

## **Γεωμορφολογικές και σεισμοτεκτονικές παρατηρήσεις στην ευρύτερη περιοχή της Σπάρτης**

*Κ. Γάκη - Παπαναστασίου\*, Δ. Παπαναστασίου\*\* και Χ. Μαρουκιάν\**

*\* Τομέας Γεωγραφίας - Κλιματολογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών, 157 84 Αθήνα.*

*\*\* Γεωδυναμικό Ινστιτούτο, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, 118 10 Αθήνα.*

### **Περίληψη**

Η περιοχή μελέτης, γεωμορφολογικά εξεταζόμενη, ευρίσκεται στην κοιλάδα του Ευρώτα που αποτελεί ένα ασύμμετρο τεκτονικό βύθισμα, οριζόμενο από τους ορεινούς όγκους του Ταΰγετου και του Πάρνωννα και έχει πληρωθεί με χερσαίες και λιμναίες Πλειοπλειστοκαινικές αποθέσεις με περιοχή τροφοδοσίας κυρίως τον Πάρνωννα. Οι αποθέσεις αυτές μόνο στα δυτικά περιθώρια επικαλύπτονται από αλλοβιακά ριπίδια προερχόμενα από τον ορεινό όγκο του Ταΰγετου. Κατά το Πλειστόκαινο ο Πάρνωννας λόγω τεκτονικής δραστηριότητας αποτελούσε τον κύριο ορεινό όγκο στην περιοχή. Οι έντονες διεργασίες διάβρωσης έδωσαν εκτεταμένα ριπίδια στις δυτικές του παρυφές που κατέληγαν στην Πλειοκαινική λίμνη του βυθίσματος της Σπάρτης. Με τη συρρίκνωση της λίμνης κατά το μέσο Πλειστόκαινο αρχίζει να δημιουργείται το υδρογραφικό δίκτυο του Ευρώτα βρίσκοντας διέξοδο στη περιοχή Ποταμιάς. Ο Ταΰγετος αρχίζει να ανυψώνεται ώστε κατά την περίοδο του Μέσο-Ανω Πλειστοκαινού η τεκτονική δραστηριότητα εντοπίζεται κυρίως σ' αυτόν δίδοντας τραπεζοειδείς και τριγωνικές κλιτείες αναπτυσσόμενες μεταξύ των φαραγγίων καθώς και σειρά ριπιδίων στις ανατολικές παρυφές του. Τέλος ο Ευρώτας εγκυβωτίζεται στις Πλειστοκαινικές αποθέσεις των παλαιών ριπιδίων του Πάρνωννα.

Απο σεισμοτεκτονική άποψη, το ανατολικό μέτωπο του Ταΰγετου αποτελεί ένα ενεργό ρήγμα, με εμφανή μορφοτεκτονικά χαρακτηριστικά πρόσφατης δραστηριότητας, από τα πλέον σημαντικά της Πελοποννήσου. Οι μεγάλοι σεισμοί που κατέστρεψαν την αρχαία πόλη της Σπάρτης το 550 και το 464 π.Χ. πρέπει να οφείλονται στη δραστηριοποίηση του ρήγματος αυτού. Εν τούτοις η ενόργανη σεισμικότητα της περιοχής δεν είναι σημαντική. Μια νέα επαναδραστηριοποίησή του ρήγματος αυτού, αποτελεί το κυριότερο φυσικό κίνδυνο για τη σύγχρονη πόλη της Σπάρτης με όλες τις άμεσες και έμμεσες συνέπειες που συνοδεύουν ένα τέτοιο φαινόμενο.

## Abstract

The study area, geomorphologically examined, is located in the Eurotas valley which is an asymmetric tectonic depression bounded by the mountain masses of Parnonas in the east and Taygetos in the west, filled by Plio-Pleistocene terrestrial and lacustrine sediments derived primarily from Parnonas. The Parnonas conglomerates are overlain in the western part of the depression by the more recent Taygetos deposits.

During the Plio-Pleistocene, Parnonas formed the main mountain mass owed to tectonic activity. The intense erosional processes produced extensive alluvial fans along the western flanks of Parnonas reaching the shores of the Pliocene lake in the Sparta depression. As the lake shrank during the Middle Pleistocene, the drainage network of Eurotas river formed and found an exit through Potamia. At the same time, Taygetos had already started uplifting and from the Middle to Upper Pleistocene became the primary tectonically active area thus exhibiting trapezoidal and triangular facets between deep gorges and developing a series of alluvial fans along the eastern flanks of the mountain. Finally, the Eurotas was entrenched in the Pleistocene deposits of the Parnonas alluvial fans.

From a seismotectonic point of view, the eastern flank of Taygetos constitutes one of the most important active faults of Peloponnesus with conspicuous morphotectonic features of recent activity. The great earthquakes of 550 and 464 B.C. which destroyed the ancient city of Sparta should be attributed to the reactivation of this fault. However, the instrumental seismicity of this region is not significant. A new reactivation of this fault constitutes the main natural hazard for the modern city of Sparta with all the direct and indirect implications entailed in such a phenomenon.

## Εισαγωγή

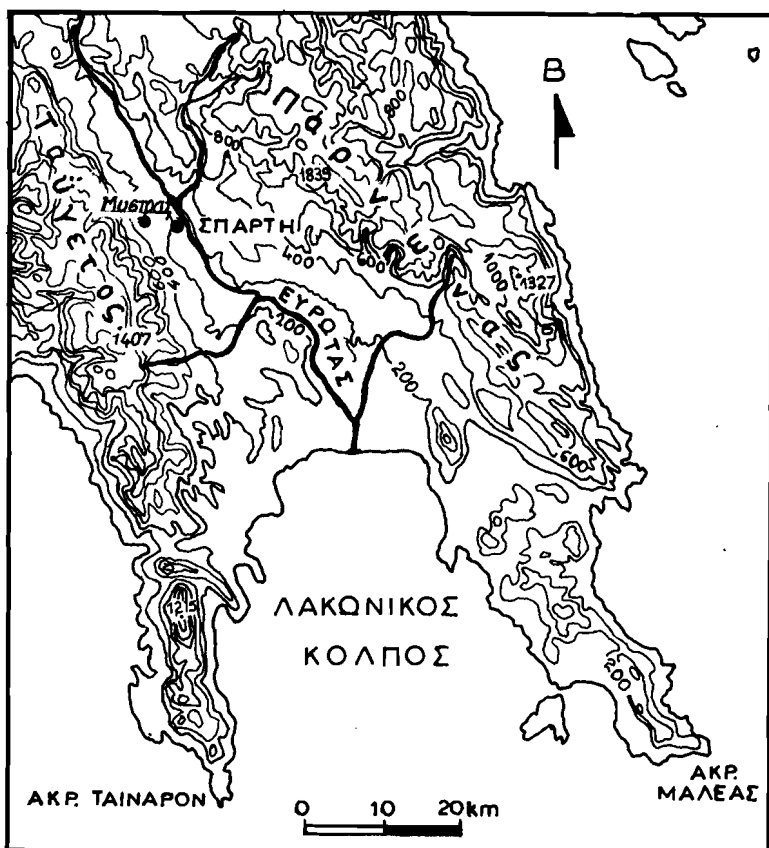
Η ευρύτερη περιοχή της Σπάρτης ευρίσκεται στην κοιλάδα του Ευρώτα, που ορίζεται από τους ορεινούς όγκους του Ταΰγετου (2407 m) στα δυτικά και του Πάρνωνια (1935 m) στα ανατολικά (Σχ. 1α).

Οι ορεινοί αυτοί όγκοι αποτελούν τεκτονικά κέρατα εκτεινόμενα σε διεύθυνση ΒΒΔ-NNA, καταλήγοντας στο νότο στα ακρωτήρια Ταίναρο και Μαλέας αντίστοιχα. Το οριζόμενο μεταξύ τους τεκτονικό βύθισμα

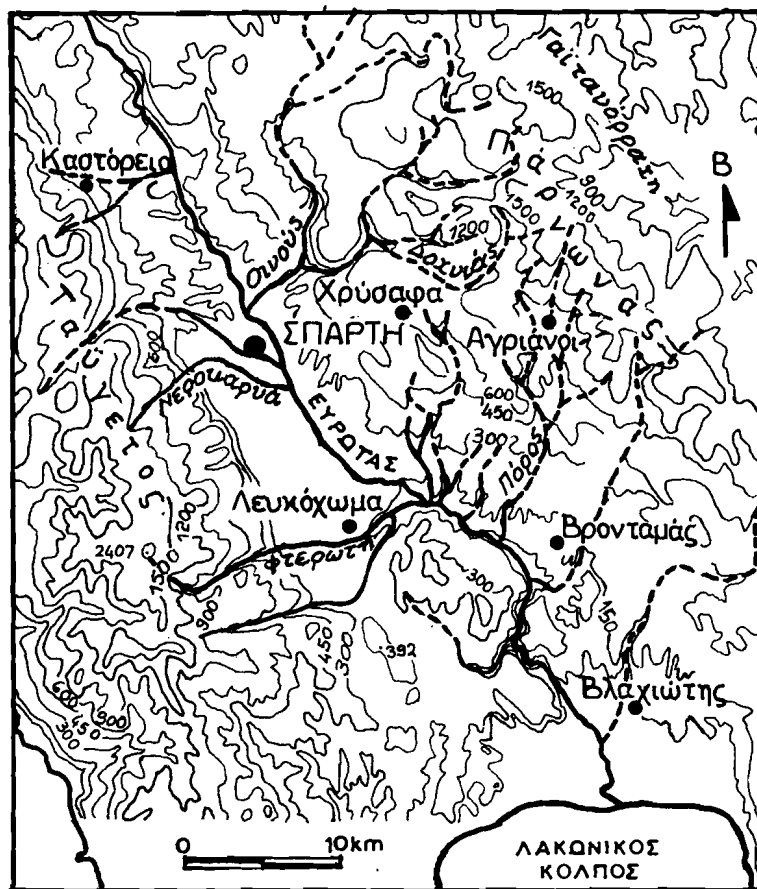
έχει επιμηκυσμένη μορφή και διακρίνεται σε τρία τμήματα: α) στη λεκάνη του Ευρώτα, περιοχή της Σπάρτης, που εκτείνεται από το Καστόρειο στο βορά έως το Λευκόχωμα προς νότο, β) στη λεκάνη της περιοχής Βρονταμά εκτεινομένης από το Λευκόχωμα έως το Βλαχιώτη στο νότο, και γ) στο Λακωνικό κόλπο (Σχ. 1β).

Στην παρούσα μελέτη γίνεται μια προσπάθεια συσχέτισης γεωμορφολογικών και μορφοτεκτονικών στοιχείων με σκοπό μία πρώτη προσέγγιση της παλαιογεωγραφικής εξέλιξης της περιοχής κατά το Τριτογενές-Τεταρτογενές.

Λόγω του ιδιαίτερου μορφοτεκτονικού ενδιαφέροντος που παρουσιάζει το ορεινό μέτωπο του Ταΰγετου, αυτό εξετάζεται λεπτομερέστερα και συσχετίζεται με την ιστορική σεισμικότητα της περιοχής.



Σχ. 1α. Τοπογραφικός χάρτης της ΝΑ Πελοποννήσου.

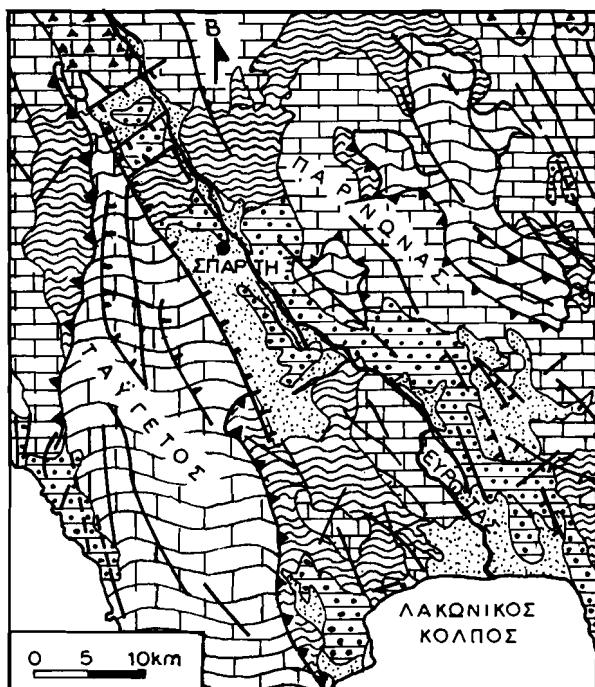


Σχ. 16. Τοπογραφικός χάρτης της μελετηθείσης περιοχής.










## Γεωλογικά - Τεκτονικά Στοιχεία της Περιοχής

Τη γεωλογία και στρωματογραφία της περιοχής έχουν μελετήσει πολλοί ερευνητές, με σπουδαιότερους τους Philippson (1892), Ktenas (1924), Φαριανός (1955), Bizon & Thiebault (1974), Dufaure (1975), Μαριολάκος (1976), Λέκκας (1978), Φυτρολάκης (1980), Fleury (1980), Σκαρπέλης (1982), Thiebault (1982), Παπανικολάου (1986).

Και στους δύο ορεινούς όγκους τα ανώτερα τμήματα των στρωματογραφικών στηλών είναι αυτά της ενότητας της Τριπόλεως (Σχ. 2). Στον Πάρωννα δεν παρατηρήθηκαν άλλα παλαιότερα. Αυτό δεν συμβαίνει στον Ταΰγετο που αποτελεί ένα γεωλογικό παράθυρο και εμφανίζονται και παλαιότερες ενότητες.



### ΥΠΟΜΝΗΜΑ

- |   |   |
|---|---|
|  | Κώνιοι κορημάτων-ριπίδια.<br>Αλλουβιακές αποθέσεις (Τεταρτογενές)                                     |
|  | Λιμναίες αποθέσεις-Ριπίδια<br>Μάργες, άμμοι, ψαμμίτες, κροκαλοπαγή.<br>(Πλειόκαινο-Κάτω Πλειστόκαινο) |
|  | Ασβεστόλιθοι της ζώνης Ωλονού Πίνδου<br>(Κρητιδικό)   |
|  | Ασβεστόλιθοι και δολομίτες της Ζώνης Τριπόλεως<br>(Μεσοζωϊκό)   |
|  | Ουλλίτες<br>(Πέρμιο-Κατ. Τριαδικό)  |
|  | Μάρμαρα-κρυσταλλικοί ασβεστόλιθοι<br>(Μεσοζωϊκό)  |
|  | Επώθηση ή εφίπτευση   |
|  | Ρήγμα κανονικό  |
|  | Ρήγμα κανονικό-Ενεργό   |

**Σχ. 2.** Γεωτεκτονικός χάρτης της μελετηθείσας περιοχής.  
Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

Η κατώτερη ενότητα στη δομή του Ταΰγετου είναι η ενότητα της άνης, που παλαιότερα ονομαζόταν Plattenkalk. Η στρωματογραφική της στήλη μοιάζει με αυτή της Ιονίου. Στη βάση της υπάρχει το φυλλιτι-ό υπόβαθρο ηλικίας Περμίου -κάτω Τριαδικού, με παρεμβολές ψαμμι-ών. Ακολουθούν πετρώματα του Μεσοζωικού όπως σχηματισμοί μαρ-άρων (Παντοκράτορα), πυριτιικοί σχιστόλιθοι, πλακώδεις κρυσταλλικοί σβεστόλιθοι (Βίγλα). Στον βόρειο Ταΰγετο συναντάται ελαφρά μετα-ορφωμένος φλύσχος του Ηωκαίνου-Ολιγοκαίνου.

Ακολουθεί η μεταμορφωμένη ζώνη της Αρνας, αποτελούμενη κυρίως πο εναλλαγές φυλλιτών και σχιστολίθων, και η οποία αναπτύσσεται τό-ο στον δυτικό Ταΰγετο όσο και στον βορειοδυτικό Πάρνωνα.

Επωθημένη στην ενότητα της Αρνας ευρίσκεται η ενότητα της Τρί-ιολης που εμφανίζεται κυρίως στόν Πάρνωνα, χαρακτηριζόμενη απο-ία συνεχή ιζηματογένεση από το Τριαδικό μέχρι το Ηώκαινο, αποτε-λούμενη από ασβεστολίθους και δολομίτες. Στη βάση της ενότητας αυ-τής υπάρχει ένα Νεοπαλαιοζωικό σύμπλεγμα, των στρωμάτων Τυρού, ηλικίας Περμίου -κάτω Τριαδικού που συνίσταται απο μια κλαστική σειρά στρωμάτων ασθενώς μεταμορφωμένων και μια ηφαιστειοίζηματογενή σειρά.

Ακολουθεί η επωθημένη ενότητα της Ωλονού-Πίνδου με μικρές εμ-φανίσεις τόσο στον Ταΰγετο όσο και στον Πάρνωνα, αποτελούμενη απο-ασβεστολίθους με ενστρώσεις πυριτιολίθων του Κρητιδικού Τουρωνίου-Μαιστριχτίου και απο φλύσχο του Παλαιοκαίνου.

Στους αλπικούς σχηματισμούς του υποβάθρου επικάθηνται ασύμφωνα τα μεταλπικά ιζήματα που είναι:

- Πλειοπλειστοκαινικές λιμναίες αποθέσεις με αργίλους, άμμους και τε-φρές ως κιτρινόμαυρες ψαμμιτικές μάργες, συνεκτικά κροκαλοπαγή με εναλλαγές μαργών και ψαμμιτών.
- Πλειστοκαινικές αποθέσεις σε μορφή ριπιδίων και κώνων κορημάτων, καθώς και
- Ολοκαινικές αλλουβιακές αποθέσεις, κώνοι κορημάτων και πλευρικά κορήματα.

Η περιοχή είναι τεκτονικά ενεργή και τα κύρια ρήγματα που έχουν διαμορφώσει το ανάγλυφο κατά το Νεογενές-Τεταρτογενές είναι κα-νονικά, διεύθυνσης ΒΒΔ-ΝΝΑ. Τα ρήγματα αυτά στον Ταΰγετο κλίνουν προς ανατολάς, ενώ στον Πάρνωνα προς δυσμάς. Επιπλέον παρατη-ρείται και μία δευτερεύουσα ομάδα ρηγμάτων, κάθετη στην προηγούμε-νη, διεύθυνσης ΑΒΑ-ΔΝΔ.

## Γεωμορφολογικά Στοιχεία

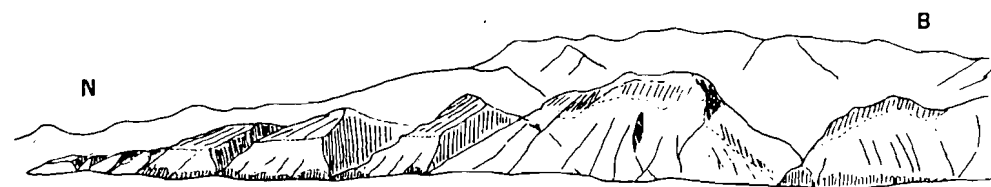
Στην ευρύτερη περιοχή της Σπάρτης, επικρατούσες γεωμορφές είναι οι ορεινοί όγκοι του Ταΰγετου στα Δυτικά και του Πάρνωννα στα Ανατολικά και τα ενδιάμεσα ευρισκόμενα ριπίδια στην επιμηκυσμένη τεκτονική τάφρο του Ευρώτα.

Ο Πάρνωννας χαρακτηρίζεται από σχετικά ήπιο καρστικοποιημένο ανάγλυφο, του οποίου τα υψόμετρα κυμαίνονται μεταξύ 500 m - 1800 m. Διατέμνεται από καλά αναπτυγμένο υδρογραφικό δίκτυο δενδριτικού τύπου, το οποίο ελέγχεται ως ένα βαθμό από την τεκτονική της περιοχής. Οι κυριότεροι παραπόταμοι ακολουθούν διεύθυνση ΒΒΔ - ΝΝΑ, ενώ οι ανώτερης τάξης κλάδοι τέμνουν την παραπάνω διεύθυνση δίνοντας μία μορφή που πλησιάζει τον ορθογώνιο - δενδριτικού τύπου δίκτυο. Το ότι οι κύριοι κλάδοι, όπως τα ρέματα Οινούς, Δοχινιάς και Πόρος, τέμνουν την επικρατούσα διεύθυνση (ΒΒΔ - ΝΝΑ) των ρηγμάτων, είναι ένδειξη της σχετικής παλαιότητας αυτών. Στα δυτικά περιθώρια του Πάρνωννα παρατηρούνται δύο επιφάνειες επιπέδωσης, στην περιοχή Χρύσαφα σε υψόμετρο 800 m, και στην περιοχή Αγριάνοι 1100 m.

Αντίστοιχα, ο ορεινός όγκος του Ταΰγετου χαρακτηρίζεται από έντονο ανάγλυφο, κυμαινόμενο από 300 m έως 2300 m, παρουσιάζοντας στα μεγάλα υψόμετρα μορφολογία η οποία έχει επηρεαστεί από την τελευταία παγετώδη περίοδο με την ύπαρξη μικρών λιθώνων. Διατέμνεται από υδρογραφικό δίκτυο παράλληλου τύπου, με διεύθυνση ΒΑ - ΝΔ (Gaki-Papanastassiou et al., 1996). Οι κύριες κοίτες παρουσιάζονται επιμηκυσμένες, ενώ οι παραπόταμοί τους έχουν περιορισμένη ανάπτυξη. Ο κύριος υδροκρίτης του Ταΰγετου εκτείνεται σε διεύθυνση Β - Ν, ενώ το ανατολικό ορεινό μέτωπο σε διεύθυνση ΒΒΔ - ΝΝΑ, με συνέπεια οι προς Νότο αναπτυσσόμενοι κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου να είναι μεγαλύτεροι σε μήκος π.χ. Φτερωτή ρέμα 14 km, και να φθάνουν σε μεγαλύτερα υψόμετρα (2000 m), ενώ στο βόρειο τμήμα (περιοχή Μυστρά), π.χ. Νεροκαρυά ρέμμα, να έχει ανάπτυξη μόνο σε μήκος 5,5 km και να φθάνει σε υψόμετρο 1500 m. Οι λεκάνες απορροής παρουσιάζουν έντονο ανάγλυφο, με χαρακτηριστική την έντονη κατά βάθος διάβρωση στους κύριους κλάδους, σχηματίζοντας φαράγγια.

Η νεότητα του περιγραφόμενου αναγλύφου οφείλεται στην πρόσφατη τεκτονική δραστηριότητα της ρηξιγενούς ζώνης των ανατολικών περιθωρίων του Ταΰγετου. Κατά μήκος της ρηξιγενούς αυτής ζώνης παρατηρούνται τραπεζοειδείς και τριγωνικές κλιτύες, αναπτυσσόμενες μεταξύ των φαραγγιών, οι οποίες διακρίνονται ανάλογα της μορφολογικής τους κλίση σε τρεις κατηγορίες. Οι υψηλότερα ευρισκόμενες έχουν μέση κλίση 20° οι μέσες 30° και οι κατώτερες και πλησιέστερες προς

την ενεργή βάση του ρήγματος  $40^\circ$  (Σχ. 3). Τα ρέματα, εξερχόμενα του ορεινού μετώπου, έχουν δώσει ριπίδια τα οποία εκτείνονται σε απόσταση 3,5 km, καταλήγοντας στον Ευρώτα. Διακρίνονται δύο γενιές ριπιδίων τα παλαιότερα και πλέον εκτεταμένα παρουσιάζουν μικρότερη μορφολογική κλίση 4-5% και μεγαλύτερη συνεκτικοποίηση του υλικού. Τα νεώτερα παρουσιάζουν μεγαλύτερη μορφολογική κλίση 5-10%, είναι περιορισμένα σε έκταση, και ευρίσκονται πλησιέστερα στη ρηξιγενή ζώνη, παρουσιάζοντας μικρότερη συνεκτικοποίηση. Η πλευρική συνένωση των ριπιδίων δίνει μορφή Bahadas. Σε ορισμένες θέσεις, και ειδικότερα στο νότιο τμήμα, παρατηρούνται κώνοι με περιορισμένη ανάπτυξη, πολύ μεγαλύτερης κλίσης 10-15% με αδρομερές, γωνιώδες υλικό και απουσία λεπτόκοκκου, σε άμεση επαφή με το ορεινό μέτωπο. Η μορφολογία και το είδος του υλικού συνηγορούν στη νεότητα του σχηματισμού αυτού και μπορεί να θεωρηθούν ως αρχή σχηματισμού μιας τρίτης γενιάς ριπιδίων.



Σχ. 3. Σκαρίφημα του νότιου τμήματος του ανατολικού μετώπου του Ταύγετου.

Τα ριπίδια του Πάρνωνα εκτείνονται μέχρι τον Ευρώτα με μορφολογική κλίση 3%, παρουσιάζοντας μία κύρια ζώνη ανάπτυξης, εύρους 5-6 km, μήκους 15 km. Υπολείμματα αυτών των ριπιδίων απαντώνται δυτικά του Ευρώτα, όπως στην περιοχή Αμυκλών, σε υψόμετρα 210 m. Η κοίτη του Ευρώτα ευρίσκεται σε υψόμετρο 150 m, έχοντας εγκυβωτιστεί μέσα στις αποθέσεις των ριπιδίων του Πάρνωνα. Η επιφάνεια των ριπιδίων παρουσιάζεται διαβρωμένη με ανάπτυξη σ' αυτά ακτινωτού υδρογραφικού δικτύου, σε σχέση με την κορυφή του μεγαλύτερου ριπιδίου που ευρίσκεται σε υψόμετρο 520 m (Μονή Άγιοι Τεσσαράκοντα, 7 km ΒΑ της Σπάρτης). Η λεκάνη απορροής του ρέματος Σοφρώνης (Δοχιάς) που έδωσε κυρίως τις αποθέσεις του μεγαλύτερου ριπιδίου, φθάνει σε υψόμετρο 1800 m (περιοχή Γαΐτανορράχη-Κεντρικός Πάρνωνας). Στις αποθέσεις των ριπιδίων η ύπαρξη κροκαλών από ασβεστολίθους της ζώνης Τρίπολης, η οποία απαντάται κυρίως στον ορεινό όγκο του Πάρνωνα, είναι μία επιπλέον απόδειξη της προέλευσης του υλικού των Πλειο-Πλειστοκαινικών ριπιδίων. Η παλαιότητα δε αυτών υποδεικνύεται επίσης από την καλή συνεκτικοποίηση του υλικού τους. Στη θέση Μενε-



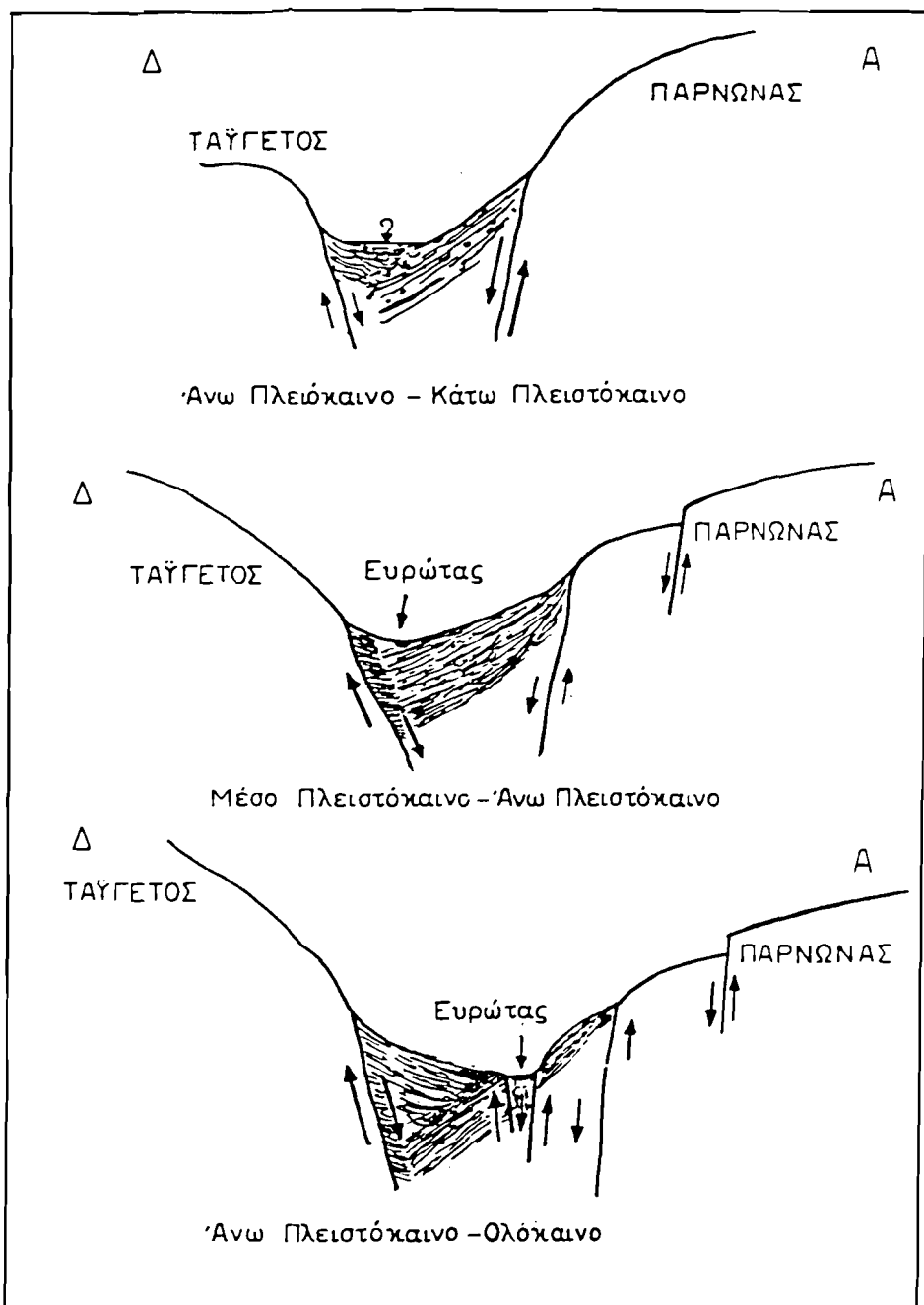
λάιον, όπου ο Ευρώτας τέμνει τις απολήξεις των Πλειοπλειστοκαινικών ριπιδίων του Πάρνωνα, διακρίνονται πλευρικές μεταβάσεις σε Πλειοκαινικές μάργες, υποδηλώνοντας την ύπαρξη μιας Πλειο-Πλειστοκαινικής λίμνης.

## Παλαιογεωγραφική Εξέλιξη

Κατά το Ανώτερο Πλειόκαινο οι ορεινοί όγκοι του Ταΰγετου και Πάρνωνα είχαν μία τελείως διαφορετική μορφολογία, εξαιτίας της τεκτονικής που ήταν πιο ενεργή στον Πάρνωνα, δίνοντας ένα υψηλότερο ανάγλυφο σ' αυτόν, σε αντίθεση με τον τότε χαμηλότερο Ταΰγετο (Σχ. 4α). Στον Πάρνωνα, η έντονη διάβρωση είχε σαν αποτέλεσμα το σχηματισμό εκτεταμένων ριπιδίων στο δυτικό του μέτωπο ενώ στο τεκτονικό βύθισμα της Σπάρτης υπήρχε επιμηκυσμένη κατά το Ανω Πλειόκαινο λίμνη, εκτεινόμενη προς τον Ταΰγετο, εξαιτίας της μεγάλης ανάπτυξης των ριπιδίων του Πάρνωνα.

Κατά το Κάτω-Μέσο Πλειστόκαινο ακολούθησε περίοδος σχετικής τεκτονικής ηρεμίας, με αποτέλεσμα το σχηματισμό στον Πάρνωνα καρστικοποιημένης επιφάνειας επιπέδωσης. Κατά την ίδια περίοδο θα πρέπει, λόγω της ανάπτυξης των ριπιδίων του Πάρνωνα, η λίμνη να συρρικνώθηκε ή το πιθανότερο να βρήκε διέξοδο προς νότο, στη σημερινή περιοχή της Ποταμιάς. Τη θέση αυτής καταλαμβάνει ο Ευρώτας, επιμηκύνοντας την κοίτη του προς νότο, και συγκεντρώνοντας τα προϋπάρχοντα ρέματα, που κατέληγαν στη λίμνη, αρχίζει να δημιουργεί ένα οργανωμένο υδρογραφικό δίκτυο.

Κατά την περίοδο Μέσο-Ανω Πλειστόκαινο (Σχ. 4β) αρχίζει νέα δραστηριοποίηση των ρηγμάτων BBD-NNA διεύθυνσης. Στον Πάρνωνα, συνέπεια αυτής είναι ο τεμαχισμός της επιφάνειας επιπέδωσης, όπως παρατηρείται στις περιοχές Χρύσαφα και Αγριάνοι. Ο Ταΰγετος, αρχίζει να ανυψώνεται με ταχύτερους ρυθμούς, με αποτέλεσμα την έντονη κατά βάθος διάβρωση και το σχηματισμό ριπιδίων στο ανατολικό μέτωπό του, τα οποία, αναπτυσσόμενα, καλύπτουν τις δυτικές απολήξεις των παλαιότερων ριπιδίων του Πάρνωνα μετατοπίζοντας τον Ευρώτα προς τα ανατολικά. Η κατά βάθος διάβρωση συνεχίζεται με έντονους ρυθμούς, δίνοντας βαθιά φαράγγια, ενώ τα ριπίδια συνέχισαν να αναπτύσσονται προς τα ανατολικά. (Σχ. 4γ). Ο Ευρώτας καταλαμβάνει τη σημερινή του θέση εγκυβωτιζόμενος, λόγω της δραστηριοποίησης μικροτέρων ρηγμάτων διεύθυνσης BBD-NNA. Αυτό πιστοποιείται από την ύπαρξη σειράς λοφίσκων στα δυτικά του Ευρώτα, σε υψόμετρα 204, 206, 213, 214 m, που είναι υπολείμματα των Πλειοπλειστοκαινικών απολήξεων των ριπι-



Σχ. 4. Σκαρίφημα της Παλαιογεωγραφικής εξέλιξης του βυθίσματος της Σπάρτης από το Άνω Πλειόκαινο έως σήμερα.

δίων του Πάρνωνα. Η σειρά αυτών των λοφίσκων, σε διεύθυνση ΒΒΔ-NNA, παρουσιάζει μέτωπο τύπου «κρημονού γραμμής ρήγματος» προς τα ανατολικά, ορίζοντας τα δυτικά περιθώρια της εγκυβωτισμένης κοιλάδας του Ευρώτα, ενώ αντίστοιχα, τα ανατολικά του περιθώρια ορίζονται από ευθύγραμμο μέτωπο του ίδιου τύπου, τέμνοντας τα Πλειοπλειστοκαινικά ριπίδια του Πάρνωνα, σε υψόμετρα 231, 241 και 251 m.

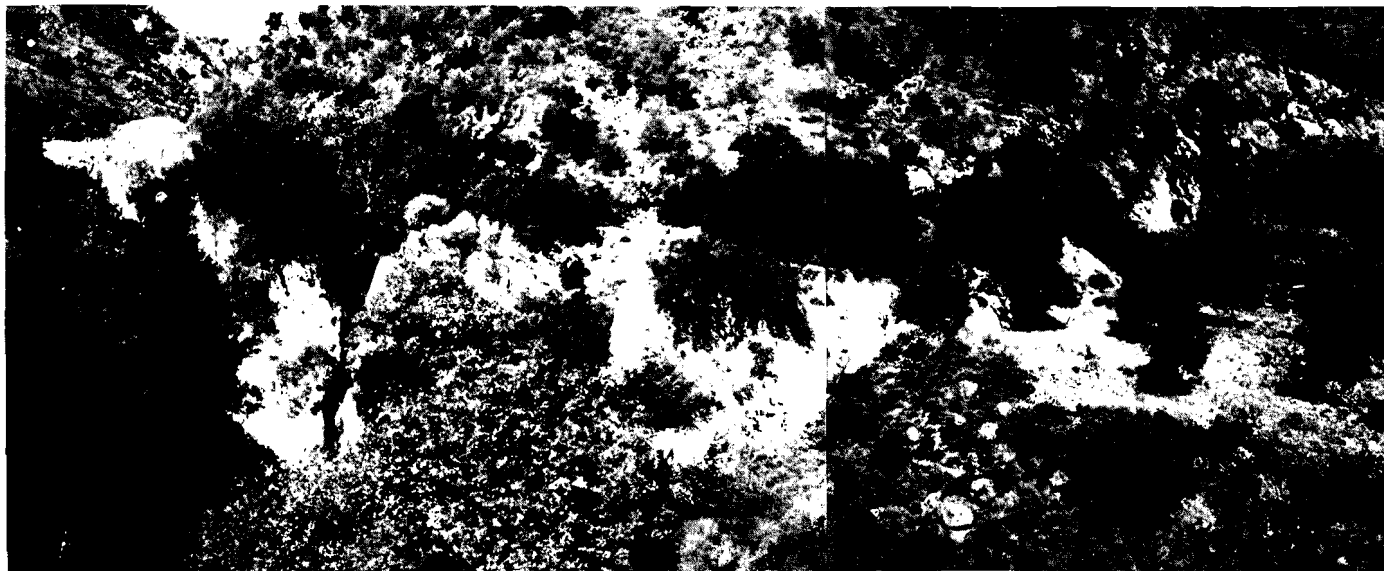
Κατά το Ολόκαινο (Σχ. 4γ) η τεκτονική δραστηριότητα του ανατολικού μετώπου του Ταυγέτου συνεχίζεται δίνοντας την κατώτερη κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος και τη νεώτερη γενιά των κώνων που αναπτύσσονται πλησιέστερα αυτού.

### **Σεισμοτεκτονικές - Μορφοτεκτονικές παρατηρήσεις στο ανατολικό μέτωπο του Ταυγέτου**

Το ανατολικό μέτωπο του Ταυγέτου (Σχ. 3), ρήγμα της Σπάρτης, αποτελεί, από μορφοτεκτονική άποψη, μία από τις εντυπωσιακότερες μορφές της Ελλάδας. Στη βάση του μετώπου αυτού και σε μήκος περίπου 20 km παρατηρείται η κατοπτρική επιφάνεια ρήγματος, το οποίο στο κεντρικό τμήμα του φθάνει σ'ένα ύψος 12 m. Επιπλέον το μέτωπο αυτό διασχίζεται από βαθιές χαράδρες με χαρακτηριστική μορφή φαραγγιού wine glass canyon, ενώ οι κατά μήκος τομές των χειμάρρων που τις διαρρέουν παρουσιάζουν μεγάλη κλίση και, ενώ λίγο πριν την έξοδό τους παρατηρείται σημείο κάμψης που φθάνει σε ύψος 2-10 m. (Φωτ. 1). Στο μεταξύ των χειμάρρων τμήμα του μετώπου έχουν δημιουργηθεί τριγωνικές και τραπεζοειδείς επιφάνειες, ενώ στη βάση των κλιτύων παρατηρούνται πλευρικά κορήματα και κώνοι. Στη συνέχεια αναπτύσσονται ριπίδια διαφορετικών γενεών που φθάνουν έως τον Ευρώτα. Σε πολλά σημεία του καθρέπτη, υπολείμματα του τεκτονικού λατυποπαγούς είναι ακόμα ορατά, ενώ σε άλλες θέσεις το ρήγμα έχει διαρρήξει συνεκτικά πλευρικά κορήματα που σε μορφή πρίσματος ευρίσκονται σε επαφή με την κατοπτρική επιφάνεια. Όλα τα προαναφερθέντα χαρακτηριστικά συνηγορούν σε πρόσφατη δραστηριοποίηση του ρηξιγενούς αυτού μετώπου.

### **Σεισμικότητα της περιοχής**

Για τη μελέτη της σεισμικότητας συγκεντρώθηκαν αφ' ενός μεν ιστορικές πληροφορίες αφ' ετέρου δε εξετάστηκαν τα αρχεία του Γεωδυναμικού Ινστιτούτου ώστε να εξαχθούν συμπεράσματα για την ενόργανη σεισμικότητα της περιοχής.



**Φωτ. 1.** Εξοδος του ρέματος Μαρουσώ. Διακρίνεται η κατοπτρική επιφάνεια του ρήγματος και το σημείο κάμψης που έχει δημιουργηθεί από πρόσφατες δραστηριοποιήσεις.

Εξετάζοντας την ιστορική σεισμικότητα της περιοχής (Γαλανόπουλος 1955, Παπαζάχος και Παπαζάχου, 1989), διαπιστώνεται ότι κατά τη διάρκεια των 6ου και 5ου π.Χ. αιώνα ήταν πολύ έντονη. Κατά το διάστημα αυτό αναφέρονται αρκετοί καταστροφικοί σεισμοί όπως το 550, 496 και 464 π.Χ. Από αυτούς, ο σεισμός του 464 π.Χ. αναφέρεται από πάρα πολλούς ιστορικούς, όπως το Θουκυδίδη (στον Πελοποννησιακό πόλεμο), τον Πausανία (στα Λακεδαιμονικά), τον Εύφορο, το Διόδωρο το Σικελό, τον Κικέρωνα, το Στράβωνα, τον Πλίνιο, τον Πλούταρχο (στον Κίμωννα), ακόμη από τον Αριστοφάνη (στη Λυσιστράτη και στους Αχαρνείς).

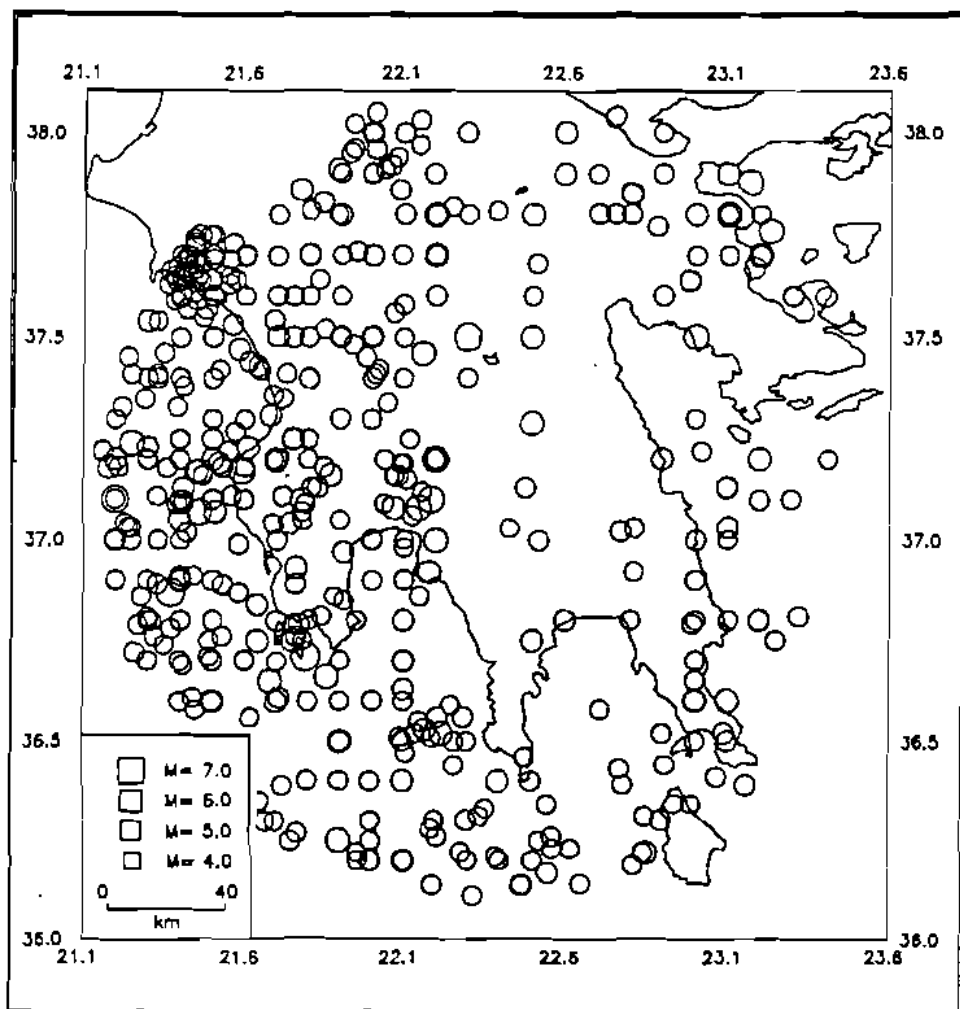
Ο σεισμός ήταν καταστροφικότερος για την πόλη της Σπάρτης. Μόνο 5 οικίες δεν κατέρρευσαν και σκοτώθηκαν περισσότεροι από 20.000 άνθρωποι. Σε γυμναστήριο που εγυμνάζονταν έφηβοι και παιδιά, εξαιτίας του σεισμού κατέρρευσε το γυμναστήριο, σκοτώνοντας τους εφήβους, ενώ τα παιδιά γλύτωσαν γιατί λίγο πριν το σεισμό βγήκαν έξω για να κυνηγήσουν έναν λαγό που είχε εμφανιστεί. Ο τάφος των εφήβων ονομάστηκε «Σεισματίας». Ο σεισμός αυτός, πέρα από τις μεγάλες υλικές ζημιές που προξένησε στην πόλη της Σπάρτης, προκάλεσε και μεγάλη κοινωνική αναστάτωση. Οι είλωτες βρήκαν την ευκαιρία και έφυγαν προς τη Μεσσηνία, όπου οι Μεσσηνίοι είχαν επαναστατήσει κατά των Λακεδαιμονίων, αναγκάζοντας τους Σπαρτιάτες να ζητήσουν βοήθεια από τους Αθηναίους.

Οι Armijo et al., (1992), θεωρούν ότι ο σεισμός του 464 π.Χ. πρέπει να συσχετιστεί με την πιο πρόσφατη δραστηριοποίηση της ρηξιγενούς αυτής ζώνης. Αυτό σημαίνει ότι ο ρυθμός επανάληψης της δραστηριότητας αυτής είναι περισσότερο από 2.500 χρόνια.

Στο Σχ. 5 φαίνονται τα επίκεντρα των σεισμών με εστιακό βάθος μικρότερο των 20 km, που καταγράφηκαν από το Γεωδυναμικό Ινστιτούτο τον παρόντα αιώνα και συνέβησαν σε απόσταση 110 km, δηλαδή μίας γεωγραφικής μοίρας, από την πόλη της Σπάρτης. Είναι φανερό ότι η σεισμικότητα της ευρύτερης περιοχής της Σπάρτης συγκρινόμενη με αυτή άλλων περιοχών της Πελοποννήσου, όπως της Ηλείας, της βόρειας Πελοποννήσου, των παραλίων της νοτιοδυτικής Πελοποννήσου και της περιοχής των Κυθήρων, είναι ιδιαίτερα χαμηλή. Εξετάζοντας τους σεισμούς που έγιναν ιδιαίτερα αισθητοί στην περιοχή της Σπάρτης και οι οποίοι προκάλεσαν ζημιές (Πίν. 1) προκύπτει ότι προέρχονται είτε από γειτονικές περιοχές όπως οι σεισμοί του 1898, 1899 και 1965 (Αρκαδία και Μεσσηνία) είτε από τον Λακωνικό κόλπο και τα Κύθηρα έχοντας όμως ενδιάμεσα εστιακά βάθη (βάθος εστίας μεταξύ 60-120 km). Τέτοιοι ήταν οι σεισμοί του 1903, 1926 και του 1927. Οι σεισμοί της 17 Σεπτεμβρίου 1949, με μέγεθος  $M = 5.2$ , και της 13 Απριλίου 1955, με μέγεθος  $M = 5.7$ , προκάλεσαν σημαντικές ζημιές παρ' όλο το

μικρό τους μέγεθος, πρέπει να προέρχονται από κάποια κοντινή σεισμική εστία χωρίς όμως να είναι δυνατόν αυτή να συνδεθεί με τη ρηξιγενή ζώνη του Ταυγετου ή με κάποια άλλη που ευρίσκεται στον Πάρωνα.

Γίνεται επομένως φανερό ότι μία νέα επαναδραστηριοποίηση του ρήγματος αυτού, αποτελεί τον κυριότερο φυσικό κίνδυνο για τη σύγχρονη πόλη της Σπάρτης με όλες τις άμεσες και έμμεσες συνέπειες που συνοδεύουν ένα τέτοιο φαινόμενο.



Σχ. 5. Χάρτης όπου φαίνονται οι ενόργανα κατεγγραμμένοι σεισμοί,  $M_4 \geq 0$ , που συνέβησαν τον παρόντα αιώνα σε απόσταση 110 km από την Σπάρτη.

Ημερομηνία	Ώρα, λεπτά	Παρατηρήσεις
2-6-1898	23:45	Μετρίως ισχυρή δόνηση. Όλοι οι κάτοικοι εξήλθον των οικιών. Το επίκεντρο τοποθετείται στην Αρκαδία.
22-1-1899	09:45	Τρεις δονήσεις εκ των οποίων οι δύο πρώτες ισχυρές και η τρίτη ασθενής. Δημιουργήθηκαν ρωγμές μόνο στους δυτικούς και ανατολικούς τοίχους. Το ρολόι της εκκλησίας σταμάτησε. Τα επίκεντρα των δονήσεων τοποθετούνται στη Μεσσηνία.
11-8-1903	05:55	Ισχυρή δόνηση. Ρωγμές στους ανατολικούς τοίχους των σπιτιών. Το επίκεντρο της δόνησης τοποθετείται στα Κύθηρα.
30-8-1926	11:38	Ισχυράτατη δόνηση, ενδομέσου βάθους, μεγέθους $M = 7.0$ , εντάσεως VIII-IV βαθμών, με επίκεντρο την περιοχή Νεοπόλεως της Λακωνίας ( $36^{\circ} \cdot 90' B - 23^{\circ} \cdot 25' A$ ). Προηγήθηκε ελαφρό δόνηση. Στη Σπάρτη 18 σπίτια υπέστησαν σοβαρές ζημιές και άλλα 60 ελαφρές. Στις γειτονικές περιοχές αρκετά σπίτια υπέστησαν σημαντικές ρωγμές, στην πλειονότητα κατοκάρυφες και μερικά έπεσαν. Επίσης βράχοι αποσπάστηκαν από την ανατολική πλευρά του Ταύγετου και κύλισαν προς τα χαμηλότερα.
1-7-1927	06:20	Ισχυρή δόνηση εντάσεως VII-VIII βαθμών, με επίκεντρο την Δυτική Λακωνία, Οίτυλο, ( $36^{\circ} \cdot 75' B - 22^{\circ} \cdot 25' A$ ), ενδομέσου βάθους και μεγέθους $M = 6.8$ . Παρατηρήθηκαν ελαφρές ρωγμές σε τοίχους σπιτιών, η καμινόδο ενός εργοστασίου έπεσε και σημειώθηκαν μικρές καταλισθήσεις στις κλιτείες του Μενελαίου.
17-9-1949	11:30	Ισχυρή δόνηση $M = 5.2$ , με επίκεντρο την Γραμμούσο, σημερινό Αμπελοχώριο, ( $37^{\circ} \cdot 00' B - 22^{\circ} \cdot 75' A$ ). Του σεισμού προηγήθηκε 2 ώρες πριν ισχυρός προσεισμός. 8 οικίες της Γραμμούσης κατέρρευσαν και πολλές άλλες υπέστησαν σοβαρές ρωγμές. Οι μετασεισμοί στην περιοχή αυτή εξακολούθησαν με ελαφρές δονήσεις και μετά την 10η Μαρτίου του επομένου έτους.
13-4-1989	20:46	Ισχυρή δόνηση με επίκεντρο τη περιοχή βόρεια της Σπάρτης, ( $37^{\circ} \cdot 25' B - 22^{\circ} \cdot 25' A$ ), $M = 5.7$ . Αισθητή στη Σπάρτη με ένταση VIII βαθμών. Ο σεισμός προκάλεσε σημαντικές ζημιές στα χωριά Κυπαρίσσι, Λογγανικός, Βεργαδέικα, Φουντέικο, Γεωργίτσι, Άγιος Κωνσταντίνος και Περιβόλιο όπου αρκετές οικίες κατέρρευσαν και πολλές κατέστησαν ακατοίκητοι. Στο χωριό Κυπαρίσσι κατεστράφησαν εντελώς οκτώ οικίες ενώ άλλες οκτώ υπέστησαν σοβαρές ζημιές, στον Λογγανικό υπέστησαν σοβαρές ζημιές επτά οικίες, στο Βεργαδέικο κατέρρευσε μία οικία ενώ υπέστησαν σοβαρές ζημιές τρεις οικίες, στα Περιβόλια κατέρρευσαν τέσσερες οικίες ενώ κατέστησαν ακατοίκητοι είκοσι.
5-4-1985	03:12	Δόνηση με επίκεντρο την Αρκαδία ( $37^{\circ} \cdot 80' B - 22^{\circ} \cdot 00' A$ ), $M = 5.4$ . Αισθητή στη Λακωνία με ένταση IV βαθμών στη Σπάρτη και το Μυστρό, σε 4 περιοχές του νομού 19 σπίτια καταστράφηκαν, 21 υπέστησαν σοβαρές ζημιές και 8 ελαφρές.

**ΠΙΝΑΚΑΣ 1.** Σεισμικές δονήσεις του παρόντα αιώνα οι οποίες έγιναν πολύ αισθητές και προκάλεσαν ζημιές στην ευρύτερη περιοχή της Σπάρτης.

## Συμπεράσματα

Στην παρούσα μελέτη εξετάσθηκε η ευρύτερη περιοχή της Σπάρτης απο γεωμορφολογική και σεισμοτεκτονική άποψη. Γίνεται φανερό ότι πρόκειται για μία ενεργή περιοχή η οποία έχει υποστεί μία σειρά εξελικτικών φάσεων κατά το Τεταρτογενές.

Κατά το Πλειο-Πλειστόκαινο ο Πάρνωνας παρουσίαζε έντονη τεκτονική δραστηριότητα με συνεπαγόμενες έντονες διεργασίες διάβρωσης και δημιουργία εκτεταμένων ριπιδίων στις δυτικές παρυφές του. Αντίθετα η τεκτονική δραστηριότητα απο το Μέσο Πλειστόκαινο έως σήμερα εντοπίζεται στον Ταύγετο με χαρακτηριστική εμφάνιση ενεργού μετώπου με χαρακτηριστικές τραπεζοειδείς και τριγωνικές κλιτείς, φαράγγων, σημείων κάμψης, ριπιδίων και κώνων κορημάτων ενώ στη βάση του εντοπίζεται το ενεργό ρήγμα του Ταύγετου.

Αν και η ενόργανη σεισμικότητα της περιοχής δεν είναι σημαντική, εν τούτοις τα μορφοτεκτονικά χαρακτηριστικά του ανατολικού μετώπου του Ταύγετου και η ιστορική σεισμικότητα του ρήγματος υποδεικνύουν ότι επαναδραστηριοποίηση του ρήγματος του Ταύγετου αποτελεί ίσως τον μεγαλύτερο φυσικό κίνδυνο για την πόλη της Σπάρτης.

## Βιβλιογραφία

- Armijo, R., H. Lyon-Caen and D. Papanastassiou. (1991). A possible normal fault rupture for the 464 B.C. Sparta earthquake, *Nature*, 351, 137-139.
- Bizon, G., and F. Thiebault. (1974). Données nouvelles sur l' âge des marlbes et quartzites du Taygète (Péloponnèse meridional, Grèce), *C.R. Acad. Sc. Paris*, 278, 9-12.
- Γαλανόπουλος, Α. (1955). Σεισμική γεωγραφία της Ελλάδος. Αθήνα.
- Dercourt, J. (1964). Contribution à l' étude géologique d' un secteur du Péloponnèse septentrional. *Ann. Geol. Pays Hellen.*, 15, 1-418.
- Dufaure, J.J. (1975). Le relief du Péloponnèse. Thèse, Paris.
- Fleury, J.J. (1980). Les zones de Gavrovo-Tripolitza et du Pinde-Olonos (Grèce continental et Péloponnèse du Nord). Evolution d' une plateforme et d' un bassin dans le carde alpin. *Publ Soc. Geol. Nord*, 4.
- Gaki-Papanastassiou, K., Papanastassiou D. and H. Maroukian. (1996). Geomorphic and archaeological-historical evidence of past earthquakes in Greece. *Annali di Geofisica*, 34, 3, 589-601.
- Jacobshagen, V. (1979). Structure and geotectonic evolution of the Hellenides. VII Coll. Geol. Aegean Region, Athens 1977, 3, 1355-1367.



- Ινστιτούτο Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (ΙΓΜΕ). (1989). Σεισμοτεκτονικός Χάρτης της Ελλάδας, κλίμακας 1:500.000.
- Κτενας, C. (1924). Formation primaires semimétamorphiques au Péloponnèse central, C.R. somm. Soc. Geol. France, 61-63.
- Λέκκας, Σ. (1978). Συμβολή στη γεωλογική δομή της περιοχής ΝΑ Τριπόλεως. Διδασκτορ. Διατρ. Παν/μιο Αθηνών.
- Μαριολάκος, Η. (1976). Σκέψεις και απόψεις επί ωρισμένων προβλημάτων της Γεωλογίας και Τεκτονικής της Πελοποννήσου. Ann Geol. Pays Hellen. 27, 215-313.
- Παπονικολάου, Δ. (1986). Γεωλογία της Ελλάδας.
- Παποζάχος, Β.Κ. και Κ.Β. Παπαζάχου. (1989). Οι σεισμοί της Ελλάδας, 356 σ., Εκδόσεις Ζήτη, Θεσσαλονίκη.
- Psarianos, P. (1965). Beitrage zur Kenntniss des Neogenes des Peloponnes (Lakonia). Ann Geol. Pays Hellen. 6, 151-184.
- Philippson, A. (1892). Der Peloponnes, Verlag Friedlander, 642, Berlin.
- Σκαρπέλης, Ν. (1982). Μεταλλογένεση συμπαγών θειούχων μεταλλευμάτων και πετρολογία της εξωτερικής μεταμορφικής τεκτονικής ζώνης των Ελληνίδων (ΝΑ, Πελοπόννησος) Διδασκτορ. Διατρ. Παν/μιο Αθηνών.
- Thiebault, F. (1977). Etablissement du caractère Ionien de la série des calcshistes et marbles (plattenkalk) en fenêtre dans le massif du Taygète (Péloponnèse, Grèce), C.R. somm. Soc. Geol. France 3, 159-161.
- Φυτρολάκης, Ν. (1980). Η γεωλογική δομή της Κρήτης. Διατριβή για Υφηγεσίο ΕΜΠ.
- Ψαριανός, Π. (1955). Συμβολή εις την γνώσιν του Νεογενοῦς της Πελοποννήσου (Λακωνία). Διατριβή επί Υφηγεσία, Αθήνα.