ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

Τμήμα Γεωγραφίας

Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών

«Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση του Χώρου»

Κατεύθυνση: Γεωπληροφορική

Εξεταστική Επιτροπή:

Κ. Γάκη Παπαναστασίου, Ι. Παρχαρίδης, Ε. Καρύμπαλης

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΗ ΤΗΣ ΓΕΩΠΛΗΡΟΦΟΡΙΚΗΣ

Διπλωματική εργασία του Χαλκιά Γιώργου

Αθήνα, Μάρτιος 2012

Η σελίδα σκόπιμα παραμένει λευκή

Περιεχόμενα

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα διπλωματική εργασία με τίτλο *«Ανάπτυξη Συστήματος Υπολογισμού Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας με τη χρήση της Γεωπληροφορικής»* μου ανετέθη από τον επίκουρο καθηγητή του Χαροκόπειου Πανεπιστημίου κ. Ευθύμιο Καρύμπαλη, τον Οκτώβρη του 2011.

Έναυσμα για την επιλογή του θέματος αποτέλεσε η προηγούμενη ενασχόλησή μου με το συγκεκριμένο αντικείμενο στα πλαίσια του μαθήματος «Φυσικές Καταστροφές στην Παράκτια Ζώνη» και ειδικότερα με την εκτίμηση τρωτότητας της ακτογραμμής της Βόρειας Πελοποννήσου στον Κορινθιακό κόλπο.

Σαν περιοχή ενδιαφέροντος επιλέχθηκε η νήσος Σαλαμίνα λόγω της ύπαρξης έντονης ανθρώπινης δραστηριότητας και ανθρωπογενών επεμβάσεων σε όλο το μήκος της παράκτιας ζώνης, που οφείλεται κατά κύριο λόγο στη γειτνίαση με την ευρύτερη περιοχή της πρωτεύουσας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Ευθύμιο Καρύμπαλη, για τις επισημάνσεις και διορθώσεις του σε θέματα Παράκτιας Γεωμορφολογίας την προμήθεια των χαρτών από τη Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Γ.Υ.Σ) και το Ινστιτούτο Γεωτεχνικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.) και την επιμέλεια της εργασίας. Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην κα Λένα Γρηγοροπούλου από την Κτηματολόγιο ΑΕ, με τη βοήθεια της οποίας εξασφαλίστηκε η προμήθεια των πρωτογενών δεδομένων για την περιοχή ενδιαφέροντος (Ορθοφωτογραφίες των ετών 1945 και 1998, Υψομετρικές καμπύλες, Υψομετρικά σημεία).
Τέλος θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στα μέλη της εξεταστικής επιτροπής κα Κ. Γάκη Παπαναστασίου και κο Ι. Παρχαρίδη για τις πολύτιμες επισημάνσεις και παρατηρήσεις τους κατά τη διάρκεια της παρουσίασης της εργασίας.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πρόσφατη ευστατική άνοδος της θαλάσσιας στάθμης που παρατηρείται στις μέρες μας (18 - 59 εκ. έως το έτος 2100) αποτελεί ένα σημαντικό παγκόσμιο πρόβλημα το οποίο απασχολεί εδώ και δεκαετίες την επιστημονική κοινότητα με πλήθος μελετών σε διάφορους τομείς της επιστημονικής έρευνας. Άμεσο αποτέλεσμα της ανόδου αυτής, είναι η αύξηση σε παγκόσμια κλίμακα της τρωτότητας των παράκτιων περιοχών που επηρεάζονται άμεσα από τις θαλάσσιες διεργασίες.

Γίνεται λοιπόν ολοένα και πιο επιτακτική η ανάγκη πρόβλεψης των επιπτώσεων του ευστατισμού στην παράκτια ζώνη και προστασίας της. Μια ευρέως αποδεκτή μέθοδος για τη σύνθεση των δεδομένων, διερεύνηση της σημαντικότητάς τους και εξαγωγή μετρήσιμων ποσοτικών αποτελεσμάτων που αφορούν στην παράκτια γεωμορφολογία είναι τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών – Σ.Γ.Π. (Geographic Information Systems – GIS).

Σκοπός της συγκεκριμένης εργασίας είναι η εκτίμηση τρωτότητας στην αναμενόμενη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης της ακτογραμμής της νήσου Σαλαμίνας χρησιμοποιώντας μια τροποποιημένη μορφή του *Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας (Coastal Vulnerability Index, CVI)* και αξιοποιώντας τις δυνατότητες των Σ Γ.Π. Για το σκοπό αυτό δημιουργήθηκε μια ψηφιακή βάση δεδομένων για τις φυσικές μεταβλητές της *γεωλογίας*, της *γεωμορφολογίας*, της *παράκτιας κλίσης*, του *μέσου σημαντικού ύψους κύματος*, του *μέσου παλιρροιακού εύρους*, του *ρυθμού προέλασης ή υποχώρησης της ακτογραμμής* και του ρυθμού *ανόδου της θαλάσσιας στάθμης*. Σε κάθε μεταβλητή αποδόθηκαν τιμές ανάλογα με το δυνητικό μέγεθος της συνεισφοράς της στις παράκτιες φυσικές μεταβολές που ακολουθούν την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. Για κάθε τμήμα της ακτογραμμής αποδόθηκε ο σχετικός βαθμός τρωτότητας ανάλογα με τις παρατηρούμενες τιμές και ο τελικός δείκτης CVI υπολογίστηκε ως η τετραγωνική ρίζα του γεωμετρικού μέσου.

Τα παραγόμενα αξιοποιήθηκαν για την παραγωγή του χάρτη τρωτότητας για την ακτογραμμή της νήσου. Σύμφωνα με το χάρτη, για ένα συνολικό μήκος ακτογραμμής 131.37 Km, ένα μήκος 21.36 Km χαρακτηρίζεται ως υψηλής ή πολύ υψηλής τρωτότητας. Στις περιοχές πίσω από τις ακτογραμμές υψηλής ή πολύ υψηλής τρωτότητας, μια συνολική έκταση 1,33 Km^2, με χρήσεις κυρίως συνεχόμενη ή διακεκομμένη αστική δόμηση και καλλιέργειες με αυξημένη κοινωνικοοικονομική

σημασία, επηρεάζεται άμεσα από μια μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης κατά 1 μέτρο.

Λέξεις Κλειδιά: *Δείκτης Παράκτιας Τρωτότητας, Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών, Παράκτια Γεωμορφολογία, Κλιματική αλλαγή, Σαλαμίνα.*

ABSTRACT

The eustatic sea level rise recorded in the past decades has been a key concern for the scientific community worldwide addressed in a large number of studies in various fields of scientific research. It is due to this natural phenomenon that the vulnerability of coastal areas at global level constantly increases, as these areas are the ones directly and strongly affected by sea processes. Thus, predicting the effects of eustatism on the coastal zone and taking the necessary steps to protect the vulnerable sections of coasts has become a priority. A widely acceptable method for the composition of data, determination of their significance and for recording measurable quantity results with regard to coastal geomorphology are the Geographic Information Systems – GIS.

The purpose of this study is to assess the potential impacts and vulnerability to the anticipated sea level rise on Salamina island by applying a modified form of the Coastal Vulnerability Index (CVI) and utilizing GIS technology. To this effect, a digital database has been developed incorporating the following physical variables: *geology, geomorphology, coastal slope, relative sea level rise rate, mean wave height, mean tidal range, shoreline erosion or accretion rate and relative sea level rise rate*. A relative risk value is assigned to each variable based on the potential extend of its contribution to physical changes on the coast as sea level rises. Coastline sections have been ranked on the basis of their vulnerability, according to the rates recorded and the final CVI index has been calculated as the square root of the geometric mean.

The findings have been incorporated in the vulnerability map of the island coastline. According to the map, for a total coastline length of 131.37 km, 21.36 km are considered to be of high or very high vulnerability. In the neighboring areas of such coastlines a total land of 1,33 square km, comprising continuous or discontinuous urban fabric and agricultural areas of high socio-economic value, is directly influenced by sea level rise by 1 meter.

Keywords: *Coastal Vulnerability Index, Geographic Information Systems, Coastal Geomorphology, Climate change, Salamina island.*

ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Κύριος στόχος της εργασίας αποτελεί η εκτίμηση της παράκτιας τρωτότητας ως προς την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης της νήσου Σαλαμίνας, με την εφαρμογή μεθοδολογιών που έχουν ως αφετηρία τα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών.
Η εκτίμηση πραγματοποιήθηκε με τον υπολογισμό του δείκτη παράκτιας τρωτότητας που εμπλέκει επτά μεταβλητές άμεσα σχετιζόμενες με τα φυσικό – γεωγραφικά χαρακτηριστικά της ακτογραμμής και τις φυσικές διεργασίες.

Αρχικά λοιπόν αναζητήθηκαν στη διεθνή βιβλιογραφία οι διάφορες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση του φαινομένου, έγινε αξιολόγηση τους κυρίως με βάση τα διαθέσιμα δεδομένα και τις ιδιαιτερότητες του Ελλαδικού χώρου και επιλογή εκείνης της μεθοδολογίας που εξασφαλίζει την καλύτερη δυνατή ποσοτικοποίηση της παράκτιας τρωτότητας. Επιπρόσθετα, καθορίστηκαν με βάση τη διεθνή βιβλιογραφία οι έννοιες της τρωτότητας, επικινδυνότητας και του κινδύνου, προκειμένου να οριστεί με τη μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια το πλαίσιο της συγκεκριμένης εργασίας.

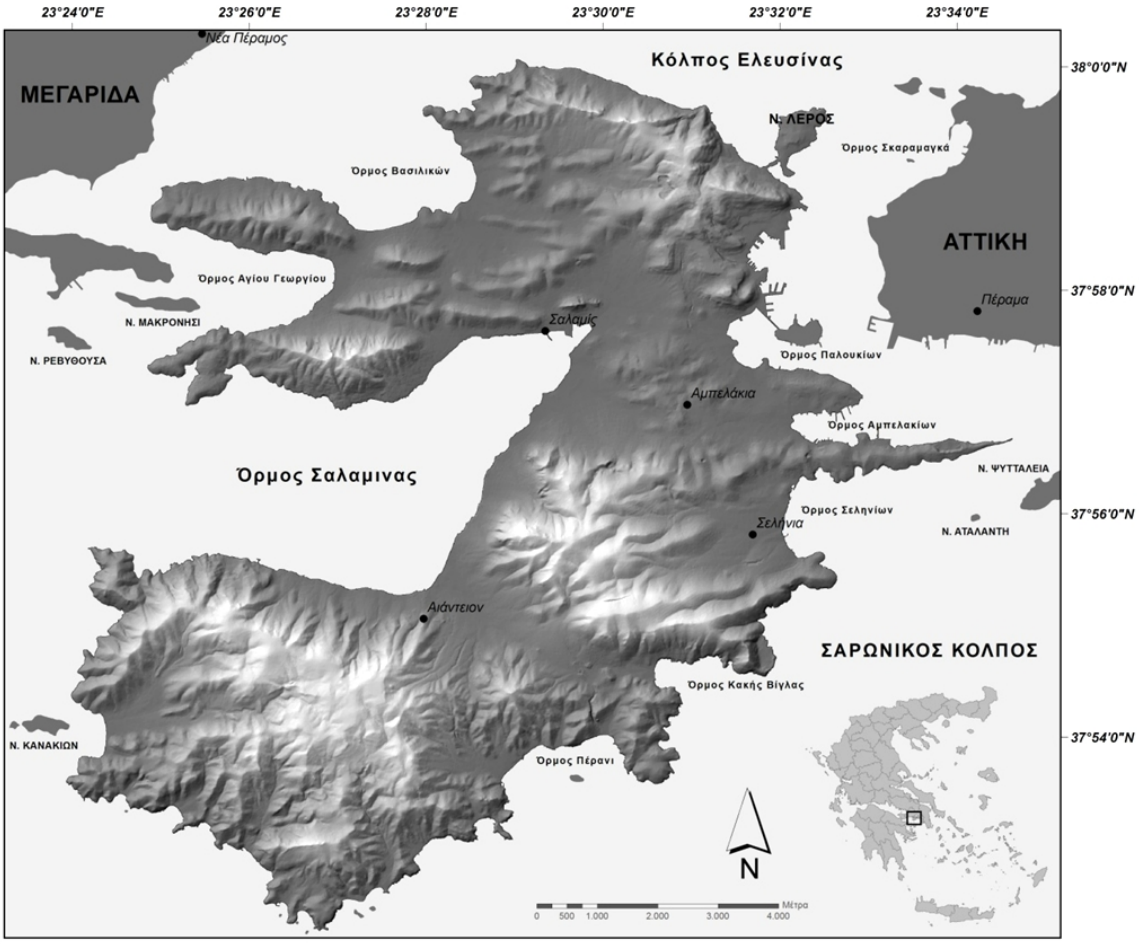
Στη συνέχεια έγινε συλλογή των δεδομένων εκείνων που αφορούν στους παράγοντες επιρροής του φαινομένου, αξιολόγηση και επεξεργασία τους στα πλαίσια των Γ.Σ.Π., προκειμένου να χρησιμοποιηθούν για την εξαγωγή του δείκτη παράκτιας τρωτότητας

Τέλος έγινε σύνθεση του δείκτη, ο εντοπισμός των επικίνδυνων περιοχών και η εξαγωγή ποσοτικών και ποιοτικών συμπερασμάτων.

ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ

Η περιοχή ενδιαφέροντος είναι η νήσος Σαλαμίνα, γνωστή από την αρχαιότητα και ως Κούλουρη, ονομασία που προέρχεται από το ακρωτήριο *Κόλουρις άκρα* (σήμερα Πούντα), στο οποίο ήταν κτισμένη η αρχαία πόλη και το λιμάνι του 4^{ου} αιώνα π.χ.

Πρόκειται για το μεγαλύτερο νησί του Σαρωνικού και το πιο κοντινό στις ακτές της Αττικής. Βρίσκεται ΒΔ του Σαρωνικού κόλπου και έναντι του κόλπου της Ελευσίνας (νοτιοδυτικά του νομού Αττικής). Οριοθετείται μεταξύ των Β. παράλληλων 37^0 50’ και 38^0 05’ και των Α. μεσημβρινών 23^0 20’ και 23^0 35’. Απέχει Ανατολικά από το Πέραμα 1200 μέτρα (στενό του Πειραιά) και Βορειοδυτικά από τις ακτές της Μεγαρίδας 500 μέτρα (στενό της Πάχης).



Εικόνα 1. *Γεωγραφική θέση της περιοχής ενδιαφέροντος*

Έχει έκταση 93,5 τ. χλμ. μήκος ακτών 104 χλμ. και η υψηλότερη κορυφή της είναι το Μαυροβούνι με ύψος 375 μέτρα. Άλλοι χαρακτηριστικοί ορεινοί όγκοι είναι εκείνοι του Ακάμαντα (347 μ.) του Μπατσί (240 μ.), του Ρέστη (240 μ.), της Κόχης (276), της Βίγλας (366), του Προφήτη Ηλία (235) και του Αράπη (212 μ.).

Ο καταγεγραμμένος πληθυσμός της νήσου ανέρχεται σε 37.091 κατοίκους (απογραφή 2001). Από το 1998 έχει δυο δήμους: το δήμο Σαλαμίνας (29.607 κάτοικοι) και το

δήμο Αμπελακίων (7.484 κάτοικοι). Διοικητικά υπάγεται στο νομό Αττικής και στη Νομαρχία Πειραιά.

ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Έχοντας υπ' όψη την ανάγκη επισκόπησης και αξιολόγησης των μεθοδολογιών και εννοιών που αναφέρονται στη βιβλιογραφία, έγινε προσπάθεια αναφοράς τους σε ξεχωριστές ενότητες στα πρώτα κεφάλαια της εργασίας. Στα επόμενα κεφάλαια της εργασίας παρουσιάζονται η χρησιμοποιούμενη μεθοδολογία τα αποτελέσματα εφαρμογής της και τα τελικά παραγόμενα προϊόντα.

Γενικά τα πρώτα δυο κεφάλαια περιλαμβάνουν το θεωρητικό μέρος της εργασίας που αναφέρεται στις έννοιες φυσικές καταστροφές, τρωτότητα, επικινδυνότητα και κίνδυνος. Επιπλέον γίνεται βιβλιογραφική επισκόπηση των χρησιμοποιούμενων διεθνώς μεθοδολογιών και εργαλείων για την αξιολόγηση της παράκτιας τρωτότητας - επικινδυνότητας έναντι της κλιματικής αλλαγής.

Στο τρίτο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι εκτιμήσεις των επιπτώσεων στις παράκτιες περιοχές από την αναμενόμενη αύξηση της θαλάσσιας στάθμης και αναλύεται διεξοδικότερα ο δείκτης παράκτιας τρωτότητας.

Στη συνέχεια εξετάζεται η μεθοδολογία επεξεργασίας των πρωτογενών ψηφιακών δεδομένων και γίνεται αναφορά στα Συστήματα Γεωγραφικών Πληροφοριών και στον τρόπο εφαρμογής τους στη διαχείριση της παράκτιας ζώνης.

Στα επόμενα κεφάλαια αναφέρονται ξεχωριστά οι παράγοντες επιρροής στο δείκτη παράκτιας τρωτότητας και παρουσιάζονται οι επεξεργασίες και αναλύσεις για κάθε ένα από αυτούς. Επίσης παρουσιάζεται η μεθοδολογία καθορισμού των χρήσεων γης που έχει επιλεγεί και που είναι απαραίτητη για την εξαγωγή των ποιοτικών και ποσοτικών στοιχείων που αφορούν στην τρωτότητα της παράκτιας ζώνης στην αναμενόμενη αύξηση της θαλάσσιας στάθμης.

Στο όγδοο κεφάλαιο παρουσιάζεται η τροποποίηση του δείκτη παράκτιας τρωτότητας που προτείνεται, η ανάλυση και βαθμονόμηση των χρησιμοποιούμενων μεταβλητών και τα αποτελέσματα υπολογισμού. Επίσης γίνεται εκτίμηση των εξεταζόμενων

φυσικών επικινδυνοτήτων και εξαγωγή των ποσοτικών και ποιοτικών στοιχείων που σχετίζονται με αυτές.

Τέλος, στα τελευταίο κεφάλαιο παρουσιάζονται τα συμπεράσματα που προέκυψαν μετά την ολοκλήρωση της εργασίας και γίνεται μια συζήτηση για τον τρόπο διαχείρισης της παράκτιας ζώνης και τους περιορισμούς που παρουσιάζονται για την επιτυχή ολοκλήρωσή της στον Ελλαδικό χώρο.

Όλοι οι παραγόμενοι χάρτες, οι εικόνες καθώς και γενικά μεθοδολογικά στοιχεία και βιβλιογραφικές αναφορές παρουσιάζονται σε ιδιαίτερα παραρτήματα στο τέλος της εργασίας ή όπου κρίνεται απαραίτητο μέρος τους ενσωματώνεται στη ροή του κειμένου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΕΣ

1.1 Ορισμοί

Με τον όρο Φυσική Καταστροφή εννοούμε τη στιγμιαία ή τη μεγάλης διάρκειας αλληλεπίδραση του φυσικού περιβάλλοντος με το κοινωνικοοικονομικό σύστημα μιας περιοχής. Οι επιπτώσεις αυτής της αλληλεπίδρασής εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από το πολιτισμικό επίπεδο των πληττόμενων κοινωνιών, το βαθμό ετοιμότητας τους και από το μέγεθος της ίδιας της φυσικής καταστροφής.

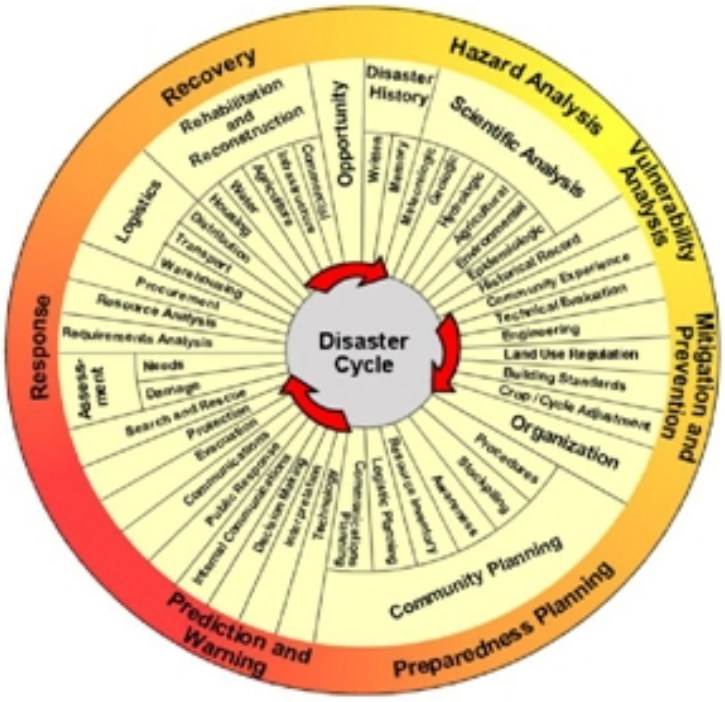
Ένας διεθνώς αποδεκτός όρος που χρησιμοποιείται στη μελέτη των φυσικών καταστροφών είναι ο αγγλικός όρος *Hazard* που αναφέρεται σε κάθε φυσικό ή ανθρωπογενές γεγονός ή διεργασία, που ενέχει μικρή ή μεγάλη πιθανότητα να προκαλέσει βλάβη ή καταστροφή. Η ελληνική απόδοση του όρου είναι *Κίνδυνος* και αναφέρεται μόνο στην πιθανότητα εμφάνισης του γεγονότος και όχι στα πιθανά αποτελέσματά του.

Για το σκοπό αυτό (τον καθορισμό δηλαδή των αναμενόμενων αρνητικών συνεπειών ενός γεγονότος η μιας διεργασίας σε μια περιοχή) χρησιμοποιείται ο όρος *Risk* που αποδίδεται στα ελληνικά ως *Επικινδυνότητα.*

Επιπρόσθετα, χρησιμοποιείται και ο όρος *Vulnerability (Τρωτότητα)* που αναφέρεται στις συνθήκες εκείνες που καθορίζονται από φυσικούς, κοινωνικούς, οικονομικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες και που αυξάνουν το βαθμό ευπάθειας μιας κοινωνίας σε μια περιοχή στις επιπτώσεις μιας φυσικής καταστροφής. Περιλαμβάνει δε ένα συνδυασμό παραγόντων οι οποίοι καθορίζουν το βαθμό έκθεσης σε κίνδυνο, της ζωής ή του περιβάλλοντος, από ένα διακριτό και αναγνωρίσιμο φυσικό ή κοινωνικό γεγονός. Η καταστροφή αφορά υλικά αγαθά (οικονομική ζημία, βλάβη σε περιουσιακά στοιχεία), το περιβάλλον (ρύπανση, απώλεια ζώων ή φυτών, περιβαλλοντική υποβάθμιση) και τον άνθρωπο (θάνατος, σωματικός ή ψυχικός τραυματισμός), *(Σαπουντζάκη, 2007).*

Παρότι η εργασία αυτή λαμβάνει υπόψη παραμέτρους που αφορούν τα φυσικό - γεωγραφικά χαρακτηριστικά της περιοχής (γεωλογία, γεωμορφολογία) και τις παράκτιες διεργασίες (κυματισμός, παλίρροια) και όχι κοινωνικοοικονομικούς δείκτες (πληθυσμιακά και δημογραφικά χαρακτηριστικά, υπηρεσίες, υποδομές και δίκτυα κα) υιοθετείται ο όρος τρωτότητα δεδομένου ότι η πιστή μετάφραση του δείκτη όπως έχει προταθεί από τον *Gornitz, (1991),* περιλαμβάνει τον όρο τρωτότητα

και όχι επικινδυνότητα ή επιδεκτικότητα που ίσως ανταποκρίνονται περισσότερο στη προσέγγιση που επιχειρήθηκε στην παρούσα εργασία.



Σχήμα 1. *Απεικόνιση του καταστροφικού κύκλου. (Πηγή: Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο)*

Επιπλέον υπολογίζεται και αναλύεται η τρωτότητα της παράκτιας ζώνης στη νήσο Σαλαμίνα στο φαινόμενο της αύξησης της θαλάσσιας στάθμης, φαινόμενο άμεσα εξαρτημένο με την κλιματική αλλαγή.

1.2 Το φαινόμενο του θερμοκηπίου και η παγκόσμια άνοδος της θαλάσσιας στάθμης.

Οι παράκτιες ζώνες, θεωρούνται ως η ενδιάμεση περιοχή μεταξύ ξηράς και θάλασσας. Οι διαστάσεις τους μεταβάλλονται από περιοχή σε περιοχή ανάλογα με την αλληλεπίδραση των θαλάσσιων και χερσαίων διεργασιών *(Δουκάκης, 1998)*. Σύμφωνα με εκτιμήσεις, το 20,6% του παγκόσμιου πληθυσμού κατοικεί σε μια ζώνη πλάτους 30 km από τη θάλασσα και το 37% του πληθυσμού σε μια ζώνη πλάτους 100 km από τη θάλασσα. Πολλές παράκτιες περιοχές χωρών παρουσιάζουν ρυθμούς αύξησης πληθυσμού και αστικοποίησης μεγαλύτερους από τους εθνικούς μέσους όρους τους *(Μαντόγλου, 2001)*.

Οι παράκτιες περιοχές λόγω των πολλών και ποικίλων δραστηριοτήτων που συγκεντρώνουν, έχουν ιδιαίτερα αυξημένη κοινωνικοοικονομική σημασία για κάθε τόπο. Έτσι λοιπόν μια ενδεχόμενη άνοδος της στάθμης της θάλασσας με όλες τις αρνητικές συνέπειες που θα επιφέρει, αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους κινδύνους για τα εύθραυστα δυναμικά θαλάσσια περιβάλλοντα *(Meler M. & Wahr M., 2002).*

Η ιστορία του πλανήτη χαρακτηρίζεται από εναλλαγές παγετωδών και μεσοπαγετωδών περιόδων Κατά τη διάρκεια των παγετωδών περιόδων μια σημαντική ποσότητα ύδατος δεσμεύεται με τη μορφή πάγου στην ξηρά, γεγονός που έχει αποτέλεσμα την πτώση της παγκόσμιας θαλάσσιας στάθμης. Αντίθετα κατά τη διάρκεια των μεσοπαγετωδών περιόδων, η τήξη των πάγων στην επιφάνεια της ξηράς έχει σαν αποτέλεσμα την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. Η παραπάνω διαδικασία καλείται ευστατισμός.

Ο καθορισμός της θαλάσσιας στάθμης δεν είναι εύκολος καθώς η επιφάνεια της θάλασσας δεν είναι επίπεδη και επηρεάζεται σημαντικά από πολλές διεργασίες όχι μόνο μεγάλης αλλά και μικρής περιόδου. Η θαλάσσια στάθμη ορίζεται σαν το μέσο υψόμετρο της επιφάνειας της θάλασσας ενώ με τον όρο μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης εννοούμε την μακράς διάρκειας διακύμανση του επιπέδου της θάλασσας που οφείλεται σε ευστατικά και τοπικά αίτια *(Καρύμπαλης Ε., 2005).*

Τα τελευταία 420.000 χρόνια, η Γη «γνώρισε» 4 κλιματικές περιόδους. Η τελευταία παγετώδης περίοδος ξεκίνησε πριν από 120.000 χρόνια περίπου και τελείωσε πριν από 16.000 χρόνια περίπου ακολουθούμενη από μία θερμή περίοδο έως τις μέρες μας. Η ισχυρή συσχέτιση μεταξύ των αερίων του Θερμοκηπίου με φυσική προέλευση (διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και μεθάνιο (CH_4)) και του κλίματος έχει επιβεβαιωθεί και στις 4 προαναφερόμενες κλιματικές περιόδους *(National Observatory of Athens, 2001).*

Ο αυξανόμενος ρυθμός θέρμανσης του πλανήτη μας κατά τον 20° αιώνα δεν οφείλεται μόνο σε φυσικά αίτια αλλά και στην υποβάθμιση και ρύπανση του περιβάλλοντος. Η δεκαετία του ’90 ήταν πιθανόν η θερμότερη δεκαετία της περασμένης χιλιετίας στο Βόρειο Ημισφαίριο ενώ το 1998 ήταν το θερμότερο έτος της δεκαετίας. Σύμφωνα με τα περιβαλλοντικά σενάρια, αξιοσημείωτη αύξηση των συγκεντρώσεων των αερίων του Θερμοκηπίου θα οδηγήσει σε άνοδο της παγκόσμιας επιφανειακής θερμοκρασίας από 1.7 °C - 4.0 °C μέχρι το 2100 και σε μία μέση άνοδο

της στάθμης της θάλασσας από 22 μέχρι 75 cm με διαφοροποιημένες, βέβαια, επιπτώσεις στις διάφορες περιοχές του πλανήτη μας *(National Observatory of Athens, 2001)*. Από τα μέσα του 19^{ου} αιώνα ήταν γνωστό στην επιστημονική κοινότητα ότι οι ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2), ενός από τα σημαντικότερα αέρια του θερμοκηπίου, διατηρούν τη γη θερμότερη λόγω της απορρόφησης της υπέρυθρης ακτινοβολίας.

Η συμβολή της καύσης του πετρελαίου, των γαιανθράκων κλπ. στην αύξηση των επιπέδων των ατμοσφαιρικών συγκεντρώσεων του CO_2 άρα και στη θέρμανση της γης είναι σημαντική *(Titus, 1991)*. Εκτιμάται, ότι διπλασιασμός των εκπομπών CO_2 θα μπορούσε να θερμάνει τη γη από 1,5 °C – 4,5 °C. Εκτός από το CO_2, το φαινόμενο του θερμοκηπίου ενισχύεται από την αύξηση των εκπομπών και άλλων αερίων όπως μεθάνιο, νιτρώδη οξείδια, χλωροφθοράνθρακες και διοξείδιο του θείου.

Η μέση παγκόσμια θερμοκρασία της επιφάνειας της γης έχει αυξηθεί από 0,3 ^{o}C έως 0,6 ^{o}C από τα τέλη του 19^{ου} αιώνα και από 0,2 ^{o}C έως 0,3 °C τα τελευταία 40 χρόνια. Η θέρμανση του πλανήτη αφορά τόσο την επιφάνεια της θάλασσας (με άμεση συνέπεια την ωκεάνια θερμική διαστολή και επομένως και την άνοδο της στάθμης της θάλασσας) όσο και την επιφάνεια της γης και την ατμόσφαιρά της *(IPCC, 2001)*. Βάσει των σεναρίων του IPCC *(Διακυβερνητική Διάσκεψη για τις Κλιματικές Αλλαγές)*, οι μέσες παγκόσμιες θερμοκρασίες αναμένεται να αυξηθούν από 1,4 έως 5,8 ^{o}C μέχρι το 2100 σε σχέση με το 1990 ενώ η θέρμανση του πλανήτη θα εξακολουθήσει να ποικίλει για κάθε περιοχή και για κάθε εποχή του έτους. Τα σενάρια πρόβλεψης μέσων παγκόσμιων θερμοκρασιών συνδέονται στενά με τα αντίστοιχα σενάρια εκπομπών αέριων ρύπων του θερμοκηπίου και κυρίως με τις μελλοντικές συγκεντρώσεις του CO_2 *(IPCC, 2001)*.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑ

2.1 Γενικά

Κατά το παρελθόν και κυρίως κατά τις προηγούμενες δεκαετίες κατέστη σαφές στην επιστημονική κοινότητα ότι οι παράκτιες περιοχές του πλανήτη βρίσκονται υπό ολοένα και σε πιο αυξημένη πίεση από τα όμορα θαλάσσια περιβάλλοντα. Ακραία καιρικά φαινόμενα όπως τυφώνες, τροπικές καταιγίδες και πλημμύρες εμφανίζονται συχνότερα και με αυξημένη ένταση Συνεπικουρούμενα δε από τις αλόγιστες ανθρωπογενείς επεμβάσεις στην παράκτια ζώνη, αυξάνουν παγκοσμίως τη φόρτιση των παράκτιων περιοχών, οι οποίες άλλωστε αποτελούν και τις πρώτες που δέχονται τις επιπτώσεις της εμφανιζόμενης κλιματικής μεταβολής. Για το λόγο αυτό, η προσπάθεια της επιστημονικής κοινότητας επικεντρώθηκε στη δημιουργία των κατάλληλων εκείνων μεθόδων και εργαλείων που να επιτρέπουν την ποσοτικοποίηση του βαθμού επίδρασης της κλιματικής αλλαγής στην παράκτια ζώνη.

2.2 Παράκτια τρωτότητα

Ο ορισμός της έννοιας της παράκτιας τρωτότητας αποτελεί σύνθετο εγχείρημα κυρίως λόγω της πολυπλοκότητας του ίδιου του φαινομένου και των συνεπειών του στο ευρύτερο (φυσικό και ανθρωπογενές) περιβάλλον.

Η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή, (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) αναφέρει: «*ο βαθμός κατά τον οποίο η κλιματική αλλαγή μπορεί να καταστρέψει ή να βλάψει ένα οικοσύστημα, δεν εξαρτάται μόνο από την ευαισθησία του συστήματος αλλά και από την ικανότητά του να προσαρμόζεται στις νέες κλιματικές συνθήκες*». *(IPCC 2007).*

Οι *Klein* και *Nicholls* όρισαν την παράκτια τρωτότητα ως «τη σύνθεση της επικινδυνότητας του φυσικού παράκτιου συστήματος και της επικινδυνότητας του κοινωνικοοικονομικού παράκτιου συστήματος λόγω των κλιματικών αλλαγών».
Αν και είναι διακριτοί όροι, σχετίζονται σε σημαντικό βαθμό. Στο πλαίσιο αυτό οι μελέτες παράκτιας τρωτότητας προσδιορίζουν την αντίδραση του φυσικού και ανθρωπογενούς παράκτιου περιβάλλοντος στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης ως συνέπεια των κλιματικών αλλαγών *(Nicholls, 2003).*

Οι επιπτώσεις της ανόδου της στάθμης της θάλασσας σε ένα φυσικό παράκτιο σύστημα εξαρτώνται από την «ευαισθησία» του στις επιπτώσεις αυτές, την προσαρμοστικότητα και την αντοχή του. Η «ευαισθησία» ενός παράκτιου συστήματος αντανακλά την πιθανότητα επίδρασης της θαλάσσιας στάθμης σε αυτό. Έτσι για παράδειγμα, μία παράκτια περιοχή ήπιων κλίσεων και χαμηλών υψομέτρων παρουσιάζει συγκριτικά με άλλες περιοχές μεγαλύτερη πιθανότητα να αντιμετωπίσει τις αρνητικές συνέπειες της ανόδου της στάθμης της θάλασσας. Η αντοχή και η προσαρμοστικότητα περιγράφουν τη σταθερότητα ή όχι του φυσικού συστήματος σε μεταβολές. Ειδικότερα, η αντοχή εκφράζει τη δυνατότητα του συστήματος να αντισταθεί στη διαταραχή π.χ. λόγω των κλιματικών αλλαγών ενώ η προσαρμοστικότητα εκφράζει την ταχύτητα με την οποία το παράκτιο σύστημα επιστρέφει στην αρχική του κατάσταση. Οι παραπάνω παράμετροι συνιστούν τη φυσική επικινδυνότητα του παράκτιου φυσικού συστήματος στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας *(Nicholls, 2003).*

2.3 Μεθοδολογία του δείκτη παράκτιας τρωτότητας

Για τον καθορισμό του δείκτη παράκτιας τρωτότητας έναντι της κλιματικής αλλαγής έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς διάφορά εργαλεία ή μέθοδοι οι οποίες μπορούν να ομαδοποιηθούν σε τρείς γενικές κατηγορίες , *(Kay, 2008):*

- *Εργαλεία πρώτης γενιάς.* Πρόκειται για τις παλαιότερες μεθόδους υπολογισμού οι οποίες σε πολλές περιπτώσεις έχουν αντικατασταθεί από νεότερες τεχνικές
- *Εργαλεία δεύτερης γενιάς.* Πρόκειται για σχετικά πρόσφατες τεχνικές οι περισσότερες των οποίων είναι ακόμη ευρέως χρησιμοποιούμενες στην εκτίμηση της παράκτιας τρωτότητας.
- *Εργαλεία νέας γενιάς.* Αποτελούν τις πιο πρόσφατες τεχνικές, βρίσκονται σε πρώιμα στάδια εφαρμογής και απαιτείται επιπλέον χρόνος για την απόλυτη τεκμηρίωση τους.

Σύμφωνα με την ίδια μελέτη, η εξέλιξη των τεχνικών αξιολόγησης αποτιμάται από:

- Τη βελτίωση της εκτίμησης των αβεβαιοτήτων που αφορούν στις κλιματικές επιπτώσεις.

- Την αυξημένη ενσωμάτωση στο μοντέλο των κλιματικών ή μη κλιματικών εντάσεων.
- Τη ρεαλιστική αναγνώριση των περιορισμών και/ή της δυναμικής της κοινωνικής απόκρισης.
- Την αναγνώριση της αυξημένης σημασίας των καθοριστικών παραμέτρων που υπεισέρχονται στον υπολογισμό και
- Την ύπαρξη μιας τεχνικής για την αποφασιστική αλλαγή από την επιστημονικά καθοδηγούμενη εκτίμηση της παράκτιας τρωτότητας στην πολιτικά καθοδηγούμενη αποτίμησή της. *(Abuodah and Woodroffe, 2006).*

Τα εργαλεία που περιγράφονται στη συνέχεια χωρίζονται σε: ποιοτικά, ημι-ποσοτικά και ποσοτικά/ επακριβή.

Σε γενικές γραμμές οι χρησιμοποιούμενες μέθοδοι αποσκοπούν στην κατάδειξη της φυσικής κατάστασης της ακτής λαμβάνοντας υπόψη τη μεταβλητότητα της κάθε παραμέτρου, όχι έναντι στις τρέχουσες φυσικές περιβαλλοντικές παραμέτρους αλλά εκτιμώντας την πιθανή απόκρισή της στην κλιματική αλλαγή και τη σχετιζόμενη με αυτή άνοδο της στάθμης της θάλασσας.

2.4 Μέθοδοι και εργαλεία

2.4.1 IPCC Common Methodology (CM).

Πρόκειται για ημι-ποσοτική μέθοδο πρώτης γενιάς, κατάλληλη για μια γενική αξιολόγηση των παράκτιων ζωνών σε παγκόσμια αλλά και σε περιφερειακή κλίμακα. Προτάθηκε πρώτη φορά το 1991 και λαμβάνει υπόψη τρείς βασικές παραμέτρους: την παγκόσμια κλιματική αλλαγή συμπεριλαμβανόμενης της αύξησης της στάθμης της θάλασσας, την κοινωνικοοικονομική ανάπτυξη και τις δυνατότητες απόκρισης των παράκτιων συστημάτων. Η *Συνήθης Μεθοδολογία* χρησιμοποιεί νομισματικές αξιολογήσεις για την εκτίμηση της παράκτιας τρωτότητας ενός έθνους στη μελλοντική άνοδο της στάθμης της θάλασσας εφαρμόζοντας μια μέθοδο κόστους-οφέλους προκειμένου να εκτιμηθούν οι δυνατότητες απόκρισης για να αμβλυνθούν μελλοντικές επιπτώσεις στην παράκτια ζώνη. Η μέθοδος αποτέλεσε σημείο αναφοράς για πολλές μεταγενέστερες μεθοδολογίες *(Harvey et al. 1999a, Van Dam et al. 1999)* αλλά

και αφετηρία προβληματισμού *(McLean & Mimura, 1993)* κυρίως λόγω του περιορισμένου πλαισίου αναφοράς της.

2.4.2 UNEP Methodology.

Πρόκειται επίσης για μια ημι-ποσοτική μέθοδο πρώτης γενιάς, για χρήση σε περιφερειακή και εθνική κλίμακα.

Το *εγχειρίδιο μεθόδων για την εκτίμηση επιπτώσεων και στρατηγικών προσαρμογής της UNEP, «UNEP Handbook on Methods for Impact Assessment and Adaptation Strategies»* δημιουργήθηκε για να βοηθήσει τα κράτη να διεξάγουν εκτιμήσεις για την επίδραση της κλιματικής αλλαγής. Συνεχίζει να αναπτύσσεται και/ή να υποστηρίζει την ανάπτυξη παγκόσμιων, περιφερειακών και εθνικών περιβαλλοντικών δεδομένων ή βάσεων δεδομένων και ιδιαίτερα γεωαναφερμένων δεικτών για περιβαλλοντικές εκτιμήσεις και συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης. Αποτελείται από επτά βήματα:

1. Καθορισμός του προβλήματος
2. Επιλογή της μεθόδου
3. Αξιολόγηση της μεθόδου
4. Επιλογή σεναρίων
5. Εκτίμηση των γεωφυσικών και κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων
6. Εκτίμηση των ανεξάρτητων ρυθμίσεων
7. Αξιολόγηση των στρατηγικών προσαρμογής

Το τελευταίο βήμα αποτελείται από επτά υποενότητες. Σε κάθε στάδιο προτείνονται μέθοδοι υλοποίησης αλλά οι τελικές αποφάσεις αφήνονται στον χρήστη.

Η παραπάνω προσέγγιση είναι χρήσιμη σε μια πλειάδα περιπτώσεων, συμπεριλαμβανομένων των ερευνών σε κρατικό και δημοτικό επίπεδο.

Ποιοτικά, ποσοτικά, φυσικά και κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά της εθνικής παράκτιας ζώνης είναι τα κύρια εισαγόμενα που αφορούν στην αξιολόγηση ενός συνόλου επιλεγμένων από το χρήστη επιπτώσεων της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης και πιθανών στρατηγικών προσαρμογής που αφορούν τόσο κοινωνικοοικονομικά όσο και φυσικά χαρακτηριστικά *(Kay, 2008)*.

2.4.3 Bruun rule

Ο *κανόνας του Bruun* αποτελεί ποσοτική μέθοδο πρώτης γενιάς και υπήρξε το πιο διαδεδομένο μοντέλο όσον αφορά στην υποχώρηση της ακτογραμμής σε σχέση με την αύξηση της τοπικής θαλάσσιας στάθμης. Προτάθηκε από τον *Bruun* (1962) και εκτιμά την απόκριση της ακτογραμμής στην αύξηση της θαλάσσιας στάθμης. Εκφράζεται με τον τύπο:

$$\mathbf{h = Ay^{2/3}}$$

όπου **h** είναι το βάθος του νερού σε οριζόντια απόσταση y από την ακτογραμμή , **y** η οριζόντια απόσταση του σημείου από την ακτή και **A** μια παράμετρος κλίμακας εξαρτώμενη κυρίως από χαρακτηριστικά του ιζήματος. Το συγκεκριμένο μοντέλο βασίζεται σε μια σειρά υποθέσεων:

- Το επάνω μέρος της παραλίας διαβρώνεται λόγω της μετατόπισης της διατομής της προς την ξηρά.
- Τα ιζήματα που διαβρώθηκαν από το ανάντη μέρος της παραλίας αποτίθενται στα εγγύς αβαθή. Δηλαδή ο όγκος των ιζημάτων που διαβρώνονται ισούται με τον όγκο των ιζημάτων που αποτίθενται στο βυθό. Η θεώρηση αυτή θα ήταν απόλυτα σωστή και σύμφωνη με την αρχή διατήρησης της μάζας, αλλά το μοντέλο δεν λαμβάνει υπόψη του τη μεταφορά των ιζημάτων κατά μήκος της ακτής.
- Η ανύψωση του πυθμένα (λόγω της εναπόθεσης των διαβρωμένων ιζημάτων) είναι ίση με την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. Κατά συνέπεια το βάθος του νερού παραμένει σταθερό.

Ο *Hands (1980, 1983)* αναφέρει μερικούς πιθανούς λόγους για την ασυμβατότητα του μοντέλου του Bruun.

- Προβληματισμός όσον αφορά στη δυνατότητα του μοντέλου ισορροπίας να περιγράψει τις επεισοδιακές δυναμικές αλλαγές.
- Δυσκολίες στη μέτρηση της απώλειας της ποσότητας των ιζημάτων που χάνονται στην ενεργό ζώνη της ακτής (κατά μήκος αυτής, κατά την κατάδυση και κατά την υπερχείλιση λόγω των κυμάτων)

- Δυσκολία στον καθορισμό του ρεαλιστικού βάθους εναπόθεσης κάτω από το οποίο οι αλλαγές της στάθμης του νερού δεν θα έχουν καμία μετρήσιμη επίδραση στην ανύψωση ή την κλίση του πυθμένα.

Ένας πρόσθετος περιορισμός στη συγκεκριμένη προσέγγιση είναι ότι δεν απαντά στο πότε θα συμβεί η προβλεπόμενη αλλαγή της ακτογραμμής. Απλά δίνει την οριζόντια απόσταση κατά την οποία η ακτογραμμή τελικά θα μετατοπιστεί, προκειμένου να επανακαθοριστεί η νέα διατομή ισορροπίας.

Το μοντέλο ακόμη και με τις ανεπάρκειές του, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την πρόβλεψη της μεταβολής των παραλιών που οφείλεται σε αλλαγές της στάθμης της θάλασσας.

2.4.4 Coastal Zone Simulation Model (COSMO)

Το *Μοντέλο Προσομοίωσης της Παράκτιας Ζώνης, (Coastal Zone Simulation Model, COSMO)* αναπτύχθηκε στην Ολλανδία αποτελεί ένα μοντέλο αποφάσεων το οποίο βοηθά τους κάθε είδους διαχειριστές της παράκτιας ζώνης στην εκτίμηση των στρατηγικών διαχείρισης κάτω από διάφορα σενάρια, συμπεριλαμβανομένης και της μακροπρόθεσμης κλιματικής αλλαγής. Πρόκειται για ημιποσοτική / ποσοτική μέθοδο δεύτερης γενιά και περιλαμβάνει μια σειρά βημάτων στην προεργασία, ανάλυση και εκτίμηση της παράκτιας ζώνης.

Το συγκεκριμένο εργαλείο επιτρέπει στην εκτίμηση των επιπτώσεων των έργων ανάπτυξης, των περιβαλλοντικών μετρήσεων και των μετρήσεων παράκτιας προστασίας.

Το COSMO δεν είναι κατάλληλο για την ανάλυση πραγματικών καταστάσεων και πρέπει να χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλα μεθοδολογικά πλαίσια, όπως για παράδειγμα η μεθοδολογία UNEP ή και σε συνδυασμό με άλλα ποσοτικά εργαλεία *(Kay, 2008)*.

2.4.5 Shoreline Management Planning (SMP)

Ο Σχεδιασμός *Παράκτιας Διαχείρισης (Shoreline Management Planning, SMP)*, αποτελεί μια γενική προσέγγιση στη στρατηγική διαχείριση των συνδυασμένων κινδύνων της διάβρωσης και πλημμύρας στις παράκτιες περιοχές και αναπτύχθηκε στο Ηνωμένο Βασίλειο. Πρόκειται για ημιποσοτική μέθοδο δεύτερης γενιάς.

Στην προσέγγιση υπεισέρχεται ο διαχωρισμός της ακτής σε περιοχές και υποπεριοχές, για κάθε μια από τις οποίες αναπτύσσεται ένα σχέδιο παράκτιας διαχείρισης. Κάθε σχέδιο διαιρεί επιπρόσθετα την ακτή βάσει της χρήσης γης και επιλέγει μια σειρά από στρατηγικές επιλογές οι οποίες μπορούν να εφαρμοστούν στα επόμενα 50 έως 100 έτη. Η συγκεκριμένη προσέγγιση αναπτύχθηκε για κράτη με εκτεταμένη παράκτια υποδομή και μηχανισμούς άμυνας. Ωστόσο είναι επίσης πιθανό να εφαρμοστούν παρόμοιες προσεγγίσεις σε τοπικό επίπεδο προκειμένου να αναπτυχθούν μακροπρόθεσμες στρατηγικές διαχείρισης της παράκτιας ζώνης, κατάλληλες να ανταποκριθούν στην κλιματική αλλαγή και στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης.

2.4.6 Synthesis and Upscaling of Sea-level Rise Vulnerability Assessment Studies (SURVAS)

Η Σύνθεση και Αναβάθμιση των Εργαλείων Εκτίμησης της Τρωτότητας έναντι στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, (Synthesis and Upscaling of Sea-level Rise Vulnerability Assessment Studies, SURVAS) χρησιμοποιεί μια κοινή μέθοδο εκτίμησης – σε πολλές περιπτώσεις την ΣΜ – αναγνωρίζοντας τους καθοριστικούς δείκτες για την εκτίμηση της παράκτιας φυσικής επιδεκτικότητας και κοινωνικοοικονομικής τρωτότητας και της προσαρμοστικότητας στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, ιδιαίτερα στην επιτάχυνση της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης. *(Nicholls & de la Vega-Leinert, 2000).*

Η προσέγγιση περιλαμβάνει ένα διεθνές δίκτυο ειδικών σε μελέτες τρωτότητας και προσαρμογής, αναγνωρίζοντας σημαντικούς δείκτες για την εκτίμηση της επιδεκτικότητας και προσαρμοστικότητας στις επιπτώσεις της επιταχυνόμενης αύξησης της θαλάσσιας στάθμης.

2.4.7 Coastal Vulnerability Indices (CVI)

Οι Δείκτες Παράκτιας Τρωτότητας (*Coastal Vulnerability Indices, CVI)* αναπτύχθηκαν ως ένα γρήγορο και συνεπές εργαλείο για τον χαρακτηρισμό της σχετικής τρωτότητας των διαφόρων ακτογραμμών. Οι απλούστεροι από αυτούς είναι εκτιμήσεις της φυσικής τρωτότητας της ακτογραμμής ενώ οι πολυπλοκότεροι επιπλέον εξετάζουν πτυχές της οικονομικής και κοινωνικής τρωτότητας. Μια σύνοψη των διαφόρων δεικτών που εφαρμόζονται παγκοσμίως δόθηκε από τους *Adoubha & Woodroffe, 2006* (Πίνακας 1). Οι προσεγγίσεις αυτές προέρχονται από

την αρχική εργασία του *Gornitz,* σαν ένας δείκτης ευρέως εφαρμοσμένος στις Ηνωμένες Πολιτείες και σε μια τροποποιημένη του μορφή στον Καναδά και σε τμήματα της Νοτίου Αφρικής. Κυματικά δεδομένα καταιγίδων έχουν επίσης ενσωματωθεί από αριθμό ερευνητών. Ενσωματώνονται επίσης κοινωνικά δεδομένα σχετικά με τον ανθρώπινο κίνδυνο, η πιο πλήρης ανάλυση κοινωνικής τρωτότητας υπήρξε αυτή των *Boruff et al. (2005).* Ο *Δείκτης Κοινωνικής Τρωτότητας, (Social Vulnerability Index, SoVI)* χρησιμοποιεί κοινωνικοοικονομικές παραμέτρους σε μια παράκτια περιοχή, βασισμένος σε μια ανάλυση κυρίων συνιστωσών, (principal components analysis, PCA) για την παραγωγή της συνολικής βαθμονόμησης της παράκτιας κοινωνικής τρωτότητας (CSoVI).

Δείκτης	Γεωγραφική Εφαρμογή	Χρησιμοποιούμενες μεταβλητές	Αναφορά
Coastal vulnerability index (CVI)	USA	*Ανάγλυφο, κατακόρυφη κίνηση εδάφους, λιθολογία, παράκτια μορφολογία, μετάπτωση ακτογραμμής, κυματική ενέργεια, παλιρροιακό εύρος*	Gornitz and Kanciruk (1989), Gornitz (1991), Gornitz et al. (1991).
Coastal vulnerability index (CVI)	USA	*Βαθμός διαχρονικής διάβρωσης ακτογραμμής, γεωμορφολογία, σχετικός βαθμός ανόδου της θαλάσσιας στάθμης, παράκτια κλίση, ύψος κύματος, παλιρροιακό εύρος*	Thieler (2000) και μεγάλος αριθμός εκθέσεων του USGS
Social vulnerability index(SoVI)	USA	*Ανάλυση κυρίων συνιστωσών των κοινωνικών δεδομένων από απογραφές*	Boruff et al. (2005)
Coastal social	USA	*Συνδυασμός του CVI και του*	Boruff et al. (2005)

vulnerability score (CSoVI)		*SoVI*	
Sensitivity index (SI)	Canada	*Ανάγλυφο, θαλάσσια στάθμη, γεωλογία, παράκτια μορφολογία, μετάπτωση ακτογραμμής, κυματική ενέργεια, παλιρροιακό εύρος*	Shaw et al. (1998)
Erosion hazard index	Canada	*Όπως ο SI με επιπλέον έκθεση, κυματισμός καταιγίδων, θαλάσσια στάθμη, κλίση.*	Forbes et al. (2003)
Risk matrix	South Africa	*Θέση, υποδομές (οικονομικό μέγεθος), κίνδυνος*	Hughes and Brundrit (1992)
Sustainable capacity index (SCI)	South Pacific	*Τρωτότητα και προσαρμοστικότητα στις μεταβολές φυσικών, πολιτιστικών, θεσμικών, δομικών, οικονομικών και ανθρώπινων παραγόντων*	Kay and Hay (1993), Yamada et al. (1995)
Sensitivity index	Ireland	*Κλίση παράκτιου μετώπου, παράκτια χαρακτηριστικά, παράκτιες κατασκευές, προσπέλαση, χρήσεις γης*	Carter (1990)
Vulnerability index	UK	*Συχνότητα επικίνδυνων φαινομένων, χρόνος ανάκαμψης*	Pethick and Crooks (2000)

Πίνακας 1. *Δείκτες Παράκτιας Τρωτότητας, γεωγραφική εφαρμογή τους, και οι απαιτούμενες παράμετροι για την εφαρμογή τους (Abuodha & Woodroffe, 2006).*

Στον Ειρηνικό Ωκεανό, η τρωτότητα εκτιμάται χρησιμοποιώντας την προσέγγιση CM που υποστηρίχτηκε από τους *Kay και Hay (1993),* εκτιμώντας τόσο την τρωτότητα όσο και την προσαρμοστικότητα μιας παράκτιας περιοχής. Αυτή η προσέγγιση ενσωματώθηκε στην *South Pacific Island Methodology, (SPIM).* Η SPIM είναι ιδιαίτερα χρήσιμη σε παράκτιες περιοχές με περιορισμένα διαθέσιμα ποσοτικά δεδομένα αλλά απαιτεί σημαντική εμπειρία και γνώση των ποιοτικών χαρακτηριστικών, όπως η ανάπτυξη των νησιωτικών κρατών.

Μια άλλη προσέγγιση υπήρξε ένας πιο γενικός περιβαλλοντικός δείκτης τρωτότητας, *Environmental Vulnerability Index, (EVI)* ο οποίος αναπτύχθηκε από την South Pacific Applied Geosciences Commission (SOPAC) *(Kaly et al., 1999)* σε συνεργασία με την UNEP (SOPAC, 2004). Αυτή η προσέγγιση βαθμολογεί 50 παραμέτρους σε επίπεδο κράτους. Ο EVI εξετάζει ταυτόχρονα σημερινά επίπεδα κινδύνου και καταστάσεις προβλέποντας πως το περιβάλλον δύναται να αντιμετωπίσει μελλοντικά καταστροφικά γεγονότα.

2.4.8 DINAS – Coast and DIVA

Ένα Ευρωπαϊκό πρόγραμμα, που αποτελεί συνεργασία Βρετανών, Γερμανών και Ολλανδών επιστημόνων, το DINAS-Coast (Dynamic and Interactive Assessment of national, regional and global vulnerability of Coastal Zones to Climate Change and Sea-level Rise) ανέπτυξε εργαλεία με σκοπό να βοηθήσει όλους όσους διαμορφώνουν πολιτική να ερμηνεύσουν και να αξιολογήσουν την παράκτια επικινδυνότητα. Το εργαλείο που ονομάζεται *Δυναμική και Διαδραστική Εκτίμηση Τρωτότητας, (Dynamic Interactive Vulnerability Assessment, DIVA)* επιτρέπει την ανάλυση μιας πλειάδας σεναρίων προσαρμογής και μετριασμού του προβλήματος.

Το πρόγραμμα προσπάθησε να προβλέψει τις παγκόσμιες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην παράκτια ζώνη για τα επόμενα 100 έτη, εμπλέκοντας έναν αριθμό σεναρίων μετριασμού και προσαρμογής τους. Η μέθοδος DIVA αξιοποιεί το πρόγραμμα DINAS-COAST και τη βάση δεδομένων του, η οποία δημιουργήθηκε με μεθόδους και δεξιότητες από διάφορους κλάδους της επιστήμης και τεχνολογίας.

Ο DIVA σχεδιάστηκε ακριβώς για την έρευνα της τρωτότητας στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης των παράκτιων περιοχών. Συνδυάζει μια παγκόσμια βάση φυσικών και κοινωνικοοικονομικών δεδομένων, σχετικών σεναρίων, ένα σύνολο αλγορίθμων επιπτώσεων – προσαρμογής και .ένα εξατομικευμένο γραφικό

περιβάλλον εργασίας *(Graphical User Interface, GUI).* Οι παράγοντες που συνυπολογίζονται περιλαμβάνουν τη διάβρωση, τον πλημμυρικό κίνδυνο, τον βαθμό αλμυρότητας και την απώλεια παράκτιων εδαφών. Εμπλέκει κλιματικά και κοινωνικοοικονομικά σενάρια και πολιτικές προσαρμογής, επιλεγμένες από το χρήστη, σε εθνικό, περιφερειακό και παγκόσμιο επίπεδο, καλύπτοντας περισσότερα από 180 παράκτια κράτη *(McFadden et al, 2004).* Μπορεί να εφαρμοστεί τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε εθνικό επίπεδο. Η τμηματοποίηση των ακτογραμμών παγκοσμίως έγινε με βάση μια σειρά από φυσικά, διοικητικά και κοινωνικοοικονομικά κριτήρια δημιουργώντας 12148 τμήματα ακτογραμμής συνολικά. Για τις εφαρμογές σε συγκεκριμένες περιοχές, το μοντέλο θα πρέπει να τροποποιηθεί προκειμένου να ενσωματώσει τις τοπικές παραμέτρους. Σε αυτό το στάδιο, σε εθνικό επίπεδο το DIVA εφοδιάζει με αρχικές εκτιμήσεις τρωτότητας μιας ακτογραμμής έναντι της κλιματικής αλλαγής, η οποία απαιτεί επιπλέον ανάπτυξη, όπως η υιοθέτηση μιας περισσότερο προσαρμοσμένης στην τοπική κλίμακα, τμηματοποίηση της ακτογραμμής κατάλληλης για χρήση στην τοπική κλίμακα.

2.4.9 SimCLIM

Το πρόγραμμα εξομοίωσης του κινδύνου από την κλιματική αλλαγή και πρωτοβουλίες προσαρμογής, (Simulator of Climate Change Risks and Adaptation Initiatives, SimCLIM) αποτελεί τμήμα της τρέχουσας προσπάθειας σχεδιασμού εργαλείων τα οποία βοηθούν όσους λαμβάνουν αποφάσεις υπό το καθεστώς της κλιματικής αλλαγής *(Warrick et al., 2005).* Ο στόχος του εργαλείου είναι η σύνδεση και ενσωμάτωση πολύπλοκων συνόλων δεδομένων και μοντέλων με σκοπό την χρονική και χωρική προσομοίωση του βιοφυσικού αντίκτυπου και των κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων των κλιματικών διακυμάνσεων συμπεριλαμβανομένων και ακραίων κλιματικών γεγονότων.

2.4.10 Community Vulnerability Assessment Tool (CVAT)

To Coastal Services Center of National and Atmospheric Administration υποστηρίζει τη σύνδεση περιβαλλοντικών κοινωνικών και οικονομικών δεδομένων στην παράκτια ζώνη.

Περιλαμβάνει επτά βήματα:

- Αναγνώριση και καθορισμός της προτεραιότητας των κινδύνων
- Ανάλυση κινδύνων
- Ανάλυση των επικίνδυνων εγκαταστάσεων

- Κοινωνική ανάλυση
- Οικονομική ανάλυση
- Περιβαλλοντική ανάλυση και
- Δυνατότητες μετρίασης των επιπτώσεων

Παρόλο που δεν έχει σχεδιαστεί για τον έλεγχο των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, το συγκεκριμένο εργαλείο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση της τρωτότητας της ακτογραμμής σε μια σειρά κινδύνων συμπεριλαμβανομένων και αυτών που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή.

2.4.11 Community Vulnerability, Adaptation and Action (CV&A)

Αναπτύχθηκε από το Secretariat of the Pacific Regional Environment Programme (SPREP). Περιλαμβάνει έξι στάδια για την υλοποίηση της εκτίμησης σε τοπικό επίπεδο:

- Πλαίσιο προσαρμογής
- Διαγνωστικός έλεγχος
- Αξιολόγηση και αποτίμηση
- Ανάπτυξη
- Εφαρμογή
- Παρακολούθηση σταδίων

Το συγκεκριμένο εργαλείο αποσκοπεί στην αύξηση της κατανόησης του βαθμού τρωτότητας των κοινοτήτων του Ειρηνικού στην κλιματική αλλαγή. Η εκτίμηση εστιάζει στην τρωτότητα

2.4.12 Reef Resilience Toolkit (R2 Toolkit)

Πρόκειται για μεθοδολογία η οποία παρέχει εργαλεία, στρατηγικές και πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται σε τροπικούς υφάλους. Μπορεί αν εφαρμοστεί τόσο σε τοπικό όσο και σε εθνικό επίπεδο και με κατάλληλες προσαρμογές σε οποιοδήποτε θαλάσσιο περιβάλλον. Βασικό μειονέκτημα είναι ότι η αποτελεσματική εφαρμογή του απαιτεί σημαντική εμπειρία και ικανότητες από τη μεριά του χρήστη.

2.4.13 Smartline

Η συγκεκριμένη προσέγγιση είναι μια μέθοδος λήψης γεωγραφικών δεδομένων σε μια χωρισμένη σε τμήματα ακτογραμμή στα πλαίσια ενός γεωγραφικού συστήματος πληροφοριών. Επιτρέπει την εξαγωγή δεδομένων από μια πλειάδα διαφορετικών

υπαρχόντων χαρτών (με διαφορετική μορφή και διαφορετική κατηγοριοποίηση) και μετάφρασή τους σε μια μοναδική και εθνικά ενιαία κατηγοριοποίηση.

Βασικό πλεονέκτημα της μεθόδου είναι η δυνατότητα ανάκτησης ενός μεγάλου εύρους πληροφοριών για την παράκτια ζώνη και μάλιστα σε διαφορετικά επίπεδα λεπτομέρειας και η γρήγορη αναγνώριση ακτών οι οποίες είναι ευαίσθητες στις φυσικές αλλαγές ή ασταθείς εξ αιτίας της κλιματικής αλλαγής και της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης. Θεωρείται ιδανικό για μια πρώτη εκτίμηση της παράκτιας τρωτότητας μιας περιοχής.

2.4.14 Άλλες μέθοδοι

Υπάρχει ένας αριθμός παράκτιων μοντέλων τα οποία χρησιμοποιούνται από επιστήμονες και μηχανικούς της παράκτιας ζώνης. Κάποια από αυτά εμπλέκουν την επίδραση της καταιγίδας στην μεταβολή της ακτογραμμής (SBEATCH), ενώ άλλα (GENESIS) εμπλέκουν την παραμετροποίηση των κυματικών συνθηκών και τη μοντελοποίηση της παράκτιας διάβρωσης απόθεσης. Πιο σύνθετα εργαλεία περιλαμβάνουν τα MIKE 21 & COAST3D. Πρόκειται κατά βάση για μηχανιστικά μοντέλα τα οποία δεν μπορούν προς το παρόν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά στην πρόβλεψη γεωμορφολογικών αλλαγών. για μεγάλη χρονική περίοδο ή στην ανάπτυξη σεναρίων για την απόκριση στην κλιματική αλλαγή. Επιπρόσθετα η εφαρμογή τους δεν είναι καθολική, καθώς οι υποθέσεις στις οποίες βασίζονται, δεν ισχύουν σε όλα τα παράκτια περιβάλλοντα..

2.5 Ο Δείκτης Παράκτιας Τρωτότητας (Coastal Vulnerability Index, CVI)

Στη συγκεκριμένη μελέτη, επιλέχθηκε να χρησιμοποιηθεί για την εκτίμηση της παράκτιας τρωτότητας στη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης ο δείκτης παράκτιας τρωτότητας, Coastal Vulnerability Index, CVI, κυρίως λόγω της ευχρηστίας του και της χρησιμοποίησης Γ.Σ.Π. Αρχικά είχε χρησιμοποιηθεί από τους *Gornitz et al. (1994), Shaw et al. (1998),* και *Thieler & Hammar-Klose (1999)* για την εκτίμηση της τρωτότητας των ακτών των Η.Π.Α. και του Καναδά. Βασίζεται σε υπάρχουσες τοπογραφικές και γεω-περιβαλλοντικές πληροφορίες οι οποίες αξιοποιούνται με την χρησιμοποίηση της τεχνολογίας των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών. Υπολογίζεται με βάση τον παρακάτω τύπο:

$$CVI = \sqrt{\frac{a \cdot b \cdot c \cdot d \cdot e \cdot f}{6}}$$

Όπου **a** είναι η γεωμορφολογία, **b** η παράκτια κλίση, **c** η σχετική άνοδος του επιπέδου της στάθμης της θάλασσας, **d** ο ρυθμός προέλασης ή υποχώρησης της ακτογραμμής, **e** το μέσο ύψος παλίρροιας και **f** το μέσο σημαντικό ύψος κύματος.

Ο τύπος όπως πρωτοπαρουσιάστηκε περιλαμβάνει 6 παράγοντες. Στην παραπάνω μαθηματική έκφραση, όπως θα δούμε σε επόμενο κεφάλαιο, μπορεί να προστεθεί και ένας έβδομος που αφορά στη Γεωλογία *(Σενή κ. α., 2010)*. Όλες οι μεταβλητές λαμβάνουν τιμές από 1 έως 5. Οι μεγαλύτερες τιμές χαρακτηρίζουν τις περισσότερο τρωτές, ως προς τη συγκεκριμένη παράμετρο, περιοχές. Πραγματοποιείται δηλ. μια βαθμονόμηση της ακτής σε πέντε κατηγορίες με συγκεκριμένα για κάθε παράμετρο του δείκτη, κριτήρια.

Η χαρτογραφική απεικόνιση των αποτελεσμάτων του υπολογισμού του δείκτη βοηθά στον εντοπισμό των πλέον τρωτών περιοχών και αποτελεί σημαντικό εργαλείο για το σχεδιασμό των μέτρων που πρέπει να ληφθούν καθώς και για τον εντοπισμό των τμημάτων εκείνων της παράκτιας ζώνης που χρήζουν άμεσης προστασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΠΤΩΣΕΩΝ ΑΠΟ ΤΗΝ ΑΝΑΜΕΝΟΜΕΝΗ ΑΝΟΔΟ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ

3.1 Μεταβολές θαλάσσιας στάθμης κατά το παρελθόν

Υπάρχουν πολλές αιτίες για τη μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης. Γενικά διακρίνονται σε παράγοντες παγκόσμιας (ευστατικές αλλαγές, θερμική έξαρση), περιφερειακής (ισοστατικές αλλαγές) και τοπικής εμβέλειας (τεκτονισμός και βύθιση).

Στις μέρες μας είναι αποδεκτό ότι οι διαχρονικά παρατηρούμενες εναλλαγές στη θερμοκρασία και κατά συνέπεια στην θαλάσσια στάθμη, οφείλονται κατά κύριο λόγο σε μηχανισμούς οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για τις μικρές εναλλαγές της τροχιάς της γης γύρω από τον ήλιο. Οι μηχανισμοί αυτοί (Εκκεντρότητα, Απόκλιση, Μετάπτωση) επηρεάζουν το ποσοστό της προσπίπτουσας ηλιακής ακτινοβολίας η προκαλούν ανακατανομή της μεταξύ των εποχών στα ημισφαίρια. *(Παυλόπουλος, 2011, σελ. 391-392).* Βέβαια για διάφορους λόγους, η αστρονομική θεωρία δεν μπορεί να εξηγήσει από μόνη της τις παρατηρούμενες εναλλαγές. Σε κάθε περίπτωση όμως είναι αποδεκτό ότι οι αλλαγές στη Γήινη τροχιά παρέχουν τον εξωτερικό βηματοδότη της κλιματικής αλλαγής που διαμορφώνεται από εσωτερικές δυνάμεις του παγκόσμιου συστήματος ατμόσφαιρας/ωκεανού *(Hays et al, 1976).*

Κατά το Πλειστόκαινο έχουν αναγνωριστεί 17 εναλλαγές ψυχρών (παγετώδεις-glacial) και θερμών (μεσοπαγετώδεις – interglacials) κλιματικών φάσεων *(Shackleton & Opdyke, 1976).* Οι παγετώδεις περίοδοι είχαν διάρκεια 100.000 περίπου έτη ενώ οι μεσοπαγετώδεις περίοδοι διαρκούσαν περίπου 10.000 έτη. Κατά τη διάρκεια των περιόδων αυτών υπήρχαν ενδιάμεσα στάδια θερμών και ψυχρών περιόδων με διάρκεια γύρω στα 1000 – 2500 έτη. Οι μικρές αυτές εναλλαγές προκαλούσαν ευστατικές αλλαγές στη θαλάσσια στάθμη.

Κατά μήκος των ακτογραμμών, ενδείξεις για μεσοπαγετώδεις θαλάσσιες στάθμες παρατηρούνται με τη μορφή ανυψωμένων παράκτιων πλατφορμών ή κοραλλιογενών υφάλων. Για την αποκάλυψη των νεότερων φάσεων απαιτείται λεπτομερής ιζηματολογική και στρωματογραφική εξέταση.

Η τελευταία παγετώδης περίοδος έφτασε στο μέγιστο στα 18.000 έτη πριν από σήμερα και έπειτα η γη θερμάνθηκε και άρχισαν να λιώνουν οι πάγοι. Η τήξη των πάγων διακόπηκε από την περίοδο Younger Dryas από τα 11.000 – 13.000 έτη πριν από σήμερα και χαρακτηρίστηκε από ψύχρανση του κλίματος και ανάπτυξη των

πάγων. Αυτή η περίοδος καταλαμβάνει μέρος του Πλειστόκαινου γι αυτό το Ολόκαινο αρχίζει γύρω στα 11.500 – 10.000 έτη πριν από σήμερα. *(Παυλόπουλος 2011, σελ. 393).*

Η τήξη των πάγων και η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης (Ολοκαινική ή Φλάνδρια επίκλιση) δεν ήταν ταυτόχρονη σε όλες τις περιοχές αλλά υπολογίζεται ότι γύρω στα 6.000 πριν από σήμερα σχεδόν όλοι οι πάγοι που σχετίζονταν με την παγετώδη περίοδο είχαν λιώσει. *(Pirazzoli, 2005).*

Σε όλες τις προσπάθειες σχεδιασμού μιας καμπύλης της ευστατικής μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης για την περίοδο του Ολοκαίνου παρουσιάστηκαν καμπύλες παρόμοιας μορφής. Οι όποιες διαφορές οφείλονταν κατά κύριο λόγο στις δυσκολίες διαχωρισμού των μεταβολών λόγω ευστατισμού από αυτές που οφείλονται σε τοπικά αίτια (τεκτονισμός και ισοστασία) Η τελική μορφή της καμπύλης δείχνει ότι κατά την τελευταία παγετώδη περίοδο BP (πριν από σήμερα) βρισκόταν περίπου 120 μ. χαμηλότερα από τη σημερινή. Ο *Morner (1971)* βασίστηκε σε δεδομένα από τη Ν. Σουηδία και κατέληξε στη σχεδίαση μιας ευστατικής καμπύλης για το Ολόκαινο που αποτελεί και την πλέον αποδεκτή παγκοσμίως.

Σχετικά με την περιοχή της Μεσογείου και τον Ελλαδικό χώρο, υπάρχει διαφωνία μεταξύ των ερευνητών για το κατά πόσο οι παρατηρούμενες αλλαγές στη στάθμη του Αιγαίου και/η της Μεσογειακής λεκάνης μπορούν να εξηγηθούν κυρίως από την παγετώδη υδρο-ισοστασία και/η τον τοπικό τεκτονισμό, λαμβάνοντας υπόψη ότι ο γεωειδής ευστατισμός, οι δυναμικές αλλαγές στην επιφάνεια της θάλασσας και ο περιστροφικός ευστατισμός διαδραμάτισαν μικρής σημασίας ρόλο και ότι ο παγετώδης ευστατισμός σταμάτησε 6000 έτη από σήμερα. Είναι γεγονός όμως ότι το παραπάνω μοντέλο έχει εφαρμοστεί με επιτυχία σε αρκετές περιπτώσεις της Γαλλικής Μεσογειακής ακτής *(Lambeck & Bard, 2000),* της Ιταλικής *(Lambert et al, 2011)* και της κεντρικής Μεσογείου *(Lambeck et al, 2004),* ενώ οι σχετικές αλλαγές της θαλάσσιας στάθμης έχουν εξηγηθεί από τον τοπικό τεκτονισμό, όπως στην περίπτωση της Ελληνικής τάφρου *(Flemming & Webb, 1986, Pirazzoli, 1986, Pavlopoulos 2010).*

3.2 Σημερινή θαλάσσια στάθμη

Η γεωμορφολογία και η στρωματογραφία της σύγχρονης ακτογραμμής είναι αποτέλεσμα των διεργασιών του Ολόκαινου και σε μικρότερο βαθμό του Πλειστόκαινου. Είναι φανερό ότι για τις σύγχρονες κοινωνίες οι τωρινές και

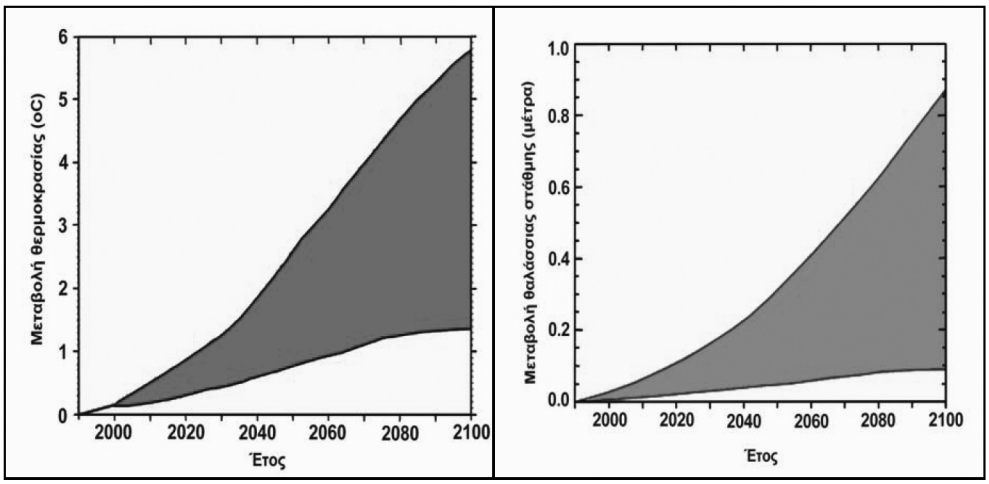
μελλοντικές θαλάσσιες στάθμες παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Γι αυτό το λόγο έχει αναπτυχθεί ένα εκτεταμένο παγκόσμιο δίκτυο μέτρησης παλιρροιών με στόχο τον ακριβή προσδιορισμό των παγκόσμιων αλλαγών της θαλάσσιας στάθμης. Οι περισσότεροι σταθμοί υποδεικνύουν άνοδο της θαλάσσια στάθμης σε ποσοστά 1-3 mm/yr^{-1} , αλλά τα στοιχεία που συλλέχθηκαν από την περιοχή της Βαλτικής υποδηλώνουν πτώση της σε ποσοστό 9 mm/yr^{-1}. Η συγκεκριμένη περιοχή ακόμα παρουσιάζει ισοστατική άνοδο λόγω της τήξης των πάγων.

Το IPCC συμπέρανε ότι ο μέσος όρος ευστατικής ανόδου της θαλάσσιας στάθμης κατά τον 20° αιώνα είναι μεταξύ 1-2 mm/yr^{-1}. Η σύγκριση της τωρινής θαλάσσιας ανόδου με αντίστοιχες γεωλογικές των τελευταίων 2000 BP (0.1-0.2 mm/yr^{-1}) υποδηλώνει μια σύγχρονη επιτάχυνση του ποσοστού της ανόδου της στάθμης. Η αρχή αυτής της επιτάχυνσης πρέπει να τοποθετείται χρονικά στον 19° αιώνα, ενώ δεν υπάρχει σαφής ένδειξη επιτάχυνσης τον 20° αιώνα.

3.3 Σενάρια ανόδου της θαλάσσιας στάθμης σε παγκόσμιο επίπεδο έως το έτος 2100 και ενδεχόμενες επιπτώσεις

Η παράκτια ζώνη είναι από τις πλέον κατοικημένες περιοχές του πλανήτη. Για το λόγο αυτό είναι αναμενόμενη η σπουδαιότητα πρόβλεψης της διακύμανσης της θαλάσσιας στάθμης. Είναι αποδεκτό ότι η απλή συμπερασματική εξαγωγή προβλέψεων από τις υπάρχουσες καμπύλες είναι αδόκιμη δεδομένου ότι δεν λαμβάνει υπόψη τα ποσοστά των μελλοντικών εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου. Για την εξαγωγή αξιόπιστων προβλέψεων έχουν αναπτυχθεί διάφορα υπολογιστικά μοντέλα που εκτιμούν την αλληλεπίδραση μεταξύ ωκεανού και ατμόσφαιρας. Το πλεονέκτημα αυτών των μοντέλων είναι ότι μπορούν να αξιοποιηθούν για διάφορα σενάρια, διευκολύνοντας έτσι την έρευνα των επιδράσεων από τις εκπομπές. Παρόλο το υψηλό επίπεδο αυτών των μοντέλων οι προβλέψεις τους εμπεριέχουν πολλές αβεβαιότητες και το μόνο σίγουρο τελικά είναι ότι η παγκόσμια θέρμανση προκαλεί αύξηση της θαλάσσιας στάθμης. Η IPCC έχει δώσει ιδιαίτερη έμφαση στις αβεβαιότητες που σχετίζονται με τις προβλέψεις και έτσι δίνονται οι ελάχιστες και οι μέγιστες προβλεπόμενες τιμές. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι η στάθμη της θάλασσας προβλέπεται να είναι κατά 0.11-0.77 μ. υψηλότερη από τη σημερινή μέχρι το 2100 (η παγκόσμια θέρμανση την ίδια περίοδο προβλέπεται να είναι 2 C^{o}). Οι περισσότερες από τις προβλεπόμενες ανόδους οφείλονται στη θερμική διόγκωση των

ωκεανών, ακολουθούμενη από την αυξανόμενη τήξη των πάγων. Σε αυτή τη χρονική κλίμακα η συνεισφορά των παγετώνων της ανταρκτικής και της Γροιλανδίας είναι σχετικά μικρή, αλλά μπορεί η σημασία της να αυξηθεί στο πέρασμα των χρόνων.



Σχήμα 2: *Μέγιστη και ελάχιστη εκτιμώμενη παγκόσμια μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα και της θαλάσσιας στάθμης μέχρι το έτος 2100 (IPCC, 2001).*

Η άνοδος της μέσης στάθμης της θάλασσας, αποτελεί μία από τις σοβαρότερες συνέπειες του φαινομένου του θερμοκηπίου και των ευρύτερων κλιματικών αλλαγών. Οι φυσικές επιπτώσεις είναι *(Σιαφάκας, 2003):*

- Αύξηση της συχνότητας κατάκλυσης και πλημμύρων από καταιγίδες
- Επιταχυνόμενη παράκτια διάβρωση
- Υφαλμύρωση παράκτιων υδροφορέων
- Εισχώρηση θαλάσσιων υδάτων σε εκβολές ποταμών και ποτάμια συστήματα
- Υποβάθμιση ή και εξαφάνιση παράκτιων υγροβιότοπων

Οι κοινωνικοοικονομικές επιπτώσεις είναι: *(Δουκάκης, 2007)*

- Αυξανόμενος κίνδυνος πλημμύρων και ανθρώπινων απωλειών
- Καταστροφή ή ζημιές σε παράκτιους οικισμούς, προστατευτικά έργα και άλλες υποδομές
- Υποβάθμιση ανανεώσιμων φυσικών πόρων
- Δυσχέρειες στον τουρισμό και τις μεταφορές
- Κίνδυνος για παράκτια ιστορικά και πολιτιστικά μνημεία
- Υποβάθμιση της παράκτιας γεωργίας και της αλιείας λόγω υποβάθμισης της ποιότητας των εδαφών και των υδάτων αντίστοιχα

3.4 Η μεταβολή των ακτογραμμών στην Ελλάδα

Η κλιματική αλλαγή σε συνδυασμό με την προβλεπόμενη αύξηση της θαλάσσιας στάθμης αναμένεται να έχει σημαντικές επιπτώσεις στη χώρα μας. Οι περιοχές που θα πληγούν περισσότερο είναι εκείνες που λόγω της ανθρώπινης δραστηριότητας παρουσιάζουν μειωμένες δυνατότητες προσαρμογής στα ακραία φυσικά φαινόμενα. Το ποιες περιοχές θα πληγούν περισσότερο δεν είναι εύκολο να απαντηθεί. Η διαφορετικότητα των φυσικών και κοινωνικοοικονομικών συστημάτων που απαντώνται στον Ελληνικό χώρο, όπως και η ισχυρή αλληλεξάρτησή τους έχει σαν αποτέλεσμα η τρωτότητα και ο βαθμός απόκρισης του κάθε συστήματος στην κλιματική αλλαγή να εξετάζεται κατά περίπτωση. Αυτό που είναι βέβαιο είναι ότι οι παράκτιες περιοχές δεν είναι οι μόνες που θα επηρεαστούν από την άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. Παράκτιοι βιότοποι, ποτάμια δέλτα και περιοχές με ήπια κλίση επίσης επηρεάζονται (διάβρωση, πλημμυρικά φαινόμενα, υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων). Τα παραπάνω φαινόμενα σε συνδυασμό με ήδη υπάρχοντα προβλήματα όπως η ρύπανση του περιβάλλοντος, η πολεοδομική υποβάθμιση, η καταστροφή των οικοσυστημάτων κ. α. αναμένεται να διογκωθούν.

Στα πλαίσια μελέτης στις παράκτιες περιοχές του Ελλαδικού χώρου *(Δουκάκης 2007),* υπολογίστηκαν τα εδάφη που θα διαβρωθούν ή θα προσχωθούν μέχρι τα έτη 2050 και 2100, έτσι ώστε να γίνει μια εκτίμηση των απωλειών γης εξαιτίας της ανόδου της μέσης θαλάσσιας στάθμης., της διάβρωσης του εδάφους και της πιθανής δράσης κυματικών καταιγίδων, σε παράκτιες περιοχές της Ελλάδος οι οποίες παρουσιάζουν αυξημένη τρωτότητα (είτε λόγω χαμηλής κλίσης του εδάφους, είτε λόγω υψηλών ρυθμών διάβρωσης).

Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τον υπολογισμό των ρυθμών μεταβολής της ακτογραμμής και των εδαφών που θα διαβρωθούν, παρουσιάζονται παρακάτω :

- Σε 38 παράκτιες περιοχές της χώρας μας, προσμετρώντας την ιστορική οπισθοχώρηση σε συνδυασμό με τα σενάρια κλιματικών αλλαγών για άνοδο της μέσης θαλάσσιας στάθμης. κατά 1m έως το 2100, υπολογίστηκε ένας μέσος ετήσιος ρυθμός μεταβολής της ακτογραμμής (ως μελλοντική πρόβλεψη) της τάξης των – 1,76 m/yr (έντονη διαβρωτική τάση).

- Σε 30 παράκτιες περιοχές της χώρας μας, ο μέσος ετήσιος ρυθμός μεταβολής της ακτογραμμής, προσμετρώντας αποκλειστικά την ιστορική οπισθοχώρηση της

ακτογραμμής σε κάθε εφαρμογή, υπολογίστηκε σε – 0,14 m/yr (μικρή διαβρωτική τάση).

Από τα παραπάνω προκύπτει πως για ένα μεγάλο αριθμό παράκτιων περιοχών στην Ελλάδα, υπολογίζεται ένας μέσος ετήσιος ρυθμός μεταβολής της ακτογραμμής λίγο μεγαλύτερος από το -1,0 m/yr, κάτι που σημαίνει ότι σε γενικές γραμμές οι συγκεκριμένες ακτές της μελέτης παρουσιάζουν τάσεις έντονης διάβρωσης που θα έχει σαν αποτέλεσμα την απώλεια εδαφών, εγκαταστάσεων και περιουσιών που βρίσκονται κοντά στην ακτογραμμή, για ένα χρονικό ορίζοντα πρόβλεψης των 50 (2050) ή των 100 χρόνων (2100).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ

4.1 Γενικά

Όπως αναφέρθηκε σε προηγούμενο κεφάλαιο, για την εκτίμηση της τρωτότητας της παράκτιας ζώνης μπορούν να αξιοποιηθούν τόσο φυσικά (γεωμορφολογία, παράκτια κλίση κ.α.) όσο και κοινωνικοοικονομικά (χρήσεις γης, υποδομές κ. α.) δεδομένα. Η χρησιμοποιούμενη κάθε φορά κλίμακα και άρα και η λεπτομέρεια των χρησιμοποιούμενων πρωταρχικών δεδομένων, εξαρτάται άμεσα από το μέγεθος της περιοχής ενδιαφέροντος. Έτσι για παράδειγμα για μελέτες παράκτιας τρωτότητας σε Εθνικό επίπεδο μπορούν να χρησιμοποιηθούν ψηφιακά μοντέλα εδάφους με σχετικά μεγάλο μέγεθος εικονοστοιχείου ή γενικοί Γεωλογικοί και Γεωμορφολογικοί χάρτες. Κι αυτό γιατί οι προσδοκώμενες εκτιμήσεις τρωτότητας δεν είναι απαραίτητο να αφορούν μικρά τμήματα ακτογραμμής αφού ο τελικός στόχος είναι η χάραξη γενικών στρατηγικών πρόληψης και διαχείρισης της παράκτιας ζώνης. Στις περιπτώσεις όμως εκείνες που η περιοχή μελέτης είναι σχετικά μικρή (τμήμα ακτογραμμής ενός νομού ή η παράκτια ζώνη ενός νησιού) είναι προφανές ότι για την εξαγωγή αξιόπιστων εκτιμήσεων τρωτότητας είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση λεπτομερειακών πρωταρχικών δεδομένων.

Στη συγκεκριμένη μελέτη της τρωτότητας στη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης της ακτογραμμής της νήσου Σαλαμίνας, χρησιμοποιήθηκαν σαν βάση για την αποτύπωση της τοπογραφίας, δεδομένα κλίμακας 1: 5000. Επικουρικά χρησιμοποιήθηκαν υπόβαθρα με κλίμακα 1:50000, (Γεωλογία, Γεωμορφολογία) και 1:100.000 (Χρήσεις Γης), των οποίων η ορθότητα επιβεβαιώθηκε στα κρίσιμα σημεία με επιτόπια έρευνα.

4.2 Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών

Η συλλογή και η επεξεργασία δεδομένων, ποιοτικών και ποσοτικών, που αφορούν στη χωρική κατανομή των διαφόρων χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος, αποτελεί ένα σημαντικό μέρος των επιστημονικών δραστηριοτήτων της επιστημονικής κοινότητας. Από τη χρησιμοποίηση γραφικών συμβόλων και χαρτών για την αναπαράσταση πληροφοριών του περιβάλλοντος έχουμε περάσει σε ένα ηλεκτρονικά υποστηριζόμενο στάδιο που περιλαμβάνει την ημι-αυτοματοποιημένη καταγραφή δεδομένων, τα πολύπλοκα χωρικά ή μη μοντέλα επεξεργασίας και τις σύγχρονες μεθόδους απόδοσης αυτών. Οι τρεις βασικές αυτές λειτουργίες

στηρίζονται και επιτυγχάνονται στα πλαίσια ενός καλά οργανωμένου συστήματος, το οποίο ονομάζεται Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών *(Κούτσιας και Καρτέρης, 2001).*

Ως Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (ΓΣΠ) ορίζεται εκείνο το πληροφοριακό σύστημα το οποίο είναι σχεδιασμένο έτσι ώστε να επεξεργάζεται δεδομένα τα οποία αναφέρονται με χωρικές ή γεωγραφικές συντεταγμένες. Ένα ΓΣΠ αποτελείται από ένα σύστημα στήριξης βάσεων δεδομένων με συγκεκριμένες δυνατότητες για χωρικά αναφορικά δεδομένα και από ένα σύστημα λειτουργιών επεξεργασίας και απόδοσης αυτών των δεδομένων *(Burrough, 1986, Κουτσόπουλος, 1990, Star & Estes, 1990).*

Ο συνδυασμός και η μοντελοποίηση όλων των απαραίτητων μεταβλητών μέσω οποιασδήποτε μεθοδολογικής προσέγγισης, επιτυγχάνεται στα πλαίσια των γεωγραφικών συστημάτων πληροφοριών εκφράζοντας τις γεωγραφικές μονάδες κάθε μεταβλητής είτε με τη μορφή διανυσματικών δεδομένων (vector data) είτε με τη μορφή κανάβου (raster data) *(Κούτσιας και Καρτέρης, 2001).*

Στη μεθοδολογία εκτίμησης της παράκτιας τρωτότητας, τα διανυσματικού τύπου δεδομένα είναι προτιμότερα για δύο κυρίως λόγους. Πρώτον τα γραμμικά διανύσματα τα οποία σχηματίζονται από χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος που σχετίζονται με τους παράγοντες επιρροής, προσδιορίζουν γεωγραφικές μονάδες κατάλληλες για την ποσοτικοποίηση των παραγομένων κατά μήκος της ακτογραμμής. Και δεύτερον, η μοντελοποίηση της παράκτιας τρωτότητας - επικινδυνότητας απαιτεί τον έλεγχο υποθέσεων για περιβαλλοντικές και κοινωνικοοικονομικές μεταβλητές οι οποίες καταγράφονται σε διάφορες κλίμακες, που αποδίδονται καλύτερα με διανυσματικού τύπου δεδομένα.

Παρόλα αυτά, τα διανυσματικά δεδομένα μειονεκτούν σε σχέση με τα δεδομένα σε μορφή κανάβου εξαιτίας των δυσκολιών που παρουσιάζουν κατά τη διαδικασία της προσομοίωσης και μοντελοποίησης ιδιαίτερα των δεδομένων εκείνων που συνθέτονται από πολλά επίπεδα πληροφοριών. Επίσης, η δυσκολία απεικόνισης λεπτομερειακών ποσοτικών δεδομένων που αφορούν συνεχείς μεταβλητές του χώρου, όπως π.χ. η τοπογραφία, συνιστά ένα εξίσου σημαντικό μειονέκτημα. Για το λόγο αυτό η συνήθης τακτική που ακολουθείται είναι η χρησιμοποίηση τόσο διανυσματικών δεδομένων όσο και δεδομένων σε μορφή κανάβου, ανάλογα με το είδος των πρωταρχικών δεδομένων που πρέπει να αξιοποιηθούν.

4.3 Επεξεργασία των διαθέσιμων πρωτογενών δεδομένων

Τα δεδομένα χορηγήθηκαν από την ΚΤΗΜΑΤΟΛΟΓΙΟ Α.Ε. κατόπιν αιτήματος,, για την κάλυψη των αναγκών της παρούσας εργασίας. Επιπρόσθετα όπου κρίθηκε απαραίτητο, χρησιμοποιήθηκαν χαρτογραφικά υπόβαθρα από τη Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Γ.Υ.Σ.) και το Ινστιτούτο Γεωτεχνικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.). Συγκεκριμένα:

Οι **ρυθμοί προέλασης ή υποχώρησης των ακτογραμμών** προέκυψαν από διαχρονική παρατήρηση αεροφωτογραφιών των ετών 1945 και 1998. Χρησιμοποιήθηκαν :

Α) Ψηφιακές ορθοφωτογραφίες από αεροφωτογραφίες του 1945 με μέγεθος εικονοστοιχείου 1 μ. από τις οποίες προέκυψε η ακτογραμμή του έτους 1945 μετά από διαδικασία ψηφιοποίησης.

Β) Πρόσφατες ορθοφωτογραφίες, με μέγεθος εικονοστοιχείου στο έδαφος 50cm του έτους 1998, από τις οποίες επίσης μετά από διαδικασία ψηφιοποίησης προέκυψε η ακτογραμμή του έτους 1998.

Τα παραγόμενα γραμμικά διανυσματικά αρχεία τροποποιήθηκαν ώστε να περιοριστούν στην περιοχή ενδιαφέροντος. Στη συνέχεια υπολογίστηκε ο **Ρυθμός Επέκτασης - Προέλασης της ακτογραμμής** ως εξής:

- Δημιουργήθηκε νέο γραμμικό διανυσματικό επίπεδο, αποτελούμενο από τμήματα των οποίων τα όρια ταυτίζονται με τα σημεία τομής των αρχικών διανυσματικών αρχείων.
- Στο αρχικό διανυσματικό επίπεδο που δημιουργήθηκε δόθηκαν τιμές -1, 0, +1 οι οποίες δηλώνουν υποχώρηση, καμία μεταβολή και προέλαση αντίστοιχα.
- Για κάθε τμήμα ακτογραμμής του 1945, δημιουργήθηκε το κεντροειδές και υπολογίστηκε η μέση απόσταση της ακτογραμμής του 1998 από αυτό.
- Τέλος υπολογίστηκε ο μέσος ρυθμός υποχώρησης (-) ή προέλασης (+) σύμφωνα με τον τύπο ***μέσος ρυθμός = απόσταση / (1998-1945)*** και έγινε επαναταξινόμηση των τιμών με βάση τον Πίνακα Τρωτότητας για τη συγκεκριμένη μεταβλητή. Επιπρόσθετα, σε κατάλληλο σύστημα Γεωγραφικών Πληροφοριών (QGIS) έγινε η προσθήκη της γεωμετρίας.

Η στατιστική επεξεργασία των παραγομένων καθώς και τα γραφήματα προέκυψαν μετά από επεξεργασία σε κατάλληλο πρόγραμμα (Microsoft Office Excel).

Η **Παράκτια Κλίση** προέκυψε από την αξιοποίηση του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (DEM) το οποίο δημιουργήθηκε από τα παρακάτω δεδομένα:

- ισοϋψείς καμπύλες ανά 4 μ. (22 DXF αρχεία, με ακρίβεια RMSE υψομετρικού λάθους ± 50cm) από την Κτηματολόγιο Α.Ε.
- 740 υψομετρικά σημεία επίσης από την Κτηματολόγιο Α.Ε.
- βασικό υδρογραφικό δίκτυο, το οποίο δημιουργήθηκε με ψηφιοποίηση των υποβάθρων της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ) (τοπογραφικοί χάρτες, κλίμακας 1:50.000, φύλλα: Αθήνα – Ελευσίς (1992), Αθήνα – Πειραιάς (1991), Ερυθραί (1989) και Μέγαρα (1990)).

Για τις περιοχές της βάσης του ΝΑΤΟ και του Ναυστάθμου Σαλαμίνας, για τις οποίες δεν υπήρχαν στοιχεία, αξιοποιήθηκαν τα υπόβαθρα της ΓΥΣ, τόσο για την ψηφιοποίηση των υψομετρικών καμπύλων, όσο και για τον καθορισμό νέων υψομετρικών σημείων.

Οι κλίσεις που προέκυψαν από το παραχθέν ψηφιακό μοντέλο εδάφους, επαναταξινομήθηκαν σύμφωνα με τον πίνακα τρωτότητας για τη συγκεκριμένη μεταβλητή και στη συνέχεια αποτυπώθηκαν στην ακτογραμμή, σε γραμμικό διανυσματικό επίπεδο που δημιουργήθηκε ειδικά γι αυτό τον σκοπό.

Η **Γεωλογία** της περιοχής προέκυψε από επεξεργασία των αντίστοιχων Γεωλογικών χαρτών του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.), κλίμακας 1:50.000, φύλλα: Αθήνα – Πειραιάς και Μέγαρα. Χρησιμοποιώντας τους παραπάνω χάρτες σαν υπόβαθρο, αποτυπώθηκε η πληροφορία της Γεωλογίας στην ακτογραμμή, σε νέο διανυσματικό επίπεδο. Στη συνέχεια έγινε και εδώ επαναταξινόμηση του σύμφωνα με τον πίνακα τρωτότητας.

Η **Γεωμορφολογία** της περιοχής μελέτης προέκυψε από επιτόπια γεωμορφολογική χαρτογράφηση όπως περιγράφεται αναλυτικά στο σχετικό κεφάλαιο. Η επαναταξινόμηση του παραχθέντος διανυσματικού αρχείου έγινε και εδώ, όπως και στις άλλες μεταβλητές, βιβλιογραφικά.

Το **Μέσο Εύρος Παλίρροιας**, το **Μέσο Ύψος Κύματος** και ο **Ρυθμός μεταβολής της Σχετικής Στάθμης της Θάλασσας**, εκτιμήθηκαν βιβλιογραφικά (στη συγκεκριμένη περίπτωση από βιβλιογραφικές εκτιμήσεις *(Τσιμπλής, 1994),* από δεδομένα του προγράμματος POSEIDON και μετρήσεις της IPCC αντίστοιχα). Και στις τρείς περιπτώσεις δημιουργήθηκαν γραμμικά διανυσματικά επίπεδα της ακτογραμμής στα οποία αποτυπώθηκαν οι επαναταξινομημένες τιμές για κάθε μια παράμετρο.

Για την χαρτογράφηση των κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων κατά μήκος της ακτογραμμής απεικονίζονται οι κύριες κατηγορίες χρήσεων γης κατά μήκος της παραλιακής ζώνης έως την υψομετρική καμπύλη των 4 μέτρων, που αντιστοιχεί στην προβλεπόμενη αύξηση της θαλάσσιας στάθμης, αξιοποιώντας τους κωδικούς – περιγραφές των αντίστοιχων χρήσεων γης κατά CORINE. Οι κατηγορίες χρήσεων γης αποτυπώθηκαν και αυτές σε γραμμικό διανυσματικό επίπεδο, όπως οι υπόλοιπες μεταβλητές, προκειμένου να υπάρχει η δυνατότητα εξαγωγής ποσοτικών (μήκος ακτογραμμής, έκταση) και ποιοτικών (χρήσεις γης, τρωτότητα) αποτελεσμάτων.

Επικουρικά έγινε ψηφιοποίηση των ρηγμάτων (πιθανών και ορατών) της νήσου από τους χάρτες του Ι.Γ.Μ.Ε. και ψηφιοποίηση των κυριότερων οικισμών από τους χάρτες της Γ.Υ.Σ.

Τέλος δημιουργήθηκε το raster (ψηφιδωτό επίπεδο) της βαθυμετρίας από την αξιοποίηση των :

- γραμμικού διανυσματικού επιπέδου που προέκυψε από ψηφιοποίηση των ισοβαθών (-1, -5, -10, -20, -50, -100) από τους χάρτες Γ.Υ.Σ.
- σημειακού διανυσματικού επιπέδου που προέκυψε από την ψηφιοποίηση 1550 σημείων βαθυμετρίας, επίσης από τους χάρτες Γ.Υ.Σ.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

5. ΓΕΩΛΟΓΙΑ -ΤΕΚΤΟΝΙΚΗ

5.1 Γεωλογία

Μια σημαντική παράμετρος που υπεισέρχεται στον υπολογισμό του δείκτη παράκτιας τρωτότητας είναι αυτή της Γεωλογίας. Είναι γεγονός ότι το είδος και η λιθολογία των πετρωμάτων σε μια ακτογραμμή επηρεάζουν άμεσα το βαθμό της τρωτότητας της έναντι καταστροφικών φαινομένων.

Στη Σαλαμίνα συναντώνται τόσο Αλπικοί όσο και Μεταλπικοί σχηματισμοί. Οι Αλπικοί σχηματισμοί ανήκουν στις γεωτεκτονικές ενότητες της Ανατολικής Ελλάδας και της «Υποπελαγονικής» *(Μαριολάκος, 2001)*. Στο νησί εμφανίζεται όλη η ακολουθία των πετρωμάτων της «Υποπελαγονικής» ενότητας *(Τάταρης & Σίδερης 1989)*. Οι σχηματισμοί της Ανατολικής Ελλάδας εμφανίζονται μόνο στο βόρειο τμήμα του νησιού με κυριότερη εμφάνιση αυτή της περιοχής μεταξύ όρμου Παλουκίων και όρμου Σαλαμίνας *(Γαϊτανάκης 1982, Γαϊτανάκης & συν. 1984)*.

Τα Μεταλπικά ιζήματα είναι τόσο θαλάσσιας φάσης όσο και χερσαίας. Τα παλαιότερα θαλάσσια ιζήματα είναι Άνω Μειοκαινικής ηλικίας και απαντούν μόνο στο ανατολικό άκρο της χερσονήσου Κυνόσουρα. Τα νεότερα θαλάσσια Πλειοκαινικής ηλικίας ιζήματα απαντούν σε τέσσερις θέσεις. Οι τρεις από αυτές βρίσκονται ανατολικά από τον κύριο σημερινό υδροκρίτη του νησιού διεύθυνσης ΒΒΑ-ΝΝΔ, ο οποίος χωρίζει το νησί σε δύο τμήματα. Η τέταρτη θέση (Πέραμα Φανερωμένης) πρέπει να σχετίζεται με τα ιζήματα και τις συνθήκες απόθεσης της λεκάνης των Μεγάρων. Τα θαλάσσια Πλειοκαινικά ιζήματα αποτελούνται κυρίως από μαργαϊκούς ασβεστόλιθους, μάργες, ψαμμίτες και κροκαλοπαγή θαλάσσιας ή παράκτιας φάσης.

Τα χερσαία Μεταλπικά ιζήματα ξεκινούν στο όριο Ανωτέρου Πλειόκαινου – Πλειστόκαινου, περίοδο κατά την οποία φαίνεται ότι μεταπίπτουν σε χέρσο οι περισσότερες περιοχές. Πρόκειται για χερσαία κροκαλοπαγή μονόμικτα ή πολύμικτα, για παλαιά και σύγχρονα πλευρικά κορήματα και κώνους κορημάτων, αλλουβιακές αποθέσεις και beach rock σε ορισμένες θέσεις. Τα ιζήματα αυτά καλύπτουν κυρίως το κεντρικό και βόρειο τμήμα του νησιού, ενώ είναι χαρακτηριστική η μικρή τους παρουσία στο νότιο τμήμα του. *(Θεοχάρης, 2001)*.

5.1.1 Λιθοστρωματογραφία της ευρύτερης περιοχής.

Η λιθοστρωματογραφία της ευρύτερης περιοχής της Σαλαμίνας προέκυψε από τους γεωλογικούς χάρτες του ΙΓΜΕ, κλίμακας 1:50.000 και συγκεκριμένα τα φύλλα Αθήνα – Πειραιάς και Μέγαρα.

5.1.1.1 ΤΕΤΑΡΤΟΓΕΝΕΣ

Ολόκαινο

Περιλαμβάνει *παράκτιες αποθέσεις* που αποτελούνται από άμμους, ίλη τεναγών ***(cd)*** και *σύγχρονα πλευρικά κορήματα - κώνους κορημάτων*, δηλαδή σχηματισμούς που προέρχονται από την αποσάθρωση των γύρω πετρωμάτων ***(H.sc.cs)***. Επίσης, περιλαμβάνει *αλλουβιακές αποθέσεις* δηλαδή ασύνδετα υλικά από αργίλους, άμμους και κροκαλολατύπες όπως επίσης και προσχώσεις από χαλαρά αργιλοαμμώδη υλικά και ερυθρογή ***(al)***.

Ανώτερο Πλειστόκαινο – Ολόκαινο

Εμφανίζονται *παλαιά πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων* δηλαδή συνεκτικά κροκαλολατυποπαγή, διατεταγμένα σε λεπτές στρώσεις ή πάγκους με συνδετικό υλικό ασβεστιτικό ή αργιλικό ***(Pt-sc.cs)***. Επίσης εμφανίζοται *διλουβιακές αποθέσεις*: ερυθροί πηλοί, άργιλοι, άμμοι (στα κατώτερα μέλη) που εναλλάσσονται με κροκαλολατυποπαγή μικρής συνεκτικότητας ***(Pt)*** και *ποτάμιες αναβαθμίδες* μικρού γενικά πάχους που αποτελούνται κυρίως από κροκάλες μαργαϊκών ασβεστολίθων ελαφρά συγκολλημένες. Παρατηρούνται επίσης λεπτές διαστρώσεις άμμων και αργίλων κόκκινου χρώματος ***(Pt.t)***.

Ανώτερο Πλειόκαινο – Πλειστόκαινο

Παρατηρούνται *κεροστιλβικοί*, *βιοτιτικοί* και σπανιότερα *πυροξενικοί ανδεσίτες – δακίτες* οι οποίοι εμφανίζονται με τη μορφή ρευμάτων λάβας ***(α, δ)***.

5.1.1.2 ΝΕΟΓΕΝΕΣ

Πλειόκαινο

Παρατηρούνται μάργες, άργιλοι και μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι ***(Pl)*** σε εναλλαγές με λιμναίους, λιμνοθαλάσσιους και θαλάσσιους σχηματισμούς. Τα κατώτερα μέλη αρχίζουν με σκληρές και στη συνέχεια φυλλώδεις μάργες, που αποτελούν και χαρακτηριστικό ορίζοντα. Στα μεσαία μέλη συναντώνται φακοειδείς ενστρώσεις λιγνίτη, πάχους 30 εκ. ***(Pl.m)***. Στα κατώτερα μέλη της σειράς παρεμβάλλονται

χερσαίοι σχηματισμοί ***(l,s)*** κόκκινου χρώματος, που αποτελούνται από αργίλους, πηλούς, άμμους και ψαμμίτες που δεν προσδιορίστηκαν.

Ανώτερο Μειόκαινο

Εμφανίζονται *άμμοι και ιλύς* που αποτελούνται από ερυθρότεφρες έως καστανές, τοπικά πολύ αργιλούχες, με επιπλέοντα γωνιώδη έως ελαφρά αποστρογγυλωμένα κροκαλολατυποπαγή αδιαβάθμητα, κυρίως από σχιστόλιθους. Πάνω στους σχηματισμούς αυτούς παρατηρούνται ασβεστόλιθοι κοραλλιογενείς με αφθονία απολιθωμάτων ***(M)***.

5.1.1.3 ΥΠΟΠΕΛΑΓΟΝΙΚΗ ΖΩΝΗ

Ι) ΑΥΤΟΧΘΟΝΗ ΣΕΙΡΑ

Κενομάνιο – Τουρώνιο

Εμφανίζονται *ασβεστόλιθοι* παχυπλακώδεις, παχυστρωματώδεις. Δεν παρατηρούνται εναλλαγές με μάργες. Στη περιοχή του όρμου Βασιλικά επίκεινται σε μικρή εμφάνιση βωξίτη ***(K6-7.k)***.

Λιάσιο – Μάλμιο

Παρατηρούνται *ασβεστόλιθοι* τεφροί, λευκότεφροι, στρωματώδεις, παχυστρωματώδεις έως άστρωτοι, ωολιθικοί, ψευδο-ωολιθικοί βιομικρίτες-σπαρίτες, τοπικά δολομιτιωμένοι ***(Jk)***. Η μετάβαση από τα ανώτερα μέλη των ανωτριαδικών ασβεστολίθων προς τους ασβεστολίθους αυτούς δεν είναι ευδιάκριτη. Οι ανώτεροι ορίζοντες είναι παχυπλακώδεις έως παχυστρωματώδεις, ψευδοωλιθικοί και μεταπίπτουν (περιοχή Παλουκιών) σε μικριτικούς ασβεστολίθους ερυθρούς. Στο λατομείο, στη βόρεια πλευρά του λόφου Προφ. Ηλεία και στον όρμο Σεληνίων, παρατηρείται κανονική μετάβαση των ασβεστόλιθων προς τους σχιστοκερατολίθους.

Μέσο – Ανώτερο Τριαδικό

Εμφανίζονται *ασβεστόλιθοι* τεφροί, λευκότεφροι, τεφρομέλανες, λευκοκίτρινοι βιομικρίτες, παχυστρωματώδεις έως άστρωτοι στα ανώτερα μέλη, πλακώδεις έως παχυπλακώδεις και στολιδωμένοι στη βάση τους (Κακιά Βίγλα) ***(Tm-s.k)***.

Επίσης εμφανίζονται ηφαιστειακά πετρώματα και τόφφοι έντονα εξαλλοιωμένα που διασχίζουν σύστημα από μάρμαρα και σιπολίνες ***(vol)***.

Νεοπαλαιοζωικό – Κατώτερο Τριαδικό

Φυλλίτες, χαλαζίτες, σερικιτικοί *σχιστόλιθοι*, σε εναλλαγές με τεφρούς, τεφροπράσινους αργιλικούς σχιστόλιθους και λεπτόκοκκους έως αδρομερείς

ψαμμίτες και γραουβάκες. Προς τα πάνω παρατηρούνται φακοειδείς ενστρώσεις τεφρών, σκοτεινότεφρων, βιτουμενιούχων πλακωδών ασβεστόλιθων ***(Ps-Ti)***.

ΙΙ) ΕΠΩΘΗΜΕΝΗ ΣΕΙΡΑ

Μαϊστρίχιο – Κατώτερο Ηώκαινο

Φλύσχης: ασβεστόλιθοι, μαργαικοί ψαμμίτες, ψαμμιτικές μάργες.

Ασβεστόλιθοι **(k)**: τεφροί, κυανότεφροι, λεπτοπλακώδεις έως πλακώδεις βιομικρίτες έως ασβεσταρενίτες, σε εναλλαγές με χονδροπλακώδεις ψαμμίτες (προς τα επάνω λεπτόκοκκους), λεπτοπλακώδεις έως φυλλώδεις μαργαικούς ψαμμίτες και ψαμμιτικές μάργες.

Κενομάνιο – Τουρώνιο

Εμφανίζονται *ασβεστόλιθοι* παχυπλακώδεις, παχυστρωματώδεις. Δεν παρατηρούνται εναλλαγές με μάργες. Στη περιοχή του όρμου Βασιλικά επίκειται σε μικρή εμφάνιση βωξίτη ***(K6-7.k)***.

Ιουρασικό

Σχιστοκερατολιθική διάπλαση: αργιλικοί ασβεστόλιθοι εναλλασσόμενοι με ερυθρούς ραδιολαρίτες – με εμποτίσματα οξειδίων του μαγγανίου – και με λεπτοπλακώδεις ερυθρωπούς ή τεφρούς ασβεστόλιθους με κερατόλιθους ***(Js.sh)***.

id	G_code	Geology	CVI
14 5 18 6	**K4-7 .k** **K6-7 .k** **Jk** **Tm-s .k**	*Ασβεστόλιθοι*	**1**
10	**Pt.br**	*Συνεκτικά λατυποπαγή*	**1**
4	**Ps-Ti**	*Φυλλίτες, χαλαζίτες, σερικιτικοί σχιστόλιθοι*	**2**
15	**Js .sh**	*Σχιστοκερατολιθική διάπλαση*	**2**
7 19	**Pt-sc .cs** **Pt.sc**	*Παλαιά πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων*	**3**
13 20 3	**H.sc .cs** **H. cs** **sc .cs**	*Σύγχρονα πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων*	**3**
9	**Pl.m**	*Μάργες, άργιλοι και μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι*	**3**
8	**vol**	*Ηφαιστειακά πετρώματα και τόφφοι έντονα εξαλλοιωμένα*	**3**
16	**Pl**	*Μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι και ψαμμίτες*	**3**
11 12	**Pl .l,s** **l,s**	*Σχηματισμοί από αργίλους, πηλούς, άμμους και ψαμμίτες*	**4**
17	**M**	*Άμμοι, ιλύς*	**4**
21	**Pt.t**	*Αναβαθμίδες μέσα σε χειμάρρους, μέτριας συνεκτικότητας με κροκάλες των γύρω περιοχών*	**4**
1	**al**	*Αλλουβιακές αποθέσεις: σύγχρονες αποθέσεις χειμάρρων· άργιλοι, άμμοι, χαλίκια*	**5**
2	**cd**	*Παράκτιες αποθέσεις: άμμοι και ιλύς τεναγών*	**5**

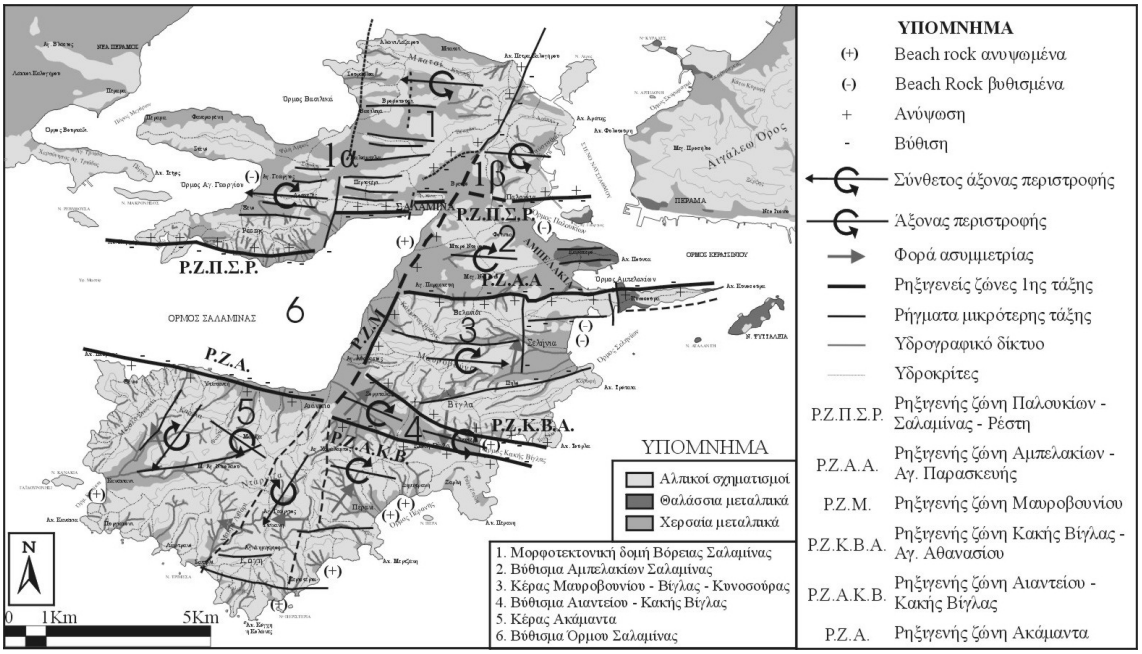
Πίνακας 2: *Οι Γεωλογικοί σχηματισμοί που απαντώνται στη νήσο Σαλαμίνα και η κατηγοριοποίησή τους ανάλογα με το βαθμό τρωτότητας στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης.*

5.2 Τεκτονική

Η νεοτεκτονική δομή της νήσου είναι ιδιαίτερα πολύπλοκη και παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον. Τα αποτελέσματα όμως των τεκτονικών διεργασιών στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης,, στη χρονική κλίμακα που εξετάζουμε, είναι αμελητέα. Παρότι ο τεκτονισμός έχει διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στη σχετική μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης κατά το Τεταρτογενές, θεωρήθηκε παρακινδυνευμένη η προέκταση των ρυθμών αυτών μέχρι το έτος 2100 όπου αναφέρεται η πρόβλεψη της IPCC. Γι αυτό το λόγο η παρούσα μελέτη θα αρκεστεί σε μια γενική αναφορά στο αντικείμενο.

Οι νεοτεκτονικές μακροδομές της νήσου Σαλαμίνας είναι οι εξής *(Μαριολάκος, 2001)*:

1. Μορφοτεκτονική δομή Βόρειας Σαλαμίνας
2. Βύθισμα Αμπελακίων – Σαλαμίνας
3. Κέρας Μαυροβουνίου – Βίγλας -Κυνόσουρας
4. Βύθισμα Αιαντείου – Κακής Βίγλας
5. Κέρας Ακάμαντα
6. Βύθισμα Κόλπου Σαλαμίνας



Σχήμα 3: *Οι νεοτεκτονικές δομές της νήσου Σαλαμίνας.* ***(πηγή: Μαριολάκος, 2001).***

Η γενική εικόνα που προκύπτει από την νεοτεκτονική δομή της περιοχής είναι αυτή της αλληλουχίας τεκτονικών κεράτων και τεκτονικών βυθισμάτων γενικής διεύθυνσης Α -Δ. Η κάθε μια από αυτές τις δομές παρουσιάζει και διαφορετική κινηματική εξέλιξη. Ένα ακόμα χαρακτηριστικό είναι η παρουσία δομών μικρότερης τάξης στο εσωτερικό ή στα περιθώρια των μεγάλων δομών. Οι μικρότερες δομές διαχωρίζονται μεταξύ τους από περιθωριακές ρηξιγενείς ζώνες.

Τα περισσότερα ρήγματα που κόβουν τους Μεταλπικούς σχηματισμούς είναι κανονικά διεύθυνσης περίπου Β-Ν, ενώ τα σημαντικά ρήγματα που οριοθετούν τα περιθώρια των λεκανών μέσα στις οποίες έχουν αποτεθεί είναι διεύθυνσης Α-Δ. Παρατηρούνται ασύμμετρα ανεπτυγμένα υδρογραφικά δίκτυα και μετατοπισμένα beach rocks είτε ανυψωμένα είτε βυθισμένα. *(Μαριολάκος, 2001).*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

6. ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΓΕΩΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ

6.1 Γενικά

Μια σημαντική παράμετρος που υπεισέρχεται στον υπολογισμό της παράκτιας τρωτότητας στη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, είναι αυτή της παράκτιας γεωμορφολογίας. Το είδος και η μορφολογία των πετρωμάτων που απαντώνται κατά μήκος μια ακτογραμμής επηρεάζουν άμεσα το βαθμό τρωτότητας της έναντι των διαφόρων καταστροφικών φαινομένων Έτσι για παράδειγμα οι αμμώδεις ακτές παρουσιάζουν πολύ μεγαλύτερο βαθμό τρωτότητας στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης σε σχέση με βραχώδεις ακτές μικρής ή μεγάλης κλίσης. Αντίθετα, οι αμμώδεις ακτές επηρεάζονται πολύ λιγότερο στο φαινόμενο της παράκτιας διάβρωσης σε σχέση με τις βραχώδεις. Γίνεται λοιπόν φανερό πως η γεωμορφολογική εξέλιξη της παράκτιας ζώνης αποτελεί ένα δυναμικό και πολυσύνθετο φαινόμενο, στο οποίο υπεισέρχονται ένα πλήθος αλληλοεξαρτώμενοι και χρονικά εξελισσόμενοι παράμετροι.

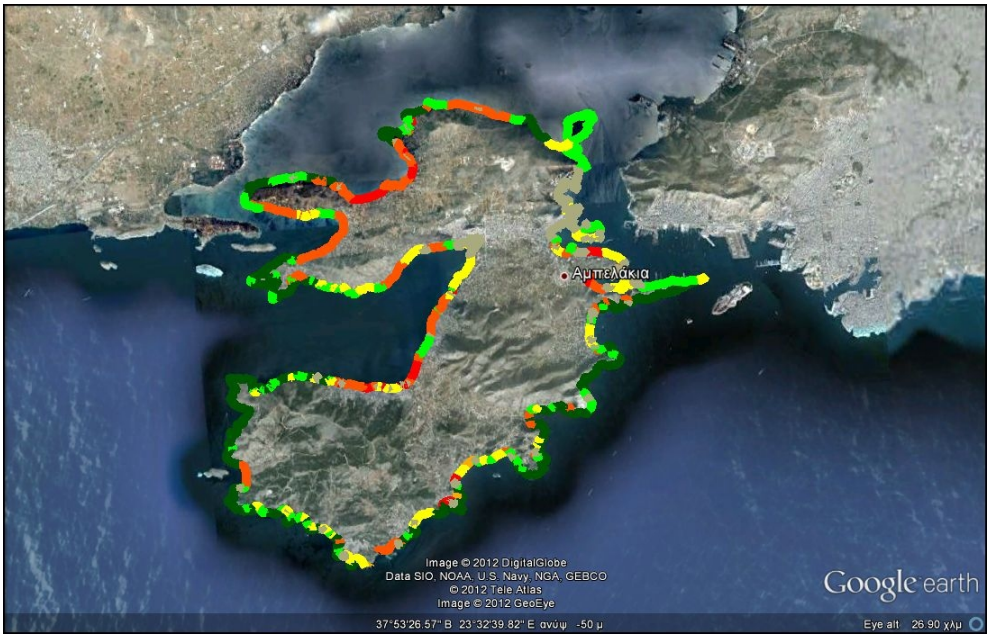
Για τη μελέτη της γένεσης και της εξέλιξης των παράκτιων γεωμορφών στην περιοχή ενδιαφέροντος, χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος της περιγραφικής γεωμορφολογικής ανάλυσης σε συνδυασμό με δεδομένα από τους γεωλογικούς χάρτες του Ι.Γ.Μ.Ε. Αρχικά, αξιοποιήθηκαν τα συμπεράσματα από την ανάλυση των διαθέσιμων γεωλογικών δεδομένων προκειμένου να καθοριστεί σε γενικές γραμμές η ανθεκτικότητα των γεωλογικών σχηματισμών κατά μήκος της ακτογραμμής. Στη συνέχεια με τη βοήθεια της εφαρμογής *Google Earth,* έγινε μια πρώτη αναγνώριση των παράκτιων γεωμορφών που απαντώνται στη νήσο (διαφοροποίηση αιγιαλών και κρημνών) η οποία επιβεβαιώθηκε και οριστικοποιήθηκε στην τελική φάση της εργασίας πεδίου. Οι συντεταγμένες των διαφόρων παράκτιων γεωμορφών καθορίστηκαν με τη βοήθεια φορητού GPS.

6.2 Μεθοδολογία πεδίου

Η παράκτια ζώνη περιλαμβάνει το χερσαίο τμήμα, την περιοχή δηλαδή που επηρεάζεται από τις θαλάσσιες διεργασίες και το υποθαλάσσιο τμήμα, που εκτείνεται από την ακτογραμμή μέχρι την ισοβαθή καμπύλη των -10 μέτρων *(Καρύμπαλης, 2010)*. Στα πλαίσια της παράκτιας γεωμορφολογικής έρευνας στην περιοχή ενδιαφέροντος ακολουθήθηκε η παρακάτω μεθοδολογία:

- Συλλογή ή κατασκευή χαρτών (τοπογραφικοί, γεωλογικοί, βαθυμετρικοί)

- Αναγνώριση του είδους των παράκτιων γεωμορφών που απαντώνται κατά μήκος της ακτογραμμής και εκτίμηση του μεγέθους και της προσβασιμότητας τους.
- Συλλογή και μελέτη βιβλιογραφίας σχετικά με τη Γεωλογία και τη Γεωμορφολογία της περιοχής μελέτης.
- Χαρτογράφηση της περιοχής. Με τη βοήθεια φορητού δέκτη GPS Garmin e –trex 30, με σφάλμα χωρικής ακρίβειας 3 μ., έγινε καταγραφή των ορίων των γεωλογικών σχηματισμών, των παράκτιων γεωμορφών που απαντώνται κατά μήκος της ακτογραμμής και των διαφόρων ανθρωπογενών επεμβάσεων.



Εικόνα 2: *Αναγνώριση των κυριότερων παράκτιων γεωμορφών στην πλατφόρμα Google Earth και δημιουργία διανυσματικού αρχείου.*

Η χαρτογράφηση έγινε βασιζόμενη στο ψηφιακό υπόβαθρο που δημιουργήθηκε από διανυσματικά αρχεία (υψομετρικές καμπύλες) και αεροφωτογραφίες που διατέθηκαν από την Κτηματολόγιο Α.Ε.. Για τη δημιουργία του Γεωλογικού υπόβαθρου χρησιμοποιήθηκαν οι Γεωλογικοί χάρτες του Ινστιτούτου Γεωλογικών και Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε.), κλίμακας 1:50.000, φύλλα: Αθήνα – Πειραιάς και Μέγαρα. Για την απεικόνιση της βαθυμετρίας χρησιμοποιήθηκαν οι τοπογραφικοί χάρτες της Γεωγραφικής Υπηρεσίας Στρατού (Γ.Υ.Σ) κλίμακας 1:50.000, φύλλα: Αθήνα – Ελευσίς (1992), Αθήνα – Πειραιάς (1991), Ερυθραί (1989) και Μέγαρα (1990). Τα σύμβολα που χρησιμοποιήθηκαν για την απεικόνιση των παρατηρούμενων γεωμορφών, αντλήθηκαν από την Ελληνική βιβλιογραφία *(Καρύμπαλης 2010,*

Παυλόπουλος Κ., 1997, 2011). Κατά την εργασία πεδίου ελήφθησαν φωτογραφίες οι οποίες παρουσιάζονται στην εργασία. Οι θέσεις λήψης των φωτογραφιών απεικονίζονται σε αντίστοιχο χάρτη του Παραρτήματος, Στις περιπτώσεις εκείνες που η πρόσβαση δεν ήταν δυνατή, αναζητήθηκε φωτογραφικό υλικό από το διαδίκτυο.

6.3 Παράκτιες γεωμορφές

Παράκτιες γεωμορφές ονομάζονται εκείνες οι γεωμορφές που δημιουργούνται από τις διάφορες διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στην παράκτια ζώνη. Με βάση τα αίτια της δημιουργίας τους διακρίνονται σε γεωμορφές θαλάσσιας διάβρωσης, απόθεσης και αιολικής προέλευσης *(Pethic J., 1984)*. Συνήθως η τελική τους μορφή είναι το αποτέλεσμα της συνδυασμένης δράσης πολλών διεργασιών τόσο χερσαίων όσο και θαλάσσιων, με συνέπεια τη σχετική δυσκολία κατάταξής τους σε ένα συγκεκριμένο τύπο.

Παρακάτω περιγράφονται τα βασικά χαρακτηριστικά των παράκτιων γεωμορφών που εντοπίστηκαν στην περιοχή μελέτης, με σκοπό την κατηγοριοποίηση της παράκτιας ζώνης ως προς την τρωτότητα της στη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης.

6.3.1 Παράκτιες γεωμορφές θαλάσσιας διάβρωσης

6.3.1.1Παράκτιοι κρημνοί (coastal cliffs)

Οι παράκτιοι κρημνοί αποτελούν τις πιο διαδεδομένες παράκτιες γεωμορφές θαλάσσιας διάβρωσης. Είναι απόκρημνες προς τη θάλασσα παράκτιες πλαγιές που επηρεάζονται από τις θαλάσσιες διεργασίες. Στο σχηματισμό και στη διαμόρφωση των μορφολογικών τους χαρακτηριστικών εκτός από τις θαλάσσιες διεργασίες, σε αρκετές περιπτώσεις σημαντικό ρόλο παίζει και η δράση των χερσαίων εξωγενών διεργασιών όπως η φυσική (μηχανική) και χημική αποσάθρωση και οι κινήσεις υλικών λόγω βαρύτητας (κατολισθήσεις, ερπυσμοί εδαφών κ.α.). Τόσο η μορφή όσο και η κλίση των παράκτιων κρημνών επηρεάζονται σημαντικά από τους γεωλογικούς παράγοντες. Οι γεωλογικοί παράγοντες περιλαμβάνουν την τεκτονική καταπόνηση των πετρωμάτων, τη διαφοροποίηση στην ανθεκτικότητα των διαφόρων γεωλογικών στρωμάτων και τέλος τη διεύθυνση και την κλίση της στρώσης *(Emery & Kuhn, 1980, Trenhaile, 1987)*.

Η σχέση μεταξύ της μορφής που αποκτά το προφίλ ενός παράκτιου κρημνού και της κλίσης των γεωλογικών στρωμάτων καθώς και των επιπέδων των τεκτονικών

ασυνεχειών του πετρώματος είναι εξαιρετικά πολύπλοκη. Μεγάλη σημασία τόσο για το σχηματισμό, όσο και για τα μορφολογικά χαρακτηριστικά που θα αποκτήσει ο παράκτιος κρημνός έχει η σκληρότητα και η δομή του πετρώματος που τον αποτελεί. Μερικά μαλακά (λιγότερο ανθεκτικά) πετρώματα δεν μπορούν να διατηρήσουν μέτωπα απότομης κλίσης. Όταν τα πετρώματα της ακτής είναι λιθολογικά ομοιογενή και αποτελούνται από οριζόντια ή κατακόρυφα, δηλαδή ανορθωμένα, στρώματα οι κρημνοί που αναπτύσσονται αποκτούν μεγαλύτερη μορφολογική κλίση και σχεδόν κατακόρυφα μέτωπα. Όταν τα πετρώματα κλίνουν προς τη θάλασσα, η μορφή του κρημνού συνήθως είναι αρκετά ομαλή και η γωνία του μετώπου του κατά ένα μέρος καθορίζεται από τη γωνία κλίσης των στρωμάτων, *(Καρύμπαλης, 2010)*.

Ένα μεγάλο μήκος της ακτογραμμής της περιοχής ενδιαφέροντος καταλαμβάνεται από παράκτιους κρημνούς. Οι συγκεκριμένες γεωμορφές εντοπίζονται κυρίως στο νοτιοδυτικό, νότιο, και νοτιοανατολικό τμήμα του νησιού, από την περιοχή δυτικά του *Νάτο* έως την *Κυνόσουρα*. Στη βόρεια Σαλαμίνα, εκτεταμένες περιοχές με παράκτιους κρημνούς εντοπίζονται στις ακτογραμμές δυτικά των δασών *Ρέστη* και *Φανερωμένης* όπως και στο *Μπλε Λιμανάκι* και σε τμήματα της ακτογραμμής από το *Μπατσί* έως τη νήσο *Λέρο*.

Οι κρημνοί αυτοί είναι κυρίως ασβεστολιθικής σύστασης μεγάλης ή μέτριας ανθεκτικότητας και διαφόρων κλίσεων. Τοπικά παρατηρούνται κρημνοί σχιστοκερατολιθικής διάπλασης ή χαμηλοί κρημνοί κατά μήκος των αλλουβιακών ριπιδίων που έχουν αναπτυχθεί στις εκβολές χειμάρρων περιοδικής ροής ***(Εικόνες 3, 4)***.

Εικόνα 2. *Παράκτιος κρημνός ασβεστολιθικής σύστασης στην περιοχή της Κακής Βίγλας. Στο βάθος διακρίνονται ερυθροί σχιστόλιθοι και αλλουβιακές αποθέσεις.*

Εικόνα 3. *Κρημνός μεγάλης κλίσης από ανθεκτικά ασβεστολιθικά πετρώματα στο ακρωτήριο Μερτζάνι. (Πηγή: Διαδίκτυο)*

Στις θέσεις όπου οι παράκτιοι γεωλογικοί σχηματισμοί είναι λιγότερο ανθεκτικοί στη θαλάσσια διάβρωση, παρατηρούνται υπολείμματα τους μπροστά από την

ακτογραμμή. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται κυρίως σε ακρωτήρια και οφείλεται κατά κύριο λόγο στη σύγκλιση της κυματικής ενέργειας η οποία και προκαλεί έντονη τοπική διάβρωση ***(Εικόνα 5)***.

Εικόνα 4. *Χαρακτηριστική περίπτωση υποχώρησης ακτογραμμής λόγω διάβρωσης σε ακρωτήριο στην περιοχή Νάτο.*

Εικόνα 5. *Παράκτιος κρημνός μεγάλης κλίσης στα Περιστέρια Σαλαμίνας.*

6.3.2Παράκτιες γεωμορφές θαλάσσιας απόθεσης

6.3.2.1 Αμμώδεις αιγιαλοί (sandy beaches)

Αποτελούν μαζί με τους αιγιαλούς αδρομερών ιζημάτων, ίσως τα πιο συνηθισμένα περιβάλλοντα του παράκτιου χώρου. Είναι γεωμορφές απόθεσης που αποτελούνται από ασύνδετα χαλαρά αμμώδη υλικά σε συνδυασμό με εύπλαστα υλικά όπως η ιλύς και η άργιλος *(Καρύμπαλης, 2010).*

Εικόνα 6. *Αμμώδης αιγιαλός στην περιοχή Ψιλή Άμμος*

Η παρουσία ασύνδετων και εύπλαστων υλικών αποτελεί και τον κυριότερο λόγο για τον οποίο οι αιγιαλοί αυτοί σπανίως υπόκεινται σε διάβρωση, αντίθετα τα υλικά τους μεταφέρονται και αναδιανέμονται προσαρμόζοντας τη μορφή της ακτογραμμής ανάλογα με την εκάστοτε προσπίπτουσα σε αυτή κυματική ενέργεια. Η ανθεκτικότητα των αιγιαλών στη διάβρωση δεν συνεπάγεται βέβαια και αντίστοιχη ανθεκτικότητα σε όλα τα είδη διαβρωτικών διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στην παράκτια ζώνη. Έτσι για παράδειγμα η τρωτότητα αυτού του είδους των αιγιαλών έναντι της πιθανής μελλοντικής αύξησης της θαλάσσιας στάθμης, εμφανίζεται ιδιαίτερα αυξημένη, διότι αφενός η κινητικότητα των ιζημάτων από τα οποία συνίστανται οδηγεί στην αναδιανομή των υλικών τους και στην επαναπόθεσή τους ακολουθώντας τη νέα θαλάσσια στάθμη και αφετέρου το χαμηλό τους ύψος δεν αποτελεί εμπόδιο στην προέλαση των υδάτων στην ενδοχώρα.

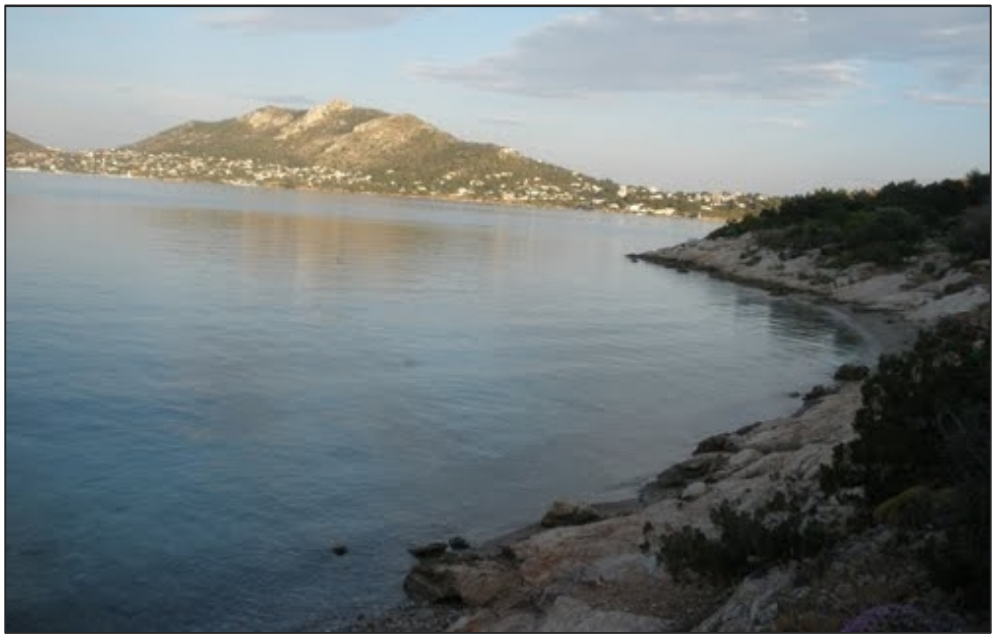
6.3.2.2 Χαλικώδεις αιγιαλοί (gravel beaches)

Οι χαλικώδεις αιγιαλοί ονομάζονται και αιγιαλοί χονδρόκοκκου κλαστικού υλικού ή αιγιαλοί καταιγίδας (storm or coarse clastic beaches) . Χαρακτηρίζονται από την παρουσία υλικών μεγάλου μεγέθους (με διάμετρο μεταξύ 2 και 2000 mm) ενώ το μέτωπό τους είναι μεγάλης κλίσης καθιστώντας τους ικανούς να αντανακλούν σε σημαντικό βαθμό τον προσπίπτων κυματισμό. Σύμφωνα με τον *Ε. Καρύμπαλη*, ακτογραμμές με χονδρόκοκκο υλικό συνήθως βρίσκονται σε περιοχές που αποτελούν:

- *Τεκτονικά ενεργές παράκτιες περιοχές όπου χείμαρροι μεγάλης κλίσης μεταφέρουν στην ακτή χονδρόκοκκο υλικό σαν φορτίο κοίτης.*
- *Περιοχές που η δράση του κυματισμού είναι έντονη και προκαλεί τη διάβρωση βραχωδών – πετρωδών κρημνών.*

Οι αιγιαλοί αδρομερών ιζημάτων μπορούν να διακριθούν σε:

- *Φραγματικούς αιγιαλούς (barriers). Μοιάζουν με φυσικά φράγματα από χονδρόκοκκα υλικά και χαρακτηρίζονται από ένα τοπογραφικό βύθισμα στην πίσω – προς την ξηρά – πλευρά τους. Συνήθως πίσω από τους φραγματικούς αιγιαλούς αναπτύσσονται λιμνοθάλασσες, έλη και υγρότοποι.*
- *Αιγιαλούς στον μυχό των κόλπων (pocket beaches). Αποτελούνται από αδρομερή υλικά και περιορίζονται μεταξύ ακρωτηρίων και απόκρημνων ακτών»* [1] ***(Εικόνα 8)***.



Εικόνα 7. *Pocket beach στον όρμο Αγ. Γεωργίου (Φανερωμένη).*

[1] *Καρύμπαλης Ε., 2010, Παράκτια Γεωμορφολογία, εκδόσεις ΙΩΝ, σελ 123 -124.*

Εικόνα 8. Χαλικώδης αιγιαλός στην περιοχή Κανάκια.

Εικόνα 9*. Χαλικώδης αιγιαλός στην περιοχή του Αγ. Νικολάου στον όρμο Σαλαμίνας.*

Η τρωτότητα των αιγιαλών αυτών στη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης είναι αυξημένη λόγω της αυξημένης κινητικότητας των υλικών που την αποτελούν και του χαμηλού υψομέτρου, όπως και στην περίπτωση των αμμωδών αιγιαλών που αναφέρθηκαν προηγουμένως. Εντούτοις θεωρούνται περισσότερο ανθεκτικοί από τους αμμώδεις εξαιτίας της αδρομερέστερης κοκκομετρίας τους.

6.3.2.3 Ψηφιδοπαγείς αιγιαλοί ή ακτόλιθοι (beachrocks)

Πρόκειται για συνεκτικούς σχηματισμούς κυμαινόμενης αντοχής και πρόσφατης γεωλογικής ηλικίας. Αποτελούνται από υλικά διαφόρων διαστάσεων όπως άμμοι, χάλικες και κροκάλες, τα οποία είναι συγκολλημένα με συνδετικό υλικό ανθρακικό μαγνήσιο ($MgCO_3$) και ανθρακικό ασβέστιο ($CaCO_3$). Η ορυκτολογία των κόκκων που συνιστούν τους ψηφιδοπαγείς αιγιαλούς μπορεί να διαφέρει και εξαρτάται από τη σύσταση του ιζήματος της παράκτιας ζώνης. Οι γεωμορφές αυτές σχηματίζονται στη μεσοπαλιρροιακή ζώνη. Το πάχος των πάγκων τους εξαρτάται από το παλιρροιακό εύρος της περιοχής και συνήθως κυμαίνεται μεταξύ 40 και 50 cm. Κατατάσσονται στις γεωμορφές μέτριας τρωτότητας στην αύξηση της θαλάσσιας στάθμης ***(Εικόνες 11, 12*** .

Εικόνα 10. *Ανυψωμένο beachrock στην περιοχή Κολώνες.*

Εικόνα 11. *Βυθισμένο beachrock στην περιοχή Περάνι.*

6.3.2.4 Πλευρικά κορήματα

Αποτελούν τα πιο εμφανή προϊόντα της αποσαθρώσεως των μετώπων των κλιτύων των ορεινών όγκων και των λόφων *(Παπαπέτρου – Ζαμάνη, 1995).*

Εικόνα 13. *Πλευρικά κορήματα στην περιοχή Αγ. Αθανάσιος*

6.3.2.5 Αλλουβιακά ριπίδια

Πρόκειται για σχηματισμούς κωνοειδούς μορφής, οι οποίοι έχουν αναπτυχθεί από την απόθεση υλικών που έχουν προκύψει από τη διάβρωση της λεκάνης απορροής και έχουν μεταφερθεί μέσω των κοιτών του υδρογραφικού δικτύου ***(Εικόνα 14)***.

Εικόνα 12. *Χαρακτηριστική περίπτωση σχηματισμού κρημνού λόγω της υποχώρησης του μετώπου αλλουβιακού ριπιδίου από τις θαλάσσιες διεργασίες. (Μπατσί).*

6.3.2.6 Παράκτια έλη

Παράκτιο έλος είναι μια χαμηλή περιοχή που καλύπτεται μόνιμα ή περιοδικά από γλυκό, υφάλμυρο ή αλμυρό νερό και συνήθως διαθέτει βλάστηση από υδρόβια φυτά *(Pethic J., 1984)*.

Στην περιοχή μελέτης η παρουσία παράκτιων ελών δεν είναι ιδιαίτερα εκτεταμένη. Απαντώνται στους όρμους *Σαλαμίνας* και *Αμπελακίων* στη δυτική και ανατολική πλευρά του νησιού αντίστοιχα και πρόκειται για ελώδεις εκτάσεις που αναπτύσσονται σε αλλουβιακά ριπίδια μικρής κλίσης ***(Εικόνα 15)***.

Εικόνα 13. *Παράκτιο έλος στην περιοχή του αρχαίου λιμένα στον όρμο Αμπελακίων*

6.3.3 Παράκτιες ανθρωπογενείς επεμβάσεις και κατασκευές

Στη Σαλαμίνα οι παράκτιες ανθρωπογενείς επεμβάσεις είναι ιδιαίτερα εκτεταμένες. Ιδιαίτερα στο βορειοανατολικό νησί ένα μεγάλο τμήμα της ακτογραμμής είναι τεχνητά διαμορφωμένο, αφού εκεί χωροθετούνται ο Ναύσταθμος και οι λιμενικές εγκαταστάσεις που εξυπηρετούν τα πορθμεία του Περάματος. Αλλά και σε πολλές άλλες περιοχές (Κυνοσούρα, Ρέστη) η ύπαρξη ναυπηγοεπισκευαστικής ζώνης οδηγεί στην τεχνητή διαμόρφωση της ακτογραμμής. Επιπρόσθετα η ύπαρξη πολλών οικισμών, δημιουργεί την ανάγκη δημιουργίας παράκτιων υποδομών ***(Εικόνα 16)*** κατά μήκος σχεδόν όλης της ακτογραμμής της νήσου, εκτός από τμήματα στα νοτιοανατολικά. Το γεγονός αυτό, σε συνδυασμό με την αυθαίρετη δόμηση είναι αναμενόμενο να εντείνει την ανθρωπογενή πίεση στην παράκτια ζώνη και να καθιστά αναγκαία τη διαχείριση και προστασία της. Οι εκτεταμένες ανθρώπινες παρεμβάσεις στη νήσο είναι ένα γεγονός μάλλον αναμενόμενο, αφού η Σαλαμίνα κατοικείται από την αρχαιότητα και σήμερα είναι ιδιαίτερα πυκνοκατοικημένη, κυρίως εξαιτίας της μικρής της απόστασης από την πρωτεύουσα.

Εικόνα 14. *Λιμενική εγκατάσταση στην περιοχή Κολώνες (πηγή: Διαδίκτυο)*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

7. ΚΑΛΥΨΗ ΓΗΣ

Δεδομένου ότι η αναμενόμενη άνοδος της θαλάσσιας στάθμης θα επιφέρει σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες κατά μήκος των ακτών κρίθηκε απαραίτητη η αδρή πρώτη εκτίμηση των επιπτώσεων αυτών για την περιοχή μελέτης. Για το σκοπό αυτό έγινε η εκτίμηση των χρήσεων γης που καταλαμβάνουν τις τρωτές περιοχές και εκτιμήθηκαν οι εκτάσεις που αναμένεται να κατακλυστούν ή να υποστούν καθοριστικές αλλαγές στην κάλυψη τους μέχρι το έτος 2100.

7.1 Το πρόγραμμα CORINE

Στα πλαίσια του προγράμματος *CORINE* (*CO-ordination of Information on the Environment)*, που εποπτεύεται από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, κατασκευάστηκαν δεδομένα κάλυψης εδάφους για το σύνολο του Ελληνικού χώρου και για τις χρονολογίες 1990 και 2000. Το πρόγραμμα συντονίζεται από το *Κοινό Κέντρο Ερευνών (Joint Research Centre, JRC)* της Ευρωπαϊκής Ένωσης όπως και από την *Ευρωπαϊκή Υπηρεσία Περιβάλλοντος (European Environmental Agency*).

Πρόκειται για μια βάση καλύψεων γης, ενιαία για τα συμμετέχοντα κράτη, με 100 μέτρα χωρική ανάλυση και 0,25 τετραγωνικά χιλιόμετρα (250 στρέμματα) μοναδιαίο χώρο αναφοράς Η προηγούμενη, και πρώτη, έκδοση του CORINE είναι του 1990. Και οι δύο εκδόσεις διατίθενται δωρεάν για μη εμπορικούς σκοπούς.
Το CORINE βασίζεται σε οπτική φωτοερμηνεία εικόνων του δορυφόρου *LANDSAT 7 ETM+* από εθνικές ομάδες εργασίας. Ο συγκεκριμένος δορυφόρος παρέχει εικόνες σε επτά κανάλια (ορατό φάσμα: μπλε, πράσινο και κόκκινο, υπέρυθρο φάσμα: εγγύς και δύο κανάλια στο μεσαίο, και θερμικό) με χωρική ανάλυση 30 μέτρων εκτός από το θερμικό που έχει 60 μέτρα. Επίσης ένα παγχρωματικό (ασπρόμαυρο) με διπλάσια χωρική ευκρίνεια (15 μέτρα) *(Παρχαρίδης 2011)*.

Για την έκδοση του 2000, περίπου τα δυο τρίτα των δορυφορικών εικόνων για την Ελλάδα ελήφθησαν το καλοκαίρι του 2000 ενώ το υπόλοιπο εν τρίτο κατά τον επόμενο χρόνο. Για την έκδοση του 1990 οι εικόνες ελήφθησαν κατά τη μεγαλύτερη περίοδο 1987 – 1991. Η έκδοση του 1990 δημιουργήθηκε με κλασικές μεθόδους φωτοερμηνείας. Δηλαδή επιθέτοντας διαφάνειες πάνω σε τυπωμένες ψευδέγχρωμες (πράσινο-κόκκινο-εγγύς υπέρυθρο) ορθό-φωτογραφίες σε κλίμακα 1/100.000 *(ΕΕ, 1995)*. Στη συνέχεια οι κατηγορίες εντοπίζονται οπτικά από τον άνθρωπο φωτο-

ερμηνευτή και τα όρια τους σχεδιάζονται με το χέρι. Οι αποφάσεις λαμβάνονται σε μεγάλο βαθμό βάσει συμπληρωματικών δεδομένων που διευρύνουν τη χωρική και χρονική ανάλυση. Κατόπιν τα όρια των πολυγώνων ψηφιοποιούνται και εντάσσονται στη βάση δεδομένων. Το κάθε βήμα της διαδικασίας, επειδή δεν είναι ψηφιακή, εισαγάγει σφάλματα (λόγω εκτύπωσης, ψηφιοποίησης κλπ).

Η νέα έκδοση του CORINE βασίζεται εξίσου σε οπτική φωτοερμηνεία, τα πολύγωνα όμως ψηφιοποιούνται απευθείας στην οθόνη ελαχιστοποιώντας τα σχετικά σφάλματα. Η νέα έκδοση δημιουργήθηκε με βάση την έκδοση του 1990 απεικονίζοντας μόνο τις αλλαγές πάνω από 0,25 τετραγωνικά χιλιόμετρα και με πλάτος πάνω από 100 μέτρα. Ως γνωστόν, τα μεγέθη αυτά καταλαμβάνουν 5 επί 5 χιλιοστά και 1 χιλιοστό αντίστοιχα στην κλίμακα 1/100.000. Πριν όμως εντοπιστούν οι αλλαγές, η έκδοση του 1990 διορθώθηκε όπου ήταν δυνατόν. Είναι χαρακτηριστικό ότι σε ορισμένες περιπτώσεις οι διορθώσεις απαίτησαν πιο πολύ προσπάθεια από την ίδια την ανίχνευση των αλλαγών *(De Lima, 2000)*.

Η Ελλάδα ήταν η μοναδική χώρα που δεν χρησιμοποίησε τοπογραφικούς χάρτες για την ορθο-αναφορά των δορυφορικών εικόνων. Αντί αυτού χρησιμοποίησε ορθο-φωτογραφίες με ένα μέτρο ανάλυση *(De Lima, 2000)*. Επειδή όμως η γεωγραφική κάλυψη τους είναι περιορισμένη, χρησιμοποιήθηκαν και διανυσματικά υπόβαθρα με γραμμικά στοιχεία (ακτογραμμή, ποτάμια, δρόμοι κλπ). Το ένα τέταρτο περίπου των εικόνων γεω-αναφέρθηκε αποκλειστικά με τα διανυσματικά δεδομένα λόγω έλλειψης ορθοφωτοχαρτών. Για τη διόρθωση των σφαλμάτων παράλλαξης λόγω πλάγιας λήψης των εικόνων χρησιμοποιήθηκε Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους (ΨΜΕ) με 90 μέτρα ανάλυση, 25 μέτρα οριζόντια και 15 μέτρα κατακόρυφη ακρίβεια. Για την Ελλάδα η αποτίμηση ακρίβειας έδωσε λίγο περισσότερο από 14 μέτρα κατά μέσο όρο, κατά Χ και κατά Υ. Το εν τρίτο περίπου των εικόνων έχουν πάνω από 22,5 μέτρα μέσο τετραγωνικό σφάλμα (RMS), σαφώς εστιασμένο στα ανατολικά και βόρεια της χώρας.

Τα επιμέρους δεδομένα κατασκευάστηκαν σε εθνικά συστήματα γεωγραφικής αναφοράς (ΕΓΣΑ87 για την Ελλάδα). Το τελικό ευρωπαϊκό μωσαϊκό όμως είναι σε Ελλειψοειδές Σύστημα Γεωγραφικής Αναφοράς (ETRS89) που είναι και το πρότυπο της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για δεδομένα με πανευρωπαϊκή κάλυψη. Το σύστημα κωδικοποίησης είναι ιεραρχικό, αποτελείται από τρία επίπεδα και είναι κοινό μεταξύ

των δύο χρονολογιών. Το πρώτο επίπεδο έχει πέντε κατηγορίες, *τεχνίτες επιφάνειες*, *γεωργικές περιοχές*, *δάσος και σχεδόν φυσικές περιοχές*, *υδροβιότοποι* και *υδάτινοι όγκοι*. Το δεύτερο επίπεδο έχει 15 κλάσεις και το τρίτο 44 ***(Πίνακας 1).***

Επίπεδο 1	Επίπεδο 2	Επίπεδο 3
1. Τεχνητές επιφάνειες	1.1 Αστική οικοδόμηση	1.1.1 Συνεχής αστική οικοδόμηση 1.1.2 Διακεκομμένη αστική οικοδόμηση
	1.2 Βιομηχανικές, εμπορικές ζώνες και δίκτυα επικοινωνίας	1.2.1 Βιομηχανικές ή εμπορικές ζώνες 1.2.2 Οδικά και σιδηροδρομικά δίκτυα και γειτνιάζουσα γη 1.2.3 Ζώνες λιμένων
	1.3 Ορυχεία, χώροι απορρίψεως απορριμμάτων και χώροι οικοδόμησης	1.3.1 Χώροι εξόρυξης ορυκτών 1.3.2 Χώροι απόρριψης απορριμμάτων 1.3.3 Χώροι οικοδόμησης
	1.4 Τεχνητές, μη γεωργικές ζώνες πρασίνου	1.4.1 Περιοχές αστικού πρασίνου 1.4.2 Εγκαταστάσεις αθλητισμού και αναψυχής
2. Γεωργικές περιοχές	2.1 Αρόσιμη γη	2.1.1 Μη αρδεύσιμη-αρόσιμη γη 2.1.2 Μόνιμα αρδευόμενη γη 2.1.3 Ορυζώνες
	2.2 Μόνιμες καλλιέργειες	2.2.1 Αμπελώνες 2.2.2 Οπωροφόρα δέντρα και φυτείες με σαρκώδεις καρπούς 2.2.3 Ελαιώνες
	2.3 Λιβάδια	2.3.1 Λιβάδια
	2.4 Ετερογενείς γεωργικές περιοχές	2.4.1 Ετήσιες καλλιέργειες που συνδέονται με μόνιμες καλλιέργειες 2.4.2 Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας 2.4.3 Γη που καλύπτεται κυρίως από γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης 2.4.4 Γεωργο-δασικές περιοχές
3. Δάση και ημι-φυσικές περιοχές	3.1 Δάση	3.1.1 Δάσος πλατύφυλλων 3.1.2 Δάσος κωνοφόρων 3.1.3 Μικτό δάσος
	3.2 Συνδυασμοί θαμνώδους και/ή ποώδους βλάστησης	3.2.1 Φυσικοί βοσκότοποι 3.2.2 Θάμνοι και χερσότοποι 3.2.3 Σκληροφυλλική βλάστηση 3.2.4 Μεταβατικές δασώδεις-θαμνώδεις εκτάσεις
	3.3 Ανοιχτοί χώροι με λίγη ή καθόλου βλάστηση	3.3.1 Παραλίες, αμμόλοφοι, αμμουδιές 3.3.2 Απογυμνωμένοι βράχοι 3.3.3 Εκτάσεις με αραιή βλάστηση 3.3.4 Αποτεφρωμένες εκτάσεις 3.3.5 Παγετώνες και αιώνιο χιόνι
4. Υγρές ζώνες	4.1 Εσωτερικές υγρές ζώνες	4.1.1 Βάλτοι στην ενδοχώρα 4.1.2 Τυφώνες
	4.2 Παραθαλάσσιες υγρές ζώνες	4.2.1 Παραθαλάσσιοι βάλτοι 4.2.2 Αλυκές 4.2.3 Παλιρροιακά επίπεδα
5. Υδάτινες επιφάνειες	5.1 Χερσαία ύδατα	5.1.1 Ροές υδάτων 5.1.2 Συλλογές υδάτων
	5.2 Θαλάσσια ύδατα	5.2.1 Παράκτιες λιμνοθάλασσες 5.2.2 Εκβολές ποταμών 5.2.3 Θάλασσα και ωκεανός

Πίνακας 3: *Χρήσεις γης κατά CORINE. Πηγή: European Commission.*

Η θεματική ακρίβεια του CORINE είναι καλύτερη ή ίση με 85% παρόλο που για ορισμένα κράτη στην έκδοση του 1990 υπάρχουν επιφυλάξεις ως προς την τήρηση τις

προδιαγραφής αυτής. Περιοχές που έχουν εμβαδόν λιγότερο από 0,250 τετραγωνικά χιλιόμετρα γενικεύονται με προσάρτηση σε όμορα πολύγωνα βάσει προαποφασισμένης σειράς προτεραιότητας που καθορίζει σε πια κάλυψη θα ενταχθεί το πολύγωνο *(De Lima, 2000, σελ 99)*. Σε περίπτωση μη ομογενούς επιφάνειας η ταξινόμηση δε βασίζεται πάντα στο πια κάλυψη λαμβάνει το μεγαλύτερο ποσοστό. Σε ορισμένες περιπτώσεις υπερισχύει η κύρια κάλυψη, από πλευράς επίπτωσης τον χώρο *(ΕΕ, 1995, σελ 60)*. Κάθε κατηγορία προσδιορίζεται με ένα σχετικά σαφή κανόνα ταξινόμησης. Ο κανόνας του *συνεχόμενου αστικού ιστού* είναι για παράδειγμα "*το μεγαλύτερο ποσοστό της γης καλύπτεται από κατασκευές και από το μεταφορικό δίκτυο. Κτίρια, δρόμοι και τεχνητές επιφάνειες καλύπτουν πάνω από 80% του συνόλου. Μη γραμμικές περιοχές με βλάστηση ή γυμνό έδαφος υπάρχουν μόνο κατ' εξαίρεση*" *(ΕΕ, 1995, σελ 101)*.

7.2 Χρήσεις γης στην περιοχή ενδιαφέροντος

Ένα από τα βασικά μειονεκτήματα της χρησιμοποίησης της βάσης καλύψεων γης CORINE, είναι η χαρτογραφική ακρίβεια (100 μ.). Παρόλο που για την αποτύπωση των χρήσεων γης στην παράκτια ζώνη η ακρίβεια αυτή κρίνεται ικανοποιητική, κατά την υπαίθρια γεωμορφολογική χαρτογράφηση, τουλάχιστον για τη στενή άμεση περιοχή κατά μήκος της ακτογραμμής, οι χρήσεις γης που ελήφθησαν από το πρόγραμμα CORINE πιστοποιήθηκαν και διορθώθηκαν. Μια λεπτομερής καταγραφή της διαφοροποίησης των δεδομένων από την υφιστάμενη κατάσταση σε μεγαλύτερη έκταση δεν κρίθηκε απαραίτητη αφού ξεφεύγει από τα πλαίσια της παρούσας μελέτης.

Οι χρήσεις γης που εντοπίστηκαν στην παράκτια ζώνη της νήσου Σαλαμίνας, αναφέρονται παρακάτω χρησιμοποιώντας την κωδικοποίηση κατά CORINE:

1.1.1 *Συνεχής αστική δόμηση.*

1.1.2 *Διακεκομμένη αστική δόμηση.*

1.2.3 *Ζώνες λιμένων.*

2.4.2 *Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας.*

2.4.3 *Γη που καλύπτεται κυρίως από Γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης.*

3.1.2 *Δάσος κωνοφόρων.*

3.2.1 *Φυσικοί βοσκότοποι.*

3.2.3 *Σκληροφυλλική βλάστηση.*

3.2.4 *Μεταβατικές δασώδεις - θαμνώδεις εκτάσεις.*

3.3.2 *Απογυμνωμένοι βράχοι.*

Κατά τη διάρκεια της εργασίας πεδίου που πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια της παράκτιας γεωμορφολογικής αποτύπωσης, έγινε προσπάθεια να εντοπιστούν οι τεχνητές ανθρωπογενείς κατασκευές, οι οποίες εντάχθηκαν σε μια ξεχωριστή κατηγορία. Η κατηγορία αυτή με τίτλο «Τεχνητές Κατασκευές» δεν συμπεριελήφθη στην εκτίμηση τρωτότητας στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, δεδομένου ότι αποτελούν προσπάθειες προστασίας της ακτής με σκληρές – μηχανικές λύσεις.

Σχήμα 15: *Χρήσεις γης κατά CORINE, Χρώματα ανά κατηγορία χρήσης.(πηγή: Ευρωπαϊκή Επιτροπή)*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

8. ΤΡΟΠΟΠΟΙΗΣΗ ΤΟΥ ΔΕΙΚΤΗ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΒΛΗΤΩΝ ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ ΤΗΣ ΒΑΘΜΟΝΟΜΗΣΗΣ

8.1 Τροποποίηση του δείκτη παράκτιας τρωτότητας

Όπως έχει ήδη αναφερθεί στα προηγούμενα κεφάλαια ο Δείκτης Παράκτιας Τρωτότητας (Costal Vulnerability Index, CVI) δίνεται από τον τύπο:

$$\boldsymbol{CVI} = \sqrt{\frac{\boldsymbol{a} \times \boldsymbol{b} \times \boldsymbol{c} \times \boldsymbol{d} \times \boldsymbol{e} \times \boldsymbol{f}}{\boldsymbol{6}}}$$

Όπου **a** είναι η γεωμορφολογία, **b** η παράκτια κλίση, **c** η σχετική άνοδος του επιπέδου της στάθμης της θάλασσας, **d** ο ρυθμός προέλασης ή υποχώρησης της ακτογραμμής, **e** το μέσο ύψος παλίρροιας και **f** το μέσο σημαντικό ύψος κύματος.

Ουσιαστικά, ο δείκτης υπολογίζεται ως η τετραγωνική ρίζα του γεωμετρικού μέσου ή τη τετραγωνική ρίζα του γινομένου των κατηγοριοποιημένων μεταβλητών παράκτιας τρωτότητας διαιρουμένου με το πλήθος των μεταβλητών αυτών. Παρατηρούμε ότι η σχέση παρουσιάζει αναλογικότητα, γεγονός που δίνει τη δυνατότητα εισαγωγής σε αυτή μιας νέας μεταβλητής, αυτής της Γεωλογίας. Αυτό έγινε σε μια προσπάθεια καλύτερης μοντελοποίησης της μεταβλητής που αφορά στους σχηματισμούς που καταλήγουν στην ακτογραμμή. Ο νέος τύπος που προκύπτει μετά την παρέμβαση αυτή είναι:

$$\boldsymbol{CVI} = \sqrt{\frac{\boldsymbol{a} \times \boldsymbol{b} \times \boldsymbol{c} \times \boldsymbol{d} \times \boldsymbol{e} \times \boldsymbol{f} \times \boldsymbol{g}}{\boldsymbol{7}}}$$

Όπου **a** είναι η παράκτια κλίση, **b** η σχετική άνοδος του επιπέδου της στάθμης της θάλασσας,, **c** η γεωλογία, **d** η γεωμορφολογία, **e** ο ρυθμός προέλασης ή υποχώρησης της ακτογραμμής, **f** το μέσο σημαντικό ύψος κύματος και **g** το μέσο ύψος παλίρροιας.

8.2 Βαθμονόμηση

Πρόκειται για μια διαδικασία κατά την οποία τα διαθέσιμα δεδομένα για κάθε μια από τις παραμέτρου επιρροής του δείκτη παράκτιας τρωτότητας κατηγοριοποιούνται, λαμβάνοντας τιμές σε μια κλίμακα βαθμονόμησης από το 1

(πολύ χαμηλή τρωτότητα) έως το 5 (πολύ υψηλή τρωτότητα). Η κατηγοριοποίηση λαμβάνει υπόψη της τόσο ποσοτικές (αριθμητικές) μετρήσεις, όσο και ποιοτικά στοιχεία από παρατηρήσεις, ανάλογα με τη μεταβλητή που εξετάζεται..

Τελικός στόχος της παραπάνω διαδικασίας είναι η ταξινόμηση όλων των μεταβλητών σε ενιαία κλίμακα βαθμονόμησης, ώστε να μπορούν να συνεισφέρουν στο Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας.

Ταξινόμηση	**Τρωτότητα**				
	Πολύ Χαμηλή	**Χαμηλή**	**Μέτρια**	**Υψηλή**	**Πολύ Υψηλή**
Τιμή	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Παράκτια κλίση(%)	> 12%	12-9%	9-6%	6-3%	<3%
Σχετική μεταβολή θαλάσσιας στάθμης (mm/yr)	<1.8	1.8 - 2.5	2.5 - 3.0	3.0 - 3.4	> 3.4
Παράκτια γεωλογία	Ασβεστόλιθοι	Φυλλίτες, σχιστοκερατολιθική διάπλαση	Πλευρικά κορήμματα & κώνοι κορημάτων	Αναβαθμίδες μέτριας συνεκτικότητας	Αλλουβιακές & ποτάμιες αποθέσεις
Παράκτια γεωμορφολογία	Βραχώδεις απόκρημνες ακτές	Κρημνοί μέτριας κλίσης,	Κρημνοί χαμηλής κλίσης, αλλουβιακές πεδιάδες	Χαλικώδεις αιγιαλοί, αμμώδεις γλωσσοειδείς βραχίονες	Φραγματικοί αιγιαλοί, αμμώδεις ακτές
Ρυθμός μεταβολής της ακτογραμμής (m/yr)	>+2,0m/yr	(+1,0)-(+2,0)m/yr	(-1,0)-(+1,0)m/yr	(-2,0)-(-1,0)m/yr	<(-2,0)m/yr
Μέσο σημαντικό ύψος κύματος (m)	<0.55 m	0.55 - 0.8 m	0.85 - 1.05 m	1.05 - 1.25 m	>1.25 m
Μέσο παλιρροιακό εύρος (m)	>6.0 m	4.0 - 6.0 m	2.0 - 4.0 m	1.0 - 2.0 m	<1.0 m

Πίνακας 4: *Συγκεντρωτικός πίνακας μεταβλητών κατηγοριοποίησης και βαθμονόμησης για τη νήσο Σαλαμίνα.*

8.3 Ανάλυση μεταβλητών

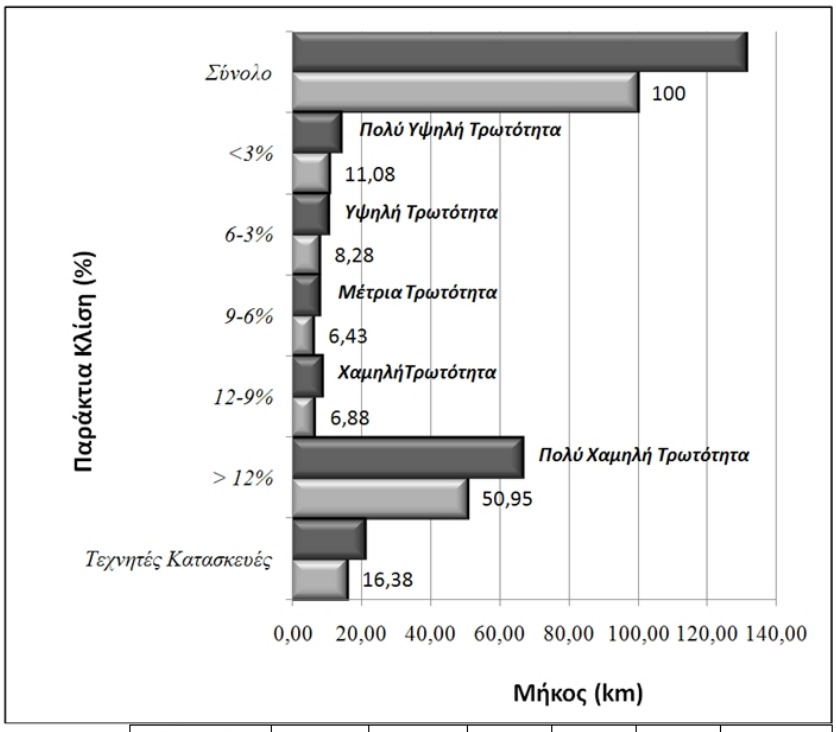
8.3.1 Παράκτια Κλίση

Η μεταβλητή της παράκτιας κλίσης προέκυψε όπως αναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 4, από επεξεργασία του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (ΨΜΕ). Για τη μοντελοποίηση της μεταβλητής αξιοποιήθηκαν οι δυνατότητες των Γ.Σ.Π, ενώ τα όρια των κατηγοριών της παράκτιας κλίσης ορίστηκαν βιβλιογραφικά *(Thieler & Hammar-Klose, 1999).*

Η κατηγοριοποίηση υποδεικνύει τη σχετική τρωτότητα της ακτογραμμής σε πλημμυρικά φαινόμενα και σε φαινόμενα υποχώρησης της ακτογραμμής, δεδομένου

ότι παράκτιες περιοχές χαμηλής κλίσης θεωρείται ότι υποχωρούν γρηγορότερα σε σχέση με άλλες με πιο απότομη κλίση *(Dwarakish et al, 2009)*. Περιοχές με παράκτιες κλίσεις μικρότερες από 3% χαρακτηρίζονται ως περιοχές πολύ υψηλής τρωτότητας, ενώ περιοχές με παράκτιες κλίσεις μεγαλύτερες από 12% χαρακτηρίζονται ως περιοχές πολύ χαμηλής τρωτότητας. Το 50.95% της ακτογραμμής (που αντιστοιχεί σε 66.93 Km), κυρίως οι περιοχές στο βόρειο και νότιο, νοτιοανατολικό τμήμα της νήσου, χαρακτηρίζονται ως περιοχές πολύ χαμηλής τρωτότητας σε πλημμυρικά φαινόμενα.

Ένα σημαντικό ποσοστό (20%) ανήκει στις κατηγορίες υψηλής (8.28%) και πολύ υψηλής (11.08%) τρωτότητας. Πρόκειται για περιοχές χαμηλής ή πολύ χαμηλής κλίσης κυρίως στα μέτωπα αλλουβιακών ριπιδίων και στις εκβολές ρεμάτων. Χωροθετούνται στο κεντρικό τμήμα της νήσου στους όρμους Σαλαμίνας, Βασιλικών στα δυτικά και Παλουκιών και Αμπελακίων στα ανατολικά. Μικρά ποσοστά (6.43% και 6.88%) ανήκουν στις κατηγορίες μέτριας και χαμηλής τρωτότητας αντίστοιχα.

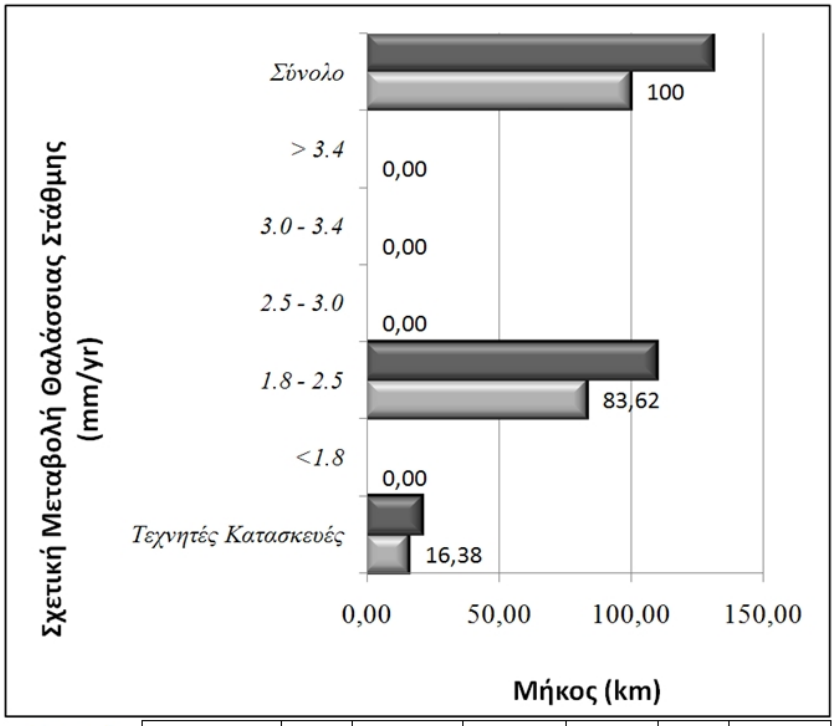


Παράκτια κλίση	Τεχνητές Κατασκευές	> 12%	12-9%	9-6%	6-3%	<3%	Σύνολο
Μήκος (%)	16,38	50,95	6,88	6,43	8,28	11,08	**100**
Μήκος (km)	21,52	66,93	9,04	8,44	10,88	14,55	**131,37**

Πίνακας 5: *Διάγραμμα ταξινόμησης της μεταβλητής της παράκτιας κλίσης (Μήκος Km και ποσοστά %).*

8.3.2 Σχετική μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης

Η σχετική μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης θεωρήθηκε ενιαία για όλο το μήκος της ακτογραμμής. Λόγω της έλλειψης παλιρροιογράφων και άρα πρόσφατων μετρήσεων θαλάσσιας στάθμης, δόθηκε στη μεταβλητή η ενιαία τιμή 1.8 mm/yr (χαμηλή τρωτότητα, ***Πίνακας 2***) και αντιστοιχεί στο μέσο παγκόσμιο ευστατικό ρυθμό ανόδου της θαλάσσιας στάθμης για την περίοδο από το 1850 έως το 1950 *(IPCC, 2007).*



Σχετική Μεταβολή Θαλάσσιας Στάθμης	Τεχνητές Κατασκευές	<1.8	1.8-2.5	2.5-3.0	3.0-3.4	>3.4	Σύνολο
Μήκος (%)	16,38	0,00	83,62	0,00	0,00	0,00	**100**
Μήκος (km)	21,52	0,00	109,85	0,00	0,00	0,00	**131,37**

Πίνακας 6: *Διάγραμμα ταξινόμησης της μεταβλητής της σχετικής μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης (Μήκος Km και ποσοστά %)*

8.3.3 Γεωλογία

Πρόκειται για μη αριθμητική μεταβλητή, η οποία αναφέρεται στη σύσταση των γεωλογικών σχηματισμών που καταλήγουν στην ακτογραμμή και επομένως στην ανθεκτικότητα τους στις θαλάσσιες διεργασίες.

Έτσι ασβεστόλιθοι **(K4-7 .k, K6-7 .k, Jk, Tm-s .k)** και συνεκτικά λατυποπαγή **(Pt.br)** αναγνωρίζονται ως σχηματισμοί πολύ χαμηλής τρωτότητας. Το 40.38% της ακτογραμμής που αντιστοιχεί σε μήκος 53.04 Km αντιστοιχεί σε αυτή την κατηγορία.

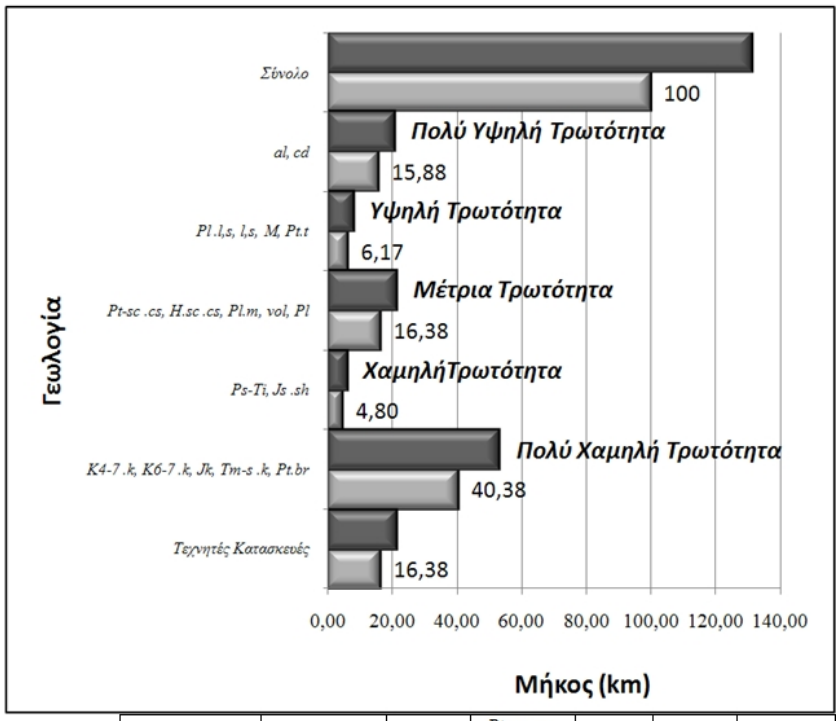
Οι σχηματισμοί χωροθετούνται κυρίως στο νότιο μέρος του νησιού από το ακρωτήριο Πετρίτης ως την Κυνοσούρα, στις περιοχές Βαθύ και Μπλε Λιμανάκι στα δυτικά και στη νήσο Λέρο.

Φυλλίτες, Χαλαζίτες, Σχιστόλιθοι **(Ps-Ti)**, και Σχιστοκερατολιθικές διαπλάσεις **(Js .sh)**, αναγνωρίζονται ως σχηματισμοί χαμηλής τρωτότητας και εμφανίζονται σε ένα μικρό ποσοστό (4.8%) κατά μήκος της ακτογραμμής, κυρίως στο νότιο τμήμα του νησιού.

Παλαιά και σύγχρονα πλευρικά κορήματα και κώνοι κορημάτων **(Pt-sc .cs, H.sc .cs)**, μάργες, άργιλοι, **(Pl.m)**, μαργαϊκοί ασβεστόλιθοι, ψαμμίτες **(Pl)** και ηφαιστειακά πετρώματα έντονα εξαλλοιωμένα **(vol)**, αναγνωρίζονται ως σχηματισμοί μέτριας τρωτότητας, με σημαντική παρουσία ως ποσοστό κατά μήκος της ακτογραμμής (16.38%). Χωροθετούνται κυρίως στις περιοχές Μπατσί, Ψιλή Άμμος, Αγία Παρασκευή, Νάτο, στο νότιο τμήμα της νήσου Αγ. Γεωργίου, στο δυτικό τμήμα της Κυνοσούρας και σε μεγάλο τμήμα της ακτογραμμής από το Ρέστη έως την πόλη της Σαλαμίνας.

Σχηματισμοί από αργίλους, πηλούς, άμμους και ψαμμίτες **(Pl .l,s)**, άμμοι, ιλύς **(M)**, και αναβαθμίδες μέσα σε χειμάρρους μέτριας συνεκτικότητας **(Pt.t)**, κατατάσσονται ως σχηματισμοί υψηλής τρωτότητας, αντιπροσωπεύοντας μικρό ποσοστό της ακτογραμμής (6.17%) και χωροθετούνται στην περιοχή της Φανερωμένης.

Τέλος οι αλλουβιακές **(al)** και παράκτιες **(cd)** αποθέσεις κατατάσσονται στην κατηγορία της πολύ υψηλής τρωτότητας. Χωροθετούνται κατά κύριο λόγο στις περιοχές Βρωμοπούσι, Ψιλή Άμμος, Αιάντειο, Κανάκια, Κολώνες, Περιστέρια, Πέρανι, Σελήνια, Καματερό και σε τμήμα της ακτογραμμής Παλουκιών και Ναυστάθμου Σαλαμίνας. Το ποσοστό εμφάνισης των σχηματισμών αυτών κατά μήκος της ακτογραμμής είναι υψηλό (15.88%) που αντιστοιχεί σε μήκος 20.86 Km.



Γεωλογία	Τεχνητές Κατασκευές	K4-7 .k, K6-7 .k, Jk, Tm-s .k, Pt.br	Ps-Ti, Js .sh	Pt-sc .cs, H.sc .cs, Pl.m, vol, Pl	Pl .l,s, l,s, M, Pt.t	al, cd	Σύνολο
Μήκος (%)	16,38	40,38	4,80	16,38	6,17	15,88	**100**
Μήκος (km)	21,52	53,04	6,31	21,52	8,11	20,86	**131,37**

***Πίνακας 7**: Διάγραμμα ταξινόμησης της μεταβλητής της γεωλογίας (Μήκος Km και ποσοστά %)*

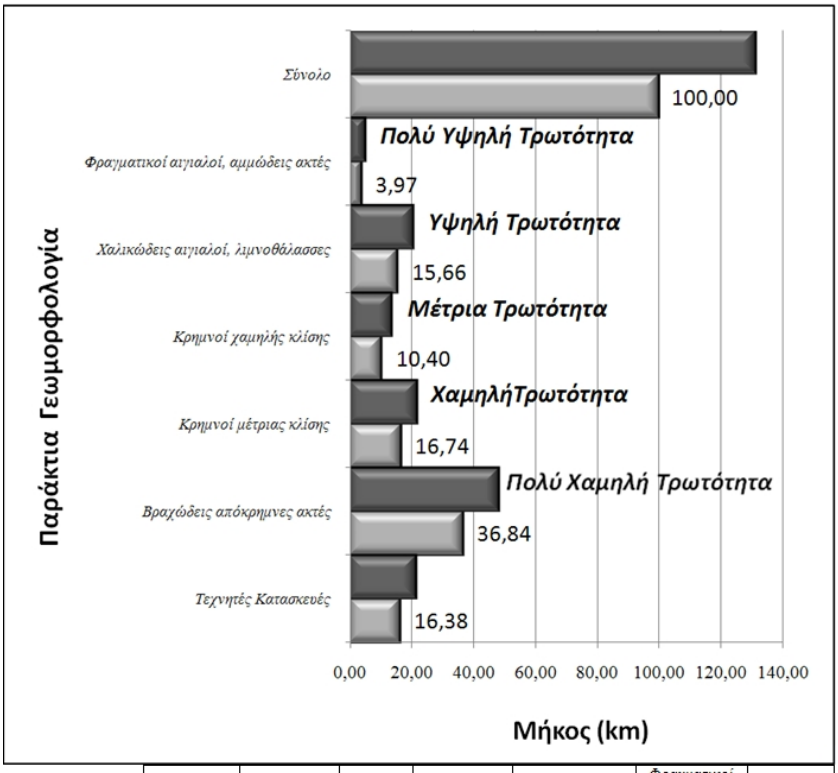
8.3.4 Παράκτια Γεωμορφολογία

Η μεταβλητή αυτή είναι επίσης μη αριθμητική, η οποία εκφράζει την απόκριση των διαφόρων τύπων παράκτιων γεωμορφών στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. *(Gaki-Papanastassiou et al., 2011)*. Η αναγνώριση των παράκτιων γεωμορφών έγινε με εργασία πεδίου. Η προτεινόμενη κατηγοριοποίηση λαμβάνει υπ' όψη όχι το είδος των γεωλογικών σχηματισμών που απαντώνται κατά μήκος της ακτογραμμής, αλλά τη μορφολογία τους.

Η βασική παράκτια γεωμορφολογία που συναντάται σε μεγάλο ποσοστό (53.58%) είναι βραχώδεις ακτές μεγάλης (36.8%) ή μέτριας (16.74%) κλίσης που χαρακτηρίζονται ως σχηματισμοί πολύ χαμηλής ή χαμηλής τρωτότητας. Χωροθετούνται κυρίως στη νοτιοανατολική πλευρά της Σαλαμίνας, στα ακρωτήρια Πέρανι, Μερτζάνι, Κόχη, Πετρίτης και στις περιοχές Ηλιακτή, Βαθύ και Μπλε Λιμανάκι.

Ένα μικρό ποσοστό (10.40%) της ακτογραμμής αποτελείται από κρημνούς χαμηλής κλίσης, και κρημνούς στα όρια αλλουβιακών πεδιάδων. Οι σχηματισμοί αυτοί θεωρούνται μέτριας τρωτότητας και απαντώνται σε μικρές περιοχές στον όρμο Παλουκίων και στη βορειοδυτική πλευρά του όρμου Σαλαμίνας.

Το υπόλοιπο ποσοστό (19.63%) αποτελείται από χαλικώδεις αιγιαλούς, λιμνοθάλασσες και αμμώδεις γλωσσοειδείς βραχίονες (15.66%), υψηλής τρωτότητας, καθώς και φραγματικούς αιγιαλούς και αμμώδεις ακτές (3.97%) πολύ υψηλής τρωτότητας, συνολικού μήκους 25.8 Km. Χωροθετούνται κυρίως στους όρμους Σαλαμίνας, Αγ. Γεωργίου, Βασιλικών και Αμπελακίων και σε μικρότερο βαθμό στις περιοχές Πέρανι, Σελήνια και Μπατσί.



Γεωμορφολογία	Τεχνητές Κατασκευές	Βραχώδεις απόκρημνες ακτές	Κρημνοί μέτριας κλίσης	Κρημνοί χαμηλής κλίσης	Χαλικώδεις αιγιαλοί, λιμνοθάλασσες	Φραγματικοί αιγιαλοί, αμμώδεις ακτές	Σύνολο
Μήκος (%)	16,38	36,84	16,74	10,40	15,66	3,97	**100,00**
Μήκος (km)	21,52	48,40	21,99	13,66	20,58	5,22	**131,37**

***Πίνακας 8**: Διάγραμμα ταξινόμησης της μεταβλητής της παράκτιας γεωμορφολογίας (Μήκος Km και ποσοστά %)*

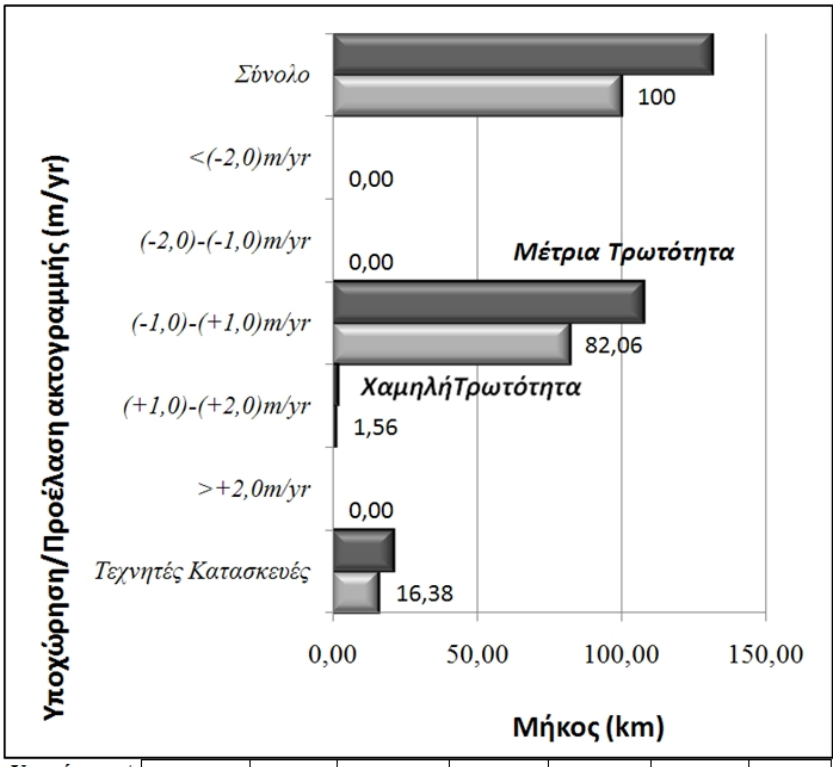
8.3.5 Υποχώρηση/Προέλαση της Ακτογραμμής

Με την εισαγωγή της συγκεκριμένης μεταβλητής επιχειρείται να αναγνωριστεί η διαχρονική τάση μετακίνησης μιας ακτογραμμής μέσω της αναγνώρισης συνολικών προτύπων διάβρωσης ή προέλασης. *(Chalkias et al., 2011).*

Πρόκειται για μια από τις πιο σύνθετες παραμέτρους διότι η τάση συνήθως διαφοροποιείται με την πάροδο του χρόνου *(Pendleton et al., 2010)*.

Στο σύνολο της ακτογραμμής παρατηρούνται χαμηλοί ρυθμοί μεταβολής από -1 m/yr έως +1 m/yr (κατηγορία 3, μέτρια τρωτότητα).

Σε ένα μικρό τμήμα της ακτογραμμής στη νήσο Λέρο, μήκους 2.05 Km, παρατηρούνται ρυθμοί μεταβολής από +1 m/yr έως +2 m/yr (κατηγορία 2, χαμηλή τρωτότητα).



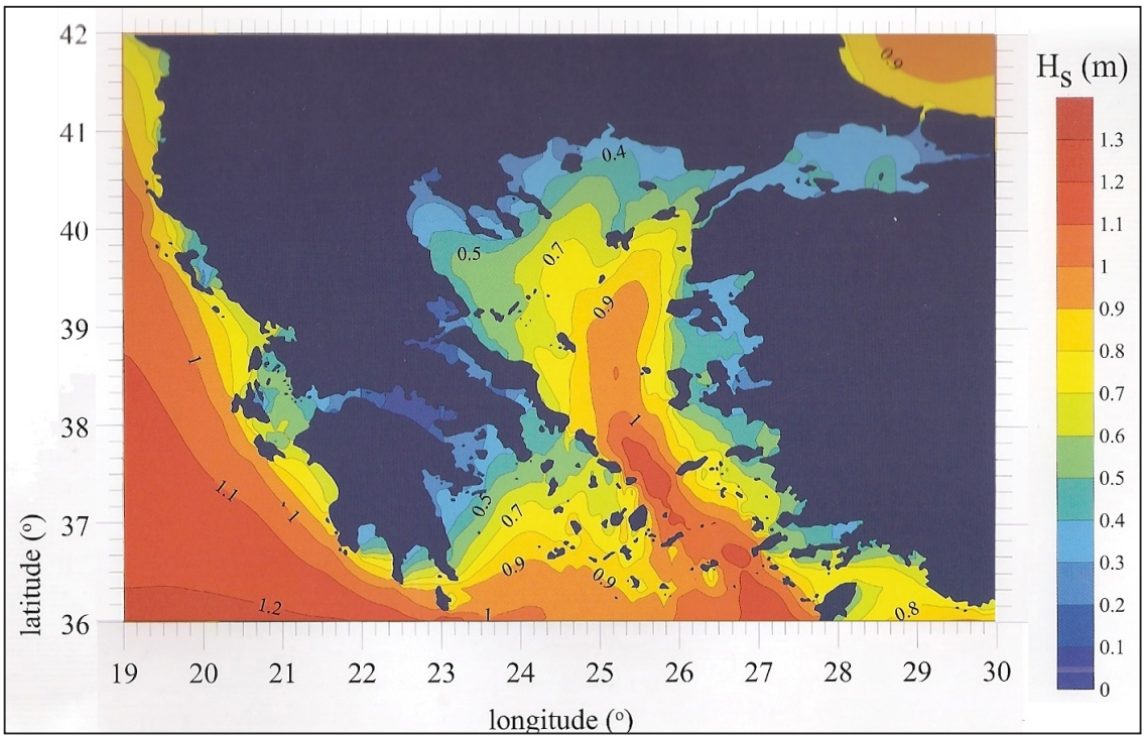
Υποχώρηση / Προέλαση ακτογραμμής	Τεχνητές Κατασκευές	>+2,0m/yr	(+1,0)-(+2,0) m/yr	(-1,0)-(+1,0) m/yr	(-2,0)-(-1,0) m/yr	<(-2,0)m/yr	Σύνολο
Μήκος (%)	16,38	0,00	1,56	82,06	0,00	0,00	**100**
Μήκος (km)	21,52	0,00	2,05	107,79	0,00	0,00	**131,37**

Πίνακας 9: *Διάγραμμα ταξινόμησης της μεταβλητής της υποχώρησης/προέλασης της ακτογραμμής (Μήκος Km και ποσοστά %)*

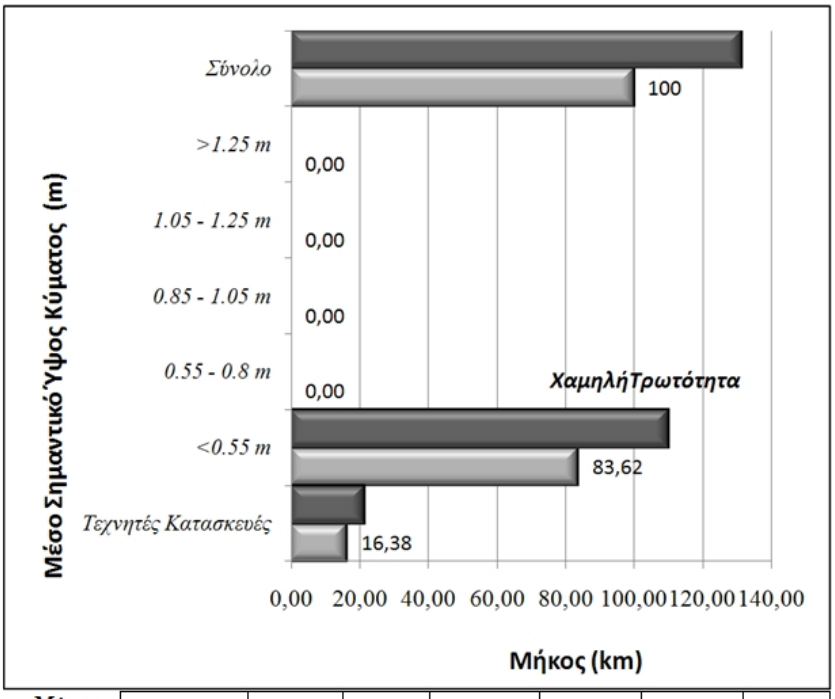
8.3.6 Μέσο Σημαντικό Ύψος Κύματος

Το μέσο σημαντικό ύψος κύματος είναι ανάλογο με την τετραγωνική ρίζα της κυματικής ενέργειας, η οποία είναι με τη σειρά της ένας δείκτης της ικανότητας διάβρωσης. Τα ύψη κυμάτων που εμφανίζονται στην περιοχή είναι μικρότερα από 0,.55 μ. Συγκεκριμένα από τον όρμο Παλουκίων έως το ακρωτήριο Τούρλα 0.30 μ. και για όλη την υπόλοιπη νήσο 0.20 μ. *(Soukisian et al., 2007)* σύμφωνα με τα

παραγόμενα του κυματικού μοντέλου του προγράμματος POSEIDON. Χαρακτηρίζονται ως περιοχές πολύ χαμηλής τρωτότητας (κατηγορία 1).



Σχήμα 16: *Χωρική κατανομή του Μέσου Σημαντικού Ύψους Κύματος στην Ελλάδα πηγή: the Wave and Wind Atlas of the Hellenic Seas, SOUKISIAN et al., 2007 (POSEIDON)*



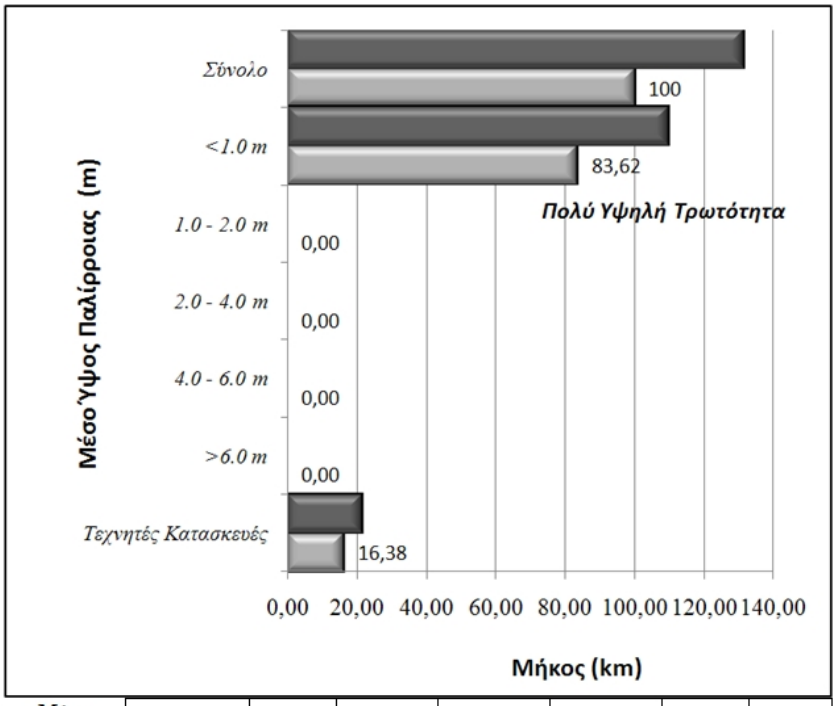
Μέσο Σημαντικό Ύψος Κύματος	Τεχνητές Κατασκευές	<0.55 m	0.55 - 0.8 m	0.85 - 1.05 m	1.05 - 1.25 m	>1.25 m	Σύνολο
Μήκος (%)	16,38	83,62	0,00	0,00	0,00	0,00	**100**
Μήκος (km)	21,52	109,85	0,00	0,00	0,00	0,00	**131,37**

Πίνακας 10: *Διάγραμμα ταξινόμησης της μεταβλητής του σημαντικού ύψους κύματος (Μήκος Km και ποσοστά %)*

8.3.7 Μέσο Παλιρροιακό εύρος

Η διαφορά του ύψους μεταξύ των επιπέδων της επιφάνειας της θάλασσας που παρατηρούνται στην πλημμυρίδα και στην άμπωτη κατά τη διάρκεια ενός κύκλου παλίρροιας ονομάζεται παλιρροιακό εύρος (tidal range). Οι μικροπαλιρροιακές ακτές (παλιρροιακό εύρος< 2μ.) εμφανίζουν πολύ υψηλή τρωτότητα ενώ οι μακροπαλιρροιακές ακτές (παλιρροιακό εύρος> 4μ.) εμφανίζουν πολύ χαμηλή τρωτότητα *(Abuodha & Woodroffe, 2010)*. Η αιτιολογία για αυτή τη διαπίστωση έχει να κάνει κυρίως με τη δυνητική επιρροή των καταιγίδων στην εξέλιξη της ακτογραμμής και τις επιπτώσεις τους που σχετίζονται με το παλιρροιακό εύρος.

Οι ακτογραμμές της Σαλαμίνας ανήκουν στις μικροπαλιρροιακές ακτές με μέσο εύρος παλίρροιας < 0.15 μ. *(Tsimblis, 1994)*. Για το λόγο αυτό χαρακτηρίζονται ως περιοχές πολύ υψηλής τρωτότητας (κατηγορία 5).



Μέσο Ύψος Παλίρροιας	Τεχνητές Κατασκευές	>6.0 m	4.0 - 6.0 m	2.0 - 4.0 m	1.0 - 2.0 m	<1.0 m	Σύνολο
Μήκος (%)	16,38	0,00	0,00	0,00	0,00	83,62	**100**
Μήκος (km)	21,52	0,00	0,00	0,00	0,00	109,85	**131,37**

Πίνακας 11: *Διάγραμμα ταξινόμησης της μεταβλητής του μέσου παλιρροιακού εύρους (Μήκος Km και ποσοστά %)*

8.4 Υπολογισμός Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας

`Μετά από την κατηγοριοποίηση και τη βαθμονόμηση των επιμέρους μεταβλητών, ακολουθεί η διαδικασία υπολογισμού του δείκτη παράκτιας επικινδυνότητας. Ο συγκεκριμένος τροποποιημένος δείκτης υπολογίζεται με τον τύπο της παραγράφου 8.1. Αξιοποιώντας τις δυνατότητες των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών γίνεται σύνθεση των βαθμών τρωτότητας όλων των μεταβλητών, προκειμένου να παραχθεί ένα επίπεδο με την πληροφορία της παράκτιας τρωτότητας. Για το λόγο αυτό όλα τα γραμμικά διανυσματικά επίπεδα των επιμέρους παραμέτρων μετατράπηκαν σε ψηφιδωτά επίπεδα και στη συνέχεια έγινε επίθεση των επιμέρους επιπέδων εμπλέκοντας στη διαδικασία και τη μαθηματική σχέση υπολογισμού. Τα παραγόμενα κατηγοριοποιήθηκαν σε 5 κλάσεις με τη μεθοδολογία των φυσικών διαστημάτων (Natural Breaks, Jenks) η οποία αναγνωρίζει τις απότομες μεταβολές μεταξύ των τιμών. Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται όταν οι τιμές δεν είναι κατανεμημένες ομοιόμορφα *(Graeme, 2002)*. Στη συνέχεια το νέο ψηφιδωτό αρχείο μετατράπηκε ξανά σε γραμμικό διανυσματικό προκειμένου να εξαχθούν τα ποσοτικά

στοιχεία που αφορούν την παράκτια τρωτότητα στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης για κάθε τμήμα της ακτογραμμής.

Διάστημα τιμών C.V.I.	**Παράκτια Επικινδυνότητα**
1.99 - 4.08	Πολύ Χαμηλή
4.08 – 7.53	Χαμηλή
7.53 – 11.88	Μέτρια
11.88 -16.60	Υψηλή
16.60 – 23.13	Πολύ Υψηλή

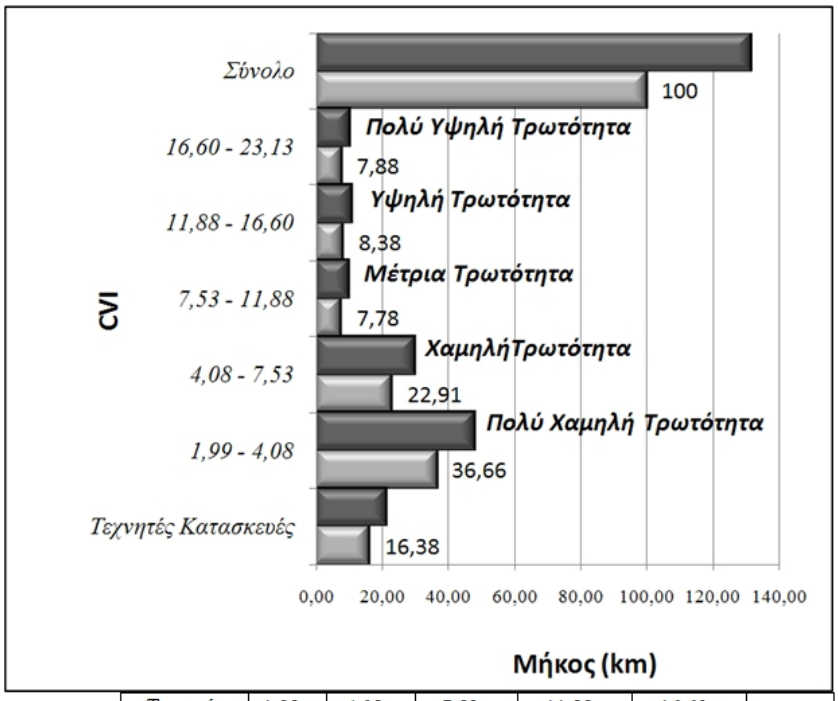
Πίνακας 12: *Κατηγοριοποίηση κατά Jenks των τιμών του δείκτη CVI.*

Παρατηρούμε ότι το μεγαλύτερο μέρος της ακτογραμμής της νήσου Σαλαμίνας χαρακτηρίζεται ως πολύ χαμηλής ή χαμηλής τρωτότητας. Συγκεκριμένα ένα ποσοστό 36.66% που αντιστοιχεί σε μήκος ακτογραμμής 48.16 Km χαρακτηρίζεται ως πολύ χαμηλής τρωτότητας. Οι ακτογραμμές αυτές χωροθετούνται κυρίως στο νότιο νοτιοανατολικό τμήμα του νησιού και στην περιοχή της Φανερωμένης. Ένα ποσοστό 22.91%, συνολικού μήκους ακτογραμμών 30.10 Km, κυρίως στη βόρεια Σαλαμίνα χαρακτηρίζεται ως χαμηλής τρωτότητας.

Τμήματα ακτογραμμών στη βόρεια και δυτική πλευρά του όρμου Σαλαμίνας και περιοχές στους όρμους Παλούκια και Πέρανι, χαρακτηρίζονται ως μέτριας τρωτότητας. Το ποσοστό αυτών των ακτογραμμών ανέρχεται στο 7.78%, δηλαδή συνολικό μήκος ακτογραμμών 10.23 Km.

Ένα ποσοστό 8.38% που αντιστοιχεί σε μήκος 11.01 Km χαρακτηρίζεται ως υψηλής τρωτότητας. Οι ακτογραμμές αυτές εντοπίζονται κυρίως στη νότια πλευρά της Φανερωμένης, στο Αιάντειο, την Κακή Βίγλα, ο Καματερό και σε τμήμα της ακτογραμμής απέναντι από τη νήσο Λέρο.

Τέλος ένα ποσοστό 7.88% που αντιστοιχεί σε μήκος ακτογραμμών 7.88 Km χαρακτηρίζεται ως πολύ υψηλής τρωτότητας. Οι ακτογραμμές αυτές χωροθετούνται στα Κανάκια, στις Κολόνες, στα Αμπελάκια, στα Βασιλικά και στον Αγ. Γεώργιο και σε τμήματα ακτών στους όρμους Παλουκίων και Πέρανι.



CVI	Τεχνητές Κατασκευές	1,99 - 4,08	4,08 - 7,53	7,53 - 11,88	11,88 - 16,60	16,60 - 23,13	Σύνολο
Μήκος (%)	16,38	36,66	22,91	7,78	8,38	7,88	**100**
Μήκος (km)	21,52	48,16	30,10	10,23	11,01	10,35	**131,37**

Πίνακας 13: *Διάγραμμα ταξινόμησης του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας (Μήκος Km και ποσοστά %)*

8.5 Χρήσεις Γης

Οι χρήσεις γης στην παράκτια ζώνη της νήσου Σαλαμίνας κατηγοριοποιήθηκαν κατά CORINE, όπως αναφέρεται στο αντίστοιχο κεφάλαιο και στη συνέχεια αποτυπώθηκαν σε γραμμικό διανυσματικό επίπεδο. Από τη σύνθεση του επιπέδου αυτού με το γραμμικό διανυσματικό επίπεδο του δείκτη CVI (η μεθοδολογία είναι παρόμοια με αυτή της σύνθεσης των μεταβλητών για τον υπολογισμό του δείκτη), προέκυψαν τα ποσοστά τρωτότητας των ακτογραμμών ανάλογα με τη χρήση. Παρακάτω παρουσιάζονται τα στατιστικά στοιχεία τόσο για τα ποσοστά ακτογραμμών ανά χρήση, όσο και τα ποσοστά τρωτότητας ανά χρήση.

Χρήσεις γης κατά CORINE		Μήκος (Km)	Ποσοστό (%)
1.1.1	*Συνεχής αστική δόμηση*	0,60	0,55
1.1.2	*Διακεκομμένη αστική δόμηση*	41,08	37,40
1.2.3	*Ζώνες λιμένων*	0,418	0,38
2.4.2	*Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας*	3,05	2,78
2.4.3	*Γη που καλύπτεται κυρίως από Γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης*	9,79	8,91
3.1.2	*Δάσος κωνοφόρων*	8,45	7,70
3.2.1	*Φυσικοί βοσκότοποι*	11,24	10,23
3.2.3	*Σκληροφυλλική βλάστηση*	25,79	23,48
3.2.4	*Μεταβατικές δασώδεις - θαμνώδεις εκτάσεις*	8,19	7,45
3.3.2	*Απογυμνωμένοι βράχοι*	1,23	1,12
	Σύνολο	109,85	100

Πίνακας 1: *Κατηγοριοποίηση του συνόλου της ακτογραμμής ανάλογα με τη χρήση κατά CORINE (Μήκος σε Km και ποσοστά %)*

		Τρωτότητα									
		Πολύ χαμηλή		**Χαμηλή**		**Μέση**		**Υψηλή**		**Πολύ υψηλή**	
Χρήσεις γης κατά CORINE		(km)	(%)	(km)	(%)	(km)	(%)	(km)	(%)	(km)	(%)
1.1.1	*Συνεχής αστική δόμηση*	0,00	0,00	0,03	0,11	0,24	2,34	0,33	3,04	0,00	0,00
1.1.2	*Διακεκομμένη αστική δόμηση*	10,94	22,61	9,67	32,21	5,72	56,49	7,13	65,05	7,61	73,52
1.2.3	*Ζώνες λιμένων*	0,00	0,00	0,00	0,00	0,003	0,03	0,25	2,27	0,17	1,61
2.4.2	*Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας*	0,00	0,00	1,61	5,38	0,39	3,90	0,16	1,47	0,88	8,53
2.4.3	*Γη που καλύπτεται κυρίως από Γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης*	4,32	8,93	3,32	11,07	0,49	4,83	0,86	7,82	0,80	7,71
3.1.2	*Δάσος κωνοφόρων*	4,65	9,62	3,04	10,12	0,43	4,23	0,05	0,44	0,29	2,77
3.2.1	*Φυσικοί βοσκότοποι*	6,68	13,80	2,14	7,12	1,19	11,78	0,77	7,00	0,46	4,47
3.2.3	*Σκληροφυλλική βλάστηση*	15,40	31,82	8,25	27,48	1,01	9,94	1,14	10,41	0,00	0,00
3.2.4	*Μεταβατικές δασώδεις - θαμνώδεις εκτάσεις*	5,18	10,70	1,94	6,45	0,66	6,47	0,27	2,51	0,14	1,39
3.3.2	*Απογυμνωμένοι βράχοι*	1,21	2,51	0,02	0,07	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Σύνολο	48,38	100	30,01	100	10,13	100	10,96	100	10,36	100

Μερικό Σύνολο: 109,85

Τεχνητές κατασκευές: 21,52

Σύνολο: 131,37

Πίνακας 25: *Μήκη και ποσοστά ακτογραμμών κατηγοριοποιημένα ανάλογα με την τρωτότητα, για τις δέκα κατηγορίες χρήσεων γης. (δεδομένα από το πρόγραμμα CORINE).*

8.6 Ποσοτικά δεδομένα επιπτώσεων της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης στην περιοχή μελέτης

Για την εξαγωγή ποιοτικών και ποσοτικών στοιχείων σχετικά με τις περιοχές της παράκτιας ζώνης που αναμένεται να κατακλυστούν εξ αιτίας της μελλοντικής ανόδου της θαλάσσιας στάθμης, ακολουθήθηκε η εξής διαδικασία:

Αρχικά αξιοποιήθηκε το παραχθέν σε προηγούμενες φάσεις Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους για τον εντοπισμό των περιοχών με υψόμετρο 1, 2, 3 και 4 μέτρα. Η περιοχή από την ακτογραμμή μέχρι την ισοϋψή του 1 μέτρου θεωρείται ως η πλέον επιρρεπής στη μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης μέχρι το 2100. Οι ανώτερες υψομετρικές ζώνες θεωρούνται ως περιοχές που θα υποστούν τροποποιήσεις στις χρήσεις γης και την κάλυψη.

Στη συνέχεια δημιουργήθηκε διανυσματικό αρχείο με τα πολύγωνα για αυτές τις περιοχές και με την υπέρθεσή του με το διανυσματικό πολυγωνικό αρχείο των χρήσεων γης κατά CORINE, αναγνωρίστηκαν οι χρήσεις γης που επηρεάζονται για κάθε μέτρο ανόδου της θαλάσσιας στάθμης.

Τέλος με την προσθήκη γεωμετρίας δόθηκε η δυνατότητα εξαγωγής στατιστικών στοιχείων με τη χρήση του Microsoft Excel.

Η δυσκολία της όλης διαδικασίας δεν είναι τόσο η ακολουθούμενη μεθοδολογία αλλά κυρίως η συλλογή και η επεξεργασία των πρωτογενών δεδομένων προκειμένου να χρησιμοποιηθούν σε αυτή. Για την κατασκευή του Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους κρίθηκε αναγκαίο να συλλεχθούν στοιχεία από διάφορες πηγές και με διάφορα επίπεδα ανάλυσης (υψομετρικές καμπύλες, υψομετρικά σημεία, υδρογραφικό δίκτυο) προκειμένου να παραχθεί ένα όσο το δυνατόν αξιόπιστο αποτέλεσμα. Επίσης, για την παραγωγή του διανυσματικού αρχείου των χρήσεων γης κατά CORINE συνενώθηκαν τα διαθέσιμα δεδομένα για τη Χαλκίδα, τα Μέγαρα, τον Πειραιά και τη Θήβα.

		Ζώνες κατάκλυσης από ενδεχόμενη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης							
		0 -1 μέτρο		1 -2 μέτρα		2 -3 μέτρα		3 -4 μέτρα	
Χρήσεις γης κατά CORINE που επηρεάζονται		(Km²)	(%)	(Km²)	(%)	(Km²)	(%)	(Km²)	(%)
1.1.1	*Συνεχής αστική δόμηση*	0,05	3,56	0,05	4,21	0,04	3,49	0,04	2,74
1.1.2	*Διακεκομμένη αστική δόμηση*	0,60	45,03	0,57	52,61	0,72	56,42	0,80	58,14
1.2.3	*Ζώνες λιμένων*	0,15	11,32	0,06	5,41	0,05	3,78	0,04	2,55
2.4.2	*Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας*	0,04	3,14	0,05	4,30	0,06	4,36	0,10	7,50
2.4.3	*Γη που καλύπτεται κυρίως από Γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης*	0,10	7,59	0,09	8,69	0,16	12,32	0,14	10,26
3.1.2	*Δάσος κωνοφόρων*	0,03	2,18	0,02	2,31	0,02	1,87	0,02	1,74
3.2.1	*Φυσικοί βοσκότοποι*	0,09	7,03	0,06	5,65	0,06	4,61	0,05	3,96
3.2.3	*Σκληροφυλλική βλάστηση*	0,23	17,45	0,14	13,28	0,13	10,27	0,14	9,83
3.2.4	*Μεταβατικές δασώδεις - θαμνώδεις εκτάσεις*	0,02	1,69	0,02	1,96	0,02	1,57	0,02	1,54
3.3.2	*Απογυμνωμένοι βράχοι*	0,01	1,02	0,02	1,57	0,02	1,31	0,02	1,73
	Σύνολο	**1,33**	100	**1,08**	100	**1,28**	100	**1,38**	100

Σύνολο: 5,07

Πίνακας 36: *Ζώνες κατάκλυσης από ενδεχόμενη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. Προβλέψεις ανά 1 μ. ανόδου (δεδομένα από το πρόγραμμα CORINE).*

Μελλοντική άνοδος της θαλάσσιας στάθμης κατά 4 μέτρα			
Χρήσεις γης κατά CORINE που επηρεάζονται		**(Km²)**	**(%)**
1.1.1	*Συνεχής αστική δόμηση*	0,18	3,46
1.1.2	*Διακεκομμένη αστική δόμηση*	2,69	53,10
1.2.3	*Ζώνες λιμένων*	0,29	5,77
2.4.2	*Σύνθετα συστήματα καλλιέργειας*	0,25	4,88
2.4.3	*Γη που καλύπτεται κυρίως από Γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης*	0,49	9,75
3.1.2	*Δάσος κωνοφόρων*	0,10	2,01
3.2.1	*Φυσικοί βοσκότοποι*	0,27	5,29
3.2.3	*Σκληροφυλλική βλάστηση*	0,64	12,67
3.2.4	*Μεταβατικές δασώδεις - θαμνώδεις εκτάσεις*	0,08	1,68
3.3.2	*Απογυμνωμένοι βράχοι*	0,07	1,40
	Σύνολο	5,07	100

Πίνακας 17: *Χρήσεις γης που επηρεάζονται από συνολική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης κατά 4 μ. (δεδομένα από το πρόγραμμα CORINE).*

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

9.1 Γενικά

Στην παρούσα εργασία έγινε εκτίμηση της τρωτότητας έναντι στη μελλοντική ευστατική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, για τη συνολική ακτογραμμή της νήσου Σαλαμίνας. Οι παράγοντες της ισοστασίας και του τεκτονισμού δεν συνεκτιμήθηκαν αφού πρόκειται για φαινόμενα που επιφέρουν αξιοσημείωτες μεταβολές στα επίπεδα της θαλάσσιας στάθμης σε μεγάλες κλίμακες χρόνου.

Η εκτίμηση πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια του Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας (Coastal Vulnerability Index, CVI), συμπεριλαμβάνοντας και τη μεταβλητή που αφορά στη γεωλογία. Οι τιμές του δείκτη που υπολογίστηκαν, κυμαίνονται από 1.99 έως 23.13. Ανάμεσα στις επτά (7) παραμέτρους που εμπλέκονται στον υπολογισμό του συγκεκριμένου δείκτη, αυτές που παρουσιάζουν τη μεγαλύτερη μεταβλητότητα είναι η Γεωλογία, η Γεωμορφολογία και η Παράκτια Κλίση. Από τις υπόλοιπες παραμέτρους, ο Ρυθμός Μεταβολής της Ακτογραμμής και η Παράκτια Κλίση παρουσιάζουν μια μικρή μεταβλητότητα στις τιμές τους ενώ το Μέσο Σημαντικό Ύψος Κύματος, η Σχετική Μεταβολή της Θαλάσσιας Στάθμης και το Μέσο Παλιρροιακό Εύρος παρουσιάζουν ενιαίες τιμές για όλο το μήκος της ακτογραμμής.

Αυτό κατά ένα μεγάλο μέρος οφείλεται στην έλλειψη λεπτομερών δεδομένων που πηγάζει από την απουσία σχετικών σταθμών μέτρησης κυματισμού και παλίρροιας.

Επιπλέον τα αποτελέσματα της κατηγοριοποίησης ως προς την τρωτότητα για κάθε παράμετρο, ανέδειξαν την αναγκαιότητα προσδιορισμού νέων ορίων στις κατηγορίες τρωτότητας για την περιοχή μελέτης και τον ευρύτερο χώρο των ακτών της Μεσογείου. Είναι προφανές ότι για παραμέτρους όπως ο κυματισμός και ο ρυθμός μεταβολής της ακτογραμμής, περιβάλλοντα όπως οι ακτές των ΗΠΑ όπου ο δείκτης πρωτοεφαρμόστηκε οι απόλυτες τιμές των ορίων των κατηγοριών τρωτότητας είναι υψηλές.

Ένα μέρος της ακτογραμμής συνολικού μήκους 21.36 Km χαρακτηρίζεται ως υψηλής ή πολύ υψηλής τρωτότητας. Πρόκειται κυρίως για ακτογραμμές στα όρια αλλουβιακών πεδιάδων ή παράκτιων αποθέσεων. Από την άλλη μεριά το μεγαλύτερο μέρος της ακτογραμμής συνολικού μήκους 78.26 Km, κυρίως βραχώδεις ακτές μεγάλης ή μέσης κλίσης ασβεστολιθικής φύσεως, χαρακτηρίζεται ως χαμηλής ή πολύ χαμηλής τρωτότητας.

Για μια πρώτη εκτίμηση των απωλειών σε κοινωνικό – οικονομικό επίπεδο εκτιμήθηκαν οι χρήσεις γης που καταλαμβάνουν τις περιοχές με υψηλή και πολύ υψηλή τρωτότητα, σύμφωνα με τα αποτελέσματα του δείκτη.

Στις πιο τρωτές περιοχές, εμφανίζεται σε συντριπτικό ποσοστό η διακεκομμένη αστική δόμηση (73.52% στην πολύ υψηλή και 65.05% στην υψηλή). Ένα ποσοστό 8.53% σύνθετων συστημάτων καλλιέργειας χαρακτηρίζεται ως πολύ υψηλής τρωτότητας ενώ ποσοστά 10.41% σκληροφυλλικής βλάστησης και 7.82% γης που καλύπτεται κυρίως από γεωργία με σημαντικές εκτάσεις φυσικής βλάστησης, χαρακτηρίζονται ως υψηλής τρωτότητας.

Επιπλέον η εκτίμηση των χρήσεων γης ανά υψομετρική ζώνη για το χαμηλό παράκτιο τμήμα του νησιού, έδειξε ότι μια περιοχή έκτασης 1.33 Km². καταλαμβάνει το τμήμα μεταξύ της ακτογραμμής και της ισοϋψούς του 1 μέτρου, 1.08 Km² μεταξύ του 1 και 2 μέτρων, 1.28 Km² μεταξύ των 2 και 3 μέτρων και 1.38 Km² μεταξύ των 3 και 4 μέτρων.

Γίνεται λοιπόν φανερό πως στο μεγαλύτερο μέρος τους οι τρωτές περιοχές σχετίζονται με την ανθρωπογενή δραστηριότητα, γεγονός που καταδεικνύει την αναγκαιότητα λήψης μέτρων προστασίας και διαχείρισης της παράκτιας ζώνης.

Η συνεισφορά της Γεωπληροφορικής στην εκτίμηση της παράκτιας τρωτότητας είναι εξαιρετικά σημαντική. Η υπέρθεση των διαφορετικών επιπέδων πληροφορίας - που συλλέγονται μάλιστα και από διαφορετικές πηγές - για την ποσοτικοποίηση και βαθμονόμηση των επιμέρους μεταβλητών που εμπλέκονται στη δημιουργία του δείκτη τρωτότητας, αποτελούσε κατά το παρελθόν μια εξαιρετικά επίπονη και χρονοβόρα διαδικασία. Επιπλέον τα τελικά παραγόμενα προϊόντα (χάρτες τρωτότητας, στατιστικά στοιχεία κ.α.) παρουσίαζαν ένα εγγενές ποσοστό σφάλματος προερχόμενο από τον ανθρώπινο παράγοντα που εμπλεκόταν σε όλες τις ενδιάμεσες φάσεις της παραγωγής. Στις μέρες μας, με την αξιοποίηση των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών και την αυτοματοποίηση των διαδικασιών, τέτοιου είδους σφάλματα περιορίζονται και επιπλέον δίνεται στο χρήστη η δυνατότητα με ελεγχόμενο τρόπο και κυρίως γρήγορα, να δημιουργήσει μια ενιαία βάση από δεδομένα που έχουν συλλέγει με διάφορους τρόπους, από διαφορετικές πηγές και επομένως με διαφορετικές χωρικές αναλύσεις, συστήματα αναφοράς και επίπεδο λεπτομέρειας. Τέλος με τη βοήθεια της συνδυασμένης αξιοποίησης των Γ.Σ.Π. και μιας γλώσσας προγραμματισμού (Visual Basic, Python κ.α.) ο χρήστης μπορεί να προχωρήσει ένα βήμα παραπέρα, στην πλήρη αυτοματοποίηση όλων των διαδικασιών

και την ενσωμάτωσή τους σε ένα εύχρηστο και εξατομικευμένο γραφικό περιβάλλον εργασίας *(Graphical User Interface, GUI).*

9.2 Πιθανά μελλοντικά μέτρα προστασίας

Στη χώρα μας ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα είναι η αυθαίρετη δόμηση. Η παράκτια ζώνη βέβαια δεν θα μπορούσε να αποτελέσει εξαίρεση. Παρατηρείται λοιπόν ένας μεγάλος αριθμός αυθαίρετων κατασκευών πολύ κοντά στην ακτογραμμή. Σε αρκετές περιπτώσεις δε, παρατηρείται και η αυθαίρετη διαμόρφωση της παράκτιας ζώνης με την κατασκευή λιμενικών έργων, τοίχων αντιστήριξης κτλ χωρίς καμία προηγούμενη μελέτη των υφιστάμενων παράκτιων διεργασιών και της γεωμορφολογικής σύστασης της ακτογραμμής. Έτσι, μια άνοδος της στάθμης της θάλασσας έστω και μερικών εκατοστών θα έπληττε σημαντικό τμήμα των κατασκευών αυτών *(Gaki - Papanastasiou et al, 1997).*

Η διαδικασία διαμόρφωσης των ζωνών στρατηγικής οπισθοχώρησης θα μπορούσε να αποτελέσει ένα εναλλακτικό τρόπο ¨ήπιας προσαρμογής¨ του κάθε παράκτιου συστήματος στις επερχόμενες κλιματικές αλλαγές και στις μελλοντικές απώλειες εδάφους κοντά στην ακτογραμμή *(Δουκάκης, 2007).*

Ο συγκεκριμένος σχεδιασμός προστασίας / προσαρμογής της ακτής εξαρτάται από ένα σύνολο παραγόντων. Εκτός από τα διάφορα σενάρια αύξησης της μέσης θαλάσσιας στάθμης, θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλες σημαντικές παράμετροι: οι ρυθμοί διάβρωσης του εδάφους σε σχέση με τους ρυθμούς υποχώρησης της ακτογραμμής, η συχνότητα και η ένταση των κυματικών καταιγίδων όταν αυτές συμβαίνουν και τέλος, οι τάσεις – συνθήκες που επικρατούν στο τοπικό φυσικό και ανθρωπογενές περιβάλλον και τα υπάρχοντα εύρη των ζωνών αιγιαλού και παραλίας.

Για μια πετυχημένη Ολοκληρωμένη Διαχείριση της Παράκτιας Ζώνης (Ο.Δ.Π.Ζ.) απαιτείται μια μακροπρόθεσμη στρατηγική με σαφώς καθορισμένα εθνικά θέματα και καθοδηγητικές αρχές για τους διαχειριστές του παράκτιου χώρου (*Καρύμπαλης, 2010).*

Δυστυχώς στην Ελλάδα ακόμη δεν υπάρχουν οι προϋποθέσεις για την ύπαρξη Ο.Δ.Π.Ζ. τουλάχιστον όχι πριν αντιμετωπιστούν βασικά προβλήματα που προηγούνται της ύπαρξής της. Στη χώρα μας θα είναι δυνατός ο μακροπρόθεσμος σχεδιασμός μιας στρατηγικής προστασίας και διαχείρισης των ακτών αφού υπολογιστούν με αξιοπιστία οι ρυθμοί μεταβολής της ακτογραμμής ανά περίπτωση

ακτής (οι οποίοι θα λαμβάνουν υπόψη τους τις επερχόμενες κλιματικές αλλαγές), καθοριστούν οι οριογραμμές αιγιαλού και παραλίας για το σύνολο της ακτογραμμής του ελλαδικού χώρου και περατωθεί επιτυχώς το κτηματολόγιο (έτσι ώστε να καθοριστούν τα όρια της δημόσιας περιουσίας και των παράκτιων ιδιοκτησιών). Βέβαια, ο συχνός επανακαθορισμός οριογραμμών αιγιαλού και παραλίας απαιτεί την χρήση πρόσφατων δεδομένων υψηλής ακρίβειας (όπως είναι οι πρόσφατες αεροφωτογραφίες μεγάλης κλίμακας ή ακόμα και οι δορυφορικές εικόνες) όπως επίσης και συχνές επίγειες μετρήσεις.

Όλες αυτές οι συσσωρεμένες/διαθέσιμες πληροφορίες σε συνδυασμό με ένα αυστηρό νομικό πλαίσιο που θα διέπει το καθεστώς διαχείρισης και ανάπτυξης στην παράκτια ζώνη, θα παρέχουν την δυνατότητα στους παράκτιους μελετητές να χαράξουν μια αποτελεσματική στρατηγική προστασίας, προσαρμοσμένη στις ελληνικές συνθήκες και ιδιαιτερότητες.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

1. **Abuodha, P.A. & Woodroffe, C.D.,** (2010). "Assessing Vulnerability to sea–level rise using a coastal sensitivity index: a case study from southeast Australia", *J. Coast. Conserv.,* 14, 189-205.

2. **Abuodha, P.A. & Woodroffe, C.D.,** (2006). "International assessments of the vulnerability of the coastal zone to climate change", including an Australian perspective Final Report submission to *Australian Greenhouse Office* in response to *RFQ 116/2005DEH.*

3. **Bird E. C. F.,** (2010), "*Encyclopedia of the World's Coastal Landforms"*, Springer Science & Business Media B.V., p. 1543.

4. ***Boruff, B.J., Emrich, C. and Cutter***, S.L., (2005). "Erosion hazard vulnerability of US coastal counties". *Journal of Coastal Research,* 21: 932-942.

5. **Brugnot G.,** (2001), *"Spatial Management of Risks",* John Wiley & Sons, Inc. p. 274.

6. **Bruun, P.,** (1962). "Sea-level rise as a cause of shore erosion". *Journal of Waterways and Harbors Division American Society Civil Engineering,* 88: 117-130.

7. **Burrough P. A.** (1986), "Principles of Geographical Information System for Land Resources Assessment", *New York: Oxford University Press,* 193 p.

8. **Chalkias G., Grigoropoulou E., Manthos G., Karymbalis E., Ferentinou M., Chalkias C.,** (2011), "Coastal Vulnerability Index along the Southern Coast of the Gulf of Corinth (Greece)", *Proceedings of the Tenth International Conference on the Mediterranean Coastal Environment*, *MEDCOAST 11*, Oxhan E. (editor), Rhodes, Greece, ISBN 978-605-88990-6-3 (Set).

9. **Corine Land Cover**, (1995), *European Commission*, 1 January available

http://reports.eea.europa.eu/COR0-landcover/en

10. **DeLima M. V. N.** (Editor), (2000), "European Commission, Joint Research Centre, CORINE. Land Cover: updating for the year 2000", *EUR 21757 EN*, 152 p.

11. **Dwarakish G. S., Vinay S. A., Natesan U., Toshiyuki A., Kakinuma T., Venkataramana K., Jagadeesha B., Babita M.K.,** (2009). "Coastal Vulnerability assessment of the future sea level rise in Udupi coastal zone of Karnataka state, west coast India", *Ocean & Coastal Management*, 52, 467–478.

12. **Emery K. O. and Kuhn G. G.,**(1980), "Erosion of rock shores at La Jolla. *Marine Geology*, 37, 125-140.

.

13. **European Environment Agency**, (2000). "Technical Report No 40, CORINE land cover technical guide", *Addendum.*

14. **Flemming N., Webb O.,** (1986). "Tectonic and eustatic coastal changes during th last 10.000 years derived from archaeological data", *Zeitschrift fur geomorphologie 62,* 1-29.

15. **Gaki – Papanastassiou K., Karymbalis E., Poulos S. E., Seni A., Zouva C.,** (2011). **"**Coastal vulnerability assessment to sea-level rise based on geomorphological and oceanographical parameters: the case of Argolikos Gulf, Peloponnese, Greece", *Hellenic Journal of Geosciences*, vol. 45, 109 – 122.

16. **Gornitz V., Daniels R. C., White T. W., Birdwell K. R.,** (1994). "The development of a coastal vulnerability assessment database: vulnerability to sea-level rise in the U. S. southeast", *Journal of Coastal Research*, Special Issue 12, 327-338.

17. **Graeme F. B. C.,** (2002). *"Geographic Information System for geoscientists, modeling with GIS",* Computer Methods in the Geosciences. Pergaum.

18. **Hands E. B.,** (1983). "The Great Lakes as a Test Model for Profile Responses to Sea Level Changes", in Komar, P. D. (ed.), *Handbook of Coastal Processes and Erosion,* C.R.C. Press, Boca Raton, Florida, pp. 176-189.

19. **Hands E. B.,** (1980). "Prediction of Shore Retreat and Nearshore Profile Adjustments to Rising Water Levels on the Great Lakes", Technical Memorandum No. 80-7, *Coastal Research Engineering Center*, 119 pp.

20. **Harvey, N., Clouston, B. and Carvalho, P.,** (1999). "Improving coastal vulnerability assessment methodologies for integrated coastal zone management: an approach from South Australia". *Australian Geographical Studies, 37:* 50-69.

21. **Hays J. D., Imbrie J., Shackleton N. J.,** (1976). "Variations in the Earth's Orbit: Pacemaker of the Ice Ages", *Science, new Series*, Vol. 194, No. 4270, pp 1221-1132.

22. **IPCC** (2001), "Potential Consequences of Climate Change and Variability for the Water Resources" *A Global Perspective, paper on the basis of the Third Assessment Report of IPCC on climate change.*

23. **IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change),** (2007). "Climate Change 2007: The Physical Science Basis". *Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Solomon S., D. Qin, M. Manning (eds.)].

24. **Kaly, U., Briguglio, L., McLeod, H., Schmall, S., Pratt, C. and Pal, R.,** (1999). "Environmental vulnerability index (EVI) to summarize national environmental vulnerability profiles". *Technical Report 275, South Pacific Applied Geosciences Commission (SOPAC),* Suva, Fiji.

25. **Kay C., Travers A.,** (2008). "Coastal Vulnerability and Adaptation Assessment", *School of Earth and Environmental Sciences, University of Wollongong, Compendium of Coastal Resources*, Tools & Methodologies, 18 January 2008, Version 1.0 Final.

26. **Kay, R.C. and Hay, J.E.,** (1993). "A decision support approach to coastal vulnerability and resilience assessment: a toll for integrated coastal zone management. In: R.F. McLean and N. Mimura (Editors), *Vulnerability assessment to sea level rise and coastal zone management: Proceedings of the Eastern Hemisphere.*

27. **Lambeck K., Antonioli F., Anzidei M., Ferranti L., Leoni G., Scicchitano G., Silenzi S.,** (2011), "Sea level change along the Italian coast during the Holocene and projections for the future". *Quaternary International 232(1-2):* 250-257.

28. **Lambeck K., Anzidei M., Antonioli F., Benini A., Esposito A.,** (2004). "Sea level in Roman time in the Central Mediterranean and implications for recent change". *Earth and Planetary Science Letters 224*: 563-575.

29. **Lambec K., Bard E.,** (2000). Sea level changes along the French Mediterranean coast for the past 30.000 years. Earth Planetary Science Letters 175: 203-222.

30. **McFadden, L., Vafeidis, A. and Nicholls, R.J.,** (2004). *"A coastal database for global impact and vulnerability analysis".* http://www.fhrc.mdx.ac.uk/resources/docs_pdfs/coastal%20database.pdf.

31. **McLean, R.F. and Mimura, M.R.N.** (Editor), (1993). "Vulnerability assessment to sea-level rise and coastal zone management", *proceedings of the IPCC Eastern Hemisphere Workshop, Tsukuba, Japan, 3-6 August 1993*.

32. **Meler M. K., Wahr J. M.,** (2002). "Sea level is rising: Do we know why?", *99/10:6526, Boulder*.

33. **Morner N. A.,** (1973), "Eustatic changes in last 300 years", *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology 13*, 1-14.

34. **National Observatory of Athens** (2001), *"Climatic Changes in Mediterranean''.*

35. **Nicholls, R**. (2003),*"Coastal Vulnerability Assessment for Sea-Level Rise: Evaluation and Selection of Methodologies for Implementation"*, A Publication of the Caribbean Planning for Adaptation to Global Climate Change (CPACC) Project.

36. ***Nicholls, R.J. and de la Vega-Leinert, A.,*** (2000). :Overview of the SURVAS project:, *Proceedings of APN/SURVAS/LOICZ Joint Conference on coastal impacts of climate change and adaptation in the Asia-Pacific region, Kobe, Japan, November 14-16*, 2000, pp. 3-9.

37. **Papanastasiou, K., H. Maroukian, K. Pavlopoulos & A. Zamani**., (1997). "The implications of the expected sea level rise on the low lying areas of continental Greece in the next century", *International Symposium on Engineering Geology and the Environment,* Proceedings, Athens.

38. **Pavlopoulos K.,** (2010), "Relative sea level fluctuations in Aegean coastal areas and prehistoric settlements from middle to late Holocene". *Geodynamica Acta* 23(5-6): 225-232.

39. **Pendleton C., Thieler E. R. and Williams S. J.,** (2010). "Importance of coastal change variables in determining vulnerability to sea- and kea-level change", *Journal of Coastal Research*, 26(1), 176-183.

40. **Pethic J**., (1984). *"An Introduction to coastal geomorphology"*. E. Arnold, London, 260 pp.

41. **Pirazzoli P. A.,** (2005). "A review of possible eustatic, isostatic and tectonic contribution in eight late-Holocene relative sea-level histories from the Mediterranean area". *Quaternary Science Reviews 24*: 1989-2001.

42. **Pirazzoli P. A.,** (1987). **"**Sea level changes in the Mediterranean". In: Tooley MJ, Shennan I., (eds.) Sea level Changes. *Oxford: Blackwell*, 152-181.

43. **Schwartz M. L..,** (2005), *"Encyclopedia of Coastal Shience"*, Springer, p. 1243.

44. **Shackleton N. J., & Opdyke N. D.,** (1976). "Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of Pacific core V28-239, late Pliocene to latest Pleistocene". In Cline, R. M. and Hays J. D., (Eds) Investigation of late Quaternary Paleoceanography and Paleoclimatology: *Geol. Soc. Am.* Mem. 145, 449-464.

45. **Shaw J., Taylor R. B., Forbes D. L., Ruz M. H., Solomon S.,** (1998). "Sensitivity of the Canadian Coast to Sea-Level rise". *Geological Survey of Canada Bulletin*, 505, 114 pp.

46. **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*.,* 300 p.

47. **Star J., Estes J.,** (1990), **"**Geographic Information Systems: An Introduction", New Jersey: Prentice – Hall, Inc., 303 p.

48. **Thieler E.R. & Hammar-Klose E. S.,** (1999). "National Assessment of Coastal Vulnerability to Sea-Level Rise, U. S. Atlantic Coast", *U. S. Geological Survey*. Open-File Report, 99-593, 1 sheet, online..

49. **Titus J. G., Park R. A., Leatherman S., Weggel R., Green M. S., Treehan M., Brown S., Tohe G.,** (1991). "Greenhouse Effect and Sea Level Rise: The Cost of Holding Back the Sea", *Coastal Management,* 19(3), 171-204.

50. **Trenhaile A. S.,** (1987). *"The geomorphology of rock coasts",* Oxford University Press, Oxford, 393 pp.

51. **Tsimblis M. N.,** (1994). "Tidal oscillations in the Aegean and Ionian Seas" *Estuarine. Coast and Shelf Science,* 39, 201-208.

52. **Van Dam, R.A., Finlayson, C.M. and Humphrey, C.L.,** (1999). "Wetland risk assessment: a framework and methods for predicting and assessing change in ecological character". In: C.M. Finlayson and A.G. Spiers (Eds), Techniques for enhanced wetland inventory, assessment and monitoring: Supervising Scientist Report 147. *Supervising Scientist Group*, Canberra, pp. 83-118.

53. **Warrick, R., Ye, W., Kouwenhoven, P., Hay, J.E. and Cheatham, C**., (2005). "New Developments of the SimCLIM Model for Simulating Adaptation to Risks Arising from Climate Variability and Change", Proceedings of the 28th Modeling and Simulation Conference 2005 (MODSIM05). *Modelling and Simulation Society of Australia and New Zealand*, Melbourne, Australia, pp. 1-8.

Ελληνική Βιβλιογραφία

1. **Γαϊτανάκης Π.,** (1982). «*Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, Φύλλο Μέγαρα, Κλίμακα 1:50.000»*. Ι.Γ.Μ.Ε.

2. **Γαϊτανάκης Π., Μέττος Α., Κουτσουβέλη, Α., Ροντογιάννη, Θ.,** (1984). «*Γεωλογικός χάρτης της Ελλάδας, Φύλλο Αθήναι – Πειραιεύς, Κλίμακα 1:50.000»*. Ι.Γ.Μ.Ε.

3. **Δουκάκης Ε**., (1998). «Ωκεανογραφία», *Σ.Α.Τ.Μ., Ε.Μ.Π.,* Αθήνα.

4. **Δουκάκης Ε.,** (2007). «Πρόληψη – Διαχείριση των φυσικών καταστροφών. Ο ρόλος του Αγρονόμου Τοπογράφου Μηχανικού», *ΤΕΕ, ΠΣΔΑΤΜ, ΕΜΠ*., Αθήνα.

5. **Θεοχάρης Δ.,** (2001). «Ρηξιγενής νεοτεκτονικός ιστός της νήσου Σαλαμίνας». *Μεταπτυχιακή Διατριβή Ειδίκευσης*, Πανεπιστήμιο Αθηνών.

6. **Καρύμπαλης Ε.,** (2010). «*Παράκτια Γεωμορφολογία»,* Αθήνα, Εκδόσεις ΙΩΝ, σελ. 242.

7. **Κούτσιας Ν., Καρτέρης Μ.,** (2001). «Μοντελοποίηση και χαρτογράφηση του βαθμού επικινδυνότητας έναρξης των δασικών πυρκαγιών σε εθνική κλίμακα». Ελληνική Εταιρεία Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών, *1ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών – Δυνατότητες και Εφαρμογές, Προοπτικές και Προκλήσεις».*

8. **Κουτσόπουλος Κ., Ανδρουλακάκης Ν.,** (2003). «*Εφαρμογές Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών με χρήση του λογισμικού ArcGIS*», Εκδόσεις ΠΑΠΑΣΩΤΗΡΙΟΥ, Αθήνα, σελ. 397.

9. **Κουτσόπουλος Κ.,** (1990). *«Γεωγραφία: Μεθοδολογία και Μέθοδοι Ανάλυσης Χώρου»,* Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα, σελ. 459.

10. **Μαντόγλου Α**., (2001). «Διαχείριση Παράκτιων Ζωνών», *Σ.Α.Τ.Μ., ΕΜΠ.,* Αθήνα.

11. **Μαριολάκος Η., Φουντούλη Ι., Θεοχάρη Δ.,** (2001). «Νεοτεκτονική δομή και εξέλιξη της νήσου Σαλαμίνας», *Δελτίο Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρίας*, Τομ. XXVI/1, 165-173.

12. **Μαρουκιάν Χ., Παυλόπουλος Κ., Γάκη-Παπαναστασίου Κ., Ζαμάνη Α**., (2001). «Οι επιπτώσεις από την αναμενόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης στις χαμηλές παράκτιες περιοχές της ηπειρωτικής Ελλάδας κατά τον επόμενο αιώνα». *Περιοδικό Γεωγραφίες* **1**, 73-82.

13. **Παπαπέτρου – Ζαμάνη,** (1995). *«Γεωμορφολογία»,* Εκδόσεις Συμμετρία, Αθήνα.

14. **Παρχαρίδης Ι.** (2011). «Σημειώσεις Τηλεπισκόπησης». *Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Τμήμα Γεωγραφίας.*

15. **Παυλόπουλος Κ. Π.,** (2011). *«Γεωμορφολογία: Εφαρμογές στις Γεωεπιστήμες»,* Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα, σελ. 781.

16. **Παυλόπουλος Κ. Π.,** (1997). *«Γεωμορφολογική Εξέλιξη της Νότιας Αττικής»,* Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Δημοσιεύματα του Τμήματος Γεωλογίας, ΓΑΙΑ Νο 2, σελ 197.

17. **Σαπουντζάκη Κ.,** (2007). *«Το αύριο εν κινδύνω»,* Εκδόσεις GUTENBERG, Αθήνα, σελ. 396.

18. **Σενή Α., Γάκη-Παπαναστασίου Κ., Καρύμπαλης Ε., Ζούβα Χ.,** (2010). «Εκτίμηση της τρωτότητας των ακτών του ανατολικού Αργολικού κόλπου

σε σχέση με την αναμενόμενη άνοδο της στάθμης της θάλασσας με τη χρήση Γ.Σ.Π». *Πρακτικά 8ου Πανελλήνιου Γεωγραφικού Συνεδρίου,* τόμος 2, 146-155.

19. **Σιαφάκας Β**. (2003). «Επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών στις παράκτιες ζώνες. Παράκτια επικινδυνότητα σε περιοχές της Κω», *Διπλωματική Εργασία, Ε.Μ.Π., ΣΑΤΜ –Τομέας Τοπογραφίας,* Αθήνα.

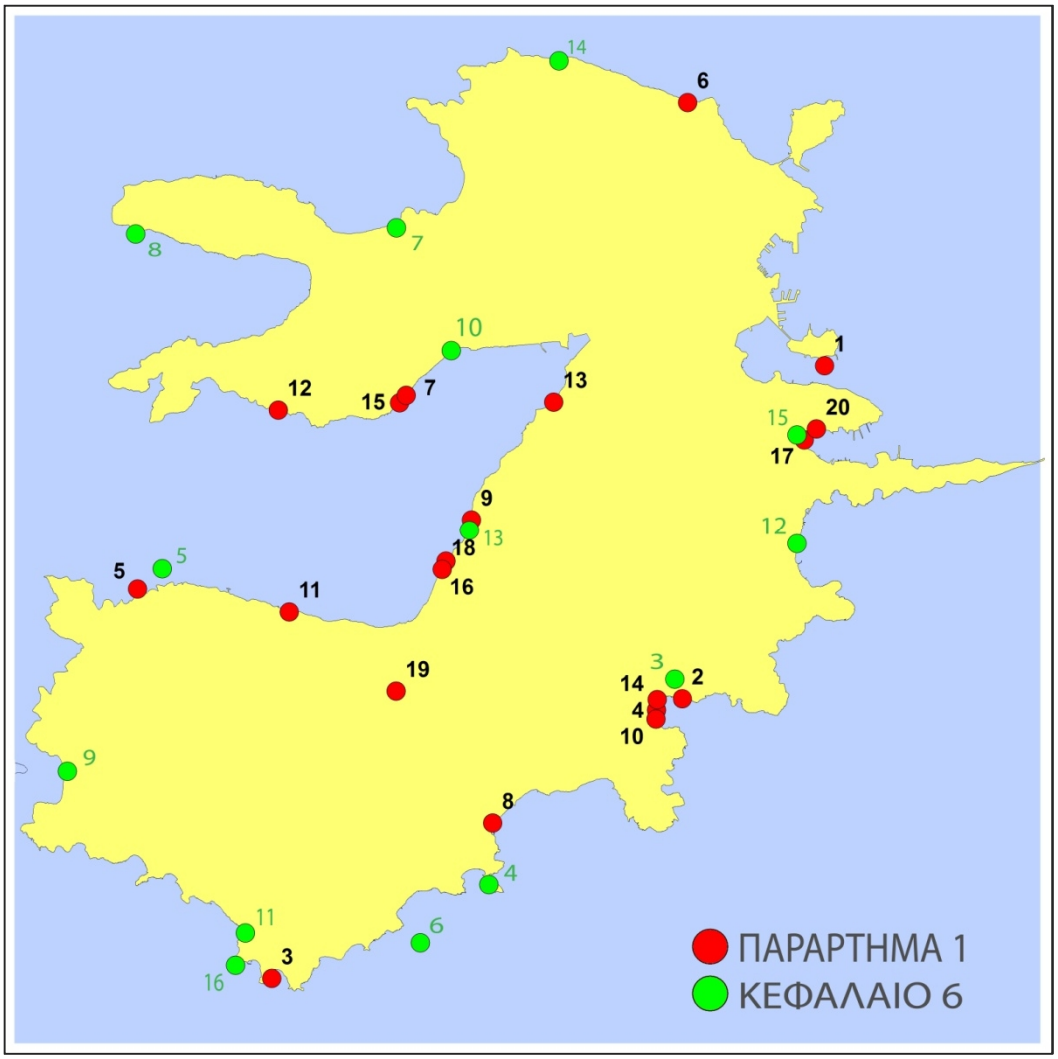
20. **Σιδηρόπουλος Γ.,** (2006). *«Εισαγωγή στη Γραφική Σημειολογία – Θεματική Χαρτογραφία»,* Εκδόσεις ΠΑΠΑΖΗΣΗΣ, Αθήνα, σελ. 115.

21. **Τατάρης, Α., Σιδέρης, Χ,.** (1989). *«Γεωλογική δομή του Νοτ. Αιγάλεω και συσχετισμός προς την απέναντι περιοχή Σαλαμίνας».* Δ.Ε.Γ.Ε., XXIII/1, 303-320.

22. **Χαλκιάς Ν. Χ.,** (2006). «*Όροι & Έννοιες Επιστήμης Γεωγραφικών Πληροφοριών, Geographical Information Science»,* Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα, σελ. 157.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 (ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΕΣ)



Σχήμα 6: *Οι θέσεις των φωτογραφιών που χρησιμοποιούνται στην εργασία..*

Φ1. *Κρημνός μικρής κλίσης στο νησί του Αγ. Γεωργίου (Παλούκια)*

Φ2. *Κρημνός ασβεστολιθικής σύστασης στην Κακή Βίγλα.*

Φ3. *Κρημνός μεγάλης κλίσης από ανθεκτικά ασβεστολιθικά πετρώματα στην περιοχή Κολώνες Σαλαμίνας. (Πηγή: Διαδίκτυο)*

Φ4. *Παράκτιος κρημνός σε σχιστοκερατολιθική διάπλαση. Στη βάση διακρίνονται ασβεστόλιθοι. (Κακή Βίγλα).*

Φ5. *Pocket Beach στην περιοχή Νάτο, στον όρμο Σαλαμίνας.*

Φ6. *Παράκτιος κρημνός μεγάλης κλίσης, με ίζημα στο Μπατσί.*

Φ7. *Χαρακτηριστική περίπτωση σχηματισμού κρημνού λόγω της υποχώρησης του μετώπου αλλουβιακού ριπιδίου από τις θαλάσσιες διεργασίες. (Ρέστη).*

Φ8. *Αμμώδης αιγιαλός στον όρμο Πέρανι..*

Φ9. *Ανάμικτος αιγιαλός στον Αγ. Αθανάσιο.*

Φ10. *Χαλικώδης αιγιαλός στην Κακή Βίγλα.*

Φ11. *Χαλικώδης αιγιαλός στο Νάτο. Διακρίνεται και ανυψωμένο beachrock.*

Φ12. *Χαλικώδης αιγιαλός σε pocket beach στην περιοχή Ρέστη προς τον οικισμό Γαλήνη.*

Φ13. *Ανυψωμένο beachrock στην Αγ. Παρασκευή (προς Κούλουρη).*

Φ14. *Βυθισμένο beachrock στην Κακή Βίγλα.*

Φ15. *Περίπτωση υποχώρησης αλλουβιακού ριπιδίου πίσω από ανυψωμένο beachrock (Ρέστη).*

Φ16. *Πλευρικά κορήματα στον Αγ. Αθανάσιο*

Φ17. *Παράκτιο έλος στον όρμο Αμπελακίων.*

Φ18. *Χαρακτηριστική περίπτωση καταστροφής τεχνητής διαμόρφωσης της ακτής από θαλάσσιες διεργασίες (Αγ. Αθανάσιος).*

Φ19. *Γενική άποψη της ανατολικής πλευράς του όρμου Σαλαμίνας όπου είναι φανερή η πίεση που ασκείται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες στην παράκτια ζώνη.*

Φ20. *Τχνη αρχαίας παράκτιας κατασκευής στον όρμο Αμπελακίων*

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 *(ΧΑΡΤΕΣ)*

XI. *Χάρτης Ψηφιακού Μοντέλου Εδάφους (Ψ.Μ.Ε.) και Βαθυμετρίας.*
Πηγές: Κτηματολόγιο Α.Ε., Γ.Υ.Σ

Χ2. *Χάρτης Τρωτότητας στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης της μεταβλητής της Παράκτιας Κλίσης. Πηγές: Κτηματολόγιο Α.Ε., Γ.Υ.Σ, Ι.Γ.Μ.Ε.*

Χ3. *Χάρτης Τρωτότητας στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης της μεταβλητής της Σχετικής Μεταβολής της θαλάσσιας Στάθμης. Πηγές: Κτηματολόγιο Α.Ε., Γ.Υ.Σ, IPCC.*

Χ4. *Χάρτης Τρωτότητας στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης της μεταβλητής της Παράκτιας Γεωλογίας. Πηγές: Κτηματολόγιο Α.Ε., Γ.Υ.Σ, Ι.Γ.Μ.Ε.*

X5. *Χάρτης Τρωτότητας στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης της μεταβλητής της Παράκτιας Γεωμορφολογίας. Πηγές: Κτηματολόγιο Α.Ε., Γ.Υ.Σ, Ι.Γ.Μ.Ε.*

Χ6. *Χάρτης Τρωτότητας στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης της μεταβλητής της Υποχώρησης/Προέλασης της ακτογραμμής. Πηγές: Κτηματολόγιο Α.Ε., Γ.Υ.Σ.*

Χ7. *Χάρτης Τρωτότητας στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης της μεταβλητής του Μέσου Σημαντικού Ύψους Κύματος. Πηγές: Κτηματολόγιο Α.Ε., Γ.Υ.Σ, πρόγραμμα POSEIDON.*

Χ8. *Χάρτης Τρωτότητας στην άνοδο της θαλάσσιας στάθμης της μεταβλητής του Μέσου Εύρους Παλίρροιας. Πηγές: Κτηματολόγιο Α.Ε., Γ.Υ.Σ, Tsimblis/1994.*

X9. *Χάρτης Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας στη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. Πηγές: Κτηματολόγιο Α.Ε., Γ.Υ.Σ.*

Χ10. *Χάρτης των Χρήσεων Γης κατά CORINE στην Παράκτια Ζώνη.*
Πηγές: Κτηματολόγιο Α.Ε., Γ.Υ.Σ, Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

Χ11. *Χάρτης Κατάκλυσης για τις χρήσεις γης κατά CORINE.*
Πηγές: Κτηματολόγιο Α.Ε., Γ.Υ.Σ, Ευρωπαϊκή Επιτροπή.

Χ12. *Χάρτης Παράκτιας Γεωμορφολογίας για τη νήσο Σαλαμίνα.*
Πηγές: Κτηματολόγιο Α.Ε., Γ.Υ.Σ, Ι.Γ.Μ.Ε και εργασία πεδίου.

Αθήνα, 2012.