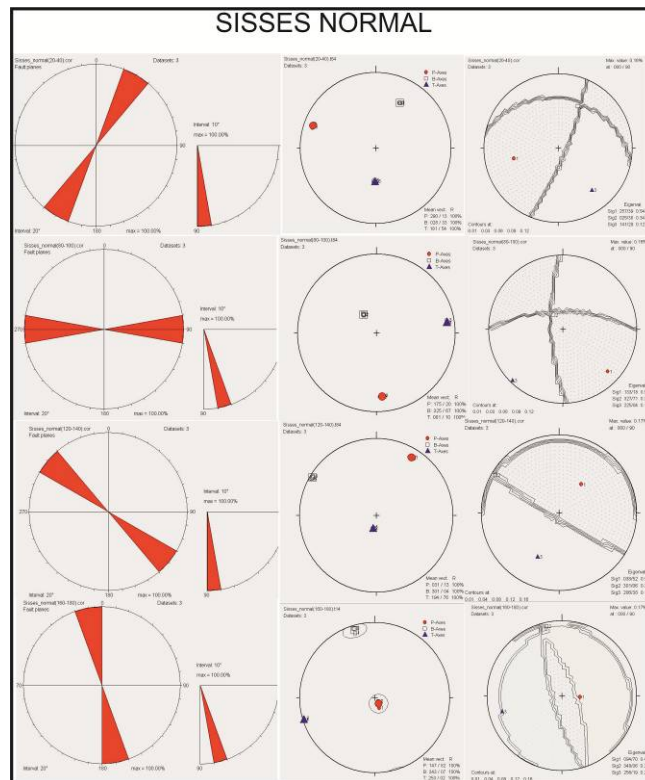




**ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΡΗΓΜΑΤΟΓΕΝΩΝ ΖΩΝΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΣΙΣΣΕΣ-ΑΛΟΙΔΕΣ**



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*Παππάς Αναστάσιος*

Ιούνιος 2012



Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ – ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΧΑΝΙΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΦΥΣΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ  
ΤΟΜΕΑΣ ΥΔΑΤΙΚΩΝ ΠΟΡΩΝ & ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ



**ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΡΗΓΜΑΤΟΓΕΝΩΝ ΖΩΝΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ  
ΣΙΣΣΕΣ-ΑΛΟΙΔΕΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

*Παπάς Αναστάσιος*

**Επιβλέπουσα :** *Δρ. Κόκκινου Ελένη*  
*Επίκουρος Καθηγήτρια*

**Επιτροπή Αξιολόγησης :** *Δρ. Κόκκινου Ελένη*  
: *Δρ. Σάλτας Βασίλειος*  
: *Δρ. Σουπιός Παντελής*

**Ημερομηνία Παρουσίασης :**

**Αύξων Αριθμός Πτυχιακής Εργασίας :**

## Ευχαριστίες

*Μέσα από αυτό το σημείωμα θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την καθηγήτριά μου, κυρία Ελένη Κόκκινου, για όλη την βοήθεια που μου προσέφερε στο διάστημα της επιμέλειας της πτυχιακής μου εργασίας. Αρχικά θέλω να την ευχαριστήσω για την επιλογή του θέματος, γιατί παρόλο που στην αρχή μου φάνηκε δύσκολο τελικά αποδείχθηκε αρκετά ενδιαφέρον. Χωρίς όμως την υπομονή, την κατανόηση, την διάθεσή της να μοιράζεται τις γνώσεις και την ικανότητά της να εξηγεί τους πιο σύνθετους όρους με τις πιο απλές λέξεις, δεν θα μπορούσα να καταφέρω τίποτα. Για αυτούς τους λόγους λοιπόν, όπως και για πολλούς άλλους, θέλω να της εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου και να της πω ένα μεγάλο ευχαριστώ. Για την υλοποίηση της συγκεκριμένης εργασίας πολύτιμη υπήρξε η συμβολή του Δρ. Καμπέρη Ευάγγελου.*

*Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου για την αγάπη τους, για το ενδιαφέρον και για ότι μου έχουν χαρίσει όλα αυτά τα χρόνια και που για μένα ήταν πολύτιμο.*

## Περίληψη

Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι η ανάλυση των τεκτονικών συνθηκών της ευρύτερης περιοχής Σίσσες-Αλόιδες, ο καθορισμός των κυριότερων ρηξιγενών ομάδων και εν συνεχεία των τάσεων που επικρατούν στην περιοχή. Για την τεκτονική επεξεργασία χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό FP Tectonics.

## Abstract

The main purpose of the present study is to investigate the tectonic conditions in the wide area of Sisses-Aloides in central Crete, the estimation of the main tectonic groups and further strain analysis. FP Tectonics was used for the structural analysis.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>1. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ</b>	<b>5</b>
1.1 Εισαγωγή	5
1.2 Ρήγματα και μετατοπίσεις	5
1.3 Ρήγματα σμίκρυνσης ή ρήγματα συμπίεσης ή ανάστροφα ρήγματα	7
1.4 Ρήγματα απομάκρυνσης ή ρήγματα έκτασης ή κανονικά ρήγματα	9
1.5 Ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης	11
1.6 Πλάγια ρήγματα	12
1.7 Σχέσεις μεταξύ της διεύθυνσης κλίσης των ρηξιγενών επιφανειών και των γεωλογικών σχηματισμών	13
1.8 Ρηξιγενής επιφάνεια και υλικά πλήρωσης των ρηγμάτων	13
1.9 Αναγνώριση ρηγμάτων στην ύπαιθρο	17
1.10 Γεωλογικά στοιχεία	20
1.11 Επιφανειακά στοιχεία	21
1.12 Γραμμικά στοιχεία	22
1.13 Καθορισμός της θέσεως στο χώρο των επιφανειακών στοιχείων	23
1.14 Μεταλπική τεκτονική	24
<b>2. ΓΕΝΙΚΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ</b>	<b>26</b>
2.1 Γεωλογικά στοιχεία για την περιοχή μελέτης	26
2.2 Αποτελέσματα της τεκτονικής επεξεργασίας	28
<b>3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ</b>	<b>41</b>
3.1 Εισαγωγή	41
3.2 Συμπεράσματα	41
<b>4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>42</b>

## 1. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ

### 1.1 Εισαγωγή

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο θα παρουσιαστεί η τεκτονική επεξεργασία των στοιχείων. Μεγάλο μέρος του θεωρητικού τμήματος του συγκεκριμένου κεφαλαίου προέρχεται από το βιβλίο του καθηγητή Κίλια Α. (Αριστοτέλειο Παν., Τμήμα Γεωλογίας) με τίτλο «Εισαγωγή στην τεκτονική γεωλογία» - 1985. Η επεξεργασία των τεκτονικών καταγραφών έγινε με το λογισμικό FP Tectonics.

### 1.2 Ρήγματα και μετατοπίσεις

Ρήγμα στην τεκτονική ονομάζουμε κάθε ρηξιγενή δομή εκατέρωθεν της οποίας παρατηρούνται μετακινήσεις των επί μέρους τμημάτων του γεωλογικού σχηματισμού που παραμορφώνεται. 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.

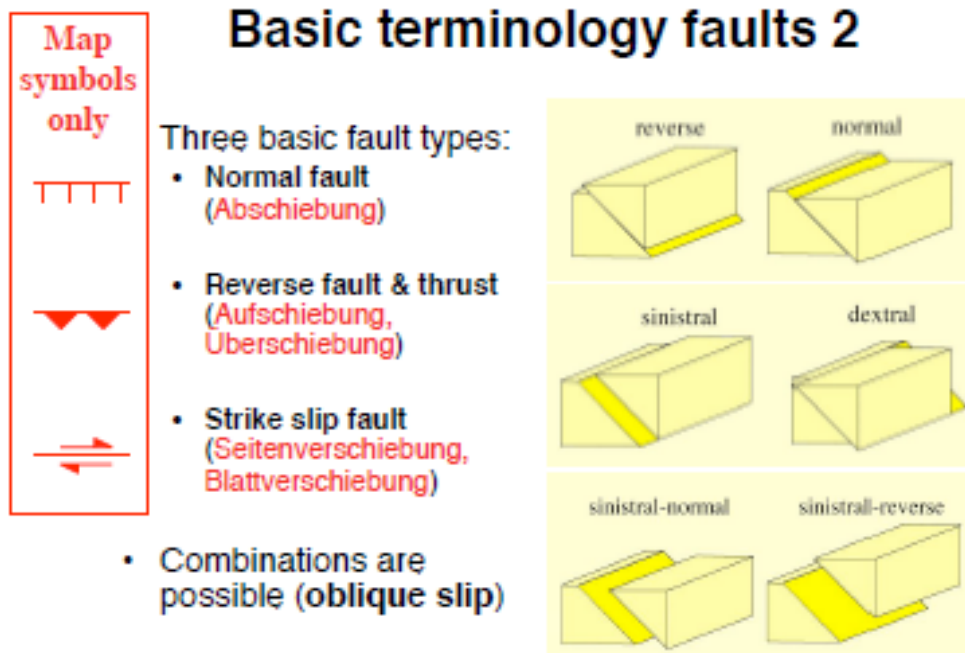
Ανάλογα με τον τρόπο κίνησης των επί μέρους τμημάτων του γεωλογικού σχηματισμού εκατέρωθεν του ρήματος, διακρίνονται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες (σχ. 1.1):

α) ρήγματα σμίκρυνσης

β) ρήγματα απομάκρυνσης

γ) ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης

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.



Σχήμα 1.1. Ταξινόμηση ρηγμάτων.

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.

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.

### 1.3 Ρήγματα σμίκρυνσης ή ρήγματα συμπίεσης ή ανάστροφα ρήγματα

Στα ανάστροφα ρήγματα (σχ. 1.2) 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.

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.

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) τεκτονικό ράκος ή 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, το απομονωμένο τμήμα χαρακτηρίζεται τεκτονικό ράκος

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.

Τεκτονικά παράθυρα στον Ελληνικό χώρο έχουμε στις περιοχές του Ολύμπου ,της Όσσας, των ΒΑ Πιερίων 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.





(α)



(β)

Σχήμα 1.2. α,β Παραδείγματα ανάστροφων ρηγμάτων.

#### 1.4 Ρήγματα απομάκρυνσης ή ρήγματα έκτασης 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 (σχ. 1.3) 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.

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**.

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.



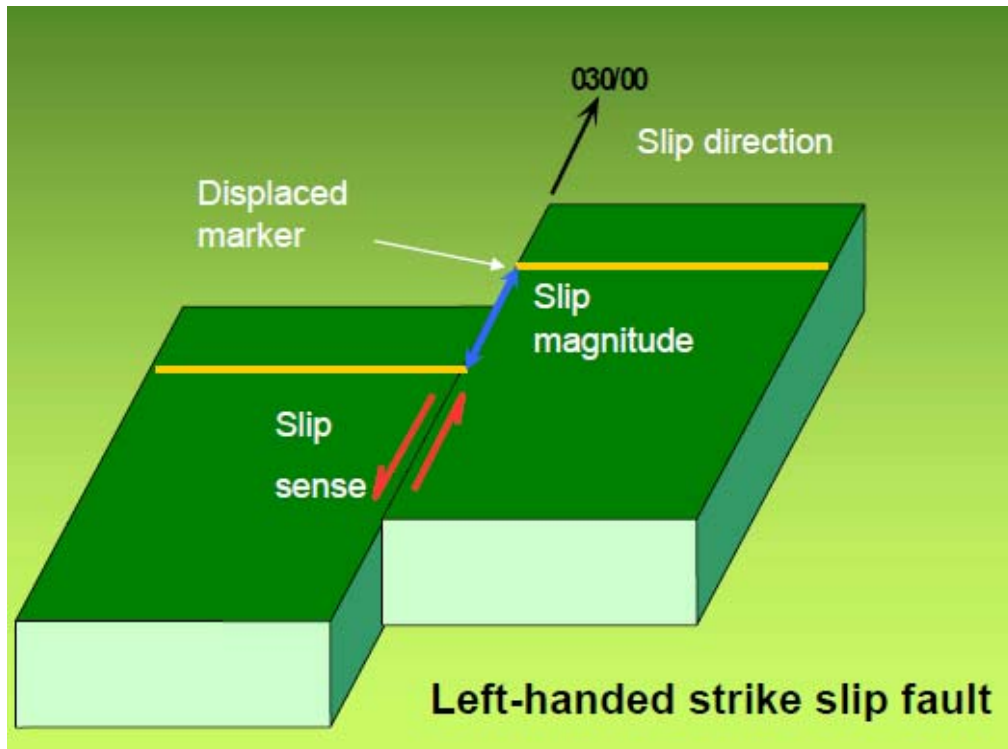
Σχήμα 1.3. Παραδείγματα κανονικών ρηγμάτων.

### 1.5 Ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης

Τα ρήγματα αυτά προκαλούν οριζόντια μετατόπιση (σχ. 1.4) των τμημάτων του γεωλογικού σχηματισμού που βρίσκονται εκατέρωθεν της ρηξιγενούς επιφάνειας ενώ συγχρόνως δεν παρατηρείται καμιά αξιόλογη 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 ρήματος διακρίνουμε δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα ρήγματα οριζόντιων μετατοπίσεων.

Τα **ρήγματα μετασχηματισμού** ανήκουν στην κατηγορία των ρηγμάτων οριζόντιας μετατόπισης διαφέρουν όμως όπως τονίστηκε από αυτά ως προς τον τρόπο γένεσης ενώ εμφανίζονται κατά κύριο λόγο στις περιοχές των μέσο-ωκεάνιων ράχων.



Σχήμα 1.4. Ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης.

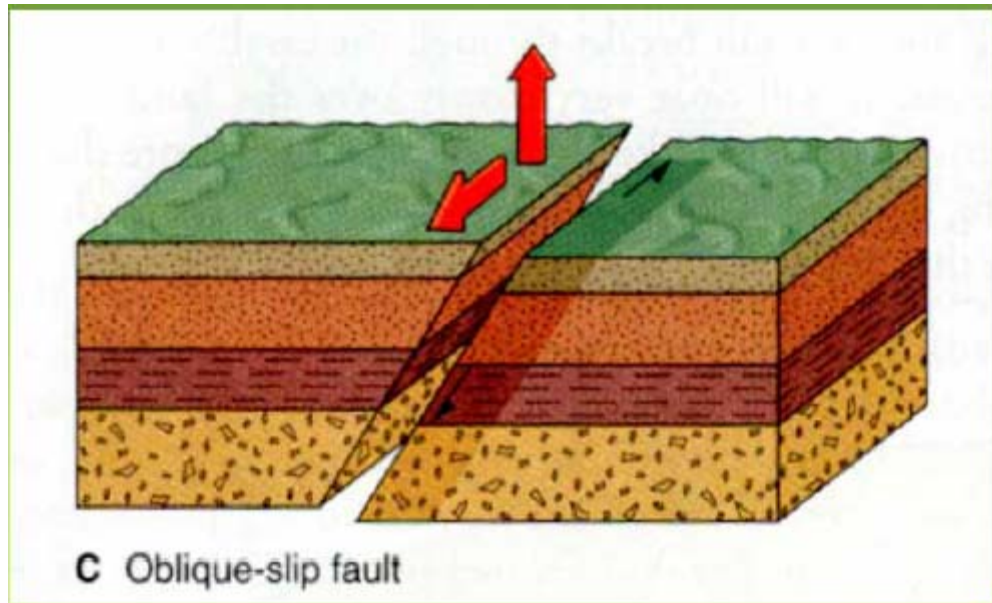
## 1.6 Πλάγια ρήγματα

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 ρήματος, πλάγια στην παράταξή του. Σε τέτοια ρήγματα λοιπόν οι μετατοπίσεις γίνονται κατά τη συνισταμένη μιας κάθετης και μιας παράλληλης προς την παράταξή τους κίνησης.

Σε τέτοιες περιπτώσεις αναφερόμαστε σε πλάγια κανονικά ή πλάγια ανάστροφα ρήγματα (σχ. 1.5) ανάλογα της κίνησης των δύο τεμαχών εκατέρωθεν της ρηξιγενής 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.





Σχήμα 1.5. Πλάγια ρήγματα.

### 1.7 Σχέσεις μεταξύ της διεύθυνσης κλίσης των ρηξιγενών επιφανειών και των γεωλογικών σχηματισμών

Τόσο σε κανονικά όσο και σε ανάστροφα ρήγματα η διεύθυνση κλίσης των ρηξιγενών επιφανειών τους, είναι δυνατόν να συμπίπτει ή να είναι αντίθετη με τη διεύθυνση κλίσης των γεωλογικών σχηματισμών που διαρηγνύουν.

Στην πρώτη περίπτωση μιλάμε για συνθετικά ρήγματα και στη δεύτερη για αντιθετικά ρήγματα. Ανάλογα λοιπόν με το χαρακτήρα του ρήγματος, διακρίνουμε αντιθετικά ή συνθετικά ανάστροφα ή πλάγια ανάστροφα ρήγματα, αντιθετικά ή συνθετικά κανονικά ή πλάγια κανονικά ρήγματα.

Οι γωνίες κλίσης των ρηξιγενών επιφανειών αντίστοιχα είναι δυνατόν να είναι είτε μικρότερες είτε μεγαλύτερες των γωνιών κλίσεων των γεωλογικών σχηματισμών. Μια σειρά σχέσεων μεταξύ των διευθύνσεων και γωνιών κλίσεων ρηξιγενών επιφανειών και επιφανειών στρώσεως ή σχιστότητας σε αντιθετικά και συνθετικά ρήγματα απεικονίζεται σε τομή στο παρακάτω σχήμα.

### 1.8 Ρηξιγενής επιφάνεια και υλικά πλήρωσης των ρηγμάτων

Οι επιφάνειες κατά μήκος των οποίων συμβαίνουν οι μετατοπίσεις των γεωλογικών σχηματισμών, αποτελούν τις ρηξιγενείς επιφάνειες (σχ. 1.6α). Οι ρηξιγενείς επιφάνειες εμφανίζονται συνήθως στιλπνές και λείες και χαρακτηρίζονται ως Harnisch- επιφάνειες ή ως «καθρέφτης ρήγματος» ή ως κατοπτρικές επιφάνειες. Το στιλβωμένο επικάλυμμα της

ρηξιγενής επιφάνειας, αποτελείται από λεπτόκοκκο μυλονιτωμένο πέτρωμα και συχνά φέρει φυλόμορφα ορυκτά, χαλαζία, ασβεστίτη, ορυκτά της αργίλου.

Πάνω στον «καθρέφτη» του ρήγματος αν δεν έχει επιδράσει σε μεγάλο βαθμό η διάβρωση, παρατηρούνται σχεδόν πάντα οι γραμμές ολίσθησης (σχ. 1.6β).



(α)



Σχήμα 1.6. α Ρηξιγενής επιφάνεια και β γραμμές ολίσθησης.

Οι γραμμές αυτές μοιάζουν με νυχιές πάνω στη ρηξιγενή επιφάνεια. Σχηματίζονται από την τριβή σκληρών υλικών τα οποία λόγω της αντίθετης κίνησης των δύο τεμαχών εκατέρωθεν του ρήγματος σύρθηκαν πάνω στη ρηξιγενή επιφάνεια. Πρόκειται λοιπόν για μικροαυλακώσεις και μικροράχεις που πολλές φορές φέρουν στη μικροκλίμακα μια ελαφριά κλίνουσα και μια απότομη κλίνουσα πλευρά, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται κλιμακωτές δομές που υποδηλώνουν έτσι τη φορά της κίνησης.

Οι γραμμές ολίσθησης (σχ. 1.7) κατά τη μελέτη των ρηγμάτων αποτελούν ένα σημαντικό γραμμικό στοιχείο, γιατί η διάταξη τους μας δείχνει τη διεύθυνση της τελευταίας κίνησης που έλαβε χώρα. Υπάρχουν περιπτώσεις όπου πάνω σε μια ρηξιγενή επιφάνεια παρατηρούνται γραμμώσεις με διαφορετικές διευθύνσεις οπότε πλέον έχουμε ένα στοιχείο για τη μελέτη της κινητικής εξέλιξης του ρήγματος, διότι κάθε διαφορετική κίνηση θα δημιουργήσει και διαφορετικής διεύθυνσης γραμμώσεις ολίσθησης.

Οι γραμμές ολίσθησης σε επωθήσεις ή μεταπτώσεις τοποθετούνται κάθετα στην παράταξη του ρήγματος ή παράλληλα στη διεύθυνση κλίσης του. Αντίθετα σε ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης τοποθετούνται παράλληλα στην παράταξη ή κάθετα στη διεύθυνση κλίσης του ρήγματος.

Κατά τη παρατήρηση στο ύπαιθρο θα πρέπει να εξακριβώσουμε και τη σχετική φορά κίνησης των τεμαχίων εκατέρωθεν του ρήγματος που αποτελεί σημαντικό στοιχείο για την τεκτονική ανάλυση μιας ρηξιγενούς δομής.

Οι παρακάτω ενδείξεις θα μας οδηγήσουν στην ανάλυση της φοράς των επιμέρους κινήσεων εκατέρωθεν του ρήγματος:

α) Λόγω της **κλιμακωτής μικροδομής** των γραμμώσεων ολίσθησης, εάν τοποθετήσουμε την παλάμη μας πάνω στη ρηξιγενή επιφάνεια και την κινήσουμε πάνω κατά τη διεύθυνση της κίνησης που θα μας τη φανερώσουν οι γραμμές κίνησης τότε η φορά της κίνησης του τμήματος που βρίσκεται προς το μέρος που στεκόμαστε θα πρέπει να είναι αντίθετη προς τη φορά κίνησης του χεριού που θα παρατηρηθεί η μεγαλύτερη αντίσταση.

β) Οι **μικροκάμψεις** των γεωλογικών σχηματισμών εκατέρωθεν της ρηξιγενούς επιφάνειας.

γ) Η **παρουσία πτεροειδών διακλάσεων** Ο τρόπος της αναγνώρισης των σχετικών κινήσεων σύμφωνα με την τοποθέτηση των πτεροειδών διακλάσεων.

δ) Η **παρουσία ασύμμετρων μικροπτυχών** με φορά κοντά στη ρηξιγενή επιφάνεια. Η φορά των πτυχών μας δείχνει και τη φορά της κίνησης.

ε) Η **παρουσία σφηνοειδών ρωγμών**. Η φορά της κίνησης τοποθετείται κατά την ανάπτυξη της οξείας γωνίας που σχηματίζεται από τη σφηνοειδή ρωγμωση και τη ρηξιγενή επιφάνεια. Οι σφηνοειδείς ρωγμές εμφανίζονται συνήθως πληρωμένες με μεταγενέστερο υλικό που μπορεί να είναι αργιλικό, ασβεστιτικό, χαλαζιακό.

στ) Η **διάταξη τεμαχίων** που αποκολλήθηκαν από τον ένα από τους δύο σχηματισμούς εκατέρωθεν του ρήγματος και ενσωματώθηκαν στον άλλον κατά την κίνηση, μας δείχνει τη φορά των επί μέρους κινήσεων. Η διεύθυνση κλίσης αυτών βρίσκεται συνήθως αντίθετη της φοράς της κίνησης.

Μέσα στα ρήγματα ή σε ζώνες ρηγμάτων παρατηρούνται ισχυρά τεκτονισμένα μέλη των πετρωμάτων που παραμορφώνονται και τα οποία συνοδεύονται από υλικά που αποθέτει το νερό που κυκλοφορεί στο ρήγμα όπως ασβεστίτη, χαλαζία, άργιλλο. Τα υλικά αυτά αποτελούν τα υλικά πλήρωσης των ρηξιγενών δομών.

Από την ισχυρή τριβή που αναπτύσσεται στα σημεία των ρηγμάτων λόγω της αντίθετης κίνησης των δύο τεμαχών εκατέρωθεν της ρηξιγενής επιφάνειας δημιουργείται αρχικά ένα τεκτονικό λατυποπαγές. Αυτό αποτελεί ένα συνεκτικό κατακλασμένο σχηματισμό που συνίσταται από συνδετική ύλη και γωνιώδη θραύσματα των γειτονικών πετρωμάτων, σε αντίθεση με το ιζηματογενές λατυποπαγές, στο οποίο δεν παρατηρείται η ισχυρή κατάκλαση και η τέλεια γωνιώδη ανάπτυξη των συστατικών του.

Συχνή είναι η εμφάνιση πολλών διαδοχικών ρηξιγενών επιφανειών μεταξύ δύο κύριων ακραίων ρηγμάτων οπότε στην προκειμένη περίπτωση μιλάμε για μια ρηξιγενή ζώνη. Μεταξύ των δύο ακραίων ρηγμάτων της ρηξιγενής ζώνης μετατοπίζονται τα διάφορα τεμάχια κατά μήκος των συνοδών ρηξιγενών επιφανειών με αποτέλεσμα να εμφανίζονται ισχυρά τεκτονισμένα και να συνοδεύονται από τη δημιουργία διαδοχικών μυλωνιτών σε όλο το πλάτος της ρηξιγενής ζώνης.

Ρηξιγενείς ζώνες αναπτύσσονται τόσο από ανάστροφα όσο και από κανονικά ρήγματα. Στην πρώτη περίπτωση μιλάμε για ζώνη λεπιώσεων και στη δεύτερη περίπτωση για ζώνη κλιμακωτών μεταπτώσεων.

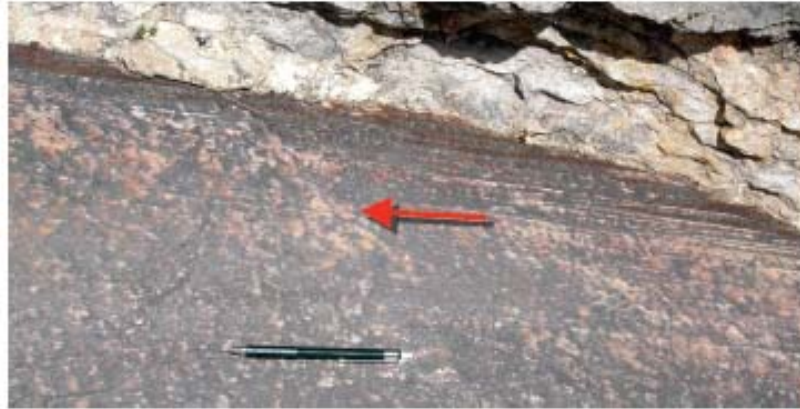


• Slickensides



Quartz, calcite,  
Chlorite, etc





▪ Fault striations (Striungung)

Σχήμα 1.7. Παραδείγματα στοιχείων ολίσθησης.

## 1.9 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.

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** (σχ. 1.8), 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 επιπεύσεις η συνδετική ύλη και τα γωνιώδη θραύσματα αποτελούνται από το ίδιο υλικό. Η συνδετική τους ύλη εμφανίζεται

συνήθως ως μιλωνίτης 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.

Οπωσδήποτε 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.



• Fault breccia / mélange

(α)



• Fault breccia / mélange

(β)

Σχήμα 1.8. α, β Παραδείγματα τεκτονικού λατυποπαγούς.

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 οι στρώσεις 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 χέρσευσης, 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.

### 1.10 Γεωλογικά στοιχεία

Τα επιφανειακά και γραμμικά στοιχεία αποτελούν εκφράσεις των τεκτονικών-γεωλογικών δομών. Το μεγαλύτερο μέρος των γεωλογικών-τεκτονικών δομών εκφράζεται είτε ως επιφανειακό είτε ως γραμμικό στοιχείο. Η γένεσή τους αποδίδεται σε φαινόμενα ιζηματογένεσης, διαγένεσης, μεταμόρφωσης, μαγματισμού και τεκτογένεσης.

- Τα **ιζηματογενή φαινόμενα** είναι διεργασίες που γίνονται στην επιφάνεια της γης και στηρίζονται στις επί μέρους διεργασίες της διάβρωσης, αποσάθρωσης, μεταφοράς και απόθεσης υλικών.

- Τα φαινόμενα της **διαγένεσης** είναι διεργασίες που γίνονται στην επιφάνεια της γης ή σε ένα μικρό βάθος κάτω από την επιφάνεια και επιδρούν στα ιζηματογενή πετρώματα μετά το στάδιο της απόθεσης τους. Με αυτά συνδέεται η αποξήρανση και μετατροπή του ιζήματος σε συμπαγή σχηματισμό, καθώς επίσης η ανακρυστάλλωση ή ο σχηματισμός νέων ορυκτών.

- **Μαγματικά** φαινόμενα είναι διεργασίες κατά τις οποίες από την ψύξη και κρυστάλλωση ενός πυριτικού τήγματος(μάγμα), σχηματίζονται τα μαγματικά πετρώματα. Όταν η κρυστάλλωση αυτή γίνει στην επιφάνεια της γης ή σε μικρό βάθος δημιουργούνται ως γνωστό τα ηφαιστειακά πετρώματα όπως για παράδειγμα βασάλτης. Κρυστάλλωση του μάγματος σε μεγαλύτερο βάθος έχει ως αποτέλεσμα το σχηματισμό των πλουτωνικών πετρωμάτων καθώς επίσης και μεγάλου μέρους των φλεβικών πετρωμάτων.

- **Φαινόμενα μεταμόρφωσης** αποτελούν διεργασίες κατά τις οποίες προκαλούνται μεταβολές στις ορυκτολογικές παραγενέσεις των πετρωμάτων καθώς και στην υφή τους. Οι μεταβολές αυτές γίνονται συνήθως ενώ ακόμη το πέτρωμα βρίσκεται σε στερεά κατάσταση και οφείλονται στο γεγονός ότι το πέτρωμα βρέθηκε για μια

ορισμένη αιτία σε διαφορετικές φυσικό-χημικές συνθήκες από αυτές του πρωταρχικού περιβάλλοντος όπου σχηματίστηκε.

- **Τεκτονικά φαινόμενα** είναι οι διεργασίες κατά τις οποίες δημιουργούνται μηχανικές παραμορφώσεις στους γεωλογικούς σχηματισμούς από την επίδραση τεκτονικών δυνάμεων. Εκφράζονται σε κάμψεις και σε διαρρήξεις.

## 1.11 Επιφανειακά στοιχεία

**1.Επιφάνειες στρώσεως.** Παράλληλες στη στρώση των ιζηματογενών πετρωμάτων επιφάνειες διαχωρισμού. Διαχωρίζουν τα ιζηματογενή πετρώματα στις επί μέρους μικρομονάδες, τα στρώματα.

**2.Επιφάνειες ασυνεχειών.** Αποτελούν επιφάνειες διαχωρισμού γεωλογικών σωμάτων και διαχωρίζουν σειρές ή τύπους πετρωμάτων διαφορετικής συστάσεως, αποχρώσεως, υφής και πολλές φορές ηλικίας. Συνήθως φανερώνουν ένα χρονικό κενό μεταξύ των σχηματισμών που διαχωρίζουν.

Οφείλονται σε φαινόμενα ιζηματογενή, μαγματικά, μεταμόρφωσης και τεκτονικά. Τα πετρώματα που διαχωρίζουν οι επιφάνειες αυτές βρίσκονται σε συμφωνία ή ασυμφωνία.

**3.Επιφάνειες διασταυρωμένης στρώσης.** Κεκαμμένες επιφάνειες μέσα σε στρώματα ιζηματογενών πετρωμάτων που προήλθαν λόγω μεγαλύτερης ταχύτητας ροής του νερού στα σημεία.

**4.Τραπεζοειδείς επιφάνειες.** Επιφάνειες αποχωρισμού, με μικρή συνήθως γωνία κλίσεως σε μαγματίτες και μεταμορφωμένα πετρώματα, αποτέλεσμα προσανατολισμού ορυκτών.

**5.Επιφάνειες κατατμήσεων.** Επιφάνειες διαχωρισμού στα πετρώματα. Σχηματίζονται είτε από τεκτονική παραμόρφωση, είτε στο στάδιο της διαγένεσης ενός ιζήματος, είτε στο στάδιο κρυσταλλώσεως ενός μάγματος.

Ανάλογα με τη γεωμετρική τοποθέτησή τους ως προς τα υπόλοιπα στοιχεία δομής των γεωλογικών σχηματισμών, είναι δυνατόν οι κατατμήσεις να διακριθούν σε επιμήκειες, εγκάρσιες, οριζόντιες και διαγώνιες.

**6. Επιφάνειες ρηγμάτων.** Τεκτονικές επιφάνειες διαχωρισμού κατά μήκος των οποίων μετατοπίζονται οι γεωλογικοί σχηματισμοί.

Ανάλογα με τη σχετική κίνηση των τμημάτων του πετρώματος που βρίσκονται εκατέρωθεν της ρηξιγενούς επιφάνειας, τα ρήγματα διακρίνονται σε τρεις μεγάλες ομάδες:

α) Ανάστροφα

β)Κανονικά

γ)Ρήγματα οριζόντιων μετατοπίσεων.

**7.Επιφάνειες σχιστότητας.** Παράλληλες ή ριπιδοειδείς διατεταγμένες επιφάνειες διαχωρισμού σε τεκτονικά παραμορφωμένα πετρώματα. Οι επιφάνειες αυτές βρίσκονται συνήθως σε μικρή απόσταση μεταξύ τους. Κατά μήκος των επιφανειών αυτών παρατηρούνται μικρής κλίμακας μετακινήσεις των τμημάτων του πετρώματος, φαινόμενα διαλύσεως, ανακρυστάλλωσης ορυκτών και σχηματισμός νέων ορυκτών.

## 1.12 Γραμμικά στοιχεία

α) Τεκτονικά γραμμικά στοιχεία

α1) **Γράμμωση διατομής.** Πρόκειται για γράμμωση που προκύπτει από την τομή δύο διασταυρωμένων επιφανειών, ετεροειδών ή ομοειδών.

α2) **Άξονες πτυχής.** Γράμμωση που προκύπτει από τη σύνδεση των σημείων της εντονότερης κάμψης ενός κεκαμμένου γεωλογικού σχηματισμού. Από τη σύνδεση των υψηλότερων ή χαμηλότερων σημείων της κάμψης προκύπτει η κορυφαία και πυθμαία γράμμωση της πτυχής.

α3) **Γράμμωση ολίσθησης.** Γραμμώσεις στις επιφάνειες των ρηγμάτων, που αποτελούν ενδείξεις των επί μέρους κινήσεων, των τμημάτων που βρίσκονται εκατέρωθεν του ρήγματος.

α4) **Γράμμωση** που προκύπτει από τον **προσανατολισμό επιμήκων** ή **επιμηκυσμένων**, μετά από τεκτονική καταπόνηση, **ορυκτών, κροκάλων** ή και **ορυκτολογικών συσσωματωμάτων**. Συνδέεται, κυρίως, με μεταμορφωμένα ή ισχυρά τεκτονισμένα πετρώματα τους τεκτονίτες.

β) Γραμμώσεις συνδεδεμένες με ιζηματογένεση

β1) **Στενές αυλακώσεις** στις πάνω επιφάνειες στρωμάτων των ιζηματογενών πετρωμάτων. Προκύπτουν από τη μεταφορά και την τριβή πάνω στο μαλακό ίζημα σκληρότερων υλικών όπως απολιθωμάτων, κροκάλων που γίνεται από τη δράση ισχυρών ρευμάτων ροής.

β2) Ρυτιδώσεις στις επιφάνειες των ιζημάτων που προκύπτουν από τη δράση του ανέμου, ρευμάτων ροής ή κυματοειδών κινήσεων του νερού.

β3) Γραμμώσεις στις επιφάνειες γεωλογικών σχηματισμών ή των μοραίνων που προκύπτουν κατά την κίνηση των παγετώνων. Σκληρά υλικά που κουβαλάει ο παγετώνας στη βάση του τρίβονται πάνω στο υπόβαθρο, όπου κινείται ο παγετώνας με αποτέλεσμα τη δημιουργία των χαρακτηριστικών γραμμώσεων.

γ) Γραμμές σε μαγματίτες

γ1) Γράμμιση που προκύπτει από τον προσανατολισμό επίμηκων ορυκτών ή ορυκτολογικών συσσωματωμάτων ως αποτέλεσμα της κίνησης του μάγματος. Η γράμμιση αυτή αντιγράφει συνεπώς τη διεύθυνση της ροής του μάγματος.

γ2) **Γραμμικοί σχηματισμοί** πάνω στην εξωτερική επιφάνεια ηφαιστειακών πετρωμάτων που σχηματίζονται λόγω της ροής του μάγματος.

γ3) **Γραμμικός προσανατολισμός** από φυσαλίδες αερίων σε ηφαιστειακά πετρώματα.

### 1.13 Καθορισμός της θέσεως στο χώρο των επιφανειακών στοιχείων

Η θέση μιας γεωλογικής επιφάνειας καθορίζεται και αναπαριστάται πλήρως με τρεις παραμέτρους (σχ. 1.9):

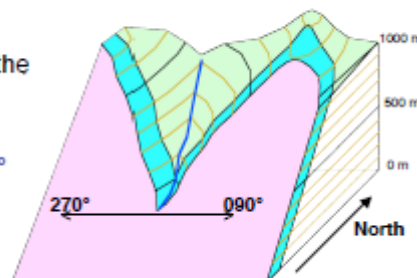
1) **Παράταξη(διεύθυνση)** Ως παράταξη επιφάνειας χαρακτηρίζεται η γωνία (αζιμούθιο) που σχηματίζει η διεύθυνση μιας οριζόντιας ευθείας πάνω στην επιφάνεια αυτή, με το μαγνητικό βορρά. Η παράταξη μιας κεκλιμένης ή κατακόρυφης επιφάνειας είναι ίδια σε κάθε σημείο της επιφάνειας αυτής. Αντίθετα η παράταξη μιας οριζόντιας επιφάνειας μπορεί να λάβει άπειρες τιμές, με αποτέλεσμα στην περίπτωση αυτή να μην είναι δυνατός ο ορισμός της.

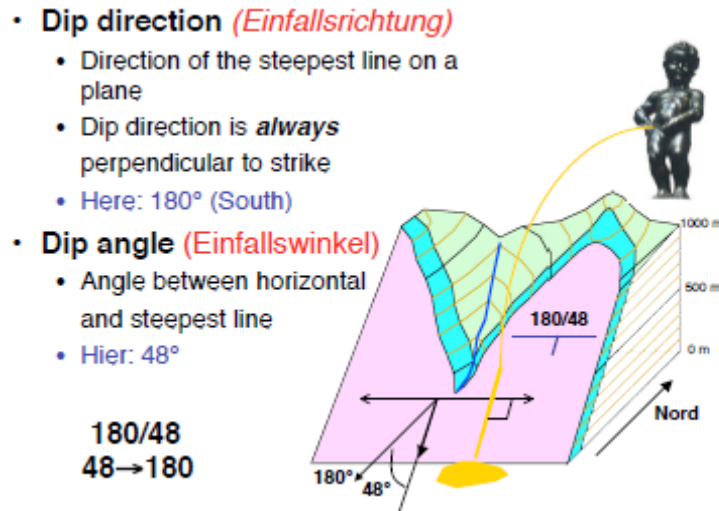
2) **Γωνία κλίσης** Ως γωνία κλίσης επιφάνειας χαρακτηρίζεται η γωνία που σχηματίζει το οριζόντιο επίπεδο με τη μέγιστη κλίση της επιφάνειας.

3) **Διεύθυνση κλίσης** Ως διεύθυνση χαρακτηρίζεται η διεύθυνση προς την οποία βυθίζεται η επιφάνεια. Η διεύθυνση αυτή βρίσκεται κάθετα στην παράταξη.

#### • **Strike (Streichen)**

- The direction of a horizontal line on the plane
- Here:  $090^\circ$  or  $270^\circ$





Σχήμα 1.9. Παράμετροι που καθορίζουν την θέση ενός επιφανειακού στοιχείου στο χώρο.

## 1.14 Μεταλλική τεκτονική

Από τις τεκτονικές κινήσεις, οι οποίες έδρασαν στην διάρκεια του γεωλογικού χρόνου στην περιοχή της Κρήτης και επηρέασαν την δομή της, ενδιαφέρον για την παρούσα μελέτη παρουσιάζει η νεοτεκτονική δράση (Kilias et al., 1993) η οποία εξακολουθεί να δρα έως και σήμερα. Οι νεοτεκτονικές κινήσεις οφείλονται σε γενικότερη περιστροφή του νησιού γύρω από οριζόντιο άξονα διεύθυνσης ΒΑ - ΝΔ (Fytrolakis, 1980). Στην κίνηση αυτή το νησί συμμετέχει σαν ένα σύστημα τεκτονικών τεμαχών διαφορετικού μεγέθους και φοράς κίνησης.

Ενδεικτικό του είδους του τεκτονισμού που έχει επηρεάσει την ευρύτερη περιοχή ενδιαφέροντος αποτελούν οι εναλλαγές επιφανειών ισοπέδωσης και χαραδρώσεων - ενεργών κοιτών του υδρογραφικού δικτύου.

Η τεκτονική κατά την διάρκεια του Νεογενούς για την περιοχή της Κρήτης είναι κυρίως εφελκυστική με πιθανά διαλείμματα συμπιεστικών φάσεων. Από το Μειόκαινο έως σήμερα δύο μεγάλα γεωδυναμικά γεγονότα καθορίζουν την γεωλογική εξέλιξη της Κρήτης: η σύγκλιση Αφρικής και Ευρασίας και της διαφυγής της μικροπλάκας της Ανατολίας προς τα νοτιοδυτικά. Τρεις μεγάλες ομάδες ρηγμάτων προέκυψαν από τις εφελκυστικές φάσεις που έπληξαν την Κρήτη από το Μειόκαινο έως σήμερα.

Η πρώτη και παλαιότερη ομάδα αποτελείται από ρήγματα γενικής διεύθυνσης Α-Δ με ηλικία Μέσο/Άνω Μειόκαινο με αρχές Μεσσηνίου. Οι λεκάνες που είναι προσανατολισμένες στην διεύθυνση Α-Δ είναι αποτέλεσμα αυτών των ρηγμάτων. Τα ρήγματα γενικής διεύθυνσης



---

B-N και ηλικίας περίπου τέλος Μεσσηνίου με μέσο Πλειόκαινο αποτελούν την δεύτερη μεγάλη ομάδα, υπεύθυνη για την δημιουργία των λεκανών του Ηρακλείου, Ιεράπετρας και Καστελίου Χανίων. Τέλος η τρίτη και νεότερη ομάδα αποτελείται από ρήγματα γενικής διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ και ΒΔ-ΝΑ. Πολλά από αυτά τα ρήγματα είναι ακόμα ενεργά.

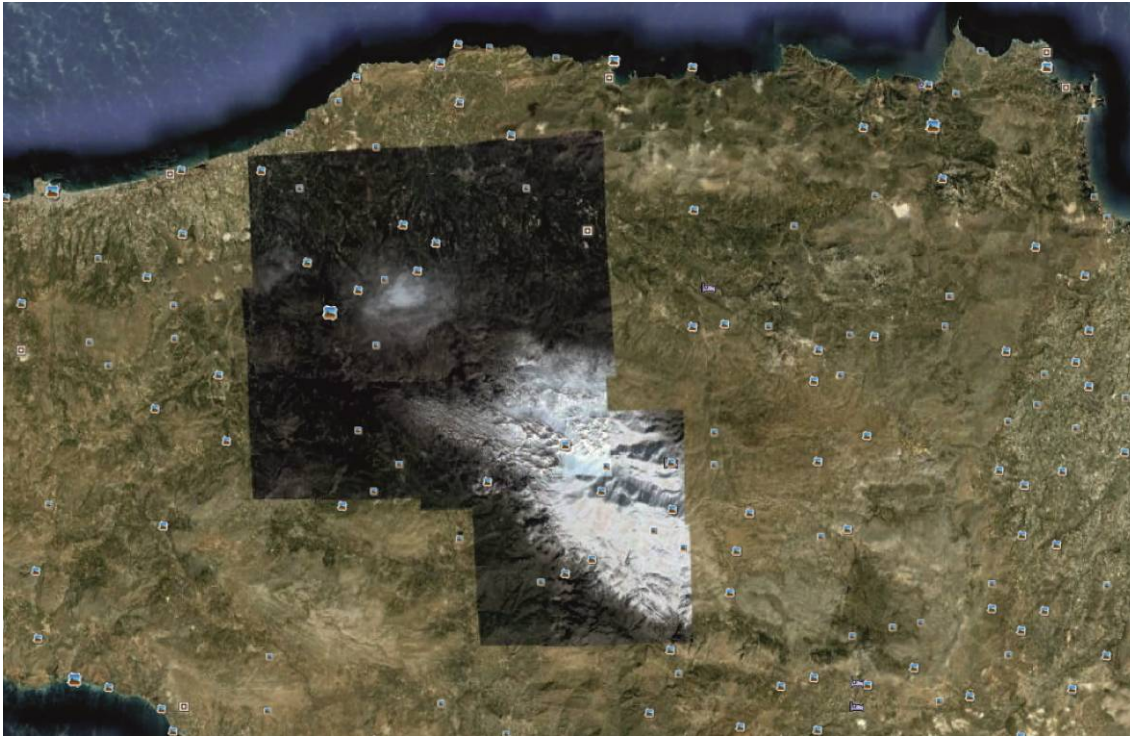
## 2. ΓΕΝΙΚΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

### 2.1 Γεωλογικά στοιχεία για την περιοχή μελέτης

Η περιοχή που μελετήθηκε (σχ. 2.1) περιλαμβάνεται στο τοπογραφικό φύλλο Ανώγεια απόσπασμα γεωλογικού χάρτη Κρήτης, Ι.Γ.Μ.Ε. Η υπόψιν περιοχή δομείται από αλπικές και μεταορογενετικές ακολουθίες ιζημάτων (Νεογενές – Τεταρτογενές), οι οποίες έχουν τοποθετηθεί ασύμφωνα πάνω στις αλπικές.

Οι αλπικές ακολουθίες ιζημάτων διακρίνονται (Bonneau 1973, Fassoulas 1999) στα κατώτερα καλύμματα («φυλλίτες», «πλακώδεις ασβεστόλιθου») της ζώνης της Ίδης και στα ανώτερα αλλόχθονα καλύμματα (ζώνες Γαβρόβου - Τρίπολης και Εθιάς). Στα ανώτερα περιλαμβάνονται και οι ακολουθίες ιζημάτων των εσωτερικών ζωνών (σειρά Άρβης, οφιολιθικό σύμπλεγμα) οι οποίες όμως λόγω της μικρής έκτασής και της λιθολογίας τους δεν επηρεάζουν το υδρολογικό ισοζύγιο της περιοχής.

Το γεωλογικό υπόβαθρο των αλλόχθονων αλπικών ακολουθιών αποτελείται από τα μέλη της σειράς της Ίδης (Bonneau 1984, Kiliias et al. 1993). Στην βάση της σειράς, που είναι ανεστραμμένη, εμφανίζονται «φυλλίτες» και δολομίτες του Περμίου (Μέσο – Ανώτερο) με Fusulines και δολομίτες του Τριαδικού και του Λιάσιου και στην συνέχεια η σειρά των «πλακωδών ασβεστόλιθων» ηλικίας νεότερης του Λιάσιου (Fytrolakis 1980). Οι νεότεροι σχετικά ορίζοντες των «πλακωδών ασβεστόλιθων» (ερυθρωποί μικροκροκαλοπαγείς ασβεστόλιθοι) και ο μεταφλύσχος εμφανίζονται νότια του χωριού Αξός. Η σειρά των «πλακωδών ασβεστόλιθων» εμφανίζεται έντονα καρστικοποιημένη.



Σχήμα 2.1 Εικόνα της ευρύτερης περιοχής Σίσσης-Αλόιδες (από google earth)

Η ζώνη της Τρίπολης εμφανίζεται επωθημένη στην παρααυτόχθονη σειρά της Ίδης. Μεταξύ των ανωτέρων καλυμμάτων η ζώνη Γαβρόβου - Τρίπολης αποτελεί – συγκριτικά - την πιο σημαντική παράμετρο στο υπολογισμό του υδρολογικού ισοζυγίου της περιοχής. Η ζώνη Τρίπολης περιλαμβάνει μαργαϊκούς ασβεστόλιθους (σηματισμός «Ραβδούχων») ηλικίας Ανωτ. Καρνίου - Κατ. Νορίου και νηριτικής φάσης ανθρακικά ιζήματα (Τριαδικό - Λουτήσιο) καθώς και φλύσχη σε στρωματογραφική ασυνέχεια επί των «Ραβδούχων» (Καρακίτσιος 1986). Ο σχηματισμός των «Ραβδούχων» μεταβαίνει προς τα κάτω σε κλαστικές φάσεις («φυλλίτες») οι οποίες αποτελούν το μεταμορφωμένο υπόβαθρο της ζώνης Τρίπολης. Τα ιζήματα της ζώνης της Εθιάς (ζ. Πίνδου) αποτελούνται από μέλη της ραδιολαριτικής σειράς και του «πρώτου φλύσχη» (Κατ. Κρητιδικό).

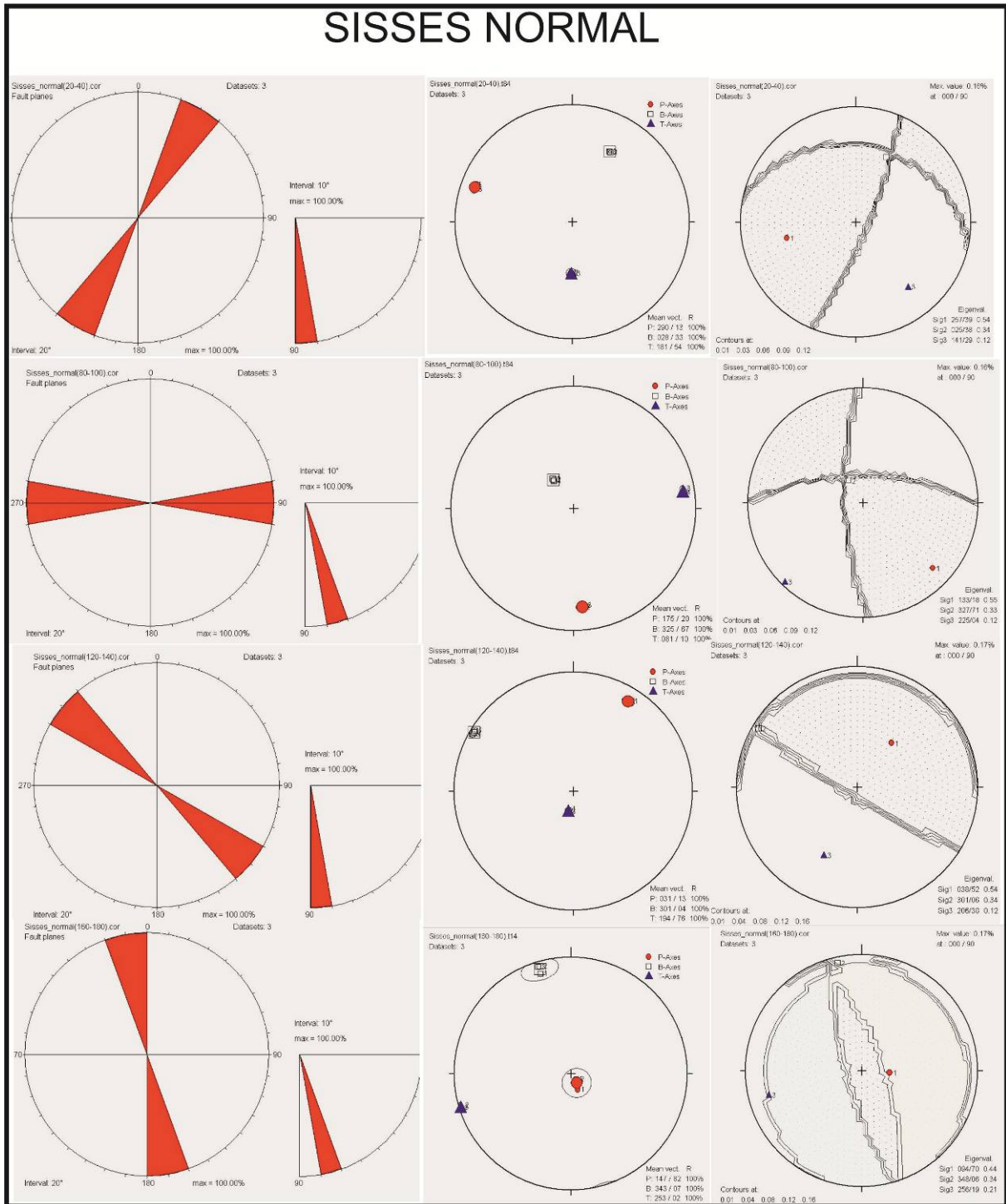
Το οφιολιθικό σύμπλεγμα αποτελείται από αδιαπέρατους ορίζοντες περιδοτιτών, χαλαζιτών και αποκολλημένους σχιστόλιθους της «φυλλιτικής σειράς» της ζώνης Γαβρόβου - Τρίπολης. Η σειρά της Άρβης αποτελεί σύμπλεγμα τεμαχών με χαοτική ανάμιξη ερυθρών ασβεστόλιθων με *Globo truncanae* και βασικών πετρωμάτων (βασάλτες «Pillow λάβες») μέσα σε φλυσχοειδή σχηματισμό (Bonneau 1973). Η ηλικία των μελών της ενότητας είναι Ανωτ. Κρητιδικό.

*Οι εμφανίσεις του Νεογενούς περιλαμβάνουν κλαστικές αποθέσεις, με συνολικό πάχος των μεταλλικών αποθέσεων που συχνά υπερβαίνει τα 300 m. Το Τεταρτογενές αντιπροσωπεύεται από ερυθρές άμμους και κροκαλοπαγή (χερσαίας φάσης) μικρού πάχους (έως 20 m) και αλλούβια.*

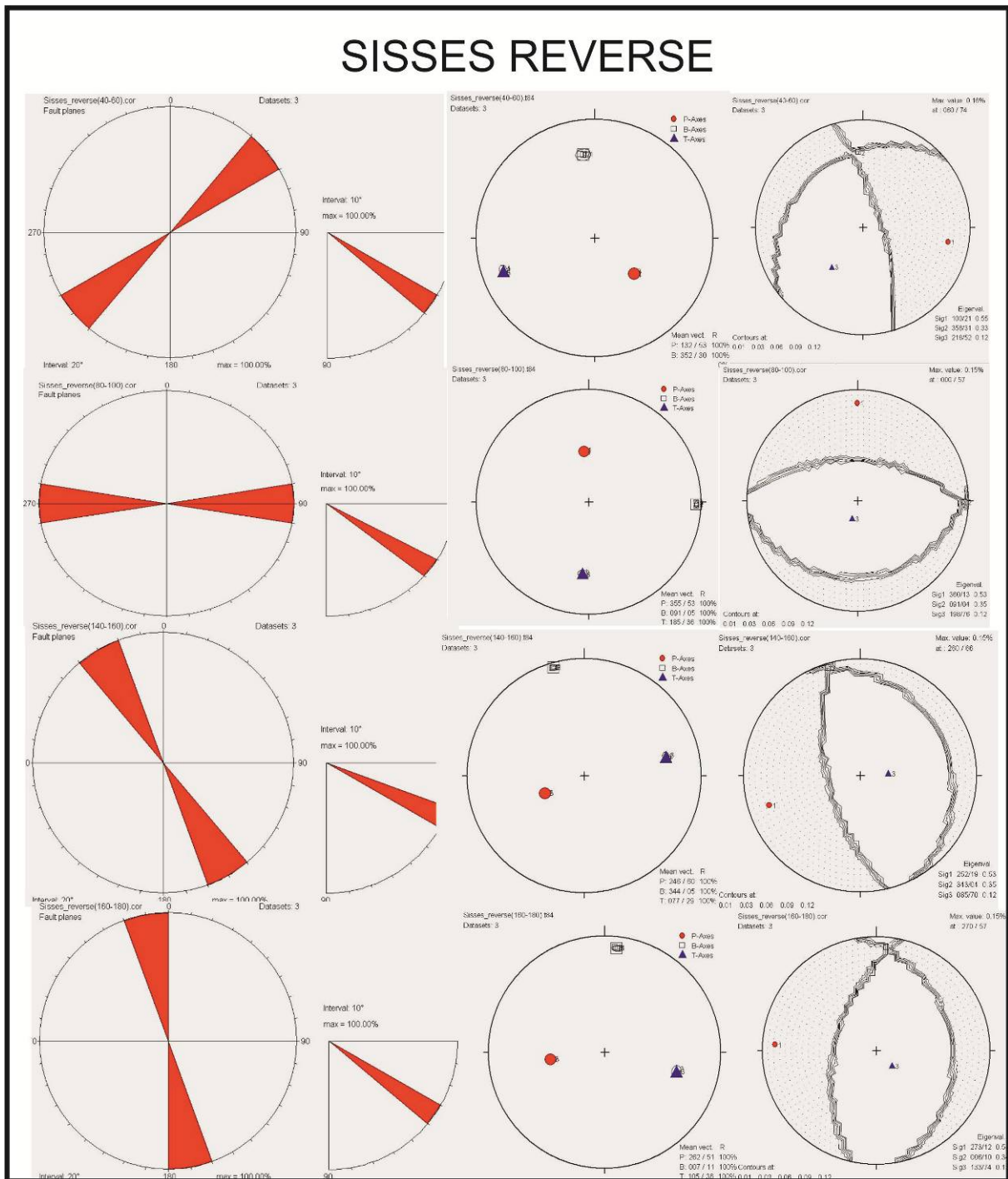
## **2.2 Αποτελέσματα της τεκτονικής επεξεργασίας**

*Ο νεότερος ρηξιγενής ιστός της περιοχής μελέτης χαρακτηρίζεται από ένα σύνολο ενεργών ρηγμάτων τα οποία έχουν επηρεάσει τόσο τα αλπικά όσο και τα μεταλλικά ιζήματα. Τα παραπάνω ρήγματα διακρίνονται με βάση την διεύθυνση τους σε τέσσερις κύριες ομάδες (σχ. 3.2, 3.3), των οποίων τα ίχνη συμπίπτουν με γραμμικά στοιχεία που προκύπτουν από την μελέτη αεροφωτογραφιών της Γ.Υ.Σ. (κλίμακας 1:33000).*

*Η πρώτη πολυπληθής ομάδα ρηγμάτων περιλαμβάνει μεγάλου μήκους (έως και 20 Km) κανονικά ρήγματα της πρώτης γενιάς (Σεραβάλλιο), με γενική διεύθυνση Α – Δ. Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει ρήγματα γενικής διεύθυνσης Β – Ν, τα οποία επηρεάζουν τα μέλη της πρώτης ομάδας (Ανωτ. Μειόκαινο - Κατ. Πλειόκαινο). Η τρίτη, επίσης, πολυπληθής ομάδα αντιπροσωπεύει μεγάλες ρηξιγενείς γραμμές, με διεύθυνση ΒΑ – ΝΔ, οι οποίες αναπτύσσονται τόσο στα αλπικά όσο και στα μεταλλικά ιζήματα. Τέλος, η τέταρτη ομάδα αντιπροσωπεύει κανονικά, κλιμακωτά ρήγματα με διεύθυνση ΒΔ – ΝΑ.*

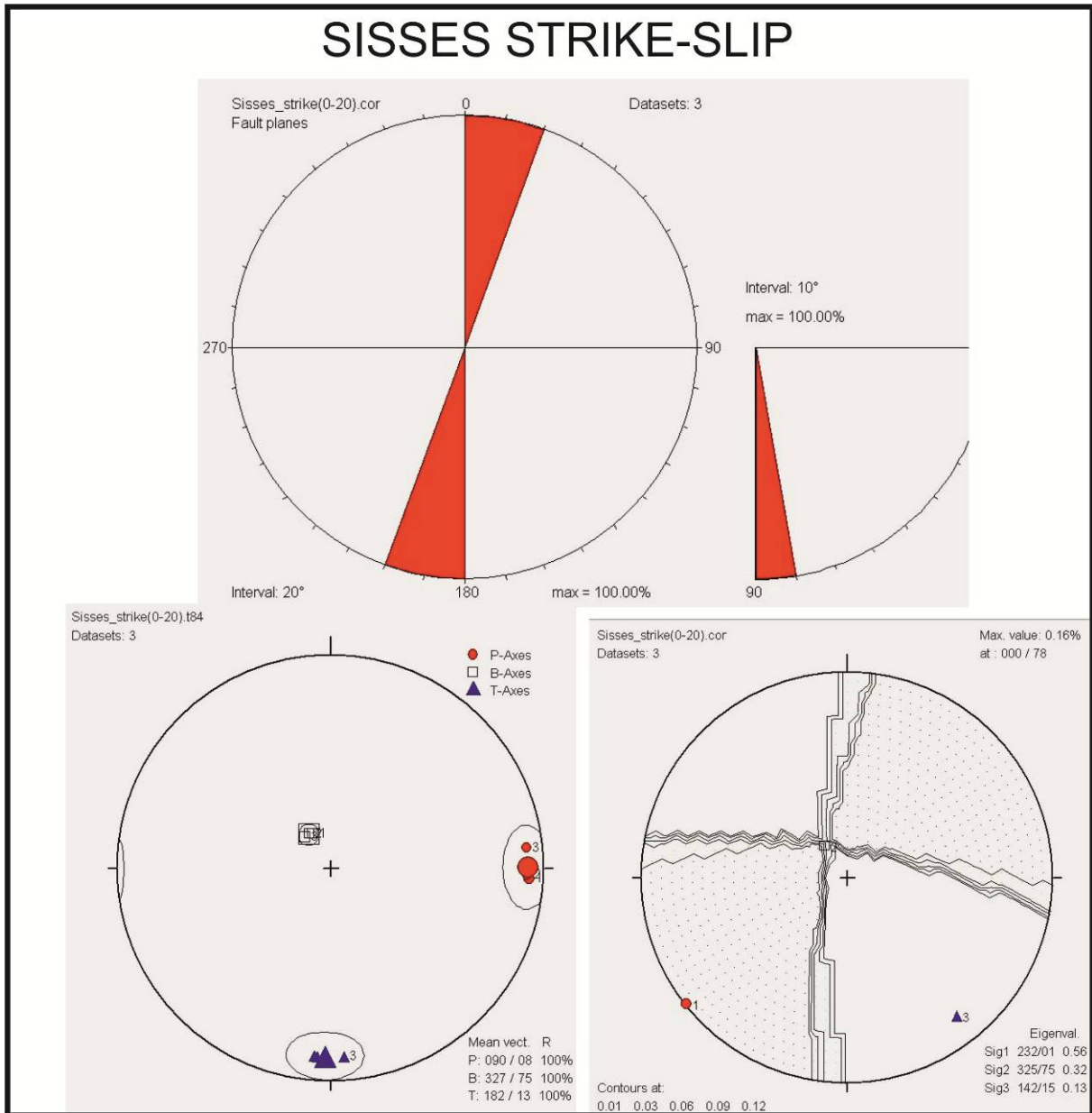


(a)

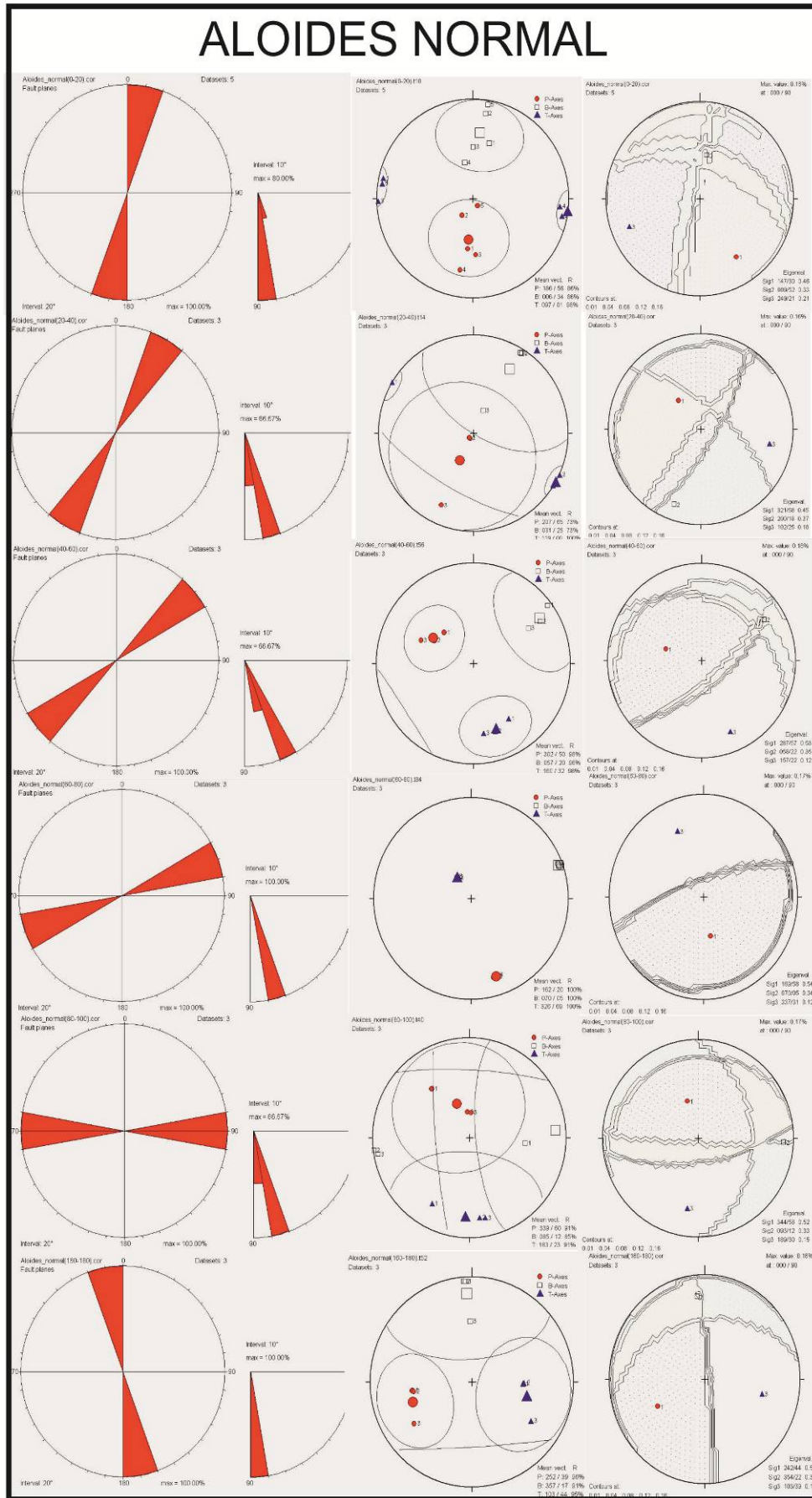


(b)





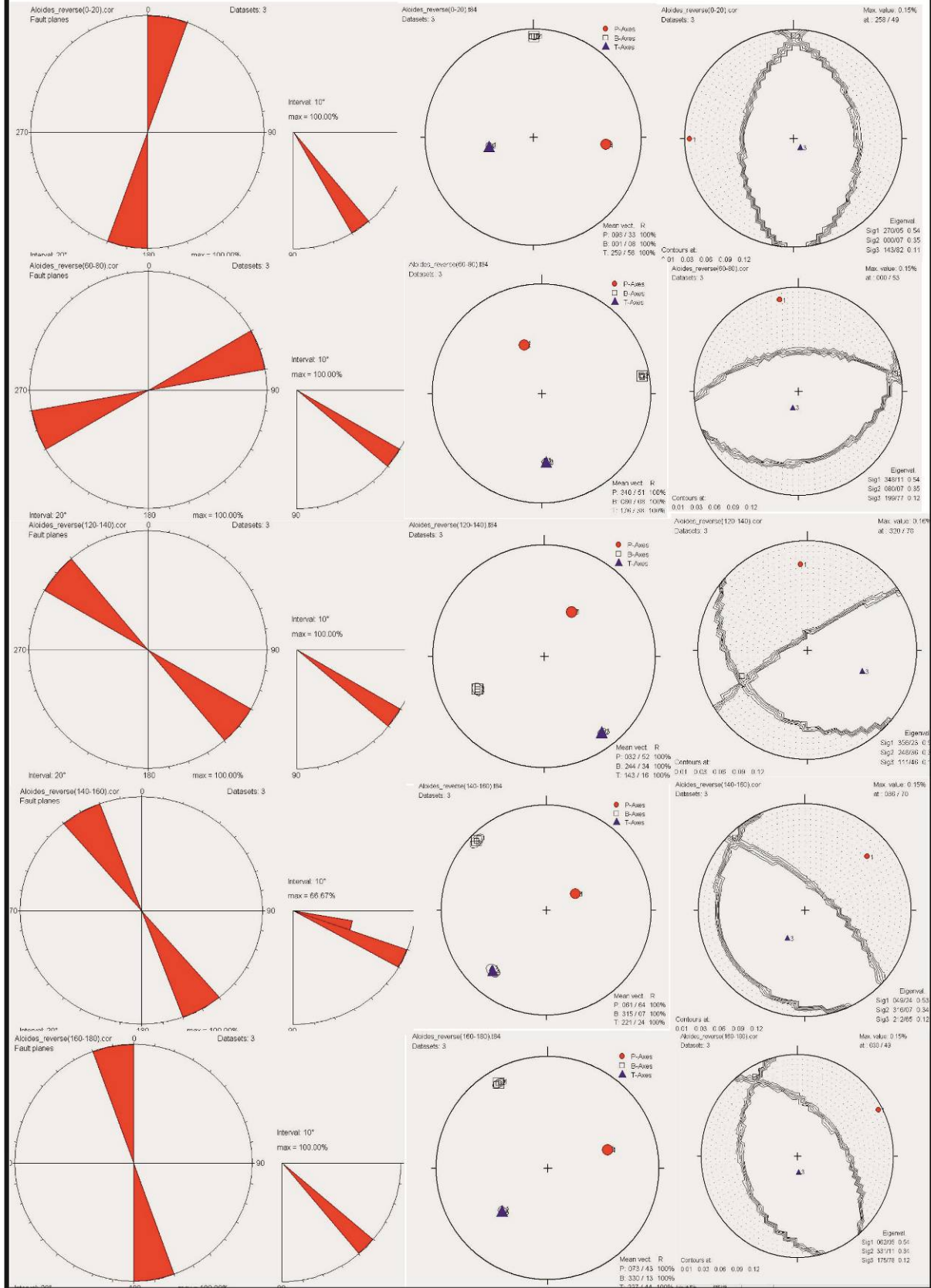
(c)



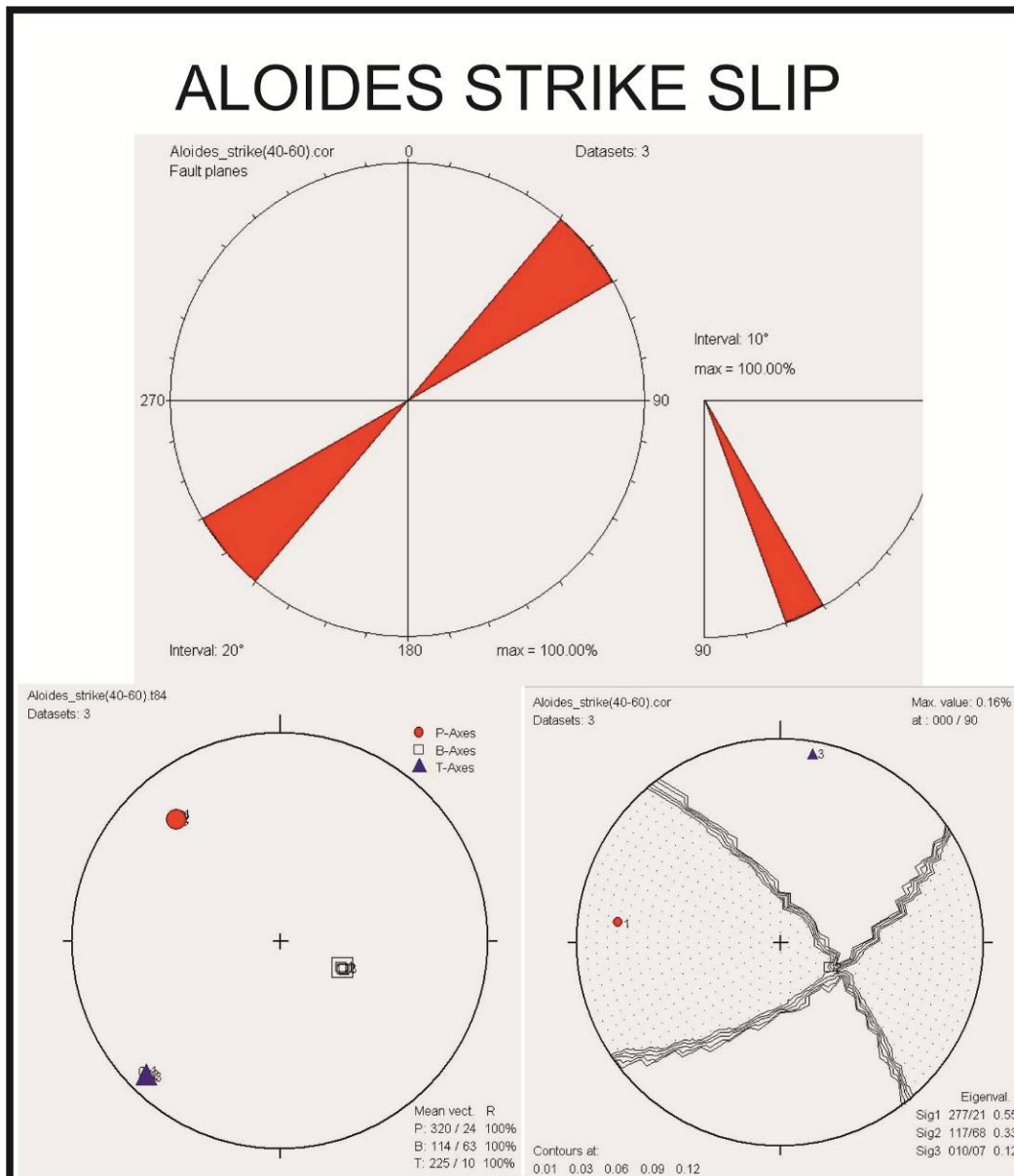
(d)



# ALOIDES REVERSE

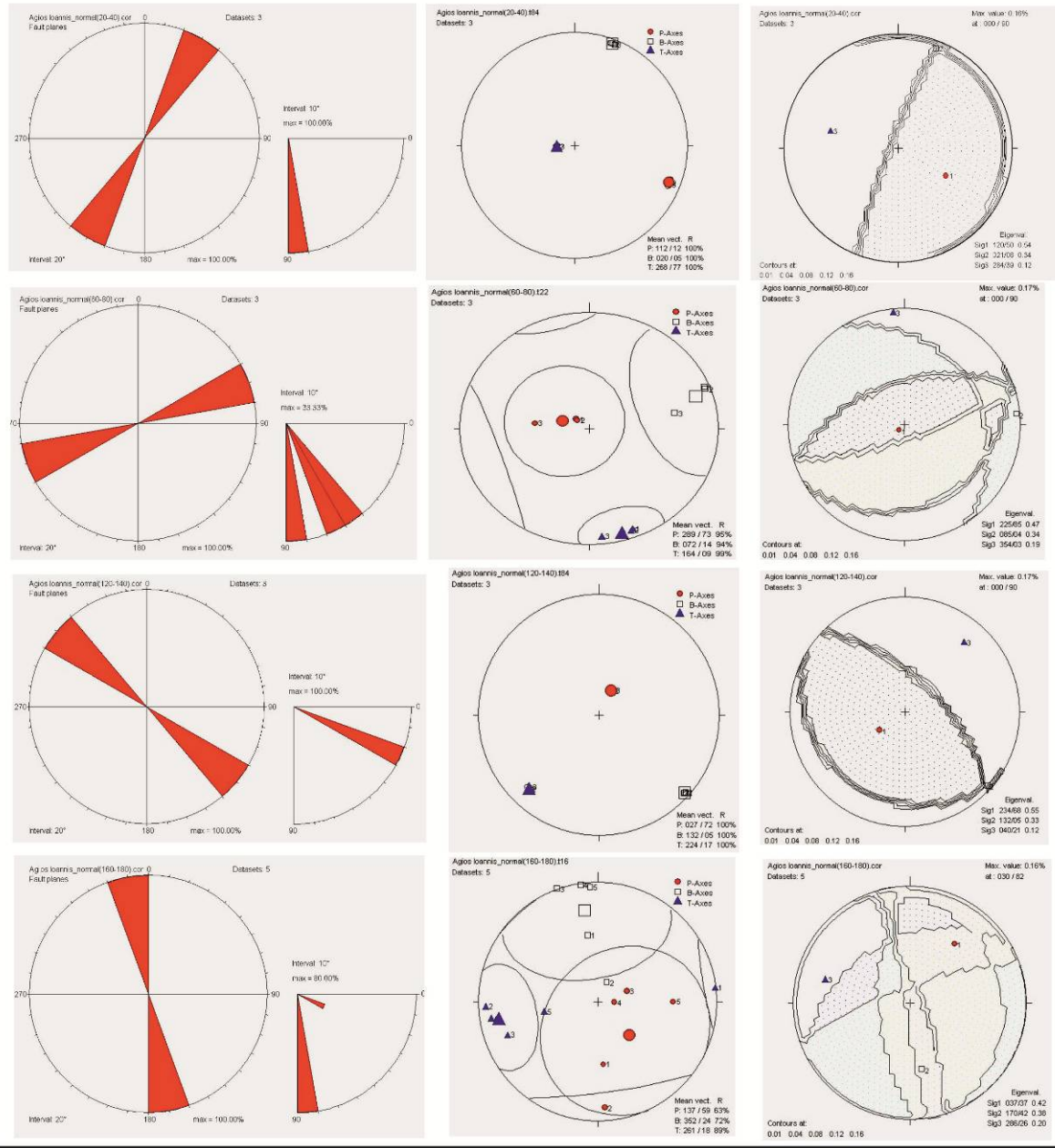


(e)

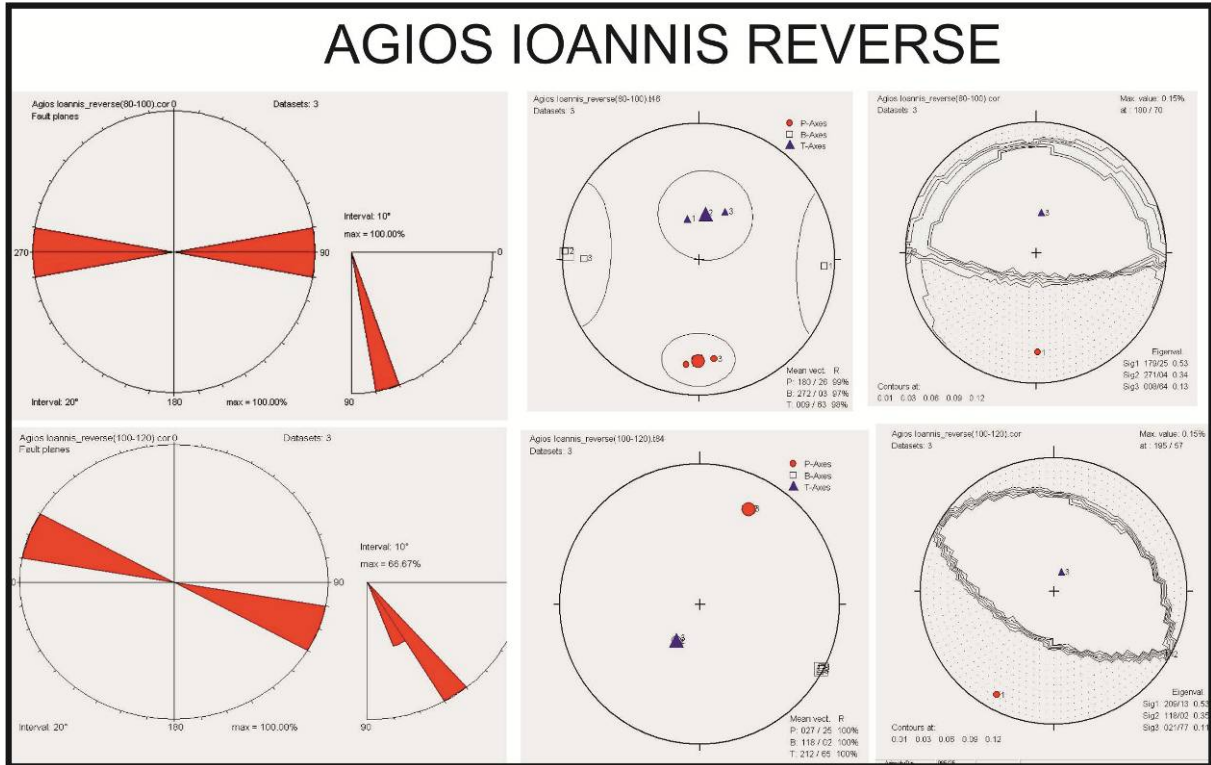


0

# AGIOS IOANNIS - NORMAL



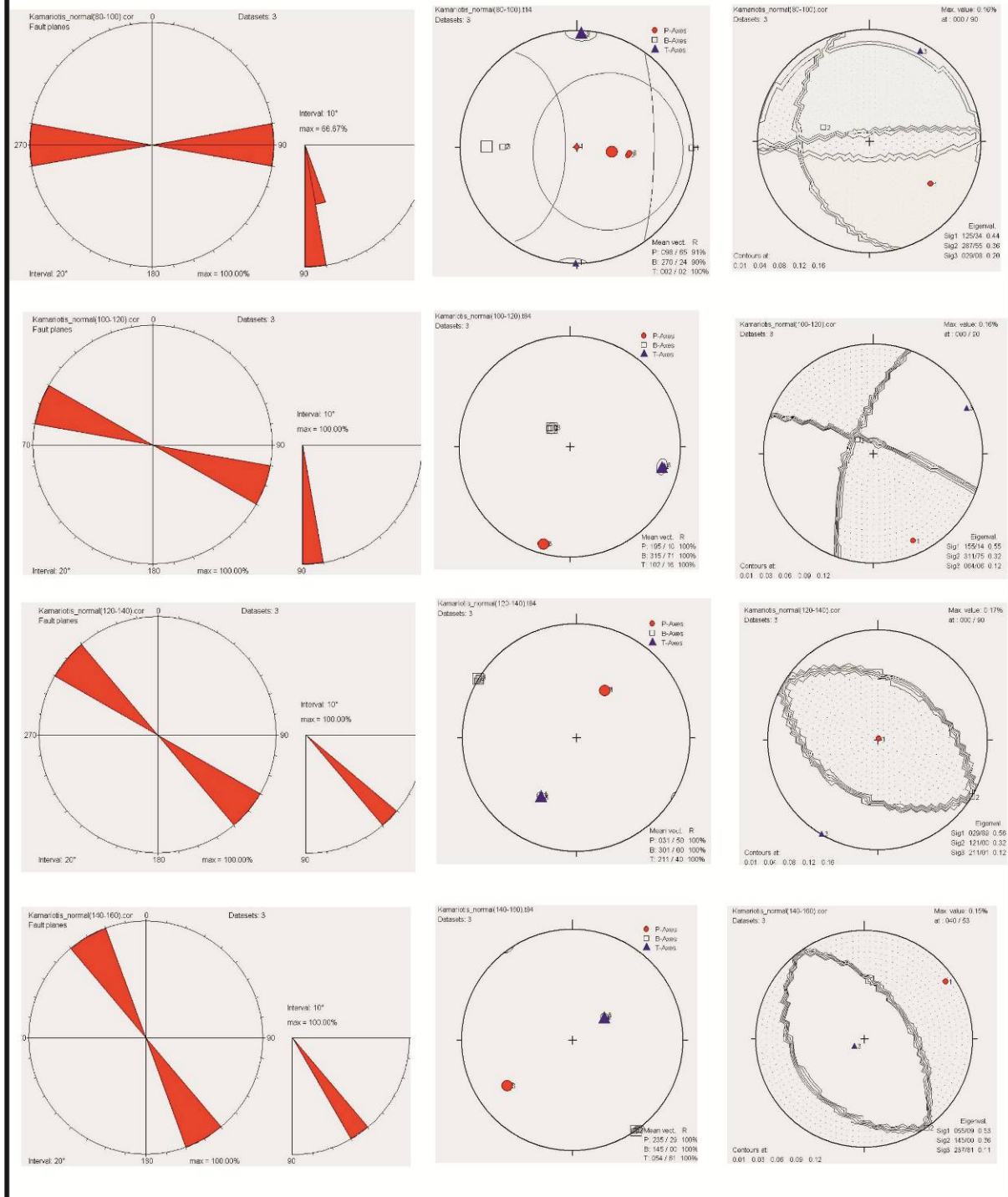
(g)



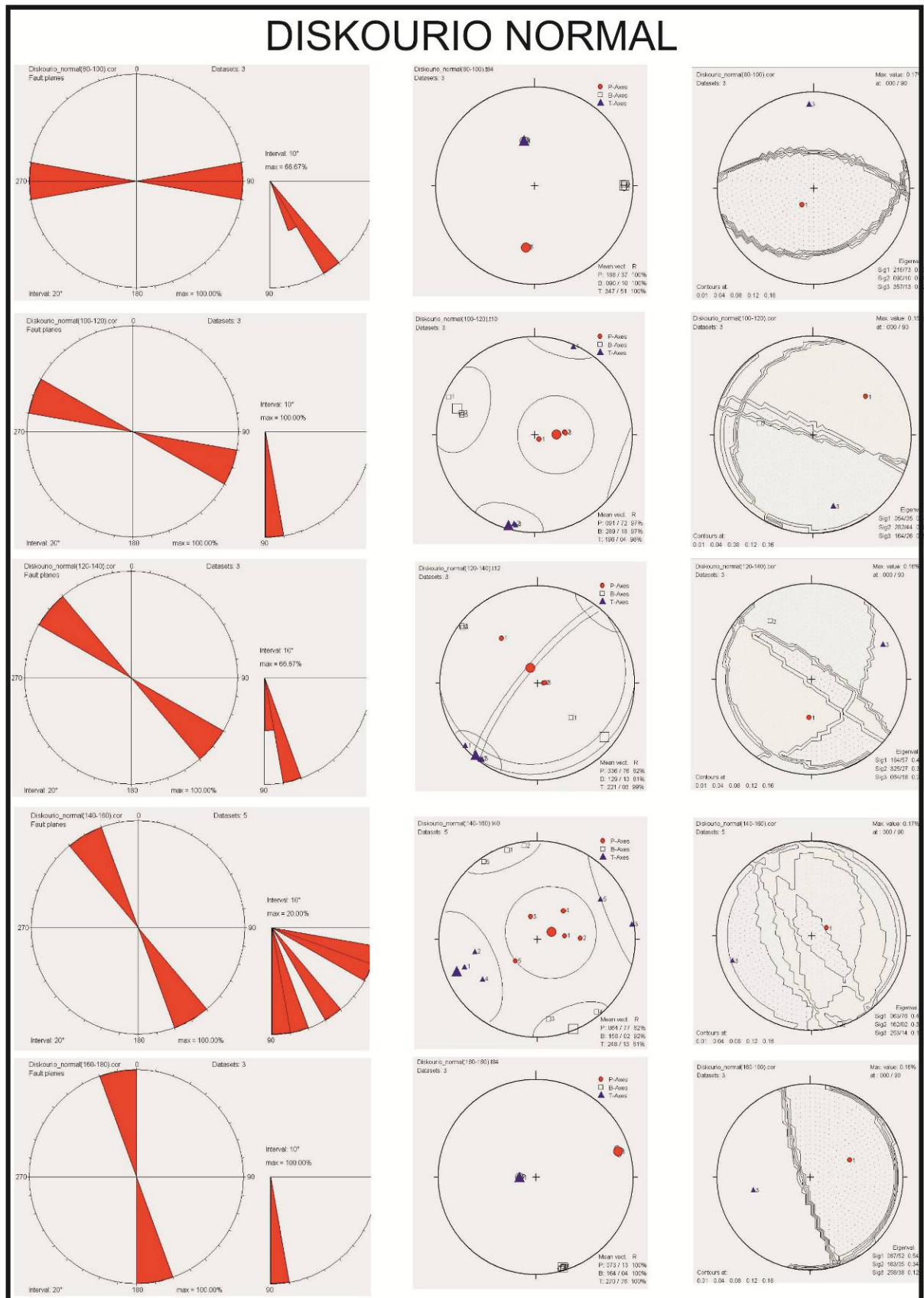
(h)



# ΚΑΜΑΡΙΟΤΙΣ NORMAL

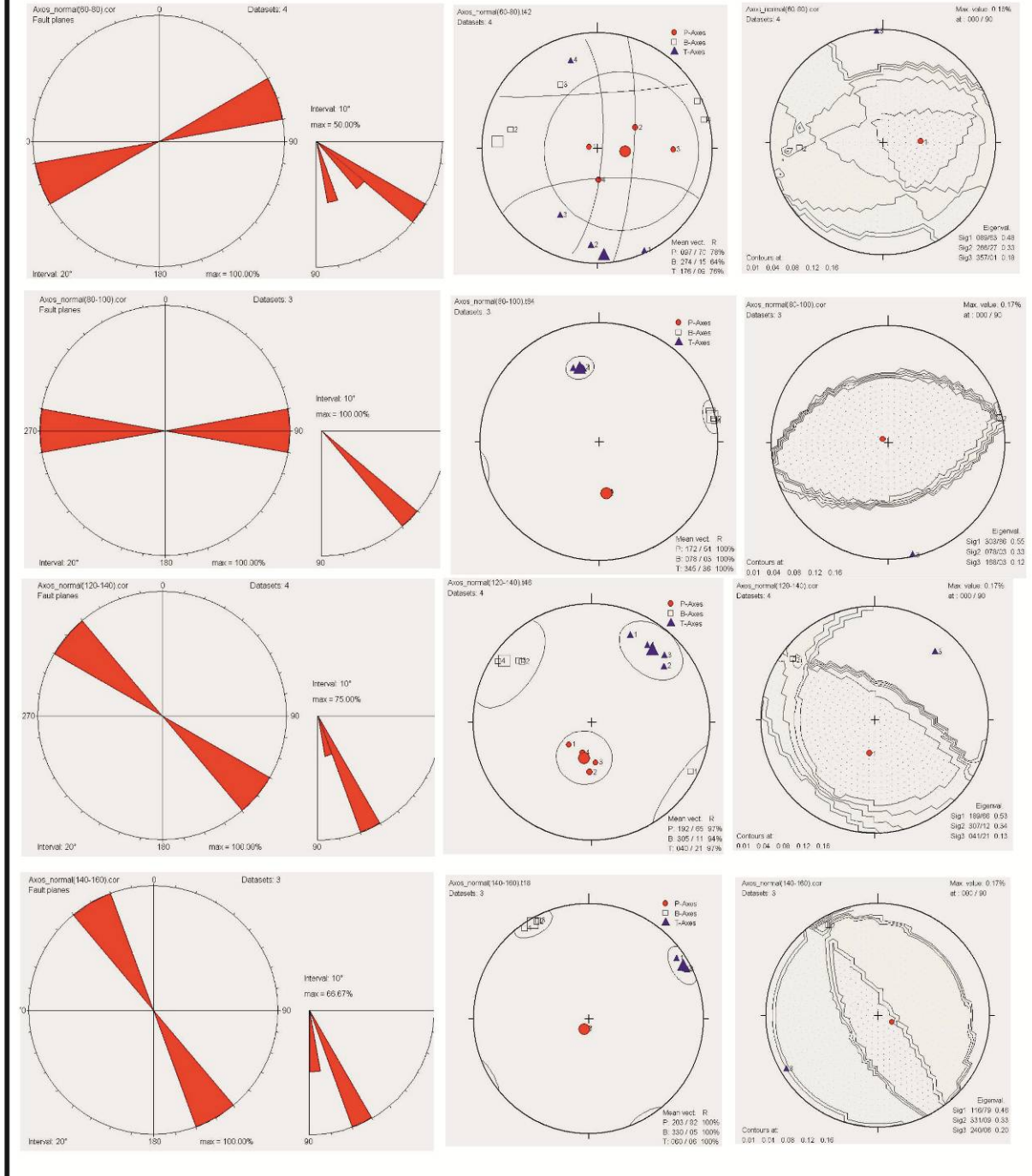


(i)

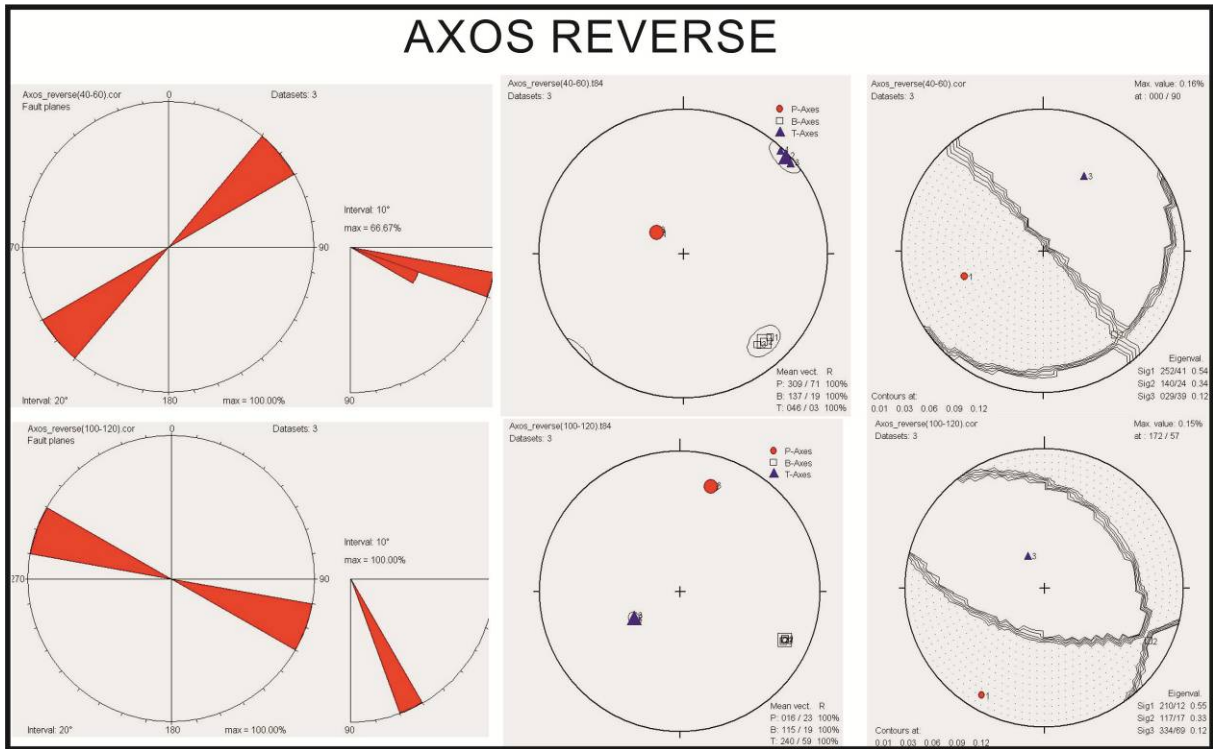


(j)

# AXOS NORMAL



(k)



(1)

Σχήμα 2.1a-1 Ταξινόμηση (σύμφωνα με την παράταξη και την κλίση) των ρηγμάτων για την ευρύτερη περιοχή Σίτσες-Αλόιδες



### 3. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

#### 3.1 Εισαγωγή

Στόχος της συγκεκριμένης εργασίας είναι η τεκτονική μελέτη της ευρύτερης περιοχής Σίτσες-Αλόιδες στην κεντρική Κρήτη. Για την τεκτονική επεξεργασία χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό FP Tectonics.

#### 3.2 Συμπεράσματα

Κάνοντας μια ανασκόπηση των όσων έχουν παρουσιαστεί στα προηγούμενα κεφάλαια παρουσιάζουμε τα κυριότερα συμπεράσματα.

- Η πρώτη πολυπληθής ομάδα ρηγμάτων περιλαμβάνει μεγάλου μήκους (έως και 20 Km) κανονικά ρήγματα της πρώτης γενιάς (Σεραβάλλιο), με γενική διεύθυνση Α – Δ.
- Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει ρήγματα γενικής διεύθυνσης Β – Ν, τα οποία επηρεάζουν τα μέλη της πρώτης ομάδας (Ανωτ. Μειόκαινο - Κατ. Πλειόκαινο).
- Η τρίτη, επίσης, πολυπληθής ομάδα αντιπροσωπεύει μεγάλες ρηξιγενείς γραμμές, με διεύθυνση ΒΑ – ΝΔ, οι οποίες αναπτύσσονται τόσο στα αλπικά όσο και στα μεταλπικά ιζήματα.
- Τέλος, η τέταρτη ομάδα αντιπροσωπεύει κανονικά, κλιμακωτά ρήγματα με διεύθυνση ΒΔ – ΝΑ. Τα μέλη των δύο τελευταίων ομάδων (Ανωτ. Πλειόκαινο) επηρεάζουν τις παλαιότερες - συγκριτικά - εφελκυστικές δομές.

#### 4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ι.Γ.Μ.Ε., Γεωλογικός χάρτης Κρήτης.

Καρακίτσιος Β. 1986. Οι λιθοστρωματογραφικές, μεταμορφικές και τεκτονικές σχέσεις μεταξύ των Φυλλιτών και της ανθρακικής σειράς της Τρίπολης στην Κεντροδυτική Κρήτη. Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., XVII, 31 – 58.

Σούλιος Γ. 1979. Γενική Υδρογεωλογία. University Studio, Θεσσαλονίκη.

Φουντούλης Ι. & Φουμέλης Μ. 2001. Ασύμμετρη ανάπτυξη υδρογραφικών δικτύων παράγων αναγνώρισης περιστροφών νεοτεκτονικών ρηξιτεμαχών. Η περίπτωση των λεκανών Στουρναρορέμματος και Μπελεσίτσα (Ν. Φωκίδας). Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Εταιρ., XXXVII/1, 227 – 234.

Bonneau M. 1973. Sur les affinites ioniennes des calcaires en plaquettes epimetamor phiques de la Crete, charriage de la serie de Gavrovo – Tripolitsa et la structure de l' arc Egeen. C.R.AC. Sc. (Paris).

Bonneau M. 1984. Correlation of the Hellenides nappes in the S.E Aegean and their tectonic reconstruction. Geol. Soc. London (Sp. Publ.), 17, 517 – 527.

Fassoulas Ch. 1999. The structural evolution of Central Crete - insight into the tectonic evolution of the South Aegean (Greece). Journal of Geodynamics, 27, 23 - 43.

Fytrolakis N. 1980. The geological structure of Crete: Problems, observations and conclusions. Habil. Thesis, Nat. Tech. Univ., Athens.

Kilias A., Fassoulas C., Mountrakis D. 1993. Tertiary extension of continental crust and uplift of Psiloritis metamorphic core complex at the central part of the Hellenic arc. Bull. Geol. Soc.Greece, XXVIII, 297-314.

Ten Veen J.H. & Postma G. 1999. Roll - back controlled vertical movements of outer - arc basins of the Hellenic subduction zone (Crete, Greece). Basin Research, 11, 243 - 266.

Καμπέρης, Ε., Κόκκινου, Ε., Μονόπωλης, Δ., 2004, Μελέτη των Υδρολογικών/υδρογεωλογικών συνθηκών στην περιοχή του άνω Γεροποτάμου (Ψηλορείτης, Κρήτη), Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας 2004, τομ. XXXVI, 1992-2001.

### **Βιβλιογραφία για την τεκτονική**

- ALTHERR, R., SCHLIESTEDT, M., OKRUSCH, M., SEIDEL, E., KREUZER, H., HARRE, W., LENZ, H., WENDT, I. & WAGNER, G. (1979): Geochronology of high-pressure rocks on Sifnos (Greece, Cyclades). -Contr. J. Miner. Petrol., 70, 245-255.
- ALTHERR, R., KREUZER, H., WENDT, I., LENZ, H., WAGNER, G.-A., KELLER, J., HARRE, W. & HOHNDORF, A. (1982): A late Oligocene/early Miocene high temperature belt in the Attico-Cycladic crystalline complex (SE Pelagonian, Greece). -GeoJ. Ib., E23, 97-164.
- ANDRIESS, P.-A., BOELRUK, N.-A., HERBEDA, E.-H., PRIEM, H.-M., VERDURMEN, E.-A., & VERSCHURE, R.-H. (1979): Dating the events of metamorphism and granitic magmatism in the Alpine Orogen at Naxos (Cyclades, Greece). -Contr. Miner. & Petrol., 69, 215-225.
- ANGELIER, J. (1979): Determination of the mean principal directions of stresses for a given fault population. -Tectonophysics, 56, T17-T26.
- ANGELIER, J., LYBERIS, N., LE PICHON, X., BARRIER, E. & HUCHON, F. (1986): The tectonic development of the Hellenic arc and the sea of Crete: A synthesis. -Tectonophysics, 86, 159-196.
- AVIGAD, D. & CARFUNKEL, Z. (1989): Low-angle faults above and below a blueschist belt, Tinos Isl., Cyclades, Greece. -Tera Nova, 1, 182-187.
- AVIGAD, D. & CARFUNKEL, Z. (1991): Uplift and exhumation of high pressure metamorphic terrains: the example of the Cycladic blueschist belt. Tectonophysics, 188, 357-372.
- AUBOUIN, J. (1959): Contribution a l' etude geologique de la Grece septentrionale: les confins de l' Epire et de la Thessalie. -Ann. geol. Pays Hellen., 10, 1-483.
- AUBOUIN, J., (1965): Geosynclines. -Developments in Geotectonics, vol. I, Elsevier ed., Amsterdam, 335p.
- AUBOUIN, J., (1973): Des tectoniques superposees et de leur simplification, par rapport aux modeles geophysiques: l'exemple des Dinarides, paleotectonique, tectonique, tarditectonique, neotectonique. -Bull. Soc. Geol. France, (7), 15, 42c
- AUBOUIN, J. & DEDOUPT, J., (1965): Sur la geologie de l' Egee: regard sur la Crete (Grece). -Bull. Soc. Geol. France, (7), 7, 787-821.
- AUBOUIN, J., DERCOURT, J., NEUMANN, M. & SIGAL, J. (1965): Un element externe de la zone du Pind: la serie d'Ethia (Crete, Grece). -Bull. Soc. Geol. France, (7), 7, 753-757.
- BARBER, D.J. (1985): Dislocations and microstructures. -In H.R. Wenk (ed): Preferred Orientation in Deformed Metals and Rocks. An Introduction to modern texture analysis. Academic Press, London, 149-182.
- BIJU-DUVAL, B., DERCOURT, J., & LE PICHON, X., (1977): From the Thetys ocean to the mediterranean seas: a plate tectonic model of the evolution of the western Alpine system. -In B. Biju-Duval and L. Montadert (eds), Histoire Structurale Des Bassins Mediterranees. Split, Yugoslavia. Editions Technip. Paris, 143-164.
- BIZON, C & THIEBAULT, F. (1974): Donnees nouvelles sur l'age des marbres et quartzites du Taygete (Peloponnese meridionale, Grece). -C R. Acad. Sc.. Serie D, 278, 9-12.
- BLAKE, M.-C., BONNEAU, M., GEYSSANT, I., KIENAST, J.-R., LEPVIER, C., MALUSKI, H. & PAPANIKOLAOU, D. (1981): A geological reconnaissance of the Cycladic blueschist belt, Greece. -Bull. Geol. Soc. Amer., 92, 247-254.
- BOCCALETTI, M. (1973): Mesogea, Mesoparatethys, Mediterranean and Paratethys: Their possible relations with the Tethys ocean development. -Ofioliti, 4, 83-96.
- BONNEAU, M. (1970): Les lambeaux allochtones du revers septentrional du massif des Psiloriti (Crete moyenne, Grece). -Bull. Soc. Geol. France, (7), 12, 1124-1129.

- BONNEAU, M. (1972a): Existence d'un lambeau de cristallin ch~vauchant sur la serie du Pinde en Crete moyenne (Grece). -C R. Acad. Sc. Paris, 274, 2133-2136.
- BONNEAU, M. (1972b): La nappe metamorphique de l'Asteroussia, lambeau d'affinites pelagoniennes charie jusque sur la zone zone de Tripolitza de la Crete moyenne (Grece). -C R. Acad. Sc. Paris, 275, 2303-2306.
- BONNEAU, M. (1973): Sur les affinites ioniennes des "calcaires en plaquettes" epimetamorphiques de la Crete, le charriage de la serie de Gavrovo- Tripolitza et la structure de l'arc Egeen. -CR. Acad. Sc. Paris, 277, 2453-2456.
- BONNEAU, M. (1976): Esquisse structurale de la Crete alpine. -Rapp. 5, Call. Geol. regions Egeennes; Orsay. Bull. Soc. Geol. France, 2, 155-157
- BONNEAU, M. (1982): Evolution dynamique de l'Arc Egeen depuis le Jurassique superieur juspu'au Miocene. -Bull. Soc. Geol. France, 24, 229-242.
- BONNEAU, M. (1984): Correlation of the Hellenides nappes in the south-east Aegean and their tectonic reconstruction. -Geol. Soc. London, sp. publ., 17,517-527.
- BONNEAU, M. & FLEURY, J.-J. (1971): Precisions sur la serie d' Ethia (Crete, Grece): existence d' un premier flysch mesocretace. -CR. Acad. Sc. Paris, 272, 1840-1842.
- BONNEAU, M. & ZAMBETAKIS, A. (1975): La serie Mangassa de la Crete orientale (Grece): une klippe d'origine pindique externe. -C R. Acad. Sc. Paris, 281, 1719.
- BONNEAU, M., BEAUDVAIS, L. & MIDDLEMISS, F.-A. (1974): L' unite de Miamou (Crete, Grece) et sa macrofaune d'age J urassique superieur (Brachiopods, Madreporaires). - Ann. soc. geoJ. Nord. 94.71-85.
- BROWN, E.H. (1977): Crossite content of Ca-amphibole. -1. Petrol. 18.53-72.
- BRUN, J.P. .. SOKOUTIS, D. & VAN DEN DRIESSCHE, J.L.. (1994): Analogue modelling of detachment fault systems and core complexes. -Geology, 22, 319322.
- BRUNN, J.H. (1956): Etude geologique du Pindos septentrional et de la Macedoine occidentale. -Ann. geaJ. Pays Hellen., 7. 1-358.
- BUICK I.-S. (1991): Mylonite fabric development on Naxos. Greece. -1. Struct. GeaJ., 13. 643-655.
- BURCHFIEL, B., ZHILIANG, C, HODGES, K., YUPING, L., ROYDEN, L., CHANG RONG, D. & JIENE, X. (1992): The south Thibetan detachment System, Himalayan Orogen: Extension contemporaneous with and parallel to Shortening in a collisional Mountain belt. - Geoi. Soc. Am., Spec. Pap., 269, 141.
- BURG, J.P., IVANOV, Z., RICOU, E.L., OIMOR, D. & KLAIN, L. (1990): Implications of shear-sense criteria for the Tectonic evolution of the central Rhodope massif, S. Boulgaria. -Geology, 18.451-454.
- CARMIGNM'Y, L. & KLIIEGFIELD, R. (1990): Crustal extension in the northern Appenines: the transition from compression to extension in the Alpi Apuane core complex. - Tectonics, 9, 1275-1305.
- CA YEUX, L. (1902): Sur la composition et l'age des terrains metamorphiques de la Crete. -e. R. Acad. Sc. Paris, 134, 1116-1119.
- CHALIKIOPOYLOS, L. (1903): Sitia, die Osthalsinsel Kretas. - Veroeff d. Inst. F Meerskunde, 4.
- CHOUKROUNE, P., GAPAIS, D. & MERLE, O. (1987): Shear criteria and structural symmetry. -1. Struct. Geoi., 9, 525-530.
- CLOOS, M. (1982): Flow melanges: numerical modeling and geological constrains on their origin in the Franciscan subduction complex, California. -Bull. Geoi. Soc. Am., 93, 330-345.
- CRESPI, J.-M. (1986): Some guidelines for the practical application of Fry's methll of strain analysis. -J. Struct. Geoi., 8, 799-808, 1986.
- CREUTZBURG, N. (1961): Uber junge Verschuttungserscheinungen auf der Insel Krete und ihre Bezeichnungen zum KLima des Pleistozans. -Ann. Geoi. d. Pays HeiJ., 12, 1-11.

- CREUTZBURG, N. & SEIDEL, E. (1975): Zum Stand der Geologie des präneogens auf Kreta. -N. Jb. Geol. Palaont. Abh., 149, 363-383.
- CREUTZBURG, N., DROOGER, c.-W., MEULENKAMP, I.-E., PAPANASTASIOU, I., SANNEMANN, W., SEIDEL, E. & TATARIS, A. (1977): General geological map of Crete (scale 1:200.000). -Institute of Geological and Mining Research, Athens.
- DAVIS, G.-H. (1983): A shear zone model for the origin of metamorphic core complex. *Journal of Metamorphic Geology*, 1, 342-350.
- DERCOURT, I. (1972): The Canadian cordillera, the Hellenides and the sea floor spreading theory. -*Canadian Journal of Earth Sciences*, 9, 709-743.
- DEWEY, J., PITMAN, W., RYAN, W. & BONNIN, J. (1973): Plate tectonics and the evolution of the Alpine system. -*Geological Society of America Bulletin*, 84, 3137-3180.
- DING, Z. (1984): Some formulae for calculating the parameters of the strain rate. *Tectonophysics*, 110, 167-175.
- DUNNET, D. (1969): A technique of finite strain analysis using optical thin sections. *Tectonophysics*, 7, 117-136.
- DURR, S., ALTHERR, R., KELLER, J., OKRÛSCH, M. & SEIDEL, E. (1978): The median Aegean Crystalline Belt. Stratigraphy, Structure, Metamorphism, Magmatism. -In: Cloos H., Roeder D. & Schmidt K., Alps, Appenines, Hellenides, Stuttgart.
- ENGELDER, J.T. (1974): Cataclasis and the generation of fault gouge. -*Bull. geol. Soc. Am.*, 85, 1515-1522.
- ETCHECOPAR, A. & VASSEUR, G. (1987): A 3-D Kinematic model of fabric development in polycrystalline aggregates: comparisons with experimental and natural examples. -*Struct. Geol.*, 9, 705-717.
- ETHERIDGE, M.A., WALL, V.J., COX, S.F. & VERNON, R.H. (1984): High fluid pressures during regional metamorphism and deformation: implications for mass transport and deformation mechanisms. -*Journal of Geophysical Research*, 89, 4344-4358.
- EPTING, M., KUDRASS, H. & SCHAFFER, A. (1972): Stratiographie et position des séries métamorphiques aux Talea Ori. -*Zeitschrift für Geologie*, 123, 365-370.
- EVIRGEN, M. & ATAMAN, G. (1981): Study of metamorphism of the central Menderes Massif: isograds, pressure and temperature. - *Yebilimleri (Hacatepe Univ.)* 7, 15-26.
- FASSOULAS, c., KILIAS, A. & MOUNTRAKIS, D. (1994): Post-nappe stacking extension and exhumation of the HP /L T rocks in the island of Crete, Greece. *Tectonics*, 13, 1, 127-138.
- FASSOULAS, c., KILIAS, A., MOUNTRAKIS, D. & MARKOPOULOS, T. (1993): Miocene extension in the Psiloritis Metamorphic core complex, Central Crete, Greece. -In National Technical University of Athens (eds): Special issue dedicated to Prof. A. Panagos, 885-903.
- FRY, N. (1979): Randomly distributions and strain measurements in rocks. *Tectonophysics*, 60, 89-105.
- FRANTZ, L. (1992): Die polymetamorphe Entwicklung des Altkristalline auf Kreta und im Dodekanes (Griechenland): eine geologische, geochemische und petrologische Bestandsaufnahme. - (Diss). Enke Verlag, Stuttgart.
- GAUTIER, P. & BRUN, J.P. (1994): Crustal-scale geometry and kinematics of late-orogenic extension in the central Aegean, Cyclades and Evvia island. *Tectonophysics*, 238, 399-424.
- GRAHAM, C. & POWELL, R. (1984): A garnet-hornblende geothermometer: calibration, testing, and application to the Pelona schist, Southern California. *J. Met. Geol.*, 2, 13-31.
- GREILING, R. (1982): The metamorphic and structural evolution of the phyllite-quartzite nappe of western Crete. -*Struct. geol.*, 4/3, 291-297.

- HALL, R. (1977): Basement and cover rock history in western Tethys: HT-LP metamorphism associated with extensional rifting of Gondwana. -In Audley-Charles, M.G. & Hallam, A. (eds): Gondwana and Tethys. Geol. Soc. spec. Publ., 37, 41-50.
- HALL, R. & AUDLEY-CHARLES, M.G. (1983): The structure and regional significance of the Talea ori, Crete. -J. Struct. Geol., 5, 167-179.
- HALL, R., AUDLEY-CHARLES, M.G. & CARTER, D.I. (1984): -The significance of Crete for the evolution of the eastern Mediterranean. -Geol. soc. London, sp. publ., 17, 49-516.
- HANCOCK, M. (1985): Brittle microtectonics: Principles and practice. -1. Struct. Geol., V7, 3/4, 437-457.
- HANNA, S. & FRY, N. (1979): A comparison of methods of strain determination in rocks from southwest Dided (Pembrokeshire) and adjacent areas. -1. Struct. Geol., 1, 156-162
- HARMS, T., JAYKO, A. & BLAKE, M.-C. jr (1992): Kinematic evidence for extensional unroofing of the Franciscan complex along the Coast Range Fault, northern Diablo Range, California. -Tectonics, 11, 228-241.
- HOBBS, B. (1971): The analysis of strain in folded layers. -Tectonophysics, 6, 353-401.
- HOBBS, B. MEANS, W. & VILLIAMS, P. (1970): An outline of structural geology. John Wiley & Sons, Inc. New York, 571pp.
- HOBBS, B.E. & ORD, A. & TEYSSIER, C. (1986): Earthquakes in the ductile regime. Pure & Appl. Geophys., 124, 309-336.
- HSU, T. (1966): The characteristics of coaxial and non-coaxial strain-paths. -1. Strain. Anal., 1, 216-222.
- HYNES, A.J. & NISBET, E.G. & SMITH, A.G., WELLAND, W.J.P. & REX, D.C. (1972): Spreading and emplacement ages of some ophiolites in the Othris region (eastern central Greece). -2. dt. Geol. Ges., 123, 455-468.
- JACOBSHAGEN, v., MAKRIS, J., RICHTER, D., BACHMANN, H.G., DOERT, D., GIESE, P. & RISCH, H. (1976): Alpidischer Gebirgsbau und Krustenstruktur des Peloponnes. -2. dt. Geol. Ges., 127, 337-363.
- KARAKITSIOS, V. (1979): Contribution a l'etude geologique des Hellenides. Etude de la region de Sellia (Crete moyenne, Grece). -These 3e cycle, de. UniY. P. et M. Curie. Paris, 155pp.
- KALISIKA, G. (1977): La structure tectonique d'Attique et d'ile d'Eubee -Proc. 6th Colloq. Geol. Aegean Region, 211-228.
- KAUFFMAN, G., KOCKEL, F. & MOLLAT, H. (1976): Notes on the stratigraphic and paleogeographic position of the Svoula Formation in the Innermost Zone of the Hellenides (Northern Greece). -Bull. Soc. geol. France, 18, 225-230.
- KILIAS, A, SOTIRIADIS, L. & MOUNTRAKIS, D. (1986): New data concerning the structural geology of the Western Crete. The transgressive carbonate mass of the Herospilion Area. -Geol. Geoph. res. Special Issue, 101-111, 20-223.
- KILIAS, A, FRISCH, W., RASCHBACHER L. & SFEIKOS, A (1990): Structural evolution and P-T conditions of metamorphism of blue schists of E. Thessaly (Greece). -Bull. Geol. Soc. Greece, XXI/I, 81-99.
- KILIAS, A, FASSOULAS, c., PRINIOTAKIS, M., FRISCH, W. & SFEIKOS, A (1991): Deformation and HP/LT Metamorphic conditions at the tectonic window of Kranea (W. Thessaly, N. Greece). -2. dt. Geol. Ges., 142, 87-96p.
- KILIAS, A, FASSOULAS, CH. & MOYNTAKIS, D. (1994): Tertiary extension of continental crust and uplift of Psiloritis "Metamorphic core complex", in the central part of the Hellenic arc (Crete, Greece), -Geol. Rundsch, 83, 417-430.
- KLIGFIELD, R., CARMIGMANI, L. & OWENS, W. (1981): Strain analysis of a Northern Apennine shear zone using deformed marble breccias. -1. Struct. Geol., 3, 421-436.
- KNIPPE, R.J. (1989): Deformation mechanisms-recognition from natural tectonites. -1. Struct. Geol., 11, 127-146.



- KNIPE, R.J. & LAW, R.D. (1987): The influence of crystallographic orientation and grain boundary migration in microstructural and textural evolution in an S-C mylonite. - *Tectonophysics*, 135, 153-169.
- KOBER, L. (1952): Leitlinien der Tektonik Jugoslawiens. - *Serb. Akad. Wiss.*, 189.
- KOCKEL, F. & WALTER, H. (1968): Zur Geologischen Entwicklung des Sudlichen Serbomazedonischen massivs (Nordgriechenland). - *Bulg. Akad. Sc. Bull. Geol. Inst. Geot. Str. Lyth. KH. XVII*, 133-142.
- KOENIG, H. & KUSS, S. (1980): Neue Daten zur Biostratigraphie des permotriadischen Autochthons der Insel Kreta. - *N.lh. Geol. Palaont. Mh.*, 1980, 525.
- KOPP, K.-O., OTI, E. (1977): Spezialkartierungen in Umkreis neuer Fossilfunde im Trypali- und Tripolitsa-Kalken West-Kretas. - *N. lb. Geol. Palaont. Mh.*, 1977,(5), 217-238.
- KRAHL, J. (1982): The significance of the Blue-schists in the area of Monastery Preveli, south-western part of central Crete, Greece. - In H.E.A. T., *proc.*, vol. 1, 298-305, Athens.
- KRAHL, J., HERBART, H. & KATZENBERGER, S. (1982): Subdivision of the allocthonous Ophiolites-bearing formation upon the Pindos group. south-western part of central Crete, Greece. - In H.E.A. T., *proc.*, vol. 1, 32-1--3-1-2., Athens.
- KRAHL, J., KAUFMANN, G., KOZUR, H., RICHTER, D., FORSTER, O. & HEINRITZI, F. (1983): Neue Daten zur Biostratigraphie und zur tektonischen Lagerung der Phyllit-Gruppe und der Trypali-Gruppe auf der Insel Kreta (Griechenland). - *Geol. Rdsch.*, 72, 1147-1166.
- KRANTZ, R.L. (1983): Microcracks in rocks. A review. - *Tectonophysics*, 100, 449-480.
- KRONBERG, P., MEYER, W. & PILGER, A. (1970): Geologie der Rila-Rhodope Masse zwischen Strimon und Nestos. - *Seith. Genf. Jb.* 83. 133-180.
- KUSS, S.-E. & THORBECKE, G. (1974): Die praeogenen Gesteine der Insel Kreta und ihre korellierbarkeit im agalschen Raum. - *Ber. Naturforsch. Ges. Freiburg*, 64, 39-75.
- LAW, R.D. (1987): Heterogeneous deformation and quartz crystallographic fabric transitions: natural examples from the Stack of Glencoul, northern Assynt. - *J. Struct. Geol.*, 9, 819-833.
- LEE, J. & LISTER, G. (1992): Late Miocene ductile extension and detachment faulting, Mykonos, Greece. - *Geology*, 20, 121-124.
- LE PICHON, X. & ANGELIER, J. (1979): The Hellenic Arc and Trench system: a key to the neotectonic evolution of the eastern Mediterranean area. *Tectonophysics*, 69, 1-42.
- LE PICHON, X., CHAMOT-ROOKE, N., HUCHON, P. & LUXEY, P. (1993): Implications des nouvelles mesures de geodesie spatiale en Grece et en Turquie sur l'extrusion laterale de l'Anatolie et de l'EEge. - *C.R. Acad. Sci. Paris.*, 316, 983-990.
- LIN, S. & WILLIAMS, F. P. (1992): The geometrical relationship between the stretching lineation and the movement direction of shear zones. - *J. struct. Geol.*, 14, 491-497.
- LISLE, R. (1977): Clastic grain shape and orientation in relation to cleavage from Aberystwyth grits, Wales. - *Tectonophysics*, 39, 381-395.
- LISLE, R. (1985): *J-geological strain analysis*. - Pergamon Press, Oxford.
- LISTER, G.-S. & WILLIAMS, P.-T. (1979): Fabric development in shear zones, theoretical controls and observed phenomena. - *J. Struct. Geol.*, 1, 283-299.
- LISTER, G.-S. & HOBBS, B.-E. (1980): The simulation of fabric development during plastic deformation and its application to quartzite: the influence of deformation history. - *J. Struct. Geol.*, 2, 355-370.
- LISTER, G.-S. & WILLIAMS, P.-T. (1983): The partitioning of deformation in flowing rock masses. - *Tectonophysics*, 92, 1-33.
- LISTER, G.-S. & SNOKE, A.-W. (1984): S-C Mylonites. - *J. Struct. Geol.*, 6, 617-138.
- LISTER, G.-S. & DAVIS, G.-A. (1989): The origin of metamorphic core complexes and detachment faults formed during Tertiary continental extension in the northern Colorado River region, U.S.A. - *J. Struct. Geol.*, 11, 65-94.

- LISTER, G.-S., BANGA, G. & FEENSTRA. A. (1984): Metamorphic core complexes of cordilleran type in the Cyclades, Aegean Sea. Greece. -*Geology*, 12, 221-225.
- MARINOS. G. (1957): Zur Gliederung Ostgriechenlands in tektonische zonen. -*Geol. Rdsch* .. 46. 2, 421-426.
- MATTHWES, P., BOND, R. & VAN DEN BERG, J. (1971): Analysis and structural implications of a kinematic model of similar folding. -*Tectonophysics*, 12, 129-154.
- MERCIER, J. (1968): Etude geologique des zones Internes des Hellenides en Macedoine centrale (Grece). Contribution a l'etud~ du metamorphisme et de l'evolution magmatique des zones internes des Hellenides. - Theses, Paris 1966, *Ann. Geol. Pa.:sHellen*, 20. 1-792.
- MERCIER. L. M., SOREL, D. & SIMEAKIS, K. (1987): Changes in the state at' stress in the overriding plate of a subduction zone: the Aegean Arc from the Pliocene to the Present. -*Ann. Tectonicae*, I, 20-39
- MEULENKAMP, J.-E., JONKERS, A & SPPAK P. (1977): Late Miocene to early Pliocene development of Crete. - VI Col. *Geol. Aegean region*, Athen. 269-280
- MEULENKAMP, J.-E., WORTEL, M.-J.-R., VAN WAMEL, W.-A, SPAKM-\N, W. & HOOGERDUYNSTRATING, E. (1988): On the Hellenic subduction zone and the geodynamic evolution of Crete since the late Middle Miocene. -*Tectonophysics*, 146, 203-215.
- MILLER, D.-M. & CHRISTIE, J.-M. (1981): Comparison of quartz microfabric with strain in recrystallized quartzite. -1. *Struct. Geol.*, 3, 129-141.
- MOUNTRAKIS, D., SAPOUNTZIS, E., KILLAS. A, ELEITHERIADIS. G., & CHRISTOFIDES, G., (1983): Paleogeographic conditions in the western pelagonian margin in Greece during the initial rifting of the continental area. *Canad. J. Earth Sci.*, 20, 1673-1681.
- MOUNTRAKIS, D., KILIAS, A & ZOUROS, N. (1993): Kinematic analysis and Tertiary evolution of Pindos-Vourinos Ophiolites (Epirus-Western Macedonia, Greece). -*Bull. Geol. Soc. Greece*, XXII/I,.
- OLENSEN, N.O. (1987): Plagioclase fabric development in a high grade shear zone, Jotunheimen, Norway. - *Tectonophysics*, 142, 291-308.
- ORD, A & CHRISTIE, J.M. (1984): Flow stresses from microstructures in mylonitic quartzites from the Moine Thrust Zone, Assynt area, Scotland. -*J. Struct. Geol.*, 6, 639-657.
- PAPANIKOLAOU, D. (1984): The three metamorphic belts of the Hellenides: a review and a kinematic interpretation. -*Spec. Publ. Geol. Soc. London*, 7. 551-561.
- PAPANIKOLAOU, D. (1987): Tectonic evolution of the Cycladic blueschist belt (Aegean Sea, Greece). -In: Helgeson H.-C & Schilling R.-D. (eds), *Chemical Transport in Metasomatic Processes*. 429-450.
- PAPASTAMATIOY. J. & REICHEL, M. (1956): Sur l'age des phyllades de l'île de Crete. - *Eclogae geol. helv.*, 49, 147-149.
- PARASKEVAIDIS, I. (1961): Über die Geologie des östlichen Asteroussiagebirges auf der Insel Kreta. -*Ann. Geol. d. Pays Hell.*, 12, 139-148.
- PASCHIER C-W. (1982): Pseudotachylite and the development of ultra-mylonite bands in the St. Bathelmy Massif, Pyrenees. -1. *Struct. Geol.*, 4, 69-79.
- PASCHIER C- W. & SIMPSON C (1986): Porphyroclast systems as kinematic indicators. -1. *Struct. Geol.*, 8, 831-843.
- PAVLIDES, S., MOYNTAKHS, D., KILIAS, A & TRANOS, M. (1990): The role of strike-slip movements in the extensional area of Northern Aegean (Greece). A case of transtensional tectonics. -*Ann Tectonicae*, IV /2, 196-211.
- PEACH, C & LISLE, R. (1979): A Fortran IV program for the analysis of tectonic strain using deformed elliptical markers. -*Comput. Geo-Sci* .. 5. 325-334.

- PLATT, J.-P. (1975): Metamorphic and deformational processes in the Franciscan Complex, California: Some insights from the Catalina schist terrane. -Bull. Geol. Soc. Am., 86, 1337-1347.
- PLATT, J.-P. (1986): Dynamics of orogenic wedges and the uplift of high-pressure metamorphic rocks. -Geol. Soc. America Bull., 97, 1037-1053.
- PLATT, J.-P. (1987): The uplift of high-pressure-low-temperature metamorphic rocks. Phil. Trans. R. Soc. Land., A321, 87-103.
- PLATT, J. -P. (1988): The mechanics of frontal imbrication: a first-order analysis. -Geol. Resch, 77/2, 357-389.
- PLATT, J.-P. & BEHRMANN H. J. (1986): Structures and fabrics in a crustal-scale shear zone, Betic Cordillera, SE Spain. -1. Struct. Geol., 8, 15-33.
- PLATT, J.-P. & VISSERS R.-L.-M. (1989): Extensional collapse of thickened continental lithosphere: a working hypothesis for the Alboran Sea and Gibraltar arc. -Geology, 17, 350-343.
- POIRIER, J.P. (1985): Creep of Crystals. -Cambridge University Press.
- POWELL, C. (1979): A morphological classification of rock cleavage. -Tectonophysics, 53, 21-34.
- RAMSEY, J. (1967): Jointing and fracturing of rocks. -Journal of Geological Society, 122, 568.
- RAMSAY, G. H. & HUBER, M. (1983/1987): The techniques of modern structural geology. vol. 1 & 2. -Academic Press Inc. XII + 307 S. & XII + 700 S.
- RATSCHBACHER, L. (1987): Quantification of deformation: Evaluation and comparison of strain-analysis techniques in metaconglomerates and phyllites of the Veitsch Nappe (Eastern Alps). -J. Geol. Palaeont., 6, 332-356.
- RATSCHBACHER, L., MERLE, O., DAVY, P. & COBBOLD, P. (1990a): Lateral extrusion in the Eastern Alps. Part 1: Boundary conditions and experiments scaled for gravity. -Tectonics, 10, 245-256.
- RATSCHBACHER, L., FRISCH, W., LINZER, H.-G. & MERLE, O. (1990b): Lateral extrusion in the Eastern Alps. Part 2: Structural analysis. -Tectonics, 10, 257-271.
- RATSCHBACHER, L., WENK, H. R. & SINTUBIN, M. (1991): Calcite textures: examples from nappes with strain-path partitioning. -J. Struct. Geol., 13, 369-384.
- RATSCHBACHER, L., RILLER, O., MESCHÉDE, M., HERMANN, O. & FRISCH, W. (1991): Second look at suspect terranes in southern Mexico. -Geology, 19, 1233-1236.
- REINECKE, T. (1982): Remnants of a Late Cretaceous high temperature belt on the island of Anafi (Cyclades, Greece). -N. Jb. Geol. Palaeont., Abh., 1-15, 17-182.
- RENTZ, C. (1947): Eine zusammenfassende Übersicht über die Mesozoische Fauna der Insel Kreta. -Eel. geol. Helv., 40, 379-384.
- RING, O. (1989): Tectonogenesis of the Penninic/Austroalpine Boundary zone: The Arosa zone. -Diss., Tuebinger Geowissenschaftliche Arbeiten, A3, 178p., Tuebingen.
- RING, U. & MERLE, O. (1992): Forethrusting, backfolding and lateral gravitational escape in the northern part of the Western Alps (Monte Rosa region). -Bull. Geol. Soc. Am., 104, 901-914.
- RUBIE, D. (1984): A thermal-tectonic model for High-pressure metamorphism and deformation in the Sesia zone, western Alps. -1. Geol., 92, 21-36.
- RUITER, E.H. (1983): Pressure solution in nature theory and experiment. -1. geol. Soc., 140, 725-740.
- SANDERSON, D. (1982): Models of strain variation in nappes and thrust sheets: a review. -Tectonophysics, 88, 201-233.
- SANNEMANN, W. & SEIDEL, E. (1976): Die Trias-Schichten von Rawdichaj in Kreta. Ihre Stellung im Kretischen Deckenbau. -N. Jb. Geol. Palaeont., Mh., 1976, 221-228.

- SCHERMER, E.R, LUX, D.R. & BURCHFIEL, B.C. (1989): Age and tectonic significance of metamorphic events in the Mt. Olympos region, Greece. -Bull. GeoJ. Soc. Greece, 23, 13-27.
- SCHMID, S.M. (1982): Microfabric studies as conditions of deformation mechanisms and flow laws operative in mountain building. -In Hsu, K.L. (edt): Mountain Building Processes. Academic Press., London, 95-110.
- SCHMID, S.M. & CASEY, M. (1986): Complete fabric analysis of some commonly observed quartz C Axis patterns. -In Hobbs, B.E. & Heard, M.C. (eds): Mineral and Rock Deformation Laboratory Studies- The Paterson volume, Am. Geophys. Un. Geophys. Monogr., 36.
- SCHMID, S.M., PANOZZO, R. & BAUER, S. (1987): Simple shear experiments on calcite rocks: rheology and microfabric (Special Research Paper). -1. Struct. GeoJ., 9, 747-778.
- SEIDEL, E. (1968): Trias- und Pindosserie der Rauiy von Paleochora (SW Kreta Griechenland). -Disser. Univ. Wurtzburg.
- SEIDEL, E. (1971): Die Pindos-Serie in West Kreta. auf der Insel Gavdos und im Kedros-Gebiet (Mittelkreta). -N. Jb. Geol. Palaont. Abh., 137, 443-460.
- SEIDEL, E. (1977): Lawsonite-bearing meta-sediments in the Phyllite-Quartzite series of SW-Crete (Greece). -N. Jb. Mi. Abh., 130, 134-1
- SEIDEL, E. (1978): Zur Petrologie der Phyllit-Quarzit-Serie Kretas ... Habilitation, Techn. Univ. Braunschweig, 145 S.
- SEIDEL, E. & OKRUSCH, M. (1976): Eo-Alpine metamorphism in the uppermost unit of the Cretan nappe system- petrology and geochronology. -Contr. Min. PetroJ., 57, 259-275.
- SEIDEL, E., OKRUSCH, M., KREUZER, H., RASCHKA, H. & HARRE, W. (1981): Eo-Alpine metamorphism in the uppermost unit of the Cretan nappe system, petrology and geochronology: Part 2. Synopsis of high temperature metamorphics and associated ophiolites. -Contr. Min. PetroJ., 76, 351-361.
- SEIDEL, E., KREUZER, H. & HARRE, W. (1982): A Late Oligocene/Early Miocene High Pressure Belt in the external Hellenides. -Geol. J., 23, 165-206.
- SENGOR, A.M.C. (1979): Mid-Mesozoic closure of Permo-Triassic Tethys and its implications. -Nature, 279, 590-609.
- SENGOR, A.M.C., GORUR, N. & SAROGLOY, F. (1985): Strike-slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape. Turkey as a case study. -In: Biddle K., Christie-Blick N.: strike-slip deformation, basin formation. And sedimentation, Tulsa Spec. PubJ. Soc. Econ. Palaeont., 37, 227-244.
- SHACKLETON M. R. & RIES C. A. (1984): Relation between regionally consistent stretching lineations and plate motions. -f. Struct. GeoJ., 6, 111-117.
- SIBSON, R.H. (1986): Brecciation processes in fault zones. Inferences from earthquake rupturing. -Pure and Appl. Geophys., 124, 159-175.
- SIMPSON, C. & SCHMID, S. (1983): An evaluation of criteria to deduce the sense of movement in sheared rocks. -GeoJ. Soc. Am. Bull., 94, 1281-1288.
- SIMPSON, C. & DE PAOR G. D. (1993): Strain and kinematic analysis in general shear zones. -f. Struct. GeoJ., 15, 1-20.
- SMITH, A.G (1971): Alpine deformation and the oceanic areas of the Tethys, Mediterranean and Atlantic. -GeoJ. Soc. Am. Bull., 82, 2039-2071.
- SWARTH, H. J. (1962): On the determination of polymetamorphic mineral associations and its application to the soft area (central Pyrenees). -GeoJ. Rdsch., 52, 3-65.
- SUPPE, J. (1989): Principles of structural geology -Prentice Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey 07632.
- TAPPONNIER, P., (1977): Evolution tectonique du system alpin en Mediterranee; poinconnement et ecrasement rigide-plastique. -Bull. Soc. GeoJ. Fr., 7, 19, 437-460

- 
- THEYE, T., SEIDEL, E. & VIDAL, O. (1992): Carphollite, sudoite and chloritoid in low high-pressure metapelites from Crete and the Peloponneses, Greece. -*Bur. f. Mineral*, 4, 487-507.
- THORBECKE, G. (1973): Die Gesteine der Ophiolith-Decke von Anogia/Mittelheta. -*Jichte Naturforsch: Gesell. Freiburg*, 63, 81-92
- TWISS, R.J. (1986): Variable sensitivity piezometric equations for dislocation density and sub-grain diameter and their relevance to olivine and quartz. -In Hobbs, B.E. & Heard, M.C. (eds): *Mineral and Rock Deformation Laboratory Studies- The Paterson volume*, Am. Geophys. Un. Geophys. Monogr., 36.
- VICENTE, J. C. (1970): Etude geologique de j'lle de Gavdos (Grece), la plus meridionale de l' Europe. -*Bull. Geol. Soc. France*, (7), XII, 481-495.
- WHITE, S.H., BURROWS, S.E., CARRERAS, I., SHAW, N.D. & HUMPHREYS, J. (1980): On mylonites in ductile shear zones. -*J. Struct. Geol.*, 2, 175-181.
- WHITE, S.H., BRETAN, P.G. & RUTHERFORD, E.H. (1986): Fault-zone reactivation: kinematic and mechanisms. -*Phil. Trans. R. Soc. Lond.*, A317, 81-97.
- WILLIAMS F. P. (1985): Multiply deformed terrains: problems of correlation .. 1. *Struct. Geol.*, 7, 269-280.
- WURM, A. (1950): Zur Kenntnis des Metamorphismus der Insel Kreta. -*Neues Jhrb. Geol. Palaeont., Monatsh.*, 206-239.
- ZAGER, D. (1972): Sedimentologie der Tripolitsakarbonate im nordlichen Mittelkreta. -*Diss.*, Univ. Freiburg, 1-165.
- ZAMBETAKIS-LEKKAS, A. (1977): La serie de Mangassa. Stratigraphie, Paleogeographie, Tectonique. - *VI Callaquirm on the Geology of the Aegean region*, I, 103-109.