

3.1 Θαλάσσια ρεύματα

Η ωκεάνια κυκλοφορία περιλαμβάνει την επιφανειακή, όπου κύρια γενεσιουργός αιτία είναι οι ατμοσφαιρικές συνθήκες, και τη θερμοαλατική κυκλοφορία, που συνήθως αφορά νερά μεγαλύτερου βάθους, και είναι η κίνηση των υδάτινων μαζών εξαιτίας διαφορών στη θερμοκρασία και την αλατότητα (Αλμπανάκης, 1999).

Η δημιουργία των θαλάσσιων ρευμάτων οφείλεται σε διάφορους παράγοντες μεταξύ των οποίων πρωτεύουσα θέση κατέχουν:

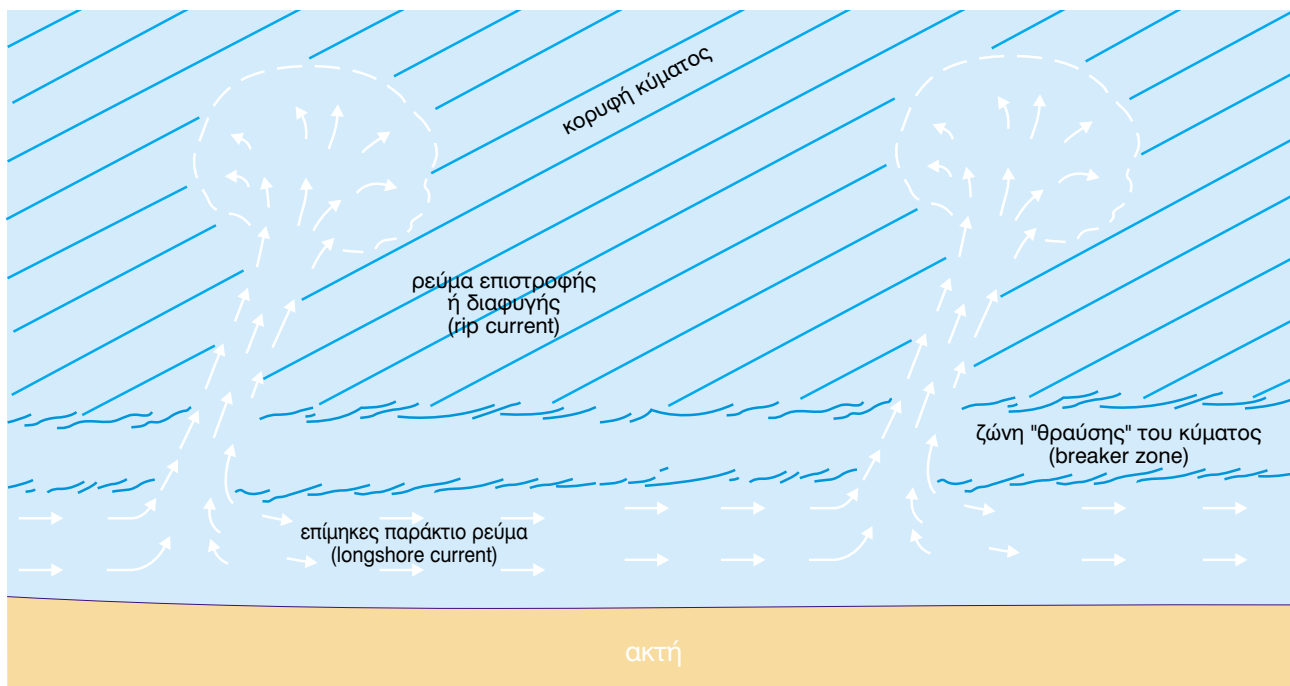
■ **Οι ατμοσφαιρικές συνθήκες και κυρίως ο άνεμος.** Ο άνεμος αποτελεί σημαντικό παράγοντα γιατί, εκτός του ότι μετέχει ενεργά στη γένεση των επιφανειακών θαλάσσιων κυμάτων, με την τριβή που ασκεί στην επιφάνεια της θάλασσας παρασύρει ταυτόχρονα κατά τη διεύθυνση της πνοής του και τις επιφανειακές μάζες νερού προκαλώντας ανεμογενή ρεύματα. Εάν ο άνεμος πνέει για ένα ορισμένο χρονικό διάστημα από μια σταθερή διεύθυνση, συμπαρασύρει τα μόρια του επιφανειακού στρώματος νερού. Η κίνηση αυτή επεκτείνεται προοδευτικά προς τον πυθμένα επηρεάζοντας και τα βαθύτερα στρώματα. Στην περίπτωση που η γη ήταν ακίνητη, τα ρεύματα αυτά θα είχαν την ίδια διεύθυνση με τον άνεμο, η επίδραση όπως της δύναμης Coriolis, που οφείλεται στην

περιστροφή της γης, τροποποιεί τη διεύθυνση των ρευμάτων. Εκτός από τον άνεμο σημαντική για τη γένεση θαλασσίων ρευμάτων είναι και η επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας και των κατακρημνισμάτων που μεταβάλλουν τοπικά την πυκνότητα του θαλάσσιου νερού.

■ **Η παλίρροια,** για την οποία γίνεται αναφορά στο αντίστοιχο κεφάλαιο, συνιστά άλλη μια γενεσιουργό αιτία ρευμάτων που, αν και είναι μικρής σημασίας για τις ανοικτές θαλάσσιες λεκάνες, όταν λαμβάνει χώρα σε κλειστές θάλασσες με ιδιαίτερα μορφολογικά χαρακτηριστικά (όπως για παράδειγμα στο νότιο και βόρειο Ευβοϊκό κόλπο - στενά Ευρίπου ή στη Θάλασσα της Μάγχης), είναι δυνατό να προκαλέσει πολύ ισχυρά ρεύματα κατά τις φάσεις της άμπωτης και της πλημμυρίδας.

■ **Οι διαφορές της υδροστατικής πίεσης** δημιουργούν θαλάσσια ρεύματα που οφείλονται στη διαφορετική πυκνότητα των υδάτινων μαζών και προκαλούν τη μετακίνηση των μεγαλύτερης πυκνότητας νερών προς τα μικρότερης με σκοπό την αποκατάσταση ισορροπίας.

■ **Η περιστροφή της γης.** Το φαινόμενο αυτό επηρεάζει την πορεία και την εξέλιξη των θαλάσσιων ρευμάτων, καθώς η δύναμη Coriolis εκτρέπει την πορεία των ρευμάτων προς τα δεξιά της διεύθυνσης διάδο-



Σχήμα 3.1 Σχηματική αναπαράσταση του επιμήκους παράκτιου ρεύματος (longshore current) και του ρεύματος επιστροφής ή διαφυγής (rip current).



Φωτο 3.1 Ρεύμα διαφυγής (rip current) στην παραλία Palm Beach, Sydney, New South Wales, Australia. (φωτογραφία: Rob Brander)

σής τους στο βόρειο ημισφαίριο και προς τα αριστερά στο νότιο.

Είναι δυνατό κατά τη μετακίνηση των θαλάσσιων μαζών να συμμετέχουν ενεργά περισσότεροι του ενός από τους προαναφερθέντες παράγοντες ή να δρουν ταυτόχρονα και άλλες, δευτερεύουσας σημασίας, παράμετροι.

3.2 Παράκτια κυματογενή ρεύματα

Τα παράκτια κυματογενή ρεύματα δημιουργούνται όταν τα κύματα προσεγγίζουν την ακτή και αποτελούν τη σημαντικότερη αιτία μετακίνησης ιζημάτων κατά μήκος της ακτογραμμής. Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των κυμάτων που τα δημιουργούν μπορούν να θέσουν σε κίνηση το παράκτιο ίζημα και να το μεταφέρουν από και/ή προς την ακτή.

Η συνεχής προσέλευση και θραύση των κυμάτων στην ακτογραμμή έχει σαν αποτέλεσμα τη συσσώρευση μάζας θαλάσσιου νερού στη ζώνη κυματογής. Η εκτόνωση της συσσωρευμένης αυτής μάζας του θαλάσσιου νερού γίνεται με τη δημιουργία ρευμάτων που κινούνται είτε παράλληλα προς την ακτογραμμή (δηλαδή κατά μήκος της ακτογραμμής) είτε με κατεύθυνση προς την ανοικτή θάλασσα (σχήμα 3.1). Τα ρεύματα που κινούνται κατά μήκος της ακτογραμμής ονομάζονται επιμήκη παράκτια ρεύματα (longshore currents) ενώ εκείνα που κατευθύνονται από την ακτογραμμή προς την ανοικτή θάλασσα ονομάζονται ρεύματα επιστροφής ή διαφυγής (rip currents).

Το είδος του παράκτιου ρεύματος ή ρευμάτων που θα αναπτυχθεί σε μια παράκτια περιοχή εξαρτάται από διάφορους παράγοντες οι σημαντικότεροι από τους οποίους είναι η γωνία πρόσπτωσης των κυμάτων στην ακτή, τα μορφολογικά χαρακτηριστικά της ακτογραμμής καθώς και η μορφολογία του υποθαλάσσιου ανάγλυφου. Αν η πρόσπτωση των κυμάτων στην ακτογραμμή είναι κάθετη, ή σχεδόν κάθετη, τότε δημιουργείται

ένα είδος κλειστής κυκλοφορίας (cell circulation) από επιμήκη παράκτια ρεύματα και ρεύματα διαφυγής.

Στην περίπτωση που τα κύματα προσεγγίζουν την ακτή υπό γωνία, δηλαδή μεταξύ των κορυφών των κυμάτων και της ακτογραμμής σχηματίζεται μια οξεία γωνία, τότε δημιουργούνται επιμήκη παράκτια ρεύματα. Η δράση των επιμήκων αυτών ρευμάτων περιορίζεται μπροστά από τη ζώνη θραύσης του κύματος και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους εξαρτώνται από τη γωνία με την οποία τα κύματα προσεγγίζουν την ακτή. Η ταχύτητά τους κυμαίνεται από μερικές δεκάδες εκατοστά ανά δευτερόλεπτο μέχρι και 1 m/sec. Η μέση ταχύτητα ενός επιμήκους παράκτιου ρεύματος δίνεται από την ακόλουθη εξίσωση του Komar (1998):

$$v_i = \sqrt{gH_{sb}} \hat{\eta}_{\alpha_b} \sin \hat{\alpha}_b$$

όπου H_{sb} είναι το σημαντικό ύψος των κυμάτων κατά τη θραύση τους,

$\hat{\alpha}_b$ είναι η γωνία μεταξύ της γραμμής κορυφής του κύματος και της ισοβαθούς στη ζώνη θραύσης και

g είναι η επιτάχυνση της βαρύτητας (ίση με 9,81 m/s²).

Η δράση των ρευμάτων διαφυγής έχει σαν αποτέλεσμα τη μεταφορά των ιζημάτων από την ακτή προς την ανοικτή θάλασσα. Τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους εξαρτώνται κυρίως από την ανύψωση της θαλάσσιας στάθμης, λόγω της συσσώρευσης της θαλάσσιας μάζας στη ζώνη θραύσης των κυμάτων. Τα ρεύματα επαναφοράς είναι ισχυρά, έχουν μικρό πλάτος και έχουν την αρχή τους στη ζώνη θραύσης του κύματος ενώ κατευθύνονται προς την ανοικτή θάλασσα (φωτο 3.1). Το μήκος τους μπορεί να φθάσει τα 60-750 m και η ταχύτητες που αναπτύσσουν είναι μεγαλύτερες των 50 cm/sec ενώ συχνά ξεπερνούν τα 2 m/sec. Σε αρκετές περιπτώσεις τα ρεύματα αυτά γίνονται επικίνδυνα και ευθύνονται για τον πνιγμό πολλών κολυμβητών.



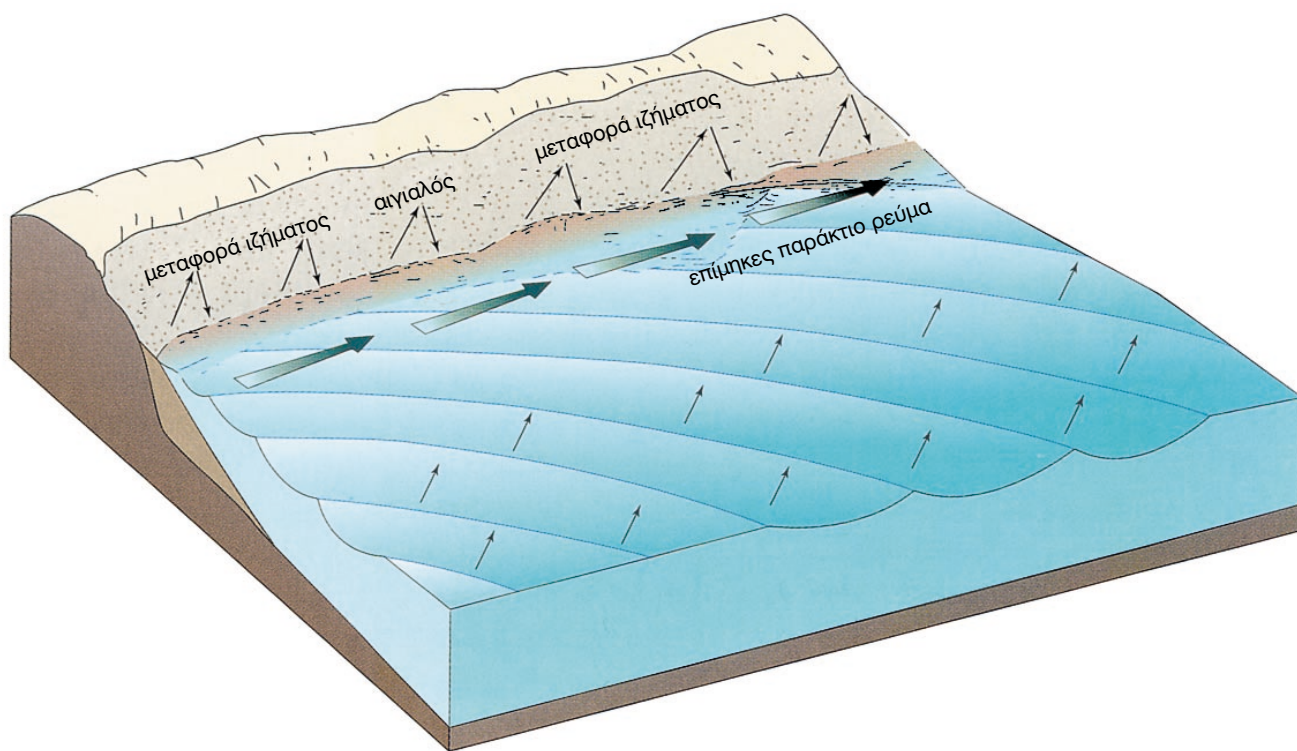
Φωτο 3.2 Πλάγια πρόσπτωση του κυματισμού σε αμμώδη ακτογραμμή του Θερμαϊκού κόλπου. Η αλληλεπίδραση του κυματισμού με τους κόκκους της άμμου έχει σαν αποτέλεσμα την επιμήκη μεταφορά μεγάλης ποσότητας ιζηματος.

3.3 Παράκτια κυκλοφορία ιζηματος

Όπως έχει ήδη αναφερθεί, τα κύματα σπάνια προσεγγίζουν την ξηρά παράλληλα προς την ακτογραμμή. Συνήθως προσεγγίζουν υπό οξεία γωνία παρά τη δράση του φαινομένου της διάθλασης που τείνει να μετατοπίσει την κορυφή τους σχεδόν παράλληλα με την ακτή. Καθώς τα κύματα κινούνται πλάγια στην παραλία μεταφέρουν ιζημα στην ακτή. Με τον κυματισμό όμως επιστροφής (backwash), την υποχώρηση δηλαδή του νερού μετά τη θραύση του κύματος, το ιζημα μετακινείται από την ακτή προς την ανοικτή θάλασσα (φωτο 3.2). Το τελικό αποτέλεσμα των κινήσεων των κόκκων των ιζημάτων, υπό την

επίδραση των διαδοχικών κυμάτων, είναι η πλευρική τους μετατόπιση αρκετά εκατοστά ή δεκάδες εκατοστών κατά μήκος της παραλίας (σχήμα 3.2). Αυτή η συνεχής πλευρική μετατόπιση έχει σαν αποτέλεσμα τη μετακίνηση τεράστιων ποσοτήτων ιζηματος κατά μήκος της ακτογραμμής.

Ανάλογη είναι η μετακίνηση του ιζηματος κατά μήκος της ακτής από τη δράση των κυματογενών επιμήκων παράκτιων ρευμάτων. Συνεπώς η δράση των επιμήκων παράκτιων ρευμάτων και του πλάγιου κυματισμού έχει το ίδιο αποτέλεσμα και οι δύο αυτές διεργασίες αλληλοσυμπληρώνουν η μια την άλλη. Η ποσότητα του



Σχήμα 3.2 Η πλευρική μεταφορά των ιζημάτων του αιγιαλού από τη συνδυασμένη δράση της πλάγιας πρόσπτωσης του κυματισμού στην ακτογραμμή και του επιμήκους παράκτιου ρεύματος.

ιζημάτων που μεταφέρεται με την παράκτια κυκλοφορία κατά μήκος των ακτών είναι πολύ μεγάλη. Για παράδειγμα έχει εκτιμηθεί ότι 340.000 m^3 ιζημάτων (σχεδόν $100.000 \text{ m}^3/\text{ημέρα}$) μεταφέρεται ετησίως λόγω της παράκτιας κυκλοφορίας κατά μήκος των περισσότερων ακτών των ανατολικών Η.Π.Α. (Easterbrook, 1999).

Κάθε φυσικό ή τεχνητό εμπόδιο που βρίσκεται κάθετα στην ακτογραμμή λειτουργεί ως φράγμα διακόπτοντας την παράκτια κυκλοφορία των κόκκων με αποτέλεσμα το ίζημα να αποτίθεται στην πλευρά που το παράκτιο ρεύμα συναντά το εμπόδιο.