

Ιζηματολογική και ορυκτολογική μελέτη των επιφανειακών ιζημάτων ενός πιθανού κοιτάσματος αδρανών υλικών στον Όρμο Αφάντου, νήσος Ρόδος, Ελλάδα.

Τσούτσια Αντωνία¹, Αναστασάτου Μαριάνθη¹, Πετράκης Στυλιανός¹, Σταματάκης Γιώργος², Πούλος Σεραφεΐμ¹, Σταματάκης Μιχαήλ¹, Καψιμάλης Βασίλης³, Ρουσσάκης Γρηγόρης³

¹ Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, Πανεπιστημιόπολη, Ζωγράφου, 15784, Αθήνα, Ελλάδα

² Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Χημείας, Πανεπιστημιόπολη, Ζωγράφου, 15784, Αθήνα, Ελλάδα

³ Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών, (ΕΛΚΕΘΕ), 46,7 χλμ Λεωφ. Αθηνών – Σουνίου, 19013, Ανάβυσσος, Αττική

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η εργασία αυτή μελετά την ποιοτική ιζηματολογική και ορυκτολογική σύσταση των επιφανειακών ιζημάτων πυθμένα της παράκτιας περιοχής του Όρμου Αφάντου (ν. Ρόδος, ΝΑ Αιγαίο) στο πλαίσιο διερεύνησης ενός πιθανού κοιτάσματος υποθαλάσσιων αδρανών υλικών. Στη περιοχή μελέτης συλλέχθηκαν συνολικά δώδεκα δείγματα ιζήματος κατά μήκος τριών τομών κάθετων προς την ακτογραμμή και μεταξύ των ισοβαθών των ~15 m (ρηχότερη ισοβαθής) και των ~50 m (βαθύτερη), με χρήση του Π/ΕΕ ΑΛΚΥΩΝ του ΕΛΚΕΘΕ. Σύμφωνα με την κοκκομετρική ταξινόμηση των δειγμάτων κατά Folk (1974) τα περισσότερα ιζήματα (5 δείγματα) χαρακτηρίζονται ως ελαφρώς χαλικούχες ιλυώδεις άμμοι ((g)MS). Τρία δείγματα χαρακτηρίστηκαν ως ελαφρώς χαλικούχες άμμοι ((g)S), άλλα τρία ως άμμοι (S), ενώ ένα από τα δώδεκα δείγματα ως χαλικούχος άμμος (gS). Οι μετρήσεις της πυκνότητας των δειγμάτων κυμαίνονται από 2,676 έως 2,806 g/cm³ και άρα τα αναλυθέντα ιζήματα μπορούν να θεωρηθούν ως κανονικού ειδικού βάρους υλικά. Η ορυκτολογική ανάλυση με χρήση περιθλασίμετρου ακτίνων Χ (XRD) έδειξε ότι τα κύρια ορυκτά σε όλα τα δείγματα είναι ο ασβεστίτης, ο δολομίτης και ο χαλαζίας. Τα αργιλικά ορυκτά (κλίνογλωρο, χρυσοτίλης και ακτινόλιθος), καθώς και οι αλκαλιούχοι άστριοι (αλβίτης) αναγνωρίστηκαν ως δευτερεύοντα ή εποψιδώδη ορυκτά. Επιπλέον, σε κάποια δείγματα εμφανίζονται, ως εποψιδώδη ορυκτά, οι: αραγωνίτης και μαγνησιούχος ασβεστίτης (πιθανώς από κελύφη ή/και σκελετικά υπολείμματα θαλάσσιων οργανισμών), καλιούχοι άστριοι (σανίδινο), πυρόξενιοι και σπινέλιος. Εν κατακλείδι, τα δείγματα μπορούν να χαρακτηριστούν ως κυρίως ασβεστιτικά (κυριαρχούσα φάση) – πυριτικά (σημαντική περιεκτικότητα σε πυρίτιο). Η παραπάνω σύσταση των ιζημάτων δεν θεωρείται κατάλληλη για να καταστήσει την περιοχή πιθανή θέση εξόρυξης υποθαλάσσιων αδρανών υλικών, καθώς οι αποθέσεις ιζημάτων αποτελούν χαμηλή πηγή πυριτίου. Εν αντιθέσει, η περιοχή μπορεί να αποτελέσει μια πιθανή θέση άντλησης υλικών για τεχνητή αναπλήρωση/ανάπλαση ακτών στη ν. Ρόδο και σε άλλα κοντινά νησιά.

Λέξεις Κλειδιά: Υποθαλάσσια Αδρανή Υλικά, Ρόδος, Αιγαίο

ABSTRACT

The aim of the present research is the grain size and mineralogical study of offshore sediments of the Afantou Bay, Rhodes Island, Dodecanese, SE Aegean Sea, Greece, assessing the physical (qualitative) properties of a possible exploitable marine aggregates deposit, in the

area bounded by the contours of ~15 m (shallower boundary) and ~50 m (deeper boundary). For this reason, twelve seabed sediment samples were collected along three profiles, running vertically to the coastline of Afantou with the use of the R/V ALKYON. The analyzed samples are granulometrically classified as: sand (S) (3 samples), slightly gravelly sand ((g)S) (3 samples), slightly gravelly muddy sand ((g)mS) (5 samples), gravelly sand (gS) (1 sample), according to Folk's (1974) classification. In general, the samples tend to be spatially distributed by the depth; namely, as the depth increases the grain-size becomes finer. The granulometrical analysis shows that the sandy samples (S) occur at depths between 10-20 m, the gravelly sand samples at depths between 20-30 m, the slightly muddy sand at depths between 30-40 m and the gravelly sand and slightly muddy sand at depths between 40-50 m. Measurements on the density of the sample collected showed that it varies between 2.676 to 2.806 g/cm³. X-Ray Diffraction analysis revealed that the predominant minerals in all samples are calcite, dolomite and quartz. The clay minerals clinocllore, clinochrysotile, actinolite and sodium feldspar (albite) were identified as medium to minor content minerals. Moreover, a few samples contain and other minor minerals, such as aragonite and magnesian calcite (shells of bivalves, gastropods and other biogenic material), potassium feldspar (sanidine), pyroxenes and spinel. As a result, the studied samples can be characterized as mixed calcareous (predominate phase) – siliceous (significant silica content). In addition, macroscopic observation and binocular microscopy revealed a plurality of skeletal remains of marine organisms explaining the presence of aragonite in these samples (AFA 3A, AFA 3B and AFA 3C). Specially, in AFA 3D sample aragonite performs as a medium component and furthermore magnesium calcite identified as major mineral. Moreover, the samples of the third sedimentary section, unlikely with the other two sedimentary sections, contain pyroxenes and spinel as minor minerals. This differentiation of the samples, at the SW part of Afantou Bay in contrast to the samples of central and NE part of Afantou Bay, is maybe due to the lower discharge of sediments derived by the Pelemonis and Loutanis torrents and the presence of strong marine currents. The analysed sediments have not the appropriate composition so that to be an exploitable source of silica for the construction industry, i.e. silica-raw materials for the production of clinker and insulation blocks, and siliceous mortars. In contract, they can be used in beach nourishment (e.g. in Rhodes) but after a thorough engineering and environmental study.

Keywords: Marine Aggregates, Rhodes, Sand, Aegean

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα αδρανή υλικά διακρίνονται βάσει της προέλευσης τους σε φυσικά, τεχνητά και ανακυκλωμένα. Στα αδρανή υλικά φυσικών αποθέσεων συμπεριλαμβάνονται και τα υποθαλάσσια αδρανή υλικά, τα οποία αποτελούν το αντικείμενο μελέτης της παρούσας εργασίας.

Στο βιομηχανικό και τον κατασκευαστικό τομέα προτιμώνται αδρανή υλικά περιεκτικότητας σχεδόν 95% σε SiO₂. Η χρήση της πυριτικής άμμου στη θέση των αδρανών υλικών μπορεί να προσδώσει πολλαπλές ιδιότητες στις τελικές εφαρμογές των αδρανών υλικών, καθώς η ίδια

έχει καλή αντοχή, χαμηλή απορροφητικότητα σε νερό και εύκολη εργασιμότητα, χημική αδράνεια και υψηλό σημείο τήξης (π.χ. Bari et al. 2012; Aggarwal et al. 2014).

Στη παρούσα εργασία εξετάζεται η περιοχή του Όρμου Αφάντου στη ν. Ρόδο ως μια πιθανή περιοχή υποθαλάσσιων αδρανών υλικών. Στην περιοχή έχει προηγηθεί ωκεανογραφική και γεωφυσική έρευνα, η οποία αναμένεται να προσδιορίσει τη θέση και τις διαστάσεις ενός ενδεχόμενου κοιτάσματος αδρανών υλικών. Η παρούσα μελέτη εστιάζει στον ποιοτικό προσδιορισμό των υποθαλάσσιων υλικών, ώστε να διαπιστωθεί εάν η περιοχή πληροί τις προϋποθέσεις ενός κοιτάσματος αδρανών υλικών.

2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ο Όρμος Αφάντου βρίσκεται στο ΒΑ παράκτιο τμήμα της Ρόδου και οριοθετείται βόρεια από το ακρωτήριο Λαδικού και νότια από το ακρωτήριο Βάγια. Η ακτογραμμή της παραλίας Αφάντου είναι ευθύγραμμη με μήκος περίπου 6,3 km και πλάτος χερσαίου τμήματος 30-80 m (Pyökökäri 1997). Η μορφολογία της παραλίας χαρακτηρίζεται ως σχετικά ομαλή με κλίσεις μετώπου 5-7°. Την περιοχή μελέτης διατρέχουν διάφορα ρέματα και ποταμοί. Αναφορικά με διεύθυνση Β-N βρίσκονται το ρέμα Ποτός Ποταμός, Ψαλιδόκαμπος, το ρέμα Πελεμόνη, το ρέμα Πλατύρεμα και ο Λουτάνης ποταμός. Κατά μήκος του χερσαίου τμήματος της οπισθοπαραλίας παρατηρείται μια σειρά μικρών αμμωδών θινών, επηρεασμένες από την ανθρωπογενή παρέμβαση (Βερυκίου – Παπασυριδάκου et al. 2004).

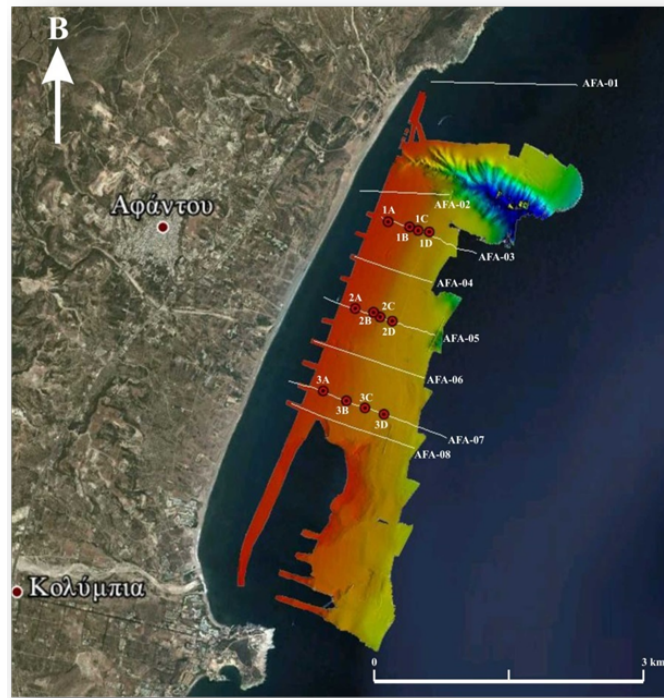
Το χερσαίο τμήμα του όρμου Αφάντου, αποτελείται κυρίως από μεταλλικούς σχηματισμούς, οι οποίοι καλύπτουν εκτεταμένες λεκάνες στο βόρειο και νότιο τμήμα του νησιού. Οι σχηματισμοί αυτοί αποτελούνται από Πλειοκαινικά κλαστικά ιζήματα, τα οποία προέρχονται στην πλειοψηφία τους από τη διάβρωση του καλύμματος της Ενότητας Προφήτη Ηλία (πελαγικά ιζήματα, όπως λεπτοπλακώδεις ασβεστόλιθοι με silex, μάργες και ραδιολαρίτες, Αν. Τριαδικής-Αν. Κρητιδικής ηλικίας) και σε μικρότερο βαθμό από τις λοιπές αλπικές ενότητες (Mutti et al. 1970; (Mutti et al. 1970; Lekkas et al. 2007)Επίσης, παρατηρούνται

Πλειο-Πλειστοκαινικές μάργες, πηλίτες, όπως και σύγχρονες προσχώσεις και θαλάσσιες αποθέσεις (Mutti et al. 1970; Lekkas et al. 2007). Τέλος, στην περιοχή εμφανίζεται η Ενότητα Αρχαγγέλου (ιδιαίτερα στην περιοχή Βάγια Κολυμπίων), η οποία χαρακτηρίζεται από Αν. Τριαδικούς – Κατ. Ηωκαινικούς ασβεστόλιθους/δολομίτες και Μέσο-Κατ. Ηωκαινικό φλύσχη (Mutti et al. 1970).

3. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η συλλογή στοιχείων πραγματοποιήθηκε τον *Νοέμβριο του 2012* με το Π/ΕΕ ΑΛΚΥΩΝ του ΕΛΚΕΘΕ, στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος «ΘΑΛΗΣ - MARE» του ΕΚΠΑ.

Η δειγματοληψία των επιφανειακών ιζημάτων πραγματοποιήθηκε με μια αρπάγη τύπου Smith-McIntyre. Συλλέχθηκε υλικό από δώδεκα θέσεις για πυκνότητα, κοκκομετρική και ορυκτολογική ανάλυση (Σχ. 1). Τα δείγματα επιφανειακών ιζημάτων συλλέχθηκαν κατά μήκος τριών ιζηματολογικών τομών, κάθετων στην ακτογραμμή και παράλληλων μεταξύ τους. Σε κάθε τομή (1), (2) και (3) επιλέχθηκαν τέσσερις αντιπροσωπευτικές θέσεις, σε βάθη περίπου 15 m (A), 25 m (B), 35 m (C) και 45 m (D). Στον Πίνακα 1 ακολουθούν τα στίγματα των θέσεων συλλογής των επιφανειακών δειγμάτων (σε αναφορικό σύστημα WGS84) και τα αντίστοιχα βάθη νερού.



Εικόνα 1. Χάρτης, όπου φαίνεται η περιοχή μελέτης, καθώς και οι θέσεις δειγματοληψίας (από Kapsimalis et al. 2013).

Πίνακας 1. Θέσεις και βάθη νερού δειγματοληψίας ιζημάτων.

ΔΕΙΓΜΑ	Lat (dd)	Long (dd)	ΒΑΘΟΣ (m)
AFA-1A	36.29508	28.19031	13.1
AFA-1B	36.29456	28.193	25.4
AFA-1C	36.29419	28.19408	36.5
AFA-1D	36.29406	28.19547	44.7
AFA-2A	36.28503	28.19083	15.2
AFA-2B	36.28544	28.18931	23.8
AFA-2C	36.28592	28.18847	35.3
AFA-2D	36.28631	28.18617	43.5
AFA-3A	36.27797	28.18214	15.8
AFA-3B	36.27697	28.18506	25.4
AFA-3C	36.27625	28.18739	35.2

Αξίζει, δε, να σημειωθεί πως στην ιζηματολογική τομή (3) εντοπίστηκε ένα είδος άλγης, η *Caulerpa racemosa*. Στην ίδια τομή, την νοτιότερη απο τις υπόλοιπες, παρατηρήθηκε αυξημένη περιεκτικότητα σε ανθρακικά σκελετικά υπολείματα θαλάσσιων οργανισμών.

3.1 ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Η κοκκομετρική ανάλυση των δώδεκα δειγμάτων έγινε στα Εργαστήρια του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος, ενώ η ανάλυση του λεπτόκοκκου κλάσματος (<63μm) έγινε στην Υδρογραφική Υπηρεσία Στρατού. Η μεθοδολογία που ακολουθήθηκε αφορούσε αρχικά στο διαχωρισμό του ολικού δείγματος σε κλάσμα >63 μm και σε κλάσμα <63 μm, με τη διαδικασία της υγρής κοσκίνησης, μετά την προσθήκη εξαμεταφωσφορικού νατρίου για την αποκροκίδωση πιθανών συσσωματωμάτων. Εν συνεχεία, το πιο χονδρόκοκκο κλάσμα κάθε δείγματος υπεβλήθη σε ξηρή κοσκίνηση, ενώ η κοκκομετρική ανάλυση του πιο λεπτόκοκκου κλάσματος έγινε με τον αναλυτή δεσμίδας Laser Mastersizer, της Υδρογραφικής Υπηρεσίας Στρατού. Τα αποτελέσματα της κοκκομετρικής ανάλυσης παρατίθενται στον Πίνακα 2.

Ο προσδιορισμός της πυκνότητας των δειγμάτων έγινε με τη χρήση πυκνόμετρου στα Εργαστήρια του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος και τα αποτελέσματα παρατίθενται στον Πίνακα 2.

3.2 ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ

Συνολικά δώδεκα δείγματα επιφανειακού ιζήματος προσδιορίστηκαν με τη μέθοδο της περιθλασιμετρίας ακτίνων X (XRD), στα Εργαστήρια του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του ΕΚΠΑ. Το περιθλασίμετρο που χρησιμοποιήθηκε ήταν τύπου SIEMENS D5005.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από την κοκκομετρική ανάλυση των δειγμάτων, η περιοχή παρουσίασε μία ομοιογένεια και στις τρεις τομές. Τα δείγματα, όπως γενικά αναμενόταν, παρουσιάζονται πιο λεπτόκοκκα όσο το βάθος αυξανόταν (Πιν. 2). Γενικά, σε βάθος περί των 15 m και για τις τρεις τομές, το ίζημα χαρακτηρίζεται ως καθαρή άμμος, γύρω στα 25 m το ίζημα βρέθηκε να είναι αμμόδες με προσμίξεις χαλικιών και στις θέσεις δειγματοληψίας με βάθος στα 35 m τα δείγματα χαρακτηρίζονται ως ιλυώδεις άμμοι με μικρές προσμίξεις χαλικιών. Η μόνη διαφοροποίηση μεταξύ των δειγμάτων παρουσιάστηκε σε βάθος γύρω στα 45 m, όπου για τις τομές (1) και (2), τα δείγματα είναι όμοια με εκείνα του βάθους 35 m (ιλυώδεις άμμοι με μικρές προσμίξεις χαλικιών), ενώ στην τομή (3) το δείγμα από το συγκεκριμένο βάθος είναι άμμος με προσμίξεις χαλικιών.

Η πυκνότητα των δειγμάτων κυμαίνεται από περίπου 2.6-2.8 g/cm³ (Πιν. 2), γεγονός το οποίο κατατάσσει τα δείγματα στα αδρανή κανονικού ειδικού βάρους (2-3 gr/cm³).

Πίνακας 2. Κοκκομετρική ανάλυση των δειγμάτων και καταγραφή της πυκνότητας τους.

ΔΕΙΓΜΑ	ΚΟΚΚΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ	Πυκνότητα (g/cm ³)
AFA 1A	S	2.740
AFA 1B	(g)S	2.700
AFA 1C	(g)mS	2.676
AFA 1D	(g)mS	2.689
AFA 2A	S	2.757
AFA 2B	(g)S	2.716
AFA 2C	(g)mS	2.693
AFA 2D	(g)mS	2.710
AFA 3A	S	2.806
AFA 3B	gS	2.721
AFA 3C	(g)mS	2.746
AFA 3D	(g)S	2.753

Από τις ορυκτολογικές αναλύσεις προκύπτει πως ο ασβεστίτης σχεδόν σε όλα τα δείγματα αποτελεί την κύρια φάση (Πιν. 3). Ο δολομίτης εμφανίζεται σαν κύριο ή δευτερεύον ορυκτό και ο χαλαζίας στα δείγματα της τομής (1) σαν κύριο ορυκτό, ενώ στις τομές (2) και (3) σαν δευτερεύον ορυκτό. Τα αργίλικά ορυκτά, κλινόχλωρο, κλινοχρυσοσίλης και ακτινόλιθος, καθώς οι αλκαλιούχοι άστριοι (αλβίτης) προσδιορίζονται ως δευτερευοντα ή εποουσιώδη ορυκτά. Οι καλιούχοι άστριοι (σανίδινο) στα προφίλ (1) και (2) εμφανίζονται ως εποουσιώδη ορυκτά, ενώ στην ιζηματολογική τομή (3) απουσιάζουν πλήρως.

Πίνακας 3. Αποτελέσματα ορυκτολογικών αναλύσεων (αναλύσεις XRD) ολικού δείγματος επιφανειακών ιζημάτων τυθμένα στον Όρμο Αφάντου, ν. Ρόδος.

ΔΕΙΓΜΑ	ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ														
	Qtz	Cc	Dol	Ar	MgCc	Cch	Cll	Act	San	Ab	Ede	Cpx	Dpd	Aug	Spn
AFA 1A	Mj	Mj	Mj			Tr	Tr	Tr	Tr	Md					
AFA 1B	Mj	Mj	Md			Tr	Tr	Tr	Tr	Tr					
AFA 1C	Mj	Mj	Md			Md	Tr	Tr	Tr	Md					
AFA 1D	Mj	Mj	Md			Md	Tr	Tr	Tr	Md					
AFA 2A	Md	Mj	Mj			Tr	Tr	Tr	Tr	Tr					
AFA 2B	Md	Mj	Md			Tr	Tr	Tr	Tr	Tr					
AFA 2C	Md	Mj	Md			Md	Tr	Tr	Tr	Tr					
AFA 2D	Md	Md	Mj			Md	Tr	Tr	Tr	Tr					
AFA 3A	Md	Mj	Mj	Tr		Tr	Tr	Tr		Md	Tr	Tr	Md	Tr	
AFA 3B	Md	Mj	Md	Tr		Tr	Tr	Tr		Tr	Tr	Tr	Md	Tr	
AFA 3C	Md	Mj	Md	Tr		Md	Tr	Tr		Tr	Tr	Tr	Md	Tr	Tr
AFA 3D		Md	Tr	Md	Mj										

Υπόμνημα: Qtz: Χαλαζίας, Cc: Ασβεστίτης, Dol: Δολομίτης, Ar: Αραγωνίτης, MgCc: Μαγνησιούχος ασβεστίτης, Cch: Κλινοχρυσοσίλης, Cll: Κλινόχλωρο, Act: Ακτινόλιθος, San: Σανίδινο, Ab: Αλβίτης, Ede: Εδεμβεργίτης, Cpx: Κλινοπυρόξενο, Dpd: Διοψίδιο, Aug: Αυγίτης, Spn: Σπινέλιο, Mj: Κύρια ορυκτό, Md: Μέσης περιεκτικότητας ορυκτό, Tr: Δευτερεύον ή εποουσιώδες ορυκτό

Στα δείγματα της τομής (1) και (2) παρατηρείται παρόμοια ορυκτολογική σύσταση. Αξίζει να σημειωθεί πως στα βαθύτερα δείγματα των δύο αυτών προφίλ (AFA 1C, AFA 1D, AFA 2C

και AFA 2D) ο κλινοχρυσοτίλης προσδιορίστηκε ως δευτερεύον ορυκτό, ενώ στα υπόλοιπα εμφανίζεται ως επουσιώδες (Πιν. 3).

Χαρακτηριστική είναι η διαφοροποίηση των ορυκτολογικών αναλύσεων στα δείγματα του προφίλ (3) και ιδιαίτερα στο βαθύτερο δείγμα, AFA 3D (Πιν. 3). Στα δείγματα αυτού του προφίλ, όπως προαναφέρθηκε, απουσιάζουν οι καλιούχοι άστροι, ενώ προσδιορίζονται άλλες κρυσταλλικές φάσεις, όπως ο διοψίδιος ως δευτερεύον ορυκτό και ο εδεμβεργίτης, ο κλινοπυρόξενος, ο αυγίτης και ο σπινέλιος ως επουσιώδη ορυκτά. Το δείγμα AFA 3D διαφοροποιείται πλήρως από όλα τα υπόλοιπα δείγματα της περιοχής Όρμου Αφάντου, καθώς ως κύρια φάση εμφανίζεται ο μαγνησιούχος ασβεστίτης, ενώ ο ασβεστίτης και ο αραγωνίτης σαν δευτερεύοντα ορυκτά και ο δολομίτης σαν επουσιώδες. Σημαντική είναι η απουσία του χαλαζία σε αυτό δείγμα.

Η διαφοροποίηση των δειγμάτων της ιζηματολογικής τομής (3), της νοτιότερης μελετηθείσας περιοχής σε σχέση με το κεντρικό και βορειότερο τμήμα του Όρμου Αφάντου, πιθανότατα οφείλεται: α) σε κελύφη και διάφορα σκελετικά υπολείμματα θαλάσσιων οργανισμών (γαστερόποδα κ.α.) όπως διαπιστώθηκε από τη μακροσκοπική παρατήρηση και μελέτη στο διοφθάλμιο μικροσκόπιο, και β) στη χαμηλή παροχέτευση χερσογενούς υλικού, το οποίο κυρίως προέρχεται από τους χειμάρρους Πελεμόνη και Λουτάνη, σε συνδυασμό με την παρουσία εντονότερων ρευμάτων στην περιοχή, σε σχέση με το βορειότερο τμήμα του όρμου. Επικουρικά της περίπτωσης (α) αποτελεί και η γεινίαση των δειγμάτων της νοτιότερης τομής με την «ξέρα Κολυμπίων», η οποία υποστηρίζει την ανάπτυξη βενθικών βιοκοινωνιών σκληρού υποστρώματος (hard-bottom benthic biocommunities) (Πλαϊτή κ.ά., 2006) και έχει διαφορετικό γεωλογικό υπόβαθρο σε σχέση με το βορειότερο τμήμα του Όρμου (Mutti et al. 1970).

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από την συλλογή και τις αναλύσεις/μετρήσεις των δειγμάτων προκύπτει πως η περιοχή του Όρμου Αφάντου καλύπτεται από μέτρια-ψιλή άμμο, σε βάθη νερού περίπου από 15 m έως 45 m και σε απόσταση περίπου από 500 m έως 1000 m από την ακτογραμμή. Σημειώνεται δε πως από τη διαδικασία της δειγματοληψίας προέκυψε πως μια πιθανή εξόρυξη υποθαλάσσιου υλικού δυσχεραίνεται από το βραχώδες ανάγλυφο, κυρίως στο νότιο τμήμα του Όρμου.

Από την ποιοτική εκτίμηση των δειγμάτων (αναλύσεις XRD) προκύπτει πως στο σύνολο τους τα δείγματα είναι κυρίως ασβεστιτικά και δευτερευόντως πυριτικά, το οποίο αναμένεται να διασταυρωθεί μέσω χημικών αναλύσεων κύριων στοιχείων και ιχνοστοιχείων. Το γεγονός αυτό καθιστά τη θέση ακατάλληλη ως πιθανό κοιτάσμα υποθαλάσσιων αδρανών υλικών, λόγω της χαμηλής περιεκτικότητας των ιζημάτων σε πυρίτιο και άρα χωρίς οικονομική σημασία στην εξόρυξη τους ως αδρανή υλικά.

Η περιοχή πιθανά ενδείκνυται ως θέση άντλησης υλικών για ανάπλαση/αναπλήρωση ακτών στην ν. Ρόδο ή/και σε παραπλήσιες περιοχές. Μια τέτοια πιθανότητα αναμένεται να αναδειχθεί μετά από μια συστηματική ακτομηχανική και περιβαλλοντική μελέτη του Κόλπου Αφάντου που θα εξετάσει τις επιπτώσεις τόσο στη σταθερότητα της παραλίας όσο και στις τυχόν διαφοροποιήσεις της βενθοκοινωνίας.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η συγγραφική ομάδα υποστηρίζεται από το Έργο ΘΑΛΗΣ (MIS 375655) το οποίο συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και το Υπουργείο Παιδείας και Θρησκευμάτων στο πλαίσιο του ΕΣΠΑ 2007-2013.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Aggarwal Y., Siddique R., 2014. Microstructure and properties of concrete using bottom ash and waste foundry sand as partial replacement of fine aggregates. *Construction and Building Materials*, Vol. 54, 210–223.
- Bari P., Bale H., Hanan J.C., 2012. Observing 3-D deformation of silica sand under *in-situ* quasi-static compression. *Mechanics of Materials*, Vol. 54, 84–90.
- Folk, R.L., 1974. The natural history of crystalline calcium carbonate: Effect of magnesium content and salinity. *Journal of Sedimentary Petrology*, 44, 40–53.
- Lekkas E., Danamos G., Skourtsos E., 2007. Implications for the correlation of the Hellenic nappes in SW Aegean: the geological structure of the Archangelos region, Rhodes Island. 11TH International Congr. Of the Geol. Soc Gr., Vol. XXXX/1, 374-385, Athens.
- Mutti E., Orombelli G., Pozzi R., 1970. Geological studies of the Dodecanese Islands (Aegean Sea). Geological map of the Island of Rhodes and Explanatory Notes. *Ann. Géol. Pays Hellén.* 22, 77–226.
- Kapsimalis V., Rousakis G., Hatiris G., Kalogirou S., Hasiotis T., Karditsa A., Petrakis S., E Poulos S. and Stamatakis M., 2013. Searching for marine aggregates deposits in the Afantou Bay (Rhodes island, Greece). 40th CIESM Congress, Marseill-France, 28 Oct. to 1 Nov. Accepted for publication in the Congress Proceedings, paper ID: 7473-131549 Institute of Oceanography Hellenic.
- Pyökäri M., 1997. The provenance of beach sediments on Rhodes, southeastern Greece, indicated by sediment texture, composition and roundness. *Geomorphology*, 18: 315-332.
- Βερυκίου-Παπασπυριδάκου Ε., Μπαθρέλλος Γ., Σκυλοδήμου Χ., 2004. Φυσικογεωγραφικές παρατηρήσεις της παράκτιας ζώνης της Βορειοανατολικής Ρόδου. *Δελτίο της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας*, 36: 958-967.
- Πλαϊτή W., Σύμπουρα Ν., Ναλετάκη Μ., Σαλωμίδη Μ., Di Liberto S., Pancucci, M.A., 2006. Μελέτη βενθικών βιοκοινωνιών σκληρού υποστρώματος στις ακτές της Ρόδου. 8ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας, Θεσσαλονίκη, 4-8 Ιουνίου 2006, 693-699.