



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ - Γεωγραφίας

ΠΜΣ - Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση Χώρου

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ - Γεωπληροφορική

Τίτλος Μεταπτυχιακή Διατριβής

**«Υπολογισμός της παράκτιας επικινδυνότητας της νήσου Κεφαλονιάς μέσω της
χρήσης Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών»**

Όνομα Φοιτητή

Βαλλάτου Μαρία

Αθήνα Μάρτιος 2017



ΧΑΡΟΚΟΠΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ

ΤΜΗΜΑ - Γεωγραφίας

ΠΜΣ - Εφαρμοσμένη Γεωγραφία και Διαχείριση Χώρου

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ - Γεωπληροφορική

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή

Καρύμπαλης Ευθύμιος (Επιβλέπων)

Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Χαλκιάς Χρίστος

Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Αρτελάρης Παναγιώτης

Λέκτορας Καθηγητής, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο

Η Βαλλάτου Μαρία

δηλώνω υπεύθυνα ότι:

- 1)** Είμαι ο κάτοχος των πνευματικών δικαιωμάτων της πρωτότυπης αυτής εργασίας και από όσο γνωρίζω η εργασία μου δε συκοφαντεί πρόσωπα, ούτε προσβάλλει τα πνευματικά δικαιώματα τρίτων.
- 2)** Αποδέχομαι ότι η ΒΚΠ μπορεί, χωρίς να αλλάξει το περιεχόμενο της εργασίας μου, να τη διαθέσει σε ηλεκτρονική μορφή μέσα από τη ψηφιακή Βιβλιοθήκη της, να την αντιγράψει σε οποιοδήποτε μέσο ή/και σε οποιοδήποτε μορφότυπο καθώς και να κρατά περισσότερα από ένα αντίγραφα για λόγους συντήρησης και ασφάλειας.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Ευρετήριο εικόνων, πινάκων & διαγραμμάτων	7
ABSTRACT	12
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1- ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ.....	15
1.1 Παράκτια Ζώνη.....	16
1.1.1 Ορισμός Παράκτιας ζώνης.....	16
1.1.2 Η σημασία της παράκτιας ζώνης	19
1.1.3 Περιβαλλοντικές πιέσεις	20
1.2 Το Φαινόμενο της Παράκτιας Διάβρωσης.....	21
1.2.1 Ορισμός της Παράκτιας Διάβρωσης.....	21
1.2.2 Διάβρωση ευρωπαϊκών ακτών	26
1.3 Η Άνοδος της στάθμης της θάλασσας	30
1.3.1 Αίτια μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης.....	32
1.3. 2 Η αστρονομική θεωρία (περί των παγετώνων)	34
1.3.4 Μελλοντική μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης	35
1.4 Η μεταβολή των ακτογραμμών στην Ελλάδα	40
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2- ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ	47
2.1 Γεωγραφική θέση- Έκταση Νήσου Κεφαλονιάς	48
2.2 Γεωμορφολογία Νήσου Κεφαλονιάς	49
2.3 Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους Νήσου Κεφαλονιάς	50
2.4 Κλίσεις Εδάφους Νήσου Κεφαλονιάς	51
2.5 Η Γεωλογική δομή Νήσου Κεφαλονιάς	52
2.6 Η νεοτεκτονική δομή Νήσου Κεφαλονιάς	55

2.7 Σεισμική Επικινδυνότητα Νήσου Κεφαλονιάς.....	57
2.8 Μετεωρολογικές- Κλιματολογικές Συνθήκες Νήσου Κεφαλονιάς	58
2.9 Χρήσεις Γης Νήσου Κεφαλονιάς.....	61
2.10 Οικονομία Νήσου Κεφαλονιάς	62
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3- ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ.....	63
3.1 Μεθοδολογίες Εκτίμησης της Παράκτιας Επικινδυνότητας.....	64
3.2 Δείκτης Παράκτιας Επικινδυνότητας (Coastal Vulnerability Index – CVI)....	67
3.3 Κριτική του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας (Coastal Vulnerability Index – CVI)	70
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4- ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ	73
4.1 Συλλογή Δεδομένων	74
4.2 Μεθοδολογία	76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5- ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ & ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ.....	78
5.1 Υπολογισμός δείκτη παράκτιας επικινδυνότητας CVI	79
5.1.1 Γεωμορφολογία.....	81
5.1.2 Παράκτια Κλίση.....	84
5.1.3 Ιστορική Μετατόπιση της Ακτογραμμής.....	86
5.1.4 Σχετική Μεταβολή της Στάθμης της Θάλασσας.....	91
5.1.5 Μέσο Σημαντικό Ύψος Κύματος	94
5.1.6 Μέσο Παλιρροιακό Εύρος.....	97
5.1.7 Υπολογισμός του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας	99
5.2 Υπολογισμός Παράκτιας Τρωτότητας	103
ΣΥΖΗΤΗΣΗ	106

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	107
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	111

Ευρετήριο εικόνων, πινάκων & διαγραμμάτων

ΧΑΡΤΕΣ

Χάρτης 2.1: Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου Νήσου Κεφαλονιάς (Ιδία επεξεργασία)

Χάρτης 2.2: Οι κλίσεις του Εδάφους Νήσου Κεφαλονιάς (Ιδία επεξεργασία)

Χάρτης 2.3: Γεωλογικές Ενότητες Νήσου Κεφαλλονιάς (Ιδία επεξεργασία)

Χάρτης 2.4: Γεωλογικοί Σχηματισμοί Νήσου Κεφαλλονιάς (Ιδία επεξεργασία)

Χάρτης 2.5: Χρήσεις Γης Νήσου Κεφαλλονιάς (Ιδία επεξεργασία)

Χάρτης 5.1: Παράμετρος Γεωμορφολογίας (Ιδία επεξεργασία)

Χάρτης 5.2: Παράμετρος Παράκτιας Κλίσης (Ιδία επεξεργασία)

Χάρτης 5.3: Διάβρωση/ Πρέλαση Ακτογραμμής (Ιδία επεξεργασία)

Χάρτης 5.4: Παράμετρος Ιστορικής Μετατόπισης της Ακτογραμμής (Ιδία επεξεργασία)

Χάρτης 5.5: Παράμετρος Σχετικής Μεταβολής Θαλάσσιας Στάθμης (Ιδία επεξεργασία)

Χάρτης 5.6: Παράμετρος Μέσο Σημαντικό Ύψος Κύματος (Ιδία επεξεργασία)

Χάρτης 5.7: Παράμετρος Μέσο Παλιρροϊακό Εύρος (Ιδία επεξεργασία)

Χάρτης 5.8: Δείκτης Παράκτιας Επικινδυνότητας (Ιδία επεξεργασία)

Χάρτης 5.9: Οι Παράμετροι του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας (Ιδία επεξεργασία)

Χάρτης 5.10: Παράκτια Επικινδυνότητα και Χρήσεις Γης (Ιδία επεξεργασία)

ΠΙΝΑΚΕΣ

Πίνακας 1.1: Ονοματολογία κόκκων ιζημάτων, (Πηγή: Καρύμπαλης Ε. κ.α., 2010)

Πίνακας 1.2: Χαρακτηριστικά ακτών χωρών Ε.Ε.,(Πηγή: Eurosion, 2004c)

Πίνακας 1.3: Διάβρωση ελληνικών νησιωτικών ακτών, (Πηγή: Eurosion, 2004c)

Πίνακας 1.5 Κύρια χαρακτηριστικά μέσης μηνιαίας και ετήσιας θερμοκρασίας του αέρα κατά τη διάρκεια του έτους (περίοδος 1970 – 2001) (Πηγή: Καραγιάννη Β.,2010).

Πίνακας 1.6.: Κλιματικά δεδομένα του Μ.Σ. Αργοστολίου, σχετικά με τη βροχόπτωση χρονικής περιόδου 1970 – 2001 (Πηγή: Καραγιάννη, 2010). Στην τελευταία στήλη αναγράφονται για σύγκριση στοιχεία των ετών 1894 – 1929 (Πηγή: Λασκαράτου & Λαδά, 1973).

Πίνακας 3.1. Οι περισσότερο συχνά χρησιμοποιούμενοι δείκτες εκτίμησης της επικινδυνότητας και/ή τρωτότητας των ακτών στη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης (Πηγή: Abuodha PA & Woodroffe CD, 2006).

Πίνακας 3.2: Κατηγοριοποίηση των μεταβλητών του CVI κατά Gornitz και White (1992). (Πηγή: Ιστότοπος USGS)

Πίνακας 3.3: Κατηγοριοποίηση των μεταβλητών του CVI κατά Pendleton et al (2004). (Πηγή: Alexandrakis G. et al, 2009)

Πίνακας 4.1: Πηγή δεδομένων των θεματικών επιπέδων (Ιδία Επεξεργασία)

Πίνακας 5.1: Κατηγοριοποίηση των μεταβλητών του CVI κατά Pendleton et al. Για τις μεταβλητές (c), (e) και (f) γίνεται η κατηγοριοποίηση με βάση τα όρια που έχουν προταθεί από τους Karymbalis et al. (Πηγή: Καρύμπαλης Ε., κ.α.)

Πίνακας 5.2: Βαθμονόμηση της παραμέτρου της Γεωμορφολογίας (Ιδία επεξεργασία)

Πίνακας 5.3: Βαθμονόμηση της παραμέτρου της Παράκτιας Κλίσης (Ιδία επεξεργασία)

Πίνακας 5.4: Βαθμονόμηση της παραμέτρου της Ιστορικής Μετατόπισης της Ακτογραμμής (Ιδία επεξεργασία)

Πίνακας 5.5: Βαθμονόμηση της παραμέτρου της Σχετικής Μεταβολής Θαλάσσιας Στάθμης (Ιδία επεξεργασία)

Πίνακας 5.6: Βαθμονόμηση της παραμέτρου του Μέσου Σημαντικού Ύψους Κύματος (Ιδία επεξεργασία)

Πίνακας 5.7: Βαθμονόμηση της παραμέτρου του Μέσου Παλιρροϊακού Εύρους (Ιδία επεξεργασία)

Πίνακας 5.8: Βαθμονόμηση της παραμέτρου του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας (Ιδία επεξεργασία)

Πίνακας 5.9: Ομαδοποίηση των Χρήσεων Γης (Ιδία επεξεργασία)

Πίνακας 5.10: Παράκτια Επικινδυνότητα και Χρήσεις Γης (Ιδία επεξεργασία)

ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ

Διάγραμμα 1.1: Μεταβολές στη (1) μέση παγκόσμια θερμοκρασία επιφανείας του αέρα (2) μέση παγκόσμια στάθμη της θάλασσας και (3) παγοκάλυψη του βορείου ημισφαιρίου. Οι μεταβολές της στάθμης θάλασσας έχουν προκύψει από μετρήσεις παλιρροιογράφων ενώ οι πολύ πρόσφατες από δορυφορικά δεδομένα. Η παγοκάλυψη αφορά το διάστημα Μαρτίου-Απριλίου (Πηγή: IPCC, 2007).

Διάγραμμα 1.2: Εκτιμήσεις της μεταβολής της στάθμης της θάλασσας παγκοσμίως από το 1800 έως το έτος 2100 από την IPCC (2013). Στο διάγραμμα παρουσιάζονται οι μεταβολές για την περίοδο 1800-1870 που βασίζονται σε εκτιμήσεις, για την περίοδο 1870-2007 η καμπύλη βασίζεται σε ενόργανες παρατηρήσεις και καταγραφές ενώ οι μελλοντικές εκτιμήσεις έχουν προκύψει από διάφορα μαθηματικά μοντέλα. (Πηγή: IPCC, 2007)

Διάγραμμα 1.3: Διακυμάνσεις των τιμών της μέσης μέγιστης, μέσης μηνιαίας και μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του έτους στο Αργοστόλι (Πηγή: Καραγιάννη Β., 2010).

Διάγραμμα 4.1: Το μοντέλο της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε (Ιδία Επεξεργασία)

Διάγραμμα 5.1: Ραβδόγραμμα κατηγοριοποίησης της παραμέτρου της Γεωμορφολογίας (Ιδία επεξεργασία)

Διάγραμμα 5.2: Ραβδόγραμμα κατηγοριοποίησης της παραμέτρου της Παράκτιας Κλίσης (Ιδία επεξεργασία)

Διάγραμμα 5.3: Ραβδόγραμμα κατηγοριοποίησης της παραμέτρου της Ιστορικής Μετατόπισης της Ακτογραμμής (Ιδία επεξεργασία)

Διάγραμμα 5.4: Ραβδόγραμμα κατηγοριοποίησης της παραμέτρου του Μέσου Σημαντικού Ύψους Κύματος (Ιδία επεξεργασία)

Διάγραμμα 5.5: Ραβδόγραμμα κατηγοριοποίησης της παραμέτρου του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας (Ιδία επεξεργασία)

ΕΙΚΟΝΕΣ

Εικόνα 1.1: Ζώνες παράκτιου χώρου (Πηγή: ΥΠΕΧΩΔΕ, 2009)

Εικόνα 1.2: Χάρτης παράκτιας διάθρωσης Ευρώπης, (Πηγή: EuroSION, 2004b)

Εικόνα 1.3: Χάρτης απεικόνισης των παράκτιων περιοχών που θα κατακλυστούν (κόκκινο χρώμα) από ενδεχόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης κατά 2 μέτρα. (Πηγή: Παπανικολάου Μ. κ.α., 2011)

Εικόνα 1.4: Χάρτης απεικόνισης των παράκτιων περιοχών που θα κατακλυστούν (κόκκινο χρώμα) από ενδεχόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης κατά 1 μέτρο. (Πηγή: Παπανικολάου Μ. κ.α., 2011)

Εικόνα 1.5: Χάρτης υποδιαίρεσης των παράκτιων ζωνών σε αυτές που χαρακτηρίζονται ως μέτριας τρωτότητας (πράσινο χρώμα) στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας και συνίστανται από μαλακά ιζήματα Νεογενούς-Τεταρτογενούς ηλικίας συνήθως χαμηλού υψομέτρου και σε αυτές που χαρακτηρίζονται ως υψηλής τρωτότητας και αποτελούν δελταϊκές αποθέσεις χαμηλού υψομέτρου (ερυθρό χρώμα). Οι υπόλοιπες παράκτιες ζώνες χαρακτηρίζονται ως περιοχές χαμηλής τρωτότητας και αποτελούν συνήθως βραχώδεις και υψηλού υψομέτρου παράκτιες περιοχές. Πάνω στο χερσαίο χώρο οι μαύρες περιοχές σημειώνουν τα υψόμετρα κάτω των 20 μέτρων, όπου κατά κανόνα απαντούν χαλαρές ιζηματογενείς αποθέσεις. (Πηγή: Παπανικολάου Μ. κ.α., 2011)

Εικόνα 2.1: Ο Δήμος Κεφαλλονιάς ως περιοχή μελέτης(Πηγή: google map)

Εικόνα 2.2: Η μορφολογία της Κεφαλλονιάς (Πηγή: Γαρμπή Σ., 2004)

Εικόνα 2.3: Απλοποιημένος τεκτονοστρωματογραφικός χάρτης της νήσου Κεφαλονιάς (Πηγή: Underhill J., 1989). Thrusts: ανάστροφα ρήγματα Anticlines: αντίκλινα Synclines: σύγκλινα Normal Faults: κανονικά ρήγματα ΚΑΚ: Κόλπος Αγίας Κυριακής Κ: Καταβόθρες ΚΛ: Κόλπος Λιθαδίου Cape Liakka: ακρωτήριο Λιάκκα Triassic: Τριαδικό Jurassic: Ιουρασικό Cretaceous and Paleogene: Κρητιδικό και Παλαιογενές Miocene: Μειόκαινο Plio-Pleistocene: Πλειο-Πλειστόκαινο Late-Quaternary: Άνω-Τεταρτογενές White Rocks Fault: Επώθηση <<White Rocks>> Argostoli Fault: Επώθηση Αργοστολίου (αποτελείται από δύο κλάδους οι οποίοι συγκλίνουν στα νότια του νησιού)

Εικόνα 2.4: Οι δύο τεκτονικές ζώνες, το ελληνικό τόξο και της Ανατολίας που διασταυρώνονται στα Ιόνια νησιά. (Πηγή: GEER/EERI/ATC Cephalonia, 2014)

Εικόνα 5.1:Χάρτης σεισμογενών περιοχών στον ελληνικό χώρο (Πηγή: Sboras S., 2012)

Εικόνα 5.2: Χωρική κατανομή του Μέσου Σημαντικού Ύψους Κύματος (Πηγή: Soukisian et al., 2007)

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα διπλωματική εργασία αποσκοπεί στον υπολογισμό της παράκτιας επικινδυνότητας και φυσικής τρωτότητας της νήσου Κεφαλονιάς μέσω της χρήσης Σ.Γ.Π. Σε πρώτη φάση θα επιχειρηθεί ο υπολογισμός της επικινδυνότητας με εφαρμογή του δείκτη παράκτιας επικινδυνότητας (Coastal Vulnerability Index – C.V.I) ο οποίος μέσω των γεωλογικών μεταβλητών και των μεταβλητών των φυσικών διεργασιών σκιαγραφεί την ευαισθησία του φυσικού παράκτιου περιβάλλοντος σε μια ενδεχόμενη άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Στο δεύτερο μέρος θα επιχειρηθεί ο υπολογισμός της φυσικής τρωτότητας της νήσου Κεφαλονιάς δηλαδή θα επιχειρηθεί η εκτίμηση των επιπτώσεων της επικινδυνότητας στις χρήσεις γης.

ABSTRACT

This thesis aims at assessing the coastal risk and natural vulnerability of island Cephalonia using G.I.S. In the first part will attempt to assess the risk by applying the coastal vulnerability index (C.V.I) which through geological variables and variables of physical processes outlines the sensitivity of the natural coastal environment to a possible rise in sea level. The second part will attempt to assess the natural vulnerability of island Cephalonia through assessing the effects of the coastal risk to the land use.

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας λόγω της κλιματικής αλλαγής ενδέχεται να ασκήσει σημαντική πίεση στον παράκτιο χώρο και στα οικοσυστήματα. Η κλιματική αλλαγή τόσο με την άνοδο της μέσης στάθμης της θάλασσας όσο και με την αύξηση της έντασης και συχνότητας των ακραίων κυματικών φαινομένων, αναμένεται να εντείνει την διάβρωση των ακτών. Η διάβρωση των ακτών είναι η ανεπιστρεπτή απομάκρυνση υλικών. Συνεπώς χαρακτηρίζει τις ακτές με αρνητικό ισοζύγιο.

Οι ευρωπαϊκές ακτές είναι εκτεθειμένες στην παράκτια διάβρωση με περίπου 20.000 χλμ να έχουν υποστεί σημαντικές επιπτώσεις. Η ποσότητα αυτή αντιστοιχεί περίπου στο ένα πέμπτο των ακτών της διευρυμένης ΕΕ ενώ παρατηρείται στις περισσότερες από αυτές τι περιοχές υποχώρηση της ακτογραμμής κατά 0,5 έως 2 μέτρα ετησίως και σε μερικές ακραίες περιπτώσεις, κατά 15 μέτρα (*Eurosion, 2004b*). Σύμφωνα με έκθεση του προγράμματος Eurosion της Ευρωπαϊκής Επιτροπής διαπιστώνεται ότι οι ακτές της Μεσογείου αλλά και ακτές εντός κλειστών θαλασσών επηρεάζονται περισσότερο από τους μηχανισμούς της διάβρωσης με αποτέλεσμα σημαντικά τους τμήματα να αντιμετωπίζουν ήδη προβλήματα διάβρωσης.

Στην περίπτωση της Ελλάδας το 28,6% του συνόλου της ακτογραμμής υπολογίζεται ότι υπόκειται σε διαβρωτικές εργασίες (*Coastal Practice Network Newsletter No2, 2004*) γεγονός που κατατάσσει τη χώρα τέταρτη στη σχετική λίστα της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με τις ακτές που διαβρώνονται. Αυτός ο υψηλός ρυθμός διάβρωσης οφείλεται μερικώς στους σχετικά ισχυρούς κυματισμούς που αναπτύσσονται στις ελληνικές θάλασσες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους καθώς και στην αμώδη φύση των ακτών. Άλλη αιτία είναι οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις κατά μήκος των ακτογραμμών τουριστικά κυρίως αξιοποιημένων περιοχών και η κατασκευή μεγάλου αριθμού φραγμάτων στις κοίτες των ποταμών που καταλήγουν στις ακτές περιορίζοντας σημαντικά την τροφοδοσία τους με ίζημα.

Κατά καιρούς έχουν προταθεί διάφορες μεθοδολογίες για την εκτίμηση της επικινδυνότητας και τρωτότητας των παράκτιων περιοχών σε μια ενδεχόμενη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης τόσο σε κλίμακα κρατών, όσο και σε τοπικό επίπεδο. Σκοπός των μεθοδολογιών αυτών είναι η αναγνώριση και η εκτίμηση των οικολογικών, φυσικογεωγραφικών και κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων από την αναμενόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η ανάπτυξη και άλλοι κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες επιδρούν στην επικινδυνότητα, η ποσοτική και ποιοτική εκτίμηση των αρνητικών αποτελεσμάτων με τελικό σκοπό τη λήψη κατάλληλων μέτρων προστασίας. (Mimura, 1999)

Στόχος της συγκεκριμένης μεταπτυχιακής μελέτης είναι η προσπάθεια εκτίμησης των επιπτώσεων από ενδεχόμενη αύξηση της θαλάσσιας στάθμης για το τουριστικά αξιοποιημένο νησί της Κεφαλονιάς. Σε πρώτη φάση επιχειρείται η εκτίμηση της ευαισθησίας του φυσικού παράκτιου περιβάλλοντος σε μια ενδεχόμενη άνοδο της στάθμης της θάλασσας. Για τον σκοπό αυτό εφαρμόζεται ο Δείκτης Παράκτιας Επικινδυνότητας — Coastal Vulnerability Index (I) που έχει προταθεί για την εκτίμηση της τρωτότητας των ακτών των ΗΠΑ και του Καναδά, αλλά έχει επίσης εφαρμοσθεί και σε περιοχές του Ελλαδικού χώρου. Για τον υπολογισμό του Δείκτη συνεκτιμήθηκαν οι εξής έξι παράμετροι: η γεωμορφολογία, η παράκτια κλίση, η ιστορική μετατόπιση της ακτογραμμής, η σχετική άνοδος της θαλάσσιας στάθμης, το μέσο παλιρροϊκό εύρος και το μέσο σημαντικό ύψος κύματος. Για κάθε μια παράμετρο η ακτή βαθμονομήθηκε σε πέντε κατηγορίες επικινδυνότητας (1 πολύ χαμηλή έως 5 πολύ υψηλή). Τελικό στόχο αποτελεί η ταξινόμηση όλων των μεταβλητών σε μία ενιαία κλίμακα βαθμονόμησης της παράκτιας επικινδυνότητας, έτσι ώστε να καθίσταται εφικτή η εκτίμηση του δείκτη παράκτιας επικινδυνότητας CVI. Σε δεύτερη φάση επιχειρείται να εκτιμηθεί η φυσική τρωτότητα της νήσου Κεφαλονιάς δηλαδή θα επιχειρηθεί η εκτίμηση των επιπτώσεων της επικινδυνότητας στις χρήσεις γης. Για τον σκοπό αυτό εκτιμούνται τα μήκη των χρήσεων γης κατά μήκος της ακτογραμμής και συσχετίζονται με τις περιοχές της υψηλής επικινδυνότητας. Μετέπειτα συγκρίνεται το εύρος τιμών του CVI της περιοχής μελέτης με το εύρος των τιμών άλλων μελετών που έχουν πραγματοποιηθεί για διαφορετικές περιοχές της Ελλάδας, προκειμένου να προκύψουν χρήσιμα συμπεράσματα για το φαινόμενο της παράκτιας διάβρωσης στο νησί της Κεφαλονιάς.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1- ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΗ ΑΝΑΣΚΟΠΗΣΗ

1.1 Παράκτια Ζώνη

1.1.1 Ορισμός Παράκτιας ζώνης

Οι ακτές είναι ενδιάμεσες περιοχές μεταξύ ξηράς και θάλασσας που δέχονται έντονες επιδράσεις από φυσικούς παράγοντες όπως το κλίμα, αλλά και επιδράσεις από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, και αποτελούν σημαντικό παράγοντα δυναμικής ισορροπίας ανάμεσα στο υγρό στοιχείο και το στερεό (Κοκκώσης, 2006).

Ως παράκτια ζώνη ορίζεται το τμήμα ξηράς και θάλασσας που βρίσκεται σε άμεση επαφή με την ακτή και στο οποίο αναπτύσσονται διάφορες χερσαίες και θαλάσσιες δραστηριότητες. Αποτελεί το μεταβατικό περιβάλλον από τη θάλασσα στη ξηρά, γεγονός που της προσδίδει ιδιαίτερα φυσικά, αλλά και κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά (Κοκκώσης, 2006).

Η παράκτια ζώνη αποτελεί το πολύπλοκο φυσικό σύστημα που συντίθεται στα όρια της υδρόσφαιρας, της λιθόσφαιρας και της ατμόσφαιρας και είναι προϊόν της ανταγωνιστικής δράσης και αλληλεπίδρασής τους. Οι παράκτιες ζώνες δημιουργήθηκαν, αναδύθηκαν ή καταδύθηκαν με το πέρασμα των γεωλογικών χρόνων, ως αποτέλεσμα των μετακινήσεων του στερεού φλοιού της γης σε συνδυασμό με την άνοδο ή κάθοδο της θαλάσσιας στάθμης. Παράλληλα, διάφορα φαινόμενα βραδείας φυσικής εξέλιξης ή ταχείας δράσης συνετέλεσαν και εξακολουθούν να συντείνουν στον σχηματισμό και την διαμόρφωση της ακτογραμμής. Η διαμόρφωση αυτή βρίσκεται σε μια συγκεκριμένη κατάσταση δυναμικής ισορροπίας, η οποία είναι ευαίσθητη και ιδιαιτέρως εύθραυστη. Για τον λόγο αυτό, η παράκτια ζώνη μεταβάλλεται συνεχώς με το πέρασμα του χρόνου σε μέρη ιδιαίτερης σημασίας, όπως οι γεώτοποι, οι υγρότοποι και οι βιότοποι (Κοκκώσης, 2006).

Σε μια πρώτη προσέγγιση, οι επιστήμονες οριοθετούν την παράκτια ζώνη μεταξύ της υψομετρικής καμπύλης των 200 μ. και της ισοβαθούς καμπύλης των 200 μ., έκταση που αντιστοιχεί περίπου στο 18% της συνολικής επιφάνειας της γης (Μαστροδήμου, 2010). Ωστόσο, ο ορισμός αυτός δεν είναι επίσημος καθώς η έκταση της παράκτιας ζώνης μιας περιοχής ή χώρας επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες με αποτελέσματα να παρατηρείται σημαντική

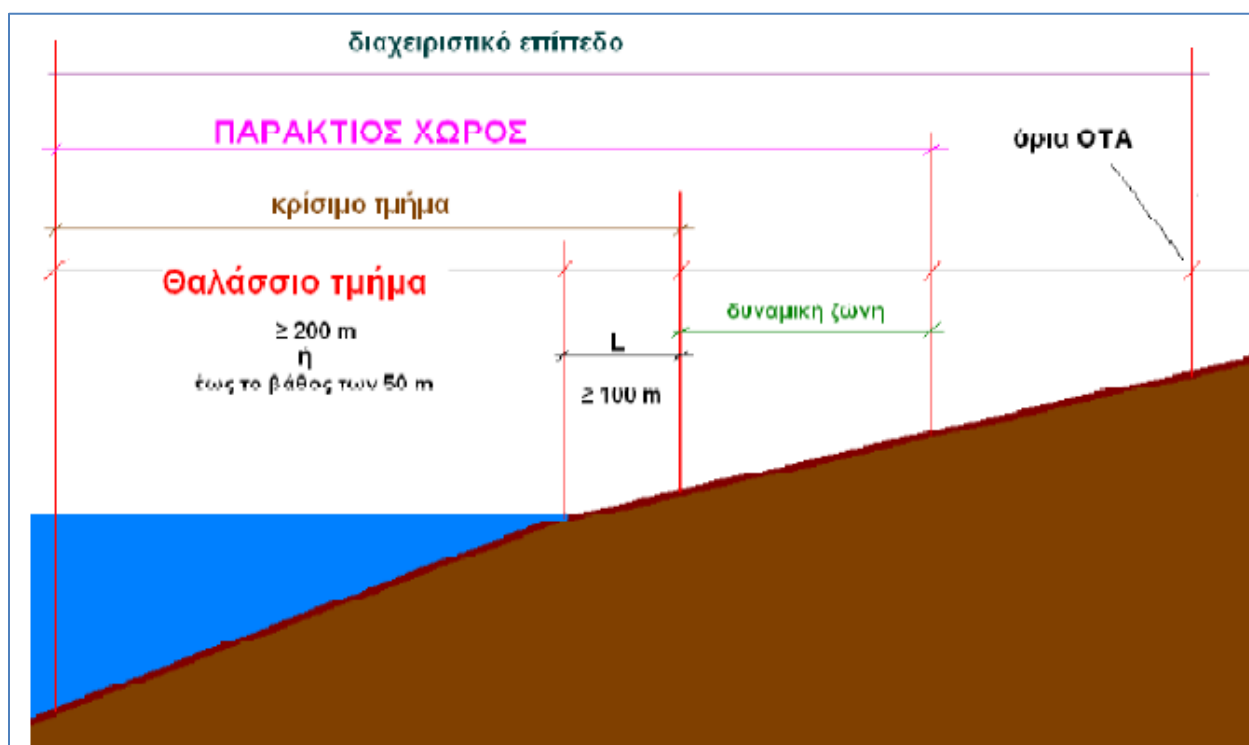
διακύμανση στο εύρος της. Οι παράγοντες που δύνανται να επηρεάσουν το πλάτος της παράκτιας ζώνης είναι η παράκτια γεωμορφολογία και τοπογραφία, το κλίμα, οι άνεμοι, η κυματική δράση, καθώς και το μέγεθος και ένταση των παράκτιων δραστηριοτήτων. Σύμφωνα με το υπό έγκριση Ειδικό Χωροταξικό Σχέδιο για τον παράκτιο χώρο και τα νησιά της Ελλάδας, «ως παράκτιος χώρος ορίζεται ο γεωμορφολογικός χώρος εκατέρωθεν της ακτογραμμής, όπου εκδηλώνεται διαδραστικά η σχέση μεταξύ του θαλάσσιου και του χερσαίου τμήματος, μέσω των σύνθετων οικολογικών συστημάτων που περιλαμβάνουν βιοτικές και αβιοτικές συνιστώσες. Πρόκειται για μεταβατική ζώνη μεταβλητού πλάτους που αποτελεί, ταυτόχρονα, ζωτικό χώρο ανθρώπινων κοινωνιών και κοινωνικοοικονομικών δραστηριοτήτων».

Στο ν. 2791/2001 ο οποίος αφορά στον αιγιαλό και την παραλία, ορίζονται σαφώς τα τμήματα της παράκτιας ζώνης καθώς και οι επιτρεπόμενες χρήσεις σε αυτά με σκοπό την προστασία και τη συνετή διαχείριση. Έτσι, ως αιγιαλός ορίζεται η ζώνη της ξηράς που βρέχεται από τη θάλασσα από τις μεγαλύτερες και συνήθεις αναβάσεις των κυμάτων της, ενώ ως παραλία ορίζεται το τμήμα ξηράς που προστίθεται στον αιγιαλό, το οποίο καθορίζεται σε πλάτος μέχρι και 50 μέτρα από την οριογραμμή του αιγιαλού, προς εξυπηρέτηση της επικοινωνίας της ξηράς με τη θάλασσα και αντίστροφα. Επιπλέον, δίνεται ένας ιδιαίτερα σημαντικός ορισμός, αυτός του παλαιού αιγιαλού, καθώς η δυναμική των κυματισμών απαιτεί αναπροσαρμογές ως προς την οριογραμμή. Ως παλιός αιγιαλός ορίζεται η ζώνη ξηράς που προέκυψε από μετακίνηση της ακτογραμμής προς τη θάλασσα, οφείλεται σε φυσικές προσχώσεις ή τεχνικά έργα και προσδιορίζεται από την οριογραμμή του νέου αιγιαλού και το όριο του παλαιότερου υφιστάμενου (Κοκκώσης, 2006).

Στο ειδικό χωροταξικό πλαίσιο, επιπρόσθετα, ο παράκτιος χώρος διακρίνεται σε επιμέρους ζώνες διαχείρισης οι οποίες είναι απαραίτητες τόσο για τη διαχείριση όσο και για την προστασία του. Συγκεκριμένα, ο παράκτιος χώρος διακρίνεται στην κρίσιμη ζώνη, τη δυναμική και ένα υπόλοιπο τμήμα το οποίο συμπληρώνει το διαχειριστικό επίπεδο. Αναλυτικότερα ως κρίσιμη ζώνη ορίζεται το μέτωπο του παράκτιου χώρου στο μεταίχμιο μεταξύ ξηράς και θάλασσας το οποίο αποτελεί το πλέον ευαίσθητο περιβαλλοντικά κομμάτι του, ενώ παράλληλα δέχεται σημαντικές πιέσεις από ανθρώπινες δραστηριότητες. Το θαλάσσιο τμήμα της κρίσιμης ζώνης εκτείνεται από την ακτογραμμή μέχρι την ισοβαθή των 10 μέτρων, ενώ σε κάθε περίπτωση το

πλάτος της δεν μπορεί να είναι μικρότερο των 100 μέτρων από την ακτογραμμή. Το χερσαίο τμήμα της ξεκινά από την ακτογραμμή και εκτείνεται προς την ξηρά σε ζώνη πλάτους 100 μέτρων από την καθορισμένη γραμμή του αιγιαλού (ή το χειμέριο κύμα όπου αυτή δεν είναι καθορισμένη) (Κοκκώσης, 2006).

Ως δυναμική ζώνη ορίζεται μια ευρύτερη περιοχή περιμετρικά της κρίσιμης η οποία είναι άμεσα συνδεδεμένη με τις μεταβολές και διεργασίες που λαμβάνουν χώρα εντός της κρίσιμης ζώνης. Η ζώνη αυτή περιλαμβάνει επίσης θαλάσσιο και χερσαίο τμήμα. Το θαλάσσιο τμήμα της δυναμικής ζώνης ξεκινά από το όριο της κρίσιμης ζώνης και εκτείνεται μέχρι την ισοβαθή των 50 μέτρων. Σε κάθε περίπτωση το ακραίο προς τη θάλασσα όριο της δε μπορεί να απέχει λιγότερο των 200 μέτρων από την ακτογραμμή. Το χερσαίο τμήμα της δυναμικής ζώνης, ξεκινά από το ακραίο προς τη ξηρά όριο της κρίσιμης ζώνης και εκτείνεται κατ' ελάχιστον σε ζώνη πλάτους 200 μέτρων από την καθορισμένη γραμμή του αιγιαλού. Οι επιμέρους αυτές ζώνες του παράκτιου χώρου που ορίζονται στο ειδικό πλαίσιο χωροταξικού σχεδιασμού διακρίνονται στο διάγραμμα που ακολουθεί (Κοκκώσης, 2006).



Εικόνα 1.1: Ζώνες παράκτιου χώρου (Πηγή: ΥΠΕΧΩΔΕ, 2009)

Οι παράκτιες ζώνες αποτελούν ένα δυναμικό τμήμα ανάπτυξης αφού παρά το γεγονός ότι καταλαμβάνουν μόλις το 20% της επιφάνειας της ξηράς του πλανήτη, πάνω από το 50% του πληθυσμού της γης κατοικεί σε μία ζώνη πλάτους 200 χλμ από την ακτή, με τη μέση πυκνότητα πληθυσμού στις παράκτιες περιοχές να είναι 80 άτομα/τ.χμλ., δηλαδή διπλάσια από τη μέση πυκνότητα του πλανήτη. Το φυσικό περιβάλλον των παράκτιων ζωνών χαρακτηρίζεται από πλούσια βιοποικιλότητα και μοναδικές γεωμορφολογικές δομές. Το μοναδικό αυτό φυσικό αλλά και πολιτιστικό περιβάλλον αποτελεί πηγή έλξης διαφόρων δραστηριοτήτων με επικρατέστερη εκείνη του τουρισμού (Κοκκώσης, 2006).

1.1.2 Η σημασία της παράκτιας ζώνης

Η παράκτια ζώνη αποτελεί περιοχή ιδιαίτερου ενδιαφέροντος, όπου συναντώνται πολυάριθμες δραστηριότητες, καθώς και ένα εύθραυστο χώρο μεγάλης οικολογικής, κοινωνικής και πολιτιστικής αξίας. (Μπανέλα, 2015)

Από οικολογικής πλευράς, ως γεωγραφικός χώρος αλληλεπίδρασης μεταξύ των χερσαίων και θαλάσσιων οικοσυστημάτων θεωρείται μεγάλης σημασίας για την επιβίωση μεγάλης ποικιλίας φυτών, ζώων και θαλάσσιων ειδών. Συγκεκριμένα στην έκτασή της συναντώνται μεγάλης ποικιλομορφίας χερσαία και θαλάσσια οικοσυστήματα, όπως δέλτα ποταμών, έλη, λιμνοθάλασσες, αμμόδεις και βραχώδεις παραλίες, ύφαλοι, κ.ά., που αποτελούν περιοχές αναπαραγωγής και διαβίωσης πολλών ειδών χλωρίδας και πανίδας. Στα περιβάλλοντα της Παράκτιας Ζώνης απαντώνται μερικά από τα πιο παραγωγικά οικοσυστήματα του πλανήτη. (Μπανέλα, 2015)

Παράλληλα όμως με το ιδιαίτερο φυσικό περιβάλλον, έντονη είναι και η ανάπτυξη οικονομικών και κοινωνικών δραστηριοτήτων στις παράκτιες περιοχές. Η χρήση της θάλασσας για τις μεταφορές και το εμπόριο, η διαθεσιμότητα ποικίλων φυσικών πόρων, η αισθητική τους αξία ενθαρρύνει την εγκατάσταση των ανθρώπων στην παράκτια ζώνη. Συμφωνά με εκτιμήσεις το 50% περίπου του παγκόσμιου πληθυσμού κατοικεί εκεί, αριθμός που αυξάνεται με ταχείς ρυθμούς λόγω των πλεονεκτημάτων που προσφέρει (Shi, 2001). Συγκεκριμένα, εκτιμάται πως το 20,6% του πληθυσμού κατοικεί στη ζώνη πλάτους 30 km από τη θάλασσα και το 37% στη 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).

1.1.3 Περιβαλλοντικές πιέσεις

Κατά συνέπεια, οι παράκτιες περιοχές υφίστανται έντονες περιβαλλοντικές πιέσεις, ως αποτέλεσμα των αναπτυσσόμενων οικονομικών και κοινωνικών δραστηριοτήτων. Τέτοιες πιέσεις είναι η υπεραλίευση, η ρύπανση από σκουπίδια, οι κηλίδες λαδιού και πετρελαίου, η απόθεση ανεπεξέργαστων αστικών, γεωργικών, βιομηχανικών και εξορυκτικών αποβλήτων (σημειακές και μη σημειακές πηγές ρύπανσης), με αποτελέσματα φαινόμενα ευτροφισμού, τοξικής ρύπανσης κ.ά. Πιέσεις ασκούνται και από την κατασκευή παράκτιων τεχνικών έργων (λιμενικά έργα, μαρίνες, αλιευτικά καταφύγια) πάνω στη φυσική ακτογραμμή, τα οποία έχουν συνήθως ως αποτέλεσμα τη δημιουργία μιας νέας τεχνητής ακτογραμμής με διαφορετικά γεωμορφολογικά και ιζηματολογικά χαρακτηριστικά. Οι ακτές εμφανίζουν υψηλή ευπάθεια στη διάβρωση από τη θάλασσα δυναμική, με αποτέλεσμα τη μείωση της διαύγειας των νερών της γύρω θαλάσσιας περιοχής, την αλλαγή της κοκκομετρικής σύστασης των ιζημάτων του βυθού και τελικά την υποβάθμιση της θαλάσσιας χλωρίδας και πανίδας (μηχανική ρύπανση). Σημαντική επίσης πίεση ασκείται στον παράκτιο χώρο και στα οικοσυστήματα που φιλοξενεί, από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας λόγω των κλιματικών αλλαγών. Οι ακτογραμμές χαρακτηρίζονται από υψηλό ρυθμό διάβρωσης, ο οποίος αναμένεται να ενταθεί τόσο λόγω της προβλεπόμενης ανόδου της μέσης θαλάσσιας στάθμης και της επιδείνωσης των ακραίων κυματικών φαινομένων, όσο και λόγω μεταβολών στην ένταση και το ρυθμό των βροχοπτώσεων και της κατασκευής ποτάμιων διαχειριστικών έργων (Παναγιωτίδης & Χατζημπίρος, 2004; Fabbri, 1998; Βελεγράκης, 2008).

1.2 Το Φαινόμενο της Παράκτιας Διάβρωσης

1.2.1 Ορισμός της Παράκτιας Διάβρωσης

Η διάβρωση, μεταφορά και απόθεση φερτών υλικών είναι φυσικές διεργασίες που έχουν ενεργοποιηθεί από τη γεωλογική εποχή και έχουν σχηματίσει το σημερινό τοπίο του πλανήτη. Η πιο γνωστή μορφή διάβρωσης είναι εκείνη του εδάφους, η οποία μάλιστα διαφέρει σημαντικά από την παράκτια διάβρωση τόσο ως προς τους μηχανισμούς όσο και ως προς τα αποτελέσματα (Κοκκώσης, 2006).

Ως διάβρωση των ακτών ορίζεται η καταπάτηση τμήματος γης από τη θάλασσα και μετράται από το βαθμό επίδρασης των καιρικών φαινομένων και της δυναμικής των τοπικών ιζημάτων κατά τη διάρκεια μιας περιόδου, η οποία μπορεί να αναφέρεται σε ένα αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα (Eurosion, 2004a).

Η διαχείριση των ακτών προαπαιτεί, όλοι οι παραπάνω παράγοντες να είναι γνωστοί ώστε να μπορεί να γίνει μία εκτίμηση της φυσικής εξέλιξης της ακτογραμμής και μία εκτίμηση της ανταπόκρισης της ακτογραμμής σε τυχόν ανθρώπινη παρέμβαση.

Η παράκτια διάβρωση είναι μία φυσική διεργασία και αποτελεί έκφραση της παράκτιας δυναμικής, καθώς σε συνδυασμό με την ποτάμια δράση, δηλαδή τη στερεοπαροχή στις εκβολές του υδρολογικού συστήματος στη θάλασσα, συμβάλλει στην ανακατανομή του ισοζυγίου του ιζήματος κατά μήκος της ακτής (Τζανετάκου, 2010). Αξίζει να σημειωθεί ότι αν και η παράκτια διάβρωση δρούσε ανέκαθεν στο παράκτιο σύστημα συμβάλλοντας στη διαμόρφωση των διαφόρων παράκτιων τοπίων (κρημνώδεις ακτές, πλημμυρικά επίπεδα, παραλίες, δέλτα κλπ.), οι ανθρώπινες επεμβάσεις στην παράκτια ζώνη, ιδίως η αστικοποίηση και οι οικονομικές δραστηριότητες (βιομηχανίες, τουρισμός κλπ.), μετέτρεψαν τη διάβρωση των ακτών από ένα φυσικό φαινόμενο σε πρόβλημα με αυξανόμενη ένταση (Eurosion, 2004a).

Σημαντική ιδιαιτερότητα της παράκτιας διάβρωσης, η οποία της προσδίδει μία ιδιαίτερη θέση στα πλαίσια της ΟΔΠΖ, αποτελεί το γεγονός ότι αν και πρόκειται για φυσικό φαινόμενο, είναι αποτέλεσμα του συνδυασμού φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων, οι οποίοι, επιπλέον,

έχουν διαφορετικά χρονικά και χωρικά χαρακτηριστικά εμφάνισης, ενώ μπορεί να είναι συνεχείς ή στιγμιαίοι, αντιστρέψιμοι ή μη-αντιστρέψιμοι. Επίσης, τα αίτια που προκαλούν την παράκτια διάβρωση ενδέχεται να διαφέρουν σημαντικά από περιοχή σε περιοχή. Επισημαίνεται ότι όσον αφορά στην κλίμακα της περιοχής μελέτης, το φαινόμενο της διάβρωσης θα πρέπει να εξετάζεται στα πλαίσια μεμονωμένης περιοχής, δηλαδή σε ένα παράκτιο τμήμα με συγκεκριμένα γεωμορφολογικά ή ακόμη και ανθρωπογενούς προέλευσης όρια, το οποίο αποτελεί ένα κλειστό σύστημα με την παράκτια δυναμική συμπεριφορά εντός αυτού να μην επηρεάζει τις περιοχές εκτός των ορίων του (Τζανετάκου, 2010).

Η διάβρωση των ακτών είναι συνήθως αποτέλεσμα συνδυασμού παραγόντων, τόσο φυσικών όσο και ανθρωπογενών, που λειτουργούν σε διαφορετικές κλίμακες. Οι πιο σημαντικοί φυσικοί παράγοντες είναι οι άνεμοι και οι καταιγίδες, τα ρεύματα κοντά στην ακτή, η σχετική άνοδος της στάθμης της θάλασσας και η κλίση του εδάφους. Οι ανθρωπογενείς παράγοντες της παράκτιας διάβρωσης περιλαμβάνουν όλες τις δραστηριότητες που αναπτύσσονται στο παράκτιο περιβάλλον καθώς και τα τεχνικά έργα που εκτελούνται στην περιοχή αυτή. (Τζανετάκου, 2010)

Η παράκτια διάβρωση επιδρά στο περιβάλλον σε τρεις διαφορετικούς τύπους επιπτώσεων (ή κινδύνους) (Eurosion, 2004a):

- απώλεια γης με οικονομική, κοινωνική ή οικολογική αξία
- καταστροφή της φυσικής άμυνας της θάλασσας (συνήθως ένα σύστημα αμμοθινών) ως αποτέλεσμα ενός μεμονωμένου πλημμυρικού γεγονότος.
- υπονόμηση των τεχνητών έργων προστασίας των ακτών, που ενδεχομένως, οδηγεί σε κίνδυνο πλημμυρών.

Η διαδικασία της διάβρωσης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τη μορφή, την ένταση και τη διάταξη των κυμάτων. Ειδικότερα, η ταχύτητα της διαβρωτικής διεργασίας στις ακτές που προκαλείται από τη δράση των θαλάσσιων κυμάτων επηρεάζεται από μια σειρά παραγόντων, όπως (Σιάφακας, 2003):

- την ένταση και το ύψος των κυμάτων,
- το είδος και η συνεκτικότητα των πετρωμάτων της ακτής,
- τα τεκτονικά χαρακτηριστικά της περιοχής,
- την κλίση και το βάθος του πυθμένα,
- την παλιρροιακή διακύμανση,
- την παρουσία τεχνικών έργων προστασίας

Οι παραπάνω παράγοντες αποτελούν και τα βασικά κριτήρια του δείκτη παράκτιας τρωτότητας ο οποίος εξετάζεται στη συνέχεια.

Επιπλέον, η ένταση της διαβρωτικής διεργασίας επηρεάζεται σημαντικά από την εποχή δράσης της. Οι καταιγίδες και οι θύελλες που εμφανίζονται τη χειμερινή περίοδο προκαλούν διάβρωση με ταχύτερους ρυθμούς λόγω των ισχυρών κυμάτων και θαλάσσιων ρευμάτων που δημιουργούν. Αντίθετα, κατά τη θερινή περίοδο τα θαλάσσια ρεύματα και οι κυματισμοί είναι ήπιοι με αποτέλεσμα σε πολλές περιπτώσεις να συνδράμουν στην απόθεση άμμου στην ακτή και όχι στην εμφάνιση διαβρωτικών διεργασιών (Σιάφακας, 2003)

Τα αποτελέσματα της διάβρωσης σε βραχώδεις ακτές είναι η δημιουργία απότομων γκρεμών και θαλάσσιων σπηλαίων, ενώ στις αμμώδεις ακτές υπάρχει σημαντική μείωση του πλάτους της ακτής με ταυτόχρονη δημιουργία μιας αβαθούς ζώνης με μικρή κλίση. Η αβαθής αυτή ζώνη ονομάζεται ζώνη διαβρώσεως και το υλικό που απομακρύνεται από αυτή αποτίθεται στην υποθαλάσσια περιοχή σχηματίζοντας μια κυματογενή αναβαθμίδα (Σιάφακας, 2003).

Σε αυτό το σημείο, αξίζει να σημειωθεί ότι ο βαθμός και ρυθμός διάβρωσης επηρεάζεται σημαντικά και από τα συστατικά υλικά της ακτής, τη γεωλογία και μορφολογία της περιοχής. Κρίνεται, λοιπόν, αναγκαίο να δοθούν ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά σχετικά με τα ιζήματα των ακτών τα οποία ρυθμίζουν τους μηχανισμούς διάβρωσης που επεξηγούνται στη συνέχεια. Επιπλέον, τα χαρακτηριστικά των ιζημάτων των ακτών κατέχουν σημαντικό ρόλο στην υιοθέτηση συγκεκριμένων μέτρων αντιμετώπισης. Ένα από τα κυριότερα χαρακτηριστικά των ιζημάτων είναι το μέγεθος των κόκκων τους. Χαρακτηριστικά, ο *Καρύμπαλης (2010)* αναφέρει ότι ένας κόκκος με διπλάσιο μέγεθος διαμέτρου από έναν άλλο έχει οκταπλάσια μάζα σε σχέση

με αυτόν με αποτέλεσμα να διαφοροποιείται σημαντικά η δυναμική και η κινητική τους κατάσταση. Στον πίνακα που ακολουθεί δίνεται η ονοματολογία των κόκκων ανάλογα με το μέγεθος τους.

Πίνακας 1.1: Ονοματολογία κόκκων ιζημάτων, (Πηγή: Καρύμπαλης, 2010)

Διάμετρος κόκκου	Ονομασία
>2χιλ.	Χαλίκια
2 χιλ. – 0,0625 χιλ.	Άμμος
0,0625 χιλ. – 0,0020 χιλ.	Ιλύς
<0,0020 χιλ.	Άργιλος

Ένα δεύτερο χαρακτηριστικό των κόκκων των ιζημάτων είναι το σχήμα και η μορφή τους. Οι κόκκοι εξετάζονται για την σφαιρικότητα και τη στρογγυλότητα τους οι οποίες είναι δυνατόν να επηρεάσουν κατά ένα βαθμό την κινητικότητα τους. Το σχήμα ενός κόκκου καθορίζεται από το αρχικό σχήμα του ορυκτού από το οποίο προέκυψε, ενώ η μορφή του αφορά σε μια δυναμική διαδικασία που επηρεάζεται από το συνολικό κύκλο ζωής του κόκκου. Σύμφωνα με τον Καρύμπαλη (2010) οι επίπεδοι κόκκοι αποτίθενται με πιο αργούς ρυθμούς σε σχέση με τους σφαιρικούς, αφού η κινητική τους ικανότητα είναι μικρότερη. Αντίθετα, ο βαθμός στρογγυλότητας των κόκκων υποδηλώνει εν μέρει την ευπάθεια τους στη χημική αποσάθρωση. Έτσι, οι κόκκοι με μικρό βαθμό στρογγυλότητας προέρχονται από χημικά ανθεκτικά ορυκτά και χαρακτηρίζονται από τη μικρή μεταφορική τους ικανότητα, η οποία συνδέεται με τη δυνατότητα απόθεσης.

Τα χαρακτηριστικά των κόκκων κατέχουν σημαντικό ρόλο όπως αναφέρθηκε στη διαδικασία της απόθεσης και το βαθμό της διάβρωσης αφού αυτά είναι που επηρεάζουν το ισοζύγιο των ιζημάτων της παράκτιας ζώνης. Το ισοζύγιο των ιζημάτων της παράκτιας ζώνης καθορίζεται από τη δράση δύο διεργασιών, την εισαγωγή ιζήματος στην ακτή και τη μεταφορά ιζήματος στο θαλάσσιο περιβάλλον. Η επικράτηση της πρώτης διεργασίας έχει σαν αποτέλεσμα την εμφάνιση πρόσχωσης στην ακτή, ενώ η επικράτηση της δεύτερης οδηγεί σε διάβρωση. Στην περίπτωση που το ισοζύγιο είναι σταθερό έχει σαν αποτέλεσμα τη σταθερότητα της ακτογραμμής (Καρύμπαλης, 2010)

Η εισαγωγή ιζήματος στην ακτή μπορεί να προκύψει από (Καρύμπαλης, 2010):

- Παράκτια μεταφορά,
- Ποτάμια στερεοπαροχή,
- Διάβρωση παράκτιων κρημνών,
- Μεταφορά ιζήματος από τη θάλασσα,
- Μεταφορά ιζήματος μέσω της αιολικής δράσης και
- Τεχνητό εμπλουτισμό.

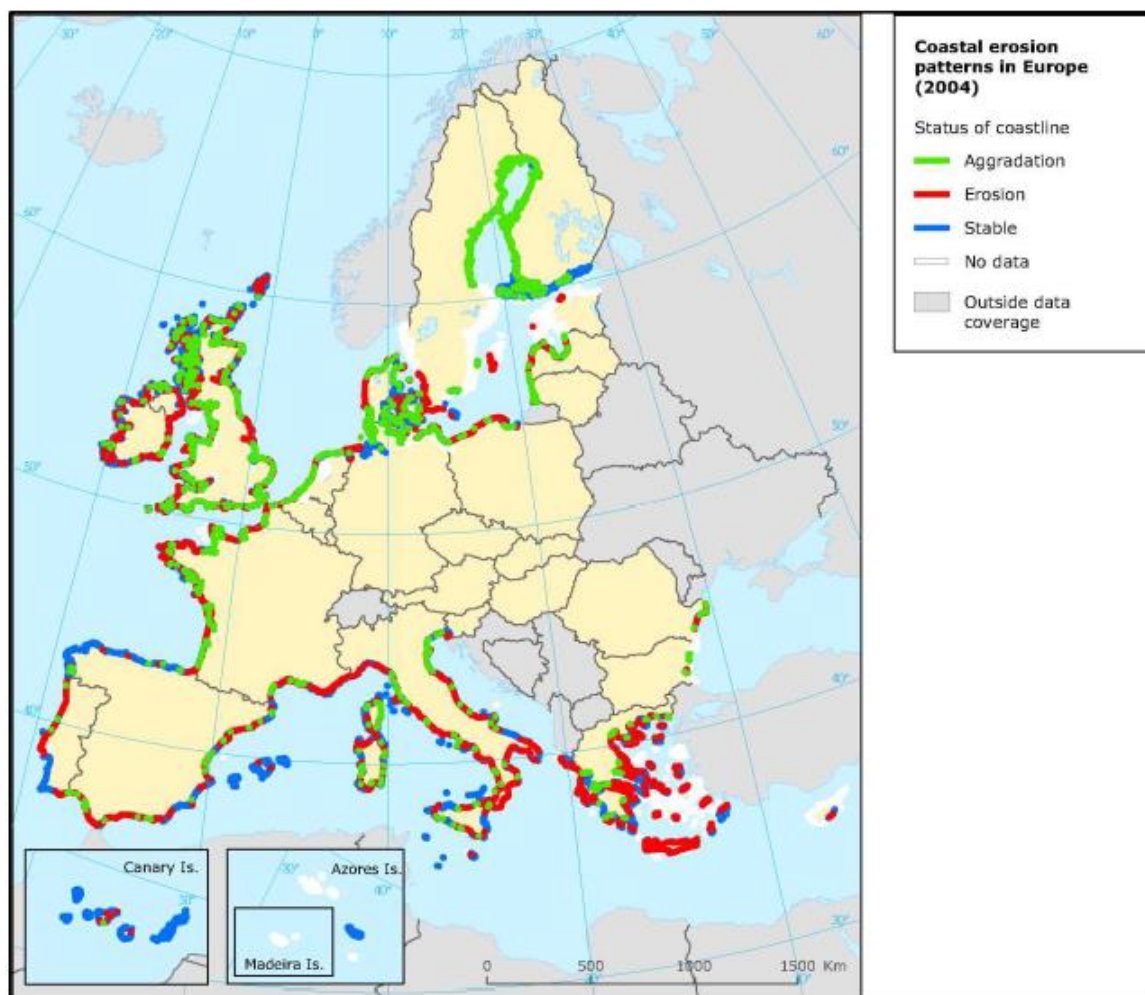
Αντίθετα για την μεταφορά ή απομάκρυνση ιζήματος προς το θαλάσσιο περιβάλλον δρουν μηχανισμοί όπως (Καρύμπαλης, 2010):

- Παράκτια μεταφορά,
- Παγίδευση ιζήματος σε υποθαλάσσια κανάλια,
- Παμμοληψία και
- Μεταφορά ιζήματος μέσω της αιολικής δράσης

Διαπιστώνεται τελικά ότι η διάβρωση των ακτών, η μη αναστρέψιμη δηλαδή οπισθοχώρηση της ακτογραμμής, είναι μια φυσική διεργασία που μπορεί να αποτελέσει απειλή με πολλές αρνητικές κοινωνικοοικονομικές και περιβαλλοντικές επιπτώσεις για αρκετές παράκτιες περιοχές (Καρύμπαλης, 2010)

1.2.2 Διάβρωση ευρωπαϊκών ακτών

Οι ευρωπαϊκές ακτές είναι εκτεθειμένες στην παράκτια διάβρωση με περίπου 20.000 χλμ να έχουν υποστεί σημαντικές επιπτώσεις. Η ποσότητα αυτή αντιστοιχεί περίπου στο ένα πέμπτο των ακτών της διευρυμένης ΕΕ ενώ παρατηρείται στις περισσότερες από αυτές τι περιοχές υποχώρηση της ακτογραμμής κατά 0,5 έως 2 μέτρα ετησίως και σε μερικές ακραίες περιπτώσεις, κατά 15 μέτρα (*Eurosion, 2004b*). Σύμφωνα με έκθεση του προγράμματος Eurosion της Ευρωπαϊκής Επιτροπής διαπιστώνεται ότι οι ακτές της Μεσογείου αλλά και ακτές εντός κλειστών θαλασσών επηρεάζονται περισσότερο από τους μηχανισμούς της διάβρωσης με αποτέλεσμα σημαντικά τους τμήματα να αντιμετωπίζουν ήδη προβλήματα διάβρωσης. Στο χάρτη που ακολουθεί (Εικόνα 1.2) αναπαριστώνται οι διαπιστώσεις αυτές της έκθεσης. Με κόκκινο εμφανίζονται οι ακτές που παρουσιάζουν ζητήματα διάβρωσης, με μπλε σημειώνονται οι ακτές με σταθερή στερεοπαροχή, ενώ με πράσινο οι ακτές στις οποίες εντοπίζεται πρόσχωση.



Εικόνα 1.2: Χάρτης παράκτιας διάβρωσης Ευρώπης, (Πηγή: Eurosion, 2004b)

Η διάβρωση όμως των ακτών, σύμφωνα με το θεωρητικό πλαίσιο που αναφέρθηκε σε προηγούμενες ενότητες είναι άμεσα συνδεδεμένη με τον τύπο και τη μορφή των ακτών της κάθε περιοχής. Στο πίνακα που ακολουθεί δίνονται στοιχεία σχετικά με τον τύπο της ακτής που επικρατεί σε κάθε κράτος μέλος της Ε.Ε., από τα οποία διαπιστώνεται ότι οι χώρες που βρίσκονται υπό την απειλή της διάβρωσης, σύμφωνα με τον παραπάνω χάρτη, είναι αυτές με το μεγαλύτερο ποσοστό αμμωδών παραλίων. Ωστόσο, το γεγονός αυτό δεν αποδεικνύει ταυτόχρονα ότι περιοχές με μικρότερα ποσοστά αντιμετωπίζουν διάβρωση σε μικρότερο βαθμό, καθώς η διάβρωση εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Για το λόγο αυτό, έχει προστεθεί στον παρακάτω πίνακα η τελευταία στήλη στην οποία διακρίνεται το ποσοστό της διαβρωμένης ακτογραμμής για στοιχεία του 2001. Στα ποσοστά αυτά, πρέπει, όμως, να σημειωθεί ότι δεν συμπεριλαμβάνονται οι ακτές που έχουν διαβρωθεί παρά την ύπαρξη έργων προστασίας. Εάν υπολογίσει κανείς τα ποσοστά για τη συγκεκριμένη περίπτωση προκύπτει ότι η ακτογραμμή της

Ε.Ε. έχει στην πραγματικότητα διαβρωθεί κατά ποσοστό 19,6% και όχι 14,9%. (EuroSION, 2004b).

Πίνακας 1.2: Χαρακτηριστικά ακτών χωρών Ε.Ε., (Πηγή: EuroSION, 2004c)

Χώρα	Συνολικό μήκος ακτο-γραμμής (χλμ)	Κρημνώδεις ακτές (%ακτο-γραμμής)	Ημι-βραχώδεις ακτές	Παραλίες	Ελώδεις ακτές	Τεχνητές ακτές	Άλλο	Διαβρωμένη ακτή 2001	
								(χλμ)	%
Βέλγιο	98	0	0	66	0	34	0	25	25,5
Κύπρος	66	9	0	67	0	20	4	25	37,9
Δανία	4605	1	8	65	13	12	1	607	13,2
Εσθονία	2548	0	6	90	4	1	0	51	2
Φιλανδία	14018	57	0	38	4	1	0	5	0
Γαλλία	8245	25	15	31	13	15	1	2055	24,9
Γερμανία	3524	0	5	64	13	18	0	452	12,8
Ελλάδα	13780	39	11	47	0	4	0	3945	28,6
Ιρλανδία	4578	56	1	39	1	3	1	912	19,9
Ιταλία	7468	15	28	50	0	8	0	1704	22,8
Λετονία	534	0	0	95	2	3	1	175	32,8
Λιθουανία	263	0	3	65	19	12	0	64	24,3
Μάλτα	173	78	10	5	0	7	1	7	4
Πολωνία	634	0	0	83	14	3	0	349	55
Πορτογαλία	1187	29	22	44	0	5	1	338	28,5
Σλοβενία	46	0	53	30	0	18	0	14	30,4
Ισπανία	6584	18	43	28	2	10	0	757	11,5
Σουηδία	13567	56	0	38	5	1	0	327	2,4
Ολλανδία	1276	0	0	35	4	60	1	134	10,5
Ηνωμένο Βασίλειο	17381	42	18	25	9	5	1	3009	17,3
Σύνολο	100575	35,4%	11,7%	40,7%	5,3%	6,4%	0,5%	14955	14,9%

Σύμφωνα με έκθεση του ίδιου προγράμματος που αφορά στη διάβρωση των ελληνικών νησιωτικών ακτών διαπιστώνεται ότι η Κρήτη αντιμετωπίζει στο σύνολο της σχεδόν το φαινόμενο αυτό, ενώ σημαντικά ποσοστά σημειώνονται και στα υπόλοιπα νησιά της χώρας. Στον πίνακα που ακολουθεί δίνονται στοιχεία, εκτός από το σύνολο της διαβρωμένης ακτής, για την έκταση των απειλούμενων παράκτιων οικοσυστημάτων, από τα οποία διαπιστώνεται ότι η αναλογία των απειλούμενων εκτάσεων σε σχέση με τη διαβρωμένη ακτογραμμή διαφέρει ανά

νησιωτική περιοχή. Χαρακτηριστικά, η απειλούμενη έκταση στα νησιά του Νοτίου Αιγαίου είναι ιδιαίτερα μεγάλη σε σχέση τόσο με το μήκος της διαβρωμένης ακτογραμμής όσο και με τις υπόλοιπες περιοχές. Ωστόσο, η ιδιαίτερα αυτή μεγάλη έκταση και δυσαναλογία σε σχέση με τις υπόλοιπες οφείλεται κυρίως στο μέγεθος των νησιών. Στο Νότιο Αιγαίο τα νησιά είναι ως επί των πλείστων μικρά με την παράκτια ζώνη τους να περιλαμβάνει μεγάλο τμήμα τους, αν όχι ολόκληρο, με αποτέλεσμα την επιρροή σημαντικών εκτάσεων υψηλής οικολογικής αξίας. (Eurosion, 2004b).

Πίνακας 1.3: Διάβρωση ελληνικών νησιωτικών ακτών, (Πηγή: Eurosion, 2004c)

Νησιωτική Περιοχή	Ακτογραμμή (Μήκος (km))	Έκταση (km ²)	Ακτογραμμή υπό διάβρωση (Μήκος (km))	Έκταση απειλούμενων παράκτιων οικοσυστημάτων (km ²)
Νήσοι. Β. Αιγαίου	1311	3854	231 (17.6%)	349
Νήσοι. Ν. Αιγαίου	3423	5329	503 (14.7%)	929
Νήσοι Ιονίου	1056	2304	260 (24.6%)	356
Κρήτη	1148	8365	756 (65.8%)	355
Σύνολο	6938	19852	1750 (25.2%)	1989

1.3 Η Άνοδος της στάθμης της θάλασσας

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας είναι ένα από τα πιο επείγοντα ερωτήματα σήμερα. Το φαινόμενο αποτελεί μια από τις σοβαρότερες συνέπειες της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής και αναμένεται να προκαλέσει έναν τεράστιο αριθμό πιθανών επιπτώσεων, από σχετικά μικρές και διαχειρίσιμες έως αναπόφευκτα καταστροφικές. Η παγκόσμια μέση στάθμη της θάλασσας έχει ακολουθήσει δραματικές μεταβολές στο βάθος του γεωλογικού χρόνου, καθοριζόμενη σε μεγάλο βαθμό από την ανακατανομή ηπείρων και ωκεανών μέσα από ορογενετικές διαδικασίες, καθώς επίσης και από τις κλιματικές μεταβολές (Παπανικολάου κ.α., 2011).

Η στάθμη της θάλασσας καθορίζεται από το μέσο επίπεδο του εύρους της παλίρροιας, χαμηλής και υψηλής στάθμης, η οποία είναι αποτέλεσμα της βαρυτικής αλληλεπίδρασης μεταξύ Γης, Ήλιου και Σελήνης. Η στάθμη της θάλασσας όμως μεταβάλλεται προσωρινά – για ώρες, μέρες ή και μερικά έτη – και από μετεωρολογικά και υδρολογικά αίτια, όπως καταιγίδες και εκφορτίσεις ποταμών. Το μέσο επίπεδο αναφοράς της στάθμης των ωκεανών καλείται *γεωειδές* το οποίο είναι η ισοδυναμική επιφάνεια του πεδίου βαρύτητας της Γης και το οποίο θεωρητικά συμπίπτει με το μέσο επίπεδο της στάθμης της θάλασσας. Η μέση στάθμη της θάλασσας όμως αποκλίνει από το γεωειδές δημιουργώντας την λεγόμενη *τοπογραφία της επιφάνειας της θάλασσας* (Παπανικολάου κ.α., 2011).

Ο όρος «*ευστατισμός*» αναφέρεται στις παγκόσμιες και μακροχρόνιες μεταβολές του επιπέδου της στάθμης, με την άνοδο αυτού να καλείται *επίκλυση* και την πτώση αυτού *απόσυρση*. Οι βασικότερες αιτίες του ευστατισμού είναι η μεταβολή του όγκου των ωκεάνιων υδάτων, κυρίως λόγω της μεταβολής του όγκου των παγετώνων, και η μεταβολή του μεγέθους των ωκεάνιων λεκανών κυρίως μέσα από την ισοστατική τροποποίηση της λιθόσφαιρας ως αντίδραση στην μεταβολή του όγκου των παγετώνων και μέσα από βραδείς γεωδυναμικές διεργασίες, τη λεγόμενη «*ορογένεση*» ή και από την συσσώρευση ιζήματος. Θεωρητικά, η μεταβολή της στάθμης της θάλασσας θα αναμενόταν να είναι παγκόσμια και ταυτόχρονη δεδομένου ότι οι ωκεανοί συνδέονται μεταξύ τους. Η σύγκριση όμως καμπυλών μεταβολής της στάθμης της θάλασσας από διαφορετικές περιοχές δείχνει ότι αυτό δεν ισχύει, αποδεικνύοντας ότι οι ευστατικές μεταβολές δεν είναι ομοιόμορφες παγκόσμια. Αυτή η διαφορετική απόκριση της

στάθμης ερμηνεύεται σε μεγάλο ποσοστό με την προσαρμοστική ικανότητα της Γης απέναντι στην μεταβολή επιφανειακών φορτίων πάγου και νερού τήξης (Παπανικολάου κ.α., 2011).

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας δεν είναι ένα φαινόμενο που παρουσιάζεται πρώτη φορά στον πλανήτη Γη. Είναι ένα γεγονός που έχει επαναληφθεί αμέτρητες φορές και ειδικότερα κατά τα τελευταία δυο εκατομμύρια χρόνια. Καθ' όλη την διάρκεια της γεωλογικής ιστορίας της Γης, η στάθμη της θάλασσας έχει ανέβει και έχει πέσει πάνω από 300m. Παρόλο που οι αλλαγές στο μέγεθος και το σχήμα του πυθμένα των ωκεανών έπαιξαν σημαντικό ρόλο κατά την διάρκεια μεγάλων χρονικών περιόδων, οι πιο σημαντικές αλλαγές στην στάθμη της θάλασσας έγιναν εξαιτίας των κλιματικών αλλαγών. Κατά την διάρκεια της τελευταίας εποχής των παγετώνων (πριν από δεκαοχτώ χιλιάδες χρόνια), η Γη ήταν 5 περίπου ψυχρότερη από ότι είναι σήμερα. Παγετώνες κάλυπταν το μεγαλύτερο μέρος του βόρειου ημισφαιρίου και η στάθμη της θάλασσας ήταν περίπου 300m χαμηλότερα από το σημερινό επίπεδο (Σκαρβέλης, 2005).

Αν και οι περισσότεροι παγετώνες έχουν λιώσει από τότε, οι πολικοί παγετώνες στην Γροιλανδία και την Ανταρκτική περιέχουν ακόμη αρκετές ποσότητες νερού ικανές να υψώσουν την στάθμη της θάλασσας περισσότερο από 70m. Μετρήσεις που έγιναν για το φαινόμενο της παλίρροιας ανά τον κόσμο, κατέστησαν δυνατή τη μέτρηση της σχετικής στάθμης της θάλασσας σε διάφορες περιοχές. Μελέτες που συνδυάζουν αυτές τις μετρήσεις αναφέρουν ότι η μέση παγκόσμια στάθμη της θάλασσας έχει ανέβει κατά 10 με 15cm στη διάρκεια του 20ου αιώνα. Τα 5cm αυτής της ανόδου μπορούν να αποδοθούν στη θερμική άνοδο των ανωτέρω στρωμάτων των ωκεανών, η οποία προκλήθηκε από την παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας κατά 0.4 τον προηγούμενο αιώνα (Σκαρβέλης, 2005).

1.3.1 Αίτια μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης

Σε πολλές παράκτιες περιοχές της γης υπάρχουν σημαντικές γεωμορφολογικές και στρωματογραφικές ενδείξεις που πιστοποιούν ότι η μέση στάθμη της θάλασσας δεν βρισκόταν πάντα στο σημερινό της επίπεδο αλλά μεταβαλλόταν σημαντικά κατά τη διάρκεια της γεωλογικής ιστορίας της γης. Κατά καιρούς έχουν διατυπωθεί αρκετές ερμηνείες για τις μεγάλης χρονικής κλίμακας μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης. Για παράδειγμα υπήρχε η άποψη ότι κύρια αιτία ανόδου της στάθμης της θάλασσας είναι η ιζηματογένεση (η απόθεση δηλαδή ιζημάτων στον πυθμένα των ωκεανών) που προκαλεί τη μεταβολή των διαστάσεων των θαλασσίων λεκανών εξαιτίας της ανύψωσης του θαλάσσιου πυθμένα. Υποθέσεις αυτού του είδους δεν μπορούν από μόνες τους να ερμηνεύσουν ικανοποιητικά τις μεγάλης κλίμακας μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης που συνέβησαν κατά το παρελθόν και που αποδεικνύονται σήμερα από τα ίχνη που έχουν αφήσει (π.χ. απολιθωμένες ακτογραμμές με τη μορφή θαλάσσιων αναβαθμίδων) σε διάφορες παράκτιες περιοχές (Καρύμπαλης κ.α.).

Σήμερα θεωρείται ότι η αιτία που ευθύνεται σχεδόν αποκλειστικά για τις μεγάλης κλίμακας παγκόσμιες μεταβολές της θαλάσσιας στάθμης είναι η αυξομείωση του όγκου του θαλάσσιου νερού εξαιτίας των αλλαγών που σημειώθηκαν στις κλιματολογικές συνθήκες του πλανήτη. Έχει αποδειχθεί ότι η ιστορία της γης χαρακτηρίζεται από εναλλαγές παγετωδών και μεσοπαγετωδών περιόδων. Κατά τη διάρκεια των παγετωδών περιόδων μεγάλη ποσότητα νερού των ωκεανών συσσωρεύεται και δεσμεύεται με τη μορφή πάγου στην επιφάνεια της ξηράς, προκαλώντας την πτώση της θαλάσσιας στάθμης. Αντίστροφα κατά τη διάρκεια των μεσοπαγετωδών περιόδων, που χαρακτηρίζονται από μια αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα σε παγκόσμια κλίμακα, οι πάγοι λιώνουν με αποτέλεσμα μεγάλη ποσότητα νερού να επιστρέφει από την ξηρά στη θάλασσα, ανεβάζοντας τη στάθμη. Η διεργασία αυτή ονομάζεται παγετο-ευστατισμός ή ευστατισμός. Οι μεταβολές του επιπέδου της θαλάσσιας στάθμης που παρατηρούνται παγκοσμίως και οφείλονται στην αυξομείωση της ποσότητας του νερού των ωκεανών ονομάζονται ευστατικές μεταβολές (Καρύμπαλης κ.α.).

Εκτός από τα ευστατικά αίτια αυξομείωσης του επιπέδου της θαλάσσιας στάθμης σε τοπική κλίμακα οι μεταβολές της μπορεί να οφείλονται σε τοπικά αίτια που έχουν σαν αποτέλεσμα τη μεταβολή (ανύψωση ή βύθιση) της επιφάνειας της ξηράς σε σχέση με το μέσο επίπεδο της θάλασσας. Τα τοπικά αίτια περιλαμβάνουν κυρίως τον τεκτονισμό και την ισοστασία. Έτσι οι μεταβολές που οφείλονται στην ανύψωση ή βύθιση της ξηράς εξαιτίας τεκτονικών ή ισοστατικών ανοδικών ή καθοδικών κινήσεων θεωρούνται ως τοπικές μεταβολές. Σε τεκτονικά ενεργές παράκτιες περιοχές, όπως είναι ο χώρος της Ανατολικής Μεσογείου, η μέση στάθμη της θάλασσας επηρεάζεται από την τεκτονική ανύψωση ή βύθιση της ξηράς που πολλές φορές οφείλεται στη δραστηριοποίηση σεισμικών ενεργών ρηγμάτων. Ο όρος παγετο-ισοστασία αναφέρεται στις ανοδικές και καθοδικές κινήσεις της ξηράς που οφείλονται στην αύξηση και μείωση του βάρους των πάγων που την καλύπτουν κατά τις παγετώδεις και μεσοπαγετώδεις περιόδους αντίστοιχα. Η μεταφορά νερού από τους ωκεανούς στην επιφάνεια της ξηράς με τη μορφή πάγου έχει σαν αποτέλεσμα (εκτός από την πτώση της θαλάσσιας στάθμης σε παγκόσμιο επίπεδο) την ταπείνωση της επιφάνειας της ξηράς λόγω του μεγάλου βάρους του πάγου. Έχει διαπιστωθεί ότι η ταπείνωση αυτή ισούται με το ένα τρίτο του μέγιστου πάχους του πάγου που δημιουργείται. Αντίστροφα κατά την τήξη των πάγων λαμβάνει χώρα μια ανύψωση της επιφάνειας της ξηράς λόγω της μείωσης του βάρους των πάγων που την καλύπτουν (Καρύμπαλης κ.α.).

Στις περισσότερες περιπτώσεις είναι δύσκολο να διευκρινιστεί αν οι παρατηρούμενες σε μια παράκτια περιοχή μεταβολές οφείλονται σε ευστατικά ή σε τοπικά αίτια. Συνήθως το αποτέλεσμα είναι συνδυασμός των δύο διεργασιών και δύσκολα απομονώνονται τα αποτελέσματα του ευστατισμού ή του τεκτονισμού και της ισοστασίας αντίστοιχα (Καρύμπαλης κ.α.).

1.3. 2 Η αστρονομική θεωρία (περί των παγετώνων)

Τα αίτια των αλλαγών των κλιματολογικών συνθηκών του πλανήτη που είχαν σαν αποτέλεσμα την εναλλαγή παγετωδών και μεσοπαγετωδών περιόδων είναι αστρονομικά και ερμηνεύονται με την "αστρονομική θεωρία (περί των παγετώνων)". Η θεωρία αυτή διατυπώθηκε για πρώτη φορά το 1864 από το Σκωτσέζο James Croll. Σήμερα είναι γνωστή ως "το μοντέλο του Milankovic" από το όνομα του Γιουγκοσλάβου αστρονόμου που βελτίωσε τη θεωρία αυτή, στη δεκαετία του 1930. Στη δεκαετία του 1980, αποδείχθηκε ότι οι ρυθμοί των εποχών των παγετώνων, συνδέονται με μεταβολές του προσανατολισμού της γης κατά την κίνησή της γύρω από τον ήλιο. (Καρύμπαλης κ.α.).

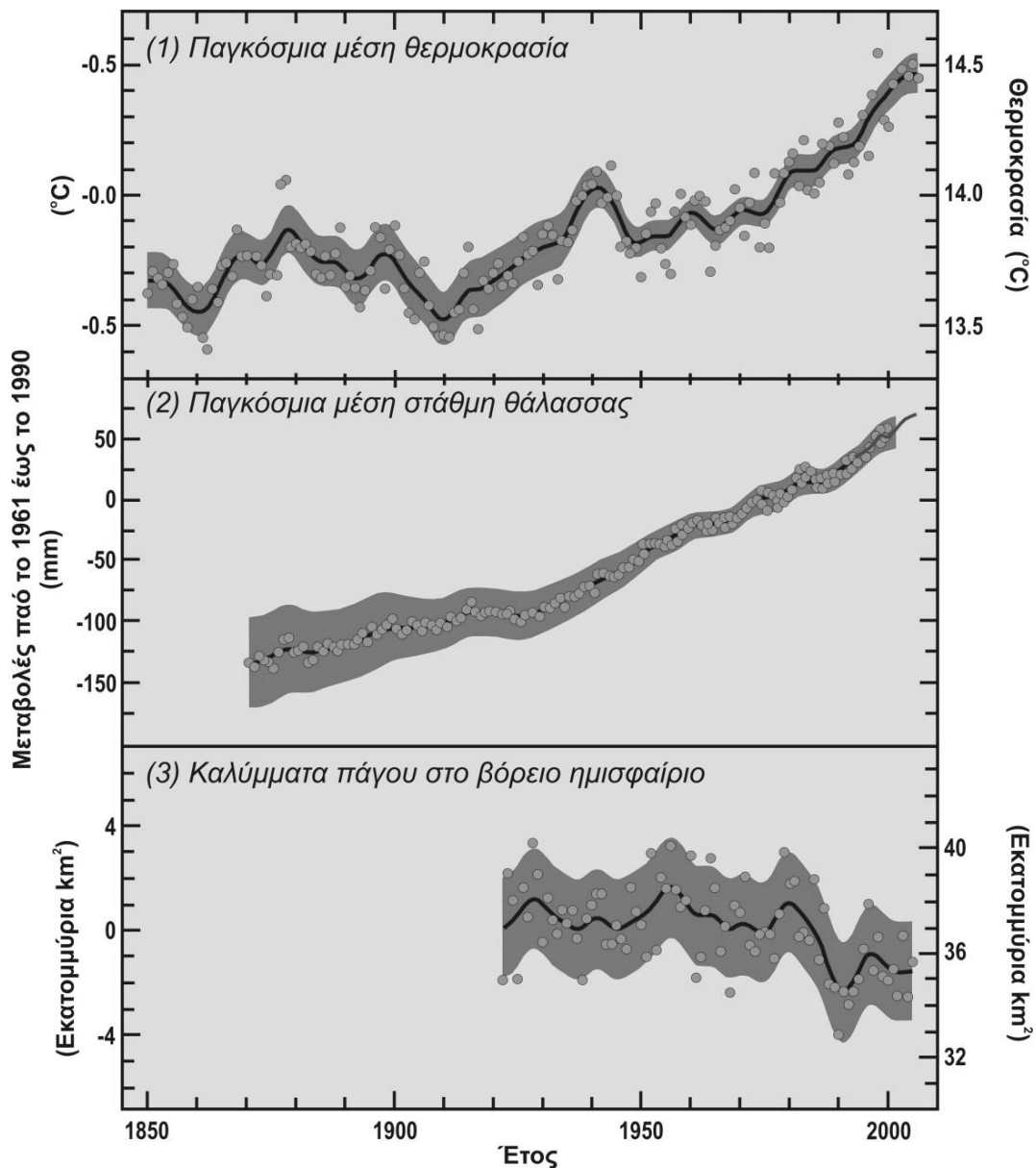
Η μεταβολή στη διεύθυνση του γήινου άξονα, είναι ένας πολύπλοκος συνδυασμός τριών κινήσεων. Συνδυάζοντας τις τρεις αυτές κινήσεις, μπορεί να βρεθεί σε ποιες εποχές συγκεκριμένα τμήματα της γης δέχονται λιγότερη ηλιακή ενέργεια, και είναι πιθανότερο να υπάρξει μια υπερανάπτυξη παγετώνων (Καρύμπαλης κ.α.).

- 1η κίνηση: Η κλόνιση της γης, κατά την οποία ο άξονάς της διαγράφει σε κάτοψη έναν κύκλο με περίοδο 19.000 ως 23.000 έτη. Οφείλεται στη βαρυτική έλξη του Ηλίου και της Σελήνης, πάνω στο ισημερινό εξόγκωμα της γης. Δεν επηρεάζει σημαντικά τις εποχιακές εναλλαγές σε διάστημα ενός αιώνα, η επιρροή όμως γίνεται σημαντική, σε διάστημα χιλιάδων ετών.
- 2η κίνηση: Μεταβολή της κλίσης του γήινου άξονα. Η γωνία μεταξύ του άξονα της γης και της κάθετης στο επίπεδο της γήινης τροχιάς, (επίπεδο της εκλειπτικής), μειώνεται ελαφρά και στη συνέχεια αυξάνει σε διάστημα 41.000 ετών. Η διαφορά μεταξύ των δύο ακραίων θέσεων, είναι μόνο 3 μοίρες περίπου, (από 21,8 ως 24,4 μοίρες), αρκεί όμως για να μεταβάλει το ποσό της ηλιακής ενεργείας που φτάνει σε τμήματα της γήινης επιφανείας. Σήμερα βρισκόμαστε στο μέσο περίπου (23,4), και ελαττώνεται, γι' αυτό οι διαφορές μεταξύ χειμώνα και θέρους είναι μικρότερες.

- 3η κίνηση: Κάθε 100.000 χρόνια, η τροχιά της γης γύρω από τον Ήλιο, μεταβάλλεται από ελλειπτική σε σχεδόν κυκλική, και στη συνέχεια ξαναγίνεται ελλειπτική, λόγω των επιρροών των γύρω πλανητών. Η διαφορά σήμερα είναι περίπου 3.000.000 έτη περίπου, ενώ στο παρελθόν ήταν μεγαλύτερη. Όταν η τροχιά είναι κυκλική, η γη δέχεται όλες τις μέρες του έτους το ίδιο ποσό ηλιακής θερμότητας. Όταν όμως είναι ελλειπτική, κάποιες ημέρες του έτους, ο πλανήτης δέχεται περισσότερη θερμότητα.

1.3.4 Μελλοντική μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης

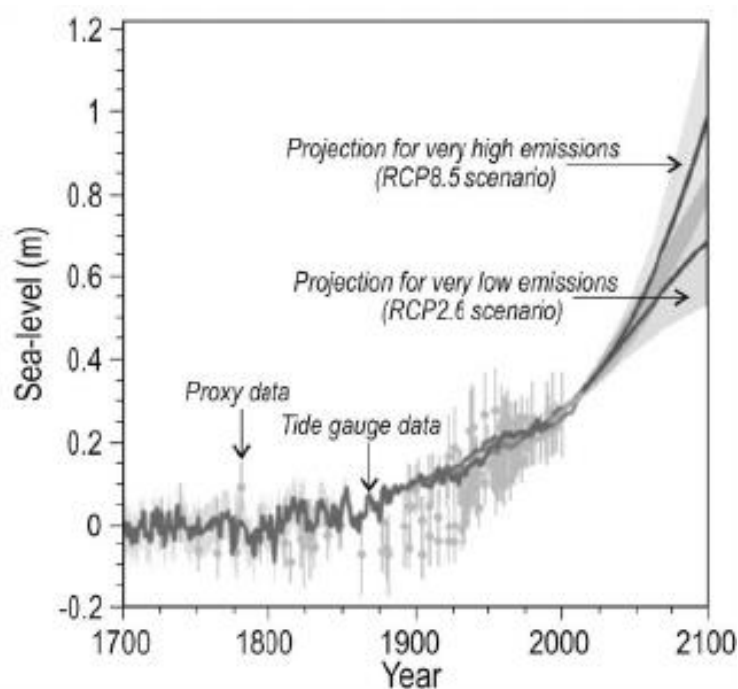
Κατά τη διάρκεια του προηγούμενου αιώνα έχει παρατηρηθεί μια σημαντική αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του πλανήτη που ανέρχεται σε 0,8 °C (Διάγραμμα 1.1). Εντούτοις όμως η αντίστοιχη αύξηση της θερμοκρασίας για το σχετικά σύντομο διάστημα των τελευταίων τριάντα ετών ήταν 0,6 °C, με ρυθμό δηλαδή 0,2 °C ανά δεκαετία (*Rosenzweig et al., 2008*). Το κύριο αίτιο της θέρμανσης αυτής του πλανήτη είναι η υπερβολική αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Τα αέρια αυτά έχουν αναχθεί σε έναν από τους κυρίαρχους παράγοντες διαμόρφωσης του κλίματος παγκοσμίως. Μεταξύ των σημαντικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη είναι και η άνοδος της στάθμης της θάλασσας. Η άνοδος αυτή είναι αποτέλεσμα τόσο της θερμικής διαστολής του νερού των ωκεανών, όσο και της τήξης των καλυμμάτων πάγου του πλανήτη (*Allen & Komar, 2006*). Πρόσφατες ενδείξεις επιβεβαιώνουν την εκτεταμένη τήξη των πάγων στις περιοχές μεγάλης συγκέντρωσης παγετωδών καλυμμάτων της γης (Διάγραμμα 1.1). Οι ρυθμοί τήξης των πάγων στη Γροιλανδία εκτιμώνται σε $239 \pm 23 \text{ km}^3/\text{έτος}$ (*Chen et al., 2006*), ενώ από τα μέσα του προηγούμενου αιώνα η έκταση της παγοκάλυψης του Αρκτικού Ωκεανού μειώθηκε κατά περίπου 8% (*Stroeve et al., 2007*). Η περισσότερη ανησυχητική ένδειξη όμως είναι η εκτεταμένη τήξη των πάγων στη δυτική Ανταρκτική (*Rignot et al., 2008*) που έχει υπολογισθεί ότι συμβάλει κατά περίπου 0,36 mm/έτος στην παγκόσμια άνοδο της θαλάσσιας στάθμης (*Chen et al., 2008*).



Διάγραμμα 1.1: Μεταβολές στη (1) μέση παγκόσμια θερμοκρασία επιφανείας του αέρα (2) μέση παγκόσμια στάθμη της θάλασσας και (3) παγοκάλυψη του βορείου ημισφαιρίου. Οι μεταβολές της στάθμης θάλασσας έχουν προκύψει από μετρήσεις παλιρροιογράφων ενώ οι πολύ πρόσφατες από δορυφορικά δεδομένα. Η παγοκάλυψη αφορά το διάστημα Μαρτίου-Απριλίου (Πηγή: IPCC, 2007).

Οι ακριβείς ρυθμοί της αναμενόμενης ανόδου της στάθμης θάλασσας δεν είναι επακριβώς γνωστοί. Τα περισσότερα κλιματικά μοντέλα προβλέπουν μια μελλοντική παγκόσμια άνοδο κατά 0,25-0,5 m έως το έτος 2100. Για διάφορα σενάρια εξέλιξης των μελλοντικών εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα εκτιμάται ότι η άνοδος αυτή θα είναι μεγαλύτερη από

το διπλάσιο του ρυθμού της ανόδου της στάθμης που παρατηρήθηκε κατά τη διάρκεια του προηγούμενου αιώνα. Η αξιολόγηση των δεδομένων από τους δορυφόρους TOPEX/Poseidon και Jason-1 οδηγεί στη διαπίστωση ότι οι ρυθμοί ανόδου της στάθμης της θάλασσας από το 1993 ανέρχονται σε 3mm/έτος (Cazenave & Nerem 2004, Leuliette et al. 2004). Η εκτίμηση αυτή είναι σύμφωνη με τις προβλέψεις της επιτάχυνσης της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης για τον 21^ο αιώνα που έχουν δημοσιευθεί από τη Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental Panel on Climate Change - IPCC). (IPCC 2013). Σύμφωνα με το πόρισμα της έκθεσης της IPCC του 2013 η άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα φθάσει έως και τα 59 cm έως το έτος 2100 (Διάγραμμα 1.2). Βέβαια υπάρχουν και υποστηρικτές περισσότερο απαισιόδοξων προβλέψεων όπως ο Strohecker (2008) όπου βασιζόμενος σε ένα μοντέλο που επιτρέπει την ακριβή αναπαράσταση των σταθμών θάλασσας κατά τα τελευταία 2000 έτη υποστηρίζει ότι η τήξη των παγετώνων και η σταδιακή υποχώρηση των καλυμμάτων πάγου σε συνδυασμό με την αύξηση της θερμοκρασίας του θαλάσσιου νερού θα μπορούσε να ανυψώσει τη στάθμη κατά 1,5 m έως τα τέλη του αιώνα.



Διάγραμμα 1.2: Εκτιμήσεις της μεταβολής της στάθμης της θάλασσας παγκοσμίως από το 1700 έως το έτος 2100 από την IPCC. (Πηγή: IPCC, 2013)

Οι μετρήσεις των πρώτων παλιρροιογράφων που εγκαταστάθηκαν και λειτουργούν στη Μεσόγειο Θάλασσα δείχνουν έναν ρυθμό ανόδου της θαλάσσιας στάθμης μεταξύ 1,1 και 1,3 mm/έτος για τον 20^ο αιώνα (*Tsimplis & Baker , 2000*). Κατά τη χρονική περίοδο 1960-1990 η μέση στάθμη της Μεσογείου παρουσίασε μια πτωτική τάση που αποδόθηκε στην αύξηση της μέσης ατμοσφαιρικής πίεσης που παρατηρήθηκε πάνω από τη λεκάνη. (*Tsimplis & Josey, 2001*), ενώ στα τέλη της δεκαετίας του 1990 σημειώθηκε μια γρήγορη ανύψωση της στάθμης (*Fenoglio-Marc, 2001*). Αν και σε επίπεδο δεκαετίας οι μεταβολές της στάθμης της θάλασσας στη Μεσόγειο συμφωνούν με την παγκόσμια τάση, φαίνεται πως τόσο η γενικότερη τάση της μεταβολής, όσο και οι διακυμάνσεις της σε επίπεδο δεκαετίας επηρεάζονται κατά κύριο λόγο από τις τοπικές διακυμάνσεις των ατμοσφαιρικών συνθηκών και της διαστολής του θαλάσσιου νερού (*Marcos & Tsimplis, 2008*). Στην Αλεξάνδρεια της Αιγύπτου, την μοναδική περιοχή της ανατολικής Μεσογείου που λειτουργεί παλιρροιογράφος για μεγάλη χρονική περίοδο, η άνοδος της στάθμης για το διάστημα 1944-1989 ήταν $1,9 \pm 0,2$ mm/έτος και ήταν μεγαλύτερη από την άνοδο που καταγράφηκε στους υπόλοιπους σταθμούς της Μεσογείου (*Marcos & Tsimplis, 2008*).

Μεταξύ των σημαντικών αρνητικών επιπτώσεων μιας μελλοντικής ανόδου της θαλάσσιας στάθμης είναι η διάβρωση των ακτών, η συχνότερη και εντονότερη κυκλωνική δραστηριότητα η οποία ενισχύει την κατάκλιση των χαμηλών παράκτιων περιοχών λόγω της παροδικής ανύψωσης της στάθμης που οφείλεται σε μετεωρολογικά αίτια, η αλλοίωση της ποιότητας των υπόγειων νερών λόγω της διείσδυσης θαλάσσιου νερού στους υπόγειους υδροφόρους ορίζοντες, η κατάκλιση οικολογικά σημαντικών παράκτιων υγροβιότοπων και η απειλή για το δομημένο περιβάλλον και τον πολιτισμικό και ιστορικό πλούτο πολλών παράκτιων περιοχών (*Wu et al., 2002; Pendleton et al., 2004; FitzGerald et al., 2008*).

Η πλήρης κατανόηση των παραγόντων που συνεισφέρουν στη μεταβολή της στάθμης των υδάτων αποτελεί αντικείμενο έρευνας παγκοσμίως, καθώς η ζωή εκατομμυρίων ανθρώπων που ζουν και εργάζονται σε παραθαλάσσιες περιοχές επηρεάζεται άμεσα. Είναι γνωστό πως η πλειονότητα του παγκόσμιου πληθυσμού κατοικεί σε μεγάλες παράκτιες πόλεις. Παρόλο που χρειάζεται μια πιο λεπτομερής καταγραφή για την σωστή ποσοτικοποίηση των δεδομένων, μια γενική εκτίμηση είναι ότι το 50% έως και το 70% του παγκόσμιου πληθυσμού κατοικεί κοντά

στην παράκτια ζώνη. Ο έντονα αυξανόμενος πληθυσμός στην παράκτια ζώνη βασίζεται διατροφικά ως επί το πλείστον στη ζώνη αυτή, ενώ παράλληλα στην περιοχή πραγματοποιούνται δραστηριότητες αναψυχής και εξόρυξης φυσικών πόρων. Είναι σαφές πως ο κατακλυσμός των παράκτιων περιοχών από την αναμενόμενη άνοδο της στάθμης της θάλασσας θα είναι καταστροφικός για τους οικισμούς των ανθρώπων αυτών και πιθανότατα να θέσει σε κίνδυνο την ανθρώπινη ζωή (Καρύμπαλης κ.α.).

Τα προβλήματα από την κλιματική αλλαγή θα γίνουν ορατά τα προσεχή χρόνια. Όταν η άνοδος της στάθμης της θάλασσας πλησιάσει το 1m τότε οι παρακάτω παραθαλάσσιες μεγαλουπόλεις θα κινδυνεύσουν: Μπουένος Άϊρες, Ρίο ντε Τζανέϊρο, Λάγκος, Λος Άντζελες, Νέα Υόρκη, Αλεξάνδρεια, Μουμπάϊ, Καλκούτα, Ντάκα, Σαγκάϊ, Οζάκα και Τόκυο. Ολόκληρες πόλεις σήμερα, όπως η Βενετία ή το Άμστερνταμ, αντιμετωπίζουν ήδη προβλήματα από την αλλαγή της στάθμης των υδάτων. Το φαινόμενο αναμένεται να ενταθεί στο προσεχές μέλλον, τόσο λόγω της προβλεπόμενης ανόδου της μέσης θαλάσσιας στάθμης και της παράλληλης επιδείνωσης των ακραίων κυματικών φαινομένων, όσο και λόγω μεταβολών στην ένταση και το ρυθμό των βροχοπτώσεων και της κατασκευής ποτάμιων και άλλων διαχειριστικών έργων. Με τη σειρά τους, οι παρεμβάσεις αυτές θα επιφέρουν σοβαρές επιπτώσεις στην ακεραιότητα των οικοσυστημάτων, τους υδατικούς πόρους, τη δημόσια υγεία, την προσφορά τροφής, τη βιομηχανία, τις γεωργικές καλλιέργειες, τις μεταφορές και τις υποδομές. Το γεγονός αυτό καθιστά την ανάγκη για προσαρμογή και προφύλαξη με κάθε μέσο ως την άμεση προτεραιότητα σε εθνικό επίπεδο (Καρύμπαλης κ.α.).

1.4 Η μεταβολή των ακτογραμμών στην Ελλάδα

Η επιταχυνόμενη άνοδος της στάθμης της θάλασσας σε συνδυασμό με τις σημαντικές κλιματολογικές αλλαγές που επέρχονται θα δημιουργήσει ένα πλήθος προβλημάτων σε πολλές παράκτιες περιοχές της χώρας μας, κυρίως σε αυτές όπου οι ανθρώπινες δραστηριότητες έχουν μειώσει την φυσικές ικανότητες προσαρμογής. Έτσι, η αύξηση της θερμοκρασίας και η άνοδος της στάθμης της θάλασσας θα αυξήσει τους κινδύνους πιθανών καταστροφών για τους παραθαλάσσιους πληθυσμούς, για τις αστικές δομές αλλά και για τις μελλοντικές επενδύσεις. Βέβαια, εξαιτίας των μεγάλων αντιθέσεων των φυσικών παραθαλάσσιων αλλά και των κοινωνικό-οικονομικών συστημάτων όπως επίσης και της δυναμικής αντίδρασης τους σε αναμενόμενες αλλαγές, είναι δύσκολο να προβλεφθούν οι μελλοντικές επιπτώσεις. Η προσαρμογή του κάθε συστήματος θα ποικίλλει ανάλογα με τις φυσικές-οικονομικές συνθήκες, την πολυπλοκότητα του και την περίπτωση της τοποθεσίας κάθε φορά. (Μιχαηλόγλου, 2011)

Η αναμενόμενη άνοδος της στάθμης της θάλασσας στην Μεσόγειο δεν θα επηρεάσει βέβαια μόνο τις παράκτιες πόλεις και τις περιοχές με οικιστική ανάπτυξη της χώρας μας. Σημαντικά θα επηρεαστούν και οι ελληνικοί παράκτιοι βιότοποι, τα περισσότερα δέλτα των ποταμών και περιοχές με ήπια κλίση. Ο κίνδυνος από φαινόμενα διάβρωσης και πλημμύρες θα αυξηθεί στις περιοχές αυτές, ενώ οι ποταμοί και οι παράκτιοι ταμιευτήρες γλυκού νερού θα υποβαθμιστούν από την διείσδυση υφάλμυρου ύδατος. Τα ήδη υπάρχοντα προβλήματα των παράκτιων περιοχών της χώρας μας, όπως είναι η ρύπανση του περιβάλλοντος, η πολεοδομική υποβάθμιση, η καταστροφή των οικοσυστημάτων και φυσικών τοπίων κ.α., θα διογκωθούν ακόμη περισσότερο από τις μεταβολές του κλίματος και την εμφάνιση ακραίων καιρικών φαινομένων. Έτσι θα απειληθούν άμεσα οι φυσικές ισορροπίες όλων των παράκτιων συστημάτων της χώρας μας, τα οποία θα πρέπει να προσαρμοστούν στις νέες συνθήκες. (Μιχαηλόγλου, 2011)

Λαμβάνοντας υπόψη την ανοδική τάση της θαλάσσιας στάθμης τις τελευταίες δεκαετίες σε συνδυασμό με τις προβλέψεις, που κυμαίνονται από 0.2 έως και 2 μέτρα ανόδου της στάθμης μέχρι το 2100, καθίσταται επιτακτική η ανάγκη να ερευνηθούν οι παράκτιες περιοχές που παρουσιάζουν υψηλή επικινδυνότητα κατακλυσμού. Στην Εικόνα 1.3 απεικονίζονται ενδεικτικά στον χάρτη της Ελλάδας (βασισμένος σε χάρτες κλίμακας 1:50.000) με κόκκινο οι παράκτιες

εκείνες περιοχές που θα πληγούν από μια υποθετική άνοδο της θάλασσας στάθμης κατά 2 μέτρα (η μέγιστη από τις παραδοχές που εικάζονται) ενώ στην Εικόνα 1.4 με υποθετική άνοδο 1 μέτρο. Η ασφαλής όμως εκτίμηση της επικινδυνότητας μιας περιοχής από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας δεν καθορίζεται μόνο από τον ρυθμό και το εύρος ανόδου της στάθμης αλλά και:

α) Από την αλληλεπίδραση μεταξύ του τεκτονισμού της συγκεκριμένης περιοχής και του ευστατισμού. Αυτό σημαίνει ότι περιοχές που εντάσσονται σε τεκτονικά ενεργές ζώνες μπορεί να εξουδετερώνουν την σχετική άνοδο της στάθμης της θάλασσας εάν βρίσκονται σε σχετικά ανερχόμενα τεμάχια ενεργών ρηγμάτων ή αντιθέτως να ενδυναμώνουν την σχετική άνοδο της στάθμης της θάλασσας εάν βρίσκονται σε σχετικά κατερχόμενα τεμάχια ενεργών ρηγμάτων. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν η παράκτια ζώνη της Βόρειας Πελοποννήσου, από την Κόρινθο μέχρι την Πάτρα, η οποία εκτιμάται ότι καταγράφει ρυθμούς τεκτονικής ανύψωσης που κυμαίνονται μεταξύ 1.5 mm/y στο Ξυλόκαστρο, 0.7 mm/y στον Ψαθόπυργο, 0.6–0.7 και 0.3–0.4 mm/y στην Περαχώρα, η περιοχή του Κυπαρισσιακού κόλπου με 0.18–0.50 mm/y, οι δυτικές ακτές της Κρήτης με 0.9–4.0 mm/y, οι ανατολικές ακτές της Κρήτης με 0.7–2 mm/y, και οι ανατολικές ακτές της Ρόδου με 1.2–1.9 mm/y. Αντίθετα, οι περιοχές της νότιας Πελοποννήσου στο νότιο άκρο της Αργολικής Χερσονήσου και οι ανατολικές και δυτικές πλευρές του Λακωνικού Κόλπου είναι περιοχές που, μετά από την ισοστατική διόρθωση των παρατηρούμενων (με γεωλογικές ενδείξεις) κατακόρυφων κινήσεων, εμφανίζουν στατιστικά σημαντικούς ρυθμούς τεκτονικής καθίζησης της τάξης των 0.8 έως 1.5 mm/y. Μια ακόμα περιοχή που καταγράφει καθοδικές κινήσεις, από το Μέσο Ολόκαινο και μετά, είναι η Ακαρνανία (ΒΔ Στερεά Ελλάδα), και συγκεκριμένα οι περιοχές Μπούκα, Μύτικας και Αστακός. Οι ρυθμοί τεκτονικής ανύψωσης του προέκυψαν από την διόρθωση υπαίθριων γεωλογικών παρατηρήσεων μεταβολής της στάθμης της θάλασσας με τα ισοστατικά-ευστατικά μοντέλα (στηριζόμενα σε μοντέλα-Γης και παραμέτρους παγετικών καλυμμάτων). Οι απόλυτες τιμές των τεκτονικών κινήσεων μπορεί να αποκλίνουν ελαφρώς από τις πραγματικές αναλόγως με το είδος των παραμέτρων και των μοντέλων-Γης που χρησιμοποιούνται αλλά και την αξιοπιστία των γεω-αρχαιολογικών παρατηρήσεων και δεδομένων μεταβολής της στάθμης της θάλασσας των επιμέρους περιοχών. Η χρησιμότητα όμως των τιμών αυτών αναφέρεται στην γενικότερη σύγκριση των ρυθμών ανόδου της στάθμης της θάλασσας με αυτούς των τεκτονικών κινήσεων. (Μιχαηλόγλου, 2011)



Εικόνα 1.3: Χάρτης απεικόνισης των παράκτιων περιοχών που θα κατακλυστούν (κόκκινο χρώμα) από ενδεχόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης κατά 2 μέτρα. (Πηγή: Παπανικολάου κ.α., 2011)



Εικόνα 1.4: Χάρτης απεικόνισης των παράκτιων περιοχών που θα κατακλυστούν (κόκκινο χρώμα) από ενδεχόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης κατά 1 μέτρο. (Πηγή: Παπανικολάου κ.α., 2011)

Οι προβλέψεις ανόδου της στάθμης της θάλασσας μέχρι το 2099 κυμαίνονται από 0.2 m έως 0.59 m ενώ πιο ακραίες προβλέψεις φτάνουν τα 1.5 και 2 m. Αυτές οι προβλέψεις ισοδυναμούν αντίστοιχα με 2.2 mm/y έως 6.5 mm/y και οι πιο ακραίες προβλέψεις, οι οποίες δεν ανήκουν στην έκθεση του IPCC (2007), με 16 και 22 mm/y. Συγκρίνοντας επομένως τους ρυθμούς τεκτονικής ανύψωσης με τους πιθανούς ρυθμούς ανόδου της θαλάσσιας στάθμης προκύπτει ότι οι δεύτεροι υπερτερούν των πρώτων και άρα στις συγκεκριμένες περιοχές θα παρατηρηθεί σχετική άνοδος της στάθμης της θάλασσας αλλά λόγω της αφαιρετικής επίδρασης της τεκτονικής αυτή θα είναι ηπιότερη αναλόγως την περιοχή. Έτσι, για παράδειγμα μια μέση τιμή ανόδου της στάθμης της θάλασσας της τάξης των 4.3 mm/y θα μειωθεί στα 3.5 mm/y με την αφαιρετική δράση μιας μέσης τιμής τεκτονικής ανύψωσης 0.8 mm/y. Εδώ αξίζει να σημειωθεί ότι ένα μεγάλο σεισμικό γεγονός μπορεί να προκαλέσει άνοδο της ακτογραμμής κατά 1–2 μέτρα, με χαρακτηριστικό παράδειγμα τις ανορθωμένες γραμμές ακτών στην Κρήτη και την Ρόδο. (Μιχαηλόγλου, 2011)

β) Από την δυναμική σχέση μεταξύ ανόδου της στάθμης της θάλασσας και τη μεταβολή των στερεοπαροχών. Είναι γνωστό ότι σε περιοχές εκβολών μεγάλων ποταμών δημιουργούνται δέλτα, τα οποία προωθούνται προς την θάλασσα και σταδιακά τροποποιούν την υφιστάμενη παράκτια ζώνη. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το δέλτα του Σπερχειού, το οποίο από την εποχή της μάχης των Θερμοπυλών μέχρι σήμερα προσαύξησε την παράκτια ζώνη του Μαλλιακού Κόλπου κατά 2–3 χιλιόμετρα. Επομένως, η ανύψωση της στάθμης της θάλασσας λόγω κλιματικής αλλαγής μπορεί να αμβλυνθεί από την απόθεση νέου κλαστικού υλικού στην δελταϊκή–παράκτια ζώνη. Αντίθετα, εάν η στερεοπαροχή μειωθεί θα αυξήσει την επίκλυση της θάλασσας προς την παράκτια περιοχή. Η μεταβολή της στερεοπαροχής μπορεί να είναι αποτέλεσμα μιας κλιματικής μεταβολής (ανθρωπογενούς ή φυσικής) μέσα από την οποία θα επηρεαστεί ο ρυθμός διάβρωσης, ως αποτέλεσμα της μεταβολής βροχόπτωσης και φυτοκάλυψης, ή ανθρωπογενούς παρέμβασης όπως για παράδειγμα η κατασκευή φραγμάτων, οι αμμοληψίες, οι πυρκαγιές κτλ. (Μιχαηλόγλου, 2011)

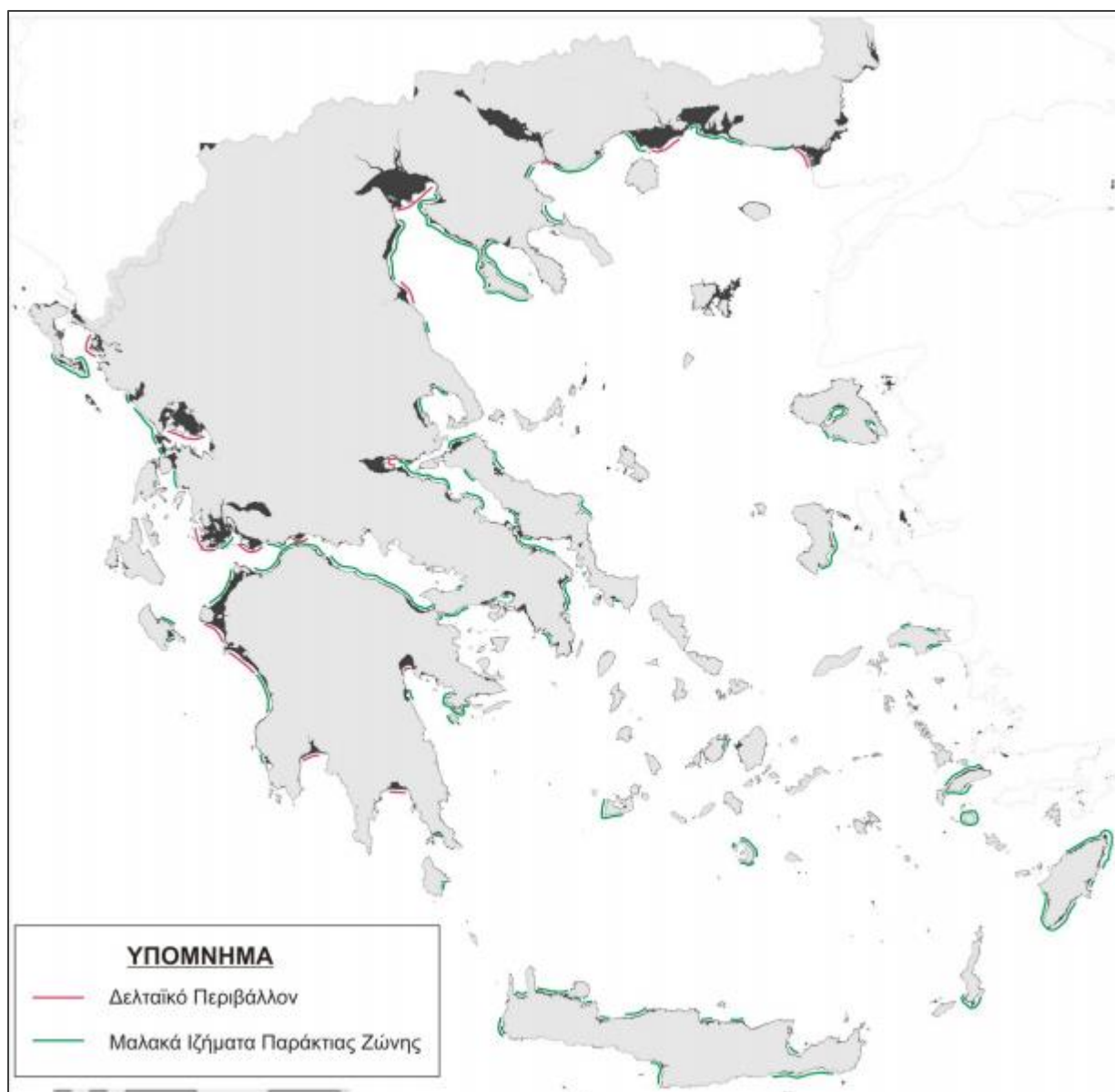
γ) επιπλέον η τρωτότητα μιας περιοχής λόγω της ανόδου της στάθμης της θάλασσας καθορίζεται από την μορφολογία και το υψόμετρο της ακτής καθώς και από την σύσταση των πετρωμάτων της. Το τελευταίο, καθορίζει τους ρυθμούς διάβρωσης καθώς αυτοί κυμαίνονται από πολύ υψηλοί σε αργιλικά μαλακά εδάφη έως χαμηλοί σε ασβεστολιθικά και άλλα συμπαγή πετρώματα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Πελοπόννησος, στην οποία ανεξάρτητα

από τους ρυθμούς τεκτονικής ανύψωσης, υπάρχει ουσιαστική διαφοροποίηση στην διάβρωση των ακτών της βόρειας και δυτικής της πλευράς, δηλαδή στον Κορινθιακό και Κυπαρισσιακό Κόλπο, οι οποίοι συνίστανται από μεταλπικά μαλακά ιζήματα Νεογενούς και Τεταρτογενούς ηλικίας, από την διάβρωση των ακτών της ανατολικής πλευράς, οι οποίες συνίστανται από συμπαγείς σκληρούς ασβεστολίθους Μεσοζωικής ηλικίας. (Μιχαηλόγλου, 2011)

Λαμβάνοντας υπόψη τους παραπάνω παράγοντες οι παράκτιες περιοχές της Ελλάδας (χάρτης κλίμακας 1:50.000) κατηγοριοποιήθηκαν σε 3 ζώνες (Εικόνα 1.5):

- 1) Δελταϊκές. Συμβολίζονται με χρώμα κόκκινο και αφορούν παράκτιες περιοχές απόθεσης με χαλαρά μη συνεκτικά ιζήματα, χαμηλού απόλυτου υψομέτρου και υψηλής τρωτότητας στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας.
- 2) Νεογενών και Τεταρτογενών μαλακών ιζημάτων. Συμβολίζονται με πράσινο χρώμα και αφορούν ζώνες οπισθοδρομούσας διάβρωσης των ακτών. Πρόκειται για παράκτιες περιοχές με συνήθως χαμηλό υψόμετρο στις οποίες αναμένονται μέτριες επιπτώσεις με χαρακτηρισμό μέτριας τρωτότητας.
- 3) Βραχώδεις. Αφορούν κυρίως αλπικά πετρώματα χαμηλής τρωτότητας στην διάβρωση και στην κατάκλυση από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας και εκτείνονται στις υπόλοιπες ακτογραμμές χωρίς ιδιαίτερη χρωματική διαγράμμιση.

Η υποδιαίρεση των παράκτιων περιοχών ως προς την τρωτότητά τους στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας στην Εικόνα 15 δείχνει ότι οι περιοχές υψηλής επικινδυνότητας είναι οι δελταϊκές περιοχές : του Εύηνου στο Μεσολόγγι, του Καλαμά στην Ηγουμενίτσα, του Αχελώου, του Μόρνου στον Κορινθιακό (κοντά στην Ναύπακτο), του Πηνειού και του Αλφειού στην Ηλεία, του Αλιάκμονα και του Αξιού στον Θερμαϊκό, του Πηνειού στο Βόρειο Αιγαίο (κοντά στον Πλαταμώνα), του Στρυμόνα στην Αμφίπολη, του Νέστου (προς τα Άβδηρα), του Έβρου, όπως επίσης και οι δελταϊκές περιοχές στους κόλπους του Μαλλιακού, του Αμβρακικού, του Λακωνικού, του Μεσσηνιακού και Αργολικού. (Μιχαηλόγλου, 2011)

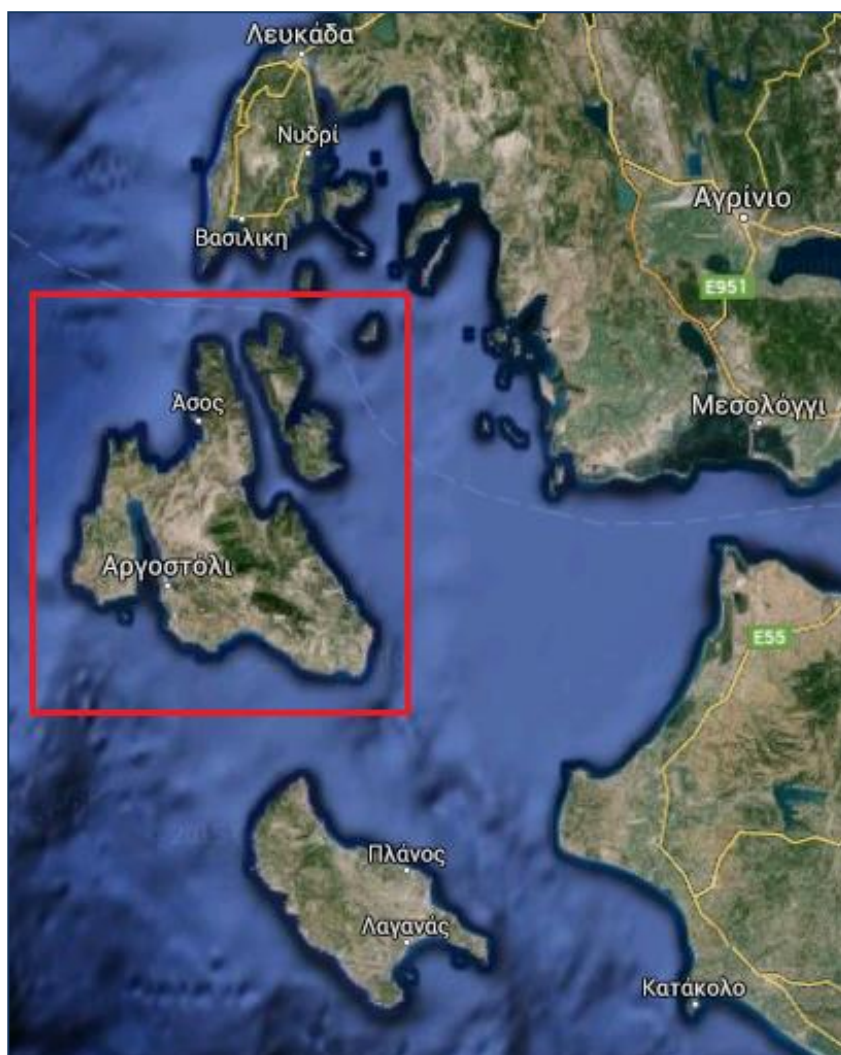


Εικόνα 1.5: Χάρτης υποδιαίρεσης των παράκτιων ζωνών σε αυτές που χαρακτηρίζονται ως μέτριας τρωτότητας (πράσινο χρώμα) στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας και συνίστανται από μαλακά ιζήματα Νεογενούς-Τεταρτογενούς ηλικίας συνήθως χαμηλού υψομέτρου και σε αυτές που χαρακτηρίζονται ως υψηλής τρωτότητας και αποτελούν δελταϊκές αποθέσεις χαμηλού υψομέτρου (ερυθρό χρώμα). Οι υπόλοιπες παράκτιες ζώνες χαρακτηρίζονται ως περιοχές χαμηλής τρωτότητας και αποτελούν συνήθως βραχώδεις και υψηλού υψομέτρου παράκτιες περιοχές. Πάνω στο χερσαίο χώρο οι μαύρες περιοχές σημειώνουν τα υψόμετρα κάτω των 20 μέτρων, όπου κατά κανόνα απαντούν χαλαρές ιζηματογενείς αποθέσεις. (Πηγή: Παπανικολάου κ.α., 2011)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2- ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

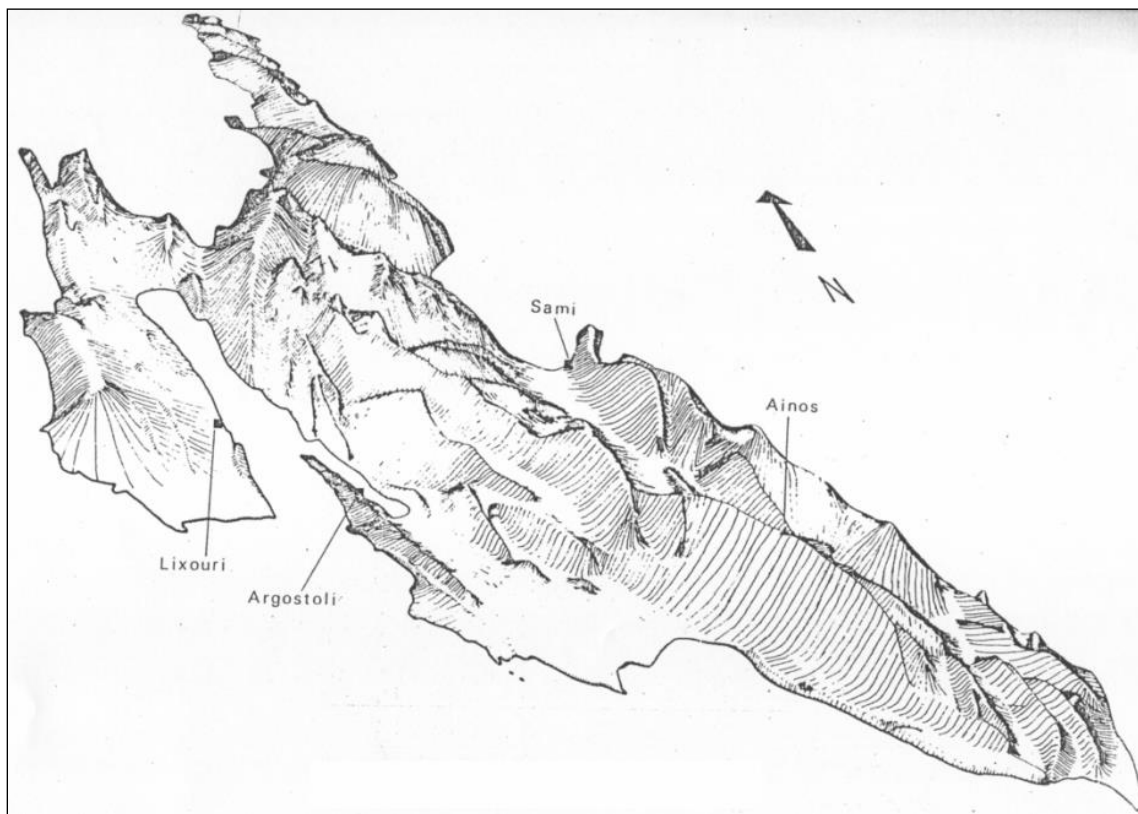
2.1 Γεωγραφική θέση- Έκταση Νήσου Κεφαλονιάς

Περιοχή μελέτης αποτέλεσε ο Δήμος Κεφαλονιάς ο οποίος ανήκει στο νησιωτικό συγκρότημα των Ιονίων Νήσων της Δυτικής Ελλάδας. Είναι το μεγαλύτερο από τα Επτάνησα και έχει συνολική έκταση 788,32 Km². Επιπλέον παρουσιάζει μέγιστο υψόμετρο 1628 m στον ορεινό όγκο του Αίνου. Ο πληθυσμός του Δήμου σύμφωνα με την απογραφή του 2011 ανέρχεται στους 35.801 κατοίκους (*Βικιπαίδεια Εγκυκλοπαίδεια, el.wikipedia.org*).



Εικόνα 2.1: Ο Δήμος Κεφαλονιάς ως περιοχή μελέτης(Πηγή: google map)

2.2 Γεωμορφολογία Νήσου Κεφαλονιάς

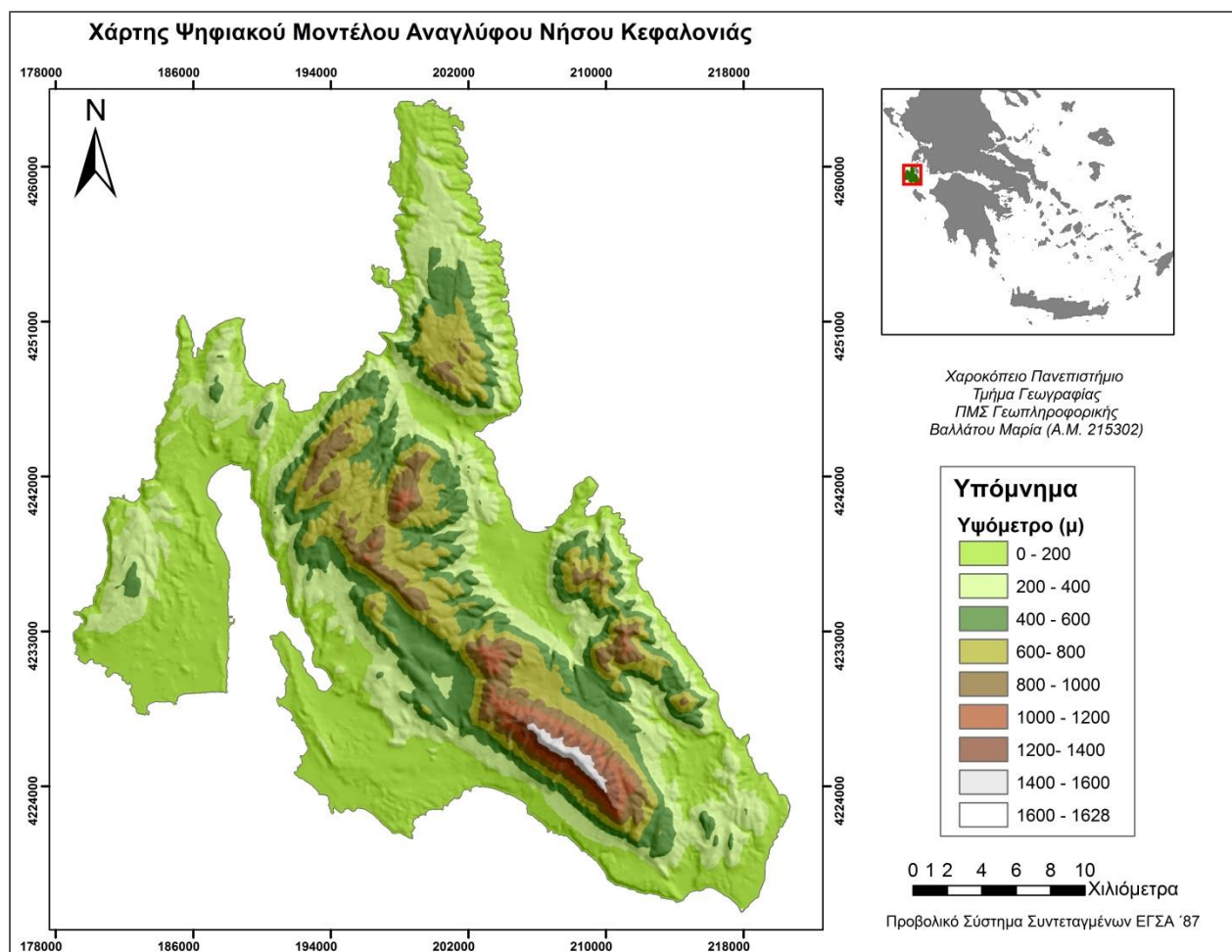


Εικόνα 2.2: Η μορφολογία της Κεφαλονιάς (Πηγή: Γαρμπή, 2004)

Η Κεφαλονιά χωρίζεται σε 2 τμήματα: το ανατολικό (κύριος κορμός και χερσόνησος Ερίσσου) και το πολύ μικρό δυτικό τμήμα (χερσόνησος Παλικής). Στον κορμό του νησιού διακρίνεται ο Αίνος στην ΝΑ πλευρά του νησιού με μέγιστο υψόμετρο ίσο με 1628 m. Ο Αίνος, στο μεγαλύτερο τμήμα του και ιδιαίτερα στην ανατολική πλευρά, καλύπτεται από Κεφαλληνιακή ελάτη, ενώ τα υπόλοιπα βουνά καλύπτονται με πλούσια θαμνώδη βλάστηση. Οι προεκτάσεις του όρους τέμνουν τον κύριο κορμό του νησιού. Παράλληλα προς τον Αίνο (στα ανατολικά) υψώνεται η δεύτερη και χαμηλότερη οροσειρά, με τις κορυφές Αβγό, Κόκκινη Ράχη και Άτρος. Μεταξύ των δύο οροσειρών σχηματίζεται ένα επίμηκες βύθισμα, που ξεκινά από τον κάμπο της Σάμης, προχωρεί στο Πυργί (την ορεινότερη περιοχή της Κεφαλονιάς) και καταλήγει στο νότιο τμήμα του νησιού, στην κοιλάδα του Πόρου και στην πεδιάδα του Αρακλιού. Από την άλλη η χερσόνησος της Παλικής στα δυτικά, είναι πεδινή στο μεγαλύτερο μέρος της και παράλληλα η πιο εύφορη του νησιού (Γαρμπή, 2004).

2.3 Ψηφιακό Μοντέλο Εδάφους Νήσου Κεφαλονιάς

Σχεδόν στο μισό της έκτασης της Κεφαλονιάς το υψόμετρο είναι από 0-200 μέτρα, κυρίως η παραλιακή περιμετρική ζώνη και περίπου το 80% της επιφάνειας της χερσονήσου της Παλίκης (Χάρτης 2.1). Στην Παλίκη το μεγαλύτερο υψόμετρο που φαίνεται να παρουσιάζεται, είναι λίγο παραπάνω από τα 400 μέτρα. Γύρω από την οροσειρά του Αίνου και στο βορειότερο τμήμα στην περιοχή των Πατρικάτων συναντώνται υψόμετρα ως και τα 800 μέτρα. Οι επόμενες υψομετρικές ζώνες συναντώνται κυρίως στην περιοχή γύρω από τον Αίνο με υψηλότερο σημείο τα 1628 μέτρα, όπως έχει προκύψει από το ψηφιακό μοντέλο ανάγλυφου.

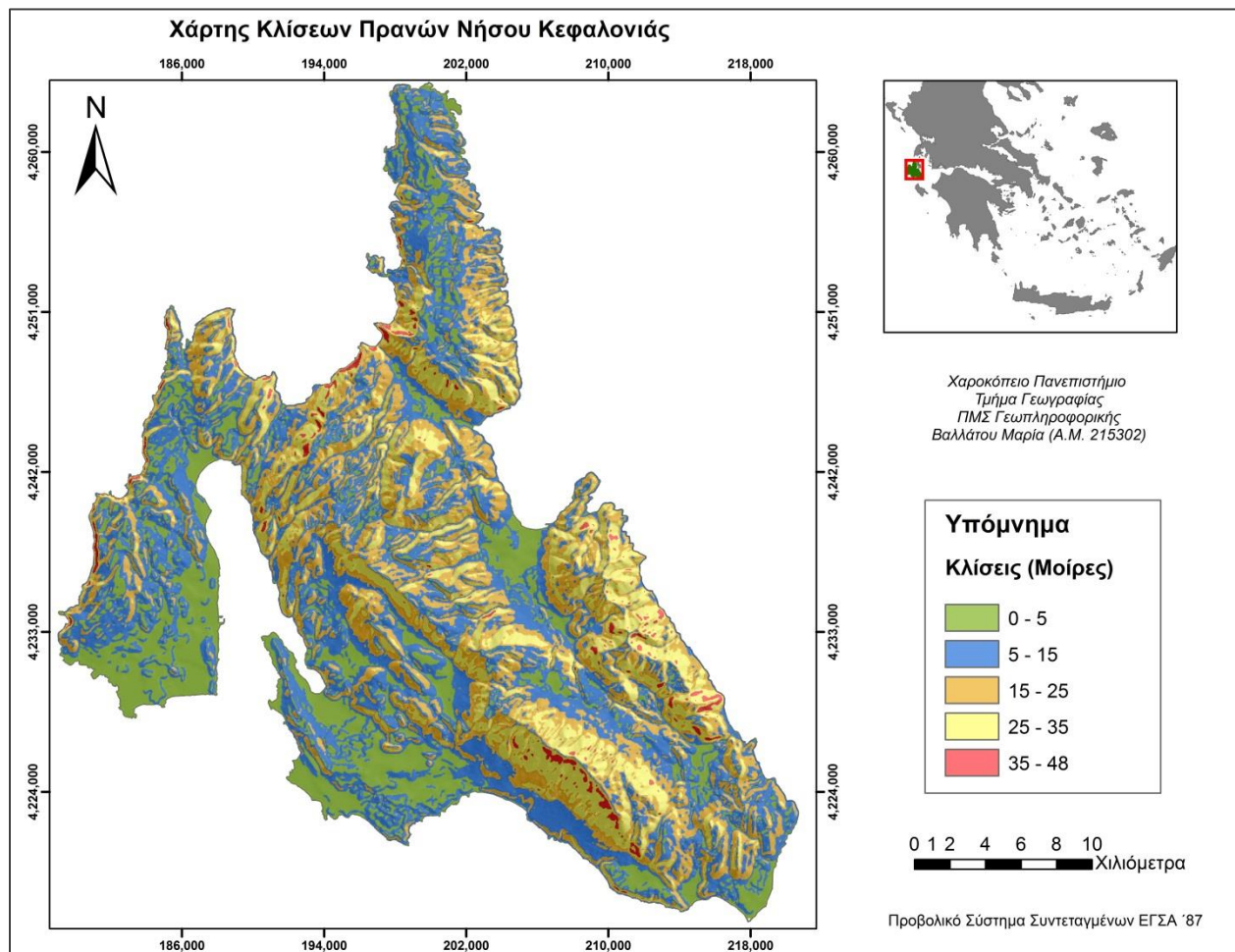


Χάρτης 2.1: Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου Νήσου Κεφαλονιάς (Ιδία επεξεργασία)

2.4 Κλίσεις Εδάφους Νήσου Κεφαλονιάς

Η Κεφαλονιά, αν και συγκαταλέγεται στα πιο ορεινά νησιά του Ιονίου λόγω του Αίνου, έχει αρκετούς λόγους να χαρακτηριστεί εξίσου πεδινή (Χάρτης 2.2). Κλίσεις από 0-15 μοίρες παρουσιάζονται στο μεγαλύτερο τμήμα του νησιού στα πεδινά τμήματα, αλλά εξίσου υπολογίσιμη επιφάνεια καταλαμβάνουν κλίσεις μέχρι και 35 μοίρες.

Συγκεκριμένα μεγάλες κλίσεις συναντώνται στο δυτικό τμήμα της χερσονήσου της Παλίκης, στο ανατολικό τμήμα Σάμης-Πόρου, στο νοτιοδυτικό τμήμα του Άσου και τέλος στις νοτιοδυτικές εκθέσεις του Αίνου σε μεγάλα υψόμετρα.



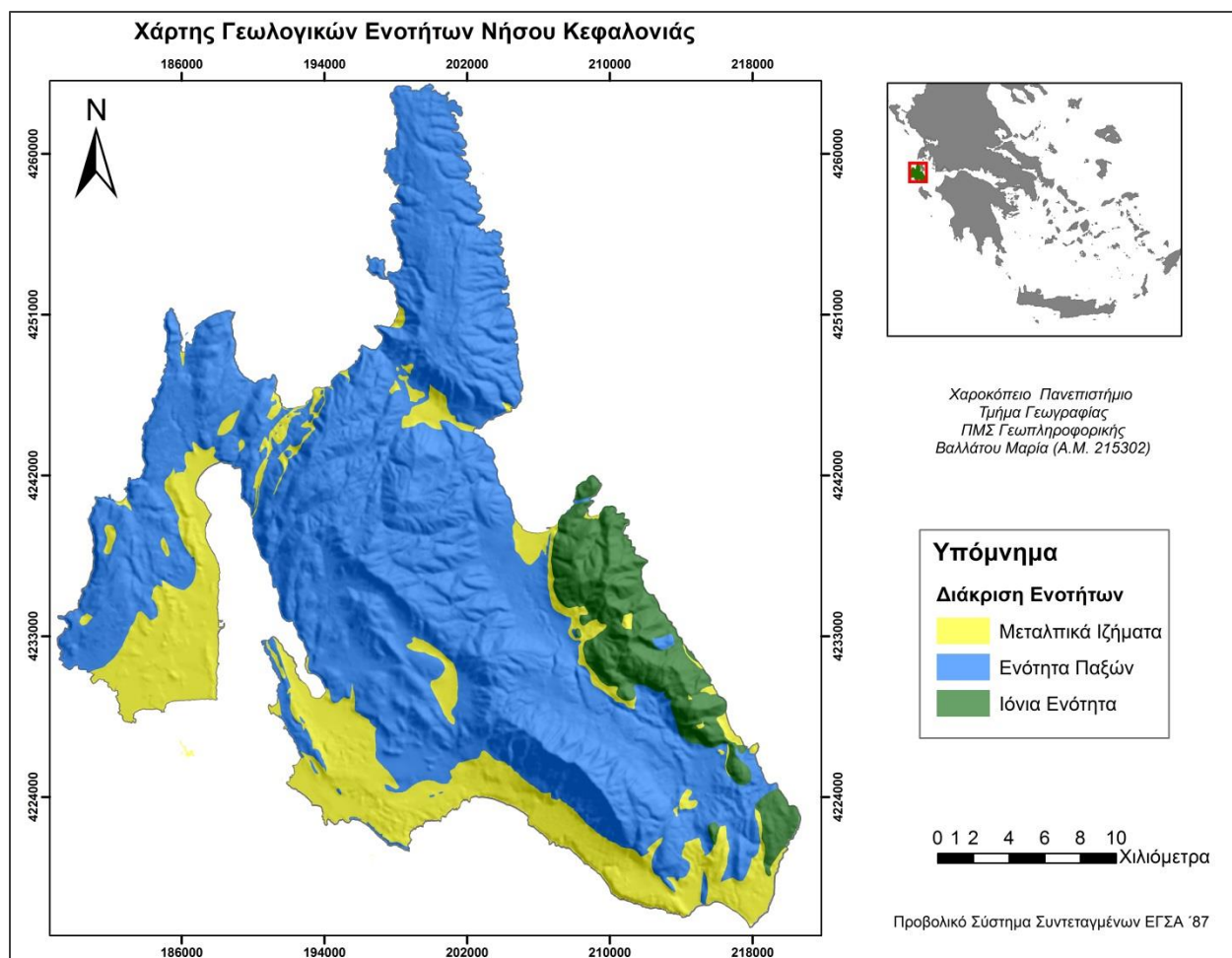
Χάρτης 2.2: Οι κλίσεις του Εδάφους Νήσου Κεφαλονιάς (Ιδία επεξεργασία)

2.5 Η Γεωλογική δομή Νήσου Κεφαλονιάς

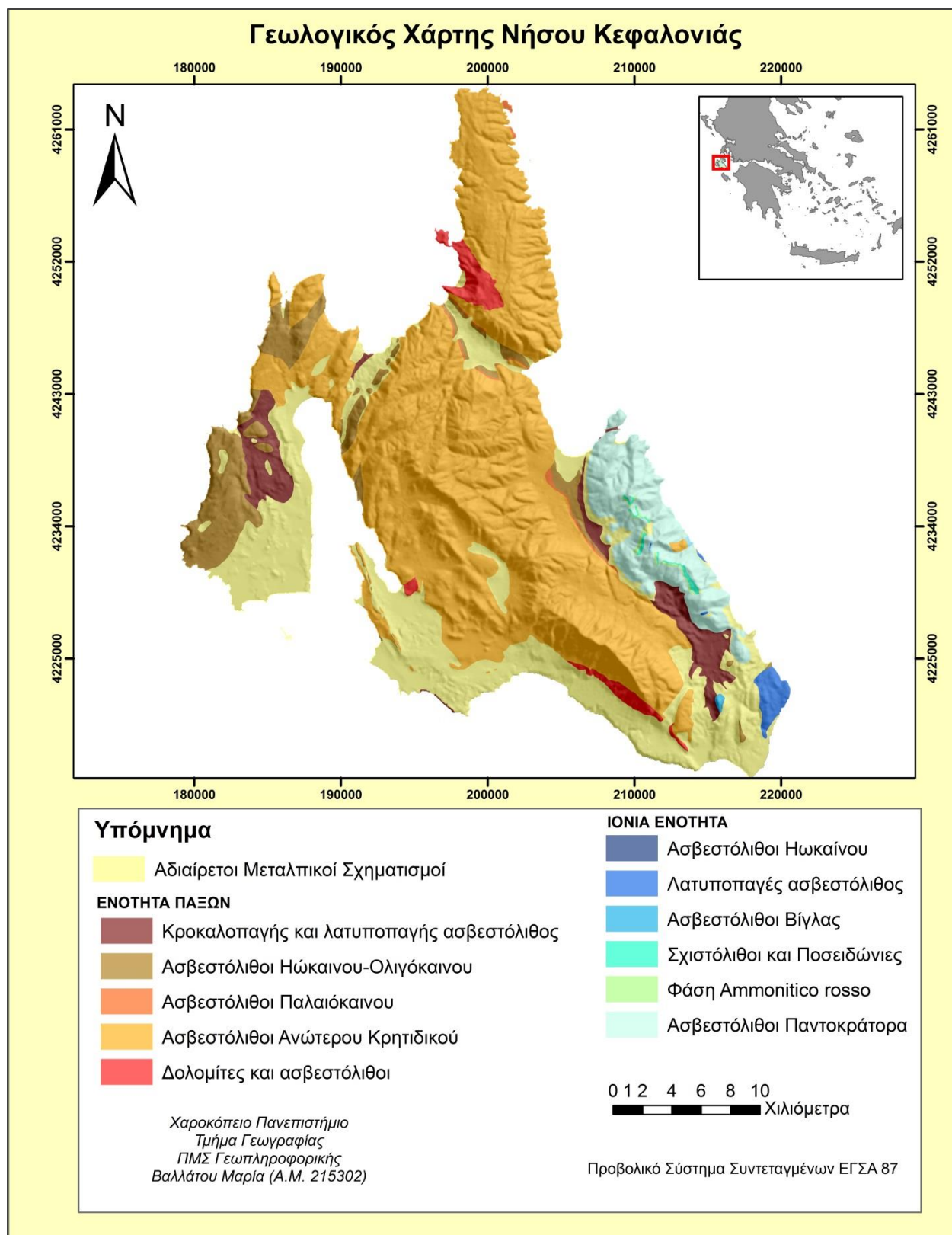
Στη γεωλογική δομή των νήσων Κεφαλονιάς και Ιθάκης λαμβάνουν μέρος αλπικοί σχηματισμοί (Χάρτης 2.3, 2.4) καθώς και νεότεροι πλειοτεταρτογενείς (μεταλπικοί) σχηματισμοί, οι οποίοι επικάθονται ασύμφωνα στους πρώτους. (Λέκκας κ.α., 2001)

Η νήσος Κεφαλονιά αποτελεί τμήμα των εξωτερικών Ελληνίδων όπου το μεγαλύτερο μέρος της ανήκει στην ενότητα των Παξών και ένα πολύ μικρότερο μέρος της στα νοτιοανατολικά, στην ενότητα της Ιονίου. Η ενότητα των Παξών χαρακτηρίζεται από μια νηριτική ανθρακική ακολουθία ηλικίας κατώτερου Κρητιδικού έως ανώτερου Μειοκαίνου. Η ενότητα της Ιονίου είναι επωθημένη πάνω στην ενότητα των Παξών και καλύπτει στο νοτιοανατολικό τμήμα της νήσου μια πολύ μικρή έκταση. Η ενότητα αυτή αποτελείται κυρίως από ιουρασικούς - ηωκαινικούς ασβεστολίθους καθώς και εβαπορίτες τριαδικής ηλικίας. (Λέκκας κ.α., 2001)

Οι μεταλπικές αποθέσεις αποτελούνται από μάργες, ψαμμίτες, κροκαλοπαγές και ασβεστόλιθους λιμναίας ή θαλάσσιας φάσης πλειοκαινικής ηλικίας και τεταρτογενή θαλάσσια ιζήματα και χερσαίοι σχηματισμοί αποτελούμενοι κυρίως από μάργες, αργίλους, άμμους κ.ά.. Ο ρηξιγενής και πτυχωσιγενής τεκτονισμός που παρατηρείται στη νήσο έχει διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ, ΒΑ-ΝΔ, Β-Ν ΑΒΑ-ΔΝΔ. (Λέκκας κ.α., 2001)



Χάρτης 2.3: Γεωλογικές Ενότητες Νήσου Κεφαλονιάς (Ιδία επεξεργασία)



Χάρτης 2.4: Γεωλογικοί Σχηματισμοί Νήσου Κεφαλονιάς (Ιδία επεξεργασία)

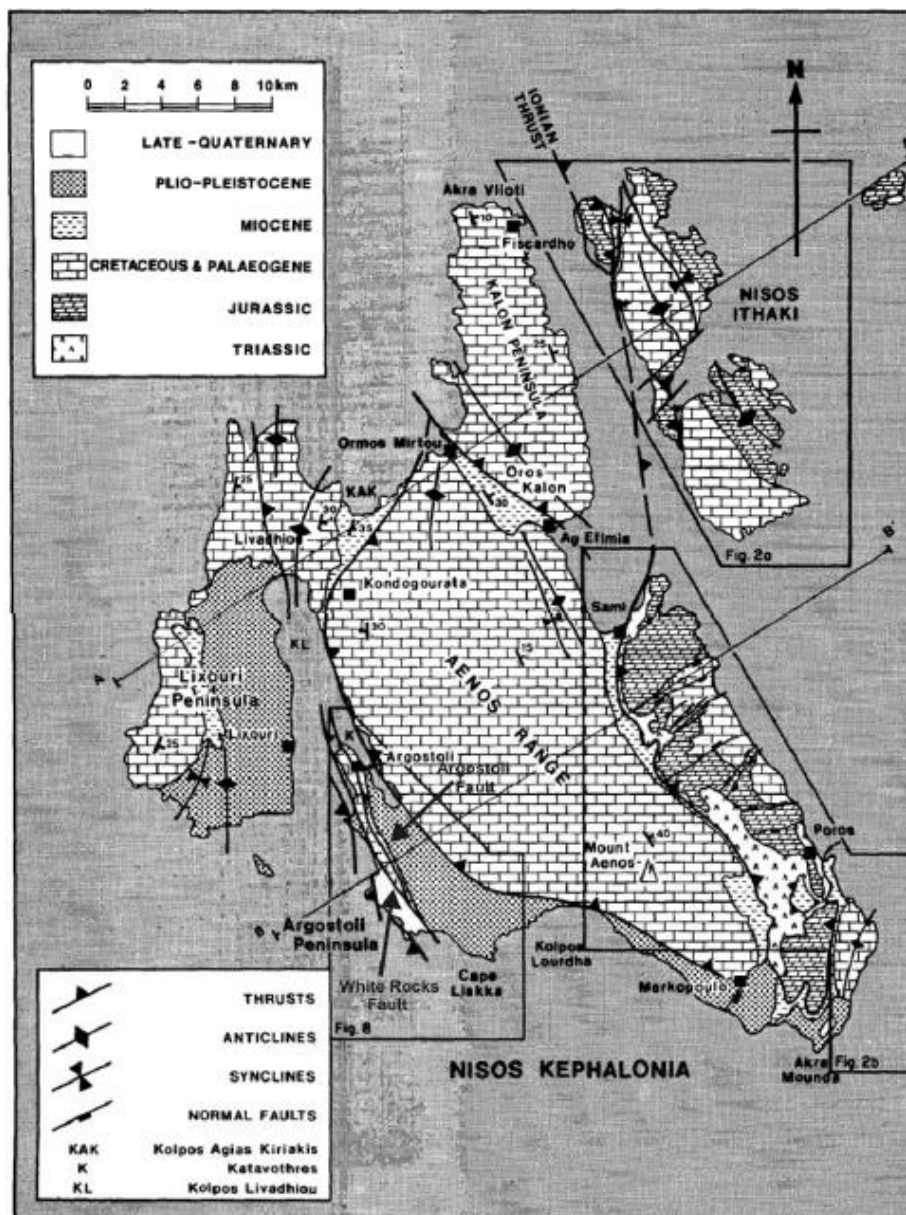
2.6 Η νεοτεκτονική δομή Νήσου Κεφαλονιάς

Η δομή των νήσων Κεφαλονιάς και Ιθάκης είναι αποτέλεσμα, της επίδρασης μιας σειράς διαδοχικών τεκτονικών παραμορφωτικών επεισοδίων κυρίως συμπιεστικού χαρακτήρα, τα οποία όμως έχουν διακοπεί από περιόδους κατά τις οποίες παρατηρείται μια αποσυμπίεση των πετρωμάτων και επίδραση της βαρύτητας, φαινόμενα που αντιστοιχούν σε ένα καθεστώς εφελκυσμού. (Λέκκας κ.α., 2001)

Οι κύριες τεκτονικές μορφές που δημιουργήθηκαν κατά τη φάση της αλπικής παραμόρφωσης των νήσων, συνδέονται γενετικά με την τοποθέτηση του καλύμματος της Ιόνιας ενότητας πάνω στην ενότητα Παξών κατά το Κατώτερο Πλειόκαινο και είναι (Λέκκας κ.α., 2001):

(i) ανάστροφα ρήγματα με διεύθυνση είτε ΒΔ-ΝΑ. είτε ΝΔ-ΒΑ και ανοικτές πτυχές με άξονες που παρουσιάζουν ίδιο προσανατολισμό μέσα στην ενότητα Παξών, τα οποία θεωρούνται ως παλαιότερες συνιζηματογενείς τεκτονικές δομές που κατά την περίοδο της ιζηματογένεσης καθόριζαν τις διάφορες παλαιογεωγραφικές περιοχές της Προαπούλιας πλατφόρμας. Σε ορισμένα από αυτά τα ρήγματα (ρήγμα Αγίας Ευφημίας ΝΔ του όρους Καλό. ρήγμα Αίνου) παρατηρείται και μια οριζόντια συνιστώσα κίνησης εκτός από την αμιγώς εφιππευτική, (ii) εφιππεύσεις, αντίκλινα εφίππευσης και αντικλινικά δίδυμα εφίπ-πευσης με διεύθυνση ΒΔ-ΝΑ και (iii) ρήγματα βαρύτητας με διευθύνσεις ΒΑ-ΝΔ και Α-Δ μέσα στην Ιόνια ενότητα. Αξονικά επίπεδα πτυχών και εφιππεύσεις είναι παράλληλα με την κύρια τεκτονική επιφάνεια επώθη-σης της Ιόνιας ενότητας πάνω στην ενότητα Παξών. Στις προηγούμενες τεκτονικές μορφές του Κατ. Πλειόκαινου προστίθενται στη συνέχεια οι νεώτερες μορφές (δομές) που συνδέονται με τα παραμορφωτικά επεισόδια του Πλείο-Πλειστοκαίνου (νεοτεκτονικές μορφές). (Λέκκας κ.α., 2001)

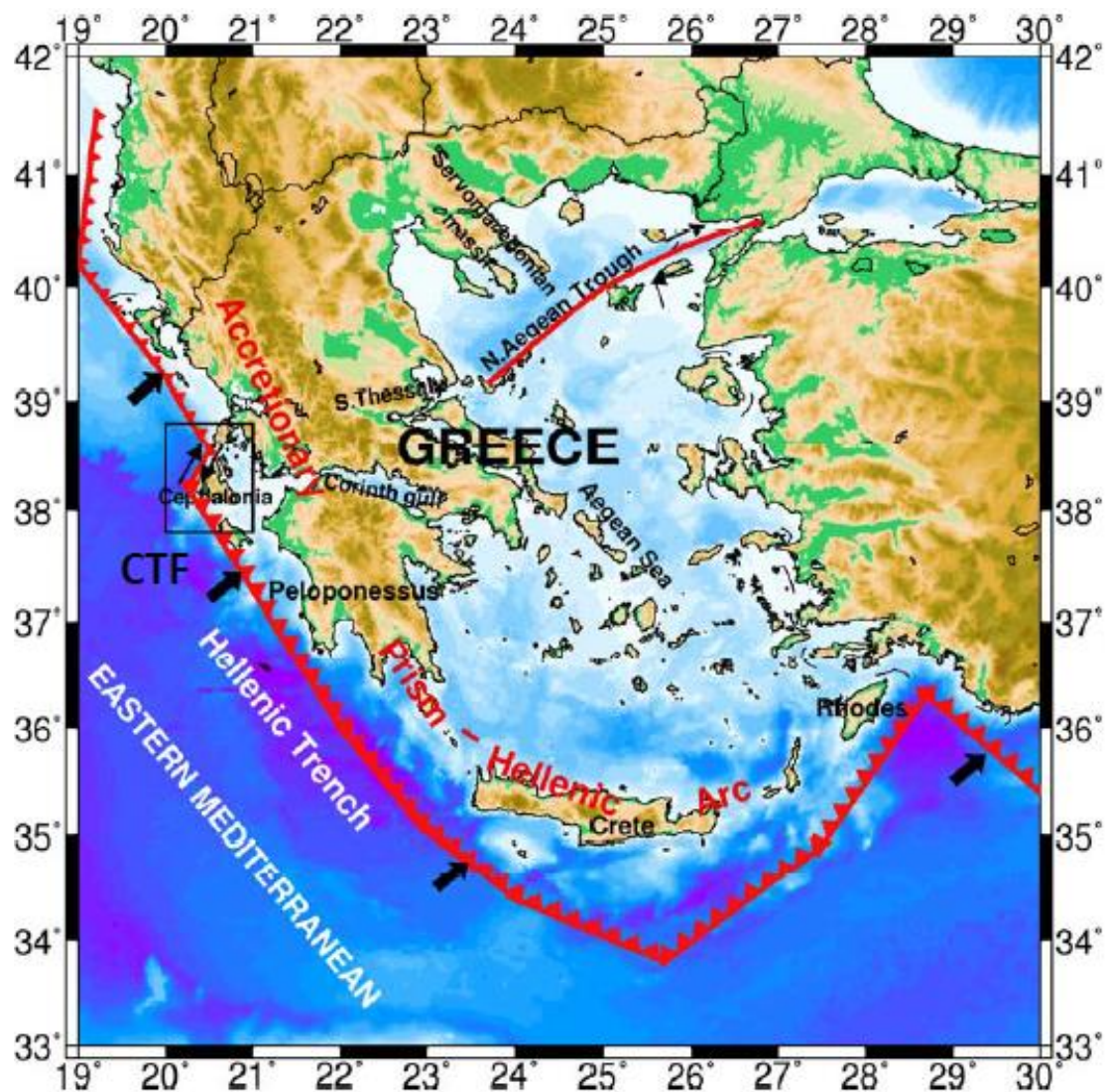
Οι νεοτεκτονικές μορφές αντιπροσωπεύονται κυρίως από τα ρήγματα, τα οποία τέμνουν ή οριοθετούν όλους ανεξαιρέτως τους γεωλογικούς σχηματισμούς και τα ρηξιτεμάχη της νήσου. Πρόκειται για μια μεγάλη ποικιλία ρηγμάτων με άλμα από μερικά μέτρα έως μερικές δεκάδες μέτρα και με ολίσθηση τόσο με κατακόρυφη συνιστώσα όσο και με οριζόντια. (Λέκκας κ.α., 2001)



Εικόνα 2.3: Απλοποιημένος τεκτονοστρωματογραφικός χάρτης της νήσου Κεφαλονιάς (Πηγή: Underhill, 1989). Thrusts: ανάστροφα ρήγματα Anticlines: αντίκλινα Synclines: σύγκλινα Normal Faults: κανονικά ρήγματα ΚΑΚ: Κόλπος Αγίας Κυριακής Κ: Καταβόθρες ΚΛ: Κόλπος Λιβαδίου Cape Liakka: ακρωτήριο Λιάκκα Triassic: Τριαδικό Jurassic: Ιουρασικό Cretaceous and Paleogene: Κρητιδικό και Παλαιογενές Miocene: Μειόκαινο Plio-Pleistocene: Πλειο-Πλειστόκαινο Late-Quaternary: Άνω-Τεταρτογενές White Rocks Fault: Επώθηση <<White Rocks>> Argostoli Fault: Επώθηση Αργοστολίου (αποτελείται από δύο κλάδους οι οποίοι συγκλίνουν στα νότια του νησιού)

2.7 Σεισμική Επικινδυνότητα Νήσου Κεφαλονιάς

Τα Ιόνια νησιά εμφανίζουν μεγάλη σεισμική επικινδυνότητα καθώς εκεί διασταυρώνονται δύο τεκτονικές ζώνες: το ελληνικό τόξο και μια ζώνη, που αποτελεί συνέχεια του ρήγματος της Ανατολίας, με διεύθυνση ΒΑ-ΝΔ που ξεκινά από το ΒΔ άκρο της Τουρκίας, διασχίζει το Β. Αιγαίο, την Κεντρική Ελλάδα και φτάνει στον χώρο της νήσου Κεφαλονιά (GEER/EERI/ATC Cephalonia, 2014).



Εικόνα 2.4: Οι δύο τεκτονικές ζώνες, το ελληνικό τόξο και της Ανατολίας που διασταυρώνονται στα Ιόνια νησιά. (Πηγή: GEER/EERI/ATC Cephalonia, 2014)

2.8 Μετεωρολογικές- Κλιματολογικές Συνθήκες Νήσου Κεφαλονιάς

Οι διακυμάνσεις του κλίματος της Κεφαλονιάς κατά τη διάρκεια του μακρινού παρελθόντος είναι άγνωστες. Υποθέτουμε ότι υπέστη τις ίδιες μεταβολές, που συνέβησαν στον μεσογειακό και ελλαδικό χώρο κατά την εναλλαγή παγετώδων, μεσοπαγετώδων και μεταπαγετώδων περιόδων, οι οποίες ως αβιοτικοί παράγοντες επηρέασαν και διαμόρφωσαν τη βλάστηση και τη σύνθεση της χλωρίδας της. (Φοίτος κ.α., 2009).

Η Ελλάδα γενικά ανήκει στον μεσογειακό τύπο με ήπιο χειμώνα, βροχοπτώσεις κατά την ψυχρή περίοδο και καλοκαίρι με υψηλές θερμοκρασίες και ανομβρία (Φοίτος κ.α., 2009).

Η Κεφαλονιά και γενικότερα τα Ιόνια νησιά χαρακτηρίζονται από θερμό, άνυδρο καλοκαίρι με ασθενείς βόρειους και ξηρούς ανέμους και από χειμώνα ήπιο με άφθονες βροχοπτώσεις.

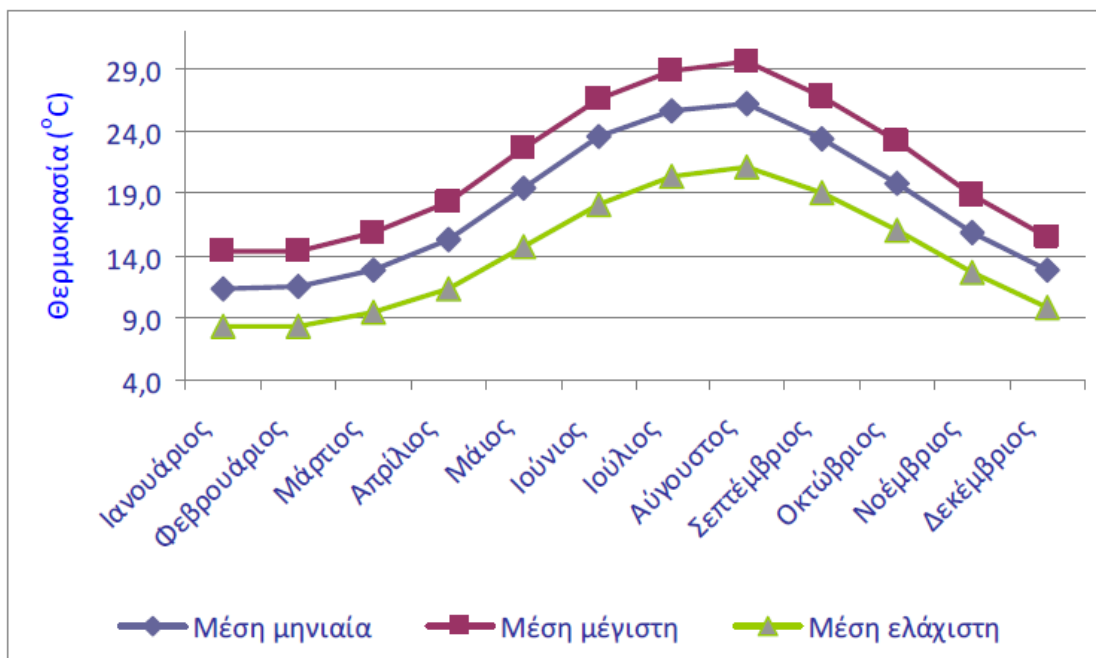
Ειδικότερα τα κλιματικά στοιχεία για την Κεφαλονιά προέρχονται: 1) από τον Σταθμό της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (Ε.Μ.Υ.) που βρίσκεται πλησίον της πόλης του Αργοστολίου, σε υψόμετρο 22,0 m, γεωγραφικό πλάτος $38^{\circ} 11'$ και γεωγραφικό μήκος $20^{\circ} 29'$. 2) Από το “Γενικό Διαχειριστικό Σχέδιο Εθνικού Δρυμού Αίνου της Γενικής Γραμματείας Δασών και Φυσικού Περιβάλλοντος” -Διεύθυνσης Δασών Κεφαλληνίας (Μιχαλές & Γαρτσώνη, 1996). 3) Από τη “Χλωρίδα της νήσου Κεφαλληνίας” από τον πρόσφατα εγκατεστημένο στον Αίνο αυτόματο υδρομετεωρολογικό σταθμό, εντός της ορεινής βάσης του Εθνικού Κέντρου Αστρονομίας “ΕΥΔΟΞΟΣ” του Κεφαλληνιακού Ιδρύματος Ερευνών (Κ.Ι.Ε.) σε υψόμετρο 1100 m.

Στον πίνακα 2.1 σημειώνονται ανά μήνα οι μέσες τιμές της θερμοκρασίας των ετών της περιόδου 1970 – 2001 στην περιοχή Αργοστολίου. Οι μήνες με τη χαμηλότερη μέση θερμοκρασία είναι ο Ιανουάριος και ο Φεβρουάριος με 11,4⁰C και 11,5⁰C αντίστοιχα, ενώ η μεγαλύτερη μέση θερμοκρασία παρατηρείται τον Αύγουστο με 29,5⁰C. Το μέσο ετήσιο θερμομετρικό εύρος είναι 14,7⁰C (μέση μέγιστη τιμή-μέση ελάχιστη τιμή). Η απόλυτη μέγιστη θερμοκρασία τον μήνα Ιούλιο έφθασε τους 40,60, ενώ ανά έτος δεν έπεσε κάτω από 30,50. Η απόλυτη ελάχιστη κατά τον Μάρτιο έπεσε στους -0,4⁰C, όπου παρατηρήθηκε παγετός, ενώ ανά έτος δεν κατέβηκε κάτω από 5,4⁰C .

Πίνακας 2.1 Κύρια χαρακτηριστικά μέσης μηνιαίας και ετήσιας θερμοκρασίας του αέρα κατά τη διάρκεια του έτους (περίοδος 1970 – 2001) (Πηγή: Καραγιάννη, 2010).

Μήνας	Μέση θερμοκρασία	Μέση μέγιστη	Μέση ελάχιστη	Απόλυτα μέγιστη	Απόλυτα ελάχιστη
Ιανουάριος	11,4	14,3	8,4	19,6	0,2
Φεβρουάριος	11,5	14,3	8,4	23,4	0,6
Μάρτιος	12,8	15,8	9,4	25,0	-0,4
Απρίλιος	15,3	18,3	11,4	28,0	4,0
Μάιος	19,5	22,6	14,8	33,6	7,8
Ιούνιος	23,5	26,5	18,1	36,0	8,0
Ιούλιος	25,7	28,8	20,3	40,6	12,4
Αύγουστος	26,1	29,5	21,1	40,0	12,4
Σεπτέμβριος	23,4	26,8	19,1	36,8	13,0
Οκτώβριος	19,8	23,1	16,1	33,0	3,0
Νοέμβριος	15,8	18,8	12,6	29,0	3,2
Δεκέμβριος	12,8	15,5	9,8	20,4	0,0
ΑΝΑ ΕΤΟΣ	18,1	21,2	14,1	30,5	5,4

Ξηρότερος μήνας είναι ο Ιούλιος. Η ελάχιστη τιμή της μέσης θερμοκρασίας παρατηρείται τον Φεβρουάριο ($3,6^{\circ}\text{C}$) και η μέγιστη τον Αύγουστο ($22,8^{\circ}\text{C}$). Το μέσο ετήσιο θερμομετρικό εύρος (μέση μέγιστη-μέση ελάχιστη) είναι $17,4^{\circ}\text{C}$ και η μέση ετήσια θερμοκρασία είναι $12,6^{\circ}\text{C}$.



Διάγραμμα 2.1: Διακυμάνσεις των τιμών της μέσης μέγιστης, μέσης μηνιαίας και μέσης ελάχιστης θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του έτους στο Αργοστόλι (Πηγή: Καραγιάννη, 2010).

Οι βροχοπτώσεις είναι σχετικά συχνές (περίπου 900 χιλιοστά ετησίως στις πεδινές και παράκτιες περιοχές), εξαιτίας των κινουμένων από τα δυτικά προς τα ανατολικά υφέσεων και των συχνών υγρών ανέμων του νότιου τομέα. Η πορεία της βροχής στη διάρκεια του έτους είναι απλή, με μέγιστο όριο τον Δεκέμβριο και ελάχιστο τον Ιούλιο. Αντίστοιχα απλή ετήσια πορεία παρουσιάζουν και οι βροχερές ημέρες. Το χαλάζι εμφανίζεται συχνότερα σε σχέση με άλλες περιοχές και οι μεγαλύτερες τιμές παρουσιάζονται τον Δεκέμβριο και τον Ιανουάριο, ενώ τους θερινούς μήνες η χαλαζόπτωση είναι πολύ σπάνια. Τέλος το χιόνι δεν είναι συχνό και περιορίζεται μόνο κατά τους χειμερινούς μήνες Νοέμβριο-Φεβρουάριο. Το χιόνι μπορεί να διατηρηθεί σε μερικές θέσεις του Αίνου μέχρι και τρεις μήνες (Μιχαλές & Γαρτσώνη, 1996). Οι πυρκαγιές επίσης, κατά τις οποίες αποψιλώθηκαν χιλιάδες στρέμματα δάσους κεφαλληνιακής Ελάτης, οπωσδήποτε έχουν επηρεάσει το μικροκλίμα της περιοχής (Φραγκόπουλος & Μαλεφάκης, 1963).

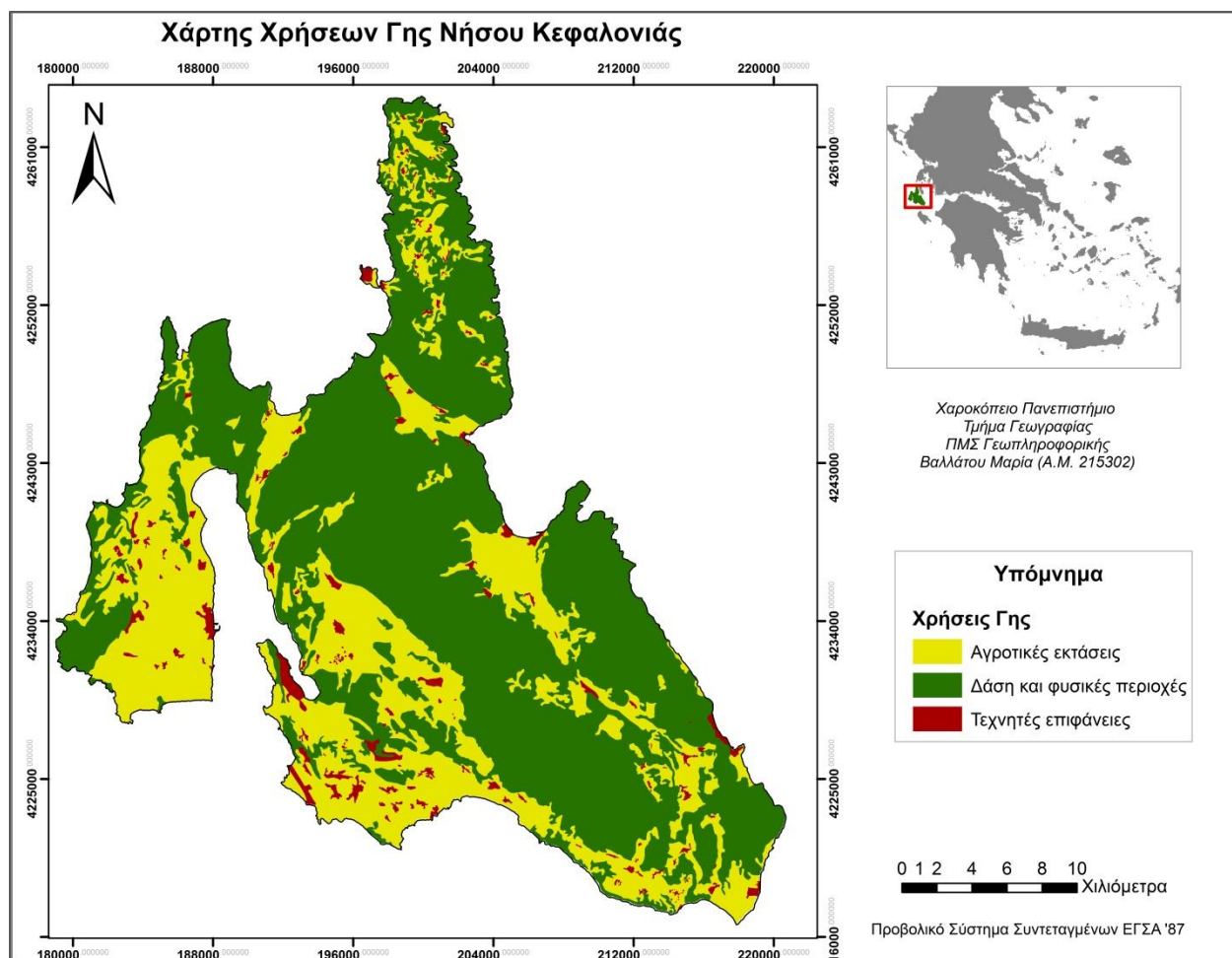
Πίνακας 2.2.: Κλιματικά δεδομένα του Μ.Σ. Αργοστολίου, σχετικά με τη βροχόπτωση χρονικής περιόδου 1970 – 2001 (Πηγή: Καραγιάννη, 2010). Στην τελευταία στήλη αναγράφονται για σύγκριση στοιχεία των ετών 1894 – 1929 (Πηγή: Λασκαράτου & Λαδά, 1973).

Μήνας	Μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm)	Μέγιστο ύψος 24ώρου σε mm	Ημέρες βροχής	Μέση μηνιαία βροχόπτωση (mm) 1894 – 1929
Ιανουάριος	105,6	68,4	12,8	127,1
Φεβρουάριος	106,8	112,5	12,5	103,2
Μάρτιος	73,5	51,0	10,4	78,6
Απρίλιος	54,9	63,1	8,9	45,1
Μάιος	18,5	49,0	4,2	27,2
Ιούνιος	9,7	67,4	1,5	14,8
Ιούλιος	4,6	47,6	0,7	4,6
Αύγουστος	9,4	26,8	1,6	10,9
Σεπτέμβριος	37,2	125,2	4,5	27,9
Οκτώβριος	91,4	112,9	9,3	128,7
Νοέμβριος	155,4	192,3	13,0	130,7
Δεκέμβριος	132,8	104,9	14,2	173,7
ΑΝΑ ΕΤΟΣ	άθροισμα 799,8	μέγιστο 104,9	άθροισμα 95,0	άθροισμα 872,5

Επικρατέστεροι άνεμοι είναι οι βόρειοι, βορειοδυτικοί και ακολουθούν οι νότιοι. Οι πιο ισχυροί άνεμοι πνέουν τους μήνες Φεβρουάριο και τον Μάρτιο, ενώ οι πιο ασθενείς τον Σεπτέμβρη (Κοτίνη & Ζαμπάκα, 1983).

2.9 Χρήσεις Γης Νήσου Κεφαλονιάς

Οι δασικές εκτάσεις είναι κυρίως στην οροσειρά του Αίνου (Χάρτης 2.5). Σε όλο το υπόλοιπο νησί υπάρχει έντονη θαμνώδης και ποώδης βλάστηση. Στις περιοχές κοντά στον κόλπο του Αργοστολίου αλλά και σε όλη τη νότια Κεφαλονιά, στην περιοχή της Σάμης και στο Λιβάδι της Παλικής, υπάρχουν αγροτικές εκτάσεις και κυρίως σύνθετες καλλιέργειες και εκτάσεις που κυρίως καταλαμβάνονται από τη γεωργία.



Χάρτης 2.5: Χρήσεις Γης Νήσου Κεφαλονιάς (Ιδία επεξεργασία)

2.10 Οικονομία Νήσου Κεφαλονιάς

Η οικονομία του νησιού βασίζεται κυρίως στα γεωργικά προϊόντα (σταφύλια, κρασιά, μέλι, λάδι, σύκα), στα κτηνοτροφικά προϊόντα, στην αλιεία και τα τελευταία χρόνια στον τουρισμό. Χαρακτηριστικά του πρωτογενή τομέα είναι το μικρό μέγεθος των εκμεταλλεύσεων, ο μικρός βαθμός εκμηχάνισης της παραγωγής και η χαμηλή παραγωγικότητα. Η γεωργική γη δέχεται έντονες πιέσεις από την τουριστική δραστηριότητα και την οικιστική ανάπτυξη. Τα βασικά γεωργικά προϊόντα της Κεφαλονιάς είναι το λάδι και το κρασί. Υπάρχουν σειρά προϊόντων με Ονομασία Προέλευσης ή Προστατευόμενης Γεωγραφικής Ένδειξης (π.χ. κρασιά «Ρομπόλα»), καθώς και προϊόντα που μπορούν να τύχουν πιστοποίησης (τυροκομικά Κεφαλονιάς) (Επιχειρησιακό Πρόγραμμα 2013- 2014).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3- ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ

3.1 Μεθοδολογίες Εκτίμησης της Παράκτιας Επικινδυνότητας

Κατά καιρούς έχουν προταθεί διάφορες μεθοδολογίες για την εκτίμηση της επικινδυνότητας και τρωτότητας των παράκτιων περιοχών σε μια ενδεχόμενη μελλοντική άνοδο της θάλασσας στάθμης τόσο σε κλίμακα κρατών, όσο και σε τοπικό επίπεδο. Σκοπός των μεθοδολογιών αυτών είναι η αναγνώριση και η εκτίμηση των οικολογικών, φυσικογεωγραφικών και κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων από την αναμενόμενη άνοδο της θάλασσας στάθμης, η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η ανάπτυξη και άλλοι κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες επιδρούν στην επικινδυνότητα, η ποσοτική και ποιοτική εκτίμηση των αρνητικών αποτελεσμάτων με τελικό σκοπό τη λήψη κατάλληλων μέτρων προστασίας. Η συχνότερα εφαρμοζόμενη μεθοδολογία είναι η ονομαζόμενη Συνήθης η οποία προτάθηκε το 1991 και αποτελεί μια ημι-ποσοτική μέθοδο αξιολόγησης των ακτών σε εθνική και παγκόσμια κλίμακα. Χρησιμοποιεί νομισματικές αξιολογήσεις για την εκτίμηση της παράκτιας τρωτότητας ενός έθνους στη μελλοντική άνοδο της θάλασσας στάθμης εξετάζοντας διάφορα σενάρια κόστους-οφέλους ώστε να προκύψει η βέλτιστη πρόταση λήψης μέτρων ώστε να μετριαστούν οι μελλοντικές αρνητικές επιπτώσεις (*Mimura, 1999*).

Οι πρόσφατες εκτιμήσεις για την παγκόσμια άνοδο της μέσης στάθμης της θάλασσας σαν αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής έχουν προκαλέσει το ενδιαφέρον των γεω-επιστημόνων που ασχολούνται με την παράκτια ζώνη για τη διερεύνηση του τρόπου απόκρισης των διαφόρων τύπων ακτών στην άνοδο αυτή. Υπάρχουν διάφορες μεθοδολογίες πρόβλεψης της εξέλιξης των παράκτιων περιοχών υπό την επίδραση της αναμενόμενης ανόδου της στάθμης. Κάθε μεθοδολογία έχει τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματά της και η εφαρμογή κάποιων από αυτές μπορεί να κρίνεται απαγορευτική για συγκεκριμένες περιπτώσεις παράκτιων περιοχών. Οι δημοφιλέστερες μεταξύ των μεθοδολογιών αυτών βασίζονται:

- Στη συλλογή και αξιολόγηση ιστορικών δεδομένων (κυρίως αυτών που αφορούν τη διαχρονική μετατόπιση της ακτογραμμής),

- Στην εφαρμογή στατικών μοντέλων κατάκλισης ή άλλων μοντέλων όπως ο κανόνας του *Bruun* (*Bruun's Rule*) (*Bruun, 1962*) που βρίσκει εφαρμογή αποκλειστικά σε αμμώδεις αιγιαλούς,
- Στην εφαρμογή μοντέλων προσομοίωσης των υδροδυναμικών συνθηκών και της δυναμικής των παράκτιων ιζημάτων με την παραμετροποίηση των φυσικών διεργασιών που δρουν στον παράκτιο χώρο (*Thieler & Hammar-Klose, 1999*).

Η πρόγνωση της απόκρισης των παράκτιων συστημάτων σε μια ενδεχόμενη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης δεν είναι πάντα δυνατό να καταλήγει σε ποσοτικά αποτελέσματα. Μπορεί όμως να ποσοτικοποιηθεί η σχετική επικινδυνότητα των διαφορετικών παράκτιων περιβαλλόντων ως προς μια τέτοια άνοδο. Αυτό μπορεί να γίνει λαμβάνοντας υπόψη δεδομένα που σχετίζονται με τις σημαντικές παραμέτρους που συμμετέχουν στην εξέλιξη και διαμόρφωση των ακτών σε μια συγκεκριμένη περιοχή. Μερικές από τις παραμέτρους αυτές είναι η παράκτια γεωμορφολογία, η κλίση της παράκτιας ζώνης, η μετατόπιση (προέλαση ή υποχώρηση) της ακτογραμμής, ο ρυθμός μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης σε μεγάλες χρονικές περιόδους καθώς και άλλοι παράγοντες όπως οι παλίρροιες και ο κυματισμός. Τα φυσικά αυτά χαρακτηριστικά των παράκτιων συστημάτων έχουν χρησιμοποιηθεί σε αρκετές μελέτες ανάλυσης και ποσοτικής εκτίμησης της επικινδυνότητας με σκοπό την ταξινόμηση των επιμέρους τμημάτων της ακτογραμμής ως προς την επικινδυνότητά τους στη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης. Στα πλαίσια των μελετών αυτών αναπτύχθηκαν δείκτες, μαθηματικές δηλαδή εκφράσεις που λαμβάνουν υπόψη διάφορες συχνά διαφορετικές μεταξύ τους παραμέτρους για την ποσοτικοποίηση της επικινδυνότητας. Υπάρχουν δείκτες που δεν εμπλέκουν μόνο παραμέτρους που σχετίζονται με το φυσικό περιβάλλον και τα ωκεανογραφικά χαρακτηριστικά του παράκτιου χώρου αλλά συνεκτιμούν και την τρωτότητα συμπεριλαμβάνοντας παραμέτρους που αφορούν το κοινωνικο-οικονομικό καθεστώς, τις υποδομές καθώς και δημογραφικά δεδομένα. Στον Πίνακα 3.1 παρατίθενται οι κυριότεροι δείκτες, οι περιοχές της γης που εφαρμόστηκαν για πρώτη φορά, οι παράμετροι που χρησιμοποιούν και οι ερευνητές που τους πρότειναν. Όλοι σχεδόν οι δείκτες αυτοί σκοπό έχουν την κατηγοριοποίηση της ακτογραμμής σε κατηγορίες χαμηλής ενδιάμεσης και υψηλής επικινδυνότητας / τρωτότητας για κάθε μια παράμετρο ώστε η συνεκτίμησή τους να οδηγήσει

στην τελική βαθμονόμηση της ακτής σε κατηγορίες επικινδυνότητας / τρωτότητας. (Καρύμπαλης Ε. κ.α.).

Πίνακας 3.1 Οι περισσότερο συχνά χρησιμοποιούμενοι δείκτες εκτίμησης της επικινδυνότητας και/ή τρωτότητας των ακτών στη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης (Πηγή: Abuodha & Woodroffe, 2006).

Δείκτης	Περιοχή πρώτης εφαρμογής	Παράμετροι που λαμβάνονται υπόψη	Αναφορά
Δείκτης Παράκτιας Επικινδυνότητας – Coastal Vulnerability Index (CVI)	ΗΠΑ	Ανάγλυφο, κατακόρυφες κινήσεις της ξηράς, λιθολογία, παράκτιες γεωμορφές, μετατόπιση ακτογραμμής, κυματική ενέργεια, εύρος παλίρροιας	Gornitz και Kanciruk (1989), Gornitz (1991), Gornitz κ.ά. (1991)
Δείκτης Παράκτιας Επικινδυνότητας – Coastal Vulnerability Index (CVI)	ΗΠΑ	Ρυθμοί ιστορικής διάβρωσης υποχώρησης της ακτογραμμής, γεωμορφολογία, ρυθμοί σχετικής ανόδου της στάθμης, παράκτια κλίση, ύψος κύματος, εύρος παλίρροιας	Thieler (2000) και πολλές εκθέσεις της USGS
Δείκτης Κοινωνικής Τρωτότητας Social Vulnerability Index (SoVI)	ΗΠΑ	Ανάλυση κύριων κοινωνικών δεδομένων που προέρχονται από απογραφή	Boruff κ.ά. (2005)
Βαθμολογία Παράκτιας Κοινωνικής Τρωτότητας – Coastal Social Vulnerability Score (CSoVI)	ΗΠΑ	Συνδυασμός του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας και του Δείκτη Κοινωνικής Τρωτότητας	Boruff κ.ά. (2005)
Δείκτης Ευαισθησίας – Sensitivity Index (SI)	Καναδάς	Ανάγλυφο, τάση μεταβολής της στάθμης, γεωλογία, παράκτιες γεωμορφές, μετατόπιση ακτογραμμής, κυματική ενέργεια, εύρος παλίρροιας	Shaw κ.ά. (1998)
Δείκτης κινδύνου διάβρωσης (Erosin Hazard Index)	Καναδάς	Παρόμοιος με τον Δείκτη Επικινδυνότητας, λαμβάνοντας επιπλέον την έκθεση των ακτών, το επίπεδο ανύψωσης της στάθμης λόγω μετεωρολογικών αιτιών και την κλίση	Forbes κ.ά. (2003)
Πίνακας Κινδύνου (Risk matrix)	Νότιος Αφρική	Γεωγραφική θέση, υποδομές (οικονομική αξία), φυσικός κίνδυνος	Hughes και Brundrit (1992)
Δείκτης Βιώσιμης Ικανότητας (Sustainable Capacity Index)	Νότιος Ειρηνικός	Τρωτότητα και προσαρμοστικότητα του φυσικού περιβάλλοντος, του πολιτισμού, των θεσμών, των υποδομών, της οικονομίας και του ανθρώπου.	Kay και Hay (1993), Yamada κ.ά. (1995)
Δείκτης Ευαισθησίας των ακτών (Sensitivity Index)	Ιρλανδία	Κλίση παράκτιου μετώπου, παράκτιες γεωμορφές, παράκτιες κατασκευές, προσβασιμότητα και χρήσεις γης.	Carter (1990)
Δείκτης Τρωτότητας (Vulnerability Index)	Μ. Βρετανία	Συχνότητα εκδήλωσης διαταραχών στην ακτή, χρόνος αποκατάστασης.	Pethick και Crooks (2000)

Η εφαρμογή των δεικτών αυτών σε εθνική κλίμακα βοηθά τον προκαταρκτικό εντοπισμό των επικίνδυνων και/ή τρωτών περιοχών. Το πρώτο αυτό βήμα προσδιορισμού των παράκτιων περιοχών που αναμένεται να αντιμετωπίσουν μεγαλύτερο πρόβλημα έχει ιδιαίτερη σημασία για τη χάραξη σχεδίων αντιμετώπισης του κινδύνου της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης. Τα πρώτα αποτελέσματα της κατηγοριοποίησης των ακτών σε διάφορες κατηγορίες επικινδυνότητας/ τρωτότητας αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο για τους διαχειριστές του παράκτιου χώρου και αυτούς που καλούνται να ασκήσουν πολιτικές προστασίας της παράκτιας ζώνης από τους φυσικούς κινδύνους. Μετά την αρχική εκτίμηση των πλέον επιδεκτικών/τρωτών ακτών απαιτείται η εστίαση σε συγκεκριμένες περιοχές ιδιαίτερου κοινωνικο-οικονομικού και περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος για τη λεπτομερέστερη (σε μεγαλύτερη κλίμακα) μελέτη τους (Καρύμπαλης κ.α.).

3.2 Δείκτης Παράκτιας Επικινδυνότητας (Coastal Vulnerability Index – CVI)

Ο Δείκτης Παράκτιας Επικινδυνότητας (Coastal Vulnerability Index – CVI) αποτελεί ένα δυναμικό, απλό, αντικειμενικό και εύχρηστο μαθηματικό εργαλείο προσδιορισμού της παράκτιας επικινδυνότητας σε σχέση με τις μελλοντικές μεταβολές της στάθμης της θάλασσας. Η προσέγγιση αυτή συνδυάζει την ευαισθησία της παράκτιας ζώνης στις μεταβολές με τη φυσική της δυνατότητα να προσαρμόζεται στις μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες. Στην ουσία, πρόκειται για έναν δείκτη που σκιαγραφεί με ποιοτικό τρόπο την ευαισθησία ενός συστήματος σε μια ενδεχόμενη άνοδο της στάθμης της θάλασσας (Λουκάκης, 2005).

Επομένως ο υπολογισμός της τρωτότητας των ελληνικών ακτών, σε περίπτωση που επέλθει άνοδος της παγκόσμιας στάθμης της θάλασσας, πραγματοποιείται με χρήση του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας (*Coastal Vulnerability Index – CVI*). Εν γένει, ο δείκτης υπολογίζεται από έξι (6) βασικές μεταβλητές που επηρεάζουν με ουσιαστικό τρόπο την εξέλιξη της παράκτιας ζώνης. Με σκοπό τη δημιουργία μιας βάσης δεδομένων εθνικής κλίμακας για την παράκτια επικινδυνότητα, οι Gornitz και White (1992) κατηγοριοποίησαν τις έξι (6) αυτές βασικές μεταβλητές βάσει αριθμητικών ή ποιοτικών διαφοροποιήσεων. Την παραπάνω κατηγοριοποίηση ακολούθησε πολύ αργότερα μια νέα κατηγοριοποίηση που συντάχθηκε από

τους *Pendleton et al. (2004)*. Η νέα αυτή κατηγοριοποίηση προτείνει διαφορετικά εύρη τιμών των μεταβλητών που αντιστοιχούν στις σχετικές τιμές για την επικινδυνότητα (*Σαρταμπάκου, 2013*)

Ο μαθηματικός τύπος που έχει επικρατήσει στις μελέτες προσδιορισμού της επικινδυνότητας παράκτιων περιοχών, υπαγορεύει τον υπολογισμό του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας ως την τετραγωνική ρίζα του γινομένου των κατηγοριοποιημένων μεταβλητών παράκτιας επικινδυνότητας, διαιρούμενου με το πλήθος των μεταβλητών αυτών (*Σαρταμπάκου, 2013*).

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

- a: παράγοντας που αφορά τη γεωλογία και παράκτιες γεωμορφές,
- b: παράγοντας που αφορά την παράκτια κλίση,
- c: παράγοντας που αφορά το ρυθμό μεταβολής της θαλάσσιας στάθμης,
- d: παράγοντας που αφορά την ιστορική μετατόπιση της ακτογραμμής,
- e: παράγοντας που αφορά το μέσο σημαντικό ύψος κυμάτων, και τέλος
- f: παράγοντας που αφορά το μέσο εύρος παλίρροιας

Για κάθε μεταβλητή του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας αποδίδεται μια τιμή σχετικής επικινδυνότητας, βασισμένη στο πιθανό μέγεθος συνεισφοράς της εκάστοτε μεταβλητής στην εμβалότητα των ακτών όσο ανέρχεται η στάθμη της θάλασσας. Συγκεκριμένα, η κάθε μια από τις βασικές μεταβλητές, για μια συγκεκριμένη παράκτια περιοχή, δύναται να λάβει μια τιμή στην κλίμακα από το ένα (1) έως το πέντε (5) με σειρά αυξανόμενης επικινδυνότητας: πολύ μικρή επικινδυνότητα, μικρή επικινδυνότητα, μέτρια, υψηλή και πολύ υψηλή επικινδυνότητα. Ενώ όλες οι μεταβλητές είναι ποσοτικές και λαμβάνουν αριθμητικές τιμές, μοναδική εξαίρεση αποτελεί ο παράγοντας «Γεωλογία και Παράκτιες Γεωμορφές». Πρόκειται για μια ποιοτική μεταβλητή, η οποία κατηγοριοποιείται με βάση ποιοτικά κριτήρια ως προς τη σχετική αντίσταση στη διάβρωση της εκάστοτε παράκτιας γεωμορφής (*Σαρταμπάκου, 2013*).

*Πίνακας 3.2: Κατηγοριοποίηση των μεταβλητών του CVI κατά Gornitz και White (1992).
(Πηγή: Ιστότοπος USGS)*

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ/ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ (1)	ΧΑΜΗΛΗ (2)	ΜΕΣΗ (3)	ΥΨΗΛΗ (4)	ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΗ (5)
ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΓΕΩΜΟΡΦΕΣ	ΒΡΑΧΩΔΕΙΣ, ΑΠΟΤΟΜΕΣ ΑΚΤΕΣ, ΦΙΟΡΔ	ΗΠΙΟΙ ΒΡΑΧΟΙ, ΚΟΙΛΕΣ ΑΚΤΕΣ	ΧΑΜΗΛΟΙ ΒΡΑΧΟΙ, ΠΑΓΕΤΩΝΕΣ, ΠΡΟΣΧΩΜΑΤΙΚΕΣ ΠΕΔΙΑΔΕΣ	ΧΟΝΔΡΟΚΟΚΚΕΣ ΑΚΤΕΣ, ΕΚΒΟΛΕΣ ΠΟΤΑΜΩΝ, ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΕΣ	ΚΟΡΑΛΛΙΟΓΕΝΕΙΣ ΠΑΡΑΛΙΕΣ, ΚΟΡΑΛΛΙΟΓΕΝΕΙΣ ΥΦΑΛΟΙ, ΑΜΜΩΔΕΙΣ ΠΑΡΑΛΙΕΣ, ΕΛΗ, ΛΑΣΠΩΔΗ ΑΒΑΘΗ, ΠΟΤΑΜΙΑ ΔΕΛΤΑ, ΘΑΜΝΩΔΕΙΣ ΑΚΤΕΣ
ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ (m/ έτος)	> (2.0)	(1.0) - (2.0)	(-1.0) - (+1.0)	(-2.0) - (-1.0)	< (-2.0)
ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΚΛΙΣΗ (%)	> 1.9	1.3 - 1.9	0.9 - 1.3	0.6 - 0.9	< 0.6
ΣΧΕΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ (mm/ έτος)	< (-1.21)	(-1.21) - (0.1)	(0.1) - (1.24)	(1.24) - (1.36)	> 1.36
ΜΕΣΟ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ ΥΨΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ (m)	< 1.1	1.1 - 2.0	2.0 - 2.25	2.25 - 2.60	> 2.60
ΜΕΣΟ ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΚΟ ΕΥΡΟΣ (m)	> 6.0	4.1 - 6.0	2.0 - 4.0	1.0 - 1.9	< 1.0

*Πίνακας 3.3: Κατηγοριοποίηση των μεταβλητών του CVI κατά Pendleton et al (2004).
(Πηγή: Alexandrakis et al, 2009)*

ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ/ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ	ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ (1)	ΧΑΜΗΛΗ (2)	ΜΕΣΗ (3)	ΥΨΗΛΗ (4)	ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΗ (5)
ΓΕΩΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΓΕΩΜΟΡΦΕΣ	ΒΡΑΧΩΔΕΙΣ ΑΚΤΕΣ, ΥΨΗΛΟΙ ΚΡΗΜΝΟΙ	ΜΕΣΟΥ ΥΨΟΥΣ ΚΡΗΜΝΟΙ	ΧΑΜΗΛΟΙ ΚΡΗΜΝΟΙ, ΑΛΛΟΥΒΙΑΚΕΣ ΠΕΔΙΑΔΕΣ	ΑΚΤΕΣ ΜΕ ΚΡΟΚΑΛΕΣ, ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΕΣ	ΝΗΣΙΩΤΙΚΑ ΦΡΑΓΜΑΤΑ, ΔΕΛΤΑ, ΑΜΜΩΔΕΙΣ ΑΚΤΕΣ
ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ (m/ έτος)	> (2.0)	(1.0) - (2.0)	(-1.0) - (+1.0)	(-2.0) - (-1.0)	< (-2.0)
ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΚΛΙΣΗ (%)	> 1.2	1.2 - 0.9	0.9 - 0.6	0.6 - 0.3	< 0.3
ΣΧΕΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ (mm/ έτος)	< 1.8	1.8 - 2.5	2.5 - 3.0	3.0 - 3.4	> 3.4
ΜΕΣΟ ΣΗΜΑΝΤΙΚΟ ΥΨΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ (m)	< 0.55	0.55 - 0.85	0.85 - 1.05	1.05 - 1.25	> 1.25
ΜΕΣΟ ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΚΟ ΕΥΡΟΣ (m)	> 6.0	4.0 - 6.0	2.0 - 4.0	1.0 - 2.0	< 1.0

Η κατηγοριοποίηση των παραπάνω μεταβλητών επιτρέπει τη συσχέτισή τους αποκλειστικά με ποσοτικό τρόπο στον υπολογισμό του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας, ξεπερνώντας έτσι το εμπόδιο των διαφορετικών μονάδων μέτρησης στα δεδομένα ή ακόμα και της σύνδεσης αριθμητικών με ποιοτικά δεδομένα. (Καρύμπαλης κ.α.).

3.3 Κριτική του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας (Coastal Vulnerability Index – CVI)

Με δεδομένες τις τιμές των έξι (6) βασικών μεταβλητών στη σχετική κλίμακα από το (1) έως και το πέντε (5), μπορεί να προκύψει για ορισμένο τμήμα μιας ακτογραμμής ο Δείκτης Παράκτιας Επικινδυνότητας (CVI), με χρήση ενός εκ των έξι (6) μέχρι στιγμής διαθέσιμων μαθηματικών τύπων.

Ωστόσο, κανένας από τους διαθέσιμους μαθηματικούς τύπους δεν διαφοροποιεί την επιρροή της καθεμίας μεταβλητής στον υπολογισμό του δείκτη. Είναι προφανές πως δεν είναι δυνατόν να έχει την ίδια επίδραση η παράκτια κλίση με το μέσο σημαντικό ύψος κύματος ή η γεωμορφολογία της παράκτιας ζώνης με το εύρος της παλίρροιας. Στην υπάρχουσα μεθοδολογία υπολογισμού του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας, όλες οι μεταβλητές χρησιμοποιούνται ισοβαρώς στον προσδιορισμό της τελικής τιμής του δείκτη, γεγονός που δημιουργεί σφάλματα στον προσδιορισμό του τελικού χαρακτηρισμού επικινδυνότητας που αποδίδεται στην υπό μελέτη παράκτια ζώνη και άρα κλονίζεται η αξιοπιστία του δείκτη, όχι μόνο σε εθνικό αλλά και σε παγκόσμιο επίπεδο (Σαρταμπάκου, 2013).

Το μοντέλο του *Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας (Coastal Vulnerability Index – CVI)* αποτελεί ένα μαθηματικό μοντέλο που παρήχθη για την ανάδειξη των παράκτιων εκείνων περιοχών που δύναται να διατρέξουν άμεσο κίνδυνο κατακλυσμού σε ένα ενδεχόμενο σενάριο παγκόσμιας ανόδου της στάθμης των υδάτων. Στόχος των δημιουργών του μοντέλου ήταν αυτό να αποτελέσει μια αντικειμενική πηγή χαρακτηρισμού σχετικά με την επικινδυνότητα, και ταυτόχρονα ένα ισχυρό εργαλείο για την αναγνώριση των επιρρεπών ακτογραμμών, ώστε να ληφθούν εγκαίρως τα απαραίτητα μέτρα πρόληψης. Ωστόσο, το μοντέλο στη σημερινή του μορφή δεν είναι σε θέση να αποτελέσει ένα αξιόπιστο μέσο για τον ακριβή χαρακτηρισμό της επικινδυνότητας ακτογραμμών. Το γεγονός οφείλεται στην έλλειψη ειδικών τιμών βαρύτητας στις επιμέρους μεταβλητές που συνθέτουν το μαθηματικό μοντέλο του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας (Σαρταμπάκου, 2013).

Το γεγονός αυτό καταδεικνύει την ανάγκη εύρεσης και περιγραφής ενός μαθηματικού συλλογισμού για την απόδοση των κατάλληλων τιμών βαρύτητας στις μεταβλητές. Απαραίτητο

προπαρασκευαστικό στάδιο αποτελεί μια κατά το δυνατόν αντικειμενική ιεράρχηση των παραμέτρων, η οποία στη συνέχεια θα λειτουργήσει ως μέτρο σύγκρισης της ιεραρχίας που θα διαμορφωθεί από την εφαρμογή του μαθηματικού συλλογισμού. Έπειτα από εκτενή βιβλιογραφική έρευνα σε εργασίες που έχουν μέχρι στιγμής εκπονηθεί για τη μελέτη της παράκτιας επικινδυνότητας, διαπιστώθηκε πως τα κριτήρια ιεράρχησης των μεταβλητών στηρίζονται σε θεωρήσεις των συγγραφέων για τον βαθμό συμμετοχής της κάθε παραμέτρου στην επικινδυνότητα μιας συγκεκριμένης παράκτιας περιοχής, και ως εκ τούτου η επιλογή της σειράς κατάταξης είναι υποκειμενική (Σαρταμπάκου, 2013).

Ο εν λόγω δείκτης έχει χρησιμοποιηθεί ευρέως τα τελευταία χρόνια σε ειδικές μελέτες παράκτιας επικινδυνότητας που έχουν διεξαχθεί στις παράλιες ζώνες των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής, προκειμένου να προσδιοριστούν με σαφήνεια οι περιοχές εκείνες που βρίσκονται σε πιθανό κίνδυνο από το εγγύτερο θαλάσσιο περιβάλλον. Ωστόσο, στην πλειοψηφία των μελετών αυτών ο Δείκτης Παράκτιας Επικινδυνότητας διατηρεί την αρχική του μορφή, σύμφωνα με την οποία έχουν χρησιμοποιηθεί ίδιες τιμές βαρύτητας για όλους εκείνους τους παράγοντες που εισάγονται ως μεταβλητές στον υπολογισμό του δείκτη και λαμβάνονται υπόψη, διότι επιδρούν καταλυτικά σε θέματα παράκτιας επικινδυνότητας. Μια τέτοια υπόθεση σαφέστατα δεν είναι λογική, καθότι σε μια γενική περίπτωση υπολογισμού ενός δείκτη είναι σύνηθες φαινόμενο κάποια ή κάποιες από τις επιλεγμένες συνιστώσες να σχετίζονται ισχυρότερα με το χαρακτηριστικό που αποσκοπεί να αξιολογήσει ο δείκτης αυτός. Ταυτόχρονα, η υπόθεση ισοβαρούς επίδρασης των συνιστωσών δύναται να οδηγήσει σε λάθος εκτιμήσεις και τελικά, σε σφάλματα που ίσως κοστίσουν ανθρώπινες ζωές (Σαρταμπάκου, 2013).

Ανάλογα με τα ιδιαίτερα παράκτια χαρακτηριστικά κάθε χώρας και επιπρόσθετα το θαλάσσιο καθεστώς στο οποίο υποβάλλεται αλλά και την ανάγκη για άμεσο και ακριβή χαρακτηρισμό των ακτογραμμών ως προς την επικινδυνότητά τους, είναι δυνατόν να διεξαχθούν ειδικές μελέτες για την προσαρμογή του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας στα δεδομένα της χώρας αυτής. Εντός των ελληνικών συνόρων, η πληθώρα ειδικών μελετών που έχουν διεξαχθεί επί του θέματος της απόδοσης ειδικών τιμών βαρύτητας στις βασικές μεταβλητές του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας και ταυτόχρονα ο εμπλουτισμός του μαθηματικού μοντέλου με την ανάδειξη επιπρόσθετων μεταβλητών για χρήση σε παγκόσμιο επίπεδο, καταδεικνύουν σαφώς το αυξημένο

και αμείωτο ενδιαφέρον για τη συμβολή στην ελαχιστοποίηση των επιπτώσεων από ενδεχόμενο κατακλυσμό. Ωστόσο, με βάση την υπάρχουσα μεθοδολογία, δεν υπάρχει μια σαφής μαθηματική εξήγηση για την απόδοση του κατάλληλου βάρους στην κάθε μεταβλητή. Οι περισσότερες μελέτες στηρίζονται σε έναν εμπειρικό και κατά βάση αυθαίρετο συλλογισμό, με αποτέλεσμα η τιμή βάρους που αποδίδεται σε κάθε παράμετρο να είναι σε μεγάλο βαθμό αμφισβητήσιμη (Δουκάκης, 2005).

Συνοπτικά η εγγενής πολυπλοκότητα των μορφών και των λειτουργιών των παράκτιων ζωνών καθιστά ιδιαίτερος δυσχερή την ανάπτυξη ενός αντικειμενικού και παραμετρικοποιημένου μοντέλου παράκτιας τρωτότητας με γενική ισχύ. Η παράκτια τρωτότητα, τα τελευταία χρόνια ειδικότερα, αποτελεί ένα προνομιακό, νέο επιστημονικό πεδίο έρευνας με ενδιαφέρον και προοπτικές. Οι έως τώρα προσπάθειες χαρακτηρίζονται από αποσπασματικότητα και υποκειμενικότητα σε συνδυασμό με την ανεπάρκεια πλήρων χρονοσειρών δεδομένων για καθοριστικές παραμέτρους παράκτιας τρωτότητας. Επιπλέον, παρατηρείται ένα αξιοσημείωτο κενό στη μοντελοποίηση και μαθηματικοποίηση της έννοιας που θα βοηθούσε στη γενικευμένη εφαρμογή της για τη διαχρονική παρακολούθηση του παράκτιου περιβάλλοντος, την επισήμανση κινδύνων και τη χάραξη στρατηγικής (Δουκάκης, 2005).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4- ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

4.1 Συλλογή Δεδομένων

Για την συγκεκριμένη μελέτη επικινδυνότητας σε διάβρωση από την μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, στην νήσο Κεφαλονιά, συλλέχθηκαν τα εξής δεδομένα:

- 1) Για την εκτίμηση της παράκτιας γεωμορφολογίας, ψηφιοποιήθηκαν σε λογισμικό ArcGIS 10.1, οι παράκτιοι γεωλογικοί σχηματισμοί από γεωλογικά φύλλα του Ι.Γ.Μ.Ε (Κλίμακας 1:50000).
- 2) Για την εκτίμηση της παράκτιας κλίσης, αξιοποιήθηκαν οι ισοϋψείς καμπύλες της περιοχής μελέτης (Γ.Υ.Σ), μέσω των οποίων παράχθηκε το Ψηφιακό Μοντέλο Αναγλύφου (ΨΜΑ) με ανάλυση 30 * 30 m. Έπειτα κάνοντας χρήση του ΨΜΑ παράχθηκε το θεματικό επίπεδο των κλίσεων και μετέπειτα ψηφιοποιήθηκαν οι παράκτιες κλίσεις εδάφους.
- 3) Για την ιστορική μετατόπιση της ακτογραμμής, συγκρίθηκαν μία αεροφωτογραφία του 1996 της νήσου Κεφαλονιάς με την ορθοφωτογραφία ολης τη Ελλάδας που παρέχεται μέσω της ηλεκτρονικής υπηρεσίας “Εθνικού Κτηματολογίου και Χαρτογράφησης Α.Ε.” (ΕΚΧΑ Α.Ε.). Οι ορθοφωτογραφίες αυτές προέκυψαν από φωτοληψίες της περιόδου 2007-2009. Στην συνέχεια υπολογίστηκε ο μέσος ετήσιος ρυθμός μεταβολής, σύμφωνα με τον τύπο: μέσος ρυθμός = απόσταση / (2009- 1996).
- 4) Η σχετική μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης είναι το αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης του ευστατισμού με την ισοστασία και/ή τον τεκτονισμό. Η περιοχή μελέτης επηρεάζεται από ενεργά τεκτονικά ρήγματα και συνεπώς η σχετική μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης επηρεάζεται και από τους 2 προαναφερθέντες παράγοντες. Έτσι λοιπόν ελήφθησαν βιβλιογραφικά δεδομένα για την εκτίμηση της πρόσφατης ευστατικής ανόδου της θαλάσσιας στάθμης στην περιοχή της Κεφαλονιάς (IPCC 2013) καθώς και για την εκτίμηση του παράγοντα του τεκτονισμού (Journal of Maps 2013). Σύμφωνα με τις ευστατικές καμπύλες του Intergovernmental Panel on Climate Change και την τεκτονική ανύψωση της Κεφαλονιάς, σύμφωνα με το Journal of Maps, η περιοχή μελέτης παρουσιάζει σταθερό μέσο ρυθμό ανόδου ίσο περίπου με 0,8 mm/yr.

5) Για το παλιρροϊκό εύρος, ελήφθησαν υπόψη διαθέσιμα στοιχεία της Υδρογραφικής Υπηρεσίας ΠΝ (ΥΥΠΝ). Σύμφωνα με τις παλιρροϊκές καμπύλες της ΥΥΠΝ, το μέσο παλιρροϊκό εύρος για την περιοχή της Κεφαλονιάς, θεωρήθηκε το ίδιο κατά μήκος όλης της ακτογραμμής και εντάσσεται στα 0,2 – 0,4 m.

6) Για το μέσο σημαντικό ύψος κύματος, αντλήθηκαν δεδομένα από τον Άντλαντα Ανέμων και Κυματισμού των Ελληνικών Θαλασσών, ο οποίος έχει εκδοθεί από το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσιών Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ) και βασίζεται σε μετρήσεις που αφορούν την περίοδο 1999-2007 (οι μετρήσεις έχουν πραγματοποιηθεί στα πλαίσια του προγράμματος POSEIDON). Σύμφωνα με τις καμπύλες μέσου ύψους κύματος του ΕΛΚΕΘΕ, το μέσο σημαντικό ύψος κύματος στην περιοχή μελέτης δεν ξεπερνάει τα 0,9 m.

Έπειτα επιχειρήθηκε να εκτιμηθεί η φυσική τρωτότητα της περιοχής και για τον σκοπό αυτό συλλέχθηκαν τα εξής δεδομένα:

7) Για την χαρτογράφηση των χρήσεων γης της ακτογραμμής, αντλήθηκαν δεδομένα από τα Δημόσια Ανοιχτά Δεδομένα (Open Data 2000). Η χαρτογράφηση των χρήσεων γης κρίθηκε αναγκαία αφού εκφράζει τις κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες της ακτογραμμής.

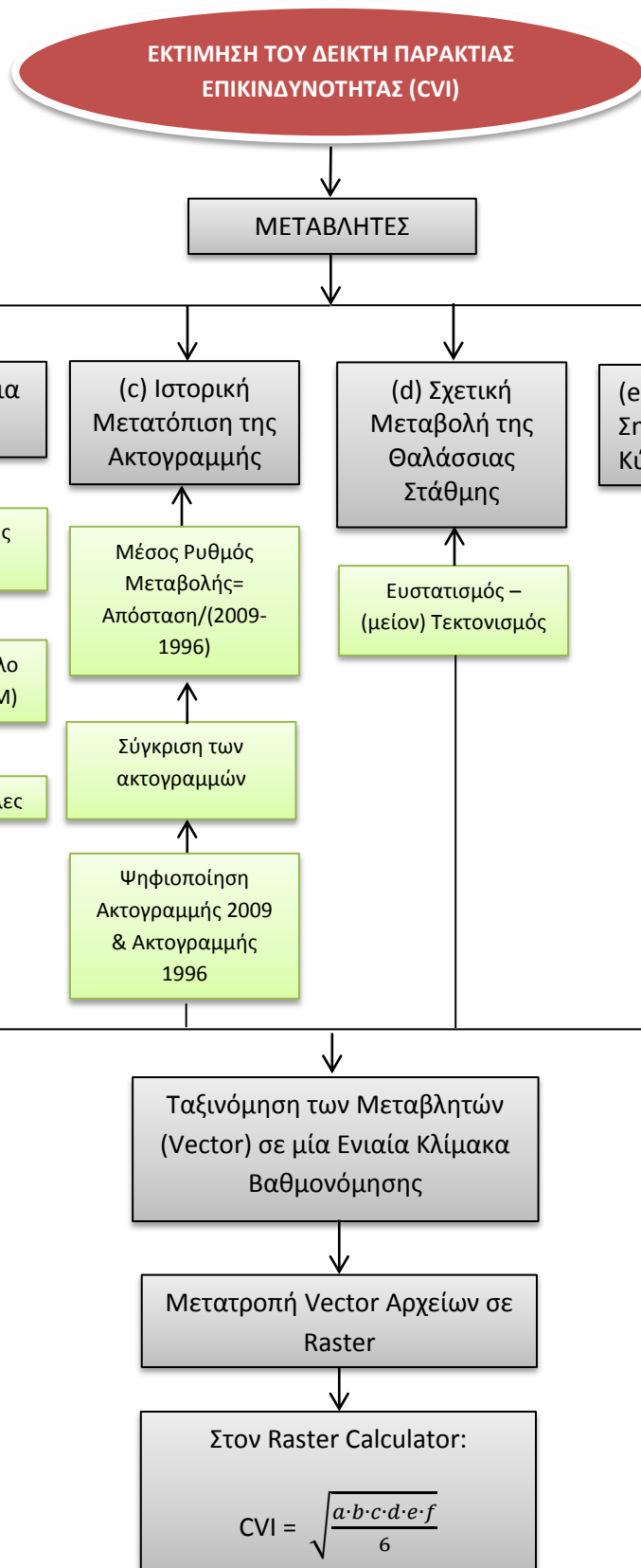
Το σύνολο των προαναφερθέντων μεταβλητών αποτυπώθηκαν σε γραμμικά διανυσματικά επίπεδα, προκειμένου να είναι εφικτή η εξαγωγή ποσοτικών (μήκος ακτογραμμής) και ποιοτικών (τρωτότητα, επικινδυνότητα κ.α.) πληροφοριών.

Πίνακας 4.1: Πηγή δεδομένων των θεματικών επιπέδων (Ιδία Επεξεργασία)

ΘΕΜΑΤΙΚΟ ΕΠΙΠΕΔΟ	ΠΗΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ
Γεωλογικοί Σχηματισμοί	Ινστιτούτο Γεωλογικών & Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε)
Ισοϋψείς Καμπύλες	Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Γ.Υ.Σ)
Ακτογραμμή 2009	Εθνικό Κτηματολόγιο & Χαρτογράφησης (ΕΚΧΑ Α.Ε.)
Ακτογραμμή 1996	Υπουργείο Γεωργίας
Ευστατική άνοδος	Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
Τεκτονική ανύψωση	Journal of Maps (Karymbalis et al.)
Παλιρροϊακό Εύρος	Υδρογραφική Υπηρεσία ΠΝ (ΥΥΠΝ)
Μέσο Σημαντικό Ύψος Κύματος	Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ)
Χρήσεις Γης	Δημόσια Ανοιχτά Δεδομένα (Geodata)

4.2 Μεθοδολογία

Στο διάγραμμα 4.1 που ακολουθεί παρουσιάζεται η μοντελοποίηση της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε ώστε να εκτιμηθεί η παράκτια επικινδυνότητα.



Διάγραμμα 4.1: Το μοντέλο της μεθοδολογίας που ακολουθήθηκε (Ιδία Επεξεργασία)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5- ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ & ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΡΩΤΟΤΗΤΑΣ

5.1 Υπολογισμός δείκτη παράκτιας επικινδυνότητας CVI

Οι μεταβλητές που λαμβάνουν μέρος στον υπολογισμό του δείκτη επικινδυνότητας CVI, μπορούν να διακριθούν στις εξής δύο κατηγορίες (*Καρύμπαλης κ.α.*) :

1. Η πρώτη κατηγορία αποτελεί τις γεωλογικές μεταβλητές, οι οποίες αποδίδουν τα ιδιαίτερα τοπικά χαρακτηριστικά μιας παράκτιας περιοχής. Στις γεωλογικές μεταβλητές υπάγονται η γεωλογία και παράκτιες γεωμορφές, η ιστορική μετατόπιση της ακτογραμμής και η παράκτια κλίση.
2. Η δεύτερη κατηγορία αποτελεί τις μεταβλητές των φυσικών διεργασιών. Στις μεταβλητές αυτές περιλαμβάνονται το μέσο σημαντικό ύψος κύματος, το μέσο παλιρροιακό εύρος και η σχετική μεταβολή της στάθμης των υδάτων.

Αξίζει να σημειωθεί πως οι παράγοντες που αλληλεπιδρούν μεταξύ τους σε κάθε παράκτια περιοχή και δύναται να συμβάλλουν στον υπολογισμό του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας, ξεπερνούν τον βασικό αριθμό των *έξι (6)*. Κατά καιρούς έχουν γίνει συστηματικές μελέτες επί του θέματος και έχει εξεταστεί το ζήτημα της εισαγωγής μεταβλητών οικονομικής και κοινωνικής φύσης στον υπολογισμό του δείκτη (*Καρύμπαλης κ.α.*). Στα πλαίσια της παρούσας εργασίας, η μελέτη περιορίζεται στις βασικές μεταβλητές.

Για κάθε μία παράμετρο, η ακτή κατηγοριοποιήθηκε σε πέντε κατηγορίες επικινδυνότητας, (1) πολύ χαμηλή έως (5) πολύ υψηλή. Τα όρια βαθμονόμησης της ακτής σε πέντε κατηγορίες επικινδυνότητας, έχουν προταθεί από τους Pendelon et al. (2004). Για τις παραμέτρους (c), (e) και (f) χρησιμοποιήθηκαν τα όρια που έχουν προταθεί για τις ελληνικές ακτές από τους Karymbalis et al. (2012). Τελικό στόχο αποτελεί η ταξινόμηση όλων των μεταβλητών σε μία ενιαία κλίμακα βαθμονόμησης της παράκτιας επικινδυνότητας, έτσι ώστε να καθίσταται εφικτή η εκτίμηση του δείκτη παράκτιας επικινδυνότητας CVI.

Πίνακας 5.1: Κατηγοριοποίηση των μεταβλητών του CVI κατά Pendleton et al. Για τις μεταβλητές (c), (e) και (f) γίνεται η κατηγοριοποίηση με βάση τα όρια που έχουν προταθεί από τους Karymbalis et al.

(Πηγή: Καρύμπαλης, κ.α.)

Μεταβλητές	Κατηγορίες				
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
a Γεωμορφολογία	Βραχώδεις κρημνώδεις ακτές	Μέσου ύψους κρημνοί	Χαμηλοί κρημνοί	Ακτές που καταλαμβάνονται από κορήματα και κώνους κορημάτων	Αμμώδεις παραλίες, μέτωπα δελταϊκών ριπιδίων
b Παράκτια κλίση(%)	> 12	12 - 9	9 – 6	6 – 3	< 3
c Σχετική μεταβολή στάθμης θάλασσας	< 1,8	1,8 – 2,5	2,5 – 3,0	3,0 – 3,4	> 3,4
d Ρυθμός προέλασης(+) ή υποχώρησης (-) της ακτογραμμής (mm/yr) (m/yr)	> (+1,5)	(+1,5) – (+0,5)	(+0,5) – (-0,5)	(-0,5) – (-1,5)	< (-1,5)
e Μέσο σημαντικό ύψος κύματος(m)	< 0,3	0,3 – 0,6	0,6 – 0,9	0,9 – 1,2	> 1,2
f Μέσο εύρος παλίρροιας (m)	< 0,2	0,2 – 0,4	0,4 – 0,6	0,6 – 0,8	> 0,8
CVI	< 1,69	1,69 – 2,15	2,16 – 2,61	2.62 – 3,07	> 3,07
Επικινδυνότητα	Πολύ χαμηλή	Χαμηλή	Μέση	Υψηλή	Πολύ υψηλή

Ο μαθηματικός τύπος του Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας έχει την ακόλουθη μορφή:

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

όπου:

a: παράγοντας που αφορά τη γεωμορφολογία,

b: παράγοντας που αφορά την παράκτια κλίση,

c: παράγοντας που αφορά το ρυθμό μεταβολής της θάλασσας στάθμης,

d: παράγοντας που αφορά τη διάβρωση-υποχώρηση ή προέλαση της ακτογραμμής,

e: παράγοντας που αφορά το μέσο σημαντικό ύψος κυμάτων, και τέλος

f: παράγοντας που αφορά το μέσο εύρος παλίρροιας

5.1.1 Γεωμορφολογία

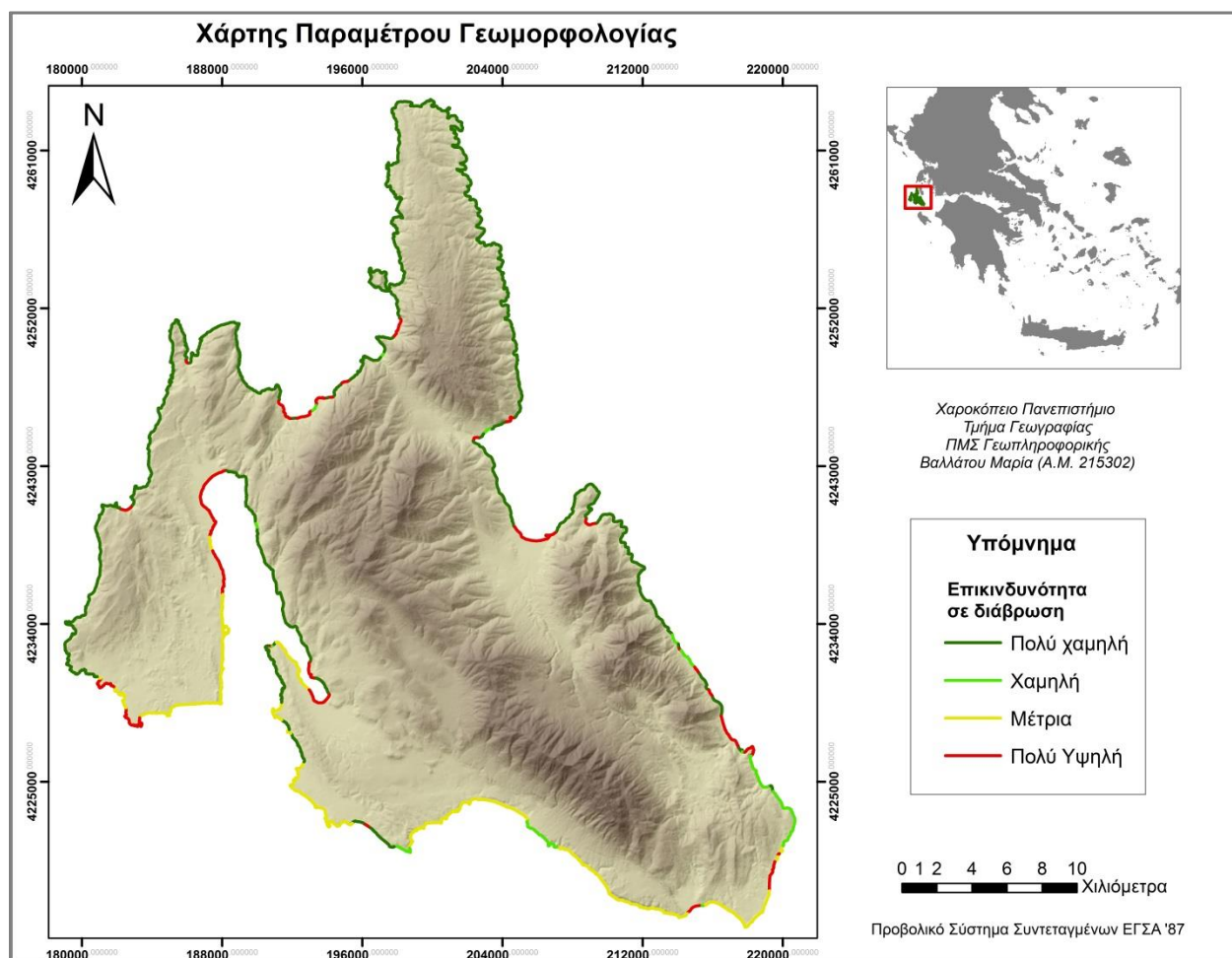
Η μεταβλητή της γεωμορφολογίας εκφράζει τη σχετική απόκριση των διαφόρων τύπων των παράκτιων γεωμορφών στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας (Μπανέλα, 2015).

Σημειώνεται ότι το μέγεθος στο οποίο η γεωμορφολογία μιας παράκτιας περιοχής επηρεάζει τον Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας, συνδέεται άμεσα με την κλίση της περιοχής αυτής, η οποία βρίσκεται υπό συνεχή διαμόρφωση από ποικίλλες φυσικές διαδικασίες. Οι περισσότερες από αυτές τις διαδικασίες είναι αποκλειστικά θαλάσσιας προέλευσης, όπως για παράδειγμα η πρόσκρουση των κυμάτων ή ο συνδυασμός της δράσης της θάλασσας με τα έντονα ατμοσφαιρικά φαινόμενα που χαρακτηρίζουν τις παραθαλάσσιες περιοχές. Τα απότομα πρανή που συναντώνται σε μια βραχώδη ακτή είναι συνδυασμός θαλάσσιας δράσης και προϋπάρχουσας μορφολογίας, που οφείλεται στις ανοδικές κινήσεις των ακτών κατά μήκος ενεργών ρηγμάτων. Αντίστοιχα, οι προσχωματικές επίπεδες παράκτιες περιοχές με έντονη κλίση υποδηλώνουν ότι η παροχή υλικών απόθεσης στο τμήμα αυτό της ακτογραμμής πριν από κάποιο χρονικό διάστημα ήταν έντονη και σταδιακά ελαχιστοποιήθηκε. Στη ζώνη κυματωγής με τη δράση των κυμάτων ήταν δυνατή κάποτε η απόσπαση και η μεταφορά ιζημάτων όπως ιλύς (λάσπη) και άμμος. Μετά όμως από μια σημαντική περίοδο κυματικής ηρεμίας ο όγκος των αποθέσεων έγινε μεγάλος και έτσι το θαλάσσιο μέτωπο της ακτής απέκτησε μεγαλύτερη κλίση. Συμπερασματικά, τα ύψη και οι κλίσεις των παράκτιων ζωνών εξαρτώνται από την ευρύτερη τοπογραφία της περιοχής, τη λιθολογική δομή και το κλίμα που επικρατεί στην ευρύτερη περιοχή (Παναγιωτίδης & Χατζημπίρος, 2004).

Με βάση την παράμετρο της γεωμορφολογίας οι ακτές κατατάσσονται σε κατηγορίες με κοινά χαρακτηριστικά, τα οποία αφορούν τη μορφολογία, την κοκκομερία και τη σύσταση των πετρωμάτων τους. Στην ουσία με τη κατάταξη αυτή γίνεται μια άμεση διάκριση ανάμεσα σε σημεία μικρής επικινδυνότητας όπως κάθετες βραχώδεις ακτές και μεγάλης επικινδυνότητας όπως μία αμμώδης παραλία (Μαυροματίδη, 2015).

Στην περιοχή μελέτης υπάρχουν διάφοροι γεωλογικοί σχηματισμοί, μέρος των οποίων διαθέτει παρόμοια χαρακτηριστικά και άρα συμπεριφέρεται με παρόμοιο τρόπο στο φαινόμενο της διάβρωσης. Για τον λόγο αυτό οι γεωμορφές κατηγοριοποιήθηκαν τελικά σε 4 κατηγορίες επικινδυνότητας (Πίνακας 5.2).

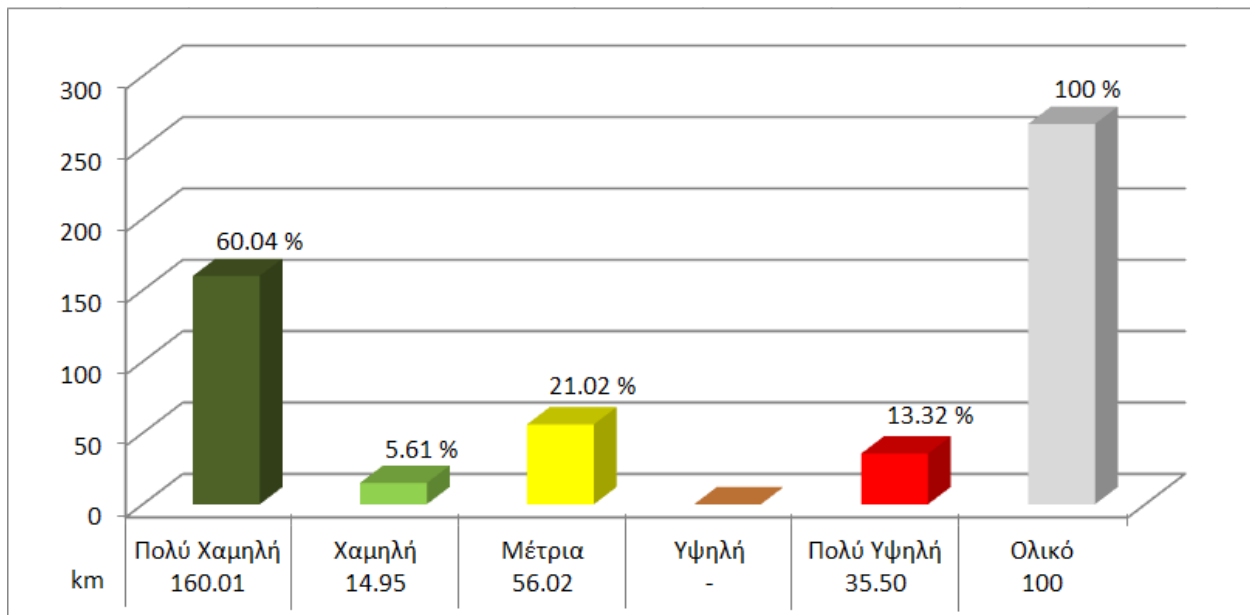
Τόσο από τον χάρτη της γεωμορφολογίας της περιοχής μελέτης στον οποίο απεικονίζεται η κατηγοριοποίηση της ακτογραμμής ανάλογα με τις γεωμορφές που αναπτύσσονται (Χάρτης 5.1), καθώς και από το διάγραμμα με το μήκος της κάθε ομάδας επικινδυνότητας (Διάγραμμα 5.1) διαπιστώνεται ότι το μεγαλύτερο μέρος της ακτογραμμής χαρακτηρίζεται ως πολύ χαμηλής επικινδυνότητας δεδομένου ότι καταλαμβάνεται από βραχώδεις ακτές.



Χάρτης 5.1: Παράμετρος Γεωμορφολογίας (Ιδία επεξεργασία)

Πίνακας 5.2: Βαθμονόμηση της παραμέτρου της Γεωμορφολογίας (Ιδία επεξεργασία)

Γεωμορφολογία	Βραχώδεις, Κρημνώδεις Ακτές	Μέσου Ύψους Κρημνοί	Κρημνοί Χαμηλής Κλίσης, Αλλουβιακές Πεδιάδες	-	Παραλίες νησιωτικών φραγμάτων ενδοπαλαιοροιακής ζώνης, αμμώδεις παραλίες, δέλτα	Ολικό
Μήκος (%)	60,04	5,61	21,02	-	13,32	100
Μήκος (km)	160,01	14,96	56,02	-	35,50	266,48
Επικινδυνότητα	Πολύ χαμηλή(1)	Χαμηλή(2)	Μέτρια(3)	Υψηλή(4)	Πολύ Υψηλή(5)	



Διάγραμμα 5.1: Ραβδόγραμμα κατηγοριοποίησης της παραμέτρου της Γεωμορφολογίας (Ιδία επεξεργασία)

5.1.2 Παράκτια Κλίση

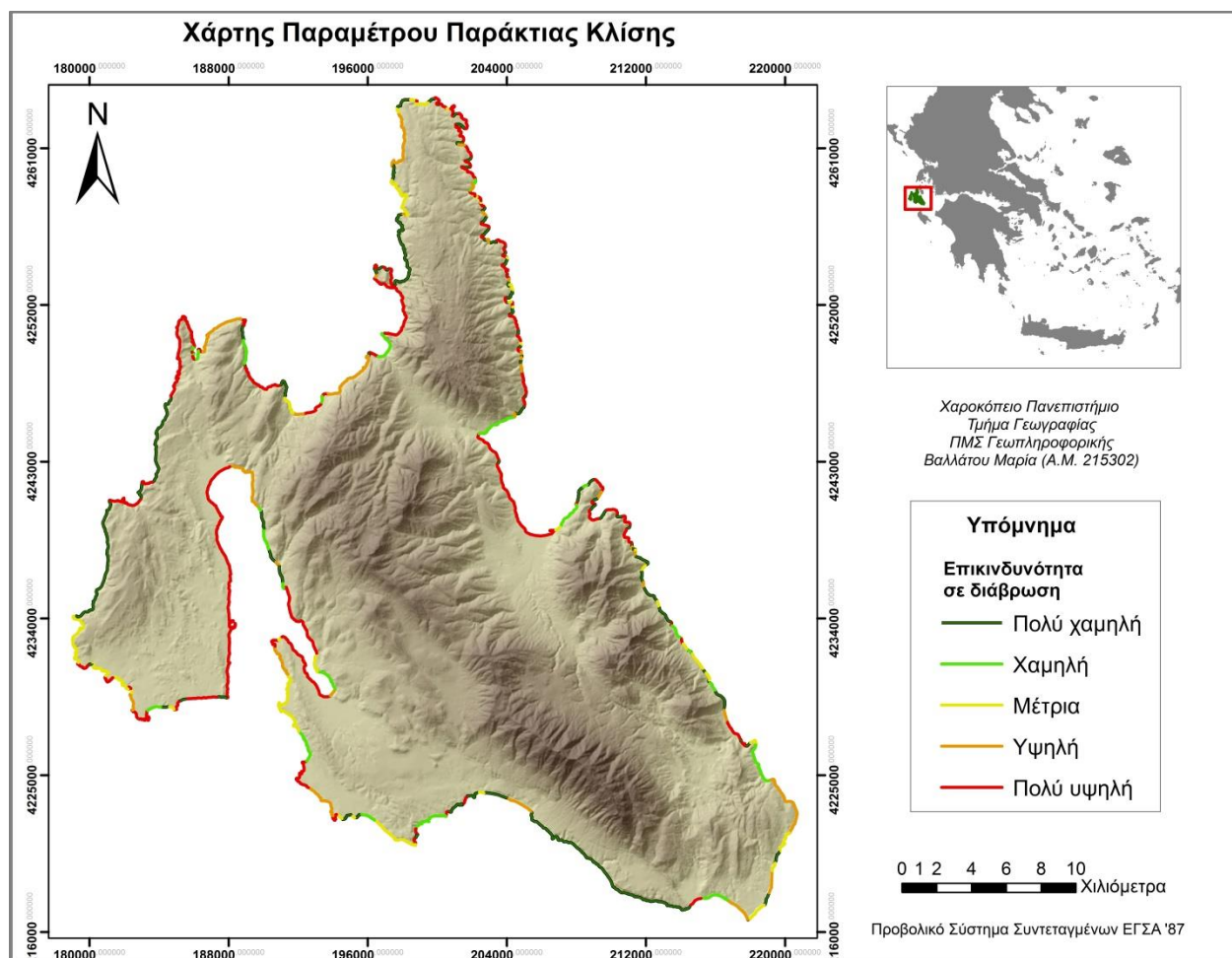
Η μεταβλητή της παράκτιας κλίσης προσδιορίζει τη σχετική ευπάθεια στις πλημμύρες και την πιθανή ταχύτητα υποχώρησης της ακτογραμμής. Μικρών κλίσεων παράκτιες περιοχές θα πρέπει να υποχωρήσουν ταχύτερα από ό,τι περιοχές πιο απότομων κλίσεων (Μπανέλα, 2015).

Ήπιες κλίσεις σε μια ακτή υποδηλώνουν ότι μια μικρή κατακόρυφη άνοδος της στάθμης της θάλασσας δύναται να προκαλέσει σημαντική μετατόπιση των υδάτων προς την ξηρά. Στον αντίποδα, απότομες κλίσεις αποτελούν ένα φυσικό εμπόδιο απέναντι στο θαλάσσιο περιβάλλον και τον έντονο κατά τόπους και χρόνο, κυματισμό. Άμεσο συμπέρασμα αυτού είναι πως όσο μεγαλύτερη η κλίση μιας παράκτιας περιοχής, τόσο πιο δύσκολο είναι η περιοχή αυτή να κινδυνεύσει από την άνοδο της στάθμης των υδάτων, πάντα λαμβάνοντας υπόψη τη γεωμορφολογία της περιοχής και εν τέλει την ένταση του κυματισμού (Σαρταμπάκου, 2013). Επιπρόσθετα ο παράγοντας αυτός έχει ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς σε περιοχές με χαμηλή κλίση ευνοείται η ανάπτυξη ανθρώπινων υποδομών με έντονες κοινωνικοοικονομικές δραστηριότητες (οικισμοί, υπηρεσίες τουρισμός) δίνοντας έτσι και μια άλλη κοινωνική διάσταση στην επικινδυνότητα (Μαυροματίδη, 2015).

Η κλίση της γήινης επιφάνειας σε κάθε θέση του γήινου ανάγλυφου, είναι ο ρυθμός μεταβολής του υψομέτρου στην περιοχή αυτή. Μετράται σε μοίρες ή σε ποσοστό μεταβολής επί τοις εκατό (%). Στη συγκεκριμένη εργασία η κλίση μετρήθηκε σε ποσοστό επί τοις εκατό (%).

Μεταξύ των μεταβλητών του δείκτη, η παράκτια κλίση αποτελεί την κύρια παράμετρο που εκφράζει τον πλημμυρικό κίνδυνο από ενδεχόμενη αύξηση της θαλάσσιας στάθμης καθώς όλες οι υπόλοιπες παράμετροι συνδέονται με τον κίνδυνο διάβρωσης της ακτογραμμής. Περιοχές με παράκτιες κλίσεις χαμηλότερες του 3% χαρακτηρίζονται ως πολύ υψηλής επικινδυνότητας ενώ περιοχές με κλίσεις μεγαλύτερες του 12% είναι χαμηλής επικινδυνότητας.

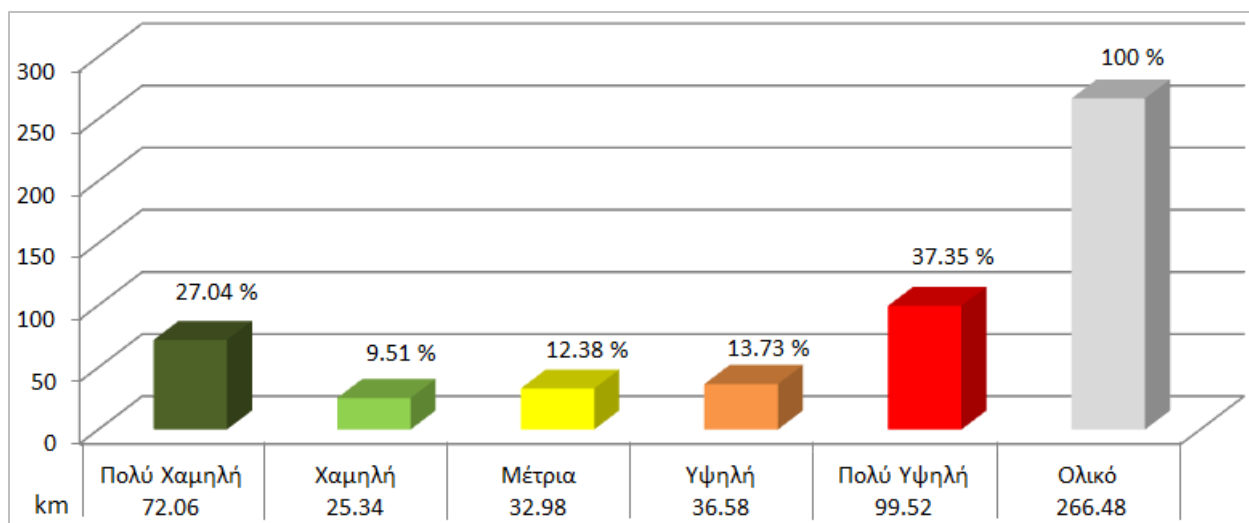
Τόσο από τον χάρτη παράκτιων κλίσεων εδάφους της περιοχής μελέτης (Χάρτης 5.2), καθώς και από το διάγραμμα με το μήκος της κάθε ομάδας επικινδυνότητας (Διάγραμμα 5.2) διαπιστώνεται ότι η ακτογραμμή μοιράζεται ανάμεσα στις πέντε κατηγορίες επικινδυνότητας με την κατηγορία πολύ υψηλής επικινδυνότητας να υπερτερεί και την πολύ χαμηλής επικινδυνότητας να ακολουθεί.



Χάρτης 5.2: Παράμετρος Παράκτιας Κλίσης (Ιδία επεξεργασία)

Πίνακας 5.3: Βαθμονόμηση της παραμέτρου της Παράκτιας Κλίσης (Ιδία επεξεργασία)

Παράκτια Κλίση	>12%	12 - 9%	9 - 6%	6 - 3%	<3%	Ολικό
Μήκος (%)	27,04	9,51	12,38	13,73	37,35	100
Μήκος (km)	72,06	25,34	32,98	36,58	99,52	266,48
Επικινδυνότητα	Πολύ χαμηλή(1)	Χαμηλή(2)	Μέτρια(3)	Υψηλή(4)	Πολύ Υψηλή(5)	



Διάγραμμα 5.2: Ραβδόγραμμα κατηγοριοποίησης της παραμέτρου της Παράκτιας Κλίσης (Ιδία επεξεργασία)

5.1.3 Ιστορική Μετατόπιση της Ακτογραμμής

Η συγκεκριμένη μεταβλητή αναφέρεται στη διαχρονική μεταβολή του ορίου μεταξύ ξηράς και θάλασσας, που αποδίδεται στις διαδικασίες της διάβρωσης και της πρόσχωσης (Σαρταμπάκου, 2013).

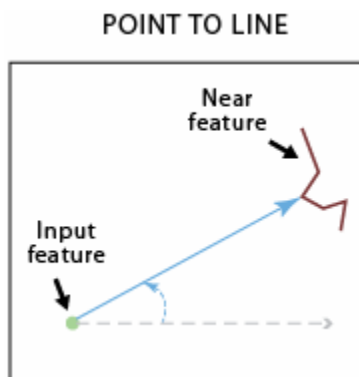
Το σημερινό σχήμα των ακτογραμμών είναι αποτέλεσμα διεργασιών που έγιναν κατά το γεωλογικό παρελθόν και οφείλεται σε κινήσεις της ξηράς και της θάλασσας. Οι μεταβολές αυτές πραγματοποιήθηκαν με την επίδραση ενδογενών δυνάμεων, όπως είναι οι ανυψώσεις και ταπεινώσεις περιοχών, δημιουργία ρηγμάτων, ηφαιστειακή δράση, κ.α., καθώς επίσης και με την επίδραση εξωγενών παραγόντων, όπως είναι η δημιουργία παγετώνων, η διάβρωση και η απόθεση. Οι διαδικασίες της διάβρωσης και της απόθεσης σχηματίζουν τις πιο εντυπωσιακές ακτές. Η διάβρωση είναι αρμόδια για τη διαμόρφωση των λόφων και των κοιλάδων στην ξηρά, των λιμνών και των ακτών στο παράκτιο περιβάλλον. Η διάβρωση είναι μια απολύτως φυσική διαδικασία και ένα μέσο κίνησης υλικού και ιζημάτων. Η διαδικασία της διάβρωσης σταματάει όταν το υλικό εγκατασταθεί σε μια επιφάνεια. Η διαδικασία αυτή καλείται απόθεση ή αλλιώς πρόσχωση (Ξύζη, 2004).

Στα πλαίσια υπολογισμού του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας εξετάζεται η οπισθοχώρηση ή πρόσχωση μιας ακτογραμμής λόγω διάβρωσης και πρόσχωσης, ως βασικός παράγοντας της επικινδυνότητας που παρουσιάζει η εν λόγω ακτογραμμή σε μια πιθανή άνοδο της στάθμης των υδάτων. Συνήθως εξετάζεται η ιστορική μετακίνηση που έχει παρέλθει σε χρονική έκταση δεκαετιών, όσο επιτρέπουν τα διαθέσιμα δεδομένα για τη λήψη της συγκεκριμένης πληροφορίας. Στη συνέχεια πραγματοποιείται σύγκριση της τωρινής κατάστασης της υπό μελέτης ακτογραμμής με τη μορφή που είχε σε παλιότερα έτη, ώστε να προκύψουν οι ρυθμοί ιστορικής μεταβολής. Το συγκεκριμένο δεδομένο χρησιμοποιείται τελικά για να προβλεφθούν με ικανοποιητική ακρίβεια οι τάσεις μετακίνησης του ορίου μεταξύ ξηράς και θάλασσας. Η ιστορική μετακίνηση μιας ακτογραμμής εκφράζεται σε *m/έτος* (Σιάφακας, 2003).

Για έναν πρώτο προσδιορισμό και εντοπισμό των μεταβολών της ακτογραμμής, της Κεφαλονιάς χρησιμοποιήθηκαν και αξιοποιήθηκαν οι ορθοφωτογραφίες του κτηματολογίου απ' όπου και χαράχθηκε η πρόσφατη ακτογραμμή του νησιού. Η πρόσβαση έγινε μέσα WMS (Web Map Service) εξυπηρετητή (σύνδεσμος :<http://gis.ktimavet.gghvmashvmsopen/w/msserve.aspx?>). Οι ορθοφωτογραφίες αφορούν στο σύνολο της ελληνικής επικράτειας, με εξαίρεση ορισμένες παραμεθόριες περιοχές, καθώς και ορισμένες διαβαθμισμένες εγκαταστάσεις, για τις οποίες ισχύουν περιορισμοί και απαγορεύσεις από τις αρμόδιες αρχές και υπηρεσίες της χώρας. Η χωρική ανάλυση των εικόνων είναι 20m για τις αστικές περιοχές και 50cm για τις υπόλοιπες, περιοχές της χώρας. Οι ορθοφωτογραφίες αυτές προέκυψαν από φωτοληψίες της περιόδου 2007-2009. Η ακτογραμμή αυτή συγκρίθηκε με την ακτογραμμή που προέκυψε από την ψηφιοποίηση της αεροφωτογραφίας του 1996 (Μέσος Ρυθμός Μεταβολής= Απόσταση/(2009-1996)). Η παράκτια χαρτογράφηση που πραγματοποιήθηκε πιστοποίησε και επιτόπου τη διάβρωση ή μη της ακτογραμμής.

Η σύγκριση των προαναφερθέντων ακτογραμμών πραγματοποιήθηκε μέσω των εργαλείων “NEAR” και “VERTICES TO POINTS”.

Συγκεκριμένα το εργαλείο Near υπολογίζει την μικρότερη απόσταση μεταξύ των θεματικών επιπέδων εισόδου και του πιο κοντινού θεματικού επιπέδου.

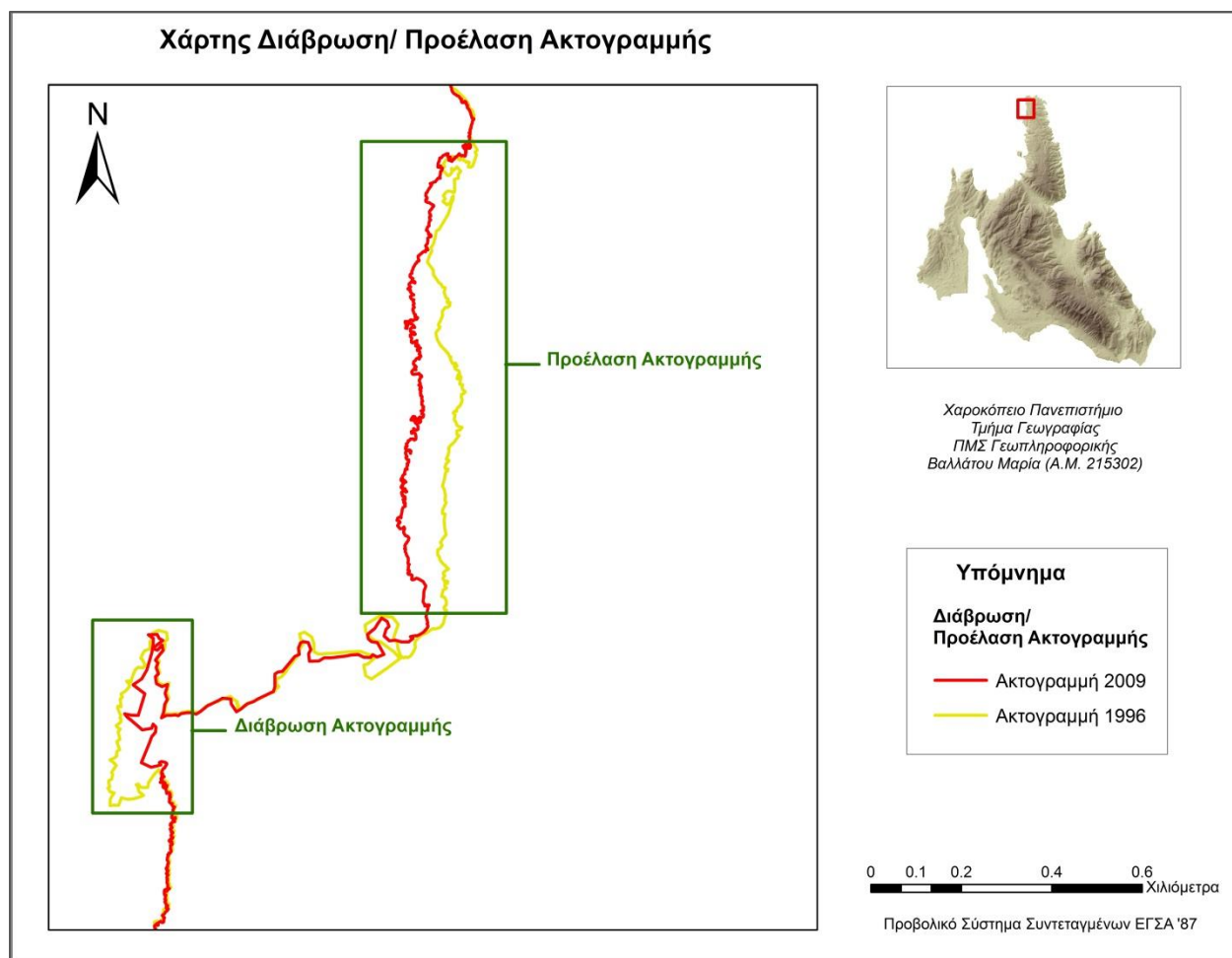


Ενώ στην συνέχεια το εργαλείο Vertices to Points δημιουργεί ένα νέο θεματικό επίπεδο που περιέχει σημεία που προκύπτουν από συγκεκριμένες κορυφές ή τις θέσεις των θεματικών επιπέδων εισόδου.



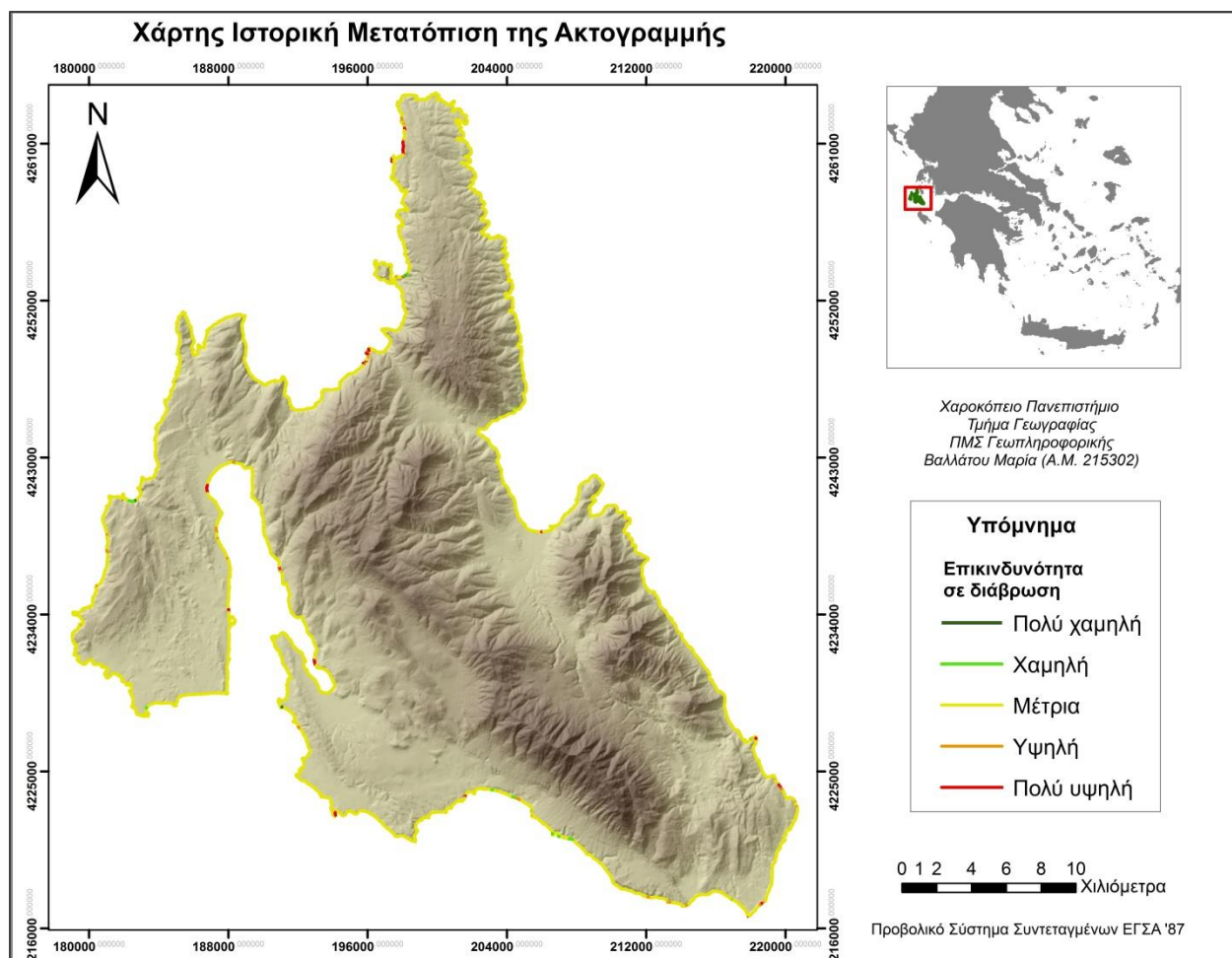
Στην συνέχεια παρατίθεται χάρτης ο οποίος εστιάζει σε συγκεκριμένες περιοχές προκειμένου να γίνει αντιληπτή η διάβρωση ή η προέλαση της ακτογραμμής μέσα στην πάροδο των χρόνων (Χάρτης 5.3). Περιοχές που προελαύνουν είναι λιγότερο επιρρεπείς σε σχέση με εκείνες που υποχωρούν οι οποίες θεωρούνται ως μεγάλης επικινδυνότητας.

Παρατηρήθηκε ότι στο νησί της Κεφαλονιάς εντοπίζονται αρκετές περιοχές προέλασης της ακτογραμμής. Το γεγονός αυτό οφείλεται στο ότι το νησί της Κεφαλονιάς είναι ιδιαίτερα ορεινό και σε συνδυασμό με τα έντονα φαινόμενα βροχοπτώσεων, οι χείμαρροι κατεβάζουν μπάζα και μπαζώνουν τις εκβολές.



Χάρτης 5.3: Διάβρωση/ Πρέλαση Ακτογραμμής (Ιδία επεξεργασία)

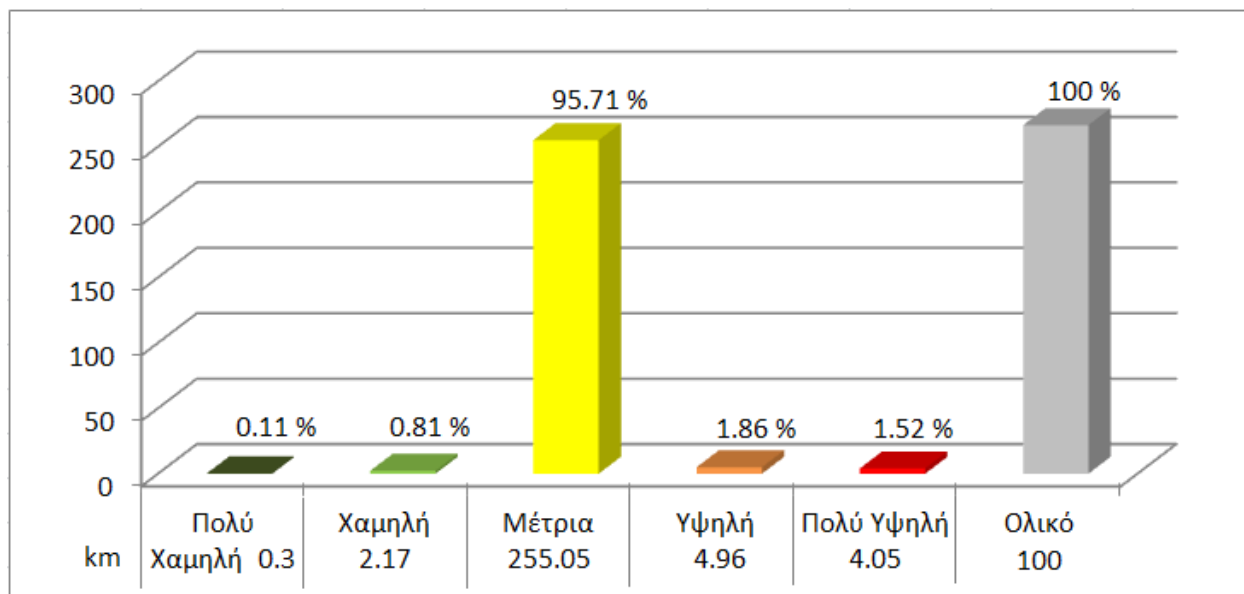
Διαπιστώνεται ότι η περιοχή μελέτης χαρακτηρίζεται κυρίως από μέτρια επικινδυνότητα σε διάβρωση σε σχέση με τον παράγοντα της οριζόντιας μεταβολής της ακτογραμμής (Χάρτης 5.4).



Χάρτης 5.4: Παράμετρος Ιστορικής Μετατόπισης της Ακτογραμμής (Ιδία επεξεργασία)

Πίνακας 5.4: Βαθμονόμηση της παραμέτρου της Ιστορικής Μετατόπισης της Ακτογραμμής (Ιδία επεξεργασία)

Μετατόπιση Ακτογραμμής	> 2,0 m/yr	1,0 - 2,0 m/yr	-1,0 - 1,0 m/yr	-2,0 - -1,0 m/yr	<-2,0 m/yr	Ολικό
Μήκος (%)	0,11	0,81	95,71	1,86	1,52	100
Μήκος (km)	0,3	2,17	255,05	4,96	4,05	266,48
Επικινδυνότητα	Πολύ χαμηλή(1)	Χαμηλή(2)	Μέτρια(3)	Υψηλή(4)	Πολύ Υψηλή(5)	



Διάγραμμα 5.3: Ραβδόγραμμα κατηγοριοποίησης της παραμέτρου της Ιστορικής Μετατόπισης της Ακτογραμμής (Ιδία επεξεργασία)

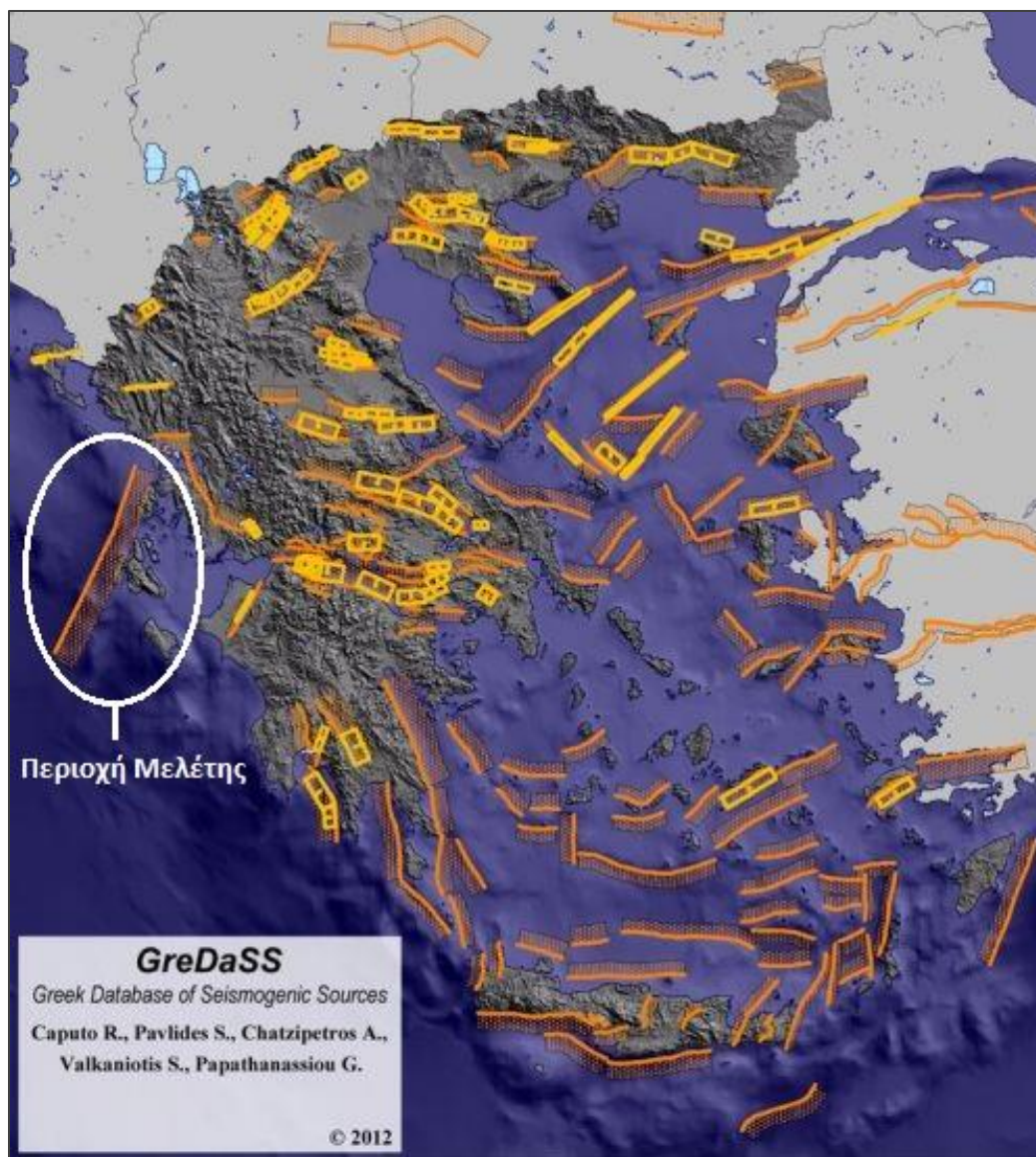
5.1.4 Σχετική Μεταβολή της Στάθμης της Θάλασσας

Μέση Στάθμη της Θάλασσας καλείται ο μέσος όρος των καταγραφών της στιγμιαίας στάθμης της θάλασσας για μια μεγάλη χρονική περίοδο (Ξύζη, 2004). Η μεταβλητή αυτή του δείκτη εμπεριέχει την παγκόσμια μεταβολή της στάθμης της θάλασσας (ευστατισμός) κυρίως λόγω θερμικής διαστολής των ωκεανών και κλιματικής αλλαγής, καθώς και τις τοπικές ισοστατικές ή τεκτονικές μετακινήσεις της ξηράς. Η επιρροή των παραγόντων αυτών στον υπολογισμό του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας αντανακλάται μέσα από την εν λόγω μεταβλητή (Σιάφακας, 2003).

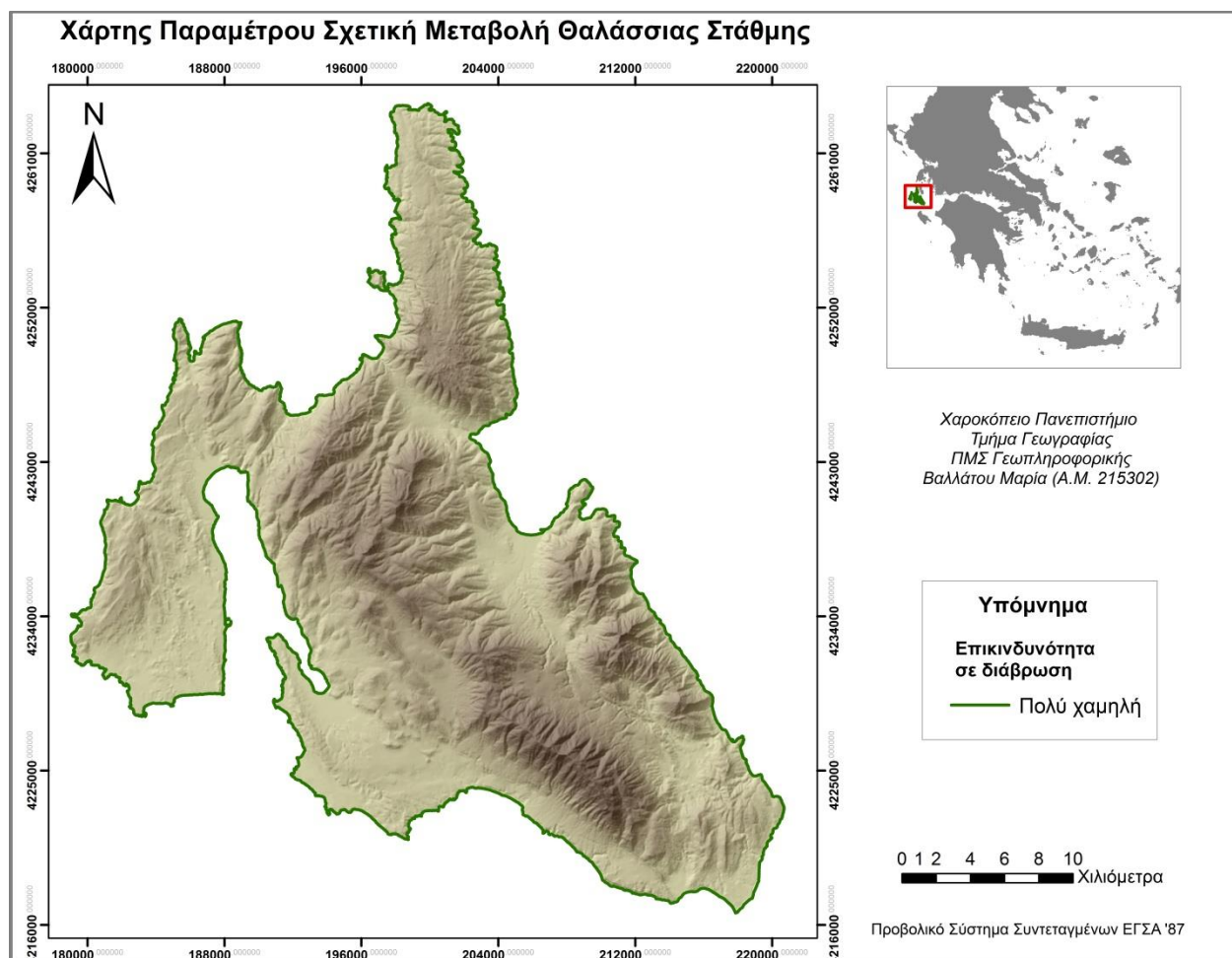
Η περιοχή μελέτης επηρεάζεται από ενεργά τεκτονικά ρήγματα και συνεπώς η σχετική μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης επηρεάζεται και από τους 2 προαναφερθέντες παράγοντες. Έτσι λοιπόν ελήφθησαν βιβλιογραφικά δεδομένα για την εκτίμηση της πρόσφατης ευστατικής ανόδου της θαλάσσιας στάθμης στην περιοχή της Κεφαλονιάς (IPCC 2013) καθώς και για την εκτίμηση του παράγοντα του τεκτονισμού (Journal of Maps 2013). Σύμφωνα με τις ευστατικές καμπύλες του Intergovernmental Panel on Climate Change και την τεκτονική ανύψωση της Κεφαλονιάς,

σύμφωνα με το Journal of Maps, η περιοχή μελέτης παρουσιάζει σταθερό μέσο ρυθμό ανόδου ίσο περίπου με 0,8 mm/yr (Ευστατισμός – Τεκτονισμός). Συνεπώς εντάσσεται στην κατηγορία (1) πολύ χαμηλής επικινδυνότητας.

$$\text{Μέσος Ρυθμός Ανόδου} = \text{Ευστατισμός (1 mm/yr)} - \text{Τεκτονισμός (0,2 mm/yr)}$$



Εικόνα 5.1:Χάρτης σεισμογενών περιοχών στον ελληνικό χώρο (Πηγή: Sboras S., 2012)



Χάρτης 5.5: Παράμετρος Σχετικής Μεταβολής Θαλάσσιας Στάθμης (Ιδία επεξεργασία)

Πίνακας 5.5: Βαθμονόμηση της παραμέτρου της Σχετικής Μεταβολής Θαλάσσιας Στάθμης (Ιδία επεξεργασία)

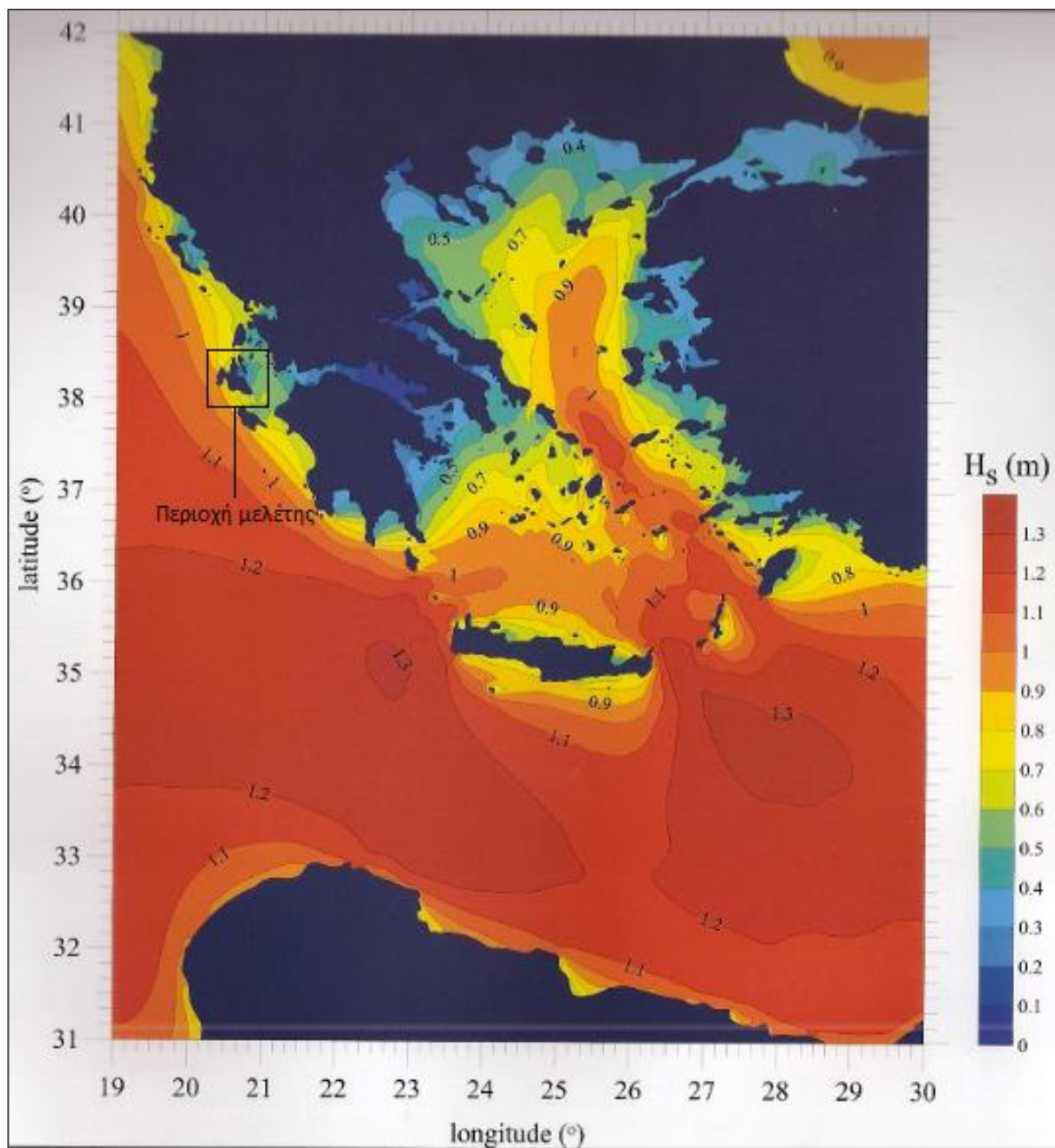
Σχετική Άνοδος Θαλάσσιας Στάθμης	<1,8 mm/yr	1,8 - 2,5 mm/yr	2,5 - 3,0 mm/yr	3,0 - 4,0 mm/yr	>3,4 mm/yr	Ολικό
Μήκος (%)	100	-	-	-	-	100
Μήκος (km)	266,48	-	-	-	-	266,48
Επικινδυνότητα	Πολύ χαμηλή(1)	Χαμηλή(2)	Μέτρια(3)	Υψηλή(4)	Πολύ Υψηλή(5)	

3.1.5 Μέσο Σημαντικό Ύψος Κύματος

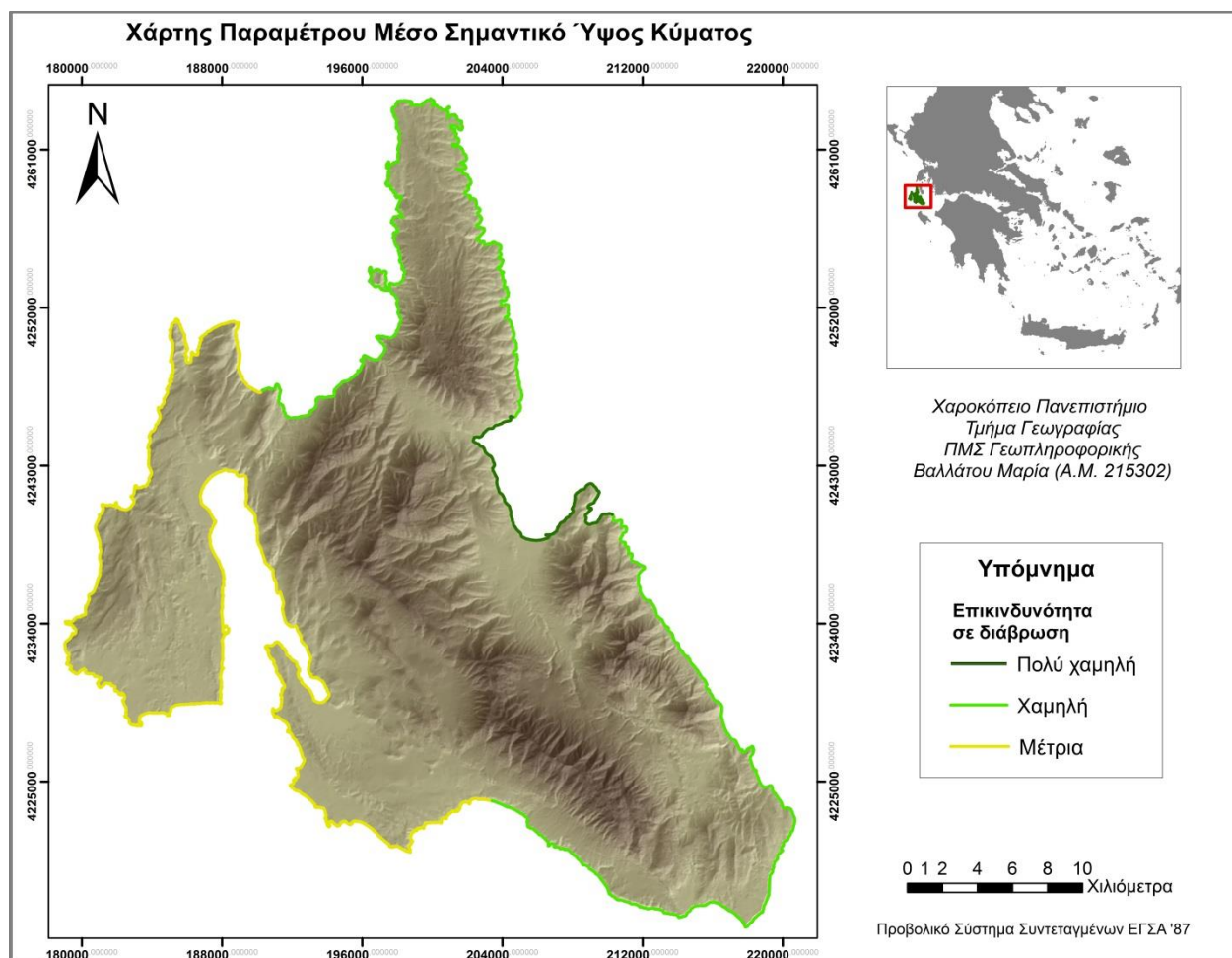
Πρόκειται για την παράμετρο εκείνη που εκφράζει το αντιπροσωπευτικό ύψος κύματος μιας πραγματικής, ακανόνιστης κατάστασης της θάλασσας (Σαρταμπάκου, 2013).

Τα ύψη κύματος που εμφανίζονται στην περιοχή, σύμφωνα με τον Άτλαντα Ανέμων και Κυματισμού των Ελληνικών θαλασσών (Soukisian *et al*, 2007) του Ελληνικού Κέντρου θαλασσίων Ερευνών, δεν ξεπερνούν τα 0.9m (Εικόνα 5.2). Συνεπώς αποδόθηκαν στην ακτογραμμή, οι τιμές 1 (Πολύ χαμηλής επικινδυνότητας), 2 (Χαμηλής επικινδυνότητας) και 3 (Μέτριας επικινδυνότητας).

Τόσο από τον χάρτη του μέσου σημαντικού ύψους κύματος της περιοχής μελέτης (Χάρτης 5.6), καθώς και από το διάγραμμα με το μήκος της κάθε ομάδας επικινδυνότητας (Διάγραμμα 5.4) διαπιστώνεται ότι το μεγαλύτερο μέρος της ακτογραμμής χαρακτηρίζεται ως χαμηλής και μέτριας επικινδυνότητας.



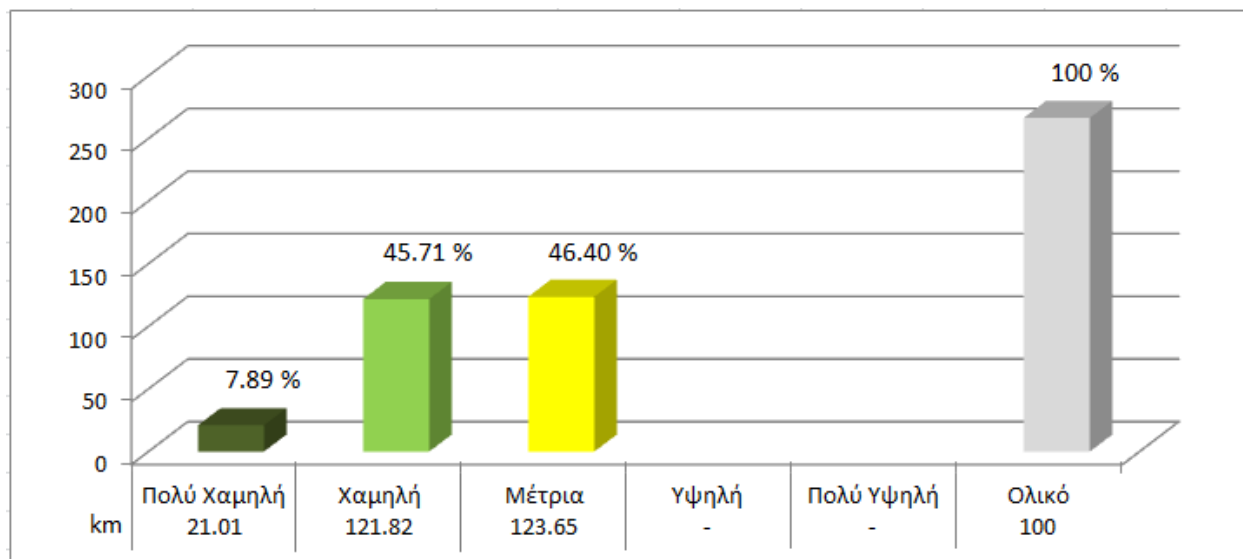
Εικόνα 5.2: Χωρική κατανομή του Μέσου Σημαντικού Ύψους Κύματος (Πηγή: Soukisian et al., 2007)



Χάρτης 5.6: Παράμετρος Μέσο Σημαντικό Ύψος Κύματος (Ιδία επεξεργασία)

Πίνακας 5.6: Βαθμονόμηση της παραμέτρου του Μέσου Σημαντικού Ύψους Κύματος (Ιδία επεξεργασία)

Μέσο Σημαντικό Ύψος Κύματος	<0,3 m	0,3 - 0,6 m	0,6 - 0,9 m	0,9 - 1,2 m	>1.2 m	Ολικό
Μήκος (%)	7,89	45,71	46,40	-	-	100
Μήκος (km)	21,01	121,82	123,65	-	-	266,48
Επικινδυνότητα	Πολύ χαμηλή(1)	Χαμηλή(2)	Μέτρια(3)	Υψηλή(4)	Πολύ Υψηλή(5)	



Διάγραμμα 5.4: Ραβδόγραμμα κατηγοριοποίησης της παραμέτρου του Μέσου Σημαντικού Ύψους Κύματος (Ιδία επεξεργασία)

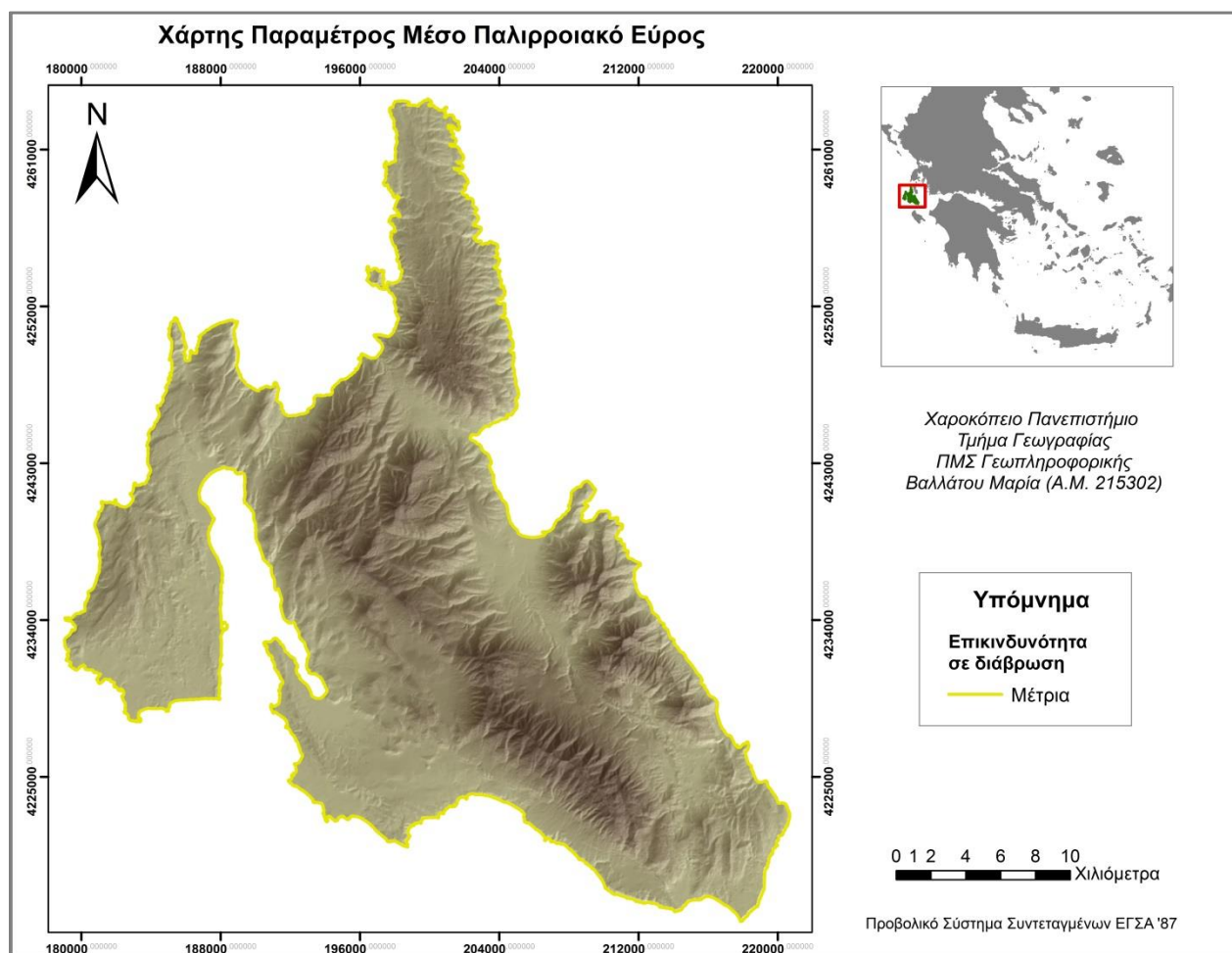
5.1.6 Μέσο Παλίρροιακό Εύρος

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 παλίρροιακό εύρος. Όσο μεγαλύτερο το μέσο εύρος παλίρροιας, τόσο μικρότερη η επικινδυνότητα για κατακλυσμό της εκάστοτε ακτής. Το φαινόμενο παρατηρείται σε κάθε παράκτια ζώνη και σαφώς επηρεάζει τη μορφολογία των ακτών και ως εκ τούτου, τον υπολογισμό του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας. (Σαρταμπάκου, 2013).

Με τον όρο παλίρροια ορίζεται το φυσικό φαινόμενο κατά το οποίο η στάθμη της θάλασσας ανυψώνεται και υποχωρεί δύο φορές την ημέρα. Η ανύψωση καλείται πλημμυρίδα και η ανώτατη στάθμη του θαλάσσιου νερού κατά την πλημμυρίδα καλείται πλήμμη. Αντίστοιχα, η υποχώρηση καλείται άμπωτις και η κατώτατη στάθμη του θαλάσσιου νερού κατά την αμπώτιδα καλείται ρηχία. Αφού το φαινόμενο ολοκληρωθεί, επαναλαμβάνεται από την αρχή. Η διαφορά των επιπέδων πλημμυρίδας και αμπώτιδας καλείται εύρος της παλίρροιας. Το φαινόμενο της παλίρροιας οφείλει την ύπαρξή του σε εξωγενείς επιδράσεις, και συγκεκριμένα στη συνδυασμένη έλξη πλανητών στην επιφάνεια της Γης, καθώς επίσης και σε ενδογενείς

επιδράσεις, δηλαδή στην επίδραση κλιματικών φαινομένων και γεωτεκτονικών κινήσεων που διαδραματίζονται στην επιφάνεια της Γης (Γαλανού, 2012).

Λαμβάνοντας υπόψη τα διαθέσιμα στοιχεία της Υδρογραφικής Υπηρεσίας για τον Ελλαδικό χώρο, το μέσο παλιρροϊακό εύρος για την περιοχή της Κεφαλονιάς, θεωρήθηκε το ίδιο κατά μήκος όλης της ακτογραμμής και ότι αυτό εντάσσεται στην κατηγορία μέτριας επικινδυνότητας (Χάρτης 5.7).



Χάρτης 5.7: Παράμετρος Μέσο Παλιρροϊακό Εύρος (Ιδία επεξεργασία)

Πίνακας 5.7: Βαθμονόμηση της παραμέτρου του Μέσου Παλιρροϊακού Εύρους (Ιδία επεξεργασία)

Μέσο Παλιρροϊακό Εύρος	<0,2 m	0,2 - 0,4 m	0,4 - 0,6 m	0,6 - 0,8 m	>0.8 m	Ολικό
Μήκος (%)	-	-	100	-	-	100
Μήκος (km)	-	-	266,48	-	-	266,48
Επικινδυνότητα	Πολύ χαμηλή(1)	Χαμηλή(2)	Μέτρια(3)	Υψηλή(4)	Πολύ Υψηλή(5)	

5.1.7 Υπολογισμός του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας

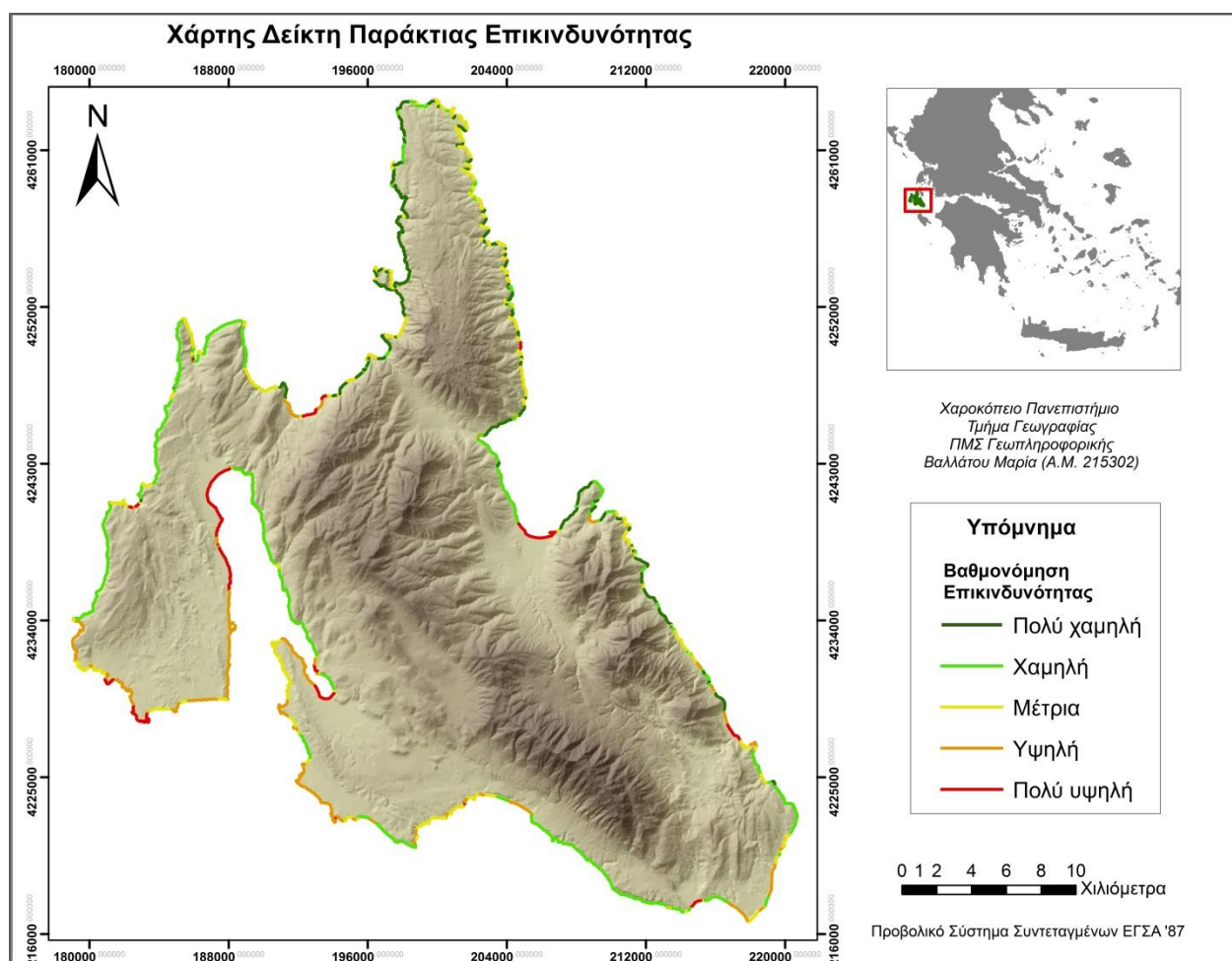
Έπειτα από την ταξινόμηση των επιμέρους μεταβλητών του δείκτη παράκτιας επικινδυνότητας, σε μία ενιαία κλίμακα ταξινόμησης, ακολούθησε η διαδικασία υπολογισμού του δείκτη. Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκε η μαθηματική σχέση υπολογισμού του δείκτη ώστε να γίνει σύνθεση των επιμέρους θεματικών επιπέδων και τελικά να παραχθεί ένα επίπεδο με την πληροφορία της παράκτιας επικινδυνότητας.

Το παραγόμενο θεματικό επίπεδο κατηγοριοποιήθηκε σε 5 κλάσεις με την μεθοδολογία των φυσικών διαστημάτων (natural breaks), η οποία αναγνωρίζει τις απότομες μεταβολές μεταξύ των τιμών.

Ένα ποσοστό 8.25% που αντιστοιχεί σε μήκος ακτογραμμής 21.98km παρουσιάζει πολύ υψηλή επικινδυνότητα σε διάβρωση. Η υψηλή επικινδυνότητα σε παράκτια διάβρωση εντοπίζεται στην περιοχή της Σάμης, του Πόρου, του Αργοστολίου και στο ανατολικό τμήμα της χερσονήσου της Παλικής (η Δυτική χερσόνησος). Ένα ποσοστό 16.98% που αντιστοιχεί σε μήκος ακτογραμμής 45.24km παρουσιάζει υψηλή επικινδυνότητα σε διάβρωση και εμφανίζεται κυρίως στο νότιο τμήμα στην χερσόνησο της Παλικής και στο νότιο τμήμα του κύριου κορμού του νησιού. Ένα ποσοστό 24.90% που αντιστοιχεί σε μήκος ακτογραμμής 66.36km παρουσιάζει μέτρια επικινδυνότητα σε διάβρωση. Κυρίως στο ανατολικό τμήμα στην χερσόνησο της Ερίσου (η Βόρεια χερσόνησος) και στο ανατολικό τμήμα του κύριου κορμού του νησιού. Ένα ποσοστό 31.73% που αντιστοιχεί σε μήκος ακτογραμμής 84.56km παρουσιάζει χαμηλή επικινδυνότητα

σε διάβρωση. Εντοπίζεται κυρίως στο δυτικό τμήμα της χερσονήσου της Παλικής αλλά και στο βόρειο και νότιο τμήμα του κύριου κορμού του νησιού. Τέλος ένα ποσοστό 18.14% που αντιστοιχεί σε μήκος ακτογραμμής 48.33km παρουσιάζει πολύ χαμηλή επικινδυνότητα σε διάβρωση και εμφανίζεται κυρίως στο δυτικό τμήμα της χερσονήσου της Ερίσου.

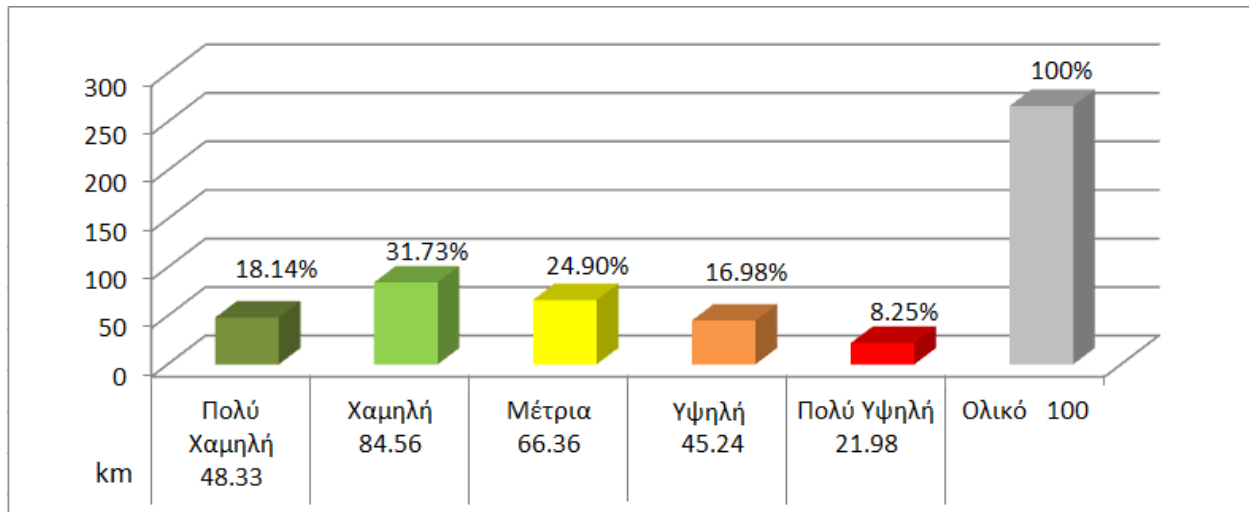
Συνολικά θα λέγαμε ότι η επικινδυνότητα σε διάβρωση κατανέμεται σχετικά ομοιόμορφα μεταξύ των 5 κατηγοριών επικινδυνότητας με την χαμηλή και μέτρια επικινδυνότητα να υπερτερούν (Χάρτης 5.8, Διάγραμμα 5.5). Τα τμήματα υψηλής και πολύ υψηλής επικινδυνότητας εντοπίζονται κυρίως στον βασικό κορμό του νησιού και στο νότιο τμήμα της χερσονήσου της Παλικής. Εκεί δηλαδή που συναντάμε κυρίως μικρές κλίσεις και μαλάκα πετρώματα (αμμώδεις παραλίες).



Χάρτης 5.8: Δείκτης Παράκτιας Επικινδυνότητας (Ιδία επεξεργασία)

Πίνακας 5.8: Βαθμονόμηση της παραμέτρου του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας (Ιδία επεξεργασία)

Επικινδυνότητα σε διάβρωση	Πολύ χαμηλή(1)	Χαμηλή(2)	Μέτρια(3)	Υψηλή(4)	Πολύ Υψηλή(5)	Ολικό
Μήκος (%)	18,14	31,73	24,90	16,98	8,25	100
Μήκος (km)	48,33	84,56	66,36	45,24	21,98	266,48

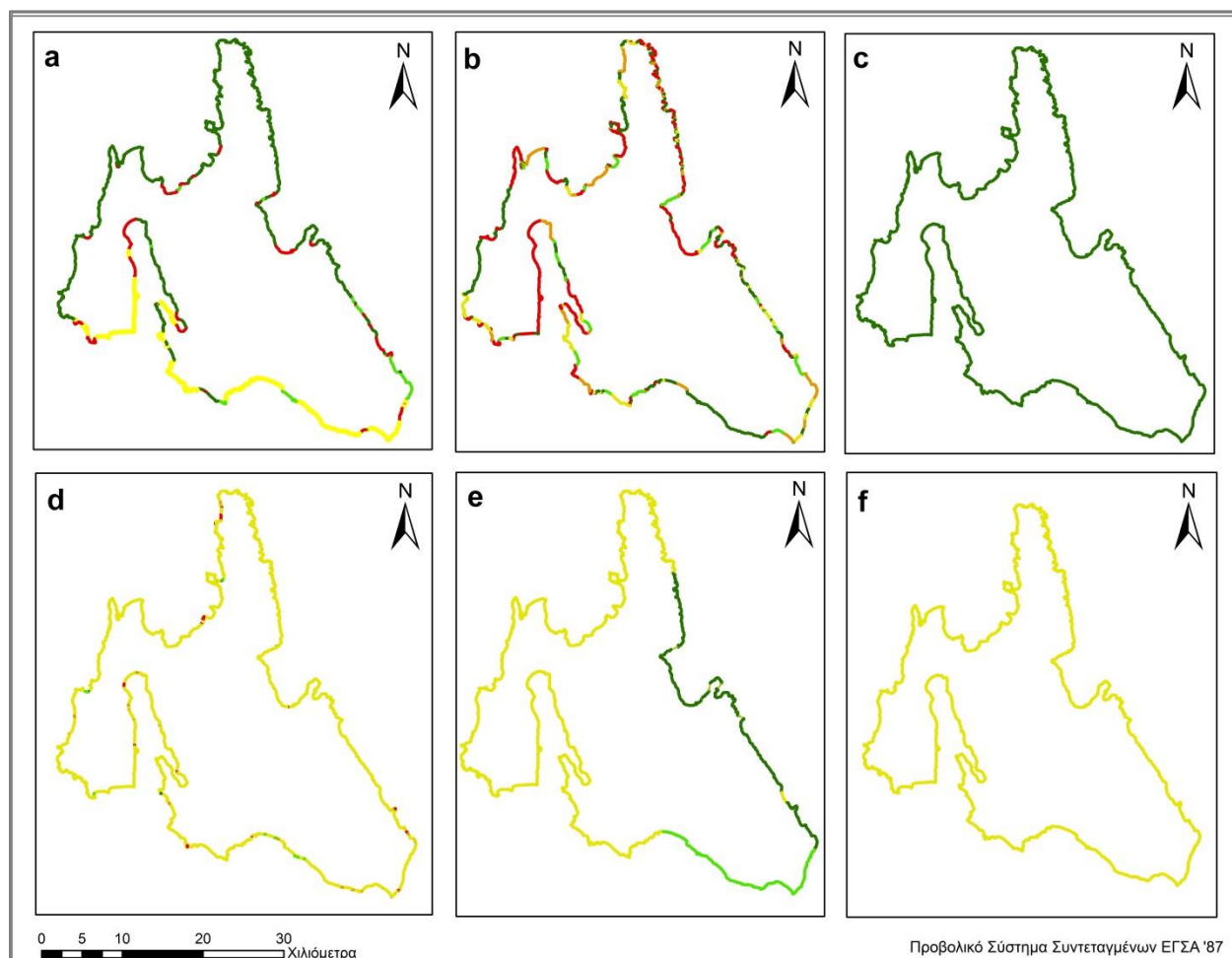


Διάγραμμα 5.5: Ραβδόγραμμα κατηγοριοποίησης της παραμέτρου του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας (Ιδία επεξεργασία)

Συγκρίνοντας τον ακόλουθο χάρτη (Χάρτης 5.9), ο οποίος παρουσιάζει την παράκτια επικινδυνότητα βάσει των εκάστοτε παράγοντα, με τον χάρτη του δείκτη της παράκτιας επικινδυνότητας, συμπεραίνουμε ότι τα κοινά χαρακτηριστικά των επικίνδυνων ζωνών είναι η γεωμορφολογία τους (σχεδόν το σύνολο αποτελεί αμμώδεις παραλίες) και η μικρή τους μορφολογική κλίση.

Αντίθετα ο κυματισμός, η παλίρροια και ο ρυθμός ανόδου της θαλάσσιας στάθμης δεν διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διαφοροποίηση του δείκτη στα επιμέρους τμήματα της ακτογραμμής.

Συνεπώς η εφαρμογή του δείκτη έδειξε ότι η παράκτια κλίση καθώς και η γεωμορφολογία αποτελούν τις σημαντικότερες, μεγάλης κλίμακας μεταβλητές προσδιορισμού της επικινδυνότητας μιας παράκτιας περιοχής. Η συσχέτιση των δύο αυτών μεταβλητών είναι ισχυρή, καθώς η κλίση αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της τοπογραφίας μιας παράκτιας περιοχής, ενώ η ίδια η τοπογραφία εκφράζεται μέσω των ιδιαίτερων παράκτιων γεωμορφών που συναντώνται σε κάθε διαφορετική ακτογραμμή παγκοσμίως (Σαρταμπάκου, 2013).



Χάρτης 5.9: Οι Παράμετροι του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας (Ιδία επεξεργασία)

5.2 Υπολογισμός Παράκτιας Τρωτότητας

Ο σχεδιασμός των χρήσεων γης είναι απαραίτητος σε κοινωνίες που ακόμα μεγαλώνουν και κατέχουν μη αναπτυγμένες περιοχές. Η επιτυχία των τεχνικών διαχείρισης εξαρτάται επίσης από τη διαθεσιμότητα πληροφοριών για τον καθορισμό των επικίνδυνων ζωνών. Ο ακριβής καθορισμός των ζωνών αυτών διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο όσον αφορά την αποδοχή από το κοινό των κανονισμών χρήσεων γης και κατά συνέπεια κανονισμοί που αφορούν φυσικές καταστροφές όπως οι πλημμύρες. Ο σχεδιασμός των χρήσεων γης είναι το κλειδί για την αποφυγή πολλών φυσικών καταστροφικών φαινομένων. Η προσέγγιση αυτή θα τύχει ακόμα μεγαλύτερης σημασίας στο μέλλον σαν αποτέλεσμα της εφαρμογής νέας τεχνολογίας για τη χαρτογράφηση των ζωνών κινδύνου η οποία με τη σειρά της αποτελεί το κλειδί για την ορθολογικότερη διαχείριση της γης. (Μαγκλάρα, 2011)

Όπως αναφέρθηκε για την εκτίμηση του δείκτη χρησιμοποιήθηκαν τα φυσικο-γεωγραφικά χαρακτηριστικά της παράκτιας ζώνης. Προκειμένου να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις της παράκτιας επικινδυνότητας στις χρήσεις γης, εκτιμήθηκαν τα μήκη των χρήσεων γης κατά μήκος της ακτογραμμής και συσχετίστηκαν με τις περιοχές της υψηλής επικινδυνότητας.

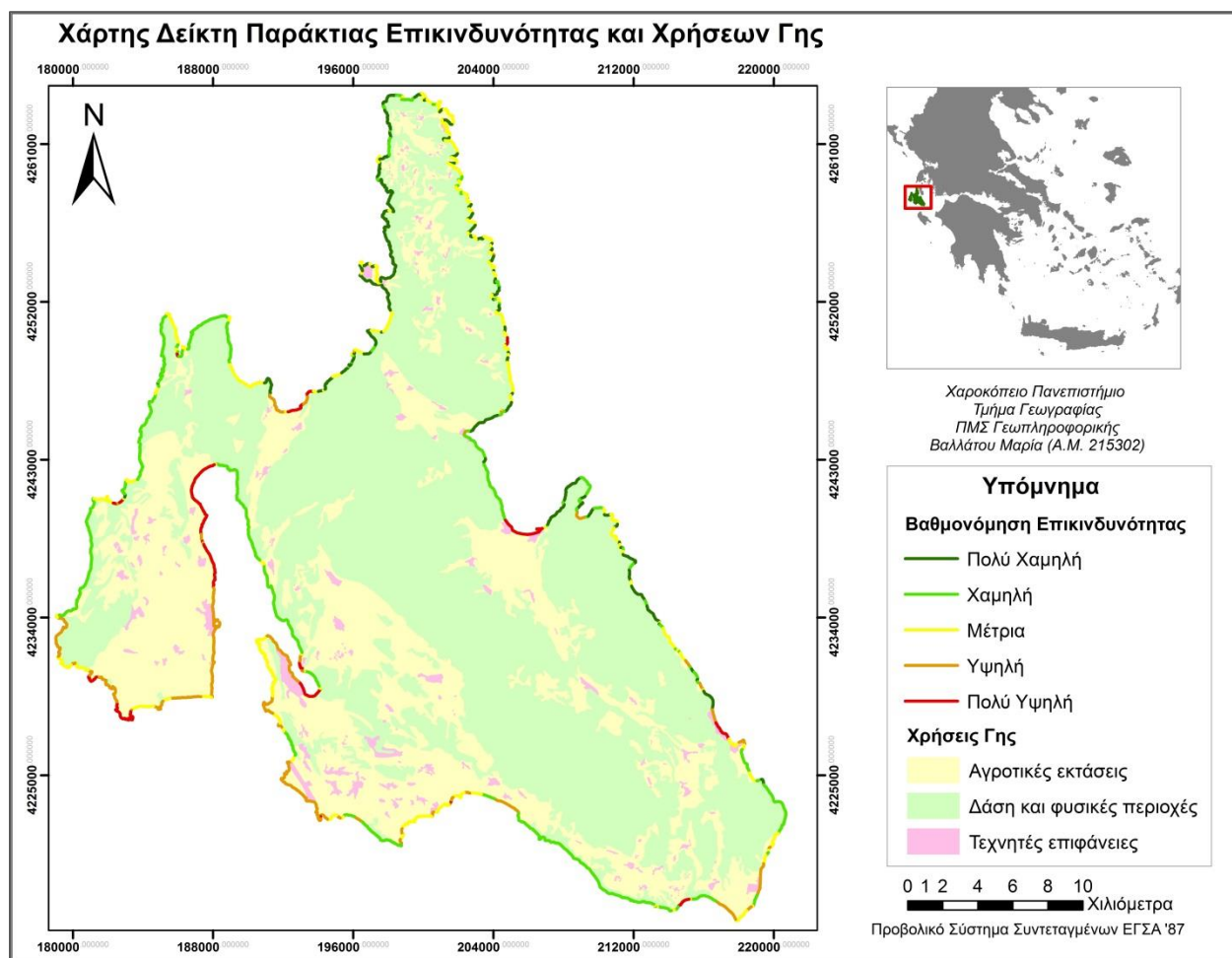
Χρησιμοποιήθηκε το Corine 2000 (open data) και έγιναν 2 περεταίρω ομαδοποιήσεις (Πίνακας 5.9) έτσι ώστε να καταλήξουμε σε μία πιο γενικευμένη κατηγοριοποίηση των χρήσεων γης, η οποία ευνοεί την συσχέτιση τους με την παράκτια επικινδυνότητα.

Πίνακας 5..9: Ομαδοποίηση των Χρήσεων Γης (Ιδία επεξεργασία)

311	Δάση πλατυφύλλων	Δάση	Δάση και φυσικές περιοχές
312	Κωνοφόρα δάση	Δάση	Δάση και φυσικές περιοχές
324	Παραδοσιακοί ξυλώδεις θάμνοι	Θάμνοι και χορτολίβαδα	Δάση και φυσικές περιοχές
323	Σκληρόφυλλη βλάστηση	Θάμνοι και χορτολίβαδα	Δάση και φυσικές περιοχές
321	Φυσικά χορτολίβατα	Θάμνοι και χορτολίβαδα	Δάση και φυσικές περιοχές
332	Γυμνά βράχια	Ανοιχτές περιοχές με λίγη ή καθόλου βλάστηση	Δάση και φυσικές περιοχές
333	Εκτάσεις με σποραδική βλάστηση	Ανοιχτές περιοχές με λίγη ή καθόλου βλάστηση	Δάση και φυσικές περιοχές
331	Παραλίες, αμμοθίνες	Ανοιχτές περιοχές με λίγη ή καθόλου βλάστηση	Δάση και φυσικές περιοχές
243	Αγροτικές εκτάσεις με σηματικό ποσοστό κάλυψης από φυσική βλάστηση	Ετερογενείς αγροτικές εκτάσεις	Αγροτικές εκτάσεις
242	Πολύπλοκα σχέδια καλλιέργειας	Ετερογενείς αγροτικές εκτάσεις	Αγροτικές εκτάσεις
221	Αμπελώνες	Μόνιμες καλλιέργειες	Αγροτικές εκτάσεις
223	Ελαιώνες	Μόνιμες καλλιέργειες	Αγροτικές εκτάσεις
231	Βοσκοτόπια	Βοσκοτόπια	Αγροτικές εκτάσεις
211	Μη αρδευόμενες οργώσιμες εκτάσεις	Οργώσιμες εκτάσεις	Αγροτικές εκτάσεις
124	Αεροδρόμια	Βιομηχανικές, εμπορικές και μεταφορικές μονάδες	Τεχνητές επιφάνειες
121	Βιομηχανικές ή εμπορικές μονάδες	Βιομηχανικές, εμπορικές και μεταφορικές μονάδες	Τεχνητές επιφάνειες
123	Λιμάνια	Βιομηχανικές, εμπορικές και μεταφορικές μονάδες	Τεχνητές επιφάνειες
112	Ασυνεχής αστικές κατασκευές	Αστικές κατασκευές	Τεχνητές επιφάνειες
142	Χώροι αναψυχής και αθλητισμού	Τεχνητές μη αγροτικές εκτάσεις με βλάστηση	Τεχνητές επιφάνειες
131	Χώροι εξόρυξης μεταλλευμάτων	Μεταλλεία, σκουπιδοτόποι και εργοτάξια	Τεχνητές επιφάνειες

Παρατηρούμε ότι οι περιοχές με υψηλή και πολύ υψηλή επικινδυνότητα εντοπίζονται σε αγροτικές εκτάσεις και τεχνητές επιφάνειες (Πίνακας 5.10).

Διαπιστώνουμε ότι ένα σημαντικό κομμάτι της ακτογραμμής εμφανίζει πολύ υψηλή τρωτότητα αφού η οικιστική ζώνη της Κεφαλονιάς εντοπίζεται στις περιοχές πολύ υψηλής επικινδυνότητας (έτσι όπως υπολογίστηκαν από τον δείκτη CVI). Επιπλέον ένα σημαντικό ποσοστό των αγροτικών εκτάσεων παρουσιάζει υψηλή και πολύ υψηλή τρωτότητα γεγονός, αφού εντοπίζονται στους αντίστοιχους βαθμούς επικινδυνότητας, γεγονός που αποκαλύπτει πως η μελλοντική άνοδος της θαλάσσιας στάθμης θα πλήξει σοβαρά την γεωργική παραγωγή του νησιού.



Χάρτης 5.10: Παράκτια Επικινδυνότητα και Χρήσεις Γης (Ιδία επεξεργασία)

Πίνακας 5.10: Παράκτια Επικινδυνότητα και Χρήσεις Γης (Ιδία επεξεργασία)

Χρήσεις Γης	Επικινδυνότητα									
	Πολύ χαμηλή(1)		Χαμηλή(2)		Μέτρια(3)		Υψηλή(4)		Πολύ υψηλή(5)	
	km	%	km	%	km	%	km	%	km	%
Αγροτικές Εκτάσεις	6,66	2,50	28,57	10,72	27,46	10,30	24,43	9,17	13,63	5,11
Δάση και Φυσικές Περιοχές	40,69	15,27	55,33	20,76	35,47	13,31	10,51	3,94	3,88	1,46
Τεχνητές Επιφάνειες	1,54	0,58	0,66	0,25	2,87	1,08	10,31	3,87	4,47	1,68

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Για πρώτη φορά, στο νησί της Κεφαλονιάς, επιχειρείται η εκτίμηση του δείκτη παράκτιας επικινδυνότητας (CVI) και τρωτότητας. Ένα βήμα εντελώς απαραίτητο έτσι ώστε να γίνει σωστή και ολοκληρωμένη διαχείριση του κινδύνου της παράκτιας διάβρωσης.

Αντίστοιχη μεθοδολογία εκτίμησης της παράκτιας διάβρωσης με εφαρμογή του Δείκτη CVI έχει χρησιμοποιηθεί σε πληθώρα μελετών. Ωστόσο τα αποτελέσματα της συγκεκριμένης μελέτης επιλέχθηκε να συγκριθούν με μελέτες που έχουν χρησιμοποιηθεί τα ίδια εύρη τιμών κατηγοριοποίησης της επικινδυνότητας. Συγκεκριμένα με τις εξής μελέτες: για το νησί της Σαλαμίνας, τις νότιες ακτές του Κορινθιακού Κόλπου και το νησί της Ελαφονήσου.

Στις προαναφερθείσες μελέτες, που έχουν γίνει στον Ελλαδικό χώρο, χρησιμοποιώντας τα ίδια εύρη τιμών για τη βαθμονόμηση των παραμέτρων του δείκτη, όπως στην περίπτωση για το νησί Σαλαμίνα το εύρος των τιμών του ΔΠΕ εκτιμήθηκε μεταξύ των τιμών 0,6 και 5,0 (Karymbalis et al., 2014). Αντίστοιχα σε άλλη έρευνα των νότιων ακτών του Κορινθιακού Κόλπου, εκτιμήθηκαν τιμές CVI μεταξύ 0,6 και 9,1 (Karymbalis et al., 2012). Επιπλέον για την Ελαφονήσο υπολογίστηκε ένα εύρος τιμών CVI μεταξύ των τιμών 1,2 έως 7,1 (Karymbalis et al., 2014). Αντίστοιχα το εύρος των τιμών του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας για το νησί της Κεφαλονιάς, σύμφωνα με τις ακραίες αυτές τιμές η ακτογραμμή κατηγοριοποιήθηκε σε πέντε κατηγορίες επικινδυνότητας, κυμαίνεται μεταξύ 0,1 και 11,18. Το μεγαλύτερο εύρος τιμών οφείλεται στο μεγαλύτερο μήκος ακτογραμμής δηλαδή στην ποικιλομορφία της γεωμορφολογίας του νησιού.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Την τελευταία δεκαετία η άνοδος της θαλάσσιας στάθμης αποτελεί συνεχές αντικείμενο συζήτησης και προβληματισμού τόσο για την επιστημονική κοινότητα, όσο και για τον κρατικό μηχανισμό σε θέματα λήψης αποφάσεων και επίλυσης προβλημάτων. (Μαγκλάρα, 2011). Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας επηρεάζει κυρίως τις παράκτιες περιοχές με ήπιο ανάγλυφο. Η σημαντικότητα του φαινομένου φαίνεται μέσα από τις διάφορες εκθέσεις και έρευνες που γίνονται σε διεθνές και ευρωπαϊκό επίπεδο.

Οι ευρωπαϊκές ακτές είναι εκτεθειμένες στην παράκτια διάβρωση με περίπου 20.000 χλμ να έχουν υποστεί σημαντικές επιπτώσεις. Η ποσότητα αυτή αντιστοιχεί περίπου στο ένα πέμπτο των ακτών της διευρυμένης ΕΕ ενώ παρατηρείται στις περισσότερες από αυτές τι περιοχές υποχώρηση της ακτογραμμής κατά 0,5 έως 2 μέτρα ετησίως και σε μερικές ακραίες περιπτώσεις, κατά 15 μέτρα (Eurosion, 2004b). Σύμφωνα με έκθεση του προγράμματος Eurosion της Ευρωπαϊκής Επιτροπής διαπιστώνεται ότι οι ακτές της Μεσογείου αλλά και ακτές εντός κλειστών θαλασσών επηρεάζονται περισσότερο από τους μηχανισμούς της διάβρωσης με αποτέλεσμα σημαντικά τους τμήματα να αντιμετωπίζουν ήδη προβλήματα διάβρωσης.

Στην περίπτωση της Ελλάδας το 28,6% του συνόλου της ακτογραμμής υπολογίζεται ότι υπόκειται σε διαβρωτικές εργασίες (Coastal Practice Network Newsletter No2, 2004) γεγονός που κατατάσσει τη χώρα τέταρτη στη σχετική λίστα της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με τις ακτές που διαβρώνονται. Αυτός ο υψηλός ρυθμός διάβρωσης οφείλεται μερικώς στους σχετικά ισχυρούς κυματισμούς που αναπτύσσονται στις ελληνικές θάλασσες καθ' όλη τη διάρκεια του έτους καθώς και στην αμμόδη φύση των ακτών. Άλλη αιτία είναι οι ανθρωπογενείς επεμβάσεις κατά μήκος των ακτογραμμών τουριστικά κυρίως αξιοποιημένων περιοχών και η κατασκευή μεγάλου αριθμού φραγμάτων στις κοίτες των ποταμών που καταλήγουν στις ακτές περιορίζοντας σημαντικά την τροφοδοσία τους με ίζημα.

Κατά καιρούς έχουν προταθεί διάφορες μεθοδολογίες για την εκτίμηση της επικινδυνότητας και τρωτότητας των παράκτιων περιοχών σε μια ενδεχόμενη μελλοντική άνοδο της θαλάσσιας

στάθμης τόσο σε κλίμακα κρατών, όσο και σε τοπικό επίπεδο. Σκοπός των μεθοδολογιών αυτών είναι η αναγνώριση και η εκτίμηση των οικολογικών, φυσικογεωγραφικών και κοινωνικοοικονομικών επιπτώσεων από την αναμενόμενη άνοδο της θαλάσσιας στάθμης, η κατανόηση του τρόπου με τον οποίο η ανάπτυξη και άλλοι κοινωνικοοικονομικοί παράγοντες επιδρούν στην επικινδυνότητα, η ποσοτική και ποιοτική εκτίμηση των αρνητικών αποτελεσμάτων με τελικό σκοπό τη λήψη κατάλληλων μέτρων προστασίας. (Mimura, 1999)

Η εφαρμογή των δεικτών αυτών σε εθνική κλίμακα βοηθά τον προκαταρκτικό εντοπισμό των επικίνδυνων και/ή τρωτών περιοχών. Το πρώτο αυτό βήμα προσδιορισμού των παράκτιων περιοχών που αναμένεται να αντιμετωπίσουν μεγαλύτερο πρόβλημα έχει ιδιαίτερη σημασία για τη χάραξη σχεδίων αντιμετώπισης του κινδύνου της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης. Τα πρώτα αποτελέσματα της κατηγοριοποίησης των ακτών σε διάφορες κατηγορίες επικινδυνότητας / τρωτότητας αποτελούν ένα χρήσιμο εργαλείο για τους διαχειριστές του παράκτιου χώρου και αυτούς που καλούνται να ασκήσουν πολιτικές προστασίας της παράκτιας ζώνης από τους φυσικούς κινδύνους. Μετά την αρχική εκτίμηση των πλέον επιδεκτικών / τρωτών ακτών απαιτείται η εστίαση σε συγκεκριμένες περιοχές ιδιαίτερου κοινωνικο-οικονομικού και περιβαλλοντικού ενδιαφέροντος για τη λεπτομερέστερη (σε μεγαλύτερη κλίμακα) μελέτη τους (Καρύμπαλης κ.α..).

Συγκεκριμένα ο Δείκτης Παράκτιας Επικινδυνότητας (Coastal Vulnerability Index – CVI), που εφαρμόστηκε σε αυτή την μελέτη, αποτελεί ένα δυναμικό, απλό, αντικειμενικό και εύχρηστο μαθηματικό εργαλείο προσδιορισμού της παράκτιας επικινδυνότητας σε σχέση με τις μελλοντικές μεταβολές της στάθμης της θάλασσας. Η προσέγγιση αυτή συνδυάζει την ευαισθησία της παράκτιας ζώνης στις μεταβολές με τη φυσική της δυνατότητα να προσαρμόζεται στις μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες. Στην ουσία, πρόκειται για έναν δείκτη που σκιαγραφεί με ποιοτικό τρόπο την ευαισθησία ενός συστήματος σε μια ενδεχόμενη άνοδο της στάθμης της θάλασσας (Δουκάκης, 2005).

Ο Δείκτης Παράκτιας Επικινδυνότητας (CVI) αποτελείται από τις εξής παραμέτρους: (α) γεωμορφολογία, (β) παράκτια κλίση, (γ) σχετική μεταβολή της θαλάσσιας στάθμης, (δ) ιστορική μετατόπιση της ακτογραμμής, (ε) μέσο σημαντικό ύψος κύματος και (φ) μέσο παλιρροϊακό εύρος. Για κάθε μία από τις 6 παράμετρους του δείκτη, η ακτή κατηγοριοποιήθηκε σε πέντε κατηγορίες επικινδυνότητας, (1) πολύ χαμηλή έως (5) πολύ υψηλή. Τα όρια βαθμονόμησης της

ακτής σε πέντε κατηγορίες επικινδυνότητας, έχουν προταθεί από τους Pendelon et al. (2004). Για τις παραμέτρους (c), (e) και (f) χρησιμοποιήθηκαν τα όρια που έχουν προταθεί για τις ελληνικές ακτές από τους Karymbalis et al. (2012). Τελικό στόχο αποτέλεσε η ταξινόμηση όλων των μεταβλητών σε μία ενιαία κλίμακα βαθμονόμησης της παράκτιας επικινδυνότητας, έτσι ώστε να καθίσταται εφικτή η εκτίμηση του δείκτη παράκτιας επικινδυνότητας CVI.

Η εφαρμογή του δείκτη στο νησί της Κεφαλονιάς έδειξε ότι η επικινδυνότητα σε διάβρωση κατανέμεται σχετικά ομοιόμορφα μεταξύ των 5 κατηγοριών επικινδυνότητας. Συγκεκριμένα το 50,13% της ακτογραμμής παρουσιάζει από “μέτρια” έως “πολύ υψηλή” επικινδυνότητα, κάτι το οποίο καθιστά υπαρκτό και σημαντικό τον κίνδυνο της παράκτιας διάβρωσης στο νησί.

Οι σημαντικότερες παράμετροι που επηρεάζουν και διαμορφώνουν τις τιμές τους είναι η γεωμορφολογία και η παράκτια κλίση. Συγκεκριμένα οι περιοχές με μεγάλη κλίση εμφανίζουν γενικά από πολύ χαμηλή έως και μέτρια επικινδυνότητα. Όπως επίσης και οι περιοχές που καταλαμβάνονται από βραχώδεις ακτές. Αντίθετα ο κυματισμός, η παλίρροια και ο ρυθμός ανόδου της θαλάσσιας στάθμης δεν διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη διαφοροποίηση του δείκτη στα επιμέρους τμήματα της ακτογραμμής.

Τα τμήματα υψηλής και πολύ υψηλής επικινδυνότητας εντοπίζονται κυρίως στον βασικό κορμό του νησιού και στο νότιο τμήμα της χερσονήσου της Παλικής. Εκεί δηλαδή που συναντάμε κυρίως μικρές κλίσεις και αμμώδεις παραλίες.

Επιπλέον διαπιστώνουμε ότι η οικιστική ζώνη της Κεφαλονιάς εμφανίζει πολύ υψηλή τρωτότητα αφού εντοπίζεται στις περιοχές “πολύ υψηλής” επικινδυνότητας. Όμοια σημαντικό ποσοστό των αγροτικών εκτάσεων παρουσιάζει “υψηλή” και “πολύ υψηλή” τρωτότητα, γεγονός που αποκαλύπτει πως η μελλοντική άνοδος της θαλάσσιας στάθμης θα έπληττε σοβαρά την γεωργική παραγωγή και την οικιστική ζώνη του νησιού.

Ο παράκτιος χώρος έχει ζωτική σημασία για την χώρα γι' αυτό κρίνεται σκόπιμη η υιοθέτηση μιας τέτοιου είδους μεθοδολογίας, με την προσθήκη ακόμα περισσότερων παραμέτρων για τη δημιουργία κατάλληλων δεικτών, με σκοπό την εφαρμογή τους για την αναγνώριση των

παράκτιων περιοχών που είναι ευάλωτες στην άνοδο της στάθμης της θάλασσας και την υιοθέτηση κατάλληλων πολιτικών προσαρμογής. (Μαυροματίδη, 2015)

Επιπλέον το μοντέλο στη σημερινή του μορφή δεν είναι σε θέση να αποτελέσει ένα αξιόπιστο μέσο για τον ακριβή χαρακτηρισμό της επικινδυνότητας ακτογραμμών. Το γεγονός αυτό δεν οφείλεται μόνο στην ενδεχόμενη αναγκαία προσθήκη ακόμα περισσότερων παραμέτρων αλλά και στην έλλειψη ειδικών τιμών βαρύτητας στις επιμέρους μεταβλητές που συνθέτουν το μαθηματικό μοντέλο του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας (Μέθοδος της Αναλυτικής Ιεράρχησης). Το γεγονός αυτό καταδεικνύει την ανάγκη εύρεσης και περιγραφής ενός μαθηματικού συλλογισμού για την απόδοση των κατάλληλων τιμών βαρύτητας στις μεταβλητές (Σαρταμπάκου, 2013).

Επιπροσθέτως αναγκαία θα ήταν η εφαρμογή του δείκτη κοινωνικής τρωτότητας (δημογραφία, δίκτυα, οικονομία κτλ) για την εκτίμηση του μεγέθους του κοινωνικο – οικονομικού κόστους.

Πρόκληση αποτελεί η παράκτια διαχείριση να στοχεύει μέσω της ολοκληρωμένης διαχείρισης στην αειφόρο ανάπτυξη για τις μελλοντικές γενιές (Bower & Turner, 1998). Η παράκτια διαχείριση πρέπει να συνδυάζει τη διατήρηση στο υψηλότερο δυνατό επίπεδο της περιβαλλοντικής ακεραιότητας, τη λειτουργία και προσαρμοστικότητα, μειώνοντας το επίπεδο της επικινδυνότητας των παράκτιων συστημάτων και ως εκ τούτου των τοπικών πληθυσμών, στα καταστροφικά φυσικά γεγονότα. Συνεπώς ο σχεδιασμός και η αξιολόγηση για την ελαχιστοποίηση της παράκτιας επικινδυνότητας είναι κρίσιμο στοιχείο στο πλαίσιο της ορθής παράκτιας διαχείρισης (Towneud, 1990).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική

Αλεξανδράκης Γ., Καρδitsά Α., Πούλος Σ., Γκιώνης Γ., Καμπάνης Ν. , (2009), “Εκτίμηση της τρωτότητας των ακτών του Αιγαίου στην αύξηση της θαλάσσιας στάθμης”. Εισήγηση, 9ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας, Πρακτικά, Τόμος Ι, Πάτρα.

Βελεγράκης, Α.Φ. (2008). “Σημειώσεις παράκτιας γεωλογίας”, Τμήμα Επιστημών της Θάλασσας, Σχολή Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη.

Βέργος Σ., (1988), “Σημειώσεις Μαθημάτων Δασοκομικής Καρδίτσα”, Τμήμα Δασοπονίας, ΤΕΙ Λάρισας.

Γεωγραφική Υπηρεσία Στρατού (Γ.Υ.Σ)

Γαρμπή Σ., (2004), “Υδρολογική διερεύνηση της Νήσου Κεφαλονιάς, με χρήση G.I.S”, Μεταπτυχιακή Ερευνητική Διατριβή, Μ.Π.Σ., Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο.

Γαλανού Αι. (2012). «Ανανεώσιμες Πηγές Ενέργειας, Χρονική Εξέλιξη – Σύγκριση». Μεταπτυχιακή Εργασία, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων», Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Δημόσια Ανοιχτά Δεδομένα (Geodata)

Δουκάκης Ε., (2005), “Κλιματικές, γεωδυναμικές, γεωλογικές και φυσικές μεταβλητές προσδιορισμού της παράκτιας επικινδυνότητας”. Εισήγηση, Τρίτο Πανελλήνιο Συνέδριο με θέμα «Διαχείριση και Βελτίωση Παράκτιων Ζωνών», Αθήνα.

Δουκάκης Ε., (2007), “Φυσικές καταστροφές και Παράκτια ζωνή”, Αθήνα.

Εθνικό Κτηματολόγιο & Χαρτογράφησης (ΕΚΧΑ Α.Ε.)

Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ)

“Επιχειρησιακό Πρόγραμμα 2013- 2014”, Δήμος Κεφαλονιάς.

Ινστιτούτο Γεωλογικών & Μεταλλευτικών Ερευνών (Ι.Γ.Μ.Ε)

Καραγιάννη Β., (2010), “Διαχείριση και προστασία των ενδημικών, απειλούμενων και σπάνιων φυτών του Εθνικού Δρυμού Αίνου Κεφαλονιάς”, Μεταπτυχιακή Ερευνητική Διατριβή, Μ.Π.Σ., Τμήμα Βιολογίας, Παν/μιο Πατρών.

Καρύμπαλης Θ.Ε. (2010), Παράκτια Γεωμορφολογία, Εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα 2010.

Καρύμπαλης Θ.Ε., Γάκη-Παπαναστασίου Κ., Μαρουκιάν Χ., Βαλκάνου Κ., “Αίτια μεταβολής στάθμης θάλασσας – Μεθοδολογίες εκτίμησης της επικινδυνότητας των ελληνικών ακτών στη μελλοντική της άνοδο”, Εκδόσεις Σταμούλη.

Κοκκώσης Χ., (2006), “Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιων Ζωνών”.

Κοτίνη και Ζαμπάκα Σ., (1983), “Συμβολή στη μελέτη του κλίματος της Ελλάδας”, Ακαδημία Αθηνών, Κέντρον Έρευνας Φυσικής της Ατμοσ. Και Κλιμ., αρ. 8.

Λασκαράτου και Λαδά Μ., (1973), “Τό κλίμα της Κεφαλληνίας”, Αθήνα.

Λέκκας Ε, Δαναμος Γ και Μαυρίκας Γ., (2001), “Γεωλογική δομή και εξέλιξη των νήσων Κεφαλλονιάς & Ιθάκης”.

Μαγκλάρα Μ., (2011), “Εκτίμηση της έκθεσης των ακτών της Ελαφονήσου στους παράκτιους φυσικούς κινδύνους”, Μεταπτυχιακή Ερευνητική Διατριβή, Μ.Π.Σ., Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.

Μαντόγλου, Α., (2001), “Διαχείριση παράκτιων ζωνών”, Σ.Α.Τ.Μ.,ΕΜΠ., Αθήνα.

Μαστροδήμου Ι., (2010), “Σχέδιο Διαχείρισης Περιβαλλοντικών Προβλημάτων της Παράκτιας Ζώνης Νότιας Αττικής (από Ελληνικό μέχρι Βούλα)”, διπλωματική εργασία στο τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, ΕΜΠ.

Μαυροματίδη Α., (2015), “Εκτίμηση της επιδεκτικότητας στους φυσικούς κινδύνους και πολεοδομική εξέλιξη της παράκτιας ζώνης του Ν.Πιερίας- παραλία Κατερίνης”, Μεταπτυχιακή Ερευνητική Διατριβή, Μ.Π.Σ., Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.

Μιχαηλόγλου Α., (2011), “Χωρικές και Περιβαλλοντικές Επιπτώσεις της Παράκτιας διάβρωσης: Η περίπτωση του Νομού Δωδεκανήσου”.

Μιχαλές Β. και Γαρτσώνη Ε., (1996), “ Γενικό Διαχειριστικό Σχέδιο Εθνικού Δρυμού Αίνου (Master Plan), Γενική Γραμματεία Δασών και Φυσικού Περιβάλλοντος”, Διεύθυνση Δασών Κεφαλληνίας, Αργοστόλι, σελ. 109.

Μπανέλα Μ., (2015), “Ανάπτυξη εργαλειοθήκης σε περιβάλλον Γ.Σ.Π. για τον υπολογισμό του Δείκτη Παράκτιας Τρωτότητας”, Μεταπτυχιακή Ερευνητική Διατριβή, Μ.Π.Σ., Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο, Αθήνα.

Μποβέρου Α., “Εκτίμηση επικινδυνότητας παράκτιας περιοχής Αγίου Κωνσταντίνου- Αρκίτσας (Ν. Φθιώτιδας) στους παράκτιους κινδύνους”, Μεταπτυχιακή Ερευνητική Διατριβή, Μ.Π.Σ., Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.

Ξύξη Μ. (2004). «Μελέτη της Παράκτιας Εμβαλότητας από τις Κλιματικές Αλλαγές». Διπλωματική Εργασία, Σχολή Αγρονόμων & Τοπογράφων Μηχανικών, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα.

Παναγιωτίδης, Π., Χατζημπίρος, Κ. (2004). “Παράκτια οικοσυστήματα & ανθρωπογενείς πιέσεις στις ακτές - παραδείγματα από την Ελλάδα”, Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών και Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, διατμηματικό μεταπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών: Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων, Αθήνα.

Παναγιωτίδης Π. και Χατζημπίρος Κ., (2008), Ολοκληρωμένη διαχείριση παράκτιας ζώνης: αξιολόγηση της εφαρμογής του Ευρωπαϊκού θεσμικού πλαισίου, από τα πρακτικά του «Τέταρτου Πανελλήνιου Συνεδρίου στη Διαχείριση και Βελτίωση Παράκτιων Ζωνών», Μυτιλήνη 2008, 394-404.

Παπανικολάου Μ., Παπανικολάου Δ., Βασιλάκης Ε., (2011), “Μεταβολές της Στάθμης της θάλασσας και επιπτώσεις στις ακτές”.

Σαρταμπάκου Α., (2013), “Δείκτης Παράκτιας Επικινδυνότητας - Διερεύνηση της αξιολόγησης των παραμέτρων κινδύνου του Δείκτη Παράκτιας Επικινδυνότητας”.

Σκαρβέλης Σ., (2005), “Οικονομικές επιπτώσεις της ανόδου της θαλάσσιας στάθμης λόγω κλιματικής αλλαγής”

Σιάφακας Β., (2003), “Επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών στις παράκτιες ζώνες. Παράκτια επικινδυνότητα σε περιοχές της Κω”, Διπλωματική Εργασία, Ε.Μ.Π., ΣΑΤΜ–Τομέας Τοπογραφίας, Αθήνα.

Σιάφακας Β., (2003), “Επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών στην παράκτια ζώνη της νήσου Κω”, διπλωματική εργασία στο τμήμα Αγρονόμων Τοπογράφων Μηχανικών, ΕΜΠ.

Τζανετάκου Β., (2010), “Εφαρμογή της ολοκληρωμένης διαχείρισης παράκτιων ζωνών στις παραλιακές περιοχές πατραϊκού κόλπου και νοτίων ιονίων νησιών”, διδακτορική διατριβή, ΠΘ.

Υδρογραφική Υπηρεσία Πολεμικού Ναυτικού (ΥΥΠΝ), (2005), “Στοιχεία Παλίρροιας Ελληνικών Λιμένων, Αθήνα, σελ 94.

Φοίτος Δ., Καμάρη Γ. και Κατσούνη Ν., (2009), “*Campanula garganica* Ten. subsp. *Cephalenica*”, Βιβλίο Ερυθρών Δεδομένων των Σπανίων & Απειλούμενων Φυτών της Ελλάδας, 1(A-D): 179-182σελ. – Πάτρα. Έκδ. Ελλην. Βοτ. Εταιρείας.

Φραγκόπουλος Ι. και Μαλεφάκης Ι., (1963), “Υδρολογική καί γεωχημική μελέτη της νήσου Κεφαλληνίας. – Δελτίον Επιστημονικών Ερευνών”, αριθ. Ι (ΥΔ). – Αθήνα. Γενική Δ/νσις Γεωργίας, Υπηρ. Εγγείων Βελτιώσεων.

Βιβλιογραφία

Abuodha PA, Woodroffe CD, (2006), "Assessing vulnerability of coasts to climate change: A review of approaches and their application to the Australian coast", In : *Woodroffe CD, Bruce E, Puotinen M, Furness RA (eds), GIS for the Coastal Zone: A selection of Papers from CoastGIS 2006*, Australian National Centre for Ocean Resources and Security University of Wollongong, Wollongong, Australia.

Alexandrakis G., Karditsa A., Poulos S., Ghionis G., Kampanis N.A.. (2009). "Assessment of the vulnerability of the coastal zone to a potential rise of sea level 9th Greek Symposium in Oceanography and fisheries", vol. I, 327-332 pp.

Allen JC, Komar PD, (2006), "Climate controls on US west coast erosion processes", *Journal of Coastal Research* 22 : 511-529.

Bossard, M., Feranec J. and Otahel, J., (2000), " CORINE Land Cover Technical Guide – Addendum 2000", Technical report No 40. Copenhagen (EEA).

Bower BT., Turner RK., (1998), "Characterising and analysing benefits from integrated coastal management." *Ocean Coast Manage* 38:41-46.

Bruun P, (1962), "Sea-level rise as a cause of shore erosion", *Journal of Waterways and harbor Division* 88.

Cazenave A, Nerem RS, (2004), "Present day sea-level change: observations and causes", *Reviews of Geophysics* 42, 3.

Chen JL, Wilson CR, Tapley BD, (2006), "Satellite gravity measurements confirm accelerated melting of Greenland ice sheet", *Science* 313 : 1958-1960.

Chen JL, Wilson CR, Tapley BD, Blankenship DD, Young D, (2008), "Antarctic regional ice loss rates from GRACE", *Earth and Planetary Science Letters* 266 : 140-148.

EuroSION, (2004a), "Living with coastal erosion in Europe, sediment and space for sustainability", results from the EuroSION study.

EuroSION, (2004b), "Living with coastal erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability PART I - Major findings and Policy Recommendations of the EUROSION Project".

EuroSION, (2004c), "Living with coastal erosion in Europe: Sediment and Space for Sustainability PART II – Maps and statistics 13".

Fabbri, K. (1998). "A methodology for supporting decision making in integrated coastal zone management", *Ocean & Coastal Management*, 39, 51 – 62.

Fenoglio-Marc L, (2001), "Analysis and representation of regional sea-level variability from altimetry and atmospheric-oceanic data", *Geophysical Journal International* 145 : 1-18.

FitzGerald DM, Fenster MF, Argow BA, Buynevich IV, (2008), "Coastal impacts due to sea-level rise", Annual Review of Earth and Planetary Sciences 36 : 601-647.

Gaki-Papanastassiou¹ K., Karymbalis² E., Poulos¹ S.E., Seni¹ A. & Zouva C., "Coastal vulnerability assessment to sea level rise based on geomorphological and oceanographical parameters: the case of Argolikos Gulf, Peloponnese".

GEER/EERI/ATC Cephalonia, Greece 2014, Report Version 1, "Seismic History and Hazard".

Gornitz VM, White TW, Cushman RM, (1991), "Vulnerability of the U.S. to future sea-level rise", Coastal Zone '91, In : Proceedings of Seventh Symposium on Coastal and Ocean Management, American Society of Civil Engineers : 1345-1359.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

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

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), (2013), Summary of policy makers, In climate change 2013: The physical science basis

Karymbalis E., Chalkias C., Chalkias G., Grigoropoulou E., Manthos G., "Assessment of the Sensitivity of the Southern Coast of the Gulf of Corinth (Peloponnese, Greece) to Sea-level Rise".

Karymbalis E., Chalkias C., Ferentinou M., Chalkias G., Magklara M. , (2013), "Assessment of the Sensitivity of Salamina (Saronic Gulf) and Elafonissos (Lakonic Gulf) islands to Sea-level Rise".

Leuliette EW, Nerem RS, Mitchum GT, (2004), "Calibration of TOPEX/Poseidon and Jason altimeter data to construct a continuous record of mean sea-level change", *Marine Geodesy* 27(1&2) : 79-94.

Marcos M, Tsimplis MN, (2008), "Coastal sea-level trends in Southern Europe. *Geophysical Journal International* 175".

Mimura N, (1999), "Vulnerability of island countries in the south Pacific to sea-level rise and climate change", *Climate Research* 12.

Pendleton EA, Thieler ER, Williams SJ, (2004), "Coastal vulnerability assessment of Cape Hattaras National Seashore (CAHA) to sea-level rise", USGS Open File Report 1064. Accessed on 15 Dec 2011.

Shi, C., Hutchinson, S.M., Yu, L., Xu, S. (2001). "Towards a sustainable coast: an integrated coastal zone management framework for Shanghai, People's Republic of China", *Ocean & Coastal Management*, 44: 411 – 427.

Pendleton EA, Thieler ER, Williams SJ, (2010), "Importance of coastal change variables in determining vulnerability to sea- /lake –level change". *Journal of Coastal Research* 26 : 176-183.

Rignot E, Bamber JL, van der Broeke MR, Davis C, Li Y, van de Berg W, van Meijgaard E, (2008), "Recent Antarctic ice mass loss from radar interferometry and regional climate modeling", *Nature Geoscience* 1 : 106-110.

Rosenzweig C, Koroly D, Vicarelli M, Neofotis P, Wu Q, Casassa G, Menzel A, Root TL, Estrella N, Seguin B, Tryjanowski P, Liu C, Rawlins S, Imeson A, (2008), "Attributing physical and biological impacts to anthropogenic climate change", *Nature* 453 : 353-357.

Shi, C., Hutchinson, S.M., Yu, L., Xu, S., (2001), "Towards a sustainable coast: an integrated coastal zone management framework for Shanghai, People's Republic of China", *Ocean & Coastal Management*, 44: 411 – 427.

Sboras S., (2012), "The Greek Database of Seismogenic Sources: seismotectonic implications for North Greece, Phd Thesis, University of Ferrara, 252 p.

Stroeve J, Holland MM, Meier W, Scambos T, Serreze M, (2007), "Arctic sea ice decline : faster than forecast", *Geophysical Research Letters* 34.

Strohecker K, (2008), "World sea-levels to rise 1,5 m by 2100: scientists, an environmental news network and Reuters publications", available online at : <http://www.enn.com/wildlife/article/34702>.

Thieler ER, Hammar-Klose ES, (1999), "National Assessment of Coastal Vulnerability to Sea-Level Rise", U.S. Atlantic Coast, U.S. Geological Survey, Open-File Report.

Townend I.H., (1990), "The application of GIS to coastal zone management.", Proceedings of EGIS'90-First European Conference on Geographical Information Systems, 1096-1107.

Tsimplis MN, Baker TF, (2000), "Sea-level drop in the Mediterranean Sea: an indicator of deep water salinity and temperature changes", *Geophysical Research Letters* 27, 12.

Tsimplis MN, Josey S, (2001), "Forcing the Mediterranean Sea by atmospheric oscillations over the North Atlantic", *Geophysical Research Letters*.

Underhill J., (2009), "Late Cenozoic deformation of the Hellenide foreland", *Western Greece Geological Society of America Bulletin*

Wu S, Yarnal B, Fisher A, (2002), "Vulnerability of coastal communities to sea-level rise: a case study of Cape May County", New Jersey, USA, *Climate Research* 22 : 255-270.