

ΦΥΣΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗ ΣΤΗΝ ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΛΙΑΚΗΣ ΖΩΝΗΣ ΤΟΥ ΔΗΛΕΣΣΙ, ΝΟΜΟΥ ΑΤΤΙΚΗΣ (Ν. ΕΥΒΟΪΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ)¹

Σ. ΠΟΥΛΟΣ², Χ. ΜΑΡΟΥΚΙΑΝ, Σ. ΛΕΟΝΤΑΡΗΣ, Γ. ΡΟΥΣΚΑΣ ΚΑΙ Δ. ΝΕΟΦΩΤΙΣΤΟΣ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η περιοχή του Δήλεσι αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα παραθεριστικά θέρετρα στα βόρεια του Νομού Αττικής. Η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται από μια ποικίλη παράκτια γεωμορφολογία και μια γενική οπισθοχώρηση της ακτογραμμής, ενώ και η ζώνη του αιγιαλού είναι πολύ περιορισμένη (πλάτος <3 m) και φτωχή σε αμμώδες υλικό. Το υδροδυναμικό περιβάλλον είναι ασθενές, καθώς τα κύματα είναι χαμηλής ενέργειας, λόγω των μικρών αποστάσεων ανάπτυξής των, αλλά και της έλλειψης ισχυρών ανέμων (>6 B), όπως και τα παλίρροϊκά ρεύματα λόγω του μικρού ύψους της παλίρροιας (0,4 m). Η παρουσία βυθισμένων σήμερα αρχαιολογικών ευρημάτων και παλαιο-ακτογραμμών (κυρίως ακτολίθων) σε συνδυασμό με το ασθενές υδροδυναμικό καθεστώς οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η σύγχρονη διάβρωση της παραλιακής ζώνης οφείλεται πρωτίστως στην σχετική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης (1-1,5 m τα τελευταία 2000 χρόνια), και δευτερευόντως στην παρέμβαση του ανθρώπου.

ABSTRACT

The shore zone of Dilessi (North Attika), belonging to the south Evoikos Gulf, is one of the most touristic coastal areas of Attika. Extended coastal geomorphological investigations have shown that the coastline experiences a general retreat. The coastal hydrodynamic conditions are rather weak due to the low wave power (wave heights <1m) and the slow tidal currents; the former is attributed to the limited fetch distances and the absence of strong (>6 B) blowing winds, and the latter to the limited tidal heights (<0,4 m) and the interaction of the tidal currents with the irregular topography. The presence of archeological sites of Classical times and that of beachrocks 1-1,5 m below the sea surface leads to the conclusion that the presently observed retreat of the shoreline is caused primarily by relative sea level rise (1-1.5 m during the last 2000 years) and secondarily by the human interference; the latter seems to play some role only in the vicinity of human structures (e.g. marinas).

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: παράκτια μορφολογία, διάβρωση ακτογραμμών, παράλια υδροδυναμική, δυναμική των ιζημάτων, Δήλεσι.

KEY WORDS: coastal morphology, shoreline erosion, nearshore hydrodynamics, sediment dynamics, Dilessi.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η παραλιακή ζώνη του Δήλεσι αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα παραθεριστικά θέρετρα στα βόρεια του Νομού Αττικής. Η ευρύτερη περιοχή παρουσιάζει μια ποικίλη παράκτια γεωμορφολογία, ενώ στο σύνολό της χαρακτηρίζεται από οπισθοχώρηση της ακτογραμμής (Λεοντάρης και Μαρουκιάν, 1988). Ακόμη τις τελευταίες δεκαετίες, λόγω της αυξανόμενης τουριστικής χρήσης η ανθρώπινη παρέμβαση είναι ιδιαίτερα έντονη κοντά στην ακτογραμμή, αγνοώντας το υφιστάμενο γεωλογικό και θαλάσσιο καθεστώς, γεγονός που έχει δημιουργήσει επιπρόσθετα προβλήματα παράκτιας διάβρωσης.

Η παρούσα μελέτη έχει ως σκοπό την διερεύνηση των προβλημάτων που σχετίζονται με την σταθερότητα της ακτογραμμής που απορρέουν είτε από φυσικά αίτια (παράκτιο υδροδυναμικό καθεστώς, ευστατισμός) είτε από την ανθρώπινη παρέμβαση.

¹:Natural processes and human interference in the evolution of the shore zone of Dilessi (South Evoikos Gulf)

²:Παν/μιο Αθηνών, Τμήμα Γεωλογίας, Τομέας Γεωγραφίας-Κλιματολογίας, Πανεπιστημιόπολη, Ζωγράφου, 157 84, Αθήνα.

ΓΕΩΛΟΓΙΑ-ΓΕΩΓΡΑΦΙΑ ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΜΕΛΕΤΗΣ

Ειδικότερα η μελέτη αυτή αφορά την περιοχή που εκτείνεται μεταξύ των ακρωτηρίων Αγκίστρι (δυτικά) και 'Πλάκα Δήλεσι' (ανατολικά). Η ακτογραμμή της έχει μήκος περί 5,5 km και διεύθυνση σχεδόν Α-Δ. Το παράκτιο υποθαλάσσιο ανάγλυφο χαρακτηρίζεται γενικά ομαλό (κλίσεις <2%), ενώ και τα μεγαλύτερα βάθη στα ανοικτά του Κόλπου δεν ξεπερνούν τα 35 m.

Ο νότιος Ευβοϊκός Κόλπος ανήκει στην Πελαγονική ζώνη ενώ η δημιουργία του σχετίζεται με τεκτονικές κινήσεις που δρώντας από το τέλος του Ολιγόκαινου ή στις αρχές του Μειοκαίνου δημιούργησαν μια επιμήκη τεκτονική τάφρο υπό την επίδραση τεκτονικών γεγονότων διεύθυνσης ΒΒΔ-ΝΝΑ (Perissoratis, Mettos and Van Andel, 1989). Μάλιστα, οι ίδιοι επιστήμονες αναφέρουν ότι η σημερινή του μορφολογία είναι το αποτέλεσμα μιας εφελκιστικής φάσης διεύθυνσης Β-Ν που έδρασε από το τέλος του Πλειοκαίνου ή τις αρχές του Τεταρτογενούς και που συνεχίζεται μέχρι σήμερα. Στο διάστημα αυτό έχουμε την εκδήλωση δυο κύριων φάσεων απόθεσης ιζημάτων (α) ποταμοχειμάριοις αποθέσεις στο Κατώτερο Πλειστόκαινο και (β) αποθέσεις που αποτέθηκαν υπό μορφή κυρίως αλλουβιακών ριπιδίων στην διάρκεια του Πλειστόκαινου αλλά στην διάρκεια του Ολοκαίνου. Όσον δε αφορά την σεισμική δραστηριότητα, ο Νότιος Ευβοϊκός παρουσιάζει ελάχιστες εστίες που περιορίζονται στα περιθωριακά ρήγματα και εγκλείουν σεισμούς μικρού βάθους, ενώ υφίσταται την σεισμική διέγερση των σεισμικών ζωνών Λοκρίδος-Χαλκίδας και Ωρωπού, που συνήθως δίνουν σεισμούς μεσαίας έντασης και <6,1 R (Λεοντάρης και Δελημπασής, 1986).

Όσον αφορά δε τη θαλάσσια στάθμη, αυτή πριν από 40.000 ήταν -70 m (Καμπούρογλου, 1989) ενώ πριν από 12.000 βρισκόταν γύρω στο -60 m που συμπίπτει με περίοδο λιμναίων αποθέσεων στην περιοχή Αυλίδας (Λεοντάρης, 1987). Η άνοδος συνεχίστηκε με βραδύτερους ρυθμούς φθάνοντας τα -5 m, πριν από 6000 χρόνια, και τα -1,5 m πριν από περίπου 2000, όπως αποδεικνύεται από αρχαιολογικά ευρήματα (Μαρουκιάν et al., 1994 και Lambeck, 1996). Μάλιστα, οι προαναφερόμενοι ερευνητές αποδίδουν την σχετική ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης κατά τα τελευταία 2000 χρόνια, οπότε και διαμορφώθηκε η σημερινή παράκτια μορφολογία, πρωτίστως σε ευστατικά αίτια και δευτερευόντως σε τεκτονικά που σχετίζονται με την ενεργή ρηξιγενή ζώνη Αταλάντης - Ωρωπού αλλά ίσως και στην συμπίεση, λόγω υπερφόρτωσης με ιζήματα, του θαλάσσιου χώρου της Αυλίδας (Λεοντάρης και Μαρουκιάν, 1988).

Το ανάγλυφο της Αττικοβοιωτικής παράκτιας ζώνης του Ν. Ευβοϊκού κόλπου είναι σχετικά χαμηλό με ορεινούς όγκους με υψόμετρο που δεν ξεπερνά τα 600 m. Στην περιοχή του Δήλεσι, όπου αναφέρεται και η συγκεκριμένη μελέτη, η λεκάνη απορροής με εμβαδόν 17,7 km² χαρακτηρίζεται από μέγιστα υψόμετρα της τάξεως των 130-150 m και φτωχό υδρογραφικό δίκτυο. Η ακτή μπορεί να χαρακτηριστεί αρκετά ομαλή, με μόνες εξαιρέσεις το ανατολικό και δυτικό άκρο της, όπου παρατηρούνται απότομες κλίσεις.

Το κλίμα της περιοχής είναι Μεσογειακό, με κύριο χαρακτηριστικό το ξηρό και θερμό καλοκαίρι και ήπιο και βροχερό χειμώνα. Η ετήσια μέση θερμοκρασία του αέρα κυμαίνεται από 16,5°C μέχρι 19°C, ενώ η μέση ετήσια βροχόπτωση είναι κατά μέσο όρο περίπου 400 mm. Με βάση δε τα ανεμολογικά στοιχεία του μετεωρολογικού σταθμού της Χαλκίδας (Πίνακας 1), οι άνεμοι που παρουσιάζουν την μεγαλύτερη συχνότητα εμφάνισης σε όλη τη διάρκεια του έτους είναι οι βόρειοι (24,12%) και οι βορειοδυτικοί (22,02%) και στη συνέχεια οι νότιοι (18,41%). Τη μικρότερη συχνότητα παρουσιάζουν οι ανατολικοί (2,97%) και ιδίως οι δυτικοί άνεμοι (1,84%), ενώ η συχνότητα των νηνεμιών ανέρχεται στην τιμή των 8,67%.

Πίνακας 1. Ετήσια συχνότητα (%) διεύθυνσης και έντασης (Beaufort) του ανέμου στον μετεωρολογικό σταθμό Χαλκίδας.

Table 1. Annual frequency (%), direction and stress (in Beaufort) of wind at the meteorological station of Ckalkis.

	B	BA	A	NA	N	ΝΔ	Δ	ΒΔ	
Άπνοια									8,67
Ασθενείς (1-2B)	6,75	4,93	2,37	2,84	10,43	1,97	1,35	8,63	
Μέτριοι (3-5B)	17,44	7,32	0,59	1,89	7,98	2,90	0,46	13,35	
Ισχυροί (6-7B)	0,03	0,06	0,01	0,01	0,008	0,05	0,03	0,04	
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	24,12	12,31	2,97	4,74	18,41	4,92	1,84	22,02	8,67

Η περιοχή μας, ευρισκόμενη στον Ν. Ευβοϊκό κόλπο, υφίσταται την επίδραση της παλίρροιας η οποία προκαλεί στον κόλπο της Αυλίδας αυξομειώσεις της θαλάσσιας στάθμης μεταξύ 0,2 και 0,4 m κατά τις συζυγίες. Όσον δε αφορά τα παράκτια παλιρροϊκά ρεύματα, αυτά στην περιοχή μελέτης δεν αναμένεται να έχουν σημαντικές ταχύτητες ώστε να επηρεάζουν αποφασιστικά την παράκτια στερεομεταφορά ή να προκαλούν διάβρωση των ακτών. Το γεγονός αυτό ενισχύεται ιδιαίτερα όταν επικρατεί το ακανόνιστο ρεύμα, του οποίου η φορά εναλλάσσεται σε άτακτα χρονικά διαστήματα και περισσότερες από 4 φορές (περίπτωση κανονικού ρεύματος) το 24ωρο.

Τέλος, όσον αφορά στο κυματικό καθεστώς, αυτό γενικά είναι μέτριο προς ασθενές, καθώς η παραλία του Δήλεσι είναι σχετικά προστατευμένη και μη εκτεθειμένη σε μεγάλα μήκη ανάπτυξης των κυμάτων. Ακόμη και στο κόλπο των Πεταλιών, που βρίσκεται ΝΑ της περιοχής μελέτης, τα μέγιστα ύψη των κυμάτων μπορούν να είναι της τάξης των 2,5 m, ενώ η περίοδος των δεν ξεπερνά τα 7 sec (Αθανασούλης και Σκαρσουλή, 1992).

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

Η παράκτια ιζηματολογική μελέτη περιελάμβανε χαρτογράφηση, φωτογράφηση με την χρήση του τοπογραφικού χάρτη κλίμακας 1:50.000 (Φύλλο ΧΑΛΚΙΣ) και τα τοπογραφικά διαγράμματα της περιοχής Δήλεσι (κλίμακα 1:5.000) των διάφορων μορφολογικών και ιζηματολογικών δομών και φάσεων κατά μήκος της ακτογραμμής, αλλά και της παρακείμενης χέρσου, η οποία συμπληρώνεται και από την συλλογή 16 δειγμάτων από το μέτωπο της παραλίας σε αντιπροσωπευτικές θέσεις. Στα δείγματα αυτά έγινε κοκκομετρική ανάλυση, σύμφωνα με την μεθοδολογία του Folk (1980), κατά την οποία προσδιορίστηκαν το μέσο κοκκομετρικό μέγεθος (η γραφική μέση τιμή, (M_z)), η μέση γραφική απόκλιση (σ_T) και η λοξότητα (Sk_T).

Ο προσδιορισμός των χαρακτηριστικών των κυμάτων αλλά και των επιμήκων στην ακτογραμμή ρευμάτων, έγινε με την αξιοποίηση των ανεμολογικών δεδομένων της περιοχής και χρησιμοποιώντας τις παρακάτω εξισώσεις (CERC, 1984).

Το σημαντικό ύψος των κυμάτων στα βαθειά νερά (H_s), όπως οι μέγιστες τιμές του φάσματος της περιόδου των (T_m), δίνονται από τις εξισώσεις:

$$H_s = 5,112 \times 10^{-4} W F^{0.5} \quad \text{και} \quad T_m = 6,238 \times 10^{-2} (W F)^{0.33}$$

όπου, W είναι η ένταση του ανέμου (m/s), η οποία σχετίζεται με την μετρημένη ταχύτητά της (U), μέσω της σχέσης $W=0,71 U^{1,23}$, F (fetch) είναι η απόσταση (σε m) που έχει στην διάθεσή του για να αναπτυχθεί ο κυματισμός. Μάλιστα για την χρήση των παραπάνω εξισώσεων γίνεται η παραδοχή ότι ο άνεμος πνέει ικανό χρονικό διάστημα ώστε ο κυματισμός να λάβει το μέγιστο ύψος του για τη δεδομένη απόσταση ανάπτυξής του. Ακόμη η σημαντική περίοδος των κυμάτων (T_s) δίνεται από την σχέση: $T_s = 0,95 T_m$, το μήκος κύματος (L_0) στα βαθειά νερά δίνεται από την εξίσωση $L_0 = gT^2/2\pi$, ενώ η σχέση μεταξύ του ύψους των κυμάτων στα βαθειά (H_0) ως προς αυτό την στιγμή της θραύσης των δίνεται από την εξίσωση $H_b/H_0 = 0,563 (H_0/L_0)^{0.2}$. Το δε βάθος θραύσης των κυμάτων, δίνεται από την ημιεμπειρική σχέση $H_b/d_b = 0,78$.

Η δυναμική παράκτια στερεομεταφορά Q_1 (m^3/s) που οφείλεται στα επιμήκη ρεύματα (κυματικής προέλευσης) δίνεται από την εξίσωση: $Q_1 = (0,39 \times P_b) / (g \times (\sigma - \rho) \times a')$, όπου (σ) και (ρ) είναι οι πυκνότητες ιζήματος (2650 kg/m^3) και θαλασσινού νερού (1025 kg/m^3) αντίστοιχα $a' = 0,6$ (το πορώδες της άμμου) και (P_{1s}) είναι η ροή ενέργειας που εισέρχεται στην ζώνη κυματώγης (μετά την θραύση των κυμάτων και που διαμορφώνει το επίμηκες παράκτιο ρεύμα) $P_b = 0,05 \times \rho \times g^{3/2} \times H_0^{5/2} \times \sin 2\alpha_0 \times (\cos \alpha_0)^{1/4}$ όπου, H_0 είναι το σημαντικό ύψος των κυμάτων στα βαθειά νερά, (α_0) είναι η γωνία μεταξύ των γραμμών κορυφής των κυμάτων και της ακτογραμμής, καθώς οι κοντά στην ακτογραμμή ισοβαθείς είναι παράλληλες ή σχεδόν παράλληλες προς αυτήν.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

ΙΖΗΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

Τα αποτελέσματα των κοκκομετρικών αναλύσεων συνοψίζονται στον Πίνακα 2, όπου φαίνεται το χονδρόκοκκο του χαρακτήρα των ιζημάτων με την επικράτηση χαλικιών (<-1φ) και άμμου (-1 έως +4φ), ενώ είναι σχεδόν ανύπαρκτο τα κλάσματα ιλύος και αργίλου (>4φ). Όσον δε αφορά στο κλάσμα της άμμου στα δείγματα που υπάρχει

(1,4,6,8,9 και 14) εμφανίζει ποικίλη ταξινόμηση που κυμαίνεται από αρκετά καλή μέχρι και κακή (Πίνακας 2), υποδηλώνοντας ένα γενικά ασθενές υδροδυναμικό καθεστώς, το οποίο και διαφέρει από θέση σε θέση αλλά και δεν είναι ικανό να ομογενοποιήσει τα ιζήματα τα οποία φαίνεται να είναι προϊόντα πρόσφατης διάβρωσης καθώς παρουσιάζουν ένα μεγάλο κοκκομετρικό εύρος (από βότσαλα μέχρι μέτρια άμμο). Παρόμοιο συμπέρασμα εξάγεται και από την λοξότητα του αμμόδους κλάσματος των δειγμάτων, η οποία δείχνει ότι τα κλάσματα της άμμου παρουσιάζονται γενικά ομοιόμορφα, δηλαδή, με την επικράτηση κάποιου συγκεκριμένου κοκκομετρικού μεγέθους.

Πίνακας 2. Αποτελέσματα κοκκομετρικής ανάλυσης σε μονάδες (ϕ) ($\text{mm}=(2^{\phi})^{-1}$) και χαρακτηρισμό των δειγμάτων σύμφωνα με τον Folk (1980).

Table 2. Results of the grain-analyses (in (ϕ) units) and the characterization of the samples according to Folk (1980)

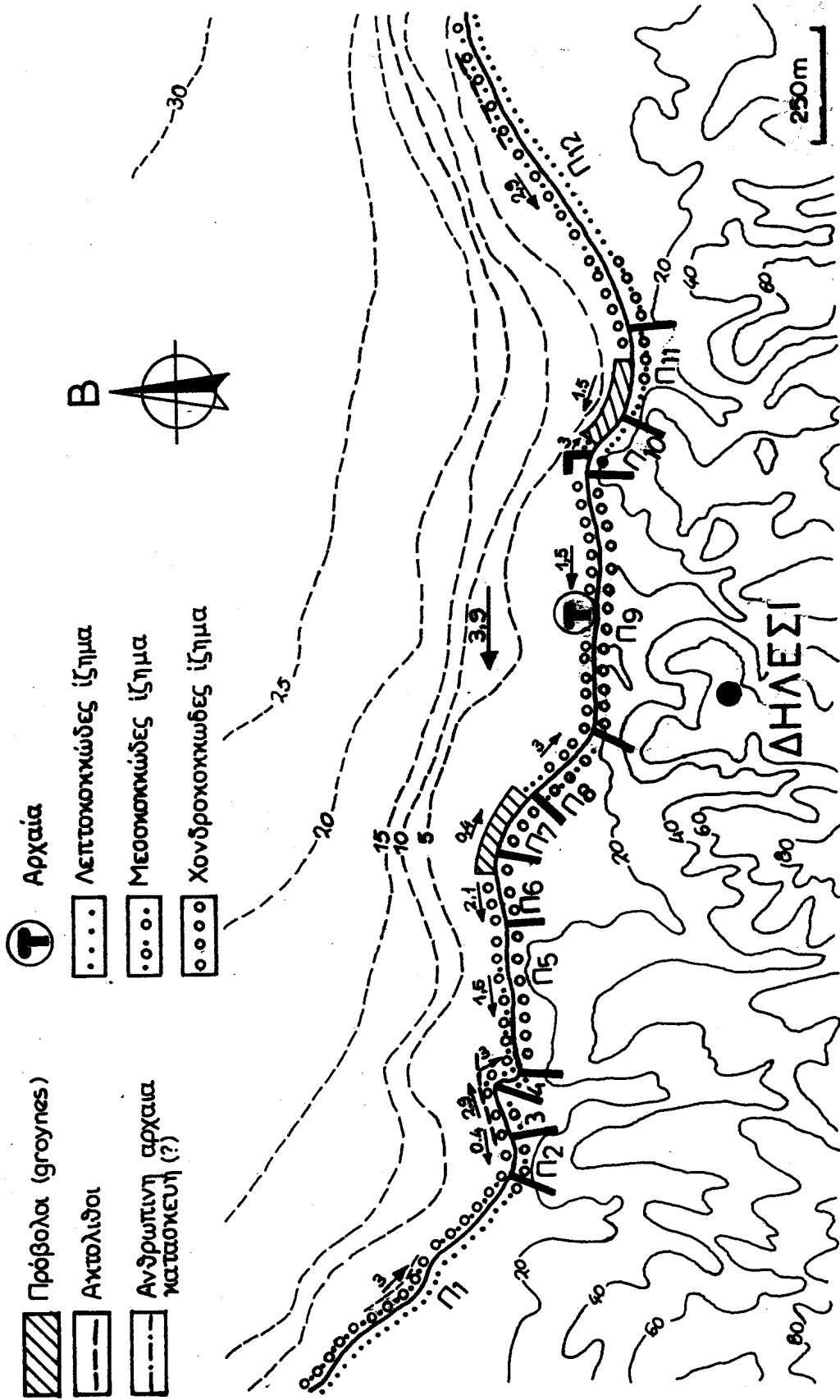
	Εύσταση	Mz (ϕ)	σ_I	Sk _I
1	g S	+2,2	1,22 (κακή Ταξινόμηση)	-0,50 (έντονη Λοξ.-X.)
2	G	-2,1		+0,30 (απλή Λοξ.-Λ.)
3	G	<-2		
4	S	+2,0	0,54 (αρκετά καλή Ταξ.)	+0,03 (Συμμετρική-Λ.)
5	G	<-2		
6	g S	-1,1	0,54 (αρκετά καλή Ταξ.)	+0,15 (Συμμετρική -Λ.)
7	G	<-2		
8	(g)S	+1,4	0,80 (μέτρια Ταξινόμ.)	-0,23 (απλή Λοξ.-X.)
9	gS	+0,15	1,10 (κακή Ταξινόμηση)	+0,54 (έντονη Λοξ.-X.)
10	G	<-2		
11	sG	-1,5		-0,05 (Συμμετρική-X.)
12	G	<-2		
13	sG	<-2		
14	S	+1,3	0,70 (αρκετά καλή Ταξ.)	+0,12 (απλή Λοξότ.-Λ.)

Επεξήγηση: S: άμμος (>90%), G: χαλίκια (>80%), gS: χαλικώδης άμμος (χαλίκια: 5-30%), (g)S: ελαφρά χαλικώδης άμμος (χαλίκια: <5%), sG: αμμώδη χαλίκια (άμμος 20-70%), M_z: γραφική μέση σε ϕ , σ_I γραφική σταθερά απόκλισης Sk_I: γραφική λοξότητα, Λοξ.: λοξότητα, Λ.: επικράτηση λεπτόκκοκων, X.: επικράτηση χονδρόκκοκων.

Ακόμη από παρατηρήσεις του πυθμένα κοντά στην ακτογραμμή, διαπιστώθηκε η ουσιαστική έλλειψη περιοχών με αμιγώς αμμώδες κάλυμμα. Αντιθέτως, υπάρχουν περιοχές όπου έχουμε μεικτά ιζήματα από χαλίκια και κροκάλες μέχρι λεπτή άμμο ή ακόμη και πηλούς (ιλύ+άργιλο), ενώ είναι σχεδόν καθολική και η παρουσία μιας αραιής κάλυψης φυκιών. Η συνολική εικόνα του πυθμένα μέχρι βάθη 2-3 m, δίνει περισσότερο την αίσθηση ενός σχετικά πρόσφατα (γεωλογικά) επικλινόμενου χερσαίου χώρου, ο οποίος δεν έχει υποστεί ένα έντονο κυματικό καθεστώς που και περισσότερη άμμο θα παρήγαγε, οι κροκάλες θα ήταν περισσότερο πεπλατισμένες (λατύπες), αλλά και τα φύκια δεν θα ευδοκίμουν σε τόσο μικρά βάθη.

ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΟ ΚΑΘΕΣΤΩΣ

Η κυματική δράση στην περιοχή μελέτης, λόγω των μικρών αποστάσεων ενεργής ανάπτυξης των κυμάτων σε συνδυασμό με την επικράτηση των ανέμων μέτριας έντασης (3-5 B) και την σχεδόν παντελή έλλειψη ανέμων >7B, χαρακτηρίζεται ως ασθενής, όταν συγκρίνεται με άλλες περιοχές οι οποίες είναι προσανατολισμένες προς το ανοικτό πέλαγος, άρα, και σε κύματα πολύ μεγαλύτερου ύψους. Είναι χαρακτηριστικό ότι τα κύματα στην παραλία του Δήλεσι είναι γενικά <1 m σε ύψος (Πίνακας 3), ενώ το μήκος τους δεν ξεπερνά τα 20 m (ισχυροί άνεμοι). Τα



Σχήμα 1. Μορφολογικά, ιζηματολογικά και υδροδυναμικά χαρακτηριστικά της παράκτιας περιοχής του Δήλεσι (Ν. Αττικής) (→: μέση ετήσια δυναμική παράκτια στερεομεταφορά σε 10^3 m^3).

Figure 1. Morphological, sedimentological and hydrodynamic characteristics of the shore zone of Dilesi (Attika) (→: mean annual potential longshore sediment transport in 10^3 m^3).

δεδομένα αυτά μας οδηγούν στο συμπέρασμα ότι, αφενός ο επηρεασμός του πυθμένα (βάθος $L/4$) αφορά βάθη <math>< 3\text{ m}</math>, και αφετέρου ότι η ζώνη θραύσης των σχετικά μικρού ύψους κυμάτων βρίσκεται περίπου σε βάθος 1 m. Έτσι, και η παράκτια στερεομεταφορά είναι περιορισμένη πολύ κοντά στην ακτογραμμή, ενώ και τα ετήσια (δυνητικά) μεγέθη της είναι μικρά, της τάξης 1-3 χιλιάδων κυβικών μέτρων (ανάλογα και με τον προσανατολισμό τους, Πίνακας 4), όταν σε άλλες παραλίες που είναι εκτεθειμένες σε μεγάλα κύματα (ύψη >math>2\text{ m}</math>), όπως στο Ηράκλειο Κρήτης (Πούλος κ.ά., 2002) ή στον Κυπαρισσιακό Κόλπο (Poulos et al., 2002) είναι της τάξης εκατοντάδων χιλιάδων κυβικών μέτρων.

Πίνακας 3. Κυματικά χαρακτηριστικά της παραλίας του Δήλεσι για ανέμους διαφορετικής έντασης (T: περίοδος, H: ύψος, L: μήκος :H_b: ύψος θραύσης, d_b:βάθος θραύσης)

Table 3. Wave characteristics of the shore zone of Dilesi for winds of different stress (T: period, H: height, L: length, H_b: break-height, d_b:break-depth).

	Ts (s)	Hs (m)	Lo (m)	L ₀ /4 (m)	Hb (m)	Db (m)
Ασθενείς (1,75 m/s)						
BΔ	1,2	0,05	2,2	0,6	0,1	0,1
B	1,4	0,06	2,9	0,7	0,1	0,1
BA	1,5	0,08	3,7	0,9	0,1	0,1
A	1,5	0,08	3,6	0,9	0,1	0,1
Μέτριοι (7,0 m/s)						
BΔ	2,1	0,29	6,9	1,7	0,3	0,4
B	2,4	0,36	8,9	2,2	0,4	0,5
BA	2,7	0,43	11,4	2,8	0,5	0,6
A	2,6	0,42	10,9	2,7	0,5	0,6
Ισχυροί (13,75 m/s)						
BΔ	2,8	0,68	12,0	3,0	0,7	0,9
B	3,1	0,82	15,3	3,8	0,8	1,1
BA	3,6	0,99	19,7	4,9	1,0	1,3
A	3,5	0,96	18,9	4,7	1,0	1,3

Απόσταση ανάπτυξης κυματισμού (fetch): BΔ (5,5 km), B (8 km), BA (11,7 km) και A (11 km).

Πίνακας 4. Δυνητική ετήσια παράκτια στερεοπαροχή (10^3 m^3) στις επιμέρους υποπεριοχές Π1-Π12 του Σχήματος 1.

Table 4. Potential annual longshore sediment transport (10^3 m^3) at the sub-regions Π1-Π12 (for locations see Fig.1).

	ΑΝΕΜΟΙ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΗΣ ΕΝΤΑΣΗΣ			
	Ασθενείς	Μέτριοι	Ισχυροί	Συνολικά
Π1	+0,00	+2,92	+0,05	+2,97
Π2	-0,01	-0,34	-0,08	-0,42
Π3	-0,02	-2,81	-0,05	-2,88
Π4	+0,00	+2,92	+0,05	+2,97
Π5	-0,01	-1,36	-0,09	-1,46
Π6	-0,01	-2,07	-0,07	-2,14
Π7	-0,01	-0,34	-0,08	-0,42
Π8	+0,00	+2,92	+0,05	+2,97
Π9	-0,01	-1,36	-0,09	-1,46
Π10	+0,00	+2,92	+0,05	+2,97
Π11	-0,01	-1,36	-0,09	-1,46
Π12	-0,02	-2,81	-0,05	-2,88
Π1-Π12	-0,04	-3,65	-0,24	-3,93

ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

Γενικά η παραλιακή ζώνη του Δήλεσι, χαρακτηρίζεται από την παρουσία ενός πολύ μικρού σε πλάτος αιγιαλού (συνήθως <3 m), ο οποίος μάλιστα σε ορισμένες θέσεις σχεδόν λείπει εντελώς, όπως στα άκρα της περιοχής όπου οι ακτές είναι απόκρημνες (κλίσεις 60-80°). Κατ' αντιστοιχία και η παρακείμενη χερσαία παραλιακή οπισθοχώρα έχει πολύ περιορισμένο πλάτος που στο μέσον της παραλιακής ζώνης και σε περιοχές όπου έχουμε μικρές 'χερσονήσους' κυμαίνεται μεταξύ 100 m και 250 m.

Είναι δε χαρακτηριστική ή έλλειψη αμιγώς αμμώδους αιγιαλού, ενώ η επικράτηση του χονδρόκοκκου υλικού (κόκκοι, ψηφίδες, κροκάλες) είναι σαφής καθόλον το μήκος της ακτογραμμής, τόσο στο μέτωπο του αιγιαλού, όσο και υποθαλάσσια για βάθη 1-2 m. Αυξημένα ποσοστά άμμου στο ρηχό υποθαλάσσιο χώρο της παραλίας έχουμε στα άκρα της περιοχής μπροστά από τις διαβρούμενες κλιτύες των Νεογενών παράκτιων απότομων ακτών (τμήμα 1 και 12) και σε ορισμένες θέσεις οι οποίες είναι περιοχές σύγκλισης αντιθέτων κινουμένων επιμήκων παράκτιων ρευμάτων (όρια τμημάτων 1-2, 8-9, 10-11). Όσον δε αφορά στο χερσαίο χώρο της παραλίας (αιγιαλό), σημαντική είναι η παρουσία άμμου στις προαναφερόμενες περιοχές σύγκλισης των ρευμάτων και ιδιαίτερα εκεί όπου έχουμε την κατασκευή των κάθετων προς την ακτογραμμή προβόλων (groynes), οι οποίοι συμβάλλουν στην διατήρηση του αμμώδους υλικού. Ακόμη παρατηρείται ότι δυτικά των ανθρώπινων κατασκευών, όπως στο Λιμένα (τμήμα 10) και προβόλους (τμήμα 7) έχουμε την πλήρη επικράτηση του χονδρόκοκκου υλικού που υποδηλώνει την απομάκρυνση του λεπτόκοκκου υλικού από τα επιμήκη παράκτια ρεύματα, που στις περιοχές αυτές κινούνται προς δυτικά.

Η παρουσία ακτολίθων (beachrock) στα τμήματα 1 και 3, όπως και η υποθαλάσσια έξαρση (παλαιά ανθρώπινη κατασκευή ?) στο ανατολικό άκρο της περιοχής μας, μάλιστα με διευθύνσεις που σχηματίζουν γωνία με την σημερινή ακτογραμμή, υποδηλώνουν σχετική ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης και επίκλιση της παραλιακής ζώνης. Το συμπέρασμα αυτό ενισχύεται από την παρουσία αρχαιολογικών ευρημάτων (ρωμαϊκά λουτρά που ανήκαν στον οικισμό του αρχαίου Δήλιου) του 146 π.Χ. τα οποία σήμερα βρίσκονται περίπου 1 m κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας, σε βάθος ανάλογο με αυτό των ακτολίθων. Τέλος, από παράκτια γεωμορφολογική μελέτη του ευρύτερου Νότιου Ευβοϊκού κόλπου (Kambouroglou et al., 1988) αλλά και από την συνθετική μελέτη των αρχαιολογικών ευρημάτων σε όλο το Αιγαίο πέλαγος (Lambeck, 1996) προκύπτει ότι, η περιοχή κατά τα τελευταία 2000 χρόνια υπόκειται στην σχετική ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης που είναι της τάξης περίπου του 1-1,5 m.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η παραλιακή ζώνη του Δήλεσι βρίσκεται σε καθεστώς διάβρωσης (οπισθοχώρησης της ακτογραμμής), όπως προκύπτει από την παράκτια γεωμορφολογία και ιζηματολογία της. Μάλιστα, λόγω της περιορισμένης έντασης των υδροδυναμικών συνθηκών (κύματα σχετικά μικρού ύψους (<1 m), ασθενή παράκτια ρεύματα και εξασθενημένα παλιρροϊκά ρεύματα) η διάβρωση των ακτών συνεχίζεται με αργό ρυθμό. Οι διάφορες ανθρώπινες κατασκευές κατά μήκος της ακτογραμμής, όπως τοίχοι αντιστήριξης, πρόβολοι, μόνο στην παροδική ανασχεση ή μερική επιβράδυνση της διάβρωσης μπορούν να συμβάλλουν, όπως φαίνεται από τις βλάβες που υφίστανται οι κατασκευές αυτές μετά από παρέλευση ολίγων μόνον ετών από την τοποθέτησή των. Μάλιστα, πολλές από αυτές εάν η περιοχή ήταν εκτεθειμένη σε έντονη κυματική δράση ίσως δεν άντεχαν ούτε σε μια περίοδο με έντονες θύελλες. Επίσης, οι μαρίνες αν και δεν φαίνεται να επιταχύνουν σημαντικά την διαδικασία της διάβρωσης, συμβάλλουν όμως στην περαιτέρω απομάκρυνση του λιγοστού αμμώδους υλικού από την περιοχή τους κατά την επικρατούσα φορά του επιμήκους παράκτιου ρεύματος.

Ως δε γενικότερο χρηστικό συμπέρασμα θα ήταν η κατανόηση ότι βρισκόμαστε σε καθεστώς οπισθοχώρησης της ακτογραμμής, ώστε να αποφεύγονται κατά το δυνατόν οι διάφορες κατασκευές μόλις λίγα μέτρα από την ακτογραμμή (περίπτωση υφιστάμενου παραλιακού δρόμου) και ακόμη ίσως εκμεταλλευόμενοι το ασθενές παράκτιο υδροδυναμικό καθεστώς να αναπτύσσαμε τεχνητές παραλίες σε ορισμένες θέσεις, ενώ ίσως είναι σκόπιμο να μην εμποδίζουμε έστω και με τα υποτυπώδη σημερινά έργα, την διάβρωση των παράκτιων απότομων κρημνών (ως πηγές ιζημάτων), όταν μάλιστα δεν φέρουν διάφορες κατασκευές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] Αθανασούλη Γ.Α. και Σκαρσουλή Ε.Κ., 1992. Ατλας Ανέμου και Κύματος, βορειοανατολικής Μεσογείου θαλάσσης. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Τμήμα Ναυπηγών Μηχανολόγων Μηχανικών.
- [2] CERC (Coastal Engineering Research Centre), 1984. *Shore Protection Manual*, US Army Corps of Engineers, Washington DC 21314.
- [3] FOLK P.L., 1980. *Petrology of Sedimentary Rocks*. 183 pp. (Hemphill Publishing Company, Austin, Texas).
- [4] Καμπούρογλου Ε., 1989. Ερέτρια: Παλαιογεωγραφική και γεωμορφολογική εξέλιξη κατά το Ολόκαινο. Σχέση φυσικού περιβάλλοντος και αρχαίων οικισμών, Διδακτορική Διατριβή, Παν/μιο Αθηνών.
- [5] Kambouroglou E., Maroukian H. and Sampson A., 1988. Coastal Evolution and Archaeology North and South of Khalkis (Euboa) in the last 5000 years. In: Raban A. (ed) *Archaeology of coastal changes*, BAR International Series 404, pp.71-79.
- [6] Komar P.D., 1998. *Beach processes and Sedimentation* (second edition), Prentice hall, New Jersey 07458, 544 p.
- [7] Lambeck K., 1996. Sea-level change and shore-line evolution in Aegean Greece since Upper Palaeolithic time, *Antiquity*, 70, 588-611.
- [8] Λεοντάρης Σ., 1985. Συμβολή στην έρευνα του παλιρροϊκού φαινομένου του Ευρίπου Χαλκίδας σε σχέση με την ακτιογραφική κατάσταση του Β. και Ν. Ευβοϊκού Κόλπου. Αρχείο Ευβοϊκών Μελετών. ΚΣΤ/1985, Αθήνα.
- [9] Leontaris S., 1987. Paleogeographic development and gradual evolution of the Deltaic formation of Avlida and Vassiliko-Bourtzi region in the island of Euboea. 1ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο Τ.Β., σ. 153-167, Αθήνα.
- [10] Λεοντάρης Σ. και Δελήμπασης Ν., 1986. Κατακόρυφες κινήσεις της νήσου Εύβοιας με βάση γεωμορφολογικές και σεισμοτεκτονικές παρατηρήσεις. 1^ο Πανελ. Γεωγρ. Συν. τ.Β, σελ. 68-100.
- [11] Λεοντάρης Σ. και Μαρουκιάν Χ., 1988. Προβληματικές για τον άνθρωπο ακτές νότιου Ευβοϊκού Κόλπου, περιοχή Φάρος Αυλίδας - Σκάλα Ωρωπού. *Bull. Geol. Soc., Greece*, XX, 383-398.
- [12] Maroukian H., Pavlopoulos K. and Leontaris S., 1994. Late Holocene Coastal Evolution of the southwestern Euboean Gulf in relation to ancient coastal settlements. In: Swiny S., Hohlfelder R. and Wylde- Swiny H. (eds) *RES MARITIMAE Cyprus and the eastern Mediterranean from prehistory to late antiquity*, Scholars press, Atlanta, Georgia, v.1, pp.227-232.
- [13] Perissoratis C., Mettos A. and Van Andel T., 1989. Stratigraphy and structure of the south Euboikos Gulf and the greater Neogene basin, *Bull., Geol.Soc., Greece*, XXIII, 209-221.
- [14] Πούλος Σ.Ε., Ντούνας Κ. και Πετυχάκης Γ. 2002. Μελέτη του μορφολογικού και ιζηματολογικού καθεστώτος της παραλίας των Γουρνών του Νομού Ηρακλείου (Νήσος Κρήτη), όπως διαμορφώθηκε μετά την ανθρώπινη παρέμβαση. Πρακτικά 6^{ου} Συνεδρείου της Γεωγραφικής Εταιρείας, Θεσσαλονίκη, 10/2002, (στον ίδιο τόμο)
- [15] Poulos S.E., Voulgaris G., Kapsimalis V., Collins M. and Evans G. 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*. *Geological Society, London, Special Publications*, 191, 247-266.