ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

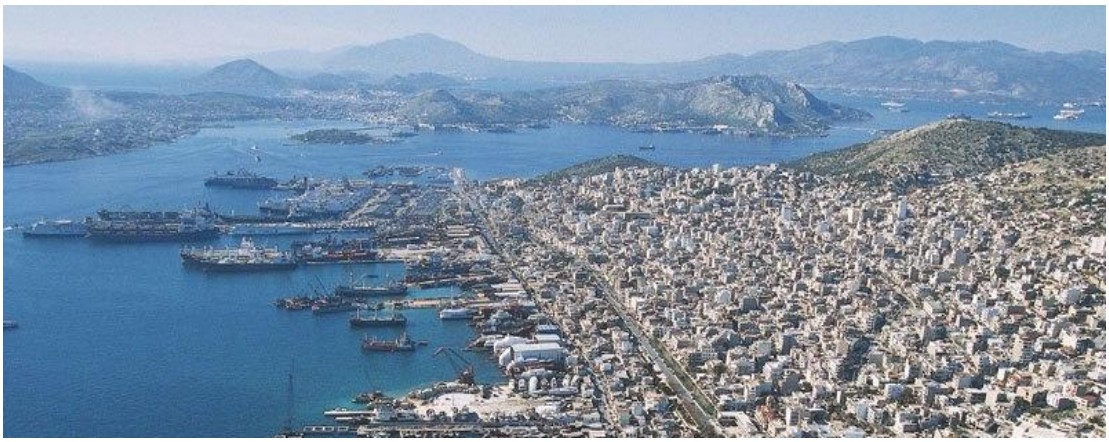
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Δ Ι Π Λ Ω Μ Α Τ Ι Κ Η Ε Ρ Γ Α Σ Ι Α

ΤΣΙΑΜΠΑΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Η υποθαλάσσια σήραγγα Σαλαμίνας-Περάματος: Γεωλογικές, γεωτεχνικές και σεισμοτεκτονικές έρευνες



Επιβλέπουσα: Θ. ΡΟΝΤΟΓΙΑΝΝΗ

ΑΘΗΝΑ

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2012

ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΜΕΤΑΛΛΕΙΩΝ ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

Δ Ι Π Λ Ω Μ Α Τ Ι Κ Η Ε Ρ Γ Α Σ Ι Α

ΤΣΙΑΜΠΑΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

Η υποθαλάσσια σήραγγα Σαλαμίνας-Περάματος: Γεωλογικές, γεωτεχνικές και σεισμοτεκτονικές έρευνες.

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

ΡΟΝΤΟΓΙΑΝΝΗ ΘΕΟΔΩΡΑ, αναπλ. καθηγήτρια

ΑΝΤΩΝΙΟΥ ΜΑΡΙΑ, επικ. καθηγήτρια

ΡΟΖΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ, αναπλ. καθηγητής

ΑΘΗΝΑ

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ 2012

Εικόνα εξωφύλλου: Άποψη της περιοχής της ζεύξης Σαλαμίνας-Περάματος, με την Σαλαμίνα στο βάθος της φωτογραφίας.

Copyright © Κωνσταντίνος Τσιαμπάος, 2012

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.) Κωνσταντίνου Τσιαμπάου, το οποίο κατατέθηκε στην ακόλουθη Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή:

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

  Αντικείμενο της παρούσας διπλωματικής εργασίας αποτέλεσε η αξιολόγηση των γεωλογικών, γεωτεχνικών και σεισμοτεκτονικών συνθηκών στην περιοχή Σαλαμίνας-Περάματος και η επίδραση τους στο σχεδιαζόμενο έργο της κατασκευής υποθαλάσσιας σήραγγας για τη ζεύξη τους.

Η διπλωματική εργασία ακολούθησε την παρακάτω μεθοδολογία:

- Συγκέντρωση και αξιολόγηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας για τη γεωλογία, νεοτεκτονική και σεισμικότητα της ευρύτερης περιοχής.
- Συγκέντρωση και αξιολόγηση των δεδομένων από τις έρευνες και μελέτες που έχουν γίνει για το συγκεκριμένο έργο από το ΙΓΜΕ (Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών), το ΚΕΔΕ (Κεντρικό Εργαστήριο Δημοσίων έργων) και τις Εταιρίες Μελετών ΓΑΜΜΑ-4 ΕΠΕ και ΤΡΙΤΩΝ ΕΠΕ.
- Εργασία υπαίθρου για παρατηρήσεις και πραγματοποίηση τεκτονικών μετρήσεων.
- Σύνταξη του τεχνικολεωλογικού χάρτη, με τη χρήση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (GIS), κατά μήκος της χάραξης του έργου (υποθαλάσσια σήραγγα και προσβάσεις της) με βάση τους γεωλογικούς - τεχνικογεωλογικούς χάρτες και τα στοιχεία της γεωτρητικής έρευνας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την επιβλέπουσα καθηγήτρια κ. Θεοδώρα Ροντογιάννη για την επιστημονική υποστήριξη και την καθοδήγηση της σε κάθε φάση της παρούσας διπλωματικής, την Δρ. Ευδοξία Λυκούδη, η συνεισφορά της οποίας όχι μόνο σε θέματα GIS αλλά και γενικότερα ήταν ιδιαίτερα σημαντική, καθώς και τον

προϊστάμενο του τμήματος Γεωτεχνικής του ΚΕΔΕ κ. Γ. Λιβά για την παροχή των ειδικών μελετών που αφορούν στο συγκεκριμένο έργο. Ευχαριστίες οφείλονται επίσης τους καθηγητές μου κ. Μαρία Αντωνίου και κ. Δημήτριο Ρόζο, για τη συμμετοχή τους στην εξεταστική επιτροπή και τις παρατηρήσεις τους για τη βελτίωση του κειμένου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας διπλωματικής εργασίας είναι η διερεύνηση της επίδρασης των γεωλογικών, γεωτεχνικών και σεισμοτεκτονικών συνθηκών της ευρύτερης περιοχής Σαλαμίνας στο σχεδιασμό και την κατασκευή ενός μεγάλου τεχνικού έργου, όπως είναι η ζεύξη Σαλαμίνας – Περάματος με υποθαλάσσια σήραγγα, τη δεύτερη που προγραμματίζεται στον ελλαδικό χώρο μετά την κατασκευή της υποθαλάσσιας σήραγγας Ακτίου-Πρέβεζας.

Η χωροθέτηση μιας σήραγγας στην ξηρά και βεβαίως ακόμη περισσότερο στη θάλασσα είναι ένα πολυπαραγοντικά δύσκολο έργο, για τον σχεδιασμό, την κατασκευή και την ασφαλή λειτουργία του οποίου αποτελεί βάση των μελετών η αξιολόγηση της γεωλογικής δομής, των γεωτεχνικών χαρακτηριστικών και της σεισμικής επικινδυνότητας της περιοχής διέλευσης του έργου.

Η διπλωματική εργασία περιλαμβάνει τη συναξιολόγηση των διαθέσιμων στοιχείων για το έργο της υποθαλάσσιας σήραγγας Σαλαμίνας-Περάματος, εργασία πεδίου για την πραγματοποίηση παρατηρήσεων και μετρήσεων καθώς και τη σύνταξη του τεχνικογεωλογικού χάρτη κατά μήκος της χάραξης του έργου.

Σύμφωνα με τα κύρια συμπεράσματα της εργασίας αυτής, οι συνθήκες της περιοχής θεωρούνται ευνοϊκές για την κατασκευή του έργου και δεν αναμένεται από την άποψη του τεχνικογεωλογικού περιβάλλοντος να προκύψουν ιδιαίτερα προβλήματα κατά τη διάρκεια της λειτουργίας του.

ABSTRACT

Undersea tunnel of Salamina-Perama: Geological, geotechnical and seismotectonic investigations

The purpose of this thesis is to investigate the influence of the geological, geotechnical and seismotectonic conditions of the broader Salamina region, in the design and construction of an important engineering project, such as the junction of Salamina-Perama with an undersea tunnel, the second one in Greece after the Aktio-Preveza undersea tunnel.

The siting of a tunnel on land and of course even more undersea, is a difficult multidisciplinary work, for the design, construction and safe operation of which, important factors are the geological structure, the geotechnical characteristics and seismic hazard of the areas along the project route.

This thesis includes co-evaluation of all the relevant available data for the Salamina-Perama region, field observations and measurements as well as the compilation of the engineering geological map along the route of this project.

According to the main conclusions of this work the regional and local conditions are favorable for the construction of this project, while no specific engineering geological problems could be expected during its operation.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΡΟΛΟΓΟΣ 1

ΠΕΡΙΛΗΨΗ 3

ABSTRACT 4

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ 7

2. ΓΕΝΙΚΑ – ΕΡΓΑ ΖΕΥΞΗΣ ΣΕ ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ 10

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ 19

3.1 Γεωλογικές – Γεωτεχνικές έρευνες 19

3.2 Σεισμοτεκτονική έρευνα 25

4. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΓΙΑ ΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (GIS) 33

4.1 Γενικά 33

4.2 Βασικές κατηγορίες εφαρμογών και Πλεονεκτήματα των ΓΣΠ..... 34

4.3 Arcmap 35

4.4 Διαδικασία ψηφιοποίησης 37

5. Η ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΑΛΑΜΙΝΑΣ-ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ 43

5.1 Γεωμορφολογικά στοιχεία 43

5.2 Σεισμολογικά στοιχεία 46

6. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ 52

7. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ..... 57

7.1 Μελέτη διακλάσεων 57

7.2 Γεωτεχνική αξιολόγηση των συστημάτων των διακλάσεων..... 63

7.3 Μελέτη ρηγμάτων 65

7.4 Αξιολόγηση της ενεργότητας των ρηγμάτων 70

7.5 Στοιχεία από τη θαλάσσια Γεωτρητική – Γεωτεχνική έρευνα. 72

8. ΟΙ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΧΑΡΑΞΗΣ ΤΗΣ ΖΕΥΞΗΣ 78

8.1 Γενικά 78

8.2 Γεωμορφολογικές συνθήκες κατά μήκος της χάραξης..... 78

8.3 Τεκτονικές συνθήκες κατά μήκος της χάραξης 80

8.4 Γεωλογικές – Γεωτεχνικές συνθήκες κατά μήκος της χάραξης 82

8.5 Υδρογεωλογικά στοιχεία του έργου 91

8.6 Εκτίμηση σεισμικής επικινδυνότητας στην περιοχή της ζεύξης 93

8.7 Υλικά δανειοθαλάμων..... 94

9. ΣΥΝΟΨΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ 95

10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ..... 98

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μία υποθαλάσσια οδική σήραγγα προβλέπεται να κατασκευαστεί στο δίαυλο Σαλαμίνας-Περάματος για τη σύνδεση του νησιού με την Αττική. Συγκεκριμένα η χάραξη της σύνδεσης αυτής σχεδιάστηκε από την ακτή του Περάματος βόρεια του Λιμένα έως την νησίδα του Αγίου Γεωργίου που βρίσκεται περίπου στα δύο τρίτα της απόστασης ανάμεσα στις ακτές του Περάματος και της Σαλαμίνας. Η νησίδα συνδέεται με τη Σαλαμίνα διαμέσου ενός διαδρόμου πάνω σε επίχωμα που καταλήγει στον Λιμένα Παλουκίων. Ο δρόμος που θα οδηγεί από τον Λιμένα Παλουκίων έως τη είσοδο της σήραγγας πάνω στη νησίδα Αγίου Γεωργίου θα κατασκευαστεί παράλληλα σ' αυτόν τον συνδετικό διάδρομο πάνω σε επίχωμα.

Η υποθαλάσσια σήραγγα θα κατασκευαστεί πάνω σε αύλακα που θα εκσκαφτεί στον πυθμένα και θα είναι προκατασκευασμένη κατά τμήματα (σπονδύλους). Οι σπόνδυλοι θα καθελκυσθούν και να μεταφερθούν στον άξονα της σήραγγας όπου και θα ποντιστούν στην τάφρο, συνδεόμενοι εν συνεχεία ο ένας με τον άλλο. Μετά τη σφράγιση των αρμών συνδέσεως θα γίνει επικάλυψη της όλης κατασκευής.

Αναλυτικότερα, η υποθαλάσσια σήραγγα θα έχει μήκος περίπου 1,1 χιλιόμετρο και με τις προσβάσεις της συνολικό μήκος έργου περί τα 3 χιλιόμετρα, από τον ανισόπεδο (Α/Κ) Περάματος μέχρι τον Α/Κ Παλουκίων, καθώς ενδεχομένως και των οδικών τμημάτων παράκαμψης των πόλεων Περάματος και Σαλαμίνας μήκους περίπου 14,5 χιλιομέτρων. Αναμένεται το τελικό μήκος του δρόμου που θα κατασκευασθεί να είναι 17,5 χιλιόμετρα, καθώς εκτείνεται από την υπάρχουσα λεωφόρου Σχιστού-Σκαραμαγκά, με την οποία συνδέεται με ανισόπεδο κόμβο, οδεύει μέσα στην περιοχή του ναυτικού οχυρού Σκαραμαγκά και μέχρι την περιοχή του κολυμβητηρίου Περάματος όπου δημιουργείται κόμβος για τη σύνδεσή του με την υφιστάμενη οδό Περάματος-Κερατσινίου-Πειραιά.

Η χάραξη θα ολοκληρωθεί με:

- την κατασκευή του Ανισόπεδου Κόμβου Σαλαμίνας και του συνδετήριου τμήματος με την πόλη μέσω δύο ισόπεδων κόμβων για να επιτυγχάνεται η σύνδεση τόσο με την πόλη όσο και με το υφιστάμενο οδικό δίκτυο προς Αιάντειο που εξυπηρετεί τη δυτική και νότια πλευρά του νησιού,

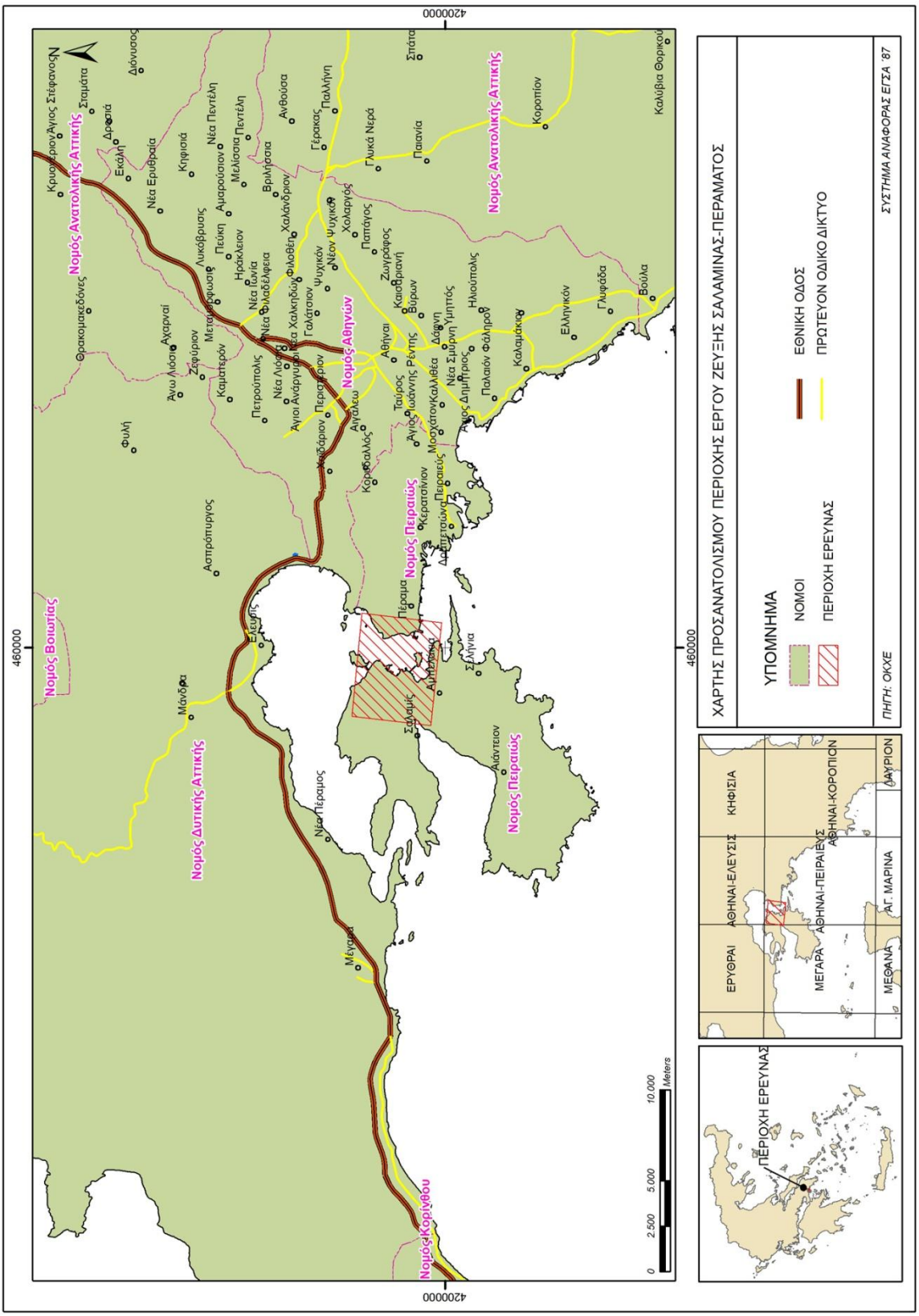
- την κατασκευή της Βόρειας Παράκαμψης της πόλης της Σαλαμίνας συνδεόμενης με κόμβο με την Οδό Σαλαμίνας - Φανερωμένης.

Σημειώνεται ότι οι πρώτες μελέτες για το έργο έγιναν πριν από είκοσι και πλέον χρόνια, ενώ το θέμα της ζεύξης έχει απασχολήσει εδώ και δεκαετίες το νησί της Σαλαμίνας. Τμήμα της τοπικής κοινωνίας έχει εκφράσει την αντίθεσή του με το έργο, θεωρώντας ότι η Σαλαμίνα θα χάσει το νησιωτικό της χαρακτήρα, θα αποτελέσει προέκταση του Περάματος και θα επιβαρυνθεί περιβαλλοντικά. Με βάση τα στοιχεία του ΟΛΠ, ο συνολικός αριθμός των διακινούμενων επιβατών ετησίως στην πορθμειακή γραμμή Περάματος-Σαλαμίνος ανέρχεται στα 9,8 εκατ. επιβάτες.

Το αρχικό κόστος του έργου έχει προϋπολογιστεί σε περίπου 350 εκ. ευρώ. Οι δαπάνες του έργου παραχώρησης θα βαρύνουν καταρχήν την εταιρεία παραχώρησης που θα συστήσει ο ανάδοχος, δεν αποκλείεται όμως και η συμβολή του Δημοσίου στη χρηματοδότηση του έργου.

Ο διαγωνισμός προγραμματίζεται να διεξαχθεί σε τρείς φάσεις: Στην Α ΄φάση θα γίνει εκδήλωση ενδιαφέροντος και προεπιλογή με ημερομηνία υποβολής μέχρι τις 2 Ιουλίου 2012. Προαπαιτούμενο για τη συμμετοχή στο διαγωνισμό είναι η πείρα σε υποθαλάσσιες σήραγγες σε μήκος τουλάχιστον 200 μέτρων (οδικές ή σιδηροδρομικές). Στη Β΄ φάση θα διεξαχθεί ο ανταγωνιστικός διάλογος-διαβούλευση και στην τελική Γ΄ φάση θα γίνει η υποβολή δεσμευτικών προσφορών και η ανάδειξη αναδόχου. Το έργο δεν αναμένεται να ξεκινήσει πριν το 2014.

Στην Εικόνα 1 δίνεται ο χάρτης προσανατολισμού της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 1. Χάρτης προσανατολισμού της ευρύτερης περιοχής Σαλαμίνας - Περάματος. Με το πλαίσιο σημειώνεται η περιοχή μελέτης.

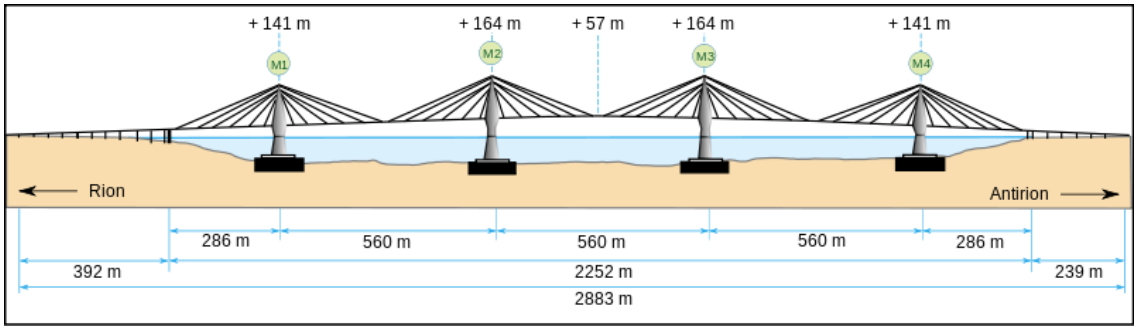
2. ΓΕΝΙΚΑ – ΕΡΓΑ ΖΕΥΞΗΣ ΣΕ ΘΑΛΑΣΣΙΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ

Τα συγκοινωνιακά έργα ζεύξης παράκτιων περιοχών εμφανίζουν αυξημένες δυσκολίες και απαιτούν ακριβείς μελέτες και σχεδιασμούς, αφού καλούνται να «υπερβούν» θαλάσσιες περιοχές, με τις όποιες ιδιαιτερότητες, και να παραμένουν λειτουργικά και ασφαλή. Η σύνδεση θαλάσσιων περιοχών γίνεται με γέφυρες και σήραγγες. Στην Ελλάδα, έχουν γίνει μελέτες για τα έργα της ζεύξης Ρίου-Αντιρρίου, Ακτίου-Πρέβεζας, Σαλαμίνας-Περάματος, Μαλιακού κόλπου και Λευκάδας-Ακαρνανίας.

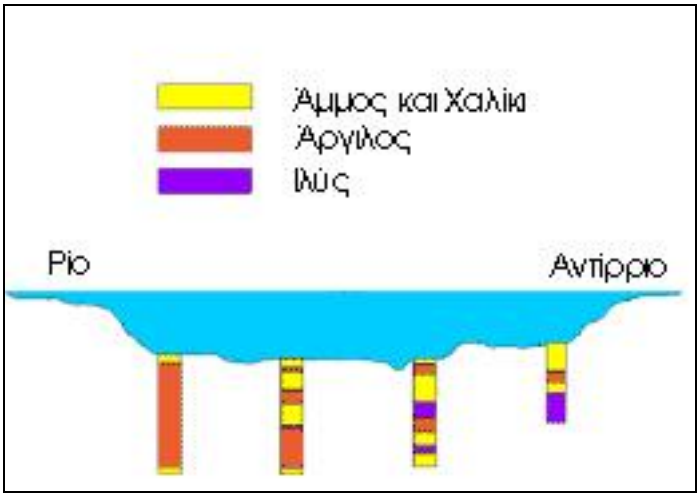
Από αυτά, έχει πραγματοποιηθεί η ζεύξη Ρίου-Αντιρρίου με την κατασκευή της γέφυρας (Εικόνα 2), ο σχεδιασμός της οποίας σε σχέση με το φυσικό περιβάλλον της περιοχής αποτέλεσε ένα ιδιαίτερης σημασίας τεχνικό επίτευγμα, καθώς και η ζεύξη Ακτίου-Πρέβεζας για την οποία κατασκευάστηκε υποθαλάσσια σήραγγα. Η γέφυρα Ρίου-Αντιρρίου, η οποία στηρίζεται σε τέσσερις πυλώνες, κατασκευάστηκε με συνεχόμενο αναρτημένο κατάστρωμα μήκους 2. 252 μέτρων, που αποτελεί το μεγαλύτερο στον κόσμο, ενώ με τις προσβάσεις φθάνει σε μήκος τα 2.880 μέτρα (Εικόνα 3).

Το μέγιστο βάθος της θεμελίωσης φθάνει τα 65 μέτρα κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας και έχει σχεδιαστεί με προδιαγραφές για σεισμό μεγαλύτερο από M=7.5 και ταχύτητα ανέμου 250 χλμ/ώρα. Η ιδέα κατασκευής του έργου πρωτοεμφανίστηκε το 1889 και η υλοποίησή της άρχισε περίπου 100 χρόνια αργότερα, το 1997 και ολοκληρώθηκε το 2004 σε ένα πολύ δυσμενές γεωλογικό καθεστώς, με υπόβαθρο θεμελίωσης αποτελούμενο από μη συνεκτικούς σχηματισμούς άμμων, αργίλων και ιλύων (Εικόνα 4).

Εικόνα 2. Άποψη από αεροπλάνο της γέφυρας Ρίου-Αντιρρίου.



Εικόνα 3. Τεχνικά στοιχεία της γέφυρας Ρίου-Αντιρρίου.



Εικόνα 4. Γεωλογικές στήλες στη θέση θεμελίωσης της γέφυρας Ρίου-Αντιρρίου.

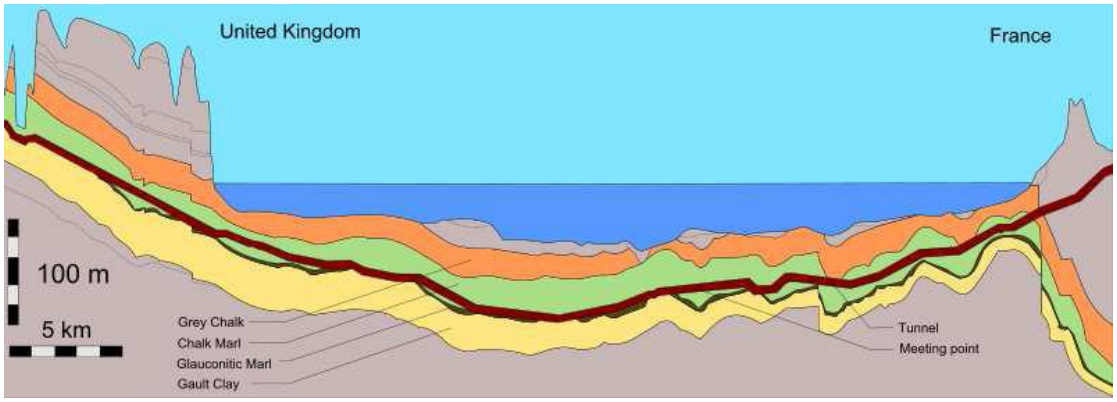
Σήραγγες κατασκευάζονται όχι μόνο κάτω από τη θάλασσα, αλλά και κάτω από μεγάλα ποτάμια. Έχουν κατασκευαστεί 50 περίπου μικρές ή μεγάλες σήραγγες κυρίως στην Κίνα, Ιαπωνία, Κορέα και Σκανδιναβία, όχι μόνο συγκοινωνιακές αλλά και για μεταφορά νερού ή αποβλήτων. Σχεδιάζονται επίσης νέες σήραγγες, οι κυριότερες από τις οποίες είναι στα στενά της Μεσσίνας στην Ιταλία, μήκους 4 χιλιομέτρων, η σήραγγα του Γιβλαρτάρ μήκους 13 χιλιομέτρων και σε βάθος νερού 300-900 μέτρα, η σήραγγα Σουμάτρας-Ιάβας μήκους 30 χιλιομέτρων, στα στενά του Μποχάϊ στη ΝΑ Κίνα μήκους 109 χιλιομέτρων, στα στενά της Ταϊβάν μήκους 180 χιλιομέτρων και στον Ατλαντικό ωκεανό, με το απίστευτο μήκος των 5.000 χιλιομέτρων.

Οι σήραγγες σε θαλάσσιο περιβάλλον διακρίνονται σε τρεις κατηγορίες: τις υποθαλάσσιες (διάνοιξη κάτω από τον πυθμένα της θάλασσας), τις επικαθήμενες (τοποθετημένες πάνω στον πυθμένα) και τις πλωτές (οι οποίες επιπλέουν μέσα στο θαλάσσιο νερό). Είναι ευνόητο ότι για το σχεδιασμό των υποθαλάσσιων σηράγγων βασικό στοιχείο αποτελεί η γεωλογική δομή της θέσης κατασκευής, όπως αντίστοιχα συμβαίνει και στις σήραγγες που διανοίγονται στην ξηρά. Στις πλωτές σήραγγες καθοριστικός παράγοντας είναι η θαλάσσια υδραυλική, ενώ στις επικαθήμενες σήραγγες αναλογικά λαμβάνονται υπόψη τόσο η γεωλογική κατασκευή του πυθμένα όσο και η υδροδυναμική του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Αναλυτικότερα, στις **υποθαλάσσιες σήραγγες**, η φύση και οι ιδιότητες των γεωλογικών σχηματισμών που διαπερνούνται παίζουν κυρίαρχο ρόλο στο σχεδιασμό και την κατασκευή τους. Πρόκειται για ένα έργο που γίνεται εξ' ολοκλήρου μέσα στο υπέδαφος, όπως και οι σήραγγες στην ξηρά, οπότε και ο σχεδιασμός της σήραγγας ακολουθεί την ίδια μεθοδολογία με αυτή των συμβατικών σηράγγων, με το πρόσθετο στοιχείο της παρουσίας της στήλης του θαλάσσιου νερού, η οποία προσθέτει ένα πρόσθετο φορτίο στην καταπόνηση της σήραγγας. Επιπλέον, ιδιαίτερη προσοχή δίνεται και στην αποφυγή εισόδου θαλασσινού και υπόγειου νερού στο χώρο της σήραγγας. Οι υποθαλάσσιες σήραγγες συνήθως γίνονται σε βάθος μεγαλύτερο των 100 μέτρων από τον πυθμένα της θάλασσας.

Ως παράδειγμα διάνοιξης υποθαλάσσιας σήραγγας αναφέρεται η μεγαλύτερη υποθαλάσσια σήραγγα του κόσμου, η οποία βρίσκεται κάτω από το Στενό της Μάγχης, μεταξύ της Γαλλίας και της Αγγλίας (Εικόνες 5 και 6). Η πρώτη σκέψη για τη Σήραγγα της Μάγχης έγινε το 1802 ενώ το 1872 σχηματίστηκε η πρώτη επιτροπή. Στη σύγχρονη εποχή ξεκίνησε το 1985 ο σχεδιασμός της σήραγγας και τα εγκαίνια έγιναν το 1994. Το μήκος της είναι μεγαλύτερο από 50 χιλιόμετρα, τα 38 από τα οποία βρίσκονται κάτω από τον πυθμένα της θάλασσας. Ελαφρά μακρύτερη, 53.85 χιλιόμετρα, είναι η σήραγγα του Σεϊκάν στην Ιαπωνία, αλλά μόνο τα 23.3 χιλιόμετρα βρίσκονται κάτω από τη θάλασσα.

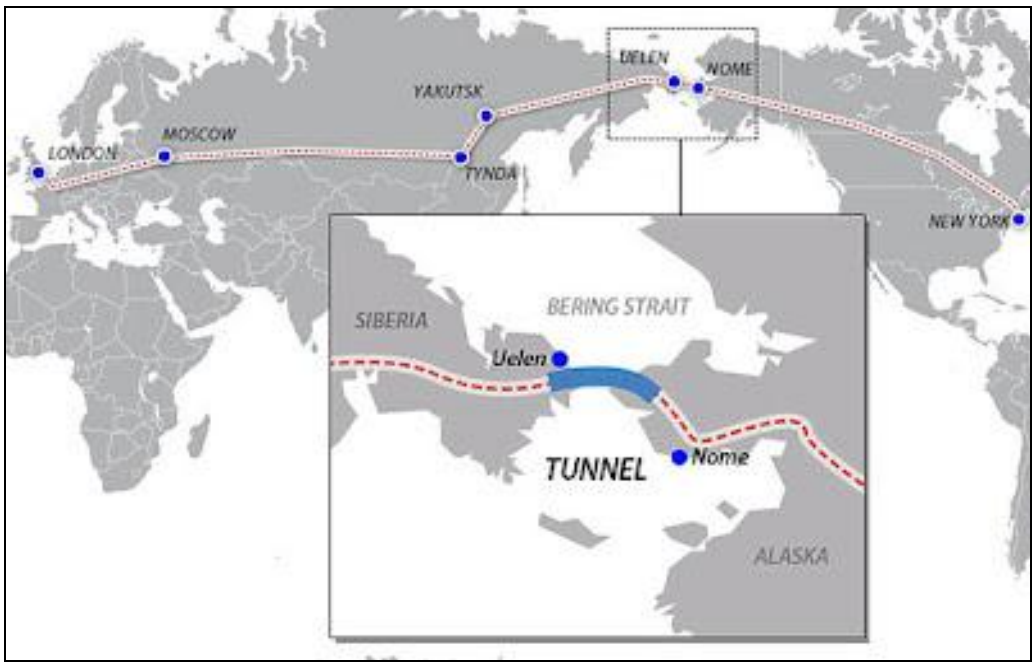
Εικόνα 5. Η θέση της σήραγγας της Μάγχης (με κόκκινο χρώμα) μεταξύ Ηνωμένου Βασιλείου (Donver) και ηπειρωτικής Ευρώπης (Calais).



Εικόνα 6. Γεωλογική τομή κατά μήκος της σήραγγας της Μάγχης.

Αξίζει να αναφερθεί εδώ η υποθαλάσσια σήραγγα που σχεδιάζεται στο Βερίγγειο πορθμό, για να συνδέσει τη Σιβηρία με την Αλάσκα θα είναι η μεγαλύτερη υποθαλάσσια σήραγγα του κόσμου, με μήκος 150 χιλιόμετρα. Για την ολοκλήρωσή της θα χρειαστούν 15 χρόνια και προγραμματίζεται να είναι σε κυκλοφορία το 2030 (Εικόνα 7).

Το όλο πρόγραμμα σχέδιο ονομάζεται «World Link» και πρόκειται για ένα δίκτυο σιδηροδρομικών γραμμών που θα ανεβαίνει από την Κωνσταντινούπολη και μέσω του Υπερσιβηρικού Σιδηροδρόμου θα φθάνει στη Σιβηρία. Εκεί η σιδηροδρομική γραμμή θα «βυθίζεται» σε 50 μέτρα βάθος, θα διασχίζει τον Βερίγγειο Πορθμό και θα αναδύεται στην πλευρά της Αλάσκας. Η διάμετρος της σήραγγας θα φθάνει στα 100 μέτρα γιατί θα φιλοξενεί εκτός από τη σιδηροδρομική γραμμή, και έναν αυτοκινητόδρομο διπλής κατεύθυνσης, έναν αγωγό πετρελαίου που θα μεταφέρει το πετρέλαιο της Σιβηρίας, αλλά κι έναν αγωγό φυσικού αερίου για να τροφοδοτούνται πολιτείες της Βόρειας Αμερικής.



Εικόνα 7. Η διαδρομή της σήραγγας στο Βερίγγειο πορθμό, μεταξύ Σιβηρίας και Αλάσκας. Στο ένθετο λεπτομέρεια στο σημείο της ζεύξης.

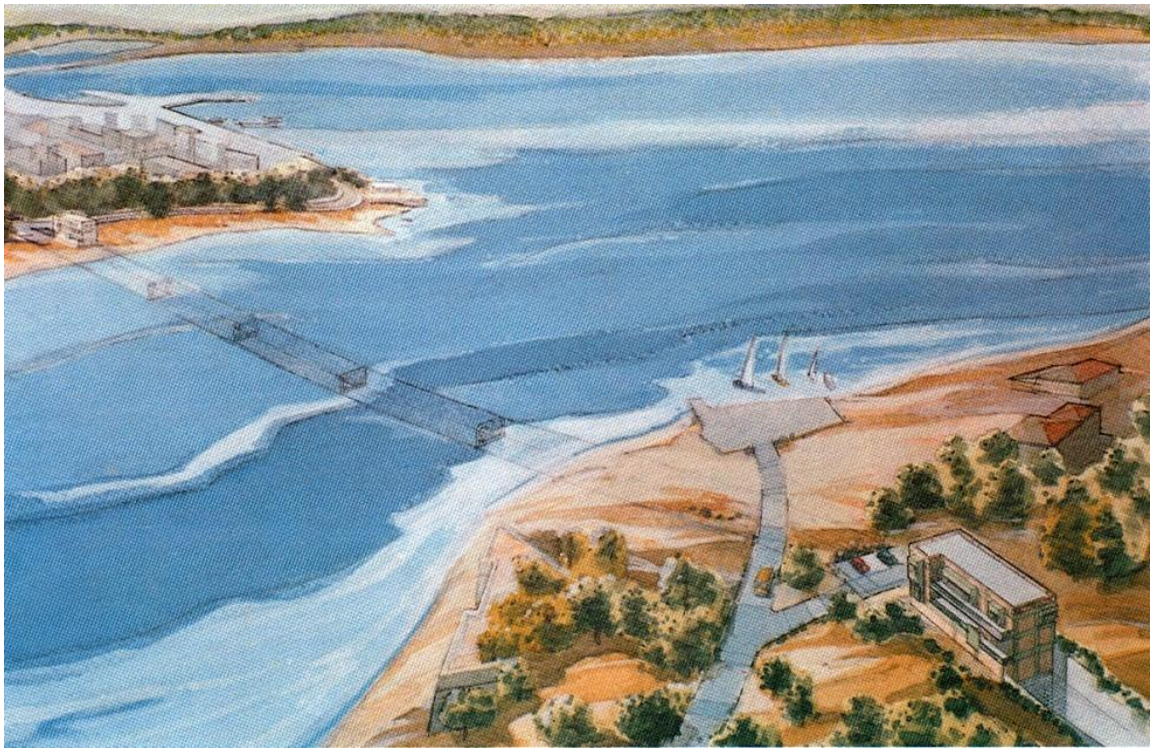
Οι **επικαθήμενες σήραγγες** κατασκευάζονται είτε από χάλυβα είτε από σκυρόδεμα και αποτελούνται συνήθως από επιμέρους στοιχεία (που λέγονται σπόνδυλοι), τα οποία συνδέονται μεταξύ τους και σχηματίζουν τελικά τη σήραγγα (Εικόνα 8). Κάθε σπόνδυλος είναι σφραγισμένος στις δύο άκρες του ώστε να μην εισέρχεται το νερό στο εσωτερικό του και να επιπλέει. Η κατασκευή τους ολοκληρώνεται είτε σε νηοδόχο στην ξηρά, είτε καθελκύονται στη θάλασσα κοντά στην τελική τους θέση. Το σύνηθες βάθος νερών στα οποία κατασκευάζονται είναι τα 5-30 μέτρα και σπανιότερα 100 μέτρα. Η τοποθέτηση τους μπορεί να γίνει ακριβώς κάτω από το βυθό ή συνήθως 1-2 μέτρα κάτω από την επιφάνεια του βυθού. Οι επικαθήμενες σήραγγες κατασκευάζονται σε εδάφη που κρίνονται ακατάλληλα για την κατασκευή σηράγγων μετωπικής εκσκαφής, όπως για παράδειγμα σε μη συνεκτικά εδάφη καθώς και σε περιοχές με έντονη σεισμικότητα.

Εικόνα 8. Τμήματα επικαθήμενης υποθαλάσσιας σήραγγας (από Φράγκο 2009).

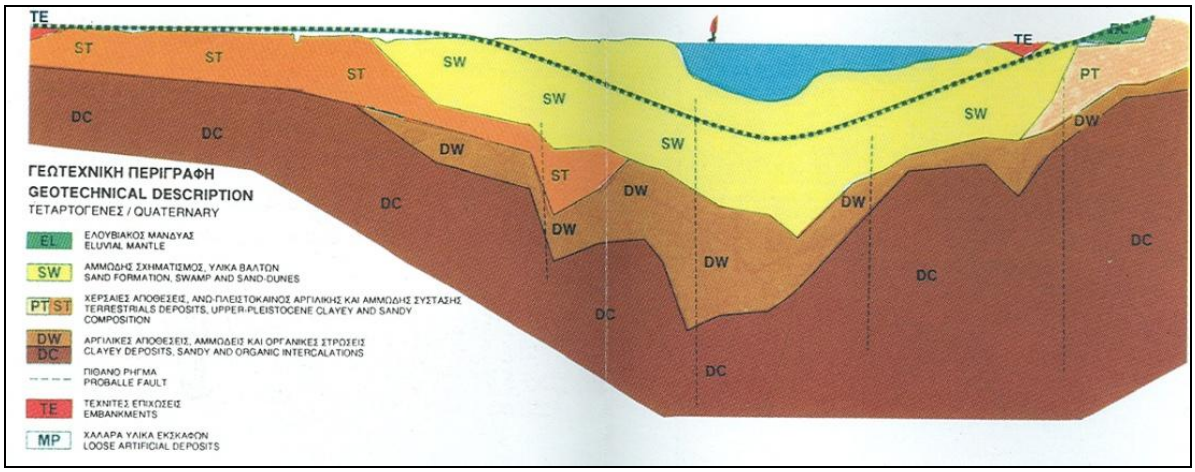
Παράδειγμα επικαθήμενης σήραγγας που είναι και η μοναδική σήραγγα σε θαλάσσιο περιβάλλον στην Ελλάδα αποτελεί η σήραγγα Ακτίου-Πρέβεζας, μήκους, με τις προσβάσεις, 1500 μέτρων (Εικόνες 9 και 10). Συγκεκριμένα, το υποθαλάσσιο τμήμα έχει μήκος 909 μέτρα και αποτελείται από 8 προκατασκευασμένα στοιχεία (σπονδύλους), το μεγαλύτερο από τα οποία έχει μήκος 134,50 μέτρα και πάχος τοιχωμάτων ένα μέτρο. Τα τμήματα της σήραγγας τοποθετήθηκαν σε μία υφαλοαύλακα, ο πυθμένας της οποίας είχε βελτιωθεί με την κατασκευή χαλικοπασσάλων, λόγω της λιθολογικής σύστασης από

λεπτόκκοκο άμμο της εδαφικής στρώσης έδρασης της σήραγγας, και της προκύπτουσας επικινδυνότητας ρευστοποίησης λόγω τυχόν σεισμικής δραστηριότητας. Η εσωτερική διατομή της σήραγγας είναι ορθογωνική με διαστάσεις 10,60 μέτρα πλάτος και 5,30 μέτρα ύψος, ενώ διαθέτει και δύο πεζοδρόμια πλάτους 1,30 μέτρων για έκτακτες ανάγκες ή εργασίες συντήρησης (Εικόνα 11).

Η τρίτη κατηγορία, οι **πλωτές σήραγγες**, βρίσκονται υπό άνωση μέσα στη θάλασσα, μεταξύ του βυθού και της επιφάνειας. Αν η απόσταση που συνδέουν είναι μικρή, τότε μπορούν να στηρίζονται μόνο στα δύο άκρα τους, σαν μια υποβρύχια γέφυρα. Για μεγαλύτερες αποστάσεις υπάρχουν διάφοροι τρόποι σχεδιασμού, όπως η ανάρτηση της σήραγγας με καλώδια σε μια σειρά από πλωτές πλατφόρμες ή η στήριξη της σήραγγες σε πυλώνες που βρίσκονται μέσα στο νερό (Εικόνα 12). Για την κατηγορία των πλωτών σηράγγων οι γνώσεις μας είναι περιορισμένες και σε θεωρητικό στάδιο, καθότι ακόμη δεν έχει κατασκευαστεί τέτοιου είδους σήραγγα.

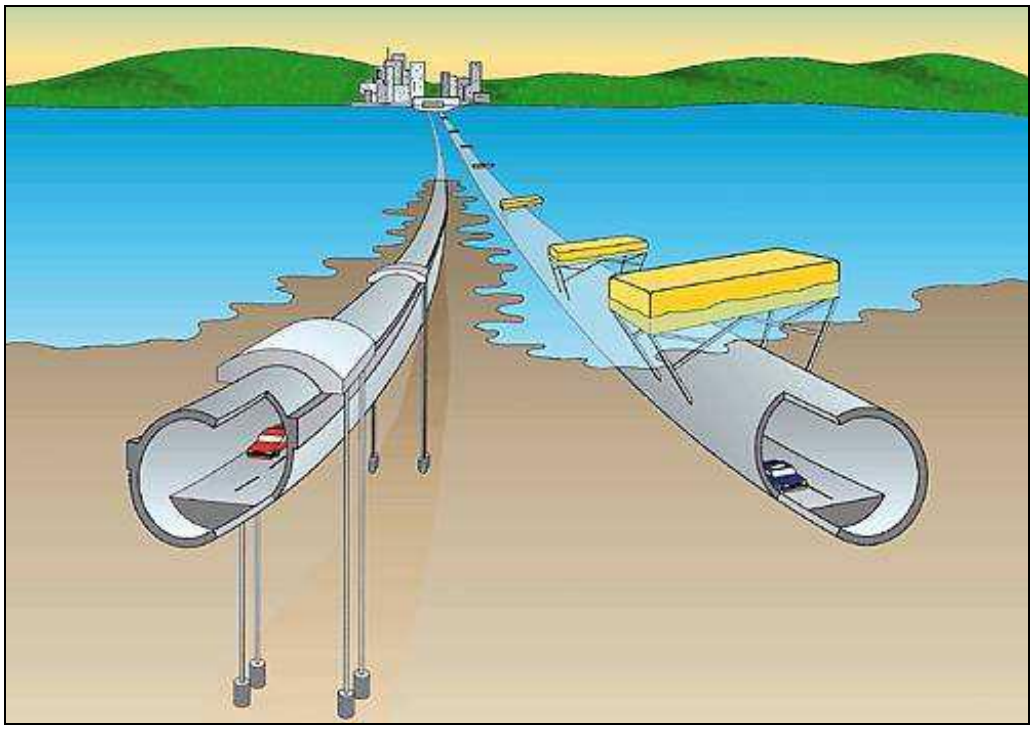


Εικόνα 9. Η διαδρομή της επικαθήμενης σήραγγας Ακτίου-Πρέβεζας.



Εικόνα 10. Γεωτεχνική τομή κατά μήκος της σήραγγας Ακτίου-Πρέβεζας.

Εικόνα 11. Η εσωτερική διατομή της σήραγγας Ακτίου-Πρέβεζας.



Εικόνα 12. Εναλλακτικός σχεδιασμός πλωτής σήραγγας με στήριξη σε κολώνες ή πλωτήρες

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΡΓΩΝ

3.1 Γεωλογικές – Γεωτεχνικές έρευνες

Η αλληλεπίδραση γεωλογικού περιβάλλοντος και ανθρώπινων δραστηριοτήτων είναι πολύ σημαντική γιατί συνδέεται με επιπτώσεις στις ανθρώπινες κατασκευές (είτε άμεσες-φυσικές είτε έμμεσες-ως αποτέλεσμα της ανθρωπογενούς δράσης), με τη μορφή αστοχιών πρανών, καθιζήσεων, εδαφικών υποχωρήσεων, σεισμών, πλημμύρων και άλλων καταστροφικών φαινομένων. Συνεπώς η επίδραση αυτή απαιτεί αναλυτική διερεύνηση προκειμένου να διαμορφωθούν τα πλέον κατάλληλα μέτρα αποφυγής των συνεπειών που προκύπτουν στα τεχνικά έργα. Στα πλαίσια αυτά πρώτο βήμα αποτελεί η αναγνώριση και περιγραφή των γεωλογικών σχηματισμών, των γεωτεχνικών χαρακτήρων της βραχομάζας και της εν γένει γεωμηχανικής συμπεριφοράς των εδαφικών σχηματισμών, των συνθηκών του υπόγειου νερού, καθώς και το δυναμικό εξέλιξης καταστροφικών φαινομένων. Στη μεθοδολογία που ακολουθείται για την ασφαλή και οικονομική κατασκευή ενός τεχνικού έργου, διακρίνονται τα ακόλουθα στάδια:

<u>Πρώτο στάδιο</u>

Κατά το στάδιο αυτό πραγματοποιείται μελέτη των γενικών γεωλογικών συνθηκών με τη βοήθεια αρχικά αξιολόγησης υπαρχόντων στοιχείων, όπως εκθέσεων και μελετών (γεωλογικές, γεωφυσικές, υδρογεωλογικές, γεωτεχνικές, κ.α.), διαφόρων θεματικών χαρτών (τοπογραφικών, γεωλογικών, υδρογεωλογικών, τεχνικογεωλογικών, κ.α.) εφ' όσον υπάρχουν, καθώς και ανάλυση αεροφωτογραφιών και δορυφορικών εικόνων. Στις αεροφωτογραφίες μπορεί κανείς να διακρίνει πολύ χαρακτηριστικά μορφολογικά, γεωλογικά και τεκτονικά στοιχεία, όπως π.χ. το υψηλό ανάγλυφο και το πεδινό τμήμα, τους δρόμους και τους οικιστικούς χώρους, το υδρογραφικό δίκτυο, το βραχώδες υπόβαθρο, τις πρόσφατες αποθέσεις και τα ρήγματα της περιοχής.

Τα στοιχεία αυτά συμπληρώνονται και επικαιροποιούνται με τις πρώτες αναγνωριστικές έρευνες της περιοχής αλλά και τη σύνθεση τεχνικογεωλογικών και υδρογεωλογικών χαρτών, προσαρμοσμένων από πλευράς κλίμακας, σκοπού και περιεχομένου στις ανάγκες του έργου.

Δεύτερο στάδιο

Το στάδιο αυτό αναφέρεται στη σε βάθος διερεύνηση των γεωλογικών σχηματισμών που εμπλέκονται στο έργο, με τη βοήθεια δειγματοληπτικών γεωτρήσεων και ερευνητικών ορυγμάτων που αποτελούν και τις πλέον συνήθεις μεθόδους διερεύνησης, αλλά και γεωφυσικών διερευνήσεων, φρεάτων, ερευνητικών στοών, σε περιπτώσεις που η έρευνα αναφέρεται σε σημαντικό τεχνικό έργο.

Μέσα στις γεωτρήσεις στα συνήθη έργα εκτελούνται επιτόπου δοκιμές όπως οι δοκιμές υδροπερατότητας και δοκιμές πρότυπης διείσδυσης, ενώ στα ορύγματα η αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη ή και η αστράγγιστη διατμητική αντοχή. Σε ορισμένες γεωτρήσεις τοποθετούνται πιεζόμετρα για την παρακολούθηση των διακυμάνσεων του υδροφόρου ορίζοντα, ενώ σε άλλες κλισιόμετρα για την παρακολούθηση και τον έλεγχο αστοχιών πρανών. Τέλος, μερικές από τις γεωτρήσεις σε περιπτώσεις ειδικών μελετών όπως οι μικροζωνικές, προετοιμάζονται κατάλληλα για την εκτέλεση ειδικών δοκιμών εδαφοδυναμικής, όπως οι δοκιμές Cross-hole και Down-hole.

Επιπρόσθετα, σε σημαντικά έργα μέσα στις γεωτρήσεις εκτελούνται και οι δοκιμές πρεσσιομετρήσεων, Radial jacking και φόρτισης πλάκας (για τα μέτρα ελαστικότητας και παραμορφωσιμότητας), αλλά και δοκιμαστικών τσιμεντενέσεων. Αντίστοιχα, στις δοκιμαστικές στοές μπορεί να πραγματοποιηθούν δοκιμές διάτμησης βραχομάζας, συγκλίσεων, φόρτισης πλάκας, παραμορφωσιμότητας, αλλά και ελέγχου διαφόρων μορφών αντιστήριξης για την επιλογή της καταλληλότερης. Τέλος γεωφυσικές μέθοδοι όπως σεισμική και ηλεκτρική συνήθως επικουρούν τις υπόλοιπες υπαίθριες έρευνες στα μεγάλα έργα.

Επίσης η έρευνα του επιφανειακού και υπόγειου νερού είναι σημαντική στο στάδιο αυτό. Το νερό της βροχής που ρέει επιφανειακά διαβρώνει τους γεωλογικούς σχηματισμούς, με ρυθμό που εξαρτάται από την ταχύτητα ροής του νερού, αλλά

και το βαθμό κερματισμού και αποσάθρωσης της γεωμάζας. Έτσι μπορεί να δημιουργηθούν υποσκαφές σε τεχνικά έργα, όπου και η αναμόχλευση των σχηματισμών είναι εντονότερη. Ακόμα όμως και ο βαθμός αποσάθρωσης είναι συνάρτηση των ποσοτήτων του νερού που κατεισδύει. Οι χημικές αντιδράσεις που προκαλούνται είτε από το ίδιο το νερό είτε από τα συστατικά που μεταφέρει με τους σχηματισμούς διευκολύνει την αποσάθρωση και συνεπώς τη χαλάρωση που επιφέρει καλύτερες συνθήκες κατείσδυσης και ο κύκλος συνεχίζεται. Αυτές οι περιπτώσεις συνεπώς πρέπει να εντοπιστούν και να αντιμετωπιστούν με δραστικά μέτρα προστασίας, ιδιαίτερα σε πρανή που είναι επιρρεπή σε αστοχία ή και στους χώρους θεμελίωσης τεχνικών έργων.

Επιπλέον, το νερό των βροχοπτώσεων που κατεισδύει, εμποτίζει τους γεωλογικούς σχηματισμούς και στις περιπτώσεις που συναντηθούν αργιλικοί ή αργιλομιγείς ορίζοντες και μάλιστα με συμμετοχή αργιλικών ορυκτών που είναι διογκώσιμα, δημιουργούνται ανεπιθύμητες καταστάσεις για τα τεχνικά έργα, όπου σχηματισμοί έρχονται στην επιφάνεια με τις εκσκαφές που δημιουργούνται.

Τέλος, η δράση του επιφανειακού νερού που κατεισδύει οδηγεί συγκεκριμένους εδαφικούς ορίζοντες σε αστοχία με την εκδήλωση κατολισθήσεων. Η δράση αυτή συμβαίνει λόγω της λειτουργίας του σαν λιπαντικό για διεπιφάνειες περατών και ημιπερατών σχηματισμών ή σε συνδυασμό αυτής με την αποσαθρωτική και διαβρωτική του δράση αλλά και με την αύξηση της πίεσης του νερού των πόρων που επιφέρει. Συνεπώς, χρειάζεται μεγάλη προσοχή στα τεχνητά πρανή και ιδιαίτερα στα υψηλά όπου η πιθανότητα να βρεθούν στην επιφάνεια οριακές διεπιφάνειες είναι αυξημένη. Πέρα από τα επιφανειακά νερά και η παρουσία ή όχι υδροφόρου ορίζοντα σε μια περιοχή αποτελεί κύριο χαρακτηριστικό αυτής καθώς μαζί με τις τεχνικογεωλογικές συνθήκες (λιθοστρωματογραφία, γεωμηχανική συμπεριφορά των σχηματισμών, κλπ) διαμορφώνουν το γεωτεχνικό περιβάλλον του έργου.

Επιπρόσθετα, οι διακυμάνσεις του φρεατίου υδροφόρου ορίζοντα μπορεί να επηρεάσουν σημαντικά ένα τεχνικό έργο στην επιφάνεια, για παράδειγμα ένα γραμμικό έργο. Η αύξηση της στάθμης το χειμώνα, επιφέρει με το φαινόμενο της τριχοειδούς ανύψωσης ύγρανση των σχηματισμών σε μικρό βάθος. Αυτό σε συνδυασμό με πιθανή πτώση της θερμοκρασίας κάτω από το μηδέν έχει σαν αποτέλεσμα το σχηματισμό πάγου που επιφέρει αύξηση του όγκου και άσκηση

πιέσεων, πού μπορούν να δημιουργήσουν ρωγματώσεις και τελικά καταστροφή του οδοστρώματος.

Από τα παραπάνω γίνεται αντιληπτό ότι η παρουσία υπόγειων νερών δυσχεραίνουν την κατασκευή των τεχνικών έργων. Πρέπει συνεπώς, κατά το στάδιο αυτό της έρευνας να διερευνώνται πλήρως τα ατμοσφαιρικά κατακρημνίσματα με όσο το δυνατόν περισσότερες χρονοσειρές, για να καθορίζονται οι πλημμυρικές παροχές, αλλά και οι συνθήκες του υπόγειου νερού (Κουμαντάκης 1993) με:

τη μελέτη της υδρογεωλογικής συμπεριφοράς των σχηματισμών που εμπλέκονται στο έργο,

την αναζήτηση, καταγραφή και αποτύπωση σε σχετικούς χάρτες όλων των σημείων εμφάνισης υπόγειων νερών (πηγές, πηγάδια και γεωτρήσεις).

τη μέτρηση της στάθμης των υπόγειων νερών σε όλα τα πηγάδια και τις γεωτρήσεις, αλλά και των παροχών πηγών, πηγαδιών και γεωτρήσεων.

τις δειγματοληψίες νερού για σχετικές αναλύσεις.

τον προσδιορισμό των ορίων των υδρολογικών και των υδρογεωλογιών λεκανών και τη διερεύνηση του θέματος των πλευρικών τροφοδοσιών.

Τρίτο στάδιο

Το στάδιο αυτό αφορά τη συλλογή κατάλληλων δειγμάτων από την ύπαιθρο αλλά και από τις ερευνητικές στοές, τα ορύγματα και τις γεωτρήσεις, για δοκιμές αναγνώρισης των εδαφικών και βραχωδών σχηματισμών, αλλά κυρίως προσδιορισμού των φυσικομηχανικών χαρακτηριστικών αυτών.

Τέταρτο στάδιο

Κατά το στάδιο αυτό εκτελούνται οι εργαστηριακές δοκιμές στα δείγματα που έχουν συγκεντρωθεί. Τα αποτελέσματα των δοκιμών αυτών συναξιολογούνται με τα αποτελέσματα των επιτόπου δοκιμών και παρατηρήσεων και έτσι οι γεωλογικοί σχηματισμοί που έχουν εντοπιστεί ομαδοποιούνται κατάλληλα για τις ανάγκες του

έργου που πρόκειται να εκτελεστεί. Οι κύριες κατηγορίες των δοκιμών που εκτελούνται είναι:

Ορυκτολογικές, πετρογραφικές και παλαιοντολογικές για την πλήρη αναγνώριση της λιθοστρωματογραφίας της θέσης κατασκευής του έργου.

Δοκιμές προσδιορισμού της σύστασης του υπόγειου νερού

Δοκιμές εδαφομηχανικής και βραχομηχανικής.

Πέμπτο στάδιο

Στο στάδιο αυτό πραγματοποιούνται οι εργασίες εγκατάστασης και αρχικής παρακολούθησης όλων των οργάνων εκείνων που στοχεύουν στον έλεγχο των μεταβολών που επιφέρει η κατασκευή στο έδαφος θεμελίωσης και στην απόκριση του τελευταίου σε αυτές. Μηκυνσιόμετρα, διαστολόμετρα, κελιά πίεσης, αποκλισιόμετρα, όργανα μέτρησης συγκλίσεων κλπ, τοποθετούνται ανάλογα με τη φύση του έργου και παρακολουθούνται συστηματικά κατά τη φάση της κατασκευής αλλά (στις περιπτώσεις μεγάλων έργων) και κατά τη φάση της λειτουργίας.

Τα παραπάνω κύρια στάδια, που περιλαμβάνονται στο πλαίσιο των γεωτεχνικών μελετών, μπορεί να επαναλαμβάνονται πιθανά και σε περισσότερες της μιας φάσης αυτών, προκειμένου να διευκρινισθούν προβληματισμοί που προέκυψαν από μια προηγούμενη φάση ή και για να μελετηθούν λεπτομερέστερα, περιοχές που αποδείχτηκε ότι χρήζουν περαιτέρω μελέτης.

Ιδιαίτερα, τα γραμμικά τεχνικά έργα αποτελούν βασικά έργα υποδομής, που είναι απολύτως αναγκαία για την ανάπτυξη ενός τόπου. Συμπεριλαμβάνουν επιμέρους κατασκευές ιδιαίτερα σημαντικές, όπως για παράδειγμα επιχώματα, ορύγματα, cut & covers, γέφυρες και σήραγγες και συνεπώς η πλήρη διερεύνηση των γεωλογικών, υδρογεωλογικών και τεχνικογεωλογικών-γεωτεχνικών συνθηκών του ευρύτερου χώρου θεμελίωσης αυτών είναι αναγκαία. Δρόμοι, σιδηροδρομικές γραμμές, υδραγωγεία και αγωγοί μεταφοράς φυσικού αερίου ή πετρελαίου, αποτελούν τα κυριότερα από αυτά.

Η διαδικασία μελέτης των τεχνικών αυτών έργων αρχίζει επίσης με την εξέταση των βιβλιογραφικών δεδομένων, την απόκτηση πληροφοριών σχετικά με τις γεωλογικές, τεκτονικές, υδρογεωλογικές, τεχνικογεωλογικές κλπ συνθήκες, την

κατανόηση των κλιματο-μετεωρολογικών δεδομένων, αλλά και τη γνώση της σεισμικότητας-σεισμικής επικινδυνότητας της περιοχής διέλευσης του έργου. Παράλληλα γίνεται η αποτύπωση της χάραξης ή των χαράξεων σε υπάρχοντες ή συντασσόμενους τοπογραφικούς χάρτες με την κατάλληλη για τη φύση του έργου κλίμακα, από αρμόδιους μηχανικούς (π.χ. στην περίπτωση δρόμων τους οδοποιούς), έτσι ώστε να διασφαλιστούν οι αναγκαίες κλίσεις και καμπυλότητες του άξονα του έργου.

Ακολουθεί η πρώτη αναγνωριστική επίσκεψη από ομάδα τεχνικών (οδοποιός, γεωτεχνικός μηχανικός, τεχνικός γεωλόγος κλπ) σε όλες τις χαράξεις, για αποφυγή σοβαρών σφαλμάτων που πιθανά να προκύψουν λόγω παλαιότητας των τοπογραφικών χαρτών, λόγω διαμόρφωσης νέων κατασκευών κατά μήκος της χάραξης (όπως για παράδειγμα κτιρίων, αποθηκών, γεωτρήσεων εκμετάλλευσης, κλπ), αλλά και θέσεων με εμφανείς σοβαρές αστοχίες πρανών.

Μετά τις αναγκαίες τροποποιήσεις γραφείου, στη χάραξη που θα προκριθεί, συντάσσεται η αναγκαία οριζοντιογραφία που θα αποτελέσει τη βάση για κάθε παραπέρα έρευνα. Πρόκειται για τοπογραφικό χάρτη κατάλληλης κλίμακας, στον οποίο το εύρος εκατέρωθεν του άξονα του έργου είναι τέτοιο ώστε να εξασφαλίζεται σε κάθε περίπτωση η δυνατότητα παραλλαγών για την αποφυγή σοβαρών κατολισθητικών φαινομένων ή και ειδικών εμποδίων, που δεν μπορεί να απομακρυνθούν ή να κατεδαφιστούν. Παράλληλα με την οριζοντιογραφία, συντάσσεται και η σχετική μηκοτομή κατά μήκος της κύριας χάραξης μέχρι του βάθους εκείνου που καλύπτει το πλέγμα των έργων που περιλαμβάνονται (π.χ. βαθιά ορύγματα, σήραγγες, κλπ) στην όλη κατασκευή. Σε κάποιες περιπτώσεις συντάσσονται και αναλύονται μηκοτομές και κατά μήκος των εναλλακτικών χαράξεων στην προγενέστερη αναγνωριστική φάση, για την πληρέστερη διερεύνηση αυτών. Στις μηκοτομές αποτυπώνονται πέρα του ανάγλυφου η χιλιομέτρηση, οι αποστάσεις από την αρχή της χάραξης, καθώς και τα υψόμετρα της επιφάνειας του εδάφους αλλά και της ερυθράς της οδού σε τακτά διαστήματα. Σαν ερυθρά αναφέρεται η χάραξη του γραμμικού έργου στο χώρο.

Ακολουθεί η συμπλήρωση της οριζοντιογραφίας με όλα τα αναγκαία στοιχεία (γεωλογικά, τεκτονικά, τεχνικογεωλογικά, υδρογεωλογικά κλπ) που διασαφηνίζουν πλήρως τη φυσική κατάσταση και τη γεωμηχανική συμπεριφορά των λιθολογικών ή τεχνικογεωλογικών ενοτήτων που συμμετέχουν στη δομή της περιοχής έρευνας

κατά μήκος του έργου. Με βάση αυτή τη γνώση, συμπληρώνεται στη συνέχεια και η μηκοτομή, επεκτείνοντας την όποια πληροφόρηση στο αναγκαίο βάθος έρευνας.

3.2 Σεισμοτεκτονική έρευνα

Είναι γνωστό ότι τρεις αλληλένδετες σεισμικές διαδικασίες προκαλούν καταστροφές σε κατασκευές και απώλειες σε ανθρώπινο δυναμικό. Αυτές είναι : α) οι εδαφικές δονήσεις, που μπορούν να προκαλέσουν σημαντικές καταστροφές και σε μεγάλη απόσταση από την επικεντρική περιοχή, β) οι εδαφικές αστοχίες που συμβαίνουν κυρίως σε ασύνδετες αλλουβιακές διαποτισμένες αποθέσεις ή σε εκτεταμένες αποθέσεις πλευρικών κορημάτων και επηρεάζουν κατασκευές σε περιοχές που βρίσκονται αρκετά χιλιόμετρα από το επίκεντρο, και γ) οι επιφανειακές μετατοπίσεις κατά μήκος των ιχνών ενεργών ρηγμάτων. Τα καταστροφικά αποτελέσματα των επιφανειακών αυτών μετατοπίσεων συγκεντρώνονται σε σχετικά στενή ζώνη κατά μήκος των ενεργών ρηγμάτων, είναι όμως πολύ έντονα.

Ο προσδιορισμός των θέσεων πιθανής εμφάνισης εδαφικών διαρρήξεων έχει πρωταρχική σημασία στο σχεδιασμό και την εκτέλεση μεγάλων τεχνικών έργων τόσο σε χώρες με υψηλή σεισμικότητα όπως η Ελλάδα όσο και σε χώρες με μέτρια σεισμικότητα. Τα ιστορικά και σύγχρονα στοιχεία έχουν δείξει ότι εκτεταμένες ζημιές σε κτίρια, μεγάλα τεχνικά έργα και υπόγειους αγωγούς εξαρτώνται κατά μεγάλο μέρος από τη θέση, το μέγεθος, την κατανομή και τη φύση των επιφανειακών ρωγμών που δημιουργήθηκαν από τις τεκτονικές κινήσεις.

Επιπλέον μεγάλη σημασία για τη γνώση των σεισμοτεκτονικών χαρακτηριστικών μιας περιοχής έχει και ο προσδιορισμός των γεωμετρικών και δυναμικών στοιχείων του ρήγματος αφού το σχήμα και το μέγεθος των ζωνών καταστροφής σε περίπτωση μεγάλου σεισμού ποικίλει ανάλογα με το είδος του ρήγματος. Έτσι, οριζόντιας μετατόπισης ρήγματα προκαλούν καταστροφές σε σχετικά στενή ζώνη. Ανάστροφα ρήγματα έχουν επιπτώσεις συνήθως μόνο στο ανερχόμενο τέμαχος, ενώ στα κανονικά ρήγματα (είναι το είδος των πρόσφατων ρηγμάτων που

υπάρχουν στην περιοχή Σαλαμίνας -Περάματος) η ζώνη καταστροφών είναι αρκετά πλατιά με εντονότερη επίδραση στο τέμαχος που κατέρχεται.

Εξάλλου, για τον σωστό σχεδιασμό και την ασφαλή κατασκευή μιας υποθαλάσσιας σήραγγας και συγκεκριμένα για την ανάλυση της σεισμικής απόκρισης με επιβολή μετακινήσεων, σημαντικός παράγων είναι η συμβατότητα των παραμορφώσεων της σήραγγας και του περιβάλλοντος αυτήν εδάφους. Ως εκ τούτου, τα φαινόμενα αλληλεπίδρασης εδάφους-κατασκευής είναι θεμελιώδους σημασίας. Ο σχεδιασμός έναντι σεισμικών δράσεων γίνεται για τρεις τύπους παραμόρφωσης α) αξονικές εφελκυστικές και θλιπτικές παραμορφώσεις του άξονα της σήραγγας λόγω σεισμικής μετακίνησης κατά τη διεύθυνση του άξονα της σήραγγας, β) καμπτικές παραμορφώσεις λόγω της κάμψης του άξονα προερχόμενες από σεισμικές μετακινήσεις κάθετες προς τον άξονα της σήραγγας, γ) στρέβλωση της κυκλικής ή ορθογωνικής διατομής για καταπόνηση της σήραγγας στο επίπεδο της διατομής οφειλόμενη σε κατακορύφως διαδιδόμενα διατμητικά κύματα (Βρεττός κ.α. 2008).

Ακολουθώντας το παραπάνω σκεπτικό, εκτός από τα γεωλογικά στοιχεία της ευρύτερης περιοχή Σαλαμίνας-Περάματος σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ και τους χάρτες των μελετών για το συγκεκριμένο έργο της ζεύξης, αναζητήθηκαν στοιχεία για την ιστορική και πρόσφατη σεισμικότητα και παράλληλα αξιολογήθηκαν τα ρήγματα της περιοχής από την άποψη της ενεργότητας. Είναι προφανές ότι της αξιολόγησης των ρηγμάτων προηγείται η χαρτογράφησή τους, σε κλίμακες συνήθως 1:10.000, 1:5.000, 1:2.000 ή ακόμη και 1:1.000 ή και 1:500 ανάλογα με το είδος και τις ανάγκες κάθε έργου.

Τέτοιες μελέτες αποτελούν, ευτυχώς, πλέον κοινή πρακτική και εφαρμόζονται ακόμη και σε χώρες με μέτρια σεισμικότητα, σε πολλές περιπτώσεις όπως:

- Στον σχεδιασμό και την κατασκευή έργων (όπως φράγματα, γέφυρες, σήραγγες, δρόμοι, αγωγοί φυσικού αερίου,)
- Στον προσδιορισμό χώρων απόθεσης (πυρηνικών, χημικών, αστικών) αποβλήτων

- Στις πολεοδομικές επεκτάσεις
- Στη θεμελίωση κτιρίων βιομηχανιών, νοσοκομείων, σχολείων.

Η νεοτεκτονική χαρτογράφηση αποτελεί μια εξειδικευμένη γεωλογική χαρτογράφηση, κατά την οποία δίνεται έμφαση στην αποτύπωση των νεότερων γεωλογικών σχηματισμών (ηλικίας Νεογενούς-Τεταρτογενούς), των γεωμορφολογικών-μορφοτεκτονικών στοιχείων, των σεισμολογικών δεδομένων και κυρίως στη χαρτογράφηση νέων γεωλογικά δομών και ενεργών ρηγμάτων.

Για βασική έρευνα ή για άντληση γενικών πληροφοριών για μεγάλες σχετικά περιοχές απαιτείται μία γενική νεοτεκτονική χαρτογράφηση σε κλίμακα 1:500.000, όπως είναι ο Σεισμοτεκτονικός χάρτης του ΙΓΜΕ ή ακόμη και σε κλίμακα 1:100.000 (νεοτεκτονικοί χάρτες ΟΑΣΠ και ΙΓΜΕ).

Πολλά από τα ρήγματα που κόβουν το στερεό φλοιό της Γης και έχουν μήκος από λίγα μέτρα μέχρι δεκάδες χιλιόμετρα, δημιουργήθηκαν στο παρελθόν και σήμερα παρουσιάζονται χωρίς δυναμική, άλλα όμως, κυρίως ρήγματα νεότερης γεωλογικής ηλικίας επαναδρούν κατά διαστήματα και συνδέονται με σεισμική δραστηριότητα. Πρόκειται για τα ενεργά ρήγματα, τα οποία έχουν βαρύνουσα σημασία για κάθε έργο.

Υπάρχουν διάφοροι επιστημονικοί ορισμοί για ένα “ενεργό ρήγμα’’, ανάλογα με την γεωγραφική περιοχή που αυτό απαντά (και συσχετίζεται άμεσα με το γεωδυναμικό της καθεστώς) και επίσης ανάλογα με το έργο το οποίο αφορά. Οι ορισμοί αυτοί έχουν αποκτήσει σε χώρες έντονα σεισμικές (ΗΠΑ, Ιαπωνία, Νέα Ζηλανδία) και νομική σημασία και λαμβάνονται σοβαρά υπόψη για τις κατασκευές μεγάλων τεχνικών έργων και τις αντίστοιχες ευθύνες και αποζημιώσεις σε περίπτωση αστοχίας τους. Η νομοθεσία περιλαμβάνει ζώνες απαγόρευσης δόμησης πάνω στα ρήγματα και ζώνες ειδικών συνθηκών δόμησης καθώς απομακρυνόμαστε από αυτά, σε απόσταση που διαφέρει ανά χώρα.

Υπάρχει ανάλογη νομοθεσία και για την Ελλάδα στον Νέο Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό ΕΑΚ-2000 (ΦΕΚ 2184Β/20-12-1999) και στην τροποποίηση και συμπλήρωση του (ΦΕΚ781/18-6-2003) σε αντίστοιχο κεφάλαιο για την γειτνίαση ενεργών σεισμοτεκτονικών ρηγμάτων και τον καθορισμό ζωνών προστασίας για τις κατασκευές. Η νομοθεσία αυτή δεν είναι ιδιαίτερα σαφής για τον καθορισμό ζωνών αλλά επιβάλει την σύνταξη ειδικής μελέτης ανάλογα με την περίπτωση επικινδυνότητας των ρηγμάτων.

ΕΑΚ 2000 - ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.1.2 - Γειτνίαση Ενεργών Σεισμοτεκτονικών Ρηγμάτων

[2] Ο χαρακτηρισμός ρηγμάτων ως σεισμικώς ενεργών θα γίνεται με βάση σεισμοϊστορικά και σεισμοτεκτονικά δεδομένα και θα λαμβάνεται υπόψη και το πιθανό μέγεθος τυχόν σεισμικής διάρρηξης. Η επισήμανση και ο χαρακτηρισμός σεισμοτεκτονικών ρηγμάτων αποτελεί εν γένει αντικείμενο ειδικής μελέτης που αφορά στην ευρύτερη περιοχή οικοδόμησης και όχι σε μεμονωμένα κτίρια. Τέτοια διερεύνηση αποτελεί απαραίτητο στοιχείο για την οικιστική ανάπτυξη μίας περιοχής και υπόκειται σε έλεγχο και έγκριση της πολιτείας. Διερεύνηση για ύπαρξη σεισμικώς ενεργών ρηγμάτων δεν απαιτείται εν γένει μέσα σε οικιστικά ανεπτυγμένες περιοχές, εκτός αν υφίστανται ισχυρές ενδείξεις περί του αντιθέτου, βασιζόμενες σε επίσημους γεωλογικούς -τεκτονικούς χάρτες.

[3] Σε περιπτώσεις στις οποίες συντρέχουν ειδικοί λόγοι δόμησης στην άμεση γειτονία σεισμοτεκτονικών ρηγμάτων που θεωρούνται σεισμικώς ενεργά, η δόμηση επιτρέπεται μόνον ύστερα από ειδική σεισμική - γεωλογική - γεωτεχνική - στατική μελέτη. Στην μελέτη αυτή θα διερευνώνται οι επιπτώσεις της γειτνίασης του ρήγματος και θα λαμβάνονται μέτρα για την αποτελεσματική αντιμετώπισή τους. Η σεισμική δράση σχεδιασμού στην άμεση γειτονία τέτοιων ρηγμάτων θα λαμβάνεται αυξημένη τουλάχιστον κατά 25% σε σχέση με την οριζόμενη στο κεφάλαιο 2.

Ένα ρήγμα θεωρείται ενεργό όταν έχει παρουσιάσει σεισμική (ή ασεισμική) δραστηριοποίηση: α) σε 10.000 χρόνια, β) σε 35.000 χρόνια, γ) σε 150.000 χρόνια, δ) δύο φορές σε 500.000 χρόνια ή τέλος ε) στη διάρκεια του Τεταρτογενούς.

Η U.S. Nuclear Regulatory Commission και το U.S. Army Corps of Engineers θεωρούν ένα ρήγμα ενεργό όταν έχει κινηθεί τουλάχιστον μια φορά τα τελευταία 35.000 χρόνια ή περισσότερο από μια φορά τα τελευταία 500.000 χρόνια, και συνδέεται αποδεδειγμένα με καταγραμμένα σεισμικά επίκεντρα.

Η Διεθνής Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας θεωρεί ένα ρήγμα ενεργό αν:

- Παρουσιάζει τεκμήρια κίνησης στο πρόσφατο Τεταρτογενές
- Υπάρχουν τοπογραφικές ενδείξεις για πρόσφατη επιφανειακή διάρρηξη
- Συνδέεται άμεσα με σεισμούς καταγραμμένους με σεισμολογικά όργανα
- Παρουσιάζει ασεισμική ολίσθηση ή έχει μια αποδεδειγμένα δομική σχέση με ένα άλλο γνωστό ενεργό ρήγμα, έτσι ώστε η κίνηση του ενός μπορεί να προκαλέσει την κίνηση του άλλου.

Με βάση την Ιαπωνική πρακτική η οποία εστιάζει κυρίως στο μέγεθος της μετατόπισης των ρηγμάτων και στο σύγχρονο και μελλοντικό ρυθμό ολίσθησης τους, τα ρήγματα κατατάσσονται σε:

- Ρήγματα με πολύ υψηλή δραστηριότητα, όπου ο μέσος όρος του ρυθμού ολίσθησης είναι > 1cm/έτος (που αφορά τις πιο ενεργές ρηξιγενείς ζώνες της γης)
- Ρήγματα με υψηλή δραστηριότητα με μέσο ρυθμό ολίσθησης μεταξύ 0.1cm/έτος και 1cm/έτος. Σημειώνεται ότι σύμφωνα και με τη Διεθνή Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας ρήγματα υψηλής δραστηριότητας θεωρούνται αυτά τα οποία συνδέονται με σεισμό μεγέθους M=7.0 και ρυθμό επανάληψης της τάξεως των εκατοντάδων έως και χιλιάδων ετών
- Ρήγματα με μέτρια, χαμηλή ή πολύ χαμηλή δραστηριότητα (αδρανή)

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 (Ροντογιάννη 2006).

Σύμφωνα με τα παραπάνω είναι φανερό ότι ο ασφαλής χαρακτηρισμός ενός ρήγματος ως ενεργού από τις ενόργανες σεισμικές καταγραφές, που υπάρχουν μόνο για το διάστημα των τελευταίων 100 περίπου ετών, δεν είναι αρκετά αξιόπιστος. Έτσι για την καλύτερη προσέγγιση του προβλήματος και την κατά το δυνατόν ασφαλέστερη αναγνώριση των ενεργών ρηγμάτων μιας περιοχής έρευνας, χρησιμοποιούνται εκτός από τα σεισμολογικά και γεωλογικά κριτήρια, καθώς και γεωφυσικά και ιστορικά δεδομένα, τα οποία συνοψίζονται ως εξής:

- Γεωλογικά κριτήρια

Ένα ρήγμα μπορεί να χαρακτηριστεί γεωλογικά ενεργό όταν αποδεδειγμένα επαναδραστηριοποιήθηκε κατά το πρόσφατο γεωλογικό παρελθόν, δηλαδή όταν έχει δραστηριοποιηθεί τουλάχιστον κατά το Τεταρτογενές. Αυτό διαπιστώνεται άμεσα με την ηλικία των σχηματισμών που επηρεάζει. Όταν δηλαδή το ρήγμα κόβει σχηματισμούς του Ανώτερου Πλειστόκαινου ή και νεότερους, τότε χαρακτηρίζεται ως γεωλογικά ενεργό ρήγμα.

Υπάρχουν όμως και έμμεσοι τρόποι για να διαπιστωθεί αν ένα ρήγμα είναι γεωλογικά ενεργό, όπως είναι τα πρόσφατα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά που ενδεχόμενα συνοδεύουν το ενεργό ρήγμα. Τέτοια είναι: αναβαθμίδες τεκτονικής προέλευσης, νεοτεκτονικά εξάρματα, νεοσχηματισθείσες τεκτονικές κοιλάδες, απότομη αλλαγή διεύθυνσης χειμάρρων, τεκτονικά πρανή με μεγάλες κλίσεις (απότομες πλαγιές), κυματοειδής διάταξη πρόσφατων ιζημάτων που οφείλεται σε τεκτονικά αίτια, τριγωνικές επιφάνειες κ.ά. Αλλά επικουρικά στοιχεία για την ένδειξη της ενεργού δράσης ενός ρήγματος είναι η ύπαρξη θερμομεταλλικών πηγών ή ατμίδων κατά μήκος αυτού. Είναι ευνόητο ότι η γεωλογική παρατήρηση στο πεδίο και η αντίστοιχη εμπειρία μπορεί να δώσει πολλά γεωλογικά στοιχεία για την ενεργό δράση των ρηγμάτων, όπως δείχνουν π.χ. οι ιδιαίτερα λειασμένες κατοπτρικές επιφάνειες των ρηγμάτων που αναπτύσσονται σε πετρώματα του υποβάθρου.

- Σεισμολογικά κριτήρια

Μεγάλοι ή ακόμη και μικροί σεισμοί, τα επίκεντρα και τα εστιακά βάθη των οποίων είναι καθορισμένα ακριβώς από μεγάλο δίκτυο σεισμολογικών σταθμών, μπορούν να ορίσουν τη θέση ενεργών ρηγμάτων. Επίσης σεισμικές ακολουθίες (προσεισμοί, μετασεισμοί, σμηνοσεισμοί) συνδέονται άμεσα με ενεργά ρήγματα, τη

γεωμετρία των οποίων μάλιστα μπορούν να την καθορίσουν με ικανοποιητική ακρίβεια. Τέλος μικροσεισμοί (1.5 ≤ M ≤ 3) που είναι υπολογισμένοι με δίκτυο σεισμογράφων μεγάλης ευαισθησίας ή από δίκτυο φορητών σεισμογράφων εγκατεστημένων σε μικρή περιοχή (2-5 Km γύρω από τα ρήγματα) καθορίζουν με ικανοποιητική ακρίβεια τα ενεργά ρήγματα. Αντίθετα όμως, η έλλειψη σεισμών δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως κριτήριο για τον καθορισμό ενός ρήγματος ως μη ενεργού.

- Παλαιοσεισμολογικά κριτήρια

Οι παλαιοσεισμολογικές μέθοδοι, όπου μπορούν να εφαρμοσθούν, παρέχουν πολύ αξιόπιστα δεδομένα και αποδείξεις για το χαρακτηρισμό των ενεργών ρηγμάτων με ποσοτικές παραμέτρους, όπως το είδος των παλαιοσεισμών, τα άλματα των ρηγμάτων και ο ρυθμός ολίσθησης τους.

- Γεωφυσικά κριτήρια

Γεωφυσικά δεδομένα, όπως βαρυτομετρικές ανωμαλίες ή ακριβείς υπολογισμοί της δομής του φλοιού της γης διάφορων σεισμοτεκτονικών τεμαχών, συμβάλλουν ουσιαστικά στην κατανόηση της ενεργού τεκτονικής μιας περιοχής.

- Ιστορικά κριτήρια

Πληροφορίες από ιστορικές πηγές για μεγάλους επιφανειακούς σεισμούς που συνδέονται με μετακινήσεις ρηγμάτων, κατολισθήσεις, ρευστοποιήσεις εδαφών, αλλαγές ροής χειμάρρων ή πηγών κ.ά. αποτελούν σοβαρές ενδείξεις για το χαρακτηρισμό μιας περιοχής ως τεκτονικά ενεργού. Ο συνδυασμός αυτών των πληροφοριών με χαρτογραφημένα ρήγματα μπορεί να καθορίσει με σαφήνεια τα ενεργά ρήγματα της περιοχής.

Με βάση τα παραπάνω κριτήρια, τα ρήγματα έχουν ταξινομηθεί σε τέσσερις κατηγορίες με τους αντίστοιχους χαρακτηρισμούς:

- <u>Σεισμικά ρήγματα</u>

Είναι εκείνα που συνδέονται άμεσα με επιφανειακή διάρρηξη κατά τη διάρκεια πρόσφατων ή ιστορικών ισχυρών σεισμών

- Ενεργά ρήγματα

Τα ενεργά ρήγματα τέμνουν πρόσφατα ιζήματα ή ηφαιστειακά πετρώματα Τεταρτογενούς ηλικίας (κυρίως Ανωτέρου Πλειστοκαίνου και Ολοκαίνου) και είναι συνδεδεμένα με πρόσφατες γεωμορφολογικές δομές ή με την εκδήλωση θερμών πηγών. Παρουσιάζουν μικρή αλλά συνεχή μετακίνηση των δύο τεμαχών τους (creep), η οποία διαπιστώνεται με γεωδαιτικές μετρήσεις. Τέλος, έχουν άμεση σχέση με την κατανομή των επικέντρων σεισμών και μικροσεισμών ή ακόμη και ιστορικών σεισμών.

- Δυνητικώς ενεργά ρήγματα

Χαρακτηρίζονται εκείνα που διαθέτουν μικρό βαθμό συσχέτισης με την κατανομή των επικέντρων μεγάλων σεισμών ή συνηθέστερα συνδέονται μόνο με μικροσεισμούς. Επίσης, πρόκειται για ρήγματα για τα οποία δεν υπάρχουν ιστορικές πληροφορίες για σεισμούς και εδαφικές διαρρήξεις και μετακινήσεις, επηρεάζουν νέα ιζήματα, αλλά δε φαίνεται να έχουν επαναδραστηριοποιηθεί στο πολύ πρόσφατο παρελθόν. Τέλος, πρόκειται για εκείνα τα ρήγματα όπου τα νέα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας του εδάφους με τα οποία συνδέονται (π.χ. κατοπτρικές επιφάνειες) έχουν διαβρωθεί ή δεν διακρίνονται ευκρινώς.

- Κοινά (ή μη ενεργά ή αδρανή ή ρήγματα άγνωστης δραστηριότητας)

Χαρακτηρίζονται εκείνα για τα οποία σεισμολογικές, ιστορικές και γεωλογικές ενδείξεις για επαναδραστηριοποίησή τους στο πρόσφατο γεωλογικό παρελθόν δεν υπάρχουν. Προφανώς τα ρήγματα αυτής της κατηγορίας δεν είναι απαραίτητο να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό τεχνικών έργων, παρά μόνο ως επιφάνειες ασυνέχειας. Η περίπτωση μελλοντικής ενεργοποίησής τους εμφανίζεται σχεδόν μηδενική.

Οι παραπάνω χαρακτηρισμοί προφανώς και δεν είναι απόλυτοι, λόγω του ότι αναφέρονται στη Γη και τις φυσικές δυνάμεις, που είναι σε πολλές περιπτώσεις απρόβλεπτες (με πιο πρόσφατη τραγική εμπειρία το σεισμό της Ιαπωνίας και το καταστροφικό τσουνάμι που ακολούθησε).

4. ΕΠΙΣΚΟΠΗΣΗ ΓΙΑ ΤΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΩΝ (GIS)

4.1 Γενικά

Όπως αναφέρθηκε, για την κατασκευή των θεματικών χαρτών χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πρόγραμμα ArcMap το οποίο στηρίζεται σε πρότυπα των Γεωγραφικών Πληροφοριακών Συστημάτων (ΓΣΠ), (GIS-Geographical Information Systems).

Ένα λογισμικό ΓΣΠ έχει τις εξής ιδιότητες:

- <u>την ψηφιοποίηση δεδομένων:</u> εισαγωγή σημείων, γραμμών, πολυγώνων, χαρακτηριστικών ιδιοτήτων και στατιστικών.
- <u>την αποθήκευση δεδομένων:</u> αποθήκευση πολλαπλών χαρακτηριστικών ανά πολύγωνο, συσχετισμό αριθμητικών και γραφικών δεδομένων.
- <u>την επεξεργασία δεδομένων:</u> εντοπισμό σφαλμάτων, συνδυασμό και τακτοποίηση των δεδομένων μέσα στην αντίστοιχη βάση, μετατροπή των συντεταγμένων της ψηφιοποίησης σε πραγματικές συντεταγμένες (ανάλογα με την προβολή), ένωση δύο ή περισσότερων χαρτών, επιλογή τμήματος μιας περιοχής και καταχώριση σε ξεχωριστό αρχείο.
- <u>την ανάλυση δεδομένων:</u> δημιουργία πολυγώνων γύρω από σημεία ή γραμμές, μέτρηση μηκών και εκτάσεων, δυνατότητα εφαρμογής μοντέλων, στατική επεξεργασία κτλ.
- <u>την εξαγωγή δεδομένων:</u> στην οθόνη, σε εκτυπωτές, σε ψηφιακή μορφή, δυνατότητα έκθεσης διαγραμμάτων, πολυγώνων κτλ.

Έτσι το ΓΣΠ, είναι μια ολοκληρωμένη συλλογή από προϊόντα λογισμικού και παρέχει μια πλατφόρμα για διαδικασίες χωρικής ανάλυσης, διαχείρισης δεδομένων και απεικόνισης.

4.2 Βασικές κατηγορίες εφαρμογών και Πλεονεκτήματα των ΓΣΠ

Η τεχνολογία των ΓΣΠ θεωρείται απαραίτητη για την μελέτη και την ανάλυση της γήινης επιφάνειας, τη μελέτη και ανάλυση του τρόπου ζωής απειλούμενων ειδών και την παρακολούθηση και προστασία περιοχών ιδιαίτερης περιβαλλοντικής ευαισθησίας.

Μερικές από τις βασικές κατηγορίες εφαρμογών είναι οι ακόλουθες:

- Ο σχεδιασμός και προγραμματισμός χρήσεων γης
- Η παρακολούθηση και η προστασία του περιβάλλοντος
- Η καταγραφή ης ιδιωτικής και δημόσιας ακίνητης περιουσίας
- Ο πολεοδομικός και χωροταξικός σχεδιασμός
- Ο σχεδιασμός δικτύων κοινής ωφέλειας (ΔΕΗ, ΟΤΕ, ύδρευση, αποχέτευση)

Τα ΓΣΠ όπως και κάθε εργαλείο μελέτης έχουν τόσο πλεονεκτήματα όσο και μειονεκτήματα. Αυτά είναι τα ακόλουθα (Moore & Chow,1987):

1. Τα δεδομένα διατηρούνται σε ψηφιακή μορφή με αποτέλεσμα αφενός μεν να καταλαμβάνουν μικρό χώρο, αφετέρου δε να είναι εύχρηστα.
2. Οι γεωγραφικές βάσεις δεδομένων είναι ποσοτικές πληροφορίες οι οποίες είναι δυνατόν να καταχωρούνται κατά οποιαδήποτε γεωγραφική μονάδα ή διάταξη, για παράδειγμα, κατά δήμο ,κατά τοπογραφικό φύλλο χάρτη, κατά νομό.
3. Γεωγραφικές βάσεις δεδομένων είναι δυνατόν να δημιουργηθούν για οποιοδήποτε αντικείμενο, χαρακτηριστικό, ιδιότητα ή συνδυασμό των πιο πάνω δεδομένων.
4. Υπάρχοντα δεδομένα είναι δυνατόν να ενσωματωθούν – με ή χωρίς αλλαγές και επεξεργασία- στη βάση δεδομένων εφόσον είναι κατά χώρο προσανατολισμένα.
5. Είναι εφικτός ο γρήγορος και επαναλαμβανόμενος αναλυτικός έλεγχος ή θεωρητικών μοντέλων για την εκτίμηση επιστημονικών κριτηρίων.

6. Οι διάφορες μορφές εξαγομένων αποτελεσμάτων παράγονται πολύ γρήγορα, αποτελούνται από μεμονωμένα ή σύνθετα θέματα, για οποιαδήποτε θέση της βάσης δεδομένων και σε οποιαδήποτε κλίμακα.
7. Είναι δυνατή η εύκολη ενημέρωση της βάσης δεδομένων, πράγμα που επιτρέπει τον αποτελεσματικό εντοπισμό και την ανάλυση των αλλαγών που έγιναν σε δυο ή περισσότερες περιόδους.
8. Πολλές μορφές ανάλυσης πραγματοποιούνται με πολύ μικρότερο κόστος από ότι με τις κλασσικές μεθόδους π.χ. ο υπολογισμός των κλίσεων ενός τοπογραφικού χάρτη.
9. Όλες οι αναλύσεις γίνονται κατά αντικειμενικό τρόπο και τα αποτελέσματα παράγονται αυτόματα.
10. Μια πληθώρα υπολογιστικών εργαλείων(πολλαπλά επίπεδα χαρτών, μετρήσεις πάνω στους χάρτες κτλ) δίνουν τη δυνατότητα ποικιλίας αλλαγών στη βάση δεδομένων και την παράλληλη εύκολη ενημέρωσή της.
11. Είναι δυνατός ο συσχετισμός και η ταυτόχρονη προβολή και αλλαγή γραφικών και μη γραφικών (π.χ. ιδιότητες) πληροφοριών.

4.3 Arcmap

Το Arcmap είναι λογισμικό που συναντάται στα Γεωγραφικά Πληροφοριακά Συστήματα και χρησιμοποιείται για την απεικόνιση, τη διαχείριση, τη δημιουργία και την ανάλυση γεωγραφικών δεδομένων. Με τη χρήση του Arcmap γίνεται κατανοητό το γεωγραφικό περιεχόμενο των δεδομένων μας, επιτρέποντας μας να δούμε σχέσεις μεταξύ των δεδομένων.

Με το Arcmap, μπορούμε:

Να δημιουργήσουμε χάρτες και να αλληλεπιδράσουμε με τα δεδομένα με την παραγωγή αναφορών και διαγραμμάτων, την εκτύπωση και την ενσωμάτωση των χαρτών σε άλλα έγγραφα και εφαρμογές.

Να εξοικονομήσουμε χρόνο χρησιμοποιώντας πρότυπα χαρτών για να δώσουμε ένα συνεπές ύφος στους χάρτες μας.

Να δημιουργήσουμε μοντέλα διαδικασιών, scripts και διαγράμματα ροής για να οπτικοποιήσουμε και να αναλύσουμε τα δεδομένα μας.

Να διαβάσουμε, να εισάγουμε και να διαχειριστούμε περισσότερα από 70 διαφορετικά είδη δεδομένων και μορφοτύπων, Συμπεριλαμβανομένου δημογραφικών στοιχείων, εγκαταστάσεων, αρχεία CAD, εικόνες, δικτυακές εφαρμογές, πολυμέσα και με τα δεδομένα.

Να έχουμε καλύτερη και αποτελεσματικότερη επικοινωνία δημοσιεύοντας και κοινοποιώντας τα γεωγραφικά μας δεδομένα και το δυναμικό μας περιεχόμενο σε άλλους.

Να χρησιμοποιούμε εργαλεία, όπως τα Find, Identify, Measure και Hyperlink, για να βρούμε και να εκμεταλλευτούμε πληροφορίες που δεν είναι διαθέσιμες όταν δουλεύουμε με κλασσικούς (αναλογικούς) εκτυπωμένους χάρτες

Να λαμβάνουμε καλύτερες αποφάσεις και να επιλύουμε γρηγορότερα προβλήματα.

Το Arcmap είναι μια desktop εφαρμογή που μας επιτρέπει να πραγματοποιούμε βασική απεικόνιση, υποβολή ερωτημάτων, επεξεργασία και ανάλυση των δεδομένων.

Ανάλογα με τι χαρακτηριστικά χρειάζεται κανείς, μπορεί να επιλέξει μεταξύ τριών επιπέδων αδειοδότησης του ArcGIS Desktop (ArcInfo, ArcEditor, ArcView).

Τα κύρια χαρακτηριστικά του Arcmap είναι:

Δημιουργία χαρτών – Με τη χρήση προκαθορισμένων προτύπων χαρτών εξοικονομείται χρόνος και γίνεται εύκολα η παραγωγή ομοιόμορφων και συνεπών χαρτών.

Χωρικά ερωτήματα – Υποβολή ερωτημάτων στα δεδομένα μας και λύση περίπλοκων προβλημάτων μέσα από μια ποικιλία εργαλείων: διαδραστική μέτρηση αποστάσεων, εύρεση στοιχείων στο χάρτη, επιλογή δεδομένων με βάση την τοποθεσία ή κάποιο χαρακτηριστικό τους, από επιλογή όλων, πρόσβαση στις ιδιότητες των επιπέδων μέσα από το κουτί διαλόγου του Identify, και πολλά άλλα.

Βασική μοντελοποίηση και ανάλυση – Μοντελοποιούμε χωρικές συσχετίσεις, μετρούμε πως τα στοιχεία μέσα σε μια συλλογή δεδομένων σχετίζονται μεταξύ

τους στο χώρο, και γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων μας μέσα από αναφορές και διαγράμματα.

Απλή επεξεργασία στοιχείων και ενοποίηση δεδομένων – Δημιουργούμε και επεξεργαζόμαστε σημειακά, γραμμικά και πολυγωνικά στοιχεία και τα χαρακτηριστικά τους.

Χρησιμοποιούμε μια μεγάλη συλλογή από είδη δεδομένων που περιλαμβάνουν δημογραφικά στοιχεία, εγκαταστάσεις, CAD αρχεία, εικόνες, δικτυακές εφαρμογές, και πολυμέσα.

Έτοιμες προς χρήση συλλογές δεδομένων —ξεκινούμε την απεικόνιση και την ανάλυση άμεσα με τα ενσωματωμένα δεδομένα της ESRI και το Maps Media Kit, που ενημερώνονται κάθε χρόνο και έχουν προ-διαμορφωθεί ώστε να δουλεύουν συγκεκριμένα με το λογισμικό της ESRI.

4.4 Διαδικασία ψηφιοποίησης

Για τη δημιουργία του ψηφιακού γεωλογικού χάρτη και του τεχνικογεωλογικού χάρτη της περιοχής έρευνας χρησιμοποιήθηκαν ως υπόβαθρα το γεωλογικό φύλλο του ΙΓΜΕ κλίμακας 1:50.000, ΑΘΗΝΑ-ΠΕΙΡΑΙΑΣ , καθώς και οι γεωλογικοί χάρτες από τις μελέτες της ΓΑΜΜΑ-4 ΕΠΕ, κλίμακας 1:5000.

Οι παραπάνω γεωλογικοί χάρτες αποθηκεύτηκαν σε ψηφιακή μορφή (jpg) και ψηφιοποιήθηκε η περιοχή έρευνας.

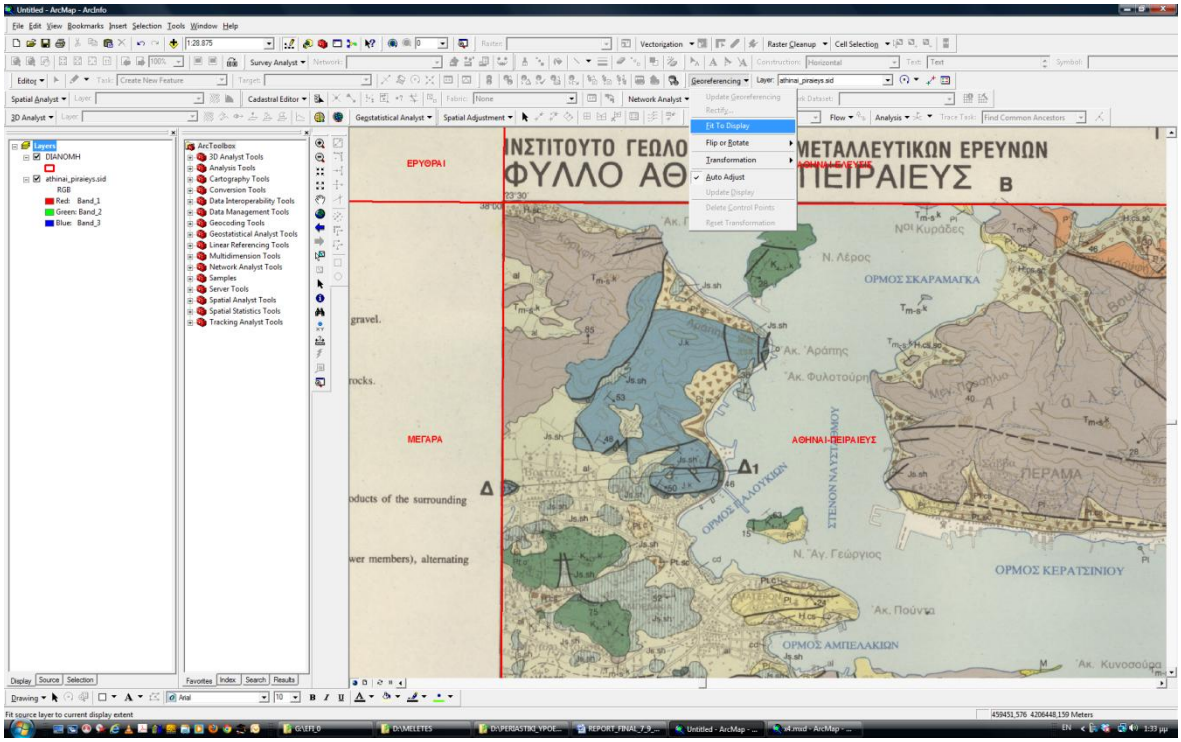
Η γεωαναφορά των γεωλογικών χαρτών έγινε στο προβολικό σύστημα Ελληνικό Γεωδαιτικό Σύστημα Αναφοράς του 1987 (ΕΓΣΑ ’87), καθώς αυτό είναι το πιο ευρέως χρησιμοποιούμενο σύστημα αναφοράς στην Ελλάδα έως σήμερα, το οποίο προέκυψε από συνδυασμό κλασικών και δορυφορικών μετρήσεων. Αφετηρία του είναι τριγωνομετρικό σημείο στο Διόνυσο Αττικής, ενώ χρησιμοποιεί το γεωκεντρικό ΕΕΠ GRS 80 και την εγκάρσια Μερκατορική προβολή μιας ζώνης, με κεντρικό μεσημβρινό (λ= 240 προς Greenwich) αυτόν που διέρχεται από το Διόνυσο Αττικής, άξονα τετμημένων τον ισημερινό, προσθετική σταθερά (False Easting) E0=500.000 m και συντελεστή κλίμακας στον κεντρικό μεσημβρινό m0= 0.9996.

Με τον όρο γεωαναφορά εννοούμε το σύνολο των απαραίτητων στροφών και μεταθέσεων του χάρτη στο επίπεδο ώστε να προκύψει προβολή του κάθε σημείου του χάρτη στο επιθυμητό σύστημα αναφοράς.

Για να πραγματοποιηθεί η γεωαναφορά, αρχικά όλα τα φύλλα των χαρτών εισήχθησαν ξεχωριστά στο περιβάλλον του λογισμικού ArcMap.

Η γεωαναφορά έγινε την εντολή georeferencing με βάση ενός αρχείου (shape file) της διανομής των χαρτών, κλίμακας 1:50.000 (Εικόνα 13).

Μετά το τέλος της γεωαναφοράς δημιουργήσαμε τα shape files για την κάθε οντότητα (Εικόνα 14).



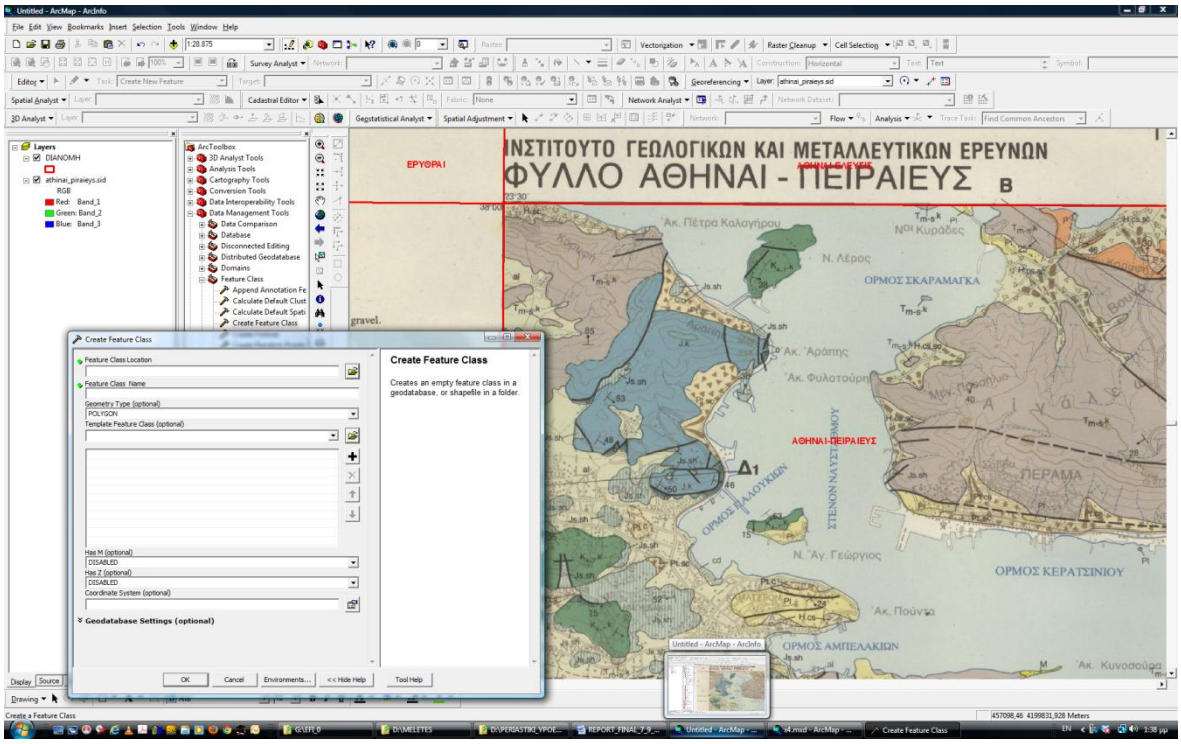
Εικόνα 13. Γεωαναφορά γεωλογικών φύλλων με τη χρήση του Arcmap.

Για τη δημιουργία ενός νέου αρχείου (shape file) διαλέγουμε από το ArcToolbox (εργαλειοθήκη του Arcmap) το εργαλείο Data Management Tools και στη συνέχεια επιλέγουμε την Create Feature Class όπου εμφανίζεται ένα παράθυρο για τη δημιουργία της οντότητας. Στο παράθυρο αυτό δίνουμε το όνομα στην οντότητα που θα αντιπροσωπεύει το shape file, προσδιορίζουμε τον τύπο οντότητας και το σύστημα αναφοράς.

Ο ψηφιακός γεωλογικός χάρτης καθώς και ο τεχνικογεωλογικός χάρτης είναι αποτέλεσμα ψηφιοποίησης τριών τύπων οντοτήτων:

Σημειακή οντότητα (point). Αναπαριστούν στοιχεία που έχουν συγκεκριμένη θέση στο χάρτη και εντοπίζονται ως σημεία (π.χ. Διεύθυνση και διεύθυνση μέγιστης κλίσης στρωμάτων, θέσεις δειγματοληπτικών γεωτρήσεων).

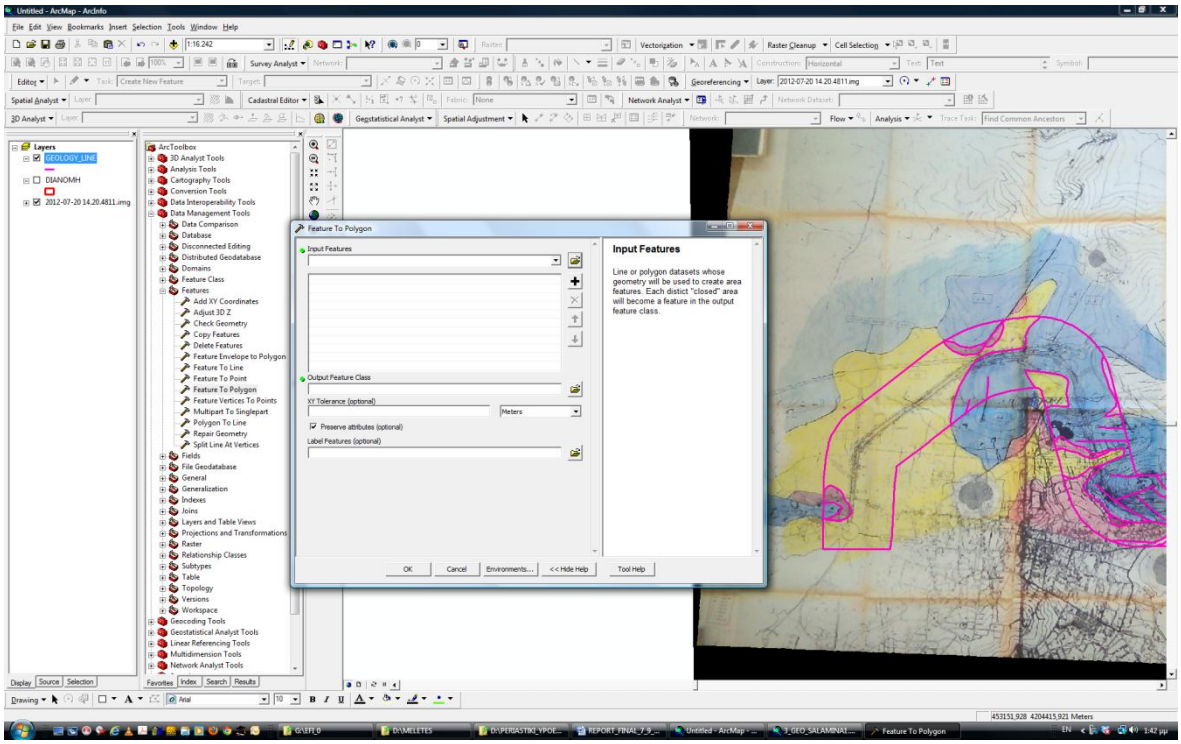
Γραμμική οντότητα (polyline). Χρησιμοποιούνται για να αναπαραστήσουν τα γραμμικά στοιχεία του χάρτη. Στην περίπτωση μας γραμμικές οντότητες είναι τα γεωλογικά όρια, τα ρήγματα, οι τεκτονικές επαφές, οι επωθήσεις και οι εφιππεύσεις. Στον πίνακα attribute table του αρχείου των ρηγμάτων εισήχθηκε η στήλη type όπου φαίνεται ο τύπος των τεκτονικών γραμμών.



Εικόνα 14. Δημιουργία shape file στο Arcmap.

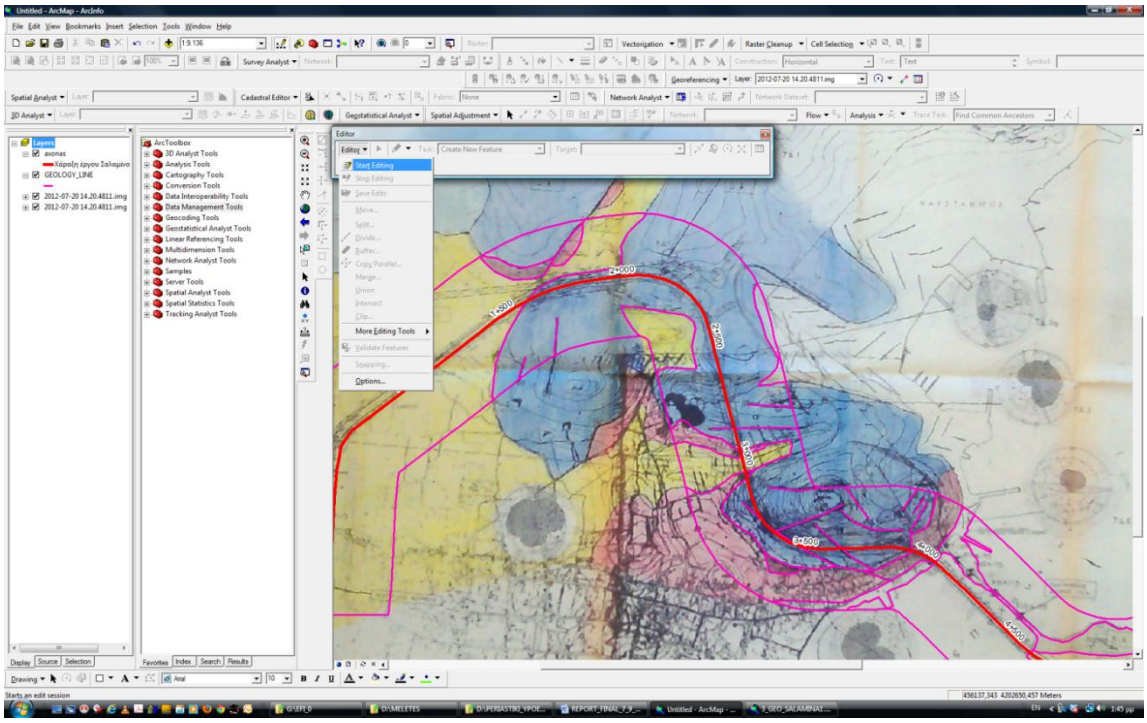
Πολυγωνική οντότητα (polygone). Αναπαριστούν δεδομένα τα οποία έχουν χωρική υπόσταση και καλύπτουν μεγάλες περιοχές στο χάρτη, οπότε μπορούν να ψηφιοποιηθούν και να αναπαρασταθούν ως μεγάλα πολύγωνα (γεωλογικοί σχηματισμοί). Τα πολύγωνα προέκυψαν από την επεξεργασία των γεωλογικών

ορίων (polyline), με χρήση της εντολής Feature to Polygon του ArcToolbox (Εικόνα 15).



Εικόνα 15. Δημιουργία πολυγώνου από γραμμική οντότητα με τη χρήση του Arcmap.

Για να ξεκινήσει η ψηφιοποίηση πρέπει να εισαχθούν οι γεωαναφερμένοι ψηφιακοί χάρτες και τα αρχεία (shape files) σε ένα Project (.mxd). Στη συνέχεια αρχίζουμε την ψηφιοποίηση του χάρτη με την εντολή start editing, όπου στο file της εντολής target επιλέγετε το επιθυμητό shape file που θα ψηφιοποιηθεί. Το μαρκάρισμα της κάθε οντότητας (γραμμικής, πολυγωνικής) ξεκάνει με ένα κλικ και τελειώνει με διπλό κλικ και αυτόματα προσχωρείται στο πίνακα όπου στη συνέχεια συμπληρώνεται ο τύπος γραμμής στο οποίο αντιστοιχεί. Για να σταματήσει η διαδικασία ψηφιοποίησης επιλέγουμε από τον Editor την εντολή Stop Editing. Με δεξί κλικ και επιλογή open attribute table επεξεργαζόμαστε το πίνακα περιγραφών του shape file και μπορούμε να προσθέσουμε στήλες ή να εισάγουμε στοιχεία για κάθε αντικείμενο που έχει ψηφιοποιηθεί π.χ. κατηγοριοποίηση ρηγμάτων, σύμβολα γεωλογικών σχηματισμών κ.ά. (Εικόνα 16).

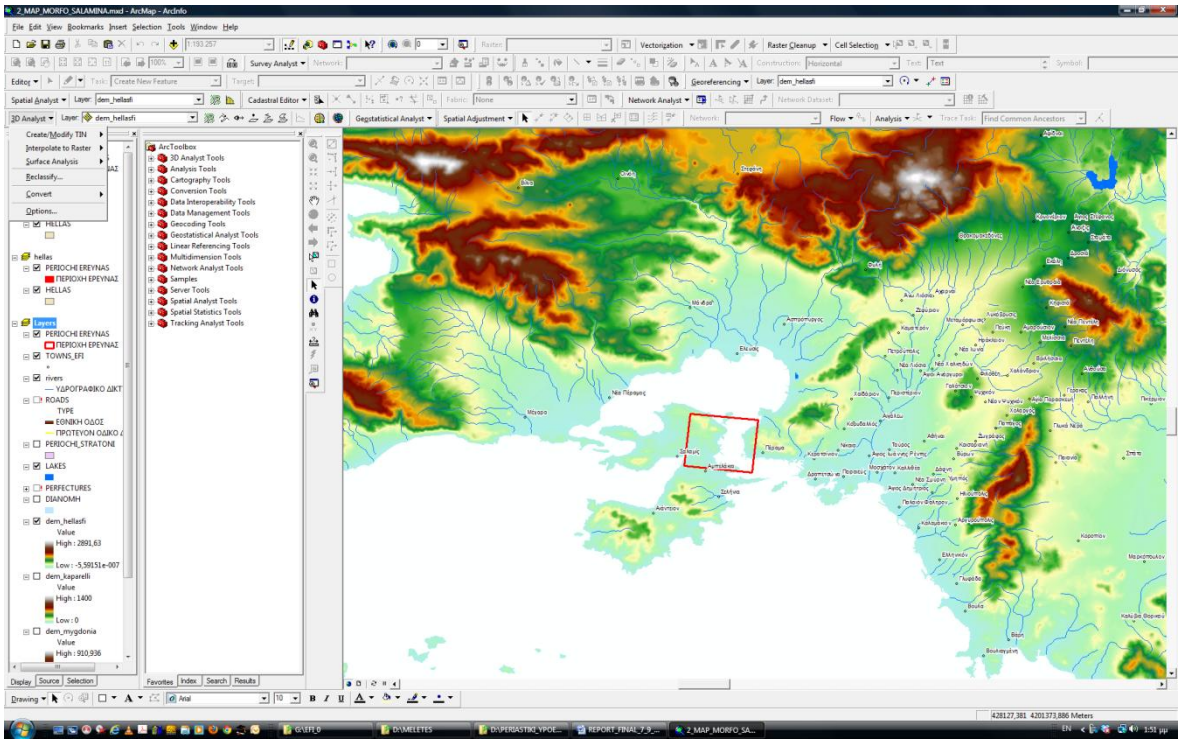


Εικόνα 16. Έναρξη - διακοπή διαδικασίας ψηφιοποίησης με τη χρήση του Arcmap.

Ο Μορφολογικός χάρτης (ανάγλυφος) προέκυψε από το Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου (Digital Elevation Model/DEM) (βήμα κανάβου 25m).

Στη δομή κανάβου (raster) ο χώρος υποδιαιρείται σε φατνία/κελιά (cells) τα οποία διαμορφώνουν μια ψηφιδωτή δομή. Η ψηφιδωτή δομή δεδομένων χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις που το χωρικό φαινόμενο που αποτυπώνεται χαρακτηρίζεται ως συνεχής μεταβλητή (π.χ. το υψόμετρο του εδάφους) ή σε περιπτώσεις που στο ΣΓΠ θέλουμε να ενσωματώσουμε μια δορυφορική εικόνα ή μια σαρωμένη αεροφωτογραφία. (Εικόνα 17).

Τέλος ο κάθε θεματικός χάρτης εξάγεται σε μορφή αρχείου εικόνας, με την εντολή Export Map (από το μενού File), έτσι ώστε στη συνέχεια να εισαχθεί και να απεικονιστεί στην παρούσα εργασία. Το ArcMap, δίδει τη δυνατότητα να εξαχθεί ένας θεματικός χάρτης σε διάφορους τύπους αρχείων εικόνας (.jpeg, .tiff, .bmp και άλλους), μεταβάλλοντας ανάλογα κάθε φορά την ποιότητα και ανάλυση της εικόνας αυτής.



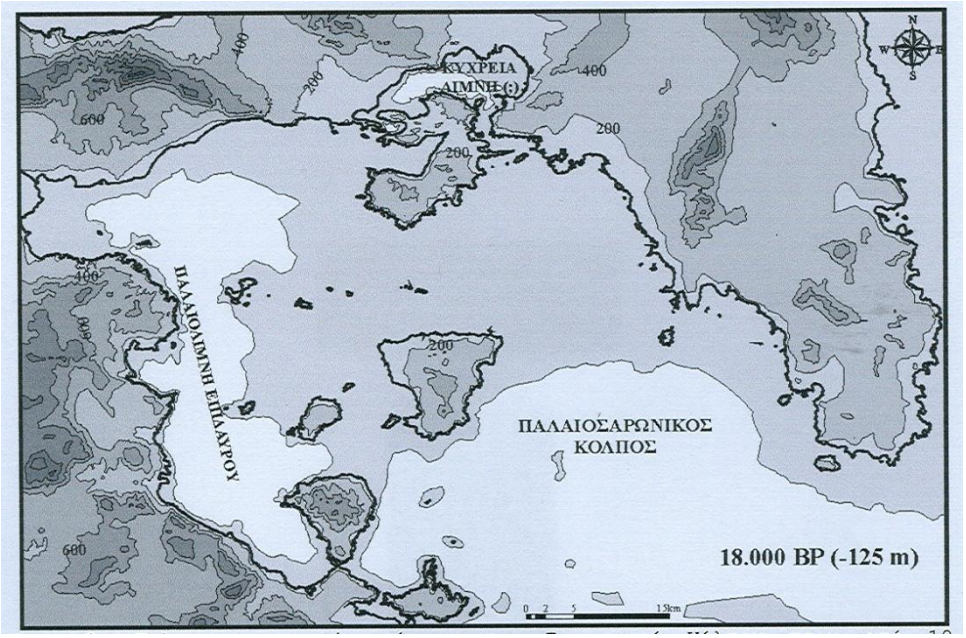
Εικόνα 17. Κατασκευή μορφολογικού χάρτη με τη χρήση του Arcmap.

5. Η ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΑΛΑΜΙΝΑΣ-ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ

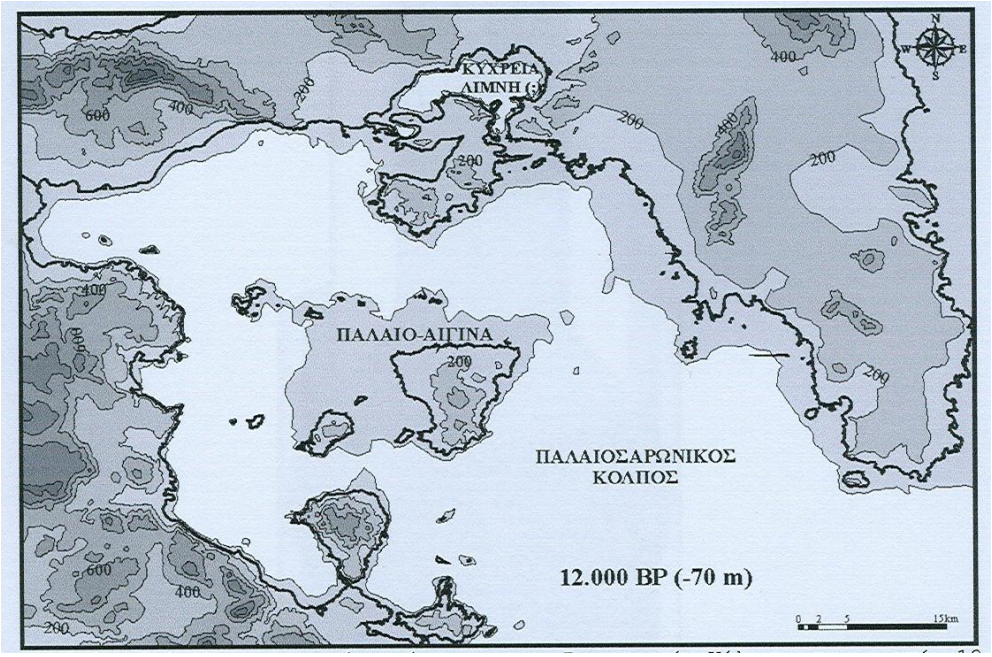
5.1 Γεωμορφολογικά στοιχεία

Ο Σαρωνικός κόλπος όμως, όπως και όλη η περιοχή του Αιγαίου, στα διάφορα στάδια της γεωλογικής του ιστορίας, έχει αλλάξει μορφή από παλαιοκλιματικές και γεωπεριβαλλοντικές μεταβολές. Τις τελευταίες χιλιάδες χρόνια, εκτός από τις τοπικές κατακόρυφες κινήσεις των ακτών που οφείλονται κυρίως σε τεκτονικά αίτια, λόγω της παγκόσμιας μεταβολής της στάθμης της θάλασσας, η θέση της ακτογραμμής αυτής έχει αλλάξει, όπως φαίνεται στους χάρτες που ακολουθούν.

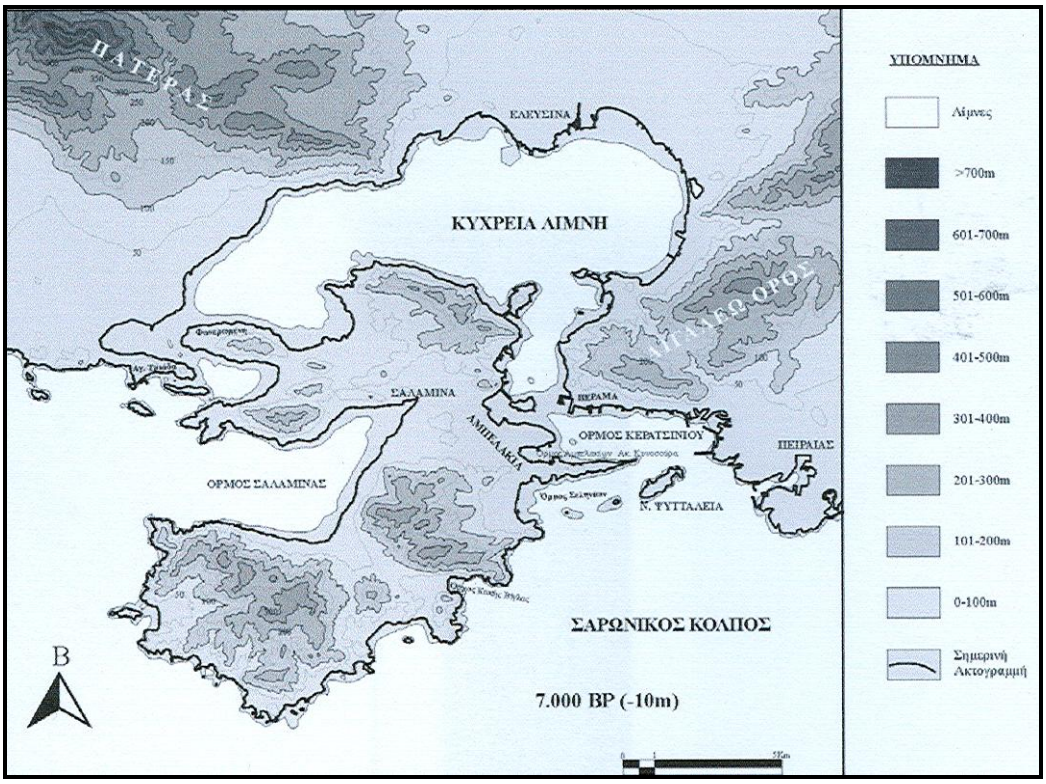
Πριν από 18.000 χρόνια, που η στάθμη της θάλασσας βρισκόταν 125 μέτρα χαμηλότερα, η Σαλαμίνα αλλά και η Αίγινα ήταν ενωμένη με την απέναντι ξηρά της Αττικής (Εικόνα 18). Πριν από 12.000, με τη στάθμη της θάλασσας 70 μέτρα χαμηλότερα, η Σαλαμίνα ήταν ακόμη ενωμένη με την περιοχή του Περάματος αλλά και των Μεγάρων (Εικόνα 19). Πριν από 7.000 χρόνια υπήρχε ακόμη μια στενή λωρίδα ξηράς που ένωνε την Σαλαμίνα με το Πέραμα (Εικόνα 20), ενώ η στάθμη της θάλασσας ήταν μόλις 10 μέτρα χαμηλότερα και άρχισε να διαμορφώνεται η σημερινή μορφολογία (Εικόνες 21).



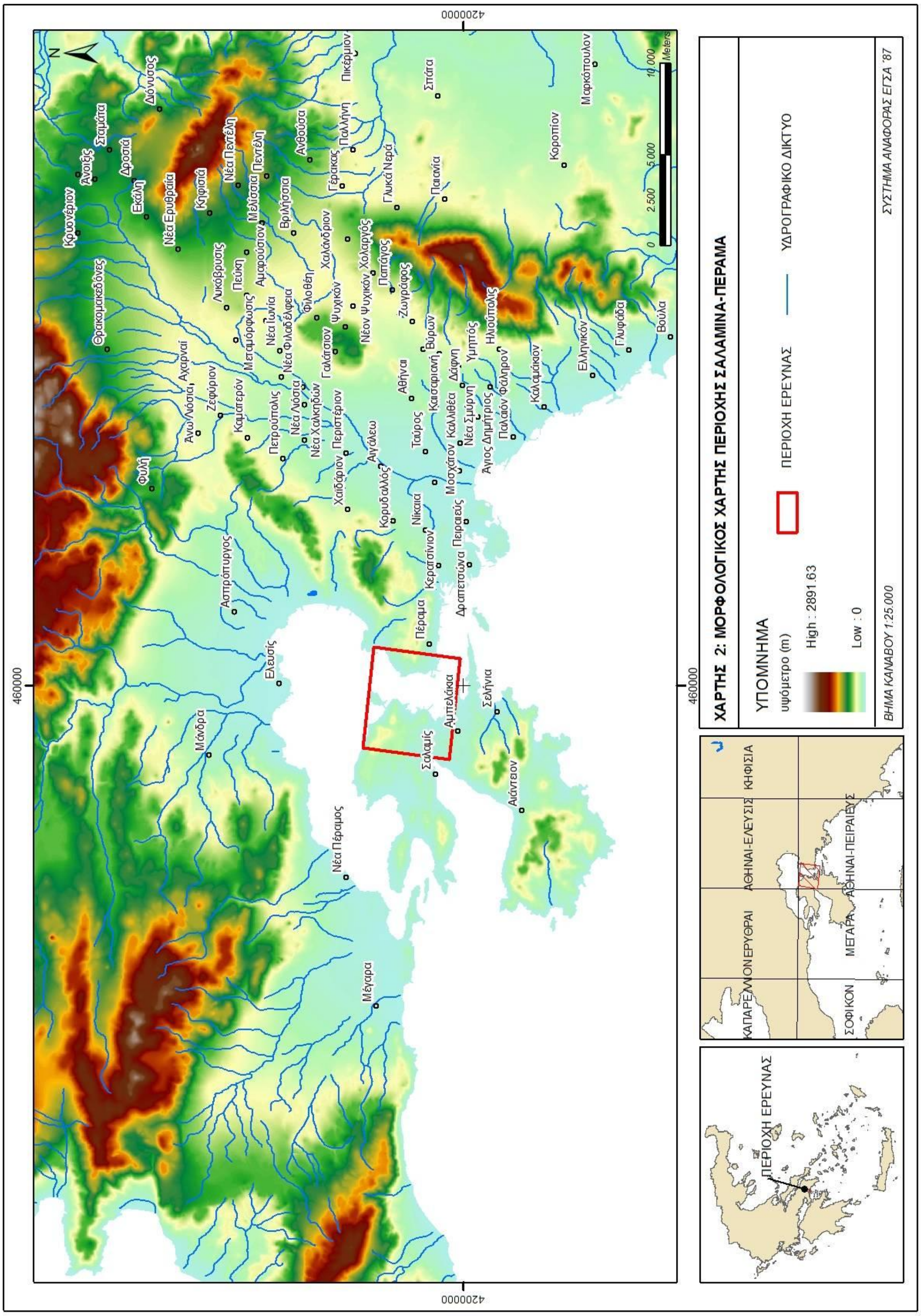
Εικόνα 18. Παλαιογεωγραφικός χάρτης του Σαρωνικού κόλπου πριν από 18.000 χρόνια. Με μαύρη γραμμή η σημερινή ακτογραμμή (από Μαριολάκο & Θεοχάρη 2001)



Εικόνα 19. Παλαιογεωγραφικός χάρτης του Σαρωνικού κόλπου πριν από 12.000 χρόνια. Με μαύρη γραμμή η σημερινή ακτογραμμή (από Μαριολάκο & Θεοχάρη 2001)



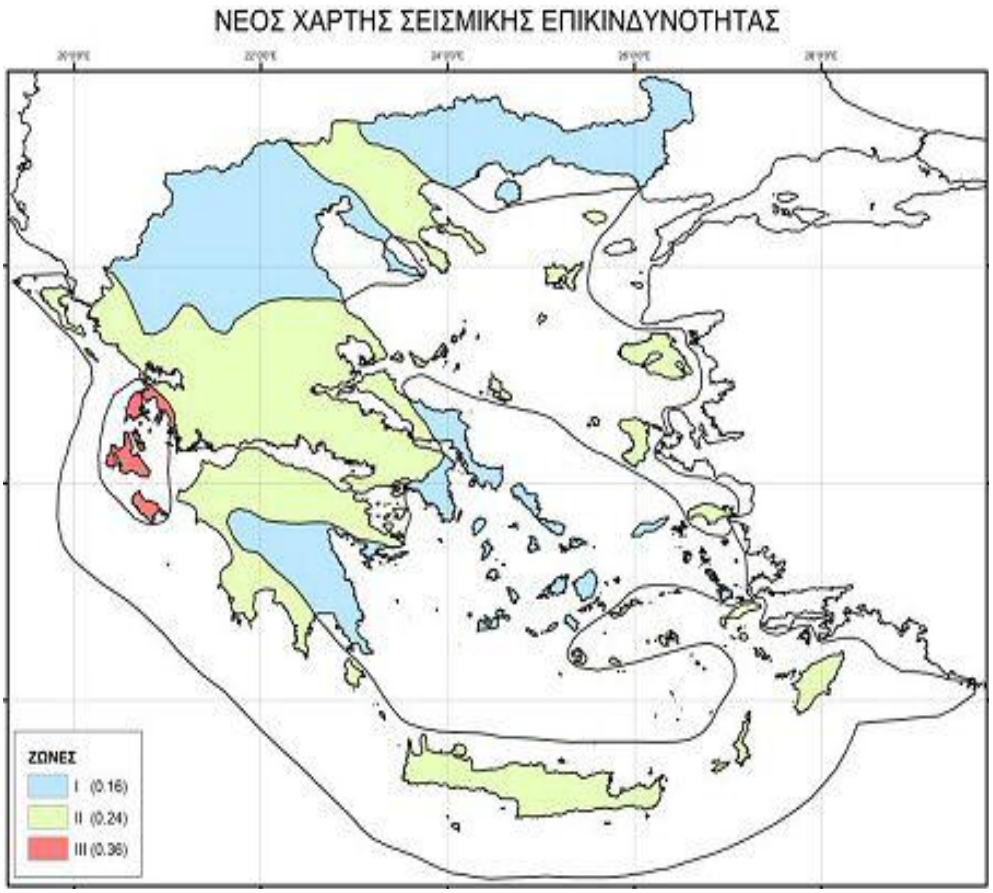
Εικόνα 20. Παλαιογεωγραφικός χάρτης του Σαρωνικού κόλπου πριν από 7.000 χρόνια. Με μαύρη γραμμή η σημερινή ακτογραμμή (από Μαριολάκο & Θεοχάρη 2001)



Εικόνα 21. Μορφολογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής Σαλαμίνας. Με το πλαίσιο σημειώνεται η θέση των ειδικών μελετών για το έργο της ζεύξης.

5.2 Σεισμολογικά στοιχεία

Σε ότι αφορά τη σεισμική δραστηριότητα της ευρύτερης περιοχής μελέτης, αυτή χαρακτηρίζεται μέτρια αφού σύμφωνα με το Χάρτη Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας του Ελληνικού Χώρου που αναφέρεται στο Νέο Ελληνικό Αντισεισμικό Κανονισμό (ΟΑΣΠ 2000), ανήκει στη ζώνη σεισμικής επικινδυνότητας II (Εικόνα 22).



Εικόνα 22. Χάρτης Ζωνών Σεισμικής Επικινδυνότητας της Ελλάδας σύμφωνα με το Νέο Αντισεισμικό Κανονισμό (ΟΑΣΠ, ΕΑΚ 2000).

Η περιοχή της Αττικής παρουσιάζει μέτρια σεισμικότητα, αφού σύμφωνα με τα ιστορικά στοιχεία και τις ενόργανες παρατηρήσεις και καταγραφές δεν παρατηρούνται πολύ μεγάλα μεγέθη σεισμών. Πριν από τον τελευταίο μεγάλο σεισμό (Σεπτέμβριος 1999), υπήρχε η (λανθασμένη) άποψη ότι μόνο οι εστίες μεγάλων σεισμών που βρίσκονται γύρω από την Αττική, σε απόσταση 50-100 χιλιόμετρα, είναι αυτές που προκαλούν συνήθως βλάβες στην περιοχή.

Ο Κορρές (1996) αναφέρει ότι σεισμικά γεγονότα έχουν αφήσει τα ίχνη τους στα μνημεία της Ακρόπολης όπου προκάλεσαν στρεβλώσεις στις κολώνες. Συμπεραίνει με βάση τα στοιχεία αυτά ένα μεγάλο σεισμό πριν το 12° ή 13° αιώνα, ενώ πτώση τμήματος των τοίχων αντιστήριξης της Ακρόπολης την αποδίδει σε σεισμό κατά το 1705.

Σύμφωνα με τα ιστορικά και νεώτερα δεδομένα, τα τοπικά σεισμικά γεγονότα που επηρέασαν την ευρύτερη περιοχή της Σαλαμίνας, είναι τα ακόλουθα (Papazachos and Papazachou 1997):

480 π.Χ.**:** Ισχυρός σεισμός με μέγεθος που εκτιμήθηκε σε Ms= 6,3 και ένταση I=VIII βαθμούς, επηρέασε κυρίως την Σαλαμίνα.

427-426 π.Χ.**:** Σύμφωνα με το Θουκυδίδη πολλοί σεισμοί έπληξαν τη Βοιωτία, την Εύβοια και την Αθήνα.

424 π.Χ.**:** Ο σεισμός αυτός, όπως αναφέρει ο Θουκυδίδης, έγινε αισθητός στην πόλη της Αθήνας.

420 π.Χ**.:** Ο Θουκυδίδης και πάλι αναφέρει το σεισμό αυτό, που έγινε λίγο πριν την τέλεση των Ολυμπιακών Αγώνων, με ένταση κατά τους Bousquet & Pechoux περίπου III βαθμούς.

1641**:** Ισχυρός σεισμός με επίκεντρο στην περιοχή της Αττικής. Πολλές οικίες στο κέντρο της Αθήνας υπέστησαν ζημιές και σημειώθηκαν καταπτώσεις βράχων από τον λόφο της Ακρόπολης.

1705**:** Ένας ισχυρός σεισμός κατέστρεψε το νότιο τμήμα των τειχών της Αθήνας και προκάλεσε την κατάρρευση του ανατολικού τοίχου αντιστήριξης της Ακρόπολης. Το μέγεθός του υπολογίζεται σε Ms=6,4.

1805**:** Ισχυρός σεισμός με μέγεθος Ms=6 έπληξε κυρίως την Αττική αλλά και τη Σαλαμίνα.

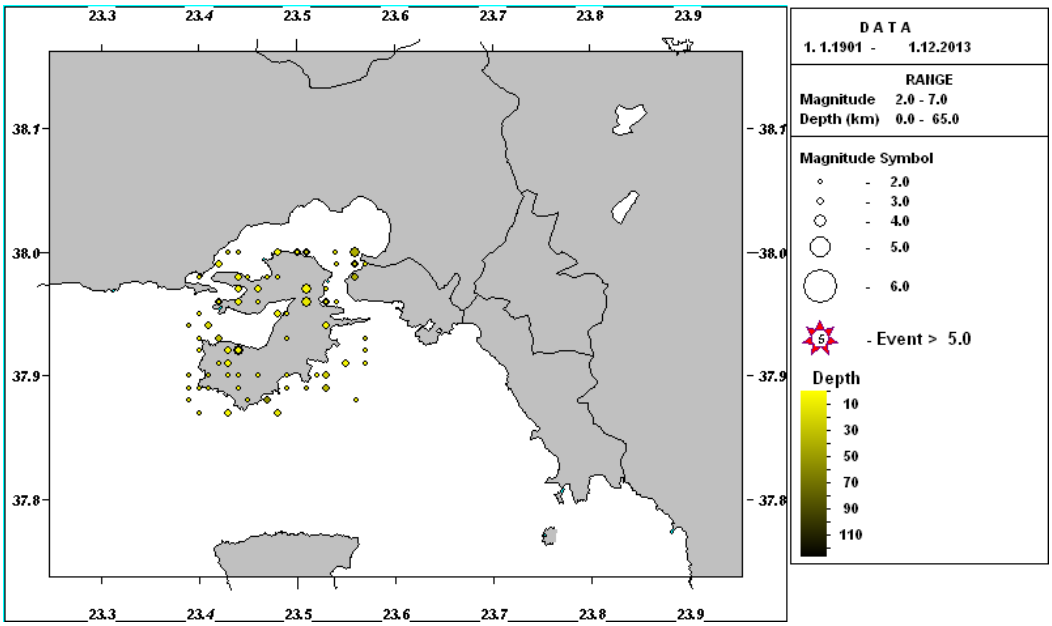
1889 **:** Ο σεισμός προκάλεσε βλάβες στην Μονή Δαφνίου.

1914**:** Σεισμός μεγέθους Ms=6,0 με επίκεντρο στην Βοιωτία προκάλεσε μικρές ζημιές. Η δόνηση ήταν επίσης ισχυρή κατά μήκος των ακτών του Πειραιά και στο λόφο της Καστέλλας όπου παρατηρήθηκαν πτώσεις βράχων.

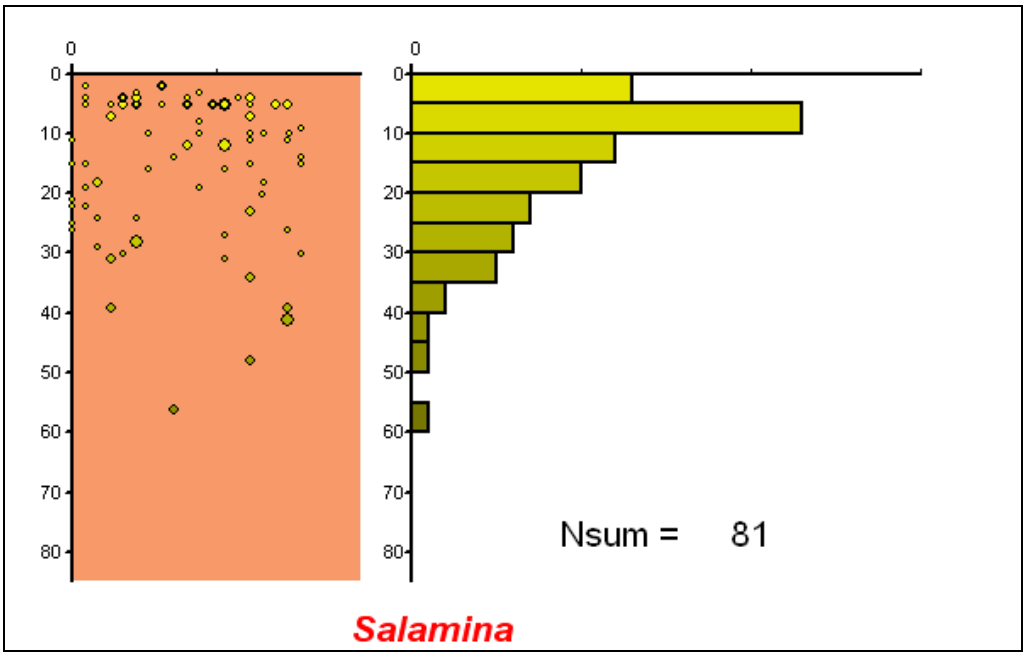
1964: Ο πιο πρόσφατος τοπικός σεισμός έγινε το 1964 (17 Ιουλίου) με επίκεντρο 38,0°Β, 23,6°Α, μέγεθος 6 1/4, ένταση VI βαθμών, και εστιακό βάθος περίπου 155 km.

1999: Καταστροφικός σεισμός μεγέθους Ms=5,9 έπληξε την πόλη της Αθήνας, ο οποίος ακολουθήθηκε από περισσότερους από χίλιους μετασεισμούς. Το επίκεντρο του ήταν στο νοτιοδυτικό τμήμα της Πάρνηθας και το εστιακό του βάθος περίπου 18 km.

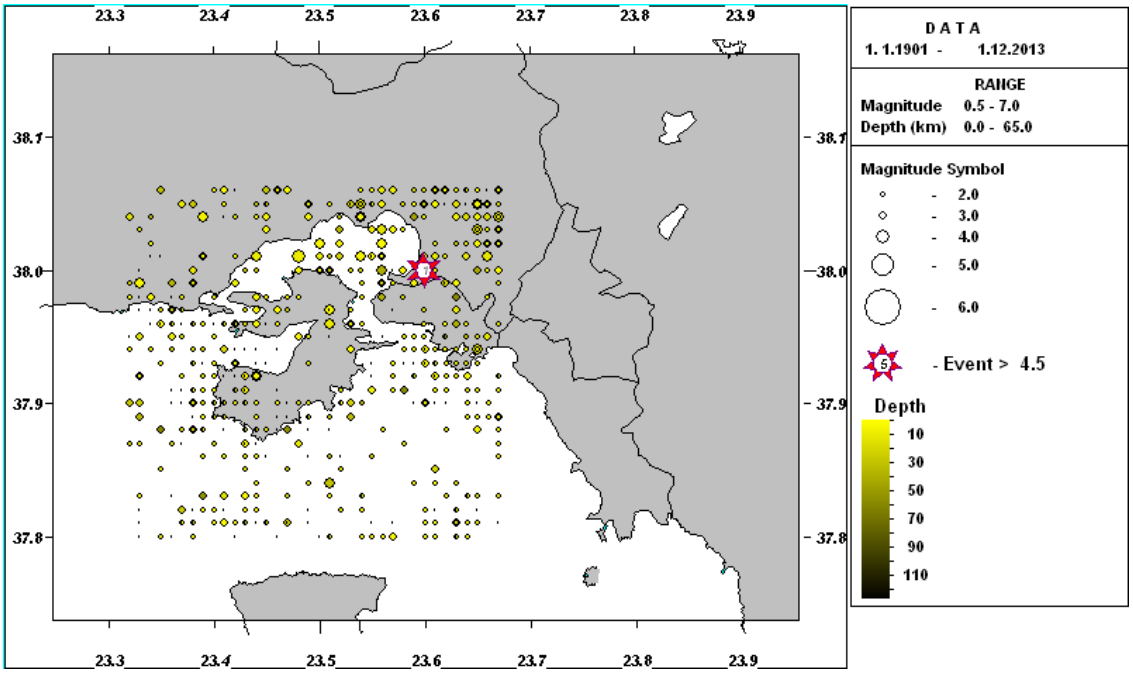
Στις εικόνες 23, 24, 25 και 26 δίνονται χάρτες των επικέντρων και αντίστοιχες τομές βάθους στο νησί καθώς και στην ευρύτερη περιοχή της Σαλαμίνας, για σεισμούς μεγέθους M>2 και για το χρονικό διάστημα από το 1901 μέχρι σήμερα, σύμφωνα με τα στοιχεία του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών. Τονίζεται ότι με τους παραπάνω σεισμούς δεν συνδέεται καμία επιφανειακή εκδήλωση διάρρηξης ή εδαφικής αστοχίας στην ευρύτερη περιοχή, παρά μόνο καταστροφές λόγω των σεισμικών δονήσεων.



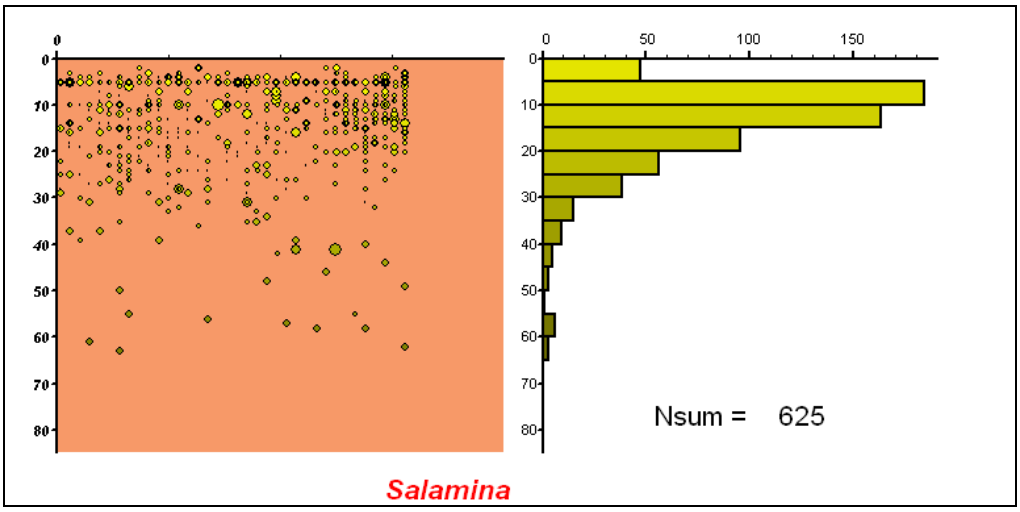
Εικόνα 23. Χάρτης σεισμικών επικέντρων στην περιοχή της Σαλαμίνας (στοιχεία από το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών).



Εικόνα 24. Κατανομή των επικέντρων ανάλογα με το βάθος στην περιοχή της Σαλαμίνας.

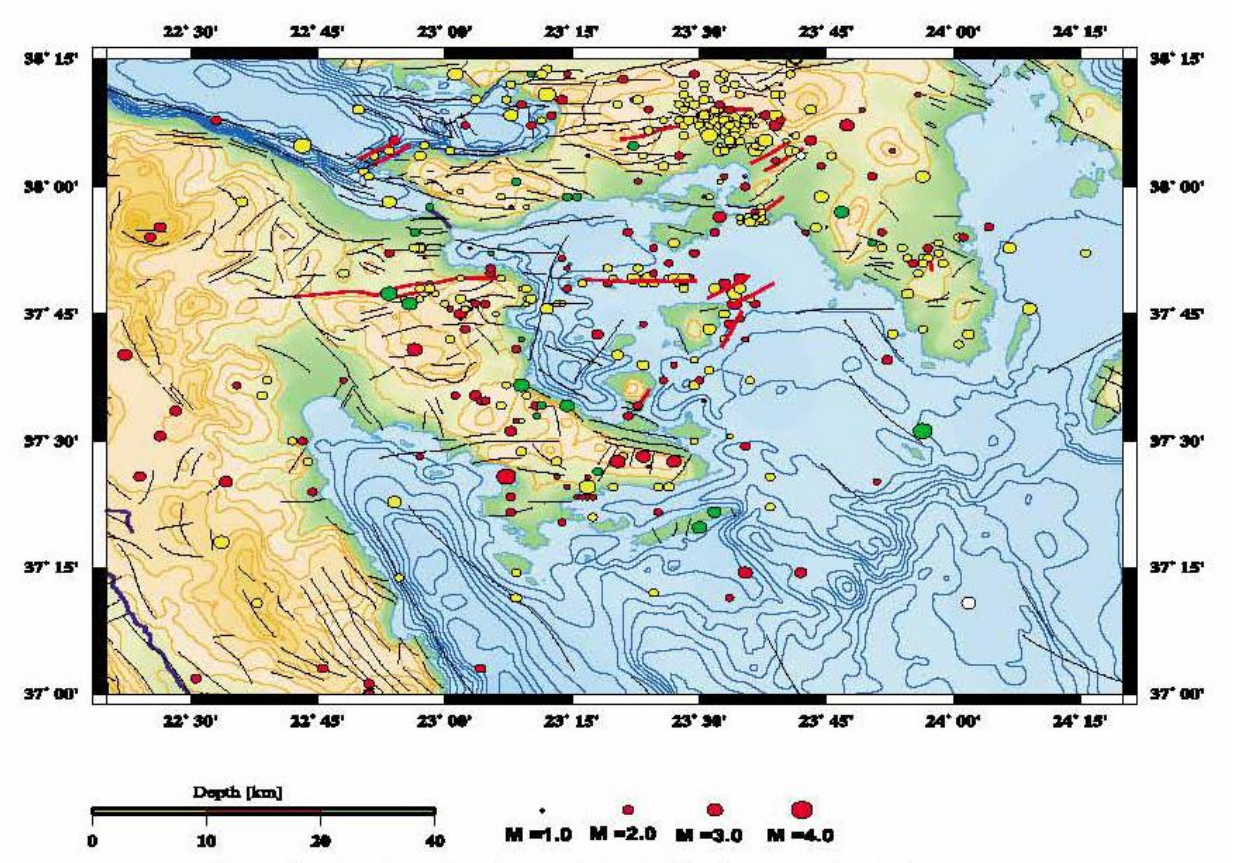


Εικόνα 25. Χάρτης σεισμικών επικέντρων στην ευρύτερη περιοχή της Σαλαμίνας.



Εικόνα 26. Κατανομή των επικέντρων ανάλογα με το βάθος στην ευρύτερη περιοχή της Σαλαμίνας.

Οι Makris et al. (2004), οι οποίοι εγκατέστησαν ένα φορητό σεισμολογικό δίκτυο τόσο στην ξηρά όσο και στον υποθαλάσσιο χώρο και κατέγραψαν ένα αριθμό 739 μικροσεισμών για ένα διάστημα 45 ημερών, κατέληξαν στο συμπέρασμα ότι τα επίκεντρα εμφανίζουν μια ευθυγράμμιση σε διεύθυνση Α- Δ, και πιθανολογούν την ύπαρξη ενός ρήγματος νότια από τη Σαλαμίνα (Εικόνα 27), το οποίο μπορεί να συνδεθεί με σεισμό μεγέθους M=6.5.



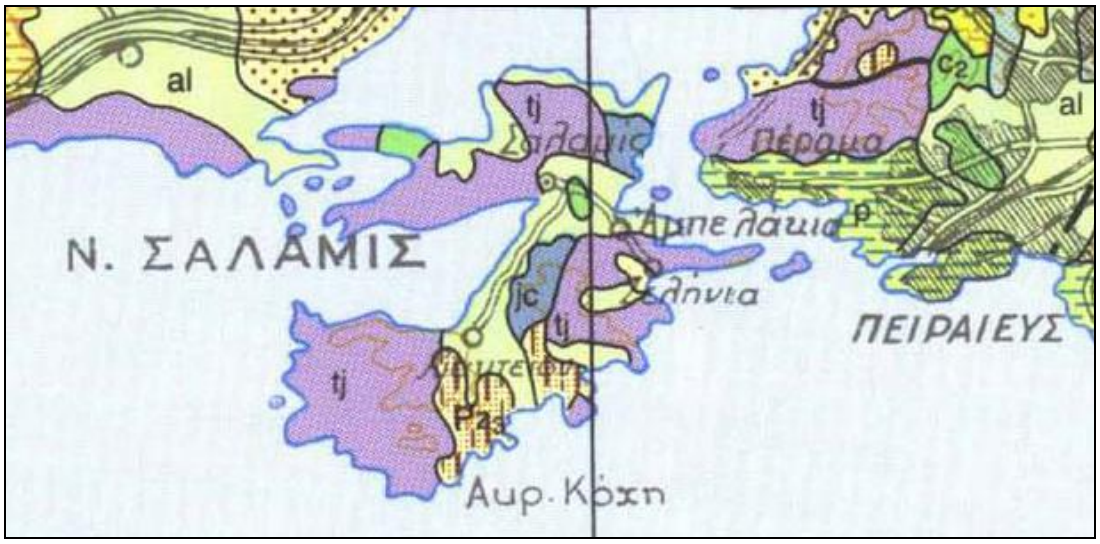
Εικόνα 27. Καταγραφή μικροσεισμικότητας στην περιοχή του Σαρωνικού κόλπου (από Makris et al. 2004).

6. ΓΕΩΛΟΓΙΚΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ

Η ευρύτερη περιοχή Σαλαμίνας - Περάματος αποτελείται από γεωλογικούς σχηματισμούς που ανήκουν από γεωτεκτονική άποψη στην Υποπελαγονική ζώνη . Η Σαλαμίνα και το απέναντι της τμήμα της Αττικής έχει αποτελέσει αντικείμενο διαφόρων γεωλογικών μελετών, με πιο πρόσφατες από αυτές τις ακόλουθες: Γαϊτανάκης (1982), Γαϊτανάκης κ.α. (1984), Τάταρης και Σίδερης (1989), Θεοχάρης (2001), Μαριολάκος κ.α. (2001). Μια γενική γεωλογική εικόνα της περιοχής φαίνεται στην Εικόνα 24, σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη Ελλάδας του ΙΓΜΕ κλίμακας 1:500.000. Λεπτομερής γεωλογικός χάρτης κατά μήκος της όδευσης της ζεύξης επισυνάπτεται στην παρούσα διπλωματική εργασία.

Τα παλαιότερα πετρώματα είναι περμικής ηλικίας και απαντούν στην περιοχή του Σκαραμαγκά και νότια από τον όρμο Κακής Βίγλας στη Σαλαμίνα, σύμφωνα με το γεωλογικό χάρτη του ΙΓΜΕ "Αθήναι-Πειραιεύς" κλίμακας 1:50.000 (Γαϊτανάκης 1982) (Εικόνα 28). Είναι πρασινότεφροι ή ερυθρωποί αργιλικοί σχιστόλιθοι και ψαμμίτες, εναλλασσόμενοι με χαλαζιακά κροκαλοπαγή και γραουβάκες. Στα ανώτερα μέλη του συστήματος αυτού, στην περιοχή Σκαραμαγκά, απαντώνται ασβεστόλιθοι και δολομίτες ενώ περικλείονται επίσης και βασικά εκρηξιγενή πετρώματα. Στη Σαλαμίνα επικρατούν οι φυλλίτες, χαλαζίτες και σερικιτικοί σχιστόλιθοι, που περιέχουν φακούς μαύρων κερατολίθων και βιτουμενιούχων πλακωδών ασβεστόλιθων. Το μέγιστο πάχος των παραπάνω σχηματισμών φθάνει τα 200 μέτρα.

Σημαντική έκταση της περιοχής κατέχουν οι ασβεστόλιθοι τριαδικής ηλικίας. Πρόκειται για λευκότεφρους ή τεφρούς ασβεστόλιθους, δολομιτικούς ασβεστόλιθους και δολομίτες που είναι πλακώδεις ή παχυπλακώδεις στη βάση τους ενώ στα ανώτερα μέλη τους είναι παχυστρωματώδεις μέχρι άστρωτοι. Το βουνό Αιγάλεω στο μεγαλύτερο μέρος του αποτελείται από τους τριαδικούς αυτούς ασβεστόλιθους (Εικόνα 29), οι οποίοι έχουν επηρεαστεί από πολυάριθμα ρήγματα με κύριες διευθύνσεις Α-Δ, ΒΔ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ, τα οποία σε ορισμένες περιπτώσεις έχουν δημιουργήσει ζώνες κατακερματισμού μέσα στην ασβεστολιθική μάζα. Το συνολικό πάχος τους φθάνει τα 200 μέτρα.

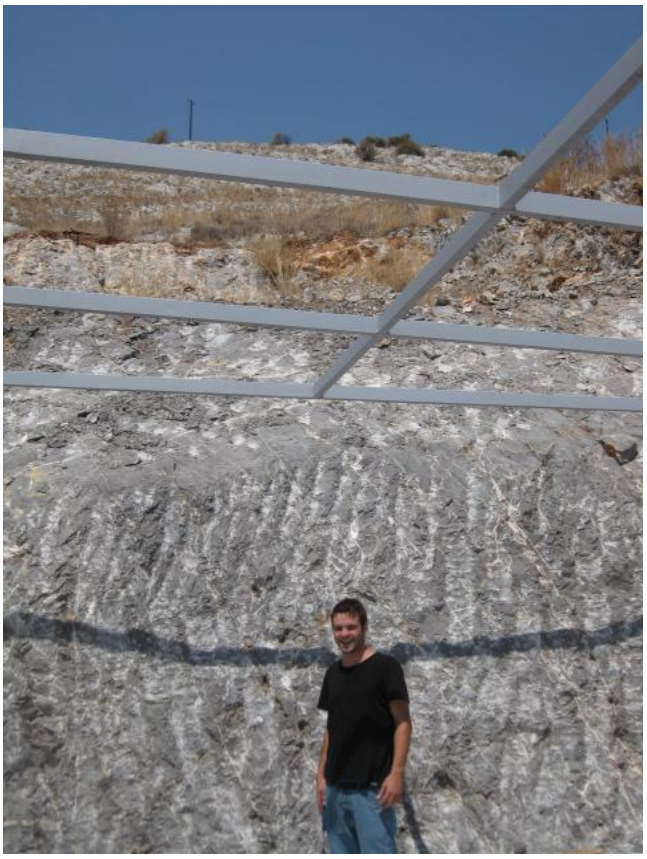


Εικόνα 28. Γεωλογικός χάρτης Σαλαμίνας-Περάματος (απόσπασμα από το Γεωλογικό χάρτη Ελλάδας του ΙΓΜΕ). al: αλλουβιακές αποθέσεις, p: πλειοκαινικές αποθέσεις, c_2: ασβεστόλιθοι Ανώτερου Κρητιδικού, jc: ασβεστόλιθοι Ανώτερου Ιουρασικού, tj: ασβεστόλιθοι Τριαδικού-Ιουρασικού, Pz_3: παλαιοζωϊκοί σχηματισμοί.

Στην περιοχή του Ναυστάθμου Σαλαμίνας καθώς και νοτιοδυτικά των Αμπελακίων εμφανίζονται ιουρασικοί ασβεστόλιθοι, λευκότεφροι και τεφροί, παχυστρωματώδεις μέχρι άστρωτοι που έχουν πάχος 150 - 200 μέτρα και έχουν επηρεαστεί από τα ίδια συστήματα ρηγμάτων (Εικόνες 30 και 31).

Εικόνα 29. Άποψη της ασβεστολιθικής πλαγιάς του όρους Αιγάλεω στην περιοχή του Περάματος.

Εικόνα 30. Άποψη των ασβεστολίθων στο Ναύσταθμο Σαλαμίνας.



Εικόνα 31. Άποψη των ασβεστολίθων στην περιοχή της Σαλαμίνας.

Περιορισμένη έκταση δυτικά και νότια από τα Παλούκια καταλαμβάνει η σχιστοκερατολιθική διάπλαση, επίσης ιουρασικής ηλικίας. Έχει πάχος που κυμαίνεται από 50 -100 μέτρα και αποτελείται από αργιλικούς σχιστόλιθους που εναλλάσσονται με ραδιολαρίτες, κερατόλιθους και ασβεστόλιθους. Στο σύστημα αυτό παρεμβάλλονται και υπερβασικά πετρώματα, συχνά σερπεντινιωμένα.

Μερικοί λόφοι γύρω από το χωριό Αμπελάκια, στο μικρό νησί Λέρος καθώς και τμήμα της νησίδας Αγ. Γεώργιος αποτελούνται από πετρώματα κρητιδικής ηλικίας που είναι σκουρόχρωμοι πλακώδεις ή κατά θέσεις παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι. Στη νησίδα Αγ. Γεώργιος παρεμβάλλεται λατυποπαγές, αποτελούμενο από τεμάχη οφιολίθων, κερατολίθων και χαλαζία. Το πάχος του σχηματισμού αυτού είναι 70-90 μέτρα. Ελάχιστη έκταση στις νοτιοανατολικές παρυφές του Αιγάλεω καταλαμβάνουν σκοτεινόχρωμοι ασβεστόλιθοι, ηλικίας Μέσου Κρητιδικού. Αυτοί βρίσκονται επικλυσιγενείς πάνω στους οφιόλιθους, στην επαφή με τους οποίους εμφανίζονται λατεριτικά σιδηρομεταλλεύματα.

Οι προηγούμενοι σχηματισμοί καλύπτονται κατά θέσεις από μεταλπικά ιζήματα, τα οποία είναι τόσο θαλάσσιας φάσης όσο και χερσαίας (Γαϊτανάκης 1982, Γαϊτανάκης κ.α. 1984). Τα παλαιότερα θαλάσσια ιζήματα είναι Άνω Μειοκαινικής ηλικίας και απαντώνται μόνο στο ανατολικό άκρο της χερσονήσου Κυνοσούρας. Οι Πλειοκαινικές αποθέσεις, με μέγιστο πάχος μέχρι 80 μέτρα, αποτελούνται κυρίως από μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, μάργες, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή και είναι θαλάσσιας ή παράκτιας φάσης. Στη μελετηθείσα περιοχή καταλαμβάνουν πολύ μικρή έκταση, και εμφανίζονται κοντά στην είσοδο του Ναυστάθμου Περάματος, στο Καματερό και στην Κυνοσούρα Σαλαμίνας καθώς και στο νότιο τμήμα της νησίδας Αγ. Γεώργιος. Οι νεογενείς αποθέσεις στη μικρή χερσόνησο μεταξύ των όρμων Παλουκιών και Αμπελακίων έχουν επηρεαστεί από δύο παράλληλα αντιθετικά ρήγματα διεύθυνσης περίπου Α-Δ.

Τα χερσαία ιζήματα ξεκινούν στο όριο Ανωτέρου Πλειόκαινου - Πλειστόκαινου, περίοδο κατά την οποία φαίνεται ότι μεταπίπτουν σε χέρσο οι περισσότερες περιοχές. Πρόκειται για χερσαία κροκαλοπαγή μονόμικτα ή πολύμικτα, για παλαιά και σύγχρονα πλευρικά κορήματα και κώνους κορημάτων, αλλουβιακές αποθέσεις και σε ορισμένες θέσεις beach rocks. Τα ιζήματα αυτά καλύπτουν κυρίως το κεντρικό και βόρειο τμήμα του νησιού, ενώ είναι χαρακτηριστική η μικρή τους παρουσία στο νότιο τμήμα του.

Έντονη είναι η παρουσία των τεταρτογενών ιζημάτων, είτε με τη μορφή παλιών και νεώτερων κώνων κορημάτων, είτε σαν σύγχρονες αποθέσεις που καλύπτουν τις περιοχές χαμηλού μορφολογικού ανάγλυφου στην κεντρική Σαλαμίνα. Συγκεκριμένα, οι νότιες παρυφές του Αιγάλεω στην περιοχή Περάματος - Νέου Ικονίου έχουν καλυφθεί από συνεκτικά λατυποκροκαλοπαγή ηλικίας Ανώτερου Πλειστόκαινου όπως και οι πλαγιές των υψωμάτων του Ναύσταθμου Σαλαμίνας και αυτών δυτικά του όρμου Σεληνίων. Σύγχρονα, μη συνεκτικά πλευρικά κορήματα έχουν αποτεθεί στις βορειοδυτικές πλαγιές του Αιγάλεω (Εικόνα 32),, ενώ αρκετή έκταση καλύπτουν οι αλλουβιακές αποθέσεις της πεδιάδας της Σαλαμίνας, αποθέσεις αποτελούμενες κυρίως από αργίλους, άμμους και χαλίκια. Οι αποθέσεις αυτές καλύπτουν σε αρκετές περιπτώσεις τις ρηξιγενείς επιφάνειες με αποτέλεσμα αυτές να μην φαίνονται στην ύπαιθρο, παρά μόνο τα ίχνη τους σαν μορφολογικές αναβαθμίδες.

Εικόνα 32. Πλευρικά κορήματα στην περιοχή του Περάματος.

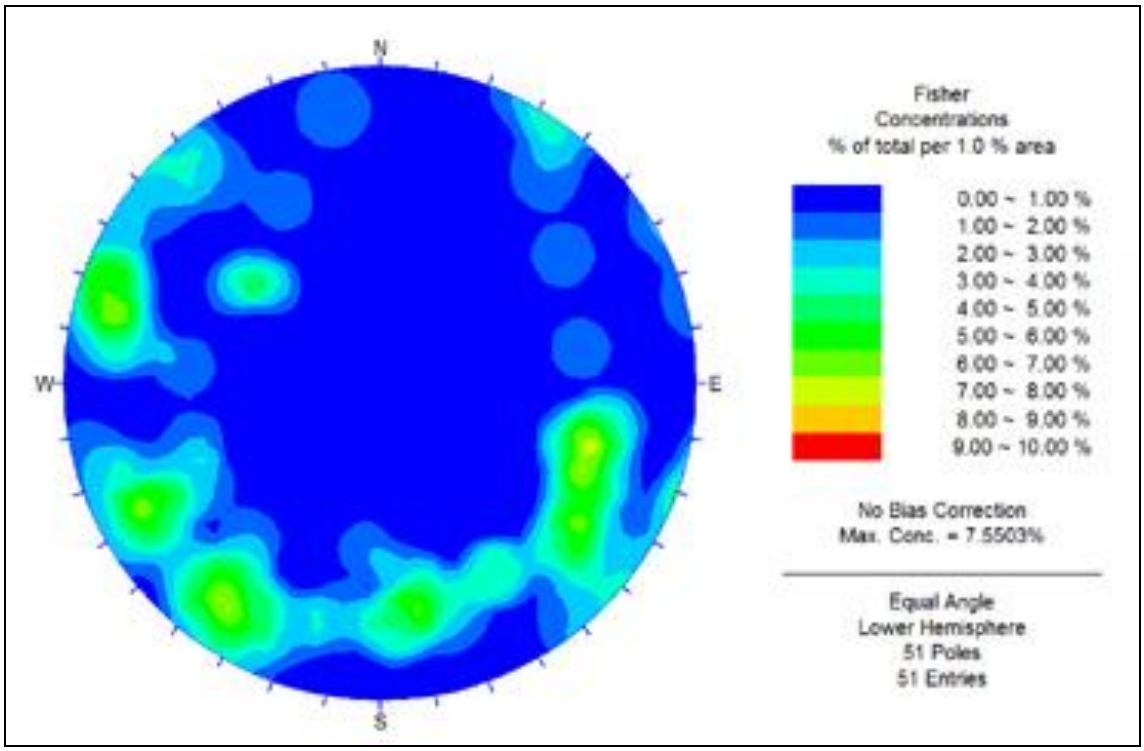
7. ΤΕΚΤΟΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

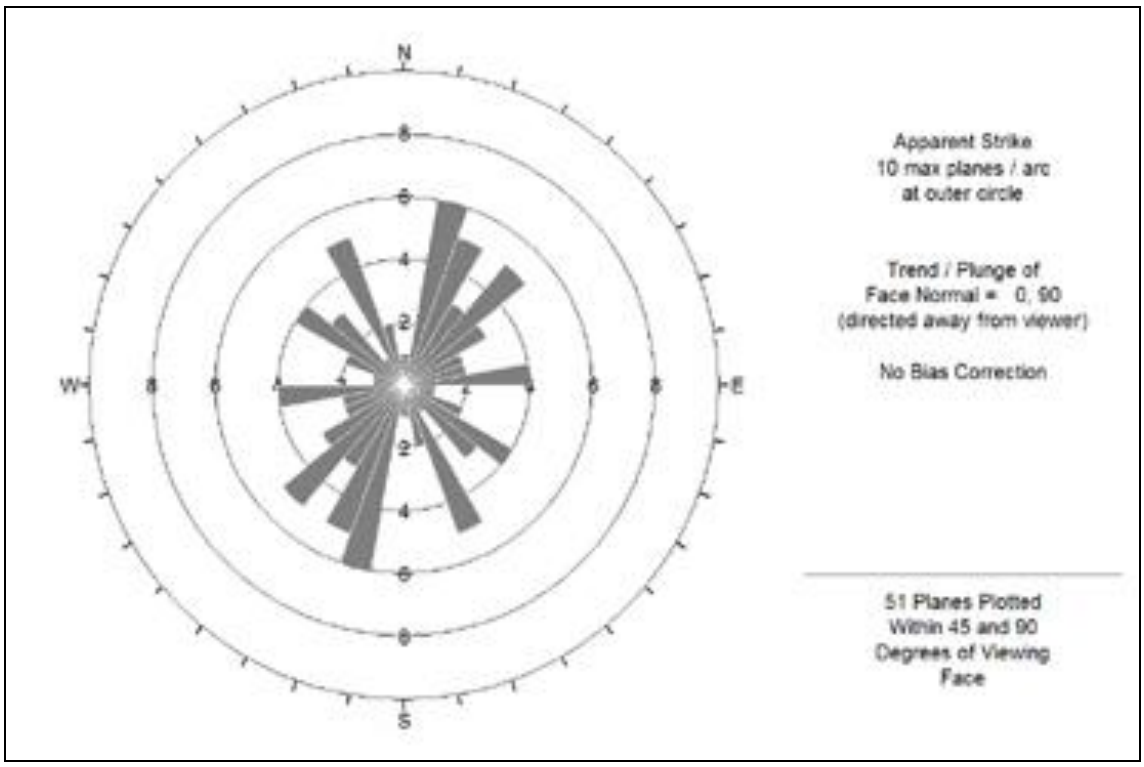
7.1 Μελέτη διακλάσεων

Σύμφωνα με τις παρατηρήσεις και τις μετρήσεις υπαίθρου που πραγματοποιήσαμε, φαίνεται ότι οι διακλάσεις παρουσιάζουν αρκετή διασπορά. Η πυκνότητα των διακλάσεων ποικίλει από θέση σε θέση και συγκεκριμένα από μία διάκλαση ανά μέτρο, μέχρι και τρείς διακλάσεις ανά μέτρο. Στις διακλάσεις με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ και ΒΔ-ΝΑ παρατηρείται πλήρωση με ασβεστιτικό υλικό που σε ορισμένες περιπτώσεις φθάνει τα 50 cm πάχος ενώ σε αυτές με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ και Α-Δ η ανάπτυξη του ασβεστιτικού υλικού είναι πολύ μικρή μέχρι μηδενική. Τα διαγράμματα της πυκνότητας των πόλων και τα αντίστοιχα ροδοδιαγράμματα, που έγιναν με το πρόγραμμα Dips, δίνονται στις Εικόνες 33, 34 και 35.

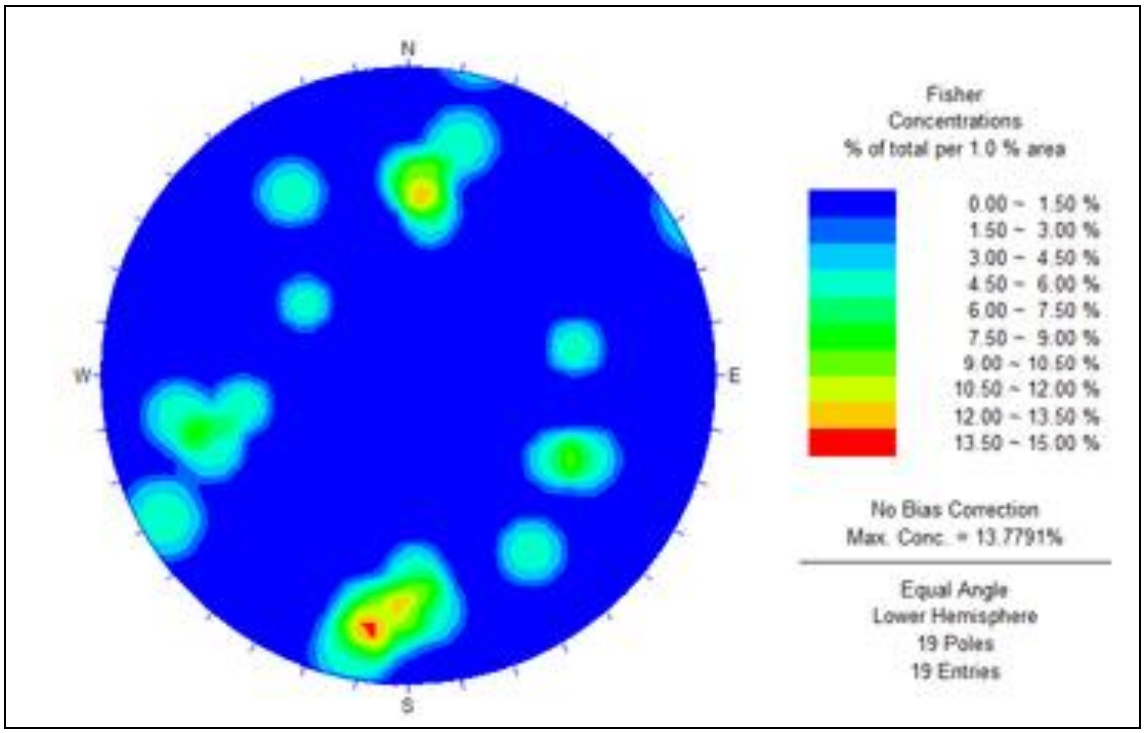
Όπως φαίνεται στην εικόνα 33, αν οι μετρήσεις στο λατομείο στην περιοχή Παλουκίων εμφανίζουν μεγάλη διασπορά, η επικρατούσα διεύθυνση είναι ΒΑ-ΝΔ. Στην εικόνα 34, στις μετρήσεις που έγιναν δίπλα στο Πέραμα, είναι περισσότερο εμφανής η επικράτηση κύριας διεύθυνσης ΑΝΑ-ΔΒΔ και δευτερεύουσας Β-Ν περίπου, ενώ στην εικόνα 35 από τις μετρήσεις στο Ναύσταθμο είναι εμφανής η επικράτηση των διακλάσεων με διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ.

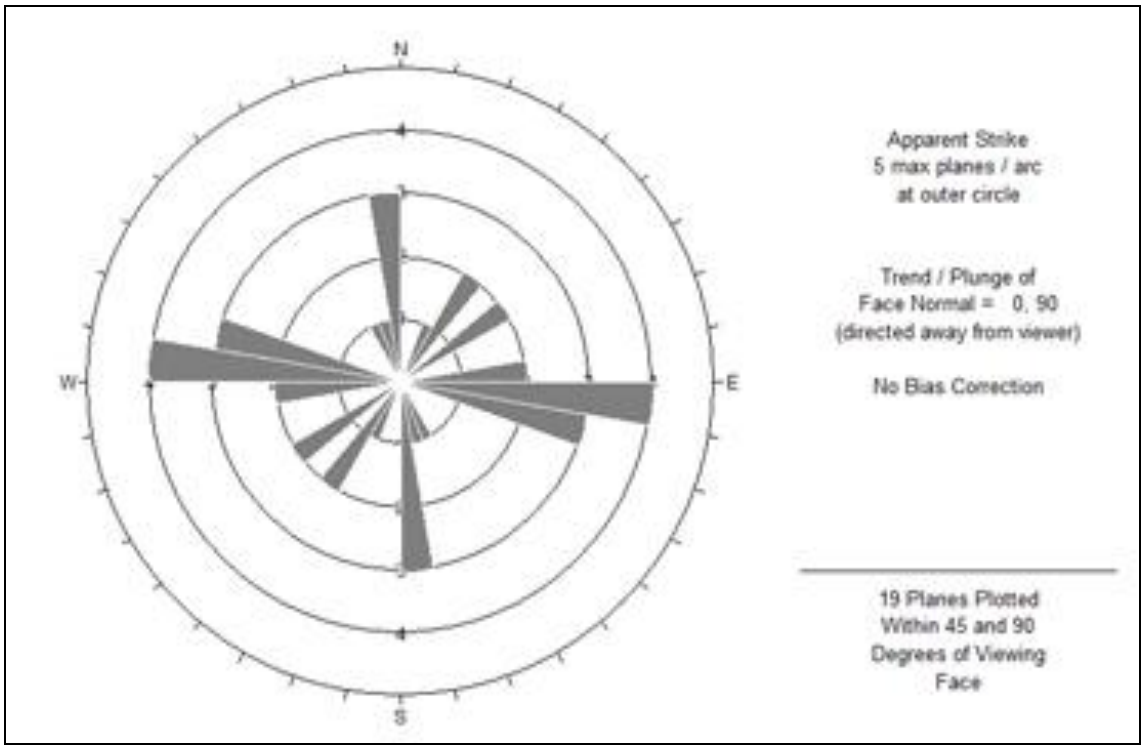
Αντίστοιχη εικόνα δείχνει και η μελέτη των διακλάσεων που έγινε στα πλαίσια του έργου, σε πετρώματα διαφόρου ηλικίας και λιθολογίας, όπου σημειώνεται ότι υπάρχει κάποια διαφοροποίηση στις επικρατούσες διευθύνσεις στην περιοχή Σαλαμίνας με αυτές στην περιοχή Περάματος (Εικόνες 36 και 37). Σύμφωνα με τα διαγράμματα προβολής των επιπέδων των διακλάσεων (δίκτυο Schmidt, κατώτερο ημισφαίριο) καθώς και τα ροδοδιαγράμματα, τα κύρια συστήματα που μετρήθηκαν στην περιοχή του Ναυστάθμου Σαλαμίνας έχουν διεύθυνση ΒΒΔ-ΝΝΑ (το σημαντικότερο), Α-Δ, ΒΔ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ. Στην περιοχή Περάματος φαίνονται τρεις κύριες διευθύνσεις διακλάσεων ΑΝΑ-ΔΒΔ (η επικρατέστερη), ΒΒΔ-ΝΝΑ, και ΒΑ-ΝΔ.



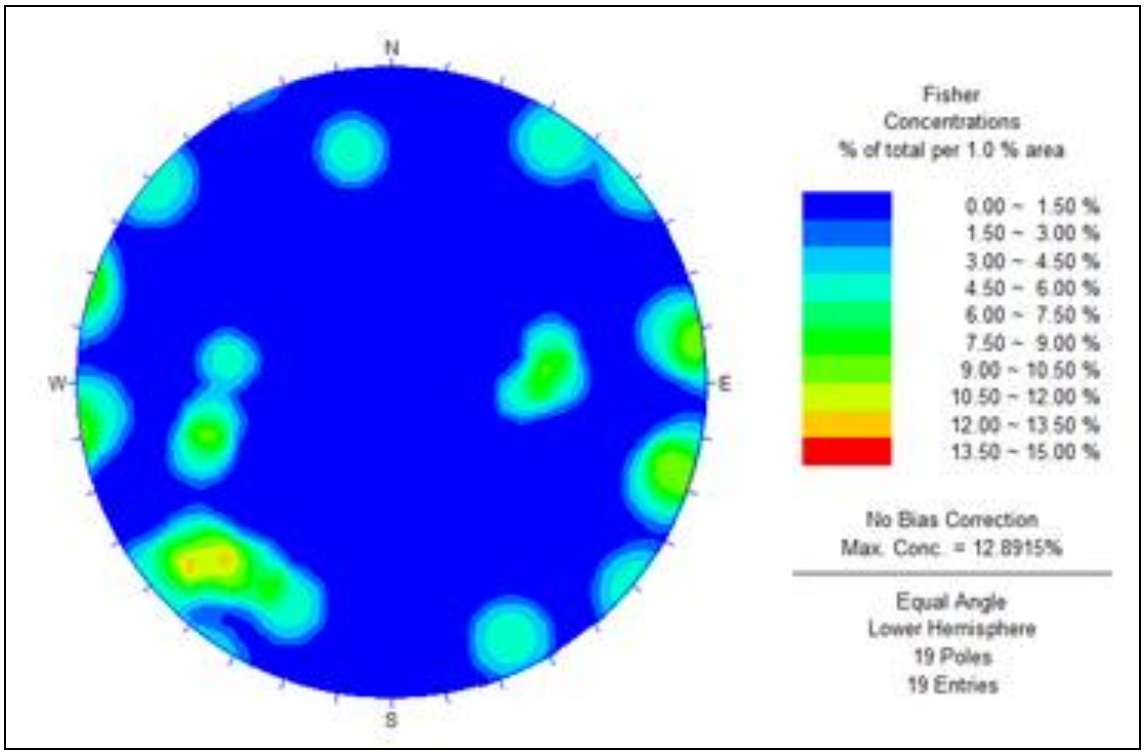


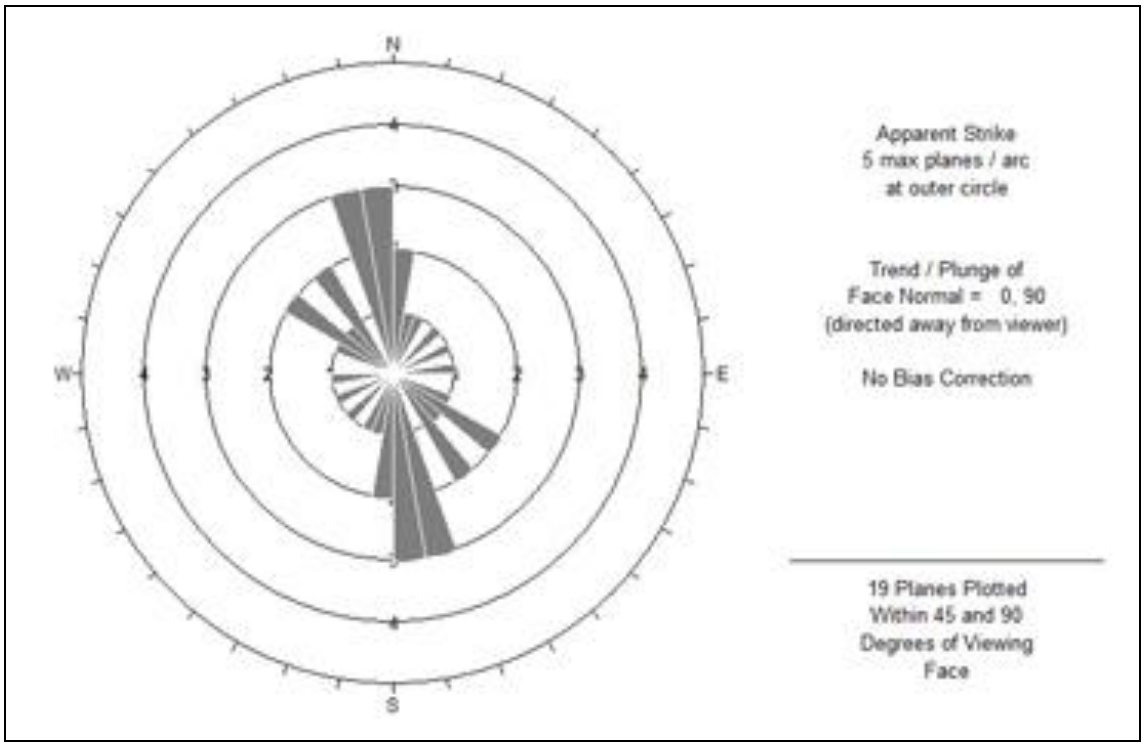
Εικόνα 33. Διάγραμμα πυκνότητας πόλων και ροδοδιάγραμμα στη θέση λατομείου Παλουκίων.



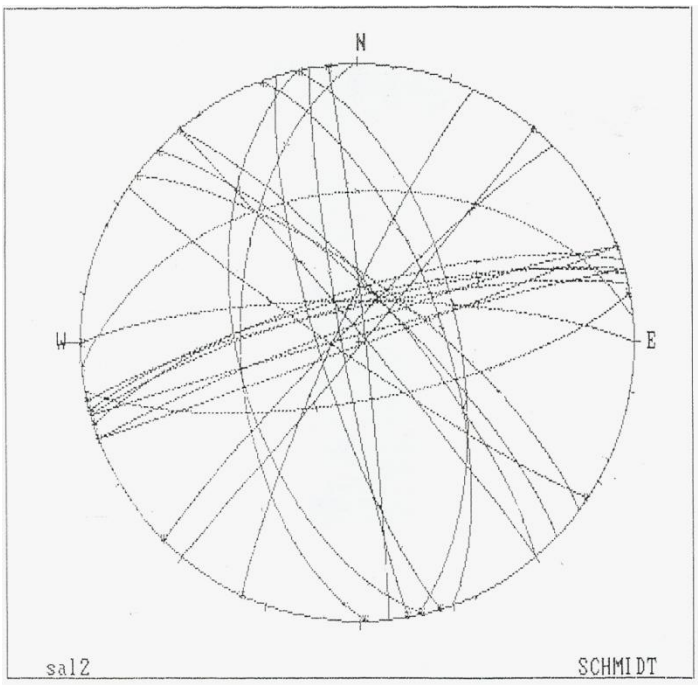


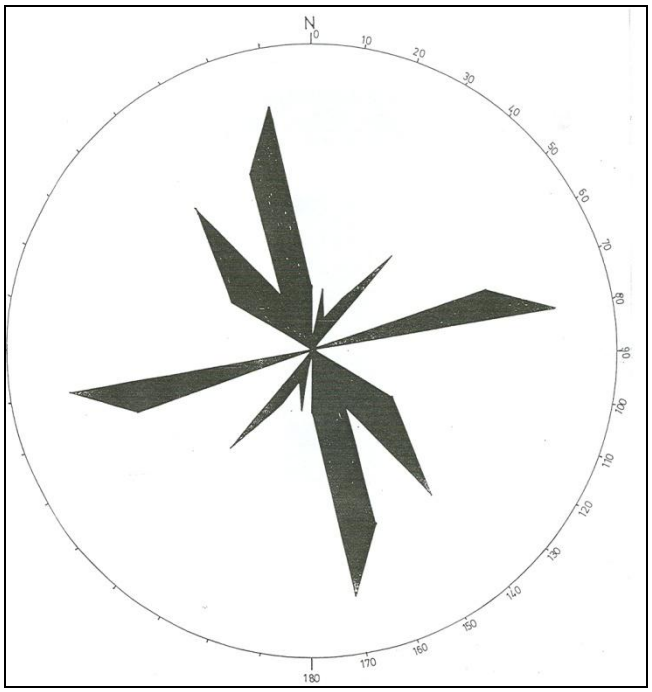
Εικόνα 34. Διάγραμμα πυκνότητας πόλων και ροδοδιάγραμμα στο Πέραμα.



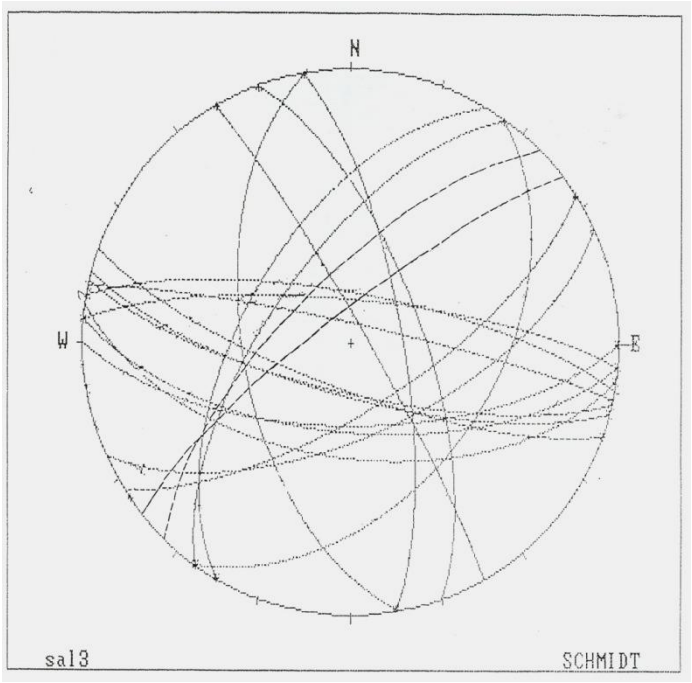


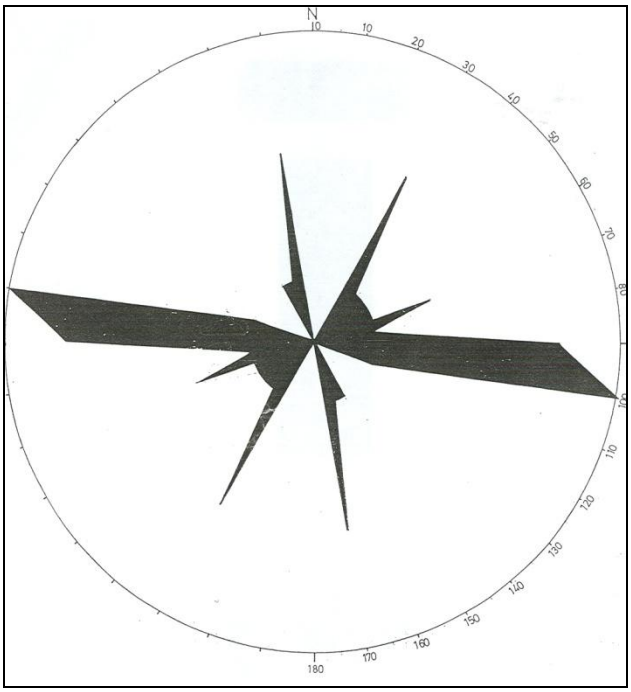
Εικόνα 35. Διάγραμμα πυκνότητας πόλων και ροδοδιάγραμμα στο Ναύσταθμο.





Εικόνα 36. Διάγραμμα των επιπέδων των διακλάσεων και αντίστοιχο ροδοδιάγραμμα στην περιοχή του Ναυστάθμου Σαλαμίνας (από Ροντογιάννη και Γαλανάκη 1991)





Εικόνα 37. Διάγραμμα των επιπέδων των διακλάσεων και αντίστοιχο ροδοδιάγραμμα στην περιοχή του Ναυστάθμου Περάματος (από Ροντογιάννη και Γαλανάκη 1991).

7.2 Γεωτεχνική αξιολόγηση των συστημάτων των διακλάσεων

Στα πλαίσια των μελετών του έργου, για τη διερεύνηση της γεωτεχνικής συμπεριφοράς των ασβεστόλιθων και τις επιπτώσεις των συστημάτων των ασυνεχειών στο έργο, εκτός από τη διεύθυνση των επιπέδων των διακλάσεων, για κάθε σύστημα ελήφθησαν υπόψη και τα παρακάτω ιδιαίτερα χαρακτηριστικά:

Οι αποστάσεις μεταξύ των ασυνεχειών, σε χιλιοστά.

- η εξάπλωση, που καταλαμβάνουν οι ασυνέχειες στο χώρο, σε μέτρα,
- Το άνοιγμα των ασυνεχειών, σε χιλιοστά,
- το υλικό γεμίσματος,
- η φύση της επιφάνειας των ασυνεχειών, και
- η παρουσία ή όχι νερού

Στη συνέχεια ακολουθήθηκε η ακόλουθη μεθοδολογία υπολογισμού της ευστάθειας βραχωδών πρανών:

(1) Προβολή των μέγιστων κύκλων και των αντίστοιχων πόλων των τεκτονικών ασυνεχειών.

(2) Στατιστική ανάλυση των πόλων των μέγιστων κύκλων για την εύρεση των κύριων τεκτονικών δομών της βραχομάζας.

(3) Προβολή των μέγιστων κύκλων των κυρίων επίπεδων των ασυνεχειών κατά τεκτονική κατηγορία, δηλαδή συστήματα διαπλάσεων (J), επίπεδα στρώσεων (B), ρήγματα (F) και κατά αύξουσα στατιστική βαρύτητα. Η τελευταία κατηγορία αναφέρεται στις σχετικές πυκνότητες των πόλων.

(4) Υπολογισμός των σχετικών παραμέτρων, κλίση α και διεύθυνση κλίσης β, που χαρακτηρίζουν τα επίπεδα ολίσθησης, τα οποία προέρχονται από την επάλληλη τομή των κύριων επίπεδων ασυνεχειών. Παράλληλα έγινε ταξινόμηση των κόμβων ολίσθησης ανάλογα με τη θέση τους στο διάγραμμα Schmidt και με το άθροισμα των σχετικών πυκνοτήτων των κύριων επίπεδων των ασυνεχειών. Με αυτόν τον

τρόπο είναι εμφανείς οι κόμβοι ολίσθησης που παίζουν πρωτεύοντα ρόλο στην μηχανική συμπεριφορά του πρανούς.

(5) Προσδιορισμός απλοποιημένων συντελεστών ασφάλειας (βάρος +σεισμός σε σφηνοειδή στοιχεία) ανεξάρτητων από την κλίση και τη διεύθυνση κλίσης του πρανούς και βάσει αυτών εύρεση της μέγιστης ευσταθούς κλίσης κατά Hoek προς κάθε διεύθυνση κλίσης, δηλαδή από 0° έως 360° με απομόνωση της ασταθούς ζώνης που προκύπτει από μικρές τιμές συντελεστών ασφαλείας.

(6) Συσχετισμός μεταξύ της κατανομής των πόλων σε τομείς κύκλου 30° και της ασφαλούς κλίσης κατά Hoek, ώστε να προταθούν ανάλογα με τις διευθύνσεις των δρόμων, όταν αυτές δεν είναι προκαθορισμένες.

(7) Υπολογισμός συντελεστών ασφαλείας για σφηνοειδή ή επίπεδη θραύση, με χρήση των επιπέδων ολίσθησης που ευνοούν την δημιουργία συνθηκών πιθανούς αστοχίας.

Από την επεξεργασία αυτή προκύπτουν συμπεράσματα για τα εξής:

(α) Εάν η υπάρχουσα βραχομάζα είναι ευσταθής.

(β) Εάν υπάρχει δυνατότητα αύξησης της κλίσης με δεδομένη διεύθυνση βραχώδους πρανούς.

(γ) Για ποια όρια συνεκτικότητας είναι αποδεκτή μεγάλη κλίση.

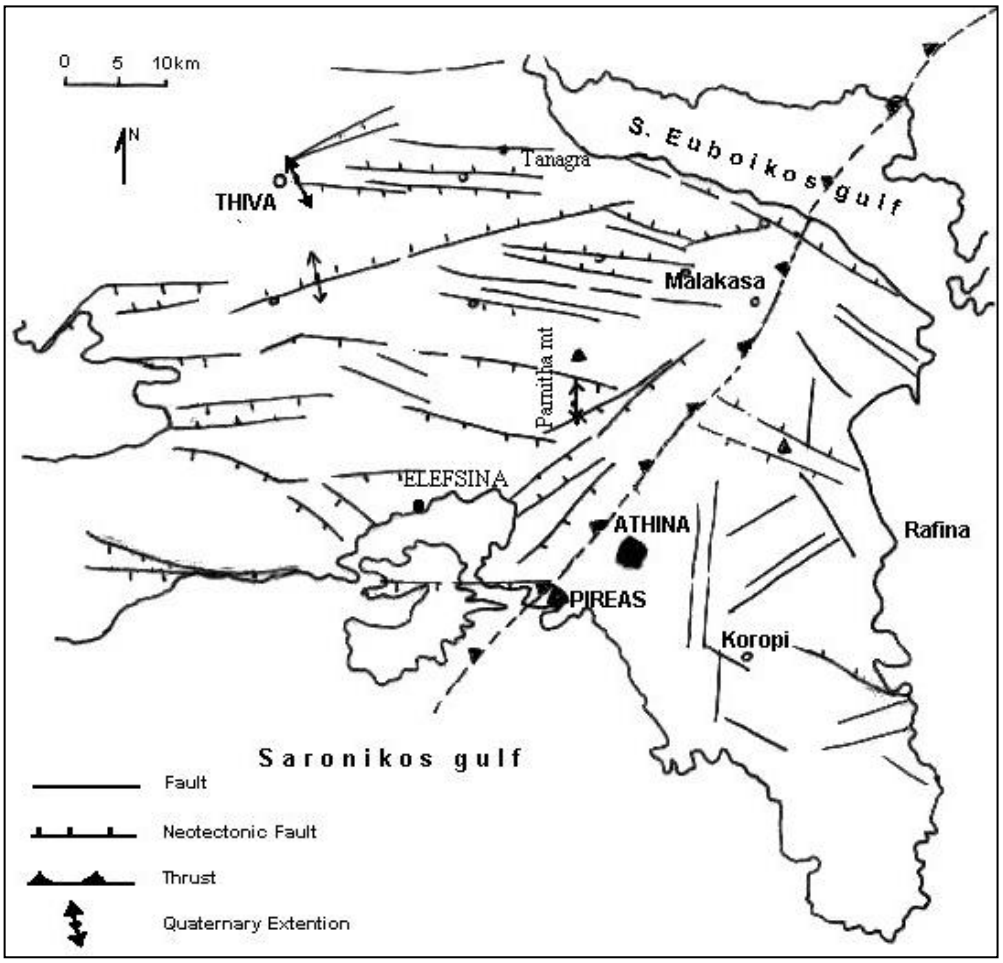
(δ) Ποια πιθανότητα αστοχίας υπάρχει σε περίπτωση λανθασμένης επιλογής κλίσης ή συνεκτικότητας, δηλαδή σφηνοειδής θραύση, επίπεδη θραύση ή θραύση ανατροπής.

(ε) Εάν οι περιπτώσεις (β), (γ), (δ) δεν δίνουν επιθυμητές κλίσεις πρανούς από πλευράς ασφαλείας, τότε επαναλαμβάνεται η ανάλυση με την επιλογή νέας διεύθυνσης κλίσης πρανούς.

Στην παρούσα μελέτη δεν προέκυψε θέμα αντιμετώπισης της τελευταίας περίπτωσης. Στο παράρτημα της διπλωματικής δίνονται ενδεικτικά διαγράμματα με το περίγραμμα των ευσταθών κλίσεων για μία θέση στο Πέραμα και μία στη Σαλαμίνα.

7.3 Μελέτη ρηγμάτων

Η ευρύτερη περιοχή Σαλαμίνας – Περάματος, όπως και όλη η Αττική, έχει επηρεαστεί, όπως αναφέρθηκε, από τρία κύρια συστήματα κανονικών ρηγμάτων με διεύθυνση Α-Δ, ΒΑ-ΝΔ και ΒΔ-ΝΑ, τα οποία έχουν επίσης διαμορφώσει και τον Σαρωνικό κόλπο (Εικόνα 38). Από τα παραπάνω ρήγματα σημαντικότερα είναι αυτά με διεύθυνση Α-Δ, τα οποία φαίνεται ότι διατέμνουν όλους σχεδόν τους γεωλογικούς σχηματισμούς, αφού διαπιστώνονται τόσο στους προνεογενείς σχηματισμούς όσο και στα πλειοκαινικά ιζήματα. Εξάλλου είναι καλά γνωστές οι μεγάλες ρηξιγενείς ζώνες διεύθυνσης Α-Δ που έχουν επηρεάσει την δυτικά της Σαλαμίνας περιοχή των Μεγάρων-Αγ. Θεοδώρων και τον Ανατολικό Κορινθιακό κόλπο και τα οποία συνδέονται με την μεγάλη σεισμικότητα της περιοχής αυτής.



Εικόνα 38. Χάρτης με τα κυριότερα ρήγματα στην περιοχή της Αττικής (από Rondoyanni et al., 2000). Σημειώνεται η ρηξιγενής ζώνη με διεύθυνση Α-Δ, στον άξονα Περάματος-Σαλαμίνας-Κακιάς Σκάλας.

Στη Σαλαμίνα, χαρακτηριστικά παραδείγματα ρηγμάτων της διεύθυνσης αυτής είναι: τα οριακά ρήγματα του βυθίσματος Παλουκιών - Σεληνίων, το βόρειο από τα οποία συνεχίζεται και στην περιοχή του Περάματος μέχρι το Νέο Ικόνιο (Εικόνα 39), αυτά που διαμόρφωσαν την χερσόνησο Κυνοσούρα και το βύθισμα Σεληνίων (στο οποίο συμμετέχουν και ρήγματα ΒΑ/κής διεύθυνσης), καθώς και αυτό του όρμου Κακής Βίγλας (Εικόνες 40 και 41). Για το τελευταίο, ο Τάταρης (1967) αποδίδει την ύπαρξη της ζώνης κατακερματισμού που υπάρχει εκεί καθώς και τη γεωγραφική κατανομή των γεωλογικών σχηματισμών στην ύπαρξη ενός μεγάλου ρήγματος οριζόντιας μετατόπισης το οποίο εμφανίζει μεταγενέστερη κίνηση κανονικού ρήγματος.

Σύμφωνα με τους Θεοχάρη (2001) και Μαριολάκο κ.α. (2001), στη Σαλαμίνα μπορούν να διακριθούν έξι νεοτεκτονικές μακροδομές 1ης τάξης, γενικής διεύθυνσης περίπου Α-Δ. Οι μακροδομές αυτές οριοθετούνται από ρηξιγενείς ζώνες διεύθυνσης κυρίως Α-Δ αλλά και ΒΑ-ΝΔ. Τα ρήγματα που αποτελούν ορισμένες περιθωριακές ρηξιγενείς ζώνες παρουσιάζουν κλιμακωτή διάταξη. Οι ονομασίες των νεοτεκτονικών μακροδομών 1^{ης} τάξης καθώς και τα ονόματα και οι συντμήσεις των κύριων περιθωριακών ρηγμάτων αναφέρονται στην Εικόνα 42 Σύμφωνα με τους ίδιους συγγραφείς, με βάση τον υπολογισμό διαφόρων μορφοτεκτονικών δεικτών για τον χαρακτηρισμό των μεγαλύτερων ρηγμάτων της Σαλαμίνας από την άποψη της ενεργότητας καταλήγουν στο συμπέρασμα ότι οι ρηξιγενείς ζώνες Κακής Βίγλας- Αγ. Αθανασίου, Μαυροβουνίου και Αμπελακίων - Αγ. Παρασκευής είναι τεκτονικά ενεργές, ενώ οι ρηξιγενείς ζώνες Αιαντείου- Κακής Βίγλας και Ακάμαντα πιθανώς ενεργές έως ανενεργές.

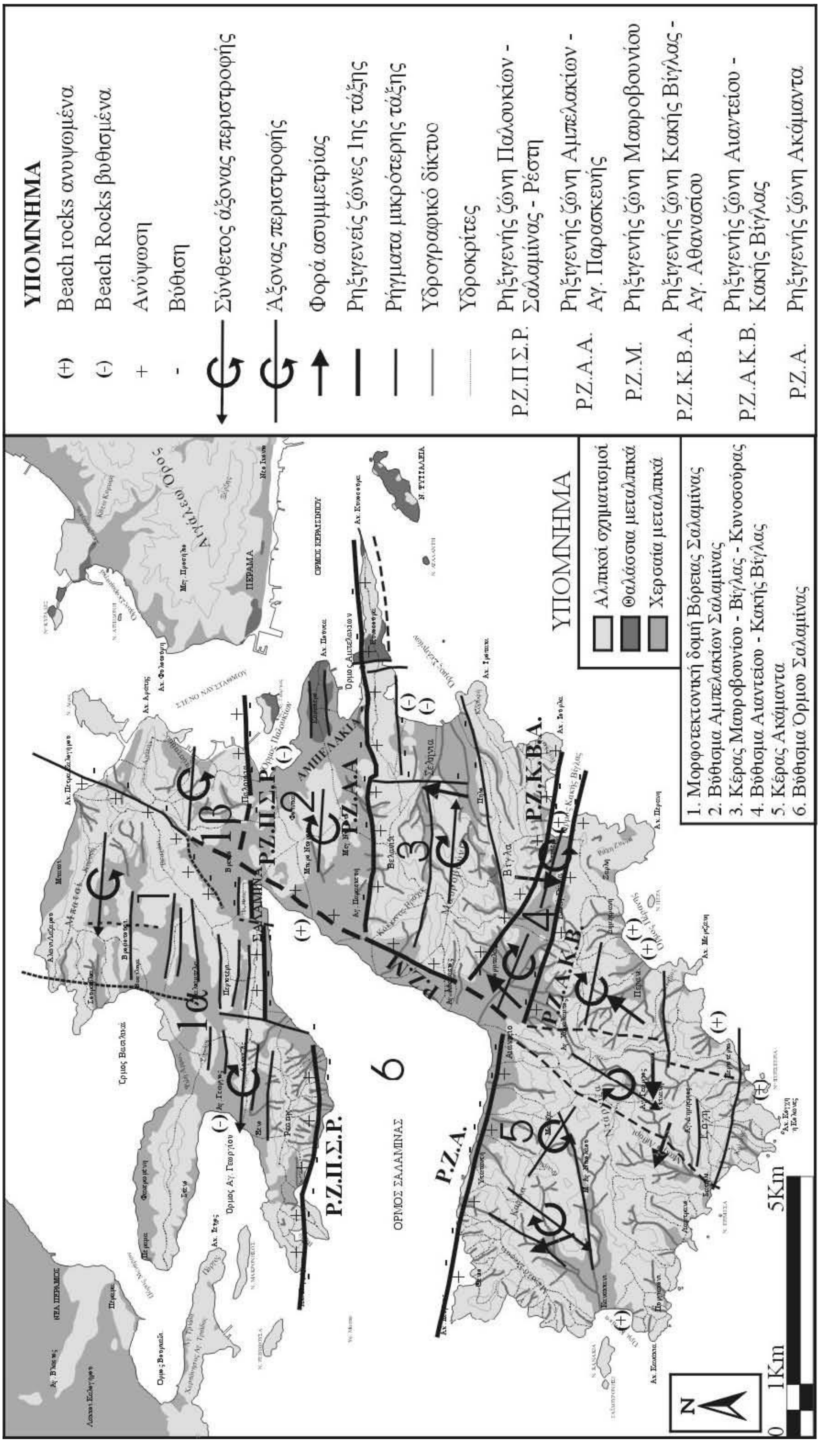
Για την μικροτεκτονική μελέτη της περιοχής του έργου της ζεύξης Σαλαμίνας - Περάματος (Ροντογιάννη και Γαλανάκης 1991) μετρήθηκαν οι γραμμώσεις τεκτονικής ολίσθησης πάνω στα επίπεδα των ρηγμάτων, με βάση τις οποίες προσδιορίζεται ποιοτικά το τασικό πεδίο που συνδέεται με τη δράση των συγκεκριμένων ρηγμάτων. Στη συνέχεια έγινε επεξεργασία με το υπολογιστικό πρόγραμμα CAREY (1979). Στο στερεοδιάγραμμα που δίνεται (Εικόνα 43) παρουσιάζεται η προβολή των επιπέδων των ρηγμάτων, των γραμμώσεων ολίσθησης καθώς και των κυρίων αξόνων των τάσεων (σ1,σ2,σ3) σε δίκτυο Schrnidt (κατώτερο ημισφαίριο). Τα μεγάλα βέλη δείχνουν την διεύθυνση της επέκτασης που υφίσταται η περιοχή.

Στην Εικόνα 43 παρουσιάζονται τα ρήγματα που απαντούν στα περιθώρια των νεογενών και τεταρτογενών βυθισμάτων. Η επεξεργασία τους φανερώνει την επικράτηση καθεστώτος εφελκυστικών τάσεων διεύθυνσης περίπου Β-Ν. Συγκεκριμένα οι διευθύνσεις των κυρίων αξόνων τάσεων είναι σ_1: Β 316°/83° σ_2: Β86°/4° και σ_3: Β 177°/5°. Ίδια διεύθυνση εφελκυσμού δείχνουν και τα συζυγή ρήγματα με μικρή οριζόντια συνιστώσα που μετρήθηκαν στους ασβεστόλιθους τριαδικής ηλικίας της περιοχής Περάματος, στην επαφή τους με συνεκτικά πλευρικά κορήματα.

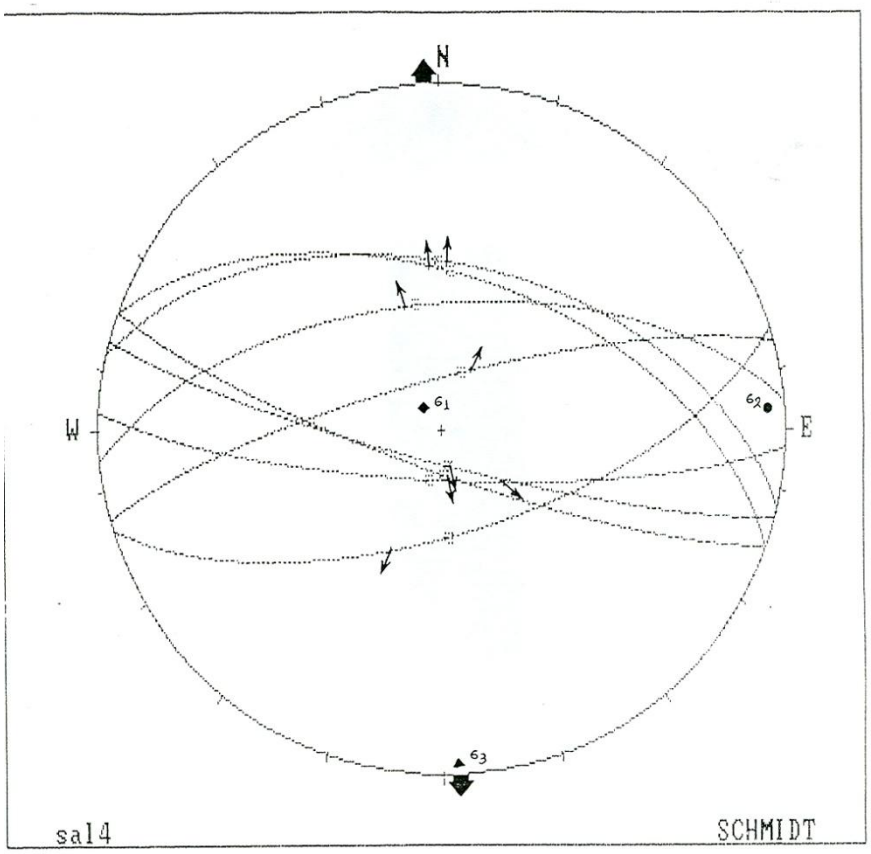
Εικόνα 39. Άποψη της περιοχής του Περάματος, όπου με κόκκινη γραμμή σημειώνεται το ίχνος του ρήγματος Περάματος-Νέου Ικονίου.

Εικόνα 40. Άποψη της επιφάνειας του αντιθετικού ρήγματος στον όρμο Κακής Βίγλας Σαλαμίνας (από Ροντογιάννη και Γαλανάκη 1991).

Εικόνα 41. Λεπτομέρεια της επιφάνειας του αντιθετικού ρήγματος στον όρμο Κακής Βίγλας Σαλαμίνας, όπου φαίνονται οι γραμμώσεις ολίσθησης και το τεκτονικό λατυποπαγές.



Εικόνα 42. Οι νεοτεκτονικές δομές της νήσου Σαλαμίνας με τα κύρια περιθωριακά ρήγματα – ρηξιγενείς ζώνες καθώς και ορισμένα από τα κυριότερα ρήγματα μικρότερης τάξης. Στο χάρτη είναι σημειωμένη η κινηματική των μακροδομών, καθώς και τα σημαντικότερα μορφοτεκτονικά χαρακτηριστικά (από Μαριολάκο κ.α. 2001).



Εικόνα 43. Προβολή των επιπέδων των ρηγμάτων που οριοθετούν το βύθισμα Παλουκίων-Σεληνίων, των γραμμώσεων τεκτονικής ολίσθησης και των κυρίων αξόνων των τάσεων. Με χοντρά βέλη η διεύθυνση εφελκυσμού (από Ροντογιάννη και Γαλανάκη 1991).

7.4 Αξιολόγηση της ενεργότητας των ρηγμάτων

Η στενή περιοχή κατασκευής του έργου διασχίζεται από το μεγάλο κανονικό ρήγμα γενικής διεύθυνσης Α-Δ που περνάει από το Νέο Ικόνιο, το Ναύσταθμο Περάματος και Σαλαμίνας και συνεχίζει στην πόλη της Σαλαμίνας μέχρι τον όρμο Αγ. Γεωργίου. Παρόμοιας διεύθυνσης ρήγματα πιθανόν να καλύπτονται από τις πρόσφατες αποθέσεις του βυθίσματος Παλουκιών-Σαλαμίνας, που δεν επιτρέπουν την διαπίστωσή τους.

Το συγκεκριμένο ρήγμα μπορεί να θεωρηθεί κρίσιμο για την περιοχή και για το έργο, σύμφωνα με τα κριτήρια που ισχύουν ακόμη και για περιοχές με μέτρια σεισμικότητα (Loew et al. 1989). Δυστυχώς ο χαρακτηρισμός του βαθμού

ενεργότητας του ρήγματος αυτού δεν μπορεί να είναι απόλυτος επειδή λείπουν τα κατάλληλα γεωλογικά κριτήρια με κυριότερο την απόδειξη επαναδραστηριοποίησης του τα τελευταία 500.000 χρόνια (διάστημα κατά το οποίο θεωρείται ότι δεν έχει σημειωθεί μεγάλη αλλαγή στις τεκτονικές τάσεις που επηρεάζουν την περιοχή).

Ένα άλλο ρήγμα που εμφανίζεται στη στενή περιοχή μελέτης με διεύθυνση περίπου Β-Ν, είναι καλά ορατό στα ασβεστολιθικά υψώματα βορειοδυτικά από τα Σελήνια. Το ρήγμα αυτό είναι πολύ πιθανό να συνεχίζεται και βορειότερα αλλά οι αλλουβιακές αποθέσεις που το καλύπτουν δεν επιτρέπουν την παρακολούθηση του ίχνους του.

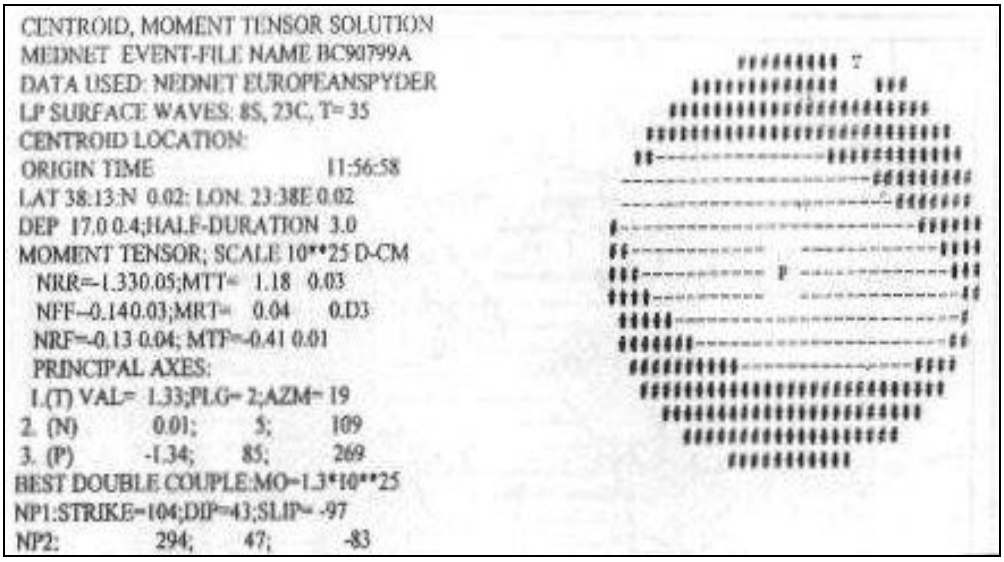
Τέλος τα ρήγματα με ΒΑ/κή διεύθυνση που εμφανίζονται κοντά στα Αμπελάκια και στη νησίδα Αγ. Γεώργιος είναι παλαιότερα και δεν μπορεί να θεωρηθούν ενεργά. Οι ίδιες διευθύνσεις ρηγμάτων έχουν αναγνωριστεί και στα ιζήματα του χώρου μεταξύ του Περάματος και της Σαλαμίνας όπως έδειξαν οι υποθαλάσσιες γεωλογικές έρευνες που πραγματοποιήθηκαν εκεί για το έργο (Περισοράτης κ.α. 1991).

Παρά την δυσκολία που παρουσιάζει η περιοχή για την εκτίμηση πιθανής μελλοντικής εκδήλωσης επιφανειακής διάρρηξης στη θέση κατασκευής του έργου, το ρήγμα Σαλαμίνας - Νέου Ικονίου μπορεί να θεωρηθεί ως ρήγμα δυνητικώς ενεργό, για τους παρακάτω λόγους:

- Η διεύθυνση του (Α-Δ) είναι αυτή των ενεργών ρηγμάτων των γειτονικών περιοχών όπως του ανατολικού Κορινθιακού και της Κακιάς Σκάλας (Sebrier 1977, Rondoyanni and Koukis 1989, Rondoyanni and Marinos 2007).

- Η γεωμορφολογική εικόνα της ευρύτερης περιοχής και του Σαρωνικού κόλπου φανερώνει ότι τα νεοτεκτονικά βυθίσματα οριοθετούνται κυρίως από ρήγματα διεύθυνσης Α-Δ, που σημαίνει πρόσφατη επαναδραστηριοποίηση τους, και

- Οι τάσεις που προσδιορίστηκαν με τεκτονικά στοιχεία φανερώνουν ότι η περιοχή υφίσταται ένα εφελκυσμό διεύθυνσης Β-Ν, όπως και όλη η περιοχή του Αιγαίου. Οι τάσεις αυτές συμπίπτουν επίσης με τις τάσεις που έχουν προσδιοριστεί από τους μηχανισμούς γένεσης των σεισμών στην ευρύτερη περιοχή (π.χ. το σεισμό της Αθήνας –Εικόνα 44) δηλαδή με τις ενεργές τεκτονικές τάσεις του στερεού φλοιού της γης στη συγκεκριμένη περιοχή .



Εικόνα 44. Ο μηχανισμός γένεσης του μηχανισμού της Αθήνας. Ο άξονας εφελκυσμού (T), στη διεύθυνση περίπου B-N.

7.5 Στοιχεία από τη θαλάσσια Γεωτρητική – Γεωτεχνική έρευνα.

Αντικείμενο της θαλάσσιας γεωτεχνικής έρευνας ήταν να προσδιορίσει την εδαφική στρωματογραφία (έκταση και πάχος των διαφόρων εδαφικών στρωμάτων που βρίσκονται κάτω από τον θαλάσσιο πυθμένα και σε τέτοιο βάθος όπου η υποθαλάσσια σήραγγα να μην επηρεάζει το υπέδαφος), να προσδιορίσει τις φυσικές και μηχανικές ιδιότητες των επί μέρους εδαφικών στρωμάτων καθώς και να κατατάξει από την άποψη της σεισμικότητας τα εδάφη κατά μήκος του άξονα της σήραγγας.

Η γεωτεχνική έρευνα περιελάμβανε την εκτέλεση 12 γεωτρήσεων, οι θέσεις των οποίων φαίνεται στον τεχνικογεωλογικό χάρτη που κατασκευάστηκε. Στον Πίνακα 1 παρουσιάζονται για κάθε γεώτρηση η στάθμη του θαλάσσιου πυθμένα, το βάθος της γεωτρήσεως καθώς και η στάθμη του πυθμένα των γεωτρήσεων.

Όλα τα υψόμετρα είναι εξαρτημένα από την ±0.00 στάθμη της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ.) που θεωρήθηκε και σαν η μέση στάθμη της θάλασσας. Έτσι στην αρχή κάθε γεώτρησης μετράται η στάθμη της επιφάνειας του νερού καθώς και το βάθος της θάλασσας στο σημείο γεώτρησης και

συσχετίζεται με το υψόμετρο του σταθερού σημείου (Σ64) που βρίσκεται στην μικρή αποβάθρα στην νησίδα Αγ. Γεωργίου, το οποίο έχει στάθμη +1,011 στο δίκτυο της Γ.Υ.Σ.

Η διάτρηση έγινε με υδραυλικό περιστροφικό γεωτρύπανο CRAELIUS που ήταν τοποθετημένο στην αυτοανυψούμενη εξέδρα γεωτρήσεων "ΤΡΙΤΩΝ ", η οποία συγκροτείται από τρεις φορτηγίδες I,II και III, είναι δε ειδικά σχεδιασμένη και κατάλληλα εξοπλισμένη για την εκτέλεση θαλάσσιων γεωτρήσεων (Εικόνα 45). Τα τοιχώματα των γεωτρήσεων σωληνώθηκαν κατά το μήκος των διάφορων εδαφικών ενστρώσεων και μέχρι τέτοιου βάθους ώστε να αποφεύγονται οι καταπτώσεις. Στο Παράρτημα της παρούσας διπλωματικής δίνονται φωτογραφίες της εξέδρας και των δειγμάτων των γεωτρήσεων.

Εικόνα 45. Άποψη της εξέδρας των θαλάσσιων γεωτρήσεων.

Πίνακας 1: Στοιχεία δειγματοληπτικών γεωτρήσεων

Γεώτρηση	Βάθος θαλάσσης κατά την διάρκεια της γεώτρησης (±0.00)	Στάθμη θαλάσσης με τρήσθα από το Reper Σ64	Στάθμη φυσικού πυθμένα κάτω από μέση στάθμη θαλάσσης (±0.00)	Βάθος Γεωτρήσεως από τον πυθμένα	Στάθμη πυθμένα Γεώτρησης από μέση στάθμη (±0.00)
Π	2.45	-0.92	-2.16	25.60	-27.76
Γ2	' 3.40	-0.90	-3.29	29.92	-33.21
Γ3	8.80	-0.83	-8.62	30.60	-39.22
Γ4	5.15	-1.07	-5.21	30.85	-36.06
Γ5	3.50	-1.08	-3.57	31.07	-34.64
Γ6	4.00	-1.02	-4.01	30.40	-34.41
Γ7	6.75	-1.10	-6.84	31.75	-38.59
Γ8	2.60	-1.14	-2.73	25.10	-27.83
Γ9	5.55	-0.83	-5.37	20.05	-25.42
Γ10	6.40	-1.10	-6.49	19.95	-26.44
Γ11	5.00	-1.06	-5.05	15.05	-20.10
Γ12	5.40	-Ό . 94	-5.33	20.67	-26.00

Κατά την διάρκεια της διάτρησης γινόταν συνεχής δειγματοληψία και ελήφθησαν τα ακόλουθα είδη δειγμάτων:

- Αδιατάρακτα δείγματα με χρησιμοποίηση δειγματολήπτη λεπτού τοιχώματος τύπου SHELBY καθώς και τύπου PISTON.
- Αντιπροσωπευτικά, ημιδιαταραγμένα δείγματα, με χρησιμοποίηση δειγματολήπτη μονού τοιχώματος προχώρηση εν ξηρώ.
- Αντιπροσωπευτικά, ημιδιαταραγμένα δείγματα, με τη χρησιμοποίηση του διαιρετού δειγματολήπτη Terzaghi κατά την εκτέλεση δοκιμών SPT.
- Δείγματα βραχώδους πυρήνα με τη χρησιμοποίηση δειγματολήπτη διπλού τοιχώματος με αδαμαντοκορώνα.

Κατά την διάρκεια της δειγματοληψίας των βραχωδών πυρήνων γίνονταν προσδιορισμός του ποσοστού απόληψης, γεωλογική περιγραφή πυρήνα καθώς και καταγραφή του Δείκτη Ποιότητας της βραχόμαζας. Για την εξακρίβωση της σχετικής πυκνότητας των κοκκωδών εδαφικών στρωμάτων και της συνοχής των

συνεκτικών εδαφικών στρωμάτων εκτελέστηκαν Τυποποιημένες Δοκιμές Διεισδύσεως (SPT) ανά αποστάσεις 1.5μ./3μ. κατά μήκος κάθε γεώτρησης.

Σε κάθε δοκιμή μετρήθηκε ο αριθμός των κρούσεων του πρότυπου δειγματολήπτη Terzaghi για τρείς επιτυχείς διεισδύσεις των 15 εκατοστών η καθεμία. Ο συνοδικός αναγκαίος αριθμός κρούσεων για την διείσδυση των τελευταίων 30 εκατοστών ονομάστηκε Αριθμός Κρούσεων Ν. Σύμφωνα με την ισχύουσα πρακτική σε τέτοιου είδους έρευνες, όταν η πρώτη ή η δεύτερη διείσδυση είναι μικρότερη από 15 εκ. για 50 κρούσεις, η δοκιμή διακόπτεται και λαμβάνεται το βάθος διείσδυσης για 50 κρούσεις. Όταν το βάθος της τρίτης διείσδυσης είναι μικρότερο από 15 εκ. για 50 κρούσεις, η δοκιμή επίσης διακόπτεται. Σ' αυτήν την περίπτωση μετριέται ο συνολικός αριθμός κρούσεων (δηλ. ο αριθμός κρούσεων που λαμβάνεται από την δεύτερη διείσδυση συν 50 κρούσεις της τρίτης διείσδυσης), καθώς επίσης και η συνολική διείσδυση σε εκατοστά. Και στις δύο περιπτώσεις δηλώνεται άρνηση διείσδυσης. Όταν ο δειγματολήπτης διεισδύει με το ίδιο βάρος, και τούτο συμβαίνει στην περίπτωση των πολύ μαλακών αργίλων, μετρήθηκε η συνολική διείσδυση χωρίς κρούσεις καθώς και ο αριθμός κρούσεων για περαιτέρω διείσδυση 15 εκ.

Οι επί τόπου ερευνητικές εργασίες έγιναν σύμφωνα με τις προδιαγραφές ΕΚΙ/5662/728/ΟΙΚ/31-7-86 του Υπουργείου Χωροταξίας, Περιβάλλοντος & Δημόσιων Εργων (ΥΠΕΧΩΔΕ). Επίσης οι εργαστηριακές δοκιμές που εκτελέσθηκαν στη συνέχεια ήταν σύμφωνες με τις προδιαγραφές ΕΚ1/5662/728/ΟΙΚ/31.7.80 του ΥΠΕΧΏΔΕ. Αυτές ήταν οι ακόλουθες:

<u>Δοκιμές εδαφομηχανικής</u>

α. Κοκκομετρικές αναλύσεις με κόσκινα.

β. Κοκκομετρικές αναλύσεις με υδρόμετρο

Υ· Όρια Atterberg και όριο Πλαστικότητας.

δ. Δοκιμές προσδιορισμού υγρού φαινομένου βάρους και φυσικής υγρασίας.

ε . Δοκιμές προσδιορισμού ειδικού βάρους στερεού υλικού των κόκκων.

Από τις παραπάνω δοκιμές προέκυψαν άμεσα ή έμμεσα τα παρακάτω στοιχεία:

- Καμπύλες κοκκομετρικής διαβάθμισης εδάφους
- Οριο υδαρότητας
- Οριο πλαστικότητας
- Δείκτης πλαστικότητας
- Σχετική Υδαρότητα
- Λόγος κενών
- Βαθμός κορεσμού

Δοκιμές Προσδιορισμού Μηχανικών Χαρακτηριστικών

α. Δοκιμές μονοδιάστατης στερεοποίησης (δοκιμές συμπιεσόμετρου) σε δείγματα συνεκτικού εδάφους για τον προσδιορισμό του δείκτη συμπιεστότητας C_c καθώς και του συντελεστή στερεοποίησης Cv και του συντελεστή μεταβολής όγκου mv.

β. Δοκιμές, ανεμπόδιστης θλίψης σε δείγματα συνεκτικού εδάφους για την εξακρίβωση της αντοχής σε ανεμπόδιστη θλίψη q_u (και έμμεσα της αστράγγιστης διατμητικής αντοχής Cu) καθώς και της αντίστοιχης αξονικής παραμόρφωσης ε κατά την αστοχία.

γ. Τριαξονικές δοκιμές σε προστερεοποημένα δείγματα συνεκτικού εδάφους, διατεμνόμενα μέχρι την αστοχία υπό αστράγγιστες συνθήκες με μετρήσεις πίεσης νερού των πόρων (δοκιμές CUPP) για προσδιορισμό τόσο των παραμέτρων αντοχής c, φ σε ενεργές τάσεις όσο και των παραμέτρων αντοχής σε οδικές τάσεις C_Cu/ <Pcu/ καθώς και των αστράγγιστων καμπυλών τάσεων - παραμορφώσεων και των οδικών και ενεργών τοπικών οδεύσεων κατά τη διάτμηση.

δ. Τριαξονικές δοκιμές σε μη προστερεοποιημένα δείγματα συνεκτικών εδαφών διατεμνόμενα μέχρι την αστοχία υπό αστράγγιστες συνθήκες χωρίς μετρήσεις της πίεσης των πόρων (δοκιμές UU) για εξακρίβωση της αστράγγιστης διατμητικής αντοχής Cu του εδάφους, καθώς και τον προσδιορισμό των καμπύλων τάσεων - παραμορφώσεων υπό αστραγγιστες συνθήκες.

ε. Εργαστηριακές δοκιμές πτερυγίου επίσης για την εξακρίβωση της αστράγγιστης διατμητικής αντοχής Cu μαλακών αργιλικών στρώσεων.

Ενδεικτικά δίνονται στο Παράρτημα τα αποτελέσματα των παραπάνω δοκιμών για 2 μόνο γεωτρήσεις, που περιλαμβάνουν τα ποσοστά διερχομένων από τα κόσκινα Νο 4,10,40,200 καθώς και το ποσοστό αργιλικού υλικού (d<0,005 mm), τα όρια Atterberg, την φυσική υγρασία και τη σχετική υδαρότητα, ταξινόμηση εδάφους κατά AUSCS, το ξηρό και υγρό φαινόμενο βάρος και τον λόγο κενών, την αντοχή σε ανεμπόδιστη θλίψη με την αντίστοιχη αξονική παραμόρφωση κατά την αστοχία, τις παραμέτρους διατμητικής αντοχής σε ολικές και ενεργές τάσεις καθώς και την αστράγγιστη διατμητική αντοχή Cu, μαζί με τον τύπο δοκιμής από την οποία προέκυψαν και τέλος τα αποτελέσματα των δοκιμών συμπιεσομέτρου .

Δοκιμές βραχομηχανικής

α. Δοκιμές αντοχής σημειακής φόρτισης σε ακανόνιστα δείγματα για τον προσδιορισμό της θλιπτικής αντοχής.

β. Δοκιμές μονοαξονικής θλίψης σε κυλινδρικά δείγματα για τον προσδιορισμό της αντοχής σε μονοαξονική θλίψη του βράχου.

γ. Δοκιμές Brazilian (θλίψης κατά γενέτειρα) σε κυλινδρικά δείγματα για τον προσδιορισμό της αντοχής σε εφελκυσμό του βράχου.

Πρόσθετες δοκιμές δυναμικής βραχομηχανικής έγιναν από το Κεντρικό Εργαστηριακό Δημόσιων Εργων (ΚΕΔΕ), μαζί με δοκιμές μονοαξονικής θλίψης σε επιλεγμένους βραχώδεις πυρήνες.

8. ΟΙ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΧΑΡΑΞΗΣ ΤΗΣ ΖΕΥΞΗΣ

8.1 Γενικά

Σκοπός των ειδικών ερευνών ήταν η διερεύνηση των τεχνικογεωλογικών και υδρογεωλογικών δυσκολιών του έργου "Ζεύξη Περάματος-Σαλαμίνας και προσπελάσεων". Τα στοιχεία που αναφέρονται στη συνέχεια προέρχονται από μελέτη που εκπονήθηκε από το γραφείο γεωλογικών μελετών ΓΑΜΜΑ-4 ΕΠΕ και το γραφείο συμβούλων μηχανικών ΤΡΙΤΩΝ ΕΠΕ, ενώ το υποθαλάσσιο τμήμα μελετήθηκε από το ΙΓΜΕ.

Με βάση τα στοιχεία των γεωλογικών, τεχνικογεωλογικών και γεωτρητικών ερευνών έγινε, με τη χρήση των GIS, η σύνθεση του χάρτη κατά μήκος της χάραξης του έργου.

8.2 Γεωμορφολογικές συνθήκες κατά μήκος της χάραξης

Στο τμήμα της Σαλαμίνας, η χάραξη έχει γενικά σχήμα "S" και ακολουθεί τη διαδρομή στις πλαγιές των ασβεστολιθικών λόφων, βόρεια των κατοικημένων περιοχών του νησιού (Εικόνα 46). Συγκεκριμένα:

<u>Από ΧΘ 0+000 έως ΧΘ 4+000</u>

Από την πόλη της Σαλαμίνας, η χάραξη με κατεύθυνση βόρεια-βορειοανατολική, διασχίζει για ένα περίπου χιλιόμετρο προσχωσιγενείς καλλιεργήσιμες εκτάσεις και στη συνέχεια διέρχεται από λοφώδη αυχένα, δίπλα σε υφιστάμενο σκουπιδότοπο. Στη συνέχεια στρέφεται προς τα νοτιανατολικά-ανατολικά και μέσω άγονων εκτάσεων καταλήγει στην είσοδο του ναυστάθμου του Πολεμικού Ναυτικού . Τα τελευταία πεντακόσια περίπου μέτρα του τμήματος αυτού χαράσσονται στα όρια της κοινότητας Παλουκιών, όπου και συναντάται υποσταθμός κατανομής της ΔΕΗ.

Από ΧΘ 4+000 ως ΧΘ 5+500

Ο δρόμος χαράσσεται μέσω της νησίδας του Αγίου Γεωργίου, ενώ ειδικά το τμήμα ΧΘ 4+000 ως ΧΘ 4+500 προβλέπεται να εδρασθεί κοντά στην ακτή, σε βάθος 10 μέτρων περίπου.

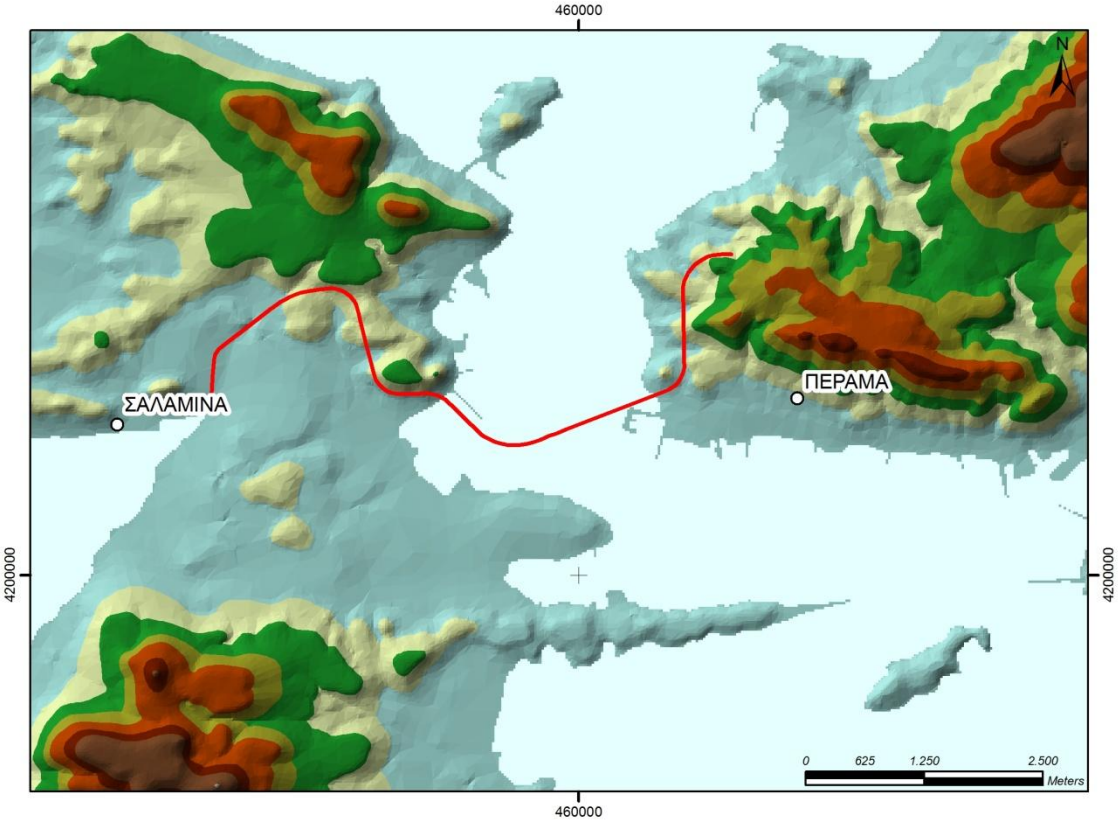
Το ανάγλυφο της περιοχής χαρακτηρίζεται από τρείς λόφους με υψόμετρα 100 περίπου μέτρων, που σχηματίζουν ισάριθμες διακριτές μισγάγγειες. Η κατεύθυνση της επιφανειακής αποστράγγισης είναι δυτική και νοτιοδυτική, αλλά ο δρόμος συναντά μία μόνο μισγάγγεια σε θέση διευρυμένης βάσης, όπου θα πρέπει να κατασκευασθεί μεγάλου βάθους επίχωμα ή γέφυρα. Οι μορφολογικές κλίσεις της περιοχής είναι της τάξης του 20% έως και 40% και διατέμνονται από το δρόμο κυρίως εφαπτομενικά. Εξαίρεση αποτελεί το τμήμα μεταξύ των ΧΘ 2+400 και ΧΘ 2+850, όπου η λοφογραμμή διατέμνεται εγκάρσια και προβλέπεται κατασκευή ορύγματος.

Από ΧΘ 6+500 έως ΧΘ 8+500

Το τμήμα αυτό της χάραξης, από τη θέση όπου ο δρόμος αναδύεται από τον υποθαλάσσιο δίαυλο στην ακτή της Αττικής (ΧΘ 6+500) ως την κατάληξη του στη λεωφόρο Σχιστού, έχει σχήμα "Γ" με κατεύθυνση αρχικά βόρεια και στη συνέχεια ανατολική. Στο αρχικό τμήμα της διαδρομής της η χάραξη ακολουθεί πορεία παράλληλη προς την ακτογραμμή και τον υφιστάμενο δρόμο, ενώ στη συνέχεια βαίνει εσωτερικά, στις πλαγιές των ασβεστολιθικών λόφων έως τη λεωφόρο Σχιστού.

Το ανάγλυφο της περιοχής είναι λοφώδες και συνιστά τις προς τη θάλασσα απολήξεις του ασβεστολιθικού όγκου. Χαρακτηρίζεται από διαδοχικές ράχεις και ρεματιές, διατεταγμένες με κατεύθυνση Α-Δ και ΑΝΑ-ΔΒΔ. Η μορφολογία αυτή είναι αποτέλεσμα της έντονης ρηγμάτωσης και της ταυτόχρονης δράσης των παραγόντων της διάβρωσης, που έχουν επηρεάσει τους λατυποπαγείς Τριαδικούς ασβεστόλιθους. Ο σχεδιαζόμενος δρόμος τέμνει εγκάρσια το ανάγλυφο αυτό και συναντά μορφολογικές κλίσεις της τάξης του 20% έως και 40% περίπου. Προβλέπονται διαδοχικά ορύγματα και επιχώματα, μέγιστου ύψους στον άξονα έως και 45 μέτρα.

Οι διατεμνόμενες μισγάγγειες ως τη ΧΘ 8+500, έχουν σχετικά διευρυμένη βάση και καλύπτονται από κορήματα και αποσαθρωμένο ασβεστολιθικό υλικό, πάχους σε ορισμένες θέσεις έως και 20 μέτρα. Η μορφολογία στο τμήμα αυτό προσφέρεται για την κατασκευή επιχωμάτων αντί γεφυρών, αφού οι συνθήκες επιτρέπουν την ικανοποιητική κατά στρώσεις συμπίεση του.



Εικόνα 46. Τρισδιάστατος μορφολογικός χάρτης της περιοχής Σαλαμίνας-Περάματος. Με κόκκινη γραμμή η όδευση του έργου.

8.3 Τεκτονικές συνθήκες κατά μήκος της χάραξης

Όπως αναφέρθηκε προηγούμενα, στην περιοχή της **Σαλαμίνας** οι ασβεστολιθικοί λόφοι και τα περιβάλλοντα πετρώματα έχουν δεχθεί την επίδραση μεγάλου αριθμού ρηγμάτων, το ίχνος πολλών από τα οποία είναι εμφανές για αρκετές εκατοντάδες μέτρα. Παράλληλα η ύπαρξη πλειοκαινικής ηλικίας ιζημάτων στην νησίδα Αγ. Γεωργίου και το μεγάλο πάχος αλλουβιακών αποθέσεων που διαπιστώθηκαν από τη γεωτεχνική έρευνα στις γεωτρήσεις 9Α,10Α,11Α και 12Α,

αποδεικνύουν την ύπαρξη ρήγματος παράλληλου προς την ακτή, η δράση του οποίου συνέβαλε στη δημιουργία του διαύλου Περάματος-Σαλαμίνας.

Το σύνολο των ρηγμάτων του τμήματος από αρχή ως ΧΘ 4+000, ανάλογα με το είδος των πετρωμάτων που επηρεάζουν, μπορούν να διακριθούν σε δύο ομάδες:
- Στα ρήγματα που συνδέονται με τα σχιστοκερατολιθικά πετρώματα και τους οφιόλιθους που παρατηρούνται στα περιθώρια των λόφων. Στα ρήγματα της ομάδας αυτής η διάβρωση δεν επιτρέπει τη διαμόρφωση σαφούς εικόνας για το είδος και το μεγέθος της μετατόπισης.
- Στα ρήγματα που η δράση τους φαίνεται μόνο πάνω στα ασβεστολιθικά πετρώματα, ιδιαίτερα δε στο τμήμα από ΧΘ 2+000 ως ΧΘ 4+000. Πρόκειται για κανονικά ρήγματα και η μετατόπιση μεταξύ των δύο τεμαχών τους είναι από λίγα εκατοστά ως δέκα περίπου μέτρα.

Η ρηγματογόνος αυτή τεκτονική έχει επίσης δημιουργήσει μεγάλο αριθμό ασυνεχειών κυρίως στους ιουρασικούς ασβεστόλιθους, πολλές από τις οποίες έχουν δευτερογενώς πληρωθεί από ασβεστιτικό υλικό. Τα γεωμετρικά στοιχεία των επιφανειών αυτών των ασυνεχειών είναι καθοριστικής σημασίας για τη συμπεριφορά της βραχομάζας.

Στην περιοχή του **Περάματος** η χάραξη έχει δεχθεί την επίδραση αρκετών ρηγμάτων, η δράση των οποίων είναι εμφανής στους ασβεστόλιθους. Τα ρήγματα αυτά ομαδοποιούνται σε τρεις μεγάλες κατηγορίες ανάλογα με τη διεύθυνση τους.
Περισσότερο αξιόλογα είναι τα ρήγματα με διεύθυνση Α-Δ, που βρίσκονται στην αρχή της χάραξης, μεταξύ των ΧΘ 6+500 και ΧΘ 8+500. Πρόκειται για ρήγματα με ίχνος μεγάλου μήκους, τα οποία διατάσσονται σχεδόν παράλληλα προς τον άξονα των μισγαγγειών και των ράχεων της περιοχής, με συνακόλουθες δομές τον μεγάλο αριθμό των ασυνεχειών που παρουσιάζει η βραχομάζα. Στην ίδια περιοχή έχει αναγνωρισθεί και διάρρηξη με διεύθυνση Β-Ν, παράλληλη προς την ακτογραμμή, η συνέχεια της οποίας ενδεχομένως έχει καλυφθεί από τις νεώτερες αποθέσεις των κορημάτων.

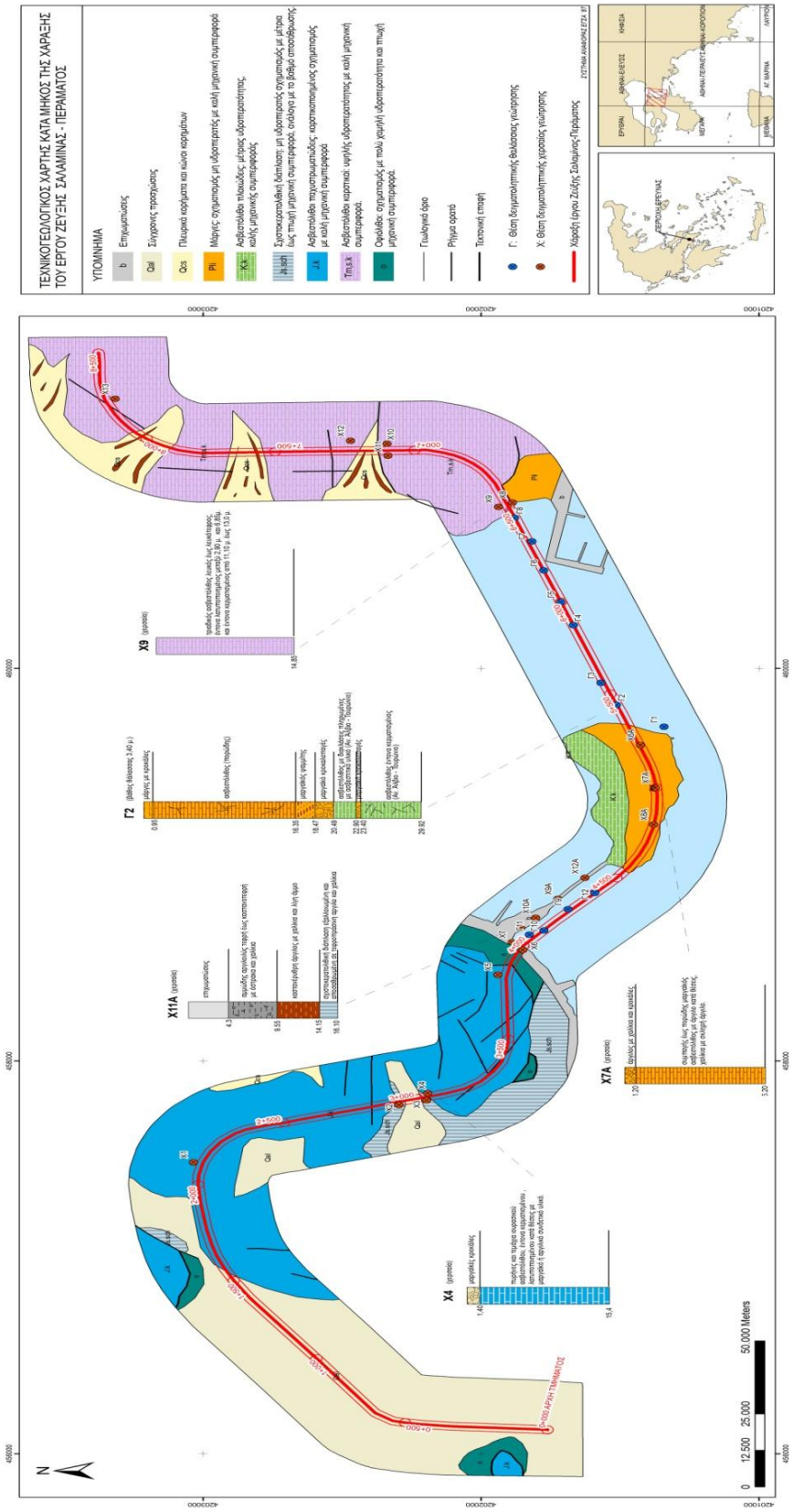
Μικρότερης σημασίας είναι τα ρήγματα με διευθύνσεις ΒΔ-ΝΑ και ΒΑ-ΝΔ, τα οποία παρουσιάζονται στο υπόλοιπο τμήμα της χάραξης, μετά τη Χθ 8+500. Η δράση

των ρηγμάτων αυτών συνδέεται άμεσα με τη δημιουργία της κλιμακωτής μορφολογίας στην περιοχή και των πολυάριθμων μισγαγγειών.

Η ρηγματογόνος αυτή τεκτονική είχε σαν συνέπεια τον πολυκερματισμό των ασβεστολίθων, η λατυποπαγής υφή των οποίων αποτέλεσε ευνοϊκό παράγοντα για την χαλάρωση της βραχόμαζας. Είναι ευνόητο ότι και στο τμήμα αυτό του έργου τα γεωμετρικά στοιχεία των επιφανειών ασυνέχειας έχουν καθοριστική σημασία στην συμπεριφορά της βραχομάζας.

8.4 Γεωλογικές – Γεωτεχνικές συνθήκες κατά μήκος της χάραξης

Η κατασκευή του τεχνικογεωλογικού χάρτη αφορά σε μια ζώνη πλάτους 500 μέτρων κατά μήκος της χάραξης της ζεύξης (Εικόνα 47). Στον χάρτη δίνονται και χαρακτηριστικές τομές γεωτρήσεων σε διάφορες θέσεις κατά μήκος του έργου. Οι γεωλογικοί σχηματισμοί της περιοχής, με χρονολογική σειρά από τους νεώτερους προς τους παλαιότερους, είναι οι ακόλουθοι:


ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΧΑΡΑΞΗΣ
ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΖΕΥΞΗΣ ΣΑΛΑΜΙΝΑΣ - ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ
ΥΠΟΜΝΗΜΑ
b Επιμαμώτιστος
Qal Σύγχρονες προσχώσεις
Qcs Πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων
Pli Μάργες σχηματισμός μη υδροστρωτός με καλή μηχανική συμπεριφορά
K1c Ασβεστόλιθοι πλακώδεις μέτριας υδροστρωτότητας, καλής μηχανικής συμπεριφοράς
Jk,pch Συστηματοποιημένη διάπλαση μη υδροστρωτός σχηματισμός με μέτριο έως πτωχή μηχανική συμπεριφορά, ανάλογη με το βάθος υποσβέσεως
J,k Ασβεστόλιθοι παχυστρωματώδεις, καρστικοποιημένος σχηματισμός με καλή μηχανική συμπεριφορά
Tm,s,k Ασβεστόλιθοι καρστικοί υψηλής υδροστρωτότητας με καλή μηχανική συμπεριφορά.
k Ορυκτόλιθοι σχηματισμός με πολύ χαμηλή υδροστρωτότητα και πτωχή μηχανική συμπεριφορά.
Γεωλογικό όριο
Ρήγμα ορατό
Τεκτονική επαφή
Γ: Θέση δειγματοληψίας θαλάσσας γεώτρησης
Χ: Θέση δειγματοληψίας χερσαίας γεώτρησης
Χάραξη έργου Ζεύξης Σαλαμίνας-Περάματος
ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ ΕΓΣΑ 87
ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΡΕΥΝΑΣ
ΑΘΗΝΑ-ΕΛΕΥΣΙΣ
ΑΘΗΝΑ-ΠΕΙΡΑΙΑΣ-ΕΛΕΥΣΙΝΑ-ΚΟΡΙΝΘΟΣ
ΑΘΗΝΑ
Γ2
X9
X11A
X4
X7A
Γ1
Γ3
Γ4
Γ5
Γ6
Γ7
Γ8
Γ9
Γ10
Γ11
Γ12
Γ13
Γ14
Γ15
Γ16
Γ17
Γ18
Γ19
Γ20
Γ21
Γ22
Γ23
Γ24
Γ25
Γ26
Γ27
Γ28
Γ29
Γ30
Γ31
Γ32
Γ33
Γ34
Γ35
Γ36
Γ37
Γ38
Γ39
Γ40
Γ41
Γ42

ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ

Πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων (Qcs): Ασύνδετα υλικά από αμμοχάλικα, κροκάλες και ογκόλιθους ποικίλου μεγέθους, ασβεστολιθικής σύστασης που καλύπτουν τα χαμηλότερα τοπογραφικά σημεία των μισγαγγειών της περιοχής και τις ανατολικές πλαγιές των λόφων στην έκταση του Ναυστάθμου.

Σύγχρονες προσχώσεις (Qal): Οι προσχώσεις καλύπτουν σημαντικές εκτάσεις σε μεγάλο μήκος της χάραξης. Πρόκειται για μη συνεκτικό σχηματισμό που αποτελείται κυρίως από αμμοαργίλους, ιλύες και κροκαλολατύπες.

ΝΕΟΓΕΝΕΣ (ΠΛΕΙΟΚΑΙΝΟ)

Μάργες (Pli): Μαργαϊκά κυρίως ιζήματα, που απαντώνται σε περιορισμένη έκταση στο νεκροταφείο του Περάματος καθώς και σε μεγάλο τμήμα της νησίδας Αγίου Γεωργίου. Αποτελούνται από ασβεστιτικές μάργες έως και μαργαϊκούς ασβεστόλιθους.

ΑΝΩΤΕΡΟ ΚΡΗΤΙΔΙΚΟ

Ασβεστόλιθοι πλακώδεις (K.k): Πλακώδεις ασβεστόλιθοι που αναπτύσσονται σε περιορισμένη εμφάνιση στο βόρειο τμήμα της νησίδας Αγίου Γεωργίου.

ΙΟΥΡΑΣΙΚΟ

Σχιστοκερατολιθική διάπλαση (Js.sch): Εναλλαγές αργιλικών σχιστολίθων, κερατολίθων και λεπτοπλακωδών ασβεστολίθων χρώματος ερυθρού έως τεφρόμαυρου. Συνήθως καλύπτονται από αποσαθρωμένο μανδύα ή/και πλευρικά κορήματα πάχους έως και 2 περίπου μέτρα.

Η παρουσία των σχιστοκερατολιθικών ιζημάτων στις παρυφές των ασβεστολιθικών λόφων της περιοχής έρευνας οφείλεται σε τεκτονικά αίτια.

Ασβεστόλιθοι παχυστρωματώδεις (J.k): Στρωματώδεις έως παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι, χρώματος λευκού έως λευκότεφρου, με παρεμβολές κατά θέσεις δολομιτικών εμφανίσεων. Ο σχηματισμός αυτός παρουσιάζει ασθενή καρστική διάβρωση και έντονη διάρρηξη. Οι επιφάνειες ασυνέχειας, ποικίλου εύρους, είναι συνήθως πληρωμένες με ασβεστίτη που σε πολλές θέσεις σχηματίζει μεγάλου μήκους ασβεστιτικές φλέβες.

ΤΡΙΑΔΙΚΟ

Ασβεστόλιθοι καρστικοί Τριαδικού (Tm, s.k): Παχυστρωματώδεις έως άστρωτοι ασβεστόλιθοι, κατά θέσεις δολομιτικοί, χρώματος τεφρού, με λατυποπαγή υφή.

Παρουσιάζουν εκτεταμένη καρστική διάβρωση και πολυκερματισμό με αποτέλεσμα την αδυναμία ασφαλούς προσδιορισμού της στρώσης τους. Οι επιφάνειες ασυνέχειας συνεχίζονται για μεγάλο μήκος και είναι ανοικτές ή πληρωμένες από αργιλικό, τραβερτινικό ή ασβεστιτικό υλικό.

Οφιόλιθοι (ο) : Σερπεντινιωμένοι περιοδίτες, χρώματος καστανοκόκκινου έως μαύρου, εξαλλοιωμένοι και αποσαθρωμένοι. Αποτελούν αυτοτελείς διεισδύσεις μέσα στη σχιστοκερατολιθική διάπλαση και η επαφή τους με τα υποκείμενα πετρώματα είναι πάντα τεκτονική.

Ειδικότερα, από τους παραπάνω γεωλογικούς σχηματισμούς, όπως παρουσιάζεται και στον επισυναπτόμενο χάρτη, οι σύγχρονες προσχώσεις καλύπτουν την περιοχή της **Σαλαμίνας,** όπου διέρχεται η αρχή της μελετούμενης χάραξης από τη ΧΘ 0+000 έως περίπου τη ΧΘ 1+200.

Οι κώνοι κορημάτων που αναπτύσσονται στην περιοχή της **Σαλαμίνας,** στις ανατολικές πλαγιές των λόφων της περιοχής, δεν διατέμνονται από την χάραξη, ενώ αντίθετα ο σχηματισμός αυτός διατέμνεται από την χάραξη στην περιοχή του **Περάματος**.

Τα μαργαϊκά ιζήματα του Πλειοκαίνου, που αναπτύσσονται στο μεγαλύτερο τμήμα της νησίδος του Αγ. Γεωργίου, όπως προέκυψε και από τη γεωτεχνική έρευνα, συνιστούν ένα ιδιαίτερα συνεκτικό σχηματισμό με ποσοστά πυρηνοληψίας που

φθάνουν ως το 90%. Τα μαργαϊκά ιζήματα στην περιοχή του **Περάματος** συναντώνται σε μία μόνο θέση του τμήματος της χάραξης, στη ΧΘ 6+500, κατάντη του νεκροταφείου Περάματος.

Ο σχηματισμός της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης στην περιοχή της **Σαλαμίνας** αναπτύσσεται σε μεγάλες εκτάσεις παράπλευρα της χάραξης και καλύπτεται κατά θέσεις από αποσαθρωμένο μανδύα ή/και πλευρικά κορήματα, πάχους 2 περίπου μέτρων. Σύμφωνα και με τα βιβλιογραφικά δεδομένα, οι σχιστοκερατόλιθοι επίκεινται στρωματογραφικά των ιουρασικών ασβεστόλιθων και η παρουσία τους στην περιοχή στις παρυφές των ασβεστολιθικών λόφων, οφείλεται σε τεκτονικά αίτια.

Στην περιοχή του **Περάματος** ο παραπάνω σχηματισμός απαντάται σε μια μόνο θέση, στο αριστερό τμήμα της χάραξης, στο ύψος της Χθ 7+000, αλλά δεν διατέμνεται από αυτή. Η παρουσία του σχηματισμού αυτού δεν αποκλείεται και σε άλλες θέσεις, υποκείμενη των αλπικών πετρωμάτων στην περιοχή της χάραξης, σε βάθη όμως που δεν θα επηρεάσουν το έργο. Αυτό άλλωστε αποδείχθηκε και από τα αποτελέσματα της γεωτεχνικής έρευνας, όπου εκτός της γεωτρήσεως Χ12, η συνέχεια της ασβεστολιθικής μάζας είναι βεβαιωμένη.

Οι ιουρασικοί ασβεστόλιθοι απαντώνται μόνο στην περιοχή του **Περάματος**. Κύριο χαρακτηριστικό για τη διάκρισης τους από τους άλλους ανθρακικούς σχηματισμούς κατά μήκος της ζώνης της χάραξης, είναι το συμπαγές της υφής τους και η μικρή καρστική διάβρωση που παρουσιάζουν.
Η ανάπτυξη σε βάθος της ανθρακικής ιζηματογένεσης κατά το Ιουρασικό, πιστοποιήθηκε και από τα αποτελέσματα της γεωτεχνικής έρευνας, η οποία απέδειξε επιπλέον και τις τεκτονικές επαφές μεταξύ αυτών και των πετρωμάτων της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης (Γεωτρήσεις Χ2, Χ3 και Χ4). Σημαντικό στοιχείο που αποδίδει την γεωτεχνική συμπεριφορά των ασβεστόλιθων αποτελούν οι λιθολογικές τομές που εμφανίζουν οι ασβεστόλιθοι στις θέσεις που έχουν ήδη διανοιχθεί λατομεία.

Οι ασβεστόλιθοι (εκτός από μεμονωμένες καταπτώσεις μικρών βράχων) παρουσιάζουν σχεδόν κατακόρυφα πρανή με ύψος έως και 30 μέτρα. Εξαίρεση

αποτελεί το εγκαταλελειμμένο λατομείο εντός του Ναυστάθμου το οποίο σήμερα λειτουργεί σαν ανοικτή αποθήκη συγκεντρώσεως στρατιωτικού υλικού. Στην περιοχή αυτή παρατηρήθηκαν καταπτώσεις λίθων και ροές εδαφικού υλικού (κυρίως terra rossa). Το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται σε ζώνες μυλωνιτίωσης, οι οποίες διαταράχθηκαν από την χρήση των εκρηκτικών κατά το στάδιο εκμετάλλευσης του λατομείου. Γενικά ο σχηματισμός αυτός έχει στο σύνολο του ικανοποιητική μηχανική συμπεριφορά.

Οι παχυστρωματώδεις έως άστρωτοι ασβεστόλιθοι του Τριαδικού, που δεν διατέμνονται από τη χάραξη στο τμήμα της **Σαλαμίνας**, παρουσιάζουν καρστική διάβρωση και πολυκερματισμό με αποτέλεσμα την αδυναμία ασφαλούς προσδιορισμού της στρώσης τους. Οι επιφάνειες ασυνέχειας συνεχίζονται για μεγάλο μήκος και είναι ανοικτές, ή πληρωμένες από αργιλικό, τραβερτινικό, ή ασβεστιτικό υλικό.

Στη περιοχή του **Περάματος** οι ασβεστόλιθοι αυτοί διατέμνονται από τη χάραξη και βάση των αποτελεσμάτων των γεωτρήσεων φθάνουν μέχρι του βάθους των εκσκαφών της οδού. Εξαίρεση αποτέλεσαν οι γεωτρήσεις Χ8 και Χ12 που εκτελέσθηκαν κοντά σε ρηξιγενείς ζώνες. Η γεώτρηση ΧΙ2 μέχρι του βάθους των 22 μέτρων συνάντησε άργιλο με ασβεστολιθικά χαλίκια και τρίμματα. Η εξήγηση θα πρέπει να αναζητηθεί στο κερματισμό του υλικού σαν συνέπεια του υφιστάμενου ρήγματος, σε συνδυασμό με την παρουσία καρστικών εγκοίλων ικανού όγκου. Αντίθετα η γεώτρηση Χ8 διέτρησε πλειοκαινικά μαργαϊκά ιζήματα.

Οι λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι, οι οποίοι αποτελούν το 80% περίπου των γεωλογικών σχηματισμών που απαντώνται στην χάραξη στο τμήμα του Περάματος, διατέμνονται από πολλά ρήγματα και παρουσιάζουν έντονο κερματισμό. Εμφανίζουν έντονη καρστικοποίηση, λόγω και της μεγάλης παρουσίας ασβεστίτη, η διάλυση του οποίου συμβάλλει στην διεύρυνση του υπόγειου καρστικού δικτύου.

Οι σερπεντινιωμένοι περιδοτίτες αποτελούν αυτοτελείς διεισδύσεις μέσα στα πετρώματα της σχιστοκερατολιθικής διάπλασης και παρουσιάζουν χαρακτηριστικές επιφανειακές εμφανίσεις στην περιοχή της Σαλαμίνας στην αρχή

της χάρασξης και στις χιλιομετρικές θέσεις ΧΘ 3+400 και ΧΘ 4+000. Στην περιοχή της κοινότητας Παλουκίων η οφιολιθική εμφάνιση αναμένεται να είναι μεγαλύτερη και ενδεχομένως καλύπτεται από τις οικοδομές της περιοχής. Είναι χαρακτηριστικό ότι στη ΧΘ 3+400, οι οφιόλιθοι παρατηρήθηκαν σε εκσκαφή που έγινε κατά την ανέγερση οικοδομής. Η επαφή των οφιολίθων με τα υποκείμενα πετρώματα είναι πάντα τεκτονική.

Με βάση τις παρατηρήσεις υπαίθρου και τα αποτελέσματα της γεωτεχνικής έρευνας, οι επιμέρους **στρωματογραφικές στήλες** κατά τμήματα της χάραξης έχουν ως ακολούθως:

<u>Από ΧΘ 0+000 έως ΧΘ 1+ 200</u>
Προσχώσεις
Παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι (Ιουρασικού)
Οφιόλιθοι (τεκτονική επαφή)

<u>Από ΧΘ 1+200 έως ΧΘ 2+400</u>
Παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι (Ιουρασικού)

<u>Από ΧΘ 2+400 έως ΧΘ 4+000</u>
Προσχώσεις
Παχυστρωματώδεις ασβεστόλιθοι (Ιουρασικού)
Οφιόλιθοι
Σχιστοκερατόλιθοι (τεκτονικές επαφές)

<u>Από ΧΘ 4+000 έως ΧΘ 4+500</u>
Προσχώσεις και θαλάσσιες αποθέσεις
Σχιστοκερατόλιθοι

<u>Από ΧΘ 4+500 έως ΧΘ 5+500</u>
Μάργες
Πλακώδεις ασβεστόλιθοι (Ανώτερου Κρητιδικού)

Από ΧΘ 6+500 έως ΧΘ 7+500

Πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων

Συνεκτικά κορήματα

Μαργαικά ιζήματα

Ασβεστόλιθοι

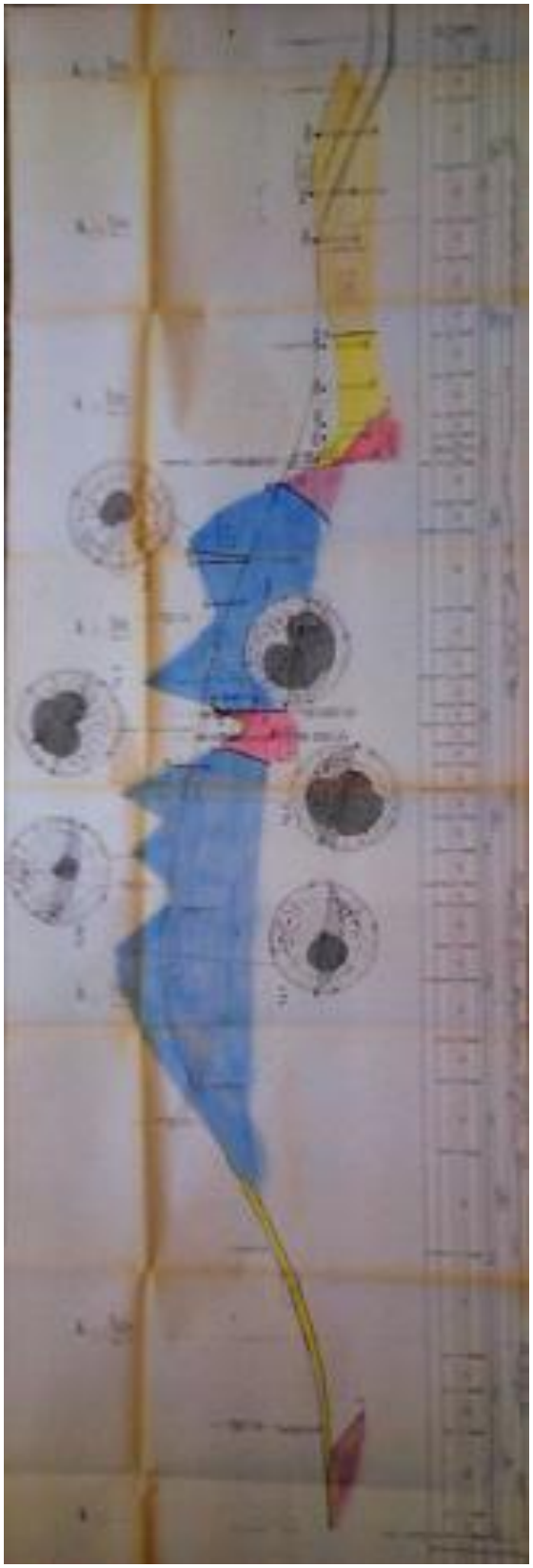
Σχιστοκερατολιθική διάπλαση

Από ΧΘ 7+500 έως ΧΘ 8+500

Πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων

Ασβεστόλιθοι

Η γεωλογική μηκοτομή που έχει δοθεί από τους μελετητές του έργου παρουσιάζεται στην εικόνα 48.



Εικόνα 48. Γεωλογική μηκοτομή κατά μήκος της χάραξης, σύμφωνα με τα στοιχεία της μελέτης του έργου.

8.5 Υδρογεωλογικά στοιχεία του έργου

Ιδιαίτερη σημασία για τις εργασίες κατασκευής των οδών πρόσβασης στη σήραγγα έχει η υδρογεωλογική συμπεριφορά των παχυστρωματωδών ασβεστόλιθων του Ιουρασικού, στους οποίους θα ανορυχθεί το σύνολο των προβλεπόμενων ορυγμάτων.

Στην περιοχή της **Σαλαμίνας,** οι Ιουρασικοί ασβεστόλιθοι παρουσιάζουν μικρή καρστικοποίηση και δευτερογενή πλήρωση των επιφανειών ασυνέχειας, οπότε και απουσιάζουν οι ευνοϊκές προϋποθέσεις διακίνησης μεγάλων όγκων υπόγειου νερού. Ο σχηματισμός βέβαια είναι υδροπερατός και το υπόγειο νερό κινείται με επίπεδο αναφοράς στις περισσότερες περιπτώσεις τη στάθμη της θάλασσας. Στο τμήμα από ΧΘ 2+000 έως ΧΘ 4+000, επίπεδο αναφοράς της υπόγειας κίνησης στη ζώνη της χάραξης αποτελούν οι σχιστοκερατολιθικές και οφιολιθικές εμφανίσεις, οι οποίες δημιουργούν προϋποθέσεις ανάπτυξης υδροαποθεματικής λεκάνης μέσα στους ασβεστόλιθους, σε μεγαλύτερα υψόμετρα.

Χαρακτηριστικό είναι το γεγονός ότι δεν διαπιστώθηκαν πουθενά ίχνη εμφάνισης νερού στις επαφές ασβεστολίθων-σχιστολίθων και ασβεστολίθων-οφιολίθων, γεγονός που αποδεικνύει ότι η υπόγεια αποστράγγιση των ασβεστολιθικών λόφων θα πρέπει να συντελείται προς τα ανατολικά. Παράλληλα, το βάθος ανάπτυξης της υδροαποθεματικής ζώνης μέσα στους ασβεστόλιθους είναι μεγάλο, συγκρινόμενο με το βάθος διαμόρφωσης της στάθμης ερυθράς της οδού και ως εκ τούτου δεν αναμένονται ιδιαίτερα προβλήματα κατά τη διάρκεια των εργασιών κατασκευής.

Υδροπερατοί είναι οι σχηματισμοί των μαργαϊκών ασβεστολίθων της νησίδας Αγίου Γεωργίου, γεγονός που πιστοποιήθηκε κατά τη γεωτεχνική έρευνα όπου υπήρχε ολική απώλεια του νερού στις γεωτρήσεις. Στους σχηματισμούς αυτούς προβλέπονται μικρές εκσκαφές διαμόρφωσης της στάθμης της ερυθράς σε υψόμετρο 2,5 περίπου μέτρων πάνω από τη στάθμη της θάλασσας και στη συνέχεια ο δρόμος εισέρχεται στον υποθαλάσσιο δίαυλο.
Τέλος οι σχιστοκερατόλοι και οι οφιόλιθοι είναι υδατοστεγανοί σχηματισμοί.

Στην περιοχή του **Περάματος** οι ασβεστόλιθοι, η υδρογεωλογική συμπεριφορά των οποίων επηρεάζει άμεσα τις μελλοντικές εργασίες της οδού, είναι ιδιαίτερα υδροπερατοί. Η φύση του υλικού τους, σε συνδυασμό με τη ρηγμάτωση και τον κερματισμό του έχουν δημιουργήσει ένα εκτεταμένο καρστικό δίκτυο, όπως διαπιστώνεται και από τις παρατηρήσεις υπαίθρου.

Όπως είναι γνωστό, οι ασβεστόλιθοι είναι μέσο διακίνησης μεγάλων όγκων νερού, προερχομένου από άμεσο κατείσδυση λόγω των βροχοπτώσεων και κινούμενου με επίπεδο αναφοράς τη στάθμη της θάλασσας. Στο βάθος αυτό αναμένεται και η δημιουργία πιεζομετρικής στάθμης του καρστικού υδροφορέα των ασβεστόλιθων, αν και τοπικά δεν αποκλείεται η ανάπτυξη επικρεμάμενων υδροφόρων οριζόντων σε μικρότερα βάθη, λόγω της συγκεντρώσεως αργιλικών και άλλων υδατοστεγανών υλικών μέσα στη μάζα του σχηματισμού. Ένα τέτοιο φαινόμενο παρατηρήθηκε στο ύφος της Χθ 7+800, όπου στην πλαγιά του λόφου εντοπίσθηκε σημείο εκροής νερού με διάσπαρτη την παρουσία τραβερτίνη.

Μια άλλη περίπτωση ανάπτυξης υδροφορίας υψηλότερα από το επίπεδο της στάθμης της θάλασσας, είναι το τμήμα μεταξύ των Χθ 6+500 και ΧΘ 7+000, όπου η υδατοστεγανή σχιστοκερατολιθική διάπλαση υπόκειται των ασβεστόλιθων.

Επισημαίνεται πάντως ότι στις γεωτρήσεις που ανορύχθηκαν σε ασβεστόλιθο και περατώθηκαν σχεδόν στο επίπεδο της ερυθράς της οδού δεν διατηρήθηκε στάθμη νερού, γεγονός που αποδεικνύει ότι η διακίνηση του μέσα στους ασβεστόλιθους δεν θα έχει ιδιαίτερη επίδραση στα έργα πολιτικού μηχανικού.

Υδατοπερατοί σχηματισμοί, χαρακτηριζόμενοι όμως από πορώδη υδροπερατότητα, είναι αυτοί των κορημάτων, συνεκτικών και μη, πάνω στα οποία θα εδρασθούν τα περισσότερα επιχώματα του τμήματος Χθ 6+500 έως ΧΘ 8+500. Τέλος, οι σχιστοκερατόλιθοι και τα μαργαϊκά πλειοκαινικά ιζήματα είναι υδατοστεγανοί σχηματισμοί, αλλά δεν διατέμνονται σε καμία θέση από το δρόμο.

8.6 Εκτίμηση σεισμικής επικινδυνότητας στην περιοχή της ζεύξης

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, στα γενικά στοιχεία της σεισμικότητας της ευρύτερης περιοχής, η θέση κατασκευής του έργου κατατάσσεται στην κατηγορία ΙΙ (μέτριας σεισμικότητας) με παρατηρηθείσα μέγιστη σεισμική ένταση VII βαθμούς της κλίμακας Mercalli. Το γεγονός ότι στην ευρύτερη περιοχή έχουν καταγραφεί σεισμοί κυρίως μεγάλου εστιακού βάθους, με μέγεθος M=7,0 έως M=7,4 βαθμούς της κλίμακας Richter, κρίνεται ευνοϊκό για τη λειτουργία του έργου καθώς οι σεισμοί βάθους δεν συνδέονται γενικά με μετρήσιμες επιφανειακές μετατοπίσεις. Από άποψη σεισμικής επικινδυνότητας των γεωλογικών υλικών που συναντώνται στη χάραξη, ιδιαίτερη σημασία έχει η συμπεριφορά των ασβεστόλιθων που είναι και το κύριο γεωλογικό υλικό που διατέμνεται.

Το σύνολο των ασβεστόλιθων κατατάσσονται στην κατηγορία (α), των εδαφών μικρής σεισμικής επικινδυνότητας. Στην ίδια κατηγορία κατατάσσονται και οι σχιστοκερατόλιθοι, οι οφιόλιθοι και τα μαργαϊκά ιζήματα του Πλειόκαινου. Αντίθετα οι προσχώσεις κατατάσσονται στην κατηγορία (β), των εδαφών μέτριας σεισμικής επικινδυνότητας. Στην συνέχεια δίδονται στον Πίνακα 2 οι τιμές του συντελεστού σεισμικής επιβάρυνσης (ε), ανά γεωλογική ενότητα, που πρέπει να ληφθούν υπ' όψη κατά τους στατικούς υπολογισμούς του έργου.

Πίνακας 2: Κατηγορία σεισμικής επικινδυνότητας ανά είδος εδάφους και συντελεστής σεισμικής επιβάρυνσης (ε), ανά γεωλογική ενότητα.

ΕΙΔΟΣ ΕΔΑΦΟΥΣ (σχηματισμοί)	ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ	ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΒΑΡΥΝΣΗΣ ΣΕ ΣΧΕΣΗ ΜΕ ΤΗ ΣΠΟΥΔΑΙΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ	
		ΣΥΝΗΘΗΣ	ΜΕΓΑΛΗ
Κορήματα, Συνεκτικά κορήματα	β	0 ,08	0,12
Προσχώσεις	β	0,08	0,12
Μαργαϊκά ιζήματα	α	0 ,06	0 ,09
Ασβεστόλιθοι	α	0,06	0 ,09
Οφιόλιθοι	α	0 ,06	0 ,09
Σχιστοκερατόλιθοι	α	0,06	0 ,09

8.7 Υλικά δανειοθαλάμων

Στο κεφάλαιο αυτό αναφέρονται ορισμένες ποιοτικές παρατηρήσεις για την καταλληλότητα των υλικών της χάραξης για τις ανάγκες του έργου. Στην περιοχή της **Σαλαμίνας**, οι ασβεστόλιθοι που θα εκσκαφούν αναμένεται να αποδώσουν χαλίκια και ογκολίθους, αλλά και μικρές ποσότητες αργιλικού υλικού. Το προϊόν των εκσκαφών αναμένεται να παρουσιάσει περίσσεια αδρομερών συστατικών, τα οποία θα πρέπει να θρυμματιστούν περαιτέρω. Το τελικό αυτό προϊόν θεωρείται ότι θα πληροί σε γενικές γραμμές τις απαιτούμενες μηχανικές ιδιότητες για την κατασκευή των επιχωμάτων.

Στην περιοχή του **Περάματος,** οι λατυποπαγείς ασβεστόλιθοι που θα εκσκαφούν αναμένεται επίσης να αποδώσουν χαλίκια και ογκολίθους αλλά και μικρές ποσότητες αργιλικού υλικού. Το προϊόν των εκσκαφών ενδεχομένως θα παρουσιάσει περίσσεια αδρομερών συστατικών, τα οποία όμως εύκολα μπορούν να θρυμματιστούν περαιτέρω, λόγω και της λατυποπαγούς υφής τους. Και εδώ το τελικό προϊόν θεωρείται ότι θα πληροί σε γενικές γραμμές τις απαιτούμενες μηχανικές ιδιότητες για την κατασκευή των επιχωμάτων.

Έτσι, και στις δύο απέναντι περιοχές οι ασβεστόλιθοι μπορούν να χρησιμοποιηθούν και σαν λατομείο θραυστών και σκύρων για τις ανάγκες των υλικών οδοστρωσίας, γεγονός που συντελεί και στην οικονομικότητα του έργου.

9. ΣΥΝΟΨΗ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

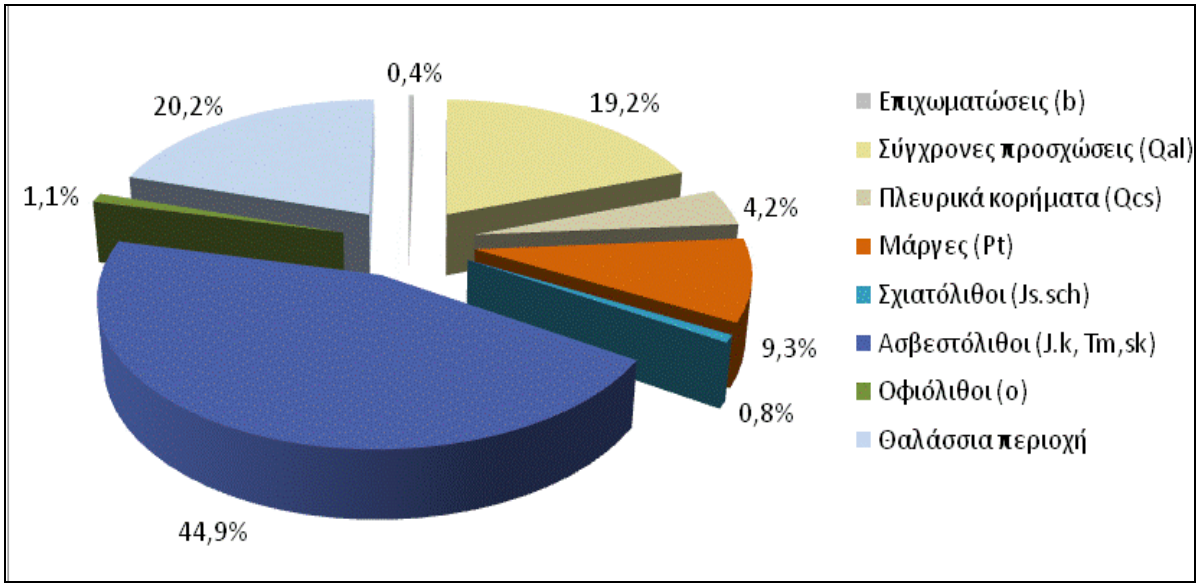
- Η κατασκευή μιας υποθαλάσσιας οδικής σήραγγας στο δίαυλο Σαλαμίνας-Περάματος προβλέπεται στο άμεσο μέλλον, για τη σύνδεση του νησιού με την Αττική. Η χάραξη της σχεδιάστηκε από την ακτή του Περάματος έως τις ακτές της Σαλαμίνας, περνώντας από τη νησίδα του Αγίου Γεωργίου που βρίσκεται ανάμεσά τους.

- Η σήραγγα θα έχει μήκος περίπου 1,1 χιλιόμετρο και με τις προσβάσεις της συνολικό μήκος περί τα 3 χιλιόμετρα. Το τελικό μήκος του δρόμου που θα κατασκευασθεί στο πλαίσιο του έργου θα είναι 17,5 και το κόστος του έργου έχει αρχικά προϋπολογιστεί σε περίπου 350 εκ. ευρώ.

- Η υποθαλάσσια σήραγγα Σαλαμίνας-Περάματος, όπως και η σήραγγα Ακτίου-Πρέβεζας, θα είναι προκατασκευασμένη κατά τμήματα και θα τοποθετηθεί πάνω σε αύλακα που θα εκσκαφτεί στον πυθμένα. Μετά τη σφράγιση των αρμών συνδέσεως των επί μέρους τμημάτων θα γίνει επικάλυψη της όλης κατασκευής.

- Οι έρευνες και μελέτες για το έργο έχουν ξεκινήσει από το 1990 και έχουν ολοκληρωθεί, αναμένεται δε η εκδήλωση ενδιαφέροντος για το σχετικό διαγωνισμό, η οποία είχε προγραμματιστεί να γίνει μέσα στο 2012.

- Η έδραση της σήραγγας, των προσβάσεών της αλλά και του υπόλοιπου οδικού έργου σε ένα μήκος 8,5 χιλιομέτρων που μελετήθηκε ιδιαίτερα στο πλαίσιο της διπλωματικής (και παρουσιάζεται στον χάρτη που κατασκευάστηκε) θα γίνει σε διαφορετικούς γεωλογικούς σχηματισμούς. Το μεγαλύτερο μήκος καλύπτουν οι ασβεστολιθικοί σχηματισμοί, σε ποσοστό 45% περίπου. Οι σύγχρονες προσχώσεις εμφανίζονται σε ποσοστό 19%, οι νεογενείς μάργες 9% τα πλευρικά κορήματα καλύπτουν 4% περίπου, ενώ σε ελάχιστο μήκος απαντούν οι οφιόλιθοι (~1%), οι σχιστοκερατόλιθοι (~0,8%) και οι επιχωματώσεις (~0,4%) (Εικόνα 49).



Εικόνα 49. Ποσοστιαία αναλογία των γεωλογικών σχηματισμών κατά μήκος της χάραξης του έργου.

- Σύμφωνα και με τα στοιχεία των γεωτεχνικών ερευνών που έχουν γίνει για το έργο, η ποιότητα των γεωλογικών σχηματισμών μπορεί να χαρακτηριστεί αρκετά καλή, ενώ δεν αναμένεται να υπάρξουν και ιδιαίτερα προβλήματα από υδρογεωλογική άποψη.

- Στην ευρύτερη περιοχή διαπιστώθηκε η ύπαρξη πολυάριθμων ρηγμάτων που κόβουν τόσο τους νεογενείς-τεταρτογενείς σχηματισμούς, όσο και το προνεογενές υπόβαθρο. Τα ρήγματα κατατάσσονται σε τρία ρηξιγενή συστήματα με διεύθυνση Α-Δ, ΒΔ-ΝΑ μέχρι ΒΒΔ-ΝΝΑ και ΒΑ-ΝΔ, με σημαντικότερα να θεωρούνται τα ρήγματα διεύθυνσης Α-Δ, τα οποία έχουν κύρια συμβάλλει στη διαμόρφωση της πρόσφατης μορφολογικής εικόνας της περιοχής.

- Από την άποψη της ενεργότητας των ρηγμάτων, το πλησιέστερο ρήγμα στην περιοχή του έργου είναι το κανονικό ρήγμα Περάματος-Νέου Ικονίου-Σαλαμίνας που συνδέεται με εφελκυστικές τάσεις διευθύνσεως Β-Ν. Το ρήγμα αυτό μπορεί να θεωρηθεί δυνητικώς ενεργό με βάση γεωλογικά κριτήρια.

- Οι διακλάσεις που επηρεάζουν τους γεωλογικούς σχηματισμούς του υποβάθρου εμφανίζουν σχετική διασπορά και ακολουθούν κύριες διευθύνσεις Α-Δ, ΒΑ-ΝΔ έως ΒΒΔ-ΝΝΑ και ΒΔ-ΝΑ.

- Σε ότι αφορά την πιθανή εκδήλωση επιφανειακών μετατοπίσεων ρηγμάτων κατά τη διάρκεια μελλοντικού σεισμού, όπως προκύπτει από τα ιστορικά και πρόσφατα σεισμολογικά δεδομένα της περιοχής δεν είναι γνωστή ανάλογη περίπτωση στο παρελθόν, οπότε και αυτή δεν θεωρείται πολύ πιθανή. Εξάλλου, οι μεγαλύτεροι σεισμοί στην περιοχή της Σαλαμίνας προέρχονται από εστία μεγάλου βάθους και όπως είναι προφανές τέτοιοι σεισμοί δεν έχουν άμεση σύνδεση με εδαφικές διαρρήξεις.

- Τέλος, σχετικά με την κοινωνική διάσταση του θέματος και τις κατά καιρούς εκφραζόμενες απόψεις αντίθεσης στην πραγματοποίηση του έργου, η προσωπική μας άποψη είναι ότι η κατασκευή της σήραγγας θα αποβεί θετική και θα διευκολύνει τους κατοίκους αλλά και τους επισκέπτες του νησιού. Αντίστοιχο άλλωστε παράδειγμα έχουμε από την κατασκευή και λειτουργία της υποθαλάσσιας σήραγγας Ακτίου-Πρέβεζας.

10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ρόζος Δ., 2007 Τεχνική Γεωλογία ΙΙ. Σχολή Μηχανικών Μεταλλείων-Μεταλλουργών

Βρεττός Χ., Κόλιας Β., Παναγιωτάκος Τ., Richter T. 2008. Ανάλυση Σεισμικής Απόκρισης Υποθαλάσσιας Σήραγγας με Επιβολή Μετακινήσεων. 3ο Πανελλήνιο Συνέδριο Αντισεισμικής Μηχανικής & Τεχνικής Σεισμολογίας, CD volume.

Γαϊτανάκης Π. 1982. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, κλίμακας 1:50.000, Φύλλο «Αθήναι-Πειραιεύς», ΙΓΜΕ.

Γαϊτανάκης Π., Μέττος Α., Κουτσουβέλη Α., Ροντογιάννη Θ. 1984. Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, κλίμακας 1:50.000, Φύλλο «Μέγαρα», ΙΓΜΕ.

ΓΑΜΜΑ-4 ΕΠΕ & ΤΡΙΤΩΝ ΕΠΕ .1991. Έργο Ζεύξης Σαλαμίνας – Περάματος και προσπελάσεων. Υπουργείο Χωροταξίας Περιβάλλοντος & Δημοσίων Έργων.

Θεοχάρης Δ. 2001. Ρηξιγενής νεοτεκτονικός ιστός της νήσου Σαλαμίνας. Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης, Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Makris J., Papoulia J. & Drakatos G., 2004. Tectonic deformation and microseismicity of the Saronikos gulg, Greece. B.S.S.A., 94, 3, 920-929.

Μαριολάκος Η., Φουντούλης Ι. & Θεοχάρης Δ. 2001. Νεοτεκτονική δομή και εξέλιξη της νήσου Σαλαμίνας. Δ Ε Γ.Ε., XXXIV/1, 165-173.

Papazachos B. and Papazachou C. 1997. The earthquakes of Greece. Ziti ed.

Περισοράτης Κ. κ.α. 1991. Υποθαλάσσιες γεωλογικές έρευνες για τη ζεύξη Σαλαμίνας-Περάματος. Αδημοσίευτη έκθεση ΙΓΜΕ.

Ροντογιάννη Θ. και Γαλανάκης Δ. 1991. Νεοτεκτονική μελέτη περιοχής Σαλαμίνας-Περάματος. Αδημοσίευτη έκθεση ΙΓΜΕ.

Rondoyanni Th., Mettos A., Galanakis D, Georgiou Ch., 2000. The Athens earthquake of September 7, 1999. Its setting and effects. Annales Géologiques des Pays Helléniques, XXXVIII, 131-144.

Rondoyanni Th., Marinos P. 2007. The crossing of a tectonically active area: the Athens-Corinth highway and railway in Greece. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 67, 259-266.

Τάταρης Α. & Σίδερης Χρ. 1989. Γεωλογική δομή του Νοτ. Αιγάλεω και συσχετισμός προς την απέναντι περιοχή Σαλαμίνας. Δ Ε Γ Ε., XXIII/1, 303-320.

Φράγκος Α. 2009. Σχεδιασμός σηράγγων σε θαλάσσιο περιβάλλον. Μεταπτυχιακή εργασία , Ε.Μ.Π.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

(Ενδεικτικά διαγράμματα δυνητικών ολισθήσεων

βραχωδών πρανών)

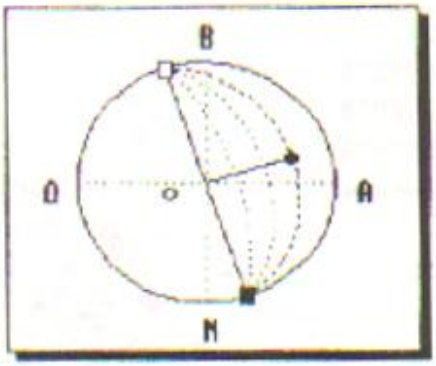
ΠΕΡΙΟΧΗ ΣΑΛΑΜΙΝΑΣ

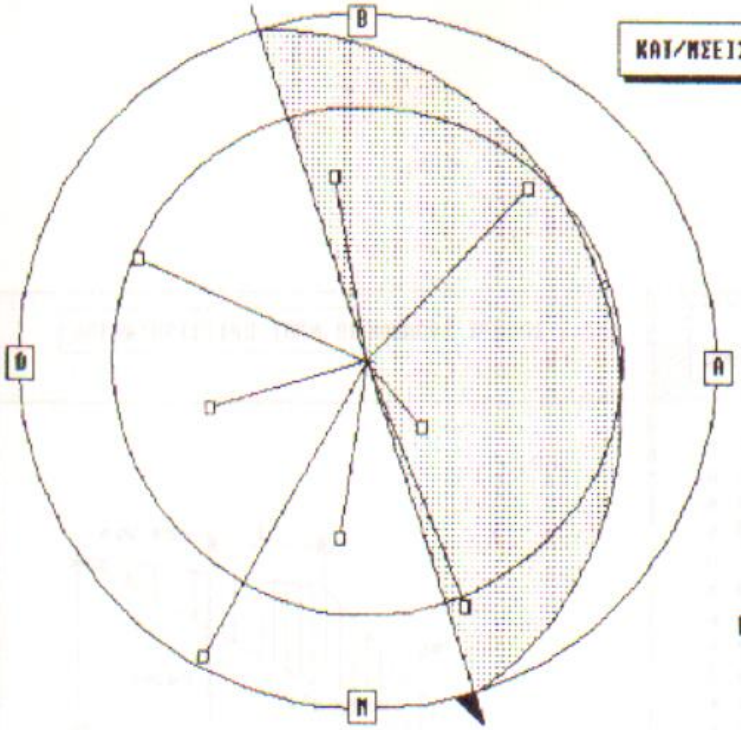
ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΒΡΑΧΩΩΝ ΠΡΑΝΩΝ
ΕΡΓΟΝ: ΖΕΥΞΗ ΣΑΛΑΜΙΝΑΣ - ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ
Τεκτονικα διαγραμματα αρ.(2)

Πρανες [α , β] = α , 72°
Ορομος [β] = 162°

Προτεινομενες
κλισεις πρανους

α (Hoek) = 30°
α (Opt.) = 50°
α (Max.) = 70°

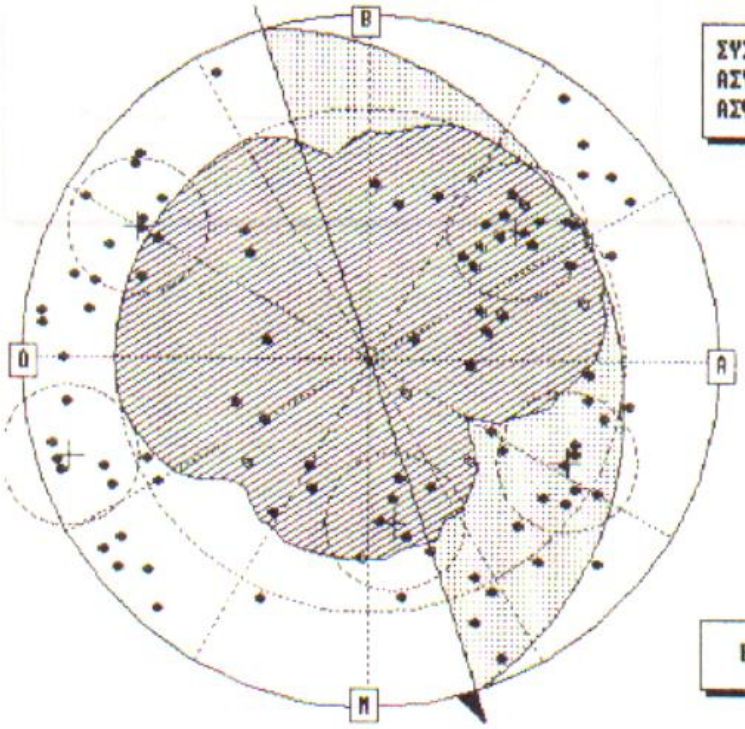




ΚΑΙ/ΝΣΕΙΣ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΑΣΤΟΧΕΙΩΝ

Γων.Τριβης φ = 28°

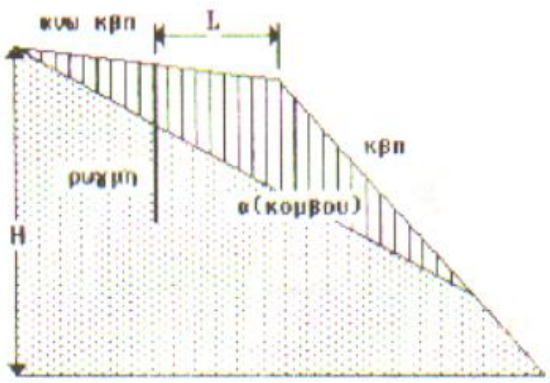
ΕΡΓΟ = ΣΑΛΑΜΙΝΑ [2]



ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΠΟΛΩΝ ΑΣΥΝΕΧΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΩΝ ΚΑΙΣΕΩΝ ΠΡΑΝΟΥΣ

ΕΡΓΟ = ΣΑΛΑΜΙΝΑ [2]

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΤΟΜΗ ΒΡΑΧΩΔΟΥΣ ΣΦΗΝΑΣ

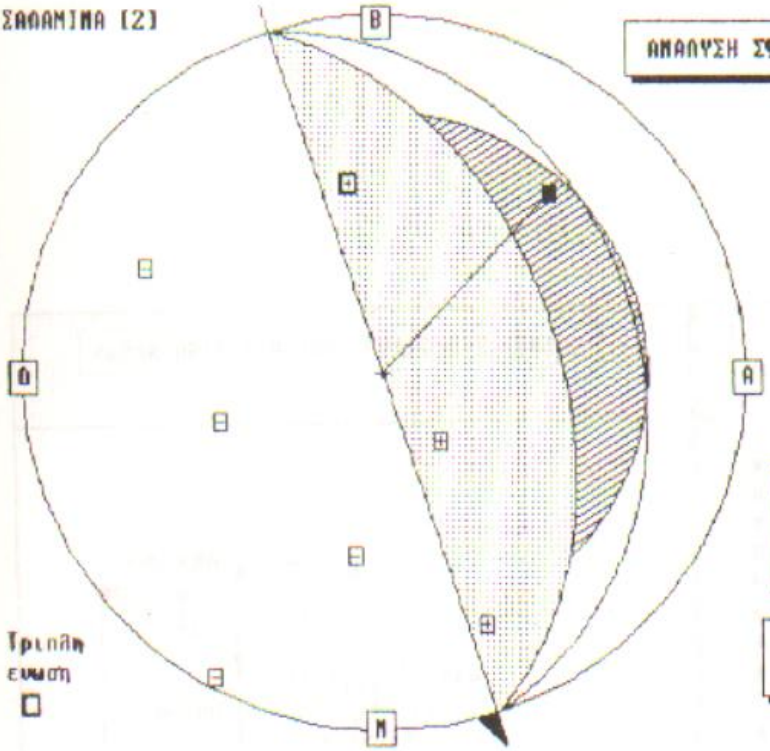


ΔΕΔΟΜΕΝΑ
ΣΦΗΝΟΕΙΔΟΥΣ ΑΣΤΟΧΕΙΑΣ

α (κβπ)	=	50°
β (κβπ)	=	72°
α (κνω κβπ)	=	1°
β (κνω κβπ)	=	73°
H (m)	=	23.0
φ (τριβη)	=	28°
α (ρωγμη)	=	90°
β (ρωγμη)	=	72°
L (ρωγμη) m	=	—
α (σεισμου)	=	0°
β (σεισμου)	=	β (κομβου)
a (σεισμου)	=	0.10
γr (KN/m^3)	=	20.0
γw (KN/m^3)	=	9.81
c (KN/m^2)	=	0 → 33

ΕΡΓΟ : ΣΑΛΑΜΙΝΑ [2]

ΣΑΛΑΜΙΝΑ [2]



ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΦΗΝΟΕΙΔΟΥΣ ΦΣΤΟΧΕΙΑΣ

Οριε Σ.Α. (Fs)

Με σεισμο 1.00
Χωρις σεισμο 1.50

Αρ. κομβου ■ = 8
Αφ.κλιση Hoek = 30°

Γιε χαμηλη τιμη {c} υπαρχει κινδυνος σφηνοειδους θρευσης

Αρ. κομβων (+) = 6
Αρ. κομβων (−) = 4

{ c } KN/m^2	Συντελεστες ασφαλειας I	II	III	IV	{ c } KN/m^2	Συντελεστες ασφαλειας I	II	III	IV
0.0	1.02	1.02	-	0.02	17.0	1.02	2.41	-	1.12
1.0	1.02	1.10	-	0.08	18.0	1.02	2.50	-	1.18
2.0	1.02	1.18	-	0.15	19.0	1.02	2.58	-	1.25
3.0	1.02	1.27	-	0.21	20.0	1.02	2.66	-	1.31
4.0	1.02	1.35	-	0.28	21.0	1.02	2.74	-	1.38
5.0	1.02	1.43	-	0.34	22.0	1.02	2.82	-	1.44
6.0	1.02	1.51	-	0.41	23.0	1.02	2.91	-	1.51
7.0	1.02	1.59	-	0.47	24.0	1.02	2.99	-	1.57
8.0	1.02	1.68	-	0.53	25.0	1.02	3.07	-	1.64
9.0	1.02	1.76	-	0.60	26.0	1.02	3.15	-	1.70
10.0	1.02	1.84	-	0.66	27.0	1.02	3.23	-	1.77
11.0	1.02	1.92	-	0.73	28.0	1.02	3.31	-	1.83
12.0	1.02	2.00	-	0.79	29.0	1.02	3.40	-	1.90
13.0	1.02	2.09	-	0.86	30.0	1.02	3.48	-	1.96
14.0	1.02	2.17	-	0.92	31.0	1.02	3.56	-	2.03
15.0	1.02	2.25	-	0.99	32.0	1.02	3.64	-	2.09
16.0	1.02	2.33	-	1.05	33.0	1.02	3.72	-	2.16

I=βαρος+σεισμος	II=I+συνοχη	III=II+ρυθμη εφελκυσμου	IV=III+πιεση νερου

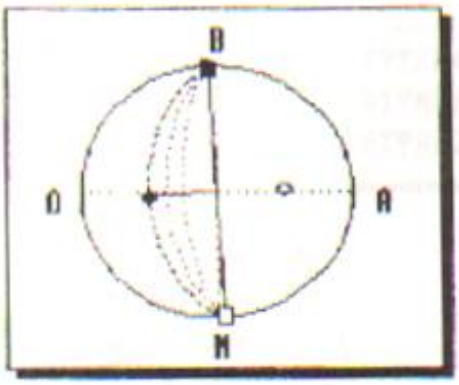
ΠΕΡΙΟΧΗ ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ

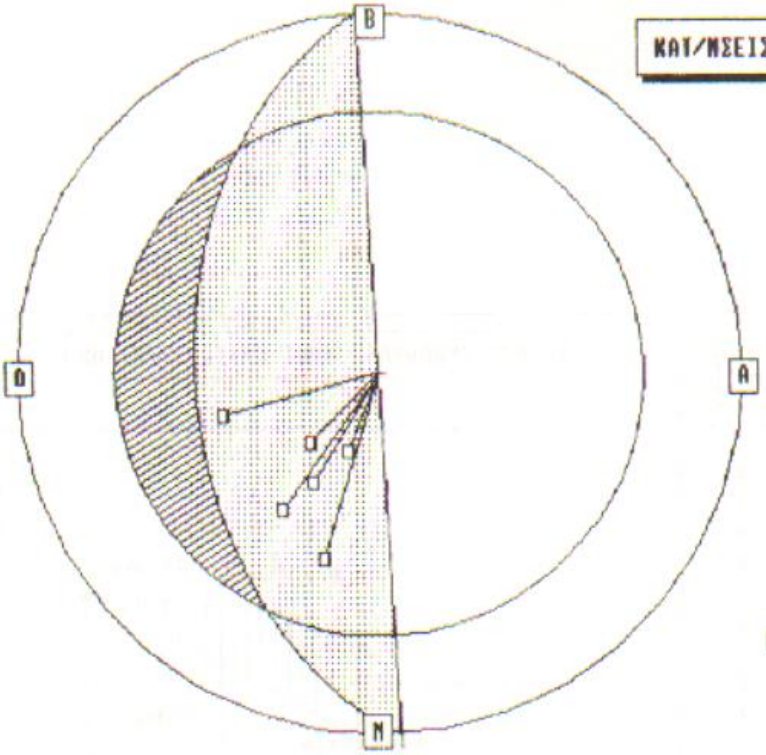
ΑΝΑΛΥΣΗ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ ΒΡΑΧΩΩΝ ΠΡΑΝΩΝ
ΕΡΓΟΝ: ΖΕΥΞΗ ΣΑΛΑΜΙΝΑΣ - ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ
Τεκτονικά διαγράμματα κρ.(6)

Πρανές [α , β] = α ,267°
Δρόμος [β] = 357°

Προτεινόμενες
κλίσεις πρανούς

α (Hoek) = 48°
α (Opt.) = 68°
α (Max.) = 78°

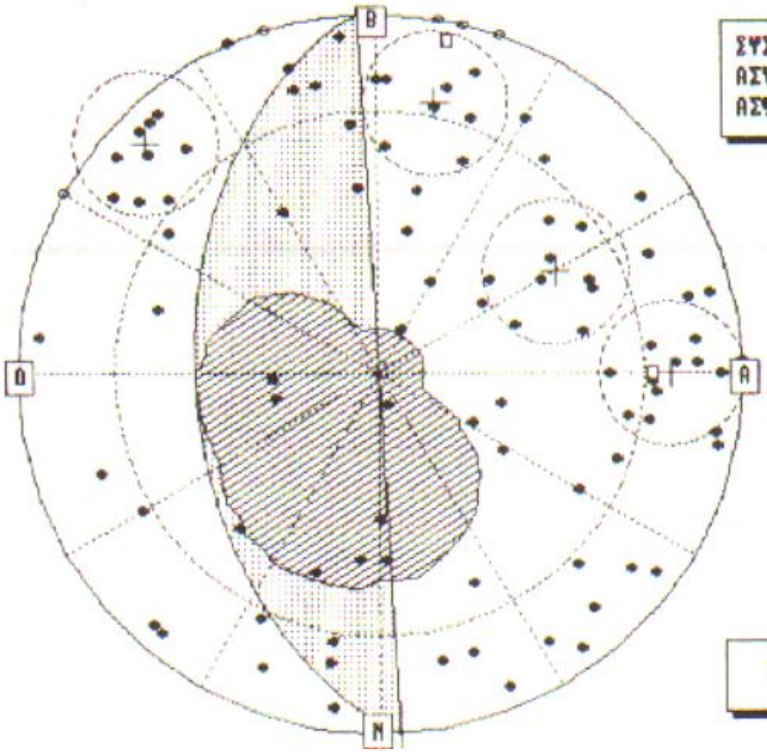




ΚΑΤ/ΝΣΕΙΣ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΑΣΤΟΧΕΙΩΝ

Γων.Τριβης φ = 28°

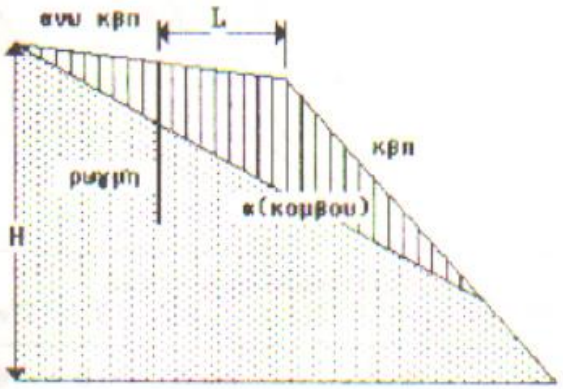
ΕΡΓΟ = ΠΕΡΑΜΑ [6]



ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΑΘΛΩΝ ΑΣΥΝΕΧΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΩΝ ΚΑΙΣΕΩΝ ΠΡΑΝΟΥΣ

ΕΡΓΟ = ΠΕΡΑΜΑ [6]

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗ ΤΟΜΗ ΒΡΑΧΩΔΟΥΣ ΣΦΗΝΑΣ

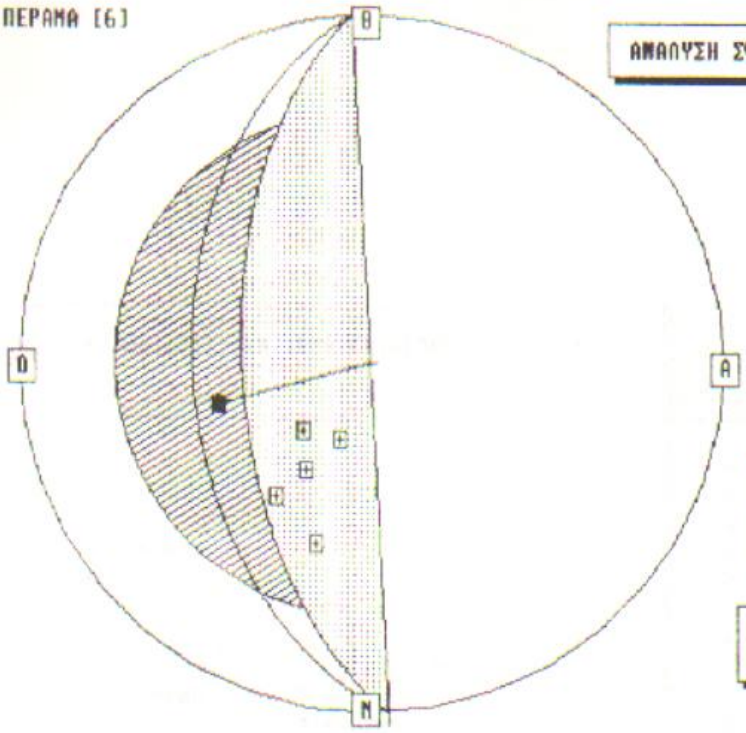


ΔΕΔΟΜΕΝΑ
ΣΦΗΝΟΕΙΔΟΥΣ ΑΣΤΟΧΕΙΑΣ

α (κβπ)	=	68°
β (κβπ)	=	267°
α (ανω κβπ)	=	1°
β (ανω κβπ)	=	268°
H (m)	=	28.0
φ (τριβη)	=	28°
α (ρωγμη)	=	90°
β (ρωγμη)	=	267°
L (ρωγμη) m	=	—
α (σεισμου)	=	0°
β (σεισμου)	=	β (κομβου)
Α (σεισμου)	=	0.10
γr (KN/m^3)	=	20.0
γw (KN/m^3)	=	9.81
c (KN/m^2)	=	0 → 33

ΕΡΓΟ : ΠΕΡΑΜΑ [6]

ΠΕΡΑΜΑ [6]



ΑΝΑΛΥΣΗ ΣΦΗΝΟΕΙΔΟΥΣ ΑΣΤΟΧΕΙΑΣ

Ορια Σ.Α. (Fs)

Με σεισμο 1.00
Χωρις σεισμο 1.50

Αρ. κομβου ■ = 6
Αφ.κλιση Hoek = 48°

Για χαμηλη τιμη (c) υπαρχει κινδυνος σφηνοειδους θραυσης

Αρ. κομβων (+) = 6
Αρ. κομβων (-) = 0

{ c } KN/m^2	Συντελεστες ασφαλειας I	II	III	IV	{ c } KN/m^2	Συντελεστες ασφαλειας I	II	III	IV
0.0	0.29	0.29	-	0.00	17.0	0.29	2.01	-	0.90
1.0	0.29	0.39	-	0.00	18.0	0.29	2.11	-	0.99
2.0	0.29	0.49	-	0.00	19.0	0.29	2.21	-	1.08
3.0	0.29	0.59	-	0.00	20.0	0.29	2.31	-	1.17
4.0	0.29	0.69	-	0.00	21.0	0.29	2.41	-	1.26
5.0	0.29	0.79	-	0.00	22.0	0.29	2.52	-	1.35
6.0	0.29	0.90	-	0.00	23.0	0.29	2.62	-	1.44
7.0	0.29	1.00	-	0.00	24.0	0.29	2.72	-	1.53
8.0	0.29	1.10	-	0.09	25.0	0.29	2.82	-	1.62
9.0	0.29	1.20	-	0.18	26.0	0.29	2.92	-	1.71
10.0	0.29	1.30	-	0.27	27.0	0.29	3.02	-	1.80
11.0	0.29	1.40	-	0.36	28.0	0.29	3.12	-	1.89
12.0	0.29	1.50	-	0.45	29.0	0.29	3.22	-	1.98
13.0	0.29	1.60	-	0.54	30.0	0.29	3.33	-	2.07
14.0	0.29	1.71	-	0.63	31.0	0.29	3.43	-	2.16
15.0	0.29	1.81	-	0.72	32.0	0.29	3.53	-	2.25
16.0	0.29	1.91	-	0.81	33.0	0.29	3.63	-	2.34

I=βαρος+σεισμος | II=I+συνοχη | III=II+ρωγμη εφελκυσμου | IV=III+πιεση νερου

ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΠΤΙΚΕΣ

ΓΕΩΤΡΗΣΕΙΣ

ΤΡΙΤΩΝ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ

ΕΡΓΟ: ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΖΕΥΞΗ ΣΑΛΑΜΙΝΑΣ - ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ
PROJECT: GEOTECHNICAL INVESTIGATION FOR THE SALAMIS-PERAMA CONNECTION

ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΗ ΤΟΜΗ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΣ - ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΩΝ
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ
BOREHOLE LOG CUMULATIVE IN SITU AND LABORATORY TEST RESULTS

ΑΡ. ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΣ: BOREHOLE Nº: Γ4 ΘΑΛΑΣΣΙΑ OFFSHORE

Σ.Θ. ΑΠΟ REPER Σ.Θ.: W.L. FROM REPER Σ.Θ.: -1,07 m
ΒΑΘΟΣ ΘΑΛΑΣΣΗΣ: WATER DEPTH: 5,15 m
ΣΤΑΘΜΗ ΘΑΛΑΣ. ΠΥΘΜΕΝΑ: SEA BOTTOM LEVEL (FROM DATUM ±0.00 M.W.L.): -5,21

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΤΡΩΣΕΩΝ — DESCRIPTION OF STRATA

ΑΡΓΙΛΟΣ ΜΕ ΧΑΛΙΚΕΣ, ΛΙΓΕΣ ΚΡΟΚΑΛΕΣ. ΚΑΤΑ ΘΕΣΕΙΣ ΨΗΦΙΟΠΑΓΕΣ Ή ΟΛΙΓΗ ΜΑΡΓΑ.

CLAY WITH GRAVEL AND A FEW COBBLES. AT PLACES CEMENTED GRAVELS OR SMALL QUANTITIES OF MARL.

ΣΥΜΠΑΓΗΣ ΕΩΣ ΠΟΡΩΔΗΣ ΜΑΡΓΑΙΚΟΣ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟΣ ΣΕ ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΜΕ ΑΣΒΕΣΤΟΜΑΡΓΑ ΚΑΙ ΑΡΓΙΛΟ. ΜΕΤΑΞΥ 24.50 -25.60 μ. ΜΑΡΓΑ ΑΡΜΝΑΙΑΣ ΠΡΟΕΛΕΥΣΗΣ. ΕΓΚΟΙΛΑ ΕΥΟΝ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΟ ΚΥΡΙΩΣ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ 17.40-19.95. ΑΠΟ 23.10-23.80μ. ΑΡΓΙΛΙΑΚΟΣ ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟΣ. ΕΝΤΟΝΟΣ ΚΙΤΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΤΑ 15 & 21μ.

SOUND TO POROUS MARLY LIMESTONE ALTERNATING WITH CLAY CALCAREOUS MARL. FORMATION OF SOG LIME FROM 24,50 m. to 25,60 m. CARSTIC CAVITIES IN THE LIMESTONE AT DEPTHS 17.40 -19.95 m. SHALE BETWEEN DEPTHS 23.10-23.80 m. FORMATION STRONGLY FRAGMENTED AT DEPTHS 15 AND 21 m.

ΠΥΘΜΕΝΑΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΣ
BOREHOLE BOTTOM.

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ SYMBOL | ΤΥΠΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ SAMPLE TYPE | ΣΥΡΟΦΟΜΕΝΗ ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ STANDARD PENETRATION TEST | ΑΡ. ΚΡΟΥΣΕΩΝ ΓΙΑ 30cm ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ NO OF BLOWS FOR 30cm PENETR.

ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ GRAIN SIZE ANALYSIS — ΜΕ ΚΟΣΚΙΝΑ % ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ SIEVE ANALYSIS % PASSING: ΧΑΛΙΚΙΑ GRAVEL 4 | ΑΜΜΟΣ SAND 10 | 40 | ΑΡΓΙΛΟΙΛΥΣ CLAY-SILT 200 | ΜΕ ΥΔΡΟΜΕΤΡΟ HYDROMETER ANALYSIS: ΑΡΓΙΛΟΣ CLAY 0.0005

ΟΡΙΑ ATTERBERG ΦΥΣΙΚΗ ΥΓΡΑΣΙΑ (ΣΧΕΤΙΚΗ ΥΔΑΡΟΤΗΤΑ I_L)
ATTERBERG LIMITS NATURAL WATER CONTENT (LIQUIDITY INDEX I_L)

ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΑΤΑ AUSCS. AUSCS SOIL CLASSIFICATION | ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ SPECIFIC GRAVITY γ_s t/m³ | ΞΗΡΟ ΒΑΘΜΟΗΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ DRY APPARENT UNIT WEIGHT γ_d t/m³ | ΥΓΡΟ ΒΑΘΜΟΗΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ WET APPARENT UNIT WEIGHT γ_w t/m³ | ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΡΩΝ VOID RATIO e

Z (m)	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ SYMBOL	ΤΥΠΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ	ΣΥΡΟΦΟΜΕΝΗ ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗΣ	ΑΡ. ΚΡΟΥΣΕΩΝ	ΧΑΛΙΚΙΑ GRAVEL 4	ΑΜΜΟΣ SAND 10	40	ΑΡΓΙΛΟΙΛΥΣ CLAY-SILT 200	ΑΡΓΙΛΟΣ CLAY 0.0005	ΟΡΙΑ ATTERBERG	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΑΤΑ AUSCS	γ_s t/m³	γ_d t/m³	γ_w t/m³	e
1		B	SPT	N=51/12cm (1,70)											
2		B	SPT	N=51/30cm (4,75)											
3	K	B	SPT	N=51/4cm (6,20)											
4	K	B	SPT												
5		B			82	67	46	37							
6															
7					57	46	30	22							
8															
9															
10					62	51	41	32							
11															
12		B	SPT	N=51/12cm (12,65)	93	83	72	60			CH				
13		B			76	68	57	43			SC				
14															
15	K														
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															
28															
29															
30															
31															
32															
33															
34															
35															

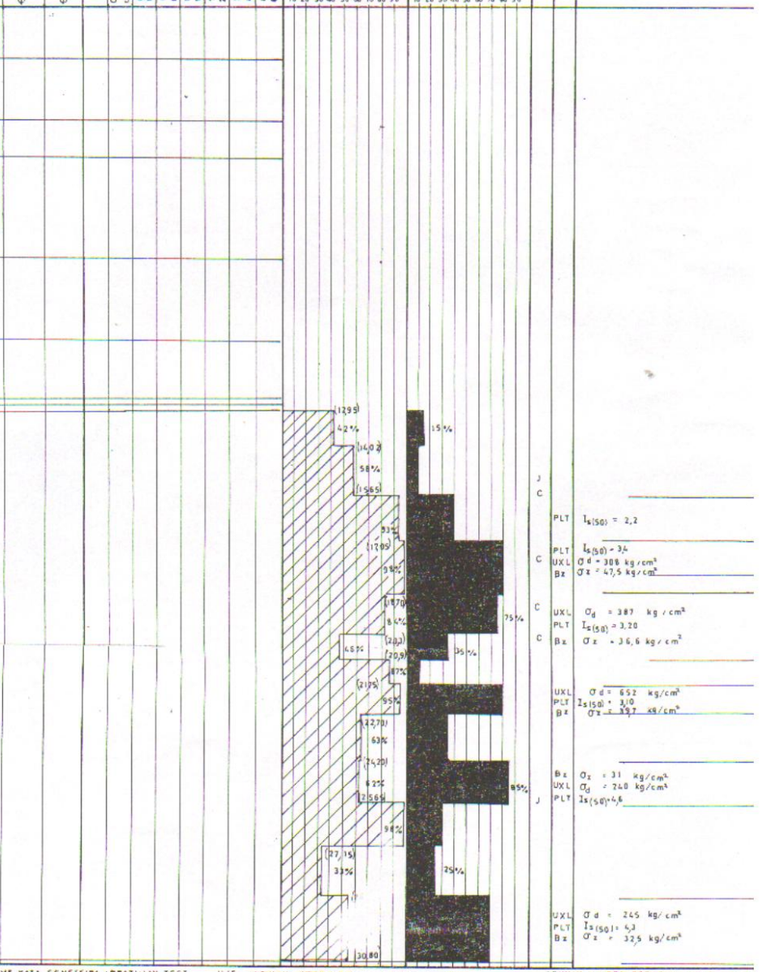
ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗ ΘΛΙΨΗ UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH q_u kg/cm² | ΔL/L % | ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ SHEAR STRENGTH PARAMETERS: ΤΥΠΟΣ ΔΟΚ TEST TYPE | C kg/cm² | φ | C kg/cm² | φ

ΔΟΚΙΜΗ ΣΥΜΠΙΕΣΟΜΕΤΡΟΥ ΟΕΔΟΜΕΤΕΡ TEST: Cc | C-20% (cm²/sec) | P (kgr/cm²)/Es: 0.50-0.75 | 0.75-0.85 | 0.85-0.90 | 0.90-1.00 | 1.00-2.00 | 2.00-3.00 | 3.00-6.00

ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΥΡΗΝΟΛΗΨΙΑΣ CORE RECOVERY %

ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΒΡΑΧΟΥ ROCK QUALITY DESIGNATION (RQD)

ΤΥΠΟΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ TYPE OF DISCONTIN. | ΤΥΠΟΣ ΕΡΓ. ΔΟΚΙΜΗΣ TYPE OF LAB. TEST | ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ RESULTS OF LABORATORY TEST



ΤΥΠΟΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ — TYPE OF DISCONTINUITIES
J: ΔΙΑΡΡΗΞΗ - ΔΙΑΚΛΑΣΗ / FRACTURE - JOINT
C: ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΕΓΚΟΙΛΟ / CARST CAVITIES
L: ΣΤΡΩΣΗ - LAYERING
F: ΡΗΓΜΑ - FAULT

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ - SYMBOLS
UXL: ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗ ΔΟΚΙΜΗ / UNAXIAL TEST
Bz: ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗ ΘΛΙΨΗ / UNAXIAL COMPR. STRENGTH
TXL: ΤΡΙΑΞΟΝΙΚΗ ΔΟΚΙΜΗ / TRIAXIAL TEST
BZ: ΔΟΚΙΜΗ ΘΛΙΨΗΣ ΚΑΤΑ ΓΕΝΕΤΕΙΡΑ / BRAZILIAN TEST
σz: ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ / TENSILE STRENGTH
DS(ok): ΔΟΚΙΜ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ (ΑΣΥΝΕΧΕΙΑΣ ΒΡΑΧΟΥ) SHEAR TEST (JOINT OF ROCK)
U/S: ΔΟΚΙΜΗ ΥΠΕΡΗΧΩΝ / ULTRASONIC TEST
PLT: ΔΟΚΙΜΗ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ / POINT LOADING TEST
Is: ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ (PLT) INDEX (PLT) POINT LOAD TEST
LG: ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ LUGEON PACKER PERMEABILITY TEST (LUGEON)
MG: ΔΟΚΙΜΗ MAAG - MAAG TEST
PZ: ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ - PIEZOMETER

ΤΡΙΤΩΝ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΟΙ

ΕΡΓΟ: ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΖΕΥΞΗ ΣΑΛΑΜΙΝΑΣ - ΠΕΡΑΜΑΤΟΣ

PROJECT: GEOTECHNICAL INVESTIGATION FOR THE SALAMIS-PERAMA CONNECTION

ΕΔΑΦΟΤΕΧΝΙΚΗ ΤΟΜΗ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΣ
ΣΥΓΚΕΝΤΡΩΤΙΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙ ΤΟΠΟΥ ΔΟΚΙΜΩΝ
BOREHOLE LOG CUMULATIVE IN SITU AND LABORATORY TEST RESULTS

ΑΡ. ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΣ: BOREHOLE Nº: Γ 12 ΘΑΛΑΣΣΙΑ OFFSHORE

Σ.Θ. ΑΠΟ REPER Σ.Θ.: W.L. FROM REPER Σ.Θ.: -0,94 m

ΒΑΘΟΣ ΘΑΛΑΣΣΗΣ: WATER DEPTH: 5,40 m

ΣΤΑΘΜΗ ΘΑΛΑΣ. ΠΥΘΜΕΝΑ: SEA BOTTOM LEVEL (FROM DATUM ±0,00 M.W.L.): -5,33 m

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΣΤΡΩΣΕΩΝ / DESCRIPTION OF STRATA	ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ / SYMBOLS	ΤΥΠΟΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΣ / TYPE OF SAMPLE	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ / GRAIN SIZE ANALYSIS: ΧΑΛΙΚΙΑ GRAVEL 4	ΑΜΜΟΣ SAND 10	40	ΑΡΓΙΛΙΑΣ CLAY, SILT 200	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΕ ΥΔΡΟΜΕΤΡΟ / HYDROMETER ANALYSIS: ΑΡΓΙΛΑ CLAY <0,005	ΟΡΙΑ ATTERBERG / ATTERBERG LIMITS	ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΚΑΤΑ AUSCS / SOIL CLASSIFICATION	ΕΙΔΙΚΟ ΒΑΡΟΣ / SPECIFIC GRAVITY γs T/m³	ΞΗΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ / DRY APPARENT UNIT WEIGHT γd T/m³	ΥΓΡΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΒΑΡΟΣ γw T/m³
ΙΛΥΣ ΜΕ ΟΡΓΑΝΙΚΑ ΚΑΙ ΧΑΛΙΚΑΚΙ SILT WITH ORGANIC MATERIAS AND LITTLE GRAVEL.		Φ	89	82	68	33	N.P.	SM			
ΕΝΑΛΛΑΓΕΣ ΑΣΒΕΣΤΟΛΙΘΙΚΗΣ ΜΑΡΓΑΣ ΜΕ ΣΧΙΣΤΟΛΙΘΟ ΑΠΟΣΑΘΡΩΜΕΝΟ ΣΕ ΑΡΓΙΛΑΣΟ ΚΑΙ ΧΑΛΙΚΕΣ. ΕΝΤΟΝΟΣ ΚΕΡΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΤΙΣ ΘΕΣΕΙΣ: 7.00 - 7.50 M 11.70 - 12.00 M 12.20 - 12.90 M 13.40 - 14.60 M 17.20 - 19.00 M		Φ	60	54	42	31		SC			
		Φ SPT	N=50/12cm (7,0)								
		Φ	79	64	32	23		SC			
LIME MARL ALTERNATING WITH SCHIST WEATHERED TO CLAY AND GRAVEL, STRONGLY FRAGMENTED AT DEPTHS: 7.00 - 7.50 M 11.70 - 12.00 M 12.20 - 12.90 M 13.40 - 14.60 M 17.20 - 19.00 M		Φ SPT	N=51/3cm (11,70)								
		Φ SPT	N=51/5cm (12,20)								
		Φ	97	91	56	42		SC			
		Φ	79	67	45	35		SC			
		Κ									
		Φ	60	51	40	36		SM			
		Κ	88	85	73	61					
ΠΥΘΜΕΝΑΣ ΓΕΩΤΡΗΣΕΩΣ BOREHOLE BOTTOM											

ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΡΩΝ / VOID RATIO e	ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗ ΔΙΑΜΗ	UNCONFINED COMPRESSIVE STRENGTH	ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΔΙΑΤΜΗΤΙΚΗΣ ΑΝΤΟΧΗΣ / SHEAR STRENGTH PARAMETERS	ΔΟΚΙΜΗ ΣΥΜΠΙΕΣΟΜΕΤΡΟΥ / OEDOMETER TEST	ΠΟΣΟΣΤΟ ΠΥΡΗΝΟΔΗΜΙΑΣ / CORE RECOVERY %	ΔΕΙΚΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΒΡΑΧΟΥ / ROCK QUALITY DESIGNATION (R.Q.D.)	ΤΥΠΟΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ / TYPE OF DISCONTIN.	ΤΥΠΟΣ ΕΡΓ. ΔΟΚΙΜΗΣ / TYPE OF LAB. TEST	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ / RESULTS OF LABORATORY TEST
	(8,45)	FVT C_u: 0,03 kg/cm²							
	(12,40)	FVT C_{us}: 0,034 kg/cm²							
					(4,90) 36 % (7,50)	29 %	J	UXL	σd = 320 kg/cm²
								PLT	Is(50) = 1,6
							J	Bz	σz = 37,8 kg/cm²
					(11,73) (12,90)	25 %	J	PLT	Is(50) = 1,6
							J		
					(14,25) 35 % (17,25)	45 %		UXL	σd = 139 kg/cm²
								Bz	σz = 8,1 kg/cm²
							J		
					(19,20) 34 % (20,67)				

ΤΥΠΟΣ ΑΣΥΝΕΧΕΙΩΝ / TYPE OF DISCONTINUITIES
J: ΔΙΑΡΡΗΞΗ - ΔΙΑΚΛΑΣΗ / FRACTURE - JOINT
C: ΚΑΡΣΤΙΚΟ ΕΓΚΟΙΛΟ / CARST CAVITIES
L: ΣΤΡΩΣΗ - LAYERING
F: ΡΗΓΜΑ - FAULT

ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ - SYMBOLS
UXL: ΜΟΝΟΑΞΟΝΙΚΗ ΔΟΚΙΜΗ / UNIAXIAL TEST
σd: ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΑΝΕΜΠΟΔΙΣΤΗ ΘΛΙΨΗ / UNIAXIAL COMPRESSIVE STRENGTH
TXL: ΤΡΙΑΞΟΝΙΚΗ ΔΟΚΙΜΗ / TRIAXIAL TEST
Bz: ΔΟΚΙΜΗ ΘΛΙΨΗΣ ΚΑΤΑ ΓΕΝΕΤΕΙΡΑ / BRAZILIAN TEST
σz: ΑΝΤΟΧΗ ΣΕ ΕΦΕΛΚΥΣΜΟ / TENSILE STRENGTH
ΔΟΚΙΜ ΔΙΑΤΜΗΣΗΣ (ΑΣΥΝΕΧΕΙΑΣ ΒΡΑΧΟΥ)
DS (o,b): SHEAR TEST (JOINT OF ROCK)
U/S: ΔΟΚΙΜΗ ΥΠΕΡΗΧΩΝ / ULTRASONIC TEST
P.L.T.: ΔΟΚΙΜΗ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ / POINT LOADING TEST
Is: ΔΕΙΚΤΗΣ ΣΗΜΕΙΑΚΗΣ ΦΟΡΤΙΣΗΣ (PLT) INDEX (PLT) POINT LOAD TEST
LG: ΔΟΚΙΜΗ ΔΙΑΠΕΡΑΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΤΑ LUGEON PACKER PERMEABILITY TEST (LUGEON)
MG: ΔΟΚΙΜΗ MAAG - MAAG TEST
PZ: ΠΙΕΖΟΜΕΤΡΟ - PIEZOMETER

ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΚΗ ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ

Φωτ. 1: Λιμάνι Περάματος

Φωτ. 2: Τριαδικοί ασβεστόλιθοι στην περιοχή του Περάματος

Φωτ. 3: Πλευρικά κορήματα στην περιοχή του Περάματος

Φωτ. 4: Άποψη Περάματος

Φωτ. 5: Άποψη Σαλαμίνας

Φωτ. 6: Ιουρασικοί ασβεστόλιθοι στην περιοχή Παλουκίων-Σαλαμίνας.

Φωτ. 7: Επαφή οφιολίθων σχιστολίθων.

Φωτ. 8: Λεπτομέρεια της επαφής οφιολίθων με σχιστόλιθους

Φωτ. 9: Μερική άποψη της νησίδας Αγίου Γεωργίου και του Ναυστάθμου Σαλαμίνας.

ΤΕΧΝΙΚΟΓΕΩΛΟΓΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ

(Κλίμακα 1: 10.000)