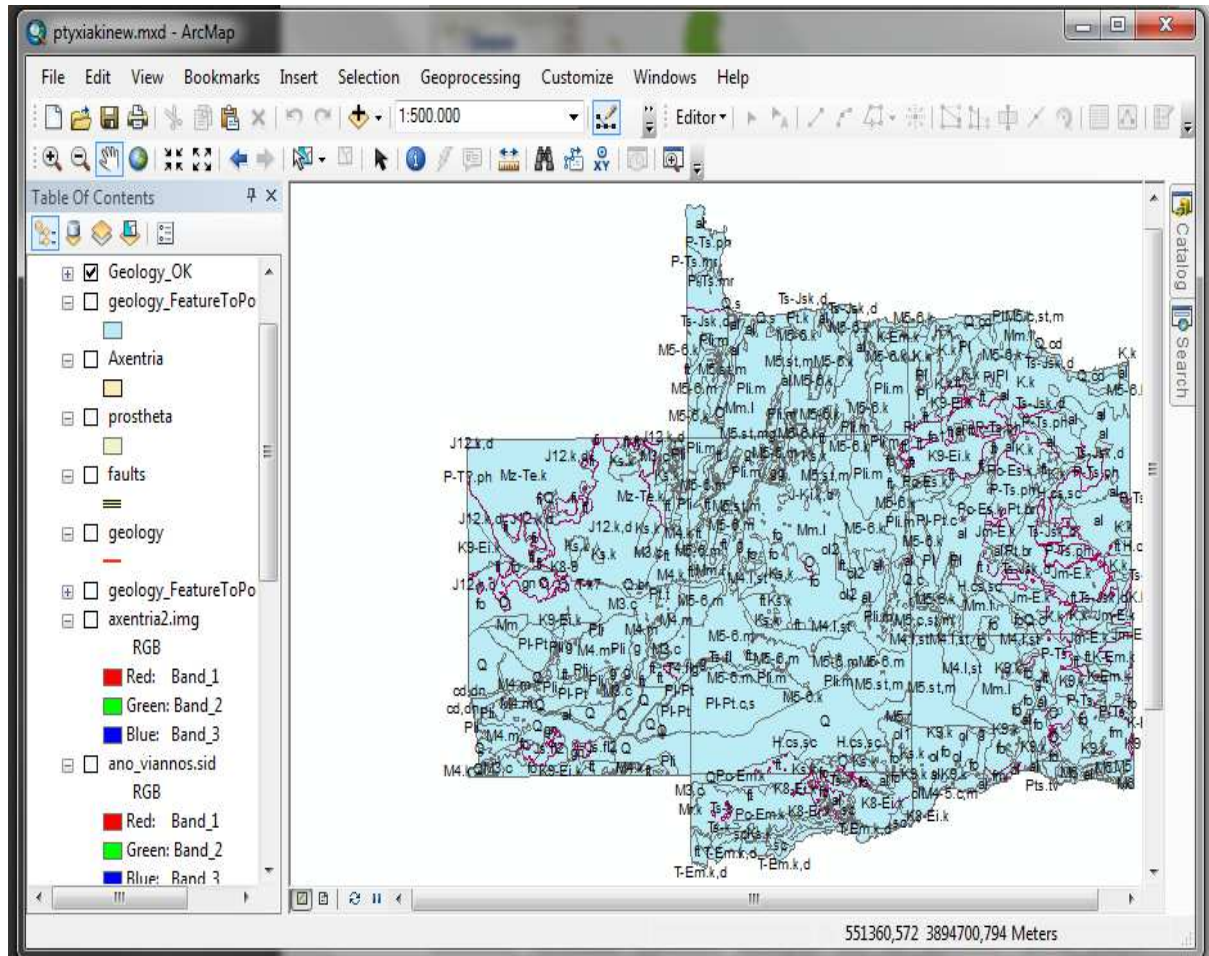


Εικόνα 17. Πλαίσιο επιλογής χρήσης του Arc map.

- Επιλογή 1. Να ανοίξουμε και να εμφανίσουμε για τροποποίηση εκτύπωση ή για οποιαδήποτε άλλη χρήση, ένα ήδη δημιουργημένο σε άλλη χρονική στιγμή, αρχείο χάρτη.
Επιλογή 2. Να δημιουργήσουμε ένα νέο αρχείο χάρτη.
Επιλογή 3. Να δημιουργήσουμε ένα Template – Περίγραμμα/ Πλαίσιο χάρτη ως πρότυπο.

Το γραφικό περιβάλλον εργασίας του Arc map χωρίζεται σε δύο μέρη. Στο αριστερό τμήμα της οθόνης βρίσκεται ο πίνακας των περιεχομένων, όπου εμφανίζονται τα επίπεδα πληροφορίας που εισήχθησαν προς επεξεργασία. Ο πίνακας περιεχομένων εμφανίζεται από το μενού Window>Table of Contents. Στο δεξί και κεντρικό τμήμα εμφανίζονται και επεξεργάζονται τα δεδομένα μας. Όπως φαίνεται στην Εικόνα 18, έχοντας επιλέξει την απεικόνιση του επιπέδου των γεωλογικών ενοτήτων έχουμε τον αντίστοιχο χάρτη στο κέντρο της οθόνης.

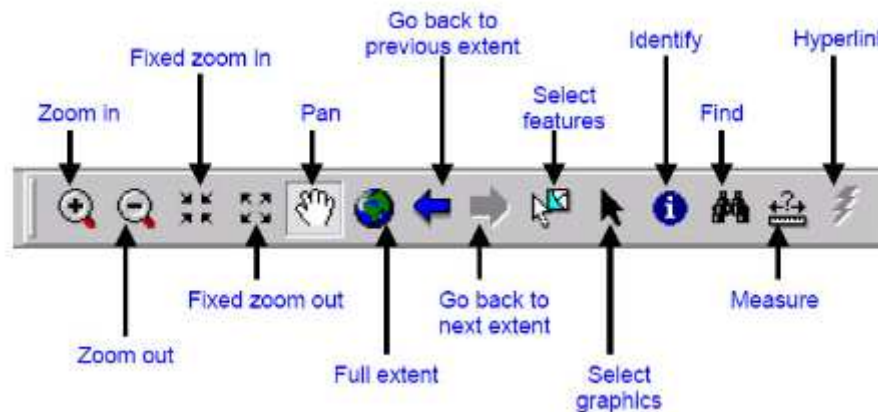
Στις μπάρες με τις συντομεύσεις των εργαλείων απεικονίζονται κάποιες επεκτάσεις που αποτελούν τους κύριους λίθους αυτού του προγράμματος, όπως για παράδειγμα η εργαλειοθήκη «editor» μέσω της οποίας πραγματοποιείται η ψηφιοποίηση, δηλαδή η μετατροπή των raster δεδομένων σε vector.



Εικόνα 18. Το περιβάλλον εργασίας του Arc map.

Βασικά Εργαλεία

Τα εργαλεία που είναι διαθέσιμα στον Arc map βρίσκονται είτε μέσα στα μενού του, είτε με την μορφή εικονιδίων σε εργαλειοθήκες. Χαρακτηριστικό των εργαλειοθηκών είναι ότι μετακινούνται, αλλάζουν σχήματα και πολλές φορές περιέχουν και άλλα εργαλεία. Τα βασικότερα εργαλεία βρίσκονται στην εργαλειοθήκη Tools (Εικ. 19).



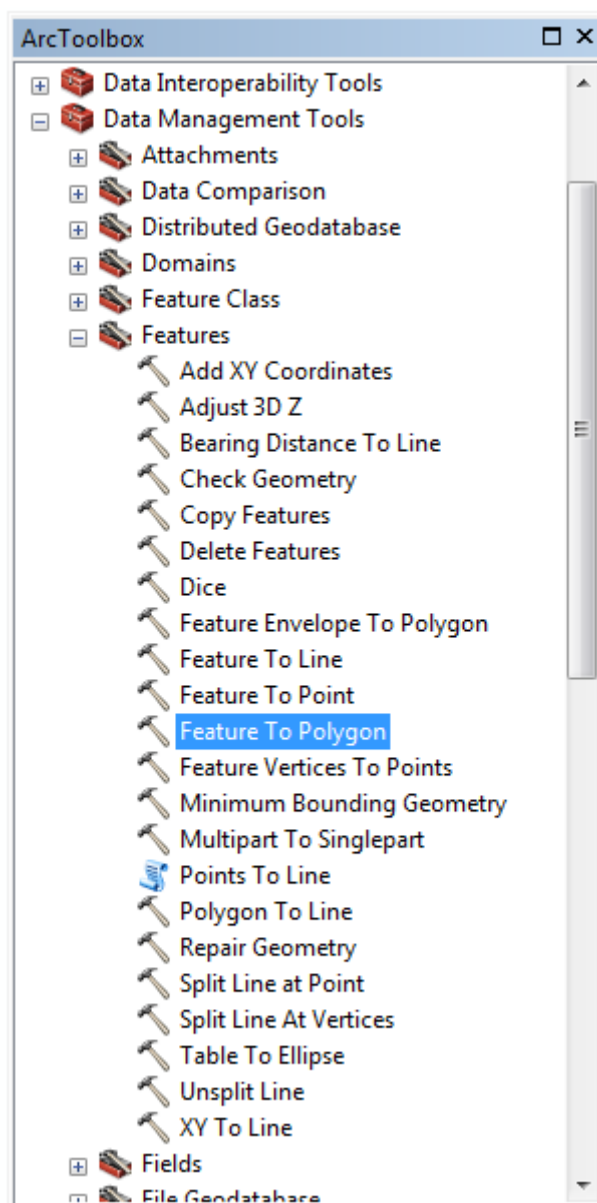
Εικόνα 19. Επιλογές εργαλειοθήκης Tools.

Add data

Αν θελήσουμε εισάγουμε νέα δεδομένα από το μενού File επιλέγουμε το Add Data όπως φαίνεται στην ακόλουθη εικόνα ή εν συντομία κάνουμε κλικ στο κουμπί Add Data (προσθήκη δεδομένων μέσα από την εργαλειοθήκη Standard). Ανοίγει η φόρμα Add Data, μέσα από την οποία μπορούμε να αναζητήσουμε τα δεδομένα που είναι αποθηκευμένα στο δίσκο μας, να τα επιλέξουμε και να κάνουμε κλικ στο κουμπί Add για να εισαχθούν στο περιβάλλον του ArcMap.

ArcToolBox

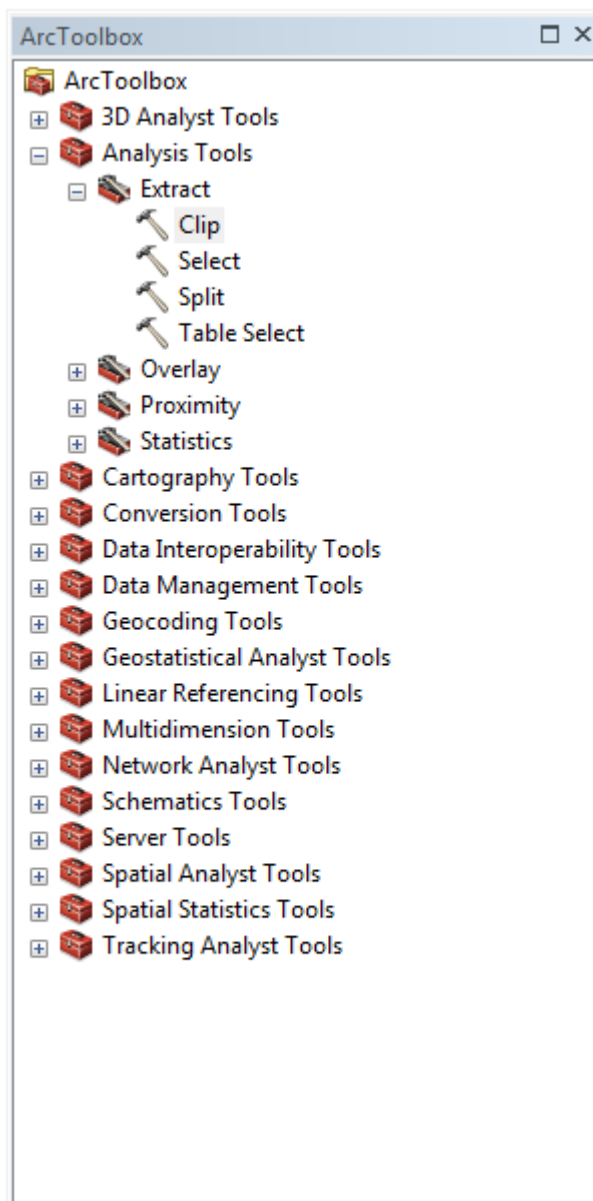
Το ArcToolbox είναι η τρίτη εφαρμογή του ArcGIS, συμπληρώνει τις άλλες δύο εφαρμογές του ArcGIS (ArcCatalog και ArcMap) και περιέχει διάφορα εργαλεία γεωεπεξεργασίας. Με την εφαρμογή αυτή ο χρήστης έχει τη δυνατότητα, μέσω κάποιων εργαλείων, να μετατρέψει χωρικά δεδομένα από μια μορφή (data format) σε άλλη και να αλλάξει το προβολικό σύστημα των δεδομένων του. Στην παρούσα εργασία κάναμε χρήση δύο λειτουργιών του ArcToolbox. Η πρώτη ήταν αυτή του “feature to polygon”, στην περίπτωση του διαχωρισμού γεωλογικών ενοτήτων, ο οποίος αρχικά πραγματοποιήθηκε με shapefile μορφής polyline. Η διαδρομή της επιλογής ήταν: Data Management Tools → Features → Feature to Polygon (εικ 20).



Εικόνα 20. Μερικές από τις λειτουργίες του ArcToolbox και η επιλογή Feature To Polygon

Ως αποτέλεσμα είχαμε ένα ομογενοποιημένο αρχείο πολυγώνων όλων των layers που είχαν δημιουργηθεί με polyline shapefiles ανά περιοχή. Το αρχείο ονομάστηκε geology_FeatureToPolygon1 και περιείχε όλες τις γεωλογικές πληροφορίες της περιοχής που ασχολήθηκα (Νομός Ηρακλείου).

Η δεύτερη λειτουργία του ArcToolbox ήταν αυτή του “Clip” με διαδρομή επιλογής: Analysis Tools → Extract → Clip (εικ 21).



Εικόνα 21. Η επιλογή “Clip” στο ArcTollbox.

Γεωαναφορά

Φορτώνουμε στο ArcMap την εικόνα. Από το μενού View, επιλέγοντας Toolbars και στο πτυσσόμενο μενού Georeferencing, θα εμφανιστεί η εργαλειοθήκη Georeferencing.



Επιλέγουμε την πάνω αριστερή γωνία του χάρτη, κάνουμε αριστερό και δεξί κλικ και επιλέγουμε Input X and Y. Στη συνέχεια εισάγουμε τις συντεταγμένες του σημείου αυτού. Ανάλογα εισάγουμε τις συντεταγμένες και για τις τέσσερις άκρες του χάρτη.

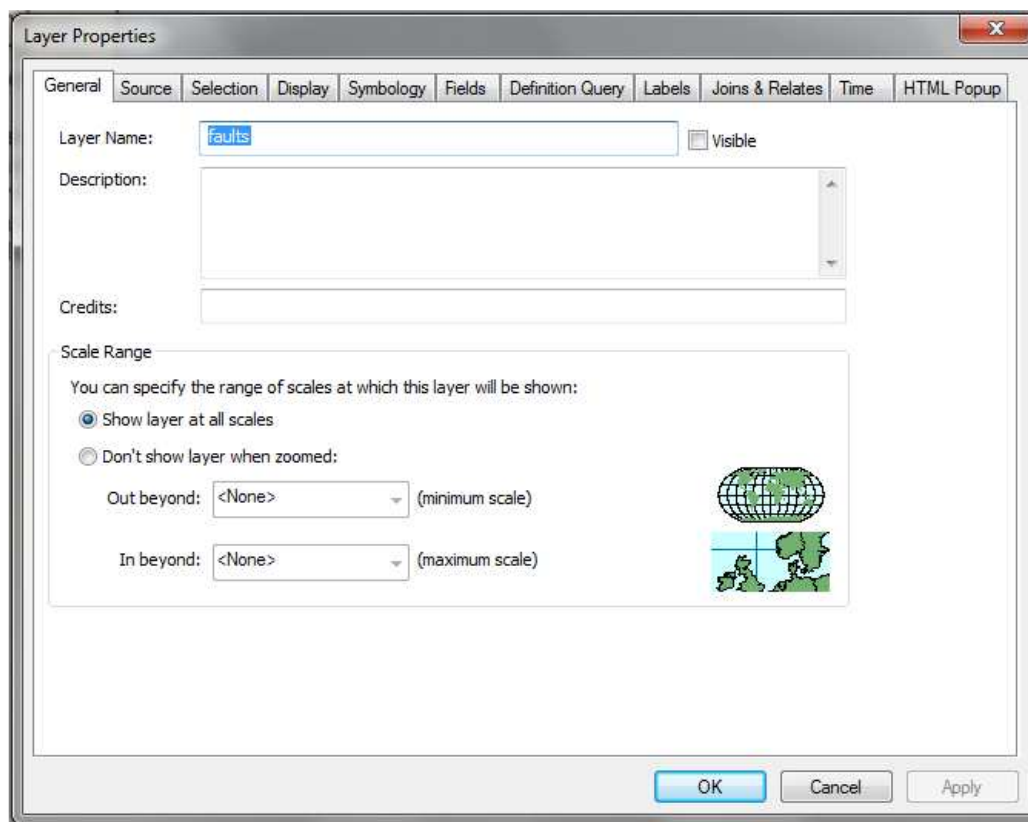
Δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν

- Γεωλογικός χάρτης Τυμπακίου, κλίμακας 1:50000, έκδοσης Ι.Γ.Μ.Ε 1984
- Γεωλογικός χάρτης Μοχού, κλίμακας 1:50000, έκδοσης Ι.Γ.Μ.Ε 1989
- Γεωλογικός χάρτης Ηρακλείου, κλίμακας 1:50000, έκδοσης Ι.Γ.Μ.Ε 1996
- Γεωλογικός χάρτης Αχεντριάς, κλίμακας 1:50000, έκδοσης Ι.Γ.Μ.Ε 1984
- Γεωλογικός χάρτης Άνω Αρχανών, κλίμακας 1:50000, έκδοσης Ι.Γ.Μ.Ε 1994
- Γεωλογικός χάρτης Άνω Βιάννου, κλίμακας 1:50000, έκδοσης Ι.Γ.Μ.Ε 2002

Από όπου πάρθηκαν στοιχεία για τις γεωλογικές ενότητες, τα όρια των γεωλογικών σχηματισμών, τα ρήγματα και τις επωθήσεις.

Χαρτογραφική Απεικόνιση

Επιλέγοντας Properties σε ένα οποιοδήποτε shapefile (Layer), ανοίγει ένα παράθυρο που ονομάζεται Layer Properties και περιέχει διάφορες καρτέλες (General, Source, Selection, Display, Symbology, Fields, Definition Query, Labels, Joins & Relates, Time, HTML Popup). Στην καρτέλα General μπορούμε να αλλάξουμε το όνομα του Layer (αλλάζοντας το Layer Name) αλλά και τον τρόπο εμφάνισης του στο Map Display.

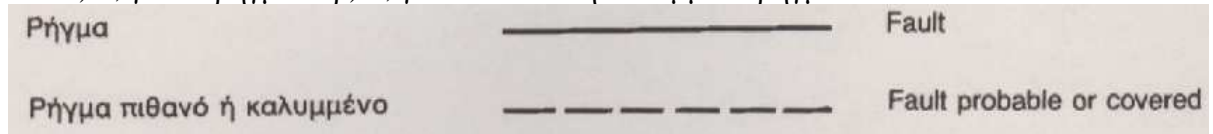


Εικόνα 22. Layer Name για τα ρήγματα (faults).

Στη συνέχεια προχωρήσαμε στην καρτέλα Symbology. Από εκεί μπορέσαμε να αλλάξουμε το συμβολισμό στα layers faults, thrusts και geology ώστε να γίνουν εύκολα αντιληπτές οι θέσεις των αντικειμένων που απεικονίζουν, οι σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ αυτών των δεδομένων, καθώς και άλλες χωρικές και μη πληροφορίες στο χάρτη.

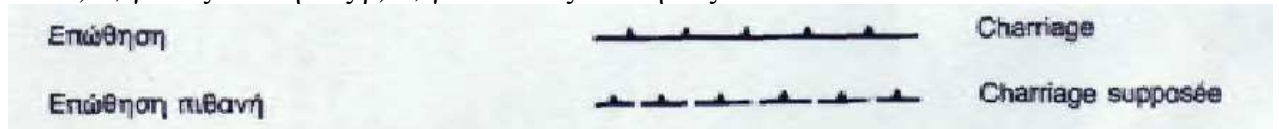
Αφου τελειώσαμε την ψηφιοποίηση των πληροφοριών μας ανά layer ξεκινήσαμε μια κωδικοποίηση των δεδομένων μας επεμβαίνοντας στο Attribute Table του εκάστοτε shapefile. Πιο συγκεκριμένα:

- Στην περίπτωση του shape file “faults”, που αφορά τα ρήγματα χρησιμοποιήσαμε μια απλή κωδικοποίηση στο Id του attribute table με:
Α) 0, για τα ρήγματα β) 1, για τα πιθανά ή καλυμμένα ρήγματα.



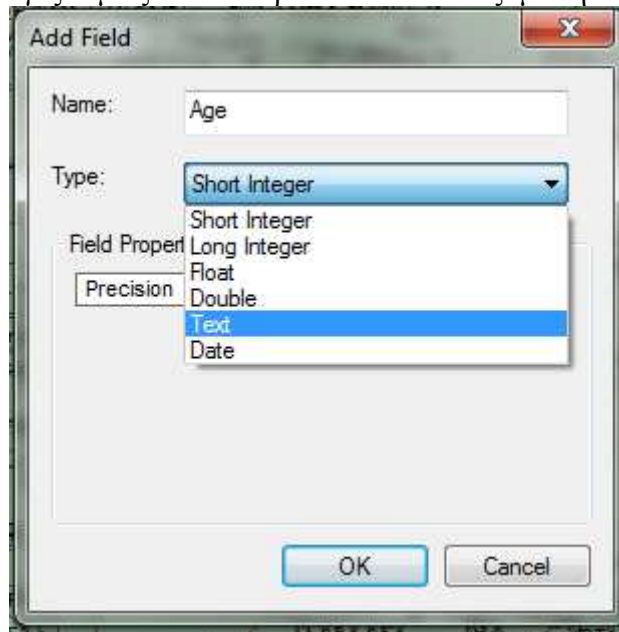
Εικόνα 23. Πως απεικονίζονται τα ρήγματα στον γεωλογικό χάρτη

- Στην περίπτωση του shape file “thrusts”, που αφορά τις επωθήσεις χρησιμοποιήσαμε την ίδια κωδικοποίηση με τα “faults” με:
Α) 0, για τις επωθήσεις β) 1, για πιθανές επωθήσεις.



Εικόνα 24. Συμβολισμός των επωθήσεων στον γεωλογικό χάρτη

- Στην περίπτωση του shape-file “Geology_OK” που αφορά τα γεωλογικά στοιχεία χρησιμοποιήσαμε μια κωδικοποίηση προσθέτοντας τρία fields στο attribute table. Αυτό έγινε από το table options → add field. Όταν ανοίγει το παράθυρο του add field μας ζητάται να δώσουμε ένα όνομα και να προσδιορίσουμε το type μέσα από διάφορες επιλογές. Εμείς και στα τρία fields διαλέξαμε την επιλογή text.



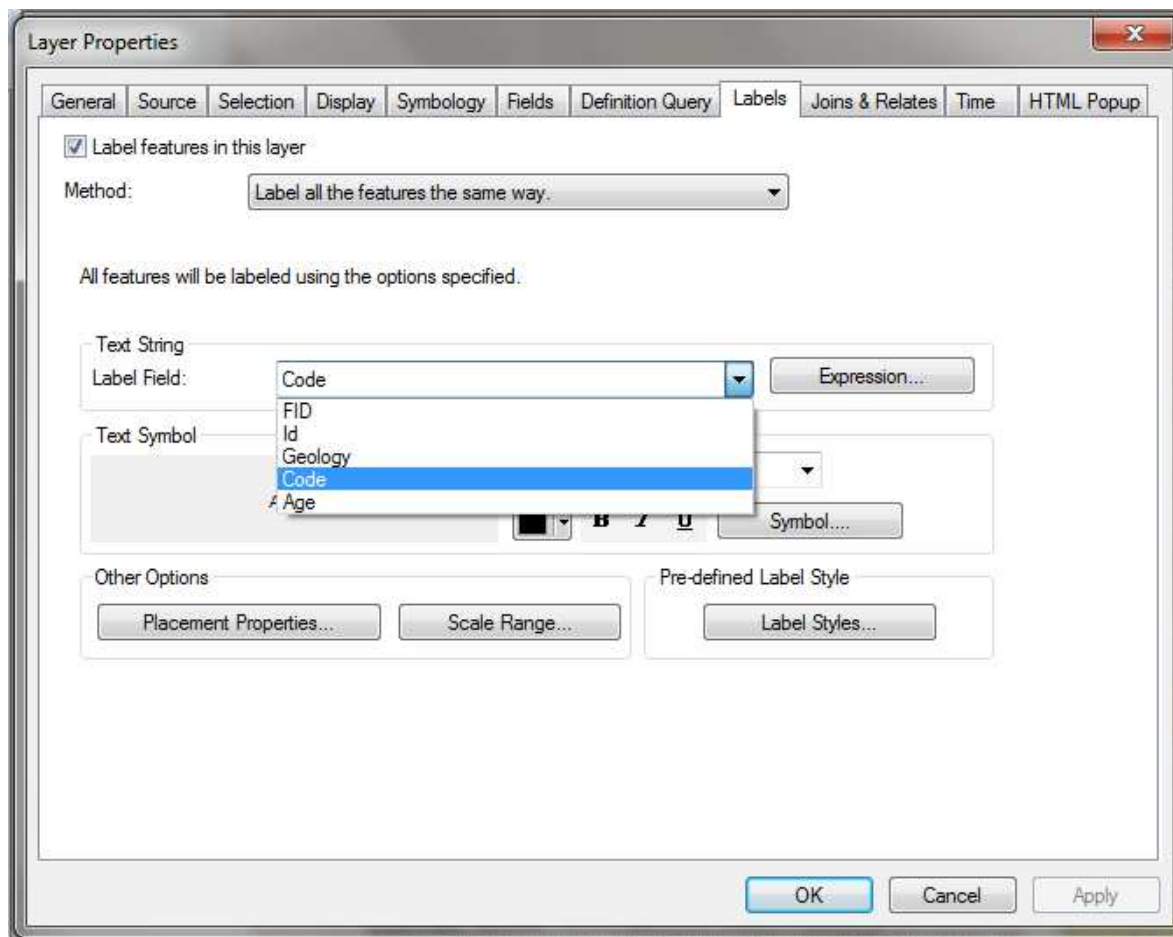
Εικόνα 25. το παράθυρο του add filed

Στα fields δώσαμε τα ονόματα: α) Geology, β) Code γ) Age. Στο Geology καταγράφουμε τα ονόματα των γεωλογικών σχηματισμών, στο code το πως αυτά αναγράφονται εν συντομία στο γεωλογικό χάρτη και στο age σε ποία γεωλογική περίοδο αναφέρονται.

FID	Shape *	Id	Geology	Code	Age
0	Polygon	0	OPHIOLITIC COMPLEX	O	JURASSIQUE TERMINAL-CRETACE BASAL
1	Polygon	0	OLISTOLITHS	ol	PALEOCENE-EOCENE
2	Polygon	0	OLISTOLITHS	ol	PALEOCENE-EOCENE
3	Polygon	0	OLISTOLITHS	ol	PALEOCENE-EOCENE
4	Polygon	0	OLISTOLITHS	ol	PALEOCENE-EOCENE
5	Polygon	0	OLISTOLITHS	ol	PALEOCENE-EOCENE
6	Polygon	0	AMMOUDARES FORMATION	M6	LOWER TORTONIAN-MESSINIAN
7	Polygon	0	ALLUVIAL DEPOSITS, VALLEY DEPOSITS	al	QUATERNARY HOLOCENE
8	Polygon	0	OLISTOLITHS	ol	PALEOCENE-EOCENE
9	Polygon	0	MARINE TERRACES	Pts.tv	UPPER PLEISTOCENE(TYRRHENIAN)
10	Polygon	0	ALLUVIAL DEPOSITS, VALLEY DEPOSITS	al	QUATERNARY HOLOCENE
11	Polygon	0	MARBLES	mr	ALLOCHTHONOUS SERIES
12	Polygon	0	OLISTOLITHS	ol	PALEOCENE-EOCENE
13	Polygon	0	MARBLES	mr	ALLOCHTHONOUS SERIES
14	Polygon	0	OPHIOLITIC COMPLEX	O	JURASSIQUE TERMINAL-CRETACE BASAL
15	Polygon	0	MARBLES	mr	ALLOCHTHONOUS SERIES
16	Polygon	0	MARINE TERRACES	Pts.tv	UPPER PLEISTOCENE(TYRRHENIAN)
17	Polygon	0	OLISTOLITHS	ol	PALEOCENE-EOCENE
18	Polygon	0	MARBLES	mr	ALLOCHTHONOUS SERIES
19	Polygon	0	MARINE TERRACES	Pts.tv	UPPER PLEISTOCENE(TYRRHENIAN)
20	Polygon	0	MARBLES	mr	ALLOCHTHONOUS SERIES
21	Polygon	0	AMMOUDARES FORMATION	M6	LOWER TORTONIAN-MESSINIAN
22	Polygon	0	MARBLES	mr	ALLOCHTHONOUS SERIES
23	Polygon	0	FLYSCH	fo	PALEOCENE-EOCENE
24	Polygon	0	OLISTOLITHS	ol	PALEOCENE-EOCENE
25	Polygon	0	MARINE TERRACES	Pts.tv	UPPER PLEISTOCENE(TYRRHENIAN)
26	Polygon	0	MALES FORMATION	M4-5.c,m	UPPER SERRAVALLIAN-LOWER TORTONIAN
27	Polygon	0	OLISTOLITHS	ol	PALEOCENE-EOCENE
28	Polygon	0	OLISTOLITHS	ol	PALEOCENE-EOCENE

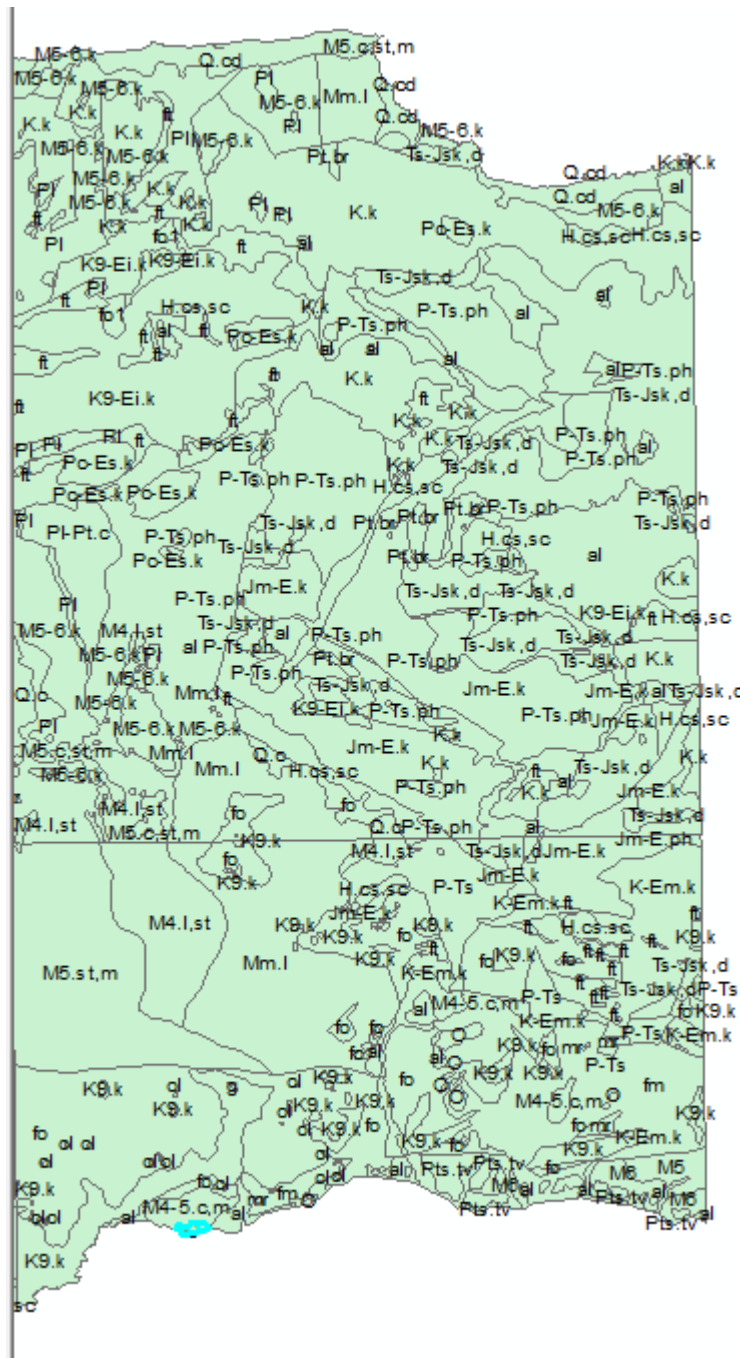
Εικόνα 26. Τμήμα του attribute table του Geology_OK

Ονοματολογία (Labeling) είναι η διαδικασία τοποθέτησης ενός περιγραφικού κειμένου, μιας επιγραφής Label δηλαδή, που περιγράφει ή απλώς δίνει ένα όνομα σε μια οντότητα ενός χάρτη. Πως τοποθετείτε μια επιγραφή σε ένα χάρτη εξαρτάται από τον τύπο των δεδομένων που απεικονίζονται, τις οντότητες που θέλουμε να περιγράψουμε και το πως τελικά θέλουμε να χρησιμοποιήσουμε το χάρτη μας. Με δεξί κλικ σε ένα Layer, τσεκάροντας την επιλογή Label features θα τοποθετηθούν ετικέτες (labels) σε κάθε χαρακτηριστικό του Layer. Από τη καρτέλα Labels του Layer Properties μπορούμε να καθορίσουμε τον τρόπο με τον οποίο θα τοποθετηθούν οι ετικέτες (Labels).



Εικόνα 27. Καθορισμός του Code ως label field

Εμείς θελήσαμε να εμφανίζεται ανά γεωλογική ενότητα το label “code” χρησιμοποιώντας το προς διαχώριση της γεωλογίας.

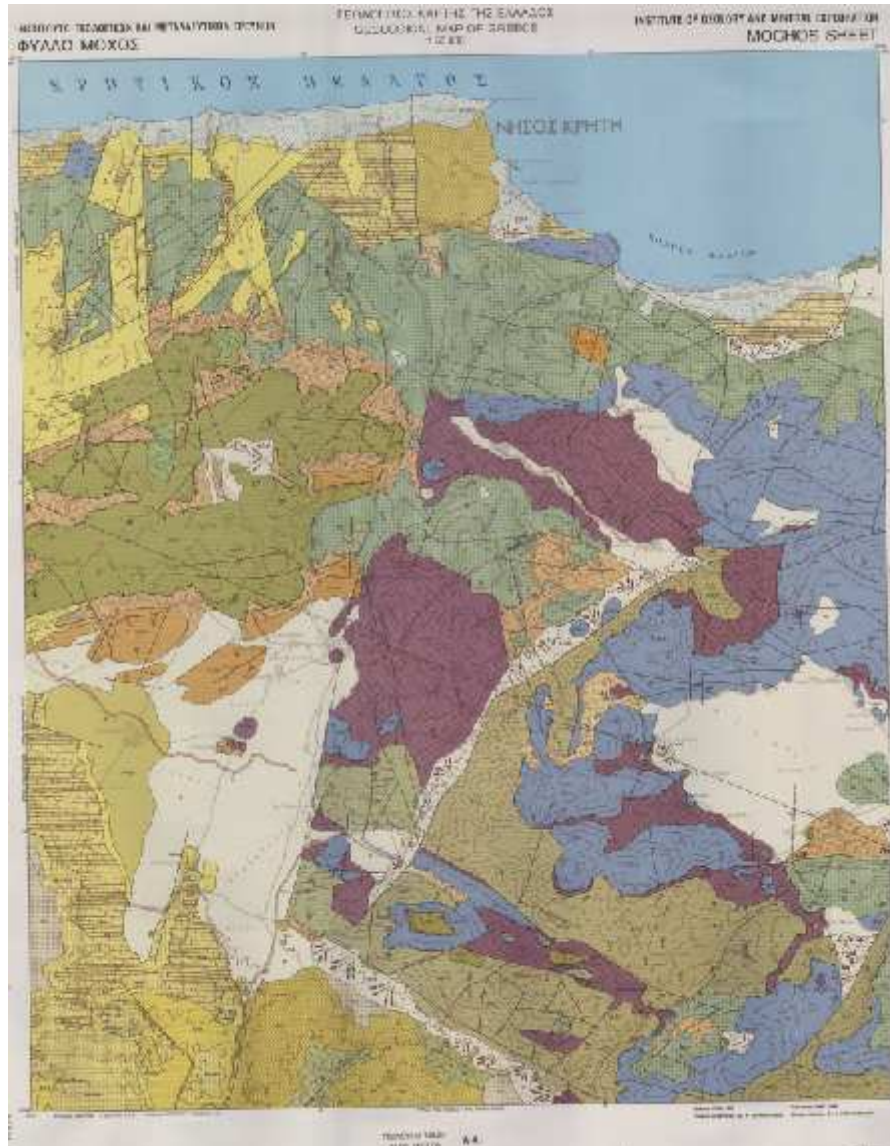


Εικόνα 28. Ονοματολογία στις περιοχές Άνω Βιάννου και Μοχού.

5. Αποτελέσματα

Στο παρόν κεφάλαιο θα παρουσιαστούν αναλυτικά όλα τα φύλλα των γεωλογικών χαρτών του ΙΓΜΕ, με μερικά απο τα χαρακτηριστικά τους, καθώς και οι χάρτες που προέκυψαν μετά την ψηφιοποίησή τους.

5.1 Γεωλογικοί χάρτες ΙΓΜΕ, κλίμακας 1:50000



Εικόνα 29. Γεωλογικός χάρτης Μοχού, κλίμακας 1:50000, έκδοσης Ι.Γ.Μ.Ε 1989

Από τη σχηματική στρωματογραφική – τεκτονική στήλη αλπικών σχηματισμών του γεωλογικού χάρτη του Μοχού προκύπτει ότι στις αλλόχθονες σειρές του συγκεκριμένου φύλλου συναντάμε τεκτονικό κάλυμμα ζώνης Πίνδου - Εθιάς, τεκτονικό κάλυμμα ζώνης Τριπόλεως και τεκτονικό κάλυμμα φυλλιτικής – χαλαζιτικής σειράς ενώ στην αυτόχθονη σειρά, Ιόνιο ζώνη.



Εικόνα 30. Γεωλογικός χάρτης Τυμπακίου, κλίμακας 1:50000, έκδοσης Ι.Γ.Μ.Ε 1984

Από την σχηματική στρωματογραφική στήλη του γεωγραφικού χάρτη Τυμπακίου προκύπτει ότι στις αλλόθρονες σειρές του συγκεκριμένου φύλλου συναντάμε καλύμματα εσωτερικών ζωνών και ζώνη Πίνδου (Εθιάς) στο νότιο και κεντρικό τμήμα ενώ στο βόρειο τμήμα ζώνη Τριπόλεως. Η παρα- αυτόχθονη σειρά αφορά μόνο το βόρειο τμήμα και εκεί συναντάμε Ιόνιο ζώνη (σειρά Ίδης).



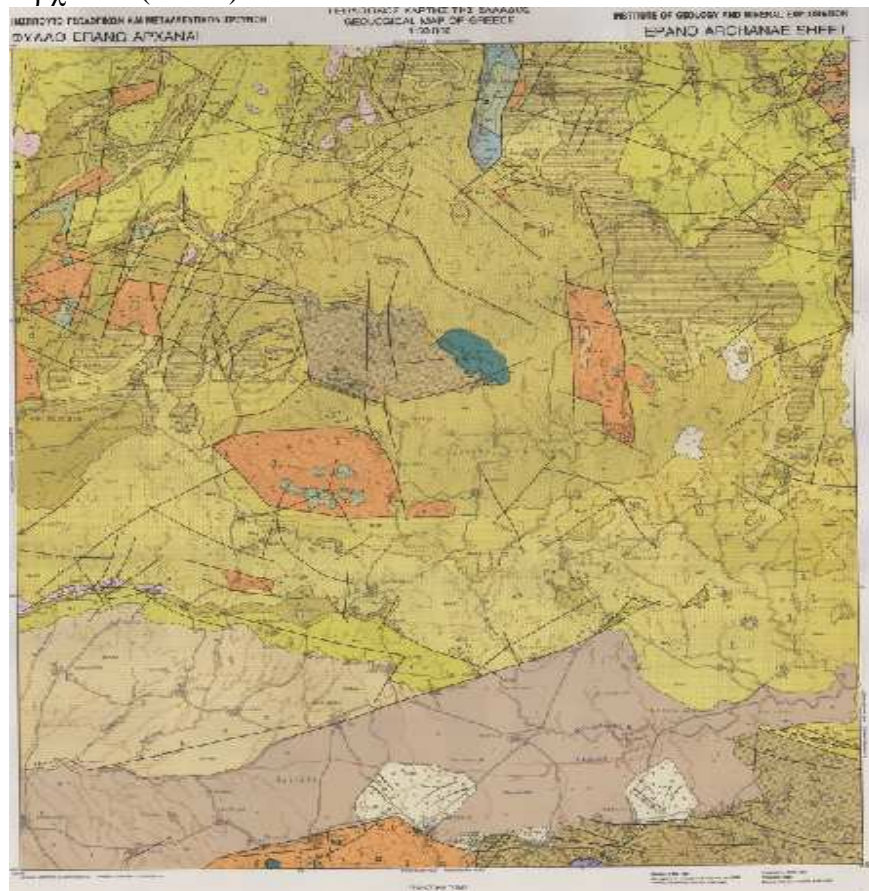
Εικόνα 31. Γεωλογικός χάρτης Ηρακλείου, κλίμακας 1:50000 , έκδοσης Ι.Γ.Μ.Ε 1996

Από τη συνθετική στρωματογραφική στήλη αλπικών σχηματισμών του γεωγραφικού χάρτη Ηρακλείου προκύπτει ότι στις αλλόχθονες σειρές του συγκεκριμένου φύλλου, συναντάμε τεκτονικό κάλυμμα εσωτερικών ζωνών, τεκτονικό κάλυμμα ζώνης Τριπόλεως και τεκτονικό κάλυμμα φυλλιτικής – χαλαζιτικής σειράς ενώ στην αυτόχθονη σειρά, Ιόνιο ζώνη.

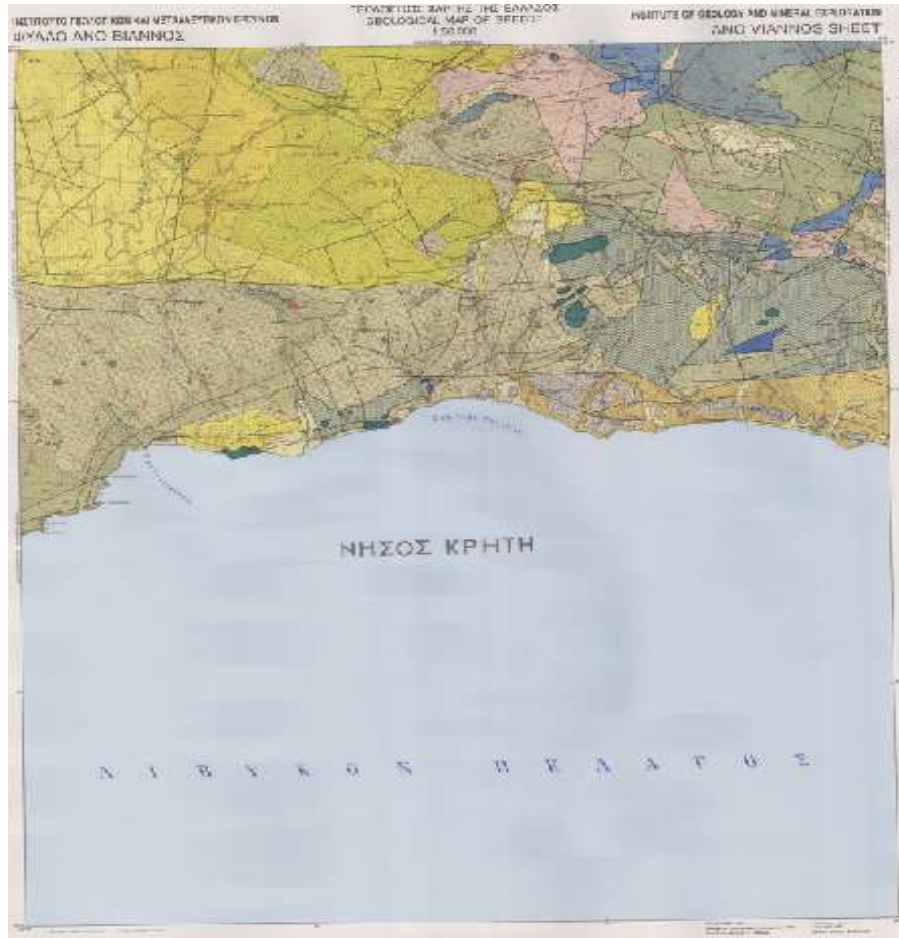


Εικόνα 32. Γεωλογικός χάρτης Αχεντριάς, κλίμακας 1:50000, έκδοσης Ι.Γ.Μ.Ε 1984

Από τη σχηματική στρωματογραφική στήλη του γεωγραφικού χάρτη Αχεντριάς προκύπτει ότι στις αλλόχθονες σειρές του συγκεκριμένου φύλλου συναντάμε καλύμματα εσωτερικών ζωνών, ζώνη Πίνδου (Εθιάς) καθώς και ζώνη Τριπόλεως. Ίδια περίπτωση αποτελεί και το φύλλο Άνω Αρχανών (εικ 33).



Εικόνα 33. Γεωλογικός χάρτης Άνω Αρχανών, κλίμακας 1:50000, έκδοσης Ι.Γ.Μ.Ε 1994



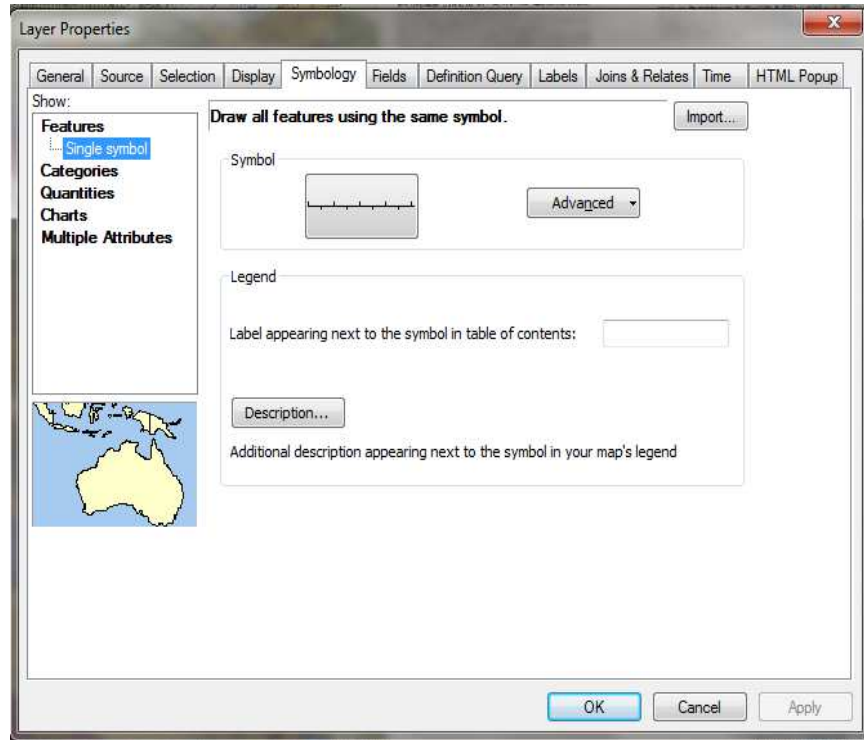
Εικόνα 34. Γεωλογικός χάρτης Άνω Βιάννου, κλίμακας 1:50000, έκδοσης Ι.Γ.Μ.Ε 2002

Από τη συνθετική στωματογραφική στήλη αλπικών σχηματισμών του γεωγραφικού χάρτη Άνω Βιάννου προκύπτει ότι στις αλλόχθονες σειρές του συγκεκριμένου φύλλου, συναντάμε, τεκτονικό κάλυμμα εσωτερικών ζωνών, τεκτονικό κάλυμμα ζώνης Πίνδου – Εθιάς, τεκτονικό κάλυμμα ζώνης Τριπόλεως, τεκτονικό κάλυμμα φυλλιτικής – χαλαζιτικής σειράς και στην αλλόχθονη σειρά Ιόνιο ζώνη.

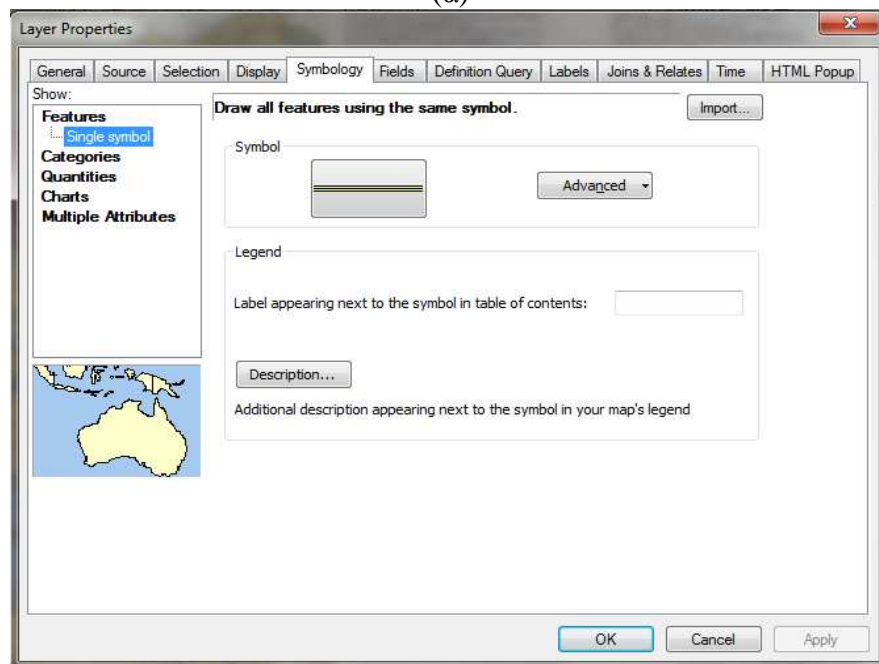
5.2 Symbology

Από τα χαρτογραφικά στοιχεία ενός χάρτη τα πιο σημαντικά είναι τα σύμβολα, γιατί με τη βοήθεια τους μπορούν να γίνουν εύκολα αντιληπτές οι θέσεις των αντικειμένων που απεικονίζουν, οι σχέσεις που υπάρχουν μεταξύ αυτών των δεδομένων, καθώς και άλλες χωρικές και μη, πληροφορίες στο χάρτη. Για την επίτευξη του παραπάνω στόχου, τα χαρτογραφικά σύμβολα διαφοροποιούνται ως προς το χρώμα, το σχήμα, το μέγεθος, τον προσανατολισμό και το πρότυπο τους. Η επιλογή Single Symbol από το Features, θα συμβολίσει με ενιαίο τρόπο (χρώμα, σύμβολο, γραμμή) όλα τα χαρακτηριστικά του layer. Κάνοντας κλικ στην επιλογή Symbol μπορούμε να αλλάξουμε το χρώμα εμφάνισης των χαρακτηριστικών, το μέγεθος, τη γραμματοσειρά κτλπ.

Αυτή την επιλογή χρησιμοποιήσαμε και εμείς στην περίπτωση των ρηγμάτων και των επωθήσεων προσπαθώντας να επιλέξουμε σύμβολα όσο πιο όμοια με αυτά των γεωλογικών χαρτών.



Thrusts
(α)



Faults
(β)

Εικόνα 35 α, β. Τα “symbols” που επιλέξαμε για τα layers, thrusts και faults.

Γενικά ψηφιοποιήθηκαν 208 επωθήσεις πολλές εκ των οποίων αποτελούσαν η μία συνέχεια της άλλης και 2 εκ των οποίων (στα φύλλα Αχεντριά και Τυμπάκιον) ήταν πιθανές με συμβολισμό “1” στο id του attribute table του layer, thrusts.



Εικόνα 36. Επωθήσεις στο φύλλο «Τυμπάκιον». Με γαλάζιο χρώμα φαίνεται μία εκ των πιθανών επωθήσεων.



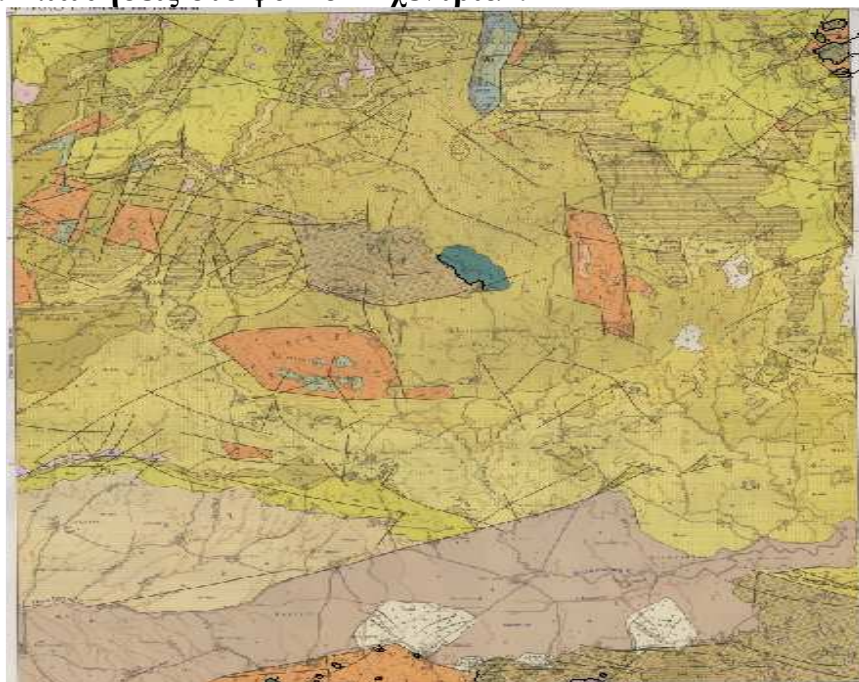
Εικόνα 37. Επωθήσεις στο φύλλο «Μοχός».



Εικόνα 38. Επόθηση στο φύλλο «Ηράκλειο».



Εικόνα 39. Επωθήσεις στο φύλλο «Αχεντριά».



Εικόνα 40. Επωθήσεις στο φύλλο «Άνω Αρχάναι».

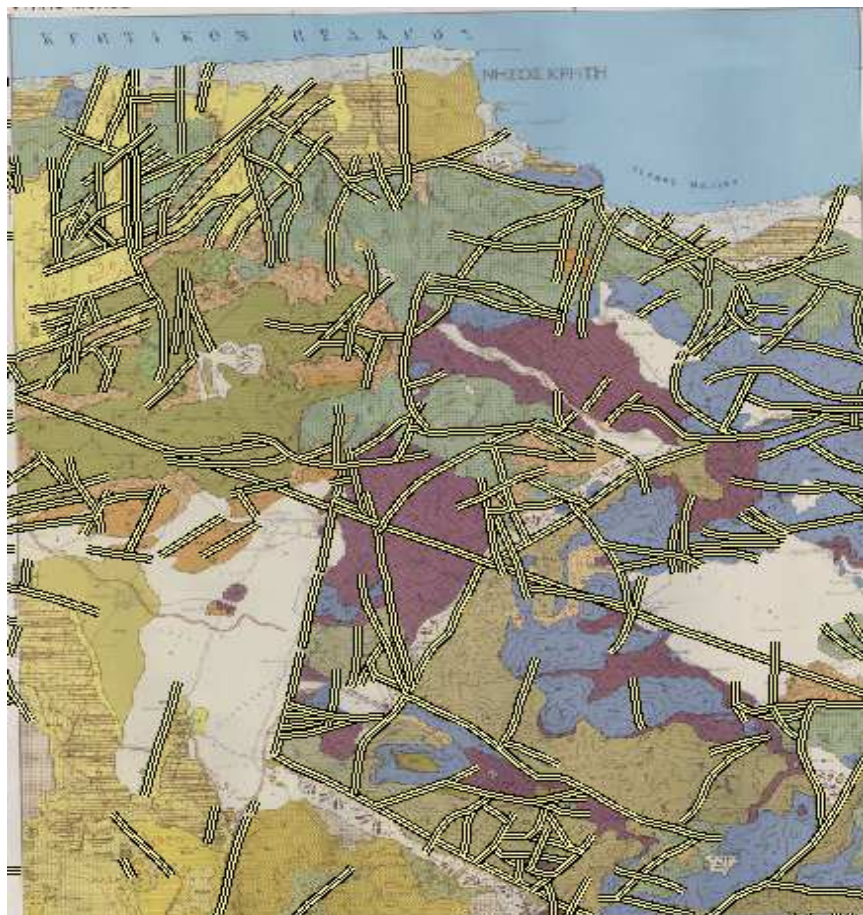


Εικόνα 41. Επωθήσεις στο φύλλο «Άνω Βιάννος».

Επίσης ψηφιοποιήθηκαν 1092 ρήγματα εκ των οποίων πολλά αποτελούν το ένα συνέχεια του άλλου και εκ των οποίων 111 είναι πιθανά ρήγματα με συμβολισμό «1» στο id του attribute table του layer “faults”.



Εικόνα 42. Ρήγματα στο φύλλο «Τυμπάκιον».



Εικόνα 43. Ρήγματα στο φύλλο «Μοχός».



Εικόνα 44. Ρήγματα στο φύλλο «Ηράκλειο».



Εικόνα 45. Ρήγματα στο φύλλο «Αχεντριά».

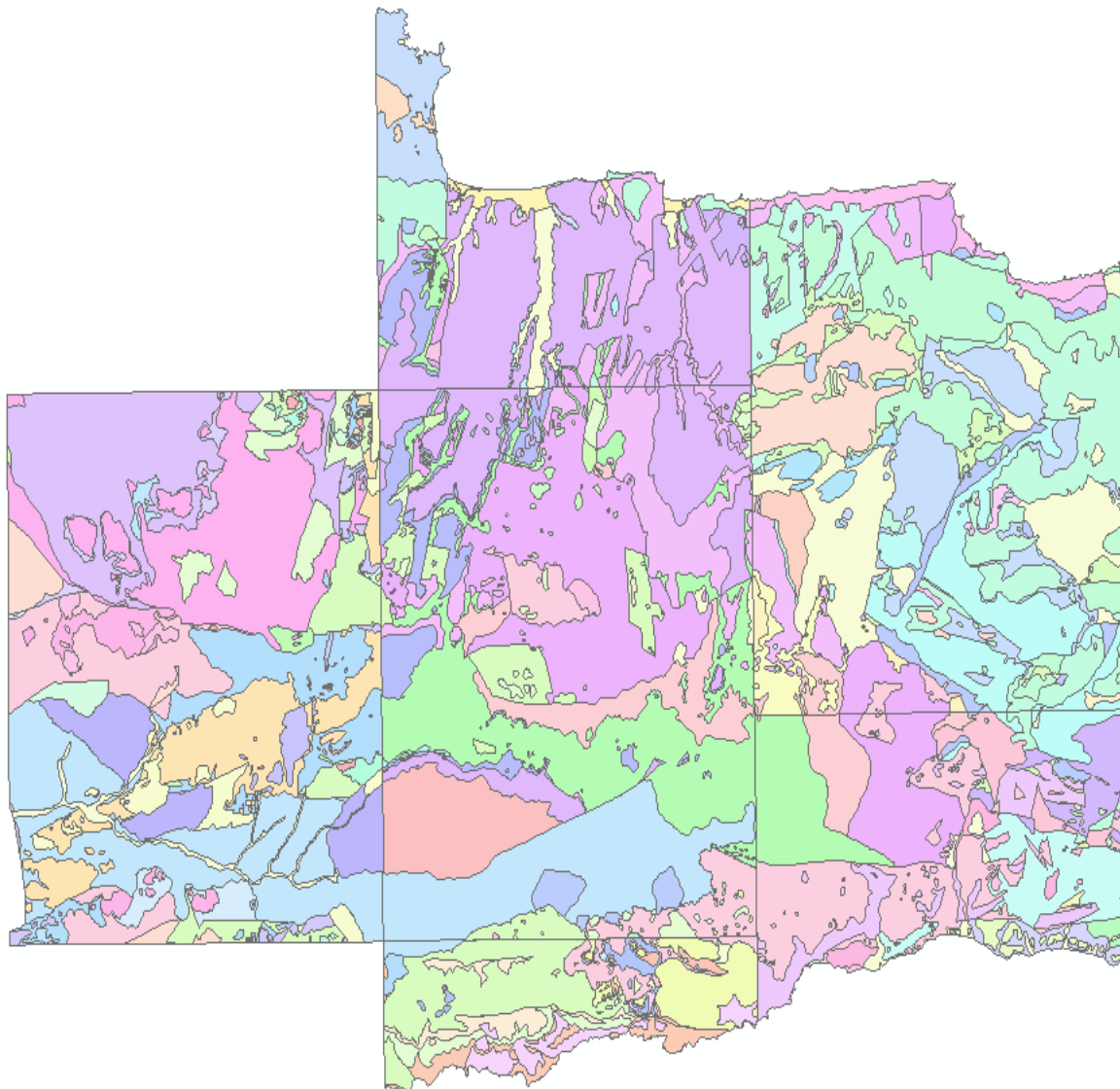


Εικόνα 46. Ρήγματα στο φύλλο «Ανω Αρχάναι».



Εικόνα 46. Ρήγματα στο φύλλο «Ανω Βιάννος».

Οι επιλογές Unique Values από το Categories, θα συμβολίσουν τα χαρακτηριστικά του layer ανάλογα με τις μοναδικές τιμές που παίρνουν με βάση τη βάση δεδομένων (attribute table). Έτσι στο Value Field επιλέξαμε Code και ύστερα προσθέσαμε όλα τα δεδομένα του layer “Geology_OK” με βάση το Code από την επιλογή Add All Values. Με αυτό τον τρόπο στοχεύουμε να διαχωρίσουμε χρωματικά τη γεωλογία των περιοχών που ψηφιοποιήσαμε. Από την επιλογή Color Ramp διαλέγουμε μια χρωματική ποικιλία που θα καταστήσει το στόχο μας ευκρινή.

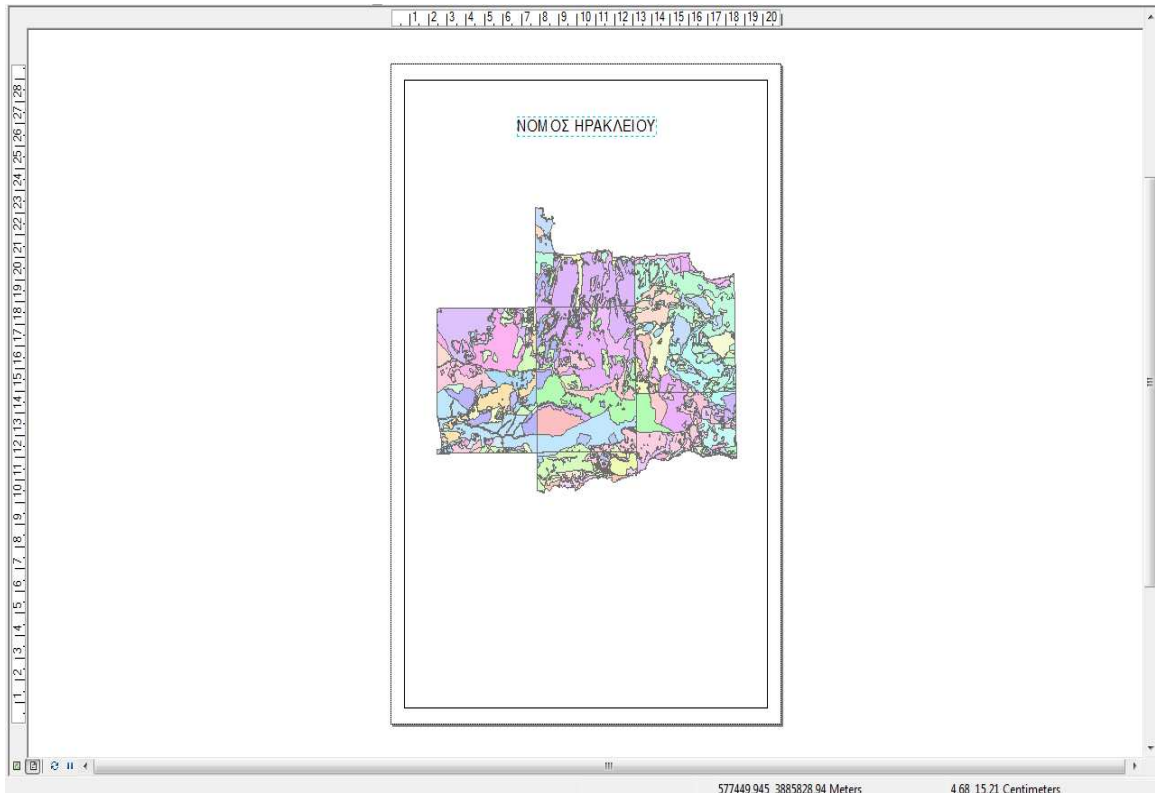


Εικόνα 47. Συμβολισμός χαρακτηριστικών του layer “Geology_OK” με βάση το field “Code”.

5.3 Επισκόπηση του χάρτη

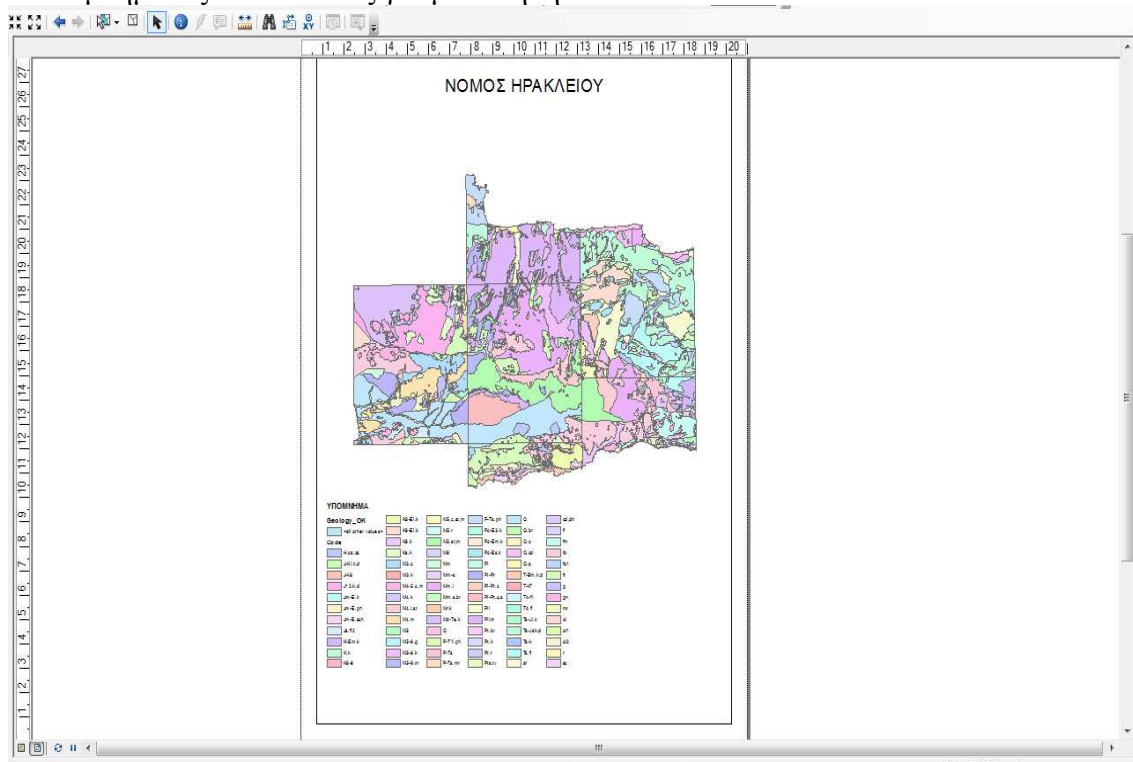
Παρακάτω θα παρουσιάσουμε βήμα βήμα τη δημιουργία ενός χάρτη με τίτλο, υπόμνημα, κλίμακα και βορρά προσανατολισμού, ο οποίος θα μπορούσε να είναι και χάρτης προς εκτύπωση.

Αρχικά ενεργοποιούμε την επιλογή Layout View. Αφού κάνουμε κλικ πάνω στην περιοχή εμφάνισης του χάρτη και εμφανιστούν οι κόμβοι περιμετρικά της εικόνας, τροποποιούμε το μέγεθος της και από το μενού Insert επιλέγουμε Title εισάγοντας τον επιθυμητό τίτλο για την παρουσίαση μας.



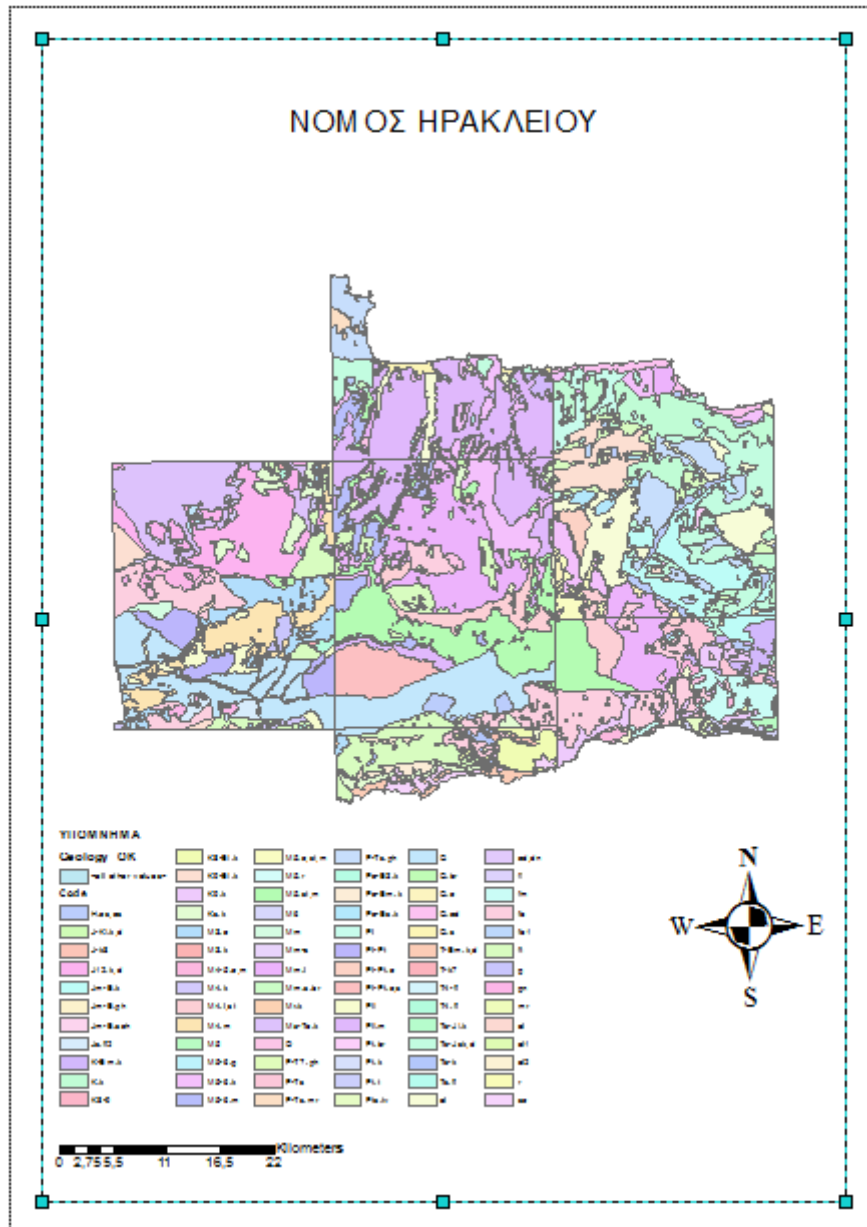
Εικόνα 48. Εισαγωγή τίτλου στο χάρτη του layer “Geology_OK”.

Στη συνέχεια από το μενού Insert επιλέγουμε Legend για να εισάγουμε το υπόμνημα του υπό διαμόρφωση χάρτη μας. Επιλέγουμε ως Legend Item το αρχείο “Geology_OK” βάσει του οποίου έχουμε διαχωρίσει χρωματικά το χάρτη μας παραπάνω. Στην επιλογή “set the number of columns in your legend” αυξάνουμε τον αριθμό σε “6”, καθώς οι πληροφορίες του υπομνήματος είναι πολλές για μια στήλη.



Εικόνα 49. Εισαγωγή υπομνήματος στο χάρτη του layer “Geology_OK”.

Και πάλι από το μενού Insert, επιλέγουμε North Arrow, για να εισάγουμε το σύμβολο του Γεωγραφικού Βορρά και επιλέγουμε το σύμβολο που επιθυμούμε από τον κατάλογο που εμφανίζεται. Επίσης επιλέγουμε και Scale Bar, για να εισάγουμε γραφική κλίμακα στον χάρτη.



Εικόνα 50. Τελική μορφή χάρτη με τίτλο, υπόμνημα, κλίμακα και βορρά προςανατολισμού.

6. Συμπεράσματα

Στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας έγινε ανάπτυξη Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών στο νομό Ηρακλείου Κρήτης. Τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών διαθέτουν ένα ευρύτατο πεδίο εφαρμογών. Η πιο συνηθισμένη εφαρμογή τους είναι η ψηφιακή χαρτογράφηση. Σήμερα, τα γεωγραφικά συστήματα πληροφοριών χρησιμοποιούνται ολοένα και περισσότερο ως εργαλεία που υποστηρίζουν τις λειτουργίες επιχειρήσεων και οργανισμών. Αυτές οι λειτουργίες μπορεί να απαιτούν είτε απλά διαχείριση της γεωγραφικής πληροφορίας, είτε πιο σύνθετη επεξεργασία των χωρικών και περιγραφικών βάσεων δεδομένων. Το περιβάλλον εργασίας των ArcMap και ArcCatalog, είναι ιδιαίτερα εύχρηστα με αναλυτικές εργαλειοθήκες και την επιλογή Help μέσω του προγράμματος ή του webhelp.esri.com να βοηθάει ιδιαίτερα σε τυχόν δυσκολίες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ:

Από βιβλίο:

Αλεξάκης Δ., Κούλη Μ. (2005), Σημειώσεις Εργαστηρίου Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Κρήτης, Τμήμα Φυσικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Χανιά.

Αλεξόπουλος Α. (1994), Τα βαρίσκια μεταμορφωμένα πετρώματα της Κεντροανατολικής Κρήτης και η σημασία τους για τη γεωτεκτονική τοποθέτηση της ενότητας φυλλιτών (χαλαζιτών, Θεσσαλονίκη: Πρακτικά 7^{ου} Επιστημονικού Συνεδρίου,) δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας.

Δρ. Αντώνιος Κ. Ζήσου (Αθήνα 2007), Εισαγωγή στα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών ArcGIS/ArcView, Σταμούλης,

Κίλιας Α., Μουντράκης Δ., Σταυριδάκης Ε., Σχοινάς Χ. και Παυλάκη Κ. (1984), Γεωλογική χαρτογράφηση 1: 20.000 του βορειοδυτικού τμήματος της μάζας των Λευκών ορέων (περιοχή Αγιάς-Χοιροσπήλιου-Δρακόνας-Μεσκλών Δ. Κρήτη). - Ο.Α.Δ.Υ.Κ., 35 Σ., Χανιά.

Λέκκας Ε. (2000), Φυσικές και Τεχνολογικές Καταστροφές, Αθήνα: Access Pre-Press

Παπαζάχος Β. (1980), Εισαγωγή στη Γεωφυσική-Παν. Θεσσαλονίκης, 334 Σ., Θεσσαλονίκη.

Σουπιός Π. (2011), Τεχνολογίες Εντοπισμού Υδατικών Πόρων, Χανιά

Φασουλός Χ. (2000), Οδηγός υπαίθρου για τη γεωλογία της Κρήτης, Ηράκλειο: Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Κρήτης

Φυτρολάκης Ν.(1980), Η γεωλογική δομή της Κρήτης: προβλήματα , παρατηρήσεις & συμπεράσματα, μεθ' ενός τεκτονικού χάρτου εκτός κειμένου, Αθήνα: Εκδόσεις της Έδρας Ορυκτολογίας – Πετρογραφίας – Γεωλογίας του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου

Χριστοδούλου Γ. (1963), Γεωλογικά και μικροπαλαιοντολογικά έρευνα επί του νεογενούς της νήσου Κρήτης

Ashgirei G. (1963), Stukturgeologie-Deutscher Verlag der Wissenschaften, 572 S., Berlin.

AUBOUIN J., BONNEAU M., CELET P., CHARVET J., CLEMENT B., DEGARDIN J.M., DER COURT J., FERRIERE J., (1970), CONTRIBUTION A LA GEOLOGIE DES HELLENIDES LE GAVROVO, LE PINDE ET LA ZONE OPHIOLITIQUE SUBPELAGONIENNE

CREUTZBURG N., ΠΑΠΑΣΤΑΜΑΤΙΟΥ Ι. (1966), Νέα συμβολή εις την γεωλογίαν της νήσου Κρήτης

CREUTZBURG N. (1963), Τα μετά Κροκάλων Ερυθρά Ιζήματα της Νήσου Κρήτης

BONNEAU M., FLEURY J. (1971), PRECISIONS SUR LA SERIE D' ETHIA (CRETE, CRECE): EXISTENCE D' UN PREMIER FLYSCH MESOCRETACE

Brinkmann R. (1972), Lehrbuch der allgemeinen Geologie. B. II-Ferdinand Enke Verlag, 579 S., Stuttgart.

Krausse HF., Pilger A., Reimer V. & Schönfeld M., unter Mitarbeit von Domalski R. (1978), Bruchhafte Verformung. Erscheinungsbild und Deutung mit Übungsaufgaben-C.T.H.. 16, Ellen Pilger Verlag, 86 S., Clausthal-Zellerfeld.

Tollmann A. (1973), Grundprinzipien der alpinen Deckentektonik-Deuticke F., 404 S., Wien

Από το Διαδίκτυο:

<http://support.esri.com>

<http://old.igme.gr/>

<http://openarchives.gr/>

<http://www.geo.auth.gr/courses/ggg/ggg537v/ch5.htm>

<http://topolab.tripod.com/GIS/raster.pdf>