

ΟΙ ΑΠΟΛΙΘΩΜΕΝΕΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΕΣ (BEACHROCKS)
ΑΓ. ΝΙΚΟΛΑΟΥ-ΑΝΑΒΥΣΣΟΥ ΚΑΙ ΛΑΓΟΝΗΣΙΟΥ
ΚΑΙ Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥΣ
ΣΤΗ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΚΗ ΕΞΕΛΙΞΗ
ΤΗΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ ΚΑΤΑ ΤΟ ΟΛΟΚΑΙΝΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Με τον όρο απολιθωμένες ακτογραμμές ονομάζουμε τις παράκτιες γεωμορφές, των οποίων τα χαρακτηριστικά έχουν αποτυπωθεί μετά τις διάφορες μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης κατά τη διάρκεια των τελευταίων χιλιετιών. Σήμερα ορισμένες ακτές βρίσκονται υψηλότερα και άλλες είναι βυθισμένες (Pethick, 1984). Ένα είδος απολιθωμένων ακτογραμμών είναι και τα Beachrocks που ως νεότατος γεωλογικός σχηματισμός, θεωρούνται ένας από τους καλύτερους τρόπους για να ορίσει κανείς τις γραμμές των παλαιότερων αμμωδών ακτών.

Η μελέτη τους στοχεύει στο να ταξινομήσει και να συνδέσει όλες τις παλαιές εμφανίσεις Beachrocks, να προσδιορίσει το παλαιοπεριβάλλον και τις συνθήκες εναπόθεσής τους, να δώσει άμεσες πληροφορίες για τη γεωμορφολογική εξέλιξη των περιοχών Αγ. Νικολάου Αναβύσσου, Λαγονησίου και Βάρης κατά τις τελευταίες χιλιετίες και προπαντός, να δείξει τη μεταβολή του παράκτιου περιβάλλοντος και τη δυναμική σχέση ξηράς - θάλασσας.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΘΕΜΕΛΙΩΣΗ

Αν και τα Beachrocks έχουν εκτεταμένα μελετηθεί από πολλούς ερευνητές σε διαφορετικές περιοχές, δεν έγινε ακόμα δυνατό να αποδοθεί το είδος της συγκόλλησης των κόκκων που τα δημιουργεί, σε κάποια συγκεκριμένη διαδικασία (π.χ. εξάτμιση, ανάμειξη γλυκού με αλμυρό νερό, μεταβολική δραστηριότητα από φύκη κ.λπ.). Επιπλέον δεν γνωρίζουμε εάν ένας και ο ίδιος μηχανισμός είναι υπεύθυνος για όλες τις περιπτώσεις. Οι διαφορές απόψεων οφείλονται στην ποικιλία των μορφών και του συγκολλητικού των Beachrocks, στις διαφορές του κλίματος των ζωνών όπου παρατηρείται το φαινόμενο, καθώς και στη συχνή παρουσία ανθρώπινων ιχνών που βεβαιώνουν άλλωστε την πρόσφατη δημιουργία τους. Από γεωλογική πάντως άποψη οι διαδικασίες είναι σύντομες και η συγκόλληση μπορεί να συμπληρωθεί σε λιγότερο από 10 - 15 χρόνια (Schmalz, 1967).

Η θέση των επιπέδων επιφανειών των Beachrocks φαίνεται πολλές φορές παράδοξη, επειδή η συγκόλληση λαμβάνει χώρα σε θέσεις όπου η ενέργεια προκαλεί μια συνεχή μετακίνηση των κόκκων. Για μια διευκρινιστική προσέγγιση του προβλήματος, θα υπενθυμίσουμε ότι γρήγορη συγκόλληση δεν μπορεί να γίνει εάν δεν συνυπάρχουν ταυτόχρονα οι δύο ακόλουθες προϋποθέσεις:

1) Ακινητοποίηση των κόκκων κατά την πρώτη γένεση και ανάπτυξη του συγκολλητικού στην επιφάνειά τους ή στα σημεία επαφής. Αυτή η ακινητοποίηση μπορεί να οφείλεται ή στην αδράνεια των κόκκων (π.χ. κροκάλες), ή στην οργανική παγίδευσή τους π.χ. από ινώδη φύκη, ή στην κάλυψή τους από συσσωρευμένο υλικό, π.χ. αμμόδεις ακτές που είναι και η πλέον συνήθης περίπτωση.

2) Συνεχής ανάμειξη και ανανέωση των διαλυμάτων που διαβρέχουν ολοκληρωτικά ή επιμέρους τους πόρους μεταξύ των κόκκων. Αυτό συνεπάγεται μια κυκλοφορία πολύ έντονη των ενδιάμεσων υγρών, που μπορεί να γίνει σε ιζήματα πολύ πορώδη και διαβρεχόμενα.

•Η παρουσία τους κοντά στη σημερινή στάθμη της θάλασσας σε πολλές περιοχές του Ελλαδικού χώρου (Εύβοια, Κρήτη, Λέσβος, Παγασητικός κόλπος, Στερεά, Αργολίδα, Θήρα κ.ά.) αλλά και της Μεσογείου, δείχνει ότι η διαδικασία συγκόλλησης είναι σήμερα ενεργή.

Η δε σταθερή σύνδεση ανάμεσα σε εμφανίσεις Beachrocks και υποχωρούσες ακτές, φανερώνει ότι τουλάχιστον η συγκόλληση γίνεται μόνο μέσα στο ιζημα και όχι στην επιφάνεια της ακτής.

ΕΜΦΑΝΙΣΕΙΣ BEACHROCKS

Συχνά τα ψαμμιτικά αυτά πετρώματα δεν παρουσιάζουν τα γενικά χαρακτηριστικά που αποδίδονται στα παράκτια ιζήματα. Ο όρος Beachrocks πρέπει να χρησιμοποιηθεί για όλα τα κατάλοιπα διασκευασμένα ή όχι, ταξινομημένα και όχι από τη θάλασσα, που έχουν συγκολληθεί μέσα στη μεσοπαλιρροϊκή ζώνη (A. Ozer, S. Tucci, Ulzega, 1984).

Το καθεστώς της κυματικής ενέργειας πρέπει να είναι από χαμηλό μέχρι μέτριο για να μπορεί να γίνει η διαγένεσή τους. Για το λόγο αυτό τα Beachrocks εντοπίζονται κυρίως σε υπήνεμες περιοχές. Εάν υπάρχει εναλλαγή περιόδων με σχετικά υψηλότερη ή χαμηλότερη κυματική ενέργεια, αυτό αντικατοπτρίζεται στο υλικό και στο βαθμό διαγένεσης των πλακών.

Το σχετικά μικρό πάχος των πλακών, που κυμαίνεται συνήθως από 30 - 40 cm, σχετίζεται άμεσα με το παλιρροϊκό εύρος κατά την περίοδο του σχηματισμού τους. Άλλωστε, οι αποκλίσεις του θαλάσσιου επιπέδου στη Μεσόγειο, λόγω της διαφοροποίησης της στάθμης της θάλασσας κατά την παλίρροια, είναι μικρές (≤ 30 cm) (British Admiralty Publication No 200). Εξαιρέση βεβαίως αποτελεί η στενή περιοχή του πορθμού του Ευρίπου, όπου η παρατηρούμενη διαφορά μεταξύ του βόρειου και νότιου λιμένα της Χαλκίδας ξεπερνά το 1m.

Η προτιμητέα σκλήρυνση στις μεσοπαράλιες όψεις ευνοεί προφανώς την προφύλαξή τους μέσα στα ιζήματα. Στις ζώνες όπου η υποδομή των Beachrocks δεν είναι καθόλου ή είναι ελάχιστα συμπαγής, διαπιστώνεται ότι τα κύματα με την ενέργειά τους υποσκάπτουν και προκαλούν το διαχωρισμό των πλακών σε μπλοκ διαφόρων μεγεθών, τα οποία απομακρύνονται βαθμιαία από την ξηρά μέσα στην υποπαράλια ζώνη.

Στις περιοχές μελέτης τα ευρεθέντα Beachrocks εμφανίζουν τα γενικά χαρακτηριστικά των αιγιαλών ή των παράκτιων ιζημάτων (α-

πολιθωμένες ακτογραμμές) (βλ. Εικ. 2, 3, 4). Στην περίπτωση αυτή, η στρωματογραφική διαδοχή των ιζηματολογικών μακροδομών επιτρέπει την επικύρωση της ύπαρξης μιας παλαιάς ακτογραμμής και τον ακριβή προσδιορισμό της μεσοπαράλιας ζώνης.

Οι απολιθωμένες ακτογραμμές εντοπίστηκαν στις περιοχές του Αγ. Νικολάου Αναβύσσου, στην περιοχή Βίγλισμα ανατολικά Λαγονησίου, στην Παραλία Καλυβίων, στην περιοχή Αγ. Δημητρίου και του όρμου Βάρης (Βάρκιζα). Οι θέσεις τους 1 - 5, σημειώνονται στη δορυφορική εικόνα (βλ. Εικ. 1) του δορυφόρου LANDSAT VI (λήψη 31.8.1988) που είναι συνδυασμός από τα φάσματα φωτοευαισθησίας R_7 , G_5 και B_1 .

Γενικά βρέθηκαν πέντε σαφείς ζώνες Beachrocks:

Η πρώτη σε βάθος -0,20m έως -0,50m.

Η δεύτερη σε βάθος -1,10m.

Η τρίτη σε βάθος -2,00m.

Η τέταρτη σε βάθος -3.00m.

Η πέμπτη σε βάθος -4.10m.

Η πρώτη ζώνη εμφανίζει το μεγαλύτερο μήκος ανάπτυξης στην παράκτια περιοχή της παραλίας Καλυβίων και Αγ. Δημητρίου (θέσεις 3 και 4 της Εικ. 1). Στις δυο αυτές περιοχές τα πάχη των πλακών είναι σχετικά μεγάλα και μέχρι το βάθος των -2m οι πλάκες εμφανίζονται σχεδόν συνεχείς.

Στην περιοχή Αγ. Νικολάου Αναβύσσου (βλ. Εικ. 2 και 3) η πρώτη ζώνη (1), όπως παρατηρείται στις δύο αεροφωτογραφίες, έχει δημιουργηθεί μετά το σχηματισμό του Tombolo (είναι ο αμμόδης βραχίονας που ενώνει τη νησίδα του Αγ. Νικολάου με τη χέρσο), στοιχείο που αποδεικνύει και τη νεότητά της. Αντίστοιχος σχηματισμός στο ίδιο βάθος παρατηρείται και στις δύο παραλίες του Tombolo του Πεζονησιού Ερέτριας (Καμπούρογλου 1989). Στην εικόνα 2 παρατηρείται τμήμα της δεύτερης ζώνης (2) Beachrocks στην ανατολική περιοχή του Tombolo, ενώ στην εικόνα 3 παρατηρούνται οι 3 πρώτες ζώνες στη δυτική περιοχή του.

Η δεύτερη δεν εμφανίζεται στην περιοχή του όρμου Βάρης. Λόγω του ότι η περιοχή αυτή προφυλάσσεται καλά από τους ανέμους και το καθεστώς της κυματικής ενέργειας πρέπει να είναι χαμηλότερο συγκριτικά με τις άλλες περιοχές, πιθανώς τα Beachrocks των

1,10m να είναι καλυμμένα από νεότερες αμμώδεις αποθέσεις.

Η τρίτη, σε βάθος - 2m, εμφανίζεται σε όλες τις περιοχές. Στην περιοχή αυτή του όρμου της Βάρης παρατηρείται το μικρότερο πάχος και οι πλάκες είναι έντονα διαβρωμένες (βλ. Εικ. 4) με αποτέλεσμα να μην εμφανίζουν την ενιαία μορφή των Beachrocks. Στις πλάκες αυτές βρίσκονται ενσωματωμένα ή καλύπτονται από αυτές διάφορα θραύσματα αγγείων (όστρακα) τα οποία δεν έγινε δυνατόν να χρονολογηθούν. Στην αντίστοιχη εμφάνιση Beachrocks (βάθος -2m) στην περιοχή της Ερέτριας, έχουν βρεθεί κλασικά όστρακα βάσει των οποίων χρονολογήθηκε και ο αντίστοιχος σχηματισμός (Καμπούρογλου, 1987).

Η τέταρτη εντοπίζεται σε βάθος -3m και δεν βρέθηκε στην περιοχή του όρμου της Βάρης. Η ζώνη αυτή παρουσιάζει το μεγαλύτερο μήκος ανάπτυξης στην παράκτια περιοχή παραλίας Καλυβίων και Αγ. Δημητρίου (βλ. Εικ. 1 περιοχές 3 και 4). Στην εικόνα 5, που προέρχεται από την περιοχή Παραλίας Καλυβίων, παρατηρείται ο αμμώδης και ομαλός θαλάσσιος πυθμένας και αυλακώσεις (γλυφές) σχεδόν κάθετες προς την εμφάνιση της ζώνης, που οφείλονται στη διάβρωση της πλάκας από τη θάλασσα, όταν αυτή αποτελούσε τμήμα της ακτογραμμής κατά την περίοδο που η στάθμη της θάλασσας ήταν 3m χαμηλότερα από τη σημερινή. Σήμερα που το Beachrocks βρίσκεται βυθισμένο, οι θαλάσσιες διεργασίες είναι ανενεργές σ' αυτό το είδος διάβρωσης. Στην εικόνα 6 παρατηρείται το πίσω τμήμα της πλάκας από Beachrocks στον αντίστοιχο σχηματισμό στην ίδια περιοχή. Και στην εικόνα αυτή παρατηρείται ο αμμώδης και ομαλός πυθμένας και η ασυνέχεια μεταξύ της πλάκας και του πυθμένα.

Η πέμπτη και τελευταία εντοπίζεται σε βάθος -4.10m και έχει το μεγαλύτερο μήκος ανάπτυξης στην παράκτια ζώνη της παραλίας Καλυβίων. Στην εικόνα 7 παρουσιάζεται το πίσω μέρος της πλάκας από Beachrocks της περιοχής Λαγονησίου και στο αντίστοιχο βάθος.

Όλες οι εμφανίσεις που παρατηρήθηκαν παρουσιάζουν τα γενικά χαρακτηριστικά των αιγιαλών ή παράκτιων ιζημάτων (απολιθωμένες ακτογραμμές), δηλαδή τη λοξή στρωμάτωση με μικρή κλίση προς τη θάλασσα, την επαλληλία των πλακών και την ειδική διευθέτηση των κόκκων σε επίπεδα ελάσματα, ελάχιστα πλάγια σε σχέση

με την επιφάνεια της πλάκας που χαρακτηρίζει τη ζώνη του Swash*. Γενικά όλες οι αποθέσεις παρουσιάζονται αρκετά σταθεροποιημένες ώστε να αντέχουν στο κτύπημα των κυμάτων. Σε όλες τις εμφανίσεις το υπόβαθρο είναι αμμώδες και ο θαλάσσιος πυθμένας παρουσιάζεται ομαλός με μικρή κλίση. Σε ορισμένες θέσεις εντοπίζονται και χερσαία υπόλοιπα κυρίως από κροκαλοπαγή υπολείμματα της θαλάσσιας διάβρωσης. Οι εμφανίσεις είναι παράλληλες με τη σημερινή ακτογραμμή και το κάτω τμήμα των πλακών τους παρουσιάζεται με κωνικές προεξοχές και είναι το λιγότερο συγκολλημένο. Σε καμία περιοχή δεν διαπιστώθηκε παλαιότερη ακτογραμμή σε επίπεδο υψηλότερο από τη σημερινή.

Επίσης τα Beachrocks που βρίσκονται στα -4.10m είναι τα περισσότερα διαβρωμένα και εμφανίζουν το μεγαλύτερο αριθμό ρωγματώσεων, οι οποίες τα διαχωρίζουν σε διάφορα πολύεδρα. Κοκκομετρικά παρουσιάζουν μεγάλο ευμετάβλητο από θέση σε θέση και από περιοχή σε περιοχή. Σε όλες τις εμφανίσεις το επικρατούν υλικό χαρακτηρίζεται ως μεσόκοκκο και είναι παρόμοιο με αυτό της σημερινής ακτής. Για την ακρίβεια των συγκριτικών αποτελεσμάτων όλες οι μετρήσεις αναφέρονται σε m από την κατώτατη ρηχία και στο πάνω μέρος των πλακών, διότι σε αρκετές θέσεις ο πυθμένας στη θέση αυτή παρουσιάζει κοίλη επιφάνεια, πιθανώς λόγω της τυρβώδους ροής που δημιουργείται από το φράγμα που σχηματίζει η ζώνη των Beachrocks στην ενέργεια των κυμάτων. Σε όλο το μήκος των περιοχών που ερευνήθηκαν οι ακτές διαβρώνονται. Παρόμοιες εμφανίσεις Beachrocks και ακτές διάβρωσης έχουμε εντοπίσει και στην ανατολική Αττική στον όρμο του Πόρτο Ράφτη. Σε όλες τις θέσεις το παράκτιο ανάγλυφο είναι ομαλό και στις περισσότερες ο υπεδαφικός ορίζοντας είναι ψηλά και υπάρχουν ακόμα παράκτια έλη.

Η πλειοψηφία των μετρήσεων έγινε με γεωμετρική χωροστάθμιση για την αποφυγή σφαλμάτων. Η διδόμενη ακρίβεια είναι (υπολογιζόμενου και του εύρους της παλίρροιας) +10cm.

* Swash zone. Το κεκλιμένο τμήμα παρά την ακτή το οποίο εναλλάξ καλύπτεται και αποκαλύπτεται από τη δράση των κυμάτων και όπου στοιβάζονται κινούμενοι από το νερό σε μορφή ζικ ζακ οι κόκκοι της άμμου.

ΟΡΥΚΤΟΛΟΓΙΚΗ ΣΥΝΘΕΣΗ ΚΑΙ ΜΟΡΦΕΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

Η αναφορά κυρίως στις χημικές διαδικασίες και στη μορφή και διάταξη των κρυστάλλων του συγκολλητικού, που είναι απόρροια του περιβάλλοντος συγκόλλησης, στοχεύει στο να διαπιστώσει το περιβάλλον δημιουργίας τους και να ερμηνεύσει τις διεργασίες εναπόθεσης των ιζημάτων.

Από την ορυκτολογική ανάλυση εξακριβώθηκε ότι τα επικρατούντα ορυκτά στις λεπτές τομές είναι: Χαλαζίας, Ανθρακικά, Μαρμαρυγίας, Χλωρίτης, Άστριοι, Πλαγιόκλαστα και Αδιαφανή ορυκτά (οξείδια).

Γενικά, σε όλα τα δείγματα υπερτερούν οι χαλαζιακοί κόκκοι που στις περισσότερες θέσεις εμφανίζονται σχετικά συμπαγείς και σε άλλες, να διασχίζονται από φλεβίδια ανθρακικού άλατος που αποτελεί το συγκολλητικό των κόκκων. Οι κόκκοι, ανεξάρτητα από την ορυκτολογική τους σύσταση, παρατηρούνται σε μεγάλο βαθμό αποστρογγυλλευμένοι και συχνά επιμηκυμένοι, στοιχείο που δείχνει ορισμένη θαλάσσια διασκευή. Το συγκολλητικό που περιβάλλει ή διασχίζει τους κόκκους, είναι από μικριτικό έως μικροσπαριτικό, παρουσιάζει σε πολλές θέσεις σχεδόν ομοιόμορφο πάχος και περιβάλλει τους κόκκους σε μορφή ζώνης. Το χρώμα τους είναι συνήθως ομοιόμορφο μέσα σ' ένα συγκεκριμένο στρώμα και ποικίλλει σε νέες επιφάνειες από άσπρο μέχρι κίτρινο και περιστασιακά καφέ. Τα σκούρα χρώματα σχετίζονται από άμορφες ή κρυπτοκρυσταλλικές μορφές του συγκολλητικού, στοιχείο που δείχνει ότι η συγκόλληση γίνεται σε διάφορα στάδια. Οι κρυπτοκρυσταλλικές μορφές του σχετίζονται με τα πρώιμα στάδια συγκόλλησης.

Η συμμετοχή του στα μεσοδιαστήματα των κόκκων δείχνει σημαντική ποικιλία για κατακόρυφα διαστήματα λίγων μόνον εκατοστών. Το φαινόμενο αυτό οφείλεται στις διαφορές της ποσότητας του πραγματικά σχηματιζόμενου συγκολλητικού και όχι σε διαφοροποιήσεις του πορώδους και της σταθερότητας, που προέρχονται από αλλαγές των χαρακτηριστικών του ιζήματος, όπως το μέγεθος των κόκκων και η ταξινόμηση (Sorting). Κατ' αυτόν τον τρόπο σχηματίζονται οι παρατηρούμενες ζώνες προχωρημένης συγκόλλησης με πληρωμένα τα μεσοδιαστήματα των κόκκων από συγκολλητικό, που

αλληλοδιαδέχονται ζώνες, όπου οι κόκκοι είναι συγκολλημένοι μόνο στις μεταξύ τους επαφές και εμφανίζουν υψηλό πορώδες. Τα όρια μεταξύ των ζωνών αυτών είναι σαφή.

Στις θαλάσσιες ακτές και στις μεσοπαλιρροϊκές επιφάνειες η εκτεταμένη συγκόλληση από αραιό μαγνησιούχο ασβεστίτη και αραγωνίτη είναι συνηθισμένη. Εκεί τα συγκολλητικά τείνουν να γίνουν ινώδη ή μικριτικά (Purser, 1969, 1980, Schroeder, 1973, Bathurst 1974, Hanor, 1978).

Για τον προσδιορισμό της περιεκτικότητας του ανθρακικού μαγνησίου ($MgCO_3$) στο συγκολλητικό, εφαρμόστηκε η μέθοδος που αναφέρεται στο Laboratory Handbook of Petrographic Techniques p. 216 - 217 (C. Hutchison, 1974) με βάση την περίθλαση ακτίνων Χ (XRD). Τα διάφορα δείγματα αναλύθηκαν χρησιμοποιώντας ακτινοβολία $CuK\alpha$ και η σάρωση γινότανε και στις δύο διευθύνσεις για διάστημα $26^\circ - 30^\circ$, σε γωνία 2θ , με μικρή ταχύτητα $1/4^\circ$ το λεπτό και χάρτου ένα εκατοστό ανά λεπτό. Σαν εσωτερικό στάνταρ χρησιμοποιήθηκε κονιοποιημένο πυρίτιο (Si) (Silicon metal) όπως αναφέρεται στη μέθοδο. Το ποσοστό του $MgCO_3$ σε στερεό διάλυμα μέσα στο συγκολλητικό υπολογίστηκε από την παρεμβολή στους πίνακες d 1014. Στην εικόνα 8 παρουσιάζονται 4 ενδεικτικά ακτινοδιαγράμματα από παράκτια ιζήματα των περιοχών που ερευνήθηκαν. Συγκεκριμένα:

1. Beachrocks βάθους -2m περιοχής όρμου Βάρης.
2. Beachrocks βάθους -2m περιοχής Αγ. Νικολάου, Αναβύσσου.,
3. Beachrocks βάθους -0.20m περιοχής Αγ. Νικολάου, Αναβύσσου.
4. Beachrocks βάθους 0.20m ανατολικά Λαγονησίου (Βίγλισμα).

Όπως προέκυψε από το μελέτη τους όλα περιέχουν ανθρακικό μαγνήσιο ($MgCO_3$). Η περιεκτικότητα σε όλα είναι σταθερή και όπως υπολογίστηκε αυτή είναι $\approx 15 \text{ mol\% } MgCO_3$ εκτός από το δείγμα I, που παρουσιάζει ελαφρά απόκλιση ($\approx 14 \text{ mol\% } MgCO_3$). Η απόκλιση αυτή πιθανώς να οφείλεται στη μεγάλη συμμετοχή ανθρακικών κόκκων μέσα στο δείγμα. Ο Alexanderson (1972) μελετώντας τη σύνθεση του $MgCO_3$ των Beachrocks της Μεσογείου και για αποστάσεις $\approx 3500 \text{ Km}$ καταλήγει σε παρόμοια συμπεράσματα με μια μέση τιμή $14\% \text{ mol } MgCO_3$. Η ίδια περίπου περιεκτικότητα σε μαγνήσιο (Mg) υπάρχει σε σημαντικό αριθμό θαλάσσιων ασβεστιτών από διά-

φορες περιοχές και βάθη (Taylor and Illing, 1969 - de Groot, 1969 - Land and Goreau, 1970).

Επίσης τα αποτελέσματα αυτά συγκλίνουν σημαντικά με τα αντίστοιχα για τα συγκολλητικά που δημιουργούνται στη μεσοπαλιρροϊκή ζώνη, όπως ορίζεται στη διεθνή βιβλιογραφία των Hopley (1986) που δέχεται 14 mol% $MgCO_3$, του Scoffin (1987) που δέχεται 10 - 15 mol% $MgCO_3$ κ.ά.

Η σταθερή περιεκτικότητα του $MgCO_3$ στο ανθρακικό συγκολλητικό, το οποίο σχετίζεται άμεσα με το λόγο Mg/Ca στα καθιζάνοντα υγρά, δείχνει ότι το ποσοστό του υλικού που απαιτείται για τη συγκόλληση προέρχεται από πρόσθετα διαλελυμένα ανθρακικά στο θαλάσσιο νερό. Σε αντίθετη περίπτωση, οι ιδιότητες του συγκολλητικού θα ελέγχονταν κυρίως από τη σύνθεση των ορυκτών των παράκτιων ιζημάτων και μεταξύ των διαφόρων ακτογραμμών θα αναμένονταν διαφοροποιήσεις ως προς τη σύσταση του συγκολλητικού, φαινόμενο που δεν παρατηρείται.

Ομοίως, η ομοιόμορφη σύνθεση του συγκολλητικού και η στενή ομοιότητα ανάμεσα σ' αυτό το είδος συγκολλητικού και σε διάφορους ασβεστίτες από θαλάσσιο περιβάλλον, όπως προαναφέρθηκε, δείχνει ότι το Beachrocks συγκολλητικό είναι θαλάσσιας προέλευσης, χωρίς αυτό να σημαίνει απαραίτητα ότι τα υγρά που κυκλοφορούν στην περιοχή της ιζηματογένεσης αντιστοιχούν ακριβώς σε θαλάσσιο νερό. Θα πρέπει να τονιστεί ότι από τη μελέτη των ακτινοδιαγραμμάτων δεν προσδιορίστηκε αραγωνίτης σε ανιχνεύσιμες ποσότητες.

Η ΗΛΙΚΙΑ ΤΩΝ BEACHROCKS

Για την ηλικία των Beachrocks των περιοχών που ερευνήθηκαν δεν διαθέτουμε ακριβή στοιχεία χρονολόγησης και μόνον από συγκριτικές παρατηρήσεις σε σχέση με αντίστοιχες εμφανίσεις άλλων περιοχών είναι δυνατόν να εξαχθούν ορισμένα συμπεράσματα. Άλλωστε η χρονολόγησή τους, που στηρίζεται κυρίως σε ραδιοχρονολογήσεις με (C - 14), είναι πολυδάπανη και δεν ήταν δυνατόν να επιτευχθεί στα πλαίσια της συγκεκριμένης έρευνας ελλείψει παντελούς χρηματοδότησής της από οποιονδήποτε φορέα. Λεπτομερής χρονο-

λόγηση των αντίστοιχων εμφανίσεων βάσει ραδιοχρονολογικών και αρχαιολογικών δεδομένων έχει γίνει στην ευρύτερη περιοχή της Ερέτριας νήσου Εύβοιας (Καμπούρογλου, 1989) απέναντι από τα βόρεια παράλια της Αττικής.

Όπως διαπιστώθηκε από τις μετρήσεις πεδίου, οι εμφανίσεις Beachrocks των νοτιοδυτικών παράκτιων περιοχών της Αττικής που ερευνήθηκαν, είναι ισοβαθείς με τις αντίστοιχες εμφανίσεις της περιοχής Ερέτριας, οπότε μπορούμε να δεχθούμε ότι είναι και ισόχρο-νες. Δηλαδή το μοντέλο μεταβολής του σχετικού θαλάσσιου επιπέ-δου της περιοχής της Ερέτριας ισχύει και για την περιοχή της νοτιο-δυτικής Αττικής. Συγκεκριμένα τα Beachrocks βάθους -4.10m τοποθε-τούνται στην Πρωτοελλαδική περίοδο (≈ 4500 χρόνια πριν από σήμερα), των -3m στην Υστεροελλαδική, των -2m στην Κλασσική, των -1.10m στην Υστερη Ρωμαϊκή - Πρώιμη Βυζαντινή και τα ρηχό-τερα σε νεότερες περιόδους.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από τη μελέτη των απολιθωμένων ακτογραμμών σε μορφή Bea- chrocks διαφόρων περιοχών της νοτιοδυτικής Αττικής έγινε δυνατόν να δειχθεί η μεταβολή του παράκτιου περιβάλλοντος κατά τα τελευ- ταία 5000 χρόνια περίπου. Όπως διαπιστώθηκε οι ακτογραμμές στη νοτιοδυτική Αττική υποχωρούν συνεχώς, με αποτέλεσμα ο θαλάσ- σιος χώρος να αυξάνεται σε βάρος του χερσαίου. Το συμπέρασμα αυ- τό κρίνεται πολύ σπουδαίο διότι δείχνει καθαρά ότι η σχέση ξηράς - θάλασσας είναι δυναμική και όχι στατική. Πρέπει να λαμβάνεται σο- βαρά υπόψη σε οποιαδήποτε επέμβαση του ανθρώπου στο παράκτιο περιβάλλον (όπως κατασκευές τεχνικών έργων κ.ά.), διότι σε αντίθε- τη περίπτωση τα αποτελέσματα συνήθως είναι καταστρεπτικά. Επί- σης με βάση τα μακροσκοπικά και ορυκτολογικά στοιχεία της μελέ- τής, διαπιστώνεται ότι οι υποθαλάσσιες εμφανίσεις Beachrocks είναι παράκτιες γεωμορφές θαλάσσιας προέλευσης και δείχνουν σαφώς παλαιότερες ακτογραμμές και το παλιρροϊκό εύρος του πρόσφατου παρελθόντος.

Η ύπαρξη ενός θερμού και υγρού κλίματος κατά την περίοδο της δημιουργίας τους ως και η σταθερότητα του θαλάσσιου επιπέδου εί-

ναι δύο σοβαροί παράγοντες που ευνοούν τη συγκόλληση. Η επανάληψή τους, που αποδεικνύεται με την ασυνεχή επανεμφάνιση των πλακών, δείχνει ότι το κλίμα της περιοχής κατά τα τελευταία 5000 χρόνια δεν παρουσιάζει σοβαρές εναλλαγές.

Από τη ορυκτολογική τους μελέτη έγινε δυνατόν να διαπιστωθεί και το παλαιό περιβάλλον τους που είναι σαφώς θαλάσσιο. Η σταθερή περιεκτικότητα του $MgCO_3$ στο ανθρακικό συγκολλητικό και η χημική του ομοιομορφία και ομοιογένεια αποδίδονται σε θαλάσσιες διεργασίες. Πρέπει να τονιστεί ότι σ' όλες τις περιοχές οι εμφανίσεις σχετίζονται με παράκτια έλη, ομαλό παράκτιο περιβάλλον και ανθρακικά πετρώματα προς το εσωτερικό της χέρσου.

Γενικά τα Beachrocks υπάρχουν σε ακτές που επηρεάζονται από τη διάβρωση και η εσωτερική συγκόλληση πραγματοποιείται σε κάποιο βάθος μέσα στην παράκτια απόθεση και όχι στην επιφάνεια του ιζήματος.

ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ ΚΑΜΠΟΥΡΟΓΛΟΥ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- *Alexanderson E. T.*
1972: Mediterranean Beachrock Cementation: Marine Precipitation of Mg - Calcite. Coastal and Shallow Water Sedimentation: Carbonate sediments. Part 5. The Mediterranean Sea, p. 203 - 224.
- *Bathurst R. G. C.*
1974: Marine diagenesis of shallow water calcium carbonate sediments. *Ann. Rev. Earth and Planet. Sc.*, vol. 2, p. 257 - 174.
- *Davaud E., Strasser A.*
1984: Cimentation et structures sedimentaires des beach - rocks: genese et criteres d' identification. In: *Le beach - rock, Actes du colloque de Lyon*, 28 et 29 Nov. 1983, T.M.O., N 8, p. 41 - 50.
- *Hanor J. S.*
1978: Precipitation of beachrock cements: mixing of marine and meteoric waters vs. CO₂ - degassing. *Journal of Sedimentary Petrology*, Vol. 48, N. 2, p. 489 - 501.
- *Hopley D.*
1986: Beachrock as a sea - level indicator. In: *Sea - level research: a manual for the collection and evaluation of data* ed. Orson Van de Plassche, Free University, Amsterdam, p. 157 - 175.
- *Hydrographer of the Navy* 1969. Admiralty tide tables I. British Admiralty Publication, No 200.
- *Hutchison C.*
1974: *Laboratory Handbook of Petrographic Techniques*, 216 - 217, JOHN WILEY and SONS, New York.
- *Καμπούρογλου Ε.*
1987: Οι απολιθωμένες ακτογραμμές (Beachrocks) της Ερέτριας Νήσου Εύβοιας και η σημασία τους στη γεωμορφολογική εξέλιξη της περιοχής κατά το Ολόκαινο (Πρόδρομος ανακοίνωση). 1ο Πανελλήνιο Γεωγραφικό Συνέδριο, 20 - 22.2.87, Τομ. Β. V, Γεωμορφολογία, 28 - 39.
- *Καμπούρογλου Ε.*
1989: Ερέτρια Παλαιογεωγραφική και Γεωμορφολογική εξέλιξη κατά το Ολόκαινο. Σχέση φυσικού περιβάλλοντος και αρχαίων οικισμών. Έκδοση Δήμου Ερέτριας, Αθήνα.
- *Land L. S., Goreau T. F.*
1970: Submarine lithification of Jamaican reefs. *Journal of Sedimentary Petrology* 40, 457 - 462.

- *Longman M. W.*
1980: Carbonate diagenetic textures from nearsurface diagenetic environments, *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, vol. 64, p. 461 - 487.
- *Ozer A., Tucci S., Ulzega A.*
1984: Les beach - rocks de Sardaigne. Distribution et implications paleogeographiques. Coll. a Lyon les 28 - 29 Nov. 1983, *Travaux de la maison de l' Orient*, N 8, p. 113 - 124.
- *Pethick J.*
1984: An Introduction to Coastal Geomorphology. Coast geomorphology and sea - level (11). Ed. Edward Arnold., p. 211 - 234.
- *Purser B. H.*
1980: Sedimentation et diagenese des carbonates neritiques recents. *Techniq. Publ. Int. Fr. Petrol.*, t. 1, 366 p.
- *Runnells P. R.*
1970: Errors in X - ray analysis of carbonates due to solid - solution variation in composition of component minerals. *Journal of sedimentary petrology*, 40: 1158 - 1166.
- *Schmalz R. F.*
1971: Formation of beachrock at Eniwetok Atoll. In: BRICKER (O.P.) ed., *Carbonate cements*, John Hopkins Univ. Studies in Geol. No 19, p. 17 - 24.
- *Schroeder S.*
1973: Submarine and vadose cements in Pleistocene Bermuda reef rock. *Sedimentary geology*, vol. 10, No 3, p. 179 - 204.
- *Scoffin T.P.*
1987: An Introduction to Carbonate Sediments and Rocks. Ed. Blackie and Son Limited, U.S.A. Chapman and Hall, New York, 274 p.
- *Taylor J. C. M., Illing L. V.*
1969: Holocene intertidal calcium carbonate cementation, Qatar, Persian Gulf. *Sedimentology*, vol. 12, p. 69 - 107.

Summary

**THE FOSSILIZED COASTLINES - BEACHROCKS - AT
AGHIOS NIKOLAOS - ANAVYSSOU AND LAGONISSI AND
THEIR
IMPORTANCE FOR THE GEOMORPHOLOGICAL
EVOLUTION OF THE REGION DURING THE HOLOCENE.**

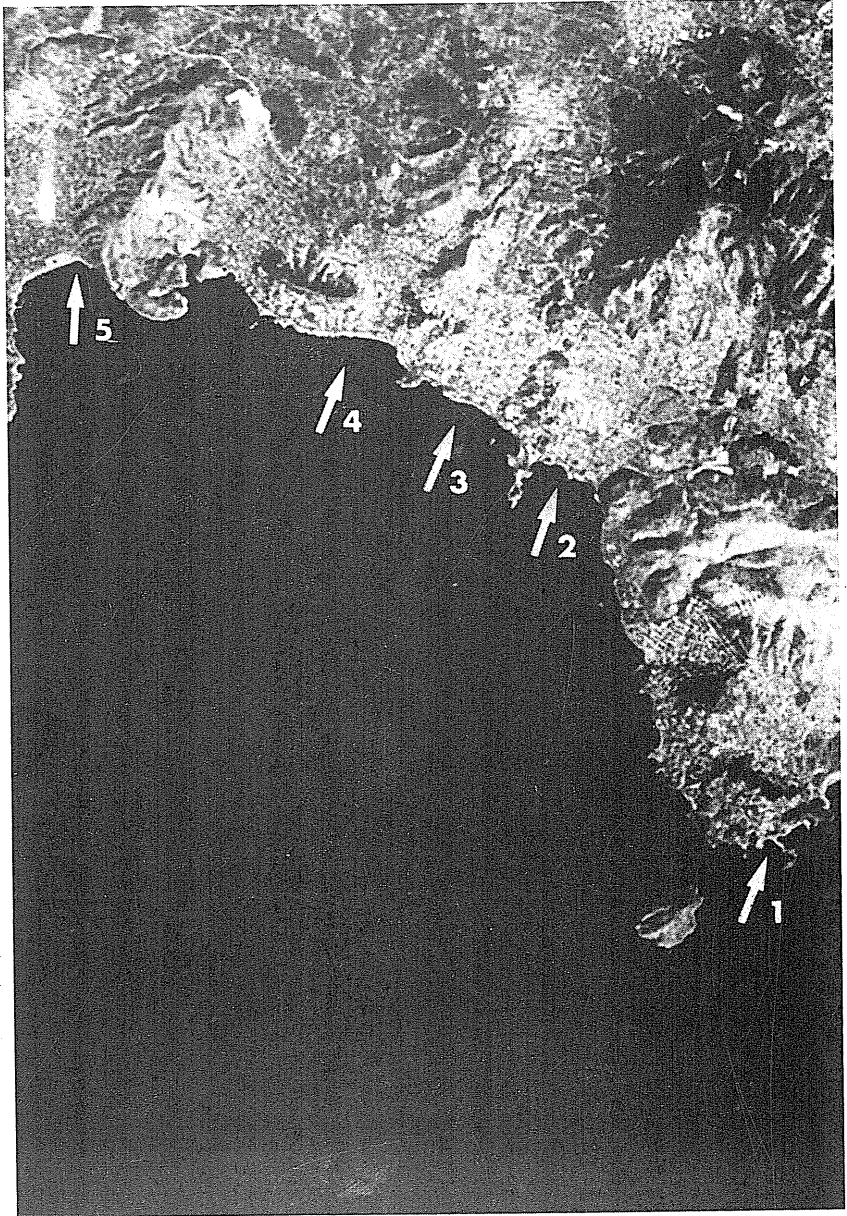
From the study of fossilized coastlines in the form of Beachrocks in different regions of southwest Attica it has been possible to demonstrate the change in the coastal environment over the last 5000 years. It has been ascertained that the coastlines of southwest Attica are continually receding, with a consequent increase in the area of sea at the expense of the landmass. This finding is considered highly significant since it clearly indicates that the relationship between land and sea is dynamic and not static. This should certainly be taken into serious consideration in any projected human intervention in the coastal environment (such as the construction of technical works etc.) for in the opposite case the results are usually disastrous. Moreover, on the basis of macroscopic and mineralogical examination it is ascertained that the Beachrocks which appear underwater are coastal geomorphs of marine provenance and clearly indicate earlier coastlines and the tidal range of the recent past.

The existence of a warm and humid climate during the period of creation of Beachrocks, as well as the stability of sea level are two important factors which favour cementation. Their repetition, evident from the discontinuous reappearance of plates, shows there have been no serious changes of climate in the region over the last 5000 years. From mineralogical examination of Beachrocks it has also been possi-

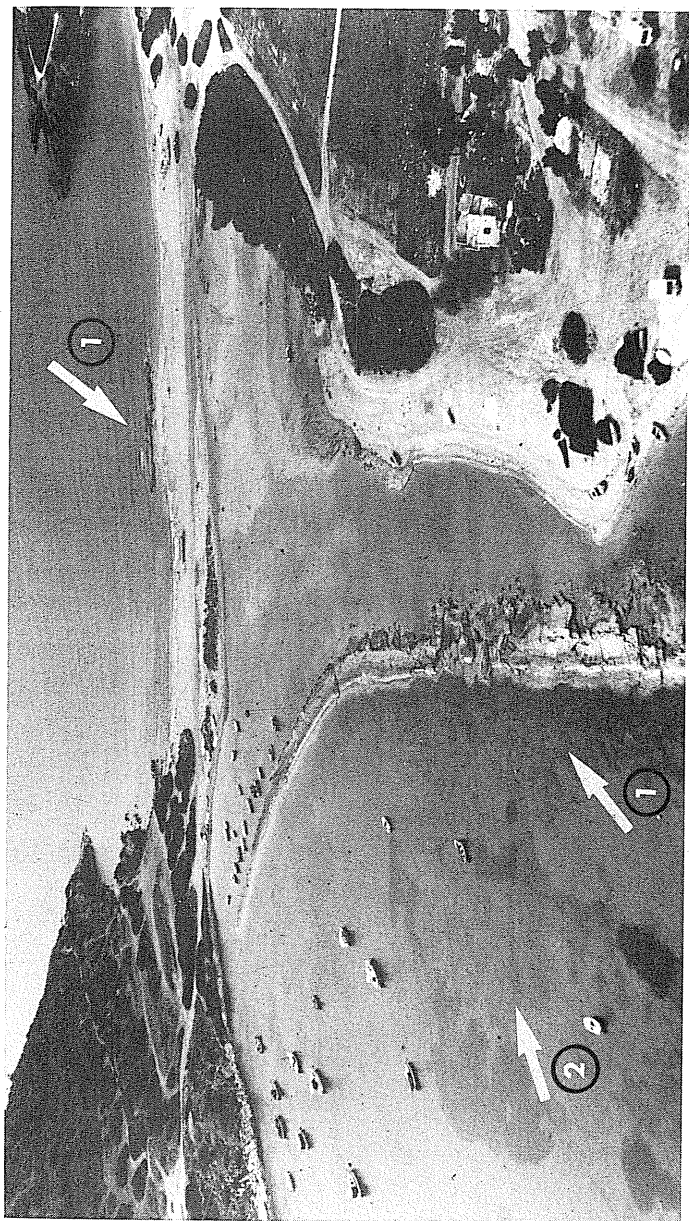
ble to ascertain their paleoenvironment, which is clearly marine. The stable content of $MgCO_3$ in the carbonate cement and the chemical consistency and homogeneity are attributed to marine reactions. It should be emphasized that in all the regions the appearance of Beachrocks is associated with coastal swamps, a smooth coastal environment and limestone rocks in the interior of the land.

In general Beachrocks exist on coasts affected by erosion and the internal cementation takes place at some depth in the coastal deposit and not on the surface of the sediment.

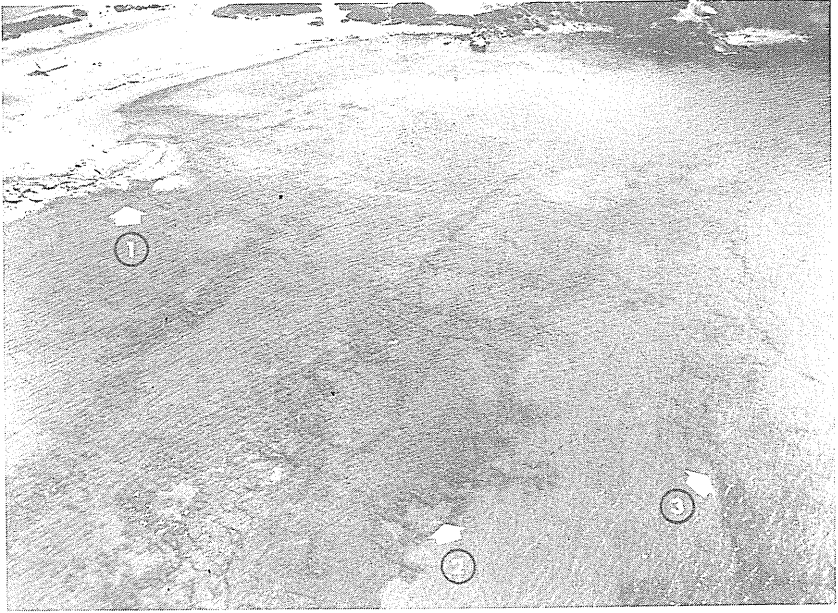
EVANGELOS KAMBOUROGLOU



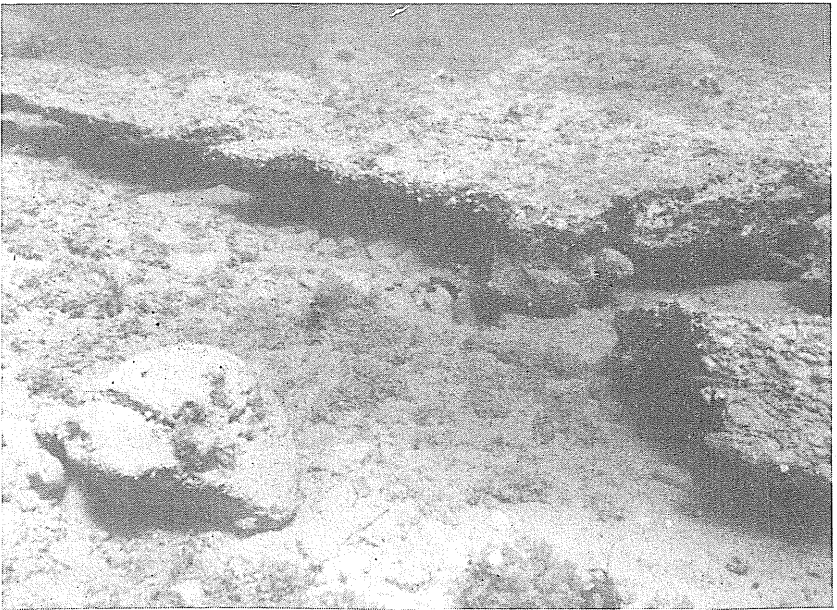
Εικ. 1. Απόσπασμα δορυφορικής εικόνας LANDSAT VI με τις περιοχές έρευνας. (Λήψη εικόνας 31.8.1988 από ύψος 705.000m). 1. Αγ. Νικόλαος Αναβύσσου. 2. Περ. Βίγλισμα ανατολικά Λαγονησίου. 3. Παραλία Καλυβίων. 4. Παραλία Αγ. Δημητρίου. 5. Όρμος Βάρης.



Εικ. 2. Αεροφωτογραφία του Τοπβόλιο Αγ. Νικολάου Αναβύσσου (Λήψη 9.3.1989). Με το 1 συμβολίζεται η πρώτη ζώνη Beachrocks και με το 2 η δεύτερη ζώνη.



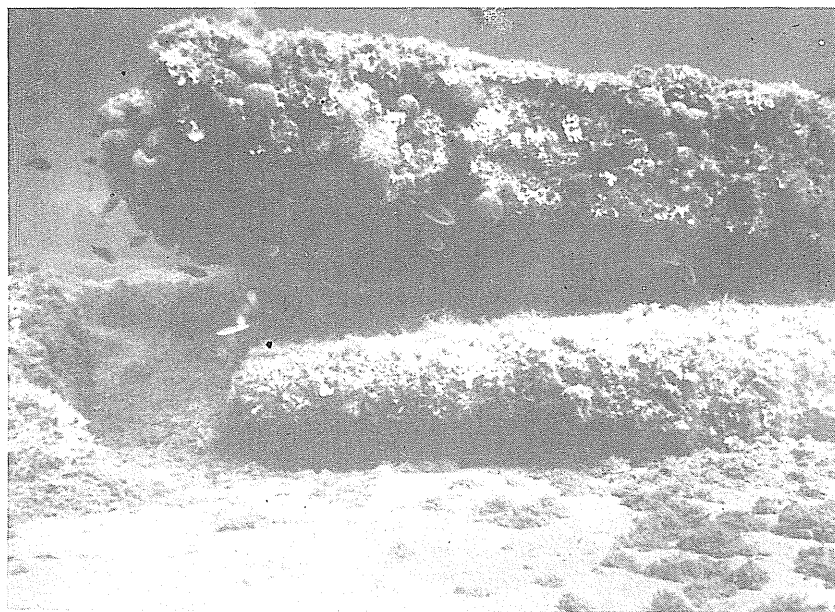
Εικ. 3. Αεροφωτογραφία της δυτικής περιοχής του Tombolo Αγ. Νικολάου Αναβύσσου. Με τα 1, 2, 3 συμβολίζονται οι 3 πρώτες ζώνες Beachrocks που διακρίνονται στην εικόνα.



Εικ. 4. Διαβρωμένες πλάκες Beachrocks βάθος -2m στον όρμο Βάρφης.



Εικ. 5. Beachrocks βάθους -3m παραλίας Καλιβίων. Διακρίνονται οι γλυφές από τη θαλάσσια διάβρωση του παρ λθόντος.



Εικ. 6. Beachrocks βάθους -3m παραλίας Καλιβίων. Λεπτομέρεια του πίσω τμήματος της πλάκας.



Εικ. 7. Βαχνοκ's βάθους -4.10m περιοχής λαγώνιστου. Λεπτομέρεια του πίσω τμήματος της πάκας.



Εικ. 8. Ακτινοδιαγράμματα (XRD) κρυσταλλικής σκόνης από το συγκολλητικό Beachrocks. 1. Beachrocks Βάρης -2m. 2. Beachrocks Αγ. Νικολάου -2m. 3. Beachrocks Αγ. Νικολάου -0.20m. 4. Beachrocks ανατολικά Λαγονησίου -0.20m.