



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ - ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

# ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΧΑΛΚΙΔΑΣ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Στυλιανός Κορόζης**



Επιβλέπουσα: Θεοδώρα Ροντογιάννη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΕΜΠ

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2011



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ - ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ  
ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

## ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΣΕΙΣΜΟΤΕΚΤΟΝΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΧΑΛΚΙΔΑΣ ΚΑΙ Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΟΥΣ ΣΤΑ ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Στυλιανός Κορόζης**

**Επιβλέπουσα:** Θεοδώρα Ροντογιάννη, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια ΕΜΠ

Εγκρίθηκε από την τριμελή επιτροπή :

Θεοδώρα Ροντογιάννη, Αναπλ. Καθηγήτρια ΕΜΠ .....(Υπογραφή)  
Δημήτριος Ρόζος, Επίκουρος Καθηγητής ΕΜΠ .....(Υπογραφή)  
Μαρία Αντωνίου, Επίκουρος Καθηγήτρια ΕΜΠ .....(Υπογραφή)

ΑΘΗΝΑ, ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2011

Copyright © Στυλιανός Κορόζης, 2011  
Με επιφύλαξη κάθε δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευθεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν κείμενο αποτελεί τη διπλωματική εργασία του τελειόφοιτου φοιτητή της Σχολής Μηχανικών Μεταλλείων – Μεταλλουργών (Μ. Μ. Μ.) Κορόζη Στυλιανού, το οποίο κατατέθηκε στην ακόλουθη Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή:

- Ροντογιάννη Θεοδώρα, Αν. Καθηγήτρια Σχολής Μ. Μ. Μ. (Επιβλέπουσα)
- Ρόζος Δημήτριος, Επίκ. Καθηγητής Σχολής Μ. Μ. Μ.
- Αντωνίου Μαρία, Επίκ. Καθηγήτρια Σχολής Μ. Μ. Μ.

Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτέλεσε η μελέτη και αξιολόγηση των γεωλογικών και τεκτονικών συνθηκών στην ευρύτερη περιοχή της Χαλκίδας και η επίδραση αυτών σε τέσσερα μεγάλα έργα της περιοχής:

- Υψηλή Καλωδιωτή Γέφυρα Χαλκίδας
- Εθνικός Δρόμος «Σχηματάρι – Χαλκίδα»
- Αγωγός Φυσικού Αερίου Μέσης Πίεσης Εύβοιας
- Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) του Δήμου Χαλκίδας

Παρακάτω παρουσιάζεται συνοπτικά η δομή της διπλωματικής εργασίας.

Στο 1<sup>ο</sup> κεφάλαιο της εργασίας γίνεται εισαγωγή στην παγκόσμια τεκτονική και στη γεωτεκτονική εξέλιξη του Ελληνικού χώρου και την τοποθέτηση του στο Αλπικό Ορογενετικό Σύστημα έως την τελική διαμόρφωση των γεωτεκτονικών ζωνών της Ελλάδας. Έπειτα περιγράφεται η γεωδυναμική εξέλιξη του Ελληνικού χώρου ενώ τέλος ακολουθεί παρουσίαση των γενικών χαρακτηριστικών των ρηγμάτων και ταξινόμηση τους με πέντε διαφορετικά κριτήρια (ανάμεσα σε αυτά και η ενεργότητα των ρηγμάτων).

Στο 2<sup>ο</sup> κεφάλαιο περιγράφεται αναλυτικά η γεωλογική και τεκτονική δομή της ευρύτερης περιοχής. Αρχικά παρουσιάζεται η Υποπελαγονική Ζώνη ενώ στη συνέχεια γίνεται εκτενής αναφορά στη γεωλογία της περιοχής και στους σχηματισμούς από τους οποίους αποτελείται. Έπειτα ακολουθεί περιγραφή της Νεοτεκτονικής της περιοχής και στο τέλος της Σεισμικότητας της χωρισμένη σε ιστορική και πρόσφατη.

Στο 3<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται απλή αναφορά των τεχνικών έργων τα οποία εξετάστηκαν σε αυτή τη διπλωματική εργασία και δίνεται φωτογραφία από το Google Earth με τις θέσεις τους και την έκτασή τους στην ευρύτερη περιοχή.



Στο 4<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναλύεται διεξοδικά το έργο της Υψηλής καλωδιωτής γέφυρας Χαλκίδας. Αρχικά αναφέρονται τα τεχνικά χαρακτηριστικά της γέφυρας ενώ στη συνέχεια ακολουθεί αναλυτική περιγραφή των συνθηκών γεωλογίας, υδρογεωλογίας, τεκτονικής, σεισμικότητας και τεχνικής γεωλογίας της περιοχής του έργου. Τέλος παρατίθενται οι μέθοδοι θεμελίωσης των βάθρων της γέφυρας και τα συνολικά συμπεράσματα για το έργο.

Στο 5<sup>ο</sup> κεφάλαιο παρουσιάζεται ο αυτοκινητόδρομος «Σχηματάρι – Χαλκίδα». Επίσης παρατίθενται και τα διαγράμματα των πόλων, των μεγίστων επιπέδων και τα ροδοδιαγράμματα σε τέσσερις διαφορετικές θέσεις με βάση τις μετρήσεις που έγιναν σε αυτές καθώς και ο σχολιασμός των διαγραμμάτων αυτών. Τελικώς παρατίθενται τα συμπεράσματα σε σχέση με το έργο.

Στο 6<sup>ο</sup> κεφάλαιο περιγράφεται ο Αγωγός Φυσικού Αερίου μέσης πίεσης Εύβοιας. Αρχικά δίνονται στοιχεία σε σχέση με το Εθνικό Σύστημα Φυσικού Αερίου, τις χρήσεις του και το σχεδιασμό των δικτύων μεταφοράς του. Έπειτα γίνεται μία απλή αναφορά όλων των έργων της ευρύτερης περιοχής σε σχέση με το φυσικό αέριο όπως επίσης και των γεωλογικών σχηματισμών κατά μήκος της χάραξης. Στη συνέχεια γίνεται αξιολόγηση των ρηγμάτων της ευρύτερης περιοχής που τέμνουν την χάραξη του αγωγού φυσικού αερίου μέσης πίεσης ή διέρχονται πλησίον αυτού ενώ στο τέλος δίνονται τα συμπεράσματα σε σχέση με το όλο έργο.

Στο 7<sup>ο</sup> κεφάλαιο γίνεται ανάλυση του Χώρου Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) του Δήμου Χαλκίδας. Αρχικά δίνεται περιγραφή της δραστηριότητας της Υγειονομικής Ταφής και αναφέρεται η χωροθέτηση του ΧΥΤΑ του Δήμου Χαλκιδέων. Ακολουθεί η παράθεση των συνθηκών γεωλογίας, υδρογεωλογίας και τεκτονικής της περιοχής του έργου. Τέλος, παρουσιάζεται ο νέος ΧΥΤΑ και δίνονται τα συμπεράσματα σε σχέση με το έργο.

Στο 8<sup>ο</sup> κεφάλαιο αναφέρονται συνολικά τα τελικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την παρούσα εργασία.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Για την εκπόνηση αυτής της διπλωματικής εργασίας συνέβαλαν πολλοί άνθρωποι ο καθένας με διαφορετικό αλλά όλοι τους με κομβικό τρόπο.

Πρωτίστως θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα Καθηγήτρια κα. Θεοδώρα Ροντογιάννη για τη διαθεσιμότητα, την προθυμία και κυρίως την υπομονή της σε κάθε φάση αυτής της διπλωματικής εργασίας. Μέσα από την καθοδήγηση και την εμπειρία της με βοήθησε να κατανοήσω καλύτερα τη γεωλογία, την τεκτονική και κυρίως τη χρησιμότητα αυτών στη κατασκευή των τεχνικών έργων. Επιπρόσθετα θα ήθελα να ευχαριστήσω και τα άλλα δύο μέλη της εξεταστικής επιτροπής για τις γνώσεις που μου δίδαξαν τα προηγούμενα χρόνια. Ο κ. Δημήτριος Ρόζος, Επίκουρος Καθηγητής, ο οποίος μας έφερε σε επαφή με το μάθημα της Τεχνικής Γεωλογίας στο 7<sup>ο</sup> εξάμηνο των σπουδών και την κα. Μαρία Αντωνίου, Επίκουρος Καθηγήτρια, η οποία μας εισήγαγε στην επιστήμη της Γεωλογίας με τα μαθήματα Γεωλογία I και Γεωλογία II του 1<sup>ου</sup> και 2<sup>ου</sup> εξαμήνου αντίστοιχα.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω τη Διδάκτορα Μηχανολόγο Μηχανικό του Εθνικού Μετσοβίου Πολυτεχνείου και πρώην Διευθύντρια στη Διεύθυνση Περιβάλλοντος της Νομαρχίας Εύβοιας κα. Περσεφόνη Ιωαννίδου για τη βοήθεια και προθυμία της στην παροχή δεδομένων σε σχέση με το έργο του ΧΥΤΑ Χαλκίδας. Ακόμα θα ήθελα να ευχαριστήσω την εταιρεία ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ Ε.Π.Ε. για την ευγενική φιλοξενία τους και την παροχή όλων των απαραίτητων πληροφοριών σε σχέση με το έργο της Υψηλής Γέφυρας Χαλκίδας καθώς και τη Γεωλόγο κα. Δήμητρα Μέντου που με έφερε σε επαφή μαζί τους.

Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλω να δώσω στο Γεωλόγο κ. Παναγιώτη Μαστρογιάννη για την πολύτιμη και ανιδιοτελή βοήθεια του τόσο στην παροχή στοιχείων σε σχέση με τη Γεωλογία και την Τεκτονική της περιοχής όσο και στην πραγματοποίηση της εργασίας υπαίθρου στην ευρύτερη περιοχή της Χαλκίδας.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω την οικογένεια μου για την αγάπη, την ενίσχυση και την υπομονή τους όλα αυτά τα χρόνια.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι να διερευνήσει την επίδραση των γεωλογικών και κυρίως των τεκτονικών συνθηκών της ευρύτερης περιοχής της Χαλκίδας στο σχεδιασμό και την κατασκευή μέσα σε αυτή τεσσάρων μεγάλων τεχνικών έργων, τα οποία είναι:

- Η Υψηλή Καλωδιωτή Γέφυρα Χαλκίδας
- Ο Εθνικός Δρόμος «Σχηματάρι – Χαλκίδα»
- Ο Αγωγός Φυσικού Αερίου Μέσης Πίεσης Εύβοιας
- Ο Χώρος Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) του Δήμου Χαλκίδας

Η χωροθέτηση μεγάλων τεχνικών έργων πλησίον ενεργών ρηγμάτων είναι συνήθως αναπόφευκτη σε περιοχές με έντονη τεκτονική δράση, όπως είναι η Ελλάδα. Ιδιαίτερα τα ενεργά ρήγματα, ως επικίνδυνες γεωλογικές δομές, θα πρέπει να λαμβάνονται σοβαρά υπόψη κατά τη φάση του σχεδιασμού των τεχνικών έργων ενώ πρέπει παράλληλα να εκτελείται ειδική, λεπτομερής γεωλογική – γεωτεχνική έρευνα στις θέσεις θεμελίωσης.

Οι έρευνες πεδίου πριν την κατασκευή ενός τεχνικού έργου αφορούν τόσο τον προσδιορισμό των γεωλογικών και τεχνικογεωλογικών συνθηκών όσο και τον ακριβή εντοπισμό των ενεργών ρηξιγενών ζωνών στη θέση θεμελίωσης ή στη χάραξη διέλευσης του έργου, αν πρόκειται για γραμμικό τεχνικό έργο. Ο συνδυασμός των σύγχρονων μεθόδων νεοτεκτονικής χαρτογράφησης με τη χρήση γεωμορφολογικών αλλά και σεισμολογικών δεδομένων, επιτρέπουν τον ποιοτικό και ποσοτικό προσδιορισμό του βαθμού επικινδυνότητας των ρηγμάτων οπότε ανάλογα με τη φύση και τη σημασία του έργου κρίνεται η κατάλληλη μέθοδος σχεδιασμού και κατασκευής.

Στη διπλωματική αυτή, ιδιαίτερη έμφαση δόθηκε στην τεκτονική παραμόρφωση (διακλάσεις και ρήγματα) που έχουν υποστεί οι γεωλογικοί σχηματισμοί στην ευρύτερη περιοχή της Χαλκίδας και στην αξιολόγηση της επικινδυνότητας των ρηγμάτων κυρίως σε σχέση με τα τεχνικά έργα της περιοχής.

## ABSTRACT

The purpose of this thesis is to investigate the geological and especially the tectonic conditions of the region of Chalkida in relation to the design and the construction of four large technical projects, which are:

- The Cable stayed High Bridge of Chalkida
- The National Road «Schimatari – Chalkida»
- The Natural Gas Pipeline of medium pressure in the island of Evia
- The Waste Landfill of the Municipality of Chalkida

The siting of big engineering works near active faults is usually inevitable in areas of intense neotectonic activity, such as Greece. The presence of active faults, as hazardous geological structures, should be taken into account during the design of engineering works and a specific, detailed geological - geotechnical investigation should be first executed at the foundation sites.

The field investigations for the construction of a technical work concern the determination of the geological and engineering geological conditions as well as the location of the active fault zones in the foundation site or along the route of the project (in the case of the linear technical works). By the combination of the modern methods of neotectonic mapping and the use of geomorphologic and seismological data, the qualitative and quantitative assessing of the seismotectonic hazard is obtained and the design and construction method can be considered, according to the nature and importance of the project.

In this dissertation a particular emphasis was given to the tectonic deformation (joints and faults) that has affected the geological formations in the broader area of Chalkida city and to the evaluation of the hazardous faults in relation to technical works of this region.

# ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

1. ΓΕΝΙΚΑ .....	15
1.1 Παγκόσμια Τεκτονική .....	15
1.2 Αλπικό Ορογενετικό Σύστημα .....	17
1.2.1 Διάρθρωση των Αλπικών οροσειρών .....	19
1.2.2 Προαλπική και Αλπική Ελλάδα .....	20
1.3 Οι Γεωτεκτονικές Ζώνες της Ελλάδας .....	21
1.4 Γεωδυναμική εξέλιξη του Ελληνικού χώρου .....	23
1.5 Ρήγματα .....	26
1.5.1 Γενικά - Γεωμετρικά στοιχεία ρηγμάτων .....	26
1.5.2 Ταξινόμηση των ρηγμάτων .....	28
2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ .....	36
2.1 Υποπελαγονική Ζώνη .....	36
2.1.1 Παλαιογεωγραφική και γεωτεκτονική θέση .....	36
2.1.2 Το προαλπικό υπόβαθρο της ζώνης .....	37
2.1.3 Αλπική λιθοστρωματογραφική δομή και εξέλιξη .....	38
2.1.4 Τεκτοορογενετική εξέλιξη της Υποπελαγονικής .....	40
2.2 Γεωλογία της Περιοχής .....	41
2.3 Νεοτεκτονική .....	55
2.4 Σεισμικότητα .....	58
2.4.1 Ιστορική Σεισμικότητα .....	58
2.4.2 Πρόσφατη Σεισμικότητα .....	64
3. ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΧΑΛΚΙΔΑΣ .....	67
4. ΥΨΗΛΗ ΚΑΛΩΔΙΩΤΗ ΓΕΦΥΡΑ ΧΑΛΚΙΔΑΣ .....	68
4.1 Τεχνικά Χαρακτηριστικά .....	68
4.2 Γεωλογική Θεώρηση της Περιοχής .....	71
4.3 Υδρογεωλογία – Καρστικότητα .....	76
4.4 Τεκτονική Δομή .....	77
4.4.1 Οι Τεκτονικοί Χαρακτήρες .....	77
4.4.2 Το Θέμα της Ενεργότητας των Ρηγμάτων .....	78
4.5 Σεισμικότητα .....	79
4.6 Τεχνικογεωλογικές - Γεωτεχνικές Συνθήκες Θεμελίωσης .....	80
4.6.1 Εργασίες Υπαίθρου .....	80
4.6.2 Εργαστηριακές δοκιμές .....	82
4.6.3 Βάθρα Βοιωτικής Ακτής (Α0, Μ1, Μ2, Μ3) .....	83
4.6.4 Ο Πυλώνας Μ5 της Κεντρικής Γέφυρας .....	84
4.6.5 Ο Πυλώνας Μ6 της Κεντρικής Γέφυρας .....	87
4.6.6 Βάθρα Ευβοϊκής Ακτής (Μ7, Μ8, Μ9, Μ10, Α11) .....	88
4.6.7 Διαγράμματα Προβολής Κύριων Οικογενειών Ασυνεχειών Πετρώματος (θέσεις 1 - 5, ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ Ε.Π.Ε., 1985) .....	90
4.6.8 Γεωλογικές – Γεωτεχνικές Τομές .....	93
4.7 Μέθοδοι Θεμελίωσης των Βάθρων της Γέφυρας .....	101
4.7.1 Βάθρα Α0, Μ1, Μ3, Μ8, Μ9, Μ10 .....	101
4.7.2 Βάθρα Μ2, Μ7, Α11 .....	101
4.7.3 Βάθρο Μ5 .....	101
4.7.4 Βάθρο Μ6 .....	102
4.8 Συμπεράσματα .....	102

<b>5. ΝΕΟΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΣ "ΣΧΗΜΑΤΑΡΙ-ΧΑΛΚΙΔΑ"</b> .....	104
<b>5.1 Γενικά</b> .....	104
<b>5.2 Επεξεργασία Διακλάσεων (Πρόγραμμα Dips v. 5.1)</b> .....	107
<b>5.2.1 Λατομείο Σκολίδα (ενεργό) – Περιοχή Δρακόσπηλο</b> .....	108
<b>5.2.2 Λατομείο Σκολίδα (ανεργό) – Περιοχή Οχυρό</b> .....	110
<b>5.2.3 Λατομείο Ντεγιάννη (ανεργό) – Περιοχή Καλογρίτσα</b> .....	112
<b>5.2.4 Λατομείο Lafarge (ενεργό) – Περιοχή Μεγάλο Βουνό</b> .....	114
<b>5.3 Συμπεράσματα</b> .....	116
<b>6. ΑΓΩΓΟΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ</b> .....	117
<b>6.1 Γενικά – Το Εθνικό Σύστημα Φυσικού Αερίου</b> .....	117
<b>6.1.1 Κεντρικός Αγωγός και Κλάδοι Μεταφοράς</b> .....	118
<b>6.1.2 Μετρητικοί Σταθμοί Συνόρων Σιδηροκάστρου Σερρών και Κήπων Έβρου</b> ....	119
<b>6.1.3 Σταθμός Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (LNG) Ρεβυθούσας</b> .....	119
<b>6.1.4 Μετρητικοί και Ρυθμιστικοί Σταθμοί Φυσικού Αερίου</b> .....	121
<b>6.1.5 Κέντρα Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου</b> .....	122
<b>6.1.6 Κέντρα Λειτουργίας και Συντήρησης του Μετρητικού Σταθμού Συνόρων Σιδηροκάστρου, Ανατολικής Ελλάδας, Βορείου Ελλάδας, Κεντρικής Ελλάδας και Νοτίου Ελλάδας</b> .....	122
<b>6.1.7 Σύστημα Τηλεέγχου και Τηλεπικοινωνιών</b> .....	123
<b>6.2 Χρήσεις Φυσικού Αερίου</b> .....	123
<b>6.3 Σχεδιασμός Δικτύων Μεταφοράς Φυσικού Αερίου</b> .....	123
<b>6.3.1 Απαιτήσεις για την επιλογή της οδούσης</b> .....	123
<b>6.3.2 Εκτίμηση Σεισμικής Επάρκειας</b> .....	124
<b>6.4 Αγωγοί Φυσικού Αερίου Υψηλής και Μέσης Πίεσης Ευβοίας</b> .....	125
<b>6.5 Γεωλογικοί σχηματισμοί κατά μήκος της χάραξης του αγωγού</b> .....	126
<b>6.6 Αξιολόγηση των ρηγμάτων</b> .....	127
<b>6.7 Συμπεράσματα</b> .....	135
<b>7. ΧΩΡΟΣ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΑΦΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ (ΧΥΤΑ) ΧΑΛΚΙΔΑΣ</b> .....	137
<b>7.1 Περιγραφή της Δραστηριότητας</b> .....	137
<b>7.2 Χωροθέτηση του ΧΥΤΑ του Δήμου Χαλκιδέων</b> .....	140
<b>7.3 Γεωλογία – Υδρογεωλογία – Τεκτονική της Περιοχής του ΧΥΤΑ</b> .....	141
<b>7.4 Συνθήκες Λειτουργίας του ΧΥΤΑ</b> .....	144
<b>7.5 Συμπεράσματα</b> .....	147
<b>8. ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ</b> .....	148
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ</b> .....	149



# ΛΙΣΤΑ ΕΙΚΟΝΩΝ

## Κεφάλαιο 1

- 1. Εικόνα 1 – 1.** Απεικόνιση των λιθοσφαιρικών πλακών της Γης (<http://biologion.blogspot.com>) ..... 15
- 2. Εικόνα 1 – 2.** Τα στάδια ανάπτυξης της Παγγαίας μέσα στο χρόνο και η σημερινή της μορφή ([www.oasp.gr](http://www.oasp.gr))..... 17
- 3. Εικόνα 1 – 3.** Οι γεωτεκτονικές ζώνες της Ελλάδας (από Μουντράκη 2010) ..... 22
- 4. Εικόνα 1 – 4.** Το Ελληνικό τόξο ([www.oasp.gr](http://www.oasp.gr))..... 24
- 5. Εικόνα 1 – 5.** Κινήσεις λιθοσφαιρικών πλακών που καθορίζουν τα τεκτονικά φαινόμενα στην Ανατολική Μεσόγειο (Papazachos and Papazachou 1997)..... 25
- 6. Εικόνα 1 – 6.** Ταχύτητες σεισμικής παραμόρφωσης (mm/year) στον ελληνικό χώρο και τις γύρω περιοχές (Papazachos and Papazachou 1997) ..... 25
- 7. Εικόνα 1 – 7.** Οροφή και δάπεδο ρήγματος σε κανονικό και ανάστροφο ρήγμα ([www.nationmaster.com](http://www.nationmaster.com)) ..... 26
- 8. Εικόνα 1 – 8.** (α) Αληθής ολίσθηση (net slip) (β) Κατακόρυφο άλμα ρήγματος (Μαμούχα, 2008)..... 28
- 9. Εικόνα 1 – 9.** Αντιπροσωπευτικοί τύποι ρηγμάτων με βάση την ολίσθηση τους. Οι γραμμώσεις στις επιφάνειες των ρηγμάτων παριστάνουν τις γραμμές τεκτονικής ολίσθησης ή προστριβής (striations), οι οποίες συχνά αποτελούν ασφαλή κινηματικό δείκτη ([www.labtech.geol.uoa.gr](http://www.labtech.geol.uoa.gr)) ..... 29

## Κεφάλαιο 2

- 1. Εικόνα 2 – 1.** Διαδοχικές λιθοστρωματογραφικές στήλες του ορίου Πελαγονικής – Υποπελαγονικής ζώνης : 1 : Μετακλαστικά ιζήματα Περμίου, 2 : Ασβεστόλιθοι, 3 : Μαζώδεις και λεπτόκοκκοι ασβεστόλιθοι, 4 : Ασβεστόλιθοι με απολιθώματα *Megalodon*, 5 : Ασβεστόλιθοι με *Lithiotis*, 6 : Ωολιθικοί ασβεστόλιθοι, 7 : Δολομιτικοί ασβεστόλιθοι, 8 : Ασβεστόλιθοι με ενστρώσεις κερατολίθων, 9 : Λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι, 10 : Μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι, 11 : Φακοί ασβεστόλιθοι, 12 : Ραδιολαριτικοί κερατόλιθοι, 13 : Πηλίτες, 14 : Ηφαιστειοζηματογενής σειρά, 15 : Pillow lavas, 16 : Οφειόλιθοι (Κατά Ferriere 1977) ..... 37
- 2. Εικόνα 2 – 2.** Τμήμα του Γεωλογικού χάρτη Ελλάδας κλίμακας 1:500.000 (IGME 1983) ..... 41
- 3. Εικόνα 2 – 3.** Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής Χαλκίδας (από το γεωλογικό χάρτη κλίμακας 1:50.000, φύλλο Χαλκίδα, IGME 2007) ..... 45
- 4. Εικόνα 2 – 4.** Δορυφορική εικόνα της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας και της Εύβοιας στην οποία έχουν σημειωθεί οι σημαντικότερες ρηξιγενείς ζώνες που καθορίζουν και ελέγχουν τη νεοτεκτονική μακροδομή της περιοχής (Λέκκας, 2002)..... 56
- 5. Εικόνα 2 – 5.** Χάρτης με τα κυριότερα ρήγματα της κεντρικής Εύβοιας – ΒΑ Αττικής και τα επίκεντρα των σεισμών μεγέθους  $4.0 \leq M < 6.0$  (Λέκκας, 2002)..... 57
- 6. Εικόνα 2 – 6.** Τα ενεργά ρήγματα στην περιοχή του Κεντρικού Ευβοϊκού κόλπου (Rondoyanni et al, 2008) ..... 58
- 7. Εικόνα 2 – 7.** Σεισμικά επίκεντρα της ανατολικής κεντρικής Ελλάδας - σε κύκλο τα επίκεντρα των σεισμών που επηρέασαν την ευρύτερη περιοχή της Χαλκίδας (στοιχεία από το γεωδυναμικό ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών) ..... 64
- 8. Εικόνα 2 – 8.** Χάρτης με τα σεισμικά επίκεντρα (περιόδου 1964 – 2006) της ευρύτερης περιοχής της Χαλκίδας (στοιχεία από το γεωδυναμικό ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών) ..... 65
- 9. Εικόνα 2 – 9.** Χάρτης Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδας σύμφωνα με το Νέο Αντισεισμικό Κανονισμό (ΟΑΣΠ, ΕΑΚ 2000) ..... 66

### Κεφάλαιο 3

<b>1. Εικόνα 3 – 1.</b> Φωτογραφία από το Google Earth με τις θέσεις των τεχνικών έργων που εξετάστηκαν στην ευρύτερη περιοχή Χαλκίδας : 1. Υψηλή Γέφυρα Χαλκίδας, 2. Εθνικός Δρόμος "Σχηματάρι – Χαλκίδα", 3. Αγωγός Φυσικού Αερίου Μέσης Πίεσης, 4. ΧΥΤΑ του Δήμου Χαλκιδέων .....	67
--	----

### Κεφάλαιο 4

<b>1. Εικόνα 4 – 1.</b> Η Υψηλή Γέφυρα Ευρίπου.....	68
<b>2. Εικόνα 4 – 2.</b> Η Υψηλή Γέφυρα Ευρίπου με τους δύο κεντρικούς πυλώνες M5 (στην Στερεά Ελλάδα – αριστερά) και M6 (στην Εύβοια – δεξιά) .....	69
<b>3. Εικόνα 4 – 3.</b> Οριζοντιογραφία της γέφυρας Χαλκίδας (Σταθόπουλος, 1987) .....	70
<b>4. Εικόνα 4 – 4.</b> Γεωλογικός Χάρτης της στενής περιοχής της Γέφυρας (Σταθόπουλος, 1987) 1: Φερτές Ύλες, 2: Νεογενείς και Τεταρτογενείς Αποθέσεις, 3: Κρητιδικοί Ασβεστόλιθοι, 4: Σερπεντινίτες και Σχιστόλιθοι, 5: Τριαδικοί – Ιουρασικοί Ασβεστόλιθοι, 6: Ρήγμα, 7: Διακλάσεις, 8: Στρώση .....	71
<b>5. Εικόνα 4 – 5.</b> Γεωλογική τομή στη θέση έδρασης της Γέφυρας Χαλκίδας (Γεωλογία από τους Μαρίνο, Φυτρολάκη και Βαϊνάλη, σχεδιαστικά στοιχεία γέφυρας από Σταθόπουλο).....	74
<b>6. Εικόνα 4 – 6.</b> Άνω Κρητιδικοί Ασβεστόλιθοι (στο λόφο του Μπαταριά στην Ευβοϊκή Ακτή) .....	75
<b>7. Εικόνα 4 – 7.</b> Ασβεστόλιθοι Ανωτριαδικής – Κατωιουρασικής Ηλικίας (στη Βοιωτική πλευρά θεμελίωσης) .....	75
<b>8. Εικόνα 4 – 8.</b> Γεωλογική τομή του στενού της ζεύξης (Μαρίνος, 1994) : 1 : Πρόσφατες θαλάσσιες αποθέσεις, 2 : Άργιλοι και ιλύες, με ασβεστολιθικά τεμάχια, 3 : Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι, 4 : Σύμπλεγμα οφιολίθων, 5 : Τριαδικοί – Ιουρασικοί ασβεστόλιθοι, F : Ρήγματα, Γ : Γεωτρήσεις, Μ : Θέσεις πυλώνων .....	77
<b>9. Εικόνα 4 – 9.</b> Βάθρα Βοιωτικής Ακτής .....	83
<b>10. Εικόνα 4 – 10.</b> Μέσα αποτελέσματα από την πρότυπη Δοκιμή Διεισδύσεως (SPT), τη Δοκιμή Κώνου Διεισδύσεως (CPT) και τη Δοκιμή Συμπυκνομέτρου Menard (ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ Ε.Π.Ε.).....	85
<b>11. Εικόνες 4 – 11.</b> Εικόνες από το χώρο έδρασης του Πυλώνα M5 στη Βοιωτική Ακτή. 86	
<b>12. Εικόνες 4 – 12.</b> Εικόνες από το χώρο έδρασης του Πυλώνα M6 στην Ευβοϊκή Ακτή 87	
<b>13. Εικόνα 4 – 13.</b> Τα βάθρα της γέφυρας στην Ευβοϊκή Ακτή.....	88

### Κεφάλαιο 5

<b>1. Εικόνες 5 – 1.</b> Απόψεις σε διάφορες θέσεις του Αυτοκινητόδρομου Σχηματαρίου – Χαλκίδας και των μέτρων προστασίας των πρανών (οι τρεις αριστερά από <a href="http://www.entechnos.gr">www.entechnos.gr</a> ).....	105
<b>2. Εικόνα 5 – 2.</b> Φωτογραφία από το Google Earth με τις θέσεις που έγιναν οι μετρήσεις : 1. Λατομείο Σκολίδη (ενεργό) – Περιοχή Δρακόσπηλο, 2. Λατομείο Σκολίδη (ανενεργό) – Περιοχή Οχυρό, 3. Λατομείο Ντεγιάννη (ανενεργό) – Περιοχή Καλογρίτσα, 4. Λατομείο Lafarge (ενεργό) – Περιοχή Μεγάλο Βουνό .....	107
<b>3. Εικόνα 5 – 3.</b> Το διάγραμμα των πόλων, το διάγραμμα των μεγίστων επιπέδων και το ροδοδιάγραμμα στην περιοχή Δρακόσπηλο (από πάνω προς τα κάτω).....	109
<b>4. Εικόνα 5 – 4.</b> Το διάγραμμα των πόλων, το διάγραμμα των μεγίστων επιπέδων και το ροδοδιάγραμμα στην περιοχή Οχυρό (από πάνω προς τα κάτω) .....	111
<b>5. Εικόνα 5 – 5.</b> Το διάγραμμα των πόλων, το διάγραμμα των μεγίστων επιπέδων και το ροδοδιάγραμμα στην περιοχή Καλογρίτσα (από πάνω προς τα κάτω).....	113
<b>6. Εικόνα 5 – 6.</b> Το διάγραμμα των πόλων, το διάγραμμα των μεγίστων επιπέδων και το ροδοδιάγραμμα στην περιοχή Μεγάλο Βουνό (από πάνω προς τα κάτω) .....	115

## Κεφάλαιο 6

1. <b>Εικόνα 6 – 1.</b> Τοποθέτηση Αγωγού Φυσικού Αερίου Υψηλής Πίεσης (www.depa.gr) .....	118
2. <b>Εικόνα 6 – 2.</b> Εθνικό Σύστημα Αγωγών Φυσικού Αερίου (www.desfa.gr) .....	120
3. <b>Εικόνα 6 – 3.</b> Εγκατάσταση Αγωγού Φυσικού Αερίου Μέσης Πίεσης στην πόλη της Χαλκίδας (περιοχή Καστέλλα) .....	125
4. <b>Εικόνα 6 – 4.</b> Άλλη άποψη της εγκατάστασης του Αγωγού Φυσικού Αερίου Μέσης Πίεσης στην πόλη της Χαλκίδας (περιοχή Καστέλλα) .....	126
5. <b>Εικόνα 6 – 5.</b> Ασυμφωνία πάνω στους νεογενείς σχηματισμούς και κατά θέσεις πάνω στο υπόβαθρο, καστανόχρωμων πλειστοκαινικών ποταμοχερσαίων ιζημάτων νότια της Ριτσώνας (Γεωργίου & Γαλανάκης, 2005).....	127
6. <b>Εικόνα 6 – 6.</b> Χάρτης με τη χάραξη του Αγωγού Φυσικού Αερίου Μέσης Πίεσης στην Εύβοια και τα κυριότερα ρήγματα στην ευρύτερη περιοχή χάραξης (από τους χάρτες «Χαλκίδα» και «Ψαχνά» 1 : 50.000 του ΙΓΜΕ για τον αγωγό φυσικού αερίου μέσης πίεσης στην Εύβοια,2004) .....	128
7. <b>Εικόνα 6 – 7.</b> Το ρήγμα P7 στη θέση του εργοστασίου ΕΒΙΟΠ .....	131
8. <b>Εικόνα 6 – 8.</b> Η ρηξιγενής επιφάνεια του ρήγματος P8 που φέρει σε επαφή το αλπικό υπόβαθρο (τριαδικοϊουρασικά μάρμαρα) με τα τεταρτογενή ιζήματα και τα πλευρικά κορήματα .....	132
9. <b>Εικόνα 6 – 9.</b> Κανονικό ρήγμα P11 που επηρεάζει τα νεογενή ιζήματα της περιοχής τα οποία αποτελούνται από εναλλαγές καστανέρυθρων κροκαλοπαγών και αργίλων .....	133
10. <b>Εικόνα 6 – 10.</b> Η ρηξιγενής ζώνη P12 νότια της Νέας Αρτάκης .....	134
11. <b>Εικόνα 6 – 11.</b> Λεπτομέρειες από τις κατοπτρικές επιφάνειες του ενεργού ρήγματος P12, όπου φαίνονται οι γραμμώσεις ολίσθησης.....	134
12. <b>Εικόνα 6 – 12.</b> Το ρήγμα του Αγίου Μηνά στη δυτική πλευρά του Βόρειου Ευβοϊκού κόλπου που συνδέεται με το ρήγμα P12 .....	135

## Κεφάλαιο 7

1. <b>Εικόνα 7 – 1.</b> Μέθοδος απόθεσης με τη μέθοδο της ράμπας (Tchobanoglous et. al., 1993, από Καλλέργη, 2000) .....	139
2. <b>Εικόνα 7 – 2.</b> Πάχη επένδυσης, ενδιάμεσης και τελικής επικάλυψης ΧΥΤΑ από γαιώδη υλικά (Tchobanoglous et. al., 1993, από Καλλέργη, 2000) .....	140
3. <b>Εικόνα 7 – 3.</b> Άποψη του ΧΥΤΑ Χαλκίδας .....	141
4. <b>Εικόνα 7 – 4.</b> Άποψη της κατοπτρικής επιφάνειας του μεγάλου κανονικού ρήγματος μέσα στο χώρο του ΧΥΤΑ Χαλκίδας.....	143
5. <b>Εικόνα 7 – 5.</b> Άποψη της κατοπτρικής επιφάνειας του ρήγματος μέσα στο χώρο του ΧΥΤΑ Χαλκίδας, με τις γραμμώσεις ολίσθησης και τα υπολείμματα των πλευρικών κορημάτων πάνω σε αυτή.....	143
6. <b>Εικόνα 7 – 6.</b> Βιολογικές και χημικές διεργασίες στους ΧΥΤΑ (DIC=Dissolved Inorganic Carbon).....	145
7. <b>Εικόνα 7 – 7.</b> Ειδικοί κατακόρυφοι διάτρητοι αγωγοί απαγωγής του βιοαερίου στο ΧΥΤΑ Χαλκίδας .....	146

# ΛΙΣΤΑ ΠΙΝΑΚΩΝ

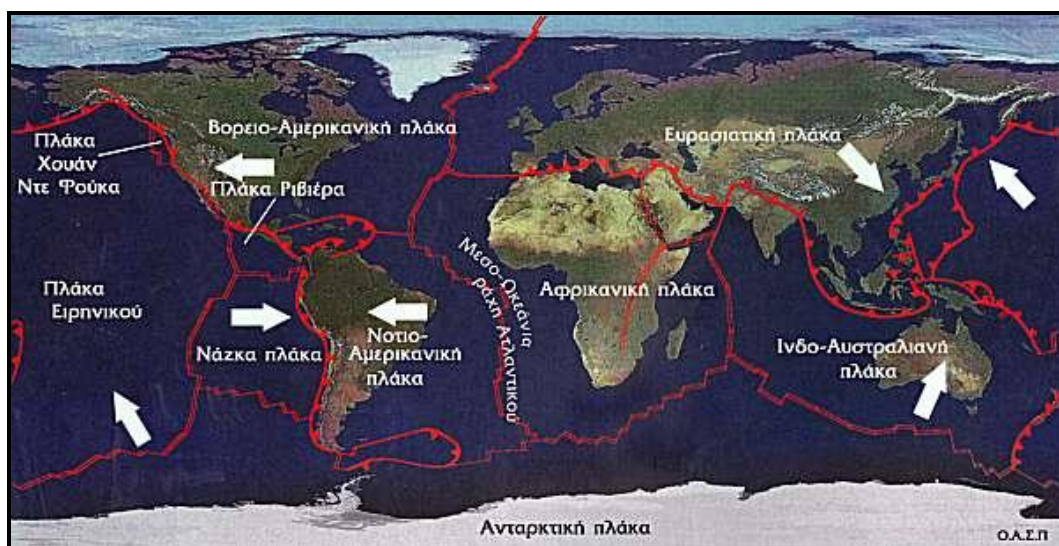
## Κεφάλαιο 5

<b>1. Πίνακας 5 – 1.</b> Μετρήσεις που έγιναν στο λατομείο Σκολίδα (ενεργό) στην περιοχή Δρακόσπηλο .....	108
<b>2. Πίνακας 5 – 2.</b> Μετρήσεις που έγιναν στο λατομείο Σκολίδα (ανενεργό) στην περιοχή Οχυρό.....	110
<b>3. Πίνακας 5 – 3.</b> Μετρήσεις που έγιναν στο λατομείο Ντεγιάννη στην περιοχή Καλογρίτσα.....	112
<b>4. Πίνακας 5 – 4.</b> Μετρήσεις που έγιναν στο λατομείο της εταιρείας Lafarge στην περιοχή Μεγάλο Βουνό.....	114

# 1. ΓΕΝΙΚΑ

## 1.1 Παγκόσμια Τεκτονική

Ο στερεός φλοιός της Γης αποτελείται από μεγάλες λιθοσφαιρικές πλάκες, οι σχετικές κινήσεις των οποίων ρυθμίζουν τα τεκτονικά φαινόμενα, τόσο σε τοπική, όσο και σε παγκόσμια κλίμακα (**Εικόνα 1 – 1**). Ορισμένες από τις λιθοσφαιρικές πλάκες είναι δομημένες από ηπειρωτικό φλοιό και ονομάζονται ηπειρωτικές πλάκες ενώ αντίστοιχα κάποιες άλλες είναι δομημένες από ωκεάνιο φλοιό και ονομάζονται ωκεάνιες πλάκες. Η γεωδυναμική συμπεριφορά των δύο, διαφέρει. Οι κινήσεις των λιθοσφαιρικών πλακών κατά το γεωλογικό παρελθόν και κυρίως η σύγκρουση στα όρια των ηπειρωτικών πλακών, είναι υπεύθυνες για τη δημιουργία των οροσειρών του πλανήτη (ορογενετικές ζώνες).



**Εικόνα 1 - 1.** Απεικόνιση των λιθοσφαιρικών πλακών της Γης (<http://biologion.blogspot.com>)

Τα σημαντικότερα γεωδυναμικά φαινόμενα που παρατηρούνται σήμερα είναι αποτέλεσμα της ενεργού τεκτονικής δράσης που λαμβάνουν χώρα σε ορισμένες ζώνες της Γης. Οι ζώνες αυτές χωρίζονται σε δύο συστήματα διάρρηξης:

- **Το Ηπειρωτικό σύστημα διάρρηξης:** Αποτελείται από την Ευρασιατική - Μελανησιακή ζώνη διάρρηξης (Γιβραλτάρ, Άλπεις, Βαλκάνια, Ιράν, Ιμαλαΐα, Βιρμανία, Ινδονησία) και την Περιειρηνική ζώνη διάρρηξης, η οποία αποτελείται από τις περιειρηνικές παράκτιες περιοχές της Βόρειας Αμερικής. Στο σύστημα αυτό βρίσκονται όλες οι νέες οροσειρές, τα νησιώτικα τόξα, τα ηφαίστεια, οι εστίες των σεισμών βάθους  $h > 300$  km και οι περισσότερες εστίες όλων των επιφανειακών

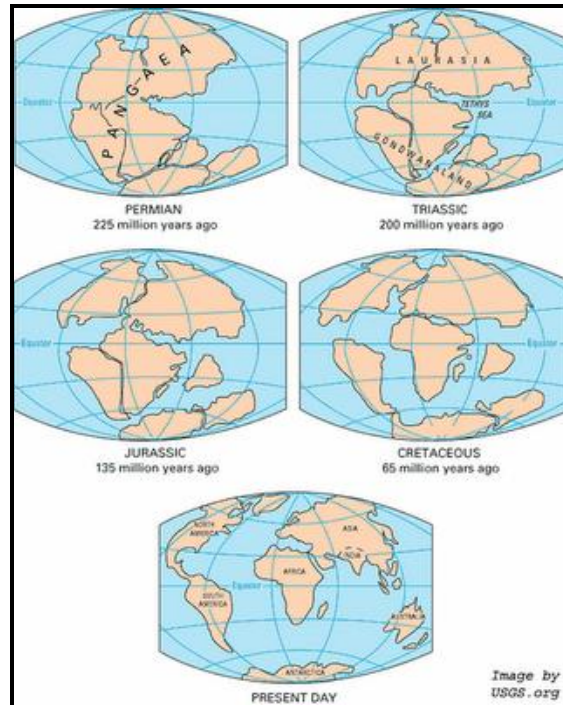
σεισμών. Οι λιθοσφαιρικές πλάκες συγκλίνουν και ο φλοιός της Γης καταστρέφεται.

- **Το σύστημα των μεσοωκεάνιων ράχων:** Οι μεσοωκεάνιες ράχες είναι ανυψώσεις του ωκεάνιου φλοιού οι οποίες διατρέχουν τον Ατλαντικό ωκεανό από Βορρά προς Νότο και διασχίζουν τον Ινδικό και τον Ειρηνικό ωκεανό. Σε μερικές θέσεις τα ύψη των ανυψώσεων αυτών ξεπερνούν τα 3000 m. Το σύστημα αυτό διασχίζει και ηπειρωτικές περιοχές, όπως η Ανατολική Αφρική και η Βορειοδυτική Αμερική. Στο σύστημα αυτό συμβαίνουν μόνο επιφανειακοί σεισμοί και πραγματοποιείται απόκλιση των λιθοσφαιρικών πλακών και γένεση νέου φλοιού της Γης.

Η σημερινή γεωτεκτονική θέση της Ελλάδας στο χώρο σύγκρουσης των δύο πλακών (Ευρασιατικής και Αφρικανικής) μπορεί να θεωρηθεί ανάλογη με τη γεωτεκτονική θέση που κατείχε και στο γεωλογικό παρελθόν, κατά το οποίο στον ευρύτερο χώρο αντίστοιχες τεκτονικές διεργασίες λάμβαναν χώρα στα όρια των λιθοσφαιρικών πλακών της Λαυρασίας και της Γκοντβάνας. Ο χώρος αυτός καλυπτόταν από τη μεγάλη ωκεάνια θάλασσα της Τηθύος. Ο ωκεανός της Τηθύος δημιουργήθηκε από το άνοιγμα μιας μεγάλης ηπείρου, της Παγγαίας (**Εικόνα 1 – 2**). Η ωκεάνια περιοχή της Τηθύος έπαιξε το μεγαλύτερο ρόλο στη γεωλογική διαμόρφωση των κυριότερων ορεινών μαζών που δεσπόζουν σήμερα σε μεγάλο μέρος της Γης και στις οποίες ανήκει και η Ελλάδα.

Η βύθιση της Αφρικανικής πλάκας είναι η αιτία της δημιουργίας της Ελληνικής τάφρου στα όρια των Ιονίων νησιών, της Πελοποννήσου και της Κρήτης, καθώς επίσης και του ηφαιστειακού τόξου του Αιγαίου. Στις σχετικές κινήσεις των πλακών σημαντικό ρόλο έχει και η πλάκα της Τουρκίας, η οποία είναι μέρος της Ευρασιατικής πλάκας και ωθούμενη από την Αραβική πλάκα ασκεί πίεση από δυτικά στο Αιγαίο. Αυτό το καθεστώς των τάσεων προκαλεί την αύξηση του μήκους του Αιγαίου σε διεύθυνση από ΒΑ προς ΝΔ.





**Εικόνα 1 - 2.** Τα στάδια ανάπτυξης της Παγκαίας μέσα στο χρόνο και η σημερινή της μορφή ([www.oasp.gr](http://www.oasp.gr))

Εκτός από τη θέση της Ελλάδας στο παγκόσμιο γεωτεκτονικό σύστημα θα πρέπει να αναφερθεί και η θέση της στο ηπειρωτικό σύστημα διάρρηξης.

## 1.2 Αλπικό Ορογενετικό Σύστημα

Σύμφωνα με τις σύγχρονες αντιλήψεις της θεωρίας των λιθοσφαιρικών πλακών ο μηχανισμός της Αλπικής ορογένεσης, οφείλεται όπως αναφέρθηκε στη σύγκρουση των δύο ηπειρωτικών πλακών, της Ευρασίας και της Γκοντβάνας, σύγκρουση που προκάλεσε την πύχωση των ιζημάτων που αποτέθηκαν στον ωκεανό της Τηθύος, που χώριζε τις δύο ηπείρους. Η θάλασσα της Τηθύος στην περίοδο της πλήρους της ανάπτυξης είχεγωνιώδες σχήμα V κλειστό προς τα Δυτικά στην Ευρώπη και ανοιχτό προς τα Ανατολικά αποτελώντας ουσιαστικό τμήμα της λεγόμενης Πανθάλασσας, που κατ' αντιστοιχία προς την Παγγαία ήπειρο θεωρείται ότι ήταν η ενιαία θάλασσα της Γης.

Τα πτυχωμένα νέα ιζήματα μαζί με τμήματα του κατεστραμμένου ωκεάνιου πυθμένα της Τηθύος συγκολλήθηκαν στον ηπειρωτικό φλοιό των περιθωρίων των δύο ηπειρωτικών πλακών και σχημάτισαν τις αλυσίδες ορέων του Αλπικού ορογενετικού συστήματος. Για το Μεσογειακό χώρο οι αντίστοιχες οροσειρές είναι της Νότιας Ευρώπης και στη Βόρεια Αφρική τα όρη του Άτλαντα. Παρόμοιας ηλικίας ορογενετικό σύστημα με αυτό της Τηθύος είναι και το ονομαζόμενο Περιειρηνικό ορογενετικό σύστημα. Αυτό περιλαμβάνει

τις οροσειρές των Άνδεων στη Νότια Αμερική, τα Βραχώδη όρη της Βόρειας Αμερικής και τα νησιωτικά τόξα Ιαπωνίας, Ινδονησίας και Αλεουτίων νήσων.

Τα δύο ορογενετικά συστήματα, της Τηθύος και το Περιειρηνικό, ονομάζονται μαζί «Αλπικό ορογενετικό σύστημα». Και τα δύο συστήματα έχουν την ίδια ηλικία γεωτεκτονική εξέλιξη και είναι και τα δύο σήμερα ενεργά.

Από τη μελέτη των πτυχωμένων Αλπικών ιζημάτων, των οφιολιθικών πετρωμάτων που προέρχονται από την καταστροφή του ωκεάνιου πυθμένα καθώς και των αντίστοιχων τεκτονικών καλυμμάτων που δομούν τις ορεινές μάζες του Αλπικού ορογενετικού συστήματος, είναι δυνατό να εκτιμηθεί περίπου η πιθανή έκταση ανάπτυξης του ωκεανού της Τηθύος. Σύμφωνα λοιπόν με αυτούς τους υπολογισμούς θεωρείται ότι ο ωκεανός της Τηθύος αναπτύχθηκε στο χώρο ανάμεσα στην Ευρασία και την Γκοντβάνα, αλλά πριν αποχωρισθούν από την τελευταία οι μικροπλάκες της Απουλίας, της Αραβίας, της Μαδαγασκάρης και των Ινδιών.

Η αρχική δημιουργία της Τηθύος ανάγεται στο Ανώτερο Παλαιozoικό, πιθανότατα το Πέρμιο, όταν έγινε και ο αρχικός τεμαχισμός της Παγγαίας. Μετά την αρχική ηπειρωτική διάρρηξη της Παγγαίας στο Πέρμιο άρχισε και η σταδιακή απομάκρυνση της Λαυρασίας, που αποτέλεσε το Βόρειο ηπειρωτικό μεγατέμαχος της Παγγαίας από την πλάκα της Γκοντβάνας που ήταν το Νότιο ηπειρωτικό μεγατέμαχος. Αποτέλεσμα της απομάκρυνσης ήταν η συνεχής ανάπτυξη του ωκεανού της Τηθύος που έφθασε το μέγιστο την περίοδο Τριαδικού – Ιουρασικού.

Μετά την πλήρη του ανάπτυξη και τη λειτουργία του επί εκατομμύρια χρόνια, ο ωκεάνιος χώρος της Τηθύος άρχισε να συμπιέζεται από τη βαθμιαία προσέγγιση των ηπείρων Ευρασίας και Γκοντβάνας που προήλθε από την αλλαγή του Παγκοσμίου γεωδυναμικού πλαισίου. Από τη συμπίεση αυτή και την τελική σύγκρουση των δύο ηπείρων ο ωκεανός της Τηθύος οδηγήθηκε στη βαθμιαία καταστροφή και εξαφάνιση του, που άρχισε από την περίοδο Άνω Ιουρασικού – Κάτω Κρητιδικού. Η συμπίεση – εξαφάνιση της Τηθύος δεν προήλθε από μία γενική και ενιαία σύγκλιση Ευρασίας – Γκοντβάνας, αλλά από τη διαδοχική αποκόλληση – απομάκρυνση ηπειρωτικών τεμαχών από την Γκοντβάνα (Κιμμέρια, Ινδίες, Αραβική και Απούλια μικρόπλακα), τα οποία κινήθηκαν με μεγαλύτερη σχετική ταχύτητα προς Βορρά και συγκρούστηκαν με την Ευρασία.

Αιτία της αλλαγής του Παγκόσμιου γεωδυναμικού πλαισίου που οδήγησε στην προσέγγιση Ευρασίας – Γκοντβάνας, ήταν το άνοιγμα του Ατλαντικού ωκεανού, που άρχισε το Άνω Ιουρασικό και προκάλεσε τη βαθμιαία απομάκρυνση της Αφρικής από τη Νότια Αμερική με αποτέλεσμα τη σχετική κίνηση της Αφρικής προς την κατεύθυνση της Ευρασίας (Μουντράκης, 2010).

### 1.2.1 Διάρθρωση των Αλπικών οροσειρών

Τα στρώματα που αναδύθηκαν με την αλπική ορογένεση διαρθρώθηκαν σε πολύπλοκο σύστημα οροσειρών που ονομάστηκε αλπικό σύστημα ορέων. Στον Ευρωπαϊκό χώρο διακρίνονται δύο μεγάλοι κλάδοι αυτού του συστήματος:

- Ο Αλπιδικός κλάδος που περιλαμβάνει τις Βόρειες Άλπεις, Ελβετίδες, Πεννίδες, Καρπάθια, Βαλκάν και συνεχίζεται στην Ποντιακή αλυσή της Μικράς Ασίας.
- Ο Διναρικός κλάδος που περιλαμβάνει μέρος των Απεννίνων, τις νότιες Άλπεις, τις Διναρικές Άλπεις και συνεχίζεται στην Ασία με τις Ταυρίδες οροσειρές και τα όρη Ζάγκρος του Ιράν.

Μεταξύ των δύο κλάδων, περιβαλλόμενη από αυτούς, βρίσκεται η μάζα της Ροδόπης που συνίσταται κυρίως από παλιά κρυσταλλικά πετρώματα και η οποία σύμφωνα με τις σημερινές απόψεις αποτελεί τμήμα του Ορογενετικού Συστήματος της Τηθύος.

Οι παραπάνω δύο βασικοί κλάδοι περιλαμβάνουν μεγάλες οροσειρές και συνιστούν μεγάλες γεωτεκτονικές μονάδες. Οι επί μέρους οροσειρές κάθε κλάδου υποδιαιρούνται σε μικρότερες γεωτεκτονικές μονάδες τις ονομαζόμενες «γεωτεκτονικές ζώνες» ή απλά «γεωλογικές ζώνες». Οι γεωτεκτονικές ζώνες υποδιαιρούνται πολλές φορές σε υποζώνες ή σε ακόμη μικρότερες γεωτεκτονικές μονάδες τις «γεωλογικές ενότητες» οι οποίες περιλαμβάνουν επί μέρους «σειρές πετρωμάτων».

Οι Δυτικές Ελληνίδες οροσειρές, με την Πίνδο να κατέχει δεσπόζουσα θέση και με βασική διάταξη BBD – NNA, προεκτείνονται από το βόρειο άκρο της χώρας προς Νότο μέχρι την Κρήτη. Εκεί ο ορογραφικός άξονας κάμπτεται αποκτώντας διεύθυνση Δ – Α και μετά ΝΔ – ΒΑ, συνεχίζεται στα Δωδεκάνησα και ενώνεται με τις Ταυρίδες οροσειρές αποκτώντας πάλι διεύθυνση Α – Δ.

Έτσι στο σύνολο τους οι Διναρίδες, οι Ελληνίδες και Ταυρίδες οροσειρές, με την τροποποίηση αυτή της διεύθυνσης τους, σχηματίζουν ένα ορογραφικό τόξο που ονομάζεται «Διναροταυρικό τόξο».

Την ίδια διάταξη παρουσιάζουν πιο Ανατολικά στον Ελληνικό χώρο και οι πιο εσωτερικές Ελληνίδες οροσειρές που αποτελούνται από τα όρη Βόρα, Βέρμιο, Πιέρια, Όλυμπο, Όσσα και Πήλιο, οι οποίες σχηματίζουν μία συνεχόμενη ορεινή γραμμή διεύθυνσης ΒΒΔ – ΝΝΑ από τα Ελληνογιουγκοσλαβικά σύνορα προς το Αιγαίο όπου επίσης κάμπτονται προς τα ανατολικά και συνεχίζεται στη Μικρά Ασία με διεύθυνση ΒΑ.

Η διάταξη των Ελληνικών οροσειρών είναι αποτέλεσμα της τεκτονικής εξέλιξης του Ελληνικού χώρου, στην οποία κύριο ρόλο έπαιξαν οι Αλπικές πτυχώσεις, της τελικής σύγκλισης και υποβύθισης της Αφρικανικής πλάκας κάτω από την Ευρασιατική και της δημιουργίας του γνωστού Ελληνικού τόξου το οποίο πήρε την οριστική του μορφή από την πιο πρόσφατη σύγκλιση των δύο μεγάλων πλακών (Μουντράκης, 2010).

### **1.2.2 Προαλπική και Αλπική Ελλάδα**

Ο Ελληνικός χώρος ανήκει στη Νέα Ευρώπη όπου κατά τη διάρκεια του Μεσοζωικού – Καινοζωικού αποτέθηκαν τα μεγάλα πάχους ιζήματα στον θαλάσσιο χώρο που εκείνες τις περιόδους κάλυπτε την Ελλάδα. Εκτός όμως από τα αλπικά ιζήματα, οι ορεινοί όγκοι της χώρας αποτελούνται και από μεγάλες μάζες παλιότερων πετρωμάτων. Συγκεκριμένα έχει διαπιστωθεί σε πολλές περιοχές της Ελλάδας ότι τα πρώτα αλπικά ιζήματα επικάθονται με ασυμφωνία πάνω σε κρυσταλλοσχιστώδη πετρώματα, τα οποία έχουν προτριαδική ηλικία και αποτελούν προαλπικά ιζήματα που πτυχώθηκαν κατά τις Ερκύνιες πτυχώσεις του Άνω Παλαιοζωϊκού. Βρέθηκαν επίσης και στρώματα με απολιθώματα του Παλαιοζωϊκού.

Τα παλαιοζωϊκά ή και προκάμβρια αυτά πετρώματα, που θεωρούμε ως προαλπικό υπόβαθρο, αποτελούν τμήματα του ηπειρωτικού φλοιού των παλιών ηπειρωτικών λιθοσφαιρικών πλακών της Γκοντβάνας και της Ευρασίας, τα οποία κατά τα διάφορα στάδια της σύγκλισης των δύο πλακών, όπως προαναφέρθηκε, αποσπάρθηκαν από αυτές, συμπτυχώθηκαν με τα πετρώματα του ωκεανού της Τηθύος, μετακινήθηκαν μαζί με αυτά υπό μορφή τεκτονικών καλυμμάτων κατά την τελική σύγκρουση και βρίσκονται σήμερα υποκείμενα στα «αλπικά πετρώματα» (Μουντράκης, 2010).

### 1.3 Οι Γεωτεκτονικές Ζώνες της Ελλάδας

Σύμφωνα με τις κλασικές γεωλογικές θεωρίες, το Ελληνικό γεωσύγκλινο, που άρχισε να λειτουργεί από το Τριαδικό σαν τμήμα του τεράστιου αλπικού γεωσύγκλινου, είχε στον πυθμένα του μικρές και μεγάλες υποθαλάσσιες ράχες που διαχώριζαν βαθιές και βαθύτερες αύλακες. Το σύστημα αυτό των εναλλασσόμενων υποθαλάσσιων αυλάκων και ράχων θεωρήθηκε ως δημιουργία προγενέστερων πτυχώσεων, το οποίο όμως υπέστη διάφορες τροποποιήσεις κατά τη διάρκεια της αλπικής ιζηματογένεσης, προερχόμενες από τη δράση ενδογενών δυνάμεων που πολλές φορές είχαν σαν αποτέλεσμα την προσωρινή ανάδυση ορισμένων τμημάτων του πυθμένα της Τηθύος.

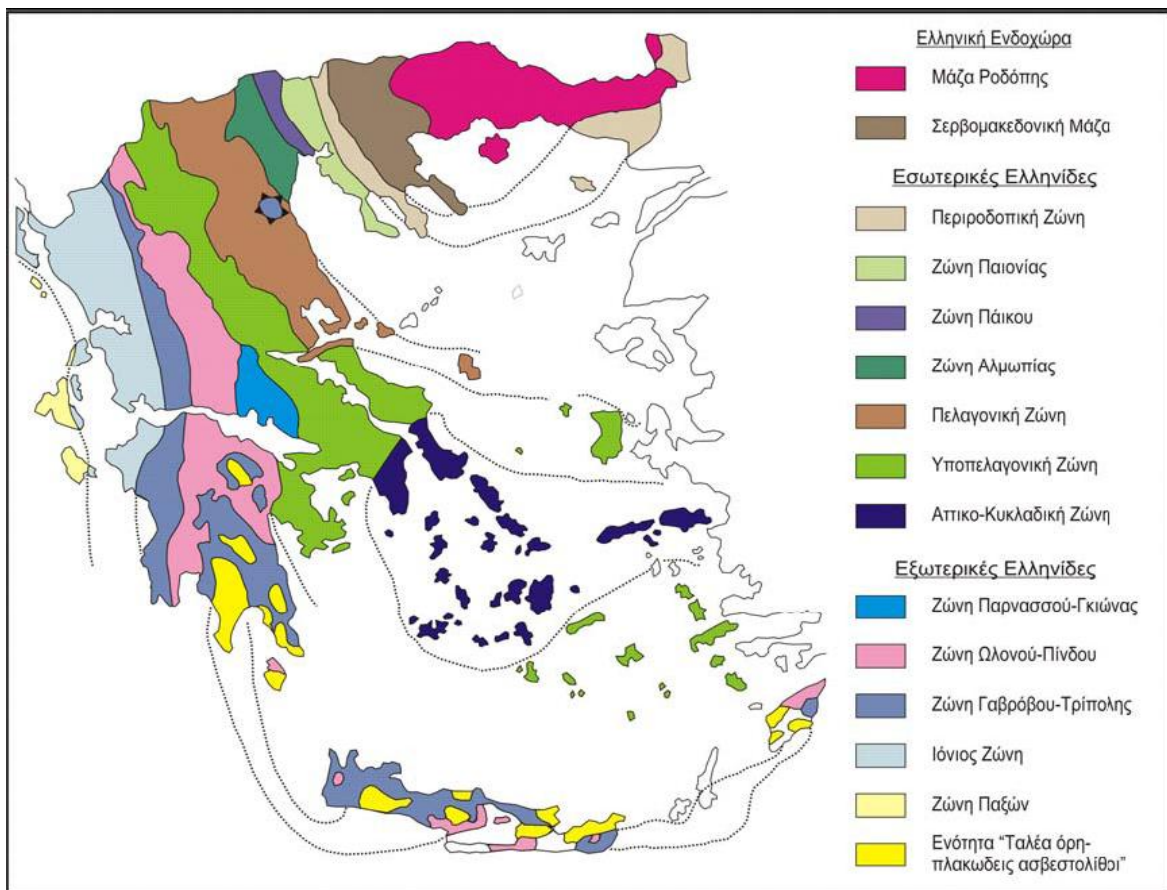
Με βάση το εναλλασσόμενο σύστημα αυλάκων και ράχων ο Ελληνικός χώρος διακρίθηκε σε ισοπικές ζώνες. Αυτή η διάκριση αντανακλά την παλαιογεωγραφική κατάσταση κάθε μιας ζώνης και στηρίζεται φυσικά στα αλπικά ιζήματα. Η κάθε ζώνη έχει αλπικά ιζήματα του ίδιου βάθους. Η διάκριση της μίας ζώνης από την άλλη στηρίζεται στον ιδιαίτερο ρόλο της κάθε μίας στο σύστημα της γεωδυναμικής εξέλιξης και ο ρόλος αυτός μεταφράζεται ως ένα βαθμό σε κάποια συγκεκριμένη παλαιογεωγραφική θέση. Κάθε γεωτεκτονική ζώνη συνίσταται από μία ορισμένη στρωματογραφική διαδοχή των ιζημάτων της, από τους ιδιαίτερους λιθολογικούς χαρακτήρες της και από συγκεκριμένη τεκτονική συμπεριφορά. Όλα αυτά τα στοιχεία εξαρτώνται και από την παλαιογεωγραφική της θέση αλλά κυρίως από τη γεωτεκτονική της θέση, τις γεωδυναμικές κινήσεις και την τεκτονική παραμόρφωση κάθε μίας. Περιοχές που ανήκουν στην ίδια ζώνη έχουν αυτές τις έννοιες ταυτόσημες ή παραπλήσιες.

Οι Ελληνικές γεωτεκτονικές ζώνες (ή Ελληνίδες ζώνες) είναι οι εξής (**Εικόνα 1 – 3**):

- Η μάζα της Ροδόπης
- Η Σερβομακεδονική ζώνη
- Η Περιοδοπική ζώνη
- Η ζώνη Αξιού (η οποία υποδιαιρείται στις υποζώνες Παιονίας, Πάικου και Αλμωπίας)
- Η Πελαγονική ζώνη
- Η Αττικό – Κυκλαδική μάζα
- Η Υποπελαγονική ζώνη ή ζώνη «Ανατολικής Ελλάδας»
- Η ζώνη Παρνασσού – Γκιώνας
- Η ζώνη Ωλονού – Πίνδου

- Η ζώνη Γαβρόβου – Τρίπολης
- Η Αδριατικοϊόνιος ζώνη (ή απλά Ιόνιος ζώνη)
- Η ζώνη Παξών ή Προαπουλία

Μια βασική διάκριση των παραπάνω γεωτεκτονικών ζωνών της Ελλάδας που έχει επιβληθεί στη γεωλογική ορολογία είναι σε «Εσωτερικές Ελληνίδες» και σε «Εξωτερικές Ελληνίδες». Εσωτερικές Ελληνίδες θεωρούνται οι ζώνες: Περιοδοπική, Αξιού, Πελαγονική, Αττικοκυκλαδική και Υποπελαγονική, ενώ Εξωτερικές Ελληνίδες οι ζώνες Παρνασσού – Γκιώνας, Ωλονού – Πίνδου, Γαβρόβου – Τρίπολης, Ιόνιος και Παξών. Τέλος οι μάζες Ροδόπης και Σερβομακεδονικής θεωρούνται ότι αποτελούν την «Ελληνική Ενδοχώρα», τμήμα του παλιού πυρήνα που περιβαλλόταν από τους δύο αλπικούς κλάδους.



**Εικόνα 1 - 3.** Οι γεωτεκτονικές ζώνες της Ελλάδας (από Μουντράκη, 2010)

Η ονομασία Εσωτερικές και Εξωτερικές ζώνες οφείλεται στο ότι οι πρώτες κατέχουν το εσωτερικό τμήμα του τόξου των Ελληνίδων οροσειρών, ενώ οι δεύτερες το εξωτερικό. Η διάκριση τους στηρίχθηκε κυρίως στο γεγονός ότι οι Εσωτερικές Ελληνίδες υπέστησαν τη δράση μιας Ανωιουρασικής – Κατωκρητιδικής πρώιμης ορογενετικής φάσης, η οποία δεν



επέδρασε στις Εξωτερικές Ελληνίδες. Οι τελευταίες επηρεάστηκαν μόνο από την τελική ορογένεση του Τριτογενούς.

Στις Εσωτερικές ζώνες έχουν μεγάλη εξάπλωση τα μεταμορφωμένα πετρώματα, που αντιπροσωπεύουν προαλπικά πετρώματα αλλά και αλπικά ιζήματα Τριαδικού – Ιουρασικού, ενώ επίσης υπάρχει μεγάλη εξάπλωση πυριγενών πετρωμάτων τόσο Μεσοζωικής – Τριτογενούς ηλικίας όσο και Παλαιοζωικής. Αντίθετα από τις Εξωτερικές ζώνες απουσιάζουν τα μεταμορφωμένα πετρώματα του προαλπικού υποβάθρου, με μόνη εξαίρεση την Ενότητα Φυλλιτών – Χαλαζιτών στην Κρήτη και στη Νότια Πελοπόννησο. Απουσιάζουν επίσης από τις Εξωτερικές ζώνες και τα πυριγενή πετρώματα με μόνη εξαίρεση ορισμένα ηφαιστειακά υλικά που παρατηρούνται στη ζώνη Ωλονού – Πίνδου, ηλικίας Τριαδικού (Μουντράκης, 2010).

## 1.4 Γεωδυναμική εξέλιξη του Ελληνικού χώρου

### Το Ελληνικό Τόξο

Το Ελληνικό τόξο είναι ένα σεισμικά, τεκτονικά και ηφαιστειακά ενεργό τόξο. Η τεκτονική δραστηριότητα του συνδέεται άμεσα με το σύγχρονο γεωτεκτονικό καθεστώς των λιθοσφαιρικών πλακών και συγκεκριμένα της Ευρασιατικής και της Αφρικανικής πλάκας. Έτσι, το Ελληνικό τόξο ή το τόξο του Αιγαίου αποτελεί το όριο επαφής της Ευρασιατικής λιθοσφαιρικής πλάκας, τμήμα της οποίας είναι το Αιγαίο, και της Αφρικανικής πλάκας, τμήμα της οποίας είναι η λιθόσφαιρα της Ανατολικής Μεσογείου. Οι δύο αυτές πλάκες συγκλίνουν μεταξύ τους με ταχύτητα περίπου 2.5 cm/year, με συνέπεια τη βύθιση της ωκεάνιας πλάκας της Ανατολικής Μεσογείου – λόγω μεγαλύτερης πυκνότητας – κάτω από την ηπειρωτική πλάκα του Αιγαίου. Το τόξο που δημιουργείται αποτελείται από (Εικόνα 1 – 4):

- Την **Ελληνική τάφρο**, η οποία δημιουργείται κατά μήκος της επαφής των δύο πλακών. Στην πραγματικότητα πρόκειται για ένα σύστημα τάφρων, μια σειρά από βαθιές λεκάνες, οι οποίες εκτείνονται από τη Ρόδο έως την Κεφαλονιά. Το μέγιστο βάθος εντοπίστηκε νοτιοδυτικά της Πελοποννήσου στο Ιόνιο πέλαγος με βάθος περίπου 4.500 m. Αυτό είναι και το βαθύτερο σημείο της Μεσογείου.
- Το **νησιώτικο τόξο**, το οποίο αποτελείται από μια σειρά διαδοχικών νησιών, όπως τη Ρόδο, την Κρήτη, τα Κύθηρα και την Πελοπόννησο. Τοποθετείται παράλληλα ως προς την τάφρο και σε μικρή απόσταση απ' αυτήν. Το τόξο αυτό δημιουργείται

από την παραμόρφωση και την ανύψωση πετρωμάτων του περιθωρίου της Ευρασιατικής πλάκας.

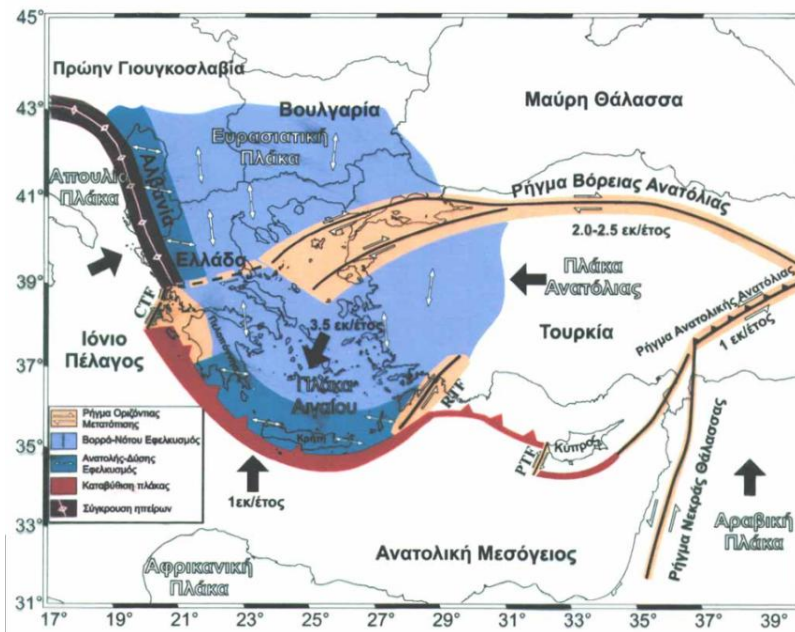
- Η **οπισθοτάφρος**, η οποία είναι μια θαλάσσια λεκάνη μικρότερου όμως βάθους από την τάφρο. Το μέγιστο βάθος της φτάνει τα 2.000 m. Η λεκάνη αυτή βρίσκεται μπροστά από το νησιωτικό τόξο και πάνω στην Ευρασιατική πλάκα.
- Το **ηφαιστειακό τόξο**, το οποίο αποτελείται από διαδοχικά ηφαίστεια (Σουσάκι, Μέθανα, Σαντορίνη, Νίσυρος, Μήλος). Η δημιουργία τους οφείλεται σε ανάτηξη του υλικού της βυθιζόμενης Αφρικανικής πλάκας. Κατά την άνοδο του το υλικό αυτό διαπερνά την Ευρασιατική πλάκα και σχηματίζει τα ηφαίστεια.



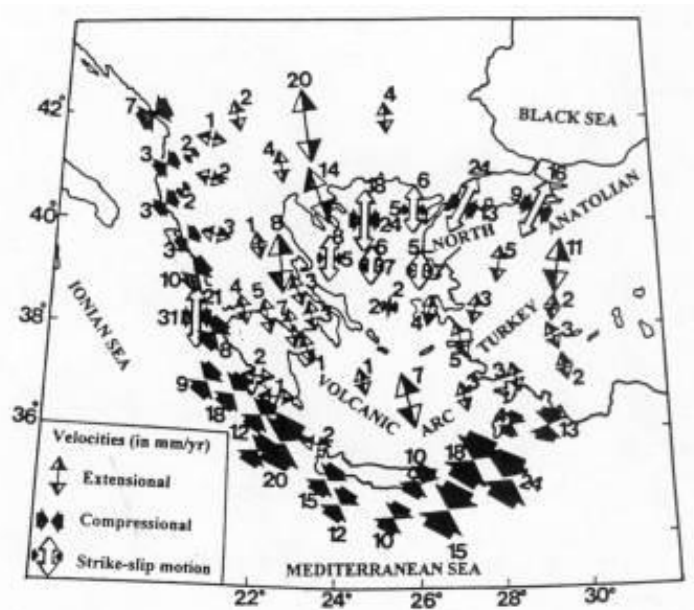
**Εικόνα 1 - 4.** Το Ελληνικό τόξο (www.oasp.gr)

Η γεωδυναμική θέση της Ελλάδας δικαιολογεί την έντονη σεισμικότητα που παρουσιάζει η χώρα μέσα στο χρόνο. Πολλοί σεισμοί έχουν γίνει από πολύ παλιά μέχρι σήμερα, μερικοί από τους οποίους αρκετά καταστροφικοί. Τα αποτελέσματα από τους μηχανισμούς γένεσης των σεισμών στην ευρύτερη περιοχή της Ελλάδας είναι σε πολύ καλή συμφωνία με τα αποτελέσματα που δίνουν οι τεκτονικές μελέτες σχετικά με το είδος των τεκτονικών τάσεων που επικρατούν σε κάθε περιοχή και ευθύνονται για την παραμόρφωσή της (Εικόνα 1 – 5).

Σε γενικές γραμμές οι τεκτονικές, γεωδαιτικές και σεισμολογικές έρευνες διαπιστώνουν την επικράτηση ανάστροφων ρηγμάτων στο κυρτό μέρος του ελληνικού τόξου και επεκτατικού πεδίου τάσεων με διεύθυνση Β – Ν στο Αιγαίο. Σημαντικό ρόλο έχουν και τα ρήγματα μετασχηματισμού της Κεφαλονιάς και της Ρόδου. Οι μετρήσεις GPS που έγιναν στο νότιο Αιγαίο δείχνουν ότι η κίνηση της περιοχής ως προς την Ευρασιατική πλάκα είναι της τάξης των 30–35 mm/year περίπου (Εικόνα 1 – 6).



**Εικόνα 1 - 5.** Κινήσεις λιθοσφαιρικών πλακών που καθορίζουν τα τεκτονικά φαινόμενα στην Ανατολική Μεσόγειο (Parazachos and Parazachou 1997)



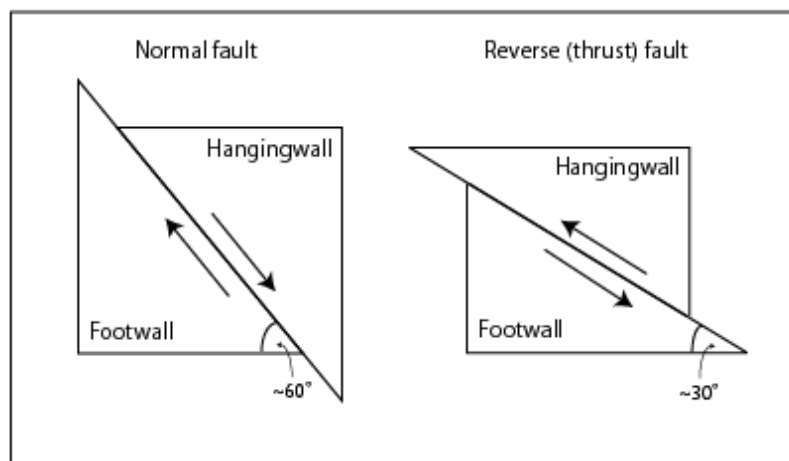
**Εικόνα 1 - 6.** Ταχύτητες σεισμικής παραμόρφωσης (mm/year) στον ελληνικό χώρο και τις γύρω περιοχές (Parazachos and Parazachou 1997)

## 1.5 Ρήγματα

### 1.5.1 Γενικά - Γεωμετρικά στοιχεία ρηγμάτων

Στην τεκτονική Γεωλογία με τον όρο **ρήγμα** εννοείται μία διάρρηξη των πετρωμάτων του φλοιού της Γης που συνοδεύεται από σχετική μετατόπιση και η οποία μπορεί να είναι από μερικά χιλιοστά έως την κλίμακα εκατοντάδων χιλιομέτρων. Συνήθως τα μεγάλα ρήγματα συνοδεύονται από άλλα μικρότερα και παράλληλα προς τα κύρια. Στις περιπτώσεις αυτές πρέπει να γίνεται λόγος για ρηξιγενείς ζώνες και όχι απλά για ρήγματα.

Τα δύο τμήματα του φλοιού δεξιά και αριστερά του ρήγματος, ονομάζονται τεκτονικά τεμάχη (fault blocks). Το τεμάχος που βρίσκεται προς τη φορά κλίσης του ρήγματος, δηλαδή υπέρκειται του ρήγματος, ονομάζεται υπερκείμενο τεμάχος ή οροφή (hanging wall). Το τεμάχος που βρίσκεται αντίθετα από τη φορά κλίσης του ρήγματος, δηλαδή υπόκειται του ρήγματος, ονομάζεται υποκείμενο τεμάχος ή δάπεδο (foot wall) (**Εικόνα 1 – 7**).

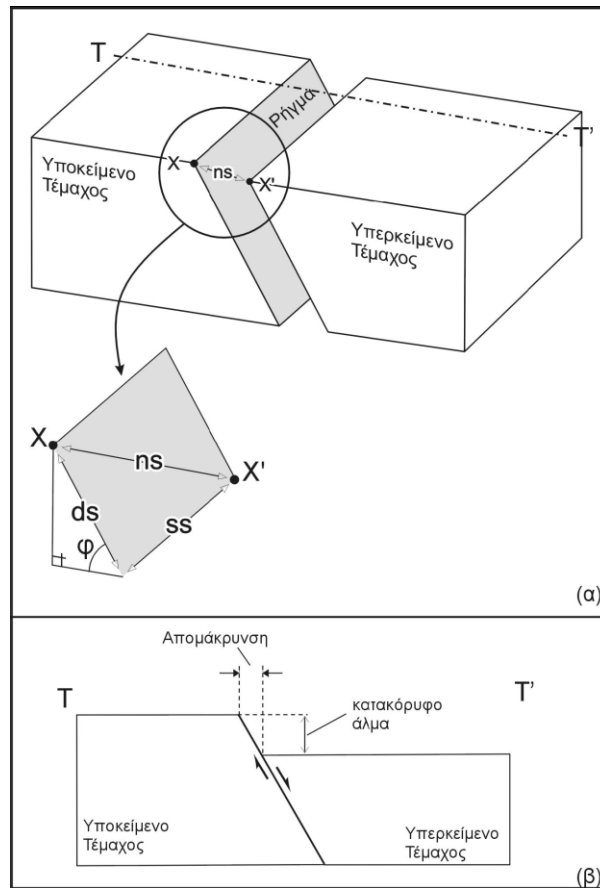


**Εικόνα 1 - 7.** Οροφή και δάπεδο ρήγματος σε κανονικό και ανάστροφο ρήγμα (www.nationmaster.com)

Ολίσθηση (slip) ονομάζεται η σχετική μετατόπιση δύο σημείων εκατέρωθεν της επιφάνειας διάρρηξης, τα οποία πριν τη μετατόπιση συνέπιπταν. Πρόκειται για διάνυσμα το οποίο βρίσκεται στο δάπεδο και αναλύεται σε δύο συνιστώσες: την ολίσθηση κατά κλίση (dip slip) και την ολίσθηση κατά παράταξη (strike slip). Η ολίσθηση μπορεί να υπολογιστεί μόνο εάν τα δύο σημεία που αναφέρθηκαν είναι γνωστά, κάτι το οποίο δεν είναι πάντα δεδομένο.

Τα βασικότερα γεωμετρικά χαρακτηριστικά των ρηγμάτων τα οποία είναι απαραίτητα για τον καθορισμό του είδους της διάρρηξης παρουσιάζονται παρακάτω (**Εικόνα 1 – 8**):

- Το **επίπεδο του ρήγματος** (fault plane) καθορίζει τη μετατόπιση ενός καθοδηγητικού ορίζοντα, έτσι ώστε τα δύο αρχικά γειτονικά σημεία αυτού να ολισθαίνουν και να απομακρύνονται σχετικά μεταξύ τους.
- Το **ίχνος του ρήγματος** δίνεται από την τομή του ρήγματος με τη φυσική γήινη επιφάνεια.
- Η **διεύθυνση του ρήγματος** δίνεται από την τομή του ρήγματος με το οριζόντιο επίπεδο, σε σχέση με το Μαγνητικό (και Γεωγραφικό) Βορρά.
- **Κλίση (p) του ρήγματος** είναι η γωνία που σχηματίζει το επίπεδο του ρήγματος με το οριζόντιο επίπεδο. Κυμαίνεται από  $0^\circ$  έως  $90^\circ$ .
- **Τροχιά ολίσθησης (s)** είναι η ευθεία που ενώνει τα αποχωρισθέντα γειτονικά σημεία ενός καθοδηγητικού ορίζοντα, τα οποία απομακρύνονται μεταξύ τους. Η τροχιά ολίσθησης αντιστοιχεί στο μέσο όρο κίνησης που ακολούθησαν τα δύο σημεία.
- **Γωνία τροχιάς ολίσθησης (pitch)** είναι η γωνία που σχηματίζει η τροχιά ολίσθησης με τη διεύθυνση του ρήγματος και η οποία μετρείται επί του επιπέδου του ρήγματος.
- **Συνολική μετατόπιση (total displacement)** θεωρείται ο αποχωρισμός ενός καθοδηγητικού ορίζοντα λόγω της σχετικής κίνησης της οροφής και του δαπέδου του ρήγματος. Η συνολική μετατόπιση ενός ρήγματος μπορεί να αναλυθεί σε δύο επίπεδα: το κάθετο προς το επίπεδο του ρήγματος, το οποίο περιέχει την κλίση του ρήγματος και στο κατακόρυφο επίπεδο που περιέχει τη διεύθυνση του ρήγματος. Η συνολική μετατόπιση εάν αναλυθεί στο επίπεδο που είναι κάθετο προς το επίπεδο του ρήγματος τότε προκύπτει η μετατόπιση κατά κλίση (S) και η μετατόπιση κατά διεύθυνση (T). Η συνολική μετατόπιση επί του κατακόρυφου επιπέδου εάν αναλυθεί προκύπτει η κατακόρυφη μετατόπιση (V) και η οριζόντια μετατόπιση (L).
- **Ως μήκος του ρήγματος (l)** εννοείται η οριζόντια έκταση του ρήγματος, η οποία μετρείται παράλληλα προς τη διεύθυνση του ρήγματος επί της φυσικής γήινης επιφάνειας. Η μετατόπιση είναι συνήθως μηδενική στα άκρα του ρήγματος και περίπου στο κέντρο του ρήγματος έχει τη μέγιστη τιμή της.
- **Ύψος του ρήγματος (h)** είναι η κατακόρυφη εξάπλωση του ρήγματος.
- **Εύρος του ρήγματος ( $r_1, r_2$ )** είναι η οριζόντια έκταση του ρήγματος μετρημένη κάθετα στη διεύθυνση του ρήγματος.



**Εικόνα 1 - 8.** (α) Αληθής ολίσθηση (net slip) (β) Κατακόρυφο άλμα ρήγματος (Μαμούχα, 2008)

### 1.5.2 Ταξινόμηση των ρηγμάτων

Για να γίνει πιο εύκολη και κατανοητή η ανάλυση των ρηξιγενών δομών παρουσιάζεται παρακάτω ταξινόμηση των ρηγμάτων, με βάση ορισμένες κατηγορίες.

#### Ταξινόμηση με βάση την τροχιά ολίσθησης – Γενετική ταξινόμηση ρηγμάτων

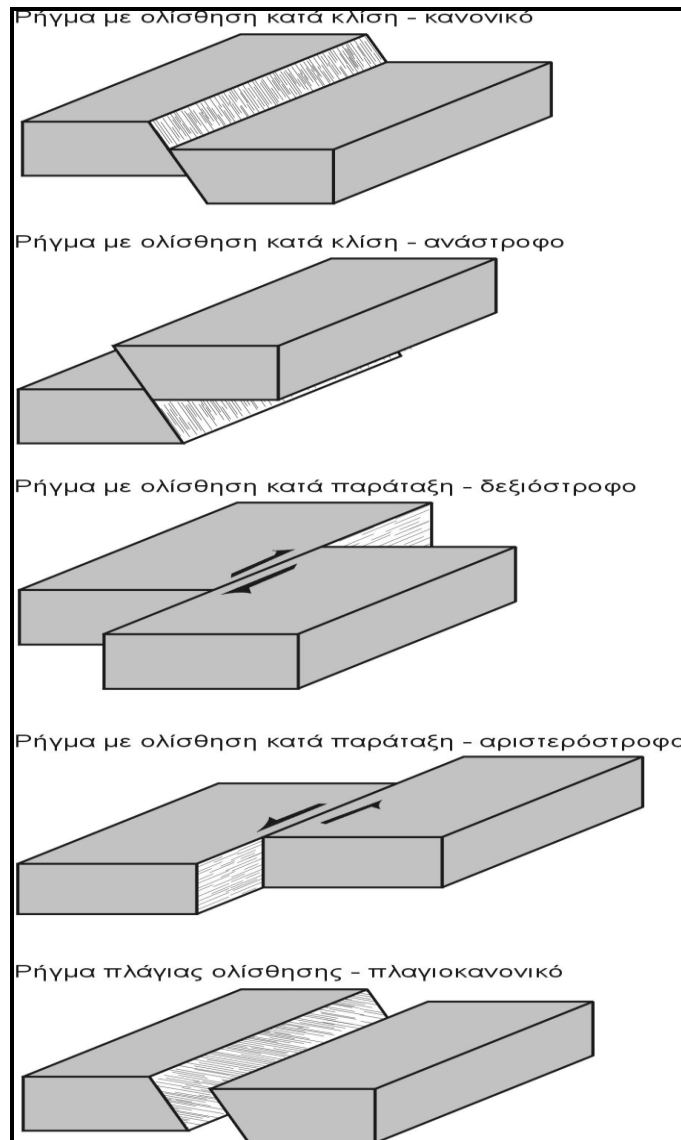
Τα ρήγματα ταξινομημένα με βάση την τροχιά ολίσθησης διακρίνονται σε (Εικόνα 1 – 9):

- **Ρήγματα ολίσθησης κατά κλίση (dip slip faults):** Τα ρήγματα αυτά χωρίζονται περαιτέρω σε **κανονικά** ή **ορθά (normal)** και σε **ανάστροφα (reverse)** ανάλογα με την απόκλιση ή τη σύγκλιση της οροφής και του δαπέδου μεταξύ τους κι έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση ή τη μείωση του χώρου ανάμεσα στα δύο τεμάχη αντίστοιχα.
- **Ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης ή ρήγματα κατά τη διεύθυνση (strike slip faults):** Είναι τα ρήγματα, στα οποία η κίνηση γίνεται παράλληλα προς τη



διεύθυνση του ρήγματος. Η διεύθυνση της κίνησης ορίζεται από την τροχιά ολίσθησης του ρήγματος. Σύμφωνα με αυτό, στα καθαρά ρήγματα οριζόντιας μετατόπισης, ανήκουν όσα ρήγματα έχουν πολύ μικρή γωνία τροχιάς ολίσθησης από  $0^\circ$  έως  $5^\circ$ .

- **Ρήγματα πλάγιας ολίσθησης (oblique slip faults):** Είναι τα ρήγματα στα οποία το άνωσμα της ολίσθησης σχηματίζει μετρήσιμη γωνία με την παράταξη ή τη φορά κλίσης του ρήγματος.



**Εικόνα 1 - 9.** Αντιπροσωπευτικοί τύποι ρηγμάτων με βάση την ολίσθησή τους. Οι γραμμές στις επιφάνειες των ρηγμάτων παριστάνουν τις γραμμές τεκτονικής ολίσθησης ή προστριβής (striations), οι οποίες συχνά αποτελούν ασφαλή κινηματικό δείκτη ([www.labtech.geol.uoa.gr](http://www.labtech.geol.uoa.gr))

## Ταξινόμηση με βάση τις δυνάμεις που δημιουργούν τα ρήγματα και ανάλογα με τα φαινόμενα που τα συνοδεύουν

Κατά την ταξινόμηση αυτήν τα ρήγματα διακρίνονται σε:

- **Ρήγματα διατμήσεως:** Στα ρήγματα αυτά υπερισχύουν οι οριζόντιες πλευρικές πιέσεις ενώ η αρχική απόσταση αντίστοιχων σημείων δεξιά και αριστερά του ρήγματος μειώνεται. Εδώ δηλαδή ανήκουν όλα τα ρήγματα τα οποία προκαλούν μείωση του αρχικού χώρου παράλληλα προς τη διεύθυνση κίνησης.
- **Ρήγματα εφελκυσμού:** Στα ρήγματα εφελκυσμού υπερισχύουν οι κατακόρυφες δυνάμεις ενώ η αρχική απόσταση αντίστοιχων σημείων δεξιά και αριστερά του ρήγματος αυξάνεται. Εδώ δηλαδή ανήκουν όλα τα ρήγματα τα οποία προκαλούν αύξηση του αρχικού χώρου που κατείχε προηγουμένως το πέτρωμα παράλληλα προς τη διεύθυνση κίνησης. Η πλειονότητα των ρηγμάτων του ελληνικού χώρου, ιδιαίτερα των πιο πρόσφατων, ανήκει στην κατηγορία αυτή. Ο συνηθέστερος τύπος ρηγμάτων εφελκυσμού είναι οι **μεταπτώσεις** ή **κανονικά ρήγματα** ή **ρήγματα βαρύτητας**. Τα επίπεδα των ρηγμάτων αυτών παρουσιάζουν γωνίες κλίσεων από 50° έως 75° και σε ελάχιστες περιπτώσεις είναι και κατακόρυφα.

## Ταξινόμηση με βάση το μήκος ή τη σειρά διαδοχής τους

Με βάση κυρίως το μήκος τους, τα ρήγματα διακρίνονται σε **ρήγματα πρώτης τάξης** τα οποία είναι τα μεγαλύτερα ρήγματα που εμφανίζονται σε μια περιοχή. Όσα ρήγματα έχουν σταδιακά μικρότερο μήκος είναι τα **ρήγματα δεύτερης τάξης** και τέλος ακολουθούν τα **ρήγματα τρίτης τάξης**. Η ταξινόμηση αυτή βασίζεται στην αρχή ότι όσα ρήγματα ξεκινούν από ένα ρήγμα πρώτης τάξης, είναι ρήγματα δεύτερης τάξης, ενώ όσα ρήγματα ξεκινούν από ένα ρήγμα δεύτερης τάξης, είναι ρήγματα τρίτης τάξης.

Η τάξη των ρηγμάτων αναφέρεται τόσο στο μέγεθός τους, όσο και στη χρονική σειρά σχηματισμού τους. Δηλαδή τα ρήγματα αναπτύσσονται μέσα στο χρόνο και στο χώρο. Με βάση τη λογική αυτή είναι γνωστό ότι σχηματίζονται πρώτα τα ρήγματα πρώτης τάξης και αργότερα τα δεύτερης και τρίτης τάξης αντίστοιχα. Έτσι όλα τα ρήγματα μικρότερης τάξης μπορούν να συνδεθούν γενετικά με όλα τα ρήγματα πρώτης τάξης.

## Ταξινόμηση με βάση την αριθμητική τιμή της μετατόπισης

Όπως αναφέρθηκε και πιο πάνω τα ρήγματα υπάρχουν σε ένα σύνολο παράλληλων ρηγμάτων. Έτσι τα μικρότερα ρήγματα έχουν το ίδιο τασικό πεδίο με το κύριο ρήγμα και κινούνται παράλληλα με αυτό. Σύμφωνα λοιπόν με την τιμή της μετατόπισης ενός ρήγματος σε σχέση με τη μετατόπιση των γειτονικών του ρηγμάτων, μπορεί να γίνει διαχωρισμός των ρηγμάτων σε:

- **Κύρια ρήγματα (master faults):** Είναι ρήγματα τα οποία έχουν μεγάλες μετατοπίσεις και η κίνηση κατά μήκος τους συνήθως συνοδεύεται από μικρότερα ρήγματα.
- **Συνοδά ρήγματα (second order faults):** Είναι ρήγματα τα οποία είναι μικρότερα από τα κύρια και όταν έχουν ομόρροπη κλίση με το κύριο ρήγμα ονομάζονται **σύμφωνα** ενώ όταν έχουν αντίρροπη κλίση με το κύριο ρήγμα ονομάζονται **αντίθετα**.

## Ταξινόμηση με βάση την ενεργότητα των ρηγμάτων

Εάν ένα ρήγμα συνδέεται με τη σεισμικότητα μίας περιοχής, τότε καλείται «ενεργό ρήγμα». Οι ισχυροί επιφανειακοί σεισμοί συνδέονται άμεσα με την ανάδραση προϋπαρχόντων ρηγμάτων, τα οποία σε πολλές περιπτώσεις εμφανίζουν επιφανειακή εκδήλωση. Κατά μήκος των ρηξιγενών αυτών ζωνών συγκεντρώνεται το μεγαλύτερο ποσοστό των καταστροφών που οφείλονται τόσο στην αυξημένη ένταση της εδαφικής κίνησης κοντά στα ρήγματα όσο και στις εδαφικές παραμορφώσεις και τα συνοδά δευτερογενή φαινόμενα. Τα ενεργά ρήγματα έχουν μεγάλο ενδιαφέρον γιατί συνδέονται με καταστροφές που προκαλούνται από τις εδαφικές μετατοπίσεις κατά μήκος του ίχνους τους. Έτσι, η χαρτογράφηση και η μελέτη τους συμβάλλει στην κατανόηση της δυναμικής συμπεριφοράς του στερεού φλοιού της γης, στον προσδιορισμό των σεισμογενετικών δομών και πιο πρακτικά, στην προσπάθεια μείωσης των επιπτώσεων των ισχυρών σεισμών. Προσδιορίζοντας το ίχνος και το άλμα τους και λαμβάνοντας υπόψη το πεδίο των τάσεων της συγκεκριμένης περιοχής, γνωρίζουμε τον τρόπο και το ρυθμό ολίσθησης τους.

Η νεοτεκτονική μελέτη μιας περιοχής και η αξιολόγηση των ρηγμάτων ακολουθεί την παρακάτω μεθοδολογία:

- Σύνταξη γεωλογικού – νεοτεκτονικού χάρτη της περιοχής ή της θέσης ενδιαφέροντος για τη θεώρηση και παρουσίαση των γεωλογικών ενοτήτων που δομούν την περιοχή και των κυριότερων δομών (επωθήσεις, λεπιώσεις, ρηγμάτων) που την επηρεάζουν.
- Προσδιορισμός του είδους και του εύρους τυχόν κατακόρυφων κινήσεων, κυρίως στην περίπτωση των παραθαλάσσιων περιοχών.
- Χαρτογράφηση των πρόσφατων τεκτονικών δομών στην περιοχή ενδιαφέροντος, χαρακτηρισμός των ενεργών ρηγμάτων, προσδιορισμός των γεωμετρικών και δυναμικών τους χαρακτηριστικών καθώς και του πεδίου των τάσεων με το οποίο συνδέεται η δράση τους.
- Όταν διαπιστώνεται άμεση γεινίαση ενός οικισμού ή ενός έργου με ενεργό ρήγμα απαιτείται λεπτομερέστερη μελέτη του συγκεκριμένου ρήγματος.

Για το χαρακτηρισμό των ρηγμάτων αυτών και τον προσδιορισμό της ενεργότητας τους έχουν διεθνώς προταθεί διάφοροι ορισμοί.

Σε ότι αφορά τον ελληνικό χώρο, μπορούμε να θεωρήσουμε ένα ρήγμα ενεργό όταν αποδεδειγμένα έχει δράσει τα τελευταία 500.000 χρόνια (από το Μέσο Πλειστόκαινο μέχρι σήμερα). Στο διάστημα αυτό, δεν έχει σημειωθεί μεγάλη αλλαγή στο τεκτονικό μοντέλο, δηλαδή στο είδος και τον προσανατολισμό των τεκτονικών τάσεων που επηρεάζουν πολλές από τις ενεργές περιοχές της χώρας, οπότε αναμένεται να είναι ανάλογος και ο τρόπος της μελλοντικής κίνησης ενός ρήγματος.

Σύμφωνα με τα παραπάνω είναι φανερό ότι ο ασφαλής χαρακτηρισμός ενός ρήγματος ως ενεργού από τις ενόργανες σεισμικές καταγραφές που υπάρχουν μόνο για το τελευταίο διάστημα των 100 περίπου χρόνων δεν είναι αρκετά αξιόπιστος και για την καλύτερη προσέγγιση του προβλήματος χρησιμοποιούνται εκτός από τα σεισμολογικά και μια σειρά από γεωλογικά, γεωφυσικά και ιστορικά δεδομένα, με βάση τα οποία τα ρήγματα διακρίνονται στις παρακάτω κατηγορίες:

1. **Σεισμικά**, τα ρήγματα για τα οποία υπάρχουν στοιχεία ότι συνδέονται με συγκεκριμένους σεισμούς, κατά τους οποίους έχει εμφανιστεί εδαφική διάρρηξη, ως επιφανειακή τους εκδήλωση.

2. **Ενεργά ρήγματα** είναι αυτά που:

- Συνδέονται με επιφανειακή διάρρηξη κατά τη διάρκεια μεγάλου σεισμού. Ιδιαίτερη σημασία έχουν οι ιστορικές καταγραφές.
- Οι γεωδαιτικές μετρήσεις δείχνουν αργή ολίσθηση τους (creep).
- Μετακινούν πρόσφατους γεωλογικούς σχηματισμούς (άνω πλειστοκαινικούς και ολοκαινικούς).
- Συνδέονται με πρόσφατες γεωμορφολογικές δομές ή έχουν προκαλέσει μετακίνηση στους άξονες των ρεμάτων.
- Συνδέονται με πρόσφατη ηφαιστειότητα ή εκδήλωση θερμών πηγών.
- Έχουν άμεση σχέση με την κατανομή των επικέντρων σεισμών και μικροσεισμών ή ιστορικών σεισμών.

3. **Δυνητικώς ενεργά ρήγματα**, χαρακτηρίζονται αυτά που:

- Έχουν μικρότερο βαθμό συσχέτισης με την κατανομή των επικέντρων μεγάλων σεισμών ή συνηθέστερα συνδέονται μόνο με μικροσεισμούς.
- Για τα οποία δεν υπάρχουν ιστορικές πληροφορίες για σεισμούς και εδαφικές διαρρήξεις και μετακινήσεις. Έχουν επηρεάσει νεώτερα ιζήματα αλλά δεν φαίνεται να έχουν επαναδραστηριοποιηθεί στο πολύ πρόσφατο παρελθόν.
- Τα νέα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας του εδάφους με τα οποία συνδέονται (π.χ. κατοπτρικές επιφάνειες) έχουν διαβρωθεί ή δε διακρίνονται ευκρινώς.

4. **Αδρανή ή ανενεργά ή άγνωστης δραστηριότητας:** Χαρακτηρίζονται εκείνα για τα οποία δεν υπάρχουν σεισμολογικές, ιστορικές και γεωλογικές ενδείξεις για ενεργοποίηση τους στο πρόσφατο παρελθόν. Εννοείται ότι τα τελευταία δεν πρέπει να λαμβάνονται ιδιαίτερα υπόψη κατά το σχεδιασμό των έργων παρά μόνο ως επιφάνειες ασυνέχειας. Η περίπτωση μελλοντικής ενεργοποίησης τους εμφανίζεται σχεδόν μηδενική.

Σε ότι αφορά τη ζώνη επίδρασης ενός ενεργού ρήγματος, σύμφωνα με το California State Mining and Geology Board, από τα ενεργά ρήγματα μιας περιοχής θεωρούνται κρίσιμα αυτά που βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη των 17 μέτρων από τη θέση κατασκευής μιας απλής οικοδομής, 200 μέτρων στην περίπτωση δημοσίων κτιρίων, ενώ όταν πρόκειται για μεγάλα τεχνικά έργα, απόσταση ασφαλείας θεωρείται αυτή των μερικών εκατοντάδων

μέτρων μέχρι λίγων χιλιομέτρων, ανάλογα βέβαια και με τις γεωτεχνικές συνθήκες του εδάφους θεμελίωσης.

Ο γαλλικός αντισεισμικός κανονισμός (1992) ορίζει ότι μια ζώνη πλάτους 50 μέτρων εκατέρωθεν του ίχνους ενός ενεργού ρήγματος πρέπει να αφήνεται κενή σε περίπτωση συνήθων κατασκευών. Η ζώνη αυτή αυξάνεται σε 100 ή 300 μέτρα ανάλογα με την κατηγορία της κατασκευής. Οι οικοδομές που τοποθετούνται σε απόσταση μεταξύ 50 και 100 μέτρων πρέπει να υπολογιστούν για μια ενισχυμένη σεισμική κίνηση (συντελεστής ίσος με 2) ενώ για κατασκευές μέσα στη ζώνη των 100 έως 300 μέτρων και σε μία απόσταση  $X$  από το ίχνος του ενεργού ρήγματος, πρέπει να υπολογισθεί ένας συντελεστής ενίσχυσης της σεισμικής κίνησης σύμφωνα με τον τύπο :  $\beta(\chi)=2-[(\chi-100)/200]$ .

Οι προδιαγραφές του ΟΑΣΠ που αφορούν τη σύνταξη Νεοτεκτονικών χαρτών κατατάσσουν τα ρήγματα στις παρακάτω κατηγορίες:

- **Σεισμικά**, τα ρήγματα για τα οποία υπάρχουν στοιχεία ότι συνδέονται με συγκεκριμένους σεισμούς.
- **Ενεργά**, τα ρήγματα που έχουν δράσει από το Ανώτερο Πλειστόκαινο μέχρι σήμερα.
- **Πιθανά ενεργά**, αυτά που έδρασαν από το Ανώτερο Πλειόκαινο μέχρι το Ανώτερο Πλειστόκαινο.
- **Ανενεργά**, τα ρήγματα που έχουν δράσει πριν το Ανώτερο Πλειόκαινο.

Ο Σεισμοτεκτονικός Χάρτης Ελλάδας κλίμακας 1:500.000 ακολουθεί παραπλήσια ταξινόμηση. Επίσης, σύμφωνα με τις προτάσεις της Επιτροπής του ΟΑΣΠ για τις Οδηγίες Σύνταξης Μικροζωνικών Μελετών, τα ρήγματα πρέπει να ταξινομούνται ως **σεισμικά, ενεργά, δυνητικώς ενεργά και άγνωστης δραστηριότητας**.

Τέλος, σύμφωνα με τον Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΕΑΚ, 2000) «δεν επιτρέπεται η δόμηση κτισμάτων σπουδαιότητας  $\Sigma_3$  και  $\Sigma_4$  (δημόσια κτίρια ή κτίρια που στεγάζουν εγκαταστάσεις μεγάλης οικονομικής αξίας) στην άμεση γειτονία σεισμοτεκτονικών ρηγμάτων που χαρακτηρίζονται σαν σεισμικά ενεργά. Ο χαρακτηρισμός γίνεται με βάση σειсмоϊστορικά και σεισμοτεκτονικά δεδομένα και λαμβάνεται υπόψη και το πιθανό μέγεθος τυχόν σεισμικής διάρρηξης. Απαγορεύεται η δόμηση κτισμάτων σπουδαιότητας  $\Sigma_2$  (συνήθη κτίρια κατοικιών, γραφείων, ξενοδοχείων κ.λ.π.) επί σεισμικώς ενεργών ρηγμάτων». Σχετικά με τα έργα που γίνονται στην Ελλάδα, εκτός από τις διεθνείς προδιαγραφές πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη η εμπειρία από τα αποτελέσματα των

επιπτώσεων των σεισμών στο χώρο μας ή σε περιοχές με παρόμοιο σεισμοτεκτονικό καθεστώς.

Σε ότι αφορά το μέγεθος πιθανών μετατοπίσεων κατά τη διάρκεια σεισμού, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι υπάρχουσες εμπειρικές σχέσεις συσχετισμού του μεγέθους του σεισμού ( $M_s$ ), του μήκους του ρήγματος ( $L$ ) και της επιφανειακής μετατόπισης ( $D$ ). Τα πιο πρόσφατα αποτελέσματα που αφορούν γεγονότα του Ελληνικού χώρου και της Ανατολικής Μεσογείου και δίνουν περισσότερο αξιόπιστα μεγέθη είναι των Wells and Coppersmith (1994) και Ambraseys and Jackson (1998). Οι πρώτοι αξιολόγησαν ένα σημαντικό αριθμό δεδομένων, συμπεριλαμβανομένων και των κυριότερων σεισμών της Ελλάδας.

Σύμφωνα με τις σχέσεις των Ambraseys and Jackson (1998) :

- $M_s = 5.13 + 1.14 \log(L)$
- $M_s = 5.21 + 0.78 \log(R)$

Όπου  $M_s$  το μέγεθος του σεισμού,  $L$  το μήκος του ρήγματος σε χιλιόμετρα και  $R$  η μετατόπιση (κατακόρυφη ή οριζόντια) σε εκατοστά.

Ο κίνδυνος ενεργοποίησης δεν υφίσταται για όλες τις κατηγορίες ρηγμάτων. Όσο πιο νέο είναι ένα ρήγμα, τόσο μεγαλύτερες υπολειμματικές τάσεις είναι συγκεντρωμένες στη ζώνη του, και τόσες περισσότερες πιθανότητες υπάρχουν να μην έχει αποκατασταθεί η ισορροπία κι έτσι να ενεργοποιείται κατά διαστήματα. Τα παλαιότερα ρήγματα δέχτηκαν την επίδραση των νεοτέρων τεκτονικών γεγονότων με αποτέλεσμα να υπάρξουν συνθήκες αποκατάστασης της ισορροπίας στην περιοχή τους.

## **2. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΚΑΙ ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΥΡΥΤΕΡΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ**

Η περιοχή μελέτης ανήκει γεωτεκτονικά στην Υποπελαγονική ζώνη, η γεωλογική δομή της οποίας περιγράφεται παρακάτω (Μουντράκης, 2010).

### **2.1 Υποπελαγονική Ζώνη**

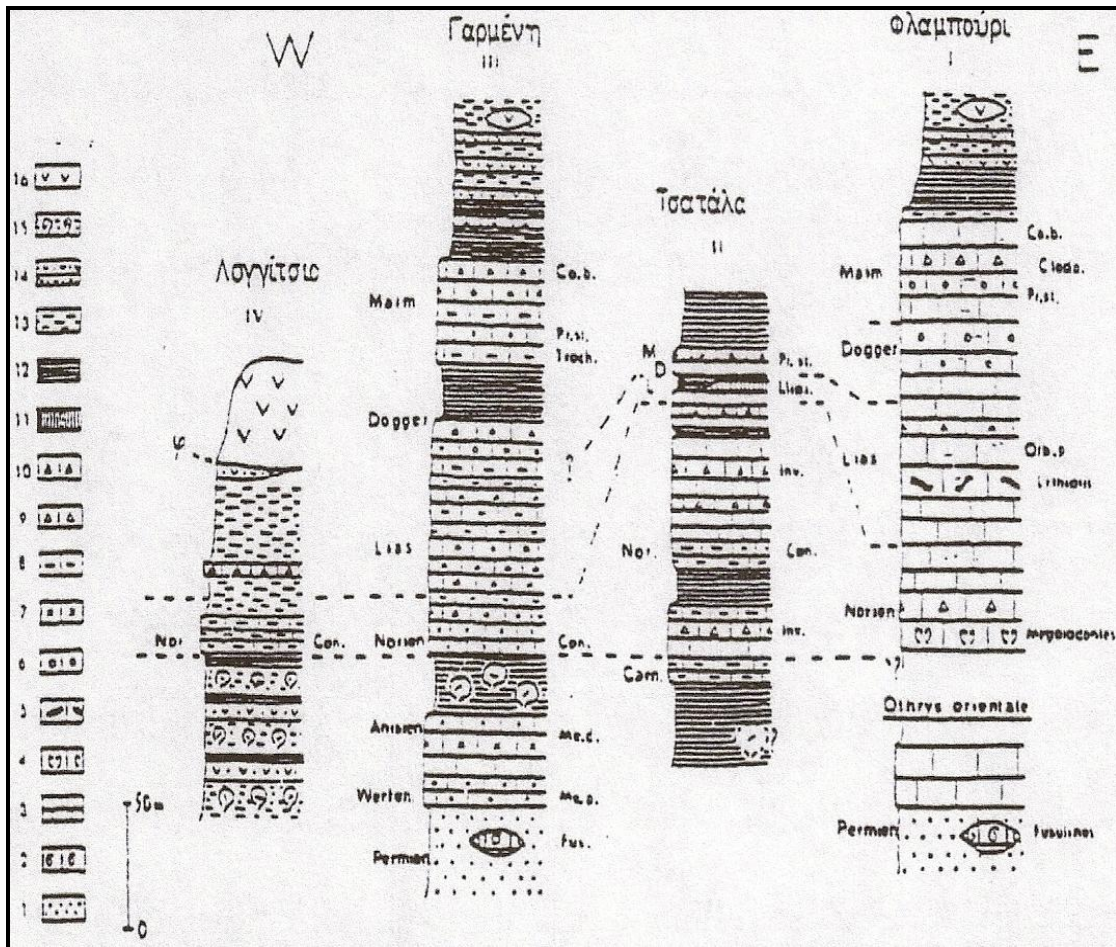
#### **2.1.1 Παλαιογεωγραφική και γεωτεκτονική θέση**

Η Υποπελαγονική ζώνη βρίσκεται στη δυτική πλευρά της Πελαγονικής. Εκτείνεται σύμφωνα με τη γενική διεύθυνση των Ελληνίδων (BBD – NNA) από την Αλβανία, κατά μήκος του κορμού της Ελλάδας, προς τη Δυτική Θεσσαλία και Ανατολική Στερεά Ελλάδα, από εκεί στα νησιά Σαλαμίνα, Ύδρα και την Ανατολική Πελοπόννησο και συνεχίζεται πιθανώς στη νήσο Κω και τη Μικρά Ασία. Φαίνεται όμως ότι η Υποπελαγονική ζώνη καλύπτει και την Κεντρική Εύβοια και από εκεί συνεχίζεται στο νησί της Χίου, έχοντας έτσι ένα σύνθετο σχήμα γύρω από την Αττικοκυκλαδική μάζα.

Ο όρος Υποπελαγονική δόθηκε από τον AUBOUIN (1959) για να υπογραμμίσει τη στενή σύνδεση της με την Πελαγονική ζώνη. Καθόρισε δηλαδή την παλαιογεωγραφική θέση της Υποπελαγονικής ως τη δυτική κατωφέρεια του υβώματος της Πελαγονικής προς την αύλακα της ζώνης Πίνδου και της απέδωσε έτσι χαρακτηρισές ιζηματογένεσης ενδιάμεσης μεταξύ νηριτικής και πελαγικής φάσης.

Κύριο χαρακτηριστικό γνώρισμα της Υποπελαγονικής ζώνης είναι οι μεγάλες οφιολιθικές μάζες και η συνοδεύουσα σχιστοκερατολιθική διάπλαση που έχει μεγάλη εξάπλωση. Σύμφωνα με τις σημερινές γεωτεκτονικές αντιλήψεις οι οφιόλιθοι της Υποπελαγονικής χαρακτηρίζονται σαν η εξωτερική οφιολιθική λωρίδα της Ελλάδας και θεωρείται έτσι ότι η Υποπελαγονική αντιπροσωπεύει την οφιολιθική συρραφή της ωκεάνιας περιοχής που βρισκόταν Δυτικά του Πελαγονικού ηπειρωτικού τεμάχους.





**Εικόνα 2 - 1.** Διαδοχικές λιθοστρωματογραφικές στήλες του ορίου Πελαγονικής – Υποπελαγονικής ζώνης : 1 : Μετακλαστικά ιζήματα Περμίου, 2 : Ασβεστόλιθοι, 3 : Μαζώδεις και λεπτόκοκκοι ασβεστόλιθοι, 4 : Ασβεστόλιθοι με απολιθώματα *Megalodon*, 5 : Ασβεστόλιθοι με *Lithiotis*, 6 : Ωολιθικοί ασβεστόλιθοι, 7 : Δολομιτικοί ασβεστόλιθοι, 8 : Ασβεστόλιθοι με ενστρώσεις κερατολίθων, 9 : Λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι, 10 : Μικρολατυποπαγείς ασβεστόλιθοι, 11 : Φακοί ασβεστόλιθοι, 12 : Ραδιολαριτικοί κερατόλιθοι, 13 : Πηλίτες, 14 : Ηφαιστειοϊζηματογενής σειρά, 15 : Pillow lavas, 16 : Οφιόλιθοι (Κατά Ferriere 1977)

### 2.1.2 Το προαλπικό υπόβαθρο της ζώνης

Σε όσες θέσεις του χώρου της Υποπελαγονικής ζώνης απαντούν πετρώματα του υποβάθρου, πρόκειται για το ίδιο Παλαιοζωικό υπόβαθρο με αυτό της Πελαγονικής, που αποτελείται από γνεύσιους, μαρμαρυγικούς σχιστόλιθους, αμφιβολίτες και παρεμβολές μαρμάρων, πάνω στα οποία αποτέθηκαν τα Τριαδικοϊουρασικά ανθρακικά πετρώματα. Εκτός όμως από τα μεταμορφωμένα πετρώματα διαπιστώθηκαν σε πολλές περιοχές της ζώνης και ιζηματογενή ή ημιμεταμορφωμένα στρώματα του Παλαιοζωικού εξακριβωμένα με χαρακτηριστικά απολιθώματα όπως στη νήσο Κω, στη νήσο Χίο, στην Εύβοια και αλλού.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η Παλαιοζωική σειρά της Εύβοιας (ευρύτερη περιοχή μελέτης), όπου από τους ανώτερους ορίζοντες προς τους κατώτερους παρατηρούνται τα εξής στρώματα:

- Ασβεστόλιθοι, μάρμαρα και σιπολίτες με ενστρώσεις χαλαζιτών και σχιστολίθων ηλικίας Περμίου.
- Αργιλικοί σχιστόλιθοι και φυλλίτες που εξελίσσονται πλευρικά σε κρυσταλλικούς σχιστόλιθους, επίσης αρκόζες και σπάνιες ενστρώσεις ασβεστολίθων, ηλικίας Λιθανθρακοφόρου.
- Μάρμαρα ηλικίας Δεβονίου.

### **2.1.3 Αλπική λιθοστρωματογραφική δομή και εξέλιξη**

#### **Γενική διάρθρωση**

Η Υποπελαγονική ζώνη παρουσιάζει τρεις διαφορετικές στρωματογραφικές – τεκτονικές διαδοχές των πετρωμάτων της (**Εικόνα 2 – 1**):

- Αυτή που περιλαμβάνει μόνο την οφιολιθική ακολουθία και τα συνοδά ιζήματα βαθιάς θάλασσας, χωρίς να παρατηρείται κανένα τεκτονικό υπόβαθρο αυτών.
- Αυτή στην οποία οι οφιοίλιθοι με τα συνοδά ιζήματα βρίσκονται τοποθετημένοι πάνω σε πελαγικά ανθρακικά πετρώματα.
- Εκείνη που οι οφιοίλιθοι με τα συνοδά ιζήματα βρίσκονται επωθημένοι πάνω σε νηριτικά ανθρακικά πετρώματα ηπειρωτικού περιθωρίου.

Οι τρεις παραπάνω διαδοχές πετρωμάτων δεν έχουν την έννοια τριών διαφορετικών ενοτήτων που αναπτύσσονται σε ξεχωριστούς χώρους αλλά ουσιαστικά αντιπροσωπεύουν την εξέλιξη από δυτικά προς ανατολικά των βαθιών ωκεάνιων συνθηκών ιζηματογένεσης προς τις νηριτικές του ηπειρωτικού περιθωρίου.

#### **Τριαδικά πετρώματα**

Στις περιοχές που εμφανίζεται το προ-οφιολιθικό ανθρακικό υπόβαθρο, η αλπική ιζηματογένεση αρχίζει με κροκαλοπαγή, ψαμμίτες, ασβεστόλιθους και παρεμβολές τοφικών υλικών. Ακολουθούν ασβεστόλιθοι Κάτω–Μέσου Τριαδικού οι οποίοι είναι είτε πελαγικοί με πυριτικούς κονδύλους είτε νηριτικοί με φύκη, ανάλογα αν η θέση αυτή ήταν κοντά στον ωκεάνιο χώρο ή κοντά στο ηπειρωτικό περιθώριο (Εικόνα 1-4).

## **Ασβεστόλιθοι Ιουρασικού**

Συνήθως οι οφιόλιθοι βρίσκονται τεκτονικά τοποθετημένοι πάνω σε ανθρακικά πετρώματα ηπειρωτικού περιθωρίου. Συγκεκριμένα πρόκειται για ασβεστόλιθους του Λιασίου, μαύρους, τεφρούς, περισσότερο νηριτικούς και επίσης ασβεστόλιθους πλακώδεις, τεφρούς, συχνά ωολιθικούς, ηλικίας Δογγέριου–Μαλμίου οι οποίοι εναλλάσσονται με αλλεπάλληλες ενστρώσεις κερατολίθων, πηλιτών και πυριτικών μαργών, στοιχεία που δείχνουν τον πελαγικό χαρακτήρα της όλης σειράς.

## **Σχιστοκερατολιθική διάπλαση και οφιόλιθοι**

Ο πιο βασικός σχηματισμός της Υποπελαγονικής ζώνης είναι η λεγόμενη «σχιστοκερατολιθική διάπλαση», η απόθεση της οποίας καλύπτει μεγάλη περίοδο του Ιουρασικού ενώ στις περιοχές που δεν παρατηρείται η ασβεστολιθική σειρά του Άνω Τριαδικού, η απόθεση της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης άρχισε από το Άνω Τριαδικό.

Η σχιστοκερατολιθική διάπλαση συνίσταται από λεπτόκοκκα ιζήματα δηλαδή κόκκινους, πράσινους, μαύρους αργιλικούς σχιστόλιθους, ραδιολαριτικούς κερατόλιθους, μάργες, λεπτόκοκκους ψαμμίτες, πηλίτες και αργιλοπηλίτες, με παρεμβολές πελαγικών ασβεστόλιθων. Τα ιζήματα αυτά βρίσκονται σε συνεχείς εναλλαγές και συγκροτούν μια σειρά αρκετού πάχους που αντιπροσωπεύει πελαγική – ωκεάνια ιζηματογένεση.

Σε ορισμένες θέσεις τα ανώτερα στρώματα της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης έχουν τουρβιδική εμφάνιση που προσομοιάζει με φλυσχοειδή ιζηματογένεση και επεκτείνεται μέχρι το Κατώτερο Κρητιδικό. Μέσα στη σχιστοκερατολιθική διάπλαση βρίσκονται συχνά παρεμβαλλόμενα και συμπτυχωμένα μικρά και μεγάλα οφιολιθικά σώματα. Συχνές επίσης είναι οι διεισδύσεις μέσα στα ιζήματα της διάπλασης βασικών ηφαιστιτών (διαβάσες, δολερίτες κλπ) καθώς και βασικών τόφφων έτσι ώστε η διάπλαση να αποκτά χαρακτήρα ηφαιστειοϊζηματογενούς σειράς.

Ο κύριος όγκος των οφιολίθων βρίσκεται στις περιοχές της Όθρυος, του Βούρινου, της Καστοριάς, της Λοκρίδας και της Κεντρικής Εύβοιας. Συνδεδεμένα με τις παραπάνω μεγάλες οφιολιθικές μάζες είναι τα σημαντικά κοιτάσματα χρωμιτών (Βούρινου κ.ά.) καθώς και τα σιδηρονικελιούχα λατεριτικά κοιτάσματα (της Λάρυμνας, της Κεντρικής Ευβοίας κ.ά.).

## **Ιζήματα της Μέσο – Άνω Κρητιδικής επίκλυσης και φλύσξης του Τριτογενούς**

Με την υποβύθιση της ωκεάνιας πλάκας της Νεοτηθύος που έλαβε χώρα κατά την περίοδο του Ανώτερου Ιουρασικού – Κάτω Κρητιδικού, μέρος των οφιολιθικών μαζών διέφυγε την υποβύθιση και επωθήθηκε πάνω στα ανθρακικά πετρώματα του δυτικού Πελαγονικού περιθωρίου που αποτελούν σήμερα την οφιολιθική συρραφή της Υποπελαγονικής. Η τεκτοορογενετική αυτή διαδικασία προκάλεσε και την προσωρινή ανάδυση των Εσωτερικών ζωνών και φυσικά της Υποπελαγονικής.

Ακολούθησε περίοδος χέρσευσης των οφιολιθικών μαζών στο Κάτω Κρητιδικό κατά την οποία σχηματίστηκαν τα αξιόλογα σιδηρονικελιούχα λατεριτικά κοιτάσματα (της Λάρυμνας, της Λοκρίδας, και της Κεντρικής Εύβοιας) από τη λατεριτική αποσάθρωση των οφιολίθων. Τα κοιτάσματα αυτά στη συνέχεια καλύφθηκαν και προστατεύθηκαν από τη διάβρωση χάρη στην απόθεση των Μέσο-Άνω Κρητιδικών επικλυσισιγενών ιζημάτων.

Η επίκλυση της θάλασσας εκδηλώθηκε γενικά κατά το Μέσο Κρητιδικό με μικρές χρονικές διαφορές στις διάφορες θέσεις. Το πρώτο επικλυσισιγενές στρώμα είναι ένα τυπικό κροκαλοπαγές βάσης και ακολουθούν ασβεστόλιθοι του Άνω Κρητιδικού, άλλοτε νηριτικοί και άλλοτε πελαγικοί, μαργαϊκοί, κονδυλώδεις, μέσα στους οποίους παρεμβάλλονται μικρού πάχους ψαμμιτικά και μαργαϊκά στρώματα.

Η ιζηματογένεση συνεχίστηκε με την απόθεση του φλύσχη που άρχισε στις αρχές του Τριτογενούς και έληξε στο τέλος του Ηωκαίνου, με την εκδήλωση της τελικής ορογενετικής δράσης.

Τα επικλυσισιγενή ιζήματα του Μέσου – Άνω Κρητιδικού αποτέθηκαν με ασυμφωνία πάνω στα προϋπάρχοντα πετρώματα. Άλλοτε πάνω στους οφιολίθους και τα λατεριτικά κοιτάσματα, άλλοτε πάνω στη σχιστοκερατολιθική διάπλαση και άλλοτε πάνω στα ανθρακικά πετρώματα του Τριαδικού ή Ιουρασικού, ανάλογα με την τεκτονική δομή που δημιουργήθηκε ύστερα από τις πτυχώσεις του Ανώτερου Ιουρασικού – Κάτω Κρητιδικού.

### **2.1.4 Τεκτοορογενετική εξέλιξη της Υποπελαγονικής**

Η Υποπελαγονική ζώνη έχει παρόμοια τεκτοορογενετική εξέλιξη με την Πελαγονική με την οποία έχει στενή γεωτεκτονική σχέση, οπότε υπάρχει και σαφής αντιστοιχία των φάσεων πτυχώσεων.



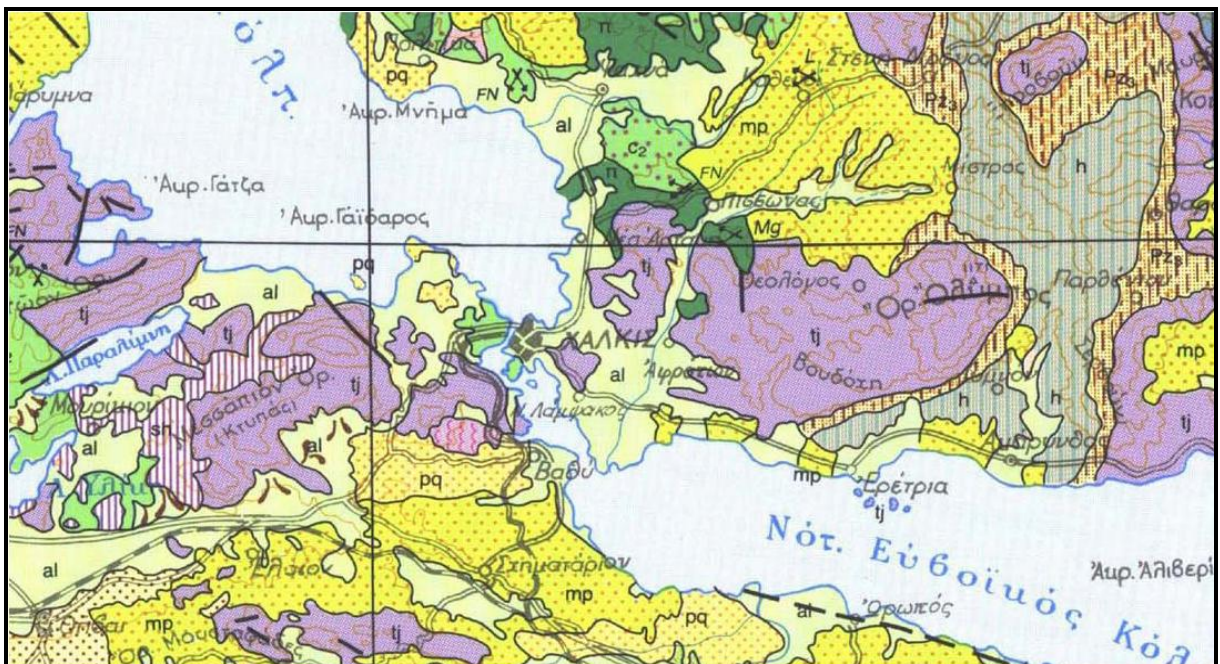
Η ορογενετική περίοδος του Ανώτερου Ιουρασικού-Κάτω Κρητιδικού προκάλεσε στην Υποπελαγονική την ανάδυση των προ-Κρητιδικών σχηματισμών και τη χέρσευση με τη δημιουργία των λατεριτών μέχρι την επίκλυση του Κενομανίου.

Οι πτυχές της περιόδου αυτής που αναγνωρίζονται στους γεωλογικούς σχηματισμούς στο χώρο της Υποπελαγονικής ανήκουν στην πτυχωσιγενή φάση του Κάτω Κρητιδικού. Πρόκειται για πτυχές κλειστές ή και ανοιχτές που συνοδεύονται συχνά από σχιστότητα ολίσθησης. Βασικό γνώρισμα των πτυχών αυτών είναι η ασύμμετρη απόκλιση προς τα Ανατολικά και η σύνδεση τους με την επώθηση των οφιολίθων από το δυτικό ωκεάνιο χώρο προς τα Ανατολικά πάνω στο περιθώριο της Πελαγονικής.

Η οριστική ανάδυση της ζώνης έγινε στο τέλος Ηωκαίνου με τη λήξη της απόθεσης του φλύσχη και στη συνέχεια άρχισε η απόθεση των μεταλλικών, μολασσικών ιζημάτων, που καλύπτουν σε μεγάλη έκταση τους προαλπικούς και αλπικούς σχηματισμούς της Υποπελαγονικής ζώνης.

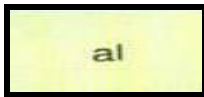
## 2.2 Γεωλογία της Περιοχής

Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της ευρύτερης και της στενής περιοχής μελέτης απεικονίζεται στους επόμενους χάρτες κλίμακας 1:500.000 (Εικόνα 2 – 2) και 1:50.000 (Εικόνα 2 – 3) οι οποίοι αποτελούν τμήματα των αντίστοιχων χαρτών του ΙΓΜΕ.



Εικόνα 2 - 2. Τμήμα του Γεωλογικού χάρτη Ελλάδας κλίμακας 1:500.000 (ΙΓΜΕ 1983)

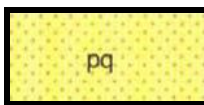
## ΥΠΟΜΝΗΜΑ



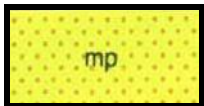
**Ολόκαινο (Αλλούβιο):** Σύγχρονες προσχώσεις κοιλάδων, πεδιάδων και παράκτιες αποθέσεις.



**Πλειστόκαινο:** Λιμναίες και χερσαίες αποθέσεις: άργιλοι, πηλοί, άμμοι, κροκαλοπαγή, κοκκινοχώματα.



**Πλειο-Πλειστόκαινο:** Λιμναίες αποθέσεις: άμμοι, κροκαλοπαγή, άργιλοι, στρώματα τύρφης ή λιγνίτη, ενίοτε κοκκινοχώματα. Περιλαμβάνονται και ποταμολιμναίες αποθέσεις.

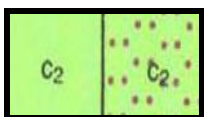


**Μειο-Πλειόκαινο:** Λιμναίες και χερσαίες αποθέσεις: κροκαλοπαγή, άμμοι, μάργες, κοκκινοχώματα, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, άργιλοι. Ενίοτε λιγνίτες.

### Πελαγονική Ζώνη



### Φλύσσης.



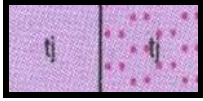
**Ανώτερο Κρητιδικό:** Ασβεστόλιθοι, κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι και μάρμαρα της ίδιας ηλικίας.



**Ανώτερο Ιουρασικό:** Ασβεστόλιθοι. Τοπικά εμφανίζονται και ασβεστόλιθοι του Κατώτερου Κρητιδικού.



**Ιουρασικό:** Σχιστοκερατολιθική διάπλαση: κερατόλιθοι, ψαμμίτες, πηλίτες με φακούς λευκών ασβεστολίθων και εγκλωβισμένα οφιολιθικά σώματα. Οι ίδιοι σχηματισμοί μεταμορφωμένοι.

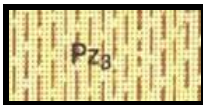


**Τριαδικό-Κατώτερο Ιουρασικό ή Ιουρασικό:** Ασβεστόλιθοι και δολομίτες. Οι ίδιοι σχηματισμοί μεταμορφωμένοι σε μάρμαρα.

### Προαλπικές Σειρές



**Περμοτριάδικό :** Ασβεστόλιθοι, γραουβάκες, σχιστόλιθοι, πρασινίτες, ηφαιστίτες.



**Ανώτερο Παλαιοζωικό:** Πρασινοςχιστόλιθοι, σχιστόλιθοι, φυλλίτες, γραουβάκες με κροκαλοπαγή και ενστρώσεις ασβεστολίθων ή δολομιτών.



**Λιθανθρακοφόρο:** Σχιστόλιθοι, φυλλίτες, γραουβάκες.

### Πυριγενή Πετρώματα



Περιδοτίτες, δουνίτες, πυροξενίτες.



Γεωλογικό όριο



Ρήγμα



Ρήγμα πιθανό

## **Μεταλλεία**



Μεταλλείο ενεργό



Μεταλλείο ανενεργό



Εμφάνιση μεταλλεύματος

## **Μεταλλεύματα και Βιομηχανικά Ορυκτά**

**FN:** Σιδηρονικέλιο

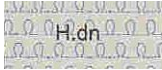
**Mg:** Λευκόλιθος

## **Ενεργειακές Πρώτες Ύλες**

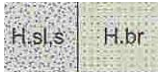
**L:** Λιγνίτης







Θίνες.



Ιλύς τεναγών, άμμοι και κροκάλες ακτών (H.sl,s), beach rocks (H.br).



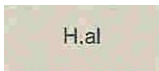
Σύγχρονα μετακινούμενα υλικά στις κοίτες των χειμάρρων, από κροκαλολατύπες και άμμους.



Σύγχρονα πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων: ασύνδετα υλικά κατά κανόνα αδρομερή και γωνιώδη.



Ασύνδετα αργιλοαμμώδη και χαλικομιγή καστανόχρωμα υλικά, προέρχονται από την αποσάθρωση και εξαλλοίωση των γύρω σχηματισμών.



Αλλουβιακές αποθέσεις: σε ποταμοκοιλιάδες και πεδινές περιοχές, ανοικτές προς τη θάλασσα ή σε μικρές εσωτερικές λεκάνες. Αποτελούνται από ασύνδετα αργιλο-αμμώδη υλικά με διάσπαρτες κροκαλολατύπες καθώς και υλικά χειμάρριων αναβαθμίδων, μικρού ύψους. Συχνά απαντώνται και ερυθροί πηλοί, οι οποίοι στην περιοχή Βασιλικού έχουν κατά θέσεις πάχος έως και 30 m περίπου και τυγχάνουν ευρύτατης εκμετάλλευσης για την κατασκευή τούβλων και κεραμιδιών.

## Πλειστόκαινο

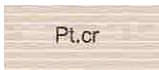


Παλαιά πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων: αποτελούνται από (Pt.sc.cs'): λατύπες διατεταγμένες σε λεπτές στρώσεις ελαφρά συγκολλημένες στα ανώτερα μέλη τους και ισχυρά στα κατώτερα. Το συνδεδετικό υλικό είναι ασβεστίτικο και μερικές φορές αργιλικό στα κατώτερα μέλη. Μέγιστο πάχος 10 m.

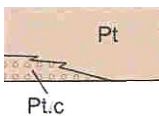
(Pt.sc.cs): λατύπες κυρίως ασβεστολιθικές μεταξύ των οποίων απαντούν πολλές φορές μεγάλα ασβεστολιθικά τεμάχια. Το συνδετικό υλικό είναι αργιλοψαμμιτικό. Χαρακτηριστικό τους είναι οι διαστρώσεις από ερυθρές αργίλους. Μέγιστο πάχος : 20 m.



Χερσαίοι σχηματισμοί: από ερυθρά λεπτομερή υλικά με διάσπαρτες κροκαλολατύπες, εναλλασσόμενα με κροκαλολατυποπαγή. Απαντώνται κυρίως σε μικρές εσωτερικές λεκάνες και συνοδεύονται από παλαιούς κώνους κορημάτων και παλαιά πλευρικά κορήματα.



Κρούστα: ιζήματα χημικής προέλευσης ασβεστολιθικής ή δολομιτικής σύστασης που καλύπτουν μεγάλη έκταση στην περιοχή της Δροσιάς. Σχηματίζεται κατά τη διάρκεια ξηρών ή ημίξηρων κλιματικών περιόδων. Πάχος που κυμαίνεται από 1 έως 5 m.



Ποταμοχερσαίες αποθέσεις (Pt): είναι καστανόχρωμα ιζήματα που καταλαμβάνουν μεγάλη έκταση νότια του Σχηματαρίου-Οινοφύτων και στην περιοχή της Ριτσώνας όπου αποτελούνται από μη συνεκτικά κροκαλοπαγή που εναλλάσσονται με ενστρώσεις καστανόχρωμων άμμων και πηλών. Στην περιοχή της Ριτσώνας τα βαθύτερα μέλη αποτελούνται από συνεκτικούς πάγκους κροκαλολατυποπαγών (Pt.c) με συνδετικό υλικό αργιλικό και ψαμμιτικό. Συνολικό πάχος 120 – 150 m.

### **Ανώτερο Πλειόκαινο – Κατώτερο Πλειστόκαινο**



Υφάλμυρες αποθέσεις: από εναλλαγές κροκαλοπαγών, ψαμμιτών, άμμων, αργίλων και υπόλευκων μαργών, που έχουν την κύρια εξάπλωσή τους στην περιοχή Δροσιάς. Ορατό πάχος 50 m περίπου.

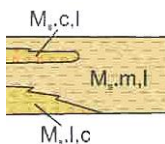
## ΝΕΟΓΕΝΕΣ

### Ανώτερο Μειόκαινο

#### Τμήμα Στερεάς Ελλάδας



Ποταμοχερσαίες αποθέσεις περιοχής Δήλεσι – Παραλίας Αυλίδος: καταλαμβάνουν ολόκληρη την περιοχή κατά μήκος του Ευβοϊκού από την Παραλία Αυλίδος και συνεχίζονται προς τα ανατολικά, στην περιοχή Ωρωπού. Αποτελούνται κυρίως από κροκαλοπαγή που εναλλάσσονται με ψαμμίτες, καστανέρυθρους πηλούς και αργίλους. Οι κροκάλες προέρχονται από το προνεογενές υπόβαθρο της Πάρνηθας, έχουν ποικίλο μέγεθος και το συνδετικό υλικό ψαμμιτικό ή αργιλοψαμμιτικό. Πάχος 300 m.



Μάργες, άργιλοι, πηλοί, κροκάλες, άμμοι περιοχής Σχηματαρίου – Οινοφύτων ( $M_s .m,l$ ): καταλαμβάνουν το κεντρικό τμήμα της νεογενούς λεκάνης, καλύπτουν πολύ μεγάλη έκταση, έχουν μεγάλο πάχος και ποικίλη λιθολογική σύσταση. Τα βαθύτερα μέλη των σχηματισμών αυτών αποτελούνται από πλακώδεις μάργες, αμμούχους πηλούς, λεπτά στρώματα αργίλων και μαργούχων πηλών υπόλευκου - τεφρόλευκου χρώματος. Μέσα στις αποθέσεις αυτές αναπτύχθηκαν κοιτάσματα λιγνιτών.

Βόρεια του Σχηματαρίου μεταβαίνουν σε υπόλευκες-τεφρές μάργες που εναλλάσσονται με πηλούχους μάργες, αμμούχους πηλούς, πλακώδεις μαργαϊκούς πηλίτες και φυλλώδεις μάργες που περικλείουν φυτικά υπολείμματα. Τα ανώτερα μέλη τους αποτελούνται από εναλλαγές αμμούχων αργίλων-πηλών και αμμούχων μαργών που φέρουν λεπτές λιγνιτικές διαστρώσεις.

Τα ανώτερα μέλη των αποθέσεων αυτών αποτελούνται από εναλλαγές κροκαλοπαγών και καστανόχρωμων ενστρώσεων αργίλων και πηλών των οποίων το πάχος κυμαίνεται από 5 – 20 m ( $M_s .c,l$ ).

Στην περιοχή των Οινοφύτων απαντούν τα βαθύτερα μέλη των σχηματισμών που αποτελούνται από καστανόχρωμα υλικά από εναλλαγές κροκαλοπαγών, συνεκτικών αργίλων και πηλών ( $M_s .l,c$ ).



Τα ιζήματα αυτά προς βορρά μεταβαίνουν σε υπόλευκες μάργες, αργίλους, πηλούς, κροκαλοπαγή και ψαμμίτες. Στη συνέχεια σε υπόλευκες μάργες που εναλλάσσονται με πλακώδεις μαργαϊκούς ασβεστόλιθους και λεπτοπλακώδεις μάργες, που με τη σειρά τους μεταβαίνουν στις ποταμοχερσαίες αποθέσεις της περιοχής Συκάμινου – Δήλεσι. Το συνολικό πάχος υπερβαίνει τα 500 – 600 m.

## Τμήμα Ευβοίας



Ποταμολιμναίες αδρομερείς αποθέσεις: από κροκαλολατυποπαγή με κροκαλολατύπες ποικίλου μεγέθους, ψηφιδοπαγή, ψαμμίτες και αργιλοαμμώδη υλικά, μικρής συνεκτικότητας, με αμμούχο, μαργαϊκό συνδετικό υλικό. Κατά θέσεις στους σχηματισμούς αυτούς απαντώνται μεγάλα τεμάχια πετρωμάτων κυρίως ασβεστολιθικών, μεγέθους έως και 1 m. Πρόκειται για σχηματισμούς της νότιας παρυφής της νεογενούς λεκάνης Πάλιουρα, της οποίας τα ιζήματα διακρίνονται σε δύο ενότητες σχηματισμών: α) μία με πάχος 100 m περίπου, που απαντάται στο ΒΔ/κό τμήμα της λεκάνης αυτής, αποτελούμενη κυρίως από αργιλομαργαϊκά υλικά, μάργες και μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, με λιγνιτικά και ξυλιτικά κοιτάσματα (λιγνίτες Πάλιουρα) και β) μία άλλη ένότητα σχηματισμών, αποτελούμενη κυρίως από κροκαλοπαγή, ψηφιδοπαγή και ψαμμίτες, με κατά θέσεις παρεμβολές μαργαϊκών υλικών. Οι νεογενείς σχηματισμοί που εμφανίζονται στο ΒΑ/κό τμήμα του χάρτη ανήκουν στη νότια παρυφή της δεύτερης αυτής ενότητας νεογενών σχηματισμών της λεκάνης Πάλιουρα. Πάχος 200 m περίπου.



Λιμναίες και ποταμοχερσαίες αποθέσεις: μικρού πάχους, από εναλλασσόμενους σχηματισμούς κροκαλοπαγών, κροκαλολατυποπαγών, ψαμμιτών, αμμούχων μαργών καστανέρυθρων πηλών και αργιλοαμμωδών υλικών. Στο σύνολο τους οι αποθέσεις αυτές συνιστούν σχηματισμούς των παρυφών μίας λιμναίας λεκάνης, η οποία με βεβαιότητα εκτεινόταν στη μεταξύ Εύβοιας και Αττικής περιοχή, πριν από το σχηματισμό του Νότιου Ευβοϊκού Κόλπου, και αποτελούσε την προς τα βορειοανατολικά προέκταση της μεγάλης λιμναίας λεκάνης του Νεογενούς Θηβών – Τανάγρας – Ωρωπού. Ορατό πάχος 60 m περίπου.

## ΕΝΟΤΗΤΑ ΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗΣ ΖΩΝΗΣ (ΜΗ ΜΕΤΑΜΟΡΦΩΜΕΝΩΝ ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ)

### Τμήμα Ευβοίας

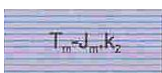
#### Ανώτερο Κρητιδικό



Επικλυσιογενείς ασβεστόλιθοι: διακρίνονται σε δύο τμήματα, στο Ανώτερο και Κατώτερο. Το Ανώτερο τμήμα αποτελείται από λεπτο- έως μεσοστρωματώδεις και μερικές φορές φυλλώδεις ασβεστόλιθους, πάχους από λίγα έως και 100 m, χρώματος τεφρόφαιου, τεφρού και κατά θέσεις υποπράσινου ή κοκκινωπού, με διαστρώσεις, κονδύλους και εκκρίματα πυριτολίθων. Συχνά οι ασβεστόλιθοι του τμήματος αυτού βρίσκονται ασύμφωνα πάνω στους ασβεστολίθους του Κατώτερου τμήματος.

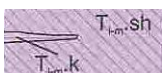
Το Κατώτερο τμήμα αποτελείται κυρίως από μεσοστρωματώδεις και κατά θέσεις παχυστρωματώδεις ασβεστολίθους, χρώματος λευκότεφρου, τεφρού και κατά θέσεις σκουρότεφρου. Είναι κρυσταλλικοί, νηριτικοί και καρστικοί. Οι εν λόγω ασβεστόλιθοι καλύπτουν συχνά, με συμφωνία, φακοειδή κοιτάσματα σιδηρονικελιούχου μεταλλεύματος. Συνολικό ορατό πάχος έως και 300 m.

#### Μέσο Τριαδικό – Μέσο Ιουρασικό



Ασβεστόλιθοι Χαλκίδας: ανοικτότεφροι έως σκουρότεφροι, μέσο- έως παχυστρωματώδεις και κατά θέσεις άστρωτοι, μικροκρυσταλλικοί, έντονα καρστικοί, νηριτικοί, συχνά οργανογενείς, με πολλές παρεμβολές δολομιτών και δολομιτικών ασβεστολίθων. Πάχος 600 m περίπου.

#### Κατώτερο – Μέσο Τριαδικό



Εναλλασσόμενα αργιλοψαμμιτικά πετρώματα, με κοίτες βασικών ηφαιστειακών πετρωμάτων ( $T_{i-m}.sh$ ) και ενστρώσεις ασβεστολίθων ( $T_{i-m}.k$ ) ποικίλου πάχους. Αναλυτικότερα :

-Αργιλοψαμμιτικά πετρώματα: Κυρίως κλαστικά ιζήματα αβαθούς θάλασσας, όπως ψαμμίτες, γραουβάκες, αργιλικοί σχιστόλιθοι, φυλλίτες, σχιστόλιθοι και κροκαλοπαγή. Τα κλαστικά αυτά πετρώματα εναλλάσσονται γρήγορα, τόσο κατά την κατακόρυφο όσο και πλευρικά.

-Ηφαιστειακά πετρώματα: Απαντώνται με μορφή κοιτών μέσα στα αργιλοψαμμιτικά πετρώματα. Είναι εκρηξιγενή πετρώματα με τα τοφφικά υλικά τους, κυρίως βασάλτες, έντονα εξαλλοιωμένοι, και κατά κανόνα σχιστοποιημένοι. Το πάχος των κοιτών κυμαίνεται από λίγα μέχρι και αρκετές δεκάδες μέτρα.

-Ασβεστόλιθοι ( $T_{i-m}$ .k): Απαντώνται με μορφή ενστρώσεων εντός των αργιλοψαμμιτικών σχηματισμών. Έχουν πάχος κυμαινόμενο από λίγα έως μερικές εκατοντάδες μέτρα. Απαντώνται σε μεγάλη έκταση στην περιοχή της Ερέτριας. Οι ασβεστόλιθοι των ενστρώσεων της εν λόγω σειράς είναι συνήθως λεπτοκρυσταλλικοί, συχνά με κονδύλους και διαστρώσεις πυριτόλιθων, μεσοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις και κατά θέσεις άστρωτοι.

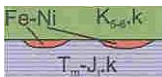
Ορατό πάχος 150 m περίπου.

## Τμήμα Στερεάς Ελλάδας

### Κρητιδικό



Ασβεστόλιθοι: τεφροί έως μελανότεφροι, κυρίως μεσοστρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις, με κονδύλους κερατολίθων. Στη βάση τους εμφανίζονται κροκαλοπαγή μικρού πάχους και κοιτάσματα σιδηρονικελιούχου πισσολιθικού μεταλλεύματος. Ορατό πάχος 200 m.



Σιδηρονικελιούχα κοιτάσματα φακοειδούς μορφής, που υπέρκεινται ασύμφωνα των προανωκρητιδικών ασβεστολίθων και υπόκεινται σύμφωνα των ανωκρητιδικών ασβεστολίθων. Το μέταλλευμα είναι συμπαγές ή πισσολιθικό με λατύπες πυριτικές. Η περιεκτικότητά τους σε νικέλιο είναι γενικά χαμηλή.

## Μέσο Τριαδικό – Μέσο Λιάσιο



Ασβεστόλιθοι, δολομιτικοί ασβεστόλιθοι και δολομίτες ( $T_m - J_i.k$ ): τεφροί έως λευκότεφροι, μέσο- έως παχυστρωματώδεις, κατά θέσεις άστρωτοι, συνήθως μικροκρυσταλλικοί, και έντονα τεκτονισμένοι. Πάχος 1000 m περίπου.

## Κατώτερο Τριαδικό



Ψαμμίτες, μικροκροκαλοπαγή, αργιλικόι σχιστόλιθοι και σπιλίτες-βασάλτες ( $T_i.sh$ ): ελαφρά μεταμορφωμένη σειρά αποτελούμενη από κλαστικά ιζήματα, φακοειδείς ενστρώσεις ασβεστολίθων ( $T_i.k$ ) και σχιστοποιημένους σπιλίτες βασάλτες και κερατοφυρικούς τόφφους.

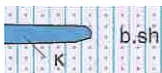
Στη βάση της σειράς (περιοχή Αυλίδας) αναπτύσσονται μαύροι έως μελανότεφροι ασβεστόλιθοι καλά στρωμένοι. Συνολικό πάχος 600 m περίπου.

## ΗΩΕΛΛΗΝΙΚΟ ΤΕΚΤΟΝΙΚΟ ΚΑΛΥΜΜΑ

Μάζες υπερβασικών πετρωμάτων (o) και ηφαιστειοϊζηματογενείς σχηματισμοί (b.sh) επωθημένοι πάνω στην πλατφόρμα της Πελαγονικής ζώνης κατά το τέλος του Ανωτέρου Ιουρασικού – αρχή του Κατωτέρου Κρητιδικού.










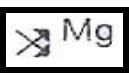
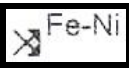
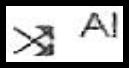


Μάζες υπερβασικών πετρωμάτων (o): μάζες μεγάλων διαστάσεων σερπεντινωμένων περιδοτιτών, που σε πολλές θέσεις εγκλείουν κοιτάσματα λευκόλιθου (Mg) (Εύβοια) με μορφή φλεβών μικρού συνήθως πάχους.



Ηφαιστειοϊζηματογενείς σχηματισμοί (b.sh): εμφανίζονται πάντοτε στη βάση των υπερβασικών μαζών, έχουν μικρό πάχος και συνίστανται από : α) ιζήματα ωκεάνιων περιοχών, όπως ραδιολαριτών, πηλιτών, αργιλικών σχιστολίθων και ασβεστολίθων με διαστρώσεις πυριτόλιθων (k) και β) υποθαλάσσιες εκχύσεις βασικών πυριγενών πετρωμάτων, κυρίως βασαλών. Ορατό πάχος 30 m περίπου.

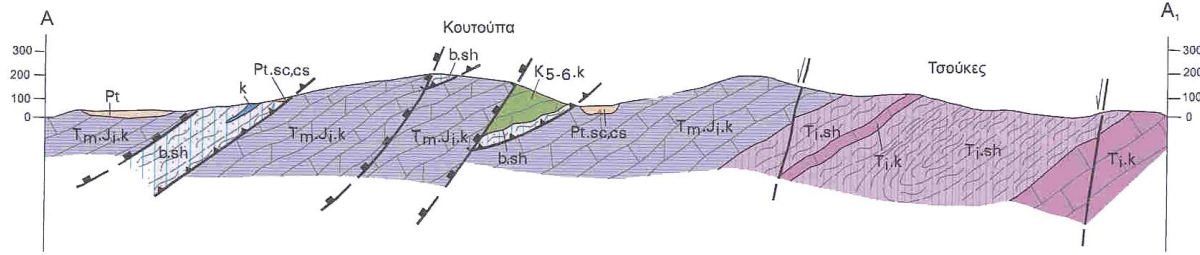


-  Γεωλογικό όριο
-  Γεωλογικό όριο πιθανό ή καλυμμένο
-  Ρήγμα ορατό και πιθανή προέκταση του
-  Ρήγμα κανονικό με ένδειξη του κατελθόντος τμήματος και πιθανή προέκταση του
-  Εφίπνευση
-  Επώθηση Ηωελληνικού τεκτονικού καλύμματος στην Πελαγονική πλατφόρμα
-  Τεκτονική επαφή
-  Διεύθυνση και κλίση στρωμάτων και σχιστότητας
-  Κατακόρυφα στρώματα
-  Εμφάνιση ή εξορυγμένο κοίτασμα λευκολίθου
-  Εμφάνιση σιδηρονικελιούχου μεταλλεύματος
-  Μεγάλο ανενεργό ορυχείο αργιλικών υλικών

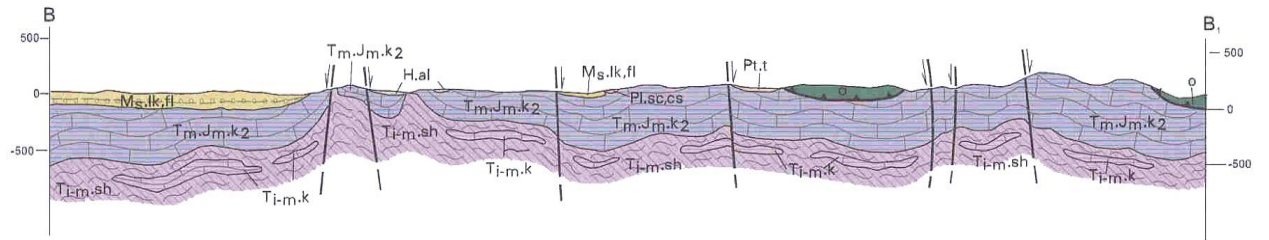
Οι τεκτονικές σχέσεις των παραπάνω γεωλογικών σχηματισμών δίνονται στις ακόλουθες γεωλογικές τομές.

# ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ

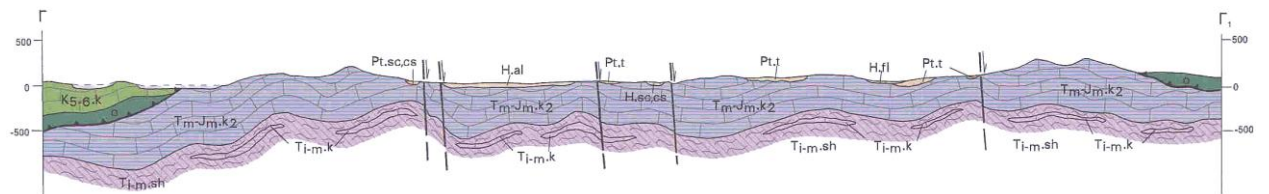
## ΑΑ<sub>1</sub>



## ΒΒ<sub>1</sub>



## ΓΓ<sub>1</sub>



## 2.3 Νεοτεκτονική

### Νεοτεκτονική – Ενεργά ρήγματα

Αν και ο Βόρειος Ευβοϊκός Κόλπος είναι περισσότερο γνωστός για τη σεισμικότητά του, πιθανώς λόγω της ύπαρξης της ρηξιγενούς ζώνης της Αταλάντης, στον Κεντρικό και το Νότιο Ευβοϊκό είναι επίσης εμφανή τα ίχνη της νεοτεκτονικής δραστηριότητας παρότι οι πρόσφατες μεγάλες τεκτονικές δομές είναι λιγότερες και οι σεισμοί είναι μικρότερου μεγέθους.

Οι κυριότερες ρηξιγενείς ζώνες που έχουν εντοπιστεί στην ευρύτερη περιοχή είναι οι ακόλουθες (Λέκκας, 2002) (**Εικόνα 2 – 4**) :

Βορειοδυτικά της πόλης της Χαλκίδας, η σημαντικότερη ρηξιγενής ζώνη, όχι μόνο της περιοχής, αλλά και του ευρύτερου χώρου της ανατολικής Στερεάς Ελλάδας, είναι η ρηξιγενής ζώνη της Αταλάντης, η οποία έχει μέση διεύθυνση ΔΒΔ – ΑΝΑ και μήκος τουλάχιστον 30 χιλιόμετρα. Η ζώνη αυτή, αποτελείται από πολλά τμήματα, τα οποία εντοπίζονται από τις βόρειες υπώρειες του όρους Χλωμό αμέσως νότια της Αταλάντης στα δυτικά έως και τις περιοχές Μαρτίνου – Λάρυμνας στα ανατολικά.

Σημαντική και αρκετά πολύπλοκη στη γεωμετρία και τη λειτουργία της είναι και η ρηξιγενής ζώνη του Διαύλου των Ωρεών, που διαμορφώνει τις βορειοδυτικές ακτές της Εύβοιας και του νομού Μαγνησίας η οποία έχει μήκος δεκάδες χιλιόμετρα.

Άλλες μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες στην ευρύτερη περιοχή βόρεια της Χαλκίδας, είναι η ρηξιγενής ζώνη του Καλλίδρομου, με συνολικό μήκος 33 χιλιόμετρα, η ρηξιγενής ζώνη Αρκίτσας, η ρηξιγενής ζώνη Αγίου Κωνσταντίνου, η ρηξιγενής ζώνη Γουλεμίου κ.α. (Ροντογιάννη 1984, Κράνης 1999).

Από υποθαλάσσιες έρευνες που έγιναν στο Βόρειο Ευβοϊκό κόλπο επιβεβαιώθηκε η ύπαρξη μιας μεγάλης ρηξιγενούς ζώνης, η οποία οριοθετεί τις Ευβοϊκές ακτές. Η δράση της, ιδιαίτερα κατά τα τελευταία 2 εκ. χρόνια (Τεταρτογενές) δημιούργησε το βύθισμα του Βόρειου Ευβοϊκού κόλπου. Το μήκος της είναι αρκετές δεκάδες χιλιόμετρα και θεωρείται μία από τις πιο ενεργές δομές της περιοχής.

Νότια της Χαλκίδας υπάρχει μια σειρά από σημαντικές ρηξιγενείς ζώνες, που οριοθετούν και ελέγχουν τις Νεοτεκτονικές λεκάνες του Ασωπού ποταμού, του Βοιωτικού Κηφισού και τις μικρότερες λεκάνες της περιοχής, καθώς επίσης και τους βόρειους πρόποδες των ορεινών όγκων του Κιθαιρώνα, του Πατέρα και της Πάρνηθας. Πρόκειται για τις

ρηξιγενείς ζώνες Πλαταιών – Ερυθρών, Αυλώνα – Μαλακάσας και Ωρωπού – Αγίων Αποστόλων, οι οποίες έχουν μήκος που κυμαίνεται από 5-15 χιλιόμετρα και συνολική κατακόρυφη συνιστώσα μετατόπισης άνω των 500 μέτρων τα τελευταία 2 εκ. χρόνια (Μέττος 1992).

Προς τα δυτικά, η κύρια διεύθυνση των ρηξιγενών ζωνών είναι Α – Δ και συνεχίζουν προς τον Κορινθιακό κόλπο όπου συνδέονται με τα γνωστά ρήγματα που έδρασαν κατά τη σεισμική ακολουθία του 1981 (ρήγματα Σχοίνου, Ψάθας, Πίσσιων και Καπαρελλίου).

Μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες είναι και αυτές που εντοπίζονται ανατολικά της Χαλκίδας, κατά μήκος των ανατολικών ακτών της Εύβοιας των οποίων το μήκος είναι αρκετά χιλιόμετρα. Επειδή όμως αυτές δεν εμφανίζουν σημαντική δραστηριότητα, τουλάχιστον κατά το Ανώτερο Τεταρτογενές δε θεωρούνται επικίνδυνες για την περιοχή (Rondoyanni et al. 2008).



**Εικόνα 2 - 4.** Δορυφορική εικόνα της Ανατολικής Στερεάς Ελλάδας και της Εύβοιας στην οποία έχουν σημειωθεί οι σημαντικότερες ρηξιγενείς ζώνες που καθορίζουν και ελέγχουν τη νεοτεκτονική μακροδομή της περιοχής (Λέκκας, 2002)

Κυριαρχούσες δομές στην περιοχή μελέτης είναι τα τεκτονικά βυθίσματα που σχηματίζουν τη λεκάνη Θήβας – Τανάγρας – Μαλακάσας – Νότιου Ευβοϊκού Κόλπου. Τα κράσπεδα των επιμέρους λεκανών οριοθετούνται από κανονικά ρήγματα, μερικά από τα οποία παρουσιάζουν άλμα εκατοντάδων μέτρων.

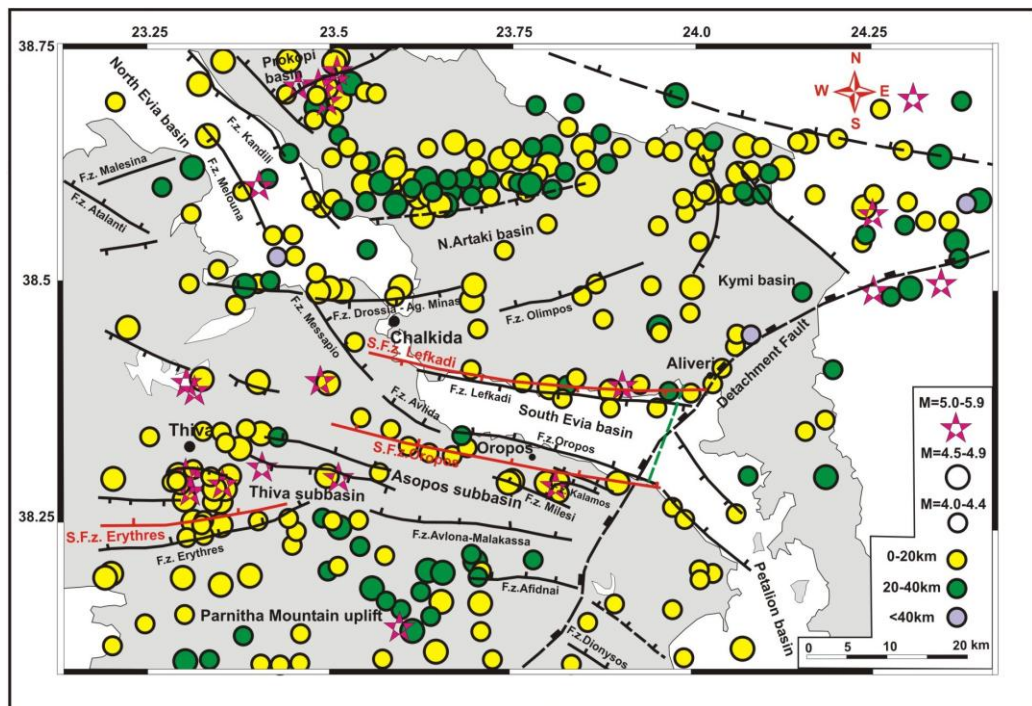
Η δημιουργία της λεκάνης Θήβας – Τανάγρας – Μαλακάσας – Νότιου Ευβοϊκού Κόλπου, οφείλεται στις έντονες τεκτονικές κινήσεις, σε συνδυασμό με τις κατακόρυφες



μετατοπίσεις, που έλαβαν χώρα από το Μειόκαινο και συνεχίζονται μέχρι σήμερα. Οι κατακόρυφες αυτές κινήσεις δεν είχαν πάντα την ίδια ένταση, με αποτέλεσμα ο χώρος μέσα στα όρια της λεκάνης να μην έχει ομοιόμορφη ανάπτυξη και εξέλιξη. Έτσι, ανάλογα με τη θέση, την πηγή τροφοδοσίας και το είδος του προσφερόμενου υλικού, τα ιζήματα παρουσιάζουν διαφορές στη λιθολογική τους σύσταση, γεγονός που παρατηρείται σε όλη την έκταση της λεκάνης.

Στην περιοχή του Κεντρικού Ευβοϊκού Κόλπου παρατηρούνται τρία κύρια συστήματα ρηγμάτων με διευθύνσεις Α – Δ, ΒΔ – ΝΑ και ΒΑ – ΝΔ. Στην ευρύτερη περιοχή της Χαλκίδας επικρατούν ρήγματα με διεύθυνση Α – Δ και ΔΒΔ – ΑΝΑ, τα οποία δημιούργησαν και το βύθισμα του Νότιου Ευβοϊκού (**Εικόνα 2 – 5**). Σύμφωνα με τους Mettos et al. (1988), η μικροτεκτονική ανάλυση των ρηγμάτων που παρατηρούνται στην περιοχή, έδειξε ότι αυτή έχει υποστεί τις παρακάτω τεκτονικές φάσεις:

- Μία εφελκυστική φάση, ηλικίας Ανώτερου Μειόκαινου – Πλειόκαινου με διεύθυνση του άξονα εφελκυσμού ΒΑ – ΝΔ.
- Ένα συμπιεστικό επεισόδιο κατά τη διάρκεια του Κατώτερου Πλειόκαινου, με διεύθυνση ΒΑ – ΝΔ.
- Μία φάση εφελκυσμού από το Μέσο Πλειστόκαινο μέχρι σήμερα με διεύθυνση ΒΔ – ΝΑ.



**Εικόνα 2 - 5.** Χάρτης με τα κυριότερα ρήγματα της κεντρικής Εύβοιας – ΒΑ Αττικής και τα επίκεντρα των σεισμών μεγέθους  $4.0 \leq M < 6.0$  (Λέκκας, 2002)

Σε ότι αφορά ειδικότερα τα ενεργά ρήγματα παρουσιάζονται στην **Εικόνα 2 – 6**. Τα ρήγματα αυτά δημιουργούν μορφολογικές ασυνέχειες και έχουν σαφείς κατοπτρικές επιφάνειες ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις συνοδεύονται και από σημαντικές ζώνες πλευρικών κορημάτων.



**Εικόνα 2 - 6.** Τα ενεργά ρήγματα στην περιοχή του Κεντρικού Ευβοϊκού κόλπου (Rondoyanni et al, 2008)

## 2.4 Σεισμικότητα

### 2.4.1 Ιστορική Σεισμικότητα

Οι ισχυρότεροι σεισμοί που έπληξαν την ευρύτερη περιοχή της Χαλκίδας σύμφωνα με τα ιστορικά και σύγχρονα δεδομένα και τα μακροσεισμικά αποτελέσματά τους, περιγράφονται παρακάτω, από τους παλαιότερους προς τους νεότερους (Παπαζάχος Β. – Παπαζάχου Κ., 2003).

**426 π.Χ. Ορχομενός:** Ισχυρός σεισμός με επίκεντρο  $38,5^{\circ}\text{N}$ ,  $23,1^{\circ}\text{E}$  και μέγεθος  $M=6,6R$ . Κατά το Θουκυδίδη, ο σεισμός έγινε το χειμώνα και ακολούθησαν πολλοί σεισμοί οι οποίοι συγκλόνισαν κατά κύριο λόγο τον Ορχομενό αλλά και τη Βοιωτία, την Εύβοια και την Αθήνα.

**426 π.Χ. Σκάρφεια Φθιώτιδας:** Ισχυρός σεισμός με επίκεντρο  $38,8^{\circ}\text{N}$ ,  $22,6^{\circ}\text{E}$  και μέγεθος  $M=7.0R$ . Στις Ροβιές της Β. Εύβοιας εισέβαλε τσουνάμι το οποίο κατόπιν

υποχώρησε, ενώ ένα τμήμα της πόλης καλύφθηκε οριστικά από τη θάλασσα. Το κύμα σκότωσε πολλούς ανθρώπους που δεν μπόρεσαν να φύγουν στα ψηλότερα μέρη. Το νησί που βρισκόταν κοντά στην Αταλάντη πλημμύρισε. Ο Στράβωνας παραθέτει πληροφορίες από το Δημήτριο τον Καλαματιανό, ο οποίος είχε γράψει βιβλίο για τους σεισμούς της Ελλάδας. Σύμφωνα με τις πληροφορίες αυτές, τα νησιά Λιχάδες και το ακρωτήριο Κηναίο κατά μεγάλο μέρος βυθίστηκαν. Τα θερμά νερά της Αιδηψού και των Θερμοπυλών στέρεψαν για τρεις μέρες και στην Αιδηψό δημιουργήθηκαν καινούργιες πηγές. Στους Ωρεούς, το τείχος προς τη θάλασσα και 700 σπίτια γκρεμίστηκαν. Σκοτώθηκαν όχι λιγότεροι από 1700 άνθρωποι στη Σκάρφεια και περισσότεροι από 850 στο Θρόνιο (κοντά στις Θερμοπύλες). Τριπλό θαλάσσιο κύμα σάρωσε τη Σκάρφεια και το Θρόνιο. Ορισμένες πηγές στέρεψαν για λίγες μέρες και άλλαξε η κοίτη του Σπερχειού και πλημμύρισαν οι δρόμοι. Καταστράφηκε και η αρχαία πόλη Οπούς (κοντά στο σημερινό χωριό Κυπαρίσσι) και άλλα χωριά στην περιοχή. Μέσα στην Αταλάντη έγινε πλωτό ρήγμα και η πλημμυρίδα εξαπλώθηκε μέχρι 20 στάδια.

**279 π.Χ. Δελφοί:** Ο σεισμός αυτός, με επίκεντρο  $38,4^{\circ}\text{N}$ ,  $22,6^{\circ}\text{E}$  και μέγεθος  $M=6.8R$ , έπληξε την πόλη των Δελφών, όπου η μακροσεισμική ένταση έφθανε τους IX βαθμούς της κλίμακας Mercalli. Οι Πausanίας και Αππιανός αναφέρουν ότι κατά την επιδρομή της στρατιάς των Γαλατών στην περιοχή των Δελφών έγινε σεισμός ο οποίος έσειε τη Γη κατά το πλείστο μέρος της ημέρας και κατέστρεψε τις πόλεις αναγκάζοντας τα στρατεύματα να αποχωρήσουν.

**551 μ.Χ. Χαιρώνεια Φωκίδας:** Ισχυρός σεισμός με επίκεντρο  $38,4^{\circ}\text{N}$ ,  $22,4^{\circ}\text{E}$  και μέγεθος  $M=7.2R$  έπληξε τη Φωκίδα. Από τον Προκόπιο τον Καισαρέα και άλλους συγγραφείς προκύπτει ότι μεγάλος σεισμός κατέσειε τη Βοιωτία και Αχαΐα και την περιοχή γύρω από τον Κρισαίο κόλπο (κόλπος Ιτέας). Καταστράφηκαν πολλά χωριά και ισοπεδώθηκαν οκτώ πόλεις, μεταξύ των οποίων η Χαιρώνεια, η Κορώνεια, η Πάτρα και η Ναύπακτος ολόκληρη, όπου φονεύτηκαν πολλοί. Σε πολλά μέρη άνοιξε η Γη και στα χάσματα που ανοίχτηκαν καταποντίστηκαν πολλοί. Σωροί γης έφραξαν τους δρόμους, η θάλασσα αποσύρθηκε και καταπόντισε τα γύρω μέρη.

**551 μ.Χ. Αχινός Φθιώτιδας:** Σεισμός με επίκεντρο  $38,9^{\circ}\text{N}$ ,  $22,7^{\circ}\text{E}$  και μέγεθος  $M=7.0R$ . Ο Προκόπιος ο Καισαρέας αναφέρει ότι στον πορθμό που βρίσκεται μεταξύ Θεσσαλίας και Βοιωτίας στην περιοχή της πόλης Αχινός και στη Σκάρφεια, η θάλασσα

εισχώρησε στην ξηρά μέχρι τα βουνά και κατέστρεψε τα χωριά της περιοχής. Ο σεισμός κατέστρεψε και τα τείχη των Θερμοπυλών.

**1321 μ.Χ. Θήβα:** Ισχυρός σεισμός με επίκεντρο  $38,3^{\circ}\text{N}$ ,  $23,3^{\circ}\text{E}$  και μέγεθος  $M=6.3\text{R}$ , έπληξε την περιοχή της Θήβας. Ο Ambrasseys (1988) βασιζόμενος στον Jordanus (1330) χαρακτηρίζει το σεισμό βλαβερό ή καταστροφικό στη Θήβα.

**1705 μ.Χ. Αθήνα:** Σεισμός με επίκεντρο  $38,1^{\circ}\text{N}$ ,  $24,1^{\circ}\text{E}$  και μέγεθος  $M=6.4\text{R}$ . Ο σεισμός αυτός συνέβη το Σεπτέμβριο και προκάλεσε καταστροφές στην περιοχή των Αθηνών και είχε μέγιστη ένταση VII βαθμών της κλίμακας Mercalli. Ο σεισμός αυτός σύμφωνα με τούρκικα έγγραφα αναφέρεται ότι προκάλεσε μερικές καταστροφές στη Χαλκίδα.

**1758 μ.Χ. Λαμία:** Σεισμός με επίκεντρο  $38,9^{\circ}\text{N}$ ,  $22,7^{\circ}\text{E}$  και μέγεθος  $M=6.8\text{R}$ . Ο σεισμός, με επίκεντρο τη Λαμία, εξαφάνισε τρία νησάκια κοντά στην Εύβοια. Προκάλεσε επίσης την κατάρρευση και την εξαφάνιση κάτω από τα κύματα ενός μέρους από το Ποντικόνησο, τοποθεσία που βρίσκεται στο βόρειο τμήμα της Εύβοιας.

**1785 μ.Χ. Ωρωπός:** Μέτριος σεισμός με μέγεθος  $M=6.0\text{R}$ , που συνέβη στις 13 Ιουνίου 1785. Προκάλεσε στην περιοχή μέγιστη ένταση VIII βαθμών της κλίμακας Mercalli και καταστροφές και στη Χαλκίδα.

**1805 μ.Χ. Αθήνα:** Σεισμός με επίκεντρο  $38.0^{\circ}\text{N}$ ,  $24.0^{\circ}\text{E}$  και μέγεθος  $M=6.0\text{R}$ . Έγινε στις 16-17 Νοεμβρίου στην Αττική και προκάλεσε σοβαρές βλάβες στην Αθήνα και στον Παρθενώνα.

**1853 μ.Χ. Θήβα:** Πολύ ισχυρός σεισμός με επίκεντρο  $38,3^{\circ}\text{N}$ ,  $23,3^{\circ}\text{E}$  και μέγεθος  $M=6.8\text{R}$ . Το πρωί στις 18 Αυγούστου του 1853 έγιναν στη Θήβα αισθητές ελαφρές δονήσεις και προηγήθηκε του κυρίου σεισμού μια δυνατή προειδοποιητική δόνηση. Από το γκρέμισμα των σπιτιών που προκάλεσε ο κύριος σεισμός σηκώθηκε πυκνό σύννεφο σκόνης και σκέπασε τη Θήβα. Ιδιαίτερα στα βόρεια χαμηλά τμήματα της πόλης τα περισσότερα κτίρια ερειπώθηκαν. Υπέφεραν η Θήβα, η Αταλάντη, η Χαλκίδα και άλλα μέρη, όμως η Θήβα περισσότερο. Κοντά στη Χαλκίδα τσακίστηκαν ακόμα και τα τόξα του υδραγωγίου. Σημαντικές μάζες κατρακυλούσαν από τα βουνά και πέφτανε από τους κατακόρυφους βράχους. Από ένα βουνό (που δεν αναφέρεται το όνομα του) κοντά στη Θήβα, από τα φαλακρά βουνά και από το Πτώον (κοντά στις λίμνες της Βοιωτίας) κατρακύλησαν μεγάλες μάζες βράχων μέσα από τις κοιλάδες μέχρι κάτω στην πεδιάδα. Οι



μετασεισμικές δονήσεις κράτησαν ένα εξάμηνο και προκάλεσαν πρόσθετες ζημιές. Εμφανίστηκε και παλιρροϊκό κύμα.

**1858 μ.Χ. Κόρινθος:** Σεισμός που συνέβη στις 21 Φεβρουαρίου με επίκεντρο  $37,9^{\circ}$  N,  $22,9^{\circ}$  E και μέγεθος  $M=6.7R$ . Η περιοχή την οποία έπληξε ο σεισμός έχει σχήμα έλλειψης με μεγαλύτερη διάμετρο κατά τη διεύθυνση ανατολής δύσης και με κέντρο την Ακροκόρινθο. Τη μεγαλύτερη καταστροφή έπαθε η Κόρινθος και το χωριό Νεοχώρι. Ο σεισμός ήταν εντονότερος προς τα δυτικά μέρη. Έγινε έντονα αισθητός στην Αργολίδα, Τρίπολη, Γορτυνία, Ηλεία ενώ τα μέρη προς τα ανατολικά όπως τα Μέγαρα, η Αθήνα και η Χαλκίδα αισθάνθηκαν λιγότερο το σεισμό.

**1870 μ.Χ. Αράχωβα:** Σεισμός με επίκεντρο  $38,5^{\circ}$  N,  $22,5^{\circ}$  E και μέγεθος  $M=6.8R$ . Συνέβη την 1<sup>η</sup> Αυγούστου και έγινε αισθητός μέχρι την Εύβοια, την Αττική και την Πελοπόννησο. Κατέστρεψε την Αράχωβα και τα γύρω χωριά ενώ συνολικά σκοτώθηκαν 117 άνθρωποι, τραυματίστηκαν 380 και καταστράφηκαν πάνω από 2000 οικοδομές. Ισόσειστες του κύριου σεισμού παραθέτουν οι Ambraseys και Pantelopoulos.

**1874 μ.Χ. Ερέτρια:** Σεισμός με επίκεντρο  $38,5^{\circ}$  N,  $23,5^{\circ}$  E και μέγεθος  $M=6.0R$ . Είχε μέγιστη ένταση VIII βαθμούς στην κλίμακα Mercalli στην περιοχή της Ερέτριας. Ο σεισμός έπληξε την Ερέτρια, τη Χαλκίδα και τη Β. Εύβοια. Στην Ερέτρια ένα σπίτι γκρεμίστηκε και άλλα σπίτια παραμορφώθηκαν άσχημα τόσο που οι κάτοικοι αναγκάστηκαν να παραμείνουν στο ύπαιθρο. Στο βουνό Όλυμπος έγινε κατολίσθηση μεταξύ των χωριών Μποτίνο και Γυμνό η οποία δημιούργησε ένα μικρό λόφο. Ο σεισμός έγινε αισθητός στα Βασιλικά και στη περιοχή της Λαμίας. Έγινε έντονα αισθητός στο Αλιβέρι και στην Κύμη και ελαφρότερα στη Θήβα και την Αθήνα.

**1893 μ.Χ. Θήβα:** Ισχυρός σεισμός με επίκεντρο  $38,3^{\circ}$  N,  $23,4^{\circ}$  E και μέγεθος  $M=6.2R$  έπληξε τη Θήβα. Από τον Ιανουάριο του 1892 είχαν ήδη αρχίσει ελαφρές δονήσεις. Το Μάρτη του 1893 στις 26 και 27 έγιναν δύο δονήσεις που έγιναν αισθητές στην Αθήνα και συνεχίστηκαν οι δονήσεις μέχρι το βράδυ της 22 Μαΐου όταν ένας δυνατός σεισμός ρηγμάτωσε τα σπίτια της Θήβας και ανάγκασε τους τρομοκρατημένους κατοίκους να ξενοχτήσουν στο ύπαιθρο. Η δόνηση έγινε αισθητή μέχρι τη Λάρισα, τη Ζάκυνθο και την Αθήνα. Την άλλη μέρα στις 10 το βράδυ μια ισχυρή δόνηση γκρέμισε από τα 1200 σπίτια της Θήβας τα 100 εντελώς και 800 έγιναν ακατοίκητα. Καταστράφηκαν εντελώς τα χωριά-προάστια της Θήβας, Πυρί και Αγ. Θεόδωροι. Σκοτώθηκαν 2 άτομα. Οι δονήσεις

συνεχίστηκαν και οι έντρομοι κάτοικοι έμειναν για μεγάλο διάστημα στις σκηνές. Από τον Ελικώνα, όσο κρατούσαν οι μετασεισμικές δονήσεις, ερχόταν μια υπόγεια βοή.

**1894 μ.Χ. Αγ.Κωνσταντίνος Φθιώτιδας:** Ισχυρός σεισμός με επίκεντρο  $38,7^{\circ}$  N,  $23,0^{\circ}$  E και μέγεθος  $M=7.0R$ . Του κύριου σεισμού που έγινε στις 27 Απριλίου, προηγήθηκε καταστρεπτικός σεισμός στις 20 Απριλίου ( $38,6^{\circ}$  N,  $23,2^{\circ}$  E,  $M=6.7R$  στη Μαλεσίνα και στο Μαρτίνο). Οι σεισμοί αυτοί ερήμωσαν όλες τις ανατολικές κοινότητες της Λοκρίδας. Η περιοχή της μέγιστης έντασης περιλαμβάνει τη χερσόνησο της Λάρυμνας και τη γειτονική πεδιάδα της Αταλάντης. Τις μεγαλύτερες βλάβες από τον πρώτο σεισμό έπαθαν τα χωριά Προσκύνα, Μαλεσίνα και Μαρτίνο, όπου οι κάτοικοι στο τέλος της σεισμικής δόνησης ένιωσαν το έδαφος να βουλιάζει κάτω από τα πόδια τους. Από το δεύτερο σεισμό καταστράφηκε ο Αγ. Κωνσταντίνος. Το συνολικό αποτέλεσμα των δύο σειμών είναι 255 νεκροί και η καταστροφή 3.783 σπιτιών σε 69 οικισμούς. Παρατηρήθηκε επιφανειακό ίχνος κανονικού ρήγματος συνολικού μήκους 55 χιλιομέτρων και διεύθυνσης ΒΒΔ-ΝΝΑ/κής (από το Σκορπονέρι Χαλκίδας μέχρι το Μώλο της Λαμίας), με βύθιση του ΒΑ/κού τμήματος και μικρή αριστερόστροφη συνιστώσα. Ολόκληρη η χώρα των Οποντίων Λόκρων έπαθε καθίζηση 1 έως 1,5 μέτρο. Παρατηρήθηκαν πολλές κατολισθήσεις και μεταβολές στα νερά των πηγαδιών. Παρατηρήθηκε επίσης θαλάσσιο κύμα στη θέση Αλμυρός, κοντά στο χωριό Κυπαρίσσι, ύψους 3 μέτρων , το οποίο προχώρησε μέσα περίπου 1 χιλιόμετρο και κατέκλυσε τον Εθνικό δρόμο. Η περιοχή των καταστροφών περιλαμβάνει και την Αταλάντη, το Κυπαρίσσι, την Αρκίτσα και τους Λιβανάτες. Η περιοχή μερικής καταστροφής περιλαμβάνει τις επαρχίες Λειβαδιάς, Θήβας, Χαλκίδας και Ξηροχωρίου, ενώ η περιοχή των ελαφρότερων βλαβών σχηματίζει μια έλλειψη από τον Πειραιά μέχρι τη Στυλίδα και από την Άμφισσα μέχρι την Αγία Άννα της Ευβοίας. Στην Αθήνα ο σεισμός προκάλεσε πολύ μεγάλο θόρυβο και μερικά σπίτια έπαθαν ρωγμές. Έγινε αισθητός μέχρι τη Θεσσαλονίκη, Μυτιλήνη και Κρήτη. Ο καθηγητής Σκούφος αναφέρει ότι έγιναν 850 αισθητές δονήσεις από 20/4 έως και 27/4 1894 (προσεισμικές) και 4.250 αισθητές μετασεισμικές από 27/4 έως 6/5 1894. Σημειώνεται ότι δεν υπήρχαν σειсмоγράφοι την περίοδο εκείνη. Από 20/4 έως 25/6 έγιναν συνολικά περίπου 6.200 αισθητές μετασεισμικές δονήσεις.

**1914 μ.Χ. Θήβα:** Σεισμός συνέβη στις 17 Οκτωβρίου με επίκεντρο  $38,3^{\circ}$  N,  $23,4^{\circ}$  E και μέγεθος  $M=6.0R$ . Στην κλίμακα Mercalli η ένταση του σεισμού ήταν VIII. Ο σεισμός κατέστρεψε την πόλη της Θήβας και πολλά χωριά σε αυτή την επαρχία. Είκοσι σπίτια

γκρεμίστηκαν εντελώς και όλα τα άλλα έγιναν ακατοίκητα. Σοβαρά βλάφτηκαν τα χωριά Πυρί, Αγ. Θεόδωροι, Καπαρέλλι, Βάγια, Δρίτσα, Δήλεσι. Η Χαλκίδα, η Αταλάντη και η Μαλεσίνα έπαθαν ελαφρότερες βλάβες. Εδαφικές παραμορφώσεις εκδηλώθηκαν μεταξύ Θήβας – Χαλκίδας. Στην Αθήνα προκλήθηκαν ελάχιστες βλάβες (ρωγμές στους σοφάδες, ενώ στον Πειραιά μερικοί τοίχοι ρηγματώθηκαν και γκρεμίστηκαν τοίχοι παλιών σπιτιών. Στην Καστέλλα ένας βράχος μετατοπίστηκε και γενικά η δόνηση ήταν πιο έντονη στην ακτή. Ο σεισμός έγινε αισθητός σε όλη την Ελλάδα. Οι μετασεισμοί κράτησαν περίπου ένα χρόνο, αλλά ο μεγαλύτερος από αυτούς έγινε τέσσερις ώρες μετά τον κύριο σεισμό ( $M=5.6R$ ).

**1938 μ.Χ. Ωρωπός:** Σεισμός συνέβη στις 20 Ιουλίου με επίκεντρο  $38,3^{\circ}N$ ,  $23,8^{\circ}E$  και μέγεθος  $M=6.0R$ . Ο σεισμός προκάλεσε καταστροφές στην περιοχή Ωρωπού όπου τρία χωριά καταστράφηκαν, 18 άνθρωποι σκοτώθηκαν, 17 τραυματίστηκαν σοβαρά και 90 ελαφριά. Έμειναν χωρίς στέγη 8000 άνθρωποι. Στον Ωρωπό καταστράφηκαν σπίτια, δημόσια κτίρια και οι φυλακές. Προκλήθηκαν κατολισθήσεις στο δρόμο της Μαλακάσας και μικρορωγμές στο έδαφος της Μαλακάσας καθώς και φαινόμενα ρευστοποίησης του εδάφους στη Σκάλα Ωρωπού, στα Νέα Παλάτια και στο Χαλκούτσι. Στο  $63^{\circ}$  χιλιόμετρο στη Μαλακάσα η σιδηροδρομική γραμμή έπαθε βλάβη και διακόπηκε η συγκοινωνία. Ο σεισμός προκάλεσε ρωγμές σε σπίτια της Ερέτριας και στο Καπανδρίτι. Έγινε αισθητός στη Σκύρο, το Βόλο και την Πάτρα. Από μετασεισμικές δονήσεις προκλήθηκαν ρήγματα στην παραλία μεταξύ Σκάλας Ωρωπού και Χαλκουτσίου τα οποία σε μερικά σημεία είχαν πλάτος 1m. Κατά ομολογία φύλακα των φυλακών Ωρωπού, του σεισμού προηγήθηκε δυνατός θόρυβος σαν κρότος. Ο μεγαλύτερος μετασεισμός έγινε στις 27 Ιουλίου ( $M=5.0R$ ).

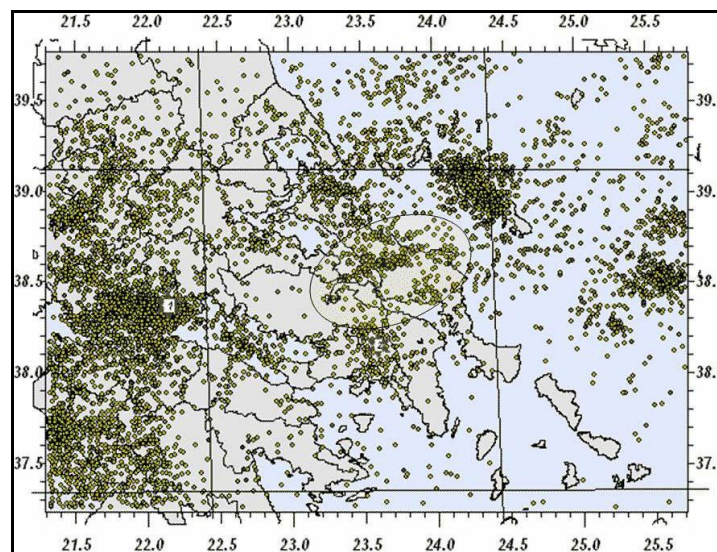
**1938 μ.Χ. Γαλαξίδι:** Σεισμός με επίκεντρο  $38,0^{\circ}N$ ,  $22,5^{\circ}E$  και μέγεθος  $M=6.4R$  που συνέβη στις 18 Σεπτεμβρίου. Έγινε έντονα αισθητός στο Γαλαξίδι, την Άνω Αγοριανή, το Μεσολόγγι, την Αταλάντη, το Δαδί και τη Χαλκίδα.

**1981 μ.Χ. Αλκωνίδες:** Ισχυρός σεισμός μεγέθους  $M=6.7R$ , με επίκεντρο τον κόλπο των Αλκωνίδων ( $38.1^{\circ}N$ ,  $22,9^{\circ}E$ ) στον Ανατολικό Κορινθιακό κόλπο. Ακολούθησαν πολλοί μετασεισμοί με σημαντικότερους αυτούς που έγιναν στις 25 Φεβρουαρίου και στις 4 Μαρτίου με το ίδιο μέγεθος  $M=6.3R$ . Τόσο ο κύριος, όσο και η μακρά μετασεισμική ακολουθία προκάλεσαν καταστροφές στην Κορινθία, τη Βοιωτία, την Αττική, τη Φωκίδα και την Εύβοια. Οι μεγαλύτερες καταστροφές από τους δύο πρώτους σεισμούς,

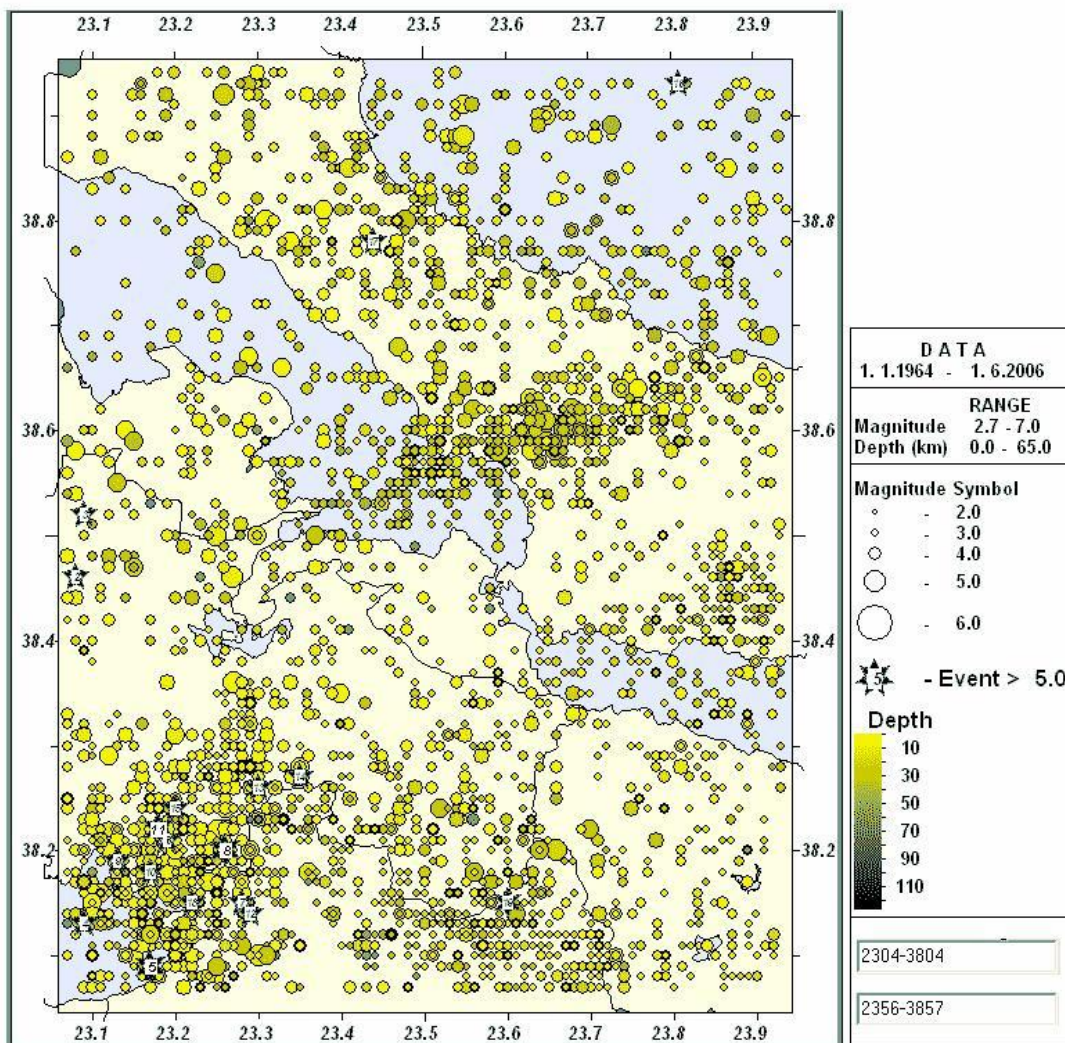
προκλήθηκαν στα χωριά που βρίσκονται στις νότιες ακτές του Κορινθιακού (Περαχώρα, Πίσια, Πρόδρομος), ενώ οι μεγαλύτερες καταστροφές από το σεισμό της 4<sup>ης</sup> Μαρτίου, προκλήθηκαν στα χωριά κοντά στις ΒΑ/κές ακτές του κόλπου (Πλαταιές, Καπαρέλλι). Αμέσως μετά τους δύο πρώτους σεισμούς παρατηρήθηκε επιφανειακό ίχνος του σεισμογόνου ρήγματος, κατά μήκος των νότιων ακτών του κόλπου (Χερσόνησος Περαχώρας), μήκους μεγαλύτερου των 15 χιλιομέτρων και μέσης επιφανειακής κατακόρυφης μετατόπισης του βόρειου τεμάχους του ρήγματος ίσης με 60 εκατοστά. Κατά το σεισμό της 4<sup>ης</sup> Μαρτίου παρατηρήθηκε επιφανειακό ίχνος του σεισμογόνου ρήγματος κοντά στις ΒΑ/κές ακτές του κόλπου, στην περιοχή μεταξύ Καπαρελλίου και Πλαταιών, μήκους 15 χιλιομέτρων και άλματος 60 εκατοστά. Παρατηρήθηκαν επίσης καταπτώσεις βράχων από τα Γεράνεια, φαινόμενα ρευστοποίησης σε διάφορα μέρη, καθώς επίσης και ασθενές θαλάσσιο κύμα. Στο νομό Βοιωτίας οι μεγαλύτερες βλάβες κατά τον κύριο σεισμό παρατηρήθηκαν στα χωριά Μαυρομάτι και Βάγια, με ένταση VIII της κλίμακας Mercalli, ενώ κατά το δεύτερο μεγαλύτερο μετασεισμό της 4<sup>ης</sup> Μαρτίου, οι μεγαλύτερες εντάσεις παρατηρήθηκαν στις Πλαταιές (IX+), Καπαρέλλι (IX), Μελισσοχώρι (VIII+), Σκούρτα, Πρόδρομο, Οινόφυτα, Μαυρομάτι, Βάγια και Υψηλάντης (VIII).

#### 2.4.2 Πρόσφατη Σεισμικότητα

Η ευρύτερη περιοχή της Χαλκίδας παρουσιάζει αξιοσημείωτη σεισμική δραστηριότητα, όπως φαίνεται και στους χάρτες των **Εικόνων 2 – 7** και **2 – 8**.



**Εικόνα 2 - 7.** Σεισμικά επίκεντρα της ανατολικής κεντρικής Ελλάδας - σε κύκλο τα επίκεντρα των σεισμών που επηρέασαν την ευρύτερη περιοχή της Χαλκίδας (στοιχεία από το γεωδυναμικό ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών)

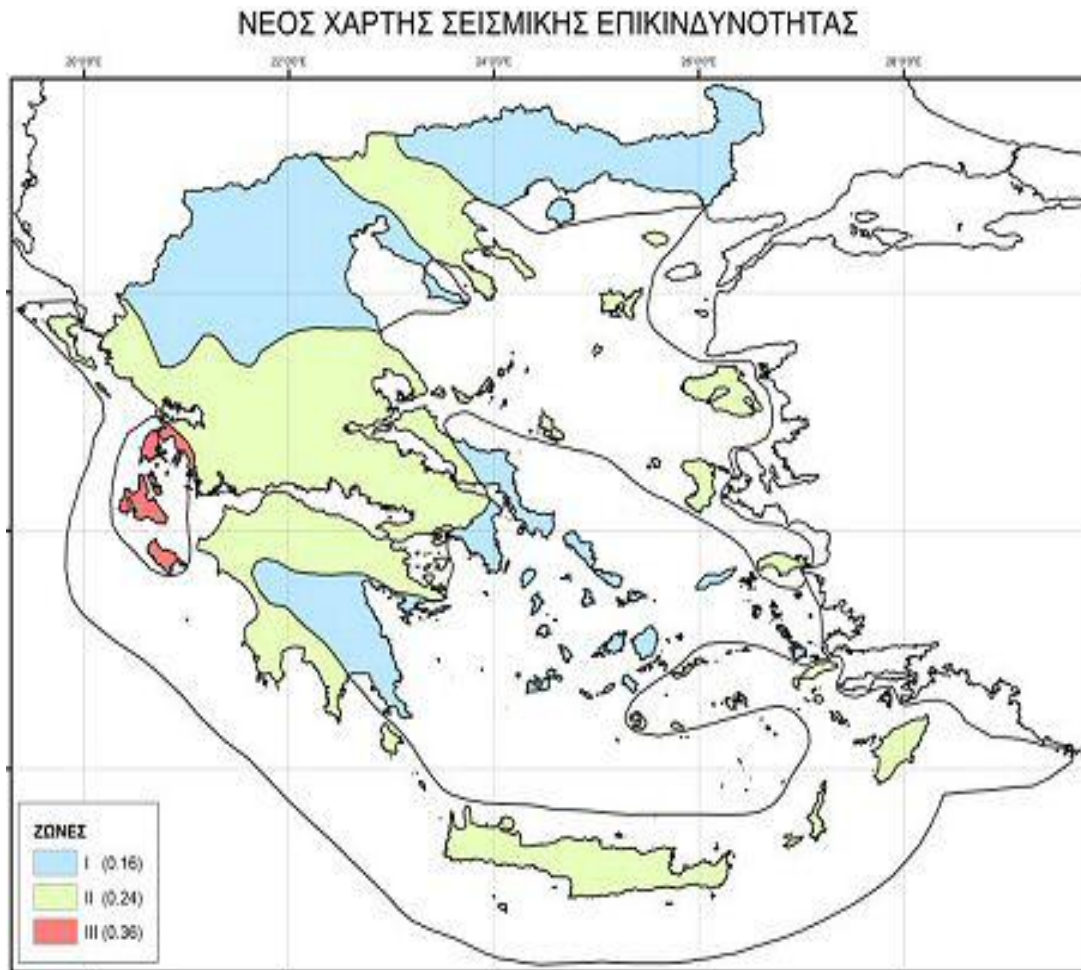


**Εικόνα 2 - 8.** Χάρτης με τα σεισμικά επίκεντρα (περιόδου 1964 – 2006) της ευρύτερης περιοχής της Χαλκίδας (στοιχεία από το γεωδυναμικό ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών)

Στον χάρτη με τα σεισμικά επίκεντρα (περιόδου 1964 – 2006) της ευρύτερης περιοχής της Χαλκίδας, με μεγέθη σεισμών 2.7 – 7.0 Richter, παρατηρείται μία έντονη συγκέντρωση σεισμών στην περιοχή των Ψαχνών με εμφανή ευθυγράμμιση σε διεύθυνση περίπου Α – Δ.

Σύμφωνα με το Χάρτη Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας του Ελληνικού Χώρου (**Εικόνα 2 – 9**), που αναφέρεται στο Νέο Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΟΑΣΠ 2000), η ευρύτερη περιοχή της Χαλκίδας ανήκει στη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II.





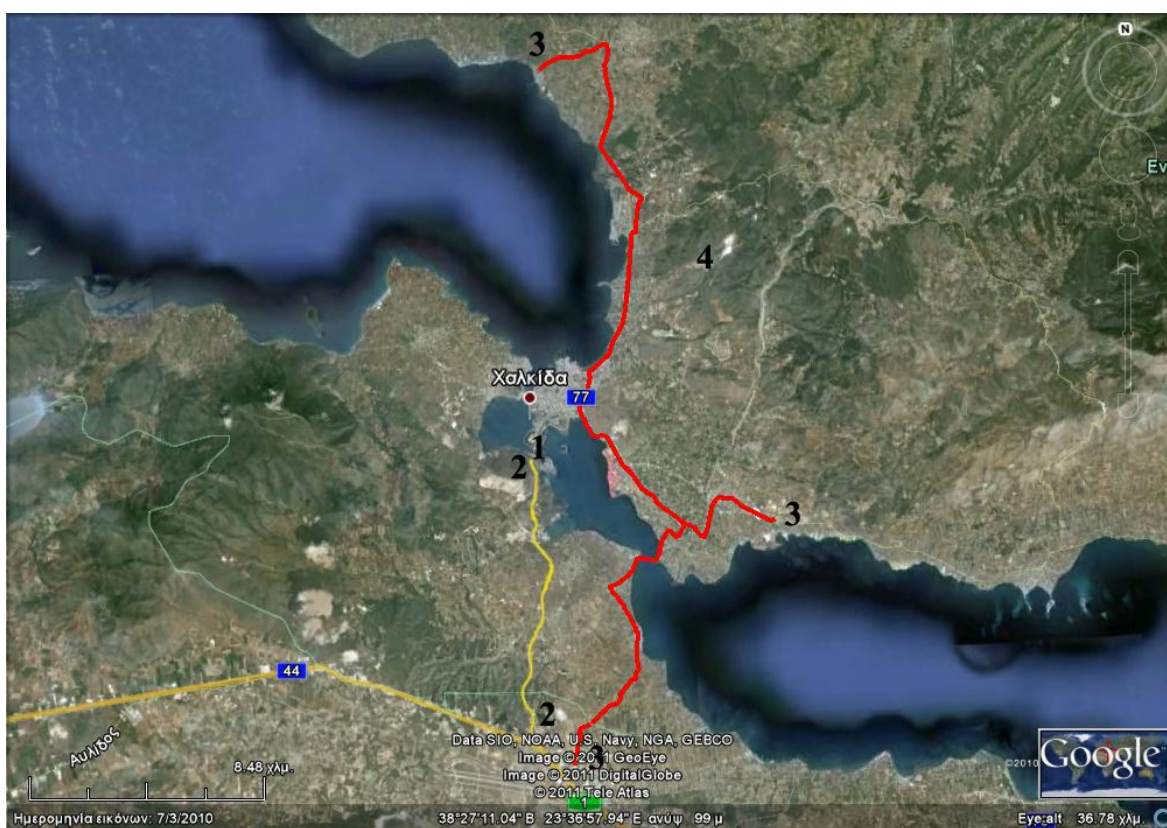
**Εικόνα 2 - 9.** Χάρτης Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδας σύμφωνα με το Νέο Αντισεισμικό Κανονισμό (ΟΑΣΠ, ΕΑΚ 2000)

Όσον αφορά τη σεισμικότητα της ευρύτερης περιοχής της Χαλκίδας, πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα ακόλουθα (Λέκκας, 2002) :

1. Η ευρύτερη περιοχή της Χαλκίδας βρίσκεται σε ζώνη με μέση έως υψηλή σεισμική δράση. Από τη στατιστική ανάλυση των σεισμικών μεγεθών προκύπτουν οι ακόλουθες μέσοι περίοδοι επανάληψης: Σεισμοί με  $M=5.5R$  κάθε 3,2 χρόνια, σεισμοί με  $M=6.1R$  κάθε 14 χρόνια, σεισμοί με  $M=6.5R$  κάθε 38,5 χρόνια και σεισμοί με  $M=6.9R$  κάθε 120 χρόνια.
2. Σύμφωνα με τα ενόργανα δεδομένα του παρόντα αιώνα η σεισμική δραστηριότητα μέσα στα όρια του Δήμου Χαλκιδέων είναι ασθενέστερη από εκείνη των ιστορικών χρόνων και χαρακτηρίζεται από σχετικά μικρά μεγέθη. Αντίθετα, η σεισμικότητα στην ευρύτερη περιοχή σε ακτίνα 30-70 km είναι υψηλότερη.
3. Από την ανάλυση της σεισμικής επικινδυνότητας προκύπτει ότι η μέγιστη αναφερόμενη σεισμική επιτάχυνση στην ευρύτερη περιοχή είναι 0.30g με περίοδο επανάληψης 475 χρόνια και 0.35g με περίοδο επανάληψης 949 χρόνια.

### 3. ΤΕΧΝΙΚΑ ΕΡΓΑ ΣΤΗΝ ΕΥΡΥΤΕΡΗ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΧΑΛΚΙΔΑΣ

Τα τεχνικά έργα που εξετάστηκαν στην ευρύτερη περιοχή Χαλκίδας από την άποψη της επίδρασης της γεωλογικής δομής και κυρίως των ρηγμάτων στο στάδιο μελέτης και κατασκευής τους, είναι η Υψηλή Γέφυρα Χαλκίδας με το νέο Εθνικό δρόμο «Σχηματάρι-Χαλκίδα», ο Αγωγός Φυσικού Αερίου Μέσης πίεσης και ο νέος ΧΥΤΑ του Δήμου Χαλκιδέων (Εικόνα 3 – 1). Τα γενικά γεωλογικά και νεοτεκτονικά χαρακτηριστικά της περιοχής στην οποία εδράζονται ή διασχίζουν τα έργα αυτά έχουν ήδη αναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο, ενώ τα ιδιαίτερα στοιχεία για κάθε έργο αναφέρονται παρακάτω.



**Εικόνα 3 - 1.** Φωτογραφία από το Google Earth με τις θέσεις των τεχνικών έργων που εξετάστηκαν στην ευρύτερη περιοχή Χαλκίδας : 1. Υψηλή Γέφυρα Χαλκίδας, 2. Εθνικός Δρόμος Σχηματάρι – Χαλκίδα, 3. Αγωγός Φυσικού Αερίου Μέσης Πίεσης, 4. ΧΥΤΑ του Δήμου Χαλκιδέων

## 4. ΥΨΗΛΗ ΚΑΛΩΔΙΩΤΗ ΓΕΦΥΡΑ ΧΑΛΚΙΔΑΣ

### 4.1 Τεχνικά Χαρακτηριστικά

Η Υψηλή Γέφυρα Ευρίπου, η οποία ξεκίνησε το Μάιο του 1985 και ολοκληρώθηκε το 1993, αποτελεί τμήμα της οδικής παράκαμψης της Χαλκίδας με συνολικό μήκος 694,5 m, ελεύθερο ύψος 34,2 m και ωφέλιμο πλάτος 12,6 m. Ενώνει τη Βοιωτική ακτή, κοντά στο εργοστάσιο τσιμέντου του ομίλου Lafarge, στη θέση Στενό, με την Ευβοϊκή ακτή, στο λόφο Μπαταριά. Διαθέτει δύο λωρίδες κυκλοφορίας των 4 m καθώς και τα αντίστοιχα πεζοδρόμια (Εικόνες 4 – 1 και 4 – 2).

Η Γέφυρα αποτελείται από τις προσβάσεις και το κεντρικό τμήμα. Τα στοιχεία του κεντρικού ανοίγματος επιτρέπουν τη διέλευση μεγάλων πλοίων που πλέουν από και προς τη Χαλκίδα. Η Γέφυρα είναι κρεμαστή στο κεντρικό της άνοιγμα (215 m) και στα παράπλευρα (2x90 m) προς αυτό ανοίγματα, δηλαδή σε μήκος 395 m, και συμβατική στο υπόλοιπο μήκος των 299,5 m. Το κατάστρωμα έχει διατομή πλάκας, εγκάρσια προεντεταμένης, μέγιστου πάχους 0,45 m. Είναι από σκυρόδεμα και αναρτάται με χαλύβδινα πλαίσια κάθε 6 m από δύο πυλώνες ύψους 90 m πάνω από τη θάλασσα.



Εικόνα 4 - 1. Η Υψηλή Γέφυρα Ευρίπου





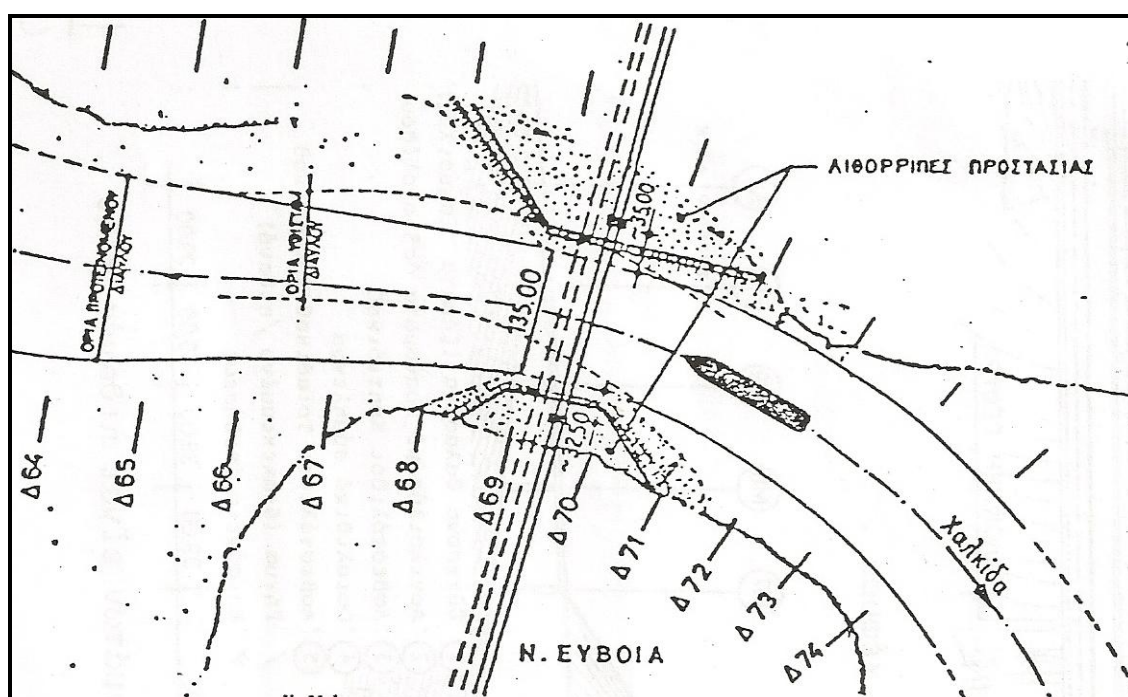
**Εικόνα 4 - 2.** Η Υψηλή Γέφυρα Ευρίπου με τους δύο κεντρικούς πυλώνες M5 (στην Στερεά Ελλάδα – αριστερά) και M6 (στην Εύβοια – δεξιά)

Ο κρεμαστός φορέας της γέφυρας συγκρατείται στη θέση του από 144 συρματόσχοινα, που με τη χρήση εξελιγμένων τεχνικών δεν διαπερνούν καν την πλάκα αλλά με τη βοήθεια μεταλλικών στοιχείων τη συγκρατούν στο ύψος της. Τα συρματόσχοινα κρέμονται από τους δύο πυλώνες και δένονται πάνω στο οδόστρωμα. Το κάθε καλώδιο αποτελείται από 7 μικρότερα συρματόσχοινα κοντά στους πυλώνες και από 22 στα μακρινά από τους πυλώνες σημεία.

Οι πυλώνες αποτελούνται από δίδυμους κιβωτιοειδούς διατομής στύλους, μεταβλητών διαστάσεων. Οι στύλοι συνδέονται στο επίπεδο του καταστρώματος και των κεφαλών με εγκάρσια ζυγώματα. Η κατασκευή των λεπτών και υψηλών αυτών πυλώνων έγινε με ολισθαίνοντες ξυλότυπους και η κατασκευή του καταστρώματος της Γέφυρας με ειδικά για το σκοπό αυτό σχεδιασμένα φορεία. Οι γέφυρες προσβάσεως, μήκους 4x35,875 m (στη Βοιωτία) και 4x39 m (στην Εύβοια) αποτελούνται από προκατασκευασμένες προεντεταμένες δοκούς διατομής διπλού Ταυ και επί τόπου σκυροδετηθείσα εγκάρσια προεντεταμένη πλάκα κυκλοφορίας. Η έδραση των δοκών γίνεται σε δίδυμα κιβωτιοειδή βάθρα με ελαστικά εφέδρανα. Διατάξεις ασφαλείας (stoppers & buffers) προβλέπονται για να αποτρέψουν την πτώση των επί μέρους φατνωμάτων στο κενό αλλά και την πρόσκρουση τους στα βάθρα.

Η θεμελίωση των δύο πυλώνων του κεντρικού τμήματος έγινε με σύστημα φρεατοπασσάλων Φ120 σε βάθος 27 μέτρων στη Βοιωτική και 15 μέτρων στην Ευβοϊκή ακτή. Οι πυλώνες προστατεύονται από την πρόσκρουση των πλοίων με αναχώματα προστασίας αποτελούμενα από ισχυρές λιθορριπές και ογκόλιθους τα οποία είναι προϊόντα εκβραχισμών από το υπόλοιπο έργο (Εικόνα 4 – 3). Η αντιμετώπιση του προβλήματος βασίστηκε στην απορρόφηση της κινητικής ενέργειας του πλοίου κατά τέτοιο τρόπο ώστε :

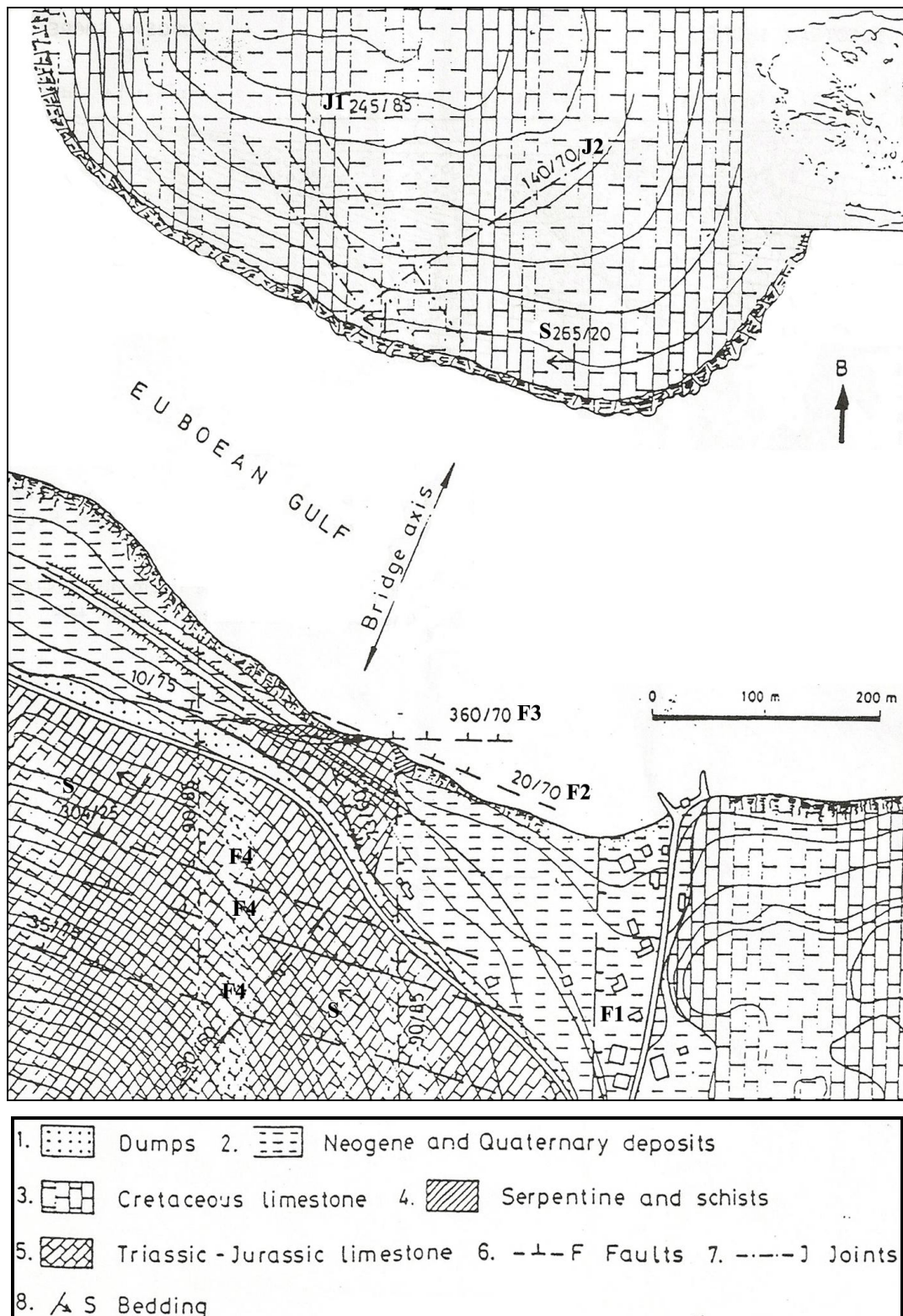
- α) να μη μεταβιβάζονται φορτία στα φέροντα τμήματα της θεμελίωσης, β) οι ζημιές στο ίδιο το πλοίο να είναι κατά το δυνατόν μικρότερες και γ) οι ζημιές στο έργο προστασίας να είναι εύκολα επιδιορθώσιμες.



**Εικόνα 4 - 3.** Οριζοντιογραφία της γέφυρας Χαλκίδας (Σταθόπουλος, 1987)

Η Γέφυρα κατασκευάστηκε από την κοινοπραξία «Τεχνική Εταιρεία Βόλου» Α.Ε. και «Ελληνική Τεχνοδομική» Α.Ε., με μελετητή τη «Δομή» Α.Ε. Η μελέτη του κρεμαστού φορέα έγινε από το Γερμανό καθηγητή πολιτικών και δομικών έργων S. Schleich. Η γεωτεχνική έρευνα, που ελήφθη υπόψη στην παρούσα Διπλωματική εργασία, έγινε από τη «Γεωμηχανική» ΕΠΕ. Η συνολική αξία του έργου έφτασε τα 3,25 δις δραχμές, εκ των οποίων τα 800 εκατ. στάλθηκαν στο εξωτερικό ως συνάλλαγμα, επειδή εκτός από τα υλικά που αγοράστηκαν, συνεργάστηκαν για την κατασκευή και τέσσερες ξένες εταιρείες: μία γερμανική (στη μελέτη), μία γαλλική (στον έλεγχο), μία αυστριακή (στην κατασκευή των πυλώνων) και μία ελβετική (στην κατασκευή των καλωδίων).

## 4.2 Γεωλογική Θεώρηση της Περιοχής



**Εικόνα 4 - 4.** Γεωλογικός Χάρτης της στενής περιοχής της Γέφυρας (Σταθόπουλος, 1987) 1: Φερτές Ύλες, 2: Νεογενείς και Τεταρτογενείς Αποθέσεις, 3: Κρητιδικό Ασβεστόλιθοι, 4: Σερπεντινίτες και Σχιστόλιθοι, 5: Τριαδικό – Ιουρασικό Ασβεστόλιθοι, 6: Ρήγμα, 7: Διακλάσεις, 8: Στρώση



Η εξάπλωση και η δομή των γεωλογικών σχηματισμών στην περιοχή της ζεύξης Βοιωτίας-Χαλκίδας, είναι η ακόλουθη (**Εικόνα 4 – 4**):

- Η Βοιωτική ακτή, με το λόφο Μεγάλο Βουνό, δομείται από ασβεστόλιθους και δολομίτες ηλικίας Τριαδικού. Είναι μέσο- ως παχυστρωματώδεις, με μέτριες κλίσεις ( $20^{\circ}$  -  $30^{\circ}$ ) προς τα ΒΔ.
- Η Ευβοϊκή ακτή, με το λόφο Μπαταριά, συνίσταται από νεότερους, Κρητιδικής ηλικίας, ασβεστόλιθους, κυρίως μεσοστρωματώδεις, με ελαφρώς πιο ήπιες κλίσεις.

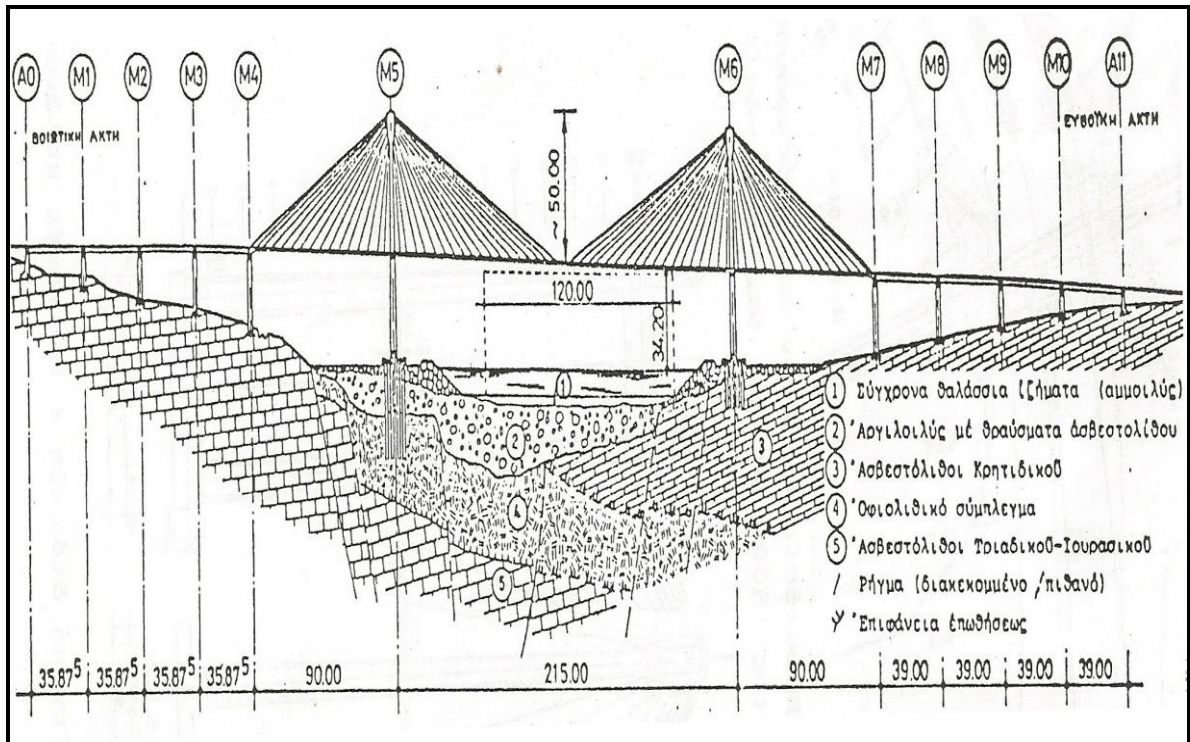
Ειδικότερα, τα γεωλογικά στρώματα που συναντώνται σε όλο το μήκος του έργου και στις γειτονικές του περιοχές, από τα νεότερα προς τα παλαιότερα είναι τα εξής (**Εικόνα 4 – 5**):

- **Ολοκαινικές Αποθέσεις:** Αποτελούνται κυρίως από αμμώδη και ιλυώδη υλικά με λίγα χαλίκια, που καλύπτουν τους παλαιότερους σχηματισμούς κυρίως στον θαλάσσιο πυθμένα και τις ακτές. Βρίσκονται στο κεντρικό τμήμα του διαύλου Χαλκίδας, το πάχος τους δεν ξεπερνά τα 3 m και είναι πολύ χαλαρά υλικά.
- **Πλειστοκαινικές Αποθέσεις:** Συναντώνται σε ολόκληρη σχεδόν την περιοχή τόσο στη Βοιωτική όσο και στην Ευβοϊκή πλευρά, σαν ασυνεχές κάλυμμα των υποκειμένων ασβεστολίθων. Αποτελούνται κυρίως από εναλλαγές ερυθρών αργίλων με άμμο και ασβεστολιθικών κροκάλων ή λατυπών μέσα σε αργιλοαμμώδες υλικό. Το πάχος τους στην ξηρά δεν ξεπερνά τα 8 m ενώ στον πυθμένα της θάλασσας, προς τη νότια πλευρά, φθάνει τα 20 m. Έχουν υποστεί ικανοποιητική συμπίκνωση, διαγένεση και αποσβέστωση. Η σύνδεση των κροκάλων και λατυπών είναι συνήθως ασθενής εκτός λίγων περιπτώσεων, ιδιαίτερα κοντά στις ακτές της Βοιωτίας, όπου έχει εμπλουτισθεί σε ασβεστιτικό υλικό και είναι ισχυρή.
- **Άνω Κρητιδικοί Ασβεστόλιθοι:** Καλύπτουν όλη την έκταση του λόφου Μπαταριά της Ευβοϊκής ακτής και ένα τμήμα του πυθμένα του διαύλου προς την Εύβοια (**Εικόνα 4 – 6**). Ο λόφος αποτελεί ένα αντίκλινο με άξονα διεύθυνσεως ΒΒΔ – ΝΝΑ. Οι ασβεστόλιθοι είναι στιφροί, μέσο- έως παχυστρωματώδεις, έχουν χρώμα λευκόφαιο μέχρι σκούρο φαιό και επικαλύπτονται κατά τόπους από ερυθρογή, πολύ μικρού πάχους. Το πάχος των στρωμάτων κυμαίνεται μεταξύ 0,30 και 1,5 m. Δεν υπάρχουν παρεμβολές λεπτών στρώσεων μαργών μεταξύ των στρωμάτων των ασβεστόλιθων και έτσι η επαφή μεταξύ τους είναι πολύ καλή ώστε να ενισχύεται η αντίσταση τριβής στις ασυνέχειες στρώσεως. Οι ασβεστόλιθοι

αυτοί διασχίζονται από δύο κύρια συστήματα διακλάσεων (J1 και J2) κάθετα προς τη στρώση. Η μέση πυκνότητα των διακλάσεων είναι συνήθως 2,5-3 m και οι ασβεστόλιθοι χωρίζονται σε ορθογώνια blocks διαστάσεων 1,5-5 m. Το σύστημα J1 στη βόρεια ακτή θεμελίωσης (Ευβοϊκή πλευρά), είναι πιο εμφανές και η θαλάσσια διάβρωση είναι πιο έντονη κατά μήκος των διακλάσεων αυτών. Τα στρώματα κλίνουν ελαφρά προς τα δυτικά ( $265^{\circ}/20^{\circ}$ ), οι διακλάσεις του συστήματος J1 προς νοτιοδυτικά ( $245^{\circ}/85^{\circ}$ ) και οι διακλάσεις J2 προς νοτιοανατολικά ( $140^{\circ}/70^{\circ}$ ). Οι ασβεστόλιθοι αυτοί παρουσιάζουν επιφανειακά διευρυμένα καρστικά έγκοιλα. Αυτά, όπως και οι διευρυμένες διακλάσεις, είναι είτε εντελώς κενά, είτε περιέχουν άργιλο και θραύσματα του περιβάλλοντος πετρώματος, όχι καλά συγκολλημένα μεταξύ τους, ενώ σε αρκετές περιπτώσεις έχουν πληρωθεί εντελώς από την απόθεση και κρυστάλλωση ασβεστίτη.

- **Οφιόλιθοι – Σχιστοκερατόλιθοι:** Τα πετρώματα αυτά εντοπίζονται με περιορισμένο πάχος και έκταση στη νότια (Βοιωτική) ακτή. Στον πυθμένα της θάλασσας και κάτω από τις τεταρτογενείς αποθέσεις παρουσιάζουν αρκετό πάχος, μέχρι και 30 m, και πρέπει να καλύπτουν μεγάλη έκταση. Αποτελούνται κυρίως από σερπεντινίτες και λιγότερο από στρώσεις κερατόλιθων, πλούσιες σε πηλιτικό υλικό. Αποτελούν ένα σύμπλεγμα (melange) πετρωμάτων ανωιουρασικής και κατωκρητιδικής ηλικίας. Τα πετρώματα στην επιφάνεια είναι συνήθως σαθρά και σπάνια παρατηρούνται συμπαγείς όγκοι σερπεντινιτών, που είναι πάντως μικρών διαστάσεων. Το χρώμα τους ποικίλλει από πρασινωπό ανοικτό ή σκούρο (σερπεντινίνες) μέχρι καστανό (σχιστοκερατόλιθοι) σε συνεχείς και ακατάστατες μεταξύ τους εναλλαγές στο χώρο. Στρωματογραφικώς τοποθετούνται μεταξύ των ανωκρητιδικών και των υποκειμένων τριαδικών ασβεστολίθων. Η επαφή τους όμως είναι εδώ τεκτονική.
- **Ασβεστόλιθοι Ανωτριαδικής – Κατωιουρασικής Ηλικίας:** Οι ασβεστόλιθοι αυτοί απαντούν στη νότια (Βοιωτική) πλευρά θεμελίωσης και καλύπτουν μεγάλη έκταση του πυθμένα του διαύλου (**Εικόνα 4 – 7**). Είναι στιφροί, με χρώμα παρόμοιο με τους ασβεστόλιθους του Κρητιδικού. Κοντά στην ακτή και στη συνέχεια κάτω από τον πυθμένα της θάλασσας οι ασβεστόλιθοι είναι άστρωτοι και έχουν διακλάσεις, ακανόνιστες και κατά αραιά διαστήματα. Οι διακλάσεις και οι ρωγμές του πετρώματος παρουσιάζονται εδώ πιο κλειστές έτσι ώστε οι αργιλικές πληρώσεις περιορίζονται σε μικρό μόνο βάθος από την επιφάνεια του εδάφους ενώ

βαθύτερα τα καρστικά έγκοιλα παρουσιάζονται συνήθως πληρωμένα με συμπαγή ασβεστίτη ή είναι τελείως κενά. Πιο νότια, στην πλευρά του λόφου Μεγάλο Βουνό, οι ασβεστόλιθοι είναι στρωματώδεις, σε θέσεις όμως όπου δεν επηρεάζουν τη θεμελίωση. Η καρστική διάβρωση είναι εμφανής αλλά όχι τόσο όσο να δημιουργεί επικίνδυνες συνθήκες. Τα καρστικά έγκοιλα και οι καρστικοί αγωγοί και εδώ, όπως και στην απέναντι πλευρά, είναι μικρού εύρους σε σχέση με την έκταση που καταλαμβάνει η βάση των βάθρων.



**Εικόνα 4 - 5.** Γεωλογική τομή στη θέση έδρασης της Γέφυρας Χαλκίδας (Γεωλογία από τους Μαρίνο, Φυτρολάκη και Βαϊνάλη, σχεδιαστικά στοιχεία γέφυρας από Σταθόπουλο, 1987)





**Εικόνα 4 - 6.** Άνω Κρητιδικοί Ασβεστόλιθοι (στο λόφο του Μπαταριά στην Ευβοϊκή Ακτή)



**Εικόνα 4 - 7.** Ασβεστόλιθοι Ανωτριάδικής – Κατωιουρασικής Ηλικίας (στη Βοιωτική πλευρά θεμελίωσης)



### 4.3 Υδρογεωλογία – Καρστικότητα

Κατά την εκσκαφή των πρανών του δρόμου και των βάθρων της Γέφυρας τόσο στη Βοιωτική όσο και στην Ευβοϊκή πλευρά, δεν συναντήθηκε υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας παρά μόνο στη στάθμη της θάλασσας. Έτσι δεν συναντήθηκε καθόλου νερό κατά τις εκσκαφές αυτές, εκτός φυσικά των επιφανειακών απορροών. Ολόκληρη η περιοχή έδρασης της Γέφυρας καλύπτεται από ασβεστόλιθους Κρητιδικής ή Τριαδικο-Ιουρασικής ηλικίας με ποικίλο, στις περισσότερες περιπτώσεις μεγάλο, βαθμό αποκάρσωσης. Η ιδιότητα αυτή του πετρώματος επιτρέπει την κατείσδυση και ελεύθερη διακίνηση του νερού μέσα στη μάζα του με τάση ισορροπίας υπέρ του θαλάσσιου ορίζοντα. Αποτέλεσμα της κίνησης αυτής του νερού είναι η εκδήλωση μικρών καρστικών πηγών στο υψόμετρο περίπου της θάλασσας, το νερό των οποίων υφίσταται άμεσα την επίδραση της (υφαλμύρωσης).

Η συμμετοχή των σχηματισμών των πλευρικών κορημάτων, που καλύπτουν σε πολλά σημεία τους ασβεστόλιθους, στο υδρογεωλογικό καθεστώς της στενής περιοχής περιορίζεται στην κατακράτηση κάποιας υγρασίας και στη μικρή μείωση της κατείσδυσης του νερού στη μάζα των ασβεστόλιθων με αντίστοιχη αύξηση της επιφανειακής απορροής.

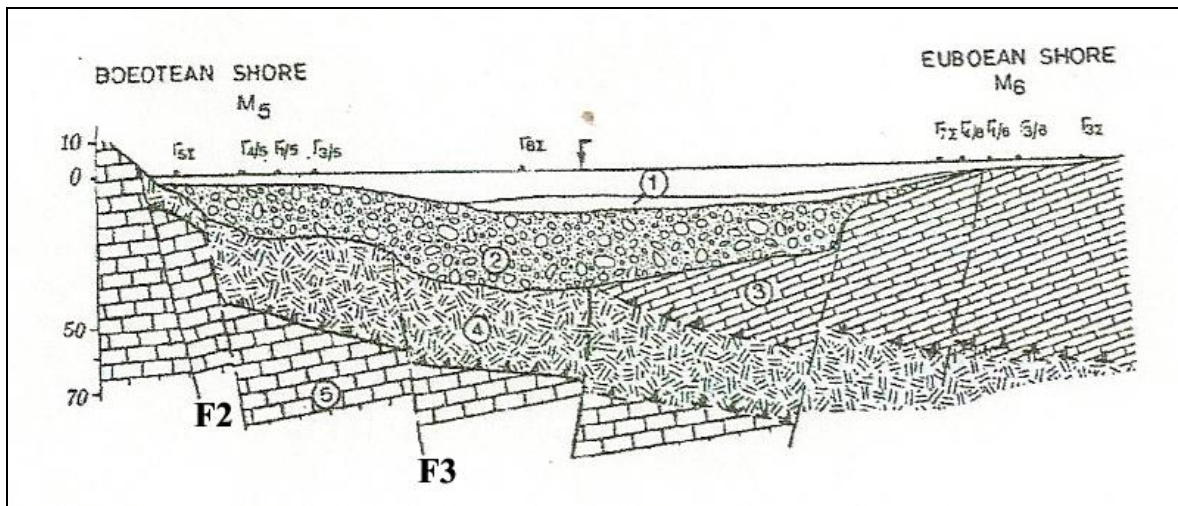
Στις θέσεις που υπάρχει μεγαλύτερη έκθεση της επιφάνειας των ασβεστόλιθων στους ατμοσφαιρικούς παράγοντες, εκεί είναι μεγαλύτερες οι πιθανότητες εμφάνισης υπογείων καρστ λόγω της άμεσης κατείσδυσης των νερών μέσω των διακλάσεων και των ρωγματώσεων του πετρώματος. Έτσι αυτές διαβρώνονται, διευρύνονται και γεμίζουν τις περισσότερες φορές με συμπασυρόμενους ερυθροπηλούς και θραύσματα ασβεστολίθων. Λόγω της φύσης του πετρώματος όμως δεν μπορεί να αποκλειστεί ενδεχόμενη παρουσία μεγάλου καρστικού εγκοίλου σε κάποια θέση.

Σαν αποτέλεσμα της έντονης γενικά καρστικοποίησης των ασβεστολίθων, έχουμε την εμφάνιση μικρότερης ή μεγαλύτερης έκτασης επιφανειακών καθιζήσεων στην περιοχή. Κυριότερη καθίζηση είναι μία μεγάλης έκτασης που είχε εντοπιστεί στη Βοιωτική ακτή. Αυτές οι καθιζήσεις δημιουργούνται από την κατάπτωση της οροφής εγκοίλου ή συνεχόμενων εγκοίλων.

## 4.4 Τεκτονική Δομή

### 4.4.1 Οι Τεκτονικοί Χαρακτήρες

Ο Ευβοϊκός κόλπος, όπως αναφέρθηκε παραπάνω, αποτελεί μια νεοτεκτονική τάφρο που σχηματίστηκε από ρήγματα, τα οποία έχουν γενική διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, ενώ παρατηρούνται και δευτερεύοντα ρήγματα, κάθετα προς τα προηγούμενα. Η περιοχή θεμελίωσης της Γέφυρας αποτελεί ένα μικρό τμήμα της ευρύτερης τεκτονικής τάφρου. Η Γέφυρα δηλαδή είναι θεμελιωμένη πάνω σε δύο ανεξάρτητα τεκτονικά τεμάχη (horsts) μεταξύ των οποίων παρεμβάλλεται η τάφρος. Τα ρήγματα της τάφρου είναι κανονικά. Αν και δε φαίνονται μέσα στην τάφρο και στο βόρειο κέρασ, με τα δεδομένα της έρευνας στο νότιο κέρασ καθώς και των γεωτρήσεων που έγιναν μέσα στην τάφρο, σχεδιάστηκαν αρκετά αξιόπιστα στην κατά μήκος τομή (Εικόνα 4 – 8).



**Εικόνα 4 - 8.** Γεωλογική τομή του στενού της ζεύξης (Μαρίνος, 1994) : 1 : Πρόσφατες θαλάσσιες αποθέσεις, 2 : Άργιλοι και ιλύες, με ασβεστολιθικά τεμάχη, 3 : Κρητιδικοί ασβεστόλιθοι, 4 : Σύμπλεγμα οφιολίθων, 5 : Τριαδικοί – Ιουρασικοί ασβεστόλιθοι, F : Ρήγματα, Γ : Γεωτρήσεις, Μ : Θέσεις πυλώνων

Στο νότιο κέρασ, παρατηρούνται δύο κύρια συστήματα ρηγμάτων. Το ένα έχει γενική διεύθυνση ΑΝΑ-ΔΒΔ και κλίνει προς ΒΒΑ ( $35^{\circ}/75^{\circ}$  έως  $10^{\circ}/70^{\circ}$ ) και το άλλο έχει διεύθυνση Β-Ν και κλίνει προς τα ανατολικά. Το πρώτο σύστημα είναι παράλληλο ή σχεδόν παράλληλο προς τα κύρια ρήγματα της τεκτονικής τάφρου του Ευβοϊκού κόλπου. Το ρήγμα F1 είναι μείζον και έχει μήκος αρκετών χιλιομέτρων αλλά και τα ρήγματα F2 και F3 εξελίσσονται προς τα βορειοδυτικά σε ένα μεγάλο ρήγμα. Τα τρία ρήγματα F4 είναι μικρότερα και σημειώνονται ενδεικτικά στους περίπου άξονες τους. Τα στρώματα κλίνουν

με μικρή γενικώς γωνία ( $20^\circ$ ) προς τα Δ ή ΔΒΔ ( $265^\circ$  στο βόρειο και  $305^\circ$  στο νότιο κέρασ) (**Εικόνα 4 – 4**).

Η μάζα των οφιολίθων της περιοχής θεωρείται επωθημένη πάνω στους Τριαδικούς ασβεστόλιθους, γεγονός στο οποίο οφείλεται και η μικρότερη επίδραση των ατμοσφαιρικών παραγόντων πάνω σε αυτούς. Στα χαμηλότερα σημεία της οφιολιθικής μάζας εναποτέθηκαν κυρίως φερτά υλικά από το Βοιωτικό τμήμα, όταν ο διάυλος ήταν ακόμη ξηρά (άργιλοι, κροκάλες ασβεστολίθων και σχιστοκερατόλιθων), ενώ ο μετέπειτα ρηγματογόνος τεκτονισμός βύθισε το τμήμα αυτό κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας. Τα υψηλότερα τμήματα της οφιολιθικής μάζας σε άμεση επαφή με την ατμόσφαιρα υπέστησαν σταδιακή αποσάθρωση και αποκάλυψαν στο μεγαλύτερο βαθμό τον υποκείμενο ασβεστόλιθο του Τριαδικού. Έτσι έχουμε μικρή εμφάνιση σερπεντινίνη στη Βοιωτική ακτή, δίπλα στον άξονα της χάραξης, που διαχωρίζεται από τον ασβεστόλιθο με εμφανές ρήγμα.

Σχετικά με τον παλαιότερο τεκτονισμό, πρέπει να τονιστεί ότι η οφιολιθική - σχιστολιθική σειρά είναι αλλόχθονη και η επαφή με τους υποκείμενους τριαδικούς ασβεστόλιθους είναι τεκτονική (επίπλευση). Επιπρόσθετα, κατά τις τελευταίες ορογενετικές εφαπτομενικές κινήσεις, οι ανωκρητιδικοί ασβεστόλιθοι ολίσθησαν πάνω στο υποκείμενο οφιολιθικό - σχιστολιθικό σύμπλεγμα. Έτσι και η επαφή αυτή είναι τεκτονική. Και οι δύο αυτές τεκτονικές επαφές παρουσιάζουν μυλωνιτίωση και αποτελούν επιφάνειες εύκολης ολίσθησης. Το ευνοϊκό εδώ στοιχείο, επιπλέον, είναι η μικρή κλίση των επιφανειών αυτών. Ειδικότερα η οφιολιθική - σχιστοκερατολιθική σειρά έχει καταπονηθεί έντονα τόσο κατά την επώθηση της, όσο και κατά τη σύνθλιψη της μεταξύ των δύο ασβεστολιθικών σειρών, οπότε και συμπεριφέρεται ως «μη ικανό» υλικό σε αντίθεση με τους ασβεστόλιθους.

#### **4.4.2 Το Θέμα της Ενεργότητας των Ρηγμάτων**

Σε ότι αφορά το θέμα της αξιολόγησης των ρηγμάτων που απαντούν στη στενή περιοχή του έργου, ποια δηλαδή από τα ρήγματα αυτά είναι ενεργά και ποιο το μέγεθος των πιθανών μέγιστων σεισμικών μετατοπίσεων κατά μήκος των ρηγμάτων, το σκεπτικό, σύμφωνα με την υπάρχουσα εμπειρία, έχει ως εξής:

- Σε ρήγματα που σε άλλες περιοχές έχουν παρουσιάσει γνωστή ανάδραση, παρατηρούνται συνήθως μεγάλες μετατοπίσεις (της τάξεως αρκετών δεκάδων του μέτρου), στα τμήματα τους εκείνα που διαχωρίζουν συμπαγείς από λιγότερο

συμπαγείς ή χαλαρούς σχηματισμούς (συνήθως οι μέγιστες μετατοπίσεις παρατηρούνται στο όριο του υποβάθρου με την αλλουβιακή πεδιάδα).

- Τα διαμήκη ρήγματα ήταν τα πιο «ζωηρά» στην τελική διαμόρφωση του γενικότερου χώρου του Ευβοϊκού κόλπου.
- Δεν φαίνονται μορφολογικές ενδείξεις ενεργότητας στα ρήγματα της περιοχής του Στενού. Το ρήγμα της Βοιωτικής ακτής (F3) παρουσιάζει πάντως μορφολογικούς χαρακτήρες σε κάθε του πλευρά, πιο έντονους απ' εκείνους του πιθανολογούμενου ρήγματος της Ευβοϊκής πλευράς, που περνά από την περιοχή του βάθρου M6. Το ρήγμα αυτό F3 δε διέρχεται από τη στενή ζώνη του βάθρου M5.
- Τα κύρια χαρακτηριστικά όλων σχεδόν των ρηγμάτων είναι δύο: Οι επιφάνειες τους δεν είναι λείες αλλά διαβρωμένες (παλιότερες κινήσεις), οπότε λαμβανόμενες και ως μεγάλες επιφάνειες ασυνέχειας, ο συντελεστής τριβής εμφανίζεται ως ικανοποιητικός. Το άλλο χαρακτηριστικό είναι ότι οι περισσότερες επιφάνειες των ρηγμάτων έχουν καλυφθεί με ασβεστιτικές κρούστες και οι κενοί χώροι έχουν πληρωθεί με «απολιθωμένα» εδάφη ερυθρών ή ερυθροκίτρινων αργίλων ή και με ασβεστίτη, γεγονός που σημαίνει ότι στο πρόσφατο παρελθόν τα ρήγματα αυτά δεν έχουν ενεργοποιηθεί.

Έτσι μπορούμε να συμπεράνουμε ότι η πιθανότητα σχετικής σεισμικής μετατόπισης ή διαφορικής κίνησης της μιας ακτής ως προς την άλλη, εμφανίζεται πολύ περιορισμένη. Ωστόσο ελήφθη υπόψη στην ανάλυση του έργου το ενδεχόμενο διαφορικής καθίζησης μεταξύ των δύο κύριων βάθρων ίσης προς 0,2 m.

#### **4.5 Σεισμικότητα**

Όπως αναφέρθηκε, η περιοχή έδρασης της Γέφυρας βρίσκεται στις παρυφές ή μέσα στην τεκτονική τάφρο του Ευβοϊκού κόλπου, που γενικά έχει παρουσιάσει αυξημένη σεισμικότητα, η οποία προέρχεται κύρια από τις πλησίον ευρισκόμενες γνωστές σεισμικές εστίες της Θήβας και του Ωρωπού.

Ο μέγιστος αναμενόμενος σεισμός για την ευρύτερη περιοχή της Χαλκίδας υπολογίστηκε σε  $M=6,5-7,0$  βαθμούς της κλίμακας Richter, επειδή συνεκτιμήθηκαν και οι γειτονικές περιοχές της Θήβας, του Ανατολικού Κορινθιακού κόλπου και της Αταλάντης. Ειδικότερα όμως η περιοχή του Κεντρικού Ευβοϊκού ανήκει στις περιοχές με μέση σεισμικότητα και για την πόλη της Χαλκίδας τα μακροσεισμικά δεδομένα δε δείχνουν αξιόλογες καταστροφές τα τελευταία 500 χρόνια.

Σειρά μελετών που εκπονήθηκαν από το Δρακόπουλο (1984) έδωσαν τα εξής αποτελέσματα (Σταθόπουλος, 1987):

- Για την ευρύτερη περιοχή του Κεντρικού Ευβοϊκού το πλέον πιθανό μέγιστο μέγεθος σεισμού στα επόμενα 100 χρόνια είναι  $M=6,8$ . Το μέγεθος με 90% πιθανότητα να μη γίνει υπέρβαση του στα επόμενα 50 χρόνια βρέθηκε για την ίδια περιοχή ίσο με  $M=7,0$ .
- Οι εδαφικές κινήσεις που έχουν μία σχετικά μεγάλη πιθανότητα 90 έως 95% να μην υπερβληθούν στα επόμενα 100 έως 200 χρόνια (που πρακτικά σημαίνει περίοδο επανάληψης της τάξεως των 900-1000 χρόνων) είναι οι ακόλουθες :  $a = 0,20g$ ,  $v = 0,15cm/sec$ ,  $d = 5,0cm$  όπου  $a =$  Μέγιστη Σεισμική Επιτάχυνση,  $v =$  Σεισμική Ταχύτητα και  $d =$  Επιφανειακή Μετατόπιση.

Όλα τα παραπάνω αναφέρονται σε μία περιοχή με κέντρο το σημείο του έργου και ακτίνα 110 χιλιομέτρων γύρω του. Γενικά, η μελέτη Σεισμικής Επικινδυνότητας βασισμένη στο γεγονός ότι οι σεισμοί της περιοχής έχουν ένα μέσο βάθος 10-25 χιλιόμετρα και ακολουθώντας τις μεθοδολογίες των Seed, Newmark & ATC κατέληξε στο κατάλληλο φάσμα σχεδιασμού όπου φαίνεται ότι έργα με υψηλή ιδιοπερίοδο, όπως η εν λόγω Γέφυρα, καταπονούνται ελάχιστα σε σεισμό.

#### **4.6 Τεχνικογεωλογικές - Γεωτεχνικές Συνθήκες Θεμελίωσης**

Οι εκτιμήσεις που διατυπώνονται για τη συμπεριφορά του γεωλογικού υλικού σε κάθε βάθος θεμελίωσης βασίζονται στη γεωλογική χαρτογράφηση, στη μελέτη των πυρήνων των γεωτρήσεων, στα αποτελέσματα των δοκιμών εργαστηρίου καθώς και στις επιτόπου δοκιμές. Η εκτέλεση του γεωερευνητικού προγράμματος έγινε από την ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΕ. Αναλυτικότερα, η Γεωτεχνική έρευνα του έργου περιλάμβανε τις ακόλουθες εργασίες:

##### **4.6.1 Εργασίες Υπαίθρου**

Οι εργασίες υπαίθρου περιλάμβαναν τελικά την εκτέλεση:

1. Πενήντα πέντε (55) ερευνητικών δειγματοληπτικών γεωτρήσεων – πέντε (5) γεωτρήσεις ανά βάθος – με αντίστοιχες επί τόπου δοκιμές ανάλογα με το είδος του εξεταζόμενου γεωλογικού σχηματισμού. Οι δειγματοληπτικές γεωτρήσεις έγιναν με στόχο:

- Τη διερεύνηση στις περιοχές των βάθρων των υφισταμένων γεωλογικών, λιθολογικών, τεκτονικών και υδρογεωλογικών συνθηκών σε βάθος και τον εντοπισμό τυχόν ασθενών ζωνών (έγκοιλα, έντονα τεκτονισμένες περιοχές κλπ.).
- Τη λήψη χρήσιμων στοιχείων για την εκτίμηση της ποιότητας και των μηχανικών χαρακτηριστικών των πετρωμάτων στις υπ' όψη περιοχές.

Οι γεωτρήσεις των βάθρων Αο, Μ1, Μ2, Μ3, Μ7, Μ8, Μ9, Μ10, Α11 έγιναν στην ξηρά, ενώ των βάθρων Μ5 και Μ6 από επιχώματα που κατασκευάστηκαν μέσα στη θάλασσα. Στις γεωτρήσεις αυτές έγιναν δοκιμές διαπερατότητας κατά LUGEON, LEFRANC και MAAG ανάλογα με τις εκάστοτε επικρατούσες συνθήκες στη βραχώμαζα.

Στις γεωτρήσεις των βάθρων Μ5, Μ6, Α11 και Αο έγιναν δοκιμές πρότυπης διείδυσης (SPT) με σκοπό τον προσδιορισμό της πυκνότητας και τον ποιοτικό έλεγχο αντοχής των υλικών χαμηλής αντοχής, μεγάλης παραμορφωσιμότητας (θαλάσσια ιζήματα και πλευρικά κορήματα, μαλακοί ή αποσαθρωμένοι βραχώδεις σχηματισμοί).

2. Πενήντα έξι (56) δοκιμών πρεσσιομέτρησης που έγιναν σε δύο γεωτρήσεις (ΔΠ1 και ΔΠ2) του βάθρου Μ5. Σκοπός των δοκιμών αυτών ήταν να προσδιοριστούν τα χαρακτηριστικά παραμορφωσιμότητας ή και αντοχής των σχετικά μαλακών βραχωδών σχηματισμών.
3. Εκατόν δέκα εννέα (119) ερευνητικών διασκοπήσεων με διατρητικό φορείο (WAGON DRILL) εξοπλισμένο με σύστημα ENPASOL από τις οποίες συνολικά έντεκα διασκοπήσεις, μία σε κάθε βάθρο, αποτέλεσαν δοκιμές βαθμονόμησης. Οι διασκοπήσεις με διατρητικό φορείο έγιναν με στόχο τον εντοπισμό «ασθενών ζωνών» (μεγάλες ασυνέχειες, έγκοιλα, τμήματα έντονα τεκτονισμένα) και την ποιοτική βαθμονόμηση της βραχώμαζας στις θέσεις θεμελίωσης των βάθρων. Για αυτό το λόγο προσαρμόστηκε στο διατρητικό φορείο το σύστημα ENPASOL.



#### 4.6.2 Εργαστηριακές δοκιμές

Για τον προσδιορισμό των απαραίτητων παραμέτρων των διαφόρων σχηματισμών, ανάλογα βέβαια με τη φύση και το είδος των δειγμάτων, έγιναν οι παρακάτω εργαστηριακές δοκιμές:

1. Δοκιμές κατάταξης
  - Κοκκομετρήσεις με κόσκινα
  - Κοκκομετρήσεις με αραιόμετρο
  - Δοκιμές προσδιορισμού ορίων (ATTERBERG)
  - Δοκιμές αντοχής σε χαλάρωση (SLAKE DURABILITY)
2. Δοκιμές προσδιορισμού φυσικών χαρακτηριστικών
  - Προσδιορισμός φυσικής υγρασίας
  - Προσδιορισμός φαινομένου βάρους
  - Προσδιορισμός ειδικού βάρους
3. Δοκιμές προσδιορισμού μηχανικών χαρακτηριστικών
  - Δοκιμές ανεμπόδιστης θλίψης με ή χωρίς προσδιορισμό των ελαστικών σταθερών E και V
  - Δοκιμές στερεοποίησης
  - Δοκιμές τριαξονικής θλίψης χωρίς στερεοποίηση και χωρίς στράγγιση, με μέτρηση της πίεσεως των πόρων (UUPP)
  - Δοκιμές τριαξονικής θλίψης με στερεοποίηση και χωρίς στράγγιση, με μέτρηση της πίεσεως των πόρων (CUPP)
  - Δοκιμές απ' ευθείας διάτμησης (UU, CU)
  - Δοκιμές σημειακής φόρτισης (POINT LOAD TESTS)
  - Δοκιμές εφελκυσμού με τη μέθοδο φόρτισης κατά γενέτειρα (BRAZILIAN TEST)

#### 4.6.3 Βάθρα Βοιωτικής Ακτής (A0, M1, M2, M3)



**Εικόνα 4 - 9.** Βάθρα Βοιωτικής Ακτής

Τα βάθρα θεμελιώνονται στους ασβεστόλιθους του Τριαδικού, οι οποίοι στις συγκεκριμένες θέσεις δεν παρουσιάζουν διαταραχές από πλευράς ρηγματώσεως (**Εικόνα 4 – 9**).

Η επικάλυψη με χαλαρά φερτά υλικά ήταν πολύ μικρή, όπως και το ανώτερο χαλαρό τμήμα του πετρώματος που δε δημιούργησε προβλήματα εκσκαφών για τη διαμόρφωση του χώρου έδρασης. Εξάιρεση αποτέλεσε τμήμα του χώρου του βάθρου M1, όπου τα ασβεστολιθικά κορήματα με άργιλο ξεπερνούσαν τοπικά τα 4 m.

Η ποιότητα του ασβεστόλιθου με βάση το RQD ήταν καλύτερη σε γενικές γραμμές στη Βοιωτική πλευρά απ' ότι στην Ευβοϊκή. Ο ασβεστόλιθος είχε καλή τεχνική συμπεριφορά. Οι υψηλές τιμές RQD και οι τιμές αντοχής σε ανεμπόδιστη θλίψη (PLT και  $q_u$ ) ήταν χαρακτηριστικές της καλής του εμφάνισης. Τοπικά μόνο συναντήθηκαν κερματισμένα τμήματα και ειδικότερα στη γεώτρηση Γ3 του βάθρου M2 όπου μετά τα 6 m τα κερματισμένα τμήματα εναλλάσσονταν με συμπαγή. Όμοιες συνθήκες συναντήθηκαν και μετά τα 11 m και στη γεώτρηση Γ5 του ίδιου βάθρου. Η καλύτερη εμφάνιση αντιστοιχούσε στους ασβεστόλιθους του βάθρου M3. Καρστικά έγκοιλα και φαινόμενα

εσωτερικών διαβρώσεων δε συναντήθηκαν σε ιδιαίτερη πυκνότητα ή μεγέθη. Τα αποτελέσματα από τις δοκιμές περατότητας στους ασβεστόλιθους έδιναν μεν μεγάλες τιμές ( $10^{-3}$  -  $10^{-4}$  cm/sec) αλλά αντιστοιχούσαν σε πέτρωμα χωρίς ανοικτές ρωγμές και οπωσδήποτε όχι ιδιαίτερα καρστικό.

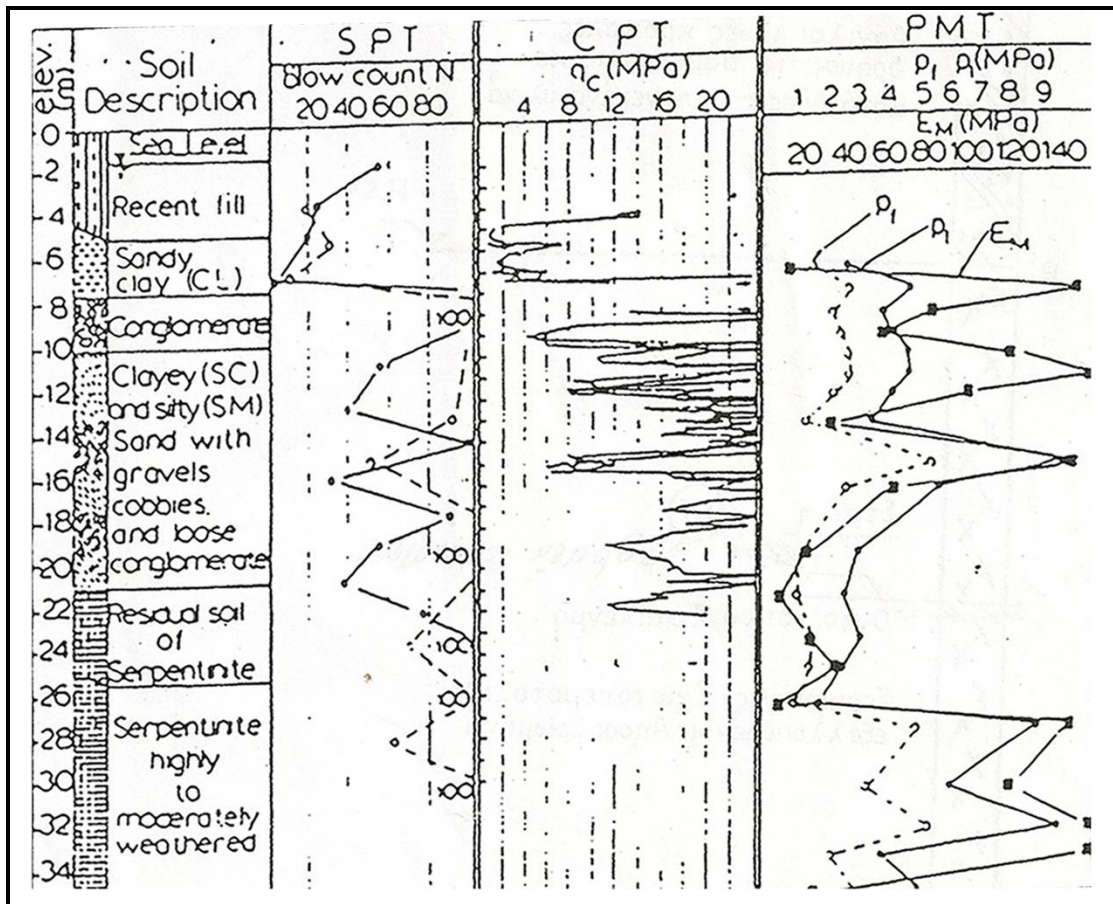
#### 4.6.4 Ο Πυλώνας M5 της Κεντρικής Γέφυρας

Η στρωματογραφία κάτω από το βάθρο των 90 m ύψους πυλώνα M5 περιλαμβάνει τις εξής στρώσεις :

- Τεχνητές επιχωματώσεις πάχους 4 – 6 m.
- Τις προσχώσεις του διαύλου (πάχος 13,5 – 19,5 m περίπου).
- Το σύστημα σχιστοκερατολίθων με οφιόλιθους (πάχους 24 – 31 m περίπου, έως 50 m από την επιφάνεια της θάλασσας).
- Τους τριαδικούς ασβεστόλιθους (ρωγματωμένους έως κερματισμένους και καρστικοποιημένους).

Οι προσχώσεις, από τεμάχια διαφόρων διαστάσεων κροκάλων, λατυπών και χαλίκων ασβεστολίθου σε αργιλοιλυώδες περιβάλλον, παρουσίαζαν μια αρκετά, για την κατηγορία τους πυκνή δομή.

Το σύστημα των σχιστοκερατολίθων και οφιολίθων παρουσίαζε μια μεγάλη πετρογραφική ανομοιογένεια και ακαταστασία και έντονα διατμημένο χαρακτήρα. Η κατάσταση αυτή, μαζί με την αποσάθρωση του πετρώματος, σε σερπεντίνη, που και αυτή παρουσιάζεται με μεγάλη ακαταστασία, έδινε τοπικά ένα υλικό με τεχνική συμπεριφορά περισσότερο εδάφους παρά βράχου. Χαρακτηριστικά της κατάστασης αυτής ήταν τα αποτελέσματα των πολλών δοκιμών που έγιναν στο υλικό αυτό (**Εικόνα 4 – 10**).



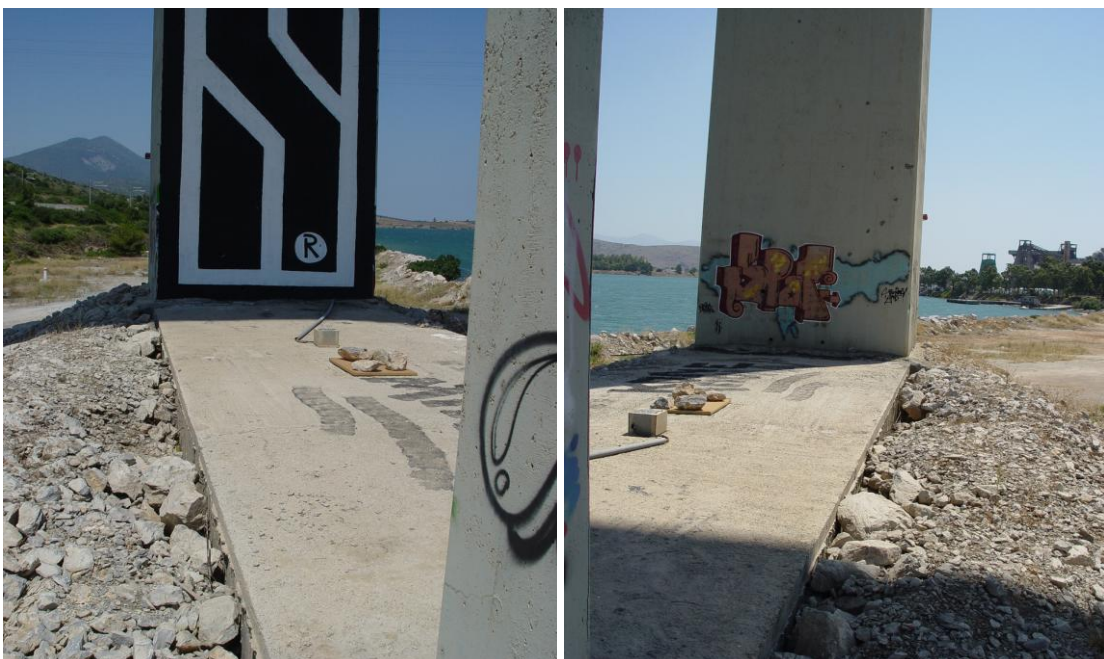
**Εικόνα 4 - 10.** Μέσα αποτελέσματα από την πρότυπη Δοκιμή Διεισδύσεως (SPT), τη Δοκιμή Κώνου Διεισδύσεως (CPT) και τη Δοκιμή Συμπυκνόμετρου Menard (ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ Ε.Π.Ε.)

Οι ασβεστόλιθοι κάτω από τους οφιόλιθους παρουσίαζαν γενικά μία καλή εικόνα από πλευράς συμπαγότητας. Σε ορισμένες από τις γεωτρήσεις παρουσιαζόταν απλώς μία μεγαλύτερη κάπως ρωγμάτωση και διάβρωση σε πάχος 1-2 m από τη διαχωριστική επαφή. Στην επαφή αυτή ο υπερκείμενος οφιόλιθος εμφανιζόταν κατακεραματισμένος (γεώτρηση Γ1).

Μία δεύτερη λεπτομερέστερη εξέταση έδειξε ότι, παρόλη την κακή ποιότητα της οφιολιθικής μάζας υπήρχαν τμήματα (ακανόνιστα πάντα), με συμπαγή και λιγότερο αποσαθρωμένο οφιόλιθο που «έπλεαν» μέσα στο γενικό σύνολο. Το γεγονός αυτό αύξανε μεν την ανομοιογένεια του υλικού αλλά βελτίωνε τη συνολική του συμπεριφορά. Από την παρατήρηση των πυρήνων των γεωτρήσεων προέκυψε μία γενική εντύπωση ότι το σύνολο θα είχε καλύτερη συμπεριφορά από εκείνη που υπονοούσαν τα μεμονωμένα αποτελέσματα των δοκιμών στα διάφορα τμήματα του συμπλέγματος αυτού. Οι επί τόπου δοκιμές πρεσσιόμετρου έδωσαν επίσης τις περισσότερες φορές την ίδια εντύπωση. Ο αριθμός κρούσεων των δοκιμών προτύπου διείσδυσης επιβεβαίωσε την ακαταστασία του υλικού. Η



ετερογένεια των ασθενών οφιόλιθων προσέδιδε τελικά στη μάζα τους μια «εσωτερική τραχύτητα» και το γεγονός αυτό οδήγησε στην τελική επιλογή της θεμελίωσης του πυλώνα (Εικόνες 4 – 11).



Εικόνες 4 - 11. Εικόνες από το χώρο έδρασης του Πυλώνα M5 στη Βοιωτική Ακτή

#### 4.6.5 Ο Πυλώνας Μ6 της Κεντρικής Γέφυρας



**Εικόνες 4 - 12.** Εικόνες από το χώρο έδρασης του Πυλώνα Μ6 στην Ευβοϊκή Ακτή

Μετά τα 3,5 m υλικών των επιχώσεων, σε όλο το βάθος που διατρήθηκε (38 m περίπου) αναπτύσσονται οι κρητιδικοί ασβεστόλιθοι της Ευβοϊκής ακτής. Στο βάθρο Μ6 συναντήθηκε η χειρότερη ποιότητα ασβεστολιθικής βραχώμαζας (σε σχέση με εκείνη των περιοχών των υπολοίπων βάθρων). Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό τους ήταν ο πολύ έντονος κερματισμός, έως κατακερματισμός τους, σε όλο το βάθος που διερευνήθηκε. Ο κατακερματισμός είχε οδηγήσει τοπικά στον θρυμματισμό του βράχου. Τα θρυμματισμένα τεμάχια περιβάλλονταν από ιλυοαργιλικό υλικό και έδιναν την εντύπωση πλέον όχι βράχου αλλά συνεκτικού συνάγματος λίθων. Τέτοια τεμάχια υπήρχαν όχι μόνο κοντά στην



επιφάνεια αλλά και κάτω από τα 10 m. Άλλα τμήματα των γεωτρήσεων περιλάμβαναν απλώς πιο σπασμένα τεμάχια, με μέγεθος μικρότερο των 10 cm. Η συναρμογή του συνόλου έδινε παρόλα αυτά πάλι καλύτερη συμπεριφορά από τις επί μέρους εικόνες που εμφάνιζε το πέτρωμα και δεν απέτρεπε τη θεμελίωση. Τοπικά συμπαγή τμήματα, της τάξεως λίγων δεκάδων εκατοστών, υπήρχαν σε ορισμένες θέσεις διάφορων γεωτρήσεων. Πάντως εδώ, οι επιμέρους πραγματικές εικόνες ήταν χειρότερες από αυτές που έδιναν τα αποτελέσματα των δοκιμών που και πάλι δεν ήταν αντιπροσωπευτικές (Εικόνες 4 – 12).

#### 4.6.6 Βάθρα Ευβοϊκής Ακτής (M7, M8, M9, M10, A11)



Εικόνα 4 - 13. Τα βάθρα της γέφυρας στην Ευβοϊκή Ακτή

Οι περιοχές των Ευβοϊκών βάθρων είχαν μικρή (1-2 m) έως ανύπαρκτη κάλυψη εδαφικού υλικού πάνω στους κρητιδικούς ασβεστόλιθους, που αποτελούσαν το πέτρωμα της θεμελίωσης (**Εικόνα 4 – 13**). Το επιφανειακό χαλαρό τμήμα των ασβεστόλιθων ήταν επιπόλαιο.

Στα ευβοϊκά βάθρα ο κερματισμός των ασβεστόλιθων ήταν εντονότερος σε σχέση με τα βάθρα της Βοιωτικής πλευράς. Σαφείς επίσης ήταν οι ενδείξεις αυξημένης καρστικοποίησης, από την παρουσία τμημάτων με φαινόμενα διαβρώσεων. Υπήρχαν και τμήματα που ο κερματισμός ήταν πολύ έντονος (όχι όμως στο βαθμό του χώρου του βάθρου M6). Πιο ρωγματωμένο ήταν το ασβεστολιθικό υλικό του βάθρου M9. Στην περιοχή του βάθρου M10, στην Εύβοια, η περατότητα ήταν γενικά ελαττωμένη ( $K=10^{-4}$  έως  $K=10^{-6}$ ) γεγονός που φανερώνει καλύτερη ποιότητα πετρώματος. Συνολικά, οι ασβεστόλιθοι αυτών των βάθρων παρουσίαζαν μέτρια ποιότητα αλλά η κατάσταση τους δεν έθεσε ειδικά προβλήματα στη θεμελίωση τους.

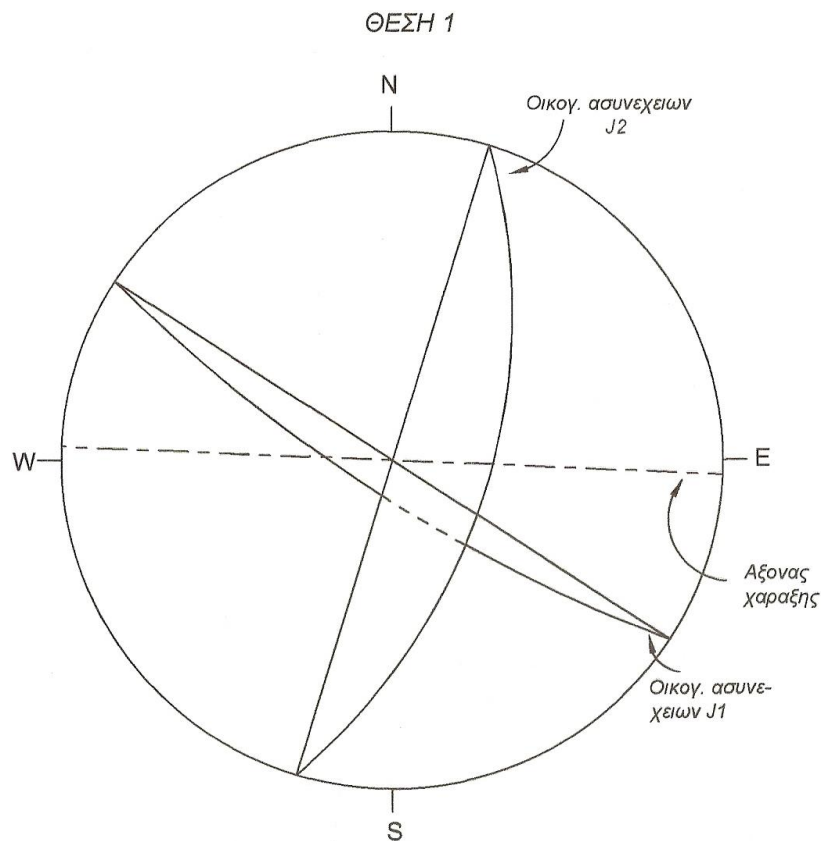
Το ενδεχόμενο συνάντησης πιο αναπτυγμένων καρστικών εγκοίλων στους ασβεστόλιθους της Ευβοϊκής ακτής ήταν πιο υψηλό. Τέτοια κατάσταση, αρκετά εντυπωσιακή, συναντήθηκε πράγματι στο τμήμα του βάθρου A11, όπου μεγάλα εσωτερικά τμήματα του βράχου ήταν γεμάτα με ιλυοαργιλώδες υλικό.

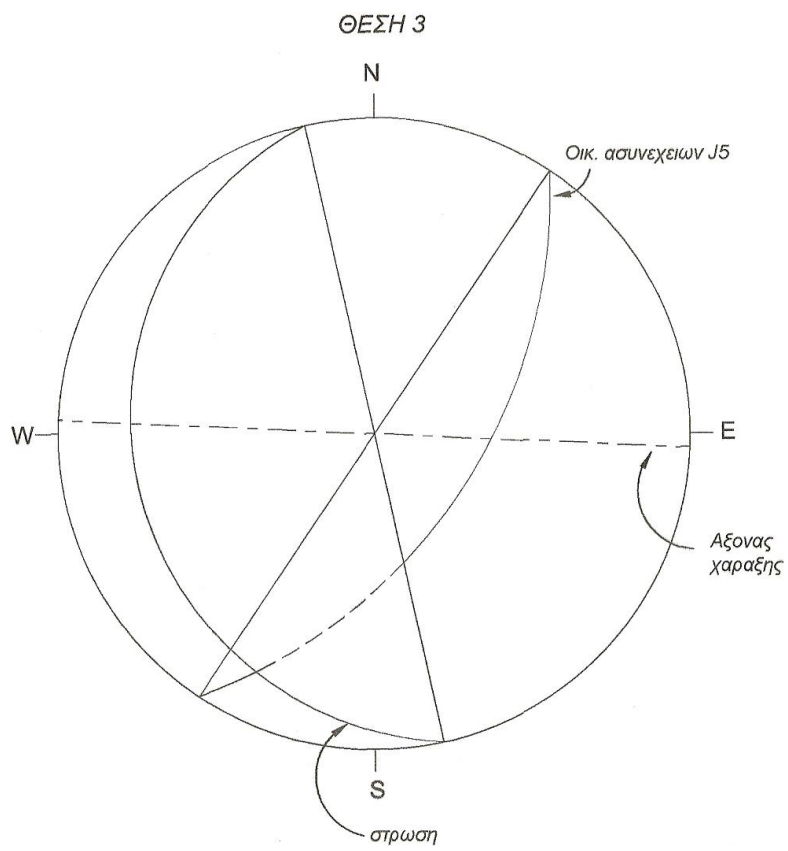
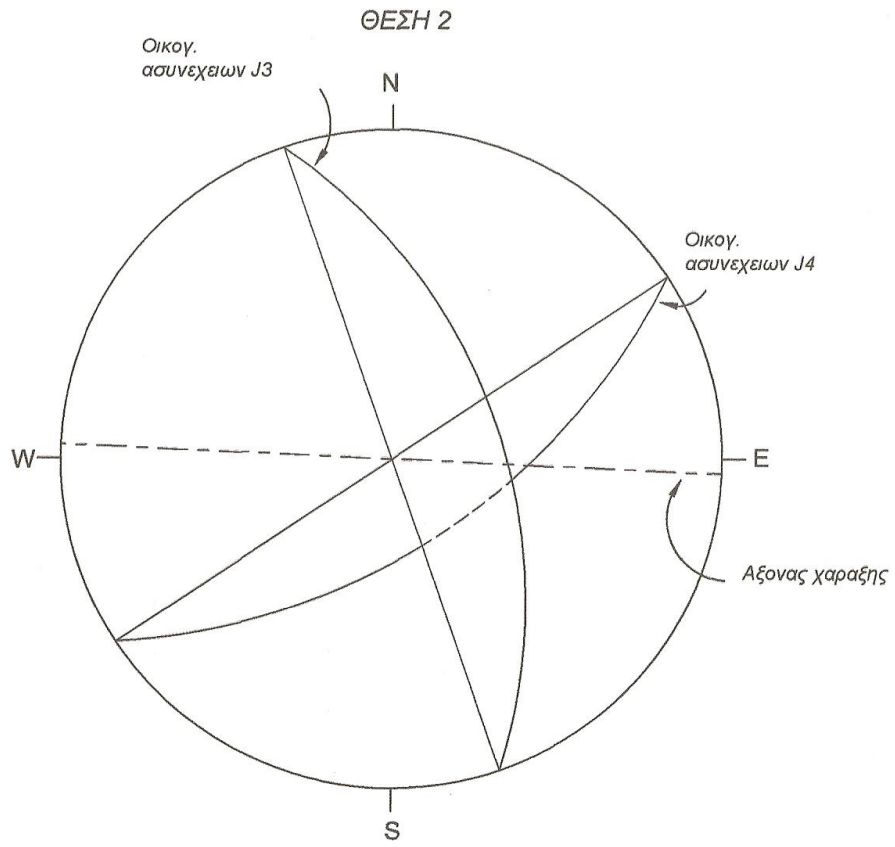
#### 4.6.7 Διαγράμματα Προβολής Κύριων Οικογενειών Ασυνεχειών Πετρώματος (θέσεις 1 – 5, ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ Ε.Π.Ε., 1985)

Διακρίθηκαν εννιά οικογένειες ασυνεχειών οι οποίες χωρίζονται σε τέσσερις ομάδες :

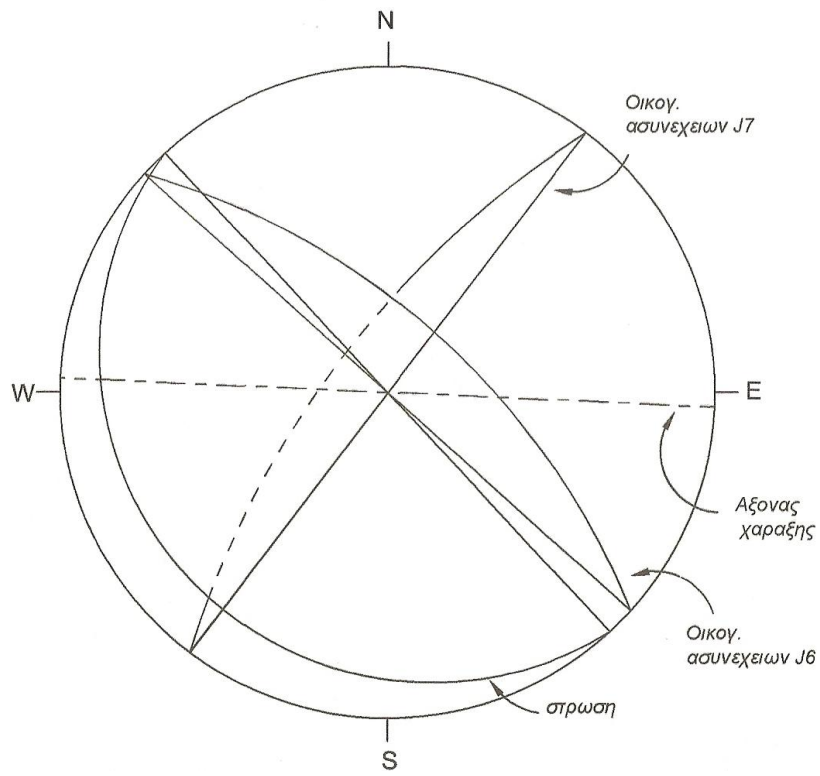
- Α ομάδα : στρώση στρωμάτων
- Β ομάδα : περιλαμβάνει τις οικογένειες J2, J4, J5
- Γ ομάδα : περιλαμβάνει τις οικογένειες J3, J6, J8
- Δ ομάδα : περιλαμβάνει τις οικογένειες J1, J7, J9

Από αυτές τις ομάδες οι κυριότερες με τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις είναι οι Α και Β. Τα γενικά χαρακτηριστικά των ασυνεχειών υποδηλώνουν πέτρωμα κερματισμένο αλλά με αυξημένη αντοχή στις διατμηματικές τάσεις.

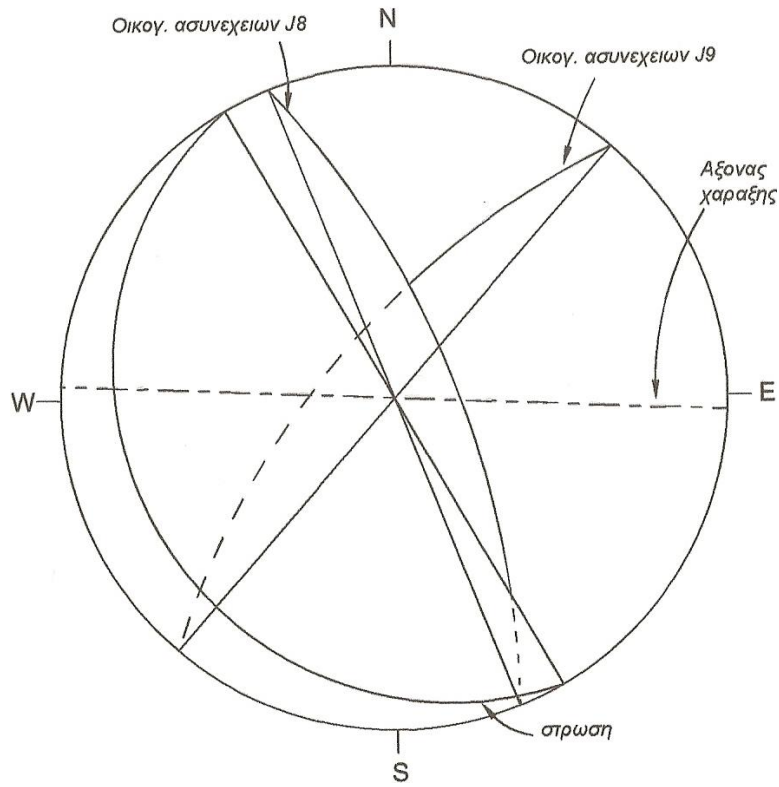




ΘΕΣΗ 4



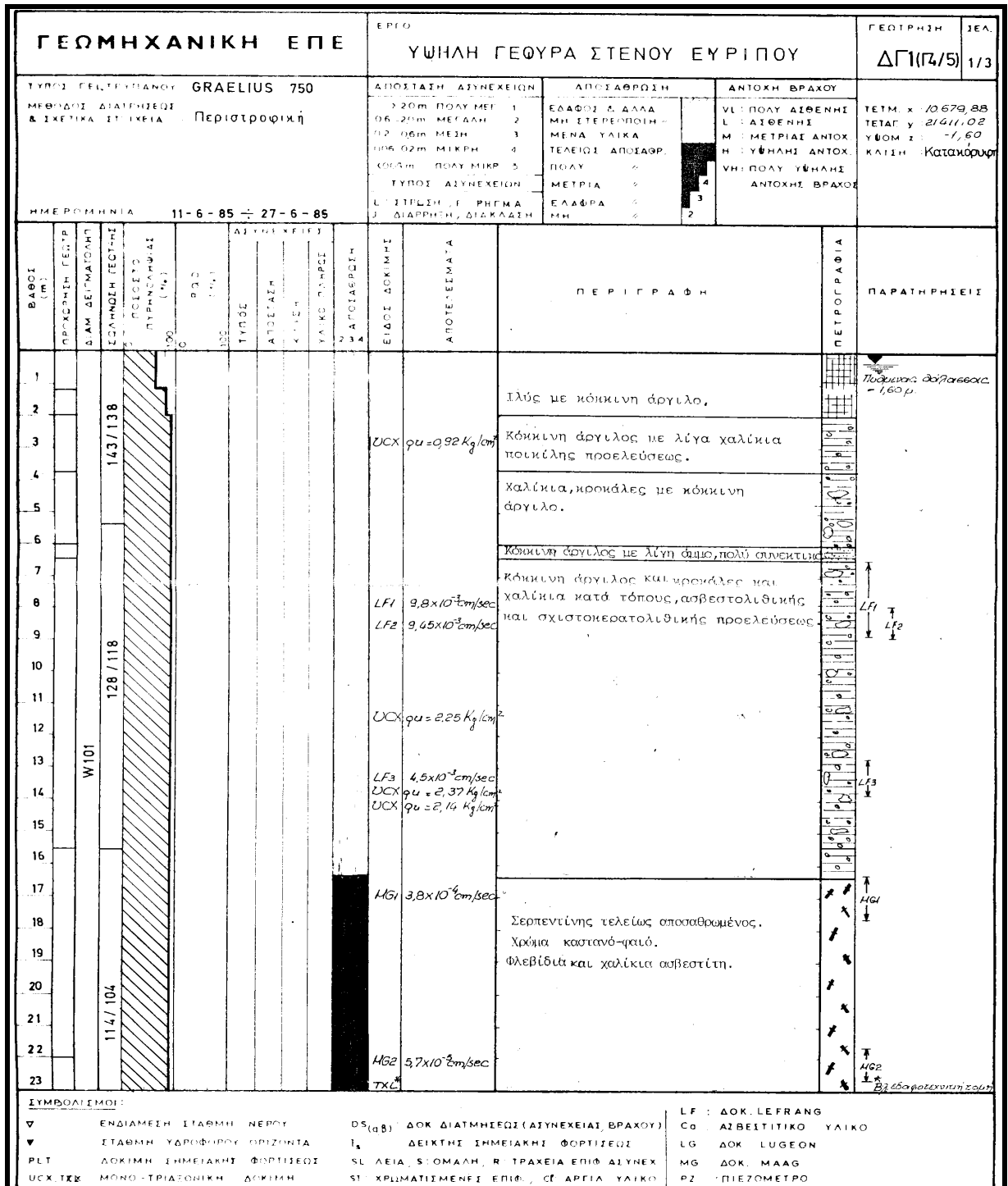
ΘΕΣΗ 5



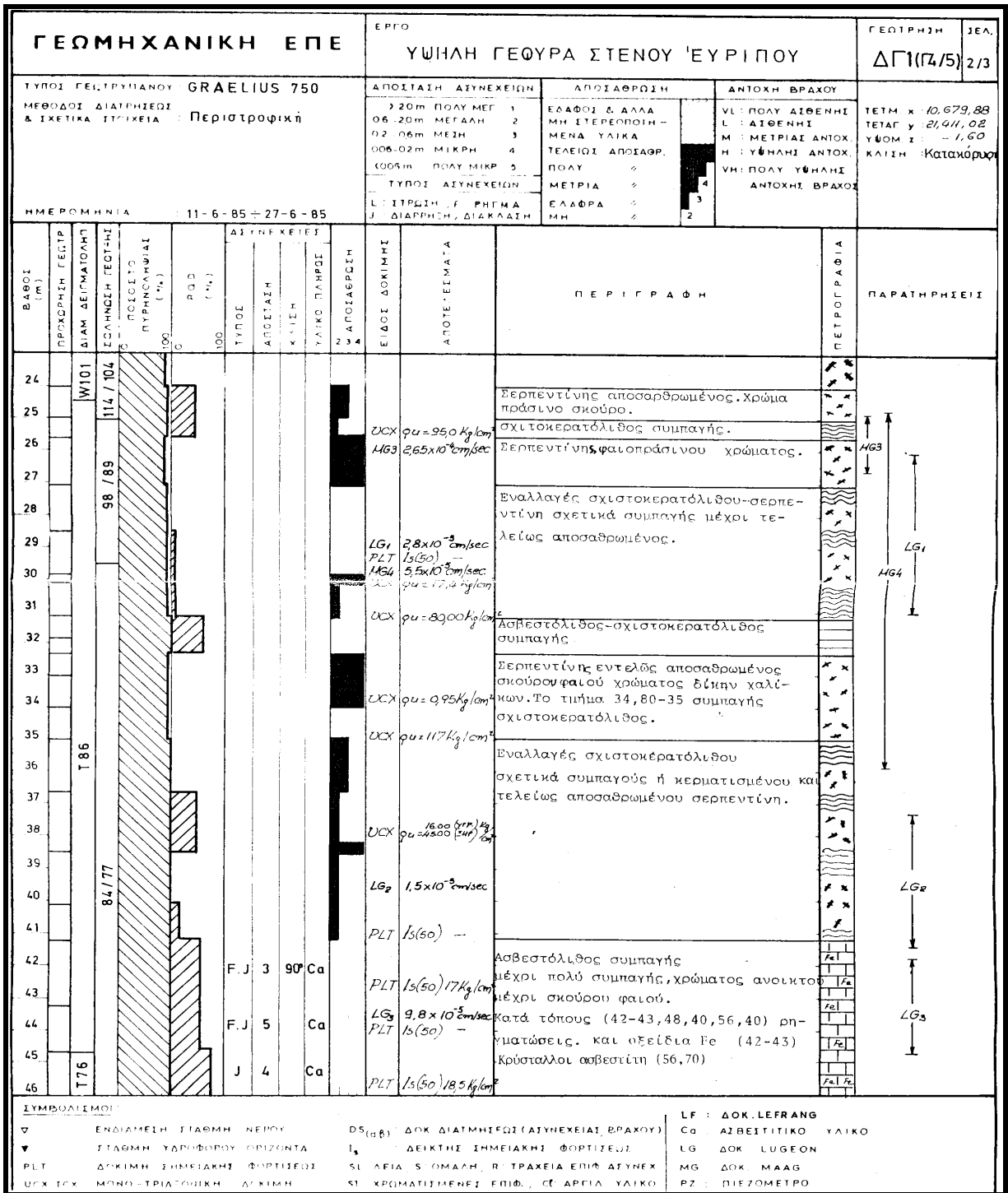
### 4.6.8 Γεωλογικές – Γεωτεχνικές Τομές

Ενδεικτικά δίνονται δύο γεωλογικές – γεωτεχνικές τομές (ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ Ε.Π.Ε., 1985) για κάθε μία από τις πλευρές ζεύξης του διαύλου :

#### Αντέρεισμα Βοιωτίας







ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΕ		ΕΡΓΟ			ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΣΕΛ.				
		ΥΨΗΛΗ ΓΕΩΥΡΑ ΣΤΕΝΟΥ ΕΥΡΙΠΟΥ			ΔΓ1(74/5)	3/3				
ΤΥΠΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΙΑΝΟΥ <b>GRAELIUS 750</b> ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΤΡΗΣΕΩΣ : <b>Περιστροφική</b> Α ΙΧΘΥΕΤΑ ΣΤΡΑΧΕΙΑ :		ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΔΙΥΝΕΧΕΙΩΝ 220m ΠΟΛΥ ΜΕΓ 1 06-20m ΜΕΓΑΛΗ 2 02-06m ΜΕΣΗ 3 006-02m ΜΙΚΡΗ 4 005m ΠΟΛΥ ΜΙΚΡ 5		ΑΡΧΙΑΘΡΩΣΗ ΕΣΑΦΟΙ & ΔΑΛΑ ΜΗ ΙΣΤΕΡΟΠΟΙΗ- ΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΤΕΛΕΙΟΙ ΑΠΟΙΑΘΡ. ΠΟΛΥ 6 ΜΕΤΡΙΑ 7 ΕΛΑΦΡΑ 8 ΜΗ 9	ΑΝΤΟΧΗ ΒΡΑΧΟΥ VL ΠΟΛΥ ΔΙΘΕΝΗΣ L ΔΙΘΕΝΗΣ M ΜΕΤΡΙΑΙ ΑΝΤΟΧ. H ΥΨΗΛΗ ΑΝΤΟΧ. VH ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΗ ΑΝΤΟΧΗ ΒΡΑΧΟΥ	ΤΕΤΗ x : 10679,88 ΤΕΤΑΓ y : 21011,02 ΥΨΟΣ z : -1,60 ΚΛΙΣΗ : Κατακόρυφη				
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ 11-6-88 ÷ 27-6-85		ΤΥΠΟΣ ΔΙΥΝΕΧΕΙΩΝ L ΙΣΤΡΩΣΗ, Γ ΡΗΓΜΑ J ΔΙΑΡΡΗΞΗ, ΔΙΑΚΚΑΣΗ		4 3 2						
ΒΑΘΟΣ (m)	ΠΡΟΣΩΡΙΝΗ ΓΕΩΤΡ. ΔΙΑΜ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗ	ΣΤΑΘΜΟΣ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ	ΑΙΥΝΕΧΕΙΩΣ ΤΥΠΟΣ	ΑΡΧΙΑΘΡ. ΚΛΙΣΗ	ΥΛΙΚΟ ΠΛΗΡΩΣ	ΑΡΧΙΑΘΡ. ΣΥΛΛΕΞΙΜΟΤΗΤΑ	ΕΙΔΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
47			F.J 4		Ca					
48			J 4		Ca			PLT $I_s(50) 9,6 \text{ Kg/cm}^2$		
49			J 3		Ca					
50										
51			J 3		Ca					
52								UCX $q_u = 748 \text{ Kg/cm}^2$		
53			J 4		Ca			LG <sub>4</sub> $2,8 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}$ PLT $I_s(50) 43 \text{ Kg/cm}^2$		
54										
55			F.J 4		Ca					
56								UCX $q_u = 476 \text{ Kg/cm}^2$		
57										
58			F.J 4		Ca			LG <sub>5</sub> $3,3 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}$		
59										
60			F.J 4		Ca				Ασβεστόλιθος κερματισμένος μέχρι κατακερματισμένος πλην του τμήματος 61-62,80 (συμπυκνός).	
61										
62			F.J 4		Ca			PLT $I_s(50) 43 \text{ Kg/cm}^2$		
63										
64			F.J 5		Ca			UCX $q_u = 374 \text{ Kg/cm}^2$		
65			F.J 5		Ca					
66										65,00m Σημείο γλώσσας
67										
68										
69										

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ

- ▽ ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΣΤΑΘΜΗ ΝΕΡΟΥ
- ▼ ΣΤΑΘΜΗ ΥΑΡΩΦΗΡΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ
- PLT ΔΟΚΙΜΗ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ
- UCX TEX ΜΟΝΟ ΤΡΙΒΕΛΟΚΗ ΔΟΚΙΜΗ
- DS<sub>(αβ)</sub> ΔΟΚ ΔΙΑΤΜΗΣΕΩΣ (ΑΙΥΝΕΧΕΙΑΙ ΒΡΑΧΟΥ)
- I<sub>s</sub> ΔΕΙΚΤΗΣ ΙΗΜΕΙΑΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ
- SL ΛΕΙΑ Σ-ΟΜΑΛΗ, R ΤΡΑΧΕΙΑ ΕΠΙΘ ΑΙΥΝΕΧ.
- SI ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΕΝΗ ΕΠΙΘ, ΣΕ ΑΡΓΙΑ ΥΛΙΚΟ
- LF : ΔΟΚ. LEFRANG
- Ca : ΑΣΒΕΣΤΙΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ
- LG : ΔΟΚ LUGEON
- MG : ΔΟΚ. MAAG
- PZ : ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ

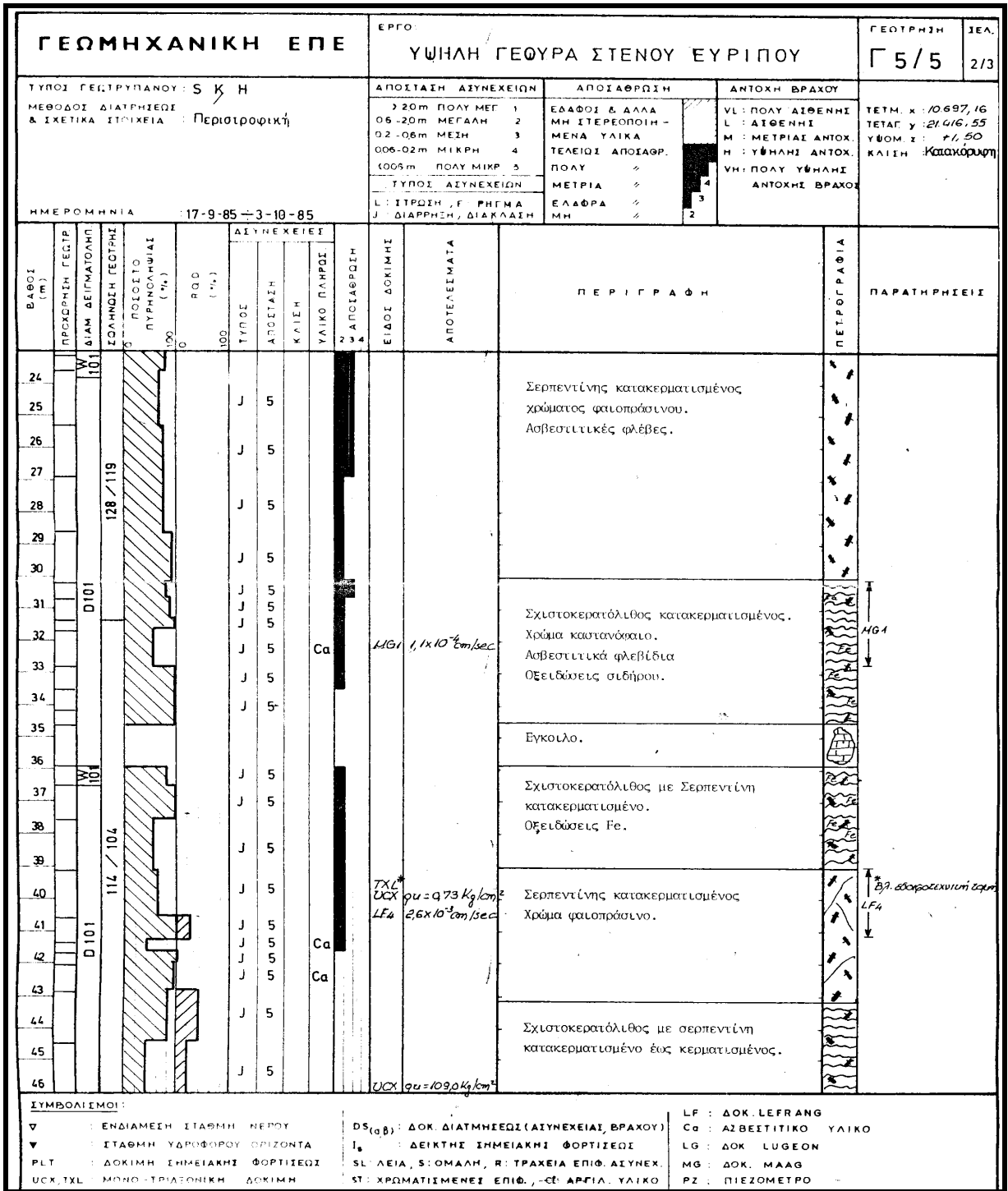
ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΕ				ΕΡΓΟ: ΥΨΗΛΗ ΓΕΟΥΡΑ ΣΤΕΝΟΥ ΕΥΡΙΠΟΥ				ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΣΕΛ.						
ΤΥΠΟΣ ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΟΥ: S Κ Η				ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΔΙΣΥΝΧΕΙΩΝ		ΑΠΟΣΙΑΘΡΩΣΗ		ΑΝΤΟΧΗ ΒΡΑΧΟΥ							
ΜΕΘΟΔΟΙ ΔΙΑΤΡΗΣΕΩΣ & ΣΧΗΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ : Περιστροφική				> 20m ΠΟΛΥ ΜΕΓ 1 06-20m ΜΕΓΑΛΗ 2 02-06m ΜΕΣΗ 3 006-02m ΜΙΚΡΗ 4 0006m ΠΟΛΥ ΜΙΚΡ 5		ΕΔΑΦΟΣ & ΑΛΛΑ ΜΗ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΤΕΛΕΙΩΣ ΑΠΟΣΙΑΘΡ. ΠΟΛΥ ΜΕΤΡΙΑ ΕΛΑΦΡΑ ΜΗ		VL: ΠΟΛΥ ΔΙΘΕΝΗΣ L: ΔΙΘΕΝΗΣ M: ΜΕΤΡΙΑΣ ΑΝΤΟΧ. H: ΥΨΗΛΗΣ ΑΝΤΟΧ. ΥΗ: ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΒΡΑΧΟΣ							
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 17-9-85 - 3-10-85				ΤΥΠΟΣ ΔΙΣΥΝΧΕΙΩΝ		L: ΣΤΡΩΣΗ, F: ΡΗΓΜΑ		J: ΔΙΑΡΡΗΣΗ, ΔΙΑΚΛΑΣΗ							
ΒΑΘΟΣ (m)	ΠΡΟΣΦΟΡΙΚΗ ΓΕΩΤΡ.	ΔΙΑΜ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗ	ΣΤΑΘΜΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ	ΔΙΣΥΝΧΕΙΩΣΕΙΣ				ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ						
				ΤΥΠΟΣ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ	ΚΛΙΣΗ	ΥΛΙΚΟ ΠΛΗΡΩΣ								
			0	ΡΟΔΟ	ΡΟΔ (%)	ΥΠΟ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ	ΚΛΙΣΗ	ΥΛΙΚΟ ΠΛΗΡΩΣ <td>W</td> <td>ΑΠΟΣΙΑΘΡΩΣΗ</td> <td>ΕΙΔΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ</td> <td>ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ</td> <td>ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑ</td> <td></td>	W	ΑΠΟΣΙΑΘΡΩΣΗ	ΕΙΔΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑ	
1															
2															
3															
4			143/134												
5															
6		W101													
7															
8															
9		D101													
10															
11															
12		W101													
13															
14															
15		D101													
16			128/119												
17															
18															
19															
20		W101													
21															
22															
23						J	5								

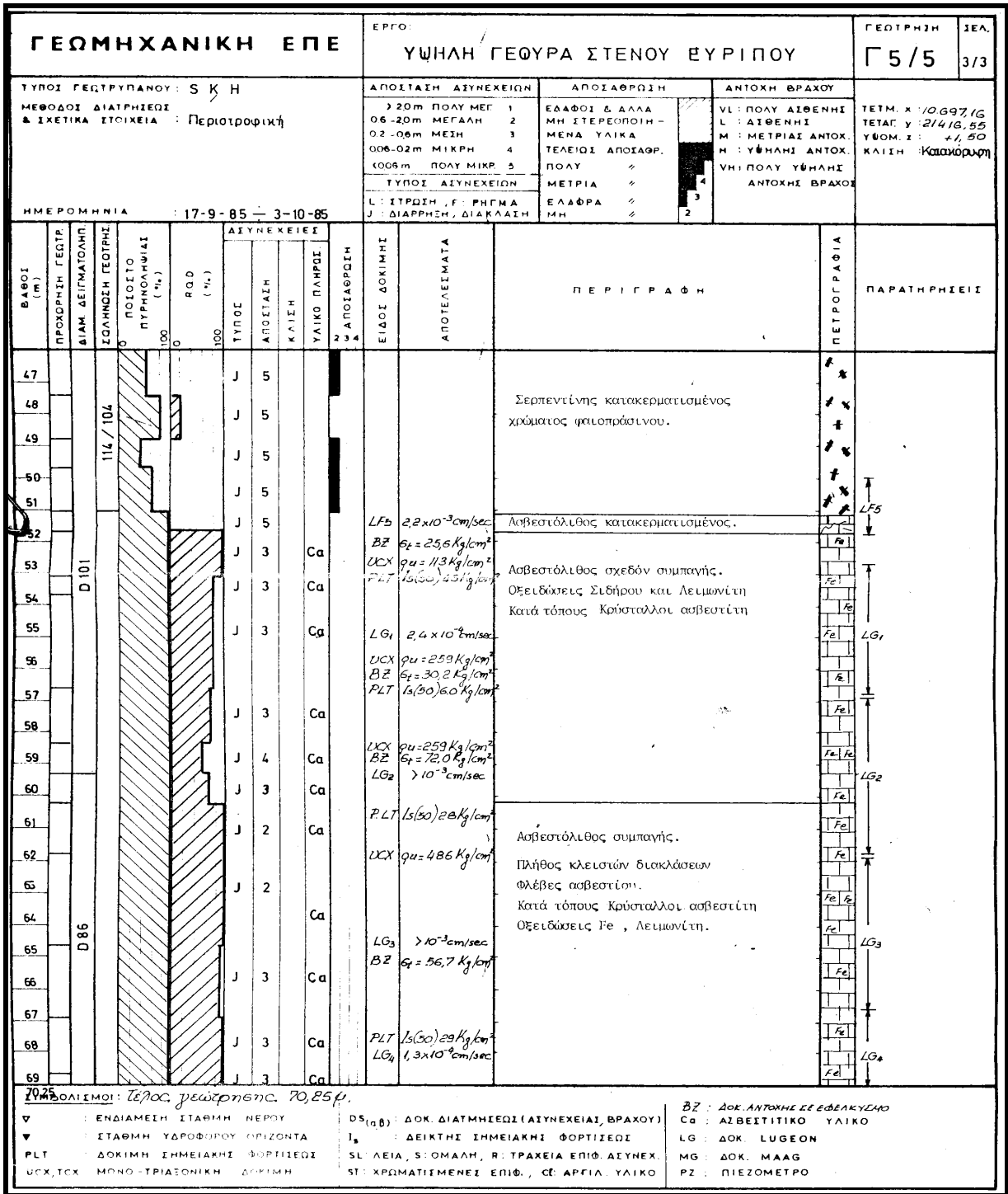
ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ:

▽ : ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΣΤΑΘΜΗ ΝΕΡΟΥ  
 ▽ : ΣΤΑΘΜΗ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ  
 PLT : ΔΟΚΙΜΗ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ  
 UCX, IXL : ΜΟΝΟ-ΤΡΙΑΣΤΟΝΙΚΗ ΔΟΚΙΜΗ

D5(αβ) : ΔΟΚ. ΔΙΑΤΜΗΣΕΩΣ (ΔΙΣΥΝΧΕΙΩΣΕΙΣ, ΒΡΑΧΟΥ)  
 I<sub>s</sub> : ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ  
 SL : ΛΕΙΑ, S : ΟΜΑΛΗ, R : ΤΡΑΧΕΙΑ ΕΠΙΦ. ΔΙΣΥΝΧ.  
 ST : ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΕΝΕΣ ΕΠΙΦ., -ε: ΑΡΓΙΑ, ΥΛΙΚΟ

LF : ΔΟΚ. LEFRANG  
 Ca : ΑΖΒΕΣΤΙΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ  
 LG : ΔΟΚ. LUGEON  
 MG : ΔΟΚ. MAAG  
 PZ : ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ





# Αντέρεια Ευβοίας

ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΕ				ΕΡΓΟ: ΥΨΗΛΗ ΓΕΩΥΡΑ ΣΤΕΝΟΥ ΕΥΡΙΠΟΥ				ΓΕΩΤΡΗΜΗ	ΙΣΛ.				
ΤΥΠΟΣ ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΟΥ: JOY 22 ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΤΡΗΣΕΩΣ & ΣΧΕΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ: Περιστροφική				ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΔΙΣΥΝΕΧΕΙΩΝ > 20m ΠΟΛΥ ΜΕΓ 1 0,6-20m ΜΕΓΑΛΗ 2 0,2-0,6m ΜΕΣΗ 3 0,06-0,2m ΜΙΚΡΗ 4 0,006m ΠΟΛΥ ΜΙΚΡ 5		ΑΠΟΣΑΘΡΩΣΗ ΕΔΑΦΟΣ & ΑΛΛΑ ΜΗ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΤΕΛΕΙΩΣ ΑΠΟΣΑΘΡ. ΠΟΛΥ ΜΕΤΡΙΑ ΕΛΑΦΡΑ ΜΗ		ΑΝΤΟΧΗ ΒΡΑΧΟΥ VL: ΠΟΛΥ ΔΙΘΕΝΗΣ L: ΔΙΘΕΝΗΣ M: ΜΕΤΡΙΑΣ ΑΝΤΟΧ. H: ΥΨΗΛΗΣ ΑΝΤΟΧ. ΥΗ: ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΒΡΑΧΟΥ					
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ: 25. 6. 85 - 27. 6. 85				ΤΥΠΟΣ ΔΙΣΥΝΕΧΕΙΩΝ L: ΣΤΡΩΣΗ, F: ΡΗΓΜΑ J: ΔΙΑΡΡΗΣΗ, ΔΙΑΚΛΑΣΗ		ΤΕΤΜ. x: 10861, 33 ΤΕΤΑΓ. y: 21895, 90 ΥΨΟΜ. z: 22, 24 ΚΛΙΣΗ: Κατακόρυφη							
ΒΑΘΟΣ (m)	ΠΡΟΣΦΩΡΗ ΓΕΩΤΡ.	ΜΙΣΘ ΔΙΑΜ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨ.	ΠΛΑΤΟΣ ΕΣΩΤΕΡΙΗΣ ΓΕΩΤΡΗΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΥΡΗΝΟΛΗΨΙΑΣ (%)	RQD (%)	ΔΙΣΥΝΕΧΕΙΣ			ΕΙΔΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΕΤΡΟΓΡΑΦΙΑ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
						ΤΥΠΟΣ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ	ΚΛΙΣΗ					
1		T 101	98/89			F, J					Χαλίγια και κροκάλες ασβεστολίθου.		
2						F, J					Ασβεστολίθος κατακερματισμένος.		
3						F, J					Χρώμα ανοικτόφαιο. Διακλάσεις ανοικτές.		
4						F, J							
5						F, J					Χαλίγια μέχρι κροκάλες ασβεστολίθου.		
6						F, J							
7		T 86	77/84			F, J							
8						F, J							
9						F, J							
10						F, J							
11						F, J							
12						F, J							
13						F, J							
14						F, J							
15						F, J							
16													
17													
18													
19													
20													
21													
22													
23													

**ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ:**

▽ : ΕΝΔΙΑΜΕΣΗ ΣΤΑΘΜΗ ΝΕΡΟΥ  
 ▾ : ΣΤΑΘΜΗ ΥΔΡΟΦΟΡΟΥ ΟΡΙΖΟΝΤΑ  
 PLT : ΔΟΚΙΜΗ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ  
 UCX, TCX : ΜΟΝΟ-ΤΡΙΑΞΩΝΙΚΗ ΔΟΚΙΜΗ

DS<sub>(αβ)</sub> : ΔΟΚ. ΔΙΑΤΜΗΣΕΩΣ (ΔΙΣΥΝΕΧΕΙΑΣ, ΒΡΑΧΟΥ)  
 I<sub>s</sub> : ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΕΩΣ  
 SL: ΛΕΙΑ, S: ΟΜΑΛΗ, R: ΤΡΑΧΕΙΑ ΕΠΙΦ. ΔΙΣΥΝΕΧ.  
 ST: ΧΡΩΜΑΤΙΣΜΕΝΗΣ ΕΠΙΦ., C: ΑΡΓΙΑ, ΥΛΙΚΟ

BZ : ΔΟΚ. ΑΝΤΟΧΗΣ ΣΕ ΕΦΕΛΚΥΜΕΝΟ  
 Ca : ΑΖΒΕΣΤΙΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ  
 LG : ΔΟΚ. LUGΕON  
 MG : ΔΟΚ. ΜΑΑΒ  
 PZ : ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ



ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ ΕΠΕ		ΕΡΓΟ: ΥΨΗΛΗ ΓΕΩΥΡΑ ΣΤΕΝΟΥ ΕΥΡΙΠΟΥ		ΓΕΩΤΡΗΣΗ	ΣΕΛ.								
ΤΥΠΟΣ ΓΕΩΤΡΥΠΑΝΟΥ: S - H		ΑΠΟΣΤΑΣΗ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ		ΑΠΟΣΑΦΡΩΣΗ	ΑΝΤΟΧΗ ΒΡΑΧΟΥ								
ΜΕΘΟΔΟΣ ΔΙΑΤΡΗΣΕΩΣ & ΣΧΕΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ : Περιστροφική		> 20m ΠΟΛΥ ΜΕΓ 1 06 - 20m ΜΕΓΑΛΗ 2 02 - 06m ΜΕΣΗ 3 006 - 02m ΜΙΚΡΗ 4 < 006m ΠΟΛΥ ΜΙΚΡ 5		ΕΣΑΦΟΣ & ΔΑΛΛΑ ΜΗ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗ - ΜΕΝΑ ΥΛΙΚΑ ΤΕΛΕΙΩΣ ΑΠΟΣΑΦΡ. ΠΟΛΥ ΜΕΤΡΙΑ ΕΛΑΦΡΑ ΜΗ	VL : ΠΟΛΥ ΑΙΘΕΡΗΣ L : ΑΙΘΕΡΗΣ M : ΜΕΤΡΙΑΣ ΑΝΤΟΧ. H : ΥΨΗΛΗΣ ΑΝΤΟΧ. VH : ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ ΒΡΑΧΟΥ	ΤΕΤΜ. x : 10.800.86 ΤΕΤΑΓ. y : 21.803.47 ΥΨΟΜ. z : 16.63 ΚΛΙΣΗ : Κατάκορ.							
ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ : 1. 7. 85 - 3. 7. 85		L : ΣΤΡΩΣΗ , F : ΡΗΓΜΑ J : ΔΙΑΡΡΗΣΗ ΔΙΑΚΛΑΣΗ											
ΒΑΘΟΣ (m)	ΠΡΟΚΟΡΜΗ ΓΕΩΤΡ.	ΔΙΑΜ. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨ.	ΣΟΛΗΝΟΣΗ ΓΕΩΤΡΗΣΗΣ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΥΡΡΟΛΗΨΙΑΣ (%)	R.Q.D (%)	ΑΙΣΥΝΕΧΕΙΕΣ				ΕΙΔΟΣ ΔΟΚΙΜΗΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
						ΤΥΠΟΣ	ΑΠΟΣΤΑΣΗ	ΚΛΙΣΗ	ΥΛΙΚΟ ΠΛΗΡΩΣ.				
1		W101	W102	0	100	J	5	Ca	CI			Κροκάλες και χαλίγια ασβεστολιθικά με ιλύ. Σκούρο φαιό χρώμα.	
2						J	5	Ca	CI	LG <sub>1</sub>	$7,0 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{sec}$	Ασβεστόλιθος κερματισμένος μέχρι κατακερματισμένος. Χρώμα φαιό ανοικτό.	LG <sub>1</sub>
3						J	5	Ca	CI				
4						J	5	Ca	CI				
5						J	5	Ca	CI				
6						J	5	Ca	CI				
7		T 101	98/89			J	5	Ca	CI				
8						J	5	Ca	CI				
9						J	4	Ca	CI	UCX	$q_u = 168 \text{ kg/cm}^2$	Ασβεστόλιθος σχετικά συμπαγής	LG <sub>2</sub>
10						J	4	Ca	CI	BZ	$6_f = 23,9 \text{ kg/cm}^2$	Οξείδια Fe.	LG <sub>2</sub>
11						J	4	Ca	CI				
12						J	5	Ca	CI				
13						J	5	Ca	CI				
14						J	4	Ca	CI				
15						J	4	Ca	CI	BZ	$6_f = 29,6 \text{ kg/cm}^2$	Ασβεστόλιθος συμπαγής μέχρι πολύ συμπαγής.	LG <sub>3</sub>
16						J	4	Ca	CI	LG <sub>3</sub>	$1,0 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sec}$	Οξείδια Fe.	LG <sub>3</sub>
17						J	5	Ca	CI				
18		T 86				J	5	Ca	CI	UCX	$q_u = 448 \text{ kg/cm}^2$	Ασβεστόλιθος κερματισμένος	LG <sub>4</sub>
19						J	5	Ca	CI	BZ	$6_f = 32,4 \text{ kg/cm}^2$		LG <sub>4</sub>
20						J	4	Ca	CI	BZ	$6_f = 41,3 \text{ kg/cm}^2$	Ασβεστόλιθος συμπαγής.	LG <sub>4</sub>
21						J	4	Ca	CI	PLT	$1600/42 \text{ kg/cm}^2$		LG <sub>4</sub>
22						J	4	Ca	CI	LG <sub>4</sub>	$2,1 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{sec}$		LG <sub>4</sub>
23						J	5	Ca	CI	UCX	$q_u = 503 \text{ kg/cm}^2$	Ασβεστόλιθος κερματισμένος.	LG <sub>4</sub>
24													
25													
26													
27													
28													
29													
30													
31													
32													
33													
34													
35													
36													
37													
38													
39													
40													
41													
42													
43													
44													
45													
46													
47													
48													
49													
50													
51													
52													
53													
54													
55													
56													
57													
58													
59													
60													
61													
62													
63													
64													
65													
66													
67													
68													
69													
70													
71													
72													
73													
74													
75													
76													
77													
78													
79													
80													
81													
82													
83													
84													
85													
86													
87													
88													
89													
90													
91													
92													
93													
94													
95													
96													
97													
98													
99													
100													

## **4.7 Μέθοδοι Θεμελίωσης των Βάθρων της Γέφυρας**

Στην **Εικόνα 4 – 5** φαίνονται όλες οι θέσεις έδρασης των βάθρων της γέφυρας. Η μέθοδος θεμελίωσης για κάθε ένα από αυτά τα βάθρα είναι :

### **4.7.1 Βάθρα Αο, Μ1, Μ3, Μ8, Μ9, Μ10**

Στα βάθρα αυτά έγινε απ' ευθείας έδραση των πεδύλων πάνω στον ασβεστόλιθο, μετά την αφαίρεση των πρώτων επιφανειακών τμημάτων από χαλαρά ή χαμηλής αντοχής υλικά. Στο δάπεδο εκσκαφής, όπου παρατηρήθηκε ανομοιομορφία υλικού θεμελίωσης, έγινε τοποθέτηση αμμοχάλικου κατάλληλα συμπυκνωμένου ή λιθορριπής πάχους 1-2 m ανάλογα με τις επικρατούσες συνθήκες. Όπου συναντήθηκαν μικροέγκοιλα, αυτά καθαρίστηκαν και πληρώθηκαν με σκυρόδεμα.

### **4.7.2 Βάθρα Μ2, Μ7, Α11**

Η ύπαρξη, διασπορά και διαστάσεις των ασθενών ζωνών επέβαλλαν την κατασκευή μικροπασσάλων, διαμέτρου μέχρι 300-400 mm για την ενίσχυση και συρραφή των τμημάτων της ασβεστολιθικής βραχόμαζας ή ακόμη και μεταφορά φορτίων σε καλύτερης ποιότητας τμήματα στις περιοχές των πεδύλων των υπ' όψη βάθρων. Οι μικροπάσσαλοι έχουν μήκος 15-20 m ανάλογα με τις συνθήκες της βραχόμαζας και φέρουν οπλισμένη δοκό Ι. Η κατασκευή τους έγινε, ανάλογα με τις απαντώμενες συνθήκες, είτε με λεπτοσκυρόδεμα (αδρανές μέχρι 7 mm, ελάχιστο τσιμέντο 500KG/M<sup>3</sup>) είτε με τσιμεντένεμα με πίεση 3 – 4 ατμόσφαιρες.

### **4.7.3 Βάθρο Μ5**

Ως αρχική σκέψη ήταν η θεμελίωση του πυλώνα με πασσάλους αιχμής μέχρι τον υποκείμενο ασβεστόλιθο, που αποτελούσε το ικανότερο πέτρωμα για να δεχθεί τα φορτία που θα μετέφερε ο πυλώνας. Η κατασκευαστική δυσκολία για μία τέτοια βαθιά λύση με ευρείας διατομής πασσάλους ήταν προφανής.

Η θεμελίωση του πυλώνα έγινε τελικά με πασσάλους τριβής Φ120 με ενισχυτικές τσιμεντενέσεις που εξασφαλίζουν ή και αυξάνουν τις πλευρικές τριβές, εδραζόμενους μέσα στο σερπεντινίτη σε στάθμη περίπου -27 m. Η φέρουσα ικανότητα ενός τέτοιου πασσάλου εκτιμήθηκε λογιστικά σε 800 tn (λειτουργικό φορτίο). Τα αποτελέσματα μιας εξαιρετικά αξιόλογης δοκιμαστικής φόρτισης που διεξήγαγε το ΚΕΔΕ-ΥΠΕΧΩΔΕ, ήταν

απολύτως ικανοποιητικά: ο δοκιμαστικός πάσσαλος Φ65 υπό το φορτίο των 800 tn παρουσίασε πρακτικά ελαστική συμπεριφορά, με μέγιστη βύθιση κεφαλής μικρότερη των 5 mm. Εξαιρετική συμπεριφορά παρουσίασε επίσης ο πάσσαλος σε οριζόντια φόρτιση, όπου μέχρι και το φορτίο των 80 tn η συμπεριφορά του παρέμενε ελαστική, με οριζόντια μετατόπιση κεφαλής μικρότερη των 30 mm.

#### **4.7.4 Βάθρο Μ6**

Σύμφωνα με όσα αναφέρονται παραπάνω για τις τεχνικογεωλογικές συνθήκες στη θέση έδρασης του πυλώνα Μ6, έγινε και εδώ η επιλογή πασσάλων Φ120, μήκους 16 έως 18 m. Τα μικρότερα μήκη πασσάλων αντιστοιχούν σε φρεατοπασσάλους με ενισχυτικές τσιμεντενέσεις (βάση και πλευρική επιφάνεια) στα κατώτερα 2 m, ενώ τα μεγαλύτερα μήκη σε φρεατοπασσάλους χωρίς ενισχυτικές τσιμεντενέσεις.

### **4.8 Συμπεράσματα**

Η Υψηλή Γέφυρα της Χαλκίδας στη θέση Στενό διατρέχει τους εξής γεωλογικούς σχηματισμούς :

- Τεταρτογενείς αποθέσεις μικρού έως αμελητέου πάχους (άργιλοι – κροκάλες – άμμοι – λατύπες).
- Ασβεστόλιθοι Τριαδικής – Ιουρασικής ηλικίας (Βοιωτία).
- Ασβεστόλιθοι Κρητιδικής ηλικίας (Εύβοια).
- Σχιστοκερατόλιθοι – Σερπεντίνες (Βοιωτία, διάυλος)

Οι τεταρτογενείς αποθέσεις είναι χαμηλής μηχανικής αντοχής και δεν καταλαμβάνουν ουσιώδη έκταση στη θεμελίωση της γέφυρας.

Τα βάθρα της Βοιωτικής πλευράς εδράζονται σε τριαδικούς ασβεστόλιθους οι οποίοι είναι μέτρια ή λίγο ρωγματομένοι, καλής συμπεριφοράς και σε περιβάλλον με μικρή πιθανότητα συνάντησης καρστικών κενών.

Στο βάθρο του υψηλού πυλώνα Μ5 της κεντρικής γέφυρας της Βοιωτικής πλευράς του διαύλου, κάτω από τα πρόσφατα υλικά πληρώσεως αναπτύσσεται από 17 έως 50 m περίπου ένα σύμπλεγμα οφιόλιθων και σχιστοκερατόλιθων το οποίο είναι ανομοιογενές, με ακατάστατη δομή και πτωχής έως πολύ πτωχής συμπεριφοράς. Τελικό υπόβαθρο είναι οι τριαδικοί ασβεστόλιθοι. Εν τούτοις η εσωτερική διαφορική συμπεριφορά του συμπλέγματος επέτρεψε την επιλογή πασσάλων τριβής Φ120 με ενισχυτικές

τισμεντενέσεις έναντι της κατασκευής πασσάλων αιχμής μέχρι τους υποκείμενους ασβεστόλιθους.

Το βάθρο του πυλώνα M6, στην Ευβοϊκή ακτή, εδράζεται σε ιδιαίτερα κατακερματισμένους ασβεστόλιθους σε όλο το χώρο κάτω από την περιοχή του με τοπικές μεταβάσεις προς συμπεριφορά βραχώδους συνάγματος. Και εδώ επελέγη η λύση πασσάλων τριβής Φ120.

Τα βάθρα της Ευβοϊκής πλευράς θεμελιώθηκαν σε κρητιδικούς ασβεστόλιθους οι οποίοι είναι μέτρια έως αρκετά ρωγματομένοι (περισσότερο από τους τριαδικούς της Βοιωτικής πλευράς). Έχουν μέτρια (για ασβεστολιθικό πέτρωμα) ως καλή συμπεριφορά και οι διακλάσεις τους είναι πληρωμένες με αργιλικό κατά βάση υλικό.

Στα βάθρα της Ευβοϊκής και της Βοιωτικής πλευράς δεν υπήρξαν ιδιαίτερα γεωτεχνικά προβλήματα κατά την έδραση τους.

Υδροφόρος ορίζοντας δεν υπάρχει στους ασβεστόλιθους παρά στη στάθμη περίπου της θάλασσας, όπου γίνεται και η εκτόνωση των νερών τους μέσω των υπάρχοντων καρστικών πηγών (Βοιωτική ακτή).

Η γεωλογική ανάλυση επέτρεψε τη διάκριση των επί μέρους τεκτονικών τεμαχών της περιοχής που έχουν δημιουργηθεί από την πρόσφατη εξέλιξη του χώρου του Ευβοϊκού Κόλπου. Τα βάθρα της γέφυρας προσβάσεως της Βοιωτικής ακτής βρίσκονται μέσα στο ίδιο τεκτονικό τέμαχος ενώ το βάθρο M5 σε γειτονικό δικό του. Ένα από τα ρήγματα της περιοχής περνά πιθανότατα από την περιοχή του βάθρου M6. Τα βάθρα της Ευβοϊκής ακτής ανήκουν σε άλλο ξεχωριστό τεκτονικό τέμαχος.

Δεν υπάρχουν ενδείξεις που να μαρτυρούν ενεργότητα των ρηγμάτων που ορίζουν τα τεκτονικά τεμάχη της περιοχής, παρόλο που αυτά ανήκουν στο γενικότερο ενεργό δυναμικό σύστημα της μείζονος περιοχής του Ευβοϊκού Κόλπου.

## 5. ΝΕΟΣ ΑΥΤΟΚΙΝΗΤΟΔΡΟΜΟΣ ΣΧΗΜΑΤΑΡΙ - ΧΑΛΚΙΔΑ

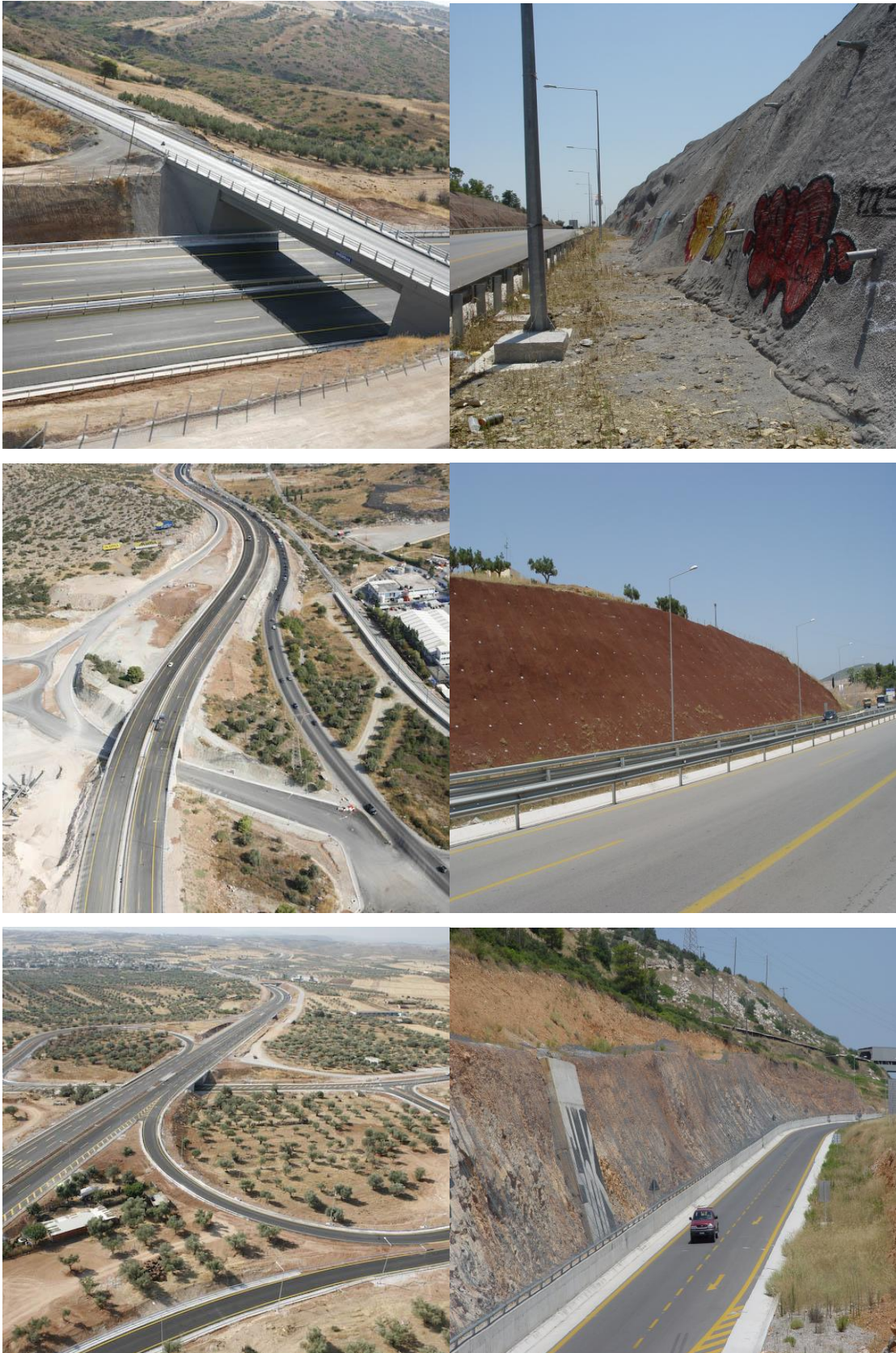
### 5.1 Γενικά

Πρέπει στο σημείο αυτό να σημειωθεί ότι η Χαλκίδα από το σημείο έδρασης της Υψηλής Γέφυρας έως την Εθνική Οδό Αθηνών – Θεσσαλονίκης, στο ύψος του Σχηματαρίου, συνδέεται με ένα νέο κλειστό αυτοκινητόδρομο συνολικού μήκους 10 km, εκ των οποίων τα 8,4 km αποτελούν νέα χάραξη, ενώ τα 1,6 km αφορούν διαπλάτυνση της αρχικής Εθνικής Οδού «Σχηματάρι – Χαλκίδα». Το πλάτος της τυπικής διατομής είναι 25 m περίπου, με δύο λωρίδες και λωρίδα ειδικών αναγκών (Λ. Ε. Α.) ανά κατεύθυνση, με κεντρική νησίδα ασφαλείας πλάτους 4,10 m και μεταλλικά στηθαία εκατέρωθεν (**Εικόνες 5 – 1**)

Στο έργο συμπεριλαμβάνεται η κατασκευή δύο ανισόπεδων κόμβων, του Ανισόπεδου Κόμβου Βαθέος και του Ανισόπεδου Κόμβου Ναυπηγείων. Ακόμα στο έργο συμπεριλαμβάνονται η κατασκευή παράπλευρου δικτύου και κάθετων οδών μήκους 23 km για την εξυπηρέτηση της τοπικής κυκλοφορίας, όπως και η κατασκευή παράπλευρων οδών, οι οποίες αποκαθιστούν τη λειτουργική συνέχεια της παλαιάς Εθνικής Οδού.

Το έργο αυτό οδοποιίας με φορέα την Διεύθυνση Οδικών Έργων (Δ1) της Γ.Γ.Δ.Ε. του Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. κατασκευάστηκε από την εταιρεία ENTEXNOS A.E. και δόθηκε σε κυκλοφορία στις 3 Σεπτεμβρίου 2009. Ο προϋπολογισμός του ήταν 45.000.000 € και η υπογραφή της σύμβασης για την κατασκευή του έγινε τον Οκτώβριο 2005 όμως η ουσιαστική έναρξη των εργασιών έγινε τον Ιούνιο του 2007 λόγω απαλλοτριώσεων και άλλων προβλημάτων. Πλέον η διαδρομή αυτή καλύπτεται σε χρόνο 10 λεπτών σε αντίθεση με το παρελθόν που αυτός ο χρόνος ήταν τριπλάσιος. Όπως γίνεται εύκολα αντιληπτό ο συνδυασμός αυτών των δύο έργων, του νέου αυτοκινητοδρόμου «Σχηματάρι – Χαλκίδα» και της Υψηλής Καλωδιωτής Γέφυρας Χαλκίδας με την παράκαμψη του Αγίου Στεφάνου, εξυπηρετεί απόλυτα δύο σκοπούς: α) την εύκολη και γρήγορη πρόσβαση στη Χαλκίδα και την Εύβοια γενικότερα και β) την αποφόρτιση του κέντρου της Χαλκίδας από την παλαιότερα συχνή κυκλοφοριακή συμφόρηση (φορτηγά, εκδρομείς – κυρίως από την Αθήνα, επαγγελματίες που δραστηριοποιούνται εκτός της πόλης της Χαλκίδας κ.α.).





**Εικόνες 5 - 1.** Απόψεις σε διάφορες θέσεις του Αυτοκινητόδρομου Σχηματάρι – Χαλκίδα και των μέτρων προστασίας των πρανών (οι τρεις αριστερά από [www.entechnos.gr](http://www.entechnos.gr))



Η χάραξη του δρόμου περνάει από ασβεστόλιθους, νεογενείς αποθέσεις και πλευρικά κορήματα. Οι ασβεστόλιθοι συχνά διασχίζονται από διακλάσεις, σε λίγες θέσεις με άνοιγμα πληρωμένο από κοκκινοχώματα.

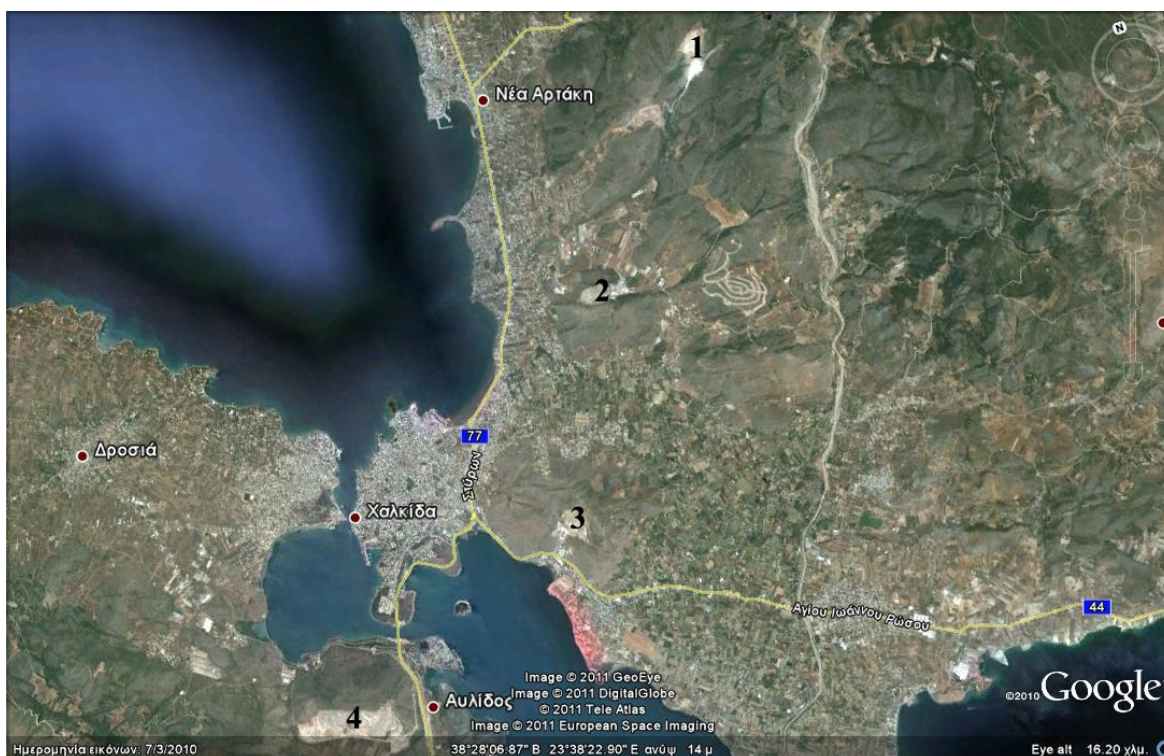
Η κατασκευή του δρόμου δεν είχε να αντιμετωπίσει κάποιο ιδιαίτερο πρόβλημα. Σε ορισμένες θέσεις, όπου τα πρανή ήταν σχετικά υψηλά και επικρατούσαν ασβεστόλιθοι με πολλές διακλάσεις ή πλευρικά κορήματα έγινε αποστράγγιση και προστασία των πρανών με εκτοξευμένο σκυρόδεμα ή κάλυψη τους με συρμάτινο πλέγμα.

## 5.2 Επεξεργασία Διακλάσεων (Πρόγραμμα Dips v. 5.1)

Κατά την εκπόνηση αυτή της διπλωματική εργασίας πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις διακλάσεων στους ασβεστολιθικούς σχηματισμούς που εμφανίζονται κοντά στον Εθνικό δρόμο «Σχηματάρι – Χαλκίδα» καθώς και στην ευρύτερη περιοχή σε 4 ενδεικτικές θέσεις (Εικόνα 5 – 2). Αυτές οι θέσεις είναι :

1. Λατομείο Σκολίδη (ενεργό) – Περιοχή Δρακόσπηλο
2. Λατομείο Σκολίδη (ανενεργό) – Περιοχή Οχυρό
3. Λατομείο Ντεγιάννη (ανενεργό) – Περιοχή Καλογρίτσα
4. Λατομείο Lafarge (ενεργό) – Περιοχή Μεγάλο Βουνό

Στη συνέχεια έγινε η επεξεργασία τους με το πρόγραμμα «Dips v. 5.1» με σκοπό να εξαχθούν για κάθε μία από τις θέσεις αυτές τα διαγράμματα των πόλων των διακλάσεων, τα διαγράμματα των μεγίστων επιπέδων, καθώς και τα ροδοδιαγράμματα, όπως παρουσιάζονται παρακάτω.



**Εικόνα 5 - 2.** Φωτογραφία από το Google Earth με τις θέσεις που έγιναν οι μετρήσεις : 1. Λατομείο Σκολίδη (ενεργό) – Περιοχή Δρακόσπηλο, 2. Λατομείο Σκολίδη (ανενεργό) – Περιοχή Οχυρό, 3. Λατομείο Ντεγιάννη (ανενεργό) – Περιοχή Καλογρίτσα, 4. Λατομείο Lafarge (ενεργό) – Περιοχή Μεγάλο Βουνό

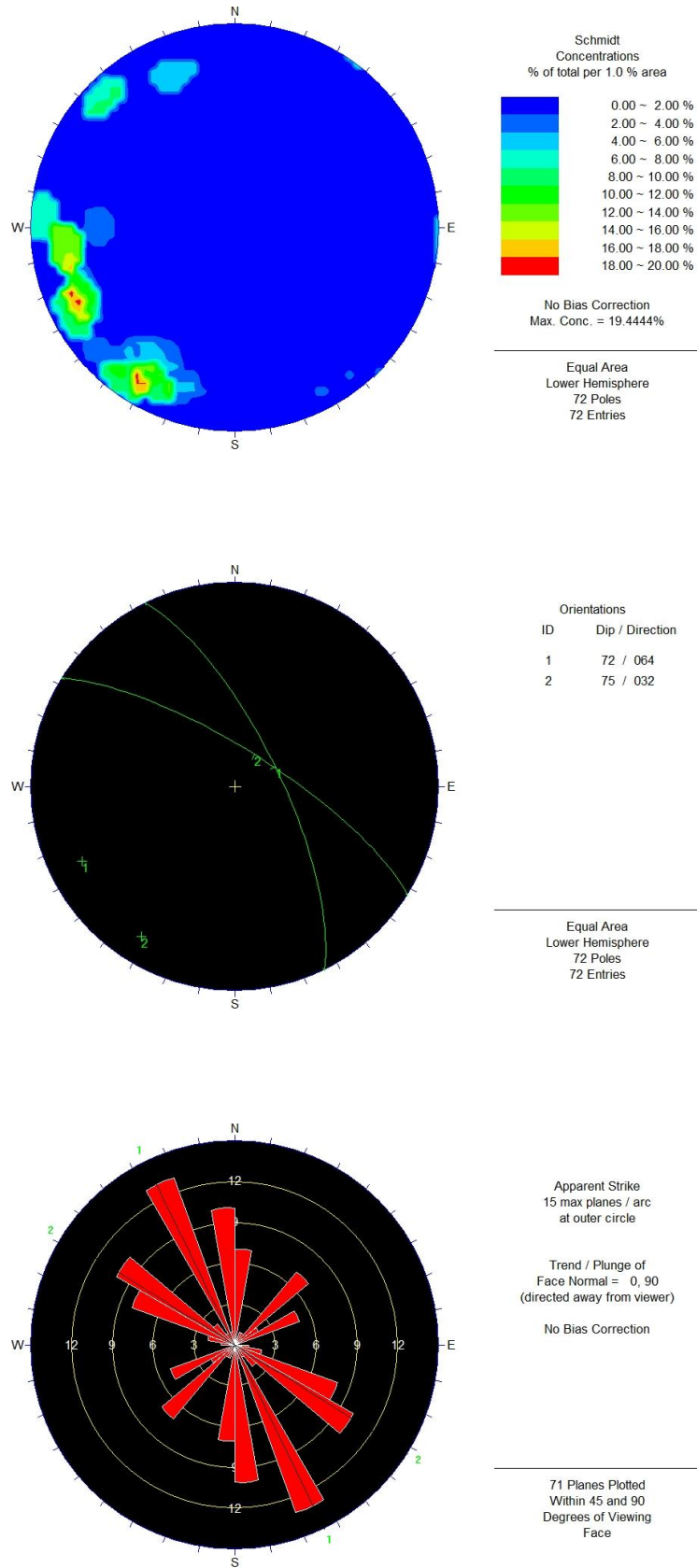
Έχουμε άρα :

### 5.2.1 Λατομείο Σκολίδη (ενεργό) – Περιοχή Δρακόσπηλο

1) 85° / B298°	13) 75° / B28° (× 6)	25) 68° / B68°
2) 65° / B35°	14) 60° / B32°	26) 80° / B62° (× 5)
3) 69° / B33°	15) 80° / B135° (× 5)	27) 70° / B158°
4) 80° / B52°	16) 72° / B65° (× 5)	28) 70° / B72°
5) 60° / B29°	17) 75° / B125°	29) 70° / B68°
6) 68° / B18°	18) 72° / B84° (× 9)	30) 85° / B318°
7) 70° / B21°	19) 75° / B38°	31) 75° / B82°
8) 57° / B90°	20) 82° / B36° (× 5)	32) 75° / B326°
9) 72° / B140°	21) 85° / B334°	33) 85° / B94° (× 5)
10) 77° / B65°	22) 80° / B46°	34) 65° / B48°
11) 83° / B35°	23) 55° / B92°	35) 30° / B116°
12) 74° / B16°	24) 70° / B360°	36) 70° / B310°

**Πίνακας 5 – 1.** Μετρήσεις που έγιναν στο λατομείο Σκολίδη (ενεργό) στην περιοχή Δρακόσπηλο

Όπως φαίνεται από τα σχετικά διαγράμματα η μέγιστη συγκέντρωση των διακλάσεων στην περιοχή Δρακόσπηλο έχει διεύθυνση ΒΒΔ – ΝΝΑ. Επίσης υπάρχουν τρεις δευτερεύουσες συγκεντρώσεις διακλάσεων με διευθύνσεις ΒΔ – ΝΑ, Β – Ν και ΒΑ – ΝΔ αντίστοιχα (**Εικόνα 5 – 3**).



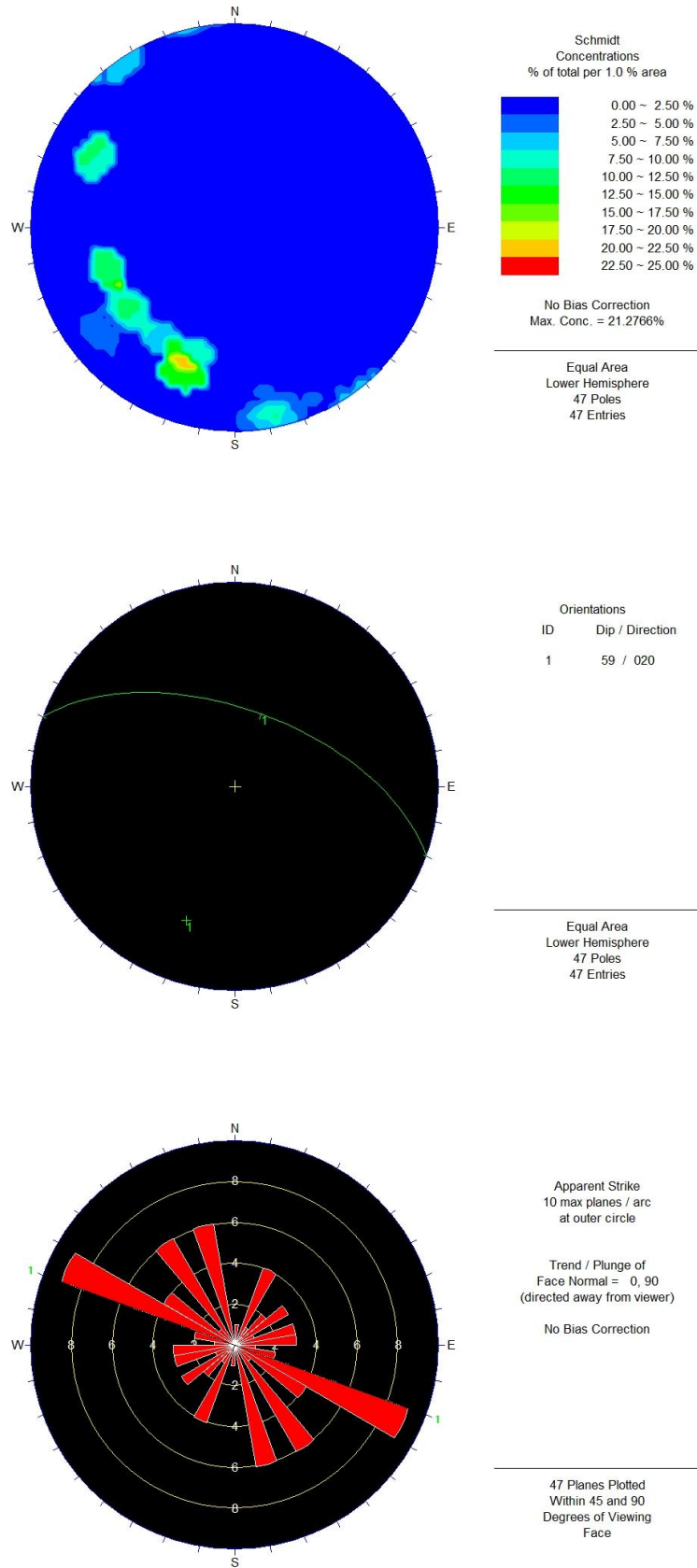
**Εικόνα 5 - 3.** Το διάγραμμα των πόλων, το διάγραμμα των μέγιστων επιπέδων και το ροδοδιάγραμμα στην περιοχή Δρακόσπηλο (από πάνω προς τα κάτω)

### 5.2.2 Λατομείο Σκολίδη (ανενεργό) – Περιοχή Οχυρό

1) $65^\circ / B20^\circ (\times 6)$	11) $55^\circ / B54^\circ (\times 3)$	21) $77^\circ / B352^\circ$
2) $75^\circ / B52^\circ$	12) $55^\circ / B34^\circ (\times 3)$	22) $66^\circ / B6^\circ$
3) $85^\circ / B342^\circ$	13) $80^\circ / B36^\circ$	23) $85^\circ / B346^\circ$
4) $85^\circ / B148^\circ$	14) $85^\circ / B10^\circ$	24) $70^\circ / B74^\circ$
5) $85^\circ / B354^\circ$	15) $72^\circ / B120^\circ$	25) $70^\circ / B344^\circ$
6) $77^\circ / B330^\circ$	16) $57^\circ / B58^\circ$	26) $65^\circ / B136^\circ$
7) $55^\circ / B48^\circ$	17) $65^\circ / B116^\circ (\times 4)$	27) $55^\circ / B20^\circ (\times 3)$
8) $88^\circ / B144^\circ$	18) $55^\circ / B72^\circ (\times 5)$	28) $85^\circ / B350^\circ$
9) $70^\circ / B52^\circ$	19) $55^\circ / B16^\circ$	
10) $85^\circ / B314^\circ$	20) $60^\circ / B92^\circ$	

**Πίνακας 5 – 2.** Μετρήσεις που έγιναν στο λατομείο Σκολίδη (ανενεργό) στην περιοχή Οχυρό

Όπως φαίνεται από τα σχετικά διαγράμματα η μέγιστη συγκέντρωση των διακλάσεων στην περιοχή Οχυρό έχει διεύθυνση  $\Delta B\Delta - \text{ANA}$ . Αν και οι διακλάσεις εμφανίζουν μεγάλη διασπορά μπορούμε να θεωρήσουμε μία δεύτερη συγκέντρωση στην διεύθυνση  $B\Delta - \text{NA}$ . Επίσης υπάρχουν τρεις δευτερεύουσες συγκεντρώσεις διακλάσεων με διευθύνσεις  $B\Delta - \text{NNA}$ ,  $BBA - \text{NN}\Delta$  και  $\Delta - \text{A}$  αντίστοιχα (**Εικόνα 5 – 4**).



**Εικόνα 5 - 4.** Το διάγραμμα των πόλων, το διάγραμμα των μέγιστων επιπέδων και το ροδοδιάγραμμα στην περιοχή Οχυρό (από πάνω προς τα κάτω)

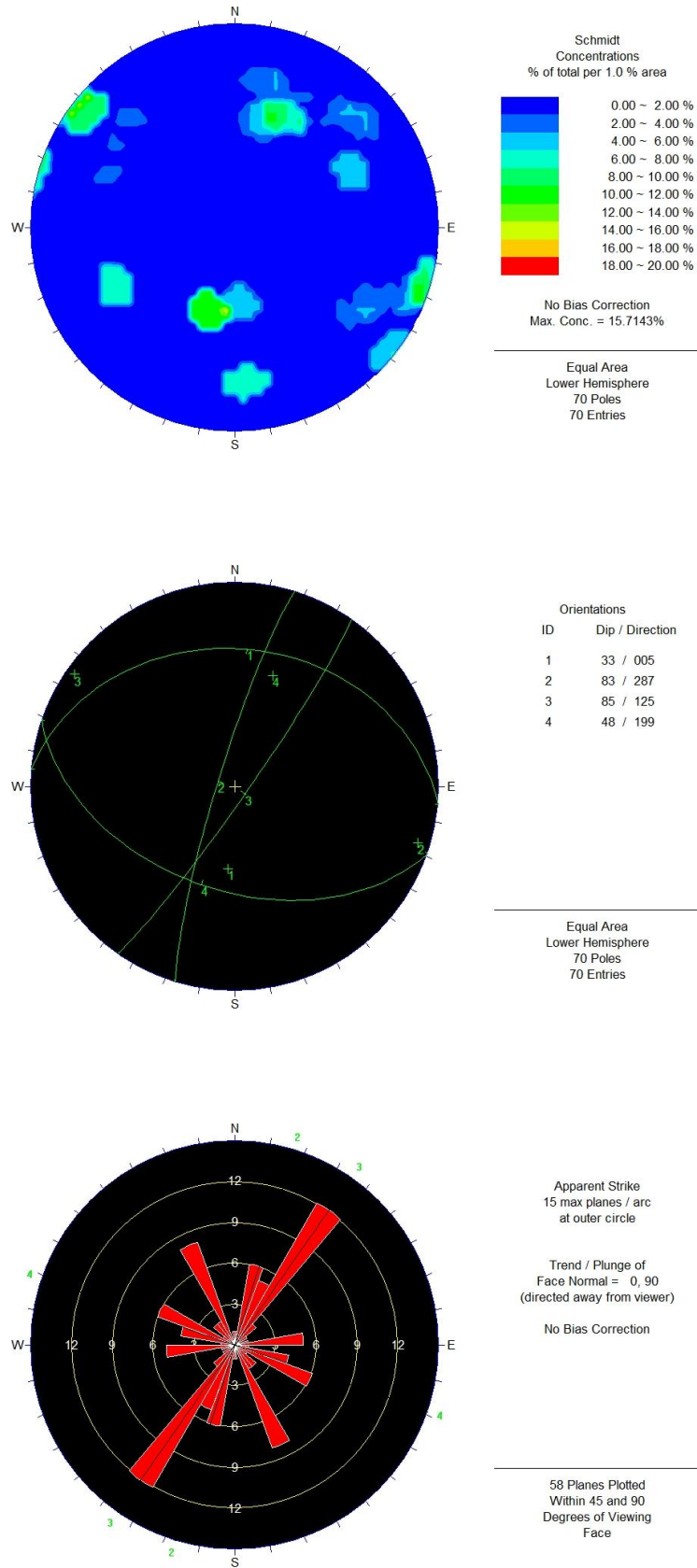


### 5.2.3 Λατομείο Ντεγιάννη (ανενεργό) – Περιοχή Καλογρίτσα

1) 80° / B128° (× 6)	13) 70° / B94°	25) 45° / B190°
2) 65° / B202°	14) 65° / B308°	26) 60° / B118°
3) 87° / B286° (× 5)	15) 53° / B244°	27) 65° / B218°
4) 50° / B204° (× 4)	16) 82° / B290°	28) 80° / B346°
5) 63° / B188°	17) 65° / B296°	29) 70° / B230°
6) 65° / B140°	18) 55° / B64° (× 5)	30) 35° / B18° (× 8)
7) 62° / B192°	19) 62° / B132°	31) 65° / B356° (× 5)
8) 55° / B206°	20) 50° / B220°	32) 67° / B226°
9) 75° / B294°	21) 55° / B84°	33) 30° / B356° (× 3)
10) 87° / B308°	22) 55° / B108°	34) 75° / B234°
11) 45° / B194°	23) 48° / B196°	35) 60° / B302°
12) 50° / B314°	24) 85° / B292°	36) 35° / B198°

**Πίνακας 5 – 3.** Μετρήσεις που έγιναν στο λατομείο Ντεγιάννη στην περιοχή Καλογρίτσα

Όπως φαίνεται από τα σχετικά διαγράμματα η μέγιστη συγκέντρωση των διακλάσεων στην περιοχή Καλογρίτσα έχει διεύθυνση BBA – NNΔ. Επίσης υπάρχουν τρεις δευτερεύουσες συγκεντρώσεις διακλάσεων με διευθύνσεις BBA – NNA, ΔBA – ANA και Δ – A αντίστοιχα (**Εικόνα 5 – 5**).



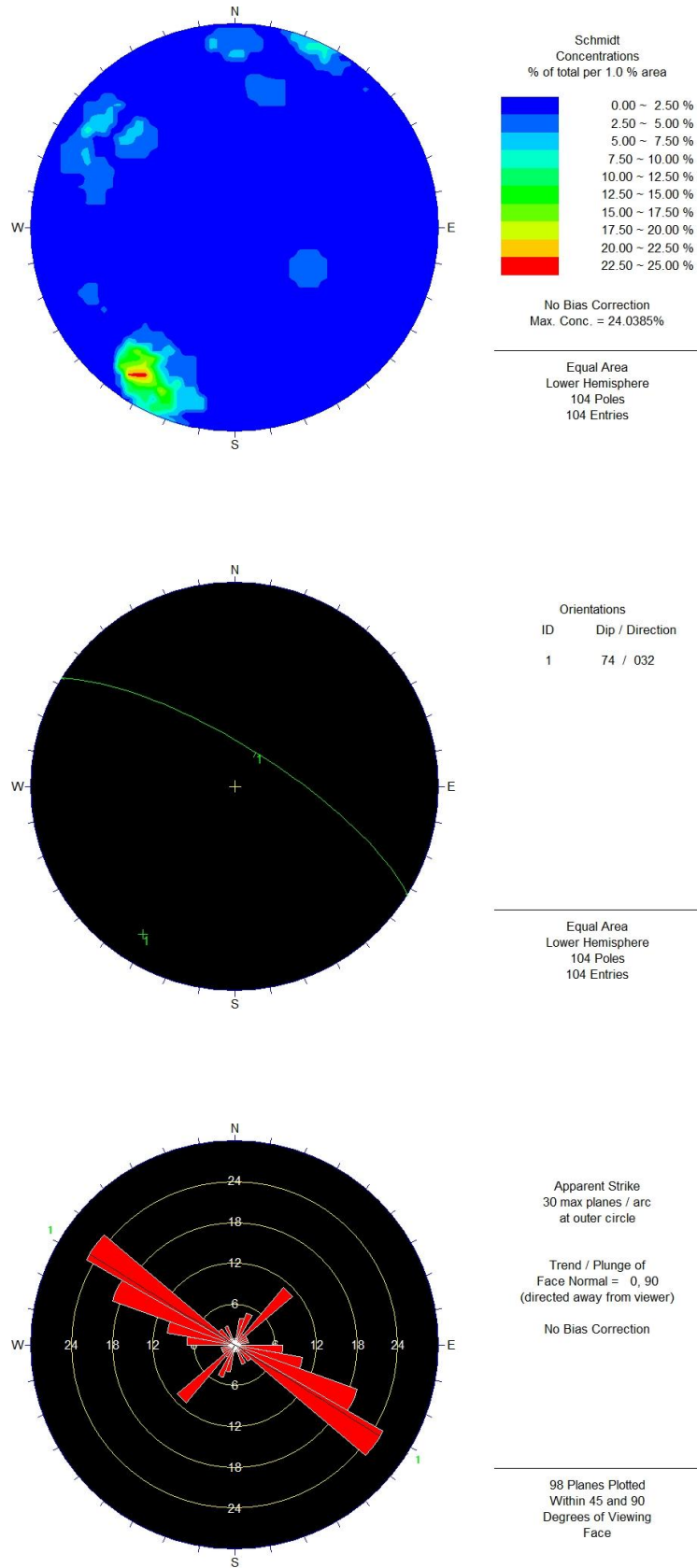
**Εικόνα 5 - 5.** Το διάγραμμα των πόλων, το διάγραμμα των μέγιστων επιπέδων και το ροδοδιάγραμμα στην περιοχή Καλογρίτσα (από πάνω προς τα κάτω)

#### 5.2.4 Λατομείο Lafarge (ενεργό) – Περιοχή Μεγάλο Βουνό

1) 77° / B32° (×5)	16) 65° / B50°	31) 58° / B194° (×3)
2) 70° / B64°	17) 72° / B94°	32) 34° / B300° (×4)
3) 65° / B36°	18) 80° / B228°	33) 80° / B180° (×5)
4) 85° / B60°	19) 75° / B214°	34) 35° / B68°
5) 70° / B336°	20) 85° / B300°	35) 82° / B166°
6) 75° / B322°	21) 65° / B182°	36) 75° / B116° (×4)
7) 75° / B158°	22) 72° / B34° (×5)	37) 70° / B122°
8) 65° / B62°	23) 54° / B132° (×5)	38) 90° / B202° (×5)
9) 70° / B36° (×7)	24) 43° / B145°	39) 87° / B208°
10) 67° / B70°	25) 75° / B148°	40) 80° / B28° (×8)
11) 77° / B18° (×7)	26) 60° / B36° (×4)	41) 75° / B130° (×5)
12) 75° / B224°	27) 62° / B116°	42) 90° / B222°
13) 85° / B210°	28) 63° / B22° (×4)	43) 95° / B166°
14) 70° / B280°	29) 60° / B108° (×3)	44) 70° / B32°
15) 65° / B132°	30) 85° / B204°	45) 60° / B184°

**Πίνακας 5 – 4.** Μετρήσεις που έγιναν στο λατομείο της εταιρείας Lafarge στην περιοχή Μεγάλο Βουνό

Όπως φαίνεται από τα σχετικά διαγράμματα η μέγιστη συγκέντρωση των διακλάσεων στην περιοχή Μεγάλο Βουνό έχει διεύθυνση ΒΔ – ΝΑ. Επίσης υπάρχει μία μικρότερη συγκέντρωση διακλάσεων με διεύθυνση ΒΑ – ΝΔ (**Εικόνα 5 – 6**).



**Εικόνα 5 - 6.** Το διάγραμμα των πόλων, το διάγραμμα των μέγιστων επιπέδων και το ροδοδιάγραμμα στην περιοχή Μεγάλο Βουνό (από πάνω προς τα κάτω)

### 5.3 Συμπεράσματα

Η Χαλκίδα συνδέεται πλέον από το σημείο έδρασης της Υψηλής Γέφυρας έως την Εθνική Οδό Αθηνών – Θεσσαλονίκης με το νέο κλειστό αυτοκινητόδρομο «Σχηματάρι – Χαλκίδα» συνολικού μήκους 10 km. Στο έργο αυτό συμπεριλαμβάνεται η κατασκευή δύο ανισόπεδων κόμβων, του Ανισόπεδου Κόμβου Βαθέος και του Ανισόπεδου Κόμβου Ναυπηγείων όπως επίσης και η κατασκευή παράπλευρου δικτύου και κάθετων οδών μήκους 23 km.

Η χάραξη του δρόμου διέρχεται από ασβεστόλιθους, νεογενείς αποθέσεις και πλευρικά κορήματα. Αυτοί οι ασβεστόλιθοι διασχίζονται από διακλάσεις οι οποίες σε κάποιες θέσεις είναι πληρωμένες με κοκκινοχώματα.

Η κατασκευή του δρόμου γενικά δεν αντιμετώπισε κάποιο ιδιαίτερο πρόβλημα. Η μόνη αξιοσημείωτη παρατήρηση έχει να κάνει με κάποιες θέσεις όπου τα πρανή ήταν σχετικά υψηλά και επικρατούσαν ασβεστόλιθοι με πολλές διακλάσεις ή πλευρικά κορήματα. Σε αυτές τις θέσεις έγινε αποστράγγιση και προστασία των πρανών με εκτοξευόμενο σκυρόδεμα ή κάλυψη τους με συρμάτινο πλέγμα.

Ο συνδυασμός αυτού του δρόμου με την Υψηλή Γέφυρα Χαλκίδας έχει δύο σημαντικά οφέλη : α) την εύκολη και γρήγορη πρόσβαση στη Χαλκίδα και την Εύβοια γενικότερα και β) την αποφόρτιση του κέντρου της Χαλκίδας από την παλαιότερα συχνή κυκλοφοριακή συμφόρηση.

## 6. ΑΓΩΓΟΣ ΦΥΣΙΚΟΥ ΑΕΡΙΟΥ

### 6.1 Γενικά – Το Εθνικό Σύστημα Φυσικού Αερίου

Η Δημόσια Επιχείρηση Αερίου (ΔΕΠΑ), είναι η εταιρεία που εισήγαγε το φυσικό αέριο στην Ελλάδα. Βάσει του Ν. 3428/2005 για την απελευθέρωση της αγοράς φυσικού αερίου με τον οποίο εναρμονίστηκε η ελληνική νομοθεσία με την Οδηγία 03/55 ιδρύθηκε το 2007 η ανώνυμη εταιρεία «Διαχειριστής Εθνικού Συστήματος Φυσικού Αερίου (ΔΕΣΦΑ) Α.Ε.», η οποία είναι κατά 100% θυγατρική της ΔΕΠΑ Α.Ε.. Ο όμιλος ΔΕΣΦΑ έχει πλήρες και αποκλειστικό δικαίωμα στη λειτουργία, εκμετάλλευση και ανάπτυξη του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου. Το Εθνικό Σύστημα Φυσικού Αερίου περιλαμβάνει το Σύστημα Μεταφοράς φυσικού αερίου (δηλαδή το σύστημα αγωγών με πίεση σχεδιασμού άνω των 19 bar) και τον σταθμό Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου της Ρεβυθούσας.

Το Εθνικό Σύστημα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου μεταφέρει το φυσικό αέριο από τα σημεία εισόδου σε καταναλωτές εγκατεστημένους στην ηπειρωτική Ελλάδα. Τα σημεία εισόδου του συστήματος μεταφοράς φυσικού αερίου είναι τρία:

1. Στα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα (εισροή φυσικού αερίου στον κεντρικό αγωγό από τη Ρωσία).
2. Στα Ελληνοτουρκικά σύνορα (σύνδεση του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου με το τούρκικο σύστημα μεταφοράς).
3. Στη νήσο Ρεβυθούσα, στον κόλπο της Πάχης Μεγάρων (ύπαρξη εγκαταστάσεων εκφόρτωσης, αποθήκευσης και επαναεριοποίησης του Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου – LNG).

Το δίκτυο φυσικού αερίου αποτελείται από:

1. Τον κεντρικό αγωγό μεταφοράς αερίου υψηλής πίεσης (**Εικόνα 6 – 1**) και τους κλάδους αυτού.
2. Τους Μετρητικούς Σταθμούς Συνόρων Σιδηροκάστρου Σερρών και Κήπων Έβρου.
3. Το Σταθμό Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (LNG) Ρεβυθούσας.
4. Τους Μετρητικούς και Ρυθμιστικούς σταθμούς φυσικού αερίου.
5. Τα Κέντρα Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου.



6. Τα Κέντρα Λειτουργίας και Συντήρησης του Μετρητικού Σταθμού Συνόρων Σιδηροκάστρου, Ανατολικής Ελλάδας, Βορείου Ελλάδας, Κεντρικής Ελλάδας και Νοτίου Ελλάδας.
7. Το σύστημα Τηλεέγχου και Τηλεπικοινωνιών.



**Εικόνα 6 - 1.** Τοποθέτηση Αγωγού Φυσικού Αερίου Υψηλής Πίεσης ([www.depa.gr](http://www.depa.gr))

### **6.1.1 Κεντρικός Αγωγός και Κλάδοι Μεταφοράς**

Ο κεντρικός αγωγός μεταφοράς έχει συνολικό μήκος 512 Km, πίεση σχεδιασμού 70 bar και εκτείνεται από τα Ελληνοβουλγαρικά σύνορα (Προμαχώνας) έως την Αττική. Από αυτόν εκκινούν κλάδοι μεταφοράς φυσικού αερίου με συνολικό μήκος 706 Km οι οποίοι τροφοδοτούν τις περιοχές της Ανατολικής Μακεδονίας, της Θράκης, του Βόλου, του

Πλατέος, των Τρικάλων, των Οινοφύτων, των Αντικύρων, της Κορίνθου, της Θίβης και της Αττικής (**Εικόνα 6 – 2**).

Κατά μήκος του κεντρικού αγωγού και των κλάδων είναι εγκατεστημένοι:

1. Σταθμοί βαλβιδοστασίων με σκοπό τη τμηματική απομόνωση του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου σε περιπτώσεις εκτάκτου ανάγκης ή προγραμματισμένης συντήρησης.
2. Σταθμοί ξεστροπαγίδων για την αποστολή / παραλαβή συσκευών καθαρισμού (ξέστρων) ή συσκευών εσωτερικής επιθεώρησης του αγωγού.
3. Σύστημα καθοδικής προστασίας του αγωγού από φαινόμενα διάβρωσης.
4. Καλώδιο οπτικών ινών για την κάλυψη των αναγκών του συστήματος ελέγχου λειτουργίας, επικοινωνιών και τηλεχειρισμού.

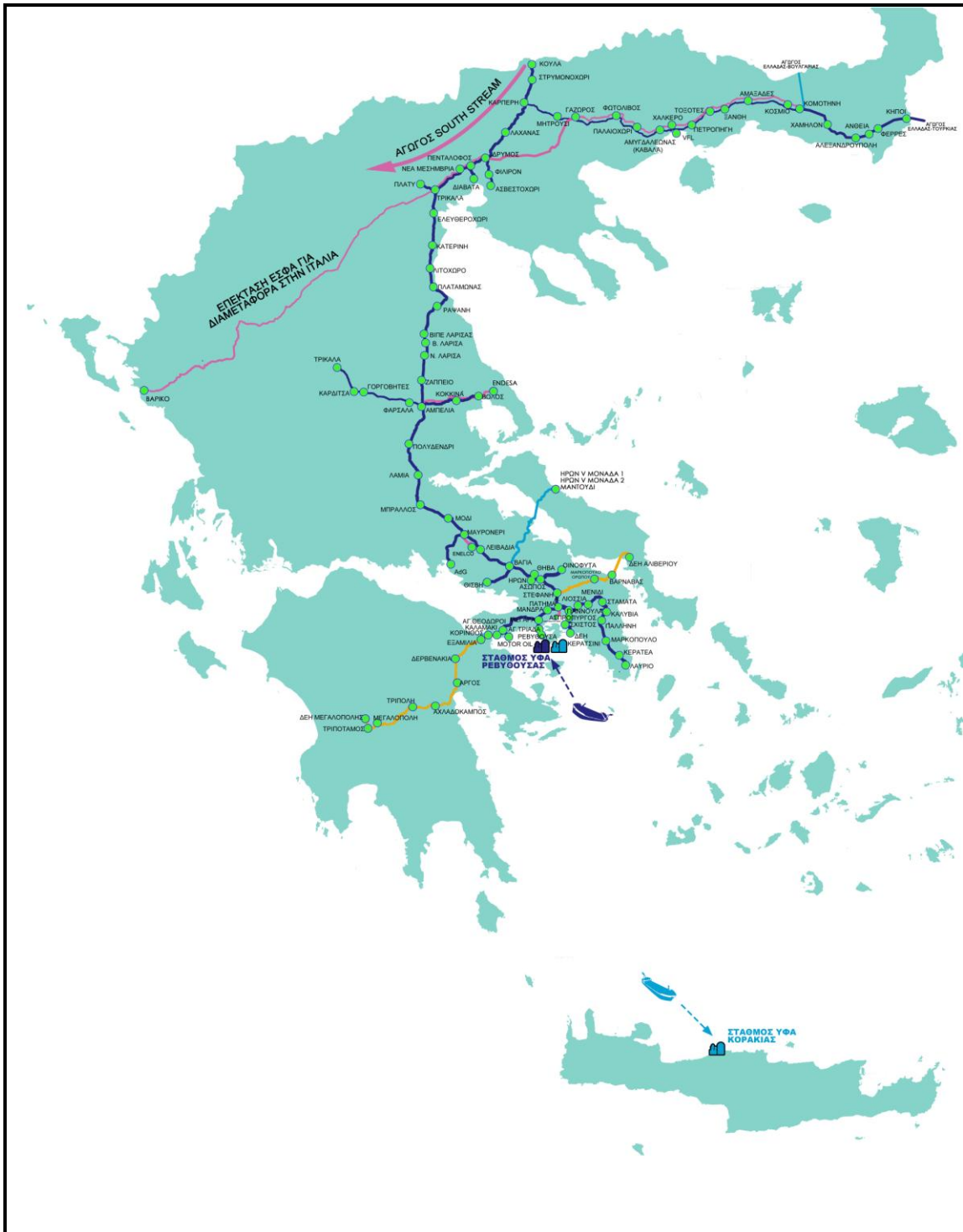
### **6.1.2 Μετρητικοί Σταθμοί Συνόρων Σιδηροκάστρου Σερρών και Κήπων Έβρου**

Κύριο αντικείμενο των δύο αυτών σταθμών είναι η μέτρηση της ποσότητας και ο προσδιορισμός της ποιότητας του εισαγόμενου φυσικού αερίου από τη Βουλγαρία και την Τουρκία αντίστοιχα. Επιπρόσθετα, οι σταθμοί αυτοί εφαρμόζουν τις ακόλουθες απλές φυσικές διεργασίες στο φυσικό αέριο:

1. Απομάκρυνση στερεών και υγρών με φίλτρα στην είσοδο των Σταθμών.
2. Θέρμανση με εναλλάκτες θερμότητας με ζεστό νερό (όποτε είναι απαραίτητο).
3. Ρύθμιση της παροχής προς το Ελληνικό δίκτυο με βάση τον προγραμματισμό του Κέντρου Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου (Dispatching Center).

### **6.1.3 Σταθμός Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου (LNG) Ρεβυθούσας**

Στη Ρεβυθούσα, στον κόλπο των Μεγάρων Αττικής, λειτουργεί ένας από τους πιο σύγχρονους σταθμούς Υγροποιημένου Φυσικού Αερίου σε όλη τη Μεσόγειο. Εκεί γίνεται η παραλαβή προμηθειών φυσικού αερίου σε υγροποιημένη μορφή από την Αλγερία με τη χρήση δεξαμενόπλοιων.



Εικόνα 6 - 2. Εθνικό Σύστημα Αγωγών Φυσικού Αερίου (www.desfa.gr)

- Εν Λειτουργία
- Υπό Κατασκευή
- Υπό Βασικό Σχεδιασμό
- Υπό Προκαταρκτική Μελέτη

Πιο συγκεκριμένα ο σταθμός ΥΦΑ Ρεβυθούσας, έπειτα από αναβάθμιση που πραγματοποιήθηκε από τον όμιλο ΔΕΣΦΑ τον Οκτώβριο του 2007, μπορεί πλέον και υποδέχεται μεγαλύτερα δεξαμενόπλοια και έτσι παραλαμβάνει πιο γρήγορα και αποτελεσματικά διπλάσιες ποσότητες αερίου. Για την ακρίβεια η αδιάλειπτη δυναμικότητα αεριοποίησης τριπλασιάστηκε από  $271 \text{ m}^3$  ΥΦΑ την ώρα, πριν την αναβάθμιση του, σε  $1000 \text{ m}^3$ . Έτσι γίνεται επεξεργασία τριπλάσιων ποσοτήτων υγροποιημένου φυσικού αερίου και τροφοδότηση του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς με  $5.2 - 5.3$  δις  $\text{m}^3$  φυσικού αερίου ετησίως. Μάλιστα όταν ολοκληρωθεί και η δεύτερη φάση αναβάθμισης και κατασκευαστεί και η Τρίτη δεξαμενή αποθήκευσης, η συνολική αποθηκευτική ικανότητα του Σταθμού θα αυξηθεί από  $130.000 \text{ m}^3$  ΥΦΑ σε  $225.000 \text{ m}^3$  ΥΦΑ και η δυναμικότητα αεριοποίησης θα ανέλθει σε  $1400 \text{ m}^3$  ΥΦΑ την ώρα από  $1000 \text{ m}^3$  που είναι σήμερα.

#### **6.1.4 Μετρητικοί και Ρυθμιστικοί Σταθμοί Φυσικού Αερίου**

Οι σταθμοί αυτοί υποβιβάζουν και ελέγχουν την πίεση των συστημάτων που τροφοδοτούν, μετρούν την ποσότητα της ενέργειας που διοχετεύεται από το σύστημα μεταφοράς φυσικού αερίου στα δίκτυα μέσης πίεσης ή σε καταναλωτές απευθείας συνδεδεμένους με το σύστημα μεταφοράς και προσδίδουν στο αέριο χαρακτηριστική οσμή για την έγκαιρη διαπίστωση τυχόν διαρροών.

Για τους παραπάνω λόγους είναι εξοπλισμένοι με:

1. Ρυθμιστικές βαλβίδες, οι οποίες επιτηρούν και ρυθμίζουν σε συνεχή βάση την πίεση λειτουργίας των δικτύων διανομής.
2. Βαλβίδες άμεσης διακοπής για την προστασία των συστημάτων που τροφοδοτούν από τυχόν παραβίαση των ορίων της πίεσης λειτουργίας αυτών (π.χ. λόγω βλάβης της ρυθμιστικής βαλβίδας).
3. Σύγχρονα μετρητικά συστήματα για τη συνεχή μέτρηση της παροχής και της ποιότητας του φυσικού αερίου που διοχετεύεται μέσω των σταθμών.
4. Σύγχρονα συστήματα αυτοματισμού, τηλεέγχου/τηλεχειρισμού και τιμολόγησης.
5. Εγκαταστάσεις προσθήκης χαρακτηριστικής οσμής.

### **6.1.5 Κέντρα Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου**

Οι λειτουργικές παράμετροι του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου ελέγχονται σε συνεχή βάση και προσδιορίζονται από το Κέντρο Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου, που βρίσκεται στις εγκαταστάσεις του Κέντρου Λειτουργίας και Συντήρησης Νότιου Τομέα (Πάτημα Μαγούλας) και εναλλακτικά (σε περίπτωση απώλειας του πρώτου) από το εφεδρικό Κέντρο Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου που βρίσκεται στις εγκαταστάσεις του Κέντρου Λειτουργίας και Συντήρησης Βόρειου Τομέα (Νέα Μεσημβρία Θεσσαλονίκης).

Το Κέντρο Ελέγχου και Κατανομής Φορτίου έχει επιφορτιστεί με:

1. Τη συνεχή παρακολούθηση των παραμέτρων λειτουργίας του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου μέσω συστήματος Εποπτικού Ελέγχου και Συλλογής Δεδομένων (Supervisory Control and Data Acquisition – SCADA).
2. Την υλοποίηση των προγραμμάτων παραλαβών και παραδόσεων φυσικού αερίου σύμφωνα με τις αντίστοιχες δηλώσεις των Χρηστών Μεταφοράς.
3. Τον προσδιορισμό των λειτουργικών παραμέτρων του Εθνικού Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου με χρήση σύγχρονης τεχνολογίας λογισμικού προσομοίωσης δικτύου, με στόχο την ασφαλή, ομαλή και αποδοτική λειτουργία του δικτύου.
4. Την έγκαιρη ειδοποίηση και καθοδήγηση του προσωπικού συντήρησης σε περιπτώσεις δυσλειτουργίας εξοπλισμού.
5. Την υποστήριξη και το συντονισμό προσωπικού συντήρησης και αρχών (Πυροσβεστική Υπηρεσία, Αστυνομία) σε καταστάσεις εκτάκτου ανάγκης.

### **6.1.6 Κέντρα Λειτουργίας και Συντήρησης του Μετρητικού Σταθμού Συνόρων Σιδηροκάστρου, Ανατολικής Ελλάδας, Βορείου Ελλάδας, Κεντρικής Ελλάδας και Νοτίου Ελλάδας**

Σκοπός όλων αυτών των κέντρων είναι η λειτουργία και η συντήρηση του συνόλου των εγκαταστάσεων που βρίσκονται στην περιοχή ευθύνης τους ώστε να μη διακόπτεται η ομαλή λειτουργία του συστήματος και η αδιάλειπτη μεταφορά και παροχή αερίου στους καταναλωτές.

### **6.1.7 Σύστημα Τηλεέγχου και Τηλεπικοινωνιών**

Το σύστημα Τηλεέγχου και Τηλεπικοινωνιών έχει σαν κύριο στόχο «την εξασφάλιση ότι το σύστημα μεταφοράς φυσικού αερίου θα τροφοδοτεί την αγορά με επαρκείς ποσότητες κάτω από όλες τις προβλέψιμες συνθήκες, κανονικές και έκτακτες» και σαν δευτερεύοντες στόχους «την τηλεποπτεία των σταθμών φυσικού αερίου, τη διαχείριση των συναγεμίων και την παροχή τεχνικών και στατιστικών δεδομένων στις υπηρεσίες του ΔΕΣΦΑ έτσι ώστε η μεταφορά φυσικού αερίου να γίνεται συνεχώς κατά τρόπο ασφαλή, αξιόπιστο και οικονομικό».

## **6.2 Χρήσεις Φυσικού Αερίου**

Οι χρήσεις του φυσικού αερίου είναι:

1. Στη βιομηχανία.
2. Στην παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας.
3. Στις κατοικίες.
4. Στον εμπορικό τομέα, Ξενοδοχεία, Νοσοκομεία, Εκπαιδευτικά ιδρύματα, αθλητικά και πολιτιστικά κέντρα.
5. Στην αυτοκίνηση.

## **6.3 Σχεδιασμός Δικτύων Μεταφοράς Φυσικού Αερίου**

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος Ενέργειας και Κλιματικής Αλλαγής ορίζει με το άρθρο του Τεχνικού Κανονισμού «Συστήματα Μεταφοράς Φυσικού Αερίου με Μέγιστη Πίεση Λειτουργίας άνω των 16 bar» τα εξής:

### **6.3.1 Απαιτήσεις για την επιλογή της όδευσης**

«Τα σημαντικότερα στοιχεία που επηρεάζουν την όδευση του Συστήματος Μεταφοράς Φυσικού Αερίου είναι η ασφάλεια, οι τεχνικοί και οι περιβαλλοντικοί παράγοντες.

Για το σχεδιασμό της όδευσης πρέπει να διεξαχθεί μια αναγνωριστική έρευνα – μελέτη του εδάφους και ιδιαιτέρως πρέπει να εξεταστούν οι γεωλογικοί, τοπογραφικοί και υδρογεωλογικοί παράγοντες, οι αστικές εγκαταστάσεις, τα προγράμματα των Ρυθμιστικών Σχεδίων, η παρουσία ενδεχομένων προστατευόμενων περιοχών (όπως στρατιωτικές περιοχές, αρχαιολογικοί χώροι, εγκαταστάσεις τηλεπικοινωνιών, ηλεκτρισμού, κλπ) και οι δεσμεύσεις που τις επιβαρύνουν, η παρουσία υποδομών μεταφοράς όπως είναι για παράδειγμα οι δρόμοι, οι σιδηροδρομικές και ηλεκτρικές γραμμές, η παρουσία υδάτινων



διαδρομών, καθώς επίσης και οι περιοχές προς εξυγίανση. Η μελέτη αυτή θα υποβάλλεται με γραπτή τεχνική έκθεση στην Υπηρεσία προς έγκριση.

Ανάλογες προληπτικές έρευνες – μελέτες πρέπει να πραγματοποιηθούν για τον καθορισμό του καταλληλότερου χώρου για την κατασκευή των σταθμών συμπίεσης».

### **6.3.2 Εκτίμηση Σεισμικής Επάρκειας**

«Λαμβάνονται υπόψη επίσης οι περιορισμοί λόγω της σεισμικής επικινδυνότητας των εδαφών και της αστάθειας αυτών και εκπονείται σχετική μελέτη εκτίμησης της σεισμικής επάρκειας των Συστημάτων αγωγών φυσικού αερίου με στόχο τη διασφάλιση της δομικής ακεραιότητας και της απρόσκοπτης λειτουργίας για το επιθυμητό επίπεδο του σεισμού σχεδιασμού.

Στις περιπτώσεις που ο αγωγός του Συστήματος Μεταφοράς διέρχεται από σεισμικό ρήγμα κατά το σχεδιασμό του χαλύβδινου αγωγού θα λαμβάνονται υπόψη οι αρχές της μηχανικής για τον περιορισμό της βλάβης του αγωγού σε περίπτωση ολίσθησης του ρήγματος. Θα εφαρμόζονται οι διατάξεις του Ευρωπαϊκού Προτύπου ΕΛΟΤ EN 1998-4 ‘Ευρωκώδικας 8 - Αντισεισμικός σχεδιασμός των κατασκευών - Μέρος 4 : Σιλό, δεξαμενές και αγωγοί’, το οποίο συνιστά να επιδιώκεται κατάλληλη κατεύθυνση της όδευσης του αγωγού σε σχέση με τη θέση του ρήγματος προς αποφυγήν φαινομένων λυγισμού του τοιχώματος του αγωγού. Στην περίπτωση αναπόφευκτης κάμψης του αγωγού, επιτρέπεται η ανάπτυξη περιορισμένης έκτασης τοπικού λυγισμού. Επίσης συνίσταται η ενίσχυση του πάχους του αγωγού στην περιοχή του ρήγματος, η μείωση των πιέσεων του εδάφους επί του αγωγού με χρήση χαλαρού αμμώδους υλικού για την πλήρωση της εκσκαφής και η μείωση της τριβής μεταξύ αγωγού και εδάφους.

Οι παράμετροι οι οποίες επηρεάζουν την ανάπτυξη σημαντικών παραμορφώσεων στο τοίχωμα ενός μεταλλικού αγωγού φυσικού αερίου κατά τη σχετική οριζόντια ολίσθηση ενός τεκτονικού ρήγματος και οι οποίες ενδέχεται να προκαλέσουν αστοχία λόγω υπέρβασης της αντοχής του χάλυβα ή λόγω τοπικού λυγισμού του τοιχώματος είναι οι : (α) η αντοχή του εδάφους, (β) η ακαμψία του εδάφους, (γ) το μέγεθος της επιβαλλόμενης μετατόπισης, (δ) το εύρος της ζώνης του ρήγματος που παραμορφώνεται και (ε) ο συντελεστής τριβής μεταξύ αγωγού και εδάφους. Αυτές οι παράμετροι διερευνώνται σε σχέση με την εντατική κατάσταση που προκαλείται στο τοίχωμα του αγωγού».

## 6.4 Αγωγοί Φυσικού Αερίου Υψηλής και Μέσης Πίεσης Ευβοίας

Στην ευρύτερη περιοχή Χαλκίδας σχεδιάστηκαν και κατασκευάστηκαν ή κατασκευάζονται :

- οι κλάδοι Αγωγού Φυσικού Αερίου Υψηλής Πίεσης Οινοφύτων – Σχηματαρίου και Οινοφύτων – Χαλκίδας, με μήκος 31,4 km και 15,0 km αντίστοιχα
- ο Αγωγός Μέσης πίεσης Ευβοίας, με συνολικό μήκος 46 χιλιομέτρων (**Εικόνες 6 – 3 και 6 – 4**), και
- το Δίκτυο Μεταφοράς Φυσικού Αερίου Υψηλής Πίεσης προς Αλιβέρι, που περιλαμβάνει χερσαίο τμήμα από τον κεντρικό αγωγό έως τις ακτές του Ευβοϊκού κόλπου, υποθαλάσσιο τμήμα μέχρι την περιοχή του Αλιβερίου και μικρό χερσαίο τμήμα στην Εύβοια έως το σταθμό της ΔΕΗ στο Αλιβέρι. Το μήκος του χερσαίου τμήματος είναι 28,6 km και του υποθαλάσσιου τμήματος είναι 16,9 km.



**Εικόνα 6 – 3.** Εγκατάσταση Αγωγού Φυσικού Αερίου Μέσης Πίεσης στην πόλη της Χαλκίδας (περιοχή Καστέλλα)



**Εικόνα 6 – 4.** Άλλη άποψη της εγκατάστασης του Αγωγού Φυσικού Αερίου Μέσης Πίεσης στην πόλη της Χαλκίδας (περιοχή Καστέλλα)

### **6.5 Γεωλογικοί σχηματισμοί κατά μήκος της χάραξης του αγωγού**

Η ευρύτερη περιοχή από την οποία διέρχεται η χάραξη του αγωγού Ευβοίας από τη θέση πλησίον των διοδίων Σχηματαρίου έως την Παραλία Αυλίδας και από την υποθαλάσσια διέλευση του στη θέση Κάβος στο Ληλάντιο πεδίο της Εύβοιας έως τα Ψαχνά και το Βασιλικό αποτελείται από γεωλογικούς σχηματισμούς του υποβάθρου, πάνω στους οποίους αναπτύσσονται σε ασυμφωνία ηπειρωτικές αποθέσεις του Νεογενούς και του Τεταρτογενούς (**Εικόνα 6 – 5**), που πληρούν τη περιοχή Τανάγρας-Ληλάντιου πεδίου και Ψαχνών. Η λιθοστρωματογραφία των σχηματισμών αυτών έχει αναπτυχθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο.



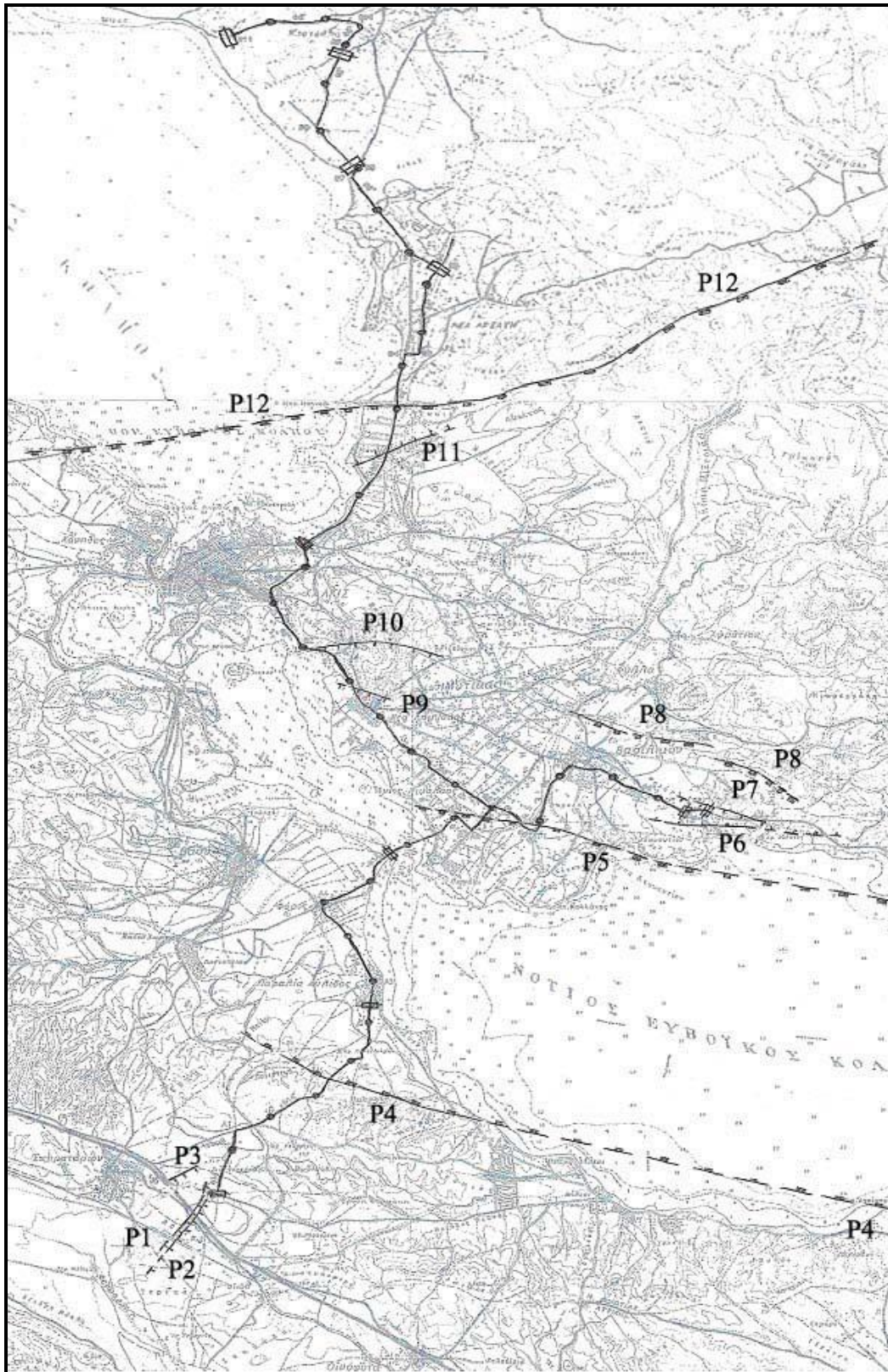


**Εικόνα 6 – 5.** Ασυμφωνία πάνω στους νεογενείς σχηματισμούς και κατά θέσεις πάνω στο υπόβαθρο, καστανόχρωμων πλειστοκαινικών ποταμοχερσαίων ιζημάτων νότια της Ριτσώνας (Γεωργίου & Γαλανάκης, 2005)

## **6.6 Αξιολόγηση των ρηγμάτων**

Στην περιοχή από την οποία διέρχεται ο αγωγός μέσης πίεσης Ευβοίας διαπιστώθηκαν σύμφωνα με τη μελέτη του ΙΓΜΕ (Γεωργίου & Γαλανάκης, 2005) δώδεκα ρηγματα, τα οποία τέμνουν ή διέρχονται πολύ κοντά στη χάραξη του αγωγού (**Εικόνα 6 – 6**).

Τα ρηγματα αυτά ανήκουν όλα στην κατηγορία των κανονικών ρηγμάτων και ο σχηματισμός τους συνδέεται με τα εφελκυστικά πεδία, που επικρατούσαν είτε κατά την πρώτη φάση δημιουργίας της λεκάνης Τανάγρας – Μαλακάσας – Νότιου Ευβοϊκού Κόλπου ή σε μεταγενέστερο στάδιο κατά τη διάρκεια του Τεταρτογενούς.



**Εικόνα 6 - 6.** Χάρτης με τη χάραξη του Αγωγού Φυσικού Αερίου Μέσης Πίεσης στην Εύβοια και τα κυριότερα ρήγματα στην ευρύτερη περιοχή χάραξης(από τους χάρτες «Χαλκίδα» και «Ψαχνά» 1 : 50.000 του ΙΓΜΕ για τον αγωγό φυσικού αερίου μέσης πίεσης στην Εύβοια,2004)

## ΥΠΟΜΝΗΜΑ



Ρήγμα ενεργό και πιθανή προέκταση του (οδοντωτή προς το κατερχόμενο τέμαχος).



Ρήγμα δυνητικώς ενεργό και πιθανή προέκταση του (οδοντωτή προς το κατερχόμενο τέμαχος).

# P

Κωδικοποίηση και αρίθμηση ρηγμάτων.



Μετρητικός και Ρυθμιστικός Σταθμός.



Χάραξη Χαλύβδινου Αγωγού Φυσικού Αερίου με χιλιομέτρηση.

Σε ότι αφορά την επίδραση των ρηγμάτων αυτών στον αγωγό φυσικού αερίου σε διάφορες θέσεις, μπορούν να αναφερθούν τα ακόλουθα:

- Τα ρήγματα P1 και P2 τα οποία βαίνουν παράλληλα στους αγωγούς σε απόσταση μεγαλύτερη των 150 μέτρων.
- Το ρήγμα P3 δεν τέμνει τη χάραξη του αγωγού.
- Το ρήγμα P4 τέμνει τη χάραξη του αγωγού στην περιοχή της Αυλίδας στη χ.θ. 03+500.
- Το ρήγμα P5 τέμνει τη χάραξη του αγωγού στην περιοχή του Ληλαντίου στη χ.θ. 11+765 και το νότιο αγωγό Βασιλικό – Ερέτρια στις χ.θ. 0+350 και χ.θ. 0+940.
- Το ρήγμα P6 δεν τέμνει τη χάραξη αλλά διέρχεται σε απόσταση 250 έως 400 μέτρα νότια του αγωγού Βασιλικό – Ερέτρια (νότιος κλάδος).
- Το ρήγμα P7 δεν τέμνει τη χάραξη του αγωγού.
- Το ρήγμα P8 δεν τέμνει άμεσα τον αγωγό, διέρχεται όμως σε απόσταση μεγαλύτερη των 600 μέτρων βόρεια του αγωγού στην περιοχή του Βασιλικού.
- Το ρήγμα P9 τέμνει τη χάραξη του βόρειου αγωγού Βασιλικού – Ψαχνών στη χ.θ. 03+725.
- Το ρήγμα P10 τέμνει τη χάραξη του βόρειου αγωγού Βασιλικού – Ψαχνών στη χ.θ. 04+875.



- Το ρήγμα P11 τέμνει τη χάραξη του βόρειου αγωγού Βασιλικού – Ψαχνών στη χ.θ. 09+980.
- Το ρήγμα P12 τέμνει τη χάραξη του βόρειου αγωγού Βασιλικού - Ψαχνών στη χ.θ. 10+900.

Αναλυτικά, με βάση την αξιολόγηση από την άποψη της ενεργότητας των ρηγμάτων που κόβουν ή βρίσκονται κοντά στον Αγωγό Φυσικού Αερίου μέσης πίεσης Εύβοιας, σύμφωνα με τη μελέτη του ΙΓΜΕ ( Γεωργίου και Γαλανάκης 2005), αναφέρονται τα ακόλουθα :

### **P1 και P2**

Τα ρήγματα P1 και P2 είναι παράλληλα μεταξύ τους με διεύθυνση ΒΑ–ΝΔ, επηρεάζουν στην περιοχή του Σχηματαρίου τα νεογενή ιζήματα της περιοχής και θεωρούνται δυναμικώς ενεργά.

### **P3**

Το P3 είναι ένα μικρό ρήγμα σχεδόν παράλληλο με τα δύο προηγούμενα και ανήκει στην ίδια ζώνη ρηγμάτων. Επηρεάζει τα νεογενή ιζήματα της περιοχής και θεωρείται επίσης δυναμικώς ενεργό.

### **P4**

Πρόκειται για μια σημαντική ρηξιγενή ζώνη, με διεύθυνση περίπου ΔΒΔ-ΑΝΑ, κλίση προς ΒΒΑ και μήκος 24 km. Διαμορφώνει το Νότιο περιθώριο του Νότιου Ευβοϊκού κόλπου και επηρεάζει τα νεογενή και τεταρτογενή ιζήματα καθώς και τα πλευρικά κορήματα. Ο προσδιορισμός του έχει γίνει και με υποθαλάσσιες έρευνες (Περισοράτης κ.ά. 1992). Σε ότι αφορά το μέγεθος πιθανών μετατοπίσεων κατά τη διάρκεια σεισμού, σύμφωνα με τις υπάρχουσες εμπειρικές σχέσεις συσχετισμού του μεγέθους του σεισμού (Ms), του μήκους του ρήγματος (L) και της επιφανειακής μετατόπισης (D), η μέγιστη σεισμική επιφανειακή μετατόπιση μπορεί να φθάσει τα 65 cm.

### **P5**

Είναι μία σημαντική ρηξιγενής ζώνη της περιοχής, με διεύθυνση περίπου Α-Δ, κλίση προς Νότο και μήκους 25 km περίπου. Διαμορφώνει το Βόρειο περιθώριο του Νότιου Ευβοϊκού κόλπου και επηρεάζει τα νεογενή και τεταρτογενή ιζήματα. Με γεωφυσικές διασκοπήσεις εντοπίστηκε η ακριβής θέση διέλευσης του ρήγματος αυτού, το οποίο επηρεάζει και τις

προσχώσεις στην περιοχή του Ληλάντιου πεδίου. Κατά συνέπεια το συγκεκριμένο ρήγμα μπορεί να θεωρηθεί ενεργό και εκτιμάται ότι η μέγιστη σεισμική επιφανειακή μετατόπιση μπορεί να φθάσει τα 65 cm.

### **P6**

Είναι ένα κανονικό ρήγμα με διεύθυνση ANA-ΔΒΔ, κλίση προς τα βόρεια και μήκος 3,1 km. Είναι αντιθετικό των ρηγμάτων P7 και P8. Το ρήγμα αυτό επηρεάζει τα νεογενή ιζήματα της περιοχής τα οποία αποτελούνται από εναλλαγές καστανέρυθρων κροκαλοπαγών και αργίλων και θεωρείται δυνητικώς ενεργό.

### **P7**

Πρόκειται επίσης για ένα κανονικό ρήγμα με διεύθυνση ANA-ΔΒΔ και κλίση προς τα νότια. Το μήκος του είναι περίπου 2 km. Το ρήγμα επηρεάζει τα νεογενή ιζήματα της περιοχής τα οποία στη θέση του εργοστασίου ΕΒΙΟΠ αποτελούνται από κίτρινες αμμούχες μάργες και καστανέρυθρες αργίλους (**Εικόνα 6 – 7**) και είναι δυνητικώς ενεργό.



**Εικόνα 6 - 7.** Το ρήγμα P7 στη θέση του εργοστασίου ΕΒΙΟΠ

## P8

Πρόκειται για μια σημαντική ρηξιγενή ζώνη της περιοχής με διεύθυνση ANA-ΔΒΔ, κλίση προς Νότο και ορατό μήκος 4,2 km. Εμφανίζει κατοπτρική επιφάνεια και επηρεάζει εκτός από τα μάρμαρα και τους σχιστόλιθους του αλπικού υποβάθρου, τα οποία φέρνει σε επαφή με τα νεογενή ιζήματα και τα πλευρικά κορήματα (**Εικόνα 6 – 8**). Μπορεί να θεωρηθεί ως ένα ενεργό ρήγμα.



**Εικόνα 6 - 8.** Η ρηξιγενής επιφάνεια του ρήγματος P8 που φέρνει σε επαφή το αλπικό υπόβαθρο (τριαδικο-ιουρασικά μάρμαρα) με τα τεταρτογενή ιζήματα και τα πλευρικά κορήματα

## P9

Κανονικό ρήγμα, βορειοδυτικά της Νέας Λαμψάκου, το οποίο έχει επηρεάσει το αλπικό υπόβαθρο της περιοχής (τριαδικο-ιουρασικά μάρμαρα) αλλά φαίνεται να εκτείνεται και ανατολικά με διεύθυνση ANA-ΔΒΔ και νότια κλίση. Το ορατό μήκος του ρήγματος αυτού είναι πολύ μικρό, περί τα 650 μέτρα.

## P10

Βόρεια της Νέας Λαμψάκου εμφανίζεται το κανονικό αυτό ρήγμα το οποίο έχει επηρεάσει το αλπικό υπόβαθρο της περιοχής (τριαδικο-ιουρασικά μάρμαρα) αλλά φαίνεται να εκτείνεται με διεύθυνση ANA-ΔΒΔ και νότια κλίση. Το μήκος του είναι 2,6 km περίπου και θεωρείται δυνητικώς ενεργό.

## P11

Στην περιοχή Μάνικα, 2 km βόρεια της Χαλκίδας εμφανίζεται κανονικό ρήγμα με διεύθυνση ABA-ΔΝΔ και κλίση προς τα ΒΒΔ. Το ρήγμα επηρεάζει τα νεογενή ιζήματα της περιοχής τα οποία αποτελούνται από εναλλαγές καστανέρυθρων κροκαλοπαγών και αργίλων (**Εικόνα 6 – 9**). Το ρήγμα αυτό έχει μήκος περίπου 2 km και είναι δυνητικώς ενεργό.



**Εικόνα 6 - 9.** Κανονικό ρήγμα P11 που επηρεάζει τα νεογενή ιζήματα της περιοχής τα οποία αποτελούνται από εναλλαγές καστανέρυθρων κροκαλοπαγών και αργίλων



## P12

Πρόκειται για τη σημαντικότερη ρηξιγενή ζώνη της περιοχής, που εμφανίζεται νότια της Νέας Αρτάκης, με διεύθυνση περίπου Α-Δ, κλίση προς Νότο και μήκος περί τα 15 km (Εικόνες 6 – 10, 6 – 11 και 6 – 12). Η προέκταση της προς τα δυτικά διασχίζει εγκάρσια το Βόρειο Ευβοϊκό κόλπο και εμφανίζεται στην περιοχή του Αγίου Μηνά. Επειδή το ρήγμα αυτό απαντάται στη θέση του ΧΥΤΑ Χαλκίδας, αναλυτικά στοιχεία αναφέρονται στο αντίστοιχο κεφάλαιο.



**Εικόνα 6 - 10.** Η ρηξιγενής ζώνη P12 νότια της Νέας Αρτάκης



**Εικόνα 6 - 11.** Λεπτομέρειες από τις κατοπτρικές επιφάνειες του ενεργού ρήγματος P12, όπου φαίνονται οι γραμμώσεις ολίσθησης



**Εικόνα 6 - 12.** Το ρήγμα του Αγίου Μηνά στη δυτική πλευρά του Βόρειου Ευβοϊκού κόλπου που συνδέεται με το ρήγμα P12

## **6.7 Συμπεράσματα**

Στην ευρύτερη περιοχή της Χαλκίδας από την οποία διέρχεται η χάραξη του Αγωγού Φυσικού Αερίου μέσης πίεσης διαπιστώθηκαν ενεργά και δυνητικώς ενεργά ρήγματα που είτε τέμνουν την χάραξη του αγωγού είτε βρίσκονται κοντά σε αυτή. Στις θέσεις που τα ρήγματα τέμνουν τον αγωγό, προβλέπεται ειδική κατασκευή για να υπάρχει η δυνατότητα παραμόρφωσης του αγωγού χωρίς να καταστραφεί στην περίπτωση επιφανειακών διαρρήξεων και μετατοπίσεων κατά τη διάρκεια ισχυρού σεισμού.

Τα ρήγματα που σημειώνονται φαίνεται να έχουν δραστηριοποιηθεί κατά το Τεταρτογενές και τα περισσότερα ελέγχονται από το σύγχρονο εφελκυστικό πεδίο που έχει διεύθυνση ΒΒΔ – ΝΝΑ σύμφωνα και με τη μικροτεκτονική ανάλυση των ρηγμάτων.

Τα συνήθη μέγιστα σεισμικά μεγέθη που παρατηρούνται στην ευρύτερη περιοχή της χάραξης κυμαίνονται από  $M=6$  έως  $M=7$  Richter. Έτσι υπολογίζεται ότι τα θεωρητικά μεγέθη των μέγιστων αναμενόμενων κατακόρυφων επιφανειακών μετατοπίσεων, σύμφωνα με τις εμπειρικές σχέσεις που συνδέουν το μέγεθος του σεισμού με το μήκος του ρήγματος και τη σεισμική μετατόπιση, μπορεί να φθάσουν μέχρι το 1 μέτρο.

Μεγαλύτερη προσοχή χρειάζεται στις περιπτώσεις όπου η χάραξη του αγωγού μεταβαίνει από τους συμπαγείς γεωλογικούς σχηματισμούς του υποβάθρου προς τους χαλαρούς



νεογενείς ή τεταρτογενείς σχηματισμούς. Στις περιπτώσεις αυτές, αφενός μεν παρατηρείται διαφορετική συμπεριφορά των σεισμικών κυμάτων που διασχίζουν το πέτρωμα και το χαλαρό γεωλογικό σχηματισμό και αφετέρου στις θέσεις αυτές το μέγεθος των κατακόρυφων επιφανειακών μετατοπίσεων, δύναται να ενισχυθεί σημαντικά λόγω και της δυναμικής συμπύκνωσης των μη συνεκτικών υλικών.

Επίσης λόγω του ότι η πλειονότητα των ρηγμάτων που διασχίζουν τη χάραξη του αγωγού Ευβοίας είναι κανονικά, οι αναμενόμενες γενικά βλάβες σε περίπτωση μελλοντικού σεισμού, εντοπίζονται σε ζώνες μεγαλύτερης έκτασης, σε σύγκριση με τις άλλες κατηγορίες ρηγμάτων (ανάστροφα και οριζόντιας μετατόπισης ρήγματα). Για το λόγο αυτό και έχει προταθεί ειδική κατασκευή του αγωγού σ' ένα πλάτος ζώνης της τάξεως των 100 μέτρων εκατέρωθεν του ίχνους των ενεργών ρηγμάτων που τέμνουν τη χάραξη και 50 μέτρων στην περίπτωση των δυνητικώς ενεργών ρηγμάτων.

## 7. ΧΩΡΟΣ ΥΓΕΙΟΝΟΜΙΚΗΣ ΤΑΦΗΣ ΑΠΟΡΡΙΜΜΑΤΩΝ (ΧΥΤΑ) ΧΑΛΚΙΔΑΣ

### 7.1 Περιγραφή της Δραστηριότητας

Η Υγειονομική Ταφή των απορριμμάτων, η οποία αποτελεί πλέον κοινή πρακτική σε όλες τις ανεπτυγμένες χώρες, στοχεύει στην ασφαλή διαχείριση των απορριμμάτων, με τη λειτουργία και τελική επανένταξη στη φύση του Χώρου Υγειονομικής Ταφής των Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) που χρησιμοποιείται για το σκοπό αυτό, ακολουθώντας την τήρηση τριών επάλληλων αρχών προστασίας: Απομόνωσης, Παρακολούθησης και Ελέγχου.

Η μέθοδος της Υγειονομικής Ταφής χαρακτηρίζεται από την ταυτόχρονη εφαρμογή των ακόλουθων τεχνολογιών προστασίας περιβάλλοντος:

- Μόνωση πυθμένα χώρου απόθεσης
- Συλλογή - Επεξεργασία στραγγισμάτων
- Υδρογεωλογική απομόνωση του χώρου διάθεσης των απορριμμάτων
- Έλεγχος τυχόν επιφανειακής παράσυρσης
- Καθημερινή συμπίεση και κάλυψη των απορριμμάτων
- Συλλογή και ασφαλής διάθεση του παραγόμενου βιοαερίου
- Τεχνική επικάλυψης του στεγανοποιημένου όγκου ταφής και επανένταξης στο περιβάλλον

Κατά την Υγειονομική Ταφή, τα απορρίμματα αποτίθενται σε διαδοχικά στρώματα, διαστρώνονται, συμπιέζονται και επικαλύπτονται συστηματικά με κατάλληλο αδρανές υλικό (Εικόνες 7 – 1 και 7 – 2). Είναι γενικά γνωστές τρεις τεχνικές ελεγχόμενης διάθεσης καθώς επίσης υπάρχουν και τρεις διαφορετικοί τρόποι εφαρμογής της υγειονομικής ταφής στο χώρο.

Οι τρεις διαφορετικές τεχνικές ελεγχόμενης διάθεσης των απορριμμάτων είναι:

- Εναπόθεση χωρίς συμπίεση και κάλυψη
- Συμπύεση σε μπάλες και εναπόθεση
- Κανονική συμπίεση και κάλυψη

Η τεχνική της κανονικής συμπίεσης και κάλυψης είναι αυτή που έχει επικρατήσει και συνήθως χρησιμοποιείται. Αυτή είναι και η τεχνική που χρησιμοποιείται και στο χώρο του ΧΥΤΑ Χαλκίδας. Με τη χρησιμοποίηση κατάλληλων μηχανημάτων γίνεται διάστρωση και μετά συμπίεση των απορριμμάτων σε στρώσεις πάχους συνήθως 2-2,5 m.

Οι τρεις διαφορετικοί τρόποι εφαρμογής της υγειονομικής ταφής στο χώρο είναι:

- Ο επιφανειακός τρόπος
- Η τεχνική των ορυγμάτων
- Η τεχνική των κοιλωμάτων

Από τις διάφορες μεθόδους υγειονομικής ταφής που χρησιμοποιούνται ανάλογα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του κάθε χώρου που επιλέγεται ως ΧΥΤΑ, καλύτερη για την περιοχή της Χαλκίδας θεωρήθηκε η επιφανειακή μέθοδος.

Ο επιφανειακός τρόπος εφαρμόζεται όταν το έδαφος του χώρου είναι ακατάλληλο για εξόρυξη ή ο υπόγειος υδροφόρος ορίζοντας είναι αρκετά υψηλά, όταν έχουν πληρωθεί ήδη υπάρχοντα ορύγματα ή κοιλώματα και τέλος όταν κριθεί ότι το φυσικό ανάγλυφο δεν προσφέρεται ή δεν είναι ομαλό (ανάγλυφο με πλαγιές, μισγάγγειες κλπ.).

Χαρακτηριστικό στοιχείο της μεθόδου της υγειονομικής ταφής είναι το «κύτταρο». Κύτταρο θεωρείται ο ημερήσιος όγκος διατιθέμενων και συμπιεσμένων απορριμμάτων, ο οποίος στο τέλος κάθε μέρας καλύπτεται από παντού από το υλικό επικάλυψης και το οποίο συμπιέζεται. Οι διαστάσεις του κυττάρου και κυρίως το πλάτος του (μήκος μετώπου εργασίας) πρέπει να υπολογίζεται ώστε η κάτοψη του κυττάρου να μην απέχει πολύ της τετραγωνικής μορφής. Το μήκος του μετώπου του κυττάρου πρέπει να μην είναι μεγάλο, αλλά ούτε και πολύ μικρό, ώστε να μη δημιουργούνται προβλήματα από τη διαμόρφωση των απορριμμάτων κατά την προσέγγιση και εκφόρτωση των απορριμματοφόρων.

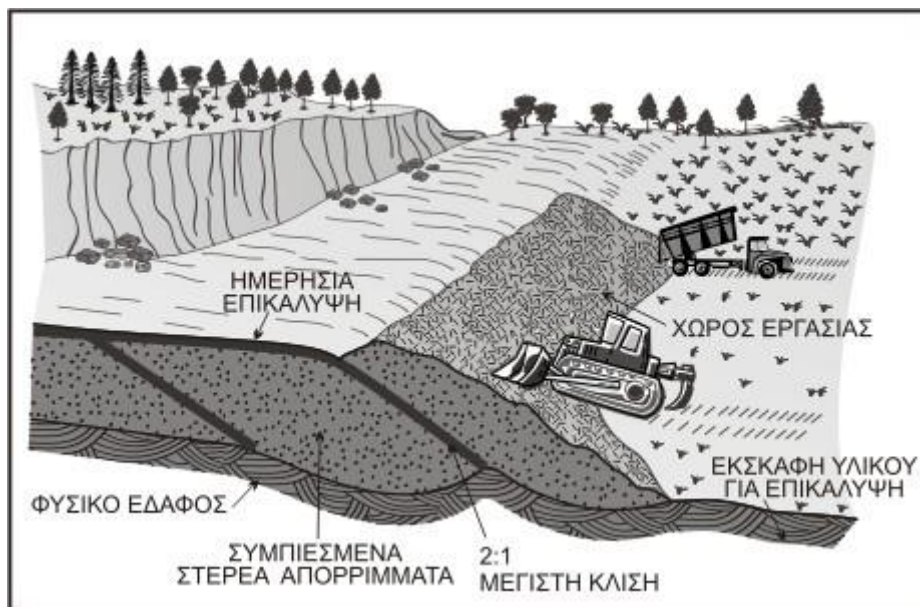
Η διαδικασία διάθεσης ξεκινά με τη δημιουργία ενός χωμάτινου τεχνητού αναχώματος, όπου και στηρίζονται τα απορρίμματα σε λεπτές στρώσεις και συμπιέζονται. Κάθε στρώση συμπιέζεται όσο προχωράει η διαδικασία, έως ότου το πάχος του κυττάρου να φθάσει τα 2-3 m. Μετά το τέλος της ημερήσιας εργασίας, το κύτταρο καλύπτεται με 15-30 cm συμπιεσμένου υλικού επικάλυψης για την επιφάνεια της διαμορφωμένης στρώσης και του μετώπου του πρανούς και 50-60 cm για την τελική επίστρωση, τις πλευρικές και κάθε φορά μόνιμα ορατές επιφάνειες. Το υλικό επικάλυψης μεταφέρεται στο χώρο ταφής με φορητά ή προωθητήρες γαιών από παρακείμενους όγκους ή δανειοθαλάμους. Οι κλίσεις των πρανών των κυττάρων είναι 20°-30°.

Το επόμενο κύτταρο προχωρεί αμέσως μετά, εφόσον επαρκεί ο χώρος ή διαστρώνεται ακριβώς επάνω στο προηγούμενο κύτταρο, δημιουργώντας έτσι το δεύτερο στρώμα και συνεχίζεται η ίδια διαδικασία. Στην τελική επιφάνεια δίνεται κατά κανόνα σχετική κλίση 2-3% για την εύκολη απορροή των ομβρίων υδάτων. Αποτέλεσμα αυτού είναι η ελαχιστοποίηση του διηθούμενου όγκου νερού στα απορρίμματα και άρα η ελαχιστοποίηση των στραγγισμάτων.

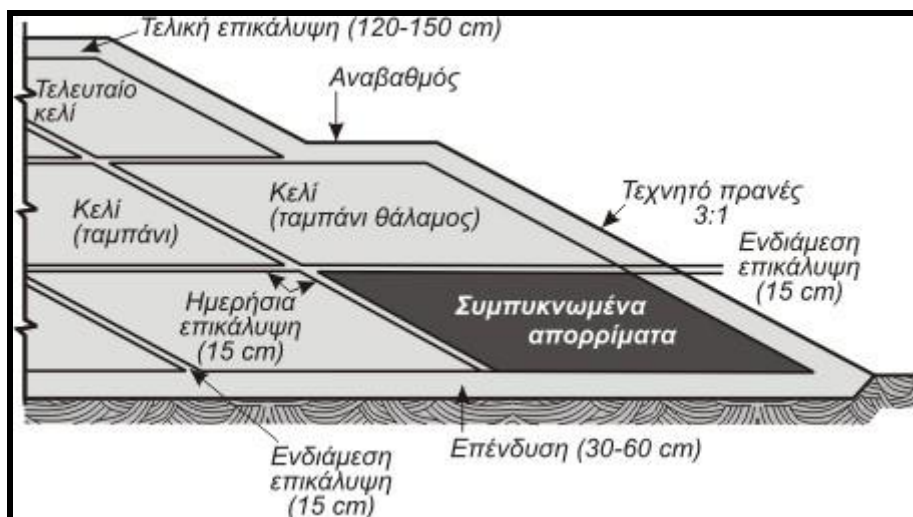
Τα απορρίμματα αποτίθενται, διαστρώνονται, συμπιέζονται και επικαλύπτονται διαδοχικά. Έτσι δημιουργούνται παράλληλες στρώσεις δημιουργώντας κατά τις πλευρές του ΧΥΤΑ τεχνητό πρανές με ήπιες κλίσεις της τάξης του 1 : 3.

Στην περίπτωση της Χαλκίδας η μέση ημερήσια ποσότητα απορριμμάτων είναι μεταξύ των 64.000 και 80.000 kg/ημέρα (0,8 και 1 kg/κάτοικο την ημέρα αντίστοιχα). Αν θεωρήσουμε μία μέση τιμή της τάξεως των 72.000 kg/ημέρα (0,9 kg/κάτοικο την ημέρα). Τότε :

$$\text{Νημερήσιος} = \text{Ημερήσιο βάρος/Πυκνότητα} * \text{προσαύξηση λόγω επικάλυψης} = 72 \text{ tn/ημέρα} / 0,7 \text{ tn/m}^3 * 1,1 = 113 \text{ m}^3 / \text{ημέρα}$$



**Εικόνα 7 - 1.** Μέθοδος απόθεσης με τη μέθοδο της ράμπας (Tchobanoglous et. al., 1993, από Καλλέργη, 2000)



**Εικόνα 7 - 2.** Πάχη επένδυσης, ενδιάμεσης και τελικής επικάλυψης ΧΥΤΑ από γαιώδη υλικά (Tchobanoglous et. al., 1993, από Καλλέργη, 2000)

## 7.2 Χωροθέτηση του ΧΥΤΑ του Δήμου Χαλκιδέων

Ο σημερινός ΧΥΤΑ βρίσκεται στην έκταση που αρχικά ήταν ο Χώρος Διάθεσης των Απορριμμάτων (ΧΔΑ) του Δήμου Χαλκιδέων. Ο ΧΔΑ ξεκίνησε να λειτουργεί νόμιμα από το 1980 και βρίσκεται στην περιοχή «ΓΙΑΜΙΝΑ», σε απόσταση περίπου 9 km από το κέντρο της Χαλκίδας, στην κατεύθυνση προς τη Νέα Αρτάκη. Αποτελεί ιδιοκτησία του Δήμου Χαλκιδέων η οποία έχει παραχωρηθεί για τη διάθεση των απορριμμάτων του. Η συνολική έκταση που καταλαμβάνει ο χώρος ανέρχεται σε 85.000 m<sup>2</sup> περίπου (για την ακρίβεια σε οριζοντιογραφία είναι 71.732 m<sup>2</sup>).

Ο χώρος χαρακτηριζόταν ως χώρος ημιελεγχόμενης ή ημιανεξέλεγκτης διάθεσης απορριμμάτων, αφού μεν τα απορρίματα διαστρώνονταν, συμπιέζονταν και καλύπτονταν σε καθημερινή βάση, αλλά δεν υπήρχε καμία άλλη υποδομή που να διασφάλιζε την περιβαλλοντική προστασία (διαχείριση στραγγισμάτων, συλλογή βιοαερίου κλπ.).

Ο ΧΔΑ είχε αναπτυχθεί εντός μισγάγγειας και από τις τρεις πλευρές του (βόρεια, νότια και ανατολική) περιβάλλεται από λοφώδεις διαμορφώσεις, ενώ η μία πλευρά του (δυτική) είναι ορατή από τον οικισμό Συκιά.

Η ανάπτυξη του χώρου γινόταν σε στρώσεις (ταμπάνια). Έτσι η τοπογραφία του χώρου χαρακτηριζόταν από σχετικά ομαλές επίπεδες εκτάσεις που διαδοχικά μετέπιπταν σε επόμενο ταμπάνι. Η υψομετρική διαφορά μεταξύ δύο διαδοχικών ταμπανιών ήταν περί τα 5 m, ενώ η κλίση των πρανών ήταν πολύ απότομη από σχεδόν κατακόρυφη έως και 1 : 2.

### 7.3 Γεωλογία – Υδρογεωλογία – Τεκτονική της Περιοχής του ΧΥΤΑ

Η θέση του έργου, όπως αναφέρθηκε, βρίσκεται σε κοιλάδα με σχετικά ήπιες κλίσεις, σε υψόμετρο μεταξύ 120 και 200 m και απέχει περί τα 1000-1500 m από τις πλησιέστερες κατοικίες (Εικόνα 7 – 3).



**Εικόνα 7 - 3.** Άποψη του ΧΥΤΑ Χαλκίδας

Η περιοχή δομείται από τριαδικο-ιουρασικούς ασβεστόλιθους, οι οποίοι είναι καρστικοί, με ανοίγματα συνήθως της τάξης εκατοστών έως και δεκάτων του μέτρου.

Επάνω στους καρστικούς ασβεστόλιθους βρίσκονται οφιόλιθοι, οι οποίοι όμως δε συναντώνται μέσα στην κοιλάδα, όπου κύρια καλύπτει η θέση του έργου. Το πάχος τους στην περιοχή ποικίλει από 1-2 m και αυξάνει προς Βορρά όπου είναι και η κύρια περιοχή ανάπτυξης τους. Στην ευρύτερη περιοχή απαντά και η σχιστοκερατολιθική διάπλαση με τους οφιόλιθους, που περιβάλλει τα ασβεστολιθικά υψώματα.

Οι τριαδικοί – ιουρασικοί ασβεστόλιθοι που αποτελούν το γεωλογικό υπόβαθρο της περιοχής βρίσκονται σε επικοινωνία με τη θάλασσα, ενώ παράλληλα τροφοδοτούν και τη λεκάνη του Λήλαντα ποταμού. Η οφιολιθική ζώνη, που όπως αναφέρθηκε σχεδόν



περιβάλλει τα υψώματα δε φαίνεται να εμποδίζει την επικοινωνία αυτή. Ο καρστικός υδροφόρος ορίζοντας των ασβεστολιθικών υψωμάτων εκφορτίζεται στον Ευβοϊκό κόλπο. Δεν είναι σαφές, και απαιτείται περαιτέρω μελέτη εάν η ύπαρξη και η υδρογεωλογική συμπεριφορά του ρήγματος στα όρια του ΧΥΤΑ, περιορίζει ή αυξάνει την κίνηση του υπογείου νερού κατά μήκος ή εγκάρσια του. Εν τούτοις, καθησυχαστικό είναι το γεγονός ότι οι αναλύσεις ποιότητας του νερού των γεωτρήσεων που γίνονται από τη ΔΕΥΑΧ έχουν αποτελέσματα εξαιρετικά ικανοποιητικά. Στην περιοχή μεταξύ Αφρατίου και Αγίου Νικολάου βρίσκονται υδρευτικές γεωτρήσεις του Δήμου Χαλκιδέων ενώ σε απόσταση 1500 m από τον χώρο του ΧΥΤΑ υπάρχουν και οι υδρευτικές γεωτρήσεις του Δήμου Ν. Αρτάκης.

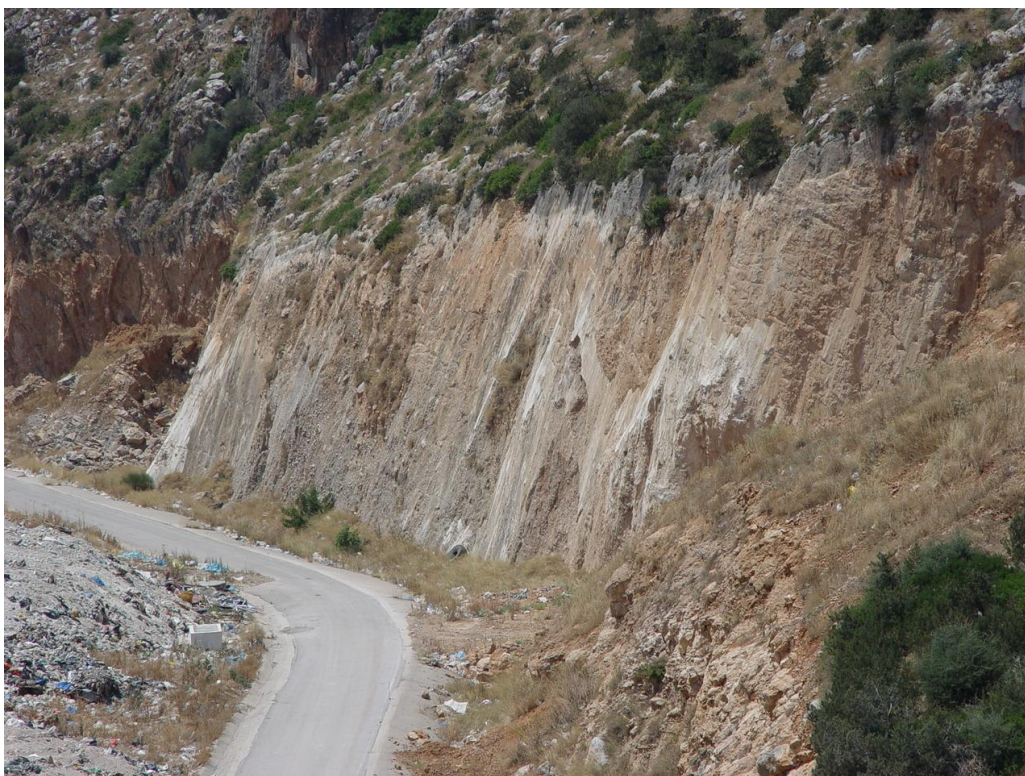
Στο βόρειο τμήμα της θέσης εμφανίζεται ένα κανονικό ρήγμα, με μεγάλη κατοπτρική επιφάνεια, διεύθυνση περίπου Α-Δ και νότια κλίση (Εικόνες 7 – 4 και 7 – 5). Στη βάση του ρήγματος έχουν συσσωρευτεί κορήματα, αποτελούμενα από χάλικες, άμμους, αργίλους και μικρό αριθμό μεγαλύτερου μεγέθους λίθων. Τα υλικά αυτά χρησιμοποιούνται για την επικάλυψη των απορριμμάτων. Η ποσότητα τους φαινόταν επαρκής τόσο ως υλικό μόνωσης κατά την κατασκευή του χώρου, όσο και ως υλικό επικάλυψης των απορριμμάτων για τη συνέχεια.

Το ρήγμα αυτό, το οποίο εμφανίζει εντυπωσιακές κατοπτρικές επιφάνειες στο άκρο του ΧΥΤΑ (Εικόνες 5 – 27, 5 – 28), επηρεάζει το αλπικό υπόβαθρο και το φέρνει σε τεκτονική επαφή με τα νεογενή και τεταρτογενή ιζήματα καθώς και με πλευρικά κορήματα. Ο ακριβής προσδιορισμός της θέσης που διέρχεται μέσα από τις αλλουβιακές αποθέσεις στην περιοχή νότια της Νέας Αρτάκης έγινε με τη βοήθεια γεωφυσικών διασκοπήσεων. Το ρήγμα αυτό θεωρείται ενεργό αφού και οι γεωφυσικές έρευνες έδειξαν ότι επηρεάζει και τις αλλουβιακές προσχώσεις της περιοχής.

Πάνω στην κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος παρατηρούνται δύο γενεές γραμμώσεων. Η μικροτεκτονική ανάλυση του ρήγματος έδειξε δύο διαδοχικές τεκτονικές φάσεις. Η παλαιότερη αντιστοιχεί σε εφελκυστικό πεδίο με ΒΑ-ΝΔ διεύθυνση, ενώ η δεύτερη γενιά γραμμώσεων δίνει διεύθυνση του άξονα ΒΒΔ-ΝΝΑ η οποία συμπίπτει με τη διεύθυνση του σύγχρονου εφελκυστικού πεδίου.



**Εικόνα 7 - 4.** Άποψη της κατοπτρικής επιφάνειας του μεγάλου κανονικού ρήγματος μέσα στο χώρο του ΧΥΤΑ Χαλκίδας



**Εικόνα 7 - 5.** Άποψη της κατοπτρικής επιφάνειας του ρήγματος μέσα στο χώρο του ΧΥΤΑ Χαλκίδας, με τις γραμμώσεις ολίσθησης και τα υπολείμματα των πλευρικών κορημάτων πάνω σε αυτή

Σύμφωνα με τα υπάρχοντα βιβλιογραφικά δεδομένα (Rondoyanni et al. 2010), αλλά και τις επιτόπου παρατηρήσεις μας στο πλαίσιο της παρούσας διπλωματικής εργασίας, το ρήγμα στο όριο του ΧΥΤΑ αποτελεί πιθανώς προέκταση του ρήγματος του Αγίου Μηνά, που εμφανίζεται στην Βοιωτική ακτή. Από τα γεωλογικά και μορφοτεκτονικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχής του υπόψη χώρου είναι προφανές ότι αυτό είναι ένα ενεργό ρήγμα, στοιχείο που αποτελεί μειονέκτημα για τη λειτουργία του συγκεκριμένου χώρου ως ΧΥΤΑ, κυρίως σε περίπτωση εκδήλωσης ισχυρού σεισμού.

#### **7.4 Συνθήκες Λειτουργίας του ΧΥΤΑ**

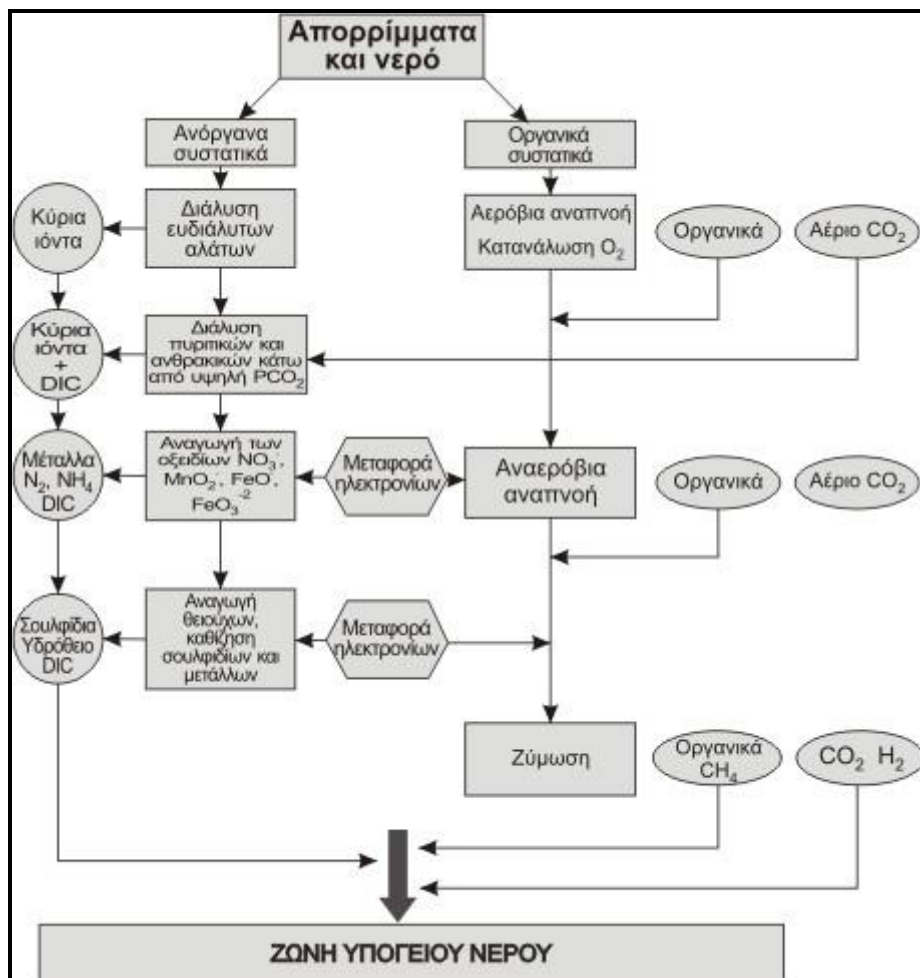
Για τη βελτίωση του αρχικού ΧΔΑ Χαλκίδας και τη λειτουργία ενός νέου ορθά οργανωμένου ΧΥΤΑ, πραγματοποιήθηκε:

α) Σε πρώτη φάση η αποκατάσταση – ανάπλαση ενός τμήματος του αρχικού ΧΔΑ, έκτασης περίπου 38.000 m<sup>2</sup>, ως ληγμένος χώρος διάθεσης απορριμμάτων(τμήμα II). Το τμήμα αυτό του έργου περιλάμβανε κυρίως την εκτέλεση των απαιτούμενων εργασιών για την κατασκευή ενός ήπιου και περιβαλλοντικά λειτουργικού αναγλύφου, την τελική κάλυψη του τμήματος αυτού με αδιαπέρατη στρώση προστασίας, την κατασκευή συστήματος συλλογής και διάθεσης του βιοαερίου και την τελική φυτοκάλυψη του χώρου. Όσον αφορά την παραγωγή στραγγισμάτων, προβλέφθηκε η δραστική μείωση της, μέσω της αδιαπέρατης τελικής κάλυψης.

β) Η βελτίωση – αναδιοργάνωση του υπολοίπου τμήματος του αρχικού ΧΔΑ, έκτασης περίπου 33.000 m<sup>2</sup> (τμήμα I). Στο τμήμα I διαμορφώθηκε με κατάλληλες εργασίες ένας ομαλός πυθμένας, όπου τοποθετήθηκε στρώση στεγάνωσης και στη συνέχεια πάνω σε αυτόν τον πυθμένα διατίθενται τα απορρίμματα. Το τμήμα αυτό χαρακτηρίζεται από το σύστημα στεγάνωσης του πυθμένα, το σύστημα συλλογής των στραγγισμάτων, το σύστημα συλλογής και διαχείρισης του βιοαερίου και όλα τα συμπληρωματικά απαιτούμενα έργα (όπως η αντιπλημμυρική προστασία). Το τμήμα αυτό αναπτύσσεται σε ΧΥΤΑ επιφανειακού τύπου και αποκαθίσταται σταδιακά, καθώς τα διάφορα ταμπάνια ανέρχονται σε ύψος. Τα στραγγίσματα τα οποία συλλέγονται, επανακυκλοφορούν στη μάζα των απορριμμάτων, ενώ το βιοαέριο οδηγείται σε πυρσό καύσης.



Σημειώνεται ότι η αρχική λειτουργία απόθεσης των απορριμμάτων του Δήμου Χαλκίδας πάνω σε υψηλής υδροπερατότητας σχηματισμό, έθετε προβλήματα κυρίως ως προς την υποβάθμιση της ποιότητας των υπογείων νερών. Η μεταφορά των ρύπων αρχικά γίνεται από τα στραγγίσματα των απορριμμάτων μέσω των διαρρήξεων και των καρστικών αγωγών των ασβεστόλιθων, σχεδόν κατακόρυφα. Μόλις οι ρύποι φθάσουν στον υπόγειο υδροφόρο ορίζοντα που αναπτύσσεται στους καρστικούς ασβεστόλιθους, ακολουθούν την κίνηση του υπογείου νερού προς τα κατώτερα στρώματα. Η μορφή της κηλίδας ρύπων που σχηματίζεται εξαρτάται από την ταχύτητα και τη φορά κίνησης του υπόγειου νερού, τη διάλυση, απορρόφηση και τη συμμετοχή του ρύπου σε χημικές αντιδράσεις (Εικόνα 7 – 6).



**Εικόνα 7 - 6.** Βιολογικές και χημικές διεργασίες στους ΧΥΤΑ (DIC=Dissolved Inorganic Carbon)



**Εικόνα 7 - 7.** Ειδικοί κατακόρυφοι διάτρητοι αγωγοί απαγωγής του βιοαερίου στο ΧΥΤΑ Χαλκίδας

Θεωρούμε ότι τελικώς, οι αρχές ασφαλούς και αποτελεσματικής λειτουργίας ενός σύγχρονου ΧΥΤΑ για την Χαλκίδα, επιτυγχάνονται με την εκτέλεση των παρακάτω έργων υποδομής:

- Περίφραξη του χώρου και πύλες εισόδου.
- Δημιουργία αντιπυρικής ζώνης περιμετρικά της περίφραξης.
- Δενδροφύτευση όπου απαιτείται για οπτική προκάλυψη και απομόνωση του χώρου.
- Κατασκευή εσωτερικού δικτύου οδοποιίας.
- Κατασκευή αναχώματος από υλικά εκσκαφών όπου απαιτείται.
- Αποστράγγιση των ομβρίων που προέρχονται από την ευρύτερη περιοχή (τάφος ομβρίων).
- Στεγάνωση της επιφάνειας του χώρου που χρησιμοποιείται ως ΧΥΤΑ με ειδική στεγανοποιητική στρώση.
- Κατασκευή αποστραγγιστικού δικτύου των στραγγισμάτων με διατρητούς αγωγούς οι οποίοι απολήγουν σε φρεάτιο. Από εκεί τα στραγγίσματα οδηγούνται σε δεξαμενή συλλογής απ' όπου επανακυκλοφορούν στο ΧΥΤΑ.

- Ειδικοί κατακόρυφοι διάτρητοι αγωγοί απαγωγής του βιοαερίου ώστε να υπάρχει ελεγχόμενη απομάκρυνση του από το εσωτερικό του ΧΥΤΑ (Εικόνα 7 – 7).
- Κατασκευή των απαιτούμενων κτηριακών εγκαταστάσεων.

Σε κάθε περίπτωση, γίνονται κατά διαστήματα αυτοψίες στο βόρειο όριο του ΧΥΤΑ Χαλκίδας, κατά μήκος του προαναφερόμενου ρήγματος, για την αποφυγή τυχόν αστοχιών στο έργο και την πρόληψη των συνεπειών τους, ιδιαίτερα μετά την εκδήλωση σεισμικών γεγονότων στην περιοχή.

## 7.5 Συμπεράσματα

Το έργο του ΧΥΤΑ Χαλκίδας πραγματοποιήθηκε στην έκταση που ήταν προηγουμένως ο χώρος διάθεσης των απορριμμάτων της πόλης της Χαλκίδας και της ευρύτερης περιοχής. Η έκταση αυτή βρίσκεται σε μία κοιλάδα με σχετικά ήπιες κλίσεις και δομείται από καρστικούς, τριαδικο-ιουρασικούς ασβεστόλιθους. Τους ασβεστόλιθους αυτούς περιβάλλει η σχιστοκερατολιθική διάπλαση με τους οφιόλιθους που όμως δε συναντώνται στην κοιλάδα του ΧΥΤΑ.

Η τεχνική που χρησιμοποιείται για την ελεγχόμενη διάθεση των απορριμμάτων στο χώρο του ΧΥΤΑ Χαλκίδας είναι η τεχνική της κανονικής συμπίεσης και κάλυψης ενώ ο τρόπος για την εφαρμογή της υγειονομικής ταφής στο χώρο είναι ο επιφανειακός.

Στο χώρο του ΧΥΤΑ Χαλκίδας δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στο να γίνει δραστική μείωση στην παραγωγή στραγγισμάτων ώστε να αποφεύγεται όσο το δυνατόν περισσότερο η πιθανότητα μόλυνσης των υπογείων νερών γι' αυτό και πραγματοποιήθηκαν όλα τα απαραίτητα έργα σε σχέση με τη στεγάνωση του πυθμένα, τη συλλογή των στραγγισμάτων, τη συλλογή και διαχείριση του βιοαερίου καθώς και όλα τα συμπληρωματικά απαιτούμενα έργα.

Το κύριο μειονέκτημα του χώρου αυτού ιδιαίτερα όταν λειτουργούσε σαν ένας απλός ΧΔΑ όσο και τώρα που λειτουργεί σαν ένας σύγχρονος ΧΥΤΑ, είναι η ύπαρξη μέσα σε αυτόν ενός κανονικού ρήγματος με μεγάλη κατοπτρική επιφάνεια, διεύθυνση Α – Δ και νότια κλίση. Αυτό το ρήγμα, το οποίο αποτελεί πιθανώς προέκταση του ρήγματος του Αγίου Μηνά που εμφανίζεται στη Βοιωτική ακτή, θεωρείται ενεργό και σε περίπτωση εκδήλωσης ισχυρού σεισμού στη στενή περιοχή υπάρχει η πιθανότητα δημιουργίας εδαφικών ρωγμών και συνακόλουθων αστοχιών στο έργο.



## 8. ΤΕΛΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην παρούσα διπλωματική εργασία δόθηκε ιδιαίτερη έμφαση στο να αναδειχθεί και να τονιστεί η επίδραση της γεωλογίας και κυρίως της τεκτονικής μιας περιοχής στο σχεδιασμό και στην κατασκευή μεγάλων τεχνικών έργων σε αυτή, γεγονός που ευτυχώς αποτελεί πλέον κοινή πρακτική. Σαν περιπτώσεις μελέτης χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα τεχνικά έργα στην ευρύτερη περιοχή της Χαλκίδας, που είναι η Υψηλή Γέφυρα, ο εθνικός δρόμος «Σχηματάρι-Χαλκίδα», ο αγωγός φυσικού αερίου και ο νέος ΧΥΤΑ.

Όπως είδαμε στο έργο της Υψηλής Γέφυρας Χαλκίδας την προσοχή κυρίως συγκέντρωσε, η εξέταση του γεωλογικού υποβάθρου στις θέσεις των βάθρων, ιδίως των πυλώνων Μ5 και Μ6 στους οποίους οι γεωλογικές συνθήκες δεν ήταν ευνοϊκές και δημιουργούσαν μεγαλύτερα προβλήματα, καθώς και στη θέση και την ενεργότητα των ρηγμάτων της περιοχής, από τη μελέτη των οποίων δεν προέκυψε κρισιμότητα για το έργο. Στην κατασκευή του εθνικού δρόμου «Σχηματάρι – Χαλκίδα», που συνδέει την ΠΑΘΕ με την Εύβοια, δεν υπήρξε κάποιο ιδιαίτερο πρόβλημα, εκτός από τις θέσεις όπου εμφανίζεται καρστικοποιημένος ή διαρρηγμένος ασβεστόλιθος ή πλευρικά κορήματα.

Σε ότι αφορά τον Αγωγό Φυσικού Αερίου μέσης πίεσης της Εύβοιας, μεγαλύτερη έμφαση δόθηκε στη χαρτογράφηση και ενεργότητα των ρηγμάτων σε σχέση με τη χάραξη του έργου, για τον προσδιορισμό των θέσεων που απαιτούν ειδική κατασκευή του αγωγού για τη δυνατότητα παραμόρφωσής του και αποφυγής αστοχίας.

Τέλος στο έργο του Χώρου Υγειονομικής Ταφής Απορριμμάτων (ΧΥΤΑ) του Δήμου Χαλκιδέων πρέπει να σημειωθεί ότι δε δόθηκε ιδιαίτερη σημασία στο ότι υπάρχει μέσα στη θέση αυτή ένα κανονικό ρήγμα με μεγάλη κατοπτρική επιφάνεια (που πιθανότατα αποτελεί και κομμάτι της σημαντικότερης ρηξιγενούς ζώνης όλης της περιοχής) και το οποίο μπορεί να προκαλέσει σε περίπτωση ισχυρού σεισμού αστοχία στο έργο, με τις επακόλουθες συνέπειες στην ευρύτερη περιοχή. Αναλυτικά συμπεράσματα για το κάθε έργο έχουν δοθεί στα αντίστοιχα κεφάλαια.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ**

1. BAINALHS, D. – FYTROLAKHS, N. – MARINOS, P. (1994) : The Contribution of Engineering Geology in the Construction of the High Cable Bridge of Chalkida. Bulletin of the Geological Society of Greece vol. XXX/4,351-360,1994. Proceedings of the 7<sup>th</sup> Congress, Thessaloniki, May 1994
2. ΓΕΩΜΗΧΑΝΙΚΗ Ε.Π.Ε. για το Υπουργείο Περιβάλλοντος, Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων - Γενική Γραμματεία Δημοσίων Έργων – (Νοέμβριος 1985) : ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ : ΤΕΥΧΟΣ Ι – ΕΚΘΕΣΗ , ΤΕΥΧΟΣ ΙΙ – ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ , ΤΕΥΧΟΣ ΙΙΙ – ΓΕΩΛΟΓΙΚΕΣ –ΓΕΩΤΕΧΝΙΚΕΣ - ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΕΣ ΤΟΜΕΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΝ , ΤΕΥΧΟΣ ΙV – ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗΣ
3. ΓΕΩΡΓΙΟΥ, Χ. – ΓΑΛΑΝΑΚΗΣ, Δ. (2005) : Μελέτη Συσχέτισης Ενεργών/Σεισμικών Ρηγμάτων με τη Χάραξη του Αγωγού Φυσικού Αερίου Μέσης Πίεσης στην Εύβοια. Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών
4. ΔΕΠΑ ([www.depa.gr](http://www.depa.gr))
5. ΔΕΣΦΑ ([www.desfa.gr](http://www.desfa.gr))
6. Διεύθυνση Περιβάλλοντος – Χωροταξίας – Δημοσίων Έργων της Περιφέρειας Στερεάς Ελλάδας(Τμήμα Εύβοιας) : Περιβαλλοντική Μελέτη για το ΧΥΤΑ Χαλκίδας
7. ΔΡΑΚΟΠΟΥΛΟΣ, Ι. – ΜΑΚΡΟΠΟΥΛΟΣ, Κ. – ΣΤΑΥΡΑΚΑΚΗΣ, Γ. (1984) : Ζεύξη Διαύλου Εύβοιας – Βοιωτίας και Παράκαμψη Χαλκίδας (Γέφυρα στο Στενό) – Σεισμολογική Μελέτη – Σεισμικότητα στην Ευρύτερη Περιοχή – Τεύχος Πρ-Τ1/206-Γ3 για το Υπουργείο Δημοσίων Έργων
8. ENTECHNOS A.E. ([www.entechnos.gr](http://www.entechnos.gr))
9. FENTON, C. (Department of Civil & Environmental Engineering, Imperial College London) – (2006) : Quantifying Surface Faulting Hazards for Lifelines Crossing Active Faults
10. ΛΕΚΚΑΣ, Ε. (2002) : Επιχειρησιακή Οργάνωση Πολεοδομικού Συγκροτήματος Χαλκίδας και Ευρύτερης Περιοχής για την Αντιμετώπιση Σεισμικού Κινδύνου
11. ΜΟΥΝΤΡΑΚΗΣ, Δ. (2010) : Γεωλογία και Γεωτεκτονική Εξέλιξη της Ελλάδας
12. ΟΑΣΠ ([www.oasp.gr](http://www.oasp.gr))
13. ΠΑΠΑΖΑΧΟΣ, Β. – ΠΑΠΑΖΑΧΟΥ , Κ. (2003) : Οι Σεισμοί της Ελλάδας
14. ΠΟΝΤΟΓΙΑΝΝΗ, Θ. : Σημειώσεις για «Ταξινόμηση Ρηγμάτων - Ενεργά Ρήγματα»

- 15.** RONDOYANNI, Th. – GALANAKIS, D. – GEORGIU, Ch. – BASKOUTAS, I. (2007) : Identifying Fault Activity in the Central Evoikos Gulf(Greece). Bulletin of the Geological Society of Greece vol. XXXVII, 2007. Proceedings of the 11<sup>th</sup> Congress, Athens, May 2007
- 16.** SOTIROPOULOS, E. – ALKALAI, E. (1998) : Foundation Problems of a Cable Stayed High Bridge and its Approaches. 4<sup>th</sup> International Conference on Case Histories in Geotechnical Engineering(St. Louis Missouri-USA-March 1998)
- 17.** ΣΤΑΘΟΠΟΥΛΟΣ, Σ. (1987) : Υψηλή Γέφυρα Χαλκίδας