

**ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΖΩΝΗΣ ΤΗΣ ΑΙΓΙΑΛΕΙΑΣ ΣΤΟ ΑΝΩΤΕΡΟ ΟΛΟΚΑΙΝΟ:  
ΦΥΣΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ.<sup>1</sup>**

**ΑΓΛΑΪΑ ΣΚΡΕΤΑ<sup>2</sup>, ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΛΕΙΒΑΔΙΤΗΣ<sup>2</sup> ΚΑΙ ΣΕΡΑΦΕΙΜ Ε. ΠΟΥΛΟΣ<sup>2</sup>**

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ**

Η παράκτια ζώνη της Αιγιαλείας βρίσκεται σε ένα πολύ έντονο σεισμοτεκτονικό περιβάλλον που χαρακτηρίζεται κυρίως από την ταχεία ανύψωση (1-1,5 mm/yr), της Βόρειας Πελοποννήσου, ενώ στην μορφολογική της εξέλιξη σημαντικότατο ρόλο παίζουν επίσης και οι μεγάλες στερεοπαροχές των ορεινών ποταμών. Λόγω όμως της μικρής σε πλάτος και απότομης υφαλοκρηπίδας δεν έχουμε την ανάπτυξη υποθαλάσσιων δελταϊκών πρισμάτων. Οι παράκτιες υδροδυναμικές συνθήκες χαρακτηρίζονται ως μέτριας έντασης και μη δυνάμενες να καθορίσουν την μορφολογική εξέλιξη των ακτών, η οποία καθορίζεται πρωτίστως από την σεισμοτεκτονική δράση (π.χ. αιφνίδιες απώλειες παράκτιας γης). Η παρέμβαση του ανθρώπου αφορά μόνο τα τμήματα των ακτών στα οποία παρεμβαίνει (π.χ. κατασκευή λιμανιών) και κυρίως τις εκβολές των ποταμών μέσω της ανάσχεσης των στερεοπαροχών των.

**ABSTRACT**

The development and evolution of the coastal zone of the study area, as part of the Aigialias coastal region, is governed by the seismotectonic activity of the Korinthiakos Gulf that is related to the rapid elevation (1-1.5 mm/yr) of the northern Peloponessos. The sedimentological formation of the coastal zone that is located between the Aigio fault (NW) and the Eliki fault (SW) is attributed to the large amounts of sediment, provided by the mountainous rivers Selinountas, Kerinitis and Vouraikos (some 80,000 ton/yr). These rivers are characterized by the absence of well-formed subaqueous deltaic prisms, due to the narrowness and steepness of the continental shelf. The nearshore hydrodynamic conditions are moderate, as they have formed within a semi-enclosed gulf with limited wave fetches and undergone wind stresses <6B. Therefore, they play a secondary role in the morphometric evolution of the coastline, with the seismo-tectonic activity to have the principal role, as it could shift the route and the mouth-area of the rivers and to cause losses of coastal land through subsidence, liquidification of sedimentary sequences and subaqueous slides. Finally, the human impact seems to be important only locally, and being related primarily with the reduction of the riverine sediment fluxes and the presence of some constructions (groynes, marinas) in the shore zone.

**ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ:** παράκτια ζώνη, Αιγιαλεία (ΒΔ Πελοπόννησος), παράκτια υδροδυναμική, ιζηματολογία, Ανώτερο Ολόκαινο.

**KEYWORDS:** coastal zone, Aigialia (NW Peloponessos), nearshore hydrodynamics, sediments, Late Holocene.

**ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

Η νεοτεκτονική εξέλιξη της Β. Πελοποννήσου, διαμόρφωσε κατά μεγάλο μέρος την σημερινή παράκτια γεωμορφολογία. Οι μεταβολές της ακτογραμμής της εντός του Ολοκαίνου και μετά την σχετική σταθεροποίηση της θαλάσσιας στάθμης (πριν ~6000 χρόνια) αποδίδονται αφενός στις χερσαίες διεργασίες, όπως είναι οι υψηλές στερεοπαροχές και τα σημαντικά κατολισθητικά φαινόμενα που έχουν πλήξει την ακτογραμμή της Αιγιαλείας κατά τους ιστορικούς χρόνους, και αφετέρου στις θαλάσσιες διεργασίες (ευστατισμό, παράκτια υδροδυναμική). Εκτός αυτού, η παράκτια περιοχή της Αιγιαλείας παρουσιάζει έντονη οικιστική και τουριστική ανάπτυξη, ενώ και οι τοπικοί φορείς (Δήμοι, Κοινότητες και Νομαρχία) δαπανούν συνεχώς χρήματα τόσο για την προστασία των ακτών, όσο και των έργων υποδομής και περιουσιών που βρίσκονται πάνω στην παραλιακή ζώνη.

---

1:GEOMORPHOLOGICAL EVOLUTION OF THE COASTAL ZONE OF AIGIALIA: PHYSICAL PARAMETERS AND HUMAN IMPACT

2:Παν/μιο Αθηνών, Γεωλογικό Τμήμα, Τομέας Γεωγραφίας-Κλιματολογίας, Πανεπιστημιόπολη, Ζωγράφου 157 84, Αθήνα.

Στην εργασία αυτή με δεδομένη την έντονη σεισμική δραστηριότητα και την συχνή εκδήλωση παράκτιων κατολισθητικών γεγονότων διερευνάται η φυσική εξέλιξη της παράκτιας ζώνης που ευρίσκεται μεταξύ του όρμου του Αιγίου μέχρι τις εκβολές του Πούντα ποταμού, αναφορικά με: (α) την προσφορά ιζημάτων από τα υπάρχοντα υδρογραφικά δίκτυα, (β) την γεωμορφολογία/λιθολογία των παράκτιων σχηματισμών, (γ) το παράκτιο υδροδυναμικό καθεστώς, και (δ) την ανθρώπινη παρέμβαση.

## **ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ**

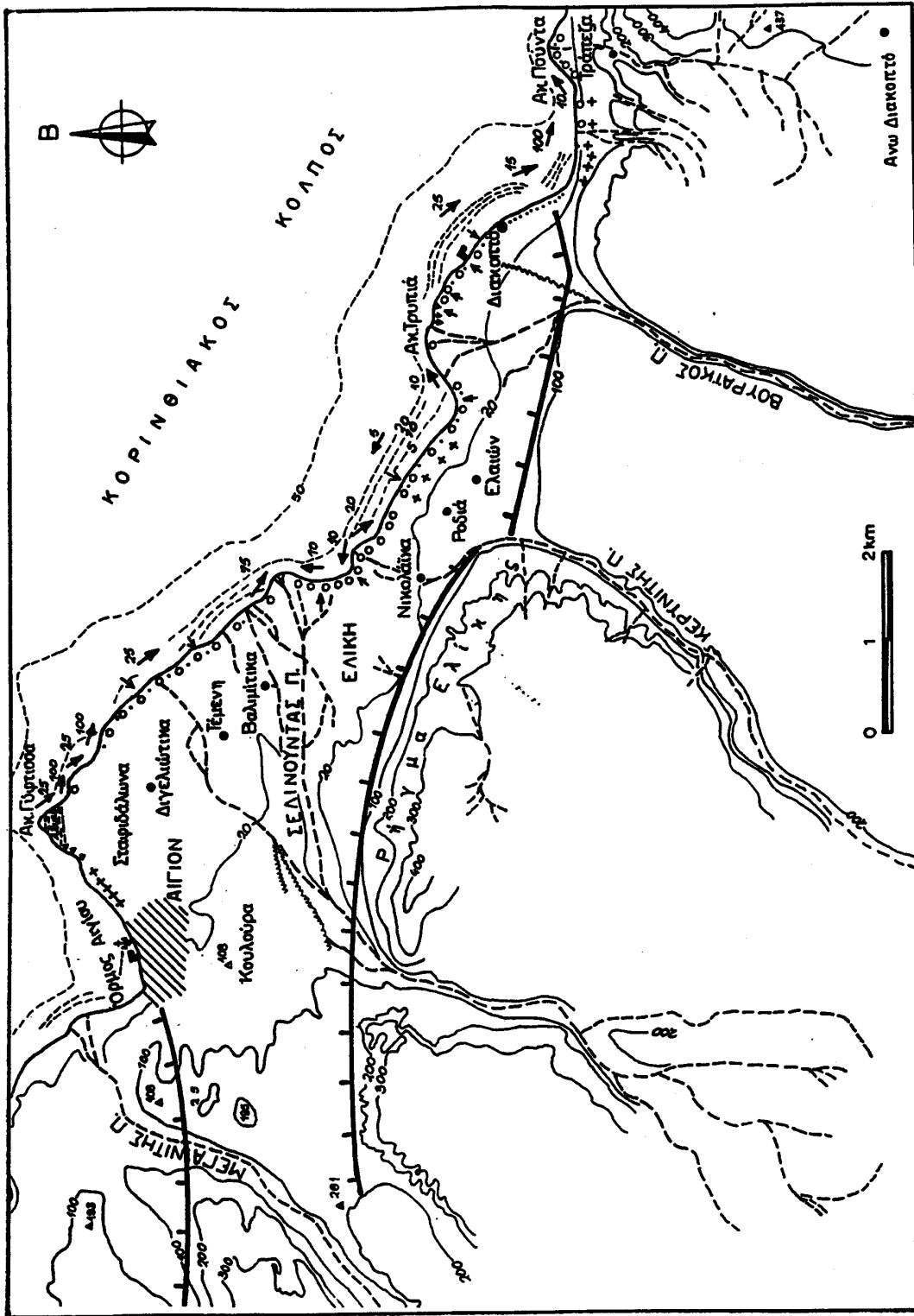
### **ΓΕΩΛΟΓΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

Οι ακτές της Αιγιαλείας αποτελούν τμήμα του νότιου περιθωρίου της Κορινθιακής τάφρου έχοντας την γεωμορφολογική και ιζηματολογική της εξέλιξη άρρηκτα συνδεδεμένη με την σεισμοτεκτονική δραστηριότητα της ευρύτερης περιοχής (Roulimenos 1993). Μάλιστα, τα μεγάλα μήκους κανονικά ρήγματα που έχουν χαρτογραφηθεί στην παρακείμενη ενδοχώρα της βόρειας Πελοποννήσου χαρακτηρίζονται από ρυθμούς ανύψωσης μέχρι και 1,5 mm/έτος (Doutsos & Roulimenos, 1992). Ανάλογοι ρυθμοί ανύψωσης (~1 mm/yr έχουν αναφερθεί από τους Brooks & Ferentinos (1981)) για το υποθαλάσσιο περιθώριο του νότιου Κορινθιακού. Το τεκτονικά λοιπόν διαμορφωμένο υποθαλάσσιο ανάγλυφο της Αιγιαλείας, όπως άλλωστε και των υπολοίπων ακτών της Βόρειας Πελοποννήσου, χαρακτηρίζεται από μια στενή και απότομη (κλίσεις 5-10%) υφαλοκρηπίδα (π.χ. στην περιοχή Διακοπού-Τρυπιάς (Ελαιώνα), η υφαλοκρηπίδα δεν ξεπερνά σε πλάτος τα 800m, ενώ η βαθυμετρία αυξάνεται ταχύτατα σε >800m. Μάλιστα λόγω των απότομων κλίσεων (5-10%) της υφαλοκρηπίδας τα λεπτόκοκκα ιζήματα (λεπτή άμμος, ιλύς και άργιλος) παρασύρονται προς μεγαλύτερα βάθη, ενώ τα ιζήματα της απότομης κατωφέρειας, ευρισκόμενα σε ασταθή ισορροπία, λόγω βαρύτητας και έντονης σεισμικότητας, κινούνται προς τον πόδα της κρηπίδας, όπου σχηματίζουν υποθαλάσσια ριπίδια (fan aprons) (Ferentinos et al., 1988).

Η παράκτια περιοχή που εκτείνεται από την Άκρα Γύφτισα (Κόλπος Αιγίου) μέχρι και την παραλία της Τράπεζας ευρίσκεται μεταξύ των κανονικών ρηγμάτων του Αιγίου (ΒΔ) και της Ελίκης (ΝΑ) τα οποία έχουν διεύθυνση ΔΒΔ-ΑΝΑ (Σχήμα 1). Το δε ρήγμα της Ελίκης είναι εκείνο που καθορίζει την παράκτια μορφολογία των ακτών της Αιγιαλείας, καθώς οι ποταμοί Σελινούντας, Κερυνίτης και Βουραϊκός, διατέμνοντας εγκάρσια το ρήγμα της Ελίκης και παρέχοντας μεγάλες ποσότητες ιζήματος, σχηματίζουν στην οροφή του βυθιζόμενου τεμάχους του ρήγματος, εκτεταμένα αλλουβιακά δελταϊκά ριπίδια. Εδώ θα πρέπει να αναφερθεί η βύθιση της παράκτιας ζώνης (βόρεια του ρήγματος της Ελίκης) με ρυθμό 3-4,5 mm/yr (Maroukian et al., *in press*). Το πάχος των δελταϊκών αυτών ριπιδίων είναι της τάξης περίπου των 20 m (Maroukian *pers com*) και αποδίδεται στην προαναφερόμενη βύθιση του παράκτιου τεμάχους του ρήγματος της Ελίκης αλλά και στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης περί το 1 m τα τελευταία 2000 χρόνια, όπως έδειξαν οι τελευταίες γεωαρχαιολογικές μελέτες (e.g. Lambeck, 1996). Μάλιστα, η άνοδος αυτή στο ανώτερο Ολόκαινο αντισταθμίζει μέρος της γενικότερης τεκτονικής ανύψωσης (1-1,5 mm/yr) του συνόλου της βόρειας Πελοποννήσου. Ιζηματολογικά, τα ριπίδια συνίστανται από χαλαρά υλικά, κυρίως από χαλίκια, κροκάλες και χονδρόκοκκη άμμο, ενώ μόνο στο ΝΑ άκρο της (περιοχή παραλία Τράπεζας) συναντάμε Πλειο-πλειστοκαινικούς συνεκτικούς ψαμμίτες και κροκαλοπαγή.

Χαρακτηριστικές επίσης είναι και οι πορείες των κοιτών των ποταμών της περιοχής, όπου παρατηρείται μια σαφής εκτροπή του ποταμού Σελινούντα προς ΝΑ, μέσα στους ιστορικούς χρόνους (τα τελευταία 2000 χρόνια), σε αντίθεση με τους ποταμούς Κερυνίτη και Βουραϊκό που δείχνουν μια αρχική μετατόπιση προς ΒΔ, της οποίας όμως η κύρια φάση της εντοπίζεται, χωρικά, ακριβώς μπροστά από το μέτωπο της ρηξιγενούς ζώνης και χρονικά κυρίως στα αρχικά στάδια της δημιουργίας του αλλουβιακού δελταϊκού ριπιδίου.

Το γεγονός αποδίδεται στην κάμψη που έχει υποστεί προς ανατολικά η ζώνη μεταβίβασης της Κουλούρας, δηλαδή το τεμάχος που ευρίσκεται μεταξύ των ρηγμάτων του Αιγίου (βάση του) και της Ελίκης (οροφής) (Κουκουβέλας, 1998) και η οποία έχει δώσει υψομετρική διαφορά της τάξης των 20 m μεταξύ της περιοχής του Αιγίου και του κόλπου των Νικολέϊκων, προκαλώντας στροφή της ανώτερης κοίτης του Σελινούντα προς ΝΑ με ρυθμό μετατόπισης της τάξης των 0,5 m/yr.



**Σχήμα 1.** Γεωμορφολογικά και υδροδυναμικά χαρακτηριστικά της περιοχής μελέτης (→: μέση ετήσια ποσότητα ( $10^3 \text{ m}^3$ ) της επιμήκους παράκτιας στερεομεταφοράς).

**Figure 1.** Geomorphological and hydrodynamic characteristics of the study area (→: mean annual quantity in  $10^3 \text{ m}^3$  of the longshore sediment transport).

Η προς ΒΔ εκτροπή της κοίτης των ποταμών Κερυνίτη και Βουραϊκού που παρατηρείται κυρίως μπροστά από το μέτωπο του ρήγματος της Ελίκης οφείλεται στην υψηλή ιζηματογένεση των δελταϊκών ριπιδίων (πάχος  $>20\text{m}/6000\text{gr}$  (Μαρουκιάν *pers com*) η οποία συνδέεται με συχνή μετατόπιση των κοιτών τους σε σχήμα βεντάλιας με την πιθανή συμμετοχή του τοπικού τεκτονισμού (π.χ. διαφορική καθίζηση του τεμάχους της βάσης του ρήγματος).

Ακόμη, οι συνεχείς εκτροπές των εκβολών οφείλονται και σε ρευστοποιήσεις / κατολισθήσεις τόσο της παραλιακής (χερσαίας) ζώνης, όσο και τμημάτων της υφαλοκρηπίδας και θαλάσσιας κατώφρειας, όπως στην περίπτωση του κόλπου των

Νικολέϊκων κατά τον σεισμό του 1861 αλλά και στον πρόσφατο σεισμό του 1995, γεγονός που εκτρέπει τα σημεία εισόδου (εκβολές) προς περιοχές μεγαλύτερης καταβύθισης της παρακείμενης υφαλοκρηπίδας, όπως στην περίπτωση του ποταμού Μεγανίτη (Δυτικά της πόλης του Αιγίου) (Koukouvelas & Doutsos, 1996).

Η ευρύτερη περιοχή του Κορινθιακού Κόλπου αποτελεί μια περιοχή έντονης σεισμικότητας, με περισσότερους από 100 σεισμούς >5,5 R από το 1900 (Papazachos & Papazachou, 1989, Doutsos et al, 1986). Μάλιστα, η έντονη αυτή σεισμικότητα συνδέεται και με την συχνή εμφάνιση μοναχικών κυμάτων (tsunamis), τα οποία μάλιστα έχουν προκαλέσει σημαντικές καταστροφές στις παράκτιες περιοχές του Κορινθιακού κόλπου (Papazachos & Papazachou, 1989). Η έντονη αυτή σεισμικότητα σε συνδυασμό και με την παράκτια γεωμορφολογία και ιζηματολογία είναι υπεύθυνη για μια σειρά από κατολισθήσεις και καθιζήσεις της παράκτιας ζώνης, οι σημαντικότερες των οποίων, κατά τους ιστορικούς χρόνους αλλά και προσφάτως, είναι: (α) το 373 π.Χ., η καταστροφή Αρχαίας Ελίκης, (β) το 1861, όταν η σεισμική αυτή δόνηση προκάλεσε απώλεια της παράκτιας λωρίδας μεταξύ των εκβολών του Ξελινούντα και του Βουραϊκού, μήκους 13 km και πλάτους 200-300 m, (γ) το 1963, όταν ένα μεγάλο τμήμα από το δέλτα του Ερινεού ποταμού αποκολλήθηκε και βυθίστηκε, γεγονός που συνοδεύτηκε και από μικρού ύψους παλιρροιακό κύμα και (δ) ο σεισμός του Αιγίου (15/6/1995) (6,1 R), που προκάλεσε παράκτια υποθαλάσσια κατολίσθηση και στην ακτή των Νικολέϊκων και στο υποθαλάσσιο δέλτα του ποταμού Μεγανίτη (Δυτικά του Αιγίου) (Papatheodorou & Ferentinos, 1997).

#### **ΚΛΙΜΑΤΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ**

Οι κύριες διευθύνσεις των ανέμων για το σταθμό του Αιγίου είναι η ΒΔ με ετήσια συχνότητα 21,1% και η ΝΑ με ετήσια συχνότητα 14,8%, ενώ όλες οι άλλες διευθύνσεις είναι δευτερεύουσας σημασίας. Η συχνότερα εμφανιζόμενη ταχύτητα ανέμου, ανεξάρτητα από διεύθυνση, είναι έντασης 1 Β, με συχνότητα 18,4% ενώ το 62,1% του χρόνου επικρατεί άπνοια. Για δε τους επικρατέστερους ανέμους, τους ΒΔ, το 96,5% έχουν ταχύτητες μικρότερες ή ίση των 3 Β. Η βροχόπτωση στην ευρύτερη περιοχή κυμαίνεται σε ετήσια βάση από 600 mm στον παράκτιο (πεδινό) σταθμό του Αιγίου μέχρι και >1100 mm σε ορεινό σταθμό της λεκάνης του Βουραϊκού ποταμού.

#### **ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ**

Η αποτύπωση της ακτογραφίας, παράκτιας γεωμορφολογίας και ιζηματολογίας, οι μεταβολές της ακτογραμμής αλλά και η διαπίστωση των ανθρώπινων παρεμβάσεων έγιναν μετά από επιτόπιες παρατηρήσεις, χαρτογράφηση και φωτογράφιση της περιοχής μελέτης (κατά το διάστημα από 7/2000 έως 8/2001) και με την χρήση των τοπογραφικών διαγραμμάτων της ΓΥΣ (κλίμακας 1:5000) των ετών 1970 και 1997.

Για τον ποσοτικό προσδιορισμό της στερεοπαροχής των ποταμοχειμάρρων μια αρχική εκτίμηση γίνεται με τη χρήση της εξίσωσης των Κουτσογιάννη και Τάρλα (1986), λαμβάνοντας υπόψη και πραγματικές μετρήσεις που ήδη πραγματοποιούνται. Η εξίσωση λαμβάνει υπόψη την βροχόπτωση και την λιθολογία της λεκάνης απορροής:

$G = 15\gamma e^{3p}$  (1) (τυπικό σφάλμα 1,17), όπου G: η μέση ετήσια στερεοπαροχή σε αιώρηση (ton/km<sup>2</sup>), p: το μέσο ετήσιο ύψος βροχής (σε m) και γ: ο γεωλογικός (λιθολογικός) συντελεστής που δίνεται από την σχέση:  $\gamma = k_1\varepsilon_1 + k_2\varepsilon_2 + k_3\varepsilon_3$  (2), όπου  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$  οι συντελεστές διαβρωσιμότητας:  $k_1=1$ , υψηλή διαβρωσιμότητα (π.χ. αλλούβια, φλύσχης),  $k_2=0,5$  (μέτρια διαβρωσιμότητα (π.χ. μάργες, ψαμμίτες, σχιστόλιθοι και  $k_3=0,1$ , χαμηλή διαβρωσιμότητα (π.χ. ασβεστόλιθοι, μεταμορφωμένα και εκρηξιγενή και  $\varepsilon_1$ ,  $\varepsilon_2$  και  $\varepsilon_3$  είναι οι αντίστοιχες αναλογίες της έκτασης στην οποία εμφανίζονται οι παραπάνω κατηγορίες πετρωμάτων.

Ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών των κυμάτων αλλά και των επιμήκων στην ακτογραμμή ρευμάτων έγινε με την αξιοποίηση των ανεμολογικών δεδομένων της περιοχής και χρησιμοποιώντας τις παρακάτω εξισώσεις (CERC, 1984). Το σημαντικό ύψος των κυμάτων στα βαθειά νερά (Hs) όπως οι μέγιστες τιμές του φάσματος της περιόδου των (Tm) δίνονται από τις εξισώσεις:  $H_s = 5,112 \times 10^{-4} W F^{0.5}$  (3) και

$T_m = 6,238 \times 10^{-2} (W F)^{0.33}$  (4) όπου, W είναι η ένταση του ανέμου (m/s), η οποία σχετίζεται με την μετρημένη ταχύτητά της (U), μέσω της σχέσης  $W=0,71 U^{1,23}$  (5), F (fetch) είναι η απόσταση (σε m) που έχει στην διάθεσή του για να αναπτυχθεί ο κυματισμός. Μάλιστα για την χρήση των εξισώσεων (3) και (4) γίνεται η παραδοχή ότι ο άνεμος πνέει ικανό χρονικό διάστημα ώστε ο κυματισμός να λάβει το μέγιστο

ύψος του για τη δεδομένη απόσταση ανάπτυξής του. Ακόμη η σημαντική περίοδος των κυμάτων ( $T_s$ ) δίνεται από την σχέση:  $T_s = 0,95 T_m$  (6). Το μήκος κύματος ( $L_0$ ) στα βαθιά νερά δίνεται από την εξίσωση  $L_0 = gT^2/2\pi$  (7), ενώ η σχέση μεταξύ του ύψους των κυμάτων στα βαθιά ( $H_0$ ) ως προς αυτό την στιγμή της θραύσης των δίνεται από την εξίσωση  $H_b/H_0 = 0,563 (H_0/L_0)^{0,2}$  (8). Το δε βάθος που σπάνε τα κύματα δίνεται από την ημιεμπειρική σχέση  $H_b/d_b = 0,78$  (9). Η δυνητική παράκτια στερεομεταφορά  $Q_1$  ( $m^3/s$ ) που οφείλεται στα επιμήκη ρεύματα (κυματικής προέλευσης) δίνεται από την εξίσωση:  $Q_1 = (0,39 \times P_{ls}) / (g \times (\sigma - \rho) \times a')$  (10), όπου ( $\sigma$ ) και ( $\rho$ ) είναι οι πυκνότητες ιζήματος ( $2650 \text{ kg/m}^3$ ) και θαλασσινού νερού ( $1025 \text{ kg/m}^3$ ), αντίστοιχα και  $a' = 0,6$  (πορώδες άμμου) και ( $P_{ls}$ ) είναι η ροή ενέργειας που εισέρχεται στην ζώνη κυματώγης (μετά την θραύση των κυμάτων και που διαμορφώνει το επίμηκες παράκτιο ρεύμα)  $P_{ls} = 0,05 \times \rho \times g^{3/2} \times H_0^{5/2} \times \sin 2\alpha_0 \times (\cos \alpha_0)^{1/4}$  (11) όπου,  $H_0$  είναι το σημαντικό ύψος των κυμάτων στα βαθιά νερά, ( $\alpha_0$ ) είναι η γωνία μεταξύ των γραμμών κορυφής των κυμάτων και της ακτογραμμής, καθώς οι κοντά στην ακτογραμμή ισοβαθείς είναι παράλληλες ή σχεδόν παράλληλες προς αυτήν.

#### ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ ΧΕΡΣΑΙΑ ΣΤΕΡΕΟΠΑΡΟΧΗ

Τα υδρογραφικά δίκτυα των ποταμών διασχίζουν πετρώματα σχετικά υψηλής διαβρωσιμότητας, όπως είναι μάργες, ψαμμίτες, άργιλοι κροκαλοπαγή του Νεογενούς και Τεταρτογενούς. Η υψηλή διαβρωσιμότητα των πετρωμάτων που απαρτίζουν τις λεκάνες απορροής, έχει ως αποτέλεσμα να τροφοδοτείται η παράκτια ζώνη με σημαντικές ποσότητες φερτών υλών, παρά το γεγονός ότι τα ποτάμια έχουν μικρό σχετικά υδρογραφικό δίκτυο και χειμαρρώδη απορροή. Έτσι δικαιολογείται και η δημιουργία εκτεταμένων υποθαλάσσιων δελταϊκών συστημάτων και αλλουβιακών ριπιδίων, σε ένα θαλάσσιο χώρο, όπως ο Κορινθιακός κόλπος, που χαρακτηρίζεται από μεγάλα βάθη και απότομα υποθαλάσσια πρανή. Με βάση την εξίσωση των Κουτσογιάννη και Τάρλα (1986) και σε μια πρώτη ποσοτική προσέγγιση, η μέση ετήσια στερεοπαροχή των ποταμών Σελινούντα, Κερυνίτη και Βουραϊκού δίνονται στον Πίνακα 1.

**Πίνακας 1.** Φυσικές παράμετροι για τον προσδιορισμό της ποτάμιας στερεοπαροχής.  
**Table 1.** Physical parameters for the estimation of fluvial sediment fluxes.

	ΣΕΛΙΝΟΥΝΤΑΣ	ΚΕΡΥΝΙΤΗΣ	ΒΟΥΡΑΪΚΟΣ
<b>Εμβαδό</b> ( $km^2$ )	318,25	91,25	256,5
<b>Βροχόπτωση</b> (mm)	850	850	1100
<b>Λιθολογία</b> (παράμετρος $\gamma$ )	0,35	0,34	0,26
-αλλούβια ( $\kappa_1=1$ )	146,5	7	6,75
-κλαστικά + σχιστόλιθοι ( $\kappa_2=0,5$ )	156	38,5	110,75
-ασβεστόλιθοι, κερατόλιθοι ( $\kappa_3=0,1$ )	143,25	45,75	139
<b>Αιωρούμενο υλικό</b> ( $10^3 \text{ ton/yr}$ )	21,4	6	27,1
<b>Συνολικό φορτίο</b> ( $10^3 \text{ ton/yr}$ )	27,8	7,7	35,2

Το μέσο ετήσιο αιωρούμενο φορτίο ιζήματος, με το οποίο τροφοδοτούνται οι ακτές της περιοχής μελέτης και το οποίο προέρχεται από το σύνολο των ποταμών που εκβάλλουν στην περιοχή, υπολογίζεται σε  $\sim 60 \times 10^3 \text{ t/yr}$ . Λαμβάνοντας δε υπόψη το ευκολοδιάβρωτο των πετρωμάτων περιοχής (Πλειο-πλειστοκαινικά ιζήματα και αλλουβιακές αποθέσεις), τις μεγάλες κλίσεις των λεκανών απορροής και το μικρό μήκος των ποταμών, μπορούμε να θεωρήσουμε ότι το αιωρούμενο φορτίο αντιστοιχεί στο 60%-70% του συνολικού φορτίου ιζήματος (Poulos & Chronis, 1997), με το υπόλοιπο 30%-40% να αντιπροσωπεύει κυρίως το φορτίο πυθμένα (25-35%) και δευτερευόντως το διαλυμένο φορτίο. Έτσι το συνολικό φορτίο ιζήματος υπολογίζεται σε  $\sim 80 \times 10^3 \text{ t/yr}$ .

#### ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗ

Τα μέγιστα κυματικά χαρακτηριστικά που αναμένονται στις ακτές της Αιγιαλείας, είναι: ύψος κυμάτων  $\sim 3 \text{ m}$ , περίοδος  $\sim 7 \text{ s}$ , προερχόμενα από Α ανέμους ταχύτητας 6-7 Β. Το αντίστοιχο μέγιστο ύψος θραύσης του κύματος ( $H_b$ ) είναι  $\sim 4 \text{ m}$  και η ζώνη

θραύσης ευρίσκεται σε βάθος ~5 m (Πίνακας 2). Τα μέγιστα κυματικά χαρακτηριστικά, δίνουν την αντίστοιχη μέγιστη τιμή κυματικής ισχύος της τάξης των 16500 W/m (B, ΒΔ, ΒΑ) και ~60000 W/m (Α). Όσον δε αφορά τις συχνότερα εμφανισμένες ανεμολογικές συνθήκες (ένταση 3 Β), αυτές δίνουν κύματα με ύψος <0,7 m και περίοδο <4 s, ενώ το αντίστοιχο μέγιστο ύψος θραύσης του κύματος είναι <0,6 m και αφορά βάθη <1 m. Η δε αντίστοιχη κυματική ισχύς P είναι της τάξης των 600 W/m. Είναι λοιπόν προφανές ότι οι ακτές της Αιγιαλείας για το μεγαλύτερο χρονικό διάστημα υπόκειται σε ένα παράκτιο κυματικό καθεστώς που μπορεί να χαρακτηριστεί από μέτριο έως ασθενές. Μόνο δε στις περιόδους όπου η ένταση του ανέμου ξεπερνά τα 5-6 Β (συχνότητα εμφάνισης <2% ετησίως) το κυματικό καθεστώς και τα σχετιζόμενα επιμήκη παράκτια ρεύματα δείχνουν να συμβάλουν ουσιαστικά στην διαμόρφωση της παράκτιας μορφολογίας. Μάλιστα οι υπολογισμένες ποσότητες ιζημάτων που αφορούν την δυνητική επιμήκη παράκτια στερεομεταφορά κυμαίνεται από <5 μέχρι και ~100 x10<sup>3</sup> m<sup>3</sup> ετησίως, ανάλογα με τον προσανατολισμό της ακτογραμμής και την έκθεσή της στις διάφορες διευθύνσεις πνοής του ανέμου. Ανάλογα προς το κυματικό καθεστώς και οι ποσότητες της δυνητικής παράκτια στερεομεταφοράς είναι μικρές. Συγκριτικά αναφέρεται το παράδειγμα του Κυπαρισσιακού Κόλπου, που καθώς είναι εκτεθειμένος σε έντονο κυματικό περιβάλλον (Poulos et al., 2002), η αντίστοιχη επιμήκης παράκτια στερεομεταφορά είναι της τάξης εκατοντάδων χιλιάδων κυβικών μέτρων.

**Πίνακας 2.** Χαρακτηριστικά ανμογενών κυμάτων των ακτών της Αιγιαλείας.  
**Table 2.** Wave (wind induced) characteristics of the coast of Aigialia.

	U (B)	F (km)	H <sub>o</sub> (m)	H <sub>b</sub> (m)	T (s)	L <sub>0</sub> (m)	d <sub>b</sub> (m)	P (10 <sup>3</sup> W/m)
<u>Μέγιστη ένταση ανέμου</u>								
B	7	11,6-19	1,9±0,1	2,5±0,2	4,2±0,1	27,6±0,1	3,2±0,3	14,8
ΒΔ	6	14-31,5	2,0±0,3	2,6±0,5	5,0±0,5	39,1±0,4	3,3±0,6	19,6
ΒΑ	7	9,0-30	2,0±0,4	2,5±0,5	4,4±1,0	30,2±1,6	3,2±0,6	17,2
A	6	52,5-60	3,0±0,1	4,0±0,2	6,7±0,1	70,1±0,1	5,1±0,3	59,1
<u>Συχνότερη ένταση ανέμου</u>								
B	3	11,6-19	0,46±0,3	0,6±0,4	2,8±0,2	12,2±0,1	0,8±0,5	0,6
ΒΔ	3	14-31,5	0,45±0,4	0,6±0,05	3,2±0,4	16±0,2	0,8±0,1	0,6
ΒΑ	3	9,0-30	0,46±0,8	0,5±0,05	2,9±0,4	13,1±0,2	0,6±0,1	0,6
A	2	52,5-60	0,55±0,7	0,8±0,15	3,8±0,2	22,6±0,1	1,0±0,2	1,1

Επεξήγηση: U: ένταση ανέμου, H<sub>o</sub>: απόσταση ανάπτυξης κυματισμού, H<sub>o</sub>: ύψος κύματος στα βαθειά, H<sub>b</sub>: ύψος κύματος θραύσης, T: περίοδος, L<sub>0</sub>: μήκος κύματος, d<sub>b</sub>: βάθος θραύσης, P: ροή ενέργειας (ισχύς).

#### ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Από μορφολογική άποψη, οι ακτές της περιοχής μελέτης είναι ομαλές με κλίσεις <10%. Η παράκτια χερσαία ζώνη, μέχρι το υψόμετρο 100, έχει πλάτος από 1 km μέχρι 4 km και χαρακτηρίζεται από την ανάπτυξη των αλλουβιακών (Ολοκαινικών) δελταϊκών ριπιδίων των ποταμών Σεληνούντα, Κερυνίτη και Βουραϊκού, τα οποία όμως έχουν ενωθεί πλευρικά και δεν είναι εύκολη η διάκριση των αυτοτελών ριπιδίων των. Εξαιρέση αποτελεί η περιοχή της Τράπεζας, όπου η παράκτια ζώνη είναι πολύ στενή (μερικές εκατοντάδες μέτρα), και αναπτύσσεται πάνω σε Πλειο-πλειστοκαινικές αποθέσεις.

Από γενετική άποψη οι ακτές της Αιγιαλείας, είναι ακτές σύνθετες αφού τόσο οι θαλάσσιες διεργασίες (ευστατισμός, παράκτια διάβρωση) όσο και οι χερσαίες (ποτάμια ιζηματογένεση) είναι στενά συνδεδεμένες με τις σύγχρονες μεταβολές της ακτογραμμής, λόγω ευρύτερων τεκτονικών και ευστατικών κινήσεων (βλέπε εισαγωγή). Στις προαναφερόμενες μορφογενετικές διεργασίες θα πρέπει να προστεθούν και οι τοπικές εκφράσεις του τεκτονισμού και της σεισμικότητας, οι οποίες με την μορφή παράκτιων καθιζήσεων, ρευστοποίησης ιζηματογενών ακολουθιών και υποθαλάσσιων κατολισθήσεων, συμβάλλουν δραστικά στην διαμόρφωση της παράκτιας γεωμορφολογίας. Μάλιστα, η έντονη δράση των ενδογενών δυνάμεων έχουν και ως αποτέλεσμα την διαμόρφωση ενός απότομου ηπειρωτικού περιθωρίου, όπου στην ήδη επικλινή και στενή υφαλοκρηπίδα η προέλαση της ακτογραμμής μέσω της απόθεσης χερσογενούς υλικού ουσιαστικά περιορίζεται μόνο μπροστά από τις εκβολές των

ποταμών, ενώ το μεγαλύτερο μέρος του λεπτόκοκκου υλικού (από μέση άμμο και λεπτότερα) παρασύρεται προς την ηπειρωτική κατωφέρεια.

Έτσι στις περισσότερες παραλίες παρατηρείται μικτό ίζημα, αποτελούμενο από χονδροκόκκη άμμο και κροκάλες διαμέτρου 2-5 cm ενώ καθαρά αμώδεις ακτές (περιορισμένης έκτασης) συναντάμε μόνο στο ανατολικό τμήμα της παραλίας Διακοφτού και στην παραλία Τράπεζας. Χαρακτηριστικά αναφέρουμε ότι στην παραλία των Νικολεΐκων συναντάμε μόνο μεγάλες κροκάλες (15-25 cm), ενώ είναι χαρακτηριστική η απουσία των πιο λεπτομερών κλασμάτων (λεπτόκοκκη άμμος, ιλύς, άργιλος) ακόμη και στην περιοχή μεταξύ των εκβολών Σεληνίτη και Κερυνίτη, όπου σημειώνεται προέλαση της ακτογραμμής. Συνήθως δε μεγάλες ποσότητες λεπτόκοκκου υλικού παρατηρούνται στις περιοχές των εκβολών και σε μεγάλη έκταση εκατέρωθεν της κοίτης εποχιακά και μετά από πλημμυρικά γεγονότα.

Από την συγκριτική μελέτη τοπογραφικών χαρτών και διαγραμμάτων αλλά και από εποχιακές επιτόπιες παρατηρήσεις προκύπτει ότι το σύνολο των ακτών εκατέρωθεν των εκβολών των ποταμών βρισκόταν μέχρι πρόσφατα υπό καθεστώς διαρκούς πρόσχωσης, με εξαίρεση τις περιοχές όπου παρατηρήθηκαν καθιζήσεις και κατολισθήσεις της παραλιακής ζώνης, συνήθως μετά από σεισμική διέγερση (βλέπε εισαγωγή). Το υπόλοιπο τμήμα της ακτογραμμής παρουσιάζεται γενικά να οπισθοχωρεί, ενώ έχουμε και περιοχές που φαίνεται να είναι σταθερές (τμήματα του παλαιού δελταϊκού ριπιδίου του Σεληνούντα, η παραλία της Τράπεζας), ή ακόμη να δείχνουν και μια μικρή προέλαση (περιοχή Διγελιώτικα). Η προαναφερόμενη εξέλιξη της ακτογραμμής είναι το αποτέλεσμα της παράκτιας υδροδυναμικής όπως αυτή καθορίζεται από την έκθεση της ακτογραμμής στις διάφορες διευθύνσεις του ανέμου (οι εκτεθειμένες σε ΒΔ ανέμους υφίστανται μεγαλύτερη κυματική ενέργεια) και της παρακείμενης παράκτιας βυθομετρίας καθόσον, όσο πιο απότομο είναι το υποθαλάσσιο ανάγλυφο τόσο μεγαλώνει η προσπίπτουσα κυματική ενέργεια, η οποία απομακρύνοντας τα ιζήματα προς τα βαθειά ελαχιστοποιεί την επιμήκη παράκτια στερεομεταφορά.

#### **ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ**

Η ανθρώπινη διατάραξη στην φυσική εξέλιξη όχι μόνο του αιγιαλού και γενικότερα της ακτογραμμής αλλά και της ευρύτερης παράκτιας ζώνης της περιοχής μελέτης αλλά και γενικότερα των ακτών της Αιγιαλείας οφείλεται σε: (α) τη διευθέτηση της κοίτης των ποταμών, που ως συνέπεια έχει την ενίσχυση της στερεοπαροχής στις περιοχές των ενεργών στομιών αλλά και την διάβρωση των ανενεργών σήμερα εκβολών, (β) στις εκτεταμένες υδροληψίες και αμμοληψίες στον κάτω ρού και κοντά στις εκβολές των ποταμών, (γ) στην κατασκευή τεχνικών έργων (λιμάνια ή μαρίνες, προβλήτες), όπως η μικρή μαρίνα στο Διακοφτό, ο μικρός πρόβολος στην Τεμένη αλλά και άλλοι που τοποθετούνται χωρίς μελέτη σε διάφορα σημεία, εντείνοντας τοπικά φαινόμενα διάβρωσης. (δ) η οικιστική και τουριστική ανάπτυξη στην παράκτια ζώνη και ιδιαίτερα κοντά ή και πάνω στον αιγιαλό τις τελευταίες δεκαετίες, έχει ως αποτέλεσμα την αποκοπή της παραλιακής ζώνης από την ενδοχώρα, άρα και της προσφοράς ή και ανταλλαγής των ιζημάτων.

Η γενικότερη οπισθοχώρηση της ακτογραμμής, πέραν των αιφνίδιων απωλειών παράκτιας γης, έχει και σημαντικές κοινωνικο-οικονομικές συνέπειες καθώς απειλούνται ιδιοκτησίες, αγροκτήματα, παραθαλάσσιες κατοικίες, καταστρέφονται παραλιακοί δρόμοι, ενώ υποβαθμίζεται γενικότερα το παράκτιο περιβάλλον με δυσμενείς συνέπειες και στη τουριστική ανάπτυξη της περιοχής.

#### **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Η εξέλιξη της παράκτιας ζώνης της περιοχής μελέτης, όπως και των υπόλοιπων ακτών της Αιγιαλείας, ελέγχεται τεκτονικά και πρωτίστως από την ταχεία ανύψωση της βόρειας Πελοποννήσου (1-1,5 mm/yr), την παράλληλη δράση ενεργών ρηγμάτων, όπως αυτών του Αιγίου και της Ελίκης. Ακόμη σημαντικό ρόλο παίζει και η μεγάλη προσφορά ιζημάτων (~80,000 ton/yr) από τα ορεινά ποτάμια Σεληνούντα, Κερυνίτη, Βουραϊκού, τα οποία και διαμόρφωσαν κατά το ανώτερο Ολόκαινο εκτεταμένα αλλουβιακά ριπίδια, χωρίς όμως την ανάπτυξη τυπικών δελταϊκών (υποθαλάσσιων) πρισμάτων. Τούτο αποδίδεται στο μικρό πλάτος και κυρίως στη μεγάλη κλίση της υφαλοκρηπίδας που έχει ως αποτέλεσμα την βαρυτική μετακίνηση των ιζημάτων (κυρίως των λεπτόκοκκων) προς μεγαλύτερα βάθη.

Οι μέτριας έντασης παράκτιες υδροδυναμικές συνθήκες, λόγω του μικρού πλάτους του Κορινθιακού Κόλπου και της μέτριας έντασης (συνήθως 3-4 Β) των ανέμων,

φαίνεται να παίζουν δευτερεύοντα ρόλο στην διαμόρφωση της παράκτιας μορφομετρίας, η οποία καθορίζεται από τις τεκτονικές κυρίως κινήσεις (διαφορικές κινήσεις τεμαχών ρηγμάτων), αλλά και αιφνίδιες απώλειες παράκτιας γης μέσα από καθιζήσεις, ρευστοποιήσεις ιζημάτων και υποθαλάσσιες κατολισθήσεις. Ακόμη, η ανθρώπινη παρέμβαση κυρίως με την ελάττωση των στερεοπαροχών έρχεται να αναστρέψει την προέλαση της ακτογραμμής στις περιοχές των ενεργών στομιών των ποταμών, οι οποίες άλλωστε ήταν και οι μόνες με τάση προέλασης, ενώ επιτείνει την οπισθοχώρηση σε άλλες περιοχές και ιδιαίτερα εκεί όπου ήταν οι παλαιές εκβολές, καθώς δεν δέχονται πλέον ιζήματα, ή εκεί όπου παρεμβάλλει εμπόδια στην ήδη ασθενή παράκτια επιμήκη θαλάσσια στρερωμεταφορά.

Γενικά συμπεραίνουμε ότι παρά το γεγονός ότι τα γενικά μορφολογικά χαρακτηριστικά της παράκτιας ζώνης της Αιγιαλείας οφείλονται σε γεωλογικές, τεκτονικές και ιζηματολογικές παραμέτρους που έχουν βάθος χρόνου αρκετές χιλιετίες, εν τούτοις σε τοπική κλίμακα, η ανθρώπινη παρέμβαση μπορεί να είναι ιδιαίτερα αποφασιστική για τη φυσική εξέλιξη της ακτογραμμής και να προκαλεί έντονες αλλαγές σε ιδιαίτερα ευαίσθητες, από οικιστική και χρηστική άποψη, περιοχές.

#### **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [1] Brooks M. & Ferentinos G., 1981. Tectonics and sedimentation in the Gulf of Corinth and the Zakynthos and Kefallinia channels, western Greece. *Tectonophysics*, 101, 25-54.
- [2] CERC (Coastal Engineering Research Centre), 1984. Shore Protection Manual, US Army Corps of Engineers, Washington DC 21314.
- [3] Doutsos T. & Poulimenos G., 1992. Geometry and kinematics of active faults and their seismotectonic significance in the western Corinth-Patras rift (Greece). *J. Struct. Geol.*, 14, 689-699.
- [4] Ferentinos G., Papatheodorou G. & Collins M.B., 1988. Sediment transport processes on an active submarine fault escarpment, Gulf of Corinth, Greece. *Marine Geology*, 83, 43-61.
- [5] Κουκουβέλας Ι., 1998. Ζώνες μεταβίβασης σε ενεργά κανονικά ρήγματα της Πελοποννήσου στην Ελλάδα. *Δελτίο Ελλ. Γεωλ. Εταιρ.*, XXXII/1, 221-229.
- [6] Koukouvelas I. & Doutsos T., 1996. Implications of structural segmentation during earthquakes : the 1995 Egion earthquake, Gulf of Corinth, Greece. *J. Struct. Geol.*, 18(12), 1381-1388.
- [7] Κουτσογιάννης Δ. & Τάρλα Κ., 1986. Εκτιμήσεις στερεοπαροχής στην Ελλάδα. *Τεχνικά Χρονικά*, 7(3), 128-154.
- [8] Lambeck K., 1996. Sea-level change and shore-line evolution in Aegean Greece since Upper Palaeolithic time, *Antiquity*, 70, 588-611.
- [9] Maroukian H., Gaki-Ppanastasiou K., Papanastasiou D. And sabot V., (in press). Palaeogeographical evolution of the broader area of Helike-Aigio (northern Peloponessus) during the Quaternary. *Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International Conference: Ancient Helike and Aigialeia: Archeological sites in Geologically Active regions, Diakofto 9/2000.*
- [10] Papazachos B.C. & Papazachou K., 1989. Earthquakes in Greece. Ziti publications, Thessaloniki.
- [11] Papatheodorou G. & Ferentinos G., 1997. Submarine and coastal sediment failure triggered by the 1995, Ms=6.1 R Aegion earthquake, Gulf of Corinth, Greece. *Marine Geology*, 137, 287-304.
- [12] Poulimenos G., 1993. Tectonics and sedimentation in the western Corinth graben. *Neus.Jb.geol.Palaont.Mh.*, 10, 607-630.
- [13] Poulos S.E., Voulgaris G., Kapsimalis V., Collins M. & Evans G. 2002. Sediment fluxes and the evolution of a riverine-supplied tectonically-active coastal system: Kyparissiakos Gulf, Ionian Sea (eastern Mediterranean). (In:) Jones S.J.& Frostick L.E. (eds) *Sediment Flux to Basins: Causes, Controls & Consequences*. Geological Society, London, Special Publication, 191, 247-266.
- [14] Poulos S. & Chronis G., 1997. The Importance of the Greek River Systems in the Evolution of the Greek coastline - In: Transformations and evolution of the Mediterranean coastline, F. Briand and A. Maldolado (Eds), *CIESM Science Series n° 3, Bulletin de l'Institut oceanographique, Monaco, n° 18: 75-96.*