



Πανεπιστήμιο Αιγαίου



Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο
Θεσσαλονίκης



Εθνικό Αστεροσκοπείο
Αθηνών

Δι-ιδρυματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Φυσικοί Κίνδυνοι και Αντιμετώπιση Καταστροφών»

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία με Θέμα:

*Αξιοποίηση σύγχρονων μεθοδολογιών των γεωεπιστημών για τη μελέτη και
ανάδειξη τεκτονικών γεωτόπων ως εργαλείο για την ευαισθητοποίηση για
τον σεισμικό κίνδυνο. Το παράδειγμα της Δ. Λέσβου*

Μεταπτυχιακός Φοιτητής: Λαμπρακόπουλος Άγγελος

Επιβλέπων Καθηγητής: Ζούρος Νικόλαος

Επιτροπή: Δρ. Δρακάτος Γεώργιος

Καθηγητής Σουλακέλλης Νικόλαος

Μυτιλήνη, 2020

Ευχαριστίες...

...Στο σημείο αυτό θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Καθηγητή μου Ζούρο Νικόλαο για την μεγάλη στήριξη και τις ευκαιρίες, αλλά και για τις χρήσιμες και πολύτιμες συμβουλές του όλα αυτά τα χρόνια.

...Επίσης η διπλωματική αφιερώνεται στην οικογένειά μου για την ατελείωτη στήριξη και κατανόηση, αλλά και στην Δήμητρα για την πολύτιμη βοήθειά της.

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα.....	4
Περίληψη.....	5
Λέξεις Κλειδιά	6
Abstract.....	7
Key Words	8
1. ΓΕΩΔΙΑΤΗΡΗΣΗ: Εισαγωγή, ανάγκη και τρόποι εφαρμογής	9
1.1 Γεωιστορική εξέλιξη της Γης και Γεωλογική Κληρονομιά	9
1.2 Γεώτοποι και Γεωποικιλότητα.....	11
1.2.1 Κατηγορίες Γεώτοπων.....	14
1.2.2 Ευπαθείς Γεώτοποι	19
1.3 Γεωδιατήρηση	20
2. ΓΕΩΠΑΡΚΑ	22
2.1 Προστασία της Γεωλογικής Κληρονομιάς Μέσω της Ευαισθητοποίησης του Κοινού	22
2.2 Δίκτυο Ευρωπαϊκών Γεωπάρκων – European Geoparks Network (EGN).....	23
2.3 Παγκόσμιο Δίκτυο Γεωπάρκων – Global Geoparks Network (GGN)	25
2.4 Τα Ελληνικά Γεωπάρκα.....	27
2.5 Τα Γεωπάρκα ως Εργαλείο Αντιμετώπισης Φυσικών Κινδύνων	33
3. Τεκτονικοί Γεώτοποι	35
3.1 Το Γεωτεκτονικό Καθεστώς της Ελλάδας	35
3.2 Τα Είδη των Τεκτονικών Γεώτοπων	38
3.2.1 Πτυχές.....	38
3.2.2 Επωθήσεις – Εφιππεύσεις	41
3.2.3 Τεκτονικά Καλύμματα	44
3.2.4 Τεκτονικά Παράθυρα	45
3.2.5 Ρήγματα	46
3.2.6 Σεισμικά Ενεργά Ρήγματα	50
3.2.7 Παλαιοσεισμολογικές Τομές	52
3.2.8 Τεχνητά Πρανή.....	54
4. Τεκτονικοί Γεώτοποι της Λέσβου	55
4.1 Τεκτονική Δομή της Λέσβου	55
4.2 Τα Ενεργά Ρήγματα και οι Τεκτονικοί Γεώτοποι της Λέσβου	60
4.3 Οι Τεκτονικοί Γεώτοποι της Περιοχής Μελέτης.....	70
4.4 Αξιολόγηση Τεκτονικών Γεώτοπων της Περιοχής	98
5. Ερμηνεία και Αξιοποίηση	100
5.1 Ερμηνεία Τεκτονικών Γεώτοπων της Περιοχής Μελέτης	100
5.2 Δράσεις Ενημέρωσης – Ευαισθητοποίησης	101
5.3 Οι Τεκτονικοί Γεώτοποι της Περιοχής Μελέτης ως Εργαλείο Αντιμετώπισης του Σεισμικού Κινδύνου	104
6. Συμπεράσματα	106
Βιβλιογραφία	107

Περίληψη

Ο πλανήτης της Γης από τότε που δημιουργήθηκε μέχρι και σήμερα μετρά περίπου 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια. Μέσα σε αυτά τα δισεκατομμύρια χρόνια έχουν αλλάξει πολλά πράγματα και συνεχώς τείνουν να αλλάζουν, καθώς η Γη χαρακτηρίζεται από μια αέναη κινητικότητα. Στις αλλαγές αυτές που αναφέρθηκαν εντάσσεται και η γεωιστορική εξέλιξη της επιφάνειας του πλανήτη, από τότε δηλαδή που σταθεροποιήθηκε ο φλοιός και δημιουργήθηκαν οι λιθοσφαιρικές πλάκες, όπου μέσα από τις κινήσεις τους διαμορφώνουν την εικόνα της Γης, μέχρι και σήμερα. Μέσα λοιπόν στις τεράστιες αλλαγές της επιφάνειας του πλανήτη και τις ποικίλες γεωλογικές διεργασίες εντάσσεται και η γεωποικιλότητα. Η γεωποικιλότητα ορίζεται ως το εύρος της ποικιλίας των γεωλογικών (μητρικό πέτρωμα), των γεωμορφολογικών (γεωμορφές) και εδαφικών μορφών, συνόλων, συστημάτων και διεργασιών. Η γεωποικιλότητα λοιπόν είναι ένα στοιχείο του φυσικού περιβάλλοντος που χρήζει προστασία και γεωδιατήρηση, καθώς μας δίνει πληροφορίες για τις γεωλογικές και όχι μόνο διεργασίες που συνέβησαν πριν από πολλά εκατομμύρια χρόνια. Η γεωποικιλότητα δηλαδή μπορεί να εκφραστεί μέσα από τους γεώτοπους. Ο όρος γεώτοπος χρησιμοποιήθηκε για να περιγράψει ένα διακριτό τμήμα της γεώσφαιρας με ιδιαίτερο γεωλογικό και γεωμορφολογικό ενδιαφέρον (Sturm, 1994). Ένας από τους τρόπους διαχείρισης και προστασίας τέτοιων θέσεων, αποτελούν τα Γεωπάρκα. Ως γεωπάρκα χαρακτηρίζονται από την UNESCO (2004) ευρύτερες περιοχές που περιέχουν ένα σημαντικό αριθμό γεωτόπων (ανεξαρτήτου κλίμακας) ή ένα μωσαϊκό γεωλογικών στοιχείων ιδιαίτερης επιστημονικής αξίας, σπανιότητας ή αισθητικής ομορφιάς αντιπροσωπευτικών της γεωλογικής ιστορίας μίας περιοχής, γεγονότων ή διεργασιών. Περιλαμβάνουν επίσης θέσεις οικολογικού, αρχαιολογικού, ιστορικού ή πολιτιστικού ενδιαφέροντος. Μέσα στα γεωπάρκα λοιπόν, εντάσσονται διαφορετικές κατηγορίες γεώτοπων, μέσα από τα οποία μπορούν να προστατευτούν αλλά και να αναδειχθούν και να συμβάλλουν σημαντικά στην αντιμετώπιση των φυσικών κινδύνων. Στη συγκεκριμένη εργασία μελετήθηκαν οι τεκτονικοί γεώτοποι και πιο συγκεκριμένα, τα ρήγματα και πως οι δράσεις ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης του κοινού, στην περιοχή όπου εμφανίζονται τα ρήγματα, μπορούν να συμβάλλουν θετικά στην αντιμετώπιση του σεισμικού κινδύνου. Πιο συγκεκριμένα η περιοχή μελέτης αποτέλεσε το νησί της Λέσβου, όπου εστιάσθηκε στα ενεργά ρήγματα του Δυτικού της τμήματος, τα οποία εμφανίσθηκαν μέσα από τεχνητά πρηνή, κατά την διάνοιξη του οδικού άξονα Καλλονής-Σιγρίου.

Λέξεις Κλειδιά

Γεωποικιλότητα, Γεωδιατήρηση, Γεωλογική Κληρονομιά, UNESCO, Γεωπάργκα, Δίκτυο Ευρωπαϊκών Γεωπάρκων (EGN), Παγκόσμιο Δίκτυο Γεωπάρκων (GGN), Γεώτοποι, Τεκτονικοί Γεώτοποι, Ρήγματα, Γεωπάρκο Λέσβου, Γεωτεκτονική, Ανάδειξη Τεκτονικών Γεωτόπων, Φυσικοί Κίνδυνοι, Σεισμικός Κίνδυνος, Δράσεις Ευαισθητοποίησης

Abstract

The planet Earth has been around 4.6 billion years since it was created. Over these billions of years, many things have changed and are constantly changing, as the Earth is characterized by an eternal mobility. These geographic changes include the geohistorical evolution of the planet's surface, since the crust stabilized and the tectonic plates were created, through their movements they shaped the image of the Earth, until today. Throughout these enormous changes of the Earth's crust and the variety of the geological processes, geodiversity is included. Geodiversity is defined as the range of the variety of geological (bedrock), geomorphological, soil types, systems and processes. Geodiversity is an element of the natural environment that needs protection and geoconservation, as it gives us information about the geological and not only, processes that took place many millions of years ago. In other words, geodiversity can be expressed through geosites. The term "geosite" was used to describe a distinct part of geosphere with particular geological and geomorphological interest (Sturm, 1994). One of the ways to manage and protect such places is Geoparks. Geoparks are characterized by UNESCO (2004) as wider areas containing a significant number of geosites (regardless of scale), or a mosaic of geological elements of particular scientific value, rarity or aesthetic beauty representing the geological history of a region or events. They also include places of ecological, archaeological, historical or cultural interest. Within the geoparks, different categories of geosites are included, which they can be protected but also highlighted and contribute significantly to the treatment of natural hazards. In this paper, the tectonic geosites and more specifically the faults, was studied and how the actions of informing and raising awareness to the public, in the area where the faults appear, can contribute positively to dealing with the seismic hazard. More specifically, the study area was the island of Lesbos, where it focused on the active faults of its western part, which appeared along the new Kalloni-Sigri road.

Key Words

Geodiversity, Geoconservation, Geological Heritage, UNESCO, Geoparks, European Geoparks Network, Global Geoparks Network, Geosites, Tectonic Geosites, Faults, Lesvos Geopark, Geotectonic, Tectonic Geosites Promotion, Natural Hazards, Seismic Hazard, Public Awareness Actions

1. ΓΕΩΔΙΑΤΗΡΗΣΗ: Εισαγωγή, ανάγκη και τρόποι εφαρμογής

1.1 Γεωιστορική εξέλιξη της Γης και Γεωλογική Κληρονομιά

Η γεωιστορική εξέλιξη του πλανήτη Γη πρόκειται για μια αέναη κινητικότητα με αμέτρητες γεωλογικές και βιολογικές μεταβολές, για τα τελευταία περίπου 4,6 δισεκατομμύρια χρόνια. Ο πλανήτης Γη είναι ο μοναδικός στο ηλιακό σύστημα που φιλοξενεί μορφές ζωής, και αυτό οφείλεται στις ενδογενείς και εξωγενείς διαδικασίες, αλλά και στα χαρακτηριστικά της δομής της Γης, που την καθιστούν ως ένα ζωντανό οργανισμό.

Η θεωρία της Γης ως ένας ζωντανός οργανισμός ξεκίνησε από τα αρχαία χρόνια όπου θεοποιήθηκε στο όνομα της θεάς Γαίας και αργότερα, σε επιστημονικό επίπεδο, από τον γιατρό-γεωλόγο Nikolaus Steno και στον πρωτοπόρο γεωλόγο Σκωτσέζο James Hutton, στα τέλη του 18^{ου} αιώνα. Μια καινούργια θεώρηση της λειτουργίας της Γης και της ζωής που πηγάζει από αυτήν και η οποία εκδηλώνεται για δισεκατομμύρια χρόνια πάνω στον λεπτότατο και ευκίνητο φλοιό, στην λεγόμενη «βίοςφαιρα», τα όρια της οποίας είναι ιδιαίτερα ασαφή και περιορισμένα (Παυλίδης, 2007).

Στα πρώτα εκατομμύρια χρόνια ζωής της Γης, δεν μπορούσε να φιλοξενήσει καμία μορφή ζωής λόγω των πολύ μεγάλων ασταθειών και μεταβολών που υπήρχαν. Όταν η επιφάνεια του πλανήτη σταθεροποιήθηκε και δημιουργήθηκαν οι πρώτοι ήπειροι και οι ωκεανοί, εμφανίσθηκαν οι πρώτοι οργανισμοί, οι οποίοι ήταν βακτήρια και στην συνέχεια από μονοκύτταρους, σε πολυκύτταρους οργανισμούς. Αυτές οι πρώτες μορφές ζωής, αλλά και οι επόμενες, αναπτύχθηκαν υποθαλάσσια καθώς οι εξωτερικές συνθήκες δεν ήταν ακόμα έτοιμες να φιλοξενήσουν ζωή, για πολλά εκατομμύρια χρόνια. Στη συνέχεια, οι μορφές αυτές μετακινήθηκαν και εξελίχθηκαν στην ξερά αλλά και στην περιοχή της ατμόσφαιρας.

Η συνεχής αυτές μεταβολές, κατά την διάρκεια της ζωή του πλανήτη, οφείλονται κυρίως στα χαρακτηριστικά της δομής της Γης τα οποία με τη σειρά τους επηρεάζουν και το βιοτικό περιβάλλον. Η υγρή μορφή του μανδύα και τα ανοδικά ρεύματα λάβας, είναι υπαίτια για τις κινήσεις των λιθοσφαιρικών πλακών. Η παγγαία ή αλλιώς πανγαία, ονομάζονταν η συγκέντρωση όλων των ηπειρωτικών μαζών σε ένα σημείο του πλανήτη, το οποίο χωρίσθηκε ξανά σε επιμέρους λιθοσφαιρικές πλάκες. Οι κινήσεις αυτές των πλακών δημιουργούν ενεργά και παθητικά όρια, και κατά συνέπεια στην σύγκλιση και απομάκρυνση λιθοσφαιρικών πλακών, δημιουργώντας έτσι μεγάλες οροσειρές και ωκεανούς, σε ένα δυναμικό πεδίο συνεχών αλλαγών που οφείλεται στην αλληλεπίδραση των ενδογενών και εξωγενών δυνάμεων. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιας διαδικασίας αποτελεί η μεγαλύτερη οροσειρά πάνω στην Γη, αυτή των Ιμαλαίων, που οφείλεται στην σύγκρουση της Ινδικής ηπειρωτικής λιθοσφαιρικής πλάκας με την Ευρασιατική ηπειρωτική πλάκα. Μάλιστα, η οροσειρά σκιαγραφεί χαρακτηριστικά τα όρια της Ινδικής λιθοσφαιρικής πλάκας, όπως αυτή προσέκρουσε πάνω στην Ευρασιατική.

Η Γη λοιπόν, μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα αυτοοργανωμένο και αυτορυθμιζόμενο σύστημα, το οποίο είναι αυτόνομο και μπορεί να αυτοσυντηρείται και να αυτοαναπαράγεται. Οι διαδικασίες αυτές μπορούν να εξηγηθούν μέσα από την πολύ απλή, για την Γη, κυκλική διαδικασία των πετρωμάτων. Για παράδειγμα, η σύγκλιση δύο ηπειρωτικών πλακών οδηγεί στην σταδιακή εξαφάνιση του ωκεανού, που μπορεί να υπάρχει ανάμεσά τους, και στην συνέχεια στην ανύψωση των πετρωμάτων, δημιουργώντας μεγάλες οροσειρές, με κορυφές που φτάνουν χιλιάδες μετρά πάνω από την επιφάνεια. Στην συνέχεια, η αποσάθρωση και η διάβρωση, ως εξωγενείς δυνάμεις, έρχονται και εξομαλύνουν της κορυφές αυτές, σπάζοντας και θρυμματίζοντας τα υλικά αυτά, όπου τελικά μεταφέρονται από αποτίθενται ως ιζήματα στον θαλάσσιο πυθμένα. Εκεί, τα υλικά αυτά μέσω της διαδικασίας της διαγένεσης δημιουργούν ιζηματογενή πετρώματα, τα οποία είτε ανεβαίνουν ξανά στην επιφάνεια ως ιζηματογενή πετρώματα, είτε βυθίζονται στο εσωτερικό όπου περνάνε σε υψηλές πιέσεις και θερμοκρασίες, με αποτέλεσμα να μεταμορφώνονται. Εάν, στο στάδιο αυτό τα πετρώματα αναδυθούν στην επιφάνεια, τότε θα συγκαταλέγονται στα μεταμορφωμένα πετρώματα, εάν όμως βυθιστούν ακόμα περισσότερο σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες, τότε αυτά λιώνουν και μετατρέπονται σε μάγμα το οποίο τροφοδοτεί τα ηφαιστειακά πετρώματα. Μέσα από την διαδικασία αυτή τα πετρώματα αναδύονται με την μορφή μάγματος μέσα από τους μαγματικούς θαλάμους και αποτίθενται ως πυριγενή ή αλλιώς, ηφαιστειακά πετρώματα.

Όλες οι παραπάνω εξωγενείς και ενδογενείς δυνάμεις που δρουν πάνω στη Γη την καθιστούν ως έναν ζωντανό οργανισμό. Μάλιστα, η άποψη της Γης από μακριά δίνει την αίσθηση της «αναπνοής», μέσα από τις αλλαγές στο ανάγλυφο, αλλά και από τις συνεχείς ανταλλαγές υλικών και αερίων, του βιοτικού και του αβιοτικού περιβάλλοντος.

Μέσα σε όλες αυτές τις γεωλογικές διεργασίες και την ιστορία της εξέλιξης της Γης εντάσσεται και η γεωλογική κληρονομιά. Η γεωλογική κληρονομιά ουσιαστικά, μιλάει για την ιστορία και την γεωλογική εξέλιξη της Γης, τις αλλαγές του κλίματος αλλά και τις συνθήκες και τις δυσκολίες κάτω από τις οποίες εξελίχθηκαν κάποιοι οργανισμοί, και όπου είναι αδύνατον να γνωρίσει ο άνθρωπος χωρίς τα στοιχεία αυτά. Όλες οι θέσεις αυτές συνθέτουν το βιβλίο της ιστορίας της Γης, πολλές όμως από αυτές τις θέσεις δεν μπορεί να δει και να μελετήσει ο σύγχρονος άνθρωπος, είτε λόγω της τοποθεσίας των θέσεων, είτε λόγω της καταστροφής τους από φυσικές, αλλά και από ανθρωπογενείς διεργασίες.

Καθίσταται λοιπόν αναγκαία η διατήρηση της πληροφορίας αυτής και η κατανόηση της λειτουργίας της Γης, καθώς οι αλλαγές αυτές στο ανθρώπινο μάτι είναι απειροελάχιστες έως και μη ορατές, και αυτό γίνεται διότι ο άνθρωπος κατοικεί την Γη το τελευταίο μόλις δευτερόλεπτο, σε σχέση με την ηλικία της Γης.

1.2 Γεώτοποι και Γεωποικιλότητα

Οι επιστήμονες και κυρίως οι φορείς διαχείρισης προστατευόμενων περιοχών εστίαζαν στο όρο της βιοποικιλότητας και την προστασία της από ό,τι την απειλούσε. Με άλλα λόγια, αγνοούνταν τελείως το γεωλογικό περιβάλλον και οι γεωμορφές πάνω στις οποίες αναπτύχθηκε η εκάστοτε βιοποικιλότητα. Είχαν γίνει διάφορες δράσεις από τους γεωλόγους για την ανάδειξη και προστασία κάποιων περιοχών με γεωλογικό ενδιαφέρον, όπως για παράδειγμα η πρώτη γεωλογική προστατευόμενη περιοχή στο Siebengebirge της Γερμανίας, το 1836 και το Εθνικό πάρκο του Yellowstone, στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, που αναγνωρίστηκε το 1872 για την ομορφιά του τοπίου του και για τα γεωλογικά χαρακτηριστικά του.

Στις αρχές του της δεκαετίας του 1990 πρωτοεμφανίστηκε ο όρος της γεωποικιλότητας. Πιο συγκεκριμένα, το 1992 υιοθετήθηκε ο όρος της Βιοποικιλότητας, στη «Σύνοδο Κορυφής για την Γη», στο Ρίο ντε Τζανέιρο. Ως αποτέλεσμα αυτού ήταν οι γεωεπιστήμονες να θέλουν να υπάρχει μια ισορροπία μεταξύ του βιοτικού και αβιοτικού περιβάλλοντος. Έτσι τον επόμενο κιόλας χρόνο (1993) εμφανίζονται οι πρώτες αναφορές στον όρο της «Γεωποικιλότητας» (Sharples 1993, Wiedenbein 1993).

Η «Γεωποικιλότητα» χρησιμοποιήθηκε σε γεωλογικές και γεωμορφολογικές εργασίες διατήρησης, στην περιοχή της Τασμανίας ή πιο γενικά, στην Αυστραλία από τους (Sharples 1993, Kiernan 1993,1996,1997a, Dixon 1995,1996a,b). Ο Sharples (1993), χρησιμοποίησε τον όρο για να καλύψει την «ποικιλία των Γήινων μορφών και συστημάτων» (the diversity of earth features and systems). Οι Dixon (1996a), Eberhard (1997), Sharples (2002) και η Επιτροπή για την Αυστραλιανή Κληρονομιά (Australian Heritage Commission, 2002), όρισαν την γεωποικιλότητα ως «το εύρος της ποικιλίας των γεωλογικών (μητρικό πέτρωμα), των γεωμορφολογικών (γεωμορφές) και εδαφικών μορφών, συνόλων, συστημάτων και διεργασιών».

Εκτός από την Αυστραλία η «Γεωδιατήρηση» απασχόλησε τους επιστήμονες και στο συνέδριο Γεωδιατήρησης το 1993 στο Malvern, στο Ηνωμένο Βασίλειο. Ο όρος της «Γεωποικιλότητας» χρησιμοποιήθηκε από τον Wiedenbein (1994) στα πλαίσια της διατήρησης των Γερμανικών Γεώτοπων. Άλλοι επιστήμονες θέλοντας να μιλήσουν για την ποικιλία των γεωλογικών διεργασιών, χρησιμοποίησαν τον όρο «γεωλογική ποικιλότητα» (geological diversity), (Erikstad 1994a, Harley 1994, Todorov 1994), ενώ ο Joyce (1994), δεν αναφέρθηκε ούτε στην «γεωλογική ποικιλότητα», ούτε στην «γεωποικιλότητα».

Η αναγνώριση της γεωποικιλότητας και σαφώς η προστασίας της οφείλεται στο ότι κανένας άλλος πλανήτης στο ηλιακό μας σύστημα δεν παρουσιάζει την γεωποικιλότητα που έχει η Γη. Η γεωποικιλότητα που υπάρχει οφείλεται κυρίως σε τρεις λόγους (Gray, 2008), στην θεωρία των λιθοσφαιρικών πλακών, στις κλιματικές διαφορές στο πέρασμα του χρόνου και του χώρου και στις διαδικασίες της εξέλιξη και της εξαφάνισης, που οφείλονται για την ποικιλία των απολιθωμάτων.

Ακόμα, πρέπει να κατανοηθεί ότι όπως υπάρχει μεγάλη βιοποικιλότητα, έτσι υπάρχει και μεγάλη γεωποικιλότητα, η οποία επηρεάζει σημαντικά την εξέλιξη της βιοποικιλότητας

που βρίσκεται μέσα σε αυτήν (Gray, 2008). Είναι πολύ σημαντικό να αναφερθεί στο σημείο αυτό ότι η προστασία της γεωποικιλότητας και της βιοποικιλότητας, είναι πιο σημαντική σε μερικές περιπτώσεις, όπως πολλά σπάνια ορυκτά και πετρώματα, τα οποία χρήζουν προστασία καθώς η εξαφάνιση ή αλλοίωσή τους μπορεί να είναι μόνιμη. Σε αντίθεση, μια παρόμοια κατάσταση στο φάσμα της βιοποικιλότητας, οι τρόποι αποκατάστασης μπορούν να ποικίλουν.

Οι «Γεώτοποι» αποτελούν την χωρική έκφραση ενός ενεργού γεω(οικο)συστήματος που έχει διασωθεί και αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο του σημερινού μας τοπίου (Stürm, 1992). Ο όρος γεώτοπος (geosite) χρησιμοποιήθηκε για να περιγράψει ένα διακριτό τμήμα της γεώσφαιρας με ιδιαίτερο γεωλογικό και γεωμορφολογικό ενδιαφέρον (Stürm, 1994). Οι γεώτοποι αποτελούν εξαιρετικά σημαντικά στοιχεία τόσο για την εξέλιξη της Γης, όσο και για την ιστορία της, καθώς ακόμα και του κλίματος ή του τοπίου. Οι γεώτοποι επίσης, αποτελούν θέσεις – κλειδιά για την κατανόηση της εξέλιξης και της λειτουργίας της Γης.

Το γεω-περιβάλλον, αναπόσπαστο τμήμα του φυσικού περιβάλλοντος της Γης, είναι ένα δυναμικά εξελισσόμενο σύστημα, που αποτελείται από στοιχεία και διεργασίες που βρίσκονται σε συνεχή αλληλεξάρτηση, αλληλεπίδραση και δημιουργούν τις προϋποθέσεις για την ανάπτυξη της ζωής (Ζούρος, 2005).

Πολλοί από τους γεώτοπους είναι ευάλωτοι τόσο στις φυσικές διεργασίες του πλανήτη, όσο και στις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις, και χρήζουν προστασίας μέσω ειδικής νομοθεσίας που προϋποθέτει την διατήρησή τους για επιστημονικούς, και όχι μόνο, λόγους. Στην Ελληνική νομοθεσία ίσχυε ο νόμος 1650/1986, περί προστασίας του περιβάλλοντος, όπου αναφέρονταν η προστασία και η διατήρηση της φύσης και του τοπίου και ιδιαίτερα περιοχών με μεγάλη βιολογική, οικολογική, αισθητική ή γεωμορφολογική αξία. Σήμερα, ισχύει ο νόμος 3937/2011 περί «Διατήρηση της βιοποικιλότητας και άλλες διατάξεις», όπου εμφανίζεται για πρώτη φορά ο όρος «γεώτοπος».

Πιο αναλυτικά, ως γεώτοποι ορίζονται: «οι γεωλογικές-γεωμορφολογικές δομές που συνιστούν φυσικούς σχηματισμούς και αντιπροσωπεύουν σημαντικές στιγμές της γεωλογικής ιστορίας της γης, είναι σημαντικοί μάρτυρες της μακράς εξέλιξής της ή δείχνουν σύγχρονες φυσικές, γεωλογικές διεργασίες που συνεχίζουν να εξελίσσονται στην επιφάνεια της Γης».

Οι γεώτοποι λειτουργούν ως κύριες αναφορές για την γεωιστορική εξέλιξη κάθε περιοχής, καθώς σημαντικές γεωλογικές θέσεις μαρτυρούν τις βίαιες εναλλαγές της επιφάνειας της Γης, μέσα από τις γεωλογικές διεργασίες της ορογένεσης, της ηφαιστειότητας, της μεταμόρφωσης των πετρωμάτων – χιλιάδες μέτρα κάτω από την σημερινή επιφάνειά τους – των γεωλογικών ρηγμάτων και πολλών άλλων τέτοιων γεωλογικών διαδικασιών στο πέρασμα του χρόνου.

Ο ορισμός των γεώτοπων περιλαμβάνει όλες τις γεωλογικές και γεωμορφολογικές δομές που εμφανίζονται στην επιφάνεια της Γης, που πρέπει να διατηρηθούν τόσο για

επιστημονικούς, εκπαιδευτικούς, αισθητικούς και άλλους λόγους, όσο και για την αντιπροσωπευτικότητα μιας γεωλογικής εικόνας με μικρές ή ακόμα και ελάχιστες εμφανίσεις σε άλλα μέρη της Γης.

Οι γεώτοποι μπορούν να χρησιμοποιηθούν με διάφορους τρόπους έτσι ώστε να επιτευχθεί η ανάπτυξη ενός τόπου, όπως ακόμα και η ευαισθητοποίηση του κοινού ως προς τις θέσεις αυτές, κατανοώντας το φαινόμενο και τις γεωλογικές διεργασίες δημιουργίας, όπως και τον γεωλογικό χρόνο που χρειάζονται για να δημιουργηθούν οι γεωμορφές, σε σχέση με το χρόνο όπου ο άνθρωπος κατοικεί στον πλανήτη Γη. Έτσι οι γεώτοποι μπορούν να χαρακτηριστούν ως επιστημονικής σημασίας, εκπαιδευτικής χρησιμότητας, ως τόποι εκπαίδευσης, γεωτουρισμού, οικολογικού και πολιτιστικού ενδιαφέροντος, καθώς και συνδυασμό των παραπάνω.

Τέλος, οι γεώτοποι απαρτίζουν σημαντικά στοιχεία για την εξέλιξη και τις μεταβολές της λιθόσφαιρας, μέσα από τις διαδικασίες των κινήσεων των λιθοσφαιρικών πλακών, τις μεταβολές του κλίματος και γενικότερα το παλαιοπεριβάλλον και την παλαιογεωγραφία. Οι γεώτοποι μπορούν να χαρακτηρισθούν ως τα «βιβλία της Γης», καθώς συνθέτουν την γεωλογική ιστορία κάθε περιοχής (Βαλιάκος, 2018).

1.2.1 Κατηγορίες Γεώτοπων

Οι γεώτοποι μπορούν να χωριστούν σε μεγάλες και ποικίλες κατηγορίες, ανάλογα με τα χαρακτηριστικά τους. Παρακάτω παρουσιάζονται οι κατηγορίες των γεώτοπων και οι υποκατηγορίες τους.

- A. Υλικά της λιθόσφαιρας
 - A.1. Ορυκτά
 - A.2. Πετρώματα και ιζήματα
 - A.3. Εδαφικοί σχηματισμοί
 - A.4. Απολιθώματα



Εικόνα 1: Απολιθωμένος κορμός Σεκίας, Απολιθωμένο Δάσος Λέσβου.

Β. Γεωμορφές και διεργασίες της λιθόσφαιρας

Β.1. Πυριγενείς γεωμορφές και διεργασίες

Β.2. Τεκτονικές γεωμορφές και διεργασίες

➤ Ρήγματα



Εικόνα 2: Κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος της Αρκίτσας.

➤ Επωθήσεις

➤ Πτυχές



Εικόνα 3: Εμφάνιση ανικλίνου στο Γεωπάρκο Haute Provence, Γαλλία.

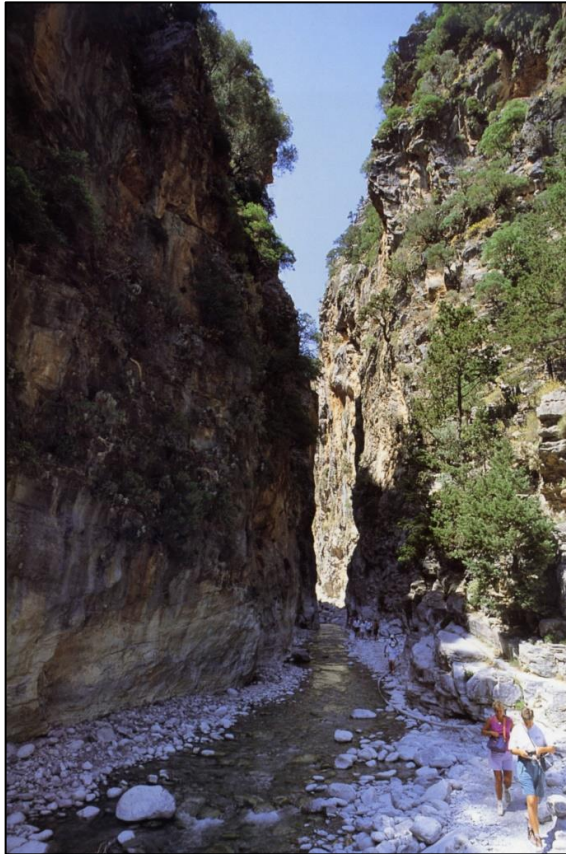
➤ Καλύμματα

➤ Τεκτονικά παράθυρα

B.3. Γεωμορφές που προκαλεί η μετακίνηση μαζών

B.4. Ποτάμιες γεωμορφές και διεργασίες

- Κοιλιάδες
- Ποτάμιες αναβαθμίδες
- Φαράγγια
- Καταρράκτες
- Δέλτα



Εικόνα 4: Φαράγγι της Σαμαριάς, Κρήτη.

B.5. Παράκτιες γεωμορφές και διεργασίες

B.6. Παγετώδεις γεωμορφές και διεργασίες

- Παγετώδεις κοιλάδες
- Φιόρδ
- Μοραίνες
- Εσκέρ
- Ντρούμλιν

B.7. Περιπαγετώδεις γεωμορφές και διεργασίες

B.8. Γεωμορφές και διεργασίες σε ερημικό και ξηρό περιβάλλον

- Θίνες
- Yardang



Εικόνα 5: Γεωμορφές Yardang στην έρημο Gobi, Dunhuang, Παγκόσμιο Γεωπάρκο UNESCO, Κίνα

B.9. Καρστικές γεωμορφές και διεργασίες

- Σπήλαια
- Υπόγειες καρστικές δομές
- Επιφανειακές καρστικές δομές



Εικόνα 6: Σπήλαιο του Διρού, Πελοπόννησος

B.10. Γεωμορφές και διεργασίες μηχανικής αποσάθρωσης

Γ. Τοπία

- Γ.1. Οροσειρές
- Γ.2. Πεδιάδες
- Γ.3. Τάφροι
- Γ.4. Νησιά
- Γ.5. Έρημοι
- Γ.6. Υγρότοποι - Λίμνες
- Γ.7. Ακτές
- Γ.8. Παγετώνες

Δ. Ανθρωπογενείς γεώτοποι

- Δ.1. Θέσεις μεταλλευτικής δραστηριότητας
- Δ.2. Θέσεις λατομικής δραστηριότητας
- Δ.3. Ορύγματα, Τεχνητά πρανή, Διώρυγες
- Δ.4. Μεγάλες τεχνικές κατασκευές



Εικόνα 7: Μεταλλευτικές στοές Χαλκιδικής.

1.2.2 Ευπαθείς Γεώτοποι

Πολλοί από τους γεώτοπους – όπως κατηγοριοποιήθηκαν παραπάνω – χρήζουν ειδικής προστασίας και διαχείρισης, καθώς είναι ευπαθείς σε διαταραχές, είτε πρόκειται για φυσικές διεργασίες (δράση της διάβρωσης), είτε πρόκειται για ανθρωπογενείς παρεμβάσεις (ανεξέλεγκτη λατόμευση). Τέτοιες δράσεις μπορούν να υποβαθμίσουν σημαντικά θέσεις γεωλογικής κληρονομιάς, οι οποίες δεν μπορούν να επανέλθουν στην αρχική τους κατάσταση, καθώς οι γεωλογικές διεργασίες που τις δημιούργησαν δεν επικρατούν στην σημερινή εποχή.

Η τρωτότητα των γεώτοπων αναφέρεται στον βαθμό όπου τα χαρακτηριστικά των γεώτοπων είναι ευάλωτα στις μεταβολές και η αξία της γεωδιατήρησης μπορεί να υποβαθμιστεί σημαντικά. Ο Kiernan (1995, p. 298) πρότεινε την διάκριση «τρωτότητας» και «ευαισθησίας». Η τρωτότητα αναφέρεται στην δυναμική της υποβάθμισης της αξίας της γεωδιατήρησης, και η ευαισθησία των γεώτοπων αναφέρεται στον συνδυασμό της τρωτότητας και τον βαθμό οποιοδήποτε κινδύνου, με αποτέλεσμα την υποβάθμιση των θέσεων αυτών, όπως για παράδειγμα την διάβρωση του εδάφους, την υποβάθμισή του, καθώς και την μετακίνηση μαζών.

Τέτοιοι γεώτοποι μπορεί να είναι θέσεις με σπάνια ορυκτά και πετρώματα, απολιθωμένες γεωμορφές, εδαφικοί σχηματισμοί, καρστικές δομές και οι ποτάμιες γεωμορφές.

Σπάνια ορυκτά και πετρώματα με μεγάλη επιστημονική αξία και ιδιαίτερη ομορφιά, τα οποία απαντώνται σε περιορισμένες θέσεις πάνω στην επιφάνεια της Γης, είναι ευάλωτα στις ανθρώπινες δραστηριότητες.

Απολιθωμένες θέσεις οι οποίες αποτελούν σημαντικά ευρήματα για την γεωποικιλότητα και μιλούν για τις κλιματικές συνθήκες και τις συνθήκες που τα απολίθωσαν, πριν από πολλά εκατομμύρια χρόνια και δεν μπορούν να αποκατασταθούν σε περίπτωση καταστροφής τους.

Επιφανειακές και υπόγειες καρστικές δομές οι οποίες μπορούν να καταστραφούν ολοκληρωτικά και χρήζουν προστασίας. Υπόγεια καρστ όπως τα σπήλαια χρειάζονται εκατομμύρια χρόνια για την δημιουργία τους, και η καταστροφή τους μπορεί να εξαφανίσει την βιοκοινότητα που ζει μέσα σε αυτά, καθώς επηρεάζονται και οι υπόγειες υδρολογικές συνθήκες.

Τα εδάφη είναι αρκετά ευάλωτα τόσο στις ανθρώπινες δραστηριότητες όσο και στην διαδικασία της διάβρωσης και άλλων ενεργειών που μπορούν να υποβαθμίσουν το έδαφος, το υδρολογικό καθεστώς, αλλά και τις διαδικασίες της εδαφογένεσης με αποτέλεσμα την υποβάθμιση του εδάφους και των οικοσυστημάτων.

Τέλος, οι ποτάμιες γεωμορφές και οι διεργασίες τους, μπορούν να αποτελέσουν ένα ευπαθή γεώτοπο καθώς ανθρώπινες, κυρίως, διεργασίες μπορούν να υποβαθμίσουν σημαντικά τα περιβάλλοντα αυτά και τις βιοκοινότητες που ζουν μέσα σε αυτά.

1.3 Γεωδιατήρηση

Η γεωδιατήρηση έχει ως κύριο στόχο την διατήρηση της φυσικής ποικιλότητας ή γεωποικιλότητας, σημαντικών γεωλογικών (μητρικό πέτρωμα), γεωμορφολογικών (γεωμορφές), χαρακτηριστικά και διεργασίες εδαφών, καθώς και την διατήρηση των φυσικών ρυθμών και μεγεθών αλλαγής σε αυτά τα χαρακτηριστικά και τις διεργασίες (Sharples, 2002).

Η περισσότερη προσοχή στην φυσική διατήρηση έχει την τάση να στρέφεται ως προς το βιοτικό περιβάλλον και λιγότερο ως προς το αβιοτικό. Όπως προαναφέρθηκε, η γεωδιατήρηση αφορά στα αβιοτικά χαρακτηριστικά μιας περιοχής και χρήζει την ανάλογη προστασία με την βιοποικιλότητα, καθώς αυτά τα δύο συστήματα είναι αλληλένδετα και εξίσου ευάλωτα στις φυσικές μεταβολές του πλανήτη, αλλά και στις ανθρώπινες δραστηριότητες, που τείνουν να αυξάνουν τις μεταβολές αυτές, όπως για παράδειγμα την επιτάχυνση της διάβρωσης ή την υποβάθμιση των εδαφών με διάφορα τεχνητά μέσα.

Εκτός από τον όρο «γεωδιατήρηση» χρησιμοποιούνται και άλλοι όροι για να περιγράψουν την διατήρηση της γεωποικιλότητας, οι οποίοι όμως δεν είναι αντιπροσωπευτικοί ως προς τον όρο της γεωδιατήρησης. Τέτοια παραδείγματα αποτελούν οι όροι «διατήρηση γεω-επιστημών» και «διατήρηση της κληρονομιάς της Γης», ο οποίος χρησιμοποιήθηκε σε διεθνές συνέδριο (Stevens, 1994) και η ερμηνεία του παραπέμπει στην διατήρηση των οικολογικών στοιχείων της Γης και ταυτόχρονα, σε μεγαλύτερο εύρος, οτιδήποτε υπάρχει πάνω στον πλανήτη Γη. Ακόμα, οι όροι «γεωλογικά μνημεία» ή «σημαντικά γεωλογικά στοιχεία» (GSA, 1992), πρέπει να χρησιμοποιούνται προσεκτικά καθώς δεν περιλαμβάνονται τα γεωμορφολογικά ή εδαφικά στοιχεία.

Η γεωδιατήρηση είναι μια σημαντικά κρίσιμη ενέργεια που πρέπει να γίνεται σε κάθε θέση σημαντικής γεωποικιλότητας, καθώς συχνά περιλαμβάνει γεωμορφές ή γεωλογικά χαρακτηριστικά των οποίων οι διαδικασίες που τα δημιουργήσαν είναι ανενεργές και η καταστροφή τους ή η υποβάθμισή τους, είναι μόνιμη.

Υπάρχουν διάφορες απόψεις επιστημόνων για την αναγκαιότητα της γεωδιατήρησης και προστασίας του αβιοτικού περιβάλλοντος, που την καθιστούν ασήμαντη, καθώς κατά την ιστορία της Γης συνέβησαν δραματικές αλλαγές στο περιβάλλον, πράγμα που δεν λαμβάνει υπόψιν το ρυθμό μεταβολής ή εξέλιξης ενός φυσικού φαινομένου, όπως για παράδειγμα η διάβρωση και η υποβάθμιση των εδαφών.

Σύμφωνα με τον (Sharples 1995, 2002), οι στόχοι της γεωδιατήρησης είναι ποικίλοι και διαφέρουν ανάλογα με τις αξίες της γεωδιατήρησης αλλά και με τις αξίες της γεωδιατήρησης αλλά και με τις προοπτικές που χρησιμοποιούνται. Για παράδειγμα, η εσωτερική αξία μιας χαρακτηριστικής θέσης που χρήζει γεωδιατήρησης – όπως μια καθαρή εμφάνιση ενός σπάνιου ορυκτού – αφορά θέσεις όπου η ανθρώπινη δραστηριότητα μπορεί να καταστρέψει σε μεγάλη κλίμακα. Η αξία της γεωδιατήρησης αφορά στις πρακτικές διατήρησης, αλλά και στις σωστές αποφάσεις, ενός χαρακτηριστικού για την εσωτερική του αξία και ποια πρέπει να είναι η εκμετάλλευσή του, παρά την αξία του. Ακόμα, ένας άλλος στόχος της γεωδιατήρησης αφορά την διατήρηση

των εξελισσόμενων διαδικασιών ενός συστήματος, όπου η γεωδιατήρηση στην προστασία και διατήρηση των εξελισσόμενων και δυναμικών γεωλογικών, γεωμορφολογικών και εδαφικών διεργασιών, που αποτελούν τμήμα του γενικού συστήματος. Η γεωδιατήρηση τέτοιων συστημάτων δεν στοχεύει στην επέμβαση των φυσικών διεργασιών, οι οποίες μπορεί να υποβαθμίζουν μια περιοχή, αλλά στην απαγόρευση των απωλειών από τεχνητά μέσα και μη αναγκαίων διαδικασιών. Τέλος, οι ανθρωποκεντρικές αξίες ή αξίες γεωλογικής κληρονομιάς, είναι σημαντικές θέσεις που σχετίζονται άμεσα με την ανθρώπινη πολιτιστική κληρονομιά και την επιστημονική αξία, τα οποία μπορούν να εκμεταλλευθούν για εκπαιδευτικούς, αλλά και για τουριστικούς σκοπούς (γεωτουρισμός).

Η γεωδιατήρηση λοιπόν, είναι η προσπάθεια της καταγραφής και διατήρησης των γεώτοπων μίας περιοχής αλλά οι δράσεις ευαισθητοποίησης του κοινού ως προς την γεωλογική κληρονομιά και την αξία της προστασίας και διατήρησής της. Δεν μπορεί να επιτευχθεί η γεωδιατήρηση όσο οι πολίτες μιας περιοχής, αλλά και οι άνθρωποι που αλληλεπιδρούν με τα στοιχεία αυτά, δεν γνωρίζουν την σημαντικότητά τους και τις αξίες της διατήρησής τους. Η προστασία της βιοποικιλότητας, αγνοώντας το αβιοτικό περιβάλλον δημιούργησε μια άνιση κατάσταση ως προς την γεωποικιλότητα και τις δράσεις διατήρησής της. Τα τελευταία χρόνια υπάρχει η τάση της διατήρησης της γεωλογικής κληρονομιάς, και όχι μόνο της βιοποικιλότητας, καθώς οι πολιτείες εντάσσουν το αβιοτικό περιβάλλον στα μέτρα διατήρησης και προστασίας της φύσης. Η αναγνώριση αυτή έχει οδηγήσει σε αύξηση των προσπαθειών για την διεύρυνση των παραδειγμάτων ολοκληρωμένης διαχείρισης περιοχών που φιλοξενούν σημαντικές θέσεις γεωλογικής κληρονομιάς διεθνούς σημασίας (Ζούρος, 2004).

2. ΓΕΩΠΑΡΚΑ

2.1 Προστασία της Γεωλογικής Κληρονομιάς Μέσω της Ευαισθητοποίησης του Κοινού

Η εξέλιξη του γήινου φλοιού από τότε που σταθεροποιήθηκε έχει αλλάξει πολλές φορές και συνεχίζει να αλλάζει μέχρι και σήμερα. Πρόκειται για ένα δυναμικό σύστημα αλληλεπιδράσεων και μεταβολών, το οποίο παραμένει άγνωστο στο ευρύ κοινό. «Το γεω-περιβάλλον, αναπόσπαστο τμήμα του φυσικού περιβάλλοντος της Γης, είναι ένα δυναμικά εξελισσόμενο σύστημα, που αποτελείται από στοιχεία και διεργασίες που βρίσκονται σε συνεχή αλληλεξάρτηση, αλληλεπίδραση και δημιουργούν τις προϋποθέσεις για την ανάπτυξη της ζωής» (Ζούρος, 2005). Έτσι λοιπόν, η κατανόηση του συστήματος αυτού είναι απαραίτητο για την ομαλή εξέλιξη της ζωής στο φυσικό περιβάλλον.

Ο άνθρωπος αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην ισορροπία του συστήματος και η κατανόηση των διεργασιών, τόσο του βιοτικού, όσο και του αβιοτικού περιβάλλοντος είναι σημαντική για την προστασία του. Η ενημέρωση μπορεί να γίνει με ποικίλους τρόπους, οι οποίοι θα αναλυθούν παρακάτω.

Αρχικά, μια από τις σημαντικότερες δράσεις είναι οι εκπαιδευτικές δραστηριότητες για μαθητές και φοιτητές κάθε ηλικίας, με σκοπό την ευαισθητοποίηση, αλλά και η σχεδίαση εκπαιδευτικών προγραμμάτων με σκοπό να προσφέρει γνώσεις και εμπειρίες, μέσω της βιωματικής προσέγγισης. Επίσης, σημαντικό είναι η ανάπτυξη και δημιουργία κατάλληλων μέσων για την καλύτερη απόδοση των δραστηριοτήτων αυτών.

Ένας ακόμη τρόπος με τον οποίο μπορεί να επιτευχθεί η ενημέρωση και ευαισθητοποίηση του κοινού είναι η δημιουργία ενημερωτικών πινακίδων. Οι πινακίδες αυτές τοποθετούνται σε συγκεκριμένα σημεία μέσα στο χώρο ενός Γεωπάρκου και περιλαμβάνουν πληροφορίες γενικά για το Γεωπάρκο, καθώς και για συγκεκριμένους γεώτοπους που μπορεί να απαντώνται σε κοντινή απόσταση. Η δομή της πληροφορίας κατά κύριο λόγο βασίζεται στο ευρύ κοινό, καθώς μπορούν να υπάρχουν και συγκεκριμένα σημεία με επιπρόσθετη και πιο εξειδικευμένη πληροφορία για φοιτητές, επιστήμονες, αλλά και «γεω-ενδιαφερόμενους».

Επιπρόσθετα, η επαφή του επισκέπτη με το φυσικό περιβάλλον είναι μια από τις σημαντικότερες διαδικασίες για την ευαισθητοποίησή του και την προστασία του. Έτσι λοιπόν δημιουργούνται ειδικά μονοπάτια τα οποία περνάνε από πλήθος γεωλογικών δομών και γεώτοπων και απευθύνονται στο ευρύ κοινό, καθώς η παρουσία ενός ειδικού βοηθάει αρκετά στην καλύτερη κατανόηση, χωρίς όμως αυτό να είναι απαραίτητο.

Τέλος, η έκδοση έντυπου υλικού όπως, οδηγών, γεωτουριστικών και γεωλογικών χαρτών, ενημερωτικά φυλλάδια κ.α. κρίνονται απαραίτητα για τη σωστή εκπαίδευση του ευρύ κοινού κατά την διάρκεια της περιήγησής του στον χώρο του Γεωπάρκου.

2.2 Δίκτυο Ευρωπαϊκών Γεωπάρκων – European Geoparks Network (EGN)

Το δίκτυο των Ευρωπαϊκών Γεωπάρκων (EGN) ιδρύθηκε το 2000 από τέσσερις περιοχές, το Απολιθωμένο Δάσος της Λέσβου στην Ελλάδα, το Reserve Géologique de Haute Provence στην Γαλλία, το Vulkaneifel στην Γερμανία και το Maestrazgo στην Ισπανία. Τα γεωπάρκα αυτά, υπέγραψαν ένα σύμφωνο συνεργασίας για τη δημιουργία του Δικτύου των Ευρωπαϊκών Γεωπάρκων, στη Λέσβο τον Ιούνιο του 2000.

Η αρχική ιδέα της δημιουργίας ενός δικτύου Γεωπάρκων ξεκίνησε το 1996, με σκοπό την προστασία και προώθηση της Ευρωπαϊκής γεωλογικής κληρονομιάς μέσω της βιώσιμης οικονομικής ανάπτυξης. Αναπτύχθηκε μέσα από συζητήσεις από τους G. Martini και N. Ζούρο στο 30^ο Παγκόσμιο Γεωλογικό Συνέδριο στο Πεκίνο, κατά τη διάρκεια του συμποσίου για την προστασία της γεωλογικής κληρονομιάς (Zouros, 2004).

Οι κύριοι στόχοι των Ευρωπαϊκών Γεωπάρκων είναι η αύξηση της αναγνωρισιμότητας και η βελτίωση της προστασίας, της διατήρησης και της προώθησης των γεωλογικών και γεωμορφολογικών χαρακτηριστικών, που εντάσσονται μέσα στο κάθε Γεωπάρκο, μέσα από διάφορες δράσεις. Τέτοιες δράσεις μπορεί να είναι η δημιουργία υποδομών ενημέρωσης και πληροφόρησης, η ανάπτυξη δραστηριοτήτων στο αβιοτικό και βιοτικό περιβάλλον, η δημιουργία εκπαιδευτικών δράσεων, αλλά και η προώθηση των τοπικών προϊόντων τα οποία σχετίζονται με τη γεωλογική, οικολογική και πολιτιστική κληρονομιά της περιοχής.

Επίσης, τα Ευρωπαϊκά Γεωπάρκα έχουν ως στόχο τη βελτίωση της αναγνώρισης της κοινωνίας ως προς την προστασία και την διατήρηση μοναδικών θέσεων γεωλογικής κληρονομιάς, μέσα από ενέργειες που έχουν ως στόχο την εκπαίδευση του κοινού γενικά σε θέματα σχετικά με τις γεωλογικές επιστήμες και το περιβάλλον (Zouros, 2004).

Το δίκτυο των Ευρωπαϊκών Γεωπάρκων αποτελείται από δύο επιμέρους οργανωτικές δομές, α) την Συντονιστική Επιτροπή (Coordinator Committee) και β) την Συμβουλευτική Επιτροπή (Advisory Committee).

Η Συντονιστική Επιτροπή αποτελείται από δύο εκπροσώπους από κάθε συνεργάτη του δικτύου από τους οποίους ο ένας είναι ειδικός για θέματα γεωλογικής κληρονομιάς και ο δεύτερος για θέματα τοπικής ανάπτυξης. Επίσης, η Συντονιστική Επιτροπή είναι υπεύθυνη για την λειτουργία και τη διαχείριση του δικτύου.

Ο ρόλος της Συμβουλευτικής Επιτροπής (Advisory Committee) είναι να παρέχει συμβουλές σχετικά με την ανάπτυξη και την επέκταση του δικτύου. Αποτελείται από ειδικούς πάνω σε θέματα βιώσιμης ανάπτυξης και ανάδειξης της γεωλογικής κληρονομιάς.

Μια από τις σημαντικότερες επιτυχίες του δικτύου επιτεύχθηκε με την υπογραφή ενός επίσημου σύμφωνου συνεργασίας με την UNESCO, τον Απρίλιο του 2001, το οποίο έβαλε το Δίκτυο των Ευρωπαϊκών Γεωπάρκων κάτω από την αιγίδα της UNESCO.

Το δίκτυο των Ευρωπαϊκών Γεωπάρκων παρουσιάζει τις δράσεις του μέσα από την ιστοσελίδα του, αλλά και από τα περιοδικά που εκδίδει (EGN Magazine). Τέλος, οργανώνονται διάφορες συναντήσεις όπως για παράδειγμα το Ευρωπαϊκό Συνέδριο των

Γεωπάρκων, αλλά και συναντήσεις, σεμινάρια κ.α., κάθε δύο χρόνια. Σήμερα το δίκτυο αυτό αποτελείται από 75 Γεωπάρκα από 24 διαφορετικές χώρες.



Εικόνα 8: 1) Haute-Provence Geopark-FRANCE, 2) Vulkaneifel Geopark-GERMANY, 3) Lesvos Island Geopark-GREECE 4) Psiloritis Geopark-GREECE, 5) TERRA.vita Geopark-GERMANY, 6) Copper Coast Geopark-IRELAND, 7) Marble Arch Caves Geopark-IRELAND & UK, 8) Madonie Geopark-ITALY, 9) Rocca di Cerere Geopark-ITALY, 10) Styrian Eisenwurzen Geopark-AUSTRIA, 11) Bergstraße-Odenwald Geopark-GERMANY, 12) North Pennines AONB Geopark-UK, 13) Luberon Geopark-FRANCE, 14) North West Highlands Geopark-SCOTLAND, UK, 15) Swabian Albs Geopark-GERMANY, 16) Harz – Braunschweiger Land Geopark-GERMANY, 17) HaGeg Country Dinosaurs Geopark-ROMANIA, 18) Beigua Geopark-ITALY, 19) Fforest Fawr Geopark-UK, 20) Bohemian Paradise Geopark-CZECHIA, 21) Cabo de Gata – Nijar Geopark-ANDALUCIA, SPAIN, 22) Naturtejo da Meseta Meridional Geopark-PORTUGAL, 23) Sierras Subbéticas Geopark-ANDALUCIA, SPAIN, 24) Sobrarbe - Pirineos Geopark-ARAGON, SPAIN, 25) Gea Norvegica Geopark-NORWAY, 26) Papuk Geopark-CROATIA, 27) English Riviera Geopark-UK, 28) Adamello - Brenta Geopark-ITALY, 29) GeoMôn Geopark-WALES, UK, 30) Arouca Geopark-PORTUGAL, 31) Shetland Geopark-SCOTLAND, UK, 32) Chelmos – Vouraikos Geopark-GREECE, 33) Novohrad – Nograd Geopark-HUNGARY & SLOVAKIA, 34) Magma Geopark-NORWAY, 35) Basque Coast Geopark-SPAIN, 36) Cilento, Vallo di Diano e Alburni Geopark-ITALY, 37) Rokua Geopark-FINLAND, 38) Tuscan Mining Park Geopark-ITALY, 39) Vikos – Aaos Geopark-GREECE, 40) Muskauer Faltenbogen /àuk Mułakowa-GERMANY & POLAND, 41) Sierra Norte de Sevilla Geopark-SPAIN, 42) Burren and Cliffs of Moher Geopark-IRELAND, 43) Katla Geopark-ICELAND, 44) Massif des Bauges Geopark-FRANCE, 45) Apuan Alps Geopark-ITALY, 46) Villuercas-Ibores-Jara Geopark-SPAIN, 47) Chablais Geopark-FRANCE, 48) Central Catalonia Geopark-SPAIN, 49) Bakony-Balaton Geopark-HUNGARY, 50) Azores Geopark-PORTUGAL, 51) Karavanke/Karawanken Geopark-SLOVENIA & AUSTRIA, 52) Idrija Geopark-SLOVENIA, 53) De Hondsrug Geopark-NETHERLANDS, 54) Sesia Val Grande Geopark-ITALY, 55) Kula-Salihli Geopark-TURKEY, 56) Molina and Alto Tajo Geopark-SPAIN, 57) El Hierro Geopark-SPAIN, 58) Ore of the Alps Geopark-AUSTRIA, 59) Monts d'Ardèche Geopark-FRANCE, 60) Odsherred Geopark-DENMARK, 61) Terras de Cavaleiros Geopark-PORTUGAL, 62) Lanzarote and Chinijo Islands Geopark-SPAIN, 63) Reykjanes Geopark-ICELAND, 64) Pollino Geopark-ITALY, 65) Sitia Geopark-GREECE, 66) Troodos Geopark-CYPRUS, 67) Causses du Quercy Geopark-FRANCE, 68) Las Loras Geopark-SPAIN, 69) Beaujolais Geopark-FRANCE, 70) Famenne-Ardenne Geopark-BELGIUM, 71) Origens Geopark-SPAIN, 72) Courel Mountain Geopark-SPAIN, 73) Vis Archipelago Geopark-CROATIA, 74) Trollfjell Geopark-NORWAY.

2.3 Παγκόσμιο Δίκτυο Γεωπάρκων – Global Geoparks Network (GGN)

Το Φεβρουάριο του 2004 η UNESCO ίδρυσε το Παγκόσμιο Δίκτυο Γεωπάρκων (GGN), το οποίο ακολούθησε το επιτυχημένο μοντέλο του Δικτύου των Ευρωπαϊκών Γεωπάρκων. Το Παγκόσμιο Δίκτυο Γεωπάρκων έχει τρεις κύριους στόχους (Zouros, 2010), α) τη διατήρηση ενός υγιούς περιβάλλοντος, β) τη μαζική εκπαίδευση του κοινού για τις επιστήμες της Γης και γ) την προώθηση της βιώσιμης οικονομικής ανάπτυξης.

Τα γεωπάρκα που αξιολογήθηκαν θετικά από την UNESCO για την ένταξή τους στο Παγκόσμιο Δίκτυο ήταν τα 17 Γεωπάρκα που συντελούσαν τότε το Δίκτυο των Ευρωπαϊκών Γεωπάρκων, αλλά και 8 από τα 43 Γεωπάρκα της Κίνας, τα οποία είχαν υποβάλει υποψηφιότητα για την ένταξή τους στο Παγκόσμιο Δίκτυο Γεωπάρκων.

Η UNESCO προέτρεψε την δημιουργία Περιφερειακών Δικτύων Γεωπάρκων, τα οποία θα μπορούν να μοιράζονται παρόμοιους προβληματισμούς και η συνεργασία τους να μπορεί να έχει κοινούς στόχους, με σκοπό την καλύτερη λειτουργία τους. Τέτοια Περιφερειακά Δίκτυα αποτελούν, εκτός από το Δίκτυο των Ευρωπαϊκών Γεωπάρκων, το Δίκτυο Γεωπάρκων της Ασίας-Ειρηνικού (APGN), το οποίο δημιουργήθηκε το 2007, αλλά και άλλες περιοχές όπως για παράδειγμα η Λατινική Αμερική, είναι υπο εξέταση. Σήμερα το Παγκόσμιο αυτό δίκτυο αποτελείται από 147 Γεωπάρκα από 41 διαφορετικές χώρες.

Παρακάτω θα αναφερθεί η οργανωτική δομή των Γεωπάρκων αλλά και τα διάφορα μέλη:

Τα μέλη του Παγκόσμιου Δικτύου των Γεωπάρκων χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες:

- i. Ακαδημαϊκά μέλη – Παγκόσμια Γεωπάρκα. Η συμμετοχή στο GGN είναι υποχρεωτική για όλες τις περιοχές που έχουν χαρακτηριστεί ως Παγκόσμια Γεωπάρκα.
- ii. Μεμονωμένα μέλη – Ειδικοί στα Παγκόσμια Γεωπάρκα. Πρόσωπα, δηλαδή, που έχουν συνδυάσει ή αποδείξει επαγγελματική εμπειρία στη διαχείριση των Παγκόσμιων Γεωπάρκων.
- iii. Επίτιμα μέλη
- iv. Συνεργαζόμενα μέλη

Τα όργανα που συντελούν το Παγκόσμιο Δίκτυο των Γεωπάρκων έχει ως εξής:

- i. Γενική Συνέλευση (General Assembly)
- ii. Εκτελεστικό Συμβούλιο (Executive Board)
- iii. Συμβουλευτική Επιτροπή (Advisory Committee)
- iv. Εθνικές Επιτροπές Γεωπάρκων (National Geopark Committee)
- v. Διεθνείς Επιτροπές / Task Forces / Working Groups
- vi. Διεθνές Συνέδριο για τα Γεωπάρκα
- vii. Περιφερειακά Δίκτυα Γεωπάρκων
- viii. Συνδεδεμένοι Οργανισμοί
- ix. Επιχειρησιακή Γραμματεία

Τέλος, αυτό που πρέπει να αναφερθεί είναι ότι το Παγκόσμιο Δίκτυο Γεωπάρκων αντιπροσωπεύει, προάγει και διαδίδει γνώσεις στη διαχείριση της γεωποικιλότητας και σε άλλες αρχές που σχετίζονται με μελέτες στη Γεω-διατήρηση, τον Γεω-τουρισμό, τη Γεω-εκπαίδευση ή/και την διαχείριση και τους δραστηριότητες των Παγκόσμιων Γεωπάρκων (Zouros, 2016).

UNESCO Global Geoparks

United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization | UNESCO Global Geoparks

What is a UNESCO Global Geopark?

UNESCO Global Geoparks are single, unified geographical areas where sites and landscapes of international geological significance are managed with a holistic concept of protection, education and sustainable development. A UNESCO Global Geopark uses its geological heritage, in connection with all other aspects of the area's natural and cultural heritage, to enhance awareness and understanding of the issues facing society, such as using our earth's resources sustainably, mitigating the effects of climate change and reducing natural disaster-related risks. By raising awareness of the importance of the earth's geological heritage to history and society today, UNESCO Global Geoparks also help create a sense of pride in their region and strengthen their identification with the area. The creation of innovative local enterprises, new jobs and high-quality tourism centres is encouraged as new sources of income are generated through geotourism, while the geological resources of the area are protected.

List of UNESCO Global Geoparks

Austria	36. Zwenberglis UNESCO Global Geopark	40. Chieson Viuzitica UNESCO Global Geopark	80. Apo UNESCO Global Geopark
1. Dnieper Transcarpathian UNESCO Global Geopark	37. Ningbo UNESCO Global Geopark	41. Wajin-Aoan UNESCO Global Geopark	81. Atoll Apo UNESCO Global Geopark
2. Dniepr UNESCO Global Geopark	38. Mount Jordan UNESCO Global Geopark	42. Sika UNESCO Global Geopark	Malaysia
3. One of the Alps UNESCO Global Geopark	39. Dufur UNESCO Global Geopark	43. Taklong-Babalan UNESCO Global Geopark	82. Langkawi UNESCO Global Geopark
Brazil	40. Zhongsheng Cave UNESCO Global Geopark	44. Kaitia UNESCO Global Geopark	Indonesia
4. Arraial UNESCO Global Geopark	41. Kakulachi UNESCO Global Geopark	45. Tegalwarung UNESCO Global Geopark	83. Batu UNESCO Global Geopark
5. São Thomás UNESCO Global Geopark	Canada	46. Gunung Geow UNESCO Global Geopark	84. Gunung Geow UNESCO Global Geopark
6. Tumbler Ridge UNESCO Global Geopark	Chad	47. Pajak UNESCO Global Geopark	85. Sember UNESCO Global Geopark
China	7. Darabastan UNESCO Global Geopark	48. Toudou UNESCO Global Geopark	India
8. Zhongli UNESCO Global Geopark	8. Zhongli UNESCO Global Geopark	49. Scheridan-Pendula UNESCO Global Geopark	86. Seshin UNESCO Global Geopark
9. Yutongshan UNESCO Global Geopark	9. Wudabao UNESCO Global Geopark	50. Copper Coast UNESCO Global Geopark	87. Bumer & Gifts of Nature UNESCO Global Geopark
10. Wudabao UNESCO Global Geopark	10. Songshan UNESCO Global Geopark	51. Dniepr UNESCO Global Geopark	Iran
11. Songshan UNESCO Global Geopark	11. Songshan UNESCO Global Geopark	52. Bumer & Gifts of Nature UNESCO Global Geopark	88. Mahabul UNESCO Global Geopark
12. Dniepr UNESCO Global Geopark	12. Dniepr UNESCO Global Geopark	53. Salska UNESCO Global Geopark	Italy
13. Hangzhou UNESCO Global Geopark	13. Luotian UNESCO Global Geopark	54. Salska UNESCO Global Geopark	89. Madonna UNESCO Global Geopark
14. Luotian UNESCO Global Geopark	14. Luotian UNESCO Global Geopark	55. Pajak UNESCO Global Geopark	90. Salska UNESCO Global Geopark
15. Wuyang UNESCO Global Geopark	15. Wuyang UNESCO Global Geopark	56. Salska UNESCO Global Geopark	91. Salska UNESCO Global Geopark
16. Wuyang UNESCO Global Geopark	16. Wuyang UNESCO Global Geopark	57. Salska UNESCO Global Geopark	92. Salska UNESCO Global Geopark
17. Ningbo UNESCO Global Geopark	17. Ningbo UNESCO Global Geopark	58. Salska UNESCO Global Geopark	93. Salska UNESCO Global Geopark
18. Ningbo UNESCO Global Geopark	18. Ningbo UNESCO Global Geopark	59. Salska UNESCO Global Geopark	94. Salska UNESCO Global Geopark
19. Ningbo UNESCO Global Geopark	19. Ningbo UNESCO Global Geopark	60. Salska UNESCO Global Geopark	95. Salska UNESCO Global Geopark
20. Ningbo UNESCO Global Geopark	20. Ningbo UNESCO Global Geopark	61. Salska UNESCO Global Geopark	96. Salska UNESCO Global Geopark
21. Ningbo UNESCO Global Geopark	21. Ningbo UNESCO Global Geopark	62. Salska UNESCO Global Geopark	97. Salska UNESCO Global Geopark
22. Ningbo UNESCO Global Geopark	22. Ningbo UNESCO Global Geopark	63. Salska UNESCO Global Geopark	98. Salska UNESCO Global Geopark
23. Ningbo UNESCO Global Geopark	23. Ningbo UNESCO Global Geopark	64. Salska UNESCO Global Geopark	99. Salska UNESCO Global Geopark
24. Ningbo UNESCO Global Geopark	24. Ningbo UNESCO Global Geopark	65. Salska UNESCO Global Geopark	100. Salska UNESCO Global Geopark
25. Ningbo UNESCO Global Geopark	25. Ningbo UNESCO Global Geopark	66. Salska UNESCO Global Geopark	101. Salska UNESCO Global Geopark
26. Ningbo UNESCO Global Geopark	26. Ningbo UNESCO Global Geopark	67. Salska UNESCO Global Geopark	102. Salska UNESCO Global Geopark
27. Ningbo UNESCO Global Geopark	27. Ningbo UNESCO Global Geopark	68. Salska UNESCO Global Geopark	103. Salska UNESCO Global Geopark
28. Ningbo UNESCO Global Geopark	28. Ningbo UNESCO Global Geopark	69. Salska UNESCO Global Geopark	104. Salska UNESCO Global Geopark
29. Ningbo UNESCO Global Geopark	29. Ningbo UNESCO Global Geopark	70. Salska UNESCO Global Geopark	105. Salska UNESCO Global Geopark
30. Ningbo UNESCO Global Geopark	30. Ningbo UNESCO Global Geopark	71. Salska UNESCO Global Geopark	106. Salska UNESCO Global Geopark
31. Ningbo UNESCO Global Geopark	31. Ningbo UNESCO Global Geopark	72. Salska UNESCO Global Geopark	107. Salska UNESCO Global Geopark
32. Ningbo UNESCO Global Geopark	32. Ningbo UNESCO Global Geopark	73. Salska UNESCO Global Geopark	108. Salska UNESCO Global Geopark
33. Ningbo UNESCO Global Geopark	33. Ningbo UNESCO Global Geopark	74. Salska UNESCO Global Geopark	109. Salska UNESCO Global Geopark
34. Ningbo UNESCO Global Geopark	34. Ningbo UNESCO Global Geopark	75. Salska UNESCO Global Geopark	110. Salska UNESCO Global Geopark
35. Ningbo UNESCO Global Geopark	35. Ningbo UNESCO Global Geopark	76. Salska UNESCO Global Geopark	111. Salska UNESCO Global Geopark
36. Ningbo UNESCO Global Geopark	36. Ningbo UNESCO Global Geopark	77. Salska UNESCO Global Geopark	112. Salska UNESCO Global Geopark
37. Ningbo UNESCO Global Geopark	37. Ningbo UNESCO Global Geopark	78. Salska UNESCO Global Geopark	113. Salska UNESCO Global Geopark
38. Ningbo UNESCO Global Geopark	38. Ningbo UNESCO Global Geopark	79. Salska UNESCO Global Geopark	114. Salska UNESCO Global Geopark
39. Ningbo UNESCO Global Geopark	39. Ningbo UNESCO Global Geopark	80. Salska UNESCO Global Geopark	115. Salska UNESCO Global Geopark
40. Ningbo UNESCO Global Geopark	40. Ningbo UNESCO Global Geopark	81. Salska UNESCO Global Geopark	116. Salska UNESCO Global Geopark
41. Ningbo UNESCO Global Geopark	41. Ningbo UNESCO Global Geopark	82. Salska UNESCO Global Geopark	117. Salska UNESCO Global Geopark

Global Geoparks Network
www.globalgeopark.org

Εικόνα 9: Παγκόσμιο Δίκτυο Γεωπάρκων (GGN), για το έτος 2017/18.

2.4 Τα Ελληνικά Γεωπάρκα

Τα Ελληνικά Γεωπάρκα αποτελούνται από το Γεωπάρκο Λέσβου, το Φυσικό Πάρκο Ψηλορείτη, το Γεωπάρκο Χελμού Βουραϊκού, το Γεωπάρκο Βίκου-Αώου και το Φυσικό Πάρκο Σητείας. Παρακάτω αναφέρονται τα Γεωπάρκα αναλυτικότερα.

Το Γεωπάρκο του Απολιθωμένου Δάσους της Λέσβου είναι ένα από τα ιδρυτικά μέλη του Δικτύου των Ευρωπαϊκών Γεωπάρκων που δημιουργήθηκε το 2000 και περιλαμβάνει την έκταση του Απολιθωμένου Δάσους (150.000 στρέμματα), το οποίο έχει κηρυχθεί με Προεδρικό Διάταγμα ως Διατηρητέο Μνημείο της Φύσης (Π.Δ. 443/1985). Επίσης, περιλαμβάνεται και στον κατάλογο των περιοχών ΦΥΣΗ 2000 (NATURA 2000) με την ονομασία «Απολιθωμένο Δάσος – Δυτική Χερσόνησος Λέσβου». Ταυτόχρονα και λόγω της ιδιαίτερης σημασίας των ειδών των πουλιών που εμφανίζονται στην περιοχή, περιλαμβάνεται και στον κατάλογο των Σημαντικών Περιοχών για τα Πουλιά της Ελλάδας (Σ.Π.Π.Ε.). Το 2004 εντάσσεται στο Παγκόσμιο Δίκτυο Γεωπάρκων και το 2012 επεκτείνεται σε ολόκληρο το νησί, όπου δημιουργείται το Γεωπάρκο Λέσβου.

Το Γεωπάρκο Λέσβου διαθέτει μεγάλη γεωποικιλότητα. Αυτό οφείλεται στις ποικίλες γεωμορφές που απαντώνται στο νησί, όπου μερικές από τις κατηγορίες τους είναι οι ηφαιστειακές δομές, οι τεκτονικές δομές, οι γεωμορφολογικές δομές, αλλά και θερμές πηγές, καταρράκτες, λατομεία κ.α..

Εκτός από τα παραπάνω, η Λέσβος είναι γνωστή για τη μεγάλη οικολογική της αξία, αλλά και για την πολιτιστική της κληρονομιά. Αυτό συμπεραίνεται από τις διάφορες προστατευόμενες περιοχές που είναι ενταγμένες στο δίκτυο ΦΥΣΗ 2000 (NATURA 2000) και από τον μεγάλο σε αριθμό αρχαιολογικών μνημείων, κάστρων, μοναστηριών αλλά και παραδοσιακών οικισμών.



Εικόνα 10: Χαρακτηριστική εμφάνιση ιστάμενου απολιθωμένου κορμού, στο πάρκο του Απολιθωμένου Δάσους της Λέσβου (πηγή: <http://www.lesvosgeopark.gr/γεωπάρκο-λέσβου/>).

Το Φυσικό Πάρκο Ψηλορείτη ιδρύθηκε το 2001 από την εταιρία Α.Κ.Ο.Μ.Μ. – Ψηλορείτης Αναπτυξιακή Α.Ε. Ο.Τ.Α. με την επιστημονική υποστήριξη του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας του Πανεπιστημίου Κρήτης. Το Φυσικό Πάρκο του Ψηλορείτη είναι ενταγμένο στο Δίκτυο των Ευρωπαϊκών Γεωπάρκων από το 2001, όπου λίγο αργότερα εντάχθηκε και στο Παγκόσμιο Δίκτυο Γεωπάρκων της UNESCO.

Το Φυσικό Πάρκο Ψηλορείτη σε συνεργασία με τους Δήμους του Πάρκου και άλλους αρμόδιους φορείς έχει αναπτύξει την κατάλληλη υποδομή για να παρέχει τόσο στους φιλοξενούμενούς του όσο και στους μόνιμους κατοίκους του μία ποιοτική ζωή σε ένα πρότυπο μη αστικό περιβάλλον.

Τα μνημεία της γης και οι γεώτοποι του Ψηλορείτη είναι διάσπαρτοι σε όλη την έκτασή του. Περιλαμβάνουν μοναδικούς σχηματισμούς πετρωμάτων, θέσεις απολιθωμάτων, εντυπωσιακές μορφές του αναγλύφου, σπήλαια και άλλες καρστικές μορφές, πτυχώσεις και ρήγματα των πετρωμάτων, ιδιαίτερα σημαντικές για το φυσικό περιβάλλον εμφανίσεις νερού, στοιχεία αλληλεπίδρασης του ανθρώπου με την πέτρα και το ανάγλυφο, που όλα μαζί συνθέτουν την ιστορία της Γης και του ανθρώπου στον Ψηλορείτη.

Σήμερα το Φυσικό Πάρκο Ψηλορείτη συμμετέχει ενεργά στις παγκόσμιες προσπάθειες για την προστασία και ανάδειξη του περιβάλλοντος, της φυσικής και της πολιτιστικής κληρονομιάς, καθώς και της βιώσιμης, τοπικής ανάπτυξης μέσω του γεωτουρισμού και άλλων μορφών εναλλακτικών τουρισμού. (<http://www.hellenicgeoparks.gr/>)



Εικόνα 11: Μονοπάτι στο Γεωπάρκο του Ψηλορείτη (πηγή: http://www.hellenicgeoparks.gr/?page_id=591).

Το Γεωπάρκο του Χελμού Βουραϊκού βρίσκεται στην βόρεια Πελοπόννησο και έχει έκταση 5.654 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Ο φορέας διαχείρισης Χελμού-Βουραϊκού αποτελεί τον φορέα λειτουργίας του Εθνικού Πάρκου Χελμού-Βουραϊκού, καθώς και του Γεωπάρκου με έδρα τα Καλάβρυτα Αχαΐας και εποπτεύεται από το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής. Εντάχθηκε στο Ευρωπαϊκό και Παγκόσμιο Δίκτυο Γεωπάρκων τον Οκτώβριο του 2009.

Οι σημαντικότεροι Γεώτοποι είναι:

- Το απότομο και επιβλητικό Φαράγγι του Βουραϊκού ποταμού με τον Οδοντωτό σιδηρόδρομο να το διασχίζει φτάνοντας από το Διακοπτό πλησίον της Εθνικής οδού Πατρών Αθηνών στα Καλάβρυτα μετά από 22 χιλ. Δίπλα από τις γραμμές του τρένου υπάρχει το Ευρωπαϊκό Μονοπάτι E4 που χρησιμοποιείται από πεζοπόρους Έλληνες και ξένους πεζοπόρους. Η διαδρομή για το κατέβασμα απαιτεί περίπου 6 ώρες και για το ανέβασμα περίπου 7 – 8 ώρες. Στα κάθετα τοιχώματα του φαραγγιού σαν τεράστιες οθόνες προβάλλουν την γεωλογική εξέλιξη του, με τα κροκαλοπαγή, τους λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθους ενώ σαν πινελιές ενός πανύψηλου ζωγράφου θαυμάζουμε τα ρήγματα και τις πτυχές των πετρωμάτων. Φυσικά από αυτό το σκηνικό δεν λείπουν σπάνια φυτά όπως η καμπανούλα των βράχων *Campanula versicolor*, το τοπικό ενδημικό *Achillea unbelata* ssp *monoccephala*, η *Asperula arcadiensis*, κ.α. Στη διαδρομή του φαραγγιού συναντάμε και την Ιερά Μονή του Μεγάλου Σπηλαίου χτισμένη σε ένα εντυπωσιακό τοπίο κροκαλοπαγών στην είσοδο μιας φυσικής σπηλιάς.
- Το Σπήλαιο των Λιμνών στα Καστριά με τις 13 καταπληκτικές υπόγειες λίμνες του, 17 χιλ από τα Καλάβρυτα και 9 χλμ από την Κλειτορία δείχνει στον τυχερό του επισκέπτη την αργή και δημιουργική δράση του νερού στο πέρασμα των αιώνων με τους θαυμάσιους και τεράστιους σταλακτίτες και σταλαγμίτες.
- Οι δροσερές Πηγές του Αροάνιου (Πλανητέρου) 7 χλμ. από την Κλειτορία και του Λάδωνα ποταμού αποκαλύπτουν την έξοδο του υπόγειου νερού από τους ασβεστόλιθους, και το ταξίδι του ανάμεσα σε ένα πανέμορφο πλατανόδασος, ενώ εκεί κοντά ένας νερόμυλος με την δύναμη του νερού μεταμορφώνει το σταρι σε αλεύρι και ταυτόχρονα συνεχίζει την παράδοση του αρχαιότερου πλυντηρίου ρούχων. Οχι πολύ μακριά υπάρχει και η ιστορική Χελωνοσπηλιά μία από τις «πηγές» από όπου ξεκίνησε το ποτάμι της επανάστασης του 1821.
- οι πανέμορφες ορεινές λίμνες Τσιβλού 35χλμ από Ακράτα και Δόξας ενώ αναμεσά τους στις πλαγιές του Χελμού, στα 1200 μέτρα βρίσκεται η Ζαρούχλα, ένα γραφικό χωριουδάκι. Στην περιοχή θα συναντήσουμε τα παλαιότερα πετρώματα του γεωπάρκου (περ. 200 εκ χρόνων) ηφαιστειακά και μεταμορφωμένα. Μπορούμε να ακολουθήσουμε και το μονοπάτι που μας βγάζει στα μυθικά ύδατα Στυγός μια πηγή σε υψόμετρο 2100 μ. στην νεραιδόραχη του όρους Χελμού που φιλοξενεί βέβαια το

Χιονοδρομικό Κέντρο Καλαβρύτων, το τηλεσκόπιο Αρίσταρχος και την άνοιξη σπάνιες πεταλούδες. (<http://www.hellenicgeoparks.gr/>)



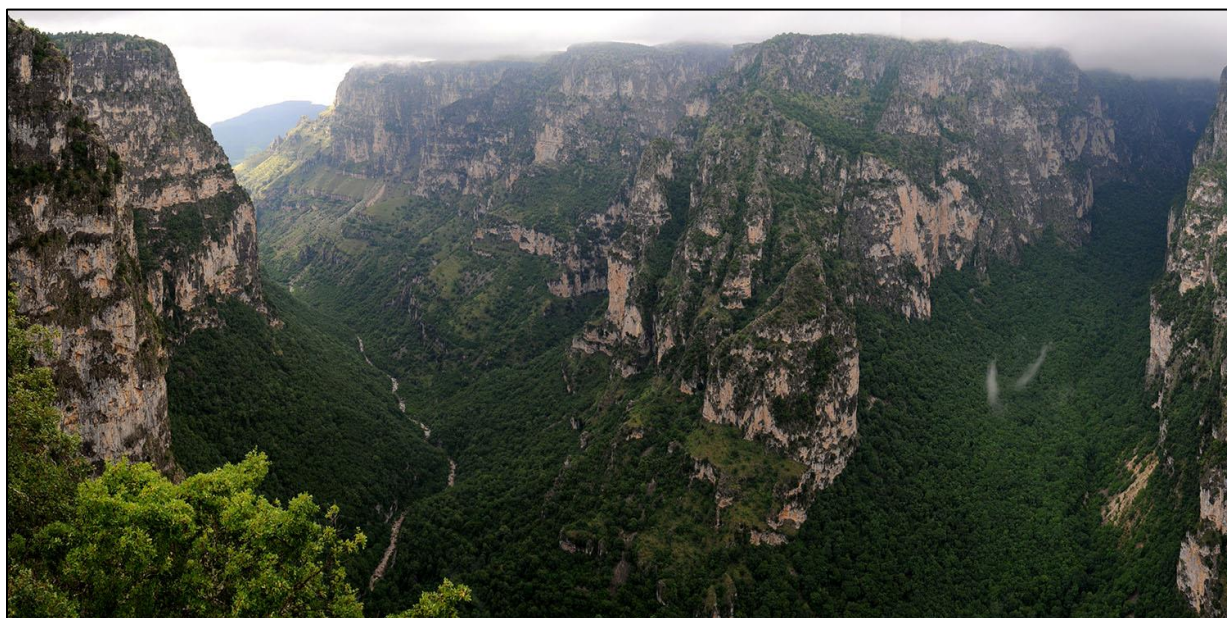
Εικόνα 12: Φαράγγι του Βουραϊκού (πηγή: http://www.hellenicgeoparks.gr/?page_id=591).

Το Εθνικό Πάρκο Βίκου-Αώου βρίσκεται στο Ν. Ιωαννίνων ανάμεσα στους ορεινούς όγκους της Τραπεζίτσας, του Σμόλικα, της Τύμφης και του Μιτσικελίου και ιδρύθηκε το 1973 (Π.Δ. 213/20.08.1973). (Σφήκας 2002). Η έκταση του πάρκου φτάνει τα 13.000 εκτάρια, από τα οποία τα 3.400 (34.000 στρέμματα) αποτελούν τον πυρήνα και τα 9.600 εκτάρια (96.000 στρέμματα, κατά τον Σφήκα 122.250 στρ.) την περιφερειακή ζώνη. (Νομαρχιακή Αυτοδιοίκηση Ιωαννίνων, 2007). Το πάρκο είναι αλλιώς γνωστό και με την ονομασία «Ο Δρυμός των μεγάλων κορυφών». Βόρειο όριο του Δρυμού είναι η χαράδρα του Αώου και το νότιο όριο το φαράγγι του Βίκου. Μέσα στον Δρυμό βρίσκονται 4 οικισμοί.

Το φαράγγι του Βίκου το οποίο δημιουργήθηκε από τις έντονες γεωλογικές ανακατατάξεις, θεωρείται από τα μεγαλύτερα και πιο εντυπωσιακά ασβεστολιθικά φαράγγια της Ευρώπης. Έχει μήκος 12 χλμ., πλάτος που κυμαίνεται μεταξύ 200μ. και 1.5 χλμ. Και μέγιστο βάθος 1200μ..

Η χαράδρα του Βίκου είναι μια από τις μεγαλύτερες και βαθύτερες του κόσμου. Είναι ιδιαίτερα εντυπωσιακή, με κάθετους γεωλογικούς σχηματισμούς, εναλλαγή οικοσυστημάτων, πλούσια βιοπικιοιλότητα και αποτελεί ένα από τα λίγα εναπομείναντα καταφύγια άγριας ζωής στην Ευρώπη. Έχει καταχωρηθεί στο βιβλίο Guinness ως η πιο βαθιά, με βάθος 900 μέτρα και άνοιγμα μόνο 1100 μέτρα. Η αρχή της βρίσκεται κοντά στο χωριό Τσεπέλοβο και το τέλος της πίσω από το χωριό Βίκος, στη γέφυρα της Αρίστης. Το αρχικό τμήμα της, ένα φαράγγι ιδιαίτερα στενό, ονομάζεται Βικάκι, ενώ παρακλάδια της θεωρούνται τα φαράγγια του Μέγα – Λάκκου και της Μεζαριάς.

Τη χαράδρα διαρρέει ο ποταμός Βοϊδομάτης (παραπόταμος του Αώου, στην περιοχή λέγεται και Βίκος και δίνει το όνομά του στη χαράδρα), που έχει νερό μόνο εποχιακά. Το φαράγγι είναι υδατογενές δημιούργημα και το πέτρωμά του είναι ασβεστολιθικό, με εντυπωσιακούς τεταρτογενείς σχηματισμούς και στρώσεις φλύσχη. (<http://www.hellenicgeoparks.gr/>)



Εικόνα 13: Πανοραμική άποψη του φαραγγιού (πηγή: http://www.hellenicgeoparks.gr/wp-content/uploads/2017/01/Χαράδρα-Βίκου_s.jpg).

Το Γεωπάρκο Σητείας περιλαμβάνει το υψίπεδο και την ανατολική ακτογραμμή της πρώην Επαρχίας Σητείας που, παρότι άγνωστη στον πολύ κόσμο, διαθέτει μοναδικό γεωφυσικό πλούτο: σπήλαια, φαράγγια, σπάνια πετρώματα και απολιθώματα.

Η ανατολική Κρήτη και ιδίως η περιοχή της Σητείας είναι μια από τις πιο σημαντικές και ιδιαίτερες περιβαλλοντικά περιοχές της Κρήτης.

Η γεωγραφική της θέση στο ανατολικό άκρο του νησιού που επέτρεψε την ανταλλαγή ειδών από τη Μικρά Ασία, σε συνδυασμό με το έντονα ξηροθερμικό κλίμα που επικρατεί στην περιοχή, δημιούργησε ένα μωσαϊκό οικοτόπων και οικοσυστημάτων, μερικά από τα οποία, όπως το φοινικόδασος του Βάι, είναι μοναδικά για την περιοχή της Μεσογείου.

Το Φυσικό Πάρκο Σητείας χαρακτηρίζεται από πολύ πλούσια γεωκληρονομιά η οποία περιλαμβάνει εντυπωσιακά πετρώματα από τις βασικότερες αλπικές τεκτονικές ενότητες, ιδιαίτερους σχηματισμούς και γεωμορφές στις μεταλπικές ενότητες, χαρακτηριστικές τεκτονικές και μικροτεκτονικές δομές, καθώς και πλούτο απολιθωμάτων.

Εντός του Πάρκου έχουν αποτυπωθεί πάνω από 100 γεώτοποι, δηλαδή τοποθεσίες ιδιαίτερα και χαρακτηριστικά μνημεία της γεωκληρονομιάς, όπως ξεχωριστές εμφανίσεις πετρωμάτων και θέσεις πλούσιες σε απολιθώματα. (<http://www.hellenicgeoparks.gr/>)



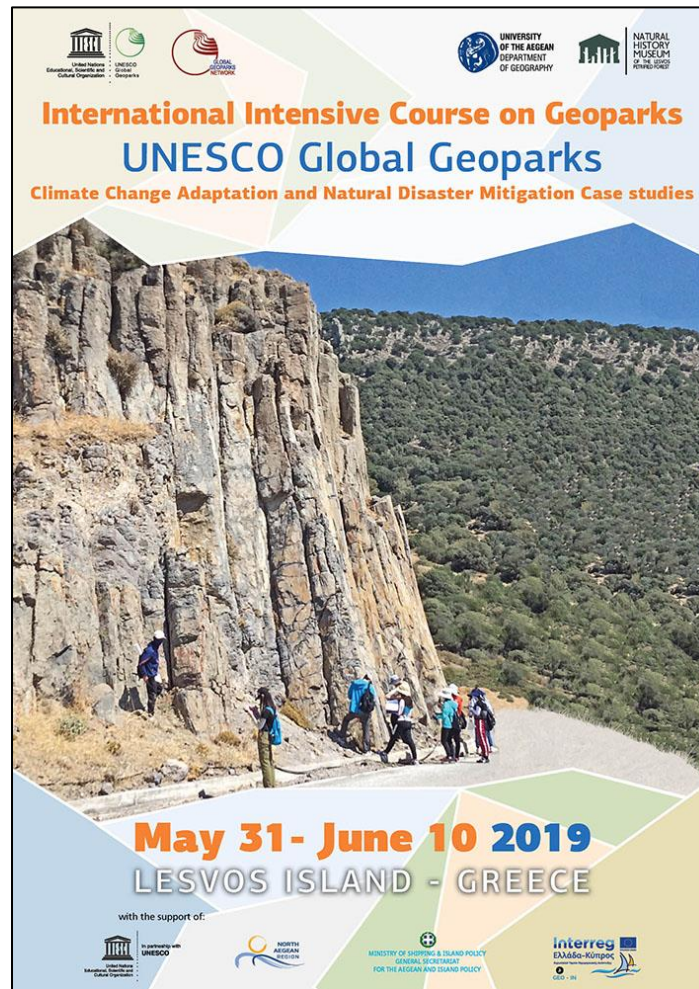
Εικόνα 14: Αναρριχητικά πεδία Κάτω Ζάκρου στο Γεωπάρκο Σητείας (πηγή: http://www.hellenicgeoparks.gr/wp-content/uploads/2017/01/αναρριχητικά-πεδία-Κατω-Ζάκρου_s.jpg).

2.5 Τα Γεωπάρκα ως Εργαλείο Αντιμετώπισης Φυσικών Κινδύνων

Τα Γεωπάρκα είναι περιοχές με καλά καθορισμένα όρια και μια αρκετά μεγάλη περιοχή που περιλαμβάνει έναν αριθμό, διεθνούς σημασίας, γεωλογικής κληρονομιάς, σε οποιαδήποτε κλίμακα, ή ένα μωσαϊκό γεωλογικών οντοτήτων, ειδικής επιστημονικής σημασίας, σπανιότητας ή ομορφιάς (Zouros et al., 2011).

Τα Γεωπάρκα αποτελούν ένα πολύ καλό και χρήσιμο εργαλείο για την αντιμετώπιση των φυσικών κινδύνων. Αυτό συμβαίνει καθώς ένα Γεωπάρκο περιέχει όλους του γεώτοπους μια περιοχής και μέσα από την βάση δεδομένων του μπορεί να τους διαχειριστεί. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την ευκολότερη και καλύτερη διαχείρισή τους, με σκοπό την εκμετάλλευση μερικών αντιπροσωπευτικών γεώτοπων, για την δημιουργία δράσεων ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης του κοινού.

Πολλοί από τους γεώτοπους που εντάσσονται σε ένα ενιαίο σύνολο, το Γεωπάρκο, συνδέονται με κάποιο φυσικό κίνδυνο. Έτσι λοιπόν, οι δράσεις ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης του κοινού για έναν φυσικό κίνδυνο, μπορούν να οργανώνονται στις ανάλογες θέσεις, έτσι ώστε να υπάρχει το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα, όπως για παράδειγμα ενημέρωση και εκπαίδευση για τον σεισμικό κίνδυνο στην περιοχή ενός ρήγματος.



Εικόνα 15: Διεθνές σχολείο στο Γεωπάρκο Λέσβου, με κύριο θέμα την αντιμετώπιση των φυσικών κινδύνων

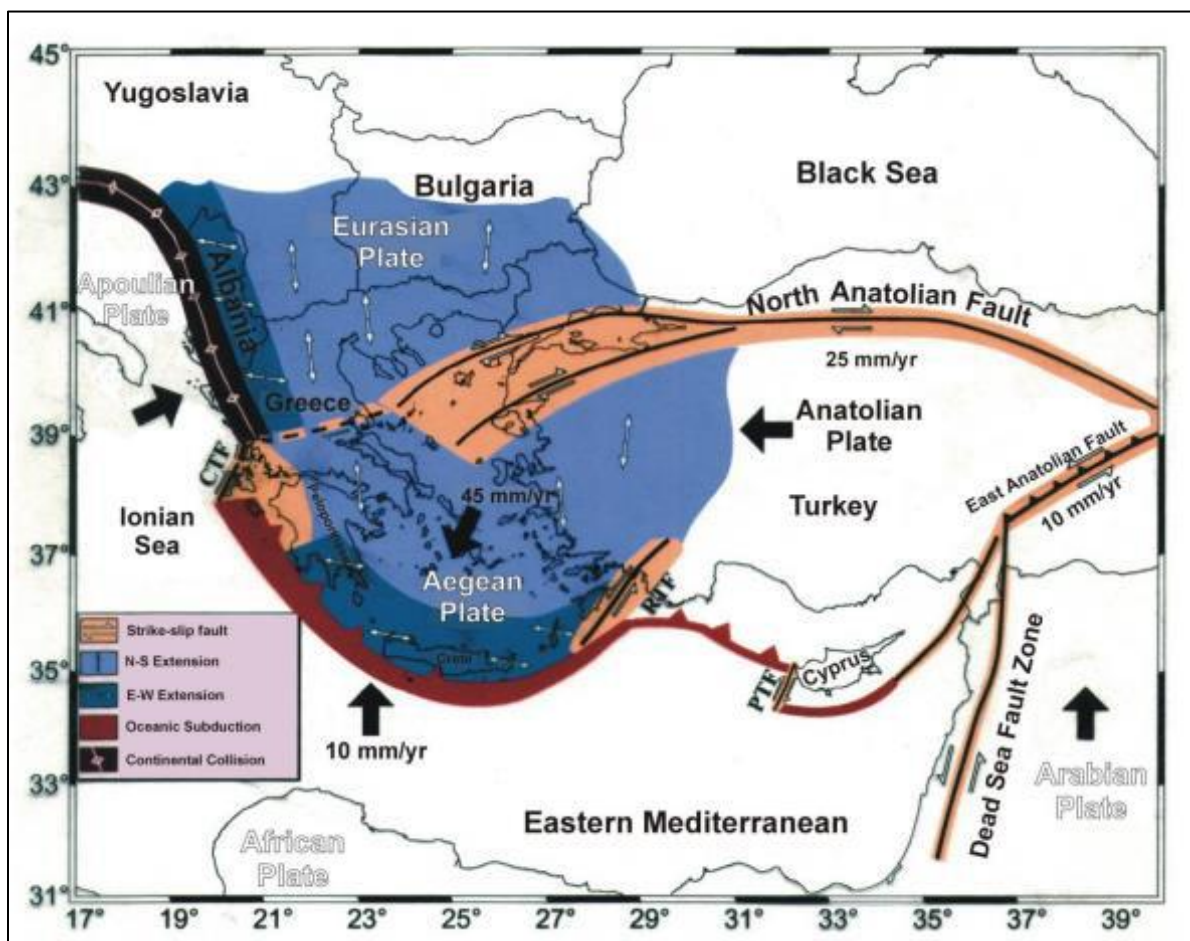
Ένα παράδειγμα τέτοιας εφαρμογής αποτελεί το Γεωπάρκο Λέσβου. Οι εκπαιδευτικές δράσεις αντιπροσωπεύουν τη λειτουργία του πυρήνα του Γεωπάρκου. Προγράμματα περιβαλλοντικής εκπαίδευσης οργανώνονται για μαθητές από το δημοτικό, μέχρι και το λύκειο, όπου οι μαθητές καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων που στοχεύουν στην αύξηση της ευαισθητοποίησης των κατοίκων της περιοχής, μέσω της εκλαΐκευσης την επιστημονικής γνώσης σε διάφορα θέματα όπως η κατανόηση φυσικών διεργασιών, γεωμορφών και τοπίων, καθώς και τη σημασία της προστασίας και διατήρησης της κληρονομιάς της Γης, αλλά και την κατανόηση των φυσικών κινδύνων. Ακόμα, παρόμοιες δράσεις γίνονται με συνεργαζόμενα Πανεπιστήμια τόσο από την Ελλάδα όσο και από το εξωτερικό.

3. Τεκτονικοί Γεώτοποι

3.1 Το Γεωτεκτονικό Καθεστώς της Ελλάδας

Η ερμηνεία του γεωτεκτονικού καθεστώτος που επικρατεί σε μια περιοχή, είναι πολύ σημαντική για την κατανόηση των κινήσεων των κύριων λιθοσφαιρικών πλακών, καθώς και των μικροπλακών που εντάσσονται και συμπληρώνουν το «παζλ» με τις υπάρχουσες κινήσεις αλλά και με τις τάσεις οι οποίες επηρεάζονται και καθορίζονται από αυτές.

Το γεωτεκτονικό καθεστώς της Ανατολικής Μεσογείου ορίζεται αρχικά από την κίνηση της Αφρικανικής πλάκας προς Βορρά, δημιουργώντας έτσι την καταβύθισή της κάτω από την Ευρασιατική, λόγω της μεγαλύτερης πυκνότητάς της. Πιο συγκεκριμένα, η βύθιση αυτή λαμβάνει χώρα στο Αιγαίο δημιουργώντας την Ελληνική τάφρο, καθώς και το Ελληνικό σεισμικό και ηφαιστειακό τόξο, αλλά και χιτίζοντας τα θεμέλια των Μεσογειακών Όρων, τα οποία θα αποτελέσουν το αποτέλεσμα της συγκλητικής κίνησης των δύο πλακών.

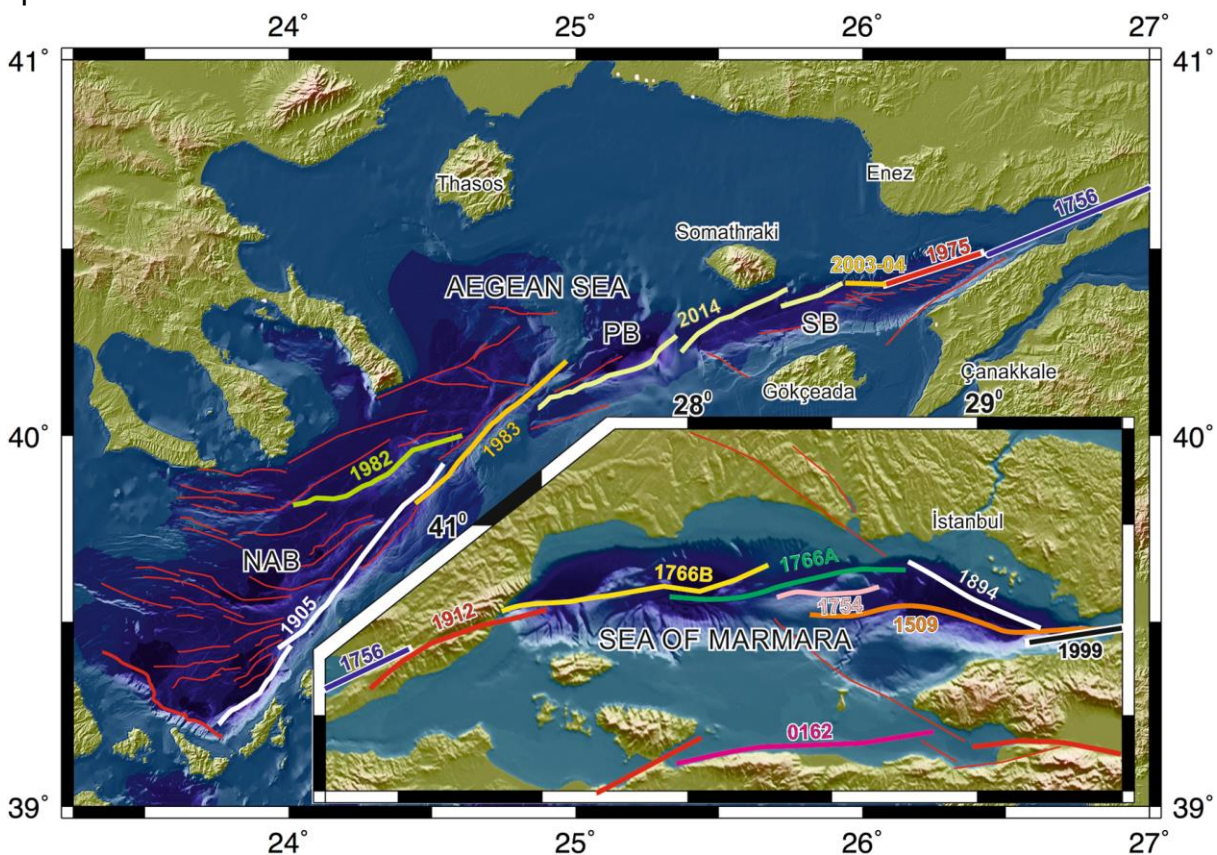


Εικόνα 16: Χάρτης ενεργού γεωδυναμικής της Ανατολικής Μεσογείου (Παπαζάχος & Παπαζάχου 2003).

Ανατολικότερα τώρα, η Αραβική πλάκα πραγματοποιεί παρόμοια κίνηση προς Βορρά, την οποία την επιτρέπει το οριζόντιο μετατόπισης ρήγμα της Νεκράς Θάλασσας. Κατά την κίνηση αυτή, η λιθοσφαιρική πλάκα της Αραβίας τείνει να σπρώχνει βόρεια την πλάκα της Ανατολίας. Στο βόρειο τμήμα όμως της πλάκας αυτής βρίσκεται ο ορεινός όγκος του Καυκάσου ο οποίος δεν μπορεί να μετακινηθεί. Έτσι η συνολική πίεση που συσσωρεύεται εκεί και δημιουργεί ρήγματα, όπως το ρήγμα της Βόρειας Ανατολίας και το ρήγμα της Ανατολικής Ανατολίας. Μέσα από το ρήγμα της Βόρειας Ανατολίας λοιπόν επιτρέπεται η κίνηση της πλάκας της Ανατολίας προς το Αιγαίο με ρυθμό ολίσθησης περίπου 2,5 εκατοστά το χρόνο.

Η κίνηση αυτή της πλάκας της Ανατολίας συμπιέζει την μικροπλάκα του Αιγαίου και σε συνδυασμό με τις συμπιεστικές δυνάμεις που ασκούνται από την κίνηση της μικροπλάκας της Απουλίας, αναγκάζουν την Νοτιοδυτική κίνηση της μικροπλάκας του Αιγαίου. Λόγω της κίνησης αυτής οι τάσεις που δημιουργούνται στο μεγαλύτερο χώρο του Αιγαίου είναι εφελκυστικές, δημιουργώντας κανονικά ρήγματα με διεύθυνση Ανατολής – Δύσης (Παπαζάχος, 2002).

Ένα από τα δύο σημαντικότερα ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης στον κόσμο είναι το ρήγμα της Βόρειας Ανατολίας. Πρόκειται για ένα δεξιόστροφο ρήγμα με μήκος που ξεπερνάει τα 1000 χιλιόμετρα, ξεκινώντας από την Ανατολική Τουρκία, φτάνοντας μέχρι και το Βόρειο Αιγαίο, δημιουργώντας πολλές γεωμορφές όπως η τάφος του Βορείου Αιγαίου.



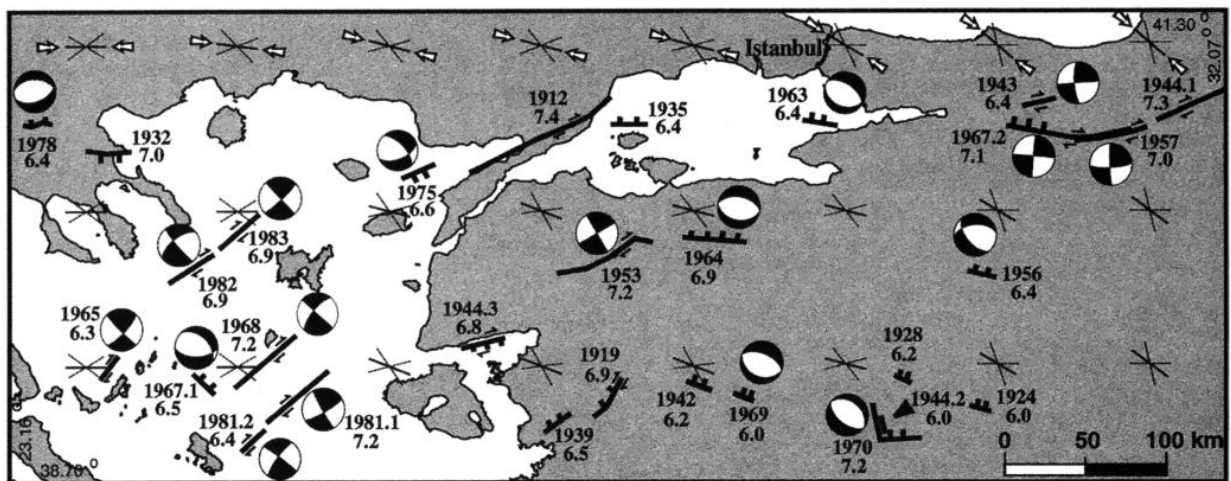
Εικόνα 17: Τμηματοποίηση (segmentation) και σεισμικά γεγονότα του ρήγματος της Βόρειας Ανατολίας (Bulut et al. 2018).

Το ρήγμα χωρίζεται κυρίως σε Βόρειο και Νότιο κλάδο. Ο Βόρειος κλάδος του ρήγματος περνάει από την θάλασσα του Μαρμαρά, από την χερσόνησο της Καλλιπόλης και τον κόλπο του Σάρου, καταλήγοντας και διαμορφώνοντας την τάφρο του Βορείου Αιγαίου. Ο νότιος κλάδος περνάει κάτω από τη θάλασσα του Μαρμαρά, διασχίζοντας την χερσόνησο Βίγα και καταλήγει στο Αιγαίο περνώντας πάνω από την νήσο Λέσβο.

Η κίνηση της λιθοσφαιρικής πλάκας της Ανατολίας προς τα Δυτικά και η συνεχής παραμόρφωση που υφίσταται η περιοχή, μέσω του ρήγματος της Βόρειας Ανατολίας, μπορεί να παρατηρηθεί μέσα από δίκτυα GPS (Global Positioning Systems) (Oral et al., 1995; Reilinger et al., 1997)

Το ρήγμα έχει δραστηριοποιηθεί αρκετές φορές στο πρόσφατο, κίβλας, παρελθόν δίνοντας σεισμούς μέχρι και της τάξης των M 7.9 (Παυλίδης, 2003). Όπως αναφέρεται (Παυλίδης, 2003) οι πιο ισχυροί και πολύνεκροι σεισμοί του 20^{ου} αιώνα είναι:

- 1939 με μέγεθος 7,9
- 1942 με μέγεθος 6,9
- 1943 με μέγεθος 7,6
- 1944 με μέγεθος 7,3
- 1957 με μέγεθος 6,8
- 1967 με μέγεθος 7,1
- 1999 με μέγεθος 7,4



Εικόνα 18: Μηχανισμοί γένεσης των σεισμών καθώς και πληροφορίες για το μέγεθος και τις χρονολογίες (Nalbant, 1998).

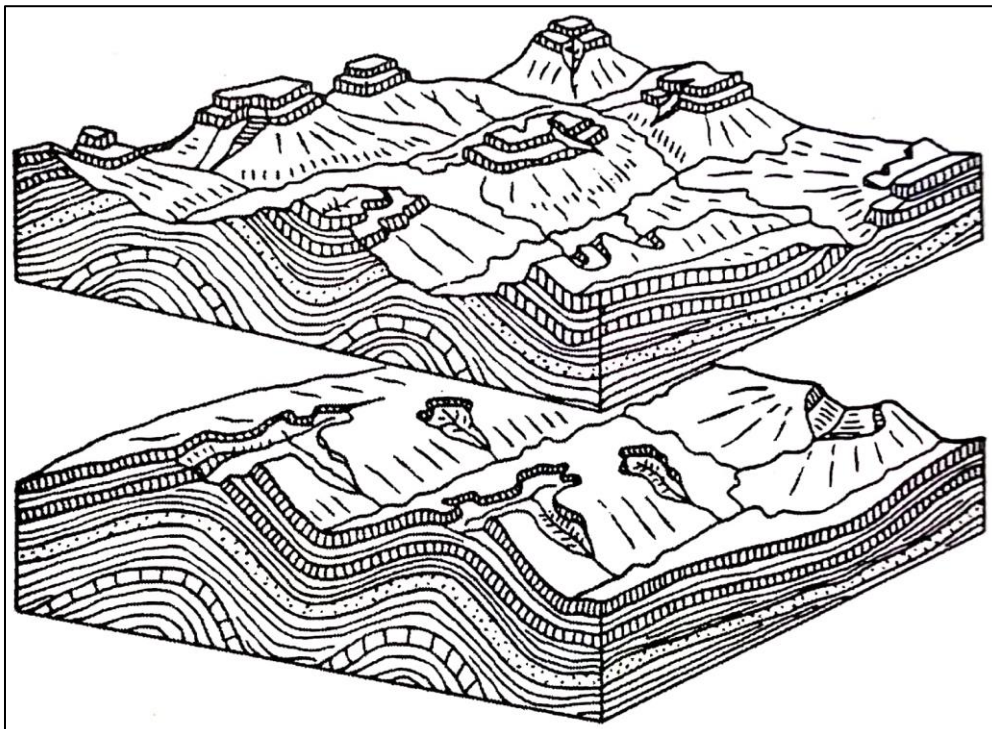
3.2 Τα Είδη των Τεκτονικών Γεώτοπων

Οι τεκτονικοί γεώτοποι είναι θέσεις όπου αποτυπώνονται δομές που χαρακτηρίζονται από την κινηματική και γεωτεκτονική εξέλιξη του φλοιού της Γης. Οι τεκτονικές δομές αυτές, φανερώνουν όλες τις εφελκυστικές, αλλά και τις συμπιεστικές δυνάμεις και τις τάσεις που ασκούνται στα πετρώματα μέσα από τις κινήσεις των λιθοσφαιρικών πλακών. Τέτοιες δομές όπως πτυχές, ρήγματα, τεκτονικά καλύμματα κ.α., θα αναλυθούν μεμονωμένα παρακάτω.

3.2.1 Πτυχές

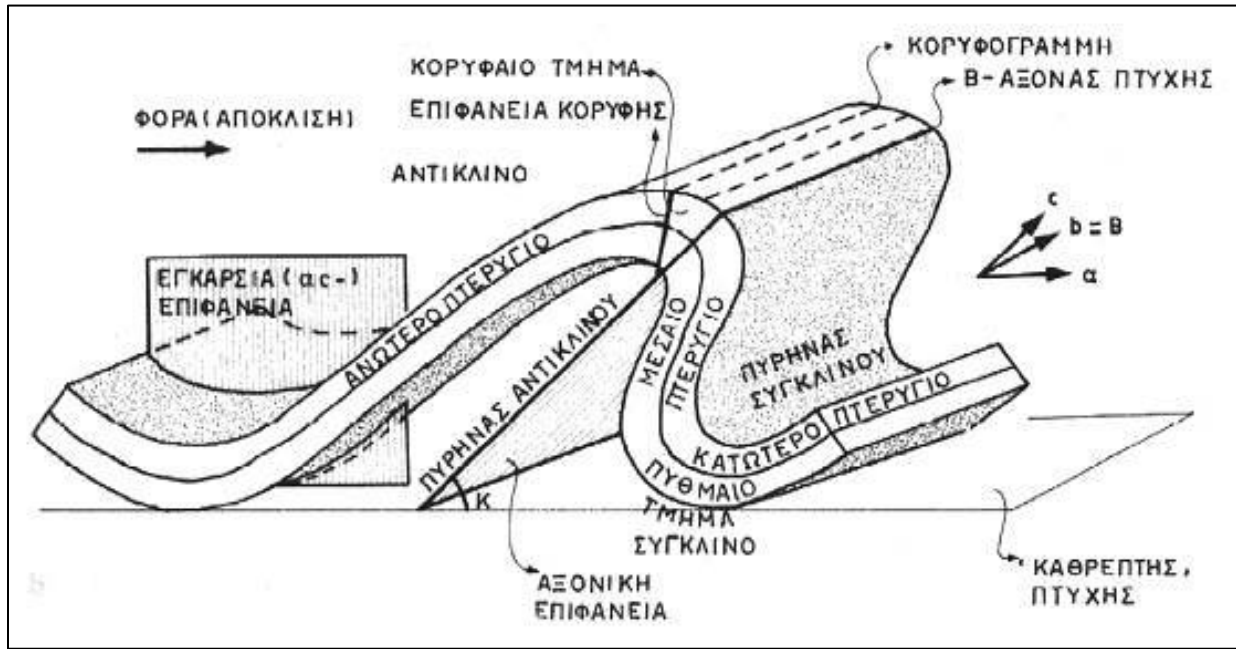
Οι πτυχές αποτελούν δομές όπου τα πετρώματα παρουσιάζουν κύρτωση/κάμψη, ως το αποτέλεσμα συμπιεστικών δυνάμεων, χωρίς όμως αυτά τα σπάσουν. Πρόκειται δηλαδή για πλαστική παραμόρφωση των πετρωμάτων, η οποία χαρακτηρίζεται ως μόνιμη ή μη αναστρέψιμη. Οι πτυχές μπορεί να παρατηρηθούν κάτω από ένα μικροσκόπιο, μπορεί όμως ακόμα, να εμφανιστούν και σε κλίμακα βουνού.

Τα κεκλιμένα στρώματα των πτυχώσεων των πετρωμάτων ονομάζονται αντίκλινα και σύγκλινα. Ο προσδιορισμός αυτός πολλές φορές είναι πολύ δύσκολος και γίνεται μέσω της χρονολόγησης των στρωμάτων, καθώς στον πυρήνα ενός αντίκλινου βρίσκονται τα παλαιότερα πετρώματα και αντίστοιχα, στον πυρήνα του σύγκλινου βρίσκονται τα νεότερα. Επίσης, μια ακραία περίπτωση της αντιστροφής του αναγλύφου παρουσιάζονται σύγκλινα, κάτω από μορφολογικές ανυψώσεις, και αντίκλινα κάτω από μορφολογικές ταπεινώσεις, το οποίο οφείλεται στην ανθεκτικότητα των σχηματισμών ως προς τη διάβρωση.



Εικόνα 19: Τρισδιάστατη απεικόνιση που δείχνει αντιστροφή του αναγλύφου (A) και συμφωνία αντικλινικής δομής και αναγλύφου (B) (από Mahatsek, 1968).

Ακόμα, οι πτυχές μπορεί να χαρακτηριστούν ανάλογα με την κλίση τους ως προς το οριζόντιο επίπεδο, ως συμμετρική, ασύμμετρη, ανεστραμμένη, κατακεκλιμένη και πτυχές λόγω επέκτασης ρήγματος. Το μεγαλύτερο ποσοστό της γεωλογικής δομής αυτής, δημιουργείται από συμπιεστικές δυνάμεις κατά την ορογένεση, καθώς λίγες είναι οι δομές όπου δημιουργούνται από εφελκυστικές τάσης.



Εικόνα 20: Στοιχεία πτυχής από Tollmann, 1973.

Οι πτυχές εμφανίζονται συνήθως κατά συστάδες και όχι μεμονωμένα σχηματίζοντας έτσι, διαδοχικά σύγκλινα και αντίκλινα. Ο βαθμός της πτύχωσης εξαρτάται πάρα πολύ από τα χαρακτηριστικά του εκάστοτε πετρώματος, όπως αυτά είναι το πάχος της στρώσης του σχηματισμού αλλά και το είδος του πετρώματος, και φυσικά το βάθος της πτύχωσης, καθώς είναι ανάλογο της θερμοκρασίας και της πίεσης που δέχεται ο σχηματισμός.

Τέτοια αντιπροσωπευτικά παραδείγματα ενός τέτοιου γεώτοπου αποτελούν, το εντυπωσιακό αντίκλινο στο Γεωπάρκο Haute Provence, στη Γαλλία και στον Ελληνικό χώρο, οι πτυχές του Βώσακου στο Γεωπάρκο του Ψηλορείτη, στην Κρήτη.



Εικόνα 21: Εμφάνιση αντίκλινου στο Γεωπάρκο Haute Provence, Γαλλία (πηγή: <https://www.geoparchauteprovence.com/unesco-geoparc-de-haute-provence/>).



Εικόνα 22: Εμφάνιση διαδοχικών σύγκλινων και αντίκλινων (πηγή: <https://psiloritisgeopark.files.wordpress.com/2019/07/geosite-3-3-1.jpg>).

3.2.2 Επωθήσεις – Εφιππεύσεις

Οι επωθήσεις και εφιππεύσεις είναι τεκτονικές δομές οι οποίες δημιουργούνται από ανάστροφα ρήγματα μικρών και μεγάλων κλίσεων, αντίστοιχα. Η επώθηση είναι ένα μη ευθύγραμμο ανάστροφο ρήγμα, πάνω στο οποίο επωθείται μια μάζα πετρωμάτων. Πιο συγκεκριμένα, οι επωθήσεις δημιουργούνται από ανάστροφα ρήγματα με κλίσεις μεγαλύτερες των 45 μοιρών ($>45^\circ$), ενώ οι εφιππεύσεις από, από τον ίδιο τύπο ρήγματος, αλλά με κλίση μικρότερη των 45 μοιρών ($<45^\circ$). Όταν οι δομές αυτές έχουν πολύ μικρές κλίσεις, δημιουργούνται πλευρικές μετακινήσεις πετρωμάτων από μια περιοχή σε μια άλλη. Αυτές οι τεκτονικές δομές συναντώνται σε σύγκλιση ή σύγκρουση λιθοσφαιρικών πλακών, όπου επικρατούν συμπιεστικές τάσεις στα πετρώματα.

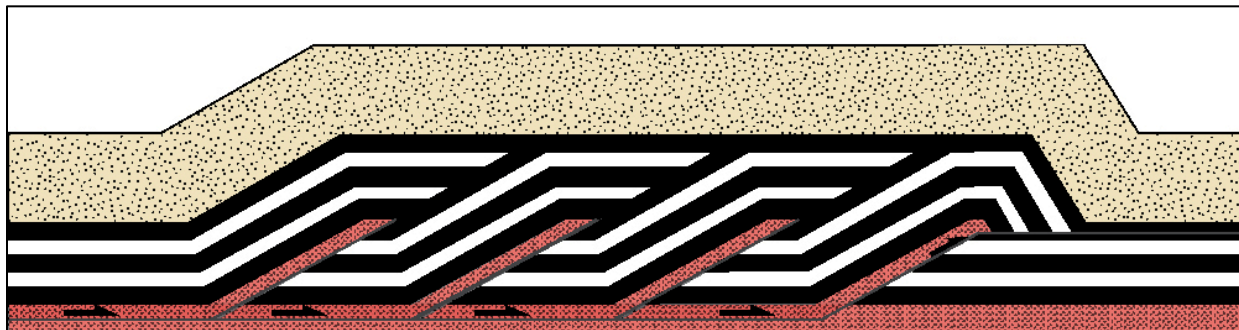


Εικόνα 23: Επωθητικό ρήγμα, με εμφανή πύχωση των πετρωμάτων από τις συμπιεστικές τάσεις επί του ρήγματος (πηγή: <https://folk.uib.no/nglthe/StructuralGeoBookEmodules.html>).

Οι εφιππεύσεις, συνήθως αποτελούν μικρότερες, σε μέγεθος, τεκτονικές δομές, σε σχέση πάντα με τις επωθήσεις. Η διαφορά τους εντοπίζεται στο μέγεθος, αλλά και στην απόσταση που μπορεί να ταξιδέψει ένα τεκτονικό κάλυμμα. Τα τεκτονικά καλύμματα, όπως και τα τεκτονικά παράθυρα, είναι τεκτονικές δομές που οφείλονται στις παραπάνω και θα αναλυθούν εκτενέστερα παρακάτω.

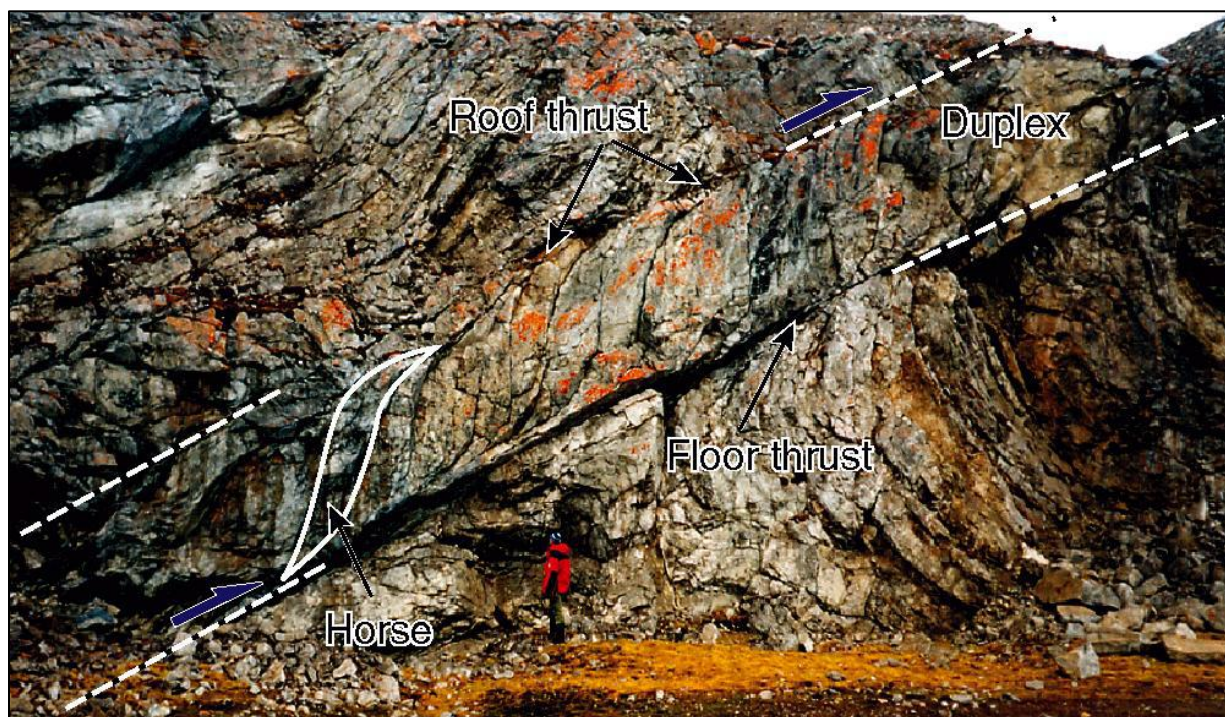
Οι επωθήσεις έχουν πολύ πολύπλοκη και χασοτική, πολλές φορές, γεωμετρία, κάτι που τις κάνει πολύ δύσκολες στην μελέτη τους. Αναλυτικότερα, όπως προαναφέρθηκε μια επώθηση δημιουργείται και κινείται πάνω σε ένα ανάστροφο ρήγμα. Το ρήγμα αυτό ονομάζεται ρήγμα βάσης. Τα πετρώματα που κινούνται πάνω σε αυτό το ρήγμα, όπως είναι προφανές, δέχονται πάρα πολύ μεγάλες πιέσεις, με αποτέλεσμα να δημιουργούν σπασίματα ή έντονη παραμόρφωση (ρηξιγενείς πτυχώσεις), ανάλογα πάντα με την φύση και τις ιδιότητες του εκάστοτε πετρώματος. Τα σπασίματα αυτά αποτελούν μια δέσμη

ανάστροφων ρηγμάτων με όμοιο προσανατολισμό που ονομάζονται ράμπες (ramps), καθώς το πέτρωμα δεν μπορεί να ολισθήσει με ευκολία πάνω στο υπερκείμενο πέτρωμα. Έτσι, πάνω σε αυτά τα ρήγματα δημιουργούνται αναδιπλώσεις των πετρωμάτων που ονομάζονται ίπποι (horses) και έχουν το χαρακτηριστικό σχήμα “S”.



Εικόνα 24: Δομή ράμπας και επιπέδων (πηγή: <https://folk.uib.no/nglhe/StructuralGeoBookEmodules.html>).

Αυτές οι αλληπάλληλες διαδικασίες δημιουργούν μια ζώνη λεπιώσεων, καθώς το ένα πέτρωμα “κάθεται” πάνω στο επόμενο, όπως ακριβώς τα λέπια των ψαριών. Ακόμα, πολλές φορές υπάρχει και ένα παράλληλο ρήγμα που ονομάζεται ρήγμα οροφής, σχηματίζοντας έτσι ένα τεκτονικό δίδυμο (duplex).

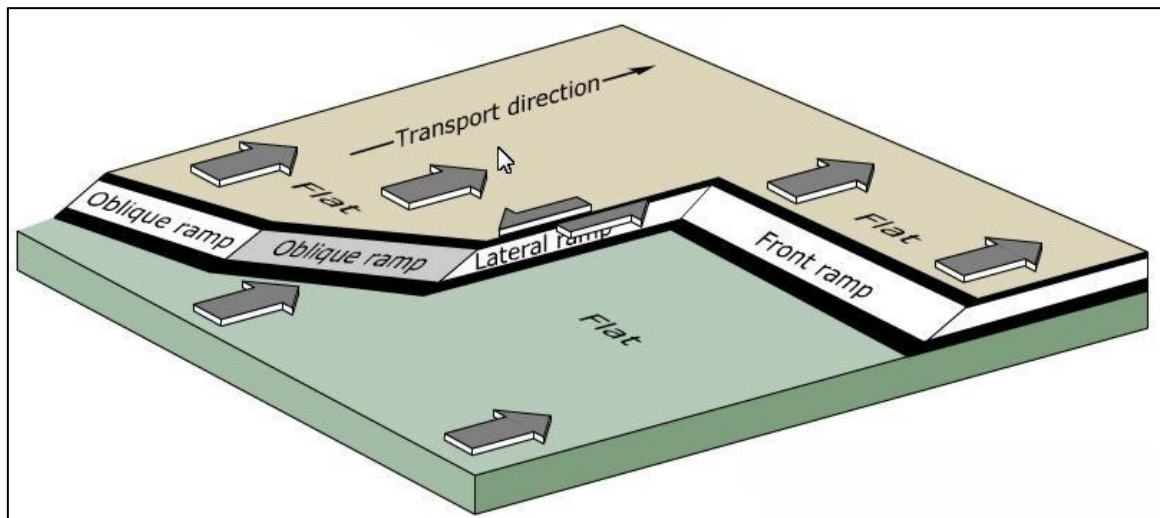


Εικόνα 25: Τεκτονικό δίδυμο και καθαρή εμφάνιση των τεκτονικών ίππων (πηγή: <https://folk.uib.no/nglhe/StructuralGeoBookEmodules.html>).

Πολλές φορές συναντάται η ανάπτυξη δομών οπισθοεπωθήσεων (back-thrust), τα οποία δημιουργούνται όταν η ράμπα έχει πολύ μεγάλες κλίσεις και λόγω της βαρύτητας, δημιουργούνται αυτά τα διαδοχικά σπασίματα στα πετρώματα.

Τέλος, η γεωμετρία της ράμπας είναι ένα ακόμα παράγοντας, όπως προαναφέρθηκε, που παίζει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη μίας επώθησης. Η γεωμετρία, λοιπόν, μιας ράμπας μπορεί να είναι:

- Μετωπικές ράμπες (frontal ramps), με διεύθυνση εγκάρσια στη φορά της κίνησης, δημιουργώντας ορθο-ανάστροφα ρήγματα.
- Πλάγιες ράμπες (oblique ramps), οι οποίες έχουν πλάγιο προσανατολισμό με τη φορά της κίνησης, δημιουργώντας πλαγιο-ανάστροφα ρήγματα.
- Πλευρικές ράμπες (lateral ramps), οι οποίες είναι σχεδόν κατακόρυφες, με διεύθυνση παράλληλη με τη φορά της κίνησης, δημιουργώντας έτσι ρήγματα μεταφοράς (transfer faults) ή αποσχιστικά ρήγματα (tear faults).

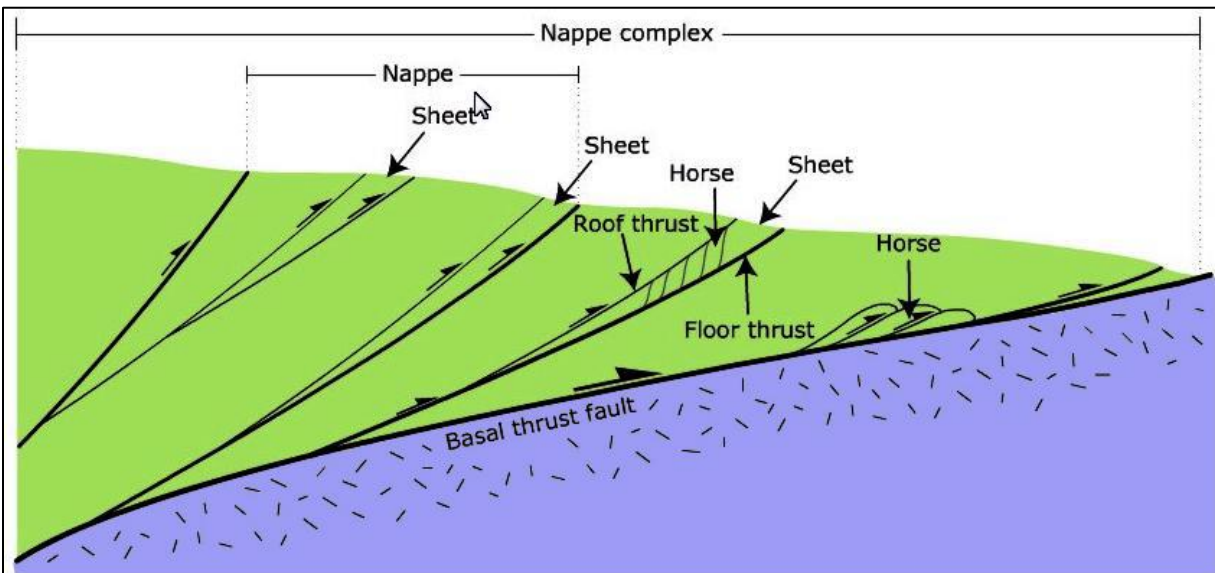


Εικόνα 26: Γεωμετρία ραμπών (πηγή: <https://folk.uib.no/nglthe/StructuralGeoBookEmodules.html>).

3.2.3 Τεκτονικά Καλύμματα

Οι τεκτονικές επωθήσεις, όπου αναλύθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο, έχουν ως αποτέλεσμα τη δημιουργία τεκτονικών καλυμμάτων. Τα τεκτονικά καλύμματα δημιουργούνται από τις τεκτονικές μετακινήσεις γεωλογικών σχηματισμών, πάνω σε ένα ανάστροφο ρήγμα. Τα γεωλογικά στρώματα ταξιδεύουν μερικά έως εκατοντάδες χιλιόμετρα (>5 χιλιόμετρα), και σταματούν πάνω σε διαφορετικής ηλικίας, αλλά και σύστασης, πετρώματα. Πιο αναλυτικά, το τεκτονικό κάλυμμα αναφέρεται ως αλλόχθονο, ενώ τα πετρώματα του υποβάθρου όπου θα τοποθετηθεί τελικά, ονομάζεται αυτόχθονος σχηματισμός.

Ένα συχνό φαινόμενο τέτοιων δομών αποτελούν τα αλλητάλληλα τεκτονικά καλύμματα, το ένα τοποθετημένο πάνω στο άλλο, και όλο αυτό το σύστημα επωθημένο σε μία αυτόχθονη περιοχή. Έτσι δημιουργείται μια πολύπλοκη τεκτονική δομή με διαφορετική ηλικίας πετρώματα, αλλά και διαφορετικού τύπου, πράγμα που κάνει πολύ δύσκολη την ανάλυση για τους επιστήμονες. Τέτοιες δομές συναντώνται στην οροσειρά των Άλπεων, εμφανίζεται όμως και στον Ελληνικό χώρο, στην ζώνη των Ελληνίδων, όπου χαρακτηρίζονται από τέτοιες πολύπλοκες δομές, όπως ακόμα και από ζώνες λεπιώσεων, που αποδεικνύουν τον έντονο βαθμό τεκτονισμού της περιοχής.



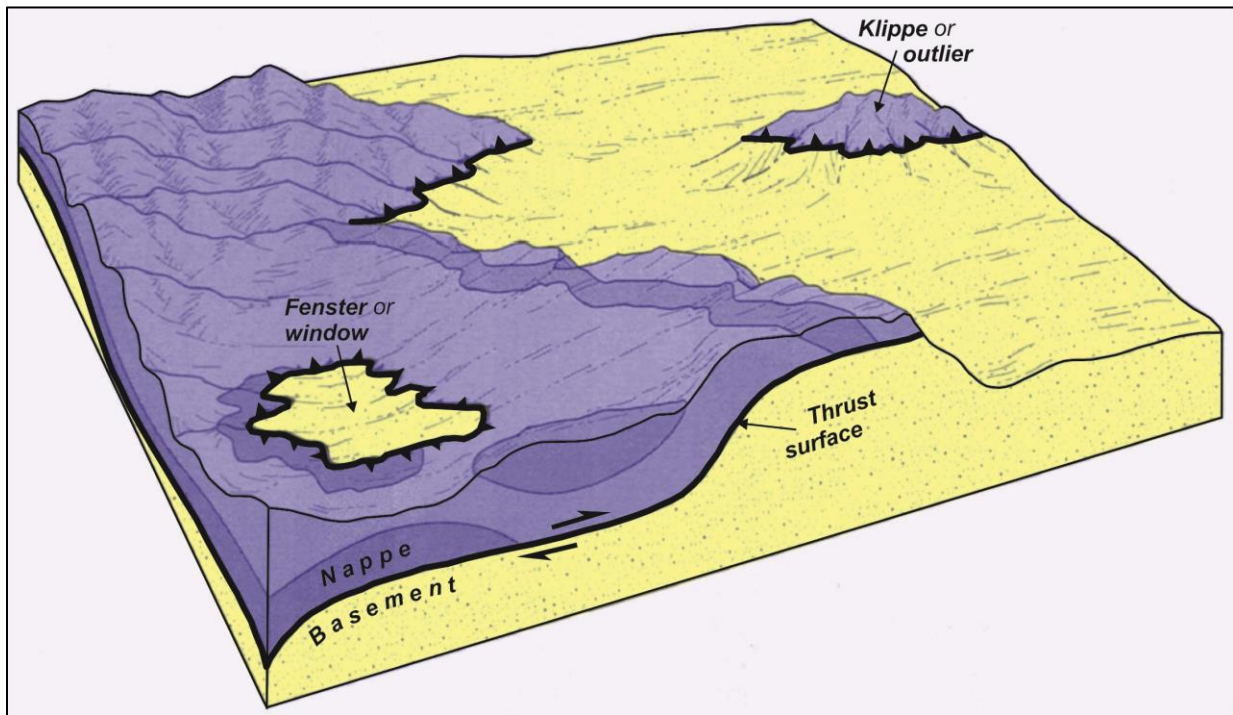
Εικόνα 27: Χαρακτηριστικά τεκτονικού καλύμματος (πηγή: <https://folk.uib.no/nqlhe/StructuralGeoBookEmodules.html>).

Τεκτονικά καλύμματα όμως, μπορούν να δημιουργηθούν και κατά την ορογένεση, χωρίς δηλαδή τα γεωλογικά στρώματα να ταξιδέψουν πάνω σε ένα επωθητικό ρήγμα. Τέτοια καλύμματα μπορούν να δημιουργηθούν, για παράδειγμα, κατά την εξαφάνιση ενός ωκεανού, κατά την σύγκρουση δυο λιθοσφαιρικών πλακών, με αποτέλεσμα την ορογένεση. Έτσι τα ιζήματα του ωκεάνιου πυθμένα τοποθετούνται πάνω στο εκάστοτε υπόβαθρο, δημιουργώντας έτσι ένα τεκτονικό κάλυμμα.

3.2.4 Τεκτονικά Παράθυρα

Τα τεκτονικά παράθυρα είναι συνοδές τεκτονικές δομές με τα τεκτονικά καλύμματα και οφείλονται στην εμφάνιση του αυτόχθονου σχηματισμού, των πετρωμάτων, δηλαδή, που βρίσκονται κάτω από το τεκτονικό κάλυμμα. Η εμφάνιση του αυτόχθονου σχηματισμού μπορεί να δημιουργηθεί είτε από έντονη διάβρωση, είτε από την ενεργό τεκτονική (μέσω ρηγμάτων). Τα τεκτονικά παράθυρα αποτελούν σημαντικές γεωλογικές δομές για την εξέλιξη και την δράση των ρηγμάτων σε μια περιοχή αλλά και για τις διεργασίες που τοποθέτησαν το τεκτονικό κάλυμμα πάνω στο υπόβαθρο της εκάστοτε γεωλογική ενότητας.

Η αντίστροφη διαδικασία από την παραπάνω, της διάβρωσης ή του τεκτονισμού του τεκτονικού καλύμματος, αυτή τη φορά, και όχι του αυτόχθονου σχηματισμού, σχηματίζουν ένα τεκτονικό ράκος.



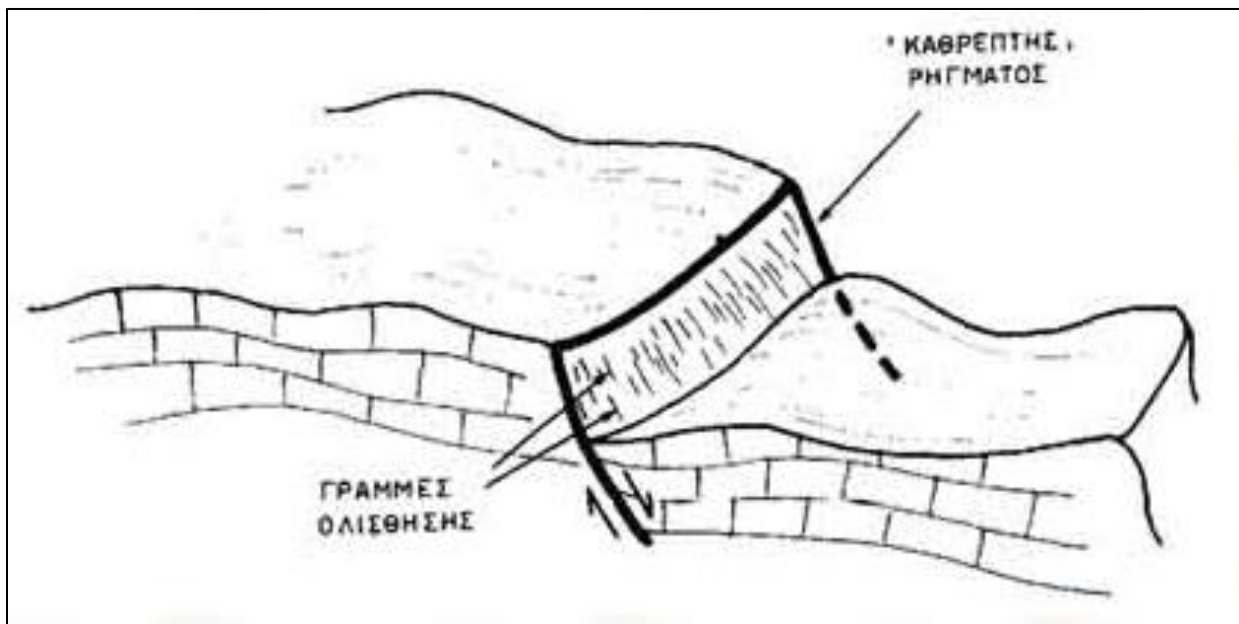
Εικόνα 28: Τεκτονικό παράθυρο και τεκτονικό ράκος (πηγή: <https://folk.uib.no/nglhe/StructuralGeoBookEmodules.html>).

Τέτοιες δομές στον Ελληνικό χώρο εμφανίζονται στις περιοχές του Ολύμπου, της Όσσας, την Πελοπόννησο, τη Λέσβο, την Κρήτη κ.α., είτε λόγω της διάβρωσης, είτε της έντονης τεκτονικής που επικρατεί στις περισσότερες περιοχές του Ελληνικού χώρου, καθώς πρόκειται για μια πολύ ενεργή τεκτονικά περιοχή της Μεσογείου, με τα μεγαλύτερα ποσά σεισμικότητας, όλης της Ευρώπης, να απαντώνται εκεί.

3.2.5 Ρήγματα

Ρήγματα ονομάζονται οι τεκτονικές δομές που χαρακτηρίζονται από την θραύση των πετρωμάτων, εκατέρωθεν μιας ρηξιγενούς επιφάνειας. Η τεκτονική αυτή δομή χαρακτηρίζεται από την διακοπή της συνέχειας των πετρωμάτων, του στερεού φλοιού της Γης, και πολλές φορές έρχονται δίπλα – δίπλα πετρώματα διαφορετικού τύπου και ηλικίας. Κάθε ρηξιγενής δομή που δεν ακολουθείται μετατόπιση των πετρωμάτων, ορίζεται ως διάκλαση. Το ύψος της μετατόπισης των πετρωμάτων κατά την ενεργοποίηση ενός ρήγματος μπορεί να δώσει σημαντικά στοιχεία για τα ποσά ενέργειας που απελευθερώθηκαν κατά την ενεργοποίησή του. Τα ρήγματα μπορεί να είναι από μερικά εκατοστά, έως και εκατοντάδες χιλιόμετρα, χωρίζοντας ακόμα και λιθοσφαιρικές πλάκες.

Η ρηξιγενής επιφάνεια, πάνω στην οποία γίνεται η σχετική κίνηση των τεμάχων ονομάζεται καθρέπτης του ρήγματος ή κατοπτρική επιφάνεια, και αποτελεί το αποτύπωμα του ρήγματος. Πάνω στην επιφάνεια αυτή εμφανίζονται οι γραμμώσεις τεκτονικής ολίσθησης, οι οποίες είναι ένα πολύ σημαντικό στοιχείο για το εκάστοτε ρήγμα αλλά και για το πεδίο των τάσεων της ευρύτερης περιοχής. Οι γραμμώσεις αυτές συνήθως εμφανίζονται σε δέσμες, οι οποίες αποτελούν ένα σεισμικό επεισόδιο, και συχνά παρατηρούνται δέσμες οι οποίες να αλληλοκαλύπτονται και έχουν διαφορετικό προσανατολισμό.



Εικόνα 29: Κατοπτρική επιφάνεια ρήγματος και γραμμές ολίσθησης (πηγή: <http://www.geo.auth.gr/537/ch5.htm>).

Η επιφάνεια κάθε ρήγματος έχει ελλειπτικό σχήμα, όπου η μεγαλύτερη μετατόπιση παρατηρείται στο κέντρο και μειώνεται προς τα άκρα. Συχνά, κάθε ρήγμα ακολουθείται και από μια ομάδα διακλάσεων, καθώς και κατακλασίτες, οι οποίοι είναι θρυμματισμένα πετρώματα. Ένα ρήγμα συχνά έχει τις ρίζες του χιλιάδες μέτρα, μέσα στον γήινο φλοιό, από την επιφάνεια εμφάνισής του.

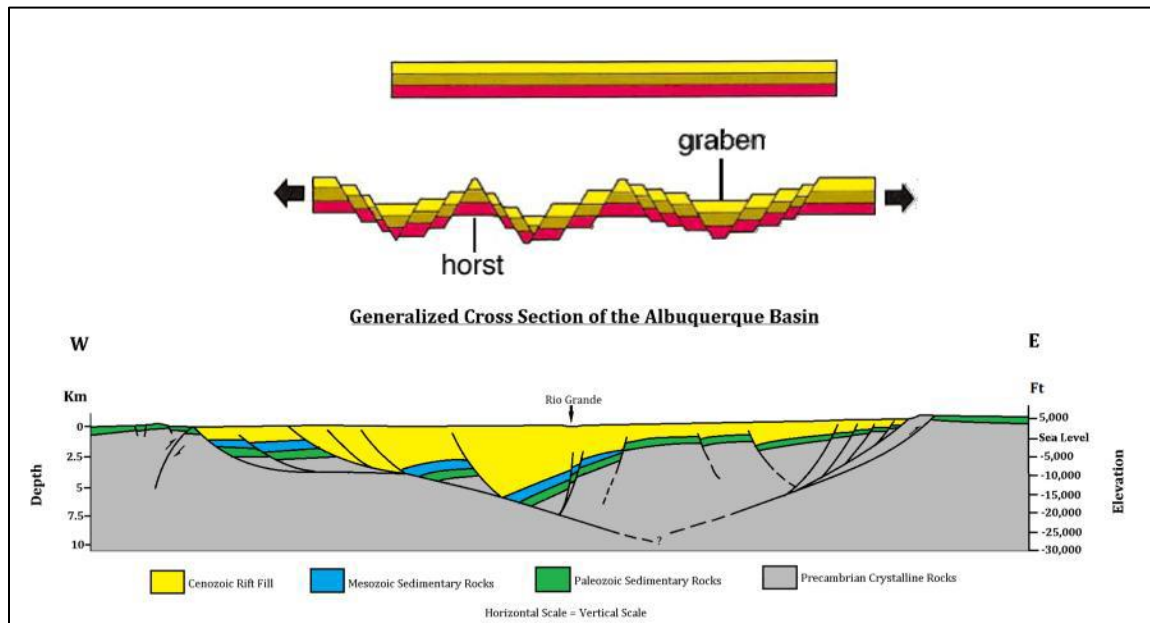
Τα ρήγματα χωρίζονται σε κανονικά, ανάστροφα, οριζόντιας μετατόπισης και πλάγια ρήγματα.

Τα κανονικά ρήγματα δημιουργούνται όταν οι τάσεις που ασκούνται στα πετρώματα είναι εφελκυστικές, τείνουν δηλαδή να τεντώνουν τα πετρώματα και να αυξάνουν το χώρο, για αυτό το λόγο πολλές φορές ονομάζονται και ως αυξητικά ρήγματα. Η διαδικασία μετατόπισης των τεκτονικών τεμάχων συμβαδίζει με την βαρύτητα, καθώς η στέγη του ρήγματος βυθίζεται σε σχέση με τη βάση. Η κλίση των ρηγμάτων αυτών συνήθως είναι είτε κατακόρυφη, είτε κεκλιμένη και συνήθως υπάρχουν πολλά παράλληλα αλλά και αντίθετα ρήγματα, με παρόμοιες κλίσεις και διευθύνσεις βύθισης, που ονομάζεται ρηξιγενής ζώνη.



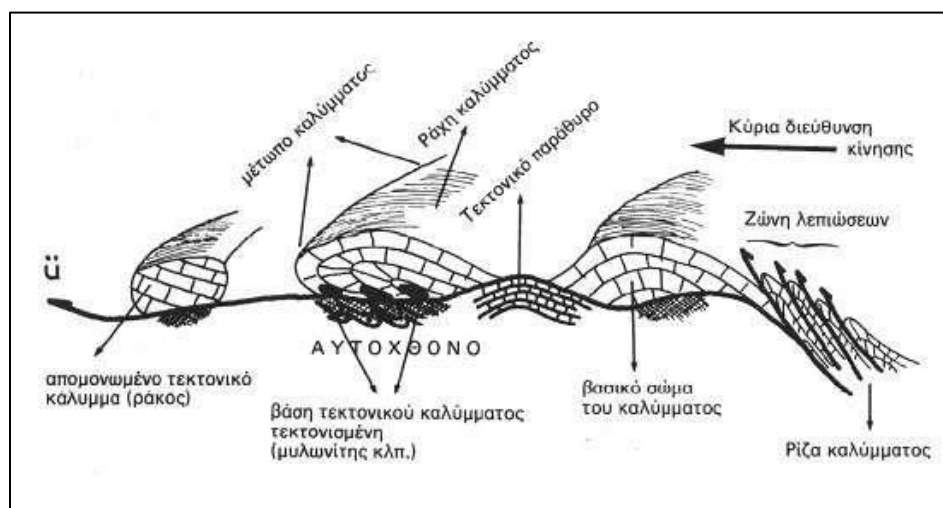
Εικόνα 30: Το κανονικό ρήγμα του Πλακιά, στην Κρήτη.

Οι τεκτονικές δομές που συνδέονται στενά με τα κανονικά ρήγματα είναι τα τεκτονικά κέρατα και οι τεκτονικές τάφροι. Οι ρηξιγενείς ζώνες σπάζουν έναν γεωλογικό σχηματισμό, με αποτέλεσμα κάποια τεμάχια να βυθίζονται, δημιουργώντας τις τεκτονικές τάφρους (graben) και τα γεωλογικά τεμάχια που μένουν στην επιφάνεια ονομάζονται τεκτονικά κέρατα (horst).



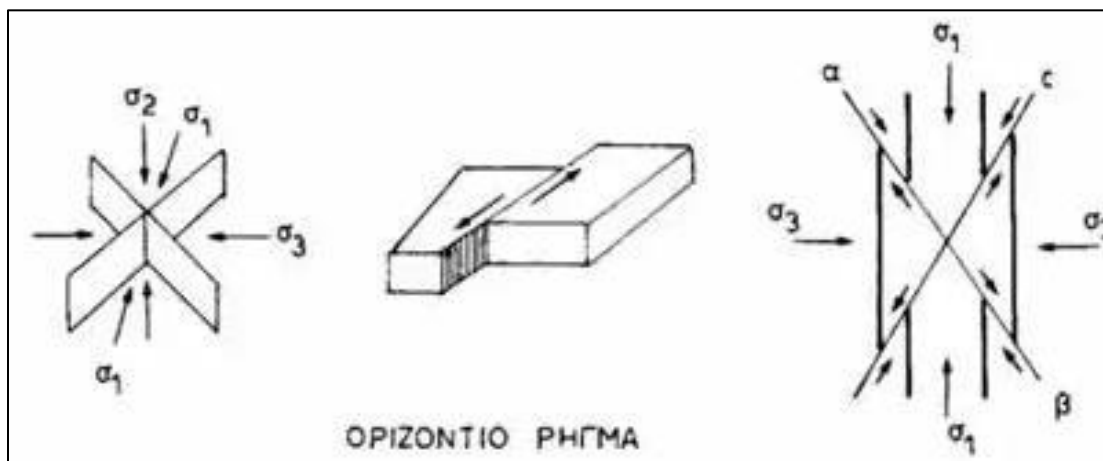
Εικόνα 31: Τεκτονικό κέρατα και τεκτονική τάφρος (πηγή: http://en.wikipedia.org/wiki/Half-graben#/media/File:RioGranderift_albuquerquebasin.png).

Τα ανάστροφα ρήγματα δημιουργούνται από συμπιεστικές τάσεις, οι οποίες τείνουν να σμικρύνουν το χώρο, σε αντίθεση με τα κανονικά ρήγματα, με αποτέλεσμα όταν γίνει η θραύση του ρήγματος, η στέγη να ανέρχεται σε σχέση με τη βάση του ρήγματος. Οι τεκτονικές δομές οι οποίες συνδέονται με τα ανάστροφα ρήγματα, και γενικότερα με τις συμπιεστικές τάσεις οι οποίες αναλύθηκαν εκτενέστερα στα προηγούμενα κεφάλαια, είναι τα τεκτονικά καλύμματα, τα τεκτονικά παράθυρα, τις επωθήσεις και τις επιπτεύσεις.



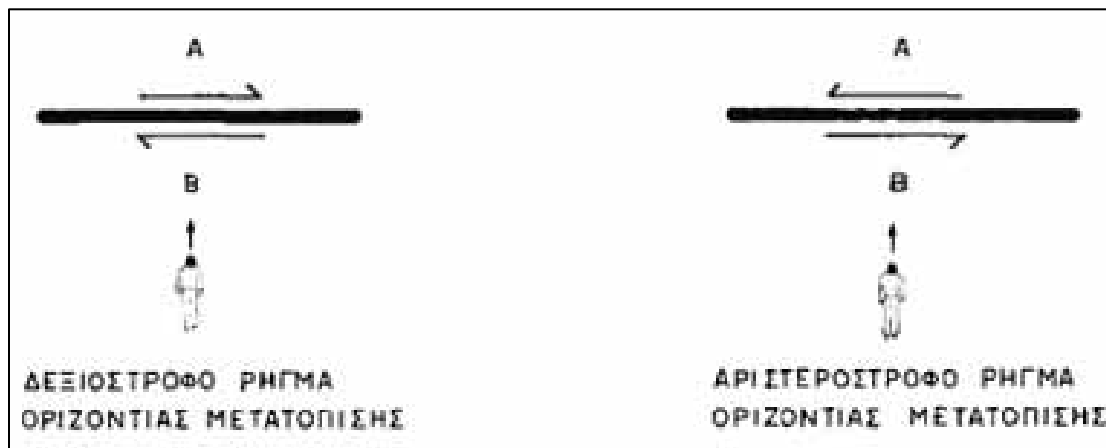
Εικόνα 32: Τεκτονικές δομές που συνδέονται με τα ανάστροφα ρήγματα (πηγή: <http://www.geo.auth.gr/537/ch5.htm>).

Τα ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης συνδέονται με διατμητικές τάσεις και συνήθως έχουν κατακόρυφη κλίση (90°), για αυτό ονομάζονται και ως κατακόρυφα ρήγματα. Η διάρρηξη των γεωλογικών σχηματισμών γίνεται πλευρικά, χωρίς να βυθίζεται ή να ανυψώνεται ένα τμήμα.



Εικόνα 33: Ρήγμα οριζόντιας ολίσθησης και κατανομή των τάσεων (Hills, 1970).

Τα ρήγματα αυτά χαρακτηρίζονται ως δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα. Ο διαχωρισμός αυτός γίνεται μέσω ενός παρατηρητή όπου παρατηρεί από ποια μεριά θα κινηθεί το απέναντι τμήμα, από αυτό που στέκεται. Εάν το απέναντι τμήμα κινηθεί δεξιά, τότε πρόκειται για δεξιόστροφο ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης, και αντίστροφα.



Εικόνα 34: Δεξιόστροφο και αριστερόστροφο ρήγμα (πηγή: <http://www.geo.auth.gr/537/ch5.htm>).

Τέλος, μια ακόμη χαρακτηριστική δομή των ρηγμάτων αυτών είναι τα ρήγματα μετασχηματισμού. Τα ρήγματα αυτά είναι οριζόντιας μετατόπισης μεγάλης κλίμακας και διαφοροποιούνται ως προς το τρόπο γένεσής τους, καθώς εμφανίζονται κυρίως στις μεσοωκεάνιες ράχεις. Τα δύο μεγαλύτερα ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης που απαντώνται σήμερα είναι τα ρήγματα της Βόρειας και της Νότιας Ανατολίας, ανατολικά της Μεσογείου και το ρήγμα του Άγιου Ανδρέα, στην Καλιφόρνια.

3.2.6 Σεισμικά Ενεργά Ρήγματα

Πολλά από τα ρήγματα που συναντώνται στην ύπαιθρο, είτε είναι λίγων εκατοστών, είτε μερικών χιλιομέτρων, το μεγάλο ζήτημα είναι η μελέτη για το εάν το ρήγμα αυτό είναι σεισμικά ενεργό. Για τον προσδιορισμό και την κατάταξη ενός ρήγματος ως ενεργό υπάρχουν συγκεκριμένα κριτήρια, καθώς υπάρχουν και διαφορετικοί ορισμοί ανάλογα την χώρα και τις εγκαταστάσεις που πρόκειται να λάβουν χώρα κοντά σε ένα μεγάλο ρήγμα.

Ενεργά ρήγματα (Παυλίδης, 2003) είναι εκείνα που συνδέονται άμεσα με ισχυρούς σεισμούς (πρόσφατους ή ιστορικούς) ή σεισμικές ακολουθίες, όταν παρουσιάζουν μικρή αλλά συνεχή μετακίνηση των δύο τεμαχών τους, που διαπιστώνεται με ακριβές γεωδαιτικές μετρήσεις. Επίσης όταν κόβουν πρόσφατα ιζήματα ή ηφαιστειακά πετρώματα τεταρτογενούς ηλικίας (κυρίως ολοκαίνου) και όταν είναι συνδεδεμένα με ορισμένους ειδικούς γεωμορφολογικούς σχηματισμούς ή θερμές πηγές. Τέλος, όταν συνδέονται άμεσα με μικροσεισμούς.

Ένα ρήγμα για να οριστεί ως σεισμικά ενεργό πρέπει να πληροί συγκεκριμένα γεωλογικά, σειсмоϊστορικά, γεωφυσικά, σεισμολογικά, αλλά και παλαιοσεισμολογικά κριτήρια, τα οποία μόνο σε συνδυασμό μπορούν να χαρακτηρίσουν ένα ρήγμα ως ενεργό.

Πιο συγκεκριμένα, τα γεωλογικά κριτήρια που χαρακτηρίζουν ένα ρήγμα ως ενεργό είναι η δραστηριοποίησή του κατά το Τεταρτογενές, δηλαδή να επηρεάζει πρόσφατους γεωλογικούς σχηματισμούς. Επίσης, ένα ρήγμα θεωρείται ενεργό όταν επηρεάζει το μορφοανάγλυφο και εμφανίζει, για παράδειγμα τεκτονικές αναβαθμίδες, μεγάλες κλίσεις, εάν επηρεάζει το υδρογραφικό δίκτυο κ.α.. Ακόμα, εάν εμφανίζονται γεωθερμικά πεδία κοντά στην περιοχή του ρήγματος, αλλά και γεωχημικά κριτήρια, όπως για παράδειγμα την παρατήρηση της αύξησης αερίων που βρίσκονται στα βαθύτερα σημεία του φλοιού (π.χ. ραδόνιο (Rn), ήλιον (He) κ.α.).

Τα σειсмоϊστορικά κριτήρια, αποτελούν ιστορικές πληροφορίες οι οποίες αναφέρονται σε κάποιο επεισόδιο σεισμού ή κάποιο σύνοδο φαινόμενο, όπως για παράδειγμα κάποια κατολίσθηση. Οι πληροφορίες αυτές είναι πολύ χρήσιμες καθώς μπορούν να δώσουν, ακόμα και με ακρίβεια μερικές φορές, την τοποθεσία του ρήγματος. Το μειονέκτημα των σειсмоϊστορικών κριτηρίων είναι ότι δεν είναι εφαρμόσιμα σε πολλές περιοχές που δεν σώζονται χειρόγραφα από τους αρχαίους χρόνους.

Τα γεωφυσικά κριτήρια είναι βοηθητικά για τον προσδιορισμό της θέσης ενός ρήγματος, όταν αυτό δεν έχει αφήσει μορφοανάγλυφο, αλλά και για τον προσδιορισμό σεισμοτεκτονικών τεμαχών του φλοιού της Γης.

Τα σεισμολογικά κριτήρια μπορούν επίσης να βοηθήσουν στον προσδιορισμό της χωρικής υπόστασης ενός ρήγματος, μέσα από την χωρική κατανομή των επικέντρων. Ακόμη, μπορεί να γίνει παρακολούθηση με σεισμογράφους μεγάλης ευαισθησίας, και να παρακολουθηθεί η μικροσεισμικότητα, εάν υπάρχει, του ρήγματος.

Τέλος, τα παλαιοσεισμολογικά κριτήρια, μπορούν να δώσουν αξιόπιστα στοιχεία για την ιστορία του ρήγματος (άλματα, ρυθμός ολίσθησης κ.α.), αλλά και για τους ορίζοντες που έχει επηρεάσει, καθώς μπορούν να συλλεχθούν δείγματα, μέσα από παλαιοσεισμολογικές τομές, και να χρονολογηθούν.

Οι ορισμοί των ενεργών ρηγμάτων όπως προαναφέρθηκε, έχει διαφορετική υπόσταση από χώρα, σε χώρα. Για παράδειγμα, αξίζει στο σημείο αυτό να αναφερθεί ο ορισμός των ενεργών ρηγμάτων από τη Διεθνή Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (International Atomic Energy Commission): «Ένα ρήγμα μπορεί να θεωρηθεί ενεργό αν [παρουσιάζει τεκμήρια κίνησης στο ύστερο (ανώτερο) Τεταρτογενές, παρουσιάζει τοπογραφικές γεωμορφικές αποδείξεις για πρόσφατη επιφανειακή διάρρηξη, αν συνδέεται άμεσα με σεισμούς καταγραμμένους με σεισμολογικά όργανα, αν παρουσιάζει σεισμική ολίσθηση ή έχει μια αποδεδειγμένα δομική σχέση με ένα γνωστό ενεργό ρήγμα, έτσι ώστε η κίνηση του ενός, μπορεί να προκαλέσει την κίνηση του άλλου». Ενώ, στην Ιαπωνία ένας γενικός ορισμός των ενεργών ρηγμάτων διατυπώνεται ως «Τα ενεργά ρήγματα καθορίζονται σύμφωνα με το ποσό της μετατόπισής τους ανά μονάδα χρόνου, την ολίσθησή τους, τις τεταρτογενές κινήσεις τους και την αναμενόμενη μελλοντική του κίνηση». Είναι ξεκάθαρο ότι οι Ιαπωνικοί ορισμοί έχουν την τάση να προσδιορίζουν την κίνηση και το δυναμικό της μετατόπισης των ρηγμάτων, πράγμα που παραπέμπει στις κατασκευές και στα έργα υποδομών.

Τέλος, υπάρχουν και πολλοί άλλοι ορισμοί και κριτήρια για τον προσδιορισμό ενός ρήγματος ως ενεργού, πιθανά ενεργού ή σεισμικού.

3.2.7 Παλαιοσεισμολογικές Τομές

Η παλαιοσεισμολογία αποτελεί κλάδο της γεωλογίας και πιο συγκεκριμένα της τεκτονικής γεωλογίας. Η παλαιοσεισμολογία έχει ως στόχο τον προσδιορισμό ιστορικών σεισμικών επεισοδίων, του άλματος και του ρυθμού ολίσθησης, την τμηματοποίησή του, την παρατήρηση του τρόπου δραστηριοποίησης διαφορετικών τμημάτων ενός ρήγματος και τον υπολογισμό της περιόδου επανάληψης μεγάλων σεισμών.

«Η παλαιοσεισμολογία ασχολείται με τη μελέτη του προσδιορισμού του χρόνου γένεσης, της συχνότητας επανάληψης και του μεγέθους των προϊστορικών σεισμών» (Παυλίδης, 2003).

Οι παλαιοσεισμολογικές τομές είναι ο τρόπος με τον οποίο εφαρμόζεται και μελετάται η παλαιοσεισμολογία. Πρόκειται, ως επί το πλείστον, για τεχνητές τομές κοντά στην ρηξιγενή ζώνη, οι οποίες όμως μπορεί να διαφέρουν, ανάλογα με τον τύπο του ρήγματος.

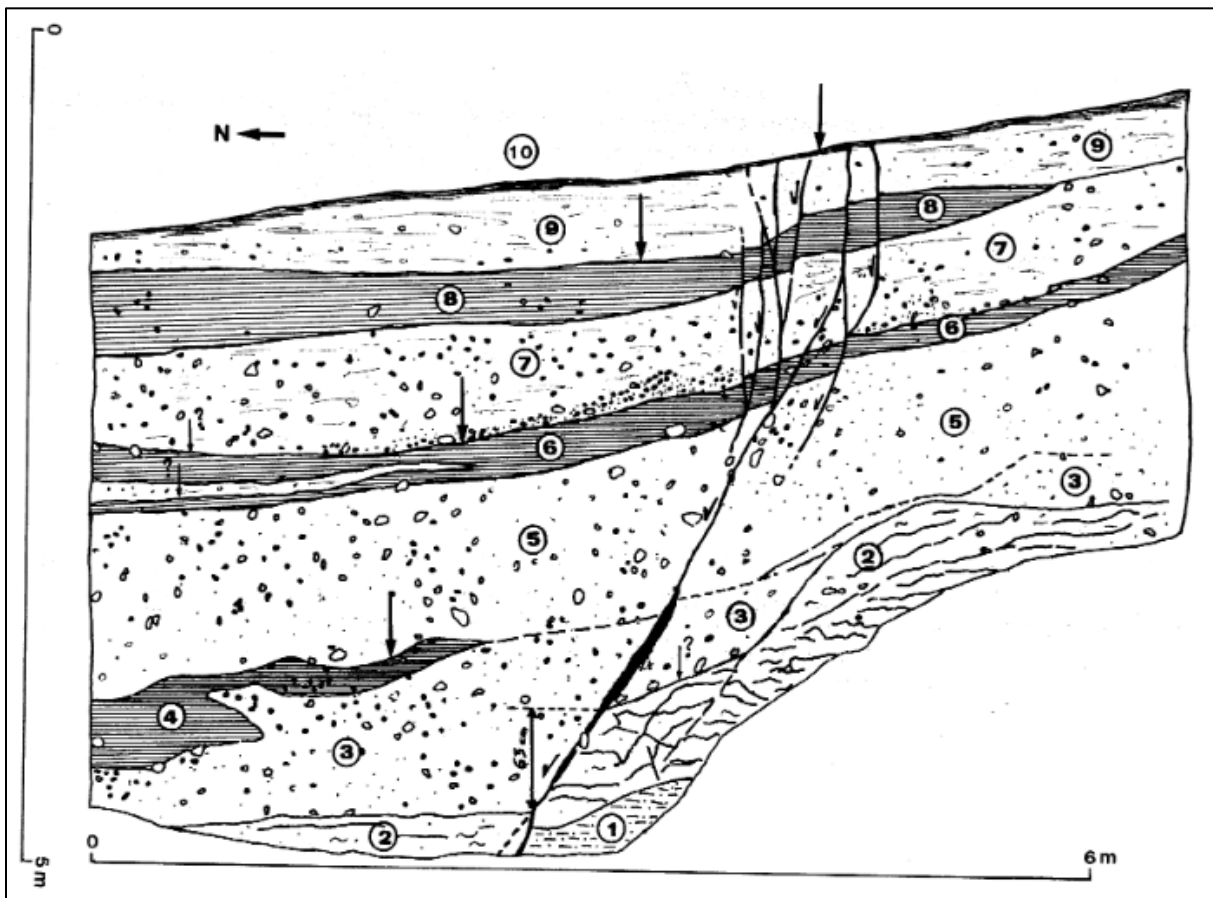


Εικόνα 35: Παλαιοσεισμολογική τομή (πηγή: <https://coloradogeologicalsurvey.org/hazards/eq/paleoseismology/>).

Στα κανονικά και τα ανάστροφα ρήγματα, η μέγιστη μετατόπιση παρατηρείται κάθετα στην παράταξή τους, για αυτό πρέπει οι παλαιοσεισμολογικές τομές να γίνονται κάθετα στην κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος.

Στα ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης η κατασκευή της τομής πρέπει να γίνεται παράλληλα με την ρηξιγενή επιφάνεια, αντίθετα με τα κανονικά και τα ανάστροφα ρήγματα, και έχει ως σκοπό την παρατήρηση των μετατοπισμένων στρωμάτων κατά μήκος του ρήγματος.

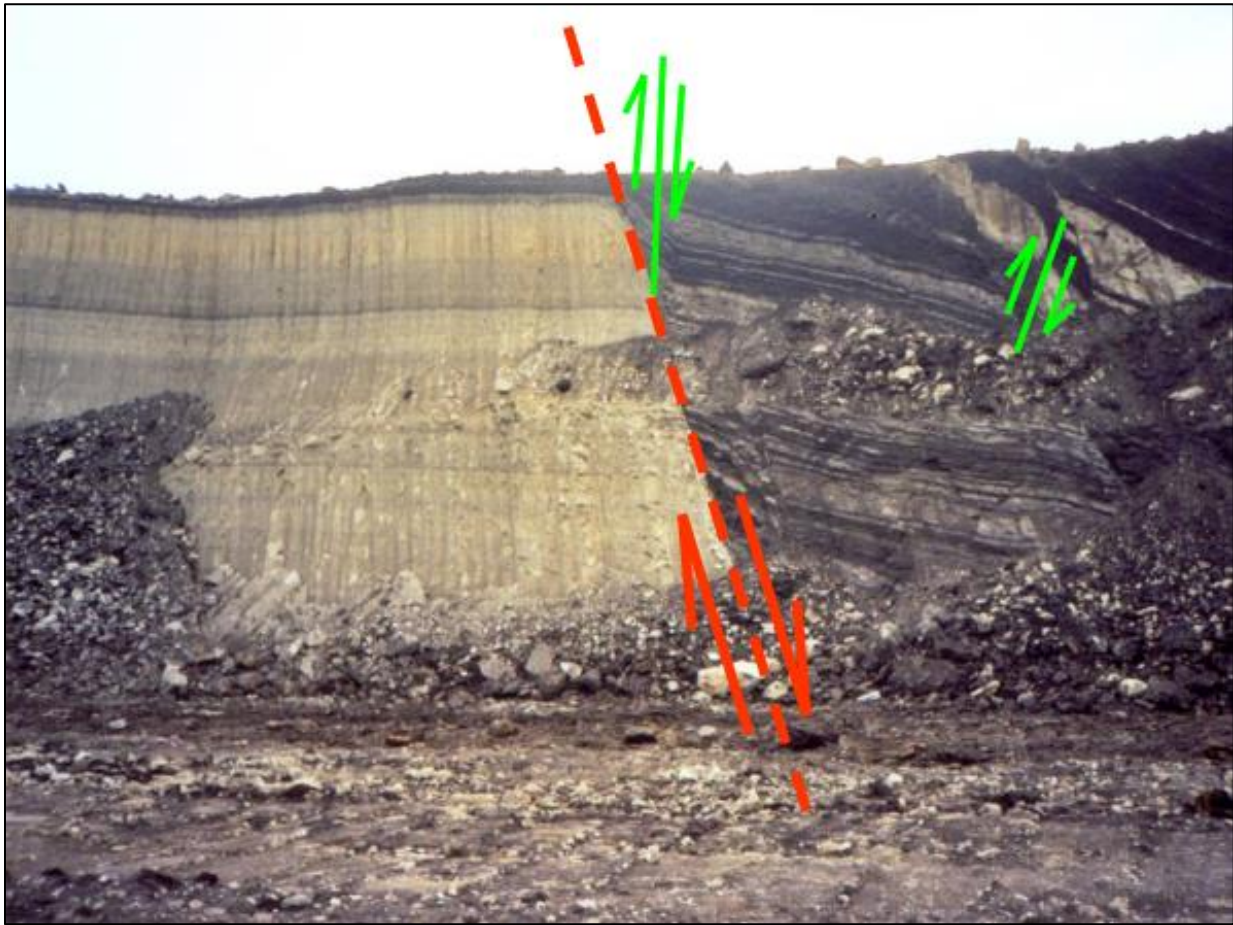
Εφόσον κατασκευαστεί η παλαιοσεισμολογική τομή, το επόμενο στάδιο είναι ο καθαρισμός των τοιχωμάτων, από όπου θα αντληθεί και η πληροφορία. Το επόμενο στάδιο είναι η κατασκευή καννάβων με διαστάσεις 1x1 μέτρα, οι οποίοι βοηθάνε στην λεπτομερή αποτύπωση όλης της λεπτομέρειας, η οποία είναι πολύ χρήσιμη για την ορθή διεξαγωγή των αποτελεσμάτων. Επίσης, η αποτύπωση μπορεί να γίνει και με ψηφιακά μέσα όπως φωτογραμμετρία, χρήση τοπογραφικών οργάνων και χρήση laser scanner, με τα οποία μπορεί να αποτυπωθεί, με μεγάλη ευκολία, λεπτομέρεια στην κλίμακα του χιλιοστού. Απαραίτητη είναι και η δειγματοληψία των στρωμάτων, με σκοπό την χρονολόγησή τους, και μέσω αυτού και την χρονολόγηση των τεκτονικών δομών. Τελικό στάδιο αποτελεί η ερμηνεία των παλαιοσεισμολογικών τομών και η κατανόηση των τεκτονικών φάσεων, καθώς και η εξαγωγή συμπερασμάτων, όπως για παράδειγμα η περίοδος επανάληψης των ρηγμάτων κ.α.



Εικόνα 36: Παλαιοσεισμολογική τομή στο ρήγμα του Γερακαρού, (Pavlidis, 1996).

3.2.8 Τεχνητά Πρανή

Τα τεχνητά πρανή είναι ένα γεώτοπος με τον οποίο συνδέονται πολλές γεωμορφές και διεργασίες του Γήινου φλοιού. Μια χαρακτηριστική γεωλογική δομή που συνδέεται άμεσα με τα πρανή αυτά είναι τα ρήγματα. Ρήγματα τα οποία μπορεί ποτέ να μην διέρρηξαν τα επιφανειακά στρώματα ή να έχει διαβρωθεί τελείως το μορφοανάγλυφο, λόγω του είδος του πετρώματος, γίνονται ορατά. Πολλά τέτοια παραδείγματα στον Ελληνικό χώρο αποτελούν το ορυχείο λιγνίτη στην Πτολεμαΐδα, ο ισθμός της Κορίνθου και πολλά άλλα.



Εικόνα 37: Κανονικό ρήγμα που επηρεάζει στρώματα μαργών και στρωμάτων λιγνίτη, Πτολεμαΐδα.

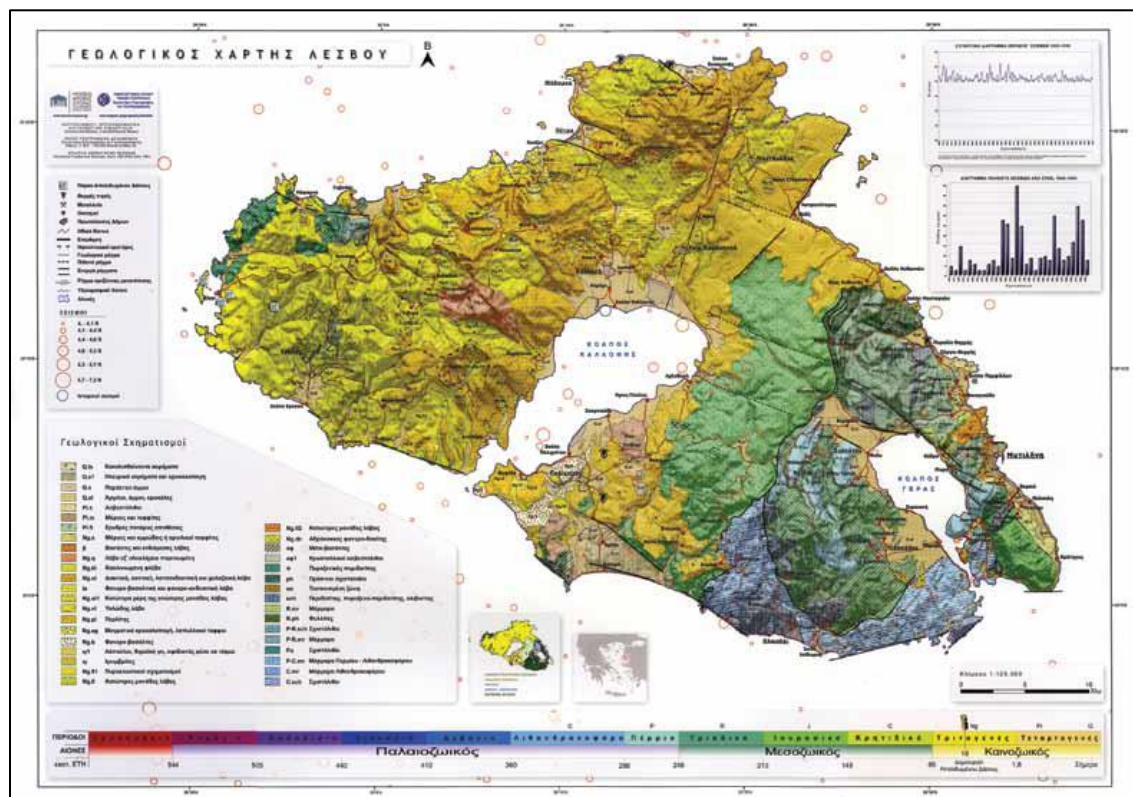
Ακόμα, άλλες γεωλογικές δομές, που μπορεί να εμφανίζονται σε τεχνητά πρανή, είναι στρωματογραφικές ακολουθίες ηφαιστειακών υλικών, όπως για παράδειγμα ροές λάβας. Μέσα από τα στοιχεία αυτά μπορούν να χρονολογηθούν και να μελετηθούν τα ηφαιστειακά επεισόδια ενός ηφαιστείου, καθώς και μέσα από την μελέτη των κλίσεων των ρών αυτών, μπορούν να προσδιοριστούν ευκολότερα τα ηφαιστειακά κέντρα.

Τέλος, στα τεχνητά πρανή μπορούν να αποκαλυφθούν σημαντικά στοιχεία για την εκάστοτε περιοχή, όπως απολιθωματοφόροι ορίζοντες, οι οποίοι μπορούν να δώσουν σημαντικά στοιχεία για το παλαιοκλίμα, την παλαιογεωγραφία και πολλά ακόμα στοιχεία.

4. Τεκτονικοί Γεώτοποι της Λέσβου

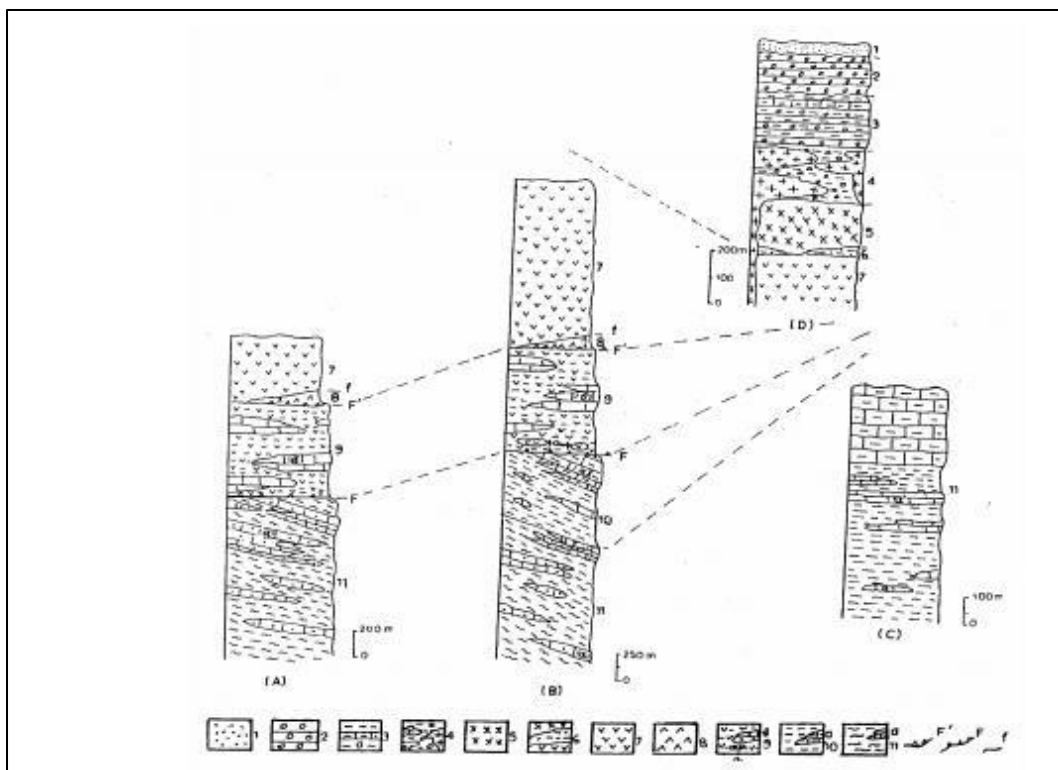
4.1 Τεκτονική Δομή της Λέσβου

Αρχικά, για την πλήρη κατανόηση της τεκτονικής δομής της Λέσβου, θα πρέπει να αναφερθούν οι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής πάνω στους οποίους έδρασαν οι διάφορες τεκτονικές φάσεις και τεκτονικά καθεστώτα της Λέσβου, καταλήγοντας στο σημερινό γεωτεκτονικό καθεστώς της ευρύτερης περιοχής του Βορειοανατολικού Αιγαίου όπου εντάσσεται και η νήσος Λέσβος.



Εικόνα 38: Γεωλογικός χάρτης της νήσου Λέσβου.

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της Λέσβου είναι χωρισμένοι σε πέντε ομάδες. Α) Μια αυτόχθονη ενότητα όπου αποτελεί το υπόβαθρο της Λέσβου και χωρίζεται σε νεοπαλαιοζωικούς και τριαδικούς σχηματισμούς (Κατσικάτσος et al. 1982). Η κατηγορία των πετρωμάτων αυτών, απαντάται στο Νοτιοανατολικό και Βορειοδυτικό τμήμα του νησιού. Τα πετρώματα που συναντώνται στο Νοτιοανατολικό τμήμα της Λέσβου είναι μοσχοβιτικοί, χαλαζιακοί και ασβεστιτικοί σχιστόλιθοι, με παρεμβολές μεταψαμμιτών. Η δεύτερη εμφάνιση των σχηματισμών αυτών, στο Βορειοδυτικό άκρο, αποτελείται από χαλαζιακούς και σερικιτικούς-ψαμμιτικούς σχιστόλιθους, μεταψαμμίτες, χαλαζιακά λατυποπαγή, καθώς και θέσεις που εναλλάσσονται με φυλλίτες. Σύμφωνα με δύο μελέτες από τους Hecht (1972) και Κατσικάτσος et al. (1982), οι τριαδικοί σχηματισμοί εμφανίζονται μόνο στο νοτιοανατολικό τμήμα της νήσου Λέσβου.



Εικόνα 39: Συσχετισμός των κύριων γεωλογικών ενοτήτων της Λέσβου (Katsikatsos et al. 1986).

Β) Μια αλλόχθονη ενότητα, οφειολιθικών πετρωμάτων του ωκεανού της Τηθύως, όπου αποτελείται από πετρώματα που δημιουργήθηκαν στα βάθη του ωκεανού και από την συμπύεση κατά το κλείσιμο του ωκεανού αυτού τοποθετήθηκαν πάνω στο υπόβαθρο της Λέσβου. Σύμφωνα με τους Κατσικάτσο et al. (1982) η αλλόχθονη ενότητα χωρίζεται σε δύο τεκτονικές ενότητες: την ενότητα των ηφαιστειοϊζηματογενών σχηματισμών και την ενότητα του οφειολιθικού τεκτονικού καλύμματος. Σύμφωνα με την χαρτογράφηση του Hecht (1972) η ενότητα των ηφαιστειοϊζηματογενών σχηματισμών εντάσσεται με τα πετρώματα του υποβάθρου και ξεχωρίζει μόνο την ενότητα του οφειολιθικού καλύμματος.

Οι αλλόχθονες ενότητες βρίσκονται επωθημένες πάνω στο υπόβαθρο της Λέσβου και εντοπίζονται στο Νοτιοανατολικό τμήμα του νησιού, καθώς υπάρχει και μια μικρή εμφάνισή του στο Δυτικό τμήμα της Λέσβου, στην ευρύτερη περιοχή του Σιγρίου.

Το τεκτονικό κάλυμμα των ηφαιστειοϊζηματογενών σχηματισμών αποτελείται από κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους και από σχιστόλιθους, καθώς τα ανώτερα τμήματα αποτελούνται από μεταβασίτες, κυρίως πρασινίτες και πρασινόλιθοι από την μεταμόρφωση βασικών υποηφαιστειακών και ηφαιστειακών εκρηξιγενών πετρωμάτων κυμαινόμενης βασικότητας.

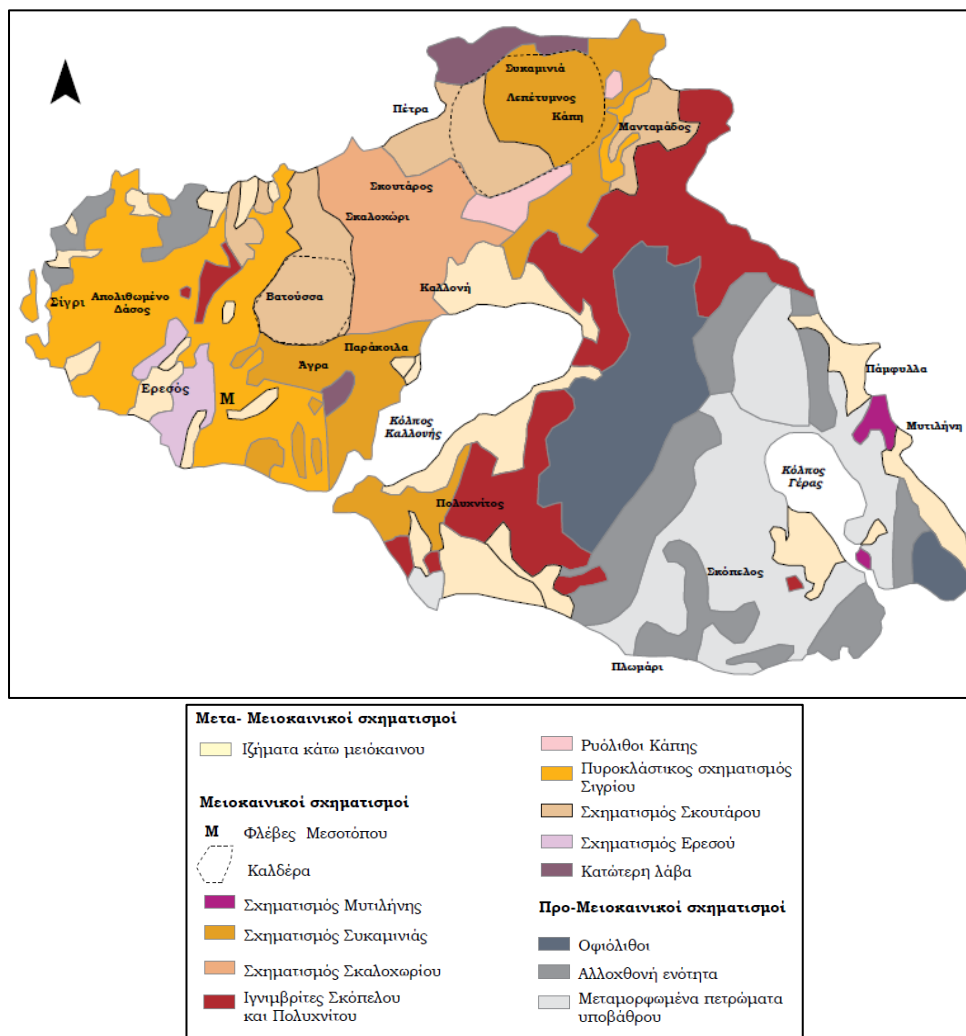
Οι σχηματισμοί των οφειολίθων βρίσκονται στην κεντρική Λέσβο, ανατολικά του κόλπου της Καλλονής και στη χερσόνησο της Αμαλής, νότια της Μυτιλήνης. Τα πετρώματα που συναντώνται στους σχηματισμούς αυτούς είναι δουνίτες και χαρτζβουργίτες, λίγες φλεβικές εμφανίσεις γάββρων, διαβάσες, μαξιλαροειδής βασαλτικές λάβες και τόφφους (Migiros et al. 2000).

Γ) Η τρίτη ενότητα περιλαμβάνει λιμναία ιζήματα τα οποία συναντώνται σε μια περιορισμένη έκταση στην περιοχή Λαψάρνων – Γαβαθά όπου υπάρχουν μάργες και

μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, στα οποία αυτά στρώματα βρέθηκαν σημαντικά ζωικά απολιθώματα.

Δ) Στη συνέχεια, οι ηφαιστειακοί σχηματισμοί της Λέσβου αποτελούν την σημαντικότερη γεωλογική ενότητα, καθώς καλύπτει το μεγαλύτερο ποσοστό του νησιού. Η έντονη ηφαιστειακή δραστηριότητα έλαβε χώρα κατά το κατώτερο Μειόκαινο, πριν από 21,5 με 16,5 εκατομμύρια χρόνια περίπου. Σύμφωνα με τους (Pe-Piper 1978, Pe-Piper & Piper 1993, Pe-Piper & Piper 2002) οι ηφαιστειακοί σχηματισμοί διακρίνονται σε:

- Σχηματισμός Ερεσού
- Σχηματισμός Σκουτάρου
- Πυροκλαστικά Σιγρίου
- Ιγνιμβρίτης Πολυχνίτου
- Σχηματισμός Σκαλοχωρίου
- Σχηματισμός Συκαμινιάς
- Σχηματισμός Μυτιλήνης
- Ηφαιστειακές φλέβες τροφοδοσίας (dykes)



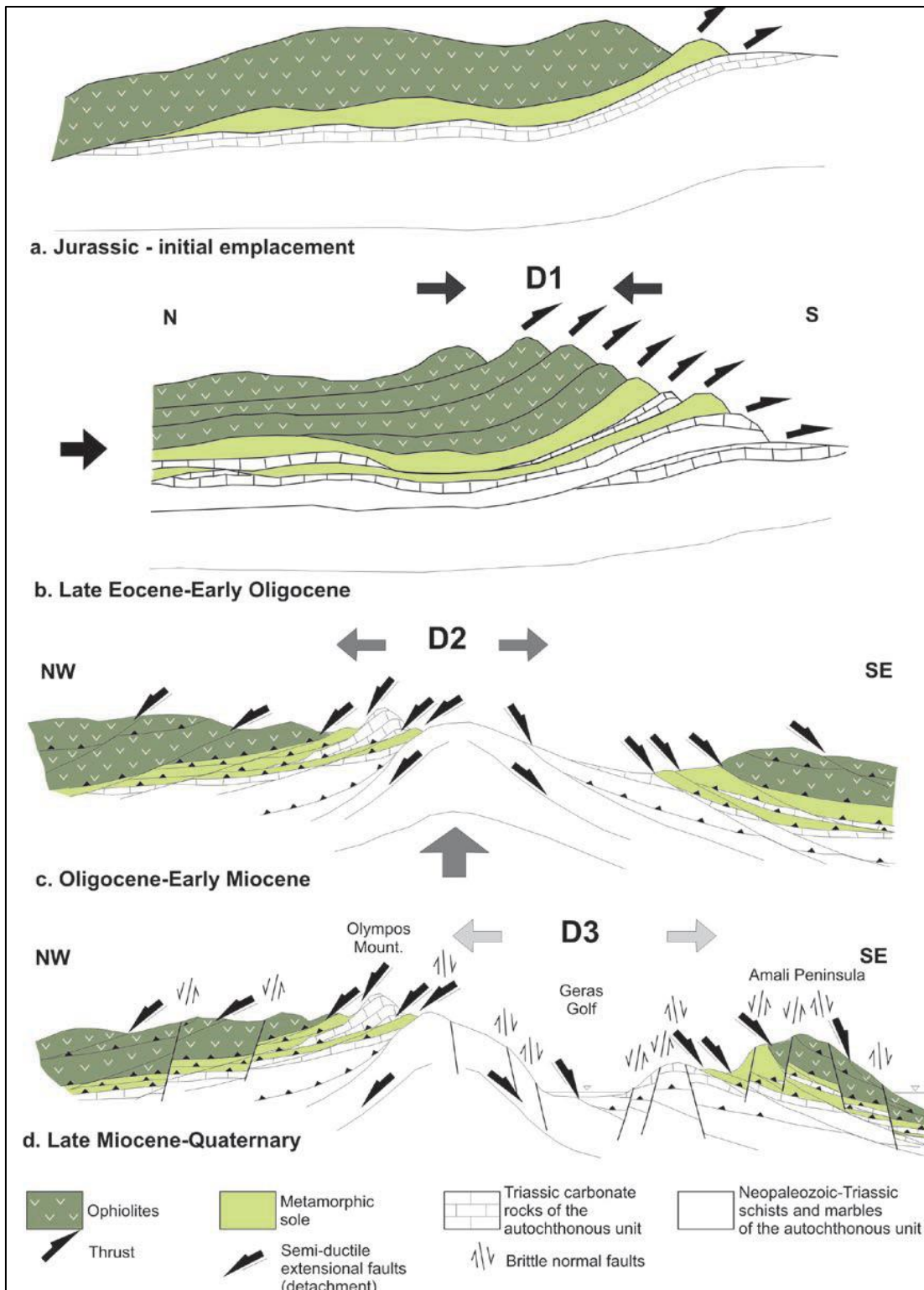
Εικόνα 40: Γεωλογικός χάρτης νήσου Λέσβου κατά τον Hecht (1972-1975), τροποποιημένος από τους Pe-Piper & Piper (1993).

Σύμφωνα με τους Mountrakis et al., 2001 η τεκτονική δομή της Λέσβου αποτελείται από τρεις τεκτονικές φάσεις (D1, D2, D3) μετά την τοποθέτηση του οφειολιθικού καλύμματος και της μεταμορφωμένης σόλας πάνω στο ηπειρωτικό περιθώριο.

Η πρώτη τεκτονική φάση D1 αποτελεί μια συμπίεστική τεκτονική φάση όπου μέσω επωθητικών ανάστροφων ρηγμάτων τοποθετήθηκαν τα τεκτονικά καλύμματα, πάνω στα πετρώματα του υποβάθρου της Λέσβου. Η συμπίεστική αυτή φάση είναι επίσης υπεύθυνη για την παγίδευση των ανθρακικών πετρωμάτων μέσα στη μεταμορφική σόλα.

Η δεύτερη τεκτονική φάση D2, αποτελεί μια εφελκυστική τεκτονική φάση. Η συμπίεστική περίοδος και η τοποθέτηση των καλυμμάτων, είχαν ως αποτέλεσμα την πάχυνση του φλοιού, όπου στη συνέχεια έδρασαν κανονικά ρήγματα μικρής γωνίας κλίσης, τα οποία ονομάζονται ρήγματα αποκόλλησης (detachment). Τα ρήγματα αυτά προκάλεσαν την κατάρρευση των τεκτονικών καλυμμάτων και εμφάνισαν με τη μορφή ενός τεκτονικού παραθύρου, τα Νέο-Παλαιοζωικά ανθρακικά πετρώματα του υποβάθρου της Λέσβου. Τα ρήγματα αποκόλλησης είχαν ως αποτέλεσμα την λέπτυνση του φλοιού.

Το τελευταίο εφελκυστικό στάδιο D3 έλαβε χώρα το ανώτερο Μειόκαινο και φθάνει μέχρι και την σημερινή εποχή. Πιο αναλυτικά, στην ευρύτερη περιοχή του Βόρειο Αιγαίου επικράτησαν τρία τεκτονικά καθεστώτα. Το πρώτο καθεστώς το οποίο δεν εμφανίζεται στη Λέσβο είναι ΔΒΔ – ΑΝΑ και λάμβανε χώρα κατά το Μειόκαινο. Στο δεύτερο τεκτονικό καθεστώς οι διευθύνσεις των τάσεων ήταν ΒΑ – ΝΔ κατά το Πλειόκαινο μέχρι και το Κάτω Πλειστόκαινο και το τρίτο και τελευταίο, το οποίο επικρατεί μέχρι και σήμερα, είναι εφελκυστικές τάσεις Β – Ν, οι οποίες ξεκίνησαν στο Μέσο Πλειστόκαινο.



Εικόνα 41: Τεκτονική εξέλιξη της Λέσβου: *a.* Αρχική τοποθέτηση των οφειολίθων και της μεταμορφικής σόλας κατά το Ιουρασικό, *b.* Συμπιεστικές τάσεις D1 που προκάλεσαν την λεπίωση και συσσώρευση των καλυμμάτων κατά το Άνω Ηώκαινο – Κάτω Ολιγόκαινο, *c.* Εφελκυστικές τάσεις D2 που προκάλεσε την ανύψωση και την κατάρρευση του ορογενούς κατά το Ολιγόκαινο – Κάτω Μειόκαινο, *d.* Εφελκυστικές τάσεις που δημιούργησαν τα Νεοτεκτονικά βυθίσματα (Mountrakis et al., 2001).

4.2 Τα Ενεργά Ρήγματα και οι Τεκτονικοί Γεώτοποι της Λέσβου

Η Λέσβος είναι ένα από τα μεγαλύτερα, σε έκταση, νησί του Ελληνικού χώρου και βρίσκεται στο βορειοανατολικό Αιγαίο. Περιβάλλεται από μεγάλα ενεργά ρήγματα όπως για παράδειγμα, το ρήγμα του Αδραμυτίου (Edremit fault zone), το οποίο είναι ο Νότιος κλάδος του δεξιόστροφου ρήγματος της Βόρειας Ανατολίας που διαμορφώνει τη νότια πλευρά της χερσονήσου του Μπίγκα (Biga Peninsula) στην Τουρκία και έχει δώσει μεγάλους σεισμούς.



Εικόνα 42: Γεωτεκτονικός χάρτης της Λέσβου (Zouros et al., 2011).

Στο σημείο αυτό θα αναφερθούν αναλυτικότερα τα ενεργά ρήγματα της Λέσβου:

Η ρηξιγενής ζώνη του Γαβαθά αποτελείται κυρίως από κανονικά ρήγματα και κάποια πλάγια οριζόντια ολίσθησης. Η ρηξιγενής ζώνη αυτή φθάνει σε μήκος τα 6.4 χιλιόμετρα, που καθορίζουν και την ακτογραμμή του Γαβαθά στην βορειοδυτική Λέσβο (A. Chatzipetros et al., 2012). Τα κανονικά ρήγματα έχουν διεύθυνση κλίσης ΒΔ–ΝΑ και τα αριστερόστροφα πλευρικά ρήγματα έχουν διεύθυνση κλίσης ΔΒΔ–ΑΝΑ μέχρι και ΒΔ–ΝΑ (Mourouzidou et al., 2004). Η ζώνη αυτή επηρεάζεται πλήρως από το ρήγμα Εντρεμίτ (Edremit fault zone), που βρίσκεται στην Τουρκία, και περνάει βόρεια της Λέσβου.

Το ρήγμα της Αγίας Παρασκευής είναι ένα από τα μεγαλύτερα ρήγματα στην περιοχή της Λέσβου, με μήκος περίπου 17 χιλιόμετρα το οποίο είναι ορατό, καθώς βυθίζεται στον κόλπο της Καλλονής και συνεχίζει στα ανοιχτά. Η διεύθυνση του ρήγματος είναι ΒΒΑ–ΝΝΔ και πρόκειται για ένα δεξιόστροφο ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης (A. Chatzipetros et al., 2012). Είναι το μόνο ρήγμα που συνδέεται με τον ιστορικό σεισμό το 1867 που δημιούργησε μεγάλες καταστροφές. Η τμηματοποίηση (segmentation) του ρήγματος διακρίνεται από τα εξής τμήματα (A. Chatzipetros et al., 2012):

- > Συκαμιά
- > Κάπη
- > Νάπη
- > Αγία Παρασκευή
- > Παραλία Αγίας Παρασκευής



Εικόνα 43: Η λειασμένη ρηξιγενής επιφάνεια του δεξιόστροφου ρήγματος της Αγίας Παρασκευής.



Εικόνα 44: : Οι γραμμώσεις ολίσθησης που φανερώνουν πολύ σημαντικά στοιχεία για την ενεργή δραστηριότητα του ρήγματος (τμήμα Αγίας Παρασκευής).



Εικόνα 45: Οι γραμμώσεις ολίσθησης που φανερώνουν πολύ σημαντικά στοιχεία για την ενεργή δραστηριότητα του ρήγματος (τμήμα Νάπης)

Το ρήγμα Πολυχνίτου–Πλωμαρίου έχει μήκος 13.5 χιλιόμετρα με διεύθυνση κλίσης ΒΔ–ΝΑ (Α. Chatzipetros et al., 2012) και σχετίζεται με την θερμική δραστηριότητα του γεωθερμικού πεδίου του Πολυχνίτου (Günther et al., 1977).

Το ρήγμα του Αγίου Ισιδώρου–Ακρωτηρίου Μάγειρα είναι ένα κανονικό ρήγμα με διεύθυνση ΔΝΔ–ΑΒΑ και ΝΝΑ βύθισμα (Α. Chatzipetros et al., 2012). Το ρήγμα αυτό διαμορφώνει την νοτιοανατολική ακτή της Λέσβου και έχει μήκος 12 χιλιόμετρα.

Το ρήγμα του κόλπου Γέρας, στο ανατολικό περιθώριο του κόλπου, αποτελεί στην πραγματικότητα μία μεγάλη ζώνη ρηγμάτων με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ η οποία οριοθετεί το τεκτονικό βύθισμα του κόλπου Γέρας. Τα ρήγματα του συστήματος αυτού σχηματίζουν μια ζώνη με το μέγιστο σεισμικό τους δυναμικό μέγεθος να φτάνει τα 6,5Μ. Κατά μήκος των ρηγμάτων αυτών αναβλύζουν οι θερμές πηγές στην περιοχή Θέρμα του Κόλπου Γέρας. Το ζεστό νερό που βρίσκεται στο βάθος βρίσκει διέξοδο μέσω των ρηγμάτων, ανεβαίνει προς την επιφάνεια και αναβλύζει με τη μορφή θερμών πηγών. Επίσης, Χαρακτηριστικά απότομα πρανή και τεκτονικές αναβαθμίδες δημιουργούνται στο ανάγλυφο στην ανατολική πλευρά του κόλπου της Γέρας λόγω των συνεχών επαναδραστηριοποιήσεων των ρηγμάτων.



Εικόνα 46: Ρήγμα του κόλπου Γέρας.

Το ρήγμα της Λάρσου είναι ένα από τα ενεργά ρήγματα της Λέσβου και αποτελεί μοναδικό τεκμήριο των μεγάλων γεωλογικών μεταβολών που διαμόρφωσαν τη σημερινή μορφή του αναγλύφου της Λέσβου σχηματίζοντας τις ελώδεις περιοχές του δέλτα του ποταμού Ευεργέτουλα. Χαρακτηριστική είναι η έντονη μορφολογική αναβαθμίδα και η εντυπωσιακή κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος με λειασμένες επιφάνειες πάνω στις οποίες έχουν χαραχθεί τα ίχνη της τεκτονικής ολίσθησης του κομματιού που έχει βυθισθεί. Πρόκειται για χαρακτηριστικές χαραγιές που δείχνουν τη διεύθυνση της σχετικής κίνησης των δύο τεμαχών και αποτελούν τεκμήρια της σεισμικής δραστηριότητας που εκδηλώθηκε στην περιοχή.



Εικόνα 47: Ρήγμα Λάρσου.

Το ρήγμα της Άντισσας διασχίζει τα ηφαιστειακά πετρώματα του λόφου Σκαμιούδας. Είναι ένα από τα πιο χαρακτηριστικά ρήγματα της Λέσβου και αποτελεί μοναδικό τεκμήριο των μεγάλων γεωλογικών μεταβολών που διαμόρφωσαν τη σημερινή μορφή του αναγλύφου της Λέσβου. Η κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος, δηλαδή η επιφάνεια που έσπασε το πέτρωμα, δημιουργεί μια έντονη μορφολογική αναβαθμίδα. Επάνω της είναι εμφανείς οι γραμμές προστριβής. Πρόκειται για χαρακτηριστικές χαραγιές που δείχνουν τη διεύθυνση της σχετικής κίνησης των δύο τεμαχών και αποτελούν τεκμήρια της σεισμικής δραστηριότητας που εκδηλώθηκε στην περιοχή. Σχηματίζονται από την τριβή σκληρών υλικών (κόκκων χαλαζία, κροκάλων κ.ά.), τα οποία λόγω της αντίθετης κίνησης των δυο τεμαχών εκατέρωθεν του ρήγματος, σύρθηκαν πάνω στη ρηξιγενή επιφάνεια. Το ρήγμα της Άντισσας εντάσσεται στις δομές παραμόρφωσης της Λέσβου που σχετίζονται με το μεγάλο ρήγμα της Ανατολίας και την έντονη σεισμική δραστηριότητα στο βόρειο Αιγαίο.



Εικόνα 48: Ρηξιγενής επιφάνεια του ρήγματος της Άντισσας.

Το μεγάλο ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ που επηρεάζει το τεκτονικό μίγμα στην περιοχή της Παναγιάς Κρυφτής. Το ρήγμα δημιουργεί απότομες κλίσεις σε μια μεγάλη ζώνη και είναι υπεύθυνο για τη δημιουργία του φαραγγιού αλλά και των θερμών πηγών που αναβλύζουν στην περιοχή.

Το ρήγμα της Αγριλιάς είναι ένα ρήγμα με διεύθυνση κλίσης Α-Δ , κάθετα της χερσονήσου της Αμαλής όπου και δημιουργεί την απότομη νότια ακτή.

Το ρήγμα της Φυκιότρυπας με διεύθυνση Α-Δ εμφανίζεται Βορειοανατολικά από τον οικισμό της Μυτιλήνης και διαμορφώνει τη βόρεια ακτή της νησίδας του Κάστρου της Μυτιλήνης.

Το ρήγμα της Ερεσού έχει 13,5 χιλιόμετρα μήκος και διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ. Είναι ένα κανονικό ρήγμα στην νοτιοδυτική ακτή της Λέσβου και θεωρείται ενεργό επειδή επηρεάζει στρώματα τεταρτογενούς ηλικίας (A. Chatzipetros et al., 2012). Η τμηματοποίησή (segmentation) του χωρίζει το ρήγμα σε: 1) Το τμήμα της Σκάλας Ερεσού και 2) Το τμήμα Ταβάρι.

Το κανονικό ρήγμα του Κρόλα που βρίσκεται στο Βόρειο τμήμα του νησιού, κοντά στον δόμο του Προφήτη Ηλία. Το ρήγμα έχει παράταξη ΒΑ-ΝΔ, διεύθυνση μέγιστης κλίσης 120° και κλίση 80° . Οι γραμμώσεις ολίσθησης που ταυτοποιούν την κίνηση του ρήγματος έχουν κλίση 10° , ως προς το οριζόντιο επίπεδο και ΝΔ διεύθυνση κίνησης. Το ρήγμα αυτό εντοπίστηκε μετά από έρευνα στο πεδίο.



Εικόνα 49: Η ρηξιγενής επιφάνεια και οι γραμμώσεις τεκτονικής ολίσθησης του ρήγματος.

Τέλος, τα ενεργά ρήγματα στο Δυτικό τμήμα της νήσου Λέσβου εμφανίστηκαν κατά την διάνοιξη του οδικού άξονα Καλλονής – Σιγρίου. Τα τεχνητά πρηνή, τα οποία έγιναν στα πλαίσια του έργου, εμφάνισαν σημαντικά κανονικά ρήγματα τα οποία δεν θα εμφανίζονταν με διαφορετικό τρόπο, καθώς δεν αφήνουν μορφοανάγλυφο. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας των πυροκλαστικών υλικών, που επηρεάζονται από τα ρήγματα αυτά, τα οποία είναι επιδεκτικά στην διάβρωση.

Ιστορικοί σεισμοί της Λέσβου που πιθανά συνδέονται με κάποια από τα παραπάνω ρήγματα:

- > το 230 π.Χ., Πύρρα
- > 159 μ.Χ. Μυτιλήνη
- > 1383 M= 6,8 R Μυτιλήνη
- > 1636 M= 6,3 R Καλλονή
- > 1755 M= 6,7R Μυτιλήνη
- > 1845 M= 6,8 R Βρίσα
- > 1865 M= 6,7 R Μόλυβος
- > 1867 M=6,8 R Αγία Παρασκευή - Νάπη
- > 1889 M= 6,7 R Ερεσός – Χίδηρα

Εκτός από τα ενεργά ρήγματα, τα οποία εντάσσονται στους τεκτονικούς γεώτοπους της Λέσβου, υπάρχουν και άλλες γεωλογικές δομές που εντάσσονται στη ίδια κατηγορία.

Ένας από τους σημαντικότερους τεκτονικούς γεώτοπου είναι το τεκτονικό παράθυρο του Ολύμπου. Ο ορεινός όγκος του Ολύμπου αποτελείται από ανθρακικά πετρώματα του υποβάθρου της Λέσβου, τα οποία αναδύονται μέσα από τους γειτονικούς οφειόλιθους. Τα οφειολιθικά πετρώματα αποτελούν πετρώματα του πυθμένα της Τηθύος, τα οποία με τη σύγκλιση των δύο ηπείρων που την περιέβαλαν, τοποθετήθηκαν στο ηπειρωτικό περιθώριο και αναδύθηκαν με την ορογένεση. Το τεκτονικό παράθυρο του Ολύμπου δημιουργήθηκε όταν, μετά τη φάση της ορογένεσης, έντονες εφελκυστικές δυνάμεις δημιούργησαν κανονικά ρήγματα, τα οποία εμφάνισαν τα μεταμορφωμένα πετρώματα του υποβάθρου. Τα μεταμορφωμένα αυτά πετρώματα αποτελούνται από λευκούς έως τεφρούς, σακχαρώδεις και μερικές φορές ροζωποί ανακρυσταλλωμένοι ασβεστόλιθοι, που αποτελούν την κορυφή του Ολύμπου.



Εικόνα 50: Τεκτονικό παράθυρο Ολύμπου.

Το τεκτονικό κάλυμμα των οφειολίθων αποτελεί έναν ακόμα τεκτονικό γεώτοπο της Λέσβου. Τοποθετείται στα Κεντρικά και Νοτιοανατολικά του νησιού και πάνω του αναπτύσσεται το πευκοδάσος της Κεντρικής Λέσβου, σε αντίθεση με του ελαιώνες που αναπτύσσονται πάνω στα μεταμορφωμένα πετρώματα του υποβάθρου. Πρόκειται για το αποτέλεσμα της σύγκλισης δύο λιθοσφαιρικών πλακών και το κλείσιμο ενός ωκεανού με την διαδικασία της τοποθέτησης των οφειολιθικών πετρωμάτων πάνω στο μεταμορφωμένο υπόβαθρο, ηλικίας 250-300 περίπου εκατομμυρίων ετών. Οι οφειόλιθοι δημιουργήθηκαν στον ωκεάνιο πυθμένα όπου αποτελούνται από υπερβασικά και βασικά πετρώματα, όπως δουνίτες, γάββροι, λάβες βασαλτικής σύστασης κ.α., καλυπτόμενα από ιζήματα βαθιάς θάλασσας.



Εικόνα 51: Εμφάνιση του οφειολιθικού καλύμματος.



Εικόνα 53: Χαρακτηριστική αλλαγή εδαφοκάλυψης πάνω στο όριο του τεκτονικού καλύμματος και των μεταμορφωμένων πετρωμάτων.

Ένας ακόμα τεκτονικός γεώτοπος που συνδέεται στενά με τις προηγούμενες δύο τεκτονικές δομές είναι το φαράγγι της Κρυφτής. Στην περιοχή εκείνη εμφανίζεται ένα τεκτονικό μίγμα το οποίο αποτελεί μάρτυρας της έντονης τεκτονικής διαδικασίας κατά την ορογένεση. Πιο συγκεκριμένα, εμφανίζονται τεκτονικά μίγματα (mélange) από διάφορους γεωλογικούς σχηματισμούς, οι οποίοι είναι ανακατεμένοι μεταξύ τους. Το τεκτονικό μίγμα αποτελείται από κυρίως από κρυσταλλικούς ασβεστόλιθους, χαλαζιακούς μαρμαρυγιακούς σχιστόλιθους, πρασινίτες και λιγότερο από οφειόλιθους. Τα τεκτονικά μίγματα δημιουργήθηκαν κατά τη διάρκεια τοποθέτησης της οφειολιθικής μάζας πάνω στο ηπειρωτικό περιθώριο. Τα ασβεστολιθικά τεμάχια του υποβάθρου (όπως και ο ορεινός όγκος της Παναγίας Κρυφτής), αποκολλήθηκαν από το ηπειρωτικό περιθώριο κατά την τοποθέτηση των οφειολίθων και ανακατεύτηκαν μαζί τους. Επίσης η περιοχή επηρεάζεται από ένα ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης το οποίο αναφέρθηκε παραπάνω.



Εικόνα 54: Φαράγγι Κρυφτής - Τεκτονικό Κάλυμμα.

4.3 Οι Τεκτονικοί Γεώτοποι της Περιοχής Μελέτης

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στην Δυτική Λέσβο ή οποία σύμφωνα με τα, μέχρι στιγμής, δημοσιευμένα στοιχεία εμφανίζεται ως περιοχή με ελάχιστες τεκτονικές δομές, με αποτέλεσμα την υποβάθμιση του ενεργού τεκτονικού δυναμικού της.

Κατά την κατασκευή του οδικού άξονα Καλλονής-Σιγρίου, δημιουργήθηκαν πολλά τεχνικά πρρανή, τα οποία έκοψαν τους πυροκλαστικούς σχηματισμούς της Δυτικής Λέσβου. Η μελέτη των τεχνικών πρρανών επιτρέπει την μελέτη τεκτονικών δομών οι οποίες δεν είναι ορατές με κάποιο άλλο δυνατό τρόπο. Στα πρρανή αυτά διαπιστώθηκε η ύπαρξη πλήθους τεκτονικών επιφανειών οι οποίες διέκοπταν την συνέχεια των στρωμάτων των πυροκλαστικών σχηματισμών.

Η μελέτη της περιοχής αποδεικνύει ότι δεν υπάρχουν σημαντικές μορφολογικές δομές οι οποίες να είναι ενδεικτικές της τεκτονικής δραστηριότητας. Η περιοχή μελέτης όπως προαναφέρθηκε αποτελείται από πυροκλαστικούς σχηματισμούς και τα πετρώματα της περιοχής είναι επιδεκτικά στην έντονη διάβρωση, γεγονός που δεν επιτρέπει την διατήρηση των μορφοτεκτονικών δομών.

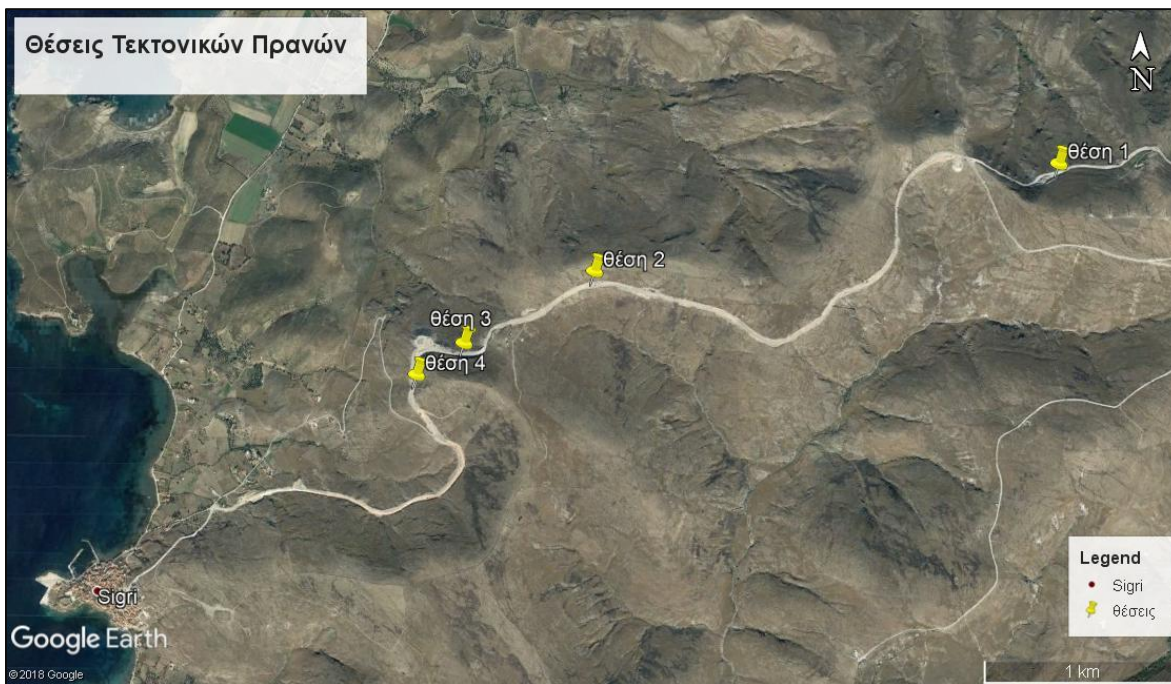
Έτσι λοιπόν αξιοποιήθηκε η διάνοιξη των τεχνικών πρρανών, κατά μήκος του οδικού άξονα Καλλονής-Σιγρίου, για την μελέτη των τεκτονικών δομών που εμφανίζονται στους πυροκλαστικούς σχηματισμούς.



Εικόνα 55: Χάραξη νέου οδικού άξονα Καλλονής-Σιγρίου.

Πιο αναλυτικά, στις παρακάτω θέσεις εντοπίσθηκε, αναγνωρίσθηκε, καταγράφηκε και μελετήθηκε μεγάλος αριθμός ρηγμάτων στους πυροκλαστικούς σχηματισμούς, γεγονός που αποδεικνύει την έντονη τεκτονική της περιοχής

- Θέση 1: Απολιθωματοφόρος θέση Βρυσάκι
- Θέση 2: Απολιθωματοφόρος θέση Μπαχαριωτάκη
- Θέση 3: Απολιθωματοφόρος θέση Φυλάκιο
- Θέση 4: Απολιθωματοφόρος θέση Ταξιάρχης



Εικόνα 56: Θέσεις τεκτονικών πρανών.

Παρακάτω θα αναλυθούν οι θέσεις ξεχωριστά και θα αναφερθούν χαρακτηριστικά παραδείγματα.

Θέση 1: Απολιθωματοφόρος Θέση Βρυσάκι

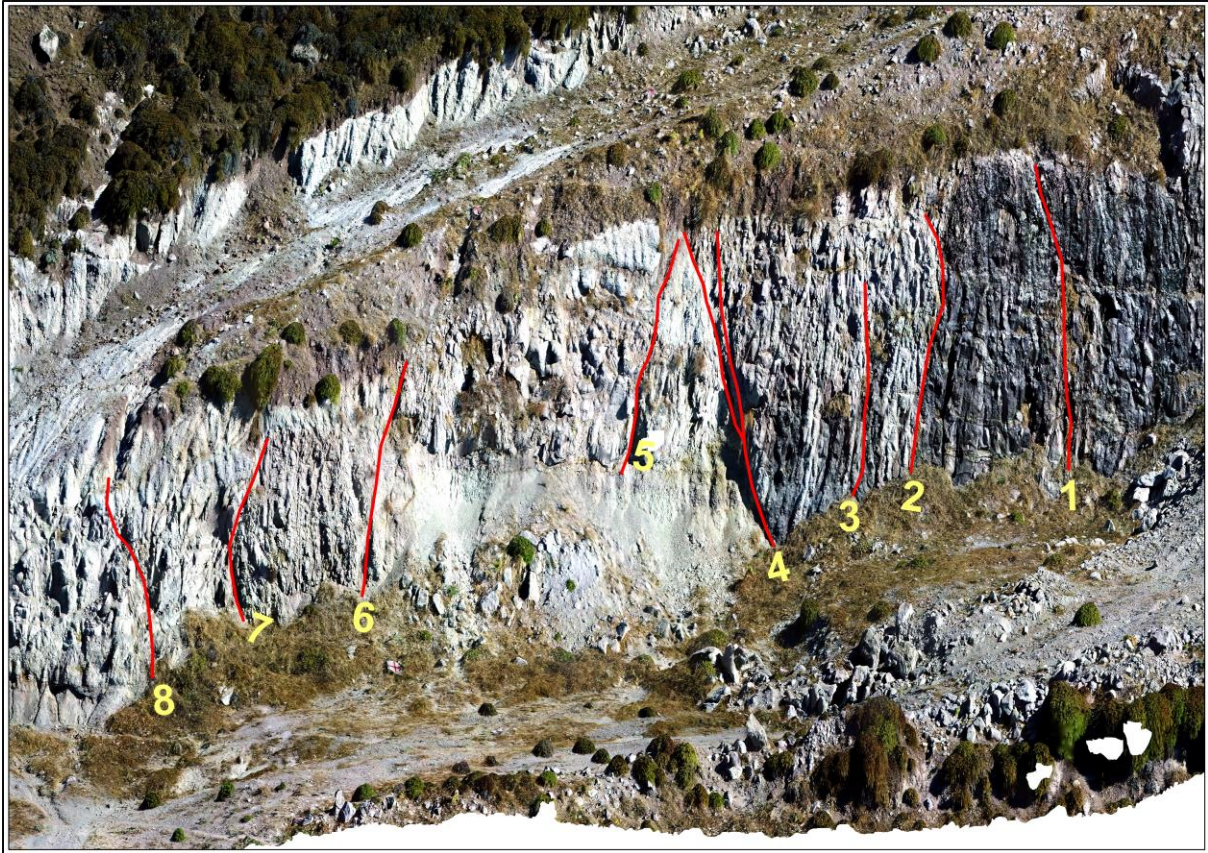


Εικόνα 57: Θέση 1.

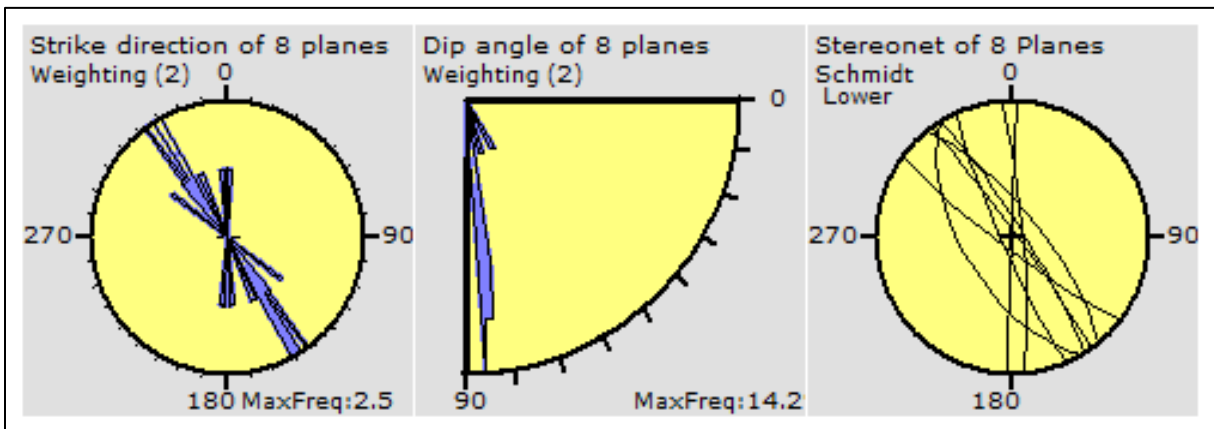
Στην θέση 1 μετρήθηκαν 8 ρηξιγενείς επιφάνειες, τα στοιχεία των οποίων περιγράφονται αναλυτικά από τον παρακάτω πίνακα.

Θέση 1	Ρήγματα	Διεύθυνση	Διεύθυνση Μέγιστης Κλίσης	Κλίση	
	1		ΒΔ-ΝΑ	246°	84°
	2		ΒΔ-ΝΑ	58°	83°
	3		Β-Ν	272°	90°
	4	a	ΒΔ-ΝΑ	239°	61°
		b	ΔΒΔ-ΑΝΑ	217°	83°
	5		Β-Ν	85°	83°
	6		ΒΔ-ΝΑ	51°	74°
	7		ΒΔ-ΝΑ	54°	87°
8		ΒΔ-ΝΑ	215°	84°	

Εικόνα 53: Πίνακας με τα στοιχεία των ρηγμάτων.



Εικόνα 58: Ορθοφωτομωσαϊκό του πρηνούς στη θέση 1.



Εικόνα 59: α) Ροδόγραμμα επιφανειών της πρώτης θέσης, β) απεικόνιση των κλίσεων των επιφανειών, γ) Στερεοδιάγραμμα κατώτερου ημισφαιρίου Schmidt των 8 επιφανειών της θέσης 1.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά κάποια από τα πιο χαρακτηριστικά ρήγματα της θέσης αυτής.

Ρήγμα 1.I (ρηξιγενής επιφάνεια 4)



Το ρηξιγενής επιφάνεια 4 είναι ένα κανονικό ρήγμα το οποίο παρουσιάζει δύο παράλληλες επιφάνειες. Η (A) επιφάνεια έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, διεύθυνση μέγιστης κλίσης 239° και κλίση 61° . Εμφανίζεται γράμμωση τεκτονικής ολίσθησης, όπου σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο έχει 32° κλίση και διεύθυνση Ν (pitch 32° , S). Η (B) επιφάνεια έχει διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ, διεύθυνση μέγιστης κλίσης 217° και κλίση 83° .

Το ρήγμα αυτό επηρεάζει έναν οριζόντια με πυροκλαστικά πετρώματα και μικρές και μεγάλες γωνιώδη κλάστες ηφαιστειακών πετρωμάτων. Πρόκειται για μια μεγάλη διάρρηξη, όπου στη βάση του ρήγματος παρατηρούνται κολλουβιακές σφήνες. Ακόμα, φαίνεται να επηρεάζεται και ένα κίτρινο στρώμα άμμου το οποίο δεν εμφανίζεται μετά την ρηξιγενή επιφάνεια.

Ρήγμα 1.II (ρηξιγενής επιφάνεια 6)



Η ρηξιγενής επιφάνεια 6 έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, διεύθυνση μέγιστης κλίσης 51° και κλίση 74° . Πρόκειται για κανονικό ρήγμα με εμφάνιση γράμμωση τεκτονικής ολίσθησης, όπου σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο έχει κλίση 36° και διεύθυνση Β (pitch, 36° N).

Το ρήγμα αυτό επηρεάζει έναν οριζόντια με πυροκλαστικά πετρώματα και πιο συγκεκριμένα έναν οριζόντια στάχτης όπου στο εσωτερικό του παρατηρούνται μικρά γωνιώδη υλικά, καθώς και μικρές και μεγάλες γωνιώδης ηφαιστειακές κλάστες. Ακόμα, στην δεξιά πλευρά παρατηρείται ένα μεγάλο στρώμα πρασινωπής άμμου η οποία διακόπτεται από το ρήγμα, καθώς και στη βάση του ρήγματος παρατηρούνται κολλουβιακές σφήνες.

Ρήγμα 1.III (ρηξιγενής επιφάνεια 8)



Η ρηξιγενής επιφάνεια 8 είναι ένα κανονικό ρήγμα με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, διεύθυνση μέγιστης κλίσης 215° και κλίση 84° .

Το ρήγμα αυτό επηρεάζει έναν ορίζοντα με πυροκλαστικά πετρώματα και μεγάλες ηφαιστειακές κλάστες. Ακόμα, στην αριστερή πλευρά του ρήγματος φαίνεται να διακόπτεται ένα στρώμα κίτρινης άμμου, η οποία πιθανολογείται ότι είναι το ίδιο στρώμα με τα προηγούμενα, καθώς στο τεκτονικό αυτό πρηνές τα ρήγματα παρουσιάζουν τη χαρακτηριστική δομή των κανονικών ρηγμάτων, σαν σκαλοπάτια δηλαδή, μετακινώντας τα στρώματα προς τα κατάντι από τα Δυτικά προς τα Ανατολικά.

Θέση 2: Απολιθωματοφόρος Θέση Μπαχαριωτάκη

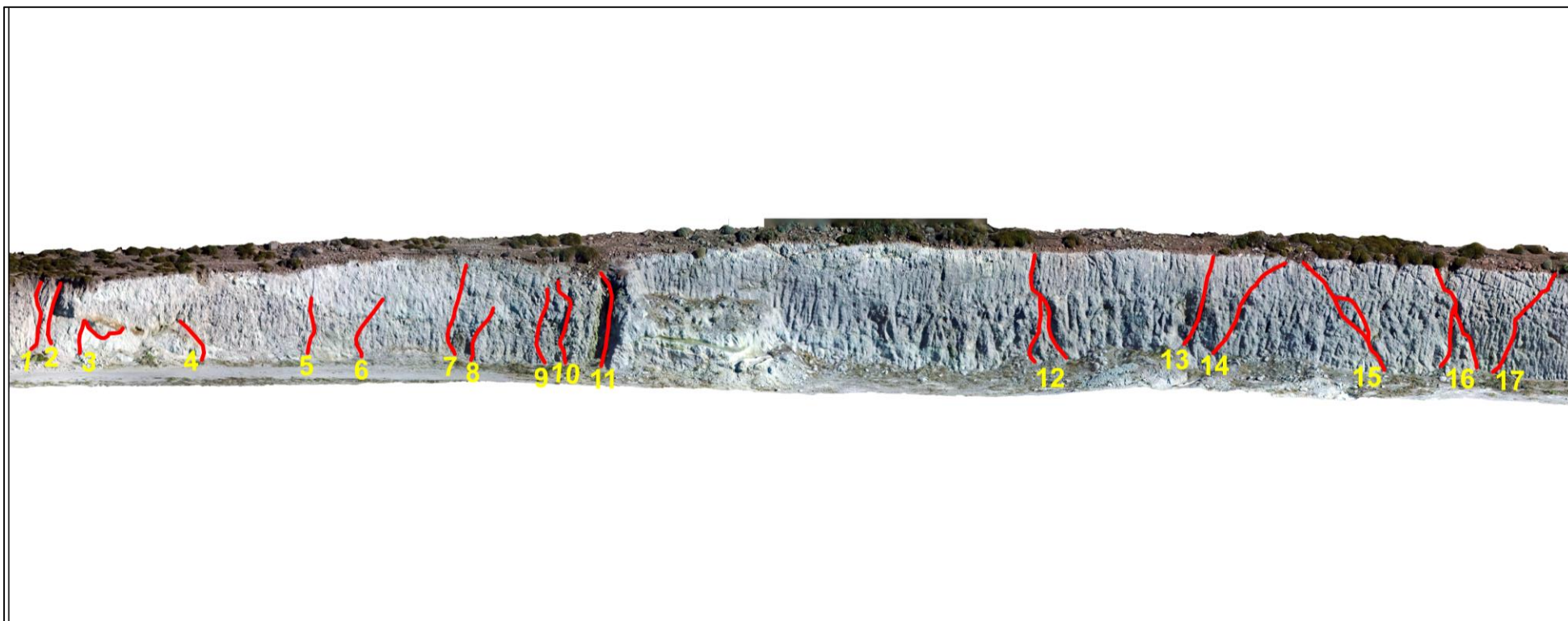


Εικόνα 60: Θέση 2.

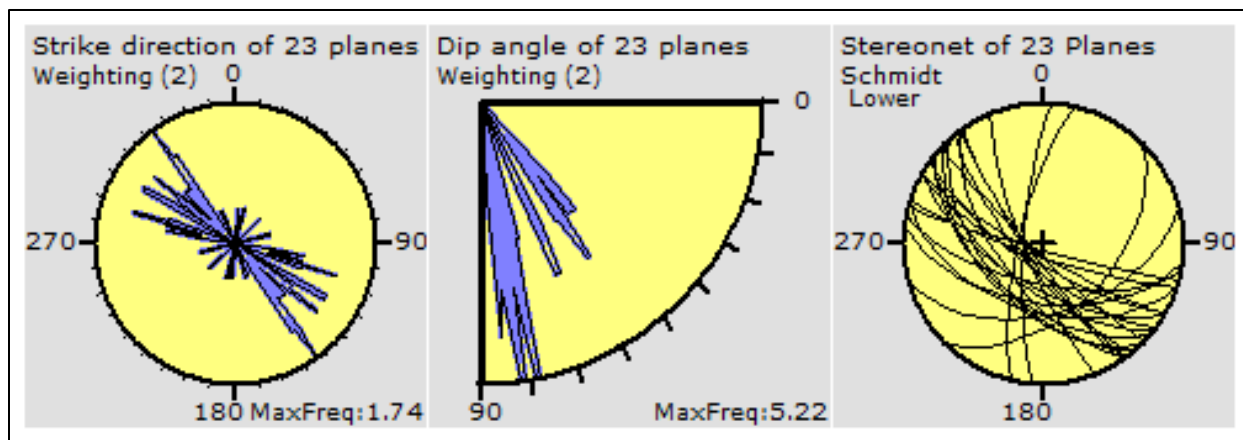
Στην θέση 2 μετρήθηκαν 17 ρηξιγενείς επιφάνειες, τα στοιχεία των οποίων περιγράφονται αναλυτικά από τον παρακάτω πίνακα.

Θέση 2	Ρήγματα	Διεύθυνση	Διεύθυνση Μέγιστης Κλίσης	Κλίση	
	1		A-Δ	188°	55°
	2		ΔΒΔ-ΑΝΑ	198°	50°
	3		ΒΑ-ΝΔ	135°	49°
	4		ΔΝΔ-ΑΒΑ	164°	48°
	5		ΒΔ-ΝΑ	229°	56°
	6		ΒΔ-ΝΑ	220°	55°
	7		ΒΔ-ΝΑ	248°	79°
	8		ΒΔ-ΝΑ	235°	80°
	9		ΒΔ-ΝΑ	231°	76°
	10		ΒΔ-ΝΑ	226°	53°
	11	a	ΒΔ-ΝΑ	234°	64°
		b	ΒΔ-ΝΑ	218°	64°
		c	ΒΔ-ΝΑ	234°	82°
		d	ΒΔ-ΝΑ	224°	84°
	12	a	ΔΒΔ-ΑΝΑ	198°	82°
		b	ΔΒΔ-ΑΝΑ	210°	83°
13		Β-Ν	283°	76°	
14		ΔΒΔ-ΑΝΑ	211°	65°	
15	a	ΔΒΔ-ΑΝΑ	195°	86°	
	b	ΒΔ-ΝΑ	217°	75°	
16	a	ΔΒΔ-ΑΝΑ	192°	66°	
	b	ΔΒΔ-ΑΝΑ	209°	78°	
17		Β-Ν	274°	79°	

Εικόνα 61: Πίνακας με τα στοιχεία των ρηγμάτων.



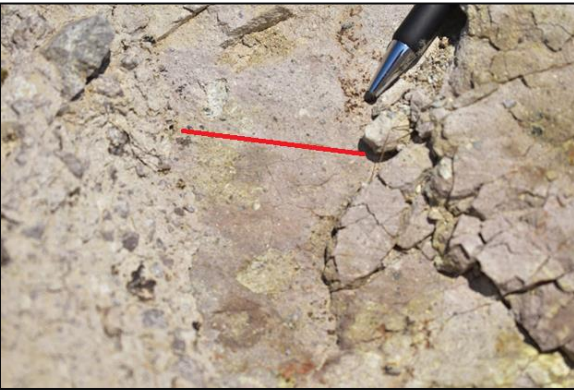
Εικόνα 62: Ορθοφωτομωσαϊκό του πρανούς στη θέση 2.



Εικόνα 63: α) Ροδόγραμμα επιφανειών της πρώτης θέσης, β) απεικόνιση των κλίσεων των επιφανειών, γ) Στερεοδιάγραμμα κατώτερου ημισφαιρίου Schmidt των 23 επιφανειών της θέσης 2.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά κάποια από τα πιο χαρακτηριστικά ρήγματα της θέσης αυτής.

Ρήγμα 2.I (ρηξιγενής επιφάνεια 11)



Η ρηξιγενής επιφάνεια 11 είναι ένα κανονικό ρήγμα και παρουσιάζει τέσσερις παράλληλες επιφάνειες.

Η (Α) επιφάνεια έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, διεύθυνση μέγιστης κλίσης 234° και κλίση 64° . Εμφανίζεται γραμμωση τεκτονικής ολίσθησης, όπου σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο έχει 4° κλίση και διεύθυνση ΝΑ (pitch 4° , SE).

Η (Β) επιφάνεια έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, διεύθυνση μέγιστης κλίσης 218° και κλίση 64° .

Η (Γ) επιφάνεια έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, διεύθυνση μέγιστης κλίσης 234° και κλίση 82° . Εμφανίζεται γραμμωση τεκτονικής ολίσθησης, όπου σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο έχει 60° κλίση και διεύθυνση ΝΑ (pitch 60° , SE).

Η (Δ) επιφάνεια έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, διεύθυνση μέγιστης κλίσης 224° και κλίση 84° . Εμφανίζεται γραμμωση τεκτονικής ολίσθησης, όπου σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο έχει 40° κλίση και διεύθυνση ΝΑ (pitch 40° , SE).

Το ρήγμα αυτό επηρεάζει έναν οριζοντα με πυροκλαστικά πετρώματα, γωνιώδη υλικά και μικρές και μεγάλες κλάστες ηφαιστειακών πετρωμάτων. Πρόκειται για ένα μεγάλο ρήγμα με μία ζώνη διάρρηξης πάχους ένα μέτρο. Υπάρχουν τέσσερις επάλληλες επιφάνειες διάρρηξης, καθώς ακόμα παρατηρείται και μια ζώνη διείσδυσης χαλαζία πάχους 20-30 εκατοστών.

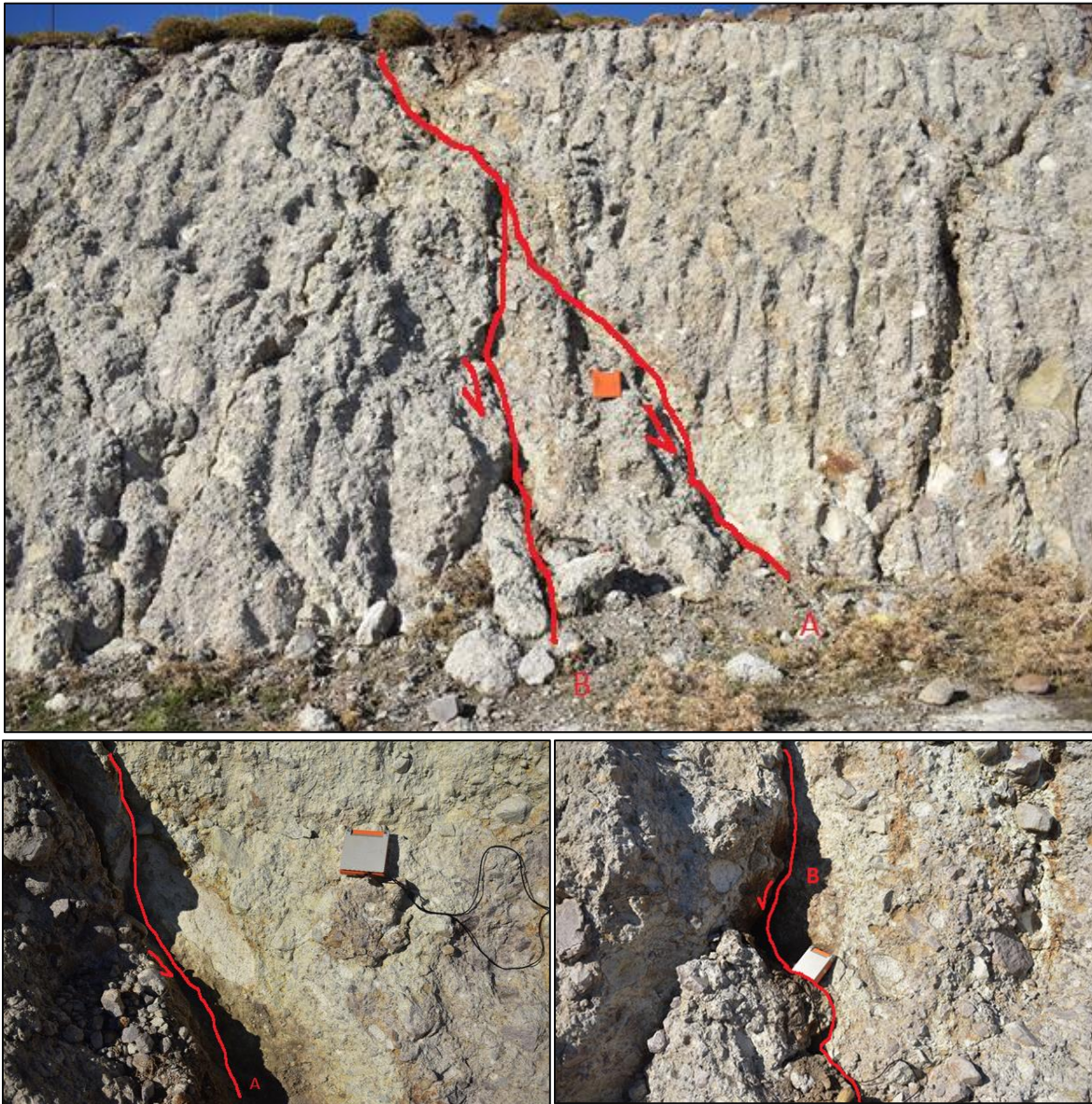
Ρήγμα 2.II (ρηξιγενής επιφάνεια 12)



Η ρηξιγενής επιφάνεια 12 είναι ένα κανονικό ρήγμα και παρουσιάζει δύο παράλληλες επιφάνειες. Η (Α) επιφάνεια έχει διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ, διεύθυνση μέγιστης κλίσης 198° και κλίση 82° . Η (Β) επιφάνεια έχει διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ, διεύθυνση μέγιστης κλίσης 210° και κλίση 83° .

Το ρήγμα αυτό επηρεάζει έναν ορίζοντα με πυροκλαστικά πετρώματα και πιο συγκεκριμένα έναν ορίζοντα σάχτης, όπου στο εσωτερικό του παρατηρούνται μικρά γωνιώδη υλικά, μικρές και μεγάλες κλάστες και κροκάλες ηφαιστειακών πετρωμάτων, καθώς και ελαφρόπετρες. Τέλος, στην αριστερή πλευρά του ρήγματος παρατηρείται ένα στρώμα πράσινης άμμου, το οποίο δεν εμφανίζεται να συνεχίζει καθώς έχει μετατοπιστεί από τη δράση του ρήγματος.

Ρήγμα 2.III (ρηξιγενής επιφάνεια 16)



Η ρηξιγενής επιφάνεια 16 είναι ένα κανονικό ρήγμα το οποίο παρουσιάζει δύο παράλληλες επιφάνειες. Η (Α) επιφάνεια έχει διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ, διεύθυνση μέγιστης κλίσης 192° και κλίση 66° . Η (Β) επιφάνεια έχει διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ, διεύθυνση μέγιστης κλίσης 209° και κλίση 78° . Εμφανίζεται στην επιφάνειά του γραμμωση τεκτονικής ολίσθησης όπου σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο έχει 39° κλίση και διεύθυνση ΝΔ (pitch 39° , SW).

Το ρήγμα αυτό επηρεάζει έναν οριζοντα με πυροκλαστικά πετρώματα και πιο συγκεκριμένα έναν οριζοντα στάχτης όπου στο εσωτερικό του παρατηρούνται γωνιώδη υλικά και μεγάλες και μικρές γωνιώδης κλάστες ηφαιστειακών πετρωμάτων. Ακόμα, στην επιφάνεια μέτρησης παρατηρείται μια μικρή εμφάνιση υδροθερμικής κυκλοφορίας.

Θέση 3: Απολιθωματοφόρος Θέση Φυλάκιο

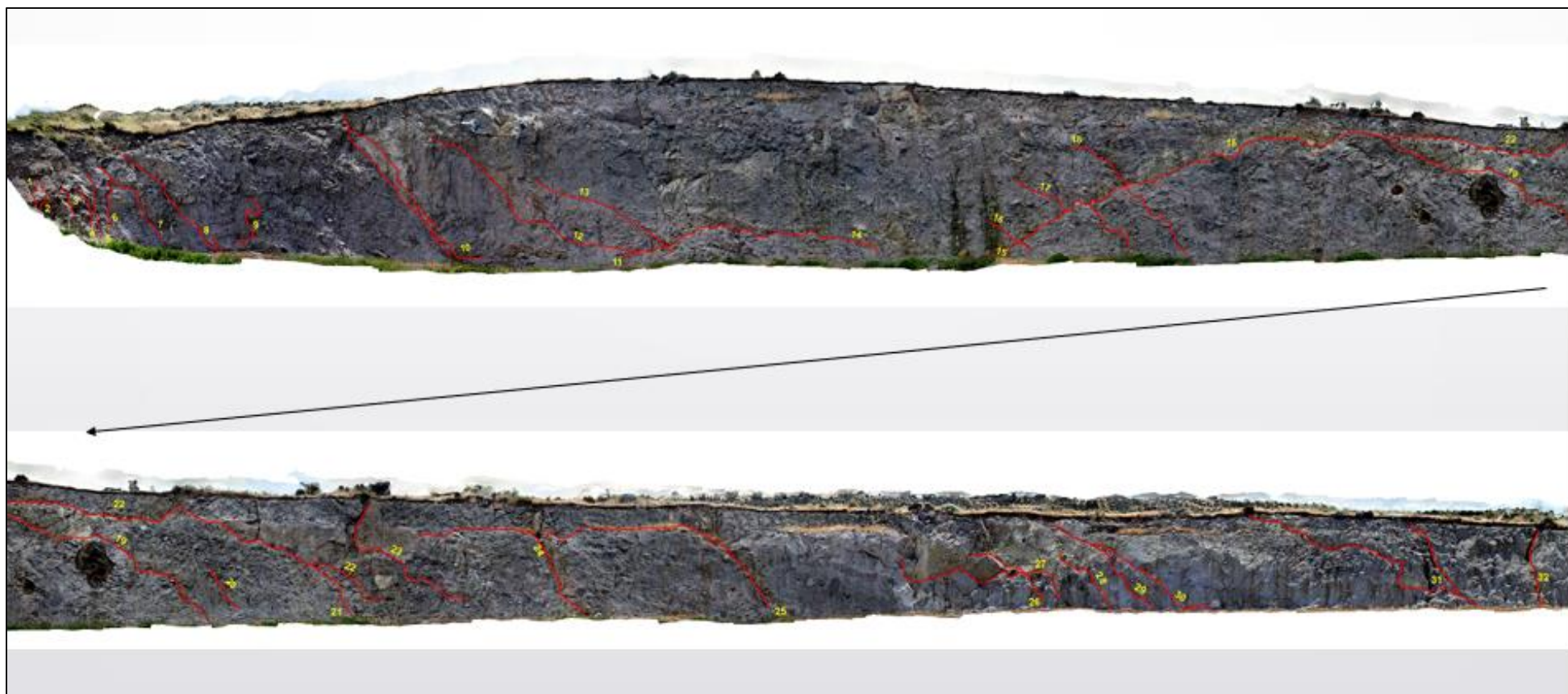


Εικόνα 64: Θέση 3.

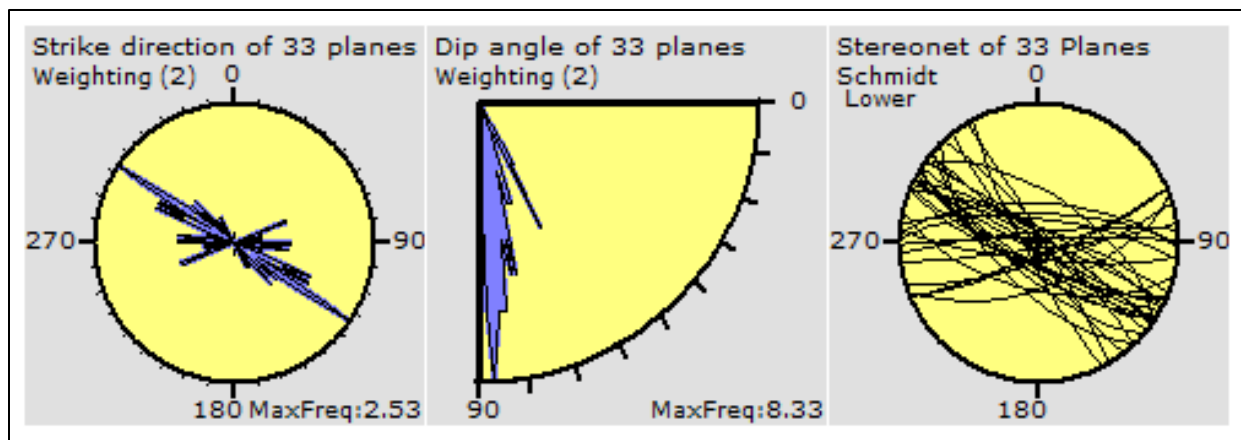
Στην θέση 3 μετρήθηκαν 32 ρηξιγενείς επιφάνειες, τα στοιχεία των οποίων περιγράφονται αναλυτικά από τον παρακάτω πίνακα.

Θέση 3	Ρήγματα	Διεύθυνση	Διεύθυνση Μέγιστης Κλίσης	Κλίση	
	1		ΒΔ-ΝΑ	34°	62°
	2		Α-Δ	3°	67°
	3		Α-Δ	7°	76°
	4		Α-Δ	1°	73°
	5		ΒΔ-ΝΑ	242°	82°
	6		ΒΑ-ΝΔ	160°	64°
	7		Α-Δ	172°	86°
	8	a	Α-Δ	194°	62°
		b	ΔΒΔ-ΑΝΑ	221°	71°
	9		ΒΑ-ΝΔ	157°	83°
	10	a	ΒΑ-ΝΔ	157°	81°
		b	ΒΑ-ΝΔ	163°	78°
	11		Α-Δ	186°	80°
	12		ΒΔ-ΝΑ	204°	78°
	13		ΒΔ-ΝΑ	207°	85°
	14		Α-Δ	355°	84°
	15		Α-Δ	359°	87°
	16		ΒΔ-ΝΑ	47°	83°
	17		ΔΒΔ-ΑΝΑ	27°	82°
	18		ΔΒΔ-ΑΝΑ	22°	81°
	19		ΒΔ-ΝΑ	212°	78°
	20		ΒΔ-ΝΑ	226°	64°
	21		ΒΔ-ΝΑ	39°	90°
	22		ΒΒΔ-ΝΝΑ	25°	87°
	23		ΔΒΔ-ΑΝΑ	203°	76°
	24		ΒΔ-ΝΑ	36°	85°
	25		ΒΔ-ΝΑ	232°	84°
	26		ΒΔ-ΝΑ	35°	86°
	27		ΒΒΔ-ΝΝΑ	59°	87°
	28		ΒΔ-ΝΑ	213°	74°
	29		ΔΒΔ-ΑΝΑ	209°	79°
30		ΔΒΔ-ΑΝΑ	212°	73°	
31		ΔΒΔ-ΑΝΑ	213°	86°	
32		ΒΔ-ΝΑ	33°	80°	

Εικόνα 65: Πίνακας με στοιχεία των ρηγμάτων.



Εικόνα 66: Ορθοφωτομωσαϊκό του πρανούς στη θέση 3.



Εικόνα 67: α) Ροδόγραμμα επιφανειών της πρώτης θέσης, β) απεικόνιση των κλίσεων των επιφανειών, γ) Στερεοδιάγραμμα κατώτερου ημισφαιρίου Schmidt των 33 επιφανειών της θέσης 3.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά κάποια από τα πιο χαρακτηριστικά ρήγματα της θέσης αυτής.

Ρήγμα 3.I (ρηξιγενής επιφάνεια 7)



Η ρηξιγενής επιφάνεια 7 έχει διεύθυνση Α-Δ, διεύθυνση μέγιστης κλίσης 172° και κλίση 86° . Πρόκειται για κανονικό ρήγμα και εμφανίζεται στην επιφάνειά του γράμμωση τεκτονικής ολίσθησης, όπου όπου σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο έχει 46° κλίση και διεύθυνση ΝΑ (pitch 46° , SE).

Το ρήγμα αυτό επηρεάζει έναν οριζοντα ο οποίος στο ανώτερο τμήμα του αποτελείται από μεγάλες γωνιώδης κλάστες ηφαιστειακών πετρωμάτων και στο κατώτερο τμήμα του από πυροκλαστικά πετρώματα και συγκεκριμένα έναν οριζοντα στάχτης όπου στο εσωτερικό του έχει μικρά γωνιώδη υλικά. Παρατηρείται μετατόπιση των υλικών εκατέρωθεν του ρήγματος, καθώς και στην αριστερή πλευρά του ρήγματος παρατηρούνται πλευρικά κορήματα.

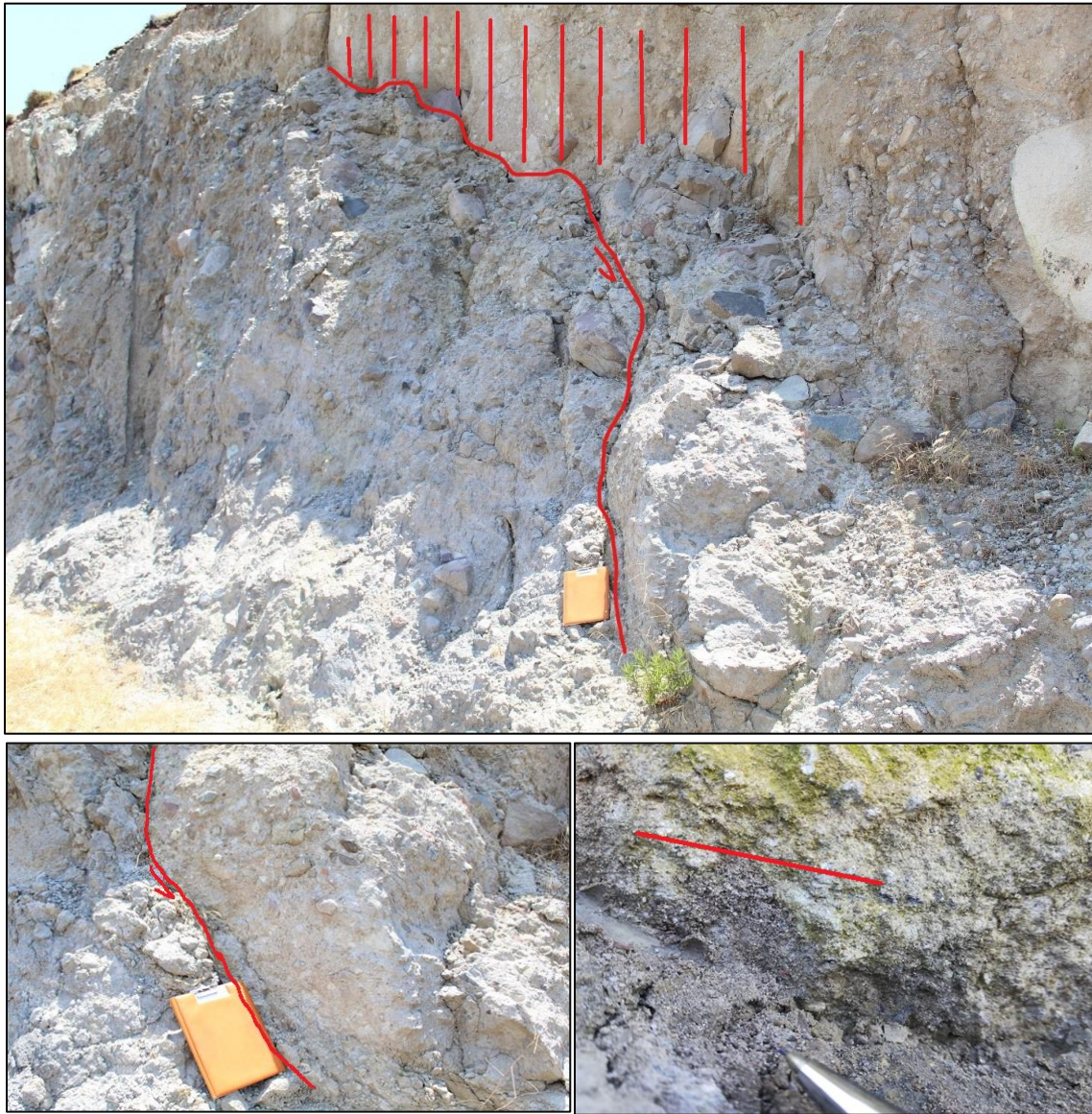
Ρήγμα 3.II (ρηξιγενής επιφάνεια 15)



Η ρηξιγενής επιφάνεια 15 έχει διεύθυνση Α-Δ, διεύθυνση μέγιστης κλίσης 359° και κλίση 87° .

Το ρήγμα αυτό επηρεάζει έναν οριζοντα με πυροκλαστικά πετρώματα και συγκεκριμένα έναν οριζοντα στάχτης, όπου στο εσωτερικό του παρατηρούνται γωνιώδη μικρά υλικά, μικρές ηφαιστειακές κροκάλες και γωνιώδη κλάστες καθώς και ελαφρόπετρες. Η μετατόπιση των σχηματισμών παρατηρείται κάθετα σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο.

Ρήγμα 3.III (ρηξιγενής επιφάνεια 21)



Η ρηξιγενής επιφάνεια 21 έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, διεύθυνση μέγιστης κλίσης 39° και κλίση 90° . Πρόκειται για κανονικό ρήγμα και εμφανίζει στην επιφάνεια του γραμμωση τεκτονικής ολίσθησης όπου σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο έχει 31° κλίση και διεύθυνση ΝΑ (pitch 31° , SE).

Το ρήγμα αυτό επηρεάζει έναν ορίζοντα με πυροκλαστικά πετρώματα και πιο συγκεκριμένα, έναν ορίζοντα στάχτης όπου στο εσωτερικό του παρατηρούνται μικρά και μεγάλα γωνιώδη υλικά κυρίως στη βάση του ρήγματος, ενώ προς την οροφή του κυριαρχούν μεγάλες κλάστες κυρίως ηφαιστειακών υλικών. Η μετατόπιση του ορίζοντα των πυροκλαστικών πετρωμάτων παρατηρείται εκατέρωθεν του ρήγματος.

Ρήγμα 3.IV (ρηξιγενής επιφάνεια 28)



Η ρηξιγενής επιφάνεια 28 έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, διεύθυνση μέγιστης κλίσης 213° και κλίση 74° . Πρόκειται για κανονικό ρήγμα και εμφανίζει στην επιφάνεια του γραμμωση τεκτονικής ολίσθησης όπου σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο έχει 46° κλίση και διεύθυνση ΝΑ (pitch 46° , SE).

Το ρήγμα αυτό επηρεάζει έναν οριζοντα με πυροκλαστικά πετρώματα όπου στο εσωτερικό τους παρατηρούνται μικρά αλλά και μεγάλα γωνιώδη υλικά, όπως και ακόμα μεγάλες ηφαιστειακές γωνιώδης κλάστες. Η μετατόπιση των σχηματισμών παρατηρείται εκατέρωθεν του ρήγματος.

Θέση 4: Απολιθωματοφόρος Θέση Ταξιάρχης



Εικόνα 68: Θέση 4.

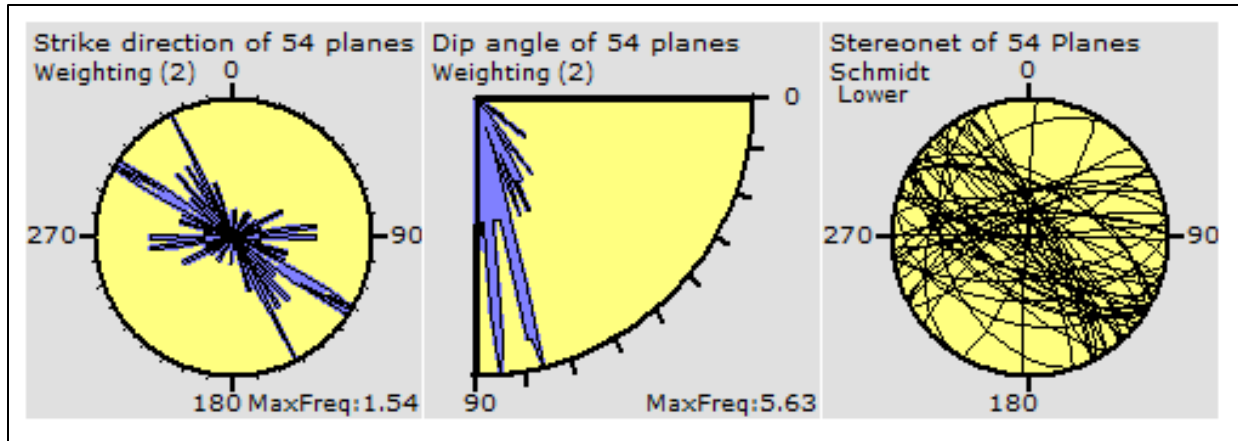
Στην θέση 3 μετρήθηκαν 32 ρηξιγενείς επιφάνειες, τα στοιχεία των οποίων περιγράφονται αναλυτικά από τον παρακάτω πίνακα.

Ρήγμα	Διεύθυνση	Διεύθυνση Μέγιστης Κλίσης	Κλίση
1	ΑΒΑ-ΔΝΔ	172°	66°
2	ΔΒΔ-ΑΝΑ	201°	83°
3	ΒΔ-ΝΑ	212°	68°
4	ΒΒΔ-ΝΝΑ	251°	37°
5	ΒΔ-ΝΑ	211°	54°
6	ΒΔ-ΝΑ	210°	57°
7	ΔΒΔ-ΑΝΑ	197°	86°
8	Δ-Α	178°	52°
9	ΒΔ-ΝΑ	214°	64°
10	ΒΔ-ΝΑ	210°	75°
11	ΒΔ-ΝΑ	235°	61°
12	ΒΔ-ΝΑ	214°	85°
13	ΒΔ-ΝΑ	221°	73°
14	ΒΑ-ΝΔ	149°	85°
15	ΒΑ-ΝΔ	334°	76°
16	Δ-Α	355°	89°
17	ΔΝΔ-ΑΒΑ	351°	63°
18	ΔΝΔ-ΑΒΑ	351°	81°
19	a ΒΑ-ΝΔ	331°	66°
	b ΒΑ-ΝΔ	332°	78°
20	ΔΒΔ-ΑΝΑ	208°	79°
21	a ΔΒΔ-ΑΝΑ	192°	69°
	b ΒΔ-ΝΑ	230°	69°
22	a ΒΔ-ΝΑ	32°	54°
	b ΔΒΔ-ΑΝΑ	17°	81°
23	ΔΒΔ-ΑΝΑ	194°	37°
24	ΒΔ-ΝΑ	48°	74°
25	Δ-Α	1°	89°
26	ΔΝΔ-ΑΒΑ	320°	77°
27	ΒΔ-ΝΑ	209°	64°
28	ΒΑ-ΝΔ	305°	33°
29	ΔΝΔ-ΑΒΑ	341°	74°
30	ΔΝΔ-ΑΒΑ	345°	62°
31	ΒΔ-ΝΑ	226°	84°
32	ΒΒΔ-ΝΝΑ	71°	84°
33	ΒΔ-ΝΑ	63°	82°
	a ΒΔ-ΝΑ	61°	76°
	b ΒΔ-ΝΑ	56°	76°
	c ΒΔ-ΝΑ	42°	83°
	d ΒΔ-ΝΑ	34°	73°
35	ΒΒΔ-ΝΝΑ	63°	78°
36	ΒΔ-ΝΑ	49°	84°
37	ΒΔ-ΝΑ	56°	84°
38	a Δ-Α	359°	75°
	b Δ-Α	359°	76°
39	ΒΔ-ΝΑ	227°	88°
40	Δ-Α	9°	70°
41	a ΒΔ-ΝΑ	61°	76°
	b Β-Ν	273°	88°
42	ΒΑ-ΝΔ	119°	83°
43	ΒΔ-ΝΑ	242°	87°
44	a ΒΔ-ΝΑ	219°	80°
	b ΔΒΔ-ΑΝΑ	28°	59°
45	a ΔΒΔ-ΑΝΑ	27°	60°
	b ΒΔ-ΝΑ	57°	74°

Εικόνα 69: Πίνακας στοιχείων των ρηγμάτων.



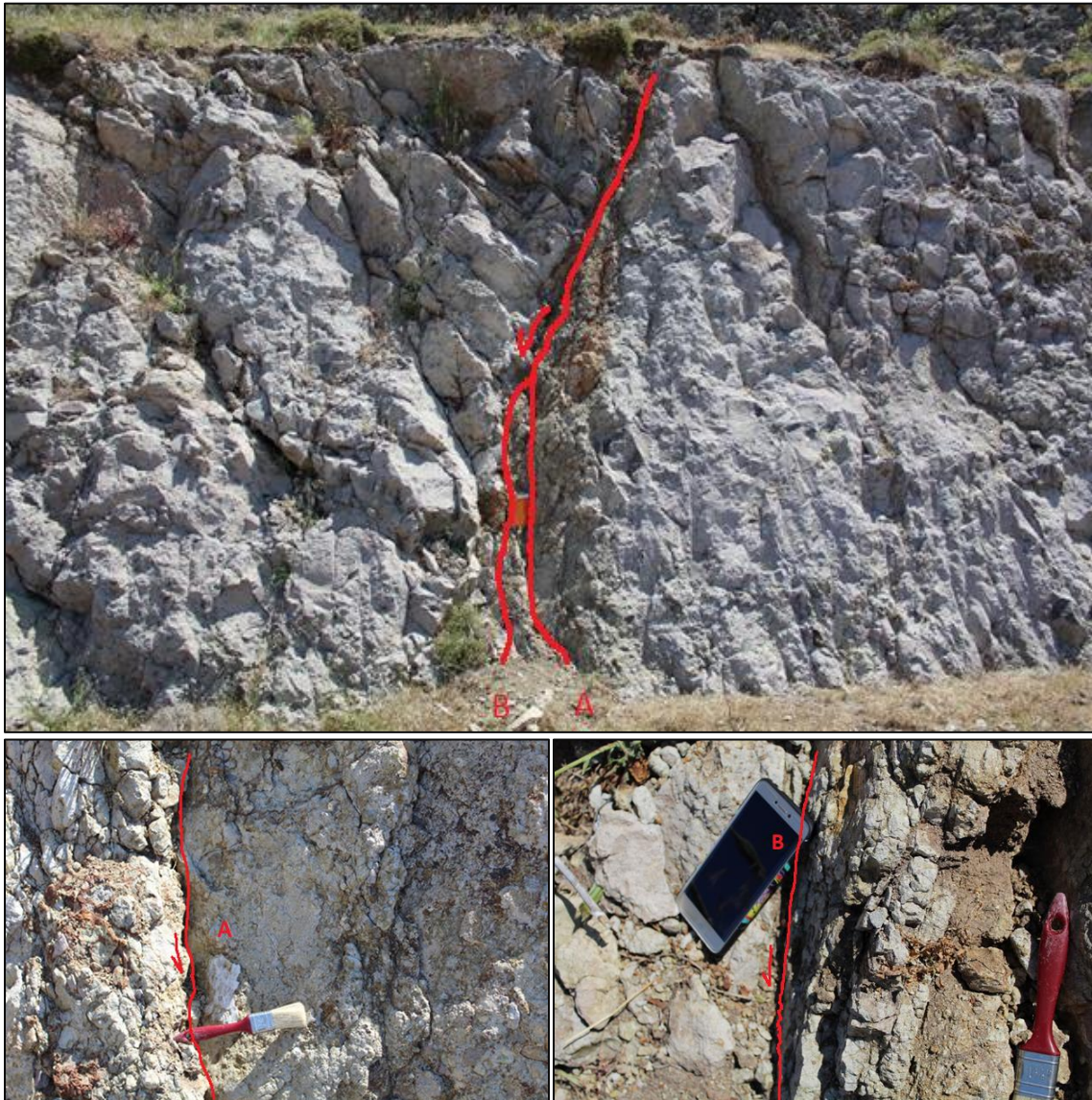
Εικόνα 70: Ορθοφωτομωσαϊκό του πρανούς στη θέση 4.



Εικόνα 71: α) Ροδόγραμμα επιφανειών της πρώτης θέσης, β) απεικόνιση των κλίσεων των επιφανειών, γ) Στεροδιάγραμμα κατώτερου ημισφαιρίου Schmidt των 54 επιφανειών της θέσης 4.

Στην συνέχεια παρουσιάζονται αναλυτικά κάποια από τα πιο χαρακτηριστικά ρήγματα της θέσης αυτής.

Ρήγμα 3.I (ρηξιγενής επιφάνεια 19)



Η ρηξιγενής επιφάνεια 19 είναι ένα κανονικό ρήγμα το οποίο παρουσιάζει δύο παράλληλες επιφάνειες. Η (A) επιφάνεια έχει διεύθυνση BA-ΝΔ, διεύθυνση μέγιστης κλίσης 331° και κλίση 66° . Εμφανίζεται στην επιφάνειά του γράμμωση τεκτονικής ολίσθησης, όπου σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο έχει 15° κλίση και διεύθυνση BA (pitch 15° , NE). Η (B) επιφάνεια έχει διεύθυνση BA-ΝΔ, διεύθυνση μέγιστης κλίσης 332° και κλίση 78° .

Το ρήγμα αυτό επηρεάζει έναν ορίζοντα με πυροκλαστικά πετρώματα και πιο συγκεκριμένα έναν ορίζοντα σάχτης με μεγάλες γωνιώδης κλάστες ηφαιστειακών πετρωμάτων. Ακόμα, στην ρηξιγενή ζώνη παρατηρείται η εμφάνιση υδροθερμικής κυκλοφορίας.

Ρήγμα 3.II (ρηξιγενής επιφάνεια 33)



Η ρηξιγενής επιφάνεια 33 έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, διεύθυνση μέγιστης κλίσης 63° και κλίση 82° . Πρόκειται για κανονικό ρήγμα και εμφανίζεται στην επιφάνεια του γράμμωση τεκτονικής ολίσθησης, όπου σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο έχει 30° κλίση και διεύθυνση ΝΑ (pitch 30° , SE).

Το ρήγμα αυτό επηρεάζει έναν ορίζοντα με πυροκλαστικά πετρώματα και πιο συγκεκριμένα έναν ορίζοντα στάχτης με γωνιώδη υλικά, μικρές και μεγάλες κλάστες και μικρές κροκάλες ηφαιστειακών πετρωμάτων.

Ρήγμα 3.III (ρηξιγενής επιφάνεια 43)



Η ρηξιγενής επιφάνεια 43 έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, διεύθυνση μέγιστης κλίσης 242° και κλίση 87° . Πρόκειται για κανονικό ρήγμα και εμφανίζεται στην επιφάνεια του γράμμωση τεκτονικής ολίσθησης όπου σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο έχει 10° κλίση και διεύθυνση ΒΔ (pitch 10° , NW).

Το ρήγμα αυτό επηρεάζει έναν ορίζοντα με πυροκλαστικά πετρώματα και πιο συγκεκριμένα έναν ορίζοντα στάχτης με γωνιώδη υλικά και μικρές και μεγάλες κλάστες ηφαιστειακών πετρωμάτων. Επίσης, μέσα στην επιφάνεια της διάρρηξης εμφανίζεται πρασινωπός χαλαζίας.

Ρήγμα 3.IV (ρηξιγενής επιφάνεια 45)

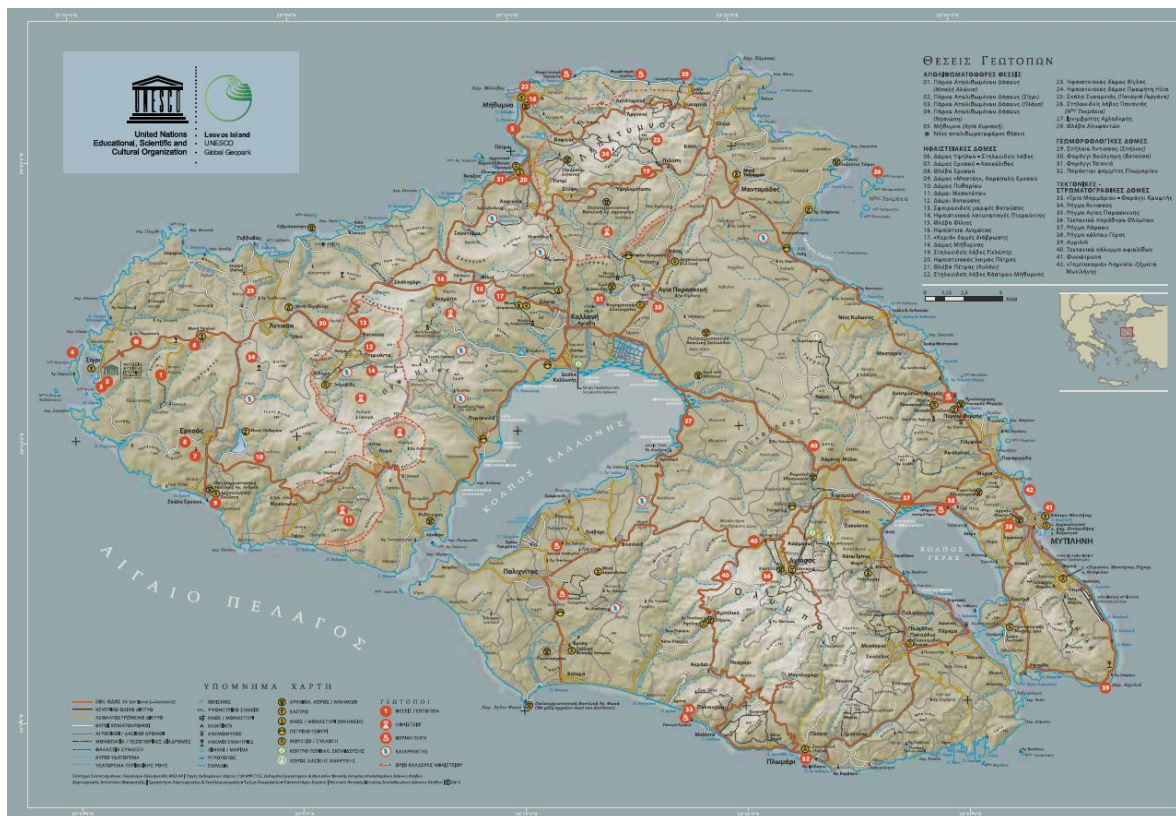


Η ρηξιγενής επιφάνεια 45 είναι ένα κανονικό ρήγμα το οποίο παρουσιάζει δύο παράλληλες επιφάνειες. Η (A) επιφάνεια έχει διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ, διεύθυνση μέγιστης κλίσης 27° και κλίση 60° . Εμφανίζεται στην επιφάνεια του γράμμωση τεκτονικής ολίσθησης, όπου σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο έχει 46° κλίση και διεύθυνση ΒΔ (pitch 46° , NW). Η (B) επιφάνεια έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, διεύθυνση μέγιστης κλίσης 57° και κλίση 74° . Εμφανίζεται στην επιφάνειά του γράμμωση τεκτονικής ολίσθησης όπου σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο έχει 78° κλίση και διεύθυνση ΒΔ (pitch 78° , NW).

Το ρήγμα αυτό επηρεάζει έναν οριζόντια με πυροκλαστικά πετρώματα και πιο συγκεκριμένα έναν οριζόντια στάχτης με γωνιώδη υλικά, μικρές και πολύ μεγάλες κλάστες ηφαιστειακών πετρωμάτων. Πρόκειται για μία μεγάλη ρηξιγενής επιφάνεια, καθώς η διάρρηξη του ρήγματος είναι περίπου 5-6 μέτρα. Επίσης, μέσα στην ρηξιγενή επιφάνεια εμφανίζονται σημαντικοί κινηματικοί δείκτες, οι οποίοι δίνουν σημαντικές πληροφορίες για την δραστηριότητα του ρήγματος.

4.4 Αξιολόγηση Τεκτονικών Γεώτοπων της Περιοχής

Οι τεκτονικοί γεώτοποι της Λέσβου, όπως αναφέρθηκαν και αναλύθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια, είναι ποικίλοι. Μερικά από τα σημαντικότερα κριτήρια αξιολόγησης των γεώτοπων αποτελούν η αντιπροσωπευτικότητα, η γεωποικιλότητα αλλά και η οικολογική αξία που συνδέονται με τις θέσεις αυτές.



Εικόνα 72: Χάρτης θέσεων γεώτοπων του Γεωπάρκου της Λέσβου.

Οι τεκτονικοί γεώτοποι της Λέσβου χωρίζονται σε τρεις επιμέρους κατηγορίες: τα τεκτονικά παράθυρα, τα τεκτονικά καλύμματα και τα ενεργά ρήγματα. Το τεκτονικό παράθυρο του Ολύμπου έχει μεγάλη αξία ως τεκτονικός γεώτοπος, καθώς θεωρείται ως η πιο αντιπροσωπευτική δομή τεκτονικού παραθύρου πάνω στη Λέσβο, αλλά και εκτός αυτής. Ακόμα, συνδυάζει μεγάλη γεωποικιλότητα, λόγω της ποικιλίας των πετρωμάτων, τόσο του υποβάθρου όπου αποτελεί και το τεκτονικό παράθυρο, όσο και του οφειολιθικού καλύμματος, που βρίσκεται γύρω του. Η γεωποικιλότητα του Ολύμπου επίσης οφείλεται και στην γεωλογική περίοδο αλλά και στην ποικιλία των γεωλογικών διεργασιών που δημιούργησαν την σημερινή γεωλογική δομή και το τοπίο του Ολύμπου. Τέλος, στην ευρύτερη περιοχή του Ολύμπου αναπτύσσεται εξαιρετικά πλούσια βλάστηση που αποτελείται από δάση καστανιάς, τραχείας Πεύκης, μηλιές, καρυδιές αλλά και ελαιώνες. Ο ορεινός όγκος του ασβεστολιθικού Ολύμπου είναι ενταγμένος στο Δίκτυο NATURA 2000, ενώ η περιοχή χαρακτηρίζεται ως βοτανικός κήπος του Αιγαίου, λόγω της μεγάλης ποικιλίας ενδημικών φυτών.

Μια ακόμα σημαντική γεωλογική δομή τεκτονικών διεργασιών αποτελεί το τεκτονικό κάλυμμα των οφειολίθων. Η γεωλογική δομή αυτή, έχει μεγάλη επιστημονική αξία, ως προς την αντιπροσωπευτικότητα και τη σπουδαιότητα της γεωλογική δομής. Τα οφειολιθικά πετρώματα ήταν μέρος του ωκεάνιου φλοιού της Τηθύος, το οποίο τοποθετήθηκε πάνω στο ηπειρωτικό περιθώριο της Ευρασίας, κατά την σύγκλιση των δύο ηπειρωτικών πλακών. Η εμφάνισή τους σήμερα πάνω στο μεταμορφωμένο υπόβαθρο της Λέσβου, μαρτυρά τις βίαιες και τεράστιες τεκτονικές δυνάμεις που έδρασαν πριν από περίπου 150 εκατομμύρια χρόνια. Έτσι λοιπόν η αξία της γεωποικιλότητας είναι μεγάλη, καθώς εμφανίζεται ποικιλία γεωλογικών διεργασιών και περιόδων.

Τα ρήγματα της Λέσβου είναι αυτά τα οποία με τη δράση τους δημιούργησαν το σημερινό ανάγλυφό της. Πολλά από αυτά έχουν μεγάλη επιστημονική αξία, αλλά και εκπαιδευτική, καθώς πολλά από αυτά είναι χώροι εκπαίδευσης και εξήγησης των κινήσεων της λιθόσφαιρας, σε φοιτητές Ελληνικών αλλά και ξένων πανεπιστημίων, καθώς και στους απλούς επισκέπτες του νησιού. Τα σημαντικότερα από αυτά αποτελούν το κανονικό ρήγμα της Λάρσου, της Αγίας Παρασκευής και τα ενεργά ρήγματα της Δυτικής Λέσβου.

Το ρήγμα της Λάρσου είναι ένα κανονικό ρήγμα με διεύθυνση Α-Δ και είναι υπεύθυνο για την δημιουργία του κόλπου της Γέρας. Ο κόλπος δημιουργήθηκε μέσα από ένα τεκτονικό βύθισμα, όπου βυθίστηκε το ένα τέμαχος σε σχέση με την επιφάνεια, δημιουργώντας έτσι μια έντονη τεκτονική αναβαθμίδα.

Το ρήγμα της Αγίας Παρασκευής είναι επίσης μια πολύ σημαντική δομή, καθώς πρόκειται για ένα μεγάλο δεξιόστροφο ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης, με διεύθυνση Β-Ν, το οποίο συνδέεται με τον καταστροφικό σεισμό του 1867. Το ρήγμα σήμερα είναι ορατό, όπως και οι διάφορες ομάδες γραμμώσεων τεκτονικής ολίσθησης, οι οποίες αποτελούν μάρτυρα των κινήσεων που συνέβησαν στο παρελθόν.

Τέλος, αρκετά σημαντική τεκτονική θέση αποτελούν τα ενεργά ρήγματα του Δυτικού τμήματος της Λέσβου, τα οποία εμφανίστηκαν τα τελευταία χρόνια, χάρη στα τεχνητά πρηνή που δημιουργήθηκαν κατά την διάνοιξη του νέου οδικού άξονα Καλλονής-Σιγρίου, καθώς περιέχουν πολύ σημαντικά στοιχεία για την τεκτονική και το τεκτονικό καθεστώς, μέσα στο οποίο δημιουργήθηκαν τα ρήγματα αυτά.

5. Ερμηνεία και Αξιοποίηση

5.1 Ερμηνεία Τεκτονικών Γεώτοπων της Περιοχής Μελέτης

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στο Δυτικό τμήμα της Λέσβου. Όπως αναφέρθηκε και στα προηγούμενα κεφάλαια η Δυτική Λέσβος δεν παρουσίαζε στοιχεία τεκτονικής δραστηριότητας. Η διάνοιξη του οδικού άξονα Καλλονής – Σιγρίου δημιούργησε πληθώρα τεχνικών πρυνών, για τις ανάγκες του έργου, μέσα από τα οποία αποκαλύφθηκαν πολλές ρηξιγενείς επιφάνειες που επηρέαζαν τα ηφαιστειακά υλικά της Δυτικής Λέσβου.



Εικόνα 73: Χάρτης περιοχής μελέτης.

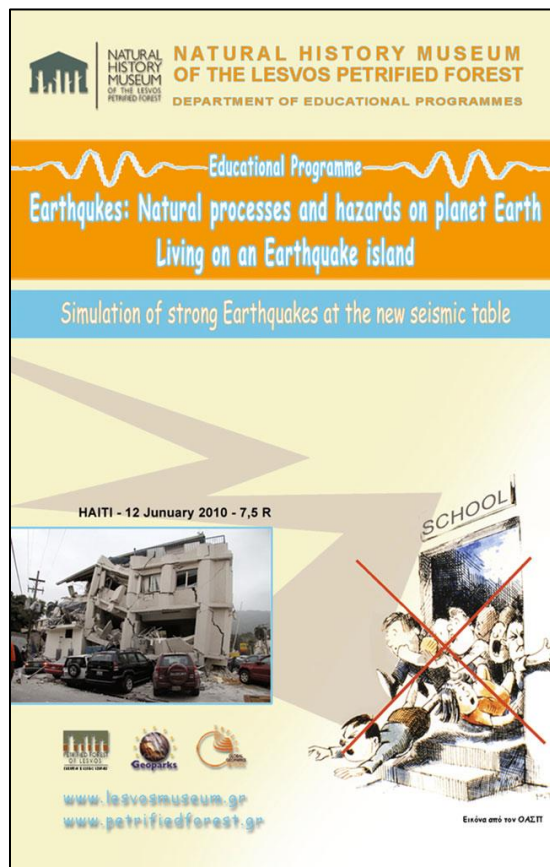
Αρχικά, τα ρήγματα τα οποία εμφανίστηκαν, ενώ πολλά από αυτά η διάρρηξή τους φθάνει μέχρι και την επιφάνεια, δεν εμφάνιζαν σημάδια στο ανάγλυφο της περιοχής. Αυτό συμβαίνει γιατί η περιοχή καλύπτεται από πυροκλαστικά υλικά, τα οποία είναι επιδεκτικά στην διάβρωση και έτσι δεν επέτρεπαν στα ρήγματα να δημιουργήσουν μορφοανάγλυφο. Αυτό είχε ως συνέπεια την τεκτονική υποβάθμιση της περιοχής.

Η εμφάνιση μεγάλου αριθμού ρηγμάτων στη περιοχή οδήγησε στην έρευνα και καταγραφή τους, με σκοπό την άντληση στοιχείων για τις δυνάμεις που έδρασαν στην περιοχή και τη δημιουργία μια βάσης δεδομένων, καθώς τα στοιχεία των ρηγμάτων δεν θα είναι ορατά για μεγάλο χρονικό διάστημα.

5.2 Δράσεις Ενημέρωσης – Ευαισθητοποίησης

Ένας από τους σημαντικότερους τρόπους για την αντιμετώπιση του σεισμικού κινδύνου είναι η εκπαίδευση και η διάχυση της γνώσης στην κοινωνία. Ένα πολύ κρίσιμο κριτήριο για την σωστή αντιμετώπιση του φυσικού αυτού φαινομένου είναι η κατανόησή του. Η εμπειρία του ενός σεισμικού γεγονότος είναι αρκετά βιωματική, έτσι ώστε η αντιδράσεις να είναι αυθόρμητες, χωρίς να υπάρχουν περιθώρια για σκέψη, εφόσον και το φαινόμενο αυτό καθ' αυτό δεν διαρκεί για μεγάλο χρονικό διάστημα. Πρέπει πάντα να είναι ξεκάθαρο ότι η φύση και όλα τα φαινόμενα που συμβαίνουν μέσα σε αυτή, όπως είναι και οι σεισμοί, δεν σκοτώνουν, αλλά ο άνθρωπος μέσα από τις ενέργειες και την δραστηριότητά του πάνω στον πλανήτη, θέτει σε κίνδυνο τις ανθρώπινες ζωές και τις ανθρώπινες περιουσίες. Ένας λοιπόν, ένας από τους τρόπους αντιμετώπισης είναι η εκπαίδευση και η εξοικείωση με το φαινόμενο αυτό.

Τα γεωπάρκα, όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 2, είναι ένα εργαλείο το οποίο μπορεί να συμβάλει σημαντικά στην αντιμετώπιση των φυσικών κινδύνων. Οι Zouros et al. (2011), πραγματοποίησαν δράσεις για την αντιμετώπιση του σεισμικού κινδύνου στα νησιά του Βορείου Αιγαίου. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν εκπαιδευτικές δράσεις, οι οποίες αξιοποίησαν όλα τα μέχρι τότε διαθέσιμα επιστημονικά δεδομένα, οι οποίες αποσκοπούσαν στην κατανόηση και λειτουργία του φυσικού φαινομένου, με σκοπό την καλύτερη αντιμετώπισή του. Οι δράσεις που πραγματοποιήθηκαν αναφέρονται παρακάτω αναλυτικά.



Εικόνα 74: Αφίσα εκπαιδευτικού προγράμματος για την αντιμετώπιση του σεισμικού κινδύνου.

Μια από τις δραστηριότητες ήταν η παρουσίαση των σεισμών και των ενεργών ρηγμάτων με πολυμέσα, μέσω προβολής βίντεο και φωτογραφιών, δηλαδή, από σεισμούς και τις καταστροφές που προκάλεσαν στις κοινωνίες, αλλά και με ποιους τρόπους αντέδρασαν οι κοινωνίες αυτές. Επίσης, παρουσιάστηκαν οι τρόποι με του οποίους προκαλούνται οι σεισμοί, και πως ταξιδεύουν μέσω σεισμικών κυμάτων από το εσωτερικό της Γης και προκαλούν τις διάφορες καταστροφές στις ανθρώπινες περιουσίες, απειλώντας πάντα τις ανθρώπινες ζωές.

Ακόμα μια δραστηριότητα ήταν η παρουσίαση και εξήγηση των κινήσεων των λιθοσφαιρικών πλακών μέσω μίας ειδικής κατασκευής, η οποία προσομοιάζει την κίνηση των λιθοσφαιρικών πλακών της Ευρασίας και της Αφρικής. Μέσα από την βύθιση της Αφρικανικής λιθοσφαιρικής πλάκας, ως πυκνότερη, κάτω από την Ευρασιατική, στον ευρύτερο χώρο του Αιγαίου, εξηγείται η σεισμικότητα αλλά και η γένεση και τροφοδοσία των ηφαιστειών.

Η παρακολούθηση της σεισμικότητας μέσα από σεισμικές καταγραφές, σε πραγματικό χρόνο ήταν ακόμα μια από τις δραστηριότητες. Έγινε εξήγηση και ανάλυση των διαφορετικών τύπων των κυμάτων που έχει ένας σεισμός, μέσα από μια χρονοσειρά. Αυτό έγινε μέσα από τον σεισμολογικό σταθμό που υπάρχει στις εγκαταστάσεις του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας στο Σίγρι, ο οποίος αποτελεί τμήμα του Εθνικού Σεισμογραφικού Δικτύου.

Παρουσίαση της θεματικής έκθεσης για τον σεισμικό κίνδυνο του Βορείου Αιγαίου. Στην έκθεση αυτή παρουσιάστηκαν δεδομένα από την ιστορική σεισμικότητα της περιοχής, τα καινούργια δεδομένα, όπως και τα νέα ενεργά ρήγματα, αλλά και χάρτες σεισμικής επικινδυνότητας των νήσων του Βορείου Αιγαίου. Επίσης, συζητήθηκε η σύνδεση των ιστορικών σεισμών με γνωστά ρήγματα, όπως ακόμα και τις πρόσφατες δραστηριοποιήσεις τους και τις συνοδές καταστροφές που είχαν.

Επίσης, έγινε μελέτη ρηγμάτων στην ύπαιθρο. Οι συμμετέχοντες έγιναν ερευνητές και μελέτησαν ένα αληθινό ρήγμα παρατηρώντας προσεκτικά την εμφάνισή του στο πεδίο, τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του αλλά και την γεωμετρία του. Επίσης, τα παιδιά είχαν την δυνατότητα να δουν και να καταλάβουν τη δομή ενός ρήγματος και τις παραμορφώσεις και μετακινήσεις που προκαλεί στα πετρώματα, μέσω ενός ρήγματος που βρίσκεται στον υπαίθριο χώρο του Μουσείου.

Ένα από τα σημαντικότερα στάδια της εκπαίδευσης ήταν η εμπειρία με τον προσομοιωτή σεισμών. Η προσομοίωση των σεισμών μέσω της σεισμικής τράπεζας είναι μια από τις πιο χαρακτηριστικές μεθόδους για την κατανόηση και την εξοικείωση με το φαινόμενο του σεισμού. Η εκπαίδευση της αντιμετώπισης του σεισμικού κινδύνου, μέσα από την προσομοίωσή του, είναι πολύ σημαντική, καθώς η εμπειρία του σεισμού είναι βιωματική και ο μόνος τρόπος για την σωστή αντίδραση, χωρίς πανικό, κατά τη διάρκεια ενός σεισμού, είναι η εκπαίδευση και η εμπειρία της σεισμικής τράπεζας. Μέσα από την διαδικασία αυτή οι συμμετέχοντες έχουν την δυνατότητα να μάθουν τους σωστούς τρόπους αντίδρασης κατά τη διάρκεια αλλά και μετά από έναν σεισμό.

Τέλος, πραγματοποιήθηκαν ποικίλες εκπαιδευτικές δράσεις από το προσωπικό του Μουσείου Φυσικής Ιστορίας Απολιθωμένου Δάσους Λέσβου, πάνω σε πρακτικά θέματα

για την αντιμετώπιση ενός σεισμού, όπως για παράδειγμα, πώς να αποθηκεύσετε ένα σετ επιβίωσης εκτάκτου ανάγκης. Οι περισσότερες δραστηριότητες συνεχίζονται ακόμα και σήμερα να διεξάγονται από το Μουσείο, μέσα από ειδικά διαμορφωμένα εκπαιδευτικά προγράμματα.

Δράσεις ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης, εκτός από τους επισκέπτες του Μουσείου και την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση, γίνονται για προπτυχιακού και μεταπτυχιακούς φοιτητές, τόσο μέσα αλλά και έξω από την Ελλάδα. Πιο συγκεκριμένα, πραγματοποιούνται επισκέψεις στα μεγαλύτερα ρήγματα της Λέσβου, εκεί όπου οι φοιτητές μαθαίνουν με λεπτομέρεια για την δράση του ρήγματος, τον τύπο, την γεωμετρία, μαθαίνουν επίσης τους τρόπους με τους οποίους αναγνωρίζονται στην ύπαιθρο αλλά και τις διαδικασίες με τις οποίες μετρούνται τα χαρακτηριστικά του, όπως για παράδειγμα την διεύθυνση μέγιστης κλίσης και την γωνία κλίσης σε σχέση με το οριζόντιο επίπεδο.



Εικόνα 75: Μεταπτυχιακοί φοιτητές στο δεξιόστροφο ρήγμα οριζόντιας μετατόπισης της Αγίας Παρασκευής.

5.3 Οι Τεκτονικοί Γεώτοποι της Περιοχής Μελέτης ως Εργαλείο Αντιμετώπισης του Σεισμικού Κινδύνου

Ο Ελληνικός χώρος είναι ένας από τους πιο τεκτονικά ενεργούς σε ολόκληρη την Ευρώπη, καθώς καθημερινά συμβαίνουν αρκετά σεισμικά γεγονότα. Αυτό συμβαίνει διότι η σύγκρουση των λιθοσφαιρικών πλακών και η καταβύθιση της Αφρικανικής πλάκας κάτω από την πλάκα της Ευρασίας, γίνεται στον χώρο του Αιγαίου. Το φαινόμενο του σεισμού λοιπόν, στον Ελληνικό χώρο, είναι κάτι το οποίο συμβαδίζει με τις ζωές των ανθρώπων, σε κάποιες περιοχές λιγότερο και σε κάποιες περισσότερο.



Εικόνα 76: Γεωτεκτονικός χάρτης Ανατολικής Μεσογείου (πηγή: https://oceanexplorer.noaa.gov/explorations/06greece/background/geology/media/hellenic_arc.html).

Το φαινόμενο του σεισμού είναι πάρα πολύ πολύπλοκο. Τα σεισμικά κύματα περνάνε από διάφορα μέσα, μέχρι τελικά να καταλήξει στις ανθρώπινες κατασκευές. Επίσης, η ενεργοποίηση ενός ρήγματος σε μια συγκεκριμένη χρονική περίοδο με μεγάλη ακρίβεια, είναι στόχος ανέφικτος, λόγω τις πολυπλοκότητας και των πολλών παραμέτρων που είναι αδύνατον ο άνθρωπος να παρακολουθήσει και να μελετήσει. «Στη σεισμολογία τονίσθηκε ότι η πτώση «ενός κόκκου άμμου», ένα νανοράγισμα μπορεί να ενεργοποιήσει ένα ώριμο ρήγμα και να προκαλέσει σεισμό. Η «κατάρρευση» ενός μικρού ρήγματος μπορεί να με τη σειρά της να υποδαυλίσει ένα άλλο μεγαλύτερο ρήγμα και να δώσει έναν ακόμη πιο ισχυρό σεισμό, σαν ντόμινο» (Παυλίδης, 2007).

Τα ρήγματα είναι δομές πάνω στις οποίες καταγράφονται οι δυνάμεις που ασκούνται στα πετρώματα του φλοιού, μέσα από την μεταμόρφωση, την θραύση και την μεταφορά τους, κατά μήκος της ρηξιγενούς επιφάνειας. Μελετώντας ένα ρήγμα στο πεδίο είναι πολύ πιο εύκολη η κατανόηση του φαινομένου, αλλά και το μέγεθός του.

Σύμφωνα με όλα τα παραπάνω οι τεκτονικοί γεώτοποι της περιοχής μελέτης είναι μια εξαιρετικά σημαντική θέση για την εκπαίδευση πάνω στο φυσικό φαινόμενο του σεισμού. Πολλά από τα ρήγματα, που βρίσκονται στα τεχνητά πρηνή του δρόμου, έχουν πολύ χαρακτηριστική εμφάνιση και μετατόπιση των πετρωμάτων, εκατέρωθεν του ρήγματος, πράγμα που κάνει πολύ πιο εύκολη την κατανόηση του φαινομένου στο ευρύ, και μη (γεωλογικά) επιστημονικό, κοινό.

Έτσι λοιπόν, η επιτόπια εκπαίδευση πάνω στα ρήγματα με ειδικές μεθόδους και εργαλεία, για την καλύτερη κατανόηση του φαινομένου, είναι πολύ σημαντική για την ευαισθητοποίηση του κοινού και την ουσιαστική συμβολή για την αντιμετώπιση του σεισμικού κινδύνου.

6. Συμπεράσματα

Σύμφωνα με αυτά που αναλύθηκαν στα προηγούμενα κεφάλαια βγαίνει το συμπέρασμα ότι η προστασία της γεωποικιλότητας μπορεί επιτευχθεί μέσα από τα γεωπάρκα όπου οι γεώτοποι μπορούν να προστατευθούν, αλλά και αναδειχθούν μέσα από διάφορες δράσεις ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης του κοινού.

Πολλοί από τους γεώτοπους, που μπορεί να εντάσσονται στο σύνολο ενός γεωπάρκου, μπορεί να συνδέονται με διάφορους φυσικούς κινδύνους. Ένα παράδειγμα τέτοιων γεώτοπων αποτελούν οι τεκτονικοί γεώτοποι και πιο συγκεκριμένα, τα ρήγματα, τα οποία συνδέονται με τον σεισμικό κίνδυνο.

Οι τεκτονικοί γεώτοποι της Δυτικής Λέσβου, οι οποίοι αποτέλεσαν και το αντικείμενο μελέτης, αποτελούν χαρακτηριστικές δομές οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν για δράσεις ενημέρωσης και ευαισθητοποίησης του ευρύ κοινού, διαχέοντας και εκλαϊκεύοντας την επιστημονική γνώση, με σκοπό την πλήρη κατανόηση του φαινομένου.

Η Ελλάδα αποτελεί μια περιοχή με πολύ μεγάλη σεισμική δραστηριότητα, καθώς το μεγαλύτερο ποσοστό σεισμικότητας, ολόκληρης της Ευρώπης, συγκεντρώνεται στο Ελληνικό χώρο. Σύμφωνα με αυτό συνεπάγεται ότι για την βέλτιστη αντιμετώπιση του σεισμικού κινδύνου, εφόσον η πρόβλεψη του σεισμού δεν είναι εφικτό σενάριο, είναι η εκπαίδευση των Ελλήνων πολιτών για με διάφορους εναλλακτικούς τρόπους, με σκοπό την ελαχιστοποίηση των θυμάτων σε ένα φαινόμενο που δεν είναι καθόλου σπάνιο στον Ελληνικό χώρο.

Έτσι λοιπόν, καθώς οι σεισμοί συμβαίνουν μέσα από μεγάλα ενεργά ρήγματα του φλοιού της Γης, υπάρχει ανάγκη της εξοικείωσης του πληθυσμού με τις γεωμορφές και τους γεώτοπους αυτούς, όπως ακόμα και με την σύγχρονη σεισμική δραστηριότητα. Για τον λόγο αυτό, αποτελεί μείζων ζήτημα για πολλές περιοχές της Ελλάδας αλλά και του εξωτερικού, όπου μεγάλα ρήγματα βρίσκονται πολύ κοντά σε κατοικημένες περιοχές, και πολλοί άνθρωποι πρέπει να μάθουν να ζουν και να αντιμετωπίζουν σωστά αυτόν τον φυσικό κίνδυνο.

Βιβλιογραφία

- Βαλιάκος, Η. (2018). Γεωγραφία, αξιολόγηση και διαχείριση γεώτοπων της Ελλάδας, Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Γεωγραφίας, Μυτιλήνη, σελ. 787.
- Δούτσος, Θ. (2014). Γεωλογία: Αρχές και Εφαρμογές. 2nd ed. Αθήνα: Liberal Books.
- Ζούρος Ν. Κ. (2005). ΓΕΩ-ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΚΑΙ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ, ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΕ ΓΕΩΠΑΡΚΑ, 1ο Συνέδριο Σχολικών Προγραμμάτων Περιβαλλοντικής Εκπαίδευσης, Ισθμός Κορίνθου, 23-25 Σεπτεμβρίου 2005, σελ. 181-190.
- Θωμαΐδου, Ε. (2009). Η γεωλογική δομή της Νήσου Λέσβου, Διδακτορική Διατριβή, Α.Π.Θ., Τμήμα Γεωλογίας, Θεσσαλονίκη, σελ. 199.
- Κατσικάτσος Γ., Ματαράγκας Δ., Μιγκίρος Γ. και Τριανταφύλλης Μ. (1982). Γεωλογική μελέτη της Νήσου Λέσβου. Ι.Γ.Μ.Ε., Αθήνα, σελ. 90.
- Λαμπάκη Ο., Ζούρος Ν. (2007). ΓΕΩΔΙΑΤΗΡΗΣΗ: ΑΝΑΔΕΙΞΗ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ ΦΥΣΙΚΩΝ ΜΝΗΜΕΙΩΝ-ΓΕΩΤΟΠΩΝ. Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΟΥ ΓΕΩΠΑΡΚΟΥ ΤΟΥ ΑΠΟΛΙΘΩΜΕΝΟΥ ΔΑΣΟΥΣ ΛΕΣΒΟΥ, 8ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο, Αθήνα 4-7 Οκτωβρίου, σελ. 613-621.
- Λόζιος Σ. Διδακτικές σημειώσεις μαθήματος «Τεκτονική Γεωλογία, Ενότητα 2: Καθεστώτα βράχυνσης», Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, σελ. 51.
- Ξυπολιάς Π. Διδακτικές σημειώσεις μαθήματος «Τεκτονική Γεωλογία, Ενότητα 6: Ανάστροφα Ρήγματα», Πανεπιστήμιο Πατρών, Ανοικτά ακαδημαϊκά μαθήματα, σελ.21.
- Β.Κ. ΠΑΠΑΖΑΧΟΣ, (2002), ΕΝΕΡΓΟΣ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΑΙΓΑΙΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΓΥΡΩ ΠΕΡΙΟΧΩΝ, Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας τομ. XXXIV/6, σελ. 2237-2253.
- Παπανικολάου, Δ. and Σίδερης, Χ. (2007). ΓΕΩΛΟΓΙΑ Η ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΤΗΣ ΓΗΣ. 1st ed. Αθήνα: Εκδόσεις Πατάκη.
- Παυλίδης Σπ., Βαλκανιώτης Σ., Kurcel Akin, Παπαθανασίου Γ. και Α. Χατζηπέτρος (2005). ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΣΑΜΟΘΡΑΚΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΟ ΡΗΓΜΑ ΤΗΣ ΒΟΡΕΙΑΣ ΑΝΑΤΟΛΙΑΣ, Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας τομ. XXXVII, σελ. 19-28.
- Παυλίδης, Σ. (2003). Γεωλογία των Σεισμών. 1η εκδ.. Θεσσαλονίκη: university studio press.
- Παυλίδης, Σ. (2007). ΠΑΝ-ΓΑΙΑ (Παγγαία). 1st ed. Αθήνα: Leader Books.
- Παυλόπουλος, Κ. (2011). Γεωμορφολογία, Εφαρμογές στις Γεωεπιστήμες. 1st ed. Αθήνα: ΙΩΝ.

- Andersen, S., Black, G. P., Duff, K. L., Erikstad, L., Gonggrijp, G. P., Kontturi, O., Schönlaub, H. P., Wimbledon, W. A. (1990). Earth-Science Conservation. An absolute need for science and education, *Jb. Geol. B.-A.*, Band 133, Heft 4, pp. 653-669.
- Barka, A. and Reilinger, R., (1997). Active Tectonics Of The Eastern Mediterranean Region: Deduced From GPS, Neotectonic And Seismicity Data. [online] *Hdl.handle.net*. Available at: <http://hdl.handle.net/2122/1520>.
- Bulut, F., Özener, H., Dođru, A., Aktuđ, B. and Yaltırak, C. (2018). Structural setting along the Western North Anatolian Fault and its influence on the 2014 North Aegean Earthquake (Mw 6.9). *Tectonophysics*, 745, pp.382-394.
- Chatzipetros, A., Kiratzi, A., Sboras, S., Zouros, N., & Pavlides, S. (2013). Active faulting in the north-eastern Aegean Sea Islands. *Tectonophysics*, 597, p.106-122.
- Dixon, G. (1995). Aspects of Geoconservation in Tasmania: A Preliminary Review of Significant Earth Features. Report to the Australian Heritage Commission, Occasional Paper 32. Parks & Wildlife Service, Tasmania.
- Dixon, G. (1996a). Geoconservation: An International Review and Strategy for Tasmania. Occasional Paper 35, Parks & Wildlife Service, Tasmania.
- Dixon, G. (1996b). A Reconnaissance Inventory of Sites of Geoconservation Significance on Tasmanian Islands. Report to Parks & Wildlife Service, Tasmania and Australian Heritage Commission.
- Eberhard, R. (1997). Pattern & Process: Towards a Regional Approach to National Estate Assessment of Geodiversity. Australian Heritage Commission, Canberra.
- Erikstad, L. (1994). The legal framework of earth science conservation in Norway. *Mémoires de la Société géologique de France*, 165, pp. 21–25.
- Fassoulas, C., & Zouros, N. (2010). Evaluating the influence of Greek geoparks to the local communities. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 43(2), 896-906.
- Ferentinos, G., Georgiou, N., Christodoulou, D., Geraga, M. and Papatheodorou, G. (2018). Propagation and termination of a strike slip fault in an extensional domain: The westward growth of the North Anatolian Fault into the Aegean Sea. *Tectonophysics*, 745, pp.183-195.
- Geoparków, E. S. (2008). European Geoparks Network: transnational collaboration on Earth heritage protection, geotourism and local development. *Stowarzyszenie Naukowe im. Stanisława Staszica*, 1(12), 3-22.
- GRAY, M. (2008). Geodiversity: developing the paradigm. *Proceedings of the Geologists' Association*, 119, 287-298.
- GRAY, M., (2011). Other nature: geodiversity and geosystem services. *Environmental Conservation*, 38(3), pp.271-274.

- Harley, M. (1994). The RIGS (Regionally Important Geological/geomorphological Sites) challenge- involving local volunteers in conserving England's geological heritage. In O'Halloran, D., Green, C., Harley, M., Stanley, M. & Knill, J. (eds) Geological and Landscape Conservation. Geological Society, London, pp. 313–317.
- Hecht, J. (1972). Geological map “Plomari-Mytilini” sheet, scale 1:50.000. I.G.M.E.
- Hecht, J. (1974). Geological map “Eressos” sheet, scale 1:50.000. I.G.M.E.
- Hecht, J. (1974). Geological map “Polichnitos” sheet, scale 1:50.000. I.G.M.E.
- Houshold, I. and Sharples, C., (2008). Geodiversity in the wilderness: a brief history of geoconservation in Tasmania. Geological Society, London, Special Publications, 300(1), pp.257-272.
- Joyce, B. (1994). Assessing the significance of geological heritage sites: from the local level to world heritage, *Mém. Soc. géol. France*, 165, pp. 37-43.
- Joyce, B. (1994). Identifying geological features of international significance: the Pacific Way, in: O'Halloran, D., Green, C., Harley, M., Stanley, M., Knill, J. (eds.) Geological and Landscape Conservation, London, The Geological Society, pp. 507-513.
- Kiernan, K. (1994). The Geoconservation Significance of Lake Pedder and its Contribution to Geodiversity. Unpublished Report to the Lake Pedder Study Group.
- Kiernan, K. (1996). The Conservation of Glacial Landforms. Forest Practices Unit, Hobart.
- Kiernan, K. (1997). The Conservation of Landforms of Coastal Origin. Forest Practices Board, Hobart.
- McKeever, P., Zouros, N., Patzak, M. (2010). The UNESCO Global Network of National Geoparks, The George Wright Forum, Hancock 27.1, pp. 14-18.
- Mercier, J. L., Sorel, D., Vergely, P., & Simeakis, K. (1989). Extensional tectonic regimes in the Aegean basins during the Cenozoic. *Basin research*, 2(1), p.49-71.
- Migiros G., Hatzipanagiotou K., Gartzos E., Serelis K. & Tsikouras B. (2000). Petrogenetic evolution of ultramafic rocks from Lesvos Island (NE Aegean, Greece). *Chemie der Erde*, 60, 27-46.
- Mountrakis, D., Thomaidou E., Zouros N. and Kiliass A. (2001). Kinematic analysis and tertiary evolution of the Lesvos ophiolites and metamorphic sole (Aegean sea, Greece), *Proceedings of the 9th International Conference of the Greek Geological Society*, *Bulletin of Greek Geological Society*, XXXIV/1, pp. 267-274.
- Mourouzidou O., Pavlides S., Fytikas M. and Zouros N. (2004). The neotectonic characteristic structures at the area of Gavathas, Northern Lesvos island, (Aegean,

Greece). Proceedings of the 5th International Symposium on Eastern Mediterranean Geology. Thessaloniki 14-19 April 2004, pp. 861-864.

- Pavlides, S. (1996). First palaeoseismological results from Greece. *Annals of Geophysics*, 39(3), p. 545-555.
- Pavlides, S., Tsapanos, T., Zouros, N., Sboras, S., Koravos, G., & Chatzipetros, A. (2009). Using active fault data for assessing seismic hazard: a case study from NE Aegean sea, Greece. In *Earthquake Geotechnical Engineering Satellite Conference XVIIth International Conference on Soil Mechanics & Geotechnical Engineering 2e3* (Vol. 10, p. 2009).
- Pe-Piper G. and Piper D.J.W. (1993). Revised stratigraphy of the Miocene volcanic rocks of Lesbos, Greece. *Neues Jahrbuch für Geologie und Palaontologie, Mh. H.2*, 97-110.
- Prosser, C., Díaz-Martínez, E. and Larwood, J., (2018). The Conservation of Geosites. *Geoheritage*, pp.193-212.
- Sharples C (1993) A method for the identification of significant landforms and geological sites for geoconservation purposes. Report to Forestry Commission, Tasmania.
- Sharples C (1995) Geoconservation in forest management: principles and procedures. *Tasforest* 7:37–50.
- Sharples, C. (2002) Concepts and Principles of Geoconservation. PDF Document, Tasmanian Parks & Wildlife Service website.
- Stürm, B. (1996). The influence potential of physical planning – a big chance for geotope protection and geosphere focused landscape management, *Geologica Balcanica*, pp. 29-31.
- Taymaz, T., Jackson, J. and McKenzie, D. (1991). Active tectonics of the north and central Aegean Sea. *Geophysical Journal International*, 106(2), pp.433-490.
- Todorov, T.A. (1994) Earth science conservation in Bulgaria. In O'Halloran, D., Green, C., Harley, M., Stanley, M. & Knill, J. (eds) *Geological and Landscape Conservation*. Geological Society, London, pp. 247–248.
- UNESCO (2014). Guidelines and Criteria for National Geoparks seeking UNESCO's assistance to join the Global Geoparks Network (GGN)
- UNESCO (2018). REQUEST FOR PROPOSALS Communication & Marketing Strategy FOR UNESCO Global Geoparks.
- Wiedenbein, F.W. (1994). Origin and use of the term « geotope » in German-speaking countries, in: O'Halloran, D., Green, C., Harley, M., Stanley, M., Knill, J. (eds.) *Geological and Landscape Conservation*, London, The Geological Society, pp. 117-120.

- Zouros, N. & Martini, G., (2003), Introduction to the European Geoparks Network, in Zouros, N., Martini, G., & Frey, M-L., eds, Proceedings of the 2nd European Geoparks Network Meeting: Lesvos, Natural History Museum of the Lesvos Petrified Forest, pp. 17-21.
- Zouros, N. (2004). The European Geoparks Network-Geological heritage protection and local development. *Episodes Journal of International Geoscience*, 27(3), 165-171.
- Zouros, N. (2005). Assessment, protection, and promotion of geomorphological and geological sites in the Aegean area, Greece, *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 3/2005, 227-234.
- Zouros N., Valiakos I., (2007). GEOSITE ASSESSMENT AND MANAGEMENT, 8th National Geographical Conference, Athens 4-7 October 2007, p.604-612.
- Zouros, N., & MC KEEVER, P. (2008). EUROPEAN GEOPARKS: Geoconservation and Sustainable local development. In Proceedings of the international Conference-Studying, modeling and sense making of Planet Earth. <http://www.aegean.gr/geography/earth-conference2008/papers/papers/A10ID195.pdf>, 2016 年 (Vol. 12).
- Zouros, N., Gumus, E. (2010). Vulnerable geosite protection and management in Geoparks - a case study of tafone in Lesvos Petrified Forest Geopark. in: Christofides et al. (eds)., *Scientific Annals, School of Geology, Aristotle University of Thessaloniki. Proceedings of the XIX Congress of the Carpathian-Balkan Geological Association, Thessaloniki, 23-26 September 2010, Special volume 100*, pp. 513-518.
- Zouros Nickolas C. (2010). Lesvos Petrified Forest Geopark, Greece: Geoconservation, Geotourism, and Local Development, *The George Wright Forum*, Vol. 27, No. 1 (2010), pp. 19-28.
- Zouros N. (2010). GEODIVERSITY AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT: GEOPARKS - A NEW CHALLENGE FOR RESEARCH AND EDUCATION IN EARTH SCIENCES, *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 2010, Proceedings of the 12th International Congress, Patras, May 2010, p.159-168.
- Zouros, N., Pavlides, S., Soulakellis, N., Chatzipetros, A., Vasileiadou, K., Valiakos, I., & Mpentana, K. (2011). Using active fault studies for raising public awareness and sensitisation on seismic hazard: a case study from Lesvos Petrified Forest Geopark, NE Aegean Sea, Greece. *Geoheritage*, 3(4), p. 317-327.
- Zouros, N. (2016). Global Geoparks Network and the new UNESCO global Geoparks programme. *Bulletin of the Geological Society of Greece*, 50(1), 284-292.