

## ΤΟ ΕΝΕΡΓΟ ΡΗΓΜΑ ΤΗΣ ΑΤΑΛΑΝΤΗΣ – ΕΠΑΝΕΚΤΙΜΗΣΗ ΜΕ ΝΕΑ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Παυλίδης Σ.Β.<sup>1</sup>, Βαλκανιώτης Σ.<sup>1</sup>, Γκανάς Α.<sup>2</sup>, Κεραμυδάς Δ.<sup>1</sup> και Σμπόρας Σ.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Τομέας Γεωλογίας, Τμήμα Γεωλογίας, Α.Π.Θ. 541 24 Θεσσαλονίκη, [pavlidis@geo.auth.gr](mailto:pavlidis@geo.auth.gr), [svalkan@geo.auth.gr](mailto:svalkan@geo.auth.gr)

<sup>2</sup> Γεωδυναμικό Ινστιτούτο, Εθνικό Αστεροσκοπείο Αθηνών, Λόφος Νυμφών, Αθήνα

### ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Ο Βόρειος Ευβοϊκός Κόλπος αποτελεί μια περιοχή με έντονη νεοτεκτονική δραστηριότητα που κυριαρχείται από εντυπωσιακά ενεργά ρήγματα. Το μόνο ρήγμα της περιοχής που συνδέεται με κάποιον ισχυρό ιστορικό σεισμό, είναι το ρήγμα της Αταλάντης, με την γνωστή σεισμική ακολουθία του 1894. Για την ακριβέστερη αποτύπωση του ρήγματος της Αταλάντης, την διερεύνηση των σεισμικών διαρρήξεων του 1894 και την εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας της περιοχής, εκτέλεστηκε λεπτομερής γεωλογική και νεοτεκτονική έρευνα της περιοχής της πόλης της Αταλάντης. Τα αποτελέσματα της έρευνας και ιδιαίτερα η ψηφιακή μορφοτεκτονική ανάλυση και η γεωμετρία του ρήγματος δείχνουν ότι το ρήγμα της Αταλάντης αποτελεί μια ρηξιγενή ζώνη μήκους 20–30 km, η οποία διαχωρίζεται σε 4 τουλάχιστον μικρότερα τμήματα: της Αταλάντης, του Κυπαρισσίου - Αλμύρας, της Τραγάνας - Προσκύνα, του Μαρτίνου και πιθανώς της Λάρυμνας. Το δυναμικό γένεσης σεισμού είναι της τάξης του  $M_{smax}=6.8$ , ενώ η περίοδος επανάλιψης σεισμού αντίστοιχου μεγέθους από το ρήγμα της Αταλάντης είναι μεγαλύτερη από 1000 έτη, ίσως μεγαλύτερη και από 2000 έτη. Η διάνοιξη παλαιοσεισμολογικών τομών στην περιοχή του Αγίου Κωνσταντίνου αποκλείει την σύνδεση του αντίστοιχου ρήγματος με τη σεισμική ακολουθία του 1894.

### 1 ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Η περιοχή του Βόρειου Ευβοϊκού Κόλπου αποτελείται από τα αλπικά πετρώματα της Υποπελαγονικής ζώνης που συνιστούν το γεωλογικό υπόβαθρο, και τις ρηξιγενείς τάφρους που δημιουργήθηκαν από την νεοτεκτονική δράση των ρηγμάτων και οι οποίες έχουν πληρωθεί από νεότερα ιζήματα ηλικίας Πλειοκαίνου – Τεταρτογενούς (ΙΓΜΕ, 1983). Τα ιζήματα του Πλειοκαίνου αποτελούνται από άμμοις, αργίλους, κιτρινόλευκες μάργες και χαλίκια συνεκτικής μορφής, με κατά θέσεις λίγες ενστρώσεις χαλαρών χαλικιών πάχους 1 έως 10 cm. Τα Πλειστοκαινικά ιζήματα αντιπροσωπεύονται από μια ακολουθία ιζημάτων που χαρακτηρίζουν πλευρικά κορήματα και αποθέσεις αλλουβιακών ριπιδίων και περιλαμβάνουν εναλλαγές άμμων, αργίλων και κροκαλοπαγών, καθώς κι ένα συνεκτικό λατυποπαγές, αποτελούμενο από γωνιώδη τεμάχια ασβεστόλιθων και δολομιτών ισχυρά συγκολλημένα δευτερογενώς με αμμοαργιλώδες συνδετικό υλικό (Αγγελίδης, 1992). Τα πλέον πρόσφατα ρηξιγενή πρανή, κυρίως στην περιοχή της Αταλάντης, Ασπυρορέματος και στην Αρκίτσα καλύπτονται από σύγχρονα πλευρικά κορήματα που αποτελούνται από άμμο, άργιλο και γωνιώδη τεμάχια ασβεστόλιθων και δολομιτών σε ασύνδετη μορφή.

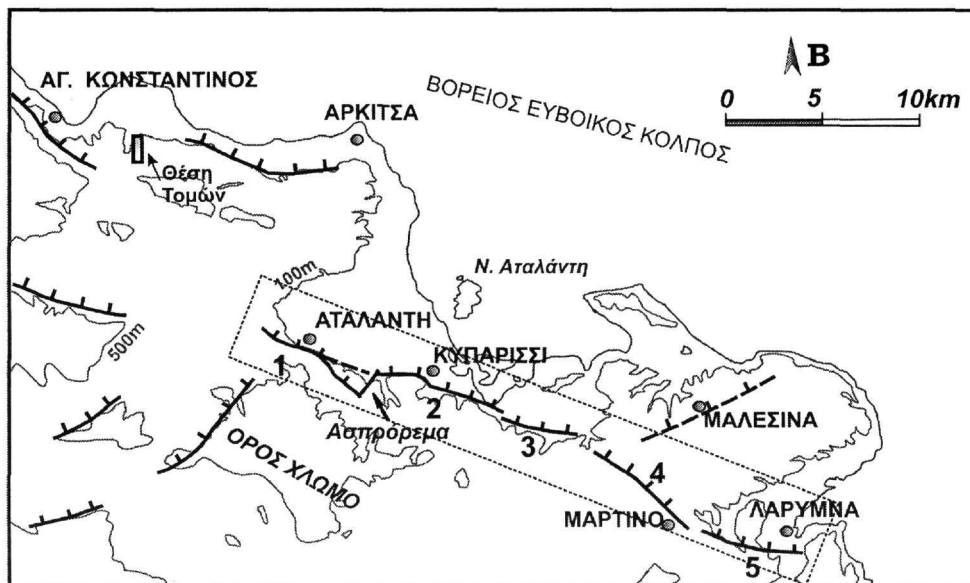
### 2 ΝΕΟΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

Ο Βόρειος Ευβοϊκός Κόλπος αποτελεί μια τεκτονική τάφρο, η οποία διαμορφώθηκε στη διάρκεια του Τεταρτογενούς από την δράση κανονικών ρηγμάτων διεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ έως ΔΒΔ-ΑΝΑ (Roberts and Jackson, 1991). Τα ρήγματα Θερμοπυλών, Καμένων Βούρλων, Αγίου Κωνσταντίνου, Αρκίτσας, Αταλάντης και Καλλιδρόμου παρουσιάζουν μορφοτεκτονικά και γεωλογικά στοιχεία τα οποία υποδεικνύουν πρόσφατη δραστηριότητα και μπορούν να χαρακτηριστούν ως ενεργά. Οι διευθύνσεις των ενεργών και πιθανά ενεργών ρηγμάτων (ΒΔ-ΝΑ και Δ-Α) συμπίπτουν με την διεύθυνση του σύγχρονου εφελκυσμού στον χώρο του Αιγαίου (Lemeille, 1977; Ganas et al. 1996; Pa-

pazachos and Kiratzi, 1996; Παυλιδής και συνεργάτες, 1999; Pantosti et al., 2001), ενώ αναφέρονται και πιθανές ενεργές ρηξιγενείς ζώνες διεύθυνσης ΝΔ-ΒΑ (Kranis et al., 2001). Τα παραπάνω ρήγματα δεν συνδέονται με ισχυρούς σεισμούς κατά την ιστορική περίοδο, εκτός από τα ρήγματα της περιοχής των Θερμοπυλών που πιθανώς έδωσαν το σεισμό του 426 π.Χ. (Papaioannou et al. 2004), και το ρήγμα της Αταλάντης. Η σεισμική ακολουθία του 1894 περιελάμβανε δυο ισχυρούς σεισμούς στις 20 και 27 Απριλίου, με εκτιμώμενο μέγεθος  $M_s = 6.4$  και  $M_s = 6.9$  (Ambraseys and Jackson 1990) ή  $M_s = 6.6$  και  $7.0$  σύμφωνα με τους Παπαζάχο & Παπαζάχου (2003). Το επίκεντρο του πρώτου σεισμικού γεγονότος τοποθετείται στην περιοχή Μαλεσίνας-Μαρτίνου, ενώ το δεύτερο βορειότερα, προς την θέση της πόλης της Αταλάντης (Ambraseys and Jackson 1990, Παπαζάχος και Παπαζάχου, 2003; Γκανάς et al. 2004). Σε περιγραφές της εποχής (Paravassiliou 1894, Phillips 1894, Skourhos 1894, Μητσόπουλος 1895), αλλά και μεταγενέστερες αναφορές, βασισμένες στις προηγούμενες (Richter 1958, Παπαζάχος και Παπαζάχου 2003), το μήκος του ρήγματος που διερρήχθη αναφέρεται ότι ξεπερνά τα 50 km. Οι διαστάσεις αυτές δεν ανταποκρίνονται στην πραγματικότητα, καθώς είναι γνωστό ότι τα ενεργά κανονικά ρήγματα στον ηπειρωτικό Ελληνικό χώρο δύσκολα ξεπερνούν σε μήκος τα 15-20 km (Roberts and Jackson 1991, Roulimeanos and Doutsos 1996, Pavlides και Caputo 2004) ενώ πολλά δευτερογενή φαινόμενα εδαφικής παραμόρφωσης του 1894 περιγράφονται στις ιστορικές πηγές λανθασμένα ως συν-σεισμικές επιφανειακές διαρρήξεις.

### 3 ΤΟ ΡΗΓΜΑ ΤΗΣ ΑΤΑΛΑΝΤΗΣ

Για την ακριβέστερη αποτύπωση του ρήγματος της Αταλάντης, την διερεύνηση των σεισμικών διαρρήξεων του 1894 και την εκτίμηση της σεισμικής επικινδυνότητας της περιοχής, εκτελέστηκε λεπτομερής γεωλογική χαρτογράφηση της περιοχής της πόλης της Αταλάντης σε κλίμακα 1:5.000, έρευνα πεδίου στην ευρύτερη περιοχή και κατασκευή ψηφιακού μοντέλου αναγλύφου (DEM) με ακρίβεια 4m. Τα αποτελέσματα της μελέτης δείχνουν ότι το ρήγμα της πόλης της Αταλάντης είναι ένα κανονικό ενεργό ρήγμα Α-Δ ως ΑΝΑ-ΔΒΔ διεύθυνσης και κλίσης προς Β – ΒΑ (Σχ. 1). Μετρήσεις ρηξιγενών επιφανειών κατά μήκος του ρήγματος έδωσαν τιμές διεύθυνσης κλίσης  $019-048^\circ$  (CLAR) και κλίσης  $60-72^\circ$  (Σχ. 2). Το ρήγμα διέρχεται από τη νότια πλευρά της πόλης στους πρόποδες του όρους Χλωμό και σχεδόν ταυτίζεται με τις σεισμικές διαρρήξεις του 1894 (Σχ. 3).

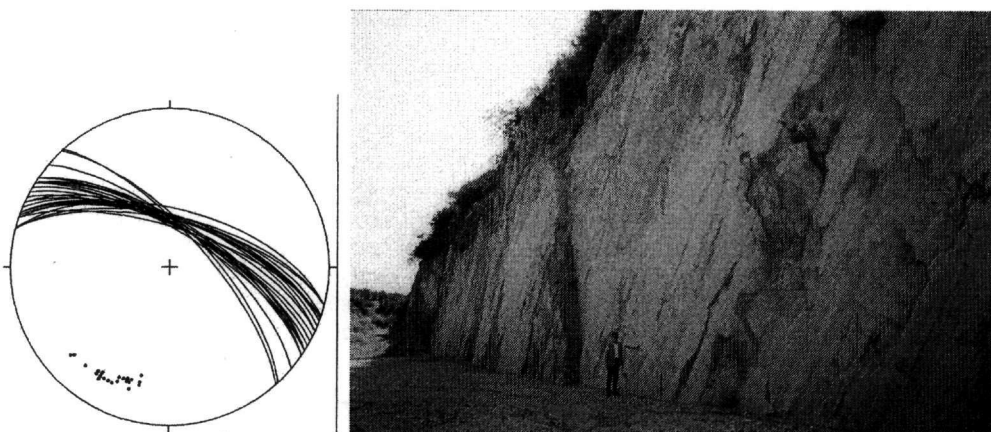


Σχήμα 1. Η ρηξιγενής ζώνη της Αταλάντης (οριοθετείται από το πλαίσιο) και τα επιμέρους τμήματα (segments) στα οποία διαχωρίζεται. 1: Αταλάντη, 2: Κυπαρίσσι-Αλμύρα, 3: Τραγανά-Προσκύνα, 4: Μαρτίνο και 5: Λάρυμνα.

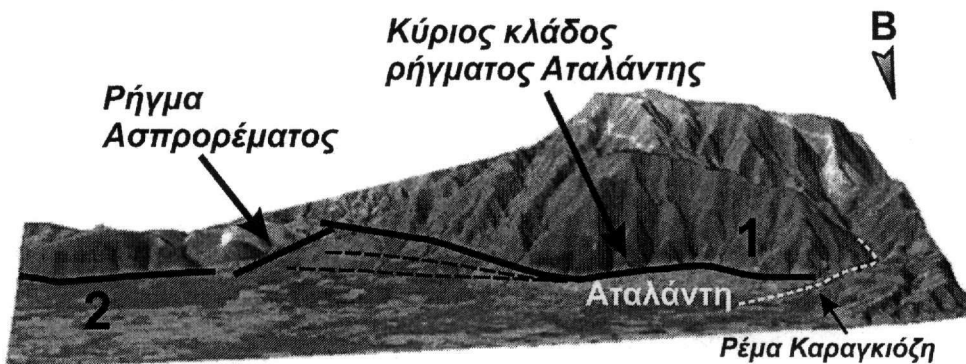
Το ρήγμα είναι τμήμα μιας ευρύτερης ρηξιγενούς ενεργού ζώνης που αρχίζει από το ρέμα του Καραγκιόζη, βορείως της πόλης της Αταλάντης, συνεχίζει προς Ασπρόρεμα – Κυπαρίσσι και φθάνει μέχρι το Μαρτίνο και πιθανά τη Λάρυμνα.

Το συνολικό μήκος της ζώνης αυτής δεν ξεπερνά τα 30 km (Ganas et al. 1998, Pantosti et al. 2001, Pavlides and Caputo 2004) ενώ υποδιαιρείται σε πέντε, τουλάχιστον, επιμέρους τμήματα (segments): της Αταλάντης (1), του Κυπαρισσίου - Αλμύρας (2), της Τραγάνας - Προσκύνα (3), του Μαρτίνου (4) και της Λάρυμνας (5). Η υποδιαίρεση της ρηξιγενούς ζώνης της Αταλάντης στα συγκεκριμένα επί μέρους τμήματα έγινε με βάση έρευνες υπαίθρου και μορφοτεκτονικά χαρακτηριστικά σε δορυφορικές εικόνες, αεροφωτογραφίες και τοπογραφικούς χάρτες. Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό αποτέλεσε η παρουσία εγκάρσιων ρηγμάτων, διεύθυνσης ΒΒΑ-ΝΝΔ έως ΒΑ-ΝΔ, διακόπτοντας τη συνέχεια των επί μέρους ρηγμάτων, το σημαντικότερο από τα οποία αποτελεί το ρήγμα του Ασπρόρέματος (Σχ. 1).

Το πλαγιοκανονικό ρήγμα του Ασπρόρέματος (Σχ. 1 και 2), διεύθυνσης ΝΔ-ΒΑ (N30°) και κλίση προς ΒΔ, αποτελεί το όριο στο οποίο τερματίζεται προς ανατολικά το τμήμα του ρήγματος της πόλης της Αταλάντης, σχηματίζοντας μια κάμψη προς ΝΑ. Την κάμψη αυτή ακολουθεί η παλαιότερη



Σχήμα 2. Αριστερά: Μετρήσεις ρηξιγενών επιφανειών κατά μήκος του ρήγματος της Αταλάντης (στερεογραφική προβολή, νότιο ημισφαίριο). Δεξιά: Λειασμένη ρηξιγενής (καοπτηρική) επιφάνεια του ρήγματος του Ασπρόρέματος.



Σχήμα 3. Ψηφιακό μοντέλο ανάγλυφου σε συνδυασμό με δορυφορική εικόνα της περιοχής της πόλης της Αταλάντης. Απεικονίζεται ο κύριος κλάδος (1) του ρήγματος της Αταλάντης, ο οποίος διαχωρίζεται από το τμήμα Κυπαρίσσι-Αλμύρα (2) μέσω του ρήγματος του Ασπρόρέματος. Με διακεκομμένη γραμμή σημειώνονται οι νεώτερες διακλαδώσεις του ρήγματος της Αταλάντης στις αλλουβιακές αποθέσεις.

επιφάνεια του ρήγματος, στο όριο υποβάθρου-μεταλπικών ιζημάτων, ενώ οι νεότερες διακλαδώσεις (sprays) της απόληξης του ρήγματος παρουσιάζονται μετατοπισμένες βορειότερα σε παράλληλη διάταξη (Σχ. 1 και 3), και διασχίζουν τις πρόσφατες αποθέσεις του αλλουβιακού ριπιδίου του Ασπρорέματος με διευθύνσεις ΔΒΔ-ΑΝΑ. Το ρήγμα του Ασπρорέματος παρουσιάζει μεταβολές στον κινηματικό του χαρακτήρα, με αποτέλεσμα σε ορισμένα τμήματα να παρουσιάζεται ως κανονικό, ενώ σε άλλα κυριαρχεί η οριζόντια συνιστώσα (πλαγιοκανονικό). Η πρόσφατη (νεοτεκτονική) δραστηριοποίηση του υποδεικνύει ότι πιθανώς αποτελεί (κληρονομημένη;) δομή μεταβίβασης (transform fault) μεταξύ των τμημάτων Αταλάντης και Κυπαρισσίου.

#### 4 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΔΕΔΟΜΕΝΑ

Με βάση δημοσιευμένους εμπειρικούς τύπους (Πίνακας 1), υπολογίστηκαν οι θεωρητικά αναμενόμενες τιμές (Πίνακας 2) για το μέγιστο αναμενόμενο μέγεθος σεισμού ( $M_s$ ) και τις μετατοπίσεις (MD), για τα διάφορα ρήγματα της ρηγιγενούς ζώνης της Αταλάντης και τα εκτιμώμενα μήκη τους με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας.

Πίνακας 1. Εμπειρικοί τύποι συσχέτισης μεταξύ μέγεθος σεισμού και μήκους ρήγματος

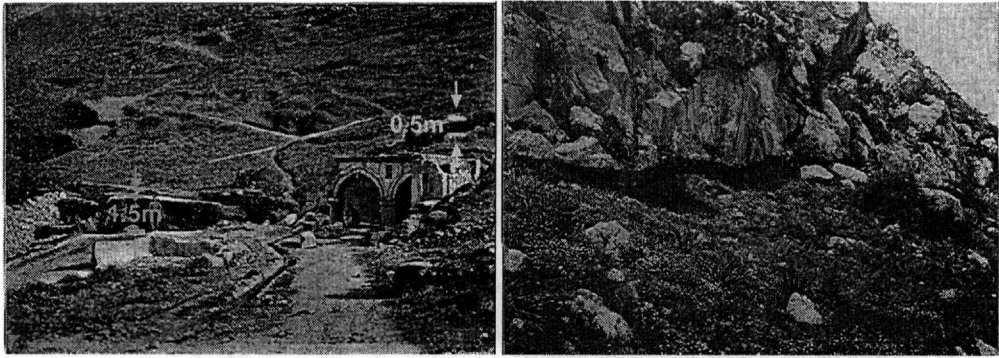
|                            |                              |
|----------------------------|------------------------------|
| Wells & Coppersmith (1994) | $M_w = 4,86 + 1,32\log(SRL)$ |
| Ambraseys & Jackson (1998) | $M_s = 5,13 + 1,14\log(L)$   |
| Pavlidis & Caputo (2004)   | $M_s = 0,9\log(SRL) + 5,48$  |

Πίνακας 2. Θεωρητικά αναμενόμενες τιμές για μέγεθος σεισμού ( $M_s$ ) και μετατοπίσεις (MD)

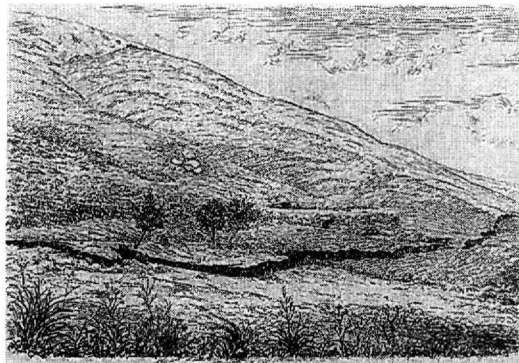
|                   | Αταλάντη<br>segment (1)<br>(6.5km) | Κυπαρισσι-<br>Αλμύρα (2)<br>(4.5km) | Μαρτίνο (4)<br>(3km) | Αταλάντη-<br>Προσκύνα<br>(20km) | Συνολικά Ζώνη<br>Αταλάντης<br>(30km) |
|-------------------|------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|---------------------------------|--------------------------------------|
| <b>W&amp;C 94</b> |                                    |                                     |                      |                                 |                                      |
| $M_w$             | 5.9                                | 5.7                                 | 5.5                  | 6.6                             | 6.8                                  |
| MD (m)            | 0.24                               | 0.16                                | 0.1                  | 0.9                             | 1.45                                 |
| <b>A&amp;J 98</b> |                                    |                                     |                      |                                 |                                      |
| $M_s$             | 6.1                                | 5.9                                 | 5.7                  | 6.6                             | 6.8                                  |
| MD(m)             | 0.14                               | 0.08                                | 0.05                 | 0.7                             | 1.28                                 |
| <b>P&amp;C 04</b> |                                    |                                     |                      |                                 |                                      |
| $M_s$             | 6.1                                | 6.0                                 | 5.8                  | 6.6                             | 6.8                                  |
| MD (SRL) (m)      | 0.02                               | -                                   | -                    | 0.98                            | 1.32                                 |
| MD ( $M_s$ ) (m)  | 0.09                               | 0.04                                | 0.02                 | 0.62                            | 1.27                                 |

#### 5 ΕΠΑΝΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΩΝ ΣΕΙΣΜΩΝ ΤΟΥ 1894

Για την εκτίμηση των επιφανειακών διαρρήξεων του 1894, χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα της γεωλογικής και νεοτεκτονικής χαρτογράφησης, παρατηρήσεις υπαίθρου αλλά και συγκέντρωση, ανάλυση και επανεκτίμηση όλων των ιστορικών πηγών. Οι κατακόρυφες μετατοπίσεις του σεισμού του 1894 εκτιμώνται σε 10 – 30 cm στο υπόβαθρο, και μέχρι 1,5 m στα πλευρικά κορήματα και στα χαλαρά ιζήματα, τιμές οι οποίες παρουσιάζονται αυξημένες λόγω της επίδρασης και βαρυτικών φαινομένων (Σχ. 4). Οι τιμές αυτές είναι σε συμφωνία με τις εκτιμήσεις των Cundy et al. (2000) που υπολογίζουν κατακόρυφες μετατοπίσεις στην πεδιάδα της Αταλάντης της τάξης των 30-80cm, αλλά και τα αποτελέσματα πρόσφατων παλαιοσεισμολογικών τομών στο ρήγμα (Pantosti et al. 2004) τα οποία δείχνουν συν-σεισμικές μετατοπίσεις από 20 έως 60cm για το σεισμικό γεγονός του 1894, και τις δικές μας εκτιμήσεις (Σχ. 6).



Σχήμα 4. Αριστερά: Φωτογραφία (Skourhos 1894) των συν-σεισμικών διαρρήξεων στη θέση 'Βρύση Παζάρι' της Αταλάντης (σημερινός προσφυγικός συνοικισμός). Διακρίνεται η διαφορά της μετατόπισης στο υπόβαθρο (δεξιά) και στους χαλαρούς εδαφικούς σχηματισμούς (αριστερά). Δεξιά: Φωτογραφία εποχής (Skourhos 1894) στην οποία φαίνεται η συν-σεισμική μετατόπιση (>20cm) του 1894 κατά μήκος ρηξιγενούς επιφάνειας στην Αλμύρα.



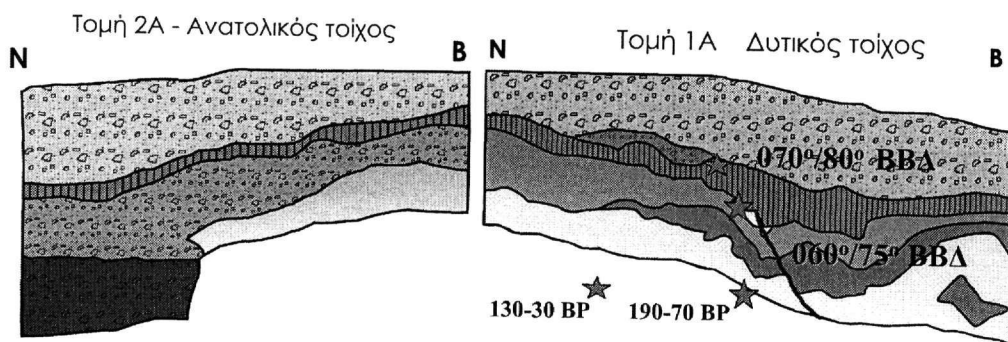
Σχήμα 5. Σκίτσο υπαίθρου του Skourhos (1894) στο οποίο απεικονίζονται εδαφικές διαρρήξεις του σεισμού της 27<sup>ης</sup> Απριλίου στην περιοχή της πόλης της Αταλάντης, πιθανώς στα ΝΑ της πόλης.



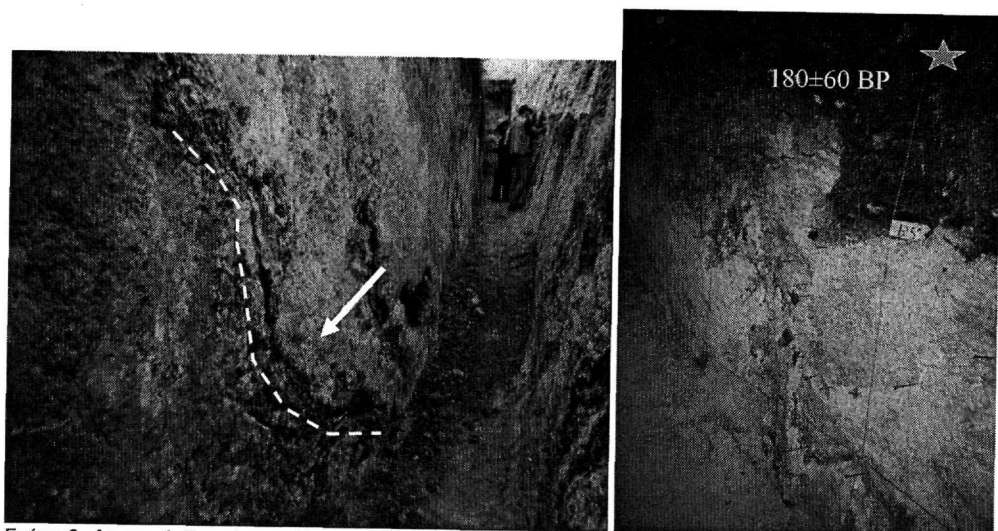
Σχήμα 6. Αριστερά: Ρηξιγενής επιφάνεια σε ασβεστόλιθο στην περιοχή του Μαρτίνου. Στην επιφάνεια είναι δυνατόν να διακριθούν λωρίδες διαφορετικού βαθμού διάβρωσης (και χρώματος) που αντιστοιχούν σε 4 διαφορετικά σεισμικά γεγονότα, με παρόμοια μετατόπιση. Το 4<sup>ο</sup> σεισμικό γεγονός πιθανότατα αντιστοιχεί στον σεισμό του 1894.

Πηγές της εποχής ( Papavassiliou 1894, Skourhos 1894) αναφέρουν την επιφανειακή διάρρηξη και του ρήγματος του Ασπρορέματος, σε διεύθυνση ΒΒΑ-ΝΝΔ. Τα ελλιπή ιστορικά στοιχεία και οι παρατηρήσεις υπαίθρου δεν μπορούν να επιβεβαιώσουν το γεγονός αυτό. Σε υδρογραφικό χάρτη του Βρετανικού Ναυτικού του 19<sup>ου</sup> αιώνα (British Admiralty Chart) σημειώνεται ένα τεχνητό ανάχωμα/πιθανό αρχαίο τοίχος στο πεδινό τμήμα, αμέσως δυτικά του Κυπαρισσίου, έως την ακτή, το οποίο ακολουθεί τον γενικό προσανατολισμό του ρήγματος του Ασπρορέματος. Ένα πιθανό σενάριο είναι να επηρεάστηκαν οι μελετητές της εποχής από εδαφικές αστοχίες λόγω του σεισμού κατά μήκος αυτής της δομής.

Δεν κατέστη δυνατόν να ανιχνευθεί η συνέχεια του ρήγματος της Αταλάντης δυτικά – βορειοδυτικά της πόλης της Αταλάντης, και πιο συγκεκριμένα στο τμήμα ανάμεσα από το ρέμα του Καραγκιόζη (δυτικό όριο της πόλης της Αταλάντης) και τον Άγιο Κωνσταντίνο, όπως αναφέρεται σε ορισμένες εργασίες (Richter 1958, Παπαζάχος και Παπαζάχου 2003). Στα πλαίσια της παρούσας μελέτης πραγματοποιήθηκε διάνοιξη τριών (3) παλαιοσεισμολογικών τομών (Σχ. 7 και 8) στην περιοχή του Αγίου Κωνσταντίνου (θέση Διχαλόρεμα), για την διερεύνηση μετατοπίσεων που αναφέρονται για το 1894 κατά μήκος ρηγμάτων.



Σχήμα 7. Αποτύπωση παλαιοσεισμολογικών τομών στην περιοχή του Αγίου Κωνσταντίνου. Η θέση των τομών σημειώνεται στο σχήμα 1.



Σχήμα 8. Αριστερά: Επιφάνεια ολίσθησης παλαιοκατολίσθησης σε αργιλο-μαργαϊκά στρώματα (Τομή 1Α). Δεξιά: Μικροδιarrήξεις και διαταραγμένα στρώματα (Τομή 1Α).

Στις πραγματοποιηθείσες εκσκαφές (Σχ. 7 και 8) δεν αποκαλύφθηκαν σαφείς και τυπικές ρηξιγενείς επιφάνειες, που να τεκμηριώνουν την ύπαρξη ενεργού ρήγματος, ούτε και σεισμικές διαρρήξεις των πρόσφατων εδαφικών σχηματισμών λόγω του σεισμού του 1894. Έμμεσα όμως δεδομένα, όπως έντονα διαταραγμένα στρώματα, επιφάνειες ολίσθησης, μικροδιαρρήξεις πιθανά τεκτονικής προέλευσης, αποτελούν σοβαρά ενδεικτικά στοιχεία της ύπαρξης μιας μικρής ρηξιγενούς νεοτεκτονικής ζώνης στη θέση Διχαλδρέμα (Σχ. 8, δεξιά) και κυρίως τεκμηριώνουν παλαιοκατολισθητικά φαινόμενα (Σχ. 8, αριστερά), τα οποία πιθανώς συνδέονται με τη σεισμική ακολουθία του 1894, όπως δείχνουν και οι ηλικίες των αποθέσεων που επηρεάζονται ή καλύπτουν τις παλαιοκατολισθητικές (130+<sub>-30</sub>, 180+<sub>-60</sub> BP χρόνια, C<sup>14</sup>).

## 6 ΣΥΖΗΤΗΣΗ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το κανονικό ρήγμα της Αταλάντης (Α-Δ έως ΑΝΑ-ΔΒΔ διεύθυνσης) αρχίζει από το ρέμα του Καραγκιόζη, αμέσως δυτικά της πόλης της Αταλάντης, συνεχίζει προς Ασπρόρεμα - Κυτταρίσι και φτάνει μέχρι Μαρτίνο και πιθανά Λάρυμνα. Το συνολικό μήκος της ρηξιγενούς ζώνης δεν ξεπερνά τα 25-30 km, ενώ υποδιαιρείται σε τέσσερα, ή πιθανώς πέντε, κύρια τμήματα (segments) μήκους <10 km.

Η δυναμικότητα (potential) της γένεσης σεισμού, όταν ενεργοποιηθεί στο συνολικό του μήκος (30km), είναι της τάξης των σεισμών του 1894 ( $M_s=6.6-7.0$ ), ενώ με τη χρήση γνωστών εμπειρικών σχέσεων (Wells and Coppersmith 1994, Ambraseys and Jackson 1998, Pavlides and Caputo 2004) το μέγιστο μέγεθος ενός αναμενόμενου σεισμού υπολογίζεται σε  $M_{max}$  6.8 ( $\alpha=0,41g$ ). Τα επιμέρους τμήματά του όταν ενεργοποιούνται ανεξάρτητα εκτιμάται ότι παράγουν σεισμούς μεταξύ  $M = 5.5-6.6$ , ειδικότερα μόνο το Τμήμα της Αταλάντης μπορεί να συνδέεται με σεισμούς της τάξης του  $M = 6.0$  ( $\alpha=0,26g$ ).

Οι μέγιστες κατακόρυφες μετατοπίσεις (άλματα) του σεισμού του 1894 εκτιμώνται σε 10-30 cm στο υπόβαθρο και μέχρι 1.5 m στα πλευρικά κορήματα και στα χαλαρά ιζήματα, τιμές οι οποίες παρουσιάζονται αυξημένες λόγω επίδρασης και της βαρύτητας. Οι υπολογιζόμενες μέγιστες συν-σεισμικές κατακόρυφες μετατοπίσεις στο κυρίως ρήγμα με εμπειρικές σχέσεις για σεισμό σχεδιασμού  $M = 6.8$  είναι 1.30 m (Ambraseys and Jackson 1998, Pavlides and Caputo 2004) και 1.45 m (Wells and Coppersmith 1994).

Η πιθανότητα γένεσης ενός σεισμού  $M6.8-7.0$  στην ευρύτερη περιοχή της Αταλάντης είναι ιδιαίτερα μικρή (<4% για 50 χρόνια και μέχρι 30 km απόσταση), ενώ η περίοδος επανάληψης σεισμού αντίστοιχου μεγέθους από το ρήγμα της Αταλάντης είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από 1000 χρόνια (ίσως μεγαλύτερη και από 2000 χρόνια). Πρόσφατες μελέτες (Pantosti et al. 2004) εκτιμούν την περίοδο επανάληψης για το ρήγμα της Αταλάντης σε 660-1200 χρόνια. Σεισμοί μικρότερων μεγεθών ( $5.0 < M < 6.0$ ) έχουν περισσότερο αυξημένες πιθανότητες να συμβούν (25-50%). Συν-σεισμικές κατακόρυφες μετατοπίσεις επί του ρήγματος για σεισμούς μέχρι  $M6.5$  εκτιμώνται της τάξης 1-20 cm.

## ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Αγγελίδης Χ., 1992. Τεχνικογεωλογικές συνθήκες της περιοχής Αταλάντης. Γεωτεχνικές Έρευνες, Νο 17, ΙΓΜΕ.
- Γκανάς, Α., Καραστάθης, Β., Αγαλός, Α., Λεοντογιαννάκος, Γ. & Παυλίδης, Σ., 2004. Διερεύνηση μοντέλων διέγερσης των σεισμών του 1894 στο ρήγμα της Αταλάντης με μεταφορά στατικών τάσεων. 10ο Συνέδριο της Ε.Γ.Ε., 15-17 Απριλίου 2004, Θεσσαλονίκη. Τόμος Εκτεταμένων Περιλήψεων, 60-61.
- ΙΓΜΕ, 1983. Γενικός γεωλογικός χάρτης της Ελλάδος, κλίμακα 1:500.000. ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- Μητσόπουλος, Κ., 1895. Ο Μέγας Σεισμός της Λοκρίδος εν Απριλίω 1894. Εθνικό Τυπογραφείο, Αθήνα, 40p.
- Παπαζάχος, Β. και Παπαζάχου, Κ., 2003. Σεισμοί της Ελλάδος, Θεσσαλονίκη, Εκδόσεις Ζήτη, 295p.
- Παυλίδης, Σ., Χατζηπέτρος, Α., Γκουτρομίχου, Χ., Αυγερόπουλος, Π., Γιαννάτος, Γ. και Βάσιος, Δ., 1999. Μορφοτεκτονικά κριτήρια αναγνώρισης ενεργών ρηγμάτων στην περιοχή Αρκίτας - Άγιου Κωνσταντίνου - Καμένων Βούρλων. 5ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο, Αθήνα 11-13 Νοεμβρίου 1999, 72-82.
- Ambraseys, N.N. and Jackson, J.A., 1990. Seismicity and associated strain of central Greece between 1890 and 1988. *Geophys. J. Int.*, 101, 663-708.
- Ambraseys, N.N. and Jackson, J.A., 1998. Faulting associated with historical and recent earthquakes in the Eastern Mediterranean region. *Geophys. J. Int.*, 133, 390-406.
- Cundy, A.B., Kortekkas, S., Dewez, T., Stewart, I., Crousace, W., Maroukian, H., Papanastassiou, D., Gaki-Papanastassiou, P., Pavlopoulos, K. and Dawson, A., 2000. Coastal impacts of the 1894 Gulf of Atalanti earthquakes, central Greece. *Marine Geology Spec. Pub.*, 170, 3-26.

- Ganas, A., Wadge, G. and White, K., 1996. Fault segmentation and Tectonic Geomorphology in Eastern Central Greece from satellite data. 11th ERIM Conference on Applied Geologic Remote Sensing, Las Vegas, 27-29 February 1996, Vol. 1, 119-128.
- Ganas, A., Roberts, G.P. and Memou, T., 1998. Segment boundaries, the 1894 ruptures and strain patterns along the Atalanti fault, central Greece. *J. Geodynamics*, 26, no.2-4, 461-486.
- Kranis, H., Palyvos, N., Livaditis, G. and Maroukian, H., 2001. The Hyambolis zone: Geomorphological and tectonic evidence of a transverse structure in Lokris (Central Greece). *Bull. Geol. Soc. Greece*, vol. XXXIV/1, 251-257.
- Lemeille, F., 1977. Etudes néotectoniques en Grèce centrale nord orientale: Eubée centrale, Attique, Béotie, Locride et dans les Sporades du Nord (Skyros). Thesis, Université de Paris-Sud Orsay, 257 p.
- Pantosti, D., De Martini, P.M., Papanastassiou, D., Palyvos, N., Lemeille, F. and Stavrakakis, G., 2001. A reappraisal of the 1894 Atalanti Earthquake Surface Ruptures, Central Greece. *Bull. Seism. Soc. America*, 91, 4 760-780.
- Pantosti, D., De Martini, P.M., Papanastassiou, D., Lemeille, F., Palyvos, N., and Stavrakakis, G., 2004. Paleoseismological Trenching across the Atalanti Fault (Central Greece) : Evidence for the Ancestors of the 1894 Earthquake during the Middle Age and Roman Times. *Bull. Seism. Soc. America*, 94, 2, 531-549.
- Papaioannou, I., Papadopoulos, G. and Pavlides, S., 2004. The earthquake of 426BC in N. Evoikos Gulf revisited: amalgamation of two different strong earthquake events? 10th G.S.G. Congress, 15-17 April 2004, Thessaloniki. Extended abstracts vol., 535-536.
- Papavassiliou, M.S., 1894. On the earthquakes of Lokris (Greece) April 1894. *C. R. Ac. Scienc. Paris*, T, CXIX:1.
- Papazachos, C.B. and Kiratzi, A.A., 1996. A detailed study of the active crustal deformation in the Aegean and surrounding area, *Tectonophysics*, 253, 129-153.
- Pavlidis, S.B. and Caputo, R., 2004. Magnitude versus fault's surface parameters: quantitative relationships from the Aegean Region. *Tectonophysics*, 380, 3-4, 159-188.
- Phillipson, A., 1894. Das diesjährige Erdbeben in Lokris. *Verhandlungen der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin*, 21: 3p.
- Poulimenos, G. and Doutsos, T., 1996. Barriers on seismogenic faults in Central Greece. *J. Geodynamics*, 22, 119-135.
- Richter, C.F., 1958. *Elementary Seismology*. Freeman, San Fransisco, 768 p.
- Roberts, S. and Jackson, J.A., 1991. Active normal faulting in Central Greece: an overview. In: Roberts, Yielding and Freeman (eds), *The Geometry of Normal Faults*, *Geol. Sc. Spec. Publ.*, 56, 125-142.
- Skouphos, T., 1894. Die swei grossen Erdbeben in Lokris am 8/20 und 15/27 April 1894. *Zeitschrift Ges. Erdkunde zu Berlin*, 24, 409-474.
- Wells, D.L. and Coppersmith, K.J., 1994. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area and surface displacement. *Bull. Seism. Soc. America*, 84, 974-1002.

## ABSTRACT

# THE ATALANTI ACTIVE FAULT: RE-EVALUATION USING NEW GEOLOGICAL DATA

Pavlides S.B.<sup>1</sup>, Valkaniotis S.<sup>1</sup>, Ganas A.<sup>2</sup>, Keramydas D.<sup>1</sup> and Sboras S.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Department of Geology, School of Geology, Aristotle University of Thessaloniki, 541 24, Thessaloniki, pavlides@geo.auth.gr, svalkan@geo.auth.gr*

<sup>2</sup> *Institute of Geodynamics, National Observatory of Athens, Lofos Nymfon, Athens*

The Northern Gulf of Evoia is a region with an intense neotectonic activity, dominated by characteristic and impressive active faults. The only fault in the region which is connected with a strong historical earthquake, is the Atalanti fault, with the well-known earthquake sequence of 1894. For an accurate mapping of the fault trace, the 1894 surface ruptures investigation and the estimation of the area's seismic hazard, there has been made a detailed geological – neotectonic investigation of the Atalanti city area. The results of this investigation show that the Atalanti fault comprises a 20-30km long fault zone, divided in at least 4 segments: Atalanti, Kiparissi-Almyra, Tragana-Proskyna, Martino and possibly Larymna segment. The maximum earthquake magnitude is estimated in  $M_{smax}=6.8$ , and the recurrence interval, concerning the same magnitude, for Atalanti fault is larger than 1000 years, possibly even more than 2000 years. Paleoseismological trenching in Agios Konstantinos area excludes the connection of this fault with the earthquake sequence of 1894.