



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

Διπλωματική Εργασία

**ΑΡΧΕΣ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΕΡΓΩΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΚΤΩΝ,
ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΙΣ ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΕΣ ΑΚΤΕΣ
ΤΟΥ ΠΑΤΡΑΪΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ**

ΔΗΜΗΤΡΑ Ε. ΤΣΕΛΛΟΥ

Αριθμός μητρώου: **7154**

Επιβλέπων

ΝΙΚΟΛΑΟΣ Θ. ΦΟΥΡΝΙΩΤΗΣ
Επίκουρος Καθηγητής

Πάτρα, 2021

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον καθηγητή μου, κ. Φουρνιώτη Νικόλαο, Επίκουρο Καθηγητή του Τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Πελοποννήσου, που με τις πολύτιμες υποδείξεις και παρατηρήσεις του συνέβαλε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της Διπλωματικής μου εργασίας.

Τέλος, οφείλω ένα μεγάλο ευχαριστώ στην οικογένειά μου και στα κοντινά μου πρόσωπα για την αμέριστη τους κατανόηση και στήριξη σε όλη την διάρκεια τόσο των σπουδών μου.

Τσέλλου Δήμητρα
Πάτρα, 2021

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα Διπλωματική Εργασία πραγματεύεται την διερεύνηση σχεδιασμού έργου προστασίας ακτής από διάβρωση με έμφαση στις νοτιοανατολικές ακτές του Πατραϊκού κόλπου. Η επίτευξη ορθών κατασκευαστικών λύσεων στα σημεία εμφάνισης του προβλήματος της διάβρωσης χρήζει ιδιαίτερης σημασίας. Βασική προϋπόθεση αποτελεί η εκτίμηση όλων των κύριων παραμέτρων όπως τα κυματικά χαρακτηριστικά, η μορφολογία του πυθμένα καθώς και τα κλιματολογικά και μετεωρολογικά χαρακτηριστικά (άνεμοι, διάρκεια πνοής ανέμου, ένταση ανέμου, κ.ά.).

Υπολογίστηκε το μήκος αναπτύγματος και η πρόβλεψη των χαρακτηριστικών παραμέτρων των κυματισμών έγινε με τη χρήση των μεθόδων πρόβλεψης S.M.B. και JONSWAP. Διερευνήθηκε η περίπτωση έργου προστασίας ακτής με ένα μέτωπο θωράκισης (αυτό που έρχεται σε επαφή με το θαλάσσιο μέτωπο). Εξετάστηκαν δύο περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση θεωρήθηκε ότι το βάθος στον πόδα του έργου ήταν 2 m ενώ στην δεύτερη περίπτωση 1 m. Και στις δύο περιπτώσεις επιλέχθηκε κλίση πρανούς 1:1.5 ενώ για την θωράκιση του πρανούς επιλέχθηκαν φυσικοί ογκολίθοι (ακανόνιστου μεγέθους και τυχαίας τοποθέτησης) με διάμετρο ογκολίθου 0.80 m και 0.40 m, αντίστοιχα, σύμφωνα με τους υπολογισμούς.

Αφορμή για το συγκεκριμένη διερεύνηση αποτέλεσε η αυξημένη συνειδητοποίηση της σημασίας του περιβάλλοντος και της ανάγκης για προστασία του.

Λέξεις κλειδιά: Παράκτια ζώνη, Διάβρωση, Ακτή, Έργα Προστασίας Ακτής.

ABSTRACT

This Thesis deals with the investigation of the design of a coastal protection project from erosion with emphasis on the southeastern shores of the Gulf of Patras. Achieving proper functional construction projects at the points of occurrence of the problem is important. A basic condition is the assessment of all the main parameters such as the wave characteristics, the morphology of the bottom as well as the climatic and meteorological characteristics (winds, wind duration, wind intensity, etc.).

The distance over water that the wind blows in a single direction (Fetch) was calculated while the characteristic ripple parameters were predicted using the methods S.M.B. and JONSWAP. The case of a coastal protection project with a shielding front (one that meets the seafront) was investigated. Two cases were examined. In the first case it was considered that the depth at the foot of the project was 2 m while in the second case 1 m. In both cases a slope of 1: 1.5 was selected while for the shielding of the slope natural boulders were selected (irregular in size and random placement) with a boulder diameter of 0.80 m and 0.40 m, respectively, according to the calculations.

The reason for this study was the increased awareness of the importance of the environment and the need for its protection.

Keywords: Coastal zone, Erosion, Coast, Coast Protection Projects.

*Στην οικογένειά μου που δεν έπαψε ποτέ να με
στηρίζει ώστε να εκπληρώσω τα όνειρά μου.*

«L'amor che move il sole e l'altre stelle»
Canto XXXIII del Paradiso, Dante Alighieri.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	iii
ABSTRACT	iv
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	viii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ.....	xi
ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΔΙΑΒΡΩΣΗ	2
1.1 ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ.....	2
1.2 ΘΑΛΑΣΣΙΟΙ ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΙ.....	6
1.2.1 ΕΙΔΗ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ	6
1.2.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΚΥΜΑΤΩΝ	8
1.2.3 ΠΡΟΦΙΛ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ.....	11
1.3 ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΡΕΥΜΑΤΑ	13
1.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΚΤΩΝ	13
1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ	15
1.3 ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΣΤΗ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ	17
1.3.1 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ.....	18
1.4 ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΠΛΗΜΜΥΡΑ.....	24
1.4.1 ΚΑΤΑΓΓΙΔΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΛΙΡΡΟΙΕΣ	25
1.4.2 ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΛΟΓΩ ΥΠΟΒΡΥΧΙΩΝ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΠΥΘΜΕΝΑ (ΤΣΟΥΝΑΜΙ).....	26
1.4.3 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ...	27
1.5 Η ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ	29
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ.....	32
2.1 ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΕΡΓΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (HARD STRUCTURES).....	33
2.1.1 ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΕΣ.....	33
2.1.2 ΕΞΑΛΟΙ ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΕΣ.....	35
2.1.3 ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΕΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΤΕΨΗΣ ΚΑΙ ΥΦΑΛΟΙ ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΕΣ.....	36
2.1.4 ΠΡΟΒΟΛΟΙ – ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ (GROINS).....	38
2.1.5 ΘΩΡΑΚΙΣΗ ΜΕΤΩΠΟΥ ΑΚΤΗΣ – ΠΑΡΑΚΤΙΟΙ ΤΟΙΧΟΙ	40
2.2 ΗΠΙΑ ΕΡΓΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (SOFT STRUCTURES).....	42
2.2.1 ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΥΦΑΛΟΙ (ARTIFICIAL REEF CREATION)	43
2.2.2 ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ ΠΑΡΑΛΙΑΣ (BEACH DRAINAGE)	43
2.2.3 ΤΕΧΝΗΤΗ ΑΝΑΠΛΑΣΗ ΑΚΤΩΝ (BEACH NOURISHMENT).....	43
2.2.5 ΣΤΑΘΕΡΟΙ ΥΔΑΤΟΦΡΑΚΤΕΣ (STABLE BAYS)	45

2.2.6 ΕΠΑΝΑΤΡΟΦΟΛΟΓΙΑ ΑΜΜΟΘΙΝΩΝ (DUNE REGENERATION).....	45
2.2.7 ΓΕΩΨΦΑΣΜΑΤΙΝΟΙ ΠΥΘΜΕΝΙΚΟΙ ΠΡΟΒΟΛΟΙ.....	45
2.2.8 ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ (GEOTEXTILE SAND CONTAINERS - GSCS)	46
2.2.9 ΤΕΧΝΗΤΗ ΦΥΤΟΚΑΛΥΨΗ	47
2.3 ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ.....	47
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ.....	49
3.1 ΜΕΘΟΔΟΣ SMB	49
3.2 ΜΕΘΟΔΟΣ PIERSON-MOSKOWITZ.....	51
3.3 ΜΕΘΟΔΟΣ JONSWAP.....	52
3.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ.....	54
3.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ IRIBARREN.....	55
3.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΘΡΑΥΣΗΣ	56
3.7 ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ (k_b).....	56
3.8 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΥΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΔΙΑΤΑΡΑΚΤΗ ΘΕΣΗ.....	57
3.9 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΥΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΑΝΑΡΡΙΧΗΣΗΣ	57
3.10 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΥΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΑΝΥΨΩΣΗΣ	57
3.11 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΛΙΣΗΣ ΤΗΣ ΚΥΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΑΝΥΨΩΣΗΣ	58
3.12 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΑΔΙΑΤΑΡΑΧΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΚΑΙ ΚΥΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΑΝΥΨΩΣΗΣ	58
3.13 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΚΥΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΑΝΥΨΩΣΗΣ	58
3.14 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΚΟΥΣ ΚΑΤΑΚΛΙΣΗΣ.....	59
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΠΑΤΡΑΪΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ	60
4.1 ΠΑΤΡΑΪΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ – ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ	60
4.1 ΦΥΣΙΚΗ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΠΑΤΡΑΪΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ.....	61
4.2 ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΠΑΤΡΑΪΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ.....	61
4.3 ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ.....	61
4.4 ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΝΤΕΣ ΑΝΕΜΟΙ ΤΟΥ ΠΑΤΡΑΪΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ.....	62
4.5 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ.....	63
4.6 ΠΑΡΑΔΟΧΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΦΑΣΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ	66
4.8 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΕΡΓΟΥ	76
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	78
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	79
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΛΙΣΗΣ ΠΥΘΜΕΝΑ.....	1
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΚΟΣ ΑΝΑΠΤΥΓΜΑΤΟΣ	3

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΩΝ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ..... 5

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

- ΕΙΚΟΝΑ 1** - . ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΟ ΣΧΗΜΑ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΥ ΠΑΡΑΚΤΙΟΥ ΧΩΡΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΕΝΟΤΗΤΩΝ ΤΟΥ (ΕΙΔΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ). (ΠΗΓΗ: ΕΙΔΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΧΩΡΟΤΑΞΙΚΟΥ ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΥ ΚΑΙ ΑΕΙΦΟΡΟΥ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΑΡΑΚΤΙΟ ΧΩΡΟ ΚΑΙ ΤΑ ΝΗΣΙΑ, ΥΠΕΚΑ)..... 3
- ΕΙΚΟΝΑ 2** – ΥΠΟΛΟΙΠΕΣ ΥΠΟΔΙΑΙΡΕΣΕΙΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΖΩΝΗΣ (ΠΗΓΗ: ΜΟΥΤΖΟΥΡΗΣ, 2005). 5
- ΕΙΚΟΝΑ 3** – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΙΣΟΔΥΝΑΜΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΣΤΟ Α (ΠΗΓΗ: ΚΑΡΑΜΠΑΣ, Θ., ΚΡΕΣΤΕΝΙΤΗΣ, Ι., ΚΟΥΤΙΤΑΣ, Χ. 2015. “ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΑΚΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗΣ” ΣΤΟ “ΑΚΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΕΡΓΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΚΤΩΝ”. [ΗΛΕΚΤΡ. ΒΙΒΛ.] ΑΘΗΝΑ: ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΩΝ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΩΝ)..... 10
- ΕΙΚΟΝΑ 4** - ΕΓΚΑΡΣΙΑ ΔΡΑΣΗ ΤΩΝ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ (ΠΗΓΗ: ΚΑΡΑΜΠΑΣ, Θ., ΚΡΕΣΤΕΝΙΤΗΣ, Ι., ΚΟΥΤΙΤΑΣ, Χ. 2015. “ΑΚΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΕΡΓΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΚΤΩΝ”. [ΗΛΕΚΤΡ. ΒΙΒΛ.]- ΣΕΛ.96. 12
- ΕΙΚΟΝΑ 5** - *ΑΝΥΨΩΣΗ ΣΤΑΘΜΗΣ ΛΟΓΩ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗΣ ΠΑΛΙΡΡΟΙΑΣ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ.*(ΠΗΓΗ: ΚΑΡΑΜΠΑΣ, Θ., ΚΡΕΣΤΕΝΙΤΗΣ, Ι., ΚΟΥΤΙΤΑΣ, Χ. (2015). “ΑΚΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΕΡΓΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΚΤΩΝ”. [ΗΛΕΚΤΡ. ΒΙΒΛ.]. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.3 “ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΠΑΛΙΡΡΟΙΑ” ΣΕΛ.114). 26
- ΕΙΚΟΝΑ 6** - ΠΡΟΒΛΕΨΕΙΣ ΑΝΟΔΟΥ ΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ 21ο ΑΙΩΝΑ (ΠΗΓΗ: ΕΕΣ, ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΑΠΟ MENGEL, LEVERMANN ET AL. PNAS, 2016). 28
- ΕΙΚΟΝΑ 7** - ΧΑΡΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΜΟΤΙΒΑ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΣΤΗΝ ΕΥΡΩΠΗ (ΠΗΓΗ: [HTTP://WWW.EEA.EUROPA.EU/DATA-AND-MAPS/FIGURES/COASTAL-EROSION-PATTERNS-IN-EUROPE-1](http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/coastal-erosion-patterns-in-europe-1)). 30
- ΕΙΚΟΝΑ 8** - ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ SALIENT ΚΑΙ ΤΟΜΒΟΛΟ (MILLER ET AL., 2016, LIVING SHORELINES ENGINEERING GUIDELINES)..... 34
- ΕΙΚΟΝΑ 9** - ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΕΣ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΣΤΗΝ ΑΚΤΗ: (Α) ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΡΟΕΞΟΧΗΣ ΚΑΙ ΤΟΜΒΟΛΟ ΚΑΙ (Β) ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΕΧΝΗΤΩΝ ΑΚΡΩΤΗΡΙΩΝ ΚΑΙ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΚΤΩΝ ΤΥΠΟΥ ΘΥΛΑΚΑ (ΠΗΓΗ: ΚΑΡΑΜΠΑΣ, Θ., ΚΡΕΣΤΕΝΙΤΗΣ, Ι., ΚΟΥΤΙΤΑΣ, Χ. (2015). “ΑΚΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΕΡΓΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΚΤΩΝ”. [ΗΛΕΚΤΡ. ΒΙΒΛ.]. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.2.2 “ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΕΣ ΠΑΡΑΛΛΗΛΑ ΣΤΗΝ ΑΚΤΗ.” ΣΕΛ.120). 35
- ΕΙΚΟΝΑ 10** - ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΎΞΑΛΟΥ ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΚΤΩΝ ΘΥΛΑΚΑ (ΠΗΓΗ: ΚΑΡΑΜΠΑΣ, Θ., ΚΡΕΣΤΕΝΙΤΗΣ, Ι., ΚΟΥΤΙΤΑΣ, Χ. (2015). “ΑΚΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΕΡΓΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΚΤΩΝ”. [ΗΛΕΚΤΡ. ΒΙΒΛ.].ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.2.2.1 “ΈΞΑΛΟΙ ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΕΣ”. ΣΕΛ.121). 36
- ΕΙΚΟΝΑ 11** - ΤΥΠΙΚΗ ΔΙΑΤΟΜΗ ΥΦΑΛΟΥ ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΗ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΑΠΩΛΕΙΑΣ ΤΗΣ ΚΥΜΑΤΙΚΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ (ΠΗΓΗ: ΚΑΡΑΜΠΑΣ, Θ., ΚΡΕΣΤΕΝΙΤΗΣ, Ι., ΚΟΥΤΙΤΑΣ, Χ. (2015). “ΑΚΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΕΡΓΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΚΤΩΝ”. [ΗΛΕΚΤΡ. ΒΙΒΛ.]. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.2.2.2 ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΤΕΨΗΣ ΚΑΙ ΥΦΑΛΟΙ ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΕΣ. ΣΕΛ.121). 37
- ΕΙΚΟΝΑ 12** - ΜΕΜΟΝΩΜΕΝΟΣ ΥΦΑΛΟΣ ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΗΣ ΜΕΓΑΛΟΥ ΜΗΚΟΥΣ (ΠΗΓΗ: ΚΑΡΑΜΠΑΣ, Θ., ΚΡΕΣΤΕΝΙΤΗΣ, Ι., ΚΟΥΤΙΤΑΣ, Χ. (2015). “ΑΚΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΕΡΓΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΚΤΩΝ”. [ΗΛΕΚΤΡ.

ΒΙΒΛ.]. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.2.2.2 ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΤΕΨΗΣ ΚΑΙ ΥΦΑΛΟΙ ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΕΣ. ΣΕΛ.121).....	37
ΕΙΚΟΝΑ 13 - ΣΥΣΤΗΜΑ ΥΦΑΛΩΝ ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΩΝ (ΠΗΓΗ: ΚΑΡΑΜΠΑΣ, Θ., ΚΡΕΣΤΕΝΙΤΗΣ, Ι., ΚΟΥΤΙΤΑΣ, Χ. (2015). “ΑΚΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΕΡΓΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΚΤΩΝ”. [ΗΛΕΚΤΡ. ΒΙΒΛ.]. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.2.2.2 ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΤΕΨΗΣ ΚΑΙ ΥΦΑΛΟΙ ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΕΣ. ΣΕΛ.122).	38
ΕΙΚΟΝΑ 14 - ΔΙΑΦΟΡΟΙ ΤΥΠΟΙ ΒΡΑΧΙΟΝΩΝ . (ΠΗΓΗ: ΚΑΡΑΜΠΑΣ, Θ., ΚΡΕΣΤΕΝΙΤΗΣ, Ι., ΚΟΥΤΙΤΑΣ, Χ. (2015). “ΑΚΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΕΡΓΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΚΤΩΝ”. [ΗΛΕΚΤΡ. ΒΙΒΛ.]. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.2.1 ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ. ΣΕΛ.118).	38
ΕΙΚΟΝΑ 15 - ΧΡΗΣΕΙΣ ΒΡΑΧΙΟΝΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΚΤΩΝ ΑΠΟ ΔΙΑΒΡΩΣΗ, ΑΛΛΑ ΚΑΙ ΑΠΟΦΥΓΗ ΠΡΟΣΧΩΣΗΣ ΕΙΣΟΔΩΝ ΛΙΜΕΝΑ. (ΠΗΓΗ: ΚΑΡΑΜΠΑΣ, Θ., ΚΡΕΣΤΕΝΙΤΗΣ, Ι., ΚΟΥΤΙΤΑΣ, Χ. (2015). “ΑΚΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΕΡΓΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΚΤΩΝ”. [ΗΛΕΚΤΡ. ΒΙΒΛ.]. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.2.1 ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ. ΣΕΛ.114).	39
ΕΙΚΟΝΑ 16 - Η ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΕΝΟΣ ΠΡΟΒΟΛΟΥ (HTTP://OCEANICA.COFC.EDU).	40
ΕΙΚΟΝΑ 17 - ΕΓΚΑΡΣΙΕΣ ΚΑΙ ΠΛΕΥΡΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗΣ (ΠΗΓΗ: ΚΑΡΑΜΠΑΣ, Θ., ΚΡΕΣΤΕΝΙΤΗΣ, Ι., ΚΟΥΤΙΤΑΣ, Χ. (2015). “ΑΚΤΟΜΗΧΑΝΙΚΗ - ΕΡΓΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΑΚΤΩΝ”. [ΗΛΕΚΤΡ. ΒΙΒΛ.]. ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7.2.4 “ΤΕΧΝΗΤΗ ΤΡΟΦΟΔΟΤΗΣΗ/ΑΝΑΠΛΗΡΩΣΗ ΑΚΤΩΝ”. ΣΕΛ.128).	44
ΕΙΚΟΝΑ 18 - ΝΟΜΟΓΡΑΦΗΜΑ ΑΔΙΑΣΤΑΤΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ SMB ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΟΥ ΥΨΟΥΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΔΟΥ ΑΝΕΜΟΓΕΝΩΝ ΚΥΜΑΤΩΝ. (ΠΗΓΗ: ΔΗΜΑΣ Α., (2014). “ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΜΕΛΕΤΗ ΛΙΜΕΝΙΚΩΝ ΈΡΓΩΝ”, ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΕΣ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ. ΠΑΤΡΑ. ΣΕΛ. 30).	50
ΕΙΚΟΝΑ 19 – <i>ΤΥΠΟΙ ΘΡΑΥΣΗΣ ΚΥΜΑΤΟΣ</i> (ΠΗΓΗ: WIKIPEDIA. IRIBARREN NUMBER (LAST EDITED ON 13 JANUARY 2021). ΣΤΟ HTTPS://EN.WIKIPEDIA.ORG/WIKI/IRIBARREN_NUMBER (ΕΠΙΣΚΕΦΤΗΚΕ ΣΤΙΣ 22/05/2021)).	55
ΕΙΚΟΝΑ 20 – ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΒΑΣΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΚΥΜΑΤΟΣ (ΠΗΓΗ: ΓΑΛΛΙΟΥ Σ., (2017). ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ. ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΤΕ. ΤΕΙ ΠΑΤΡΑΣ. ΠΑΤΡΑ. ΣΕΛ. 34.).....	59
ΕΙΚΟΝΑ 21 - ΒΑΘΥΜΕΤΡΙΑ ΤΟΥ ΠΑΤΡΑΪΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ, ΟΠΩΣ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ ΑΠΟ ΤΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ. ΟΙ ΙΣΟΒΑΘΕΙΕΣ ΔΙΔΟΝΤΑΙ ΑΝΑ 5 ΜΕΤΡΑ (ΠΗΓΗ: ΦΟΥΡΝΙΩΤΗΣ Ν., (2009). ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.1 ΠΑΤΡΑΪΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ ΣΤΟ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΤΟΥ ΠΑΤΡΑΪΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΡΕΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΠΑΤΡΩΝ. ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ. ΣΕΛ. 15).....	60
ΕΙΚΟΝΑ 22 - ΖΩΝΕΣ ΣΕΙΣΜΙΚΗΣ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑΣ ΤΗΣ ΕΛΛΑΔΟΣ (ΠΗΓΗ: ΦΕΚ Β΄ 1154/2003).....	62
ΕΙΚΟΝΑ 23 – ΡΟΔΟΓΡΑΜΜΑ ΑΝΕΜΟΥ ΓΙΑ ΑΘΡΟΙΣΤΙΚΕΣ ΣΥΧΝΟΤΗΤΕΣ ΕΜΦΑΝΙΣΗΣ ΕΠΙ ΤΙΣ ΕΚΑΤΟ (ΡΙΟΥ-ΑΝΤΙΡΡΙΟΥ ΕΤΗΣΙΑ ΡΟΔΟΓΡΑΜΜΑΤΑ) (ΠΗΓΗ: ΦΟΥΡΝΙΩΤΗΣ Ν., (2009). ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5.1 ΠΕΔΙΟ ΑΝΕΜΟΥ ΣΤΟΝ ΠΑΤΡΑΪΚΟ ΚΟΛΠΟ ΣΤΟ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΤΟΥ ΠΑΤΡΑΪΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΡΕΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΠΑΤΡΩΝ. ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ. ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ. ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ, ΠΑΤΡΑ. ΣΕΛ.115).	63
ΕΙΚΟΝΑ 24 - ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ. ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΕΣ ΑΚΤΕΣ ΤΟΥ ΠΑΤΡΑΪΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ (ΠΗΓΗ: AUTOCAD 2022 - STUDENT EDITION - GEOLOCATION).	64

ΕΙΚΟΝΑ 25 - ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ. ΝΟΤΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΕΣ ΑΚΤΕΣ ΤΟΥ ΠΑΤΡΑΪΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ (ΠΗΓΗ: AUTOCAD 2022 - STUDENT EDITION - GEOLOCATION).	64
ΕΙΚΟΝΑ 26 - ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ - 2003 (ΠΗΓΗ: GOOGLE EARTH PRO, ACCESSED ON 7/06/2021).	65
ΕΙΚΟΝΑ 27 - ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ - 2010 (ΠΗΓΗ: GOOGLE EARTH PRO, ACCESSED ON 7/06/2021)	65
ΕΙΚΟΝΑ 28 - ΠΕΡΙΟΧΗ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ – 2018 ΠΗΓΗ: GOOGLE EARTH PRO, ACCESSED ON 7/06/2021).....	66
ΕΙΚΟΝΑ 29 – ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΛΙΣΗΣ ΠΥΘΜΕΝΑ. ΒΑΘΥΜΕΤΡΙΑ ΤΟΥ ΠΑΤΡΑΪΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ, ΟΠΩΣ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ ΑΠΟ ΤΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ. ΟΙ ΙΣΟΒΑΘΕΙΣ ΔΙΔΟΝΤΑΙ ΑΝΑ 5 ΜΕΤΡΑ (ΠΗΓΗ: ΦΟΥΡΝΙΩΤΗΣ Ν., (2009). ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.1 ΠΑΤΡΑΪΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ ΣΤΟ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΤΟΥ ΠΑΤΡΑΪΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΡΕΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΠΑΤΡΩΝ. ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ. ΣΕΛ. 15).	67
ΕΙΚΟΝΑ 30 – ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΣΗΜΕΙΩΝ ΚΛΙΣΗΣ ΠΥΘΜΕΝΑ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ. ΒΑΘΥΜΕΤΡΙΑ ΤΟΥ ΠΑΤΡΑΪΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ, ΟΠΩΣ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ ΑΠΟ ΤΟ ΨΗΦΙΑΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΕΔΑΦΟΥΣ. ΟΙ ΙΣΟΒΑΘΕΙΣ ΔΙΔΟΝΤΑΙ ΑΝΑ 5 ΜΕΤΡΑ (ΠΗΓΗ: ΦΟΥΡΝΙΩΤΗΣ Ν., (2009). ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2.1 ΠΑΤΡΑΪΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ ΣΤΟ ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΤΗΣ ΥΔΡΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ ΤΟΥ ΠΑΤΡΑΪΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ ΜΕ ΕΜΦΑΣΗ ΣΤΟΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟ ΡΕΥΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ ΤΟΥ ΛΙΜΕΝΑ ΠΑΤΡΩΝ. ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ. ΣΕΛ. 15).	68
ΕΙΚΟΝΑ 31 – ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΓΩΝΙΑΣ 90 ^ο ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΗ ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ (ΠΗΓΗ: AUTOCAD 2022 - STUDENT EDITION - GEOLOCATION).	69
ΕΙΚΟΝΑ 32 - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΓΩΝΙΑΣ 90 ^ο ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΗ ΒΟΡΕΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ (ΠΗΓΗ: AUTOCAD 2022 - STUDENT EDITION - GEOLOCATION).	70
ΕΙΚΟΝΑ 33 - ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΓΩΝΙΑΣ 90 ^ο ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΗ ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ (ΠΗΓΗ: AUTOCAD 2022 - STUDENT EDITION - GEOLOCATION).	70
ΕΙΚΟΝΑ 34 -ΑΠΕΙΚΟΝΙΣΗ ΓΩΝΙΑΣ 90 ^ο ΓΥΡΩ ΑΠΟ ΤΗ ΝΟΤΙΟΔΥΤΙΚΗ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ ΤΟΥ ΑΝΕΜΟΥ (ΠΗΓΗ: AUTOCAD 2022 - STUDENT EDITION - GEOLOCATION).	71
ΕΙΚΟΝΑ 35 - ΣΚΑΡΙΦΗΜΑ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΕΡΓΟΥ (AUTOCAD 2022 - STUDENT EDITION).	76
ΕΙΚΟΝΑ 36 - ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ ΠΟΔΟΣ ΕΝΤΟΣ ΤΟΥ ΠΥΘΜΕΝΑ (ΠΗΓΗ ΜΕΜΟΣ Κ., (2008). ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΛΙΜΕΝΙΚΑ ΈΡΓΑ. ΣΧΟΛΗ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ. ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ. ΕΚΔΟΣΕΙΣ ΣΥΜΜΕΤΡΙΑ. ΑΘΗΝΑ. ΣΕΛ. 400).....	77

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1 - ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΗ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΤΥΠΩΝ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΟΥΣ ΤΡΟΠΟΥΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΤΗΣ	16
ΠΙΝΑΚΑΣ 2 - ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΕΥΣΤΑΘΕΙΑΣ K_D	73
ΠΙΝΑΚΑΣ 3 - ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟ ΒΑΘΟΣ ΣΤΟ ΠΟΔΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ	75

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι παράκτιες περιοχές αποτελούσαν πάντα περιοχές υψηλού ενδιαφέροντος για τον άνθρωπο λόγω των κοινωνικών, οικονομικών καθώς και οικολογικών υπηρεσιών που παρέχουν. Έχει παρατηρηθεί ότι το 33% του παγκόσμιου πληθυσμού (1,2 δισεκατομμύρια άνθρωποι) έζησε το 1990 σε απόσταση λιγότερο από 100 χλμ. από την ακτογραμμή¹, αυξήθηκε έως και 42% (2,5 δισεκατομμύρια άτομα) το 2003² ενώ οι πιο πρόσφατες εκτιμήσεις δείχνουν ότι αυτή η τάση συνεχίζεται σήμερα με το 44% του παγκόσμιου πληθυσμού να ζει λιγότερο από 150 χλμ. από τη ακτογραμμή.³ Αυτή η παγκόσμια συμπεριφορά επιβεβαιώνεται επίσης στην Ελλάδα: περίπου το 80% του αστικού πληθυσμού της χώρας κατοικεί “σε επαφή” με την ακτογραμμή.⁴

Κατά συνέπεια οι παράκτιες περιοχές είναι συνδεδεμένες με ανθρώπινες δραστηριότητες (ανάπτυξη οικισμών, ναυτιλία, αλιεία, τουρισμός) και συνεχής αυτή ανάπτυξη τους προϋποθέτει την κατάλληλη κατασκευή διαφόρων ειδών τεχνικών έργων όπως λιμενικά έργα, αλιευτικά καταφύγια, επέκταση της ξηράς μέσα στη θάλασσα με επίχωση κλπ. τα οποία όμως επηρεάζουν την μορφολογία της ακτογραμμής.

Λόγω της συνεχής δράσης των κυματισμών οι οποίοι μεταφέρουν φερτές ύλες και τις εναποθέτουν είτε τις απομακρύνουν από την παράκτια ζώνη, η ακτή βρίσκεται σε μία συνεχή εναλλαγή πρόσχωσης (εισχώρηση της ξηράς στη θάλασσα) και διάβρωσης (διεσδύση της θάλασσας στην ξηρά) και ενώ εποχιακά μεταβάλλεται, σε ετήσια κλίμακα παραμένει σε μία ισορροπία. Η παρουσία όμως των τεχνικών έργων στο παράκτιο χώρο τείνει να καταστρέψει τη φυσική αυτή ισορροπία με αποτέλεσμα η παρακείμενη ακτή να υφίσταται μόνιμα είτε το πρόβλημα της πρόσχωσης είτε της διάβρωσης.⁵ Έτσι, η επίτευξη ορθών κατασκευαστικών έργων στα σημεία εμφάνισης του προβλήματος χρήζει ζώσης σημασίας.

¹ Small, C. and Nicholls, R. J. (2003). “*A global analysis of human settlement in coastal zones*”. Journal of Coastal Research, 19(3). pp 584-599.

² Martinez, M., Intralawan, A., Vazquez, G., Perez-Maqueo, O., Sutton, P., and Landgrave, R. (2007). “*The coasts of our world: Ecological, economic and social importance*”. Ecological Economics, 63(2-3). pp 254-272.

³ United Nations (UN) Atlas of the Oceans (2010). “*Human Settlements on the Coast*”. Βρίσκεται στον διαδικτυακό ιστότοπο: <http://www.oceansatlas.org/subtopic/en/c/114/> (Επισκέφτηκε στις 27/01/2021).

⁴ Κιουσόπουλος Γ. “*Πληθυσμιακές μεταβολές στις παράκτιες περιοχές της Ελλάδας*”. Βρίσκεται στον διαδικτυακό ιστότοπο: <http://www.demographylab.prd.uth.gr/DDAoG/article/cont/ergasies/kiusopoulos.pdf> (Επισκέφτηκε στις 27/01/2021).

⁵ Σπετσιώτης Ν.Δ.(2003). “*Μελέτη προστασίας ακτών από διάβρωση με τη χρήση μαθηματικών μοντέλων. Εφαρμογή στην ακτή λιμεναρχών Θάσου*”. Διπλωματική Εργασία. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τομέας Υδραυλικής & Περιβαλλοντικής Τεχνικής. σσ.1.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ ΚΑΙ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΔΙΑΒΡΩΣΗ

1.1 ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ

Οι ατμοσφαιρικές αλλαγές, ο συνεχής ανθρωποποίηση των ακτών, είναι οι κύριες αιτίες που έχουν καθορίσει όλα αυτά τα χρόνια τη σημαντική αύξηση των τμημάτων της ακτής που υπόκεινται σε διάβρωση των ακτών. Η παράκτια περιοχή είναι ένα πολύπλοκο δυναμικό σύστημα συνεχούς εξέλιξης η οποία συντίθεται από την ξηρά, την θάλασσα και τον αέρα. Τα τρία αυτά στοιχεία αλληλοεπιδρούν μεταξύ τους δημιουργώντας ένα ιδιαίτερο ποικιλόμορφο περιβάλλον.⁶

Ο Ν.4607/2019 (ΦΕΚ Α'65/24.4.2019), ο οποίος αποτελεί τροποποίηση του Ν.2971/2001, αφορά τον αιγιαλό και την παραλία και ορίζει σαφώς τα τμήματα της παράκτιας ζώνης και τις χρήσεις σε αυτά με σκοπό την προστασία και τη σωστή διαχείριση. Πιο συγκεκριμένα στο Άρθρο 23, ως **αιγιαλός** ορίζεται «η ζώνη ξηράς που βρέχεται από τη θάλασσα κατά τις μεγαλύτερες και συνήθεις αναβάσεις των κυμάτων της»⁷ ενώ ως **παραλία** «η ζώνη της ξηράς η οποία προστίθεται στον αιγιαλό προς εξυπηρέτηση της επικοινωνίας της ξηράς με τη θάλασσα και αντίστροφα, καθώς και για τη διατήρηση και προστασία των ακτών από τη διάβρωση και γενικότερα την προστασία του αιγιαλού»⁷. Επιπλέον, σημειώνεται ότι «το πλάτος της παραλίας καθορίζεται σε τουλάχιστον τριάντα (30) και μέχρι πενήντα (50) μέτρα από τη γραμμή του αιγιαλού». Ένας άλλος ορισμός που αξίζει να αναφερθεί είναι ο παλαιός αιγιαλός. **Παλιός αιγιαλός** «είναι η ζώνη ξηράς η οποία προκύπτει από τη μετακίνηση της ακτογραμμής προς τη θάλασσα, οφείλεται σε φυσικές προσχώσεις ή νόμιμα τεχνικά έργα και προσδιορίζεται από τη νέα γραμμή αιγιαλού και το όριο του παλαιότερα υφιστάμενου αιγιαλού».⁷

Για την διαχείριση και την προστασία της παράκτιας ζώνης στο Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο για το παράκτιο χώρο στο Άρθρο 6 γίνεται διάκριση του παράκτιου χώρου σε τρεις επιπλέον σημαντικές κατηγορίες, την κρίσιμη ζώνη, την δυναμική ζώνη και την υπόλοιπη παράκτια ζώνη.

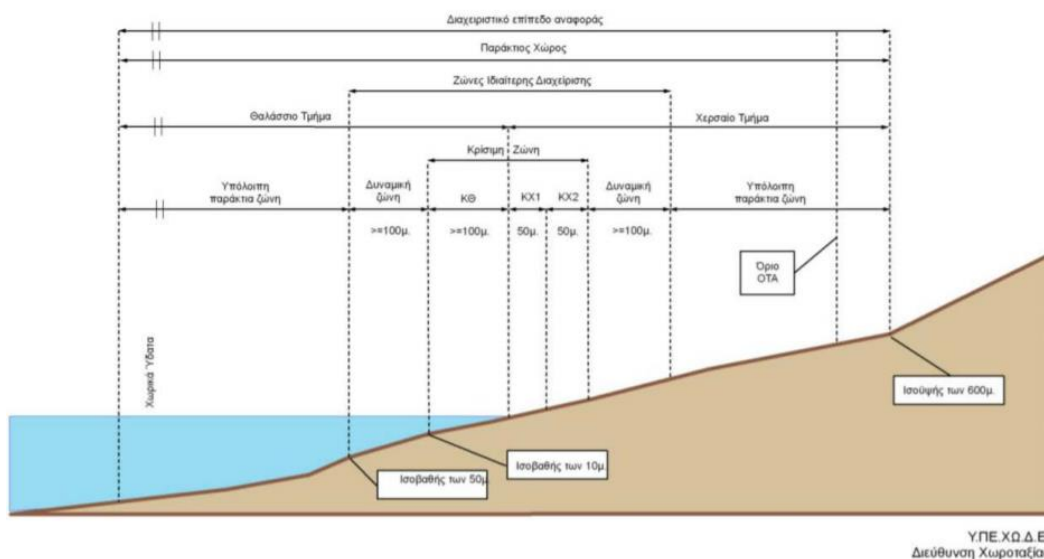
Η **κρίσιμη ζώνη** είναι «το μέτωπο του παράκτιου χώρου στο μεταίχμιο μεταξύ ξηράς και θάλασσας αποτελεί το πλέον ευαίσθητο περιβαλλοντικά κομμάτι του, ενώ παράλληλα δέχεται σημαντικές πιέσεις από ανθρώπινες δραστηριότητες». ⁸ Η Κρίσιμη Ζώνη

⁶ Κοκκώσης Χ και Τσάρτας Π. (2001). “Βιώσιμη τουριστική ανάπτυξη και περιβάλλον”. Αθήνα: Εκδόσεις Κριτική.

⁷ Ν.4607/2019 (ΦΕΚ Α'65/24.4.2019). Άρθρο 23. Παράγραφος 1,2 και 3.

⁸ Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο Σχεδιασμού και αειφόρου Ανάπτυξης για τον Παράκτιο Χώρο και τα Νησιά και της Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων. 2009. Άρθρο 6. Παρ. 1.σσ.13-14.

περιλαμβάνει το θαλάσσιο τμήμα από την ακτογραμμή μέχρι την ισοβαθή των 10 μέτρων ενώ το πλάτος δεν μπορεί να είναι μικρότερο των 100 μέτρων από την ακτογραμμή. Το χερσαίο τμήμα της κρίσιμης ζώνης «για τις εκτός εγκεκριμένων σχεδίων πόλεως και εκτός ορίων οικισμών προ του 1923 ή κάτω των 2000 κατοίκων περιοχές, 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)».⁹



Εικόνα 1 - Ενδεικτικό σχήμα προσδιορισμού παράκτιου χώρου και των επιμέρους ενοτήτων του (Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού). (Πηγή: Ειδικό Πλαίσιο Χωροταξικού Σχεδιασμού και Αειφόρου Ανάπτυξης για τον Παράκτιο χώρο και τα Νησιά, ΥΠΕΚΑ)

Η **δυναμική ζώνη** ορίζεται μια ευρύτερη περιοχή περιμετρικά της κρίσιμης περιοχής η οποία είναι άμεσα συνδεδεμένη με τις μεταβολές και διεργασίες που γίνονται στη κρίσιμη περιοχή.¹⁰ Η δυναμική ζώνη περιλαμβάνει και αυτή ένα θαλάσσιο τμήμα και ένα χερσαίο τμήμα. «Το θαλάσσιο τμήμα της δυναμικής ζώνης ξεκινάει από το όριο της Κρίσιμης Ζώνης (δηλαδή την ισοβαθή των 10 μέτρων και κατ' ελάχιστον 100 μέτρα από την ακτογραμμή) και εκτείνεται μέχρι την ισοβαθή των 50 μέτρων. Σε κάθε περίπτωση το ακραίο προς την θάλασσα όριο της δεν μπορεί να απέχει λιγότερο των 200 μέτρων από την ακτογραμμή».⁹

Αντίστοιχα, «το χερσαίο τμήμα της δυναμικής ζώνης για τις εκτός εγκεκριμένων σχεδίων πόλεως και εκτός ορίων οικισμών προ του 1923 ή κάτω των 2000 κατοίκων περιοχές,

⁹ Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο Σχεδιασμού και αειφόρου Ανάπτυξης για τον Παράκτιο Χώρο και τα Νησιά και της Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων. 2009. Άρθρο 6. Παρ. 1.σ.13-14.

¹⁰ Κοκκώσης Χ. 2006. "Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιων Ζωνών".

ξεκινά από το ακραίο προς την ξηρά όριο της Κρίσιμης Ζώνης και εκτείνεται κατ'ελάχιστον σε ζώνη πλάτους 200 μέτρων από την καθορισμένη γραμμή του αιγιαλού (ή το χειμέριο κύμα όπου αυτή δεν είναι καθορισμένη)». ¹¹

Σημειώνεται ότι «αν τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της περιοχής απαιτούν διαφορετικό προσδιορισμό, το πλάτος μπορεί να τροποποιηθεί κατά περίπτωση κατά τη διαχείριση, με βάση τεκμηριωμένα στοιχεία». ¹¹

Τέλος, το θαλάσσιο τμήμα της **υπόλοιπης παράκτιας ζώνης** ξεκινάει από το εξωτερικό όριο της θαλάσσιας ζώνης και επεκτείνεται μέχρι το όριο των χωρικών υδάτων. Αναλόγως, «το χερσαίο τμήμα της ζώνης αυτής ταυτίζεται με το τμήμα του χερσαίου παράκτιου χώρου που απομένει μετά την αφαίρεση της Κρίσιμης και της Δυναμικής Ζώνης. Το τμήμα αυτό του παράκτιου χώρου αποτελεί «ζώνη μετάβασης» από την παράκτια ζώνη στον αμιγώς ηπειρωτικό χώρο, χαρακτηρίζεται από την παρουσία πλήθους ανθρωπίνων δραστηριοτήτων και έχει μεγάλη σημασία για το σχεδιασμό, καθώς συχνότατα επηρεάζει την Δυναμική και την Κρίσιμη Ζώνη». ¹¹

Ωστόσο, ανεξάρτητα από τους παραπάνω ορισμούς η οριοθέτηση της παράκτιας περιοχής ποικίλλει ανάλογα με το σκοπό, την επιστήμη, τα προβλήματα που πρέπει να αντιμετωπιστούν και την ιδιαιτερότητα κάθε περιοχής. Κατά τη μελέτη των χρήσεων γης ορίζεται ως παράκτια περιοχή πλάτους 100 μέτρων στη στεριά, η οποία οριοθετείται από τη θάλασσα. Κατά τη μελέτη της υποδομής και δραστηριότητες που σχετίζονται με τη θάλασσα ως παράκτια περιοχή η απόσταση έως 5 χλμ. από την ακτή προς το εσωτερικό. Σε περιπτώσεις περιγραφής τοπικών παράκτιων φαινομένων και λειτουργιών, ως παράκτια περιοχή, θεωρείται η ζώνη της θάλασσας από την περιοχή της κυματαγωγής μέχρι το βάθος των 10 μ.

Για τη μελέτη της ορθής διαχείρισης της παράκτιας ζώνης λαμβάνονται υπόψη όλα τα απαραίτητα στοιχεία, όπως τα γεωμορφολογικά στοιχεία της περιοχής και οι λεκάνες απορροής .

Η παράκτια ζώνη υποδιαιρείται επιπλέον σε επάκτια (inshore zone) και προάκτια (foreshore zone) ή μέτωπο ακτής, οι οποίες έχουν ως όριο τη γραμμή κατώτατης ρηχίας (mean lower low-water line). Ενδιάμεσα, μπορούμε να διακρίνουμε τις ακόλουθες ζώνες¹²:

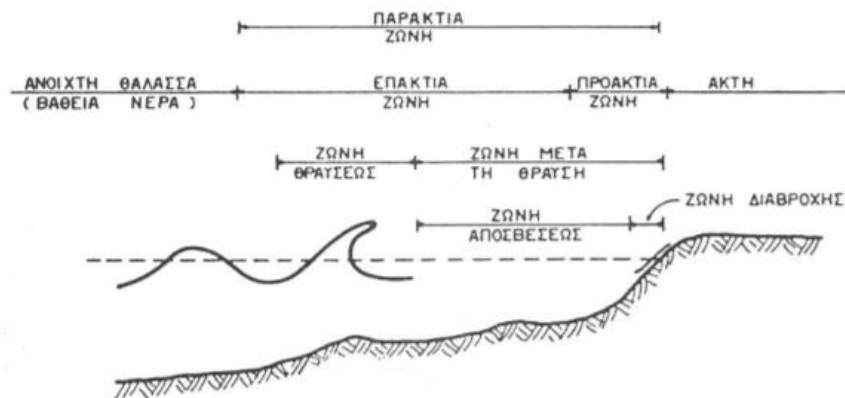
- Βαθύτερη ζώνη ή ζώνη πριν από τη θραύση, όπου εμφανίζονται οι παραμορφώσεις των κυματισμών οι οποίες τελικά καταλήγουν σε θραύση.

¹¹ Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο Σχεδιασμού και αειφόρου Ανάπτυξης για τον Παράκτιο Χώρο και τα Νησιά και της Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων. 2009. Άρθρο 6. Παρ. 1.σ.13-14.

¹² Komar PD. (1998). “Beach Processes and Sedimentation”. Second Edition. Prentice Hall: New Jersey.

- Ζώνη θραύσεως (breaker zone), το κατ' εξοχήν δυναμικό τμήμα ολόκληρης της παράκτιας ζώνης, όπου λαμβάνει χώρα το φυσικό φαινόμενο της θραύσεως των κυμάτων και αποτελεί το γενεσιουργό μηχανισμό των διεργασιών που απασχολούν την επιστήμη της ακτομηχανικής.
- Ζώνη μετά τη θραύση (after-breaker zone), η οποία με τη σειρά της χωρίζεται στη ζώνη **απόσβεσης** (surf zone), όπου εκτονώνεται η ενέργεια του κύματος (τύρβη, θερμότητα, κλπ.) και δημιουργούνται τα κυματογενή ρεύματα, και στη ζώνη **διαβροχής ή αναρρίχησης** (swash zone) με όρια την κατώτερη και ανώτερη θέση της ακτογραμμής. Η θέση των δύο παραπάνω ζωνών επηρεάζεται σημαντικά από τα χαρακτηριστικά των κυμάτων, την κλίση του πυθμένα, τις περιβαλλοντικές συνθήκες και την παλίρροια.

Μετά τον μηδενισμό της κινητικής ενέργειας το ανοδικό στρώμα διαβροχής αποκτά μια δυναμική ενέργεια η οποία μετατρέπεται σε κινητική με αντίθετη κατεύθυνση προς το κάτω μέρος της χερσαίας παραλίας. Η μάζα του νερού με τη μορφή ενός λεπτού στρώματος επιστρέφει λόγω της βαρύτητας δημιουργώντας το καθοδικό ρεύμα διαβροχής (backwash). Το ρεύμα αυτό διευθετεί το υλικό που απόθεσε την προηγούμενη χρονική στιγμή το ανοδικό ρεύμα διαβροχής ανάλογα με το σχήμα, τη διάμετρο και την πυκνότητα των κόκκων της χερσαίας παραλίας.



Εικόνα 2 – Υπόλοιπες υποδιαίρεσεις Παράκτιας Ζώνης (Πηγή: Μοντζούρης, 2005).

1.2 ΘΑΛΑΣΣΙΟΙ ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΙ

1.2.1 ΕΙΔΗ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ

Θαλάσσιος κυματισμός είναι κάθε περιοδική ή μη περιοδική διατάραξη της ελεύθερης επιφάνειας της θάλασσας. Με βάση την αιτία δημιουργίας και τα χαρακτηριστικά των κυματισμών διακρίνονται σε διάφορες κατηγορίες. Ενδεικτικά, μπορούμε να διακρίνουμε τα σημαντικότερα κυματικά φαινόμενα στις εξής κατηγορίες (κατά Phillips 1977, LeBlond και Mysak 1978):

- Επιφανειακά κύματα (surface waves), τα οποία διαδίδονται στην ελεύθερη επιφάνεια του υγρού και περιλαμβάνουν κυρίως τα ανεμογενή (wind waves), δηλαδή κύματα που δημιουργούνται λόγω του ανέμου, και τις αποθαλασσιές (swells), κύματα που δεν οφείλονται σε καιρικά φαινόμενα στο χρόνο που παρατηρούνται αυτά, αλλά σε άνεμο που έπνεε σε προηγούμενο χρόνο, ενίοτε και ημέρες πριν, ή σε άλλη περιοχή.
- Εσωτερικά κύματα (internal waves), τα οποία δημιουργούνται στο σημείο όπου εφάπτονται δύο στρώματα θαλάσσιου νερού διαφορετικής πυκνότητας.
- Γυροσκοπικά κύματα (gyroscopic or inertial waves), τα οποία οφείλονται στην περιστροφική κίνηση των υγρών σωματιδίων και μεταδίδονται στο εσωτερικό του υγρού
- Πλανητικά κύματα (planetary or Rossby waves), τα οποία οφείλονται στη σχετική κίνηση των πλανητών και της Γης.
- Παλίρροιες (tides), που δημιουργούνται λόγω της βαρυτικής έλξης της Σελήνης πάνω στη Γη.
- Ακουστικά κύματα στο εσωτερικό της υδάτινης μάζας (hydroacoustic waves) και είναι συζευγμένα με ακουστικά και ελαστικά κύματα που διαδίδονται στα υποστρώματα του πυθμένα.

Εξετάζοντας αναλυτικότερα τα επιφανειακά θαλάσσια κύματα, διακρίνουμε τις εξής κύριες κατηγορίες, ανάλογα με το αίτιο δημιουργίας τους:

- Ανεμογενείς κυματισμοί (wind waves), δηλαδή κύματα ανέμου που δημιουργούνται λόγω του ανέμου, και αποθαλασσιές (swells), κύματα που δεν οφείλονται σε καιρικά φαινόμενα στο χρόνο που παρατηρούνται αυτά, αλλά σε άνεμο που έπνεε σε προηγούμενο χρόνο, ενίοτε και ημέρες πριν, ή

σε άλλη περιοχή. Οι ανεμογενείς κυματισμοί καταλαμβάνουν ένα μεγάλο τμήμα του φάσματος, που αντιστοιχεί σε περιόδους από $T = 1$ s έως $T = 20-25$ s, περίπου.

- Κύματα παραγόμενα από κινήσεις επιπλεόντων ή βυθισμένων αντικειμένων (body generated waves), τα οποία, γενικώς, αντιστοιχούν στις ίδιες περιόδους με τους ανεμογενείς κυματισμούς.
- Κυματώγη (surf beat) και κύματα ιδιοταλαντώσεων λιμανιών και υφαλοκρηπίδας (harbour resonance, seiche, shelf waves) που αντιστοιχούν σε περιόδους από $T = 1$ min έως $T = 40$ min, περίπου.
- Σεισμογενείς κυματισμοί (σεισμικά κύματα, tsunamis), οι οποίοι καταλαμβάνουν μεγάλο τμήμα του φάσματος που αντιστοιχεί σε περιόδους από $T = 5$ min έως $T = 2$ h, περίπου.

Η πιο κοινή αιτία των κυμάτων είναι ο άνεμος. Επομένως, μπορεί να γίνει κατανοητό ότι οι ανεμογενείς θαλάσσιοι κυματισμοί είναι συνήθως ένας από τους κύριους λόγους δυναμικής διέγερσης και φόρτωσης θαλάσσιων κατασκευών. Πέραν αυτού όμως, οι ανεμογενείς κυματισμοί, διαδίδοντας μεγάλα ποσά ενέργειας και, δευτερευόντως, μάζας από την ανοικτή θάλασσα όπου δημιουργούνται προς τις ακτές, αποτελούν ένα πολύ σημαντικό παράγοντα που επιδρά στην διαμόρφωση της ακτογραμμής, στην ισορροπία του οικοσυστήματος στην παράκτια ζώνη, στη ρύπανση των ακτών κλπ. Επομένως, η μελέτη των μηχανισμών διάδοσης των κυματισμών αυτών και η εξέταση της αλληλεπίδρασής τους με το παράκτιο περιβάλλον αποτελεί θέμα ζωτικής σημασίας από οικονομική και κοινωνική άποψη.

Ο κύριος παράγων ανεμοκυματογένεσης είναι το πέρασμα ενέργειας από τα κινούμενα κατώτερα ατμοσφαιρικά στρώματα στις επιφανειακές θαλάσσιες μάζες. Τα τριχοειδή αρχικά κύματα (capillary waves) εξελίσσονται σε διαταραχές της επιφάνειας μήκους πολλών μέτρων, που δέχονται τις διακυμαινόμενες λόγω τύρβης διατμητικές και εγκάρσιες (πίεσεις) δυνάμεις του αέρα. Η τροφοδοσία σε μηχανική ενέργεια από την ατμόσφαιρα αρχικά αυξάνει εκθετικά και στη συνέχεια βαίνει φθίνουσα καθώς οι κυματισμοί αυξάνονται σε περίοδο και μήκος, ώστε η φασική τους ταχύτητα να προσεγγίζει την ταχύτητα του ανέμου.

Διάφορες θεωρίες, με υπερέχουσα τη θεωρία των Phillips (1957) και Miles (1960), προσπάθησαν να ερμηνεύσουν τη γένεση των νεογενών κυματισμών. Σύμφωνα με την επικρατούσα θεωρία, η κυματογένεση ξεκινά με γραμμική αύξηση του κύματος λόγω συντονισμού με τις τυρβώδεις διαταραχές πίεσης και τριβής στην επιφάνεια, και συνεχίζει με εκθετικό ρυθμό ανάπτυξης λόγω υδροδυναμικής αστάθειας. Η επίδραση

του ανέμου μιας συγκεκριμένης κατεύθυνσης διαπιστώθηκε ότι προκαλεί κυματογένεση σε έναν τομέα ± 450 εκατέρωθεν της διεύθυνσης του ανέμου, με αποτέλεσμα να διαμορφώνεται ένα πεδίο τρισδιάστατων κυματισμών

1.2.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΚΥΜΑΤΩΝ

Κάθε κύμα έχει εξής βασικά χαρακτηριστικά:

- Το ύψος (H), που είναι η κατακόρυφη απόσταση από την κορυφή ως το βαθύτερο σημείο της κοιλίας.
- Το μήκος κύματος (L), που είναι η οριζόντια απόσταση από κορυφή σε κορυφή.
- Η περίοδος (T), που είναι ο χρόνος (σε δευτερόλεπτα) που χρειάζεται να περάσει από ακίνητο παρατηρητή δύο διαδοχικές κορυφές.
- Η ταχύτητα του κύματος (C) είναι η ταχύτητα ενός ατομικού κύματος καθώς κινείται μέσα στο νερό. Αν είναι γνωστή η περίοδος κυματισμού (T) και το μήκος κύματος (L), τότε η ταχύτητα κυμάτων (C) μπορεί να προσδιοριστεί από $C = L/T$.
- Κλίση κύματος (S) ορίζεται ως το ύψος κύματος διαιρούμενο με το μήκος ($S = H/L$). Ως εκ τούτου, το ίδιο ύψος κύματος θα οδηγήσει σε υψηλή κλίση αν μικραίνει το μήκος. Ένα μικρό ύψος δια ενός μεγάλου μήκους θα παράγει μια χαμηλή κλίση. Όταν η κλίση του κύματος υπερβαίνει περίπου $1/7$ το κύμα θα αρχίσει να σπάσει.
- Η γωνία διάδοσης του κύματος ή γωνία πρόσπτωσης θ .

Τα μεγέθη αυτά (H, L και θ) για περιοχές βαθιών νερών, δηλαδή σε βάθη που $d > 0.5 L$, όπου d το βάθος του νερού, παραμένουν σταθερά, καθώς εκεί οι τροχιές των υγρών σωματιδίων είναι κυκλικές. Αντίθετα, σε ενδιάμεσα και ρηγά νερά, όπου $d < 0.5 L$, τα χαρακτηριστικά του κύματος μεταβάλλονται καθώς αυτό κινείται από τα βαθιά στα ρηγά ύδατα, και όσο το βάθος μικραίνει οι τροχιές τείνουν να γίνουν περίπου ελλειπτικές και σχετικά πεπλατυσμένες, η επιρροή του πυθμένα καθίσταται ολοένα και σημαντικότερη και τα φαινόμενα ξεφεύγουν από τη γραμμικότητά τους και χαρακτηρίζονται από σημαντική διασπορά.

Σε αυτές τις περιοχές η δυναμική των επιφανειακών κυματισμών βαρύτητας είναι πιο πλούσια σε φυσικά φαινόμενα, κατά συνέπεια παρουσιάζει και το μεγαλύτερο

ενδιαφέρον εξέτασης (Massel, 1989). Στην περιοχή αυτή συναντώνται όλα τα χαρακτηριστικά κυματικά φαινόμενα, και συγκεκριμένα:

- Ανάκλαση (reflection) και διάθλαση (refraction) των κυματισμών, καθώς και τροποποίηση του πλάτους των κυματισμών λόγω ρήχωσης (shoaling).
- Αλληλεπίδραση με την τρισδιάστατη βαθυμετρία και φαινόμενα περίθλασης ή σκέδασης των κυματισμών (diffraction).
- Διασπορά των κυματισμών (dispersion).
- Τριβή πυθμένα και εξασθένηση της ροής της κυματικής ενέργειας (bottom friction and wave energy dissipation).
- Μη γραμμικές αλληλεπιδράσεις μεταξύ διαφορετικών κυματικών συνιστωσών, και μεταφορά ενέργειας από μια αρχική ζώνη συχνοτήτων του φάσματος των κυματισμών προς μικρότερες και μεγαλύτερες συχνότητες (non-linear interactions).
- Δημιουργία κυματογενών ρευμάτων (wave induced currents) και μεταφορά μάζας.
- Θραύση των κυματισμών κοντά στην ακτή (wave breaking).

Στη ζώνη θραύσεως και στη ζώνη μετά τη θραύση η ένταση της κυματικής και κατ' επέκταση της υδροδυναμικής κυκλοφορίας και των φαινομένων που προκαλούνται από αυτές, είναι σημαντικά μεγαλύτερη, καθώς εκλύονται τεράστιες ποσότητες ενέργειας οι οποίες διοχετεύονται στην ακτή και συμβάλλουν στην κίνηση του υλικού του πυθμένα. Η ενέργεια αυτή όταν με τη σειρά της φτάσει στην ακτή δημιουργεί προβλήματα, φορτία και βλάβες στις κατασκευές μηχανικού, συνεπώς η θωράκισή τους κρίνεται απαραίτητη για την ομαλή λειτουργία.

Τα στατιστικά **χαρακτηριστικά μεγέθη των ανεμογενών κυματισμών** (καθώς αποτελούν τους συνηθέστερους κυματισμούς) είναι συναρτήσεις των εξής ανεξάρτητων μεταβλητών:

$$F = \text{μήκος αναπτύγματος (Fetch)}$$

Όπου είναι η χαρακτηριστική γραμμική διάσταση του θαλάσσιου πεδίου από ακτή σε ακτή κατά μήκος της οποίας δρα ο κυματισμός. Με βάση την αναφερθείσα επίδραση του ανέμου σε τομέα $\pm 45^\circ$ στην περίπτωση πολύπλοκης τοπογραφίας ακτών και

πλευρικού περιορισμού του πεδίου ανάπτυξης κυματισμών, το ισοδύναμο (effective) μήκος ανάπτυξης ορίζεται σύμφωνα με τον τύπο:

$$F_{eff} = \frac{\sum_{i=-N}^N F_i (\cos \alpha_i)^2}{\sum_{i=-N}^N \cos \alpha_i} \quad (1.1)$$

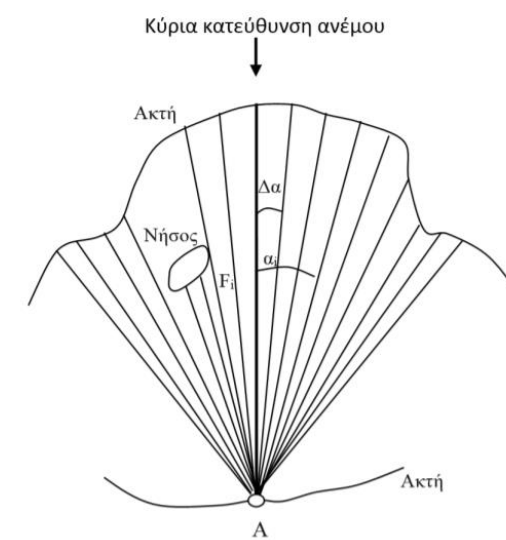
όπου i : ακέραιος που περιγράφει την κατεύθυνση των ακτινών ανά $\Delta\alpha=5$ ή 10 μοίρες, εκατέρωθεν της κύριας κατεύθυνσης του ανέμου,

α_i : η γωνία που σχηματίζεται από την κύρια κατεύθυνση πνοής και την εκάστοτε ακτίνα ($\alpha_i=i \Delta\alpha$),

$2N+1$ ο αριθμός των ακτινών (συνήθως $\Delta\alpha=5^\circ$, $N=9$)

t_D : η διάρκεια πνοής του ανέμου

U_{10} : η χαρακτηριστική ταχύτητα του ανέμου αναφερόμενη σε ύψος 10 m πάνω από την επιφάνεια.



Εικόνα 3 – Υπολογισμός του ισοδυνάμου μήκους ανάπτυξης στο Α (Πηγή: Καραμπάς, Θ., Κρεστενίτης, Ι., Κουτίτας, Χ. 2015. “Στοιχεία Ακτομηχανικής” στο “Ακτομηχανική - έργα προστασίας ακτών”. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών).

Η ταχύτητα αυτή είτε μετριέται αυτούσια είτε μεταφέρεται από άλλο ύψος, με βάση τη λογαριθμική κατανομή στην οριακή στιβάδα της ατμόσφαιρας σύμφωνα με τη σχέση:

$$U_{10} = U_z \left(\frac{10}{z} \right)^{1/7} \quad (1.2)$$

Η ταχύτητα αυτή ως παράγοντας κυματογένεσης επηρεάζεται από τη θερμική ευστάθεια της κατώτερης ατμόσφαιρας που περιγράφεται από τη διαφορά

θερμοκρασίας αέρα/νερού. Λόγω της μη γραμμικής μορφής της σχέσης ταχύτητας ανέμου και διατμητικής τάσης που ασκείται στην επιφάνεια, χρησιμοποιείται συνήθως η ταχύτητα τριβής U_w^* που ορίζεται:

$$U_w^* = C_D U_{10}^2 \quad (1.3)$$

όπου C_D ο συντελεστής τριβής στη διεπιφάνεια αέρα-θάλασσας:

$$C_D = 0.001(1.1 + 0.035U_{10}) \quad (1.4)$$

1.2.3 ΠΡΟΦΙΛ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΟΥ ΧΡΟΝΟΥ

Η παραλία είναι ένα ενεργό σύστημα μέσα στο οποίο λαμβάνει χώρα εποχική μεταφορά μάζας. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα, τα καιρικά φαινόμενα όπως η αιολική και η κυματική ενέργεια καθώς επίσης και τα θαλάσσια ρεύματα, είναι μεγαλύτερα σε ένταση από ότι το καλοκαίρι. Με τα καιρικά φαινόμενα μεταφέρεται ενέργεια, η οποία είναι συνάρτηση της έντασης τους, Μια παραλία δέχεται μεγαλύτερη ποσότητα ενέργειας κατά τη διάρκεια του χειμώνα ως αποτέλεσμα των έντονων καιρικών φαινομένων και τείνει να διαβρωθεί ενώ η κλίση και το πλάτος της, παρουσιάζουν εποχική διακύμανση.¹³

ΧΕΙΜΕΡΙΝΟ ΠΡΟΦΙΛ

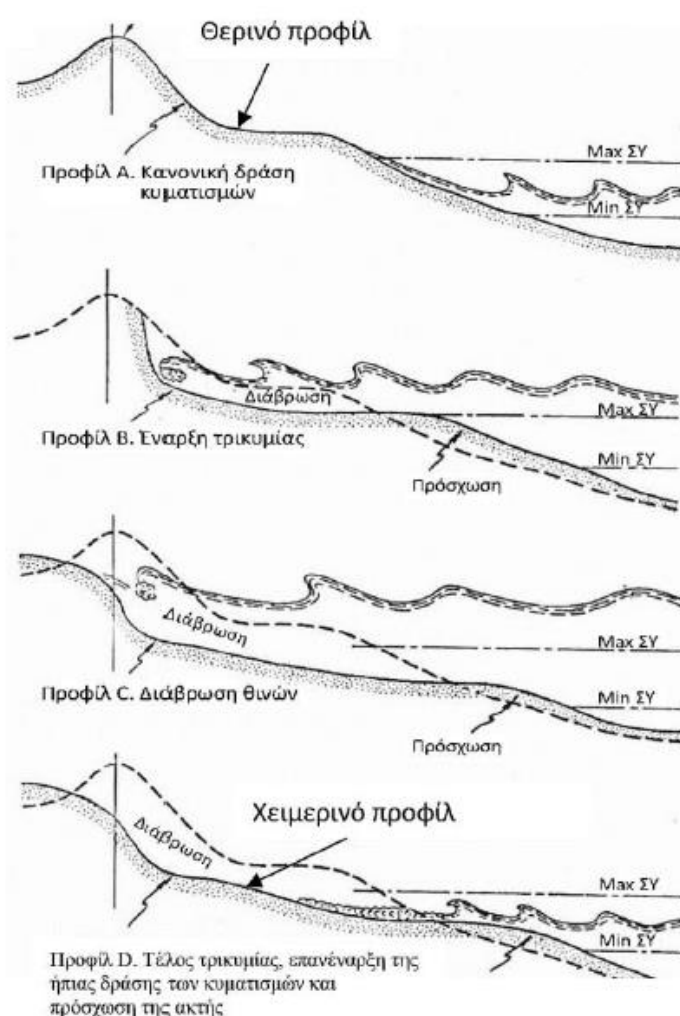
Οι κυματισμοί που παρουσιάζουν μεγάλη καμπυλότητα διαβρώνουν το υλικό του «μετώπου» της ακτής καθώς επίσης και το τμήμα του βυθού μεταξύ γραμμής θραύσεως και ακτογραμμής, μεταφέροντας το στην περιοχή θραύσεως, που έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός επιμήκη υφάλου (long shore bar, αναβαθμό) παράλληλο προς την ακτή. Ο αναβαθμός λειτουργεί ως μέσο προστασίας της ακτής κατά τη διάρκεια κυματικών καταιγίδων, αφού προξενεί θραύση των κυματισμών και έχει μεγάλη συνεισφορά στη μείωση του ύψους και της έντασης των διαδομένων, πίσω από αυτόν κυμάτων.¹⁴

¹³ Παπαδογιάννης Κ., (2013). Διπλωματική Εργασία "Διάβρωση και ανάπλαση παραλίας (παραλία Κουμ-Καπί Δήμου Χανίων)", Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

¹⁴ Κουτίτας Χ. (1994). "Εισαγωγή στην παράκτια τεχνική και τα λιμενικά έργα". Θεσσαλονικη. Εκδ.Ζήτη.

ΚΑΛΟΚΑΙΡΙΝΟ ΠΡΟΦΙΛ

Οι κυματισμοί κατά την θερινή περίοδο είναι μικρότερης καμπυλότητας σε σχέση με αυτούς της χειμερινής και έχουν τη τάση να επαναφέρουν υλικό στο μέτωπο της ακτής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση του ύψους του υφάλου και τον εμπλουτισμό του κοκκώδους υλικού στην ακτή. Συγκρίνοντας τα δύο προφίλ παρατηρούμε ότι, το πλάτος της παραλίας το χειμώνα είναι μικρότερο από το αντίστοιχο του καλοκαιριού, λόγω του ότι ένα μεγάλο μέρος της έχει μεταφερθεί στη θάλασσα δημιουργώντας αναβαθμούς. Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού το ίζημα επιστρέφει από τους αναβαθμούς στην παραλία αυξάνοντας το πλάτος της.¹⁵



Εικόνα 4 - Εγκάρσια Δράση των Κυματισμών (Πηγή: Καραμπάς, Θ., Κρεστενίτης, Ι., Κουτίτας, Χ. 2015. "Ακτομηχανική - έργα προστασίας ακτών". [ηλεκτρ. βιβλ.] - σελ.96.

¹⁵ Παπαδογιάννης Κ., 2013. Διπλωματική Εργασία "Διάβρωση και ανάπλαση παραλίας (παραλία Κουμ-Καπί Δήμου Χανίων)", Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

1.3 ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

Τα θαλάσσια ρεύματα σε παράκτιες περιοχές είναι εξαιρετικά δύσκολο να προβλεφθούν με κάποια αξιοπιστία, σε αντίθεση με τα κύματα. Αυτό οφείλεται στις πολλές επιμέρους συνιστώσες των ρευμάτων, οι κυριότερες από τις οποίες είναι (Μέμος, 2008) :

- Ωκεάνια ρεύματα
- Παλιρροιακά ρεύματα, λόγω αστρονομικών ή πλανητικών παλιρροιών
- Ανεμογενή ρεύματα, λόγω δράσης του ανέμου
- Ρεύματα λόγω ατμοσφαιρικής πίεσης
- Κυματογενή ρεύματα, λόγω θραύσης, περίθλασης και διάθλασης των κυματισμών
- Ρεύματα πυκνότητας, λόγω στρωμάτωσης αλατότητα ή θερμοκρασίας.

Τα ωκεάνια και παλιρροιακά ρεύματα αφορούν μεγάλες γεωγραφικές περιοχές και βαθιά νερά, σε αντίθεση με τα ανεμογενή ρεύματα και αυτά λόγω ατμοσφαιρικής πίεσης που χαρακτηρίζονται ως τοπικά φαινόμενα. Τα κυματογενή ρεύματα λαμβάνουν χώρα κυρίως σε ρηχά νερά και, τέλος, τα ρεύματα πυκνότητας εντοπίζονται συνήθως σε περιοχές εκβολών ποταμών, όπου υπάρχει εισροή γλυκού νερού στη θάλασσα.

1.4 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΚΤΩΝ

Οι μεγάλες διαφοροποιήσεις των ακτών, τόσο σε παγκόσμιο όσο και σε τοπικό επίπεδο, έχουν ως αποτέλεσμα τη ανάπτυξη διάφορων τρόπων ταξινόμησης των ακτών.

Το 2001 το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο ξεκίνησε ένα σχέδιο για την ανάπτυξη συστάσεων πολιτικής για την παράκτια διάβρωση, που οδήγησε στην πανευρωπαϊκή μελέτη EuroSION. Σκοπός της ήταν να εντοπίσει και να αναλύσει τα προβλήματα διάβρωσης στην Ευρώπη και να διατυπώσει συστάσεις πολιτικής για την αντιμετώπιση της διάβρωσης των ακτών με βιώσιμο τρόπο.¹⁶

¹⁶ Αποστολάκη Μ. 2012. “Η μελέτη EUROSION” στο “Προστασία και Ολοκληρωμένη Διαχείριση των Παράκτιων Ζωνών: Το Διεθνές, Ευρωπαϊκό και Εθνικό Θεσμικό Πλαίσιο”. Διπλωματική Εργασία. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο. Τμήμα Γεωλογίας. Αθήνα. σσ.111.

Η κατηγοριοποίηση των ακτών σύμφωνα με το γεωμορφολογικό σύστημα ταξινόμησης του προγράμματος «Eurosion: Living with coastal erosion in Europe»¹⁷ στους εξής τύπους:

- Βραχώδης ακτές ή/και κρημνοί από σκληρό υλικό.
- Κρημνοί από κροκαλοπαγή και/ή μαλακούς βραχώδεις σχηματισμούς που συχνά εμπεριέχουν και μικρές (<200m), παραλίες κλειστής κυκλοφορίας (pocket beaches).
- Παραλίες ζώνες είτε μικρού μήκους (200-1000m) που διαχωρίζονται από βραχώδη ακρωτήρια είτε εκτεταμένες παραλίες (>1km) ποικίλης κοκκομετρικής σύστασης και ακτογραμμές παράκτιων σχηματισμών θαλάσσιας απόθεσης (π.χ. barriers, spits) συμπεριλαμβανομένων και των τεχνητά εμπλουτισμένων παραλιών, και
- Δελταϊκές παραλίες (συνήθως αργιλικής σύστασης).¹⁸

Ένας άλλος τρόπος ταξινόμησης των ακτών, σύμφωνα τον Fairbridge¹⁹, είναι αυτός που βασίζεται σε στους εξής όρους:

- Εάν το υλικό είναι σκληρό, μαλακό, διαλυτό ή μη-διαλυτό.
- Ποιες είναι οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα (διαβρωτικές/εποικοδομητικές, φυσικές, χημικές, βιολογικές και γεωλογικές).
- Ποιοι είναι οι ιστορικοί παράγοντες (χρονική κλίμακα: ευστατισμός, τεκτονική, ιζηματογένεση, κλπ).

¹⁷ Eurosion. (2004a). *“Living with coastal erosion in Europe, sediment and space for sustainability”*, results from the Eurosion study.

¹⁸ Αλεξανδράκης, Γ., Καρδισά, Α., Πούλος, Σ., Γκιώνης, Γ., Καμπάνης, Ν., (2009). *“Εκτίμηση της τρωτότητας των ακτών του Αιγαίου στην αύξηση της θαλάσσιας στάθμης”*. 9ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας. σσ. 328–329.

¹⁹ Fairbridge, R.W., (2004). *“Classification of Coasts”*. J. Coast. Res. 20, 155–165.

Πρόσφατα, ο Alcantara-Carrío²⁰ έδωσε μία σύγχρονη ταξινόμηση, λαμβάνοντας υπόψη τον κυρίαρχο ρόλο των ανθρώπινων παρεμβάσεων. Υπό την επίδρασή τους, ορίζει τρία είδη ακτών:

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

1.2 ΚΑΤΗΓΟΡΙΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ ΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ

Η κατηγοριοποίηση των μορφών μεταβολής της ακτογραμμής, βασισμένη σε γεωμορφολογικούς κανόνες, μας παρέχει ένα καλά καθορισμένο πλαίσιο με τη βοήθεια του οποίου τα δεδομένα μεταβολής της ακτογραμμής μπορούν να ερμηνευθούν με περισσότερη ακρίβεια και μας εφοδιάζει με ένα πρακτικό εργαλείο διαχείρισης.²¹

Σαν "τύπος" μεταβολής της ακτογραμμής ορίζεται ένα διακριτό πρότυπο (μοτίβο) μετακίνησης της ακτογραμμής που αναγνωρίζεται από μία ιδιαίτερη αλλαγή στο σχήμα, στον ρυθμό ή στην περιοδικότητα. Οι τύποι μεταβολής της ακτογραμμής μπορούν να εμφανισθούν ως δισδιάστατες (γραμμικές) ή τρισδιάστατες (κατά μήκος της ακτής) μεταβολές που εξελίσσονται σε διάφορες χρονικές και χωρικές κλίμακες.²²

²⁰ Alcantara-Carrío, J., (2014). "Geomorphological Coastal Classifications after Natural Processes and Human Disturbance". Oceanogr. Open Access 02, 3–4.

²¹ Del Río, L., Gracia, F.J., Benavente, J., (2013). "Shoreline change patterns in sandy coasts. A case study in SW Spain". Geomorphology 196, 252–266.

²² Galgano, F., Leatherman, S., (2005). "Modes and Patterns of Shoreline Change", in: Schwartz, M. (Ed.), Encyclopedia of Coastal Science, Encyclopedia of Earth Science Series. Springer Netherlands, pp. 651–656.

Οι τύποι μεταβολής της ακτογραμμής που έχουν εντοπιστεί έως σήμερα και προταθεί για την ταξινόμηση των μεταβολών της ακτογραμμής, συνοψίζονται στον παρακάτω πίνακα:

Πίνακας 1 - Προτεινόμενη ταξινόμηση τύπων διάβρωσης ακτογραμμής με βάση τους τρόπους αλλαγής της (μετά από Leatherman, 1993) (Galvano and Leatherman, 2005).

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

1.3 ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΣΤΗ ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ

Η παράκτια διάβρωση είναι το αποτέλεσμα μιας διαδικασίας ή μιας σειράς, φυσικών ή μη, διεργασιών, οι οποίες τροποποιούν τη μορφολογία των ακτών προκαλώντας απώλεια της επιφάνειας του αναδυόμενου και βυθισμένου εδάφους, και επομένως επίσης του όγκου των ιζημάτων, σε ένα δεδομένο διάστημα, σε σύγκριση με τη μέση στάθμη της θάλασσας.

Τα δεδομένα σχετικά με τη διάβρωση των ακτών εξαρτώνται επομένως από μία χωρική και μία χρονική κλίμακα. Η ακτογραμμή των ιζηματογενών ακτών είναι μια δυναμική γραμμή ενός τυπικού μεταβατικού περιβάλλοντος (ξηρά-θάλασσα) που επηρεάζεται από διακυμάνσεις σε διαφορετικές χρονικές κλίμακες σε σχέση με τα κύματα (δευτερόλεπτα), τις παλίρροιες (ώρες, δύο ημερήσιους κύκλους), τις εποχές ή τον ευρύτερο χρόνο κλίμακες (μήνες, χρόνια, αιώνες) όπως αλλαγές στο μέσο επίπεδο της θάλασσας.

Πρέπει να τονιστεί ότι η υποχώρηση της ακτογραμμής δεν είναι απαραίτητα σύμπτωμα ή «συνώνυμο» της παράκτιας διάβρωσης, αλλά αυτό το φαινόμενο μπορεί να είναι ένας δείκτης που πρέπει πάντα να αξιολογείται μέσω γεωμορφολογικών ερευνών.

Η ανάγκη διαχείρισης του αντίκτυπου και της δράσης της διάβρωσης των ακτών πηγάζει από την παρέμβαση ή την απειλή παρεμβολής του διαβρωτικού φαινομένου σε τοπικά ανθρώπινα «ενδιαφέροντα», προκαλώντας κρίσιμα ζητήματα. Πρόκειται για υποδομές, οικισμούς, γεωργικές ή παραγωγικές περιοχές, ως επί το πλείστον «άκαμπτα» στοιχεία, τα οποία συνήθως εισάγονται σε δυναμικά περιβάλλοντα (όπως τα παράκτια περιβάλλοντα) χωρίς ιδιαίτερες προφυλάξεις το οποίο έχει σαν αποτέλεσμα να αλλάζει συχνά τη δομή του.

Τα φαινόμενα διάβρωσης μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες: **βραχυπρόθεσμη** διάβρωση, αναστρέψιμου τύπου, που γενικά οφείλεται σε ακραία φαινόμενα (μετεωρολογικές παλίρροιες) και **μακροχρόνια** διάβρωση συνήθως κυρίως λόγω ανόδου της μέσης (και σχετικής) θαλάσσιας στάθμης ή/και λόγω αρνητικών παράκτιων ιζηματικών ισοζυγίων.²³

Η διάβρωση εμφανίζεται όταν και όπου η παραλία δεν μπορεί πλέον να ισορροπήσει την ενέργεια που παράγεται λόγω των κυμάτων και των υδάτινων όγκων που συσσωρεύονται σ' αυτήν. Μπορεί συνεπώς να θεωρηθεί ότι προκύπτει από την έλλειψη ισορροπίας μεταξύ, αφενός της εισροής ενέργειας και αφετέρου της αντίστασης της παράκτιας λωρίδας στην μετακίνηση των ιζημάτων της. Έτσι, η διαδικασία της

²³ Nicholls, R.J et al. (2007). "Coastal systems and low-lying areas. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Presented at the Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change*". Cambridge University Press. Cambridge, UK. pp. 315–356.

διάβρωσης αποτελεί ένα μέσο αποκατάστασης της ισορροπία μέσω της διάχυσης της ενέργειας.²⁴

Γενικά, η διάβρωση των ακτών είναι το άμεσο και έμμεσο αποτέλεσμα αλλαγών στον κύκλο ιζημάτων που προκαλούνται από φυσικές ή/και ανθρωπογενείς αιτίες.

1.3.1 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

Η διάβρωση προκύπτει από την συνδυασμένη δραστηριότητα φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων δηλ. σε επεμβάσεις στο περιβάλλον με διάφορους τρόπους και σε διάφορες χωροχρονικές κλίμακες.²⁵

Ο βαθμός διάβρωσης εξαρτάται από τοπικούς παράγοντες όποιοι είναι:

- Η τοποθεσία της ακτής (ακτή σε κόλπο ή στην ανοιχτή θάλασσα).
- Η γεωλογία της ακτής.
- Η μορφολογία της ακτής.
- Οι κλιματικές και κυματικές συνθήκες (υπολογισμού του μέγιστου ύψους των κυματισμών).
- Η ένταση των ακραίων καιρικών και κυματικών φαινομένων.
- Η συσσώρευση των ιζημάτων στην περιοχή. τις τεκτονικές διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στην περιοχή (βύθιση/ανύψωση της ακτής).

Η διάβρωση μπορεί να διακριθεί και σε:

- Διάβρωση από φυσικά αίτια,
- Διάβρωση από επίδραση ανθρώπινων παρεμβάσεων,
- Διάβρωση λόγω των κλιματικών αλλαγών και,

²⁴ Anthony, E.J. (2005). "Beach erosion", in "Encyclopedia of Coastal Science", Encyclopedia of Earth Sciences Series. M. L. Schwartz (ed), Springer, pp. 140–144.

²⁵ Βελεγράκης et al. (2005), "Διάβρωση Νησιώτικων Παραλιών: Φαινομενολογία και αίτια της υποβάθμισης του μεγαλύτερου φυσικού πόρου της νησιώτικης Ελλάδας."

- Συνδυασμός των ανωτέρων.

1.3.1.1 ΟΙ ΦΥΣΙΚΕΣ ΑΙΤΙΕΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

Οι φυσικοί παράγοντες διαδραματίζουν πολύ σημαντικό ρόλο στη διάβρωση των ακτών, ειδικά μακροπρόθεσμα. Αυτοί είναι σεισμοί, τεκτονική, κατολισθήσεις, κ.ά. Οι πιο σημαντικοί είναι οι άνεμοι και οι καταιγίδες, τα ρεύματα κοντά στις παραλίες, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας (η οποία οφείλεται στην κλιματική αλλαγή), η καθίζηση του εδάφους και η υγρή και σταθερή συμβολή των ποταμών στη θάλασσα.

Αξίζει να αναφερθεί ότι οι **τεκτονικές διεργασίες** σε μια παράκτια περιοχή αναγκάζουν την ακτογραμμή να μετακινείται προς το μέρος της θάλασσας ή της χέρσου, αναλόγως με το αν η περιοχή αναδύεται ή βυθίζεται αντιστοίχως.

Τα γεωτεκτονικά χαρακτηριστικά, δηλαδή η δράση των ρηγμάτων και οι ευστατικές κινήσεις του φλοιού της γης, επιφέρουν ανοδικές ή καθοδικές κινήσεις της ξηράς, με συνέπεια την αντίστοιχη μεταβολή της θέσης και της διαμόρφωσης της ακτογραμμής. Οι κινήσεις που οφείλονται στον ευστατισμό είναι συνήθως συνεχείς και με μικρές ταχύτητες ανύψωσης ή καταβύθισης. Οι κινήσεις που οφείλονται σε τεκτονικά αίτια λόγω της ενεργοποίησης ρηγμάτων από τη σεισμική δραστηριότητα της περιοχής προκαλούν απότομες ανυψώσεις ή καταβυθίσεις της ξηράς με τις συνεπακόλουθες μεταβολές της ακτογραμμής.²⁶

Οι ακτές οι οποίες ανυψώνονται τεκτονικά χαρακτηρίζονται από βραχώδεις, απότομες ακτογραμμές και ακρωτήρια που διακόπτονται από στενούς και ακανόνιστου σχήματος κόλπους. Όσο πιο σκληρή και βραχώδης είναι η σύνθεση του εδάφους τόσο πιο ακανόνιστο είναι το σχήμα της ακτογραμμής. Στα μαλακότερα εδάφη, οι κλίσεις είναι πιο ομαλές.²⁷

Όπου υπάρχει βύθιση της ακτής, τα ιζήματα τείνουν να επαναφέρουν την ακτογραμμή στην αρχική της θέση. Οι παράκτιες ζώνες σε αυτή την περίπτωση, χαρακτηρίζονται από μικρές κλίσεις, πλατιές αμμώδεις παραλίες και μεγάλης επιφάνειας περιοχές χαμηλού υψομέτρου στο τμήμα της ξηράς όπου υπάρχουν σχετικά πρόσφατα ιζήματα. Τυπικοί σχηματισμοί σε τεκτονικά βυθιζόμενες παράκτιες περιοχές είναι μικρά αμμώδη νησιά κοντά στην ακτογραμμή και ακριβώς πίσω και κατά μήκος αυτής πολύ

²⁶ Νικολακόπουλος, Κ.Γ., Περισοράτης, Κ., Τσόμπος, Π.Ι., Μητρόπουλος, Δ., Γεωργίου, Χ., (2008). αθορισμός του παλαιού αιγιαλού με γεωλογικά κριτήρια, in: 4ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Διαχείριση και Βελτίωση Παράκτιων Ζωνών». Μυτιλήνη, pp. 13–28.

²⁷ Δουκάκης, Ε., (2007α). Μέθοδοι προσδιορισμού του ρυθμού μεταβολής των ακτογραμμών (Σημειώσεις). ΕΜΠ, Διατμηματικό - Διεπιστημονικό ΠΜΣ “Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων.”.Αθήνα.

συχνά σχηματίζονται αμμοθίνες αλλά και περιοχές της στεριάς οι οποίες καλύπτονται από τα νερά των παλιρροιών.

1.3.1.2 ΟΙ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΑΙΤΙΕΣ ΤΗΣ ΠΑΡΑΚΤΙΑΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

Τα άστοχα παράκτια έργα, η κατασκευή φραγμάτων - οικιστική δόμηση καθώς και οι παραλιακές αμμοληψίες έχουν αρνητικό αντίκτυπο στην παράκτια ζώνη.

ΑΜΜΟΛΗΨΙΕΣ ΑΠΟ ΠΑΡΑΛΙΕΣ

Οι κατασκευές στη Ελλάδα στηρίζονται κυρίως στο οπλισμένο σκυρόδεμα, του οποίου τα κύρια δομικά υλικά είναι το τσιμέντο και η άμμος. Η άμμος πολλών παραλιών αποτελείται από λεπτόκοκκα ιζήματα, τα οποία θεωρούνται κατάλληλα για κατασκευή κτηρίων και έργων, αλλά ταυτόχρονα φέρνει μια εύκολη και γρήγορη πηγή κέρδους για πολλούς εργολάβους.

Το γεγονός αυτό σε συνδυασμό με την προσπάθεια εξεύρεσης πόρων από την τοπική αυτοδιοίκηση, οδήγησε στην εξόρυξη και μεταφορά μεγάλων ποσοτήτων άμμου από πολλές παραλίες. Οι αμμοληψίες κρίθηκαν παράνομες το 1986. Σήμερα αυτός ο νόμος βρίσκει πραγματική ισχύ σε λίγες παραλίες καθώς συνήθως η άγνοια είναι ο κύριος λόγος περιβαλλοντικών καταστροφών σε αυτές.²⁸

ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΠΑΝΩ ΣΤΗΝ ΕΝΕΡΓΗ ΖΩΝΗ ΤΗΣ ΠΑΡΑΛΙΑΣ

Η ραγδαία αύξηση του τουρισμού τα τελευταία χρόνια οδήγησε στη κατασκευή τουριστικών μονάδων κατά μήκος των παραλιών. Η κατασκευή κατοικιών, ξενοδοχείων ή άλλων κατασκευών, μέσα στην ενεργή ζώνη μίας παραλίας έχει αρνητικές συνέπειες στη λειτουργία της καθώς μειώνεται το πλάτος της παραλίας στο σημείο όπου υπάρχει η κατασκευή, ενώ γύρω από αυτή παρατηρείται έντονη διάβρωση. Αυτό οφείλεται στην αλλαγή των τοπικών συνθηκών του ανέμου, συνεπώς και των κυματισμών, αλλά και λόγω ότι η κατασκευή εγκλωβίζει όγκου άμμου που υπό κανονικές συνθήκες θα ήταν ελεύθερος να μεταφερθεί στην ενεργή ζώνη της παραλίας.²⁹

²⁸ Φωτεινής Σπυρίδων. (2014). Διδακτορική Διατριβή «Η Διάβρωση Των Ακτογραμμών Της Ελλάδας. Αξιολόγηση- Τρόποι Αντιμετώπισης». Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

²⁹ Παπαδογιάννης Κ., (2013). Διπλωματική Εργασία "Διάβρωση και ανάπλαση παραλίας (παραλία Κουμ-Καπί Δήμου Χανίων)". Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΑΠΟ ΠΑΡΑΛΙΑΚΟΥΣ ΔΡΟΜΟΥΣ

Ένα άλλο πρόβλημα, που προκαλεί έντονη διάβρωση, είναι η κατασκευή δρόμων πάνω στην ενεργή ζώνη της παραλίας. Για εύκολη προσβασιμότητα στις παραλίες συνήθως κατασκευάζονται δρόμοι πάνω ή πολύ κοντά σε αυτές.

Η αξία παραθαλασσίων εκτάσεων είναι πολύ υψηλή, αυτό καθιστά αδύνατη την απαλλοτρίωση τους, όπου κρίνεται σκόπιμο προκειμένου να διατηρηθεί αλώβητη η παραθαλάσσια ζώνη. Αντ' αυτού είναι σύνηθες το φαινόμενο κατασκευής δρόμων πάνω στην ενεργή ζώνη της παραλίας και η καταστροφή του ευαίσθητου συστήματος των αμμοθινών. Η προκαλούμενη διάβρωση έχει μεγάλους ρυθμούς ανάπτυξης στις συγκεκριμένες περιοχές. Μετά από μικρό συνήθως χρονικό διάστημα, η διάβρωση έχει απομακρύνει την προσκείμενη ακτογραμμή και αρχίζει να απειλεί το δρόμο. Για την προστασία του, οι τοπικές αρχές, συνήθως επιλέγουν πρόχειρες λύσεις ενισχύοντας την εκτεθειμένη πλευρά του δρόμου, με σειρά αυτοσχέδιων κατασκευών, όπως μεγάλους ογκόλιθους, πέτρες κάθε μεγέθους ακόμα και μπάζα.

ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΠΡΟΚΑΛΟΥΜΕΝΗ ΑΠΟ ΠΑΡΑΚΤΙΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

Η κατασκευή αλιευτικών καταφυγίων, μικρών λιμανιών και μικρών μαρίνων που γίνεται χωρίς κάποιον κεντρικό σχεδιασμό, έλλειψη των κυματικών, βαθυμετρικών και άλλων βασικών στοιχείων και χωρίς συνήθως τις απαιτούμενες μελέτες περιβαλλοντικών ή άλλων επιπτώσεων που είναι δυνατόν να προκαλέσουν αυτές οι κατασκευές στην περιοχή έχουν ως αποτέλεσμα να μην είναι λειτουργικές και να προκαλούν προβλήματα. Ως αποτέλεσμα των παραπάνω πολλές από αυτές τις κατασκευές, είτε παρεμπόδισαν τη στερεομεταφορά στις θαλάσσιες κυψέλες λόγω της θέσεως που τοποθετήθηκαν, προκαλώντας μοιραία την διάβρωση κοντινών παραλιών, είτε λόγω κακού σχεδιασμού απαιτείται η συχνή εκβάθυνση τους για να παραμείνουν λειτουργικές.³⁰

ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΠΡΟΚΑΛΟΥΜΕΝΗ ΑΠΟ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΦΡΑΓΜΑΤΩΝ

Τα φράγματα κατασκευάζονται με σκοπό την κάλυψη διάφορων ανθρώπινων αναγκών, όπως η προστασία από πλημμύρες, η συγκέντρωση νερού προκειμένου να χρησιμοποιηθεί για ύδρευση και άρδευση κ.α. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη συγκράτηση σημαντικών ποσοτήτων φερτών υλών, που υπό φυσιολογικές συνθήκες θα κατέληγαν στην παράκτια ζώνη, αποτελώντας υλικό απόθεσης, οδηγώντας στην

³⁰ Δουκάκης Ε. (2005). «Αιγιαλός και παραλία», Παρουσίαση για το μάθημα «Παράκτιο Περιβάλλον». Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών ΕΜΠ «Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων». Αθήνα.

οπισθοχώρηση της ακτής και την αύξηση της τρωτότητας της στη διάβρωση.³¹

Κάθε έργο που κατασκευάζεται στην παράκτια ζώνη αποτελεί εμπόδιο στη φυσική εκτόνωση των παράκτιων μηχανισμών επί της ακτής και μεταβάλλει την παράκτια κίνηση των ιζημάτων (άμμος και χαλίκια). Διαταράσσεται η ισόρροπη κατανομή των ιζημάτων, με αποτέλεσμα να παρατηρούνται αλλού έντονες προσχώσεις και αλλού έντονες διαβρώσεις.³²

1.3.1.3 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Οι διαταραχές της κλιματικής αλλαγής στο θαλάσσιο και παράκτιο περιβάλλον έχουν σημαντικές επιπτώσεις. Η αύξηση της μέσης στάθμης της θάλασσας είναι μια από τις πιο σοβαρές συνέπειες του φαινομένου του θερμοκηπίου και της ευρύτερης κλιματικής αλλαγής.

Η **Άνοδος Στάθμης της Θάλασσας (ΑΣΘ)** είναι μια φυσική διεργασία που θα αλλάξει την παγκόσμια γεωγραφία στις ακτές, κυρίως, εκεί που το ανάγλυφο είναι ιδιαίτερα χαμηλό, στα δελταϊκά συστήματα, στα προσχωσιγενή πεδία και τις ακτές. Μερικές από τις επιπτώσεις, που θα έχει η ΑΣΘ στις ακτές είναι η διάβρωση, οι συχνές πλημμύρες αλλά και οι αλλαγές των παράκτιων οικο-βιοτόπων.

Οφείλεται κυρίως στη θερμική διαστολή του νερού και στην τήξη των παγετώνων. Οι διαδικασίες που επιδρούν στην μεταβολή της στάθμης της θάλασσας είναι σύνθετες, με χρονική κλίμακα από κάποιες ώρες έως χιλιάδες έτη. Οι κυριότεροι παράγοντες είναι:

- Η θερμική ωκεάνια διαστολή συνδέεται με τις αλλαγές στην πυκνότητα του νερού και εξαρτάται από την θερμοκρασία και την αλατότητα,
- Η τήξη των παγετώνων λόγω της παγκόσμιας αύξησης της θερμοκρασίας λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου (ευστατισμός),
- Οι μεταβολές στην ποσότητα του επίγειου νερού που αποθηκεύεται στο έδαφος που προκαλούνται από τις ανθρώπινες παρεμβάσεις (κατασκευή φραγμάτων, υπεράντληση, κ.ά.) και επηρεάζουν των υδρολογικό κύκλο.

³¹ Κουτίτας ΧΓ (1994). “Εισαγωγή στην Παράκτια Τεχνική και τα Λιμενικά Έργα”. Εκδ. Ζήτη. Θεσσαλονίκη.

³² Μεσοχωρίτης Ο. (2017). “ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΑΚΤΩΝ: Αίτια – Αντιμετώπιση – Θεσμικό πλαίσιο”. σσ.3.

- Οι παράκτιες φυσικές διαδικασίες όπως η καθίζηση, η πρόσχωση, η διάβρωση και τα τεκτονικά φαινόμενα και έχουν τοπικό χαρακτήρα

Ακόμη και η ελάχιστη άνοδος της στάθμης μπορεί να προκαλέσει δραματικές οριζόντιες επιπτώσεις στη θέση της ακτογραμμής, ειδικά σε χαμηλής κλίσης ακτές. Για ανοικτές αμμώδεις ακτές (ocean-facing sandy beaches), ένα εκατοστό άνοδου της στάθμης της θάλασσας, μπορεί να προκαλέσει οριζόντια υποχώρηση μεγαλύτερη και από ένα μέτρο και περισσότερο.³³ Επιπλέον, μια αύξηση 10 εκατοστών στη μέση στάθμη της θάλασσας, μπορεί να συμβάλλει σε αύξηση της ταχύτητας εξάπλωσης της παλίρροιας καθώς και σε πιθανή αύξηση του παλιρροιακού πρίσματος της τάξεως του 22%.³⁴

Η πρόγνωση του μελλοντικού κλίματος είναι το πλέον αναγκαία, αν και οι δυνατότητες περιορίζονται στις σχετικές προβλέψεις που προέρχονται από τη χρήση των κλιματικών μοντέλων για τα διάφορα σενάρια εκπομπών.

Από τη χρήση των κλιματικών μοντέλων προκύπτουν χρήσιμα στοιχεία σχετικά με την αναμενόμενη άνοδο της Μ.Σ.Θ. και το σημαντικό ύψος κύματος HS, κλπ.

Σημαντική θέση στο εγχείρημα της πρόβλεψης του κλίματος στο μέλλον, έχει ο παράγοντας της αβεβαιότητας ως προς:

- τον τοποχρονικό προσδιορισμό και την ένταση των προβλεπόμενων ακραίων φαινομένων,
- την επιλογή του καταλληλότερου κλιματικού μοντέλου και τη δυνατότητα αξιόπιστης πρόγνωσης του κλίματος με χρήση κλιματικών μοντέλων,
- την συσχέτιση της κλιματικής αλλαγής με την ανθρώπινη δραστηριότητα και τη συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου.³⁵

³³ Camfield, F.E., Morang, A., (1996). “*Defining and interpreting shoreline change*”. Ocean Coast. Manag. 32, pp. 129–151.

³⁴ Silva, J.F. da, Duck, R.W., (2001). “*Historical changes of bottom topography and tidal amplitude in the Ria de Aveiro , Portugal — trends for future evolution*”. Clim. Res. 18, pp. 17–24.

³⁵ Τσουκαλά Β., (2017). “*Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στο σχεδιασμό των παράκτιων έργων – Πρόβλεψη και Αντιμετώπιση*”. Παρουσίαση στην Ημερίδα “*Διάβρωση Ακτών – Αιτία – Θεσμικό Πλαίσιο*”. ΤΕΕ. Αθήνα.

1.4 ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΠΛΗΜΜΥΡΑ

Σύμφωνα με την Οδηγία 2007/60/EK «Για την αξιολόγηση και τη διαχείριση των κινδύνων πλημμύρας», ως **πλημμύρα** ορίζεται η προσωρινή κατάκλυση του εδάφους από νερό το οποίο, υπό κανονικές συνθήκες, δεν είναι καλυμμένο από νερό. Η έννοια αυτή περιλαμβάνει πλημμύρες από ποτάμια, ορεινούς χειμάρρους και υδατορεύματα εφήμερης ροής, υπερχειλίσσεις λιμνών, πλημμύρες από υπόγεια ύδατα και πλημμύρες από τη θάλασσα σε παράκτιες περιοχές. Ακόμη, περιλαμβάνει πλημμύρες από καταστροφές μεγάλων υδραυλικών έργων, όπως θραύσεις αναχωμάτων και φραγμάτων.³⁶

Ως **κίνδυνος πλημμύρας** ορίζεται ο συνδυασμός της πιθανότητας να λάβει χώρα πλημμύρα και των δυνητικών αρνητικών συνεπειών για την ανθρώπινη υγεία, το περιβάλλον, την πολιτιστική κληρονομιά και τις οικονομικές δραστηριότητες, που συνδέονται μ' αυτή την πλημμύρα.³⁶

Τέλος, η ΚΥΑ ορίζει την **επικινδυνότητα πλημμύρας** ως τη «δυνατότητα εμφάνισης πλημμύρας σε συγκεκριμένο χώρο (ποσοτικοποιούμενη μέσω του βάθους νερού, της ταχύτητας ροής ή άλλου χαρακτηριστικού υδρολογικού ή υδραυλικού μεγέθους) που αντιστοιχεί σε δεδομένη πιθανότητα υπέρβασης».³⁶

Λόγω της κλιματικής αλλαγής και της ανόδου της στάθμης της θάλασσας, η ένταση και η συχνότητα των πλημμυρών ολοένα και αυξάνεται. Πιο συγκεκριμένα, οι παράκτιες περιοχές χαμηλού υψομέτρου και τα μικρά νησιά βρίσκονται σε μεγαλύτερο κίνδυνο για πλημμύρες από ότι οι άλλες. Οι πλημμύρες είναι ιδιαίτερα δυσμενείς σε υποβαθμισμένες παράκτιες περιοχές και γενικότερα σε περιοχές επιρρεπείς σε φυσικές καταστροφές. Οι παράκτιες πλημμύρες μπορεί να προκύψουν από μια ποικιλία διαφορετικών αιτιών, συμπεριλαμβανομένων των κυμάτων καταιγίδων (storm surge) ή την μετεωρολογική παλίρροια που δημιουργείται από καταιγίδες όπως οι τυφώνες και οι τροπικοί κυκλώνες, την αύξηση της στάθμης της θάλασσας λόγω της κλιματικής αλλαγής και τα τσουνάμι.

Το θαλασσινό νερό μπορεί να πλημμυρίσει μία έκταση μέσω διαφόρων τρόπων οι οποίοι είναι :

- Άμεση κατάκλυση, όταν η ανύψωση της ΣΘ υπερβαίνει το υψόμετρο του εδάφους σε περιοχές όπου συνήθως υπάρχει επίπεδο ανάγλυφο χωρίς φυσικά ή τεχνητά αναχώματα (αμμόλοφοι ή φράγματα).
- Υπερπήδηση (overtopping) των φυσικών αναχωμάτων ή τεχνητών κατασκευών ή έργων προστασίας της ακτής. Η βίαιη και απότομη υπερπήδηση των αναχωμάτων οφείλεται κυρίως στη δράση των μακρών κυματισμών, ενώ η πιο

³⁶ ΦΕΚ 1108/Β/21-07-2010.

αργή, αλλά και πιο επιμένουσα, οφείλεται συνήθως σε συνδυασμό έντονων μετεωρολογικών παλίρροιών με την ανώτατη πλήμμη αστρονομική παλίρροιας. Η υπερπήδηση μπορεί να προκαλέσει ροές μεγάλων ταχυτήτων και παροχών στα κατάντη των αναχωμάτων, οι οποίες μπορεί να προκαλέσουν υποσκαφή (scouring) τους και διάβρωση σημαντικών εκτάσεων στην παράκτια ζώνη.

- Αστοχία εμποδίου, και πάλι το εμπόδιο μπορεί να είναι φυσικό ή τεχνητό και η αστοχία αυτή συμβαίνει συνήθως σε ακτές που είναι εκτεθειμένες σε μεγάλα κύματα. Τα φορτία είναι μεγάλα και δεν μπορεί να τα παραλάβει το τεχνικό έργο. Το θαλασσινό νερό εισέρχεται στη παράκτια περιοχή από το σημείο που αστόχησε το εμπόδιο.³⁷

1.4.1 ΚΑΤΑΙΓΙΔΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΕΣ ΠΑΛΙΡΡΟΙΕΣ

Οι καταιγίδες μπορούν να προκαλέσουν πλημμύρα μέσω της **μετεωρολογικής παλίρροιας** (Storm Surge). Μετεωρολογική παλίρροια είναι η ανύψωση της μέσης στάθμης της θάλασσας που οφείλεται σε χαμηλές ατμοσφαιρικές πιέσεις (λόγω της καταιγίδας). Εάν μία καταιγίδα συνδυαστεί με υψηλή **αστρονομική παλίρροια**, εκτεταμένες πλημμύρες μπορούν να συμβούν.

Σημειώνεται ότι, η περιοδική ανύψωση και ταπείνωση της στάθμης της θάλασσας λόγω των ελκτικών δυνάμεων της Σελήνης και του Ήλιου προς τη Γη στις διάφορες φάσεις των σχετικών κινήσεών τους ως προς την τελευταία ονομάζεται αστρονομική παλίρροια.³⁸

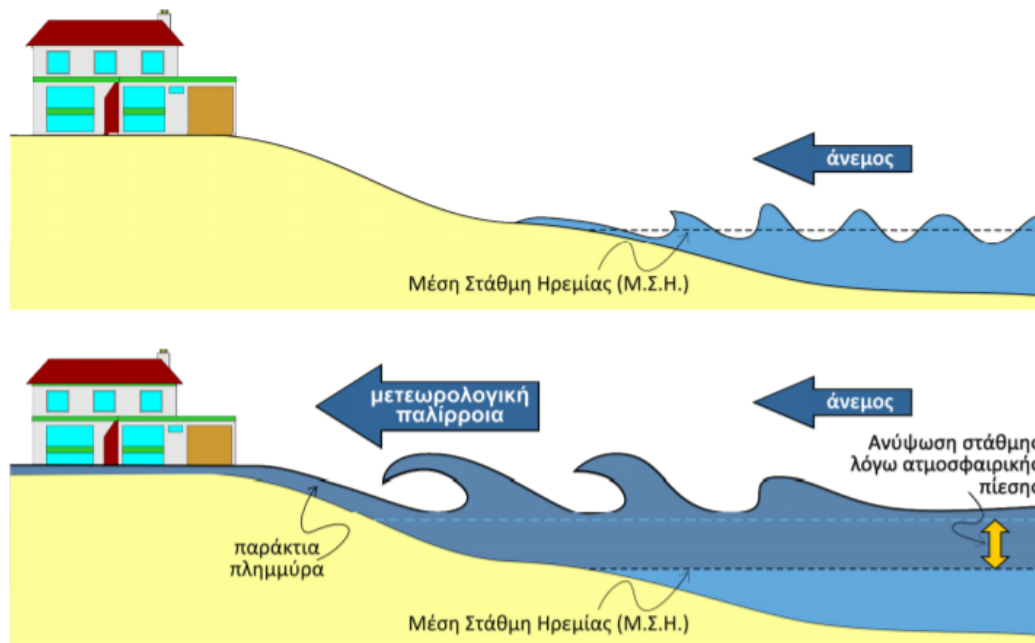
Οι μετεωρολογικές παλίρροιες που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια καταιγίδων είναι το άθροισμα τριών συνιστωσών :

- Ανύψωση λόγω ανέμου (wind setup) : Άνεμος που φυσάει προς τη στεριά τείνει να ανυψώσει τη στάθμη της θάλασσας,
- Ανύψωση λόγω βαρομέτρου (barometric setup) : Χαμηλή ατμοσφαιρική πίεση κοντά στη παράκτια ζώνη επίσης ανυψώνει τη στάθμη της θάλασσας

³⁷ Καραμπάς, Θ., Κρεστενίτης, Ι., Κουτίτας, Χ. (2015). “Ακτομηχανική - έργα προστασίας ακτών”. [ηλεκτρ. βιβλ.]. Κεφάλαιο 5.2 “Αστρονομική παλίρροια”. Σελ.105 – 107.

³⁸ Καραμπάς, Θ., Κρεστενίτης, Ι., Κουτίτας, Χ. (2015). “Ακτομηχανική - έργα προστασίας ακτών”. [ηλεκτρ. βιβλ.]. Κεφάλαιο 5.6.1. Αίτια δημιουργίας παράκτιων πλημμυρών. Σελ.135 – 136.

- Ανύψωση λόγω κυμάτων (wave setup) : Η ύπαρξη κυμάτων στη ζώνη θραύσης ανυψώνει τη μέση στάθμη του νερού.



Εικόνα 5 - Ανύψωση στάθμης λόγω μετεωρολογικής παλίρροιας στην παράκτια ζώνη. (Πηγή: Καραμπάς, Θ., Κρεστενίτης, Ι., Κουτίτας, Χ. (2015). "Ακτομηχανική - έργα προστασίας ακτών". [ηλεκτρ. βιβλ.]. Κεφάλαιο 5.3 "Μετεωρολογική παλίρροια." Σελ.114).

1.4.2 ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΛΟΓΩ ΥΠΟΒΡΥΧΙΩΝ ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΩΝ ΠΥΘΜΕΝΑ (ΤΣΟΥΝΑΜΙ)

Ως **τσουνάμι** ορίζεται ένα πολύ μακρύ κύμα με μήκος της τάξης των εκατοντάδων (ή χιλιάδων) χιλιομέτρων που διαδίδεται στην επιφάνεια της θάλασσας και έχει προκληθεί από κάποια πολύ μεγάλης χωρικής κλίμακας βίαιη ή απότομη μετακίνηση της υδάτινης μάζας στον πυθμένα, στην επιφάνεια ή σε κάποιο στερεό όριο της θαλάσσιας λεκάνης, μέσα στην οποία δημιουργείται και διαδίδεται.

Τα κύματα τσουνάμι δημιουργούνται ως απόκριση σε απότομες μετακινήσεις τεραστίων όγκων νερού λόγω κάποιας μεγάλης κλίμακας διαταραχής στο πεδίο, η οποία λειτουργεί ως ένα είδος κυματογεννήτριας. Υπάρχουν πέντε κυρίαρχες αιτίες για τη δημιουργία των τσουνάμι:

- Οι υποβρύχιοι σεισμοί και τα ακόλουθα ρήγματα στον πυθμένα,
- Οι υποβρύχιες και χερσαίες κατολισθήσεις,

- Οι υποβρύχιες εκρήξεις ηφαιστείων,
- Οι προσκρούσεις αστεροειδών και κομητών,
- Οι ανθρωπογενείς εκρήξεις.

Οι περισσότερες περιπτώσεις δημιουργίας τσουνάμι οφείλονται σε υποβρύχια σεισμική δραστηριότητα. Συγκεκριμένα, πάνω από τα μισά τσουνάμι παγκοσμίως λαμβάνουν χώρα στον Ειρηνικό Ωκεανό και το 80% από αυτά είναι σεισμογενή.^{39, 40}

1.4.3 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΘΑΛΑΣΣΙΑΣ ΣΤΑΘΜΗΣ

Οι επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών που λαμβάνουν χώρα στην ατμόσφαιρα μπορεί να προκαλέσουν σημαντικές επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον και κυρίως στη θερμοκρασία του θαλασσινού νερού. Η παγκόσμια μέση στάθμη της θάλασσας (Global Mean Sea Level - GMSL) το 2019 ήταν η υψηλότερη που μετρήθηκε ποτέ. Οι ανακατασκευές της ΠΜΣΘ που βασίζονται σε παρατηρήσεις παλίρροιας δείχνουν αύξηση 19 cm από το 1900.⁴¹

Η μεταβολή της στάθμης της θάλασσας εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής σχετίζεται με τους παρακάτω βασικούς παράγοντες⁴²:

- Τη μεταβολή λόγω της τήξης των παγετώνων και προσθήκης νερού στον ωκεανό (συμβολή μάζας). Οι μεταβολές λόγω μάζας σχετίζονται και με αντίστοιχες μεταβολές στη συγκέντρωση του αλατιού (μείωση αλατότητας λόγω προσθήκης γλυκών νερών).
- Τη μεταβολή λόγω της θερμικής διαστολής του θαλασσινού νερού (συμβολή πυκνότητας λόγω θερμοκρασίας).

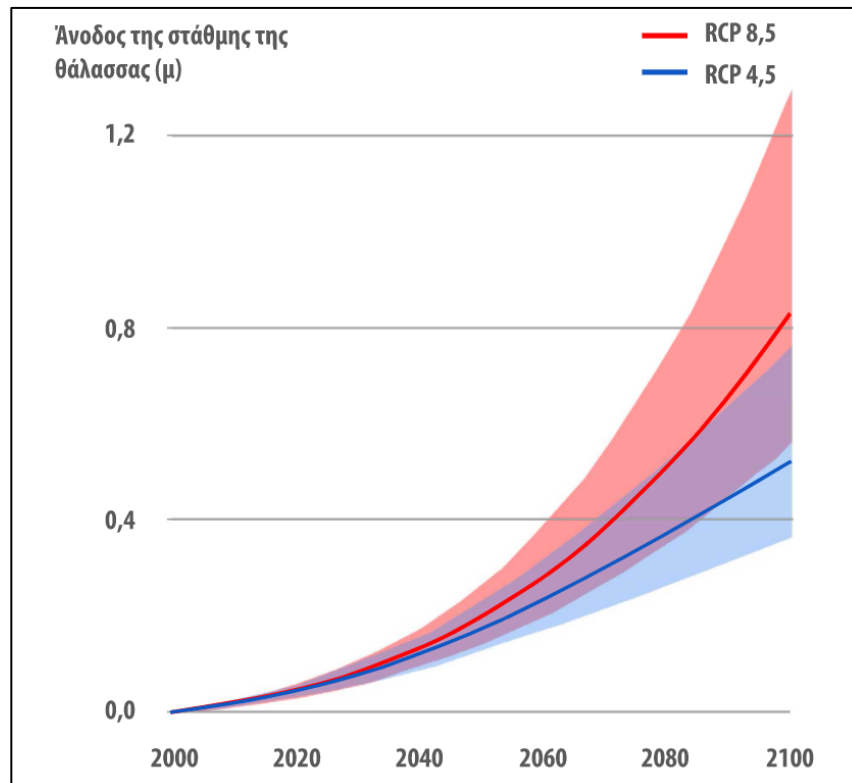
³⁹ Bryant, E. (2008). *Tsunami: The Underrated Hazard* (2nd edition). Chichester: Springer Praxis Books.

⁴⁰ Pugh, D., & Woodworth, P. (2014). *Sea-Level Science. Understanding Tides, Surges, Tsunamis and Mean Sea Level*. Cambridge University Press, UK.

⁴¹ Dangendorf, S., Hay, C., Calafat, F.M. et al. (2019). "Persistent acceleration in global sea-level rise since the 1960s". *Nat. Clim. Chang.* 9, 705–710.

⁴² Καραμπάς, Θ., Κρεστενίτης, Ι., Κουτίτας, Χ. (2015). "Ακτομηχανική - έργα προστασίας ακτών". [ηλεκτρ. βιβλ.]. Κεφάλαιο 5.5 Κλιματική αλλαγή και μεταβολές θαλάσσιας στάθμης. Σελ.128 – 135.

- Τη μεταβολή λόγω μείωσης/αύξησης της αλατότητας εξαιτίας της προσθήκης/απομάκρυνσης (εξάτμιση) γλυκών νερών (συμβολή της πυκνότητας λόγω αλατότητας).



Εικόνα 6 - Προβλέψεις ανόδου της στάθμης της θάλασσας για τον 21ο αιώνα (Πηγή: ΕΕΣ, προσαρμογή από Mengel, Levermann et al. PNAS, 2016).

Τα αντιπροσωπευτικά μονοπάτια συγκέντρωσης (Representative Concentration Pathways -RCP) είναι πορείες συγκέντρωσης αερίων θερμοκηπίου που χρησιμοποιεί η Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC). Έως το 2081-2100, το RCP 8.5 προβλέπεται να οδηγήσει σε αύξηση της θερμοκρασίας του επιφανειακού αέρα, σε σύγκριση με τον μέσο όρο της περιόδου 1850-1900 (προβιομηχανική περίοδος), με δυνητικό φάσμα μεταξύ 3,2 και 5,4°C (μέση τιμή 4,3°C). Το RCP 4.5 προβλέπεται να οδηγήσει σε αύξηση της θερμοκρασίας με δυνητικό φάσμα μεταξύ 1,7 και 3,2°C (μέση τιμή 2,4°C).⁴³

⁴³ Οδηγία για τις πλημμύρες: πρόοδος ως προς την αξιολόγηση των κινδύνων, ανάγκη βελτίωσης του σχεδιασμού και της υλοποίησης. Διαθέσιμο στον διαδικτυακό ιστότοπο: https://www.eca.europa.eu/Lists/ECADocuments/SR18_25/SR_FLOODS_EL.pdf (Επισκέφτηκε στις 14/04/2021).

1.5 Η ΔΙΑΒΡΩΣΗ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Οι παραλίες αποτελούν τον σημαντικότερο φυσικό πόρο της Ελλάδας, αφού το 90% περίπου των επισκεπτών του εξωτερικού παραθερίζουν στις παραλίες (Eurosion, 2003). Δηλαδή περίπου 11.6 εκατομμύρια τουρίστες.⁴⁴ Σύμφωνα με τη μελέτη EUROSION (2004) που έγινε για λογαριασμό της Ε.Ε., το 1/5 των ακτών της Ευρώπης, συνολικού μήκους ~20.000 χιλιόμετρα, έχει επηρεαστεί ήδη σοβαρά ή αντιμετωπίζει σοβαρά προβλήματα από τη διάβρωση, με την ακτογραμμή να υποχωρεί κατά 0,5 έως 2 m/έτος και σε κάποιες περιπτώσεις μέχρι και 15 m/έτος.⁴⁵

Η Ελλάδα είναι η 4η σε κατάταξη χώρα της Ε.Ε. με τα υψηλότερα επίπεδα διάβρωσης (28,6%) μετά την Λετονία (32.8%), την Κύπρο (37.8%) και την Πολωνία (55%).⁴⁶

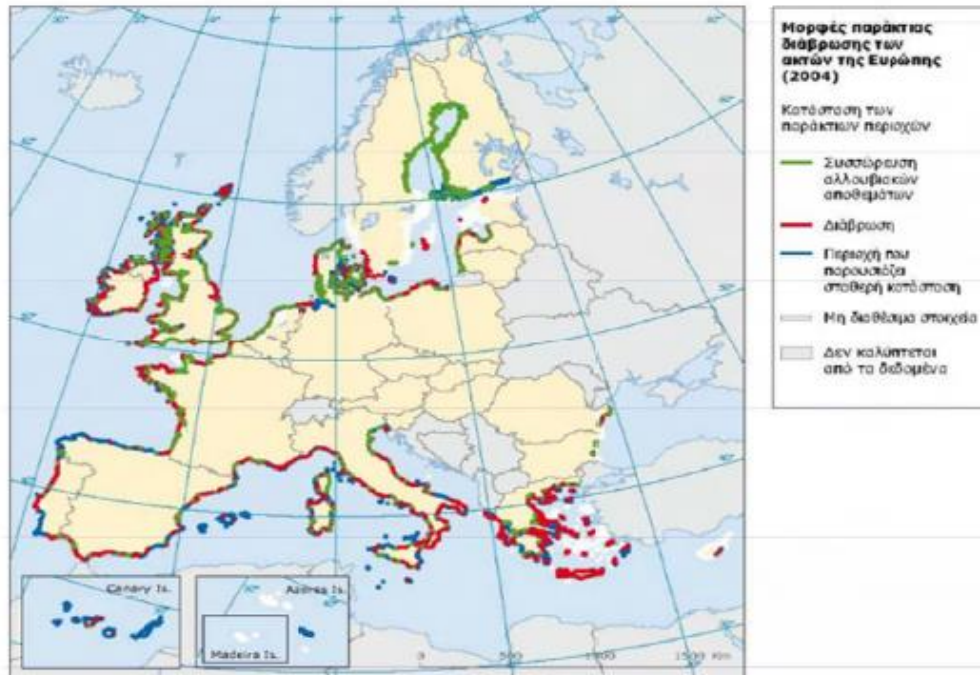
Οι παραλιακές ζώνες αντιπροσωπεύουν το 35,4% του συνολικού μήκους των Ελληνικών ακτών. Στην Ήπειρο, οι παραλίες αντιπροσωπεύουν το 19,6 % της ακτογραμμής, που είναι το μικρότερο ποσοστό στην Ελλάδα, με το μεγαλύτερο ποσοστό να βρίσκεται στην Μακεδονία (46,8%).

Χαρακτηριστικό επίσης είναι και το γεγονός ότι η διάβρωση των ακτών που προκαλείται από τις ανθρώπινες δραστηριότητες στην Ευρώπη, έχει ξεπεράσει τη διάβρωση των ακτών που καθοδηγείται από τους φυσικούς παράγοντες.⁴⁵

⁴⁴ Βελεγράκης Α.Φ., Βουσδούκας Μ., Μελιγώνιτης Ρ., (2005), “Διάβρωση Νησιώτικων Παραλιών: Φαινομενολογία και αίτια της υποβάθμισης του μεγαλύτερου φυσικού πόρου της νησιώτικης Ελλάδας”.

⁴⁵ Eurosion. (2004a). “Living with coastal erosion in Europe, sediment and space for sustainability”, results from the Eurosion study.

⁴⁶ CoPraNet, (2004). “Coastal Practice Network” (Newsletter No. 2).



Εικόνα 7 - Χάρτης Παράκτια μοτίβα διάβρωσης στην Ευρώπη (Πηγή: <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/coastal-erosion-patterns-in-europe-1>).

Το πρόγραμμα EUROSION βασίζεται στο αξίωμα ότι η παράκτια διάβρωση αποτελεί ένα φαινόμενο που είναι αδύνατο να τεθεί υπό ολοκληρωτικό έλεγχο, αλλά μπορεί να το διαχειριστεί κανείς με οικονομικά και οικολογικά βιώσιμο τρόπο.⁴⁷

Στα πλαίσια παράκτιας μελέτης που έγινε για έναν μεγάλο αριθμό παράκτιων περιοχών της Ελλάδας, προέκυψαν μια σειρά χρήσιμων συμπερασμάτων για τις διαβρωτικές/προσχωτικές τάσεις που αναπτύσσονται στις ελληνικές ακτές. Οι περιοχές μελέτης περιλάμβαναν πλήθος νησιών (Κω, Ρόδο, Λήμνο, Κρήτη, Λέσβο, Κέρκυρα, Σάμο), παράκτιες περιοχές της Πελοποννήσου (Νομό Ηλείας, Βαρθολομιό, Νότιο Κορινθιακό κόλπο, την ευρύτερη περιοχή του Ναυπλίου, την λιμνοθάλασσα Κοτύχι στο νομό Ηλείας, την Κορώνη στη Μεσσηνία, το Δερβέني στο νότιο Κορινθιακό κόλπο, το Περιγιάλι Κορινθίας, το Κιάτο, το Μετόχι Αχαΐας, το Κατάκολο Πύργου, την Κυπαρισσία/Στροφαίδες στη Μεσσηνία, τις εκβολές του Αλφειού ποταμού, την λίμνη Μουριά στον Πύργο κ.α.) και παράκτιες περιοχές της κεντρικής και βορείου Ελλάδος (τις παράκτιες περιοχές της πεδιάδας της Θεσσαλονίκης, την Κεραμωτή στο νομό Καβάλας, τα δέλτα των ποταμών Νέστου και Αχελώου, τις Αλυκές Κίτρου στην Πιερία, το Μεσολόγγι, το Πόρτο Λάγος, την Αλεξανδρούπολη, τμήμα της

⁴⁷ Τζανετάτου, Β., (2010). Διδακτορική Διατριβή. “Εφαρμογή της ολοκληρωμένης διαχείρισης παράκτιων ζωνών στις παραλιακές περιοχές Πατραϊκού κόλπου και νότιων Ιονίων νήσων.” Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

ακτογραμμής της Κατερίνης στην Πιερία, τα Άβδηρα στην Ξάνθη κ.α.) (Δουκάκης, 2007b).

Στην ανωτέρω μελέτη υπολογίστηκε ένας τελικός προβλεπόμενος (μελλοντικός) ρυθμός μεταβολής της ακτογραμμής για κάθε μία από τις παράκτιες περιοχές και υπολογίστηκαν τα εδάφη που θα διαβρωθούν ή θα προσχωθούν μέχρι τα έτη 2050 και 2100, έτσι ώστε να γίνει μια εκτίμηση των απωλειών γης εξαιτίας της ανόδου της Μ.Σ.Θ., της διάβρωσης του εδάφους και της πιθανής δράσης κυματικών καταγίδων, σε όσες περιοχές παρουσιάζουν αυξημένη τρωτότητα (είτε λόγω χαμηλής κλίσης του εδάφους, είτε λόγω υψηλών ρυθμών διάβρωσης). Τα συμπεράσματα που προέκυψαν από τον υπολογισμό των ρυθμών μεταβολής της ακτογραμμής και των εδαφών που θα διαβρωθούν, για όλες τις προαναφερθείσες παράκτιες περιοχές της μελέτης έχουν ως εξής:

- Σε 38 παράκτιες περιοχές της χώρας μας, προσμετρώντας την ιστορική, οπισθοχώρηση σε συνδυασμό με τα σενάρια κλιματικών αλλαγών για άνοδο της Μ.Σ.Θ. κατά 1m έως το 2100, υπολογίστηκε ένας μέσος ετήσιος ρυθμός μεταβολής της ακτογραμμής (ως μελλοντική πρόβλεψη) της τάξης των $-1,76$ m/y (έντονη διαβρωτική τάση).
- Σε 30 παράκτιες περιοχές της χώρας μας, ο μέσος ετήσιος ρυθμός μεταβολής της ακτογραμμής, προσμετρώντας αποκλειστικά την ιστορική οπισθοχώρηση της ακτογραμμής σε κάθε εφαρμογή, υπολογίστηκε σε $-0,14$ m/y (μικρή διαβρωτική τάση).

Από τα παραπάνω προκύπτει πως για έναν μεγάλο αριθμό παράκτιων περιοχών στην Ελλάδα, υπολογίζεται ένας μέσος ετήσιος ρυθμός μεταβολής της ακτογραμμής λίγο μεγαλύτερος από το $-1,0$ m/y, κάτι που σε γενικές γραμμές σημαίνει ότι οι συγκεκριμένες ακτές παρουσιάζουν τάσεις έντονης διάβρωσης που θα έχει σαν αποτέλεσμα την απώλεια εδαφών, εγκαταστάσεων και περιουσιών που βρίσκονται κοντά στην ακτογραμμή, για ένα χρονικό ορίζοντα πρόβλεψης των 50 (2050) ή των 100 χρόνων (2100) από την εκπόνηση της εν λόγω μελέτης (Δουκάκης, 2007b) αποτελώντας σημαντική απειλή για τις παράκτιες οικονομίες όπου η αγορά τουριστικών υπηρεσιών αποτελεί βασικό παράγοντα για την οικονομική ανάπτυξη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΜΕΘΟΔΟΙ ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΒΡΩΣΗΣ

Η διάβρωση των ακτών, η μη αναστρέψιμη δηλαδή οπισθοχώρηση της ακτογραμμής, είναι μια φυσική διεργασία που μπορεί να αποτελέσει απειλή με πολλές αρνητικές επιπτώσεις. Η διάβρωση υπό φυσιολογικές συνθήκες εξελίσσεται με μικρό ρυθμό, εκτός αν σε αυτό συντελέσουν και άλλοι εξωτερικοί παράγοντες, συνήθως ανθρωπογενείς. Τα μέτρα αντιμετώπισης του φαινομένου εξαρτώνται τόσο από τις τοπικές συνθήκες όσο από κοινωνικούς, περιβαλλοντικούς και οικονομικούς παράγοντες. Εξίσου σημαντικό ρόλο αποτελούν ο σχεδιασμός, οι ανάγκες και οι απαιτήσεις των εμπλεκόμενων κοινωνικά ομάδων, νομικών προσώπων και αρχών που δραστηριοποιούνται στην παράκτια ζώνη.

Παράκτια μέτρα προστασίας θεωρούνται, όλα τα μέτρα που λαμβάνονται με σκοπό την προστασία του οικιστικού περιβάλλοντος από τη διάβρωση και τις πλημμύρες. Τα μέτρα αυτά μπορεί να είναι μικρής ή μεγάλης κλίμακας. Στις περισσότερες περιπτώσεις η επιλογή της τεχνικής για την προστασία των ακτών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την αξία της γης που έγκειται στον κίνδυνο. Η αξία αυτή πρέπει να λαμβάνεται υπόψη για την επιλογή των βέλτιστων, πιθανών λύσεων αντιμετώπισης της παράκτιας διάβρωσης. Τα παράκτια τεχνικά έργα για την προστασία έναντι διάβρωσης χωρίζονται σε δύο κατηγορίες ανάλογα με το περιβαλλοντικό αποτύπωμα που αφήνουν στον παράκτιο χώρο, (α) τα **συμβατικά/βαριά** και (β) τα **ήπια**.⁴⁸ Επιπροσθέτως, διακρίνονται ανάλογα με τον προσανατολισμό του διαμήκους άξονά τους και την απόστασή τους από την ακτογραμμή στα εξής:

- Θωράκιση του μετώπου της ακτής ή έργα στην ακτή
- Έργα (σχεδόν) παράλληλα και σε απόσταση από την ακτογραμμή, οι κυματοθραύστες
- Έργα (σχεδόν) κάθετα ή υπό γωνία ως προς την ακτογραμμή, σε επαφή με αυτή, οι πρόβολοι
- Αναπλήρωση παράκτιας ζώνης με εναλλακτικές μεθόδους.

Τα έργα θωράκισης της ακτής, οι έξαλοι κυματοθραύστες και οι πρόβολοι αποτελούν τις συμβατικές κατασκευές. Τα έργα αναπλήρωσης της ακτής με εναλλακτικές μεθόδους, όπως και κάθε είδους ύφαλη κατασκευή (ύφαλοι κυματοθραύστες,

⁴⁸ Παπαδογιάννης Κ., (2013). Διπλωματική Εργασία "*Διάβρωση και ανάπλαση παραλίας (παραλία Κουμ-Καπί Δήμου Χανίων)*", Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

αναβαθμοί, κλπ.), χαρακτηρίζονται ως ήπιες μορφές έργων προστασίας, αφού έχουν εμφανώς λιγότερες επιπτώσεις στο φυσικό περιβάλλον.

2.1 ΣΥΜΒΑΤΙΚΑ ΕΡΓΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (HARD STRUCTURES)

Τα συμβατικά έργα Προστασίας θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν οι μεγάλες κατασκευές από σκυρόδεμα ή ογκολίθους παρόμοιες με αυτές των λιμενικών έργων. Η λανθασμένη κατασκευή ή τοποθέτηση όλων των παραπάνω τεχνιτών κατασκευών, χωρίς να λαμβάνονται υπόψη οι περιβαλλοντικές και δυναμικές συνθήκες που επικρατούν στην περιοχή, έχει συνήθως ως αποτέλεσμα την εκθετική αύξηση της διάβρωσης και κατ' επέκταση την υποχώρηση της παραλίας. Οι βαριές κατασκευές είναι ευρέως διαδεδομένες στον ελληνικό χώρο και οι περισσότερες εξ' αυτών χρησιμοποιήθηκαν για την προστασία λιμανιών, τουριστικών εγκαταστάσεων και οικισμών.⁴⁹

Στις περιπτώσεις αυτές η προστασία της ακτής μπορεί να γίνει με τους παρακάτω τρόπους.

2.1.1 ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΕΣ

Οι κυματοθραύστες είναι επιμήκη έργα που συνήθως τοποθετούνται παράλληλα ή με μικρή κλίση ως προς την ακτογραμμή και σε κάποια απόσταση από αυτή. Σκοπός τους είναι η προστασία της ακτογραμμής από τη διάβρωση και, γενικότερα, τη δράση των κυματισμών. Συνήθως, χρησιμοποιούνται σε ακτές λεπτόκοκκου ιζήματος με ανοιχτό μέτωπο στο πέλαγος, για να αποφευχθεί η διάβρωση και να εξασφαλιστεί το πλάτος της ακτής. Συνήθως κατασκευάζονται από:

- Φυσικούς ογκολίθους και λίθους,
- Τεχνητούς ογκολίθους από σκυρόδεμα και φυσικούς λίθους
- Συνδυασμό των παραπάνω.

Η δράση των κυματισμών μειώνεται μέσω συνδυασμού των φαινομένων της θραύσης τους στο πρηνές του έργου, της ανάκλασης και της διάχυσης της προσπίπτουσας κυματικής ενέργειας. Πιο συγκεκριμένα, όταν ένας κυματισμός προσπίπτει στο προσήνεμο μέτωπο ενός κυματοθραύστη, ένα μέρος της ενέργειας του κύματος ανακλάται δημιουργώντας ένα επιστρέφον κύμα στα ανοιχτά. Επίσης, ποσοστά

⁴⁹ Παπαδογιάννης Κ. (2017). Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία. “Εξέλιξη της παράκτιας διάβρωσης σε τμήμα του βόρειου παραλιακού μετώπου του Νομού Χανίων” Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Πολυτεχνείο Κρήτης. Χανιά. σελ.23.

ενέργειας θα καταστραφούν σε συγκρούσεις μεταξύ των μορίων, καθώς ακολουθούν διαφορετικές τροχιές γύρω από τα υλικά κατασκευής του κυματοθραύστη και στη συνέχεια συναντιούνται, και σε τριβές μορίων πάνω στην επιφάνεια του πρηνούς του κυματοθραύστη. Ένα άλλο μέρος της ενέργειας αποθηκεύεται στη μάζα του νερού που μπαίνει μέσα στα κενά του σώματος του κυματοθραύστη και διαβιβάζεται στην υπήνεμη πλευρά. Τέλος, το υπόλοιπο ποσοστό θα αποθηκευτεί στη μάζα του κύματος που θα υπερπηδήσει τον κυματοθραύστη.

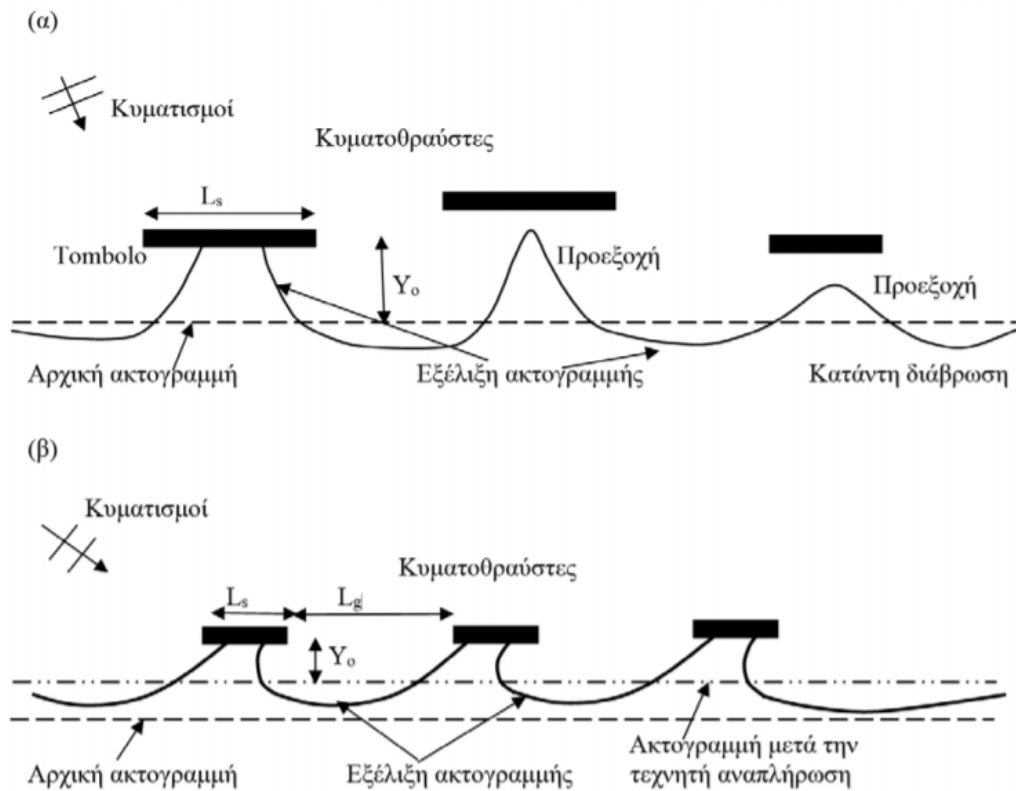
Όλη η διαδικασία που περιγράφηκε παραπάνω έχει σαν αποτέλεσμα στην υπήνεμη πλευρά του κυματοθραύστη να δημιουργείται ηπιότερο κυματικό κλίμα, που, με τη σειρά του, μειώνει την ικανότητα κίνησης του ιζήματος πίσω από τον κυματοθραύστη. Προφανώς, η μετάδοση της κυματικής ενέργειας, η μεταφορά μάζας νερού και η μείωση της στερεομεταφοράς συνδέονται με μεγέθη όπως το ύψος στέψης του κυματοθραύστη, το πλάτος του, το ύψος του προσπίπτοντος κυματισμού, τον τύπο κατασκευής του έργου, την κλίση του πρηνούς του μετώπου και το υλικό κατασκευής των διαφόρων στρώσεων.

Στην περίπτωση αποσπασμένων κυματοθραυστών που κατασκευάζονται για την προστασία της ακτής από τη διάβρωση, στη σκιά του έργου παρουσιάζεται συσσώρευση ιζήματος καθώς μειώνεται η ταχύτητα ροής και καθιζάνει το υλικό, λόγω της ηπιότερης κυματικής δράσης που προκαλεί ο κυματοθραύστης. Έτσι, παρουσιάζονται εν γένει δύο τυπικοί σχηματισμοί ιζήματος:

- Salient, όπου σχηματίζονται προεξοχές κωνοειδούς μορφής στη σκιά των έργων στην ακτή και,
- Tombolo, όπου το συσσωρευμένο ίζημα δημιουργεί ένα τμήμα ξηράς αμμώδους σύστασης στην υπήνεμη πλευρά του κυματοθραύστη, η οποία τον συνδέει ουσιαστικά με την ακτή και διακόπτει τη ροή νερού πίσω από το έργο.



Εικόνα 8 - Σχηματισμοί salient και tombolo (Miller et al., 2016, Living Shorelines Engineering Guidelines)

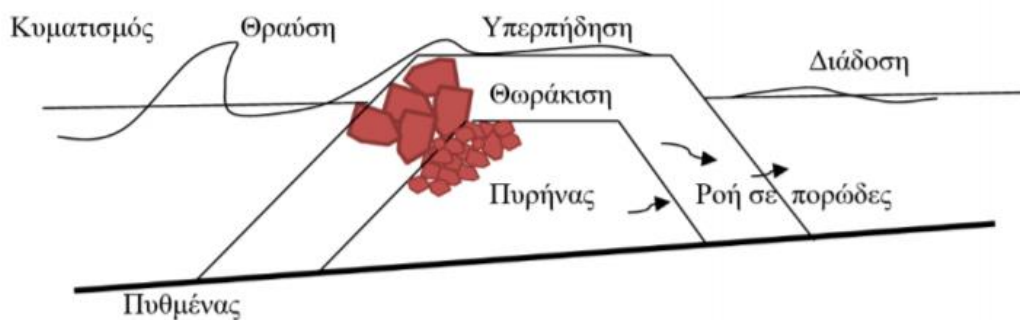


Εικόνα 9 - Κυματοθραύστες παράλληλα στην ακτή: (α) Δημιουργία προεξοχής και Tombolo και (β) Σύστημα τεχνητών ακρωτηρίων και δημιουργία ακτών τύπου θύλακα (Πηγή: Καραμπάς, Θ., Κρεστενίτης, Ι., Κουτίτας, Χ. (2015). “Ακτομηχανική - έργα προστασίας ακτών”. [ηλεκτρ. βιβλ.]. Κεφάλαιο 7.2.2 “Κυματοθραύστες παράλληλα στην ακτή.” Σελ.120).

2.1.2 ΕΞΑΛΟΙ ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΕΣ

Οι έξαλοι κυματοθραύστες κατασκευάζονται με ύψος στέψης πάνω από τη μέση στάθμη της θάλασσας (Μ.Σ.Θ.) μεγαλύτερο των 2 m περίπου. Σχεδιάζονται έτσι ώστε, κάτω από συνήθεις κυματικές συνθήκες, να τους διαπερνά ένα μικρό μέρος της κυματικής ενέργειας, είτε με την υπερπήδηση των κυματισμών είτε με τη μετάδοσή τους μέσα από το πορώδες της κατασκευή (Εικόνα 10). Κάτω, όμως, από συνθήκες έντονων κυματικών επεισοδίων, με μικρές βέβαια ετήσιες συχνότητες εμφάνισης, σχετικά μεγάλη ενέργεια των κυματισμών μπορεί μεταδοθεί κατάντη.⁵⁰

⁵⁰ Καραμπάς, Θ., Κρεστενίτης, Ι., Κουτίτας, Χ. (2015). “Ακτομηχανική - έργα προστασίας ακτών”. [ηλεκτρ. βιβλ.]. Κεφάλαιο 7.2.2.1 “Εξάλαι κυματοθραύστες”. Σελ.120 – 122.



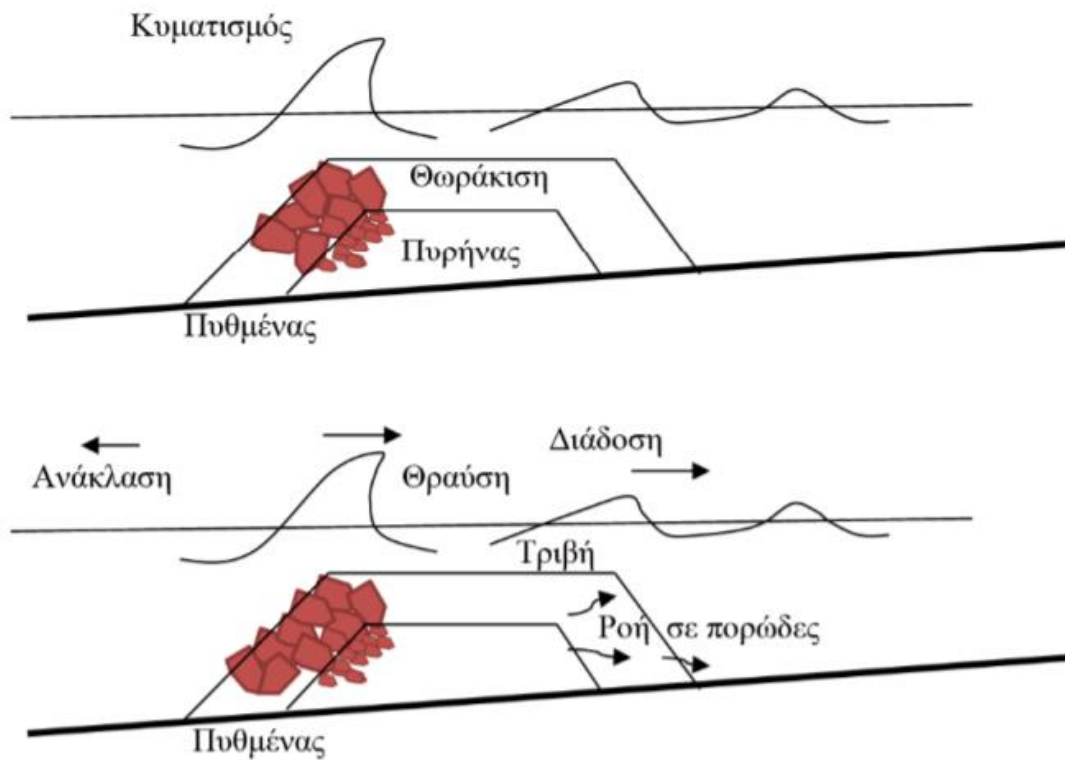
Εικόνα 10 - Τοπική Διατομή Έξαλου Κυματοθραύστη Προστασίας ακτών θύλακα (Πηγή: Καραμπάς, Θ., Κρεστενίτης, Ι., Κουτίτας, Χ. (2015). “Ακτομηχανική - έργα προστασίας ακτών”. [ηλεκτρ. βιβλ.].Κεφάλαιο 7.2.2.1 “Έξαλοι κυματοθραύστες”. Σελ.121).

2.1.3 ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΕΣ ΧΑΜΗΛΗΣ ΣΤΕΨΗΣ ΚΑΙ ΥΦΑΛΟΙ ΚΥΜΑΤΟΘΡΑΥΣΤΕΣ

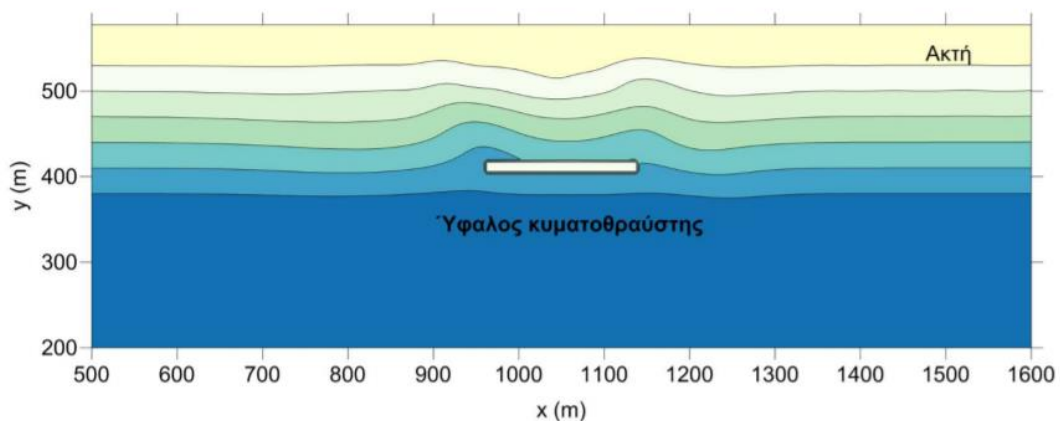
Οι κυματοθραύστες χαμηλής στέψης και οι ύφαλοι κυματοθραύστες κατασκευάζονται συνήθως από λιθορριπή και ογκόλιθους, αλλά και από σκυρόδεμα, όπως και οι έξαλοι. Κατασκευάζονται επίσης από σωλήνες γεωυφάσματος που είναι πληρωμένοι με άμμο, για να μειωθεί ο κίνδυνος για τους λουόμενους και τα σκάφη. Η στέψη τους βρίσκεται κάτω από την επιφάνεια της θάλασσας ή και πλησίον της ίσαλης γραμμής, επιτρέποντας τον κυματισμό να τους υπερπηδά και να διαδίδεται κατάντη. Λόγω της παρουσίας τους, ένα μέρος της κυματικής ενέργειας ανακλάται προς τα ανοιχτά, ένα μέρος αποσβένεται και ένα μέρος της μεταδίδεται προς την ακτή. Η απόσβεση της κυματικής ενέργειας πραγματοποιείται μέσω της θραύσης πάνω στην κατασκευή ή/και μέσω των τυρβωδών ροών στην επιφάνεια (τριβή) και της ροής στο πορώδες (Εικόνα 9). Ο συντελεστής ανάκλασης είναι της τάξης του 20%, ενώ ο συντελεστής μετάδοσης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες που σχετίζονται με την απώλεια ενέργειας.⁵¹

Η παρουσία τους παράλληλα στην ακτή δημιουργεί μια προστατευόμενη περιοχή όπου μειώνεται η διαβρωτική εγκάρσια δράση των κυματισμών. Κατασκευάζονται μεμονωμένοι ή ως σύστημα κυματοθραυστών με κενά ανάμεσά τους (Εικόνα 11), σε βάθη μεγαλύτερα των 3-4 m, συνήθως σε περιοχές με μικρό εύρος παλίρροιας (Μεσόγειος Θάλασσα). Όταν κατασκευάζονται με μήκη της τάξης των 100-200 m, οι κυματογενείς διεργασίες που επιφέρει η παρουσία τους είναι παρόμοιες με αυτές των εξάλων και συνεπώς δημιουργείται συγκέντρωση της άμμου και δημιουργία προεξοχής στη «σκιά» τους (Εικόνες 12, 13).⁴²

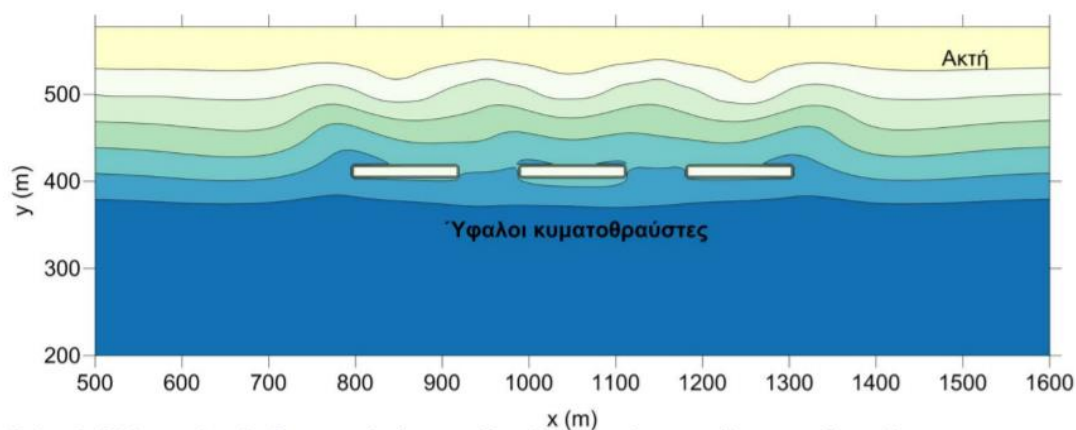
⁵¹ Καραμπάς, Θ., Κρεστενίτης, Ι., Κουτίτας, Χ. (2015). “Ακτομηχανική - έργα προστασίας ακτών”. [ηλεκτρ. βιβλ.]. Κεφάλαιο 7.2.2.2 Χαμηλής στέψης και ύφαλοι κυματοθραύστες. Σελ.121-126.



Εικόνα 11 - Τυπική διατομή ύφαλου κυματοθραύστη και μηχανισμοί απώλειας της κυματικής ενέργειας (Πηγή: Καραμπάς, Θ., Κρεσενίτης, Ι., Κουτίτας, Χ. (2015). "Ακτομηχανική - έργα προστασίας ακτών". [ηλεκτρ. βιβλ.]. Κεφάλαιο 7.2.2.2 Χαμηλής στέψης και ύφαλοι κυματοθραύστες. Σελ.121).



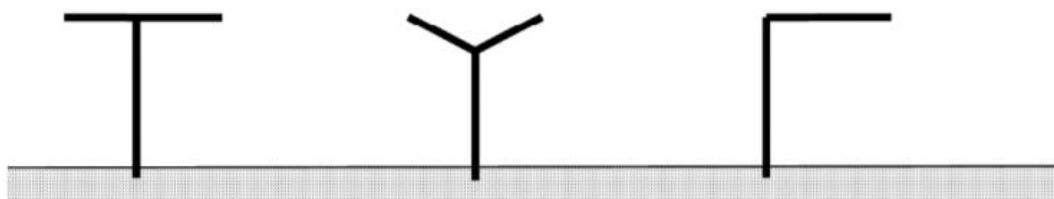
Εικόνα 12 - Μεμονωμένος ύφαλος κυματοθραύστης μεγάλου μήκους (Πηγή: Καραμπάς, Θ., Κρεσενίτης, Ι., Κουτίτας, Χ. (2015). "Ακτομηχανική - έργα προστασίας ακτών". [ηλεκτρ. βιβλ.]. Κεφάλαιο 7.2.2.2 Χαμηλής στέψης και ύφαλοι κυματοθραύστες. Σελ.121).



Εικόνα 13 - Σύστημα υφάλων κυματοθραυστών (Πηγή: Καραμπάς, Θ., Κρεστενίτης, Ι., Κουτίτας, Χ. (2015). “Ακτομηχανική - έργα προστασίας ακτών”. [ηλεκτρ. βιβλ.]. Κεφάλαιο 7.2.2.2 Χαμηλής στέψης και ύφαλοι κυματοθραύστες. Σελ.122).

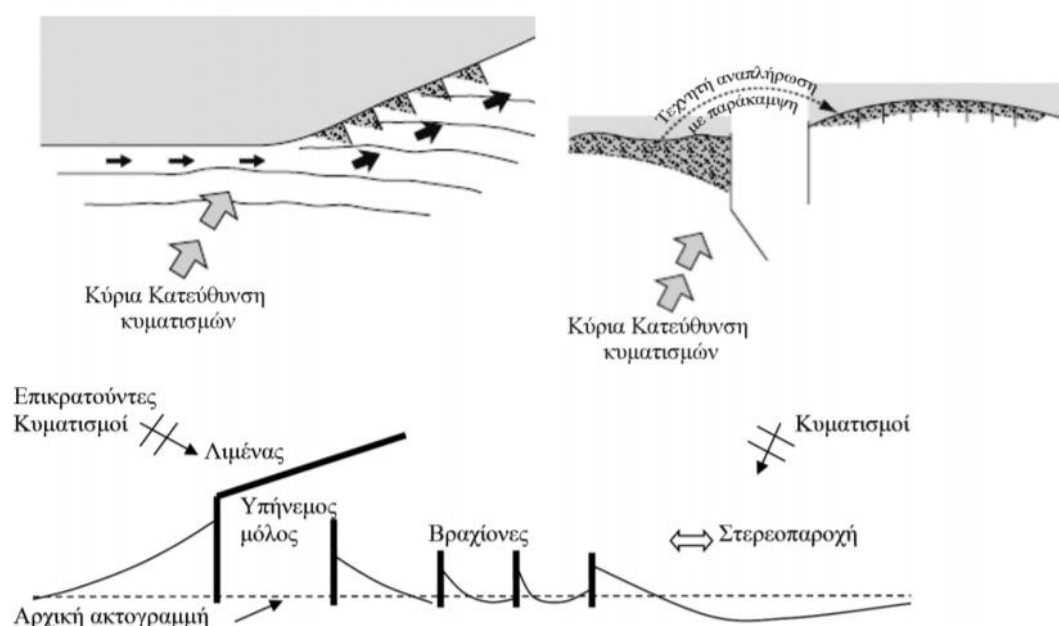
2.1.4 ΠΡΟΒΟΛΟΙ – ΒΡΑΧΙΟΝΕΣ (GROINS)

Οι πρόβολοι ή βραχίονες (groins) είναι γραμμικές κατασκευές οι οποίες κατασκευάζονται εγκάρσια ή υπό γωνία ως προς την ακτογραμμή και βρίσκονται σε επαφή με την ακτή. Κατασκευάζονται σε ακτές που υπάρχει διάβρωση ή όταν επιθυμούμε την αύξηση του πλάτους μιας αμμώδους παραλίας. Έχουν σκοπό τη συγκράτηση της παράκτιας στερεοπαροχής που απομακρύνεται από την ακτή, ώστε να ελεγχθεί η διάβρωση και τελικά να σταθεροποιηθεί η ακτή. Οι βραχίονες κατασκευάζονται επίσης και στην είσοδο των λιμενικών έργων για να εμποδίσουν τη μεταφορά και εναπόθεση ιζημάτων στο εσωτερικό της λιμενολεκάνης. Τέλος, μια άλλη χρησιμότητά τους συναντάται στις περιοχές των εκβολών για τη διεύθυνση της ροής των ποταμών και την αποφυγή εναπόθεσης φερτών. Στην περίπτωση αυτή συνήθως κατασκευάζεται ζεύγος προβόλων (jetties), με μήκος αρκετά μεγαλύτερο από τη ζώνη θραύσης, ώστε να εμποδίζουν την εναπόθεση και των πλέον λεπτόκοκκων ιζημάτων που μεταφέρονται σε αιώρηση από τα θαλάσσια ρεύματα (κυματογενή, ανεμογενή, πυκνότητας, κ.ά.). Στην Εικ.14 παρουσιάζονται διάφοροι τύπων βραχιόνων ενώ στην Εικ.15 μερικές από τις χρήσεις τους.



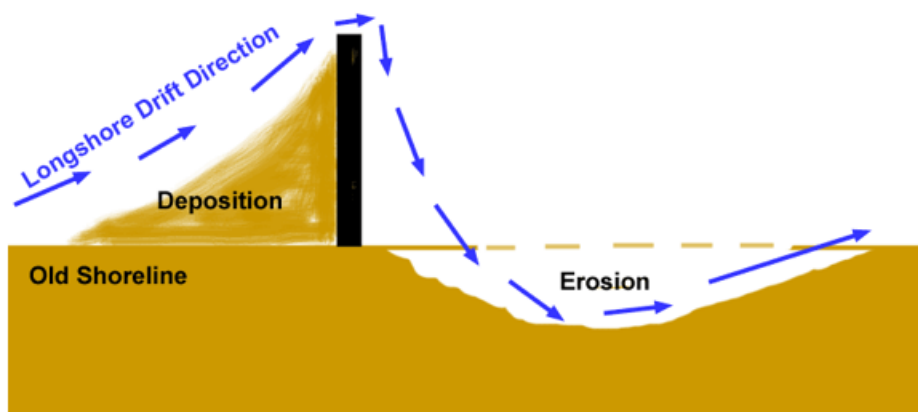
Εικόνα 14 - Διάφοροι τύποι βραχιόνων . (Πηγή: Καραμπάς, Θ., Κρεστενίτης, Ι., Κουτίτας, Χ. (2015). “Ακτομηχανική - έργα προστασίας ακτών”. [ηλεκτρ. βιβλ.]. Κεφάλαιο 7.2.1 Βραχίονες. Σελ.118).

Ανάλογα με το μήκος της ακτής μπορεί να κατασκευαστεί ένας μόνο βραχίονας ή ένα σύστημα πολλών βραχιόνων. Η κατασκευή τους μπορεί επίσης να συνοδευτεί με τεχνητή τροφοδότηση της ακτής, που γίνεται στο εσωτερικό των ανοιγμάτων τους.



Εικόνα 15 - Χρήσεις βραχιόνων για την προστασία ακτών από διάβρωση, αλλά και αποφυγή πρόσχωσης εισόδων λιμένα. (Πηγή: Καραμπάς, Θ., Κρεστενίτης, Ι., Κουτίτας, Χ. (2015). "Ακτομηχανική - έργα προστασίας ακτών". [ηλεκτρ. βιβλ.]. Κεφάλαιο 7.2.1 Βραχίονες. Σελ.114).

Από την άλλη πλευρά, η κατασκευή των προβόλων και η αλληλεπίδραση τους με το παράκτιο ρεύμα δημιουργεί αρκετά συχνά προβλήματα σε παρακείμενες περιοχές. Ενώ το ίζημα παγιδεύεται και αποτίθεται στη μία πλευρά του προβόλου, από την άλλη του πλευρά λαμβάνει χώρα διάβρωση. Ως εκ τούτου μια σειρά από βραχίονες μπορούν να προστατεύσουν από την διάβρωση την άμεση περιοχή στην οποία κατασκευάζονται με τη δημιουργία ενός αιγιαλού μεγαλύτερου πλάτους, προκαλεί όμως διάβρωση της παρακείμενης ακτογραμμής.



Εικόνα 16 - Η λειτουργία ενός προβόλου (<http://oceanica.cofc.edu>).

2.1.5 ΘΩΡΑΚΙΣΗ ΜΕΤΩΠΟΥ ΑΚΤΗΣ – ΠΑΡΑΚΤΙΟΙ ΤΟΙΧΟΙ

Τα έργα θωράκισης της ακτής είναι έργα που κατασκευάζονται στο μέτωπο της ακτής, σε επαφή με αυτή και σκοπός τους είναι η προστασία της ακτογραμμής έναντι διαβρώσεως. Τις περισσότερες φορές κατασκευάζονται με επένδυση της προσβαλλόμενης ακτής με ογκόλιθους, πλάκες, ή στοιχεία ειδικής μορφής. Η επένδυση ανθίσταται στη θαλάσσια δράση κυρίως με το ίδιο βάρος των στοιχείων θωρακίσεως, σε συνδυασμό βέβαια με την πλοκή μεταξύ τους. Με ειδικού τύπου μεθόδους, μπορεί να αυξηθεί η δύναμη θωρακίσεως με χρήση ειδικών συγκολλητικών ουσιών και με κατάλληλη αγκύρωση.

Ένα στοιχείο που χρήζει ιδιαίτερης προσοχής στο σχεδιασμό είναι πως η θωράκιση του μετώπου είναι ευαίσθητη σε υποσκαφή στον πόδα του έργου και σε διάβρωση στα αμέσως κατάντη, προβλήματα τα οποία οφείλονται στη μεγάλη διαβρωτική ικανότητα στα σημεία αυτά. Χαρακτηριστικά, έχουν σημειωθεί αρκετές αστοχίες τέτοιου τύπου σε ανάλογα έργα, ιδιαίτερα σε λείες θωρακίσεις, όπως αυτές που κατασκευάζονται με πλάκες. Για την αποφυγή τέτοιων φαινομένων, η προστασία του πόδα γίνεται με λιθορριπή ή στοιχεία ειδικής μορφής. Αντίθετα, η προστασία της κατάντη περιοχής δεν είναι πάντοτε δυνατή. Συνήθως, απαιτείται η συνέχιση της θωρακίσεως έως την πλησιέστερη θέση με ανθεκτικό πέτρωμα ή σε σημείο που υπάρχει σημαντική μεταβολή της μορφής της ακτογραμμής. Η θωράκιση του μετώπου μίας ακτής γίνεται με: (α) έργα με κλίση (επένδυση με ογκόλιθους που ευνοούν τη θραύση), (β) έργα με κατακόρυφο μέτωπο (επένδυση με πλάκες), (γ) ειδικούς τύπους θωρακίσεως.

2.1.5.1 ΘΩΡΑΚΙΣΗ ΜΕ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟ ΜΕΤΩΠΟ

Έργα θωράκισης με κεκλιμένο μέτωπο κατασκευάζονται κυρίως με επένδυση από ογκόλιθους. Η θωράκιση ενός μετώπου με ογκόλιθους είναι η κλασικότερη μέθοδος προστασίας. Συνηθέστερα, χρησιμοποιούνται ογκόλιθοι γωνιώδεις, λατομείου ή τεχνητοί από άοπλο σκυρόδεμα, ανάλογα με τη διαθεσιμότητα λατομείου στην περιοχή και διάφορα άλλα τεχνικοοικονομικά μέσα. Η διαδικασία κατασκευής είναι παρόμοια με τη διαδικασία που ακολουθείται σε εξωτερικά λιμενικά έργα με πρανή. Κατασκευάζεται μία βάση από λιθοσύντριμμα, η οποία λειτουργεί ως στρώμα εδράσεως. Επάνω σε αυτή τοποθετούνται λίθοι, μικρότερης διαμέτρου από τους αντίστοιχους της θωρακίσεως, οι οποίοι δημιουργούν ένα φίλτρο για την προστασία της κατασκευής. Τέλος, πάνω στο συγκεκριμένο φίλτρο αλληλοεμπλέκονται οι ογκόλιθοι θωράκισης που αποτελούν την κυρίως προστασία του μετώπου. Βασικό κριτήριο για το σχεδιασμό με ογκόλιθους λατομείου είναι η αποφυγή αστοχίας από μετακίνηση των ογκολίθων, ενώ, για τους τεχνητούς ογκόλιθους αντίστοιχα, η αποφυγή αστοχίας από ανάπτυξη εσωτερικών τάσεων και όχι από μετακίνηση. Υπάρχουν διάφοροι τύποι χρησιμοποιούμενων λίθων, όπως κύβοι, δόλοι και τετράποδα. Οι κύβοι προστατεύουν κυρίως με το ίδιο βάρος τους, ενώ οι δύο άλλοι τύποι με τον τρόπο που αλληλοσυνδέονται.

2.1.5.2 ΘΩΡΑΚΙΣΗ ΜΕ ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΟ ΜΕΤΩΠΟ

Τα έργα με κατακόρυφο ή σχεδόν κατακόρυφο μέτωπο κατασκευάζονται κυρίως με επένδυση από πλάκες. Συγκεκριμένα, γίνεται επένδυση όλου του προσβαλλόμενου μετώπου με πλάκες, οι οποίες μπορεί να έχουν κανονικό σχήμα (ορθογώνιο παραλληλεπίπεδο) ή ακανόνιστο και τοποθετούνται σε απλή παράθεση. Κατασκευάζονται από σκυρόδεμα, εκτός από ειδικές περιπτώσεις που χρησιμοποιείται κάποιο πέτρωμα, όπως βασάλτης. Οι διαστάσεις τους ποικίλλουν ανάλογα με το υλικό και το σκοπό χρήσης τους. Οι μεγάλες πλάκες είναι δυνατό να καλύπτουν εγκάρσια όλο το προσβαλλόμενο μέτωπο. Πρέπει να αγκυρώνονται επαρκώς στον πυθμένα και να αφήνονται ενδιάμεσα αρμοί διαστολής, στους οποίους τοποθετείται ειδική μαστίχη. Η σύνδεση μεταξύ τους γίνεται συνήθως με χαλύβδινους συνδέσμους. Αντίθετα, μικρότερες πλάκες συνδέονται μεταξύ τους με κατάλληλη πλοκή. Σε κάθε περίπτωση, σημαντική είναι η προστασία της βάσης της κατασκευής για την αποτροπή της υποσκαφής του πόδα. Η θωράκιση του μετώπου της ακτής με πλάκες δεν είναι ιδιαίτερα διαδομένη μέθοδος στον ελλαδικό χώρο, σε αντίθεση με ακτές της βόρειας Ευρώπης, στις οποίες συναντώνται περισσότερες τέτοιες κατασκευές.

Οριακή περίπτωση της συγκεκριμένης μεθόδου είναι η κατασκευή θαλάσσιου τοίχου παράκτιας προστασίας από τεχνητούς ογκόλιθους από άοπλο σκυρόδεμα. Η χρήση πασσαλοσανίδων για την κατασκευή του τοίχου, αν και είναι δυνατή, δεν συνηθίζεται. Ο τοίχος θωράκισης μελετάται ανάλογα με ένα εσωτερικό λιμενικό έργο με

κατακόρυφα μέτωπα, λαμβάνοντας υπόψιν την ώθηση του ανακουφιστικού πρίσματος, τις δράσεις από το νερό και τα σεισμικά φορτία.

2.1.5.3 ΕΙΔΙΚΟΙ ΤΥΠΟΙ ΘΩΡΑΚΙΣΕΩΣ

Σε κάποιες περιπτώσεις μπορούν να χρησιμοποιηθούν ειδικές κατασκευές για τη θωράκιση του μετώπου, όπως αμμόσακκοι, αμμοσωλήνες, επιμήκεις κυλινδρικοί αμμόσακκοι και συρματοκιβώτια. Οι απλοί ή ενισχυμένοι αμμόσακκοι είναι ο φθηνότερος και παλαιότερος ειδικός τύπος θωράκισης. Οι αμμοσωλήνες αποτελούνται από ένα κυλινδρικό περίβλημα από ειδικό σκληρό υλικό, το οποίο περιέχει λεπτόκοκκο υλικό. Τα συρματοκιβώτια αποτελούνται από ένα επίμηκες κυλινδρικό συρμάτινο περίβλημα με μικρούς αμμόσακκους ή χονδρόκοκκο υλικό.

Η επιλογή του κατάλληλου τύπου έγκειται κυρίως σε οικονομικούς λόγους. Το περίβλημα των αμμοσωλήνων και συρματοκιβωτίων διατίθεται στο εμπόριο από εξειδικευμένους οίκους, με αποτέλεσμα να αυξάνει το κόστος εφαρμογής τους. Ταυτόχρονα, όμως, πρόκειται για ανθεκτικότερες κατασκευές σε καταπονήσεις. Ένα πρόσθετο πλεονέκτημα των συρματοκιβωτίων έναντι των αμμοσωλήνων και, ακόμη περισσότερο, των αμμόσακκων είναι ότι επιτυγχάνουν σημαντικότερη μείωση της αναρρίχησης του κύματος. Οι αμμοσωλήνες, αντίθετα, αντιστέκονται καλύτερα στη θαλάσσια δράση. Η αποτελεσματικότητά τους βέβαια εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την επαρκή αγκύρωση.

Εν κατακλείδι, η επιλογή της μεθόδου θωρακίσεως που θα χρησιμοποιηθεί είναι αποτέλεσμα πολλών παραμέτρων, όπως οικονομικές και τεχνικές παράμετροι, η φύση του μετώπου, η κλίση του και τα πετρώματα που συναντώνται, τα διαθέσιμα μέσα, το κυματικό κλίμα της περιοχής και οι δράσεις από το νερό, η ύπαρξη ιζήματος και ο προσδοκώμενος βαθμός προστασίας της ακτής.

2.2 ΗΠΙΑ ΕΡΓΑ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ (SOFT STRUCTURES)

Οι ήπιες μορφές προστασίας έχουν ως στόχο την αποκατάσταση και προστασία του παράκτιου συστήματος αποφεύγοντας στο βαθμό που είναι δυνατόν, τις αλλαγές και αλλοιώσεις στην μορφολογία και στα γενικά χαρακτηριστικά της ζώνης στην οποία γίνεται η επέμβαση. Με την εφαρμογή των ήπιων μέσων προστασίας, γίνεται μία προσπάθεια ώστε να συνδυαστούν, η προσομοίωση των διεργασιών μεταφοράς ιζημάτων με τις απαραίτητες επεμβάσεις που στοχεύουν στην αναίρεση της δράσης

παραγόντων που οδηγούν σε υψηλούς ρυθμούς διάβρωσης. Ορισμένες περιπτώσεις ήπιων μέτρων προστασίας είναι οι ακόλουθες.⁵²

2.2.1 ΤΕΧΝΗΤΟΙ ΥΦΑΛΟΙ (ARTIFICIAL REEF CREATION)

Με τη δημιουργία ενός τεχνητού υφάλου, επιτυγχάνεται η απορρόφηση της κυματικής ενέργειας που επιδρά στην ακτή ενώ παράλληλα προσφέρεται ένας βιότοπος, που ενισχύει την υποθαλάσσια βιοποικιλότητα. Με αυτό τον τρόπο δίνεται η ευκαιρία ανάπτυξης δημιουργικών δραστηριοτήτων στο χώρο αυτό.

Πολύ διαδεδομένες μορφές τεχνητών υφάλων είναι οι ημισφαιρικοί ύφαλοι (reef balls) και οι τριγωνικοί ύφαλοι (Beachsaver Reefs). Και οι δύο αυτές μορφές είναι προκατασκευασμένες μονάδες από οπλισμένο σκυρόδεμα, οι οποίες όμως είναι φιλικές προς το περιβάλλον.

2.2.2 ΑΠΟΣΤΡΑΓΓΙΣΗ ΠΑΡΑΛΙΑΣ (BEACH DRAINAGE)

Η αποστράγγιση της παραλίας, είναι η διεργασία κατά την οποία στραγγίζεται το νερό της παραλίας με αποτέλεσμα τη μείωση του επιφανειακού νερού κατά την απόπλυση. Παράλληλα επιτυγχάνεται η μειωμένη μεταφορά ιζήματος από την ακτή προς την παραλία. Τα μειονεκτήματα της συγκεκριμένης τεχνικής, είναι η μη διαδεδομένη χρησιμοποίησή της, ειδικότερα τα προηγούμενα χρόνια, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ικανοποιητικός αριθμός καταγεγραμμένων εφαρμογών της ώστε να καταστεί δυνατή η εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων για την αποτελεσματικότητα και το βαθμό επιτυχίας της μεθόδου. Η χρήση της συνιστάται όταν η διάβρωση συμβαίνει κυρίως κάθετα στην ακτή.

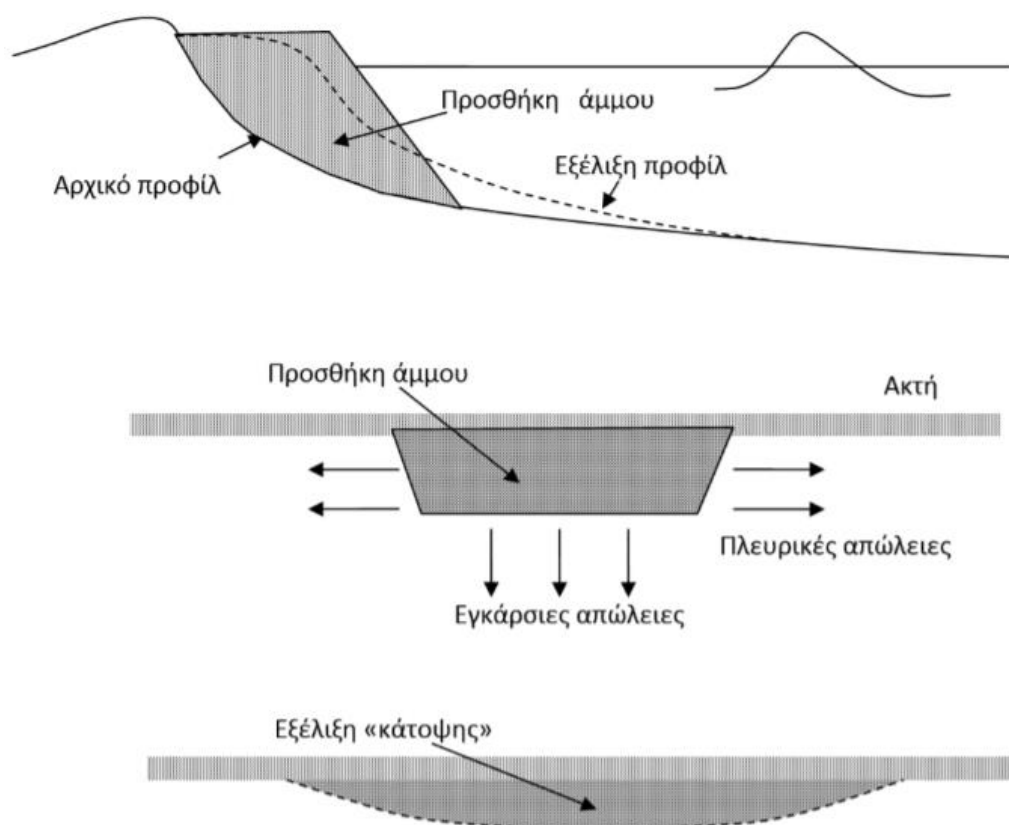
2.2.3 ΤΕΧΝΗΤΗ ΑΝΑΠΛΑΣΗ ΑΚΤΩΝ (BEACH NOURISHMENT)

Η τεχνητή ανάπλαση της ακτής (beach nourishment) είναι μια μέθοδος αποκατάστασης μιας ακτής που διαβρώθηκε και ταυτόχρονα δημιουργίας μιας αμμώδους παραλίας. Η μηχανική ή η υδραυλική μεταφορά της άμμου γίνεται με βυθοκόρους, αντλίες, εκσκαφείς, προωθητές γαιών κ.λπ. και εναποτίθεται στην ακτή η οποία και επεκτείνεται προς τη θάλασσα. Ωστόσο, δεν αποτελεί μόνιμη λύση, αφού η επίδραση των κυμάτων, των καταιγίδων και των αυξανόμενων επιπέδων της θάλασσας δεν συνεχίζουν να προκαλούν προβλήματα. Κατά συνέπεια, η διαδικασία θα πρέπει να επαναλαμβάνεται ανά κάποιο ορισμένο χρονικό διάστημα ώστε η παραλία να

⁵² Παπαδογιάννης Κ. (2017). Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία. “Εξέλιξη της παράκτιας διάβρωσης σε τμήμα του βόρειου παραλιακού μετώπου του Νομού Χανίων” Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων. Πολυτεχνείο Κρήτης. Χανιά. σ.26.

ανανεώνεται. Το βασικότερο πλεονέκτημά της, από τεχνητή άποψη, είναι ότι δε δημιουργούνται διαβρώσεις κατάντη της περιοχής που αναπλάθεται, όπως συμβαίνει στα περισσότερα έργα προστασίας. Επιπλέον το κόστος της είναι συγκριτικά μικρότερο από αυτό των συμβατικών μεθόδων, όταν η θέση αμμοληψίας βρίσκεται κοντά στην περιοχή ανάπλασης.

Στη μέθοδο αυτή τροφοδοτείται η ακτή με άμμο που λαμβάνεται από άλλες ακτές όπου υπάρχει περίσσεια υλικού αλλά και από τα ανοιχτά. Το υλικό τοποθετείται έτσι ώστε να επεκτείνεται η ακτή προς τη θάλασσα. Το ύψος που γίνεται η εναπόθεση του υλικού είναι της τάξης των 2-3 μέτρων πάνω από τη μέση στάθμη της θάλασσας (ΜΣΘ). Μετά την εναπόθεση της άμμου, οι κυματισμοί θα διαμορφώσουν μια νέα κατάσταση ισορροπίας. Τα παράκτια κυματογενή ρεύματα θα οδηγήσουν σε πλευρικές απώλειες ενώ οι κυματισμοί που προσπίπτουν κάθετα θα διαμορφώσουν το προφίλ ισορροπίας. Ανάλογα με τη χαρακτηριστική διάμετρο των κόκκων, που μπορεί να είναι μεγαλύτερη, ίση ή μικρότερη από αυτή των ήδη υπαρχόντων κόκκων, θα διαμορφωθούν ανάλογα προφίλ. Τα προφίλ αυτά θα έχουν πιο ήπια, ίση ή μεγαλύτερη κλίση από την υφιστάμενη ακτή με αποτέλεσμα τη διατήρηση του πλάτους της νέας παραλίας που διαμορφώθηκε, ή την μερική ή και ολική απώλεια της (Εικόνα 17).



Εικόνα 17 - Εγκάρσιες και πλευρικές απώλειες τεχνητής αναπλήρωσης (Πηγή: Καραμπάς, Θ., Κρεσενίτης, Ι., Κουτίτας, Χ. (2015). "Ακτομηχανική - έργα προστασίας ακτών". [ηλεκτρ. βιβλ.]. Κεφάλαιο 7.2.4 "Τεχνητή τροφοδότηση/αναπλήρωση ακτών". Σελ.128).

2.2.4 ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ ΠΑΡΑΛΙΑΣ (BEACH SCRAPING)

Κατά τη διαδικασία επαναφοράς παραλίας, πραγματοποιείται ο επανασχεδιασμός του προφίλ (σχήματος) της παραλίας, χρησιμοποιώντας το ίζημα που υπάρχει ήδη στην παραλία. Η εφαρμογή του ενδείκνυται όταν οι απώλειες φερτών υλικών δεν είναι τόσο μεγάλες, ώστε να απαιτείται η προσθήκη μεγάλων όγκων άμμου. Αποτελεί μια σχετικά φθηνή λύση, αφού δεν απαιτούνται μεγάλοι όγκοι άμμου, αλλά συχνά απαιτείται η επανάληψη της αρκετές φορές, μέχρι να επιτευχθεί το σωστό σχήμα. Η χρήση της ενδείκνυται στις παραλίες που υπάρχουν αρκετά αποθέματα άμμου.

2.2.5 ΣΤΑΘΕΡΟΙ ΥΔΑΤΟΦΡΑΚΤΕΣ (STABLE BAYS)

Η δημιουργία σταθερών υδατοφρακτών συμβάλει στη διασπορά της ενέργειας των κυμάτων, αυξάνοντας το μήκος της ακτής. Ουσιαστικά παρατηρείται μείωση της ενέργειας που αντιστοιχεί ανά μονάδα μήκους τη ακτής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα εξετάζοντας το σύνολο της ακτογραμμής, κάποια κομμάτια να προστατεύονται, ενώ σε κάποια άλλα η διάβρωση συνεχίζεται επιδρώντας στα ισχυρά (απέναντι στη διάβρωση) σημεία οδηγώντας στον σχηματισμό υδατοφρακτών. Ως τεχνική δεν είναι διαδεδομένη στην Ευρώπη με εξαίρεση ορισμένες τοποθεσίες στην Ολλανδία, όπου μελετάται η εφαρμογή της

2.2.6 ΕΠΑΝΑΤΡΟΦΟΔΟΣΙΑ ΑΜΜΟΘΙΝΩΝ (DUNE REGENERATION)

Στόχος της χρησιμοποίησης της συγκεκριμένης μεθόδου, είναι η αντιμετώπιση της διάβρωσης που προκαλεί ο αέρας στις αμμοθίνες. Αυτό επιτυγχάνεται χρησιμοποιώντας εμπόδια που συντελούν στη μείωση ή τη προστασία από τον αέρα, διευκολύνοντας παράλληλα την απόθεση άμμου. Ως εμπόδια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ξύλινοι φράκτες, γεωμεμβράνες και βλάστηση.

2.2.7 ΓΕΩΪΦΑΣΜΑΤΙΝΟΙ ΠΥΘΜΕΝΙΚΟΙ ΠΡΟΒΟΛΟΙ

Κατασκευασμένοι από έγχυτο σκυρόδεμα, τοποθετούμενοι με τρόπο τέτοιο ώστε να αυξάνουν τη δυνατότητα των ακτών να συγκρατούν τα ιζήματά τους. Σε αρκετές περιπτώσεις συνδυάζεται με την τεχνική τροφοδοσίας με άμμο για πιο ουσιαστικό και άμεσο αποτέλεσμα.

2.2.8 ΓΕΩΣΥΝΘΕΤΙΚΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ (GEOTEXTILE SAND CONTAINERS - GSCS)

Οι γεωσυνθετικές μέθοδοι αναφέρονται σε οποιαδήποτε παράκτια κατασκευή, που αποτελείται από επιμέρους δομές, οι οποίες αποτελούνται από μία ποσότητα άμμου περιτυλιγμένη με γεωσυνθετικό υλικό για την κατασκευή εύκαμπτων και ανθεκτικών στην διάβρωση έργων. Οι γεωσυνθετικές μέθοδοι διαχωρίζονται σε γεωσωλήνες ('geotubes'), γεώσακους ('geobags') και τα 'geocontainers' ανάλογα με το μέγεθος τους.

Στις περισσότερες περιπτώσεις, είναι πλεονεκτικό να χρησιμοποιούνται δοχεία μικρότερου όγκου για τους εξής λόγους (γεώσακοι):

- Είναι πιο ευέλικτα και μπορούν να προσαρμοστούν για την κατασκευή οποιουδήποτε τύπου κατασκευής,
- Έχουν καλύτερη ανταπόκριση στις απαιτήσεις όσον αφορά την κλίση της κατασκευής και την γεωμετρία,
- Πιο εύκολες εργασίες συντήρησης σε περίπτωση αστοχίας/καταπόνησης,
- Απαιτείται λιγότερη αντοχή σε εφελκυσμό και παρατηρείται μικρότερη αλλαγή σχήματος, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη διάρκεια ζωής,
- Μπορεί να επιτευχθεί υψηλότερη ποσότητα πλήρωσης άμμου,
- Πιο εύκολη κατασκευή και τοποθέτηση, καθώς και
- Χρήση μηχανημάτων μικρότερου όγκου και διστάσεων για την τοποθέτηση.

Ωστόσο, και οι μεγαλύτερες κατασκευές είναι απαραίτητες, ειδικά σε περιπτώσεις όπου συναντώνται ισχυρές κυματικές συνθήκες και για προσωρινές κατασκευές.

Επιπροσθέτως, το πάχος και το πορώδες των υλικών των γεωφασμάτων που μπορούν να επιλεγούν ποικίλλουν και σε μεγάλο βαθμό και εξαρτώνται από τη φύση του εδάφους ή εάν είναι απαραίτητο να βελτιωθεί η ποιότητα του εδάφους, για παράδειγμα, να αυξηθεί η αντοχή του στην επιφάνεια, να αυξηθεί η αντοχή στη διάβρωση ή να σταθεροποιηθούν τα αδύναμα εδάφη στις απότομες πλαγιές .

2.2.9 ΤΕΧΝΗΤΗ ΦΥΤΟΚΑΛΥΨΗ

Η τεχνητή φυτοκάλυψη είναι μια τεχνική για την ανάπτυξη των φυτών, η οποία περιλαμβάνει κυρίως την ανάπτυξη υδρόφιλων θάμνων παράλληλα με την ακτογραμμή για την επέκτασή της.

2.3 ΜΕΤΡΑ ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗΣ ΣΤΗΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων διάβρωσης των ακτών από την κλιματική αλλαγή σημαντικό ρόλο συνιστούν τα μέτρα προσαρμογής (adaptation) στην κλιματική αλλαγή. Ως προσαρμογή (adaptation) σύμφωνα με την Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) ορίζεται η προσαρμογή των φυσικών και ανθρωπογενών συστημάτων στα τωρινά ή στα αναμενόμενα κλιματικά γεγονότα ή στις επιπτώσεις τους, η οποία μετριάξει τις ζημιές ή εκμεταλλεύεται τις ευκαιρίες.⁵³

Το πρώτο βήμα για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση των απαραίτητων μέτρων προσαρμογής σε εθνικό, περιφερειακό και τοπικό επίπεδο αποτελεί η Στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (ΕΣΠΚΑ).

Επόμενο βήμα είναι η εκπόνηση των Περιφερειακών Σχεδίων για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή (ΠεΣΠΚΑ), που με βάση τις κλιματικές συνθήκες και την τρωτότητα κάθε περιφέρειας θα καθορίσουν επακριβώς τους τομείς πολιτικής και τις γεωγραφικές ενότητες προτεραιότητας για λήψη μέτρων με ταυτόχρονη εξειδίκευση των μέτρων αυτών, καθώς επίσης τα οικονομικά μέσα για την υλοποίηση των μέτρων, τους φορείς υλοποίησης, τους εμπλεκόμενους φορείς, κλπ.⁵⁴

Οι ειδικότερες συνθήκες και οι παράγοντες που επικρατούν σε κάθε περιοχή καθορίζουν σε μεγάλο βαθμό την έκταση του φαινομένου και επομένως τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται.

⁵³ Μπατμάνογλου Ρ., (2017), Ημερίδα ΤΕΕ: Διάβρωση ακτών: Αιτία - Αντιμετώπιση - Θεσμικό Πλαίσιο, “Διάβρωση και Προστασία ακτών στο πλαίσιο της Προσαρμογής στην Κλιματική Αλλαγή”, Αθήνα.

⁵⁴ Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, “Στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή” στο Άρθρο με Τίτλο: “Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή”. Βρίσκεται διαθέσιμο στο διαδικτυακό ιστότοπο: <https://ypen.gov.gr/perivallon/klimatiki-allagi/prosarmogi-stin-klimatiki-allagi/>.

Στο Παράρτημα 4.3 της ΚΥΑ 170225/2014 (ΦΕΚ Β' 135) αναφέρεται ότι για τον σχεδιασμό & υλοποίηση των έργων προστασίας ακτών από διάβρωση η Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (ΜΠΕ) θα πρέπει να περιλαμβάνει επιπλέον:

- Διερεύνηση αιτιών & χρονικής εξέλιξης φαινομένου,
- Περιγραφή: α) κυματικών χαρακτηριστικών περιοχής, β) βασικών ρευμάτων, και γ) υφιστάμενης ακτομηχανικής δίαιτας
- Εκτίμηση επιπτώσεων στην ακτομηχανική δίαιτα,
- Εκτίμηση επιπτώσεων του έργου στο κλίμα, π.χ. φύση και μέγεθος εκπομπών Αερίων του Θερμοκηπίου,
- Εκτίμηση επιπτώσεων σχετικών με προσαρμογή,
- Μέτρα για μείωση / πρόληψη εκπομπών, και
- Μέτρα για μείωση ευπάθειας έργου στην κλιματική αλλαγή.⁵⁵

Με τα άρθρα 42-45 του Ν. 4414/2016 (Α'149), θεσμοθετήθηκαν οι διαδικασίες εκπόνησης και έγκρισης της ΕΣΠΚΑ και των ΠεΣΠΚΑ, οι διαδικασίες αναθεώρησης/τροποποίησής τους και τα ελάχιστα περιεχόμενα αυτών. Επισημαίνεται ότι τα Περιφερειακά Σχέδια έχουν αρχίσει και εκπονούνται από τις Περιφέρειες. Επιπλέον εγκρίθηκε η 1η ΕΣΠΚΑ και θεσμοθετήθηκε το Εθνικό Συμβούλιο για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή. Το περιεχόμενο των Περιφερειακών Σχεδίων για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή εξειδικεύτηκε με την Υπουργική Απόφαση 11258/2017 (ΦΕΚ Β'873). Το Εθνικό Συμβούλιο για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή συστάθηκε και συγκροτήθηκε με την Υπουργική Απόφαση 34768/2017 (ΦΕΚ Β' 3246).⁵⁶

⁵⁵ Μπατμάνογλου Ρ., (2017), Ημερίδα ΤΕΕ: Διάβρωση ακτών: Αιτία - Αντιμετώπιση - Θεσμικό Πλαίσιο, “Διάβρωση και Προστασία ακτών στο πλαίσιο της Προσαρμογής στην Κλιματική Αλλαγή”, Αθήνα.

⁵⁶ Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας, “Στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή” στο Άρθρο με Τίτλο: “Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή”. Βρίσκεται διαθέσιμο στο διαδικτυακό ιστότοπο: <https://ypen.gov.gr/perivallon/klimatiki-allagi/prosarmogi-stin-klimatiki-allagi/>.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ

Για την πρόβλεψη των κυματισμών στα βαθιά νερά έχουν αναπτυχθεί διάφορα εμπειρικά μοντέλα πρόγνωσης των χαρακτηριστικών στοιχείων των κυμάτων. Βασίζονται στη συσχέτιση των φυσικών συνθηκών (ταχύτητα ανέμου, ενεργό ανάπτγμα πελάγους, διάρκεια πνοής) με τα συνεπαγόμενα κυματικά στοιχεία. Η πρόγνωση των χαρακτηριστικών μεγεθών του κυματισμού αναφέρεται στα βαθιά νερά, όπου η επίδραση του πυθμένα είναι αμελητέα. Τα συνηθέστερα εφαρμοζόμενα εμπειρικά μοντέλα πρόγνωσης είναι η μέθοδος S.M.B και το ενεργειακό φάσμα JONSWAP και Pierson-Moskowitz, τα οποία αναλύονται στη συνέχεια.

3.1 ΜΕΘΟΔΟΣ SMB

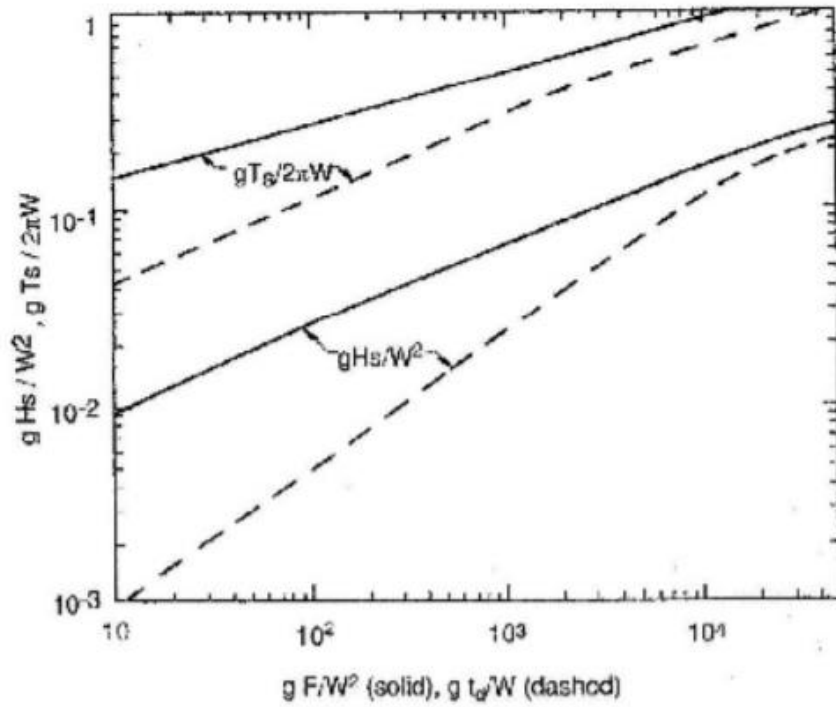
Η μέθοδος S.M.B (Sverdrup-Munk-Bretschneider)⁵⁷ είναι το πλέον διαδεδομένο μοντέλο βραχυπρόθεσμης περιγραφής της κατάστασης της θαλάσσιας διαταραχής. Η βασική παραδοχή του μοντέλου είναι ότι το χαρακτηριστικό κύμα αντιστοιχεί προσεγγιστικά στο φυσικό κύμα. Το ύψος (H_s) και η περίοδος (T_s) του χαρακτηριστικού κύματος υπολογίζονται σαν μονοσήμαντες συναρτήσεις της ταχύτητας του ανέμου (U), του μήκους αναπτύγματος (Fetch) και της διάρκειας πνοής του ανέμου (t_D).

Η μεθοδολογία βασίζεται σε νομογράφημα στο οποίο λαμβάνεται η **ταχύτητα του ανέμου 10 m πάνω την επιφάνεια της θάλασσας ($W=U_{10}$)**. Η πρόβλεψη των χαρακτηριστικών παραμέτρων των ανεμογενών κυματισμών γίνεται με τις παρακάτω εμπειρικές σχέσεις όπου έχουν την μορφή συναρτήσεων αδιάστατων παραμέτρων⁵⁸:

$$\frac{gH_s}{W^2}, \frac{gT_s}{W} = f \left(\frac{fF}{W^2}, \frac{gt_D}{W} \right) \quad (3.1)$$

⁵⁷ Sverdrup and Munk. (1946). Theoretical and empirical relations in forecasting breakers and surf. s.l.: Trans. American Geophys.

⁵⁸ Δήμας Α., (2014). Πανεπιστημιακές Σημειώσεις “Εισαγωγή στη μελέτη Λιμενικών Έργων”, Μάθημα: Λιμενικά Έργα. Σελ. 30



Εικόνα 18 - Νομογράφημα αδιάστατων παραμέτρων μεθοδολογίας SMB πρόβλεψης χαρακτηριστικού ύψους και χαρακτηριστικής περιόδου ανεμογενών κυμάτων. (Πηγή: Δήμας Α., (2014). “Εισαγωγή στη μελέτη Λιμενικών Έργων”, Πανεπιστημιακές Σημειώσεις. Πανεπιστήμιο Πατρών. Πάτρα. Σελ. 30).

Παρακάτω δίνονται σε αναλυτική μορφή οι συνεχείς καμπύλες του νομογραφήματος, οι οποίες αντιστοιχούν σε κυματισμό περιορισμένο από το μήκος αναπτύγματος:

$$\frac{g H_s}{W^2} = 0.283 \tanh(0.0125\Phi^{0.42}) \quad (3.2)$$

$$\frac{g T_s}{W} = 7.540 \tanh(0.077\Phi^{0.25}) \quad (3.3)$$

$$\frac{g t_D}{W} = 6.588 \exp \{ \{ 0.0161(\ln\Phi)^2 - 0.369(\ln\Phi) + 2.2024 \}^{0.5} + 0.8798(\ln\Phi) \} \quad (3.4)$$

όπου Φ είναι ένας συντελεστής του αναπτύγματος πελάγους που ισούται με :

$$\Phi = \frac{g F_{eff}}{W^2} \quad (3.5)$$

3.2 ΜΕΘΟΔΟΣ PIERSON-MOSKOWITZ

Το φάσμα P-M αρχικά προτάθηκε για πλήρως αναπτυγμένη θαλάσσια διαταραχή, όπου η διάρκεια πνοής του ανέμου και το μήκος αναπτύγματος πελάγους είναι απεριόριστα. Για το σχήμα και την ενέργεια του φάσματος στα βαθιά νερά, ο Phillips⁵⁹ διατύπωσε ότι υπάρχει μία περιοχή του φάσματος στα βαθιά νερά, στην οποία η ενεργειακή πυκνότητα στην κορυφή οριοθετείται από την ακόλουθη έκφραση:

$$S_p(f) = \frac{a g^2}{f^5 (2\pi)^4} \quad (3.6)$$

όπου $a = 8,10 \times 10^{-3}$ είναι η σταθερά του Phillips, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ η επιτάχυνση της βαρύτητας και f (Hz) η συχνότητα του κύματος. Το όριο αυτό δείχνει ότι οποιαδήποτε προσθήκη ενέργειας στη συχνότητα αιχμής του φάσματος έχει ως αποτέλεσμα τη θραύση του κυματισμού και την μεταφορά ενέργειας μέσω της διάδοσης των κυμάτων.

Οι Pierson-Moskowitz⁶⁰, χρησιμοποιώντας τη διατύπωση του Phillips, πρότειναν μία εξίσωση για τη συνάρτηση πυκνότητας του φάσματος για πλήρως αναπτυγμένη θάλασσα. Δηλαδή, με την παραδοχή ότι ο άνεμος πνέει με σταθερή ταχύτητα σε μία απεριόριστη έκταση για μεγάλο χρονικό διάστημα, οδηγήθηκαν στο συμπέρασμα ότι η γένεση των κυματισμών έρχεται σε ισορροπία με τον άνεμο. Η εξίσωση των P-M :

$$S_{PM}(f) = S_p(f) \varphi_{PM} \left(\frac{f}{f_p} \right) \quad (3.7)$$

όπου $\varphi_{PM} = \exp \left(\left(-\frac{5}{4} \right) \left(\frac{f}{f_p} \right)^{-4} \right)$, f_p (Hz) η συχνότητα αιχμής του κύματος και f (Hz)

οι διάφορες συχνότητες του κύματος. Ισοδύναμα, η συνάρτηση πυκνότητας για το φάσμα P-M συναρτήσει της γωνιακής συχνότητας ω , διατυπώνεται ως εξής :

$$S_{PM}(\omega) = \frac{5}{16} H_s^2 \omega_p^4 \omega^{-5} \exp \left(\left(-\frac{5}{4} \right) \left(\frac{\omega}{\omega_p} \right)^{-4} \right) \quad (3.8)$$

⁵⁹ Phillips, O. (1958). The equilibrium range in the spectrum of wind-generated waves. *Journal of Fluid Mechanics*, 4(4), 426-434.

⁶⁰ Pierson Jr., W.J., Moskowitz, L., 1964, "A proposed spectral form for fully developed wind seas based on the similarity theory of S. A. Kitaigorodskii", *Journal of Geophysical Research*, vol. 69, no. 24, pp. 5181-5190

όπου η γωνιακή συχνότητα αιχμής του φάσματος ισούται με $\omega_p = \frac{2\pi}{T_p} \left(\frac{d S_{PM}(\omega)}{d\omega} \right) = 0$ για ω_p , ή συναρτήσει της συχνότητας:

$$S_{PM}(f) = \frac{5}{16} H_s^2 f_p^4 f^{-5} \exp \left(\left(-\frac{5}{4} \right) \left(\frac{f}{f_p} \right)^{-4} \right) \quad (3.9)$$

Η περίοδος αιχμής (T_p) του μεγίστου του φάσματος δίνεται από τον τύπο:

$$T_s = 0.785 U_{10} \quad (3.10)$$

όπου U_{10} η ταχύτητα του ανέμου σε υψόμετρο 10 μέτρα πάνω από τη στάθμη της θάλασσας για διάρκεια πνοής 1 ώρα. Από την ολοκλήρωση των διαφόρων συναρτήσεων πυκνότητας φάσματος προκύπτει το χαρακτηριστικό ύψος φάσματος (H_s):

$$H_s = 2.47 U_{10}^2 10^{-2} \quad (3.11)$$

Η μέση ταχύτητα διάρκειας 1hr υπολογίζεται από τη σχέση $U_{1hr} = 0.91 U_{10min}$.

3.3 ΜΕΘΟΔΟΣ JONSWAP

Μειονέκτημα του φάσματος P-M είναι ότι για ισχυρότερους ανέμους η ταχύτητα δεν παραμένει σταθερή για μεγάλο χρονικό διάστημα. Επίσης, το ανάπτυγμα πελάγους πολλές φορές δεν είναι αρκετό για να αναπτυχθεί πλήρως η κυματική διαταραχή για αυτό το λόγο το φάσμα JONSWAP, το οποίο προτάθηκε από τους Hasselmann et al.⁶¹, είναι σήμερα το πιο ευρέως διαδεδομένο και χρησιμοποιούμενο φάσμα στα βαθιά νερά.

Τα αποτελέσματα από το Joint North Sea Wave Project ή αλλιώς JONSWAP, το οποίο πραγματοποιήθηκε στη Βόρεια Θάλασσα το 1969, χρησιμοποιήθηκαν για την κατάστρωση μαθηματικών εξισώσεων από τις οποίες υπολογίζονται το χαρακτηριστικό ύψος κύματος και η περίοδος επαναφοράς ενός κύματος. Το φάσμα JONSWAP αποτελεί επέκταση του φάσματος P-M προς τις μερικά αναπτυγμένες θαλάσσιες διαταραχές συμπεριλαμβάνοντας την παράμετρο του αναπτύγματος πελάγους.

⁶¹ Hasselmann, K. and Olbers, D. (1973): Measurements of wind-wave growth and swell decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP), *Ergänzung zur Deut. Hydrogr. Z., Reihe A (8), 12*, pp. 1-95.

Η εφαρμογή του ενεργειακού φάσματος JONSWAP οδηγεί στις εξής σχέσεις υπολογισμού των χαρακτηριστικών του κύματος (χαρακτηριστικό ύψος κύματος και χαρακτηριστική περίοδος) για κυματισμό **περιορισμένο από το μήκος αναπτύγματος**:⁶²

$$\frac{g H_S}{U_*^2} = 0.0413 \left(\frac{g F}{U_*^2} \right)^{1/2} \quad (3.12)$$

$$\frac{g T_S}{U_*^2} = 0.71345 \left(\frac{g F}{U_*^2} \right)^{1/3} \quad (3.13)$$

όπου U_* η ταχύτητα τριβής στην επιφάνεια της θάλασσας λόγω της πνοής του ανέμου και υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\frac{U_*}{U_{10}} = \sqrt{C_D} = \sqrt{0.001(1.1 + 0.035 U_{10})} \quad (3.14)$$

και C_D ο συντελεστής τριβής πάνω στην επιφάνεια της θάλασσας.

Ο έλεγχος για το εάν ο κυματισμός είναι **περιορισμένος από τη διάρκεια πνοής** του ανέμου γίνεται με τον υπολογισμό του ισοδύναμου μήκους αναπτύγματος⁶²:

$$\frac{F_{eq} g}{U_*^2} = 0.0053 \left(\frac{g t_D}{U_*} \right) \quad (3.15)$$

Σημειώνεται, ότι εάν το μήκος αναπτύγματος F είναι μικρότερο ή ίσο από το ισοδύναμο μήκος αναπτύγματος F_{eq} ($F \leq F_{eq}$) τότε ο κυματισμός είναι περιορισμένος από το μήκος αναπτύγματος. Αντιθέτως, εάν $F > F_{eq}$, τότε ο κυματισμός είναι περιορισμένος από την διάρκεια πνοής του ανέμου. Σε αυτή τη περίπτωση γίνεται ο υπολογισμός των χαρακτηριστικών του κύματος από τις εξισώσεις (3.12) και (3.13) αντικαθιστώντας όπου $F = F_{eq}$.

⁶² Δήμας Α., (2014). “Εισαγωγή στη μελέτη Λιμενικών Έργων”. Πανεπιστημιακές Σημειώσεις. Πανεπιστήμιο Πατρών. Πάτρα. Σελ. 31.

Πριν τη χρήση των παραπάνω εξισώσεων, γίνεται ο έλεγχος εάν οι κυματισμοί έχουν πλήρη ανάπτυξη, δηλαδή εάν ισχύει η ανισότητα⁶³:

$$\frac{g F}{U_{10}^2} > \frac{34.528}{C_D} \quad (3.16)$$

Σε αυτή την περίπτωση εφαρμόζονται οι σχέσεις⁶³:

$$\frac{g H_s}{U_*^2} = 211.5 \quad (3.17)$$

$$\frac{g T_s}{U_*} = 239.8 \quad (3.18)$$

3.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΜΗΚΟΥΣ ΚΥΜΑΤΟΣ

Το μήκος κύματος λ (m) είναι η οριζόντια απόσταση από κορυφή σε κορυφή και δίνεται από τη σχέση^{64, 65}:

$$\lambda = \frac{g T^2}{2\pi} \quad (3.19)$$

όπου T η χαρακτηριστική περίοδος (s), g η επιτάχυνση της βαρύτητας (m/s^2).

Η παραπάνω σχέση ισχύει για βαθιά νερά, δηλαδή όταν $d/L > 0.5$ και $\tanh(k_d) \rightarrow 1$.

Στα ρηχά νερά (όταν $d/L < 0.05$) η σχέση 3.19 γίνεται:

$$\lambda = c T \approx \sqrt{g d} T \quad (3.20)$$

όπου c η ταχύτητα διάδοσης στα ρηχά νερά.

⁶³ Καραμπάς, Θ., Κρεστενίτης, Ι., Κουτίτας, Χ. (2015). “Ακτομηχανική - έργα προστασίας ακτών”. [ηλεκτρ. βιβλ.]. Κεφάλαιο 5.4 Βραχυπρόθεσμη φασματική πρόβλεψη κυματισμών. Σελ.77-78.

⁶⁴ Δήμας Α., (2015). Πανεπιστημιακές Σημειώσεις “Εισαγωγή στη μελέτη Λιμενικών Έργων”, Μάθημα: Λιμενικά Έργα.

⁶⁵ Καραμπάς, Θ., Κρεστενίτης, Ι., Κουτίτας, Χ. (2015). “Ακτομηχανική - έργα προστασίας ακτών”. [ηλεκτρ. βιβλ.]. Κεφάλαιο 2.3 Γραμμική θεωρία κυματισμών (Stokes 1ης τάξης – Airy). Σελ.14-19.

3.5 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΑΡΙΘΜΟΥ IRIBARREN

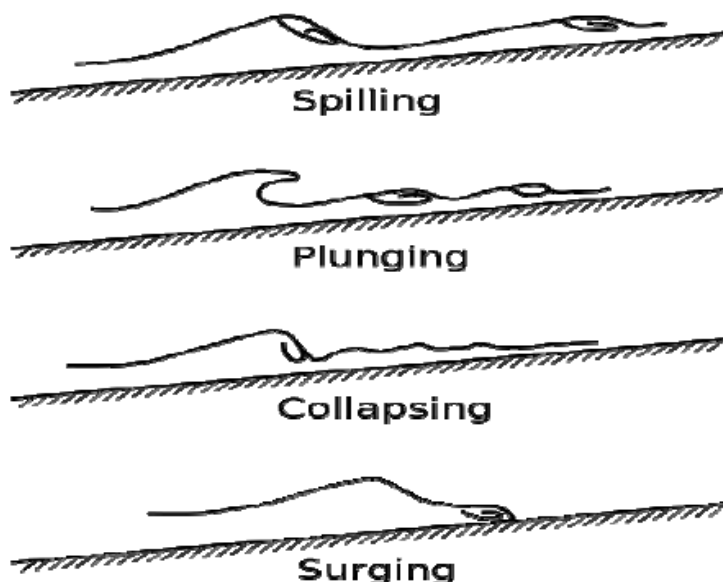
Ο αριθμός Iribarren είναι μία αδιάστατη παράμετρος που χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση πολλών επιδράσεων των κυμάτων βαρύτητας της επιφάνειας σε παραλίες και παράκτιες κατασκευές.⁶⁶ Ο υπολογισμός του αριθμού Iribarren γίνεται από τη σχέση:

$$\xi_0 = \tan\beta \sqrt{\frac{\lambda}{H_0}} \quad (3.21)$$

όπου $\tan\beta$ η κλίση του πυθμένα, λ το μήκος κύματος και H_0 το χαρακτηριστικό ύψος κύματος.

Ο αριθμός Iribarren περιγράφει πρακτικά τον τρόπο θραύσης του κύματος. Έτσι έχουμε τις εξής κατηγορίες:

- Αν $\xi_0 < 0.5$ έχουμε θραύση εκχείλισης,
- Αν $0.5 < \xi_0 < 3.30$ έχουμε θραύση εκτίναξης, και
- Αν $\xi_0 > 3.30$ έχουμε θραύση εφόρμησης⁶⁵.



Εικόνα 19 – Τύποι θραύσης κύματος (Πηγή: Wikipedia. Iribarren Number (last edited on 13 January 2021). Στο https://en.wikipedia.org/wiki/Iribarren_number (Επισκέφτηκε στις 22/05/2021).

⁶⁶ Wikipedia. Iribarren Number (last edited on 13 January 2021). Στο https://en.wikipedia.org/wiki/Iribarren_number (Επισκέφτηκε στις 22/05/2021).

3.6 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΘΡΑΥΣΗΣ

Τα χαρακτηριστικά της θραύσης, δηλαδή το ύψος θραύσης και το βάθος θραύσης δίνονται από τις παρακάτω σχέσεις ⁶⁷ :

$$\frac{H_b}{H_0} = 0.56 \left(\frac{H_0}{\lambda}\right)^{-1/5} \quad (3.22)$$

$$\frac{H_b}{d_b} = b - a \left(\frac{H_b}{gT^2}\right) \quad (3.23)$$

όπου α , β συντελεστές:

$$\alpha = 43.8(1 - e^{-19\tan\beta}) \quad (3.24)$$

$$\beta = \frac{1.56}{1 + e^{-19\tan\beta}} \quad (3.25)$$

3.7 ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ (k_b)

Η σχέση διασποράς περιγράφει τη διάδοση ενός αρμονικού κύματος σε μία διάσταση και έχει τη μορφή $\psi_{(x,t)} = \psi_0 \sin(\omega t - kx)$. ⁶⁸ Τελικά, τα επιφανειακά κύματα υπολογίζονται σύμφωνα με τη σχέση:

$$g k_b \tanh(k_b d_b) = \omega^2 \quad (3.26)$$

όπου ω : η γωνιακή συχνότητα και ισούται με $\omega = 2\pi/T$.

k_b : το κυματόνισμα, που είναι χαρακτηριστικό του μηχανικού μέσου που βρίσκεται το κύμα (m^{-1}),

d_b : το βάθος θραύσης του κύματος (m),

g : η επιτάχυνση της βαρύτητας (m/s^2), και

T : η χαρακτηριστική περίοδος του κύματος (s).

Με δεδομένη την ισότητα της σχέσης 3.26 πραγματοποιούνται δοκιμές.

⁶⁷ Δήμας Α., (2015). Πανεπιστημιακές Σημειώσεις “Εισαγωγή στη μελέτη Λιμενικών Έργων”, Μάθημα: Λιμενικά Έργα.

⁶⁸ Διασπορά (κυματική) (last edited on 11/07/2020). Στο [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CF%83%CF%80%CE%BF%CF%81%CE%AC \(%CE%BA%CF%85%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE\)](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CF%83%CF%80%CE%BF%CF%81%CE%AC (%CE%BA%CF%85%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE)) (Επισκέφτηκε στις 22/05/2021).

3.8 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΥΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗΣ ΤΗΣ ΜΕΣΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΤΗΣ ΕΛΕΥΘΕΡΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΑΠΟ ΑΔΙΑΤΑΡΑΚΤΗ ΘΕΣΗ

Η κυματογενή μεταβολή της ελεύθερης επιφάνειας της μέσης στάθμης της ελεύθερης επιφάνειας από αδιατάρακτη θέση δίνεται από την παρακάτω σχέση:

$$n_b = -\frac{1}{8} \frac{H_b^2 k_b}{\sinh(2k_b d_b)} \quad (3.27)$$

όπου k_b : το κυματόνυσμα, που είναι χαρακτηριστικό του μηχανικού μέσου που βρίσκεται το κύμα (m^{-1}),
 d_b : το βάθος θραύσης του κύματος (m), και
 H_b : το ύψος θραύσης του κύματος (m).

3.9 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΥΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΑΝΑΡΡΙΧΗΣΗΣ

Ως τιμή της κυματογενούς αναρρίχησης λαμβάνεται η μέγιστη στάθμη της ελεύθερης επιφάνειας και υπολογίζεται από τον τύπο:

$$R = H_0 \xi_0 \quad (3.28)$$

όπου H_0 : το χαρακτηριστικό ύψος κύματος (m), και
 ξ_0 : ο αριθμός Iribarren

3.10 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΥΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΑΝΥΨΩΣΗΣ

Με τον όρο κυματογενής ανύψωση εννοείται η μέση τιμή της στάθμης της ελεύθερης επιφάνειας της θάλασσας και δίνεται από τη σχέση:

$$n_s = n_b + \frac{d_b}{1 + \frac{8}{3} \left(\frac{d_b}{H_b}\right)^2} \quad (3.29)$$

όπου n_b : κυματογενής μεταβολή της ελεύθερης επιφάνειας της μέσης στάθμης της ελεύθερης επιφάνειας από αδιατάρακτη θέση (m),
 d_b : το βάθος θραύσης του κύματος (m), και
 H_b : το ύψος θραύσης του κύματος (m).

3.11 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΛΙΣΗΣ ΤΗΣ ΚΥΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΑΝΥΨΩΣΗΣ

Η κλίση της κυματογενούς ανύψωσης εξαρτάται από την κλίση του πυθμένα και από τα χαρακτηριστικά θραύσης του κύματος:

$$\frac{dn}{dx} = \frac{\tan\beta}{1 + \frac{8}{3}\left(\frac{d_b}{H_b}\right)^2} \quad (3.30)$$

όπου d_b : το βάθος θραύσης του κύματος (m).

H_b : το ύψος θραύσης του κύματος (m), και

$\tan\beta$: η κλίση του πυθμένα.

3.12 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΠΟΣΤΑΣΗΣ ΜΕΤΑΞΥ ΑΔΙΑΤΑΡΑΧΤΗΣ ΣΤΑΘΜΗΣ ΚΑΙ ΚΥΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΑΝΥΨΩΣΗΣ

Η απόσταση μεταξύ αδιατάραχτης στάθμης και κυματογενούς ανύψωσης υπολογίζεται σύμφωνα με την παρακάτω σχέση:

$$\Delta X_{max} = \frac{n_s}{\tan\beta - \frac{dn}{dx}} \quad (3.31)$$

όπου n_s : η κυματογενής ανύψωση (m),

$\tan\beta$: η κλίση του πυθμένα, και

$\frac{dn}{dx}$: η κλίση της κυματογενούς ανύψωσης.

3.13 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΓΙΣΤΗΣ ΚΥΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΑΝΥΨΩΣΗΣ

Η μέγιστη κυματογενής ανύψωση δίνεται από τη σχέση:

$$n_{max} = n_s + \frac{dn}{dx} \Delta X_{max} \quad (3.32)$$

όπου n_s : η κυματογενής ανύψωση (m),

$\frac{dn}{dx}$: η κλίση της κυματογενούς ανύψωσης, και

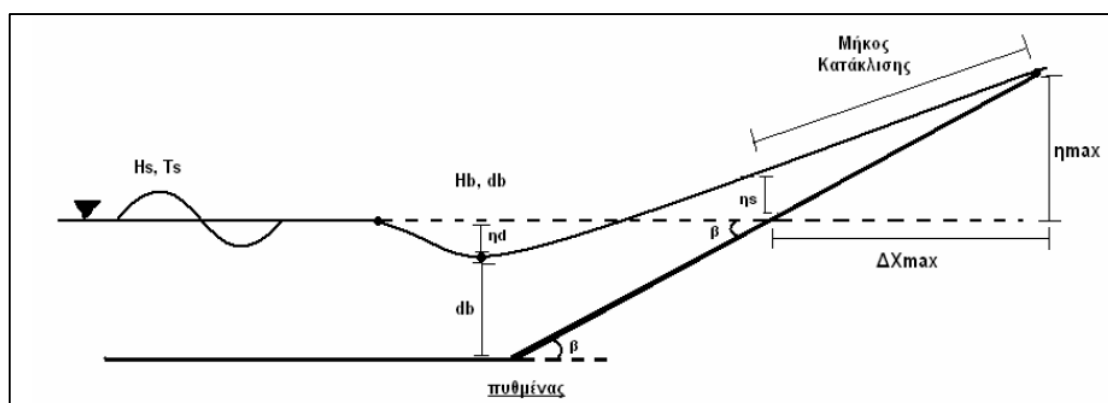
ΔX_{max} : η απόσταση μεταξύ αδιατάραχτης στάθμης και κυματογενούς ανύψωσης.

3.14 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΚΟΥΣ ΚΑΤΑΚΛΙΣΗΣ

Το μήκος κατάκλισης, δηλαδή το πλάτος της ζώνης του αιγιαλού υπολογίζεται από την παρακάτω σχέση:

$$\sqrt{\Delta X_{max}^2 + n_{max}^2} \quad (3.33)$$

όπου ΔX_{max} : η απόσταση μεταξύ αδιατάραχτης στάθμης και κυματογενούς ανύψωσης και n_{max} : η μέγιστη κυματογενής ανύψωση.



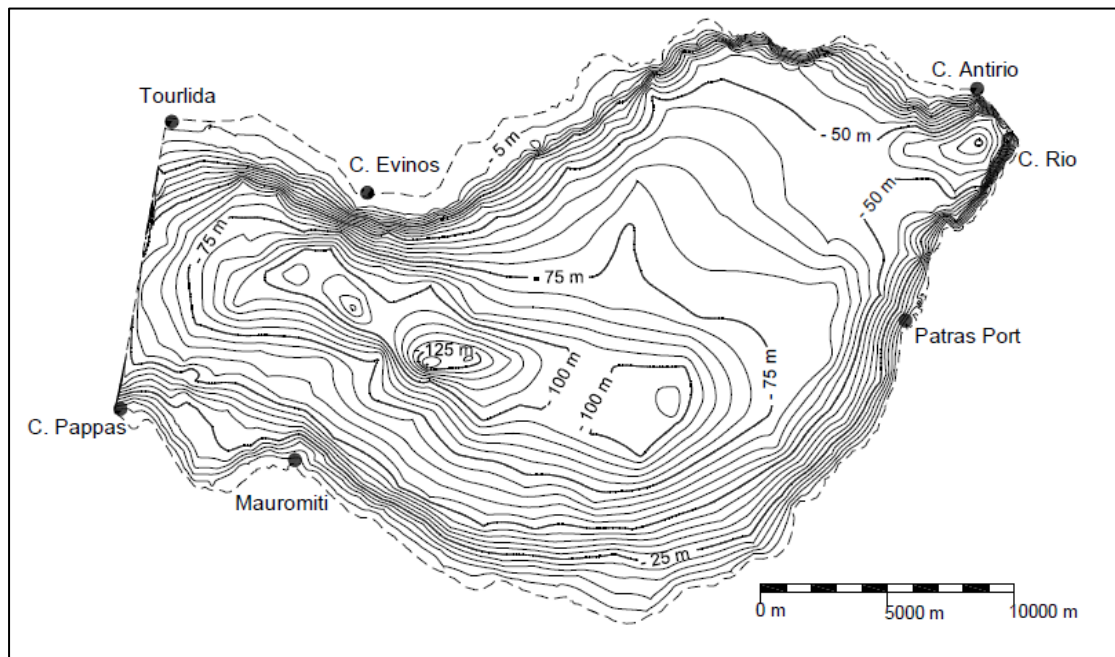
Εικόνα 20 – Σκαρίφημα βασικών στοιχείων κύματος (Πηγή: Γαλλιού Σ., (2017). *Πτυχιακή Εργασία*. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΤΕ. ΤΕΙ Πάτρας. Πάτρα. Σελ. 34.)

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ΠΑΤΡΑΪΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ

4.1 ΠΑΤΡΑΪΚΟΣ ΚΟΛΠΟΣ – ΓΕΝΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ο Πατραϊκός κόλπος βρίσκεται στην Δυτική Ελλάδα μεταξύ Στερεάς Ελλάδας και Πελοποννήσου και οριοθετείται από τους παραλλήλους $38^{\circ} 08' 28''$ – $38^{\circ} 21' 22''$ και από τους μεσημβρινούς $21^{\circ} 21' 21''$ και $21^{\circ} 46' 36''$ σε γεωγραφικό σύστημα WGS 84, που αντιστοιχεί στην Εγκάρσια Μερκατορική Προβολή (UTM) με εύρος ζώνης 34ο (UTM-34). Είναι ένας σχετικά ρηχός, διαμπερής κόλπος με μέγιστο βάθος 135 m που συνδέει τον βαθύτερο Κορινθιακό κόλπο με το Ιόνιο Πέλαγος.⁶⁹

Το 2009 στα πλαίσια της διδακτορικής του Διατριβής, ο Φουρνιώτης, υπολόγισε εκ νέου το εμβαδόν της επιφάνειας και τον όγκο υδάτων, 534.907 km^2 και 30.234 km^3 , αντίστοιχα, καθώς και μέσο βάθος 56.52 m.



Εικόνα 21 - Βαθυμετρία του Πατραϊκού κόλπου, όπως προκύπτει από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους. Οι ισοβαθείς δίδονται ανά 5 μέτρα (Πηγή: Φουρνιώτης Ν., (2009). Κεφάλαιο 2.1 Πατραϊκός Κόλπος στο Τρισδιάστατη αριθμητική προσομοίωση της υδροδυναμικής κυκλοφορίας του Πατραϊκού κόλπου με έμφαση στον υπολογισμό ρευμάτων στην παράκτια ζώνη του Λιμένα Πατρών. Διδακτορική Διατριβή. Σελ. 15).

⁶⁹ Φουρνιώτης Ν., (2009). Κεφάλαιο 2.1 Πατραϊκός Κόλπος στο Τρισδιάστατη αριθμητική προσομοίωση της υδροδυναμικής κυκλοφορίας του Πατραϊκού κόλπου με έμφαση στον υπολογισμό ρευμάτων στην παράκτια ζώνη του Λιμένα Πατρών. Διδακτορική Διατριβή. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα. σελ.11-15.

4.1 ΦΥΣΙΚΗ ΩΚΕΑΝΟΓΡΑΦΙΑ ΤΟΥ ΠΑΤΡΑΪΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ

Το νερό του Πατραϊκού είναι σε γενικές γραμμές ψυχρότερο από αυτό του Ιονίου πελάγους και γενικά μικρότερης αλατότητας. Μετρήσεις θερμοκρασίας του νερού στο λιμάνι της Πάτρας έδειξαν πως οι τιμές τον Ιανουάριο κυμαίνονται μεταξύ 13 – 17 °C και τον Αύγουστο μεταξύ 22 – 26 °C.⁷⁰

Ο Πατραϊκός κόλπος παρουσιάζει μια κατακόρυφη στρωμάτωση κατά τη θερινή περίοδο και η υδάτινη στήλη του διακρίνεται σε δύο στρώματα: α) ένα επιφανειακό πάχους 15 m, θερμοκρασίας 25 °C και αλατότητας 38.3 ‰ β) ένα υποεπιφανειακό που εκτείνεται μέχρι τον πυθμένα, θερμοκρασίας 13.8 °C και αλατότητας 38.5 ‰. Κατά το χειμώνα η υδάτινη στήλη ομογενοποιείται μέχρι τον πυθμένα (θερμοκρασία 12.6 °C και αλατότητα 38.5 ‰) λόγω της επίδρασης των ανέμων που πνέουν στην περιοχή από ανατολικές και δυτικές-νοτιοδυτικές διευθύνσεις.⁷¹

4.2 ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΠΑΤΡΑΪΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ

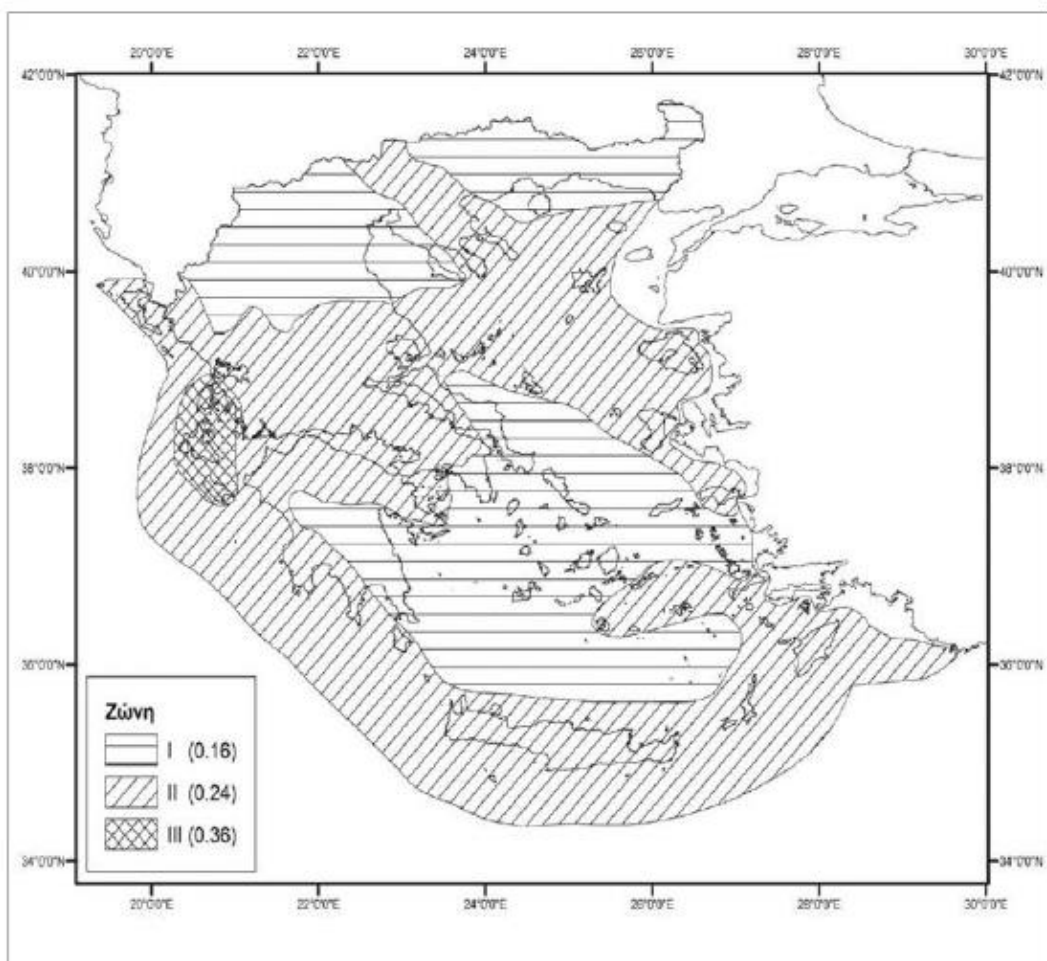
Η σημερινή δομή του Πατραϊκού κόλπου παρουσιάζει εικόνα ασύμμετρης τάφρου. Χαρακτηρίζεται από ένα σχήμα τοξοειδές με το κυρτό τμήμα προς τα νότια. Οι Ferentinos et al, 1985 έδειξαν την ύπαρξη δυο συστημάτων ρηγμάτων με κύριες διευθύνσεις ΔΒΔ – ΑΝΑ και ΒΑ – ΝΔ στον Πατραϊκό κόλπο, ενώ ο πυθμένας της θαλάσσιας περιοχής του Ρίου-Αντιρρίου δεν φαίνεται να επηρεάζεται από ρήγματα.

4.3 ΣΕΙΣΜΙΚΟΤΗΤΑ

Ο ελλαδικός χώρος διακρίνεται σε τρεις ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας βάσει του Ελληνικού Αντισεισμικού Κανονισμού και των σχετικών τροποποιητικών διατάξεων αυτού (ΦΕΚ Β' 2184/1999, ΦΕΚ Β' 1154/2003 και ΦΕΚ Β' 270/2010). Η περιοχή μελέτης του Πατραϊκού Κόλπου ανήκει στη 2 Σεισμική Ζώνη.

⁷⁰ Σουρή-Κουρούμπαλη, Φ., (1976). *Θερμοκρασία επιφανείας ελληνικών θαλασσών* (από 1-1-73 έως 31-12-73). Ωκ. μελέτη Νο. 10, Ωκεανογραφικών Κέντρον Υδρογραφικής Υπηρεσίας / Α.Ν., Αθήνα, pp. 70.

⁷¹ Παπαηλιού, Δ., (1982). *Ωκεανογραφική μελέτη Πατραϊκού κόλπου*. Τόμος II. Πανεπιστήμιο Πατρών.



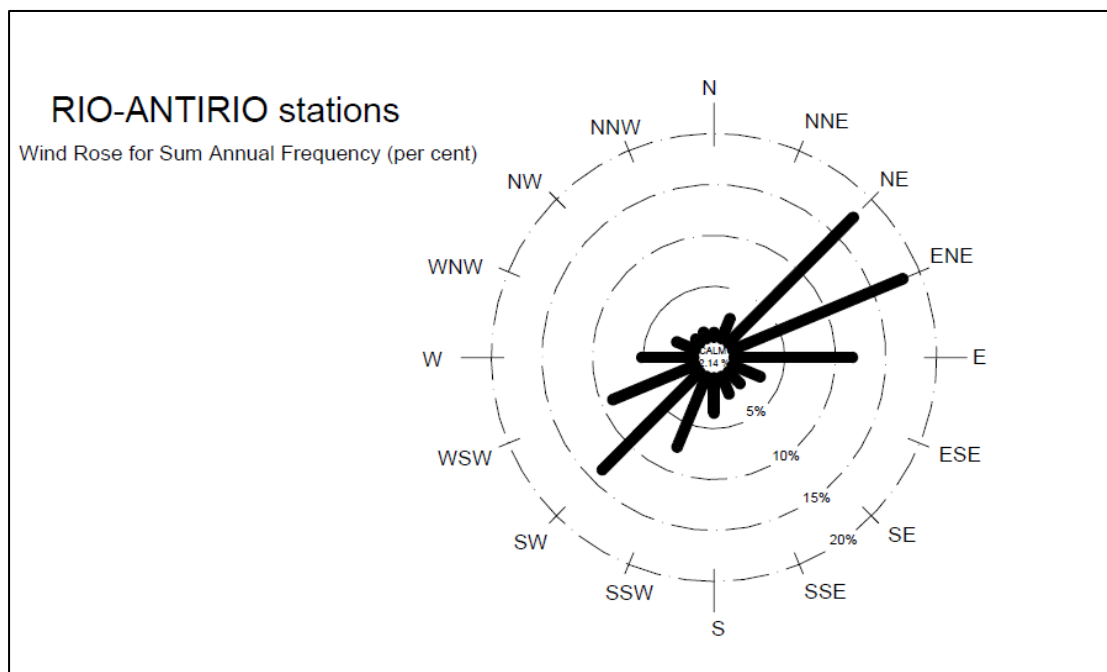
Εικόνα 22 - Ζώνες σεισμικής επικινδυνότητας της Ελλάδος (Πηγή: ΦΕΚ Β' 1154/2003)

4.4 ΕΠΙΚΡΑΤΟΥΝΤΕΣ ΑΝΕΜΟΙ ΤΟΥ ΠΑΤΡΑΪΚΟΥ ΚΟΛΠΟΥ

Οι επικρατούντες είναι οι άνεμοι που έρχονται από τα ανατολικά (βόρειοι ανατολικοί ως ανατολικοί) που φθάνουν μέχρι και 9 Bf και από τον δυτικό τομέα που φθάνουν μέχρι 8 Bf. Ωστόσο, οι συνήθεις άνεμοι δεν ξεπερνούν τα 3 Bf. Ο ανατολικός τομέας, από βόρεια ανατολικά έως νότια ανατολικά, περιλαμβάνει τους συχνότερους ανέμους με περίπου το 52% του συνόλου και ακολουθεί ο δυτικός τομέας, από νότια δυτικά έως βόρεια δυτικά με περίπου το 30% του συνόλου.⁷²

⁷² Χατζηθεοδώρου, Χ. και Αντωνόπουλος, Ι., (1989). Έρευνα και Μελέτη Ευστάθειας και Μηχανικής Συμπεριφοράς της Παράκτιας Ζώνης στη Περιοχή Ρίου-Αντιρρίου. Τελική Έκθεση, Ερευνητικό Πρόγραμμα, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.

Ειδικότερα, ανάλυση καταγραφών ανέμου με βάση την διεύθυνση και την ταχύτητα που πραγματοποιήθηκαν την περίοδο 1973-1992 δεικνύει ότι η μέση ταχύτητα του ανέμου που πνέει στην περιοχή κυμαίνεται μεταξύ 2 και 5 ms⁻¹ με κύρια διεύθυνση επιρροής την νοητή ευθεία που ενώνει τον βόρειο ανατολικό τομέα NE (45°) με τον νότιο δυτικό SW (225°), δρώντας καθ' όλο τον διαγώνιο άξονα του κόλπου.⁷³



Εικόνα 23 – Ροδόγραμμα ανέμου για αθροιστικές συχνότητες εμφάνισης επί τις εκατό (Ρίου-Αντιρρίου ετήσια ροδογράμματα) (Πηγή: Φουρνιώτης Ν., (2009). *Κεφάλαιο 5.1 Πεδίο ανέμου στον Πατραϊκό Κόλπο στο Τρισδιάστατη αριθμητική προσομοίωση της υδροδυναμικής κυκλοφορίας του Πατραϊκού κόλπου με έμφαση στον υπολογισμό ρευμάτων στην παράκτια ζώνη του Λιμένα Πατρών*. Διδακτορική Διατριβή. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα. Σελ.115).

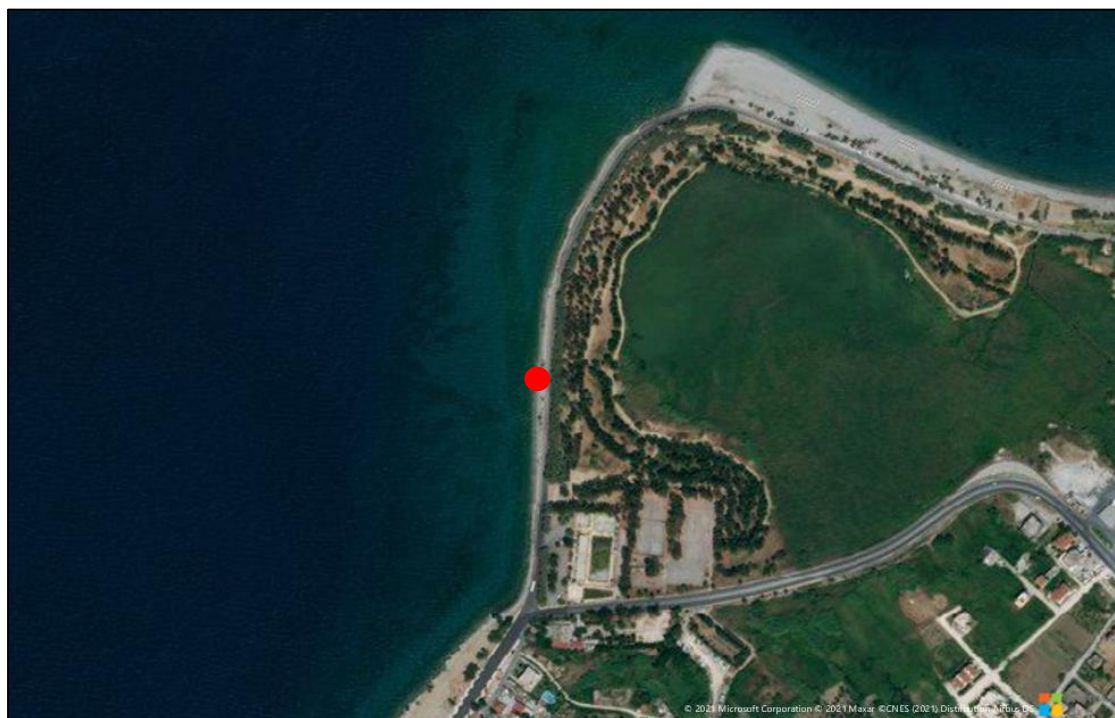
4.5 ΠΕΡΙΟΧΗ ΜΕΛΕΤΗΣ

Η περιοχή μελέτης βρίσκεται στις Νοτιοανατολικές ακτές του Πατραϊκού Κόλπου (Εικόνα 24). Στη συγκεκριμένη περιοχή υπάρχει πρόβλημα διάβρωσης. Η μελέτη έγινε για τους επικρατούντες ανέμους της περιοχής (Βορειανατολικούς 45° και Νοτιοδυτικού 225°) ενώ το έργο θωράκισης της ακτής μελετήθηκε για τον δυσμενέστερο άνεμο και ύψος κύματος, δηλαδή τον Νοτιοδυτικό.

⁷³ Αντωνόπουλος, Ι., Ηλιάς, Δ., Παπαγεωργίου, Κ., Αχμέντ, Σ., (1992). *Έρευνα Ανεμολογικού Πεδίου στην Περιοχή Ρίου-Αντιρρίου για το έργο Ζεύξης*. Τελική Έκθεση, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.



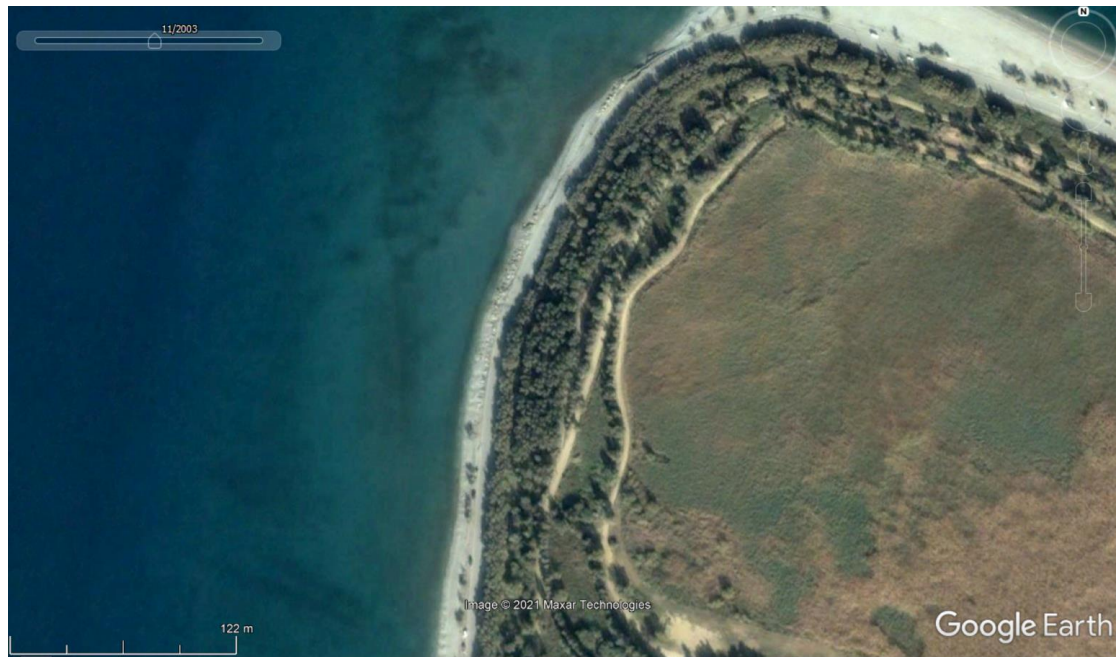
Εικόνα 24 - Περιοχή Μελέτης, Νοτιοανατολικές ακτές του Πατραϊκού Κόλπου (Πηγή: AutoCAD 2022 - Student Edition - Geolocation).



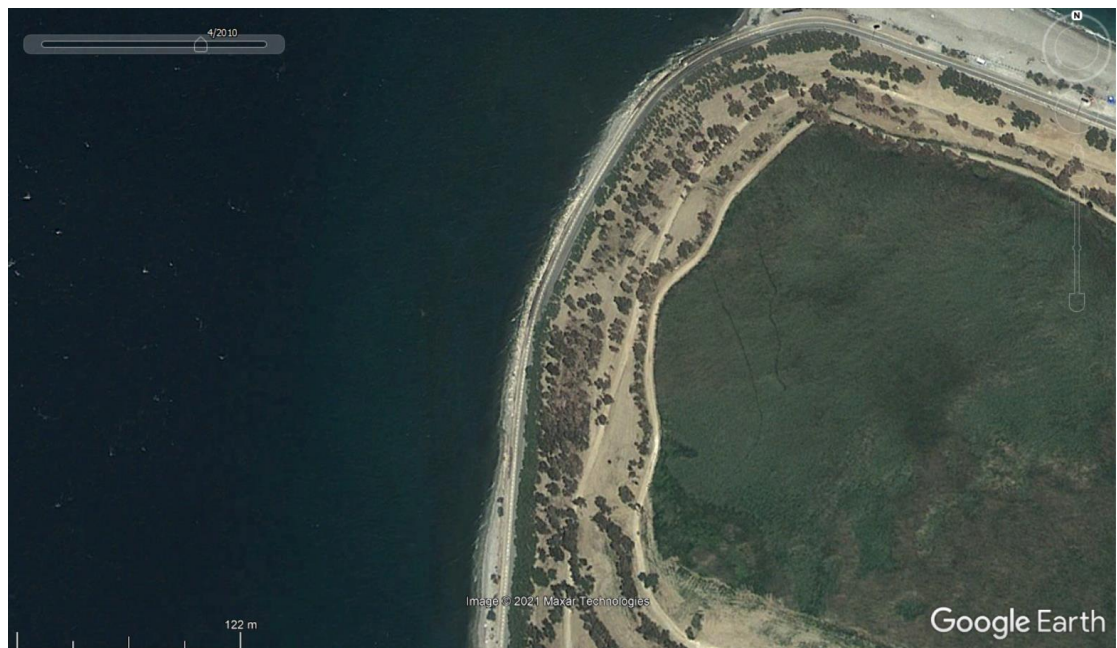
Εικόνα 25 - Περιοχή Μελέτης, Νοτιοανατολικές ακτές του Πατραϊκού Κόλπου (Πηγή: AutoCAD 2022 - Student Edition - Geolocation).

Στην περιοχή μελέτης παρατηρείται έντονη διάβρωση σε τμήμα της παράκτιας ζώνης.

Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται η διάβρωση με την πάροδο του χρόνου.



Εικόνα 26 - Περιοχή διάβρωσης - 2003 (Πηγή: Google Earth Pro, accessed on 7/06/2021).



Εικόνα 27 - Περιοχή διάβρωσης - 2010 (Πηγή: Google Earth Pro, accessed on 7/06/2021)



Εικόνα 28 - Περιοχή διάβρωσης – 2018 Πηγή: Google Earth Pro, accessed on 7/06/2021).

Όπως φαίνεται στις παραπάνω φωτογραφίες ένα τμήμα του παραλιακού δρόμου εφάπτεται σχεδόν στην ακτογραμμή. Με την πάροδο του χρόνου η ακτογραμμή μετακινείται έχοντας ως αποτέλεσμα την διάβρωση μέρους του πρσανούς του δρόμου.

4.6 ΠΑΡΑΔΟΧΗ ΓΙΑ ΤΗΝ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΦΑΣΜΑΤΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΡΟΒΛΕΨΗΣ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ

Για την εφαρμογή των μεθόδων έγιναν οι εξής παραδοχές:

- Ο πυθμένας θεωρείται υδραυλικά λείος,
- Η κλίση του πυθμένα θεωρείται ίδια και σταθερή εντός και εκτός θάλασσας, δηλαδή ότι η κλίση συνεχίζει και στην Παράκτια Ζώνη,
- Ο κυματισμός εξαρτάται από το μήκος αναπτύγματος (F) και όχι από την διάρκεια πνοής του ανέμου. Αυτό σημαίνει ότι η διάρκεια πνοής του ανέμου είναι μεγάλη.

4.7 ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

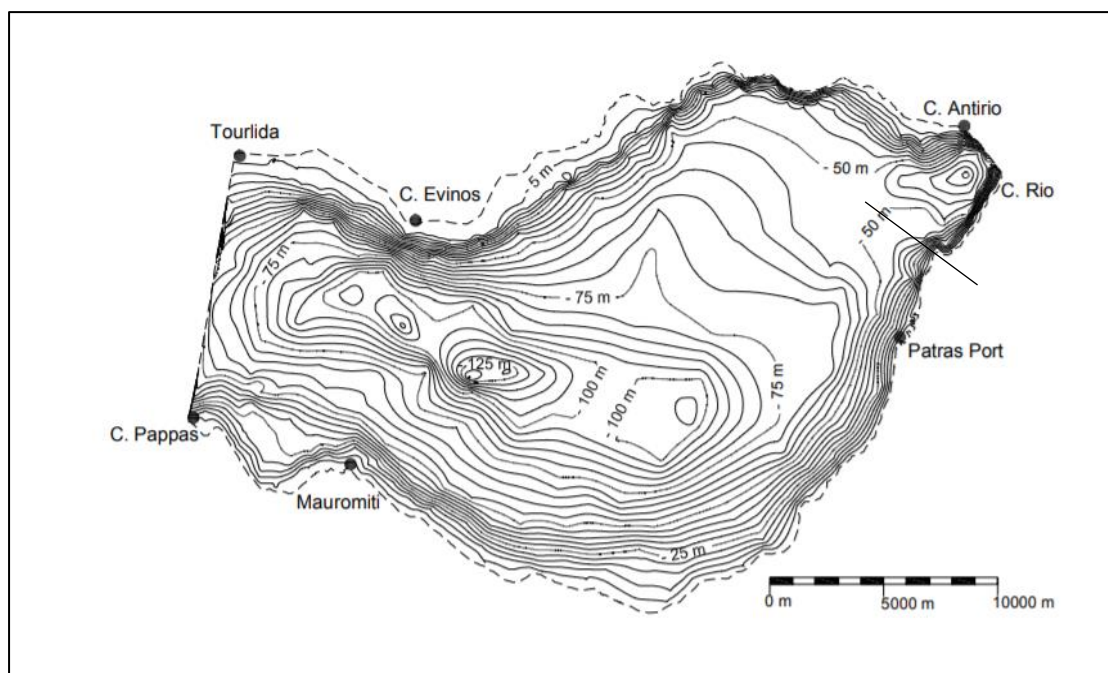
Για τον σχεδιασμό ενός λειτουργικού έργου θωράκισης της ακτής έγιναν οι απαιτούμενοι υπολογισμοί οι οποίοι φαίνονται αναλυτικά στο παράρτημα Α, Β και Γ. Χαρακτηριστικά υπολογίστηκε:

Η ΜΕΣΗ ΚΛΙΣΗ ΤΟΥ ΠΥΘΜΕΝΑ

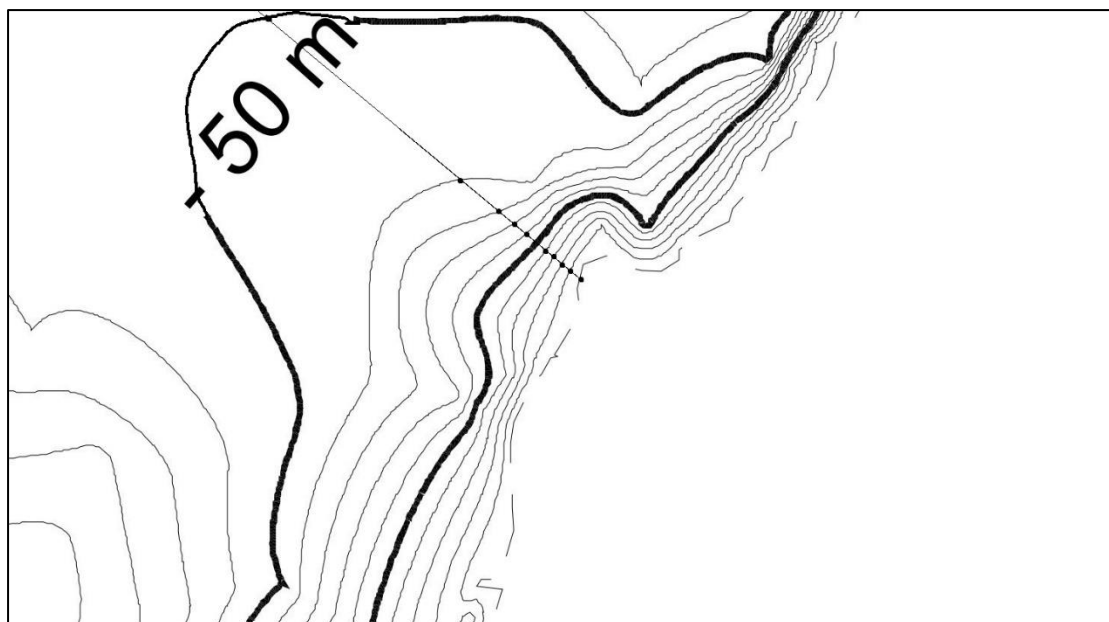
Από τον χάρτη με τις ισοβαθείς καμπύλες του Πατραϊκού κόλπου που παρουσιάζεται στην Εικόνα 30 (Φουρνιώτης, 2009) επιλέχθηκε η θέση του σημείου μελέτης και χαράχθηκε μία ευθεία, λαμβάνονται έτσι για κάθε απόσταση από την ακτή τιμές του βάθους που προέκυψαν από κάθε ισοβαθή (Εικόνα 31). Έπειτα, μετρήθηκαν οι μεταξύ τους αποστάσεις και με βάση την κλίμακα του χάρτη έγινε η μετατροπή των αποστάσεων σε πραγματικά μήκη.

Επειδή η ισοβαθής των -50 m κόβεται λόγω της αναγραφής του αριθμού, θεωρήθηκε μία που ακολουθεί τις υπόλοιπες.

Έτσι, τελικώς μέσω αυτής της διαδικασίας εκτιμήθηκε μια μέση κλίση του πυθμένα, η οποία προέκυψε ίση με 4.36% .



Εικόνα 29 – Απεικόνιση σημείων κλίσης πυθμένα. Βαθυμετρία του Πατραϊκού κόλπου, όπως προκύπτει από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους. Οι ισοβαθείς δίδονται ανά 5 μέτρα (Πηγή: Φουρνιώτης Ν., (2009). Κεφάλαιο 2.1 Πατραϊκός Κόλπος στο Τρισδιάστατη αριθμητική προσομοίωση της υδροδυναμικής κυκλοφορίας του Πατραϊκού κόλπου με έμφαση στον υπολογισμό ρευμάτων στην παράκτια ζώνη του Λιμένα Πατρών. Διδακτορική Διατριβή. Σελ. 15).



Εικόνα 30 – Απεικόνιση σημείων κλίσης πυθμένα στην Περιοχή Μελέτης. Βαθυμετρία του Πατραϊκού κόλπου, όπως προκύπτει από το ψηφιακό μοντέλο εδάφους. Οι ισοβαθείς δίδονται ανά 5 μέτρα (Πηγή: Φουρνιώτης Ν., (2009). Κεφάλαιο 2.1 Πατραϊκός Κόλπος στο Τρισδιάστατη αριθμητική προσομοίωση της υδροδυναμικής κυκλοφορίας του Πατραϊκού κόλπου με έμφαση στον υπολογισμό ρευμάτων στην παράκτια ζώνη του Λιμένα Πατρών. Διδακτορική Διατριβή. Σελ. 15).

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΚΩΝ ΑΝΑΠΤΥΓΜΑΤΟΣ

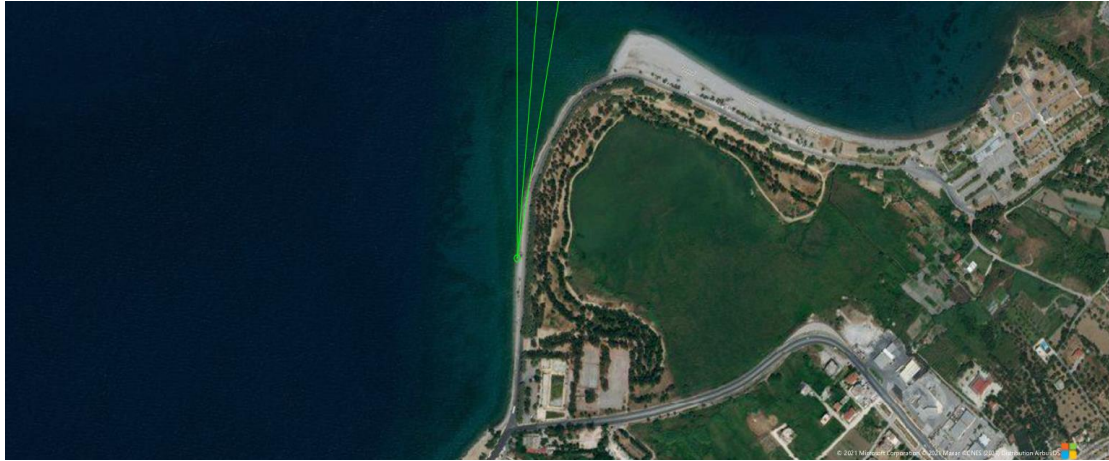
Ο υπολογισμός των μηκών αναπτύγματος έγινε όπως υπολογίζεται σε πρακτικές εφαρμογές, υπολογισμού παράκτιων και λιμενικών έργων (βλ. 1.2.2 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΚΥΜΑΤΩΝ).

Κατ' αυτόν τον τρόπο έγινε ο υπολογισμός των μηκών αναπτύγματος για τους επικρατούντες ανέμους (βορειοανατολικός και νοτιοδυτικός) όπως φαίνεται στο Παράρτημα Β.

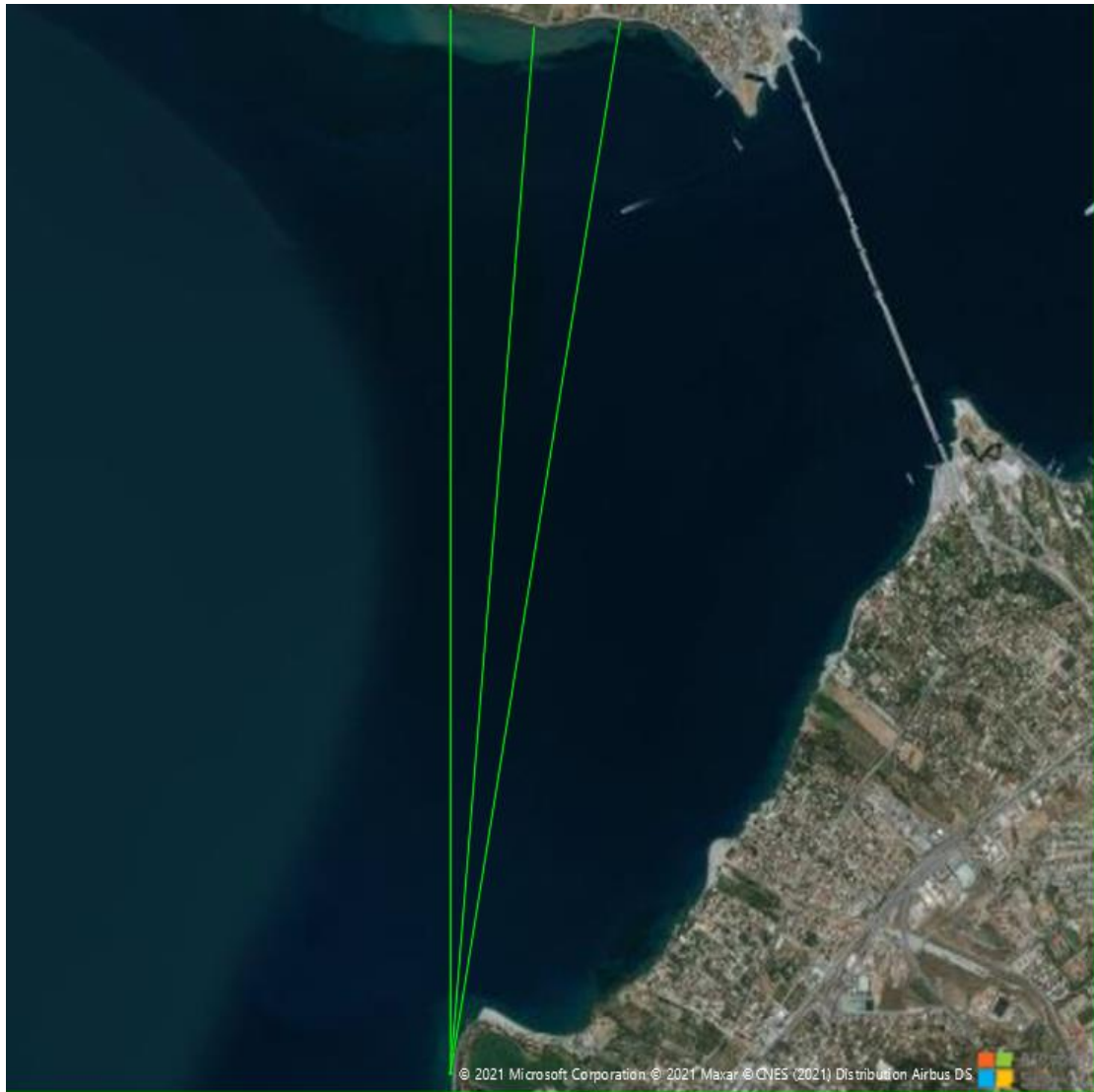
Στις Εικόνες 32 και 33 φαίνεται η απεικόνιση της γωνίας 90° γύρω από τη βορειοανατολική διεύθυνση ανέμου (45°). Το μήκος αναπτύγματος υπολογίζεται για τις γωνίες -45° , -40° και -35° καθώς για τις υπόλοιπες δεν επαρκεί το μήκος ανάπτυξης καθώς συναντά φυσικό εμπόδιο..

Στις Εικόνες 34 και 35 φαίνεται η απεικόνιση της γωνίας 90° γύρω από τη νοτιοδυτική διεύθυνση ανέμου (225°). Παρατηρείται μεγάλο μήκος αναπτύγματος και αυτό οφείλεται και στο γεγονός ότι για τις διευθύνσεις 270° , 265° και 260° τα μήκη αναπτύγματος είναι πολύ μεγάλα καθώς φτάνουν μέχρι τις ανατολικές ακτές τις Κεφαλονιάς.

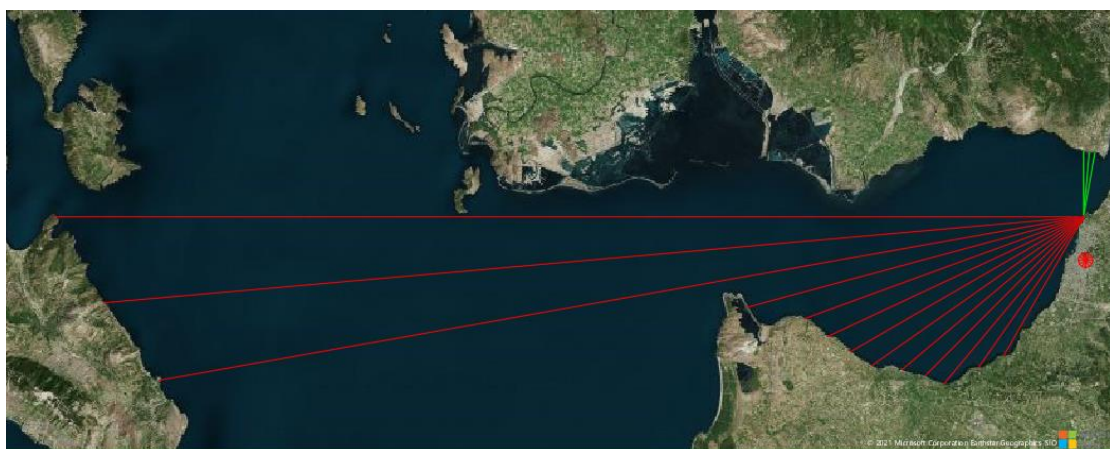
Σύμφωνα όπως φαίνεται στο Παράρτημα Α υπολογίσθηκε μήκος αναπτύγματος $F_{BA}=2.23512 \text{ km}$ και $F_{NA} = 62.93432 \text{ km}$, για τον βορειοανατολικό και νοτιοδυτικό άνεμο, αντίστοιχα.



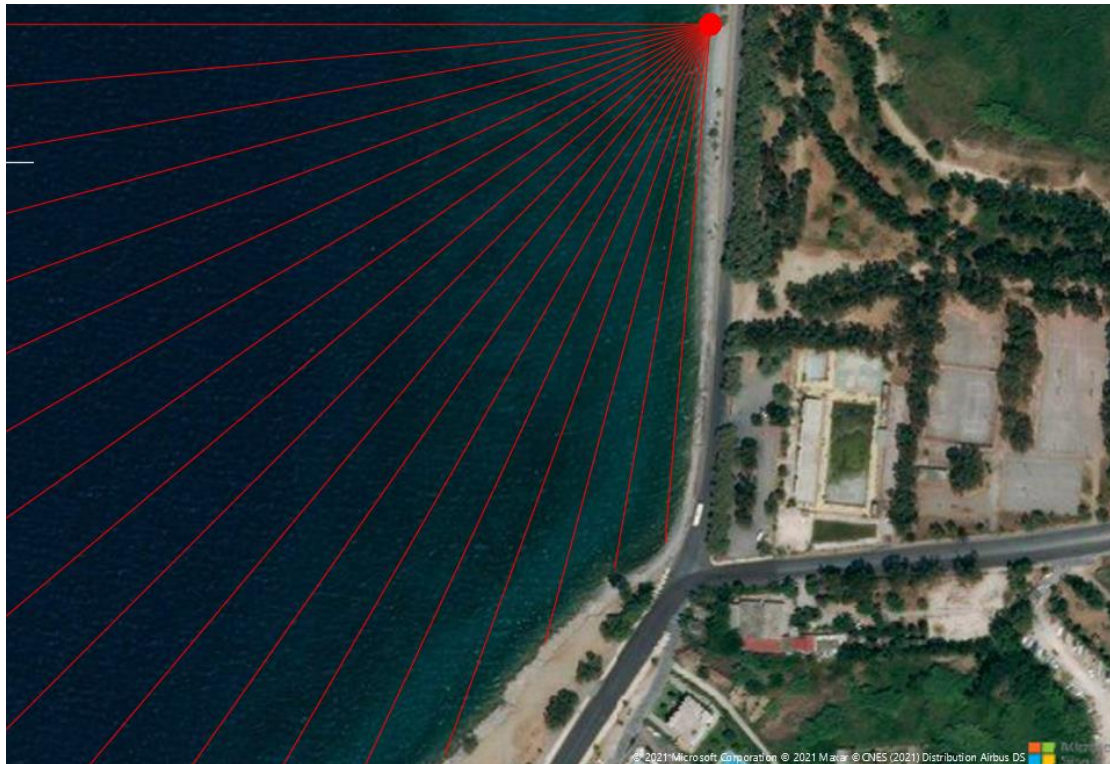
Εικόνα 31 – Απεικόνιση γωνίας 90° γύρω από τη βορειοανατολική διεύθυνση του ανέμου (Πηγή: AutoCAD 2022 - Student Edition - Geolocation).



Εικόνα 32 - Απεικόνιση γωνίας 90° γύρω από τη βορειοανατολική διεύθυνση του ανέμου (Πηγή: AutoCAD 2022 - Student Edition - Geolocation).



Εικόνα 33 - Απεικόνιση γωνίας 90° γύρω από τη νοτιοδυτική διεύθυνση του ανέμου (Πηγή: AutoCAD 2022 - Student Edition - Geolocation).



Εικόνα 34 -Απεικόνιση γωνίας 90ο γύρω από τη νοτιοδυτική διεύθυνση του ανέμου (Πηγή: AutoCAD 2022 - Student Edition - Geolocation).

ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΜΑΤΩΝ

Για την φασματική ανάλυση των κυμάτων εφαρμόστηκαν οι μέθοδοι S.M.B. και JONSWAP όπως περιεγράφηκαν στο Κεφάλαιο 3. Τα αποτελέσματα φαίνονται στο Παράρτημα Γ.

Από την φασματική ανάλυση των κυματισμών επιλέχθηκε ο κυματισμός για τον δυσμενέστερο άνεμο, δηλαδή τον νοτιοδυτικό με πιθανότητα εμφάνισης της διεύθυνσης αυτής του ανέμου περίπου 14% (Φουρνιώτης, 2009). Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, από τον δυτικό τομέα οι άνεμοι φθάνουν μέχρι 8 Bf, ωστόσο, οι συνήθεις άνεμοι δεν ξεπερνούν τα 3 Bf.

Επιλέχθηκε μια μέση **τιμή 6 Bf (11 m/s)** όπου ο άνεμος χαρακτηρίζεται ως ισχυρός και η θάλασσα ως κυματώδης (μεγάλα κύματα ύψους 2-4 m με επιμήκεις αφρώδεις κορυφές και έντονο πύτυλο).

Από τις δύο φασματικές μεθόδους, επιλέχθηκε η JONSAWP διότι βγάζει πιο συντηρητικά αποτελέσματα. Πιο συγκεκριμένα, για 6 Bf τα χαρακτηριστικά του κύματος είναι τα παρακάτω:

$$H_s = 2.65 \text{ m (χαρακτηριστικό ύψος κύματος),}$$
$$T_s = 5.685 \text{ s (χαρακτηριστική περίοδος),}$$

$$H_b = 2.6025 \text{ m (ύψος θραύσης),}$$

$$d_b = 2.4202 \text{ m (βάθος θραύσης).}$$

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΨΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΠΟΔΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ ΘΕΩΡΩΝΤΑΣ ΤΟ ΒΑΘΟΣ ΣΤΟ ΠΟΔΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ $d=2 \text{ m}$

Ο υπολογισμός του ύψους κύματος στον πόδα του έργου εφόσον το κύμα έχει θραυτεί (το βάθος θραύσης προέκυψε: $d_b = 2.4202 \text{ m}$), έγινε με βάση την παρακάτω εξίσωση και θεωρήθηκε το βάθος του έργου ότι είναι στα **$d=2\text{m}$** :

$$H = \frac{H_b}{d_b} d \quad (3.34)$$

Έτσι για $H_b = 2.6025 \text{ m}$ και $d_b = 2.4202 \text{ m}$ (βλ. ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΜΑΤΩΝ), προέκυψε το ύψος κύματος στον πόδα του έργου ίσο με **$H=2.1506 \text{ m}$** .

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΡΙΘΜΟΥ IRIBARREN

Ο αριθμός Iribarren ξ_s δίνεται από την σχέση:

$$\xi_s = \tan a \left(1.11 \frac{g T_s^2}{2\pi H} \right)^{1/2} \quad (3.35)$$

και υπολογίστηκε ίσος με $\xi_s = 3.402$ (η κλίση του πρανούς θεωρήθηκε $1/1.5$ συνεπώς $\cot a=1.5$).

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΥΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΑΝΑΡΡΙΧΗΣΗΣ

Για τον υπολογισμό της κυματογενούς αναρρίχησης γίνεται χρήση της παρακάτω εξίσωσης:

$$\frac{R_n}{H} = \gamma_s (A \xi_s + C) \quad (3.36)$$

όπου A, C : συντελεστές που εξαρτώνται από τον συντελεστή Iribarren και την κυματογενή αναρρίχηση (για $2 < \xi_s < 9$ και $R_n = R_s$, **$A=-0.15$ και $C=3$**),
 γ_s : συντελεστής που εξαρτάται από την επιφάνεια του πρανούς (για δύο στρώσεις φυσικών ογκολίθων διαμέτρου D , **$\gamma_s=0.55$**),
 H : ύψος κύματος στον πόδα του έργου, και
 ξ_s : αριθμός Iribarren.

Έτσι από την εξίσωση 3.36 υπολογίζεται η κυματογενής αναρρίχηση στον πόδα του έργου ίση με **$R_s = 2.9448 \text{ m}$** .

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΟΓΚΟΛΙΘΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΘΩΡΑΚΙΣΗΣ

Ο σχεδιασμός θωράκισης μετώπου ακτής γίνεται με βάση τους ογκολίθους. Έγινε χρήση φυσικών ογκολίθων. Το μέγεθος των ογκολίθων του κάθε στρώματος προσδιορίζεται σαν συνάρτηση του βάρους σχεδιασμού W του ογκολίθου στο στρώμα θωράκισης. Για εφαρμογή δύο στρωμάτων (ή περισσότερων) το δεύτερο στρώμα αποτελείται από ογκολίθους βάρους $W/10 \sim W/15$ όταν πρόκειται για φυσικούς ογκολίθους.

Για τον υπολογισμό του μέσου βάρους ογκολίθων θα χρησιμοποιήσουμε τον τύπο του Hudson:

$$\overline{D_n} = \frac{H}{(\delta-1)(k_D \cot\alpha)^{1/3}} \quad (3.37)$$

όπου H : ύψος κύματος σχεδιασμού στον πόδα του έργου (**$H=2.1506 \text{ m}$**),

k_D : συντελεστής (πίνακας 2: για χαρακτηριστικό ύψος κύματος, ακανόνιστο σχήμα, τυχαία τοποθέτηση και θραυόμενο κυματισμό: **3.5**),

δ : ο λόγος ειδικών βαρών $\gamma/\gamma_w = \mathbf{25.9/10 = 2.59}$,

α : η γωνία του πρανούς ως προς την οριζόντιο (**$\cot\alpha = 1.5$**).

Σημειώνεται πως η θραύση που αναφέρεται, προκαλείται λόγω του βάθους του πυθμένα, και όχι λόγω της κλίσης του πρανούς της κατασκευής καθαυτής.

Πίνακας 2 - Συντελεστής ευστάθειας k_D

H	ΣΧΗΜΑ ΟΓΚΟΛΙΘΟΥ	ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ	ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΣΤΟΧΙΑΣ 0-5%		ΠΟΣΟΣΤΟ ΑΣΤΟΧΙΑΣ 5-10%
			ΘΡΑΥΟΜΕΝΟΣ ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΣ	ΜΗ ΘΡΑΥΟΜΕΝΟΣ ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΣ	
H_s	ΛΕΙΟ	ΤΥΧΑΙΑ	2.1	2.4	3
	ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΟ	ΤΥΧΑΙΑ	3.5	4.0	4.9
	ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΟ	ΕΙΔΙΚΗ	4.8	5.5	-
H_{10}	ΛΕΙΟ	ΤΥΧΑΙΑ	1.2	2.4	-
	ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΟ	ΤΥΧΑΙΑ	2.0	4.0	-
	ΑΚΑΝΟΝΙΣΤΟ	ΕΙΔΙΚΗ	5.8	7.0	-

Από την εξίσωση 3.37 υπολογίσθηκε η διάμετρος ογκολίθων θωράκισης $\overline{D_n}=0.7782$ m. $\leftrightarrow \overline{D_n} \approx \mathbf{0.80}$ m.

Η μέση τιμή του βάρους των φυσικών ογκολίθων (βάρους σχεδιασμού) δίνεται από τη σχέση με $\gamma_s=25.9$ kN/m³:

$$\overline{W_s} = \gamma_s (\overline{D_n})^3 \quad (3.38)$$

και προκύπτει $\overline{W_s} = 13.2608$ kN ή $\overline{W_s} = \mathbf{1.312608}$ tn .

Ενώ τελικά, το πλάτος κάθε στρώματος ογκολίθων (2 στρώσεις) υπολογίζεται από την εξίσωση:

$$r = n k_{\Delta} \left(\frac{\overline{W_s}}{\gamma_s} \right)^{1/3} \quad (3.39)$$

όπου k_{Δ} : συντελεστής (όπου για φυσικούς ογκολίθους είναι ίσως με την **μονάδα**) και n : συντελεστής που εξαρτάται από τις στρώσεις που έχουμε.

Συνεπώς, για την 1^η στρώση $r_1=1.6$ m και για τη 2^η στρώση $r_2 = \mathbf{0.74}$ m.

Θεωρείται ότι το δεύτερο στρώμα αποτελείται από ογκολίθους βάρους $\overline{W_s}/10=\mathbf{1.312608}$ kN.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΥΨΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ ΣΤΟΝ ΠΟΔΑ ΤΟ ΕΡΓΟΥ ΘΕΩΡΩΝΤΑΣ ΤΟ ΒΑΘΟΣ ΣΤΟ ΠΟΔΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ $d=1$ m

Ο υπολογισμός του ύψους κύματος στον πόδα του έργου έγινε με βάση την εξίσωση 3.34 εξίσωση με βάθος στον πόδα του έργου είναι στα **$d=1$ m**:

Έτσι για $H_b = 2.6025$ m και $d_b = 2.4202$ m (βλ. ΦΑΣΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΥΜΑΤΩΝ) , προέκυψε το ύψος κύματος στον πόδα του έργου ίσο με **$H=1.075$ m**.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΑΡΙΘΜΟΥ IRIBARREN

Ο αριθμός Iribarren ξ_s δίνεται από την σχέση 3.35 και υπολογίστηκε ίσος με $\xi_s = \mathbf{4.812}$ (θεωρείται η γωνία που σχηματίζει με το πρηνές είναι $\cot\alpha=1.5$).

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΥΜΑΤΟΓΕΝΟΥΣ ΑΝΑΡΡΙΧΗΣΗΣ

Για τον υπολογισμό της κυματογενούς αναρρίχησης στο πόδα του έργου γίνεται χρήση της παρακάτω εξίσωσης 3.36 και προκύπτει $R_s = 1.3469 \text{ m}$.

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΕΓΕΘΟΥΣ ΟΓΚΟΛΙΘΩΝ ΣΤΡΩΜΑΤΩΝ ΘΩΡΑΚΙΣΗΣ

Από την εξίσωση Hudson (3.37) υπολογίσθηκε η διάμετρος ογκολίθων θωράκισης $\overline{D}_n = 0.389 \text{ m}$. $\leftrightarrow \overline{D}_n \approx 0.40 \text{ m}$.

Η μέση τιμή του βάρους των φυσικών ογκολίθων (βάρος σχεδιασμού) δίνεται από τη σχέση με $\gamma_s=25.9 \text{ kN/m}^3$: $\overline{W}_s = \gamma_s(\overline{D}_n)^3$ και προκύπτει $\overline{W}_s = 1.6576 \text{ kN}$ ή $\overline{W}_s = 0.16576 \text{ tn}$. Θεωρείται ότι το δεύτερο στρώμα αποτελείται από ογκολίθους βάρους $\overline{W}_s/10=0.16576 \text{ kN}$.

Ενώ τελικά, το πλάτος κάθε στρώματος ογκολίθων (2 στρώσεις) υπολογίζεται από την εξίσωση 3.39. Συνεπώς, για την 1^η στρώση $r_1=0.80 \text{ m}$ και για τη 2^η στρώση $r_2 = 0.371 \text{ m}$.

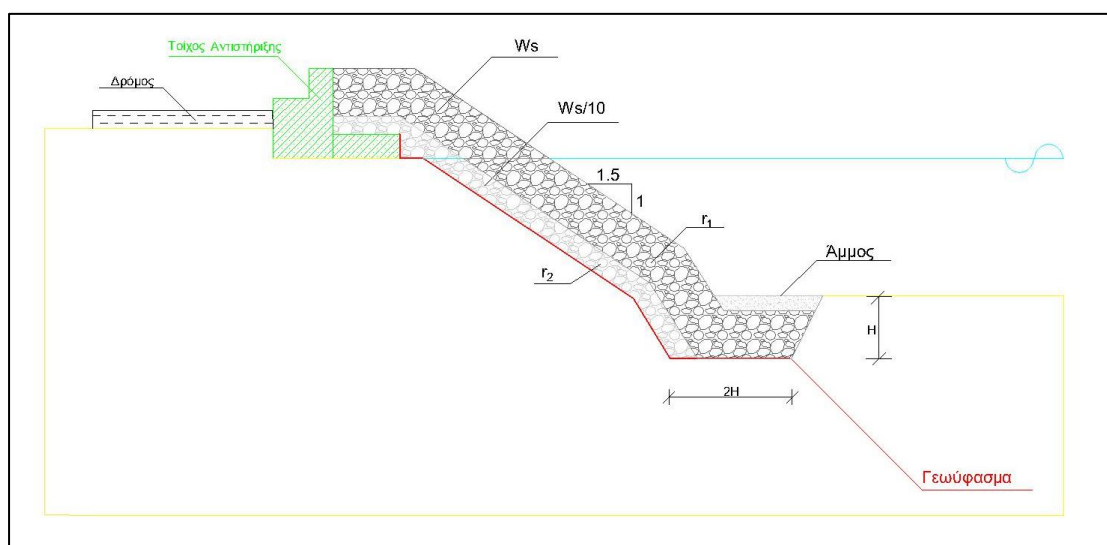
Πίνακας 3 - Σύγκριση αποτελεσμάτων για διαφορετικό βάθος στο πόδα του έργου.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΕΡΓΟΥ		
	ΒΑΘΟΣ ΣΤΟ ΠΟΔΑ ΤΟΥ ΕΡΓΟΥ	
	1 m	2 m
Ύψος κύματος στον πόδα του έργου	1.075 m	2.1506 m
Αριθμός Iribarren ξ_s	4.812	3.402
Κυματογενής αναρρίχηση στο πόδα του έργου R_s	1.3469 m	2.9448 m
Διάμετρος ογκολίθων θωράκισης \overline{D}_n	0.40 m	0.80 m
Μέση τιμή του βάρους των φυσικών ογκολίθων \overline{W}_s 1 ^{ης} στρώσης	1.6576 kN	13.2608 kN
Μέση τιμή του βάρους των φυσικών ογκολίθων \overline{W}_s 2 ^{ης} στρώσης	0.16576 kN	1.32608 kN
Πλάτος 1 ^{ης} στρώσης ογκολίθων	0.80 m	1.60 m
Πλάτος 2 ^{ης} στρώσης ογκολίθων	0.371 m	0.74 m

4.8 ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΡΟΤΕΙΝΟΜΕΝΟΥ ΕΡΓΟΥ

Στη συγκεκριμένη περίπτωση εξετάστηκε έργο προστασίας ακτής με ένα μέτωπο θωράκισης (αυτό που έρχεται σε επαφή με το θαλάσσιο μέτωπο). Στην περιοχή μελέτης ο πυθμένας έχει έντονη κλίση, ως συνέπεια η επέμβαση ώστε να επιτευχθεί η επιθυμητή κλίση για σωστό σχεδιασμό του έργου.

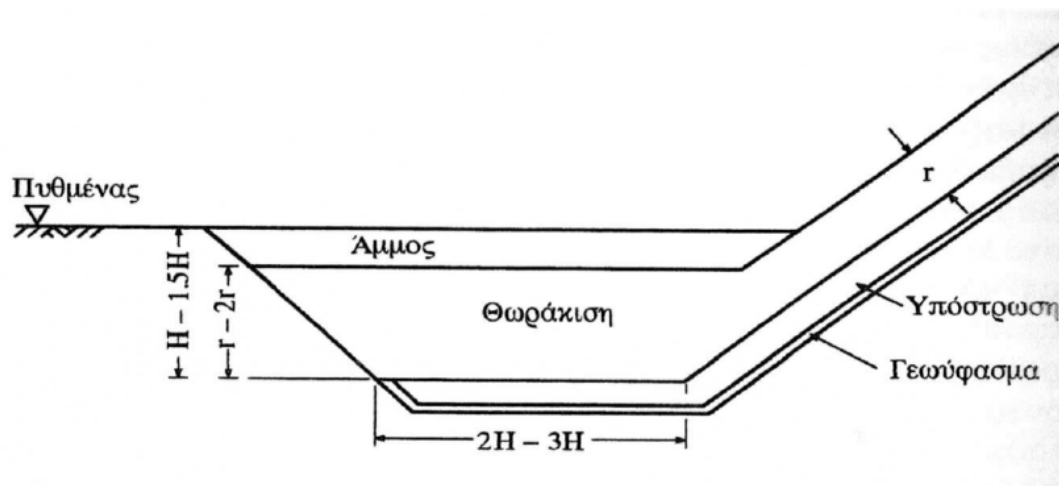
Μελετήθηκαν δύο περιπτώσεις. Στην πρώτη περίπτωση θεωρήθηκε ότι το βάθος στον πόδα του έργου ήταν 2 m ενώ στην δεύτερη περίπτωση 1 m. Και στις δύο περιπτώσεις επιλέγηκε κλίση πρανούς 1:1.5 ενώ τοποθετήθηκαν φυσικοί ογκόλιθοι (ακανόνιστου μεγέθους και τυχαίας τοποθέτησης) με διάμετρο 0.80 m και 0.40 m, αντίστοιχα.



Εικόνα 35 - Σκαρίφημα προτεινόμενου έργου (AutoCAD 2022 - Student Edition).

Επιπροσθέτως, αξίζει να σημειωθεί ότι στη κορυφή του πρανούς και συγκεκριμένα στο πέρας της στέψης του έργου δημιουργείται τοίχος αντιστήριξης από οπλισμένο σκυρόδεμα που θα λειτουργήσει ως στέψη του έργου θωράκισης καθώς και βατό τμήμα για τους πεζούς, όπως παρουσιάζεται στο παραπάνω σχήμα όπου δίδεται μια τυπική τομή του έργου θωράκισης. Επιπλέον, σημειώνεται ότι θα πρέπει να υπάρχουν τουλάχιστον τρεις ογκόλιθοι στη διαμόρφωση της στέψης. Στην παρούσα μελέτη θεωρήθηκε $n=3$. Οι φυσικοί ογκόλιθοι τοποθετούνται πάνω στην επιφάνεια του τοιχίου, τόσο για προστασία και την επίτευξη της ευστάθειας του πρανούς, όσο για την προστασία του από την διάβρωση λόγω της δράσης των κυματισμών.

Στον πόδα του έργου δημιουργείται μία τυπική διαμόρφωση προστασίας του σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα (Μέμος, 2008).



Εικόνα 36 - Διαμόρφωση προστασίας ποδός εντός του πυθμένα (Πηγή Μέμος Κ., (2008). *Εισαγωγή στα Λιμενικά Έργα*. Σχολή Πολιτικών Μηχανικών. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Εκδόσεις Συμμετρία. Αθήνα. Σελ. 400).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Στη συγκεκριμένη διερεύνηση επιλέχθηκε ως τεχνική λύση η διαμόρφωση έργου με πρανές για την προστασία τμήματος της παράκτιας ζώνης. Λόγω της απότομης κλίσης του πυθμένα στην περιοχή διερεύνησης (~ 4.36 %) η επιλογή του συγκεκριμένου έργου θωράκισης αποτελεί έναν οικονομικό τρόπο αντιμετώπισης του φαινομένου της διάβρωσης.
- Εξετάστηκαν δύο περιπτώσεις όσον αναφορά το βάθος στον πόδα του έργου. Στην πρώτη περίπτωση θεωρήθηκε ότι το βάθος στον πόδα του έργου ήταν 2 m ενώ στην δεύτερη περίπτωση 1 m. Και στις δύο περιπτώσεις επιλέχθηκε κλίση πρανούς 1:1.5 ενώ για την θωράκιση του πρανούς επιλέχθηκαν φυσικοί ογκόλιθοι (ακανόνιστου μεγέθους και τυχαίας τοποθέτησης) με διάμετρο ογκολίθου 0.80 m και 0.40 m, αντίστοιχα, σύμφωνα με τους υπολογισμούς.
- Με βάση τους υπολογισμούς προκύπτει ότι τοποθετώντας τον πόδα του έργου πιο κοντά στην ακτή ($d = 1 \text{ m}$), μειώνεται σημαντικά η κυματογενής αναρρίχηση (πάνω από 50%). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να ελαττώνεται σε μεγάλο βαθμό τόσο ο απαραίτητος όγκος φυσικών ογκολίθων (διάμετρος ογκολίθου) για την κατασκευή της θωράκισης, όσο και το πλάτος κάθε στρώσης θωράκισης.
- Επίσης, προτείνεται πριν από οποιαδήποτε κατασκευή έργου υποδομής (π.χ. έργο οδοποιίας, έργο αποχέτευσης, ύδρευσης, κλπ) που γειτνιάζει με την ακτογραμμή θα πρέπει να γίνεται πρώτα σωστή θωράκιση του πρανούς της ακτής και μετά να ακολουθεί η κατασκευή του έργου.
- Τέλος, προστατεύοντας το πρανές της παράκτιας ζώνης από φαινόμενα διάβρωσης αναβαθμίζεται περιβαλλοντικά η περιοχή και προστατεύονται παράκτια έργα υποδομής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ

- [1] Αλεξανδράκης, Γ., Καρδισά, Α., Πούλος, Σ., Γκιώνης, Γ., Καμπάνης, Ν., (2009). *Εκτίμηση της τρωτότητας των ακτών του Αιγαίου στην αύξηση της θαλάσσιας στάθμης*. 9ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας. Πανεπιστήμιο Πατρών. Πάτρα.
- [2] Αλεξίου Ε., (2014). *Σχεδίαση Θωράκισης Εξωτερικών Λιμενικών Έργων με Πρανή με τον Τύπο του Ean Der Meer*. Διπλωματική Εργασία. Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος Εργαστήριο Λιμενικών Έργων. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Σχολή Πολιτικών Μηχανικών. Αθήνα.
- [3] Αντζουλάτου Α., (2015). *Διάβρωση ακτών και χρήσεις γης της παράκτιας ζώνης της Αχαΐας*. Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών. Πάτρα.
- [4] Αντωνόπουλος, Ι., Ηλίας, Δ., Παπαγεωργίου, Κ., Αχμέντ, Σ., (1992). *Έρευνα Ανεμολογικού Πεδίου στην Περιοχή Ρίου-Αντιρρίου για το έργο Ζεύξης*. Τελική Έκθεση, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.
- [5] Αποστολάκη Μ., (2012). *Προστασία και Ολοκληρωμένη Διαχείριση των Παράκτιων Ζωνών: Το Διεθνές, Ευρωπαϊκό και Εθνικό Θεσμικό Πλαίσιο*. Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Γεωλογίας. Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο. Αθήνα.
- [6] Βαλλάτου Μ., (2017). *Υπολογισμός της παράκτιας επικινδυνότητας της νήσου Κεφαλονιάς μέσω της χρήσης Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών*. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Γεωγραφίας, Χαροκόπειο Πανεπιστήμιο.
- [7] Γαλλιού Σ., (2017). *Καθορισμός Αιγιαλού χρησιμοποιώντας μεθόδους πρόβλεψης των Κυματισμών, Εφαρμογή στις Νότιες Ακτές του Πατραϊκού Κόλπου*. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών ΤΕ, ΤΕΙ Πάτρας, Πάτρα.
- [8] Γαργάνη Η., Σαρινάκη Δ., (2020). *Προστασία Ακτής Δέρματα Ηράκλειου Κρήτης*. Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών Τομέας Υδραυλικής Και Τεχνικής Περιβάλλοντος. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Θεσσαλονίκη.
- [9] Δήμας Α., (2014). Πανεπιστημιακές Σημειώσεις “Εισαγωγή στη μελέτη Λιμενικών Έργων”, Μάθημα: Λιμενικά Έργα. Πανεπιστήμιο Πατρών. Πάτρα.
- [10] Δήμας Α., (2014). Πανεπιστημιακές Σημειώσεις “Εισαγωγή στη μελέτη Λιμενικών Έργων”, Μάθημα: Λιμενικά Έργα. Πανεπιστήμιο Πατρών. Πάτρα.

[11] Δουκάκης Ε., (2005). “Αιγιαλός και παραλία», *Παρουσίαση για το μάθημα «Παράκτιο Περιβάλλον»*. Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών ΕΜΠ “Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων”. Αθήνα.

[12] Δουκάκης, Ε., (2007a). *Μέθοδοι προσδιορισμού του ρυθμού μεταβολής των ακτογραμμών*” (Σημειώσεις), ΕΜΠ, Διατμηματικό - Διεπιστημονικό ΠΜΣ “Επιστήμη και Τεχνολογία Υδατικών Πόρων”. Αθήνα.

[13] Δουκάκης, Ε., (2007b). *Φυσικές καταστροφές και παράκτια ζώνη*. Presented at the *Πρόληψη – Διαχείριση των φυσικών καταστροφών. Ο ρόλος του Αγρονόμου Τοπογράφου Μηχανικού Τοπογράφου Μηχανικού* | Ημερίδα, ΤΕΕ, ΠΣΔΑΤΜ, ΕΜΠ – Κέντρο Εκτίμησης Φυσικών Κινδύνων και Προληπτικού Σχεδιασμού, Αθήνα.

[14] Ειδικό Χωροταξικό Πλαίσιο Σχεδιασμού και αειφόρου Ανάπτυξης για τον Παράκτιο Χώρο και τα Νησιά και της Στρατηγικής Μελέτης Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων. (2009).

[15] Επιτροπή Μελέτης των Επιπτώσεων της Κλιματικής Αλλαγής. (2011). *Οι περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην Ελλάδα*. Τράπεζα Της Ελλάδος.

[16] ΚΥΑ Η.Π.31822/1542/Ε103/10/20-07-2010 – ΦΕΚ 1108/Β’/2010

[17] Κατσάμπη Α.Δ., (2018). *Ακτομηχανική διερεύνηση φυσικών διεργασιών και σχεδιασμού έργων προστασίας στην παράκτια ζώνη. Εφαρμογή στην περιοχή της Αυλίδας*”. Μεταπτυχιακή Εργασία. Σχολή Πολιτικών Μηχανικών. Τομέας Υδάτινων Πόρων Και Περιβάλλοντος. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα.

[18] Καραμπάς, Θ., Κρεστενίτης, Ι., Κουτίτας, Χ., (2015). *Ακτομηχανική - έργα προστασίας ακτών*. [ηλεκτρ. βιβλ.] Αθήνα: Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών.

[19] Καρκασίνας Θ., (2016). *Στοιχεία Σχεδιασμού Έργων Προστασίας Ακτών . με εφαρμογή στη παραλία Τολόφωνα, Ερατεινής, Νομού Φωκίδας*. Πτυχιακή Εργασία. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Τεχνολογικό Εκπαιδευτικό Ίδρυμα Πάτρας, Πάτρα.

[20] Κιουσόπουλος Γ., *Πληθυσμιακές μεταβολές στις παράκτιες περιοχές της Ελλάδας*. Βρίσκεται στον διαδικτυακό ιστότοπο: <http://www.demographylab.prd.uth.gr/DDAoG/article/cont/ergasies/kiusopoulos.pdf> (Επισκέφτηκε στις 27/01/2021).

- [21] Κουτίτας Χ., (1994). *Εισαγωγή στην παράκτια τεχνική και τα λιμενικά έργα*. Θεσσαλονίκη. Εκδ.Ζήτη.
- [22] Κοκκώσης Χ., και Τσάρτας Π., (2001). *Βιώσιμη τουριστική ανάπτυξη και περιβάλλον*. Αθήνα: Εκδόσεις Κριτική.
- [23] Κοκκώσης Χ., (2006). *Ολοκληρωμένη Διαχείριση Παράκτιων Ζωνών*. Αθήνα: Εκδόσεις Κριτική.
- [24] Κρητικός Κ., (2015). *Αντιμετώπιση της διάβρωσης ακτογραμμής κοντά σε μαρίνα*. Διπλωματική Εργασία. Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα.
- [25] Κωνσταντινόπουλος Δ., (2019). *Διάβρωση Ακτών σε Επιλεγμένες Θέσεις του Πατραϊκού Κόλπου*. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Τμήμα Γεωλογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών.
- [26] Μέμος Κ., (2008). *Εισαγωγή στα Λιμενικά Έργα*. Σχολή Πολιτικών Μηχανικών. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Εκδόσεις Συμμετρία. Αθήνα.
- [27] Μουτζούρης Κ., (1985). *Εισαγωγή Στη Ακτομηχανική*. Σημειώσεις Πολυτεχνείου για το μάθημα *Ακτομηχανική*. Σχολή Πολιτικών Μηχανικών. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα.
- [28] Μουτζούρης Κ., (2005). *Εισαγωγή Στη Ακτομηχανική*. Σημειώσεις Πολυτεχνείου για το μάθημα *Ακτομηχανική*. Σχολή Πολιτικών Μηχανικών. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο. Αθήνα.
- [29] Μπατμάνογλου Ρ., (2017). *Διάβρωση και Προστασία ακτών στο πλαίσιο της Προσαρμογής στην Κλιματική Αλλαγή*. Ημερίδα ΤΕΕ: *Διάβρωση ακτών: Αιτία - Αντιμετώπιση - Θεσμικό Πλαίσιο*. Αθήνα.
- [30] Μπρούζγος Φ., (2020). *Αξιολόγηση Ελληνικών και Διεθνών πολιτικών αντιμετώπισης του πλημμυρικού κινδύνου*. Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Τομέας Υδραυλικής Και Τεχνικής Περιβάλλοντος. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης. Θεσσαλονίκη.
- [31] Νικολακόπουλος, Κ.Γ., Περισοράτης, Κ., Τσόμπος, Π.Ι., Μητρόπουλος, Δ., Γεωργίου, Χ., (2008). *Καθορισμός του παλαιού αιγιαλού με γεωλογικά κριτήρια*. in: 4ο Πανελλήνιο Συνέδριο *Διαχείριση και Βελτίωση Παράκτιων ζωνών*. Μυτιλήνη, pp. 13–28.

- [32] Ν.4607/2019 (ΦΕΚ Α'65/24.4.2019).
- [33] Παπαηλιού, Δ., (1982). *Ωκεανογραφική μελέτη Πατραϊκού κόλπου*. Τόμος ΙΙ. Πανεπιστήμιο Πατρών.
- [34] Παπαδογιάννης Κ., (2013). *Διάβρωση και ανάπλαση παραλίας (παραλία Κουμ-Καπί Δήμου Χανίων)*. Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
- [35] Παπαδογιάννης Κ., (2017). *Εξέλιξη της παράκτιας διάβρωσης σε τμήμα του βόρειου παραλιακού μετώπου του Νομού Χανίων*. Μεταπτυχιακή Εργασία. Τμήμα Μηχανικών Ορυκτών Πόρων, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.
- [36] Παπαδόπουλος Γ., (2020). *Συγκριτική διερεύνηση μεθόδων Υπολογισμού κύματος Σχεδιασμού για Λιμενικά Έργα*. Μεταπτυχιακή Εργασία. Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος Εργαστήριο Λιμενικών Έργων. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Σχολή Πολίτικων Μηχανικών. Αθήνα.
- [37] Σουρή-Κουρούμπαλη, Φ., (1976). *Θερμοκρασίες επιφανείας ελληνικών θαλασσών (από 1-1-73 έως 31-12-73)*. Ωκ. μελέτη Νο. 10, Ωκεανογραφικών Κέντρων Υδρογραφικής Υπηρεσίας / Α.Ν., Αθήνα, pp. 70.
- [38] Σπετσιώτης Ν.Δ., (2003). *Μελέτη προστασίας ακτών από διάβρωση με τη χρήση μαθηματικών μοντέλων. Εφαρμογή στην ακτή λιμεναρχών Θάσου*. Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Πολίτικων Μηχανικών Τομέας Υδραυλικής & Περιβαλλοντικής Τεχνικής. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας. Βόλος.
- [39] Σταματιάδης Α., (2019). *Αριθμητική Προσομοίωση Ανεμογενών Κυματισμών και Σύγκριση με Μαθηματικές Εξισώσεις*. Διπλωματική Εργασία. Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος Εργαστήριο Λιμενικών Έργων. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο Σχολή Πολίτικων Μηχανικών. Αθήνα.
- [40] Τζανετάτου, Β., (2010). *Εφαρμογή της ολοκληρωμένης διαχείρισης παράκτιων ζωνών στις παραλιακές περιοχές Πατραϊκού κόλπου και νότιων Ιονίων νήσων*. Διδακτορική Διατριβή. Τμήμα Μηχανικών Χωροταξίας, Πολεοδομίας και Περιφερειακής Ανάπτυξης, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος.

[41] Τσουκαλά Β., (2017). *Οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στο σχεδιασμό των παράκτιων έργων – Πρόβλεψη και Αντιμετώπιση*". Παρουσίαση στην Ημερίδα *Διάβρωση Ακτών – Αιτία – Θεσμικό Πλαίσιο*. ΤΕΕ. Αθήνα. Διαθέσιμο στον διαδικτυακό ιστότοπο:

http://portal.tee.gr/portal/page/portal/SCIENTIFIC_WORK/hmerida_diavrosi_aktont/soukala.pdf (Επισκέφτηκε στις 17/04/2021).

[42] Τσομπανέλλης Π. Θ., (2016). *ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ ΠΑΡΑΚΤΙΩΝ ΖΩΝΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΕΠΙΚΙΝΔΥΝΟΤΗΤΑ ΠΛΗΜΜΥΡΑΣ -Εφαρμογή σε δύο ακτές της Λέσβου*. Μεταπτυχιακή Εργασία. Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών (Δ.Π.Μ.Σ.), Τομέας Υδατικών Πόρων και Περιβάλλοντος, Αθήνα.

[43] Υπουργείο Περιβάλλοντος & Ενέργειας. *Στρατηγική της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή* στο Άρθρο με Τίτλο: *Προσαρμογή στην Κλιματική Αλλαγή*. Βρίσκεται διαθέσιμο στο διαδικτυακό ιστότοπο: <https://ypen.gov.gr/perivallon/klimatiki-allagi/prosarmogi-stin-klimatiki-allagi/>.

[44] Φουρνιώτης Ν., (2009). *Τρισδιάστατη αριθμητική προσομοίωση της υδροδυναμικής κυκλοφορίας του Πατραϊκού κόλπου με έμφαση στον υπολογισμό ρευμάτων στην παράκτια ζώνη του Λιμένα Πατρών*. Διδακτορική Διατριβή. Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών. Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.

[45] Φωτεινής Σ., (2014). *Η Διάβρωση Των Ακτογραμμών Της Ελλάδας. Αξιολόγηση-Τρόποι Αντιμετώπισης*. Διδακτορική Διατριβή. Σχολή Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείο Κρήτης, Χανιά.

[46] Χατζηθεοδώρου, Χ. και Αντωνόπουλος, Ι., (1989). *Έρευνα και Μελέτη Ευστάθειας και Μηχανικής Συμπεριφοράς της Παράκτιας Ζώνης στη Περιοχή Ρίου-Αντιρρίου*. Τελική Έκθεση, Ερευνητικό Πρόγραμμα, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.

ΞΕΝΟΓΛΩΣΣΗ

[47] Alcantara-Carrio, J., (2014). *Geomorphological Coastal Classifications after Natural Processes and Human Disturbance*. Oceanogr. Open Access 02, 3–4. doi:10.4172/2332-2632.1000e108.

[48] Anthony E.J. (2005). *Beach erosion* in *Encyclopedia of Coastal Science*, Encyclopedia of Earth Sciences Series. M. L. Schwartz (ed), Springer, pp. 140–144.

[49] Bryant, E. (2008). *Tsunami: The Underrated Hazard (2nd edition)*. Chichester: Springer Praxis Books.

[50] Camfield, F.E., Morang, A., (1996). *Defining and interpreting shoreline change*. Ocean Coast. Manag. 32, 129–151.

[51] Crowell, M., Leatherman, S.P., Buckley, M.K., (1993). *Shore-line change rate analysis: long term versus short term data*. Shore Beach 61, 13–20.

[52] Del Río, L., Gracia, F.J., Benavente, J., (2013). *Shoreline change patterns in sandy coasts. A case study in SW Spain*. Geomorphology 196, 252–266.

[53] Dangendorf, S., Hay, C., Calafat, F.M. et al. (2019). *Persistent acceleration in global sea-level rise since the 1960s*. Nat. Clim. Chang. 9, 705–710. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0531-8>

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

[55] Fairbridge, R.W., (2004). *Classification of Coasts*. J. Coast. Res. 20, 155–165. doi:10.2112/1551-5036(2004)20[155:COC]2.0.CO;2.

[56] Falconi I., (2020). *Erosione costiera e cambiamenti climatici: i rischi per le spiagge sabbiose*. Βρίσκεται στον διαδικτυακό ιστότοπο: <https://www.teknoring.com/news/rischio-idrogeologico/erosione-costiera-cambiamenti-climatici-rischi-spiagge-sabbiose/> (Επισκέφτηκε στις 27/01/2021).

[57] Ferentinis, G., Brooks, M., and Doutsos, T. (1985). *Quaternary tectonics in the Gulf of Patras, western Greece*. Journal of Structural Geology.

- [58] Fourniotis, N., Horsch, G., (2015). *Baroclinic circulation in the Gulf of Patras (Greece)*. Ocean Engineering, 104, 238-248.
- [59] Fourniotis, Nikolaos T.; Horsch, Georgios M.; Leftheriotis, Georgios A. (2018). *On the Hydrodynamic Geometry of Flow-Through versus Restricted Lagoons*. Water 10, no. 3: 237. <https://doi.org/10.3390/w10030237>
- [60] Galgano, F., Leatherman, S., (2005). *Modes and Patterns of Shoreline Change*. in: Schwartz, M. (Ed.), Encyclopedia of Coastal Science, Encyclopedia of Earth Science Series. Springer Netherlands, pp. 651–656.
- [61] Google Earth Pro, Version 7.3.3.7786. Available online: <https://www.google.com/intl/el/earth/versions/> (Accessed on 1/05/2021).
- [62] Hasselmann, K. and Olbers, D. (1973). *Measurements of wind-wave growth and swell decay during the Joint North Sea Wave Project (JONSWAP)*. Ergänzung zur Deut. Hydrogr. Z., Reihe A (8), 12, pp. 1-95
- [63] Komar PD. (1998). *Beach Processes and Sedimentation*. Second Edition. Prentice Hall: New Jersey.
- [64] Le Blond P.H., Mysak L.A. (1978). *Waves in the ocean*. Elsevier Oceanography Series. eBook ISBN: 9780080879772.
- [65] Massel S.R., (1989). *Hydrodynamics of coastal zones*. Elsevier Oceanography Series.
- [66] Martinez, M., Intralawan, A., Vazquez, G., Perez-Maqueo, O., Sutton, P., and Landgrave, R. (2007). *The coasts of our world: Ecological, economic and social importance*. Ecological Economics, 63(2-3). pp 254-272.
- [67] Miles, J.W. (1960). *On the Generation of Surface Waves by Turbulent Shear Flows*. Journal of Fluid Mechanics, Vol. 7, Pt. 3, pp. 469-478.
- [68] Miller, Jon & Rella, Andrew & Williams, Amy & Sproule, Erin. (2016). *Living Shorelines Engineering Guidelines*. DOI: 10.13140/RG.2.1.2720.2167.
- [69] Nicholls, R.J., Wong, P.P., Burkett, V., Codignotto, J., Hay, J., McLean, R., Ragoonaden, S., Woodroffe, C.D., (2007). *Coastal systems and low-lying areas. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Presented at the Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel of Climate Change*. Cambridge University Press. Cambridge. UK. pp. 315–356.

[70] Pierson Jr., W.J., Moskowitz, L., 1964, *A proposed spectral form for fully developed wind seas based on the similarity theory of S. A. Kitaigorodskii*. Journal of Geophysical Research, vol. 69, no. 24, pp. 5181-5190.

[71] Phillips, O.M. (1957). *On the generation of waves by turbulent wind*. Journal of Fluid Mechanics. 2(5): 417–445.

[72] Phillips, O. (1958). *The equilibrium range in the spectrum of wind-generated waves*. Journal of Fluid Mechanics. 4(4), 426-434. doi:10.1017/S0022112058000550.

[73] Phillips, O.M. (1966, 1977). *Dynamics of the upper ocean*. Cambridge: Cambridge University Press.

[74] Pugh, D., & Woodworth, P. (2014). *Sea-Level Science. Understanding Tides, Surges, Tsunamis and Mean Sea Level*. Cambridge University Press, UK.

[75] Silva, J.F. da, Duck, R.W., 2001. *Historical changes of bottom topography and tidal amplitude in the Ria de Aveiro, Portugal — trends for future evolution*. Clim. Res. 18, 17–24.

[76] Small, C. and Nicholls, R. J. (2003). *A global analysis of human settlement in coastal zones*. Journal of Coastal Research, 19(3). pp 584-599.

[77] Sverdrup and Munk. (1946). *Theoretical and empirical relations in forecasting breakers and surf*. s.l.: Trans. American Geophys.

[78] United Nations (UN) Atlas of the Oceans (2010). *Human Settlements on the Coast*. Βρίσκεται στον διαδικτυακό ιστότοπο: <http://www.oceansatlas.org/subtopic/en/c/114/> (Επισκέφτηκε στις 27/01/2021).

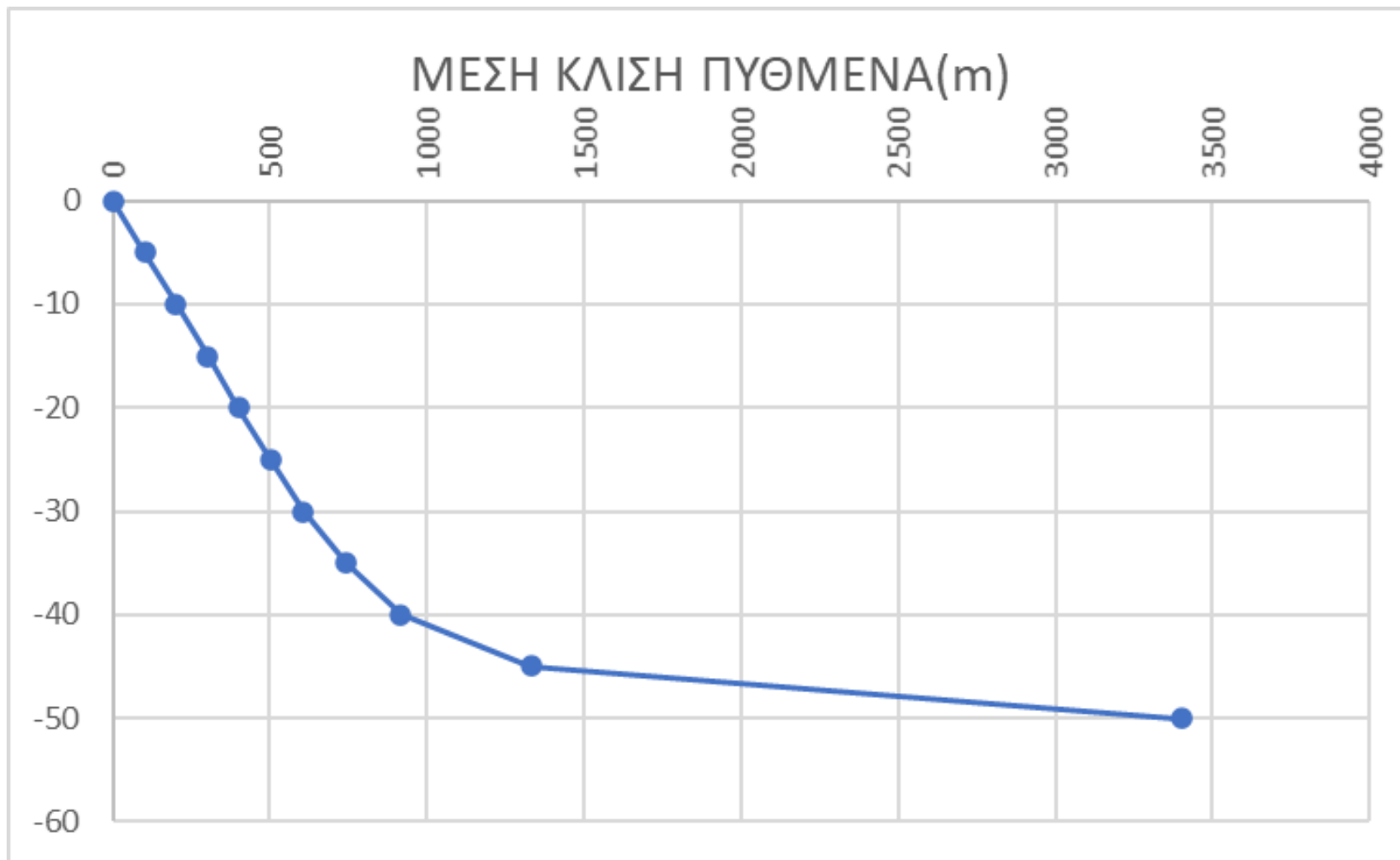
[79] Wikipedia. Iribarren Number (last edited on 13 January 2021). Στο https://en.wikipedia.org/wiki/Iribarren_number (Επισκέφτηκε στις 22/05/2021).

[80] Διασπορά (κυματική) (last edited on 11/07/2020). Στο [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CF%83%CF%80%CE%BF%CF%81%CE%AC_\(%CE%BA%CF%85%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE\)](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%94%CE%B9%CE%B1%CF%83%CF%80%CE%BF%CF%81%CE%AC_(%CE%BA%CF%85%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%AE))) (Επισκέφτηκε στις 22/05/2021).

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Α – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΚΛΙΣΗΣ ΠΥΘΜΕΝΑ

ΜΗΚΗ ΚΛΙΜΑΚΑΣ (cm)	ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΜΗΚΗ (m)	ΒΑΘΟΣ (m)	ΚΛΙΣΗ
0.3	103.4482759	-5	0.048333333
0.28	96.55172414	-10	0.05
0.3	103.4482759	-15	0.049431818
0.28	96.55172414	-20	0.05
0.3	103.4482759	-25	0.049657534
0.3	103.4482759	-30	0.049431818
0.4	137.9310345	-35	0.046990741
0.5	172.4137931	-40	0.043609023
1.2	413.7931034	-45	0.03380829
6	2068.965517	-50	0.014705882
1000 m = 2.9 cm		M.T.	0.043596844
		tanβ=0.04359	

ΠΡΑΓΜΑΤΙΚΑ ΜΗΚΗ (m)	ΒΑΘΟΣ (m)
103.4482759	-5
200	-10
303.4482759	-15
400	-20
503.4482759	-25
606.8965517	-30
744.8275862	-35
917.2413793	-40
1331.034483	-45
3400	-50



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Β – ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΚΟΣ ΑΝΑΠΤΥΓΜΑΤΟΣ

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΚΟΣ ΑΝΑΠΤΥΓΜΑΤΟΣ (FETCH) ΒΟΡΙΟΑΝΑΤΟΛΙΚΟΣ ΑΝΕΜΟΣ (45°)							
Κύρια Διεύθυνση Ανέμου	BA (45°)	$\Delta\alpha = 5^\circ$	N = 9	ΠΕΡΙΟΣΜΕΝΟ ΛΙΘΟ ΜΗΚΟΣ ΑΝΑΠΤΥΓΜΑΤΟΣ			
	Μοίρες (°)	Απόσταση (m)	N	$a_i = i \Delta\alpha$	$\cos(a_i)$	$\cos^2(a_i)$	
	90	0	9	45	0.707106781	0.5	
	85	0	8	40	0.766044443	0.586824089	
	80	0	7	35	0.819152044	0.671010072	
	75	0	6	30	0.866025404	0.75	
	70	0	5	25	0.906307787	0.821393805	
	65	0	4	20	0.939692621	0.883022222	
	60	0	3	15	0.965925826	0.933012702	
	55	0	2	10	0.984807753	0.96984631	
	50	0	1	5	0.996194698	0.992403877	
ΣΗΜΕΙΟ ΜΕΛΕΤΗΣ	45	0	0	0	1	1	
	40	0	-1	-5	0.996194698	0.992403877	
	35	0	-2	-10	0.984807753	0.96984631	
	30	0	-3	-15	0.965925826	0.933012702	
	25	0	-4	-20	0.939692621	0.883022222	
	20	0	-5	-25	0.906307787	0.821393805	
	15	0	-6	-30	0.866025404	0.75	
	10	7497.789	-7	-35	0.819152044	0.671010072	
	5	7375.29	-8	-40	0.766044443	0.586824089	
	0	7473.991	-9	-45	0.707106781	0.5	
						$\Sigma[F_i \cos^2 a_i]$	
	ΑΘΡΟΙΣΜΑΤΑ	22347.07			16.90251472	15.21502615	340011.2545
							FETCH= 2235.112876 m
							ή F = 2.235112876 km

ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΜΗΚΟΣ ΑΝΑΠΤΥΓΜΑΤΟΣ (FETCH) ΝΟΤΙΟΑΥΤΙΚΟΣ ΑΝΕΜΟΣ (225°)

Κύρια Διεύθυνση Ανέμου		ΝΑ (225°)	$\Delta\alpha = 5^\circ$	N = 9					
ΣΗΜΕΙΟ Α	Μοίρες (°)	Απόσταση (m)	N	$a_i = i \Delta\alpha$	$\cos(a_i)$	$\cos^2(a_i)$			
	270	118733.426	9.216858	46.08429	0.693599371	0.481080087			
	265	113515.876	8.216858	41.08429	0.75374361	0.56812943			
	260	108287.959	7.216858	36.08429	0.808151406	0.653108695			
	255	40191.207	6.216858	31.08429	0.856408681	0.733435829			
	250	34329.451	5.216858	26.08429	0.898148169	0.806670134			
	245	32606.768	4.216858	21.08429	0.933052208	0.870586422			
	240	31057.924	3.216858	16.08429	0.960855155	0.923242629			
	235	29887.927	2.216858	11.08429	0.981345415	0.963038823			
	230	27371.753	1.216858	6.08429	0.994367043	0.988765817			
	225	25907.174	0.216858	1.08429	0.999820938	0.999641909			
	220	25113.563	-0.783142	-3.91571	0.997665592	0.995336634			
	215	21234.766	-1.783142	-8.91571	0.987917408	0.975980806			
	210	18519.233	-2.783142	-13.91571	0.970650577	0.942162542			
	205	969.496	-3.783142	-18.91571	0.945996508	0.894909393			
	200	487.325	-4.783142	-23.91571	0.914142835	0.835657122			
	195	400.303	-5.783142	-28.91571	0.875331982	0.766206079			
	190	345.948	-6.783142	-33.91571	0.829859325	0.688666499			
	185	325.471	-7.783142	-38.91571	0.778070937	0.605394383			
180	0	-8.783142	-43.91571	0.72036096	0.518919913				
							$\Sigma[F_i \cos^2 a_i]$		
	ΑΘΡΟΙΣΜΑΤΑ	629285.57			16.89948812	15.21093315	9572020.737	FETCH=	62934.32392 m
									$\eta F = 62.93432392 \text{ km}$

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Γ – ΠΡΟΒΛΕΨΗ ΤΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΜΕΤΡΩΝ ΤΩΝ ΚΥΜΑΤΙΣΜΩΝ

ΜΕΘΟΔΟΣ S.M.B. - ΒΑ						
Υαένου (m/s)	g F / U ²	ΔΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ		ΧΑΡ/ΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ Ts (sec)	Ρ/ΚΟ ΥΨΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ Hs (m)	
		g Ts / 2π U	g Hs / U ²			
5	877.0582925	0.468	0.058	1.498741449	0.147808359	
7	447.4787206	0.402	0.047	1.802332666	0.234760449	
9	270.6970038	0.365	0.039	2.104002419	0.322018349	
11	181.210391	0.345	0.031	2.430651197	0.382364934	
13	129.742351	0.31	0.027	2.58116583	0.465137615	
15	97.45092138	0.29	0.025	2.786121925	0.573394495	
17	75.8700945	0.282	0.022	3.070498508	0.648114169	
20	54.81614328	0.248	0.016	3.176819483	0.652395515	
Μήκος Κύματος (λ) (m)	Αριθμός Iribarren (ξ)	Ύψος Θραύσης Hb (m)	Βάθος Θραύσης db (m)	Σχέση Λιαιοτοράς	kb(m-)	
3.507054992	0.21232868	0.155932176	0.164116185	0.29402801	3.474932	
5.071764122	0.202606758	0.243063519	0.258701382	0.320493754	2.312296	
6.911647948	0.201946981	0.332972865	0.354684458	0.322433693	1.6922701	
9.224321292	0.214099203	0.404722507	0.425161695	0.28960068	1.33015	
10.40209829	0.206137315	0.48492814	0.513942797	0.310437158	1.14349	
12.11963037	0.200403267	0.591083338	0.63084715	0.327050365	0.95901	
14.71996985	0.207737342	0.677782926	0.717005684	0.306052229	0.81321	
15.75702463	0.214224182	0.690703478	0.725489837	0.289292375	0.779073	
Κυμ. Μεταβολή Μ.Σ.Ε. (nb) (m)	Κυματογενής Ανύψωση (ns) (m)	Κυματογενής Αναρρίχηση (R) (m)	Κλίση Κυμ. Ανύψωσης	Λchmax (m)	nmax (m)	Μήκος Κατάκλισης (m)
-0.007519885	0.156310187	0.031383954	0.011024477	4.799867192	0.209226211	4.804425113
-0.011361973	0.244640121	0.047564053	0.010841038	7.470164129	0.325624454	7.477257746
-0.015529025	0.326436432	0.065030633	0.010827753	9.963798517	0.434321977	9.973260072
-0.019619966	0.374428749	0.081864028	0.011055566	11.508691	0.501663841	11.51961957
-0.022938318	0.417973833	0.095882219	0.010910259	12.78999849	0.557516034	12.80214379
-0.027417018	0.432793865	0.11491013	0.010796223	13.19743882	0.575276358	13.20997102
-0.0322268	0.407710895	0.134637515	0.010940626	12.48755631	0.544332579	12.4994144
-0.033495479	0.401033957	0.139758895	0.011057735	12.32726833	0.537345626	12.33897422

ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (1)		ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (2)		ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (3)		ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (4)	
ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ
3	0.224549571	2	0.246124859	1	0.120778356	1	0.170604613
4	0.378127564	3	0.504828505	2	0.432914331	2	0.587776161
3.5	0.297880502	2.5	0.368313389	1.5	0.259059103	1.5	0.359278968
3.471	0.293425421	2.3	0.317434507	1.7	0.325090844	1.3	0.277763792
3.475	0.294038523	2.35	0.329922088	1.695	0.323377728	1.32	0.285588722
3.34749	0.274717956	2.3108	0.320118168	1.692	0.32235131	1.3295	0.289332475
3.474901	0.294023343	2.31195	0.320404375	1.6923	0.322453903	1.3301	0.289569499
3.474932	0.294028096	2.312296	0.320490503	1.6922701	0.322443677	1.33015	0.289589254
ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (5)		ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (6)		ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (7)		ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (8)	
ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ
1	0.243100873	1	0.352413467	1	0.440995155	1	0.450020128
2	0.794616143	0.5	0.096318706	0.5	0.123287197	0.5	0.126100849
1.2	0.33849184	0.9	0.291667571	0.8	0.297128047	0.7	0.23780392
1.145	0.311174358	0.95	0.321559796	0.81	0.303877651	0.78	0.289917592
1.143	0.310195607	0.959	0.327044694	0.813	0.305912709	0.77	0.283200595
1.1435	0.310440196	0.95905	0.327075252	0.8132	0.306048545	0.779	0.289243396
1.14349	0.310435304	0.95902	0.327056917	0.81321	0.306055337	0.77901	0.289250135
1.14349	0.310435304	0.95901	0.327050806	0.81321	0.306055337	0.779073	0.289292593

ΜΕΘΟΔΟΣ JONSWAP - ΒΑ

Uανέμου (m/s)	U* (m/s)	ΧΑΡ/ΚΟ ΥΨΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ Hs (m)	ΧΑΡ/ΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ Ts (sec)	Μήκος Κύματος (λo)	Αριθμός Irribarren (ξo)	Ύψος Θραύσης Hb (m)	Βάθος Θραύσης db (m)	
5	0.266926956	0.166401682	1.310634218	2.68195906	0.174998403	0.162481764	0.146657152	
7	0.417073135	0.260002483	1.520856003	3.611314671	0.162454142	0.246435398	0.216722547	
9	0.586728216	0.36576509	1.704104993	4.534003359	0.15347112	0.338880201	0.291351121	
11	0.7739186	0.482459167	1.868884458	5.453232876	0.146549253	0.438820882	0.369666009	
13	0.977164265	0.609162071	2.019946574	6.370432309	0.140962922	0.545516752	0.451021909	
15	1.195303309	0.745149475	2.160280099	7.286337253	0.136307516	0.658392084	0.534923397	
17	1.427392728	0.889833513	2.291915055	8.201365641	0.132335261	0.776984345	0.620977386	
20	1.8	1.122116073	2.47613808	9.572797188	0.127317296	0.964774965	0.753409304	
Σχέση Διασποράς	kb(m ⁻)	Κυμ. Μεταβολή Μ.Σ.Ε. (nb) (m)	Κυματογενής Ανύψωση (ns) (m)	Κυματογενής Αναρρίξηση (R) (m)	Κλίση Κυμ. Ανύψωσης	Δxmax (m)	nmax (m)	Μήκος Κατάκλισης (m)
0.34358245	4.2405999	-0.008799719	0.003835167	0.029120029	0.013739819	0.128480536	0.005600467	0.12860254
0.377067092	3.0242311	-0.013348799	0.006018727	0.04223848	0.014233982	0.205025307	0.008937053	0.205219998
0.403752035	2.338995	-0.018389119	0.008484336	0.056134378	0.01467131	0.293385917	0.012788692	0.293664514
0.425927168	1.901	-0.023880833	0.011194362	0.070704031	0.015070524	0.392516392	0.01710979	0.392889123
0.444844886	1.597737	-0.029796853	0.014117937	0.085869266	0.015441912	0.501559343	0.021862972	0.50203562
0.461277418	1.375915	-0.036116214	0.0172307	0.101569474	0.015791854	0.619850685	0.027019291	0.620439291
0.475739793	1.206843	-0.042825967	0.020508952	0.11775635	0.016124628	0.746720368	0.032549541	0.747429449
0.494506484	1.0176164	-0.053599118	0.025694843	0.142864784	0.016598016	0.951943451	0.041495215	0.95284741

ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (1)		ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (2)		ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (3)		ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (4)	
ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ
4	0.309426961	3	0.37175468	2	0.305701154	1	0.130750697
5	0.458355979	4	0.606641661	3	0.614833337	2	0.464848657
4.5	0.381676285	3.01	0.373944232	2.3	0.392046869	1.9	0.425540066
4.2	0.337736379	3.03	0.378335159	2.4	0.422263473	1.91	0.429428031
4.24	0.343495831	3.024	0.377016234	2.33	0.401043123	1.901	0.425928417
4.2406	0.343582463	3.0242	0.377060175	2.339	0.403753686		0
4.240599	0.343582319	3.02423	0.377066766	2.3389	0.403723539		0
4.2405999	0.343582449	3.0242311	0.377067008	2.338995	0.403752179	1.901	0.425928417
ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (5)		ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (6)		ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (7)		ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (8)	
ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ
1	0.190664394	1	0.261650055	1	0.342660398	1	0.480056204
2	0.647028439	2	0.844540798	2	1.050708871	2	1.365739468
1.5	0.398654276	1.3	0.418241711	1.2	0.471143231	1.01	0.488245866
1.6	0.445913506	1.4	0.475163409	1.201	0.471813728	1.018	0.494822247
1.597	0.444474449	1.38	0.463625103	1.206	0.475169869	1.017	0.493999018
1.5978	0.444858075	1.375	0.460752043	1.2068	0.475707414	1.01761	0.494501148
1.5978	0.444858075	1.37592	0.461280336	1.20684	0.475734295	1.01762	0.49450938
1.597737	0.444827861	1.375915	0.461277464	1.206843	0.475736311	1.0176164	0.494506417

ΜΕΘΟΔΟΣ S.M.B. - ΝΑ						
Υάνεμου (m/s)	g F / U ²	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΓΡΑΦΗΜΑΤΟΣ		ΧΑΡ/ΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ Ts (sec)	ΧΑΡ/ΚΟ ΥΨΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ Hs (m)	
		g Ts / 2π U	g Hs / U ²			
5	24695.42871	1	0.245	3.202438994	0.624362895	
7	12599.70852	0.975	0.178	4.371329227	0.889092762	
9	7622.045898	0.89	0.155	5.130307269	1.279816514	
11	5102.361303	0.75	0.123	5.284024341	1.517125382	
13	3653.169927	0.688	0.12	5.728522873	2.067278287	
15	2743.936523	0.65	0.092	6.244756039	2.110091743	
17	2136.28276	0.61	0.085	6.641858475	2.504077472	
20	1543.464294	0.565	0.072	7.237512128	2.935779817	
Μήκος Κύματος (λo) (m)	Αριθμός Irribarren (ξo)	Ύψος Θραύσεως Hb (m)	Βάθος Θραύσεως db (m)	Σχέση Διασποράς	kb(m-)	
16.01219497	0.220746467	0.669002698	0.698094235	0.273932178	0.785733	
29.83432198	0.252505835	1.00528435	1.02263443	0.215369454	0.470755	
41.09376123	0.247002279	1.434370595	1.46463178	0.223940389	0.335671	
43.59320081	0.233660613	1.662987398	1.715430295	0.247248796	0.302364	
51.23590858	0.217007437	2.199996906	2.304169854	0.282566008	0.242144	
60.88637138	0.234151124	2.314904696	2.386944607	0.246321384	0.2168578	
68.87607238	0.228611027	2.720945924	2.818810049	0.257144539	0.18798	
81.78388704	0.230069476	3.198161279	3.309000098	0.254219524	0.15914	
Κυρ. Μεταβολή Μ.Σ.Ε. (nb) (m)	Κυματογενής Ανύψωση (ns) (m)	Κυματογενής Αναρρίχηση (R) (m)	Κλίση Κυρ. Ανύψωσης	Διμax (m)	nmax (m)	Μήκος Κατάκλισης (m)
-0.033033953	0.145798172	0.137825903	0.011166533	4.496686665	0.196010572	4.500956688
-0.053161419	0.218851392	0.22450111	0.011594601	6.840089533	0.298159503	6.846584836
-0.075096531	0.312334075	0.316117596	0.011530612	9.742359113	0.424669434	9.751610391
-0.084724512	0.36229232	0.354492446	0.011358936	11.24047052	0.48997211	11.25114439
-0.107535032	0.479486707	0.448614763	0.011105205	14.76034252	0.643403331	14.77435885
-0.118065934	0.504308508	0.494080353	0.011365702	15.64994569	0.682181133	15.66480677
-0.137026647	0.592868175	0.572459723	0.011287073	18.35338877	0.800024217	18.37081703
-0.161611531	0.696819454	0.675433323	0.011308252	21.58555513	0.940914348	21.60605263

ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (1)		ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (2)		ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (3)		ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (4)	
ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ
0.7	0.221442395	0.5	0.240815515	0.4	0.308689474	0.4	0.408627348
0.8	0.283060658	0.4	0.158577448	0.3	0.181528645	0.3	0.243699571
0.75	0.251550142	0.45	0.197988082	0.35	0.241949447	0.31	0.25884192
0.78	0.270294822	0.47	0.214727301	0.33	0.21696873	0.301	0.245198473
0.79	0.276651359	0.4705	0.215152607	0.335	0.223115732	0.302	0.246700815
0.785	0.273466443	0.4707	0.215322821	0.3356	0.223857833	0.303	0.248206586
0.786	0.274102366	0.4708	0.215407947	0.3357	0.223981609	0.3024	0.247302713
0.785733	0.273932523	0.470755	0.215369639	0.335671	0.223945711	0.302364	0.24724852
ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (5)		ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (6)		ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (7)		ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (8)	
ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ
0.2	0.198510536	0.2	0.212032313	0.1	0.077417236	0.1	0.10566605
0.3	0.413910728	0.3	0.440017052	0.2	0.287948974	0.2	0.383552867
0.25	0.299417116	0.25	0.319088555	0.15	0.16883463	0.15	0.227944673
0.24	0.278029896	0.217	0.246619307	0.18	0.237408787	0.16	0.256753481
0.242	0.282262472	0.2169	0.246410083	0.188	0.257195245	0.159	0.253815109
0.2421	0.282474698	0.2168	0.246200925	0.18797	0.257119949	0.1595	0.255282733
0.24215	0.282580832	0.216858	0.246322228	0.18798	0.257145047	0.1591	0.254108383
0.242144	0.282568095	0.2168578	0.24632181	0.18798	0.257145047	0.15914	0.254225728

ΜΕΘΟΔΟΣ JONSWAP - ΝΑ								
Υανήμου (m/s)	U* (m/s)	ΧΑΡ/ΚΟ ΥΨΟΣ ΚΥΜΑΤΟΣ Hs (m)	ΧΑΡ/ΚΗ ΠΕΡΙΟΔΟΣ Ts (sec)	Μήκος Κύματος (λo)	Αριθμός Iribarren (ξo)	Ύψος Θραύσης Hb (m)	Βάθος Θραύσης db (m)	
5	0.266926956	0.882981832	3.98728739	24.82242561	0.23111764	0.96364769	0.933275359	
7	0.417073135	1.379658338	4.62683629	33.42392176	0.214550631	1.461560335	1.393787596	
9	0.586728216	1.940869378	5.18432699	41.96371331	0.202686895	2.009832458	1.891286841	
11	0.7739186	2.560086374	5.685628629	50.47148908	0.193545295	2.602561166	2.420137934	
13	0.977164265	3.232413484	6.145198556	58.96047575	0.186167516	3.235353584	2.976174806	
15	1.195303309	3.954007195	6.572129338	67.43748149	0.180019194	3.904795191	3.556182645	
17	1.427392728	4.721748091	6.972596834	75.90637441	0.174773099	4.608142785	4.157597433	
20	1.8	5.954315443	7.533050799	88.59943079	0.168145952	5.721892369	5.095364123	
Σχέση Διασποράς	kb(m-)	Κυρ. Μεταβολή Μ.Σ.Ε. (nb) (m)	Κυματογενής Ανύψωση (ns) (m)	Κυματογενής Αναρρίξηση (R) (m)	Κλίση Κυρ. Ανύψωσης	Δxmax (m)	nmax (m)	Μήκος Κατάκλισης (m)
0.236235657	0.542205	-0.052716583	0.213840663	0.204072677	0.012449949	6.867061993	0.299335232	6.873582908
0.262010718	0.384101	-0.079669959	0.327264256	0.296006568	0.012726661	10.6036569	0.462213404	10.61372606
0.283180509	0.295359	-0.109290604	0.453363168	0.393388789	0.012967931	14.80511239	0.645354849	14.81917122
0.301282475	0.23884	-0.141280689	0.590777824	0.495492673	0.013185377	19.4305261	0.846976633	19.44897719
0.317159209	0.1998301	-0.175426283	0.73848211	0.601770389	0.013385392	24.44931957	1.06574584	24.47253648
0.331331391	0.171365	-0.211563388	0.895670499	0.711197188	0.013571948	29.83772871	1.300626594	29.86606241
0.344147054	0.149723	-0.249565259	1.061686106	0.825234545	0.013747711	35.57656375	1.550782414	35.61034701
0.361346757	0.125567	-0.309836648	1.32609472	1.001194037	0.013995123	44.80825266	1.953191734	44.85080228

ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (1)		ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (2)		ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (3)		ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (4)	
ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ
0.5	0.203210735	0.3	0.165314019	0.2	0.136623965	0.2	0.217552668
0.6	0.28443524	0.4	0.282175848	0.3	0.291316991	0.3	0.45060853
0.55	0.24254188	0.35	0.220735736	0.25	0.208266797	0.25	0.327095136
0.54	0.234462665	0.38	0.256930831	0.29	0.273893807	0.24	0.303932935
0.5421	0.236150699	0.385	0.263161381	0.295	0.282557697	0.238	0.29937045
0.5422	0.236231196	0.384	0.261910896	0.2955	0.283429367	0.2388	0.301192585
0.542201	0.236232001	0.3841	0.262035847	0.2953	0.283080585	0.23881	0.301215385
0.542205	0.236235222	0.384101	0.262037096	0.295359	0.28318346	0.23884	0.301283792
ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (5)		ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (6)		ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (7)		ΔΟΚΙΜΕΣ ΓΙΑ ΕΠΑΛΗΘΕΥΣΗ ΣΧΕΣΗΣ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ (8)	
ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ	ΣΧΕΣΗ ΔΙΑΣΠΟΡΑΣ	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ
0.1	0.086050372	0.1	0.121389818	0.1	0.163540028	0.1	0.239270103
0.2	0.317647255	0.2	0.434886744	0.2	0.566506788	0.2	0.784164944
0.15	0.187033359	0.15	0.260310782	0.15	0.345282473	0.15	0.491910638
0.19	0.289537572	0.17	0.326626886	0.149	0.341190423	0.13	0.384161719
0.199	0.314796328	0.18	0.361648671	0.1496	0.34364376	0.125	0.358458306
0.1998	0.317076376	0.171	0.330076567	0.14969	0.344012251	0.1255	0.361003679
0.19983	0.317161986	0.1714	0.331459792	0.1497	0.344053202	0.12556	0.361309504
0.1998301	0.317162271	0.171365	0.331338684	0.149723	0.344147396	0.125567	0.361345189