



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ, ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ  
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΝΙΚΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΔΥΝΑΜΙΚΗΣ

Πτυχιακή εργασία  
ΤΟΥ  
**Άγγελου Καπατσώρη**  
με τίτλο:

**Τεκτονική Ανάλυση των δύο μεγάλων επωθήσεων στις περιοχές  
Όρμου Μύρτου και Κόλπου Αγίας Κυριακής στο Βόρειο τμήμα  
της νήσου Κεφαλονιάς**



**Πάτρα 2012**

## Περιεχόμενα:

Περιεχόμενα:.....	2
1. Εισαγωγή:.....	3
2. Γεωλογική–Στρωματογραφική επισκόπηση:.....	4
2.1 Γεωλογική εξέλιξη του ελλαδικού χώρου:.....	4
2.2 Προ-Απούλια ζώνη:.....	5
2.3 Ιόνια ζώνη:.....	7
3. Τεκτονική επισκόπηση της νήσου Κεφαλονιάς:.....	12
3.1 Ιόνια επώθηση:.....	12
3.2 Χερσόνησος του Όρους Καλόν:.....	12
3.3 Όρμος Μύρτου-Κόλπος Αγίας Ευφημίας:.....	12
3.4 Περιοχή Αίνου:.....	13
3.5 Περιοχή Λιβαδίου-Χερσόνησος Ληξουρίου-Χερσόνησος Αργοστολίου..	14
4. Μορφοτεκτονικά χαρακτηριστικά του Ιονίου πελάγους:.....	17
4.1 Παραμόρφωση στο ελληνικό τόξο:.....	17
4.2 Παραμόρφωση στο Ιόνιο πέλαγος:.....	17
4.3 Σεισμικότητα:.....	18
5.Τεκτονική Ανάλυση:.....	23
5.1 Περιοχή μελέτης:.....	23
5.2 Περιγραφή Χάρτη – Μεγασκοπικές δομές:.....	23
5.3 Διαδικασία σχηματισμού μαργαϊκών λεκανών:.....	28
5.4 Μεγασκοπική πτύχωση:.....	29
5.5 Ποσοστό συστολής:.....	31
5.6 Κινηματική ανάλυση:.....	32
5.7 Συστήματα διακλάσεων:.....	34
Βιβλιογραφία:.....	36

## **1. Εισαγωγή**

Η παρούσα εργασία πραγματεύεται την τεκτονική ανάλυση δύο μεγασκοπικών επωθήσεων στο βόρειο τμήμα της νήσου Κεφαλονιάς. Για την ανάλυση αυτών πάρθηκαν μετρήσεις με γεωλογική πυξίδα οι οποίες προβλήθηκαν σε στερεογραφικά δίκτυα για εξαγωγή συμπερασμάτων. Βάσει των μετρήσεων αυτών κατασκευάστηκαν δύο γεωλογικές τομές εγκάρσια στις επωθήσεις με σκοπό την απεικόνιση της λειτουργίας αυτών. Τονίζεται ότι τα παραπάνω παρουσιάζουν ορθή ερμηνεία μόνο σε συσχέτιση με υπαίθριες παρατηρήσεις.

Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον καθηγητή μου, Λέκτορα του Πανεπιστημίου Πατρών κ. Παρασκευά Ξυπολιά για την πρόταση του θέματος, την καθοδήγηση καθώς και την επίβλεψή του για την πραγματοποίηση και ολοκλήρωση της εργασίας αυτής.

## **2. Γεωλογική - Στρωματογραφική επισκόπηση**

### **2.1 Γεωλογική εξέλιξη του ελλαδικού χώρου:**

Η γεωλογική εξέλιξη του ελλαδικού ορογενούς περιγράφηκε ικανοποιητικά για πρώτη φορά από τον Aubouin (1959, 1965) ο οποίος βασίστηκε στη θεωρία των γεωσυγκλίσεων. Στο μοντέλο αυτό ο Aubouin (1959) χωρίζει το τμήμα του Αλπικού ορογενούς που βρίσκεται στον ελλαδικό χώρο σε διακριτές ιζηματογενείς φάσεις Μεσοζωικής ηλικίας (248-144 εκ. χρόνια πριν), γνωστές και ως ισοπικές ζώνες. Επιπλέον κριτήρια για τον διαχωρισμό τους αποτελούν τα ιδιαίτερα παραμορφωτικά επεισόδια που κάθε μια από αυτές τις ζώνες έχει υποστεί. Νέες θεωρήσεις πάνω σε αυτό το μοντέλο (Underhill, 1985) προτείνουν ότι το ελληνικό Αλπικό ορογενές δημιουργήθηκε ως αποτέλεσμα του ανοίγματος και επακόλουθου κλεισίματος ωκεάνιων τμημάτων της Νεοτηθύος κατά το Μεσοζωικό- Κατώτερο Καινοζωικό (248-33,7 εκ. χρόνια πριν). Η διαδικασία αυτή οδήγησε στον έντονο ορογενετικό τεκτονισμό των παθητικό περιθωρίων που οριοθετούσαν ωκεάνια τμήματα, όπως είναι ο ωκεανός της Πίνδου και ο ωκεανός του Βαρδάρη. Ο τεκτονισμός αυτός σε συνδυασμό με την υπάρξει οφιολιθικών ραφών οδήγησε στο διαχωρισμό του ελλαδικού Αλπικού ορογενούς σε Εξωτερικές και Εσωτερικές Ελληνίδες ισοπικές ζώνες (Εικόνα 2.1). Πιο συγκεκριμένα, οι σχηματισμοί των Εξωτερικών ζωνών έχουν υποστεί έναν μόνο ορογενετικό τεκτονισμό κατά το Τριτογενές (65-1,8 εκ. χρόνια πριν) και κατέχουν το δυτικό τμήμα του ελλαδικού χώρου, ενώ οι σχηματισμοί των Εσωτερικών, εκτός από τον τεκτονισμό του Τριτογενούς έχουν υποστεί επιπλέον και έναν πρώιμο ορογενετικό τεκτονισμό, που έλαβε χώρα κατά το Ανώτερο Ιουρασικό-Κατώτερο Κρητιδικό (180-65 εκ. χρόνια πριν) και κατέχουν το ανατολικό (εσωτερικό) τμήμα του ελλαδικού χώρου.

Στην Δυτική Ελλάδα, και πιο συγκεκριμένα στο Ιόνιο πέλαγος όπου βρίσκεται η νήσος Κεφαλονιά, της οποίας δύο μεγάλες επωθήσεις μελετά η παρούσα εργασία, αναγνωρίζονται τρεις ισοπικές ζώνες. Οι ζώνες αυτές από τα δυτικά προς τα ανατολικά είναι οι εξής: η Προ-Απούλια ζώνη, η Ιόνια ζώνη και η ζώνη Γαβρόβου-Τριπόλεως. Θεωρείται ότι οι ζώνες Ιόνια και Γαβρόβου-Τριπόλεως αποτελούν τα εξώτερα τεκτονικά καλύμματα του ελλαδικού Αλπικού ορογενούς, τα οποία βρίσκονται επωθημένα πάνω στην αυτόχθονη ζώνη της Προ-

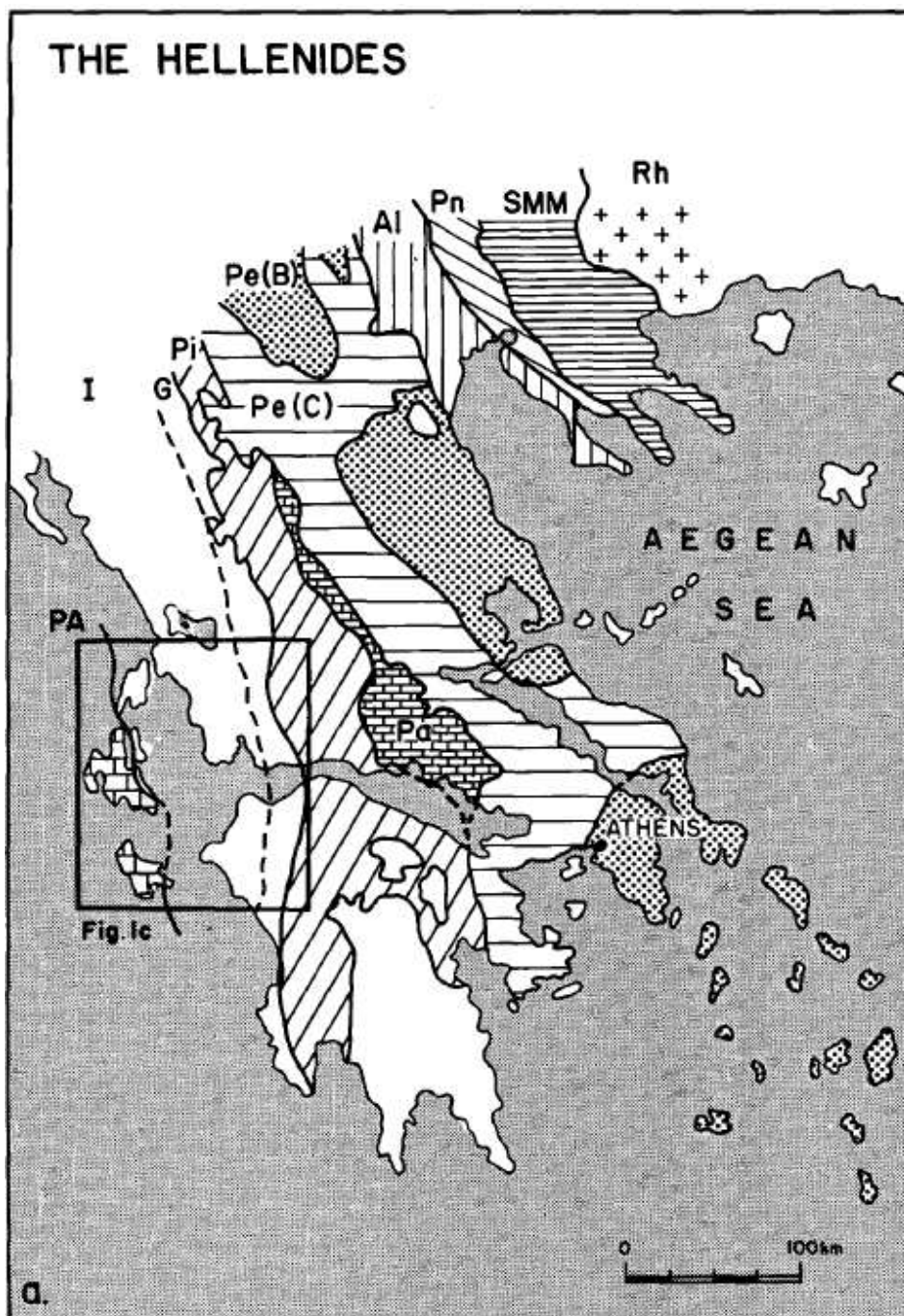
Απούλιας (Aubouin, 1959, 1965; Aubouin and Dercourt, 1962; Temple, 1968; Jenkins, 1972; Smith and Moores, 1974).

Νεότερες θεωρήσεις (Underhill, 1985, 1988), υποστηρίζουν ότι η έννοια του προαναφερθέντος διαχωρισμού σε τρεις ισοπικές ζώνες ισχύει μόνο για τις Μεσοζωικής και Παλαιοκαινικής ηλικίας ιζηματογενείς ακολουθίες των ζωνών αυτών, όταν οι Εξωτερικές Ελληνίδες αποτελούσαν τμήμα του προαναφερθέντος παθητικού ηπειρωτικού περιθωρίου στην θάλασσα της Νεοτηθύος. Αντίθετα οι Νεογενείς (33,7-1,8 εκ. χρόνια πριν) ιζηματογενείς ακολουθίες των ζωνών αυτών αποτελούσαν τμήμα μιας λεκάνης προχώρας η οποία καταβυθίστηκε και κινήθηκε κάτω από το Αλπικό ορογενές.

## **2.2 Προ-Απούλια ζώνη**

Η Προ-Απούλια ζώνη είναι η εξωτερη ζώνη των Ελληνίδων και ονομάστηκε έτσι από τον Aubouin (1959) επειδή αποτελεί το εσωτερικό (ανατολικό) περιθώριο της Απούλιας ζώνης, που απαντά σε μορφή υποθαλάσσιας τράπεζας στην περιοχή της νότιας Ιταλίας. Ακριβέστερα, η ζώνη αυτή παρεμβάλλεται ανάμεσα στην Απούλια τράπεζα και στην Ιόνια αύλακα και κατέχει, όπως προαναφέρθηκε, το εσωτερικό περιθώριο της πρώτης. Ακολουθεί η στρωματογραφική της επισκόπηση.

Η ιζηματογενής ακολουθία της Προ-Απούλιας ζώνης ξεκινά με Τριαδικούς εβαπορίτες με παρεμβολές μαύρων σχιστών αργίλων και ανυδριτών. Η ηλικία των παλαιότερων από αυτά τα στρώματα αντιστοιχεί στο Κατώτερο-Μέσο Ιουρασικό (206-159 εκ. χρόνια πριν). Επίσης απαντώνται δολομίτες Κατώτερου Ιουρασικού (206-180 εκ. χρόνια πριν), καθώς και κερατόλιθοι και βιτουμενιούχες σχιστές άργιλοι Μέσου Ιουρασικού (180-159 εκ. χρόνια πριν). Ακολουθούν νηρητικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες του Ανώτερου Ιουρασικού (159-144 εκ. χρόνια πριν) με χαρακτηριστικό απολίθωμα το *Clypeina jurassica*, στους οποίους παρεμβάλλονται διαστρώσεις πυριτικών σχιστόλιθων και μαργών. Η παραπάνω ανθρακική ιζηματογένεση συνεχίζεται σε ολόκληρο το Κρητιδικό (144-65 εκ. χρόνια πριν) μέχρι και το Παλαιογενές (Παλαιόκαινο-Ηώκαινο-Ολιγόκαινο, 65-33,7 εκ. χρόνια πριν) με απόθεση νηρητικών ασβεστόλιθων που συχνά είναι μικρολατυποπαγείς.



Εικόνα 2.1: Χάρτης ο οποίος απεικονίζει τις ισοπικές ζώνες της Ελλάδας. Εσωτερικές Ελληνίδες- Rh: μάζα Ροδόπης, SMM: Σερβομακεδονική μάζα, Pn: ζώνη Παιονίας, Al: ζώνη Αλμωπίας και Πάικου, Pe: Πελαγονική ζώνη ( B: υπόβαθρο, C: κάλυμμα)- Εξωτερικές Ελληνίδες- Pa: ζώνες Παρνασσού και Βοιωτίας, Pi: ζώνη Πίνδου, G: ζώνη Γαβρόβου-Τρίπολης, I: Ιόνια ζώνη, PA: Προ-Απούλια ζώνη- Στην περιοχή που ορίζεται από το παραλληλόγραμμο στα δυτικά του χάρτη περιλαμβάνεται η νήσος Κεφαλονιά, στην οποία ανήκει η περιοχή μελέτης της παρούσης εργασίας.

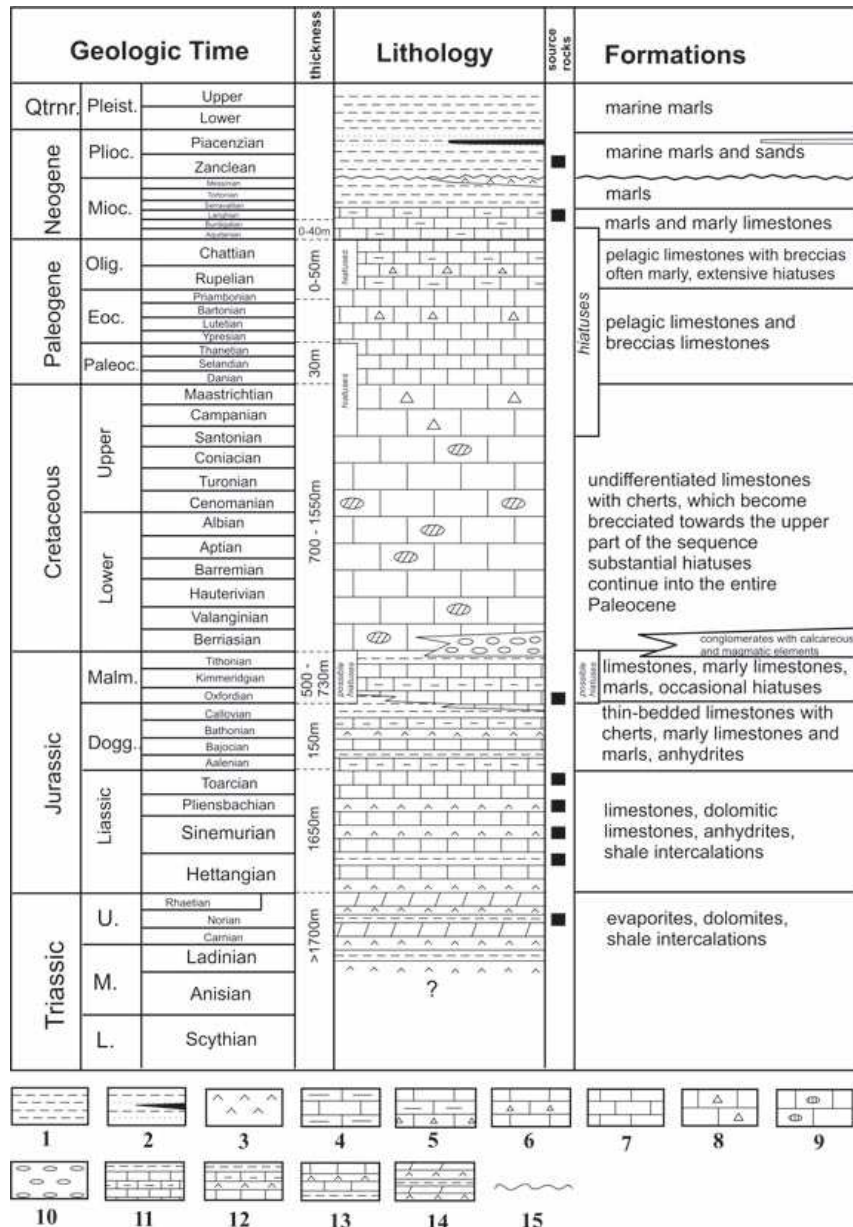
Αναλυτικότερα, το Ανώτερο Κρητιδικό (144-99 εκ. χρόνια πριν) αντιπροσωπεύεται από νηριτικούς και υφαλογόνους ασβεστόλιθους με Ιππουρίτες. Ιδιαίτερα το Μαιστρίχτιο περιλαμβάνει ένα χαρακτηριστικό ασβεστολιθικό ορίζοντα με *Orbitoides*, ενώ το Ηώκαινο (54,8-33,7 εκ. χρόνια πριν) και Ολιγόκαινο (33,7-23,7 εκ. χρόνια πριν) αντιπροσωπεύονται από νηριτικούς ασβεστόλιθους της Απούλιας ζώνης και εναλλάσσονται με μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθους. Όλοι αυτοί οι ασβεστόλιθοι είναι πλούσιοι σε μικροαπολιθώματα. Τέλος, στο Μειόκαινο (23,7-5,3 εκ. χρόνια) εμφανίζονται μαργαϊκοί σχηματισμοί, πολλές φορές ψαμμούχοι, εναλλασσόμενοι με λατυποπαγείς ασβεστόλιθους, που υποκαθιστούν την τυπική φλυσχική ιζηματογένεση των άλλων γεωτεκτονικών ζωνών. Η Προ-Απούλια ζώνη είναι η μόνη ζώνη των Ελληνίδων που στερείται τυπικού φλύσχη. Τα παραπάνω απεικονίζονται στην εικόνα 2.2.

### **2.3 Ιόνια ζώνη**

Η Ιόνια ζώνη πήρε το όνομά της από τον Philipsson (1898). Η ζώνη αυτή στον ελλαδικό χώρο περιλαμβάνει την δυτική ηπειρωτική Ελλάδα (Ήπειρο και Ακαρνανία), τα Ιόνια νησιά (Κέρκυρα, ανατολικό τμήμα της Λευκάδας, Ιθάκη, ανατολική Κεφαλονιά και ένα μικρό τμήμα της Ζακύνθου) καθώς και τμήμα της βορειοδυτικής Πελοποννήσου. Κατά τον Aubouin (1959) η Ιόνια ζώνη αποτελούσε μια υποθαλάσσια αύλακα που παρεμβαλλόταν ανάμεσα στο υποθαλάσσιο ύβωμα της Απούλιας ζώνης (δυτικά) και στο ύβωμα της ζώνης Γαβρόβου-Τρίπολης (ανατολικά).

Η Ιόνια ζώνη αποτελείται από τρεις στρωματογραφικές ακολουθίες:

Α) Μια **ακολουθία πριν την ταφρογένεση**, αποτελούμενη από τους ασβεστόλιθους Παντοκράτορα (Λιάσιο). Αυτοί οι ασβεστόλιθοι νηριτικού περιβάλλοντος υπέρκεινται εβαποριτών του Κατώτερου-Μέσου Τριαδικού (πάχους μεγαλύτερου των 2.000 μέτρων) και των ασβεστόλιθων Φουσταπήδημα ηλικίας Λαδίνιου-Ραϊτίου (Μέσο-Ανώτερο Τριαδικό). Το υπόβαθρο που υπόκειται των εβαποριτών δεν εκτίθεται κάπου και δεν έχει ερευνηθεί.



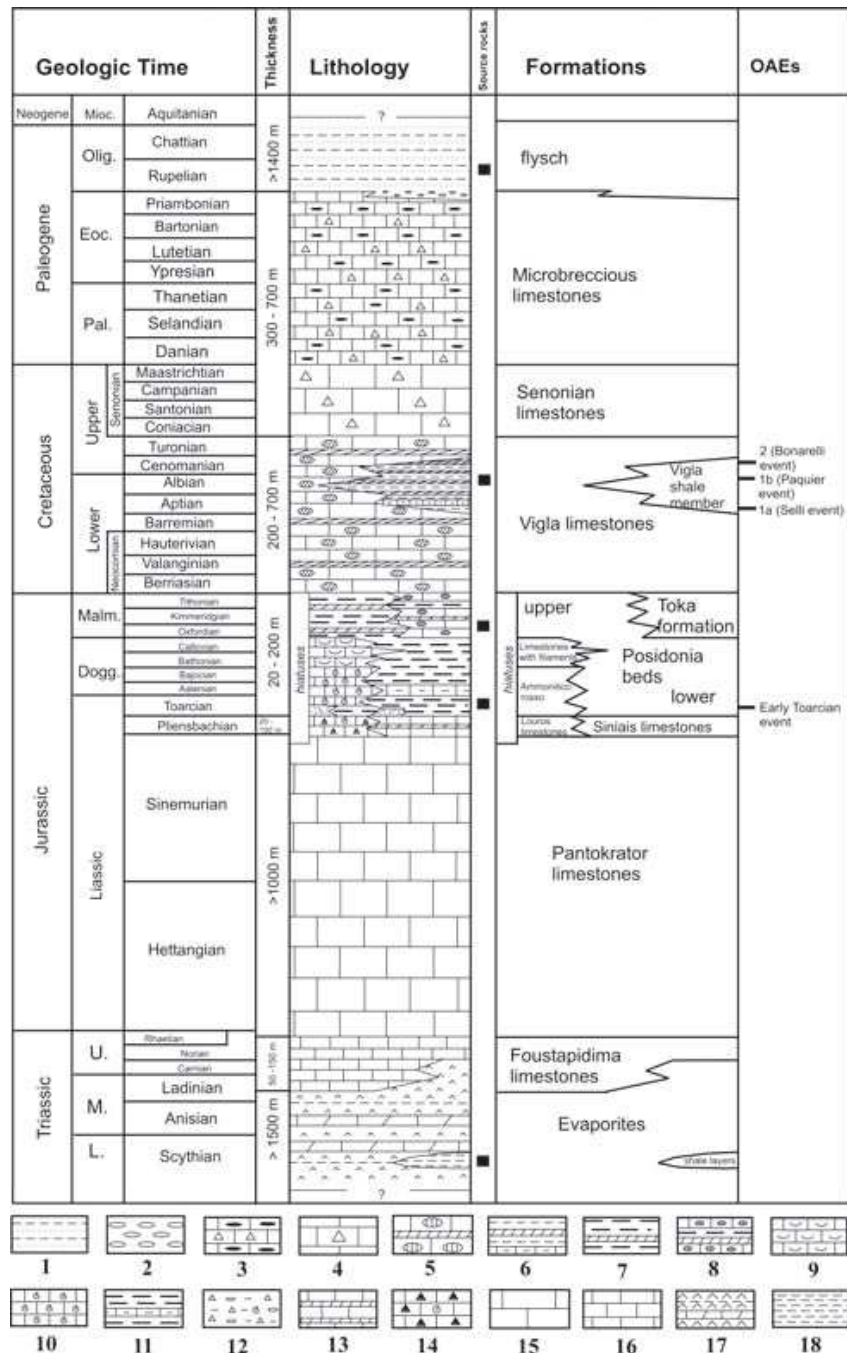
Εικόνα 2.2: Λιθοστρωματογραφική στήλη της Προ-Απούλιας ζώνης 1:Μάργες 2:Ψαμμούχες 3:Εβαπορίτες 4:Ασβεστόλιθοι, συχνά μαργαϊκοί 5:Πελαγικοί ή μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, κατά θέσεις λατυποπαγείς 6:Πελαγικοί-νηριτικοί ασβεστόλιθοι, κατά θέσεις λατυποπαγείς 7:Πελαγικοί ασβεστόλιθοι 8:Πελαγικά-νηριτικά ασβεσπιτικά ιζήματα με υπολείμματα ρουδιστών 9:Πελαγικοί ασβεστόλιθοι με κόνδυλους και αραιές ενδιαστρώσεις κερατολίθων 10:Κροκαλοπαγή με ασβεσπιτικό και μαγματικό υλικό 11:Πελαγικοί ασβεστόλιθοι, συχνά μαργαϊκοί 12:Ασβεστόλιθοι, σχιστές άργιλοι και ανυδρίτες 13:Ασβεστόλιθοι και δολομιτικοί ασβεστόλιθοι, ανυδρίτες και παρεμβολές σχιστών αργίλων 14:Εβαπορίτες με παρεμβολές σχιστών αργίλων 15:Ασυμφωνία (σχήμα από Καρακίτσιος και Ρηγάκης 2007)



Β) Την **ακολουθία κατά την ταφρογένεση**, η οποία ξεκινά με τους πελαγικούς ασβεστόλιθους Σινιών και τους ισότιμους ημιπελαγικούς ασβεστολίθους Λούρων. Αυτοί οι σχηματισμοί αντιστοιχούν στη γενική εκβάθυνση της Ιονίου ζώνης και την δημιουργία της Ιονίου λεκάνης. Ακολουθώντας είχαμε έναν διαχωρισμό της αρχικής λεκάνης σε μικρότερες μονάδες με μορφολογία τάφρου. Αυτοί οι τάφροι δεν ξεπερνούν τα 5 χιλιόμετρα σε πλάτος. Αυτό γίνεται αισθητό με την απότομη αλλαγή πάχους των συν-ταφρογενετικών σχηματισμών οι οποίοι μετασχηματίζονται σε συνιζηματογενή περιθώρια. Στα βαθύτερα σημεία των μικρών αυτών τάφρων συναντάμε κιτρινοπράσινους σχιστώδεις μαργαίικούς ασβεστόλιθους με παρενστρώσεις μαύρων κερατολίθων γνωστοί ως «σχιστόλιθοι με Ποσειδώνιες» ενώ στις περιθωριακές τους περιοχές έχουμε το *Ammonitico rosso* (κόκκινοι λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθοι με πυριτόλιθους)-Ανώτερο Λιάσιο και Κατώτερο Δογγέριο (περίπου 144 εκατομμύρια χρόνια). Στα υψηλότερα μέρη των τάφρων η προαναφερθείσα ακολουθία διακόπτεται από στρωματογραφικά κενά και ασυμφωνίες. Ο προσανατολισμός δομών όπως τα συνιζηματογενή ρήγματα και οι περιστροφικές ολισθήσεις δείχνουν ότι η απόθεση ιζήματος κυριαρχείτο πρώτον από δομές οι οποίες δημιουργήθηκαν κατά την διεύρυνση του περιθωρίου ως αποτέλεσμα του ανοίγματος του ωκεανού της Νεοτηθύος και δεύτερον από την κίνηση των εβαποριτών της βάσης της Ιόνιας ζώνης.

Γ) Την **ακολουθία μετά την ταφρογένεση**, η οποία ξεκινά με τους λεπτοπλακώδεις πελαγικούς ασβεστόλιθους με παρενστρώσεις κερατολίθων ή «ασβεστόλιθους της Βίγλας» -Ανώτερο Ιουρασικό και Κατώτερο Σενώνιο(144~80 εκατομμύρια χρόνια πριν)- των οποίων η απόθεση ήταν σύγχρονη με την εξέλιξη της Ιόνιας λεκάνης καθώς και συνεχής. Πάραυτα, διαπιστώθηκαν κατά τόπους ορισμένες διακοπές της ιζηματογένεσης κυρίως κατά την διάρκεια του Ιουρασικού έτσι ώστε σε αυτά τα σημεία οι ασβεστόλιθοι της Βίγλας είναι ασυμφώνως τοποθετημένοι πάνω στους ασβεστόλιθους Παντοκράτορα. Συνεπώς η βάση των ασβεστολίθων της Βίγλας αντιπροσωπεύει την κύρια ασυμφωνία της ακολουθίας μετά την ταφρογένεση στην Ιόνια λεκάνη. Τα διαφορετικά πάχη, κατά τόπους, των ασβεστολίθων της Βίγλας οφείλονται στις συνεχείς κινήσεις των υποκείμενων τους εβαποριτών κατά την διάρκεια της ιζηματογένεσης. Οι ασβεστόλιθοι του Σενώνιου, οι οποίοι βρίσκονται πάνω από τους ασβεστόλιθους της Βίγλας, αποτελούνται από δύο φάσεις: α) ασβεστόλιθοι με θραύσματα του απολιθώματος *Globotruncanidae*

και ρουδιστές, και β) μικρολατυπτοπαγοποιημένα στρώματα ασβεστολίθων με θραύσματα ρουδιστών μαζί με χλωρίδα πελαγικού περιβάλλοντος. Συνεπώς το Σενώνιο (Ανώτερο Κρητιδικό) θεωρείται ότι αντιπροσωπεύει μια περίοδο συνεχούς ιζηματογένεσης μέσα στην Ιόνια λεκάνη και η κατανομή των φάσεων του δείχνει τον διαχωρισμό της Ιόνιας λεκάνης σε μια κεντρική, τοπογραφικά υψηλότερη περιοχή χαρακτηριζόμενη από μειωμένους ρυθμούς ιζηματογένεσης καθώς και δύο υβώματα εκατέρωθεν αυτής στα οποία έχουμε αυξημένη ιζηματογένεση. Συνορεύοντας με την Ιόνια ζώνη, η ζώνη Γαβρόβου-Τρίπολης ανατολικά και η Προ-Απούλια ζώνη δυτικά τροφοδότησαν με κλαστικό ανθρακικό υλικό την Ιόνια λεκάνη. Ομογενή ιζήματα το αποτέθηκαν μετά το Κρητιδικό (κατά το Παλαιόκαινο και το Ηώκαινο- 65 έως 34 εκατομμύρια χρόνια πριν) χωρίς ιδιαίτερες αλλαγές στην ιζηματογενή φάση. Κατά το Παλαιόκαινο η διάβρωση των Κρητιδικών ανθράκων των ζωνών Γαβρόβου-Τρίπολης και Προ-Απούλιας τροφοδότησαν την Ιόνια λεκάνη με λατυπτοπαγοποιημένα υλικά. Πάραυτα η τροφοδότηση σε κλαστικό υλικό μειώθηκε σημαντικά κατά το Ηώκαινο, ιδίως στο κεντρικό τμήμα της Ιονίου λεκάνης. Οι κύριες φάσεις απόθεσης αυτής της περιόδου συνίστανται από πεπλατυσμένους πηλόλιθους με το απολίθωμα *Globigerinidae* καθώς και πυριτόλιθους, ανάλογους με αυτούς των ασβεστολίθων Βίγλας, αλλά χωρίς παρεμβολές κερατολιθικών στρωμάτων. Το μεγαλύτερο πάχος των ιζηματογενών στρωμάτων του Ηωκαίνου βρίσκεται στα περιθώρια της Ιονίου λεκάνης όπου απαντούν συχνά και τα λατυπτοπαγή. Η απόθεση του φλύσχη ξεκίνησε στο μεγαλύτερο μέρος της Ιόνιας ζώνης κατά το όριο Ηωκαίνου-Ολιγοκαίνου και αποθέσεις οι οποίες περιλαμβάνουν μεταβατικά στρώματα μαργαϊκού ασβεστόλιθου υπέρκεινται των ασβεστολίθων του Ανώτερου Ηωκαίνου. Τα παραπάνω απεικονίζονται στην εικόνα 2.3.



Εικόνα 2.3: Λιθοστρωματογραφική στήλη της Ιόνιας ζώνης 1:Σχιστές άργιλοι και φαμμίτες 2:Κροκαλοπαγή 3:Ασβεστόλιθοι και πυριτόλιθοι με κλαστικό υλικό 4:Πελαγικοί ασβεστόλιθοι με κλαστικό υλικό 5:Πελαγικοί ασβεστόλιθοι με φακούς πυριτολίθων 6:Στρώματα πυριτολίθων με ενδιαστρώσεις σχιστής αργίλου και μάργας 7:Εναλλαγές πυριτολίθων και σχιστής αργίλου 8:Πελαγικοί ασβεστόλιθοι με κονδύλους πυριτολίθων και μάργες 9: Πελαγικοί ασβεστόλιθοι με ελασματοβράγχια 10: Πελαγικοί, ερυθροί, κονδυλώδεις ασβεστόλιθοι με αμμωνίτες 11:Μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και μάργες με ελασματοώσεις 12:Κροκαλοπαγή-λατυποπαγή και μάργες με αμμωνίτες 13:Πελαγικοί ασβεστόλιθοι με σπάνιες ενδιαστρώσεις πυριτολίθων 14:Ασβεστόλιθοι εξωτερικής πλατφόρμας με βραγχιονόποδα και μικρούς αμμωνίτες στο ανώτερο μέρος 15:Ασβεστόλιθοι πλατφόρμας 16:Λεπτοστρωματώδεις σκουρόχρωμοι ασβεστόλιθοι 17:Εβαπορίτες 18:Σχιστές άργιλοι (σχήμα από Καρακίσιος και Ρηγάκης)

### **3. Τεκτονική Επισκόπηση της νήσου Κεφαλονιάς**

#### **3.1 Ιόνια επώθηση**

Η νήσος Κεφαλονιά είναι ως επί το πλείστον κομμάτι της Προ-Απούλιας πλάκας με ένα μικρό μόνο τμήμα της να ανήκει στην Ιόνια ζώνη. Το τμήμα αυτό, που αποτελεί το νοτιοανατολικό άκρο της Κεφαλονιάς ενώνεται με την Προ-Απούλια με μια επώθηση μεγάλης έκτασης (την Ιόνια επώθηση). Η επαφή των δύο ισοπικών ζωνών εντοπίζεται στο σημείο όπου ανθρακικά πετρώματα Μεσοζωικής ηλικίας, τα οποία αποτελούν την οροφή της επώθησης, βρίσκονται επάνω σε διαβρωμένες Μειοκαινικές μάργες. Λίγο νοτιότερα εντοπίζεται μια μεγάλης έκτασης ζώνη έντονα διαβρωμένων **Τριαδικών** εβαποριτών, οι οποίοι πιθανότατα αποτελούν μια ζώνη αποκόλλησης. Η ζώνη αυτή αποκολλήσεως διαχωρίζει τα προαναφερθέντα ανθρακικά πετρώματα από τις Μειοκαινικές μάργες (Εικόνα 3.1).

#### **3.2 Χερσόνησος του Όρους Καλόν**

Η χερσόνησος του **Όρους Καλόν** καταλαμβάνει το βορειότερο τμήμα του νησιού και αποτελείται από παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθους Άνω Κρητιδικής ηλικίας οι οποίοι έχουν πτυχωθεί σε ένα ανοιχτό με βάση τη γωνία σκελών περικόλινο το οποίο έχει άξονα βορειοδυτικό-νοτιοανατολικό. Ένας εύκολα προσδιορίσιμος σχισμός διάλυσης στους ασβεστόλιθους της περιοχής κλίνει απότομα σε ABA διεύθυνση και είναι αξονικά παράλληλος σε μεσοσκοπικές πτυχές. Πτυχές και ανάστροφα ρήγματα μεσοσκοπικής κλίμακας δείχνουν ότι η πτύχωση της περιοχής είναι εντονότερη στο ανατολικό τμήμα της χερσονήσου και λιγότερο έντονη στο δυτικό τμήμα, το οποίο είναι και πιο απομακρυσμένο από την Ιόνια επώθηση.

#### **3.3 Όρμος Μύρτου-Κόλπος Αγίας Ευφημίας**

Στην περιοχή η οποία βρίσκεται μεταξύ του **Όρμου Μύρτου** και **Κόλπου Αγίας Ευφημίας**, δηλαδή νοτιοδυτικά του Όρους Καλόν, συναντάμε Μειοκαινικές μάργες οι οποίες έχουν πτυχωθεί σε ένα σφικτό ασύμμετρο σύγκλινο. Στην θέση του Όρμου Μύρτου, δηλαδή στο βορειοδυτικό τμήμα του συγκλίνου, παρατηρούνται ασβεστόλιθοι του Παλαιογενούς με παρενστρώσεις κερατολίθων. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί παρουσιάζουν στρώση με μεγάλη κλίση προς τα ΒΑ. Λίγα

μόλις μέτρα μακρύτερα συναντάμε μια θέση στην οποία εμφανίζεται η μάργα του Μειόκαινου. Αξίζει να παρατηρηθεί ότι η στρώση της μάργας παρουσιάζει επίσης μεγάλες κλίσεις προς τα ΒΑ, ενώ ο σχισμός διάλυσης είναι πυκνός ως αποτέλεσμα της έντονης τεκτονικής συμπίεσης της περιοχής. Στην θέση του Κόλπου Αγίας Ευφημίας συναντάμε στους ασβεστόλιθους Παλαιογενούς ηλικίας έναν διαπεραστικό στυλολιθικό σχισμό αξονικά παράλληλο με μεσοσκοπικές πτυχές, των οποίων ο άξονας έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Τα παραπάνω στοιχεία οδηγούν στο συμπέρασμα ότι ένα ανάστροφο ρήγμα χωρίζει τους ήπια κεκλιμένους Κρητιδικούς ασβεστόλιθους του Όρους Καλόν από τις Μειοκαινικές μάργες του συγκλίνου. Την βάση αποτελούν οι μάργες, ενώ την κορυφή οι ασβεστόλιθοι (εικόνα 3.1).

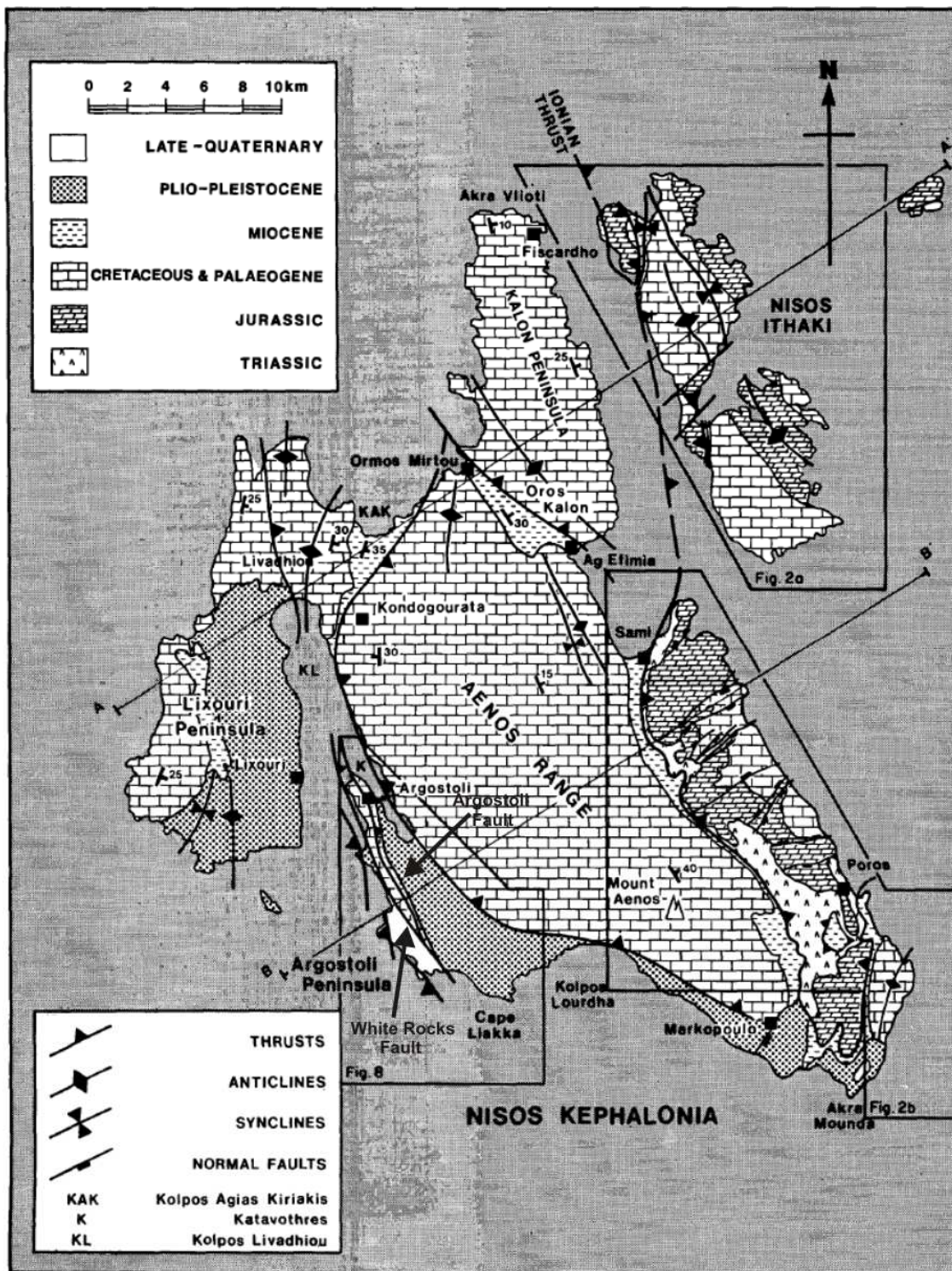
### **3.4 Περιοχή Αίνου**

Η περιοχή γύρω από το βουνό **Αίνος** αποτελεί ένα μεγάλο αντίκλινο με άξονα ΒΒΔ-ΝΝΑ. Η άκρη του αντικλίνου στον Βορρά φθάνει μέχρι τον Όρμο Μύρτου όπου και εκφράζεται από μεσοσκοπικές ανοικτές πτυχές, ενώ στον Νότο φθάνει μέχρι και την περιοχή Μαρκόπουλο. Υπαίθριες παρατηρήσεις (Underhill 1989) καταδεικνύουν ότι το δυτικό περιθώριο των ασβεστολίθων Κρητιδικής-Παλαιογενούς ηλικίας που δομούν το αντίκλινο του Αίνου αποτελούν το άνω τέμαχος ενός ανάστροφου ρήματος. Πιο συγκεκριμένα, στην περιοχή του Κόλπου Αγίας Κυριακής-Κοντογουράτα παρατηρούνται μάργες οι οποίες κλίνουν προς τα ΒΑ ενώ οι ασβεστόλιθοι της περιοχής Αίνου βρίσκονται τεκτονικά πάνω από αυτές. Στο νότιο τμήμα του νησιού Πλειο-Πλειστοκαινικές ακολουθίες που αποτελούνται από κροκαλοπαγή, ασβεστόλιθους και ψαμμίτες κυριαρχούνται από μεγάλης κλίμακας δελταϊκές αποθέσεις (Underhill, 1984, 1985; Underhill and Gigg, 1985). Η μελέτη της απολιθωμένης πανίδας των δέλτα αυτών καταδεικνύει έναν αρχικό έλεγχο της Πλειοκαινικής ιζηματογένεσης από κίνηση ανάστροφου ρήματος. Οι ακολουθίες αυτές παρουσιάζουν κλίσεις στρωμάτων  $10^{\circ}$ - $15^{\circ}$  προς τα ΒΑ, που όμως αυξάνονται έως και τις  $45^{\circ}$  όσο πλησιέστερα βρίσκονται στο ρήγμα ενώ οι στρώσεις τείνουν να γίνουν παράλληλες με την επιφάνεια του ρήματος, δημιουργώντας ένα σύγκλινο στην βάση αυτού. Η μελέτη των ρηγμάτων στην περιοχή του Αίνου δείχνει ότι αυτά έχουν ενεργοποιηθεί μέσα στο Τεταρτογενές. Ελαφρώς κλίνοντα Άνω-Τεταρτογενή θαλάσσια ιζήματα και ριπίδια τα οποία υπέρκεινται ασυμφώνως Πλειο-Πλειστοκαινικών ιζημάτων παρουσιάζουν μεγάλες

κλίσεις και τοπικά τεκτονικές αναστροφές, ενώ παρατηρούνται και μεσοσκοπικές πτυχές με άξονες που κλίνουν προς τα ΝΔ. Σημειώνονται επίσης μετατοπίσεις λόγω μεσοσκοπικών ρηγμάτων, οι οποίες όμως είναι μικρότερες των 10 μέτρων, σε αντίθεση με τις αρχικές μετατοπίσεις οι οποίες οφείλονται στο μεγασκοπικό ανάστροφο ρήγμα του Αίνου. Από τα παραπάνω εξάγεται το συμπέρασμα ότι στην περιοχή του Αίνου έχουμε νεοτεκτονική επαναδραστηριοποίηση.

### **3.5 Περιοχή Λιβαδίου-Χερσόνησος Ληξουρίου-Χερσόνησος Αργοστολίου**

Εκτός από την περιοχή του Αίνου καθεστώς συμπιεστικής τεκτονικής συναντάμε επίσης και στην δυτική Κεφαλονιά. Στην **περιοχή Λιβαδίου**, η οποία βρίσκεται μεταξύ του Κόλπου Αγίας Κυριακής και της περιοχής Ληξουρίου, απαντώνται πτυχές με άξονες σε διεύθυνση Β-Ν και τουλάχιστον ένα μεγάλης έκτασης ανάστροφο ρήγμα (εικόνα 3.1). Πάραυτα, όσο απομακρύνεται κανείς από το ρήγμα της περιοχής Αίνου προς τα δυτικά ο αριθμός των μεσοσκοπικών πτυχών καθώς και η πυκνότητα του σχισμού των πετρωμάτων μειώνονται δείχνοντας εξασθένηση του προαναφερθέντος καθεστώτος. Στην **περιοχή Αργοστολίου** οι κυριότερες τεκτονικές δομές είναι δύο μεγάλης έκτασης ρήγματα, το **ρήγμα του Αργοστολίου** και το **ρήγμα <<White Rocks>>** (επονομαζόμενο από το ξενοδοχείο πλησίον του οποίου εντοπίζεται τμήμα του ρήματος, Underhill 1989). Το ρήγμα του Αργοστολίου ξεκινά από το βόρειο τμήμα της περιοχής Αργοστολίου και ενώνεται με το ρήγμα <<White Rocks>> στα νότια της Κεφαλονιάς, κοντά στο ακρωτήριο Λιάκκα. Είναι πιθανό το ρήγμα αυτό να ενώνεται με το προαναφερθέν ανάστροφο ρήγμα της περιοχής Λιβαδίου δια μέσου του κόλπου Λιβαδίου (εικόνα 3.1). Στρωματογραφικές και ιζηματολογικές μελέτες δείχνουν ότι το ρήγμα Αργοστολίου έδρασε ως ένα ανατολικά βυθιζόμενο κανονικό ρήγμα, αρχικά κατά το Μεσοζωικό και έπειτα κατά το Άνω Μειόκαινο. Μια γωνιώδης ασυμφωνία του Κατώτερου Πλειοκαίνου διαχωρίζει τις Άνω-Μειοκαινικές ακολουθίες της χερσονήσου του Αργοστολίου από τις Μεσο-Πλειοκαινικές ριπιδιακές ακολουθίες οι οποίες βρίσκονται στο άνω τέμαχος του ρήματος. Η ασυμφωνία αυτή πιθανότατα δείχνει τεκτονική ανύψωση και στροφή των σχηματισμών ως αποτέλεσμα του καθεστώτος τεκτονικής αστάθειας της περιοχής, το οποίο με την σειρά του οφείλεται στην επώθηση της Ιόνιας ζώνης επάνω στην Προ-Απούλια. Συνεπώς η παρουσία της ασυμφωνίας αυτής αποτελεί απόδειξη ότι



Εικόνα 3.1: Απλοποιημένος τεκτονοστρωματογραφικός χάρτης της νήσου Κεφαλονιάς (από Underhill, 1989). Thrusts: ανάστροφα ρήγματα Anticlines: αντίκλινα Synclines: σύγκλινα Normal Faults: κανονικά ρήγματα ΚΑΚ: Κόλπος Αγίας Κυριακής Κ: Καταβόθρες ΚΛ: Κόλπος Λιβαδίου Cape Liakka: ακρωτήριο Λιάκκα Triassic: Τριαδικό Jurassic: Ιουρασικό Cretaceous and Paleogene: Κρητιδικό και Παλαιογενές Miocene: Μειόκαινο Plio-Pleistocene: Πλειο-Πλειστόκαινο Late-Quaternary: Άνω-Τεταρτογενές White Rocks Fault: Επώθηση <<White Rocks>> Argostoli Fault: Επώθηση Αργοστολίου (αποτελείται από δύο κλάδους οι οποίοι συγκλίνουν στα νότια του νησιού)

το καθεστώς συμπίεστικής τεκτονικής είναι ευρύτερο του ανατολικού κομματιού της Κεφαλονιάς και φτάνει μέχρι το δυτικό τμήμα της. Άρα το ρήγμα αυτό ξεκίνησε την λειτουργία του ως κανονικό ρήγμα και έπειτα επαναενεργοποιήθηκε κατά το Κατώτερο Μειόκαινο ως επώθηση λόγω του προαναφερθέντος καθεστώτος συμπίεστικής τεκτονικής. Το ρήγμα <<White Rocks>> αποτελεί μια επώθηση μικρής γωνίας κλίσεως, της οποίας το επίπεδο κλίνει ανατολικά. Στην οροφή της επώθησης βρίσκονται ασβεστόλιθοι Κρητιδικής και Παλαιογενούς ηλικίας, ενώ η βάση αποτελείται από Πλειο-Πλειστοκαινικά ιζήματα. Το γεγονός ότι το επίπεδο της επώθησης <<White Rocks>> είναι σχεδόν παράλληλο σε σχέση με το επίπεδο της επώθησης του Αργοστολίου - η γωνία βύθισης του ρήγματος Αργοστολίου είναι μεγαλύτερη - καθώς και η προφανής απουσία συνιζηματογενούς κίνησης στην επώθηση <<White Rocks>> δείχνουν ότι αυτή η επώθηση αναπτύχθηκε ως αποτέλεσμα της δημιουργίας λοξοτήσεων στη βάση του επαναδραστηριοποιημένου ρήγματος Αργοστολίου (Underhill 1989).



## 4.Μορφοτεκτονικά χαρακτηριστικά του Ιονίου πελάγους

### 4.1 Το Ελληνικό Τόξο

Προτού αναφερθούν τα κύρια μορφοτεκτονικά χαρακτηριστικά της περιοχής του Ιονίου πελάγους στο οποίο ανήκει και η νήσος Κεφαλονιά, είναι σημαντικό να παρουσιαστεί το σύγχρονο γεωτεκτονικό καθεστώς του Ελληνικού Τόξου (από Μουντράκης Δ. 1985).

Το **Ελληνικό Τόξο**, που αναφέρεται επίσης και ως Αιγαιακό τόξο, οφείλει την δημιουργία του στην σύγκλιση των λιθοσφαιρικών πλακών Ευρώπης και Αφρικής. Πιο συγκεκριμένα, ο ωκεάνειος φλοιός από τον οποίο αποτελείται η Αφρικανική πλάκα καταβυθίζεται κάτω από την Ευρασιατική πλάκα. Η βύθιση πιστεύεται ότι είναι αμφιθεατρική και στο γεγονός αυτό οφείλεται το τοξοειδές σχήμα του Ελληνικού Τόξου. Η διεύθυνση βύθισης της Αφρικανικής πλάκας είναι ΒΒΑ, ενώ η ταχύτητα βύθισης 2,5 – 3,5 εκ./έτος. Αναφορικά, τα τμήματα του Ελληνικού Τόξου είναι τα εξής: α) **Εξωτερικό ιζηματογενές τόξο**, το οποίο περιλαμβάνει τη Δυτική Ελλάδα, την Κρήτη και τα Δωδεκάνησα. β) **Ελληνική περιφερειακή τάφρος**, η οποία περιβάλλει από τα εξωτερικά (κυρτό μέρος) το ιζηματογενές τόξο, από το Ιόνιο πέλαγος μέχρι τα νότια της Κρήτης και της Ρόδου και αποτελεί σύστημα βαθιών (2000-3000 μέτρων) υποθαλάσσιων βυθισμάτων. γ) **Ηφαιστειακό τόξο του Αιγαίου**, το οποίο βρίσκεται στο εσωτερικό μέρος του τόξου και αποτελείται από ηφαιστειογενή νησιά τα οποία οφείλουν τη γένεσή τους στη βύθιση και τήξη της πλάκας της Αφρικής σε βάθος περίπου 150χλμ. πίσω από το μέτωπο σύγκλισης των πλακών. Δ) **Λεκάνη πίσω από το τόξο**, που δημιουργείται από τις εφελκυστικές τάσεις πίσω από το τόξο και στον ελληνικό χώρο ταυτίζεται κυρίως με το Κρητικό πέλαγος. ε) **Μεσογειακή ράχη**, η οποία αποτελεί μια υποθαλάσσια έξαρση του φλοιού και διασχίζει την Ανατολική Μεσόγειο νότια από την Ελληνική περιφερειακή τάφρο, παράλληλα στο Ελληνικό τόξο. Τα παραπάνω απεικονίζονται στην εικόνα 4.1.

### 4.2 Παραμόρφωση στο Ιόνιο πέλαγος

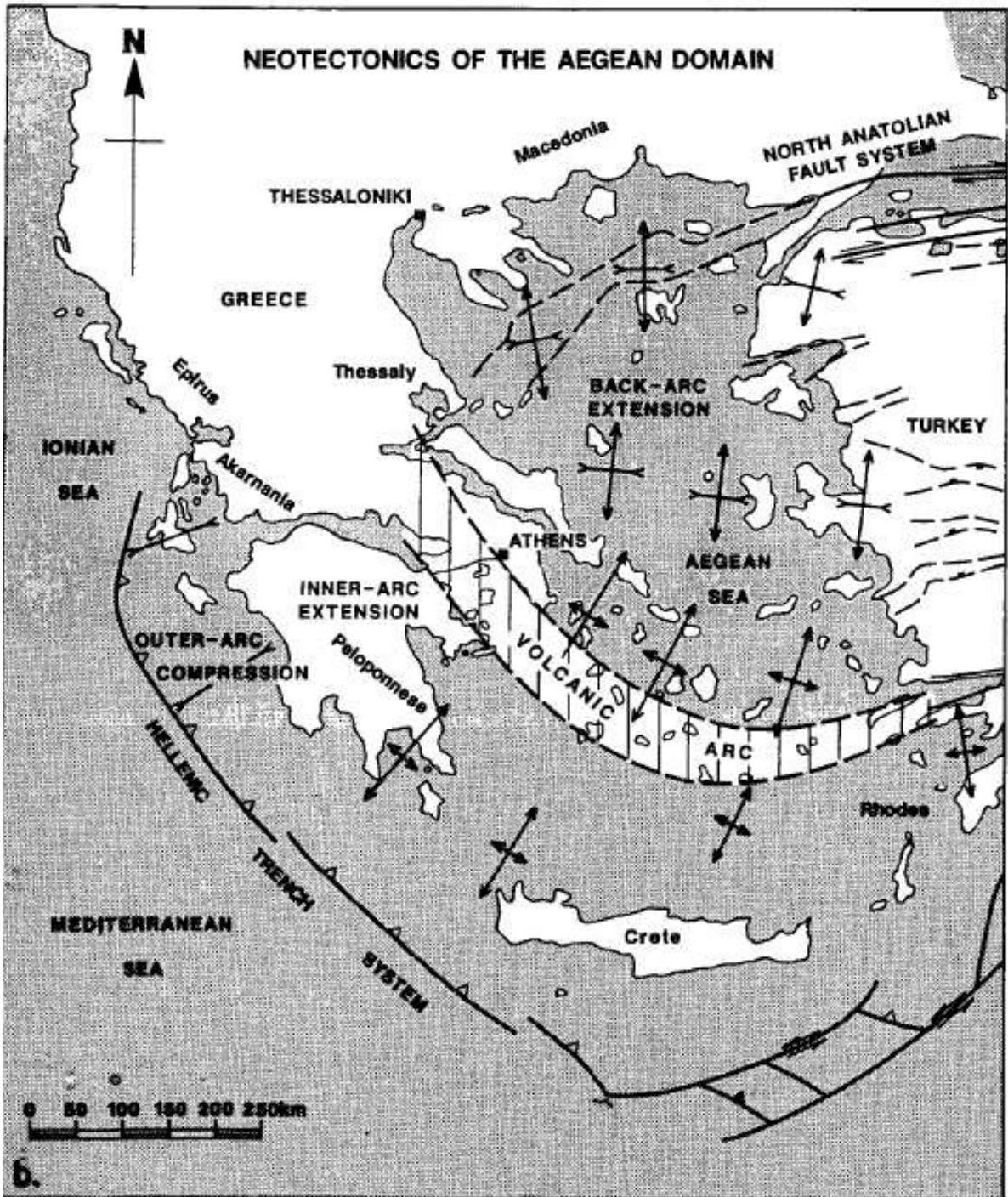
Η δυτική Ελλάδα βρίσκεται σε μια σεισμοτεκτονικά σύνθετη περιοχή η οποία υπόκειται σε διαρκή και έντονη παραμόρφωση. Η περιοχή αυτή παίζει σημαντικό ρόλο στις κινηματικές διαδικασίες της ανατολικής Μεσογείου. Η περιοχή

με την υψηλότερη σεισμική δραστηριότητα στην Ευρώπη είναι αυτή στο δυτικό τμήμα του Ελληνικού Τόξου, η οποία περιλαμβάνει τα εξής νησιά του Ιονίου πελάγους: Λευκάδα, Ιθάκη, Κεφαλονιά και Ζάκυνθο. Στην περιοχή αυτή του Ελληνικού Τόξου, η ζώνη καταβύθισης του ωκεάνειου φλοιού κάτω από τον ηπειρωτικό οριοθετείται στα δυτικά από το **Ρήγμα Μετασχηματισμού Κεφαλληνίας**, ένα μεγάλης έκτασης δεξιόστροφο ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης. Το ρήγμα αυτό βρίσκεται στα δυτικά της νήσου Κεφαλονιάς σε μια περιοχή μεγάλου θαλάσσιου βάθους – μεγαλύτερο των 3χλμ. - και έχει παράταξη Β20Α. Όπως φαίνεται και στην εικόνα 4.2 (από Finetti, 1982) η οποία παρουσιάζει το σύγχρονο τεκτονικό καθεστώς στο θαλάσσιο χώρο μεταξύ Ελλάδας και Ιταλίας, ωκεάνειος φλοιός υπωθείται κάτω από το Ελληνικό Τόξο στα ανατολικά και το Τόξο της Καλαβρίας στα δυτικά. Η νήσος Κεφαλονιά διαχωρίζεται από τον ωκεάνειο φλοιό με το προαναφερθέν ενεργό οριζόντιο δεξιόστροφο ρήγμα του οποίου ρυθμός κίνησης κυμαίνεται από 7χιλ./έτος έως 30χιλ./έτος. Στην περιοχή του ρήγματος αυτού συναντώνται η Προ-Απούλια πλάκα, ηπειρωτικός φλοιός ο οποίος ανήκει στην Ιόνια ζώνη και ωκεάνειος φλοιός.

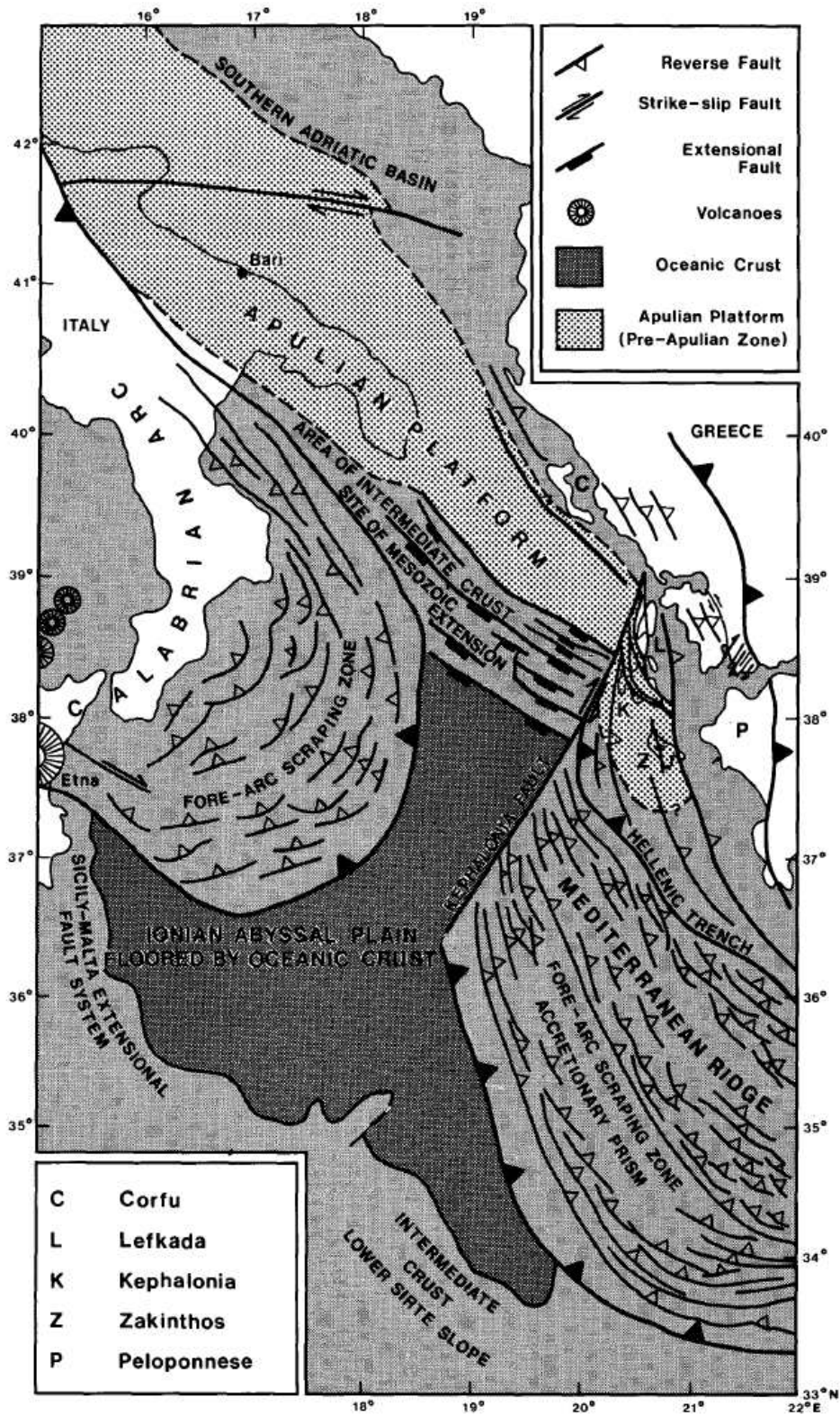
Παλαιομαγνητικές έρευνες στα νησιά του Ιονίου δείχνουν μια δεξιόστροφη κίνηση των 26° περίπου τα τελευταία 5 εκ. χρόνια, η οποία πιθανόν οφείλεται στο γεγονός ότι ο ηπειρωτικός φλοιός επωθείται πάνω στον ωκεάνειο φλοιό λόγω του ότι αυτός είναι πυκνότερος και συνεπώς βαρύτερος, κάτι που εξηγεί και τον δεξιόστροφο χαρακτήρα του προαναφερθέντος οριζόντιου ρήγματος (Underhill 1989).

### **4.3 Σεισμικότητα**

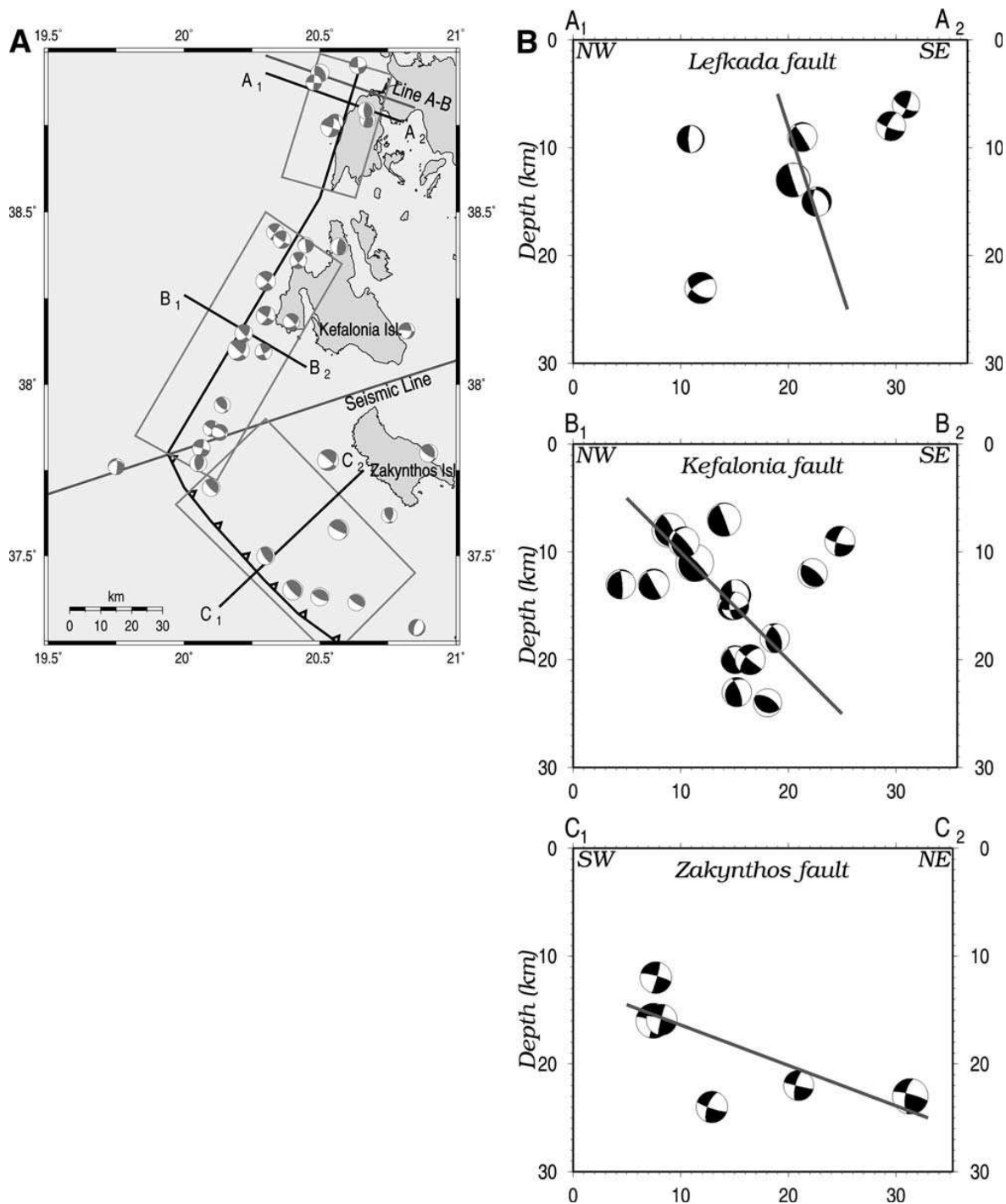
Οι διεργασίες της ενεργής καταβύθισης και της ηπειρωτικής σύγκρουσης στον χώρο του Ιονίου πελάγους είναι υπεύθυνες για τους σεισμούς οι οποίοι δημιουργούνται κατά μήκος των δυτικών ακτών Ελλάδας και Αλβανίας καθώς και στην κυρτή πλευρά του Ελληνικού Τόξου. Στην περιοχή δυτικά της νήσου Κεφαλονιάς εντοπίζεται, όπως προαναφέρθηκε, το Ρήγμα Μετασχηματισμού Κεφαλληνίας. Η δράση του ρήγματος αυτού έχει ως αποτέλεσμα μια έντονη σεισμική δραστηριότητα στην περιοχή αυτή. Η πλειονότητα των σεισμών εντοπίζεται σε μια στενή ζώνη δυτικά των ακτών της Κεφαλονιάς καθώς και σε μια



Εικόνα 4.1: Χάρτης ο οποίος απεικονίζει την παραμόρφωση στον ελλαδικό χώρο, Outer-Arc Compression: Καθεστώς συμπίεσης εξωτερικά του τόξου (Ιόνιο πέλαγος), Inner-Arc Extension: Καθεστώς διαστολής μέσα στο τόξο (Πελοπόννησος, Κρήτη), Back-Arc Extension: Καθεστώς διαστολής πίσω από το τόξο (Βόρειο Αιγαίο) Volcanic Arc: Ηφαιστειακό τόξο (σχήμα από Underhill, 1989).



Εικόνα 4.2: Calabrian Arc: Τόξο Καλαβρίας Apulian Platform: Απούλια πλάκα Mediterranean Ridge: Μεσογειακή Ράχη Hellenic Trench: Ελληνική Περιφερειακή Τάφρος Fore-Arc Scraping Zone: Ζώνη μπροστά από το τόξο Accretionary Prism: Πρίσμα Προσαύξησης (σχήμα από Finetti, 1982)



Εικόνα 4.3: Για τις τομές οι οποίες προβάλλονται στο σχήμα A στα αριστερά της εικόνας δίνονται οι επιλύσεις εστιακών μηχανισμών σε σχέση με την γεωγραφική θέση της τομής και το βάθος, στο σχήμα B στα δεξιά της εικόνας (από Kokinou et al. 2006).

ευρύτερη περιοχή στο θαλάσσιο τμήμα νοτιοδυτικά της Ζακύνθου. Οι σεισμοί στον θαλάσσιο χώρο της Ζακύνθου προκαλούνται από ρήγματα ανάστροφα, όπως δείχνουν οι επιλύσεις εστιακών μηχανισμών της περιοχής, ενώ όσο

μετακινούμαστε προς Βορρά τα ρήγματα παρουσιάζουν μερικώς ή και αμιγώς πλάγια συνιστώσα κίνησης. Αυτό μπορεί να φανεί πιο καθαρά στο σχήμα 4.3 όπου σε τρεις τομές κάθετα στην ζώνη καταβύθισης του Ελληνικού Τόξου και του Ρήγματος Κεφαλληνίας προβάλλονται οι επιλύσεις εστιακών μηχανισμών σεισμών που έχουν λάβει χώρα στις περιοχές αυτές.

Η περιοχή του Ιονίου πελάγους έχει πληγεί συστηματικά από ισχυρούς σεισμούς με καταστροφικά για τα νησιά του κεντρικού Ιονίου αποτελέσματα. Πιο συγκεκριμένα σεισμοί μεγάλου μεγέθους ( $M \geq 7$ ) έχουν καταστρέψει αστικές περιοχές σε Κεφαλονιά, Ζάκυνθο και Λευκάδα, όπως γίνεται γνωστό από ιστορικές αναφορές, ενώ ο καταστροφικός σεισμός του 1953 ( $M=7,2$ ) είχε ως αποτέλεσμα την ολοκληρωτική καταστροφή κτιρίων στο μεγαλύτερο μέρος της Κεφαλονιάς και την απώλεια ζώων εκατοντάδων ανθρώπων. Το μεγαλύτερο καταγεγραμμένο μέγεθος σεισμού είναι  $M=7,4$  ενώ τις τελευταίες δεκαετίες σεισμοί μεγέθους  $M > 6$  έχουν πλήξει επανηλειμμένα την περιοχή με σημαντικότερους αυτούς του έτους 1983 ( $M=6,7$ ) στην Κεφαλονιά, του έτους 2003 ( $M=6,3$ ) στα δυτικά της Λευκάδας και των ετών 2005 ( $M=5,6$ ) και 2006 ( $M=5,7$ ) στα δυτικά της Ζακύνθου. Από τότε και μέχρι σήμερα οι σεισμοί που συμβαίνουν έχουν μεγέθη μικρότερα του  $M=5$  ενώ κάθε χρόνο αναμένεται τουλάχιστον ένας σεισμός μεγέθους  $M \approx 5$  (Kokinou et al. 2006).

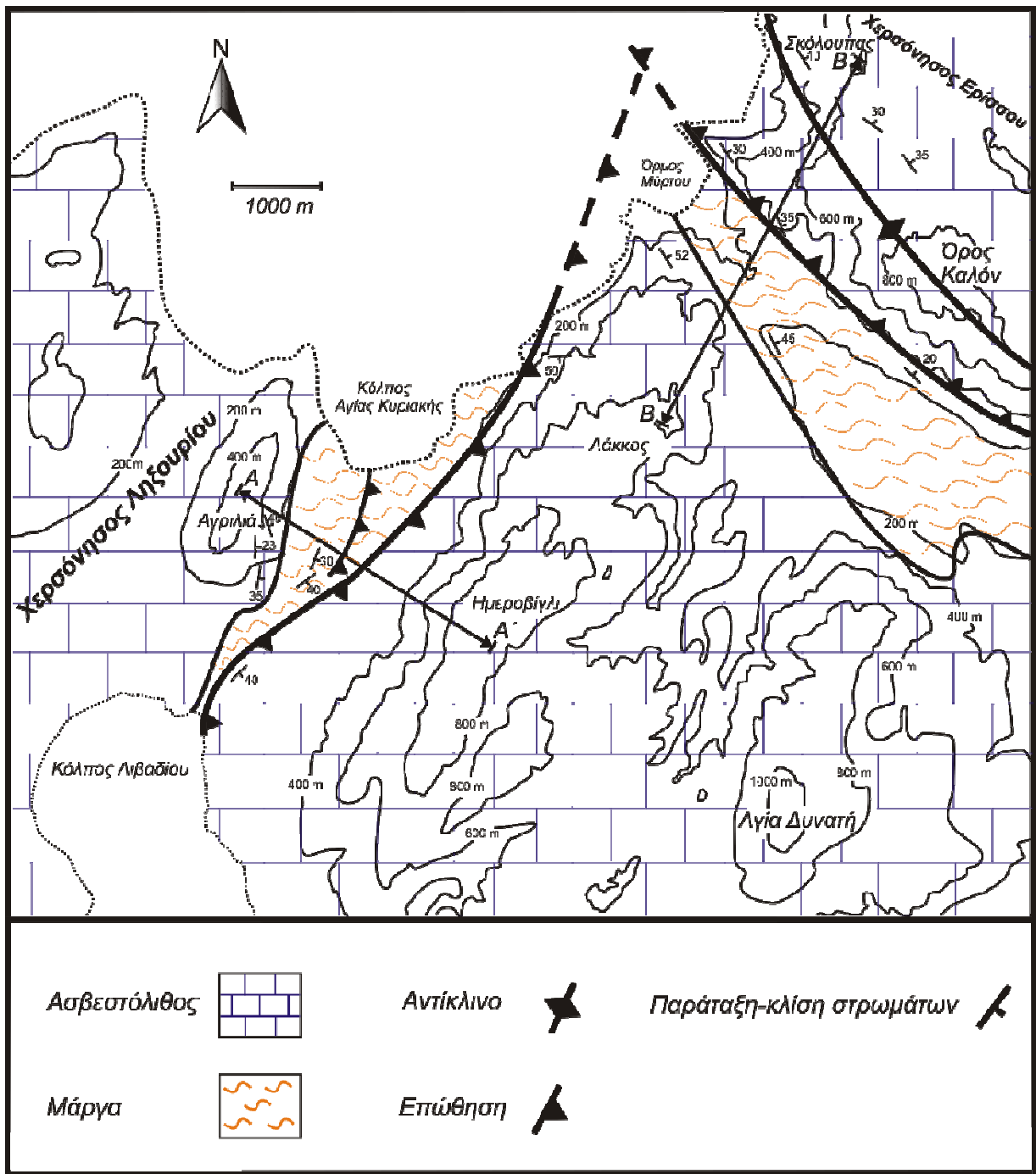
## **5. Τεκτονική Ανάλυση**

### **5.1 Περιοχή μελέτης**

Η περιοχή η οποία μελετάται στην εργασία αυτή βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα της νήσου Κεφαλονιάς και εκτείνεται από το βουνό της **Αγριλιάς** στα δυτικά, πάνω από τον κόλπο της Αγίας Κυριακής έως και το βουνό **Σκόλουπα** στα βορειοανατολικά του όρμου Μύρτου (Εικόνα 5.1). Για τις ανάγκες της τεκτονικής ανάλυσης πάρθηκαν μετρήσεις με πυξίδα Clar κατά μήκος του οδικού δικτύου της περιοχής, το οποίο αποτελεί και μια φυσική τομή των πετρωμάτων. Μερικές αντιπροσωπευτικές μετρήσεις πυξίδας Clar που αφορούν την κλίση και διεύθυνση κλίσης των στρωμάτων έχουν προβληθεί επάνω στο γεωλογικό-τεκτονικό χάρτη (εικόνα 5.1). Το σύνολο των μετρήσεων προβλήθηκε σε δίκτυα Schmidt κατώτερου ημισφαιρίου για εξαγωγή συμπερασμάτων ενώ βάσει των μετρήσεων αυτών και παρατηρήσεων για τη μεσοσκοπική παραμόρφωση των πετρωμάτων κατασκευάστηκαν και δυο γεωλογικές τομές AA' και BB' η θέση των οποίων εμφανίζεται στο γεωλογικό-τεκτονικό χάρτη.

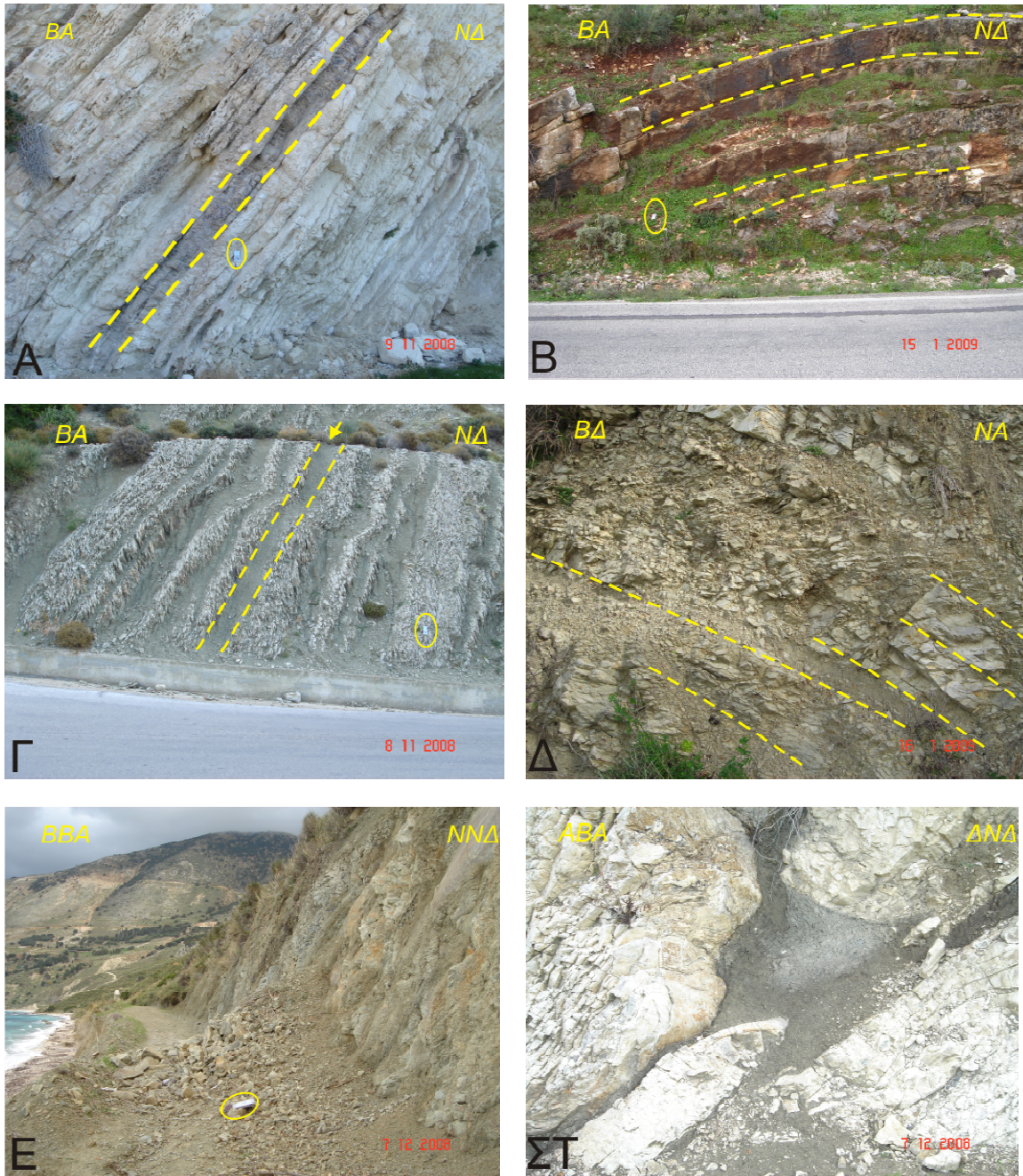
### **5.2 Περιγραφή Χάρτη – Μεγασκοπικές δομές**

Στον απλοποιημένο γεωλογικό-τεκτονικό χάρτη που ακολουθεί (εικόνα 5.1) απεικονίζεται η περιοχή μελέτης της παρούσης εργασίας. Οι δύο λιθολογίες που δομούν την περιοχή είναι ασβεστόλιθοι Κρητιδικής-Παλαιογενούς ηλικίας και μαργαίκοι σχηματισμοί Μειοκαινικής ηλικίας. Πιο συγκεκριμένα οι ασβεστόλιθοι έχουν λευκό η γκρίζο χρώμα και είναι μεσοστρωματώδεις. Στον όρμο Μύρτου παρατηρούνται λευκοί ασβεστόλιθοι μέσου πάχους με παρεμβολές κερατολίθων (εικόνα 5.2A), ενώ κατά μήκος του κεντρικού οδικού δικτύου πάνω από τον όρμο Μύρτου συναντά κανείς γκρίζους ασβεστόλιθους (εικόνα 5.2B). Οι μάργες έχουν λευκοπράσινο έως κίτρινο χρώμα και στον όρμο Μύρτου εμφανίζουν έναν έντονο υποπαράλληλο με την στρώση σχισμό διάλυσης (φωτογραφία Γ).



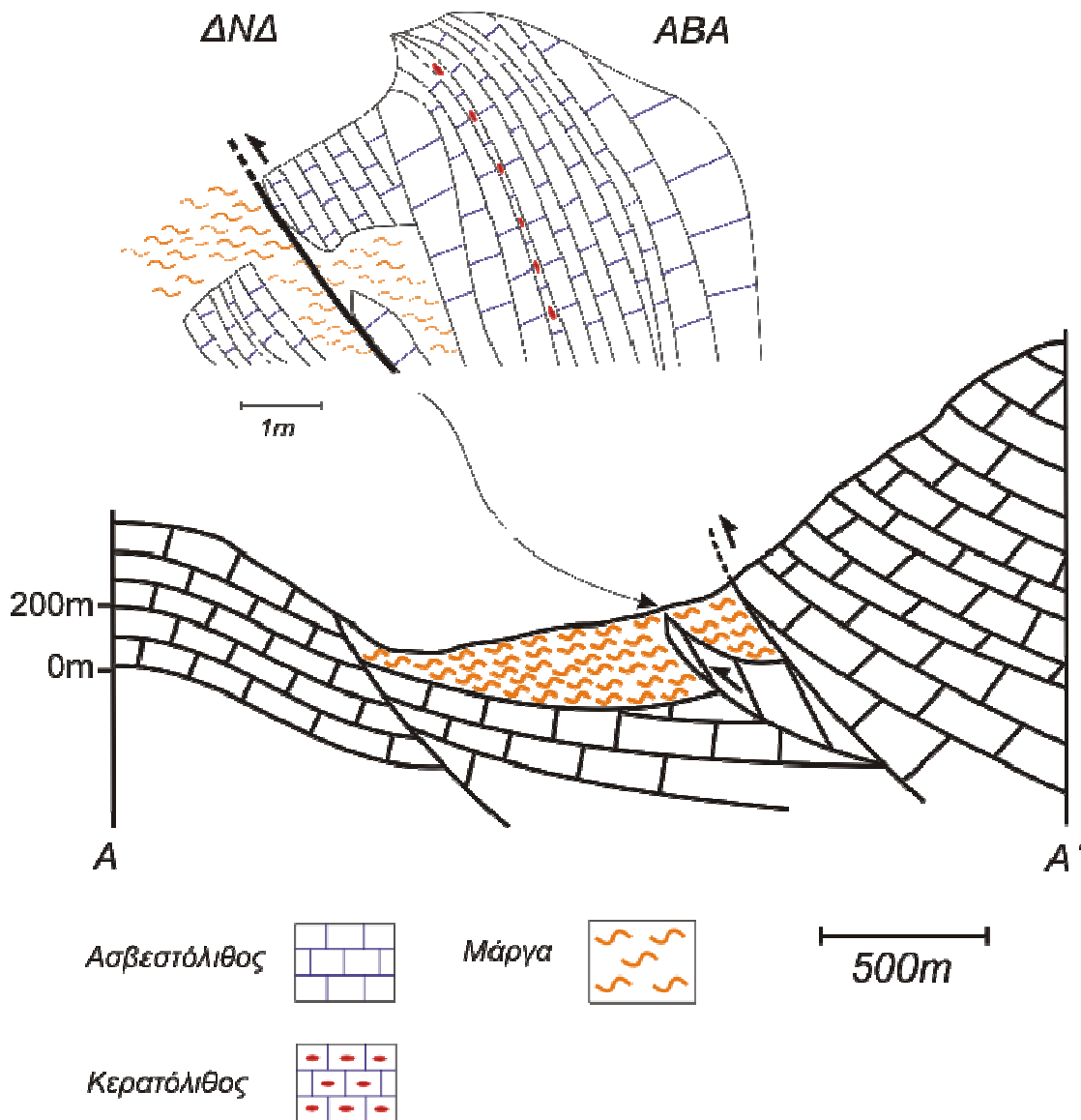
Εικόνα 5.1: Γεωλογικός - Τεκτονικός χάρτης του βορειοδυτικού τμήματος της νήσου Κεφαλονιάς, στον οποίο απεικονίζονται οι κύριες επωθήσεις στον Όρμο Μύρτου και στον Κόλπο Αγίας Κυριακής. Στον χάρτη παρουσιάζονται αντιπροσωπευτικές παρατάξεις και κλίσεις στρωμάτων όπως μετρήθηκαν με την πυξίδα Clag καθώς και η θέση των γεωλογικών τομών AA' και BB'.





Εικόνα 5.2: (Α) Ασβεστόλιθοι στον όρμο Μύρτου. Οι διακεκομμένες γραμμές τονίζουν την κερατολιθική παρένστρωση ενώ επισημαίνεται και η γεωλογική πυξίδα για κλίμακα. (Β) Μεσοστρωματώδεις γκριζοί ασβεστόλιθοι πάνω από τον όρμο Μύρτου (μήκος σχηματισμού περίπου 3,5 μέτρα). (Γ) Μάργες στον όρμο Μύρτου. Το βέλος δείχνει την στρώση του σχηματισμού ενώ τονίζεται ότι ο σχισμός διάλυσης είναι υποπαράλληλος σε αυτήν. (Δ) Μάργες πάνω από τον κόλπο Αγίας Κυριακής. (Ε) Φυσική τομή στην ακτή του κόλπου Αγίας Κυριακής στον οποίο εμφανίζονται μαργαίκοι σχηματισμοί. (ΣΤ) Λεπτομέρεια από τον ασβεστολιθικό σχηματισμό της Αγίας Κυριακής, εκεί όπου πιθανά εντοπίζεται η επώθηση (μήκος περίπου 1,5 μέτρα).

Οι κύριες τεκτονικές δομές που χαρτογραφήθηκαν στην περιοχή είναι δύο μεγασκοπικής κλίμακας επωθήσεις οι οποίες θα αναφέρονται εφ' εξής ως **επώθηση Αγίας Κυριακής** και **επώθηση Μύρτου** (εικόνα 5.1). Οι επωθήσεις εμφανίζονται στις γεωλογικές τομές AA' και BB' αντίστοιχα. Οι τομές αυτές κατασκευάστηκαν κάθετα στα ρήγματα με σκοπό την απεικόνιση της λειτουργίας αυτών.



Εικόνα 5.3: Γεωλογική τομή AA' στην οποία φαίνονται οι δύο κλάδοι της επώθησης της Αγίας Κυριακής, οι κλίσεις των στρωμάτων καθώς και λεπτομέρεια του ασβεστολιθικού σχηματισμού ο οποίος εμφανίζεται στην παραλία της Αγίας Κυριακής.

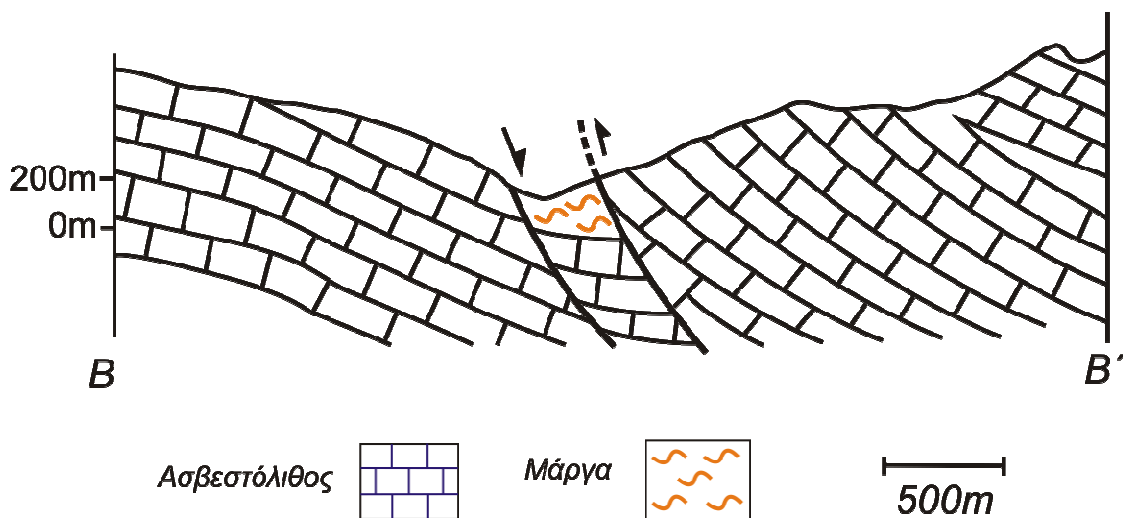
**Η επώθηση της Αγίας Κυριακής** εμφανίζεται μεταξύ των βουνών *Λάκκος* και *Ημεροβίγλι* στα ανατολικά και *Αγριλιά* στα δυτικά. Με την επώθηση αυτή ενώνεται ο κύριος κορμός της Κεφαλονιάς με την χερσόνησο του Ληξουρίου. Η επώθηση έχει γενική διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και κλίση περί τις 50° και όπως φαίνεται στη γεωλογική τομή ΑΑ' (εικόνα 5.3) τοποθετεί τεκτονικά ασβεστόλιθους Κρητιδικής –Παλαιογενούς ηλικίας επί των Μειοκαινικών μαργών. Στην οροφή της επώθησης οι Κρητιδικοί-Παλαιογενείς ασβεστόλιθοι παρουσιάζουν κλίσεις 40° έως 50° και διευθύνσεις κλίσεως που κυμαίνονται από ΝΑ έως ΝΝΑ (εικόνες 5.1 και 5.3). Στη βάση της επώθησης οι Μειοκαινικές μάργες εμφανίζουν κλίσεις 30° έως 40° και διευθύνσεις κλίσεως που κυμαίνονται από ΝΑ έως ΑΝΑ (εικόνες 5.1 και 5.3).

Οι Μειοκαινικοί μαργαϊκοί σχηματισμοί στη βάση της επώθησης της Αγίας Κυριακής έχουν αποτεθεί σε μια επιμήκη λεκάνη ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης παράλληλα με την επώθηση. Η βάση της μαργαϊκής λεκάνης αποτελείται από ήπια κεκλιμένους ασβεστόλιθους Κρητιδικής –Παλαιογενούς ηλικίας. Το πάχος των μαργαϊκών ιζημάτων κυμαίνεται από λίγα μέτρα στο ΝΔ τμήμα όπου η λεκάνη φαίνεται να αποσφηνώνεται (εικόνα 5.1) και φτάνει περίπου τα 250-300 μέτρα στο ΒΑ τμήμα στην ακτή του κόλπου (εικόνες 5.1 και 5.3). Φαίνεται επίσης ότι η λεκάνη εκτείνεται και στο θαλάσσιο χώρο του κόλπου της Αγίας Κυριακής και ως εκ' τούτου είναι πιθανό ότι το μέγιστο πάχος των ιζημάτων είναι μεγαλύτερο από το παρατηρούμενο πάχος των 250-300 μέτρων.

Σύμφωνα με τη γεωλογική τομή ΑΑ' (εικόνα 5.3) η επώθηση της Αγίας Κυριακής πιθανά φέρει δύο κλάδους, τον κύριο ο οποίος περιγράφηκε ήδη και έναν δευτερεύων ο οποίος φέρνει στην επιφάνεια ασβεστόλιθους μέσα στην μαργαϊκή λεκάνη. Η θέση του δεύτερου κλάδου, η ύπαρξη του οποίου πιστοποιείται με την παρατήρηση ασβεστολίθων στην παραλία της Αγίας Κυριακής, παρουσιάζεται ως λεπτομερής γεωλογική τομή στο επάνω μέρος της εικόνας 5.3. Στη θέση αυτή ο επωθούμενος σχηματισμός αποτελείται από ασβεστόλιθους με κερατολιθικές παρενστρώσεις και χαρακτηρίζεται από έντονες κλίσεις της τάξεως των 70-80°.

**Η επώθηση του Μύρτου** εμφανίζεται μεταξύ των βουνών *όρος Καλόν* στα ανατολικά και *Λάκκος* στα δυτικά (εικόνα 5.1). Με την επώθηση αυτή ενώνεται ο κύριος κορμός της Κεφαλονιάς με την χερσόνησο της Ερίσσου. Η επώθηση αυτή

έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ. Στην οροφή εμφανίζονται Κρητιδικοί-Παλαιογενείς ασβεστόλιθοι οι οποίοι στην περιοχή του βουνού Σκόλουπας κλίνουν ήπια (περίπου  $10^\circ$ ) προς τα ΒΑ ενώ στο μέτωπο της επώθησης κλίνουν επίσης προς τα ΒΑ αλλά με εντονότερες κλίσεις (περίπου  $30^\circ - 40^\circ$ ) (εικόνες 5.1. και 5.4.). Η διαφορά στις κλίσεις των στρωμάτων πιθανά οφείλεται σε μια μεγασκοπική πτυχή (αντίκλινο) που εντοπίζεται στην οροφή της επώθησης και με ΒΔ-ΝΑ διευθυνόμενο άξονα. Στη βάση της επώθησης εμφανίζονται Μειοκαινικές μάργες με κλίσεις που κυμαίνονται από  $20^\circ$  έως  $45^\circ$  και διευθύνσεις κλίσεως γενικά προς τα ΒΑ.



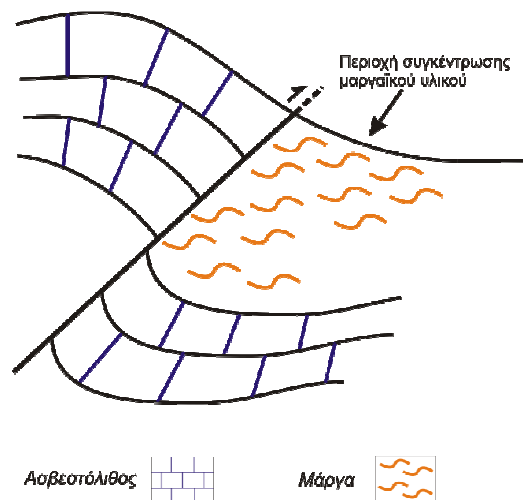
Εικόνα 5.4: Γεωλογική τομή ΒΒ' στην οποία φαίνεται η επώθηση του Μύρτου, οι κλίσεις των στρωμάτων καθώς και το διαβρωμένο αντίκλινο στα ΒΑ.

Οι Μειοκαινικοί μαργαϊκοί σχηματισμοί στη βάση της επώθησης του Μύρτου έχουν αποτεθεί σε μια επιμήκη λεκάνη ΒΔ-ΝΑ διεύθυνσης παράλληλα με την επώθηση. Η βάση της μαργαϊκής λεκάνης αποτελείται από ήπια κεκλιμένους ασβεστόλιθους Κρητιδικής – Παλαιογενούς ηλικίας. Το πάχος των μαργαϊκών ιζημάτων όπως απεικονίζεται στον τεκτονικό χάρτη (εικόνα 5.1) αλλά και στην γεωλογική τομή ΒΒ' (εικόνα 5.4) είναι περίπου 200 μέτρα.

### **5.3. Διαδικασία σχηματισμού μαργαϊκών λεκανών**

Στο σημείο αυτό είναι σκόπιμο να περιγραφεί ο μηχανισμός με τον οποίο σχηματίστηκαν οι δύο προαναφερθείσες μαργαϊκές λεκάνες. Οι επωθήσεις που περιγράφησαν έχουν και στην οροφή αλλά και στην βάση τους ασβεστόλιθους. Κατά την δράση αυτών των επωθήσεων σύμφωνα με την οποία η οροφή του

ρήγματος επωθείται πάνω στην βάση δημιουργείται κενός χώρος με την μορφή λεκάνης. Οι λεκάνες αυτές γεμίζουν με λεπτομερέστερο υλικό το οποίο είναι η μάργα. Το γεγονός αυτό δείχνει ότι τόσο η λειτουργία της επώθησης της Αγίας Κυριακής όσο και της επώθησης του Μύρτου είναι συνιζηματογενής με την απόθεση της μάργας και ως εκ τούτου προκύπτει ότι οι δυο επωθήσεις λειτούργησαν κατά το Μειόκαινο. Η εικόνα 5.5 απεικονίζει με απλό τρόπο την διεργασία αυτή. Η δημιουργία αυτή των μαργαϊκών λεκανών στη περιοχή μελέτης είναι χαρακτηριστική των λεκανών σε περιοχές Προχώρας των Ορογενών.



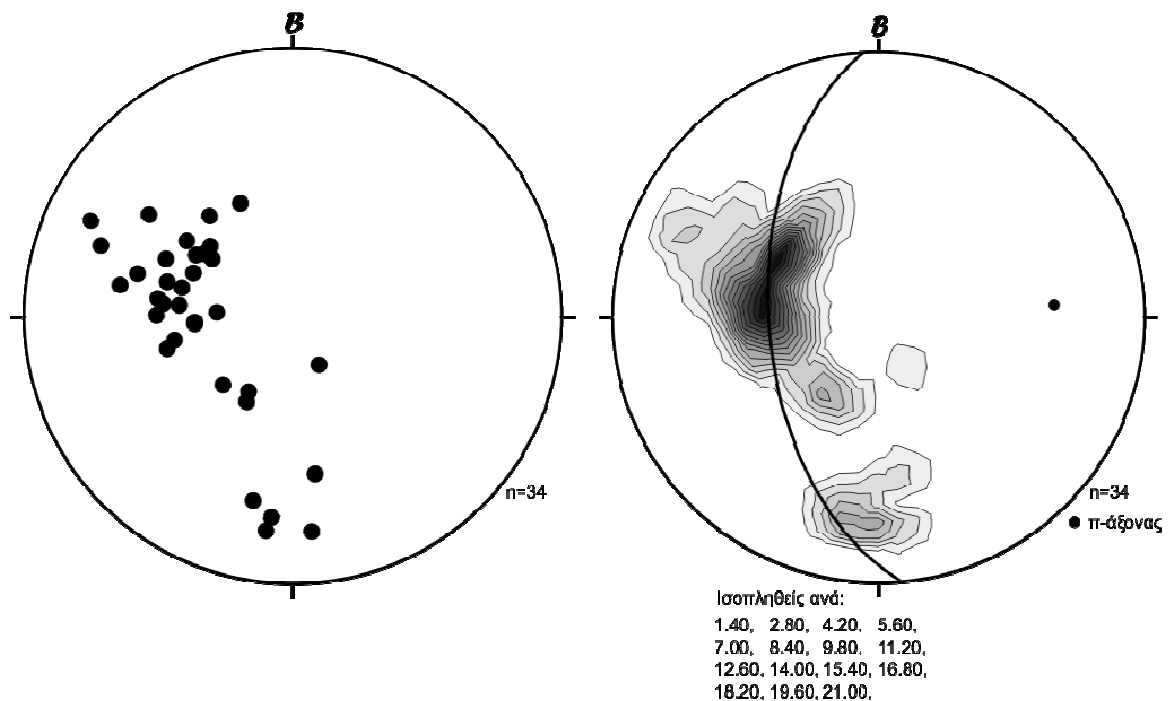
Εικόνα 5.5: Απλοποιημένο σχήμα στο οποίο παρουσιάζεται ο μηχανισμός δημιουργίας μαργαϊκής λεκάνης. Όταν το ένα τέμαχος των ασβεστολίθων επωθείται επάνω στο άλλο δημιουργείται κενός χώρος ο οποίος <<γεμίζει>> με λεπτομερέστερο υλικό.

#### **5.4 Μεγασκοπική πτύχωση**

Η περιοχή μελέτης όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 3 έχει υποστεί πτύχωση λόγω του επικρατούντος καθεστώτος συμπιεστικής τεκτονικής. Παρακάτω παρουσιάζονται δίκτυα Schmidt (ίσων επιφανειών-κατώτερου ημισφαιρίου), στα οποία προβάλλονται αφενός οι πόλοι των στρώσεων των ασβεστολίθων και των μαργών όπως μετρήθηκαν με την πυξίδα Clag καθώς και οι ισοπληθείς καμπύλες που προκύπτουν από την στατιστική επεξεργασία των δικτύων αυτών.

Τα δίκτυα της εικόνας 5.6 αφορούν στο δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης όπου εμφανίζεται η επώθηση της Αγίας Κυριακής. Το πρώτο αντιπροσωπεύει τους πόλους των στρώσεων ενώ το δεύτερο την στατιστική επεξεργασία αυτών.

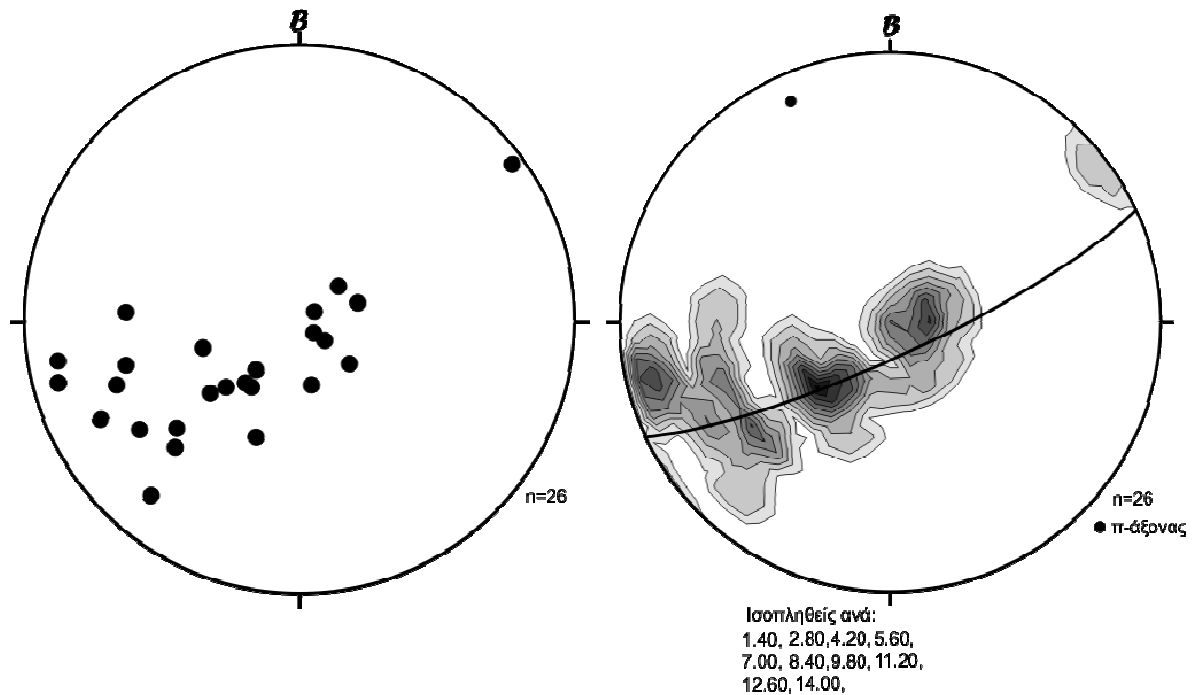
Από την ανάλυση προκύπτει ότι οι περισσότερες τιμές στρώσεων παρουσιάζουν μεσαίες κλίσεις προς τα ΝΑ, της τάξης των 40°- 60°. Μια δευτερεύουσα συγκέντρωση πόλων χαρακτηρίζει επίπεδα στρώσεων που κλίνουν με μέτριες έως έντονες τιμές κλίσεων προς το βορρά. Τα μέγιστα που αναπτύσσονται στο δίκτυο ισοπληθών καμπύλων της εικόνας 5.6 φαίνεται ότι διατάσσονται επί ενός μεγάλου κύκλου. Με εφαρμογή της θεωρίας των π-κύκλων (Ξυπολιάς 2009) βλέπουμε ότι η κατανομή των μετρήσεων αντιπροσωπεύει μια ανοιχτή πτυχή με γωνία σκελών περίπου 100° και άξονα ΑΒΑ-ΔΝΔ. Η διεύθυνση αυτή της μεγασκοπικής πτύχωσης βρίσκεται σε μικρή γωνία με τη διεύθυνση της επώθησης της Αγίας Κυριακής και ως εκ' τούτου φαίνεται ότι η επώθηση και η πτύχωση προέκυψαν από το ίδιο τασικό πεδίο συμπίεσης.



Εικόνα 5.6: Τα παραπάνω δίκτυα αναφέρονται στο δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης. Προβάλλονται αφ' ενός οι πόλοι στρώσεων (αριστερά) και αφ' ετέρου οι ισοπληθείς αυτών (δεξιά) καθώς και ο π-κύκλος ο οποίος περνά από τις μέγιστες συγκεντρώσεις των μετρήσεων. Βάσει του κύκλου προβάλλεται και ο π άξονας.

Τα δίκτυα της εικόνας 5.7 αφορούν στο ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης όπου εμφανίζεται η επώθηση του Μύρτου. Με βάση το πρώτο δίκτυο βλέπουμε ότι οι πόλοι των στρώσεων εμφανίζουν μεγαλύτερη διασπορά, με τις στρώσεις να παρουσιάζουν κλίσεις με εύρος από 0-90°. Για το δίκτυο των

ισοπληθών, πάλι με βάση την θεωρία των π-κύκλων, μπορούμε να πούμε ότι αντιπροσωπεύει μια ήπια πτύχωση με άξονα ΒΒΔ-ΝΝΑ. Η διεύθυνση αυτή της μεγασκοπικής πτύχωσης βρίσκεται σε μικρή γωνία με τη διεύθυνση της επώθησης του Μύρτου και ως εκ τούτου φαίνεται ότι η επώθηση και η πτύχωση προέκυψαν από το ίδιο τασικό πεδίο συμπίεσης.

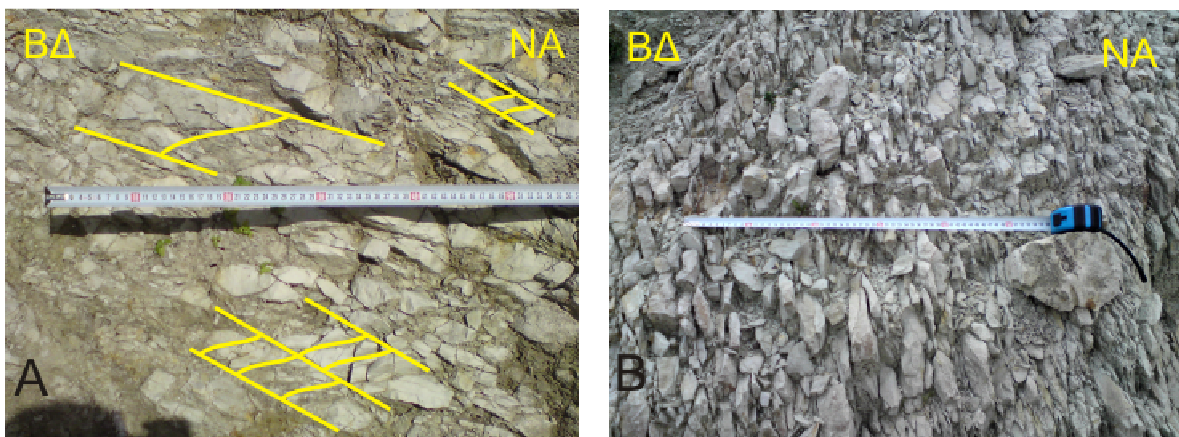


Εικόνα 5.7: Τα παραπάνω δίκτυα αναφέρονται στο ανατολικό τμήμα της περιοχής μελέτης. Όπως και παραπάνω στο πρώτο δίκτυο προβάλλονται οι πόλοι των στρώσεων (αριστερά) και στο δεύτερο (δεξιά) οι ισοπληθείς αυτών καθώς και ο π-κύκλος ο οποίος περνά από τις μέγιστες συγκεντρώσεις των μετρήσεων. Βάσει του κύκλου προβάλλεται και ο π άξονας.

### 5.5 Ποσοστό συστολής

Ο σχισμός που εμφανίζουν ιζηματογενή πετρώματα όπως ο ασβεστόλιθος και η μάργα είναι ικανός, βάσει της πυκνότητάς του, να εντάξει μια περιοχή σε έναν βαθμό συμπίεσης. Πιο συγκεκριμένα αρκετοί ερευνητές (για παράδειγμα οι Alvarez et al. 1978) ορίζουν ένα ποσοστό συμπίεσης μιας περιοχής ανάλογα με το αν οι ασβεστόλιθοι παρουσιάζουν ασθενή, μέτριο, έντονο ή πολύ έντονο σχισμό διάλυσης. Για την περιοχή μελέτης της εργασίας επισημαίνονται τα εξής. Με βάση τον σχισμό διάλυσης που παρατηρήθηκε σε μάργες, και στο δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης επί του οδικού δικτύου (εικόνα 5.2 Δ) αλλά και στο ανατολικό

τμήμα στον όρμο Μύρτου (εικόνα 5.2 Γ), ο σχισμός διάλυσης ήταν μέτριας πυκνότητας. Ειδικότερα τα επίπεδα του σχισμού απέχουν μεταξύ τους λιγότερο από 5 εκατοστά κάτι που φαίνεται και στις δύο φωτογραφίες, ενώ στις μάργες του όρμου Μύρτου παρατηρείται τομή των επιπέδων σχισμού σε γωνίες  $120^\circ$  περίπου, χαρακτηριστικά που συναντώνται σε μέτριο σχισμό διάλυσης. Μπορεί συνεπώς κανείς να πει ότι η περιοχή έχει υποστεί συμπίεση της τάξης του 4-25%. Ακολουθούν φωτογραφίες του παρατηρηθέντος σχισμού διάλυσης.



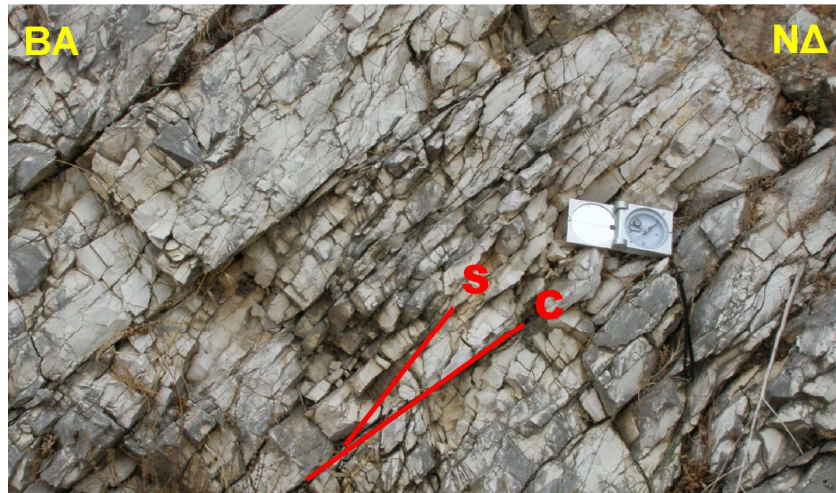
Εικόνα 5.8: (Α) Μάργες οι οποίες απαντώνται στο άνω τέμαχος της επώθησης στα δυτικά της περιοχής μελέτης. Τονίζονται ενδεικτικά η στρώση του σχηματισμού και ο ενδιάμεσος σχισμός διάλυσης. (Β) Μάργες στον όρμο Μύρτου. Ο πυκνός σχισμός διάλυσης τείνει να διασταυρωθεί σε γωνία  $120^\circ$ , χαρακτηριστικό του μέτριου καθεστώτος συμπίεσης. Το μήκος του μέτρου είναι 56 εκατοστά και στις δύο φωτογραφίες.

## **5.6 Κινηματική ανάλυση**

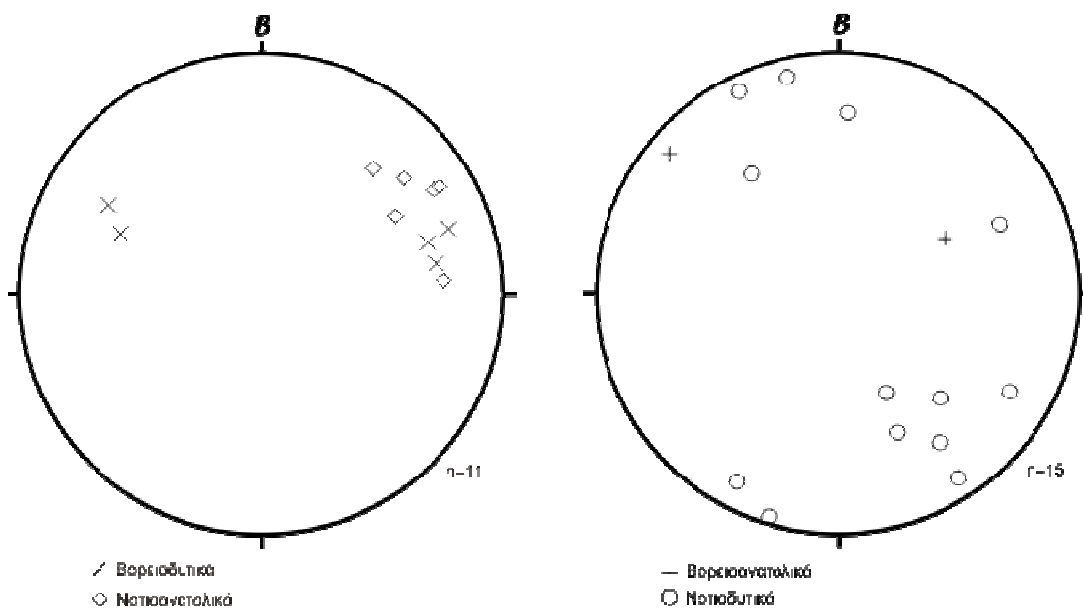
Στα πλαίσια της ανάλυσης των δύο επωθήσεων πάρθηκαν μετρήσεις ζευγών στρώσεως - σχισμού διάλυσης κυριώς στις Μειοκαινικές μάργες αλλά και στους ασβεστόλιθους Κρητιδικής – Παλαιογενούς . Τα πετρώμα εμφανίζουν, κυρίως πλησίον των μεγάλων επωθήσεων, έντονο σχισμό διάλυσης, όπως έχει περιγραφεί παραπάνω. Τα ζεύγη επιπέδων στρώσεως - σχισμού που αναλύθηκαν διάλυσης αναφέρονται στη βιβλιογραφία ως δομές C-S από τις λέξεις <<cisaillement>> που σημαίνει διάτμηση και αντιπροσωπεύει τις στρώσεις, εφόσον η διάτμηση είναι παράλληλη προς αυτές, και <<schistosité>> που σημαίνει σχιστότητα και αντιστοιχεί στον σχισμό διάλυσης. Χαρακτηριστικές περιπτώσεις C-



S σε μαργαϊκούς και ασβεστολιθικούς σχηματισμούς παρουσιάζονται στις εικόνες 5.8 A και 5.9, αντίστοιχα. Είναι γνωστό ότι η τομή δύο επιπέδων είναι μια γραμμή με προσανατολισμό στον χώρο ανάλογο με αυτόν των δύο επιπέδων που την σχηματίζουν. Συνεπώς κάθε ζεύγος C-S ορίζει και μια γραμμή στον χώρο με έναν προσανατολισμό ο οποίος φανερώνει την διεύθυνση στην οποία έχει κινηθεί το πέτρωμα στο οποίο πάρθηκαν οι μετρήσεις.



Εικόνα 5.9: Εμφάνιση ασβεστολίθων στην οποία διακρίνονται οι επιφάνειες S και C που χρησιμοποιήθηκαν για την κινηματική ανάλυση. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα η κίνηση είναι προς τα ΝΔ.

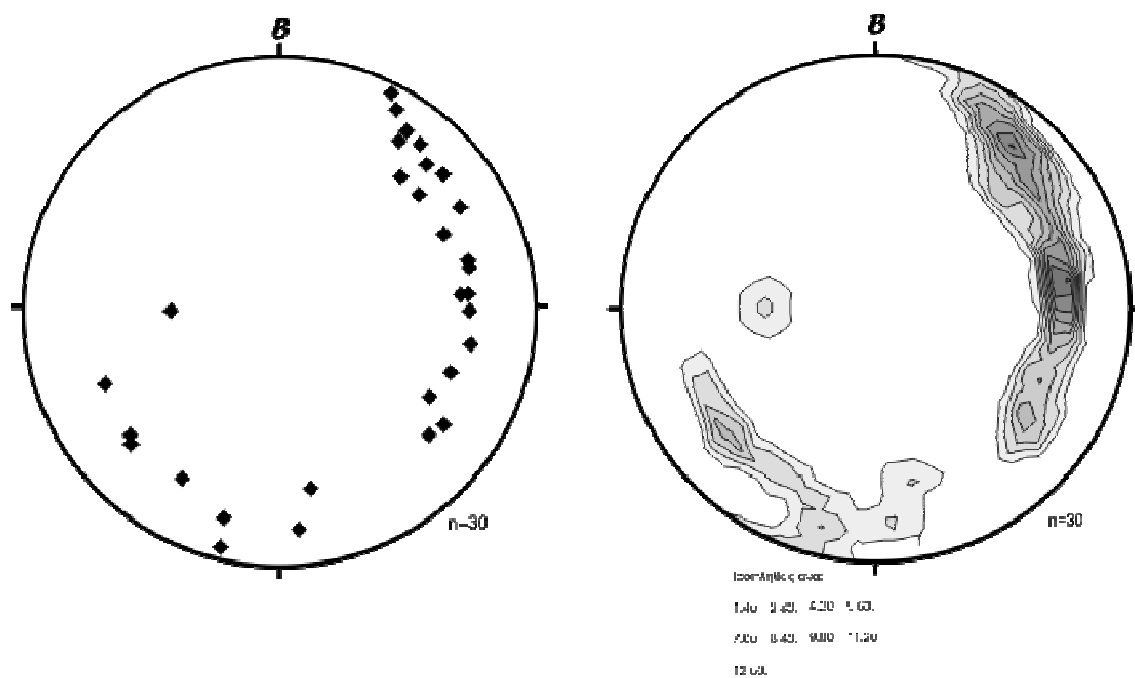


Εικόνα 5.10: Δίκτυα στα οποία προβάλλονται οι τομές των δομών CS. Το πρώτο δίκτυο αφορά στο δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης και το δεύτερο στο ανατολικό.

Από την ανάλυση προκύπτει ότι στο δυτικό τμήμα της περιοχής, όπου εμφανίζεται η επώθηση της Αγίας Κυριακής, οι C-S επιφάνειες δείχνουν κίνηση τόσο προς τα ΒΔ όσο και προς τα ΝΑ (εικόνα 5.10). Στο ανατολικό τμήμα της περιοχής όπου εμφανίζεται η επώθηση του Μύρτου οι περισσότερες C-S επιφάνειες δείχνουν κίνηση προς τα ΝΔ με ελάχιστες μετρήσεις να δείχνουν κίνηση προς τα ΒΑ (εικόνα 5.10).

### **5.7 Συστήματα διακλάσεων**

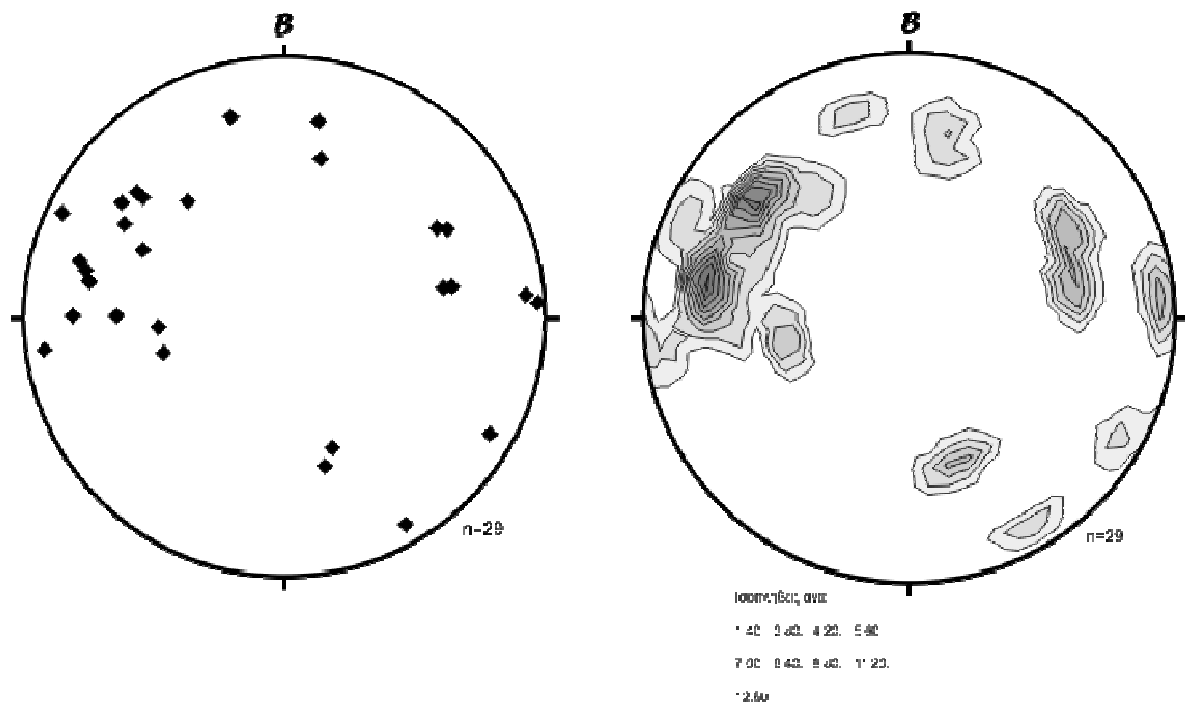
Εκτός από τις μετρήσεις με πυξίδα Clar των στρώσεων και των σχισμών διάλυσης, πάρθηκαν επιπρόσθετα μετρήσεις των συστημάτων διακλάσεων στους ασβεστόλιθους της περιοχής μελέτης. Οι μετρήσεις παρουσιάζονται στα δίκτυα της εικόνας 5.11 για το δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης και στην εικόνα 5.12 για το ανατολικό τμήμα..



Εικόνα 5.11: Δίκτυα τα οποία παρουσιάζουν τους πόλους συστημάτων διάκλασης και τις ισοπληθείς αυτών, όπως μετρήθηκαν στο δυτικό τμήμα της περιοχής μελέτης.

Από την ανάλυση προκύπτει ότι τα επίπεδα διακλάσεων στο δυτικό τμήμα της περιοχής παρουσιάζουν σημαντική διασπορά στην διεύθυνση τους η οποία

κυμαίνεται κυρίως από ΒΔ-ΝΑ έως ΒΒΑ-ΝΝΔ (εικόνα 5.11). Οι γωνίες κλίσεις των επιπέδων είναι έντονες και συνήθως μεγαλύτερες των  $70^\circ$ .



Στο ανατολικό τμήμα της περιοχής τα επίπεδα διακλάσεων παρουσιάζουν μεγαλύτερη συστηματικότητα και συγκεκριμένα χαρακτηρίζονται από ένα κύριο σετ ΒΑ-ΝΔ διεύθυνσης που κλίνουν έντονα (περίπου  $70^\circ$ ) προς τα ΝΑ.

## Βιβλιογραφία

- Μουντράκης Δ., 1985, Γεωλογία της Ελλάδος, University Studio Press, Θεσσαλονίκη
- Ξυπολιάς Π., 2009, Αζιμουθιακές Προβολές στην Τεκτονική Γεωλογία Μέθοδοι και Εφαρμογές, Γκιούρδας Εκδοτική
- Karakitsios, V., and Rigakis, N., 2007, Evolution and Petroleum Potential of Western Greece: *Journal of Petroleum Geology*, v. 30(3), pp 197-218
- Kokinou, E., Papadimitriou, E., Karakostas, V., Kamberis, E., Vallianatos, F., 2006, The Kefalonia Transform Zone (offshore Western Greece) with special emphasis to its prolongation towards the Ionian Abyssal Plain: *Mar Geophys Res* 27:241–252
- Lagios, E., Sakkas, V., Papadimitriou, P., Parcharidis, I., Damiata, B.N., Chousianitis, K., Vassilopoulou, S., 2007, Crustal deformation in the Central Ionian Islands (Greece): Results from DGPS and DInSAR analyses: *Tectonophysics*, v. 444, p. 119–145
- Underhill, J. R., 1989, Late Cenozoic deformation of the Hellenide foreland, western Greece: *Geological Society of America Bulletin*, v. 101, p. 613-634.
- Alvarez, W., Engelder, T., Geiser, P., 1978, Classification of solution cleavage in pelagic limestones: *Geology*, v. 6, p263-266