



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
Εθνικών και Καποδιστριακών
Πανεπιστημίων Αθηνών



ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΤΗΣ ΦΛΥΣΧΙΚΗΣ ΔΟΜΗΣ ΣΤΗΝ ΝΟΤΙΑ ΜΕΣΣΗΝΙΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΡΟΥΒΕΛΑΣ ΣΤΑΥΡΟΣ ΣΩΤΗΡΙΟΥ ΧΡΙΣΤΙΝΑ

Επιβλέποντες:

Δρ. Στ. Λόζιος, Επίκ. Καθηγητής

Δρ. Χ. Κράνης, Ε.Δ.Ι.Π.



Αθήνα, 2014

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΣΕΛ.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ	6
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ	12
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΑΝΟΡΑΜΑΤΩΝ	13
ΠΕΡΙΛΗΨΗ / ABSTRACT	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1- ΕΙΣΑΓΩΓΗ	17
1.1 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	18
1.2 ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΕΡΕΥΝΩΝ	20
1.3 ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	22
1.3.1 ΓΕΩΛΟΓΙΑ	22
- Ενότητα Γαβρόβου-Πύλου	23
• Ιζηματογένεση Φλύσχη	27
• Σύνδεση φλύσχη με την Ιόνια ενότητα	28
- Ενότητα Πίνδου	28
- Μεταλλικά	28
• Εμφανίσεις Κροκαλοπαγών Προερχομένων Από Μεταμορφωμένα Πετρώματα	30
1.3.2 ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	32
- Γενικά	32
- Νεοτεκτονικές Μακροδομές	33

- Ρηξιγενείς Ζώνες	38
- Επιφάνειες Διάρρηξης	40
- Παραμόρφωση του αλπικού ιστού /Ενότητα Γαβρόβου-Πύλου	40
1.3.3 ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ	41
- Πορίσματα προηγούμενων ερευνών	41
- Νεοτεκτονικές δομές	42
-Συμπεράσματα	42
1.3.4 ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ	44
1.3.5 ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ & ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ	49
-ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ	49
-ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ	53

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2- ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ & ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ 57

A. ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ	58
2.1 – ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΕΥΡΗΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ	58
2.2 - ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΤΙΚΕΣ ΦΑΣΕΙΣ	61
B. ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ	65
2.3 - ΠΛΑΣΤΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ	65
A. Γεωμετρική Ανάλυση Πτυχών	65
B. Κινηματική Ανάλυση Πτυχών	70
Γ. Δυναμική Ανάλυση Πτυχών	73
Δ. Γενετική Ταξινόμηση Πτυχών	74

2.4 – ΘΡΑΥΣΙΓΕΝΗΣ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ	78
- Γένεση Ρηγμάτων σε πετρώματα με χαμηλό πορώδες	78
- Ρήγματα Βράχυσης	82
- Γεωμετρία των Ρηγμάτων	84

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3- ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ & ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ 87

3.1 Εισαγωγή	88
3.2 Λήψη και επεξεργασία τεκτονικών στοιχείων	88
3.3 Επεξεργασία δεδομένων και Αναλύσεις	91
3.3.1 Υπολογισμός γωνιών σκελών	91
3.3.2 Περιγραφική ανάλυση πτυχών	93
3.4 Αποτελέσματα επεξεργασίας δεδομένων για το σύνολο των μετρήσεων	143
3.5 Συμπεράσματα	152

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ 155

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ 158

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I – Πίνακες Μετρήσεων	158
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II – Υπολογισμός γωνιών σκελών	182

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

	<u>ΣΕΛ.</u>
Εικόνα 1.1 – Γεωγραφική Τοποθέτηση	18
Εικόνα 1.2 - Η ευρύτερη περιοχή	19
Εικόνα 1.3 - Η ερευνηθείσα περιοχή - Απόσταση ΑΒ	19
Εικόνα 1.4. – Χάρτης & Υπόμνημα Ι.Γ.Μ.Ε. Φύλλο Κορώνη-Πύλος-Σχίζα	22
Εικόνα 1.5 – Θέσεις εμφάνισης Κροκαλοπαγών Μεσσηνίας	25
Εικόνα 1.6 - Γεωλογικές τομές εγκάρσιες στην ανάπτυξη των κροκαλοπαγών, σημειωμένες στον χάρτη της εικόνας 1.5	26
Εικόνα 1.7 - Διάγραμμα που καταδεικνύει τη διεύθυνση προέλευσης του υλικού ιζηματογένεσης	27
Εικόνα 1.8 – Λεκάνες ιζηματογένεσης	29
Εικόνα 1.9 - Οι θέσεις εμφάνισης των μεταλλικών σχηματισμών, που περιέχουν κροκάλες από μεταμορφωμένα πετρώματα, στη ΝΔ Πελοπόννησο	30
Εικόνα 1.10 – Νεοτεκτονικές μακροδομές της ΝΔ Πελοποννήσου	32
Εικόνα 1.11 – Οι 1ης τάξης νεοτεκτονικές μακροδομές	33
Εικόνα 1.12 – Οι 2ης τάξης νεοτεκτονικές μακροδομές και οι κυριότερες ρηξιγενείς ζώνες της περιοχής	35
Εικόνα 1.13 – Γεωλογική τομή διεύθυνσης Β-Ν, από Αγ. Νικόλαο μέχρι Ν. Σαπιέντζα	36
Εικόνα 1.14 – Σεισμικότητα ελλαδικού χώρου	44
Εικόνα 1.15 – Χάρτης Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδος	45
Εικόνα 1.16 – Χάρτης σεισμικότητας όπως καταγράφηκε από το τοπικό δίκτυο Μεσσηνίας	46
Εικόνα 1.17 – 3D αναπαράσταση της συστοιχίας των γεγονότων που καταγράφηκαν στο εσωτερικό της Μεσσηνίας, όπως φαίνεται από τα νότια	47

Εικόνα 1.18 – Κατανομή της σεισμικότητας.....	48
Εικόνα 1.19 – Το ανάγλυφο και το υδρογραφικό δίκτυο της ευρύτερης περιοχής....	51
Εικόνα 1.20 – Υδρογραφικό δίκτυο ΝΔ Πυλίας.....	52
Εικόνα 1.21 - Γεωμορφολογικός χάρτης Πελοποννήσου	53
Εικόνα 1.22 - Χάρτης υπερετήσιας βροχοπτώσης Ελλάδας.....	54
Εικόνα 1.23 - Μορφολογία της χερσονήσου της Πυλίας.....	55
Εικόνα 1.24 - Απλοποιημένος 3D γεωλογικός χάρτης της χερσονήσου της Πυλίας.....	55
Εικόνα 2.1 – Οι κύριες γεωτεκτονικές δομές στην ευρύτερη περιοχή του Ελληνικού χώρου.....	59
Εικόνα 2.2 – Η γεωτεκτονική δομή του Ελληνικού χώρου.....	60
Εικόνα 2.3 – Το Ελληνικό ορογενετικό τόξο και τα επιμέρους τμήματα του	61
Εικόνα 2.4 – Εγκάρσια τομή του ορογενετικού τόξου με τις ζώνες των εντατικών πεδίων και τις παραμορφωτικές δομές που μπορεί να αποδώσει	62
Εικόνα 2.5 – Τέσσερα πιθανά σενάρια πορείας ανόδου πετρωμάτων με τις παραμορφωτικές φάσεις τους.....	64
Εικόνα 2.6 – Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της πτυχής	65
Εικόνα 2.7 – Ταξινόμηση πτυχών με βάση την γωνία σκελών τους.....	65
Εικόνα 2.8 – Σύγκριση ιδίων πτυχών με διαφορετικές παραμέτρους.....	66
Εικόνα 2.9 – Ταξινόμηση πτυχών με βάση την βύθιση του άξονα και την κλίση του αξονικού επιπέδου.....	66
Εικόνα 2.10 – Σχέση ύψους με πλάτους του κύματος της πτύκωσης που δείχνει την ένταση της παραμόρφωσης.....	67
Εικόνα 2.11 – Ταξινόμηση των πτυχών με βάση την σχέση ύψους/εύρος (h/w), που δείχνει την ένταση της πτύκωσης	67
Εικόνα 2.12 – Ταξινόμηση των πτυχών με βάση την σχέση βάθος/εύρος (D/W)....	68
Εικόνα 2.13 – Οι κύριες κατηγορίες των πτυχών.....	69
Εικόνα 2.14 – Οι πέντε βασικές τάξεις πτυχών με βάση την μεταβολή του πάχους..	70

Εικόνα 2.15 – Αριστερόστροφη (S) και δεξιόστροφη (Z) ασυμμετρία πτυχών.....	71
Εικόνα 2.16 – Συμμετρικές και ασύμμετρες πτυχές.....	71
Εικόνα 2.17 – Ταξινόμηση των πτυχών με βάση τη συμμετρία τους.....	72
Εικόνα 2.18 – Ίδια δυναμική ανάλυση σε διαφορετικούς τεκτονικούς ορόφους.....	73
Εικόνα 2.19 – Δυναμική ανάλυση πτυχών και εφφιπεύσεων σε μια συμπιεστική δομή παραμόρφωσης ανωτέρου και ενδιάμεσου τεκτονικού ορόφου---	73
Εικόνα 2.20 – Οι δύο περιπτώσεις συμπιεστικής παραμόρφωσης σε δυναμική ανάλυση τάσεων, με ή χωρίς πλευρική εκτόνωση.....	74
Εικόνα 2.21 – Δυναμική ανάλυση των πτυχών κάμψης-ροής -----	75
Εικόνα 2.22 – Προοδευτική ανάπτυξη πτεροειδών διακλάσεων στα σκέλη μιας ροϊκο-καμπτικής πτυχής -----	75
Εικόνα 2.23 – Δυναμική ανάλυση των πτυχών κάμψης-ολίσθησης -----	76
Εικόνα 2.24 – Διαστρωματική ολίσθηση στα σκέλη των ολισθοκαμπτικών πτυχών με ανομοιογενή παραμόρφωση -----	76
Εικόνα 2.25 – Ανάπτυξη κανονικών και αναστροφών διαρρήξεων συγγενικά μιας πτύχωσης -----	77
Εικόνα 2.26 – Διασύνδεση των διατμητικών ρωγμών μέσω των πτεροειδών ρωγμών και ευθυγράμμιση τους παράλληλα στην κύρια τάση -----	78
Εικόνα 2.27 – Ταξινόμηση ρηγμάτων -----	79
Εικόνα 2.28 – Οι κύριες περιπτώσεις ρηγμάτων -----	80
Εικόνα 2.29 – Ανάλυση της ολίσθησης του ρήγματος -----	81
Εικόνα 2.30 – Ανατομία ενός ρήγματος -----	81
Εικόνα 2.31 – Όριο Foreland – Hinterland, Κεντρικά Πυρηναία -----	82
Εικόνα 2.32 – Σύστημα επωθητικών καλυμμάτων με τις επιμέρους τεκτονικές ενότητες -----	83
Εικόνα 2.33 – Stacked nappes.....	83
Εικόνα 2.34 – Ανάπτυξη ενός διδύμου.....	84
Εικόνα 2.35 – Λεπιώσεις και δίδυμα, Προχώρα Καλιδονίδων.....	84

Εικόνα 2.36 – Πάχυνση και επανάληψη στρωμάτων λόγω δομής «ρήγμα επιπέδου-ράμπας-επιπέδου»	85
Εικόνα 2.37 – Οπισθο- επωθήσεις (back thrusts)	85
Εικόνας 3.1 – Τοποθέτηση σημείων GPS σε χάρτη	88
Εικόνα 3.2 - Γεωλογική πυξίδα τύπου Freiberg Geko	89
Εικόνα 3.3 – Αρχείο του λογισμικού «Tectonics FP»	90
Εικόνα 3.4 – Ιστόγραμμα γωνιών των σκελών	92
Εικόνα 3.5 – Γενική άποψη του οδικού δικτύου	93
Εικόνα 3.6 – Το 7ο σε σειρά πρανές	94
Εικόνα 3.7 – Πανοραμική εικόνα των πρανών 5, 6, 7	94
Εικόνα 3.8 – Τμήμα κεκλιμένης κυλινδρικής μακρο-πτυχής στο B1	98
Εικόνα 3.9 – Μέρος των μεγάλων πτυχών στο πρανές B1	99
Εικόνα 3.10 – Κατακόρυφο άλμα 15cm	100
Εικόνα 3.11 – Σκίτσο υπαίθρου για το πρανές B1	100
Εικόνα 3.12 –Πλαγιοκανονικό ρήγμα με δύο γενεές γραμμών προστριβής	102
Εικόνα 3.13 – Ίδια πτυχή στο βόρειο και στο νότιο πρανές	103
Εικόνα 3.14 – Τα δυο δεξιόστροφα παρακεκλιμένα ρήγματα	104
Εικόνα 3.15 - Σκίτσο υπαίθρου για το πρανές N1	104
Εικόνα 3.16 – Προβολή σε δίκτυο Schmidt για το αντίκλινο του B2	106
Εικόνα 3.17 – Προβολή σε δίκτυο Schmidt για το σύγκλινο του B2	107
Εικόνα 3.18 – Σκίτσο υπαίθρου B2	107
Εικόνα 3.19 – Προβολή σε δίκτυο Schmidt για το αντίκλινο του N2	109
Εικόνα 3.20 – Προβολή σε δίκτυο Schmidt για το σύγκλινο του N2	110
Εικόνα 3.21 – Ρήγμα στο N2 με 2 γραμμές προστριβής	111
Εικόνα 3.22 – Σκίτσο υπαίθρου N2	111

Εικόνα 3.23 – Σκίτσο υπαίθρου B4	113
Εικόνα 3.24 – Ορθές, κλειστές, συμμετρικές κυλινδρικές στο N4	115
Εικόνα 3.25 – Σκίτσο υπαίθρου N4	116
Εικόνα 3.26 & 3.27 – Το διάγραμμα πυκνότητας πόλων των στρώσεων	118
Εικόνα 3.28 - Πτερόμορφες δομές σε πάγκους ψαμμιτών	119
Εικόνα 3.29 – Σκίτσο υπαίθρου B5	120
Εικόνα 3.30 – Διάγραμμα πυκνότητας πόλων των διαρρήξεων του βόρειου πρανούς	122
Εικόνα 3.31 – Σκίτσο υπαίθρου B6	122
Εικόνα 3.32 – Οι προβολές του ρήγματος με καμπυλωτή επιφάνεια (δυο μετρήσεις) και η γραμμή προστριβής του	124
Εικόνα 3.33 – Σκίτσο υπαίθρου N6	125
Εικόνα 3.34 – Η προβολή της συνολικής πτύκωσης όλου του βόρειου πρανούς με τον οριζόντιο άξονα της	127
Εικόνα 3.35 – Σκίτσο υπαίθρου B7	128
Εικόνα 3.36 - Προβολή της συνολικής πτύκωσης όλου του βόρειου πρανούς με τον οριζόντιο άξονα της	130
Εικόνα 3.37 – Η μετατόπιση των δυο πτυχώσεων (βόρεια & νότια) του πρανούς μαζί με τους άξονες τους κατά 45°	131
Εικόνα 3.38 – Σκίτσο υπαίθρου N7	131
Εικόνα 3.39 – Το πολυπτυκωμένο σκέλος ενός μέγα-αντικλίνου	133
Εικόνα 3.40 – Σκίτσο υπαίθρου B8	134
Εικόνα 3.41 – Σκίτσο υπαίθρου N8	136
Εικόνα 3.42 – Πολική προβολή των μετρήσεων της στρώσης (B9)	138
Εικόνα 3.43 – Σκίτσο υπαίθρου B9	138
Εικόνα 3.44 – Προβολή των πόλων των στρώσεων για το N9	140

Εικόνα 3.45 – Διάγραμμα πυκνότητας πόλων των κλίσεων με κέντρο την τιμή 19/278	141
Εικόνα 3.46 – Σκίτσο υπαίθρου Ν9	141
Εικόνα 3.47 – Απότομη λιθολογική διαφοροποίηση	142
Εικόνα 3.48 - Πολική προβολή των στρώσεων – σκελών του συνόλου των πρανών ...	143
Εικόνα 3.49 – Προβολή για την μέγιστη πυκνότητα εντοπισμού των πόλων της Εικόνας 3.48.....	144
Εικόνα 3.50 – Η προβολή των δυο μέγιστων συγκεντρώσεων για το σύνολο των σκελών.....	144
Εικόνα 3.51 – Προβολή των αξόνων βss του συνόλου των πρανών.....	145
Εικόνα 3.52 – Προβολή του συνόλου των βss και των αξόνων από επιτόπου.....	146
Εικόνα 3.53 – Σύγκριση διαγραμμάτων πυκνότητας των αξόνων βss και των απευθείας	146
Εικόνα 3.54 – Κυκλογραφική προβολή του συνόλου των διαρρήξεων	147
Εικόνα 3.55 – Προβολή του συνόλου των γραμμών προστριβής, με τα διανύσματα να δείχνουν τη φορά ολίσθησης	148
Εικόνα 3.56 – Ροδόγραμμα ρηγμάτων	150
Εικόνα 3.57 – Ροδόγραμμα γραμμών προστριβής	150
Εικόνα 3.58 – Στερεογραφική προβολή των επιβεβαιωμένα ανάστροφων διαρρήξεων και η μέση τιμή αυτών	151
Εικόνα 3.59 - Στερεογραφική προβολή των επιβεβαιωμένα κανονικών διαρρήξεων και η μέση τιμή αυτών.....	151
Εικόνα 3.60 – Σχηματική απεικόνιση της συνολικής παραμόρφωσης της δομής....	153
Εικόνα 3.61 – Γραφική αποτύπωση των δομών του φλύσχη	154

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

	<u>ΣΕΛ.</u>
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1 – Σύνολο πτυχών ανά πρανές	91
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2 – Ταξινόμηση πτυχών κατά Fleuty.....	91
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3 – Σύνολο δεδομένων θραυσσιγενών δομών.....	149
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4 – ΒΟΡΕΙΟ 1, ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	158
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5 – ΝΟΤΙΟ 1 , ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	161
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6 – ΒΟΡΕΙΟ 2, ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	164
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.7 – ΝΟΤΙΟ 2, ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	165
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.8 – ΒΟΡΕΙΟ 4 , ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	166
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.9 – ΝΟΤΙΟ 4 , ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	167
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.10 – ΒΟΡΕΙΟ 5, ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	169
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.11 – ΒΟΡΕΙΟ 6 , ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	170
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.12 – ΝΟΤΙΟ 6 , ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	171
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.13 – ΒΟΡΕΙΟ 7, ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	171
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.14 – ΝΟΤΙΟ 7 , ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	172
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.15 – ΒΟΡΕΙΟ 8 , ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	173
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.16 – ΝΟΤΙΟ 8, ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	176
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.17 - ΒΟΡΕΙΟ 9, ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ.....	177
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.18 - ΝΟΤΙΟ 9, ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	180
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.19 - ΝΟΤΙΟ 10, ΠΙΝΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ	181
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.20 – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΓΩΝΙΩΝ ΣΚΕΛΩΝ	182

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΠΑΝΟΡΑΜΑΤΩΝ

	<u>ΣΕΛ.</u>
ΠΑΝΟΡΑΜΑ ΒΟΡΕΙΟ1	96
ΠΑΝΟΡΑΜΑ ΝΟΤΙΟ 1	101
ΠΑΝΟΡΑΜΑ ΒΟΡΕΙΟ 2	105
ΠΑΝΟΡΑΜΑ ΝΟΤΙΟ 2	108
ΠΑΝΟΡΑΜΑ ΒΟΡΕΙΟ 4	112
ΠΑΝΟΡΑΜΑ ΝΟΤΙΟ 4	114
ΠΑΝΟΡΑΜΑ ΒΟΡΕΙΟ 5	117
ΠΑΝΟΡΑΜΑ ΒΟΡΕΙΟ 6	121
ΠΑΝΟΡΑΜΑ ΝΟΤΙΟ 6	123
ΠΑΝΟΡΑΜΑ ΒΟΡΕΙΟ 7	126
ΠΑΝΟΡΑΜΑ ΝΟΤΙΟ 7	129
ΠΑΝΟΡΑΜΑ ΒΟΡΕΙΟ 8	132
ΠΑΝΟΡΑΜΑ ΝΟΤΙΟ 8	135
ΠΑΝΟΡΑΜΑ ΒΟΡΕΙΟ 9	137
ΠΑΝΟΡΑΜΑ ΝΟΤΙΟ 9	139

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα μελέτη ασχολείται με την παραμόρφωση του φλυσχικού σχηματισμού στην περιοχή της νότιας Μεσσηνίας. Ο φλύσχος αυτός εντάσσεται στην γεωλογική ενότητα Γαβρόβου-Πύλου και είναι ηλικίας Ηωκαίνου. Η περιοχή έρευνας εκτείνεται πάνω στην εθνική οδό που ενώνει τις δύο πόλεις, Μεθώνη και Φοινικούντα, όπου έχουν σχηματιστεί ζευγάρια πρανών κατά την διάνοιξή του.

Με σκοπό την απεικόνιση της δομής, λήφθηκαν φωτογραφίες οι οποίες συνέθεσαν ένα πανόραμα για κάθε πρανές του φλύσχη, χρησιμοποιώντας τα προγράμματα Kolor AutoPano Giga και Microsoft ICE. Μέσω των φωτογραφιών σχεδιάστηκαν, με τη βοήθεια του λογισμικού Corel Draw Graphics, φωτομωσαϊκά με χαρακτηριστικούς ορίζοντες και ευδιάκριτες διαρρήξεις. Στην συνέχεια, με την χρήση της γεωλογικής πυξίδας, καταγράφηκαν οι μετρήσεις όλων των τεκτονικών στοιχείων που απαρτίζουν την δομή και βρίσκονται στο παράρτημα της εργασίας. Από τα λογισμικά προγράμματα Stereo 32 και Tectonics FP προέκυψε ένα πλήθος αποτελεσμάτων που βοήθησε στην διεξαγωγή ασφαλών πορισμάτων.

Συμπερασματικά, στην φλυσχική δομή της περιοχής αποδίδονται χαρακτηρισμοί δημιουργίας από ρήγματα back thrust, οριζόντιες και ασύμμετρες πτυχές που κλίνουν προς ανατολή, οι οποίοι εντάσσονται σε δομές προχώρας.

ABSTRACT

This study deals with the deformation of the flysch of the Gavrovo Unit in the southern Messinia. The flysch is dated in Eocene. The study was based on exposures on road cuts along the Messini—Foinikounda road. In all, nine pairs of road cuts were examined aligned roughly E—W, normal to the structural grain of the flysch.

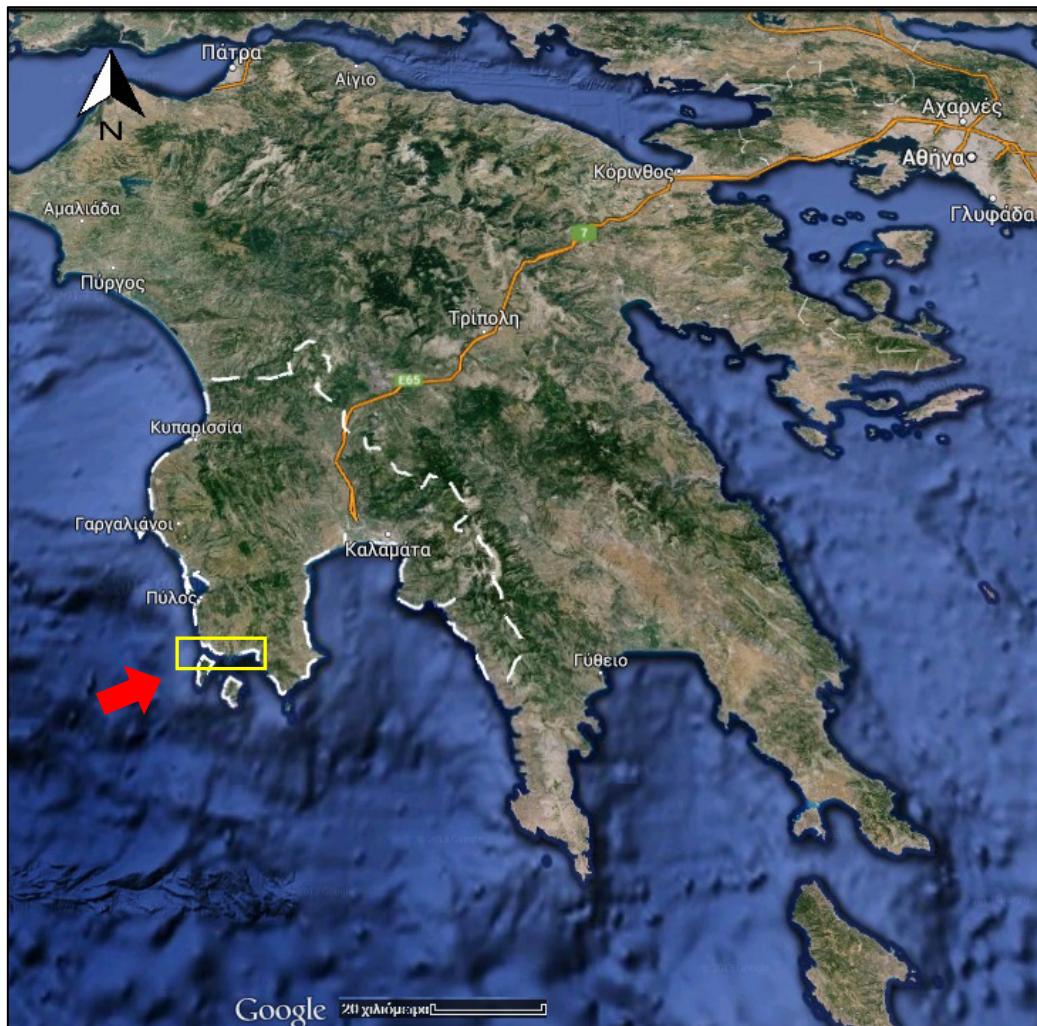
In order to display the structure, photos were taken, which comprised a panorama for each road cut. Photo stitching, merging and panorama creation was made by “Kolor Autopano Giga” and “Microsoft ICE”. Through photos, with the help of “Corel Draw Graphics”, projection of the structure with the most distinct horizons and faults. Then, using the geological compass, all recorded measurements of tectonic elements were taken and they are located in the annex of this study. Through the computer software “Stereo 32” and “Tectonics FP” the given results helped in conducting right conclusions.

In conclusion, the deformation of the study area is characterized by back-thrusting, with east-verging asymmetrical sub-horizontal faults within the flysch of the Gavrovo Unit.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 – ΕΙΣΑΓΩΓΗ

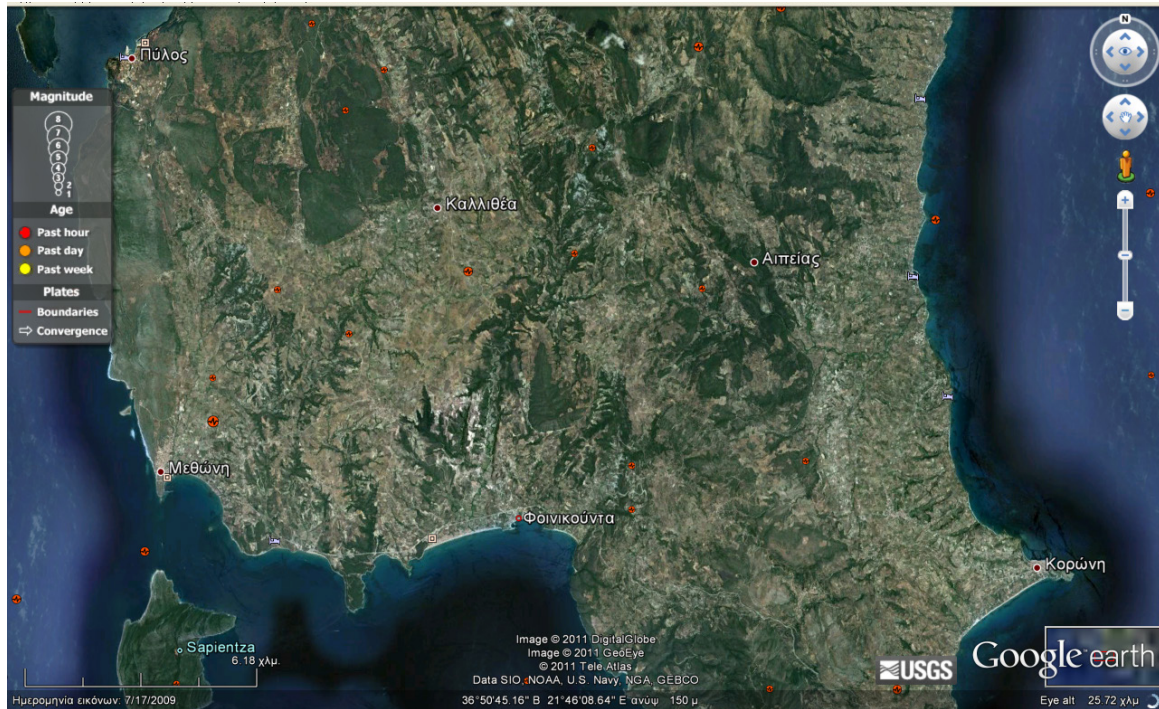
1.1 Γεωγραφική Τοποθέτηση

Η έρευνα διεξήχθη στον Νομό Μεσσηνίας και συγκεκριμένα, στην Νοτιοδυτικότερη περιοχή της Πελοποννήσου και γενικότερα της ηπειρωτικής Ελλάδας (Εικόνα 1.1). Η θέση αυτή, παρουσιάζει ιδιαίτερο γεωλογικό ενδιαφέρον, λόγω της γειτνίασής της με το Ελληνικό ορογενετικό τόξο.



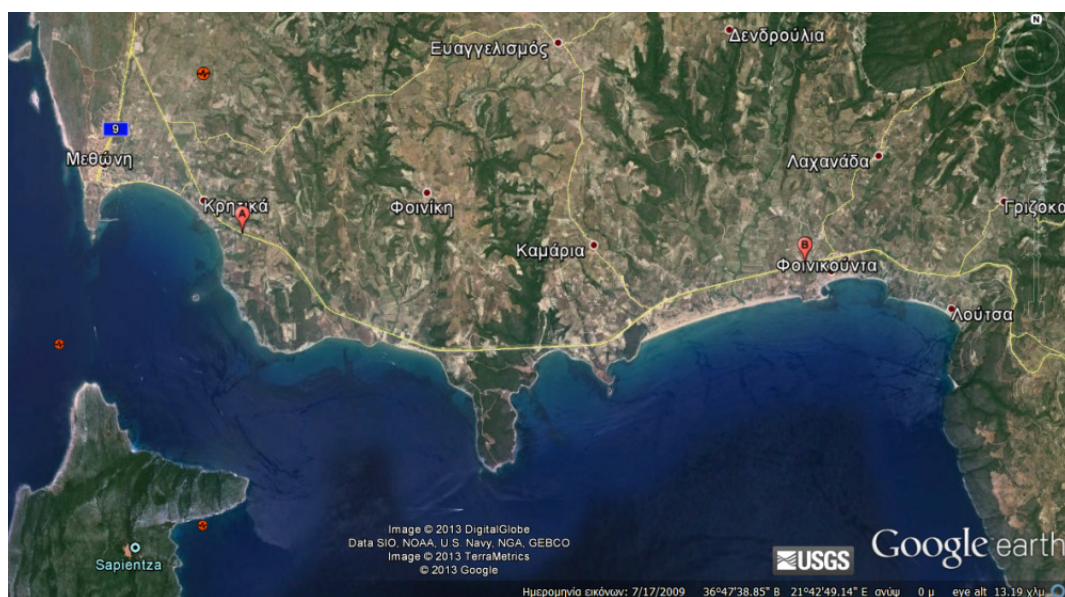
Εικόνα 1.1 – Γεωγραφική Τοποθέτηση (Google maps)

Η περιοχή έρευνας αφορά μια εμφάνιση του φλυσχικού σχηματισμού της γεωτεκτονικής ενότητας Γαβρόβου-Πύλου και βρίσκεται μεταξύ των πόλεων Μεθώνης (δυτικά) και Φοινικούντας (ανατολικά) (Εικόνα 1.2).



Εικόνα 1.2 - Η ευρύτερη περιοχή (Google earth)

Πιο συγκεκριμένα, οι εργασίες υπαίθρου εκτελέστηκαν στα πρανή της 13^{ης} επαρχιακής οδού Μεθώνης – Φοινικούντας, η οποία διανοίχτηκε από την υπηρεσία του Ελληνικού Στρατού το 1996, σύμφωνα με την γεωτεχνική έκθεση των πολιτικών μηχανικών και καθηγητών κ. κ. ΑΤΜΑΤΖΙΔΗ & ΠΑΠΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΥ του Πανεπιστημίου Πατρών. Στο τμήμα αυτό, καταγράφηκαν 10 ζευγάρια πρανών (βόρεια & νότια) σε μήκος δρόμου 7,7km, που αποκαλύπτουν καθαρές δομές του φλύσχη (Εικόνα 1.3).



Εικόνα 1.3 - Η ερευνηθείσα περιοχή - Απόσταση ΑΒ (Google earth)

1.2 Ιστορικό Ερευνών

Οι πρώτες ιστορικές ενδείξεις για γεωλογικές έρευνες στην ευρύτερη περιοχή της Μεσσηνίας, ξεκινούν από την εποχή της Ελληνικής Επανάστασης του 1821 όπου, κατά τα τελευταία στάδια της, τα λιμάνια της δυτικής Μεσσηνίας αποτελούσαν τους αρχικούς χώρους απόβασης και εξόρμησης της Γαλλικής αποστολής στον απελευθερωμένο Μοριά ("Expedition Scientifique de Moree").

- Έτσι, Γάλλοι γεωλόγοι που συμμετείχαν στην αποστολή εξερεύνησης, μελέτησαν την περιοχή και το 1832-1833 παρουσίασαν τον πρώτο γεωλογικό χάρτη τη Πελοποννήσου. Στη συνέχεια:
- Ο PHILIPPSON (1892) δημοσιεύει τη μονογραφία "Der Peloponnes" με τον πρώτο γεωλογικό χάρτη ολόκληρης της Πελοποννήσου σε κλίμακα 1:300.000.
- Ο MAUL (1921) βασισμένος στις εργασίες του PHILIPPSON μελέτησε από γεωμορφολογική άποψη την Πελοπόννησο.
- Ο BLUMENTHAL (1933) υιοθέτησε την άποψη του CAYEUX (1903) ότι η ζώνη της Πίνδου είναι επωημένη στη ζώνη της Τρίπολης.
- Ο RENZ (1940) διαίρεσε σε γεωτεκτονικές ζώνες όλο τον ελλαδικό χώρο.
- Ο ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ (1971) μελετά τη γεωλογική δομή της Πυλίας στη Μεσσηνία.
- Οι DERCOURT et al. (1973) θεωρούν τη ζώνη Γαβρόβου ως αυτόχθονη.
- Ο ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ (1976) μελετά τις γεωτεκτονικές ενότητες Γαβρόβου - Τρίπολης και Πίνδου καθώς και τους νεογενείς και τεταρτογενείς σχηματισμούς της Πελοποννήσου.
- Ο JACOBSSHAGEN (1977) μελετά τη δομή και τη γεωτεκτονική εξέλιξη των Ελληνίδων.
- Οι KRAFT, ASCHENBRENNER (1977) εξέτασαν την παλαιογεωγραφία στη περιοχή της Μεθώνης.
- Οι PIPER et al. (1978) μελετούν το μειοκαινικό φλύσχη της δυτικής Ελλάδας.
- Οι LE PICHON & ANGELIER (1979) μελετούν και προτείνουν ένα γεωδυναμικό μοντέλο εξέλιξης του Ελληνικού τόξου.
- Οι LE PICHON et al. (1981) περιγράφουν το σημερινό γεωτεκτονικό καθεστώς, το οποίο χαρακτηρίζεται από μία ασυμμετρία της κίνησης, με σχεδόν καθαρή συμπίεση κατά μήκος της τάφρου του Ιονίου σε διεύθυνση NE-SW και σύνθετη κίνηση με σημαντική δεξιόστροφη οριζόντια συνιστώσα αλλά και συνιστώσα συμπίεσης σε διεύθυνση NNE-SSW στις τάφρους Πλινίου και Στράβωνος.
- Οι MONOPOLIS & BRUNETON (1982) σε μία από τις γεωλογικές τομές της εργασίας τους αναφέρονται στη γεωλογική δομή της Πελοποννήσου.
- Ο THIEBAULT (1982) μελετά τη γεωδυναμική εξέλιξη των εξωτερικών ενοτήτων στη Πελοπόννησο, από το Ανώτερο Ολιγόκαινο και μετά.
- Οι ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ & ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ (1981, 1985) μελετούν τα πιο κύρια περιθωριακά ρήγματα των μεταλπικών λεκανών που έδρασαν από το Ανώτερο Μειόκαινο μέχρι σήμερα.
- Οι ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ et al. (1985) προτείνουν ένα Γεωδυναμικό μοντέλο εξέλιξης της Πελοποννήσου κατά τη νεοτεκτονική περίοδο.

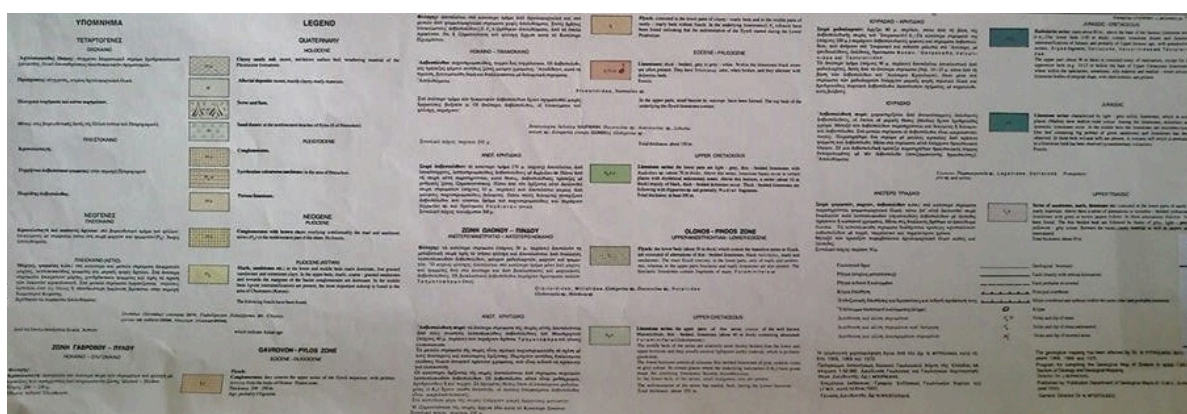
- Ο ΚΑΜΠΕΡΗΣ (1987) μελετά και χαρτογραφεί τα μεταλπηικά ιζήματα της βορειοδυτικής Πελοποννήσου.
- Οι ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ & ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ (1987) προτείνουν ότι η γεωμετρία των μεγαδομών του Ελληνικού τόξου έχει τη μορφή μίας λωξοζωνικής μεγαπτυχής.
- Οι ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ & ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ (1991) μελετώντας τη παραμόρφωση των καταπλειστοκαινικών θαλάσσιων αποθέσεων στη περιοχή Φιλιατρών (Δ. Μεσσηνία) καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι η παραμόρφωση της περιοχής είναι πλαστικο-θραυσιγενούς τύπου, η οποία προέρχεται από εντατικό πεδίο ζεύγους αντίρροπων δυνάμεων, περιστροφικού χαρακτήρα.
- Ο ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ (1994, δημοσίευση στη «ΓΑΙΑ» : 2000) στο διδακτορικό του αναφέρεται στη νεοτεκτονική εξέλιξη της κεντροδυτικής Πελοποννήσου.
- Οι ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ et al. (1994) μελετούν την κινηματική εξέλιξη στη περιοχή της Μεσσηνίας κατά το Πλειστόκαινο.
- Οι ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ et al. (1995) μελέτησαν τη νεοτεκτονική μακροδομή στη Ν. Πελοπόννησο.
- Οι ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ & ΛΑΔΑΣ (1997) στο 8^ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο αναφέρθηκαν της μεταβολές των ακτογραμμών και του ανάγλυφου της χερσονήσου της Πυλίας τα τελευταία 18.000χρόνια.
- Ο ΛΑΔΑΣ (2000) στη μεταπτυχιακή του εργασία μελετά τη μορφοτεκτονική ανάλυση και νεοτεκτονική εξέλιξη της Πυλίας.
- Οι ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ et al. (2001) ερευνούν την παλαιογεωγραφική εξέλιξη της ΝΔ. Πελοποννήσου κατά το Τεταρτογενές.
- Οι ΠΑΠΟΥΛΙΑ & ΜΑΚΡΗΣ (2004) μελετούν τη μικροσεισμικότητα στη Μεσσηνία.
- Ο ΣΤΡΑΤΙΚΟΠΟΥΛΟΣ (2007) εκπονεί μια υδρογεωλογική μελέτη στη περιοχή της δυτικής Πελοποννήσου με τη χρήση σταθερών ισotόπων.

1.3 Γεωλογία και Τεκτονική της Ευρύτερης Περιοχής

1.3.1 Γεωλογία

Στη χερσόνησο της Πυλίας, απαντάται η γεωτεκτονική ενότητα της Πίνδου (ανατολικά) επωθημένη πάνω στην ενότητα Γαβρόβου-Πύλου (δυτικά) με την τεκτονική τους επώθηση να έχει διεύθυνση Β-N και να βρίσκεται σε παράλληλη διάταξη με τις εκατέρωθεν ακτογραμμές της χερσονήσου (Εικόνα 1.4).





Εικόνα 1.4 – Χάρτης & Υπόμνημα Ι.Γ.Μ.Ε. Φύλλο Κορώνη-Πύλος-Σχίζα, Κλίμακα 1:50.000 (ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ, 1980)

Οι μεταλλικές αποθέσεις απαντώνται στις λεκάνες της Φαλάνθης, του Πήδασου και στο τεκτονικό βύθισμα του Βλαχόπουλου (Εικόνα 1.8). Αξιοσημείωτο είναι ότι κατά μήκος του μετώπου της επώθησης, εμφανίζεται ο ιδιόμορφος σχηματισμός των κροκαλοπαγών της Μεσσηνίας, ο οποίος μπορεί να προσεγγιστεί και ως φλυσχομολασσικός σχηματισμός με πιθανή ηλικία Αν. Ολιγόκαινο – Μειόκαινο.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε αποκλειστικά στον φλύσχη της ενότητας Γαβρόβου-Πύλου. Η ενότητα αυτή ανήκε στον ίδιο παλαιογεωγραφικό χώρο με την ενότητα της Τρίπολης. Μεταγενέστερα, η λεκάνη διαφοροποιήθηκε κατά την ορογενετική περίοδο και προέκυψε η ενότητα Γαβρόβου-Πύλου με ήπιο τεκτονισμό και καθόλου μεταμόρφωση. Η ενότητα είναι Γαβρόβου – Πύλου αποτελείται από δυο μέλη, τα οποία είναι ακριβώς ίδια σαν στρωματογραφικές στήλες, τεκτονική θέση, ασυμφωνίες και βωξιτικές εμφανίσεις. Η ενότητα Γαβρόβου-Πύλου χαρακτηρίζεται από συνεχή ανθρακική νηριτική ιζηματογένεση και από ασυμφωνίες φλύσχη με Αν. Κρητιδικούς ασβεστόλιθους κατά το Αν. Κρητιδικό – Ηώκαινο (που εμφανίζονται στο βουνό Γάβροβο – εξ' ου και η ονομασία της ενότητας). Επίσης, στο υψίπεδο του Κυνηγού (νοτιοανατολικά της Πύλου) παρατηρούνται ασυμφωνίες κατά το Ηώκαινο – Παλαιόκαινο εντός των ασβεστόλιθων καθώς και παρουσία βωξιτικού υλικού.

ΕΝΟΤΗΤΑ ΓΑΒΡΟΒΟΥ-ΠΥΛΟΥ

Η ενότητα Γαβρόβου-Πύλου αποτελείται από:

1. Ανθρακικά Πετρώματα

Στην δυτική πλευρά της χερσονήσου (Εικόνα 1.4), εμφανίζεται η ανθρακική σειρά, στην οποία ενοποιούνται οι ανωκρητιδικοί και οι ηώκαινικοί ασβεστόλιθοι, καθώς δεν υπάρχει σαφές στρωματογραφικό όριο στην ιζηματογένεση η οποία φαίνεται να ήταν συνεχής.

- Οι ασβεστόλιθοι του Άνω Κρητιδικού είναι ο αρχαιότερος σχηματισμός της ενότητας Γαβρόβου-Πύλου και με μικρή εξάπλωση. Εμφανίζονται στην περιοχή νότια της Πύλου και στο όρος Άγιος Νικόλαος, καθώς και στα νησιά Σαπιέντζα και Σχίζα με ορατό πάχος 300m. Τα κατώτερα στρώματα συνίστανται από λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθους με πάχος 70m.

- Οι ασβεστόλιθοι του Ηωκαίνου είναι παχυστρωματώδεις και βιτουμενιούχοι με συνολικό πάχος 150m. Έχουν σημειωθεί βωξιτικές εμφανίσεις (ΚΙΣΚΥΡΑΣ, 1958) μικρού πάχους στο υψίπεδο του Κυνηγού και ως μεμονωμένες περιπτώσεις σε διαφορετικά υψόμετρα λόγω του έντονου κατακερματισμού της περιοχής.

ii. **Φλύσχη**

Η μετάβαση ανάμεσα στα ανθρακικά πετρώματα και του υπερκείμενου φλύσχη γίνεται μόνο βαθμιαία και δεν παρατηρείται σαφές όριο μεταξύ αυτών.

Κατά τον ΦΥΤΡΟΛΑΚΗ (1971), ο φλύσχη διακρίνεται σε τρεις στρωματογραφικές σειρές:

➤ **Κατώτερη σειρά – Αργιλομαργαϊκή**

Όλη η σειρά έχει πάχος 120-160m. Το αρχαιότερο τμήμα της σειράς, με πάχος που δεν υπερβαίνει τα 20m, αποτελείται από χονδροκοκκώδεις κιτρινωπές μάργες που εγκλείουν ενίοτε λεπτόκοκκο ψαμμίτη. Ενώ, το υπόλοιπο τμήμα συντίθεται από λεπτόκοκκες κυανομελανές έως τεφροκυανές αργιλικές μάργες.

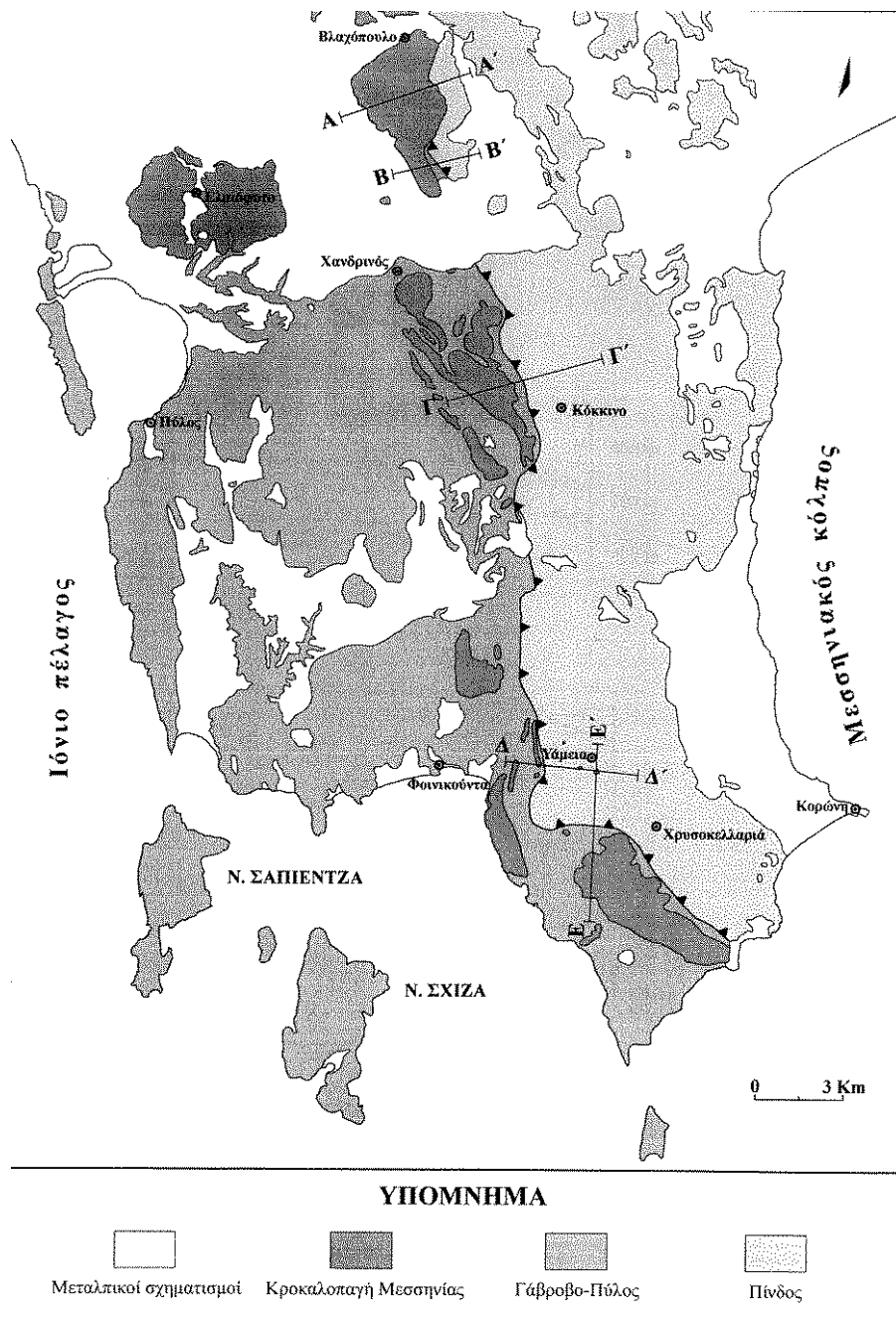
➤ **Μεσαία σειρά – Ψαμμιτομαργαϊκή**

Η ανώτερη σειρά μεταβαίνει βαθμιαία και χωρίς ασυμφωνία στη μεσαία (πάχους 80m), η οποία αποτελείται από εναλλαγές τεφρών μαργαϊκών στρωμάτων (μέσου πάχους 0,15m) και καστανότεφρων ψαμμιτικών στρωμάτων (μέσου πάχους 0,10m). Σε μερικές περιπτώσεις, οι πάγκοι των ψαμμιτών εμφανίζονται με αυξημένο πάχος εις βάρος των μαργών και των κροκαλοπαγών. Οι κόκκοι των ψαμμιτών αποτελούνται κυρίως από ασβεσίτη, λιγότερο από χαλαζία και σπανίως από μαρμαρυγία.

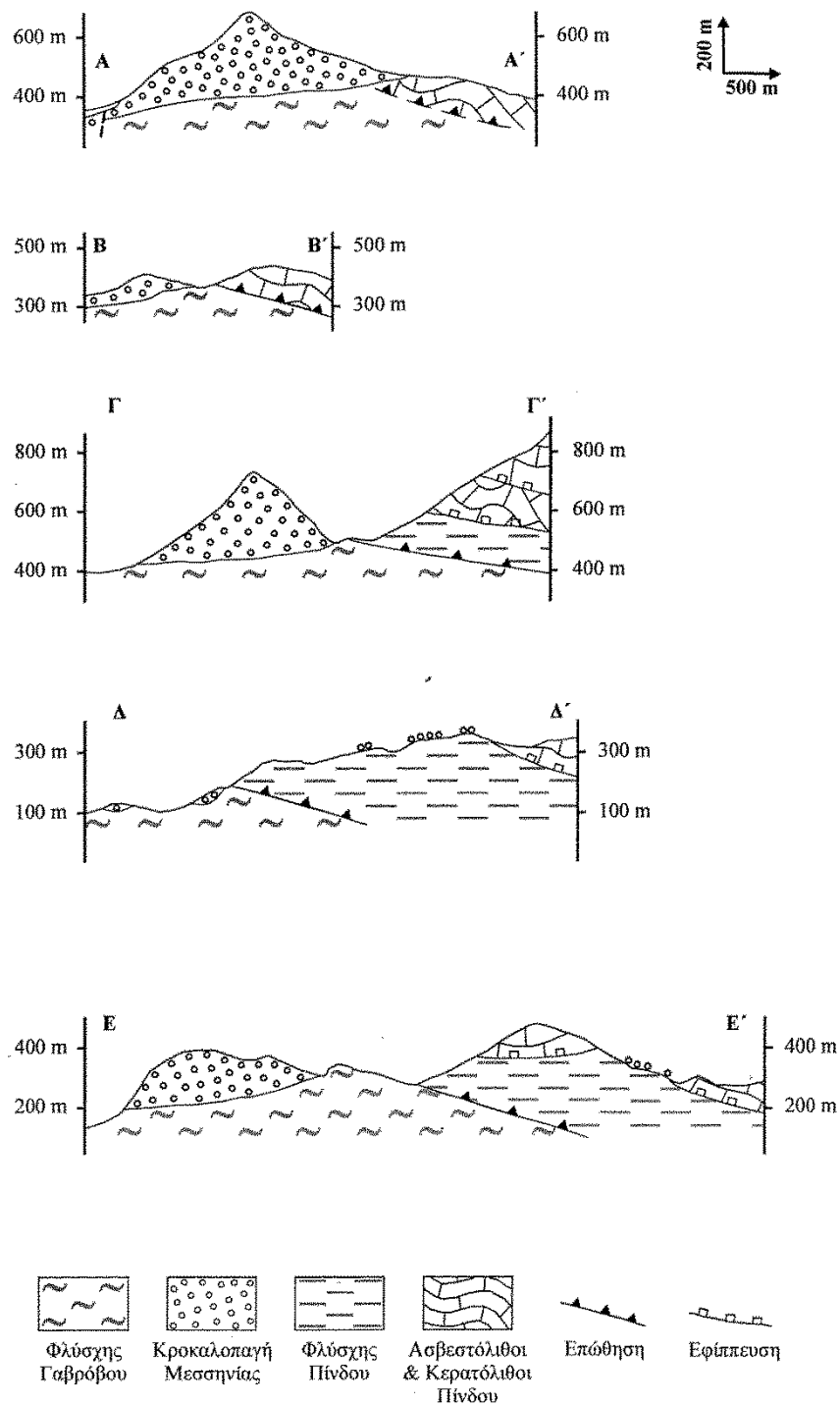
➤ **Ανώτερη σειρά – Κροκαλοπαγή**

Σε αντίθεση με τον ΚΙΣΚΥΡΑ (1964) που θεώρησε τα κροκαλοπαγή της Μεσσηνίας ως μόλασσα της ενότητας Πίνδου, ο ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ τα αναφέρει ως την ανώτερη σειρά του φλύσχη της ενότητας Γαβρόβου-Πύλου. Παρόλα ταύτα, οι κροκάλες και λατύπες της σειράς προέρχονται από την διάβρωση τόσο των κατώτερων φλυσιτικών, όσο και των ανώτερων ασβεστολιθικών στρωμάτων της Πίνδου. Το συνδετικό υλικό των κροκαλοπαγών προέρχεται από τους ψαμμίτες του φλύσχη της Πίνδου. Καθώς η προέλευση βρίσκεται κοντά στον χώρο απόθεσης, οι κροκάλες δεν παρουσιάζονται αρκετά αποστρωγγυλοποιημένες. Η σειρά των κροκαλοπαγών εμφανίζει πάχος 200-250m και εντοπίζεται κατά μήκος του μετώπου του καλύμματος της Πίνδου. Συγκεκριμένα στο Μαυροβούνι, στην οροσειρά Μαντά Λιμέρια, στον λόφο Νέμπο,

στον λόφο Προφ. Ηλία και στο όρος Μαγκαλαβάς, όπως φαίνεται στον χάρτη της εικόνας 1.5 και στις τομές της εικόνας 1.6.



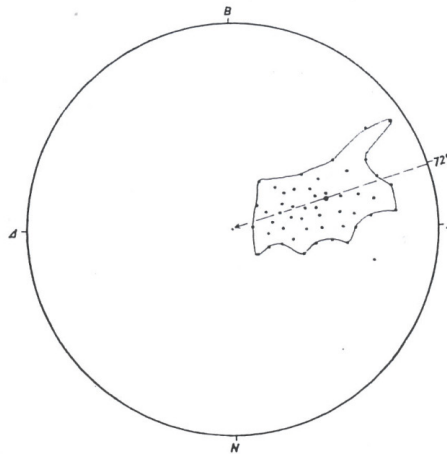
Εικόνα 1.5 – Θέσεις εμφάνισης Κροκαλοπαγών Μεσσηνίας (ΛΑΔΑΣ, 2000)



Εικόνα 1.6 - Γεωλογικές τομές εγκάρσιες στην ανάπτυξη των κροκαλοπαγών, σημειωμένες στον χάρτη της εικόνας 1.5 (ΛΑΔΑΣ, 2000)

Ιζηματογένεση Φλύσχη

Η γένεση του φλύσχη ξεκινά στο Κατ. Πριαμπόνιο, δηλαδή μόλις υπερχείλισε η ανατολικά κείμενη αύλακα Ωλονού-Πίνδου και πρωτοαποτέθηκε αργιλομαργαϊκό υλικό πάνω στο ύβωμα της Πύλου, το οποίο αποτέλεσε την κατώτερη σειρά του φλυσχικού σχηματισμού. Μετέπειτα, η ανύψωση της αύλακας Ωλονού-Πίνδου προσέφερε χονδροκοκκώδες υλικό στο ύβωμα της Πύλου, από την διάβρωση μαργών και ψαμμιτών της Πίνδου. Το υλικό αυτό, αποτελεί την μεσαία σειρά του φλυσχικού σχηματισμού του Γαβρόβου-Πύλου. Τέλος, καθώς η αύλακα της Πίνδου αρχίζει να αναδύεται, από την διάβρωση του ήδη σχηματισμένου φλύσχη της Πίνδου, λόγω της αποχώρησης των υδάτων, προέκυψαν ο σχηματισμός των κροκαλοπαγών, οποίος είναι και η ανώτερη σειρά του φλύσχη του Γαβρόβου-Πύλου, κατά το Αν. Ηώκαινο - Κατ. Ολιγόκαινο.



Εικόνα 1.7 – Διάγραμμα που δείχνει τη διεύθυνση προέλευσης του υλικού ιζηματογένεσης (ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ, 1971)

Σύμφωνα με το σχήμα (Εικόνα 1.7), διακρίνεται η διεύθυνση προέλευσης του υλικού ιζηματογένεσης της μεσαίας σειράς του φλύσχη να είναι ABA. Ως τελείες παρουσιάζονται οι πόλοι των επιφανειών της “σταυρωτής στρώσης”, δηλαδή, είναι οι στρώσεις που παρατηρούνται πολλές φορές σε μια ψαμμιτική τράπεζα και διακρίνονται μεταξύ τους λόγω διαφοράς χρώματος, καθώς επίσης, παρουσιάζουν και διαφορετική γωνία κλίσης από τις κύριες στρώσεις του φλύσχη. Ο προσδιορισμός της διεύθυνσης της προέλευσης του υλικού ιζηματογένεσης των ψαμμιτών γίνεται ως εξής:

Η μέτρηση της στρώσης γίνεται με ειδική γεωλογική πυξίδα επί μιας διεδρης γωνίας της ψαμμιτικής τράπεζας και έτσι, προκύπτει μια φαινόμενη κλίση. Δύο φαινόμενες κλίσεις προβαλλόμενες σε δίκτυο Schmidt δίνουν την επιφάνεια και την πραγματική κλίση της αντίστοιχης σταυρωτής στρώσης. Σε περιπτώσεις που η ψαμμιτική τράπεζα έχει διαβρωθεί, είναι δυνατόν η επιφάνεια της λοξής στρώσης να προσδιοριστεί με μια μόνο μέτρηση. Φέρνοντας τους πόλους των επιφανειών στο δίκτυο Schmidt και ενώνοντας το κέντρο βάρους προς το κέντρο του κύκλου, προκύπτει η ζητούμενη διεύθυνση της προέλευσης του υλικού.

Σύνδεση φλύσχη με την Ιόνια ενότητα

Σύμφωνα με τον ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ (1986), στην περιοχή Μεσολόγγι – Βαράσοβα, τίθεται ένα ερώτημα εάν υπάρχει ή όχι πλευρική μετάβαση του φλύσχη μεταξύ της Ιόνιας ενότητας και του Γαβρόβου. Στην περιοχή αυτή, ο φλύσξης του Γαβρόβου καλύπτει επιφανειακά, τόσο την Ιόνια ενότητα από τα δυτικά, όσο και το Γάβροβο από τα ανατολικά. Κατά την πρώτη εκδοχή, υπάρχει πλευρική μετάβαση μέσα σε απόσταση 5km και ο φλύσξης θεωρείται ενιαίος με βαθμιαία κατακόρυφη μετάβαση, τόσο πάνω από τους νηριτικούς ασβεστόλιθους του Γαβρόβου στην περιοχή Βαράσοβα, όσο και πάνω από τους πελαγικούς ασβεστόλιθους της Πίνδου στην περιοχή Μεσολογγίου. Αντίθετα, μια άλλη εκδοχή είναι η περίπτωση μιας πιθανής θαμμένης τεκτονικής επαφής του Γαβρόβου πάνω στην Ιόνια ενότητα, καλυμμένη από ανώτερα φλυσοχομολασσικά στρώματα.

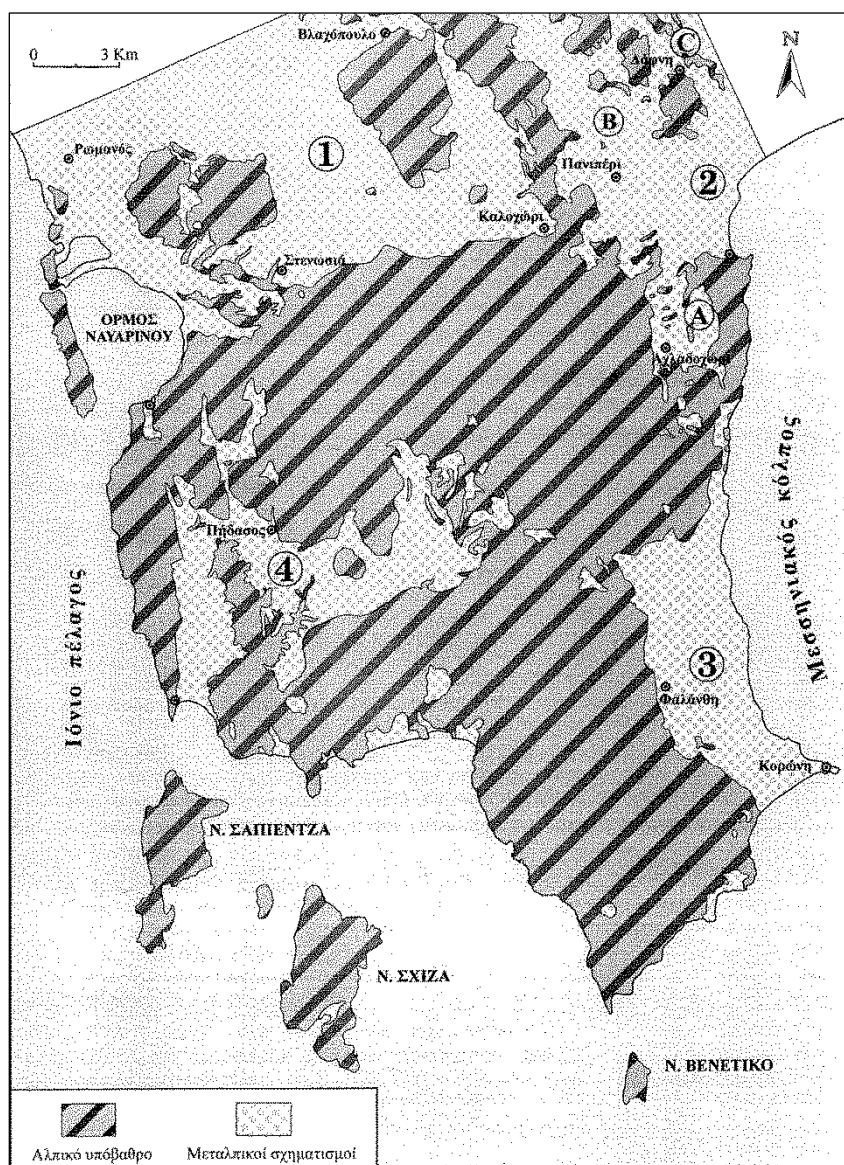
ΕΝΟΤΗΤΑ ΠΙΝΔΟΥ

Στην ευρύτερη περιοχή και συγκεκριμένα στην ανατολική πλευρά της Μεσσηνιακής χερσονήσου, απαντάται επίσης η γεωτεκτονική ενότητα της Πίνδου προερχόμενη από τον πελαγικό παλαιογεωγραφικό χώρο της αύλακας Ωλονού-Πίνδου. Στην περιοχή, εμφανίζονται τα στρώματα:

- Σχηματισμός Ραδιολαριτών (s.l.) ηλικίας Αν. Ιουρασικό – Αν. Κρητιδικό, πάχους 200m. Διαχωρίζεται σε κατώτερα μέλη από στρώματα ασβεστόλιθων με ασβεστολιθικούς φακούς και σε ανώτερα μέλη μόνο από ραδιολαρίτες.
- Ασβεστόλιθοι Ιουρασικού, πάχους 75m – δολομίτες και δολομιτικοί ασβεστόλιθοι.
- Ασβεστόλιθοι Αν. Κρητιδικού, πάχους 250m – λεπτοπλακώδεις και παχυστρωματώδεις ανθρακικούς ορίζοντες.
- ΑνωΤριαδικός κλαστικός σχηματισμός, πάχους 30m – εναλλαγές ψαμμιτών, μαργών, πηλινών, πυριτιολίθων και λεπτοπλακωδών ασβεστόλιθων.
- Φλύσξης ηλικίας Αν. Μαιστρίτιο – Κατ. Ηώκαινο – τυπικός φλύσξης με μάργες, ψαμμίτες και μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, χωρίς προσδιορισμένο πάχος λόγω έντονης καταπόνησης.

ΜΕΤΑΛΠΙΚΕΣ ΑΠΟΘΕΣΕΙΣ

Στην ευρύτερη περιοχή της Μεσσηνιακής χερσονήσου, οι μεταγενέστεροι του αλπικού κύκλου σχηματισμοί έχουν αποτεθεί ασύμφωνα πάνω σε ένα καλά διαμορφωμένο παλαιοανάγλυφο. Το πάχος των μεταλπικών είναι ποικίλο και διαφέρει από θέση σε θέση. Γενικά, αυξάνεται προς το εσωτερικό της εκάστοτε λεκάνης. Τα μεταλπικά ιζήματα δεν παρουσιάζουν ομοιομορφία τόσο στην φάση όσο και στην λιθολογία τους και έτσι, φαίνεται πως δεν αποτέθηκαν ταυτόχρονα σε ολόκληρη τη χερσόνησο. Συνεπώς, με βάση αυτή την διαπίστωση, είναι αναγκαίο να διακριθούν τέσσερις επιμέρους λεκάνες ιζηματογένεσης που δημιουργήθηκαν κατά την νεοτεκτονική περίοδο (Εικόνα 1.8):

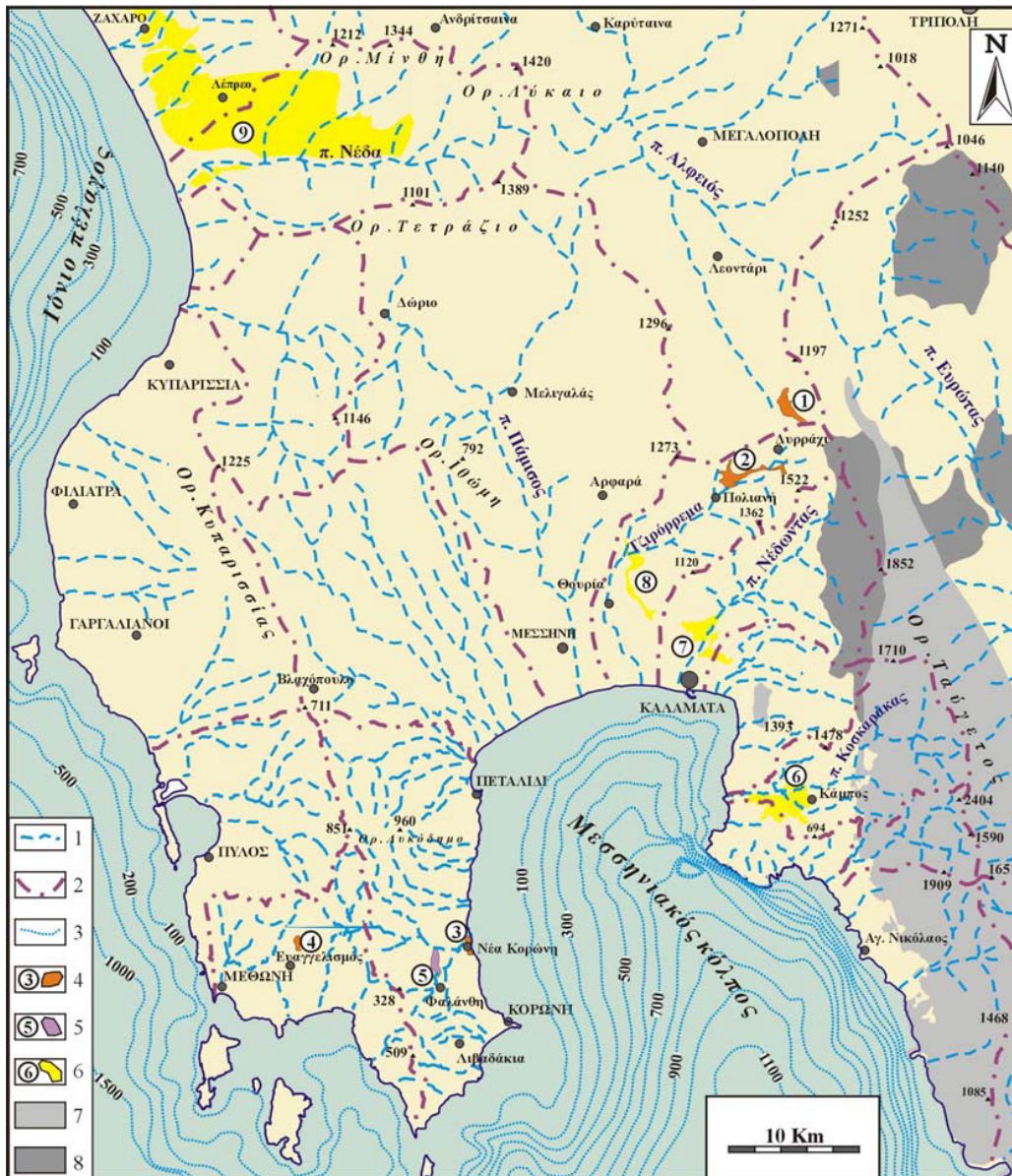


Εικόνα 1.8 – Λεκάνες ιζηματογένεσης (ΛΑΔΑΣ, 2000)

1. ΒΔ περιοχή ιζηματογένεσης – (δυτικό τμήμα βυθίσματος Βλαχόπουλου)
2. ΒΑ περιοχή ιζηματογένεσης – (ανατολικό τμήμα βυθίσματος Βλαχόπουλου)
3. Λεκάνη Κορώνης-Φαλάνθης – (2ης τάξης βύθισμα ΝΑ της χερσονήσου)
4. Λεκάνη Πήδασου

Εμφανίσεις Κροκαλοπαγών Προερχομένων από Μεταμορφωμένα Πετρώματα

Αξίζει να σημειωθεί ότι σε διάφορες θέσεις (Εικόνα 1.9) νότια της χερσονήσου, εντοπίστηκαν πολύμικτα κροκαλοπαγή που περιέχουν και κροκάλες προερχόμενες από μεταμορφωμένα πετρώματα.



Εικόνα 1.9 - Οι θέσεις εμφάνισης των μεταλλικών σχηματισμών, που περιέχουν κροκάλες από μεταμορφωμένα πετρώματα, στη ΝΔ Πελοπόννησο. 1:υδρογραφικό δίκτυο, 2:υδροκρίτες, 3:ισοβαθείς, 4:θέσεις εμφάνισης, 5:ενότητα Μάνης, 6:ενότητα Αρνας (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ et al., 2001)

Ταξινομώντας τις θέσεις αυτές, προκύπτουν οι ακόλουθες περιπτώσεις εμφάνισης:

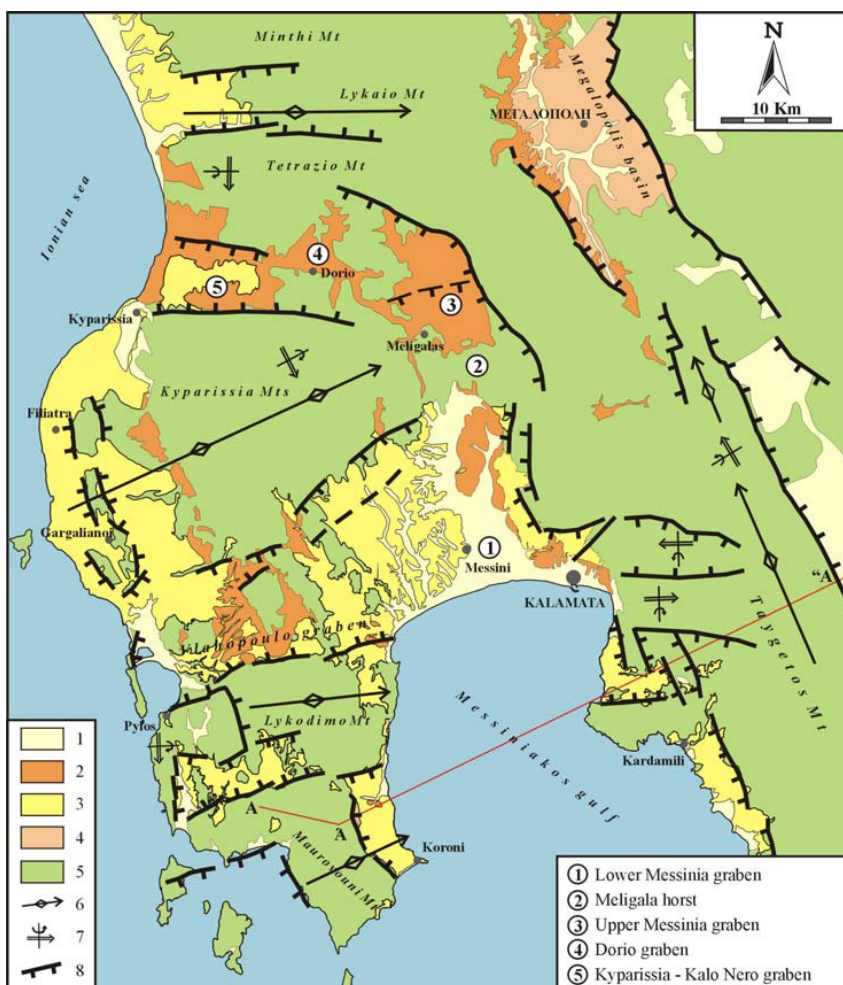
- 1) Κροκάλες προερχόμενες από μάρμαρα και σχιστόλιθους με υποκατηγορίες:
 - i) Κροκαλοπαγή ασύμφωνα τοποθετημένα στο φλύσχη της ενότητας Γαβρόβου-Πύλου, στη λεκάνη του Πήδασου. Εμφανίζονται σαν στρώμα μικρού πάχους σε λίγες θέσεις αλλά και σαν μεμονωμένες κροκάλες πάνω στον φλύσχη.
 - ii) Πολύμικτα κροκαλοπαγή πάνω σε σχηματισμούς της ενότητας Πίνδου, δυτικά της Κορώνης. Παρατηρούνται ως σκόρπιες κροκάλες με προέλευση από ασβεστόλιθους, ραδιολαρίτες, φλύσχη, αλλά και από σχιστόλιθους, χαλαζίτες και μάρμαρα.
- 2) Κροκάλες προερχόμενες από μεταμορφωμένα πετρώματα, εμφανίζονται μαζί με αργιλούχες μάργες και ξυλώδεις λιγνίτες στη βάση των μεταλλικών αποθέσεων της λεκάνης της Κορώνης – Φαλάνθης, με ηλικία ιζηματογένεσης στο Κ. Πλειόκαινο.
- 3) Κροκάλες στον ποταμοχειμάρριο σχηματισμό κροκαλοπαγών της Νέας Κορώνης και στον ερυθροπυριτικό κλαστικό σχηματισμό.

Συνεπώς, τίθεται ένα ερώτημα πηγής προέλευσης των προερχόμενων από μεταμορφωμένα πετρώματα κροκάλων, καθώς εμφανίζονται σε γεωλογικά αμεταμόρφωτη περιοχή. Οι εγγύτερες εμφανίσεις μεταμορφωμένων αλπικών πετρωμάτων ανήκουν στις γεωτεκτονικές ενότητες της Άρνας (Φυλλιτών-Χαλαζιτών) και της Μάνης, οι οποίες απαντώνται στην οροσειρά του Ταϋγέτου. Καθώς, οι συγκεκριμένες κροκάλες αντιπροσωπεύουν ίδιους πετρολογικούς τύπους με αυτούς των παραπάνω ενότητων, πιθανολογείται ως πηγή προέλευσης τους οι μεταμορφωμένες αυτές ενότητες στο τεκτονικό παράθυρο του Ταϋγέτου. Όσον αφορά τις ευμεγέθεις κροκάλες στον πολύμικτο σχηματισμό της Νέας Κορώνης, χρονολογούνται μετά το Μέσο Πλειστόκαινο - περίοδο που δεν είχε διαμορφωθεί ακόμα ο Μεσσηνιακός κόλπος στην σημερινή του μορφή και μέσω μεγάλων ρευμάτων υπήρχε έντονη προσφορά κλαστικών υλικών από τον Ταϋγετο προς την νότια περιοχή της χερσονήσου. Στην περίπτωση των σχιστολιθικών κροκάλων στη λεκάνη της Φαλάνθης, έχουν ως πηγή τροφοδοσίας είτε τις δυο αλπικές μεταμορφωμένες ενότητες Άρνας και Μάνης του Ταϋγέτου, από τα ανατολικά, είτε προγενέστερα μεταλλικά στρώματα από τα δυτικά της χερσονήσου.

1.3.2 Τεκτονική

ΓΕΝΙΚΑ

Οι τεκτονικές δομές που εμφανίζονται στην Μεσσηνιακή χερσόνησο, έχουν διαμορφωθεί τόσο κατά την αλπική ορογένεση, όσο και κατά την νεοτεκτονική περίοδο (Εικόνα 1.10). Η αλπική παραμόρφωση των πετρωμάτων, που χαρακτηρίστηκε από εφαπτομενικό τεκτονισμό, δημιούργησε πτυχές σε διάφορες κλίμακες παρατήρησης ως τρισδιάστατες πλαστικές δομές και εφιππεύσεις/επωθήσεις, ρήγματα ως δισδιάστατες δομές. Μεταγενέστερα και κατά την νεοτεκτονική περίοδο, έδρασαν κατακόρυφες κινήσεις, οι οποίες δημιούργησαν διαδοχικά τεκτονικά βυθίσματα και κέρατα, οριοθετημένα από ρηξιγενείς ζώνες. Η νεοτεκτονική αυτή παραμόρφωση έδρασε πάνω στις δομές του αλπικού κύκλου και έτσι, πολλές φορές είναι δύσκολο να διακριθούν οι επιμέρους παραμορφωτικές φάσεις, οι οποίες αποτελούνται και από τρισδιάστατες και από δισδιάστατες δομές. Για παράδειγμα, κάποια ρήγματα που γεννήθηκαν κατά την αλπική παραμόρφωση, μπορεί να επαναδραστηριοποιήθηκαν κατά την νεοτεκτονική περίοδο, και ενδεχομένως με αντίθετη φορά.



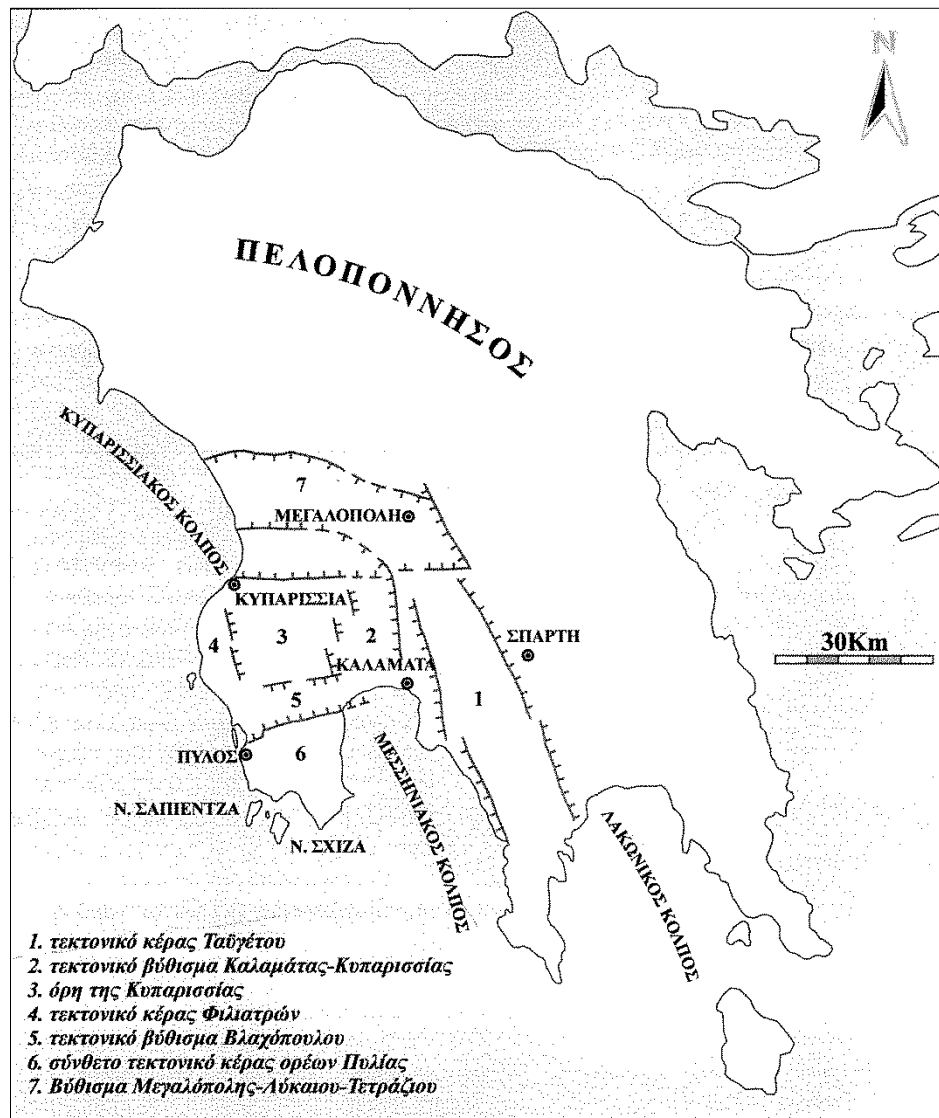
Εικόνα 1.10 - Νεοτεκτονικές μακροδομές της ΝΔ Πελοποννήσου (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ et al., 2001)

- 1:Ολοκαινικές αποθέσεις,
- 2:Χερσαίες αποθέσεις,
- 3:Θαλάσσιες αποθέσεις,
- 4:Λιμναίες αποθέσεις,
- 5:Προνεογενές υπόβαθρο,
- 6:Άξονες μακροπτυχών,
- 7:Άξονες περιστροφής,
- 8:Ρηξιγενείς ζώνες.

ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΜΑΚΡΟΔΟΜΕΣ

Ως 1^{ης} τάξης νεοτεκτονικές μακροδομές στην ΝΔ Πελοπόννησο, καταγράφονται τα τεκτονικά κέρατα και βυθίσματα (*Εικόνα 1.11*):

1. Τεκτονικό κέρασ του Ταυγέτου
2. Τεκτονικό βύθισμα Καλαμάτας-Κυπαρισσίας
3. Τα όρη της Κυπαρισσίας
4. Τεκτονικό κέρασ Φιλιατρών
5. Τεκτονικό βύθισμα του Βλαχόπουλου
6. Το σύνθετο τεκτονικό κέρασ των ορέων της Πυλίας
7. Το σύνθετο τεκτονικό βύθισμα Μεγαλόπολης



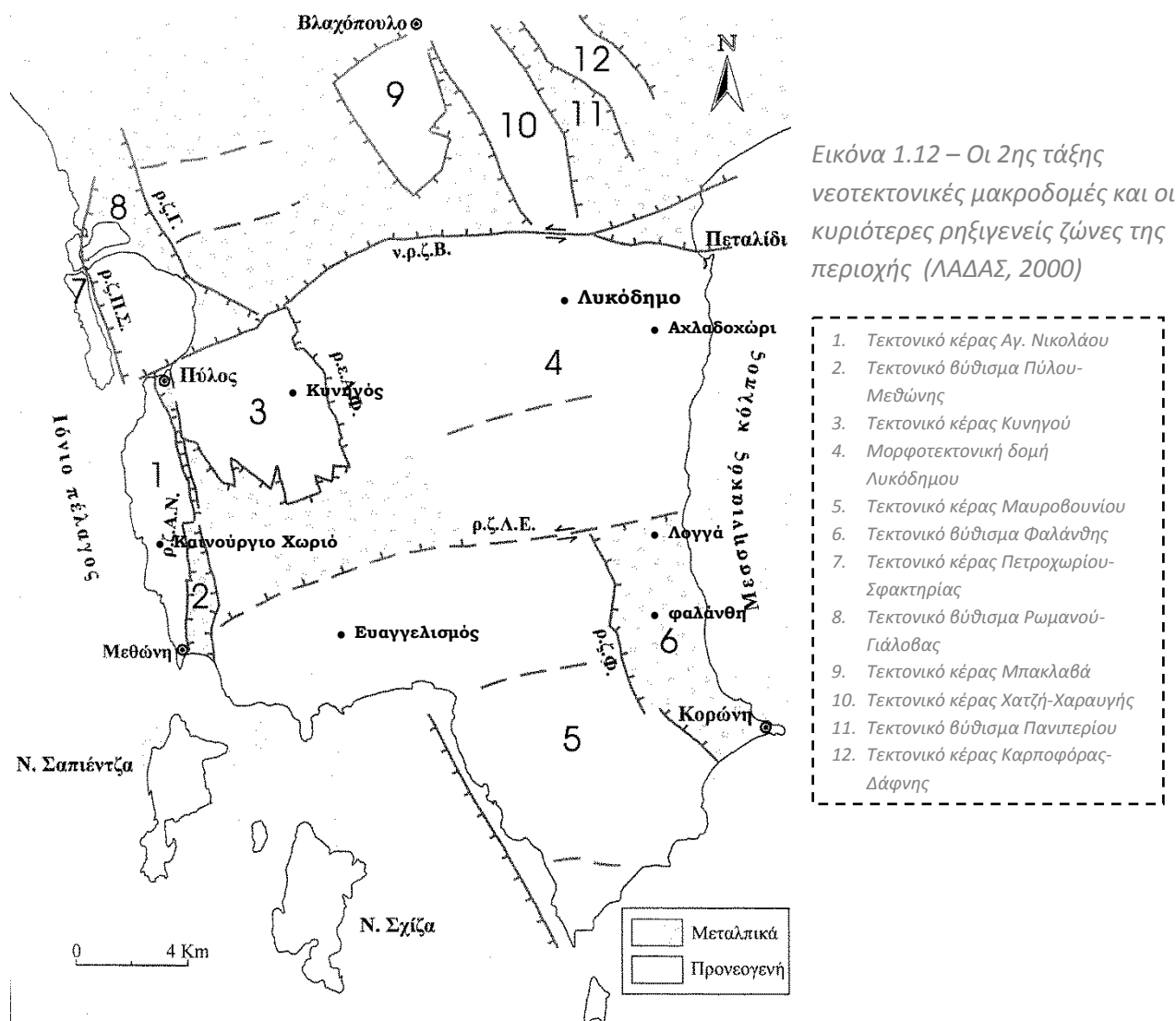
Εικόνα 1.11 – Οι 1ης τάξης νεοτεκτονικές μακροδομές (ΛΑΔΑΣ, 2000)

Οι 1^ης τάξης νεοτεκτονικές αυτές μακροδομές οριοθετούνται από μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες, οι οποίες, όπως και τα ρήγματα τους, παρουσιάζουν τα παρακάτω ιδιαίτερα χαρακτηριστικά, σύμφωνα με τον ΜΑΡΙΟΛΑΚΟ (1987, 1992):

- Οι διευθύνσεις των επιμέρους ρηγμάτων μεταβάλλονται κατά μήκος των περιθωριακών ζωνών (Στο βύθισμα Καλαμάτας-Κυπαρισσίας, η διεύθυνση των ρηγμάτων είναι ΒΒΔ-ΝΝΑ, κοντά στην Καλαμάτα ενώ γίνεται περίπου Α-Δ, κοντά στην Κυπαρισσία).
- Στην ίδια ρηξιγενή ζώνη, εντοπίζονται ρήγματα διαφορετικής έως και αντίθετης διεύθυνσης, τα οποία ως συζυγή συστήματα είναι αποτελέσματα ίδιου εντατικού πεδίου.
- Η παρουσία χαρακτηριστικής κλιμακωτής διάταξης “en echelon” δείχνει την εμφάνιση και ρηγμάτων με πλάγια ολίσθηση.
- Μερικά περιθωριακά ρήγματα παρουσιάζουν μορφές ψαλιδωτών ρηγμάτων (scissor faults) (για παράδειγμα το ένα περιθωριακό ρήγμα του τεκτονικού κέρατος του Ταϋγέτου, που κλίνει προς ανατολάς, διασταυρώνεται ως ψαλιδωτό ρήγμα με το περιθωριακό ρήγμα της λεκάνης της Μεγαλόπολης, που κλίνει προς δυτικά, κατά την ίδια διεύθυνση).
- Πάνω στις επιφάνειες ολίσθησης των ρηγμάτων στις ρηξιγενείς ζώνες, εντοπίζονται γραμμές προστριβής διαφορετικών γενεών, που εκφράζουν πλάγια ολίσθηση αλλά και οριζόντιες και κατά κλίση κινήσεις (για παράδειγμα, στην ρηξιγενή επιφάνεια Ζίμπελι, ανατολικά της Καλαμάτας, καταγράφονται 6 διαφορετικές γενεές γραμμών προστριβής, που υποδηλώνουν διαδοχική επαναδραστηριοποίηση).
- Οι παλαιότερες ρηξιγενείς επιφάνειες είναι συνήθως καμπυλωτές και τέμνονται από νεώτερες διαρρήξεις, στοιχείο που δηλώνει την τεκτονική επιρροή της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης πάνω στην αλπική.

Μέσα σε κάθε μία 1^ης τάξης τεκτονική μακροδομή, αναπτύσσονται πολλά μικρότερης τάξης τεκτονικά βυθίσματα και κέρατα, τα οποία βρίσκονται από (υπο)παράλληλη μέχρι και εγκάρσια διεύθυνση σε σχέση με την μεγαλύτερης τάξης δομή όπου ανήκουν.

Συγκρίνοντας τεκτονικά, τις 2^ης τάξης δομές με την μητρική τους μεγαλύτερης τάξης μακροδομή, γίνεται εμφανές ότι διαφοροποιούνται κινηματικά. Δηλαδή, κάθε ένα ρηξιτέμαχος (βύθισμα ή κέρασ) έχει ξεχωριστή παλαιογεωδυναμική εξέλιξη, ανεξάρτητα από την κινηματική της μεγαλύτερης τάξης. Ενώ, από δυναμική άποψη, και η μεγαλύτερη και οι επιμέρους τεκτονικές δομές είναι αποτελέσματα ίδιου εντατικού πεδίου. Από κινηματική άποψη, η τεκτονική συμπεριφορά και εξέλιξη που θα ακολουθήσει το κάθε ρηξιτέμαχος, καθορίζεται από τον βαθμό δραστηριότητας των περιθωριακών του ρηγμάτων, καθ’ όλη την διάρκεια της γεωλογικής του πορείας.

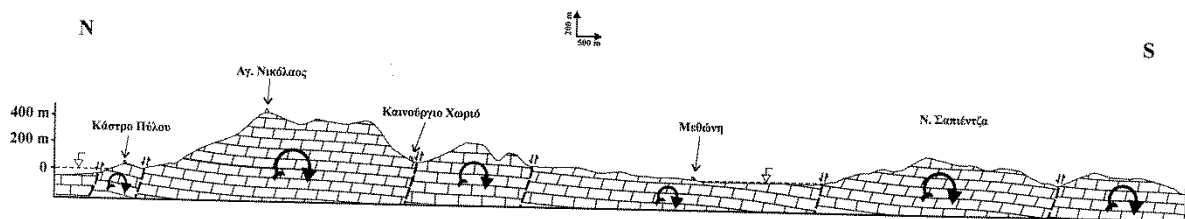


Η περιοχή μελέτης βρίσκεται εντός του σύνθετου τεκτονικού κέρατος των ορέων της Πυλίας, εντός του οποίου, δρουν οι ακόλουθες 2^{ης} τάξης νεοτεκτονικές μακροδομές (Εικόνα 1.12) που από δυσμιάς προς ανατολάς, είναι:

1. Το τεκτονικό κέρασ του Αγίου Νικολάου

Έχει διεύθυνση Β-Ν και αποτελείται αποκλειστικά από ασβεστόλιθους ηλικίας Αν. Κρητιδικό – Ηώκαινο, οι οποίοι ανήκουν στην ενότητα Γαβρόβου-Πύλου. Από τα ανατολικά, οριοθετείται με την ομώνυμη ρηξιγενή ζώνη του Αγίου Νικολάου, η οποία διαχωρίζει το κέρασ με το όμορο τεκτονικό βύθισμα Πύλου-Μεθώνης. Τα συνεκτικά πλευρικά κορήματα στις ακτές του κέρατος, αποτελούν ίχνος ύπαρξης του δυτικού περιθωρίου ίδιας διεύθυνσης, το οποίο φαίνεται να καλύπτεται από την θάλασσα του Ιονίου πελάγους. Εντός του τεκτονικού κέρατος, αναπτύσσονται εγκάρσια ρήγματα διεύθυνσης Α-Δ, που το διαχωρίζουν σε επιμέρους ρηξιτεμάχη. Κατά την διεύθυνση της μακροδομής Β-Ν, εντοπίζεται μια διαδοχική μείωση, προς νότο, των επιφανειών

επιπέδωσης και του υψομέτρου, το οποίο είναι αποτέλεσμα της περιστροφής των επιμέρους ρηξιτεμαχών προς νότο, με άξονα περιστροφής σε διεύθυνση Α-Δ (Εικόνα 1.13). Το ίδιο τεκτονικό καθεστώς επικρατεί μέχρι και την νήσο Σαπιέντζα, που βρίσκεται στην προέκταση του κέρατος. Στην μακροδομή του Αγίου Νικολάου, διακρίνονται ξεκάθαρα οι δύο παραμορφωτικές φάσεις. Κατά τον αλπικό κύκλο, οι ασβεστολιθικές σειρές σχημάτισαν μια αντικλινική πτυχή με άξονα σε διεύθυνση Β-Ν, ενώ κατά την νεοτεκτονική περίοδο (περίπου Άνω Μειόκαινο), με το σπάσιμο των σκελών της μεγαπτυχής αυτής από τις περιθωριακές, παράλληλες στον άξονα της, ρηξιγενείς ζώνες, η περιοχή εξελίχθηκε στο σημερινό τεκτονικό κέρας.



Εικόνα 1.13 – Γεωλογική τομή διεύθυνσης Β-Ν, από Αγ. Νικόλαο μέχρι Ν. Σαπιέντζα (ΛΑΔΑΣ, 2000)

2. Το τεκτονικό βύθισμα Πύλου – Μεθώνης

Παρουσιάζει μια επιμηκυμένη μορφή στενής λωρίδας, σε διεύθυνση Β-Ν, με το πλάτος της να μειώνεται προς βορρά. Εντοπίζεται πάνω στην ευθεία των κωμοπόλεων Πύλου – Μεθώνης, όπου περατώνεται πάνω στην νότια περιθωριακή ρηξιγενή ζώνη του Βλαχόπουλου. Οριοθετείται με την ρηξιγενή ζώνη του Αγίου Νικολάου από δυσμάς και με την μορφοτεκτονική δομή του Λυκόδημου από ανατολάς. Στο νότιο τμήμα του και στην περιοχή από την Μεθώνη μέχρι το Καινούργιο Χωριό, το επιμηκυμένο βύθισμα αναπτύσσει μέγιστο πλάτος 1km, καλυπτόμενο από αλλουβιακές τεταρτογενείς αποθέσεις. Στο βόρειο τμήμα του, το βύθισμα στενεύει και σβήνει, καλυπτόμενο από θαλάσσιες μάργες στην περιοχή της Πύλου και περιβαλλόμενο από δύο τεκτονικά κέρατα, του Αγίου Νικολάου και του Κυνηγού. Κάπου στο κεντρικό τμήμα του βυθίσματος, εμφανίζεται σε μια στενή ζώνη ο φλύσχος του Γαβρόβου-Πύλου, ανάμεσα στα δύο, εκατέρωθεν του βυθίσματος, τεκτονικά κέρατα.

3. Το τεκτονικό κέρας του Κυνηγού

Εμφανίζεται με μια τετραγωνική μορφή και περιβάλλεται περιμετρικά από ρηξιγενείς ζώνες, που το διαχωρίζουν από τις γειτονικές μακροδομές. Οριοθετείται στα βόρεια από το βύθισμα Ρωμανού-Γιάλοβας, στα ανατολικά και νότια από την μορφοτεκτονική δομή του Λυκόδημου και στα δυτικά από το βύθισμα Πύλου-Μεθώνης. Στρωματογραφικά, αποτελείται από ηωκαινικούς ασβεστόλιθους, οι οποίοι περιβάλλονται από τον φλύσχη του Γαβρόβου-Πύλου, που κάθετα πάνω στις γειτονικές μακροδομές. Είναι ένα υψίπεδο με ποικίλες καρστικές μορφές, από μικρές

δολίνες μέχρι μεγάλες καταβόθρες. Στο εσωτερικό του, εντοπίζεται ένα μικρότερης τάξης τεκτονικό βύθισμα, όπου σημειώνεται μια πόλη, καθώς δεν παρατηρείται επιφανειακή απορροή.

4. Η σύνθετη μορφοτεκτονική δομή του Λυκόδημου

Θεωρείται μορφοτεκτονική δομή και όχι τεκτονικό κέρασ, καθώς δεν παρατηρούνται σημαντικά ρήγματα. Οριοθετείται στα βόρεια από τη νότια περιθωριακή ρηξιγενή ζώνη του Βλαχόπουλου και στα νότια από τη ρηξιγενή ζώνη Λογγά-Ευαγγελισμού. Στα δυτικά εμφανίζεται το τεκτονικό υψίπεδο του Κυνηγού με ρηξιγενή ζώνη που διαχωρίζει ασβεστόλιθους και φλύσχη του Γαβρόβου, ενώ στην ΝΑ άκρη παρουσιάζεται το βύθισμα της Κορώνης-Φαλάνθης. Στο ΝΔ τμήμα της μακροδομής και εντός αυτής, υπάρχει η λεκάνη του Πήδασου, ως τεκτονικό βύθισμα, πληρωμένη από Πλειοκαινικής ηλικίας μάργες. Δομείται από τους σχηματισμούς της Πίνδου στα ανατολικά, και από τον φλύσχη του Γαβρόβου στα δυτικά. Η μορφοτεκτονική δομή του Λυκόδημου έχει ιδιαίτερο τεκτονικό χαρακτήρα. Στο ΒΑ της τμήμα, σημειώνεται η μικρή λεκάνη του Αχλαδοχωρίου, σε διεύθυνση Β-Ν, η οποία έχει αναπτυχθεί ανάμεσα σε στρώματα της Πίνδου που τα λέπη τους παρουσιάζουν κίνηση αντίθετης φοράς, εκατέρωθεν του βυθίσματος. Στην δυτική πλευρά της λεκάνης, τα στρώματα, όπως όλα τα υπόλοιπα της ενότητας, έχουν φορά προς δυσμάς ενώ, αντίθετα, στην ανατολική της πλευρά (νότια του Πεταλιδίου), τα στρώματα έχουν φορά προς ανατολάς. Ως πιθανότερη εξήγηση αυτής της ιδιομορφίας, είναι ότι αυτά τα αντίθετης φοράς καλύμματα αποσπάστηκαν από τις ανατολικές πλαγιές του όρους Λυκόδημου και ολίσθησαν λόγω βαρύτητας κατά μήκος λιστρικών ρηγμάτων, προκύπτοντας έτσι μια φαινομενική κλίση, αντίθετης φοράς. Τα μεταλλικά ιζήματα στο Αχλαδοχώρι κλίνουν προς ΑΒΑ, βόρεια του οικισμού, ενώ κλίνουν προς ΑΝΑ, νότια αυτού. Το γεγονός αυτό, αποδεικνύει ότι τα μεταλλικά ιζήματα του Αχλαδοχωρίου, είναι μεταγενέστερα της λιστρικής κατάπτωσης των λεπιώσεων, από όπου προέκυψε η αντίθετης φοράς κλίση των στρωμάτων Πίνδου. Αν τα ιζήματα είχαν αποτεθεί πριν την δραστηριοποίηση των λιστρικών ρηγμάτων, τότε θα έπρεπε να είχαν κλίσεις προς το εσωτερικό της χερσονήσου, δηλαδή προς ΔΒΔ-ΔΝΔ.

5. Η σύνθετη μορφοτεκτονική δομή του Μαυροβουνίου

Στρωματογραφικά, περιέχει και τις δύο γεωτεκτονικές ενότητες της Μεσσηνίας. Στα ανατολικά, δομείται από τους σχηματισμούς της ενότητας Πίνδου, ενώ στα δυτικά φαίνεται να επικρατεί ο φλύσχος του Γαβρόβου-Πύλου με τους ομόλογους ασβεστόλιθους. Όπως φαίνεται και στον χάρτη, είναι η μεγαλύτερη σε έκταση μακροδομή και στην οποία ανήκει η περιοχή μελέτης για τον φλύσχη. Στα ανατολικά, υπάρχει το τεκτονικό βύθισμα Κορώνης-Φαλάνθης ενώ, στα βόρεια η μορφοτεκτονική δομή του Λυκόδημου, διαχωριζόμενη από την ρηξιγενή ζώνη Λογγά-Ευαγγελισμού. Χαρακτηριστικό στην μορφοτεκτονική δομή είναι η ύπαρξη μιας ρηξιγενούς ζώνης σε θαλάσσια περιοχή και σε διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, που πιθανολογείται λόγω των μεγάλων μορφολογικών κλίσεων στις ακτές και διαχωρίζει την μακροδομή του Μαυροβουνίου από την θάλασσα των Οινουσσών (Εικόνα 1.12). Εσωτερικά της δομής, οι σχηματισμοί

της Πίνδου έχουν διακοπεί από ρήγματα διεύθυνσης Α-Δ σε επιμέρους ρηξιτεμάχη, όπως αποδεικνύεται και από την πάρελξη των αξόνων των πτυχών.

6. Το τεκτονικό βύθισμα της Φαλάνθης

Παρομοιάζεται γεωμετρικά με ορθογώνιο παραλληλόγραμμο, οριοθετημένο στην ΝΑ άκρη της χερσονήσου, από την ρηξιγενή ζώνη Λογγά-Ευαγγελισμού στα βόρεια και από το ρήγμα της Φαλάνθης στα δυτικά. Το βύθισμα έχει γενική διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ και είναι πληρωμένο από χερσαίες, λιμναίες και θαλάσσιες αποθέσεις ηλικίας Κ. Πλειόκαινο – Ολόκαινο, σε σταθερό πάχος.

ΡΗΞΙΓΕΝΕΙΣ ΖΩΝΕΣ

Ο γεωλογικός ρόλος των μεγάλων ρηξιγενών ζωνών που εντοπίζονται στην χερσόνησο της Μεσσηνίας, είναι κυρίως, η οριοθέτηση των νεοτεκτονικών μακροδομών 1ης και 2ης τάξης, που την απαρτίζουν. Σήμερα, οι περισσότερες ρηξιγενείς ζώνες παρουσιάζονται ως ανενεργές, καθώς, δεν διακρίνονται εμφανείς κατοπτρικές επιφάνειες με ξεκάθαρες γραμμές προστριβής, αλλά το μέγεθος της δράσης τους αποτυπώνεται στις μορφολογικές ασυνέχειες, στις διαβρώσεις εις βάθους, στις απότομες κάμψεις υδρογραφικών κλάδων, στην κατανομή των επιφανειών επιπέδωσης και στις παρέλξεις διεύθυνσης των αξόνων των μεγαπτυχών που οι μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες προκάλεσαν.

Ρηξιγενής ζώνη Αγ. Νικολάου

Βρίσκεται σε γενική διεύθυνση Β-Ν και οριοθετεί το τεκτονικό κέρασ του Αγ. Νικολάου από τα δυτικά, με το τεκτονικό βύθισμα Πύλου-Μεθώνης από τα ανατολικά. Τα ρήγματα που απαρτίζουν τη ζώνη, διακόπτονται συχνά από άλλα εγκάρσια σε αυτά, ρήγματα διεύθυνσης Α-Δ. Το κατακόρυφο άλμα της ρηξιγενοῦς ζώνης φαίνεται να είναι μεγαλύτερο στο νότιο τμήμα της, όπως αποδεικνύεται από το μεγάλο πάχος των μεταλπικών αποθέσεων που επικρατούν και θάβουν το αλπικό υπόβαθρο. Ενώ στο βόρειο τμήμα, οι μεταλπικές αποθέσεις μειώνονται σταδιακά, καθώς το βύθισμα Πύλου-Μεθώνης σβήνει στο τεκτονικό κέρασ του Κυνηγού, όπου εντοπίζεται η αλπική επαφή των ασβεστόλιθων της Πύλου με τον φλύσχη της ενότητας Γαβρόβου.

Νότια περιθωριακή Ρηξιγενής ζώνη του Βυθίσματος του Βλαχόπουλου

Οριοθετεί το μεγάλο τεκτονικό βύθισμα του Βλαχόπουλου στα βόρεια από τις τεκτονικές δομές που εμφανίζονται νότια, στην υπόλοιπη χερσόνησο. Στο μεγαλύτερο τμήμα της, η ρηξιγενής ζώνη βρίσκεται σε διεύθυνση Α-Δ, καθώς, διαχωρίζει την μορφοτεκτονική δομή του Λυκόδημου στα νότια. Όμως, στο δυτικό τμήμα της, όπου η ρηξιγενής ζώνη παρουσιάζεται σε διεύθυνση ΔΝΔ-ΑΒΑ, παρατάσσονται διαδοχικά, οι δομές τεκτονικών κεράτων του Κυνηγού και του Αγ. Νικολάου, εν μέρει. Το νότιο ρηξιγενές περιθώριο του Βλαχόπουλου, παρουσιάζει μια ιδιαίτερη τεκτονική αντίθεση. Το δυτικό τμήμα του, απαρτίζεται από ένα σύνολο ρηγμάτων, τα οποία παρουσιάζουν κλιμακωτή διάταξη “en echelon” και προκαλούν μορφολογικές ανωμαλίες στην τεκτονική επαφή των ασβεστόλιθων της Πύλου με τον φλύσχη του Γαβρόβου (τεκτονικό κέρασ Κυνηγού). Αντιθέτως, στο μεγαλύτερο τμήμα του (κεντρικά και ανατολικά), δεν υπάρχουν εμφανή τεκτονικά στοιχεία,

καθώς, το ίχνος της ρηξιγενούς ζώνης χάνεται μέσα στην φλυσική μάζα, και επίσης, απουσιάζουν οι κατοπτρικές επιφάνειες και τα πλευρικά κορήματα. Ως ενδείξεις ύπαρξης του μεγάλου ρηξιγενούς περιθωρίου, είναι οι κατευθυνόμενοι - λόγω τεκτονικής - υδρογραφικοί κλάδοι, η γραμμική διάταξη των επιφανειακών ορίων των μεταλπικών αποθέσεων και η πάρελξη των αξόνων των μεγάλης κλίμακας πτυχών στα στρώματα της ενότητας της Πίνδου (οι οποίοι άξονες διεύθυνσης B-N μεταβάλλονται βορειότερα σε ΒΔ-ΝΑ, λόγω δράσης της ρηξιγενούς ζώνης). Το φαινόμενο της πάρελξης των αξόνων των μεγαπτυχών αποδίδεται στην κίνηση αριστερόστροφου χαρακτήρα της ρηξιγενούς ζώνης που επικρατεί στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα της. Ακόμα, μια αλλαγή διεύθυνσης της ρηξιγενούς ζώνης, σημειώνεται στην ανατολική απόληξη της, επί ξηράς, όπου μεταβάλλεται σε διεύθυνση ΒΑ-ΝΑ. Η νότια ρηξιγενής ζώνη του Βλαχόπουλου, φαίνεται πως συνεχίζεται προς ανατολάς, πέρα από την χερσόνησο, στην ηπειρωτική τράπεζα του Άνω Μεσσηνιακού κόλπου, παρουσιάζοντας ένα μέγιστο άλμα 43m.

Περιθωριακή Ρηξιγενής ζώνη του βυθίσματος της Φαλάνθης

Αποτελεί το κύριο όριο της τεκτονικής λεκάνης της Φαλάνθης, την οποία την χωρίζει από το τεκτονικό κέρασ του Μαυροβουνίου στα δυτικά, ενώ αυτή συνεχίζει να εκτείνεται προς τον Μεσσηνιακό κόλπο, στο ΝΑ άκρο της χερσονήσου. Καθώς η έντονη διάβρωση έχει αλλοιώσει τις κατοπτρικές επιφάνειες, η ύπαρξη της ρηξιγενούς ζώνης αποδεικνύεται από τις μεγάλες μορφολογικές ασυνέχειες στους ασβεστόλιθους της Πίνδου, από τα πλευρικά κορήματα κατά μήκος της ζώνης και από την τεκτονική προσαρμογή της μορφής των υδρογραφικών δικτύων.

Οι Ρηξιγενείς ζώνες στο κέρασ του Κυνηγού

Πολυπληθή περιθωριακά ρήγματα περιβάλλουν περιμετρικά το τεκτονικό κέρασ του Κυνηγού, που απαρτίζεται από τους ασβεστόλιθους της Πύλου. Τα ρήγματα έχουν διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ στο δυτικό και ανατολικό τμήμα της ημικυκλικής ρηξιγενούς ζώνης, στο νότιο τμήμα βρίσκονται σε ΒΑ-ΝΔ ενώ το βόρειο περιθώριο αντικαθιστάται από τμήμα του νότιου ρηξιγενούς περιθωρίου του Βλαχόπουλου. Είναι η μόνη ρηξιγενής ζώνη στην περιοχή, όπου έχουν διατηρηθεί κατοπτρικές επιφάνειες πάνω στους ασβεστόλιθους της Πύλου, χωρίς όμως ξεκάθαρες γραμμές προστριβής (όσες εντοπίστηκαν, έδειξαν κίνηση κατά κλίση).

Ρηξιγενής ζώνη Λογγά - Ευαγγελισμού

Η ρηξιγενής ζώνη Λογγά - Ευαγγελισμού έχει γενική διεύθυνση ΑΒΑ-ΔΝΔ και βρίσκεται σε παράλληλη διάταξη με την νότια περιθωριακή ζώνη του Βλαχόπουλου, που μαζί αποτελούν τις πιο σημαντικές ρηξιγενείς ζώνες της Πυλίας χερσονήσου. Παρόλο που δεν υπάρχουν κατοπτρικές επιφάνειες, εντοπίζονται ως στοιχεία ένδειξης: α) η γραμμική και πάνω στην ίδια ευθεία διάταξη, των ορίων εξάπλωσης των μεταλπικών αποθέσεων, στο νότιο τμήμα της λεκάνης του Πήδασου και στο βόρειο τμήμα της λεκάνης της Φαλάνθης, β) η σημαντική πάρελξη των αξόνων των μεγαπτυχών στους σχηματισμούς της Πίνδου και γ) η μετατόπιση του μετώπου του καλύμματος της Πίνδου πάνω στην ενότητα Γαβρόβου-Πύλου. Η ρηξιγενής ζώνη Λογγά - Ευαγγελισμού είναι μια ιδιαίτερου χαρακτήρα και σημαντική ζώνη ρηγμάτων, γιατί παρουσιάζει μια διάταξη ψαλιδωτού ρήγματος σε μεγάλη κλίμακα και με εμφανή μετατόπιση. Στο κεντροανατολικό τμήμα της όπου χωρίζει τις νεοτεκτονικές δομές Λυκοδήμου και Μαυροβουνίου, στην περιοχή Λογγά (νότια του περιθωρίου) οι άξονες των πτυχών βυθίζονται προς ΑΝΑ ενώ, στο όρος Λυκόδημο (βόρεια του περιθωρίου) βυθίζονται

προς νότο, προβάλλοντας έτσι, μεγάλη παρέλξη που αποδίδεται στην αριστερόστροφου χαρακτήρα κίνηση της ρηξιγενούς ζώνης. Στις χερσαίες απολήξεις της ρηξιγενούς ζώνης, αποδεικνύεται η ψαλιδωτή σχέση των ρηγμάτων της. Στα ανατολικά, το περιθώριο διαχωρίζει το τεκτονικό βύθισμα της Φαλάνθης από την δομή του Λυκόδημου και χαρακτηρίζεται από σημαντικό κατακόρυφο άλμα, δείχνοντας κίνηση κανονικού ρήγματος με το νότιο τέμαχος να κατέρχεται. Αντίθετα, στο δυτικό τμήμα, η ρηξιγενής ζώνη οριοθετεί τις μεταλπικές αποθέσεις της λεκάνης του Πήδασου στα βόρεια, με το αλπικό υπόβαθρο στα νότια, αποδίδοντας κίνηση κανονικού ρήγματος με το βόρειο τέμαχος να κατέρχεται. Αυτή η αντίθεση, συνδεόμενη με την οριζοντιολισθητικού χαρακτήρα κίνηση στο κεντρικό τμήμα της ζώνης, συνθέτει μια μεγάλης κλίμακας ψαλιδωτή διάταξη ρηγμάτων.

ΕΠΙΦΑΝΕΙΕΣ ΔΙΑΡΡΗΞΗΣ

Τέλος, παρατηρούνται και κάποιες επιφάνειες διάρρηξης εντός των νεοτεκτονικών δομών, σε μικρότερη κλίμακα από τις μεγάλες ρηξιγενείς περιθωριακές ζώνες. Τέτοια ρήγματα και διακλάσεις εντοπίζονται κυρίως στους ασβεστόλιθους της Πύλου, καθώς στις άλλες νεοτεκτονικές μακροδομές δεν έχουν αφήσει μορφολογικά ή τεκτονικά ίχνη διάρρηξης. Αποτελούν πρωτογενείς ασυνέχειες που είτε δημιουργήθηκαν κατά την νεοτεκτονική περίοδο είτε επαναδραστηριοποιήθηκαν σε αυτήν. Οι διακλάσεις έχουν ελάχιστη έως καθόλου μετακίνηση ενώ τα ρήγματα επηρεάζουν την μορφή ανάπτυξης των υδρογραφικών δικτύων.

ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ ΤΟΥ ΑΛΠΙΚΟΥ ΙΣΤΟΥ – ΕΝΟΤΗΤΑ ΓΑΒΡΟΒΟΥ-ΠΥΛΟΥ

- Οι ανθρακικοί σχηματισμοί της ενότητας εμφανίζουν έντονη ρηξιγενούς τύπου παραμόρφωση με εμφάνιση διακλάσεων και ρηγμάτων, τα οποία δημιουργήθηκαν κατά την αλπική ορογένεση, με τα ρήγματα μεταξύ ασβεστόλιθων και του σχηματισμού του φλύσχη να θεωρούνται συνιζηματογενή. Η παρουσία έντονων μορφολογικών ασυνεχειών λόγω των περιθωριακών ρηγμάτων, εκφράζει επαναδραστηριοποίηση αυτών, κατά την νεοτεκτονική περίοδο. Βάσει των ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΥ & ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ (1981), οι περιστροφικές κινήσεις των τεκτονικών τεμαχών είναι συνέπεια του εντατικού πεδίου διάτμησης και ζεύγους παράλληλων και αντίρροπων δυνάμεων.
- Ο σχηματισμός του φλύσχη, εκτός από ρηξιγενή παραμόρφωση, έχει υποστεί και πλαστική κατά την νεοτεκτονική περίοδο λόγω της επιρροής του από τις μεγάλες αντικλινικές δομές στους παρακείμενους σχηματισμούς της Πίνδου.

1.3.3 Νεοτεκτονική Παραμόρφωση

Πορίσματα προηγούμενων ερευνών

Στην ευρύτερη περιοχή της Πελοποννήσου, το είδος του εντατικού πεδίου που διαμόρφωσε την γενικότερη παραμόρφωση κατά την νεοτεκτονική περίοδο, μελετήθηκε από πολλούς γεωλόγους, οι οποίοι συνολικά κατέληξαν τα ακόλουθα συμπεράσματα:

- Ως ερμηνεία της παραμόρφωσης μπορεί να θεωρηθεί και η έννοια του τεκτονικού δίπολου. (MARIOLAKOS, 1975)
- Τα περιθωριακά ρήγματα στις νότιες μεταλπικές λεκάνες δεν δημιουργήθηκαν από ένα απλό εντατικό πεδίο αλλά είναι αποτέλεσμα σύνθετου πεδίου διάτμησης και ζεύγους παράλληλων και αντίρροπων δυνάμεων περιστροφικού χαρακτήρα από το γεωδυναμικό καθεστώς της Πελοποννήσου. (MARIOLAKOS & PAPANIKOLAOU, 1981)
- Η γεωτεκτονικής κλίμακας παραμόρφωση του Ελληνικού τόξου στην περιοχή, παρουσιάζει μια μορφή λοξοζωνικής πτυχής σχήματος Z ως αποτέλεσμα ενός οριζόντιου διατμητικού ζεύγους διεύθυνσης Α-Δ με δεξιόστροφη στρέψη. (MARIOLAKOS & PAPANIKOLAOU, 1987)
- Στην περιοχή της κεντροδυτικής Πελοποννήσου, το εντατικό πεδίο είναι τύπου “Rotational Couple” που δημιουργεί, σε τοπική κλίμακα, διαφόρων τύπων εντατικά πεδία: εφελκυστικά, συμπιεστικά, διεφελκυστικά ή διαθλιπτικά, που εφαρμόζονται με έναν πιο πλαστικοθραυσigenή χαρακτήρα, παρά με καθαρά θραυσigenή παραμόρφωση. (FOUNTOULIS, 1994)

Ειδικότερα, με βάση το σύνολο των παρατηρήσεων, ο τύπος της νεοτεκτονικής παραμόρφωσης που έχει επιδράσει στην ευρύτερη περιοχή της Μεσσηνίας, αποτυπώνεται στα εξής χαρακτηριστικά (MARIOLAKOS & FOUNTOULIS, 1991, FOUNTOULIS, 1994, PAPANIKOLAOU, 1987):

- Το βύθισμα του Βλαχόπουλου διαχωρίζεται από τα όρη της Πυλίας με μια μεγάλη ρηξιγενή ζώνη διεύθυνσης Α-Δ.
- Στο εσωτερικό αυτών των δομών, οι μικρότερης τάξης τεκτονικές δομές κεράτων και βυθισμάτων βρίσκονται τόσο σε εγκάρσια, όσο και σε (υπό)παράλληλη διεύθυνση με τις μεγαλύτερης τάξης δομές.
- Οι περιθωριακές ρηξιγενείς ζώνες που διαχωρίζουν αυτές τις τεκτονικές δομές, δεν εμφανίζουν χαρακτηριστικά πρόσφατης δραστηριοποίησης.
- Σε όποιες διατηρημένες κατοπτρικές επιφάνειες των ρηξιγενών ζωνών (είτε περιθωριακών είτε εσωτερικών) παρατηρούνται γραμμές προστριβής κατά κλίση.
- Στην περιοχή επικρατούν κυρίως τα ρήγματα ανάστροφου χαρακτήρα.
- Κοντά στην νότια περιθωριακή ρηξιγενή ζώνη του βυθίσματος του Βλαχόπουλου, παρατηρείται πάρελξη στα λέπη, η οποία υποδηλώνει οριζόντια συνιστώσα μετατόπισης των εκατέρωθεν τεκτονικών τεμαχών με δεξιόστροφη κίνηση.
- Σημαντική πάρελξη εμφανίζουν οι άζονες των πτυχών της Πίνδου, κοντά στην ρηξιγενή ζώνη Λόγγα-Ευαγγελισμού λόγω της δεξιόστροφης οριζόντιας ολίσθησης που έχει.

- Παρατηρείται σημαντική διαφοροποίηση στο φαινόμενο κατακόρυφο άλμα των περιθωριακών ρηγμάτων, τα οποία φαίνεται πως έχουν λειτουργήσει σαν ψαλιδωτά ρήγματα (scissor faults).
- Ορισμένα από τα περιθωριακά ρήγματα παρουσιάζουν κλιμακωτή (en echelon) διάταξη.
- Η επιφάνεια επώθησης της Πίνδου πάνω στον φλύσχη της ενότητας Γαβρόβου-Πύλου, αλλά και οι επιφάνειες ασυμφωνίας στις μεταλλικές αποθέσεις παρουσιάζουν τόσο συγκλινική όσο και αντικλινική μορφή.
- Μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες διεύθυνσης Α-Δ στην χερσόνησο της Πυλίας, προκαλούν σημαντική οριζόντια μετατόπιση με αριστερόστροφο χαρακτήρα.

Νεοτεκτονικές δομές

Στην περιοχή της Μεσσηνιακής χερσονήσου, επικρατούν δύο 1^{ης} τάξης νεοτεκτονικές δομές, το τεκτονικό κέρασ της Πυλίας και το βύθισμα του Βλαχόπουλου. Το τεκτονικό κέρασ της Πυλίας είναι ένα σύνθετο νεοτεκτονικό κέρασ, που συνιστάται από επιμέρους ρηξιτεμάχη μικρότερης τάξης, τα οποία παρουσιάζουν διαφορετική κινηματική εξέλιξη, αν και είναι αποτελέσματα ίδιου εντατικού πεδίου (*Εικόνες 1.11 & 1.12*)

Ως περιθώρια και όρια με το βύθισμα του Βλαχόπουλου, έχει μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες που εμφανίζονται ως ανενεργές, δίχως ίχνη πρόσφατης δραστηριότητας. Η πλαστικού τύπου νεοτεκτονική παραμόρφωση γίνεται ιδιαίτερα αντιληπτή στην ανατολική Πυλία, όπου σημειώνεται η ανύψωση δύο ορεινών όγκων του Λυκόδημου και του Μαυροβουνίου, η αντικλινική δομή της επώθησης της Πίνδου και η επιφάνεια ασυμφωνίας των μεταλλικών αποθέσεων στις παρακείμενες λεκάνες.

Επίσης, στο βύθισμα του Βλαχόπουλου, εντοπίζονται μικρότερης τάξης τεκτονικά κέρατα, όπου αποκαλύπτεται το αλπικό υπόβαθρο και ο φλυσχομολλασικός σχηματισμός των κροκαλοπαγών της Μεσσηνίας. Συνολικά, το βύθισμα του Βλαχόπουλου συμπεριφέρεται στο διάστημα Μέσο Πλειστόκαινο – Ολόκαινο, σαν τεκτονικό κέρασ, σε αντίθεση με τις παρακείμενες δομές του Μεσσηνιακού κόλπου στα ανατολικά και του Ιονίου στα δυτικά, οι οποίες εξακολουθούν να βυθίζονται ταχύτερα.

Συμπεράσματα

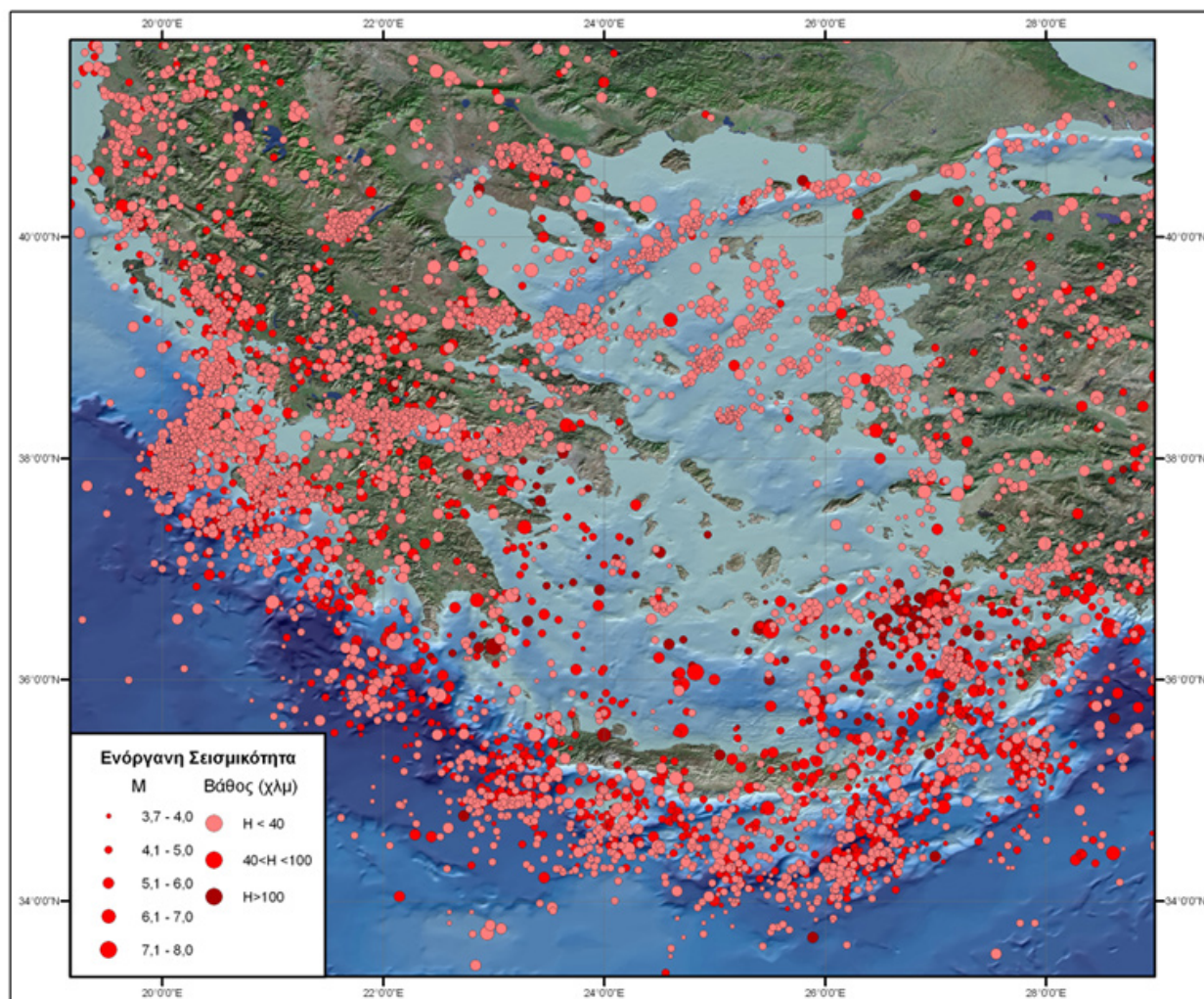
Από τα παραπάνω πορίσματα έρευνας υπαίθρου που έχουν διεξαχθεί στις νεοτεκτονικές δομές, σε συνδυασμό με τα συμπεράσματα από το υδρογραφικό δίκτυο, επιφανειών επιπέδωσης των μορφολογικών κλίσεων και την εξάπλωση/φάση των μεταλλικών αποθέσεων, προκύπτει ότι η παραμόρφωση που έχει υποστεί η περιοχή της Μεσσηνιακής χερσονήσου κατά την νεοτεκτονική περίοδο δεν είναι αποτέλεσμα ενός απλού θλιπτικού ή εφελκυστικού εντατικού πεδίου, αλλά ενός πιο σύνθετου πεδίου που μπορεί να δημιουργήσει ταυτόχρονα τόσο θραυσιγενείς όσο και πλαστικές δομές, που να συνυπάρχουν στον χώρο.

Ως πλαστικές δομές, εμφανίζονται ανοιχτές πτυχές με άξονα διεύθυνσης Α-Δ, που διατάσσονται παράλληλα και προς την νότια περιθωριακή ρηξιγενή ζώνη του βυθίσματος του Βλαχόπουλου και προς του Λογγά-Ευαγγελισμού, που παρουσιάζουν και αριστερόστροφη οριζόντια συνιστώσα. Οι πλαστικές αυτές δομές είναι αποτέλεσμα ενός τοπικού θλιπτικού πεδίου με τάσεις διεύθυνσης Β-Ν. Οι θλιπτικές τάσεις προέρχονται από τις πλαγιοολισθητικές κινήσεις κατά μήκος των δύο αυτών ρηξιγενών ζωνών του Λυκόδημου και του Λογγά-Ευαγγελισμού. Τα κανονικά ρήγματα είτε που συνιστούν περιθωριακές ρηξιγενείς ζώνες είτε βρίσκονται στο εσωτερικό των δομών είναι αποτέλεσμα τοπικών εφελκυστικών τάσεων. Ωστόσο, μπορεί και να οφείλονται σε θλιπτικά εντατικά πεδία, όταν τα κανονικά αυτά ρήγματα έχουν σχηματιστεί παράλληλα προς την διεύθυνση της συμπίεσης του πεδίου.

Συμπερασματικά, για την συνολική περιοχή, το γενικότερο σύνθετο εντατικό πεδίο που προκάλεσε την νεοτεκτονική παραμόρφωση, είναι τύπου διατμητικού ζεύγους αντίρροπων δυνάμεων με περιστροφικό χαρακτήρα, επηρεάζοντας τις περιοχές που οριοθετούνται ανάμεσα σε ρηξιγενείς ζώνες με πλαγιοολισθητικές κινήσεις.

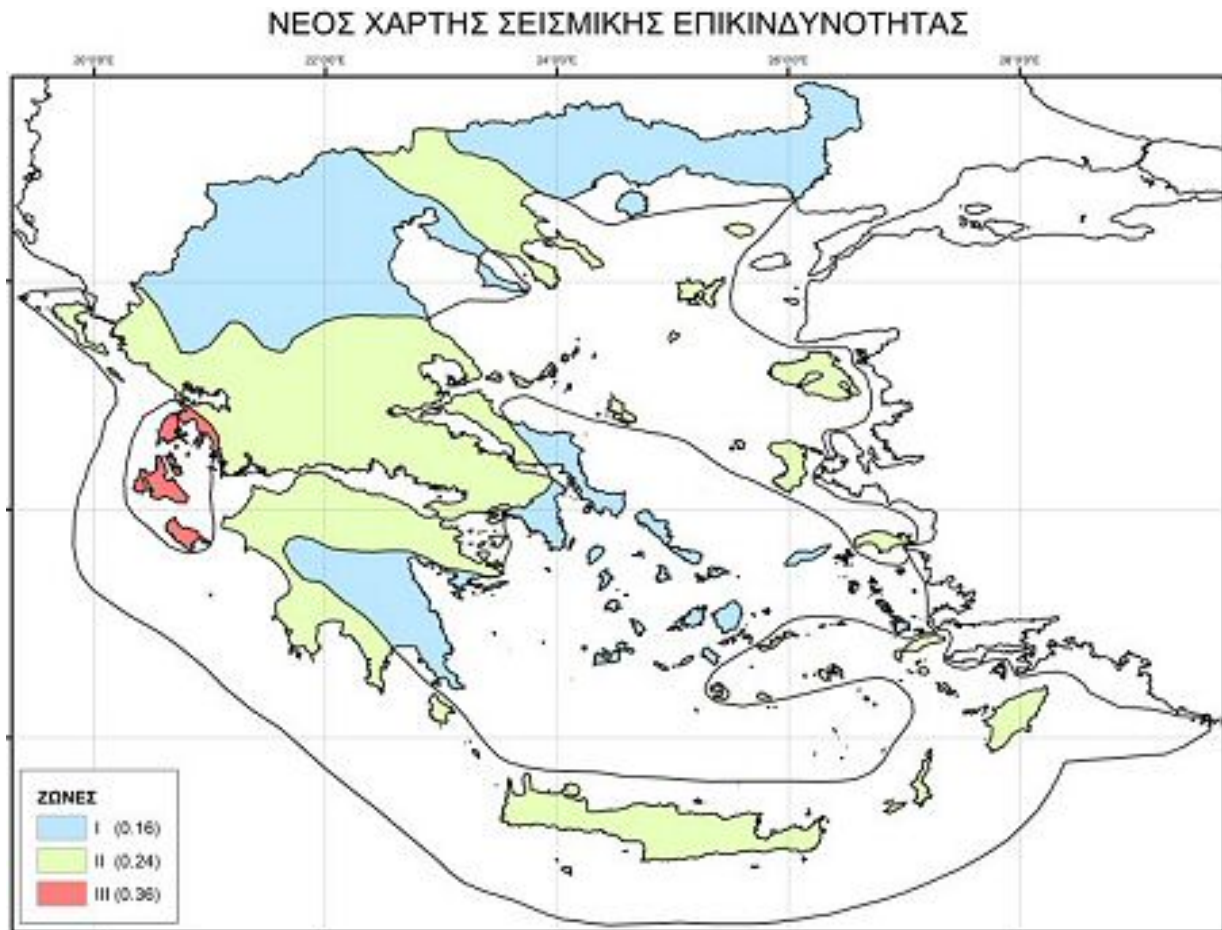
1.3.4 Σεισμικότητα

Από γεωλογικής άποψης, το πλέον χαρακτηριστικό του Ελλαδικού χώρου είναι η ένταση της σεισμικής δραστηριότητας η οποία προκύπτει από τις γεωδυναμικές συνθήκες που επικρατούν (Εικόνα 1.14).



Εικόνα 1.14 – Σεισμικότητα ελλαδικού χώρου (Πηγή: site Εργαστήριο Μελέτης & Διαχείρισης Φυσικών Καταστροφών, Ε.Κ.Π.Α.)

Ο Χάρτης ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδας που ίσχυε μέχρι την έκδοση του νέου, σχεδιάστηκε την περίοδο 1986-1989 και άρχισε να εφαρμόζεται το 1995. Η αναθεώρησή του, σχεδόν 15 χρόνια μετά την εκπόνησή του (Εικόνα 1.15), κρίθηκε αναγκαία και ο νέος πλέον Χάρτης Σεισμικής Επικινδυνότητας ενσωματώνεται στον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό του 2000 (ΕΑΚ 2000).



Εικόνα 1.15 – Χάρτης Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδος (Ε.Α.Κ. 2000)

Σύμφωνα με την αναθεώρηση αυτή, ο ελληνικός χώρος κατανέμεται σε τρεις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας και όχι σε τέσσερις, όπως ίσχυε στην παλιότερη έκδοση, καθώς καταργείται η μικρότερη τάξης ζώνη. Οι τιμές εδαφικών επιταχύνσεων σχεδιασμού είναι 0,16g (ποσοστό της επιτάχυνσης της βαρύτητας g) για την πρώτη ζώνη, 0,24g για τη δεύτερη ζώνη και 0,36g για την τρίτη. Όπως φαίνεται και στον χάρτη (Εικόνα 1.15) η περιοχή μελέτης κατατάσσεται στη δεύτερη ζώνη (0.24g).

Χρησιμοποιώντας τους μηχανισμούς γένεσης που προκύπτουν από διάφορους σεισμούς μιας συγκεκριμένης περιοχής ερμηνεύονται οι μετακινήσεις του στερεού φλοιού, δηλαδή της παραμόρφωσης και κατ' επέκταση προσδιορίζεται το εντατικό πεδίο που προκαλεί την παραμόρφωση. Οι μηχανισμοί γένεσης που έχουν προταθεί για την ευρύτερη περιοχή της Πελοποννήσου παρουσιάζουν εφελκυσμό διευθύνσεως Β-Ν στον Κορινθιακό κόλπο και Α-Δ στην Νότια Πελοπόννησο και Κρήτη. Για το δυτικό τμήμα του Ελληνικού τόξου δείχνεται συμπίεση.

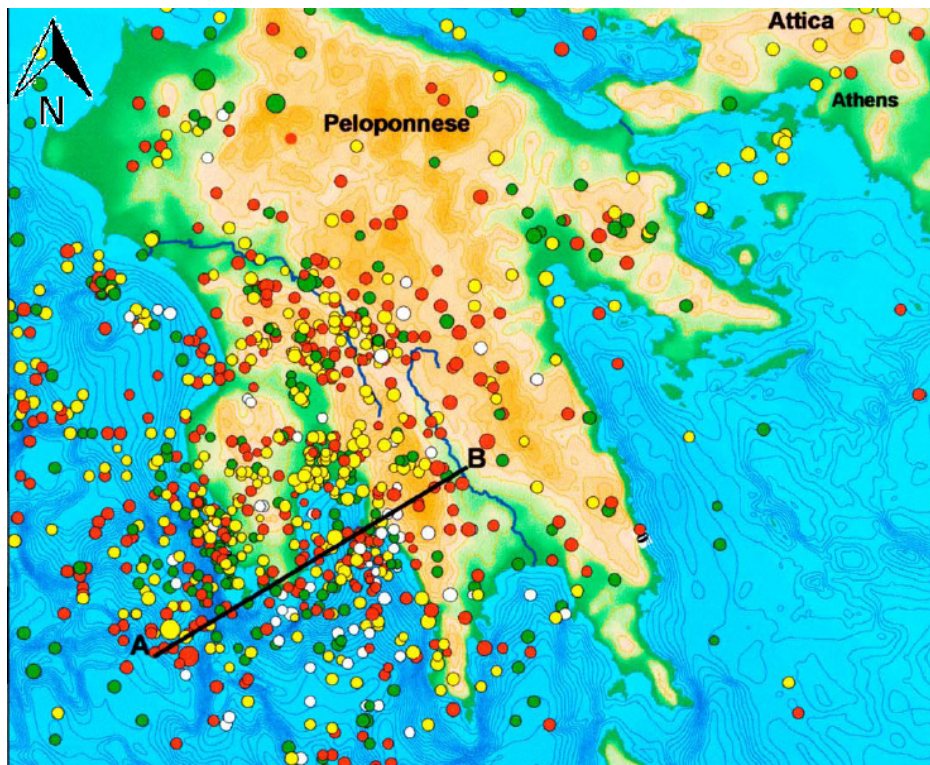
Με βάση τον κατάλογο σεισμών του ελληνικού χώρου, των *ΜΑΚΡΟΠΟΥΛΟΣ et al.*, (1989), για το χρονικό διάστημα 1900 έως και το 1987, παρατηρείται ότι στον ευρύτερο χώρο της Δυτικής Πελοποννήσου, σημειώνονται σεισμοί μικρού βάθους. Αυτός είναι ίσως και ο

σημαντικότερος λόγος για την εμφάνιση μεγάλων μακροσεισμικών εντάσεων. Εντοπίζεται αυξημένη συγκέντρωση σεισμικών εστιών στη θαλάσσια περιοχή δυτικά της Πελοποννήσου, με τη μέγιστη να παρατηρείται δυτικά της Ζακύνθου, όπου και το βάθος των εστιών είναι μικρότερο.

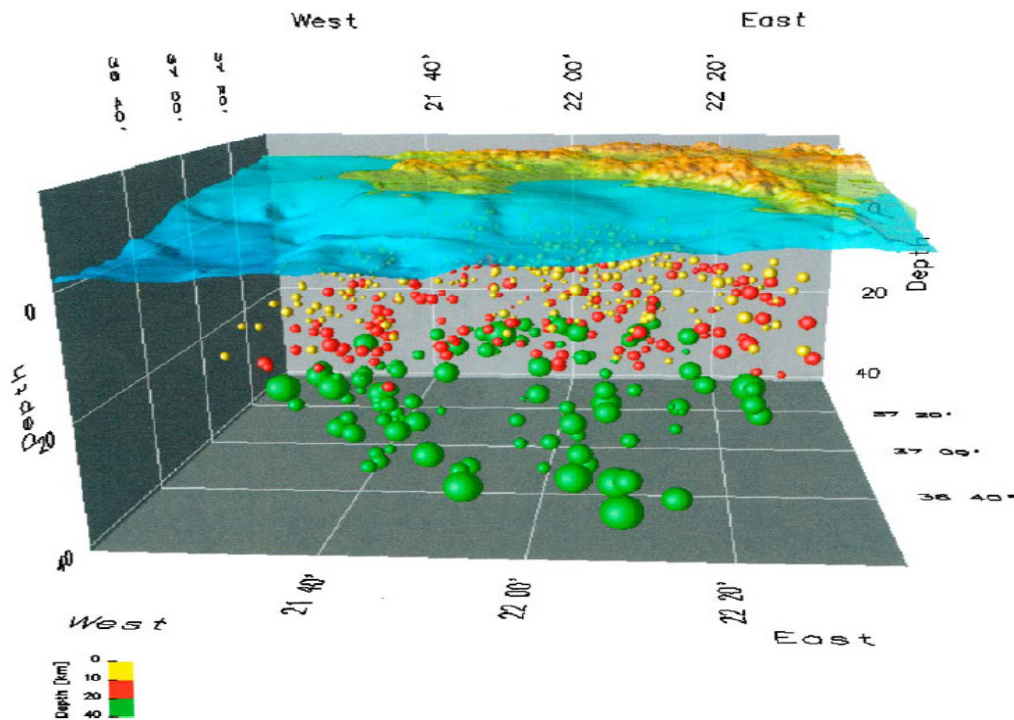
Οι *HATZFELD et al.* (1986) μελέτησαν τη μικροσεισμική δραστηριότητα στην περιοχή του δυτικού Ελληνικού τόξου και συμπέραναν πως αυτή ελαττώνεται στην Αν. Πελοπόννησο, με αύξηση τόσο αυτής, όσο και του βάθους των επικέντρων προς τα δυτικά και οριοθέτηση της, από την ελληνική τάφρο. Οι μεγαλύτερες τιμές της ενέργειας που εκλύθηκε κατά τη διάρκεια της μελέτης, παρατηρήθηκαν κατά μήκος της τάφρου και τα μέγιστα στην περιοχή ΝΔ της Πυλίας.

Στις 13 Σεπτεμβρίου του ίδιου χρόνου σημειώθηκε ο καταστροφικός σεισμός στην Καλαμάτα, 6,2R, που άφησε στο πέρασμά του 26 νεκρούς και τουλάχιστον 300 τραυματίες και το 70% των οικοδομημάτων της πόλης να κρίνονται πλέον ακατάλληλα για διαβίωση.

Έπειτα από τον καταστροφικό αυτό σεισμό, διεξήχθησαν χερσαίες, αλλά και στο θαλάσσιο χώρο του Μεσσηνιακού κόλπου, μελέτες με στόχο τον εντοπισμό των ενεργών ρηγμάτων και τη χαρτογράφηση της γεωλογίας της περιοχής. Το τοπικό δίκτυο αποτελούνταν από 10 σειсмоγράφους πυθμένα ωκεανών και 20 αυτόνομους επίγειους σταθμούς (έκτασης περίπου 3.500 km²). Κατά τις 45 μέρες της έρευνας (27 Ιουλίου ως τις 9 Σεπτεμβρίου 1999) καταγράφηκαν 1.121 μικροσεισμοί με ελάχιστο όριο μεγέθους ML 0.7 (*Εικόνες 1.16 - 1.17*).

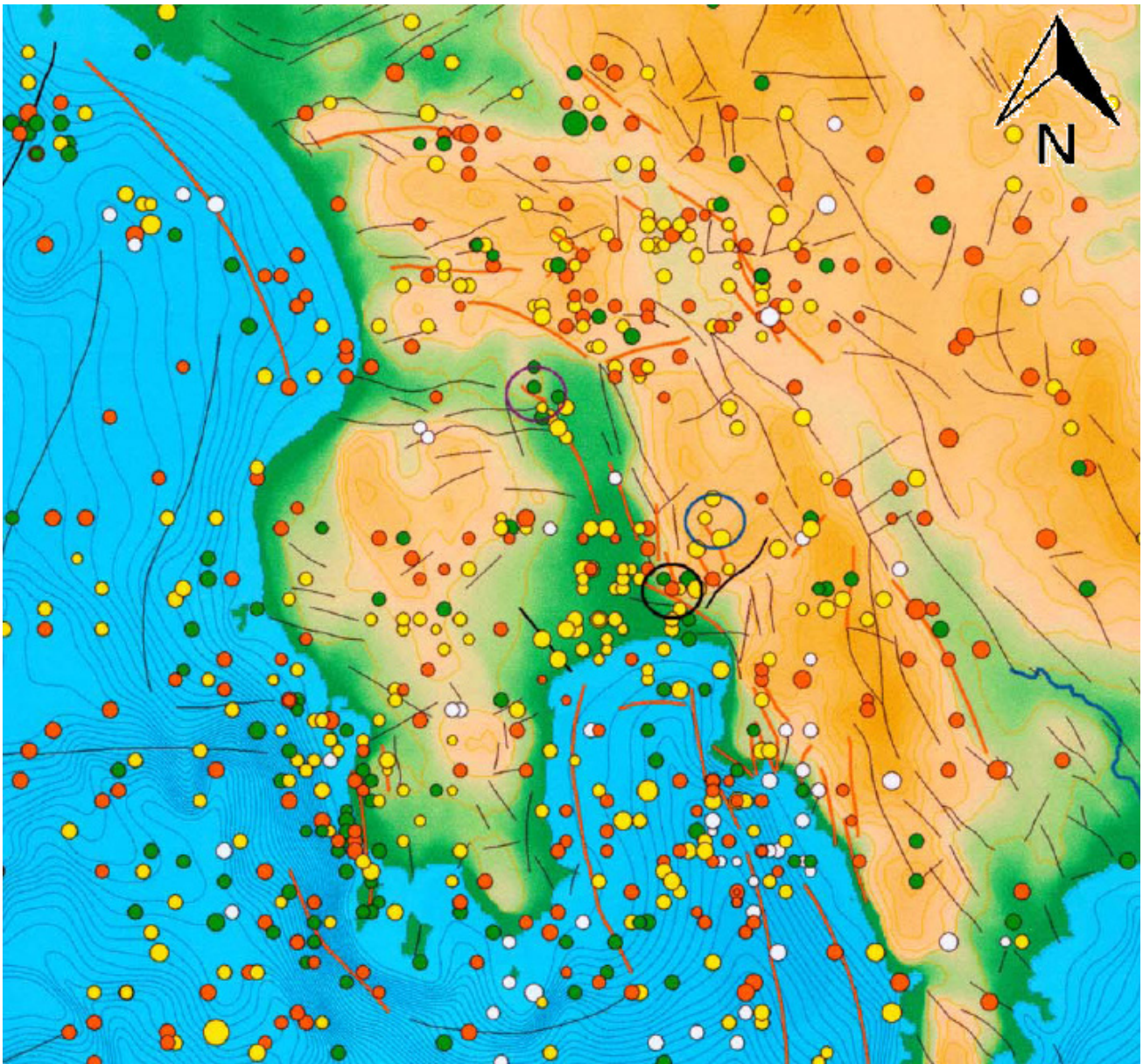


Εικόνα 1.16 – Χάρτης σεισμικότητας όπως καταγράφηκε από το τοπικό δίκτυο Μεσσηνίας (Paroulia & Makris, 2004)



Εικόνα 1.17 – 3D αναπαράσταση της συστοιχίας των γεγονότων που καταγράφηκαν στο εσωτερικό της Μεσσηνίας, όπως φαίνεται από τα νότια (Paroulia & Makris, 2004)

Η μέγιστη καταγεγραμμένη σεισμικότητα ήταν στις 7 Σεπτέμβρη με 79 εκδηλώσεις και συνδέεται με τον ισχυρό σεισμό στην Αθήνα την ίδια ημέρα. Συνδέοντας τα τεκτονικά δεδομένα με τη σεισμικότητα της περιοχής, προκύπτει το συμπέρασμα πως τα περισσότερα ρήγματα με προσανατολισμό από τα ΒΔ-ΝΑ είναι ενεργά (Εικόνα 1.18). Οι νεογενείς λεκάνες της Μεσσηνίας, Μελιγαλά και Μεγαλόπολης είναι σεισμικά πολύ δραστήριες και οι ανατολικές πλευρές τους, παρουσιάζουν υψηλότερη σεισμική δραστηριότητα από τις δυτικές.



Εικόνα 1.18 – Κατανομή της σεισμικότητας. Τα ενεργά ρήγματα σημειώνονται με κόκκινο χρώμα. Με κύκλους απεικονίζονται τα επίκεντρα των ισχυρών σεισμών στην Καλαμάτα την 13η Σεπτεμβρίου 1986, μεγέθους 6,2R, στο Μελιγαλά την 16η Σεπτεμβρίου 2001 μεγέθους 5,2R και 7 χιλιόμετρα ΒΑ της Καλαμάτας την 1η Μαρτίου 2004 μεγέθους 5,5R (Paroulia & Makris, 2004)

Συμπερασματικά, η σεισμική δραστηριότητα στην περιοχή της Μεσσηνίας έχει ως κύριο χαρακτηριστικό της τον περιορισμό των καταστροφών λόγω σεισμών, σε συγκεκριμένες περιοχές, οι οποίες αντιστοιχούν σε ορισμένα τεκτονικά πολυτεμάχια. Οι περιθωριακές ρηξιγενείς ζώνες που οριοθετούν τις μακροδομές, αντανakλούν την σεισμική ενέργεια, συγκεντρώνοντας κατά αυτόν τον τρόπο, την εκτόνωση των τάσεων σε μια στενά οριοθετημένη περιοχή.

1.3.5 Υδρογεωλογικές και γεωμορφολογικές συνθήκες

ΥΔΡΟΓΕΩΛΟΓΙΑ

Η συμπεριφορά των διαφόρων γεωλογικών σχηματισμών σε σχέση με το νερό είναι συνάρτηση της λιθολογικής συστάσεως στα χαλαρά, και του βαθμού διαγενέσεως και τεκτονισμού στα συμπαγή πετρώματα, ενώ προσδιορίζεται από το πορώδες και την υδροπερατότητα. Τόσο τα κλαστικά (κοκκώδη) πετρώματα όσο και οι χαλάρες αποθέσεις, οφείλουν την περατότητα τους στο πρωτογενές πορώδες, το οποίο εξαρτάται από την κοκκομετρική διαβάθμιση – διάταξη και τον βαθμό διαγένεσης. Όσον αφορά τα μη κοκκώδη και συμπαγή πετρώματα, αυτά εμφανίζουν περατότητα λόγω δευτερογενούς πορώδους, που είναι αντίστοιχα αποτέλεσμα του βαθμού κερματισμού και αποκάρσωσης.

Με βάση τα υδρολιθολογικά χαρακτηριστικά τους, οι γεωλογικοί σχηματισμοί διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες:

A. Υδροπερατοί σχηματισμοί (Πολύ υψηλή περατότητα - Υψηλή περατότητα)

Υπάρχει η διάκριση σε μικρο- και μακρο- περατούς σχηματισμούς, με περατότητα λόγω πρωτογενούς και δευτερογενούς πορώδους αντίστοιχα. Στην δεύτερη κατηγορία των μακροπερατών πετρωμάτων συγκαταλέγονται τόσο οι ασβεστόλιθοι όσο και οι δολομίτες. Λόγω της παρουσίας μεγάλου αριθμού πτυχώσεων και ρηγματώσεων, τα πετρώματα αυτά παρουσιάζονται έντονα καρστικοποιημένα. Στους σχηματισμούς αυτούς εντοπίζονται οι σημαντικότεροι υδροφόροι ορίζοντες. Αξίζει υποσημείωσης, πως η υδροπερατότητά τους αυτή είναι μεγάλη κυρίως σε μικρό σχετικά βάθος, καθώς σε βαθύτερα επίπεδα οι καρστικές κοιλότητες και οι ρωγμές υφίστανται πλήρωση με αργιλικό υλικό, έχοντας ως συνέπεια τη μεγάλη μείωση της περατότητας.

B. Ημιπερατοί σχηματισμοί (Μέτρια - Χαμηλή - Πολύ χαμηλή περατότητα)

Η ενότητα αντιπροσωπεύεται από υδροπερατούς σχηματισμούς στους οποίους παρεμβάλλονται αδιαπέρατοι σχηματισμοί με τη μορφή φακών και ενδισαρώσεων. Κατά συνέπεια, παρατηρούνται επίλεκτες υπόγειες ροές και υδροφορία περιορισμένης υδροδυναμικότητας. Για παράδειγμα, αλλουβιακοί – παράκτιοι σχηματισμοί με εναλλαγές αργιλοαμμώδων οριζόντων, όπου συναρτήσει της περιεκτικότητάς τους σε άργιλο παρουσιάζουν διακύμανση στην υδροπερατότητά τους, ενώ εντός των αποθέσεων αυτών αναπτύσσεται φρεάτιος υδροφόρος ορίζοντας.

Γ. Αδιαπέρατοι σχηματισμοί

Η ενότητα αυτή αποτελείται από γεωλογικούς σχηματισμούς όπως είναι η ιλύς, οι μάργες, οι ερυθρές άργιλοι, οι μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, οι σχιστόλιθοι, οι ραδιολαρίτες, και τα ηφαιστειακά πετρώματα-διαβάσεις. Τα πετρώματα αυτά παρουσιάζουν μηδενική περατότητα και κατά συνέπεια το υπόγειο νερό δεν μπορεί να κινηθεί μέσα στη μάζα τους. Οι ρηξιγενείς ζώνες και οι λιθολογικές ανομοιογένειες, αποτελούν προνομιακές ζώνες ροής του υπόγειου νερού, οι οποίες ανάλογα με το μέγεθος και την έκτασή τους εκφορτίζονται μέσω πηγών ποικίλης παροχής. Είναι ιδιαίτερα αξιοσημείωτο το γεγονός ότι η υδρογεωλογική τους σημασία είναι μεγάλη από την άποψη ότι ως αδιαπέρατο υπόβαθρο, καθορίζει την κίνηση του υπόγειου νερού, που κατεισδύει στους υδροπερατούς ασβεστόλιθους και τους καθιστά το υδατοστεγανό υπόβαθρο των καρστικών και ελεύθερων υδροφορέων.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφία η υδρολογική συμπεριφορά των σχηματισμών της περιοχής εξέτασης θα είναι η ακόλουθη:

Ενότητα Γαβρόβου – Πύλου

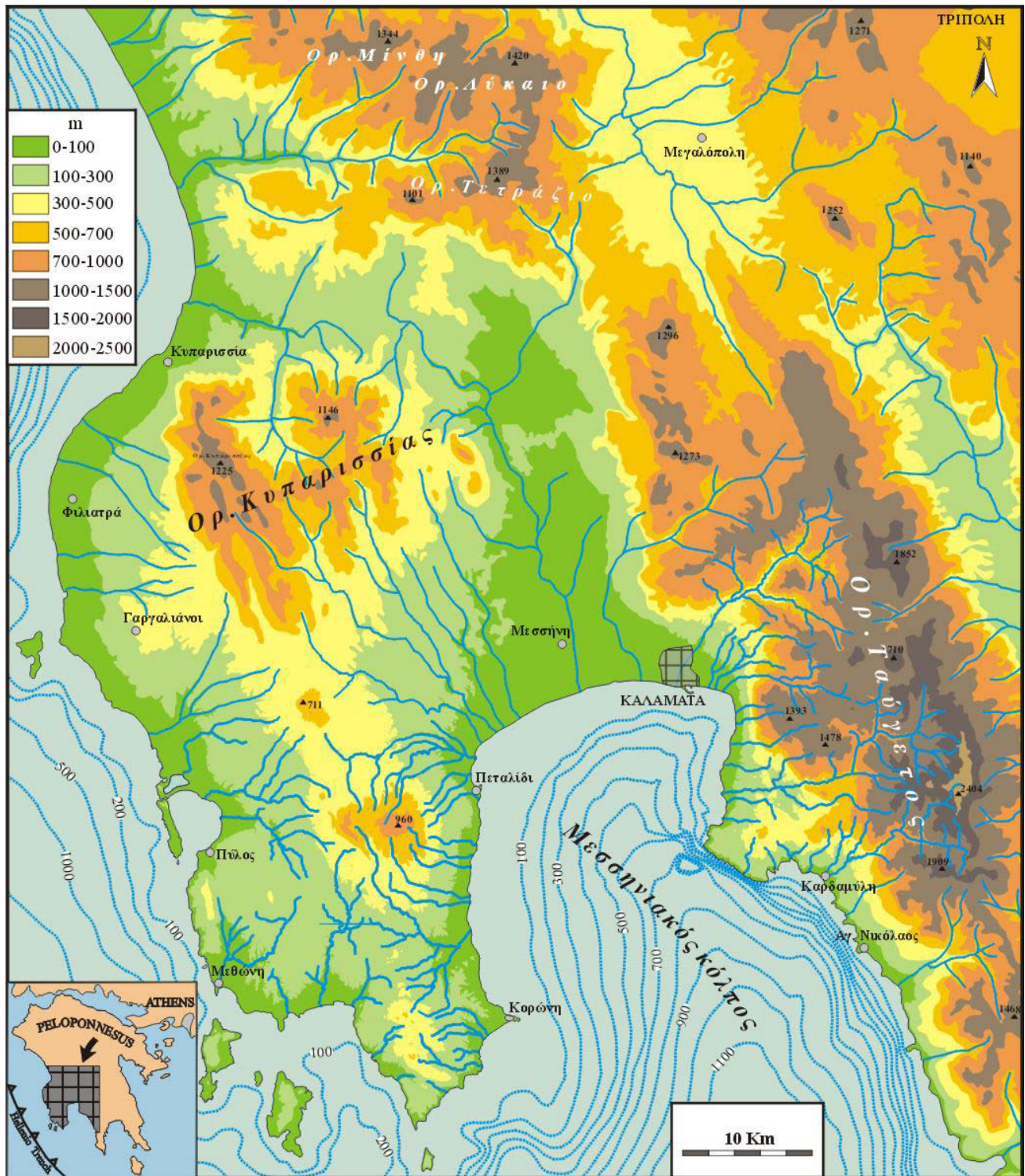
- Ανθρακικές σειρές: Συμπεριφέρονται ως μακροπερατοί σχηματισμοί. Παρουσιάζουν έντονη καρστικοποίηση καθώς αποτελούν συνεχείς ανθρακικές πλατφόρμες μεγάλου πάχους, χωρίς ενδιαστρώσεις αδιαπέρατων στρωμάτων. Ο μεγάλος αυτός βαθμός καρστικότητας τους επιτυγχάνεται μέσω των διαφόρων διακλάσεων και ρηγμάτων με αποτέλεσμα τη μεγάλη περατότητα των σχηματισμών. Βωξιτικές εμφανίσεις στο παλαιοκάρστ μαρτυρούν καρστικοποίηση από την αλπική κρύα περίοδο. Παρατηρούνται καρστικές πηγές με σημείο εκφόρτισης μέσα στη θάλασσα, συνεπώς η βάση της καρστικοποίησης θα ορίζεται κάτω από το επίπεδο της θάλασσας.
- Φλύσχης: Συμπεριφέρεται σαν αδιαπέρατος σχηματισμός λόγω της πολύ μικρής περατότητας συστάσεως του (μαργαϊκά και αργιλικά στρώματα). Στον επιφανειακό μανδύα του σχηματισμού εμφανίζονται κατά τόπους φρεάτιοι υδροφόροι ορίζοντες με μικρές δυνατότητες παροχής.

Κροκαλοπαγή Μεσσηνίας

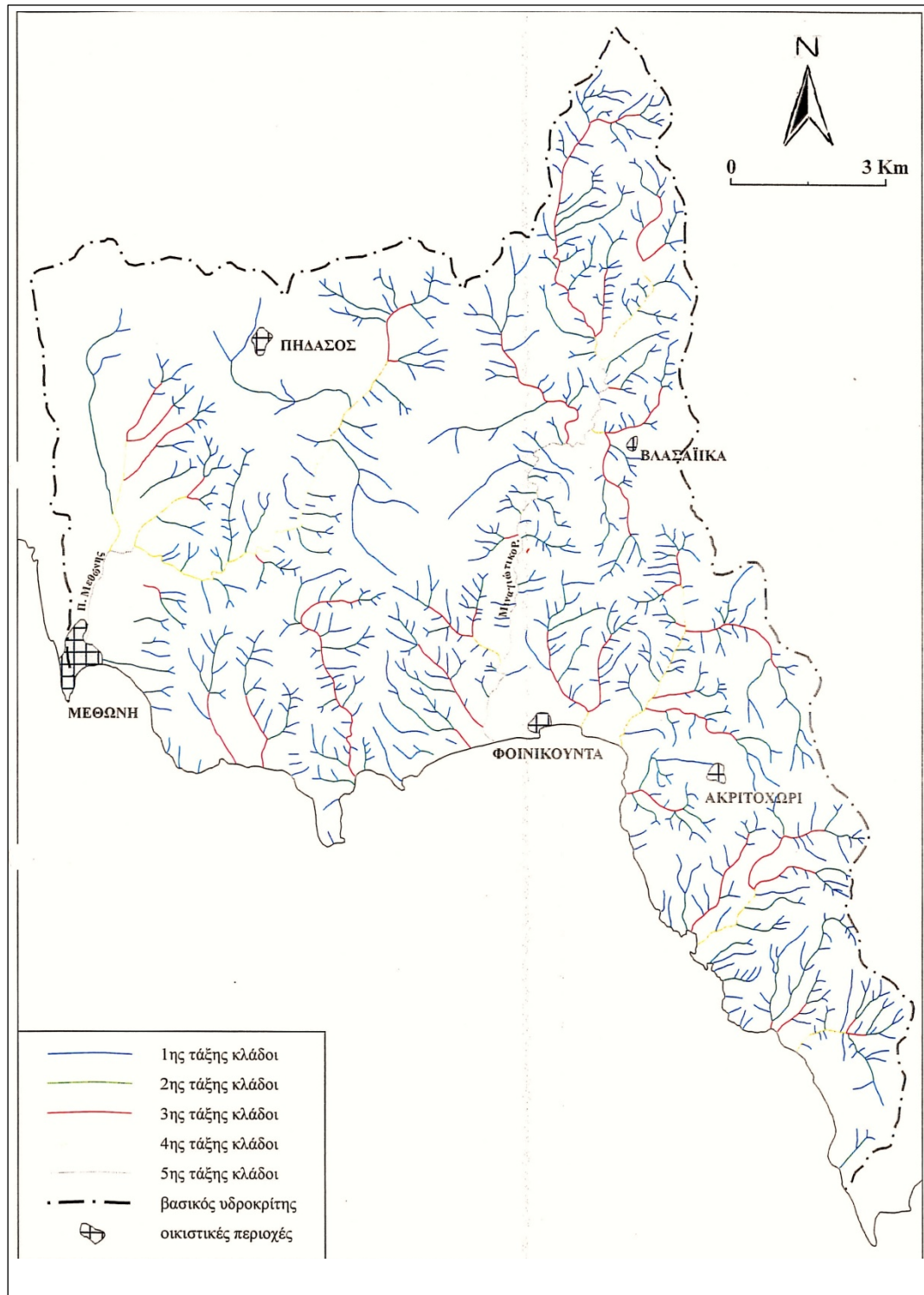
Συμπεριφέρονται ως μακροπερατοί σχηματισμοί με παρουσία καρστικών αγωγών και δυνατότητα μεγάλης παροχής.

Μεταλπικές (Πλειο – Πλειστοκαινικές) αποθέσεις

Αποτελούνται από εναλλαγές υδροπερατών (άμμοι, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή) και αδιαπέρατων σχηματισμών (μάργες, άργιλοι) και φιλοξενούν υδροφόρους ορίζοντες.

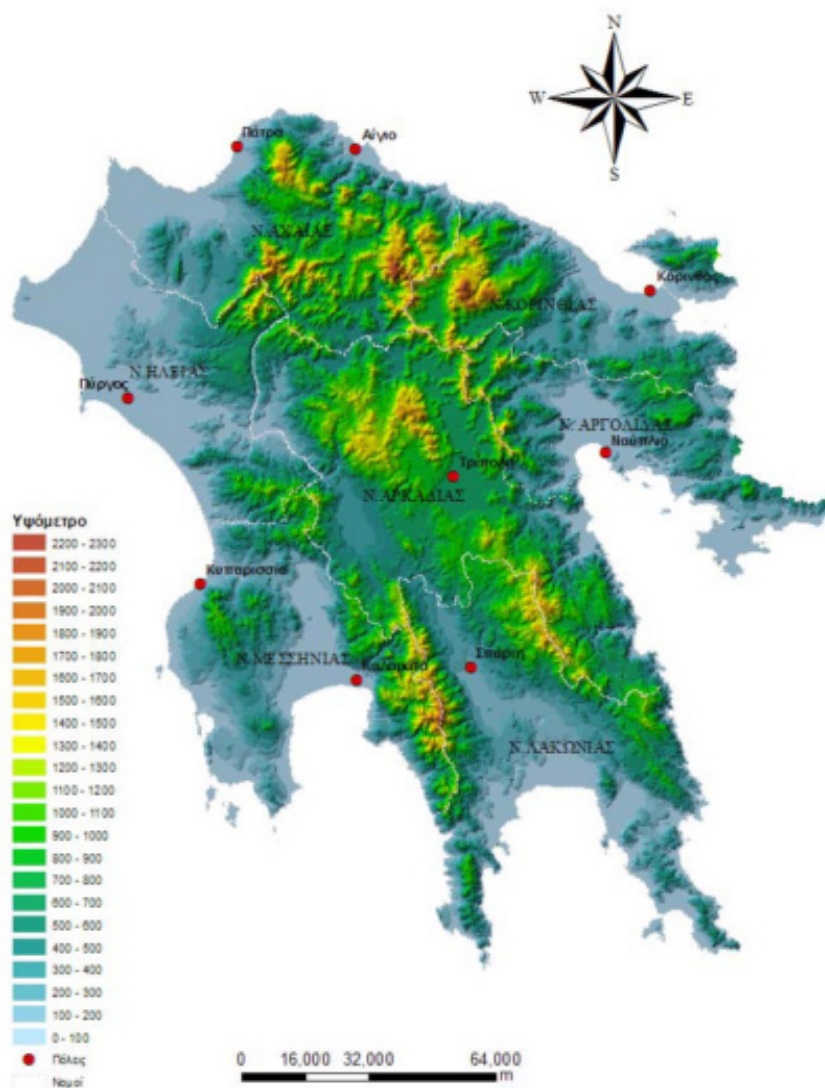


Εικόνα 1.19 – Το ανάγλυφο και το υδρογραφικό δίκτυο της ευρύτερης περιοχής (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ et al., 2001)



Εικόνα 1.20 – Υδρογραφικό δίκτυο ΝΔ Πυλίας. Οι κυριότεροι ποταμοί που διαμορφώνουν αυτό το δίκτυο είναι το Μιναγιώτικο ποτάμι και ο ποταμός της Μεθώνης που αποτελούν 5ης τάξης κλάδους (ΛΑΔΑΣ, 2000)

ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

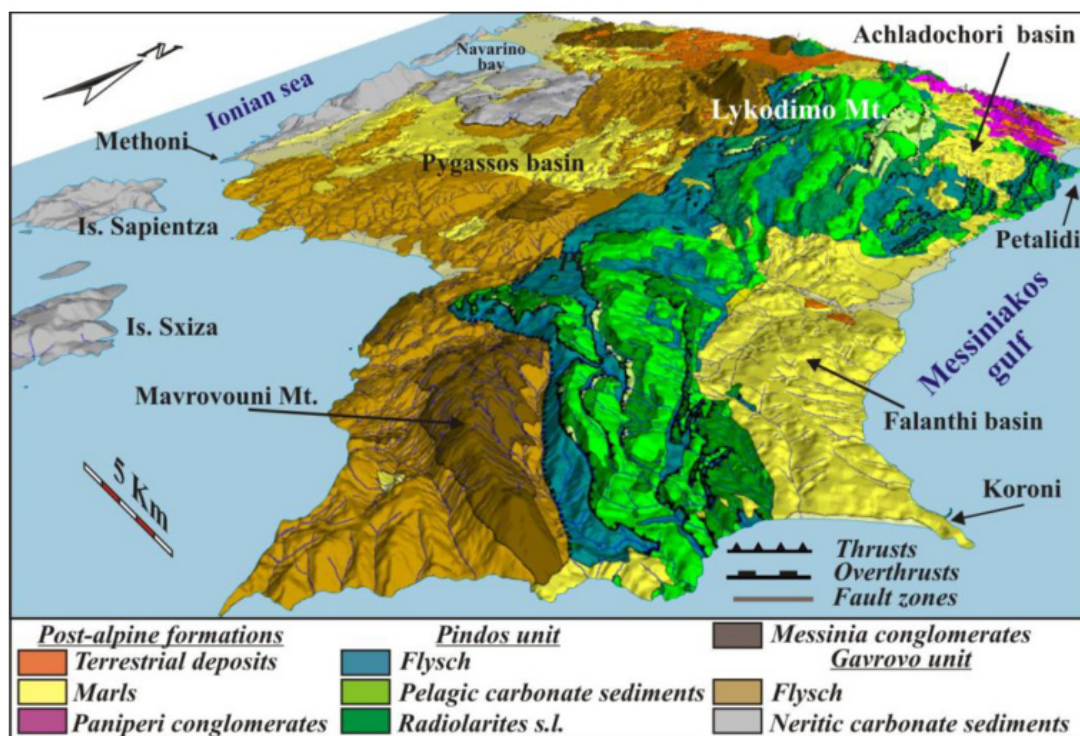


Εικόνα 1.21 -
Γεωμορφολογικός χάρτης Πελοποννήσου (ΣΤΡΑΤΙΚΟΠΟΥΛΟΣ, 2007)

Οι υδρογεωλογικές συνθήκες μιας περιοχής εξαρτώνται κυρίως από το κλίμα και τη γεωμορφολογική της ανάπτυξη. Το γεωμορφολογικό ανάγλυφο της Δ. Πελοποννήσου χαρακτηρίζεται ως ήπιο με μεγάλη έκταση πεδινής ζώνης, με ομαλή και ήπια μετάβαση στη λοφώδη και ορεινή ζώνη. Οι παράγοντες που συντελούν ώστε να διαμορφωθεί το ανάγλυφο μιας περιοχής είναι η δράση του νερού και του αέρα, η θερμοκρασία, η υγρασία και η ένταση των βροχοπτώσεων σε συνδυασμό με τη γεωλογία και την τεκτονική της περιοχής. Από τη γεωμορφολογική ανάλυση προκύπτει ότι η δυτική Πελοπόννησος διακρίνεται σε:



Εικόνα 1.23 - Μορφολογία της χερσονήσου της Πυλίας. Αζιμούθιο παρατήρησης N130° με 45° γωνία κλίσης από τον ορίζοντα (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ & ΛΑΔΑΣ, 1997)



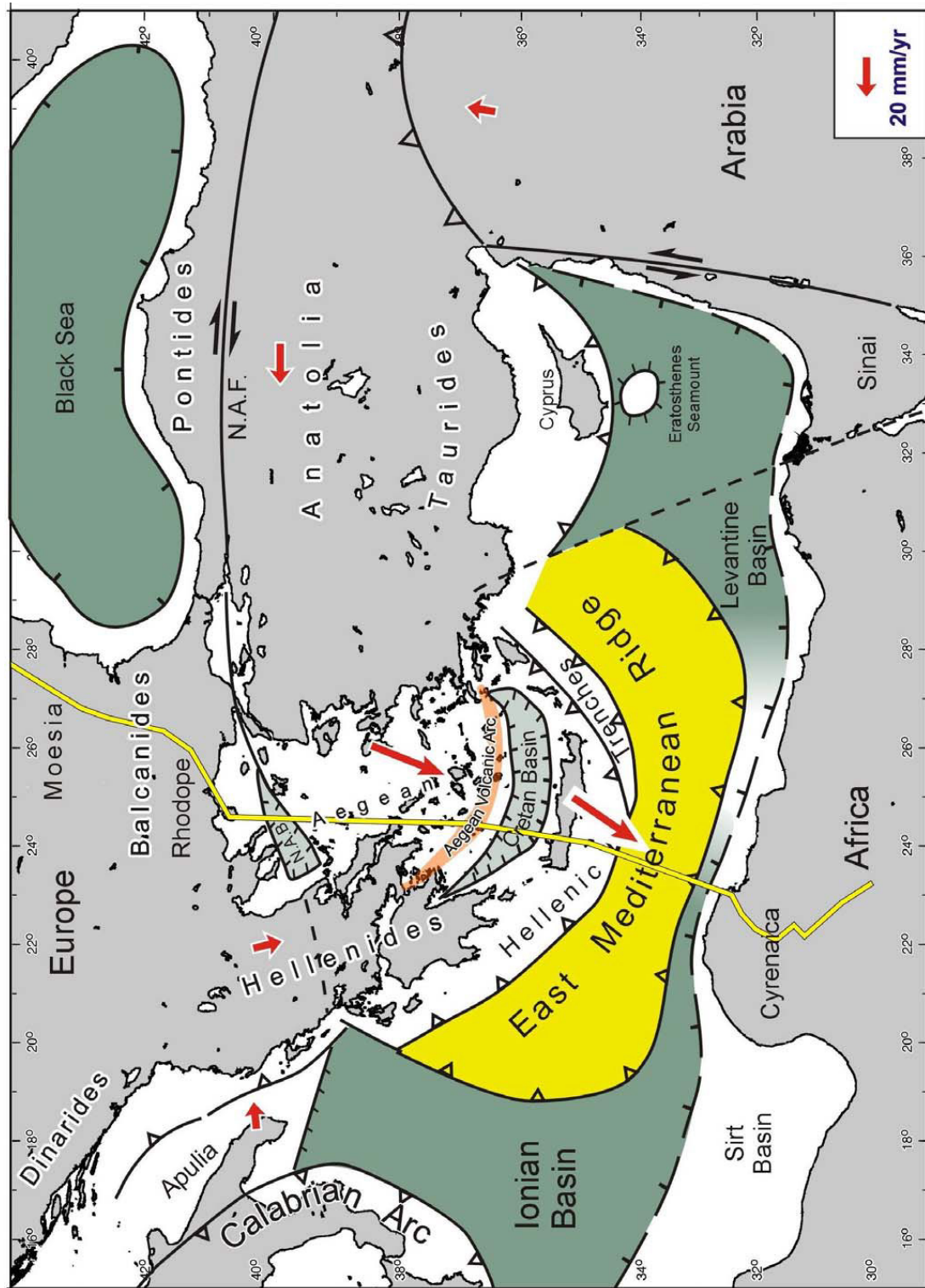
Εικόνα 1.24 - Απλοποιημένος 3D γεωλογικός χάρτης της χερσονήσου της Πυλίας. Αζιμούθιο παρατήρησης N140° με 35° γωνία κλίσης. Ο φωτισμός είναι από τα ανατολικά (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ & ΛΑΔΑΣ, 1997)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 – ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ & ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΜΟΡΦΩΣΗ

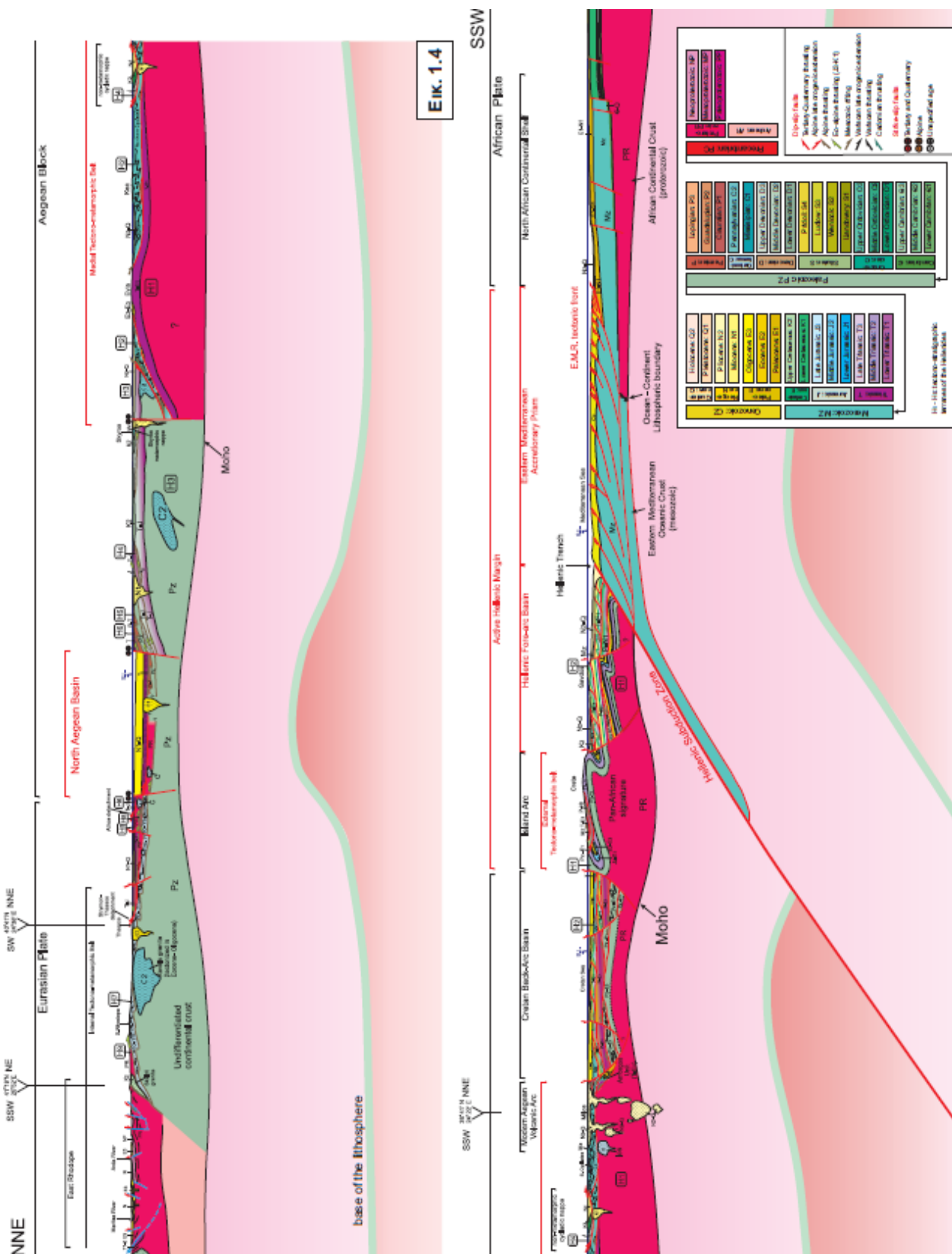
Α. Γεωτεκτονική

2.1 Γεωτεκτονικό Καθεστώς Ευρύτερης Περιοχής

Το σημερινό γεωτεκτονικό καθεστώς όπου υπάγεται η περιοχή έρευνας, είναι η σύγκλιση λιθοσφαιρικών πλακών, που αντιστοιχεί στο στάδιο της ολικής συμπίεσης του Αλπικού ορογενετικού κύκλου, με καταστροφή του ενδιάμεσου ωκεανού και δημιουργία ορογένεσης. Συγκεκριμένα, αντιστοιχεί στην υποβύθιση της Αφρικανικής πλάκας κάτω από την Ευρασιατική πλάκα, με την καταστροφή του ωκεάνιου φλοιού της Τηθύς. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον αποτελεί το γεγονός ότι η παρούσα κατάσταση είναι λίγο πριν την σύγκρουση των δυο ηπειρωτικών πλακών, καθώς τις χωρίζει μόνο ένα μικρό υπόλειμμα του ωκεάνιου φλοιού που απομένει να καταστραφεί. Σύμφωνα με δορυφορικές μετρήσεις GPS, ο ελληνικός χώρος συγκλίνει προς την (υποθετικά ακίνητη) αφρικανική πλάκα με ταχύτητα που φτάνει έως 40mm/έτος, στο μέτωπο του τόξου (Εικόνα 2.1).



Εικόνα 2.1 – Οι κύριες γεωτεκτονικές δομές στην ευρύτερη περιοχή του Ελληνικού χώρου. Τα βέλη δείχνουν την κίνηση της λιθосφαιρικής πλάκας. (Γεωτομή VII, A publication of the Mediterranean Consortium for the 32nd International Geological Congress, ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & ΚΡΑΝΗΣ, 2004)



Εικόνα 2.2 – Η γεωτεκτονική δομή του Ελληνικού χώρου (Γεωτομή VII, A publication of the Mediterranean Consortium for the 32nd International Geological Congress, ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ & ΚΡΑΝΗΣ, 2004)

2.2 Παραμορφωτικές Φάσεις

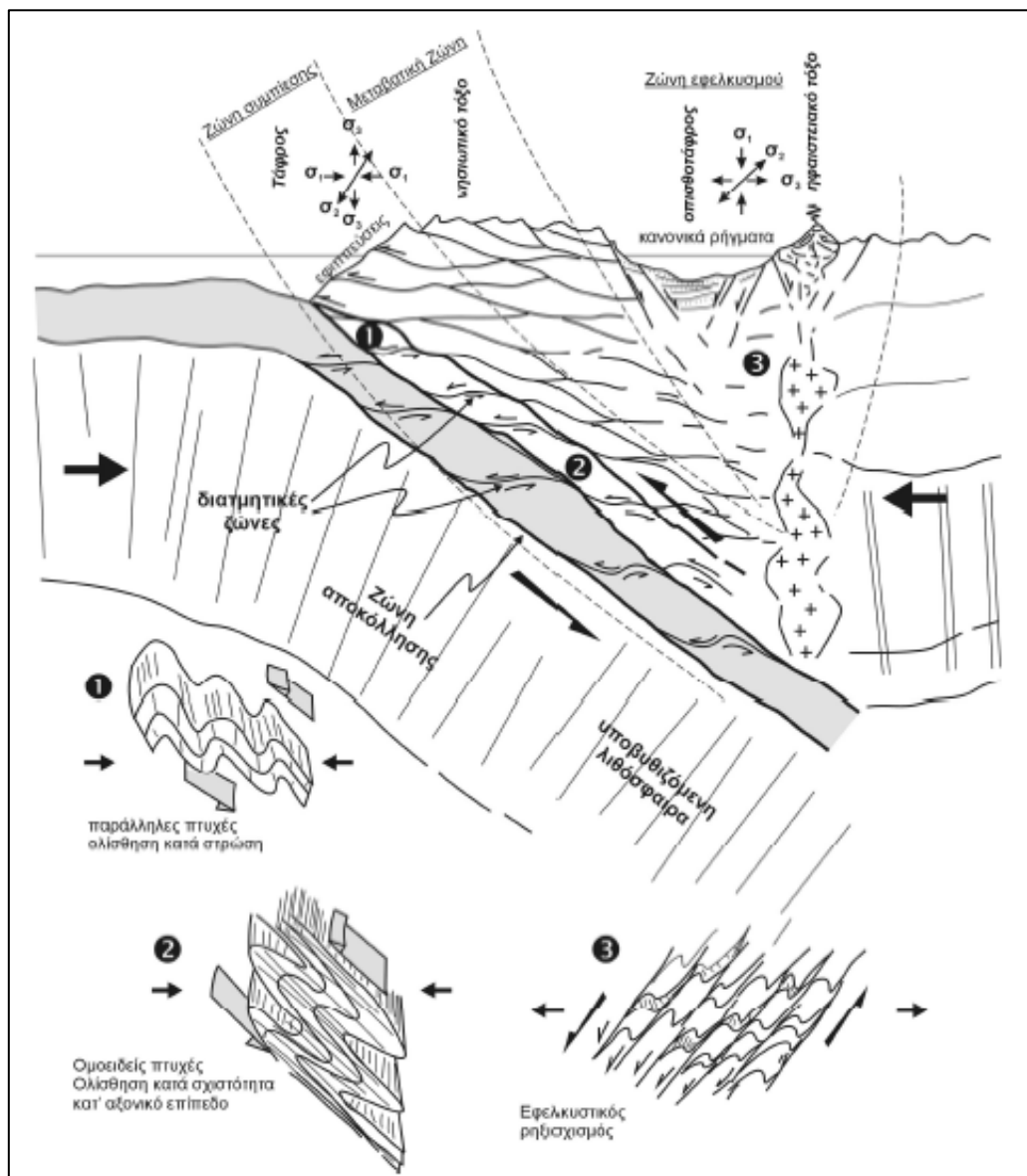
Στις παραπάνω γεωτεκτονικές συνθήκες οφείλεται η δημιουργία των παραμορφωτικών και μεταμορφικών δομών που αποτυπώνονται στα πετρώματα, με τον βασικό μηχανισμό παραμόρφωσης να αποτελεί η καθ' αυτήν ορογενετική ζώνη. Ένα ορογενετικό τόξο αποτελείται από τμήματα που το κάθε ένα από αυτά, χαρακτηρίζεται από διαφορετικό εντατικό πεδίο παραμόρφωσης και έτσι, αποδίδει διαφορετικές τεκτονικές δομές παραμόρφωσης στο εκάστοτε πέτρωμα. Τα τμήματα ενός ορογενετικού τόξου από όπου ένα πέτρωμα διέρχεται από την μια λιθοσφαιρική πλάκα στην άλλη, είναι η προτάφρος, το νησιωτικό τόξο, η οπισθοτάφρος (εάν υπάρχει) και το ηφαιστειακό/μαγματικό τόξο (Εικόνα 2.3).



Εικόνα 2.3 – Το Ελληνικό ορογενετικό τόξο και τα επιμέρους τμήματα του (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, 1998)

Από δυναμικής άποψης, στον χώρο της προτάφρου και στο μέτωπο του νησιωτικού τόξου, επικρατεί κυρίως καθεσώς συμπίεσης, η οποία προκαλεί ανάστροφα ρήγματα, επωθήσεις, εφιππεύσεις και πτυχές. Αντίθετα, στον χώρο του ηφαιστειακού τόξου και στο πίσω μέρους του νησιωτικού τόξου, επικρατεί κυρίως καθεσώς εφελκυσμού, που δημιουργεί κανονικά ρήγματα. Όμως, σε κάθε περιοχή στον χώρο του ορογενετικού τόξου, μπορεί να συνυπάρχουν και καθεσώς συμπίεσης και εφελκυσμός μαζί. Όλες αυτές οι δομές που δημιουργούνται είναι συνγενετικές και έχουν διεύθυνση κάθετη στην ορθή συμπίεστική τάση σ_1 (δομές συμπίεσης) ή στην εφελκυστική τάση σ_3 (δομές εφελκυσμού). Οι ζώνες συμπίεσης και εφελκυσμού αποτυπώνονται ξεκάθαρα σε κατακόρυφη τομή κάθετη στη διεύθυνση του

ορογενετικού τόξου και παράλληλη στην γενική διεύθυνση κίνησης των πλακών ώστε να φαίνονται οι πραγματικές και όχι οι φαινόμενες κλίσεις των δομών (Εικόνα 2.4).



Εικόνα 2.4 – Εγκάρσια τομή του ορογενετικού τόξου με τις ζώνες των εντατικών πεδίων και τις παραμορφωτικές δομές που μπορεί να αποδώσει (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ et al., 2012)

Η ζώνη συμπίεσης και διάτμησης (παράλληλη στην τεκτονική επαφή των δύο λιθοσφαιρικών πλακών), εξαρτάται από την γωνία υποβύθισης, η οποία μεταβάλλεται από 10° έως 60° (με μέση τιμή 35°). Η ζώνη συμπίεσης φτάνει σε μεγαλύτερο βάθος (εκατοντάδων χιλιομέτρων) σε σύγκριση με την ζώνη εφελκυσμού (βάθος δεκάδων χιλιομέτρων) και γι αυτό, θεωρείται το κυρίαρχο πρωτογενές γεωδυναμικό καθεστώς που χαρακτηρίζει την σύγκλιση των πλακών. Οι ζώνες των εντατικών πεδίων δεν έχουν σαφή όρια καθώς μπορεί να

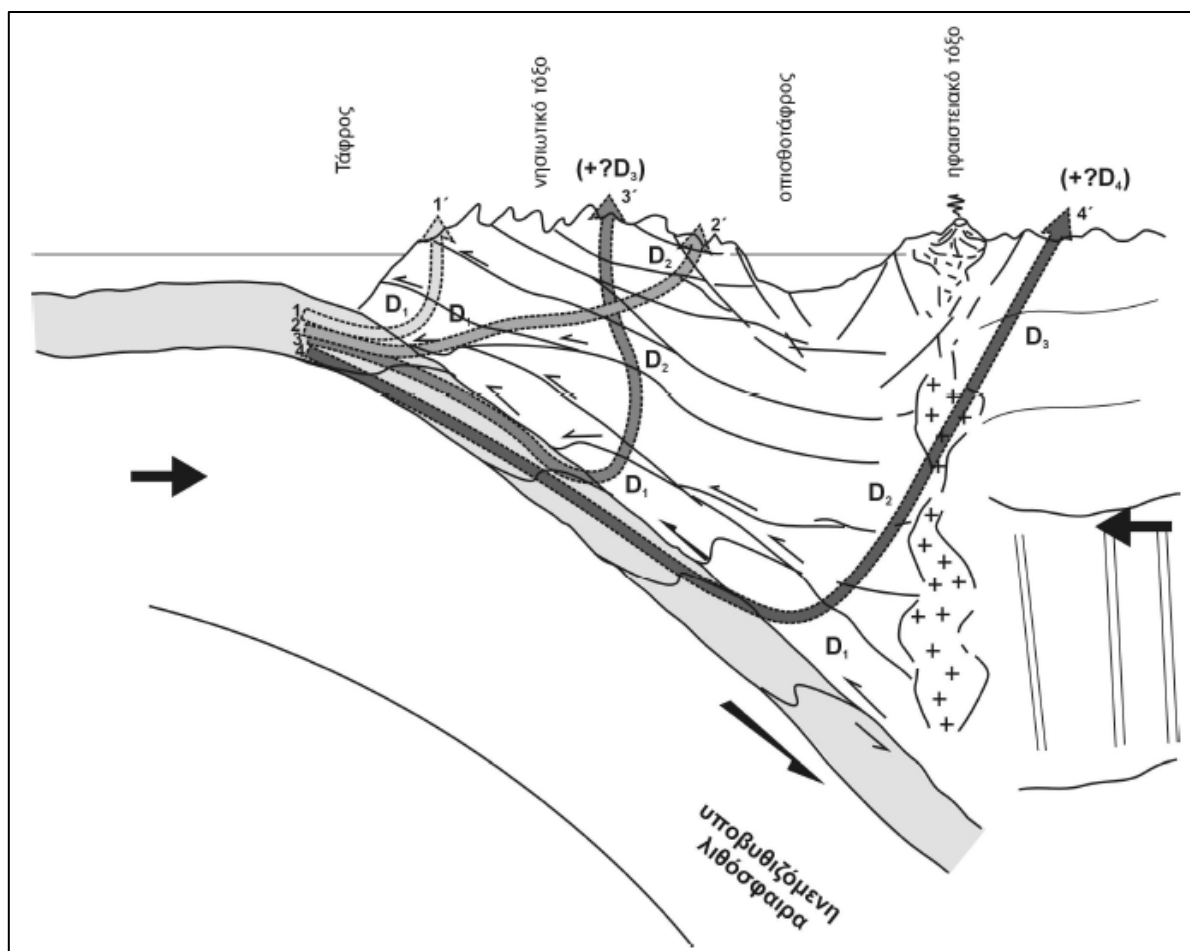
συνυπάρχουν. Η ζώνη συμπίεσης χαρακτηρίζεται από ελλειψοειδή τάσεων με την κύρια τάση σ_1 οριζόντια και παράλληλη στην διεύθυνση σύγκλισης των πλακών ενώ η ελάχιστη τάση σ_3 είναι κατακόρυφη. Αντίθετα, η ζώνη εφελκυσμού στον χώρο της οπισθοτάφρου, χαρακτηρίζεται από ελλειψοειδή τάσεων με τον σ_1 κατακόρυφο και τον σ_3 οριζόντιο και εγκάρσιο στην διεύθυνση του τόξου. Ενώ, στην μεταβατική περιοχή των δύο ζωνών, τα τριαξονικά ελλειψοειδή παραμόρφωσης θα αλλάζουν σταδιακά.

Οι δομές που δημιουργούν αυτά τα εντατικά πεδία διαφοροποιούνται τόσο στην επιφάνεια όσο και στο βάθος. Οι πτυχές στην επιφάνεια, είναι παράλληλες ισοπαχείς πτυχές κάμψης – διαστρωματικής ολίσθησης, ενώ στο βάθος, αντικαθιστώνται από ομοειδείς πτυχές ολίσθησης κατά αξονικό επίπεδο πάνω σε νέο-δημιουργημένα επίπεδα σχιστότητας. Έτσι, προκύπτει μια διαστρωματική διαφοροποίηση των δομών παραμόρφωσης ως προς το βάθος, που αντικατοπτρίζεται στους διάφορους τεκτονικούς ορόφους με διαφορετικό καθεστώς εντατικού πεδίου, προσαρμοσμένοι πλέον στην γενικότερη γεωμετρία του ορογενετικού τόξου. Αυτή η διαφοροποίηση βάθους, οφείλεται στις μεταβολές τόσο της πίεσης όσο και της θερμοκρασίας.

Η παραμόρφωση που έχει υποστεί ένα πέτρωμα, από την όλη πορεία του στο ορογενετικό τόξο, «απολιθώνεται» στην δομή του, όπως παρατηρείται στην τελική του θέση. Η συνολική αυτή παραμόρφωση αποτελεί το σύνολο όλων των επιμέρους παραμορφωτικών φάσεων, που διαχρονικά, διαμόρφωναν το πέτρωμα. Κάθε μια παραμορφωτική φάση, οφείλεται σε συγκεκριμένο εντατικό πεδίο που επικρατεί σε συγκεκριμένες γεωτεκτονικές συνθήκες (σχέση πίεση/θερμοκρασία), μέσα στην δομή του ορογενετικού τόξου, και αποδίδει στο πέτρωμα, τις δικές της χαρακτηριστικές τεκτονικές δομές. Έτσι, προκύπτουν πιθανά σενάρια της διαχρονικής πορείας ανόδου ενός τυχαίου πετρώματος, καθώς μεταβαίνει από την υποβυθιζόμενη στην ωθούμενη λιθοσφαιρική πλάκα, όπου, η εκάστοτε περίπτωση φέρει μια ή περισσότερες παραμορφωτικές φάσεις με τις συναφείς τους τεκτονικές δομές (Εικόνα 2.5).

- Πορεία 1-1': προκαλείται μια επιφανειακή παραμορφωτική φάση D_1 συμπίεσης και η τελική θέση του πετρώματος απαντάται στην ζώνη συμπίεσης στην προτάφρο και στον εξωτερικό μέτωπο του νησιωτικού τόξου. Οι τεκτονικές δομές που δημιουργούνται θα είναι πτυχές και ανάστροφα ρήγματα με διεύθυνση παράλληλη με το τόξο.
- Πορεία 2-2': σημειώνονται δυο επιφανειακές παραμορφωτικές φάσεις. D_1 συμπίεση στο μέτωπο του νησιωτικού τόξου και D_2 εφελκυσμός στην οπισθοτάφρο. Έτσι αποδίδονται τεκτονικές δομές συμπίεσης, όπως πτυχές και ανάστροφα ρήγματα που μεταγενέστερα, θα παραμορφωθούν από κανονικά ρήγματα και δομές εφελκυσμού.
- Πορεία 3-3': προκύπτουν τουλάχιστον δυο παραμορφωτικές φάσεις, με την πρώτη D_1 να σημειώνεται σε βάθος 10-15km και έτσι, να χαρακτηρίζεται ως συμμεταμορφική. Στην συνέχεια στον ανώτερο τεκτονικό όροφο, η δεύτερη παραμορφωτική φάση D_2 θα αφορά καθεστώς συμπίεσης. Τέλος, μπορεί να προκύψει και Τρίτη παραμορφωτική φάση D_3 που θα υπάγεται σε καθεστώς εφελκυσμού, φέροντας τις αντίστοιχες τεκτονικές της δομές που θα παραμορφώνουν τις προϋπάρχουσες της.
- Πορεία 4-4': μπορεί να προκληθούν τουλάχιστον τρεις και πιθανόν τέσσερις παραμορφωτικές. Η πρώτη φάση D_1 είναι συμμεταμορφική συμπίεστικού χαρακτήρα

και μεγάλου βάθους 40-60km και αποδίδει δομές ισοκλινών ομοειδών πτυχών με σχιστότητα κατά αξονικό επίπεδο καθώς και γραμμώσεις λόγω προσανατολισμού ορυκτών κυανοσχιστολιθικής φύσης. Μετέπειτα, καθώς το πέτρωμα θα διέλθει από το μαγματικό τόξο, θα υποστεί δεύτερη συμμεταμορφική παραμορφωτική φάση D_2 που αποδίδει πτυχές με σχιστότητα κατά αξονικό επίπεδο της πρασινοσχιστολιθικής φύσης. Τέλος, στον ανώτερο τεκτονικό όροφο πλέον, η πορεία ολοκληρώνεται με μια νεώτερη τρίτη παραμορφωτική φάση D_3 εφελκυστικού καθεστώτος που αποδίδει τεκτονικό ρηξισμισμό και κανονικά ρήγματα. Όμως, υπάρχουν περιπτώσεις στην πορεία ανόδου, που η παραμορφωτική φάση D_3 θα αφορά εφελκυστικές παραμορφώσεις βάθους με ρηξισμισμό, λοξοζωνικές πτυχές, πτεροειδείς διακλάσεις, κ.τ.λ. και κατόπιν, στην επιφάνεια θα σημειώνεται ένα επίσης εφελκυστικό καθεστώς (θεωρούμενο ως μια τέταρτη φάση D_4) με κανονικά ρήγματα που θα παραμορφώνουν τις προγενέστερες δομές.



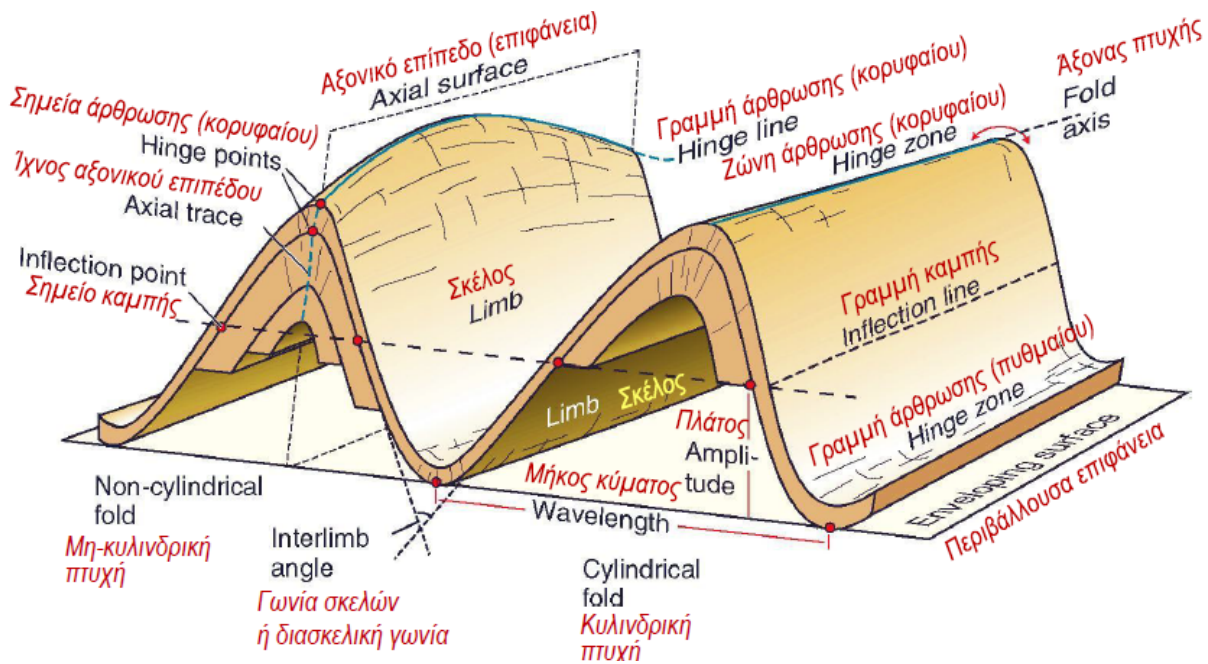
Εικόνα 2.5 – Τέσσερα πιθανά σενάρια πορείας ανόδου πετρωμάτων με τις παραμορφωτικές φάσεις τους (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ *et al.*, 2012)

Β. Τεκτονική παραμόρφωση

2.3 Πλαστική Παραμόρφωση

Α. Γεωμετρική Ανάλυση Πτυχών

Συνοπτικά, τα κύρια γεωμετρικά στοιχεία μιας πτυχής είναι:

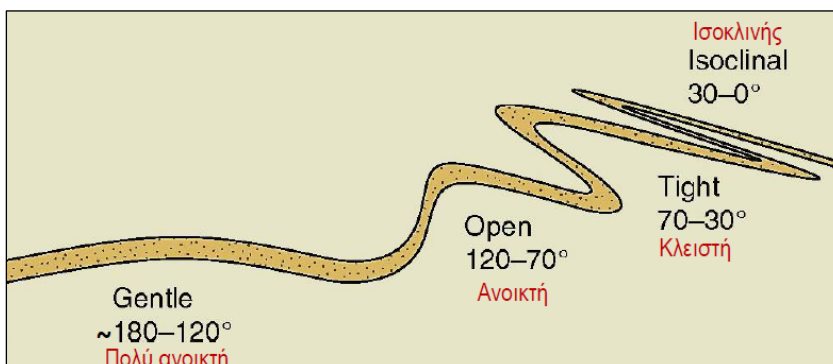


Εικόνα 2.6 – Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της πτυχής (ΛΟΖΙΟΣ, 2011)

Έτσι, οι πτυχές ταξινομούνται γεωμετρικώς,

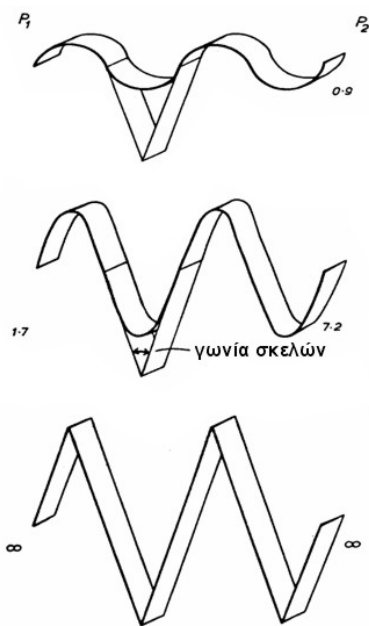
☑ Με βάση την γωνία των σκελών, σε:

- Πολύ ανοιχτές με γωνία σκελών από 120° έως 180°
- Ανοιχτές με γωνία σκελών από 70° έως 120°
- Κλειστές με γωνία σκελών από 30° έως 70°
- Πολύ κλειστές με γωνία σκελών από 0° έως 30°
- Ανοιχτές με γωνία σκελών από 70° έως 120°
- Ισοκλινείς με γωνία σκελών 0°



Εικόνα 2.7 – Ταξινόμηση πτυχών με βάση την γωνία σκελών τους (κατά FLEUTY, 1964)

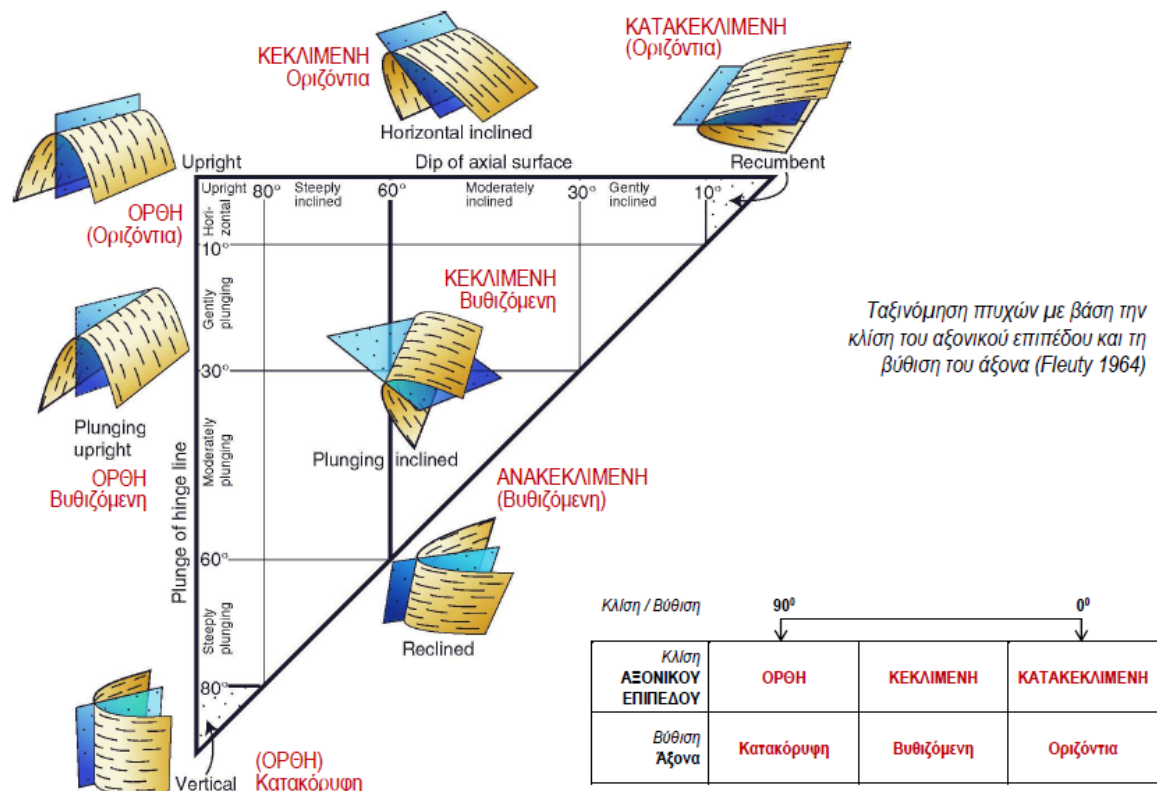
- ☑ Με βάση την σχέση μήκους σκελών προς το μήκος της αξονικής περιοχής (κορυφαίου ή πυθμαίου), (δείκτης P_1) και την μέγιστη καμπυλότητα (δείκτης P_2):



Στις αρμονικές κυματοειδείς πτυχές, η καμπυλότητα (δείκτης P_2) παραμένει σταθερή και η σχέση σκελών/αξονική περιοχή (P_1) μηδενίζεται. Αυτή η περίπτωση είναι αποτέλεσμα μικρής παραμόρφωσης. Αντίθετα, όταν η πτυχή είναι πολύ γωνιώδης, σημαίνει ότι έχει μηδενική αξονική περιοχή και η σχέση σκελών/αξονική περιοχή (δείκτης P_1) γίνεται άπειρη. Αυτή η περίπτωση είναι αποτέλεσμα έντονης παραμόρφωσης.

Εικόνα 2.8 – Σύγκριση ίδιων πτυχών με διαφορετικές παραμέτρους (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ et al., 2012)

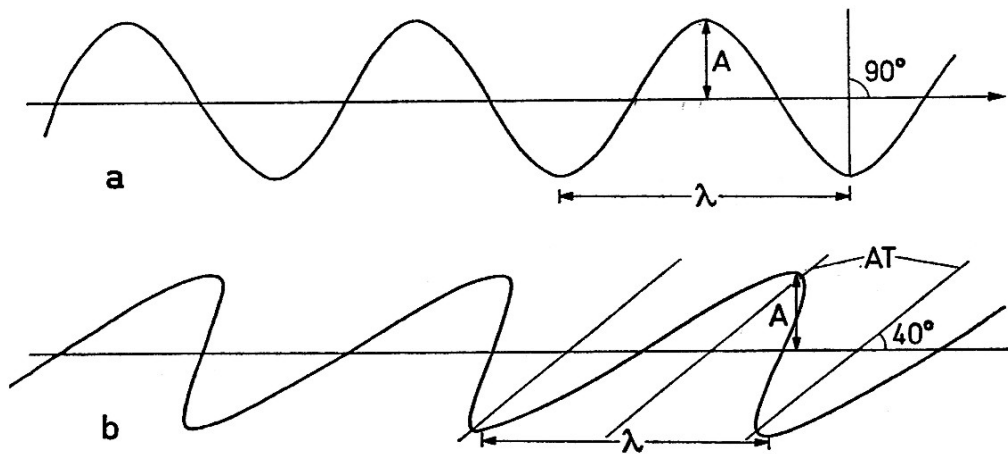
- ☑ Με βάση την θέση του άξονα και του αξονικού επιπέδου, σε:



Εικόνα 2.9 – Ταξινόμηση πτυχών με βάση την βύθιση του άξονα και την κλίση του αξονικού επιπέδου (κατά FLEUTY 1964)

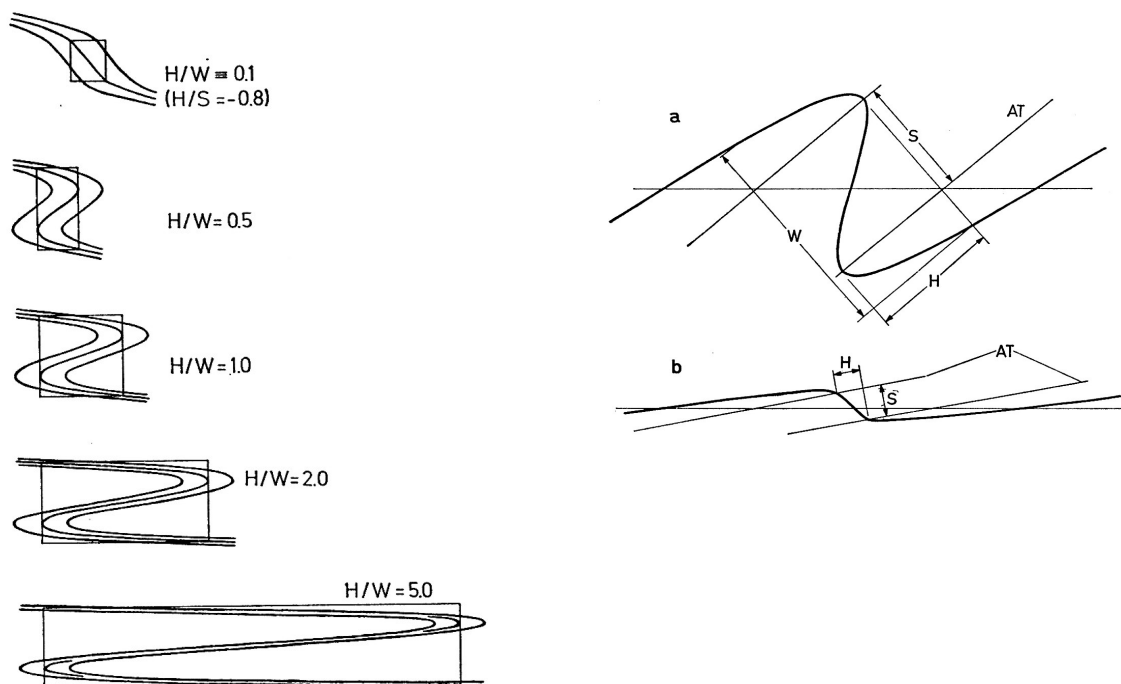
Όσον αφορά την ένταση της πτύκωσης, οι πτυχές μελετώνται,

- ☑ Με βάση την αναλογία ύψους/πλάτους των κυμάτων της πτυχής,



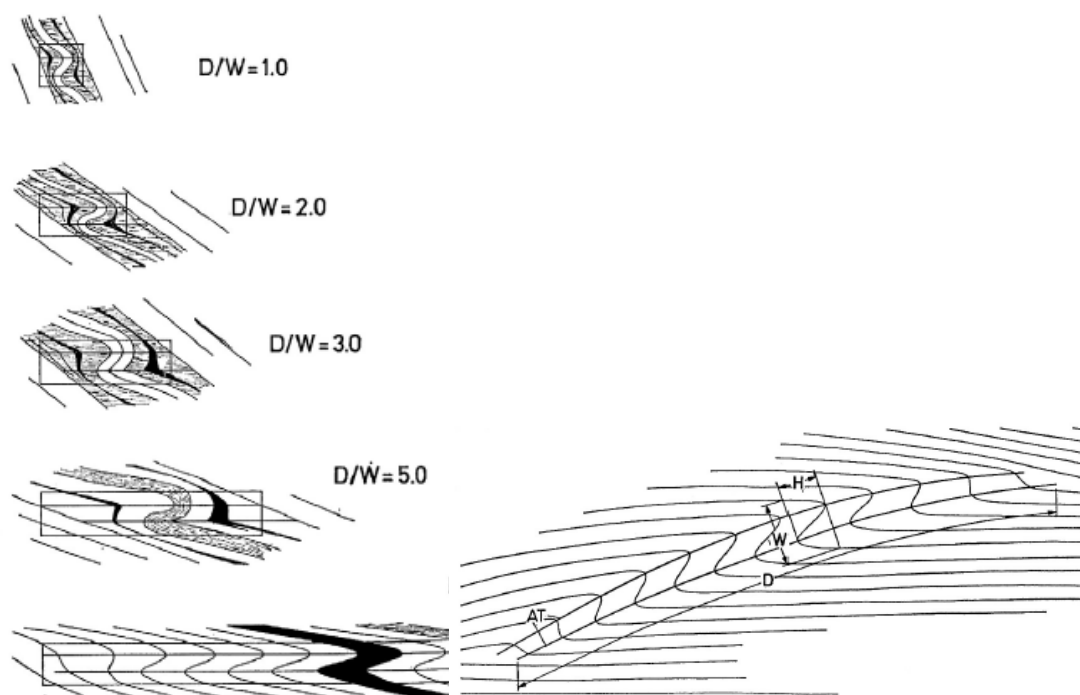
Εικόνα 2.10 – Σχέση ύψους με πλάτους του κύματος της πτύκωσης που δείχνει την ένταση της παραμόρφωσης (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ et al., 2012)

- ☑ Με βάση την αναλογία ύψους/εύρους της πτυχής,



Εικόνα 2.11 – Ταξινόμηση των πτυχών με βάση την σχέση ύψους/εύρος (h/w), που δείχνει την ένταση της πτύκωσης (κατά HANSEN, 1971)

- ☑ Με βάση την αναλογία βάθους/εύρους της πτυχής,



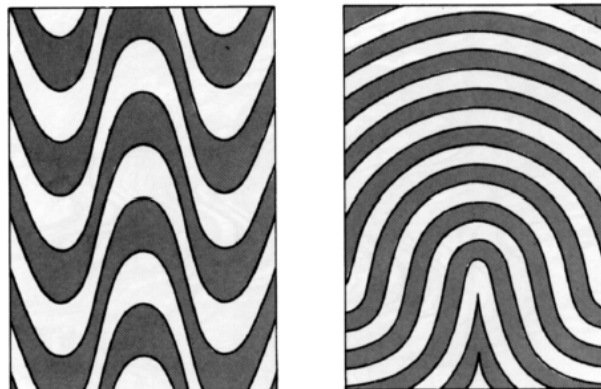
Εικόνα 2.12 – Ταξινόμηση των πτυχών με βάση την σχέση βάθους/εύρος (D/W) (κατά HANSEN 1971)

Για $\frac{D}{W} = 1.0$, αντιστοιχεί σε απλή ενδοστρωματική πτυχή χωρίς βάθος, ενώ για $\frac{D}{W} = 15.0$, αφορά πτύχωση που παραμορφώνει το περιβάλλον της σε μεγάλο βάθος.

☑ Με βάση την γεωμετρία των πτυχωμένων στρωμάτων, σε

● Παράλληλες ισοπαχείς πτυχές (κάμψης-ολίσθησης)

Ο μηχανισμός παραμόρφωσης των πτυχών κάμψης στηρίζεται στην διατήρηση του πάχους των στρωμάτων και στην διαστρωματική ολίσθηση μεταξύ αυτών. Καθ' όλη την πτύκωση, η γεωμετρία μεταβάλλεται, με την καμπυλότητα να αυξάνεται και την γωνία σκελών να μικραίνει, με το βάθος της πτύκωσης.

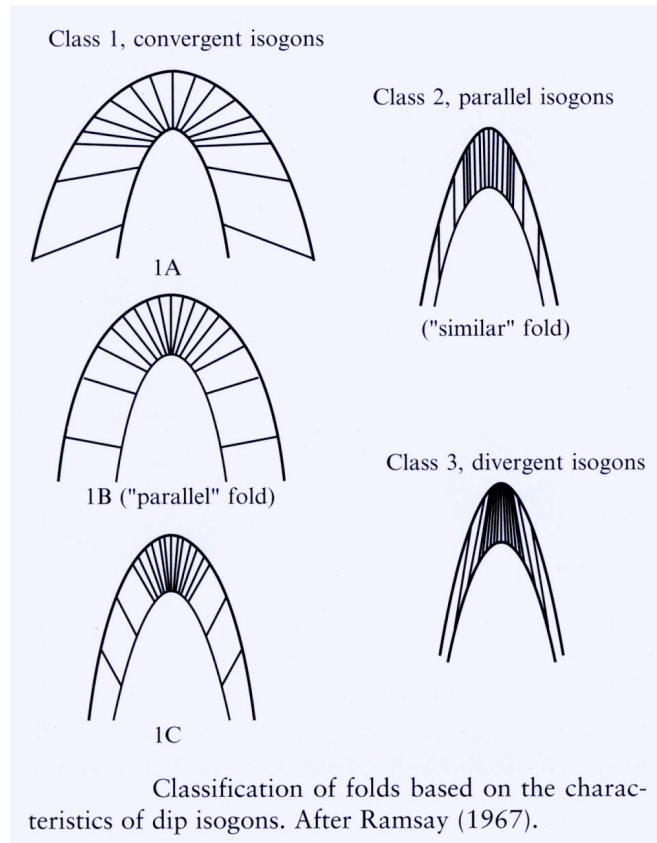


Εικόνα 2.13 –Οι κύριες κατηγορίες των πτυχών (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ et al., 2012)

● Ομοειδείς πτυχές

Ο μηχανισμός πτύκωσης στηρίζεται στην δημιουργία νέων επιφανειών ασυνέχειας μέσα στο πέτρωμα και στην μεταβολή του πάχους των στρωμάτων, που αυξάνεται στις αξονικές περιοχές και μειώνεται στα σκέλη ενώ ταυτόχρονα, διατηρεί σταθερή γεωμετρία καμπυλότητας και γωνία σκελών, αλλά με μεταβαλλόμενο πάχος.

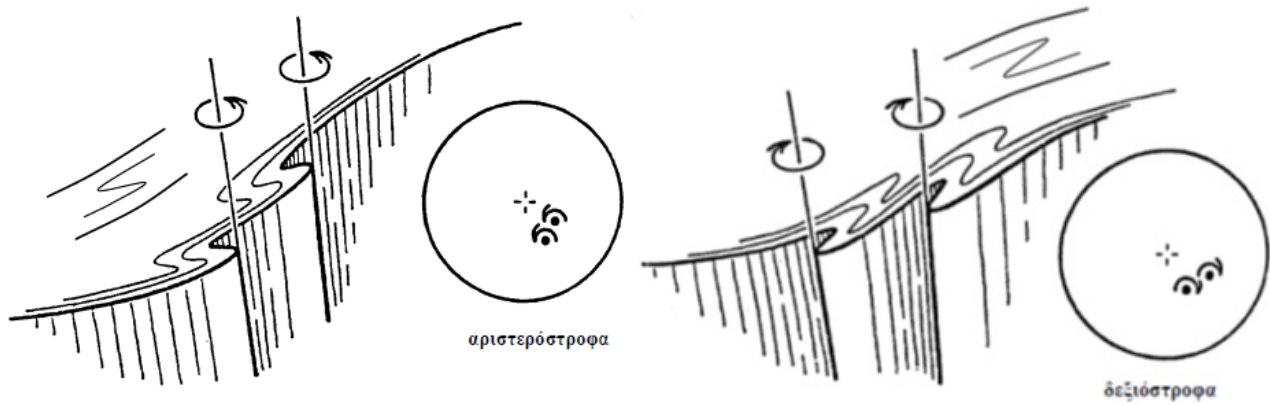
Συγκρίνοντας τα δύο κύρια είδη των πτυχών, προκύπτει ότι η ουσιώδης γεωμετρική διαφορά τους είναι η διατήρηση ή μη ίσου πάχους στρωμάτων, κατά την πτύκωση. Στην πλειονότητα του, αυτό το χαρακτηριστικό ξεχωρίζει από τις οπτικές παρατηρήσεις στην ύπαιθρο. Όμως, σε υπό αμφισβήτηση ή σε μεταβατικές περιπτώσεις, μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο κατηγοριοποίησης και να διερευνηθεί μέσω της ανάλυσης διαφόρων παραμέτρων, όπως το ορθογώνιο πάχος, το παραλληλαξονικό πάχος και τις ισογώνιες καμπύλες κλίσεων. Έτσι, σύμφωνα με τα διαγράμματα του Ramsay (1967), από τα διαγράμματα των παραμέτρων, προκύπτουν 3 μεγάλες τάξεις πτυχών, εκ των οποίων η πρώτη τάξη υποδιαιρείται σε άλλες τρεις (1A, 1B, 1C) (Εικόνα 2.14). Αναλυτικότερα, η τάξη 1A αντιστοιχεί σε ιδεατή πτυχή που δεν απαντάται στην φύση. Η 1B αφορά ισοπαχείς πτυχές κάμψης ενώ η 1C ισοπαχείς πτυχές που υπέστησαν περαιτέρω πλάτυνση στην αξονική τους περιοχή, λόγω επιπρόσθετη συμπίεση. Τέλος, η τάξη 2 αφορά ομοειδείς πτυχές ολίσθησης και η τάξη 3 ομοειδείς πτυχές με επιπλέον ομοαξονική συμπίεση και περαιτέρω πλάτυνση.



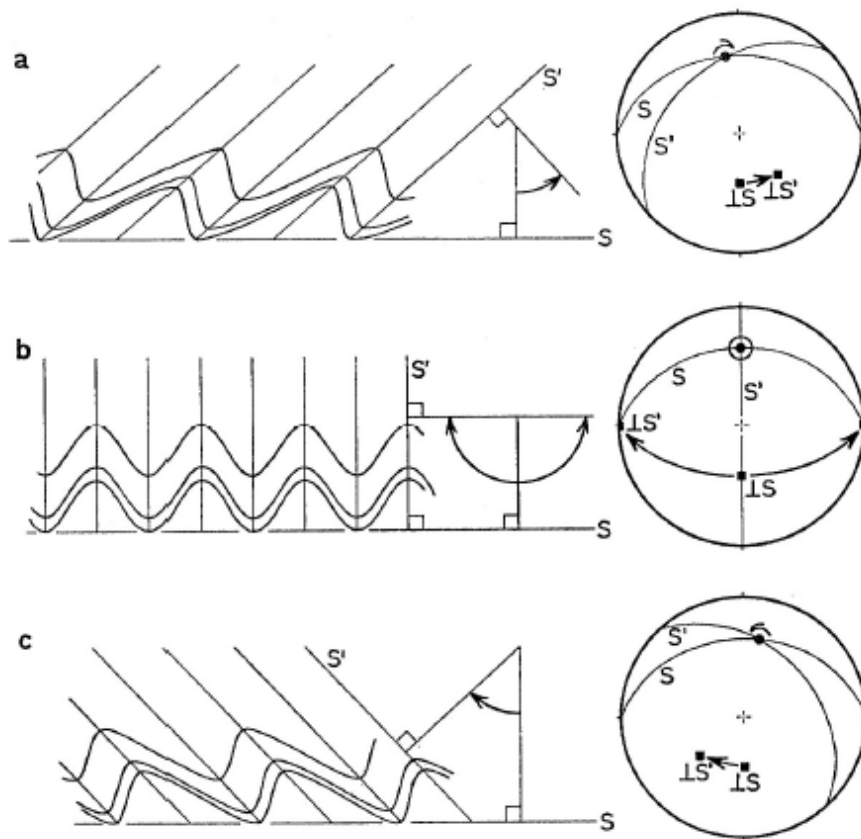
Εικόνα 2.14 – Οι πέντε βασικές τάξεις πτυχών με βάση την μεταβολή του πάχους (κατά RAMSAY 1967)

Β. Κινηματική Ανάλυση Πτυχών

Συνήθως, οι πτυχές κάμψης-ολίσθησης εμφανίζονται ασύμμετρες, με το αξονικό επίπεδο να μην είναι κατακόρυφο, όπως στις συμμετρικές αλλά να κλίνει προς κάποιο σκέλος. Η κίνηση που παραμόρφωσε και προκάλεσε την ασυμμετρία, θα έχει προσανατολισμό πάντα από το μεγάλο προς το μικρό σκέλος. Η ασυμμετρία των πτυχών προσδιορίζεται από την γεωμετρική (γωνιακή) σχέση της μέσης επιφάνειας της πτυχωμένης στρώσης με τα αξονικά επίπεδα τους (Εικόνα 2.16). Όταν το αξονικό επίπεδο είναι κάθετο με την μέση επιφάνεια της στρώσης, σχηματίζονται οι ορθές συμμετρικές πτυχές. Ενώ, όσο μικρότερη γωνία σχηματίζει το αξονικό επίπεδο με την μέση επιφάνεια της στρώσης, τόσο μεγαλύτερη ασυμμετρία έχει η πτυχή και τόσο μεγαλύτερη ένταση παραμόρφωσης την έχει προκαλέσει.



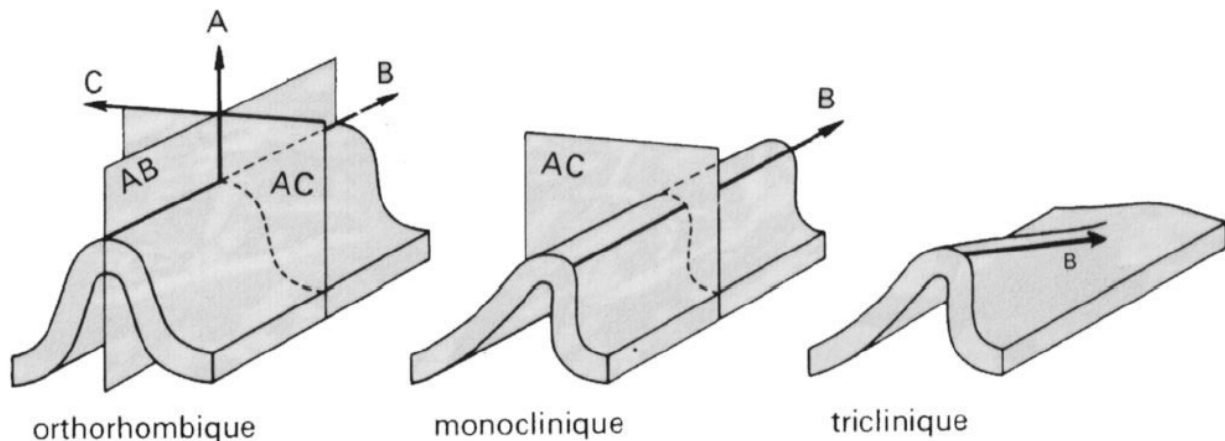
Εικόνα 2.15 – Αριστερόστροφη (S) και δεξιόστροφη (Z) ασυμμετρία πτυχών με τις προβολές των αξόνων τους σε δίκτυο Schmidt και την φορά στρέψης αυτών (κατά HANSEN 1971)



Εικόνα 2.16 – Συμμετρικές και ασύμμετρες πτυχές, σε τομή και προβαλλόμενα σε δίκτυο Schmidt τα αξονικά επίπεδα S' και η μέση επιφάνεια της στρώσης S , και η γωνία μεταξύ τους (κατά HANSEN 1971)

- a) ασύμμετρες δεξιόστροφες πτυχές – σχήματος **Z**
- b) ορθές συμμετρικές πτυχές – σχήματος **M**
- c) ασύμμετρες αριστερόστροφες πτυχές – σχήματος **S**

Ανάλογα με το είδος συμμετρίας που παρουσιάζουν οι πτυχές, διακρίνονται τρεις τύποι συμμετρίας: η ορθορομβική, η μονοκλινής και η τρικλινής συμμετρία (Εικόνα 2.17). Ως άξονας συμμετρίας **B** καθορίζεται ο άξονας πτυχής και ως επίπεδο συμμετρίας **AC** καθορίζεται το επίπεδο αυτό που φέρει ως πόλο, τον άξονα πτυχής και είναι κάθετο σε αυτό. Επισημαίνεται ότι το επίπεδο συμμετρίας δεν είναι απαραίτητο να ταυτίζεται με το αξονικό επίπεδο.



Εικόνα 2.17 – Ταξινόμηση των πτυχών με βάση τη συμμετρία τους (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ et al., 2012)

Στις πτυχές με ορθορομβική συμμετρία (ανώτερη), υπάρχουν δύο επίπεδα συμμετρίας, το AB που ταυτίζεται με το αξονικό επίπεδο και το AC που είναι κάθετο σε αυτό. Επίσης, προκύπτουν και δύο άξονες συμμετρίας, ο B που ταυτίζεται με τον άξονα της πτυχής και ο C που ανήκει πάνω στο επίπεδο συμμετρίας και είναι κάθετος στον άξονα B.

Η πιο συνήθης συμμετρία που παρατηρείται στις πτυχές είναι η μονοκλινής συμμετρία, που αντιστοιχεί στις κεκλιμένες πτυχές (δεξιόστροφες ή αριστερόστροφες) και εμφανίζει ένα επίπεδο συμμετρίας, το AC που είναι κάθετο στο αξονικό επίπεδο, και έναν άξονα συμμετρίας B που ταυτίζεται με τον άξονα της πτυχής.

Σε περιπτώσεις επαναπτύχωσης, η προγενέστερη μονοκλινής συμμετρία μπορεί να υποβιβαστεί σε τρικλινής συμμετρία (κατώτερη) των νέων πτυχών, που εμφανίζει μόνο έναν άξονα συμμετρίας B που ταυτίζεται με τον άξονα πτυχής.

Σημειώνεται ότι η συμμετρία των πτυχών δεν εξαρτάται από τον γενετικό τους τύπο, (καθώς ίδιες τύπου συμμετρίων εμφανίζονται και σε ολισθοκαμπτικές και σε ολισθοδιατημητικές, ροϊκές πτυχές) αλλά από την ομοιογένεια του υλικού και των τάσεων παραμόρφωσης. Έτσι, η ορθορομβική συμμετρία οφείλεται σε ομοαξονική συμπίεση ενώ η μονοκλινής και η τρικλινής οφείλεται σε διατημητικές τάσεις.

Γ. Δυναμική Ανάλυση Πτυχών

Από κάθε άποψη, οι πτυχές είναι τεκτονικές δομές συμπίεσης. Η συμπίεση αυτή, εκφράζεται από την σχέση της τελικής απόστασης δύο σημείων προς την αρχική τους απόσταση, η οποία προκύπτει από την γωνία των σκελών μετά την πτύκωση. Έτσι, σε ανοιχτές πτυχές, η συμπιεστική παραμόρφωση είναι 5-10%, ενώ σε πολύ κλειστές πτυχές, φθάνει το 70-80%, από την αρχική κατάσταση του πετρώματος. Η συμπιεστική παραμόρφωση μπορεί να προκαλέσει:

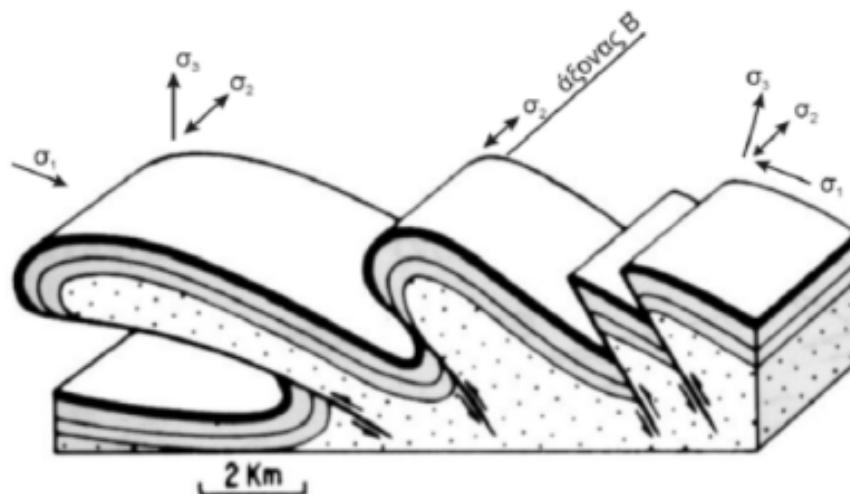
- στον ανώτερο τεκτονικό όροφο της θραυσιγενούς παραμόρφωσης, τεκτονικές δομές ανάστροφων ρηγμάτων (εφφιπεύσεων και επωθήσεων) σε διεύθυνση παράλληλη με τον άξονα σ_2 και με κλίση προς την άξονα σ_1 .



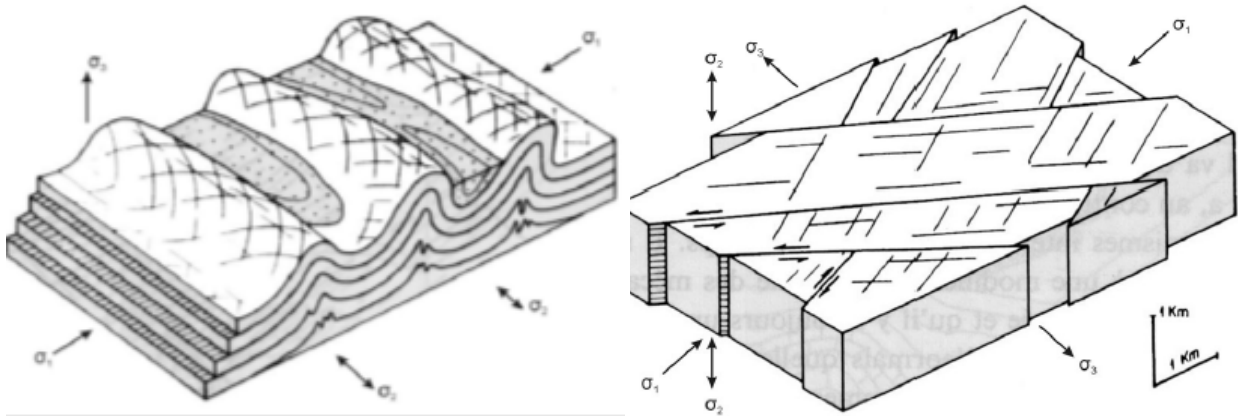
Εικόνα 2.18 – Ίδια δυναμική ανάλυση σε διαφορετικούς τεκτονικούς ορόφους (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ et al., 2012)

- στον ενδιάμεσο τεκτονικό όροφο της πλαστικής καμπτικής παραμόρφωσης, τεκτονικές δομές ολισθοκαμπτικών ισοπαχών πτυχών με διαστρωματική ολίσθηση, έχοντας άξονα σε διεύθυνση παράλληλη στον άξονα σ_2 και κάθετη στον άξονα σ_1 .

Συνεπώς, και στους δύο τεκτονικούς ορόφους, η δυναμική ανάλυση τόσο των ολισθοκαμπτικών πτυχών, όσο και των συγγενικών ανάστροφων ρηγμάτων, είναι ενιαία και απόλυτα συμβατικές. Και τα δύο είδη τεκτονικών δομών βρίσκονται σε διεύθυνση παράλληλη στην τάση σ_2 ενώ κάθετα σε αυτήν, συναντάται η μέγιστη συμπιεστική τάση σ_1 ως κύρια αιτία δημιουργίας και τέλος, η τάση σ_3 είναι κατακόρυφη (Εικόνα 2.19). Αυτό το αποτέλεσμα παραμόρφωσης είναι που συναντάται σε συνθήκες συμπίεσης του ανώτερου και ενδιάμεσου τεκτονικού ορόφου (όπως και τα φλυσικά πετρώματα της ερευνηθείσας περιοχής). Σε περίπτωση κεκλιμένων δομών, το ελλειψοειδές τάσεων θεωρείται αντιστοίχως περιστρεμμένο.



Εικόνα 2.19 – Δυναμική ανάλυση πτυχών και εφφιπεύσεων σε μια συμπιεστική δομή παραμόρφωσης ανωτέρου και ενδιάμεσου τεκτονικού ορόφου (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ et al., 2012)



Εικόνα 2.20 – Οι δύο περιπτώσεις συμπιεστικής παραμόρφωσης σε δυναμική ανάλυση τάσεων, με ή χωρίς πλευρική εκτόνωση (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ et al., 2012)

Σε περιπτώσεις παραμόρφωσης με δυνατότητα πλευρικής εκτόνωσης, δηλαδή εφελκυσμό, τότε ο άξονας σ_3 γίνεται οριζόντιος και ο άξονας σ_2 κατακόρυφος, με αποτέλεσμα αντί ολισθοκαμπτικών πτυχών να προκύπτουν συζυγή συστήματα ρηγμάτων οριζόντιας ολίσθησης, των οποίων η διεδρη γωνία διχοτομείται από τον άξονα κύριας τάσης σ_1 (Εικόνα 2.20).

Σε μεταβατικές καταστάσεις μεταξύ των δύο περιπτώσεων με ή χωρίς πλευρική εκτόνωση, δηλαδή με άξονα σ_3 οριζόντιο ή κατακόρυφο, είναι δυνατή η δημιουργία πτυχωσιγενούς παραμόρφωσης με συγγενικά διαγώνια ρήγματα οριζόντιας ολίσθησης. Καθοριστική παράμετρος για το είδος της συμπιεστικής παραμόρφωσης αποτελεί και η ύπαρξη επιφανειών αποκόλλησης που θα ευνοήσουν την διαστρωματική ολίσθηση από τον κατώτερο φλοιό.

Δ. Γενετική Ταξινόμηση Πτυχών

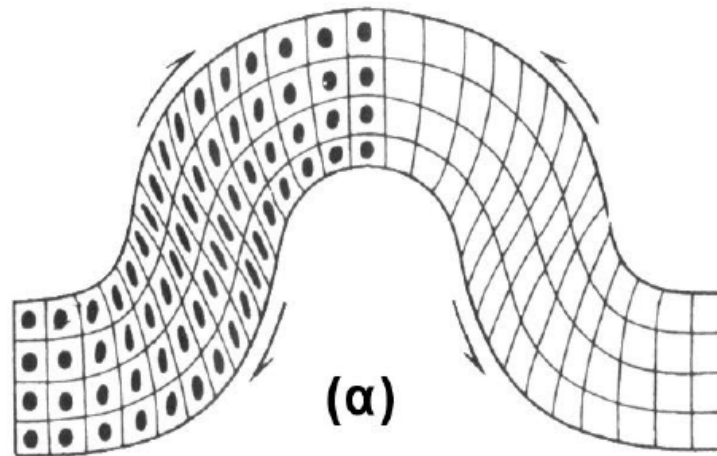
Με βάση τον μηχανισμό παραμόρφωσης, ως αιτία δημιουργίας, των πτυχών, κατηγοριοποιούνται σε πτυχές Κάμψης (ή ισοπαχείς), που διατηρούν σταθερό το πάχος των στρωμάτων και σε Ομοειδείς πτυχές (ή διατμητικές ή ολίσθησης), που διατηρούν ίδια καμπυλότητα αλλά το πάχος τους μεταβάλλεται.

Στην περίπτωση του ανώτερου και ενδιάμεσου τεκτονικού ορόφου, επικρατούν οι πτυχές κάμψης, οι οποίες αναλόγως την εσωτερική τους παραμόρφωση, διακρίνονται σε:

● Πτυχές Κάμψης – Ροής

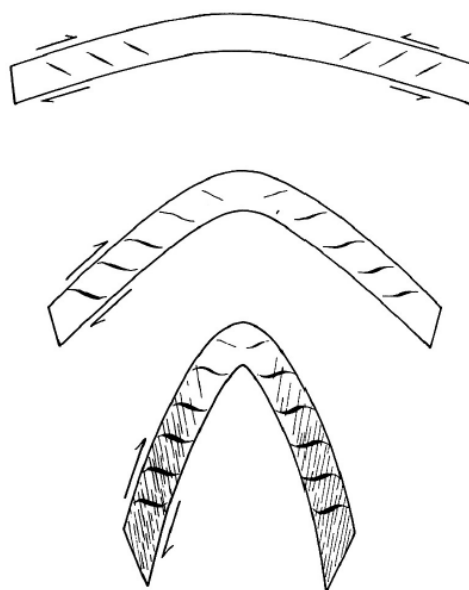
όπου η εσωτερική ομοιογενής παραμόρφωση εντοπίζεται στα σκέλη των πτυχών ενώ οι αξονικές περιοχές παραμένουν στην πρότερή τους κατάσταση. Συνεπώς, εσωτερικά, από την οροφή έως το δάπεδο του κάθε στρώματος, όλα τα σημεία έχουν ίδια ομοιογενή παραμόρφωση, δηλαδή, ίδιο ελλειψοειδές παραμόρφωσης, κατά στήλη. Αυτή η παραμόρφωση οφείλεται σε δύο εξωτερικές διατμητικές τάσεις, που συγκλίνουν

προς το κορυφαίο ενώ αποκλίνουν από το πυθμαίο της πτυχής και καθώς, δρουν τόσο στην επιφάνεια της οροφής όσο και στην επιφάνεια της βάσης του πτυχωμένου στρώματος.



Εικόνα 2.21 – Δυναμική ανάλυση των πτυχών κάμψης-ροής (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ et al., 2012)

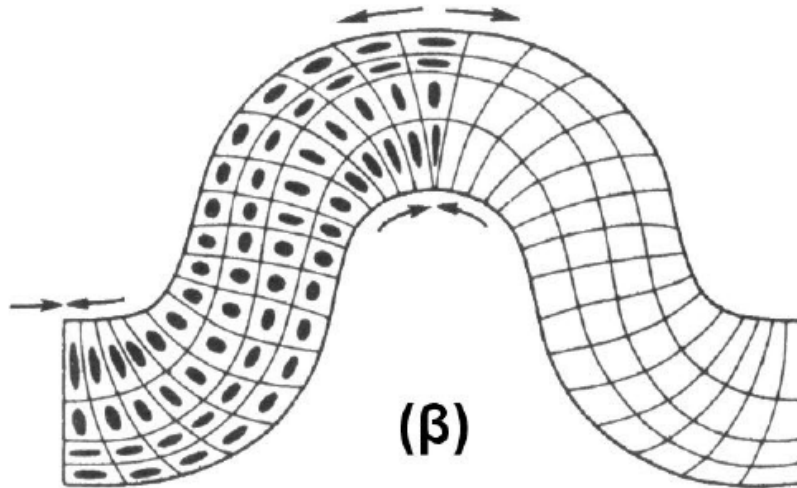
Σε περιπτώσεις πετρωμάτων που πτυχώνονται σε μεταβατικό στάδιο μεταξύ ελαστικής (θραυσιγενούς) και πλαστικής παραμόρφωσης, τότε στις καμπτικο-ροϊκές πτυχές μπορεί να αναπτυχθούν και περοειδείς διακλάσεις, λόγω της διάτμησης που ασκείται. Όσο προοδεύει η πτύκωση και αυξάνεται η διατμητική τάση, τόσο οι περοειδείς διακλάσεις αναπτύσσονται, διαστέλλονται και γεμίζουν με ρευστά που προέρχονται από την διάλυση υπό πίεση των περιβαλλόντων πετρωμάτων. Σε πολύ προχωρημένα στάδια πτύκωσης, μπορεί να αναπτυχθεί σχιστότητα, η οποία διαπερνά τις προηγούμενες περοειδείς διακλάσεις (Εικόνα 2.22).



Εικόνα 2.22 – Προοδευτική ανάπτυξη περοειδών διακλάσεων στα σκέλη μιας ροϊκο-καμπτικής πτυχής (κατά RAMSAY, 1967)

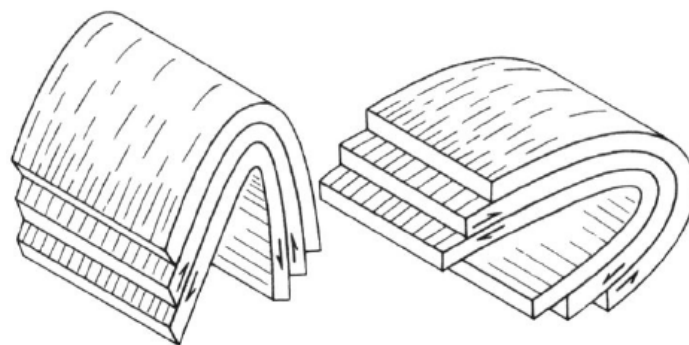
● Πτυχές Κάμψης – Ολίσθησης

όπου η εσωτερική ομοιογενής παραμόρφωση εντοπίζεται στις αξονικές περιοχές της εκάστοτε πτυχής και χαρακτηρίζονται από εναλλασσόμενες ζώνες εφελκυσμού και συμπίεσης, οι οποίες διαχωρίζονται από μια μικρή ζώνη μηδενικής παραμόρφωσης. Συνεπώς, τα αντίκλινα υπόκεινται σε εφελκυσμό ενώ τα σύγκλινα σε καθεστώς συμπίεσης. Έτσι, τα ελλειψοειδή παραμόρφωσης είναι πλήρως διαφοροποιημένα κατά στήλη (εκτός από την अपαραμόρφωτη ζώνη στα σκέλη). Ως μηχανισμός δημιουργίας των ολισθοκαμπτικών πτυχών είναι ένα ζεύγος εξωτερικών διατμητικών δυνάμεων, που αποκλίνει από το κορυφαίο και συγκλίνει προς το πυθμαίο κάθε πτυχής.



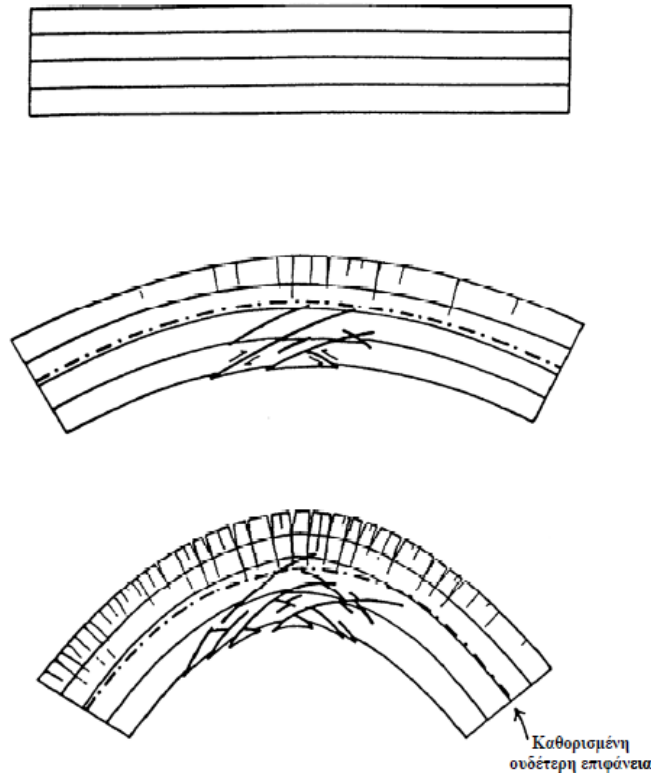
Εικόνα 2.23 – Δυναμική ανάλυση των πτυχών κάμψης-ολίσθησης (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ et al., 2012)

Όμως η λιθολογία όλων των πτυχωμένων στρωμάτων σπάνια είναι ομοιογενής και έτσι, η εσωτερική παραμόρφωση είναι συνήθως ανομοιογενής (π.χ. σε έναν φλυσικό σχηματισμό με εναλλαγές ψαμμιτών και πηλινών). Υπό αυτές τις συνθήκες, η πτύκωση των στρωμάτων προκαλεί ολίσθηση ουσιαστικά μόνο στις διαχωριστικές επιφάνειες της στρώσης. Αυτή η διαστρωματική ολίσθηση (Εικόνα 2.24), προκαλεί γράμμωση α-κινηματικού τύπου και είναι ιδιαίτερα εμφανή κυρίως στα σκέλη ενώ μειώνεται σταδιακά μέχρι που μηδενίζεται στις αξονικές περιοχές.



Εικόνα 2.24 – Διαστρωματική ολίσθηση στα σκέλη των ολισθοκαμπτικών πτυχών με ανομοιογενή παραμόρφωση (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ et al., 2012)

Με τις κατάλληλες συνθήκες παραμόρφωσης, μπορεί να εμφανιστούν διαρρήξεις συγγενικές με την ολισθοκαμπτική πτυχή. Ειδικότερα, κατά την πτύχωση, δημιουργούνται εφελκυστικές διαρρήξεις στην εξωτερική αξονική περιοχή και αντιστοίχως, συμπιεστικές διαρρήξεις στην εσωτερική, οι οποίες διαχωρίζονται από μια καθορισμένη ουδέτερη επιφάνεια (Εικόνα 2.25). Συμπερασματικά, προκύπτουν και κανονικά ρήγματα και ανάστροφα ρήγματα, κάτω από το ίδιο εντατικό πεδίο και μηχανισμό παραμόρφωσης. Όσο αυξάνεται η καμπυλότητα της πτύχωσης, τόσο πιο έντονες, πολυπληθείς και ευμεγέθεις γίνονται οι διαρρήξεις.

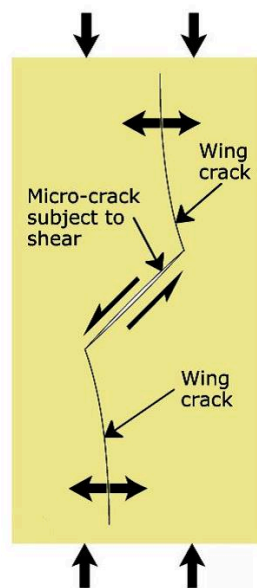


Εικόνα 2.25 – Ανάπτυξη κανονικών και ανάστροφων διαρρήξεων συγγενικά μιας πτύχωσης (κατά RAMSAY, 1967)

2.4 Θραυσίγενής Παραμόρφωση

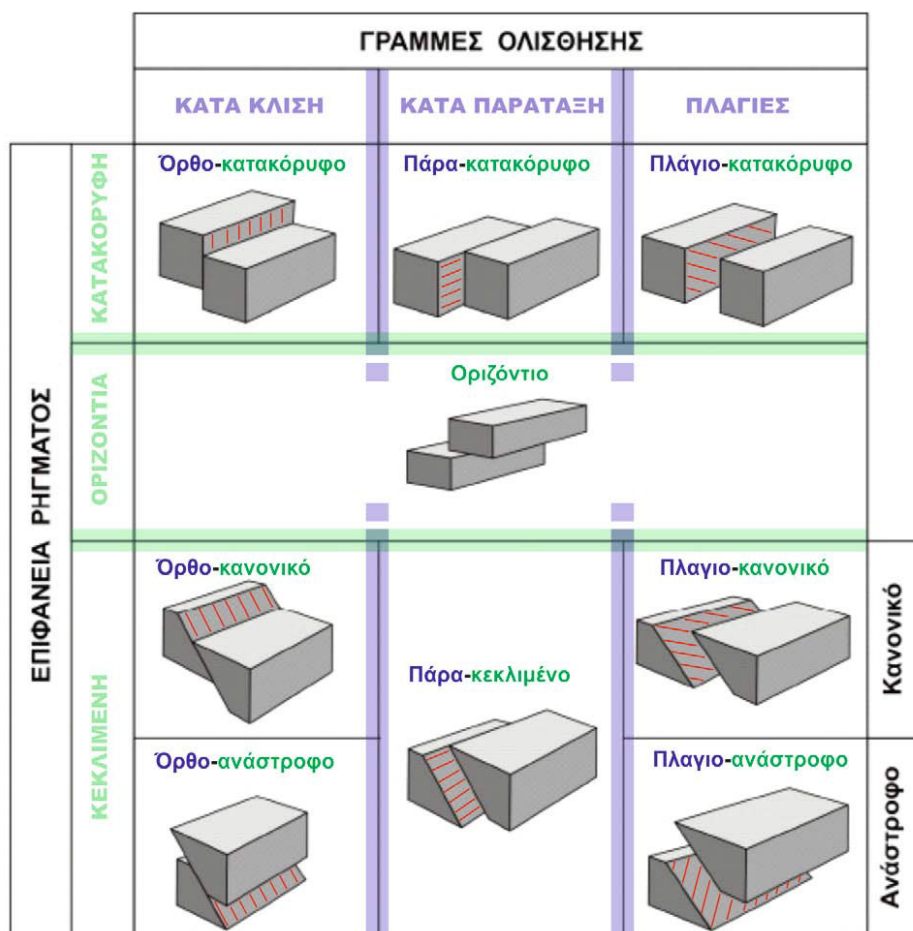
Γένεση ρηγμάτων σε πετρώματα με χαμηλό πορώδες

Σύμφωνα με το μοντέλο του Griffith, οι διατμητικές ρωγμές δημιουργούνται από την ανάπτυξη και διασύνδεση μικρο-ασυνεχειών (micro-discontinuities) και μικρο-ρωγμών (micro-cracks), που προϋπάρχουν στο πέτρωμα. Οι προϋπάρχουσες μικρο-ρωγμές δεν μπορούν να αυξηθούν στο δικό τους επίπεδο, καθόσον υπόκεινται σε διάτμηση. Αντ' αυτού, κάτω από το εντατικό πεδίο δυνάμεων που ασκείται, θα σχηματισθούν καμπύλες πτεροειδείς ρωγμές (wing cracks) στα άκρα των μικρο-ρωγμών. Οι πτεροειδείς ρωγμές αποκτούν το καμπύλο αυτό σχήμα για να ευθυγραμμισθούν με τη μέγιστη κύρια τάση (διεύθυνση έκτασης εγκάρσια στην πτεροειδή ρωγμή) και συνεχίζουν να αυξάνονται μέχρι να συναντηθούν και να αλληλεπιδράσουν με άλλες γειτονικές μικρο-ρωγμές (Εικόνα 2.26). Όταν η πυκνότητα των μικρο-ρωγμών φθάσει ένα κρίσιμο σημείο, η κύρια διάρρηξη δημιουργείται και επεκτείνεται με διασύνδεση των ευνοϊκά προσανατολισμένων μικρο-ρωγμών. Ζώνη διεργασιών ονομάζεται η περιοχή ανάπτυξης μικρο-ρωγμών στο όριο απόληξης του νέου ρήγματος.



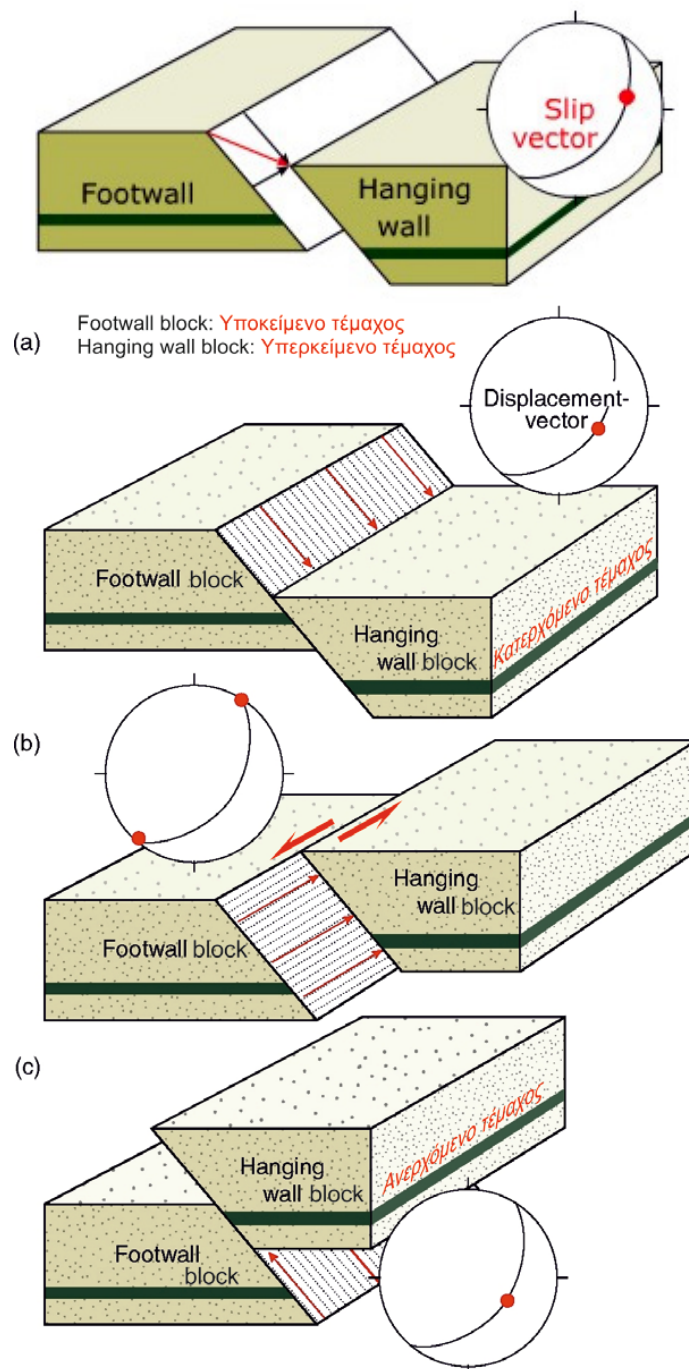
Εικόνα 2.26 – Διασύνδεση των διατμητικών ρωγμών μέσω των πτεροειδών ρωγμών και ευθυγράμμιση τους παράλληλα στην κύρια τάση (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ *et al.*, 2012)

Εφόσον, έχει δημιουργηθεί το ρήγμα, και έχοντας σχηματίσει μια ξεκάθαρη επιφάνεια ασυνέχειας, μπορεί να ταξινομηθεί με βάση την γεωμετρία του αλλά και την κινηματική που αποδίδει. Ιδιαίτερα χρήσιμη είναι η ταξινόμηση των ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΥ & ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ (1986) που διακρίνει 9 δυνατές κατηγορίες ρηγμάτων με βάση την κλίση της ρηξιγενούς επιφάνειας σε συνδυασμό με τις γραμμές ολίσθησης (Εικόνα 2.27)



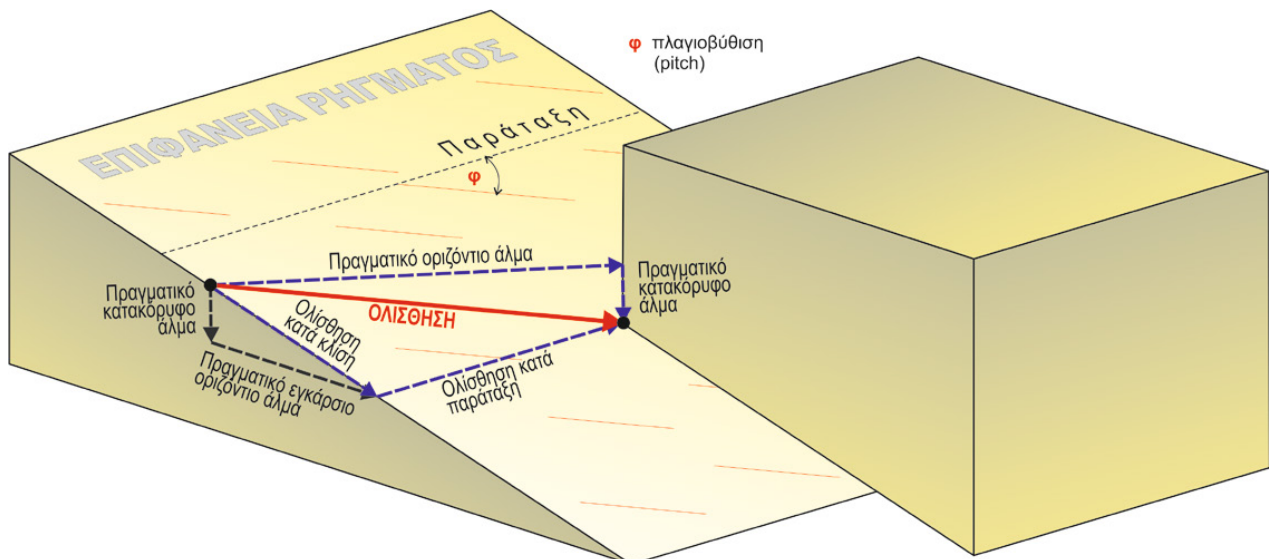
Εικόνα 2.27 – Ταξινόμηση ρηγμάτων (ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ & ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, 1986)

Ειδικότερα, οι πιο συνηθισμένες κατηγορίες ρηγμάτων που απαντώνται στην φύση είναι τα κανονικά και τα ανάστροφα (είτε με πλάγια ολίσθηση, είτε με ολίσθηση κατά κλίση). Στην εικόνα 2.28, απεικονίζονται οι κύριες κατηγορίες με τα αντίστοιχα τους δίκτυα Schmidt με τις γραμμές προστριβής.

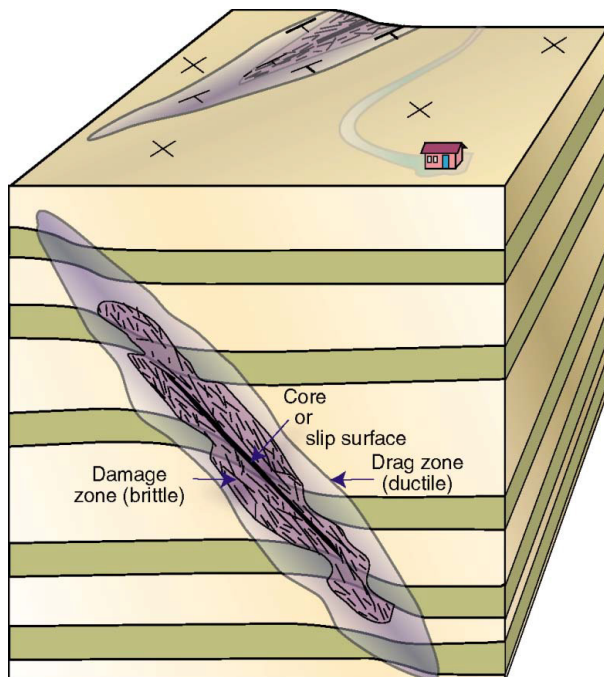


Εικόνα 2.28 – Οι κύριες περιπτώσεις ρηγμάτων. Κατά σειρά, απεικονίζονται πλάγιο-κανονικό, ορθο-κανονικό, οριζοντιολισθητικό και ορθο-ανάστροφο ρήγμα (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ et al., 2012)

Εστιάζοντας στην ολίσθηση που δημιουργείται πάνω στην επιφάνεια του ρήγματος, δύναται να αναλυθεί σε επιμέρους ανύσματα για την μέτρηση της συνολικής ολίσθησης. Τα επιμέρους ανύσματα της συνολικής μετατόπισης αναλύονται πάνω στην επιφάνεια του ρήγματος σε ολίσθηση κατά κλίση και ολίσθηση κατά παράταξη ενώ σε κατακόρυφο επίπεδο, αναλύονται σε πραγματικό οριζόντιο και κατακόρυφο άλμα (Εικόνα 2.29). Κρίσιμο στοιχείο για τον χαρακτηρισμό του ρήγματος είναι η γωνία της πλαγιοβύθισης δηλαδή, η γωνία μεταξύ της γραμμής προστριβής και της παράταξης του ρήγματος πάνω στο ρηξιγενές επίπεδο.



Εικόνα 2.29 – Ανάλυση της ολίσθησης του ρήγματος (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ et al., 2012)



Αναλύοντας την ανατομία ενός ρήγματος, διακρίνονται τρεις κύριοι επιμέρους τομείς που απαρτίζουν την πολυσύνθετη ρηξιγενή δομή. Ανάλογα με τον βαθμό παραμόρφωσης, σημειώνεται ο κεντρικός πυρήνας του ρήγματος (η επιφάνεια του ρήγματος), η ζώνη κατακερματισμού η οποία περιλαμβάνει όλα τα σημεία του πετρώματος που έχουν υποστεί θραυσίγενή παραμόρφωση εξ' αιτίας του ρήγματος αυτού και εξωτερικά περιβάλλεται η ζώνη πάρελξης με τα σημεία του πετρώματος που έχουν καμφθεί και παραμορφωθεί με όλκιμο χαρακτήρα από την προγενέστερη κατάσταση τους (Εικόνα 2.30).

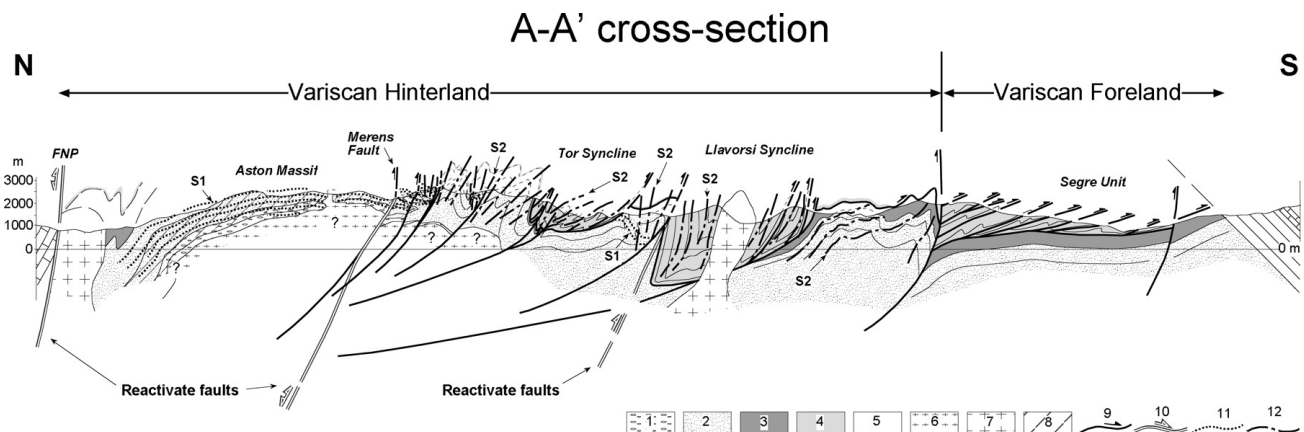
Εικόνα 2.30 – Ανατομία ενός ρήγματος (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ et al., 2012)

Ρήγματα Βράχυνσης

Οι δομές παραμόρφωσης που σχετίζονται με βράχυνση χώρου, αντιπροσωπεύονται από ρήγματα και πτυχές που συνδέονται γενετικά μεταξύ τους (λεπιώσεις και επωθήσεις) και δημιουργούνται λόγω τεκτονικών και βαρυτικών δυνάμεων. Ο τύπος της παραμόρφωσης εξαρτάται κυρία από τις λιθολογίες που συμμετέχουν αλλά και τον τεκτονικό όροφο που βρίσκονται αυτές κατά τη διάρκεια της παραμορφωτικής τους φάσης. Η εμφάνιση των δομών αυτών εντοπίζεται σε πρίσματα συσσώρευσης ορογενετικών ζωνών, σε ζώνες σύγκρουσης, στα μέτωπα προώθησης των παγετώνων, σε δελταϊκά περιβάλλοντα και σε ηπειρωτικά περιθώρια.

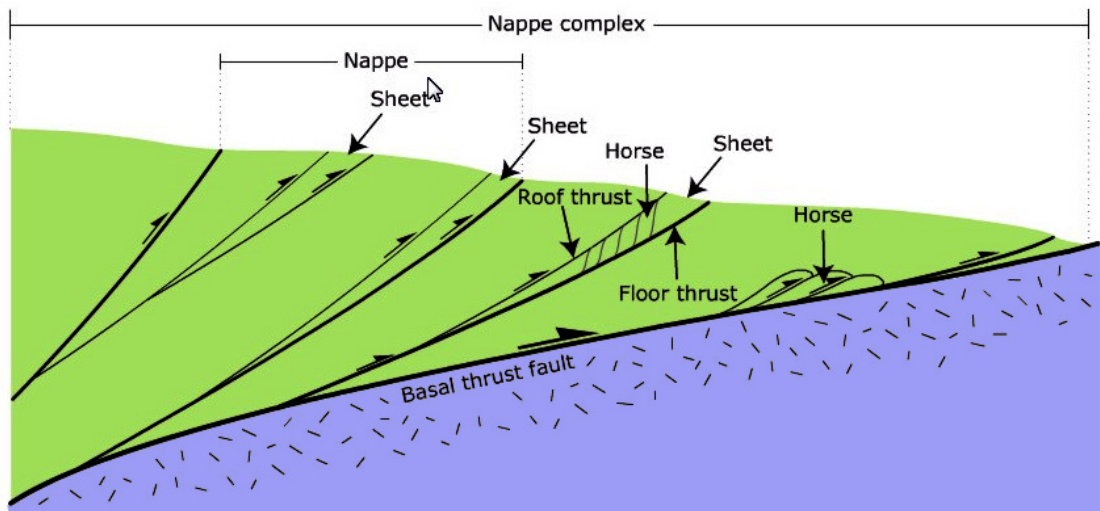
Τα ρήγματα που σχετίζονται με βράχυνση ως επί των πλείστων αναλογούν σε ανάστροφα ή επωθητικά ρήγματα, στη περίπτωση όμως που θεωρηθεί ως επιφάνεια αναφοράς η στρώση, η μπορεί να αντιπροσωπεύουν και κανονικά ή οριζόντιας ολίσθησης ρήγματα.

Στην *εικόνα 2.31*, διακρίνονται τόσο το κεντρικό μέρος της ορογενετικής ζώνης (ενδοχώρα, hinterland), όσο και το περιθωριακό τμήμα προς τη μεριά της ηπείρου (προχώρα, foreland) για την περίπτωση των Κεντρικών Πυρηνναίων.



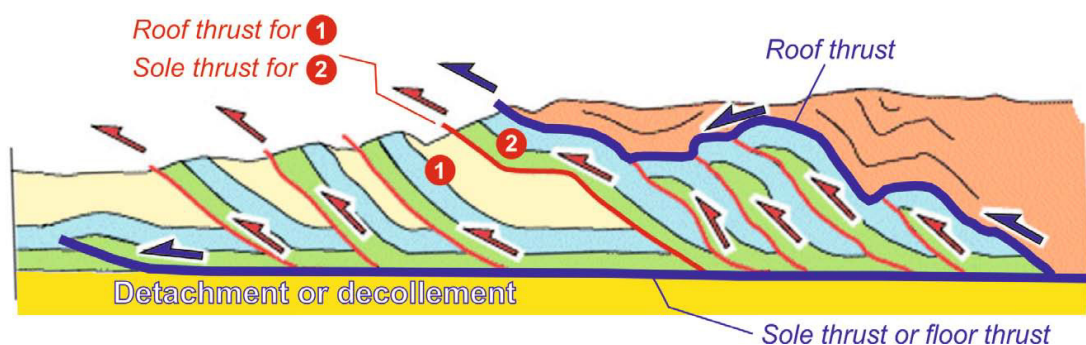
Εικόνα 2.31 – Όριο Foreland – Hinterland, Κεντρικά Πυρηνναία (Garcia-Sansegundo et al., 2011)

Οι επιμέρους εσωτερικές τεκτονικές ενότητες που συνιστούν τα επωθητικά καλύμματα και έχουν μικρό πάχος, σε σχέση με το μήκος και το πλάτος τους παρουσιάζονται στην *εικόνα 2.32* (τεκτονικά φύλλα- tectonic sheets και ίπποι - horses). Ένα σύστημα επωθητικών καλυμμάτων ορίζεται εκείνο που χαρακτηρίζεται από κοινά λιθολογικά και/ ή τεκτονικά χαρακτηριστικά.



Εικόνα 2.32 – Σύστημα επώθητικών καλυμμάτων με τις επιμέρους τεκτονικές ενότητες (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ et al., 2012)

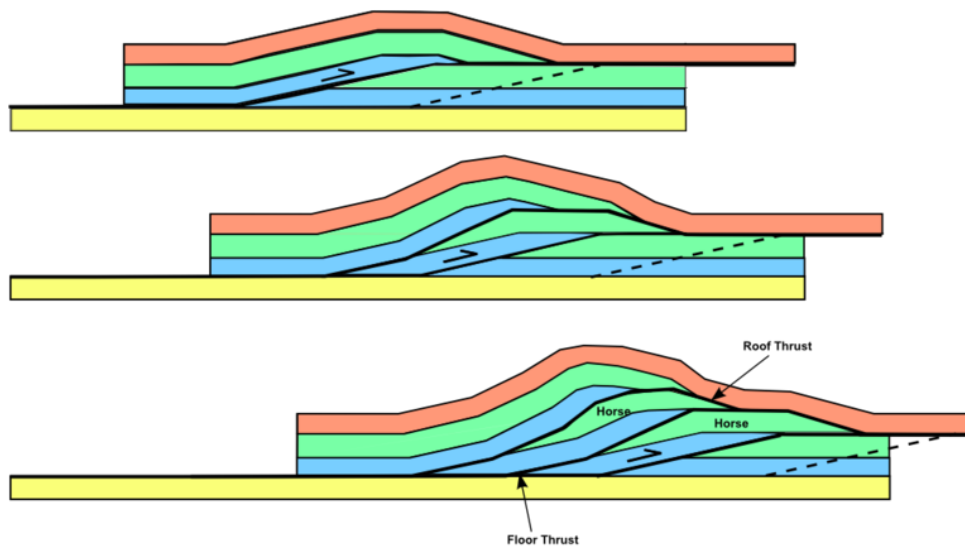
Επώθηση δαπέδου (floor thrust) θεωρείται το ρήγμα βάσης που οριοθετεί ένα τεκτονικό κάλυμμα στο κάτω μέρος του και επώθηση οροφής (roof thrust) καλείται το ρήγμα στο πάνω μέρος του καλύμματος. Στην περίπτωση διαδοχικών καλυμμάτων (stacked nappes), η επώθηση που χωρίζει δύο διαδοχικά καλύμματα, αντιστοιχεί στην επώθηση οροφής για το υποκείμενο κάλυμμα και στην επώθηση δαπέδου για το υπερκείμενο κάλυμμα. Αποκόλληση (detachment ή decollement) ονομάζεται η επώθηση δαπέδου που διαχωρίζει το σύνολο μιας στοίβας καλυμμάτων από ένα υπόβαθρο που είναι ελάχιστα ή και καθόλου παραμορφωμένο (Εικόνα 2.33).



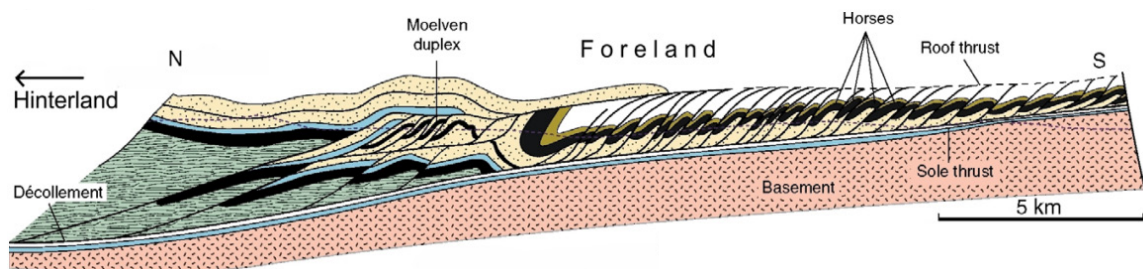
Εικόνα 2.33 – Stacked nappes (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ et al., 2012)

Γεωμετρία των Ρηγμάτων

Δίδυμο (duplex structure) (Εικόνα 2.34) αποκαλείται μια σειρά ανάστροφων ρηγμάτων με όμοιο προσανατολισμό, που συνδέονται μεταξύ τους μέσω μιας επώθησης δαπέδου και μια επώθησης οροφής. Ένα δίδυμο αποτελείται από ίππους, διευθετημένοι ο ένας δίπλα στον άλλο σε διάταξη «piggy-back» και γεωμετρία τύπου «S», έχοντας την τάση να κλίνουν προς τη μεριά της ενδοχώρας (Εικόνα 2.35).

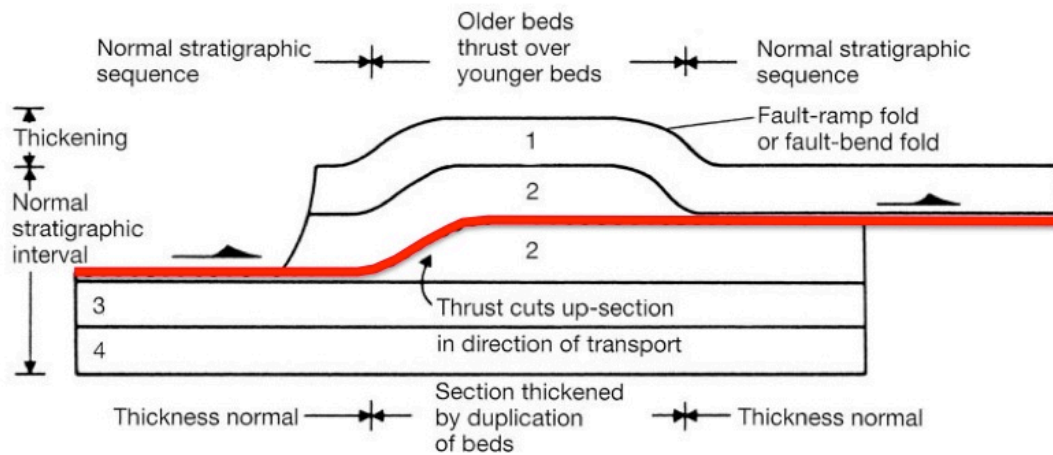


Εικόνα 2.34 – Ανάπτυξη ενός διδύμου (Wikipedia)



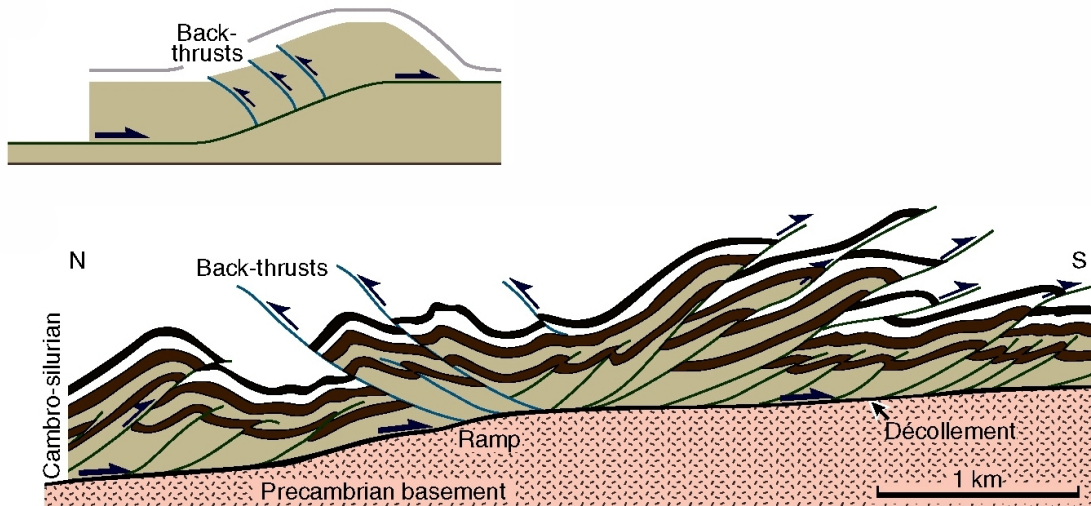
Εικόνα 2.35 – Λεπιώσεις και δίδυμα, Προχώρα Καλιδονίδων (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ et al., 2012)

Τα τμήματα των ίππων που είναι παράλληλα, ή υποπαράλληλα με την επώθηση δαπέδου ονομάζονται επίπεδα (flats). Η σύνδεση δύο επίπεδων επωθητικών τμημάτων, που αναπτύσσονται σε διαφορετικά στρωματογραφικά επίπεδα, με ένα απότομο κεκλιμένο ανάστροφο ρήγμα (ράμπια), οδηγεί στη δημιουργία της δομής «ρήγμα επιπέδου-ράμπιας-επιπέδου» (flat-ramp-flat fault) (Εικόνα 2.36).



Εικόνα 2.36 – Πάχυνση και επανάληψη στρωμάτων λόγω δομής «ρήγμα επιπέδου-ράμπας-επιπέδου» (Twiss & Moores, 2007)

Οπισθο-επωθήσεις (back-thrusts) (Εικόνα 2.37) ονομάζονται οι δομές (ανάστροφα ρήγματα και επωθήσεις με αντίθετη κλίση και φορά κίνησης) που είναι αποτέλεσμα ιδιομορφιών στη γεωμετρία των ραμπών (απότομης κλίσης ράμπες).



Εικόνα 2.37 – Οπισθο- επωθήσεις (back thrusts) (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ et al., 2012)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 – ΚΑΤΑΓΡΑΦΗ & ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

3.1 Εισαγωγή

Στην περιοχή έρευνας, ο επαρχιακός δρόμος που διασχίζει τον σχηματισμό του φλύσχη με γενική διεύθυνση Α-Δ, έχει διαμορφώσει συνολικά πάνω από 9 ζευγάρια πρανών. Συνεπώς, και λόγω της διεύθυνσης του δρόμου, κάθε ζεύγος πρανών διαχωρίζεται σε βόρειο και νότιο μέτωπο. Όπως φαίνεται από το χάρτη της *Εικόνας 3.1*, από το σύνολο των ζευγών, μελετήθηκαν τα 8 και ακόμα ένα σε απόσταση 900m από το 9ο κατά σειρά ζεύγος (το 10ο).



Εικόνας 3.1 – Τοποθέτηση σημείων GPS σε χάρτη, όπου διακρίνεται η αρχή και το τέλος όλων των πρανών. Με κόκκινες γραμμές σημειώνονται τα εκάστοτε πρανή

3.2 Λήψη και επεξεργασία τεκτονικών στοιχείων

Έπειτα από τη βιβλιογραφική επισκόπηση, που προηγήθηκε της ασκήσεως υπαίθρου, με προσδιορισμό τόσο της γενικής γεωλογίας της περιοχής, όσο και των τεκτονικών συνθηκών (Κεφάλαια 1 & 2 αντίστοιχα), ακολούθησε η συλλογή δεδομένων στην ύπαιθρο.

Με τη χρήση γεωλογικής πυξίδας FreibergGeko (*Εικόνα 3.2*) έγινε η μέτρηση τόσο στοιχείων των επιπέδων των γεωλογικών επιφανειών (στρώση, ρήγματα, διακλάσεις, σκέλη πτυχών), όσο και στοιχείων γραμμικών δομών (άξονες πτυχών, γραμμές προστριβής).

Το μοντέλο Geko είναι μία πυξίδα που έπειτα από μια και μόνο μέτρηση καταγράφει ταυτόχρονα και την τιμή αλλά και τη φορά της μέγιστης κλίσης – και συνεπώς εμμέσως και τη διεύθυνση – των επιφανειών και αντιστοίχως, τη τιμή και τη φορά βύθισης των γραμμικών στοιχείων.

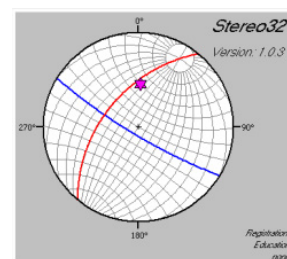


Εικόνα 3.2 - Γεωλογική πυξίδα τύπου FreibergGeko (Αριστερά)
Οι ενδείξεις (μοίρες) στο πλάι της πυξίδας (Δεξιά)

Παράλληλα, πραγματοποιήθηκε η επιτόπου σχεδίαση των προφίλ των πρανών, η φωτογράφιση αυτών, καθώς και η ταξινόμηση των επί μέρους λιθολογιών του σχηματισμού του φλύσχη.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΟ «Stereo32»

Οι μετρήσεις προβάλλονται σε δίκτυο Schmidt με τη βοήθεια του λογισμικού «Stereo32», είτε πρόκειται για προβολή επιπέδων, είτε γραμμικών στοιχείων. Συγκεκριμένα, για κάθε ένα πρανές έγιναν οι εξής προβολές:



- ✓ Κυκλογραφική προβολή και προβολή των πόλεων των στρώσεων – σκελών
- ✓ Κυκλογραφική προβολή των σκελών πτυχών για τον προσδιορισμό των αντίστοιχων αξόνων βss
- ✓ Προβολή των αξόνων βss και των αξόνων από την επιτόπου μέτρηση (σύγκριση)
- ✓ Κυκλογραφική προβολή των διαρρήξεων και των πόλεων αυτών
- ✓ Προβολή των γραμμών προστριβής (όπου αυτές εντοπίστηκαν)
- ✓ Κυκλογραφική προβολή όλων των διαρρήξεων με τις γραμμές προστριβής
- ✓ Προβολή των γραμμών προστριβής και των αντίστοιχων ρηγμάτων που τις εμφανίζουν (με τα διανύσματα να δείχνουν τη φορά ολίσθησης)

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΣΤΟ «TectonicsFP»

**tectonics FP**

Τοποθετώντας τις μετρήσεις που έγιναν στην ύπαιθρο και αφορούν ρήγματα που εμφανίζουν γραμμές προστριβής στο λογισμικό «TectonicsFP», γίνεται η απεικόνιση και η ερμηνεία των θραυσιγενών αυτών δεδομένων. Το σύνολο των μετρήσεων αυτών είναι 39 όπως παρουσιάζονται στην *Εικόνα 3.3* (και στον *Πίνακα 3.21* της παραγράφου 3.4).

Dataset	DipDir	Dip	Azimuth	Plunge	Sense	Quality	Comment
1	130	70	210.52	24.36	2	0	BOPEID 1(Check)
2	304	65	215.56	03.35	3	0	BOPEID 1
3	262	35	250.37	34.44	0	0	BOPEID 1
4	254	55	226.87	51.81	0	0	BOPEID 1
5	352	60	280.99	29.4	2	0	NOTIO 1
6	352	60	312.24	53.09	2	0	NOTIO 1
7	000	60	072.99	26.87	0	0	NOTIO 1
8	331	65	048.2	25.42	1	0	NOTIO 1(Check)

Εικόνα 3.3 – Αρχείο του λογισμικού «Tectonics FP» με εμφανείς 8 από τις 39 μετρήσεις

Μέσω της εισαγωγής των δεδομένων στο πρόγραμμα και την προβολή τους σε ροδογράμματα, μπορούμε να δούμε πως κατανέμονται τα ποσοστά των διευθύνσεων των διαφόρων συστημάτων διαρρήξεων και συνεπώς παρατηρούνται καλύτερα (σε σχέση με την προβολή των επιπέδων) τα βασικά τους συστήματα (*Εικόνες 3.56 – 3.57*).

Μέσω του λογισμικού «Stereo 32», έγινε η πολική προβολή του συνόλου των σκελών των πτυχών και υπολογίστηκαν οι γωνίες των σκελών για κάθε πτυχή ούτως ώστε να προκύψει χαρακτηρισμός της κάθε πτυχής με βάση τη κλίμακα του Fleuty. Τα αποτελέσματα φαίνονται στην αντίστοιχη παράγραφο 3.3.1.

Στο Παράρτημα I δίνονται οι πίνακες των μετρήσεων και των καταγραφών από κάθε ένα από τα πρανή στα οποία έγιναν οι παρατηρήσεις της παρούσας εργασίας. Στο Παράρτημα II παρατίθενται τα δεδομένα από τα ζεύγη σκελών που μετρήθηκαν για τον υπολογισμό των γωνιών σκελών.

ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΠΡΑΝΩΝ

Η αποτύπωση των εμφανίσεων στα πρανή που μελετήθηκαν έγινε κατ' αρχήν επιτόπου, κατά τη διάρκεια της εργασίας υπαίθρου. Παράλληλα, λήφθηκαν φωτογραφίες από κάθε πρανές, προκειμένου να κατασκευαστούν φωτομωσαϊκά για κάθε πρανές. Τέλος, για όλα τα πρανή (πλην του 10ου) έγινε και ψηφιακή σχεδίαση των κύριων τεκτονικών χαρακτηριστικών του.

Η κατασκευή των φωτομωσαϊκών έγινε με τα λογισμικά «Microsoft image composite editor» και «KolorAutopanoGiga 3.0» και η ψηφιακή σχεδίαση έγινε με το πρόγραμμα CorelDrawX5.

3.3 Επεξεργασία δεδομένων & Αναλύσεις

3.3.1 Υπολογισμός γωνιών σκελών

Συνολικά, καταγράφηκαν 86 πτυχές σε όλα τα πρανή. Όπως φαίνεται στον *Πίνακα 3.1*, παρατηρείται ισάριθμο ποσό πτυχών στα αντίστοιχα πρανή (βόρειο και νότιο). Στο N5 δεν λήφθηκαν τεκτονικά στοιχεία λόγω έντονης βλάστησης, ενώ το 10^ο πρανές αποτελείται μόνο από το N10.

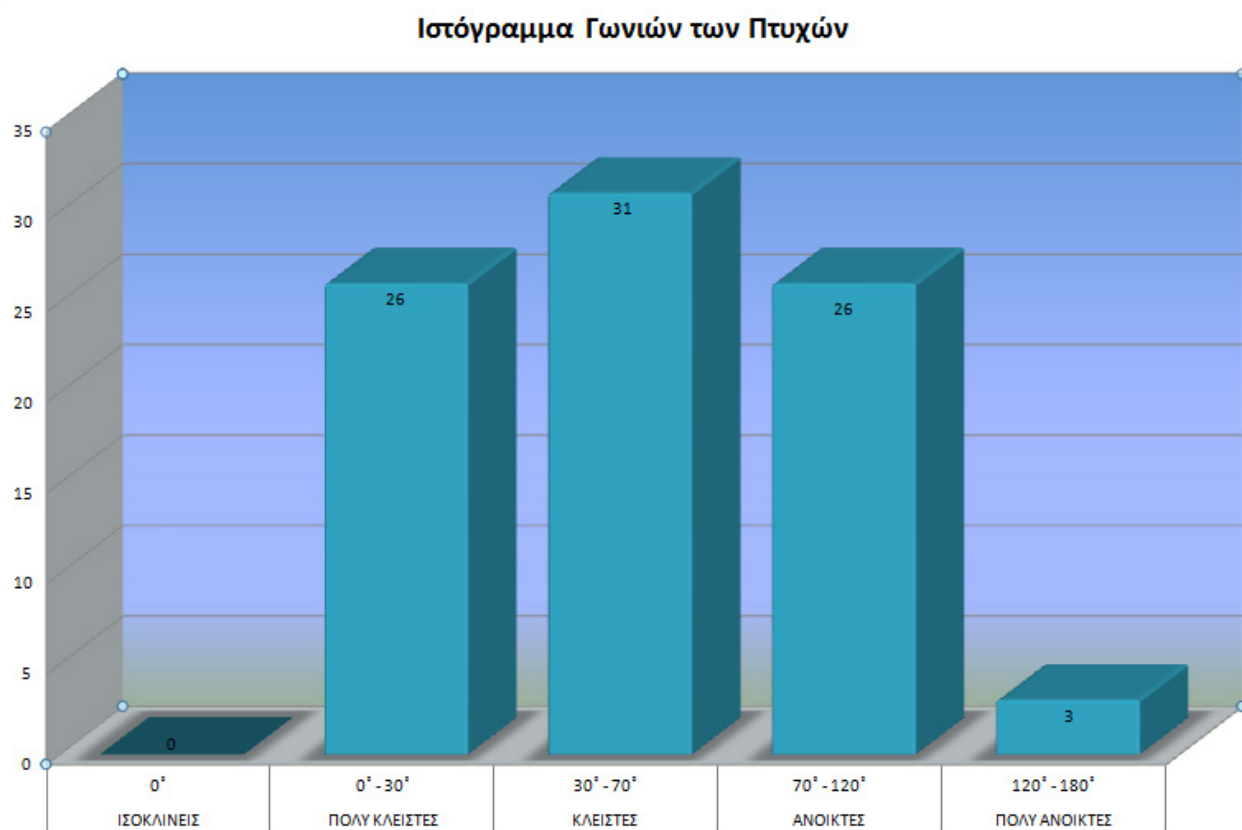
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1 – Σύνολο πτυχών ανά πρανές

ΠΡΑΝΕΣ	ΒΟΡΕΙΟ	ΝΟΤΙΟ
1	13	13
2	1	2
4	4	3
5	0	—
6	0	0
7	1	2
8	25	17
9	2	1
10	—	2
ΣΥΝΟΛΟ	46	40

Ο χαρακτηρισμός των γωνιών των σκελών για την εκάστοτε πτυχή, έγινε σύμφωνα με την ταξινόμηση κατά Fleuty. Όπως φαίνεται στον *Πίνακα 3.2*, οι πτυχές στην περιοχή μελέτης είναι κατά κύριο λόγο από πολύ κλειστές έως ανοικτές, με τις τρεις κατηγορίες (πολύ κλειστές, κλειστές, ανοικτές, να εκπροσωπούνται περίπου ισοδύναμα στο σύνολο των μετρήσεων. Η *εικόνα 3.4* παρουσιάζει το αντίστοιχο ιστόγραμμα κατανομής των διασκελικών γωνιών της περιοχής μελέτης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2 – Ταξινόμηση πτυχών κατά Fleuty

FLEUTY	Βόρειο	Νότιο	Σύνολο	%
0°	0	0	0	0,00
0° - 30°	12	14	26	30,23
30° - 70°	18	13	31	36,05
70° - 120°	13	13	26	30,23
120° - 180°	3	0	3	3,49
	46	40	86	100,00



Εικόνα 3.4 – Ιστόγραμμα γωνιών των σκελών όπου φαίνεται να επικρατούν στο σύνολο των πρανών οι κλειστές πτυχές (30 °-70 °)

3.3.2 Περιγραφική ανάλυση πρανών

Πριν από την επιμέρους ανάλυση για το κάθε πρανές που μελετήθηκε πρέπει να αναφερθεί πως:

- ❖ οι τομές είναι όλες εγκάρσιες, συνεπώς παρατηρούνται μόνο πραγματικές δομές και όχι φαινομενικές
- ❖ ο τεκτονικός όροφος στον οποίο εντάσσεται η περιοχή έρευνας είναι ο ανώτερος, όπου κυριαρχούν τα ρήγματα και αμεταμόρφωτα πετρώματα (κατά Mattauer, 1973)
- ❖ οι πτυχώσεις όπου συναντώνται στα πρανή θεωρούνται ως ισοπαχείς

Παρακάτω παρατίθενται κάποιες πανοραμικές εικόνες κάποιων πρανών (Εικόνες 3.5, 3.6 & 3.7)



Εικόνα 3.5 – Γενική άποψη του οδικού δικτύου. Διακρίνεται στο βάθος το 2^ο πρανές



Εικόνα 3.6 –Το 7^ο σε σειρά πρανές.



Εικόνα 3.7–Πανοραμική εικόνα των πρανών 5, 6, 7

Στη παράγραφο αυτή, παρατίθενται για κάθε ένα πρανές κατά σειρά:

- α) Τα πανοράματα των πρανών με τη χρήση λογισμικών προγραμμάτων
- β) Τα σχέδια των πανοραμάτων με τη χρήση του Corel Draw

Στα παραπάνω, σημειώνεται τόσο ο προσανατολισμός όσο και η κλίμακα μέτρησης τους (σε m)

ΥΠΟΜΝΗΜΑ



ΚΑΝΟΝΙΚΟ ΡΗΓΜΑ



ΑΞΟΝΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ



ΠΙΘΑΝΟ ΡΗΓΜΑ



ΨΑΜΜΙΤΗΣ



ΠΗΛΙΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ



ΣΤΡΩΣΗ ΠΟΥ ΔΕΝ ΜΠΟΡΕΙ ΝΑ ΠΑΡΑΤΗΡΗΘΕΙ (ΛΟΓΩ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ, ΒΛΑΣΤΗΣΗΣ, ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑΣ, ΔΡΟΜΟΥ) ΑΛΛΑ ΘΕΩΡΕΙΤΑΙ ΩΣ ΠΡΟΒΛΕΠΟΜΕΝΗ

ΒΟΡΕΙΟ 1



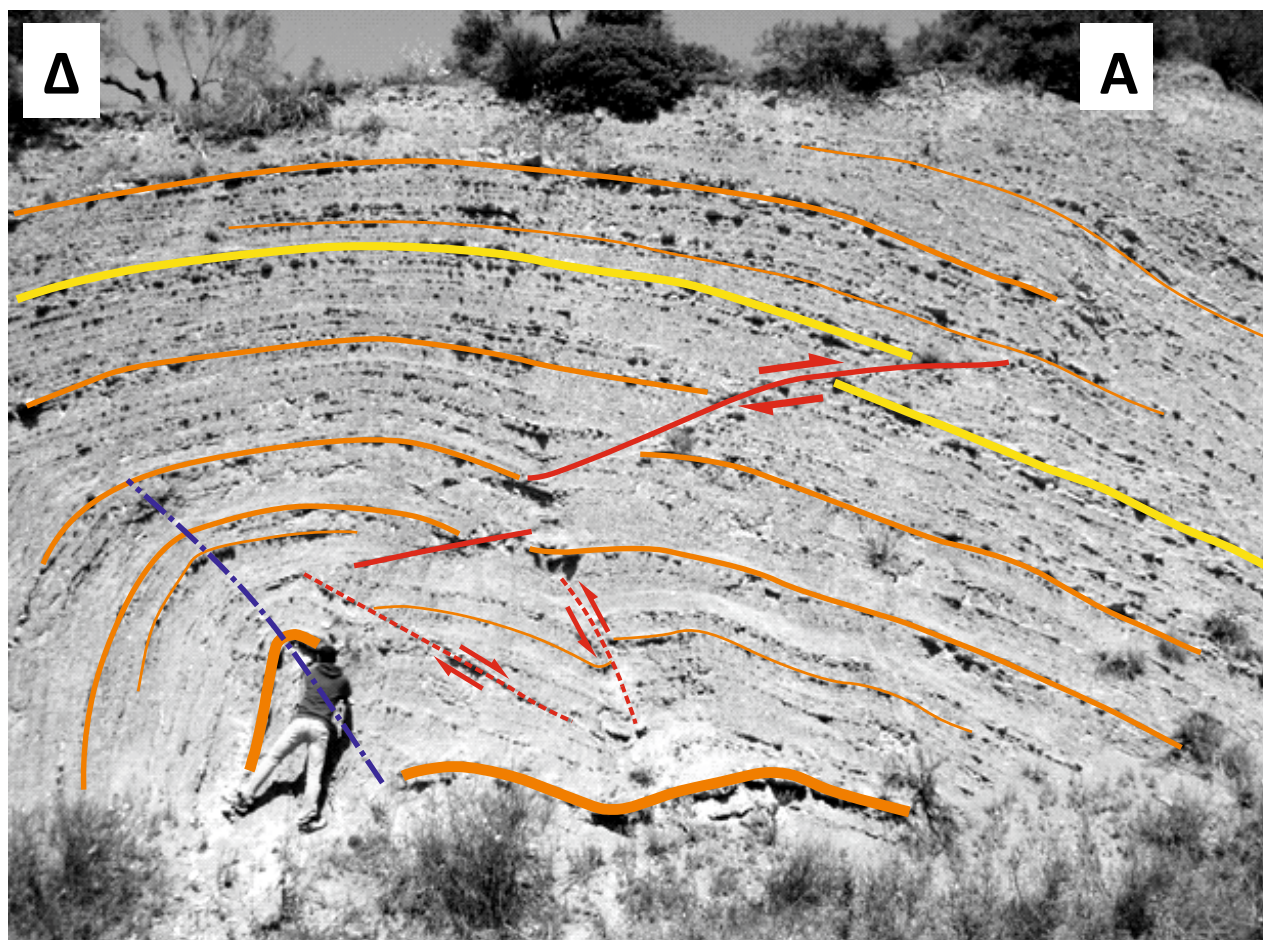
1^ο ΠΡΑΝΕΣ – ΒΟΡΕΙΟ

Το πρανές B1 αποκαλύπτεται σε συνολικό μήκος 250m και αποτελείται κυρίως από καφέ λεπτοπλακώδεις έως μεσοπλακώδεις πάγκους ψαμμιτών με τοπικές εμφανίσεις μπλε-γκρι πηλινών.

Στην τεκτονική δομή του πρανούς, και για την πλαστική παραμόρφωση, παρουσιάζονται συνολικά 13 πτυχές, εκ των οποίων, από την ταξινόμηση Fleuty (1964), οι 7 χαρακτηρίζονται ως ανοιχτές, 2 ως πολύ ανοιχτές, 3 ως πολύ κλειστές και 1 ως κλειστή πτυχή. Μια μέση γωνία σκελών υπολογίζεται στις 79°, δηλαδή, ανοιχτές πτυχές. Από τις 13 πτυχές αυτές, οι 12 είναι (σχεδόν) οριζόντιες με βύθιση του άξονα $\leq 10^\circ$ και 1 πτυχή μόνο έχει άξονα με 42° βύθιση. Συμπερασματικά, η πλαστική παραμόρφωση έχει αποδώσει πτυχές επί των πλείστον ανοιχτές αρμονικές με οριζόντιο άξονα πτυχής.

Στην θραυσιγενή παραμόρφωση του πρανούς, συγκαταλέγονται 24 ρήγματα και διαρρήξεις, εκ των οποίων εντοπίστηκαν 5 ανάστροφα, 2 κανονικά ρήγματα και 1 δεξιόστροφο παρακεκλιμένο (κατά ΜΑΡΙΟΛΑΚΟ & ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, 1986). Στην πλειοψηφία, επικρατούν οι μικρές διαρρήξεις ενώ σε μόλις 4 ρήγματα μετρήθηκαν γραμμές προστριβής στην επιφάνεια τους και δήλωναν πλάγια ολίσθηση. Κατά μέσο όρο, τα ρήγματα και οι διαρρήξεις εμφανίζουν μια μέση τιμή 55/175. Η απουσία εμφάνισης των γραμμών προστριβής και των έντονων διαρρήξεων δηλώνει την μικρού βαθμού παραμόρφωση που διαμόρφωσε το πρανές.

Από τα σχέδια αλλά και από το πανόραμα, φαίνεται ξεκάθαρα ότι η πλαστική παραμόρφωση συγκεντρώνεται κυρίως στις τρεις μεγάλες πτυχές (στις αποστάσεις των 128m, 136m και 192m) που εκτείνονται σε όλο το ύψος του πρανούς και για πολλά μέτρα μήκος, στις οποίες το εντατικό πεδίο απέδωσε μια αριστερόστροφη ασυμμετρία (Εικόνες 3.8 & 3.9).



Εικόνα 3.8 –Τμήμα κεκλιμένης κυλινδρικής μακρο-πτυχής στο Βόρειο Πρανές Β1

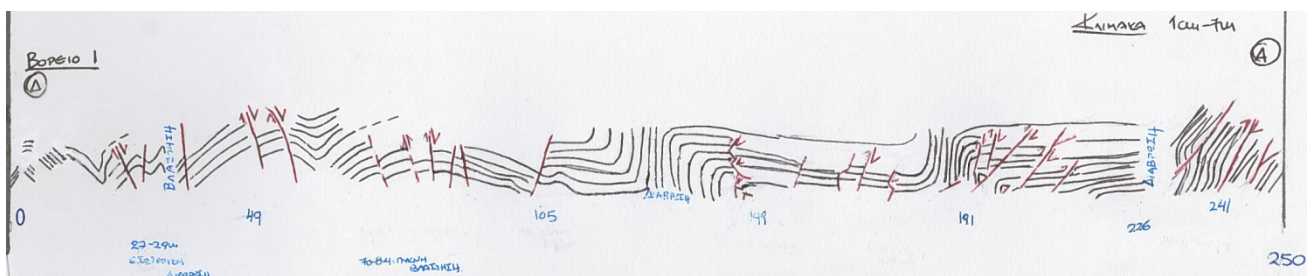


Εικόνα 3.9 – Μέρος των μεγάλων πτυχών στο πρανές B1. (Στο κέντρο της εικόνας και μέσα στον κύκλο είναι τοποθετημένο το γεωλογικό σφυρί ως ένδειξη κλίμακας μεγέθους)

Σε ένα από τα κανονικά ρήγματα που εντοπίστηκαν, διακρίνεται εμφανώς το κατακόρυφο άλμα της μετατόπισης, το οποίο είναι 15 cm (Εικόνα 3.10).



Εικόνα 3.10 – Κατακόρυφο άλμα 15cm



Εικόνα 3.11 – Σκίτσο υπαίθρου για το πρανές B1

NOTIO 1

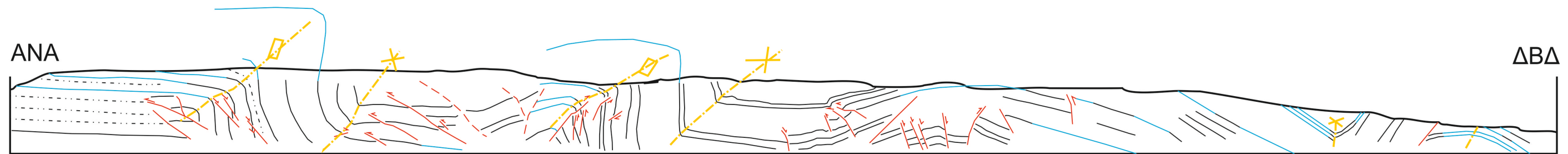


ANA

ΔΒΔ

228

0



ANA

ΔΒΔ

228

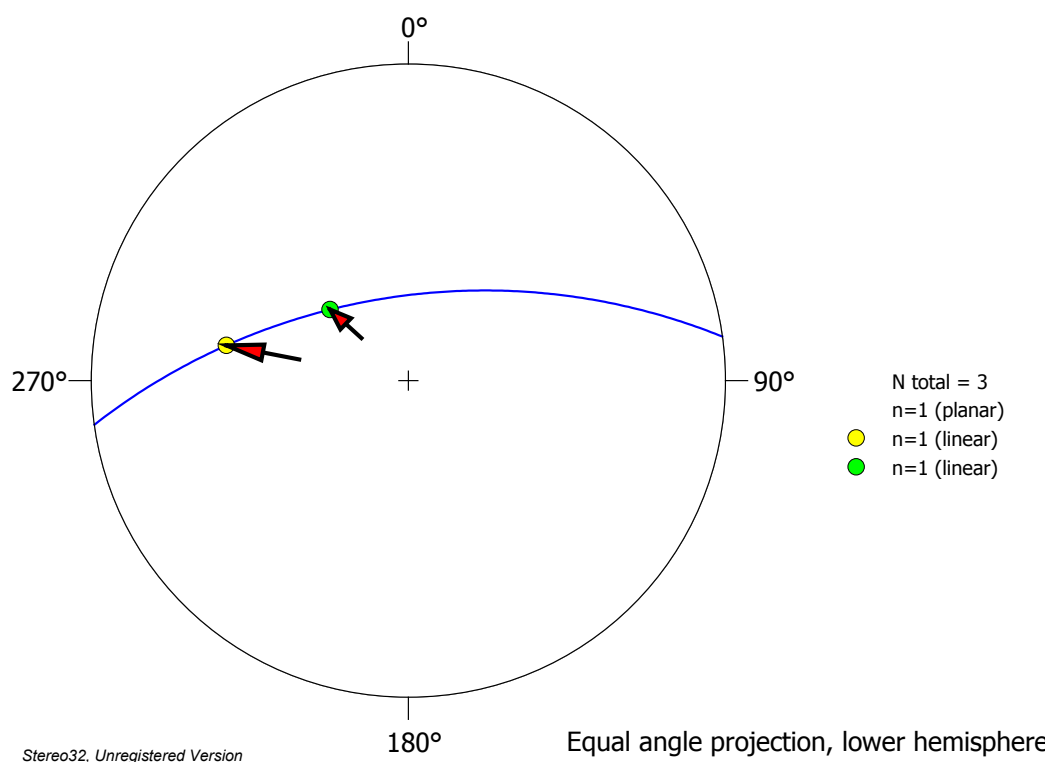
0

1^ο ΠΡΑΝΕΣ – ΝΟΤΙΟ

Το πρανές N1 αποκαλύπτεται σε μήκος 228m και αποτελείται από την ίδια λιθολογία με την αντίστοιχη του πρανούς B1, με την διαφορά ότι η εμφάνιση των πηλιτών έχει μειωθεί αισθητά.

Στην τεκτονική δομή του πρανούς, και για την πλαστική παραμόρφωση, παρουσιάζονται συνολικά 13 πτυχές, εκ των οποίων, οι 5 είναι ανοιχτές, οι 4 κλειστές και άλλες 4 πολύ κλειστές. Μια μέση γωνία σκελών για το πρανές N1, είναι στις 53°, δηλαδή κατά Fleuty, κλειστές πτυχές. Από τις 13 πτυχές αυτές, οι 12 χαρακτηρίζονται ως (σχεδόν) οριζόντιες με βύθιση άξονα $\leq 10^\circ$ και μια μόνο πτυχή ως κεκλιμένη με βύθιση άξονα 21°.

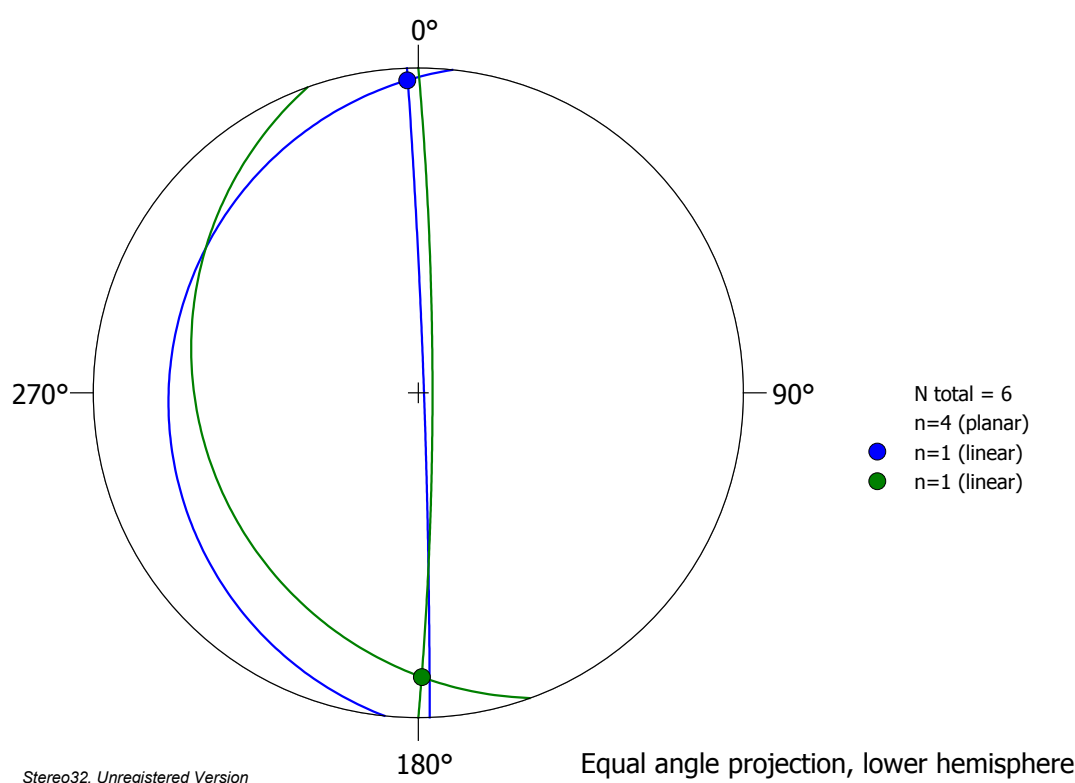
Στον τομέα της θραυσιγενούς παραμόρφωσης, παρουσιάζονται συνολικά 27 ρήγματα και διαρρήξεις, εκ των οποίων, τα 9 είναι κανονικά ρήγματα, τα 11 ανάστροφα και 1 δεξιόστροφο παρακεκλιμένο. Από τις 27 ασυνέχειες, σε 11 από αυτές, εντοπίστηκαν διακριτές γραμμές προστριβής, δίνοντας την δυνατότητα χαρακτηρισμού σε 3 πλαγιοκανονικές και 4 πλαγιοανάστροφες διαρρήξεις. Αξίζει να σημειωθεί, ότι σε ένα πλαγιοκανονικό ρήγμα εντοπίστηκαν δύο γενεές γραμμών προστριβής (Εικόνα 3.12). Κατά μέσο όρο, οι διαρρήξεις εμφανίζουν μια μέση κλίση 51° και μέση τιμή αζιμούθιο 254° (ΔΝΔ).



Εικόνα 3.12 –Πλαγιοκανονικό ρήγμα με δύο γενεές γραμμών προστριβής

Συγκριτικά, και στα δυο πρανή, σημειώθηκαν από 13 πτυχές εκ των οποίων 12 είναι οριζόντιες, σε κάθε πλευρά. Στο B1 πρανές, κατά μέσο όρο εντοπίστηκαν περισσότερες ανοιχτές πτυχές ενώ στο N1 πρανές επικρατούν οι κλειστές πτυχές. Αυτό σημαίνει ότι η δομή που προκάλεσε η πλαστική παραμόρφωση δεν αλλάζει αισθητά μεταξύ του βόρειου και του νότιου πρανούς, παρά μόνο γίνεται ελαφρώς πιο έντονη στο νότιο. Αξίζει να σημειωθεί ότι αυτή η διαφοροποίηση είναι αισθητά μικρή λόγω της μικρής απόστασης μεταξύ των δυο πρανών.

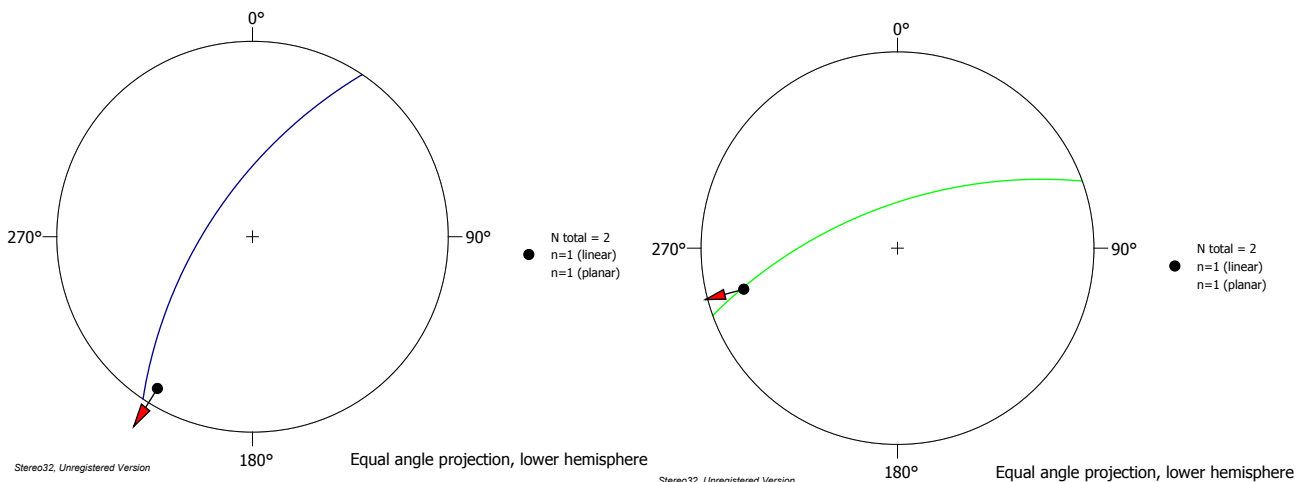
Δύναται να υπολογισθεί η διεύθυνση των επιμέρους στοιχείων των τεκτονικών δομών που συνθέτουν και το βόρειο και το νότιο πρανές. Αυτό γίνεται εφικτό με την προβολή ενός ισχυρού τεκτονικού στοιχείου, που θα αναγνωρίζεται ξεκάθαρα και στις δυο πλευρές. Όπως αναλύθηκε παραπάνω, οι παρούσες διαρρήξεις δεν έχουν επαρκή τεκτονική διαπεραστικότητα, με αποτέλεσμα να μην απαντώνται οι ίδιες ασυνέχειες στα δύο πρανή. Συνεπώς, ορίζοντας σαν αξιόπιστες δομές, τις μεγάλες πτυχές, ένα τέτοιο τεκτονικό στοιχείο θα μπορούσε να είναι ο άξονας βss της μεγάλης πτυχής που βρίσκεται στην απόσταση των 126m για το B1 και των 134m για το N1 πρανές. Στην *Εικόνα 3.13*, προβάλλονται τα δυο αντιπροσωπευτικά σκέλη και ο άξονας βss για κάθε πτυχή και για το B1 (μπλε χρώμα) και για το N1 (πράσινο χρώμα).



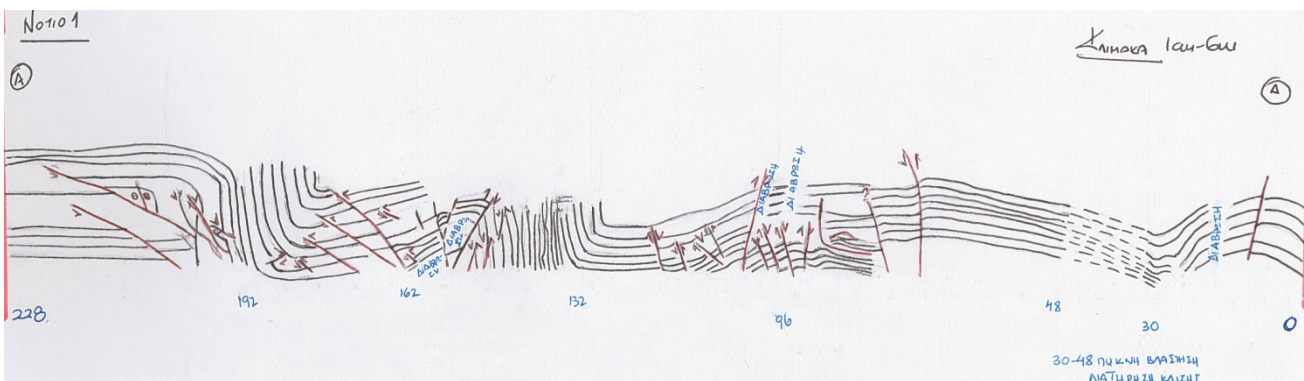
Εικόνα 3.13 – Ίδια πτυχή στο βόρειο (μπλε) και στο νότιο (πράσινο) πρανές, σκέλη και άξονες βss

Οι δυο άξονες που είναι σχεδόν οριζόντιοι αποκλίνουν μεταξύ τους σε διεύθυνση μόλις κατά 1° , με αζιμούθιο 358° για το B1 και 179° για το N1. Όπως επιβεβαιώνεται και από την μορφή της τεκτονικής δομής και στο σχέδιο και στο πανόραμα των πρανών, οι δυο αυτοί άξονες αντιπροσωπεύουν την ίδια πτυχή, η οποία εμφανίζεται και στις δυο πλευρές. Συνεπώς, οι δυο προβαλλόμενοι άξονες ταυτίζονται σε έναν, κατά την 3^η διάσταση (πρακτικά, κατά το πλάτος του δρόμου). Τελικά, η διεύθυνση των τεκτονικών στοιχείων σημειώνεται ως B179°A. Αυτή η διεύθυνση δεν είναι απαραίτητο να αντιπροσωπεύει απόλυτα κάθε τεκτονικό στοιχείο της δομής αλλά μπορεί να αποκλίνει κατά τόπους. Σε κάθε περίπτωση, η τεκτονική δομή θα αντιστοιχεί σε γενική διεύθυνση B-N.

Επίσης, παρατηρείται ένα δεξιόστροφο παρακεκλιμένο ρήγμα τόσο στο βόρειο (στην απόσταση των 204m) όσο και στο νότιο πρανές (στην απόσταση των 116m), τα οποία δεν πρέπει να είναι το ίδιο ρήγμα, καθώς έχουν αρκετή γωνιακή διαφορά ($\pm 36^\circ$). Τέτοια διαφορά δεν συμβαδίζει με την προηγούμενη αντιστοίχιση της διεύθυνσης B-N των τεκτονικών στοιχείων για τα δύο πρανή (Εικόνα 3.14).

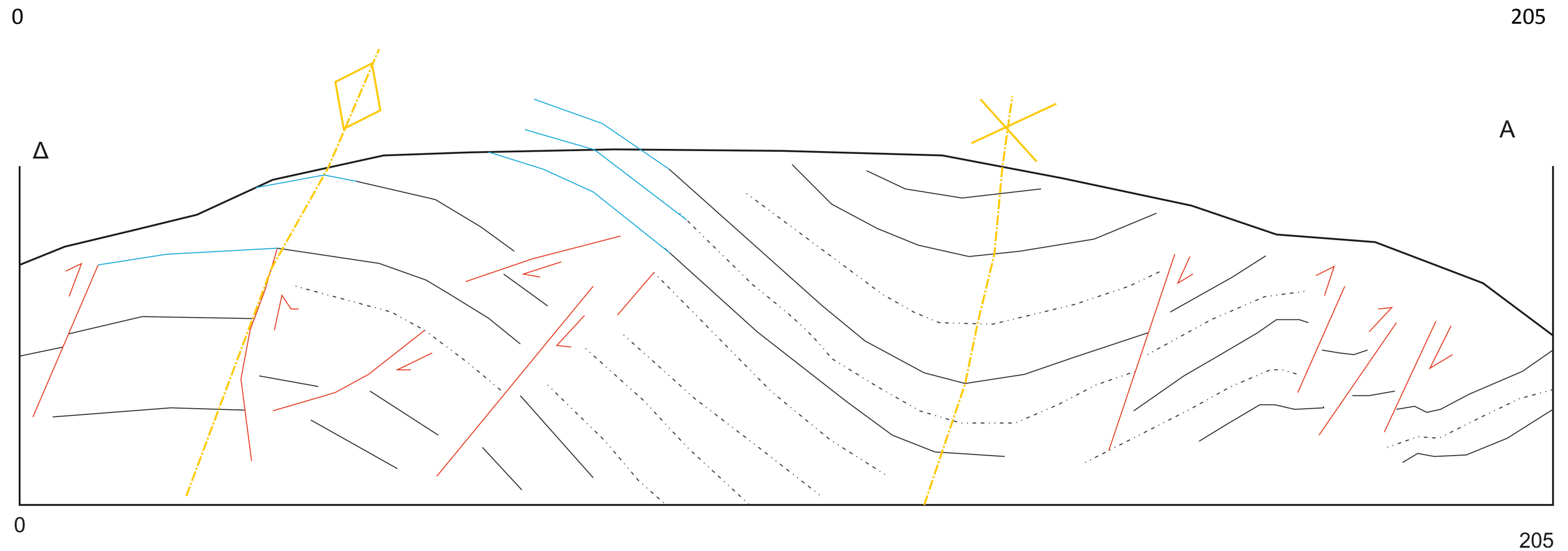


Εικόνα 3.14 – Τα δυο δεξιόστροφα παρακεκλιμένα ρήγματα με τις αντίστοιχες γραμμές προστριβής τους, που εμφανίζονται σε βόρειο (αριστερά) και νότιο (δεξιά) πρανές



Εικόνα 3.15 - Σκίτσο υπαίθρου για το πρανές N1

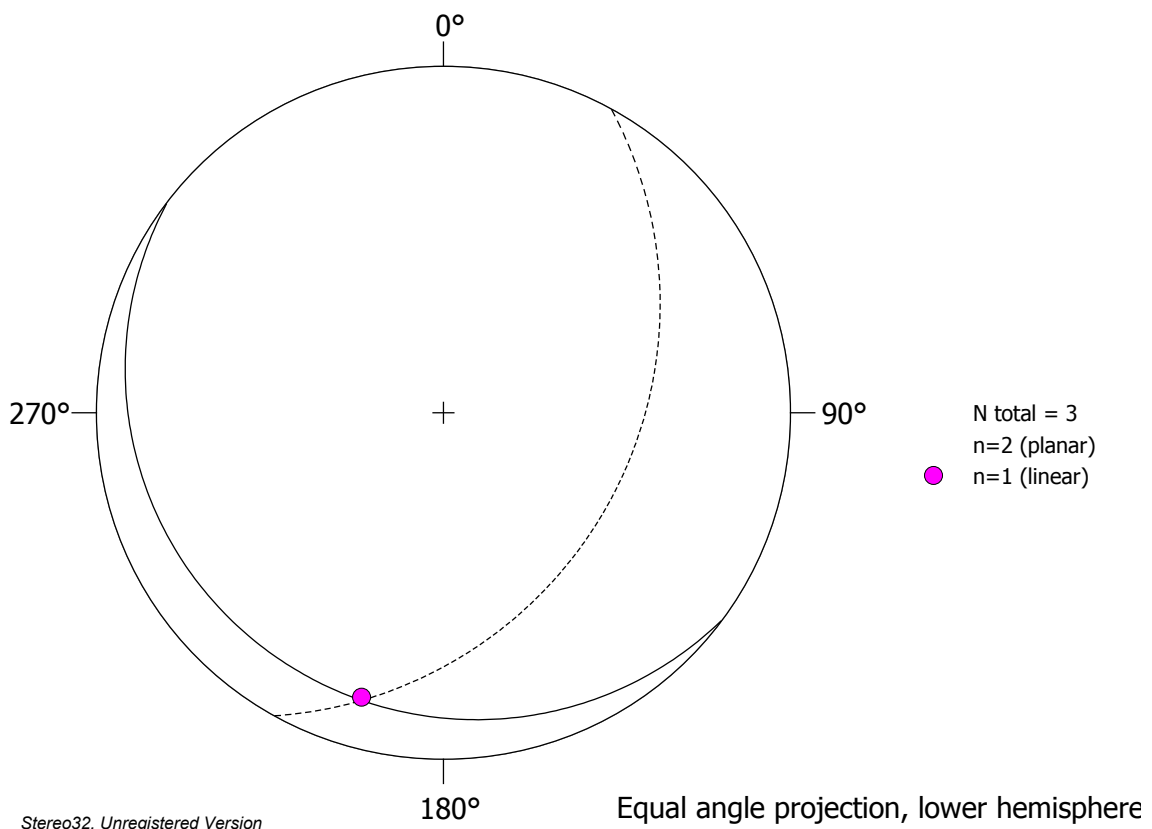
ΒΟΡΕΙΟ 2



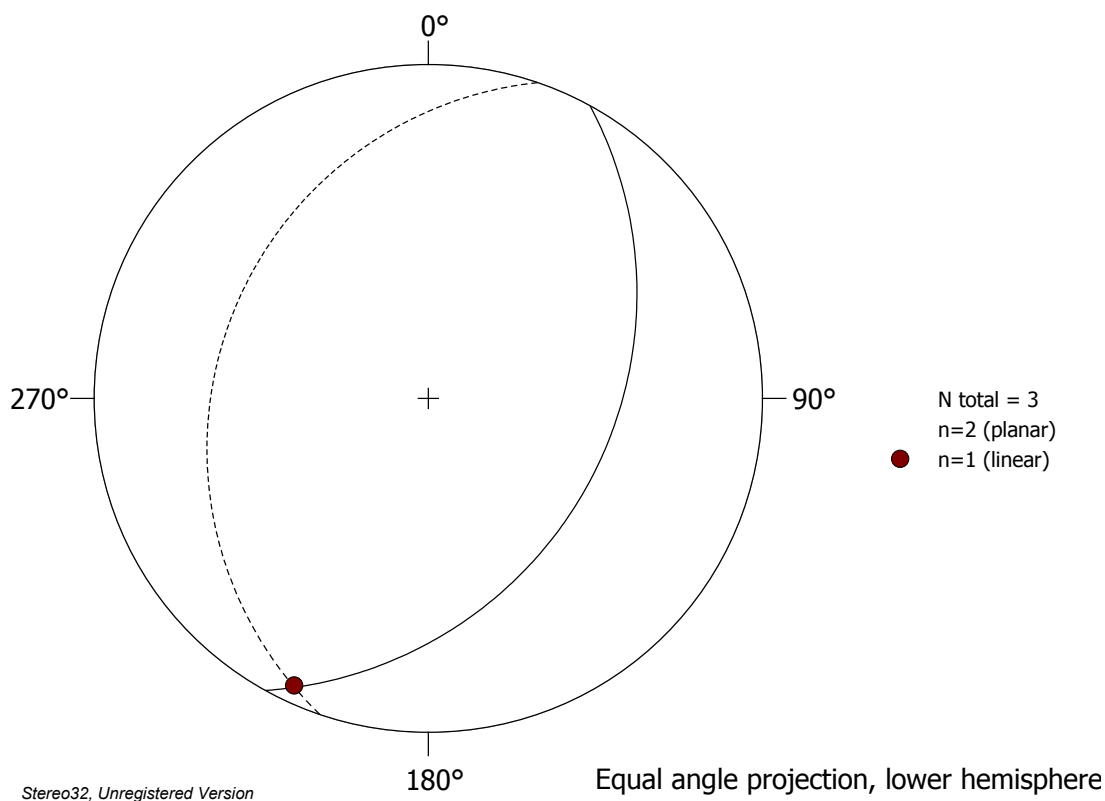
2° ΠΡΑΝΕΣ – ΒΟΡΕΙΟ

Το πρανές B2 αποκαλύπτεται σε συνολικό μήκος 205m. Αποτελείται κυρίως από γκρι μεσοπλακώδεις πάγκους ψαμμιτών αλλά και τοπικές εμφανίσεις γκρι πηλιτών, με ενδιαστρώσεις ψαμμιτικού υλικού.

Στην τεκτονική δομή του πρανούς, και για την πλαστική παραμόρφωση, παρουσιάζεται μόνο μια πτυχή. Από την ταξινόμηση Fleuty (1964), χαρακτηρίζεται ως κλειστή πτυχή και είναι (σχεδόν) οριζόντια με βύθιση του άξονα $\leq 10^\circ$. Τα στρώματα στο σύνολό τους (και υπό την επίδραση και των διαρρήξεων) εμφανίζουν μια πολύ ανοιχτή πτύχωση (ξεκινώντας στα δυτικά με ένα αντίκλινο και ανατολικότερα με ένα σύγκλινο) με το δυτικό σκέλος του αντικλίνου να έχει στοιχεία μέσης κλίσης 09/217 και το ανατολικό 33/119 και άξονα βss 09/196 (Εικόνα 3.16). Το ανατολικό σκέλος του αντικλίνου είναι κοινό σκέλος με το παρακείμενο σύγκλινο. Το δεύτερο σκέλος του σύγκλινου έχει στοιχεία 25/289 και άξονα βss 03/205 (Εικόνα 3.17).

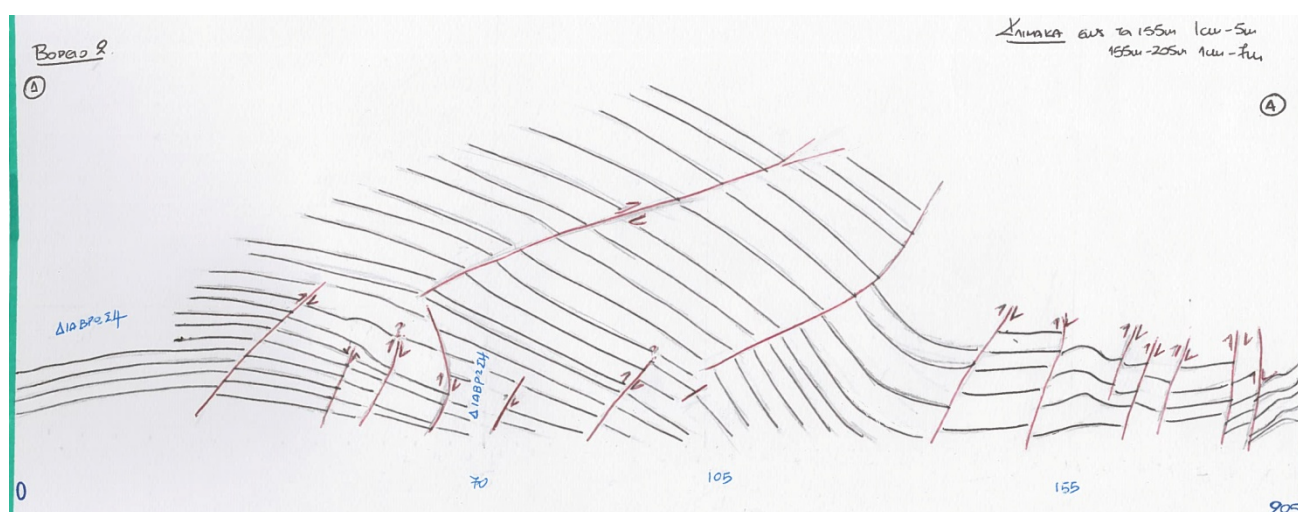


Εικόνα 3.16 – Προβολή σε δίκτυο Schmidt για το αντίκλινο του B2



Εικόνα 3.17 – Προβολή σε δίκτυο Schmidt για το σύγκλινο του B2

Στην θραυσιγενή παραμόρφωση του πρανούς, συγκαταλέγονται 15 ρήγματα και διαρρήξεις, εκ των οποίων εντοπίστηκαν ένα κανονικό και 11 ανάστροφα ρήγματα. Μόλις 3 ρήγματα εμφάνισαν γραμμές προστριβής στην επιφάνεια τους και δήλωναν πως τα ρήγματα είναι είτε ορθο-κανονικά, είτε ορθο-ανάστροφα. Κατά μέσο όρο, τα ρήγματα και οι διαρρήξεις εμφανίζουν μια μέση τιμή 62/277.



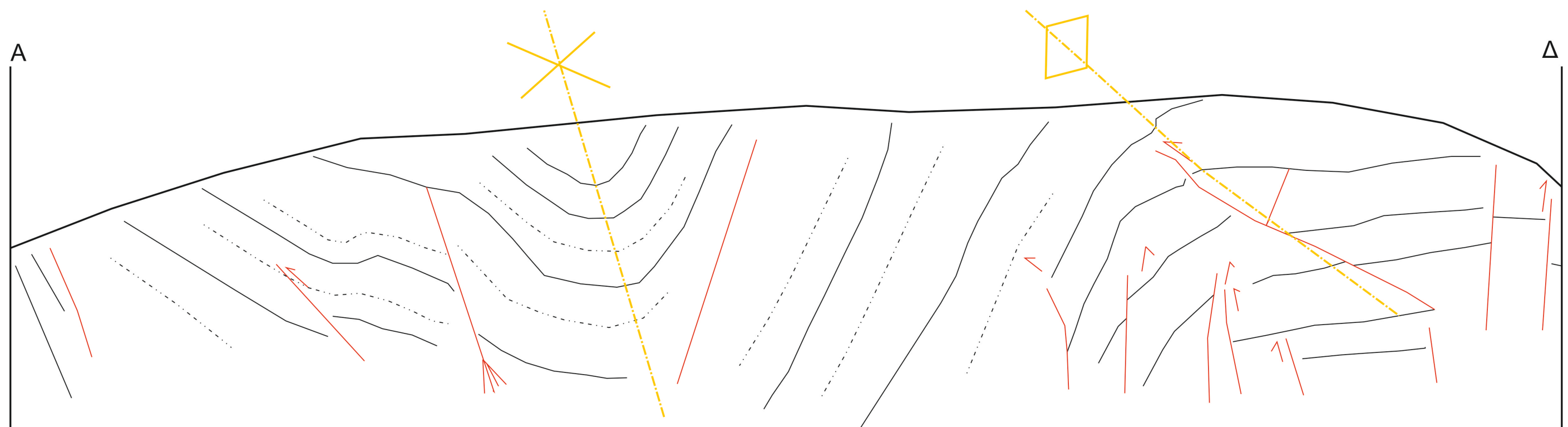
Εικόνα 3.18 – Σκίτσο υπαίθρου B2

NOTIO 2



188

0



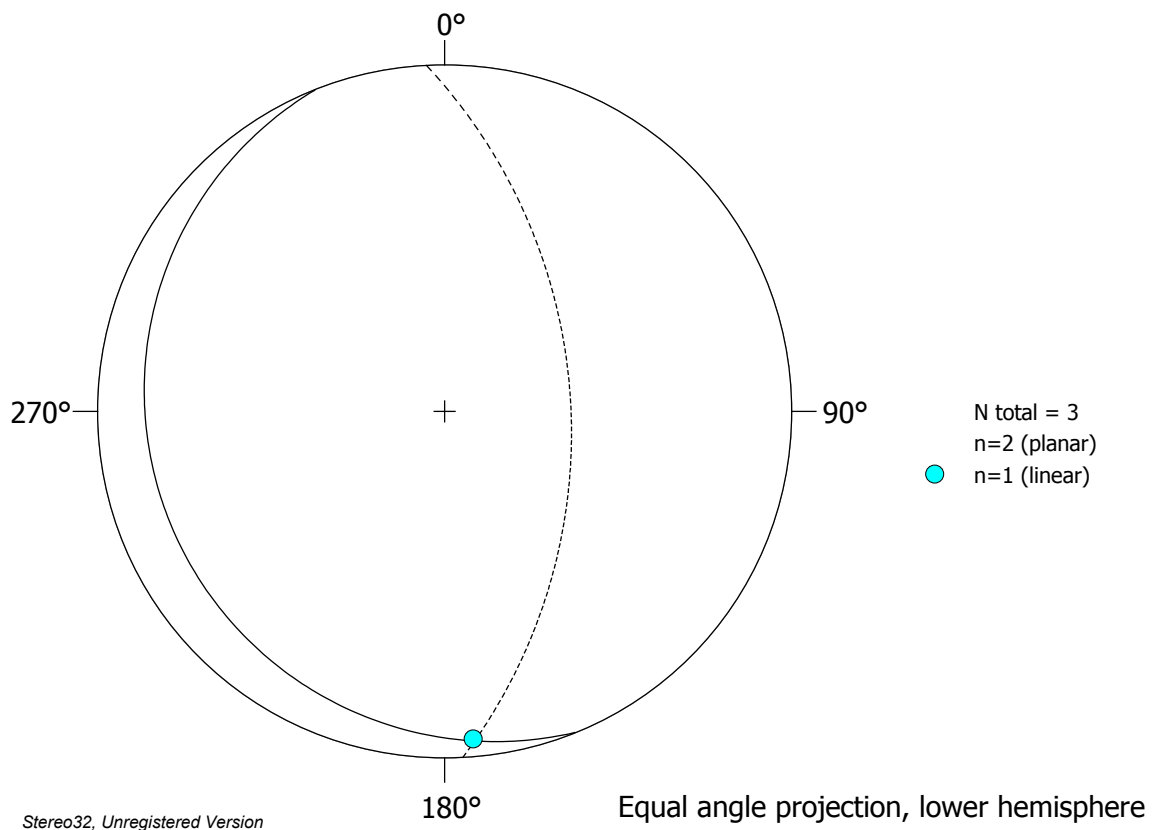
188

0

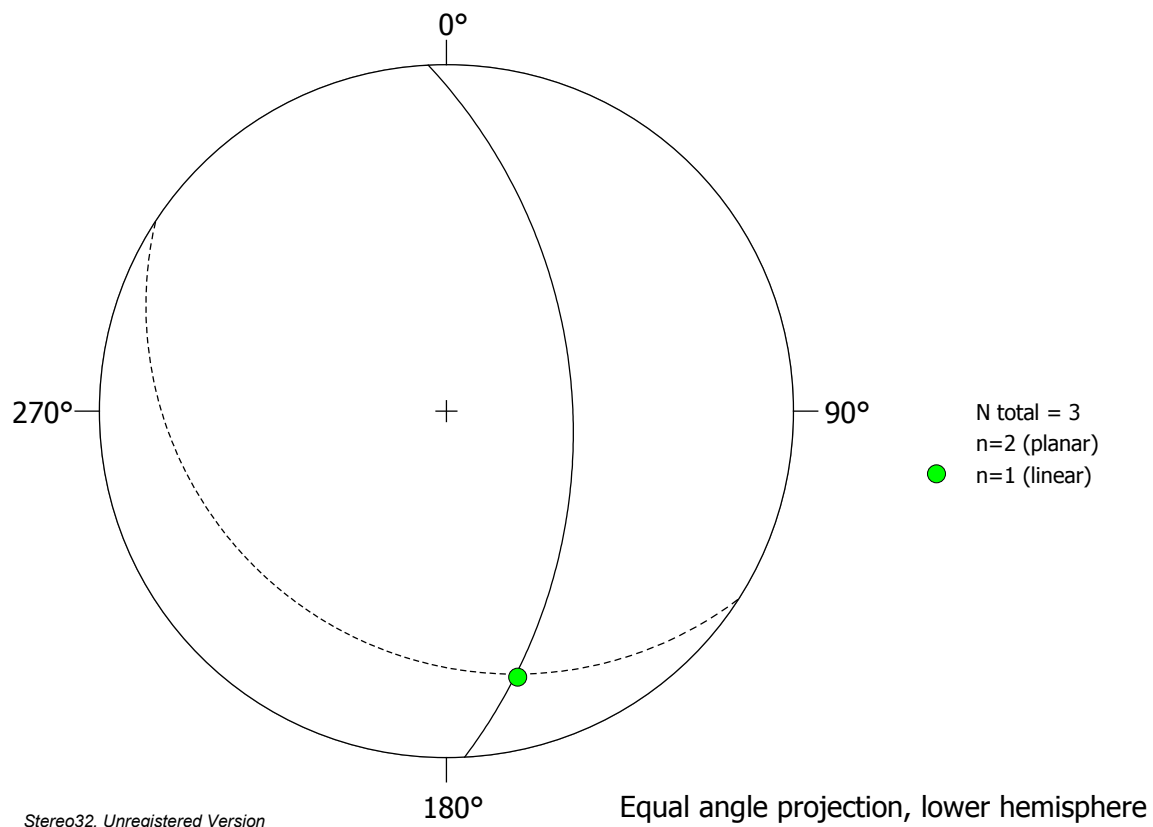
2^ο ΠΡΑΝΕΣ – ΝΟΤΙΟ

Το πρανές N2 αποκαλύπτεται σε μήκος 188m και αποτελείται από την ίδια λιθολογία με την αντίστοιχη του πρανούς B2.

Στην τεκτονική δομή του πρανούς, και για την πλαστική παραμόρφωση, παρουσιάζονται συνολικά 2 πτυχώσεις, πολύ κλειστές. Και οι 2 χαρακτηρίζονται ως (σχεδόν) οριζόντιες με βύθιση άξονα $\leq 10^\circ$. Τα στρώματα στο σύνολό τους (και υπό την επίδραση και των διαρρήξεων) εμφανίζουν μια πολύ ανοικτή πτύκωση (ξεκινώντας στα δυτικά με ένα αντίκλινο και ανατολικότερα με ένα σύγκλινο) με το δυτικό σκέλος του αντικλίνου να έχει στοιχεία μέσης κλίσης 09/248 και το ανατολικό 50/087 και άξονα βss 03/175 (Εικόνα 3.19). Το ανατολικό σκέλος του αντικλίνου είναι κοινό σκέλος με το παρακείμενο σύγκλινο. Το δεύτερο σκέλος του σύγκλινου έχει στοιχεία 20/313 και άξονα βss 13/165 (Εικόνα 3.20). Κατά συνέπεια μπορεί να θεωρηθεί πως οι πτυχώσεις αυτές είναι οι αντίστοιχες με εκείνες του B2.

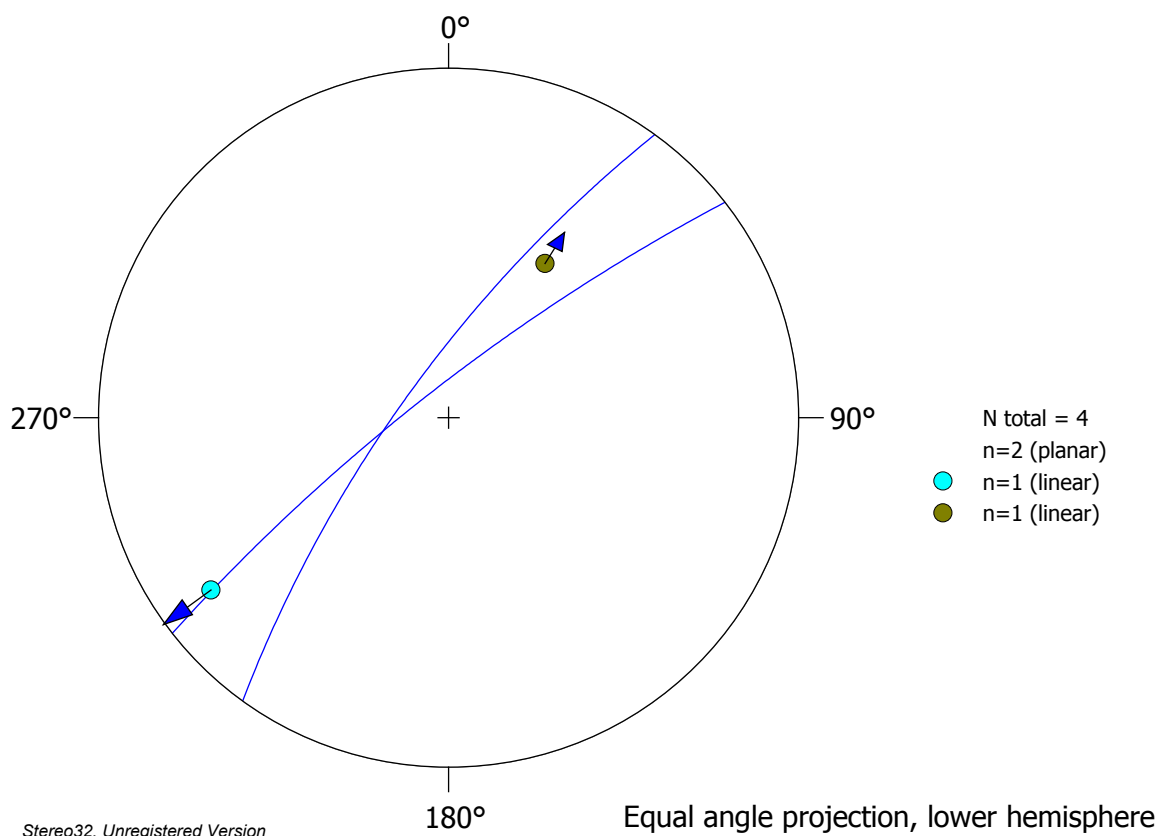


Εικόνα 3.19 – Προβολή σε δίκτυο Schmidt για το αντίκλινο του N2

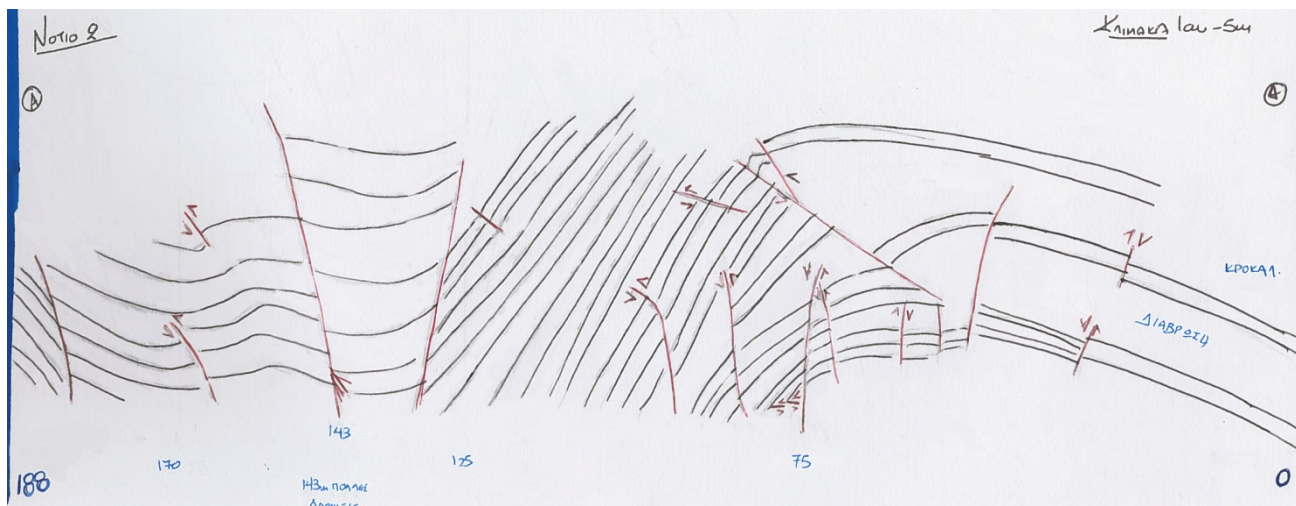


Εικόνα 3.20 – Προβολή σε δίκτυο Schmidt για το σύγκλινο του N2

Στον τομέα της θραυσιγενούς παραμόρφωσης, παρουσιάζονται συνολικά 17 ρήγματα και διαρρήξεις, εκ των οποίων, τα 2 είναι κανονικά ρήγματα, τα 5 ανάστροφα, 1 αριστερόστροφο παρακεκλιμένο και 2 οριζόντια. Από τις 17 ασυνέχειες, σε 10 από αυτές, εντοπίστηκαν διακριτές γραμμές προστριβής, δίνοντας την δυνατότητα χαρακτηρισμού είτε ως πλάγια ολίσθηση, είτε ως παρακεκλιμένα ρήγματα. Κατά μέσο όρο, οι διαρρήξεις εμφανίζουν μια μέση τιμή 59/250. Αξίζει να σημειωθεί, ότι σε ένα ρήγμα σημειώθηκαν δύο μετρήσεις στην επιφάνεια του - καθώς αλλάζει η κλίση και η φορά μέγιστης κλίσης του - και δύο αντίστοιχες γραμμές προστριβής (η 2^η γραμμή προστριβής με μικρή αμφιβολία μέτρησης). Το ρήγμα αυτό, άγνωστης κινηματικής στα 55m παρουσιάζεται στην Εικόνα 3.21.

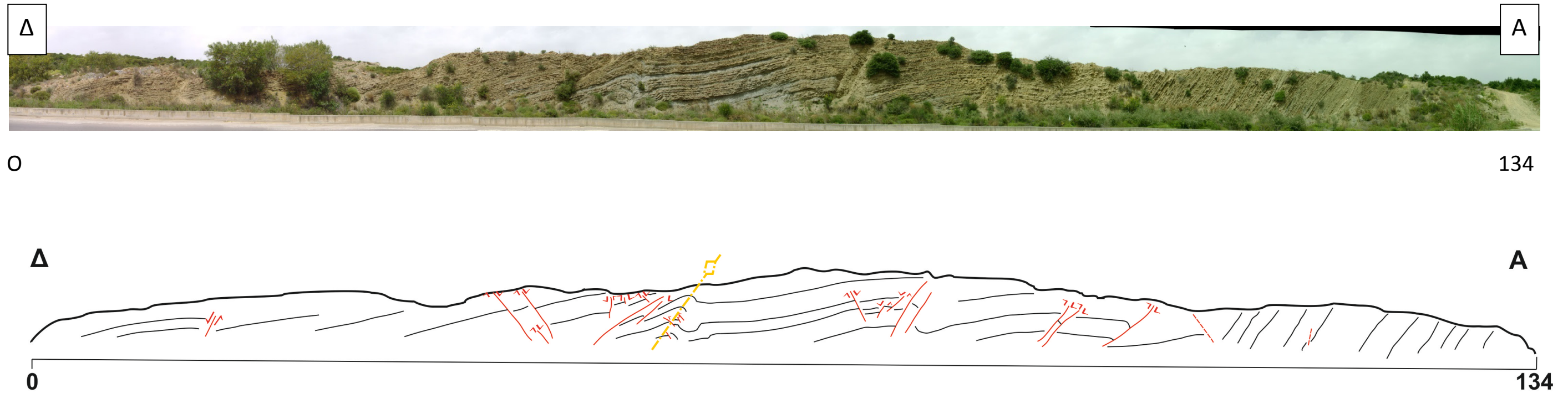


Εικόνα 3.21 – Ρήγμα στο N2 με 2 γραμμές προστριβής. Με λαδί χρώμα (●) συμβολίζεται η μέτρηση η οποία έγινε με μια σχετική αβεβαιότητα



Εικόνα 3.22 – Σκίτσο υπαίθρου N2

ΒΟΡΕΙΟ 4

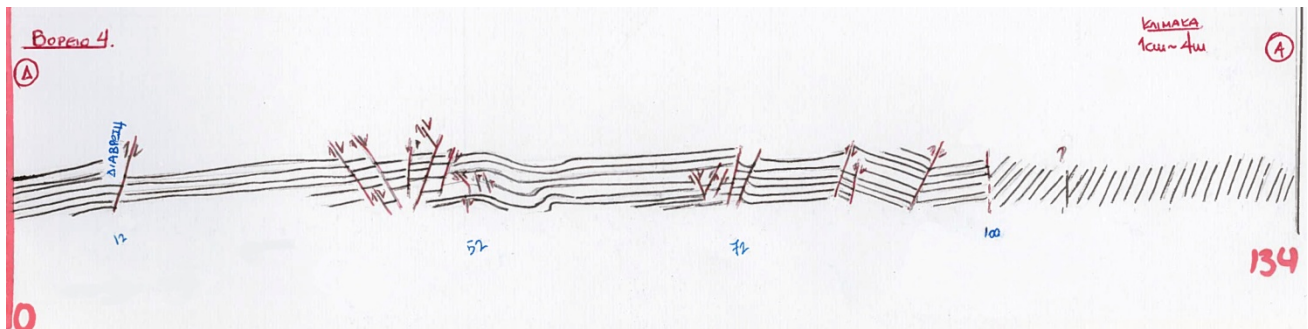


4^ο ΠΡΑΝΕΣ – ΒΟΡΕΙΟ

Το πρανές B4 αποκαλύπτεται σε συνολικό μήκος 134m και αποτελείται από καφέ, γκρι μεσοπλακώδεις πάγκους ψαμιτιτών.

Στην τεκτονική δομή του πρανούς, και για την πλαστική παραμόρφωση, παρουσιάζονται συνολικά 4 πτυχές. Από την ταξινόμηση Fleuty (1964) και οι 4 χαρακτηρίζονται ως κλειστές πτυχές και είναι (σχεδόν) οριζόντιες με βύθιση του άξονα $\leq 10^\circ$.

Στην θραυσιγενή παραμόρφωση του πρανούς, συγκαταλέγονται 17 ρήγματα και διαρρήξεις, εκ των οποίων εντοπίστηκαν 7 ανάστροφα, 5 κανονικά ρήγματα. Μόνο 1 ρήγμα εμφάνισε γραμμές προστριβής στην επιφάνεια του και δήλωνε πλάγια ολίσθηση. Κατά μέσο όρο, τα ρήγματα και οι διαρρήξεις εμφανίζουν μια μέση τιμή 55/168.

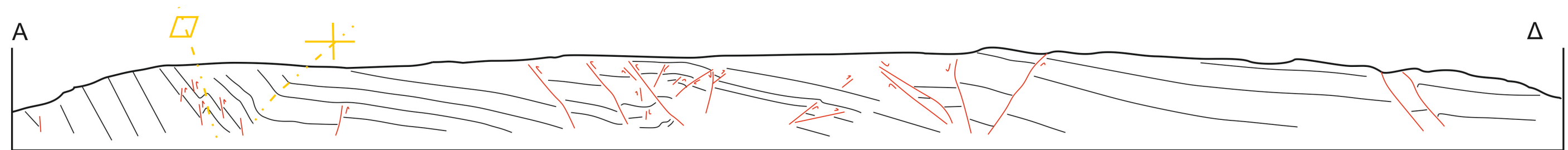


Εικόνα 3.23 – Σκίτσο υπαίθρου B4

NOTIO 4



135 0



135 0

4^ο ΠΡΑΝΕΣ – ΝΟΤΙΟ

Το πρανές N4 αποκαλύπτεται σε μήκος 135m και αποτελείται από την ίδια λιθολογία με την αντίστοιχη του πρανούς B4.

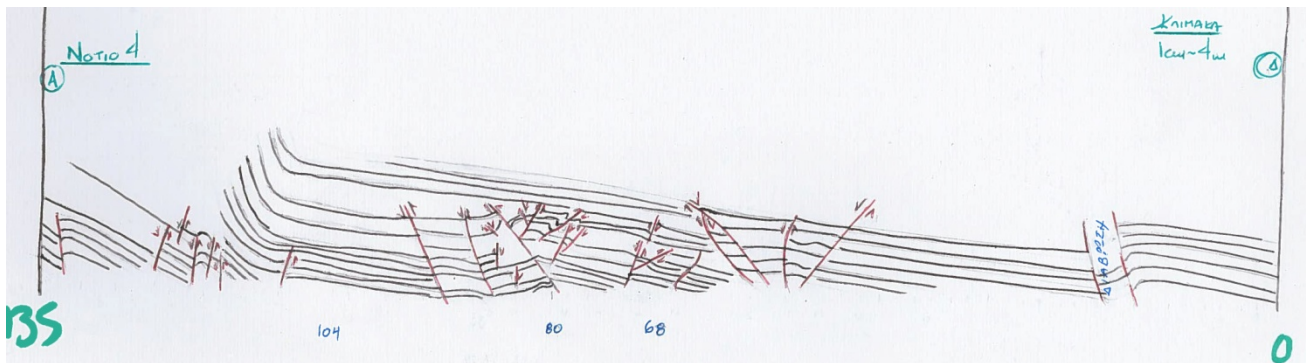
Στην τεκτονική δομή του πρανούς, και για την πλαστική παραμόρφωση, παρουσιάζονται συνολικά 3 πτυχές, εκ των οποίων, οι 2 είναι ανοικτές και η 1 κλειστή. Από τις 3 πτυχές αυτές, η 1 χαρακτηρίζεται ως (σχεδόν) οριζόντια με βύθιση άξονα $\leq 10^\circ$ και οι 2 ως κεκλιμένες με βύθιση άξονα 23° και 24° . Στην *εικόνα 3.24* φαίνεται μια εκ των πτυχώσεων στο N4.



Εικόνα 3.24 – Ορθές, κλειστές, συμμετρικές κυλινδρικές στο N4

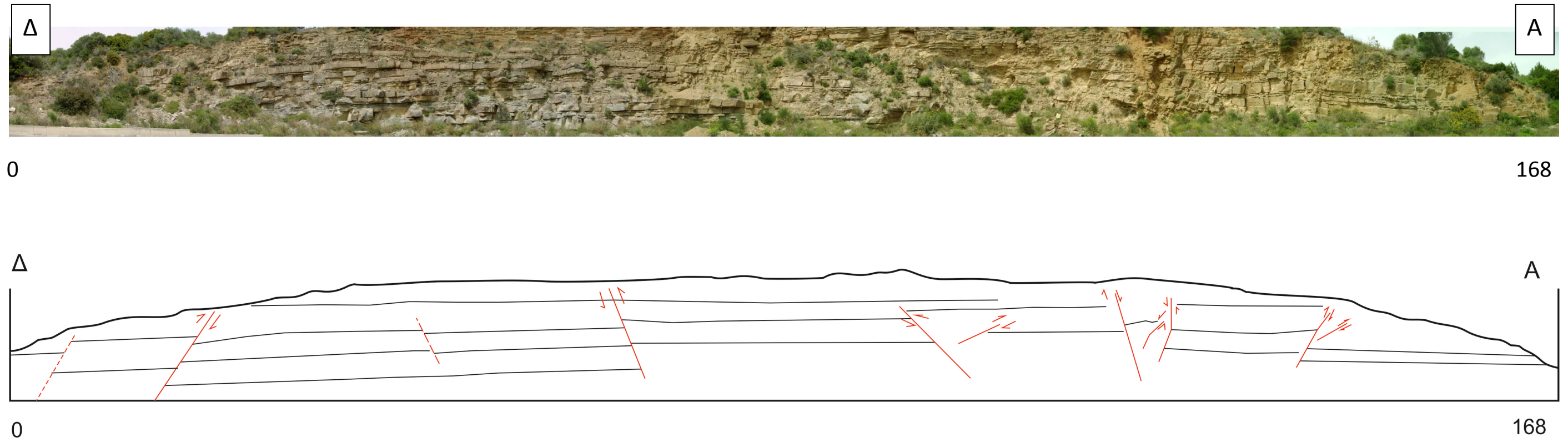
Στον τομέα της θραυσιγενούς παραμόρφωσης, παρουσιάζονται συνολικά 16 ρήγματα και διαρρήξεις, εκ των οποίων, τα 7 είναι κανονικά ρήγματα, τα 5 ανάστροφα και 1 αριστερόστροφο παρακεκλιμένο. Από τις 16 ασυνέχειες, σε 2 από αυτές, εντοπίστηκαν διακριτές γραμμές προστριβής, στο αριστερόστροφο και σε ένα κανονικό (ορθο-κανονικό

ρήγμα). Αξίζει να σημειωθεί η εμφάνιση πολλών ρηγμάτων που εμφανίζουν μια μέση στοιχείων 57/262.



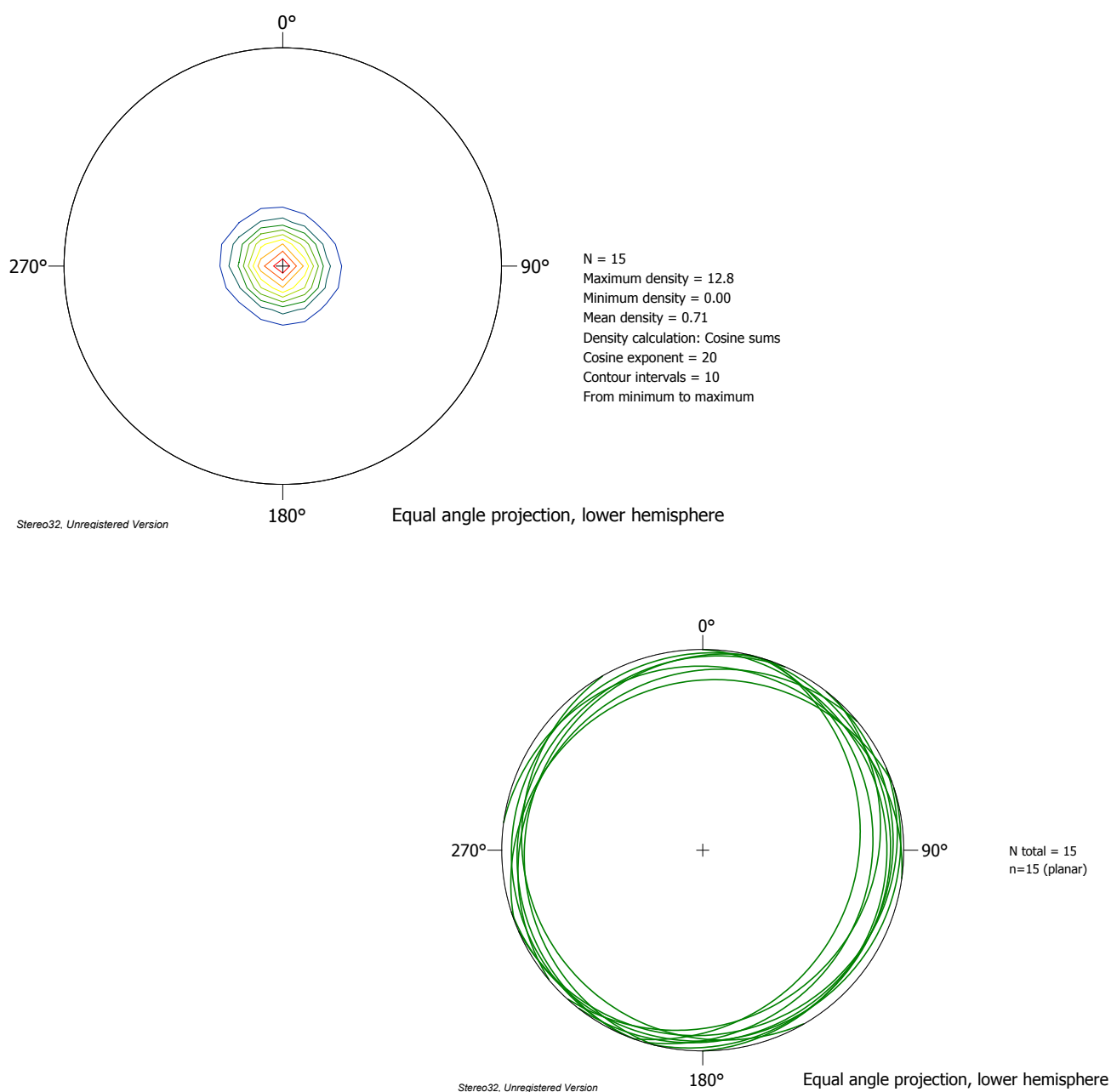
Εικόνα 3.25 – Σκίτσο υπαίθρου N4

ΒΟΡΕΙΟ 5



5ο ΠΡΑΝΕΣ – ΒΟΡΕΙΟ

Το πρανές B5 αποκαλύπτεται σε συνολικό μήκος 168m και αποτελείται μόνο από καφέ πολύ χοντρούς πάγκους ψαμμιτών. Οι πάγκοι αυτοί παραμένουν σχεδόν οριζόντιοι σε όλο το πρανές, χωρίς αισθητή αλλαγή της κλίσης (μέση κλίση 09/138), όπως φαίνεται και στο διάγραμμα πυκνότητας των πόλων τους, όπου η μέση τιμή συμπίπτει στο κέντρο του δικτύου Schmidt (Εικόνα 3.26& 3.27).

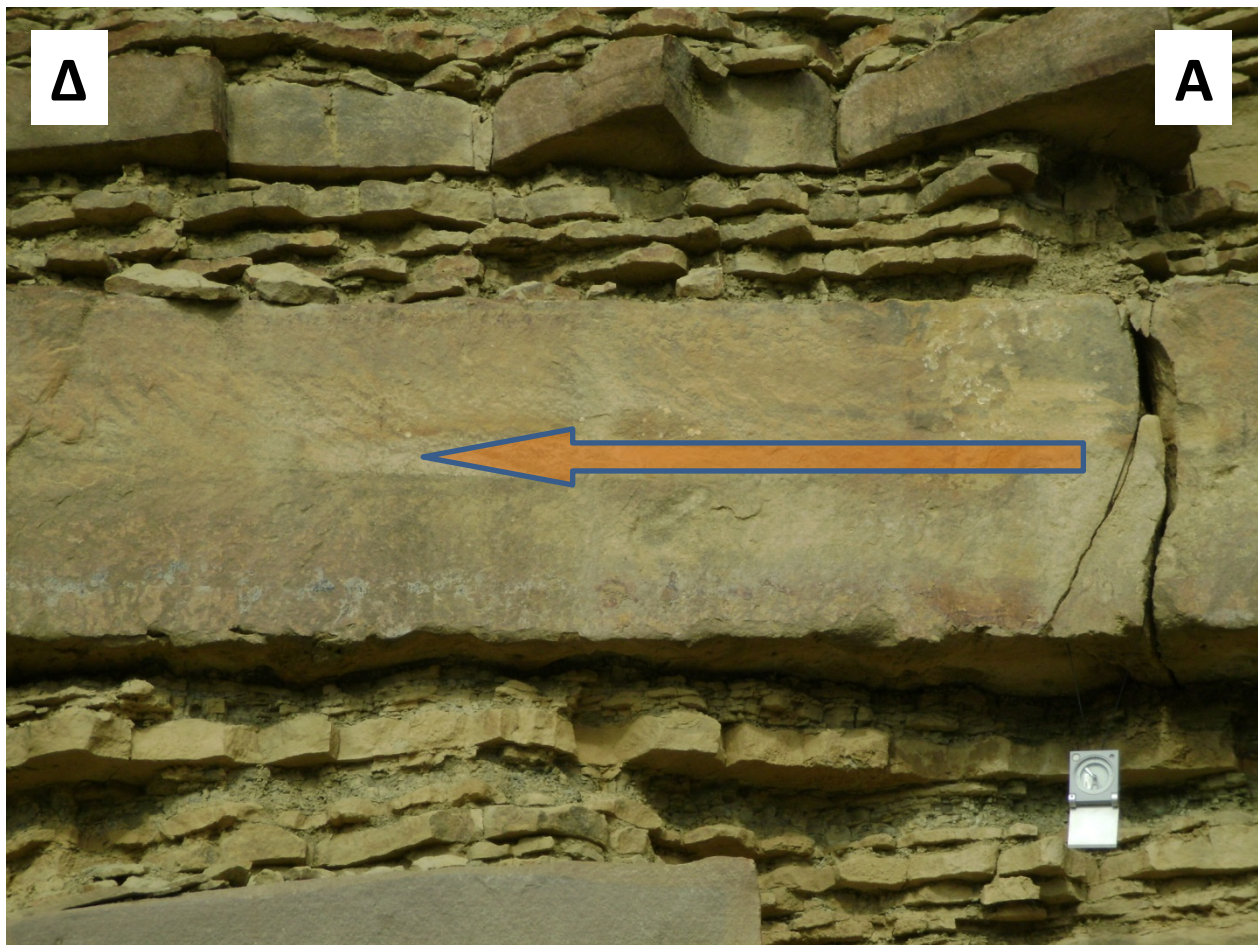


Εικόνα 3.26 & 3.27 – Το διάγραμμα πυκνότητας πόλων των στρώσεων και οι κυκλογραφικές προβολές τους αντίστοιχα.

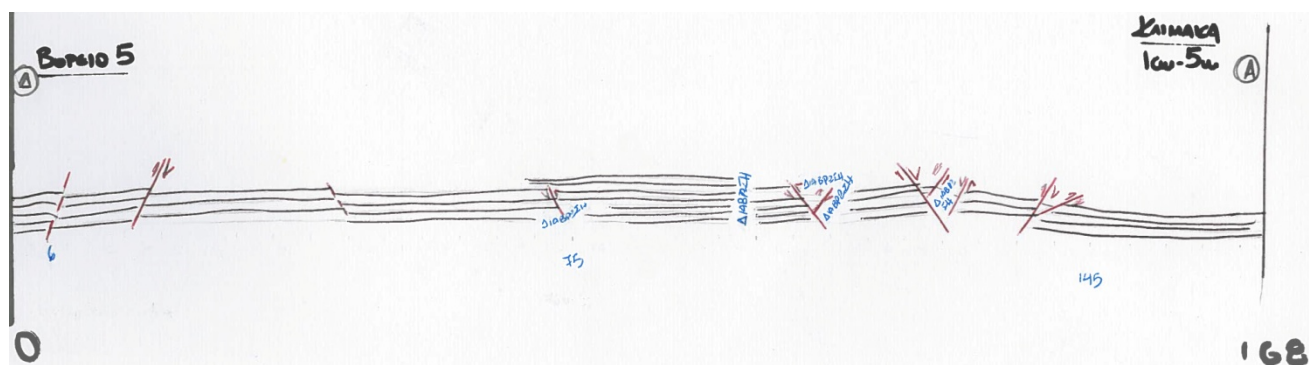
Στην τεκτονική δομή του πρανούς, δεν παρουσιάζει πλαστική παραμόρφωση, παρά μόνο θραυσιγενή, όπου συγκαταλέγονται 10 ρήγματα και διαρρήξεις, εκ των οποίων εντοπίστηκαν 5 ανάστροφα και 3 κανονικά ρήγματα. Σημειώνεται πως δεν παρατηρήθηκαν γραμμές προστριβής στα προαναφερθέντα ρήγματα και ότι η μέτρηση των στοιχείων των ρηγμάτων ήταν εφικτή μόνο σε δυο από αυτά.

Αξίζει να σημειωθεί πως σε αντίθεση με το μεγάλο μέγεθος των πάγκων, υπήρχαν δυο ζώνες έντονης διάβρωσης και πως το απέναντι πρανές (N5) καλυπτόταν εξ' ολοκλήρου από βλάστηση, γεγονός που κατέστησε τη μέτρηση απαγορευτική. Το μόνο που μπορεί να αναφερθεί είναι πως παρουσιάζει πολύ μικρό ύψος σε σχέση με το βόρειο πρανές.

Επίσης, παρατηρήθηκαν εμφανίσεις περόμορφης δομής πάνω σε επίπεδο κάθετο στη στρώση των πάγκων ψαμιτών (Εικόνα 3.28). Δημιουργούνται μικρορωγμές λόγω της διακλάδωσης της απόληξης της ρωγμής, εξαιτίας των υψηλών τάσεων ή/και των τοπικών ετερογενειών στην ζώνη της απόληξης. Οι νέες αυτές μικρορωγμές χαρακτηρίζονται από παράλληλες επιμήκεις και στενές επιφάνειες, τις κλιμακωτές επιφάνειες (hackles) Στο σύνολό τους, στην κύρια επιφάνεια σχηματίζουν μια μεγάλη περόμορφη δομή (plumosestructure). Ο άξονας του περόμορφου αντανakλά και τη διεύθυνση επέκτασης της διάκλασης.



Εικόνα 3.28 - Πτερόμορφες δομές σε πάγκους ψαμιτών. Το βέλος δείχνει την διεύθυνση επέκτασης της διάκλασης.



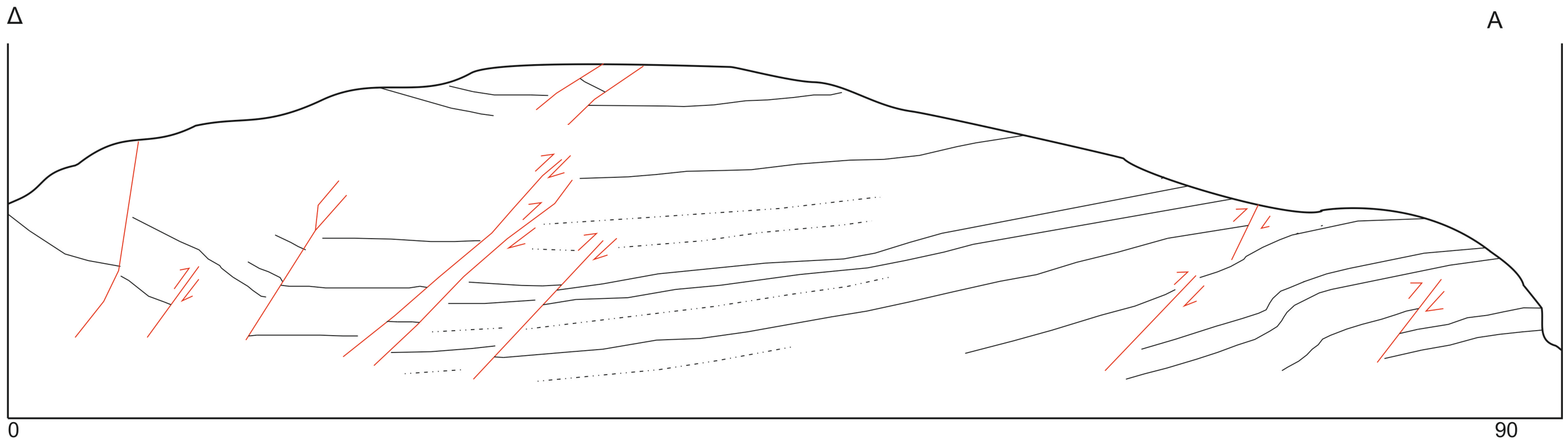
Εικόνα 3.29 – Σκίτσο υπαίθρου Β5

ΒΟΡΕΙΟ 6



0

90



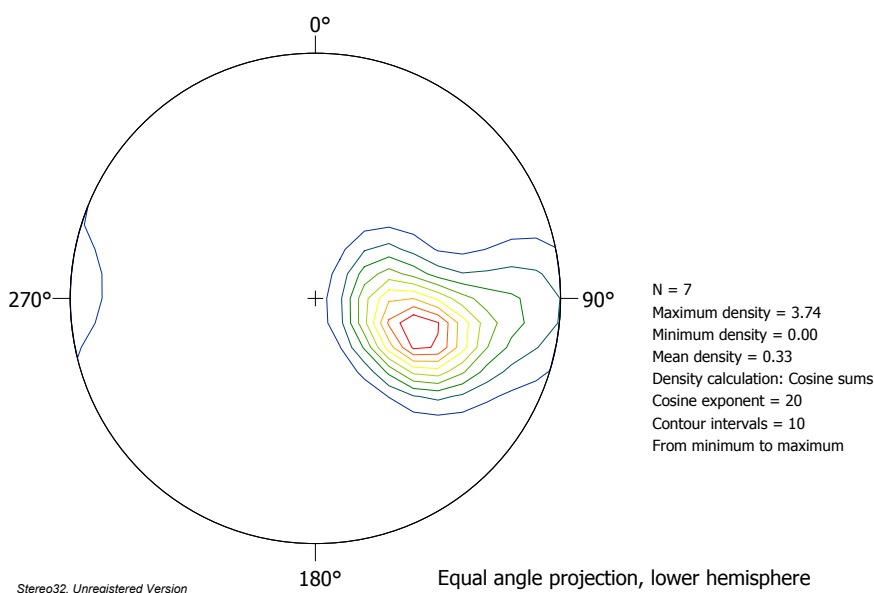
0

90

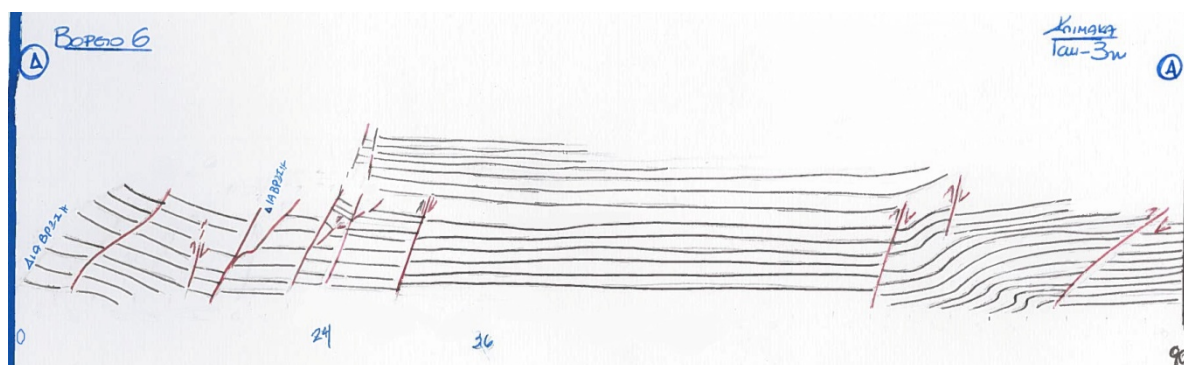
6^ο ΠΡΑΝΕΣ – ΒΟΡΕΙΟ

Το πρανές B6 αποκαλύπτεται σε συνολικό μήκος 90m και αποτελείται κυρίως από καφέ μεσοπλακώδεις πάγκους ψαμμιτών με τοπικές εμφανίσεις μπλε-γκρι πηλινών, στους οποίους παρατηρούνται ψαμμιτικές ενδιαστρώσεις. Η μέση τιμή της στρώσης υπολογίστηκε 11/245.

Στην τεκτονική δομή του πρανούς, δεν εμφανίζεται πλαστική παραμόρφωση, παρά μόνο θραυσιγενής, όπου συγκαταλέγονται 9 ρήγματα και διαρρήξεις, εκ των οποίων εντοπίστηκαν 8 ανάστροφα. Στα ρήγματα αυτά δεν παρατηρήθηκαν γραμμές προστριβής. Κατά μέσο όρο, τα ρήγματα και οι διαρρήξεις εμφανίζουν μια μέση τιμή 49/280 και όλα εμφανίζονται σε μια (κατά προσέγγιση) παράλληλη διεύθυνση, όπως αποδεικνύεται και από τις πολικές τους προβολές που συγκεντρώνονται στην ίδια περιοχή (Εικόνα 3.30)



Εικόνα 3.30 – Διάγραμμα πυκνότητας πόλεων των διαρρήξεων του βόρειου πρανούς

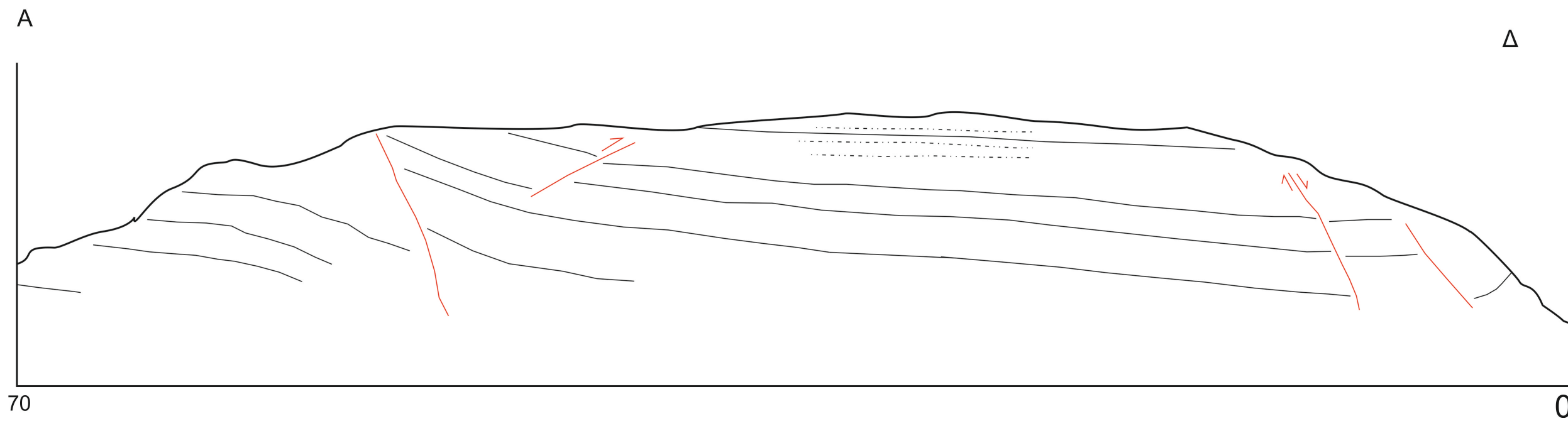


Εικόνα 3.31 – Σκίτσο υπαίθρου B6

NOTIO 6



70 0

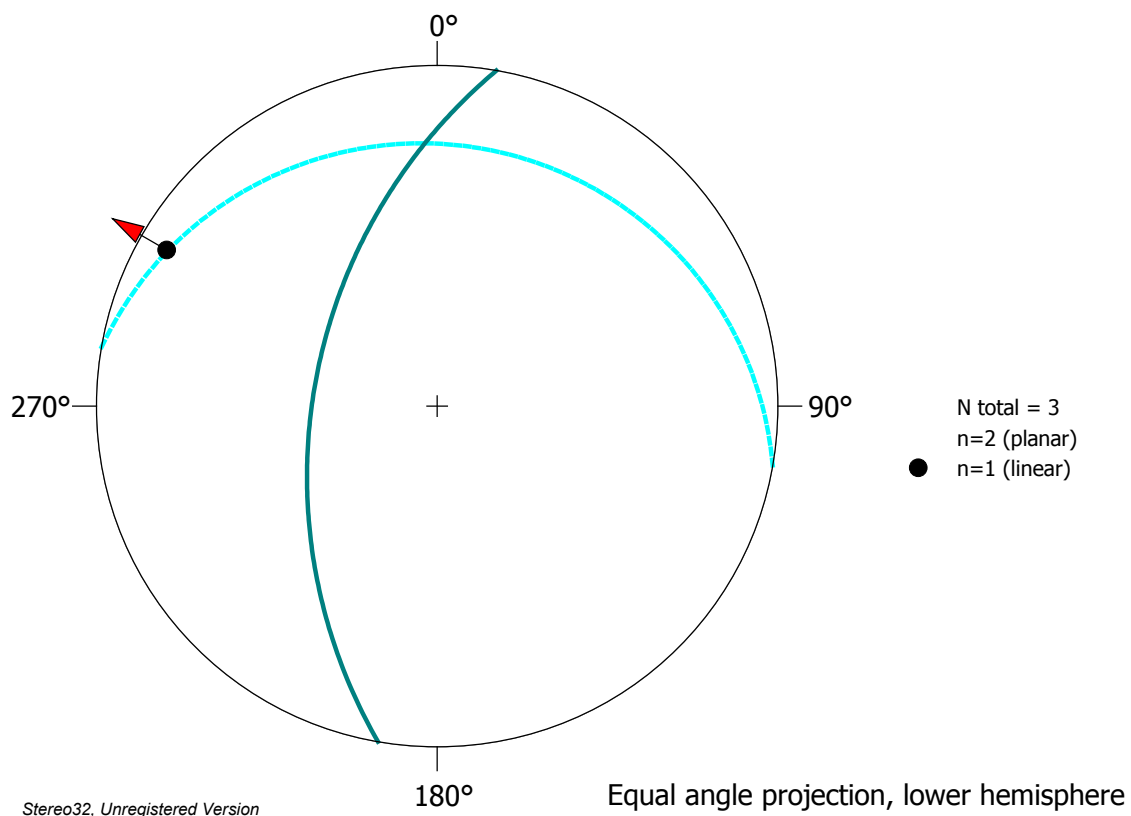


70 0

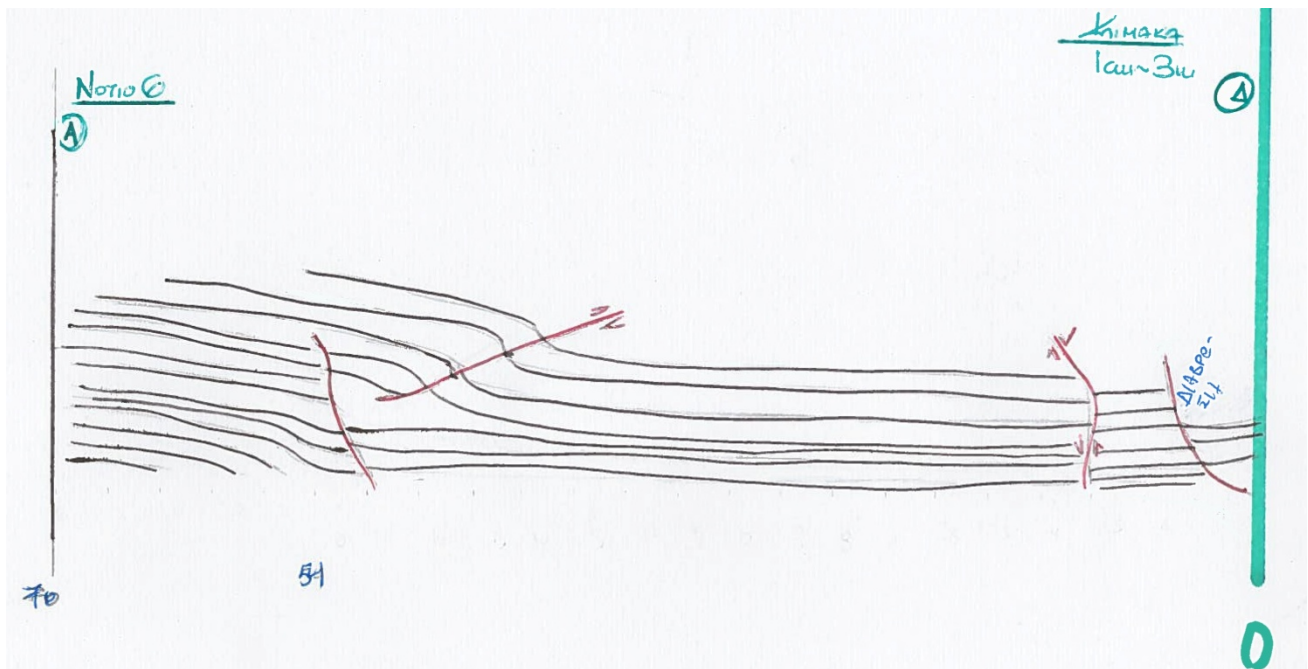
6° ΠΡΑΝΕΣ – NOTIO

Το πρανές N6 αποκαλύπτεται σε μήκος 70m και αποτελείται από την ίδια λιθολογία με την αντίστοιχη του πρανούς B6, με την διαφορά ότι η εμφάνιση των πηλιτών έχει μειωθεί αισθητά. Σε αυτή τη δομή, η μέση κλίση υπολογίστηκε ως 13/230. Σε όλο το μήκος του πρανούς μπορούμε να διακρίνουμε καθαρά έναν σχετικά πιο παχύ χαρακτηριστικό πάγκο ψαμιτών.

Όπως και παραπάνω, το N6 εμφανίζει μόνο θραυστιγενή παραμόρφωση, παρουσιάζοντας συνολικά 4 ρήγματα και διαρρήξεις, εκ των οποίων ένα είναι κανονικό και ένα ανάστροφο. Από τα 4 αυτά ρήγματα, σε 3 εντοπίστηκαν διακριτές γραμμές προστριβής, δίνοντας την δυνατότητα χαρακτηρισμού τους ως πλαγιοκανονικές ή πλαγιοανάστροφες διαρρήξεις. Παρατηρείται στην αρχή του πρανούς, ένα ρήγμα με καμπυλωτή επιφάνεια, το οποίο μετρήθηκε σε δύο σημεία καθώς η κλίση του από 50° (μπλε προβολή) μειώθηκε σε 15° (γαλάζια διακεκομμένη προβολή). Εκτός από την κλίση του, φαίνεται πως άλλαξε και η φορά μέγιστης κλίσης, από 010° (B) σε 280° (Δ) (Εικόνα 3.32).

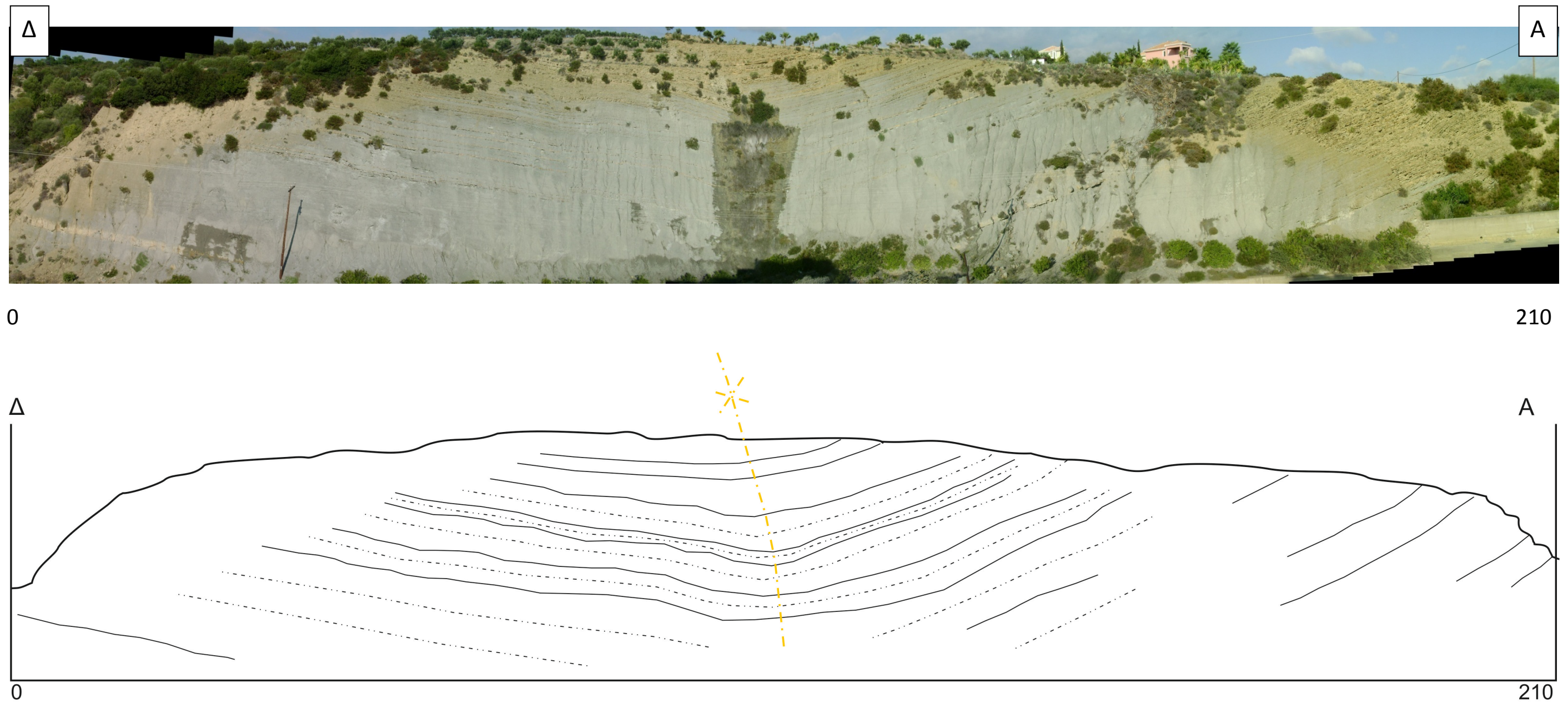


Εικόνα 3.32 – Οι προβολές του ρήγματος με καμπυλωτή επιφάνεια (δύο μετρήσεις) και η γραμμή προστριβής του



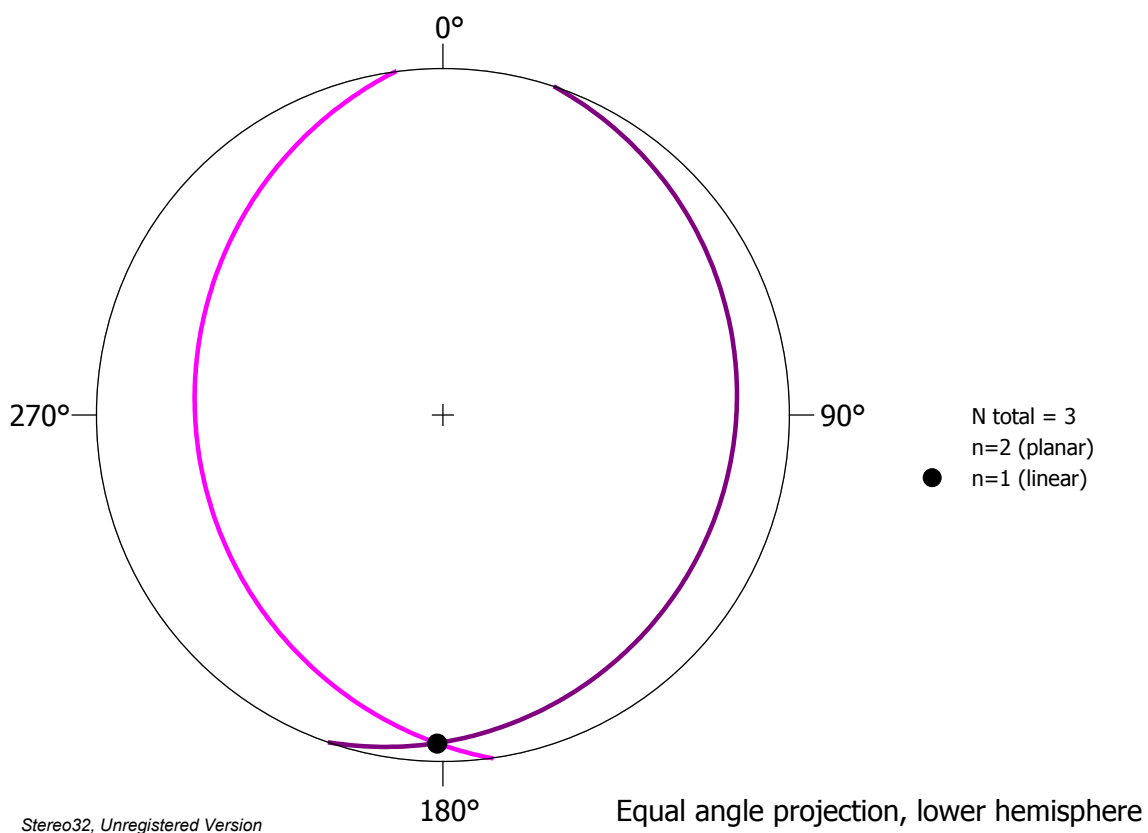
Εικόνα 3.33 – Σκίτσο υπαίθρου N6

ΒΟΡΕΙΟ 7



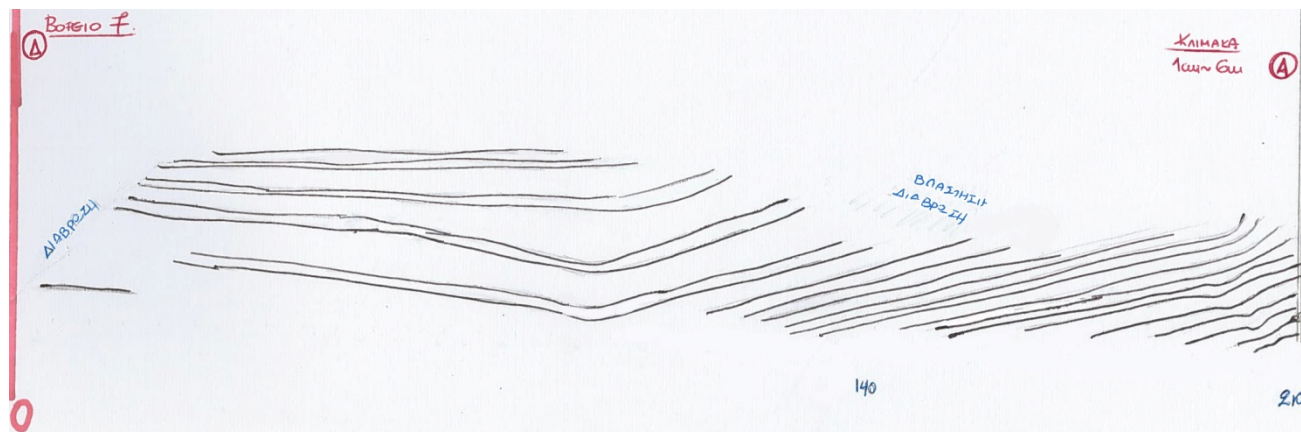
7^ο ΠΡΑΝΕΣ – ΒΟΡΕΙΟ

Το πρανές B7 αποκαλύπτεται σε συνολικό μήκος 210m και επικρατεί κυρίως γκρίζο πηλιτικό υλικό με ψαμμιτικές εμφανίσεις μέσου πάχους, στην οροφή και στην ανατολική άκρη του. Μέσα στους πηλίτες εμφανίζονται σε ενδιαστρώσεις και κάποιοι ψαμμιτικοί πάγκοι. Στο σύνολό της η στρώση σχηματίζει μια πολύ ανοιχτή πτυχή (σύγκλινο), με άξονα βss 03/181 (Εικόνα 3.34). Η μέση κλίση για το δυτικό σκέλος είναι 10/109 ενώ για το ανατολικό 19/262. Στο ανατολικό άκρο του πρανούς και στην εμφάνιση των ψαμμιτών η μέση κλίση ορίζεται ως 26/286.



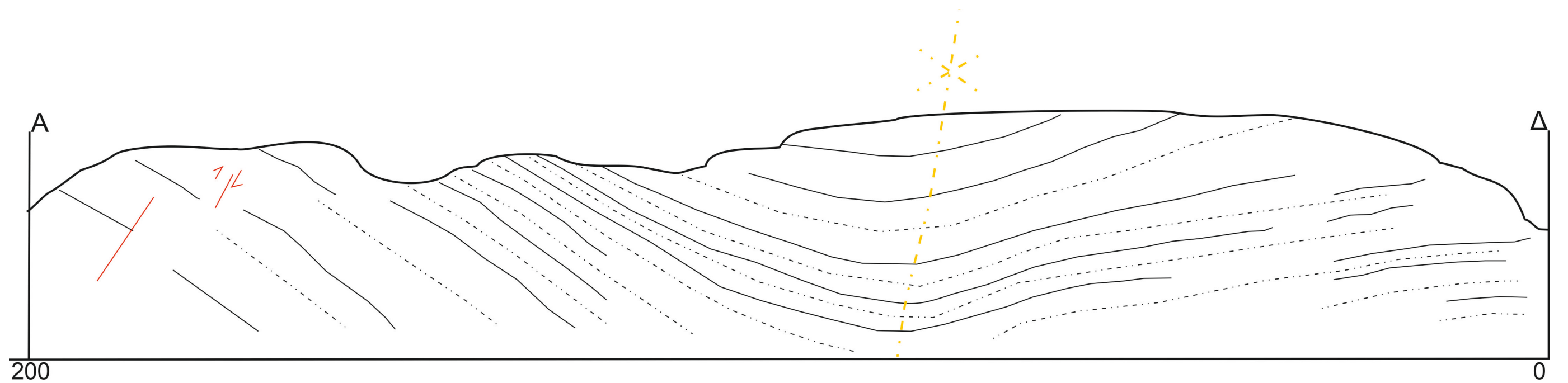
Εικόνα 3.34 – Η προβολή της συνολικής πτύχωσης όλου του βόρειου πρανούς με τον οριζόντιο άξονα της

Δεν παρατηρήθηκε καμία διάρρηξη ούτε ρήγμα, παρά μόνο μια κλειστή πτύχωση με οριζόντιο άξονα (πέραν του σύγκλινου που ήδη αναφέρθηκε). Η πορεία της στρώσης διακρίνεται εύκολα, μέσω χαρακτηριστικών οριζόντων, καθ' όλη την έκταση του πρανούς.



Εικόνα 3.35 – Σκίτσο υπαίθρου Β7

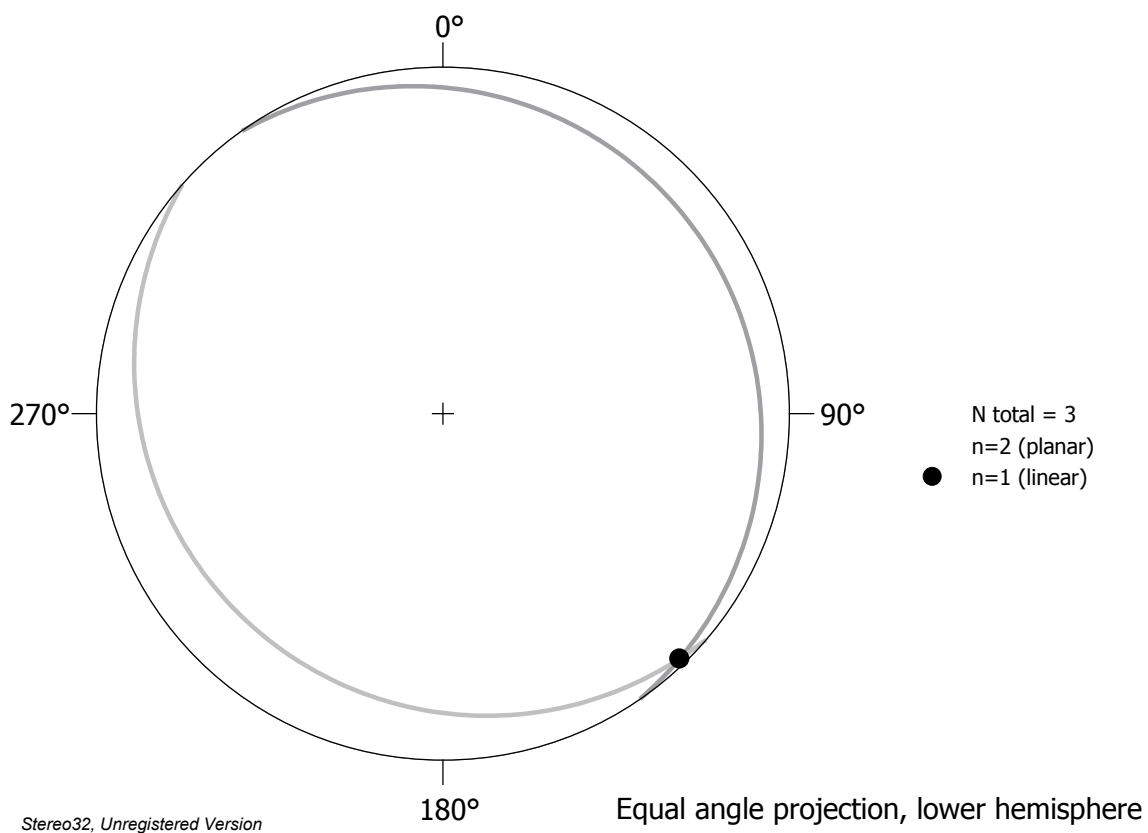
NOTIO 7



7° ΠΡΑΝΕΣ – ΝΟΤΙΟ

Το πρανές N7 αποκαλύπτεται σε μήκος 200m και αποτελείται από την ίδια λιθολογία με αυτή του πρανούς B7.

Ομοίως με το B7, και εδώ στο σύνολο η στρώση σχηματίζει μια ανοικτή πτυχή (σύγκλινο), το δυτικό σκέλος του οποίου έχει μέση κλίση 06/055 και το ανατολικό 11/221. Όπως φαίνεται στην *εικόνα 3.36*, η σχηματιζόμενη, από την συνολική στρώση, πτυχή έχει άξονα βss με στοιχεία 01/136.

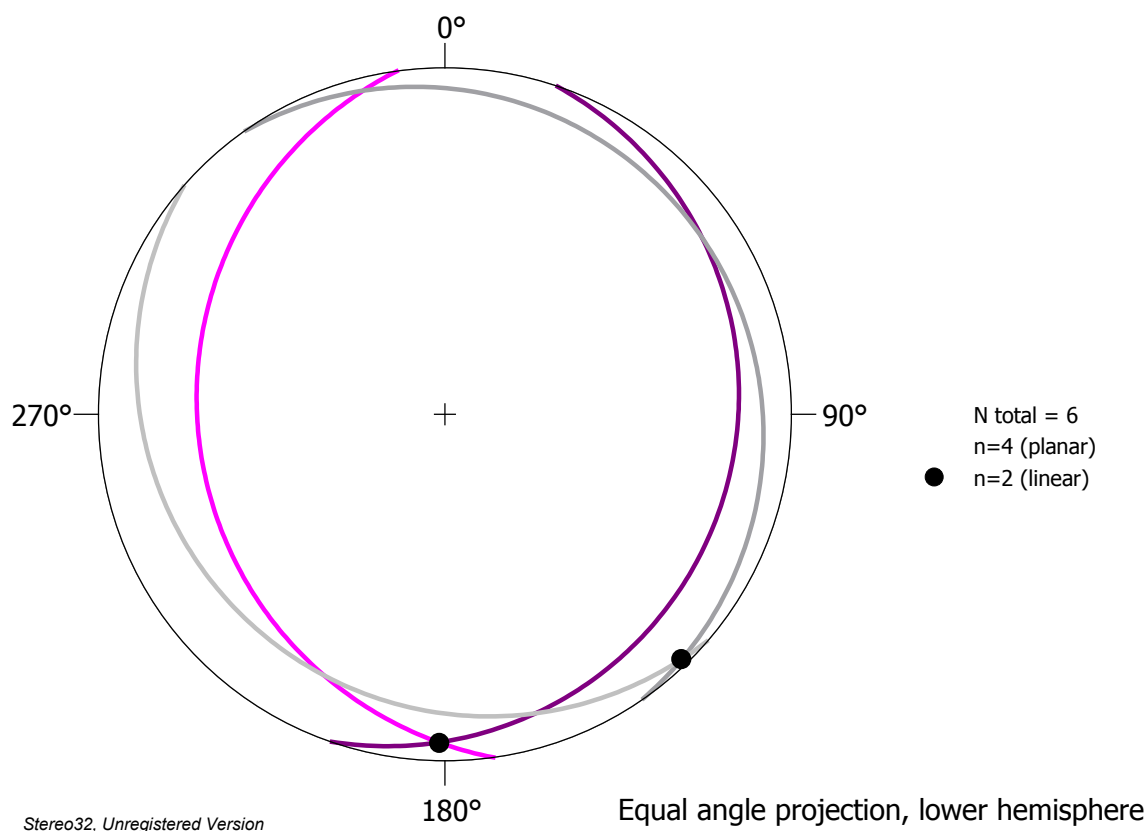


Εικόνα 3.36 - Προβολή της συνολικής πτύχωσης όλου του θόρειου πρανούς με τον οριζόντιο άξονα της

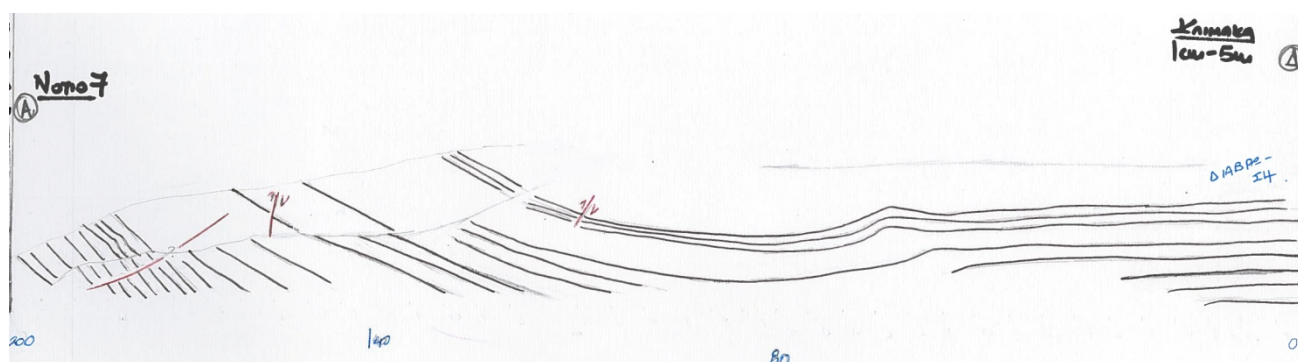
Στην τεκτονική δομή του πρανούς, και για την πλαστική παραμόρφωση, πέραν του σύγκλινου που ήδη αναφέρθηκε, μετρήθηκαν 2 πολύ κλειστές πτυχώσεις με μια να χαρακτηρίζεται ως οριζόντια με βύθιση άξονα 03° και μια πτυχή ως κεκλιμένη με βύθιση άξονα 17°.

Στον τομέα της θραυσιγενούς παραμόρφωσης, παρουσιάζονται συνολικά 2 ρήγματα και διαρρήξεις, με γραμμές προστριβής (και εμφάνιση ασβεσίτη) που χαρακτηρίζονται ως κατακόρυφο αριστερόστροφο και παρακεκλιμένο αριστερόστροφο αντίστοιχα.

Και από τα δυο πρηνή, αξίζει να συγκριθεί ο υπολογισμένος για κάθε περίπτωση, άξονα βss της συνολικής πτύχωσης. Όπως παρατηρείται στην *εικόνα 3.37*, ο άξονας πτυχής φαίνεται να μετατοπίζεται κατά γωνία 45° προς ανατολάς. Δηλαδή, από βύθιση προς N (για το B7) εμφανίζει βύθιση προς NA (για το N7).

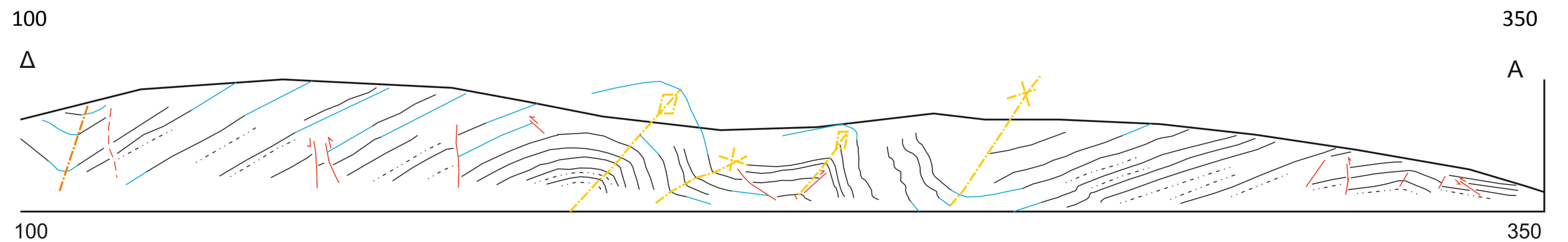
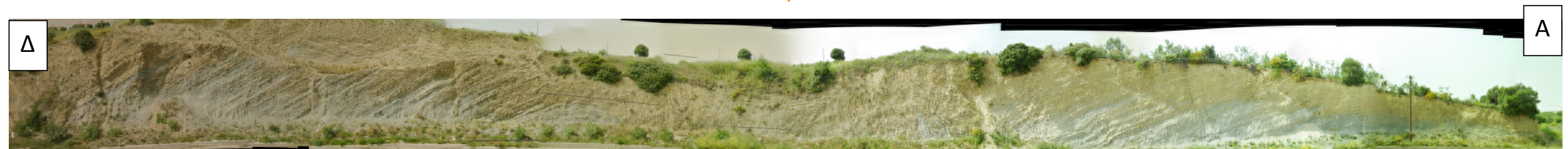
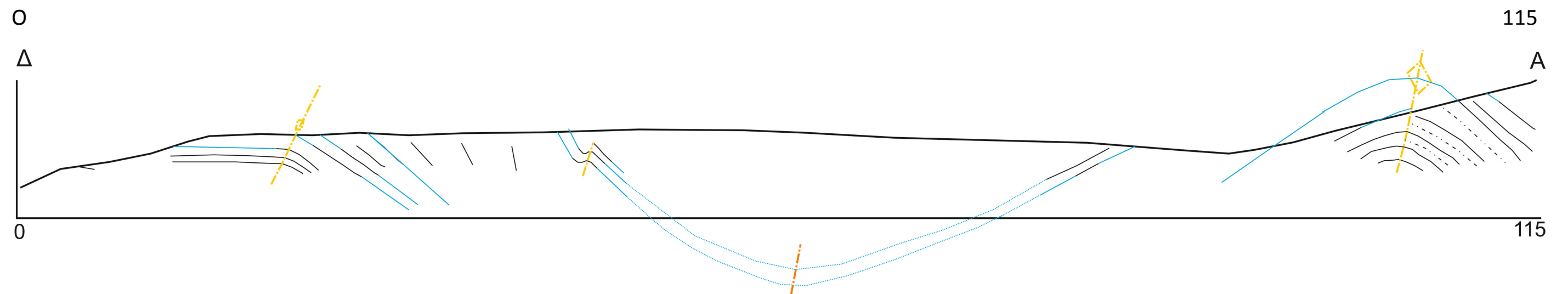


Εικόνα 3.37 – Η μετατόπιση των δυο πτυχώσεων (βόρεια & νότια) του πρανούς μαζί με τους άξονες τους κατά 45°



Εικόνα 3.38 – Σκίτσο υπαίθρου Ν7

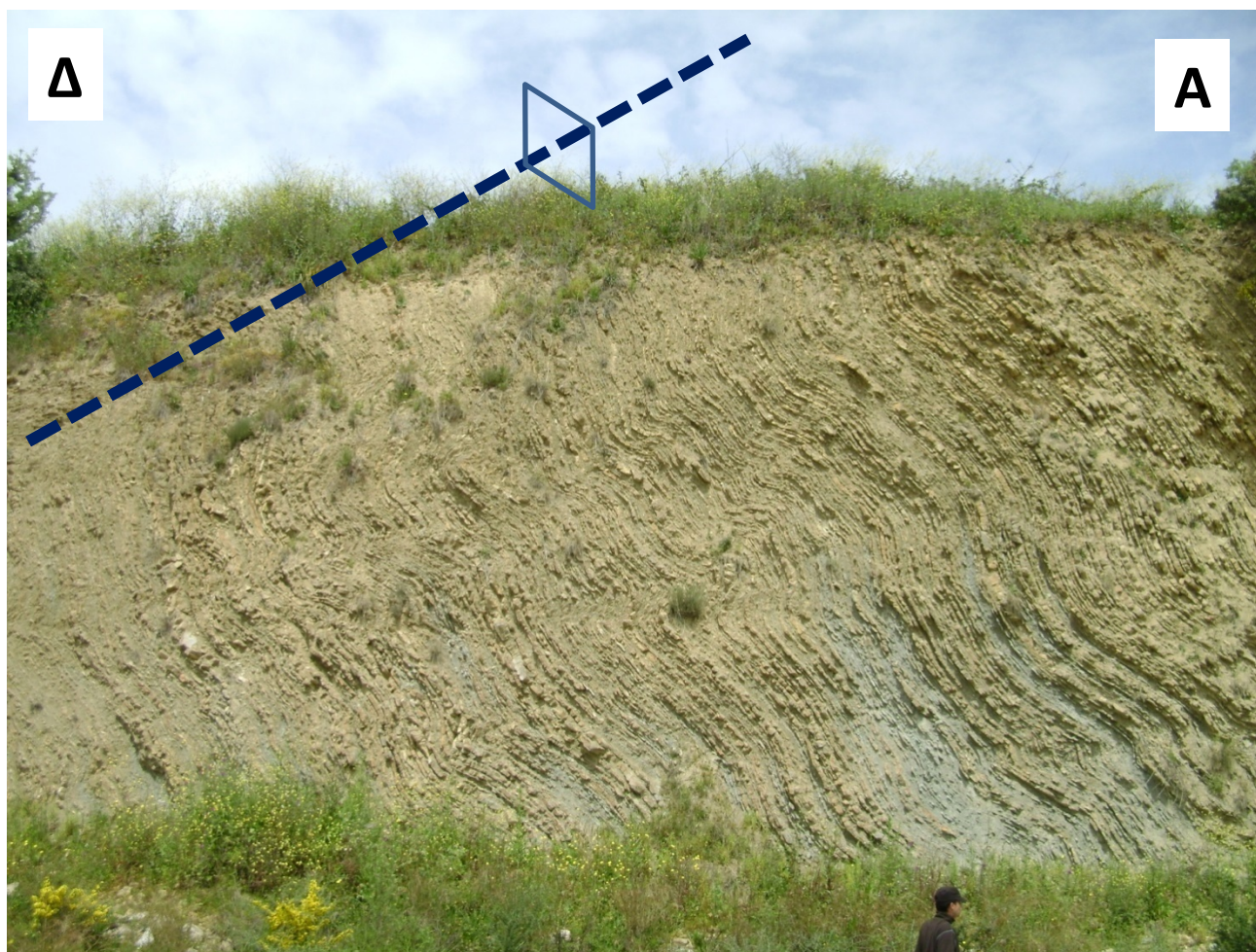
ΒΟΡΕΙΟ 8



8^ο ΠΡΑΝΕΣ – ΒΟΡΕΙΟ

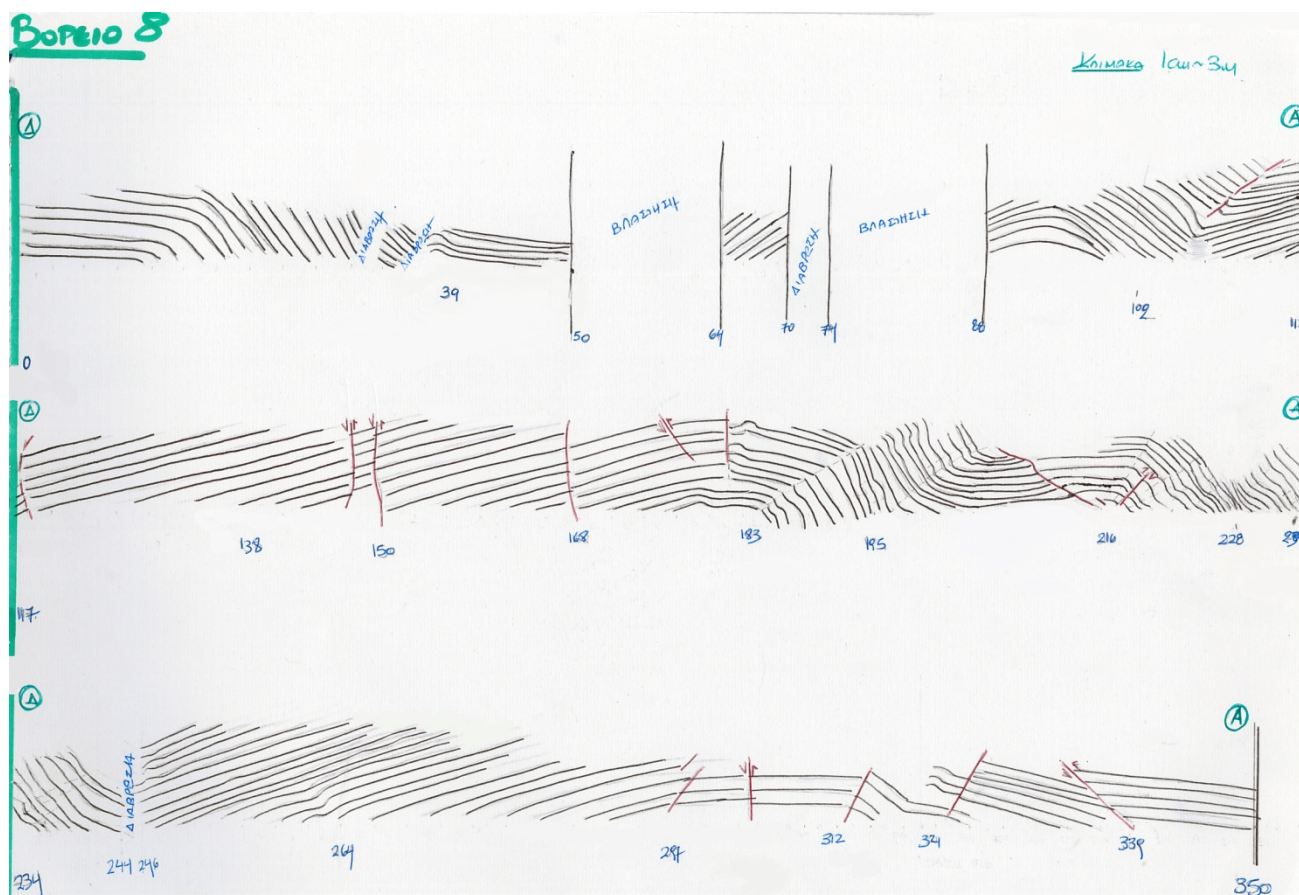
Το πρανές B8 αποκαλύπτεται σε συνολικό μήκος 350m και αποτελείται μόνο από καφέ και μπλε-γκρι λεπτοπλακώδεις έως μεσοπλακώδεις πάγκους ψαμμιτών.

Στην τεκτονική δομή του πρανούς και για την πλαστική παραμόρφωση, το πρανές εμφανίζεται έντονα παραμορφωμένο σε σχέση με τα προηγούμενα, με παρουσία συνολικά 25 πτυχώσεων, εκ των οποίων, από την ταξινόμηση Fleuty (1964), οι 6 χαρακτηρίζονται ως ανοιχτές, 8 ως πολύ κλειστές και 11 ως κλειστές πτυχές. Μια μέση γωνία σκελών υπολογίζεται στις 50° , δηλαδή, κλειστές πτυχές. Από τις 25 πτυχές αυτές, οι 15 είναι (σχεδόν) οριζόντιες με βύθιση του άξονα $\leq 10^\circ$ και 10 πτυχές είναι κεκλιμένες με βυθιζόμενο άξονα $> 10^\circ$. Συμπερασματικά, η πλαστική παραμόρφωση έχει αποδώσει πτυχές επί των πλείστον κλειστές. Όπως φαίνεται και από τα σχέδια του πανοράματος, στο B8 παρατηρούνται συνολικά 5 μεγάλα αντίκλινα και 4 σύγκλινα που διαμορφώνουν τη δομή του πρανούς. Το εντυπωσιακό του πρανούς είναι το τμήμα όπου εμφανίζεται αρκετά έντονη πτύκωση στο ανατολικό σκέλος ενός μεγάλου αντικλίνου (εικόνα 3.39)



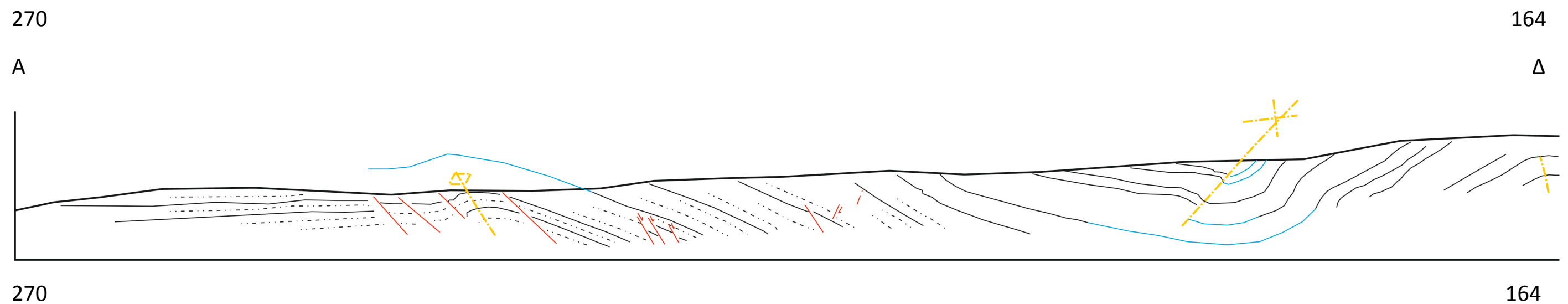
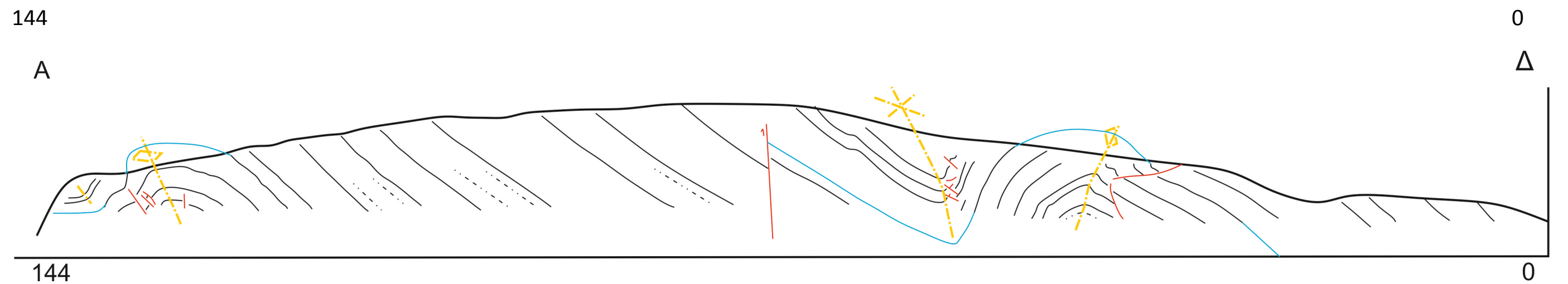
Εικόνα 3.39 –Το πολυπτυχωμένο σκέλος ενός μέγα-αντικλίνου με το αξονικό του επίπεδο

Στην θραυστογενή παραμόρφωση του πρανούς, συγκαταλέγονται 10 ρήγματα και διαρρήξεις, εκ των οποίων εντοπίστηκαν 2 ανάστροφα και 4 κανονικά ρήγματα. Δυο ρήγματα εμφάνισαν γραμμές προστριβής στην επιφάνεια τους και δήλωναν πλάγια ολίσθηση στο ένα και χαρακτηρισμό κατακόρυφης δεξιόστροφης ολίσθησης στο άλλο. Κατά μέσο όρο, τα ρήγματα και οι διαρρήξεις εμφανίζουν μια μέση τιμή 62/150.



Εικόνα 3.40 – Σκίτσο υπαίθρου Β8

NOTIO 8



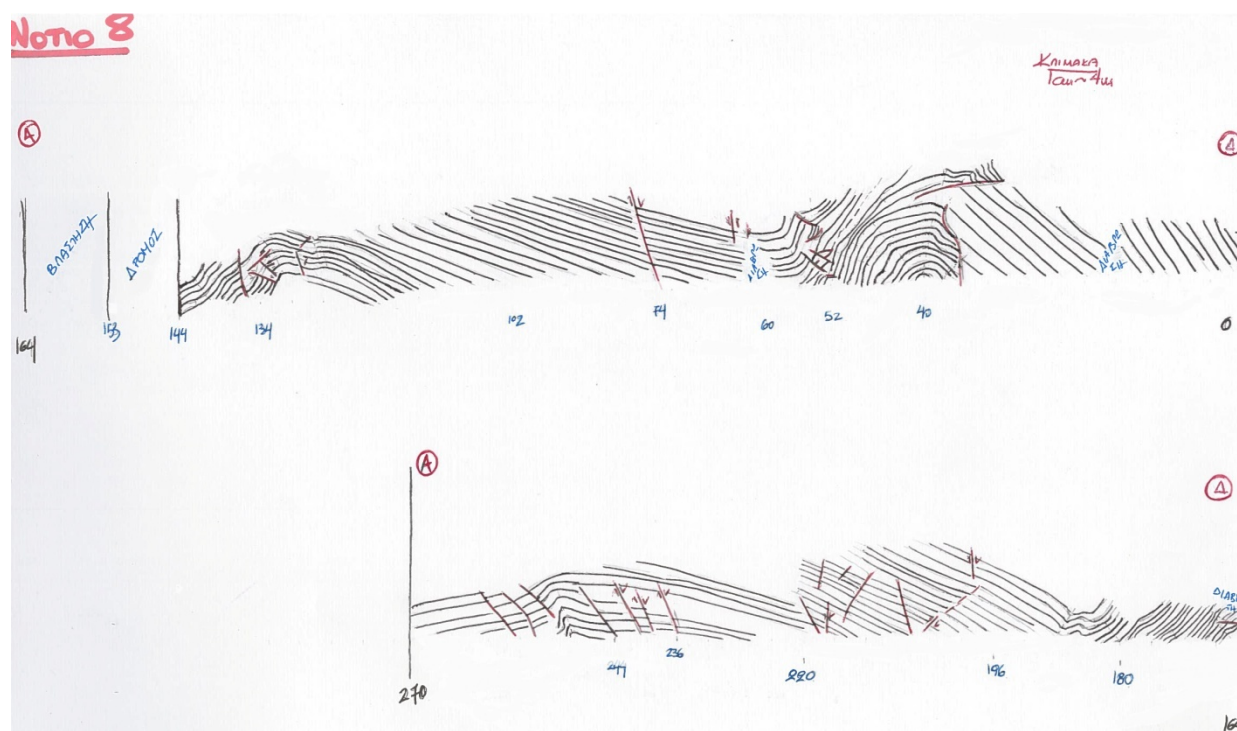
8^ο ΠΡΑΝΕΣ – NOTIO

Το πρανές N8 αποκαλύπτεται σε μήκος 270m και αποτελείται από την ίδια λιθολογία με την αντίστοιχη του πρανούς B8, με τη διαφορά πηλιτικής εμφάνισης στο ανατολικό του άκρο με ενδιαστρώσεις ψαμμιτών.

Στην τεκτονική δομή του πρανούς, και για την πλαστική παραμόρφωση, παρουσιάζονται συνολικά 17 πτυχές, εκ των οποίων, οι 4 είναι ανοιχτές, οι 7 κλειστές και άλλες 6 πολύ κλειστές. Μια μέση γωνία σκελών για το πρανές N8, είναι στις 49°, δηλαδή κατά Fleuty, κλειστές πτυχές. Από τις 17 πτυχές αυτές, οι 13 χαρακτηρίζονται ως (σχεδόν) οριζόντιες με βύθιση άξονα $\leq 10^\circ$ και 4 πτυχές ως κεκλιμένες με βύθιση άξονα $> 10^\circ$. Στο σύνολο του N8 παρατηρούνται 3 μεγάλα αντίκλινα και 2 σύγκλινα που διαμορφώνουν τη δομή του πρανούς.

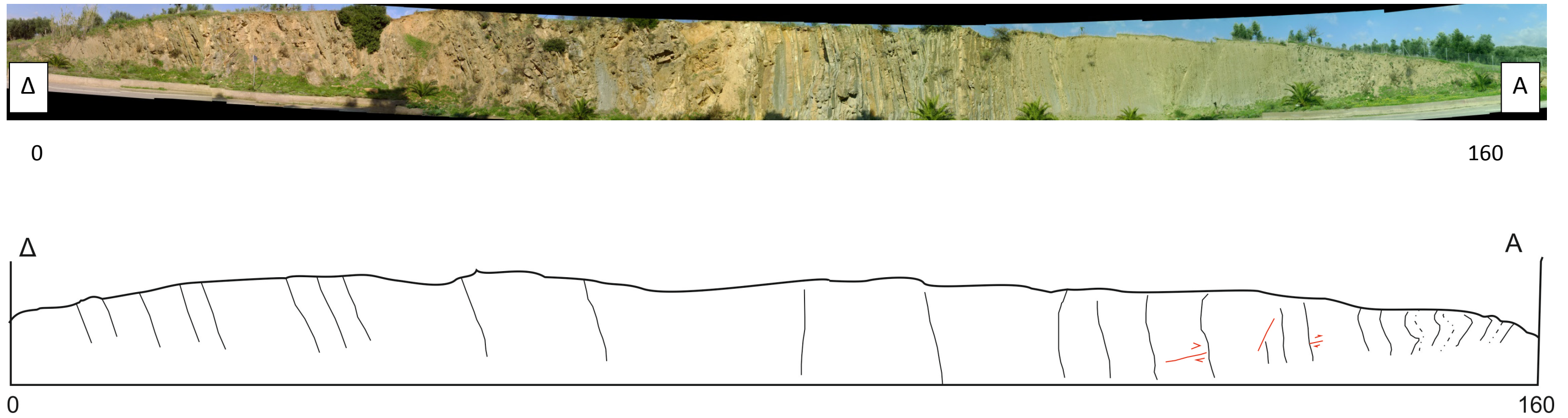
Στον τομέα της θραυσιγενούς παραμόρφωσης, παρουσιάζονται συνολικά 19 ρήγματα και διαρρήξεις, και επιπρόσθετα πολλές ακόμα ρωγμές, εκ των οποίων, τα 7 είναι κανονικά ρήγματα και τα 6 ανάστροφα. Από τις 19 ασυνέχειες, σε 1 από αυτές, εντοπίστηκαν διακριτές γραμμές προστριβής, χωρίς όμως να είναι δυνατός ο χαρακτηρισμός της κινηματικής του, εξ' αιτίας της μικρής μετατόπισης που αποδίδει.

Συνολικά, η γενικότερη τεκτονική δομή των δυο πρανών συνθέτεται από μεγάλες δομές πτύχωσης (διαδοχικά αντίκλινα και σύγκλινα), οι οποίες όμως παραμορφώνονται από επίσης μεγάλες διαρρήξεις, τα οποία αλλάζουν τη κλίση των σκελών.



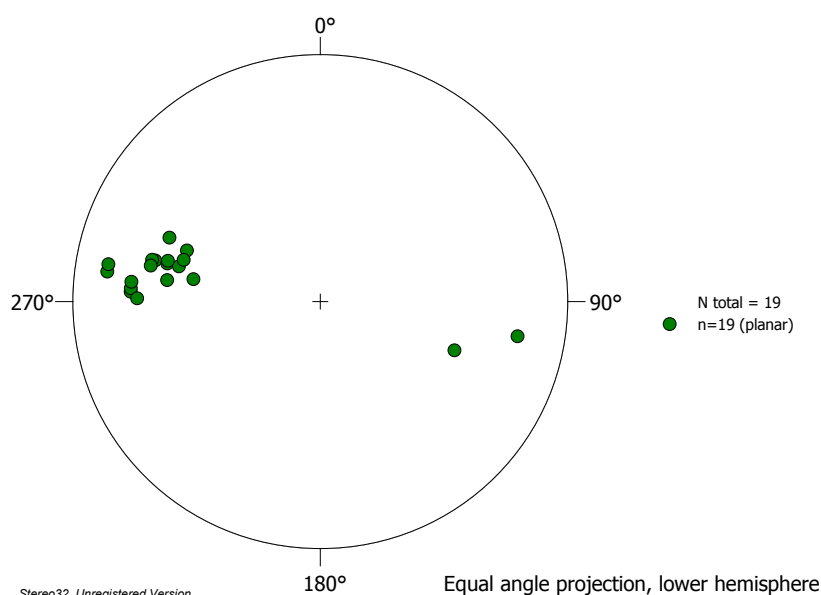
Εικόνα 3.41 – Σκίτσο υπαίθρου N8

ΒΟΡΕΙΟ 9



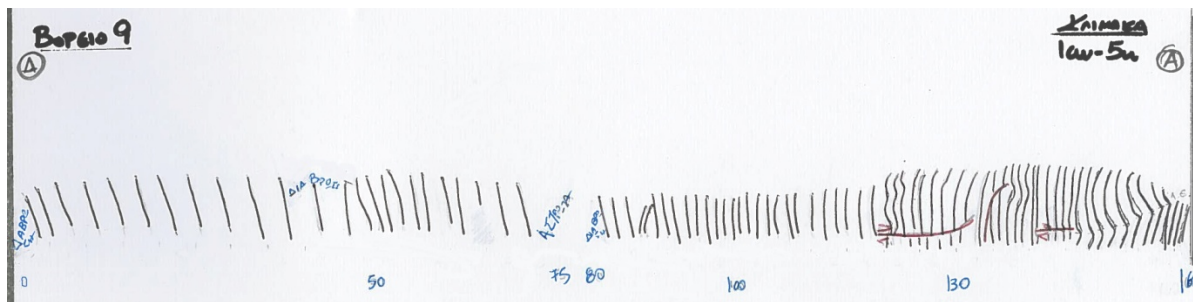
9^ο ΠΡΑΝΕΣ – ΒΟΡΕΙΟ

Το πρανές B9 αποκαλύπτεται σε συνολικό μήκος 160m και αποτελείται κυρίως από καφέ λεπτοπλακώδεις έως χοντροπλακώδεις πάγκους ψαμιμιτών, οι οποίοι στο κέντρο του πρανούς είναι άστρωτοι, ενώ στο ανατολικό του άκρο υπάρχει εμφάνιση εναλλαγών λεπτοπλακώδους ψαμιμιτικού και πηλιτικού υλικού. Η μέση κλίση των πάγκων ορίζεται ως 70/095, ενώ στα τελευταία μέτρα (ανατολικά) η κλίση αυτή διαμορφώνεται ως 60/290 (Εικόνα 3.42). Το μέγεθος των πάγκων μειώνεται απότομα από τα δυτικά στα ανατολικά.



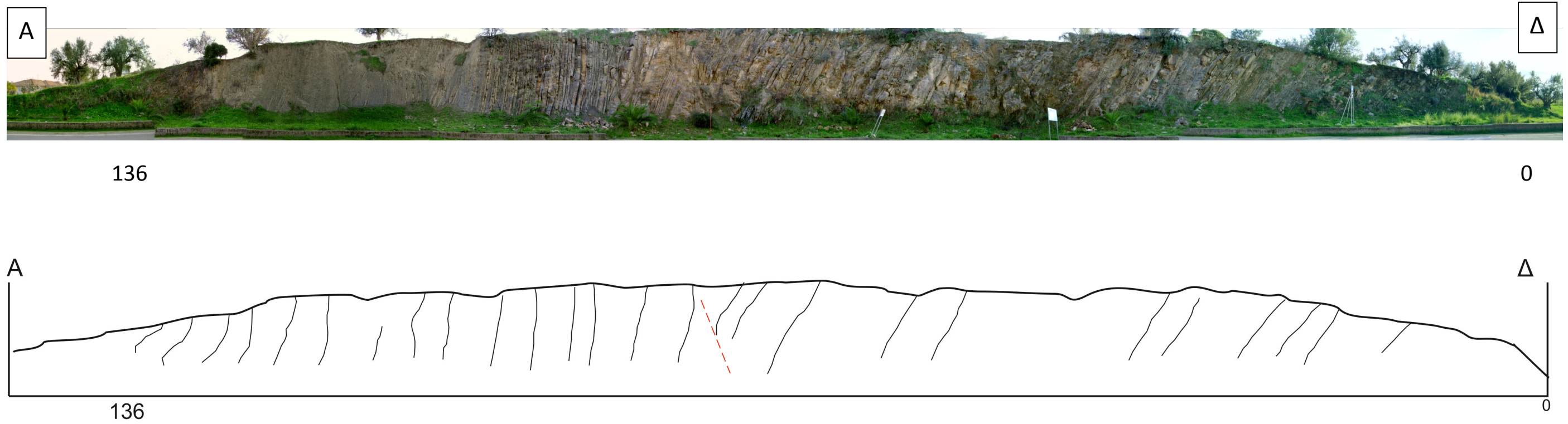
Εικόνα 3.42 – Πολική προβολή των μετρήσεων της στρώσης (B9). Οι 2 τιμές που αποκλίνουν, αποτελούν μετρήσεις στο ανατολικό άκρο του πρανούς

Στο ανατολικό μέρος, όπου υπάρχει εμφάνιση πιο λεπτόκοκκου υλικού, εντοπίστηκαν και 3 διαρρήξεις χωρίς γραμμές προστριβής και όσον αφορά την πλαστική παραμόρφωση παρουσιάζονται 2 πτυχές, μια πολύ ανοιχτή και μια πολύ κλειστή με οριζόντιο άξονα.



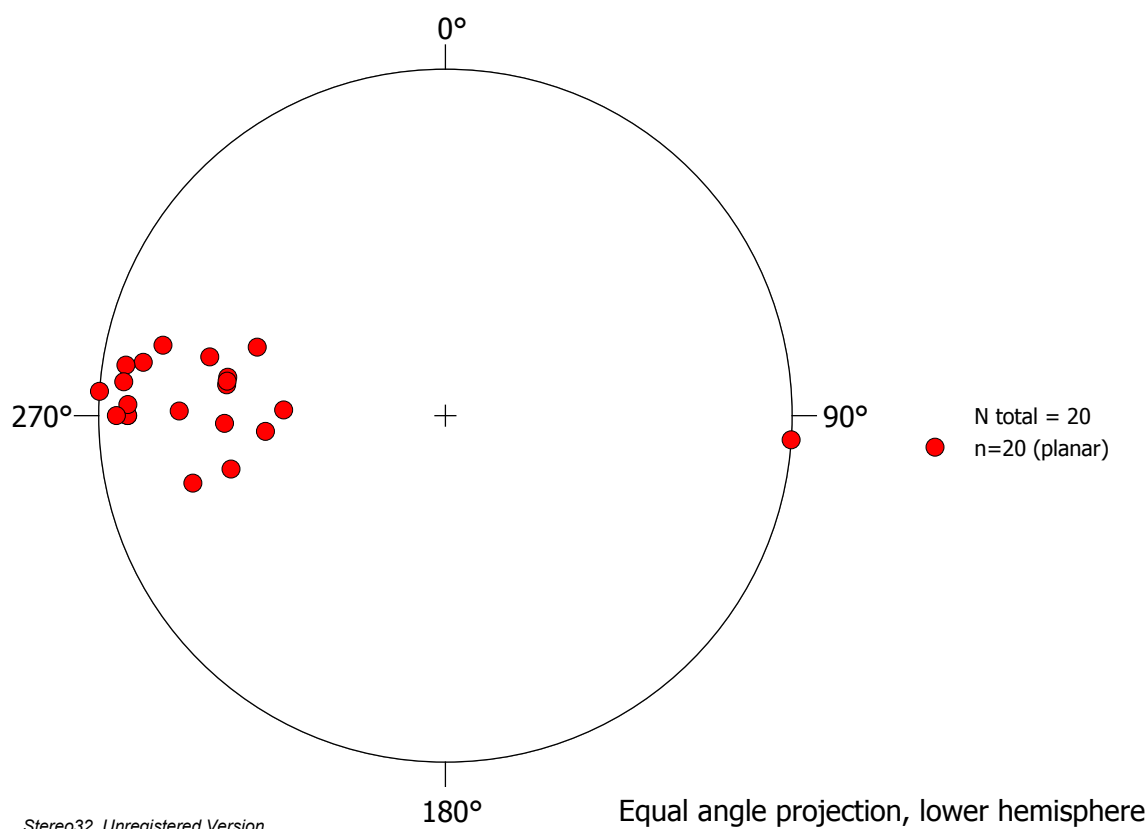
Εικόνα 3.43 – Σκίτσο υπαίθρου B9

NOTIO 9



9° ΠΡΑΝΕΣ – ΝΟΤΙΟ

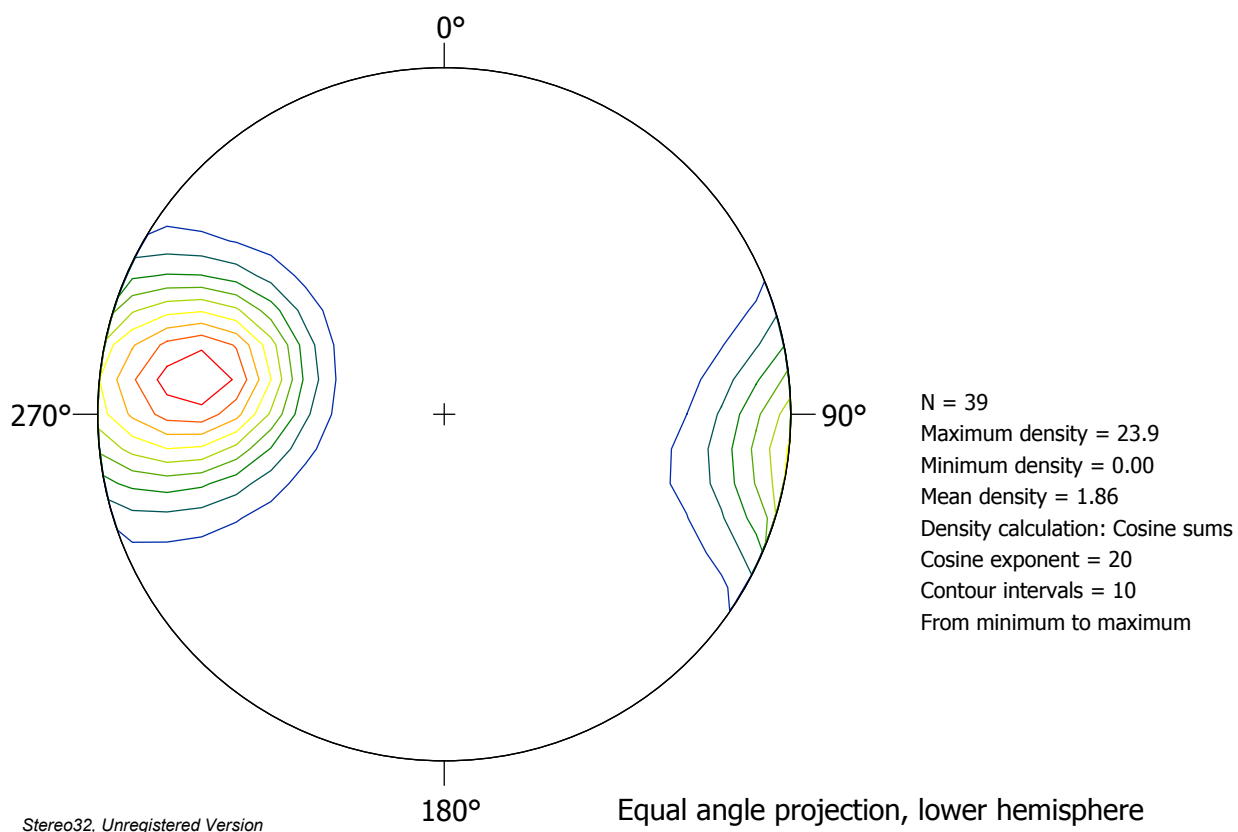
Το πρανές N9 αποκαλύπτεται σε μήκος 136m και αποτελείται από την ίδια λιθολογία με την αντίστοιχη του πρανούς B9, με την διαφορά ότι δεν υπάρχει πηλιτική εμφάνιση. Όπως και στο B8, έτσι και εδώ, το μέγεθος των πάγκων μειώνεται από τα δυτικά στα ανατολικά, ξεκινώντας από χονδροπλακώδεις πάγκους με μέση κλίση 68/101. Προς τα ανατολικά, στην πρώτη εμφάνιση λεπτοπλακώδους υλικού, η μέση κλίση του είναι 83/100 ενώ ανατολικότερα οι πάγκοι αυξάνονται τοπικά σε μέγεθος με μια μέση στρώση 85/090. Το μέγεθος μειώνεται ξανά και στη δεύτερη εμφάνιση λεπτοπλακώδους υλικού έχουμε μέση κλίση 87/092 (Εικόνα 3.44).



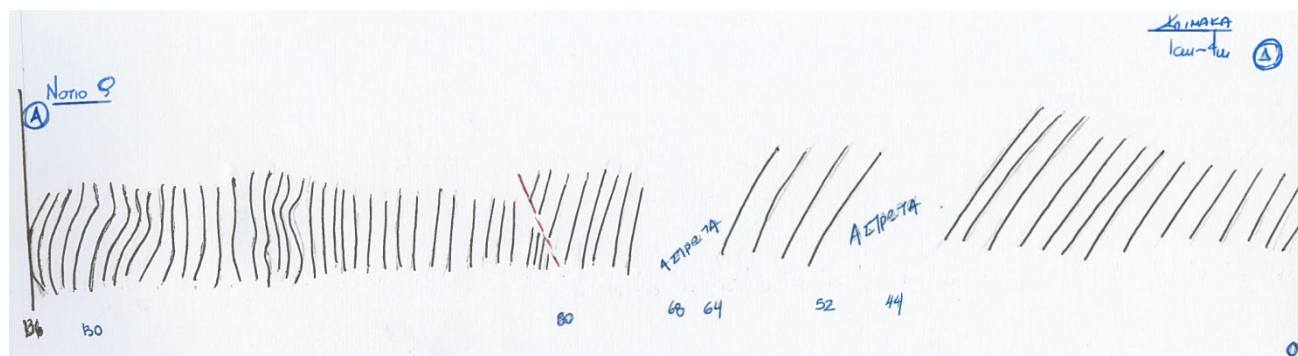
Εικόνα 3.44 – Προβολή των πόλεων των στρώσεων για το N9.

Στην τεκτονική δομή του πρανούς, και για την πλαστική παραμόρφωση, παρουσιάζονται συνολικά μια κλειστή πτυχή με οριζόντιο άξονα και ένα πιθανό ρήγμα στην πρώτη εμφάνιση λεπτοπλακώδους υλικού.

Συγκριτικά, και στα δυο πρανή, παρατηρείται ότι η κλίση των στρωμάτων διατηρείται σταθερή ή έστω, εντός ενός αυστηρού πεδίου τιμών (Εικόνα 3.45). Τα στρώματα επί των πλείστων κλίνουν προς τα ανατολικά.



Εικόνα 3.45 – Διάγραμμα πυκνότητας πέλων των κλίσεων με κέντρο την τιμή 19/278



Εικόνα 3.46 – Σκίτσο υπαίθρου Ν9

10^ο ΠΡΑΝΕΣ – ΝΟΤΙΟ

Το πρανές N1 αποκαλύπτεται σε συνολικό μήκος 91m και αποτελείται από ψαμμιτικούς πάγκους. Στην *εικόνα 3.47* παρατηρείται η απότομη λιθολογική διαφοροποίηση μεταξύ πηλινών και ψαμμιτών.



Εικόνα 3.47 – Απότομη λιθολογική διαφοροποίηση μεταξύ πηλινών και ψαμμιτών.

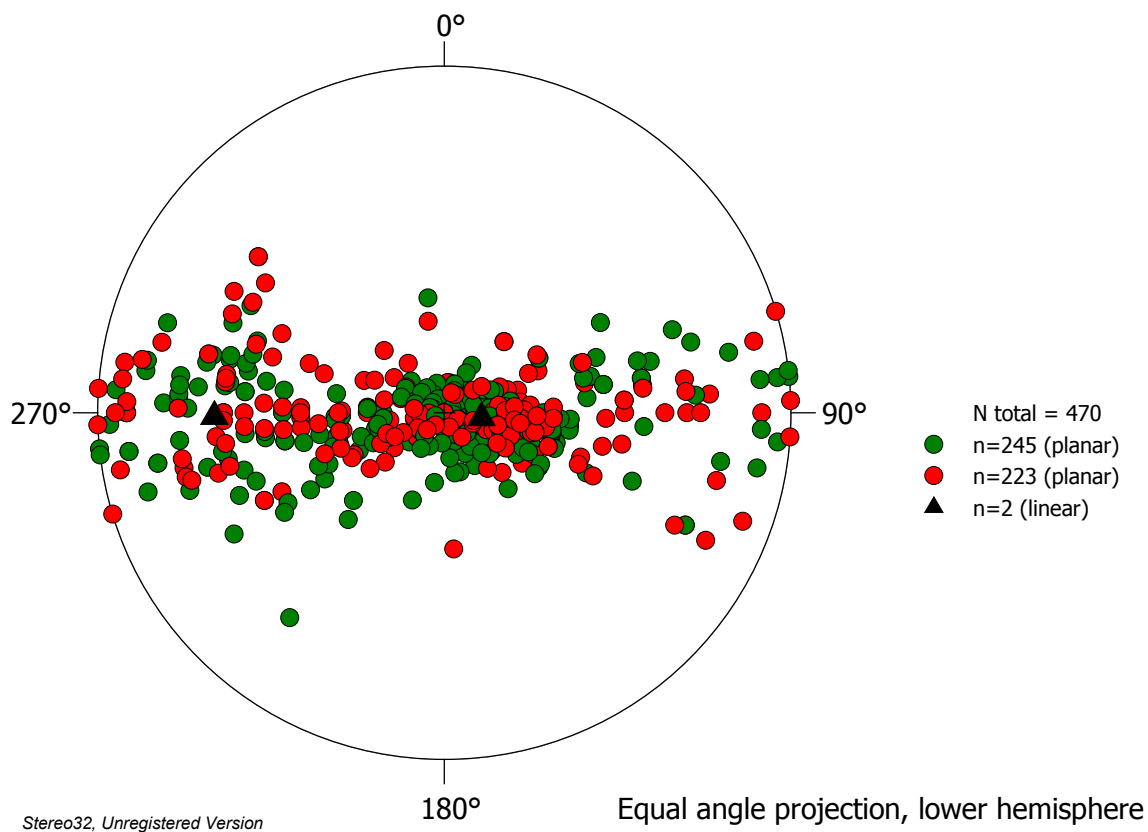
Στην τεκτονική δομή του πρανούς, και για την πλαστική παραμόρφωση, παρουσιάζονται συνολικά 2 πτυχές, όπου από την ταξινόμηση Fleuty και οι 2 χαρακτηρίζονται ως ανοικτές πτυχές. Οι 2 αυτές πτυχώσεις είναι οριζόντιες με βύθιση του άξονα $\leq 3^\circ$.

Στην θραυστογενή παραμόρφωση του πρανούς, συγκαταλέγονται 3 ρήγματα και διαρρήξεις, εκ των οποίων εντοπίστηκαν 1 ανάστροφο και 2 κανονικά ρήγματα. Δεν παρατηρήθηκαν γραμμές προστριβής στην επιφάνεια τους.

3.4 Αποτελέσματα επεξεργασίας δεδομένων για το σύνολο των μετρήσεων

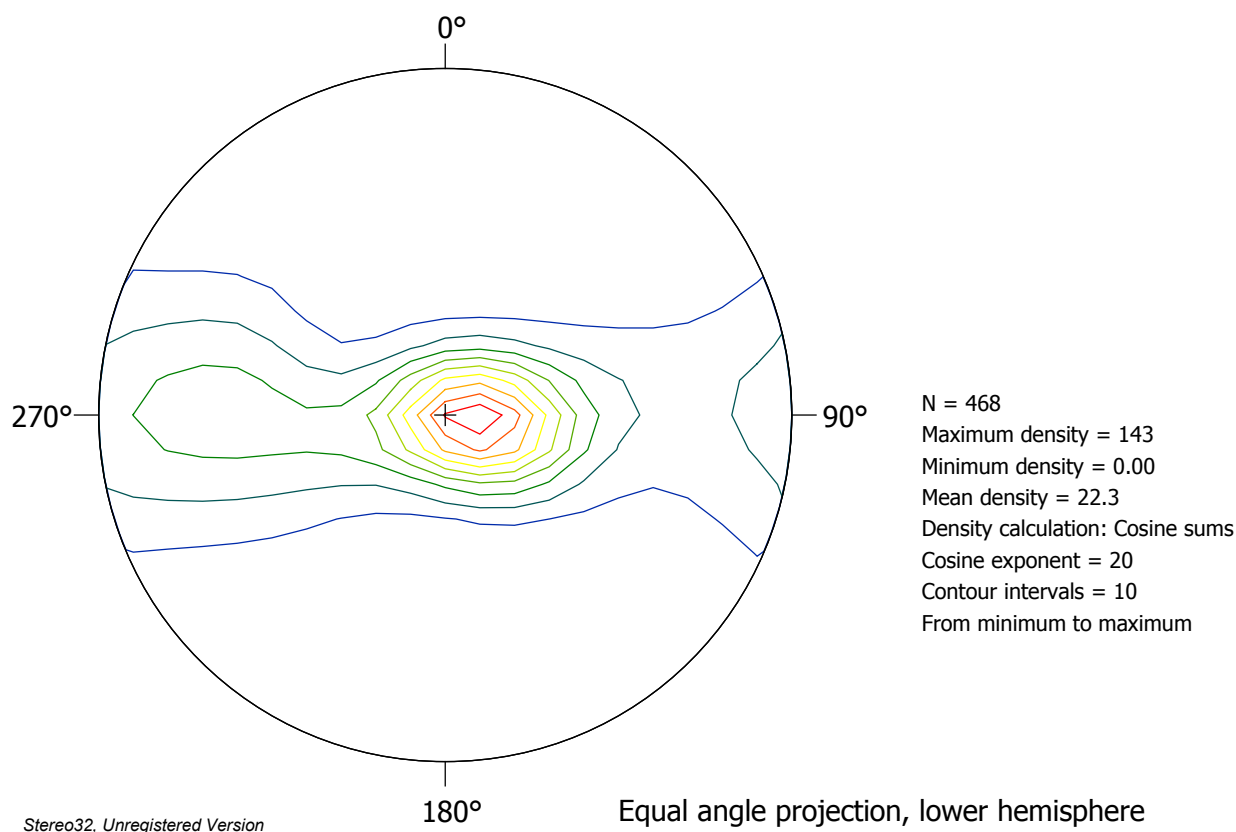
Από το σύνολο των δεδομένων, προκύπτουν τα ακόλουθα:

- Στρώσεις στρωμάτων και σκέλη πτυχών



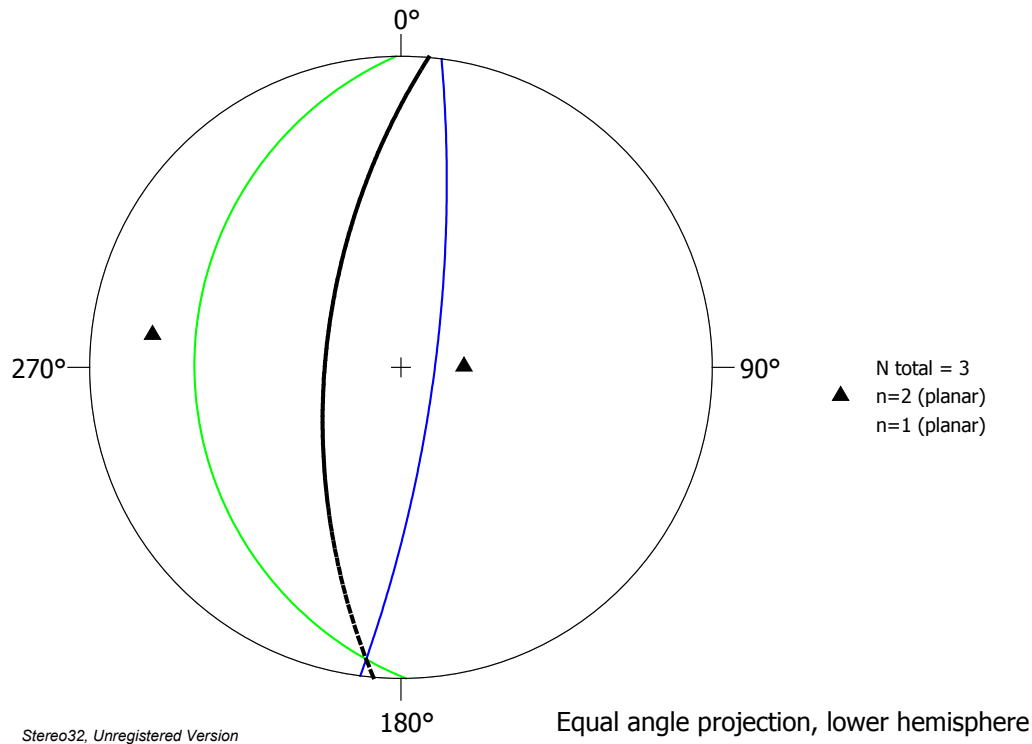
Εικόνα 3.48- Πολική προβολή των στρώσεων – σκελών του συνόλου των πρανών

- Πόλοι Βόρειων Πρανών (Σύνολο μετρήσεων: 245)
- Πόλοι Νότιων Πρανών (Σύνολο μετρήσεων: 223)
- ▲ Μέγιστα συγκεντρώσεων (clusters)



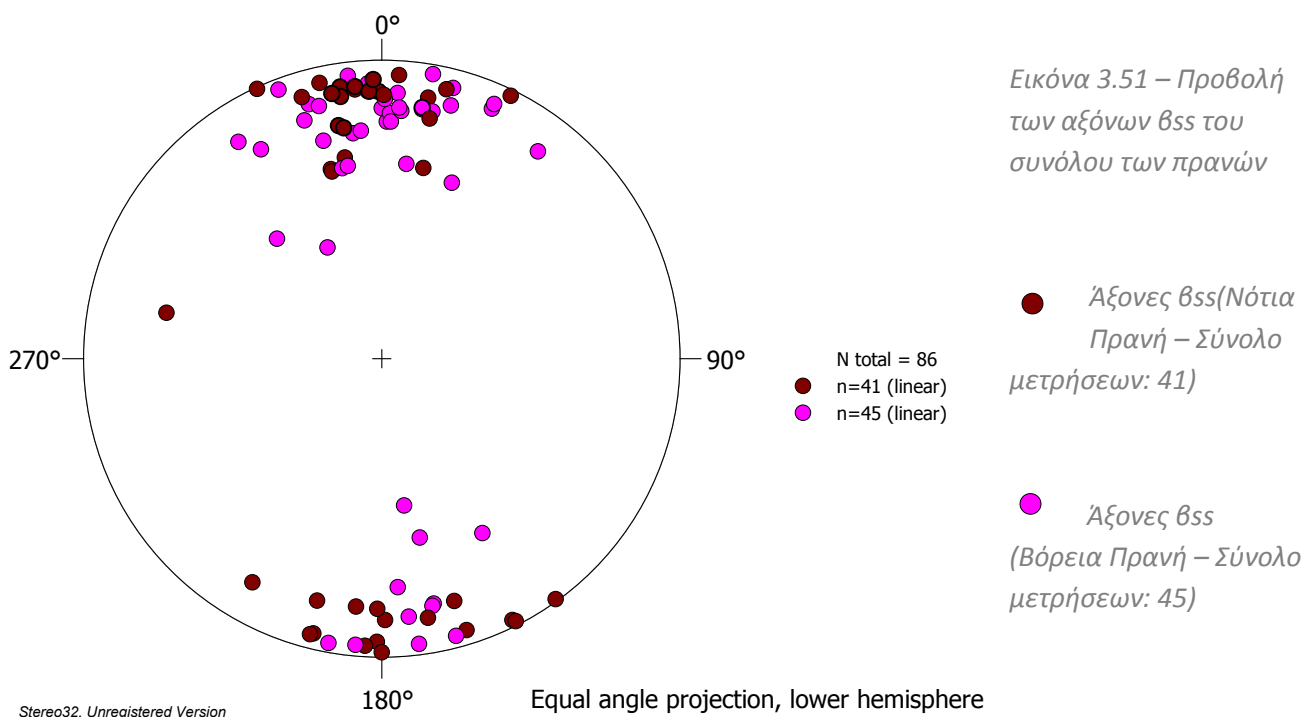
Εικόνα 3.49 – Διάγραμμα πυκνότητας πόλων της Εικόνας 3.48

Από το σύνολο των δεδομένων για την γεωμετρία των σκελών, προκύπτει ότι υπάρχουν δυο μέγιστα συγκεντρώσεων με στοιχεία 23/269 και 78/097, που αντιπροσωπεύουν ανοιχτές πτυχές κεκλιμένες – οριζόντιες, με μέσο αξονικό επίπεδο που κλίνει προς δύση με στοιχεία 63/275 (Εικόνα 3.50).

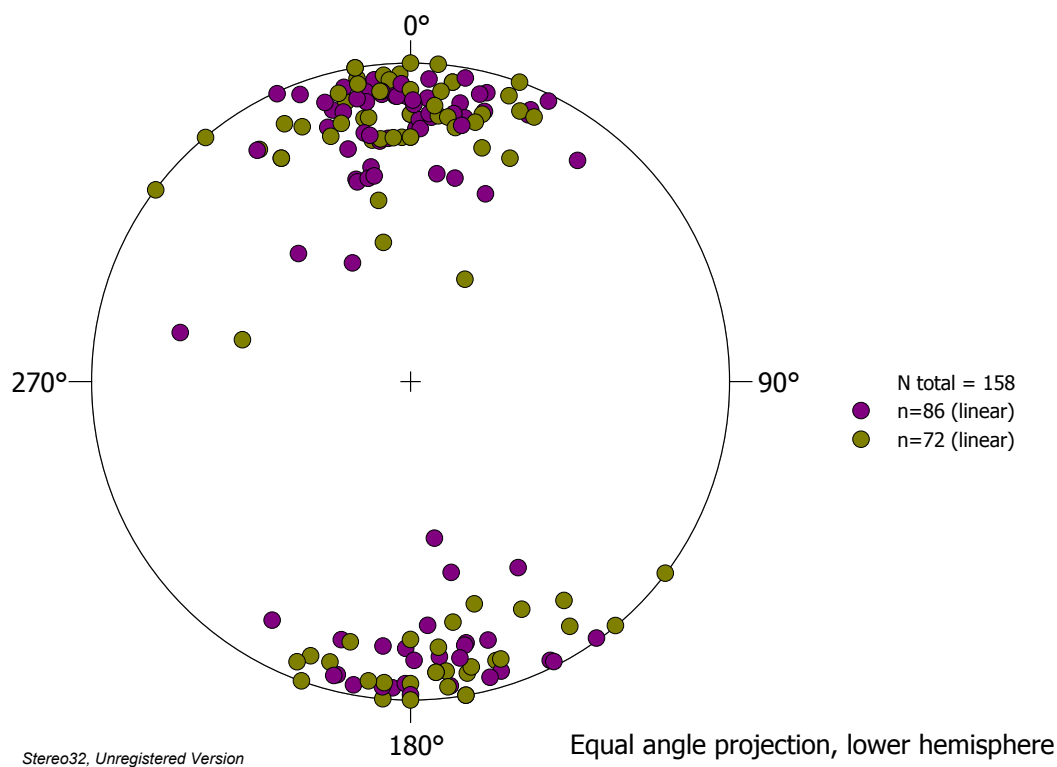


Εικόνα 3.50 – Τα δύο μέγιστα συγκεντρώσεων από το σύνολο των στρώσεων, αντιπροσωπεύονται από δυο θεωρητικά επίπεδα σκελών (πράσινη και μπλε προβολή) και τα οποία σχηματίζουν ένα αξονικό επίπεδο (μαύρη προβολή) και έναν άξονα σχεδόν οριζόντιο (στο σημείο τομής τους)

• Άξονες πτυχών

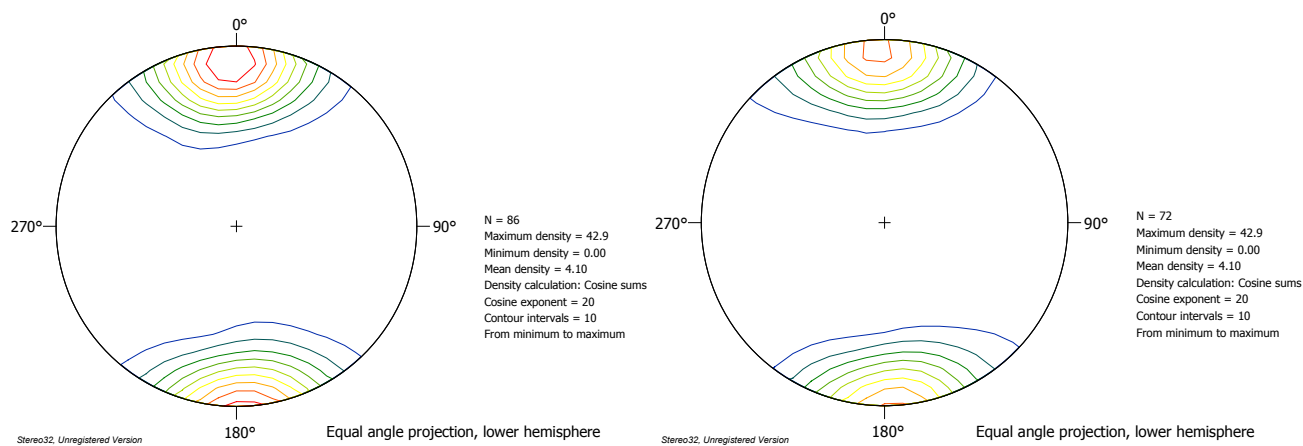


Εικόνα 3.51 – Προβολή των αξόνων βss του συνόλου των πρανών



Εικόνα 3.52 – Προβολή του συνόλου των αξόνων *bss* και των αξόνων από επιτόπου μέτρηση

- Άξονες *bss* (Σύνολο μετρήσεων: 86)
- Άξονες από επιτόπου μέτρηση (Σύνολο μετρήσεων: 72)

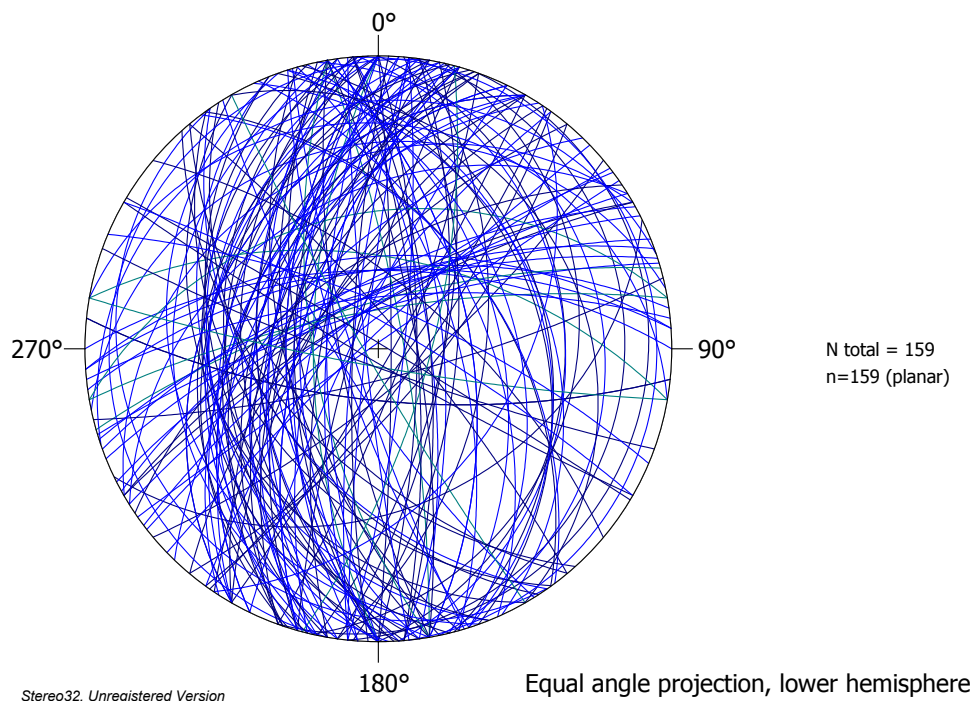


Εικόνα 3.53 – Σύγκριση διαγραμμάτων πυκνότητας των
αξόνων *bss* (αριστερά) και των επιτόπου μετρήσεων (δεξιά)

Στην εικόνα 3.53, φαίνεται πως οι μέσες τιμές των αξόνων βss και των απευθείας συμπίπτουν, με στοιχεία 04/356 και 03/358 αντίστοιχα. Λόγω της ταύτισης αυτής, επιβεβαιώνεται με σχετική ασφάλεια η ορθή λήψη των μετρήσεων. Όπως προκύπτει και από την εικόνα 3.53, οι άξονες των πτυχών χαρακτηρίζονται ως οριζόντιοι σε διεύθυνση B-N. Επίσης, στο ίδιο εύρος τιμής, συμπίπτει και ο θεωρητικός άξονας πτυχής που σχηματίζουν τα δυο κέντρα πυκνότητας των στρώσεων με στοιχεία 03/186 (Εικόνα 3.50).

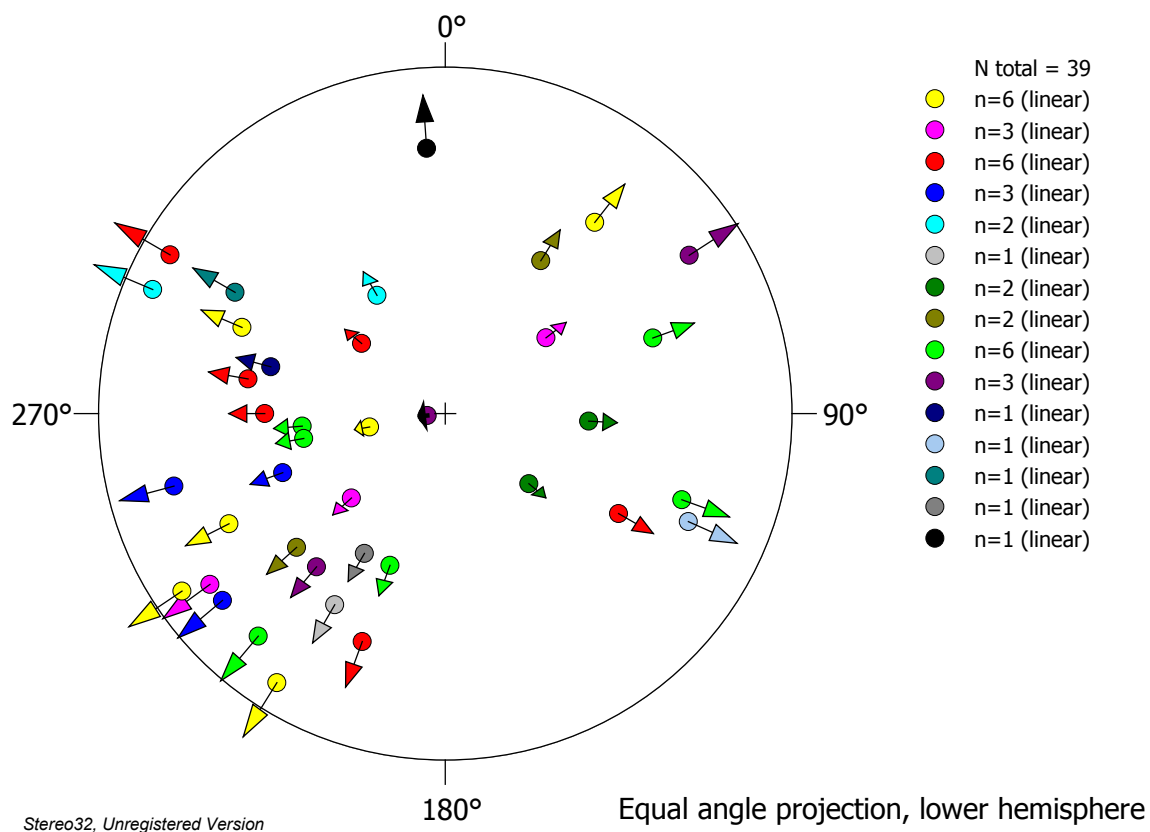
Συνεπώς, εφόσον οι μέσοι αντιπροσωπευτικοί άξονες των πτυχών είναι οριζόντιοι με διεύθυνση B-N, θα ταυτίζονται με τον ενδιάμεσο άξονα παραμόρφωσης (Y) και με τον ενδιάμεσο άξονα τάσεων (σ_2).

- Διαρρήξεις & Γραμμές προστριβής



Εικόνα 3.54 – Κυκλογραφική προβολή του συνόλου των διαρρήξεων

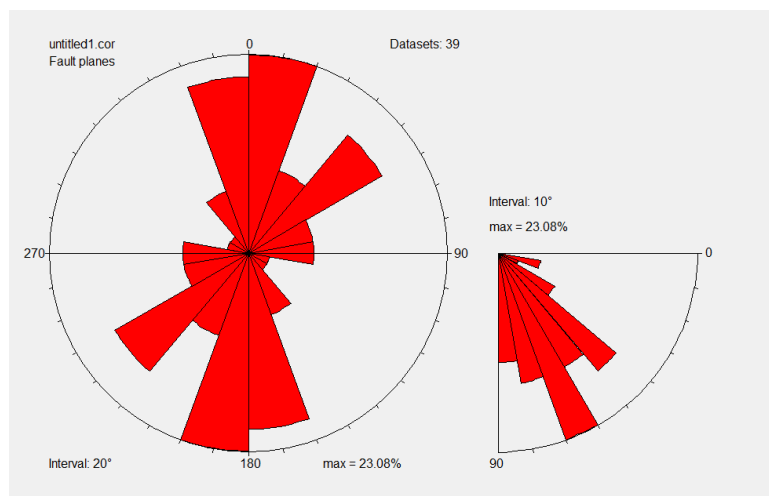
- Διαρρήξεις των Βόρειων Πρανών (Σύνολο μετρήσεων: 69)
- Διαρρήξεις από μη ασφαλείς μετρήσεις (Σύνολο μετρήσεις: 10)
- Διαρρήξεις των Νότιων Πρανών (Σύνολο μετρήσεων: 80)



Εικόνα 3.55 – Προβολή του συνόλου των γραμμών προστριβής, με τα διανύσματα να δείχνουν τη φορά ολίσθησης (Σύνολο μετρήσεων: 39)

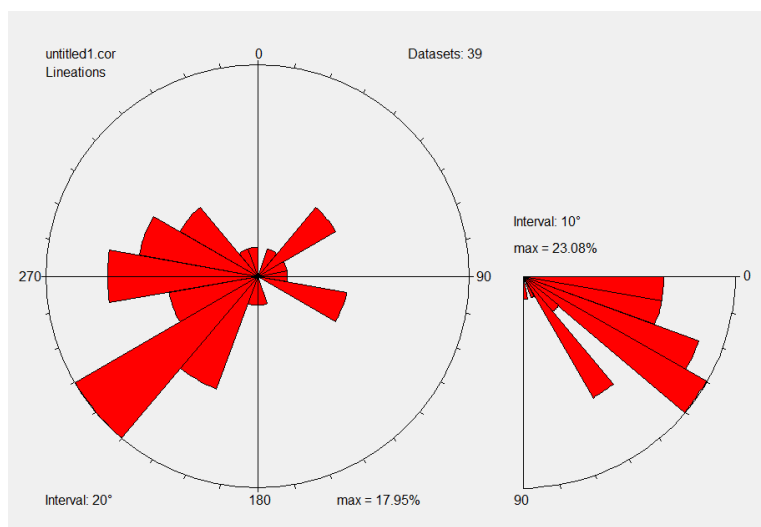
ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3 – Σύνολο δεδομένων θραυσιγενών δομών. DipDir / Dip: Φορά κλίσης και κλίση επιπέδου ρήγματος. Azimuth / Plunge: Φ. βύθισης/Βύθιση γραμμικού στοιχείου (Γραμμές Προστριβής) – όπως αυτές υπολογίστηκαν μέσω του *Tectonics FP*. Sense: 0 ή 5=άγνωστο, 1=ανάστροφο, 2=κανονικό, 3=δεξιόστροφο, 4=αριστερόστροφο. Quality: 0=δεν έχει καταγραφεί, 1=άριστη, 2=πολύ καλή, 3=καλή, 4=φτωχή, 5=αμφίβολη) Η ένδειξη «check» υποδηλώνει πιθανό σφάλμα μέτρησης.

Dataset	DipDir	Dip	Azimuth	Plunge	Sense	Quality	Comment	Μετρήσεις Υπαίθρου
1	130	70	210.52	24.36	2	0	B1 (Check!)	20/200
2	304	65	215.56	03.35	3	0	B1	05/212
3	262	35	250.37	34.44	0	0	B1	37/250
4	254	55	226.87	51.81	0	0	B1	50/228
5	352	60	280.99	29.4	2	0	N1	30/280
6	352	60	312.24	53.09	2	0	N1	55/310
7	000	60	072.99	26.87	0	0	N1	25/070
8	331	65	048.2	25.42	1	0	N1 (Check!)	20/038
9	340	65	255.56	11.74	4	0	N1	12/255
10	074	60	048.44	57.38	2	0	N1	50/053
11	266	45	308.86	36.24	1	0	N1 (Check!)	05/293
12	274	58	204.31	29.05	2	0	N1	25/210
13	096	80	160.29	67.88	0	0	N1 (Check!)	55/130
14	285	50	226.27	31.74	1	0	N1	30/228
15	282	45	222.66	27.02	1	0	N1	30/220
16	265	40	270.36	39.88	2	0	B2	35/270
17	280	35	284.99	34.9	1	0	B2	35/285
18	270	55	263.76	54.84	1	0	B2	45/265
19	323	75	235.33	08.62	0	0	N2	10/235
20	322	80	233.79	10.04	0	0	N2	10/234
21	306	75	025.79	33.49	0	0	N2	35/032
22	314	55	332.58	53.55	1	0	N2	47/330
23	328	35	239.01	00.71	2	0	N2	05/236
24	078	15	113.57	12.29	0	0	N2	15/114
25	328	75	055.41	09.58	4	0	N2	10/057
26	076	45	092.64	43.77	0	0	N2	45/093
27	235	45	301.54	21.71	1	0	N2	20/300
28	286	60	219.6	34.73	0	0	N2	40/210
29	274	70	358.1	15.78	4	0	N4	15/356
30	264	85	264	85	2	0	N4	84/264
31	230	55	193.64	48.99	0	0	B4 Check!	40/200
32	010	15	299.94	05.22	0	0	N6	05/300
33	300	45	263.95	38.95	2	0	N6	45/260
34	286	60	265.19	58.3	0	0	N6	65/260
35	316	85	226.84	09.47	3	0	N7	10/220
36	338	70	254.12	16.32	0	0	N7 Check!	20/243
37	031	88	119.84	29.99	0	0	B8	30/120
38	060	20	108.74	13.5	0	0	B8	18/110
39	300	40	291.47	39.69	0	0	N8 Check!	25/293

Rose diagram

Εικόνα 3.56 – Ροδόγραμμα ρηγμάτων (Azimuth interval: 20ο, Dip interval: 10ο)

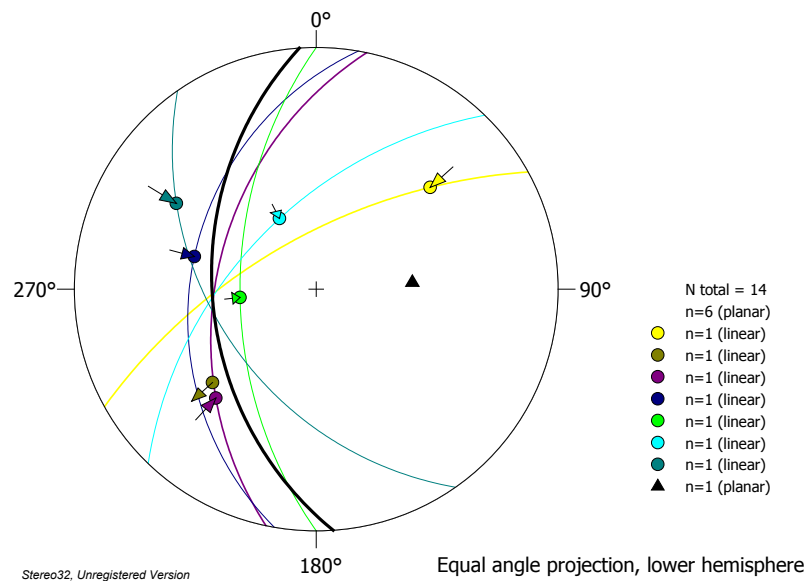
Όπως φαίνεται από το ροδόγραμμα της εικόνας 3.56 η επικρατούσα διεύθυνση των ρηγμάτων είναι Β-Ν και οι πιο συχνές σε εμφάνιση τιμές κλίσης αυτών είναι 60°-70° και κατά βάση >40°.



Εικόνα 3.57– Ροδόγραμμα γραμμών προστριβής (Azimuth interval: 20ο, Dip interval: 10ο)

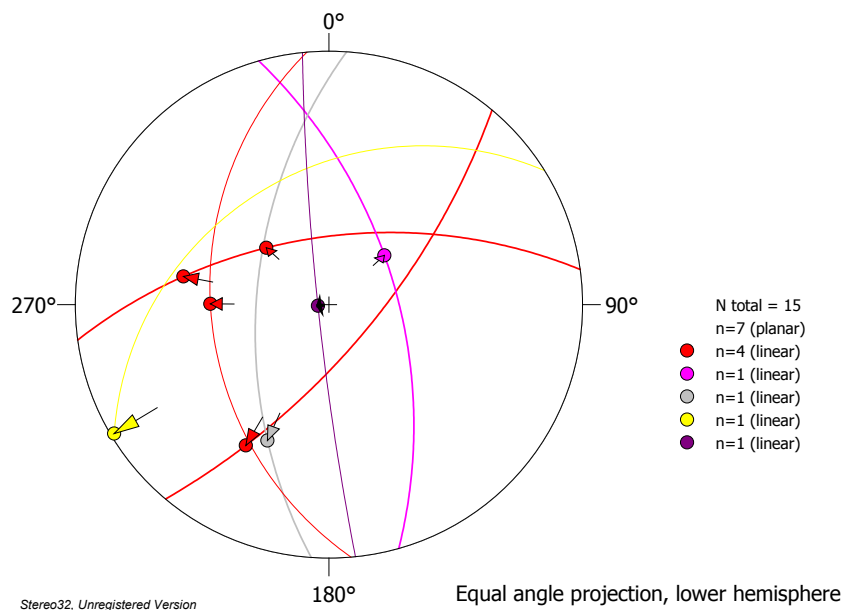
Από το ροδόγραμμα της εικόνας 3.57 οι συχνότερες διευθύνσεις των γραμμών προστριβής κυμαίνονται Δ έως ΝΔ και οι τιμές κλίσης αυτών είναι <40° ως επί των πλείστον.

Η επεξεργασία των στοιχείων των επιβεβαιωμένα ανάστροφων ρηγμάτων (με γραμμές προστριβής) δείχνει ότι μια μέση αντιπροσωπευτική τιμή αυτών είναι 43/266, δηλαδή ανάστροφες δομές που κλίνουν προς δύση (Εικόνα 3.58).



Εικόνα 3.58 – Στερεογραφική προβολή των επιβεβαιωμένα ανάστροφων διαρρήξεων και η μέση τιμή αυτών

Η γεωμετρία των εφελκυστικών (κανονικών) ρηγμάτων, σε αντίθεση με αυτή των ρηγμάτων βράχυνσης παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερη διασπορά (Εικόνα 3.59). Αυτό πιθανά να οφείλεται στο γεγονός ότι κάποια από τα κανονικά ρήγματα ανήκουν στην συνορογενετική/συμπιεστική φάση, ταυτόχρονα δηλαδή με την πτύχωση και την δημιουργία των ανάστροφων ρηγμάτων, ενώ κάποια άλλα δημιουργήθηκαν σε μεταγενέστερη φάση (υστεροτεκτονική ή/και νεοτεκτονική).



Εικόνα 3.59 - Στερεογραφική προβολή των επιβεβαιωμένα κανονικών διαρρήξεων και η μέση τιμή αυτών

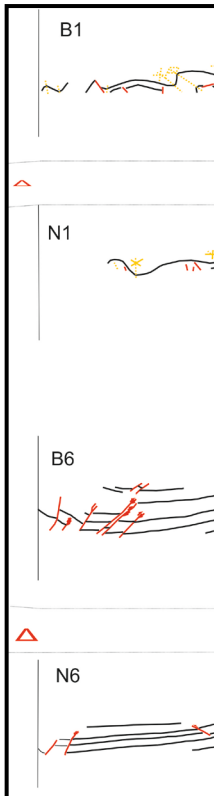
3.5 Συμπεράσματα

Με βάση τα παραπάνω, η συνολική δομή που προκύπτει από τις μετρήσεις και επεξεργασία των πρανών, μπορεί να αποδοθεί σχηματικά στην εικόνα 3.60. Με βάση τα παραπάνω, η συνολική δομή που προκύπτει από τις μετρήσεις και την επεξεργασία των πρανών, μπορεί να αποδοθεί σχηματικά στην εικόνα 3.60. στην εικόνα παρουσιάζεται η σχηματική απεικόνιση της συνολικής παραμόρφωσης της δομής σε τομή δ-α, με συμβολισμό του οριζόντιου άξονα σ2 και των υπολοίπων αξόνων των τάσεων σ1 και σ3 που βρίσκονται υπό βύθιση. η δομή αυτή αποτελείται από πτυχωμένα στρώματα, τα σκέλη των οποίων έχουν στοιχεία σύμφωνα με την εικόνα 3.50 ενώ το αξονικό επίπεδο των ασύμμετρων πτυχών που προκύπτουν κλίνει προς δύση. τη δομή την «κόβουν» δυο ανάστροφα ρήγματα που κλίνουν και αυτά προς δύση με μικρότερη γωνία κλίσης από το αξονικό επίπεδο. Τόσο η φορά κίνησης των ανάστροφων ρηγμάτων όσο και η φορά ασυμμετρίας των πτυχών φαίνεται πως υπακούουν στην γεωδυναμική κίνηση του ελληνικού ορογενετικού τόξου και στην διεύθυνση που έχει αυτή κοντά στην περιοχή της Μεσσηνίας. Παρόλα, στην φλυσική δομή εντοπίζονται και κάποια ανάστροφα ρήγματα αντίθετης κλίσης όμως, από τα επικρατούμενα, τα αποκαλούμενα back thrust, τα οποία συνηθίζουν να απαντώνται σε αυτές τις συνθήκες.

Εικόνα 3.60 –
απεικόνιση της
παραμόρφωσης

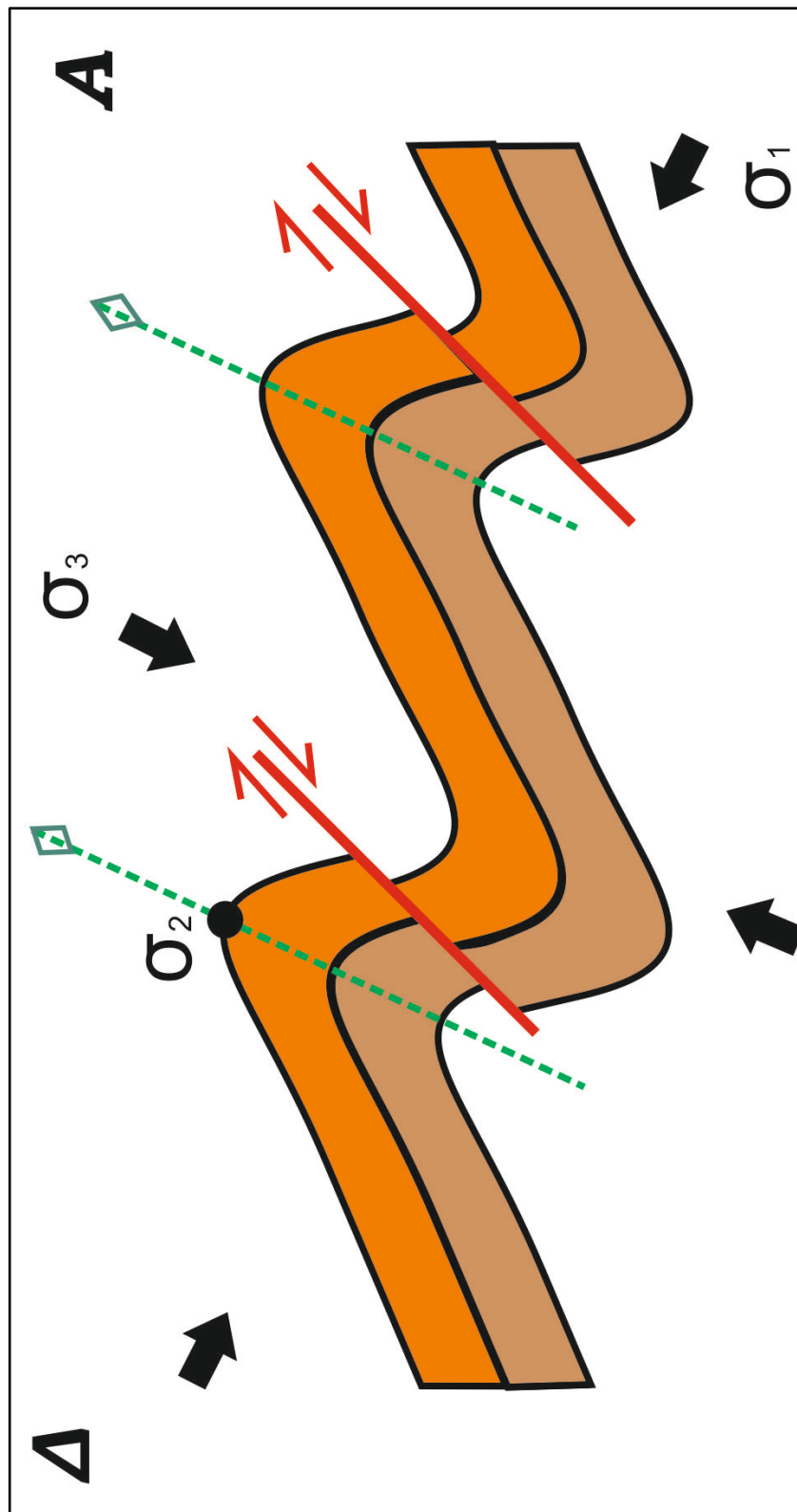
Σχηματική
συνολικής
της δομής

Μία
γραφική
των δομών
εμφανίζονται
μελετήθηκαν
εικόνα 3.61.



Εικόνα 3.61 –
αποτύπωση των
φλύσχη

συνολική
αποτύπωση
όπως αυτές
στα πρηνή που
φαίνεται στην



Γραφική
δομών του

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **ΑΜΠΑΤΖΙΔΗΣ Δ. & ΠΑΠΑΝΤΩΝΟΠΟΥΛΟΣ Κ., (1996).** – «Τεχνική Έκθεση – Θέματα Σχεδιασμού και κατασκευής του Έργου – Τμήμα 13^{ης} Επαρχιακής οδού (Μεθώνη – Φοινικούντα) Φάση Α». Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Εργαστήριο Γεωτεχνικής Μηχανικής, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- **ΚΑΜΠΕΡΗΣ Ε., (1987).** – «Γεωλογική και πετρελαιογεωλογική μελέτη ΒΔ Πελοποννήσου». Διδακτορική διατριβή, Ε.Μ.Π., Τμήμα Μηχ. Μεταλλ. - Μεταλλουργών, Αθήνα.
- **ΚΙΣΚΥΡΑΣ Δ., (1964).** – «Τεκτονικές έρευνες στην Πελοπόννησο και ιδιαίτερα στη ζώνη Ωλονού-Πίνδου». Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Ετ., V/2, σ. 1-21, Αθήνα.
- **ΛΑΔΑΣ Ι., (2000).** – «Μορφοτεκτονική ανάλυση και νεοτεκτονική εξέλιξη της Πυλίας». Master thesis, Τομέας Δυναμικής Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας, Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- **ΛΟΖΙΟΣ Σ., (2009).** – «Οδηγίες χρήσεις γεωλογικής πυξίδας». Εργαστήριο Τεκτονικής και Γεωλογικής Χαρτογράφησης, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- **ΛΟΖΙΟΣ Σ., (2011).** – «Τεκτονική ανάλυση πτυχών – Γεωμετρικά χαρακτηριστικά, Δυναμική ανάλυση, Μηχανισμοί παραμόρφωσης». Εργαστήριο Τεκτονικής και Γεωλογικής Χαρτογράφησης, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- **ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ Η., (1975).** – «Σκέψεις και απόψεις επί ορισμένων προβλημάτων της Γεωλογίας και Τεκτονικής της Πελοποννήσου». Ann. Geol. Pays Hellen., 27, p. 215-313.
- **ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ Η. & ΛΑΔΑΣ Ι., (1997).** – «Μεταβολές των Ακτογραμμών και του ανάγλυφου της χερσονήσου της Πυλίας (ΝΔ Πελοπόννησος) τα τελευταία 18.000 χρόνια». 8ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο, Αθήνα.
- **ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ Η., ΛΟΖΙΟΣ Σ. & ΛΟΓΟΣ Ε., (1995).** – «Η νεοτεκτονική μακροδομή της νότιας Πελοποννήσου. Οι σεισμοί στις 13 Σεπτεμβρίου 1986». XV Congress of the Carpatho – Balcan Geological Association, Athens – Peloponnese.
- **ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ Η. & ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ Δ., (1987).** – «Είδος παραμόρφωσης και σχέση παραμόρφωσης - σεισμικότητας στο Ελληνικό τόξο». Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Ετ., XIX, σ. 59-76.
- **ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ Η. & ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ Ι., (1991).** – «Νεοτεκτονικές μακροπτυχές στην περιοχή Φιλιατρών (Δυτ. Μεσσηνία, Πελοπόννησος)». Πρακτικά 5ου Γεωλ. Επιστ. Συν. της Ελλ. Γεωλ. Ετ., Δελτ. Ελλ. Γεωλ. Ετ., XXV/3, σ. 19-38.
- **ΜΑΡΙΟΛΑΚΟΣ Η., ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ Ι. & ΛΑΔΑΣ Ι., (2001).** – «Παλαιογεωγραφική εξέλιξη της ΝΔ Πελοποννήσου κατά το Τεταρτογενές». 9ο Συνέδριο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας, Αθήνα.
- **ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ Δ., (1986).** – «Γεωλογία της Ελλάδας». Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- **ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ Δ. & ΚΡΑΝΗΣ Χ., (2004).** – Αποσπασματική μετάφραση από τη γεωτομή VIII, «The transmed Atlas, the Mediterranean region from crust to mantle – Transet VII, PAPANICOLAOU et al», Δημοσίευση από τη Mediterranean consortium για το 32^ο Διεθνές Γεωλογικό Συνέδριο.

- **ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ Δ., ΛΟΖΙΟΣ Σ. & ΚΑΡΟΤΣΙΕΡΗΣ Ζ., (2012).** – «Τεκτονική Γεωλογία». Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- **ΣΤΡΑΤΙΚΟΠΟΥΛΟΣ Κ., (2007).** – «Υδρογεωλογική και υδροχημική μελέτη των θερμομεταλλικών πηγών της δυτικής Πελοποννήσου με τη χρήση σταθερών ισοτόπων». Διπλωματική Εργασία, Τομέας εφαρμοσμένης γεωλογίας και γεωφυσικής, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- **ΦΟΥΝΤΟΥΛΗΣ Ι., (1994, Δημοσίευση στη «ΓΑΙΑ» το 2000).** – «Νεοτεκτονική εξέλιξη της κεντροδυτικής Πελοποννήσου». Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Εθνικό & Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών.
- **ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ Ν., (1968).** - «Γεωλογικαί παρατηρήσεις εις την επαρχίαν Πυλίας (Μεσσηνία)». Ann. Geol. Pays Hellen., XXI, p.114-120, Αθήνα.
- **ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ Ν., (1971).** - «Γεωλογικαί έρευναι εις την επαρχίαν Πυλίας (Μεσσηνία)». Ann. Geol. Pays Hellen., XXIII, p. 57-122, Αθήνα.
- **ΦΥΤΡΟΛΑΚΗΣ Ν., (1980).** – Γεωλογικός Χάρτης Ελλάδας, Φύλλο «Κορώνη – Πύλος – Σχίζα», κλίμακα 1:50.000, ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- **BLUMENTHAL M.M., (1933).** – «Zur Kenntnis des Querprofils des zentralen und nördlichen Peloponnes». N-Jb. f. Miner., 70, Abt. B. S. 449-514, Stuttgart.
- **BORY DE SAINT-VINCENT J. B., (And Collaborators), (1834).** – «Expédition scientifique de Morée. Section des sciences physiques., volume II Géographie et géologie»
- **DERCOURT J., FLEURY J.J. & TSOFLIAS P., (1973).** – «Mouvements tangentiels dans la zone autochtone de Gavrovo - Tripolitza en Peloponnes Nord Occidental (Achaïe, Grèce)». GRAS, 276, p. 473-476.
- **GARCIA SANSEGUNDO J., POBLET J., ALONSO J. L., CLARIANA P., (2011).** – «Hinterland-foreland zonation of the Variscan orogen in the Central Pyrenees: comparison with the northern part of the Iberian Variscan Massif», Geological Society, London, Special Publications, vol. 349, issue 1, pp. 169-184.
- **HATZFELD D. et al., (1989).** – «The Hellenic subduction beneath the Peloponnesus first results of a microearthquake study». Earth and Planetary Science Letters Volume 93, Issue 2, June 1989, Pages 283-291.
- **JACOBSHAGEN V., (1977).** – «Structure and geotectonic evolution of the Hellenides». Proceedings of the VI Colloquium on the Geology of the Aegean Region, 3, p. 1355-1367, Athens.
- **KRAFT J. & ASCHENBRENER S., (1977).** – «Paleogeographic reconstructions in the Methoni embayment in Greece». *Journal of field Archaeology*, 4, p. 19-44.
- **LE PICHON X. & ANGELIER J., (1979).** – «The Hellenic Arc and Trench System: a key to the neotectonic evolution of the eastern Mediterranean area». Tectonophysics, 60, p. 1-42.
- **LE PICHON X. & ANGELIER J., (1981).** – «The Aegean sea». Phil. R. Soc. London, A 300, p. 357-372.
- **ΜΑΚΡΟΠΟΥΛΟΣ Κ., ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ Ι. & ΛΑΤΟΥΣΑΚΗΣ Ι., (1989).** – «A revised and extended earthquake catalogue for Greece since 1900». Geophys. J., 98, 2, p. 391-394

- **MARIOLAKOS I., FOUNTOULIS I., MARCOPOULOU - DIACANTONI, A. & MIRKOU, M.R., (1994).** – «Some remarks on the kinematic evolution of Messinia province (SW Peloponnesus, Greece) during the Pleistocene based on neotectonics, stratigraphic and paleogeographic observations».
- **MARIOLAKOS I. & PAPANIKOLAOU D., (1981).** – «The neogene basins of the Aegean Arc from the Paleogeographic and the Geodynamic point of view». Proceedings, Int. Symp. Hell. Arc and Trench (HEAT), I, p. 383-399, Athens.
- **MARIOLAKOS I., PAPANIKOLAOU D. & LAGIOS E., (1985).** – «A neotectonic geodynamic model of Peloponnesus based on: morphotectonics, repeated gravity measurements and seismicity». Geol. Jb. Band 50, p. 3-17.
- **MATTAUER M., (1973).** – «Les deformations des materiaux de l'ecorce terrestre». Paris.
- **MAUL O., (1921).** – «Beitrage zur Morphologie des Peloponnes und des sudlicher Mittel-griechenlands». *Geogr. P. Abhandl.*, 10, 3, 120 s., Leipzig.
- **MONOPOLIS D. & BRUNETON A., (1982).** – «Ionian sea (Western Greece): its structural outline deduced from drilling and geophysical data». Tectonophysics, v. 83, p. 227-242.
- **PAPANICOLAOU D., (1997).** – «The tectonostratigraphic terrances of the Hellenides». Annales Geologiques des Pays Helleniques 37, 495-514.
- **PAPOULIA J. & MAKRIS J., (2004).** – «Microseismicity and active deformation of Messinia SW Greece». Journal of Seismology – VOL 8; No 4, pages 439-151.
- **PIPER D., PANAGOS A. & PE-PIPER, G., (1978).** – «Conglomeratic miocene flysch, Western Greece». J. Sedim. Petrol., v. 48/1, p. 117-126.
- **PHILIPPSON A., (1892).** – «Der Peloponnes». Versucheiner Landeskunde auf Geograph. Grundlage, 647s, Berlin.
- **RENTZ C., (1940).** – «Die Tektonik der griechischen Gebirge». Prakt. Akad. Athinon, 8, s. 1-171, Athen.
- **THIEBAULT F., (1982).** – «Evolution géodynamique des Hellenides externes en Péloponnèse méridional (Grèce)». Soc. Geol. Nord, Publ. n. 6, 574 p., Lille.
- **TWISS R. & MOORES E., (2007).** – «Structural Geology» 2nd Edition

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι – Πίνακες Μετρήσεων

Υπόμνημα:

Η μέτρηση της απόστασης έχει ως σημείο αναφοράς την δυτική αρχή κάθε πρανούς και πάνω στον επαρχιακό δρόμο. Στους πίνακες, ομαδοποιούνται με πλαίσιο οι τιμές που αφορούν ίδια τεκτονική δομή (π.χ. πτυχή, ρήγμα). Με ερωτηματικό εμφανίζονται οι τιμές που μπορεί να αμφισβητηθούν λόγω διάφορων αιτιών - όπως περιπτώσεις που η επιφάνεια μέτρησης δεν ήταν αρκετά μεγάλη για να μείνει σταθερή η γεωλογική πυξίδα και δεν μετρήθηκαν με απόλυτη ακρίβεια. Επίσης, η στήλη με τις παρατηρήσεις αφορούν όσες έγιναν επί τόπου κατά την λήψη των μετρήσεων στην ύπαιθρο και αποτελούν εκτιμήσεις και προσεγγίσεις των συγγραφέων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4 – ΒΟΡΕΙΟ 1

Απόσταση (m)	Στρώση	Σκέλη	Άξονας Πτυχής	Άξονας θss	Άξονικό Επίπεδο	Ρήγμα / Διάρρηξη	Γραμμές Προστριβής	Παρατηρήσεις
1	73/254							
2	50/080							
3	15/050							
5	62/074							
6	65/078							
12								
14	60/070							
18		55/060						
19			12/330	06/334				
22		45/250						
26						80/080 (?)		ακανόνιστο ρήγμα με άλμα 15cm
27								διάρρηξη με ασβεστίτη
28		55/240						διάβρωση
28			22/150	18/164				διάβρωση
28		50/090						διάβρωση
30	50/250							
33						80/110		
33 - 48	47/256							
49						70/130	20/200	κανονικό ρήγμα
50 - 54	35/240							
54	05/360							
55	08/120							
56						50/098		κανονικό ρήγμα
56,5	07/150							
57,5		30/066						
58			10/360	06/347				
59 - 65		45/264						
73 - 75								πιθανό ρήγμα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4 – ΒΟΡΕΙΟ 1 (συνέχεια 2)

81								ακανόνιστο ρήγμα χωρίς εμφανή στοιχεία
82	18/210							
84								κατακόρυφο ρήγμα με διαβρωμένη επιφάνεια
84,5	30/220							
85	37/172							
85,5						75/140		
86	15/209							
87						75/126		
88 - 101	15/134							
102		10/166						
102			27/168	10/174				πτυχή με μικρή κάμψη
102		88/264						
104								πιθανό ρήγμα (πυκνή βλαστηση)
106		03/222						
107				03/202				
108		15/122						
114 - 122		15/244						ίδιο σκέλος
125		15/276						ίδιο σκέλος
126			10/342	02/358	60/070 (?)			
126		88/088						ίδιο σκέλος
128		75/098						ίδιο σκέλος
130		90/084						ίδιο σκέλος
136		75/084						ίδιο σκέλος
144		80/258	08/174	04/169	60/090 (?)			
145						30/240		ανάστροφο ρήγμα
145						75/090		
146						05/110		
148		20/090						
148						45/054		
158	03/128							
158						70/186		
159-162						85/090		
164	20/270							
166	20/270					85/120		διάρρηξη χωρίς εμφανή με ολίσθηση
167						25/090		
170	20/270					70/186		ανάστροφο ρήγμα
176	10/250					33/154 & 10/096		πιθανό ρήγμα (ανάστροφο)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.4 – ΒΟΡΕΙΟ 1 (συνέχεια 3)

182		70/060	45/334	42/349				
183		85/264						ίδιο σκέλος
186		85/280						ίδιο σκέλος
188 - 192		72/266				30/288		ίδιο σκέλος
"								
193		80/108		03/019				
194 - 200						65/300		ανάστροφο ρήγμα
198						70/330		
199		03/010						
200-210	20/274					35/270		ανάστροφο ρήγμα
204						65/304	05/212	δεξιόστροφο ρήγμα
210		50/260		07/344				
210-226		20/274						
226-232								πυκνή βλάστηση
232 - 237		45/256				35/262	37/250	
232-234		85/083	15/176	02/173	30/062			
238		60/262						
		90/263		02/173				
239		90/263	10/168	05/173				
240		60/260						
241-243						55/254	50/228	
244-246						60/258		
246-250	60/260							

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5 – ΝΟΤΙΟ 1

Απόσταση (m)	Στρώση	Σκέλη	Άξονας Πτυχής	Άξονας βss	Άξονικό Επίπεδο	Ρήγμα / Διάρρηξη	Γραμμές Προστριβής	Παρατηρήσεις
2		30/270		02/183				ανοιχτή πτυχή
6		02/166						
12						55/080		
14		18/082						
17								διάβρωση
19	60/064							
21		32/065	05/163	01/153				
22		60/064						
24		55/064	10/360 (?)	21/350				
25		30/302						
26		33/064						
27			15/024	05/343				ανοιχτή κάμψη
28		45/258						
29		?	05/175					
30		43/356						
30-50								πυκνή βλάστηση
54	46/250							
65	33/246							
70								
75	35/238							
78						75/238		
80	30/245							
84 - 88						30/248		
87,0		35/240						
89,0			05/175	09/163				
90		10/186						
91		20/256		10/195				
92								πιθανό κατακόρυφο ρήγμα (έντονη διάβρωση)
93		25/253	05/200	10/186				
94		20/125						
95,0						60/352	i) 30/280 ii) 55/310	κανονικό ρήγμα με δύο γενεές γρ. προστριβής
95	20/144							
95,0						55/356		κανονικό ρήγμα
97	25/094							
98						60/356		κανονικό ρήγμα
99	15/124							
100	30/170							
100-102						60/360	25/070	
103	15/108							
105						80/253		ανάστροφο ρήγμα
108	25/090							
108 - 112						30/065		κανονικό ρήγμα μικρής κλίσης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5 – ΝΟΤΙΟ 1 (συνέχεια 2)

112		10/066	00/005	01/153				
113		05/240						
113						65/331	20/038	ανάστροφο ρήγμα
113	10/072							
114	05/094							
116						65/340	12/255	δεξιόστροφο ρήγμα
118	15/265							
124	20/260							
128		22/250						σχεδόν οριζόντιο σκέλος
134			05/168	08/179				
134		85/090						κατακόρυφο σκέλος
137		90/073						
137			15/351	03/163				διπλή πτυχή με φαινομενικά οριζόντια αξ. επίπεδα
137		35/076						κοινο σκελος
		35/076						κοινο σκελος
137			15/170	06/354				διπλή πτυχή με φαινομ. οριζοντια αξον. επιπεδα
137		75/266						
140		80/080						μεγάλη πτυχή με
141		90/088						κατακόρυφο σκέλος
150						60/074	50/053	κανονικό ρήγμα
152						70/082		κανονικό ρήγμα
153		70/262						το ίδιο κατακόρυφο σκέλος (και το άλλο σκέλος είναι οριζόντιο και απρόσιτο)
145-154								ανάστροφο ρήγμα δεν έχουμε μετρηση
154-156								έντονη διάβρωση
156								πιθανό ρήγμα λόγω μορφολογικής ασυνέχειας
158	25/094 (?)							
162						20/348		μικρό ανάστροφο ρήγμα
163-175								μεγάλο ανάστροφο ρήγμα - δεν έχουμε μέτρηση
163	05/075							
166	15/294							

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.5 – ΝΟΤΙΟ 1 (συνέχεια 3)

164-180						30/278		αναστροφο
172	15/254							μεγάλη διπλή πτυχή με
174	20/245							
172-181						45/266	05/293	μεγάλο ανάστροφο ρήγμα
178		10/285						
180						30/270		ανάστροφο ρήγμα
182		10/265						οριζόντιο σκέλος
186						08/235		ανάστροφο ρήγμα
188			50/028	03/194				μεγάλη διπλή πτύχωση (άξονας Α)
190		35/280						και κατακόρυφο το ίδιο κατακόρυφο σκέλος
186		70/270						
196						58/274	25/210	κανονικό ρήγμα
196						80/096	55/130	συνθετικό ρήγμα που ενώνει άλλα δυο
196						65/284		
198						40/296		κανονικό ρήγμα
						40/296		κανονικό ρήγμα
199		73/270						ιδιο σκελος
202		85/270						ιδιο σκελος
202-228						50/285	30/228	μεγάλο ανάστροφο ρήγμα (παράλληλα μεταξύ τους)
202-227						45/282	30/220	μεγάλο ανάστροφο ρήγμα (παράλληλα μεταξύ τους)
			?	10/181 & 03/181				μεγάλη διπλή πτύχωση (άξονας Β)
207		10/190						οριζόντιο σκέλος
212		05/230						σκέλος της 2ης πτύχωσης

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.6 – ΒΟΡΕΙΟ 2

<u>Απόσταση (m)</u>	<u>Στρώση</u>	<u>Σκέλη</u>	<u>Άξονας Πτυχής</u>	<u>Άξονας βss</u>	<u>Άξονικό Επίπεδο</u>	<u>Ρήγμα / Διάρρηξη</u>	<u>Γραμμές Προστριβής</u>	<u>Παρατηρήσεις</u>
2	15/254							
16	10/224							
28						72/344		
30	10/200							
34						65/310		ανάστροφο ρήγμα
42	10/200							
48	00/209							
50						40/265	35/270 (?)	κανονικό ρήγμα
52	55/094							
54						75/350 (?)		ανάστροφο ρήγμα
60	10/114							
64						75/330		ανάστροφο ρήγμα
66	10/145							
73-75								
75	08/204							
88						80/125		ανάστροφο ρήγμα
94	50/098							
102						40/350		
110	65/097							
114	65/119							
116						55/010		
127	50/090							
132	05/084							
138						78/166		ανάστροφο ρήγμα
140	10/272							
150	20/277							
152						75/260		ανάστροφο ρήγμα
156	30/298							
167		10/070	10/010 (?)	(08/037)				
168						35/280	35/285	ανάστροφο ρήγμα
168		32/320						
170						45/267		ανάστροφο ρήγμα
174	20/309							
175						55/270	45/265	ανάστροφο ρήγμα
178	18/293							
180	35/300							
192						80/286		ανάστροφο ρήγμα
193	40/276							
194						58/270		ανάστροφο ρήγμα
201	25/285							

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.7 – ΝΟΤΙΟ 2

<u>Απόσταση (m)</u>	<u>Στρώση</u>	<u>Σκέλη</u>	<u>Άξονας Πτυχής</u>	<u>Άξονας βss</u>	<u>Άξονικό Επίπεδο</u>	<u>Ρήγμα / Διάρρηξη</u>	<u>Γραμμές Προστριβής</u>	<u>Παρατηρήσεις</u>
6	15/250							
22	12/256							
30						70/333		ανάστροφο ρήγμα
32	05/241							
34						75/343		κανονικό ρήγμα
34	10/267							
43	07/242							
50						75/323	10/230	
55						80/322	10/234	
						75/306	35/032?	ίδιο ρήγμα
58						88/325		ανάστροφο ρήγμα
60		05/234		00/144				
67		20/055						
71						55/314	47/330	ανάστροφο ρήγμα
75						35/328	05/236	κανονικό ρήγμα
79						15/078	15/114	οριζόντιο ρήγμα
80						25/086		οριζόντιο ρήγμα
80	65/090							
82	65/090							
84						75/328	10/057	αριστερόστροφο ρήγμα
87	60/090							
92	55/093							
98						65/085		ανάστροφο ρήγμα
99	55/108							
105	45/088							
106						45/076	45/093	
112	45/092							
126						55/080		
127	45/084							
128	50/080							
129						80/296		
130	10/345							
140	15/320							
142						65/277		ρήγμα με πολλές απολήξεις
143						25/330		απόληξη κύριου ρήματος
148		25/290						
156			15/360 (?)	08/003				
159		10/325						
164						45/235	20/300	ανάστροφο ρήγμα
167	15/307							
171	05/342							
175	25/294							
184						60/286	40/210?	
187	55/280							

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.8 – ΒΟΡΕΙΟ 4

<u>Απόσταση (m)</u>	<u>Στρώση</u>	<u>Σκέλη</u>	<u>Άξονας Πτυχής</u>	<u>Άξονας βss</u>	<u>Αξονικό Επίπεδο</u>	<u>Ρήγμα / Διάρρηξη</u>	<u>Γραμμές Προστριβής</u>	<u>Παρατηρήσεις</u>
2	25/270							
6	20/330							
12						45/ 237		κανονικό ρήγμα
14	15/295							
22	15/312							
29	15/333							
36	15/305							
40						80/050		κανονικό ρήγμα
40	15/280							
41						60/095		κανονικό ρήγμα
41						70/085		κανονικό ρήγμα
44	15/284							
47						28/266		
48						40/234		ανάστροφο ρήγμα
49	28/275							
51						75/085		κανονικό ρήγμα
51		03/240						
51						30/075		ανάστροφο ρήγμα
52			05/196	02/191				
52						65/098		ανάστροφο ρήγμα
52		60/102						
52						75/080		ανάστροφο ρήγμα
53		10/323						
54			00/020	05/024				
54		75/295						κοινό σκέλος
54		75/295						κοινό σκέλος
54			05/022	04/024				
54		15/310						
58	15/306							
64	15/286							
69								τρία κανονικά ρήγματα (απρόσιτα)
70	10/274							
71						65/260 (?)		
72						55/260 (?)		
		70/250						
73			10/350 (?)	02/339				
74		05/278						
80	05/332							
83						45/289		ανάστροφο ρήγμα
83	60/096							
84						30/300		ανάστροφο ρήγμα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.8 – ΒΟΡΕΙΟ 4 (συνέχεια 2)

86	10/067							
93						55/300		ανάστροφο ρήγμα (?)
93	15/290							
100						65/102		
102	63/256							
109						55/230	40/200	
114	60/255							
126	50/260							

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.9 – ΝΟΤΙΟ 4

<u>Απόσταση (m)</u>	<u>Στρώση</u>	<u>Σκέλη</u>	<u>Άξονας Πτυχής</u>	<u>Άξονας βss</u>	<u>Άξονικό Επίπεδο</u>	<u>Ρήγμα / Διάρρηξη</u>	<u>Γραμμές Προστριβής</u>	<u>Παρατηρήσεις</u>
2	18/268							
11	05/250							
17						75/252		
18	05/070							
19								ρήγμα χωρίς ευκρινή επιφάνεια
17-19								διάβρωση
23	05/276							
36	05/277							
46	10/242							
53								κανονικό ρήγμα χωρίς ευκρινή επιφάνεια
53	20/265							
53						80/276		κανονικό ρήγμα
54	20/102							
57						50/262		κανονικό ρήγμα
58	25/266							
58						20/250		κανονικό ρήγμα
61	25/262							
66						68/342		πιθανό ρήγμα
67	18/275							
69						05/280		ανάστροφο ρήγμα
71						70/105 (?)		κανονικό ρήγμα
74	10/257							
80						70/274	15/356	αριστερόστροφο ρήγμα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.9 – ΝΟΤΙΟ 4 (συνέχεια 2)

80						45/053		ανάστροφο
85		30/303						
86						42/303		ανάστροφο
86			05/078 (?)	23/345				μικρή κάμψη
87		85/257						κοινό σκέλος
87		85/257						κοινό σκέλος
87			10/167 (?)	24/345				
80-87								πολλά ρήγματα (τουλάχιστον δυο κανονικά και δυο ανάστροφα) σε απρόσιτο σημείο
88		27/316						
89						45/283		ανάστροφο ρήγμα
92	25/293							
102	20/292							
110						60/270		κανονικό ρήγμα
111	05/270							
113	05/255							
116	70/265							
117	55/266							
117						70/270		ανάστροφο
118						85/264	264	κανονικό ρήγμα
118		50/272						
119			03/008	06/357				
120		67/084						
120						85/276		κανονικό ρήγμα
123	55/270							
127	55/266							
130	60/263							
133						50/278		
134	50/282							

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.10 – ΒΟΡΕΙΟ 5

<u>Απόσταση (m)</u>	<u>Στρώση</u>	<u>Σκέλη</u>	<u>Άξονας Πτυχής</u>	<u>Άξονας βss</u>	<u>Άξονικό Επίπεδο</u>	<u>Ρήγμα / Διάρρηξη</u>	<u>Γραμμές Προστριβής</u>	<u>Παρατηρήσεις</u>
4	07/240							
6								πιθανό ρήγμα - πυκνή βλάστηση
16	10/340							
20						58/326		ανάστροφο ρήγμα
26	05/008							
34	07/284							
42	03/290							
46								πιθανό ρήγμα
56	05/294							
70	04/128							
70-75								πιθανό ρήγμα
76-82								έντονη διάβρωση
76	10/132??							
81	03/162							
90	05/156							
100	04/104							
102								πιθανά δύο ανάστροφα ρήγματα (απρόσιτα)
114	05/090							
124								έντονη διάβρωση - πιθανά κανονικά ρήγματα
128	15/110							
138	08/320							
138						30/256		ανάστροφο ρήγμα
145	10/107							
166								

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.11 – ΒΟΡΕΙΟ 6

<u>Απόσταση (m)</u>	<u>Στρώση</u>	<u>Σκέλη</u>	<u>Άξονας Πτυχής</u>	<u>Άξονας βss</u>	<u>Άξονικό Επίπεδο</u>	<u>Ρήγμα / Διάρρηξη</u>	<u>Γραμμές Προστριβής</u>	<u>Παρατηρήσεις</u>
0								διάβρωση
4	25/093							
6						28/284		
10	35/100							
13								πιθανο αναστροφο ρήγμα χωρίς ευκρινή επιφάνεια
15						80/272		
18	05/332							
21						40/289		ανάστροφο ρήγμα
22	10/294							ανάστροφο ρήγμα (απρόσιτο)
23						33/248		ανάστροφο ρήγμα
25	03/240							
29						55/286		ανάστροφο ρήγμα
36	07/296							
48	10/262							
60	10/243							
67						55/290		ανάστροφο ρήγμα
70	10/304							
74	20/345							ανάστροφο ρήγμα (απρόσιτο)
75								ανοιχτή κάμψη
78	10/256							
84						50/290		ανάστροφο ρήγμα
88	03/281							

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.12 – ΝΟΤΙΟ 6

Απόσταση (m)	Στρώση	Σκέλη	Άξονας Πτυχής	Άξονας βss	Άξονικό Επίπεδο	Ρήγμα / Διάρρηξη	Γραμμές Προστριβής	Παρατηρήσεις
2	34/090							
3						15/010	05/300	
4						50/280		ίδιο ρήγμα σε άλλο σημείο του
7	10/324							
9						45/300	45/260	κανονικό ρήγμα
11	07/211							
20	12/232							
28	07/200							
36	15/235							
46	10/290							ανάστροφο ρήγμα (απρόσιτο)
52						60/286	65/260	απροσδιόριστη κινηματική
57	20/300							
59	18/283							
64	10/285							
70								

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.13 – ΒΟΡΕΙΟ 7

Απόσταση (m)	Στρώση	Σκέλη	Άξονας Πτυχής	Άξονας βss	Άξονικό Επίπεδο	Ρήγμα / Διάρρηξη	Γραμμές Προστριβής	Παρατηρήσεις
4	00/120							
12	05/132							
19	04/110							
32	04/092							
50	05/110							
82		20/085						
87			(08/327)	07/015				
105		27/300						
115	18/260							
124	15/240							
131	18/247							
139	17/244							
154	22/270							
164	22/260							
178	23/267							
184	20/264							
190	15/264							
200	20/288							
206	23/282							
208								μικρή κάμψη
209	30/290							

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.14 – ΝΟΤΙΟ 7

<u>Απόσταση (m)</u>	<u>Στρώση</u>	<u>Σκέλη</u>	<u>Άξονας Πτυχής</u>	<u>Άξονας βss</u>	<u>Άξονικό Επίπεδο</u>	<u>Ρήγμα / Διάρρηξη</u>	<u>Γραμμές Προστριβής</u>	<u>Παρατηρήσεις</u>
3	05/088							
5	10/075							
7	10/080							
20	06/051							
28	12/048							
40	00/042							
49	08/087							
56	10/055							
60	00/075							
66	33/080							
70		10/060						
				03/347				
84		05/295						
92	10/294							
100	15/292							
108								ανάστροφο ρήγμα
116	23/322							
128	10/311							
141	32/295							
162	28/265							
162						85/316	10/220	αριστερόστροφο ρήγμα (άνω)
176	17/274							
179						70/338	20/243	ρήγμα (άνω)
181						70/354		ιδιο ρηγμα (κάτω)
181	20/279							
189	16/269							
192		17/290						(άνω)
192			33/284	17/282				μικρη καμψη (άνω)
198		18/262						(άνω)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.15 – ΒΟΡΕΙΟ 8

Απόσταση (m)	Στρώση	Σκέλη	Άξονας Πτυχής	Άξονας βss	Άξονικό Επίπεδο	Ρήγμα / Διάρρηξη	Γραμμές Προστριβής	Παρατηρήσεις
1	20/350							
8	23/008							
12		20/312						
13			15/353 (?)	13/002				
15		35/073						
18	43/061							
23	57/058							
29	75/073							
32								βλάστηση
33	45/042							
37		40/046	?	24/348				
38		35/298						κοινό σκέλος
38		35/298	?	24/150				κοινό σκέλος
39		65/068						
40	15/353							
44-64								έντονη διάβρωση/βλάστηση
67	37/285							
70-88								έντονη διάβρωση/βλάστηση
92		35/283						
94			05/025 (?)	07/003				
97		23/077						
100	50/080							
104		70/077	?	15/353				
113		28/294						
118	30/295					83/190 (?)		πιθανό κατακόρυφο ρήγμα χωρίς εμφανή επιφάνεια
128	35/273							
135	35/281							
143	33/271							
146	40/278							
147								πιθανό κανονικό ρήγμα
148	35/280							
150						85/240 (?)		πιθανό κατακόρυφο ρήγμα χωρίς εμφανή επιφάνεια
155	37/288							
160	35/274							

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.15 – ΒΟΡΕΙΟ 8 (συνέχεια 2)

167						88/031	30/120 (?)	
173	40/273							πιθανό ανάστροφο ρήγμα
179		35/304						
179,5			13/154 (?)	34/319				
180		73/037						
181						83/200		πιθανό κατακόρυφο ρήγμα
183		08/333	?	08/327				μικρή ανοιχτή κάμψη
184		10/004						κοινό σκέλος
185		10/004	02/350	10/004				κοινό σκέλος
186		78/092						κοινό σκέλος
187		78/092	03/008	07/023				κοινό σκέλος
188		40/066						μικρή κάμψη
190	66/080							
191		55/084						
195			10/006					
195		87/094						
196		80/080						
196			02/355	10/168				
196		60/084						
197		88/275						
197			08/015	10/005				
197		28/074						
200	20/066							
206	03/071							
206-215						32/070		ρήγμα με άγνωστη κινηματική
215	14/322					20/060	18/110	
217		18/317						
218			10/014	16/345				
218		48/060						
217-219						50/228		ανάστροφο ρήγμα
218		85/083						
218			00/350	03/353				
219		40/080						
220		35/078						
221			12/342	02/165				
222		83/075						κοινό σκέλος
223		83/075						κοινό σκέλος
224			03/356	08/346				
225		43/067						
226		45/078						
227			03/180	13/001				
228		55/082						
229		85/273						
229			03/185	11/002				
229		25/067						

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.15 – ΒΟΡΕΙΟ 8 (συνέχεια 3)

231	33/088							
232	45/090							
233		35/088						
233			12/180	10/012				
233		60/096						κοινό σκέλος
233		60/096						κοινό σκέλος
233			15/358	25/022				
233		37/073						
235	30/020							
236		35/086						
236			05/006	10/009				
236		71/096						κοινό σκέλος
236		71/096						κοινό σκέλος
236			10/008	09/009				
237		22/076						κοινό σκέλος
237		22/076						κοινό σκέλος
237			10/351	05/357				
239		55/084						
240	22/080							
242	12/024							
244-246								
249	48/293							
256		35/288						
264			15/356	15/355				
265		60/274						κοινό σκέλος
265		60/274						κοινό σκέλος
266			30/350	02/185				
267		37/273						
272	32/270							
286	35/279							
296						65/040		πιθανό κανονικό ρήγμα
302	15/274							
304						85/210		πιθανό κατακόρυφο ρήγμα
309		20/293	?	08/001				
316		10/040						
322						68/280		ρήγμα άγνωστης κινηματικής
323	14/033							
331-339						22/103		ανάστροφο ρήγμα
341	10/312							

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.16 – ΝΟΤΙΟ 8

<u>Απόσταση (m)</u>	<u>Στρώση</u>	<u>Σκέλη</u>	<u>Άξονας Πτυχής</u>	<u>Άξονας βss</u>	<u>Άξονικό Επίπεδο</u>	<u>Ρήγμα / Διάρρηξη</u>	<u>Γραμμές Προστριβής</u>	<u>Παρατηρήσεις</u>
10	45/291							
13	35/272							
16								βλάστηση
20	35/267							
30	25/274							
35	23/289							
35-38								ρήγμα άγνωστης κινηματικής
30-40								ρήγμα άγνωστης κινηματικής
38		23/278						
				07/351				πτυχή χωρίς ευκρινή άξονα
42		35/071						
37	20/268							
37		26/268						
40			03/350	01/180				
42		33/091						κοινό σκέλος
42		33/091						κοινό σκέλος
43			05/162	07/170				
43		87/080						κοινό σκέλος
		87/080						κοινό σκέλος
44			04/346	14/351				
44		68/075						
52						03/084		
53						30/260		
53						50/066		
54						40/072		
55		75/078						
			?	06/349				πτυχή χωρίς ευκρινή άξονα
56		20/275						
64						73/023		πιθανό ανάστροφο
70	23/300							
74								πιθανό κανονικό ρήγμα
76	28/280							
86	29/283							
100	30/282							
114	30/282							

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.16 – ΝΟΤΙΟ 8 (συνέχεια 2)

123		33/278						
126			12/330 & 10/345	03/004				διπλή πτύχωση
127		18/283						
131		05/340	00/350	05/351				
132		75/080						
133						31/072		οριζόντιο ρήγμα
133						20/268		ανάστροφο ρήγμα
134								σύστημα αναστροφών ρηγμάτων
135	40/085							
136								σχεδόν κάθετο ρήγμα
136		25/050						
137			08/337	13/349				
138		75/076						
140		23/064	00/320	00/335				
142		15/064						
144-164								δρόμος και βλάστηση
165		45/090						
166			05/147	11/011				
168		18/064						
166						10/341		οριζόντιο ρήγμα (κανονικό?)
165		30/053						
167			00/127	24/012				
169		40/071						
170	60/086							
176		34/080						
177			00/180	06/359				
178		50/084						
181		65/082						
181			10/145	05/354				
183		20/070						κοινό σκέλος (α)
183		20/070						κοινό σκέλος (α)
183			05/354	06/357				
184		65/270						κοινό σκέλος (β)
184		65/270						κοινό σκέλος (β)
184			05/360	04/358				
185		05/035						κοινό σκέλος (γ)
185		05/035						κοινό σκέλος (γ)
186			03/188	04/014				
187		45/288						
189	23/265							
197	23/276							
204								πιθανό ρήγμα
208						80/030		ρήγμα άγνωστης κινηματικής

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.16 – ΝΟΤΙΟ 8 (συνέχεια 3)

213	35/288							
214								πιθανό ρήγμα
217	30/220							
216								πιθανό κατακόρυφο ρήγμα
218						55/270		ρήγμα άγνωστης κινηματικής
219	25/278							
224	35/273							
235								κανονική διάρρηξη χωρίς ευκρινή επιφάνεια
236	30/272							
238								κανονική διάρρηξη χωρίς ευκρινή επιφάνεια
240								κανονική διάρρηξη χωρίς ευκρινή επιφάνεια
241								κανονική διάρρηξη χωρίς ευκρινή επιφάνεια
244								ρήγμα άγνωστης κινηματικής
248		50/293						
249			15/017	08/210				ισοπαχής πτυχή πολύ κλειστή έως ισοσκελής πτυχή
250		28/136						
251								πιθανό ρήγμα
254						35/286		ρήγμα άγνωστης κινηματικής
255	08/045							
257						40/300	25/293	ρήγμα άγνωστης κινηματικής
260	10/098							
270								

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.17 – ΒΟΡΕΙΟ 9

<u>Απόσταση (m)</u>	<u>Στρώση</u>	<u>Σκέλη</u>	<u>Άξονας Πτυχής</u>	<u>Άξονας βss</u>	<u>Άξονικό Επίπεδο</u>	<u>Ρήγμα / Διάρρηξη</u>	<u>Γραμμές Προστριβής</u>	<u>Παρατηρήσεις</u>
3	67/113							
4	60/111							
12	69/104							
18	65/104							
34	61/104							
40	65/105							
47	70/104							
58	64/098							
70	60/107							
70-78								έντονη διάβρωση
86	75/093							
100	75/094							
108	75/096							
116	70/102							
118								πιθανό οριζόντιο ρήγμα
125	73/091							
133								πιθανό ρήγμα
136	82/098							
140								πιθανό οριζόντιο ρήγμα
142	82/100							
147		78/280						
148			08/005	02/010				κάμψη με μεγάλο εύρος
149		55/100						
157		60/290						

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.18 – ΝΟΤΙΟ 9

<u>Απόσταση (m)</u>	<u>Στρώση</u>	<u>Σκέλη</u>	<u>Άξονας Πτυχής</u>	<u>Άξονας βss</u>	<u>Άξονικό Επίπεδο</u>	<u>Ρήγμα / Διάρρηξη</u>	<u>Γραμμές Προστριβής</u>	<u>Παρατηρήσεις</u>
6	65/088							
14	65/098							
24	65/100							
36	70/104							
40	65/099							
42-52								άστρωτα
61	60/110							
64-70								άστρωτα
74	80/104							
80								πιθανό ρήγμα
84	83/100							
90	74/075							
96	85/090							
100	85/090							
106	86/099							
114	85/092							
119		75/091						μικρή κάμψη
119		90/094						
124	86/096							
128	65/076							
131	50/092							
132		55/085						
134			(15/000)	07/000				κάμψη με μεγάλο εύρος
134		87/090						

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.19 – ΝΟΤΙΟ 10

<u>Απόσταση (m)</u>	<u>Στρώση</u>	<u>Σκέλη</u>	<u>Άξονας Πτυχής</u>	<u>Άξονας βss</u>	<u>Άξονικό Επίπεδο</u>	<u>Ρήγμα / Διάρρηξη</u>	<u>Γραμμές Προστριβής</u>	<u>Παρατηρήσεις</u>
7	65/120							
13	65/126							
19	70/130							
19						30/300		ανάστροφο ρήγμα
22	70/120							
23						40/124		κανονικό ρήγμα
28	70/130							
29								
36	68/115							
38						30/282		κανονικό ρήγμα
42	55/116							
48	45/110							
51	28/112							
53		40/108	10/193	03/195				
		78/284						
58	85/290							
62	73/296							
63-77								διάβρωση
81		80/296						
82		25/115		01/026				

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II - Υπολογισμός γωνιών σκελών

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.20 (α)

Πρανές	A/A	Σκέλη	Άξονας	Γωνία	Χαρακτηρισμός
B1	1	55/060	12/330	99,7	ΑΝΟΙΚΤΗ
		45/250			
	2	55/240	22/150	100,3	ΑΝΟΙΚΤΗ
		50/090			
	3	30/066	10/360	74,1	ΑΝΟΙΚΤΗ
		45/264			
	4	10/166	27/168	89,3	ΑΝΟΙΚΤΗ
		88/264			
	5	03/222		15,6	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΗ
		15/122			
	6	15/276	10/342	103	ΑΝΟΙΚΤΗ
		88/088			
	7	80/258	08/174	99,4	ΑΝΟΙΚΤΗ
		20/090			
	8	70/060	45/334	145,7	ΠΟΛΥ ΑΝΟΙΚΤΗ
		85/264			
	9	80/108		80,4	ΑΝΟΙΚΤΗ
		03/010			
	10	50/260		31,1	ΚΛΕΙΣΤΗ
		20/274			
	11	45/256	15/176	129,4	ΠΟΛΥ ΑΝΟΙΚΤΗ
		85/083			
	12	60/262		30	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΗ
		90/263			
	13	90/263	10/168	30	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΗ
		60/260			
ΣΥΝΟΛΟ (13:)	ΠΟΛΥ ΑΝΟΙΚΤΕΣ: 2	ΑΝΟΙΚΤΕΣ: 7	ΚΛΕΙΣΤΕΣ: 1	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΕΣ: 3	ΙΣΟΚΛΙΝΕΙΣ:

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.20 (β)

Πρανές	A/A	Σκέλη	Άξονας	Γωνία	Χαρακτηρισμός
N1	14	30/270		30,7	ΚΛΕΙΣΤΗ
		02/166			
	15	32/065	05/163	28,2	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΗ
		60/064			
	16	55/064	10/360	73,7	ΑΝΟΙΚΤΗ
		30/302			
	17	33/064	15/024	77,3	ΑΝΟΙΚΤΗ
		45/258			
	18	35/240	05/175	30,3	ΚΛΕΙΣΤΗ
		10/186			
	19	10/186		19	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΗ
		20/256			
	20	25/253	05/200	39,9	ΚΛΕΙΣΤΗ
		20/125			
	21	10/066	00/005	15,2	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΗ
		05/240			
	22	22/250	05/168	105,7	ΑΝΟΙΚΤΗ
		85/090			
	23	90/073	15/351	55	ΚΛΕΙΣΤΗ
		35/076			
	24	35/076	15/170	109,4	ΑΝΟΙΚΤΗ
		75/266			
	25	10/265	50/028	25,4	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΗ
		35/280			
	26	85/270		83,3	ΑΝΟΙΚΤΗ
		10/190			
ΣΥΝΟΛΟ (13:)	ΠΟΛΥ ΑΝΟΙΚΤΕΣ:	ΑΝΟΙΚΤΕΣ: 5	ΚΛΕΙΣΤΕΣ: 4	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΕΣ: 4	ΙΣΟΚΛΙΝΕΙΣ:

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.20 (γ)

Πρανές	A/A	Σκέλη	Άξονας	Γωνία	Χαρακτηρισμός
B2	27	10/070	10/010	36,3	ΚΛΕΙΣΤΗ
		32/320			
ΣΥΝΟΛΟ (1:)	ΠΟΛΥ ΑΝΟΙΚΤΕΣ:	ΑΝΟΙΚΤΕΣ:	ΚΛΕΙΣΤΕΣ: 1	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΕΣ:	ΙΣΟΚΛΙΝΕΙΣ:
N2	28	05/234		24,6	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΗ
		20/055			
	29	25/290	15/360	17,3	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΗ
		10/325			
ΣΥΝΟΛΟ (2:)	ΠΟΛΥ ΑΝΟΙΚΤΕΣ:	ΑΝΟΙΚΤΕΣ:	ΚΛΕΙΣΤΕΣ:	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΕΣ: 2	ΙΣΟΚΛΙΝΕΙΣ:
B4	30	03/240	05/196	62,3	ΚΛΕΙΣΤΗ
		60/102			
	31	10/323	00/020	66,2	ΚΛΕΙΣΤΗ
		75/295			
	32	75/295	05/022	60,8	ΚΛΕΙΣΤΗ
		15/310			
	33	70/250	10/350	65,6	ΚΛΕΙΣΤΗ
		05/278			
ΣΥΝΟΛΟ (4:)	ΠΟΛΥ ΑΝΟΙΚΤΕΣ:	ΑΝΟΙΚΤΕΣ:	ΚΛΕΙΣΤΕΣ: 4	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΕΣ:	ΙΣΟΚΛΙΝΕΙΣ:
N4	34	30/303	05/078	65	ΚΛΕΙΣΤΗ
		85/257			
	35	85/257	10/167	72	ΑΝΟΙΚΤΗ
		27/316			
	36	50/272	03/008	116,4	ΑΝΟΙΚΤΗ
		67/084			
ΣΥΝΟΛΟ (3:)	ΠΟΛΥ ΑΝΟΙΚΤΕΣ:	ΑΝΟΙΚΤΕΣ: 2	ΚΛΕΙΣΤΕΣ: 1	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΕΣ:	ΙΣΟΚΛΙΝΕΙΣ:
B7	37	20/085	(08/327)	44,4	ΚΛΕΙΣΤΗ
		27/300			
ΣΥΝΟΛΟ (1:)	ΠΟΛΥ ΑΝΟΙΚΤΕΣ:	ΑΝΟΙΚΤΕΣ:	ΚΛΕΙΣΤΕΣ: 1	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΕΣ:	ΙΣΟΚΛΙΝΕΙΣ:
N7	38	10/060		13,4	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΗ
		05/295			
	39	17/290	33/284	8,7	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΗ
		18/262			
ΣΥΝΟΛΟ (2:)	ΠΟΛΥ ΑΝΟΙΚΤΕΣ:	ΑΝΟΙΚΤΕΣ:	ΚΛΕΙΣΤΕΣ:	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΕΣ: 2	ΙΣΟΚΛΙΝΕΙΣ:

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.20 (δ)

Πρανές	A/A	Σκέλη	Άξονας	Γωνία	Χαρακτηρισμός
B8	40	20/312	15/353	48	ΚΛΕΙΣΤΗ
		35/073			
	41	40/046		59,1	ΚΛΕΙΣΤΗ
		35/298			
	42	35/298		89,3	ΑΝΟΙΚΤΗ
		65/068			
	43	35/283	05/025	56,3	ΚΛΕΙΣΤΗ
		23/077			
	44	70/077		92,7	ΑΝΟΙΚΤΗ
		28/294			
	45	35/304	13/154	77,9	ΑΝΟΙΚΤΗ
		73/037			
	46	08/333		5,8	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΗ
		10/004			
	47	10/004	03/008	77,6	ΑΝΟΙΚΤΗ
		78/092			
	48	78/092	03/008	43,5	ΚΛΕΙΣΤΗ
		40/066			
	49	80/080	02/355	20,2	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΗ
		60/084			
	50	88/275	08/015	113,8	ΑΝΟΙΚΤΗ
		28/074			
	51	18/317	10/014	54,1	ΚΛΕΙΣΤΗ
		48/060			
	52	85/083	00/350	45,1	ΚΛΕΙΣΤΗ
		40/080			
	53	35/078	12/342	47,8	ΚΛΕΙΣΤΗ
		83/075			
	54	83/075	03/356	40,6	ΚΛΕΙΣΤΗ
		43/067			

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.20 (ε)

	55	45/078	03/180	10,6	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΗ
		55/082			
	56	85/273	03/185	107,3	ΑΝΟΙΚΤΗ
		25/067			
	57	35/088	12/180	25,9	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΗ
		60/096			
	58	60/096	15/358	28,4	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΗ
		37/073			
	59	35/086	05/006	37	ΚΛΕΙΣΤΗ
		71/096			
	60	71/096	10/008	50,5	ΚΛΕΙΣΤΗ
		22/076			
	61	22/076	10/351	32,9	ΚΛΕΙΣΤΗ
		55/084			
	62	35/288	15/356	26,8	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΗ
		60/274			
	63	60/274	30/350	23,1	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΗ
		37/273			
	64	20/293		24,7	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΗ
		10/040			
ΣΥΝΟΛΟ (25:)	ΠΟΛΥ ΑΝΟΙΚΤΕΣ:	ΑΝΟΙΚΤΕΣ: 6	ΚΛΕΙΣΤΕΣ: 11	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΕΣ: 8	ΙΣΟΚΛΙΝΕΙΣ:

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.20 (στ)

Πρανές	A/A	Σκέλη	Άξονας	Γωνία	Χαρακτηρισμός
N8	65	23/278			
		35/071		56,4	ΚΛΕΙΣΤΗ
	66	26/268			
		33/091	03/350	59,1	ΚΛΕΙΣΤΗ
	67	33/091			
		87/080	05/162	54,7	ΚΛΕΙΣΤΗ
	68	87/080			
		68/075	04/346	19,8	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΗ
	69	75/078			
		20/275	?	94	ΑΝΟΙΚΤΗ
	70	33/278			
		18/283	10/345	15,1	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΗ
	71	05/340			
		75/080	00/350	75,9	ΑΝΟΙΚΤΗ
	72	25/050			
		75/076	08/337	53	ΚΛΕΙΣΤΗ
	73	23/064			
		15/064	00/320	7,7	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΗ
	74	45/090			
		18/064	05/147	29,3	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΗ
	75	30/053			
		40/071	00/127	14,4	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΗ
	76	34/080			
		50/084	00/180	16,2	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΗ
	77	65/082			
		20/070	10/145	45,4	ΚΛΕΙΣΤΗ
	78	20/070			
		65/270	05/354	84,2	ΑΝΟΙΚΤΗ
	79	65/270			
		05/035	05/360	67,9	ΚΛΕΙΣΤΗ
	80	05/035			
		45/288	03/188	46,4	ΚΛΕΙΣΤΗ
	81	50/293			
		28/136	15/017	76,4	ΑΝΟΙΚΤΗ
ΣΥΝΟΛΟ (17:)	ΠΟΛΥ ΑΝΟΙΚΤΕΣ:	ΑΝΟΙΚΤΕΣ: 4	ΚΛΕΙΣΤΕΣ: 7	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΕΣ: 6	ΙΣΟΚΛΙΝΕΙΣ:

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.20 (ζ)

Πρανές	A/A	Σκέλη	Άξονας	Γωνία	Χαρακτηρισμός
B9	82	55/100	08/005	133	ΠΟΛΥ ΑΝΟΙΚΤΗ
		78/280			
	83	60/107		19,9	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΗ
		75/093			
ΣΥΝΟΛΟ (2:)	ΠΟΛΥ ΑΝΟΙΚΤΕΣ: 1	ΑΝΟΙΚΤΕΣ:	ΚΛΕΙΣΤΕΣ:	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΕΣ: 1	ΙΣΟΚΛΙΝΕΙΣ:
N9	84	87/090	15/000	32,2	ΚΛΕΙΣΤΗ
		55/085			
	ΣΥΝΟΛΟ (1:)	ΠΟΛΥ ΑΝΟΙΚΤΕΣ:	ΑΝΟΙΚΤΕΣ:	ΚΛΕΙΣΤΕΣ: 1	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΕΣ:
N10	85	40/108	10/193	117,7	ΑΝΟΙΚΤΗ
		78/284			
	86	80/296		105,2	ΑΝΟΙΚΤΗ
		25/115			
ΣΥΝΟΛΟ (2:)	ΠΟΛΥ ΑΝΟΙΚΤΕΣ:	ΑΝΟΙΚΤΕΣ: 2	ΚΛΕΙΣΤΕΣ:	ΠΟΛΥ ΚΛΕΙΣΤΕΣ:	ΙΣΟΚΛΙΝΕΙΣ: