

Μελέτη των ακολίθων στην περιοχή της Γυράπετρας της Νήσου Λευκάδας

ΒΕΡΥΚΙΟΥ-ΠΑΠΑΣΠΥΡΙΔΑΚΟΥ, Ε., ΑΝΔΡΗΣ, Π. Δ., ΚΑΡΔΙΤΣΑ, Α., ΑΛΕΞΑΝΔΡΑΚΗΣ, Γ.,
ΠΟΥΛΟΣ, Σ. Ε., ΓΚΙΩΝΗΣ, Γ.

ABSTRACT

The study of the beachrock formations, present along the barrier beach (Gyrapetra region) that separates the lagoon of NW Lefkada from the open Ionian Sea, is presented in this paper. These beachrock formations extend from the coastline down to a depth of 8-9 m; they can be distinguished according to their depth of occurrence and morphometry into three main units: (i) the upper unit from the coastline up to depth of ~2,5 m; (ii) the intermediate unit lying between 3 and 5.5 m of depth and (iii) the deeper unit from approx. 6 to 9 m of water depth. Their continuous presence along the coastline of the Gyrapetra barrier beach indicates that their formation is associated with relatively rapid sea level changes, due mainly to the intense tectonic activity of the area, and the presence of the lagoon, which through the mixing of the sea water with the fresh and organic-rich lagoonal waters contributed to the beachrock formation. The presence of a step-like morphology of the beachrocks may be related to either period of sea-level stand-stills and/or subsidence due to local tectonism. The present extensive appearance of beachrock (upper unit) along the whole coastline length indicates the presence of erosive processes, even though their presence together with the deeper units may now be acting as a natural breakwater, which protects the barrier beach from further erosion and, therefore, secures the existence of the lagoon.

Keywords: beach zone, beachrock, granulometry.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή περιγράφονται οι σχηματισμοί των ακολίθων οι οποίοι αναπτύσσονται κατά μήκος της παραλιακής ζώνης του παραλιακού φραγμού (περιοχή της Γυράπετρας) που χωρίζει τη λιμνοθάλασσα της Λευκάδας από το Ιόνιο Πέλαγος. Η μελέτη έδειξε ότι οι ακόλιθοι που ξεκινούν από το μέτωπο της παραλίας και φτάνουν έως και σε βάθη 8-9 m μπορούν να διακριθούν με βάση το βάθος στο οποίο βρίσκονται σε τρεις κύριες σειρές, μια ανώτερη μέχρι βάθος ~2,5 m, την ενδιάμεση σειρά από περίπου 3 έως τα 5,5 m και την κατώτερη σε βάθος μεταξύ 6 και 9 m. Η προαναφερόμενη δομή θεωρείται ότι συνδέεται με σχετικά απότομες αλλαγές του επιπέδου της θάλασσας που οφείλονται εν μέρει και στον έντονο τεκτονισμό (σεισμικότητα) της ευρύτερης περιοχής. Η συνεχής παρουσία των ακολίθων στην περιοχή της Γυράπετρας συνδέεται με την παρουσία της λιμνοθάλασσας και με την ύπαρξη του παραλιακού φραγμού (barrier beach) που διαχωρίζει τη λιμνοθάλασσα από την ανοιχτή θάλασσα συμβάλλοντας στην προσφορά γλυκού και πλούσιου σε οργανικό υλικό νερού και την ανάμειξή του με το αλμυρό θαλάσσιο νερό. Σήμερα, η εκτεταμένη επιφανειακή εμφάνιση των σχηματισμών αυτών είναι το αποτέλεσμα της έντονης διάβρωσης που υφίσταται η παραλιακή ζώνη της Γυράπετρας, αν και η συνεχής παρουσία τους κατά μήκος της ακτογραμμής λειτουργεί πλέον ως ένας κεκλιμένος υποθαλάσσιος κυματοθραύστης εφαιπόμενος του πυθμένα.

Λέξεις κλειδιά: παραλιακή ζώνη, ακόλιθοι, κοκκομετρία..

STUDY OF THE BEACHROCK FORMATIONS IN THE GYRAPETRA REGION OF THE LEFKADA ISLAND

Τομέας Γεωγραφίας & Κλιματολογίας, Τμήμα Γεωλογίας & Γεωπεριβάλλοντος, Παν/μιο Αθηνών, Πανεπιστημιούπολη-Ζωγράφου, 157 04, Αττική

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η περιοχή μελέτης, η παραλία από τον Αγ. Ιωάννη μέχρι το Δίαυλο Λευκάδας, μήκους περί τα 8 km, βρίσκεται στις Β/ΒΔ ακτές της Λευκάδας. Πρόκειται για μια παραλιακή ζώνη η οποία αναπτύσσεται κατά μήκος ενός παραλιακού φραγμού (barrier beach) ο οποίος έχει δημιουργήσει μια λιμνοθάλασσα προς την πλευρά της χέρσου και εκτείνεται μέχρι την Αιτωλοακαρνανία. Σήμερα ο παραλιακός αυτός φραγμός διακόπτεται από την παρουσία του τεχνητού διαύλου (Σχήμα 1) που χωρίζει την Λευκάδα από την Ακαρνανική γη. Κατά μήκος της ακτογραμμής του παραλιακού φραγμού που περιβάλλει την λιμνοθάλασσα, αναπτύσσεται πλακώδης πετρολογικός σχηματισμός (ακτόλιθος) ο οποίος λόγω της μορφής του και της συστηματικής του παρουσίας αναφέρεται από τους κατοίκους της περιοχής με τον όρο «πλάκα». Ο σχηματισμός αυτός αναφέρεται από τον Μπορνόβα (1964) κατά τη γεωλογική χαρτογράφηση της περιοχής με τον όρο "ψηφιτοπαγές Ζωστήρος". Οι εκτεταμένες εμφανίσεις των ακτολίθων της Γυράπετρας έχουν περιγραφεί και από τους Βερεκίου – Παπασπυριδάκου και Λειβαδίτη (1987).

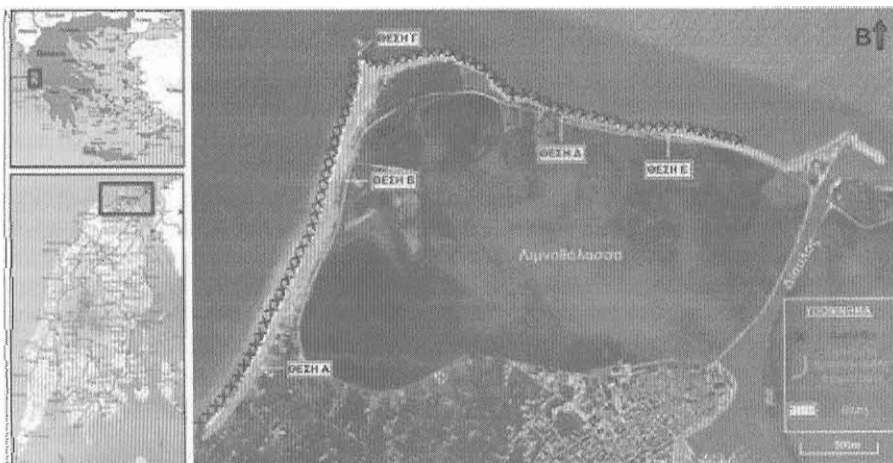
Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η συστηματική περιγραφή των σχηματισμών των ακτολίθων καθ' όλο το μήκος του παραλιακού φραγμού και μέχρι το βαθύτερο σημείο που αναπτύσσονται και η διερεύνηση των γεωλογικών

συνθηκών που συνετέλεσαν στη δημιουργία τους.

2. ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στο ΒΔ άκρο της Λευκάδας, η οποία γενικά μπορεί να χαρακτηριστεί ως ένα ορεινό νησί με έντονο οριζόντιο και κατακόρυφο διαμελισμό. Τα όρη της κατατάσσονται σε όρη "μεσαίου ύψους" και χαρακτηρίζονται από απότομες κλιθείς, που διατέμνονται από βαθιές χαραδρώσεις. Το μέσο υψόμετρο είναι 500 m (Μπορνόβας, 1964) με τις υψηλότερες κορυφές των βουνών να ξεπερνούν τα 1000 m.

Η περιοχή του παραλιακού φραγμού, αποτελείται από σύγχρονες θαλάσσιες αποθέσεις ενώ η λιμνοθάλασσα προς τη χέρσου περιβάλλεται από Τεταρτογενείς αποθέσεις (κυρίως αλλούβια), οι οποίες κάθονται επάνω σε μια εμφάνιση Ηωκαινικού Φλύσχη της Ιονίου ζώνης, η οποία καλύπτει ανθρακικούς σχηματισμούς (Μέσο Λιάσιο- Ν όριο της Ιονίου) που επιφανειακά εμφανίζονται νοτιότερα (Λευκάδα) αλλά και ανατολικότερα (Ακαρνανία). Η περιοχή διασχίζεται από τεκτονικές ρηξιγενείς ζώνες με κύριες διευθύνσεις ΝΝΔ/ΒΒΑ και ΔΒΔ/ΑΝΑ και οι οποίες φαίνεται να ελέγχουν και το βασικό προσανατολισμό της Ιονίου ακτογραμμής της Λευκάδας.



Σχήμα 1: Περιοχή μελέτης (Άγιος Ιωάννης – άκρη Γυράπετρας – Δίαυλος)

Η σεισμική δραστηριότητα είναι ιδιαίτερα έντονη όπως άλλωστε και στα υπόλοιπα νησιά του Ιονίου Πελάγους, με τις σημαντικότερες εστίες που δίνουν μέσου μεγέθους σεισμούς να εντοπίζονται, η μεν πρώτη στα βορειοδυτικά του νησιού (περιοχή μελέτης), όπου υπάρχει και το μεγάλο ρήγμα Τσουκαλάδων, η δε δεύτερη λίγο νοτιότερα του όρμου της Βασιλικής και επί του ρήγματος που διέρχεται μεταξύ των νησιών Λευκάδας και Ιθάκης (Γαλανόπουλος, 1955). Ο πλέον πρόσφατος σεισμός που καταγράφηκε στο νησί έγινε στις 14 Αυγούστου 2003, στις 8:15 πμ και είχε μέγεθος 6,4 R. Αναφέρθηκαν καταπτώσεις βράχων που προκάλεσαν το κλείσιμο του οδικού δικτύου, χωρίζοντας το νησί στα δύο, ρηγματώσεις δρόμων, μερική βύθιση του λιμανιού στη Λυγιά και τραυματισμοί κυρίως τουριστών από πτώσεις βράχων σε απόκρημνες ακτές. Σε πρόσφατη επιστημονική μελέτη περί της παραμόρφωσης του φλοιού στα νησιά του κεντρικού Ιονίου με τη χρήση σύγχρονων τηλεμετρικών μεθόδων (DGPS, DInSAR) αναφέρεται ότι το διάστημα Μάρτιος – Σεπτέμβριος 2003 μετρήθηκε μια ανύψωση περί τα 56 mm στο κεντρικό και δυτικό τμήμα του Νησιού, η οποία αποδόθηκε στη σεισμική δραστηριότητα της περιόδου αυτής, σε αντίθεση με την κατά 28 mm βύθιση του βόρειου τμήματος του νησιού, η οποία όμως δεν συσχετίζεται κατ' ανάγκη με το σεισμό της 14^{ης} Αυγούστου, αλλά αποδίδεται κυρίως στις τοπικές γεωλογικές/εδαφολογικές συνθήκες που ευνοούν την τοπική καθίζηση και τις υπόγειες ρευστοποιήσεις (Lagios et al., 2007).

3. ΣΥΛΛΟΓΗ ΚΑΙ ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

Στα πλαίσια της εργασίας αυτής εκτός από τη συγκέντρωση – αξιολόγηση των δημοσιευμένων στοιχείων και πληροφοριών πραγματοποιήθηκαν μια σειρά μετρήσεων πεδίου που αφορούσαν την χερσαία και υποθαλάσσια μορφολογία, τον ιζηματολογικό χαρακτήρισμό (κοκκομετρία ιζημάτων) και την αποτύπωση – φωτογράφιση της σύστασης του βυθού επικεντρωμένη στις υποθαλάσσιες εμφανίσεις των ακτολίθων.

3.1 Συλλογή υπαρχόντων στοιχείων

Η συλλογή υπαρχόντων στοιχείων αφορά τοπογραφικούς χάρτες και διαγράμματα, ορθοφωτοχάρτες, υδρογραφικούς και γεωλογικούς χάρτες, επιστημονικές δημοσιεύσεις και δημοσιευμένα στοιχεία και πληροφορίες. Ειδικότερα στα πλαίσια της εργασίας αυτής χρησιμοποιήθηκαν ο τοπογραφικός χάρτης κλίμακας 1:50.000 (1987), φύλλο Λευκάδα, της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (ΓΥΣ), το τοπογραφικό διάγραμμα της ΓΥΣ κλίμακας 1:5.000 καθώς και δορυφορικές εικόνες της περιοχής από το Google Earth. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν οι γεωλογικοί χάρτες φύλλο «Λευκάς», κλίμακας 1:50.000 του 1963 και Σεισμοτεκτονικός χάρτης της Ελλάδας, κλίμακας 1:500.000, έκδοσης 1989, του Ι.Γ.Μ.Ε.

Ακόμη αξιολογήθηκαν τα στατιστικά στοιχεία στάθμης θάλασσας (1955-1988) από τους σταθμηγράφους της Υ.Υ. του Π.Ν. στο λιμένα της Πρέβεζας και στο λιμένα της Λευκάδας για μελέτη των πρόσφατων μεταβολών της θαλάσσιας στάθμης.

3.2 Εργασίες πεδίου, μέσα και όργανα μετρήσεων

Επισκέψεις στην περιοχή πραγματοποιήθηκαν την περίοδο Ιούλιος-Αύγουστος του 2007, στη διάρκεια των οποίων έγιναν τοπογραφική αποτύπωση της παραλιακής ζώνης και συλλογή δειγμάτων ιζήματος κατά μήκος τεσσάρων τοπογραφικών τομών κάθετων στην ακτογραμμή (Α, Β, Δ και Ε) με παράλληλη συλλογή χερσαίου και υποθαλάσσιου φωτογραφικού υλικού (βλέπε Σχ. 1). Στη θέση Γ έγινε λεπτομερής υποθαλάσσια φωτογράφιση των σχηματισμών των ακτολίθων μέχρι του βάθους των 10 m.

Για τη μορφολογική αποτύπωση έγινε χρήση γεωδαιτικού σταθμού Total Station NIKON A20 και για τη μέτρηση των βαθών χρησιμοποιήθηκαν φορητό βυθόμετρο της EAGLE (Fish Easy 2) και βυθόμετρο (χειρός) της HONDEX. Η ακρίβεια των βυθομετρήσεων σε συνθήκες νηνεμίας ήταν της τάξης των ± 5 cm. Ο προσδιορισμός θέσης έγινε με GPS GARMIN και μετά από αναφορά σε παράκτιο τριγωνομετρικό σημείο της ΓΥΣ.

Οι υποθαλάσσιες φωτογραφίες ελήφθησαν με υποβρύχια φωτογραφική μηχανή OLYMPUS CAMEDIA 700, και δείγματα ακολίθων αποσπάστηκαν από τους υποθαλάσσιους σχηματισμούς ακολίθων (μέχρι βάθους 8 m) μετά από αυτόνομη κατάδυση των μελών της ερευνητικής ομάδας.

Οι κοκκομετρικές αναλύσεις έγιναν στο εργαστήριο της Φυσικής Γεωγραφίας του Παν/μιου Αθηνών σύμφωνα με τη μεθοδολογία του Folk (1974) και με τη χρήση κοσκίνων (CISA) ανά 0,5 φ, ενώ τα κομμάτια των ακολίθων τεμαχίστηκαν στο εργαστήριο της Πετρολογίας, ακολούθως φωτογραφήθηκαν και μελετήθηκαν οι τομές τους. Τέλος, το συνδυετικό υλικό διαγνώστηκε μετά από ανάλυση στο περιθλασίμετρο (XRD) Siemens D5005 του Τμήματος Γεωλογίας και Γεωπεριβάλλοντος του Πανεπιτημίου Αθηνών.

4. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ -ΣΥΖΗΤΗΣΗ

4.1. Γεωμορφολογική αποτύπωση της παραλιακής ζώνης (χερσαίο και υποθαλάσσιο τμήμα)

Η περιοχή μελέτης μπορεί να χαρακτηριστεί ως μια παραλιακή ζώνη, η οποία αναπτύσσεται κατά μήκος ενός παραλιακού φραγ-

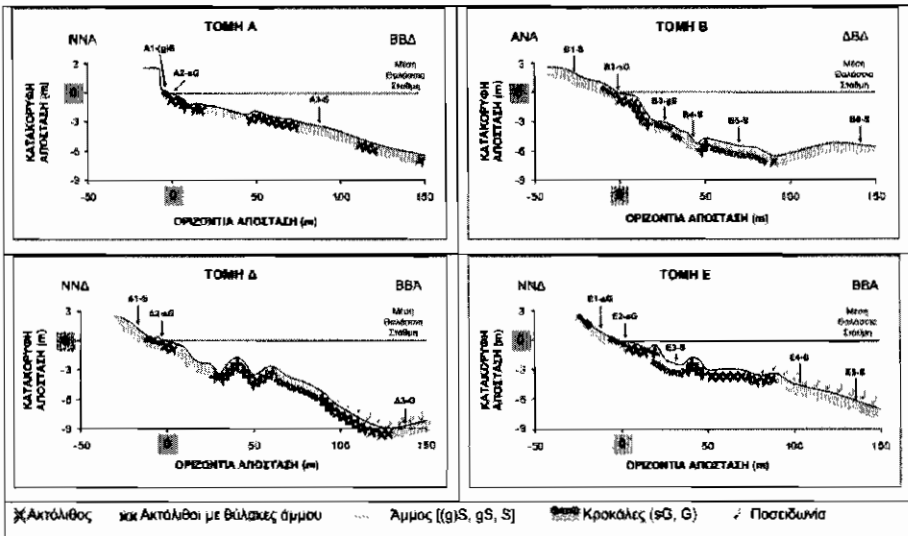
μού (barrier beach) έχοντας τα χαρακτηριστικά των ανοιχτών παραλιών που δέχονται ή ανταλλάσσουν ανεμπόδιστα ιζήματα τόσο πλευρικά, όσο και με την ανοικτή θάλασσα. Στο σχήμα 2 παρουσιάζονται οι τοπογραφικές τομές στην περιοχή μελέτης από τις οποίες οι Α και Β αφορούν τη Δ/ΒΔ πλευρά, ενώ οι Δ και Ε τη Β/ΒΑ πλευρά. Η επιφανειακή κοκκομετρική σύσταση των ιζημάτων δίνεται στον Πίνακα 1.

Στις τομές όλων των θέσεων είναι έντονη η παρουσία των ακολίθων από το μέτωπο της παραλίας μέχρι βάθους >6 m. Το χερσαίο τμήμα των τομών αποτελείται από μέση ως χονδρή άμμο με παρουσία ψηφιδών (>2 mm), η οποία αυξάνεται στο ενεργό μέτωπο της παραλίας, ενώ και γενικότερα το υλικό στο χερσαίο τμήμα των τομών στις θέσεις Δ και Ε (Β/ΒΑ πλευρά) είναι πιο χονδρόκοκκο από το υλικό των τομών (Α και Β) της Δ/ΒΔ πλευράς. Η διαβάθμιση και η ασυμμετρία των δειγμάτων ποικίλει από θέση σε θέση, όπως και με την απόσταση τους από την ακτογραμμή, υποδεικνύοντας ένα έντονο και μεταβαλλόμενο παράκτιο υδροδυναμικό καθεστώς. Ένα ακόμη χαρακτηριστικό είναι ότι τα προφίλ των θέσεων Β και Δ που βρίσκονται εκατέρωθεν της άκρης της Γυράπετρας (θέση Γ) είναι πιο απότομα με μεγαλύτερη εμφάνιση των ακολίθων.

Πίνακας 1. Κοκκομετρικά χαρακτηριστικά κατά Folk, 1974

ΔΕΙΓΜΑ	ΧΑΡ/ΣΜΟΣ	Mz	σi	Sk _i	KG	Διαβάθμιση	Ασυμμετρία	Κύρτωση
A1	(g)S	-0.87	0.94	0.03	1.48	Μέτρια	Σχεδόν συμμετρική	Λεπτόκυρτη
A2	sG	-3.68	1.10	0.57	0.82	Κακή	Πολύ θετική	Πλατύκυρτη
A3	S	1.92	0.57	-0.17	1.00	Μέτρια	Αρνητική	Μεσόκυρτη
B1	S	-0.63	0.39	0.07	1.64	Καλή	Σχεδόν συμμετρική	Πολύ λεπτόκυρτη
B2	sG	-3.45	1.57	0.68	0.47	Κακή	Πολύ θετική	Πολύ πλατύκυρτη
B3	gS	-1.30	0.86	-1.08	1.97	Μέτρια	Πολύ αρνητική	Πολύ λεπτόκυρτη
B4	S	1.74	0.90	-0.33	1.01	Μέτρια	Πολύ αρνητική	Μεσόκυρτη
B5	S	2.18	0.68	-0.38	1.15	Μέτρια	Πολύ αρνητική	Λεπτόκυρτη
B6	S	2.07	0.61	-0.32	1.31	Μέτρια	Πολύ αρνητική	Λεπτόκυρτη
Δ1	S	-1.24	0.22	3.13	1.08	Πολύ καλή	Πολύ θετική	Μεσόκυρτη
Δ2	sG	-4.24	1.90	0.51	0.75	Κακή	Πολύ θετική	Πλατύκυρτη
Δ3	S	1.15	0.58	-0.26	1.12	Μέτρια	Αρνητική	Λεπτόκυρτη
E1	sG	-2.44	1.30	-0.94	0.78	Κακή	Πολύ αρνητική	Πλατύκυρτη
E2	sG	-2.73	0.70	-5.72	0.68	Μέτρια	Πολύ αρνητική	Πλατύκυρτη
E3	S	2.04	0.57	-0.14	1.07	Μέτρια	Αρνητική	Μεσόκυρτη
E4	S	1.87	0.53	-0.29	1.15	Μέτρια	Αρνητική	Λεπτόκυρτη
E5	S	1.95	0.76	-0.35	1.21	Μέτρια	Πολύ αρνητική	Λεπτόκυρτη

S: άμμος, sG: αμμούσι χαλίκες, gS: χαλικοχυός άμμος, (g)S: ελαφρά χαλικοχυός άμμος



Σχήμα 2: Τοπογραφική τομή και περιγραφή του πυθμένα στις θέσεις Α-Ε (βλέπε Σχήμα 1). Οι συμβολισμοί αφορούν το χαρακτηρισμό του υλικού μόνο στην επιφάνεια του πυθμένα και παρατίθενται αναλυτικά στον Πίνακα 1).

Κατά μήκος των υποθαλάσσιων τμημάτων των τομών έχουμε συχνές εναλλαγές στο υλικό του πυθμένα (συνήθως ακτόλιθοι ή άμμος και σε μερικές περιπτώσεις ακτόλιθοι εναλλασσόμενοι με άμμο). Χαρακτηριστικές είναι και οι εμφανίσεις Ποσειδωνιών σε βάθη μεγαλύτερα των 4 m στις θέσεις Δ και Ε, δείχνοντας ένα σταθεροποιημένο πυθμένα σε σχέση με τη Δ/ΒΔ πλευρά όπου οι Ποσειδωνίες εμφανίζονται συστηματικά σε μεγαλύτερα βάθη (συνήθως >6 m).

4.2. Περιγραφή των ακτολίθων

Η μελέτη έδειξε ότι οι ακτόλιθοι που ξεκινούν από το μέτωπο της παραλίας και φτάνουν έως και σε βάθη 8-9 m μπορούν να διακριθούν με βάση το βάθος στο οποίο ευρίσκονται και τη κοκκομετρική τους σύσταση σε τρεις κύριες σειρές: την ανώτερη σειρά που αναπτύσσεται από το μέτωπο της παραλίας μέχρι του βόθους των 2,5 m περίπου, την ενδιάμεση σειρά από τα 3 m έως περίπου τα 5-5,5 m και μια κατώτερη σειρά που βρίσκεται βαθύτερα και φτάνει μέχρι τα 8-9 m στην θέση Γ (Άκρα Γυράππετρα). Οι τρεις αυτές κύριες σειρές παρουσιάζουν υποδιαίρεσεις οι οποίες συμπίπτουν με την παλαιό-

τερη περιγραφή των Βερυκίου και Λειβαδίτη (1987) που διέκριναν 5 σειρές σε βάθη 0,4 έως 0,6m, 0,8 έως 1,2 m, 1,9 έως 2,2 m (η κύρια ανώτερη σειρά), 2,9-3,3 m, καθώς και υπολείμματα σε βάθη μεγαλύτερα από 3,6 m (ενδιάμεση σειρά).

Στις φωτογραφίες του Σχήματος 3 βλέπουμε ότι η ανώτερη σειρά (φωτ. α, β, γ) και ιδιαίτερα το τμήμα περί το μέτωπο της παραλίας παρουσιάζει εμφανή ίχνη των υδροδυναμικών διεργασιών της παράκτιας ζώνης, όπως είναι οι επιφανειακές εγκοιλώσεις βόθους μέχρι και 20 cm που προέρχονται από υδροστροβιλισμό, αύλακες που δημιουργούνται από την παλινδρομική κίνηση του νερού, ενώ παρατηρούνται και δυο κύριες διευθύνσεις "ρηγματώσεων" πάνω στους ακτολίθους, με το ένα σύστημα να είναι σχεδόν παράλληλο με την ακτογραμμή, το δε άλλο σχεδόν κάθετο σε αυτή, ως αποτέλεσμα του βάρους τους σε συνδυασμό με την υδραυλική υποσκαφή. Οι επιφανειακές εμφανίσεις των ακτολίθων είναι ιδιαίτερα εκτεταμένες στη θέση Γ (φωτ. β, Σχ. 3) με πλάτος που υπερβαίνει τα 20 m, ενώ οι ακτόλιθοι της Δ/ΒΔ πλευράς (φωτ. α, Σχ.3) είναι ομαλότεροι με ομαλή πλευρική μετάβαση σε σχέση με τους ακτόλιθους της

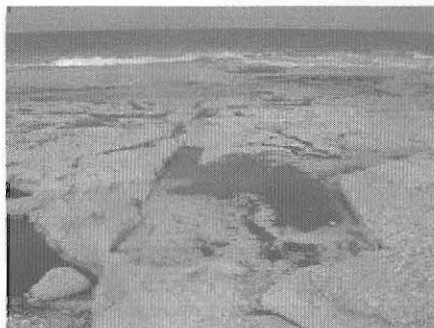
Β/ΒΑ πλευράς οι οποίοι συχνά προεξέχουν (φωτ. γ, Σχ.3).

Η ενδιάμεση υποθαλάσσια σειρά (φωτ. δ και ε, Σχήμα 3) χαρακτηρίζεται από μεγάλα τεμάχια που ανάμεσα τους έχουν συχνά θύλακες άμμου, ιδιαίτερα στη Δ/ΒΔ πλευρά. Στις ρηγματώσεις των τεμαχίων συχνά συναντάμε εκτός από άμμο και βότσαλα που είτε προέρχονται από τη διάβρωση τους είτε έχουν μεταφερθεί στη διάρκεια έντονων κυματικών επεισοδίων.

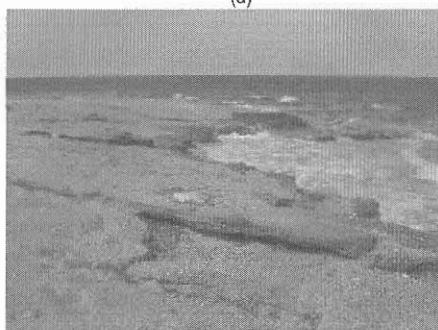
Εκτεταμένη εμφάνιση της κατώτερης σειράς έχουμε στην Άκρα Γυράπιετρα (θέση Γ) στην οποία η εμφάνιση μεγάλων τεμαχίων βρέθηκε μέχρι βάθους περίπου 8-9 μέτρων (φωτ. στ, Σχήμα 3). Από το βάθος αυτό και ο πυθμένας βαθαίνει ομαλά, καλυπτόμενος από μεικτό υλικό με σαφή επικράτηση της άμμου. Να σημειωθεί ότι το βάθος των 8-9 m βρίσκεται σε απόσταση περί τα 125 m από την σημερινή ακτογραμμή.



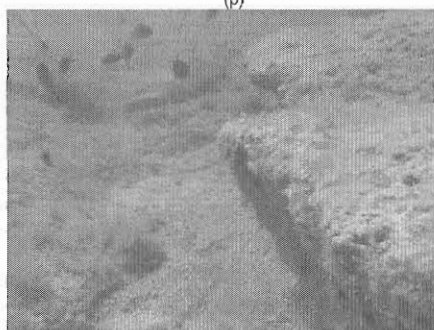
(α)



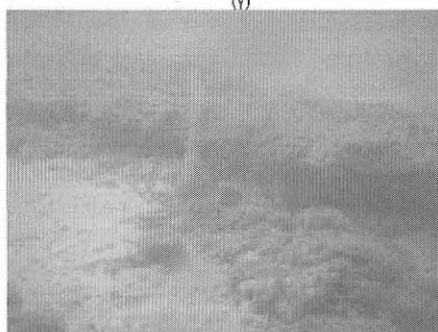
(β)



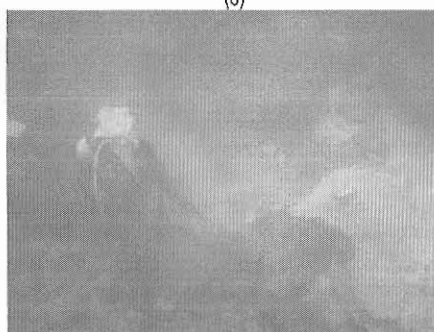
(γ)



(δ)



(ε)



(στ)

Σχήμα 3: Ανώτερη σειρά ακτολίθων (α,β,γ) και υποθαλάσσιες φωτογραφίες της ενδιάμεσης σειράς (δ, ε) και της κατώτερης σειράς (στ).

4.3. Σχέση του σχηματισμού των ακτολίθων με τις γεωλογικές και υδροδυναμικές συνθήκες

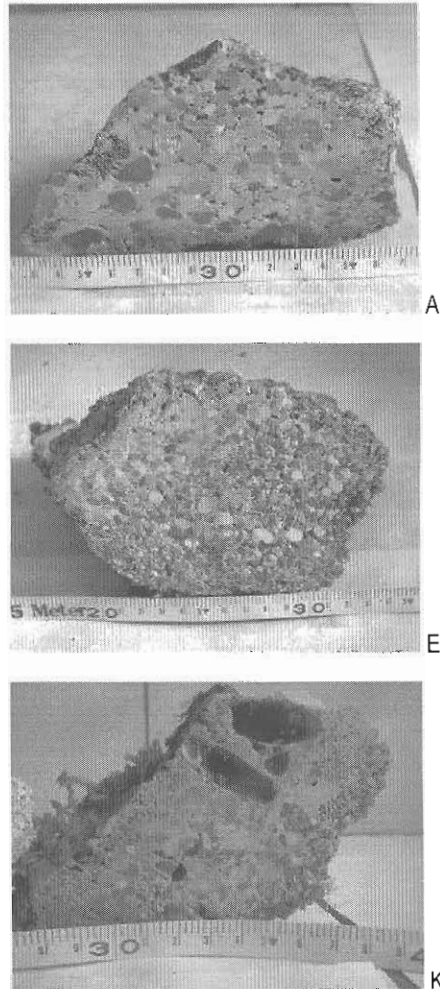
4.3.1. Μηχανισμός δημιουργίας

Ο συνηθέστερος μηχανισμός σχηματισμού ακτολίθων κάτω από το χερσαίο τμήμα της παραλιακής ζώνης και στην περίπτωση που το συγκολλητικό τους υλικό είναι ανθρακικό βασίζεται στην καθίζηση ανθρακικού ασβεστίου κατά την ανάμειξη γλυκού και θαλάσσιου νερού στο βάθος όπου ο επιφανειακός υδροφόρος ορίζοντας συναντάται με το διευσδύον θαλασσινό νερό. Στην περίπτωση της Λευκάδας, λόγω της παρουσίας της λιμνοθάλασσας αλλά και του επιφανειακού υδροφόρου ορίζοντα, όπως προκύπτει από τις στάθμες των πηγαδιών στην περιοχή του Αγ. Ιωάννη, είναι προφανές ότι ευνοείται η ανάμειξη γλυκού και θαλασσινού νερού, ενώ πιθανότατα και η αυξημένη παρουσία βιογενούς υλικού συμμετέχει στην παραγωγή του συγκολλητικού υλικού.

Είναι χαρακτηριστικό ότι και στις τέσσερις τομές σε κομμάτια ακτολίθων που αποκολλήσαμε και από τις τρεις κύριες σειρές (Σχήμα 4) επικρατεί σχετικά χονδρόκοκκο υλικό (ψηφίδες, μικρά βότσαλα) με εγκλείσματα άμμου και με το συνδετικό υλικό να είναι κυρίως ασβεσιτιτικής σύστασης. Επίσης, το υλικό της βαθύτερης σειράς είναι κοκκομετρικά παρόμοιο μάλλον με αυτό της επιφανειακής σειράς, ενώ η ενδιάμεση σειρά συνίσταται από σχετικά πιο λεπτόκοκκο υλικό. Γενικά, φαίνεται ότι η προσφορά υλικού, αλλά και ο τρόπος δημιουργίας των ακτολίθων δεν αλλάζουν ουσιαστικά από σειρά σε σειρά.

Η δημιουργία των ακτολίθων και η κλιμακωτή παρουσία τους σε διαφορετικά βάθη σχετίζονται με την σχετική ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης, ως αποτέλεσμα του ευστατισμού αλλά και της τοπικής τεκτονικής. Ο σχηματισμός των ακτολίθων προϋποθέτει μια σχετικά αργή μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης, γεγονός που οδηγεί χρονικά την έναρξη δημιουργίας τους μετά την ολοκλήρωση της πρώτης φάσης γρήγορης ανύψωσης της θαλάσσιας στάθμης, η οποία ολοκληρώνεται 5000-6000 χρόνια BP. Τότε η θαλάσσια στάθμη ήταν στα -5 m (Lambek, 1996, Poulos et al, 2008 για το κεντρικό

Αιγαίο) έως και -8 m (Jameson et al, 1994 για τη νότια Αργολίδα).



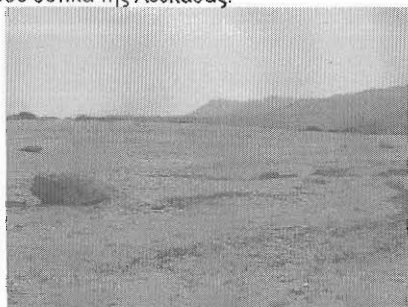
Σχήμα 4: Τομές των αποσπασμένων κομματιών ακτολίθων από την ανώτερη (Α), την ενδιάμεση (Ε) και κατώτερη (Κ) σειρά.

Τμήμα ακτολίθου που βρέθηκε εκβρασμένο από τσουνάμι στα ανώτερα τμήματα της παραλίας στην περιοχή της Ακαρνανικής γης χρονολογήθηκε στα ~2300 BP (Vött et al., 2007). Παρόμοια τεμάχια ακτολίθων εντοπίζονται διάσπαρτα και στα ανώτερα τμήματα της παραλιακής ζώνης της Β. Λευκάδας (Σχήμα 5). Εάν δεχθούμε ότι πριν 2300 χρόνια η θαλάσσια στάθ-

μη ήταν 2-3 m πιο κάτω από ότι είναι σήμερα, τότε προκύπτει το συμπέρασμα ότι το χρονολογημένο τέμαχος (και πιθανότατα και τα αντίστοιχα της Β. Λευκάδας) αποκολλήθηκαν από την ενδιάμεση σειρά (την τότε ανώτερη), άρα ο σχηματισμός της έχει αρχίσει πριν το 2300 BP. Επαγωγικά προκύπτει ότι η ανώτερη και νεότερη σειρά αρχίζει να δημιουργείται μετά το 2000 BP. Η όχι συνεχής αλλά κλιμακωτή διάταξη των τριών κύριων σειρών, αλλά και οι μικροδιαφορές στο βάθος ανάπτυξης κάθε μιας σειράς ξεχωριστά και ιδιαίτερα των δυο ανωτέρων, αποδίδονται σε περιόδους επιβράδυνσης της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης κατά το ανώτερο Ολόκαινο, (όπως έμμεσα υποδεικνύεται από κλιματικές αλλαγές

(http://www.globalwarmingart.com/wiki/Image.Holocene_Temperature_Variations_Rev.png)

αλλά και στον τοπικό τεκτονισμό. Από τις μετρήσεις στάθμης θάλασσας της Υ.Υ του Π.Ν. στους λιμένες της Πρέβεζας και της Λευκάδας (Υ.Υ.Π.Ν., 2005) προκύπτει ότι η περιοχή της Βόρειας Λευκάδας δείχνει να βυθίζεται σε σχέση με την Πρέβεζα, εάν λογικά θεωρήσουμε ότι υπόκειται στην ίδια μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης. Το γεγονός αυτό ενισχύεται από τις μετρήσεις με δορυφόρους των μετακινήσεων της περιοχής της Βόρειας Λευκάδας, η οποία βρέθηκε να υποχωρεί κατά 2,8 cm στο χρονικό διάστημα από 23-3-2003 έως 12-9-2003 με βάση ανάλυση DInSAR (Lagios et al., 2007). Η βύθιση αυτή του ΒΑ άκρου του νησιού της Λευκάδας αποδόθηκε από τους συγγραφείς σε τοπική καθίζηση και υπόγεια ρευστοποίηση που πιθανόν να σχετίζονται και με τον σεισμό ($M_w=6,3 R$) που συνέβη στις 14 Αυγούστου του 2003 δυτικά της Λευκάδας.



Σχήμα 5: Τμήμα ακτολίθου στο ανώτερο τμήμα της παραλιακής ζώνης της Β. Λευκάδας.

Η παρουσία ακτολίθων σε βάθη 8-9 m δεν έχει αναφερθεί μέχρι τώρα στην ελληνική βιβλιογραφία, με τους βαθύτερους χρονολογημένους ακτολίθους να βρίσκονται στα 3,5–4 m στα νησιά Μύκονος και Ρήγεια των Κυκλάδων, όπου οι ακτόλιθοι ήταν ηλικίας από 3100 έως 3800 BP (Fouache et al., 2005). Πιθανότατα η βαθυμετρική αυτή διαφορά δικαιολογείται από τεκτονικές κινήσεις οι οποίες στην περίπτωση των Κυκλάδων θεωρούνται πολύ μικρές (<1 m) κατά τα τελευταία 5000 χρόνια (Flemming, 1978), όπως άλλωστε προκύπτει και από την σεισμικότητα της περιοχής (Parazachos, 1990). Πάντως σε κάθε περίπτωση είναι κατά πολύ μικρότερες αυτών της ευρύτερης περιοχής της Λευκάδας (τόσο Ιονίου).

4.3.2.0 ρόλος των ακτολίθων στην εξέλιξη της παραλιακής ζώνης

Η επιφανειακή εμφάνιση των ακτολίθων στο μέτωπο της παραλιακής ζώνης, όπως και μέχρι του βάθους των 2 m είναι σαφής ένδειξη οπισθοχωρούσας παραλιακής ζώνης λόγω έντονων υδροδυναμικών συνθηκών, οι οποίες πιθανότατα συνδυάζονται τόσο με έλλειψη τροφοδοσίας με νέα ιζήματα, όσο και με τη σχετική ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης.

Οι ακτόλιθοι, συνείναιαν στην αρχική απομάκρυνση των υπερκείμενων ασύνδετων ιζημάτων, καθ' όλο το μήκος της ακτογραμμής λόγω της σκληρής τους επικλινούς προς τη θάλασσα επιφάνειας, η οποία διευκολύνει την προς τη θάλασσα μετακίνηση των κόκκων του αμμώδους καλύμματος. Πρέπει όμως να σημειωθεί ότι σήμερα οι ακτόλιθοι προστατεύουν την παραλιακή ζώνη από μια περαιτέρω οπισθοχώρησή της, καθώς προκαλούν θραύση (μείωση της ενέργειας) των κυμάτων και δεν επιτρέπουν ουσιαστικές μεταβολές στη μορφολογία του υποθαλάσσιου αναγλύφου (δηλαδή, αύξηση βάθους, άρα ενίσχυση της ικανότητας των κυμάτων για περαιτέρω αφαίρεσης ιζημάτων). Για το λόγο αυτό είναι μη επιτρεπτή οποιαδήποτε ενέργεια αφαίρεσής τους, καθώς θα προκαλούσε ταχεία οπισθοχώρηση της ακτογραμμής.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι ακτόλιθοι της Λωρίδας γης που περιβάλλει τη λιμνοθάλασσα της Λευκάδας χαρα-

κτηρίζονται από τη συνεχή κατά μήκος της α-κτογραμμής εμφάνισή τους, η οποία σε βάθος φτάνει και τα 9 m (Άκρα Γυράπητρα). Μορφολογικά, διακρίνουμε τρεις κύριες σειρές μια ανώτερη (μέχρι βάθους ~2,5 m), μια ενδιάμεση (3-5,5 m) και μια κατώτερη (> 6 m), η οποία φθάνοντας μέχρι τα 9 m αποτελεί και το βαθύτερο παράκτιο σχηματισμό ακτολίθων που έχει μελετηθεί στον Ελληνικό χώρο.

Η δημιουργία τους σχετίζεται με την παρουσία της λιμνοθάλασσας (προσφορά γλυκού νερού, πλούσιου, πιθανότατα και σε οργανικό υλικό) και την υπόγεια ανάμιξη γλυκού και αλμυρού νερού που προκαλεί την παραγωγή του συγκολλητικού (πρωτίστως ασβεστίτης) τους υλικού. Το μεγάλο βάθος της εμφάνισης τους οφείλεται στη σχετική ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης, η οποία είναι συνδυασμός της αργής ανόδου της θαλάσσιας στάθμης κατά τα τελευταία 5000 χρόνια, αλλά και των τοπικών τεκτονικών κινήσεων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Βερυκίου- Παπασπυριδάκου, Ε., Λειβαδίτης, Γ., 1987. Παράκτιες ιζηματολογικές συνθήκες που οδήγησαν στο σχηματισμό ζωστήρος της Λευκάδος, 1^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Γεωγραφίας. Αθήνα.
- Γαλανόπουλος Α.Γ., 1955. Η Σεισμική Γεωγραφία Ελλάδος. Γεωλογικά Χρονικά Ελληνικών Χρόνων, 6, 83-121.
- 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, R.L., 1974. *Petrology of sedimentary rocks*. Hemphill, Austin, Texas.
- Fouache, E., Desruelles, St., Pavlopoulos, K., Dalongeville, R. Coquinot, Y., Peulvast, J.-P. and Potdevin, J.L., 2005. Using beachrocks as sea level indicators in the insular group of Mykonos, Delos and Rhenia (Cyclades, Greece). *Z. Geomorph. N.F., Suppl.-Vol.* 137: 37-43.
- Jameson M.H., Runnels C.N. and van Andel T.H., 1994. *A Greek Countryside: The Southern Argolid from Prehistory to the Present Day, with a Register of Sites* by C.N. Runnels and M.H. Munn. Stanford University Press, 658 pp.
- Lagios E., Sakkas V., Papadimitriou P., Pargandis I., Damiata B.N., Chousianitis K., Vassilopoulou S., 2007. Crustal deformation in the Central Ionian Islands (Greece): Results from DGPS and DInSAR analyses (1995-2006). *Tectonophysics*, 444, 119-145.
- Lambeck, K., 1996. Sea-level changes and shoreline evolution in Aegean Greece since Upper Paleolithic time. *Antiquity*, 70, 588-611.
- Μπορνόβας, Ι.. 1964. Η Γεωλογία της Νήσου Λευκάδος, ΙΓΜΕ, Αθήνα.
- Papazachos, B.C., 1990. Seismicity of the Aegean and surrounding area. *Tectonophysics* 178, 287-308.
- Poulos, S.E., Ghionis G. & Maroukian H., 2008. Sea-level rise trends in the Attico-Cycladic region (Aegean Sea) during the last 5000 years. *J. Geomorphology* (article in press published online, doi: 10.1016/j.geomorph.2007.05.022).
- Vött A., Bruckner H., Ma M., Herd R., Brockmüller S., 2007. Strong tsunami impact on the Bay of Aghios Nikolaos and its environs (NW Greece) during Classical-Hellenistic times., doi: 10.1016/J.quaint.2007.02.017.
- Υ.Υ.Π.Ν. (Υδρογραφική Υπηρεσία), 2005. Παλίρροιες Ελληνικών Λιμένων. Υδρογραφική Υπηρεσία Πολεμικού Ναυτικού, Αθήνα 28 σ.