

ΜΕΛΕΤΗ ΓΕΩΛΟΓΙΚΩΝ ΚΑΙ ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΥΝΘΗΚΩΝ ΗΟΥ ΕΠΙΔΡΟΥΝ
ΕΤΗΝ ΕΚΔΗΛΩΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ ΕΤΗΝ ΠΑΡΑΚΤΙΑ
ΠΕΡΙΟΧΗ ΑΚΤΑΙΑ, ΑΓ. ΜΑΡΙΝΑΣ ΑΤΤΙΚΗΣ

Βασιλείου, Ι.*, Λειβαδίτης, Γ.**, Παπαδόπουλος, Τ.***, Στουρνάρας, Γ.****

Π Ε Ρ Ι Λ Η Ψ Η

Ετην περιοχή Ακταίας Αγίας Μαρίας Αττικής, από το 1975 παρατηρείται μια κατολίωση των νεογενών στρωμάτων προς τη θάλασσα. Η κατολίωση αυτή προκαλεί προβλήματα σε οικοδομικά συγκροτήματα που έχουν θεμελιωθεί στα απότομα πρηνή του λόφου, και κυρίως στη γέφυρα της παραλιακής οδού Αθηνών-Σουλίου (360 Km).

Οι συνθήκες που προκαλούν την κατολίωση έχουν ιδιαίτερη σημασία, γιατί εκτός από την συγκεκριμένη περιοχή που μελετάται, παρόμοιες γεωλογικές συνθήκες εμφανίζονται και σε άλλες θέσεις της παράκτιας ζώνης από τη Βάρκιζα έως το Σούνιο.

Ετην εργασία αυτή, διερευνώνται οι παράγοντες οι οποίοι οδήγησαν στην εκδήλωση των κατολισθητικών φαινομένων και συγκεκριμένα μελετώνται: α) το είδος των γεωλογικών σχηματισμών, β) η μορφολογία των πρηνών και της παράκτιας ζώνης, γ) η θαλάσσια διάβρωση, δ) η μηχανική συμπεριφορά στην κατολίωση των πετρωμάτων.

Προκειμένου να διερευνηθεί ο ρόλος καθενός από τους παράγοντες που αναφέρθηκαν, έγιναν εργασίες που περιλαμβάνουν: γεωλογική χαρτογράφηση σε κλίμακα 1:2000, γεωσεισμικές διασκοπήσεις, τεκτονική ανάλυση και εξέταση της μηχανικής συμπεριφοράς των σχηματισμών

* Βασιλείου Ι.: Γεωλόγος, ΚΕΔΕ (ΥΠΕΧΩΔΕ), Φοιτήτρια Μεταπτυχιακού Ενδεικτικού Ωκεανογραφίας Παν/μίου Αθηνών.

** Λειβαδίτης Γ.: Επίκ. Καθηγ. Τομέα Στρωμ.-Γεωγρ. και Κλιμ., Τμήματος Γεωλογίας Παν/μίου Αθηνών.

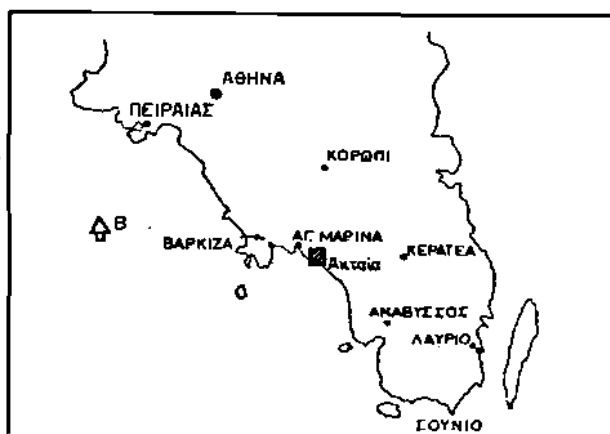
*** Παπαδόπουλος Τ.: Λέκτορας Τομέα Γεωφυσικής και Γεωθερμίας Τμήματος Γεωλογίας Παν/μίου Αθηνών.

**** Στουρνάρας Γ.: Λέκτορας Τομέα Δυναμικής-Τεκτονικής και Εφαρμοσμένης Γεωλογίας Παν/μίου Αθηνών.

καθώς και παρατηρήσεις, που αφορούν τον τύπο και βαθμό διάβρωσης της παράκτιας ζώνης. Από τα στοιχεία που προέκυψαν από τις παραπάνω έρευνες διαπιστώνεται ότι ορισμένοι παράγοντες επιτάχυναν την εμφάνιση και εξέλιξη των κατολισθητικών φαινομένων, επάνω σε προϋπάρχουσες ασθενείς επιφάνειες.

Ι.- Εισαγωγή

Η περιοχή Ακταίας βρίσκεται μεταξύ της Αγ. Μαρίνας και Αναβύσσου (σχ. 1), στην ανατολική Αττική και συγκεκριμένα πλησίον της ημιγέφυρας από την οποία διέρχεται η παραλιακή οδός Αθηνών-Σούνιου (360 km). Στην περιοχή αυτή το 1975, παρατηρήθηκαν οι πρώτες ενδείξεις εκδήλωσης κατολισθητικών φαινομένων, οι οποίες ήταν ιδιαίτερα έντονες στα παραθεριστικά συγκροτήματα "Ακταία". Χαρακτηριστικά, παρατηρήθηκε η εμφάνιση ρωγμών στους τοίχους αντιστήριξης, στην τοιχοποιία και στις σκάλες ορισμένων κτιρίων, όπως επίσης και στον ιδιωτικό δρόμο εισόδου των συγκροτημάτων.



Σχήμα 1: θέση περιοχής έρευνας

Μετά την περάτωση της κατασκευής της ημιγέφυρας, στη θέση "Ακταία" (1980), συνεχίστηκαν τα κατολισθητικά φαινόμενα, με την εμφάνιση ρωγμών στον ασφαλτικό τάπητα. Το 1984, ορισμένα υποστηλώματα της ημιγέφυρας ακολούθησαν την κατολισθητική κίνηση των εδαφών και παρουσίασαν μετατόπιση προς την πλευρά της θάλασσας και απόκλιση από την κατακόρυφο. Το ασφαλτικό οδόστρωμα παρουσίασε έντονη

ρηγμάτωση και η κατάσταση της γέφυρας κρίθηκε προβληματική για την ασφαλή λειτουργία της οδού.

Για την διερεύνηση των συνθηκών, οι οποίες οδήγησαν στην εκδήλωση των κατολισθητικών φαινομένων, εξετάσθηκαν οι γεωλογικές και τεκτονικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής, η μορφολογία της παράκτιας ζώνης, οι γεωτεχνικές συνθήκες, καθώς και η ύπαρξη πιθανών γεωσεισμικών ασυνεχειών.

Οι συνθήκες που προκαλούν την κατολίπηση στην τοποθεσία Ακταία, παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, γιατί παρόμοιες γεωλογικές συνθήκες εμφανίζονται και σε άλλες θέσεις της παράκτιας ζώνης από την Βάρκιζα έως το Σούνιο.

II. Γεωλογικά - Τεκτονικά στοιχεία

Η περιοχή που ερευνηήθηκε, αποτελείται από εναλλαγές Νεογενών στρωμάτων, τα οποία συνίστανται από καστανοκίτρινες έως καστανότεφρες Μάργες, καστανοκίτρινους Ψαμμίτες και σύμμικτα Κροκαλοπαγή (σχ. 2 και 3), λιμναίας έως υφάλμυρης φάσης (Lepsius 1893) Παρατηρούνται αποσφηνώσεις, πλευρικές μεταβάσεις και συστροφές των στρωμάτων, ιδιαίτερα στις περιοχές που βρίσκονται μεταξύ των ρηγμάτων, οι οποίες αποδίδονται σε συνιζηματογενή τεκτονικά φαινόμενα. Τα Νεογενή αυτά στρώματα εμφανίζουν γενικά κλίσεις από 10° - 30° προς ΒΒΑ. Η κλίση αυτή δεν εκφράζεται σαφώς σε όλες τις θέσεις της περιοχής.

Από τα στοιχεία ορισμένων γεωτρήσεων που έγιναν από το Κ.Ε.Α.Ε (1984-85) στα πλαίσια της πρώτης φάσης της γεωτεχνικής μελέτης στη θέση Ακταία, σχεδιάστηκε η τομή (Γ1-Γ2) (σχήμα 4). Η τομή αυτή έχει διεύθυνση Β-Ν, είναι εγκάρσια δηλαδή στον άξονα του δρόμου στη θέση της ημιγέφυρας, σχεδόν κοράλληλη με τη φορά της κατολισθητικής κίνησης και δείχνει τις εναλλαγές των Νεογενών στρωμάτων.

Επιφανειακά, σε ορισμένες θέσεις, οι Νεογενείς σχηματισμοί καλύπτονται από μικρού πάχους Τεταρτογενείς αποθέσεις οι οποίες συνίστανται από κλαστικά ιζήματα, μέτρια έως καλά συγκολλημένα. Η επιφανειακή έκταση των κορημάτων είναι μικρή και περιορίζεται,

ρηγμάτωση και η κατάσταση της γέφυρας κρίθηκε προβληματική για την ασφαλή λειτουργία της οδού.

Για την διερεύνηση των συνθηκών, οι οποίες οδήγησαν στην εκδήλωση των κατολισθητικών φαινομένων, εξετάσθηκαν οι γεωλογικές και τεκτονικές συνθήκες της ευρύτερης περιοχής, η μορφολογία της παράκτιας ζώνης, οι γεωτεχνικές συνθήκες, καθώς και η ύπαρξη πιθανών γεωσεισμικών ασυνεχειών.

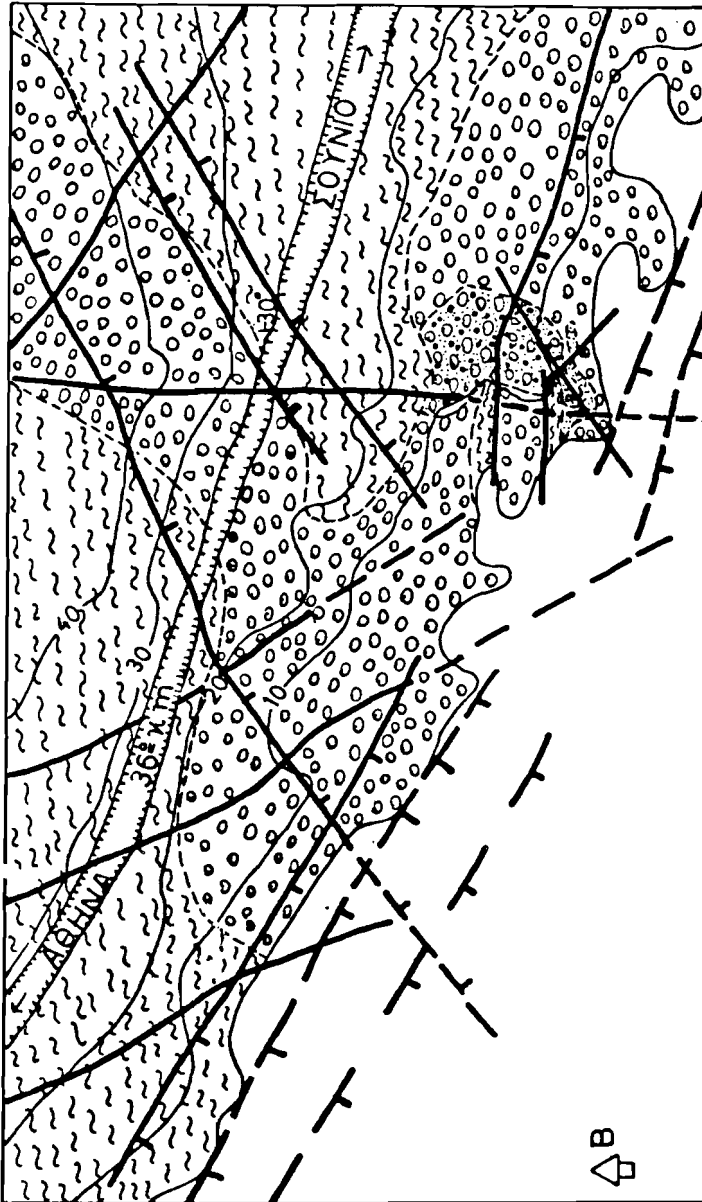
Οι συνθήκες που προκαλούν την κατολίσθηση στην τοποθεσία Ακταία, παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον, γιατί παρόμοιες γεωλογικές συνθήκες εμφανίζονται και σε άλλες θέσεις της παράκτιας ζώνης από την Βάρκιζα έως το Σούνιο.

II. Γεωλογικά - Τεκτονικά στοιχεία







Η περιοχή που ερευνήθηκε, αποτελείται από εναλλαγές Νεογενών στρωμάτων, τα οποία συνίστανται από καστανοκίτρινες έως καστανότεφρες Μάργες, καστανοκίτρινους Ψαμμίτες και σύμμικτα Κροκαλοπαγή (σχ. 2 και 3), λιμναίας έως υφάλμυρης φάσης (Lepsius 1893) Παρατηρούνται αποσφηνώσεις, πλευρικές μεταβάσεις και συστροφές των στρωμάτων, ιδιαίτερα στις περιοχές που βρίσκονται μεταξύ των ρηγμάτων, οι οποίες αποδίδονται σε συνιζηματογενή τεκτονικά φαινόμενα. Τα Νεογενή αυτά στρώματα εμφανίζουν γενικά κλίσεις από 10° - 30° προς ΒΒΑ. Η κλίση αυτή δεν εκφράζεται σαφώς σε όλες τις θέσεις της περιοχής.

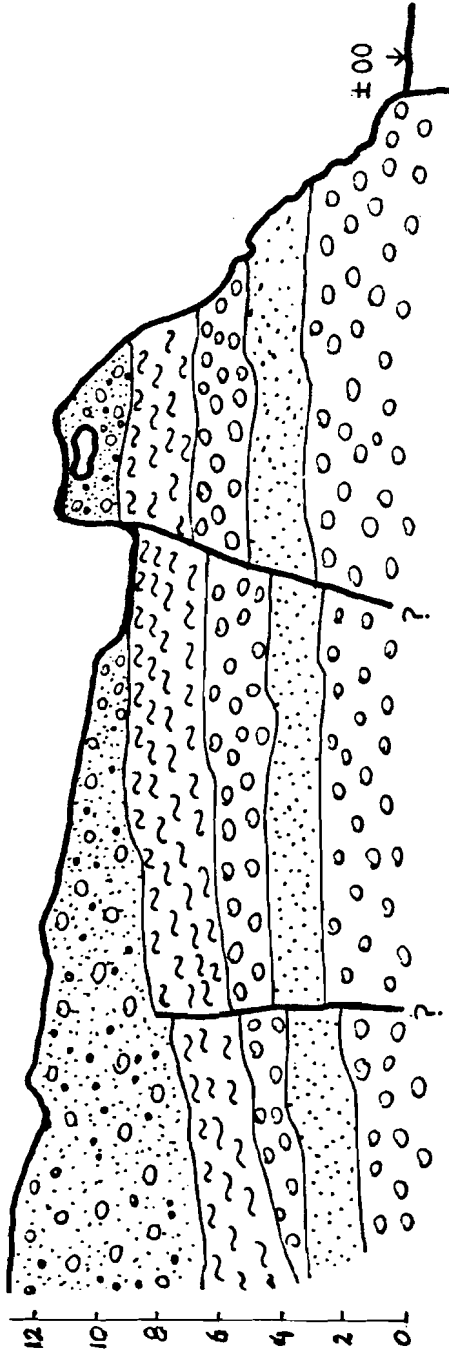
Από τα στοιχεία ορισμένων γεωτρήσεων που έγιναν από το Κ.Ε.Δ.Ε (1984-85) στα πλαίσια της πρώτης φάσης της γεωτεχνικής μελέτης στη θέση Ακταία, σχεδιάστηκε η τομή (Γ1-Γ2) (σχήμα *4). Η τομή αυτή έχει διεύθυνση Β-Ν, είναι εγκάρσια δηλαδή στον άξονα του δρόμου στη θέση της ημιγέφυρας, σχεδόν παράλληλη με τη φορά της κατολισθητικής κίνησης και δείχνει τις εναλλαγές των Νεογενών στρωμάτων.

Επιφανειακά, σε ορισμένες θέσεις, οι Νεογενείς σχηματισμοί καλύπτονται από μικρού πάχους Τεταρτογενείς αποθέσεις οι οποίες συνίστανται από κλαστικά ιζήματα, μέτρια έως καλά συγκολλημένα. Η επιφανειακή έκταση των κορημάτων είναι μικρή και περιορίζεται,





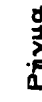


Σχήμα :2
Γεωλογικός Χάρτης Περιοχής Ερευνας

-  Τεταρτογενή
-  Μάργα
-  Ψαμίτιης
-  Κροκαλοπαγές
- Γεωλογικό όριο
-  Ρήγμα ορατό
-  Ρήγμα πιθανό
- 0 20 40 Κλίμακα



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

-  Τεταρτογενή
-  Μάργα
-  Κροκαλοπαγές
-  Ψαμίτις
-  Ρήγμα

Σχήμα : 3
 Σχηματική τομή Α1-Α2, στη περιοχή "Άγκαιας"
 Διεύθυνση: Β-Ν

κυρίως, κοντά στην ακτή (σχ. 2,3). Πρόκειται, σε αυτή την περίπτωση, για υπολείματα της κορυφής ενός κώνου κορημάτων ο οποίος είναι βυθισμένος κάτω από την επιφάνεια της στάθμης της θάλασσας.

Το υπόβαθρο των Νεογενών αποτελείται από λευκά έως λευκότεφρα κρυσταλλικά μάρμαρα, που ανήκουν στο κοτώτερο Μάρμαρο (Ler-sius 1893). Τα μάρμαρα αυτά εμφανίζονται επιφανειακά στην παράκτια ζώνη της περιοχής Αγ. Μαρίνας Αττικής (350 Km).

Στην περιοχή εμφάνισης της κατολίθησης διερευνήθηκαν επίσης οι τεκτονικές συνθήκες που επικρατούν καθώς και οι παράγοντες, οι οποίοι επιδρούν στην μείωση της μηχανικής αντοχής των πετρωμάτων.

Από την υπαίθρια έρευνα καθώς και από παρατηρήσεις αεροφωτογραφιών, διαπιστώθηκε η ύπαρξη τριών κυρίων συστημάτων ρηγμάτων που φαίνονται στο γεωλογικό χάρτη της περιοχής (σχ. 2). Μετά την στατιστική επεξεργασία των διευθύνσεων των ρηγμάτων (σχ. 5), συμπεραίνεται ότι οι κύριες μέσες διευθύνσεις που επικρατούν είναι σχεδόν παράλληλες προς την μέση διεύθυνση του πρανούς ($115-120^{\circ}$), προς την πλευρά της θάλασσας. Οι διευθύνσεις αυτές επομένως ευνοούν την χαλάρωση και μετακίνηση των σχηματισμών κατάντι του πρανούς. Εξάλλου, η παρουσία ρηγμάτων με διεύθυνση περίπου κάθετη στο πρανές, ενισχύει επίσης την απσταθεροποίηση των σχηματισμών, λόγω δημιουργίας τεμαχών με μειωμένη πλευρική συγκράτηση και στήριξη.

Όπως φαίνεται στο σχ. 2, στην παράκτια ζώνη από την Αγ. Μαρίνα έως την Ανάβυσσο, επικρατεί ούστημα ρηγμάτων με διεύθυνση σχεδόν παράλληλη με την ακτογραμμή, το οποίο διέρχεται από τα κορυφαία τμήματα των κόλπων. Οι παρατηρούμενες αποκολλήσεις στις θέσεις των κόλπων κατά μήκος της ακτογραμμής, φαίνεται να συνδέονται με ένα από τα ρήγματα του συστήματος αυτού, το οποίο έχει διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ.

Επιπλέον κατά μήκος των επιφανειών διάτμησης, ευνοείται η διείδρυση επιφανειακών νερών, τα οποία μειώνουν τις ενεργές τάσεις τόσο των λεπτομερών όσο και αδρομερών σχηματισμών στις ζώνες των διαρρήξεων, και δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες για εκδήλωση κατολισθητικών φαινομένων.

Η μείωση των μηχανικών παραμέτρων της παράκτιας ζώνης ενισχύεται και από την διαβρωτική δράση του θαλάσσιου νερού τόσο επιφανειακά όσο και υπόγεια λόγω μόνιμης παρουσίας αυτού, μέσα στις ασυνέχειες των πετρωμάτων.

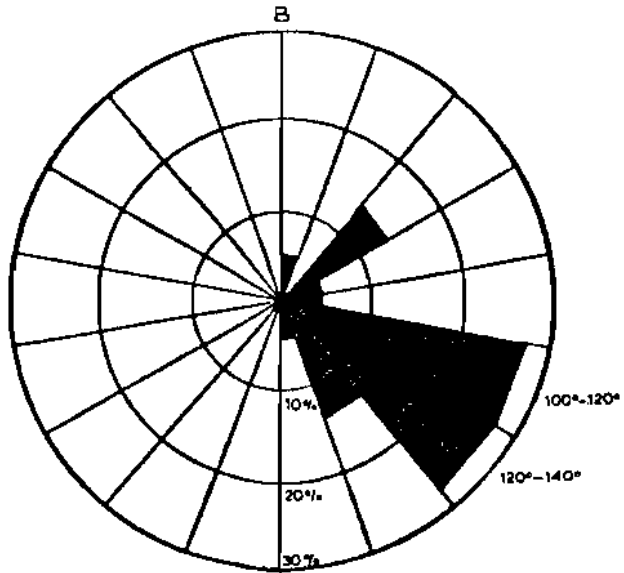
Στην παράκτια περιοχή της Ακταίας, παρατηρούνται έντονες αποκολλήσεις ογκολίθων κροκαλοπαγών (σχ. 7), οι οποίες οφείλονται στα υπάρχοντα ρήγματα καθώς και στις μεγάλες ασυνέχειες (διακλάσεις), που αναπτύσσονται μέσα στους Νεογενείς σχηματισμούς, σε συνδιασμό με την διαβρωτική επίδραση των κυμάτων, η οποία αυξάνει τις διατμητικές τάσεις εντός των διακλάσεων. Όπως φαίνεται από το ροδόγραμμα των διακλάσεων (σχ. 6), το οποίο προήλθε από την στατιστική επεξεργασία των διευθύνσεων αυτών στη θέση Δ (σχ. 7), οι διακλάσεις έχουν γενικά την ίδια διεύθυνση με εκείνη των ρηγμάτων που επικρατούν στην ευρύτερη περιοχή. Από τη σύγκριση των σχημάτων 5 και 6, φαίνεται ότι οι διακλάσεις συσχετίζονται άμεσα με τα ρήγματα αυτά και επομένως θα πρέπει να έχουν την ίδια προέλευση, με τα ρήγματα ίδιας διεύθυνσης. Αυτές οι διακλάσεις, λειτουργούν σαν προϋπάρχοντα επίπεδα μειωμένης αντοχής. Με την αποσυμπύεση δε του πρανούς (συνεχώς μειούμενη στήριξη) οι διακλάσεις διευρύνονται και κλίνουν όπως παρατηρήθηκε, σύμφωνα με τη φορά της μετακίνησης.

III.- Μορφολογία

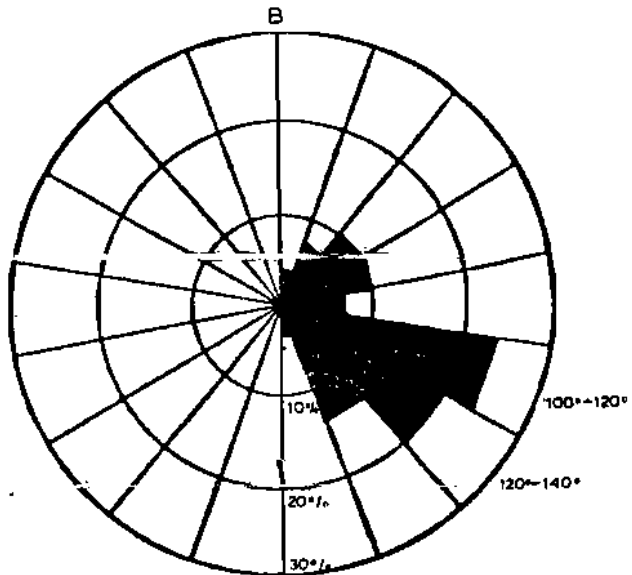
Στην περιοχή έρευνας επικρατούν κατά βάση μεγάλες μορφολογικές κλίσεις (>20%). Αυτό φαίνεται και από την μέτρηση των κλίσεων των πρανών μέχρι το υψόμετρο των 40 μέτρων, που έγινε επάνω στο τοπογραφικό χάρτη της περιοχής (σχ. 7).

Η παράκτια ζώνη της ευρύτερης περιοχής έρευνας, παρουσιάζει επίσης μεγάλες κλίσεις, σχηματίζει δε μικρούς κρημνούς καθ' όλο σχεδόν το μήκος της (σχ. 7). Οι κρημνοί αυτοί σχηματίστηκαν κυρίως από τη θαλάσσια διάβρωση και η δημιουργία τους ευνοείται από την παρουσία εναλλασσόμενων στρωμάτων κροκαλοπαγών μαργών και ψαμμιτών, με διαφορετική μηχανική αντοχή.

Ένας άλλος ευνοϊκός παράγοντας για τη δημιουργία κρημών στην παράκτια ζώνη, είναι και ο προσανατολισμός της ακτής, η



Σχήμα 5
Ροδόγραμμα ρηγμάτων



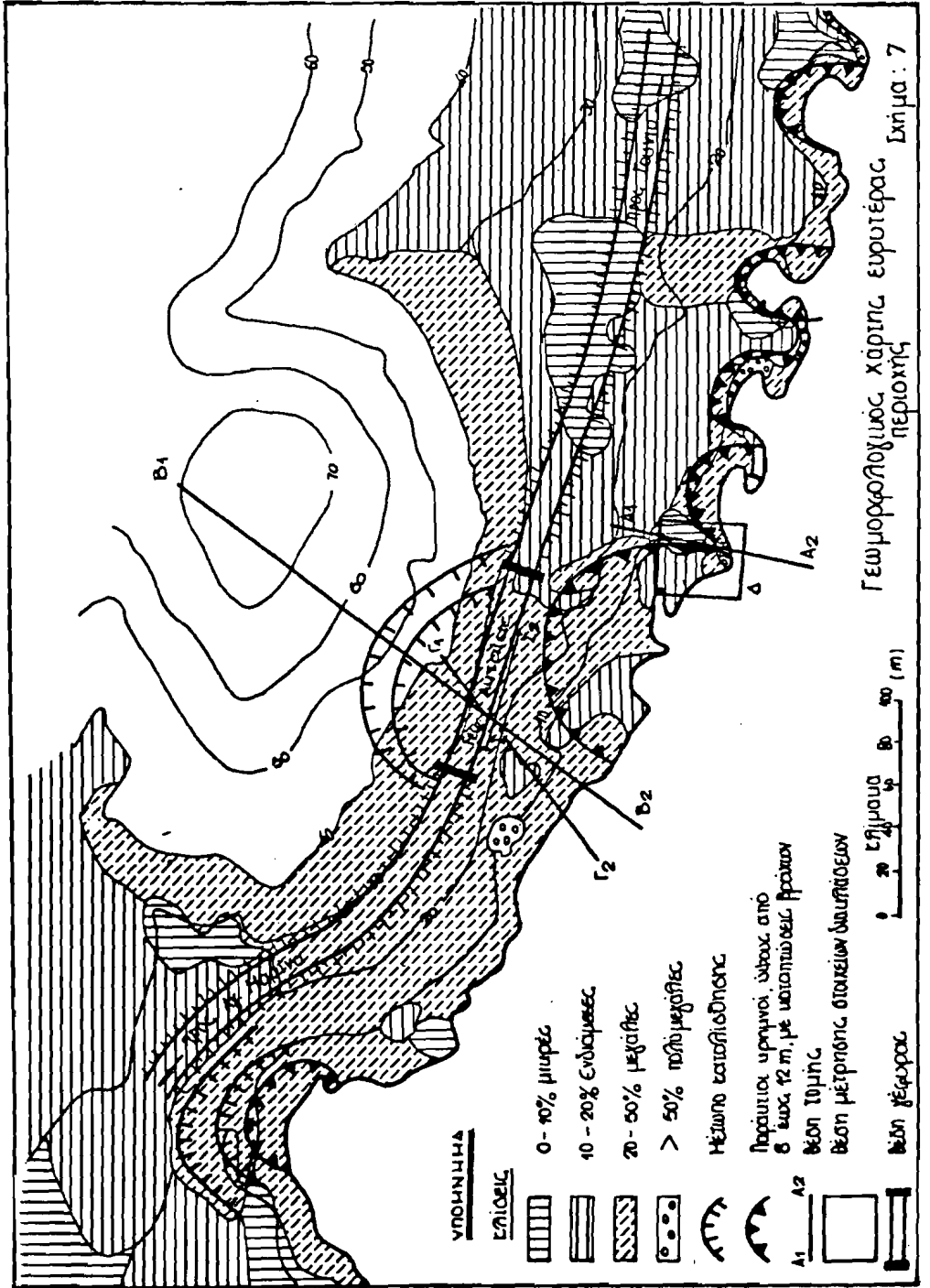
Σχήμα 6
Ροδόγραμμα διακλάσεων

οποία είναι εκτεθειμένη στους νότιους ανέμους οι οποίοι, στις ακτές αυτές της νοτιοανατολικής Αιτικής, προκαλούν έντονο κυματισμό.

Ο συνδυασμός όλων των παραπάνω παραγόντων προκαλεί έντονα φαινόμενα υποχώρησης της ακτής, τα οποία ευνοούν την εμφάνιση κατολισθήσεων λόγω της δημιουργίας συνθηκών μειωμένης στήριξης στη βάση του συστήματος που ολισθαίνει. Παρόμοια συμπεριφορά παρουσιάζεται γενικότερα σε αρκετά τμήματα της ακτής με ίδιες λιθολογικές συνθήκες, από τη Βάρκιζα έως το Σούνιο (σχ. 7). Οι ακτές αυτές, σχηματίστηκαν κατά την διάρκεια της επίκλυσης της θάλασσας, σε ένα προϋπάρχον ανάγλυφο, το οποίο είχε δημιουργηθεί από την επίδραση χερσαίων παραγόντων διάβρωσης. Στη συνέχεια παρουσιάστηκαν έντονα φαινόμενα υποχώρησης, τα οποία γίνονται μέχρι και σήμερα αντιληπτά από την ύπαρξη μεγάλων ογκόλιθων κατά μήκος των ακτών (καταπτώσεις). Οι ογκόλιθοι δε αυτοί, προέρχονται από καταπτώσεις οριζόντιων από προκαλοπαγή τα οποία υποσκάπτονται στη βάση τους από την κυματική ενέργεια και αποχωρίζονται σε μεγάλους ογκόλιθους ανάλογα με την ύπαρξη προϋπαρχουσών επιφανειών αουνέχειας.

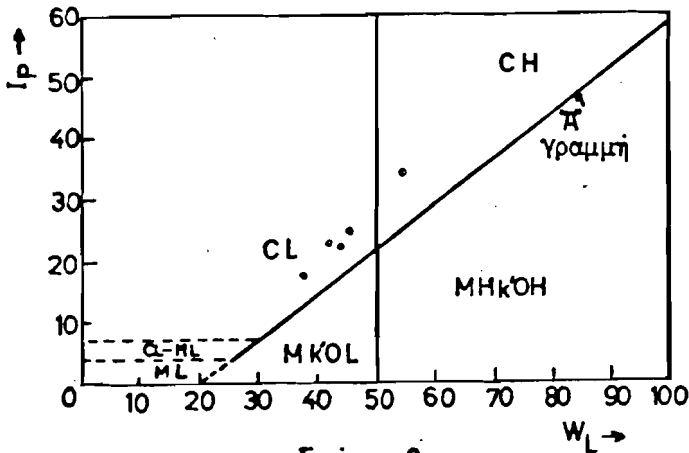
IV. Γεωτεχνική έρευνα

Εδαφικά δείγματα από τη γεώτρηση G₂ (σχ. 4), υποβλήθηκαν σε εργαστηριακές δοκιμές κατάταξης (κοκκομέτρηση και όρια Atterberg). Από την αξιολόγηση των αποτελεσμάτων (Πίν. 1), επισημαίνονται τα εξής: (α) στο διάγραμμα Casagrande, τα δείγματα, τα οποία αντιπροσωπεύουν καστανοκίτρινη έως καστανότσηφη Αργιλική Μάργα, διατάσσονται κανονικά παράλληλα προς την γραμμή "A" (σχ. 8) και εντοπίζονται κατά το A.U.S.C.S στην περιοχή συμπεριφοράς ανόργανων αργίλων μέσης έως υψηλής πλαστικότητας, (CL και CH) αντίστοιχα, βρίσκονται δηλαδή πάνω από την γραμμή "A". (β) Η πλαστικότητα των δειγμάτων αυτών δεν μεταβάλλεται σημαντικά με το βάθος.



ΓΕΩΤΡΗΣΗ G ₂	ΒΑΘΟΣ (m)	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΗΣΗ (ΔΙΕΡΧΟΜΕΝΟ %)					ΟΡΙΑ ATTERBERG			Κατάταξη κατά AISCs
		3/4	No 4	No 10	No 40	No 200	W _L	W _p	I _p	
	2.00- 2.50	100	99	94	89	82	54	20	34	CH
6.50- 7.00	100	100	93	90	83	38	21	17	CL	
9.50-10.00	100	100	99	99	95	42	19	23	CL	
11.00-11.50	100	100	99	98	97	46	22	24	CL	
13.50-14.00	100	98	88	82	79	45	23	22	CL	
27.00-27.50	100	100	100	99	98	46	22	24	CL	

ΠΙΝΑΚΑΣ 1: Δοκιμές κατάταξης εδαφικών δειγμάτων.



Σχήμα: 8
Κατανομή δειγμάτων στο διάγραμμα
Casagrande

Η ορυκτολογική ανάλυση με ακτίνες Reidgen δειγμάτων μαργαϊκού υλικού, προερχόμενα από διαφορετικά βάθη της γεώτρησης G₂ (πιν. 2), έδειξε μία αύξηση (περίπου 15-20%) του ασβεστιτικού υλικού με το βάθος, ενώ τα ποσοστά των άλλων ορυκτολογικών συστατικών παραμένουν σταθερά. Αυτό είναι μία ένδειξη ασθενέστερης δοκιμής σύνδεσης μεταξύ των κόκκων στο μαργαϊκό υλικό των επιφανειακών στρωμάτων, τα οποία πιθανά αντιπροσωπεύουν το αποσαθρωμένο επιφανειακό κάλλυμα. Πράγματι στο επιφανειακό αυτό τμήμα, κυκλοφορεί ευκολότερα το υπόγειο νερό, το οποίο διαλύει και παρα-

σύρει τον Ασβεστίτη, ο οποίος είναι και το κύριο ορυκτολογικό συνδετικό υλικό της Μάργας. Κατ'αυτόν τον τρόπο χαλαρώνει η δομή των επιφανειακών Μαργαϊκών σχηματισμών, ενώ σε μεγαλύτερα βάθη, ο Ασβεστίτης εμφανίζεται σε αυξημένα ποσοστά, λόγω των διεργασιών του φυσικού εμπλουτισμού. Ο Χαλαζίας δεν μπορεί να παίξει το ρόλο συνδετικού υλικού σε αντικατάσταση του Ασβεστίτη, γιατί περιέχεται σε μικρή ποσότητα (περίπου 10%). Η μεγάλη περιεκτικότητα των Μαργών σε χλωρίτη, καθώς και σε ιλλίτη, δημιουργεί εσωτερικές μικροεπιφάνειες ολίσθησης, ενώ συγχρόνως υποβιβάζει την μηχανική συμπεριφορά του συνόλου του πετρώματος, ιδιαίτερα στα επιφανειακά τμήματα αυτού, όπου η επαφή του με το υπόγειο νερό είναι μεγαλύτερης έκτασης. Η μεγάλη επομένως περιεκτικότητα σε χλωρίτη και ιλλίτη, καθώς και η μικρή περιεκτικότητα σε ασβεστίτη, δημιουργούν συνθήκες μειωμένης αντοχής σε διάτμηση (συνθήκες ολίσθησης), στο ανώτερο τμήμα των μαργαϊκών σχηματισμών.

	ΒΑΘΟΣ (m)	Σύσταση - Περιεκτικότητα (%)
ΓΕΩΤΡΗΣΗ G2	6.50- 7.00	Χλωρίτης (30-40%), Ιλλίτης (30-40%), χαλαζίας (= 10%), ασβεστίτης (= 10%), μοντμοριλλονίτης (= 8%), άστριοι (< 2%).
	"	
	13.50-14.00	Χλωρίτης (30-40%), Ιλλίτης (30-40%), Χαλαζίας (= 10%), ασβεστίτης (= 18%), μοντμοριλλονίτης (= 7%), άστριοι (<2%).
	"	
	27.00-27.50	Χλωρίτης (30-40%), Ιλλίτης (15-25%), ασβεστίτης (25%), μοντμοριλλονίτης (= 6%), άστριοι (<2%).
	"	

ΠΙΝΑΚΑΣ 2: Αποτελέσματα ορυκτολογικής ανάλυσης.

V. Γεωσεισμική διασκόπηση

Η γεωσεισμική διασκόπηση έγινε με σκοπό τον εντοπισμό, καθώς και υπολογισμό του πάχους του χαλαρού αποσαθρωμένου επιφανειακού υλικού στην περιοχή Ακταίας, όπως επίσης και τον προσδιορισμό των πλευρικών μεταβολών της σεισμικής ταχύτητας στο υποκείμενο στρώμα.

Για τον σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκε μία γεωσεισμική διατομή 60 μέτρων, η οποία αναπτύχθηκε παράλληλα προς τον άξονα της ημι-

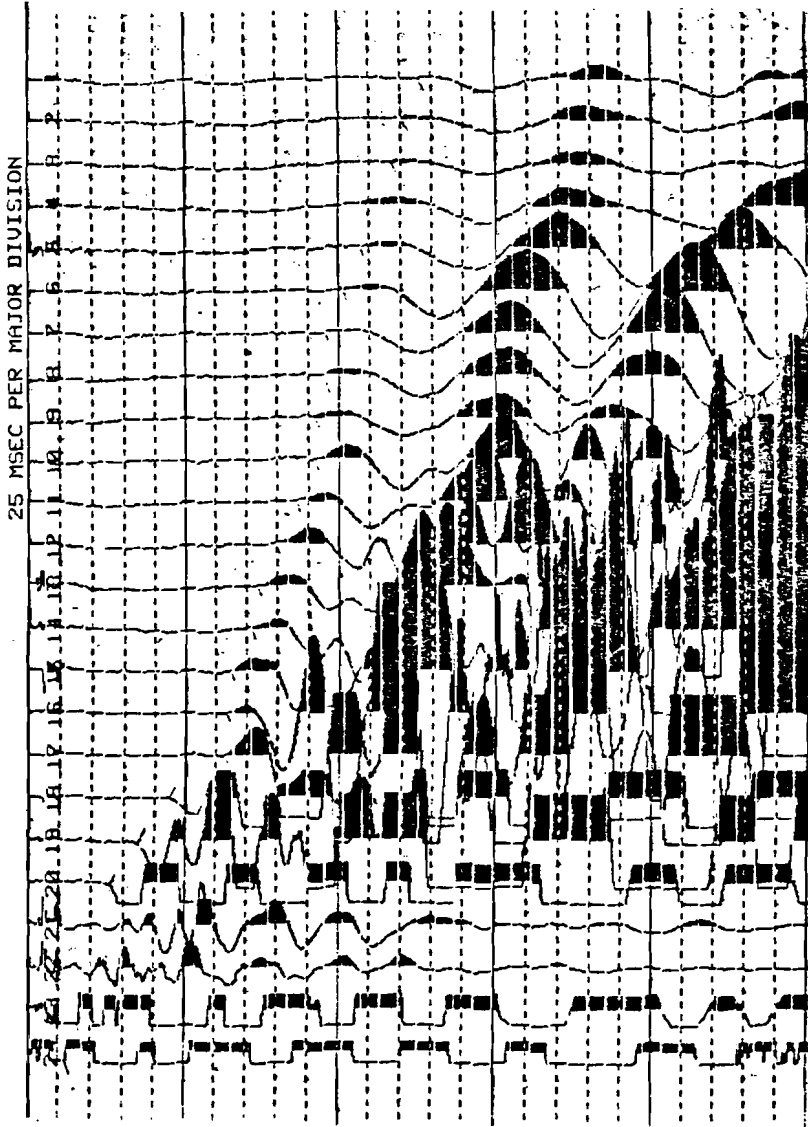
γέφυρας, με αποστάσεις μεταξύ των γεωφώνων περίπου 2,5 μέτρα. Χρησιμοποιήθηκε σεισμικός καταγραφέας 24 καναλιών και η πηγή ενέργειας ήταν εκρηκτικό υλικό μικρής ποσότητας. Το ανάγλυφο γενικά της περιοχής ήταν ομαλό και επομένως, τοπογραφικές διορθώσεις δεν κρίθηκαν αναγκαίες.

Μια τυπική σεισμική καταγραφή, δίδεται στο (σχ. 9). Από την ανάλυση των καταγραφών, προέκυψε η καμπύλη χρόνου διαδρομής των επιμήκων κυμάτων (P), σε συνάρτηση με την απόσταση των γεωφώνων (σχ. 10).

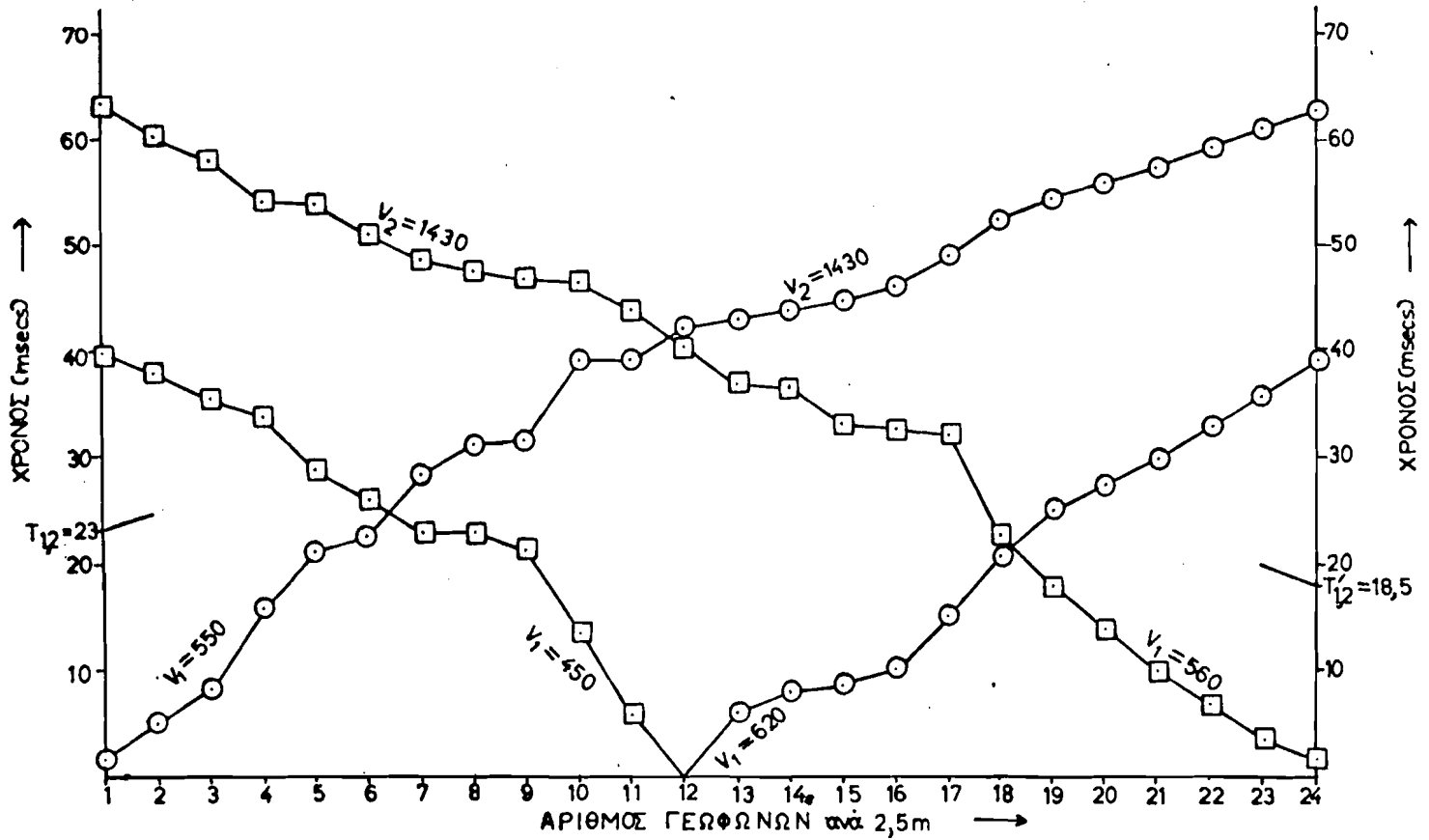
Από την επεξεργασία των σεισμικών δεδομένων, εντοπίστηκαν γενικά δύο στρώματα με σεισμικές ταχύτητες που διαφέρουν σημαντικά μεταξύ τους (σχ. 11). Το πρώτο και επιφανειακό στρώμα, χαρακτηρίζεται από ομοιόμορφη σεισμική ταχύτητα, της οποίας η τιμή κυμαίνεται μεταξύ 540 και 560 m/sec. Το πάχος του γεωσεισμικού αυτού στρώματος, μεταβάλλεται πλευρικά και παρουσιάζει το μικρότερο πάχος του κάτω από την περιοχή των γεωφώνων Γ14 και Γ16 (περίπου 5m), ενώ το μεγαλύτερο κάτω από το Γ10 (περίπου 7m). Το στρώμα αυτό, αν και παρουσιάζεται με ομοιόμορφη σεισμική ταχύτητα, εν τούτοις δεν αποτελείται από ομοιογενές υλικό, αλλά από διαφορετικούς γεωλογικούς σχηματισμούς που αλλάζουν τόσο πλευρικά όσο και σε βάθος. Επομένως ο ανώτερος αυτός ορίζοντας αντιπροσωπεύει μάλλον κάποιο σχετικά χαλαρό υλικό, διαφορετικής σύστασης, το οποίο όμως παρουσιάζει ομοιογενή μηχανική συμπεριφορά, όπως έδειξαν τα αποτελέσματα της γεωσεισμικής διασκοπικής. Η άποψη αυτή ενισχύεται:

(α) από τις επί τόπου δοκιμές πρότυπης διεύθυνσης (S.P.T) με τον πρότυπο δειγματολήπτη TERZAGHI που έγιναν στις γεωτρήσεις G_1 , G_2 , G_3 από το Κ.Ε.Δ.Ε. (βλ. σχ. 11), όπου ο μικρός αριθμός κρούσεων ($N = 25-40$) για 45 cm διεύθυνση μέχρι το βάθος που ορίζεται η σεισμική ασυνέχεια, δείχνει ότι το επιφανειακό στρώμα αποτελείται από χαλαρό σχετικά υλικό και

(β) από το είδος της πρώτης απόκλισης στις σεισμικές καταγραφές (σχ. 9), στις οποίες τα επιμήκη κύματα (P), παρουσιάζονται σαν αραιώσεις αντί συμπιέσεις στα πρώτα γεώφωνα, τα οποία βρίσκονται κοντά στις εκρήξεις, λόγω της παρουσίας κενών αέρος μεταξύ των κόκκων του επιφανειακού υλικού.

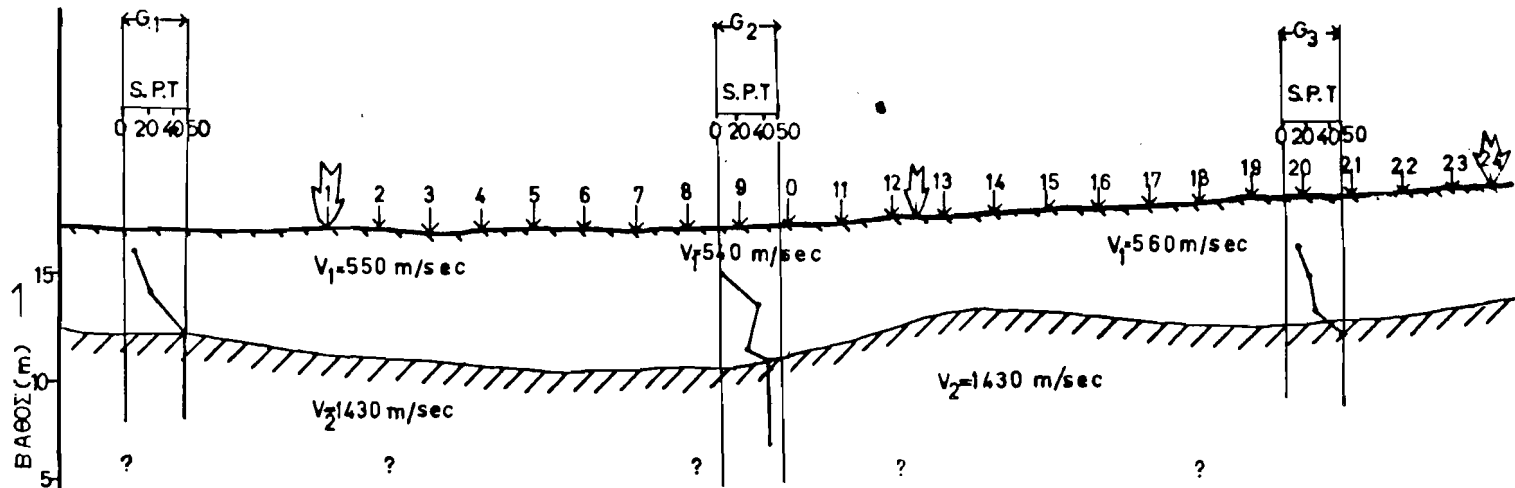


Σχήμα : 9
 Τυπική καταγραφή αντιστροφής έκρηξης



ΥΠΟΜΝΗΜΑ
 ○ — Κανονική διάταξη
 □ — Ανάστροφη διάταξη

Σχήμα : 10
 Καμπύλες χρόνου διαδρομής



ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- Δοκιμή S.P.T
- Θέση γεωφώνου
- Γεωσεισμική ασυνέχεια
- Θέση έκρηξης
- Θέση γεώτρησης

0 5 Κλίμακα μήκους

Σχήμα :11
Γεωσεισμική Τομή Σ₁ - Σ₂
Δ/νση Δ - Α

Τέλος, κάτω από το επιφανειακό γεωσεισμικό στρώμα, εμφανίζεται σκληρός σχετικά σχηματισμός με ομοιόμορφη σεισμική ταχύτητα, 1430 m/sec, η οποία διαφέρει σημαντικά από εκείνη του επιφανειακού καλύμματος. Το υλικό του στρώματος αυτού, είναι μαργαϊκής σύστασης άπως επιβεβαιώνεται από την ανάλυση των ιζηματολογικών και ορυκτολογικών στοιχείων, καθώς επίσης και από την επεξεργασία των αποτελεσμάτων της δοκιμής S.P.T (σχ. 11). Συμπερασματικά λοιπόν από την γεωσεισμική διασκόπηση, διαπιστώθηκαν δύο διακεκριμένα γεωσεισμικά στρώματα, με ταχύτητες αντίστοιχα 550 m/sec και 1430 m/sec.

Η μικρότερη από τις δύο ταχύτητες αντιστοιχεί σε ένα επιφανειακό αποσθρωμένο στρώμα μέσου βάθους 6 μέτρων. Η μεγαλύτερη ταχύτητα αντιστοιχεί σε ένα συμπαγές μαργαϊκό στρώμα, το βάθος του οποίου δεν έγινε δυνατό να εκτιμηθεί. Φαίνεται λοιπόν, ότι πολύ πιθανόν το επιφανειακό υλικό διολιθοθάνει επάνω στη διαχωριστική επιφάνεια αυτού με ένα υποκείμενο πιο συμπαγές υλικό.

VI. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την εξέταση των συνθηκών που αναφέρθηκαν, προκύπτει ότι η περιοχή "Ακταία" έχει φτάσει σε μια οριακή κατάσταση ισορροπίας, η οποία προέκυψε από τη συνδυασμένη δράση των εξής παραγόντων:

(1) Από το υφιοτάμενο τεκτονικό καθεστώς στην ευρύτερη περιοχή, τα οποία με τη δυναμική δράση των ρηγμάτων και διακλάσεων έχει δημιουργήσει επιφάνειες μειωμένης αντοχής, οι οποίες επίσης διευκολύνουν την διείσδυση του επιφανειακού ύδατος, με αποτέλεσμα την δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για την εκδήλωση κατολιθοθητικών φαινομένων.

(2) Από την ύπαρξη ενός επιφανειακού ορίζοντα από αποσθρωμένο υλικό, πάχους 5-7 μέτρων. Ο ορίζοντας αυτός εντοπίστηκε από τα αποτελέσματα της γεωτεχνικής έρευνας (ιζηματολογικά, ορυκτολογικά στοιχεία, δοκιμές S.P.T), καθώς επίσης και τα αποτελέσματα της γεωσεισμικής διασκόπησης.

(3) Από την εμφάνιση μεγάλων μορφολογικών κλίσεων (>30%), οι οποίες είναι καθοριστικής σημασίας για την ευστάθεια των πρανών.

(4) Από την ύπαρξη απότομων μικρών παράκτιων κρημνών, οι οποίοι σε συνδυασμό με τη δράση των κυμάτων, προκαλούν διατάραξη της ισορροπίας των και μειώνουν την υποστήριξη του υλικού των πρανών, με αποτέλεσμα την εκδήλωση επιφανειακών θραύσεων.

Στους παραπάνω παράγοντες θα πρέπει να προτεθεί η επίδραση Ανθρωπογενών παραγόντων όπως:

(α) υπερφόρτωση των επιφανειακών στρωμάτων στην κορυφή του πρανού με την κατασκευή των Παραθεριστικών Εγκαταστάσεων (κατακλεις, πισίνα)

(β) εκκαφές για όμαλοποίηση της κλίσης στη βάση της κατολισθησης, για την κατασκευή σικιών

(γ) η συνεχής διαστολή του επιφανειακού αποσαθρωμένου ορίζοντα, κατά την διάρκεια όλου του έτους λόγω του ποτίσματος των κήπων του συγκροτήματος "Ακταία" και πιθανών διαρροών κατά την αποστράγγιση της πισίνας ή του αποχετευτικού συστήματος των οικιών. Τα νερά αυτά, σε συνδυασμό με τα νερά της βροχής κατά τις περιόδους εντόνων βροχοπτώσεων (π.χ. Μάρτης 1980), προκαλούν αύξηση της πίεσεως πόρων των επιφανειακών εδαφών, με αποτέλεσμα την μείωση της διατμητικής αντοχής αυτών, καθώς και την αύξηση του ρυθμού μετακίνησής τους προς τα κατάντη του πρανούς.

Από τα παραπάνω που αναφέρθηκαν, φαίνεται ότι η περιοχή Ακταίας, καθώς επίσης και οι γειτονικές περιοχές από την Βάρκιζα έως το Σούνιο που παρουσιάζουν τις ίδιες συνθήκες, είναι επιρρεπείς σε κατολισθήσεις και επομένως η ισορροπία των επιφανειακών εδαφικών σχηματισμών φαίνεται ότι βρίσκεται σε οριακά επίπεδα. Η κατάσταση δε γίνεται καθημερινά δυσμενέστερη με τη συνέχιση της δόμησης της περιοχής, έτσι ώστε να μην αποκλείεται στο εγγύς μέλλον η εμφάνιση μιάς κατολισθησης μεγαλύτερης κλίμακας.

Προτείνεται επομένως η άμεση λήψη μέτρων όχι μόνο στη περιοχή Ακταίας, αλλά και σε ολόκληρη την γειτονική αυτής ζώνη.

8. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ΑΕΡΟΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ περιοχής Ιουνίου. Δ/ση Αεροφωτογραφήσεων του Υ.Π.Ε.Χ.Ω.Δ.Ε.
 (α) Κλίμακα 1:20.000, ημερομηνία φωτοληψίας 27.6.67
 (β) Κλίμακα 1:14.000, ημερομηνία φωτοληψίας 17.11.80
- ANGELIER, J., TSOFLIAS, P., 1977. Sur quelques trait tectoniques et néotectoniques de l'Attique et du Golfe Saronique. *P.P.A.* 52, p.98-109.
- ΑΡΩΝΗΣ, Γ., ΠΑΠΑΚΗΣ, Π., 1960. Έκθεσις περί Υδρογεωλογικής Αναγνωρίσεως και Προγραμματισμού Ερευνητικού Έργου της παραλίας Σαρωνικού από Βαρκίτζης μέχρι Αεγραιών. Ι.Γ.Ε.Υ.
- ΑΥΓΟΥΣΤΙΑΔΗΣ, Σ.Σ., 1969. Εγχειρίδιον Γενικής Γεωλογίας, μέρος Ιον: Γεωμορφολογία. Εκδόσεις Ε.Μ.Π.
- BINI, C., DEL SETTE, M., 1980. The contribution of soil cartography to land use planning. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, N°22, 151-156, Krefeld.
- BLONDEAU, F., 1976. Stabilité de talus. Rapport général de versants naturels. *Bulletin de Liaison des Laboratoires des ponts et chaussées*.
- BLYTH, H.G.F., 1974. A geology for engineers. *Edward Arnold publishers, Ltd, London*.
- BROMHEAD, N.E., 1986. The stability of Slopes. *Surrey University press, U.S.A.*
- CHRISTOULAS, J., KALTEZIOTIS, N., TSIAMBAOS, G., 1986. Two case Histories of Severe Environmental Disturbance Due to Road Construction in Greece. *Intern. Symposium of Environmental Geotechnology, Lehigh University, Vol.1, 455-462*.
- COATES, D., 1977. Landslide perspectives. *Geol. Soc. America, Reviews in Engin. Geology, Vol. III*.
- COLAS, G., PILOT, G., 1976. Description et classification des glissements de terrain. *Bull. de Liaison des Laboratoires des ponts et chaussées*.
- DAVIS, J.L., 1977. Geographical Variation in coastal development. p.p.204, *Longman, London*.
- DOBRI, B.M., 1965. Introduction to Geophysical Prospecting. 3rd edition, *Mc-Graw-Hill, N.York*.
- DOHR, G., 1974. Applied Geophysics. Introduction to Geophysical Prospecting. *Geology of Petroleum, Vol.I, a Halsted Press Book*.
- ΔΟΥΝΑΣ, Α., 1965. Έκθεση επί των Υδρογεωλογικών συνθηκών της περιοχής Δήμου Κρωκίας Αττικής. Ι.Γ.Ε.Υ., Αθήνα.

- ΓΑΛΑΝΟΠΟΥΛΟΣ, Α., 1976. Εισαγωγικά μαθήματα Εφαρμοσμένης Γεωφυσικής. Παν/μιο Αθηνών.
- ΓΚΑΞΙΟΣ, Ε., 1979. Οδικές κατασλήσεις στον Ελληνικό χώρο. Δελτίο Κ.Ε.Δ.Ε., τεύχος 3-4.
- ΓΚΑΞΙΟΣ, Ε., 1985. Ανάλυση ευστάθειας και μέτρα προστασίας κατολισθήσεων. Σεμινάριο Εδαφομηχανικής του Τ.Ε.Ε., τμήματος Ηλείου.
- GEDNEY, S.D., WEBER, G.W., 1978. Design and Construction of Soil Slopes. *Landslides Analysis and Control, National Academy of Sciences, special report 176, Washington, D.C.*
- GORSHKOV, G., YAKUSHOVA, A., 1977. *Physical Geology. Mir publishers.*
- GUILCHER, A., 1954. Coastal and Submarine Morphology. *Metlium*, p.214, London.
- HAGEDOORN, J.G., 1959. The Plus-Minus method of interpreting seismic refraction sections. *Geophysical Prospecting*, Vol.VII.
- HAWKINS, H.A., PRIVETT, D.K., 1985. Measurement and Use of Residual Shear Strength of Cohesive Soils. *Ground Engineering.*
- HAWKINS, V.L., 1961. The Reciprocal Method of Routine Shallow Seismic Refraction Investigations. *Geophysics*, Vol.XXVI, N°6, p.806-819.
- HOUGH, K.B., 1969. Basic Soils Engineering. 2nd Edition, *The Ronald Press Company, New York.*
- ΚΕΔΕ, 1970. Γεωτρήσεις οδού Πηγαδάκια-Βάρη-Βόρεια. Αρχείο Γεωτρήσεων.
- ΚΕΔΕ, 1981. Γεωτρήσεις στη Χ.Θ. 39+00 της οδού Αθηνών-Σουνίου. Αρχείο Γεωτρήσεων.
- ΚΕΔΕ, 1986. Ερευνητικές εργασίες για την αντιμετώπιση της καταλίωσης της κερκοχής Ακταίας (α' φάση). Δημοσίευτα στοιχεία του ΚΕΔΕ.
- ΚΕΔΕ, 1986. Τεχνικές Προδιαγραφές Γεωλογικών Εργασιών μέσα στα πλαίσια των Μελετών Τεχνικών Έργων (Ε 104-85), τεύχος 2, Αθήνα.
- KING, A.M.C., 1972. Beaches and Coasts. *Edward Arnold*, 2nd edition, London, p.570.
- KOBER, 1970. Beiträge zur Geologie von Attika. *Sitzungsber der Ak. Wiss. Wien I*, 138.
- ΚΟΝΤΗΣ, Α., 1951. Γεωλογική και υδρογεωλογική έκθεση κερκοχής Βάρης Αττικής. Ι.Γ.Μ.Ε.
- ΚΟΥΚΗΣ, Γ., 1980. Ο ρόλος της Τεχνικής Γεωλογίας και Γεωμηχανικής στον αστικό σχεδιασμό και ανάπτυξη. Οι συνθήκες στον Ελληνικό χώρο. Δελτίο ΚΕΔΕ, τεύχος 4, σελ. 272-315.
- ΚΟΥΚΗΣ, Γ., 1980. Κατολισθητικά φαινόμενα στον Ελληνικό χώρο και η σημασία τους στην Οδοποιία. Δελτίο ΚΕΔΕ, τεύχος 2, σελ. 83-106.

- TELFORD, W.M., GELDART, L.P., SHERIFF, R.E., KEYS, D.A., 1976. Applied Geophysics. Cambridge University Press, London.
- TERZAGHI, K., 1950. Mechanics of Landslides. Applications of Geology in Engineering Practice. Geol. Soc. America, Berkeley, vol.
- ΘΕΟΔΩΡΟΠΟΥΛΟΣ, Α., 1975. Φαινόμενα κυψελώδους αποσαθρώσεως (Tafoni), επί της νήσου Τήνου. *Annales Géologiques des Pays Helléniques*, Vol.26, pp. 149-158.
- ΤΟΠΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΧΑΡΤΗΣ Περιοχής Αναβύσσου Αττικής, 1979. Κλίμακα 1:2000, χρόνος ούνηταξης 26.6.1979/11.8.1979, ΚΑ 01.35. Φύλλα 2/31 και 2/21, έκδοση από το Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ, Υπηρεσία χαρτογραφώσεων και Κτηματολογίων.
- TRASK, D.P., Dynamics of Sedimentation. Applied Sedimentation. National Research Council, Washington, D.C.
- ΤΡΙΚΚΑΛΙΝΟΣ, J., 1935. Tektonische und Paläogeographische Untersuchungen der Mesozoischen Schichten Attikas. *Πρακτικά Ακαδημίας Αθηνών*, 10, σελ. 447-457.
- ΤΡΙΚΚΑΛΙΝΟΣ, J., 1936. Über die Schichtenfolge und den Bau Attikas. *Sonderdruck aus der Stille-Festschrift*, pp. 301-314, Stuttgart.
- ΤΣΙΑΜΠΑΣ, Γ., 1985. Γεωλογία και Κατολισθήσεις. Σερυνάριο Εδαφομηχανικής του Τ.Ε.Ε., τμήματος Ηκείρου.
- ΤΣΙΑΜΠΑΣ, Γ., 1987. Τεχνικογεωλογικοί Χαρακτήρες των Μαργών Ηρακλείου Κρήτης. Διδακτορική διατριβή, Παν/μιο Πατρών, Γεωλογικό Τμήμα (υποβλήθηκε το 1987).
- ΤΣΟΥΤΡΕΛΗΣ, Χ., 1985. Στοιχεία Μηχανικής των Πετρωμάτων. Βασικά θεωρητικά στοιχεία και Πειραματικές μέθοδοι. Μέρος Ι, Αθήνα, σελ.57-62.
- VARNES, D., 1980. Slope Movement Types and Processes In Landslides: Analysis and Control. *Transportation Research Board, Spec.Rep.* 1976.
- ΒΑΣΙΛΕΙΟΥ, Ι., ΣΚΑΦΙΔΑ, Ε, 1984. Γεωσεισμικές Ερευνες με τη Μέθοδο Διάθλασης Περιοχής Δρίσκου-Γενεύου, Νομού Ιωαννίνων. Διαλωματική εργασία, Τομέας Γεωφυσικής-Γεωθερμίας, Παν/μιο Αθήνας.
- ΒΑΣΙΛΟΠΟΥΛΟΣ, Ε., 1985. Κατολισθήσεις σε φυσικά Εδαφικά Πρανή-Αίτια, Διαγνωστική και Θεραπεία. Παράμετροι σχεδιασμού και θεμελιώσεων. Πρακτικά 2ης Ελληνικής Ημερίδας Γεωτεχνικής, Ελληνική Επιστημονική Έταιρεια Εδαφομηχανικής και Θεμελιώσεων, σελ. 229-241.
- ΒΟΥΓΙΟΥΚΑΣ, Π.Γ., 1906. Γεωλογικός Χάρτης της Αττικής, σε κλίμακα 1:100.000. Από το βιβλίο: Γεωλογία της Αττικής. Συμβολή εις την θεωρίαν επί της μεταμορφώσεως των πετρωμάτων. Μετάφραση από το βιβλίο του R. Lepsius.
- WHITELEY, J.R., GREFENHALGH, A.S., 1979. Velocity Inversion and the Shallow Seismic Refraction method. *Geoezploration, International Journal of Mining and Technical Geophysics and Related Subjects*, Vol.17, No2, pp. 125-141.

ZARUBA, Q., MENCI, V., 1982. Landslides and their Control. *Developments in Geotechnical Engineering*, Elsevier, Amsterdam.

ZENKOVICH, P.V., 1967. Processes of Coastal Development. Edited by J.A. Steers.