

Πρακτικά		4ου Συνεδρίου		Μάϊος 1988	
Δελτ. Ελλην. Γεωλ. Εταιρ.	Τομ. XXIII/3	σελ. 319-331		Αθήνα	1989
Bull. Geol. Soc. Greece	Vol.	pag.		Athens	

## ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ ΑΣΤΑΘΕΙΑΣ ΣΤΟ ΔΡΟΜΟ ΣΠΑΡΤΗΣ- ΚΑΛΑΜΑΤΑΣ ΑΠΟ ΤΟ ΣΕΙΣΜΟ ΤΗΣ 13 ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΥ 1986

Γ. ΞΕΙΔΑΚΗ\*, Π. ΜΑΡΙΝΟΥ\*\*, Ι. ΔΙΑΜΑΝΤΗ\*

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Μετά από τις σεισμικές δονήσεις στην περιοχή της Καλαμάτας το Σεπτέμβριο του 1986, διερευνήθηκαν τα κατολισθητικά φαινόμενα που συνέβησαν στο δρόμο Σπάρτης-Καλαμάτας.

Στην εδώ εργασία παρουσιάζεται μια σύντομη απογραφή-περιγραφή και ταξινομήση των φαινομένων αυτών και συζητείται η πιθανή σύνδεσή τους με τους σεισμούς της 13-9-86.

Από την μελέτη αυτή προέκυψε ότι τα φαινόμενα αστάθειας περιορίστηκαν κυρίως στα ανθρακικά πετρώματα της Ζώνης της Τρίπολης και σε μια ζώνη διεύθυνσης ΒΑ-ΝΔ, στην οποία έχουν γενικότερα εκδηλωθεί και οι επιφανειακές διαρρήξεις ή τα ρήγματα που επεναδραστηριοποιήθηκαν π.χ. κοιλάδα του Νέδοντα, του Καρβελιώτικου κ.ά.

Οι αστάθειες ήταν κυρίως καταπτώσεις-αποκολλήσεις βράχων, το μέγεθος των οποίων σπάνια υπερέβαινε το  $1m^3$ . Οι ολισθήσεις τραπεζών και οι σφηνοειδείς κατολισθήσεις ήταν περιορισμένες. Οι καταπτώσεις είχαν μηχανισμούς είτε ανατροπής είτε "εκτίναξης". Οι επίπεδες κατολισθήσεις εκδηλώθηκαν σε περιοχές με κινηματικά ευνοϊκή διάταξη των ασυνχειών κασε γωνίες ολίσθησης μεγαλύτερες των  $40^\circ$  παρ' όλη την ύπαρξη μέσης τραχύτητας ( $JRC=5$ ).

Στην εργασία τέλος συζητείται το θέμα της γενικότερης επικινδυνότητας του δρόμου από πλευράς φαινομένων αστάθειας και τα μέτρα προστασίας που είναι δυνατόν να ληφθούν.

### ABSTRACT

Shortly after the Kalamata earthquake in 13<sup>th</sup> September 1986 ( $M=6,2R$ ), an inventory of the slope instability phenomena happened in the Kalamata-Sparta roadway were carried out. The aerial distribution and the kinds of these phenomena were studied and their relation to the surface ruptures due to the earthquake considered.

From these studies it was concluded that most of the landslides triggered by the earthquake were concentrated in the deep valleys and gorges of the calcareous rocks of the Tripolis Zone e.g. the gorges of Methoda and Karveliotikou streams and in a zone of NE-SW direction, where the surface ruptures and the fault reactivation occurred. The instability phenomena were almost absent in clayey rock zones such as in schist and flysch, in spite of the fact that in these zones there are locations with permanent instability problems e.g. at the 5<sup>th</sup> and 37<sup>th</sup> km from Kalamata. This may be attributed to deep ground water horizon at that time. The plattenkalk unit, 38 km eastward of Kalamata, was not affected by the shocks.

The rock slides in limestone were mostly small slides, rock-falls and toppling. The volume of the blocks fallen rarely exceeded  $1m^3$ . The plane slides and wedges were limited in a few cases and happened at angles of the sliding surface greater than  $40^\circ$ . The mean roughness of the sliding surfaces was around 5 ( $JRC=8-10$ ) and the mean values of the Schmidt hammer rebound number was 42 ( $\sigma_c=100MPa$ ).

The permanent problem of the road is the rock-falls triggered by various factors and not only by the earthquake. Some preventive measures are also proposed.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη "Θεόφραστος" - Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ.

\* Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Τομέας Γεωτεχνικής Μηχανικής

\*\* Ε.Μ.Π., Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Γεωτεχνικός Τομέας

## 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1. Ιστορικό και Σεισμοτεκτονικά Στοιχεία του Σεισμού

Η πόλη της Καλαμάτας και η ευρύτερη περιοχή, βόρεια και ανατολικά της πόλης, το Σάββατο 13 Σεπτεμβρίου 1986 (GMT 17,25) επλήγει από σεισμό (κύριος σεισμός), ο οποίος σύμφωνα με τις ανακοινώσεις του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου του Εθνικού Αστεροσκοπείου Αθηνών και του Εργαστηρίου Γεωφυσικής του ΑΠΟ, είχε μέγεθος  $M = 6.2$ , χωρίς προσεισμικές δονήσεις. Ο μεγαλύτερος μετασεισμός ακολούθησε δύο μέρες αργότερα, τη Δευτέρα 15.9.86 (GMT 11: 41) και είχε μέγεθος  $M = 5.4$ . Ο αμέσως μικρότερος μετασεισμός είχε μέγεθος  $M = 4.2$  (GMT 01:48, 15.9.86)<sup>5</sup>.

Το επίκεντρο του κύριου σεισμού ήταν 12km περίπου βόρεια της πόλης της Καλαμάτας και του μεγαλύτερου μετασεισμού: 1 km ανατολικά.

Οι καταστροφές από τους σεισμούς της 13-15/9/86, περιορίστηκαν σε μια ζώνη 6-8 km πλάτους, με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ, ανατολικά της Καλαμάτας στην οποία συμπεριλαμβάνεται και η πόλη. Στη ζώνη αυτή εμφανίστηκαν επιφανειακές ρωγματώσεις του εδάφους καθώς και πολλά κατολισθητικά φαινόμενα, με τα οποία θα ασχοληθούμε εκτενέστερα στη συνέχεια. Επιφανειακές ρωγματώσεις του εδάφους εμφανίστηκαν κυρίως στις περιοχές των χωριών Ελαιοχώρι, Περιβολάκια, Καρβέλι, Κουτσονέρι και στη Μονή Μανδράκι του χωριού Νέδουσα. Οι ρωγματώσεις αυτές είχαν μια γενική διεύθυνση Β.ΒΑ-Ν.ΝΔ και σύμφωνα με τους Παπαζαχός et al., 1986, αποτελούν τις επιφανειακές εκδηλώσεις ενός κανονικού ρήγματος, 2-3 km ανατολικά της πόλης της Καλαμάτας στην οποία συμπεριλαμβάνεται και η πόλη, στην ανατολική πλευρά του Μεσσηνιακού Κόλπου, στις υπώρειες του Ταίγερου με διεύθυνση Β.ΒΑ-Ν.ΝΔ και 0 - 30° κλίση.

Οι επιφανειακές ρωγματώσεις του εδάφους που προκλήθηκαν από τους σεισμούς της 13.9.86 καλύπτουν μια ζώνη μήκους 15-18 km (ΒΑ-ΝΔ) και εκτείνονται λίγο-πολύ σ' όλο το μήκος του προαναφερθέντος ρήγματος.

Εκτός από τις παραπάνω επιφανειακές ρωγματώσεις, ρωγματώσεις εμφανίστηκαν και σε άλλες διευθύνσεις και οφείλονται πιθανότατα σε ενεργοποίηση άλλων μικρότερων νεοτεκτονικών ρηγμάτων της περιοχής.

Ο δρόμος Καλαμάτας-Σπάρτης, τέμνει τη ζώνη του ρήγματος στην περιοχή των α-οβεστολίθων της ζώνης της Τρίπολης στην περιοχή Καρβέλι-Λαδά-Αρτεμισία-Νέδουσα, όπου και εμφανίστηκαν τα περισσότερα κατολισθητικά φαινόμενα από καταπτώσεις κυρίως βράχων.

Σύμφωνα με τους Μαριολάκο και άλλους (έκθεση ΟΑΣΠ 1986), οι καταστροφές περιόρισταν κυρίως στο τεκτονικό βύθισμα δεύτερης τάξης (υποβύθισμα του βυθίσματος Μεσσηνίας-Κυπαρισσίας) της Δίμοβας-Περιβολακίου-Καλαμάτας, μέσα στο οποίο έγιναν και οι περισσότερες σεισμικές διαρρήξεις και επαναδραστικοποιήσεις νεοτεκτονικών ρηγμάτων.

Τα όρια του βυθίσματος αυτού είναι: προς βορρά η ρηξιγενής ζώνη που αναπτύσσεται μεταξύ των ανθρακικών πετρωμάτων της ζώνης της Τρίπολης και του φλύσχη της ίδιας ζώνης (περιοχή Κάτω Καρβέλι), προς νότο δε το ρήγμα κατά μήκος του ρέματος του χειμάρρου Ξερίλα-τεκτονικό κέρασ Καλάθιου όρους. Το ανατολικό όριο ορίζεται από τη ρηξιγενή ζώνη που διέρχεται από το χωριό Αράχοβα με ρήγματα διεύθυνσης Β-Ν και τέλος το δυτικό όριο συμπιπτει με την κοιλάδα του Νέδοντα, στην Καλαμάτα, και το μικρό τεκτονικό κέρασ "Ασπροχώματος-Κουταλά".

### 1.2. Γεωλογία της περιοχής

Στην εργασία αυτή εξετάζεται η ευρύτερη περιοχή του δρόμου Σπάρτης-Καλαμάτας. Πρόκειται για μία ορεινή περιοχή στην οποία η μορφολογική εικόνα καθορίζεται σχεδόν αποκλειστικά από τεκτονικά στοιχεία που προκλήθηκαν κατά τη νεοτεκτονική περίοδο. Η περιοχή αποτελεί τα βόρεια άκρα του Ταίγερου.

Από γεωλογικής πλευράς οι σχηματισμοί της περιοχής σε ένα μεγάλο βαθμό ανήκουν στην ενότητα της Τρίπολης, υπόβαθρο της οποίας για την περιοχή αυτή θεωρούν-

ται από πολλούς ερευνητές τα μεταμορφωμένα της ενότητας της Άρνας τα οποία εμφανίζονται στην επιφάνεια στο κεντρικό τμήμα της περιοχής που μελετάται. Η ενότητα της Άρνας περιλαμβάνει τα μέσου μέχρι υψηλού βαθμού μεταμόρφωσης πετρώματα, με ηλικία μεταμόρφωσης Ηωκαινική-Κάτω Μειοκαινική (SEIDEL et al 1982), και παρεμβάλλεται τεκτονικά ανάμεσα στην ενότητα Μάνης (Ιόνιος ζώνη) και την ενότητα της Τρίπολης προς τα πάνω (σχ.1) (ΠΑΠΑΝΙΚΟΛΑΟΥ 1986).

Η ενότητα της Άρνας αντιπροσωπεύεται στην περιοχή από σχιστολιθικά πετρώματα (φυλλίτες, σχιστόλιθους) με μια ποικιλία πετρολογικών τύπων από χαλαζίτες που εμφανίζονται συνήθως μυλονιτωμένοι, καθώς και μια σειρά από μετακροκαλοπαγή, μεταβασάλτες, μετατόφους και μεταπηλίτες. Εκτείνεται περίπου Β-Ν. Το δυτικό της όριο βρίσκεται σχεδόν στο χωριό Αρτεμής ενώ το ανατολικό περίπου στο παγετόρεμα.

Η ενότητα της Τρίπολης, όπως είπαμε, καταλαμβάνει τη μεγαλύτερη έκταση. Η λιθολογική της όμως μονοτονία στους σχηματισμούς (ασβεστόλιθοι της ίδιας φάσης) δυσκολεύει πάρα πολύ τη διάκρισή τους σε επιμέρους στρωματογραφικούς ορίζοντες, με εξαίρεση τη βάση της στρωματογραφικής στήλης και την οροφή της.

Στην περιοχή μας εμφανίζεται ανατολικά της ενότητας της Άρνας σχεδόν μέχρι τη Σπάρτη, αλλά κυρίως η μεγάλη της έκταση εντοπίζεται στα δυτικά της ζώνης της Άρνας μέχρι την Καλαμάτα. Είναι δε η ζώνη, μέσα στην οποία εμφανίστηκαν οι επιφανειακές διαρρήξεις και τα κατολισθητικά φαινόμενα. Αποτελείται κυρίως από ασβεστόλιθους με μικρές εξαιρέσεις στη βάση της στήλης που εμφανίζονται τα στρώματα "Τυρού" όπως ονομάζονται, (από το ΚΤΕΝΑ)\*, τα οποία είναι ηλικίας Περμιού-Κάτω Τριαδικού και αποτελούν ένα σύμπλεγμα πετρωμάτων που περιλαμβάνει λάβες, ασβεστόλιθους, τόφους, τοφίτες, αργιλικούς σχιστόλιθους και κλιμίτες. Σε ορισμένες θέσεις εμφανίζονται ελαφρά μεταμορφωμένα. Εντοπίζονται οι μία ζώνη μικρού πλάτους με διεύθυνση Β-Ν, αμέσως δυτικά της Αρτεμής μέχρι και το χωριό Καρβέλιο.

Τα είδη των ασβεστόλιθων που μπορούν να διακριθούν στην ενότητα της Τρίπολης είναι:

Οι δολομιτικοί ασβεστόλιθοι που εντοπίζονται πάνω από τα στρώματα Τυρού και παρουσιάζουν έντονο τεκτονισμό.

Οι ανοικτότεφροι ασβεστόλιθοι, κρυσταλλικοί, παχυστρωματώδεις. Οι τεφροί ασβεστόλιθοι λίγο βιτουμενιούχοι και οι πλακώδεις ασβεστόλιθοι που εντοπίζονται κυρίως ανατολικά της ενότητας της Άρνας.

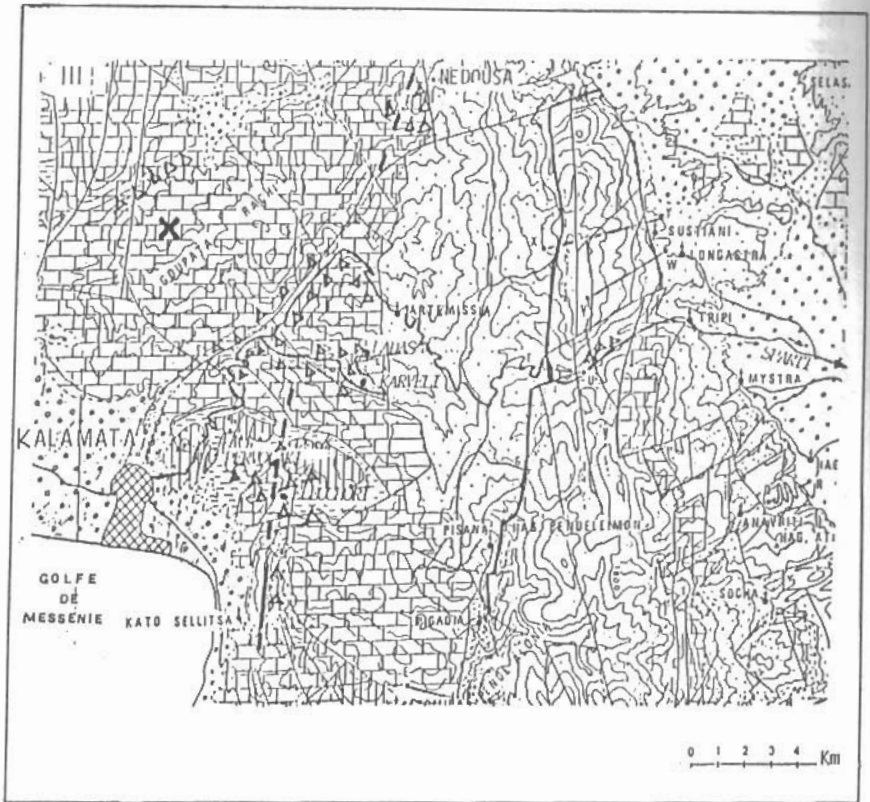
Για την ενότητα της Τρίπολης σημασία έχει η εμφάνιση του φλύσχη, που αποτελεί το ανώτερο όριο της ενότητας. Πρόκειται για ένα ιδιόμορφο φλύσχη όπου η κύρια μάζα είναι κλαστική και ιδιαίτερα φαμιτική και έχει μέσα του ογκώδη κλαστικά υλικά. Ο φλύσχος αυτός εντοπίζεται δυτικά της περιοχής κοντά στην Καλαμάτα. Η εμφάνισή του διακόπτεται σε ορισμένες θέσεις από την εμφάνιση σχηματισμών της ενότητας της Πίνδου που επικάθεται πάνω σ' αυτόν. Η ενότητα της Πίνδου αντιπροσωπεύεται στην περιοχή από λευκότεφρους ασβεστόλιθους, λεπτοστρωματώδεις και αποτελεί, ως γνωστόν, ένα τεκτονικό κάλυμμα πάνω στην ενότητα της Τρίπολης.

Εντοπίζεται αποκλειστικά στην περιοχή μεταξύ Νέδοντα και το χειμάριο Ξερίλα, στα χωριά Περιβολάκια-Ελαιοχώρι. Η περιοχή αυτή αποτελεί, όπως αναφέρθηκε, ένα μικρό τεκτονικό βύθισμα στο οποίο επικάθεται η ζώνη της Πίνδου.















## 2. ΑΠΟΓΡΑΦΗ-ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΤΙΚΩΝ ΦΑΙΝΟΜΕΝΩΝ

Από πλευράς γεωλογικών σχηματισμών, η ζώνη του δρόμου Σπάρτης - Καλαμάτας αναφέρεται:

- Στο τμήμα των πρανών προς τη Σπάρτη, ανατολικό τμήμα δρόμου, με ασβεστόλιθους που ανήκουν κυρίως στην ενότητα των πλακωδών ασβεστολιθών και πολύ λιγότερο στους ασβεστόλιθους της ζώνης της Τρίπολης
- Το κεντρικό τμήμα που διασχίζει τους σχιστόλιθους και χαλαζίτες της φυλλιτικής σειράς της "Άρνας".
- Το δυτικό τμήμα, προς την Καλαμάτα, όπου ανοίγεται και το φαράγγι του



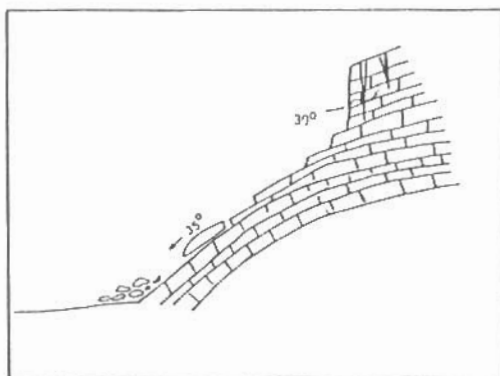
ΥΠΟΜΗΘΗ

-  Τεταρταγενές. Αλλοίβια, μάρμαρα, πλεουρικά κορήματα
-  Ασβεστόλιθοι της Πένδου εμπεπημένοι πάνω στη ζώνη της Τρίπολης. Μεκικότεφροι, λεχηντοπλακώδεις με κονδύλους πυριτιδόλιθων.
-  Φλύσχη αδιάρητος της ζώνης της Τρίπολης. Εναλλάγεις τεσσάρων μαργών, ψαμμίτων με ενστρώσεις ασβεστολίθων, ηύκαινα-θαλιόκαινα.
-  Ασβεστόλιθοι αδιάρητοι της ζώνης της Τρίπολης. Τεφροί έως ροδόχραιοι, υψώ έως παχυτομασιωτικές θαλαμειικοί, κρυσταλλικοί με ενστρώσεις λατινοπαγών κατά θέσεις. Ιουραϊκό-Κρητικό.
-  Στρώματα τυρώ, Ηραϊστιείο-ιζηματογενής ασβή.
-  Ενδύτητα Άρνικς ή φυλλετική-Χαλασιακή ασβή. Σχιστάλιθοι μαρμαρυγαίοι, χλωριτικοί, αμφοβιολιτικοί. Ενστρώσεις Μετακρακαλοπαγών, Μεταβασιτών, Μορφόρων κ.ά. Πέρινο-Τρισεϊκό.
-  Λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθοι
-  Γεωλογικά όρια
-  Ρήγμα
-  Ίχνος νεοτεκτονικού ρήγματος
-  Δρόμοι
-  Επικέντρο κάρτιου σεισμού
-  Επίβληση
-  Βυδίομα
-  Χαυλιόδοθεις

Σχ. 1. Γεωλογικός χάρτης της ευρύτερης περιοχής του δόμου Σπάρτης-Καλαμάτας (απόδοκίμιο από Υψηλάι, 1982).

Νέζοντα, καλύπτεται από τους ασβεστολιθικούς σχηματισμούς της Τρίπολης. Τα φαινόμενα αστάθειας που περιγράφονται στη συνέχεια ακολουθούν τη σειρά που συναντήθηκαν κατά την πορεία από τη Σπάρτη προς την Καλαμάτα και δίνονται σε χιλιομετρική απόσταση από την πόλη της Σπάρτης με μία σχετική ακρίβεια.

- (1) Στην περιοχή της Τρύπης αρχίζει και το ορεινό ανάγλυφο με φυλλίτες και ασβεστόλιθους της Τρίπολης που καλύπτουν την έξοδο των χαραδρώσεων της ορεινής μάζας.  
Κανένα κατολισθητικό φαινόμενο δεν παρατηρείται.
- (2) Στη συνέχεια αναπτύσσονται συνεχώς ασβεστόλιθοι της σειράς των πλακωδών ασβεστολίθων. Οι ασβεστόλιθοι αυτοί είναι κρυσταλλικοί, τεφρόλευκοι, λεπτοστρωματώδεις έως τοπικά μεσοστρωματώδεις, με λεπτές ενστρώσεις ή βολβούς πυριτιολίθων. Η περιοχή παρουσιάζει τοπικά φαινόμενα ασταθειών, όπως περιγράφονται στη συνέχεια. Κανένα όμως από αυτά δεν προκλήθηκε από το σεισμό.
- (3) Στο χιλιόμετρο 13,50 αναπτύσσεται σταδιακά αστάθεια υπό μορφή ολισθήσεως τμημάτων ασβεστολιθικών τραπεζών. Η ολίσθηση γίνεται πάνω στις επιφάνειες στρώσης που έχουν προσανατολισμό περίπου παράλληλο προς τη διεύθυνση του δρόμου. Η κλίση και η φορά κλίσεως είναι  $35^{\circ}/110^{\circ}$  και η επιφάνεια επικαλύπτεται από ένα "υμένα" οξειδίων ή ασβεστίτη, ελαφρά μικρότερης αντοχής από τον υγιή ασβεστόλιθο. Η σκληρότητα κατά Schmidt του υλικού στην επιφάνεια των ασυνεχειών είναι 25-40 (40-120MPa). Η τραχύτητα της επιφάνειας των ασυνεχειών εκτιμήθηκε σε JRC VII-VIII που αντιστοιχεί σε περίπου λείες επίπεδες επιφάνειες. Τα παραπάνω χαρακτηριστικά της βραχομάζας εξηγούν και την αστάθεια της ζώνης αυτής για κλίσεις  $35^{\circ}$  (οριακές κλίσεις για ασβεστόλιθο). Η περιοχή αστάθειας είναι σχετικά περιορισμένη, παρ'ότι τα φαινόμενα επαναλαμβάνονται και σε άλλες θέσεις. Τα κατ'εξοχή ασταθή τεμάχια έχουν αποκολληθεί από παλαιότερες μετακινήσεις γι' αυτό και δεν ενεργοποιήθηκαν νέα από τους σεισμούς (σχ.2)\*.

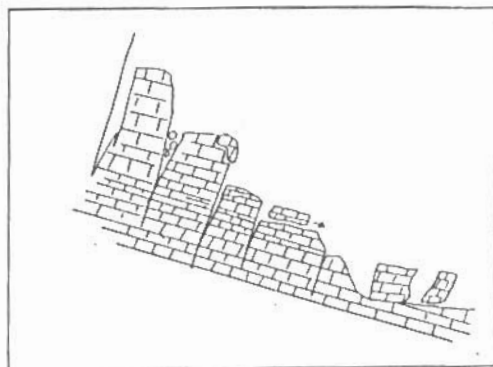


Σχ.2. Απόσπαση και ολίσθηση "τεμαχίων" πάνω σε επιφάνειες στρώσης με στοιχεία  $35^{\circ}/110^{\circ}$  περίπου. Δρόμος Σπάρτης-Καλαμάτας, χιλιόμετρο 13,50 (Σκαρίφημα)

\* όλα τα σχήματα των ασταθειών που ακολουθούν είναι σκαριφήματα και δεν έχουν σχεδιαστεί υπό κλίμακα.

- (4) Στην περιοχή των χιλιομέτρων 17-17,50 οι ασβεστόλιθοι παρουσιάζονται ιδιαίτερα διαταραγμένοι, οι στρώσεις είναι πάλι ομόρροπες προς το πρηνές με μικρότερες κλίσεις ( $\approx 25^\circ$ ) αλλά τα φαινόμενα εκδηλώνονται με καταπτώσεις από μηχανισμό ανατροπών (σχ.3). Οι ανατροπές διευκολύνονται από τις ρωγμές εφελκυσμού που δημιουργούνται από την εκτόνωση των παραμενουσών τάσεων (αναπνοής) του πετρώματος στο πρηνές και η περιστροφή των τεμαχών γίνεται κυρίως πάνω στις επιφάνειες στρώσεως.

Η περιοχή είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη. Ο σεισμός του 1986 δεν την ενεργοποίησε, αλλά ένας μεγαλύτερος σεισμός με πλησιέστερο επίκεντρο και ενεργοποίηση των εδώ ρηγμάτων είναι βέβαιο ότι θα προκαλέσει εκτεταμένες καταπτώσεις. Άμεση προστασία μπορεί να γίνει με ελεγχόμενη απόσπαση των τμημάτων της βραχομάζας που είναι έτοιμα για ανατροπή και απόλυση των κλίσεων στην κεφαλή των πρηνών.



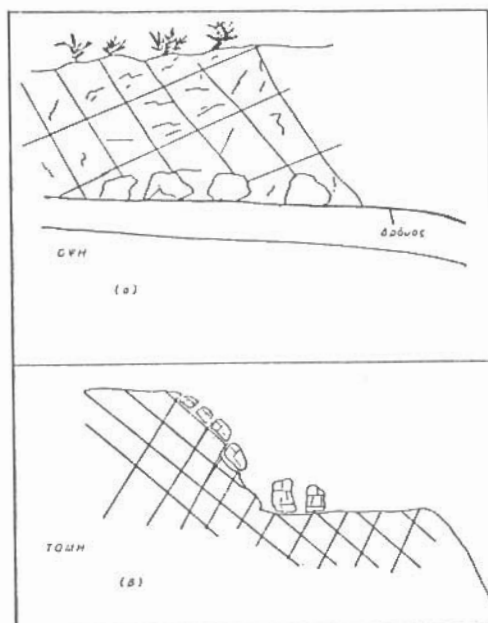
Σχ.3. Καταπτώσεις από ανατροπές κυρίως. Ρωγμές εφελκυσμού λόγω εκτόνωσης παραμενουσών τάσεων "αναπνοής" του πετρώματος, Δρόμος Σπάρτης-Καλαμάτας χλμ. 17<sup>ο</sup>. Πρόσφατη τεκτονική

- (5) Στο κεντρικό τμήμα και μέχρι την περιοχή Αρτεμησίας, στην περιοχή δηλαδή ευρείας εξάπλωσης των φυλλιτών δεν παρατηρήθηκαν γύρω από το δρόμο φαινόμενα αστάθειας που να οφείλονται στο σεισμό. Να σημειωθεί ότι οι σχιστόλιθοι και ο αποσαθρωμένος μανδύας τους είναι πετρώματα ευαίσθητα στις καταλοισθήσεις.
- (6) Στα φυσικά πρηνή της ορεινής μάζας μετά την Αρτεμησία στο 37<sup>ο</sup> χιλιόμετρο εμφανίζονται οι πρώτες πολύ μικρές και αραιές αποσπάσεις τεμαχών από τη βραχομάζα των ασβεστόλιθων και δολομιτών της Τρίπολης\*, που προκλήθηκαν από το σεισμό. Από το 38<sup>ο</sup> χιλιόμετρο αρχίζουν αποσπάσεις βράχων και από τα τεχνητά πρηνή του δρόμου. Τα πρηνή αυτά παρ'ότι δεν έχουν μεγάλο ύψος (4-6m) αναπτύσσονται μέσα σε τεμαχισμένη βραχομάζα που επιτρέπει την εκτίναξη "τεμαχών" διαστάσεων από ολίγων δεκάδων εκατοστών (30x40x30cm) μέχρι και ενός μέτρου. Η διάταξη των επιπέδων ασυνέχειας (διακλάσεις-στρώσεις) δεν είναι ιδιαίτερα ευνοϊκή για την εκδήλωση καταπτώσεων χωρίς την επίδραση των σεισμικών επιβαρύνσεων π.χ. οι διακλάσεις  $55^\circ/185^\circ$  στις οποίες οφείλονται οι αποσπάσεις, οριακά μπορούν να δώσουν ανατροπή τεμαχών σε μη δυναμική επιβάρυνση του πρηνούς. Οι στρώσεις

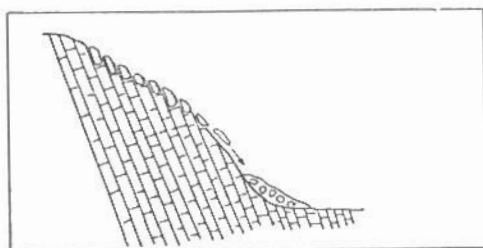
\*Οι ασβεστόλιθοι και οι δολομίτες της Τρίπολης ανήκουν στην οροσειρά των ορεινών πετρωμάτων Δεκελίου.

δεν έχουν αποφασιστικό ρόλο στην αστάθεια. Αντίθετα οι άλλες διακλάσεις (π.χ. οικογένεια  $70^{\circ}/280^{\circ}$ ) διευκολύνουν τον αποχωρισμό των "τεμαχών" που τελικά ανατράπηκαν από το σεισμό, λόγω ευνοϊκής διάταξης προς το πρηνές. Οι ρωγμές είναι ανοικτές με λίγο αργιλικό υλικό πληρώσεως και η σκληρότητα Schmidt του ασβεστόλιθου 40-50 (σχ.4.α.β.).

- (7) Στο  $39^{\circ}$  χιλιόμετρο υπάρχει ένα μικρό λατομείο όπου οι ασβεστόλιθοι της Τρίπολης εμφανίζονται πιά λεπτοπλακώδεις. Οι καταπτώσεις παράγουν πιά λεπτό υλικό ( $20 \times 30 \text{ cm}$ ) και δημιουργούν και μικρές "σάρρες" σχ. 5. Οι αστάθειες αυτές δεν είναι βέβαια καινούργιες αλλά φαίνεται να ενεργοποιήθηκαν με το σεισμό.



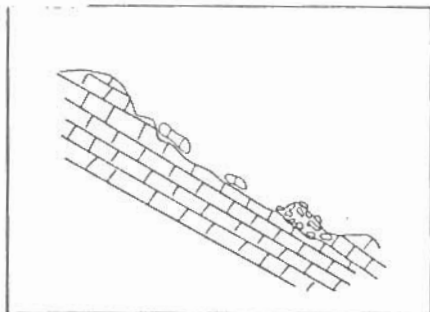
Σχ.4, Δρόμος Σπάρτης-Καλαμάτας, χλμ.  $37^{\circ}$ . Εκτίναξη τεμαχών παχυστρωματώδους ασβεστόλιθου μεγέθους μέχρι  $1 \text{ m}^3$ .



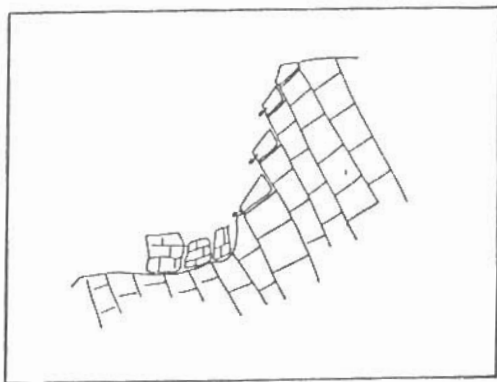
Σχ.5, "Σάρρες" από λεπτό υλικό ( $20 \times 30 \text{ cm}$ ) στη βάση του πρηνούς στον λεπτοπλακώδη ασβεστόλιθο που ενεργοποιήθηκαν μερικά από το σεισμό, χιλιόμετρο  $39^{\circ}$  από Σπάρτη



- (8) Στην περιοχή μεταξύ του 39<sup>ου</sup> και 41<sup>ου</sup> χιλιομέτρου, παρατηρούνται συνεχείς αποσπάσεις τεμαχών από τα τεχνικά πρανά (ύψους 4-8m), όπου η ανατροπή λόγω διακλάσεων που τοπικά φθάνουν και στις 75<sup>ο</sup> γωνία κλίσης, είναι ο κυρίαρχος μηχανισμός. Στις ανατροπές αυτές προστίθενται και καταπτώσεις από αποσπάσεις τεμαχών από τη βραχομάζα των φυσικών πρανών. Οι αποσπάσεις αυτές έχουν γίνει υπό μορφή εκτίναξης μικρών γενικά τεμαχών που αν και δεν παρουσιάζουν μεγάλη συχνότητα εμφανίζουν μεγαλύτερους κινδύνους λόγω της μεγάλης ορμής που αποκτούν κατά την πτώση τους (σχ.6).
- (9) Στο χιλιόμετρο 41, παρουσιάζεται κατολίθωση με μορφή ολισθήσεως πάνω σε επιφάνεια στρώσεως που βρίσκεται σε παραλληλία περίπου με τη διεύθυνση του δρόμου και κλίνει ομόρροπα προς το πρανές. Η ασυνέχεια πάνω στην οποία έγινε η ολισθήση έχει στοιχείο 46<sup>ο</sup>/028<sup>ο</sup> και διευκολύνθηκε από το διαχωρισμό της βραχομάζας που προκάλεσαν διακλάσεις 75<sup>ο</sup>/275<sup>ο</sup> (σχ.6). Η τραχύτητα της στρώσεως πάνω στην οποία έγινε η ολισθήση παρουσιάζει JRC 5 (λεία -κυματοειδούς μορφής). Τα προϊόντα των κατολίθωσεων έδωσαν τεμάχια διαστάσεων 1X1X1m περίπου το δε ύψος της κεφαλής της κατολίθωσης είναι περί τα 6m.
- (10) Στην ίδια περιοχή κατόπιν της προηγούμενης κατολίθωσης, παρατηρούνται τα γνωστά φαινόμενα των ανατροπών που προκαλούνται από ασυνέχειες με χαρακτηριστικά 55<sup>ο</sup>-270<sup>ο</sup>, οι οποίες βυθίζονται μέσα στο πρανές, σε συνδυασμό πάντα με τις υπόλοιπες ασυνέχειες που αποχωρίζουν τη βραχομάζα. (σχ.7). Επίσης παρουσιάζονται καταπτώσεις υπό μορφή τριμμάτων όπου ο ασβεστόλιθος παρουσιάζεται πυκνωρωματωμένος.



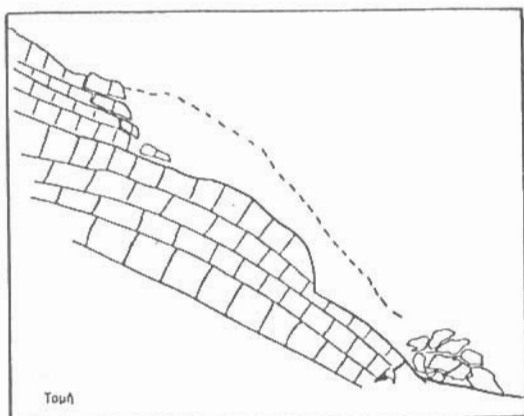
Σχ.6. Ολισθήση σε επιφάνεια στρώσεως 46<sup>ο</sup> / 28<sup>ο</sup>, JRC-5. Τεμάχια 1m<sup>3</sup>. Χιλιόμετρο 41 από Σπάρτη



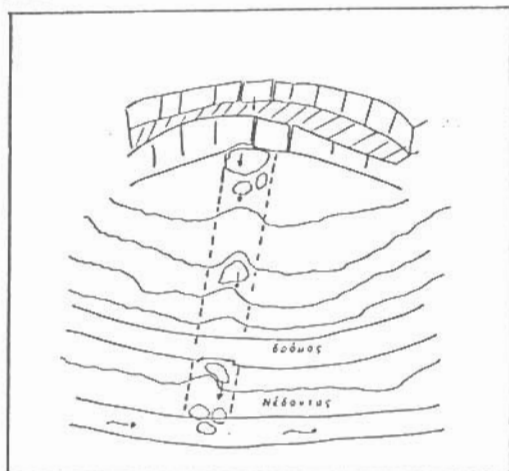
Σχ.7. Ανατροπές. Χιλιόμετρο 41<sup>ο</sup>



- (11) Από το χιλιόμετρο 42-43, παρατηρούνται αποκολλήσεις, καταπτώσεις, ή μικρές κατολισθήσεις (τραύματα) στο φυσικό πρηνές του δεξιού αντερείσματος του Νέδοντα. Ο δρόμος που βρίσκεται στη βάση του αριστερού αντερείσματος δεν πλήττεται από τις καταπτώσεις αυτές που έχουν γενικά μικρή συχνότητα και περιορισμένη έκταση.
- (12) Στο χιλιόμετρο 43,5 παρουσιάζεται μεγάλη κατολίθωση με ολίσθηση πάνω στην επιφάνεια στρώσεως. Ο ασβεστόλιθος είναι μεσοπλακώδης με πάχη τραπεζών από 0,60 m. Η ολίσθηση έγινε κλιμακωτά σε διάφορες επιφάνειες στρώσεως με χαρακτηριστικά, κλίση από 37° μέχρι 42°, με περισσότερες στις 42°, και φορά κλίσης 320°, JRC V (λεία-κυματοειδούς μορφής). Στην ασυνέχεια δεν παρεμβάλλεται "υμένας" από άλλο υλικό και η σκληρότητα Schmidt είναι 45-60 (σχ.8). Το πάδι της κατολίθωσης έχει πλάτος 40m περίπου και η υψομετρική διαφορά της κορυφής από το δρόμο, πάνω από 20m. Υπάρχει διάταξη επιπέδων στρώσεως ομόροπη προς το πρηνές, κινηματικά πολύ ευνοϊκή κατάσταση για εμφάνιση αστάθειας (ολίσθησης).
- (13) Αμέσως κατόπιν της μεγάλης αυτής κατολίθωσης παρουσιάζεται η ίδια κατάσταση, που προσφέρεται κινηματικά για ολίσθηση πάνω στα επίπεδα στρώσης αλλά δεν προκλήθηκε καμμία μετακίνηση από το σεισμό. Αυτό οφείλεται κατά κύριο λόγο στο ότι οι επιφάνειες ολίσθησης καταλήγουν στη βάση του δρόμου και έχουν γίνει στο παρελθόν ολισθήσεις που έχουν αφαιρέσει όλο το υλικό που θα μπορούσε να ολισθήσει. Το πρηνές δηλαδή στην περιοχή αυτή έχει διαμορφωθεί κατά την επιφάνεια στρώσεως. Σε ένα άλλο βαθμό ίσως έπαιξε ρόλο και η ελαφρά μεγαλύτερη τραχύτητα των ασυνεχειών παρ'ότι ταξινομείται στην ίδια κατηγορία με JRC=5. Έτσι μπορεί να εξηγηθεί το ότι δεν έγιναν ολισθήσεις στα άκρα της ζώνης αυτής όπου υπήρχε κάποια ελευθερία μετακίνησης στη βραχομάζα.
- (14) Στην ίδια περιοχή παρατηρούνται παρόμοιες καταστάσεις με δυνατότητα ολίσθησης πάνω στις ίδιες ασυνέχειες με γωνία κλίσης 42°, που όμως δεν παρατηρήθηκε καμμία μετακίνηση.  
Μπορεί συνεπώς να υποστηριχθεί ότι στη μεγάλη κατολίθωση (σχ.8), έπαιξε ρόλο και η μορφολογία του πρηνούς που παρουσιάζει απόληξη μικρής ράχης με έλλειψη πλευρικών στηρίξεων όπως συμβαίνει σε ενιαίο πρηνές.
- (15) Στο 44<sup>ο</sup> χιλιόμετρο παρατηρούνται πιο εκτεταμένες αποσπάσεις τεμαχών από το πρηνές του φυσικού αντερείσματος. Εδώ είναι χαρακτηριστική και μία σφηνοειδής κατολίθωση με εύρος 7m και μήκος 15m. Αποσπάσεις τεμαχών από το φυσικό πρηνές πάνω από το δρόμο παρατηρούνται και στο αριστερό αντερείσμα όπου χαρακτηριστικές είναι οι διαδρομές που έχουν χαράξει τα τεμάχια των πετρωμάτων που κινήθηκαν από ψηλότερα (σχ.9).
- (16) Χαρακτηριστικό είναι ότι στην περιοχή του φαραγγιού είχαν αυξηθεί οι καταπτώσεις από τα ψηλότερα σημεία των φυσικών πρηνών.
- (17) Στο 45<sup>ο</sup> χιλιόμετρο παρατηρείται μια αφαίρεση "ξάφρισμα" μυλονιτωμένου υλικού από το πρηνές του δρόμου.
- (18) Στο χιλιόμετρο 45,6 παρατηρούνται καταπτώσεις από τεχνητά πρηνή που εδώ έχουν ύψος 12m περίπου με μηχανισμούς ανατροπής (σχ.10).
- (19) Στη συνέχεια και μέχρι το χιλιόμετρο 49 παρατηρούνται καταπτώσεις από τα ψηλότερα τμήματα των πρηνών.
- (20) Στην περιοχή των ελιγμών του δρόμου όπου ο δρόμος αφήνει πλέον το φαράγγι του Νέδοντα και αναρριχόμενος στο πρηνές στρέφεται νοτιότερα, οι αστάθειες στα πρηνή μειώνονται αισθητά. (10Km από Καλαμάτα)



Σχ.8. Μεγάλη ολίσθηση πάνω σε επιφανείες στρώσεων στο 43,5 χιλιόμετρο. Οι ασβεστόλιθοι είναι μεσοπλακώδεις και η γωνία ολίσθησης  $37^{\circ}$  -  $42^{\circ}$ . JRS-5, Schmidt 45-60.



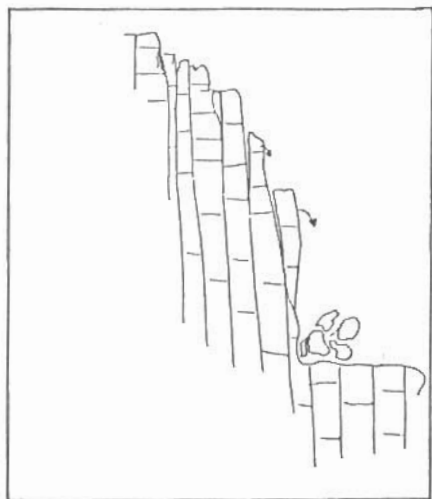
Σχ.9. Κατάπτυση του πρανούς από την κλίση των τεμαχών προς το Νέδοντα. Καταστροφές στα ρείθρα του δρόμου. Χιλιόμετρο 44<sup>ο</sup>.

- (21) Στην περιοχή αυτή των ελιγμών οι ασβεστόλιθοι παρουσιάζουν στρώση με ευνοϊκή κινηματικά διάταξη για ολίσθηση ( $32^{\circ}/040^{\circ}$ ). Παρατηρούνται δε ολισθήσεις τεμαχών διαστάσεων  $1 \times 2 \times 3 \text{m}$  περίπου. Η ολίσθηση σε τόσο μικρή κλίση πρέπει να γίνεται με τη βοήθεια μηχανισμών ανατροπής-εκτίναξης από το διαχωρισμό της βραχομάζας σε τεμάχια που έχουν δημιουργήσει οι άλλες οικογένειες διακλάσεων π.χ. (σχ.11). Ο βαθμός τραχύτητας είναι πάντα γύρω στο 5.
- (22) Στο υπόλοιπο τμήμα του δρόμου μέχρι την Καλαμάτα, δεν παρατηρούνται καταπτώσεις διότι ούτε η ήπια μορφολογία του εδάφους το επιτρέπει ούτε και το γεωλογικό υλικό που αλλάζει κατ'αρχήν σε φλύσχη και στη συνέχεια σε μάργες του Νεογενούς. Μικρές κατολισθήσεις περιστροφικής περίπου μορφής ή αποσπάσεις τεμαχών παρατηρούνται σε περιορισμένη μορφή και στα υλικά αυτά αλλά έξω από τη ζώνη του δρόμου προς την περιοχή του Νέδοντα.

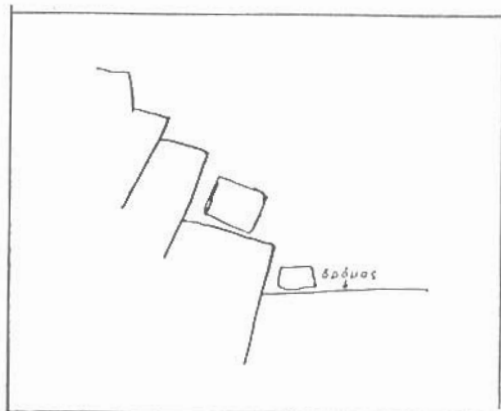
#### Διακλάδωση προς Καρβέλι

Ο δρόμος προς το χωριό Καρβέλι ακολουθεί το ρέμμα "Καρβελιότικο" που καταλήγει στο φαράγγι του Νέδοντα. Τα φυσικά πρανή στο φαράγγι και κυρίως στο 1,5 Km νότια της συμβολής του με τον Νέδοντα παρουσιάζει πλήθος καταπτώσεων από αποκολλήσεις και εκτινάξεις τεμαχών της βραχομάζας όπως επίσης και ενεργοποίηση σε πολλές από τις "σάρρες" των κορημάτων. Ο δρόμος κυρίως υπέφερε από καταπτώσεις βράχων από υψηλότερα σημεία του πρανού και σε μερικά σημεία κυριολεκτικά βομβαρδίστηκε από

αυτές. Λίγο πριν από το χωριό παρατηρείται μια κατολισθήση στους σχιστόλιθους που ενεργοποιήθηκε από πτώση μεγάλου τεμάχους ασβεστολίθου.



Σχ.10, Καταπτώσεις από αποκολλήσεις-Ανατροπές. Χιλιόμετρο 45,6



Σχ.11. Περιοχή ελιγμών προς Καλαμάτα. Ολισθήσεις τεμαχών μέχρι και 1Χ2Χ3m με μηχανισμούς-ανατροπής-εκτίναξης.

### 3. ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΣ ΖΩΝΩΝ ΚΑΙ ΣΧΕΣΗ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ ΜΕ ΤΟΥΣ ΥΠΟΥΣ ΤΩΝ ΠΕΤΡΩΜΑΤΩΝ, ΤΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΙ ΤΑ ΡΗΓΜΑΤΑ

Από τη γεωλογική αναγνώριση, τα στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από την εξέταση της περιοχής ύστερα από το σεισμό καθώς και από την περιγραφή που προηγήθηκε, προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- (1) Υπάρχει σαφής εντοπισμός των κατολισθητικών φαινομένων σε μια ζώνη διευθύνσεως ΒΑ-ΝΔ όπου έχουν εκδηλωθεί και οι διαρρήξεις ή τα ρήγματα που επαναδραστηριοποιήθηκαν με το σεισμό. Έξω από τη ζώνη αυτή τα κατολισθητικά φαινόμενα απουσιάζουν εντελώς, ακόμη και σε πρηνή που ήταν έτοιμα να κατολισθήσουν με την παραμικρή πρόσθετη επιβάρυνση και υπό μη δυναμικές συνθήκες.
- (2) Ο δρόμος διασχίζει τη ζώνη αυτή από την περιοχή που, από την Καλαμάτα, εισέρχεται στο φαράγγι του Νέδοντα μέχρι πριν από την Αρτεμισία στο σημείο που αρχίζουν οι φυλλίτες. Το εύρος της ζώνης των κατολισθήσεων στην περιοχή αυτή φθάνει τα 4km. Ο δρόμος στο τμήμα που ακολουθεί το Νέδοντα βρίσκεται στο δυτικό τμήμα της ζώνης.
- (3) Οι κατολισθήσεις εκδηλώνονται με τη μορφή καταπτώσεων κυρίως και έχουν προσβάλλει κατ' αποκλειστικότητα τα ανθρακικά πετρώματα, που για το δρόμο Καλαμάτας-Σπάρτης, πρόκειται για τους ασβεστολίθους και δολομίτες της ζώνης της

Τριπόλεως. Νοτιότερα έχουν προσβληθεί και άλλοι ασβεστόλιθοι που περιλαμβάνονται στην ίδια ζώνη διαρρήξεων και ανήκουν σε άλλες ενότητες π.χ. στην περιοχή Ελαιοχωρίου-Περιβολάκια οι ασβεστόλιθοι της ζώνης της Πίνδου. Η παρουσία ασυνεχειών με ευνοϊκό προσανατολισμό στη βραχομάζα ήταν αποφασιστικός παράγοντας για την εκδήλωση ασταθειών μέσα στη ζώνη που προαναφέρθηκε.

- (4) Το τμήμα του δρόμου μέσα στην κοιλάδα του Νέδοντα, δεν εμφανίζει μεν επιφανειακές διαρρήξεις, αλλά είναι σαφές ότι οι περισσότερες αστάθειες συνδέονται με το ή τα ρήγματα που ενεργοποιήθηκαν, όπως εκφράζονται στην περιοχή Ελαιοχωρίου, προς νότο, και στην περιοχή της Νέδουσας, προς βορρά.
- (5) Οι καταπτώσεις είχαν εντυπωσιακό και καταστρεπτικό χαρακτήρα εκεί όπου η μορφολογία επέτρεπε την εύκολη μετακίνηση και κύλιση των τεμαχών της βραχομάζας. Γι' αυτό και οι πύθραματικές εντοπίζονται στα φαράγγια του Νέδοντα και Καρβελιότικου, όπου οι περισσότερες κλίσεις των πρανών είναι πάνω από 50%. Αποσπάσεις και "μικροτραυματισμοί" του πρανούς εμφανίζονται και αλλού, χαρακτηρίζοντας τη ζώνη των ρηγμάτων που ενεργοποιήθηκαν.

#### 4. ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΣΤΑΘΕΙΑΣ-ΤΥΠΟΙ ΚΑΤΟΛΙΣΘΗΣΕΩΝ

Οι μετακινήσεις τεμαχών από τα πρανή έγιναν πάντα από επιφανειακές ασυνεχειών που προϋπήρχαν στη βραχομάζα. Έτσι οι κυριώτεροι τύποι κατολισθήσεων ήταν:

- καταπτώσεις
- ολισθήσεις τραπεζών-στρωμάτων
- σφηνοειδείς κατολισθήσεις

Οι καταπτώσεις ήταν τα πιο συνηθισμένα φαινόμενα αστάθειας και οι μηχανισμοί ήταν είτε ανατροπής, όταν υπήρχε ο κατάλληλος προσανατολισμός διακλάσεων, είτε "εκτινάξεις". Εκτινάξεις τεμαχών σε μερικές περιπτώσεις έφθασαν τις διαστάσεις ολίγων κυβικών μέτρων, παρατηρήθηκαν και σε περιπτώσεις όπου η διάταξη των ασυνεχειών δεν ευνοούσε κανενός είδους αστάθεια, αποτέλεσα μιας ιδιαίτερα σημαντικής κατακόρυφης συνιστώσας της σεισμικής επιβάρυνσης π.χ. αμέσως μετά τους ελιγμούς προς Καλαμάτα.

Η παρατήρηση αυτή είναι ιδιαίτερα σημαντική, γιατί σημαίνει ότι σε περιοχές όπου ενεργοποιείται κάποιο ρήγμα και συγχρόνως υπάρχει έντονο ανάγλυφο, οι καταπτώσεις είναι σχεδόν αναπόφευκτες.

Οι καταπτώσεις πληθαίνουν σε συχνότητα όπου υπάρχουν τεχνητά πρανή λόγω της μεγαλύτερης συνήθως κλίσεως που δημιουργείται με την εκσκαφή και της χαλαρότητας της βραχομάζας που συχνά επικρατεί.

Οι επίπεδες κατολισθήσεις-ολισθήσεις τραπεζών και στρωμάτων, παρατηρήθηκαν σε ορισμένες περιορισμένες περιπτώσεις όπου υπήρχε μια κινηματικά ευνοϊκή διάταξη των γεωμετρικών χαρακτηριστικών της επιφάνειας στρώσεως και της μορφολογικής επιφάνειας. Τέτοιες καταστάσεις δεν είναι, όπως αναφέρεται, συνήθεις και από τις διατάξεις των στρωμάτων που παρουσιάζονται μέσα στο φαράγγι του Νέδοντα μεμονωμένα είναι τα σημεία τέτοιου ενδεχόμενου. Εφόσον συντρέχουν κινηματικά οι συνθήκες για κατολίσθηση οι τιμές της γωνίας στρώσεως που μετρήθηκαν σε κατολισθήσεις ήταν γύρω στις 42°, χωρίς αυτό να σημαίνει ότι η τιμή αυτή αποτελεί το όριο για ολίσθηση.

Η τραχύτητα του ασβεστόλιθου ταξινομείται σε μία μέση τιμή (JRC=5). Τυπική κατολίσθηση - σφήνα, παρουσιάστηκε μόνο σε ένα σημείο που μπορεί όμως να ταξινομηθεί στις καταπτώσεις λόγω της μεγάλης κλίσης του πρανού στη θέση εκείνη.

Ας σημειωθεί εδώ ότι κινηματικά ευαίσθητες καταστάσεις για επίπεδη κατολίσθηση, παρατηρούνται στην πλευρά του δρόμου προς Σπάρτη στους πλακώδεις ασβεστόλιθους. Η τραχύτητα των ασυνεχειών είναι εδώ μικρότερη και η ολίσθηση μπορεί να γίνει σε γωνίες 35° περίπου. Οι περιοχές αυτές ήταν εκτός των ζωνών σεισμικής επιβάρυνσης από το σεισμό της Καλαμάτας και έτσι δεν ενεργοποιήθηκαν απ' αυτόν.

## 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την εξέταση που προηγήθηκε για την περιοχή είναι φανερό ότι το τμήμα του δρόμου που επλήγει περισσότερο από κατολισθήσεις που ενεργοποιήθηκαν άμεσα ή έμμεσα από τους σεισμούς της Καλαμάτας 13/15-9-86, είναι εκείνο που διατρέχει τις ζώνες αναπτύξεως των ανθρακικών πετρωμάτων και ιδιαίτερα την κοιλάδα του Νέδοντα, από την Αρτεμισία μέχρι τους μεγάλους ελιγμούς προς την Καλαμάτα. (10<sup>0</sup> Km).

Αιτίες των ασταθειών στις περισσότερες των περιπτώσεων ήταν τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά του πρηνούς (κλίση, προσανατολισμός κ.λ.π) σε συνδυασμό με αυτά των ασυνεχειών του πετρώματος (στρώσεις, διακλάσεις) και του ρήγματος που ενεργοποιήθηκε στην περιοχή.

Οι πύθ συνηθισμένες μορφές ασταθειών που δημιουργήθηκαν από το σεισμό ήταν καταπτώσεις και εκτινάξεις τεμαχών πετρωμάτων που είχαν ήδη κάποιο βαθμό ελευθέρως κίνησης, λόγω προϋπαρχόντων ασυνεχειών. Ενεργοποιήθηκαν επίσης προϋπάρχουσες "σάρρες". Οι ολισθήσεις που έγιναν ήταν λίγες και έγιναν σε γωνίες γύρω στις 40<sup>0</sup>, το ίδιο και οι σφηνοειδείς κατολισθήσεις.

Γενικά τα φαινόμενα αστάθειας που παρουσιάστηκαν λόγω του σεισμού ήταν πολλά με τον αριθμό, μικρά όμως σε έκταση και όγκο υλικών. Τα μεγαλύτερα τεμάχια που αποσπάστηκαν από τα πρηνή σπάνια ξεπερνούσαν το 1m<sup>3</sup>.

Στα αργιλικά πετρώματα της περιοχής, όπως ο φλύσχης, τα φαινόμενα αστάθειας ήταν σχεδόν ανύπαρκτα πιθανώς λόγω ξηρασίας και χαμηλού υδροφόρου ορίζοντα.

## Β Ι Β Λ Ι Ο Γ Ρ Α Φ Ι Α

Γεωλογικός Χάρτης της Ελλάδας, Φύλλο Καλαμάτας, ΙΓΜΕ, 1986.

Κυράτζη Α.Α. και Β.Α. Λεκίδης (1987). Καθορισμός ισοβλαβών της Καλαμάτας. Έκθεση Ερευνητικού Προγράμματος ΟΑΣΠ, 1987.

Μαριολάκος Η., Σαμπώ Β., Αλεξόπουλος Α., Δαμανός Γ., και άλλοι, (1986). Μικροζωνική μελέτη Καλαμάτας: Γεωλογία, Ηεοτεκτονική, Γεωμορφολογία. Έκθεση Ερευνητικού Προγράμματος ΟΑΣΠ, 1986. (Περιλαμβάνει εκτενή γεωλογική βιβλιογραφία).

Μουντράκης Δ., (1985). Γεωλογία της Ελλάδος, University Studio Press, Θεσσαλονίκη.

Parazachos, B., Kiratzi, A., Karacostas, B., Panagiotopoulos, P., E. Scordilis, D., M. Mountrakis., (1987). Surface fault traces, fault plane solution and spatial distribution of the aftershocks of the September 13, 1986 earthquake of Kalamata, Southern Greece. Pure and Applied Geophysics 1987 (in press).

Παπανικολάου, Δ. (1986). Γεωλογία της Ελλάδας. Πανεπιστήμιο Αθηνών.

Thiebault, F. (1982). Evolution geodynamique des Hellenides externes en Peloponnese meridial Grece. Societe Geologique du Nord. No 5, 50188, France.

Φυτρολακης, Ν. (1987). Οι Σεισμοτεκτονικές Συνθήκες στη Μεσσηνία και τα Μετασεισμικά Φαινόμενα των Σεισμών της 13ης Σεπτεμβρίου 1986. Μεταλλειολογικά-Μεταλλουργικά Χρονικά, Ν 64/1987.