

Συγκριτική μελέτη των γεωμορφολογικών και ιζηματολογικών χαρακτηριστικών των παραλιακών ζωνών των όρμων Τηγάνι και Μικάλης της ΝΑ Σάμου.

ΜΠΑΛΕΤΑ Α., ΕΥΕΛΠΙΔΟΥ Ν., ΑΝΔΡΗΣ Π., ΚΑΡΔΙΤΣΑ Α., ΜΑΡΚΑΚΗΣ Ε., ΠΟΥΛΟΣ Σ.

ABSTRACT

The present study investigates the principal morphological and sedimentological (textural) characteristics of the beach-zones along the Tigani and Mikalis Bays, which are located at the southeastern coast of Samos Island. It is also examined their retreat due to the expected sea level rise induced by the climatic change. The beach zones under investigation has been formed in front of alluvial coastal plains, while at their western end host the mouth of small (ephemeral) rivers. Their width varies between 12 and 25 m, becoming narrower towards their eastern ends; this shows that the long-shore sediment transport, which is from W to E due to their coastline orientation relatively to incoming waves, has not been strong enough to move most of the sediment eastwards. The subaerial part of both beach zones consists of gravels, while their subaqueous part is covered by sand. The presence of low dunes at the backshore of the Thiogani Bay in association with the lack of sand between the dunes and the shoreface indicate that the beach zone is under erosion. Furthermore, with respect to the expected sea-level rise the shoreline of Tigani bay may be retreat by 15-20 m, when the nearby shoreline of Mikalis bay could retreat 12-15 m.

Keywords: Samos, beach zone, waves, sediment.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα εργασία περιγράφονται τα σημαντικότερα παράκτια γεωμορφολογικά και ιζηματολογικά (κυρίως κοκκομετρικά) χαρακτηριστικά των παραλιακών ζωνών των όρμων Τηγάνι και Μικάλης που βρίσκονται στη ανατολική πλευρά των νοτίων ακτών της Σάμου και εξετάζεται η εξέλιξή τους με βάση την προβλεπόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, λόγω κλιματικής αλλαγής. Οι εξεταζόμενες παραλιακές ζώνες αναπτύσσονται εφαιπιομενικά παράκτιων αλλουβιακών πεδιάδων τροφοδοτούμενες από μικρούς χειμάρρους στα δυτικά άκρα τους. Το πλάτος τους κυμαίνεται από 12 έως 28 m έχοντας τα μικρότερα πλάτη στην ανατολική πλευρά τους γεγονός που δείχνει ότι η παράκτια στερεομεταφορά, λόγω προσανατολισμού των ακτογραμμών από Δ προς Α, δεν είναι τόσο ισχυρή ώστε να μεταφέρει τα περισσότερα ιζήματα προς ανατολάς. Στο χερσαίο τμήμα και στο μέτωπο της παραλίας τους επικρατούν τα χαλίκια και οι κροκάλες, ενώ υποθαλάσσια αφθονεί η άμμος. Η παρουσία θινών στον όρμο Τηγάνι αποτελεί ένδειξη διάβρωσης, καθώς έχει απομακρυνθεί το λεπτόκοκκο υλικό μεταξύ των θινών και του μετώπου της παραλίας. Τέλος, εκτιμάται ότι περισσότερο ευάλωτος στην προβλεπόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης είναι ο όρμος Τηγάνι σε σχέση με τον όρμο της Μικάλης καθώς οι εκτιμώμενες υποχωρήσεις των ακτογραμμών είναι της τάξης των 15-20 m και 12-15 m, αντίστοιχα.

Λέξεις κλειδιά: Σάμος, παραλιακή ζώνη, κύματα, ιζήματα, κλιματική αλλαγή.

A COMPARATIVE STUDY OF THE MORPHOLOGICAL AND SEDIMENTOLOGICAL CHARACTERISTICS OF THE BEACH ZONES OF THE TIGANI AND MIKALIS BAYS OF THE SE SAMOS ISLAND

Τομέας Γεωγραφίας & Κλιματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος, Παν/μιο Αθηνών, Πανεπιστημιούπολη-Ζωγράφου, 157 84, Αττική.

Ψηφιακή Βιβλιοθήκη Θεόφραστος - Τμήμα Γεωλογίας. Α.Π.Θ.

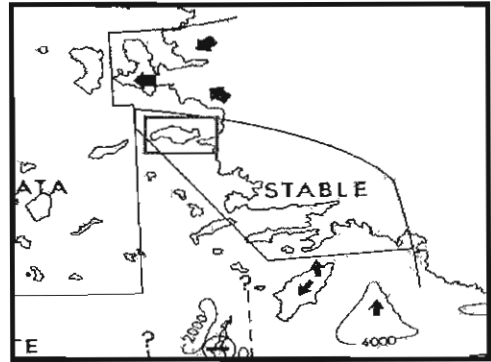
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Σάμος είναι το όγδοο σε μέγεθος νησί της Ελλάδας, με έκταση 477,4 km² και χωρίζεται με τον Επαστάδιο Πορθμό με ελάχιστο πλάτος 1650 m από τα παράλια της Μικράς Ασίας. Η δε περίμετρος της ακτογραμμής της φθάνει τα 159.272 km.

Η περιοχή της ΝΑ Σάμου, όπως άλλωστε και ολόκληρο το νησί, ανήκει στην Απικοκυκλαδική κρυσταλλοσχιζτώδη ενότητα (Παπανικολάου, 1986), ενώ κατά τους ιστορικούς χρόνους (τα τελευταία 2-2,5 χιλιάδες χρόνια, η περιοχή εμφανίζεται τεκτονικά σταθερή (Εικ. 1, Flemming, 1978).

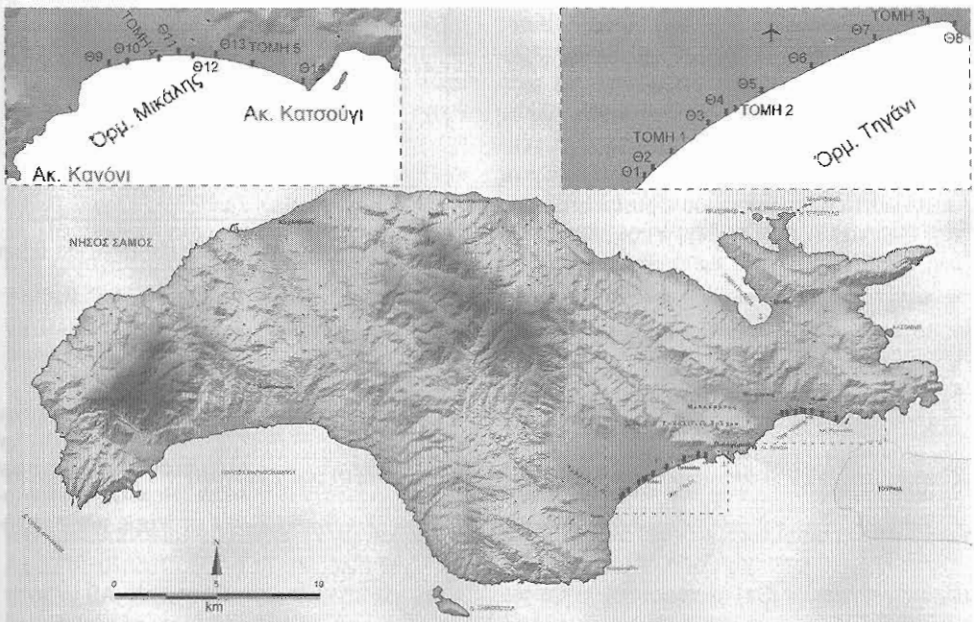
Σύμφωνα δε με το υδρο-ισοστατικο-ευστατικό μοντέλο του Lambek (1996), προσαρμοσμένο στο Αιγαίο Πέλαγος, φαίνεται ότι η θαλάσσια στάθμη τα τελευταία 2000 χρόνια ανυψώθηκε περί το 1 m γύρω από τη Σάμο.

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται κατά μήκος των ΝΑ ακτών της Σάμου, νότια του Όρους Αμπελος (μέσο υψόμετρο περίπου 900 m) και περιλαμβάνει τις παραλιακές ζώνες κατά μήκος των όρμων Τηγάνι και Μικάλης (Εικ. 2).



Εικόνα 1: Σχηματική απεικόνιση τεκτονικών (ανοδικών / καθοδικών) κινήσεων στις ΝΑ ακτές του Αιγαίου σύμφωνα με τον Flemming (1978).

Σκοπός της εργασίας είναι η συγκριτική μορφολογική και ιζηματολογική (κοκκομετρική) τους διερεύνηση σε σχέση με το υφιστάμενο κυματικό καθεστώς και η εκτίμηση της οπισθοχώρησης της ακτογραμμής τους λόγω της προβλεπόμενης ανόδου της θαλάσσιας στάθμης.



Εικόνα 2: Απεικόνιση των γεωγραφικών στοιχείων της υπό μελέτης περιοχής.

2. ΣΥΛΛΟΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ – ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η συλλογή των δεδομένων πραγματοποιήθηκε το καλοκαίρι του 2007 και περιελάμβανε τοπογραφικές μετρήσεις και δειγματοληψία επιφανειακών ιζημάτων.

Για τη μορφολογική αποτύπωση έγινε χρήση του γεωδαιτικού σταθμού Total Station NIKON A20, για τη μέτρηση των βαθών χρησιμοποιήθηκε το φορητό βυθόμετρο της HONDEX, ενώ για το προσδιορισμό των θέσεων χρησιμοποιήθηκε φορητό GPS GARMIN. Ακόμη υποθαλάσσιες φωτογραφίες αποκτήθηκαν με τη χρήση της υποβρύχιας φωτογραφικής μηχανής OLYMPUS C-750 (4 pixel).

Η κοκκομετρική ανάλυση των επιφονειακών δειγμάτων ιζήματος έγινε με ξηρό κοσκίνισμα χρησιμοποιώντας τη σειρά κοσκίνων (CISA) ανά 0,5φ από -8φ έως 4,50φ, ενώ η στατιστική επεξεργασία των κοκκομετρικών αποτελεσμάτων έγινε σύμφωνα με τις εξισώσεις του Folk (1974) και χρησιμοποιώντας το λογισμικό Grain 2.0a (Ghionis, *perc. com.*).

Το κυματικό καθεστώς (περίοδος και ύψος κύματος) προσδιορίστηκε με βάση τα ανεμολογικά δεδομένα του Ατλαντα Ανέμου και Κύματος βορειοανατολικής Μεσογείου θαλάσσης (Αθανασούλης & Σκαρσουλής, 1992) και τα αντίστοιχα μήκη ανάπτυξης κύματος (fetch) για τις διευθύνσεις του ανέμου στις οποίες είναι εκτεθειμένη η περιοχή μελέτης, εφαρμόζοντας τις προγνωστικές εξισώσεις του Coastal Engineering Manual (CEM, 1984). Υπολογίστηκε το

ύψος θραύσης (H_b), το βάθος θραύσης (db) και η αναρρίχηση (R), (Komar, 1998).

$$R = 0,36 \cdot g^{0,5} \cdot S \cdot H_o^{0,5} \cdot T$$

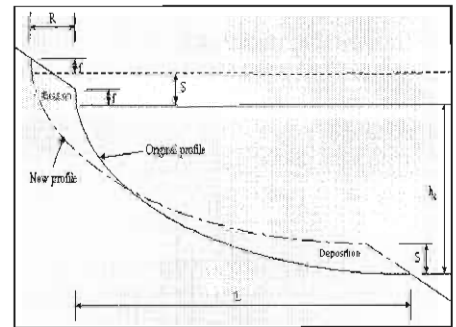
Το μέγιστο βάθος κινητοποίησης των ιζημάτων του πυθμένα (closure depth, h_c) υπολογίστηκε από τη σχέση (Birkemeier, 1985):

$$h_c = 2,28 H_o - 68,5 \left(\frac{H_o^2}{g T_c^2} \right)$$

Τέλος, η υποχώρηση της ακτογραμμής λόγω της αναμενόμενης αύξησης της θαλάσσιας στάθμης, υπολογίστηκε με τη βοήθεια της εξίσωσης του Bruun (1985):

$$R = L / (B+h) * S \approx (1 / \tan \varphi) * S,$$

όπου R η υποχώρηση της ακτογραμμής σε m, L η απόσταση της ακτής από το μέγιστο βάθος κινητοποίησης ιζημάτων πυθμένα, B το ύψος της "beach", h το μέγιστο βάθος κινητοποίησης ιζημάτων πυθμένα, S η αύξηση της θαλάσσιας και φ η μέση κλίση του υποθαλάσσιου προφίλ (Εικ. 3).



Εικόνα 3: Απεικόνιση του μοντέλου του Bruun (από Bruun & Swartz, 1985).



Εικόνα 4: Απεικόνιση των παραλιακών ζωνών και των θέσεων των τοπογραφικών τομών. Με κύκλο συμβολίζονται οι θέσεις των παρατηρήσεων.

3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

3.1. Παράκτια γεωμορφολογία

Η παραλιακή ζώνη του όρμου Τηγάσι οριοθετείται από το ακρωτήριο Ασπρόκαβος (Δ) και το λιμάνι του Πυθαγορείου (Α) έχοντας μήκος περί τα 6 km. Αναπτύσσεται μπροστά από μια παράκτια αλλουβιακή πεδιάδα με πλάτος που φθάνει έως και 4 km, φιλοξενώντας στο ΝΔ του άκρο (περιοχή Ηραίου) τις εκβολές μικρών χειμάρρων. Η παραλιακή ζώνη του όρμου της Μικάλης, με συνολικό μήκος ακτογραμμής περί τα 3,5 km οριοθετείται μεταξύ των ακρωτηρίων Κανόνι (Δ) και ειδικότερα του αλλουβιακού ριπιδίου του χειμάρρου της πεδιάδας του Μεσόκαμπου και του ακρωτηρίου Κατσούνι (Α) (Εικ. 2) ευρισκόμενη και αυτή μπροστά από μια αλλουβιακή πεδιάδα με μέσο πλάτος 1,5 km. (Εικ. 4). Επιπροσθέτως, και οι δυο παραλιακές ζώνες (Τηγάσι και Μικάλης) φαίνεται να δέχονται την όποια προσφορά χερσογενούς υλικού (ποτάμιας προέλευσης) στο δυτικό τους άκρο.

Η παραλιακή ζώνη του όρμου Τηγάσι, με διεύθυνση ακτογραμμής ΝΔ-ΒΑ μπορεί να υποδιαιρεθεί στις επιμέρους παραλίες οι οποίες φέρουν τα τοπωνύμια: Ηραίοι, Αγίος Γεώργιος και Ποτοκάκι, ενώ ο όρμος της Μικάλης, με διεύθυνση περίπου Δ-Α, περιλαμβάνει τις επιμέρους παραλίες Ψιλής Άμμου, Αγίου Νικολάου και Μικάλης (Εικ. 4). Οι παραλίες αυτές έχουν μήκος ακτογραμμής <400 m, με εξαίρεση την παραλία Ποτοκάκι που φθάνει τα 2,5 km και οι οποίες ξεχωρίζουν μεταξύ τους με την παρεμβολή είτε μικρών ακρωτηρίων που συνίστανται από εμφανίσεις του σκληρού υποβάθρου (μάρμαρα ή σχιστολίθοι), είτε με προεκβολές των συνεκτικών αλλουβιακών σχηματισμών (ριπιδίων).

Η παραλιακή ζώνη του Όρμου Τηγάσι έχει χερσαίο πλάτος που κυμαίνεται από 14 m (παραλία Ηραίου) έως και 24 m (παραλία Ποτοκάκι), με αύξηση του πλάτους προς τα ΒΑ. Ανάλογα είναι και τα πλάτη στο όρμο της Μικάλης καθώς κυμαίνονται από 28 m (Ψιλή Άμμος του Αγίου Νικολάου) έως 14 m (παραλία Μικάλης) προς τα ΒΑ. Χαρακτηριστικό είναι ότι και στους δυο όρμους τα μεγαλύτερα πλάτη των παραλιακών ζωνών που αναπτύσσονται εφαιπομενικά της ακτογραμμής (attached beach zones

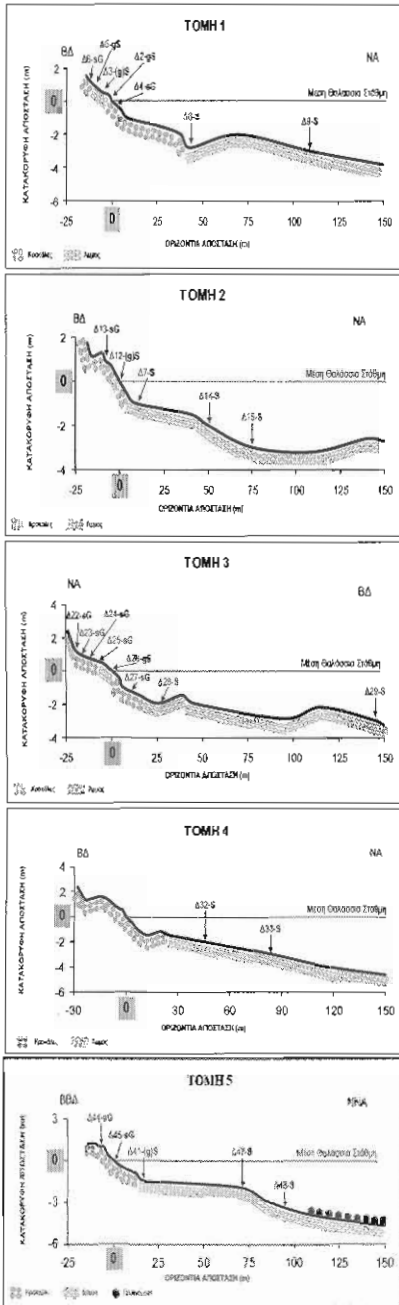
(Hasslett, 2000)) παρουσιάζουν τα μεγαλύτερα πλάτη τους στα δυτικά τους άκρα, εκεί δηλαδή που είναι και η κύρια τροφοδοσία τους με χερσογενές υλικό, μέρος του οποίου αναμένεται να μεταφέρεται προς τα ανατολικά μέσω της στερεομεταφοράς κατά μήκος της ακτογραμμής.

Οι μέσες κλίσεις του χερσαίου τμήματος όλων των εξεταζόμενων παραλιών τόσο του όρμου Τηγάσι όσο και του όρμου της Μικάλης κυμαίνονται μεταξύ 5° και 6° (Εικ. 5), ενώ οι αντίστοιχες υποθαλάσσιες κλίσεις είναι κατά πολύ μικρότερες κυμαινόμενες μεταξύ 1° και 3°. Χαρακτηριστικό τους γνώρισμα είναι η υποθαλάσσια έξαρση που παρατηρείται σε απόσταση από 35 έως και 65 m και σε μέσο βάθος περί τα 2 m. Ειδικά στην περιοχή του όρμου Τηγάσι, η έξαρση αυτή είναι βραχυδής και μορφολογικά εντονότερη (Εικ. 6α) σε σχέση με αυτή του όρμου της Μικάλης, όπου αφενός συνδυάζεται με ηπιότερη αλλαγή βάθους αλλά επιφανειακά εμφανίζεται (καλύπτεται) ως συνάθροιση μεγάλων κροκαλών (διάμετροι >20 cm), όπως φαίνεται και στην Εικ. 6β). Οι υποθαλάσσιες αυτές εμφανίσεις θα μπορούσαν να θεωρηθούν ως πιθανές παλαιο-ακτογραμμές, λόγω της σχετικής ανύψωσης της θαλάσσιας στάθμης κατά τις τελευταίες χιλιετίδες και κατ' αντιστοιχία αναλόγων υποθαλάσσιων σχηματισμών που συναντώνται κατά μήκος των βόρειων ακτών της Σάμου (Μπλέτα, 2009).

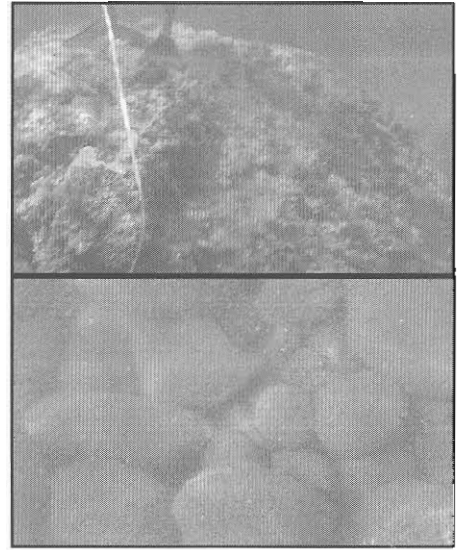
Ένα ακόμη ιδιαίτερο γεωμορφολογικό χαρακτηριστικό των παραλιακών ζωνών στην περιοχή του όρμου Τηγάσι είναι η παρουσία θινών χαμηλού ύψους (<1 m) και σχετικά σταθεροποιημένων, όπως δείχνει η ύπαρξη βλάστησης (Εικ. 7).

3.2. Κοκκομετρία (χερσαία και υποθαλάσσια)

Με βάση τα αποτελέσματα των κοκκομετρικών αναλύσεων (Πίνακας 1) και των επιτόπιων παρατηρήσεων (Θ1-Θ14), το χερσαίο τμήμα της παραλιακής ζώνης του όρμου Τηγάσι αποτελείται από χονδρόκοκκο υλικό όπου επικρατούν οι κροκάλες και το υλικό χαρακτηρίζεται κατά Folk ως αμμούχες κροκάλες (sG: sandy gravel), ενώ υποθαλάσσια επικρατεί η άμμος (S: sand) με διάμετρο >-1φ. Στην παραλιακή ζώνη της Μικάλης επικρατεί το χονδρόκοκκο υλικό, καθώς στο



Εικόνα 5: Οι μορφολογικές τομές με τα κοκκομετρικά χαρακτηριστικά της επιφάνειας του πιθμένα κατά μήκος των εγκόριστων τομών στις παραλιακές ζώνες: Τομή 1 (Ηραίο), Τομή 2 (Άγιος Γεώργιος), Τομή 3 (Ποτοκάκι), Τομή 4 (Ψιλή Άμμος Αγίου Νικολάου) και Τομή 5 (Μικάλη) της ΝΑ Σάμου.



Εικόνα 6. (α) Βραχώδεις εξάρσεις του πιθμένα στον όρμο Τηγάσι. (β) Συνάθροιση κροκαλών στον πιθμένα του όρμου της Μικάλης σε βάθος περίπου 2 m.



(α) Παραλία Ηραίου



(β) Παραλία Αγίου Γεωργίου



(γ) Παραλία Ποτοκάκι

Εικόνα 7: Θίνες στις παραλίες α) Ηραίου, β) Αγίου Γεωργίου και γ) Ποτοκάκι στον όρμο Τηγάσι

χερσαίο τμήμα της επικρατούν οι κροκάλες (G: gravel), με την άμμο να συμμετέχει με ποσοστά <5%. Στο υποθαλάσσιο τμήμα της επικρατεί η άμμος (S: sand) με επικρατούσα διάμετρο τα 3φ (μέτρια άμμος).

Συγκεκριμένα, η παραλία Ηραίου (Τομή 1) χαρακτηρίζεται από αμμούχες κροκάλες (sG), ενώ στην περιοχή του μετώπου υπάρχει κροκαλούχος άμμος (gS). Το πλάτος της παραλίας είναι 15 m, η κλίση του χερσαίου τμήματος είναι 5,2%, ενώ του υποθαλάσσιου τμήματος είναι 1,4%.

Η οπισθοπαραλία και το μέτωπο του Αγίου Γεωργίου (Τομή 2) χαρακτηρίζεται από αμμούχες κροκάλες (sG) και μέχρι το 1 m βάθος υπάρχουν κροκάλες, ενώ στο υπόλοιπο υποθαλάσσιο τμήμα κυριαρχεί η άμμος (S). Το πλάτος της παραλίας είναι 18,5 m, η κλίση του χερσαίου τμήματος είναι 5,4% και του υποθαλάσσιου τμήματος 1,1%.

Η παραλία Ποτοκάκι (Τομή 3) χαρακτηρίζεται από αμμούχες κροκάλες (sG) στην περιοχή της οπισθοπαραλίας και του μετώπου, ενώ από τα 2 m βάθος επικρατεί η άμμος (S). Επίσης στα 115 m απόσταση, το βάθος μειώνεται και πάλι στα 2,2 m. Το πλάτος της παραλίας είναι 23 m, η κλίση του χερσαίου τμήματος είναι 5,7%, ενώ του υποθαλάσσιου τμήματος είναι 1,3%.

Η οπισθοπαραλία και το μέτωπο της παραλίας της Ψιλής Άμμου του Αγίου Νικολάου (Τομή 4) χαρακτηρίζεται από κροκάλες μεγάλου μεγέθους, ενώ άμμος (S) εμφανίζεται στα 1,2 m βάθος. Σε απόσταση 12 m από την ακτογραμμή το βάθος είναι 1,5 m, ενώ σε απόσταση 20,5 m το βάθος είναι 1,2 m. Το πλάτος της παραλίας είναι 28 m, η κλίση του χερσαίου τμήματος είναι 5,5% και του υποθαλάσσιου 1,8%.

Η παραλία της Μικάλης (Τομή 5) χαρακτηρίζεται από αμμούχες κροκάλες (sG) μεγάλου μεγέθους στην οπισθοπαραλία και στο μέτωπο, ενώ άμμος (S) εμφανίζεται στα 1,5 m βάθος. Το πλάτος της παραλίας είναι 13,4 m, η κλίση του χερσαίου τμήματος είναι 5,1% και του υποθαλάσσιου 1,8%.

Τα χερσαία ιζήματα και των δυο όρμων χαρακτηρίζονται από κακή ταξινόμηση έως πάρα πολύ κακή ταξινόμηση και από έντονη ασυμμετρία (θετική ή πολύ αρνητική), σε αντί-

θεση με τα υποθαλάσσια ιζήματα τα οποία έχουν μέτρια έως πολύ καλή ταξινόμηση ενώ και η ασυμμετρία τους κυμαίνεται από αρνητική ως πολύ θετική. Γενικά φαίνεται ότι η παράκτια υδροδυναμική παίζει ουσιαστικό ρόλο στα υποθαλάσσια ιζήματα, ενώ έχει μικρή επιρροή στα χερσαία, τα οποία άλλωστε είναι και πολύ χονδρόκοκκα.

3.3. Παράκτιο υδροδυναμικό καθεστώς

Στον Πίνακα 2 που ακολουθεί δίνονται τα βασικά κυματικά χαρακτηριστικά (ύψος και περίοδος) μαζί με το μέγιστο βάθος κινητοποίησης των ιζημάτων, το βάθος θραύσης των κυμάτων και τη δυνατότητα αναρρίχσή τους πάνω στην παραλία για τις μέγιστες και τις μέσες (συνήθεις) τιμές των προσερχόμενων κυμάτων ανεμογενούς προέλευσης.

Η παραλιακή ζώνη του όρμου Τηγάνι με προσανατολισμό ακτογραμμής ΝΔ-ΒΑ είναι εκτεθειμένη κυρίως σε νότιους και νοτιοανατολικούς ανέμους σε αντίθεση με τον όρμο της Μικάλης που λόγω του προσανατολισμού της (Δ-Α) αλλά και την προσέγγισή της με της ακτές της Μικράς Ασίας δέχεται κύματα από νότια και νοτιοδυτικά. Γενικά, τα συνηθέστερα κύματα είναι ύψους 0,4 - 1,2 m, ενώ τα μέγιστα ύψη δεν ξεπερνούν τα 4 m εμφανιζόμενα σπανίως (ετήσια συχνότητα εμφάνισης <0,1%). Η προσερχόμενη ροή κυματικής ενέργειας (κυματική ισχύς) στον όρμο Τηγάνι (72071,8W/m) είναι σχεδόν διπλάσια από την προσερχόμενη στον όρμο της Μικάλης (36498,8 W/m).

Τα μέσα σε ύψος προσερχόμενα κύματα έχουν την ικανότητα κινητοποίησης των ιζημάτων του πυθμένα σε βάθη 2-3 m, ενώ τα μέγιστα κύματα σε βάθη 8,5-11 m, οριοθετώντας έτσι και το υποθαλάσσιο υδροδυναμικό όριο των εξεταζόμενων παραλιακών ζωνών.

Η ζώνη θραύσης για μεν τα συνήθη κύματα κυμαίνεται από 1 m έως 1,6 m για δε τα μέγιστα από 4,2 m έως 6,3 m. Έτσι, η παράλληλη στην ακτογραμμή στερεομεταφορά με βάση το προσανατολισμό των ακτογραμμών και τη γωνία προσέλευσης των κυμάτων έχει γενική φορά από Δ προς Α και περιορίζεται μέχρι τα αντίστοιχα βάθη θραύσης των συνήθων και μεγίστων προσερχόμενων κυμάτων.

Πίνακας 1: Τα αποτελέσματα των κοκκομετρικών αναλύσεων των επιφανειακών δειγμάτων των τομών του Σχήματος 5.

Τομή	Δείγμα	Mz (Φ)	σι (Φ)	Ski	KG	Διαβάθμιση	Ασυμμετρία	Τύπος Ιζήματος (Folk, 1974)
1	Δ2	-1,43	1,54	-0,44	0,94	Κακή	ΠΑ	gS
	Δ3	3,86	3,1	0,11	0,69	Πάρα πολύ κακή	Θ	(g)S
	Δ4	-1,69	2,13	0,39	0,54	Πολύ κακή	ΠΘ	sG
	Δ5	0,15	1,28	-0,85	2,62	Κακή	ΠΑ	gS
	Δ6	-1,28	2,29	-0,45	0,51	Πολύ κακή	ΠΑ	sG
	Δ8	1,54	0,67	-0,19	1,08	Μέτρια	A	S
2	Δ9	1,76	0,76	-0,39	1,16	Μέτρια	ΠΑ	S
	Δ7	1,06	0,53	-0,2	1	Μέτρια	A	S
	Δ12	-1,25	1,16	-0,24	1,48	Κακή	A	(g)S
	Δ13	-2,12	2,3	0,58	0,58	Πολύ κακή	ΠΘ	sG
	Δ14	2	0,5	-0,2	1,1	Μέτρια	A	S
3	Δ15	2,57	0,54	-0,15	0,83	Μέτρια	A	S
	Δ22	-0,77	2,48	-0,54	0,51	Πολύ κακή	ΠΑ	sG
	Δ23	-1,44	1,74	0,13	0,84	Κακή	Θ	sG
	Δ24	-1,26	2,3	0,51	0,51	Πολύ κακή	ΠΘ	sG
	Δ25	-1,73	2,32	0,53	1,17	Πολύ κακή	ΠΘ	sG
	Δ26	-0,01	1,51	0,22	0,74	Κακή	Θ	gS
	Δ27	-0,57	0,51	1	0,09	Πολύ καλή	ΠΘ	sG
4	Δ28	1,95	0,44	-0,2	1,1	Καλή	A	S
	Δ29	1,2	740	-0,1	0,7	Πάρα πολύ κακή	ΣΣ	S
5	Δ32	2,07	0,57	-0,13	1,08	Μέτρια	A	S
	Δ33	2,24	0,58	-0,2	1,2	Μέτρια	A	S
5	Δ41	1,61	0,46	-0,4	1,3	Καλή	ΠΑ	S
	Δ44	-1,08	2,07	-0,25	0,64	Πολύ κακή	A	sG
	Δ45	-2,51	2,37	0,86	0,5	Πολύ κακή	ΠΘ	sG
	Δ47	1,76	0,59	-0,1	1	Μέτρια	A	S
	Δ48	1,76	0,69	-0,1	1	Μέτρια	ΣΣ	S

Υπόμνημα: Mz: γραφικό μέσο μέγεθος, σι: περιεκτική γραφική σταθερά απόκλισης, Kg: κύρτωση, S: άμμος και G: χαλίκια/κροκάλες, Ασυμμετρία: ΠΘ: Πολύ Θετική, Θ: Θετική, ΣΣ: Σχεδόν Συμμετρική, A: Αρνητική, ΠΑ: Πολύ Αρνητική.

Πίνακας 2: Χαρακτηριστικά των κυμάτων που προέρχονται από νότιο, νοτιο-δυτικό και νότιο-ανατολικό άνεμο.

Άνεμος		U (m/sec)	feq (%)	Tp (sec)	Hs (m)	P (Watt/m)	hc (m)	Db (m)	R (m)
Διεύθυνση	Ταχύτητα								
N	Μέγιστη ταχύτητα	43,11	0,02	5,9	3,31	1415,2	7,5	4,24	1,15
	Σταθμικό μέσο	10,8	7,75	3,74	0,83	19513,8	1,89	1,06	0,36
NA	Μέγιστη ταχύτητα	43,11	0,04	7,61	4,87	7915,2	11,05	6,24	1,8
	Σταθμικό μέσο	11,11	6,99	4,87	1,26	52558	2,86	1,61	0,58
ND	Μέγιστη ταχύτητα	43,11	0,02	6,48	3,82	2074,9	8,67	4,89	1,36
	Σταθμικό μέσο	9,63	6,04	3,95	0,85	16985	1,94	1,09	0,39

Με τη βοήθεια της απλοποιημένης εξίσωσης του μοντέλου του Bruun και Swartz (1985) και με βάση τα μορφολογικά χαρακτηριστικά των τομών του Σχήματος 6 δίνονται οι εκτιμώμενες τιμές οπισθοχώρησης της ακτογραμμής (Πίνακα 3) για το συντηρητικό σενάριο της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης κατά 0,38 cm σύμφωνα με τη τελευταία έκθεση του IPCC (2007). Περισσότερο ευάλωτος είναι ο όρμος Τηγάσι με εκτιμώμενη οπισθοχώρηση 15-20 m σε σχέση με την υποχώρηση της ακτογραμμής στον όρμο Μικάλης (<12,5 μ).

Πίνακας 3: Εκτιμώμενη υποχώρηση της ακτογραμμής εξαιτίας της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης κατά 0,38 m σύμφωνα με την συντηρητική εκτίμηση του IPCC (2007).

Παραλία	Μέση κλίση υποθαλασσίου τμήματος (°)	Υποχώρηση της ακτής (m)
Τομή 1 (Ηραίο)	1,4	15,8
Τομή 2 (Άγιος Γεώργιος)	1,1	20,0
Τομή 3 (Ποτοκάκι)	1,3	16,5
Τομή 4 (Ψιλή Άμμος)	1,8	12,3
Τομή 5 (Μικάλη)	1,8	12,3

4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι παραλιακές ζώνες των δύο όρμων που εξετάζονται είναι φυσική συνέχεια παράκτιων αλλοβιακών πεδιάδων τροφοδοτούμενες από τη χέρσο, στο δυτικό τους άκρο, με μικρούς χείμαρρους (όρμος Τηγάσι) είτε με μικρό ποτάμι (όρμος Μικάλης). Τα πλάτη του χερσαίου τμήματος κυμαίνονται από 15 m έως 28 m, με τα μεγαλύτερα πλάτη να παρατηρούνται πλησίον των θέσεων προσφοράς χερσογενών ιζημάτων. Οι υποθαλάσσιες κλίσεις είναι σχετικά μικρές (<2%).

Οι παραλιακές ζώνες αναπτύσσονται εφαιπομενικά των παραλιακών πεδιάδων με τα ιζήματα να μεταφέρονται από την επιμήκη παραλιακή στερεομεταφορά από δυτικά προς ανατολικά, χωρίς όμως η τελευταία να είναι τόσο ισχυρή ώστε να συγκεντρώσει τα περισσότερα

ιζήματα στο ανατολικό τους άκρο. Γενικά, στο χερσαίο τμήμα και στο μέτωπο της παραλίας επικρατούν τα χαλίκια και οι κροκάλες ενώ υποθαλάσσιος αφθονεί η άμμος. Με βάση την παρατήρηση αυτή, η παρουσία χαμηλών θινών στον όρμο Τηγάσι εκλαμβάνεται ως ένδειξη διάβρωσης καθώς έχει απομακρυνθεί το λεπτόκοκκο υλικό μεταξύ των θινών και του μετώπου της παραλίας.

Τέλος, εκτιμάται ότι περισσότερο ευάλωτος στην προβλεπόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, λόγω κλιματικής αλλαγής, είναι ο όρμος Τηγάσι σε σχέση με τον όρμο της Μικάλης, καθώς οι υπολογισμοί έδειξαν ότι οι αντίστοιχες υποχωρήσεις είναι της τάξης των 12-15 m και 15-20 m, αντίστοιχα.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Αθανασούλη Γ. Α. και Σκαρσουλή Ε. Κ., 1992. Άτλας Ανέμου και Κύματος, βορειοανατολικής Μεσογείου θαλάσσης. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών.
- Birkemeier, W. A., 1985. "Field data on seaward limit of profile change". *Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering* 111: 598-602.
- Bruun, P., Swartz, M.L., 1985. Analytical predictions of beach profile change in response to a sea level rise: *Zeitschrift für Geomorphologie. Supplementband* 57, 33-50.
- CERC (Coastal Engineering Research Centre), 1984. *Coastal Engineering Manual*, US Army Corps of Engineers, Washington DC 21314.
- Flemming N.C, 1978. Holocene eustatic changes and coastal tectonics in the north-east Mediterranean: implications for models of crustal consumption. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, A, 289, 405-458.
- Folk P.L., 1974. *Petrology of Sedimentary Rocks*, Hemphill Publishing Company, Austin, Texas.
- Haslett K.Simon, 2000, *Coastal Systems*, London, England.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2007. *Climate Change 2007: The physical science basis*, Contribution of

- Working Group I to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change: Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, N.Y., USA
- Komar P.D., 1998. Beach processes and Sedimentation (2nd edition), Prentice Hall, New Jersey 07458, 544 p.
- Lambeck, K., Purcell, A., 2005. Sea-level changes in the Mediterranean Sea since the LGM: model predictions for tectonically stable areas. *Quaternary Science Reviews*, 24, 1969-1988.
- Μπλέτα Α., Ανδρής Π., Καρδισά Α., Ευελπίδου Ν., Πούλος Σ., Λειβαδίτης Γ., 2009. Μελέτη της διάβρωσης των παραλιών της Β/ΒΔ Σάμου, 90 Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας και Αλιείας, Τόμος Ι, 184-189.
- Παπανικολάου Δ. Ι., 1986. Γεωλογία της Ελλάδας. Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Αθηνών.