

## Γεωγραφίες

Αρ. 26 (2015)

Γεωγραφίες, Τεύχος 26, 2015



### ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΔΕΛΤΑΪΚΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΤΟΥ ΠΗΝΕΙΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ (ΘΕΣΣΑΛΙΑ)

*Κ. Λαζογιάννης, Σ. Πούλος, Δ.Η. Γιαννούλη, Δ.Ε. Σιφνιώτη, Κ. Τσανάκας, Α. Τσούτσια, Σ. Δίλαλος, Γ. Γκιώνης, Ε. Βασιλάκης, Σ. Πετράκης, Δ. Ταράση, Γ. Τερεζάκης*

# ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΔΕΛΤΑΙΚΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΤΟΥ ΠΗΝΕΙΟΥ ΠΟΤΑΜΟΥ (ΘΕΣΣΑΛΙΑ)

Κ. Λαζογιάννης\*<sup>1,2</sup>, Σ. Πούλος<sup>1</sup>, Δ.Η. Γιαννούλη<sup>1</sup>, Δ.Ε. Σιφνιώτη<sup>1</sup>, Κ. Τσανάκας<sup>1</sup>, Α. Τσούτσια<sup>1</sup>, Σ. Δίλαλος<sup>1</sup>, Γ. Γκιώνης<sup>1</sup>, Ε. Βασιλάκης<sup>1</sup>, Σ. Πετράκης<sup>1</sup>, Δ. Ταράση<sup>1</sup>, Γ. Τερεζάκης<sup>1</sup>

## Περίληψη

Σκοπός της εργασίας είναι να παρουσιάσει τα μορφολογικά και κοκκομετρικά χαρακτηριστικά κατά μήκος της παραλιακής ζώνης του δέλτα του Πηνειού ποταμού όπου αναπτύσσονται οικονομικές δραστηριότητες εξαρτώμενες από την σταθερότητα του παραλιακού μετώπου (π.χ. παράκτια γεωργία και τουρισμός). Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η δελταϊκή ακτή, που διαχωρίστηκε σε Βόρειο και Νότιο τμήμα, χαρακτηρίζεται από ποικιλία τοπογραφικών κλίσεων (1,5-10%) και συνίσταται κυρίως από αμμόδες υλικό με μικρή παρουσία κροκάλων. Το Νότιο τμήμα, που είναι εκτεθειμένο σε εντονότερο κυματισμό σε σχέση με το Βόρειο, χαρακτηρίζεται γενικά από μεγαλύτερο πλάτος και την παρουσία αμμοθινών. Αντίθετα στο Βόρειο τμήμα, που χαρακτηρίζεται από εντονότερη τουριστική ανάπτυξη, οι αμμοθίνες έχουν υποβαθμιστεί και η εποχιακή οπισθοχώρηση της ακτογραμμής σε ορισμένες περιοχές επιτρέπει το χειμερινό κύμα να πλήττει και να απειλεί την παραλιακή δόμηση. Συνεπώς, η δελταϊκή ακτογραμμή χρήζει περαιτέρω διερεύνησης, διότι υπάρχουν ενδείξεις ότι οι ανθρώπινες παρεμβάσεις έχουν τροποποιήσει το φυσικό τρόπο με τον οποίο η ακτή μεταβάλλεται εποχιακά.

## Morphological changes along deltaic coastline of pinios river (Thessaly)

K. Lazogiannis, S. Poulos, D.H. Giannouli, D.E. Sifnioti, K. Tsanakas, A. Tsoutsia, S. Dilalos, G. Gionis, E. Vasilakis, S. Petrakis, D. Tarasi, G. Terezakis

## Abstract

The scope of this contribution is to present the morphological and granulometric characteristics of the Pinios River delta beach zone where economic activities, depending on the stability of coastal front, are developed (e.g. coastal agriculture and tourism). Beach zone was divided in two sections (South and North) and the results have shown that there is a variety of topographic gradients (1.5-10%). The majority of the beach zone granulometry is characterized as sand and gravelly sand. In South section the wave regime affecting the coast is more intense, the beach is generally wider and sand dunes are common features of the area. In North section, which is characterized by stronger touristic exploitation of the coastline, sand dunes are almost absent and the coastline retreat is so extreme in some areas, thus the storm waves threatens coastal constructions. Therefore, deltaic beach need further investigation because there are indications that human interventions have altered the natural way the coast advances or retreats on seasonal basis.

<sup>1</sup> Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος, ΕΚΠΑ, Πανεπιστημιούπολη, Ζωγράφου 15784, Αττική

<sup>2</sup> Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Λόφος Πανεπιστημίου, Μυτιλήνη 81100, Λέσβος

\* Στοιχεία επικοινωνίας: E-mail: klazog@geol.uoa.gr, Τηλ: +30 2107274195

### Εισαγωγή

Η εξέλιξη των δελταϊκών πεδιάδων, που κατέχουν το 13% του συνολικού μήκους της ακτογραμμής της Ελλάδας (Poulos et al. 2013), εξαρτάται τόσο από φυσικές διεργασίες, όσο και από ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Έτσι, η κατασκευή φραγμάτων στη Μεσόγειο (Simeoni et al. 1997; Eronat 1999; Poulos et al. 2000), οι αμμοληψίες και η καταστροφή των αμμωδών θινών (Loizidou & Iaconou 1999) αλλά και η κλιματική αλλαγή, μέσω της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης και της μείωσης των στερεοπαροχών (Pranzini & Rossi 1995; Khalil 1997; Mackay 2007), είναι παράγοντες που προκαλούν οπισθοχώρηση της ακτογραμμής και κατά συνέπεια την απώλεια δελταϊκής γης. Σύμφωνα με τα παραπάνω και λαμβάνοντας υπόψη ότι στα δέλτα αναπτύσσονται τουριστικές και αγροτικές δραστηριότητες, άμεσα εξαρτώμενες από τις μεταβολές στην παράκτια ζώνη και σημαντικές για την εξέλιξη της τοπικής και εθνικής οικονομίας, κρίνεται αναγκαία η καταγραφή της μεταβολής των δελταϊκών ακτογραμμών και των παραγόντων που τις επηρεάζουν, με απώτερο στόχο την ολοκληρωμένη προστασία και διαχείριση των παράκτιων δελταϊκών περιοχών.

Στην εργασία αυτή εξετάζεται η παρούσα μορφολογική κατάσταση της παραλιακής ζώνης του Δέλτα του Πηνειού, μέσω της διερεύνησης των αλλαγών της θέσης της ακτογραμμής, και της καταγραφής των μορφολογικών και κοκκομετρικών χαρακτηριστικών της.

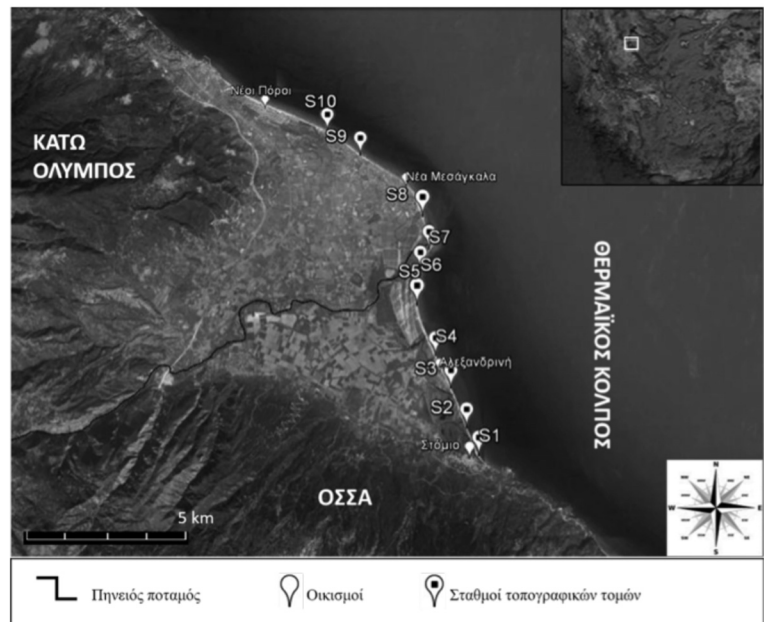
### Περιοχή Μελέτης

Ο Πηνειός ποταμός, το μόνο μεγάλο ελληνικό ποτάμι που η κοίτη του δεν έχει υποστεί τεχνητό περιορισμό ή ευθυγράμμιση (Καρύμπαλης, 2008; Poulos et al. 2013), διασχίζοντας τη θεσσαλική πεδιάδα και την κοιλάδα των Τεμπών και έχοντας διαμορφώσει δέλτα έκτασης 69 km<sup>2</sup> εκβάλλει στην δυτική ακτή του νότιου Θερμαϊκού Κόλπου (Σχήμα 1). Ο Πηνειός έχει τη μεγαλύτερη απορροή την περίοδο από Νοέμβριο έως Απρίλιο (Lazogiannis et al. 2014). Επιπλέον, την ίδια περίοδο η ακτογραμμή του δέλτα του Πηνειού δέχεται τη μεγαλύτερη κυματική ενέργεια με αποτέλεσμα το ποτάμιο ίζημα να ανακατανέμεται

από τον ισχυρό κυματισμό και τα θαλάσσια ρεύματα που έχουν φορά κυρίως προς το νότο (Poulos et al. 2000). Τα παράκτια ύδατα, έμπροσθεν και στα ανοικτά του δέλτα, εκτελούν μια αντικυκλωνική κίνηση (Karageorgis and Anagnostou 2001) που επηρεάζει πιθανόν τη διάχυση των λεπτόκοκκων ιζημάτων στον εξωτερικό Θερμαϊκό Κόλπο.

Τα τελευταία χρόνια η επεκτεινόμενη τουριστική αξιοποίηση της ακτογραμμής εκατέρωθεν των εκβολών (Poulos et al. 2013) οδήγησε στην κατασκευή νέων παραθεριστικών κατοικιών και τουριστικών καταλυμάτων εντός της παραλιακής ζώνης στις περιοχές που βρίσκονται σήμερα οι οικισμοί Αλεξανδρινή, Νέα Μεσάγκαλα και Νέοι Πόροι (Σχήμα 1). Οι τελευταίοι δύο, αποτελώντας σημαντικά τουριστικά θέρετρα για Έλληνες και ξένους τουρίστες, έχουν δομηθεί χωρίς σωστό πολεοδομικό σχεδιασμό (Οικονόμου 2005) ουσιαστικά πάνω στις νεότερες παράκτιες αποθέσεις του Πηνειού, όπως αυτές διαμορφώθηκαν μετά την τελευταία μετακίνηση των εκβολών του πριν από περίπου 50 χρόνια (Καρύμπαλης 2008).

Η ακτογραμμή του Δέλτα είναι εκτεθειμένη κυρίως σε ανέμους βόρειων διευθύνσεων (B, BA και ΒΔ) και σε ανατολικούς (Α), με τους Β να είναι οι επικρατούντες άνεμοι με ετήσια συχνότητα 17%, ενώ οι Α έχουν συχνότητα 14,81%. Η δελταϊκή ακτογραμμή βόρεια των εκβολών δέχεται ανεμογενή κύματα κυρίως από



Σχήμα 1: Εικόνα του Δέλτα του Πηνειού με τις θέσεις των τοπογραφικών τομών 1-10 (Πηγή: Google Earth, 06/2013).

βόρειες διευθύνσεις τα οποία είναι μικρότερα λόγω περιορισμένου μήκους ανάπτυξης τους (fetch) σε σχέση με τη πλευρά νότια των εκβολών, η οποία δέχεται κύματα ανατολικών διευθύνσεων ύψους 4-5 m (Αθανασούλης και Σκαρσουλής 1992). Τέλος, η επίδραση της παλίρροιας στην περιοχή μελέτης θεωρείται αμελητέα καθώς γενικά οι παλίρροιας στο Β. Αιγαίο είναι χαμηλές, με μέσο εύρος 0,20 m στην περιοχή του Θερμαϊκού κόλπου (Tsimplis 1994).

#### *Υλικά και Μέθοδοι*

Η συλλογή δεδομένων περιλάμβανε γεωμορφολογικές αποτυπώσεις, με τοπογραφικές τομές κάθετες στην ακτογραμμή σε 10 θέσεις (Σχήμα 1) με παράλληλη συλλογή επιφανειακών (χερσαίων και υποθαλάσσιων) δειγμάτων ιζήματος. Οι τοπογραφικές αποτυπώσεις, στις 10 τομές (S1-S10) έγινε στο χερσαίο τμήμα της παραλιακής ζώνης κάνοντας χρήση αποστασιόμετρου laser Leica DISTO A8. Στις ίδιες τομές και στην ίδια διεύθυνση, πραγματοποιήθηκε αποτύπωση του πυθμένα με φορητό βυθόμετρο Hondex PS-7, ακρίβειας λίγων εκατοστών και σε απόσταση μέχρι 250 m από την ακτογραμμή. Επιπλέον οι εργασίες πεδίου περιλάμβαναν τοπογραφική αποτύπωση της ακτογραμμής με όδευση από το Στόμιο έως το Καστρί-Λουτρό με τη χρήση DGPS Topcon GMS-2, ακρίβειας ~1 m, προκειμένου να καταγραφούν τυχόν μετατοπίσεις της ακτογραμμής και η μεταβολή του πλάτους της παραλιακής ζώνης κατά τη μετάβαση από θερινό σε χειμερινό προφίλ. Η κοκκομετρική ανάλυση των ιζημάτων έγινε στο Εργαστήριο ιζηματολογίας του Εργαστηρίου Φυσικής Γεωγραφίας σύμφωνα με την μεθοδολογία Folk (1980).

#### *Αποτελέσματα και Συζήτηση*

Η παραλιακή ζώνη του Δέλτα του Πηνειού ποταμού έχει συνολικό μήκος περίπου 17 km με το τμήμα νότια των εκβολών να έχει πλάτος 25-30 m. Η κοκκομετρική ανάλυση των δειγμάτων ιζήματος (Πίν. 1) έδειξε ότι τα ιζήματα του συνόλου της παραλιακής ζώνης του Δέλτα αποτελούνται κυρίως από άμμους (S) και ελαφρώς κροκαλούχες άμμους ((g)S), με την γενική εικόνα να αλλάζει ελάχιστα στις τομές 2, 4 και 9 όπου βρέθηκαν και αδρομερέστερα ιζήματα όπως αμμούχες κροκάλες (sG) και κροκάλες (G).

#### *Νότιο Τμήμα*

Στο Νότιο τμήμα το πλάτος της παραλίας κυμαίνεται γενικά από 15-30 m περίπου με εξαίρεση την τομή 1 στην περιοχή του Στομίου που ανέρχεται στα 65 m περίπου (Σχήμα 2). Τα επιφανειακά χερσαία ιζήματα (τομές 1-7) είναι κυρίως άμμοι (S) και ελαφρώς κροκαλούχοι άμμοι ((g)S), που εναλλάσσονται σε επιμήκεις ζώνες (berms) στην επι-παραλία ζώνη.

Σε όλο το μήκος της παραλιακής ζώνης στο Νότιο τμήμα (εκτός από την τομή 1) που αντιστοιχεί σε παραλιακό φραγμό (barrier beach) των παλαιών εκβολών παρατηρούνται αμμώδεις θίνες που οριοθετούν ουσιαστικά την επίδραση της θάλασσας στην ακτή και προστατεύουν τη χαμηλού υψομέτρου και μικρής κλίσης περιοχή της δελταϊκής πεδιάδας από την θαλάσσια κατάκλυση. Μία άλλη χαρακτηριστική γεωμορφή που απαντάται στο νότιο τμήμα κατά μήκος της ακτογραμμής είναι οι ημισεληνοειδείς αμμώδεις σχηματισμοί (beach cusps) που αποτελούν ένδειξη επίδρασης στην ακτή κυμάτων παράλληλων προς αυτή και εξασθένισης της επιμήκους παράκτιας μεταφοράς ιζήματος.

Όσον αφορά το υποθαλάσσιο τμήμα της παραλιακής ζώνης, η κλίση του πυθμένα σε απόσταση έως 10 m από την ακτογραμμή παίρνει τιμές από 6 % (τομή 1) έως 11% (τομές 5 και 6) και γενικά ακολουθεί την κλίση του χερσαίου τμήματος της παραλίας, ενώ τα ιζήματα είναι κροκαλούχοι άμμοι (gS) (τομές 2, 3 και 6), ελαφρώς κροκαλούχοι άμμοι ((g)S) (τομές 1 και 5) και κροκάλες (G) (τομή 4). Γενικά στο Νότιο τμήμα, όσο αυξάνεται η απόσταση από την ακτογραμμή τόσο μειώνεται η διάμετρος των κόκκων των επιφανειακών υποθαλάσσιων ιζημάτων και από ελαφρώς κροκαλούχα άμμο συναντάται άμμος εκτός από την περίπτωση των τομών 4 και 5, όπου σε βάθος 4 m και 180-200 m από την ακτογραμμή το ίζημα γίνεται πιο χονδρόκοκκο με την επικράτηση ελαφρώς κροκαλούχας άμμου.

Ο πυθμένας, μετά την απόσταση τωβ 10 m από την ακτογραμμή, έχει κλίση που κυμαίνεται από 1,5% έως 3,5% και χαρακτηρίζεται από την παρουσία αμμορυτίδων (ripple marks) κυρίως παράλληλων προς την ακτή. Επίσης παρατηρήθηκε σύστημα επιμήκων αυλάκων (troughs) και επιμήκων ράχων (bars) σε διάφορα βάθη και αποστάσεις από την ακτογραμμή. Γενικά, η δημιουργία τους ευνοείται από παράγοντες, όπως η έκθεση της παραλίας σε ισχυρούς κυματισμούς (κυρίως κατά τους χειμερινούς μήνες), η μικρή κλίση



της περι-παράλιας ζώνης και η χαμηλή παλίρροια (Carter 1988), που αποτελούν χαρακτηριστικά γνωρίσματα της παραλιακής ζώνης του Δέλτα του Πηνειού. Κατά τους θερινούς μήνες ο χαμηλός κυματισμός μεταφέρει και αποθέτει το ιζήμα των επιμήκων ράχων στη κορυφή του μετώπου της παραλίας και από εκεί με τη βοήθεια του ανέμου τοποθετείται στην ανώτερη περιοχή της, στην περιοχή δηλαδή των θινών, όπου πα-

γιδεύεται από την υφιστάμενη βλάστηση, αποτελώντας πηγή ιζήματος για την παραλία αλλά και προστασίας της στην περίπτωση ενός επεισοδίου καταιγίδας (CERC 1984).

Μετά από την σύγκριση των οδεύσεων της ακτογραμμής που πραγματοποιήθηκαν, προέκυψε ότι μεταβαίνοντας από θερινό σε χειμερινό προφίλ η παραλιακή ζώνη στις τομές 1, 2 και 3 οπισθοχώρησε κατά 8,2%, 30,1% και 32,4% αντίστοιχα, ενώ στις τομές 5 και 7 προήλασε κατά 18,4% και 101%, αντίστοιχα (Σχήμα 3). Στις τομές 4 και 6 η μεταβολή που μετρήθηκε είναι μικρότερη από την ακρίβεια του φορητού GPS ( $\pm 1$  m) και για αυτό το λόγο το πλάτος της επι-παραλιακής ζώνης σε αυτές τις θέσεις θεωρείται ουσιαστικά αμετάβλητο μεταξύ των δυο περιόδων.

#### Βόρειο Τμήμα

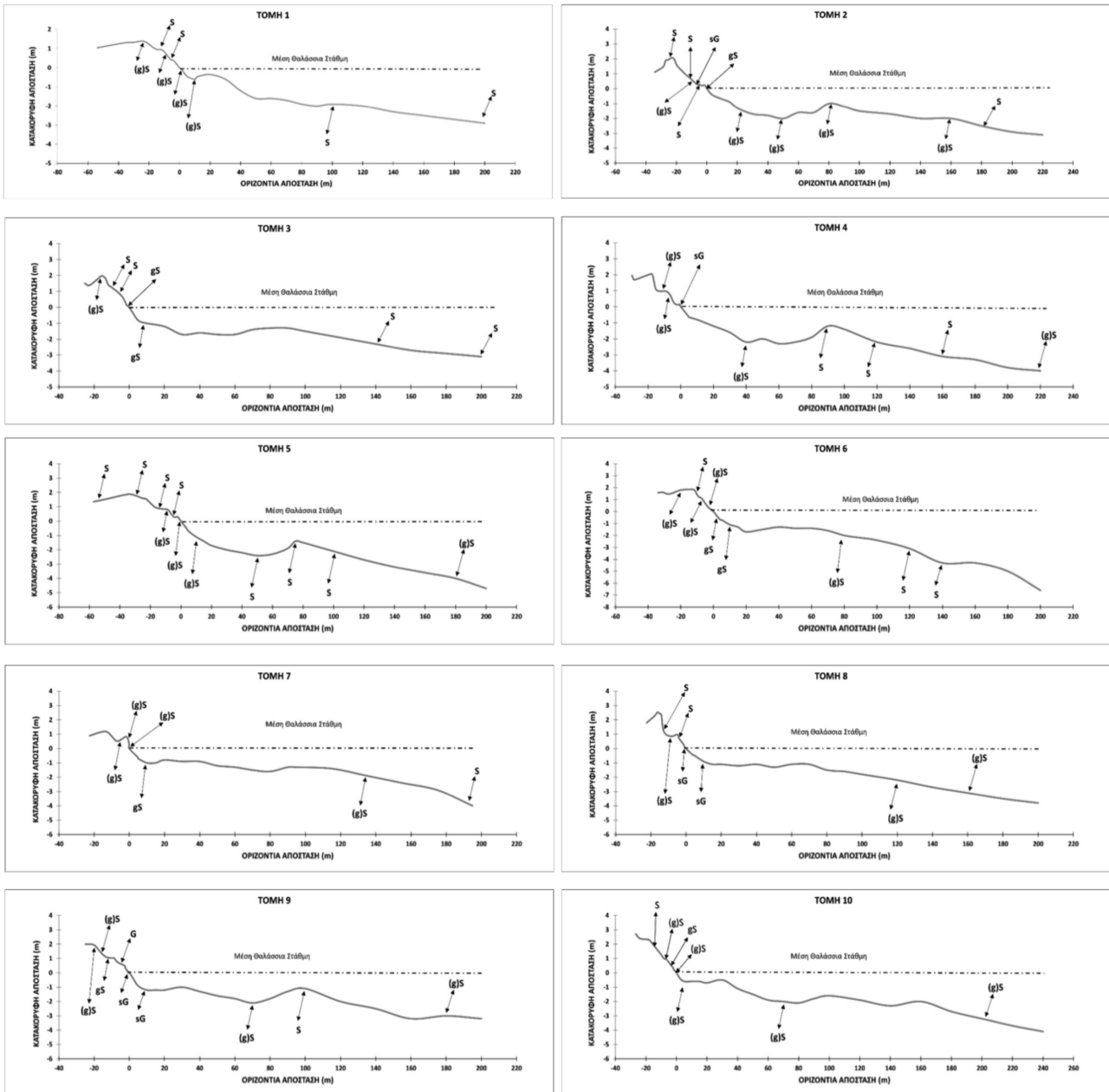
Το τμήμα της παραλιακής ζώνης που τοποθετείται βόρεια των εκβολών του ποταμού έχει προσανατολισμό ANA-ΔΒΔ, και περιλαμβάνει τις θέσεις τοπογραφικής αποτύπωσης 8, 9 και 10 (Σχήμα 2). Σε αυτό το τμήμα, η παραλιακή ζώνη φιλοξενεί τους σημαντικότερους τουριστικούς οικισμούς, τα Νέα Μεσάγκαλα, το Καστρί Λουτρό και τους Νέους Πόρους. Το κύριο χαρακτηριστικό αυτής της περιοχής είναι η έντονη δόμηση πλησίον ή ακόμα και εντός της παραλιακής ζώνης. Το πλάτος της επι-παραλιακής ζώνης προσεγγίζει τα 25 m και στις τρεις τομές και τα ιζήματά της ταξινομούνται ως άμμοι (S), ελαφρώς κροκαλούχι άμμοι ((g)S), κροκαλούχι άμμοι (gS), και κροκάλες (G). Στις τομές 9 και 10 τα ιζήματά γίνονται αδρότερα από το υψηλότερο προς το χαμηλότερο τμήμα της παραλίας, δηλαδή από ελαφρώς κροκαλούχα άμμο σε κροκάλες και από άμμο σε κροκαλούχα άμμο αντίστοιχα. Στην τομή 8 η ιζηματολογική εικόνα είναι παρόμοια με αυτή των θέσεων στο Νότιο τμήμα (πιο λεπτόκοκκο) με την άμμο (S) και την ελαφρώς κροκαλούχα άμμο ((g)S) να εναλλάσσεται σε ζώνες. Στο Βόρειο τμήμα αμμώδεις θίνες παρατηρούνται μόνο στην τομή 8, όπου η ανθρώπινη παρέμβαση είναι ελάχιστη (π.χ. δόμηση και παραλιακά έργα οδοποιίας) ενώ στις τομές 9 (Νέα Μεσάγκαλα) και 10 (Καστρί Λουτρό) η παρουσία τους είναι πολύ πε-

Τομή	Δείγμα	Ύψος/ Βάθος	Οριζόντια Απόσταση	Ταξινόμηση (Folk 1980)	Τομή	Δείγμα	Ύψος/ Βάθος	Οριζόντια Απόσταση	Ταξινόμηση (Folk 1980)
1	1	1,4	-23,2	(g)S	5	44	-2	30	S
	2	0,9	-11	S		45	-1,4	75	S
	3	0,4	-6	(g)S		46	-2,1	100	S
	4	0,4	-3,9	S		47	-4	180	(g)S
	5	0	0	(g)S		48	1,9	-14,8	(g)S
	6	-0,5	11,8	(g)S		49	1,3	-9,3	S
	7	-1,9	100	S		50	1,1	-7,1	(g)S
	8	-2,9	200	S		51	0,5	-4,3	(g)S
2	9	2,1	-23,2	S	6	52	0,2	-1,1	(g)S
	10	0,6	-9,7	S		53	-0,7	4,1	gS
	11	0,3	-6,7	(g)S		54	-1,1	10	gS
	12	0,3	-4,9	sG		55	-2	80	(g)S
	13	0,2	-3,3	S		56	-3,1	120	S
	14	0	0	gS		57	-4,3	140	S
	15	1,3	20	(g)S		58	0,6	-5,2	(g)S
	16	2	50	(g)S		59	0,8	-1,6	(g)S
	17	1	80	(g)S		60	0	0	(g)S
	18	2	160	(g)S		61	-1	10	gS
	19	3,1	220	S		62	-1,9	135	(g)S
3	20	2	-15,8	(g)S	7	63	-4	195	S
	21	1,4	-12	S		64	1,4	-13	S
	22	1	-7	S		65	0,9	-8,2	(g)S
	23	0	0	gS		66	0,4	-2,1	S
	24	9	-0,9	gS		67	0	0	sG
	25	2,3	140	S		68	-0,9	10	sG
	26	3,1	200	S		69	-2,2	120	(g)S
4	27	1	-9,6	(g)S	8	70	-3,1	160	(g)S
	28	0,7	-6,2	(g)S		71	1,6	-17,6	(g)S
	29	0,3	-4,6	(g)S		72	1,3	-15,3	(g)S
	30	0,1	-1,3	sG		73	1	-9,6	gS
	31	-0,3	2,3	sG		74	0,5	-2,5	G
	32	-2,2	40	(g)S		75	0	0	sG
	33	-1,2	90	S		76	-1,2	10	sG
	34	-2,2	120	S		77	-2,1	70	(g)S
	35	-3,1	160	S		78	-1,1	100	S
	36	-4	220	(g)S		79	-3	180	(g)S
5	37	1,9	-32,4	S	9	80	1,8	-13,8	S
	38	0,9	-13,7	S		81	0,9	-6,5	(g)S
	39	0,8	-9,1	(g)S		82	0,4	-2,3	gS
	40	0,3	-4,8	(g)S		83	0	0	(g)S
	41	0,3	-2,1	S		84	-0,6	5	(g)S
	42	0	0	gS		85	-2	70	(g)S
	43	-1,1	10	(g)S		86	-3,2	200	(g)S

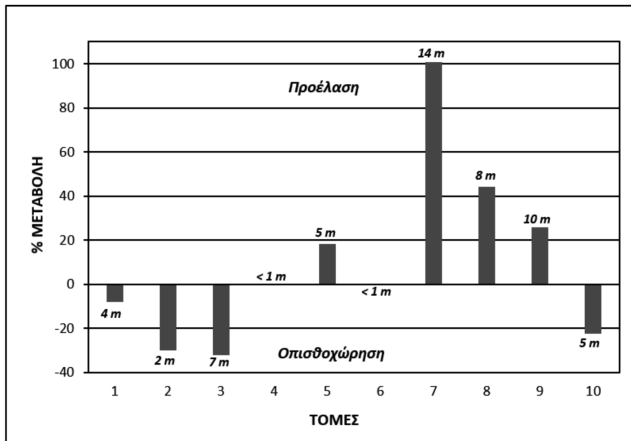
Πίνακας 1: Οριζόντια απόσταση, ύψος/βάθος και ταξινόμηση κατά Folk (1980) των δειγμάτων που λήφθηκαν σε κάθε τοπογραφική τομή (οι αρνητικές τιμές δείχνουν είτε βάθος είτε απόσταση από την ακτογραμμή προς τη χέρσο).

ριορισμένη έως ανύπαρκτη, προφανώς μετά από ανθρώπινη επέμβαση. Η εκτεταμένη δόμηση και η κατασκευή δρόμων κοντά στην ακτογραμμή συνοδεύτηκε από την καταστροφή ή την αποκοπή από το υπόλοιπο σύστημα της επί-παραλιακής ζώνης των αμμωδών θινών (Σχήμα 4) που δρουν πρωτίστως ως φυσικό μέτρο προστασίας απέναντι στη θάλασσα πλημμύρα και δευτερευόντως ως πηγή/αποθήκη ιζήματος για την παραλία.

Στο υποθαλάσσιο τμήμα της παραλιακής ζώνης η κλίση του πυθμένα σε απόσταση έως 10 m από την ακτογραμμή ακολουθεί την ευρύτερη κλίση της επι-παραλιακής ζώνης και είναι περίπου 12% στις τομές 9 και 10, ενώ στην τομή 8 δεν υπερβαίνει το 7,5%. Παράλληλα, τα υποθαλάσσια ιζήματα στις τομές 8 και 9 ταξινομούνται ως αμμούχες κροκάλες (sG) και είναι πιο αδρομερή από αυτά των τομών του νότιου τμήματος αλλά και από αυτά της τομής 10 που είναι ελαφρώς κροκαλούχι άμμοι ((g)S). Σε απόσταση μεγαλύτερη



Σχήμα 2: Μορφολογία και κοκκομετρία (τομές 1-10) της παραλιακής ζώνης του Δέλτα Πηνειού



Σχήμα 3: Εποχιακή μεταβολή (% και κατά απόλυτη τιμή) του πλάτους της παραλίας κατά τη μετάβαση από θερινό σε χειμερινό προφίλ.

των 10 m η κλίση του πυθμένα είναι ομαλότερη και δεν ξεπερνά τα 3% μέχρι τα 200-240 m, ενώ τα ιζήματα είναι ελαφρώς κροκαλούχοι άμμοι ((g)S) και άμμοι (S). Όπως και στο Νότιο τμήμα παρατηρείται σύστημα επιμήκων αυλάκων (troughs) και επιμήκων ράχων (bars) σε διάφορα βάθη και αποστάσεις από την ακτογραμμή.

Τέλος, σύμφωνα με τα δεδομένα των οδεύσεων, το πλάτος της παραλίας κατά τη μετάβαση από θερινό σε χειμερινό προφίλ στις τομές 8 και 9 αυξήθηκε κατά 44,3% και 25,7% αντίστοιχα, ενώ στην τομή 10 οπισθοχώρησε κατά 22,3% (Εικ 3). Επίσης κατά τόπους το πλάτος της επι-παραλιακής ζώνης βρέθηκε να είναι σαφώς μεγαλύτερο από αυτό στις τομές 8-10 (~25 m) φθάνοντας τα 30-40 m σε θέσεις πλησίον της τομής 8 και μεταξύ των τομών 9 και 10 αλλά και πολύ μικρότερο (<10 m) σε ορισμένες θέσεις μεταξύ των τομών 8 και 9.

Στην ίδια περιοχή μεταξύ των θέσεων 8 και 9 όπου υπάρχει πυκνή δόμηση εντός της παραλιακής ζώνης, κατά το χειμερινό προφίλ παρατηρήθηκε ότι το πλάτος της παραλίας μειώθηκε σχεδόν 20 m επιτρέποντας στο χειμérico κύμα να αναρριχάται έως την περίφραξη κατοικιών και να απειλεί την ύπαρξή τους (Σχήμα 5 και 6).

Οι διαφορές που εντοπίζονται κατά τόπους στο Βόρειο τμήμα δείχνουν ότι η ανθρώπινη δραστηριότητα πιθανόν έχει μεταβάλλει τις φυσικές συνθήκες που αναδιανέμουν το ίζημα στην περιοχή: το κυρίαρχο ρεύμα με φορά προς το νότο, που προκαλείται από τους πιο συχνούς Β ανέμους και η αντικυκλωνική κίνηση των θαλάσσιων υδάτων θα έπρεπε να προκαλεί μια εικόνα γενικής οπισθοχώρησης της ακτής στο Βόρειο τμήμα όπως στη τομή 10 και σε περιοχή μεταξύ των τομών 8 και 9. Αντ' αυτού παρατηρείται προέλαση τόσο στις τομές 8 και 9, όσο και σε άλλα σημεία γεγονός που μπορεί να αποδοθεί σε πιθανή ανθρώπινη παρέμβαση (π.χ. εποχιακές -θερινές- αναπληρώσεις ιζήματος) ή/και σε ένα πιο σύνθετο ενεργό μορφοδυναμικό παράκτιο περιβάλλον που χρήζει περαιτέρω διερεύνησης.

#### Συμπεράσματα

Η παραλιακή ζώνη του Δέλτα του Πηνειού χαρακτηρίζεται από ποικιλία τοπογραφικών κλίσεων (1,5-10%), ενώ συνίσταται κυρίως από αμμώδες υλικό με μικρή παρουσία κροκαλών. Το υποθαλάσσιο τμήμα είναι αμμώδες, με μικρή κλίση (1,5-3,7%), ενώ φιλοξενεί συστήματα επιμήκων αυλάκων – ράχων (troughs-bars), ως αποτέλεσμα της κυματικής δράσης.

Επιπλέον το Νότιο τμήμα έχει γενικά μεγαλύτερο πλάτος παραλίας σε σχέση με το Βόρειο τμήμα κάτι



(α)



(β)

Σχήμα 4: Καταστροφή ή περιορισμός αμμωδών θινών στο Βόρειο τμήμα του δέλτα: α) παραλιακός δρόμος και αποκομμένη σειρά αμμοθινών, β) κατασκευή περίφραξης εντός πεδίου θινών

που μπορεί να σημαίνει είτε ότι το μεν πρώτο τροφοδοτείται (από Β) με ίζημα είτε ότι το δε δεύτερο βρίσκεται σε καθεστώς απώλειας ιζήματος είτε ότι συμβαίνουν ταυτόχρονα και οι δύο διεργασίες.

Το ενεργό τμήμα της παραλίας, δηλαδή η μεταβολή μεταξύ χειμερινού και θερινού προφίλ, είναι μεγαλύτερο στο νότιο τμήμα της, το οποίο είναι εκτεθειμένο σε εντονότερο κυματισμό, με τη μεγαλύτερη μεταβολή να σημειώνεται στη περιοχή των εκβολών.

Η ανθρώπινη παρέμβαση είναι έντονη στο Βόρειο τμήμα με αποτέλεσμα την σχεδόν ολοκληρωτική εξαφάνιση του χαμηλού πεδίου θινών που παρατηρείται στο νότιο τμήμα. Οι επιπτώσεις αυτής της παρέμβασης είναι εντονότερες σε περιοχές όπου η ακτή οπισθοχωρεί εποχιακά έως και την παραλιακή δόμηση με ενδεχόμενο αντίκτυπο μακροπρόθεσμα στην τουριστική/ παραθεριστική δραστηριότητα της περιοχής. Επιπλέον υπάρχουν ενδείξεις ότι η ανθρώπινη παρέμβαση έχει παίξει ρόλο στο πώς μεταβάλλεται με φυσικό τρόπο εποχιακά η ακτή (οπισθοχώρηση ή προέλαση), κάτι βέβαια που απαιτεί επιπλέον έρευνα για υποστηριχτεί με βεβαιότητα.

Τέλος, λόγω του περιορισμένου αριθμού μετρήσεων ακριβείας της απόλυτης θέσης της ακτογραμμής, δεν είναι δυνατή η εξαγωγή συμπερασμάτων σχετικά με το εάν είναι σταθερή, προελαύνει ή οπισθοχωρεί γεγονός που χρήζει περαιτέρω διερεύνησης.



Σχήμα 5: Ακτογραμμή θερινού και χειμερινού αιγιαλού στο Βόρειο τμήμα του δέλτα: κατοικίες εντός της σύγχρονης παραλιακής ζώνης, σε θέση μεταξύ των τομών 8 και 9, απειλούνται από τις εποχιακές μεταβολές του πλάτους της (~20 m) (Πηγή: Google Earth, 06/2013).

## Ευχαριστίες

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του Έργου ΘΑΛΗΣ-DAPHNE -ΕΚΠΑ (MIS: 375908) το οποίο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από Εθνικούς πόρους.

## Βιβλιογραφία

### Ελληνική

Αθανασούλης Γ.Α., Σκαρσουλής Ε.Κ., «Άτλας ανέμου και κύματος Βορειοανατολικής Μεσογείου Θαλάσσης», ΕΝΘΥ/ΩΚ/ΚΔ-11/92, ΓΕΝ/ΩΚ-20/92, 20+191 σελ., Ιούλιος 1992.

Καρύμπαλης Ε., Γάκη-Παπαναστασίου Κ., 2008 Γεωμορφολογική μελέτη των ποταμών Πηνειού, Καλαμά, Εύηνου και Μόρνου. Πρακτικά 4ου Πανελληνίου Συνεδρίου Διαχείριση και Βελτίωση Παράκτιων Ζωνών, Έκδοση Εργαστηρίου Λιμενικών Έργων Ε.Μ.Π., 86-94.

Οικονόμου Α., 2005 Η Παράκτια Ζώνη του Δέλτα Πηνειού Ποταμού: Ανάπτυξη και Προστασία Περιβάλλοντος. Τεχν. Χρον. Επιστ. Έκδ. ΤΕΕ, II, τευχ. 1-2), σελ. 37-47.

### Ξενόγλωσση

Carter R.W.G., 1988. Coastal Environments: An Introduction to the Physical, Ecological, and Cultural Systems of Coastlines, London; San Diego: Academic Press



Σχήμα 6: Χαρακτηριστική περίπτωση κατεστραμμένης περιφραξης κατοικίας από το χειμérico κύμα σε περιοχή μεταξύ των τομών 8 και 9.



- CERC, 1984. Shore protection Manual. U.S. Army Corps of Engineers Coastal Engineering Research Center, Washington D.C
- Cooper W.S., 1967. Coastal dunes of California. Geological Society of America Memoir, 104, 131pp
- Eronat A. H., 1999. Altinova Madra Creek region coastal erosion study, (E. Özhan, Ed.), Proc. of the MEDCOAST 99 – EMECS 99 Joint Conference: Land-Ocean Interactions – Managing Coastal Ecosystems, MEDCOAST Secretariat, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, v: 3, pp: 1525-1540.
- Folk R.L., 1980. Petrology of Sedimentary Rocks, Hemphill Publishing Co, Austin, Texas, 183 pp.
- Gaki-Papanastasiou K., Maroukian H., Pavlopoulos K. and Zamani A., 1997. The implications of the expected sea level rise on the low lying areas of continental Greece in the next century. Proceedings International Symposium of Engineering Geology and the Environment: 121-126
- Karageorgis A.P. and Anagnostou C.L., 2001. Particulate matter spatial-temporal distribution and associated sediment properties: Thermaikos Gulf and Sporades Basin, NW Aegean Sea, Continental Shelf Research 21, pp. 2141-2153.
- Khalil S., 1997. Critical problems of the Egyptian Mediterranean coastal zones, (E. Özhan, Ed.), Proc. of the Third International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST 97, MEDCOAST Secretariat, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, v: 1, pp: 513-521.
- Loizidou X. I. and Iacovou N.G., 1999. Anthropogenic coastal erosion and shoreline management in Cyprus, (E. Özhan, Ed.), Proc. of the MEDCOAST 99 – EMECS 99 Joint Conference: Land-Ocean Interactions – Managing Coastal Ecosystems, MEDCOAST Secretariat, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, v: 3, pp: 1501-1509.
- Mackay A., 2007. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Journal of Environmental Quality, 37, 2407-2407.
- Pranzini E. and Rossi L., 1995. Physical model test in the framework of beach nourishment performance evaluation, (E. Özhan, Ed.), Proc. of the Second International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST 95, MEDCOAST Secretariat, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, v: 2, pp: 1145-1159.
- Poulos S., Chronis G., Collins M. and Lykousis V., 2000. Thermaikos Gulf coastal system, NW Aegean Sea: an overview of water/sediment fluxes in relation to air-land-ocean interactions and human activities. Journal of Marine Systems, 25, 47-76.
- Poulos S.E, Alexopoulos I., Dassenakis M., Kotsopoulos S., Lazogiannis K., Matiatos I., Paraskevopoulou V., Sifnioti D.E., Ghionis G., Alexiou I. and Panagopoulos A., 2013. An investigation of the impact of the climate change on river deltas. Case Study: the delta of R. Pinios (Thessaly, Greece) – Concept and preliminary results on surface water environmental state. Proceedings of the 13th International Conference on Environmental Science and Technology Athens, Greece, 5-7 September 2013, Ref. no CEST2013\_0372.
- Simeoni, U. et al., 1997. The coastline of Albania: morphology, evolution and coastal management issues, In: Transformation and evolution of the Mediterranean coastline, Eds: F. Briand & A. Moldonado, CIESM Science Series no 3, Monaco.
- Tsimplis, M.N., 1994. Tidal oscillations in the Aegean and Ionian Seas, Estuarine Coastal and Shelf Science 3 (1994), pp. 201-208.