



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ

ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ

**ΔΙΑΧΡΟΝΙΚΗ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΚΥΛΛΗΝΗΣ
ΚΑΙ ΑΡΑΞΟΥ (ΒΟΡΕΙΟΔΥΤΙΚΗ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΣ)**

Πτυχιακή εργασία

ΜΑΓΔΑΛΗΝΗ ΙΩΑΚΕΙΜΙΔΟΥ



Αθήνα, 2019



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

**ΣΧΟΛΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ, ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ ΚΑΙ
ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΩΝ ΟΙΚΟΝΟΜΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΓΡΑΦΙΑΣ**

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Ευθύμιος Καρύμπαλης (Επιβλέπων Καθηγητής)

Καθηγητής, Γεωγραφία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Χρήστος Χαλκιάς

Καθηγητής, Γεωγραφία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Ισαάκ Παρχαρίδης

Καθηγητής, Γεωγραφία, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Η Μαγδαληνή Ιωακειμίδου

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

- 1) Είμαι ο κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας και από όσο γνωρίζω η εργασία μου δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.

- 2) Αποδέχομαι ότι η ΒΚΠ μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

Περιεχόμενα

Περίληψη στα Ελληνικά.....	2
Abstract.....	3
Κατάλογος εικόνων	4
Κατάλογος πινάκων.....	6
Εισαγωγή.....	7
1. Παράκτια ζώνη	8
1.1 Ορισμός παράκτιας ζώνης	8
1.2 Διαίρεση της παράκτιας ζώνης	9
1.3 Αιγιαλοί (beaches).....	11
1.4 Ταξινόμηση των ακτών	13
1.5 Μεταβολές της ακτογραμμής και ταξινόμηση	15
1.6 Εποχιακές μεταβολές παράκτιας ζώνης	16
1.7 Διαχρονική μεταβολή της ακτογραμμής	17
1.8 Μέθοδοι υπολογισμού ρυθμού μεταβολής ακτογραμμής.....	19
2. Πιέσεις στην παράκτια ζώνη	23
2.1 Παράκτια διάβρωση	25
2.2 Παράγοντες παράκτιας διάβρωσης.....	27
2.3 Η διάβρωση των Ελληνικών ακτογραμμών	28
3. Η Περιοχή μελέτης	32
3.1 Κριτήρια επιλογής της περιοχής μελέτης	33
3.2 Τα χαρακτηριστικά της υδρολογικής λεκάνης της περιοχής μελέτης	42
4. Ανάλυση δεδομένων και αποτελέσματα	47
4.1 Υπολογισμός του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής	47
4.2 Συμπεράσματα	58
4.3 Προτάσεις μέτρων προστασίας κατά της διάβρωσης των ακτών	61
Βιβλιογραφία	66
Ξένη Βιβλιογραφία.....	66
Ελληνική Βιβλιογραφία.....	69

Περίληψη στα Ελληνικά

Η παράκτια ζώνη αποτελεί μια γεωγραφική περιοχή στην οποία, συνυπάρχουν και αλληλεπιδρούν οι φυσικές διεργασίες με τις ανθρώπινες κοινωνίες συνθέτοντας ένα εξελισσόμενο, μεγάλης σημασίας οικοσύστημα. Η ακτογραμμή η οποία αποτελεί μέρος του παράκτιου χώρου παρουσιάζει μεταβολές κατά τη διάρκεια του χρόνου. Η εξέλιξη της μπορεί να είναι φυσική ή μπορεί να προκληθεί από ανθρωπογενείς παράγοντες.

Στη μελέτη περίπτωσης που αφορά στη μεταβολή της ακτογραμμής μεταξύ Κυλλήνης και Αράξου στη βορειοδυτική Πελοπόννησο, ελήφθησαν υπόψιν οι ακτογραμμές των ετών 1996 και 2017. Η παλαιότερη ακτογραμμή αποτυπώθηκε σε υπόβαθρο ορθοφωτομωσαϊκού αεροφωτογραφιών και η σύγχρονη ακτογραμμή σε υπόβαθρο δορυφορικών εικόνων. Η επεξεργασία και η ανάλυση των διαθέσιμων στοιχείων πραγματοποιήθηκε με χρήση Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών (ΓΣΠ). Από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στην ακτογραμμή μήκους 12,2 km, καταγράφηκε σημαντική οπισθοχώρηση στο μεγαλύτερο τμήμα της, κυρίως στο νότιο τμήμα και μικρότερη σε βαθμό προέλαση σε σημεία της ακτογραμμής που σχετίζονται με εκβολές χειμάρρων. Το μέγιστο της οπισθοχώρησης ανέρχεται στα 66,9 m που αντιστοιχεί σε ρυθμό οπισθοχώρησης 3,2 m ανά έτος ενώ η προέλαση που καταγράφεται σε περιορισμένο μήκος επί της ακτογραμμής ανέρχεται στα 26,5 m που εκφράζεται σε ρυθμό της τάξης των 1,3 m ανά έτος.

Παράλληλα η μελέτη μεταβολής της ακτογραμμής συσχετίστηκε με τα χαρακτηριστικά της ευρύτερης περιοχής για να διερευνηθεί η σημασία των επιπτώσεων που αυτή η φυσική διεργασία θα επιφέρει στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον. Η οπισθοχώρηση της ακτογραμμής σε βάθος χρόνου συνεπάγεται απώλεια εδαφών σημαντικών για την ανάπτυξη οικονομικών δραστηριοτήτων, κυρίως του πρωτογενούς τομέα της οικονομίας. Επίσης, η διάβρωση της ακτογραμμής ενδέχεται να οδηγήσει σε αλλοίωση του φυσικού τοπίου και στην εξαφάνιση σημαντικών γεωμορφών, όπως οι παραλιακές ράχες, στην παράκτια ζώνη. Μέτρα προστασίας της ακτογραμμής που αφορούν εφαρμογή ήπιων λύσεων αντιμετώπισης του προβλήματος, με σκοπό τη διατήρηση του αισθητικού κάλους της περιοχής θεωρούνται ενδεδειγμένα.

Λέξεις κλειδιά: Ακτογραμμή, Διάβρωση, Προέλαση, ΓΣΠ, Διαχρονική μεταβολή

Abstract

The coastal zone is a geographical area in which complex natural processes coexist and interact with human societies, compiling an evolving ecosystem of great importance. The coastline, being part of the coastal area is changing over time. Its evolution may be natural or can be caused by anthropogenic factors. Coastline change is defined as a distinct movement pattern recognized by a particular change in shape, rhythm or periodicity.

In the case study on the change of the coastline between Killini and Araxos in the northwest Peloponnese, the coastlines of 1996 and 2017 were analyzed. The oldest coastline was depicted on a background of orthophotomosaic aerial photographs and the modern coastline under a background of satellite imagery. The processing and analysis of available data was performed with the use of a Geographical Information System (GIS). From the analysis carried out on the 12.2 km long coastline, a significant erosion was recorded in most of the area, mainly in the southern part, and a smaller accretion to shoreline points associated with river mouth. The maximum coastline decrease is 66.9 m, corresponding to an erosion rate of 3.2 m per year, while the accretion recorded on a limited length along the coastline is 26.5 meters, expressed at a rate of 1.3 m per year.

At the same time, the coastal changes are associated with the features of the wider region in order to explore the significance of the impacts this natural process will have on the natural and anthropogenic environment. Coastline erosion over time results in the loss of land, important for the development of economic activities, especially the primary sector. In addition, coastline erosion may lead to alteration of the natural landscape and the disappearance of important coastal zone characteristics, such as beach ridges. Coastal protection measures that include mild solutions to address the problem in order to preserve the ecological value of the area are considered the most appropriate.

Keywords: Coastline, Erosion, Accretion, GIS, Coastal changes

Κατάλογος εικόνων

Εικόνα 1.1.	Διαίρεση της παράκτιας ζώνης με βάση τη μορφολογία της και τη διεργασία των κυμάτων.....	10
Εικόνα 1.2	Αιγιαλός από ασύνδετα υλικά όπως κροκάλες, χάλκικες, άμμο στη Ζάκυνθο.....	12
Εικόνα 1.3	Εποχιακές μεταβολές στο προφίλ (profile) της παράκτιας ζώνης - (winter profile: χειμερινό προφίλ, summer profile: καλοκαιρινό προφίλ, dune: αμμοθίνες, berm: αναβαθμός, sandbar: ανάχωμα άμμου).....	17
Εικόνα 1.4	End Point Rate (EPR) (Ρυθμός Τελευταίου Σημείου).....	21
Εικόνα 2.1	Υποχώρηση της ακτογραμμής σε ακτή του Θερμαϊκού κόλπου λόγω της διάβρωσης	25
Εικόνα 2.2	Παράκτια διάβρωση στην Ευρώπη.....	29
Εικόνα 3.1	Νομός Αχαΐας	32
Εικόνα 3.2	Περιοχή μελέτης και η υπό διερεύνηση ακτογραμμή.....	34
Εικόνα 3.3	Δάσος Στροφυλιάς με θέα από τα Μαύρα βουνά.....	35
Εικόνα 3.4	Μέσο σημαντικό ύψος κύματος της Ελλάδος	40
Εικόνα 3.5	Παλιρροιακό εύρος περιοχών της Ελλάδας	41
Εικόνα 3.6	Χάρτης στον οποίο απεικονίζεται το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM) και το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης	43
Εικόνα 3.7	Χάρτης στον οποίο απεικονίζονται οι κλίσεις του αναγλύφου της περιοχής μελέτης	44
Εικόνα 3.8	Χάρτης στον οποίο απεικονίζεται ο προσανατολισμός του αναγλύφου της περιοχής μελέτης.....	45
Εικόνα 3.9	Χάρτης ο οποίος απεικονίζει την γεωλογία της περιοχής μελέτης.....	46
Εικόνα 4.1	Χάρτης διαχρονικής μεταβολής της ακτογραμμής και θέσεις της ακτογραμμής όπως προέκυψαν από την ανάλυση των δεδομένων των ετών 1996 και 2017	48
Εικόνα 4.2	Χάρτης που απεικονίζει τα σημεία οπισθοχώρησης και προέλασης της ακτογραμμής της περιοχής μελέτης.....	48

Εικόνα 4.3	Χάρτης 1 ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής της περιοχής μελέτης	50
Εικόνα 4.4	Φωτογραφική απεικόνιση της περιοχής του χάρτη 1 όπου εμφανίζεται η μέγιστη οπισθοχώρηση	50
Εικόνα 4.5	Χάρτης 2 ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής της περιοχής μελέτης	51
Εικόνα 4.6	Φωτογραφική απεικόνιση της περιοχής του χάρτη 2	52
Εικόνα 4.7	Χάρτης 3 ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής της περιοχής μελέτης	52
Εικόνα 4.8	Φωτογραφική απεικόνιση της περιοχής του χάρτη 3	53
Εικόνα 4.9	Χάρτης 4 ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής της περιοχής μελέτης	53
Εικόνα 4.10	Φωτογραφική απεικόνιση της περιοχής του χάρτη 4 όπου διακρίνεται ο κλάδος του υδρογραφικού δικτύου που εκβάλλει στην ακτή	54
Εικόνα 4.11	Φωτογραφική απεικόνιση της περιοχής του χάρτη 4 όπου διακρίνονται κατασκευές επί της παράκτιας ζώνης.....	54
Εικόνα 4.12	Χάρτης 5 ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής της περιοχής μελέτης	55
Εικόνα 4.13	Φωτογραφική απεικόνιση της περιοχής του χάρτη 5	56
Εικόνα 4.14	Φωτογραφική απεικόνιση της βραχώδους περιοχής του χάρτη 5	56
Εικόνα 4.15	Χάρτης 6 ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής της περιοχής μελέτης	57
Εικόνα 4.16	Φωτογραφική απεικόνιση της αμμώδους παραλίας του χάρτη 6	57
Εικόνα 4.17	Διάγραμμα στο οποίο απεικονίζεται ο ρυθμός μεταβολής της ακτο- γραμμής της περιοχής μελέτης.....	59
Εικόνα 4.18	Χάρτης χρήσεων γης της περιοχής μελέτης	60
Εικόνα 4.19	Πρόβολοι (groins) που έχουν κατασκευαστεί για την προστασία του αμμώδους αιγιαλού της Poole Bay στην Αγγλία	62
Εικόνα 4.20	Τοιχίο (seawall) προστασίας του δρόμου από τη θάλασσα διάβρωση από σκυρόδεμα στην California Η.Π.Α.....	63
Εικόνα 4.21	Κυματοθραύστης (breakwater) Μικρολίμανο-Αθήνα	64

Εικόνα 4.22	Τεχνητός εμπλουτισμός αιγιαλού (beach nourishment) με ίζημα σε παραλία της Florida, Η.Π.Α	65
-------------	---	----

Κατάλογος πινάκων

Πίνακας 1.1	Προτεινόμενη ταξινόμηση τύπων διάβρωσης ακτογραμμής με βάση τους τρόπους αλλαγής της.....	16
Πίνακας 1.2	Μεταβολή της ακτογραμμής σε χωρο-χρονική κλίμακα από φυσικά και ανθρωπογενή αίτια.....	18
Πίνακας 2.1	Ανθρώπινες δραστηριότητες και επιπτώσεις στην παράκτια ζώνη ...	24
Πίνακας 3.1	Κατανομή γεωλογικών σχηματισμών στην περιοχή μελέτης.....	46
Πίνακας 4.1	Κατανομή χρήσεων γης στην περιοχή μελέτης	60

Εισαγωγή

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι η μελέτη της διαχρονικής μεταβολής του τμήματος της ακτογραμμής μεταξύ Κυλλήνης και Αράξου, στο δυτικό τμήμα του νομού Αχαΐας στην Πελοπόννησο και συγκεκριμένα μεταξύ των Λουτρών Υρμίνης και βόρεια της παραλίας Γιανισκάρι. Διερευνάται η μεταβολή της ακτογραμμής καθώς και τα αίτια που σχετίζονται με αυτές τις μεταβολές.

Παράγοντες που συμβάλουν στα παραπάνω είναι οι θαλάσσιες και χερσαίες διεργασίες όπως η διάβρωση των γεωλογικών σχηματισμών και η μεταφορά του ιζήματος, τα παράκτια ρεύματα, το εύρος της παλίρροιας και το μέσο σημαντικό ύψος κύματος. Επιπλέον προτείνονται τρόποι αντιμετώπισης των επιπτώσεων εξαιτίας των πιέσεων στην παράκτια ζώνη. Για το σκοπό αυτό εφαρμόστηκαν τεχνικές υπολογισμού και απεικόνισης του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής συγκρίνοντας αεροφωτογραφίες του έτους 1996 και δορυφορικές εικόνες του 2017.

Η επεξεργασία και ο υπολογισμός των επιμέρους στοιχείων και η παραγωγή των θεματικών χαρτογραφικών επιπέδων πραγματοποιήθηκε μέσω του λογισμικού ΓΣΠ ArcGIS.

1. Παράκτια ζώνη

1.1 Ορισμός παράκτιας ζώνης

Ο όρος «Παράκτια Ζώνη» στη διεθνή βιβλιογραφία βασίζεται στην ορολογία που εμφανίστηκε στη νομοθεσία των ΗΠΑ το 1972, για τη διαχείριση της Παράκτιας Ζώνης (U.S. Congress, 1972), η οποία αναφέρει: Παράκτια Ζώνη είναι το χερσαίο και γειτονικό θαλάσσιο τμήμα (υδάτινο και βυθός), στο οποίο οι χερσαίες διεργασίες επηρεάζουν άμεσα τις θαλάσσιες διεργασίες και αντίστροφα. Αποτελεί μια ζώνη μεταβλητού εύρους που συνορεύει (περιβάλλει, περικλείει) την ηπειρωτική, τη νησιωτική χώρα και τις λίμνες. Λειτουργικά ορίζεται σαν η ζώνη μετάβασης από την ξηρά στη θάλασσα, όπου η παραγωγή, η κατανάλωση και οι διεργασίες ανταλλαγής, έχουν τις υψηλότερες τιμές τους. Οικολογικά αποτελεί περιοχή δυναμικών βιοχημικών διεργασιών με ορισμένης δυναμικότητας υποστήριξη διαφόρων μορφών ανθρώπινης ζωής.

Στην Ελλάδα ο Παράκτιος Χώρος (ή Παράκτια Περιοχή) ορίζεται από το Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης (Ε.Π.Χ.Σ.Α.Α.) ως: «Ο γεωμορφολογικός χώρος εκατέρωθεν της ακτογραμμής, όπου εκδηλώνεται διαδραστικά η σχέση μεταξύ του θαλάσσιου και του χερσαίου τμήματος, μέσω των σύνθετων οικολογικών συστημάτων που περιλαμβάνουν βιοτικές και αβιοτικές συνιστώσες. Πρόκειται για μεταβατική ζώνη μεταβλητού πλάτους που αποτελεί, ταυτόχρονα, ζωτικό χώρο ανθρώπινων κοινωνιών και κοινωνικό-οικονομικών δραστηριοτήτων».

Η παράκτια ζώνη αποτελείται από ένα υποθαλάσσιο και ένα χερσαίο τμήμα. Το υποθαλάσσιο τμήμα εκτείνεται από την ακτογραμμή μέχρι την ισοβαθή καμπύλη των -10 μέτρων. Το βάθος των -10 μέτρων έχει τεθεί ως όριο βασισμένο στα ύψη των κυμάτων και τη μορφολογική κλίση του πυθμένα. Στις ελληνικές θάλασσες όπως το Αιγαίο πέλαγος, τα ύψη των κυμάτων σπάνια ξεπερνούν τα 6 μέτρα με αποτέλεσμα το βάθος αυτό ίσως να είναι μικρότερο. Το χερσαίο τμήμα εκτείνεται από την ακτογραμμή μέχρι ένα υψόμετρο που δεν ορίζεται με ακρίβεια γιατί διαφέρει ανά περίπτωση. Το ανώτερο όριο της παράκτιας ζώνης ως γενικός κανόνας αντιστοιχεί

στο σημείο όπου σταματά να επικρατεί η δράση των θαλάσσιων διεργασιών. Το σημείο αυτό συχνά συμπίπτει με την πρώτη εμφάνιση χερσαίων σχηματισμών ανάντη της ακτογραμμής (δηλαδή σχηματισμών που δημιουργούνται από χερσαίες και όχι από θαλάσσιες διεργασίες).

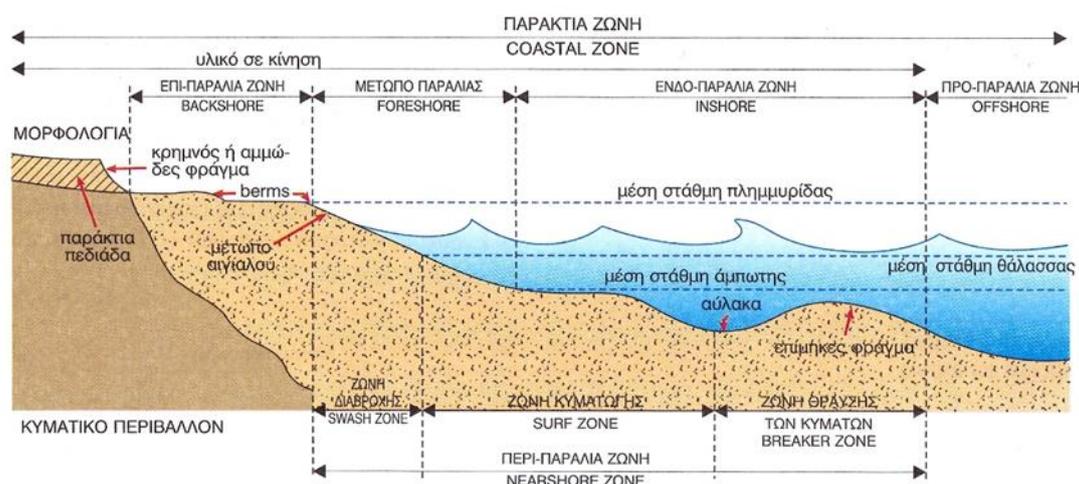
Σε παράκτιες περιοχές όπως αυτές των εκβολών των χειμάρρων και των ποταμών ο προσδιορισμός του ανώτερου ορίου της παράκτιας ζώνης δεν είναι εύκολος. Σε αυτές τις περιοχές το ισοζύγιο των παράκτιων ιζημάτων και κατ' επέκταση το πλάτος της παράκτιας ζώνης, εξαρτάται από τη συνδυασμένη δράση και την αλληλεπίδραση χερσαίων διεργασιών (όπως η ποτάμια παροχή και στερεοπαροχή), θαλάσσιων διεργασιών (κυματισμός, παλίρροιες, παράκτια ρεύματα) και ανθρωπογενών επεμβάσεων (φράγματα, αμμοληψίες, οικιστική δραστηριότητα). Σύμφωνα με τη σύγχρονη διεπιστημονική προσέγγιση για τη διαχείριση της παράκτιας ζώνης δεν υπάρχουν όρια μεταξύ χερσαίου ή θαλάσσιου τμήματος αλλά προτείνεται η ολιστική και συνολική θεώρηση του παράκτιου χώρου και των διεργασιών που τον επηρεάζουν.

Το όριο των παράκτιων συστημάτων προς την ξηρά περιλαμβάνει όλες τις παράκτιες γεωμορφές απόθεσης και διάβρωσης που σχηματίστηκαν στη χρονική περίοδο του Τεταρτογενούς (2,588 εκατομμύρια έτη πριν από σήμερα) στην οποία η στάθμη της θάλασσας διακυμάνθηκε παγκοσμίως σε σημαντικά επίπεδα που έφθασαν μέχρι και τα 120 μέτρα περίπου. Σήμερα αυτές οι γεωμορφές, που δημιουργήθηκαν στο παρελθόν, μπορεί να βρίσκονται σε μεγάλη οριζόντια απόσταση και σε μεγάλο υψόμετρο από τη σημερινή ακτογραμμή (Καρύμπαλης, 2010).

1.2 Διαίρεση της παράκτιας ζώνης

Υπάρχουν τρεις κατηγοριοποιήσεις της παράκτιας ζώνης. Η πρώτη είναι βασισμένη στα μορφολογικά χαρακτηριστικά των επιμέρους τμημάτων της παράκτιας ζώνης και περιλαμβάνει την επί-παράλια ζώνη (backshore), το μέτωπο της παραλίας (foreshore), την ενδο-παράλια ζώνη (inshore) και την προ-παράλια ζώνη (offshore) (Εικόνα 1.1).

Η παράκτια ζώνη διακρίνεται σε τρεις διαφορετικούς χώρους ανάλογα με τον τύπο των κυματικών διεργασιών, που λειτουργούν στα επιμέρους τμήματα της. Τη ζώνη διαβροχής (swash zone), τη ζώνη κυματώγης (surf zone) και τη ζώνη θραύσης των κυμάτων (breaker zone) που όλες μαζί αποτελούν την περι-παράλια ζώνη (nearshore zone) (Εικόνα 1.1).



Εικόνα 1.1. Διαίρεση της παράκτιας ζώνης με βάση τη μορφολογία της και τη διεργασία των κυμάτων. Πηγή: τροποποιημένο από Briggs et al., 1997 από Καρύμπαλης, 2010

Επίσης ένα άλλο κριτήριο σύμφωνα με το οποίο ο παράκτιος χώρος μπορεί να υποδιαιρεθεί είναι αυτό των ιζηματολογικών του χαρακτηριστικών, δηλαδή ανάλογα με τον τύπο του ιζήματος, τις ιζηματοδομές, ή τις διεργασίες απόθεσης (Reading & Collinson, 1996).

Η διάκριση αυτή δημιουργεί τις ακόλουθες ζώνες:

- Αιγιαλίτιδα ζώνη (beach zone): είναι η περιοχή της ξηράς που καλύπτεται περιοδικά από τη θάλασσα και επηρεάζεται άμεσα από τις θαλάσσιες διεργασίες. Κύρια συστατικά αυτής της ζώνης είναι τα παράλληλα διατεταγμένα στρώματα άμμου, κροκάλων ή χαλίκων.
- Ζώνη του μετώπου της παραλίας (shoreface zone): φθάνει από τη μέση χαμηλή στάθμη θάλασσας (mean low water) μέχρι τη μέση βάση των κυμάτων αίθριου καιρού. Σε αυτή τη ζώνη αναπτύσσονται αμμορρυτίδες που σχηματίζονται στην επιφάνεια της άμμου λόγω του κυματισμού.
- Προ-παράλια μεταβατική ζώνη (offshore transition zone): ξεκινά από τη μέση βάση των κυμάτων αίθριου καιρού και φθάνει τη μέση βάση των κυμάτων

καταιγίδας. Χαρακτηρίζεται από την απόθεση ιζήματος κατά τη διάρκεια των καταιγίδων.

- Προ-παράλια ζώνη (offshore zone): εκτείνεται κάτω από τη μέση βάση των κυμάτων καταιγίδας και αποτελείται από την απόθεση λεπτόκοκκου ιζήματος. (Καρύμπαλης, 2010).

1.3 Αιγιαλοί (beaches)

Αιγιαλός κατά τη Ελληνική νομοθεσία (ν. 2971/01), είναι η παράκτια χερσαία ζώνη, που βρέχεται από τη θάλασσα, μέχρι τη στάθμη εκείνη που φθάνουν οι μεγαλύτερες και συνήθεις αναβάσεις των κυμάτων της, κατά τη διάρκεια έντονων καιρικών φαινομένων. Ο αιγιαλός, όπως και η παραλία, η όχθη και η παρόχθια ζώνη είναι πράγματα κοινόχρηστα και ανήκουν κατά κυριότητα στο Δημόσιο, το οποίο τα προστατεύει και τα διαχειρίζεται. Για τον καθορισμό της ζώνης του αιγιαλού λαμβάνεται υπόψη η μορφολογία, η ποιοτική σύσταση και το ανάγλυφο της ξηράς (αμμώδης ή βραχώδης ακτή με ήπιες ή απότομες κλίσεις), η μορφολογία και η βαθυμετρία του θαλάσσιου πυθμένα (αμμώδης, πετρώδης ή βραχώδης θαλάσσιος πυθμένας με ήπια ή απότομη κλίση), οι ανεμολογικές συνθήκες, ο κυματισμός, ο οποίος επηρεάζει την παράκτια ζώνη (Νόμος 2971/2001, ΦΕΚ 285/τ.Α/19-12-2001).

Οι αιγιαλοί αποτελούν τα πιο συνηθισμένα περιβάλλοντα του παράκτιου χώρου. Είναι γεωμορφές απόθεσης που αποτελούνται από ασύνδετα, χαλαρά υλικά όπως είναι οι κροκάλες, οι χάλικες, η άμμος σε συνδυασμό με εύπλαστα υλικά όπως η ιλύς και η άργιλος (Εικόνα 1.2). Η ανάμειξη όλων αυτών των υλικών δημιουργεί την πλειοψηφία των αιγιαλών. Έχουν έκταση από τη μέση στάθμη άμπωτης μέχρι το σημείο που σημειώνεται προς την ξηρά. Έτσι το άνω όριο του αιγιαλού ορίζεται συνήθως από το μέτωπο ενός παράκτιου κρημνού ή από μια ζώνη μόνιμης φυτοκάλυψης.



Εικόνα 1.2 Αιγιαλός από ασύνδετα υλικά όπως κροκάλες, χάλικες, άμμο στη Ζάκυνθο
Πηγή: www.imerazante.gr

Οι αιγιαλοί είναι γεωμορφές που διατηρούνται ακόμη και όταν στην ακτογραμμή επιδρούν σκληρές συνθήκες κυματισμού. Η ανθεκτικότητα των αιγιαλών οφείλεται στο γεγονός ότι αποτελούνται από ασύνδετα υλικά (μείγμα άμμου και χάλικων), που είναι ευκίνητα και έτσι εξασφαλίζεται η συνεχής διατήρησή τους. Αντίθετα οι συμπαγείς παράκτιες δομές που μπορεί να είναι φυσικές γεωμορφές, όπως οι κρημνοί, ή να αποτελούν ανθρωπογενείς κατασκευές, όπως τα τοιχία των λιμανιών, είναι άκαμπτες στην επίθεση των κυμάτων με αποτέλεσμα να διαβρώνονται εύκολα. Οι αιγιαλοί σπάνια διαβρώνονται από τον κυματισμό, αλλά προσαρμόζουν τη μορφολογία τους (κυρίως την κλίση του μετώπου) και την κοκκομετρία των ιζημάτων τους ανάλογα με τα χαρακτηριστικά των κυμάτων που δέχονται.

Η υφή του ιζήματος (sediment texture) του αιγιαλού και οι ιδιότητες των κόκκων του (μέγεθος, μορφή, σχήμα) αντανακλούν το κυματικό καθεστώς του, το οποίο επηρεάζει άμεσα το προφίλ του (Bascom, 1951).

Οι κόκκοι σχεδόν όλων των μεγεθών μπορούν να τεθούν σε κίνηση λόγω των έντονων κυμάτων και να έρθουν σε επαφή μεταξύ τους με αποτέλεσμα να λειαίνονται λόγω τριβής. Έτσι μειώνεται σταδιακά το μέγεθος των κόκκων. Επομένως οι αιγιαλοί

που δέχονται υψηλή κυματική ενέργεια έχουν πολύ λίγο λεπτόκοκκο ίζημα εξαιτίας της δυναμικής σχέσης μεταξύ των κυμάτων και του αιγιαλού. Η κυματική ενέργεια απομακρύνει το λεπτόκοκκο ίζημα, το οποίο διατηρείται σε αιώρηση στο νερό και τελικά αποτίθεται όταν μεταφερθεί σε πιο ήρεμα νερά όπου τα επίπεδα ενέργειας είναι αρκετά χαμηλά. Έτσι οι αιγιαλοί συγκεντρώνουν το ίζημα που η κυματική ενέργεια επιτρέπει να αποτεθεί με αποτέλεσμα να γίνονται χώροι αποθήκευσης ιζημάτων (Καρύμπαλης, 2010).

1.4 Ταξινόμηση των ακτών

Οι ακτές παρουσιάζουν πολυπλοκότητα και διαφοροποιούνται τόσο σε παγκόσμιο επίπεδο, όσο και σε μικρότερης κλίμακας αποστάσεις. Για το λόγο αυτό υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι ταξινόμησης των ακτών.

Οι ακτές ταξινομούνται με βάση τον τρόπο σχηματισμού τους, τον τύπο των πετρωμάτων (υποστρώματος) και την τεκτονική δομή τους (Bird, 2008; Thurman, 1983). Γίνονται και περαιτέρω υποδιαιρέσεις κάθε ομάδας με βάση τον παράγοντα που έχει τη μεγαλύτερη σχετική επίδραση.

Σύμφωνα με τον Shepard οι ακτές χωρίζονται σε πρωτογενείς και δευτερογενείς. Πρωτογενείς είναι εκείνες που έχουν διαμορφωθεί κυρίως από χερσαίους παράγοντες και υποδιαιρούνται σε:

- ακτές χερσογενούς διάβρωσης (κατακλυσθείσες ποτάμιες κοιλάδες, ακτές που προέρχονται από παγετώδη διάβρωση και κατακλυσθείσες περιοχές καρστικής διάβρωσης, ακτές που προέκυψαν λόγω κατολίσθησης, ηφαιστειακές ακτές και τεκτονικές ακτές).
- ακτές χερσογενούς απόθεσης (ακτές των ποταμίων αποθέσεων, ακτές τύπου Δέλτα, ακτές αλλουβιακών πεδιάδων, ακτές παγετωδών αποθέσεων και αιολικών αποθέσεων).

Δευτερογενείς είναι εκείνες στις οποίες η δράση των κυμάτων και άλλων παράκτιων διεργασιών είναι το κυρίαρχο στοιχείο ελέγχου της ακτής, προέρχονται από

πρωτογενείς οι οποίες διαμορφώθηκαν αργότερα από θαλάσσιους παράγοντες και υποδιαιρούνται σε:

- ακτές διάβρωσης λόγω των κυμάτων (π.χ. κρημνοί ευθυγραμμισμένοι από τα κύματα, με βασικό χαρακτηριστικό ότι είναι κοντά με πυθμένα που έχει μικρή κλίση)
- απόθεσης (από ιζηματογενείς δομές, φραγμούς, αμμολωρίδες, βραχίονες και τόξα, εμπόδια, αλυκές, κλπ)
- ακτές που χτίζονται από οργανισμούς (π.χ. κοραλλιογενείς ακτές)

Το πλεονέκτημα της κατάταξης Shepard είναι ότι είναι πιο λεπτομερής από τις άλλες, επιτρέποντας έτσι να ενσωματωθούν περισσότερες ακτές.

Για την απλούστερη περιγραφή μιας ακτής απαιτούνται το λιγότερο τρεις όροι (Fairbridge, 2004):

- υλικό (σκληρό/ μαλακό, διαλυτό ή όχι)
- διεργασίες (διαβρωτικές/εποικοδομητικές, φυσικές, χημικές, βιολογικές και γεωλογικές)
- ιστορικοί παράγοντες (χρονική κλίμακα, ευστατισμός, τεκτονική, ιζηματογένεση κλπ).

Ανάλογα με το αντικείμενο της έρευνας, χρησιμοποιούνται και άλλες υπό-ταξινομήσεις. Σύμφωνα με τον τύπο των πετρωμάτων τους οι ακτές διακρίνονται κυρίως σε βραχώδεις και αμμώδεις, ενώ εμφανίζονται και ενδιάμεσες μορφές. Στις ενδιάμεσες μορφές ανήκουν και οι διαβρωσιγενείς ακτές που προκύπτουν από τις καταστροφικές θαλάσσιες διαδικασίες που δρουν κυρίως σε θαλάσσιους κρημνούς (Μιχαήλογλου, 2011).

Σε ένα άλλο μοντέλο ταξινόμησης οι ακτές κατηγοριοποιούνται σύμφωνα με την προέλευσή τους και τον τρόπο σχηματισμού τους σε βυθισμένες ακτές ή ακτές από ανάδυση. Η ταξινόμηση αυτή συνδέεται κυρίως με τις διακυμάνσεις της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, το κλίμα και το ανάγλυφο της κάθε περιοχής (Καρύμπαλης, 2010). Φυσιογραφικά διακρίνονται σε χαμηλές, υψηλές, ομοιόμορφες και διακεκομμένες, ενώ από την άποψη προσβολής τους από τους ανέμους διακρίνονται

σε προσήνεμες και υπήνεμες. Από μορφολογική άποψη διακρίνονται σε βραχώδεις, χαλικώδεις, αμμώδεις και λασπώδεις (N. Τσιμενίδης, 2000).

Ο Alcantara-Carrío (Alcantara-Carrío, 2014), με βάση τις ανθρώπινες παρεμβάσεις ταξινόμησε τις ακτές σε τρία διαφορετικά είδη :

- οι φυσικές έμμεσα-τροποποιημένες (natural indirectly-modified) ακτές
- οι αγροτικές ή ενδιάμεσες (rural or intermediate) ακτές
- οι ανθρωπογενείς αναπτυγμένες (human-developed) ακτές, οι οποίες μπορούν να υποδιαιρεθούν περαιτέρω σε:
 - α) ημι-αστικές (semi-urban) ακτές,
 - β) αστικές (urban) ακτές
 - γ) τεχνητές (man-made coasts) ακτές και
 - δ) λιμάνια (harbors).

1.5 Μεταβολές της ακτογραμμής και ταξινόμηση

Ακτογραμμή είναι η γραμμή που ορίζεται από τη τομή της θαλάσσιας επιφάνειας με την ξηρά και δεν παραμένει σταθερή αλλά μεταβάλλεται μέσα στον χρόνο. Οι μεταβολές αυτές έχουν να κάνουν τόσο με μικρά χρονικά διαστήματα όσο και με μεγαλύτερες κλίμακες χρόνου. Οι διακυμάνσεις της θαλάσσιας στάθμης λόγω κλιματικών και τεκτονικών αιτιών ή σε συνδυασμό όλων αυτών, δημιουργούν τις μεγάλης χρονικής κλίμακας μεταβολές της θέσης της ακτογραμμής. Ενώ αιτίες όπως είναι η δράση του φαινομένου της παλίρροιας, η επίδραση από τις μετεωρολογικές συνθήκες, η δράση του κυματισμού κ.α. δημιουργούν τις ημερήσιες μεταβολές. Υπάρχουν περιοχές όπου οι διακυμάνσεις της ακτογραμμής κατά τη διάρκεια ενός εικοσιτετράωρου εξαιτίας του φαινομένου της παλίρροιας είναι ιδιαίτερα σημαντικές.

Η κατηγοριοποίηση των μορφών μεταβολής της ακτογραμμής, με βάση γεωμορφολογικούς κανόνες, μας βοηθά να ερμηνεύσουμε με περισσότερη ακρίβεια τα δεδομένα της ακτογραμμής και μας εφοδιάζει με ένα πρακτικό εργαλείο διαχείρισης (Del Rio et al., 2013).

Τύπος μεταβολής της ακτογραμμής ορίζεται ένα διακριτό μοτίβο μετακίνησης της ακτογραμμής που αναγνωρίζεται από μία ιδιαίτερη αλλαγή στο σχήμα, στον ρυθμό ή στην περιοδικότητα. Οι τύποι μεταβολής της ακτογραμμής μπορούν να εμφανισθούν ως δισδιάστατες (γραμμικές) ή τρισδιάστατες (κατά μήκος της ακτής) μεταβολές που εξελίσσονται σε διάφορες χρονικές και χωρικές κλίμακες (Galvano and Leatherman, 2005).

Στον πίνακα 1.1 παρουσιάζονται οι διάφοροι τύποι της ακτογραμμής έως σήμερα και η προτεινόμενη ταξινόμηση των μεταβολών της.

Πίνακας 1.1 Προτεινόμενη ταξινόμηση τύπων διάβρωσης ακτογραμμής με βάση τους τρόπους αλλαγής της. Πηγή: Leatherman, 1993, Galvano and Leatherman, 2005

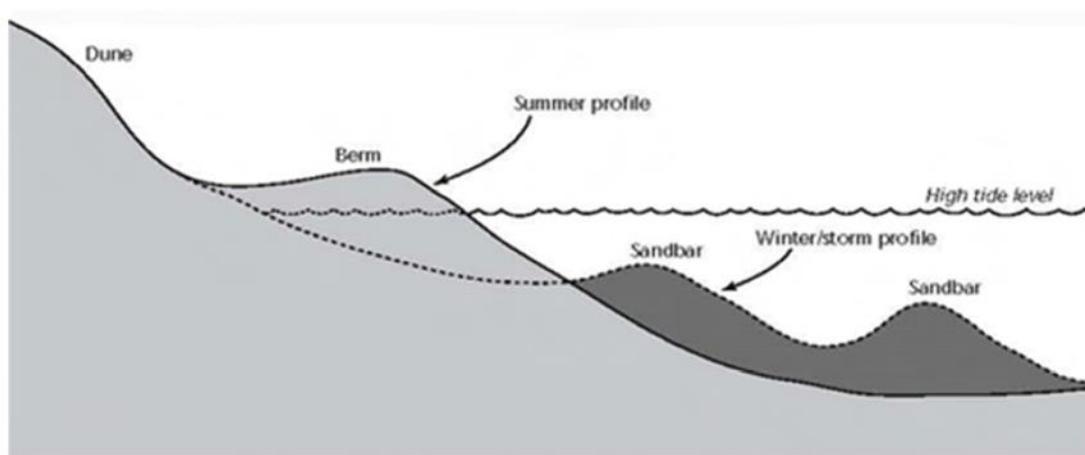
<u>Τύπος</u>	<u>Ταξινόμηση</u>
1	Απλή γραμμική υποχώρηση
2	Εναλλασσόμενη διάβρωση-πρόσχωση
3	Προοδευτική διάβρωση κατά μήκος της ακτής
4	Διάβρωση εξαιτίας θύελλας (επεισοδιακή)
5	Διάβρωση όρμων
6	Κυκλική μεταβολή ακτογραμμής
7	Συμπεριφορά μεσο-παλιρροιακού ύφαλου
8	Εμφανής περιστροφή νησιού
9	Ελεγχόμενη Προ-Ολοκαινικά διαμόρφωση
10	Παροδική προοδευτική διάβρωση
11	Χαρακτηριστικά ακρωτηρίου
12	Επιμήκυνση αμμολωρίδας

1.6 Εποχιακές μεταβολές παράκτιας ζώνης

Τα επίπεδα της θαλάσσιας στάθμης κατά τους χειμερινούς μήνες, ανυψώνονται από τις κυματικές καταγίδες (storm surges) γρήγορα καθώς ενισχύεται από αυτές και η ενέργεια των παράκτιων ρευμάτων, τα οποία είναι υπεύθυνα για την στερεομεταφορά του ιζήματος (άμμος, ψηφίδες, χάλικες) υπεράκτια με αποτέλεσμα την απώλεια των εδαφών (Εικόνα 1.3). Αυτή η απώλεια εξαρτάται από την ένταση, την διάρκεια, την κατεύθυνση, την ταχύτητα μετακίνησης της καταγίδας και από την απόσταση της ακτής από το κέντρο της καταγίδας. Ακόμα εξαρτάται και από τα ύψη των κυμάτων

και την γωνία προσέγγισης τους στην ακτή αλλά και από το στάδιο της παλίρροιας στις παράκτιες περιοχές κατά τη στιγμή της καταιγίδας. Στην Ελλάδα οι κυματικές καταιγίδες φτάνουν σε ύψη 1-3 μέτρα αλλά είναι συχνότερες στην σημερινή εποχή από ότι στο παρελθόν (Δουκάκης, 2006).

Τους θερινούς μήνες που οι καιρικές συνθήκες είναι πιο ήπιες, τα κύματα έχουν μικρότερη ένταση άρα μικρότερη ενέργεια και κινούνται αργά. Έτσι μεταφέρουν ιζήματα προς την ακτή, μεταβάλλοντας τη διατομή της και τελικά η ακτή να βρεθεί σε ισοζύγιο (equilibrium) ή αντισταθμίζεται (όπου δεν υπάρχει ανθρωπογενής παρέμβαση) από τις υπόλοιπες διαδικασίες απόθεσης ιζήματος.



Εικόνα 1.3 Εποχιακές μεταβολές στο προφίλ (profile) της παράκτιας ζώνης - (winter profile: χειμερινό προφίλ, summer profile: καλοκαιρινό προφίλ, dune: αμμοθίνες, berm: αναβαθμός, sandbar: ανάχωμα άμμου)

1.7 Διαχρονική μεταβολή της ακτογραμμής

Σύμφωνα με την Ομοσπονδιακή Επιτροπή Γεωγραφικών Δεδομένων (FGDC) των Ηνωμένων Εθνών, οι ακτογραμμές είναι ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά της περιβαλλοντικής κληρονομιάς στην επιφάνεια της γης. Αποτελεί επίσης και ένα από τα πιο μοναδικά χαρακτηριστικά της (Li et al., 2001). Η χαρτογράφηση των ακτογραμμών και η παρακολούθηση των μεταβολών τους αποκτούν κρίσιμη σημασία για την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας, τη διαχείριση των παράκτιων πόρων, την προστασία του παράκτιου περιβάλλοντος, τη βιώσιμη ανάπτυξη και το σχεδιασμό των παράκτιων ζωνών (Li et al., 2002).

Η ιστορική εξέλιξη της ακτογραμμής συνδέεται άρρηκτα με την εξέλιξη των ποτάμιων λεκανών απορροής και την ικανότητά τους να παραδίδουν τα ιζήματα στην ακτογραμμή (Carter and Woodroffe, 1994), παράγοντας που πρέπει να συνεκτιμάται για την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων στις εκτιμήσεις των μεταβολών των ακτογραμμών. Στον παρακάτω πίνακα 1.2 παρουσιάζεται η μεταβολή της ακτογραμμής στο χώρο και στο χρόνο από φυσικά και ανθρωπογενή αίτια.

Πίνακας 1.2 Μεταβολή της ακτογραμμής σε χωρο-χρονική κλίμακα από φυσικά και ανθρωπογενή αίτια. Πηγή: Επεξεργασία από Stive et al., 2002

Κλίμακα Χρόνου και χώρου	Φυσικά αίτια	Ανθρωπογενή αίτια
Ώρες έως 1 έτος Από 10m έως 1km	<ul style="list-style-type: none"> Κυματικές καταιγίδες, παλίρροιες Εποχιακές κλιματικές αλλαγές 	<ul style="list-style-type: none"> Κατασκευές στη ζώνη κυματαγωγής Ανατροφοδότηση παραλιών με άμμο
1 έως 10 έτη Από 1 έως 5km	<ul style="list-style-type: none"> Κλιματικές μεταβολές κυμάτων Ακραία καιρικά φαινόμενα 	<ul style="list-style-type: none"> Κατασκευές στη ζώνη κυματαγωγής Ανατροφοδότηση παραλιών με άμμο
Δεκάδες έτη έως μερικούς αιώνες Από 10 έως 100km	<ul style="list-style-type: none"> Σχετική μεταβολή της στάθμης της θάλασσας Τοπικές κλιματικές μεταβολές Ακραία καιρικά φαινόμενα 	<ul style="list-style-type: none"> Μεταβολή στην απορροή μεγάλων ποταμών (φράγματα κτλ.) Παράκτια τεχνικά έργα Αναμορφώσεις της παράκτιας ζώνης Παράκτια (μη) διαχείριση Υπερεκμετάλλευση φυσικών πόρων
Αιώνες ή χιλιετηρίδες > των 100km	<ul style="list-style-type: none"> Διαθεσιμότητα σε ιζήματα Σχετική μεταβολή της στάθμης της θάλασσας Κατακόρυφες κινήσεις του πυθμένα Γεωλογικό υπόβαθρο Γεωλογικής κλίμακας κλιματικές αλλαγές Παλαιομορφολογία 	<ul style="list-style-type: none"> Κλιματικές αλλαγές προκαλούμενες από ανθρώπινες δραστηριότητες Μεταβολή στην απορροή μεγάλων ποταμών (φράγματα κτλ.) Μεγάλες παράκτιες κατασκευές Αναμορφώσεις της παράκτιας ζώνης σε μεγάλη κλίμακα (Μη) Διαχείριση παράκτιων ζωνών με σειρά από τεχνικά έργα

Η θέση της ακτογραμμής μεταβάλλεται συνεχώς μέσα στον χρόνο κυρίως λόγω της κάθετης και οριζόντιας προς την ακτή, κίνησης των ιζημάτων (στερεομεταφορά) αλλά και ειδικότερα λόγω της δυναμικής φύσης της στάθμης της θάλασσας κατά το παράκτιο όριο όπως κύματα, παλίρροιες, υπόγεια ύδατα, κύματα καταιγίδας, κλπ. Έτσι πρέπει να γίνεται προσεκτική εξέταση της ακτογραμμής ειδικά κατά τη χρονική έννοια στο πλαίσιο της κάθε έρευνας.

Οι μεταβολές της ακτογραμμής που οφείλονται σε φυσικές πιέσεις είναι εμφανείς σε όλες τις κλίμακες του χρόνου. Οι μεταβολές που οφείλονται σε ανθρωπογενείς πιέσεις εμφανίζονται μετά από δεκαετίες ή και εκατονταετίες. Σε αρκετές περιπτώσεις, η βραχυπρόθεσμη μεταβολή της ακτογραμμής μπορεί να είναι κατά πολύ μεγαλύτερη από ότι η μακροπρόθεσμη αλλαγή της.

1.8 Μέθοδοι υπολογισμού ρυθμού μεταβολής ακτογραμμής

Ο ρυθμός μεταβολής της ακτογραμμής (rate of shoreline change) είναι μια πολύ σημαντική παράμετρος που χρησιμοποιούν οι επιστήμονες που ασχολούνται με τη δυναμική της παράκτιας ζώνης. Εκφράζεται σε όγκο/μήκος/χρόνο, ($m^3/m/year$) αλλά επειδή ο ρυθμός μεταβολής χρησιμοποιείται συχνά ως συνώνυμο της οπισθοχώρησης/ προέλασης της ακτογραμμής, τελικά εκφράζεται σε $m/year$. Αποδίδεται με θετικό πρόσημο για προέλαση της ακτογραμμής προς τη θάλασσα (πρόσχωση) και με αρνητικό για οπισθοχώρηση της προς τη χέρσο (διάβρωση) (Conscience, 2007).

Η ακρίβεια του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής εξαρτάται από (Dolan et al., 1991):

- την χρονική μεταβλητότητα της κίνησης της ακτογραμμής
- την ακρίβεια στην αποτύπωση της θέσης της ακτογραμμής
- το συνολικό χρονικό διάστημα της καταγραφής
- τον αριθμό των μετρήσεων που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό
- το χρονικό διάστημα μεταξύ των μετρήσεων
- την εγγύτητα των παρατηρήσεων σε πραγματικές αλλαγές στην τάση

- την μέθοδο που χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό του ρυθμού αυτού

Η επιλογή μεθόδου υπολογισμού του ρυθμού μεταβολής των ακτογραμμών εξαρτάται από την γεωλογία της εξεταζόμενης περιοχής και από τον σκοπό της έρευνας. Δεν υπάρχει μία μόνο μέθοδος που χρησιμοποιείται σε όλες τις περιπτώσεις ή είναι η καλύτερη (Anderson and Frazer, 2014; Anderson et al., 2015). Μελέτες έχουν προσπαθήσει να περιγράψουν το παρελθόν μιας ακτογραμμής και να προβλέψουν τις μελλοντικές της αλλαγές αλλά δεν συναινούν, σχετικά με την καλύτερη μέθοδο υπολογισμού του ρυθμού μεταβολής της. Κυριότερη αιτία της αδυναμίας αυτής είναι οι μεγάλες διακυμάνσεις στην παράκτια μορφολογία και στην ωκεανογραφική κλιματολογία (oceanographic climatology), οι οποίες επηρεάζονται από τα τοπικά χαρακτηριστικά κάθε περιοχής μελέτης (Arpeaning-Addo and Lamptey, 2013).

Με χρήση διατομών

Η μέθοδος αυτή υλοποιείται με τη μέτρηση πάνω σε κάθε διατομή, των αποστάσεων της ακτογραμμής μεταξύ διαφορετικών χρονικών διαστημάτων. Αυτός ο τρόπος είναι πολύ απλός και κατανοητός στην έκφρασή του, αλλά έχει το μειονέκτημα ότι εάν τα χρονικά διαστήματα μεταξύ των παρατηρήσεων της ακτογραμμής δεν είναι σχετικά όμοια, τότε μπορεί να υπάρξουν εσφαλμένα αποτελέσματα (Δουκάκης, 2007a).

Με χρήση εμβαδών

Αυτή η μέθοδος αντιμετωπίζει ενιαία την περιοχή μελέτης, υπολογίζοντας τις επιφάνειες των περιοχών (εμβαδά) που είτε έχουν προσχωθεί είτε έχουν διαβρωθεί σε μια χρονική περίοδο διά του μήκους της ακτογραμμής που υπολογίστηκαν.

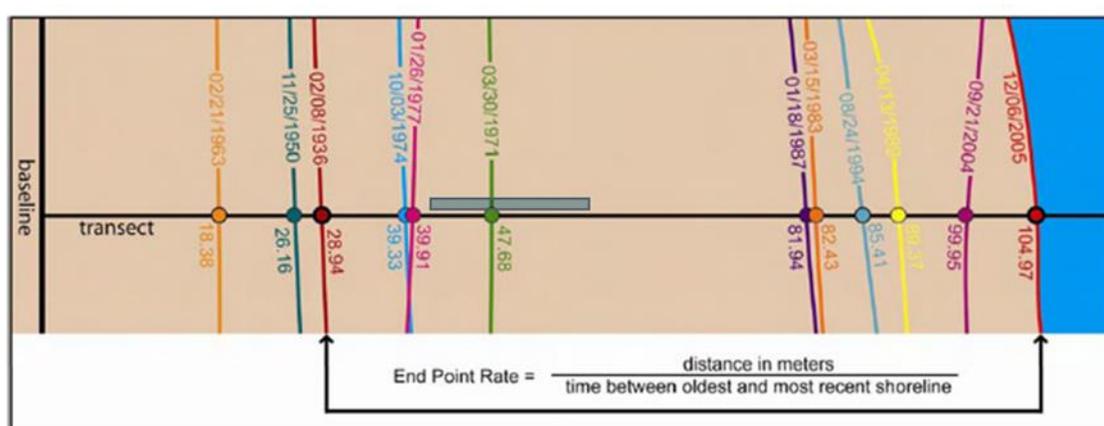
Και τα δυο προηγούμενα μοντέλα (διατομών, εμβαδών) βασίζονται στη θεώρηση μετακίνησης μεμονωμένων σημείων. Για την προσέγγιση της μεταβολής της ακτογραμμής και την πρόβλεψη μελλοντικής θέσης, σύμφωνα με άλλη μέθοδο των Srivastava et al (2005), υποδιαιρέθηκαν οι διαθέσιμες ακτογραμμές σε μικρότερα τμήματα (το πέρας του ενός, αρχή του επόμενου). Μοντελοποιήθηκαν οι μετατοπίσεις ολόκληρων των τμημάτων αφού διαιρέθηκε κάθε ακτογραμμή σε ίδιο αριθμό ίσων τμημάτων (Srivastava, 2005). Αυτή η εναλλακτική μέθοδος (transecting and segmentation) κατά τον έλεγχο αξιολόγησης, με βάση συντελεστές ποιότητας

(γενίκευσης, διαστροφής, απόκλισης και ασάφειας), δεν ανέδειξε την υπεροχή της συγκριτικά με την κλασική μέθοδο (διατομών) (Δουκάκης, 2007a). Σύμφωνα με τους ερευνητές της μεθόδου αυτής μπορούν να δοθούν καλύτερα αποτελέσματα αν βασιστούν σε περισσότερες ιστορικές ακτογραμμές.

Για παράκτιες περιοχές με σταθερούς ρυθμούς μεταβολής της ακτογραμμής μέσα στο χρόνο, τα αποτελέσματα όλων των μεθόδων είναι πανομοιότυπα. Για μια ακτογραμμή με μη-γραμμική απόκριση, μια γραμμική μέθοδος εκτίμησης μπορεί να προσεγγίσει μόνο το μέσο ποσοστό της αλλαγής (Dolan et al., 1991).

Μέθοδος End Point Rate (EPR) - Ρυθμός Τελευταίου Σημείου

Περιλαμβάνει κυρίως μακροπρόθεσμες (long term) μεταβολές. Ο ρυθμός μεταβολής προκύπτει από την διαίρεση της απόστασης (χώρος) μεταξύ της παλαιότερης και της πιο πρόσφατης ιστορικής ακτογραμμής, με την χρονική διαφορά (χρόνος) που έχουν μεταξύ τους. (Εικόνα 1.4). Ανάλογα με το στόχο της έρευνας ο υπολογισμός μπορεί να γίνει και ανάμεσα σε δύο άλλες οποιεσδήποτε ακτογραμμές. Χρησιμοποιώντας τα ακραία χρονικά σημεία μεταξύ των θέσεων δύο ακτογραμμών (κατά μήκος των σχεδιασμένων διατομών), υπολογίζονται οι επιμέρους ρυθμοί μεταβολής από τους οποίους εξάγεται τελικά ο μέσος ρυθμός (μέσος όρος) μεταβολής για το επιλεγμένο μήκος μελέτης.



Εικόνα 1.4 End Point Rate (EPR) (Ρυθμός Τελευταίου Σημείου). Πηγή: E.A. Himmelstoss, 2009

Η απλότητα στους υπολογισμούς και η ελάχιστη απαίτηση δεδομένων (δύο μόνο ιστορικές ακτογραμμές αρκούν) είναι το βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου EPR, ενώ

το κύριο μειονέκτημα της είναι ότι απουσιάζουν δεδομένα για τυχόν ενδιάμεσες χρονικά ακτογραμμές, που ίσως είχαν ενδιαφέρον για ορισμένες μελέτες. Αυτή η απώλεια, εμποδίζει να εντοπιστούν αλλαγές στο μέγεθος, στο πρόσημο (προέλαση/διάβρωση) ή και τυχόν κυκλικές τάσεις μεταβολής της, έτσι ώστε να μην μπορεί να αποτυπωθεί η πραγματική ιστορική συμπεριφορά της στα ενδιάμεσα χρονικά στάδια (E.A. Himmelstoss, 2009). Εάν το ένα ή και τα δύο ακραία σημεία έχουν σημαντικά σφάλματα στην πληροφορία θέσης τους, τότε ο ρυθμός μεταβολής δεν θα είναι αξιόπιστος. Σε μελέτες στην περιοχή της Χερσονήσου της Βιρτζίνια (ΗΠΑ) διαπιστώθηκε ότι η μέθοδος EPR, είναι αξιόπιστος δείκτης ακόμη και όταν υπάρχουν ενδιάμεσες ημερομηνίες (Milligan et al., 2010a, 2010b, 2010c, 2010d).

2. Πιέσεις στην παράκτια ζώνη

Τα τελευταία χρόνια ασκούνται όλο και μεγαλύτερες πιέσεις στους παράκτιους πόρους και στην μορφολογία των ακτών παγκοσμίως.

Οι κυριότερες πιέσεις που δέχονται οι παράκτιες περιοχές μπορούν να ενταχθούν σε τέσσερις βασικές κατηγορίες (Δημοπούλου et al., 2005) :

- Πιέσεις στη δομή και τη λειτουργία των φυσικών οικοσυστημάτων. Προέρχονται από ανθρωπογενή «οικοσυστήματα» και από τις ανθρώπινες δραστηριότητες στην περιοχή αλλά και από το σύνολο της αναπτυξιακής διαδικασίας, είτε άμεσα είτε έμμεσα.
- Πιέσεις στην ποιότητα και την ποσότητα των οικοσυστημάτων (έδαφος, υδάτινοι πόροι κ.α.). Είναι αποτέλεσμα της συγκέντρωσης ανθρώπων και των δραστηριοτήτων τους. Το γεγονός αυτό οδηγεί σε αυξημένη ζήτηση για «κατανάλωση» φυσικών πόρων αλλά και για απόθεση των καταλοίπων αυτών.
- Πιέσεις που προέρχονται από τις συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες σε χώρο, όσον αφορά στα χερσαία οικοσυστήματα, γεγονός που αποτελεί συνέπεια της ανάπτυξης των ανθρώπινων δραστηριοτήτων.
- Πιέσεις στο φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον, εξαιτίας του μεγέθους και της κλίμακας των υποδομών που είναι αναγκαίες για την υποστήριξη του υφιστάμενου αναπτυξιακού σχεδιασμού.

Οι κύριες ανθρώπινες δραστηριότητες στην παράκτια ζώνη και οι επιπτώσεις τους, παρουσιάζονται στον πίνακα 2.1.

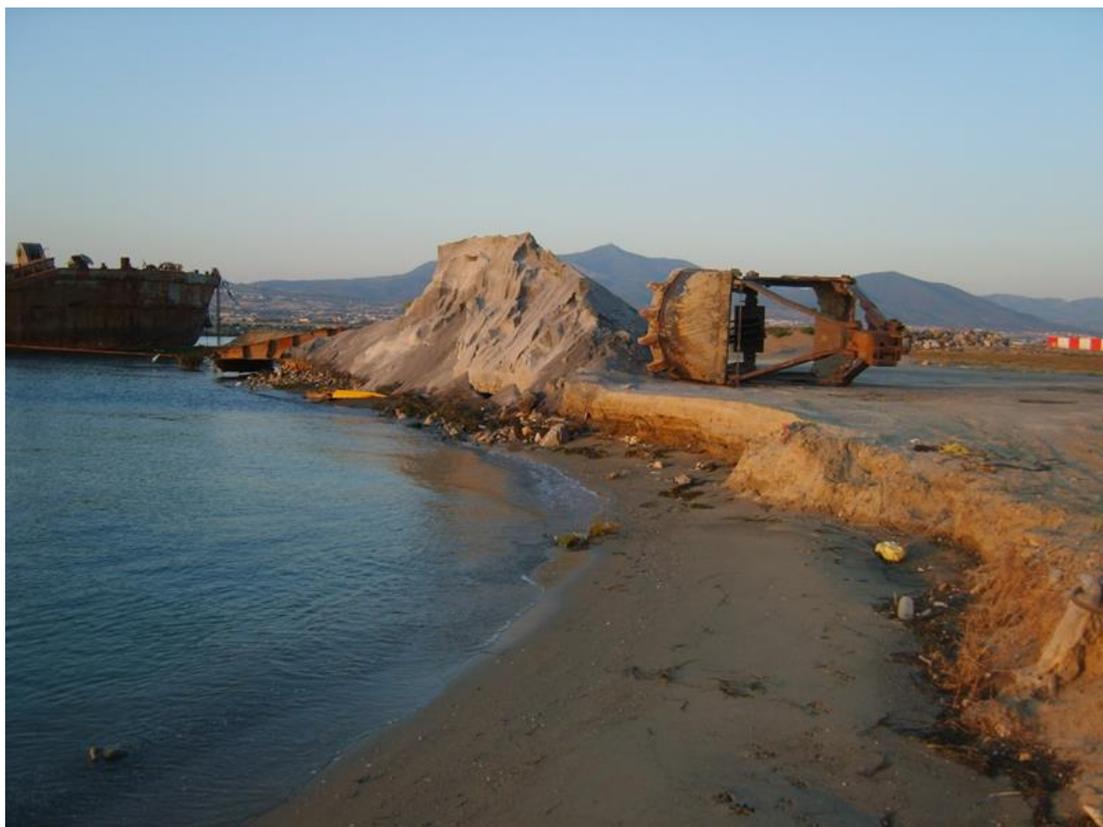
Πίνακας 2.1 Ανθρώπινες δραστηριότητες και επιπτώσεις στην παράκτια ζώνη.

Πηγή: Κρεστενίτης, 2011

	Ανθρωπογενείς επεμβάσεις	Επιπτώσεις
Αστικοποίηση - Τουρισμός - Μεταφορές	<ul style="list-style-type: none"> •Μεταβολή χρήσεων γης •Έντονη ανοικοδόμηση •Λιμενικές κατασκευές •Παράκτιες κατασκευές •Διαχείριση υδάτων •Διαχείριση αστικών λυμάτων και αποβλήτων •Κατασκευή οδικών έργων •Σιδηρόδρομοι •Θαλάσσιες μεταφορές 	<ul style="list-style-type: none"> •Ρύπανση νερών •Μόλυνση νερών •Ευτροφισμός •Αισθητική υποβάθμιση περιβάλλοντος •Ηχορύπανση •Αέρια ρύπανση •Διάβρωση •Εξάντληση υπόγειων αποθεμάτων γλυκών νερών •Υφαλμύρωση υπόγειων υδροφορέων •Διατάραξη των παράκτιων και παράλιων ενδიაτημάτων •Επίδραση στην βιοποικιλότητα
Αγροτικές Δραστηριότητες	<ul style="list-style-type: none"> •Βελτίωση εδαφών με χρήση λιπασμάτων •Χρήση φυτοφαρμάκων •Άντληση νερού •Διευθετήσεις ποταμών •Διάνοιξη τάφρων 	<ul style="list-style-type: none"> •Ρύπανση υδάτων – εδάφους •Ευτροφισμός •Επίδραση στη βιοποικιλότητα •Διατάραξη των παράκτιων και παράλιων ενδίατημάτων •Ραγδαία μείωση των εισροών γλυκού νερού και φερτών υλικών στην παράκτια ζώνη •Μείωση του υδατικού αποθέματος •Υφαλμύρωση υπόγειων υδροφορέων
Αλιεία – Υδάτο καλλιέργειες	<ul style="list-style-type: none"> •Λιμενικές κατασκευές •Εγκαταστάσεις υποδομής για τη συντήρηση και επεξεργασία των αλιευμάτων •Αλιευτικά εργαλεία •Εγκαταστάσεις στο υδατικό περιβάλλον •Ναυπηγεία 	<ul style="list-style-type: none"> •Υπεραλίευση •Θνησιμότητα παραλιευμάτων •Ρύπανση •Ευτροφισμός •Αλλαγή της ποιότητας της υδάτινης στήλης και των υλικών του βυθού
Βιομηχανία	<ul style="list-style-type: none"> •Χρήσεις γης •Εξόρυξη φυσικών πόρων •Χρήση υδάτινων μαζών για ψύξη •Χρήση υδάτινων ροών για παραγωγή ενέργειας 	<ul style="list-style-type: none"> •Ρύπανση νερών •Θερμική ρύπανση •Ηχορύπανση •Αέρια Ρύπανση •Διακοπή της φυσικής τροφοδοσίας του θαλάσσιου συστήματος με γλυκά νερά •Διατάραξη παράκτιων και παράλιων ενδίατημάτων •Επίδραση στη βιοποικιλότητα και την φυσιολογία των οργανισμών •Εξάντληση φυσικών πόρων •Διάβρωση

2.1 Παράκτια διάβρωση

Διάβρωση των ακτών, ορίζεται η μη αναστρέψιμη οπισθοχώρηση της ακτογραμμής. Είναι μια φυσική διεργασία που μπορεί να επιφέρει πολλές αρνητικές επιπτώσεις, τόσο κοινωνικο-οικονομικές όσο και περιβαλλοντικές, σε αρκετές παράκτιες περιοχές (Εικόνα 2.1).



Εικόνα 2.1 Υποχώρηση της ακτογραμμής σε ακτή του Θερμαϊκού κόλπου λόγω της διάβρωσης. Πηγή: www.wordpress.com

Οι διεργασίες που δρουν στον παράκτιο χώρο και οι δραστηριότητες που συμβαίνουν στις εσωτερικές ηπειρωτικές περιοχές δημιουργούν την παράκτια διάβρωση. Ο κυματισμός, τα παράκτια ρεύματα και η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης είναι φυσικές διεργασίες του άμεσου παράκτιου χώρου καθώς και αυτές που συνδέονται με τις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις και κυρίως την οικιστική και τουριστική ανάπτυξη των ακτών. Στις ηπειρωτικές χερσαίες περιοχές λαμβάνουν χώρα ενέργειες οι οποίες σχετίζονται με ανθρωπογενείς επεμβάσεις όπως η κατασκευή έργων για την αντιδιαβρωτική προστασία των εδαφών των υδρολογικών λεκανών, οι εντατικές

καλλιέργειες, οι αναδασώσεις, και η κατασκευή φραγμάτων στα απέναντι τμήματα των ποταμών. Συνεπώς με όλα αυτά μειώνεται η στερεοπαροχή που καταλήγει στις ακτές μέσω των κοιτών των υδρογραφικών δικτύων και υποχωρούν σταδιακά οι ακτογραμμές.

Παγκοσμίως η διάβρωση των ακτών αυξάνεται σημαντικά. Για την Ευρώπη έχει εκτιμηθεί ότι το 1/5 των ακτών της υποχωρούν με ρυθμούς που ανέρχονται μεταξύ 0,5 και 2 μέτρα ανά έτος ενώ σε κάποιες περιπτώσεις ο ρυθμός αυτός φθάνει και τα 15 μέτρα ανά έτος (European Commission, 2004). Πιο πολύ επηρεάζονται οι χαμηλές ακτές που αποτελούνται από χαλαρά ιζήματα. Τα ποσοστά διάβρωσης διαφέρουν από χώρα σε χώρα ανάλογα με τα γεωμορφολογικά χαρακτηριστικά των ακτών, τα ωκεανογραφικά χαρακτηριστικά των θαλάσσιων λεκανών και το βαθμό της ανθρωπογενούς παρέμβασης στον παράκτιο χώρο.

Όσον αφορά την Ελλάδα, η παράκτια διάβρωση απειλεί σημαντικά το παράκτιο περιβάλλον αφού περίπου το 32% της ακτογραμμής (το 25% περίπου της νησιωτικής) υποχωρεί. Επίσης έχει σημαντικές κοινωνικο-οικονομικές συνέπειες, αφού ο παράκτιος τουρισμός κατά τους θερινούς μήνες αποτελεί από τις σημαντικότερες οικονομικές δραστηριότητες ιδιαίτερα για το ελληνικό αρχιπέλαγος. Οι αιγιαλοί σύμφωνα με πρόσφατες εκτιμήσεις αποτελούν το σημαντικότερο φυσικό πόρο της χώρας. Η Ελλάδα κερδίζει ετησίως περίπου 1.350 € για κάθε μέτρο παραλιακού μετώπου.

Σύμφωνα με τον Καρύμπαλη (2010) οι αρνητικές επιπτώσεις της παράκτιας διάβρωσης είναι οι εξής:

- Οικονομικές συνέπειες. Η αξία των οικονομικών αγαθών που περιλαμβάνουν την οικιστική και τουριστική δραστηριότητα στην ακτή, τη γεωργική γη και τις βιομηχανικές εγκαταστάσεις, που βρίσκονται εντός των 500 μέτρων από την ακτογραμμή, για την Ευρωπαϊκή Ένωση ανέρχεται σε 500 - 1.000 δισεκατομμύρια €. Οι δαπάνες του δημοσίου για την προστασία από τη διάβρωση συνεχώς αυξάνονται.
- Παράκτια ευρωπαϊκά κράτη επενδύουν, σημαντικά χρηματικά ποσά σε έργα παράκτιας προστασίας.

- Απώλεια γης οικολογικής αξίας. Αναφέρεται ότι από τα 132.300 τετραγωνικά χιλιόμετρα των ακτών που απειλούνται από τη διάβρωση στην Ευρωπαϊκή Ένωση τα 47.500 τετραγωνικά χιλιόμετρα καταλαμβάνονται από υγράτοπους και οικολογικά σημαντικές περιοχές (European Commission, 2004). Προβλέπεται ότι μέχρι το 2020 πάνω από το 50% των ευαίσθητων υφάλμυρων οικοσυστημάτων, όπως οι λιμνοθάλασσες και τα παράκτια έλη, θα εξαφανισθούν (Βελεγράκης, 2008). Ακόμη, η διάβρωση καταστρέφει φυσικές γεωμορφές όπως τις παράκτιες θίνες και τα αμμώδη φράγματα που προστατεύουν οικολογικά σημαντικές περιοχές.
- Περίπου 70 εκατομμύρια άνθρωποι, των ευρωπαϊκών παράκτιων περιοχών καθώς και οι κατοικίες τους εκτίθενται στον κίνδυνο της διάβρωσης και της κατάκλισης από τη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης (European Commission, 2004).
- Κίνδυνος απώλειας ανθρώπινων ζώων και περιουσιών.

2.2 Παράγοντες παράκτιας διάβρωσης

Οι παράγοντες της παράκτιας διάβρωσης χωρίζονται σε φυσικούς και ανθρωπογενείς. Οι φυσικοί παράγοντες που προκαλούν διάβρωση ή πρόσχωση στην παράκτια ζώνη είναι κυρίως οι εξής:

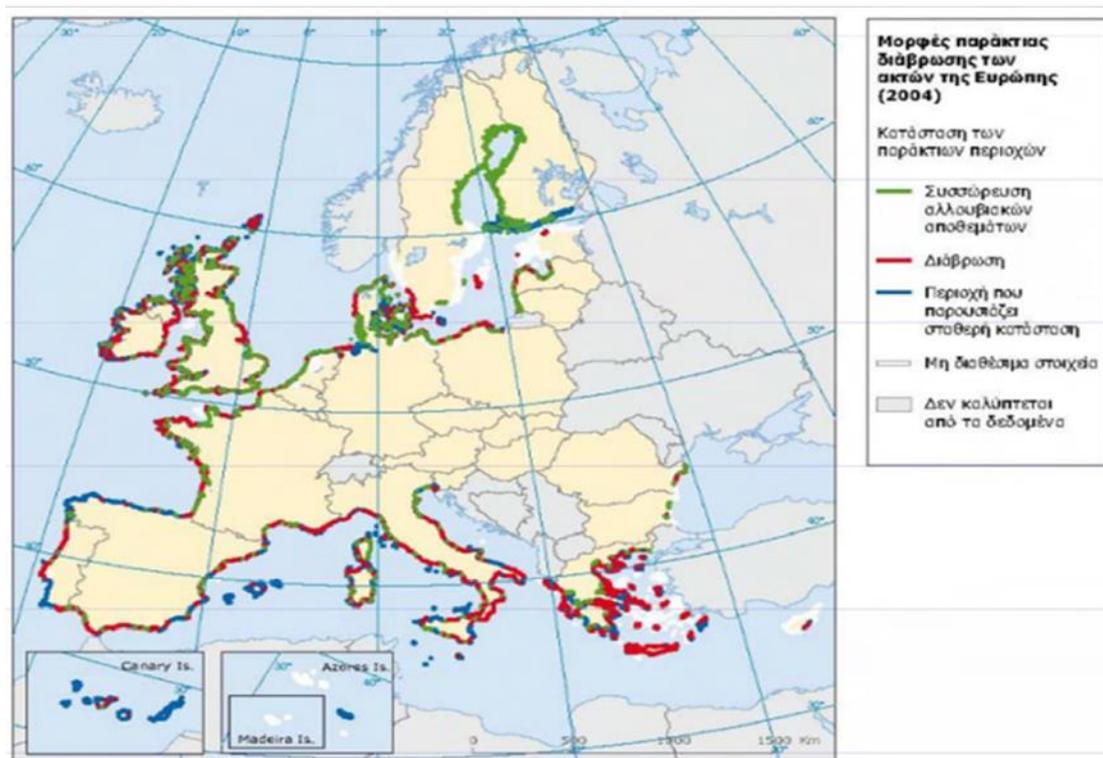
- Η σχετική άνοδος της μέσης στάθμης της θάλασσας.
- Η φυσική παροχή ιζήματος από το μέτωπο της παραλίας ή την ενδοχώρα μπορεί να συνεισφέρει στην ισορροπία της ακτογραμμής ή την πρόσχωση.
- Οι κυματισμοί μεγάλου ή μικρού ύψους καμπυλότητας (μεμονωμένες καταιγίδες ή εποχιακές συνθήκες).
- Επιμήκη παράκτια ρεύματα, ρεύματα επιστροφής και αντιστάθμισης, ροή επαναφοράς.
- Παράκτιες εγκολπώσεις.
- Πλημμυρικά φαινόμενα, μετεωρολογικές παλίρροιες.
- Θυελλώδης άνεμοι, θύελλα και φουσκοθαλασσιά.
- Τεκτονικά γεγονότα, κυρίως σεισμοί (Ozhan, 2002).

Παρακάτω συνοψίζονται οι ανθρωπογενείς παρεμβάσεις που, σε συνδυασμό σχεδόν πάντοτε με τις φυσικές αιτίες, προκαλούν παράκτια διάβρωση:

- Η ιζηματική εξαγωγή (αμμοληψίες) από τις ποτάμιες κοίτες, παραλίες και την εσωτερική υφαλοκρηπίδα μεταβάλλουν σημαντικά το παράκτιο ισοζύγιο του ιζήματος (Kapsimalis et al., 2005).
- Τα διαχειριστικά έργα των παράκτιων λεκανών απορροής καθώς και οι τεχνικές παρεμβάσεις στις πηγές των ποταμών και στα δέλτα, μπορούν να μειώσουν δραματικά τις ποτάμιες απορροές φερτών υλών και συνεπώς την παράκτια ιζηματοπαροχή (Poulos et al., 2008; Poulos and Chronis, 2001).
- Η μεγάλη αστική ανάπτυξη κοντά στην ακτογραμμή ειδικά με κατασκευές στην ενεργή κυματική ζώνη, εμποδίζουν τις φυσικές διεργασίες της ενέργειας του κύματος. Καθώς και η κατασκευή λιμενικών έργων και παράκτιων δρόμων μπορεί να επηρεάσει σημαντικά την παράκτια ιζηματομεταφορά (Loizidou and Iacovou, 1999).
- Η κατασκευή παράκτιων αμυντικών έργων (π.χ. κυματοθραύστες, προβλήτες) τα οποία τις περισσότερες φορές είναι άστοχα καθώς και επιχωματώσεις και αναχώματα (Mertzanis et al., 2012).
- Η δημιουργία ισχυρών κυμάτων από ταχύπλοα επιβατηγά πλοία που πλέουν κοντά στις ακτές (Soomere, 2005).

2.3 Η διάβρωση των Ελληνικών ακτογραμμών

Στην Ευρώπη σύμφωνα με μελέτες, (Εικόνα 2.2) το 1/5 των ακτών της υποχωρούν με ρυθμούς μεταξύ 0,5 και 2 μέτρα ανά έτος ενώ σε ακραίες περιπτώσεις ο ρυθμός τους φθάνει τα 15 μέτρα ανά έτος. Πάνω από 15 τετραγωνικά χιλιόμετρα ετησίως χάνονται ή επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό (Eurosion, 2004b). Η διάβρωση των ακτών διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Η Ελλάδα κατατάσσεται ως η 4η χώρα της Ε.Ε. με τα υψηλότερα ποσοστά διάβρωσης (28,6%) μετά την Λετονία (32,8%), την Κύπρο (37,8%) και την Πολωνία (55%) (CoPraNet, 2004). Η διάβρωση των ακτών που προέρχεται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες στην Ευρώπη, έχει ξεπεράσει τη διάβρωση των ακτών που προκαλείται από φυσικούς παράγοντες (Eurosion, 2004a).



Εικόνα 2.2 Παράκτια διάβρωση στην Ευρώπη. Πηγή: www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/coastal-erosion-patterns-in-europe-1

Οι σημαντικότερες αιτίες της διάβρωσης στην Ελλάδα είναι:

- οι ιδιαίτερα ισχυροί άνεμοι και οι θυελλογενείς κυματισμοί (ιδίως στο Αιγαίο Πέλαγος)
- η τρωτότητα που προκαλείται στις ακτές από ανθρωπογενείς παρεμβάσεις (π.χ. φράγματα που μειώνουν τη στερεοπαροχή)
- το γεωμορφολογικό υπόστρωμα της Ελληνικής ακτογραμμής: τα 2.400 χιλιόμετρα (15% της συνολικής ακτογραμμής) αντιστοιχούν σε νεογενή μαλακά ιζήματα, ενώ 960 χιλιόμετρα (6% της συνολικής ακτογραμμής) αντιστοιχούν σε παράκτιες δελταϊκές περιοχές (Llasat et al., 2010).

Στο μέλλον η διάβρωση πρόκειται να ενταθεί λόγω:

- της προβλεπόμενης ανόδου της μέσης θαλάσσιας στάθμης
 - της επιδείνωσης των ακραίων κυματικών φαινομένων
 - της μείωσης των ποτάμιων ιζηματοπαροχών εξαιτίας αλλαγών στη βροχόπτωση και της κατασκευής ποτάμιων διαχειριστικών έργων.
- (Επιτροπή Μελέτης των Επιπτώσεων της Κλιματικής Αλλαγής, 2011).

Σύμφωνα με παράκτια μελέτη που πραγματοποιήθηκε, προέκυψαν χρήσιμα συμπεράσματα για τις διαβρωτικές και προσχωτικές τάσεις που αναπτύσσονται στις ελληνικές ακτές. Οι περιοχές μελέτης περιλάμβαναν πλήθος νησιών (Κω, Ρόδο, Λήμνο, Κρήτη, Λέσβο, Κέρκυρα, Σάμο), παράκτιες περιοχές της Πελοποννήσου (Νομό Ηλείας, Βαρθολομιό, Νότιο Κορινθιακό κόλπο, την ευρύτερη περιοχή του Ναυπλίου, την λιμνοθάλασσα Κοτύχι στο νομό Ηλείας, την Κορώνη στη Μεσσηνία, το Δερβένι στο νότιο Κορινθιακό κόλπο, το Περιγιάλι Κορινθίας, το Κιάτο, το Μετόχι Αχαΐας, το Κατάκολο Πύργου, την Κυπαρισσία/Στροφάδες στη Μεσσηνία, τις εκβολές του Αλφειού ποταμού, την λίμνη Μουριά στον Πύργο κ.α.) και παράκτιες περιοχές της κεντρικής και βορείου Ελλάδος (τις παράκτιες περιοχές της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης, την Κεραμωτή στο νομό Καβάλας, τα δέλτα των ποταμών Νέστου και Αχελώου, τις Αλυκές Κίτρους στην Πιερία, το Μεσολόγγι, το Πόρτο Λάγος, την Αλεξανδρούπολη, τμήμα της ακτογραμμής της Κατερίνης στην Πιερία, τα Άβδηρα στην Ξάνθη κ.α.) (Δουκάκης, 2007b).

Στην μελέτη έγινε υπολογισμός ενός προβλεπόμενου μελλοντικού ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής για κάθε μία από τις παράκτιες περιοχές και έγινε υπολογισμός των εδαφών που θα διαβρωθούν ή θα προσχωθούν μέχρι τα έτη 2050 και 2100, ώστε να γίνει μια εκτίμηση των απωλειών γης εξαιτίας είτε της ανόδου της μέσης στάθμης θάλασσας, είτε της διάβρωσης του εδάφους και της πιθανής δράσης κυματικών καταγίδων, σε περιοχές με αυξημένη τρωτότητα (λόγω χαμηλής κλίσης του εδάφους ή λόγω υψηλών ρυθμών διάβρωσης).

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν παρουσιάζονται παρακάτω:

- Για 38 παράκτιες περιοχές της Ελλάδας, υπολογίστηκε ο μέσος ετήσιος ρυθμός μεταβολής της ακτογραμμής ως μελλοντική πρόβλεψη στα -1,76 μέτρα ανά έτος, ρυθμός δηλαδή με έντονη διαβρωτική τάση. Για τον υπολογισμό αυτό μετρήθηκε η ιστορική οπισθοχώρηση σε συνδυασμό με τα σενάρια κλιματικών αλλαγών για άνοδο της μέσης στάθμης θάλασσας κατά 1 μέτρο έως το 2100.
- Για 30 παράκτιες περιοχές της Ελλάδας, ο μέσος ετήσιος ρυθμός μεταβολής της ακτογραμμής μελλοντικά, υπολογίστηκε στα -0,14 μέτρα ανά έτος,

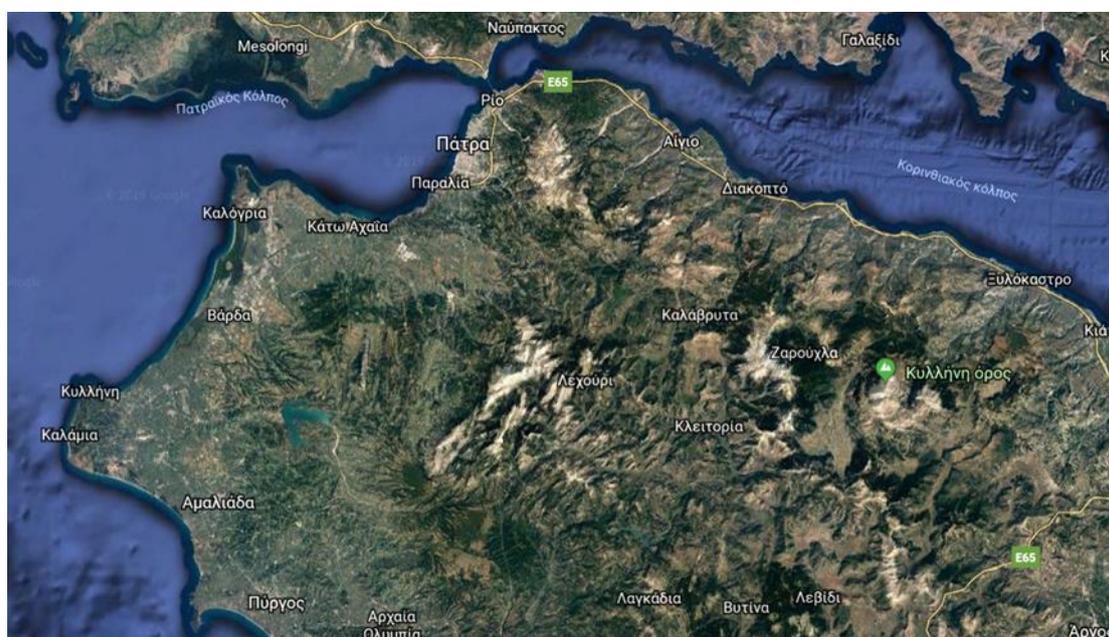
ρυθμός δηλαδή με μικρή διαβρωτική τάση. Μετρήθηκε αποκλειστικά η ιστορική οπισθοχώρηση της ακτογραμμής σε κάθε εφαρμογή.

Από την εκπόνηση της συγκεκριμένης μελέτης, προκύπτει ότι για αρκετές παράκτιες περιοχές στην Ελλάδα, υπολογίζεται ένας μέσος ετήσιος ρυθμός μεταβολής της ακτογραμμής λίγο μεγαλύτερος από το -1,0 μέτρα ανά έτος, δηλαδή οι ακτές αυτές παρουσιάζουν τάσεις έντονης διάβρωσης που θα προκαλέσει την απώλεια εδαφών, εγκαταστάσεων και περιουσιών που βρίσκονται κοντά στην ακτογραμμή, για ένα χρονικό διάστημα της πρόβλεψης των 50 ή των 100 χρόνων (2050-2100) (Δουκάκης, 2007b).

Στην Ελλάδα συχνά, με την κατασκευή τεχνικών έργων σε παράκτιες περιοχές ή άλλες παρόμοιες δραστηριότητες, οι φυσικές ισορροπίες διαταράχθηκαν και ενισχύθηκαν οι διαδικασίες διάβρωσης και υποχώρησης της ακτογραμμής (Πετρέλης, 2012). Σε πολλές περιπτώσεις τα τμήματα της ακτής που ήταν υπό σκληρές μεθόδους προστασίας σε μικρά χρονικά διαστήματα κατέληξαν να χειροτερεύουν. Έτσι το κόστος των εργασιών επισκευής άρχισε να υπερβαίνει το κόστος των μονάδων προστασίας των ακτών. Συνεπώς, ο σχεδιασμός και η εκτέλεση ενός τεχνικού έργου στην ακτογραμμή απαιτεί συνεργασία μηχανικών και ωκεανογράφων ώστε να έχει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα και να ελαχιστοποιούνται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις (Παναγιωτίδης και Χατζημίρος, 2004).

3. Η Περιοχή μελέτης

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στην βορειοδυτική Πελοπόννησο και εκτείνεται μεταξύ των περιοχών Κυλλήνης και Αράξου (Εικόνα 3.1). Γεωγραφικά ανήκει στον νομό Αχαΐας με πρωτεύουσα την Πάτρα η οποία είναι η τρίτη μεγαλύτερη πόλη της Ελλάδας και η κύρια ακτοπλοϊκή πύλη της χώρας προς την Ιταλία και κατ' επέκταση σε όλη τη δυτική Ευρώπη. Συνορεύει στα ανατολικά με το νομό Κορινθίας, στα νότια με το νομό Αρκαδίας και στα νοτιοδυτικά με το νομό Ηλείας. Στα βόρεια βρέχεται από τον Πατραϊκό κόλπο και τον Κορινθιακό κόλπο και στα δυτικά από το Ιόνιο Πέλαγος. Το έδαφος του νομού είναι κατά 60% ορεινό, 24% πεδινό και 16% ημιορεινό.



Εικόνα 3.1 Νομός Αχαΐας. Πηγή: Google Earth

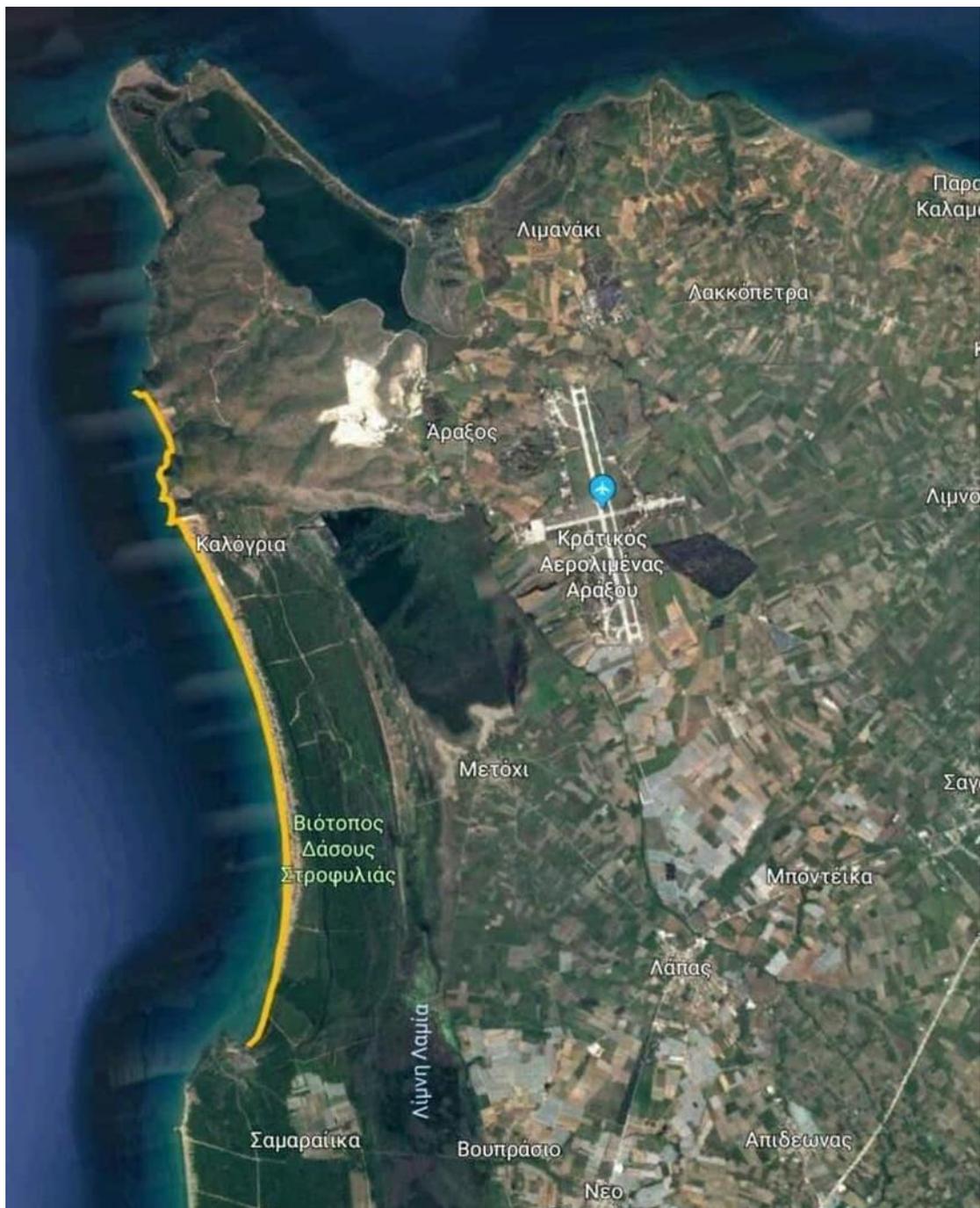
Οι σπουδαιότεροι ορεινοί όγκοι του, είναι ο Χελμός, ο Ερύμανθος, και το Παναχαϊκό όρος. Στα δυτικά του νομού υπάρχει μια σημαντική λοφώδης περιοχή με ήπιο ανάγλυφο, που γίνεται πεδινή στην άκρη της και φτάνει μέχρι την παράκτια ζώνη. Κύρια ποτάμια του νομού, είναι ο Πείρος, ο Σελινούντας, ο Γλαύκος, ο Κράθης και ο Βουραϊκός ενώ στην Αχαΐα πηγάζουν και ρέουν αρχικά οι ποταμοί Ερύμανθος και Λάδωνας που εκβάλουν στον Αλφειό, τον μεγαλύτερο ποταμό της Πελοποννήσου.

Στο βορειοδυτικό άκρο της Αχαΐας, κοντά στο ακρωτήριο του Αράξου και τα Μαύρα Βουνά, σχηματίζεται ένα δίκτυο λιμνοθαλασσών, με την λιμνοθάλασσα του Αράξου, τη λιμνοθάλασσα της Καλογριάς ή αλλιώς Προκόπου και τη λιμνοθάλασσα Κοτυχίου, αλλά και τη λίμνη Λάμια.

Το κλίμα της περιοχής είναι εύκρατο μεσογειακό και παρουσιάζει διαφοροποιήσεις ανάλογα το υψόμετρο, την απόσταση από την θάλασσα και τα διάφορα τοπικά χαρακτηριστικά της κάθε περιοχής. Στις παράκτιες περιοχές το κλίμα είναι τυπικό μεσογειακό με ήπιους χειμώνες, πιο υγρούς στα δυτικά και λιγότερο στα ανατολικά και θερμά, ξηρά καλοκαίρια, με κάποιες βροχοπτώσεις στα δυτικά και ελάχιστες στα ανατολικά. Η μέση θερμοκρασία του έτους γι' αυτές τις περιοχές είναι περίπου 17°-18°C (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία). Εσωτερικά του νομού και όσο ανεβαίνει το υψόμετρο το κλίμα είναι περισσότερο ψυχρό με ισχυρότερους χειμώνες και πιο δροσερά καλοκαίρια με περισσότερες βροχοπτώσεις κυρίως στα ορεινά, με εξαίρεση τα χαμηλά πεδινά της ενδοχώρας που έχουν πιο θερμά καλοκαίρια απ' ότι οι παράκτιες περιοχές .

3.1 Κριτήρια επιλογής της περιοχής μελέτης

Η περιοχή μελέτης εντοπίζεται μεταξύ των Λουτρών Υρμίνης και βόρεια της παραλίας Γιανισκάρι (Εικόνα 3.2). Το συνολικό μήκος της ακτογραμμής της παράκτιας ζώνης που εξετάζεται ανέρχεται σε 12,2 χιλιόμετρα. Η οικολογική σημασία της περιοχής, οι παράκτιες γεωμορφές που εντοπίζονται σε αυτή και η επιρρέπεια της σε διάβρωση καθιστούν τη διερεύνηση της μεταβολής της ακτογραμμής ως φυσική διεργασία ιδιαίτερα σημαντική.



Εικόνα 3.2 Περιοχή μελέτης και η υπό διερεύνηση ακτογραμμή. Πηγή: Google Earth

Οικολογική σημασία περιοχής

Η ιδιαίτερως σημαντική οικολογική σημασία της βορειοδυτικής Πελοποννήσου της οποίας ένα μεγάλο τμήμα εντάσσεται σε προγράμματα διεθνούς σημασίας προστατευόμενων περιοχών, αποτέλεσε τον κυριότερο λόγο επιλογής της περιοχής. Η λιμνοθάλασσα Πρόκοπος και η λίμνη/ έλος Λάμια προστατεύονται από τη Συνθήκη Ramsar (1971) σύμφωνα με την οποία χαρακτηρίζονται ως διεθνείς

υγρότοποι και χρήζουν προστασίας (Νομοθετικό Διάταγμα 191/1974). Στη συνθήκη Ramsar περιλαμβάνεται επίσης και το Δάσος της Στροφυλιάς. Οι περιοχές αυτές εντάσσονται υπό καθεστώς προστασίας και από το πρόγραμμα “NATURA 2000”.

Το δάσος της Στροφυλιάς (Εικόνα 3.3) βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα της προστατευόμενης περιοχής, είναι το πιο εκτεταμένο δάσος κουκουναριάς (*Pinus pinea*) σε όλη την Ελλάδα και ένα από τα μεγαλύτερα στην Ευρώπη. Έχει συνολική έκταση 22.000 στρεμμάτων, καλύπτει μία παραλιακή δασική λωρίδα μέσου πλάτους περίπου 1.250 μέτρα με μικρά ή μεγάλα διάκενα και ξέφωτα.



Εικόνα 3.3 Δάσος Στροφυλιάς με θέα από τα Μαύρα βουνά. Πηγή:
www.strofylianationalpark.gr

Στα ανατολικά και νότια όριά του, καθώς και σε άλλα σημεία, υπάρχουν λιμνάζοντα νερά και φυσικά ή τεχνητά κανάλια, που συντελούν στο σχηματισμό μιας αλληλουχίας υγρών (με γλυκά και υφάλμυρα νερά) και χερσαίων βιοτόπων. Η αλληλουχία αυτή δημιουργεί ένα οικοσύστημα μεγάλης βιοποικιλότητας. Η μεγαλύτερη έκταση του δάσους καταλαμβάνεται από τη χαλέπιο πεύκη (*Pinus halepensis*) η οποία αποτελεί είδος δένδρου που εμφανίζεται κυρίως κατά μήκος της

αμμώδους παράκτιας ζώνης. Στα εσωτερικά τμήματα του δάσους σχηματίζονται μεικτές ζώνες βλάστησης με κυρίαρχο είδος την κουκουναριά (*Pinus pinea*). Χαρακτηριστική επίσης είναι η ύπαρξη του σπάνιου και υπό απειλή βιότοπου στην παράλια ζώνη.

Σημαντικές γεωμορφές αποτελούν επίσης οι θίνες που βρίσκονται στο παράκτιο μέτωπο. Είναι αποτέλεσμα απόθεσης άμμου που έχει μεταφερθεί από τους κυρίως δυτικούς ανέμους και των διεργασιών του κυματισμού του Ιονίου πελάγους. Η διαδικασία αυτή είναι που τους προσδίδει την χαρακτηριστική κυματοειδή τους μορφή με κατεύθυνση από βορρά προς νότο. Οι θίνες καταλαμβάνουν έκταση 2.000 στρεμμάτων και φτάνουν σε ύψος έως 10 μέτρα και σε πλάτος από 20-500 μέτρα.

Οι θίνες αποτελούν έναν τύπο παράκτιου οικοτόπου που διαδραματίζει σημαντικό ρόλο για ολόκληρο το οικοσύστημα του δάσους και των υγροτόπων. Χαρακτηρίζονται ως φυσικό φίλτρο και αντιπλημμυρικό φράγμα για το αλμυρό νερό, απορροφούν την ενέργεια των κυμάτων αποτρέποντας με αυτό τον τρόπο τη διάβρωση της παράκτιας ζώνης και προσφέρουν προστασία για την άγρια πανίδα και χλωρίδα. Τα φυτά που ευδοκιμούν στις αμμώδεις παραλίες είναι προσαρμοσμένα έτσι ώστε να μπορούν να αντιμετωπίσουν το περιβάλλον που χαρακτηρίζεται από δυνατούς ανέμους, υψηλή περιεκτικότητα σε αλάτι και άμμο.

Η λιμνοθάλασσα Πρόκοπος οριοθετείται βόρεια από τα Μαύρα Βουνά και νότια από το έλος Λάμια. Έχει έκταση 1.500 στρέμματα και μέσο βάθος από 0,5-1,5 μέτρα. Χαρακτηρίζεται από εναλλαγές στο βάθος με λεκάνες – λίμνες ανά διάφορα σημεία. Στον Πρόκοπο αναπτύσσονται ιχθυοκαλλιέργειες εκτατικής μορφής και ψάρεμα με παραδοσιακές μεθόδους.

Το έλος Λάμια συναντάται λίγο νοτιότερα από τη λιμνοθάλασσα Πρόκοπος. Είναι ένας ρηχός βάλτος εκτεταμένης όμως επιφάνειας. Μόνο ένας δρόμος χωρίζει τη Λάμια από τον Πρόκοπο και σε περιόδους έντονων βροχοπτώσεων, τα δύο συστήματα αποτελούν ενιαία οντότητα.

Στο βόρειο τμήμα της προστατευόμενης περιοχής βρίσκονται τα Μαύρα βουνά που γειτνιάζουν με τη λιμνοθάλασσα του Αράξου και του Πρόκοπου. Οι ασβεστολιθικοί όγκοι των Μαύρων Βουνών είναι οι κύριοι τροφοδότες του δάσους σε γλυκό νερό.

Η λιμνοθάλασσα του Αράξου βρίσκεται στο βορειοδυτικό άκρο της Πελοποννήσου, στα όρια της προστατευόμενης περιοχής. Έχει έκταση 4.500 στρέμματα και μέσο βάθος 0,5-2,5 μέτρα. Διαχωρίζεται από τον Πατραϊκό κόλπο με μια επιμήκη αμμονησίδα και με εκτενείς αμμοθινικούς σχηματισμούς από το Ιόνιο. Το νερό και εδώ είναι υφάλμυρο και σε σχέση με τους υπόλοιπους υγροτόπους, παρουσιάζει υψηλότερη αλατότητα (<https://strofylianationalpark.gr>).

Παραλιακές ράχες

Κύριο γεωμορφολογικό χαρακτηριστικό της περιοχής μελέτης αποτελούν οι παραλιακές ράχες. Οι παραλιακές ράχες είναι γεωμορφές απόθεσης που σχηματίζονται στις ακτές των θαλασσών και των λιμνών. Είναι επιμήκη στενά υβώματα που σχηματίζονται παράλληλα (ή σχεδόν) προς την ακτογραμμή και βρίσκονται πίσω από τον αιγιαλό.

Οι πεδιάδες παραλιακών ράχων (ridge and swale topography) διαμορφώνονται κατά την εμφάνιση πολλών παραλιακών ράχων και είναι χαρακτηριστικές των ακτών που προελαύνουν. Επιμήκης αύλακες χωρίζουν τα υβώματα στις πεδιάδες των παραλιακών ράχων, αύλακες που τις περισσότερες φορές καταλαμβάνονται από έλη. Οι κορυφές των ράχων έχουν ύψος λίγο μεγαλύτερο από τη μέση στάθμη της πλημμυρίδας ενώ η βάση των ελωδών αυλάκων (μεταξύ των ράχων) έχουν ύψος περίπου ίδιο με τη μέση στάθμη της άμπωτης (Staror, 1975). Όσον αφορά την απόσταση ανάμεσα σε δύο διαδοχικές ράχες, αυτή ποικίλει σημαντικά. Πεδιάδες παραλιακών ράχων και αυλάκων καταλαμβάνουν τη μεγαλύτερη χερσαία έκταση φραγματικών νησιών και δελταϊκών πεδιάδων καθότι αναπτύσσονται σε εκτεταμένο βαθμό.

Ο ρυθμός ανάπτυξης των παραλιακών ράχων εξαρτάται από:

- τις διαστάσεις της ράχης
- τους ρυθμούς προσφοράς του ιζήματος

- τις συνθήκες βλάστησης που επικρατούν στην περιοχή
- το υδροδυναμικό καθεστώς που επικρατεί στην περιοχή.

Αποτελούνται από ασύνδετα (ή ελαφρώς “δεμένα”) μεταξύ τους υλικά όπως άμμος, χάλικες, κροκάλες και κελύφη θαλάσσιων οργανισμών. Τα χαρακτηριστικά των υλικών του αιγιαλού επηρεάζουν τις διαστάσεις των παραλιακών ράχων. Το ύψος τους στην περιοχή μελέτης φτάνει περίπου τα 10 μέτρα, το πλάτος τους ξεκινάει από περίπου 20 μέτρα έως 500 μέτρα και το μήκος τους μπορεί να φθάσει αρκετά χιλιόμετρα.

Παράγοντες που συμβάλουν στο σχηματισμό των παραλιακών ράχων:

- Η δράση του κυματισμού του Ιονίου πελάγους
- Οι αιολικές διεργασίες, αποτέλεσμα των ανέμων που πνέουν, στην περιοχή μελέτης, οι οποίοι είναι κυρίως δυτικοί κατά τους θερινούς μήνες και βορειοανατολικοί κατά τη διάρκεια των υπόλοιπων μηνών (Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία),
- Η τροφοδοσία του αιγιαλού με παράκτιο ίζημα από τα υδρογραφικά δίκτυα
- Η κοκκομετρία του ιζήματος του αιγιαλού που προέρχεται από τη διάβρωση των ψαμμιτών και του φλύσχη σε συνδυασμό με την ενέργεια των κυματικών διεργασιών

Το γεγονός ότι η ακτογραμμή υποχωρεί και σε συνδυασμό με τις καθημερινές παράκτιες διεργασίες συνιστά σημαντικό κίνδυνο διάβρωσης των παραλιακών ράχων εμποδίζοντας ταυτόχρονα στο σχηματισμό νέων.

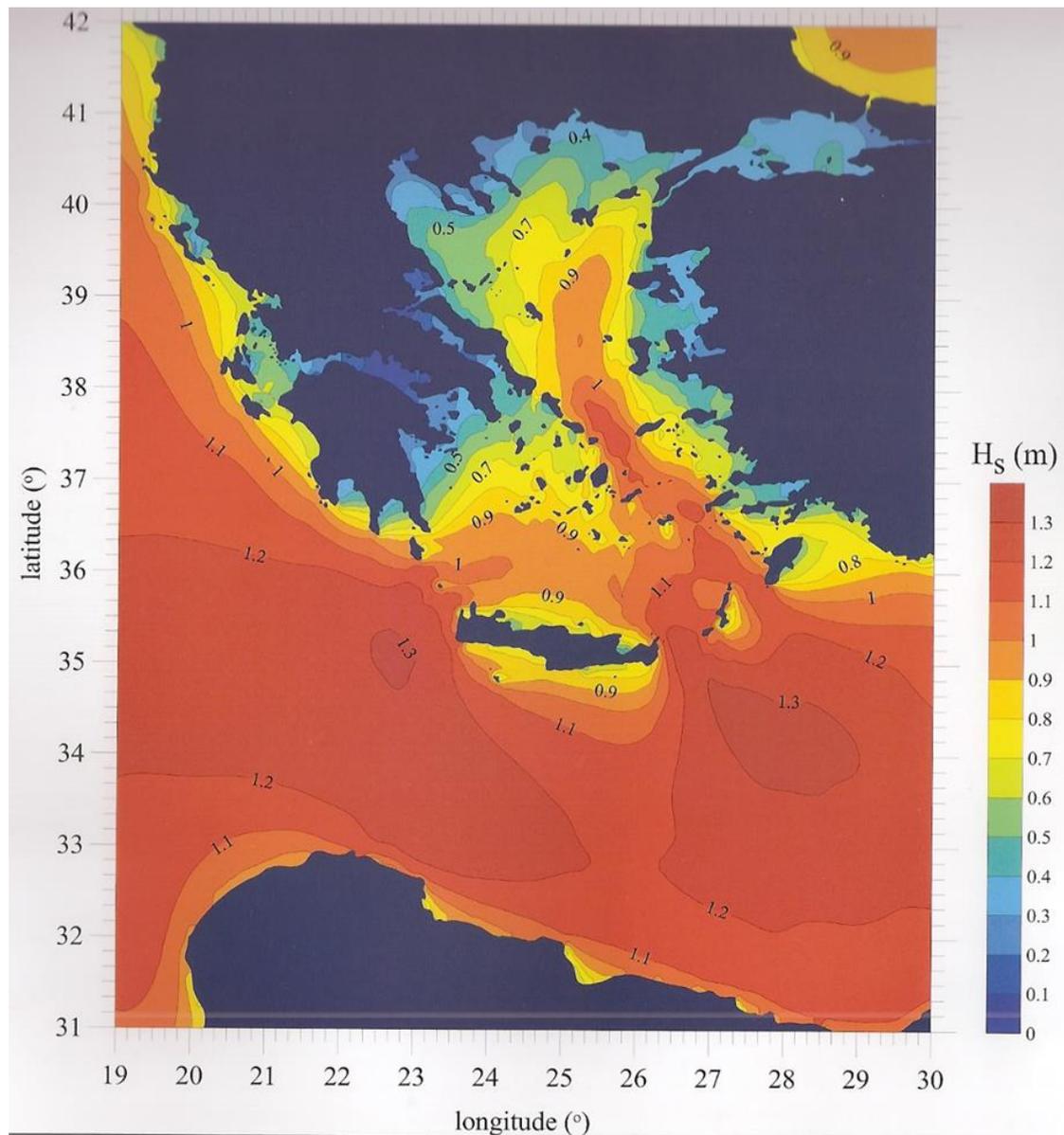
Αποτελεί περιοχή επιρρεπή στη διάβρωση

Στο μεγαλύτερο τμήμα της περιοχής μελέτης εμφανίζεται το φαινόμενο της διάβρωσης. Η δυτική Πελοπόννησος είναι μια παράκτια περιοχή η οποία είναι αρκετά επιρρεπής στη διάβρωση λόγω των ανθρώπινων επεμβάσεων στην παράκτια ζώνη αλλά και στην ενδοχώρα. Αυτές έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση της στερεοπαροχής των υδρογραφικών δικτύων και συνεπώς περιορίζεται άμεσα ο φυσικός εμπλουτισμός του αιγιαλού με ίζημα.

Ανθρωπογενείς δραστηριότητες, η δημιουργία παράκτιων τοπικών κατασκευών, η οικιστική και η τουριστική ανάπτυξη, η υπερεκμετάλλευση των φυσικών πόρων επηρεάζουν σημαντικά την ισορροπία των φυσικών παράκτιων οικοσυστημάτων και προκαλούν το φαινόμενο της διάβρωσης.

Ταυτόχρονα, οι θαλάσσιες φυσικές διεργασίες όπως τα παράκτια ρεύματα, ο κυματισμός και η παλίρροια έχουν ως αποτέλεσμα την οπισθοχώρηση της ακτογραμμής. Με τα παράκτια ρεύματα, που δημιουργούνται κατά την προσέγγιση των κυμάτων στην ακτή, μετακινούνται ιζήματα από και προς την ακτή ανάλογα με τις κυματικές συνθήκες που κάθε φορά επικρατούν (ύψος, πλάτος, διεύθυνση κυματισμού).

Ο κυματισμός είναι από τους σημαντικότερους γεωμορφολογικούς παράγοντες που επικρατούν στην παράκτια ζώνη. Τα κύματα που προσπίπτουν στην ακτή μπορούν να προκαλέσουν μεγάλη διάβρωση. Στην Εικόνα 3.4 παρουσιάζεται το μέσο σημαντικό ύψος κύματος στην Ελλάδα.

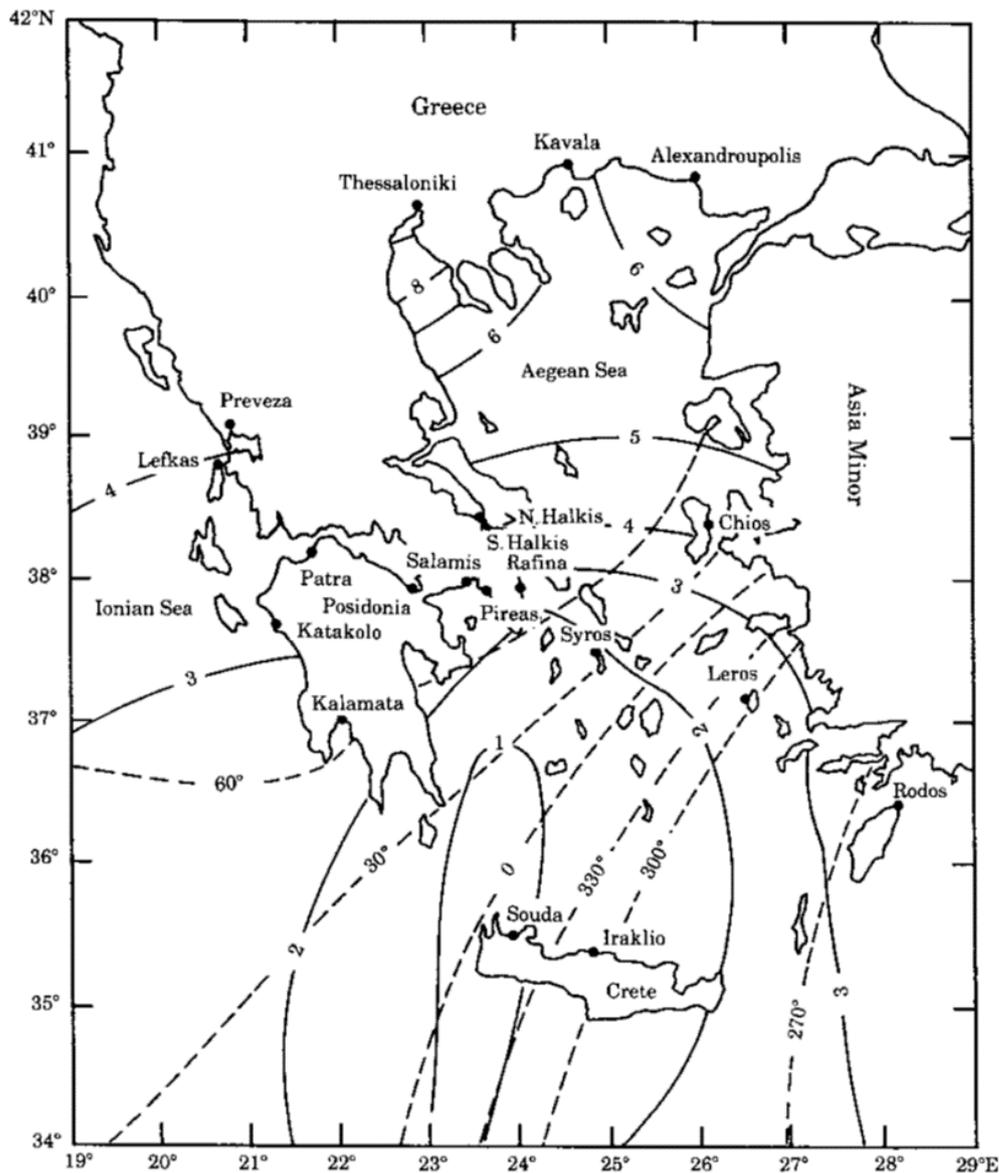


Εικόνα 3.4 Μέσο σημαντικό ύψος κύματος της Ελλάδος. Πηγή: Soukisian, 2007

Στον ελλαδικό χώρο παρατηρούνται διαφοροποιήσεις στις τιμές του ύψους κύματος οι οποίες κυμαίνονται σε διάφορα επίπεδα. Στη περιοχή της δυτικής Πελοποννήσου το μέσο σημαντικό ύψος κύματος χαρακτηρίζεται από μεσαίο επίπεδο κυματικής ενέργειας και ανέρχεται σε 0,4-0,6 μέτρα (Soukisian,2007).

Οι παλίρροιες που είναι το αποτέλεσμα της βαρυτικής έλξης που ασκούν ο ήλιος και η σελήνη στη Γη, επηρεάζονται σε μεγαλύτερο η μικρότερο βαθμό τα παράκτια περιβάλλοντα και η δράση τους θεωρείται ιδιαίτερα σημαντική ως παράκτια διεργασία.

Το παλιρροιακό εύρος στην Ελλάδα παρουσιάζεται στην εικόνα 3.5. Οι τιμές που καταγράφονται στη δυτική Πελοπόννησο εντάσσονται στην κλάση των 3 και 4 εκατοστών. Η μέση τιμή στο Κατάκολο για το οποίο υπάρχουν καταγραφές και βρίσκεται πλησίον της περιοχής μελέτης ανέρχεται στα 3,3 εκατοστά (Tsimplis, 1994).



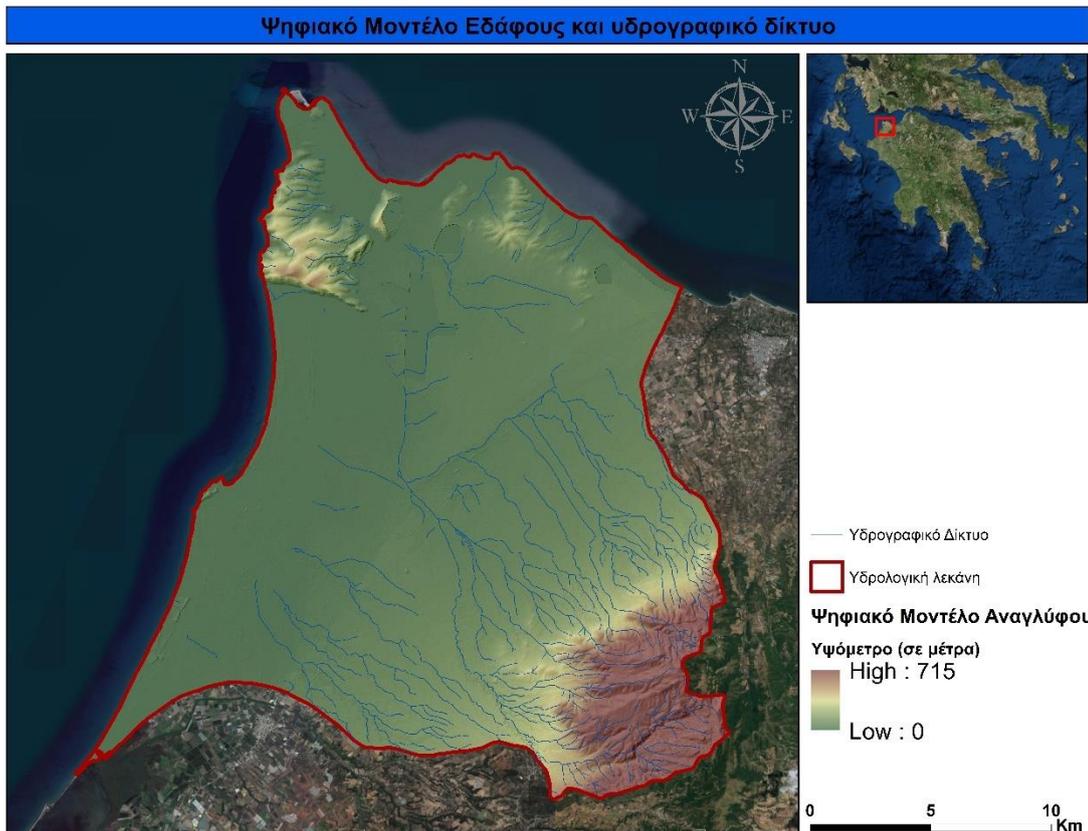
Εικόνα 3.5 Παλιρροιακό εύρος περιοχών της Ελλάδας. Πηγή: Tsimplis, 1994

3.2 Τα χαρακτηριστικά της υδρολογικής λεκάνης της περιοχής μελέτης.

Όριο της περιοχής μελέτης αποτελεί η υδρολογική λεκάνη το υδρογραφικό δίκτυο της οποίας εκβάλλει στην υπό εξέταση ακτογραμμή (Εικόνα 3.6).

Η υδρολογική λεκάνη σαν μία καλά καθορισμένη τοπογραφική και υδρολογική ενότητα, αποτελεί τη στοιχειώδη χωρική μονάδα της αποστράγγισης της επιφάνειας της χέρσου και καταλαμβάνει έκταση 451,6 τετραγωνικά χιλιόμετρα. Το υδρογραφικό δίκτυο είναι παράλληλου τύπου που αναπτύσσεται με βάση τις κλίσεις του αναγλύφου της περιοχής και έχει κύρια διεύθυνση νοτιοανατολικά βορειοδυτικά.

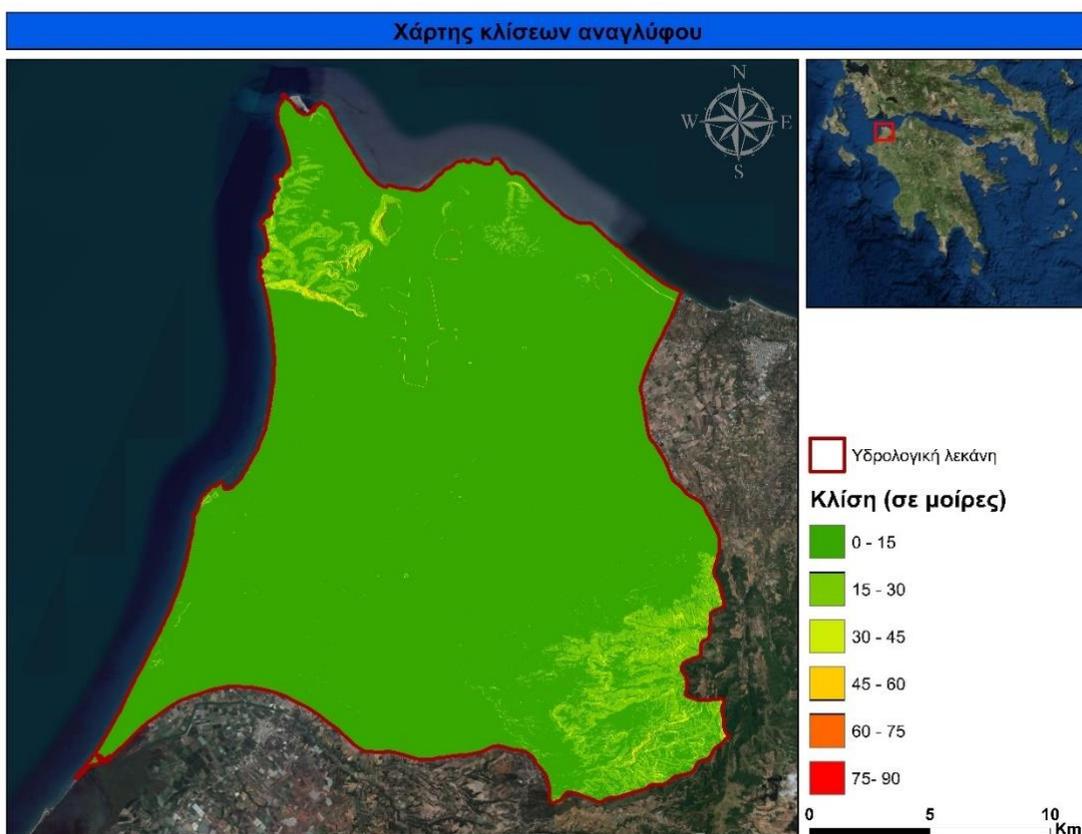
Το υψόμετρο της περιοχής κυμαίνεται από 0 έως 715 μέτρα (Εικόνα 3.6). Το υψηλότερο σημείο βρίσκεται στα νοτιοανατολικά όρια όπου εμφανίζεται μια ιδιαίτερα ορεινή περιοχή η οποία συνεχίζεται και έξω από τα όρια της περιοχής μελέτης ενώ γενικότερα στην υπόλοιπη έκτασή της παρατηρούνται πολύ χαμηλά υψόμετρα. Μεσαία υψόμετρα γύρω στα 355 μέτρα σημειώνονται στα βορειοδυτικά κοντά στα Μαύρα βουνά.



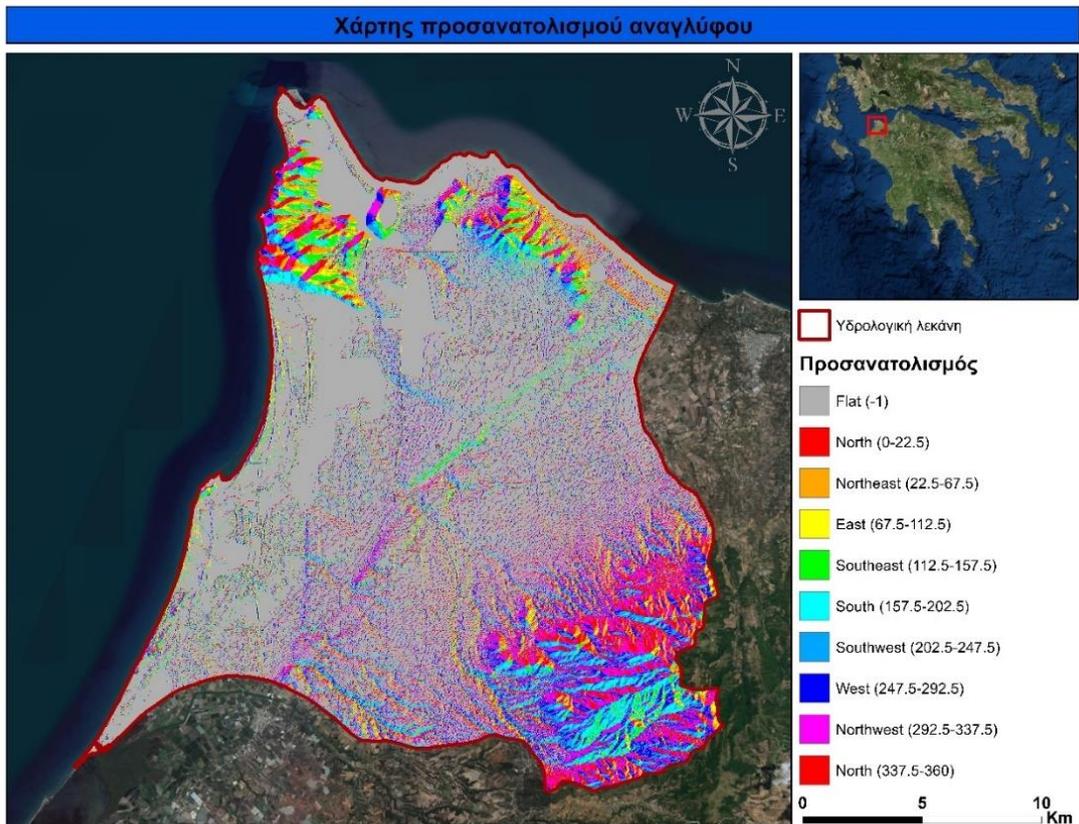
Εικόνα 3.6 Χάρτης στον οποίο απεικονίζεται το ψηφιακό μοντέλο εδάφους (DEM) και το υδρογραφικό δίκτυο της περιοχής μελέτης. Πηγή: Ιδία επεξεργασία δεδομένων (ArcGIS), πηγή υποβάθρου υψομέτρων: Κτηματολόγιο

Οι κλίσεις του αναγλύφου της εξεταζόμενης υδρολογικής λεκάνης όπως προέκυψαν από την επεξεργασία του ψηφιακού μοντέλου εδάφους παρουσιάζονται στην εικόνα 3.7. Τα τμήματα του αναγλύφου που παρουσιάζουν μεγάλες τιμές κλίσης εντοπίζονται στο νοτιοανατολικό και βορειοδυτικό τμήμα της λεκάνης εκεί όπου συναντώνται οι ορεινοί όγκοι της λεκάνης, το δυτικό τμήμα του όρους Μόρβη και τα Μαύρα Βουνά αντίστοιχα.

Ο χάρτης προσανατολισμού του αναγλύφου της περιοχής μελέτης παρουσιάζεται στην εικόνα 3.8. Παρατηρώντας τον χάρτη προκύπτει ότι το μεγαλύτερο ποσοστό της έκτασης αφορά σε επίπεδες περιοχές χωρίς ιδιαίτερες μεταβολές μεταξύ τους. Διακυμάνσεις του προσανατολισμού παρατηρούνται στα τμήματα της λεκάνης όπου αναπτύσσονται οι ορεινοί όγκοι που αναφέρθηκαν παραπάνω.



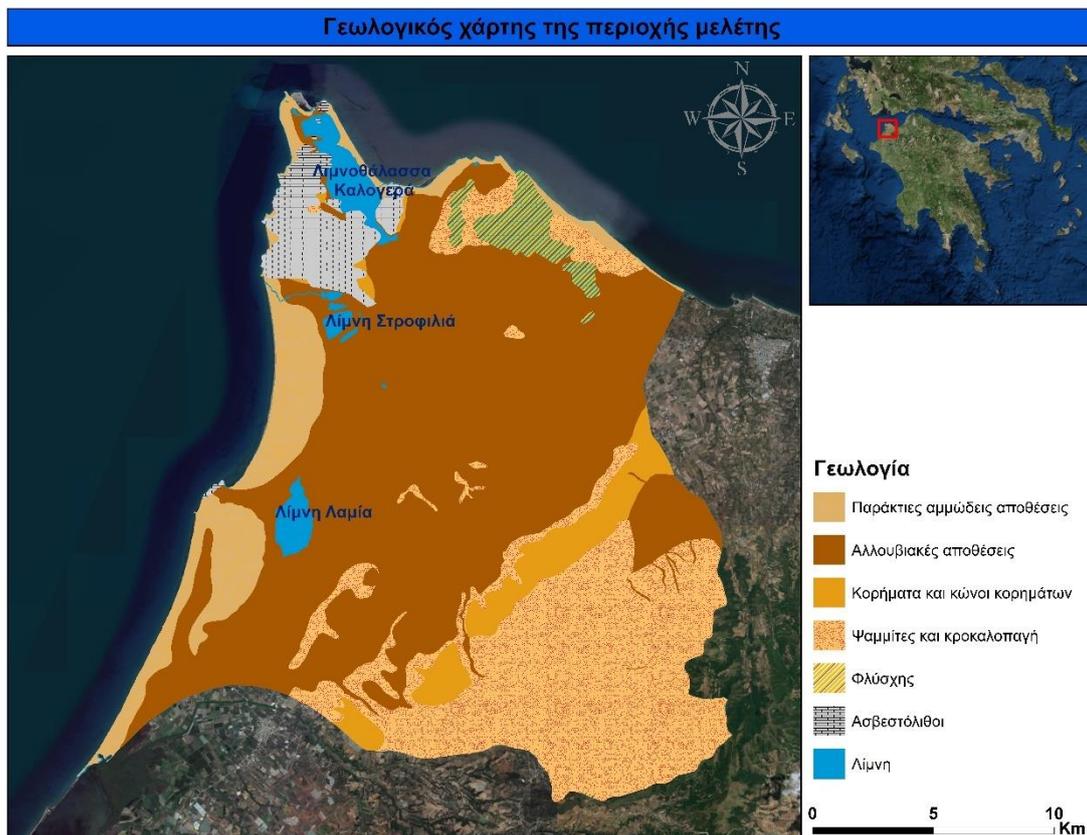
Εικόνα 3.7 Χάρτης στον οποίο απεικονίζονται οι κλίσεις του αναγλύφου της περιοχής μελέτης. Πηγή: Ιδία επεξεργασία δεδομένων (ArcGIS), πηγή υποβάθρου υψομέτρων: Κτηματολόγιο



Εικόνα 3.8 Χάρτης στον οποίο απεικονίζεται ο προσανατολισμός του αναγλύφου της περιοχής μελέτης. Πηγή: Ιδία επεξεργασία δεδομένων (ArcGIS), πηγή υποβάθρου υψομέτρων: Κτηματολόγιο

Ο απλοποιημένος γεωλογικός χάρτης της υδρολογικής λεκάνης παρουσιάζεται στην εικόνα 3.9 και σε αυτόν καταγράφονται επτά τύποι γεωλογικών σχηματισμών.

Η περιοχή μελέτης αποτελείται κυρίως από παράκτιες αμμώδεις αποθέσεις, αλλουβιακές αποθέσεις, από κορήματα και κώνους κορημάτων, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή, φλύσχης, ασβεστόλιθους και λίμνες. Πρόκειται δηλαδή για μια λεκάνη που αποτελείται κυρίως από ευδιάβρωτα πετρώματα όπως είναι οι αλλουβιακές αποθέσεις, ο φλύσχης, οι ψαμμίτες, και τα κροκαλοπαγή τα οποία διαβρώνονται από το υδρογραφικό δίκτυο με αποτέλεσμα τη μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων ιζήματος στην παράκτια ζώνη. Παρατηρείται επίσης μια μικρή ασβεστολιθική ζώνη περισσότερο ανθεκτική στην διάβρωση στο βορειοδυτικό τμήμα της λεκάνης. Η παράκτια ζώνη χαρακτηρίζεται από αμμώδεις αποθέσεις. Στον πίνακα 3.1 παρουσιάζεται η έκταση που καταλαμβάνει ο κάθε σχηματισμός.



Εικόνα 3.9 Χάρτης ο οποίος απεικονίζει την γεωλογία της περιοχής μελέτης. Πηγή: Ιδία επεξεργασία δεδομένων (ArcGIS), πηγή γεωλογικού υποβάθρου: ΙΓΜΕ

Πίνακας 3.1 Κατανομή γεωλογικών σχηματισμών στην περιοχή μελέτης. Πηγή: ArcGIS

Γεωλογία	Έκταση (km ²)
Παράκτιες αμμώδεις αποθέσεις	27,9
Αλλουβιακές αποθέσεις	237,9
Κορήματα και κώνοι κορημάτων	21,1
Ψαμμίτες και κροκαλοπαγή	141,5
Φλύσχης	6,2
Ασβεστόλιθοι	10,5
Λίμνες	6,5
Συνολική έκταση:	451,6

4. Ανάλυση δεδομένων και αποτελέσματα

4.1 Υπολογισμός του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής

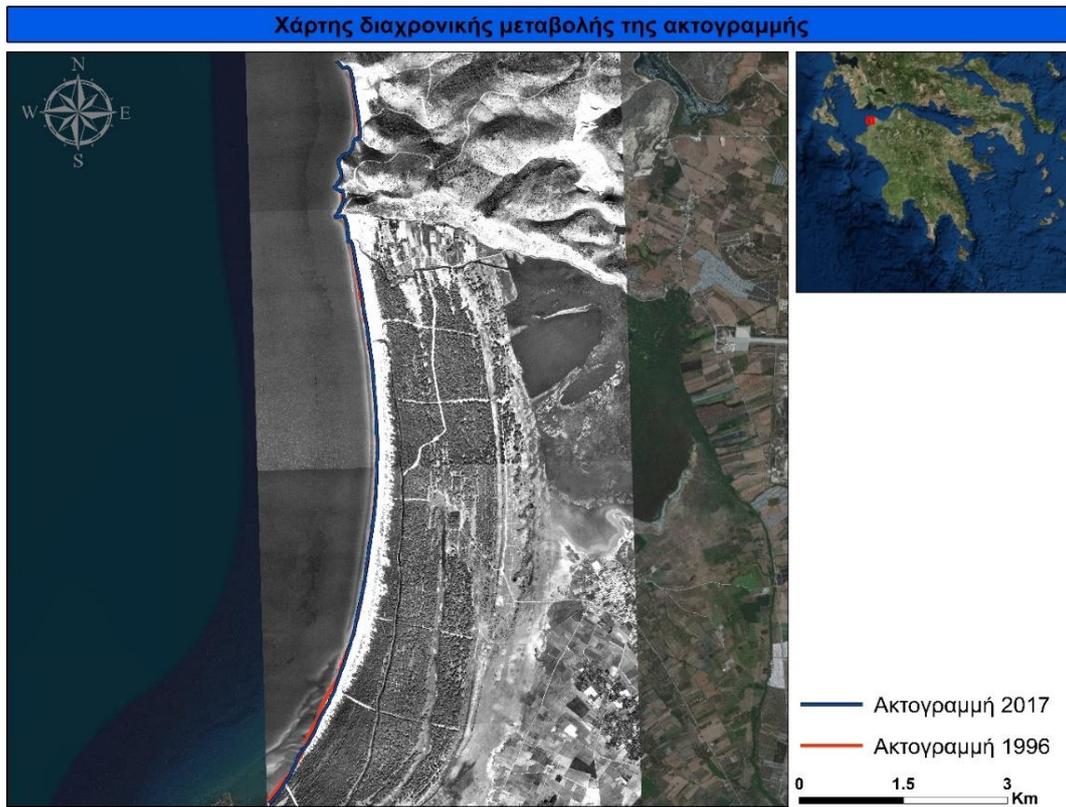
Η επεξεργασία και η ανάλυση των χωρικών δεδομένων και η παραγωγή των επιμέρους χαρτογραφικών επιπέδων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση του λογισμικού ArcGIS της ESRI.

Για τον υπολογισμό του ρυθμού μεταβολής ψηφιοποιήθηκε η ακτογραμμή του 1996 με υπόβαθρο το αεροφωτομωσαϊκό του Υπουργείου Γεωργίας και η σύγχρονη ακτογραμμή του 2017 από το υπόβαθρο δορυφορικών εικόνων που παρέχεται από το λογισμικό ArcGIS. Οι ψηφιοποιήσεις των χαρτών πραγματοποιήθηκαν σε κλίμακα 1:1.000 και με βήμα ψηφιοποίησης το ένα μέτρο (Εικόνα 4.1).

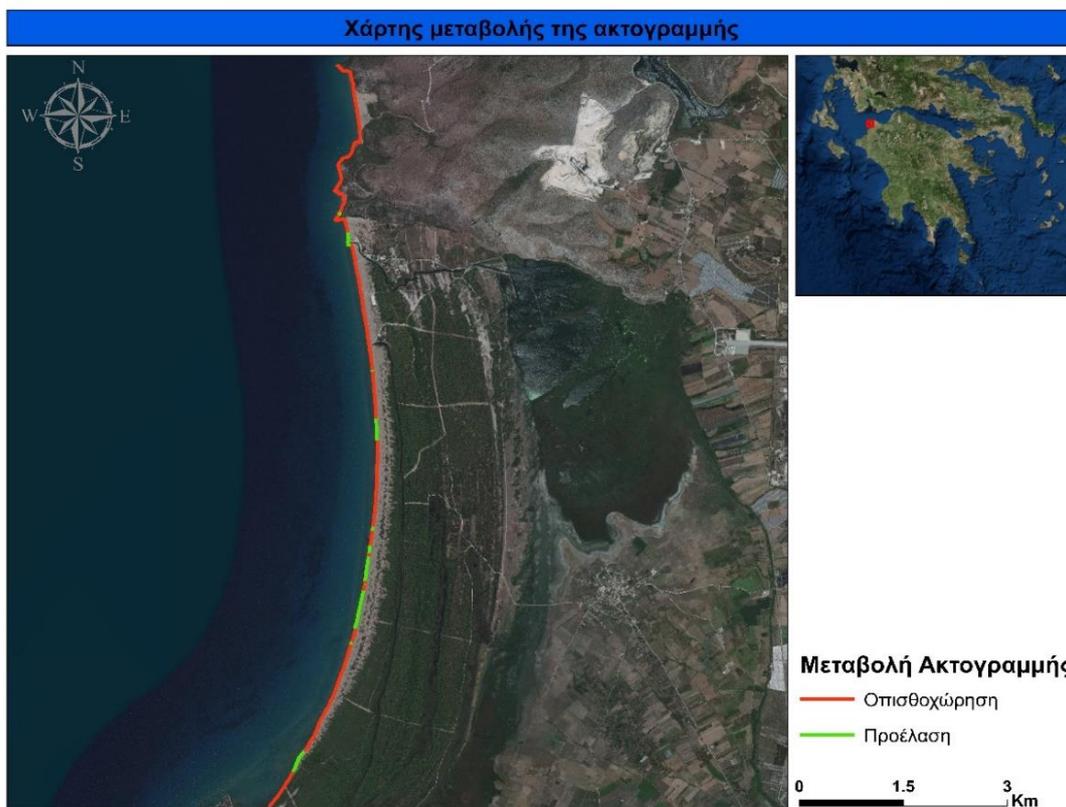
Η επεξεργασία των δεδομένων πραγματοποιήθηκε στην προβολή Web Mercator η οποία ήταν η προβολή του υποβάθρου των δορυφορικών εικόνων. Με τη χρήση των εργαλείων που παρέχονται στο λογισμικό ArcGIS πραγματοποιήθηκε μετατροπή του προβολικού συστήματος των αεροφωτογραφιών του 1996 από ΕΓΣΑ 87 σε Web Mercator ώστε να υπάρχει κοινό προβολικό σύστημα μεταξύ των δύο υποβάθρων που χρησιμοποιήθηκαν στη μελέτη.

Στον χάρτη διαχρονικής μεταβολής της ακτογραμμής (Εικόνα 4.1) παρουσιάζεται η περιοχή μελέτης καθώς και οι θέσεις της ακτογραμμής όπως προέκυψαν από την ανάλυση των δεδομένων των ετών 1996 και 2017.

Στον χάρτη της εικόνας 4.2 απεικονίζονται τα σημεία οπισθοχώρησης (κόκκινη γραμμή) και προέλασης (πράσινη γραμμή) της ακτογραμμής της περιοχής μελέτης.



Εικόνα 4.1 Χάρτης διαχρονικής μεταβολής της ακτογραμμής και θέσεις της ακτογραμμής όπως προέκυψαν από την ανάλυση των δεδομένων των ετών 1996 και 2017



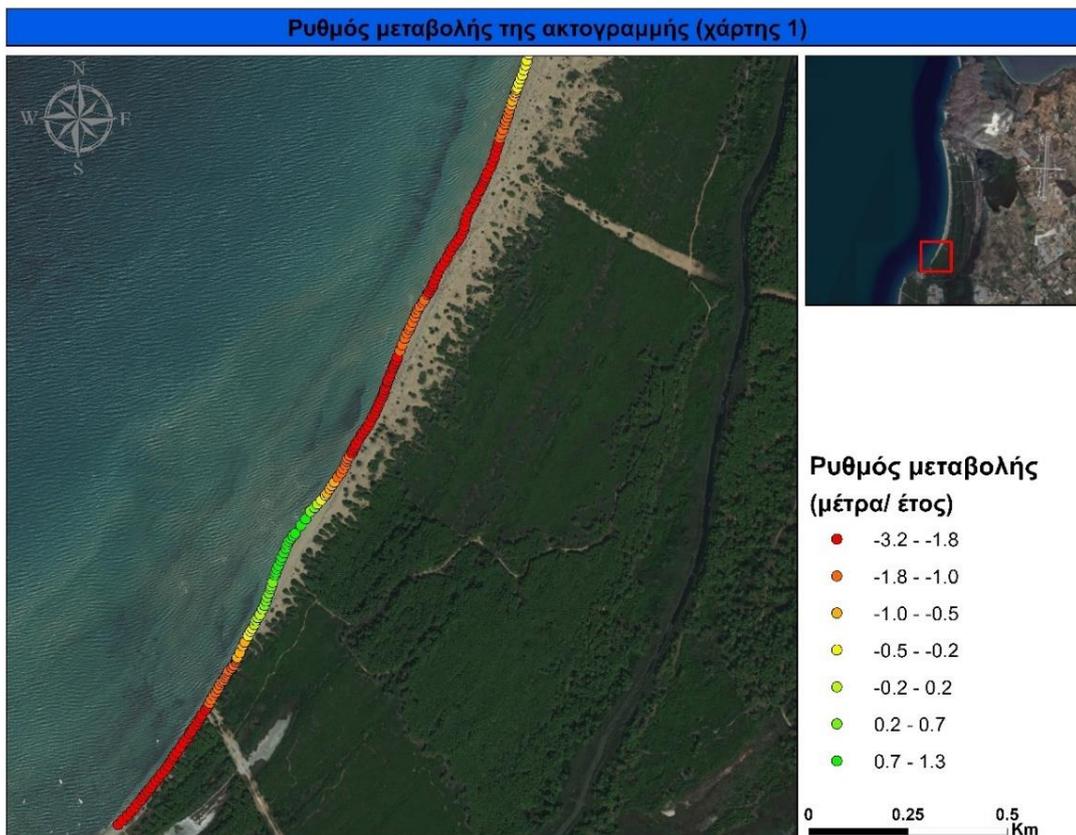
Εικόνα 4.2 Χάρτης που απεικονίζει τα σημεία οπισθοχώρησης και προέλασης της ακτογραμμής της περιοχής μελέτης

Για τον υπολογισμό των αποστάσεων της μεταβολής των δύο ακτογραμμών αρχικά μετατράπηκε η γραμμική οντότητα της ακτογραμμής του 2017 σε σημειακή με διαδοχικά σημεία με το εργαλείο του λογισμικού “Vertices to points”. Στη συνέχεια με το εργαλείο “Distance” υπολογίστηκε η απόσταση του κάθε σημείου από την ακτογραμμή του 1996. Ακολούθως ενημερώθηκε ο πίνακας περιγραφών των σημειακών οντοτήτων και ορίστηκαν με αρνητικό πρόσημο οι τιμές των αποστάσεων εκεί όπου παρατηρείται οπισθοχώρηση της ακτογραμμής.

Για τον υπολογισμό του ρυθμού μεταβολής διαιρέθηκαν οι τιμές των αποστάσεων με το 21 που αποτελεί το σύνολο των ετών της διαχρονικής μελέτης. Τέλος τα αποτελέσματα ταξινομήθηκαν σε επτά κλάσεις με τη μέθοδο Natural Breaks (Jenks), που παρέχεται στο λογισμικό που χρησιμοποιήθηκε. Η μέθοδος αυτή θεωρείται ως η καταλληλότερη για τη δημιουργία κλάσεων στο πλαίσιο ανάπτυξης μεθοδολογιών όπως αυτή που ακολουθείται στην παρούσα εργασία. Έχει σαν στόχο να ελαχιστοποιήσει τη μέση απόκλιση κάθε κλάσης από το μέσο της, μεγιστοποιώντας ταυτόχρονα την απόκλιση κάθε κλάσης από τους μέσους των άλλων κλάσεων. Δηλαδή η μέθοδος επιδιώκει στο να ελαχιστοποιηθεί η διακύμανση μέσα στην κάθε κλάση και να μεγιστοποιηθεί η διακύμανση μεταξύ των άλλων κλάσεων.

Στη συνέχεια παρουσιάζονται οι επιμέρους χάρτες του ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής (Χάρτες 1 έως 6) καθώς και τα ευρήματα της ανάλυσης των χαρτών αυτών.

Παράλληλα, για την περιοχή έκαστου χάρτη παρουσιάζεται και μια χαρακτηριστική φωτογραφία που απεικονίζει τα ευρήματα της ανάλυσης που πραγματοποιήθηκε (Πηγή φωτογραφιών: www.tripinview.com).



Εικόνα 4.3 Χάρτης 1 ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής της περιοχής μελέτης

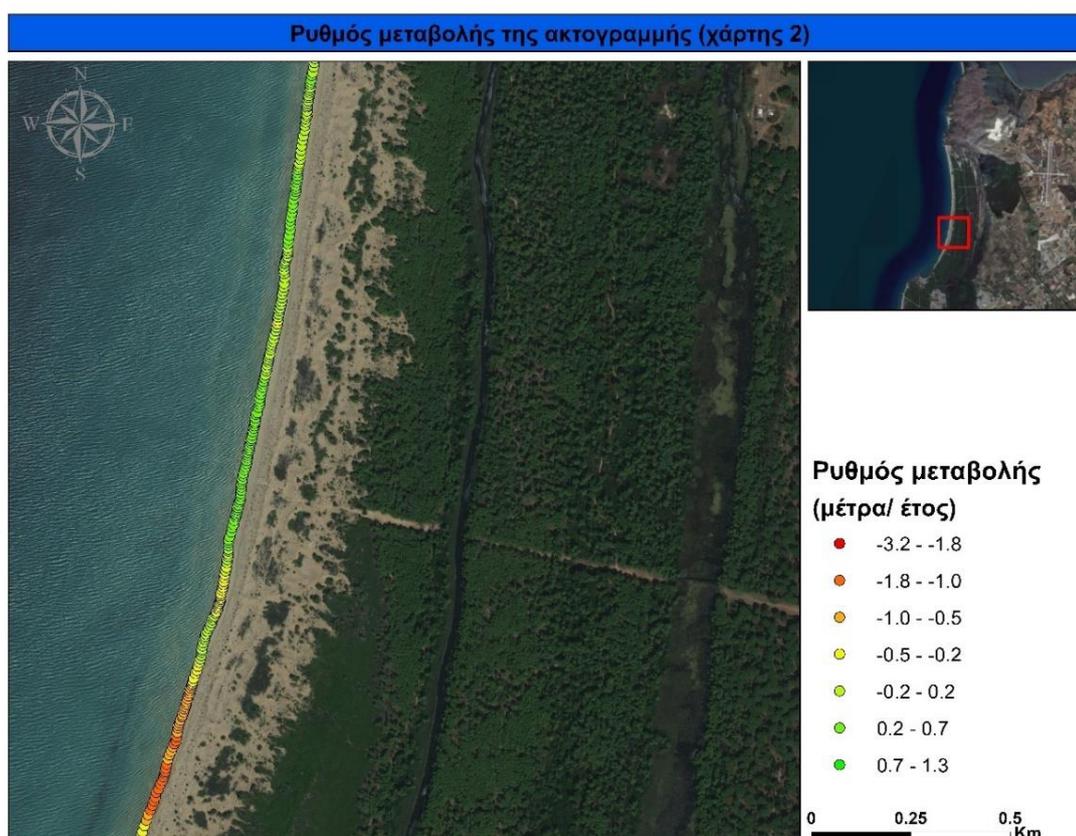


Εικόνα 4.4 Φωτογραφική απεικόνιση της περιοχής του χάρτη 1 όπου εμφανίζεται η μέγιστη οπισθοχώρηση

Στον χάρτη 1 (Εικόνα 4.3) και στην Εικόνα 4.4 που αφορούν στο νοτιότερο τμήμα της υπό εξέταση ακτογραμμής παρατηρείται οπισθοχώρηση στο μεγαλύτερο τμήμα αυτής όπου καταγράφονται και οι μέγιστες τιμές (3,2 μέτρα ανά έτος). Ταυτόχρονα

παρατηρείται ένα τμήμα που χαρακτηρίζεται με θετικές τιμές αποτυπώνοντας προέλαση της ακτογραμμής που σχετίζεται με κλάδο του υδρογραφικού δικτύου που εκβάλει σε αυτή τη περιοχή και στην οποία παρατηρείται προέλαση με μέγιστο ρυθμό 1,3 μέτρα ανά έτος. Χαρακτηριστικό ότι στο τμήμα αυτό της ακτογραμμής παρατηρούνται τα δύο μέγιστα της προέλασης και της οπισθοχώρησης.

Στο επόμενο τμήμα (Εικόνα 4.5) βορειότερα του αρχικού παρουσιάζονται σχετικά μικρότερες τιμές της οπισθοχώρησης κυρίως νότια στο χάρτη. Ο ρυθμός μεταβολής κυμαίνεται μεταξύ -1 έως -0,5 μέτρα ανά έτος και 0,2 έως 0,7 μέτρα ανά έτος.



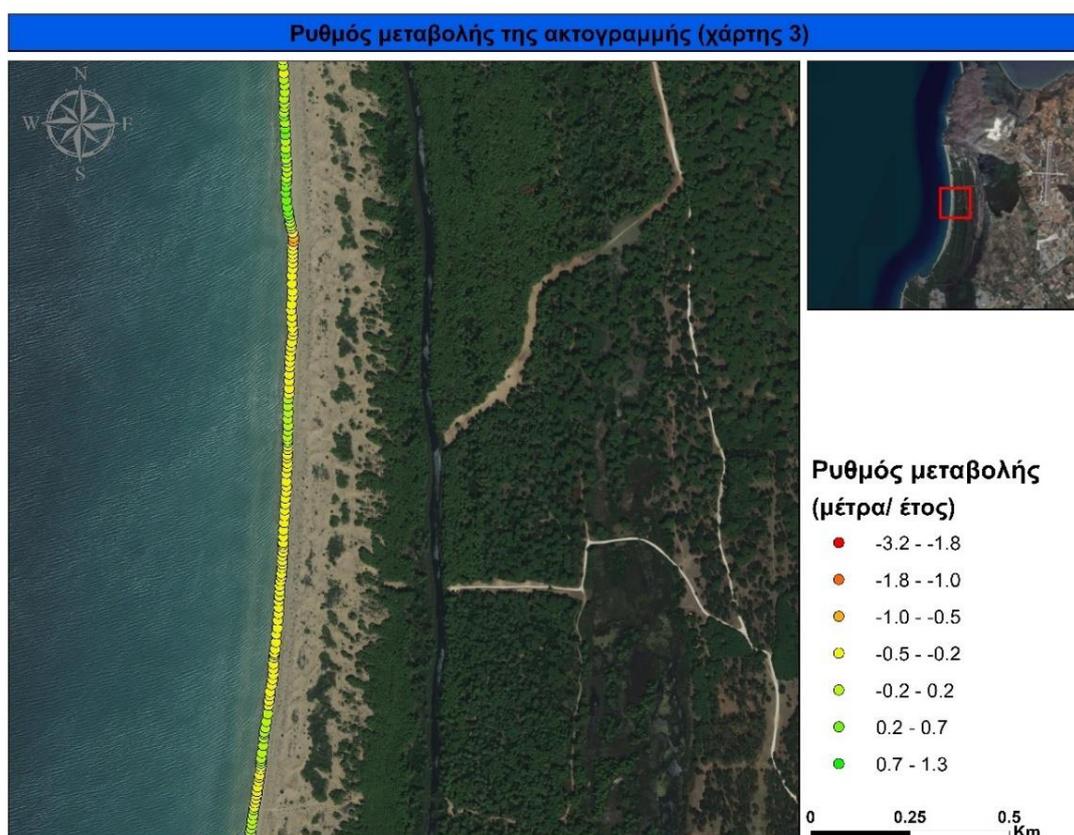
Εικόνα 4.5 Χάρτης 2 ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής της περιοχής μελέτης

Η φωτογραφική απεικόνιση της περιοχής του χάρτη 2 παρουσιάζεται στην Εικόνα 4.6 όπου είναι εμφανής η περιοχή στην οποία το εύρος της παράκτιας ζώνης είναι σημαντικό και δεν φαίνεται να υπάρχουν προβλήματα διάβρωσης.



Εικόνα 4.6 Φωτογραφική απεικόνιση της περιοχής του χάρτη 2

Στη συνέχεια της περιοχής μελέτης (Εικόνα 4.7, Εικόνα 4.8), η ακτογραμμή παρουσιάζεται σχεδόν ευθύγραμμη και καταγράφει μικρές τιμές άλλοτε οπισθοχώρησης και άλλοτε προέλασης.

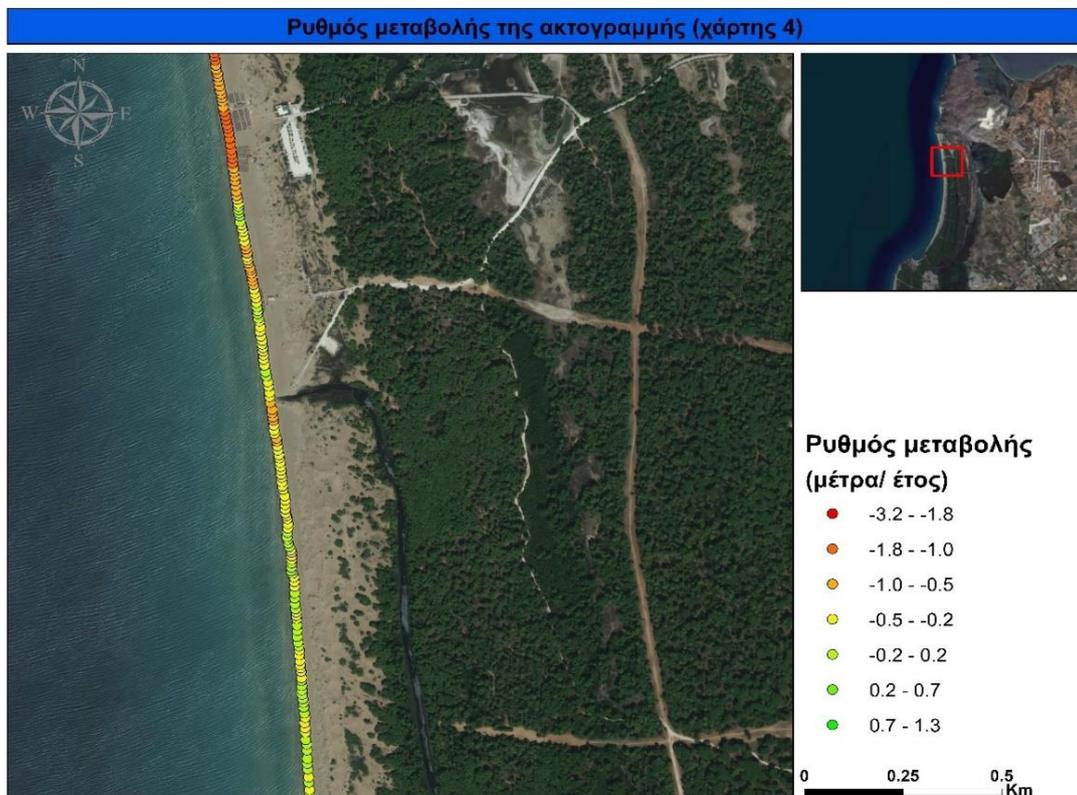


Εικόνα 4.7 Χάρτης 3 ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής της περιοχής μελέτης



Εικόνα 4.8 Φωτογραφική απεικόνιση της περιοχής του χάρτη 3

Στον Χάρτη 4 (Εικόνα 4.9) εμφανίζεται επίσης μικρή οπισθοχώρηση η οποία μεγαλώνει σταδιακά βαδίζοντας προς το βόρειο τμήμα της φτάνοντας στις τιμές της κλάσης με τη μέγιστη οπισθοχώρηση. Παρά την ύπαρξη κλάδου του υδρογραφικού δικτύου που εκβάλλει στο τμήμα αυτό της ακτογραμμής δεν φαίνεται ικανός στο να εμπλουτίσει αρκετά με ίζημα ώστε να υπάρξει προέλαση της ακτογραμμής.



Εικόνα 4.9 Χάρτης 4 ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής της περιοχής μελέτης

Στην Εικόνα 4.10 και στην Εικόνα 4.11 παρουσιάζεται η περιοχή του χάρτη 4 ενώ διακρίνονται και κατασκευές που υπάρχουν πάνω στην παράκτια ζώνη.



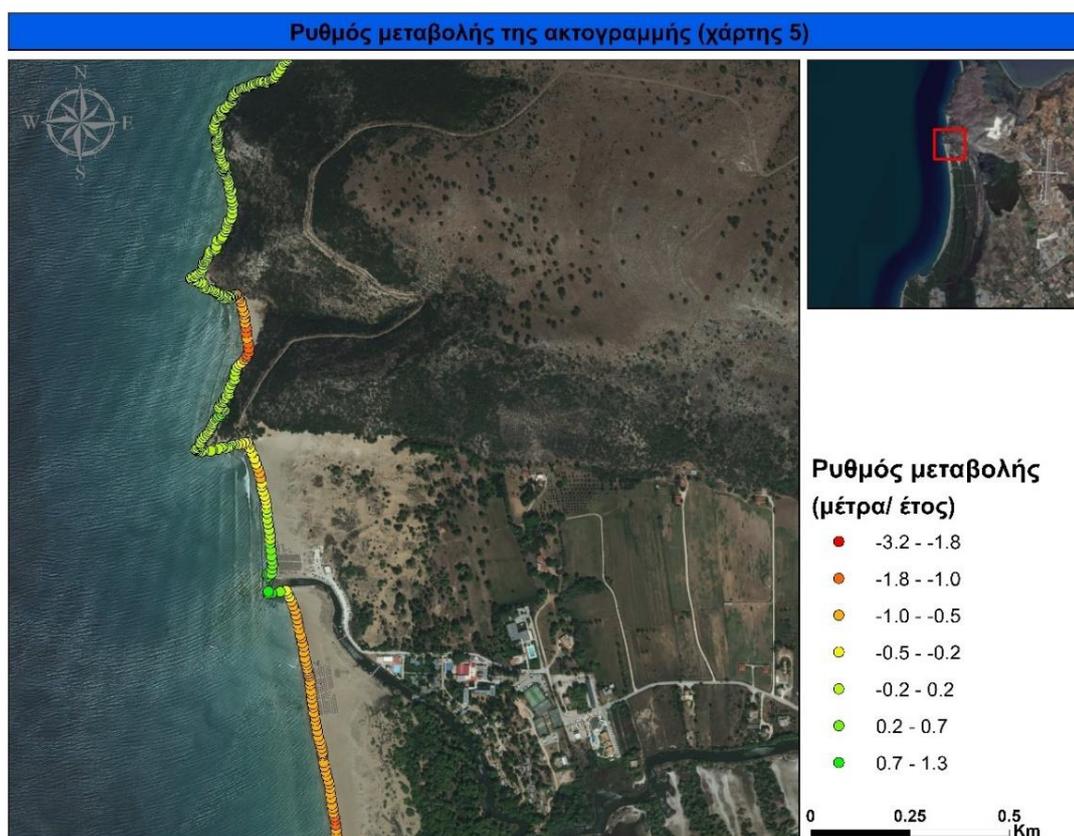
Εικόνα 4.10 Φωτογραφική απεικόνιση της περιοχής του χάρτη 4 όπου διακρίνεται ο κλάδος του υδρογραφικού δικτύου που εκβάλλει στην ακτή



Εικόνα 4.11 Φωτογραφική απεικόνιση της περιοχής του χάρτη 4 όπου διακρίνονται κατασκευές επί της παράκτιας ζώνης

Στο επόμενο τμήμα (Εικόνα 4.12) εμφανίζονται τόσο αμμώδεις όσο και βραχώδεις ακτές. Χαρακτηριστικό είναι η ύπαρξη του μεγαλύτερου εκ των κλάδων που εκβάλουν στην ακτογραμμή με αποτέλεσμα την καταγραφή μικρών τιμών προέλασης

στο βόρειο τμήμα της εκβολής. Ακόμα τιμές οπισθοχώρησης καταγράφονται στο νότιο τμήμα του χάρτη και στον μικρό αιγιαλό που σχηματίζεται στον ορεινό όγκο. Η ακτογραμμή στις βραχώδεις ακτές παραμένει αμετάβλητη.



Εικόνα 4.12 Χάρτης 5 ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής της περιοχής μελέτης

Στην Εικόνα 4.13 απεικονίζεται ο κύριος ποταμός που εκβάλει στην περιοχή μελέτης καθώς και τα τεχνικά έργα διευθέτησης της κοίτης του.



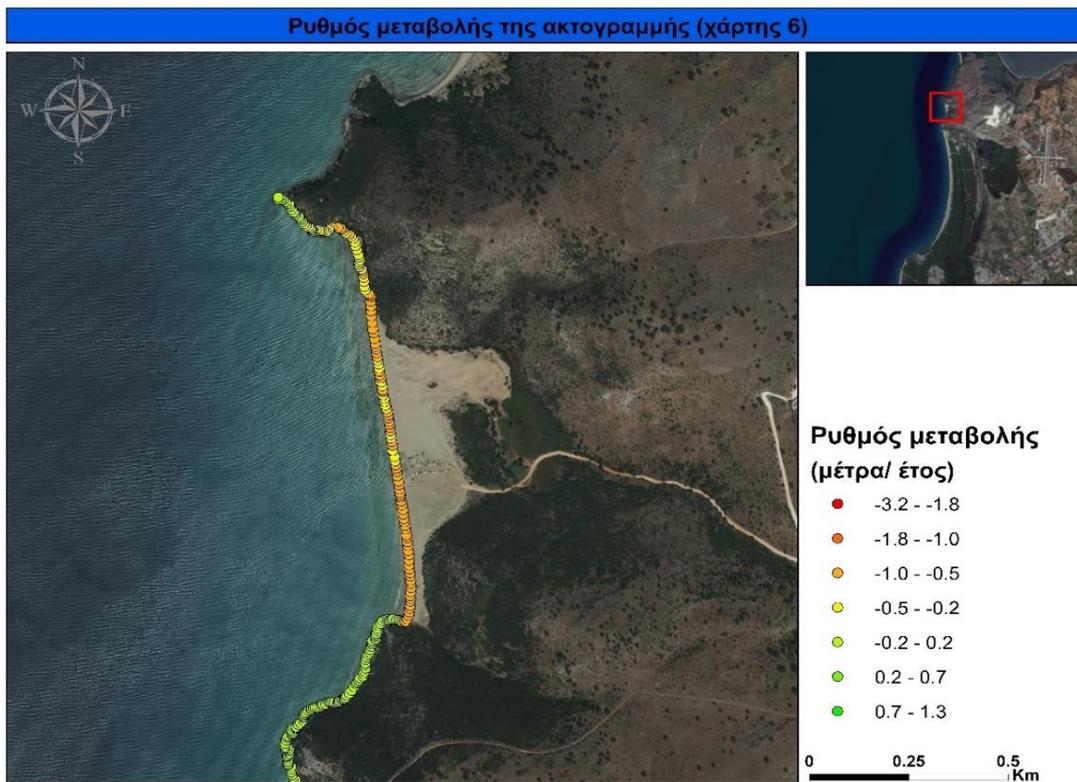
Εικόνα 4.13 Φωτογραφική απεικόνιση της περιοχής του χάρτη 5

Στην Εικόνα 4.14 απεικονίζονται οι βραχώδεις ακτές που βρίσκονται στο βόρειο τμήμα της περιοχής μελέτης καθώς και η μικρή αμμώδης παραλία στην οποία επίσης εμφανίζονται φαινόμενα οπισθοχώρησης της ακτογραμμής.



Εικόνα 4.14 Φωτογραφική απεικόνιση της βραχώδους περιοχής του χάρτη 5

Στο βορειότερο άκρο της περιοχής μελέτης όπου σχηματίζεται άλλη μία αμμώδης παραλία, καταγράφεται οπισθοχώρηση με ρυθμό $-0,5$ έως -1 μέτρα ανά έτος (Εικόνα 4.15)



Εικόνα 4.15 Χάρτης 6 ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής της περιοχής μελέτης

Η παραλία αυτή που βρίσκεται στο βόρειο άκρο της περιοχής μελέτης απεικονίζεται στην Εικόνα 4.16.

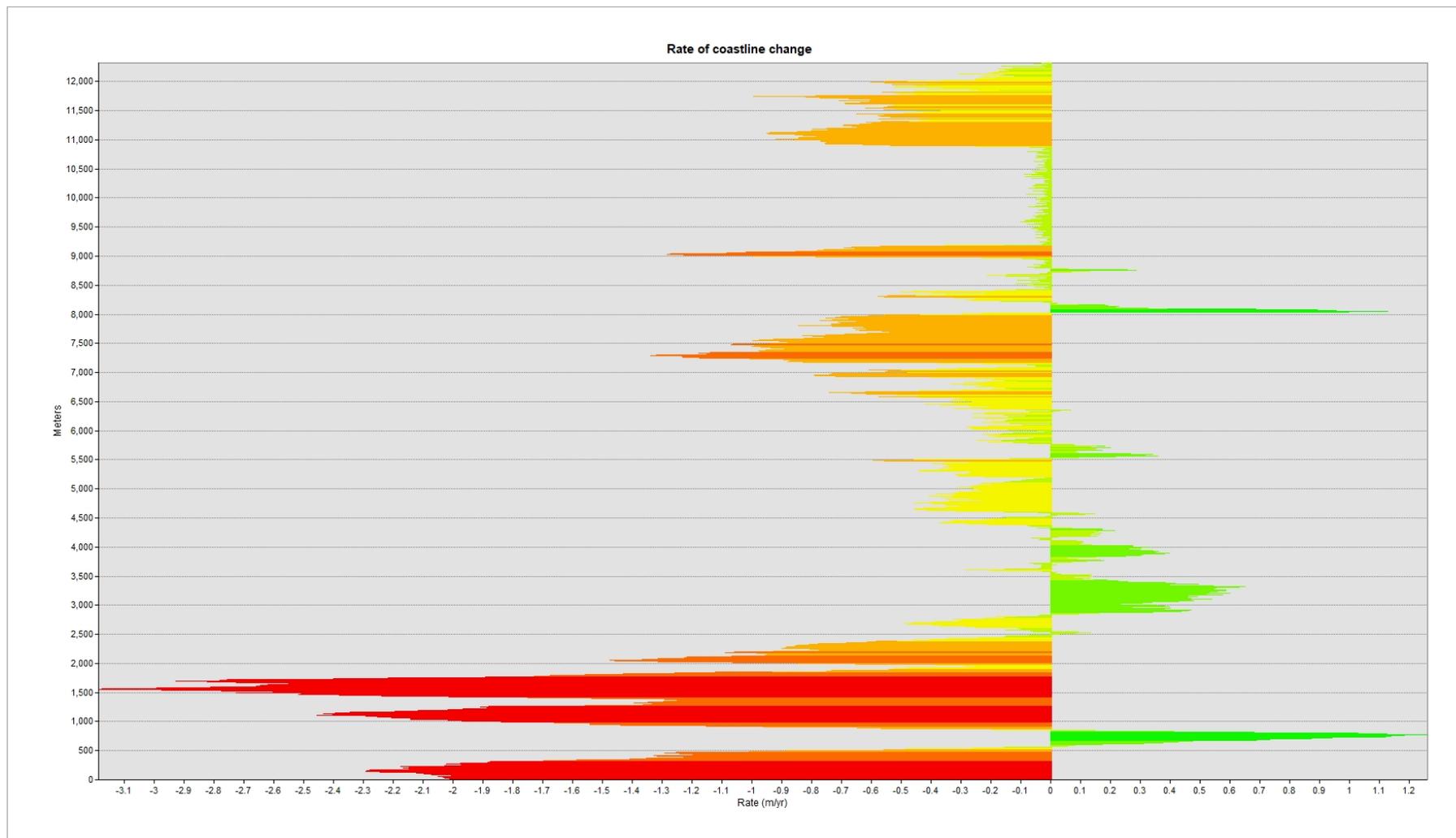


Εικόνα 4.16 Φωτογραφική απεικόνιση της αμμώδους παραλίας του χάρτη 6

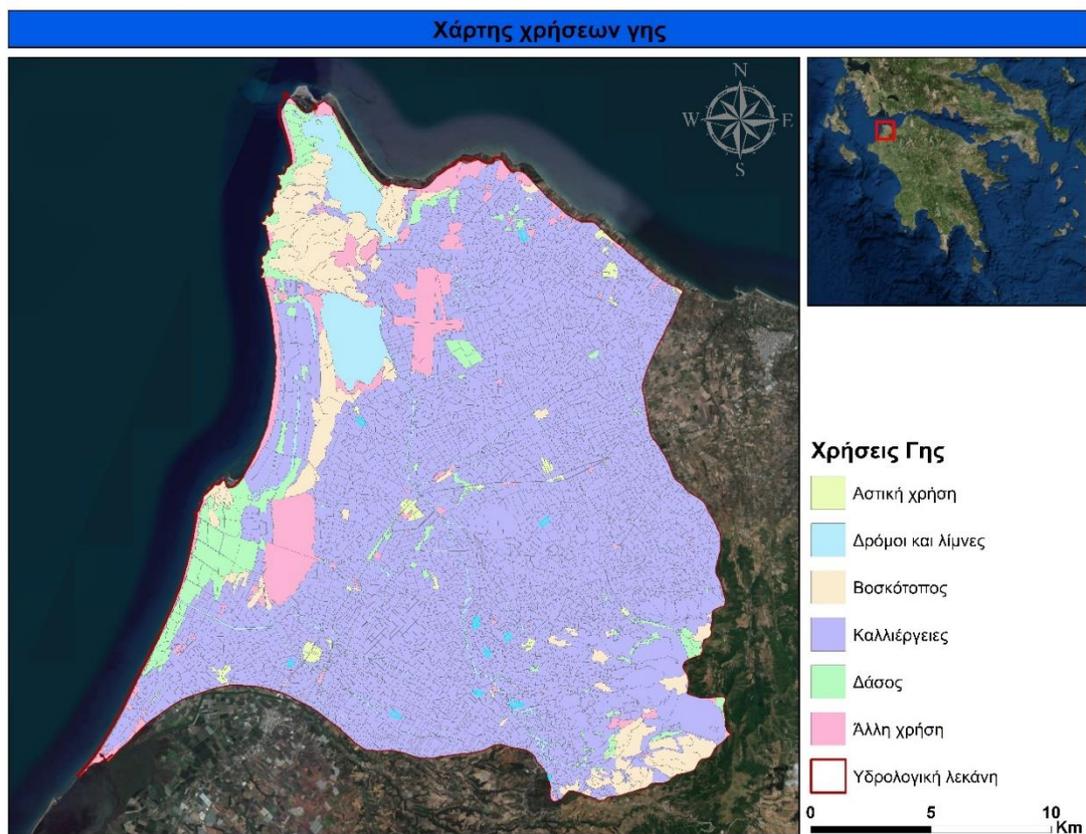
4.2 Συμπεράσματα

Από τη μελέτη των χαρτών που παρουσιάστηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο προκύπτει ως γενικό συμπέρασμα ότι επικρατεί κυρίως οπισθοχώρηση της ακτογραμμής. Το γεγονός αυτό είναι αποτέλεσμα της έλλειψης επαρκούς ιζήματος εμπλουτισμού της ακτογραμμής και των κυρίαρχων θαλάσσιων διεργασιών όπως ο κυματισμός και η παλίρροια που συμβάλουν καθοριστικά στη διάβρωση. Επίσης η περιορισμένη τροφοδοσία της ακτογραμμής σε φερτά υλικά από το υδρογραφικό δίκτυο είναι απόρροια των ανθρωπογενών παρεμβάσεων που συμβαίνουν στα ανάντη τμήματα των ποταμών που καταλήγουν στην θάλασσα. Ο ρυθμός της μεταβολής στο σύνολο της ακτογραμμής παρουσιάζεται στο διάγραμμα της εικόνας 4.17.

Όπως αποτυπώνεται στον χάρτη χρήσεων γης της περιοχής μελέτης (Εικόνα 4.18) και στον αντίστοιχο πίνακα (Πίνακας 4.1), το μεγαλύτερο ποσοστό των χρήσεων αφορά σε καλλιέργειες και βοσκοτόπια. Οι εν λόγω δραστηριότητες έχουν ως αποτέλεσμα την υπερκατανάλωση των υδάτινων πόρων της περιοχής η οποία οδηγεί σε μειωμένες ποσότητες φερτών υλικών που τροφοδοτούν την παράκτια περιοχή μέσω του υδρογραφικού δικτύου.



Εικόνα 4.17 Διάγραμμα στο οποίο απεικονίζεται ο ρυθμός μεταβολής της ακτογραμμής της περιοχής μελέτης



Εικόνα 4.18 Χάρτης στον οποίο απεικονίζονται οι χρήσεις γης της περιοχής μελέτης

Πίνακας 4.1 Κατανομή χρήσεων γης στην περιοχή μελέτης. Πηγή: ArcGIS

Χρήσεις γης	Έκταση (km ²)
Αστική χρήση	19,2
Δρόμοι και λίμνες	14,8
Βοσκότοπος	25,6
Καλλιέργειες	354,3
Δάσος	18,8
Άλλη χρήση	18,9
Συνολική έκταση :	451,6

Όπως αποτυπώνεται τόσο στην χαρτογραφική απεικόνιση της περιοχής και στο διάγραμμα ρυθμού μεταβολής της ακτογραμμής, όσο και στις φωτογραφίες της περιοχής, είναι χαρακτηριστικά τα σημεία όπου οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες επιδρούν στην ακτογραμμή. Επίσης, στις φωτογραφίες απεικονίζονται τα σημεία της ακτογραμμής όπου καταλήγουν κλάδοι του υδρογραφικού δικτύου οι οποίοι λόγω μειωμένης στερεοπαροχής δεν επιδρούν στο ισοζύγιο ιζήματος της παράκτιας ζώνης με τέτοιο ρυθμό που να μειώνει το φαινόμενο της διάβρωσης.

4.3 Προτάσεις μέτρων προστασίας κατά της διάβρωσης των ακτών

Για τον περιορισμό της παράκτιας διάβρωσης σε περιοχές που εμφανίζεται το φαινόμενο αυτό, όπως προκύπτει στη διεθνή βιβλιογραφία μπορούν να εφαρμοστούν είτε σκληρές (μηχανικές) λύσεις, είτε ήπιες λύσεις προστασίας.

Οι σκληρές λύσεις αποτελούν προσπάθειες σταθεροποίησης της ακτογραμμής με τεχνικές κατασκευές όπως:

➤ Βραχίονες ή πρόβολοι (groins)

Οι βραχίονες ή πρόβολοι είναι γραμμικές κατασκευές κάθετες στην ακτή. Συνήθως κατασκευάζονται πολλοί μαζί διαδοχικά κατά μήκος της ακτογραμμής (Εικόνα 4.19) και σκοπό έχουν τη συγκράτηση του ιζήματος και την ενίσχυση των αμμωδών ακτών (αιγιαλών). Κάθε βραχίονας είναι σχεδιασμένος για να δεσμεύει ένα μέρος της άμμου της παράκτιας κυκλοφορίας. Μια ποσότητα του ιζήματος αυτού συσσωρεύεται στην πλευρά που το παράκτιο ρεύμα συναντά τον βραχίονα δημιουργώντας έτσι έναν ανώμαλο αιγιαλό μεγαλύτερου όμως πλάτους. Έτσι, ο αιγιαλός που διαμορφώνεται με τον τρόπο αυτό, προστατεύει την ακτογραμμή από τη διάβρωση. Η κατασκευή όμως βραχίωνων και η αλληλεπίδρασή τους με το παράκτιο ρεύμα δημιουργεί αρκετά συχνά προβλήματα σε παρακείμενες περιοχές (Κουτίτας, 1998).



Εικόνα 4.19 Πρόβολοι (groins) που έχουν κατασκευαστεί για την προστασία του αμμόδους αιγιαλού της Poole Bay στην Αγγλία. Πηγή: www.en.wikipedia.org

- **Τοίχοι προστασίας από τη διάβρωση (seawalls)**
Τα τοίχοι προστασίας είναι κατασκευές παράλληλες προς την ακτογραμμή και κατασκευάζονται για να προστατέψουν κτίρια ή δρόμους από την καταστροφική δράση του κυματισμού και της διάβρωσης (Εικόνα 4.20). Η χρησιμότητα των τοίχων προστασίας αμφισβητείται, γιατί ο κατακόρυφος σχεδιασμός τους προκαλεί την ανάκλαση των κυμάτων καταγίδας με αποτέλεσμα να αλλάζει η διεύθυνση διάδοσης της κυματικής ενέργειας. Γενικότερα εκτιμάται ότι οι κατασκευές αυτές προκαλούν περισσότερα προβλήματα από εκείνα που προσπαθούν να λύσουν και είτε θα πρέπει να μην κατασκευάζονται ή να κατασκευάζονται σε συγκεκριμένες μόνο περιπτώσεις (Keller & Blodjett, 2006).



Εικόνα 4.20 Τοιχίο (seawall) προστασίας του δρόμου από τη θάλασσα διάβρωση από σκυρόδεμα στην California Η.Π.Α. Πηγή: www.coastalcare.org

- **Κυματοθραύστες (breakwaters)**
Οι κυματοθραύστες είναι γραμμικές κατασκευές από ογκόλιθους ή σκυρόδεμα παράλληλες προς την ακτογραμμή (Εικόνα 4.21). Δεν συνδέονται με την ακτή εκτός από περιπτώσεις με σκοπό την προστασία από τη δράση των κυμάτων περιορισμένων τμημάτων της που προορίζονται για τον ελλιμενισμό σκαφών. Κατασκευάζονται όμως και σαν έργα προστασίας των ακτών από τη διάβρωση (Κουτίτας, 1998).



Εικόνα 4.21 Κυματοθραύστης (breakwater) Μικρολίμανο-Αθήνα.

Πηγή: www.shutterstock.com

➤ Ζεύγη προβόλων (Jetties)

Τα ζεύγη προβόλων κατασκευάζονται κάθετα προς την ακτή στα στόμια των ποτάμιων εκβολών καθώς και στους φυσικούς ή τεχνητούς διάυλους μέσω των οποίων εξασφαλίζεται η επικοινωνία μεταξύ μιας λιμνοθάλασσας και του ωκεανού. Οι κατασκευές αυτές διακόπτουν την παράκτια κυκλοφορία των ιζημάτων προκαλώντας απόθεση και δια πλάτυνση της ακτής στην πλευρά που το παράκτιο ρεύμα συναντά τον πρόβολο και διάβρωση στην άλλη πλευρά (Καρύμπαλης, 2010).

Στις ήπιες μεθόδους ανήκει η τεχνητή τροφοδοσία της παραλίας με ίζημα (beach nourishment) (Εικόνα 4.22) που ουσιαστικά αποτελεί μια διαδικασία μίμησης των φυσικών διεργασιών.



Εικόνα 4.22 Τεχνητός εμπλουτισμός αιγιαλού (beach nourishment) με ίζημα σε παραλία της Florida, Η.Π.Α. Πηγή: www.martin.fl.us/beach-nourishment

Η τεχνητή τροφοδοσία του αιγιαλού με ίζημα (beach nourishment), είναι μια μέθοδος εναλλακτική των τεχνητών κατασκευών που έχει σκοπό τη μείωση των ρυθμών υποχώρησης της ακτογραμμής. Στην πιο απλή της μορφή η τεχνητή τροφοδοσία περιλαμβάνει την τοποθέτηση άμμου στους αιγιαλούς με σκοπό ένα θετικό ισοζύγιο ίζημάτων.

Κατά την επιλογή των έργων στην εκάστοτε περίπτωση, αλλά και κατά τον σχεδιασμό και την υλοποίησή τους απαιτείται να ληφθούν υπόψη οι δυνάμεις-πιέσεις που ασκούνται από τις φυσικές διεργασίες στα στοιχεία των παράκτιων αυτών τεχνικών κατασκευών.

Γενικότερα, για τον περιορισμό της διάβρωσης στην ακτογραμμή της περιοχής μελέτης επωφελής θα θεωρούταν η εφαρμογή μιας ήπιας λύσης με οφέλη στην διατήρηση του φυσικού κάλους και στην ελάχιστη δυνατή αλλοίωση του φυσικού περιβάλλοντος.

Βιβλιογραφία

Ξένη Βιβλιογραφία

- Alcantara-Carrio, J., 2014. Geomorphological Coastal Classifications after Natural Processes and Human Disturbance. *Oceanogr. Open Access* 02, 3–4. doi:10.4172/2332-2632.1000e108.
- Anderson, T.R., Frazer, L.N., 2014. Toward Parsimony in Shoreline Change Prediction (III): B-Splines and Noise Handling. *J. Coast. Res.* 296, 729–742. doi:10.2112/JCOASTRES-D-13-00032.1.
- Anderson, T.R., Frazer, L.N., Fletcher, C.H., 2015. Long-Term Shoreline Change at Kailua, Hawaii, Using Regularized Single Transect. *J. Coast. Res.* 300, 464–476. doi:10.2112/JCOASTRES-D-13-00202.1.
- Appeaning-Addo, K., Lamptey, E., 2013. Innovative Technique of Predicting Shoreline Change in Developing Countries: Case of Accra Erosion and Causal Factors, in: Finkl, C.W. (Ed.), *Coastal Hazards*. Springer Netherlands, Dordrecht, pp. 367–402.
- Bascom, W.H., 1951. The relationship between sand size and beach slope. *Trans. Am. Geoph. Un.*, 32, 866-74.
- Bird, E., 2008. *Coastal geomorphology: an introduction*, 2. ed. ed, Geostudies. John Wiley, Chichester.
- Carter, R. W. G., 1986. The morphodynamics of beach ridge formation; Magilligan, Northern Ireland. *Marine Geology*, 73, 191-214.
- Carter, R.W.G., Woodroffe, C.D., 1994. *Coastal Evolution: Late Quaternary Shoreline Morphodynamics*. Cambridge University Press.
- Conscience, 2007. *Concepts and Science for Coastal Erosion Management*. European Commission.
- CoPraNet, 2004. *Coastal Practice Network (Newsletter No. 2)*.
- Del Río, L., Gracia, F.J., Benavente, J., 2013. Shoreline change patterns in sandy coasts. A case study in SW Spain. *Geomorphology* 196, 252–266.
- Dolan, R., Fenster, M.S., Holme, S.J., 1991. Temporal analysis of shoreline recession and accretion. *J. Coast. Res.* 7, 723–744.
- E.A. Himmelstoss, 2009. DSAS 4.0 Installation Instructions and User Guide, in: In: Thieler, E.R., Himmelstoss, E.A., Zichichi, J.L., and Ergul, Ayhan. 2009 *Digital*

Shoreline Analysis System (DSAS) Version 4.0 — An ArcGIS Extension for Calculating Shoreline Change: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278.

- European Commission, 2004. Living with coastal erosion in Europe, sentiment and space for sustainability. Results from the EUROSION study. Ed. P. Doody, M. Ferreira, S. Lombardo, I. Lucius, R. Misdorp, H. Niesing, A. Salman, M. Smallegange.
- EuroSION, 2004a. Living with coastal erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability. A guide to coastal erosion management practices in Europe, Brussels. Directorate General Environment. ed, Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος - UNEP. European Commission.
- EuroSION, 2004b. Living with coastal erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability. Part I - Major findings and Policy Recommendations of the EUROSION project, Brussels. Directorate General Environment. ed, Ευρωπαϊκός Οργανισμός Περιβάλλοντος - UNEP. European Commission.
- Fairbridge, R.W., 2004. Classification of Coasts. *J. Coast. Res.* 20, 155–165. doi:10.2112/1551-5036(2004)20[155:COC]2.0.CO;2.
- Galgano, F., Leatherman, S., 2005. Modes and Patterns of Shoreline Change, in: Schwartz, M. (Ed.), *Encyclopedia of Coastal Science*, Encyclopedia of Earth Science Series. Springer Netherlands, pp. 651–656.
- Kapsimalis, V., Poulos, S.E., Karageorgis, A.P., Pavlakis, P., Collins, M., 2005. Recent evolution of a Mediterranean deltaic coastal zone: human impacts on the Inner Thermaikos Gulf, NW Aegean Sea. *J. Geol. Soc.* 162, 897–908. doi:10.1144/0016-764904-018.
- Keller, A. and Blodgett, R., 2006. *Natural Hazards, Earth's Processes as Hazards, Disasters and Catastrophes* Pearson Prentice Hall, 395 pp.
- Li, R., Di, K., Ma, R., 2001. A Comparative Study of Shoreline Mapping Techniques. Presented at the 4th International Symposium on Computer Mapping and GIS for Coastal Zone Management, Halifax, Nova Scotia, Canada.
- Li, R., Ma, R., Di, K., 2002. Digital tide-coordinated shoreline. *Mar. Geod.* 25, 27–36.
- Llasat, M.C., Llasat-Botija, M., Prat, M. a., Porcú, F., Price, C., Mugnai, a., Lagouvardos, K., Kotroni, V., Katsanos, D., Michaelides, S., Yair, Y., Savvidou, K., Nicolaidis, K., 2010. High-impact floods and flash floods in Mediterranean countries: the FLASH preliminary database. *Adv. Geosci.* 23, 47–55. doi:10.5194/adgeo-23-47-2010.

- Loizidou, X., Iacovou, N., 1999. Anthropogenic coastal erosion and shoreline management in Cyprus, in: MEDCOAST 99 – EMECS 99 Joint Conference: Land-Ocean Interactions – Managing Coastal Ecosystems. Ankara, Turkey, pp. 1501–1509.
- Mertzanis, A., Marabini, F., Angeli, M., Galvani, A., Gasparetto, P., Portoni, F., Mertzanis, K., 2012. Coastal erosion phenomena and the coastal zone management: The cases of the marche region (N.E. Italy) and Western Peloponnisos (W. Greece), in: International Conference “Protection and Restoration of the Environment XI.” Presented at the Protection and restoration of coastal zone and open sea waters, Thessaloniki, Greece, pp. 835–842.
- Milligan, D.A., O’Brien, K.P., Wilcox, C., Hardaway Jr, C.S., 2010a. Shoreline Evolution: Gloucester County, Virginia York River, Mobjack Bay, and Piankatank River Shorelines. Data Summ. Rep. Va. Inst. Mar. Sci. Coll. William Mary Glos. Point Va.
- Ozhan, E., 2002. Coastal erosion management in the Mediterranean: an overview, in: Priority Action Programme: Regional Activity Centre (PAP/RAC). UNEP/MAP, Ankara/Split.
- Poulos, S., Chronis, G., 2001. Coastline changes in relation to longshore sediment transport and human impact, along the shoreline of Kato Achaia (NW Peloponnese, Greece). *Mediterr. Mar. Sci.* 2/1, 5–13.
- Poulos, S., Kapsimalis, V., Tziavos, C., Paramana, T., 2008. Origin and distribution of surface sediments and human impacts on recent sedimentary processes. The case of the Amvrakikos Gulf (NE Ionian Sea). *Cont. Shelf Res.* 28, 2736–2745. doi:10.1016/j.csr.2008.09.014.
- Reading, H.G. and Collinson J.D., 1996. Clastic coasts. In: H.G. Reading (ed.): *Sedimentary Environments: Processes, Facies and Stratigraphy*, 157-231. 3rd edition, Blackwell Science, Oxford.
- Shepard, F. P., 1963. *Submarine Geology*. 3rd edition, Harper and Row, New York, 557 pp.
- Soomere, T., 2005. Fast Ferry Traffic as a Qualitatively New Forcing Factor of Environmental Processes in Non-Tidal Sea Areas: A Case Study in Tallinn Bay, Baltic Sea. *Environ. Fluid Mech.* 5, 293–323. doi:10.1007/s10652-005-5226-1.

- Soukisian T., Hatzinaki M., Korres G., Papadopoulos A., Kallos G. Anadranistakis E., (2007). Wave and wind Atlas of the Hellenic Seas, Hellenic Centre for Marine Research Publ., 300pp.
- Srivastava, A., 2005. A least-squares approach to improved shoreline modeling (Master's thesis).
- Stapor, F. W., 1975. Holocene beach ridge plain development, Northwest Florida, Zeitschrift fur Geomorphologie, Suppl., 22, 116-141.
- Thurman, H.V., 1983. Essentials of oceanography.
- Tsimplis, M., N, 1994. Tidal Oscillations in the Aegean and Ionian Seas, Estuarine Coastal and Shelf Science 39(2):201-208, DOI: 10.1006/ecss.1994.1058.
- U.S. Congress, 1972. Coastal Zone Management Act of 1972.pdf.

Ελληνική Βιβλιογραφία

- Βελεγράκης, Α.Φ., 2008, Διάβρωση ελληνικών παραλιών. Στο: Η. Ευθυμιόπουλος και Μ. Μοδινός (επιμ.): Το Θαλάσσιο Περιβάλλον, 155-167. Διεπιστημονικό Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Ερευνών, Ελληνικά Γράμματα. Αθήνα.
- Δημοπούλου, Ε., Αβαγιανού, Θ., Ζεντέλης, Π., 2005. Συγκρότηση Γεωγραφικού Συστήματος Πληροφοριών για τη διαχείριση Παράκτιων Ζωνών. Presented at the 5^ο Διεπιστημονικό Διαπανεπιστημιακό Συνέδριο ΕΜΠ «Παιδεία, Έρευνα, Τεχνολογία. Από το χθες στο αύριο», Μέτσοβο.
- Δουκάκης, Ε., 2006. Εκτίμηση των επιπτώσεων της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης και των κυματικών καταγίδων στην Ελληνική παράκτια ζώνη. Presented at the 8^ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας, Θεσσαλονίκη, pp. 171–174.
- Δουκάκης, Ε., 2007a. Μέθοδοι προσδιορισμού του ρυθμού μεταβολής των ακτογραμμών (Σημειώσεις). ΕΜΠ, Διατμηματικό - Διεπιστημονικό ΠΜΣ “Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων”.
- Δουκάκης, Ε., 2007b. Φυσικές καταστροφές και παράκτια ζώνη. Presented at the Πρόληψη – Διαχείριση των φυσικών καταστροφών. Ο ρόλος του Αγρονόμου Τοπογράφου Μηχανικού Τοπογράφου Μηχανικού | Ημερίδα, ΤΕΕ, ΠΣΔΑΤΜ, ΕΜΠ – Κέντρο Εκτίμησης Φυσικών Κινδύνων και Προληπτικού Σχεδιασμού, Αθήνα.
- Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία. Κλιματικά Δεδομένα για επιλεγμένους σταθμούς στην Ελλάδα. Μετεωρολογικός Σταθμός Αράξου

- Επιτροπή Μελέτης των Επιπτώσεων της Κλιματικής Αλλαγής, 2011. Οι περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα. Τράπεζα Της Ελλάδος.
- Ε.Π.Χ.Σ.Α.Α. Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης.
- Καρύμπαλης, Ε., 2010. Παράκτια γεωμορφολογία, Εκδόσεις Ίων, 25-27, 121-122, 134-138, 199-209.
- Κουτίτας, Χ., 1998. Εισαγωγή στην παράκτια τεχνική και τα λιμενικά έργα. Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη, 182 pp.
- Μιχαήλογλου, Α., 2011. Χωρικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις της παράκτιας διάβρωσης: Η περίπτωση του Ν.Δωδεκανήσου. ΠΜΣ Προστασία Περιβάλλοντος Και Βιώσιμη Ανάπτυξη. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης.
- Νομοθετικό Διάταγμα 191/1974, Σύμβαση Ραμσάρ Ν.Δ.191/74, Ν.1751/88 & Ν.1950/91 (ΦΕΚ 350/Α/74, 26/Α/88 & 84/Α/91).
- Νόμος 2971/2001, ΦΕΚ 285/τ.Α/19-12-2001.
- Ν. Τσιμενίδης, 2000. Θαλάσσια Βιολογία (Σημειώσεις). Πανεπιστήμιο Κρήτης.
- Παναγιωτίδης, Π., Χατζημπίρος, Κ., 2004. Παράκτια οικοσυστήματα και ανθρωπογενείς πιέσεις στις ακτές - Παραδείγματα από την Ελλάδα. ΕΛΚΕΘΕ.
- Πετρέλης, Ν., 2012. Διερεύνηση των μοντέλων εκτίμησης της μετακίνησης της ακτογραμμής (Διδακτορική Διατριβή). Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο (ΕΜΠ), Αθήνα.

Διαδικτυακές πηγές

- Φορέας Διαχείρισης «Υγρότοποι Κοτυχίου-Στροφυλιάς».
<https://strophylianationalpark.gr>
- www.tripinview.com