

ΔΙΕΡΕΥΝΗΣΗ ΤΩΝ ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΩΝ ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΩΝ ΜΕΤΑΒΟΛΩΝ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΤΟΥ ΚΥΠΑΡΙΣΣΙΑΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ

Γκιώνης Γεώργιος* και Πούλος Σεραφείμ Ε.

Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος, Τομέας Γεωγραφίας & Κλιματολογίας, Πανεπιστημιούπολη Ζωγράφου, 15784
E-mail: gghionis@geol.uoa.gr

Περίληψη

Η ακτογραμμή του Κυπαρισσιακού κόλπου έχει μήκος που υπερβαίνει τα 75 km και περιλαμβάνει τις εκβολές των ποταμών Αλφειού, Νέδα και Περιστερά. Η παραλιακή ζώνη σχετίζεται με ένα εκτεταμένο πεδίο αμμοθινών και χαρακτηρίζεται γενικώς ως αμμώδης. Σε διάφορες θέσεις κατά μήκος της ακτογραμμής παρατηρούνται σημαντικές πρόσκαιρες μεταβολές των κοκκομετρικών χαρακτηριστικών των παράκτιων ιζημάτων, οι οποίες διαρκούν από μερικές μέρες μέχρι αρκετούς μήνες. Η παρούσα εργασία διερευνά τις διαχρονικές μεταβολές αυτών των χαρακτηριστικών συγκρίνοντας δημοσιευμένα στοιχεία και αποτελέσματα νέων δειγματοληψιών που καλύπτουν τη χρονική περίοδο 1974-2001. Η μεταβλητότητα των κοκκομετρικών χαρακτηριστικών αποδίδεται στη σημαντική χρονική μεταβλητότητα και χωρική διαφοροποίηση του υδροδυναμικού καθεστώτος, στην παρουσία οριζόντων με πολύ διαφορετικά χαρακτηριστικά εντός των παραλιακών αποθέσεων και στις μορφολογικές μεταβολές της ακτής. Εξετάζονται επίσης οι επιπτώσεις της μεταβλητότητας των κοκκομετρικών χαρακτηριστικών στα προβλήματα της ιζηματολογικής ταξινόμησης των παράκτιων ιζημάτων και του προσδιορισμού αντιπροσωπευτικών τιμών των ιζηματολογικών παραμέτρων για τις μορφο- και υδροδυναμικές προσομοιώσεις της παράκτιας ζώνης.

AN INVESTIGATION OF THE DECADEAL CHANGES OF GRANULOMETRY ALONG THE BEACH FACE OF THE KYPARISSIAKOS GULF

Ghionis George* and Poulos Serafim

National and Kapodistrian University of Athens, Faculty of Geology & Geoenvironment, Department of Geography & Climatology, Panepistimioupolis Zografou 15784, Greece
E-mail: gghionis@geol.uoa.gr

Abstract

The coastline length of the Kyparissiakos Gulf exceeds 75 km, hosting the river mouths of the Alfios, Neda and Peristera rivers. Its beach zone is associated with an extensive field of sand dunes and is characterised, generally, as sandy. Significant temporary changes of the textural characteristics of the coastal sediments, lasting from a few days to more than a year, have been observed at many locations along the coastline. This paper investigates the decadal changes of the beach face granulometry, based on the intercomparison of different data sets (published and collected by the authors) spanning in time from 1974 to 2001. Significant variability of texture (mainly changes in the mean grain size) is revealed, which is attributed to the significant temporal variability of the hydrodynamic regime, the presence of sedimentary units with quite different characteristics within the beach sediments and the morphological changes of the coastline. The implications of the textural variability to the problems of sedimentological classification of beach sediments and determination of representative values of the textural parameters to be used in morpho- and hydrodynamic models of the coastal zone are discussed in detail.

Λέξεις κλειδιά: κοκκομετρικές μεταβολές, παραλιακή ζώνη, Κυπαρισσιακός κόλπος

Keywords: grain size variability, beach zone, Kyparissiakos Gulf

1. Εισαγωγή

Ο Κυπαρισσιακός κόλπος βρίσκεται στη Δυτική Πελοπόννησο και έχει μήκος ακτογραμμής περίπου 75 km. Η ακτή είναι γενικά αμμώδης σε όλο το μήκος της, εκτός από το βόρειο άκρο της

(ακρωτήριο Κατάκολο) και το νότιο άκρο της (από Κυπαρισσία μέχρι ακρωτήριο Κούνελο) όπου είναι βραχώδης. Από τις εκβολές του ποταμού Περιστερά μέχρι την Κυπαρισσία η ακτή αποτελείται από εναλλασσόμενα αμμοκροκαλώδη και βραχώδη τμήματα με παρουσία beach rock. Κατά μήκος του κεντρικού τμήματος της ακτογραμμής του Κυπαρισσιακού αναπτύσσονται 4 (και τοπικά 5) σειρές θινών με ύψη που πολλές φορές ξεπερνούν τα 4 m.

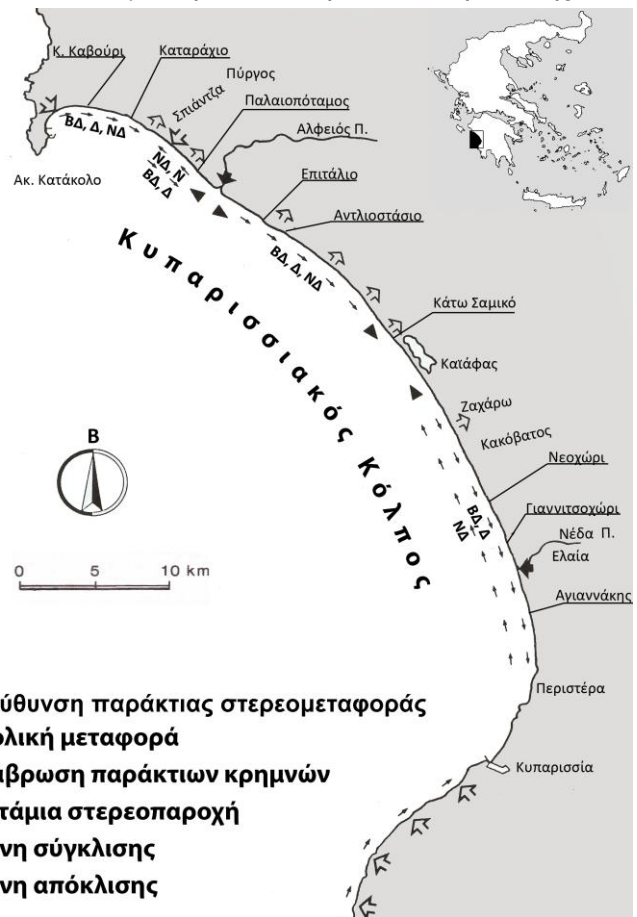
Στον κόλπο εκβάλλουν ο Αλφειός ποταμός, με μήκος 110 km και έκταση λεκάνης απορροής 3600 km², η Νέδα με μήκος 22 km και έκταση λεκάνης απορροής 278 km² και νοτιότερα ο ποταμός Περιστερά. Υπάρχουν, επίσης, αρκετοί χείμαρροι, μερικοί των οποίων δεν έχουν ορατή κατάληξη στην θάλασσα, λόγω ανθρωπογενών επεμβάσεων (Αλεξούλη-Λειβαδίτη, 1990) ή μικρής και εποχικής ροής. Σύμφωνα με τους Roulos et al. (2002), το σύνολο της ενδοχώρας που αποστραγγίζεται στον Κυπαρισσιακό κόλπο δύναται να προσφέρει >2,5*10⁶ tonnes/a ιζημάτων. Τις τελευταίες δεκαετίες, όμως, λόγω των ποικίλων ανθρωπογενών παρεμβάσεων και κυρίως με την κατασκευή φραγμάτων (Λάδωνα και Φλόκα) και τις εκτεταμένες αμμοχαλικοληφίες από τις κοίτες των ποταμών, η προσφορά ιζημάτων έχει μειωθεί δραστικά.

Το κυματικό καθεστώς χαρακτηρίζεται από ανεμογενή κύματα ΝΔ και Δ προέλευσης που λόγω του μεγάλου μήκους αναπτύγματος πνοής ανέμου (>500 km), φτάνουν τα 6m ύψος με περιόδους ~12s (Cavaleri et al., 1991, Αθανασούλης και Σκαρσουλής, 1992). Αντίθετα οι ΒΔ άνεμοι, λόγω του περιορισμένου μήκους αναπτύγματος (71km), δίνουν κύματα με ύψη <4,4m και περιόδους <8,2 s, αν και τα μέγιστα δυνατά κυματικά χαρακτηριστικά για αυτή τη διεύθυνση είναι 6,42 m /9.33 s (Ghionis and Ferentinos, 1992, Γκιώνης, 2000). Τα συχνότερα εμφανιζόμενα κύματα οφείλονται σε Δ και ΝΔ ανέμους και έχουν μέσα ύψη που κυμαίνονται από 0,14 έως 1,58 m και περιόδους από 2,12 έως 7,18 s. Τα κύματα που προκαλούνται από ΒΔ ανέμους έχουν μέσα ύψη που κυμαίνονται από 0,14 έως 1,08 m και περιόδους 2,12 ως 4,80 s.

Η συνολική ετήσια δυνητική παράκτια στερεομεταφορά υπερβαίνει τους 2*10⁶ tonnes/a με γενική φορά από Νότο προς Βορά. Μια ζώνη απόκλισης των παράκτιων ρευμάτων και στερεομεταφοράς αναπτύσσεται στην περιοχή των εκβολών του Αλφειού ποταμού και μια ζώνη σύγκλισης στην περιοχή του Καϊάφα (Σχήμα 1). Η αφθονία λεπτόκοκκου (αμμώδους) υλικού στον υποθαλάσσιο χώρο αποδεικνύεται και από την παρουσία πολλαπλών παράλληλων σειρών ευθύγραμμων (linear) υποθαλάσσιων ράχων στο βόρειο τμήμα, διαδοχικών προσκολλημένων τεταρτοσεληνοειδών (welded) στο κεντρικό τμήμα και ημισεληνοειδών (crescentic) στο νότιο τμήμα του κόλπου (Φερεντίνος κ.α., 1987, Γκιώνης 1993 και 2000).

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι να διερευνήσει την κοκκομετρική μεταβλητότητα των ιζημάτων του μετώπου της παραλιακής ζώνης του Κυπαρισσιακού, να εντοπίσει τα αίτιά της και να προτείνει τρόπους προσδιορισμού των αντιπροσωπευτικών τιμών του μέσου μεγέθους κόκκων, που μαζί με την μέση κλίση της παραλίας είναι απαραίτητες για τους υπολογισμούς της παράκτιας στερεομεταφοράς και για τις μαθηματικές προσομοιώσεις (μοντέλα) της εξέλιξης της ακτής.

2. Συλλογή δεδομένων - Μεθοδολογία



Σχήμα 1: Διευθύνσεις παράκτιας στερεομεταφοράς στον Κυπαρισσιακό κόλπο βάσει θεωρητικών υπολογισμών και υδροδυναμικών μετρήσεων (Γκιώνης, 2000).

Τα υπάρχοντα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία προέρχονται από τις δημοσιευμένες εργασίες των Πανάγου κ.ά. (1974), Φερεντίνου κ.α. (1987), Αλεξούλη-Λειβαδίτη (1990) και Γκιώνη (1993). Επί πλέον, στα πλαίσια της εργασίας αυτής, έγιναν οι κοκκομετρικές αναλύσεις 115 δειγμάτων που είχαν συλλεχθεί από το μέτωπο της παραλίας κατά μήκος της ακτογραμμής του Κυπαρισσιακού από τους Γκιώνη (1988-2001) και Πούλο-Γιαλούρη (2000).

Η δειγματοληψία των Πανάγου κ.ά. (1974) αφορά τρία τμήματα ακτογραμμής, μήκους 1 km έκαστο, στις περιοχές του Καϊάφα, της Ελαίας και της Κυπαρισσίας, όπου συλλέχθηκαν 19, 20 και 20 δείγματα, αντιστοίχως.

Η δειγματοληψία των Φερεντίνου και Κοντόπουλου έλαβε χώρα κατά το διάστημα Απρίλιος/Μάιος του 1985 (από Καϊάφα μέχρι Κυπαρισσία) και Απρίλιος-Ιούνιος του 1986 (από Καϊάφα μέχρι Κατάκολο). Συλλέχθηκαν 159 δείγματα που καλύπτουν το συνολικό μήκος της ακτογραμμής με βήμα δειγματοληψίας περί τα 400 m, αναλύθηκαν από τον Βούλγαρη (1986) και τα αποτελέσματα των κοκκομετρικών αναλύσεων σε συνδυασμό με τις παράκτιες ιζηματολογικές και γεωμορφολογικές παρατηρήσεις δημοσιεύτηκαν από τους Φερεντίνου κ.α. (1987).

Η δειγματοληψία της Αλεξούλη-Λειβαδίτη περιλαμβάνει 106 δείγματα από τον πυθμένα, το μέτωπο της παραλίας και τον παραλιακό αναβαθμό (berm), τα οποία συλλέχθηκαν τον Αύγουστο του 1986 από 44 θέσεις κατά μήκος της ακτογραμμής του Κυπαρισσιακού (από τις εκβολές του Περιστερά P. μέχρι το Κατάκολο). Από τα δημοσιευμένα αποτελέσματα των αναλύσεων αυτών των δειγμάτων (Αλεξούλη-Λειβαδίτη, 1990) χρησιμοποιούνται στην παρούσα εργασία τα 44, τα οποία προέρχονται από το μέτωπο της παραλιακής ζώνης.

Ο Γκιώνης πραγματοποίησε επαναλαμβανόμενες σειρές δειγματοληψιών, με διαφορά λίγων ημερών η μία από την άλλη, κατά τα διαστήματα Νοέμβριος 1988, Ιανουάριος-Μάρτιος 1989 και Νοέμβριος 1989, σε 20 επιλεγμένες θέσεις/τμήματα της ακτογραμμής του Κυπαρισσιακού Κόλπου (βλέπε Σχήμα 2) σε συνδυασμό με μορφοδυναμικές και υδροδυναμικές μετρήσεις και ιζηματολογικές παρατηρήσεις και επαναλαμβανόμενες (ανά 3 μήνες) δειγματοληψίες και ιζηματολογικές παρατηρήσεις στις ίδιες θέσεις κατά το διάστημα 1990-2001. Τα αποτελέσματα των κοκκομετρικών αναλύσεων 176 δειγμάτων από αυτές τις δειγματοληψίες έχουν δημοσιευτεί στο παρελθόν (Γκιώνης 1993 και 2000), ενώ 98 επί πλέον δείγματα αναλύθηκαν για πρώτη φορά στα πλαίσια της παρούσας εργασίας. Από το σύνολο των παραπάνω δειγμάτων χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία 202 δείγματα προερχόμενα από το μέτωπο της ακτής.

Η πλέον πρόσφατη δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε τον Αύγουστο του 2000 από τους Πούλο και Γιαλούρη και περιελάμβανε τη συλλογή 17 δειγμάτων από το μέτωπο της παραλίας σε θέσεις ομοιόμορφα κατανεμημένες κατά μήκος της ακτογραμμής του Κυπαρισσιακού κόλπου (Σχήμα 2).

3. Αποτελέσματα

Για να διευκολυνθεί η σύγκριση των αποτελεσμάτων των διαφόρων ιζηματολογικών δειγματοληψιών και παρατηρήσεων, η παράκτια ζώνη του Κυπαρισσιακού κόλπου χωρίστηκε σε 6 περιοχές: 1) από Κατάκολο μέχρι Σπιάντζα, 2) εκβολές Αλφειού, 3) από Επιτάλιο μέχρι Καϊάφα, 4) από Ζαχάρω μέχρι Γιαννιτοχώρι, 5) εκβολές Νέδας και 6) από Ελαία μέχρι Κυπαρισσία. Τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών ομαδοποιήθηκαν κατά περιοχή, επεξεργάστηκαν στατιστικά και παρουσιάζονται συνοπτικά στον Πίνακα 1.

3.1 Γενικά κοκκομετρικά χαρακτηριστικά των παράκτιων ιζημάτων

Σε όλες τις δειγματοληψίες παρατηρείται μια γενική τάση μείωσης του μέσου μεγέθους κόκκων των ιζημάτων από Νότο προς Βορά, που αποδίδεται από τους Πανάγος κ.α. (1976) και από την Αλεξούλη-Λειβαδίτη (1990) σε αντίστοιχη μείωση της κυματικής ενέργειας από Νότο προς Βορά.

Με βάση θεωρητικούς υπολογισμούς των αναμενόμενων κυματικών χαρακτηριστικών και της δυναμικής παράκτιας στερεομεταφοράς οι Φερεντίνος κ.α. (1987) αποδίδουν τις παρατηρούμενες διαφοροποιήσεις των κοκκομετρικών χαρακτηριστικών των ιζημάτων σε διαφοροποιήσεις του υδροδυναμικού καθεστώτος κατά μήκος της ακτογραμμής του Κυπαρισσιακού και συμπεραίνουν την ύπαρξη μιας ζώνης σύγκλισης των διευθύνσεων παράκτιας στερεομεταφοράς στην περιοχή του Καϊάφα και μιας ζώνης απόκλισης στις εκβολές του Αλφειού ποταμού.

Οι σημαντικές διαφοροποιήσεις των κοκκομετρικών χαρακτηριστικών των ιζημάτων που παρατηρήθηκαν σε ορισμένες θέσεις κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών και παρατηρήσεων Γκιώνη (1988-2001) παρουσιάζονται αναλυτικά κατωτέρω.

Πίνακας 1: Κοκκομετρικά χαρακτηριστικά των παραλιακών ιζημάτων του Κυπαρισσιακού κόλπου (δειγματοληψίες 1974-2001).

Ακτή	M _z (φ)		σ _i (φ)	
	Εύρος τιμών	Μέση τιμή	Εύρος τιμών	Μέση τιμή
<u>Δειγματοληψία Πανάγου (1974)</u>				
Καϊάφας	0,91 ως 1,90	1,67	0,31-1,44	0,42
	Μέση ως χονδρόκοκκη άμμος με πολύ καλή ως καλή διαβάθμιση			
Ελαία	-0,44 ως 1,31	0,16	0,42-1,44	0,99
	Πολύ χονδρόκοκκη ως μέση άμμος με καλή ως κακή διαβάθμιση			
Κυπαρισσία	-1,48 ως 1,53	-0,14	0,23-2,65	0,84
	Ψηφίδες ως μέση άμμος με πολύ καλή ως πολύ κακή διαβάθμιση			
<u>Δειγματοληψία Φερεντίνου Κοντόπουλου (1985-1986)</u>				
Κατάκολο- Σπιάντζα	1,34 ως 3,14	2,34	0,33 – 0,87	0,45
	Μέση ως πολύ λεπτή άμμος με πολύ καλή ως μέτρια διαβάθμιση			
Εκβολές Αλφειού	-3,56 ως 1,82	0,22	0,31 – 0,81	0,46
	Χάλικες ως μέση άμμος με πολύ καλή ως μέτρια διαβάθμιση			
Επιτάλιο- Καϊάφας	-2,46 ως 2,07	0,88	0,17 – 1,81	0,61
	Χάλικες ως λεπτόκοκκη άμμος με πολύ καλή ως κακή διαβάθμιση			
Ζαχάρω- Γιαννισοχώρι	-1,70 ως 2,07	1,27	0,23 – 1,57	0,62
	Ψηφίδες ως λεπτόκοκκη άμμος με πολύ καλή ως κακή διαβάθμιση			
Εκβολές Νέδας	1,61 ως 1,87	1,74	0,51 – 0,58	0,54
	Μέση άμμος με μέτρια διαβάθμιση (κροκάλες 120 m εκατέρωθεν των εκβολών)			
Ελαία- Κυπαρισσία	-0,47 ως 1,87	0,36	0,19 – 1,08	0,64
	Πολύ χονδρόκοκκη ως μεσόκοκκη άμμος με πολύ καλή ως κακή διαβάθμιση			
<u>Δειγματοληψία Αλεξούλη-Λειβαδίτη (1986)</u>				
Κατάκολο- Σπιάντζα	-0,21 ως 2,60	2,00	0,39 – 0,94	0,57
	Πολύ χονδρή ως λεπτή άμμος με καλή ως μετρίως καλή διαβάθμιση			
Εκβολές Αλφειού	1,50 ως 1,71	1,61	0,52 – 0,87	0,70
	Μέση άμμος με μέτρια ως μετρίως καλή διαβάθμιση			
Επιτάλιο- Καϊάφας	-1,00 ως 2,06	1,24	0,20 – 1,04	0,64
	Πολύ χονδρή ως λεπτή άμμος (κυρίως μέση) με πολύ καλή ως κακή διαβάθμιση			
Ζαχάρω- Γιαννισοχώρι	-0,16 ως 2,25	1,49	0,45 – 0,92	0,62
	Πολύ χονδρή ως λεπτή άμμος με καλή ως μέτρια διαβάθμιση			
Εκβολές Νέδας	1,40 ως 1,96	1,70	0,46 – 1,03	0,72
	Μέση άμμος με καλή ως κακή διαβάθμιση			
Ελαία- Κυπαρισσία	-2,26 ως 1,30	0,05	0,32 – 1,16	0,78
	Χονδρή άμμος ως χάλικες με πολύ καλή ως κακή διαβάθμιση			
<u>Δειγματοληψίες και παρατηρήσεις Γκιώνη (1988-2001)</u>				
Κατάκολο- Σπιάντζα	2,47 ως 3,09	2,04	0,31 – 1,62	0,58
	Λεπτή ως πολύ λεπτή άμμος με πολύ καλή ως κακή διαβάθμιση			
Εκβολές Αλφειού	0,80 ως 1,75	1,48	0,29 – 0,85	0,64
	Μέση ως χονδρή άμμος με πολύ καλή ως μέτρια διαβάθμιση			
Επιτάλιο- Καϊάφας	-0,75 ως 1,71	0,23	0,41 – 1,68	1,04
	Μέση ως πολύ χονδρή άμμος με καλή ως κακή διαβάθμιση			
Ζαχάρω- Γιαννισοχώρι	0,93 ως 2,73	1,82	0,31 – 2,82	0,53
	Λεπτή ως μέση άμμος με πολύ καλή ως πολύ κακή διαβάθμιση			
Εκβολές Νέδας	1,42 ως 1,97	1,84	0,37 – 1,02	0,55
	Μέση άμμος με με καλή ως κακή διαβάθμιση			
Ελαία- Κυπαρισσία	0,07 ως 1,32	0,38	0,40 – 0,82	0,81
	Πολύ χονδρή ως μέση άμμος με καλή ως μέτρια διαβάθμιση			

Πίνακας 1 (συνέχεια): Κοκκομετρικά χαρακτηριστικά των παραλιακών ιζημάτων του Κυπαρισσιακού κόλπου (δειγματοληψίες 1974-2001).

Ακτή	M_z (φ)		σ_i (φ)	
	Εύρος τιμών	Μέση τιμή	Εύρος τιμών	Μέση τιμή
<u>Δειγματοληψία Πούλου-Γιαλούρη (2000)</u>				
Κατάκολο-Σπιάντζα	1,75 ως 3,40	2,61	0,24 – 0,57	0,47
Εκβολές Αλφειού	Πολύ χονδρή ως πολύ λεπτή άμμος με πολύ καλή ως μετρίως καλή διαβάθμιση			
	0,76 ως 1,91	1,34	0,28 – 0,88	0,58
Επιτάλιο-Καϊάφας	Χαλικούχος χονδρή άμμος ως μέση άμμος με πολύ καλή ως μέτρια διαβάθμιση			
	1,57 ως 2,02	1,79	0,28 – 1,12	0,63
Ζαχάρω-Γιαννισοχώρι	Χαλικούχος μέση ως λεπτή άμμος με πολύ καλή ως κακή διαβάθμιση			
	1,91 ως 2,04	1,98	0,31 – 0,35	0,33
Εκβολές Νέδας	Ελαφρώς χαλικούχος μέση άμμος ως λεπτή άμμος με πολύ καλή διαβάθμιση			
	1,97	1,97	0,37	0,37
Ελαία-Κυπαρισσία	Ελαφρώς χαλικούχος μέση άμμος με καλή διαβάθμιση			
	-1,24 ως -1,54	-1,44	0,50 – 1,53	1,02
	Αμμούχοι χάλικες (ψηφίδες) ως χαλικούχος άμμος με μετρίως καλή ως κακή διαβάθμιση			

3.2 Αποτελέσματα δειγματοληψιών και παρατηρήσεων Γκιώνη (1988-2001)

Κατά τη διάρκεια των κοκκομετρικών δειγματοληψιών με παράλληλες υδροδυναμικές μετρήσεις (έτη 1988 – 1992) το αδρομερέστερο ίζημα που παρατηρήθηκε στη ζώνη διαβροχής του νοτίου τμήματος του Κυπαρισσιακού κόλπου (από εκβολές Νέδας μέχρι Κυπαρισσία) ήταν χονδρόκοκκη άμμος, με εξαίρεση δύο δείγματα με μέσο μέγεθος κόκκων (M_z) -1,04 φ και -1,05 φ, τα οποία ταξινομούνται ως αμμούχοι χάλικες. Σε μεταγενέστερες παρατηρήσεις και δειγματοληψίες (1993 – 2000) στην ίδια περιοχή, η ζώνη διαβροχής απτελείτο από ιζήματα των οποίων το μέσο μέγεθος κόκκων είχε την τάση να αυξάνεται προς Νότο (με μέση τιμή M_z = -1,54 φ) και τα οποία ταξινομούνται ως χαλικούχες άμμοι έως αμμούχοι χάλικες. Οι μεταγενέστερες αυτές παρατηρήσεις συμφωνούν με τα αποτελέσματα της δειγματοληψίας Φερεντίνου-Κοντόπουλου. Αντίθετα κοντά στις εκβολές του Αλφειού ποταμού και σε όλες τις παρατηρήσεις στο διάστημα 1988 – 2000, η ζώνη διαβροχής απτελείτο από μεσόκοκκη ως χονδρόκοκκη άμμο, χωρίς να παρατηρηθούν ποτέ τα χονδρόκοκκα ιζήματα (ψηφίδες ως μικρές κροκάλες) που αναφέρονται από τους Φερεντίνου και Κοντόπουλο. Σε δύο περιπτώσεις όμως, το 1992, παρατηρήθηκαν σε απόσταση μικρότερη των 500 m από το νότιο στόμιο του Αλφειού beach cusps των οποίων τα «ακρωτήρια» απτελούντο από ψηφίδες και χάλικες με μέση τιμή M_z = -1,24 φ. Επί πλέον σε δύο παρατηρήσεις (Φεβρουάριος και Απρίλιος 2001), μετά από έντονα κυματικά επεισόδια, το μέτωπο της ακτής του νοτίου τμήματος των εκβολών του Αλφειού απτελείτο από χάλικες με μέσο μέγεθος -3.0 φ. Οι δύο αυτές παρατηρήσεις ουσιαστικά ταυτίζονται με αυτές των Φερεντίνου-Κοντόπουλου το 1986. Τον Αύγουστο του 2001 το νότιο τμήμα των εκβολών του Αλφειού απτελείτο πάλι από χονδρόκοκκη έως μεσόκοκκη άμμο.

Η κοκκομετρική σύσταση των ιζημάτων της παραλίας του Κακόβατου είναι αξιοσημείωτα σταθερή (μεσόκοκκη άμμος, πολύ καλά ή καλά διαβαθμισμένη) και δεν επηρεάζεται σημαντικά από τις διαφορετικές κυματικές συνθήκες στη ζώνη απόσβεσης. Ουδέποτε παρατηρήθηκαν ιζήματα αδρομερέστερα της χονδρόκοκκης άμμου στην παραλία αυτή κατά το διάστημα 1988-2001.

Στην περιοχή του όρμου του Κατάκολου τα ιζήματα χαρακτηρίζονται ως λεπτόκοκκη έως πολύ λεπτόκοκκη άμμος με πολύ καλή έως καλή διαβάθμιση. Σε δύο περιπτώσεις, όμως (1989 και 1992), παρατηρήθηκαν διάσπαρτες ψηφίδες και χάλικες πάνω στη λεπτόκοκκη άμμο (μέση τιμή M_z = -2,28 φ με κακή διαβάθμιση) μετά από ιδιαίτερα έντονα κυματικά επεισόδια Ν και ΝΔ προέλευσης.

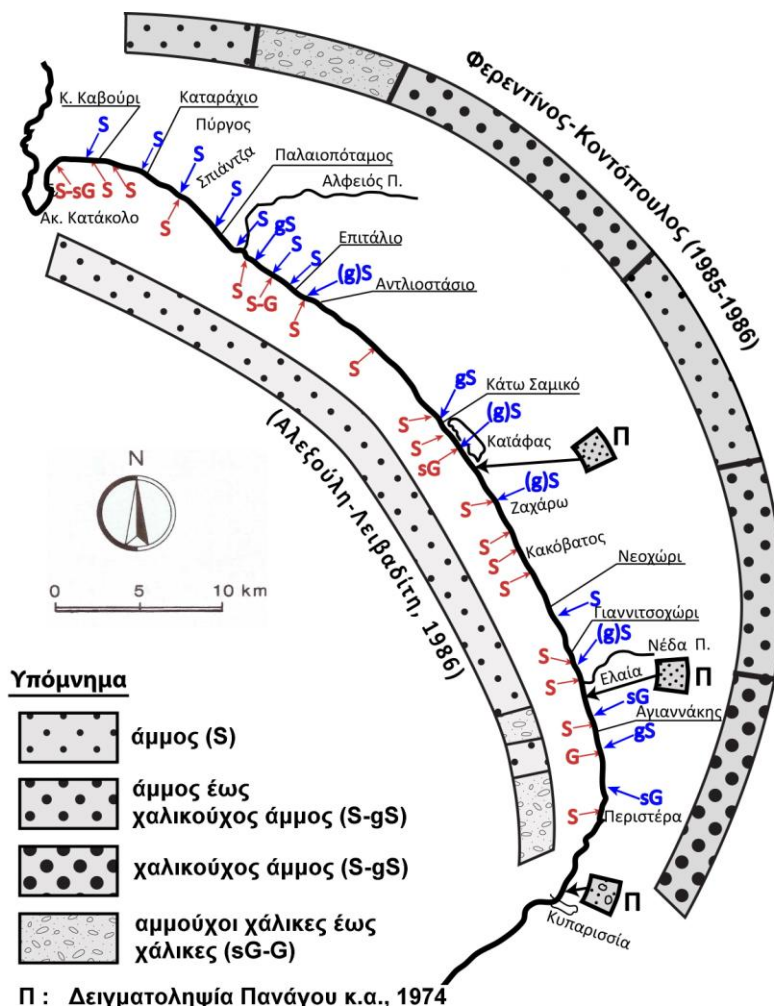
4. Συζήτηση

Από τη σύγκριση των ανωτέρω αποτελεσμάτων προκύπτει ότι διαχρονικά κάποια τμήματα του Κυπαρισσιακού κόλπου εμφανίζουν αξιοσημείωτη σταθερότητα των κοκκομετρικών τους χαρακτηριστικών, ενώ κάποια άλλα εμφανίζουν ιδιαίτερα σημαντικές μεταβολές (Σχήμα 2).

Στο κεντρικό τμήμα του Κυπαρισσιακού κόλπου (από Επιτάλιο μέχρι Γιαννισοχώρι) επικρατεί ο αμμώδης χαρακτήρας των ιζημάτων σε όλες τις δειγματοληψίες και οι παρατηρούμενες μεταβολές είναι μικρές και σχετίζονται με πρόσκαιρες αλλαγές των υδροδυναμικών συνθηκών.

Όπως προκύπτει από τους θεωρητικούς υπολογισμούς και τις υδροδυναμικές μετρήσεις (Φερεντίνος κ.α., 1987 και Γκιώνης, 2000) η παράκτια στερεομεταφορά από τις εκβολές του Αλφειού μέχρι τον Καϊάφα είναι προς Νότο για όλες τις διευθύνσεις κυμάτων, ενώ από τις εκβολές της Νέδας μέχρι τον Καϊάφα είναι προς Νότο για ΒΔ και Δ κύματα και προς Βορά για κύματα ΝΔ προέλευσης (βλ. Σχήμα 1). Αποτέλεσμα είναι η συκέντρωση και «αποθήκευση» μεγάλων ποσοτήτων άμμου στις υποθαλάσσιες ράχες, την ευρεία παραλιακή ζώνη και τα πεδία αμμοθινών της κεντρικής περιοχής του Κυπαρισσιακού. Η αφθονία αμμωδών ιζημάτων προσδίδει εξαιρετική σταθερότητα στην κοκκομετρική σύσταση της ακτής και οι μικρές μεταβολές (από άμμο σε ελαφρώς χαλικούχο άμμο ή αντιστρόφως) οφείλονται στην μετατόπιση του λεπτομερέστερου κλάσματος από την παραλία προς τις υποθαλάσσιες ράχες κατά τη διάρκεια έντονων κυματικών επεισοδίων και την επιστροφή του κατά τη διάρκεια περιόδων χαμηλής κυματικής ενέργειας. Η καλή ως πολύ καλή διαβάθμιση των ιζημάτων και η σχεδόν σταθερές τιμές τυπικής απόκλισης κατά θέση επιβεβαιώνουν την εκτίμηση ότι οι παρατηρούμενες μεταβολές οφείλονται σε τοπικές ανακατανομές των διαθέσιμων ιζημάτων και όχι σε αλλοίωση των κοκκομετρικών χαρακτηριστικών λόγω στερεομεταφοράς κατά μήκος της ακτής.

Αντίθετα, στη ζώνη απόκλισης της παράκτιας στερεομεταφοράς στην περιοχή των εκβολών του Αλφειού η σύσταση των παράκτιων ιζημάτων δεν είναι σταθερή και εξαρτάται κυρίως από τις παλαιότερες αποθέσεις και τη σύγχρονη προσφορά ιζημάτων από τον Αλφειό ποταμό. Οι μεταβολές των κοκκομετρικών χαρακτηριστικών του μετώπου της ακτής είναι σημαντικές (από άμμο σε χάλικες), μπορούν να συμβούν σε μικρό χρονικό διάστημα και να διαρκέσουν από μερικές ώρες μέχρι μερικούς μήνες. Για παράδειγμα, τον Απρίλιο και Ιούνιο 1986 από τις δειγματοληψίες Φερεντίνου-Κοντόπουλου τα ιζήματα των εκβολών του Αλφειού χαρακτηρίζονται ως χάλικες έως μεσόκοκκη άμμος, τον Αύγουστο 1986 χαρακτηρίζονται ως μεσόκοκκη άμμος (δειγματοληψία Αλεξούλη Λειβαδίτη), το 1988-1989 μεσόκοκκη άμμος, το 1990-1991 μεσόκοκκη έως χονδρόκοκκη άμμος, το 1992 μεσόκοκκη ως χονδρόκοκκη άμμος με ψηφίδες και χάλικες κατά θέσεις, από το 1993 ως το 2000 μεσόκοκκη ως χονδρόκοκκη άμμος (δειγματοληψίες και παρατηρήσεις Γκιώνης), τον Αύγουστο 2000 χαλικούχος χονδρόκοκκη άμμος έως μεσόκοκκη άμμος (δειγματοληψία Πούλου-Γιαλούρη), το Φεβρουάριο και Απρίλιο 2001 χάλικες έως αμμούχοι χάλικες και τον Αύγουστο 2001 μεσόκοκκη άμμος (παρατηρήσεις Γκιώνης). Οι εμφανίσεις αδρομερούς υλικού που παρατηρήθηκαν από τον Γκιώνη σχετίζονταν είτε με αυξημένη κυματική ενέργεια και επιπέδωση του μετώπου της ακτής (2001) είτε με τη δημιουργία ρυθμικών γεωμορφών (beach cusps) κατά τη φάση εξασθένησης έντονων



Σχήμα 2: Συνοπτική παρουσίαση των κοκκομετρικών μεταβολών των ιζημάτων κατά μήκος της ακτογραμμής του Κυπαρισσιακού κόλπου με βάση τα αποτελέσματα όλων των δειγματοληψιών (1974-2001). Τα κόκκινα σύμβολα αντιπροσωπεύουν τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών & παρατηρήσεων Γκιώνη (1988-2001) και τα μπλε σύμβολα της δειγματοληψίας Πούλου-Γιαλούρη (2000).

κυματικών επεισοδίων δυτικής ή βορειοδυτικής προέλευσης (1992) και ενώ η κυματική ενέργεια στην προάκτια ζώνη ήταν ακόμη αρκετά υψηλή. Κατά τη διάρκεια της μέγιστης έντασης του κυματικού επεισοδίου η ζώνη διαβροχής είχε επιπεδωθεί και τα beach cusps σχηματίστηκαν με επιλεκτική απόθεση χονδρόκοκκου υλικού στις θέσεις των «ακρωτηρίων» χωρίς διάβρωση στις θέσεις των «εγκολπώσεων».

Ο πιθανός μηχανισμός που μπορεί να εξηγήσει τις παραπάνω παρατηρήσεις είναι ο εξής: Αρχικά η παραλία αποτελείται κατά κύριο λόγο από χονδρόκοκκη άμμο που περιέχει έναν ή περισσότερους ορίζοντες από ψηφίδες ή χάλικες που έχουν αποθεθεί στο παρελθόν. Με την αύξηση της κυματικής ενέργειας που συνοδεύει την αρχή ενός κυματικού επεισοδίου, διαβρώνεται η αρχική επιφάνεια της παραλίας και ένας ή περισσότεροι ορίζοντες χονδρόκοκκου υλικού. Η ζώνη διαβροχής επιπεδώνεται και αποκτά μια νέα κλίση ισορροπίας με τις υπάρχουσες υδροδυναμικές συνθήκες, αποτελούμενη από χονδρόκοκκη άμμο. Το ίζημα που διαβρώθηκε βρίσκεται σε διαρκή κίνηση στην προάκτια ζώνη υπό την επίδραση των κυμάτων, η μεν χονδρόκοκκη άμμος ως αιωρούμενο υλικό, οι δε ψηφίδες και χάλικες ως κυλιόμενο υλικό στο κατώτερο τμήμα της παραλίας πάνω από το σκαλοπάτι. Όταν η κυματική ενέργεια μειωθεί τόσο ώστε να διατηρεί σε κίνηση τη χονδρόκοκκη άμμο, αλλά να μη μπορεί πλέον να συντηρήσει την κίνηση των χάλικων και ψηφίδων, το υλικό αυτό αποτίθεται είτε ως ενιαίος επιφανειακός ορίζοντας, είτε κατά θέσεις δημιουργώντας γεωμορφές. Αν υπήρχε αρκετός όγκος χονδρόκοκκου υλικού σε κίνηση, ώστε η απόθεση να είναι εκτεταμένη, η ζώνη διαβροχής φαίνεται να αποτελείται από ψηφίδες και χάλικες. Ανάλογα με το κυματικό επεισόδιο, αυτή η περίοδος μέτριας κυματικής ενέργειας μπορεί να διαρκέσει από λιγότερο από μία ώρα μέχρι μερικές ημέρες. Όταν υπάρξει περαιτέρω μείωση της κυματικής ενέργειας, αποτίθεται η χονδρόκοκκη άμμος καλύπτοντας τις ψηφίδες. Όσο διαρκεί η περίοδος ήπιων κυματικών συνθηκών, η αργή μετακίνηση άμμου από την προάκτια ζώνη προς την παραλία προκαλεί αύξηση του πάχους αυτής της απόθεσης και η ζώνη διαβροχής αποτελείται εκ νέου από χονδρόκοκκη άμμο που περικλείει σε κάποιο βάθος έναν ορίζοντα από ψηφίδες και χάλικες. Η ύπαρξη τέτοιων οριζόντων επιβεβαιώθηκε με τρεις διερευνητικές τομές βάθους ενός μέτρου που έγιναν στην παραλία νότια από το στόμιο του Αλφειού και στις οποίες βρέθηκαν δύο ορίζοντες αδρομερούς υλικού με πάχη 1.5 cm και 3.5 cm. Παρόμοιοι ορίζοντες παρατηρήθηκαν και σε άλλες θέσεις, όπως π.χ. στις αμμώδεις αποθέσεις μεταξύ Επιταλίου και Ανεμοχωρίου που διαβρώθηκαν με σχηματισμό scarp.

Με τον ίδιο μηχανισμό μπορεί να εξηγηθεί η περιστασιακή εμφάνιση αδρομερούς υλικού στα παράκτια ιζήματα του όρμου του Κατακόλου κατά τη διάρκεια έντονων κυματικών επεισοδίων Ν και ΝΔ προέλευσης.

Στο νότιο Κυπαρισσιακό κόλπο, κατά τη διάρκεια παρατεταμένων περιόδων κατά τις οποίες επικρατούν κύματα ΒΔ ή Δ προέλευσης, η παράκτια στερεομεταφορά είναι δυνατόν να μετακινήσει σημαντικές ποσότητες ιζημάτων από το αμμώδες κεντρικό τμήμα του κόλπου και δελταϊκές αποθέσεις από τις εκβολές της Νέδας προς το τμήμα Ελαία-Κυπαρισσία. Επίσης κατά τη διάρκεια παρατεταμένων περιόδων ήπιων κυματικών συνθηκών είναι δυνατόν να μετακινηθούν μεγάλες ποσότητες άμμου από την προάκτια ζώνη προς την παραλία και να καλύψουν αδρομερέστερες αποθέσεις της περιοχής. Υπό την επίδραση κυματικών επεισοδίων μέτριας έντασης και διάρκειας, η παραλία μπορεί να συνεχίσει να εμφανίζεται ως αμμώδης για μεγάλο διάστημα, μέχρι κάποιο έντονο κυματικό επεισόδιο να απομακρύνει την πλεονάζουσα άμμο, αποκαθιστώντας την αρχική κοκκομετρική σύσταση. Δεδομένου ότι οι κύριες πηγές ιζημάτων για το νότιο τμήμα του Κυπαρισσιακού κόλπου είναι η περιστασιακή προς Νότο στερεομεταφορά κατά μήκος της ακτής, και η στερεομεταφορά των τοπικών υδατορευμάτων, η ποσότητα και η σύσταση των παράκτιων ιζημάτων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις δελταϊκές αποθέσεις της Νέδας. Η εξέλιξη, επομένως της παράκτιας ζώνης μπορεί να επηρεαστεί δυσμενώς από τις εκτεταμένες αμμοχαλικοληψίες από την κοίτη της Νέδας κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών.

Από τα ανωτέρω συμπεραίνεται ότι, με την εξαίρεση του κεντρικού τμήματος του Κυπαρισσιακού κόλπου, για τον προσδιορισμό των κοκκομετρικών χαρακτηριστικών των παράκτιων ιζημάτων δεν αρκεί μια απλή δειγματοληψία. Η συνήθης πρακτική είναι να συλλέγεται ίζημα από τα επιφανειακά 2 cm, ώστε το δείγμα να αντιπροσωπεύει μια ιζηματολογική μονάδα που είναι σε ισορροπία με τις παρατηρούμενες υδροδυναμικές συνθήκες κατά τη στιγμή της δειγματοληψίας. Η πρακτική αυτή μπορεί να οδηγήσει σε σημαντικά σφάλματα, ιδιαίτερα αν τα αποτελέσματα πρόκειται να χρησιμοποιηθούν για τη μελέτη παράκτιων τεχνικών έργων ή σε μαθηματικές προσομοιώσεις (μοντέλα) της εξέλιξης της ακτής. Σε ακτές για τις οποίες δεν υπάρχουν μακροχρόνιες παρατηρήσεις των ιζηματολογικών χαρακτηριστικών, προτείνεται αντί για δειγματοληψία των επιφανειακών ιζημάτων να γίνεται πυρηνοληψία μέχρι βάθους τουλάχιστον 50 cm. Αν ο πυρήνας περιέχει ορίζοντες με

σημαντικές διαφορές στο μέσο μέγεθος κόκκων, θα πρέπει να αναλύονται τα επιφανειακά 2 cm για τον προσδιορισμό των ιζηματολογικών χαρακτηριστικών που αντιστοιχούν στις υδροδυναμικές συνθήκες κατά τη στιγμή της δειγματοληψίας και ο αδρομερέστερος και ο λεπτομερέστερος ορίζοντας για τον προσδιορισμό του πιθανού εύρους μεταβολών των κοκκομετρικών χαρακτηριστικών των ιζημάτων της ακτής.

5. Συμπεράσματα

Η παραλιακή ζώνη του Κυπαρισσιακού κόλπου αποτελείται γενικώς από χονδρόκοκκη έως μεσόκοκκη άμμο, με εξαίρεση το νότιο άκρο που είναι αδρομερέστερο (χαλικούχος άμμος έως αμμούχοι χάλικες) και την περιοχή του όρμου του Κατακόλου που αποτελείται από λεπτόκοκκη άμμο. Το κεντρικό τμήμα του κόλπου έχει σχεδόν σταθερή σύσταση μεσόκοκκης άμμου, ενώ στον υπόλοιπο κόλπο μπορούν να εμφανιστούν περιστασιακά αδρομερέστερα ιζήματα, η παρουσία των οποίων σχετίζεται είτε με έντονα κυματικά επεισόδια, είτε με την ανάπτυξη ρυθμικών γεωμορφών. Η σχετική σταθερότητα των τιμών τυπικής απόκλισης κατά θέση υποδηλώνει ότι οι μεταβολές αυτές σχετίζονται κυρίως με τοπικές μετακινήσεις των λεπτομερέστερων κλασμάτων από το μέτωπο της ακτής προς τη ζώνη απόσβεσης και αντιστρόφως. Εξαίρεση αποτελεί το νοτιότερο άκρο του κόλπου όπου διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο και η κατά μήκος της ακτής στερεοπαροχή και η στερεομεταφορά της Νέδας. Για τον ακριβή προσδιορισμό των ιζηματολογικών χαρακτηριστικών κατά θέση είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούνται τα στοιχεία από μακροχρόνιες ιζηματολογικές παρατηρήσεις και τα χαρακτηριστικά των αδρομερέστερων και λεπτομερέστερων οριζόντων που εντοπίζονται σε πυρηνοληψίες στο μέτωπο της ακτής.

Βιβλιογραφία

- Αθανασούλης Γ.Α., Ε.Κ. Σκαρσουλής, 1992: Άτλας ανέμου και κύματος Βορειοανατολικής Μεσογείου Θαλάσσης. Αθήνα, ΕΜΠ/ΓΕΝ, pp. 217.
- Αλεξούλη-Λειβαδίτη Α., 1990: Ιζηματολογική και ορυκτολογική έρευνα των ιζημάτων της παραλίας του Κυπαρισσιακού κόλπου. Πρακτικά Γ' Πανελλ. Συμπ. Ωκεανογρ. & Αλιείας, Αθήνα, 124-146.
- Βούλγαρης Γ., 1986: Διάδοση και διάθλαση των θαλασσίων κυμάτων λόγω βαθυμετρίας (Υπολογιστική και γραφική μέθοδος). Παράκτιος μεταφορά χαλαρού υλικού. Εφαρμογή: Κυπαρισσιακός κόλπος. Διπλωματική εργασία, Τμήμα Γεωλογίας, Παν. Πατρών, 96 σ.
- Γκιώνης Γ., 1993: Γεωμορφολογικές διεργασίες και ρυθμικές γεωμορφές στην παράκτια ζώνη του Κυπαρισσιακού κόλπου. Πρακτικά 3^{ου} Πανελληνίου Γεωγραφικού Συνεδρίου, Αθήνα, 335-349.
- Γκιώνης Γ., 2000: Μορφοδυναμικές μεταβολές της ακτής του Κυπαρισσιακού κόλπου σε σχέση με το κυματικό καθεστώς. Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Γεωλογίας, Παν. Πατρών, 338 σ.
- Πανάγος Α., Ν. Κοντόπουλος, Κ. Φωτάκης, Φ. Γερούκη, 1976: Κοκκομετρικοί παράμετροι και καθορισμός πεδίων των άμμων ακτών της Δυτ. Πελοποννήσου. *Ann. Geol. Pays Hellen.*, 28, 275-298.
- Φερεντίνος Γ., Ν. Κοντόπουλος, Β. Σαμπώ, Γ. Βούλγαρης, 1987: Κυματικές συνθήκες και μεταφορά ιζημάτων κατά μήκος της ακτογραμμής του Κυπαρισσιακού κόλπου. Πρακτ. 3ου Συνεδρίου Ελληνικής Υδροτεχνικής Εταιρείας.
- Cavaleri L., L. Bertotti, P. Lionello, 1991: Wind wave cast in the Mediterranean Sea. *J. Geophys. Res.*, vol. 96, C6, 10739-10764.
- Folk R.L., 1974. *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill Publishing Co., Austin Texas, 182 pp.
- Ghionis G., 1986: The morphodynamics of beach cusps. Unpubl. M.Sc. Thesis, University of Toronto, Canada, 130 pp.
- Ghionis G. and G. Ferentinos, 1992: The morpho- and hydrodynamics of the coastal zone of the gulf of Kyparissia. 33rd Congress-Plenary Assembly of CIESM, Trieste, Italy, *Rapp. Com. Int. Mer Médit.*, 33, 134.
- Poulos S.E., G. Voulgaris, V. Kapsimalis, M. Collins, G. Evans, 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 and Consequences*. Journal of the Geological Society, 191: 247-266.