



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΓΕΩΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΤΟΜΕΑΣ ΔΥΝΑΜΙΚΗΣ, ΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗΣ ΓΕΩΛΟΓΙΑΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
ΣΤΟ ΑΝΑΤΟΛΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΤΟΥ ΚΕΡΑΤΟΣ ΤΟΥ
ΕΥΛΟΚΑΣΤΡΟΥ (ΚΟΡΙΝΘΙΑ)**



ΣΟΦΙΑ Α. ΣΩΤΗΡΟΠΟΥΛΟΥ

(Α.Μ.:1114201300120)

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ: ΔΡ. ΧΑΡΑΛΑΜΠΟΣ ΚΡΑΝΗΣ, Ε.ΔΙ.Π.

ΑΘΗΝΑ 2017

Στον παππού μου, Ανδρέα...

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Πριν την έναρξη της διπλωματικής μου εργασίας κρίνω απαραίτητη την αναφορά στους ανθρώπους που συνέβαλλαν στην ολοκλήρωσή της.

Αρχικά θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα της εργασίας Δρ. Χαράλαμπο Κράνη για την καθοδήγηση και τη βοήθεια που μου παρείχε καθ' όλη την διάρκεια εκπόνησης της εργασίας αυτής, για τον χρόνο που διέθεσε προκειμένου να μου δώσει συμβουλές για την περιοχή μελέτης, αλλά και για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε. Επίσης τον ευχαριστώ για τις γνώσεις και το ενδιαφέρον που κατάφερε να μου μεταδώσει για την τεκτονική και την γεωλογία μέσα από το μάθημα επιλογής της Νεοτεκτονικής.

Επιπλέον, οφείλω να ευχαριστήσω τόσο την γιαγιά και τον παππού μου, Ιωάννα και Κώστα, όσο και τον θείο μου, Φάνη, καθώς χωρίς την βοήθειά τους δεν θα ήταν δυνατή η πραγματοποίηση της χαρτογράφησης της περιοχής μελέτης.

Πολλά ευχαριστώ αξίζουν οι γονείς μου, Αντώνης και Χαρά, αλλά και ο αδερφός μου Αντρέας, για την ηθική και ψυχολογική υποστήριξη που μου παρείχαν τα τέσσερα χρόνια των σπουδών μου, καθώς και για το γεγονός ότι ήταν πάντα δίπλα μου.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω τις συμφοιτήτριές μου Νεφέλη Τσιρίκου-Κασιμάτη, Μαρία Χονδροκούκη και Παναγιώτα Σπηλιώτη για την ψυχολογική υποστήριξη και τις όμορφες στιγμές που περάσαμε κατά τη διάρκεια της φοίτησής μας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο «Γεωλογικές και τεκτονικές παρατηρήσεις στο ανατολικό τμήμα του κέρατος του Ξυλοκάστρου (Κορινθία)» συνδυάζει τις μεθόδους της κλασσικής χαρτογράφησης με προγράμματα Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ArcGIS) προκειμένου να γίνει κατασκευή γεωλογικού και τεκτονικού χάρτη της περιοχής μελέτης, αλλά και με προγράμματα στερεογραφικής προβολής (Openstereo, δίκτυα Schmidt) προκειμένου να γίνει γεωμετρική ανάλυση των πτυχωμένων στρωμάτων της ενότητας της Πίνδου. Η περιοχή της βόρειας Πελοποννήσου χαρακτηρίζεται από την παρουσία πολυάριθμων κανονικών ρηγμάτων που σχετίζονται με την διάνοιξη του Κορινθιακού Κόλπου και τον σχηματισμό της ημιτάφρου αυτού και ως εκ τούτου όλη η περιοχή εμφανίζει μια δομή διαδοχικών τεκτονικών τάφρων και κεράτων. Η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει το ανατολικό τμήμα του τεκτονικού κέρατος του Ξυλοκάστρου, το οποίο οριοθετείται από το δυτικό ρήγμα του Ξυλοκάστρου στα βόρεια, το ρήγμα της Κούτσας στα νότιο-νοτιοανατολικά και το φαράγγι της Φόνισσας στα δυτικά και οι γεωλογικοί σχηματισμοί που απαντώνται είναι οι ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι και η σειρά πηλιτών-ραδιολαριτών της ενότητας της Πίνδου και διάφορα συν-ταφροσιγενή ιζήματα. Μέσα από την λεπτομερή εργασία υπαίθρου, τη διεξαγωγή τεκτονικών και γεωλογικών παρατηρήσεων, αλλά και από την προβολή των τεκτονικών μετρήσεων σε δίκτυα Schmidt, προκύπτει πως το ανατολικό τμήμα του κέρατος του Ξυλοκάστρου είναι μια πτυχωμένη δομή –και συγκεκριμένα ένα αντίκλινο μεγάλης κλίμακας- με κύριο άξονα διεύθυνσης BBA-NNΔ.

Λέξεις κλειδιά: ανατολικό κέρας Ξυλοκάστρου, τεκτονική, Κορινθιακός, ενότητα Πίνδου

ABSTRACT

The following thesis entitled “Geological and tectonic observations at the eastern part of the Xylocastro horst (Korinthia)” combines the typical mapping methods with Geographic Information System programs (such as ArcGIS) in order to construct a geological and a tectonic map of the study area, and with stereographic projection programs (such as Openstereo and Schmidt nets) in order to enable the geometric analysis of the folded lithologies of Pindos Unit. Northern Peloponnese is characterized by the presence of numerous normal faults, which are related to the rifting and the formation of the half-graben structure of the Corinth Gulf hence the whole area has the appearance of successive grabens and horsts. The study area includes the eastern part of the Xylocastro horst, which is delimited from the western fault of Xylocastro in the north, the Koutsia fault in the south-southeast and the Fonissa gorge in the west. The geologic formations encountered in this area are Upper Cretaceous limestones and the radiolarite-chert sequence of the Pindos Unit, along with various syn-rift sediments. Through the detailed fieldwork, the prosecution of geological and tectonic observations and the projection of tectonic measurements at Schmidt nets, it can be inferred that the eastern part of the Xylocastro horst is a folded structure –and more specifically, it is a big scale anticline- with the direction of the main axis to be NNE-SSW.

Key words: east Xylocastro horst, tectonics, Corinth Gulf, Pindos Unit

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 2.1.1: Γεωλογικός και τεκτονικός χάρτης του Κορινθιακού Κόλπου (από συνδυασμό Moretti et al., 2003, Flotte, 2003, Armijo et al., 1996, Malartre et al., 2004, Geraud et al., 2006, Place et al., 2007). Το κόκκινο πλαίσιο οριοθετεί την περιοχή μελέτης.

Εικόνα 2.1.2: Γεωλογικός χάρτης του τεκτονικού κέρατος του Ξυλοκάστρου (Skourtsos et al., 2016).

Εικόνα 2.2.1: Προτεινόμενη γεωμετρία της βόρειας Πελοποννήσου και του Κορινθιακού κόλπου. Σύμφωνα με αυτό η ρηξιγενής ζώνη του Μαίναλου είναι η νοτιότερη εφελκυστική δομή. Το νοτιότερο τμήμα της μπορεί να συνδέεται με το ρήγμα αποκόλλησης με τα κύρια ρήγματα να σταματάνε πάνω του. Δύο κύρια κρυσταλλικά μπλοκ παρατηρούνται, το νότιο που πλέον είναι ανενεργό και το βόρειο που φιλοξενεί την σύγχρονη σεισμική δραστηριότητα του κόλπου (Skourtsos and Kranis, 2009).

Εικόνα 2.3.1: Χάρτης από το Google Earth στον οποίο υποδεικνύονται τα μπλοκ των Κουκουζιέρων και της Κούτσας. Στην ενδιάμεση περιοχή παρατηρείται το φαράγγι της Φόνισσας.

Εικόνα 2.3.1.1: Απεικόνιση του δυτικού ρήγματος του Ξυλοκάστρου και των διακλαδώσεών του στο ρηξιτέμαχος των Κουκουζιέρων. Το υποκείμενο τέμαχος αποτελείται από ασβεστόλιθους της ενότητας της Πίνδου, ενώ το υπερκείμενο τέμαχος από συν-ταφροσιγενείς ιζηματογενείς αποθέσεις. Προσανατολισμός λήψης φωτογραφίας Δ-ΝΔ.

Εικόνα 2.3.1.2: Απεικόνιση της διαβρωμένης ρηξιγενούς επιφάνειας του ρήγματος της Κούτσας. Το υπερκείμενο τέμαχος αποτελείται από ασβεστόλιθους της ενότητας της Πίνδου, ενώ το υποκείμενο από μεταλλικές θαλάσσιες αποθέσεις. Προσανατολισμός λήψης φωτογραφίας Δ.

Εικόνα 2.4.1.1: Στρωματογραφική στήλη της Πίνδου βασισμένη στα στοιχεία του Fleury (1980), από τον Papanikolaou (1986).

Εικόνα 2.4.1.2: Λεπτοστρωματώδεις πελαγικοί ασβεστόλιθοι λευκού-μπεζ χρώματος της ενότητας της Πίνδου. Στην φωτογραφία παρουσιάζονται ελαφρά πτυχωμένοι. Προσανατολισμός λήψης φωτογραφίας προς Β.

Εικόνα 2.4.1.3: Λεπτοστρωματώδεις έως μεσοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι κόκκινου-βυσσινί χρώματος της ενότητας της Πίνδου. Προσανατολισμός λήψης φωτογραφίας προς ΑΝΑ.

Εικόνα 2.4.1.4: Ραδιολαρίτες-κερατόλιθοι της ενότητας της Πίνδου.

Εικόνα 2.4.1.5: Πηλίτες-κερατόλιθοι της ενότητας της Πίνδου.

Εικόνα 2.4.1.6: Πολυπτυχωμένα στρώματα λεπτοπλακωδών ασβεστόλιθων, κλίμακας λίγων μέτρων. Προσανατολισμός λήψης φωτογραφίας προς Δ.

Εικόνα 2.4.1.7: Πολυπτυχωμένα στρώματα ασβεστόλιθων, κλίμακας αρκετών δεκάδων μέτρων. Προσανατολισμός λήψης φωτογραφίας προς ΝΔ.

Εικόνα 2.4.2.1: Σχηματισμός της Κορφιώτισσας αριστερά, ασύμφωνα τοποθετημένος στους ασβεστόλιθους της ενότητας της Πίνδου στα δεξιά. Προσανατολισμός λήψης φωτογραφίας προς τα ΒΑ.

Εικόνα 2.4.2.2: Σχηματισμός της Κορφιώτισσας.

Εικόνα 2.4.2.3: Σχηματισμός της Κορφιώτισσας.

Εικόνα 2.4.2.4: Σχηματισμοί τύπου badlands αποτελούμενοι από RDF νότια του Ξυλοκάστρου. Προσανατολισμός λήψης φωτογραφίας προς ΑΒΑ.

Εικόνα 3.2.1: Χώρος εκσκαφής/κονιοποίησης ασβεστόλιθων ενότητας Πίνδου, ΝΑ του ρηξιτεμάχους της Κούτσας. Προσανατολισμός λήψης φωτογραφίας προς ΝΔ.

Εικόνα 3.2.2: Τεκτονική επαφή ασβεστόλιθων της ενότητας Πίνδου με τα συνταφροσιγενή ιζήματα της περιοχής. Προσανατολισμός λήψης φωτογραφίας προς ΔΒΔ.

Εικόνα 3.2.3: Σχηματισμός Κορφιώτισσας, πιθανόν κρυοκλαστικού τύπου. Εντοπίζονται μεγάλα μπλοκ κροκαλοπαγών με καλά στρογγυλεμένες κροκάλες. Διεύθυνση τομής δρόμου ΝΔ-ΒΑ.

Εικόνα 3.2.4: Εμφανίσεις ασβεστολίθων της ενότητας της Πίνδου μέσα στον σχηματισμό της Κορφιώτισσας. Αποτελούν είτε πεσμένα μπλοκ μέσα στα ιζήματα, είτε εμφανίσεις που ξεπροβάλλουν κάτω από αυτά, με πιθανότερο σενάριο το δεύτερο. Διεύθυνση τομής δρόμου ΝΔ-ΒΑ.

Εικόνα 3.2.5: Λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι της ενότητας Πίνδου που αποκαλύπτονται κάτω από τον σχηματισμό της Κορφιώτισσας. Προσανατολισμός λήψης φωτογραφίας προς ΒΑ.

Εικόνα 3.2.6: Αντικλινικές πτυχώσεις στην είσοδο του φαραγγιού της Φόνισσας στα Ν. Προσανατολισμός λήψης φωτογραφίας προς ΝΔ.

Εικόνα 3.2.7: “Επαφή”/ κάλυμμα του σχηματισμού της Κορφιώτισσας με τους ασβεστόλιθους της Πίνδου. Διεύθυνση τομής δρόμου ΝΔ-ΒΑ. Το κόκκινο βέλος δείχνει την θέση λήψης μετρήσεων πυξίδας.

Εικόνα 3.2.8: Μικρό αντίκλινο (ελαφριά κάμψη) των ασβεστόλιθων. Διεύθυνση φωτογραφίας Δ-Α.

Εικόνα 3.2.9: Γωνιώδεις πτυχές στην ρηξιγενή επιφάνεια του ρήγματος της Κούτσας. Διεύθυνση φωτογραφίας ΔΝΔ-ΑΒΑ. Στην ΑΒΑ πλευρά της φωτογραφίας εντοπίζονται οι εναλλαγές σκουρόχρωμων και ανοιχτόχρωμων ασβεστόλιθων.

Εικόνα 3.2.10: Εναλλαγές λεπτοπλακωδών και παχυπλακωδών ασβεστόλιθων ερυθρού χρώματος της Πίνδου. Διεύθυνση φωτογραφίας ΒΒΔ-ΝΝΑ. Γενική κλίση προς τα ΒΒΔ.

Εικόνα 3.2.11: “Επιφλοιώσεις” ερυθρού χρώματος πάνω στους υπόλευκους ασβεστόλιθους.

Εικόνα 3.2.12: Ασβεστιτικές φλέβες στους ερυθρούς ασβεστόλιθους της ενότητας της Πίνδου.

Εικόνα 3.2.13 & Εικόνα 3.2.14: (Α) Δομή τύπου “οφθαλμών” από φλέβες ασβεστίτη. (Β) Μαλακή διασύνδεση ράμπας μεταβίβασης διαρρηγμένων φλεβών ασβεστίτη, πάνω αριστερά στην εικόνα.

Εικόνα 3.2.15: Ασύμφωνη επαφή ασβεστόλιθων με τον σχηματισμό της Κορφιώτισσας. Διεύθυνση φωτογραφίας ΒΔ-ΝΑ.

Εικόνα 3.2.16: Επαφή ασβεστόλιθων (αριστερά) με ποταμοχειμάρρια ιζήματα (δεξιά). Η επαφή είναι σχεδόν κατακόρυφη και προσομοιάζει ρηξιγενή ζώνη. Διεύθυνση φωτογραφίας Β-Ν.

Εικόνα 3.2.17: Ερυθροί ασβεστόλιθοι Πίνδου. Γενική κλίση προς Δ.

Εικόνα 3.2.18: Σχηματισμός Κορφιώτισσας στα αριστερά και λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι Πίνδου στα δεξιά. Πιθανή επαφή. Διεύθυνση φωτογραφίας Β-Ν.

Εικόνα 3.2.19: Πιθανό ρήγμα (διακεκομμένη μαύρη γραμμή) που κόβει τους πτυχωμένους ασβεστόλιθους της Πίνδου (Pi) και τους φέρνει σε επαφή με τον σχηματισμό της Κορφιώτισσας (Ko). Διεύθυνση φωτογραφίας ΒΑ-ΝΔ. Η πτυχωμένη δομή κλίνει προς τον δρόμο (ΔΒΔ).

Εικόνες 3.2.20 και 3.2.21: Επαφές σχηματισμού Κορφιώτισσας με ασβεστόλιθους αριστερά (ΒΑ) και ασβεστόλιθων με σχηματισμό Κορφιώτισσας στα δεξιά (ΝΔ).

Εικόνα 3.2.22: Ελαφρά πτυχωμένοι ασβεστόλιθοι. Διεύθυνση φωτογραφίας ΒΑ-ΝΔ.

Εικόνα 3.2.23: Τυπική εμφάνιση του σχηματισμού της Κορφιώτισσας. Χαρακτηριστικό καφέ-κόκκινο χρώμα της κύριας μάζας, ανάμεσα από ψαμίτες και κροκαλοπαγή.

Εικόνα 3.2.24: Εναλλαγές ποταμοχειμάρριων ιζημάτων (Ko) και ασβεστολίθων (Pi). Διεύθυνση φωτογραφίας Β-Ν. Στην βόρεια πλευρά της εικόνας παρατηρείται ένα ρήγμα μικρής κλίμακας, σχεδόν κατακόρυφο.

Εικόνα 3.2.25: Εμφάνιση της σειράς ηλιτών-ραδιολαριτών της ενότητας της Πίνδου στην ΒΔ πλευρά του ρηξιτεμάχους της Κούτσας.

Εικόνα 3.2.26: Ελαφρά πτυχωμένοι λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθοι Πίνδου. Διεύθυνση φωτογραφίας ΒΑ-ΝΔ.

Εικόνα 3.2.27: Σχεδόν κατακόρυφη επαφή ασβεστόλιθων στα ΝΔ και ηλιτών-ραδιολαριτών στα ΒΑ.

Εικόνα 3.2.28: Λατυποπαγή κλιτύος (slope breccia) ασύμφωνα τοποθετημένα πάνω στην σειρά ηλιτών-ραδιολαριτών της Πίνδου. Διεύθυνση φωτογραφίας ΒΑ-ΝΔ.

Εικόνα 3.2.29: Ασβεστόλιθοι στα ΒΑ και ηλίτες-ραδιολαρίτες στα ΝΔ. Η επαφή τους αντιπροσωπεύεται από ένα κεκλιμένο ρήγμα μικρής κλίσης. Διεύθυνση φωτογραφίας ΒΑ-ΝΔ.

Εικόνα 3.2.30: Τεκτονική επαφή ηλιτών-ραδιολαριτών και ασβεστόλιθων. Διεύθυνση φωτογραφίας ΒΑ-ΝΔ. Γενική κλίση επαφής και σχηματισμών προς τα ΝΔ.

Εικόνα 3.2.31: Ηλίτες-ραδιολαρίτες της ενότητας της Πίνδου. Είναι εμφανής η πλακώδης δομή τους, αλλά και η αποσαθρωμένη όψη τους. Διεύθυνση φωτογραφίας ΒΑ-ΝΔ.

Εικόνα 3.2.32: Εναλλαγές ηλιτών-ραδιολαριτών και λεπτομερών ιζημάτων. Διεύθυνση φωτογραφίας Α-Δ.

Εικόνα 3.2.33: Απεικόνιση της ρηξιγενούς ζώνης μεταξύ των ιζημάτων και των ερυθρών ασβεστόλιθων. Διεύθυνση φωτογραφίας ΝΔ-ΒΑ.

Εικόνα 3.2.34: Ιζήματα λιμναίας προέλευσης που εντοπίζονται ακριβώς κάτω από τις κεραίες στην κορυφή του ρηξιτεμάχους της Κούτσας. Διεύθυνση φωτογραφίας ΒΔ-ΝΑ.

Εικόνα 3.2.35: Κατακερματισμένοι και ελαφρά πτυχωμένοι ασβεστόλιθοι της Πίνδου. Προσανατολισμός λήψης φωτογραφίας προς ΝΔ. Κλίμακα φωτογραφίας το αυτοκίνητο κάτω δεξιά.

Εικόνα 3.3.1: Επαφή ασβεστόλιθων ενότητας Πίνδου και μεταλλικών ιζημάτων, πιθανώς RDF. Διεύθυνση φωτογραφίας ΝΑ-ΒΔ. Η επαφή είναι αρκετά απότομη και κατά πάσα πιθανότητα πρόκειται για ρήγμα, το ίχνος του οποίου έχει καλυφθεί από τα ιζήματα.

Εικόνα 3.3.2: Αποσαθρωμένη ρηξιγενής επιφάνεια (κάτοπτρο ρήγματος). Το εν λόγω ρήγμα αναπτύσσεται σε διεύθυνση Α-Δ και κλίνει προς Β. Λιθολογία περιοχής οι ασβεστόλιθοι Πίνδου.

Εικόνα 3.3.3: Επαφή ασβεστόλιθων με τα συν-ταφροσιγενή ιζήματα. Πάνω από τους ασβεστόλιθους μπορεί να διακριθεί η ενότητα λατυποπαγών αποθέσεων σκούρου κόκκινου χρώματος, η οποία καλύπτεται κατά θέσεις από τα κροκαλοπαγή. Διεύθυνση φωτογραφίας ΒΑ-ΝΔ.

Εικόνα 3.3.4: Ασβεστόλιθοι ενότητας Πίνδου, ελαφρά πτυχωμένοι. Διεύθυνση φωτογραφίας ΒΑ-ΝΔ. Στην ΝΔ πλευρά της φωτογραφίας διακρίνονται κάποιες μικροδιαρρήξεις, χαρακτηριστικές για την ενότητα Πίνδου και ενδεικτικές της μεγάλης μετακίνησης του καλύμματος.

Εικόνα 3.3.5: Ασβεστόλιθοι Πίνδου ανακατεμένοι με κροκαλοπαγή κατά θέσεις. Διακρίνεται μια μικρή ρηξιγενής ζώνη, σχεδόν κατακόρυφη. Διεύθυνση φωτογραφίας Α-Δ.

Εικόνα 3.3.6: Τεκτονική επαφή λεπτοπλακωδών ασβεστόλιθων και ιζημάτων του σχηματισμού της Κορφιώτισσας. Διεύθυνση φωτογραφίας Ν-Β. Γενική κλίση ασβεστόλιθων προς Ν.

Εικόνα 3.3.7: Επαφή του σχηματισμού της Κορφιώτισσας με τους ασβεστόλιθους της Πίνδου. Έντονη χρωματική διαφοροποίηση που υποδεικνύει την επαφή. Διεύθυνση φωτογραφίας Ν-Β.

Εικόνα 3.3.8: Κατοπτρική επιφάνεια ρήγματος πάνω στους ασβεστόλιθους της Πίνδου. Η επιφάνεια παρουσιάζεται διαβρωμένη. Το ρήγμα κλίνει προς τα βόρεια.

Εικόνα 3.3.9: Άποψη της προηγούμενης επιφάνειας προς τα πάνω. Παρατηρείται μια ελαφριά καμπύλωση της, ενώ η επίδραση της διάβρωσης και της αποσάθρωσης είναι εμφανής.

Εικόνα 3.3.10: Μικρότερης κλίμακας ρηξιγενής επιφάνεια, σε σχέση με των προηγούμενων εικόνων.

Εικόνα 3.3.11: Πτυχωμένα στρώματα ασβεστόλιθων Πίνδου. Ο άξονας των εικονιζόμενων πτυχών είναι σχεδόν οριζόντιος. Διεύθυνση φωτογραφίας Ν-Β.

Εικόνα 3.3.12: Πτυχωμένα στρώματα ασβεστόλιθων Πίνδου, λίγα μόλις μέτρα μακριά από αυτά της εικόνας 3.3.11. Διεύθυνση φωτογραφίας Ν-Β.

Εικόνα 3.3.13: Τεκτονική επαφή ηλιτών-ραδιολαριτών και ασβεστόλιθων. Διεύθυνση φωτογραφίας ΒΑ-ΝΔ. Γενική κλίση σχηματισμών προς ΝΔ.

Εικόνα 4.3.1: Απεικόνιση των πόλων των επιπέδων διεύθυνσης και κλίσης των γεωλογικών σχηματισμών.

Εικόνα 4.3.2: Απεικόνιση των αξόνων των μεσοσκοπικών πτυχών.

Εικόνα 4.3.3: Διάγραμμα πυκνότητας της διεύθυνσης και κλίσης των γεωλογικών σχηματισμών.

Εικόνα 4.3.4: Διάγραμμα πυκνότητας της διεύθυνσης και βύθισης των αξόνων των μεσοσκοπικών πτυχών.

Εικόνα 5.1: Καμπύλες παρατάξεις (με κόκκινο χρώμα) της επαφής του σχηματισμού της Κορφιώτισσας με τους ασβεστόλιθους της ενότητας της Πίνδου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΠΡΟΛΟΓΟΣ	2
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ- ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ	3
2.1 Γενικά.....	3
2.2 Γεωδυναμικό καθεστώς της τάφρου του Κορινθιακού.....	5
2.3 Ευλόκαστρο, μια μεταβατική ζώνη.....	8
2.3.1 Τεκτονικά χαρακτηριστικά της περιοχής του Ευλοκάστρου.....	10
2.4 Στρωματογραφική διάρθρωση περιοχής μελέτης.....	12
2.4.1 Ενότητα Πίνδου.....	13
2.4.2 Μεταλλικοί συν-ταφροσιγενείς σχηματισμοί.....	18
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ- ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ	21
3.1 Μεθοδολογία εργασίας υπαίθρου.....	21
3.2 Παρατηρήσεις χαρτογράφησης- Ρηξιτέμαχος Κούτσας.....	22
3.3 Παρατηρήσεις χαρτογράφησης- Ρηξιτέμαχος Κουκουζιέρων.....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ- ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΧΑΡΤΩΝ	56
4.1 Εισαγωγή.....	56
4.2 Κατασκευή χαρτών.....	57
4.3 Επεξεργασία τεκτονικών μετρήσεων – Δίκτυα Schmidt.....	63
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	67
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	70

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στα πλαίσια της παρούσας διπλωματικής εργασίας πραγματοποιήθηκε εργασία υπαίθρου στην περιοχή νότια του Καμαρίου, και πιο συγκεκριμένα στην περιοχή γύρω από το μοναστήρι της Παναγίας Κορυφής, αλλά και μεταξύ των οικισμών του Άνω Λουτρού και της Κορφιώτισσας. Οι περιοχές αυτές βρίσκονται στην κεντρική βόρεια Πελοπόννησο και επηρεάζονται άμεσα από το γεωτεκτονικό καθεστώς που χαρακτηρίζει τον Κορινθιακό κόλπο. Η περιοχή μελέτης εντοπίζεται στο ανατολικό τμήμα του τεκτονικού κέρατος του Ξυλοκάστρου, το οποίο οριοθετείται από το χερσαίο ρήγμα του Ξυλοκάστρου στα βόρεια, το ρήγμα της Κούτσας στα ανατολικά και νότιο-ανατολικά και το φαράγγι της Φόνισσας στα δυτικά.

Σκοπός της εργασίας είναι, μέσω της γεωλογικής χαρτογράφησης και την διεξαγωγή γεωλογικών και τεκτονικών παρατηρήσεων στην περιοχή, να γίνει:

- Διαχωρισμός των αλπικών από τους μεταλπικούς σχηματισμούς
- Γεωμετρική ανάλυση των πτυχωμένων στρωμάτων της ενότητας της Πίνδου
- Τεκτονική επεξεργασία των παραπάνω μετρήσεων με την χρήση στερεοδιαγραμμάτων Schmidt
- Συνδυασμός των παραπάνω για την εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με την λειτουργία του δυτικού ρήγματος του Ξυλοκάστρου.

Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν τοπογραφικοί χάρτες κλίμακας 1:5.000 και ψηφιοποιημένα τοπογραφικά δεδομένα, προκειμένου να κατασκευαστεί ο γεωλογικός και τεκτονικός χάρτης της περιοχής μελέτης. Για την κατασκευή του έγινε χρήση του προγράμματος ArcMap v. 10.4. Επιπρόσθετα χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Openstereo για την τεκτονική επεξεργασία των μετρήσεων και το CorelDRAW Graphics Suit X7 για την επεξεργασία των εικόνων υπαίθρου.

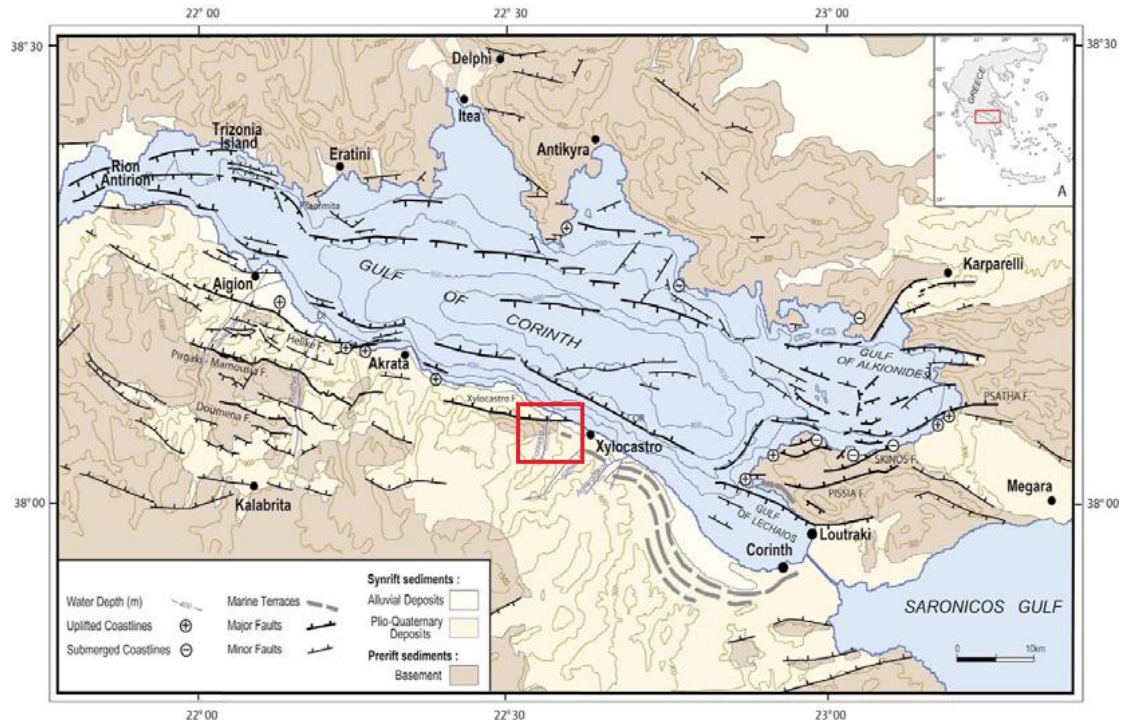
Στόχος της έρευνας είναι η γεωμετρική ανάλυση των πτυχωμένων σχηματισμών της ενότητας της Πίνδου και η κατανόηση της δομής και της τεκτονικής του ανατολικού τμήματος του κέρατος του Ξυλοκάστρου, στην βόρεια Πελοπόννησο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

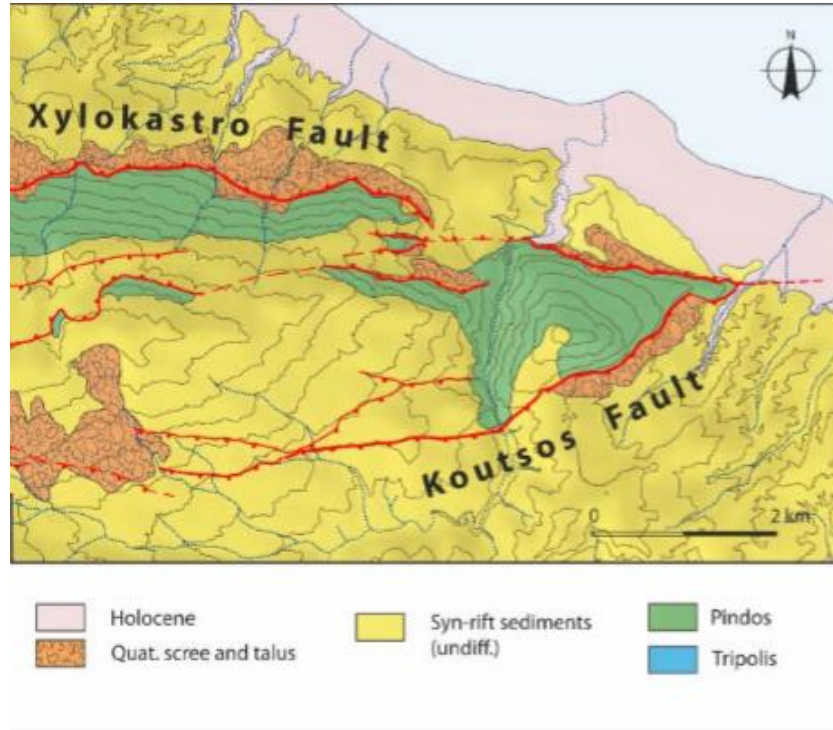
ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΘΕΣΗ- ΓΕΩΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ

2.1 Γενικά

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στην κεντρική βόρεια Πελοπόννησο, στη νότια όχθη του Κορινθιακού κόλπου και τοποθετείται μεταξύ των οικισμών του Ξυλοκάστρου και της Λυκοποριάς (Εικόνα 2.1.1). Πρόκειται για το ανατολικό τμήμα ενός ρηξιτεμάχους που οριοθετείται από το ρήγμα του Ξυλοκάστρου στην βόρεια πλευρά και το ρήγμα της Κούτσας στη νότια-νοτιοανατολική πλευρά, ενώ χαρακτηριστική δομή στα δυτικά αποτελεί το φαράγγι της Φόνισσας. Γενικά, όλη η βόρεια Πελοπόννησος χαρακτηρίζεται από την παρουσία πολλών ρηγμάτων διεύθυνσης ΔΒΔ-ΑΝΑ τα οποία σχηματίζουν μια δομή διαδοχικών τάφρων και κεράτων. Στο συγκεκριμένο τεκτονικό κέρασ εμφανίζεται το υπόβαθρο της περιοχής, που αποτελείται από σχηματισμούς της ενότητας της Πίνδου (πηλίτες-ραδιολαρίτες και ασβεστόλιθοι) στο ανατολικό κομμάτι, ενώ στο δυτικό υπάρχει εμφάνιση σχηματισμών της ενότητας της Τρίπολης (Εικόνα 2.1.2). Το υπόβαθρο, σε όλη την επιφάνεια του χάρτη καλύπτεται από μεταλλικούς συν-ταφροσιγενείς σχηματισμούς των οποίων υπέρκεινται, είτε σύμφωνα είτε όχι, Μέσο-Άνω Πλειστοκαινικές αποθέσεις κορρημάτων, θαλάσσιων και ποτάμιων αναβαθμίδων (Keraudren & Sorel 1987, Armijo et al. 1996, Pirazzoli et al. 2004, Rohais et al. 2007).



Εικόνα 2.1.1: Γεωλογικός και τεκτονικός χάρτης του Κορινθιακού Κόλπου (από συνδυασμό Moretti et al., 2003, Flotte, 2003, Armijo et al., 1996, Malartre et al., 2004, Geraud et al., 2006, Place et al., 2007). Το κόκκινο πλαίσιο οριοθετεί την περιοχή μελέτης.



Εικόνα 2.1.2: Γεωλογικός χάρτης του τεκτονικού κέρατος του Ξυλοκάστρου (Skourtsos et al., 2016).

2.2 Γεωδυναμικό καθεστώς της τάφρου του Κορινθιακού

Η τάφρος του Κορινθιακού κόλπου είναι η σημαντικότερη νεοτεκτονική τάφρος στον Ελληνικό και Ευρωπαϊκό χώρο και πρόκειται για μια ζώνη όπου εκτελείται η ταχύτερη ηπειρωτική διάνοιξη παγκοσμίως, όπως έχει αναφερθεί από πολλούς ερευνητές. Πρόκειται για μια εξαιρετικά ενεργή τεκτονικά και σεισμικά περιοχή.

Στην σημερινή της μορφή η τάφρος έχει μήκος περίπου 120 km, διεύθυνση ANA και αποτελείται από ένα ενεργό τμήμα, κυρίως υπεράκτιο, πλάτους 30-40 km, το οποίο αντιστοιχεί στον αυτό κάθε αυτό Κορινθιακό κόλπο και από ένα λιγότερο ενεργό παράκτιο τμήμα, πλάτους περίπου 40 km, κατά μήκος της βόρειας Πελοποννήσου (Skourtsos et al., 2016). Το νοτιότερο παράκτιο τμήμα της εκτείνεται από το όρος Παναχαϊκό στη δύση έως την πόλη της Κορίνθου στην ανατολή (Skourtsos and Kranis, 2009). Αναπτύχθηκε πάνω σε σχετικά παχύ ηπειρωτικό φλοιό της πρώιμης φάσης της ορογένεσης των Ελληνίδων (Jolivet, 2001). Οι Stefatos et al. 2002, την χαρακτηρίζουν ως σύνθετα ασύμμετρη τάφρο με ποικίλες γεωμετρίες και τα κύρια ρήγματα που την ελέγχουν να κλίνουν προς βορρά στο ανατολικό κομμάτι και προς νότο στο δυτικό κομμάτι (Sachpazi et al., 2003, McNeil et al., 2005). Οι πρόσφατοι ρυθμοί έκτασης είναι της τάξης των 10-16 mm/yr (e.g. Avallone et al., 2004) με τη διεύθυνση έκτασης να είναι B-N (e.g. Clarke et al., 1998), όπως έχουν προκύψει από μετρήσεις στις περιοχές του Αιγίου και του Ξυλοκάστρου τα έτη 1990-2001. Αξίζει να αναφερθεί πως τα κυριότερα ρήγματα της περιοχής είναι διεύθυνσης B100-120° και εμφανίζουν κλιμακωτή διάταξη (Εικόνα 2.1.1). Η προέλευση του εφελκυσμού γενικά, αλλά και συγκεκριμένα η παραμόρφωση που παρατηρείται στην περιοχή του Κορινθιακού είναι ακόμα πεδίο συζήτησης. Υπάρχουν διάφορα προτεινόμενα μοντέλα τα οποία περιλαμβάνουν roll-back της Αφρικανικής πλάκας εξαιτίας της υποβύθισης κάτω από το Ευρασιατικό περιθώριο με ταυτόχρονη έκταση της περιοχής του οπισθοτόξου, κατάρρευση λόγω βαρύτητας φλοιού μεγάλου πάχους, ή ακόμα επιρροή από την προς τα δυτικά διάδοση του ρήγματος της βόρειας Ανατολίας μέσω της θάλασσας του Μαρμαρά πριν από 5 εκατομμύρια χρόνια (Armijo et al., 1996, Jolivet et al., 2010). Μπορεί συνεπώς να συμπεραθεί πως η θέση της τάφρου βρίσκεται σχεδόν πάνω από το σημείο όπου η Αφρικανική πλάκα «σπάει» και ξεκινά την απότομη βύθισή της (Pourhiet et al., 2004). Η διαφορετική γωνία κλίσης της κατάδυσης της Αφρικανικής πλάκας παίζει καθοριστικό ρόλο τόσο στην εξέλιξη του πεδίου των τάσεων, όσο και στην γεωμετρία των ρηγμάτων που εντοπίζονται στην περιοχή.

Η έναρξη της διάνοιξης στον Κορινθιακό έχει προσδιορισθεί με σχετική ακρίβεια μέσω της ραδιοχρονολόγησης ασβεσταλκαλικής τέφρας που εντοπίστηκε μέσα σε συν-ταφροσιγενείς ιζηματογενείς σχηματισμούς πλειοκαινικής-πλειστοκαινικής ηλικίας (Koutsouveli et al., 1989) 3.5 km δυτικά της πόλης του Ξυλοκάστρου, στην κεντρική νότια ακτή του Κορινθιακού κόλπου. Η τέφρα αυτή εντοπίστηκε από τον Stamatakis και προέρχεται από το δυτικό ηφαιστειακό τόξο του Αιγαίου, ενώ η

ηλικία που έδωσε είναι της τάξης των 3.2-3 εκατομμυρίων χρόνων και θεωρήθηκε πως αντιστοιχεί στην κλιμάκωση της διάνοιξης στην περιοχή (Leeder et al., 2012).

Η ιστορία της τάφρου του Κορινθιακού κόλπου μπορεί να διαχωριστεί σε δύο φάσεις σύμφωνα με τον Ori, 1989. Ένα στάδιο πρώτο-διάνοιξης είναι καλά ανεπτυγμένο στην ανατολική πλευρά (Armiijo et al., 1996) και ένα πιο πρόσφατο επεισόδιο διάνοιξης χαρακτηρίζει κυρίως την δυτική πλευρά. Η δομή της τάφρου αποτελείται από ένα σετ κανονικών ρηγμάτων με κύρια διεύθυνση Α-Δ, τα οποία ελέγχουν ξεκάθαρα την μορφολογία των δύο τμημάτων της τάφρου (e.g. Sorel, 2000, Westaway, 2002, Moretti et al., 2003). Ηπειρωτικά και θαλάσσια ιζήματα με πάχος που ξεπερνά σε γενικές γραμμές τα 2.8 km, αποτέθηκαν στην περιοχή κατά τη διάρκεια των σταδίων της εξέλιξης της Κορινθιακής τάφρου. Αυτές οι συν-ταφροσιγενείς αποθέσεις ταξινομήθηκαν σε τρεις ομάδες (Rohais et al., 2007):

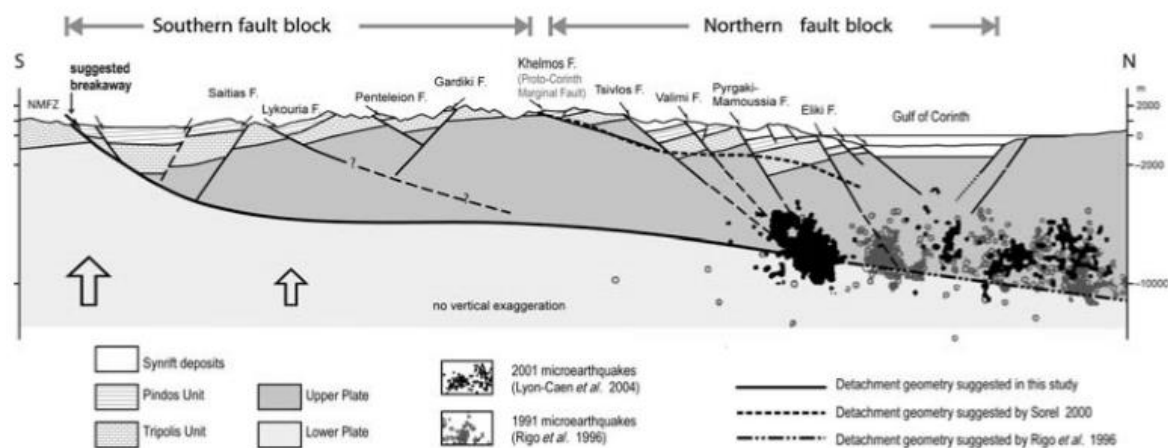
- Μια κατώτερη ομάδα πιθανής πλειοκαινικής ηλικίας που αποτελείται από ηπειρωτικές αποθέσεις συμπεριλαμβανομένων αλλουβιακών ριπιδίων στα δυτικά και λιμναίων ιζημάτων στα ανατολικά.
- Μια ενδιάμεση ομάδα που περιλαμβάνει μεγάλα περιθωριακά ριπιδιακά δέλτα.
- Μια ανώτερη ομάδα που αποτελείται από τις θαλάσσιες και ποτάμιες αναβαθμίδες που καλύπτουν το νότιο παράκτιο τμήμα της τάφρου στην βόρεια Πελοπόννησο.

Αυτή η ευρεία ζώνη έχει υποστεί τεκτονικής προέλευσης ανύψωση με ποικίλους ρυθμούς κατά μήκος του άξονα της τάφρου, με αποτέλεσμα τα συν-ταφροσιγενή ιζήματα να εντοπίζονται σήμερα ακόμη και σε υψόμετρα άνω των 1.6 km (Dufaure, 1977). Ωστόσο, το γεγονός πως η δυτική πλευρά του Κορινθιακού χαρακτηρίζεται από πιο πρόσφατο επεισόδιο διάνοιξης και μεγαλύτερους ρυθμούς εφελκυσμού, είναι αποτέλεσμα της γρηγορότερης κίνησης της Πελοποννήσου προς την ζώνη υποβύθισης σε σχέση με την κεντρική Ελλάδα και της αριστερόστροφης περιστροφής της κατά μήκος της τάφρου του Κορινθιακού. Ο πόλος της περιστροφής αυτής θεωρητικά βρίσκεται στην ανατολική Ελλάδα (Goldsworthy et al., 2002). Αυτή μπορεί να είναι μια πιθανή εξήγηση σχετικά με το γιατί παρατηρείται μια μετανάστευση των ενεργών ρηγμάτων του νότιου περιθωρίου του Κορινθιακού κόλπου προς βορρά, δηλαδή εντοπίζονται πλέον υποθαλάσσια.

Αναφορικά με την τεκτονική της ζώνης διάνοιξης του Κορινθιακού κόλπου, αξίζει να αναφερθεί πως ο ενεργός εφελκυσμός εκφράζεται κυρίως από ένα δίκτυο κανονικών ρηγμάτων διεύθυνσης περίπου Α-Δ και κλίσης προς τον νότο που εντοπίζονται τόσο στη νότια παράκτια περιοχή του κόλπου, όσο και υποθαλάσσια. Τα ρήγματα αυτά έχουν συνήθως μήκος κοντά στα 20 km και άλματα της τάξης αρκετών km. Έχουν πολύ καλές επιφανειακές εμφανίσεις ιδιαίτερα στα σημεία όπου σχηματισμοί του υποβάθρου (ενότητες των Ελληνίδων) εμφανίζονται στα υποκείμενα τεμάχια τους. Πολύ σημαντικά αλλά ανενεργά ρήγματα είναι εκείνα που κλίνουν προς νότο αλλά και προς βορρά και εντοπίζονται υποθαλάσσια αλλά και στην παράκτια περιοχή, ενώ

εκτείνονται σε απόσταση έως 30-40 km νότια από την ακτογραμμή του κόλπου του Κορινθιακού κόλπου.

Οι Flotte et al., 2001, αναφέρουν πως η τάφος του Κορινθιακού κόλπου είναι μια μεγάλη ενδοηπειρωτική λεκάνη/τάφος, η οποία ελέγχεται από την παρουσία και την δραστηριότητα ενός πλειστοκαινικού και ακόμη ενεργού ρήγματος αποκόλλησης. Το υπερκείμενο τέμαχος του αποτελείται από μια πληθώρα κανονικών ρηγμάτων που σταδιακά έχουν μεταναστεύσει προς τον βορρά. Μια πιο πρόσφατη εργασία των Skourtsos and Kranis, 2009, στην οποία μελετήθηκε κυρίως η δυτική Πελοπόννησος, θεωρήθηκε πως η γεωμετρία του καλύμματος της ενότητας της Πίνδου που εντοπίζεται στην περιοχή με περιστροφή προς το νότο στο όρος του Χελμού, μπορεί να είναι ενδεικτική της γεωμετρίας των υποκείμενων καλυμμάτων. Συνεπώς, η θέση του ρήγματος αποκόλλησης θα πρέπει να είναι πιο κάτω και από την βαθύτερη ενότητα των Ελληνίδων. Έτσι, το μοντέλο που προτάθηκε θεώρησε πως η ρηξιγενής ζώνη του βόρειου όρους Μαίναλου έχει έναν λιστρικό ή ράμπα-επίπεδο-ράμπα χαρακτήρα και γίνεται επίπεδο σε βάθη 6-8 km, κάτω από το όρος Χελμός (εικόνα 2.2.1) και ταυτίζεται με το πλειστοκαινικό ρήγμα αποκόλλησης.



Εικόνα 2.2.1: Προτεινόμενη γεωμετρία της βόρειας Πελοποννήσου και του Κορινθιακού κόλπου. Σύμφωνα με αυτό η ρηξιγενής ζώνη του Μαίναλου είναι η νοτιότερη εφελκυστική δομή. Το νοτιότερο τμήμα της μπορεί να συνδέεται με το ρήγμα αποκόλλησης με τα κύρια ρήγματα να σταματάνε πάνω του. Δύο κύρια κρυσταλλικά μπλοκ παρατηρούνται, το νότιο που πλέον είναι ανενεργό και το βόρειο που φιλοξενεί την σύγχρονη σεισμική δραστηριότητα του κόλπου (Skourtsos and Kranis, 2009).

Η ύπαρξη του εν λόγω ρήγματος αποκόλλησης εξηγεί την ύπαρξη ρηγμάτων με μήκος και άλμα άνω των 10 km και 2 km αντίστοιχα, την σεισμική δραστηριότητα στη βόρεια Πελοπόννησο σε βάθη 6-15 km (καθώς αυτή εντοπίζεται στο βόρειο μπλοκ που θεωρείται ενεργό), αλλά και την προς βορρά μετανάστευση της ρηξιγενούς δραστηριότητας.

2.3 Ευλόκαστρο, μια μεταβατική ζώνη

Όπως έχει ήδη αναφερθεί και στην προηγούμενη υποενότητα, η εξέλιξη της τάφρου του Κορινθιακού κόλπου μπορεί να διακριθεί σε δύο βασικά στάδια, ένα στάδιο πρώτο-διάνοιξης που χαρακτηρίζει την ανατολική πλευρά και ένα πιο πρόσφατο στάδιο που χαρακτηρίζει τη δυτική πλευρά. Στο όριο αυτών των δύο περιοχών βρίσκεται το Ευλόκαστρο, μια σημαντική περιοχή ενδιαφέροντος που διαχωρίζει δύο εύκολα αναγνωρίσιμους μορφοτεκτονικούς τομείς.

Από την παρατήρηση της εικόνας 2.1.1 μπορούν να εξαχθούν τα ακόλουθα συμπεράσματα σύμφωνα με τους Place et al., 2007:

- i. Στην δυτική πλευρά την νότιας ακτογραμμής, μεταξύ του Αιγίου και του Ευλοκάστρου υπάρχουν αρκετές επιφανειακές εμφανίσεις τμημάτων κανονικών ρηγμάτων σε μια περιοχή έντονου τοπογραφικού αναγλύφου. Τα κύρια ρήγματα είναι μήκους περίπου 120 km, διεύθυνσης B100-120° και κλίσης 50-70°B. Αυτές οι δομές κόβουν τους προ-ταφροσιγενείς ανθρακικούς σχηματισμούς και τα κεκλιμένα ρηξιτεμάχη, συμπεριλαμβανομένων σε μερικές περιπτώσεις και των συν-ταφροσιγενών αποθέσεων.
- ii. Στην ανατολική πλευρά, μεταξύ του Ευλοκάστρου και της Κορίνθου, το τοπογραφικό ανάγλυφο δεν είναι τόσο έντονο όσο της δυτικής πλευράς. Στην Κορινθία, νότια του κόλπου του Λέχαιου, οι Armijo et al., 1996 έχουν περιγράψει μια σειρά από θαλάσσιες αναβαθμίδες (όρος που έχει αναφερθεί παλαιότερα από τους Keraudren and Sorel, 1987). Επιπροσθέτως δεν υπάρχουν επιφανειακά ίχνη μεγάλων κανονικών ρηγμάτων που να επηρεάζουν τις θαλάσσιες αναβαθμίδες (Armijo et al., 1996, Westaway, 2002). οι μόνες δομές που έχουν αναγνωρισθεί είναι μικρής κλίσης ρήγματα, τα οποία δημιουργούνται από την συμπίεση των ιζημάτων (Armijo et al., 1996). Αυτές οι θαλάσσιες αναβαθμίδες καλύπτουν ένα τεράστιο ρηξιτέμαχος, το οποίο οριοθετείται από το ρήγμα του Ευλοκάστρου προς βορρά. Τα βαθυμετρικά δεδομένα δείχνουν πως η κλιτύς είναι πιο απότομη στην περιοχή μεταξύ του Ευλοκάστρου και της Κορίνθου, σε σχέση με εκείνη της δυτικής πλευράς.

Όλα τα παραπάνω επιβεβαιώνουν πως το Ευλόκαστρο σηματοδοτεί μια ζώνη μετάβασης μεταξύ δύο κύριων τεκτονικών και μορφολογικών τομέων στην νότια ακτογραμμή της τάφρου του Κορινθιακού κόλπου. Η περιοχή μετάβασης είναι ιδιαίτερος σημαντική καθώς διακρίνει δύο συστήματα υψηλού και χαμηλού τοπογραφικού αναγλύφου. Η ανύψωση των κορυφαίων ασβεστολιθικών στρωμάτων ανάμεσα στα κεκλιμένα ρηξιτεμάχη εκατέρωθεν του Ευλοκάστρου διαφέρει σημαντικά και υποδεικνύει σημαντικές κατακόρυφες κινήσεις. Θεωρητικά, το Ευλόκαστρο θα μπορούσε να θεωρηθεί ως μια δομή ράμπας μεταβίβασης (*relay ramp*) μεταξύ των δύο διαφορετικών περιοχών που περιγράφηκαν. Αυτό το σενάριο βέβαια προϋποθέτει πως η διάδοση της δομής της ράμπας θα πρέπει να είναι

περιορισμένη ανάμεσα στα δύο κύρια ρήγματα της περιοχής (λίγα km μέσα στον Κορινθιακό κόλπο), ενώ τα ίχνη των κύριων ρηγμάτων θα φαίνονται να αλληλεπικαλύπτονται όταν παρατηρούνται από ψηλά. Ωστόσο, σύμφωνα με τον Peacock, 2002, η περιοχή του Ξυλοκάστρου είναι πιο περίπλοκη δομή από μια απλή ράμπα μεταβίβασης.

Τεκτονικά δεδομένα που προέκυψαν από λεπτομερή χαρτογράφηση στη μεταβατική περιοχή, έδειξαν σύμφωνα με τους Sorel, 2000, Flotte, 2003, πως αποτελείται από μια σειρά περιστραμμένων ρηξιτεμαχών. Όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, η περιοχή μελέτης είναι το ανατολικό τμήμα του τεκτονικού κέρατος που οριοθετείται από το ρήγμα του Ξυλοκάστρου στην βόρεια πλευρά και το ρήγμα της Κούτσας στη νότια-νοτιοανατολική πλευρά, ενώ χαρακτηριστική δομή στα δυτικά αποτελεί το φαράγγι της Φόνισσας. Πιο συγκεκριμένα, η περιοχή αυτή διακρίνεται σε δύο κύρια περιστραμμένα ρηξιτεμάχη, εκείνο της Κούτσας στα ανατολικά και των Κουκουζιέρων στα δυτικά (τμήμα του οποίου θα μελετηθεί στην παρούσα διπλωματική), τα οποία χωρίζονται από το φαράγγι της Φόνισσας (εικόνα 2.3.1).



Εικόνα 2.3.1: Χάρτης από το Google Earth στον οποίο υποδεικνύονται τα μπλοκ των Κουκουζιέρων και της Κούτσας. Στην ενδιάμεση περιοχή παρατηρείται το φαράγγι της Φόνισσας.

Στην περιοχή διακρίνεται μια σειρά ρηγμάτων που χαρακτηρίζεται από δύο ομάδες δομών (Place et al., 2007): i) εκείνων που βρίσκονται σχεδόν παράλληλα με τη δομή του ρήματος του Ξυλοκάστρου, με μια μέση διεύθυνση $N115^\circ$ και κλίση $50-70^\circ$ ΒΑ και χωρίζουν τα ρηξιτεμάχη της Κούτσας και των Κουκουζιέρων σε αρκετά τμήματα και ii) μια κατηγορία δομών διεύθυνσης Β-Ν που αποτελούν τη μεταβατική ζώνη μεταξύ των δύο ρηξιτεμαχών.

2.3.1 Τεκτονικά χαρακτηριστικά της περιοχής του Ευλοκάστρου

Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενη ενότητα, τα κύρια κανονικά ρήγματα της περιοχής του Κορινθιακού κόλπου είναι σχετικής διεύθυνσης Α-Δ, κλίσης 35-70° προς βορρά και μήκους 5-15 km. Ένα από τα κυριότερα ρήγματα σήμερα που έχουν τις μεγαλύτερες μετατοπίσεις που μπορεί να ξεπερνούν και το 1 km, κλίνουν προς βορρά και έχουν προ-ταφροσιγενές υπόβαθρο των Ελληνίδων εκτεθειμένο στα υποκείμενα τεμάχη τους, είναι το δυτικό ρήγμα του Ευλοκάστρου. Αυτό το ρήγμα, μαζί με το ρήγμα της Κούτσας που κλίνει N-NA, οριοθετούν το τεκτονικό κέρασ του Ευλοκάστρου και συνεπώς την περιοχή μελέτης αυτής της διπλωματικής εργασίας. Το μπλοκ του Ευλοκάστρου έχει πλάτος 5 km και συνεχίζει μέχρι και το υποθαλάσσιο ρήγμα της Λυκοποριάς όπως φαίνεται από τα σεισμικά δεδομένα (Taylor et al., 2011, Nixon et al. 2016).

Πιο συγκεκριμένα, το δυτικό ρήγμα του Ευλοκάστρου είναι ένα ρήγμα μήκους 20 km και έχει δημιουργήσει ένα αρκετά έντονο τοπογραφικό ανάγλυφο, με το υψόμετρο να φτάνει και σε κάποιες περιπτώσεις να ξεπερνά τα 1100 m στο κέντρο του. Πρόκειται για ένα ρήγμα του οποίου το ίχνος δεν είναι απόλυτα ευθύγραμμο, αλλά φαίνεται να δημιουργεί καμπυλώσεις. Ανατολικά του φαραγγιού της Φόνισσας εκδηλώνεται με ένα σχετικά ευθύγραμμο ίχνος, ενώ στα δυτικά της φαίνεται να διακλαδίζεται σε άλλα δύο υποπαράλληλα ρήγματα (εικόνα 2.3.1.1). Στο υποκείμενο τέμαχος εμφανίζονται προ-ταφροσιγενείς σχηματισμοί των Ελληνίδων, ενώ στο υπερκείμενο τέμαχος εμφανίζονται συν-ταφροσιγενείς ιζηματογενείς αποθέσεις. Το κέρασ του Ευλοκάστρου έχει ανάπτυγμα Α-Δ και είναι επιμήκους σχήματος.

Σύμφωνα με την εργασία των Flotte et al., 2001, το υποκείμενο τέμαχος του ρήγματος του Ευλοκάστρου είναι ένα όρος υψόμετρου $\approx 1000\text{m}$ αποτελούμενο από μεσοζωικούς ασβεστόλιθους, ενώ το υπερκείμενο τέμαχος αποτελείται από μια σειρά πλειστοκαινικών λευκών αμμωδών μαργών που αποτέθηκαν κατά την περίοδο βύθισής του. Σε συμφωνία με αυτή την εργασία είναι και εκείνη των Skourtsos et al., 2016, η οποία αναφέρει πως το κέρασ του Ευλοκάστρου αντιπροσωπεύει ένα intra-basinal κέρασ που έχει διαρραγεί κατά μήκος των συν-ταφροσιγενών ιζημάτων, τόσο στο βόρειο περιθώριο, όσο και στα ανατολικά και νότια περιθώριά του. Δεδομένα που προέκυψαν από την χρονολόγηση ορυκτού ασβεστίτη και των χαρακτηριστικών των συντεκτονικών ιζημάτων έδειξαν δύο διαφορετικές ηλικίες του ρήγματος, μία μεταξύ 0.6 και 1 εκατομμυρίου χρόνων και μία περίπου 110000 χρόνων (Flotte et al., 2001, Causse et al., 2004). Συνθετικά με τις ερμηνείες χρονολόγησης και γειτονικών ρηγμάτων όπως εκείνο της Ελίκης, προκύπτει πως το ρήγμα του Ευλοκάστρου ήταν πράγματι ενεργό πριν από ένα εκατομμύριο χρόνια και σταδιακά απενεργοποιήθηκε. Ωστόσο, πριν από 120000 ± 10000 χρόνια ενεργοποιήθηκε το ρήγμα της Ελίκης που είχε σαν αποτέλεσμα την επαναδραστηριοποίηση του ρήγματος του Ευλοκάστρου (Causse et al., 2003). Έπειτα η ρηξιγενής δραστηριότητα μετανάστευσε προς τα

βόρεια ενεργοποιώντας τα ρήγματα του Δερβενίου και της Λυκοποριάς. Πλέον ενεργό ρήγμα θεωρείται το ανατολικό ρήγμα του Ξυλοκάστρου που είναι υποθαλάσσιο, ωστόσο υπάρχουν ακόμη αρκετοί ερευνητές που πιστεύουν πως το δυτικό χερσαίο ρήγμα δεν έχει απενεργοποιηθεί εντελώς.



Εικόνα 2.3.1.1: Απεικόνιση του δυτικού ρήματος του Ξυλοκάστρου και των διακλαδώσεών του στο ρηξιτέμαχος των Κουκουζιέρων. Το υποκείμενο τέμαχος αποτελείται από ασβεστόλιθους της ενότητας της Πίνδου, ενώ το υπερκείμενο τέμαχος από συν-ταφροσιγενείς ιζηματογενείς αποθέσεις. Προσανατολισμός λήψης φωτογραφίας Δ-ΝΔ.

Όσον αφορά στο ρήγμα της Κούτσας που οριοθετεί στα ΝΑ το τεκτονικό κέρασ του Ξυλοκάστρου και το οποίο κλίνει προς τα Ν-ΝΑ, τα πράγματα είναι πιο ξεκάθαρα. Πρόκειται για ένα ανενεργό πλέον ρήγμα που σταματάει πάνω στο δυτικό ρήγμα του Ξυλοκάστρου στα ανατολικά. Η νότια-νοτιοανατολική πλευρά του αντιπροσωπεύει μια εξαιρετικά διαβρωμένη ρηξιγενή επιφάνεια που πλέον στη βάση της καλύπτεται από μεταλλικές θαλάσσιες αποθέσεις (εικόνα 2.3.1.2). Η επαφή μεταξύ των λεπτομερών θαλάσσιων αποθέσεων και των προ-ταφροσιγενών ιζημάτων μπορεί να παρατηρηθεί και στο Α άκρο του ρηξιτεμάχους της Κούτσας, κατά μήκος του κύριου ρήματος διεύθυνσης Α-Δ (Place et al., 2007). Επιπλέον, σε πολλά σημεία σιδηρούχες συγκεντρώσεις καλύπτουν την επιφάνεια των ασβεστόλιθων δίνοντάς τους μια κοκκινωπή απόχρωση. Αυτή η παρατήρηση, σε συνδυασμό με το ότι οι κλάστες του λατυποποιημένου ασβεστόλιθου εντοπίζονται πιο στρογγυλεμένοι στο ανώτερο τμήμα, δείχνει πως όλη αυτή η επιφάνεια αντιπροσωπεύει μία παλαιά ρηχή αναδυμένη επιφάνεια διαβρωσιγενούς χαρακτήρα (Collier et al., 1992).



Εικόνα 2.3.1.2: Απεικόνιση της διαβρωμένης ρηξιγενούς επιφάνειας του ρήγματος της Κούτσας. Το υπερκείμενο τέμαχος αποτελείται από ασβεστόλιθους της ενότητας της Πίνδου, ενώ το υποκείμενο από μεταλλικές θαλάσσιες αποθέσεις. Προσανατολισμός λήψης φωτογραφίας Δ.

2.4 Στρωματογραφική διάρθρωση περιοχής μελέτης

Η περιοχή μελέτης περιλαμβάνει το ανατολικό τμήμα του τεκτονικού κέρατος του Ευλοκάστρου (ρηξιτέμαχος της Κούτσας) και ένα μικρό μόνο μέρος του ρηξιτεμάχους των Κουκουζιέρων στο ανατολικό τμήμα του. Η σημαντικότερη τεκτονική δομή της περιοχής, το δυτικό ρήγμα του Ευλοκάστρου, φέρνει σε επαφή υπόβαθρο των Ελληνίδων με μεταλλικούς συν-ταφροσιγενείς σχηματισμούς. Πιο συγκεκριμένα, στο υποκείμενο τέμαχος του ρήγματος εμφανίζονται προ-ταφροσιγενείς σχηματισμοί, όπως είναι οι άνω-Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι και οι ραδιολαρίτες της ενότητας της Πίνδου. Χρονολογούνται από το Ιουρασικό μέχρι και το μέσο Ηώκαινο και ανήκουν στην ζώνη πτυχώσεων και επωθήσεων της ενότητας της Πίνδου (Armijo et al. 1996, Ghisetti and Vezzani, 2004). Αυτοί οι προ-ταφροσιγενείς σχηματισμοί επικαλύπτονται από δύο ειδών κροκαλοπαγή: i) ένα χονδρόκοκκο κροκαλοπαγές με κλάστες μεγέθους $\geq 1\text{cm}$ και ii) ένα φτωχά συγκολλημένο κροκαλοπαγές με κλάστες λεπτομερών θαλάσσιων ή λιμναίων ιζημάτων (Malartre et al., 2004).

Σύμφωνα με τον Ori, 1989, οι συν-ταφροσιγενείς αποθέσεις μπορούν να ταξινομηθούν σε δύο διαφορετικές λιθостρωματογραφικές ενότητες, συνολικού πάχους έως τα 2.8 km. Η κατώτερη ενότητα αποτελείται από αλλουβιακά ριπίδια ως ρηγά λιμναία ιζήματα, πάχους περίπου 1500 m, ενώ η ανώτερη ενότητα συνδυάζει αλλουβιακά ριπίδια και ριπίδια τύπου Gilbert (Rohais et al., 2007). Αυτές οι συν-

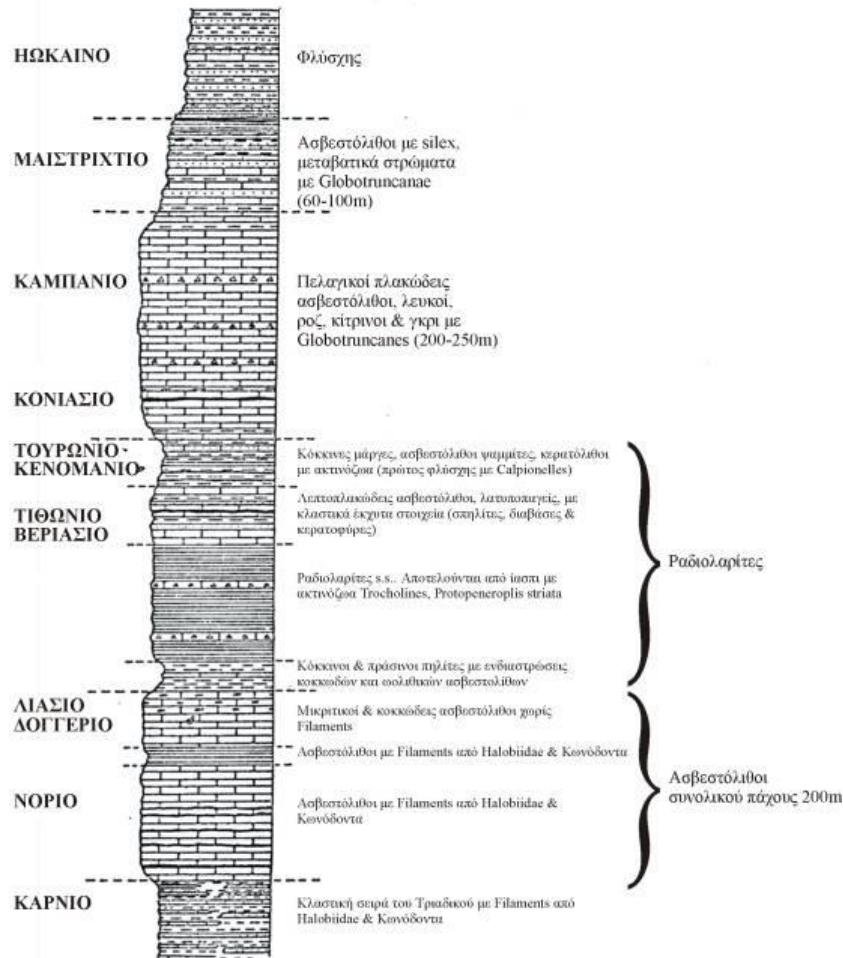
ταφροσιγενείς ιζηματογενείς ακολουθίες μεγάλου πάχους, επικαλύπτονται είτε σύμφωνα, είτε ασύμφωνα, από αποθέσεις μέσου-άνω Πλειστοκαίνου, οι οποίες περιλαμβάνουν θαλάσσιες αναβαθμίδες και αποθέσεις ποτάμιων αναβαθμίδων (Keraudren and Sorel 1987, Armijo et al., 1996, Pirazzoli et al., 2004, Rohais et al., 2007).

Αναφορικά με τις ενότητες των Ελληνίδων που εμφανίζονται στην κεντρική-βόρεια Πελοπόννησο, οι Skourtsos et al., 2016, αναφέρουν πως η τεκτονικά κατώτερη ενότητα είναι εκείνη των φυλλιτών-χαλαζιτών (ενότητα Άρνας), ακολουθεί η ενότητα της Τρίπολης, ενώ ανώτερη ενότητα του καλύμματος των Ελληνίδων στην Πελοπόννησο είναι η ενότητα της Πίνδου.

2.4.1 Ενότητα Πίνδου

Όπως είναι γνωστό, μετά την θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών το 1980, έγινε αποδεκτή και η θεωρία των τεκτονοστρωματογραφικών πεδίων (terranes) για τον χώρο της Ευρώπης από τους Papanikolaou and Sassi, 1987. Αυτά τα πεδία, από το Τριαδικό και μετά, αποκολλήθηκαν σταδιακά από την Αφρική και προσέγγισαν και συγκολλήθηκαν με την Ευρώπη από το Ιουρασικό μέχρι και σήμερα, αποτελώντας τις Ελληνίδες. Από τα συνολικά εννέα πεδία, τα πέντε είναι ηπειρωτικά (H1,H3,H5,H7,H9) και τα τέσσερα ωκεάνια (H2,H4,H6,H8).

Η ενότητα της Πίνδου ανήκει στο τεκτονοστρωματογραφικό πεδίο H2, ή αλλιώς στον ωκεανό Πίνδου-Κυκλάδων. Χαρακτηρίζεται από πυριτική (όταν υπάρχουν ραδιολαρίτες) ή ανθρακική (όταν υπάρχουν ασβεστόλιθοι) πελαγική ιζηματογένεση σε όλη τη διάρκειά της βιοχημικής ιζηματογένεσης από το ανώτερο Τριαδικό μέχρι και το ανώτερο Κρητιδικό (Philippson, 1893, Renz, 1955, Fleury, 1980). Η στρωματογραφική της κολώνα σύμφωνα με τον Fleury, αποτελείται από πάνω προς τα κάτω από: i) φλύσχη ηλικίας μέσου Ηωκαίνου, ii) χαρακτηριστικά μεταβατικά προς τον φλύσχη στρώματα σημαντικού πάχους, ηλικίας Μαιστρίχιου-Δάνιου, iii) πελαγικοί ασβεστόλιθοι με silex ή κερατόλιθους και Globotruncanes, ηλικίας Κενομάνιου-Μαιστρίχιου, iv) έναν κλαστικό σχηματισμό (1^{ος} φλύσχης), v) ραδιολαρίτες ηλικίας Δογγέριου-Μάλμιου (μπορεί να υπάρχουν και στη βάση του Κρητιδικού σε εναλλαγές με ασβεστόλιθους με Calpionelles), vi) ασβεστόλιθοι με εναλλαγές κερατολίθων ηλικίας ανώτερου Τριαδικού (Λιάσιο), vii) έναν άνω-Τριαδικό κλαστικό σχηματισμό (τριαδικός φλύσχης) και τέλος, viii) η βάση της αποτελείται σε πολλές θέσεις από βασικά ηφαιστειακά πετρώματα πιθανής μέσο-Τριαδικής ηλικίας (εικόνα 2.4.1.1). Παρά το γεγονός πως η Πίνδος ως ενότητα ανήκει στις εξωτερικές Ελληνίδες εφόσον η στρωματογραφική της στήλη είναι συνεχής, η ύπαρξη του κλαστικού σχηματισμού τύπου φλύσχη υποδεικνύει πως βρισκόταν κοντά στις εσωτερικές Ελληνίδες την περίοδο της πρώιμης αλπικής ορογένεσης.



Εικόνα 2.4.1.1: Στρωματογραφική στήλη της Πίνδου βασισμένη στα στοιχεία του Fleury (1980), από τον Parani kolaou (1986).

Όσον αφορά στην περιοχή μελέτης ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε ολόκληρη η κολώνα της Πίνδου. Οι σχηματισμοί οι οποίοι παρατηρήθηκαν ως επί το πλείστον είναι οι άνω-Κρητιδικοί πελαγικοί ασβεστόλιθοι με Globotruncanes και η σειρά ραδιολαριτών-κερατολίθων-πηλιτών. Πιο συγκεκριμένα, οι πελαγικοί ασβεστόλιθοι της Πίνδου εμφανίζονται με δύο χαρακτηριστικές μορφές. Η μία είναι κλασικοί λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι λευκού-μπεζ χρώματος με Globotruncanes (εικόνα 2.4.1.2) και η άλλη είναι λεπτοστρωματώδεις έως μεσοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι καφέ-κοκκινωπού έως ελαφρού βυσσινί χρώματος (εικόνα 2.4.1.3). Αναφορικά με τους ραδιολαρίτες-κερατόλιθους-πυριτόλιθους, οι εμφανίσεις τους ήταν σαφώς πιο περιορισμένες, ωστόσο ήταν αρκετά χαρακτηριστικές και δεν γινόταν να αγνοηθούν (εικόνες 2.4.1.4 και 2.4.1.5).

Αξίζει να αναφερθεί πως η ενότητα της Πίνδου αποτελεί το πιο τυπικό και το πιο εμφανές κάλυμμα στον ελληνικό χώρο και σύμφωνα με πολλούς ερευνητές, το κάλυμμα αυτό ταξίδευε για περίπου 35 εκατομμύρια χρόνια (από το μέσο Ηώκαινο έως το μέσο Μειόκαινο), δηλαδή για όλη τη βασική αλπική ορογενετική περίοδο των Ελληνίδων. Ενδείξεις της πολύχρονης μετακίνησης που έχει υποστεί αυτό το

κάλυμμα είναι οι πολλές πτυχές που εντοπίζονται στο εσωτερικό του –κλειστές, ανεστραμμένες, κατακεκλιμένες κλπ- και οι επιπεύσεις. Κύριος χαρακτήρας της ενότητας της Πίνδου είναι η δομή κατά λέπη, με μονοκλινικές ακολουθίες και επαναλήψεις περιοδικές κατά την ίδια σειρά, συνήθως κατά τα κανονικά σκέλη των πτυχών (Ραπανικόλαου, 2014). Στην περιοχή μελέτης ως επί το πλείστον παρατηρήθηκαν πολυπτυχωμένα στρώματα, σε μικρότερη (εικόνα 2.4.1.6) ή μεγαλύτερη (εικόνα 2.4.1.7) κλίμακα.



Εικόνα 2.4.1.2: Λεπτοστρωματώδεις πελαγικοί ασβεστόλιθοι λευκού-μπεζ χρώματος της ενότητας της Πίνδου. Στην φωτογραφία παρουσιάζονται ελαφρά πτυχωμένοι. Προσανατολισμός λήψης φωτογραφίας προς Β.



Εικόνα 2.4.1.3: Λεπτοστρωματώδεις έως μεσοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι κόκκινου-βυσσινί χρώματος της ενότητας της Πίνδου. Προσανατολισμός λήψης φωτογραφίας προς ΑΝΑ.



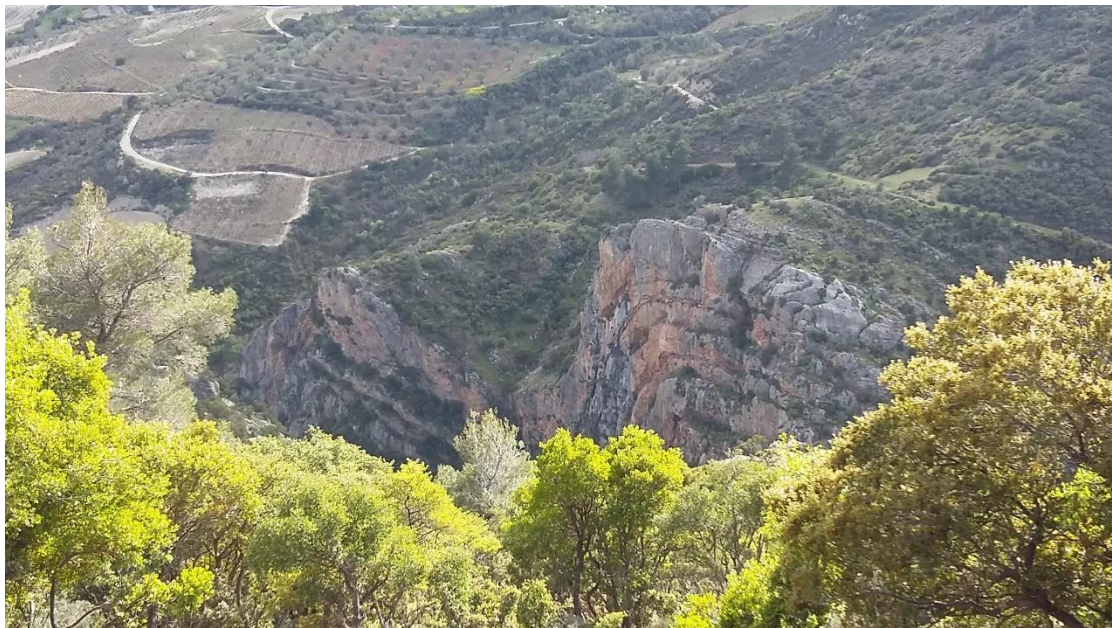
Εικόνα 2.4.1.4: Ραδιολαρίτες-κερατόλιθοι της ενότητας της Πίνδου.



Εικόνα 2.4.1.5: Πηλίτες-κερατόλιθοι της ενότητας της Πίνδου.



Εικόνα 2.4.1.6: Πολυπτυχωμένα στρώματα λεπτοπλακωδών ασβεστόλιθων, κλίμακας λίγων μέτρων. Προσανατολισμός λήψης φωτογραφίας προς Δ.



Εικόνα 2.4.1.7: Πολυπτυχωμένα στρώματα ασβεστόλιθων, κλίμακας αρκετών δεκάδων μέτρων. Προσανατολισμός λήψης φωτογραφίας προς ΝΔ.

Στην Πελοπόννησο, η ενότητα Πίνδου εντοπίζεται κυρίως στα κεντρικά-δυτικά και σε πολλές περιπτώσεις έχει τη μορφή τεκτονικού καλύμματος. Χαρακτηριστική περίπτωση τέτοιου καλύμματος είναι το λεγόμενο αρκαδικό κάλυμμα που δημιουργήθηκε από την αποκόλληση στη βάση των άνω-κρητιδικών ασβεστόλιθων, ακριβώς πάνω από τον πρώτο φλύσχη.

2.4.2 Μεταλλικοί συν-ταφροσιγενείς σχηματισμοί

Στην περιοχή μελέτης είναι πολύ έντονη η παρουσία των μεταλλικών συν-ταφροσιγενών σχηματισμών, οι οποίοι καλύπτουν σε πολλές περιπτώσεις το μεγαλύτερο μέρος των βόρειων ακτών του νότιου περιθωρίου της κορινθιακής τάφρου. Πιο συγκεκριμένα, το υπόβαθρο των Ελληνίδων που βγαίνει στην επιφάνεια μέσω των διάφορων ρηγμάτων της περιοχής, έρχεται σε επαφή με τους μεταλλικούς σχηματισμούς σχεδόν σε όλη την έκτασή του. Όπως έχει αναφερθεί και στην ενότητα 2.2, στην περιοχή της βόρειας Πελοποννήσου μπορούν να διακριθούν πολλές ενότητες/ακολουθίες ιζηματογενών αποθέσεων. Ωστόσο, στην παρούσα διπλωματική η μελέτη περιορίζεται μόνο στο ανατολικό τμήμα του τεκτονικού κέρατος του Ξυλοκάστρου όπου εντοπίζονται κυρίως δύο χαρακτηριστικοί σχηματισμοί, ο σχηματισμός της Κορφιώτισσας και ο σχηματισμός Ρέθιου-Δενδρού (RDF), σύμφωνα με τον βασικό γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ (Koutsouveli et al., 1989), όπως αυτός επαναπροσδιορίστηκε από τους Leeder et al., 2012. Οι σχηματισμοί αυτοί οριοθετούνται είτε από ασυμφωνίες, μεγάλες αλλαγές στις φάσεις, ή ακόμη και από ρήγματα.

Εκτός από την περιοχή της Κορφιώτισσας, υπάρχει σημαντική εμφάνιση του ομώνυμου σχηματισμού και στη νότια πλευρά του ρηξιτεμάχους της Κούτσας, η οποία ξεκινάει από το ίχνος του ρήγματος της Κούτσας και συνεχίζει μέχρι και την κορυφή του βουνού έχοντας μια χαρακτηριστική μορφή «γλώσσας». Αυτός ο σχηματισμός βρίσκεται ασύμφωνα τοποθετημένος πάνω στους μεσοζωικούς ασβεστόλιθους της ενότητας της Πίνδου (εικόνα 2.4.2.1) και σπανιότερα πάνω στους ραδιολαρίτες. Πρόκειται για έναν σχηματισμό πάχους κατά τόπους 300-400 m που αποτελείται από καφέ-κόκκινους ψαμμίτες, ιλύλιθους και κροκαλοπαγή (εικόνες 2.4.2.2 και 2.4.2.3).



Εικόνα 2.4.2.1: Σχηματισμός της Κορφιώτισσας αριστερά, ασύμφωνα τοποθετημένος στους ασβεστόλιθους της ενότητας της Πίνδου στα δεξιά. Προσανατολισμός λήψης φωτογραφίας προς τα ΒΑ.



Εικόνα 2.4.2.2: Σχηματισμός της Κορφιώτισσας.



Εικόνα 2.4.2.3: Σχηματισμός της Κορφιώτισσας.

Το καφέ-κοκκινωπό χρώμα της κύριας μάζας αυτού του σχηματισμού οφείλεται κυρίως στις συγκεντρώσεις αιματίτη, ο οποίος σε οξειδωτικές συνθήκες μπορεί να αναπτύξει τέτοιες αποχρώσεις μέσω της επακόλουθης απόπλυσης (Place et al., 2006). Η φάση που χαρακτηρίζεται από το κοκκινωπό χρώμα είναι ηπειρωτικής προέλευσης και έχει αποτεθεί κατά τη διάρκεια του Πλειστοκαίνου (Bousquet, 1974, Dufaure, 1975). Υπάρχει ωστόσο και μια άλλη « κρυοκλαστική» φάση που δεν έχει επηρεαστεί από τις οξειδωτικές συνθήκες και θεωρείται νεότερη σε ηλικία (Flotte et al., 2005) (εικόνα 2.4.2.3).

Στη νότια πλευρά του ρηξιτεμάχους της Κούτσας ο σχηματισμός της Κορφιώτισσας έρχεται σε επαφή με τις μάργες και τους ψαμμίτες του σχηματισμού RDF μέσω του ρήγματος της Κούτσας. Ο RDF αποτελείται κυρίως από μάργες, ιλυόλιθους και ψαμμίτες και σε κάποιες περιπτώσεις εντοπίζονται φακοί κροκαλοπαγών, ενώ έχουν ένα χαρακτηριστικό μπεζ-κίτρινο χρώμα. Καλύπτουν αρκετά μεγάλη έκταση της βόρειας Πελοποννήσου και αρχικά καταγράφηκαν σε σχηματισμούς τύπου badlands βόρεια του Ξυλοκάστρου (εικόνα 2.4.2.4).



Εικόνα 2.4.2.4: Σχηματισμοί τύπου badlands αποτελούμενοι από RDF νότια του Ξυλοκάστρου. Προσανατολισμός λήψης φωτογραφίας προς ΑΒΑ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΧΑΡΤΟΓΡΑΦΗΣΗ ΠΕΡΙΟΧΗΣ- ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΥΠΑΙΘΡΟΥ

3.1 Μεθοδολογία εργασίας υπαίθρου

Ένας από τους κύριους στόχους της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η χαρτογράφηση της περιοχής μελέτης, προκειμένου να γίνει διαχωρισμός του αλπικού υποβάθρου από τους συν-ταφροσιγενείς μεταλλικούς σχηματισμούς που συναντώνται στο τεκτονικό κέρασ του Ξυλοκάστρου. Για τον σκοπό αυτό χρησιμοποιήθηκαν ως επί το πλείστον τοπογραφικοί χάρτες κλίμακας 1:5.000 της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού, αλλά και δορυφορικές εικόνες από το Google Earth ούτως ώστε η χαρτογράφηση να είναι λεπτομερέστερη και αποτελεσματικότερη. Επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν έτοιμοι γεωλογικοί χάρτες της περιοχής που έχουν προκύψει από διάφορες επιστημονικές εργασίες.

Η μεθοδολογία της χαρτογράφησης αρχικά περιλάμβανε την πραγματοποίηση στάσεων σε διάφορες θέσεις της περιοχής μελέτης προκειμένου να υπάρξει εξοικείωση με τους γεωλογικούς σχηματισμούς αλλά και με τις μεταξύ τους σχέσεις. Έπειτα, στους τοπογραφικούς χάρτες που υπήρχαν χαράχθηκαν όσο το δυνατόν ακριβέστερα τα ίχνη των επαφών (όρια) των σχηματισμών. Απώτερος στόχος της εργασίας υπαίθρου είναι η κατασκευή γεωλογικού και τεκτονικού χάρτη της περιοχής μελέτης. Η διαδικασία περιλαμβάνει εισαγωγή των τοπογραφικών χαρτών σε περιβάλλον ArcMap 10.4 και στη συνέχεια ψηφιοποίηση τους. Η μεθοδολογία της κατασκευής των χαρτών περιγράφεται αναλυτικότερα στο επόμενο κεφάλαιο.

Στην συνέχεια του κεφαλαίου θα γίνει μια λεπτομερής παρουσίαση των παρατηρήσεων υπαίθρου που προέκυψαν από τη διαδικασία της κλασσικής

χαρτογράφησης καθώς επίσης και προσπάθεια σύνδεσης των παρατηρήσεων με αντίστοιχες αναφορές της βιβλιογραφίας.

3.2 Παρατηρήσεις χαρτογράφησης- Ρηξιτέμαχος Κούτσας

Θέση 1

Η θέση αυτή βρίσκεται στην ΒΑ πλευρά του ρηξιτεμάχου της Κούτσας και μπορεί να θεωρηθεί πως αντιστοιχεί στο ανατολικό άκρο του δυτικού ρήγματος του Ξυλοκάστρου. Η ακριβής θέση της είναι νότια της εθνικής οδού Κορίνθου-Πατρών, στο ύψος του Καμαρίου. Τυπικά, αυτό που παρατηρείται σε αυτή τη θέση είναι μια εξαιρετικά διαβρωμένη κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος του Ξυλοκάστρου, πάνω στην οποία αναπτύσσεται χαμηλή βλάστηση. Στην βάση του ρήγματος εντοπίζονται κορρήματα που έχουν απομείνει πιθανώς από την περίοδο όπου το ρήγμα αυτό ήταν τεκτονικά ενεργό.

Θέση 2

Η δεύτερη στάση πραγματοποιήθηκε νοτιοδυτικότερα, καθώς η διαδρομή περιλαμβάνει την περίμετρο του ρηξιτεμάχου της Κούτσας μέχρι το μοναστήρι της Παναγιάς Κορυφής, στην κορυφή του. Κύριος σχηματισμός σε αυτή την στάση είναι τα μεταλλικά ιζήματα και πιο συγκεκριμένα, δεν πρόκειται για τον σχηματισμό της Κορφιώτισσας, αλλά για τα RDF που περιγράφηκαν σε προηγούμενη ενότητα. Με μια πρώτη ματιά, ο σχηματισμός αποτελείται από αρκετά στρογγυλεμένες κροκάλες, συνδεδεμένες με ανοιχτόχρωμη μπεζ/κίτρινη κύρια μάζα. Κύρια χρησιμότητα της δεύτερης θέσης είναι η χάραξη του ρήγματος της Κούτσας στον τοπογραφικό χάρτη, καθώς το όριο ήταν αρκετά εμφανές από εκείνο το σημείο.

Θέση 3

Όπως η προηγούμενη, έτσι και αυτή η θέση βρίσκεται μέσα στα μεταλλικά συνταφροσιγενή ιζήματα (RDF) και εξυπηρετεί κυρίως στην καλύτερη χάραξη του ορίου των μεταλλικών ιζημάτων με το αλπικό υπόβαθρο του ρηξιτεμάχου της Κούτσας. ΔΒΔ της θέσης εντοπίζονται πολύ κατακερματισμένοι κοκκινωποί ασβεστόλιθοι της ενότητας της Πίνδου, πιθανόν εξαιτίας της εγγύτητας με το ρήγμα της Κούτσας (τυπικά πρόκειται για έναν εξαιρετικά διαβρωμένο “καθρέφτη”- ζώνη κατάκλασης του ρήγματος) (εικόνα 2.3.1.2). Επιπλέον, στην θέση αυτή έχει δημιουργηθεί ένας χώρος εκσκαφής, μέσω του οποίου το υλικό που προκύπτει από την εκσκαφή των κατακερματισμένων ασβεστόλιθων της Πίνδου, χρησιμοποιείται στα τεχνικά έργα που πραγματοποιούνται για την κατασκευή του προαστιακού σιδηρόδρομου, παράλληλα στην εθνική οδό Κορίνθου-Πατρών (εικόνα 3.2.1).



Εικόνα 3.2.1: Χώρος εκσκαφής/κονιοποίησης ασβεστόλιθων ενότητας Πίνδου, ΝΑ του ρηξιτεμάχους της Κούτσας. Προσανατολισμός λήψης φωτογραφίας προς ΝΔ.

Θέση 4

Η τέταρτη θέση βρίσκεται και αυτή μέσα στα μεταλλικά συν-ταφροσιγενή ιζήματα (RDF) που παρατηρούνται στην περιοχή, με τη μόνη διαφορά ότι είναι πιο κοντά στην ζώνη κατάκλασης του ρήγματος της Κούτσας. Από αυτό το σημείο είναι ευδιάκριτο το όριο μεταξύ των ασβεστολίθων της ενότητας της Πίνδου και των συν-ταφροσιγενών ιζημάτων που έχουν περιγραφεί (εικόνα 3.2.2). Ίσως η επαφή να αντιστοιχεί σε μικρής κλίμακας τεκτονική επαφή/ρήγμα.



Εικόνα 3.2.2: Τεκτονική επαφή ασβεστόλιθων της ενότητας Πίνδου με τα συν-ταφροσιγενή ιζήματα της περιοχής. Προσανατολισμός λήψης φωτογραφίας προς ΔΒΔ.

Θέση 5

Η θέση αυτή βρίσκεται στη νότια πλευρά του ρηξιτεμάχους της Κούτσας και εντοπίζεται σχεδόν απέναντι από την επαφή των ασβεστόλιθων της ενότητας της Πίνδου με τον ποταμοχειμάρριας προέλευσης, σχηματισμό της Κορφιώτισσας. Από αυτό το σημείο, ο σχηματισμός της Κορφιώτισσας φαίνεται να ανεβαίνει έως την κορυφή του ρηξιτεμάχους, έχοντας τη μορφή μιας “γλώσσας”. Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενη ενότητα, ο σχηματισμός των μεταλλικών, αποτελείται από ψαμμίτες, ιλύολίθους και κροκαλοπαγή. Σε αυτή την θέση, εντοπίζονται κυρίως ιλύολίθοι, μέσα στους οποίους υπάρχουν μεγάλα μπλοκ κροκαλοπαγών (εικόνα 3.2.3), αλλά και ασβεστόλιθων της Πίνδου κατά θέσεις (εικόνα 3.2.4).



Εικόνα 3.2.3: Σχηματισμός Κορφιώτισσας, πιθανόν κρυσκλαστικού τύπου. Εντοπίζονται μεγάλα μπλοκ κροκαλοπαγών με καλά στρογγυλεμένες κροκάλες. Διεύθυνση τομής δρόμου ΝΔ-ΒΑ.



Εικόνα 3.2.4: Εμφανίσεις ασβεστολίθων της ενότητας της Πίνδου μέσα στον σχηματισμό της Κορφιώτισσας. Αποτελούν είτε πεσμένα μπλοκ μέσα στα ιζήματα, είτε εμφανίσεις που ξεπροβάλλουν κάτω από αυτά, με πιθανότερο σενάριο το δεύτερο. Διεύθυνση τομής δρόμου ΝΔ-ΒΑ.

Θέση 6

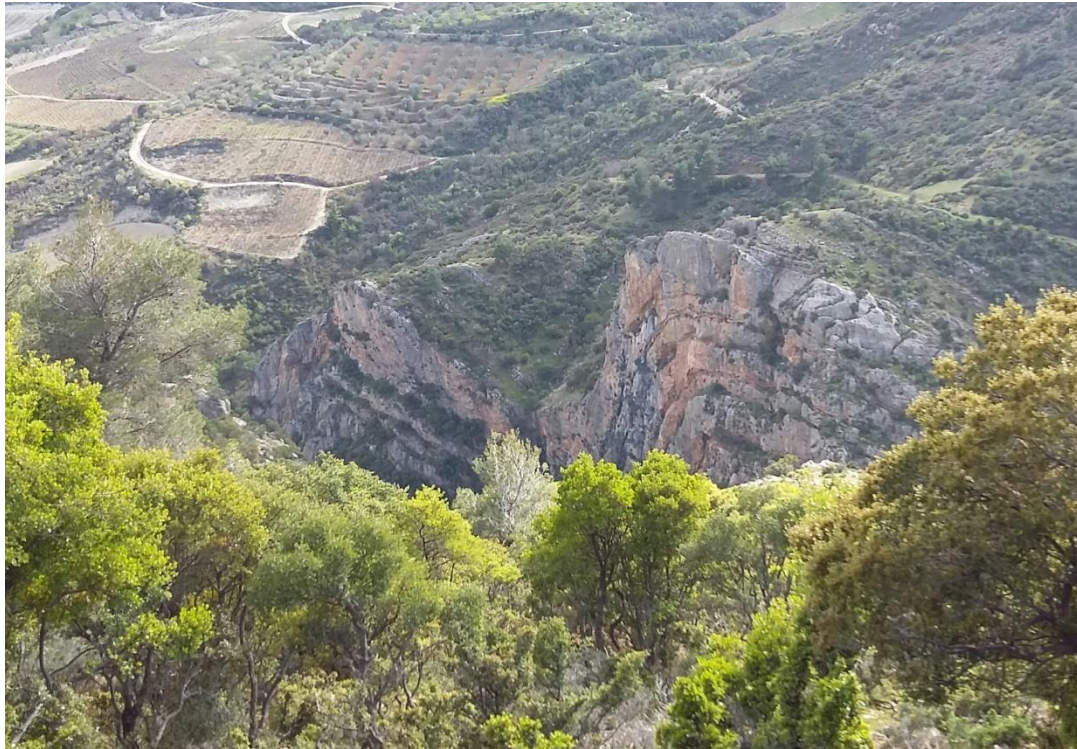
Εδώ παρατηρείται η ίδια κατάσταση με την προηγούμενη θέση, με τον σχηματισμό της Κορφιώτισσας να διαδραματίζει τον κύριο ρόλο. Ωστόσο, σκοπός αυτής της θέσης μελέτης δεν είναι η παρατήρηση του σχηματισμού της Κορφιώτισσας, αλλά η εξακρίβωση του αν σε όλη την έκταση της περιοχής μεταξύ της προηγούμενης και της επόμενης θέσης εντοπίζεται μόνο αυτός ο σχηματισμός. Έπειτα από προσέγγιση των αμφιλεγόμενων σημείων, διαπιστώθηκε ότι αποτελούνται από λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθους της ενότητας της Πίνδου, οι οποίοι έχουν αποκαλυφθεί κάτω από τα ιζήματα, πιθανώς εξαιτίας των διεργασιών της αποσάθρωσης και της διάβρωσης (εικόνα 3.2.5).



Εικόνα 3.2.5: Λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι της ενότητας Πίνδου που αποκαλύπτονται κάτω από τον σχηματισμό της Κορφιώτισσας. Προσανατολισμός λήψης φωτογραφίας προς ΒΑ.

Θέση 7

Και αυτή η θέση βρίσκεται μέσα στους συν-ταφροσιγενείς σχηματισμούς της περιοχής μελέτης, ωστόσο, κύριο χαρακτηριστικό της είναι πως από εδώ είναι εμφανή τα κορυφαία τμήματα κάποιων πτυχών μεγάλης κλίμακας που κοσμούν την είσοδο του φαραγγιού της Φόνισσας στα ΝΔ. Πρόκειται για δύο μεγάλα αντίκλινα, αποτελούμενα από λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθους της Πίνδου, τα οποία φαίνονται καλύτερα και ευκρινέστερα από την θέση 11 (εικόνα 3.2.6).



Εικόνα 3.2.6: Αντικλινικές πτυχώσεις στην είσοδο του φαραγγιού της Φόνισσας στα Ν. Προσανατολισμός λήψης φωτογραφίας προς ΝΔ.

Θέση 8

Αυτή η θέση μελέτης επιλέχθηκε διότι ενώ από την θέση 5 και έπειτα είναι ξεκάθαρη η παρουσία του σχηματισμού της Κορφιώτισσας, εδώ υπάρχει εκτεταμένη εμφάνιση λευκών-μπεζ ασβεστολίθων της Πίνδου, σε μια έκταση αρκετών δεκάδων μέτρων.



Εικόνα 3.2.7: ‘Επαφή’/ κάλυμμα του σχηματισμού της Κορφιώτισσας με τους ασβεστόλιθους της Πίνδου. Διεύθυνση τομής δρόμου ΝΔ-ΒΑ. Το κόκκινο βέλος δείχνει την θέση λήψης μετρήσεων πυξίδας.

Η “επαφή” των δύο σχηματισμών είναι ιδιόμορφη, έχει κλίση προς τα ανατολικά και περισσότερο θυμίζει κάλυμμα (εικόνα 3.2.7), οδηγώντας έτσι στο συμπέρασμα πως δεν είναι μια κανονική επαφή, αλλά αποκάλυψη των υποκείμενων ασβεστόλιθων λόγω υποχώρησης των ιζημάτων. Σε όλη την περιοχή οι ασβεστόλιθοι χαρακτηρίζονται από ελαφριές κάμψεις, με πιο χαρακτηριστική παρουσία αυτή ενός μικρού αντίκλινου (εικόνα 3.2.8), ενώ όλη η δομή φαίνεται να κλίνει προς την πλευρά του δρόμου, δηλαδή προς νότο.



Εικόνα 3.2.8: Μικρό αντίκλινο (ελαφριά κάμψη) των ασβεστόλιθων. Διεύθυνση φωτογραφίας Δ-Α.

Η θέση είναι ιδανική για λήψη τεκτονικών μετρήσεων κλίσεων σκελών (Κλίση/ Φορά Μέγιστης Κλίσης- Κ/ΦΜΚ) των μικροπτυχώσεων με τη χρήση γεωλογικής πυξίδας, από τις οποίες προέκυψαν:

- Στοιχεία ανατολικού σκέλους: 55°/126°
- Στοιχεία δυτικού σκέλους: 25°/252°

Μετρήσεις στους ασβεστόλιθους της εικόνας 3.2.7 (σημείο ένδειξης κόκκινου βέλους) έδωσαν τιμές:

- 30°/252°
- 35°/254°

Θέση 9

Εδώ μπορεί να παρατηρηθεί ευκολότερα το κάτοπτρο του ρήγματος της Κούτσας, το οποίο αποτελείται από έντονα κατακερματισμένους ασβεστόλιθους. Βασικό χαρακτηριστικό αυτής της θέσης είναι οιγωνιώδεις πτυχές που διακρίνονται στην ρηξιγενή επιφάνεια που κλίνουν προς τα ανατολικά-βορειοανατολικά, αλλά και οι εναλλαγές μεταξύ σκουρόχρωμων και ανοιχτόχρωμων ασβεστόλιθων (εικόνα 3.2.9).



Εικόνα 3.2.9: Γωνιώδεις πτυχές στην ρηξιγενή επιφάνεια του ρήγματος της Κούτσας. Διεύθυνση φωτογραφίας ΔΝΔ-ΑΒΑ. Στην ΑΒΑ πλευρά της φωτογραφίας εντοπίζονται οι εναλλαγές σκουρόχρωμων και ανοιχτόχρωμων ασβεστόλιθων.

Η χρωματική διαφορά των εν λόγω ασβεστόλιθων οφείλεται στην διαφορετική σύστασή τους, με τους σκουρόχρωμους πιθανώς να έχουν μεγαλύτερη συγκέντρωση οργανικού υλικού.

Θέση 10

Η συγκεκριμένη θέση βρίσκεται σε άμεση σύνδεση με τις θέσεις 8 και 11 καθώς βρίσκεται ανάμεσα στην περιοχή που οριοθετούν οι άλλες δύο, που αποτελεί την εμφάνιση των ασβεστόλιθων της Πίνδου κάτω από τα ιζήματα του σχηματισμού της Κορφιώτισσας. Η θέση χαρακτηρίζεται από εναλλαγή λεπτοπλακωδών ασβεστόλιθων με παχυπλακώδεις. Οι μέσο-παχυπλακώδεις ασβεστόλιθοι έχουν μια πιο ερυθρή απόχρωση και εμφανίζουν κογχώδη θραυσμό, ωστόσο αναβράζουν με αραιό υδροχλωρικό οξύ, συνεπώς πρόκειται για τους ερυθρούς ασβεστόλιθους της ενότητας της Πίνδου (εικόνα 3.2.10). Σε κάποια σημεία, όπως στο βόρειο-βορειοδυτικό τμήμα της εικόνας, αποκτούν ένα βυσσινί χρώμα, ανάλογο των ραδιολαριτών, χωρίς όμως να αντιστοιχούν σε αυτούς, καθώς φαίνεται πως το χρώμα είναι εμποτισμένο στους ασβεστόλιθους που κατά κύριο λόγο είναι υπόλευκοι (εικόνα 3.2.11).

Οι μετρήσεις κλίσης και φοράς μέγιστης κλίσης σε αυτή την εμφάνιση έδωσαν τιμές παρόμοιες με εκείνες της θέσης 8:

- 35°/238°
- 20°/235°
- 21°/240°
- 20°/242°



Εικόνα 3.2.10: Εναλλαγές λεπτοπλακωδών και παχυπλακωδών ασβεστόλιθων ερυθρού χρώματος της Πίνδου. Διεύθυνση φωτογραφίας ΒΒΔ-ΝΝΑ. Γενική κλίση προς τα ΒΒΔ.

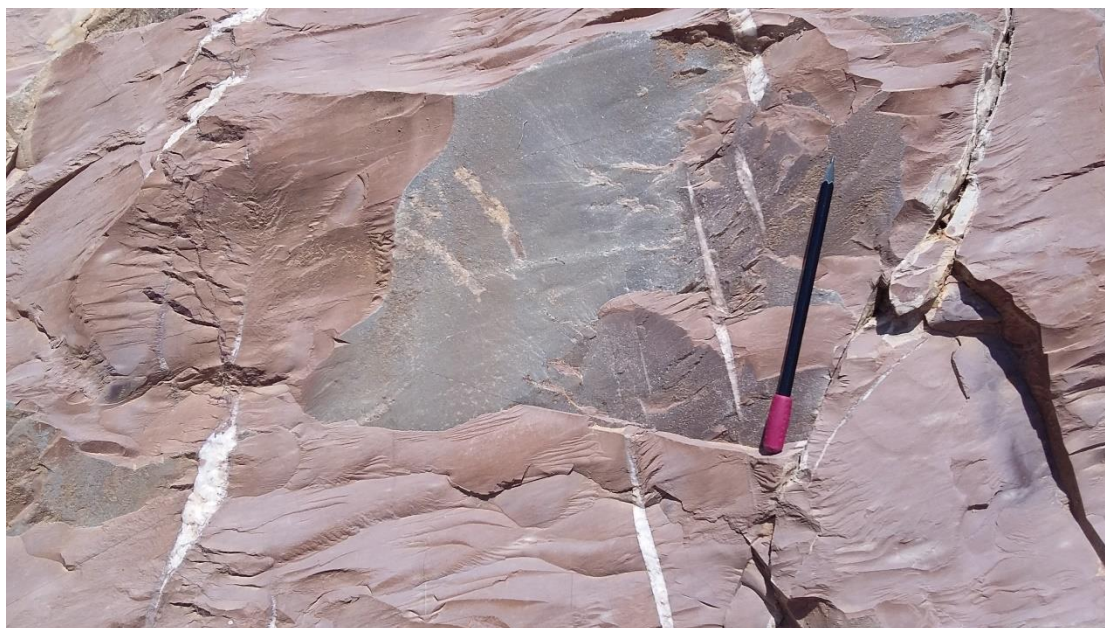
Οι εναλλαγές στις μεταβολές του πάχους των ασβεστόλιθων πιθανόν να οφείλονται σε μικροδιαταραχές που υπέστη η λεκάνη της ιζηματογένεσης, αναφορικά με το βάθος. Μικρά επεισόδια ρήξευσης και έπειτα εκ νέου βάρυνσης θα μπορούσαν να δώσουν την παραπάνω εικόνα.



Εικόνα 3.2.11: “Επιφλοιώσεις” ερυθρού χρώματος πάνω στους υπόλευκους ασβεστόλιθους.

Σχεδόν σε όλες την επιφάνειά τους, οι ασβεστόλιθοι χαρακτηρίζονται από την παρουσία ασβεστιτικών φλεβών (εικόνα 3.2.12). Σε πολλά σημεία μικροδιαρρήξεις των ασβεστολίθων πληρώνονται από αβεστιτικό υλικό σχηματίζοντας δομές τύπου “οφθαλμών” (εικόνα 3.2.13), ενώ σε άλλα σημεία οι διαρρήξεις που πληρώνονται από ασβεστίτη έχουν δομή τύπου ράμπας μεταβίβασης με μαλακή διασύνδεση

(εικόνα 3.2.14). Τέλος, τόσο στην εικόνα 3.2.12, όσο και στην 3.2.14, παρατηρούνται γυαλιστερές επιφάνειες που έχουν δημιουργηθεί από τον εμπλουτισμό σε ασβεστίτη.



Εικόνα 3.2.12: Ασβεστιτικές φλέβες στους ερυθρούς ασβεστόλιθους της ενότητας της Πίνδου.



Εικόνα 3.2.13 & Εικόνα 3.2.14: (Α) Δομή τύπου “οφθαλμών” από φλέβες ασβεστίτη. (Β) Μαλακή διασύνδεση ράμπας μεταβίβασης διαρρηγμένων φλεβών ασβεστίτη, πάνω αριστερά στην εικόνα.

Θέση 11

Με τη θέση αυτή κλείνει η μικρή εμφάνιση των ασβεστόλιθων μέσα στον σχηματισμό της Κορφιώτισσας που περιγράφεται από την θέση 8 και έπειτα, καθώς εντοπίζεται η επαφή τους με τα ιζημάτα, που καλύπτουν όλη την υπόλοιπη περιοχή (εικόνα 3.2.15).



Εικόνα 3.2.15: Ασύμφωνη επαφή ασβεστόλιθων με τον σχηματισμό της Κορφιώτισσας. Διεύθυνση φωτογραφίας ΒΔ-ΝΑ.

Οι ασβεστόλιθοι έχουν αποκτήσει ξανά το λευκό-υπόλευκο χαρακτηριστικό τους χρώμα και εμφανίζονται κατακερματισμένοι, ενώ ο σχηματισμός της Κορφιώτισσας παρατηρείται πιο κόκκινος. Το χαρακτηριστικό κόκκινο χρώμα του σχηματισμού υποδεικνύει ηπειρωτική προέλευση (ποταμοχειμάρρια φάση) (Bousquet, 1974, Dufaure, 1975) που αποτελείται από ψαμμίτες, ιλύολίθους και κροκαλοπαγή (βλ. εικόνα 2.4.2.2 και υποενότητα 2.4.2).

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις με την γεωλογική πυξίδα στους ασβεστόλιθους που έδωσαν γενική τιμή:

→ 25°/215°

Θέση 12

Πρόκειται για την πρώτη θέση μελέτης που βρίσκεται στην δυτική πλευρά του ρηξιτεμάχους της Κούτσας, πάνω από το φαράγγι της Φόνισσας. Εδώ εντοπίζεται η δυτική επαφή των ποταμοχειμάρριων ιζημάτων με τους ασβεστόλιθους, η οποία με την αντίστοιχη ανατολική επαφή που παρατηρήθηκε στην θέση 5 οριοθετούν την “γλώσσα” των συν-ταφροσιγενών ιζημάτων που φτάνουν μέχρι την κορυφή. Οι

ασβεστόλιθοι είναι αρκετά κατακερματισμένοι, ενώ η επαφή με τα ιζήματα δείχνει χαρακτηριστικά ρηξιγενούς ζώνης (εικόνα 3.2.16).



Εικόνα 3.2.16: Επαφή ασβεστόλιθων (αριστερά) με ποταμοχειμάρρια ιζήματα (δεξιά). Η επαφή είναι σχεδόν κατακόρυφη και προσομοιάζει ρηξιγενή ζώνη. Διεύθυνση φωτογραφίας Β-Ν.

Θέση 13

Όπως και στην θέση 10, έτσι και εδώ, υπάρχει εμφάνιση της σειράς των ερυθρών ασβεστολίθων της ενότητας της Πίνδου (εικόνα 3.2.17). Επιπλέον και σε αυτή την περιοχή οι ερυθροί ασβεστόλιθοι έρχονται σε επαφή με τους λευκούς/υπόλευκους, είτε βρίσκονται σε εναλλαγές μαζί τους.



Εικόνα 3.2.17: Ερυθροί ασβεστόλιθοι Πίνδου. Γενική κλίση προς Δ.

Αξίζει να αναφερθεί πως οι ερυθροί ασβεστόλιθοι αναβράζουν με αραιό υδροχλωρικό οξύ, αλλά πολύ λιγότερο από τους υπόλευκους/μπεζ ασβεστόλιθους δε.

Οι μετρήσεις κλίσης/φοράς μέγιστης κλίσης έδωσαν τιμές:

→ 32°/272°

→ 35°/268°

Θέση 14

Από εδώ και στο εξής, οι περισσότερες θέσεις μελέτης που περιγράφονται ακολουθούν την επαφή του σχηματισμού της Κορφιώτισσας (ποταμοχειμάρρια ιζήματα) και των ασβεστόλιθων (εικόνα 3.2.18). Ωστόσο, σε αυτήν την περίπτωση, ενώ ναι μεν υπάρχει ξεκάθαρη επαφή των παραπάνω, λίγα μέτρα μακριά της εντοπίζονται και πάλι ασβεστόλιθοι, εκεί που κανονικά θα έπρεπε να υπάρχουν μόνο ιζήματα (βλ. εικόνα 2.4.1.3). Η εμφάνισή τους είναι πολύ μικρή (της τάξης των 2m), συνεπώς δεν κρίνεται απαραίτητο να αποτυπωθεί στον γεωλογικό χάρτη.



Εικόνα 3.2.18: Σχηματισμός Κορφιώτισσας στα αριστερά και λεπτοστρωματώδεις ασβεστόλιθοι Πίνδου στα δεξιά. Πιθανή επαφή. Διεύθυνση φωτογραφίας Β-Ν.

Θέση 15

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, ακολουθείται το όριο της επαφής μεταξύ των ιζημάτων και των ασβεστόλιθων. Ένα διαφορετικό στοιχείο της θέσης 15 είναι πως μέσα στον σχηματισμό της Κορφιώτισσας εμφανίζονται πτυχωμένοι λεπτостρωματώδεις ασβεστόλιθοι Πίνδου που φαίνεται ότι αποτελούν το σκέλος ενός αντίκλινου. Αυτή η μορφή προϋδεάζει τον παρατηρητή για την παρουσία ρήγματος που ενδεχόμενα θα έχει “κόψει” την πτυχή και θα την έχει αφήσει μισή (εικόνα 3.2.19).



Εικόνα 3.2.19: Πιθανό ρήγμα (διακεκομμένη μαύρη γραμμή) που κόβει τους πτυχωμένους ασβεστόλιθους της Πίνδου (Pi) και τους φέρνει σε επαφή με τον σχηματισμό της Κορφιώτισσας (Ko). Διεύθυνση φωτογραφίας ΒΑ-ΝΔ. Η πτυχωμένη δομή κλίνει προς τον δρόμο (ΔΒΔ).

Σύμφωνα με τους Place et al., 2007, είναι συχνή η παρουσία τέτοιων συνθετικών ρηγματίων μικρής κλίμακας στην συγκεκριμένη περιοχή του ρηξιτεμάχους, τα οποία τεμαχίζουν το ρηξιτέμαχος της Κούτσας σε επιμέρους τεκτονικά τμήματα.

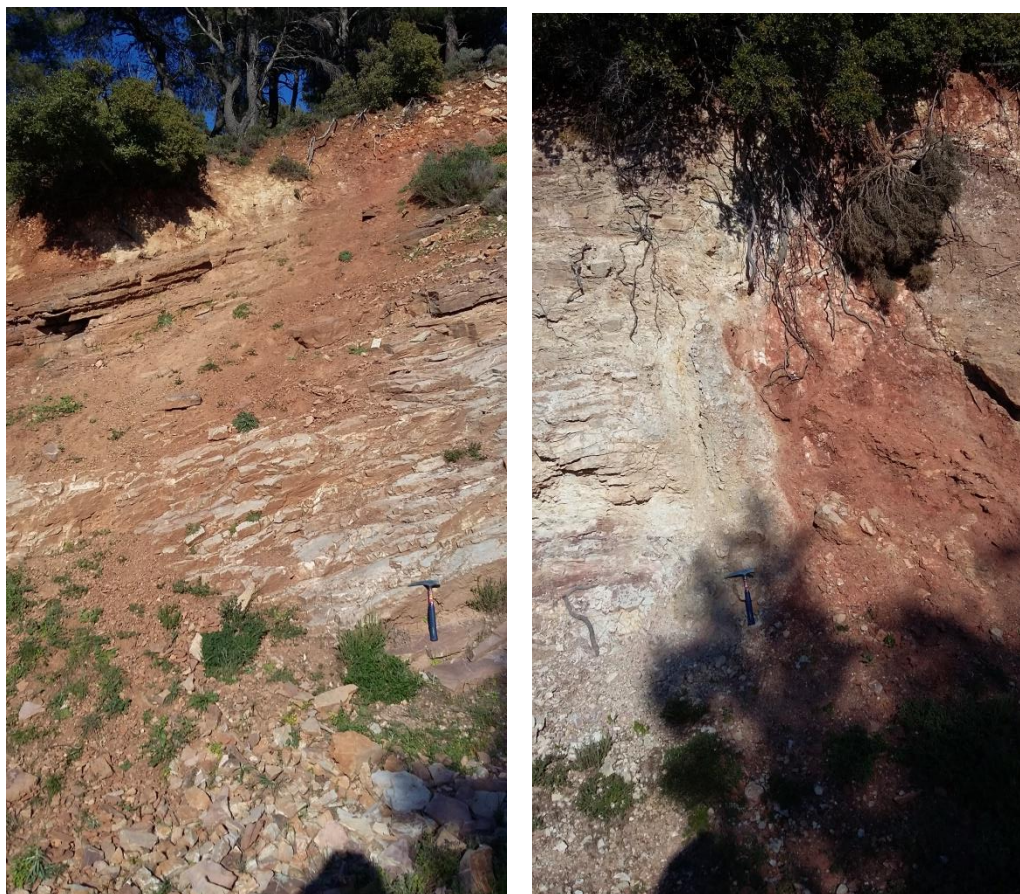
Οι τεκτονικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στην εμφάνιση των ασβεστόλιθων έδωσαν τιμές:

- 35°/248° και 32°/276° για το σκέλος που κλίνει προς τα ΝΔ
- 18°/298° για το τμήμα του σκέλους που κλίνει προς Β
- 25°/250° για το κορυφαίο τμήμα της πτυχής

Θέση 16

Το όριο των ποταμοχειμάρριων ιζημάτων και των ασβεστόλιθων ακολουθείται και σε αυτήν την θέση. Ακολουθώντας μια διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, παράλληλα με την κατεύθυνση του δρόμου παρατηρούνται οι ακόλουθες εικόνες (εικόνα 3.2.20 και

3.2.21), στις οποίες φαίνεται η επαφή τους να είναι σχεδόν κατακόρυφη, χωρίς ωστόσο να εμφανίζει χαρακτηριστικά ρηξιγενούς ζώνης.



Εικόνες 3.2.20 και 3.2.21: Επαφές σχηματισμού Κορφιώτισσας με ασβεστόλιθους αριστερά (BA) και ασβεστόλιθων με σχηματισμό Κορφιώτισσας στα δεξιά (NA).

Μεταξύ των δύο παραπάνω φωτογραφιών παρεμβάλλεται μια μικρή εμφάνιση ελαφριά πτυχωμένων ασβεστόλιθων της ενότητας Πίνδου που παρουσιάζουν ήπιες κάμψεις (εικόνα 3.2.22).



Εικόνα 3.2.22: Ελαφρά πτυχωμένοι ασβεστόλιθοι. Διεύθυνση φωτογραφίας ΒΑ-ΝΔ.

Οι τεκτονικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν σε αυτή την εμφάνιση έδωσαν τιμές:

- $30^{\circ}/280^{\circ}$ και $32^{\circ}/290^{\circ}$
- $52^{\circ}/288^{\circ}$
- $25^{\circ}/252^{\circ}$

για διαφορετικά σημεία της πτύχωσης.

Όπως φαίνεται και από τις παραπάνω φωτογραφίες, τα ιζήματα της Κορφιώτισσας έχουν καφέ-κόκκινη απόχρωση (εικόνα 3.2.23), είναι ηπειρωτικής προέλευσης και Πλειστοκαινικής ηλικίας, ενώ έχουν επηρεαστεί από οξειδωτικές συνθήκες (Place et al., 2007).



Εικόνα 3.2.23: Τυπική εμφάνιση του σχηματισμού της Κορφιώτισσας. Χαρακτηριστικό καφέ-κόκκινο χρώμα της κύριας μάζας, ανάμεσα από ψαμμίτες και κροκαλοπαγή.

Θέση 17

Αν και μόλις λίγα μέτρα μακριά από την προηγούμενη θέση, η εικόνα του σχηματισμού της Κορφιώτισσας είναι εντελώς διαφορετική (βλ. εικόνα 2.4.2.3). Πρόκειται για μία θέση που βρίσκεται εξ ολοκλήρου μέσα στην “γλώσσα” των συνταφροσιγενών ιζημάτων, ωστόσο αυτά εμφανίζονται με μπεζ χρώμα και περισσότερο λεπτόκοκκα απ’ότι στην θέση 16. Σύμφωνα με τους Flotte et al., 2005, αντιπροσωπεύουν μία « κρυοκλαστική» φάση που δεν έχει επηρεαστεί από τις οξειδωτικές συνθήκες και θεωρείται νεότερη σε ηλικία.

Θέση 18

Βασικό χαρακτηριστικό της θέσης 18 είναι οι συνεχόμενες εναλλαγές ποταμοχειμάρριων ιζημάτων-αβεστολίθων-κοκ. Όλες οι εμφανίσεις ωστόσο δεν ξεπερνούν το 1m, οπότε και δεν κρίνεται αναγκαίο να αποτυπωθούν στον γεωλογικό χάρτη της περιοχής. Στην εικόνα 3.2.24, εκτός από τις εναλλαγές των σχηματισμών, παρατηρείται και ένα μικρό ρήγμα στα βόρεια, παρόμοιο με εκείνο που περιγράφηκε στην θέση 15.



Εικόνα 3.2.24: Εναλλαγές ποταμοχειμάρριων ιζημάτων (Ko) και ασβεστολίθων (Pi). Διεύθυνση φωτογραφίας Β-Ν. Στην βόρεια πλευρά της εικόνας παρατηρείται ένα ρήγμα μικρής κλίμακας, σχεδόν κατακόρυφο.

Θέση 19

Αποτελεί την πρώτη θέση που βρίσκεται στην ΒΔ πλευρά του ρηξιτεμάχους της Κούτσας και στην μέση περίπου του φαραγγιού της Φόνισσας που εκτείνεται χαμηλότερα στα δυτικά της. Αυτή η πλευρά του ρηξιτεμάχους χαρακτηρίζεται από την απουσία του σχηματισμού της Κορφιώτισσας και από την επικράτηση των ασβεστόλιθων της ενότητας Πίνδου. Παρ'όλα αυτά, εκτός από τους ασβεστόλιθους, παρατηρείται ένας σχηματισμός βυσσινί χρώματος, με πλακώδη εμφάνιση, που όμως δεν αναβράζει με αραιό υδροχλωρικό οξύ. Συνεπώς αποτελούν την σειρά πηλιτών-ραδιολαριτών της ενότητας της Πίνδου, ηλικίας Δογγέριου-Μάλμιου (εικόνα 3.2.25). Όταν ίδια θέση παρατηρήθηκε από το ρηξιτέμαχος των Κουκουζιέρων που είναι απέναντι από αυτό της Κούτσας, ήταν ευκρινέστατη η χρωματική διαφορά σκούρου κόκκινου-βυσσινί των ραδιολαριτών με το ερυθρό των ασβεστολίθων της Πίνδου, συνεπώς ο διαχωρισμός γινόταν εύκολα.



Εικόνα 3.2.25: Εμφάνιση της σειράς πηλιτών-ραδιολαριτών της ενότητας της Πίνδου στην ΒΔ πλευρά του ρηξιτεμάχου της Κούτσας.

Θέση 20

Σε συνέχεια της προηγούμενης εμφάνισης των πηλιτών-ραδιολαριτών, εδώ εντοπίζεται το όριο της επαφής τους με τους ανωκρητιδικούς ασβεστόλιθους της Πίνδου. Αρχικά διακρίνονται λεπτοπλακώδεις πελαγικοί ασβεστόλιθοι τυπικού μπλε χρώματος με ελαφριές κάμψεις/πτυχώσεις (εικόνα 3.2.26).



Εικόνα 3.2.26: Ελαφρά πτυχωμένοι λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθοι Πίνδου. Διεύθυνση φωτογραφίας ΒΑ-ΝΔ.

Οι τεκτονικές μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν εδώ με την χρήση της γεωλογικής πυξίδας έδωσαν τις ακόλουθες τιμές:

→ $25^{\circ}/293^{\circ}$ και $20^{\circ}/306^{\circ}$

→ $31^{\circ}/282^{\circ}$

Θέση 20' (201 στον γεωλογικό χάρτη)

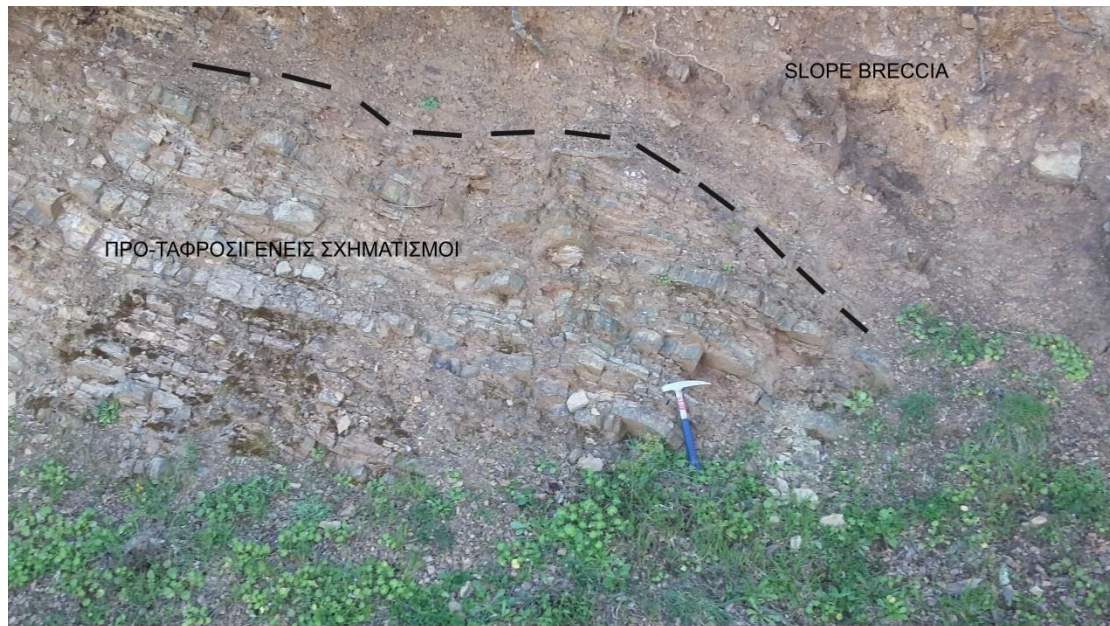
Προχωρώντας από την προηγούμενη θέση, παρατηρείται επαφή των ασβεστόλιθων της θέσης 20 με τη σειρά πηλιτών-ραδιολαριτών (εικόνα 3.2.27).



Εικόνα 3.2.27: Σχεδόν κατακόρυφη επαφή ασβεστόλιθων στα ΝΔ και πηλιτών-ραδιολαριτών στα ΒΑ.

Η κατακόρυφη επαφή είναι πιθανό να αποτελεί κάποιο από τα συνθετικά ρήγματα που διακρίνουν το ρηξιτέμαχος της Κούτσας σε επιμέρους τεκτονικά τμήματα (Place et al., 2007). Εξαιτίας της παρουσίας των συνθετικών ρηγμάτων, εντοπίζεται και ένας νέος σχηματισμός, αυτός των λατυποπαγών κλιτύος (slope breccia), ο οποίος έρχεται σε επαφή με τους προ-ταφροσιγενείς σχηματισμούς (είτε ασβεστόλιθους, είτε ραδιολαρίτες), όπως φαίνεται στην εικόνα 3.2.28. Λίγα μέτρα παρακάτω, στον ίδιο δρόμο, εμφανίζονται ξανά οι ασβεστόλιθοι σε επαφή με τους πηλίτες-ραδιολαρίτες,

μέσω ενός ακόμη συνθετικού ρήγματος που έχει περιγραφεί στην περιοχή (εικόνα 3.2.29).



Εικόνα 3.2.28: Λατυποπαγή κλιτύς (slope breccia) ασύμφωνα τοποθετημένα πάνω στην σειρά πηλιτών-ραδιολαριτών της Πίνδου. Διεύθυνση φωτογραφίας ΒΑ-ΝΔ.



Εικόνα 3.2.29: Ασβεστόλιθοι στα ΒΑ και πηλίτες-ραδιολαρίτες στα ΝΔ. Η επαφή τους αντιπροσωπεύεται από ένα κεκλιμένο ρήγμα μικρής κλίσης. Διεύθυνση φωτογραφίας ΒΑ-ΝΔ.

Θέση 21

Η θέση 21 βρίσκεται στην ΒΒΔ πλευρά του υπό μελέτη ρηξιτεμάχους και περιλαμβάνει το όριο της σειράς των κερατόλιθων-πηλιτών-ραδιολαριτών και των ασβεστόλιθων, με το οποίο κλείνει αυτή η εμφάνιση όπως ακριβώς αποτυπώνεται

στον γεωλογικό χάρτη. Η επαφή τους είναι ρηξιγενούς χαρακτήρα και αναπαριστάται από ένα κεκλιμένο ρήγμα που κλίνει προς τα νοτιοδυτικά (εικόνα 3.2.30). Ο χαρακτήρας του ρήγματος είναι κανονικός, καθώς το υπερκείμενο τέμαχος των ασβεστόλιθων είναι εκείνο που κατέρχεται, ενώ αυτό των πηλितών-ραδιολαριτών (υποκείμενο) ανέρχεται, προκειμένου να έρθουν σε επαφή.



Εικόνα 3.2.30: Τεκτονική επαφή πηλितών-ραδιολαριτών και ασβεστόλιθων. Διεύθυνση φωτογραφίας ΒΑ-ΝΔ. Γενική κλίση επαφής και σχηματισμών προς τα ΝΔ.

Τα τεκτονικά στοιχεία της εικονιζόμενης επαφής είναι: $42^{\circ}/195^{\circ}$ και $35^{\circ}/220^{\circ}$, ενώ και οι τιμές κλίσης των ασβεστόλιθων έδωσαν παρόμοιες τιμές:

→ $40^{\circ}/214^{\circ}$ και $37^{\circ}/198^{\circ}$

Οι πηλίτες-ραδιολαρίτες εμφανίζονται αρκετά αποσαθρωμένοι και καταπονημένοι, εξαιτίας της έκθεσής τους στις επιφανειακές συνθήκες, αλλά και λόγω του γεγονότος πως βρίσκονται πάνω στο δρόμο σε μια περιοχή έντονης κλίσης. Το χρώμα τους είναι έντονο βυσσινί (βλ. εικόνα 2.4.1.4) και έχουν πλακώδη εμφάνιση, με το πάχος των πλακών να κυμαίνεται από λίγα έως αρκετά cm (εικόνα 3.2.31).



Εικόνα 3.2.31: Πηλίτες-ραδιολαρίτες της ενότητας της Πίνδου. Είναι εμφανής η πλακώδης δομή τους, αλλά και η αποσαθρωμένη όψη τους. Διεύθυνση φωτογραφίας ΒΑ-ΝΔ.

Θέση 22

Ανατολικότερα της θέσης 21 και εξ ολοκλήρου μέσα στους ασβεστόλιθους της Πίνδου, βρίσκεται η θέση 22. Ωστόσο, κατά θέσεις υπάρχουν πολύ μικρές εμφανίσεις (της τάξης του 1m) πηλιτών και σπανιότερα ραδιολαριτών, οι οποίοι εναλλάσσονται με λεπτομερή ιζήματα λευκού χρώματος (εικόνα 3.2.32). Σύμφωνα με τον Ορί, 1989, αυτού του είδους τα ιζήματα αποτελούν την κατώτερη λιθοστρωματογραφική ενότητα των συν-ταφροσιγενών αποθέσεων και είναι ρηχά λιμναία ιζήματα.



Εικόνα 3.2.32: Εναλλαγές πηλιτών-ραδιολαριτών και λεπτομερών ιζημάτων. Διεύθυνση φωτογραφίας Α-Δ.

Θέση 23

Νοτιοανατολικά της θέσης 22 υπάρχουν μόνο λεπτοπλακώδεις λευκοί/μπεζ ασβεστόλιθοι με ελαφριές, ήπιες κάμψεις. Οι μετρήσεις κλίσης και φοράς μέγιστης κλίσης σε αυτή την θέση έδωσαν τιμές:

→ 30°/284°

→ 05°/262°

Θέση 24

Ένα ρήγμα μικρής κλίσης φέρνει σε επαφή τον σχηματισμό της Κορφιώτισσας με τους ερυθρούς ασβεστόλιθους της Πίνδου σε αυτό το σημείο, που αντιστοιχεί στο ανώτερο τμήμα της “γλώσσας” των ιζημάτων που έχει αναφερθεί (εικόνα 3.2.33).



Εικόνα 3.2.33: Απεικόνιση της ρηξιγενούς ζώνης μεταξύ των ιζημάτων και των ερυθρών ασβεστόλιθων. Διεύθυνση φωτογραφίας ΝΔ-ΒΑ.

Τα ιζήματα παρουσιάζουν συμπαγή εικόνα, ενώ χαρακτηριστικές είναι οι χρωματικές εναλλαγές τους (εικόνα 3.2.34). Όπως αναφέρθηκε και στην θέση μελέτης 22, είναι πιθανό τα ιζήματα αυτά να έχουν αποτεθεί σε ρηχό λιμναίο περιβάλλον, καθώς είναι εξαιρετικά λεπτομερή.

Αυτή είναι η τελευταία θέση που ήταν απαραίτητη προκειμένου να χαραχθεί με σχετική ακρίβεια το όριο της επαφής του σχηματισμού της Κορφιώτισσας με τους ασβεστόλιθους της Πίνδου, στο ρηξιτέμαχος της Κούτσας.



Εικόνα 3.2.34: Ιζήματα λιμναίας προέλευσης που εντοπίζονται ακριβώς κάτω από τις κεραίες στην κορυφή του ρηξιτεμάχου της Κούτσας. Διεύθυνση φωτογραφίας ΒΔ-ΝΑ.

Θέση 25

Η θέση 25 έχει καταγραφεί εκτός σειράς, αφού βρίσκεται δυτικά της θέσης 1. Εδώ εμφανίζονται αποκλειστικά λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθοι της Πίνδου, έντονα αποσαθρωμένοι (εικόνα 3.2.35), λόγω της εγγύτητάς τους στο ανατολικό άκρο του ρήγματος του Ξυλοκάστρου.



Εικόνα 3.2.35: Κατακερματισμένοι και ελαφρά πτυχωμένοι ασβεστόλιθοι της Πίνδου. Προσανατολισμός λήψης φωτογραφίας προς ΝΑ. Κλίμακα φωτογραφίας το αυτοκίνητο κάτω δεξιά.

Σκοπός της πραγματοποίησης αυτής της θέσης είναι η λήψη μετρήσεων κλίσης των ασβεστόλιθων προκειμένου να χρησιμοποιηθούν στην κατασκευή του τεκτονικού χάρτη της περιοχής. Οι τιμές που προέκυψαν είναι:

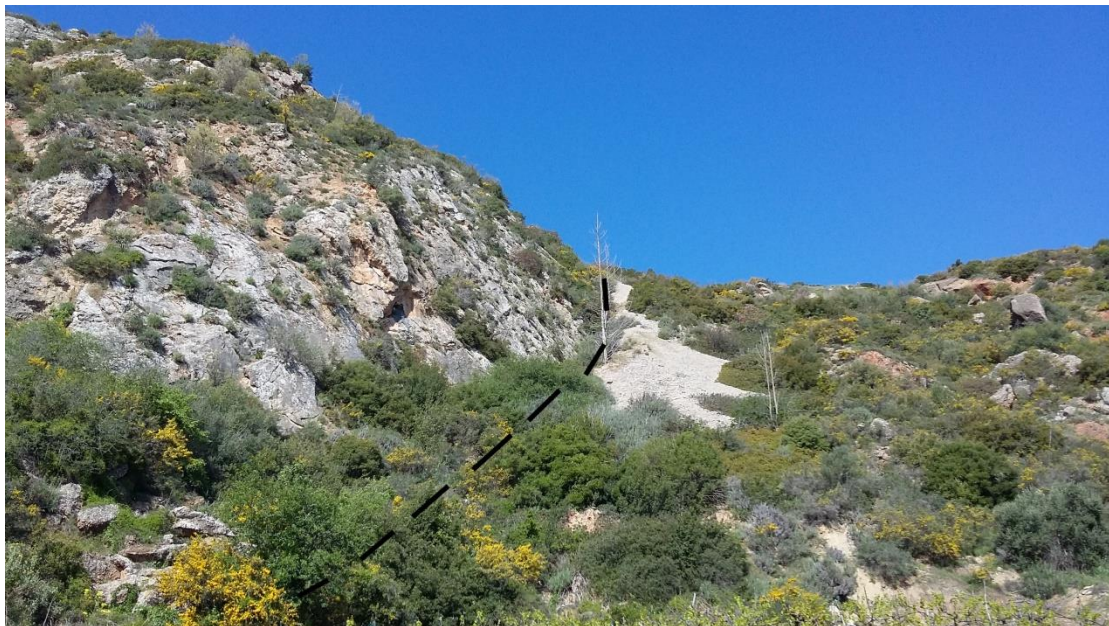
→ 32°/103°

→ 50°/128°

3.3 Παρατηρήσεις χαρτογράφησης- Ρηξιτέμαχος Κουκουζιέρων

Θέση 26

Από αυτήν την θέση και έπειτα, μελετάται το ρηξιτέμαχος των Κουκουζιέρων που βρίσκεται δυτικά του ρηξιτεμάχου της Κούτσας και το οποίο αποτελείται κυρίως από μεταλλικές συν-ταφροσιγενείς αποθέσεις, ενώ υπάρχουν μικρές εμφανίσεις της ενότητας της Πίνδου. Εδώ είναι ευδιάκριτη η επαφή των ασβεστόλιθων της Πίνδου με κάποια ιζήματα, πιθανώς RDF (εικόνα 3.3.1).



Εικόνα 3.3.1: Επαφή ασβεστόλιθων ενότητας Πίνδου και μεταλλικών ιζημάτων, πιθανώς RDF. Διεύθυνση φωτογραφίας ΝΑ-ΒΔ. Η επαφή είναι αρκετά απότομη και κατά πάσα πιθανότητα πρόκειται για ρήγμα, το ίχνος του οποίου έχει καλυφθεί από τα ιζήματα.

Θέση 27

Αυτή η θέση βρίσκεται νοτιοανατολικά της προηγούμενης και τοποθετείται ακριβώς πάνω στην ρηξιγενή ζώνη που αποτελεί διακλάδωση του κύριου ρήγματος του Ευλοκάστρου. Κύρια λιθολογία είναι οι ασβεστόλιθοι, ωστόσο εμφανίζονται εντελώς κατακερματισμένοι, τόσο ώστε να μην διακρίνεται καμία δομή σε αυτούς και να

φαίνονται συμπαγείς (εικόνα 3.3.2). Με μια πρώτη ματιά η μορφή αυτή προσομοιάζει το κάτοπτρο που δημιουργεί η επιφάνεια ενός ρήγματος, με τη μόνη διαφορά πως δεν διακρίνονται κινηματικά στοιχεία όπως γραμμές προστριβής κλπ.



Εικόνα 3.3.2: Αποσαθρωμένη ρηξιγενής επιφάνεια (κάτοπτρο ρήγματος). Το εν λόγω ρήγμα αναπτύσσεται σε διεύθυνση Α-Δ και κλίνει προς Β. Λιθολογία περιοχής οι ασβεστόλιθοι Πίνδου.

Θέση 28

Η τοποθεσία της αντιστοιχεί στο νότιο άκρο της μικρής εμφάνισης των ασβεστόλιθων Πίνδου στο ρηξιτέμαχος των Κουκουζιέρων. Σε συνδυασμό με την θέση 26, οριοθετεί την εμφάνιση, καθώς εντοπίζεται η επαφή των ασβεστόλιθων με τα συν-ταφροσιγενή ιζήματα (εικόνα 3.3.3). Τα ιζήματα εδώ έχουν πολύ διαφορετική εμφάνιση σε σχέση με εκείνα της θέσης 26. Κύρια διαφορά τους είναι το χρώμα, με αυτά να είναι σκούρα κόκκινα έως καφέ, ενώ στην θέση 26 είχαν το χαρακτηριστικό μπεζ-κίτρινο χρώμα των RDF. Μια δεύτερη διαφορά είναι το ότι φαίνονται περισσότερο αδρόκοκκα με παρουσία κροκαλών, σε αντίθεση με τα RDF. Σύμφωνα με τους Malartre et al., 2004, Place et al., 2007, έχει περιγραφεί η ύπαρξη μιας ιζηματογενούς ενότητας που αποτελείται από λατυποπαγείς αποθέσεις με γωνιώδεις κλάστες ασβεστόλιθων μέσα σε μια αργιλική σκούρα κόκκινη κύρια μάζα. Αυτή η ενότητα υπέρκειται των ασβεστόλιθων και σε κάποιες περιπτώσεις καλύπτεται από αδρά κροκαλοπαγή.

Όσον αφορά στους ασβεστόλιθους της περιοχής, είναι οι κλασσικοί μπεζ ασβεστόλιθοι της ενότητας Πίνδου, με τη μόνη διαφορά πως εξαιτίας της υπερκείμενης ενότητας που περιγράφηκε, έχουν αποκτήσει μια ερυθρή απόχρωση (εικόνα 3.3.4), χωρίς όμως να πρόκειται για τους αντίστοιχους ερυθρούς ασβεστόλιθους της ενότητας.



Εικόνα 3.3.3: Επαφή ασβεστόλιθων με τα συν-ταφροσιγενή ιζήματα. Πάνω από τους ασβεστόλιθους μπορεί να διακριθεί η ενότητα λατυποπαγών αποθέσεων σκούρου κόκκινου χρώματος, η οποία καλύπτεται κατά θέσεις από τα κροκαλοπαγή. Διεύθυνση φωτογραφίας ΒΑ-ΝΔ.



Εικόνα 3.3.4: Ασβεστόλιθοι ενότητας Πίνδου, ελαφρά πτυχωμένοι. Διεύθυνση φωτογραφίας ΒΑ-ΝΔ. Στην ΝΔ πλευρά της φωτογραφίας διακρίνονται κάποιες μικροδιαρρήξεις, χαρακτηριστικές για την ενότητα Πίνδου και ενδεικτικές της μεγάλης μετακίνησης του καλύμματος.

Στους παραπάνω ασβεστόλιθους λήφθηκαν μετρήσεις κλίσης που έδωσαν τις ακόλουθες τιμές:

→ $45^{\circ}/102^{\circ}$

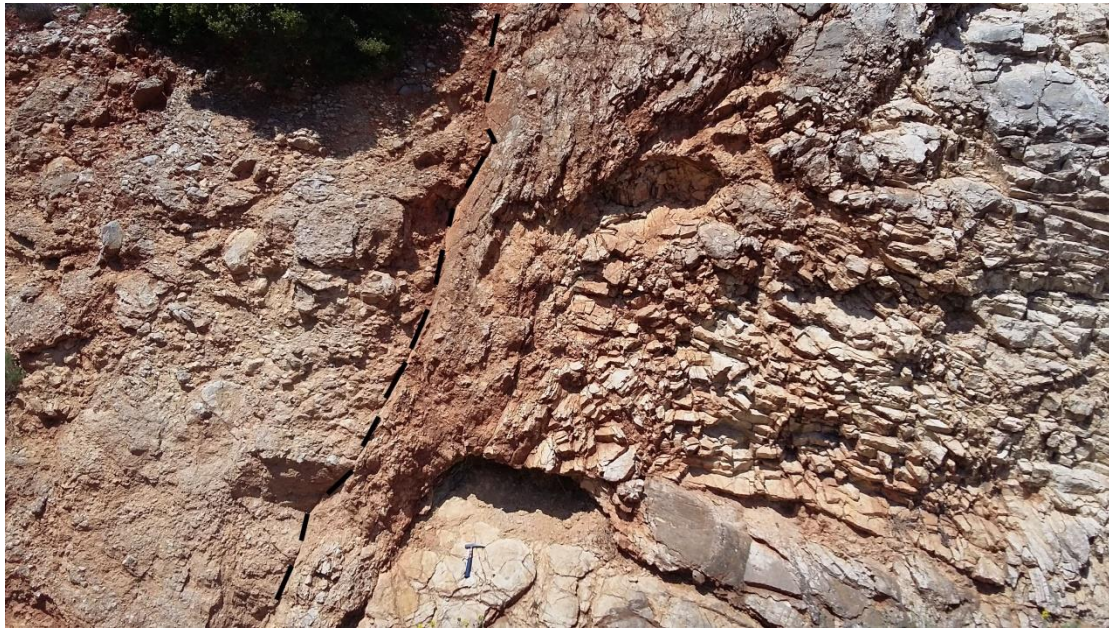
→ $65^{\circ}/080^{\circ}$

Θέση 29

Σχεδόν ανάμεσα στις θέσεις 26 και 28 βρίσκεται η θέση 29. Η περιοχή αυτή αποτελείται ως επί το πλείστον από ασβεστόλιθους της ενότητας Πίνδου. Παρ'όλα αυτά, στο σημείο αυτό οι ασβεστόλιθοι είναι ανακατεμένοι με συν-ταφροσιγενείς αποθέσεις (κυρίως κροκαλοπαγή), χωρίς όμως να διακρίνεται κάποια ξεκάθαρη επαφή ανάμεσά τους (εικόνα 3.3.5).

Οι μετρήσεις κλίσης έδωσαν παρόμοιες τιμές με την προηγούμενη θέση:

→ $65^{\circ}/105^{\circ}$



Εικόνα 3.3.5: Ασβεστόλιθοι Πίνδου ανακατεμένοι με κροκαλοπαγή κατά θέσεις. Διακρίνεται μια μικρή ρηξιγενής ζώνη, σχεδόν κατακόρυφη. Διεύθυνση φωτογραφίας Α-Δ.

Θέση 30

Δυτικότερα της θέσης 26 και ακολουθώντας το ίδιο όριο με αυτή, βρίσκεται η θέση 30. Χαρακτηριστικό της θέσης είναι η επαφή των ασβεστόλιθων της ενότητας της Πίνδου με τον σχηματισμό της Κορφιώτισσας (εικόνα 3.3.6). Οι ασβεστόλιθοι είναι λεπτοπλακώδεις, με γενική κλίση προς τον νότο και διακόπτονται απότομα από την παρουσία των ιζημάτων (πιθανή τεκτονική επαφή).

Οι μετρήσεις με την γεωλογική πυξίδα έδωσαν τιμές κλίσης:

→ $50^{\circ}/108^{\circ}$

→ $45^{\circ}/110^{\circ}$



Εικόνα 3.3.6: Τεκτονική επαφή λεπτοπλακωδών ασβεστόλιθων και ιζημάτων του σχηματισμού της Κορφιώτισσας. Διεύθυνση φωτογραφίας N-B. Γενική κλίση ασβεστόλιθων προς N.

Θέση 31

Η θέση αυτή βρίσκεται βορειότερα της προηγούμενης και θεωρητικά είναι εκτός της περιοχής μελέτης. Ωστόσο, εξαιτίας του ότι εντοπίζονται εκ νέου ασβεστόλιθοι Πίνδου σε επαφή με ποταμοχειμάρια ιζήματα (εικόνα 3.3.7), κρίθηκε απαραίτητο να συμπεριληφθεί στην εργασία. Όπως αναφέρθηκε, η επαφή είναι ξεκάθαρη λόγω της έντονης χρωματικής διαφοράς και κατά πάσα πιθανότητα αντιστοιχεί σε μια μικρή αποκάλυψη του προ-ταφροσιγενούς υποβάθρου κάτω από το κάλυμμα των ιζημάτων.



Εικόνα 3.3.7: Επαφή του σχηματισμού της Κορφιώτισσας με τους ασβεστόλιθους της Πίνδου. Έντονη χρωματική διαφοροποίηση που υποδεικνύει την επαφή. Διεύθυνση φωτογραφίας N-B.

Θέση 32

Αποτελεί την πρώτη θέση μελέτης που βρίσκεται ακριβώς πάνω στη μεγάλη ρηξιγενή ζώνη του νοτιότερου από τα δύο υποπαράλληλα ρήγματα στα οποία διαιρείται το κύριο ρήγμα του Ξυλοκάστρου, δυτικά του φαραγγιού της Φόνισσας. Στην περιοχή υπάρχουν πολύ αντιπροσωπευτικές κατοπτρικές επιφάνειες πάνω στους ασβεστόλιθους της Πίνδου (εικόνες 3.3.8, 3.3.9 και 3.3.10), αν και δεν διακρίνονται κινηματικά κριτήρια όπως γραμμές προστριβής πάνω τους, εξαιτίας της εκτεταμένης διάβρωσης.



Εικόνα 3.3.8: Κατοπτρική επιφάνεια ρήματος πάνω στους ασβεστόλιθους της Πίνδου. Η επιφάνεια παρουσιάζεται διαβρωμένη. Το ρήγμα κλίνει προς τα βόρεια.



Εικόνα 3.3.9: Άποψη της προηγούμενης επιφάνειας προς τα πάνω. Παρατηρείται μια ελαφριά καμπύλωση της, ενώ η επίδραση της διάβρωσης και της αποσάθρωσης είναι εμφανής.



Εικόνα 3.3.10: Μικρότερης κλίμακας ρηξιγενής επιφάνεια, σε σχέση με των προηγούμενων εικόνων.

Θέση 33

Η θέση αυτή βρίσκεται στην ανατολική πλευρά του ρηξιτεμάχους των Κουκουζιέρων, ακριβώς δυτικά και πάνω από το φαράγγι της Φόνισσας. Η περιοχή αποτελείται αποκλειστικά από πτυχωμένους ασβεστόλιθους της ενότητας της Πίνδου. Αξιοπεριεργό της θέσης είναι η εμφάνιση πτυχωμένων ασβεστόλιθων με αντιδιαμετρικά κορυφαία τμήματα των σκελών (εικόνες 3.3.11 και 3.3.12).



Εικόνα 3.3.11: Πτυχωμένα στρώματα ασβεστόλιθων Πίνδου. Ο άξονας των εικονιζόμενων πτυχών είναι σχεδόν οριζόντιος. Διεύθυνση φωτογραφίας N-B.



Εικόνα 3.3.12: Πτυχωμένα στρώματα ασβεστόλιθων Πίνδου, λίγα μόλις μέτρα μακριά από αυτά της εικόνας 3.3.11. Διεύθυνση φωτογραφίας N-B.

Οι θέσεις λήψης των εικόνων απέχουν μόλις λίγα μέτρα μακριά και παρ'όλα αυτά η εικόνα είναι τόσο διαφορετική.

Όπως αναφέρθηκε, ο άξονας των πτυχών είναι περίπου οριζόντιος και τα στοιχεία του είναι:

→ $10^{\circ}/323^{\circ}$

ενώ το υπερκείμενο σκέλος των ασβεστόλιθων της εικόνας 3.3.12 δίνει στοιχεία:

→ $20^{\circ}/325^{\circ}$

Θέση 34

Η τελευταία θέση μελέτης βρίσκεται ΒΔ του φαραγγιού της Φόνισσας και σε μικρό ύψος πάνω από αυτό. Εδώ εντοπίζονται για δεύτερη φορά σε όλη την περιοχή μελέτης, πηλίτες-ραδιολαρίτες και μάλιστα σε επαφή με ασβεστόλιθους που βρίσκεται σε απόλυτη συμφωνία με την αντίστοιχη επαφή της θέσης 21 που βρισκόταν απέναντι ακριβώς, στο ρηξιτέμαχος της Κούτσας (εικόνα 3.3.13). Και αυτή η επαφή είναι ρηξιγενούς χαρακτήρα και συγκεκριμένα αναπαριστάται από ένα κανονικό ρήγμα που κλίνει προς τα νοτιοδυτικά (βλ. εικόνα 3.2.30).



Εικόνα 3.3.13: Τεκτονική επαφή πηλιτών-ραδιολαριτών και ασβεστόλιθων. Διεύθυνση φωτογραφίας ΒΑ-ΝΔ. Γενική κλίση σχηματισμών προς ΝΔ.

Οι μετρήσεις που έλαβαν χώρα έδωσαν τιμές κλίσης:

→ $35^{\circ}/278^{\circ}$ και $35^{\circ}/285^{\circ}$

Θα μπορούσε να θεωρηθεί πως αυτή η επαφή αντιστοιχεί σε εκείνη της θέσης 21 και πως πρόκειται για μία δομή μεγάλης κλίμακας, η οποία στην συνέχεια χωρίστηκε λόγω της κατά βάθος διάβρωσης που προκάλεσε η ανάπτυξη του φαραγγιού της Φόνισσας. Ωστόσο κάτι τέτοιο δεν είναι δυνατόν να ισχύει καθώς θα έπρεπε να εντοπίζονται πηλίτες-ραδιολαρίτες και στην ανατολική παρυφή του φαραγγιού (δηλαδή στο ρηξιτέμαχος της Κούτσας), κάτι το οποίο δεν ισχύει αφού κυριαρχούν οι ασβεστόλιθοι. Αντίθετα, οι πηλίτες-ραδιολαρίτες εμφανίζονται ξανά στην κορυφή της Κούτσας, οπότε θεωρείται πως η εμφάνισή τους ελέγχεται καθαρά από την δράση μικρών κανονικών ρηγμάτων που τους ανυψώνουν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΓΑΣΙΑΣ- ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΧΑΡΤΩΝ

4.1 Εισαγωγή

Με βάση τις γεωλογικές και τεκτονικές παρατηρήσεις που περιγράφηκαν αναλυτικά στο προηγούμενο κεφάλαιο, έγινε η κατασκευή του γεωλογικού και του τεκτονικού χάρτη της περιοχής μελέτης. Όπως αναφέρθηκε και στον πρόλογο της εργασίας, οι χάρτες κατασκευάστηκαν με την χρήση του λογισμικού ArcMap 10.4 του προγράμματος ArcGIS.

Το ArcMap είναι ένα από τα λογισμικά που είναι ενσωματωμένο στα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών και χρησιμοποιείται για την παρουσίαση, τη δημιουργία, την επεξεργασία και την ανάλυση των δεδομένων. Η χρήση του καθιστά δυνατή τη μελέτη του γεωγραφικού περιεχομένου των δεδομένων και τον υπολογισμό οποιασδήποτε σχέσης μεταξύ τους. Αποτελεί μια εκ των τριών διεπαφών του πακέτου ArcGIS, με τις άλλες δύο να είναι το ArcCatalog και το ArcToolbox. Κάποια από τα κύρια χαρακτηριστικά του ArcMap είναι η δημιουργία χαρτών (θεματικοί χάρτες) και η χρήση προκαθορισμένων προτύπων για τη δημιουργία ομοιόμορφων χαρτών, η εισαγωγή, ανάγνωση και επεξεργασία διαφόρων στοιχείων (σημείων, γραμμών, πολυγώνων) και των χαρακτηριστικών τους και τέλος, η δημιουργία διαφορετικών απεικονίσεων ενός χάρτη, με αλλαγή χρωμάτων και συμβολισμών. Το ArcToolbox περιλαμβάνει το σύνολο των εργαλείων της γεωεπεξεργασίας και μέσω αυτού δίνεται η δυνατότητα μετατροπής χωρικών δεδομένων από μια μορφή σε κάποια άλλη, ενώ το ArcCatalog επιτρέπει ουσιαστικά την εύκολη μετάβαση και διαχείριση της γεωλογικής πληροφορίας.

4.2 Κατασκευή χαρτών

Πρώτο βήμα στην κατασκευή των ψηφιακών χαρτών ήταν η σάρωση των τοπογραφικών χαρτών που χρησιμοποιήθηκαν στην χαρτογράφηση και η εισαγωγή τους στο ArcMap ως αρχεία tiff. Στην συνέχεια, προκειμένου ο χάρτης που θα κατασκευαστεί να έχει υπαρκτές συντεταγμένες, ακολουθεί η διαδικασία της γεωαναφοράς. Με τον όρο γεωαναφορά (georeferencing) αναφέρεται το σύνολο των στροφών και των μετατοπίσεων του χάρτη, που είναι απαραίτητα για την προβολή κάθε σημείου σε αυτόν στο σύστημα αναφοράς που προτιμάται κάθε φορά. Στην παρούσα εργασία το προβολικό σύστημα αναφοράς που χρησιμοποιείται είναι το Παγκόσμιο Γεωδαιτικό Σύστημα (World Geodetic System) WGS 84. Το τελικό αποτέλεσμα ενός ψηφιοποιημένου χάρτη προκύπτει αφού ολοκληρωθεί η ψηφιοποίηση τριών κύριων οντοτήτων:

1. Σημεία (point), όπως πχ οι θέσεις μελέτης, τα σημεία μέτρησης κλίσεων, οι άξονες των μεσοσκοπικών πτυχών κλπ.
2. Γραμμές (polyline), όπως είναι τα διάφορα γεωλογικά όρια, οι τεκτονικές επαφές κλπ.
3. Πολύγωνα (polygon), όπως είναι οι γεωλογικοί σχηματισμοί.

Προκειμένου να δημιουργηθούν τα διανυσματικά αρχεία, που απαιτούνται για την εισαγωγή αρχικά της χωρικής πληροφορίας και στη συνέχεια της περιγραφικής, στο ArcGIS χρησιμοποιείται ο ArcCatalog. Με δεξί κλικ μέσα στο φάκελο των δεδομένων της περιοχής μελέτης, έτσι ώστε το κάθε αρχείο να δημιουργηθεί μέσα σε αυτόν, ακολουθείται η διαδρομή *New*→*Shapefile* (το κύριο διανυσματικό αρχείο για κάθε επίπεδο πληροφορίας που δημιουργείται στο ArcGIS). Στο παράθυρο που αναδύεται εκτός από το όνομα και τον τύπο του αρχείου (point, polyline, polygon), επιλέγεται και το σύστημα συντεταγμένων μέσω του οποίου τα δεδομένα θα τοποθετηθούν στη σωστή τους θέση στο χώρο (Ευελπίδου & Αντωνίου, 2015). Δημιουργήθηκαν συνολικά τρία αρχεία για τον γεωλογικό χάρτη (γεωλογία, τεκτονικές επαφές, θέσεις μελέτης) και επιπλέον δύο για τον τεκτονικό χάρτη (άξονες μεσοσκοπικών πτυχών, διεύθυνση και κλίση στρωμάτων). Το επόμενο βήμα και πριν αρχίσει η εισαγωγή των επιμέρους χωρικών πληροφοριών στα αντίστοιχα επίπεδα πληροφορίας, είναι να γίνει η διαμόρφωση της βάσης δεδομένων, η οποία βρίσκεται πίσω από κάθε επίπεδο πληροφορίας και στην οποία εισάγεται περιγραφική πληροφορία για κάθε χωρική οντότητα (Ευελπίδου & Αντωνίου, 2015). Η βάση δεδομένων στο ArcMap είναι ο Attribute Table (περιγραφικός πίνακας) και με την εντολή *Table Options*→*Add Field* γίνεται προσθήκη των πεδίων που περιγράφουν την κάθε χωρική οντότητα, παραδείγματος χάρη για την γεωλογία το πεδίο είναι η λιθολογία (lithology), για τις τεκτονικές επαφές είναι το είδος τους (type), ενώ για τη διεύθυνση και την κλίση των σχηματισμών είναι η φορά μέγιστης κλίσης και η κλίση και για τους άξονες είναι η διεύθυνση και η βύθισή τους.

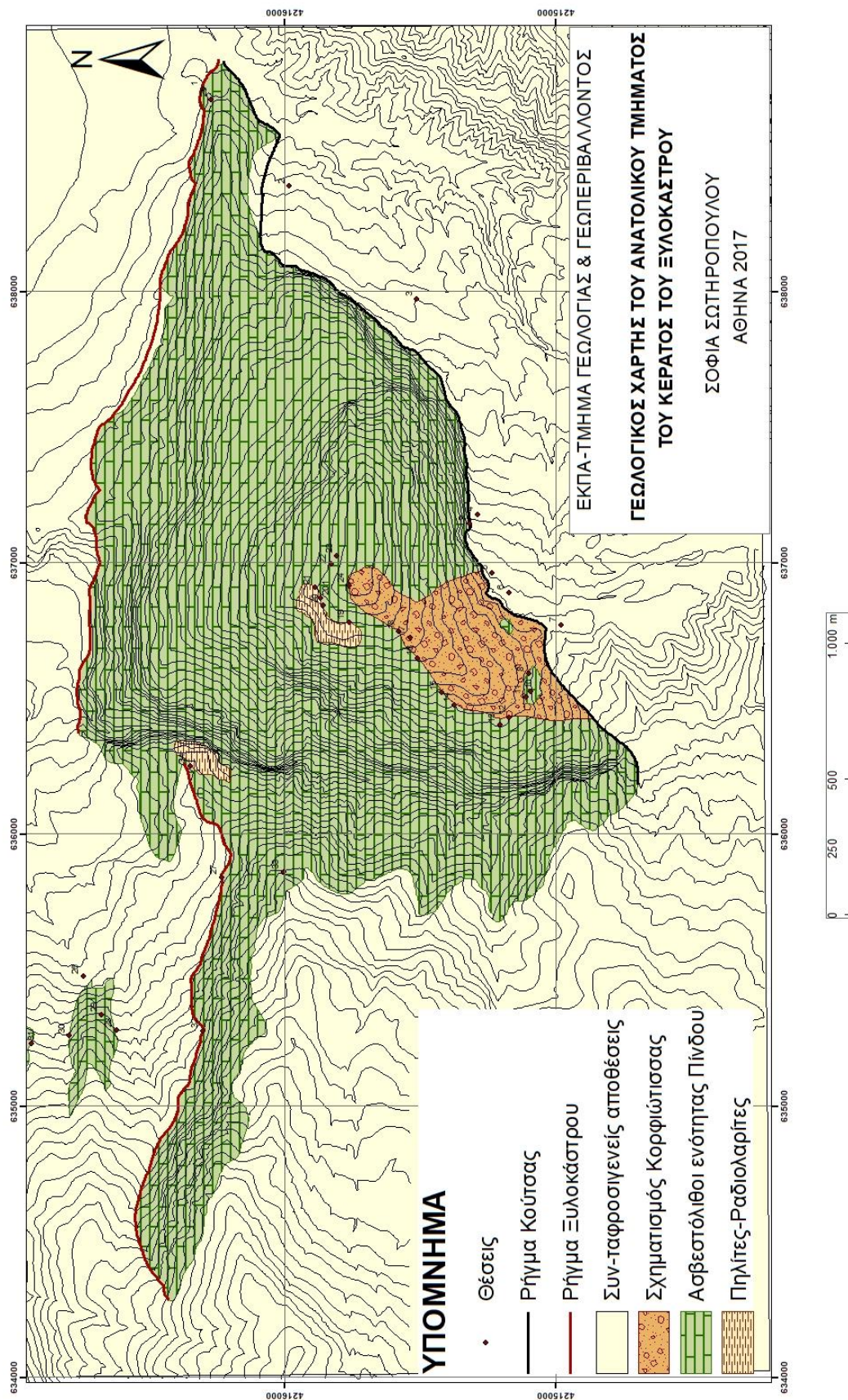
Εφόσον πραγματοποιηθούν οι παραπάνω εργασίες, μπορεί να ξεκινήσει η ψηφιοποίηση των χωρικών δεδομένων και η ταυτόχρονη ενημέρωση της βάσης δεδομένων με την περιγραφική πληροφορία. Για την ψηφιοποίηση στο ArcGIS χρησιμοποιείται η εργαλειοθήκη Editor, η οποία ενεργοποιείται από το εργαλείο *Editor*→*Start Editing*. Ενεργοποιείται έτσι το στάδιο της επεξεργασίας και αναδύεται το παράθυρο Create Features, το οποίο χωρίζεται σε δύο τμήματα. Στο επάνω, όπου εμφανίζονται τα προς επεξεργασία διανυσματικά αρχεία και στο κάτω, όπου εμφανίζονται τα διαθέσιμα, ανάλογα με τον τύπο του αρχείου, εργαλεία (Construction Tools) (Ευελπίδου & Αντωνίου, 2015). Από το παράθυρο Create Features επιλέγεται το επίπεδο της πληροφορίας που θα ενημερωθεί. Για την εισαγωγή της περιγραφικής πληροφορίας μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το εργαλείο Attributes της εργαλειοθήκης Editor, μέσω του οποίου δίδεται πρόσβαση στον πίνακα των περιγραφικών δεδομένων που αφορούν μόνο σε συγκεκριμένες επιλεγμένες οντότητες, όπως για παράδειγμα αυτή που ψηφιοποιείται τη συγκεκριμένη στιγμή (Ευελπίδου & Αντωνίου, 2015).

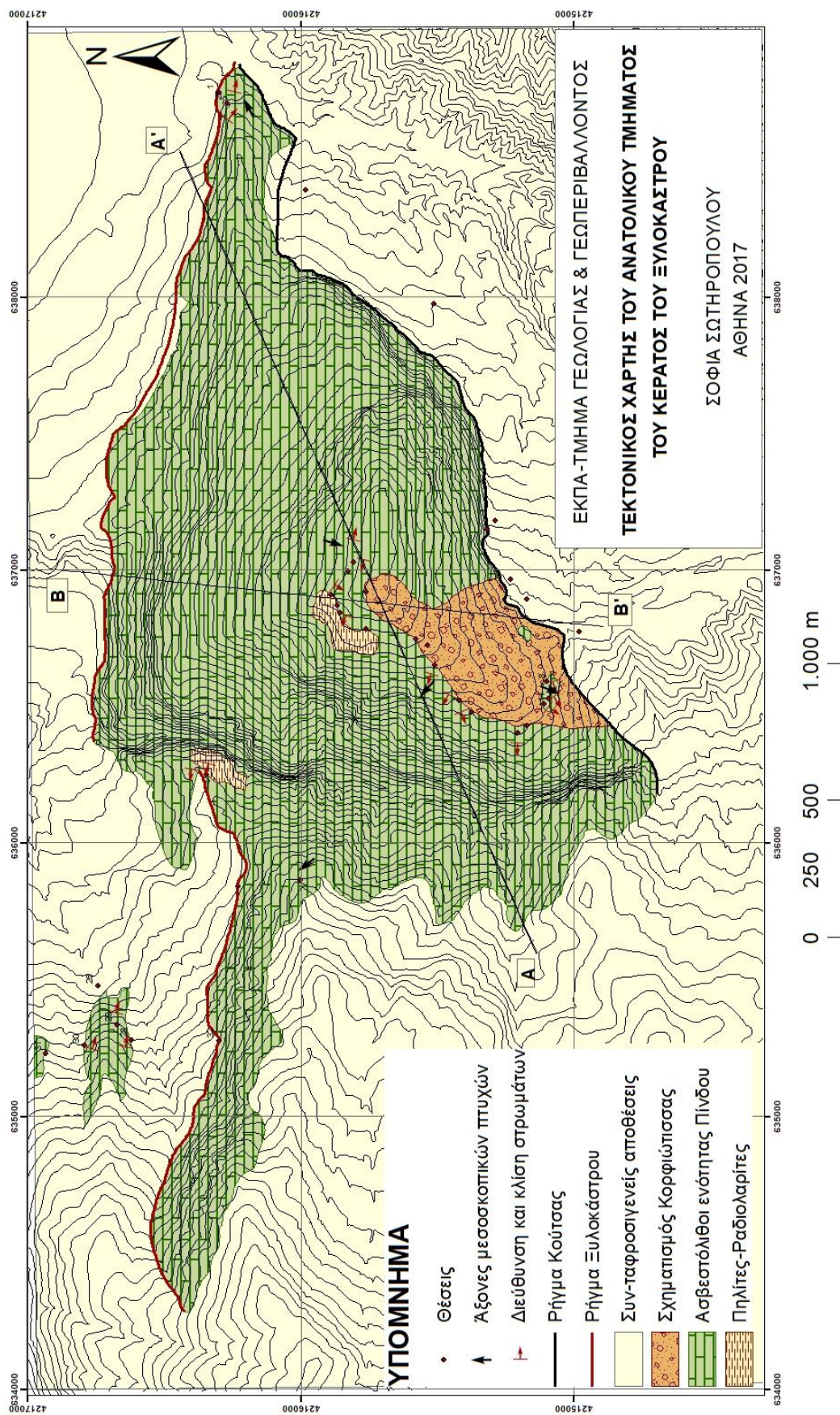
Όσον αφορά στα σημειακά δεδομένα η ψηφιοποίηση είναι απλή και γίνεται μέσω του εργαλείου Point από τα Construction Tools. Με αριστερό κλικ στην θέση του σημείου γίνεται η ψηφιοποίηση του και με το εργαλείο Attributes προστίθεται η περιγραφική πληροφορία. Για τα γραμμικά δεδομένα χρησιμοποιείται το εργαλείο Polyline του Construction Tools και η ψηφιοποίηση γίνεται με ένα αριστερό κλικ στην αρχή κάθε γραμμικού στοιχείου, με επαναλαμβανόμενα αριστερά κλικ του ποντικιού προστίθενται σημεία κατά μήκος της προς ψηφιοποίηση γραμμής, ενώ με διπλό αριστερό κλικ δηλώνεται το τελευταίο σημείο της. Τέλος, η ψηφιοποίηση των πολυγώνων γίνεται με το εργαλείο Polygon, όπου αρχικά δημιουργείται ένα πλαίσιο που περικλείει όλη την προς ψηφιοποίηση περιοχή και στην συνέχεια με το ίδιο εργαλείο ψηφιοποιείται κάθε πολύγωνο χωριστά. Η εισαγωγή των περιγραφικών πληροφοριών και στις δύο τελευταίες περιπτώσεις γίνεται όπως και στα σημειακά δεδομένα μέσω του Attributes. Αφού ολοκληρωθεί η διαδικασία της ψηφιοποίησης ακολουθούνται οι εντολές *Editor*→*Save Edits* για την αποθήκευση των πληροφοριών και *Editor*→*Stop Editing* για να σταματήσει η διαδικασία.

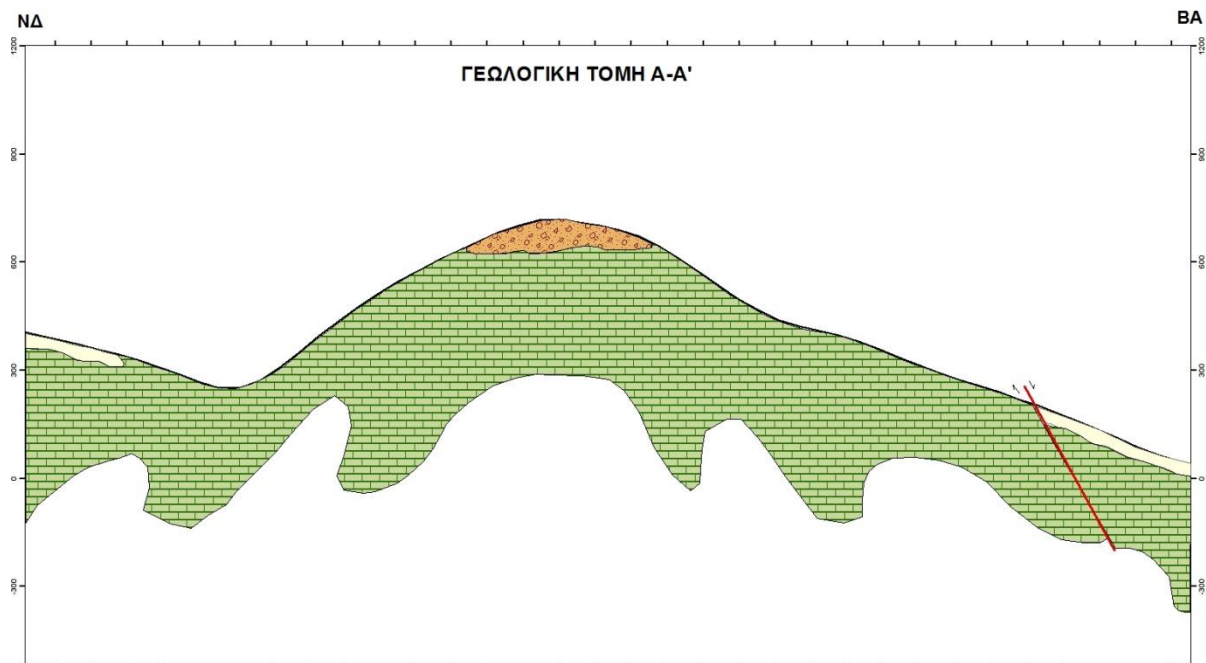
Τελευταίο βήμα πριν την παρουσίαση του χάρτη που κατασκευάστηκε είναι η διαμόρφωσή του σε μια σελίδα που θα έχει κανονική κλίμακα παρατήρησης, προσανατολισμό, υπόμνημα και φυσικά τίτλο. Για να προστεθούν όλα τα παραπάνω στον χάρτη πρέπει αρχικά να αλλάξει ο τρόπος προβολής του (*View*→*Layout View*). Μέσω των εντολών *Insert*→*North Arrow* και *Insert*→*Legend* προστίθενται αντίστοιχα ο προσανατολισμός του χάρτη και το υπόμνημα, ενώ με την εντολή *Insert*→*Scale* προστίθεται και η απαραίτητη κλίμακα. Επιπρόσθετα, ένας ολοκληρωμένος χάρτης είναι αναγκαίο να έχει και έναν κάρναβο καρτεσιανών συντεταγμένων, ο οποίος εισάγεται μέσω της εντολής Properties του Data Frame.

Ακολουθώντας λοιπόν αναλυτικά και βήμα προς βήμα την παραπάνω διαδικασία κατέστη δυνατή η κατασκευή ενός γεωλογικού και ενός τεκτονικού χάρτη για την

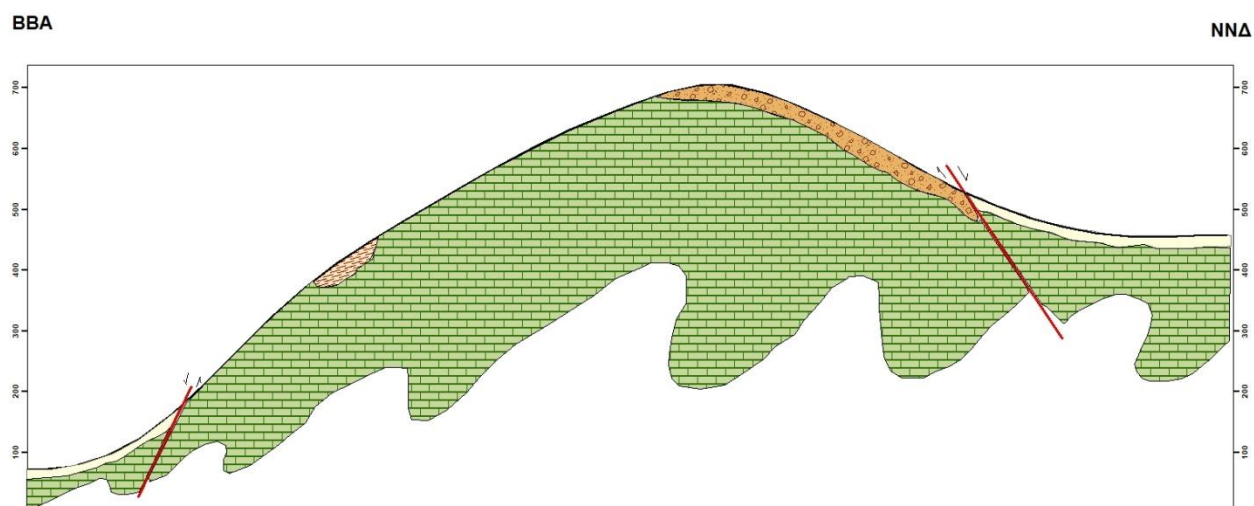
περιοχή του ανατολικού τμήματος του τεκτονικού κέρατος του Ξυλοκάστρου. Οι χάρτες παρουσιάζονται στην επόμενη σελίδα. Για την καλύτερη κατανόηση και διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τα τεκτονικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης κρίθηκε σκόπιμη η κατασκευή δύο γεωλογικών τομών, η διεύθυνση των οποίων παρουσιάζεται στον τεκτονικό χάρτη. Οι γεωλογικές τομές παρουσιάζονται στην συνέχεια της εργασίας και κατασκευάστηκαν επίσης με την βοήθεια του λογισμικού ArcMap 10.4. Το υπόμνημα των γεωλογικών τομών είναι ίδιο με των χαρτών που παρουσιάζονται, ενώ η κλίμακα κατασκευής τους διαφέρει, με την πρώτη τομή να έχει κατασκευαστεί με κλίμακα 1:5.000 και η δεύτερη με κλίμακα 1:7.500.







ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΤΟΜΗ Β-Β'



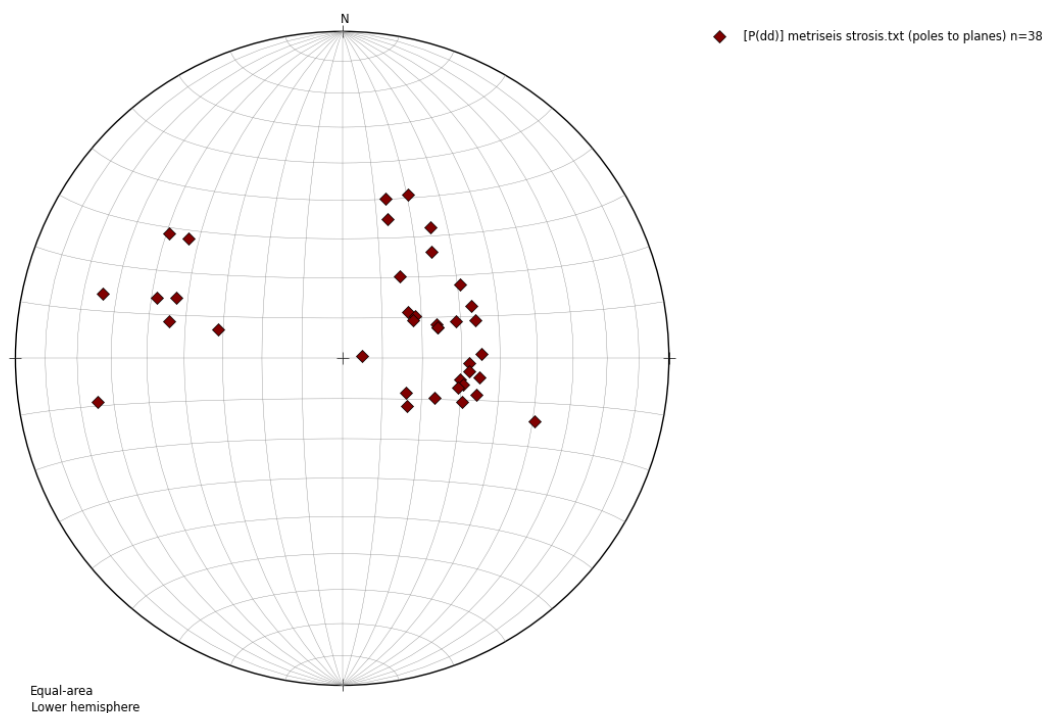
4.3 Επεξεργασία τεκτονικών μετρήσεων - Δίκτυα Schmidt

Βασικός στόχος της παρούσας πτυχιακής εργασίας, εκτός από την χαρτογράφηση της περιοχής μελέτης και την καταγραφή γεωλογικών παρατηρήσεων σε αυτή, είναι και η πραγματοποίηση κάποιων τεκτονικών παρατηρήσεων που θα αφορούν στην εμφάνιση της ενότητας της Πίνδου και ως αυτόνομης ενότητας, αλλά και ως τεκτονικού καλύμματος στην βόρεια Πελοπόννησο.

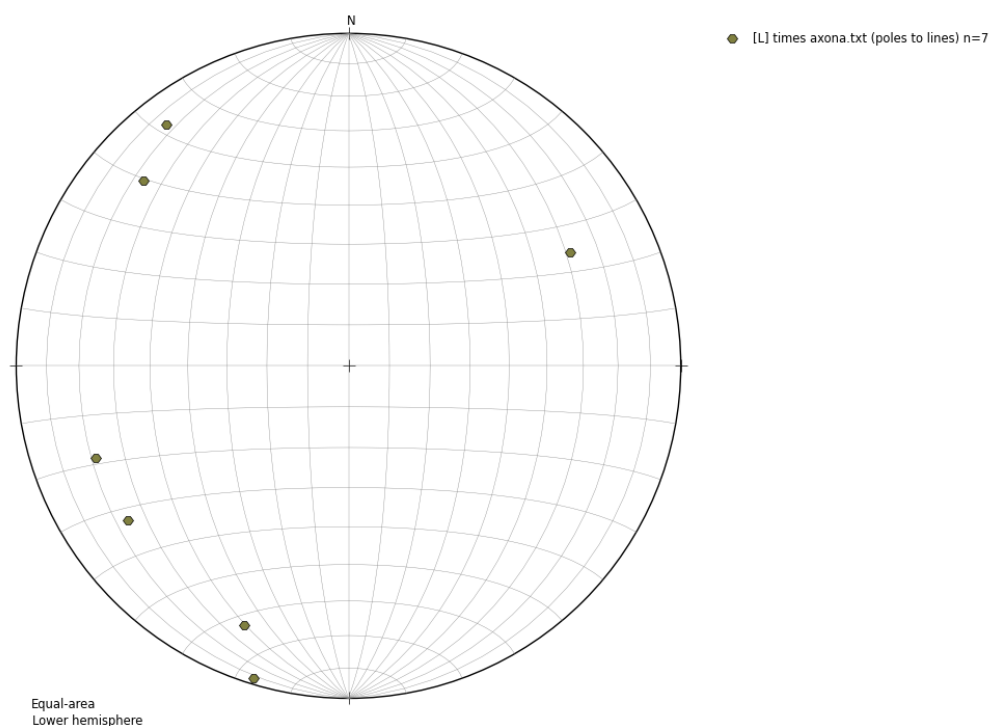
Σε κάθε θέση μελέτης όπου υπήρχε εμφάνιση των ασβεστόλιθων της ενότητας Πίνδου ή και της σειράς πηλιτών-ραδιολαριτών γινόταν λήψη τεκτονικών μετρήσεων με την χρήση γεωλογικής πυξίδας. Οι μετρήσεις αυτές αφορούσαν στην κλίση και την φορά μέγιστης κλίσης των πτυχωμένων γεωλογικών σχηματισμών και στην διεύθυνση και τη βύθιση των αξόνων των μεσοσκοπικών πτυχών, όπου ήταν δυνατή η παρατήρηση και η καταγραφή τους, καθώς όπως είναι γνωστό η ενότητα της Πίνδου ως κάλυμμα έχει υποστεί μετακίνηση μεγάλης κλίμακας για αρκετά εκατομμύρια χρόνια και εμφανίζεται αρκετά λεπιομένη. Οι πιο χαρακτηριστικές μετρήσεις κάθε θέσης αναπαριστώνται στον τεκτονικό χάρτη της περιοχής μελέτης, ωστόσο δεν λήφθηκαν μόνο αυτές. Το σύνολο των μετρήσεων που καταγράφηκε και αναφέρθηκε στο τρίτο κεφάλαιο, χρησιμοποιήθηκε για την διενέργεια της τεκτονικής μελέτης της περιοχής μέσω της προβολής τους σε δίκτυα Schmidt (στερεογραφική προβολή).

Ένα κατεξοχήν σημαντικό μέρος μιας τεκτονικής μελέτης είναι η ανάλυση της υφής (μελέτη μορφών παραμόρφωσης και συνθηκών συμμετρίας τους για την διεξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με τη διεύθυνση και τη συμμετρία των τεκτονικών κινήσεων). Για τον σκοπό αυτό θα χρησιμοποιηθούν οι μετρήσεις που λήφθηκαν. Η αναπαράσταση των μετρήσεων αυτών με ορισμένο τρόπο σε διαγράμματα Schmidt, αλλά και η στατιστική επεξεργασία τους δίνουν σημαντικά αποτελέσματα για την ανάλυση της τεκτονικής υφής μιας περιοχής. Οι μέθοδοι παραστατικής απεικόνισης και στατιστικής επεξεργασίας των τεκτονικών στοιχείων στα δίκτυα Schmidt αναπτύχθηκαν κατά κύριο λόγο από τους Schmidt (1932) και Sander (1948-50). Το δίκτυο Schmidt προκύπτει από την στερεογραφική (αζιμουθιακή) προβολή των μεσημβρινών και παραλλήλων κύκλων μιας σφαίρας, σε ένα επίπεδο κάθετο στο ισημερινό, ώστε οι επιφάνειες της προβαλλόμενης σφαίρας να προβάλλονται σε επιφάνειες ίσου εμβαδού, αλλά διαφορετικού σχήματος. Τα δίκτυα αυτά είναι δυνατόν να εφαρμοστούν στη μελέτη όλου του φάσματος των τεκτονικών δομών, ρηξιγενών και πτυχωμένων.

Για την περιοχή μελέτης κατασκευάστηκαν δύο δίκτυα Schmidt, ένα που περιλαμβάνει όλες τις μετρήσεις διεύθυνσης και κλίσης των γεωλογικών σχηματισμών (εικόνα 4.3.1) και ένα με τις τιμές διεύθυνσης και βύθισης των αξόνων των μεσοσκοπικών πτυχών (εικόνα 4.3.2). Είναι απαραίτητο να αναφερθεί πως στην εικόνα 4.3.1 απεικονίζονται οι πόλοι των επιπέδων που δίνουν οι γεωλογικοί σχηματισμοί, ώστε να είναι περισσότερο ευδιάκριτα τα συμπεράσματα.

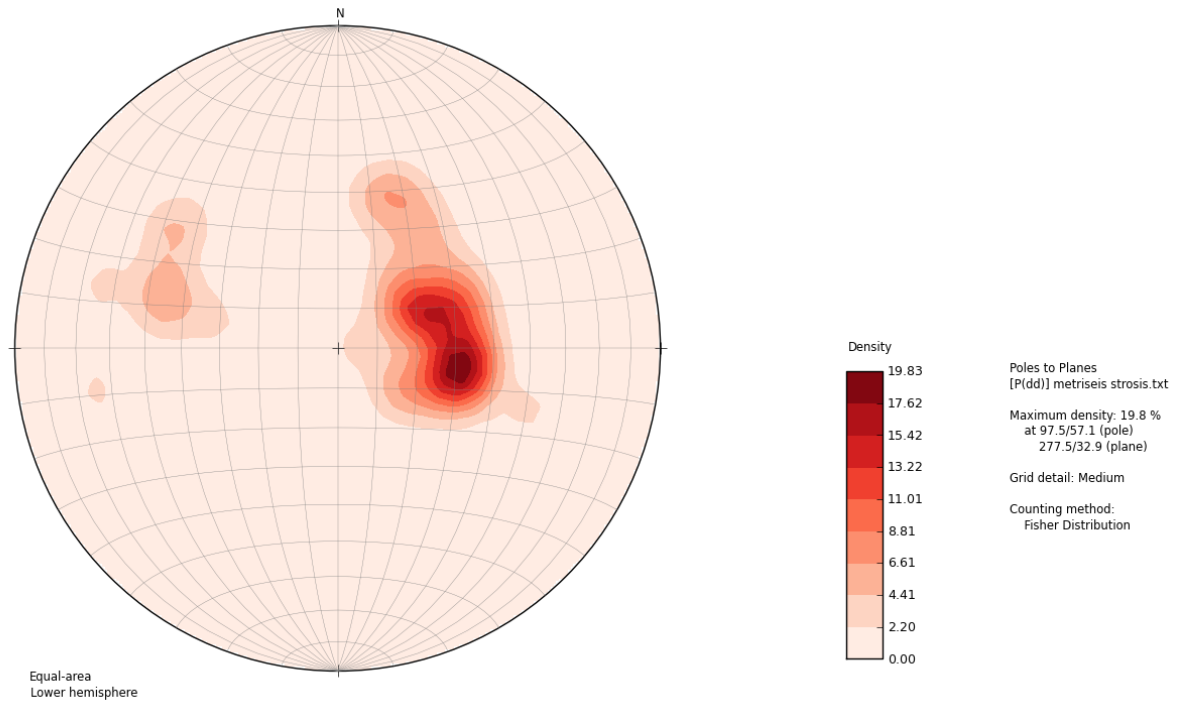


Εικόνα 4.3.1: Απεικόνιση των πόλων των επιπέδων διεύθυνσης και κλίσης των γεωλογικών σχηματισμών.

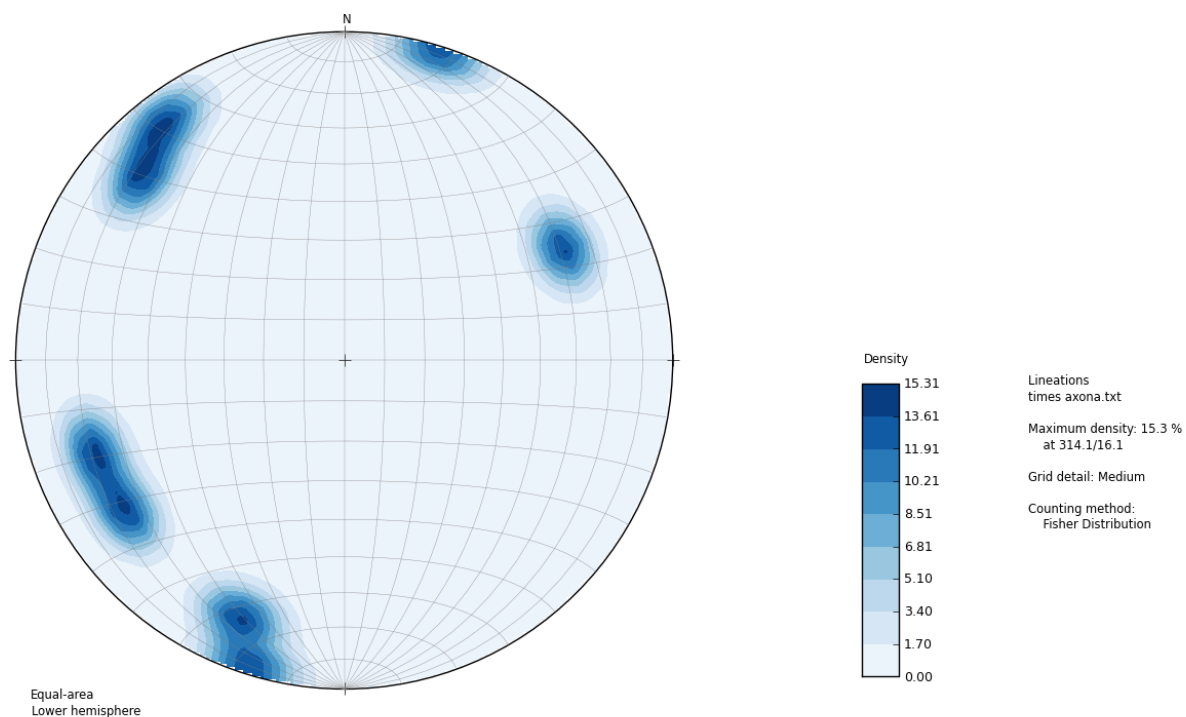


Εικόνα 4.3.2: Απεικόνιση των αξόνων των μεσοσκοπικών πτυχών.

Κατά την αναπαράσταση μεγάλου αριθμού ομοίων τεκτονικών στοιχείων στα δίκτυα Schmidt, μεγάλης σημασίας γεγονός είναι η εξακρίβωση των μέγιστων συγκέντρωσης των τεκτονικών αυτών στοιχείων. Με τον τρόπο αυτόν επιτυγχάνεται μια πρώτη εικόνα της κύριας ανάπτυξης των τεκτονικών δομών που μελετώνται. Για τον σκοπό αυτό συνεπώς κατασκευάστηκαν και τα αντίστοιχα διαγράμματα πυκνότητας (μέγιστη συγκέντρωση) για τους γεωλογικούς σχηματισμούς (εικόνα 4.3.3) και για τους άξονες (εικόνα 4.3.4) αντίστοιχα.



Εικόνα 4.3.3: Διάγραμμα πυκνότητας της διεύθυνσης και κλίσης των γεωλογικών σχηματισμών.

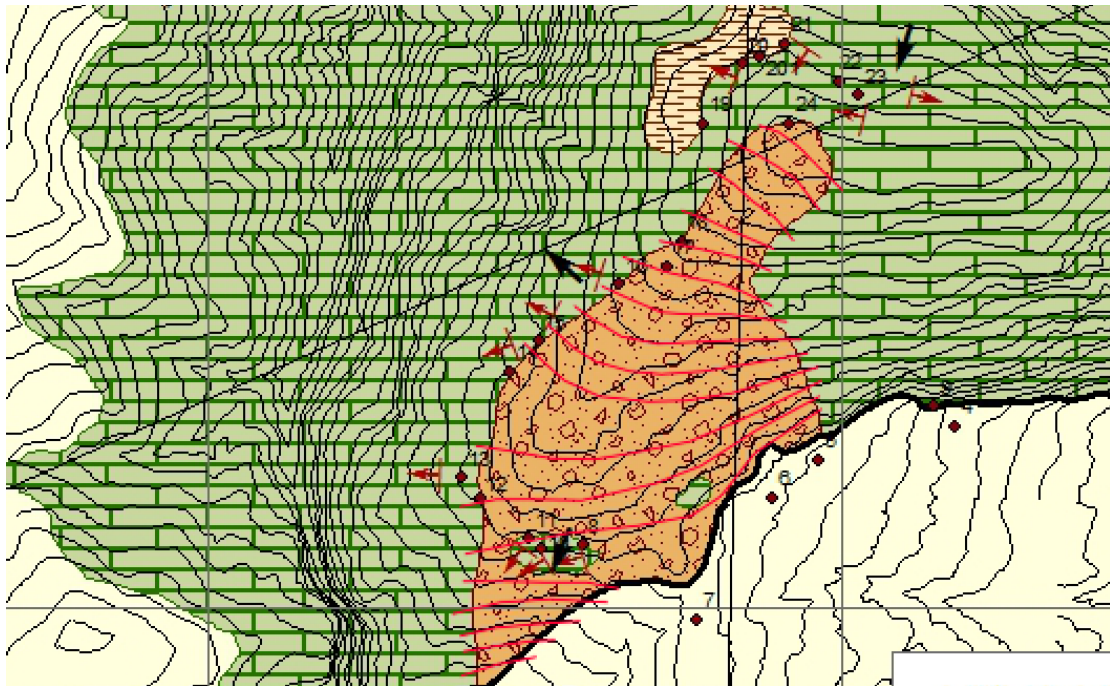


Εικόνα 4.3.4: Διάγραμμα πυκνότητας της διεύθυνσης και βύθισης των αξόνων των μεσοσκοπικών πτυχών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη διαδικασία της χαρτογράφησης της περιοχής μελέτης –και ειδικότερα του σχηματισμού της Κορφιώτισσας- είναι εμφανές πως η βάση και κατ' επέκταση η ίδια η εμφάνιση του σχηματισμού αυτού παρουσιάζει πολύ μεγάλη κλίση στο ρηξιτέμαχος της Κούτσας (προς νότο). Ωστόσο, επειδή δεν ήταν δυνατό να εντοπισθεί κάποια μετρήσιμη στρώση του σχηματισμού της Κορφιώτισσας προκειμένου να επιβεβαιωθεί η παραπάνω πρόταση, η διαδικασία που ακολουθήθηκε περιλάμβανε την σχεδίαση των παρατάξεων της επαφής του σχηματισμού της Κορφιώτισσας με τους ασβεστόλιθους της ενότητας της Πίνδου, όπως φαίνεται και στην εικόνα 5.1.



Εικόνα 5.1: Καμπύλες παρατάξεις (με κόκκινο χρώμα) της επαφής του σχηματισμού της Κορφιώτισσας με τους ασβεστόλιθους της ενότητας της Πίνδου.

Με την χρήση των παρατάξεων επιβεβαιώθηκε η έντονη κλίση της επαφής και κατά συνέπεια και του ίδιου του σχηματισμού της Κορφιώτισσας προς νότο. Επιπρόσθετα, όπως φαίνεται και στις δύο γεωλογικές τομές που έχουν κατασκευαστεί, το πάχος του σχηματισμού είναι αρκετά μικρό, κάτι που επαληθεύεται στις θέσεις στις οποίες εντοπίζονται ασβεστόλιθοι κάτω από τα ιζήματα.

Η έντονη κλίση προς νότο που παρατηρείται μπορεί να αποδοθεί στους ακόλουθους παράγοντες:

1. Στην απόθεση του σχηματισμού της Κορφιώτισσας πάνω σε παλαιοανάγλυφο που είχε ήδη προκύψει από την υποκείμενη ενότητα της Πίνδου.
2. Στην προς νότο περιστροφή του κέρατος εξαιτίας της δράσης του ρήγματος του Ξυλοκάστρου.
3. Σε συνδυασμό των παραπάνω.

Παρατηρήσεις που έχουν πραγματοποιηθεί στην ευρύτερη περιοχή δείχνουν πως βασικός παράγοντας είναι ο πρώτος, χωρίς αυτό να σημαίνει πως ενδεχόμενη συμμετοχή του δεύτερου αποκλείεται. Ωστόσο αν αυτός συμμετέχει, θα είναι σίγουρα σε πολύ μικρότερο βαθμό.

Από την επεξεργασία των τεκτονικών μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στην περιοχή μελέτης προκύπτουν τα ακόλουθα δεδομένα:

- i. Τα διαγράμματα των πόλων της διεύθυνσης και κλίσης των γεωλογικών σχηματισμών δείχνουν ένα κύριο και ένα δευτερεύον μέγιστο συγκέντρωσης. Το κύριο μέγιστο συγκέντρωσης αντιστοιχεί σε ένα μέσο επίπεδο με στοιχεία $33^\circ/277^\circ$, ενώ το δευτερεύον αντιστοιχεί σε επίπεδο με στοιχεία $40^\circ/120^\circ$ περίπου.
- ii. Τα διαγράμματα των πόλων των αξόνων των μεσοσκοπικών πτυχών δείχνουν πως οι άξονες διευθύνονται είτε προς ΝΔ (που αποτελεί και την κυριότερη περίπτωση), είτε προς ΒΔ.

Αν και θα μπορούσε να θεωρηθεί πως σύμφωνα με τα δεδομένα της διεύθυνσης και κλίσης των γεωλογικών σχηματισμών προκύπτει μια γενική εικόνα της τεκτονικής παραμόρφωσης της περιοχής μελέτης, οι άξονες των πτυχών παρουσιάζουν μια σαφή αναντιστοιχία. Πιο συγκεκριμένα, από τη διεύθυνση και την κλίση των γεωλογικών σχηματισμών και τα μέγιστα που παρουσιάζουν, προκύπτει μια εικόνα που αντιστοιχεί σε πύκνωση με άξονα διεύθυνσης περίπου BBA-NNΔ. Η αναντιστοιχία έγκειται στο γεγονός πως τα δεδομένα της εργασίας δείχνουν άξονες είτε ΝΔ, είτε ΒΑ. Παρ'όλα αυτά, οι μετρήσεις των αξόνων των μεσοσκοπικών πτυχών θα μπορούσαν να μην ληφθούν υπόψη, καθώς πέρα από το ότι είναι λίγες σε σχέση με τις υπόλοιπες μετρήσεις, δεν είναι και απόλυτα ακριβής. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι μόνο σε ένα σημείο της περιοχής μελέτης ήταν εφικτό να ληφθεί απευθείας μέτρηση άξονα πτυχής (και ήταν η περίπτωση της ΝΔ διεύθυνσης), ενώ σε όλες τις άλλες περιπτώσεις οι τιμές προέκυπταν μέσα από το δίκτυο Schmidt, από το σημείο τομής των σκελών των πτυχών.

Συμπερασματικά λοιπόν, το ανατολικό τμήμα του κέρατος του Ξυλοκάστρου αποτελεί μια πτυχωμένη δομή, με άξονα πύκνωσης περίπου BBA-NNΔ, όπως φαίνεται από τις τεκτονικές μετρήσεις. Τυπικά πρόκειται για ένα αντίκλινο μεγάλης κλίμακας που σε ορισμένα σημεία εμφανίζεται διαβρωμένο/ρηγματωμένο, με αποτέλεσμα να υπάρχει εμφάνιση των υποκείμενων των ασβεστολίθων,

ραδιολαριτών-πηλιτών, ενώ σε άλλα σημεία καλύπτεται ασύμφωνα από μεταλλικούς συν-ταφροσιγενείς σχηματισμούς. Η εικόνα αυτή είναι συνήθης στην περίπτωση της ενότητας της Πίνδου, καθώς όπως έχει ήδη αναφερθεί σε αρκετά σημεία της εργασίας, είναι μια ενότητα που έχει υποστεί πολύχρονη μετακίνηση ως κάλυμμα, με αποτέλεσμα να εντοπίζονται πολυπτυχωμένα και λεπιωμένα στρώματα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ARMIJO, R., MEYER, B., KING, G., RIGO, A. and PAPANASTASIOU, D., 1996. Quaternary evolution of the Corinth Rift and its implications for the Late Cenozoic evolution of the Aegean, *Geophysical Journal International*, 126, 11-53.
2. AVALLONE, A., BRIOLE, P., AGATZA-BALODIMOU, A.M., BILLIRIS, H., CHARADE, O., MITSAKAKI, C., NERCESSIAN, A., PAPAZZISSI, K., PARADISSIS, D. and VEIS, G. 2004. Analysis of eleven years of deformation measured by GPS in the Corinth Rift Laboratory area, *Comptes Rendus Geosciences*, 336, 301-311.
3. BOUSQUET, B., 1974. La Crèce occidentale: interpretation geomorphologique de l'Épire, de l'Akarmanie et des îles ioniennes. *PhD Thesis*, Paris IV. 585 p.
4. CAUSSE, C., MORETTI, I., ESCHARD, R., MICARELLI, L., GHALEB, B., FRANK, N.U., 2004. Kinematics of the Corinth Rift inferred from calcite dating and syntectonic sedimentary characteristics. *Comptes Rendus Geosciences*, 336 (4-5), 281-290.
5. CLARKE, P.J., DAVIES, R.R., ENGLAND, P.C., PARSON, B., BILLIRIS, H., PARADISSIS, D., VEIS, G., CROSS, P.A., DENYS, P.H., ASHKENAZI, V., BINGLEY, R., KAHLE, H.-G., MULLER, M.-V., and BRIOLE, P., 1998. Crystal strain in central Greece from repeated GPS measurements in the interval 1989-1997, *Geophysical Journal International*, 135, 195-214.
6. COLLIER, R.E.L., LEEDER, M.R., ROWE, P.J., ATKINSON, T.C., 1992. Rates of tectonic uplift in the Corinth and Megara basins, central Greece. *Tectonics* 11, 1159-1167.
7. DUFAURE, J.J., 1975. Le relief du Peloponnese. *PhD Thesis*, Paris IV. 1422pp.
8. DUFAURE, J.J., 1977. Neotectonique et morphogenese dans une peninsule mediterraneenne: la Peloponnese, *Revue de Geographie Physique et de Geologie Dynamique*, 19 (1), 27-58.
9. FLEURY, J.J., 1980. Les zones de Gavrovo-Tripolitza et du Pinde-Olonos (Grece continentale et Peloponnese du Nord), Evolution d'une plateforme et d'un bassin dans le cadre alpin, *Publ. Soc. Geol. Nord*, 4.
10. FLOTTE, N. & SOREL, D., 2001. Structural cross section through the Corinth-Patras detachment fault-system in northern Peloponnesus (Aegean arc, Greece). *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 34, 235-241.
11. FLOTTE, N., PLAGNES, V., SOREL, D., BENEDICTO, A., 2001. Attempt to date Pleistocene normal faults of the Corinth-Patras Rift (Greece) by U/Th method, and tectonic implications. *Geophys. Res. Lett.* 28 (19), 3769-3772.

12. FLOTTE, N., 2003. Caracterisation structurale et cinematique d'un rift sur detachement : le rift de corinthe –patras, Grece. *PhD Thesis*, Paris sud-Orsay, 197 pp.
13. FLOTTE, N., SOREL, D., MULLER, C., and TENSI, J., 2005. Along strike changes in the structural evolution over a brittle detachment fault: Example of the Pleistocene Corinth-Patras rift (Greece), *Tectonophysics*, 403, 77-94.
14. GERAUD, Y., DIRAISON, M., ORELLANA, N., 2006. Fault zone geometry of a mature active normal fault: a potential high permeability channel (Pirgaki fault, Corinth rift, Greece). *Tectonophysics*, 426, 243-249.
15. GHISETTI, F., VEZZANI, L., 2004. Plio-Pleistocene sedimentation and fault segmentation in the Gulf of Corinth (Greece) controlled by inherited structural fabric. *C. R. Geosci.* 336 (4-5), 243-249.
16. GOLDSWORTHY, M., JACKSON, J., HAINES, J., 2002. The continuity of active fault systems in Greece, *Geophysical Journal International*, 148 (3), 596-618.
17. JOLIVET, L., 2001. A comparison of geodetic and finite strain pattern in the Aegean, geodynamic implications. *Earth Planet. Sci. Lett.* 187, 95-104.
18. JOLIVET, L., LABROUSSE, L., AGARD, P., LACOMBE, O., BAILLY, V., LECOMTE, E., MOUTHEREAU and F., MEHL, C., 2010. Rifting and shallow-dipping detachments, clues from the Corinth rift and the Aegean, *Tectonophysics*, 483, 287-304.
19. KERAUDREN, B. & SOREL, D., 1987. The terraces of Corinth (Greece) – A detailed record of eustatic sea-level variations during the last 500,000 years. *Marine Geology*, 77, 99-107.
20. KOUTSOVELI, A., and METTOS, A., 1989. Geological Map of Greece, scale 1:50,000, Xylocastro Sheet, Athens, Greece.
21. LEEDER, M.R., MARK, D.F., GAWTHORPE, R.L., KRANIS, H., LOVELESS, S., PEDENTCHOUK, N., SKOURTSOS, E., TURNER, J., ANDREWS, J.E., STAMATAKIS, M., 2012. A “Great Deepening”: Chronology of the rift climax, Corinth rift, Greece. *Geological Society of America*, doi: 10.1130/G33360.1.
22. MALARTRE, F., FORD, M., WILLIAMS, E.A., 2004. Preliminary biostratigraphy and 3D geometry of the Vouraikos Gilbert-type fan delta, Gulf of Corinth, Greece. *C.R. Geosci.* 336 (4-5), 269-280.
23. MCNEIL, L.C., COTTERILL, C.J., ET AL. 2005. Active faulting within the offshore western Gulf of Corinth, Greece: implications for models of continental rift deformation. *Geology*, 33, 241-244.
24. MORETTI, I., SAKELLARIOU, D., LYKOUSIS, V. & MICARELLI, L., 2003. The Gulf of Corinth: an active half-graben? *Journal of Geodynamics*, 36, 323-340.

25. NIXON, C., and fourteen others. Rapid spatio-temporal variations in rift structure during development of the Corinth Rift, central Greece, submitted to *Tectonics*.
26. ORI, G.G., 1989. Geologic history of the extensional basin of the Gulf of Corinth (?Miocene-Pleistocene), Greece. *Geology*, 17, 918-921.
27. PEACOCK, D.C.P., 2002. Propagation, interaction and linkage in normal fault systems. *Earth Sci. Rev.* 58, 121-142.
28. PHILIPPSON, A., 1892. Der Peloponnes, *Verlag Friedlander*, 642, S., Berlin.
29. PIRAZZOLI, P.A., STIPOS, S., FONTUGNE, M. & ARNOLD, M., 2004. Holocene and Quaternary uplift in the central part of the southern coast of the Corinth Gulf (Greece). *Marine Geology*, 212, 35-44.
30. PLACE, J., GERAUD, Y., DIRAISON, M., WARR, L., 2007. North-south transfer zones and paleo-morphological reconstruction of the Xylocastro area (Corinth Gulf, Greece), *Tectonophysics*, 440, 121-139.
31. POURHIET, L., BUROV, E.B. ET AL, 2004. Rifting through a stack of inhomogeneous thrusts (study case in the Gulf of Corinth). *Tectonics*, 23, TC4005.
32. RENZ, C., 1955. Die vorneogene Stratigraphie der normal sedimentaren Formationen Griechenlands, *IGSR*, 637 p., Athens.
33. ROHAIS, S., ESCHARD, R., FORD, M., GUILLOCHEAU, F and MORETTI, I., 2007. Stratigraphic architecture of the Plio-Pleistocene infill of the Corinth rift: Implications for its structural evolution, *Tectonophysics*, 440, 5-28.
34. SACHPAZI, M., CLEMENT, C., LAIGLE, M., HIRN, A. & ROUSSOS, N., 2003. Rift structure, evolution, and earthquakes in the Gulf of Corinth, from reflection seismic images. *Earth and Planetary Science Letters*, 216, 243-257.
35. SKOURTSOS, E. and KRANIS, H., 2009. Structure and evolution of the western Corinth Rift, through new field data from the Northern Peloponnesus, *Geological Society, London, Special Publications*, 321, 119-138.
36. SKOURTSOS, E., KRANIS, H., ZAMBETAKIS-LEKKAS, A., GAWTHORPE, R., LEEDER, M., 2016. Alpine basement outcrops at Northern Peloponnesus: Implications for the early stages in the evolution of the Corinth Rift. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, vol. L, 2016.
37. SOREL, D., 2000. A Pleistocene and still-active detachment fault and the origin of the Corinth-Patras rift, Greece. *Geology*, 28, 83-86.
38. STEFATOS, A., PAPANTHEODOROU, G., FERENTINOS, G., LEEDER, M. & COLLIER, R., 2002. Seismic reflection imaging of active offshore faults in the Gulf of Corinth: their seismotectonic significance. *Basin Research*, 14, 487-502.
39. TAYLOR, B., WEISS, J.R., GOODLIFFE, A.M., SACHPAZI, M., LAIGLE, M. and HIRN, A., 2011. The structures, stratigraphy and evolution of the Gulf of Corinth rift, Greece, *Geophysical Journal International*, 185, 1189-1219.

40. WESTAWAY, R., 2002. The Quaternary evolution of the Gulf of Corinth, central Greece: coupling between surface processes and flow in the lower continental crust. *Tectonophysics*, 348, 269-318.
41. ΕΥΕΛΠΙΔΟΥ, Ν. & ΑΝΤΩΝΙΟΥ, Β., 2015. Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, 51-77, 161 σ.
42. ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., 1986. Γεωλογία της Ελλάδας, εκδόσεις *Επτάλοφος*, Αθήνα, 240 σ.
43. ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ, Δ., 2014. Γεωλογία της Ελλάδας, εκδόσεις *Πατάκη*, Αθήνα, 443 σ.